

# 实用公路测量放线技术

尤晓晔 梁小光 编著  
张焕春 主审

清华大学出版社  
北京交通大学出版社  
· 北京 ·

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

## 内 容 简 介

本书主要依据最新的《工程测量规范》(GB 50026—2007)、《公路勘测规范》(JTG C10—2007)、《公路勘测细则》(JTG/T C10—2007)和《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)等国家和行业标准进行编写,具体介绍了现代公路工程施工测量的基础、测量原理、方法和应用等。

本书共分14章,主要内容包括:工程测量基础;公路工程测量用具、仪器及其使用;水准测量与角度测量;距离测量与直线定向;公路工程控制测量;公路工程地形图测绘;公路工程中线测量;航空摄影测量;数字地面模型;公路工程断面图测量;公路工程施工测量与放线;桥涵工程施工测量与放线;隧道工程施工测量与放线;公路工程测量资料等。

本书采用图表的形式,直观清晰,内容一目了然,实用性和可操作性强。可供公路与桥梁工程施工测量的工程师及有关工程技术人员使用,也可作为有关院校公路与路桥工程专业师生学习的参考教材,同时也可作为职业技能培训和自学教材使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

### 图书在版编目(CIP)数据

实用公路测量放线技术/尤晓玮,梁小光编著. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2012.12

ISBN 978 - 7 - 5121 - 1304 - 6

I. ① 实… II. ① 尤… ② 梁… III. ① 道路测量 IV. ① U412.24

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第298846号

责任编辑:韩 乐

特邀编辑:李晓敏

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969 <http://www.tup.com.cn>

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印刷者:北京瑞达方舟印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:21 字数:524千字

版 次:2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 5121 - 1304 - 6/U · 125

印 数:1~3 000册 定价:39.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: [press@bjtu.edu.cn](mailto:press@bjtu.edu.cn)。

# 前 言

工程测量学是研究地球空间中具体几何实体的测量描绘和抽象几何实体的测设实现的理论方法和技术的一门应用性学科。近年来，随着测绘科技的飞速发展，工程测量的技术面貌也发生了深刻的变化，这主要体现在：一是电子计算机技术、微电子技术、激光技术、空间技术等新技术的发展与应用，以及测绘科技本身的进步，为工程测量技术进步提供了新的方法和手段；二是随着社会的发展，公路领域科技的进步，各种复杂的公路建设工程等不断增多，对工程测量不断提出新的任务、新课题和新要求，使工程测量的服务领域不断拓宽，有力地推动和促进了工程测量事业的进步与发展。

公路工程测量属于工程测量学的范围，在工程建设中有着广泛的应用，它服务于工程建设的每一个阶段，贯穿于工程建设的始终。同时，公路工程测量的精度和速度直接影响到整个工程的质量和进度，其地位举足轻重。为适应工程建设测量技术快速发展的要求，中华人民共和国原建设部于2007年10月25日发布实施了《工程测量规范》（GB 50026—2007），该规范的颁布实施必将进一步促进我国工程测量水平的发展与提高。近几年，交通运输部也相继颁布了《公路勘测规范》（JTG C10—2007）、《公路勘测细则》（JTG/T C10—2007）和《公路路基施工技术规范》（JTG F10—2006）等行业标准和规范。为帮助广大公路工程测量人员把握工程测量领域的发展趋势，理解和应用新的标准和规范，编写了本书。

本书在编写过程中，既注重介绍学科的基本理论、方法与勘测技术，又结合典型工程的测量实践，涵盖了从经典理论到最新技术应用，从公路的设计、施工放样到变形监测的全部内容。编写中力求突出实践应用与可操作性，突出“以能力为本位的思想”；注重紧密结合测量工作实际，努力做到“深入浅出”，文字通俗易懂，内容精练；针对基础性的特点，坚持为工程测量技术人员的定位服务，侧重测量学的基本概念、基础知识与基本技能，内容上体现概念准确、方法简单，兼顾内容的系统完整性，是广大公路工程施工现场管理人员工作时的实用工具书。

本书由尤晓晔、梁小光编著，张焕春主审。参加编写的人员还有王伟娟、李建普、鲍玉峰、张华、尤佳、王丽娟、刘杰等。在编写过程中，参考或引用了有关部门、单位和个人的资料，得到了相关部门及工程施工单位的大力支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的学识和水平有限，书中缺点及不当之处在所难免，敬请广大读者提出批评和指正。

编 者  
2012年12月

# 目 录

<b>第 1 章 工程测量基础</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.1.1 工程测量的内容 .....	1
1.1.2 工程测量的原则与任务 .....	1
1.1.3 工程测量的程序 .....	2
1.2 坐标系 .....	3
1.2.1 大地坐标系 .....	3
1.2.2 平面直角坐标系 .....	3
1.2.3 高斯平面直角坐标系 .....	4
1.2.4 GPS 轨道的大地参考坐标系 .....	5
1.3 标志与记录 .....	6
1.3.1 测量标志 .....	6
1.3.2 测量记录 .....	8
1.4 符号与常用数据 .....	8
1.4.1 测量符号 .....	8
1.4.2 线路测量常用数据 .....	11
1.4.3 工程施工测量常用数据 .....	13
<b>第 2 章 工程测量用具、仪器及其使用</b> .....	19
2.1 定位与放样用具 .....	19
2.1.1 钢尺与皮尺 .....	19
2.1.2 花杆与测钎 .....	20
2.1.3 方向盘与方向架 .....	21
2.1.4 边坡样板 .....	22
2.2 水准仪的构造和使用 .....	22
2.2.1 DS <sub>3</sub> 水准仪 .....	22
2.2.2 DS <sub>1</sub> 精密水准仪 .....	27
2.2.3 自动安平水准仪 .....	29
2.2.4 电子数字水准仪 .....	31
2.3 经纬仪的构造和使用 .....	31
2.3.1 光学经纬仪的构造 .....	31
2.3.2 光学经纬仪的使用 .....	33
2.4 平板仪的构造和使用 .....	34
2.4.1 平板仪的构造 .....	34
2.4.2 平板仪的使用 .....	36

2.5	全站仪的构造及技术指标	37
2.5.1	全站仪的主要特点与基本构造	37
2.5.2	全站仪的主要技术指标	40
2.6	红外测距仪与罗盘仪	40
2.6.1	红外测距仪	40
2.6.2	罗盘仪	42
<b>第3章</b>	<b>水准测量与角度测量</b>	<b>44</b>
3.1	水准测量	44
3.1.1	水准测量的原理	44
3.1.2	水准路线测量	45
3.1.3	水准仪的检验和校正	47
3.1.4	水准测差的来源及其影响	50
3.2	角度测量	52
3.2.1	水平角观测	52
3.2.2	竖直角观测	56
3.2.3	经纬仪的检验和校正	59
<b>第4章</b>	<b>距离测量与直线定向</b>	<b>63</b>
4.1	钢尺量距	63
4.1.1	直线定线	63
4.1.2	距离丈量	64
4.1.3	钢尺的精密量距	66
4.1.4	钢尺的检定	66
4.2	视距测量	67
4.2.1	视距测量原理	67
4.2.2	视距测量方法	68
4.2.3	视距测量误差来源	68
4.3	直线定向	69
4.3.1	标准方向线	69
4.3.2	方位角	69
4.3.3	正、反坐标方位角	70
4.3.4	象限角	70
<b>第5章</b>	<b>公路工程控制测量</b>	<b>71</b>
5.1	概述	71
5.1.1	控制测量网分级	71
5.1.2	公路工程控制测量桩及其埋设	72
5.2	平面控制测量	74
5.2.1	一般规定	74
5.2.2	平面控制测量技术要求	75
5.2.3	平面控制网的设计	76

5.2.4	观测的技术要求	78
5.2.5	资料整理计算	81
5.3	高程控制测量	85
5.3.1	一般规定	85
5.3.2	高程控制测量的技术要求	86
5.3.3	高程控制点的布设	87
5.3.4	水准测量观测要求	87
5.3.5	GPS 高程测量	88
5.3.6	光电测距三角高程测量	88
5.3.7	跨河水准测量	89
5.3.8	观测结果的重测和取舍	90
5.3.9	外业成果的整理	90
5.4	导线测量	91
5.4.1	导线布设的形式	91
5.4.2	导线测量工作要求	91
5.4.3	经纬仪导线测量的计算	93
5.4.4	全站仪导线测量与计算	97
<b>第 6 章</b>	<b>公路工程地形图测绘</b>	<b>99</b>
6.1	概述	99
6.1.1	公路工程地形图常用图例及应用	99
6.1.2	公路工程地形图测绘规定	103
6.2	地形图测量	107
6.2.1	一般规定	107
6.2.2	碎部点的选择	107
6.2.3	地形图测绘方法	108
6.2.4	图根平面控制测量	111
6.3	地形图测绘与数字化	113
6.3.1	一般规定	113
6.3.2	控制点的展绘	115
6.3.3	水下地形图测绘	117
6.3.4	公路工程地形图数字化	118
6.3.5	地形图测绘资料提交	119
<b>第 7 章</b>	<b>公路工程中线测量</b>	<b>120</b>
7.1	概述	120
7.1.1	公路工程测量简介	120
7.1.2	公路中线测量的内容和作用	120
7.1.3	公路中线测量准备与中线敷设	121
7.2	路线交点与转点的测设	121
7.2.1	路线交点的测设	122

7.2.2	路线转点的测设	123
7.3	路线转折角的测设	125
7.3.1	标定直线与修正点位	125
7.3.2	转折角的测定与计算	125
7.3.3	路线桩位的钉设与固定	125
7.3.4	路线转折角精度检查	127
7.4	中线里程桩的设置	127
7.4.1	里程桩分类	127
7.4.2	里程桩设置要求	128
7.4.3	里程桩桩号的书写与埋设	129
7.4.4	断链处理与路线固定	130
7.5	圆曲线与缓和曲线的测设	131
7.5.1	圆曲线的测设	131
7.5.2	缓和曲线的测设	134
7.6	复曲线和回头曲线的测设	139
7.6.1	复曲线的测设	139
7.6.2	回头曲线的测设	142
7.7	高等级公路回旋曲线的测设	145
7.7.1	回旋曲线的种类与特点	145
7.7.2	回旋曲线的测定方法	146
7.8	公路中线的展绘	147
7.8.1	选定比例尺	147
7.8.2	导线展绘	147
7.8.3	勾绘地形等高线	148
<b>第8章</b>	<b>航空摄影测量</b>	<b>149</b>
8.1	航空摄影	149
8.1.1	一般规定	149
8.1.2	航空飞行质量要求	149
8.1.3	航空摄影质量要求	150
8.1.4	航空摄影分区	150
8.2	航空测量内业与外业	152
8.2.1	航空测量内业	152
8.2.2	航空测量外业	155
8.3	航空摄影资料的提交	159
<b>第9章</b>	<b>数字地面模型</b>	<b>161</b>
9.1	地面数据的获取与处理	161
9.1.1	一般规定	161
9.1.2	基础数据的精度	161
9.1.3	地面数据的获取	162

9.1.4	数据编辑和预处理	164
9.2	DTM 的构建与应用	165
9.2.1	DTM 的构建	165
9.2.2	DTM 的应用	166
9.3	数字地面模型资料	167
<b>第 10 章</b>	<b>公路工程断面图测量</b>	<b>168</b>
10.1	基平与中平测量	168
10.1.1	基平测量	168
10.1.2	中平测量	171
10.2	路线横断面的测量	176
10.2.1	一般规定	176
10.2.2	横断面方向的测定	177
10.2.3	横断面的测量方法	179
10.3	路线横断面与纵断面图的绘制	179
10.3.1	路线横断面图的绘制	179
10.3.2	路线纵断面图的绘制	180
<b>第 11 章</b>	<b>公路工程施工测量与放线</b>	<b>182</b>
11.1	概述	182
11.1.1	工程测量人员	182
11.1.2	施工测量的任务、依据与内容	182
11.1.3	工程施工测量准备	183
11.1.4	施工测量常用资料	184
11.2	初测与定测	185
11.2.1	初测	185
11.2.2	定测	193
11.3	一次定测	199
11.4	公路工程施工测量复测与加密	199
11.4.1	施工导线点的复测与加密	199
11.4.2	施工水准点的复测与加密	203
11.5	公路工程施工测量放样	205
11.5.1	施工测量放样基本要求	205
11.5.2	施工测量平面位置放样技术与数据计算	205
11.5.3	施工测量点位高程放样技术与数据计算	213
11.6	路基施工测量	218
11.6.1	施工测量的任务	218
11.6.2	施工测量常用仪器及材料	218
11.6.3	施工测量资料的基本要求及获取	218
11.6.4	挖方路堑施工测量	219
11.6.5	填方路堤施工测量	222



11.6.6	路基工程完工后的测量与检查 .....	226
11.7	底基层、基层与路面施工测量 .....	226
11.7.1	测量仪器及任务 .....	226
11.7.2	测量资料的准备 .....	227
11.7.3	上面层施工测量外业工作 .....	227
11.7.4	上面层中桩、边桩的平面位置与放样 .....	228
11.7.5	上面层桩位设计高程放样 .....	228
11.7.6	上面层施工结束时的测量工作 .....	229
<b>第 12 章</b>	<b>桥涵工程施工测量与放线 .....</b>	<b>230</b>
12.1	初测与定测 .....	230
12.1.1	初测 .....	230
12.1.2	定测 .....	231
12.2	桥涵控制测量 .....	233
12.2.1	桥梁三角网的布设 .....	233
12.2.2	桥涵平面控制测量 .....	234
12.2.3	桥梁轴线长度的测量 .....	235
12.2.4	桥梁角度测量与边长测量 .....	236
12.2.5	桥梁三角网平差与坐标计算 .....	237
12.2.6	桥梁施工高程控制测量 .....	238
12.3	桥梁墩(台)定位与测设 .....	239
12.3.1	直线桥梁墩(台)定位 .....	239
12.3.2	曲线桥梁墩(台)定位 .....	241
12.3.3	桥梁墩(台)的测设 .....	247
12.4	桥梁基础施工放样 .....	249
12.4.1	明挖基础施工放样 .....	249
12.4.2	桩基础施工放样 .....	251
12.4.3	管柱基础施工放样 .....	253
12.4.4	沉井基础施工放样 .....	256
12.5	桥梁架设施工测量 .....	260
12.5.1	全桥中心线的复测 .....	260
12.5.2	桥架墩(台)及支承垫石的测设 .....	260
12.5.3	桥架架设时的测设 .....	261
12.6	桥(涵)台锥坡放样 .....	262
12.6.1	锥坡的设计要求 .....	262
12.6.2	锥坡的测设 .....	262
12.7	涵洞施工放样 .....	264
12.7.1	涵洞施工放样程序 .....	264
12.7.2	涵洞施工放样操作 .....	265
<b>第 13 章</b>	<b>隧道工程施工测量与放线 .....</b>	<b>266</b>

13.1	初测与定测 .....	266
13.1.1	隧道初测 .....	266
13.1.2	隧道定测 .....	266
13.2	隧道地面控制测量 .....	268
13.2.1	资料收集 .....	268
13.2.2	现场踏勘 .....	268
13.2.3	隧道开挖方式 .....	268
13.2.4	洞外控制测量 .....	269
13.2.5	测量坐标与施工坐标的换算 .....	272
13.2.6	路线引测进洞数据的计算 .....	273
13.2.7	洞口掘进方向的标定 .....	276
13.3	隧道洞内施工测量 .....	276
13.3.1	洞内导线测量 .....	276
13.3.2	洞内中线的测设 .....	279
13.3.3	洞内水准测量 .....	280
13.3.4	隧道开挖断面放样 .....	281
13.3.5	隧道衬砌放样 .....	282
13.4	隧道竖井联系测量 .....	285
13.4.1	竖井高程的传递 .....	285
13.4.2	光学垂准仪与陀螺经纬仪联合进行竖井联系测量 .....	286
13.4.3	联系三角形定向测量 .....	287
13.5	隧道贯通测量与误差调整 .....	289
13.5.1	贯通误差的类型及要求 .....	289
13.5.2	贯通误差的测量 .....	289
13.5.3	贯通误差的调整 .....	290
<b>第 14 章</b>	<b>公路工程测量资料 .....</b>	<b>292</b>
14.1	初测资料 .....	292
14.2	定测资料 .....	298
<b>附录 A</b>	<b>公路勘测记录簿格式 .....</b>	<b>306</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>324</b>

# 第 1 章 工程测量基础

## 1.1 概 述

### 1.1.1 工程测量的内容

公路工程施工前、施工中和竣工后所进行的这些测量工作称为公路工程施工测量。公路工程测量的主要内容见表 1-1。

表 1-1 公路工程测量的内容

序 号	测 量 内 容	具 体 含 义
1	控制测量	在沿着路线可能经过的范围内，根据公路等级的要求，选用控制网的方式和相应的控制等级，布设控制点和测定各控制点的平面位置和高程
2	地形测量	以控制测量布设的控制点为基准，绘制路线带状地形图
3	定线测量	常用的定线测量方法有纸上定线和现场定线两种。《公路勘测规范》（JTG C10—2007）规定：各级公路应在地形测量以后，采用纸上定线，受条件限制或地形、方案较简单也可采用现场定线
4	中线测量	通过直线和曲线（包括圆曲线和缓和曲线）的测设，将公路中心线的平面位置用打桩的形式具体地标定在现场上，并测定路线的实际里程
5	中线水准测量	中线水准测量包括基平测量和中平测量两个方面。它的任务是在公路中线测量完成以后，测定中线上各里程桩的地面高程
6	横断面测量	测定中线上各里程桩处垂直于中线方向左右一定范围内的地面起伏状况
7	桥涵测量	测定桥轴线的长度、桥位处的河床断面及水文等，为桥梁方案选择及结构设计提供详细、准确的数据
8	隧道测量	测绘隧址处地形图，测定隧道的轴线、洞口、竖井等的位置，为隧道设计提供详细、准确的数据

### 1.1.2 工程测量的原则与任务

#### 1. 工程测量的原则

工程测量的原则见表 1-2。

表 1-2 工程测量的原则

序 号	项 目	具 体 含 义
1	原因	在进行测量工作时，需要确定许多地面点的位置。假如从一个已知点出发，逐点进行测量和推导，最后虽然可得到欲测各点的位置，但这些点很可能是不正确的，因为前一点的量度误差将会传递到下一点。这样积累起来，最后可能达到不可允许的程度。因此测量工作必须依照一定的原则和方法来防止测量误差的积累
2	原则	在实际测量工作中应遵循“从整体到局部，由高级到低级，先控制后碎部”的原则，就是在测区整体范围内选择一些有“控制”意义的点，要把它们的坐标和高程用高精度的仪器和方法精确地测定出来，然后以这些点作为已知点来确定其他地面点的位置

## 2. 工程测量的任务

公路野外勘测可以分为初测和定测两个阶段。每个阶段工程测量的主要任务见表 1-3。

表 1-3 公路工程测量的主要任务

序号	阶段	主要任务
1	初测	在沿线可能经过的范围内布设控制点，进行控制测量，测绘路线带状地形图、纵断面图，收集地质、水文、资源等资料，作为纸上定线、编制比较方案和初步设计的依据。 根据初步设计，选定某一方案后，便可转入路线的定测阶段
2	定测	在选定设计方案的路线上进行中线测量、纵断面测量、横断面测量、局部地区的大比例尺地形图的测绘和有关调查测量等，以便为路线的技术设计提供准确、详细的外业测量资料： (1) 在路线跨越河流时，拟设置桥梁跨越之前，要测绘河流两岸的地形图，测定桥轴线的长度及桥位处的河床断面，为桥梁方案选择及结构设计提供必要的数椐； (2) 当路线穿越高山，采用隧道工程时，应测绘隧址处地形图，隧道的轴线、洞口、竖井等的位置，为隧道设计提供必要的数椐

### 1.1.3 工程测量的程序

工程测量时，主要就是测定碎部点的平面位置和高程。测定碎部点的位置，其程序通常分为两步，见表 1-4。

表 1-4 工程测量的程序

序号	程序	具体含义
1	控制测量	如图 1-1 所示，先在测区内选择若干具有控制意义的点 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $\dots$ 作为控制点，以精密的仪器和准确的方法测定各控制点之间的距离 $d$ ，各控制边之间的水平夹角 $F$ ，如果某一条边（见图 1-1 中的 $AB$ 边）的方位角 $\alpha$ 和其中某一点的坐标已知，则可计算出其他控制点的坐标。另外，还要测出各控制点之间的高差，设点 $A$ 的高程为已知，则可求出其他控制点的高程
2	碎部测量	根据控制点测定碎部点的位置，如在控制点 $A$ 上测定其周围碎部点 $M$ 、 $N$ 、 $\dots$ 的平面位置和高程。应遵循“从整体到局部”、“先控制后碎部”的原则。这样可以减少误差累积，保证测图精度，而且还可以分幅测绘，加快测图进度 如果测定控制点的相对位置有误时，以其为基础所测定的碎部点位也就有错误，而当碎部测量中有错误时，以此资料绘制的地形图也就有错误。所以，测量工作必须严格进行检核，前一步测量工作未作检核则不能进行下一步测量工作。遵循“步步有检核”的原则，可以防止错漏发生，保证测量成果的正确性



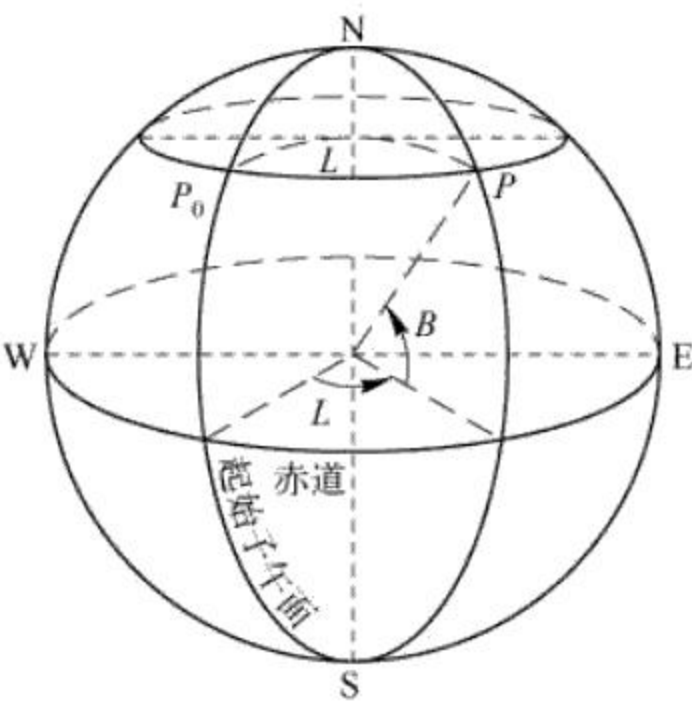
图 1-1 控制测量与碎部测量示意图

## 1.2 坐标系

### 1.2.1 大地坐标系

大地坐标系的表示方法见表 1-5。

表 1-5 大地坐标系的表示方法

序号	项目	具体含义
1	表示方法	在大地坐标系中，地面点在旋转椭球面上的投影位置用大地经度 $L$ 和大地纬度 $B$ 来表示，如图 1-2 所示
2	经度	对于任意一点 $P$ 而言，大地经度就是通过 $P$ 点的子午面与起始子午面的夹角（用 $L$ 表示），从起始子午面算起，向东从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经；向西从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经
3	纬度	$P$ 点的大地纬度就是该点的法线与赤道面的交角（用 $B$ 表示）。从赤道面起算，向北从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬；向南从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬
4	图示	 <p>图 1-2 大地坐标系</p>

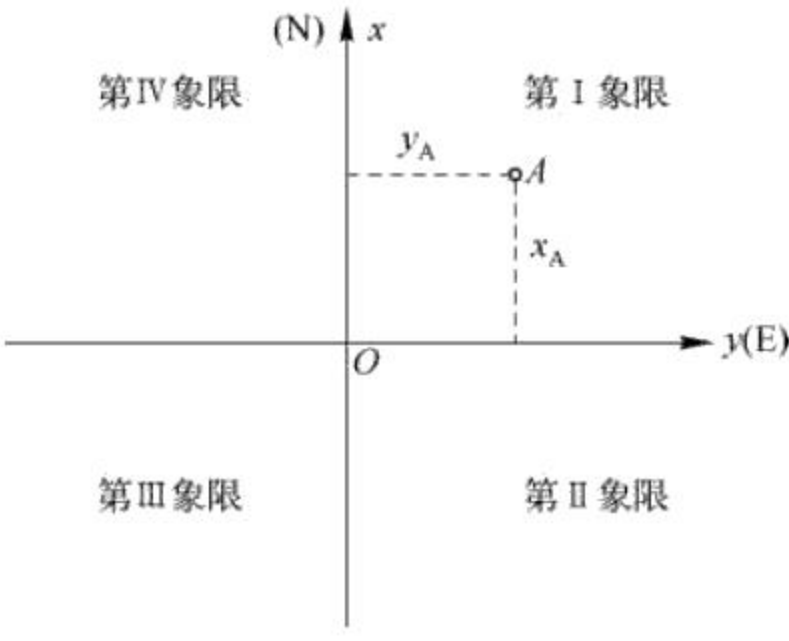
### 1.2.2 平面直角坐标系

平面直角坐标系的表示方法见表 1-6。

表 1-6 平面直角坐标系的表示方法

序号	项目	具体含义
1	表示方法	如果测量的范围较小，可以把测区的球面当作平面看待，直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上，再用平面直角坐标来表示它的投影位置，如图 1-3 所示
2	详细规定	在平面直角坐标系中，规定纵坐标轴为 $x$ 轴，表示南北方向，向北为正；横坐标轴为 $y$ 轴，表示东西方向，向东为正。坐标原点可假定，也可选在测区的已知点上。象限按顺时针方向编号，测量所用的平面直角坐标系与数学上常用的直角坐标系不同，测量上的直线方向都是从纵坐标轴北端顺时针方向量度的，而三角学中三角函数的角是从横坐标轴正端按逆时针方向计量，把 $x$ 轴与 $y$ 轴互换后，全部三角公式都能在计算中应用

续表

序号	项目	具体含义
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 1-3 平面直角坐标系</p>

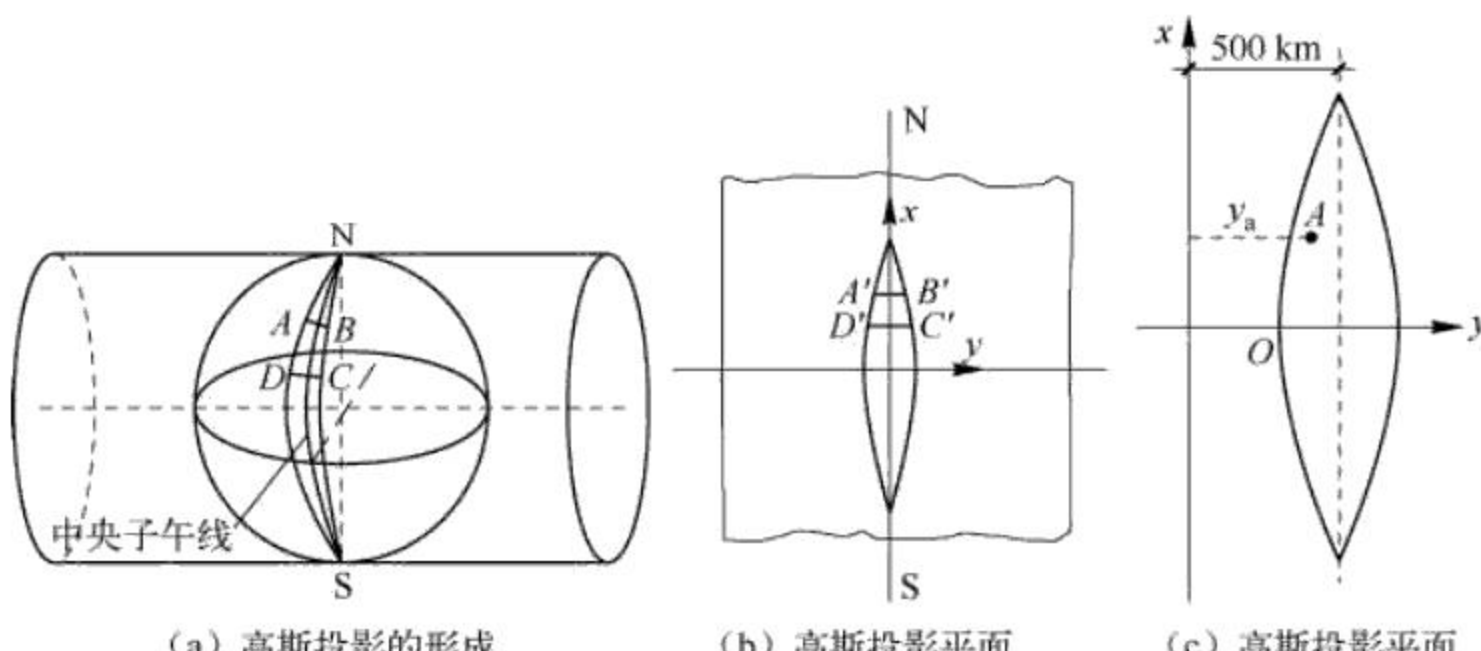
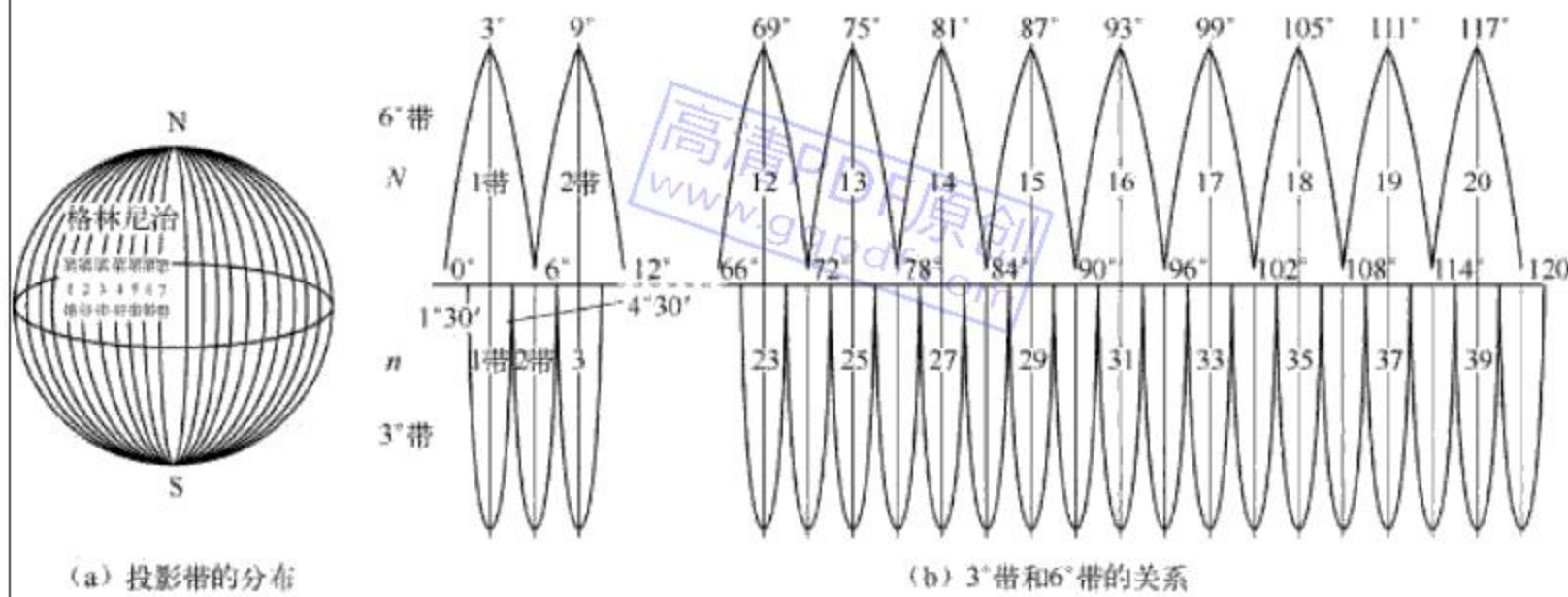
### 1.2.3 高斯平面直角坐标系

高斯平面直角坐标系的表示方法见表 1-7。

表 1-7 高斯平面直角坐标系的表示方法

序号	项目	具体含义
1	原因	在研究大范围的地球形状和小时，必须要用大地坐标表示地面点的位置才符合实际情况。但在绘制地形图时，只能将参考椭球面上的图形用地图投影的方法描绘到纸的平面上，这就需要用相应的地图投影方法建立一个平面直角坐标系
2	投影平面	<p>(1) 高斯投影是地球椭球面正形投影于平面的一种转换过程，通过下面投影过程来说明这种投影规律，如图 1-4 (a) 所示。假想将截面为椭圆的一个圆柱横套在地球椭球外面，并与椭球面上某一条子午线相切，同时使圆柱的轴位于赤道面内并通过椭球中心。圆柱面与椭球面相切的子午线称为中央子午线。如果以椭球中心为投影中心，将中央子午线两侧一定经差范围内的椭球图形投影到圆柱面上，再顺着经过南、北两极点的圆柱母线将圆柱面剪开并展成平面，如图 1-4 (b)、(c) 所示，那么这个平面就是高斯投影平面</p> <p>(2) 在高斯投影平面上，中央子午线的投影为直线并且长度不变，赤道投影后为一条与中央子午线正交的直线，离开中央子午线的线段投影后都要发生变形，且均较投影前长一些，并且离开越远，长度变形越长</p>
3	投影范围	<p>(1) 为了使投影误差不致影响测图精度，一般以经差 <math>6^\circ</math> 或更小的经差为准来限定高斯投影的范围，每一投影范围称为一个投影带，如图 1-5 (a) 所示，从起始子午线开始，将整个地球划分成 60 个投影带并顺次编号，称为高斯 <math>6^\circ</math> 投影带（简称 <math>6^\circ</math> 带）。<math>6^\circ</math> 带中央子午线经度 <math>L_0</math> 与投影带号 <math>N_6</math> 之间的关系式为：</p> $L_0 = N_6 \times 6^\circ - 3^\circ \quad (1-1)$ <p>(2) 如果用大比例尺测图，则需采用 <math>3^\circ</math> 带或 <math>1.5^\circ</math> 带来限制投影误差。<math>3^\circ</math> 带与 <math>6^\circ</math> 带的关系如图 1-5 (b) 所示</p>
4	高斯平面直角坐标系应用	<p>(1) 采用分带投影后，每一投影带的中央子午线和赤道的投影为两正交直线，所以可取两正交直线的交点为坐标原点，中央子午线的投影线为坐标纵轴（x 轴），向北为正；赤道投影线为坐标横轴（y 轴），向东为正，这就是全国统一的高斯平面直角坐标系</p> <p>(2) 高斯平面直角坐标系的应用简化了测量计算工作，把在椭球面上的观测元素全部改化到高斯平面上进行计算，这比在椭球面上解算球面三角形要简单得多。在公路工程测量中也经常应用高斯平面直角坐标，例如，高速公路的勘测设计和施工测量就是在高斯平面直角坐标系中进行的</p>

续表

序号	项目	具体含义
5	图示	 <p style="text-align: center;">(a) 高斯投影的形成      (b) 高斯投影平面      (c) 高斯投影平面</p> <p style="text-align: center;">图 1-4 高斯平面直角坐标系</p>  <p style="text-align: center;">(a) 投影带的分布      (b) 3°带和6°带的关系</p> <p style="text-align: center;">图 1-5 6°带中央子午线及带号</p>

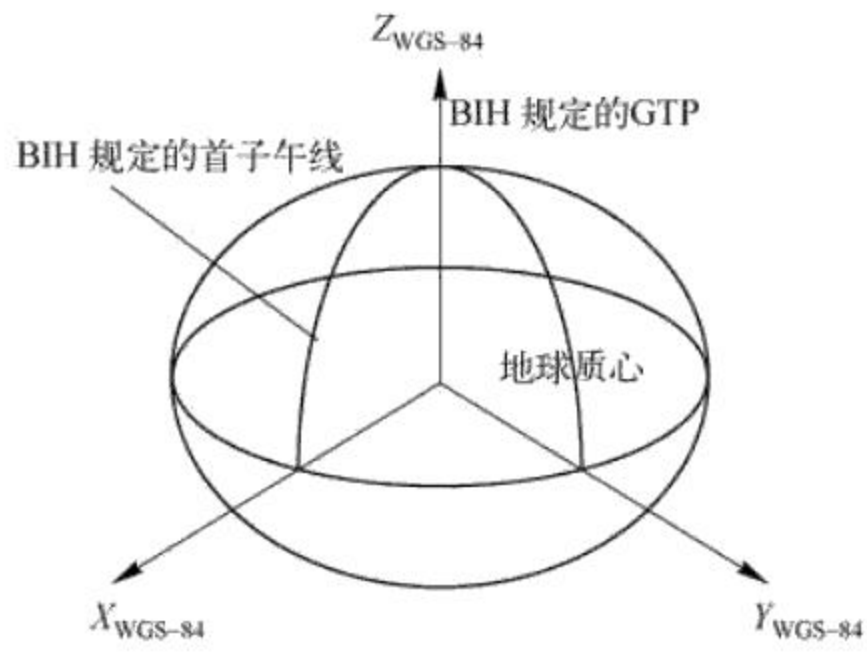
### 1.2.4 GPS 轨道的大地参考坐标系

GPS 轨道的大地坐标系的表示方法见表 1-8。

表 1-8 GPS 轨道的大地坐标系的表示方法

序号	项目	具体含义
1	原因	全球定位系统 (GPS) 从 1987 年开始使用 WGS - 84 系统, 为广播星历和精密星历提供准确参考坐标系, 这样用户可以从 GPS 定位测量中取得更精密的地心坐标, 也可通过相似变换得到精度较高的局部大地坐标系坐标
2	详细规定	现在采用的 WGS - 84 坐标系是一个地心、地固坐标系, 原点为地球质心, 如图 1-6 所示。坐标系的定向与 BIH (国际时间局) 所定义的方向相一致, 即该坐标系的 Z 轴平行于常用地球极的方向, 首子午圈平行于 BIH 所规定的首子午圈; X 轴为 WGS 参考子午圈与平行于地球极赤道的平面的交线, 当然, 该平面必通过 WGS 所定义的地球质心, Y 轴同 X 轴、Z 轴构成右手坐标系

续表

序号	项目	具体含义
3	图示	 <p>图 1-6 WGS - 84 坐标系</p>

## 1.3 标志与记录

### 1.3.1 测量标志

#### 1. 测量标志的分类

公路工程测量标志可分为控制测量桩、路线控制桩和标志桩 3 种，见表 1-9。

表 1-9 测量标志的分类与用途

序号	类别	作用与用途
1	控制测量桩	主要用于 GPS 点、三角点、导线点、水准点，以及特大型桥隧控制桩等
2	路线控制桩	主要指路线起终点桩、公里桩、曲线要素桩、交点桩、转点桩、断链桩等
3	标志桩	主要指路线中线桩和控制桩的指示桩

#### 2. 测量标志的要求

测量标志的要求见表 1-10。

表 1-10 测量标志的要求

序号	类别	有关要求
1	控制测量桩	<p>(1) 控制测量桩应采用混凝土，也可采用不易破碎的石材或其他具有较高强度的材料制成，测量控制点的标石可按要求预制或现场浇制</p> <p>(2) 重要构造物控制网，其控制点标志的大小、高度、结构，应视构造物的精度要求、当地的地质情况、通视情况具体确定，标志规格应使桩位具有足够的稳定性，必要时应埋至弱风化层，并采用强制对中装置</p> <p>(3) 各级控制测量桩必须设有中心标志。中心标志宜采用具有中心记号的铸铁，也可采用直径不小于 14 mm 的钢筋制作。平面控制测量桩钢筋头表面应锉平并刻成细小、清晰的十字线，其露出标石表面的高度应为 2 ~ 5 mm；高程控制测量桩的中心标志顶端应圆滑，应采用球形中心标志或表面锉平的钢筋</p> <p>(4) 不同的控制测量桩可以共用，但必须满足各自的埋设和作业要求，标志高、上顶面长和宽、下底面长和宽以其中规格要求较高者为准</p>



续表

序号	类别	有关要求
2	路线控制桩与标志桩	(1) 控制桩应钉小钉, 以表示其中心位置 (2) 控制桩同时作为控制测量桩使用时, 应使用水泥混凝土进行护桩, 同时应设置指示标志 (3) 控制桩应采用断面不小于 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 、长度不小于 $30\text{ cm}$ 的木质桩 (4) 标志桩应采用断面不小于 $5\text{ cm} \times 1.5\text{ cm}$ 、长度不小于 $30\text{ cm}$ 的木质或竹质桩

### 3. 桩志埋设

桩志埋设见表 1-11。

表 1-11 桩志埋设

序号	类别	有关要求
1	控制测量桩	(1) 控制测量桩应埋设在基础稳定、易于长期保存的地点; 埋设时, 应使其具有足够的稳定性; 控制测量桩高出地面的部分不得超过 $5\text{ cm}$ (2) 控制测量桩埋设时坑底应填以砂石, 并捣实或现浇厚度 $20\text{ cm}$ 以上的混凝土, 地表应在控制测量桩周围现浇厚度 $5\text{ cm}$ 以上、控制桩以外宽度 $10\text{ cm}$ 以上的混凝土。埋设的控制测量桩应待沉降稳定后方可使用 (3) 对于冻土地区, 季节冻土层以下桩志的高度应大于标准高度的 $2/3$ , 并应在位于季节冻土层段的桩志周围包裹防水材料 (4) 当控制测量桩位于岩石或固定建筑物上时, 应将表面凿毛、冲洗干净后, 在其上浇筑混凝土并埋入中心标志, 其顶部外形尺寸应与相应标志相符, 混凝土的高度应大于 $20\text{ cm}$ (5) 当控制测量桩位于沙丘和土层松软地区时, 应增加桩志尺寸和基坑底层现浇混凝土的面积和厚度, 直至其具有足够的稳定性 (6) 当利用原有控制测量桩时, 应确认该点标石完好, 并符合相应控制测量桩的规格和埋设要求
2	路线控制桩	(1) 路线控制桩顶面宜与地面齐平, 并加设指示桩; 路线控制桩的木质方桩顶面应钉小钉, 表示点位 (2) 当路线控制桩位于岩石或建筑物上时, 可用油漆标记; 柔性路面地段可用钢筋打入路面且与路面平齐 (3) 路线控制桩应有较高的稳定性, 不得随意搁置于地表

### 4. 桩志的书写

桩志的书写见表 1-12。

表 1-12 桩志的书写

序号	有关要求
1	控制测量桩应在其标石表面刻制或用红色油漆标注点名(号)
2	控制测量的等级可分别以 A、B、C、D 表示“一等”、“二等”、“三等”、“四等”; 以 E 表示平面控制点的“一级”、高程控制点的“五等”; 用 F 表示平面控制点的“二级”
3	路线控制桩、标志桩宜采用油漆或记号笔书写桩号、标注中心位置。当路线控制桩作为控制测量桩使用时, 中心记号应细小、清晰且牢固
4	当路线控制桩、标志桩位于岩石、建筑物或路面上时, 应将其表面清理干净, 在点位的旁边书写桩号
5	控制测量桩、路线控制桩和标志桩应按起、终点方向顺序连续编号。中线桩的背面宜按 $0 \sim 9$ 循环编号
6	对于分离式路基测量, 其左、右侧路线桩号前应冠以左、右字母符号, 并应以前进方向有侧路线为全程连续计算桩号
7	当有比较方案时, 按比较方案的顺序, 桩号前应冠以 A、B、…字样
8	路线控制桩应在附近的建筑物、电线杆、大树、岩石等固定物上标明指示方向及距离, 并填写固定桩志表, 也可采用堆土、石或混凝土包桩方式予以保护
9	公路测量符号宜采用汉语拼音, 有特殊要求时可采用英文字母

### 1.3.2 测量记录

测量记录的基本要求见表 1-13。

表 1-13 测量记录的基本要求

序号	项目	有关要求
1	工程桩标记录	(1) 控制测量桩应填写点之记, 并应在现场填绘 (2) 当路线控制桩作为控制测量桩使用时, 应填写固定桩志表
2	工程勘测记录	(1) 原始数据和记事项目应现场记录, 字迹应清楚、整齐, 不得涂改、擦改和转抄; 外业手簿应进行编号并不得撕页 (2) 当记录发生错误时, 应按下述要求进行处理: ① 角度记录中的分位、距离和水准记录中的分米位的读记错误可在实地更改, 但角度测量同一方向的盘左和盘右、距离测量的往返值、水准测量的基辅值和前后读数值不能同时更改相关数字; ② 角度记录中的秒位、距离和水准记录中的厘米及厘米以下位数不得涂改, 必须重测; ③ 允许改正的内容应用横道线整齐画去错误的记录, 在其上方重新记录正确的数值, 并在备注栏注明原因 (3) 记录簿中所规定的项目应记录齐全, 说明及草图应现场完成, 做到精练、准确 (4) 测量结束后, 应及时整理、检查计算是否正确, 成果是否符合各项限差及技术要求, 经复核无误并签署后, 方能交付使用 (5) 测量完毕后, 各种记录簿应编目、整理, 并应由测量、复核及主管人员签署, 按规定归档、保存 (6) 公路勘测的各种记录, 应采用专用记录簿, 记录簿必须编排页码, 严禁撕页; 采用电子设备记录时, 打印输出的内容应具有可查性
3	工程勘测记录格式	工程勘测记录格式详见附录

## 1.4 符号与常用数据

### 1.4.1 测量符号

公路测量符号宜采用汉语拼音字母, 有特殊要求时可采用英文字母。一个公路项目应使用同一种表示形式。测量符号宜参照表 1-14 执行, 控制测量的等级宜添加于测量符号之后。

表 1-14 公路测量符号和图式

名称	汉语拼音或我国习惯符号	英文符号	图式	备注
三角点	SJ	TAP	△	
GPS 点	G	GPS	▲	
导线点	D	TP	■	
水准点	BM	BM	□	
图根点	T	RP	□	

续表

名称	汉语拼音或 我国习惯符号	英文符号	图式	备注
横坐标	X	X		
纵坐标	Y	Y		
高程	H	EL		
方位角	$\alpha$	$\alpha$		在 $\alpha$ 后以下标形式表示其方向
东	E	E		
西	W	W		
南	S	S		
北	N	N		
左	L	L		(左)
右	R	R		(右)
交点	JD	IP		(交点)
转点	ZD	TP		(转点)
圆曲线起点	ZY	BC		(直圆点)
圆曲线中点	QZ	MC		(曲中点)
圆曲线终点	YZ	EC		(圆直点)
路线起点	SP	SP		
路线终点	EP	EP		
复曲线公切点	GQ	PCC		(公切点)
反向平曲线点	FGQ	PRC		(反拐点)
第一缓和曲线起点	ZH	TS		(直缓点)
第一缓和曲线终点	HY	SC		(缓圆点)
第二缓和曲线起点	YH	CS		(圆缓点)
第二缓和曲线终点	HZ	ST		(缓直点)
变坡点	SJD	PVI		(竖交点)
竖曲线起点	SZY	BVC		(竖直圆点)
竖曲线终点	SYZ	EVC		(竖圆直点)
竖曲线公切点	SGQ	PCVC		(竖公切点)
反向竖曲线公切点	FSGQ	PRVC		(反竖拐点)
比较线标记、匝道标记	A、B、C...	A、B、C...		冠于比较线、匝道里程桩号和控制点编号前
公里标记	K	K		
左偏角	$\alpha_{左}$	$\alpha_L$		
右偏角	$\alpha_{右}$	$\alpha_R$		
曲线长	$L$	$L$		包括圆曲线长、缓和曲线长
圆曲线长	$L_Y$	$L_C$		$L_{圆}$
缓和曲线长	$L_S$	$L_h$		

续表

名 称	汉语拼音或 我国习惯符号	英文符号	图式	备 注
平、竖曲线切线长	$T$	$T$		包括设置缓和曲线所增加的切线长
平、竖曲线外距	$E$	$E$		平曲线外距包含设置缓和曲线所增外距
缓和曲线角	$\beta$	$\beta$		
缓和曲线参数	$A$	$A$		
校正值（两切线长与 曲线长度的差值）	$J$	$D$		含设置缓和曲线所引起的变化
改线、改移、差错改正	$G$	$R$		冠在里程桩号前
超高值	$h_c$	$h_s$ （或 $e$ ）		
超高缓和长度	$l_c$	$l_r$		
加宽缓和长度	$l_j$	$l_w$		
路基宽度	$B$	$B$		
路基加宽度	$B_j$	$B_w$		
路面加宽度	$b_j$	$b_w$		
流量	$Q$	$Q$		
流速、设计速度	$v$	$v$		
设计水位	SW	DWL		（设位）
历史最高洪水位	GW	HWT		（高位）
多年平均洪水位	PW	MFL		（平位）
历史最高流冰水位	BW	HIWL		（冰位）
历史最高潮水位	CW	HTWL		（潮位）
通航水位	HW	NWL		（航位）
普通水位	TW	OWL		（通位）
测量时水位	LW	SWL		（量位）
地下水位	DW	UWL		（地位）
设计高程	DEL	DEL		
用地界	YDJ	R/W（ROW）		（用地界）
面积	$A$	$A$		
填高	$T$	$F$		（填）
挖深	$W$	$C$		（挖）
填面积	$A_T$	$A_F$		
体积	$V$	$V$		
长	$L$	$L、l$		
宽	$B、b$	$B、b$		
高	$H、h$	$H、h$		
厚	$d、\delta$	$d、\delta$		
直径	$D、\phi$	$D、d$		
半径	$R、r$	$R、r$		

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

## 1.4.2 线路测量常用数据

### 1. 线路测图比例尺的选用

线路测图比例尺的选用见表 1-15。

表 1-15 线路测图比例尺的选用

线路名称	带状地形图	工点地形图	纵断面图		横断面图	
			水平	垂直	水平	垂直
铁路	1:1 000	1:200 1:500	1:1 000	1:100	1:100 1:200	1:100 1:200
	1:2 000		1:2 000	1:200		
	1:5 000		1:10 000	1:1 000		
公路	1:2 000	1:200 1:500 1:1 000	1:2 000	1:200	1:100 1:200	1:100 1:200
	1:5 000		1:5 000	1:500		
架空索道	1:2 000 1:5 000	1:200 1:500	1:2 000 1:5 000	1:200 1:500		
自流管线	1:1 000 1:2 000	1:500	1:1 000 1:2 000	1:100 1:200		
压力管线	1:2 000 1:5 000	1:500	1:2 000 1:5 000	1:200 1:500		
架空送电线路		1:200 1:500	1:2 000 1:5 000	1:200 1:500		

注：① 1:200 比例尺的工点地形图，可按对 1:500 比例尺地形测图的技术要求测绘；

② 当架空送电线路通过市区的协议区或规划区时，应根据当地规划部门的要求，施测 1:1 000 或 1:2 000 比例尺的带状地形图；

③ 当架空送电线路需要施测横断面图时，水平和垂直比例尺宜选用 1:200 或 1:500。

## 2. 公路测量

(1) 二级及以下等级公路导线测量的主要技术要求应符合表 1-16 的规定。

表 1-16 二级及以下等级公路导线测量的主要技术要求

导线长度/km	边长/m	仪器精度等级	测回数	测角中误差/(")	测距相对中误差	联测检核	
						方位闭合差/(")	相对闭合差
≤30	400~600	2'级仪器	1	12	≤1/2 000	$24\sqrt{n}$	≤1/2 000
		6'级仪器		20		$40\sqrt{n}$	

注：表中  $n$  为测站数。

(2) 二级及以下等级公路高程控制测量的主要技术要求应符合表 1-17 的规定。

表 1-17 二级及以下等级公路高程控制测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差/mm	路线长度/km	往返较差、附和或环线闭合差/mm
五等	15	30	$30\sqrt{L}$

注： $L$  为水准路线长度，km。

(3) 公路定测放线中副交点测回间角值较差的限值不应大于表 1-18 的规定。

表 1-18 副交点测回间角值较差的限差

仪器精度等级	副交点测回间角值较差的限差/ (")
2'级仪器	15
6'级仪器	20

(4) 公路线路中线测量, 应与初测导线、航测外控点或 GPS 点联测。联测间隔宜为 5 km, 特殊情况下不应大于 10 km。中线线路联测闭合差的限差不应大于表 1-19 的规定。

表 1-19 中线线路联测闭合差的限差

线路名称	方位角闭合差/ (")	相对闭合差
一级及以上公路	$30\sqrt{n}$	1/2 000
二级及以下公路	$60\sqrt{n}$	1/1 000

注:  $n$  为测站数; 计算相对闭合差时, 长度采用初、定测闭合环长度。

(5) 公路直线段中线桩位测量限差不应超过表 1-20 的规定; 曲线段中线桩位测量闭合限差不应超过表 1-21 的规定。

表 1-20 直线段中线桩位测量限差

线路名称	纵向误差/m	横向误差/cm
一级及以上公路	$\frac{S}{2\ 000} + 0.1$	10
二级及以下公路	$\frac{S}{1\ 000} + 0.1$	10

注:  $S$  为转点桩至中线桩的距离, m。

表 1-21 曲线段中线桩位测量闭合差的限差

线路名称	纵向相对闭合差/m		横向闭合差/cm	
	平地	山地	平地	山地
一级及以上公路	1/2 000	1/1 000	10	10
二级及以下公路	1/1 000	1/500	10	15

(6) 公路横断面测量的限差, 不应超过表 1-22 的规定。

表 1-22 横断面测量的限差

线路名称	距离/m	高程/m
一级及以上公路	$\frac{l}{100} + 0.1$	$\frac{h}{100} + \frac{l}{200} + 0.1$
二级及以下公路	$\frac{l}{50} + 0.1$	$\frac{h}{50} + \frac{l}{100} + 0.1$

注: ①  $l$  为测点至线路中线桩的水平距离, m;

②  $h$  为测点至线路中线桩的高差, m。

(7) 公路施工前应复测中线桩, 当复测成果与原测成果较差的限差符合表 1-23 规定时, 应采用原测成果。

表 1-23 中线桩复测成果与原测成果较差的限差

线路名称	水平角/( $^{\circ}$ )	距离相对中误差	转点横向误差/mm	曲线横向闭合差/cm	中线桩高程/cm
一级及以上公路	$\leq 30$	$\leq 1/2\,000$	每 100 m 小于 5, 点间距大于等于 400 m 小于 20	$\leq 10$	$\leq 10$
二级及以下公路	$\leq 60$	$\leq 1/1\,000$	每 100 m 小于 10	$\leq 10$	$\leq 10$

### 1.4.3 工程施工测量常用数据

#### 1. 场区控制测量

(1) 当采用导线及导线网作为场区控制网时, 导线边长应大致相等, 相邻边的长度之比不宜超过 1:3, 其主要技术要求应符合表 1-24 的规定。

表 1-24 场区导线测量的主要技术要求

等级	导线长度/km	平均边长/m	测角中误差/( $^{\circ}$ )	测距相对中误差	测回数		方位角闭合差/( $^{\circ}$ )	导线全长相对闭合差
					2'级仪器	6'级仪器		
一级	2.0	100 ~ 300	5	1/30 000	3	—	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15\,000$
二级	1.0	100 ~ 200	8	1/14 000	2	4	$16\sqrt{n}$	$\leq 1/10\,000$

注:  $n$  为测站数。

(2) 当采用三角形网作为场区控制网时, 其主要技术要求应符合表 1-25 的规定。

表 1-25 场区三角形网测量的主要技术要求

等级	边长/m	测角中误差/( $^{\circ}$ )	测边相对中误差	最弱边边长相对中误差	测回数		三角形最大闭合差/( $^{\circ}$ )
					2'级仪器	6'级仪器	
一级	300 ~ 500	5	$\leq 1/40\,000$	$\leq 1/20\,000$	3	—	15
二级	100 ~ 300	8	$\leq 1/20\,000$	$\leq 1/10\,000$	2	4	24

(3) 当采用 GPS 网作为场区控制网时, 其主要技术要求应符合表 1-26 的规定。

表 1-26 场区 GPS 网测量的主要技术要求

等级	边长/m	固定误差 $A$ /mm	比例误差系数 $B$ /(mm/km)	边长相对中误差
一级	300 ~ 500	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 1/40\,000$
二级	100 ~ 300			$\leq 1/20\,000$

#### 2. 工业与民用建筑施工测量

(1) 建筑物施工平面控制网的主要技术要求应符合表 1-27 的规定。

表 1-27 建筑物施工平面控制网的主要技术要求

等级	边长相对中误差	测角中误差
一级	$\leq 1/30\,000$	$7''/\sqrt{n}$
二级	$\leq 1/15\,000$	$15''/\sqrt{n}$

注:  $n$  为建筑物结构的跨数。

(2) 建筑物施工平面控制网建立时水平角观测的测回数应根据表 1-27 中测角中误差的大小, 按表 1-28 选定。

表 1-28 水平角观测的测回数

测角中误差 仪器精度等级	2.5"	3.5"	4.0"	5.0"	10.0"
1'级仪器	4	3	2		
2'级仪器	6	5	4	3	1
6'级仪器				4	3

(3) 建筑物施工放样、轴线投测和高程传递的允许偏差, 不应超过表 1-29 的规定。

表 1-29 建筑物施工放样、轴线投测和高程传递的允许偏差

项 目	内 容		允许偏差/mm
基础桩位放样	单排桩或群桩中的边桩		±10
	群 桩		±20
各施工层上放线	外廓主轴线长度 $L/m$	$L \leq 30$	±5
		$30 < L \leq 60$	±10
		$60 < L \leq 90$	±15
		$90 < L$	±20
	细部轴线		±2
	承重墙、梁、柱边线		±3
	非承重墙边线		±3
	门窗洞口线		±3
轴线竖向投测	每 层		3
	总高 $H/m$	$H \leq 30$	5
		$30 < H \leq 60$	10
		$60 < H \leq 90$	15
		$90 < H \leq 120$	20
		$120 < H \leq 150$	25
		$150 < H$	30
高程竖向传递	每 层		±3
	总高 $H/m$	$H \leq 30$	±5
		$30 < H \leq 60$	±10
		$60 < H \leq 90$	±15
		$90 < H \leq 120$	±20
		$120 < H \leq 150$	±25
		$150 < H$	±30



(4) 柱子、桁架和梁安装测量的允许偏差, 不应超过表 1-30 的规定。

表 1-30 柱子、桁架和梁安装测量的允许偏差

测量内容		允许偏差/mm
钢柱垫板高程		±2
钢柱 ±0.000 高程检查		±2
混凝土柱(预制) ±0.000 高程检查		±3
柱子垂直度检查	钢柱牛腿	5
	柱高 10 m 以内	10
	柱高 10 m 以上	$H/1000$ , 且 ≤20
桁架和实腹梁、桁架和钢架的支承节点间相邻高差的偏差		±5
梁间距		±3
梁面垫板高程		±2

注:  $H$  为柱子高度, mm。

(5) 构件预装测量的允许偏差, 不应超过表 1-31 的规定。

表 1-31 构件预装测量的允许偏差

测量内容	测量的允许偏差/mm
平台面抄平	±1
纵横中心线的正交度	$\pm 0.8\sqrt{l}$
预装过程中的抄平工作	±2

注:  $l$  为自交点起算的横向中心线长度的米数。长度不足 5 m 时, 以 5 m 计。

(6) 附属构筑物安装测量的允许偏差, 不应超过表 1-32 的规定。

表 1-32 附属构筑物安装测量的允许偏差

测量项目	测量的允许偏差/mm
栈桥和斜桥中心线的投点	±2
轨面的高程	±2
轨道跨距的丈量	±2
管道构件中心线的定位	±5
管道标高的测量	±5
管道垂直度的测量	$H/1000$

注:  $H$  为管道垂直部分的长度, mm。

### 3. 水工建筑物施工测量

(1) 水工建筑物首级施工平面控制网的等级, 应根据工程规模和建筑物的施工精度要求按表 1-33 选用。

表 1-33 水工建筑物首级施工平面控制网等级的选用

工程规模	混凝土建筑物	土石建筑物
大型工程	二等	二等或三等
中型工程	三等	三等或四等
小型工程	四等或一级	一级

(2) 水工建筑物各等级施工平面控制网的平均边长, 应符合表 1-34 的规定。

表 1-34 水工建筑物各等级施工平面控制网的平均边长

等 级	二等	三等	四等	一级
平均边长/m	800	600	500	300

(3) 水工建筑物施工高程控制网等级的选用, 应符合表 1-35 的规定。

表 1-35 水工建筑物施工高程控制网等级的选用

工程规模	混凝土建筑物	土石建筑物
大型工程	二等或三等	三等
中型工程	三等	四等
小型工程	四等	五等

(4) 填筑及混凝土建筑物轮廓点的施工放样的允许偏差, 不应超过表 1-36 的规定。

表 1-36 填筑及混凝土建筑物轮廓点的施工放样的允许偏差

建筑材料	建筑物名称	允许偏差/mm	
		平面	高程
混凝土	主坝、厂房等各种主要水工建筑物	±20	±20
	各种导墙及井、洞衬砌	±25	±20
	副坝、围堰心墙、护堤、护坡、挡墙等	±30	±30
土石料	碾压式坝(堤)边线、心墙、面板堆石坝等	±40	±30
	各种坝(堤)内设施定位、填料分界线等	±50	±50

注: 允许偏差是指放样点相对于邻近控制点的偏差。

(5) 建筑物混凝土浇筑及预制构件拼装的竖向测量的允许偏差, 不应超过表 1-37 的规定。

表 1-37 建筑物混凝土浇筑及预制构件拼装的竖向测量的允许偏差

工程项目	相邻两层对接中心线的相对允许偏差/mm	相对基础中心线的允许偏差/mm	累计偏差/mm
厂房、开关站等的各种构架、主柱	±3	$H/2\ 000$	±20
闸墩、栈桥墩、船闸、厂房等侧墙	±5	$H/1\ 000$	±30

注:  $H$  为建(构)筑物的高度, mm。

(6) 水工建筑物附属设施安装测量的允许偏差, 不应超过表 1-38 的规定。

表 1-38 水工建筑物附属设施安装测量的允许偏差

设备种类	细部项目	允许偏差/mm		备 注
		平面	高程(差)	
压力钢管安装	始装节管口中心位置	±5	±5	相对钢管轴线和高程基点
	有连接的管口中心位置	±10	±10	
	其他管口中心位置	±15	±15	

续表

设备种类	细部项目	允许偏差/mm		备注
		平面	高程(差)	
平面闸门安装	轨间间距	-1 ~ +4		相对门槽中心线
弧形门、人字门安装		±2	±3	相对安装轴线
天车、起重机轨道安装	轨距	±5		一条轨道相对于另一条轨道
	平行轨道相对高差		±10	
	轨道坡度		L/1500	

注：① L 为天车、起重机轨道长度，mm；

② 垂直构件安装，同一铅垂线上的安装点点位中误差不应大于 ±2 mm。

#### 4. 隧道施工测量

(1) 隧道工程的相向施工中线在贯通面上的贯通误差，不应大于表 1-39 的规定。

表 1-39 隧道工程的相向施工中线在贯通面上的贯通误差

类别	两开挖洞口间长度/km	贯通误差限差/mm
横向	$L < 4$	100
	$4 \leq L < 8$	150
	$8 \leq L < 10$	200
高程	不限	70

注：作业时，可根据隧道施工方法和隧道用途的不同，当贯通误差的调整不会显著影响隧道中线几何形状和工程性能时，其横向贯通限差可适当放宽 1 ~ 1.5 倍。

(2) 隧道控制测量对贯通中误差的影响值，不应大于表 1-40 的规定。

表 1-40 隧道控制测量对贯通中误差的影响值

两开挖洞口间的长度/km	横向贯通中误差/mm				高程贯通中误差/mm	
	洞外控制测量	洞内控制测量		竖井联系测量	洞外	洞内
		无竖井的	有竖井的			
$L < 4$	25	45	35	25	25	25
$4 \leq L < 8$	35	65	55	35		
$8 \leq L < 10$	50	85	70	50		

(3) 隧道洞外平面控制测量的等级，应根据隧道的长度按表 1-41 选取。

表 1-41 隧道洞外平面控制测量的等级

洞外平面控制网类别	洞外平面控制网等级	测角中误差/(")	隧道长度 L/km
GPS 网	二等		$L > 5$
	三等		$L \leq 5$
三角形网	二等	1.0	$L > 5$
	三等	1.8	$2 < L \leq 5$
	四等	2.5	$0.5 < L \leq 2$
	一级	5	$L \leq 0.5$

续表

洞外平面控制网类别	洞外平面控制网等级	测角中误差/( $''$ )	隧道长度 $L/\text{km}$
导线网	三等	1.8	$2 < L \leq 5$
	四等	2.5	$0.5 < L \leq 2$
	一级	5	$L \leq 0.5$

(4) 隧道洞内平面控制测量的等级, 应根据隧道两开挖洞口间长度按表 1-42 选取。

表 1-42 隧道洞内平面控制测量的等级

洞内平面控制网类别	洞内导线网测量等级	导线测角中误差 / ( $''$ )	两开挖洞口间长度 $L/\text{km}$
导线网	三等	1.8	$L \leq 5$
	四等	2.5	$2 \leq L < 5$
	一级	5	$L < 2$

(5) 隧道洞外、洞内高程控制测量的等级, 应分别依洞外水准路线的长度和隧道长度按表 1-43 选取。

表 1-43 隧道洞外、洞内高程控制测量的等级

高程控制网类别	等 级	每千米高差全中误差/mm	洞外水准路线长度或两开挖洞口间长度 $S/\text{km}$
水准网	二等	2	$S > 16$
	三等	6	$6 < S \leq 16$
	四等	10	$S \leq 6$

# 第2章 工程测量用具、仪器及其使用

## 2.1 定位与放样用具

### 2.1.1 钢尺与皮尺

#### 1. 钢尺

钢尺的具体含义见表 2-1。

表 2-1 钢尺的具体含义

序号	项目	具体含义
1	基本构造	钢尺一般是由宽为 10 ~ 15 mm、厚为 0.4 mm 的低碳薄钢带制成，其表面每隔 1 mm 刻有刻划并隔 10 cm 有数字标记，通过手柄卷入尺盒或置于带有手把的金属架上，端部有铜环，以便丈量时拉尺之用。使用时可从尺盒中拉出任意长度，使用完毕卷入盒内，如图 2-1 所示
2	特点与类别	钢尺因材质引起的伸缩性小，故一般量距精度比较高。一般常用于精密基线丈量，钢尺长度有 20 m、30 m、50 m 三种
3	使用方法	使用钢尺量距时要有经纬仪、花杆和测钎的配合进行。丈量时分别在每尺段端点处钉木桩，并在桩顶上钉以用小刀刻痕的锌铁皮来准确读数，并在钢尺的两端使用拉力计
4	图示	 图 2-1 钢尺示意图

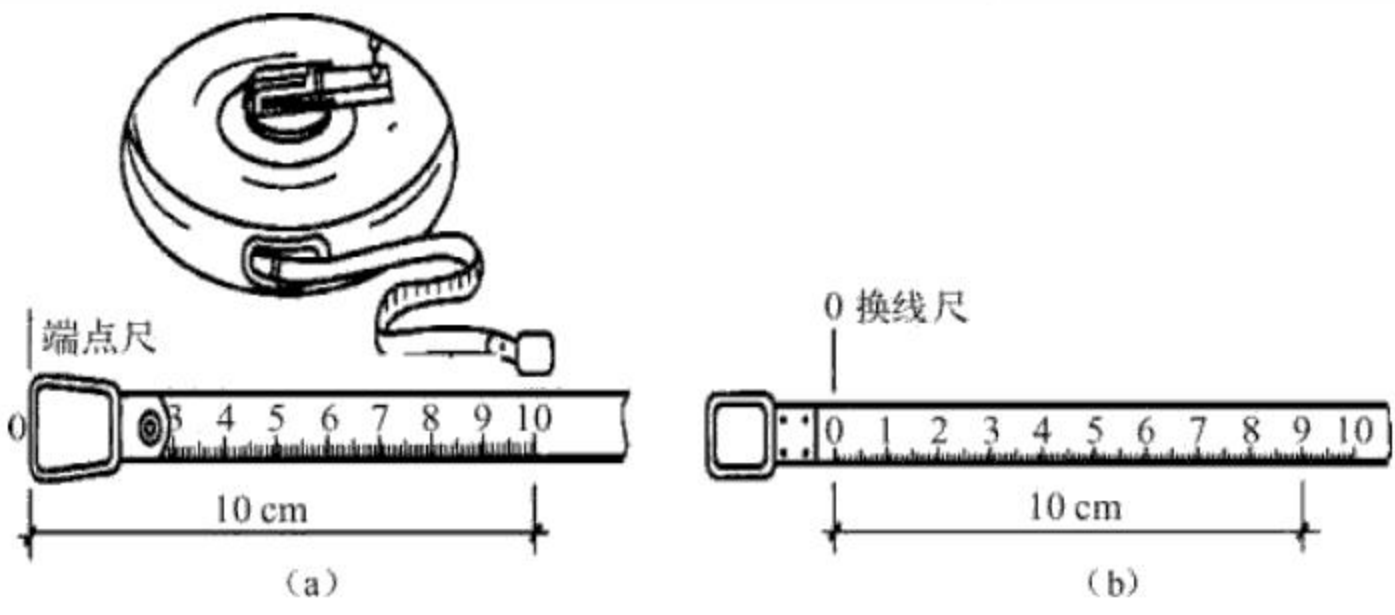
#### 2. 皮尺

皮尺的具体含义见表 2-2。

表 2-2 皮尺的具体含义

序号	项目	具体含义
1	基本构造与类别	皮尺是卷式量具尺，其端部有一铜环，使用时可从尺盒中拉出任意长度，用完卷入盒内，方便携带，长度有 20 m、30 m、50 m 三种，如图 2-2 所示
2	使用方法	使用皮尺量距时，要有花杆和测钎配合，当丈量距离大于尺长或虽然丈量距离小于尺长但地面起伏较大时，用花杆支撑尺段两端量距可引导方向以免量歪

续表

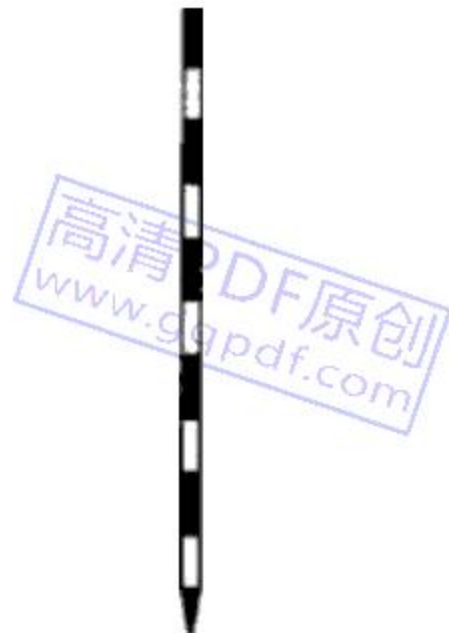
序号	项目	具体含义
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 2-2 皮尺示意图</p>

## 2.1.2 花杆与测钎

### 1. 花杆

花杆的具体含义见表 2-3。

表 2-3 花杆的具体含义

序号	项目	具体含义
1	基本构造与特点	花杆是定位放样工作中必不可少的辅助工具(图 2-3),其作用是标定点位和指引方向。有 空心铝合金圆杆或实心圆木杆,直径为 3 cm 左右,长度为 1.5~3 m,杆的下部为锥形铁脚,以 便标定点位或插入地面,杆的外表面每隔 20 cm 分别涂成红色和白色,所以称为花杆
2	使用方法	在实际测量中,花杆常被用于指引目标(标点)、定向、穿线。例如,地面上某点,以钉小 钉的木桩标定在地面上,从较远处是无法看到此点的,那么在点上立一花杆并使锥尖对准该 点,花杆竖直时,从远处看到花杆就相当于看到了该点,起到了导引目标的作用(标点)
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 2-3 花杆示意图</p>

### 2. 测钎

测钎的具体含义见表 2-4。

表2-4 测钎的具体含义

序号	项目	具体含义
1	基本构造与特点	测钎一般由8号铅丝制成,长度为40cm左右,上部为6cm左右的环状,以便于手握,下部削尖以便插入地面。每12根为一束,如图2-4所示
2	使用方法	测钎主要用于记录整尺段和卡链及临时标点
3	图示	

图2-4 测钎示意图

### 2.1.3 方向盘与方向架

方向盘与方向架的基本构造见表2-5。

表2-5 方向盘与方向架的基本构造


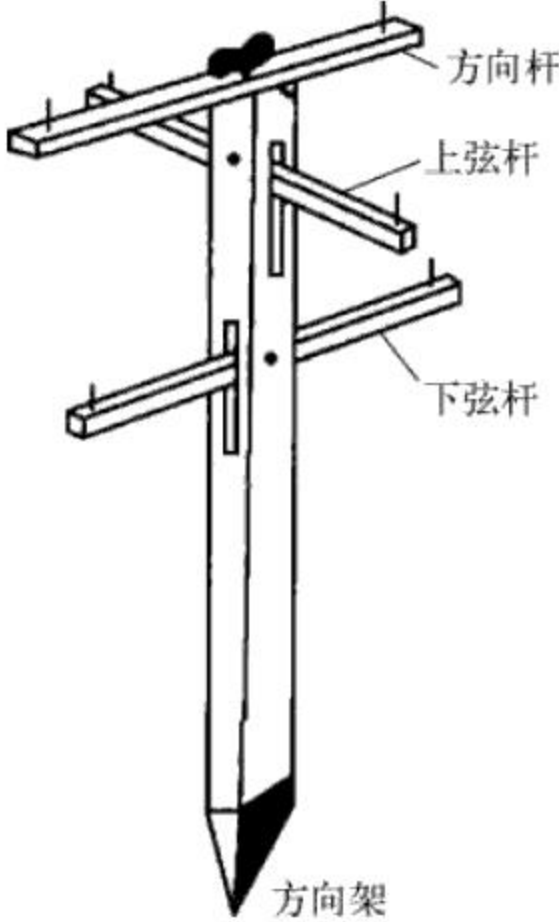
序号	类别	具体含义
1	方向盘	方向盘是在花杆顶部有一木质圆盘,圆盘上固定标有 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 的分划,它的作用是概略测定角度,限于低精度的放样,如图2-5所示
2	方向架	方向架(也称十字架或直角器),用于横断面测量或测横断面宽度时的定向。方向架一般为木质,有两根互相垂直弦杆,可上下转动,从而适应地形的变化。上、下弦杆彼此垂直;顶部有一活动指针称方向杆,可转动 $360^{\circ}$ 。上、下弦杆和方向杆的两端分别钉以用以瞄准目标的小钉,如图2-6所示
3	图示	 

图2-5 方向盘示意图

图2-6 方向架示意图

## 2.1.4 边坡样板

边坡样板的基本构造见表 2-6。

表 2-6 边坡样板的基本构造

序号	项目	具体含义
1	基本构造	边坡样板一般由木料按边坡制成, 可以适应两种不同边坡, 如 1:1.5 及 1:2 坡度, 可一板两用, 但一般只能专用于一种边坡
2	使用方法	边坡样板可用作边坡放样定位, 也常用于检测已修筑成的路堤、路堑、沟槽、河渠等边坡坡度是否符合设计要求

## 2.2 水准仪的构造和使用

### 2.2.1 DS<sub>3</sub>水准仪

#### 1. DS<sub>3</sub>水准仪构造

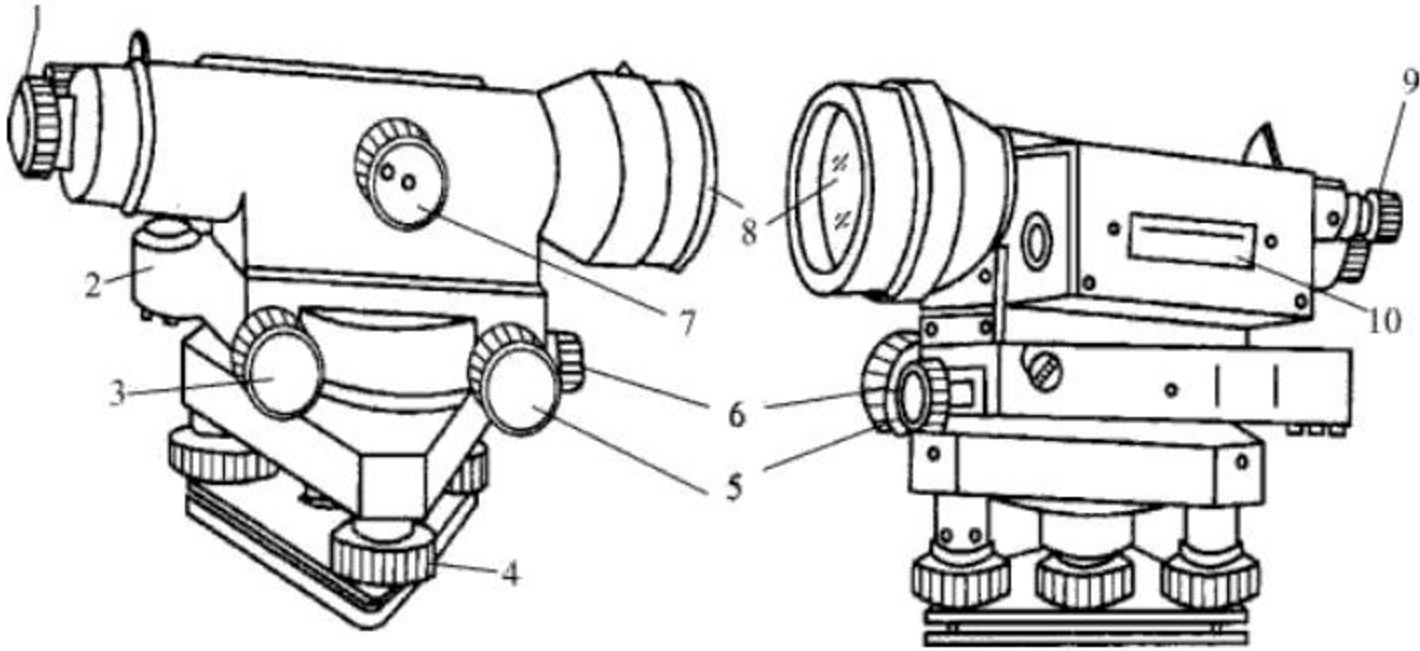
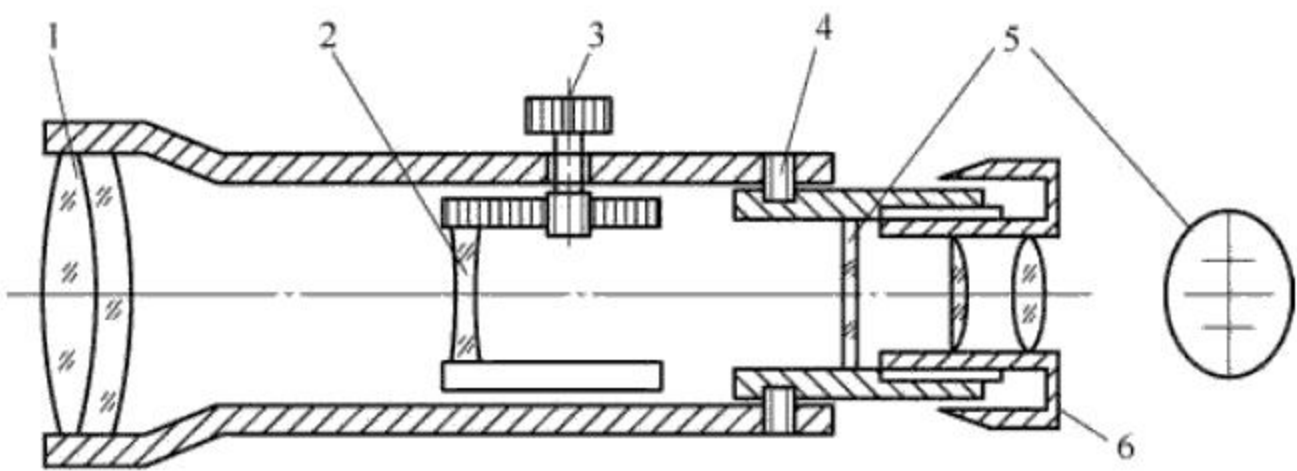
DS<sub>3</sub> 水准仪构造见表 2-7。

表 2-7 DS<sub>3</sub>水准仪构造

序号	项目	具体含义
1	基本组成	DS <sub>3</sub> 型水准仪(简称 S <sub>3</sub> )主要由望远镜、水准器和基座三部分组成, 如图 2-7 所示
2	望远镜	<p>(1) 望远镜是用来瞄准不同距离的水准尺并进行读数的, 如图 2-8 所示, 它由物镜、对光透镜、对光螺旋、十字丝分划板及目镜等组成</p> <p>(2) 物镜是用两片以上的透镜组组成, 作用是使目标成像在十字丝平面上, 形成缩小的实像</p> <p>(3) 旋转对光螺旋可使不同距离目标的像清晰地位于十字丝分划板上</p> <p>(4) 十字丝分划板是安装在目镜筒内的一块光学玻璃板, 上面刻有两条互相垂直的细线, 称为十字丝。竖直的一条称为纵丝, 水平的一条称为横丝或中丝, 用以瞄准目标和读数用。与横丝平行的上、下两条对称的短线称为视距丝, 用以测定距离。上视距丝简称上丝, 下视距丝简称下丝</p> <p>(5) 目镜是由一组复合透镜组成, 用于将物镜所成的实像连同十字丝一起放大成虚像, 转动目镜调焦螺旋, 可使十字丝影像清晰, 这个过程称为目镜调焦</p> <p>(6) 物镜光心与十字丝交点的连线称为望远镜的视准轴, 观测时的视线即为视准轴的延长线</p> <p>(7) 从望远镜内所看到的目标放大虚像的视角 <math>\beta</math> 与眼睛直接观察该目标的视角 <math>\alpha</math> 的比值, 称为望远镜的放大率, 一般用 <math>V</math> 表示, 即:</p> $V = \beta / \alpha \quad (2-1)$ <p>(8) DS<sub>3</sub>型水准仪望远镜的放大率一般为 25 ~ 30 倍</p>
3	水准器	<p>DS<sub>3</sub>型水准仪水准器分为圆水准器(水准盒)和管水准器(水准管)两种, 它们都是供整平仪器用的</p> <p>(1) 管水准器(水准管)。水准管是由玻璃圆管制成, 上部内壁的纵向按一定半径磨成圆弧, 如图 2-9 所示, 管内注满酒精和乙醚的混合液, 经过加热、封闭、冷却后, 管内形成一个气泡。水准管内表面的中点 <math>O</math> 为零点, 通过零点作圆弧的纵向切线 <math>LL</math> 称为水准管轴。从零点向两侧每隔 2 mm 刻一个分划, 每 2 mm 弧长所对的圆心角称为水准管分划值(或灵敏度):</p> $\tau = 2\rho'' / R \quad (2-2)$ <p>式中, <math>R</math> —— 水准管圆弧半径, m;  <math>\rho''</math> —— 206265''。</p>



续表

序号	项目	具体含义
3	水准器	<p>分划值的意义,可理解为当气泡移动 2 mm 时,水准管轴所倾斜的角度,如图 2-10 所示。<math>DS_3</math> 型水准仪的水准分划值为 <math>20''/2\text{ mm}</math></p> <p>为了提高精度,在水准管上方都装有棱镜(图 2-11 (a)),可使水准管气泡两端的半个气泡影像借助棱镜的反射作用转到望远镜旁的水准管气泡观察窗内。当两端的半个气泡影像错开时(图 2-11 (b)),表示气泡没有居中,这时旋转微倾螺旋可使气泡居中,直至两端的半个气泡影像对齐,如图 2-11 (c) 所示。这种具有棱镜装置的水准管又称为符合水准管,它能提高气泡居中的精度</p> <p>(2) 圆水准器(水准盒)。圆水准器是由玻璃制成,呈圆柱状,如图 2-12 所示。上部的内表面为一个半径为 <math>R</math> 的圆球面,中央刻有一个小圆圈,它的圆心 <math>O</math> 是圆水准器的零点,通过零点和球心的连线(<math>O</math> 点的法线) <math>LL'</math>,称为圆水准器轴。当气泡居中时,圆水准器轴即处于铅垂位置。圆水准器的分划值一般为 <math>(5' \sim 10')/2\text{ mm}</math>,灵敏度较低,只能用于粗略整平仪器,使水准仪的纵轴大至处于铅垂位置,便于用微倾螺旋使水准管的气泡精确居中</p>
4	基座	<p>基座呈三角形,由轴座、三个脚螺旋和连接板组成。仪器上部通过竖轴插入轴座内,由基座承托。转动脚螺旋调节圆水准器使气泡居中。整个仪器通过连接螺旋与三脚架相连接</p>
5	其他组成	<p>为了控制望远镜在水平方向转动,仪器还装有制动螺旋和微动螺旋。当旋紧制动螺旋时,仪器就固定不动,此时转动微动螺旋,可使望远镜在水平方向做微小的转动,用以精确瞄准目标</p>
6	图示	 <p>1—目镜对光螺旋; 2—圆水准器; 3—微倾螺旋; 4—脚螺旋; 5—微动螺旋; 6—制动螺旋; 7—对光螺旋; 8—物镜; 9—水准管气泡观察窗; 10—管水准器</p> <p>图 2-7 <math>DS_3</math> 型水准仪示意图</p>  <p>1—物镜; 2—对光透镜; 3—对光螺旋; 4—固定螺钉; 5—十字丝分划板; 6—目镜</p> <p>图 2-8 望远镜示意图</p>

序号	项目	具体含义
----	----	------

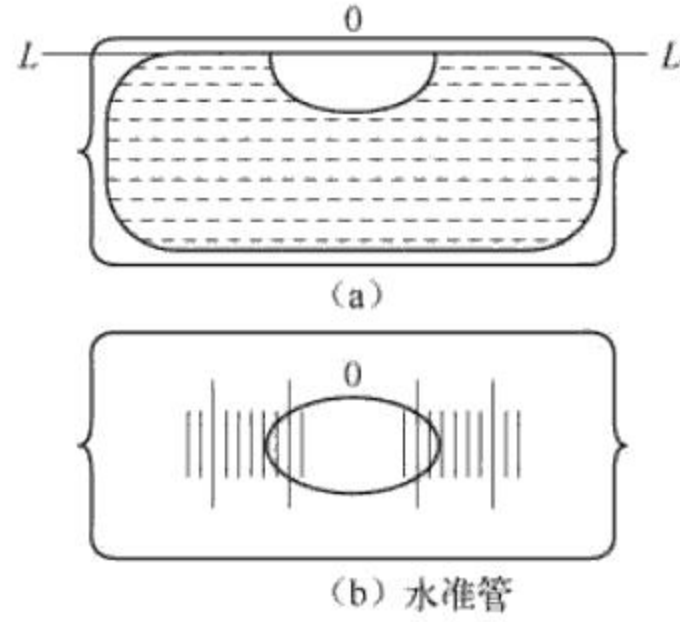


图 2-9 水准管示意图

6 图示

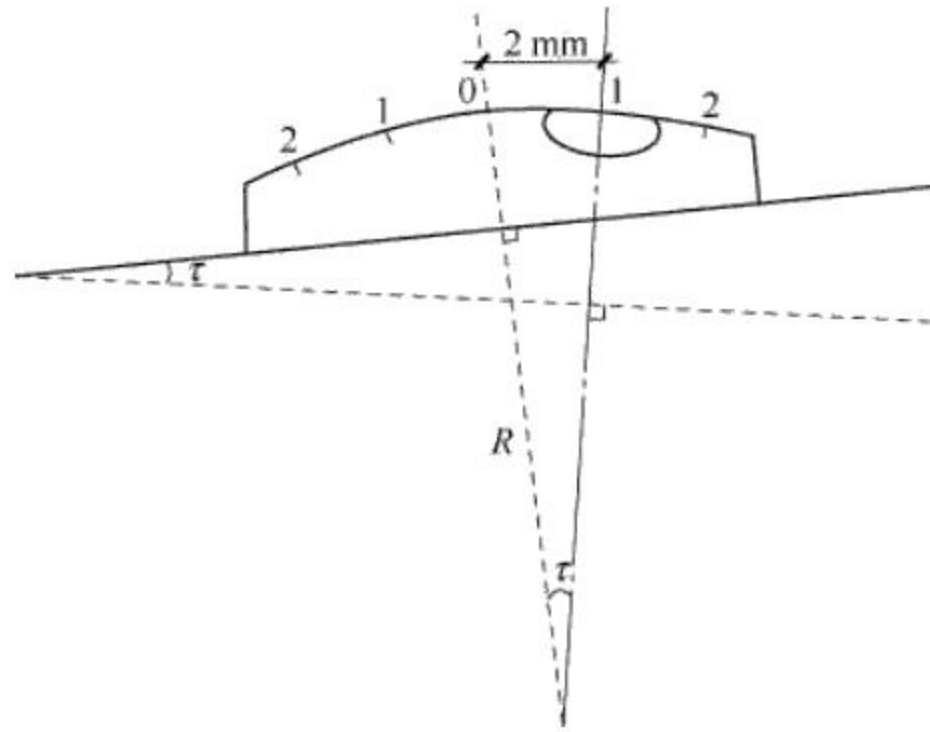


图 2-10 水准管分划值

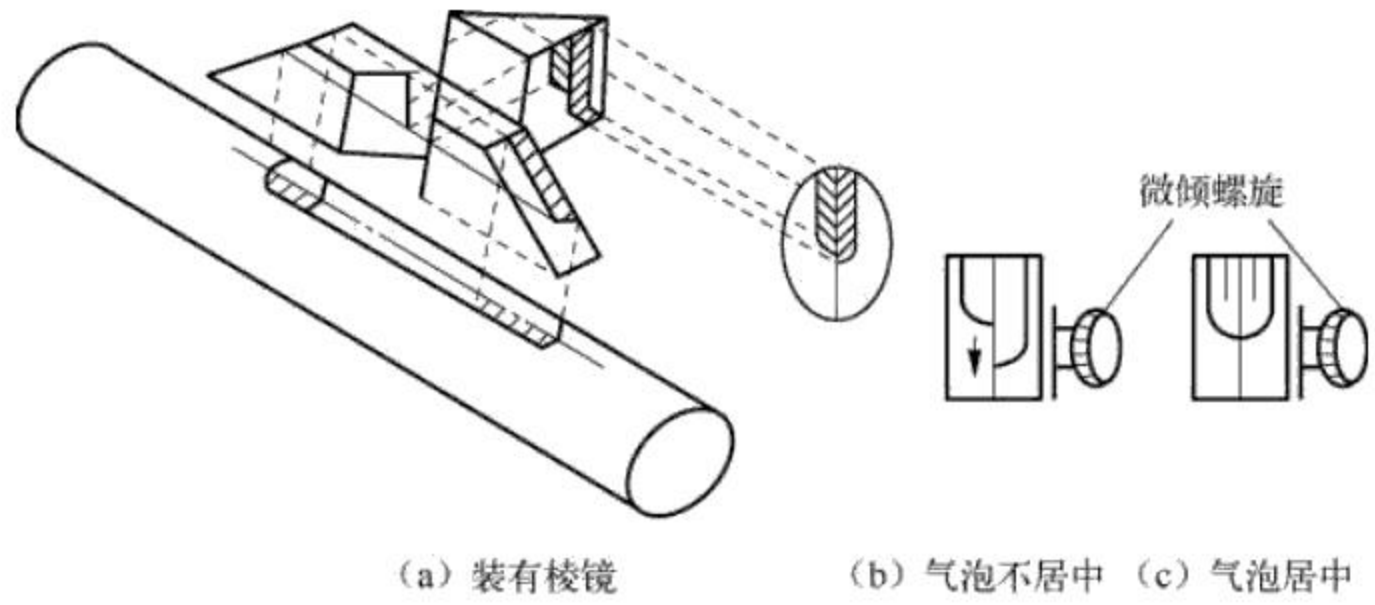
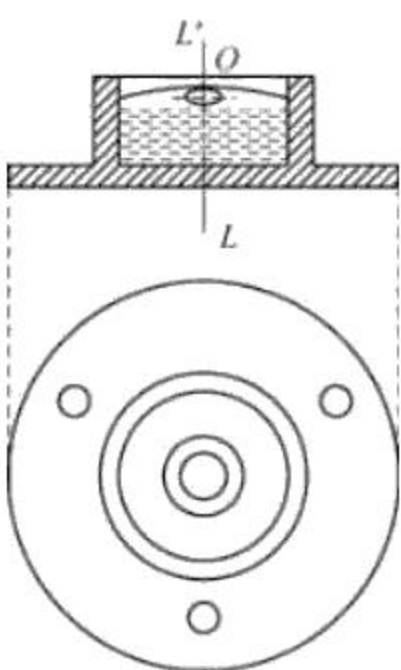


图 2-11 水准管的符合棱镜系统

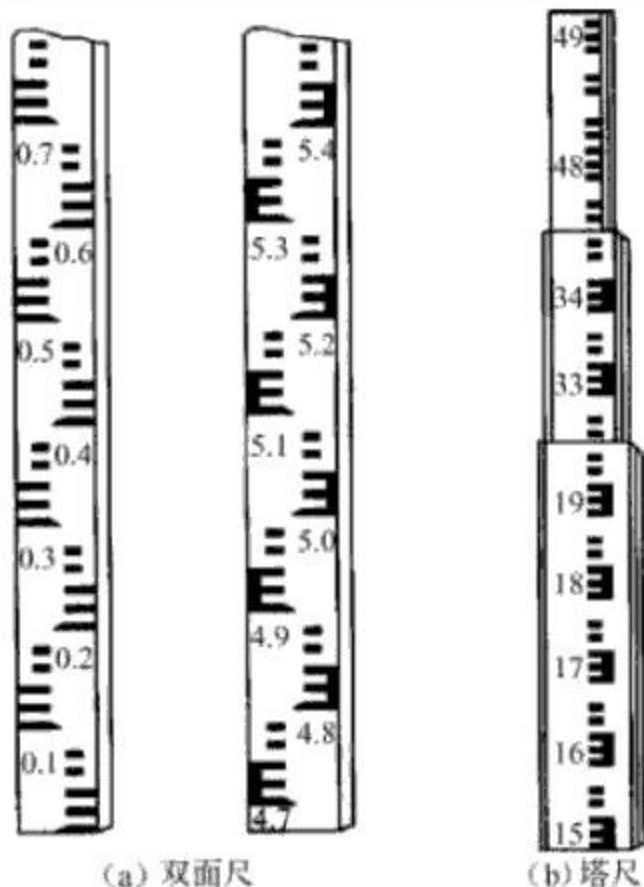
续表

序号	项目	具体含义
6	图示	 <p>图 2-12 水准盒</p>

## 2. 水准尺和尺垫

水准尺和尺垫见表 2-8。

表 2-8 水准尺和尺垫

序号	项目	具体含义
1	构造	水准尺是由干燥的优质木材、玻璃钢或铝合金等材料制成的。水准尺可分为双面尺和塔尺两种，如图 2-13 (a)、(b) 所示
	分类	双面水准尺 如图 2-13 (a) 所示，多用于三、四等水准测量，长度为 3 m，为不能伸缩和折叠的板尺，且两根尺为一对，尺的两面均有刻画，尺的正面是黑色注记，反面为红色注记，故又称红黑面尺。黑面的底部都从零开始，而红面的底部一般是一根为 4.687 m，另一根为 4.787 m
		塔尺 一般用于等外水准测量，长度有 2 m 和 5 m 两种，可以伸缩，尺面分划为 1 cm 和 0.5 cm 两种，每分米处注有数字，每米处也注有数字或以红黑点表示数，尺底为零
2	尺垫	尺垫由一个三角形的铸铁制成。上部中央有一突起的半球体，如图 2-14 所示。为保证在水准测量过程中转点的高程不变，可将水准尺放在半球体的顶端
3	图示	 <p>(a) 双面尺 (b) 塔尺</p> <p>图 2-13 水准尺示意图</p>

续表

序号	项目	具体含义
3	图示	 <p>图 2-14 尺垫示意图</p>

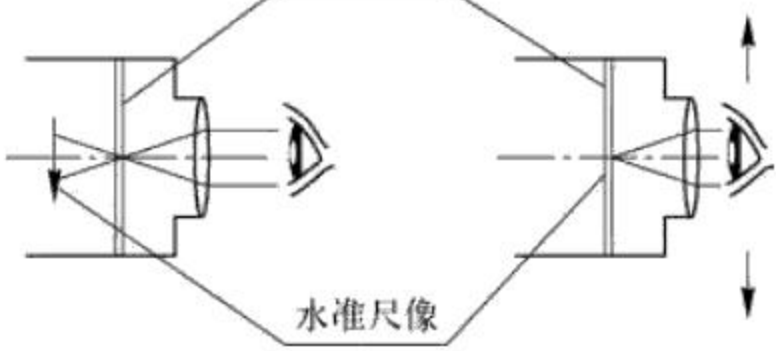
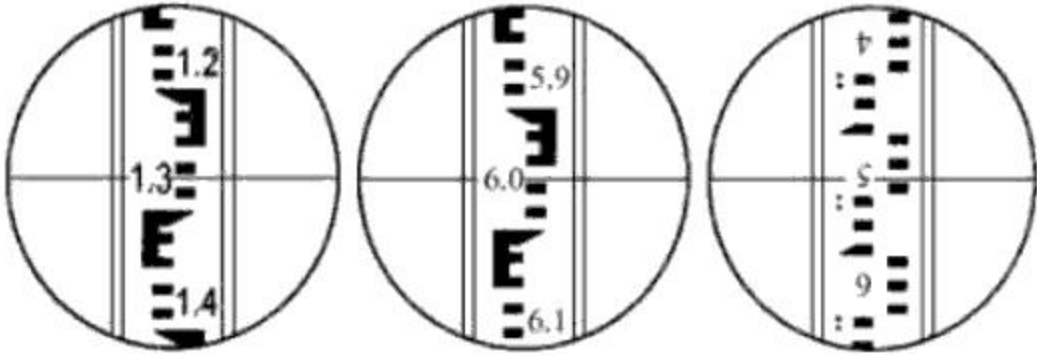
### 3. DS<sub>3</sub> 水准仪的使用步骤

DS<sub>3</sub> 水准仪的使用步骤见表 2-9。

表 2-9 DS<sub>3</sub> 水准仪的使用步骤

序号	使用步骤	具体含义
1	架设仪器	在架设仪器处，打开三脚架，通过目测，使架头大致水平且高度适中（约在观测者的胸颈部），将仪器从箱中取出，用连接螺旋将水准仪固定在三脚架上。然后根据圆水准器气泡的位置，上、下推拉，左、右微转脚架的第三只腿，使圆水准器的气泡尽可能位于靠近中心圈的位置，在不改变架头高度的情况下，放稳脚架的第三只腿
2	粗略整平	调节仪器脚螺旋使圆水准气泡居中，以达到水准仪的竖轴近似垂直，视线大致水平，其具体做法如图 2-15 (a) 所示 设气泡偏离中心于 $a$ 处时，可以先选择一对脚螺旋①、②，用双手以相对方向转动两个脚螺旋，使气泡移至两脚螺旋连线的中间 $b$ 处，如图 2-15 (b) 所示；然后，再转动脚螺旋③使气泡居中，如图 2-15 (b) 所示。如此反复进行，直至气泡严格居中。在整平中气泡移动方向始终与左手大拇指（或右手食指）转动脚螺旋的方向一致
3	瞄准	仪器粗略整平后，即用望远镜瞄准水准尺，其操作步骤如下 (1) 目镜对光。将望远镜对向较明亮处，转动目镜对光螺旋，使十字丝调至最为清晰为止 (2) 初步照准。放松照准部的制动螺旋，利用望远镜上部的照门和准星，对准水准尺，然后拧紧制动螺旋 (3) 物镜对光和精确瞄准。先转动物镜对光螺旋使尺像清晰，然后转动微动螺旋使尺像位于视场中央 (4) 消除视差。物镜对光后，眼睛在目镜端上、下微微地移动，十字丝和水准尺的像有相互移动的现象，这种现象称为视差。视差产生的原因是水准尺没有成像在十字丝平面上，如图 2-16 所示。视差的存在会影响观测读数的正确性，必须加以消除。消除视差的方法是先进行目镜调焦，使十字丝清晰，然后转动对光螺旋进行物镜对光，使水准尺像清晰
4	精平	精平是在读数前转动微倾螺旋使气泡居中，从而得到精确的水平视线。转动微倾螺旋时速度应缓慢，直至气泡稳定不动而又居中时为止。必须注意，当望远镜转到另一方向观测时，气泡不一定符合，应重新精平，符合气泡居中后才能读数
5	读数	当气泡符合后，立即用十字丝横丝在水准尺上读数。读数前要认清水准尺的注记特征。望远镜中看到的水准尺是倒像时，读数应自上而下，从小到大读取，直接读取 $m$ 、 $dm$ 、 $cm$ 、 $mm$ （为估读数）四位数字，如图 2-17 的读数分别为 1.274 $m$ 、5.960 $m$ 、2.534 $m$ 。读数后要立即检查气泡是否仍符合居中，否则，重新符合后读数
6	图示	 <p>图 2-15 圆水准器整平方法</p>

续表

序号	使用步骤	具体含义
6	图示	<p style="text-align: center;">十字丝分划板</p>  <p style="text-align: center;">水准尺像</p> <p style="text-align: center;">图 2-16 视差产生的原因</p>  <p style="text-align: center;">图 2-17 水准尺读数实例</p>

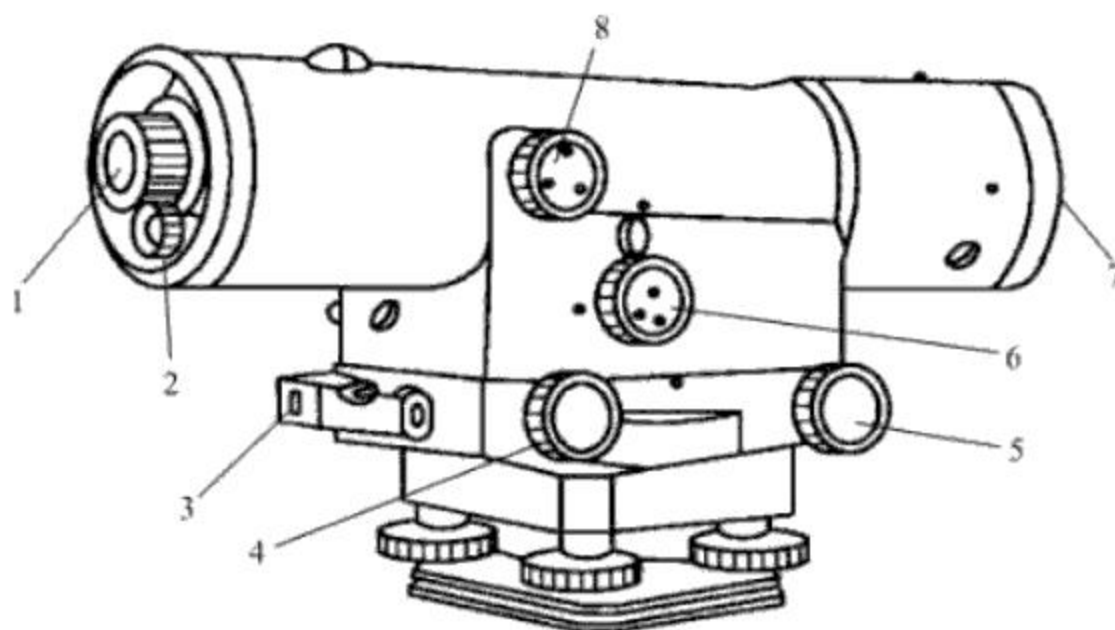
## 2.2.2 DS<sub>1</sub>精密水准仪

### 1. DS<sub>1</sub>精密水准仪的构造特点

DS<sub>1</sub>精密水准仪的构造特点见表 2-10。

表 2-10 DS<sub>1</sub>精密水准仪的构造特点

序号	构造特点
1	望远镜性能好，物镜孔径大于 40 mm，放大率一般大于 40 倍，如图 2-18 所示
2	望远镜筒和水准器套均用钢瓦合金铸件构成，具有结构坚固、水准管轴与视准轴关系稳定的特点
3	采用符合水准器，水准管的分划值为 (6"~10")/2 mm；对于自动安平水准仪，其安平精度一般不低于 0.2"
4	为了提高读数精度，望远镜上装有平行玻璃测微器，最小读数为 0.1~0.05 mm



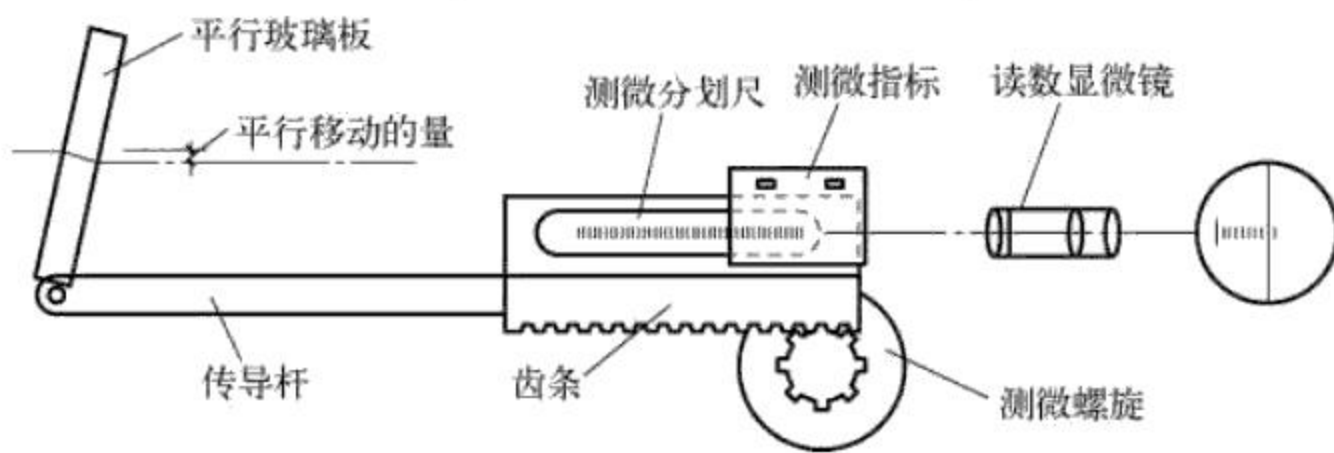
1—目镜；2—测微读数显微镜；3—十字水准器；4—微倾螺旋；  
5—微动螺旋；6—测微螺旋；7—物镜；8—对光螺旋

图 2-18 DS<sub>1</sub>型水准仪

### 2. 平行玻璃板测微器

平行玻璃板测微器见表 2- 11。

表 2- 11 平行玻璃板测微器

序号	项目	具体含义
1	基本构造	平行玻璃板测微器由平行玻璃板、测微分划尺、传动杆、测微螺旋和测微读数系统组成，如图 2- 19 所示
2	工作原理	平行玻璃板装在物镜前面，通过有齿条的传动杆与测微分划尺相连接，由测微读数显微镜读数。当转动测微螺旋时，传动杆带动平行玻璃板前后俯仰，而使视线上下平行移动，同时测微分划尺也随之移动。当平行玻璃板铅垂时，光线不产生平移；当平行玻璃板倾斜时，视线经平行玻璃板后则产生平行移动，移动的数值则由测微尺读数反映出来
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 2- 19 平行玻璃板测微器</p>

### 3. 精密水准仪的使用

精密水准仪的使用见表 2- 12。

表 2- 12 精密水准仪的使用

序号	项目	具体含义
1	基本步骤	精密水准仪的操作方法和普通水准仪基本相同，也是粗平、瞄准、精平、读数四个步骤，但读数方法则不同
2	操作方法	读数时，先转动微倾螺旋。从望远镜内观察使水准管气泡影像符合。再转动测微螺旋，使望远镜中的楔形丝夹住靠近的一条整分划线。其读数分为两部分：厘米以上的数由望远镜直接在尺上读取；厘米以下的数应从测微读数显微镜 2 中读取，估读至 0. 01 mm

### 4. 精密水准尺

精密水准尺的具体含义见表 2- 13。

表 2- 13 精密水准尺的具体含义

序号	项目	具体含义
1	特点与误差	精密水准尺（又称钢瓦水准尺）的长度受外界温度、湿度影响很小，尺面平直，刻划精密，最大误差每米不大于 $\pm 0. 1 \text{ mm}$ ，并附有足够精度的圆水准器
2	基本构造	精密水准尺一般都是线条式分划，在木制的尺身中间凹槽内，装有厚为 1 mm、宽为 26 mm 的钢瓦带尺，尺底一端固定，另一端用弹簧拉紧，以保持钢瓦带尺的平直和不受木质尺身伸缩的变化而变化。瓦带尺上有左右两排分划，右边为基本分划，左边为辅助分划，彼此相差一个常数 K，相当于双面尺以供测量校核之用

## 2.2.3 自动安平水准仪

### 1. 自动安平水准仪的构造

自动安平水准仪的构造见表 2-14。

表 2-14 自动安平水准仪的构造

序号	项目	具体含义
1	基本构造	<p>(1) 自动安平水准仪的构造如图 2-20 所示。DZS<sub>3</sub> 型自动安平水准仪的结构剖面图如图 2-21 所示</p> <p>(2) 在对光透镜与十字分划板之间安装一个补偿器，这个补偿器由固定在望远镜上的屋脊棱镜及用金属丝悬吊的两块直角棱镜组成。当望远镜倾斜时，直角棱镜在重力摆作用下，作与望远镜相反的偏转运动，而且由于阻尼器的作用，很快会静止下来</p> <p>(3) 当视准轴水平时，水平光线进入物镜后经过第一个直角棱镜反射到屋脊棱镜，在屋脊棱镜内作三次反射后，到达另一直角棱镜，再经反射后光线通过十字丝的交点</p>
2	图示	<div style="text-align: center;">  <p>图 2-20 自动安平水准仪的构造</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>1—物镜；2—调焦镜；3—直角棱镜；4—屋脊棱镜； 5—直角镜；6—十字丝分划板；7—目镜；8—阻尼器</p> <p>图 2-21 DZS<sub>3</sub> 型自动安平水准仪的结构剖面图</p> </div>

### 2. 自动安平水准仪的工作原理

自动安平水准仪的工作原理见表 2-15。

表 2-15 自动安平水准仪的工作原理

序号	项目	具体含义
1	工作原理	<p>自动安平水准仪的工作原理如图 2-22 所示</p> <p>(1) 当视准轴水平时，物镜光心位于 <math>O</math>，十字丝交点位于 <math>B</math>，通过十字丝横丝在尺上的正确读数为 <math>a</math>。当视准轴倾斜一个微小角度 <math>\alpha</math> (<math>&lt; 10'</math>) 时，十字丝交点从 <math>B</math> 移至 <math>A</math>，通过十字丝横丝在尺上的读数，<math>A</math> 不再是水平视线的读数 <math>a</math></p> <p>(2) 为了能使十字丝横丝读数仍为水平视线的读数 <math>a</math>，可在望远镜的光路上加一个补偿器，通过物镜光心的水平视线经过补偿器的光学原件后偏转一个 <math>\beta</math> 角，这样在 <math>A</math> 点处十字丝横丝仍可读得正确读数 <math>a</math>。由于 <math>\alpha</math> 角和 <math>\beta</math> 角都是很小的角值，须满足下列条件：</p> $f\alpha = S\beta \quad (2-3)$ <p>式中，<math>S</math>——补偿器到十字丝的距离；  <math>f</math>——物镜到十字丝的距离</p>

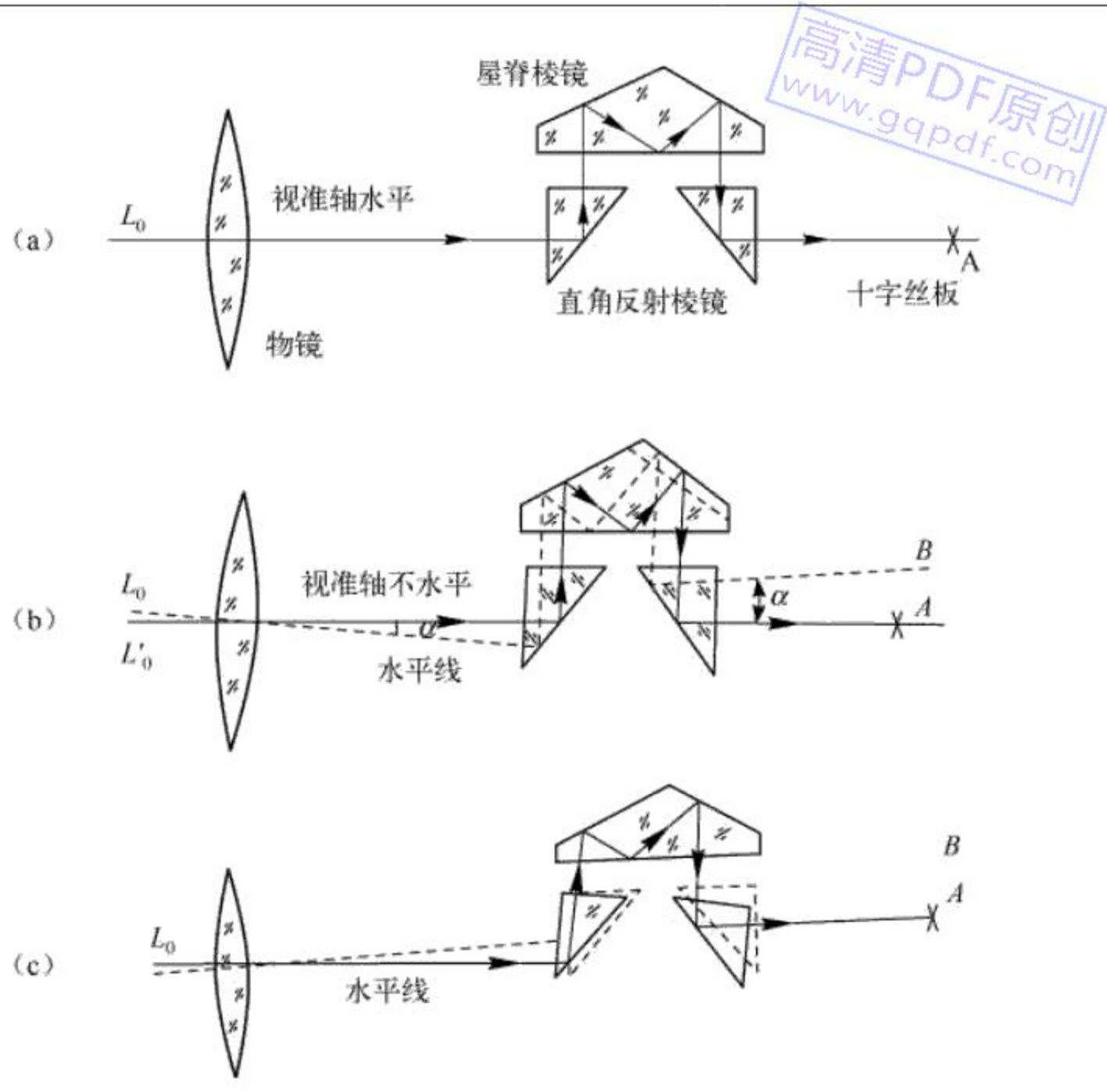


图 2-22 自动安平水准仪的工作原理

### 3. 自动安平水准仪的使用

自动安平水准仪的使用见表 2-16。

表 2-16 自动安平水准仪的使用

序号	项目	具体含义
1	相同点	自动安平水准仪的使用方法与普通水准仪的使用方法大致一样



续表

序号	项目	具体含义
2	不同点	(1) 自动安平水准仪经过圆水准器粗平后, 即可观测读数 (2) 对于 DZS <sub>3</sub> 型自动安平水准仪, 在望远镜内设有警告指示窗。当警告指示窗全部呈绿色时, 表明仪器竖轴倾斜在补偿器补偿范围内, 即可进行读数。否则, 警告指示窗会出现红色, 表明已超出补偿范围, 应重新调整圆水准器

## 2.2.4 电子数字水准仪

电子数字水准仪的构造与使用见表 2-17。

表 2-17 电子数字水准仪的构造与使用

序号	项目	具体含义
1	构造	SDL <sub>30</sub> 型数字水准仪外形如图 2-23 所示
2	使用	(1) 仪器使用前应将电池充电。充电开始后充电器指示灯开始闪烁, 充电时间约为 2h, 当指示灯不闪烁时完成充电 (2) 电子数字水准仪操作步骤与自动安平水准仪基本相同, 只是电子数字水准仪使用的是条码尺。当瞄准标尺, 消除视差后按“Measure”键, 仪器即自动读数。除此之外, 仪器能将倒立在房间或隧道顶部的标尺识别, 并以负数给出。电子数字水准仪也可与钢瓦尺配合使用

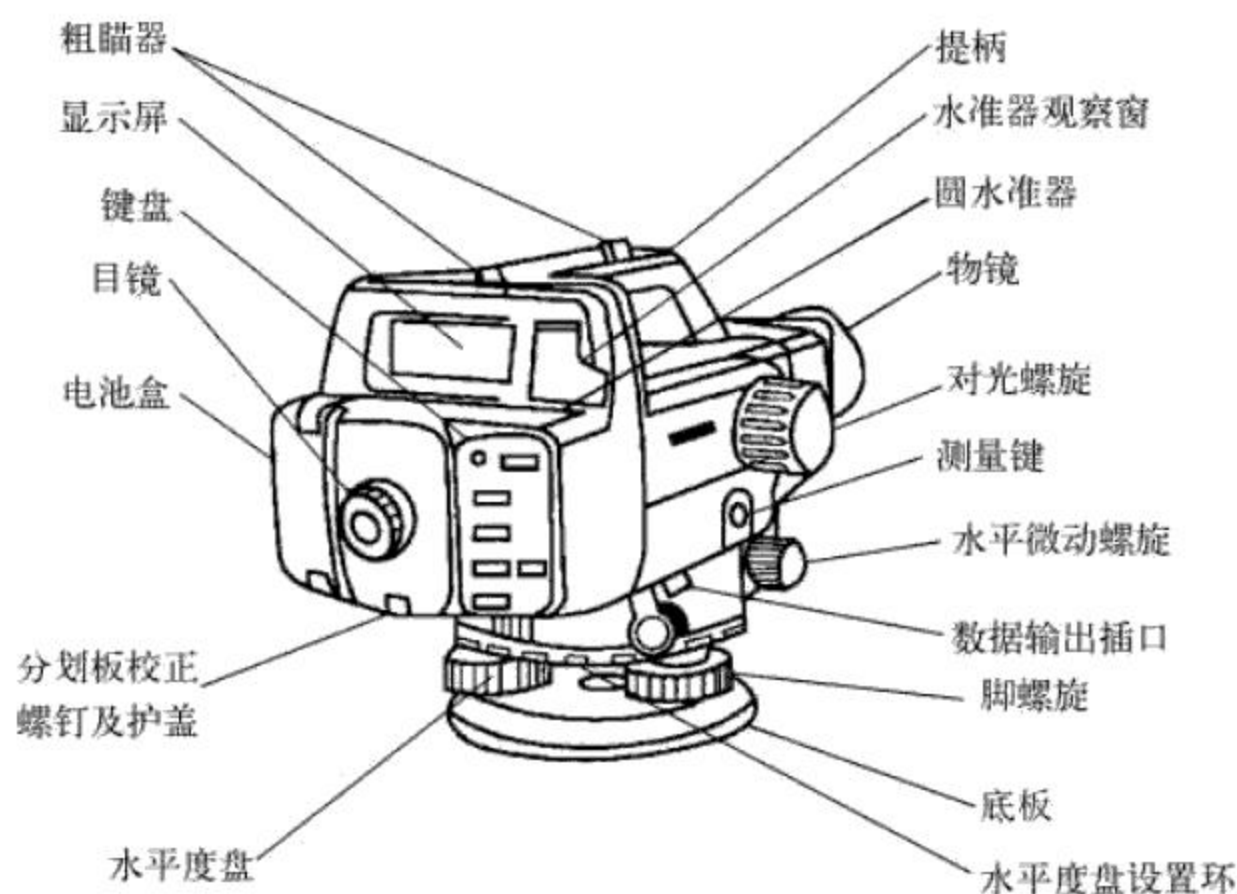


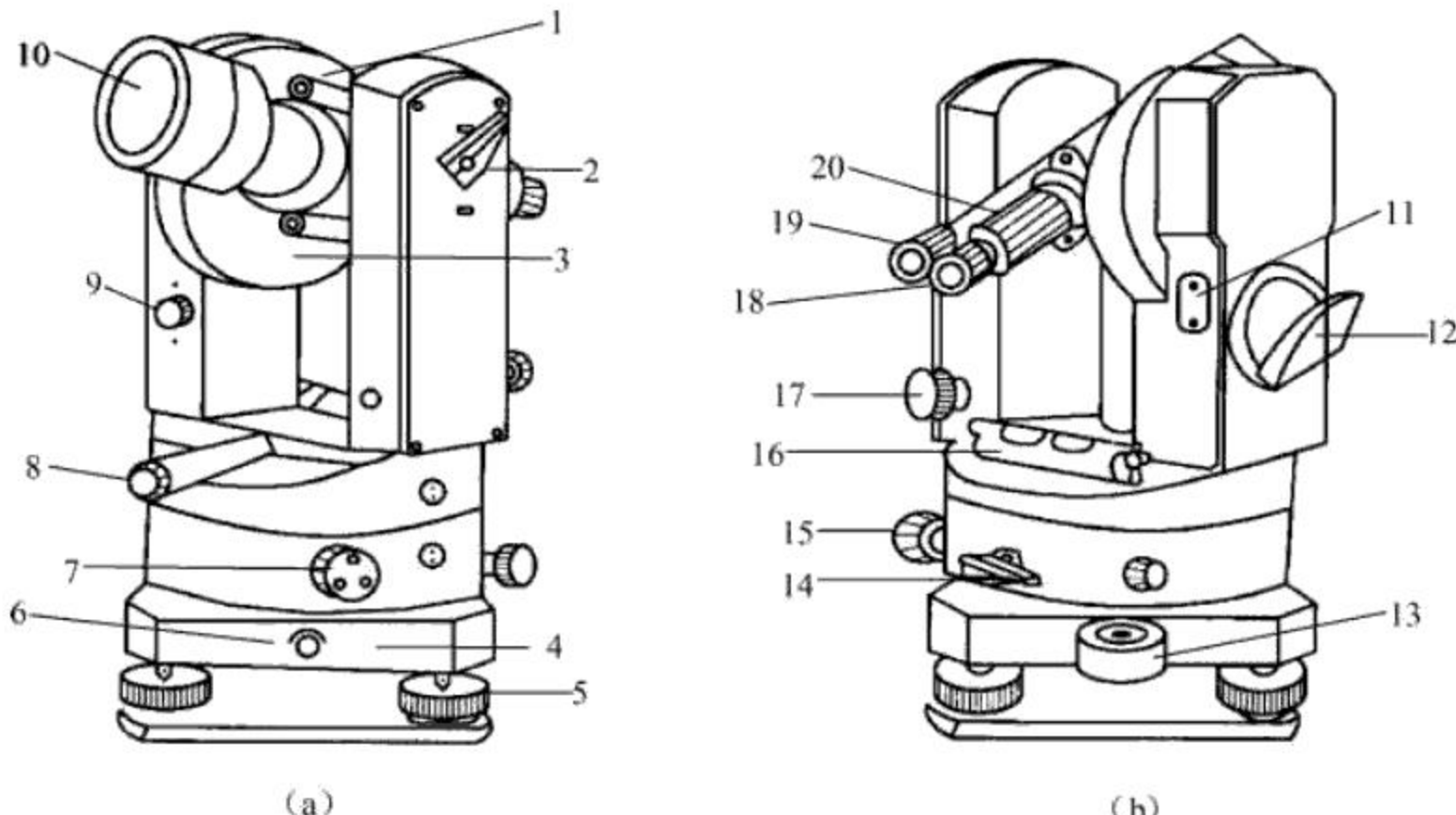
图 2-23 SDL<sub>30</sub> 型数字水准仪外形

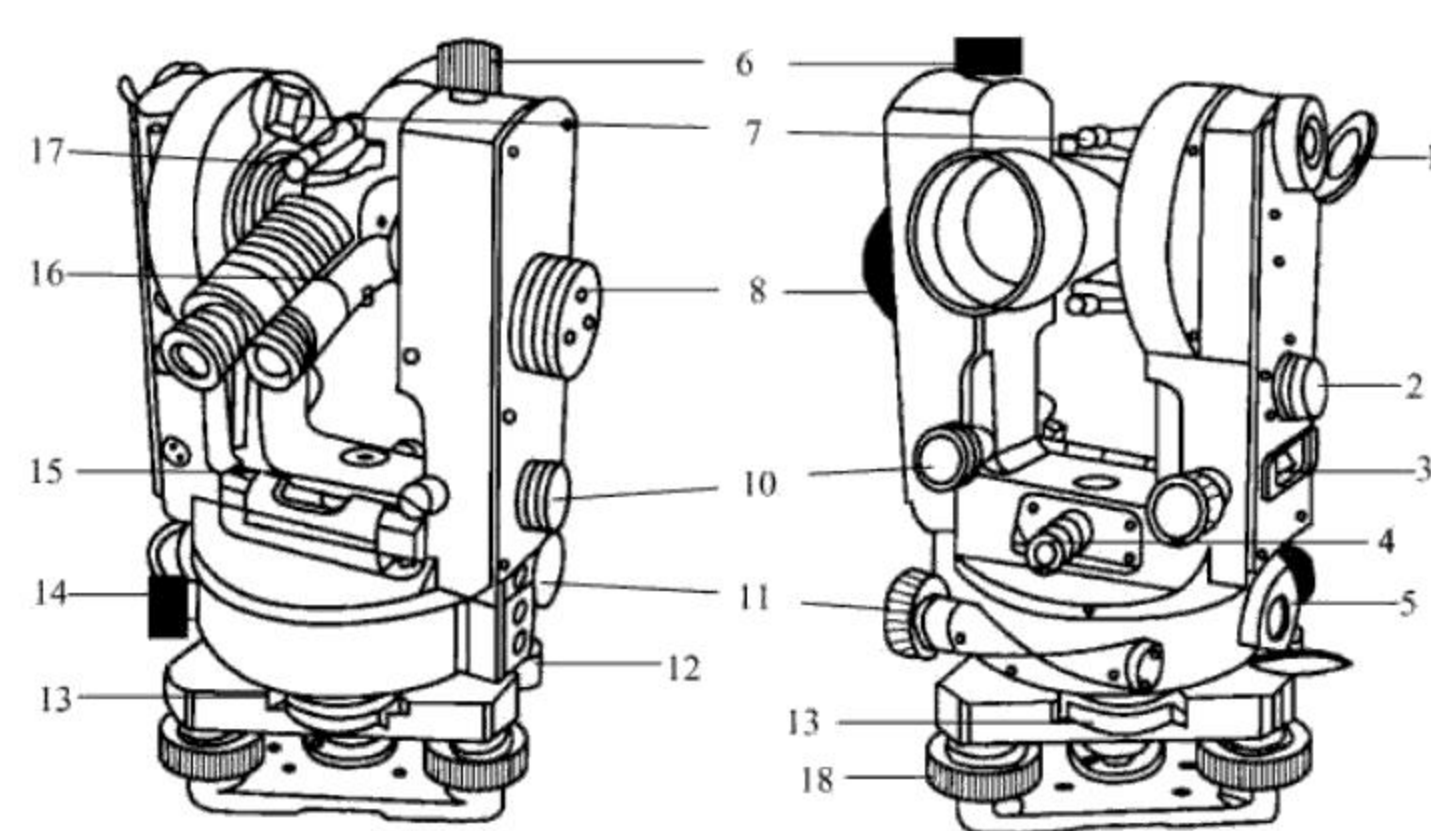
## 2.3 经纬仪的构造和使用

### 2.3.1 光学经纬仪的构造

工程上常用的光学经纬仪有 J<sub>6</sub> 级 (图 2-24)、DJ<sub>2</sub> 型 (图 2-25) 两类, 见表 2-18。

表 2-18 常用的光学经纬仪构造

序号	类别	图 示
1	J <sub>6</sub>	 <p>(a) (b)</p> <p>1—粗瞄器；2—望远镜制动螺旋；3—竖盘；4—基座；5—脚螺旋；6—固定螺旋；              7—度盘变换手轮；8—光学对中器；9—自动归零旋钮；10—望远镜物镜；              11—指标差调位盖板；12—反光镜；13—圆水准器；14—水平制动螺旋；              15—水平微动螺旋；16—照准部水准管；17—望远镜微动螺旋；              18—望远镜目镜；19—读数显微镜；20—对光螺旋</p> <p>图 2-24 J<sub>6</sub>级光学经纬仪</p>

2	DJ <sub>2</sub>	 <p>1—竖盘反光镜；2—竖盘指标水准管观察镜；3—竖盘指标水准管微动螺旋；              4—光学对中器目镜；5—水平度盘反光镜；6—望远镜制动螺旋；7—光学瞄准器；8—测微轮；              9—望远镜微动螺旋；10—换像手轮；11—水平微动螺旋；12—水平度盘变换手轮；              13—中心锁紧螺旋；14—水平制动螺旋；15—照准部水准管；16—读数显微镜；              17—望远镜反光扳手轮；18—脚螺旋</p> <p>图 2-25 DJ<sub>2</sub>型光学经纬仪</p>
---	-----------------	---

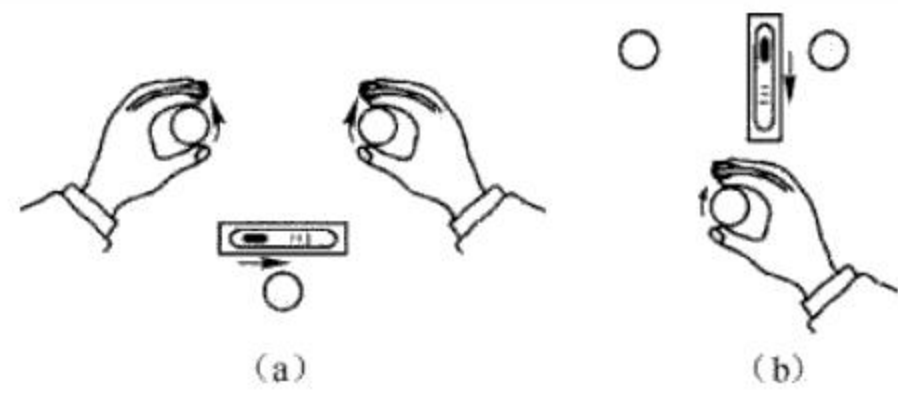
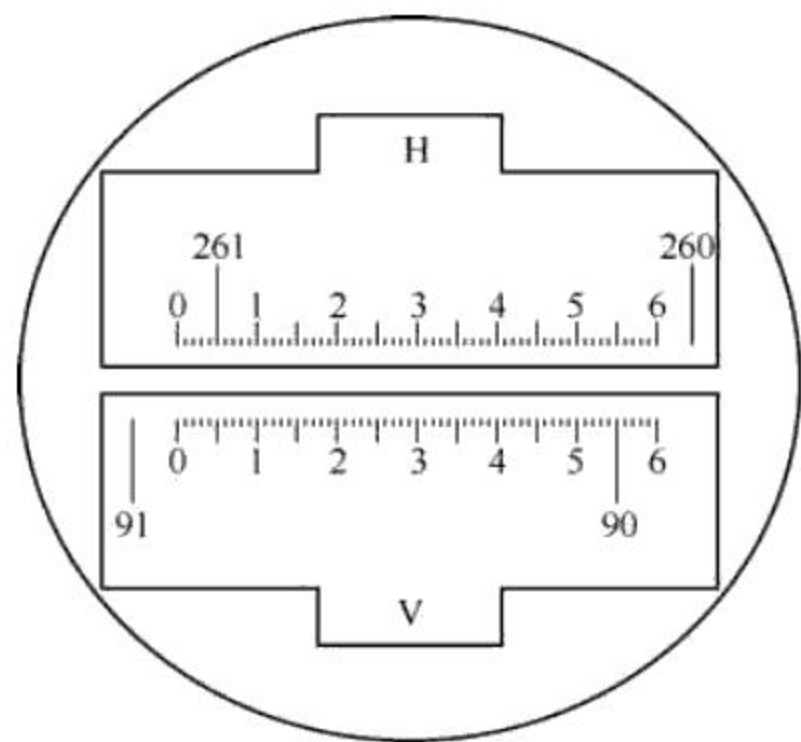
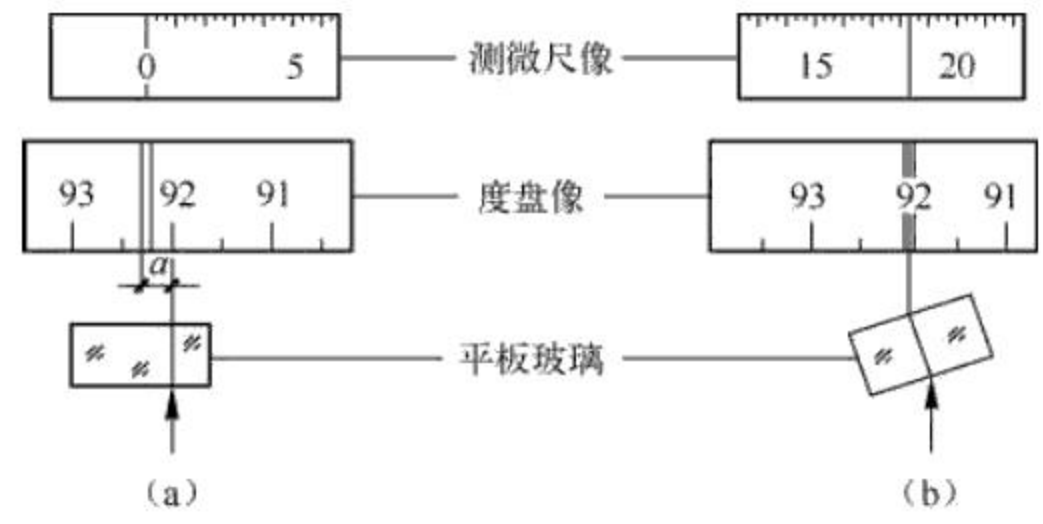
高清PDF原创  
www.gqpdf.com

## 2.3.2 光学经纬仪的使用

本书主要介绍 J<sub>6</sub> 级光学经纬仪的使用方法，见表 2-19。

表 2-19 J<sub>6</sub> 级光学经纬仪的使用方法

序号	使用步骤	具体含义
1	对中	<p>(1) 对中的目的是使仪器的中心（竖轴）与测站点位于同一铅垂线上。对中时，应先把三脚架张开，架设在测站点上，要求高度适宜，架头大致水平。然后挂上垂球，平移三脚架使垂球尖大致对准测站点</p> <p>(2) 将三脚架踏实，装上仪器，同时应把连接螺旋稍微松开，在架头上移动仪器精确对中，误差小于 2 mm，旋紧连接螺旋即可</p>
2	整平	<p>整平的目的是使仪器的竖轴竖直，水平度盘处于水平位置</p> <p>(1) 整平时，松开水平制动螺旋，转动照准部，让水准管大致平行于任意两个脚螺旋的连接，如图 2-26 (a) 所示，两手同时向内或向外旋转这两个脚螺旋使气泡居中。气泡的移动方向与左手大拇指（或右手食指）移动的方向一致</p> <p>(2) 将照准部旋转 90°，水准管处于原位置的垂直位置，如图 2-26 (b) 所示，用另一个脚螺旋使气泡居中。照此反复操作，直至照准部转到任何位置，气泡都居中为止</p>
3	光学对中器对中和整平	<p>使用光学对中器对中，应与整平仪器结合进行。其操作步骤如下</p> <p>(1) 将仪器置于测站点上，三个脚螺旋调至中间位置，架头大致水平，让仪器大致位于测站点的铅垂线上，将三脚架踩实</p> <p>(2) 旋转光学对中器的目镜，看清分划板上圆圈，拉动或推动目镜使测站点影像清晰</p> <p>(3) 旋转脚螺旋让光学对中器对准测站点</p> <p>(4) 利用三脚架的伸缩螺旋调整脚架的长度，使圆水准气泡居中</p> <p>(5) 用脚螺旋整平照准部水准管</p> <p>(6) 用光学对中器观察测站点是否偏离分划板圆圈中心。如果偏离中心，稍微松开三脚架连接螺旋，在架头上移动仪器，圆圈中心对准测站点后旋紧连接螺旋</p> <p>(7) 重新整平仪器，直至光学对中器对准测站点为止</p>
4	读数	<p>1) 分微尺测微器及其读数方法</p> <p>J<sub>6</sub> 级光学经纬仪采用分微尺测微器进行读数。这类仪器的度盘分划值为 1°，按顺时针方向注记每度的度数。在读数显微镜的读数窗上装有一块带分划的分微尺，度盘上的分划线间隔经显微镜放大后成像于分微尺上。读数显微镜内所看到的度盘和分微尺的影像如图 2-27 所示，上面注有“H”（或水平）为水平度盘读数窗，注有“V”（或竖直）为竖直度盘读数窗，分微尺的长度等于放大后度盘分划线间隔 1° 的长度，分微尺分为 60 个小格，每小格为 1′。分微尺每 10 小格注有数字，表示 0′，10′，20′，…，60′，注意增加方向与度盘相反。读数装置直接读到 1′，估读到 0.1′（6″）</p> <p>读数时，分微尺上的 0 分划线为指标线，它所在度盘上的位置就是度盘读数的位置。如在水平度盘的读数窗中，分微尺的 0 分划线已超过 261°，水平度盘的读数应该是比 261° 多，所多的数值再由分微尺的 0 分划线至度盘上 261° 分划线之间有多少小格来确定。图中为 4.4 格，故为 04′24″。水平度盘的读数应是 261°04′24″</p> <p>2) 单平板玻璃测微器及其读数方法</p> <p>单平板玻璃测微器的组成部分主要包括平板玻璃、测微尺、连接机构和测微轮，其工作原理如图 2-28 所示。当转动测微轮时，平板玻璃和测微尺即绕同一轴作同步转动，如图 2-28 所示，光线垂直通过平板玻璃，度盘分划线的影像未改变原来位置，与未设置平板玻璃一样，此时测微尺上读数为零，如按设在读数窗上的双指标线读数应为 92° + a</p> <p>转动测微轮时，平板玻璃随之转动，度盘分划线的影像也就平行移动，当 92° 分划线的影像夹在双指标线的中间时，度盘分划线的影像正好平行移动一个 a，而 a 的大小可由与平板玻璃同步转动的测微尺上读出，其值为 18′20″。故读数为 92° + 18′20″ = 92°18′20″</p>

序号	使用步骤	具体含义
5	图示	 <p style="text-align: center;">(a) (b)</p> <p style="text-align: center;">图 2-26 整平示意图</p>  <p style="text-align: center;">图 2-27 分微尺读数窗</p>  <p style="text-align: center;">(a) (b)</p> <p style="text-align: center;">图 2-28 单平板玻璃测微器工作原理</p>

## 2.4 平板仪的构造和使用


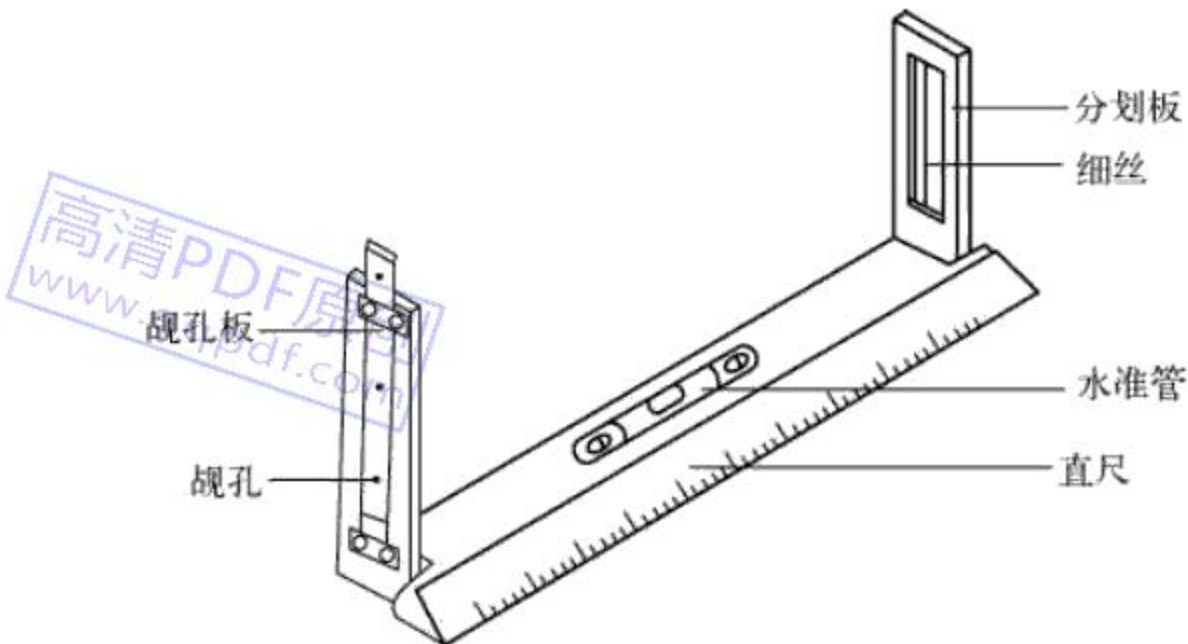
### 2.4.1 平板仪的构造

#### 1. 小平板仪的构造

小平板仪的构造见表 2-20。

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

表 2-20 小平板仪的构造

序号	项目	具体含义
1	基本构造	<p>小平板仪主要由三脚架、平板、照准仪、对点器和长盒磁针等组成，如图 2-29 所示。照准仪示意图如图 2-30 所示，由直尺、觇孔板和分划板组成。觇孔板和分划板上的细丝可以照准目标，直尺可在平板上绘方向线。为了置平平板，照准仪的直尺上附有水准器。用这种照准仪测量距离和高差的精度很低，所以经常与经纬仪配合使用，进行地形图的测绘</p>
2	图示	 <p>图 2-29 小平板仪示意图</p>  <p>图 2-30 照准仪示意图</p>

## 2. 大平板仪的构造

大平板仪的构造见表 2-21。

表 2-21 大平板仪的构造

序号	项目	具体含义
1	基本构造	<p>大平板仪由平板、三脚架、基座和照准仪及其附件组成，如图 2-31 (a) 所示。照准仪主要由望远镜、竖盘、直尺组成。望远镜和竖盘与经纬仪的构造相似，可以用来做视距测量。直尺代替了经纬仪上的水平度盘，直尺边和望远镜的视准轴在同一竖直面内，望远镜瞄准后，直尺在平板上划出的方向线就是瞄准的直线方向。</p> <p>大平板仪的附件有对点器、定向罗盘和圆水准器三种，如图 2-31 (b)、(c)、(d) 所示</p> <p>(1) 对点器：用来对点，使平板上的点和相应地面点在同一条铅垂线上</p> <p>(2) 定向罗盘：初步定向，使平板仪图纸上的南北方向和实地南北方向接近一致</p> <p>(3) 圆水准器：用来整平平板仪的平板</p>

续表

序号	项目	具体含义
2	图示	<p>(a) 大平板仪构造 (b) 对点器 (c) 定向罗盘 (d) 圆水准器</p>

图 2-31 大平板仪示意图

## 2.4.2 平板仪的使用

### 1. 小平板仪的使用

小平板仪的使用见表 2-22。

表 2-22 小平板仪的使用

序号	具体做法
1	先将经纬仪置于距测站点 A 1~2m 处的 B 点，量取仪器高 $i$ ，测出 A、B 两点间的高差，根据 A 点高程，求出 B 点高程，如图 2-32 所示
2	然后将小平板仪安置在 A 点上，经对点、整平、定向后，用照准仪直尺紧贴图上 $a$ 点瞄准经纬仪的垂球线，在图板上沿照准仪的直尺绘出方向线，用尺量出 AB 的水平距离，在图上按测图比例尺从 A 沿所绘方向线定出 B 点在图上的位置 $b$
3	测绘碎部点 M 时，用照准仪直尺紧贴 $a$ 点瞄准点 M，在图上沿直尺边绘出方向线 $am$ ，用经纬仪按视距测量方法测出视距间隔和竖直角，以此求出 BM 的水平距离和高差。根据 B 点高程，即可计算出 M 点高程
4	用两脚规按测图比例尺自图上 $b$ 点量 BM 长度与 $am$ 方向线交于 $m$ 点， $m$ 点即是碎部点 M 在图上的相应位置
5	将尺移至下一个碎部点，以同样方法进行测绘，待测绘出一定数量的碎部点后，即可根据实地的地貌勾绘等高线，用地物符号表示地物

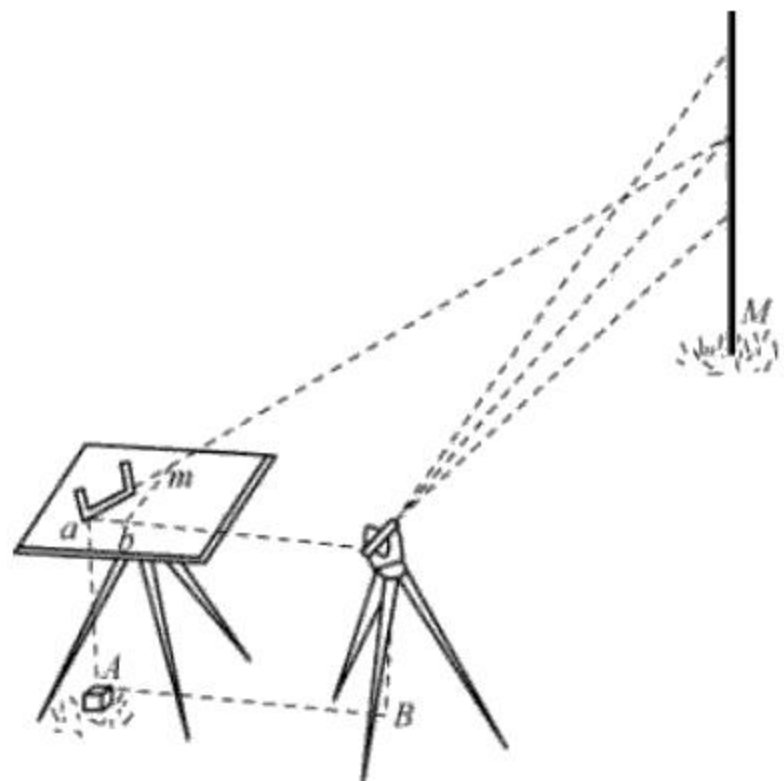


图 2-32 小平板仪与经纬仪联合测图

## 2. 大平板仪的使用

大平板仪的使用见表 2-23。

表 2-23 大平板仪的使用

序号	项目	具体含义
1	安置	初步安置 将球面基座手柄穿入脚架头与螺纹盘连接，并用仪器箱内准备的扳棍拧紧，然后将绘图板通过螺纹与上盘连接可靠。然后将图板用目估法大致定向、整平和对点，初步安置在测站点上，随后进行精确安置
		对点 将图纸上展绘的点置于地面上相应点的铅垂线上。对点时，用对点器金属框尖部对准图板上测站点对应的点，然后移动脚架使垂球尖对准地面上测站点
		整平 置圆水准器于图板中部，松开上手柄约半圈，调整图板使圆水泡居中，轻轻拧紧上手柄
		定向 将图板上已知方向与地面上相应方向一致。定向可先用方框罗盘初步定向，再用已知直线精密定向 (1) 罗盘定向。用方框罗盘定向时，将方框罗盘的侧边切于图上坐标格网的纵坐标线，转动图板直到磁针两端与罗盘零指标线对准为止 (2) 用已知直线定向。平板安置在 A 点上，已知直线 AB 定向，可将照准仪的直尺边紧贴在图板上相应的直线曲处，转动图板，使照准仪瞄准地面上 B 点，然后固定图板。图板定向对测图的精度影响极大，一般要求定向误差不大于图上的 0.2 mm
2	使用	<p>测图时，将大平板仪安置在测站点上，量取仪器高，即可测绘碎部点，用照准仪的直尺边紧贴图上的测站点，照准碎部点上所立的尺，沿直尺边绘出方向线（也可使照准仪的直尺边离开图上的测站点少许，照准碎部点上所立的尺，拉开直尺的平行尺，使尺边通过图上的测站点，然后沿平行尺绘方向线），在尺上读取读数，由读数计算视距。然后使竖盘指标水准管气泡居中，读取竖盘读数，计算竖直角。根据视距测量公式就可计算出碎部点至测站点水平距离及碎部点的高程：</p> $D = Kn \cos^2 \alpha \quad (2-4)$ $H_p = H_{\text{站}} + \frac{1}{2} Kn \sin 2\alpha + i - v \quad (2-5)$ <p>式中，<math>D</math>——碎部点至测站点的水平距离；  <math>K</math>——乘常数，等于 100；  <math>n</math>——视距间隔，上、下丝读数之差；  <math>H_p</math>——碎部点高程；  <math>H_{\text{站}}</math>——测站点高程；  <math>\alpha</math>——竖直角；  <math>i</math>——仪器高；  <math>v</math>——中丝读数</p>

## 2.5 全站仪的构造及技术指标

### 2.5.1 全站仪的主要特点与基本构造

#### 1. 全站仪的主要特点

全站仪的主要特点见表 2-24。

表 2-24 全站仪的主要特点

序 号	主 要 特 点
1	采用先进的同轴双速制、微动机构，使照准更加快捷、准确
2	具有完善的人机对话控制面板，由键盘和显示窗组成，除照准目标以外的各种测量功能和参数均可通过键盘来实现；仪器两侧均有控制面板，操作方便
3	设有双轴倾斜补偿器，可以自动对水平和竖直方向进行补偿，以消除对竖轴倾斜误差的影响
4	机内设有测量应用软件，能方便地进行三维坐标测量、放样测量、后方交会、悬高测量、对边测量等多项工作
5	具有双路通视功能，仪器将测量数据传输给电子手簿式计算机，也可接受电子手簿和计算机的指令和数据

## 2. 全站仪的基本构造

全站仪的基本构造见表 2-25。

表 2-25 全站仪的基本构造

序 号	项 目	具 体 含 义
1	基本构造	<p>(1) GTS - 310 系列全站仪如图 2-33 所示，其结构与经纬仪相似</p> <p>(2) 全站仪的键盘如图 2-34 所示。键盘分为两部分：一部分为操作键，在显示屏的右方，共有 6 个键；另一部分为功能键（软键），在显示屏的下方，共有 4 个键</p> <p>① 操作键。GTS - 310 系列全站仪操作键的名称及功能见表 2-26</p> <p>② 功能键（软键）。软键信息显示在显示屏的底行，软件功能相当于显示的信息</p> <p>③ 测量模式。GTS - 310 系列全站仪的测量模式见表 2-27 ~ 表 2-29</p>
2	图示	 <p style="text-align: center;">图 2-33 GTS - 310 系列全站仪</p>  <p style="text-align: center;">图 2-34 全站仪键盘</p>



表 2-26 GTS - 310 系列全站仪操作键名称及功能

按 键	名 称	功 能
	坐标测量键	坐标测量模式
	距离测量键	距离测量模式
ANG	角度测量键	角度测量模式
MENU	菜单键	在菜单模式和正常测量模式之间切换，在菜单模式下设置应用测量与照明调节方式
ESC	退出键	返回测量模式或上一层模式；从正常测量模式直接进入数据采集模式或放样模式
POWER	电源键	电源接通/切断 ON/OFF
F1 ~ F4	软键（功能键）	相当于显示的软键信息

表 2-27 角度测量模式

页 数	软 键	显 示 符 号	功 能
1	F1	OSET	水平角置为 0°00'00"
	F2	HOLD	水平角读数锁定
	F3	HSET	用数字输入设置水平角
	F4	P1 ↓	显示第 2 页软键功能
2	F1	TILT	设置倾斜改正开或关（ON/OFF）（若选择 ON，则显示倾斜改正值）
	F2	REP	重复角度测量模式
	F3	V%	垂直角/百分度（%）显示模式
	F4	P2 ↓	显示第 3 页软键功能
3	F1	H - BZ	仪器每转动水平角 90°是否要发出蜂鸣声的设置
	F2	R/L	水平角右/左方向计数转换
	F3	CMPS	垂直角显示格式（高度角/天顶距）的切换
	F4	P3 ↓	显示下一页（第 1 页）软键功能

表 2-28 坐标测量模式

页 数	软 键	显 示 符 号	功 能
1	F1	MEAS	进行测量
	F2	MODE	设置测距模式，Fine/Coarse/Tracking（精测/粗测/跟踪）
	F3	S/A	设置音响模式
	F4	P1 ↓	显示第 2 页软键功能
2	F1	R. HT	输入棱镜高
	F2	INS. HT	输入仪器高
	F3	OCC	输入仪器站坐标
	F4	P2 ↓	显示第 3 页软键功能
3	F1	OFSET	选择偏心测量模式
	F3	m/f/i	距离单位米/英尺/英尺、英寸切换
	F4	P3 ↓	显示下一页（第 1 页）软键功能

表 2-29 距离测量模式

页 数	软 键	显 示 符 号	功 能
1	F1	MEAS	进行测量
	F2	MODE	设置测距模式, Fine/Coarse/Tracking (精测/粗测/跟踪)
	F3	S/A	设置音响模式
	F4	P1 ↓	显示第 2 页软键功能
2	F1	OFFSET	选择偏心测量模式
	F2	S. O	选择放样测量模式
	F3	m/f/i	距离单位米/英尺/英尺、英寸切换
	F4	P2 - ↓	显示下一页 (第 1 页) 软键功能

## 2.5.2 全站仪的主要技术指标

GTS - 310 系列全站仪的主要技术指标见表 2-30。

表 2-30 GTS - 310 系列全站仪的主要技术指标

项 目		仪 器 类 型	GTS - 311	GTS - 312	GTS - 313
放大倍数			30 ×	30 ×	30 ×
成像方式			正像	正像	正像
视场角			1°30'	1°30'	1°30'
最短视距			1.3 m	1.3 m	1.3 m
角度 (水平角、竖直角) 最小显示			1"	1"	5"
角度 (水平角、竖直角) 标准差			±2"	±3"	±5"
自动安平补偿范围			±3'	±3'	±3'
测程/km	单棱镜		2.4 ~ 2.7	2.2 ~ 2.5	1.6 ~ 1.9
	三棱镜		3.1 ~ 3.6	2.9 ~ 3.3	2.4 ~ 2.6
	九棱镜		3.7 ~ 4.4	3.6 ~ 4.2	3.0 ~ 3.6
测距标准差测距时间 (精测)			±(2 + 2 × 10 <sup>-6</sup> D) mm 3 s (首次 4 s)		
水准器分划值	圆水准器		10' / 2 mm		
	管水准器		30" / 2 mm		
使用温度范围			- 20℃ ~ + 50℃		

## 2.6 红外测距仪与罗盘仪

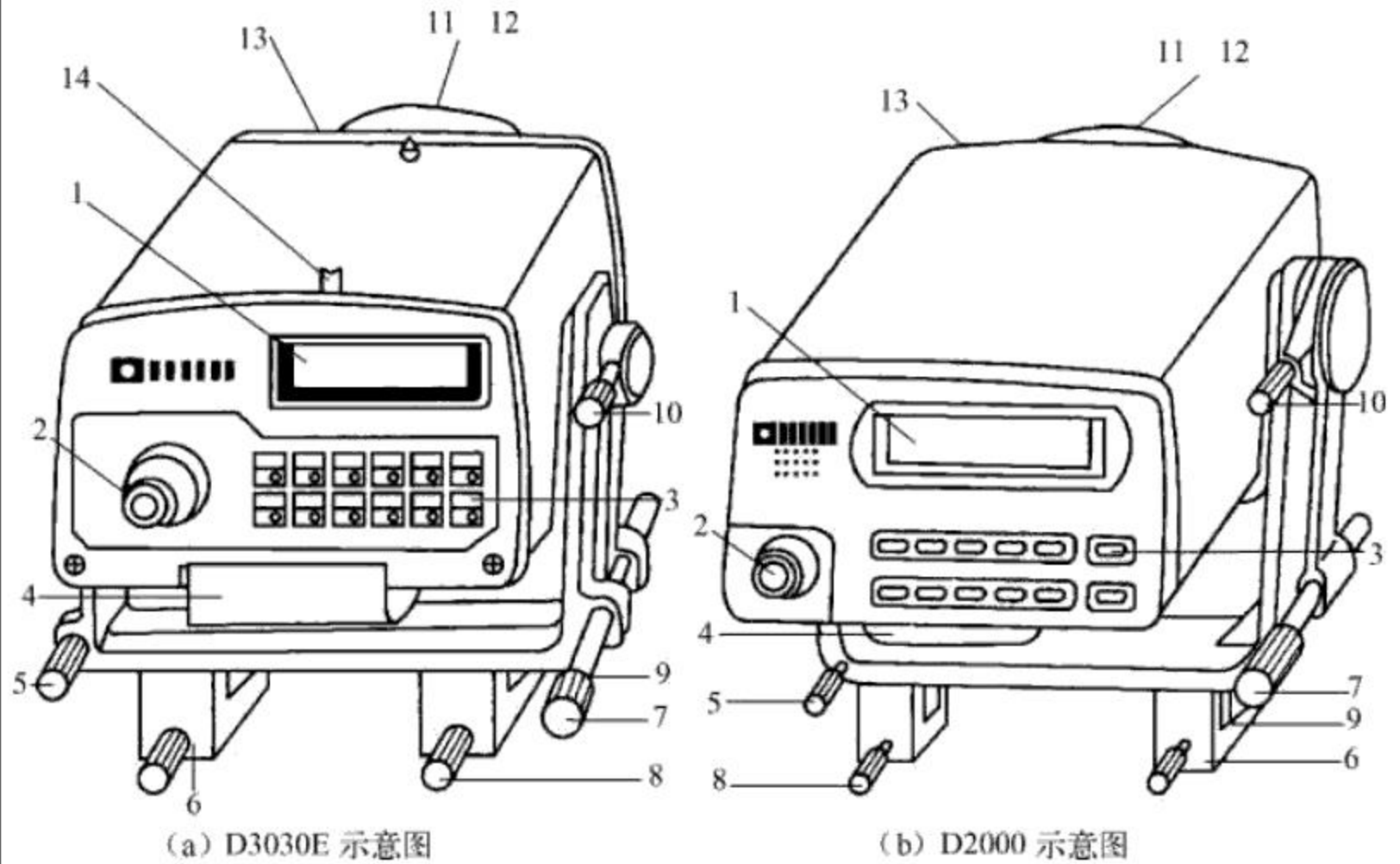
### 2.6.1 红外测距仪

#### 1. 测距仪的构造

测距仪的构造见表 2-31。

表 2-31 测距仪的构造

序号	项目	具体含义
1	基本构造	<p>(1) D3030E/D2000 型红外测距仪如图 2-35 所示, 它的单棱镜测程为 1.5 ~ 1.8 km, 三棱镜测程为 2.5 ~ 3.2 km, 测距标准差为 <math>\pm(5 + 3 \times 10^{-6}D)</math> mm</p> <p>(2) D3030E/D2000 型红外测距仪的操作键盘如图 2-36 所示。测距及其他计算的操作均在操作面板上按键进行, 有关的信号及其测量和计算结果则显示在面板上方的显示窗中</p>



2 图示

1—显示器; 2—照准望远镜; 3—键盘; 4—电池; 5—照准轴水平调整螺旋;  
6—座架; 7—俯仰螺旋; 8—座架固定螺旋; 9—间距调整螺丝; 10—俯仰角锁定螺旋;  
11—物镜; 12—物镜罩; 13—RS - 232 接口; 14—粗瞄器

图 2-35 D3030E/D2000 型红外测距仪

V.H		T.P.C		SIG		AVE		MSR		ENT	
1	O	2	O	3	O	4	O	5	O	-	O
X.Y.Z		X.Y.Z		S.H.V		SO		TPK		PWR	
6	O	7	O	8	O	9	O	0	O	O	O

(a) D3030E键盘图

V.H		T.P.C		SIG		AVE		MSR		ENT	
1		2		3		4		5		-	
X.Y.Z		X.Y.Z		S.H.V		SO		TPK		PWR	
6		7		8		9		0		O	

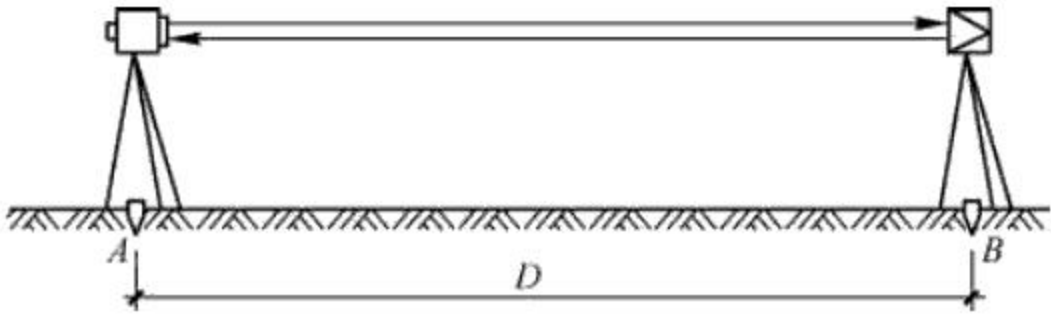
(b) D2000键盘图

图 2-36 D3030E/D2000 型红外测距仪的操作键盘

2. 红外测距仪的工作原理

红外测距仪的工作原理见表 2-32。

表 2-32 红外测距仪的工作原理

序号	项目	具体含义
1	工作原理	<p>(1) 红外测距仪以砷化镓发光二极管作为光源。若给砷化镓发光二极管注入一定的恒定电流, 它发出的红外光的光强恒定不变; 若改变注入电流的大小, 砷化镓发光二极管发射的光强也随之变化, 注入电流越大, 光强越强, 注入电流越小, 光强越弱。若在发光二极管上注入的是频率为 <math>f</math> 的交变电流, 则其光强也按频率 <math>f</math> 发生变化, 这种光称为调制光</p> <p>(2) 相位法测距仪发出的光就是连续的调制光, 如图 2-37 所示。用测距仪测定 <math>A</math>、<math>B</math> 两点间的距离 <math>D</math>, 在 <math>A</math> 点安置测距仪, 在 <math>B</math> 点安置反射镜。由仪器发射调制光, 经过距离 <math>D</math> 到达反射镜, 经反射回到仪器接收系统。如果能测出调制光在距离 <math>D</math> 上往返传播的时间 <math>t</math>, 则距离 <math>D</math> 即可按下式求得:</p> $D = \frac{1}{2}ct \quad (2-6)$ <p>式中, <math>c</math> 为调制光在大气中的传播速度</p>
2	图示	 <p style="text-align: center;">图 2-37 红外光电测距工作原理</p>

## 2.6.2 罗盘仪

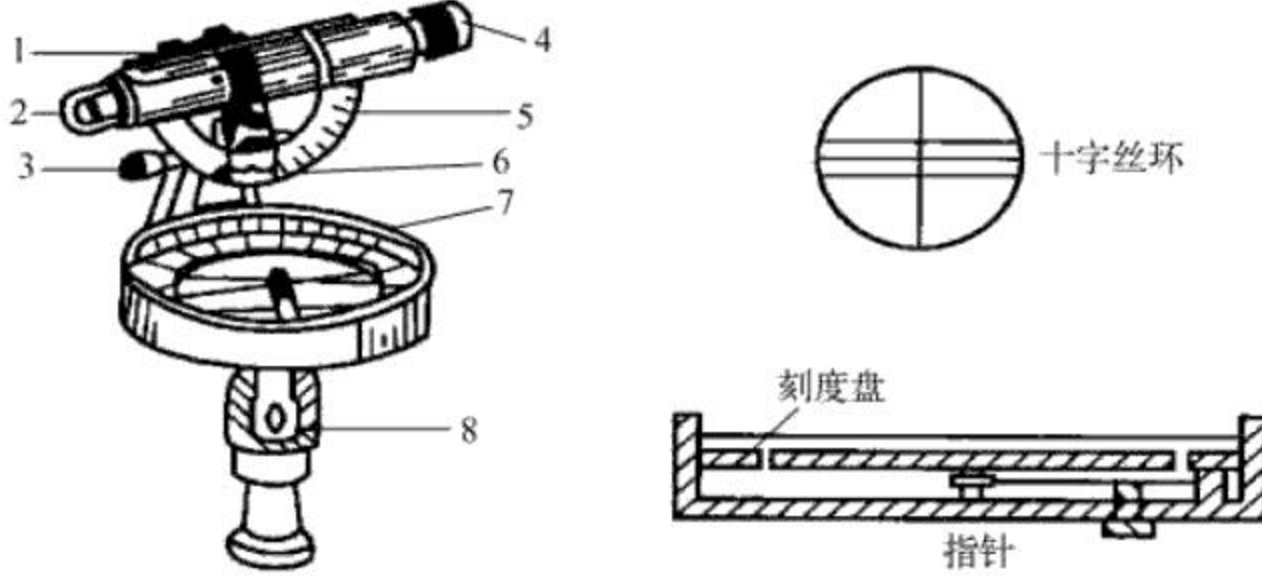
### 1. 罗盘仪的构造

罗盘仪的构造见表 2-33。

表 2-33 罗盘仪的构造

序号	项目	具体含义
1	构造	罗盘仪是由望远镜、罗盘盒和基座三部分构成的, 如图 2-38 (a) 所示
2	望远镜	望远镜用于瞄准目标, 由物镜、十字丝、目镜组成。使用时首先转动目镜进行调焦使十字丝清晰, 然后用望远镜大致照准目标, 再转动物镜对光螺旋使目标清晰, 最后以十字丝竖丝精确对准目标。望远镜一侧为竖直度盘, 可以测量竖直角
3	罗盘盒	<p>(1) 罗盘盒如图 2-38 (b) 所示。罗盘盒内有磁针和刻度盘。磁针用于确定南北方向并用来指示读数, 它安装在度盘中心顶针上, 能自由转动, 为减少顶针的磨损, 不用时用磁针制动螺旋将磁针抬起, 固定在玻璃盖上</p> <p>(2) 磁针南端装有铜箍以克服磁倾角, 使磁针转动时保持水平。由于观测时随望远镜转动的不是磁针 (磁针永指南北) 而是刻度盘, 为了直接读取磁方位角, 所以刻度盘以逆时针注记</p>
4	基座	基座是球臼结构, 安装在三脚架上, 松开球臼接头螺旋, 摆动罗盘盒使水准气泡居中, 此时刻度盘已处于水平位置, 旋紧接头螺旋

续表

序号	项目	具体含义
5	图示	 <p>(a) 罗盘仪的构造</p> <p>(b) 罗盘盒</p> <p>1—望远镜制动螺旋；2—目镜；3—望远镜微动螺旋；4—物镜； 5—竖直度盘；6—竖直度盘指标；7—罗盘盒；8—球臼</p> <p>图 2-38 罗盘仪示意图</p>

## 2. 罗盘仪的使用

罗盘仪测定直线磁方位角的使用方法见表 2-34。

表 2-34 罗盘仪测定直线磁方位角的使用方法

序号	测定方法
1	安置罗盘仪于直线的一个端点，进行对中和整平
2	用望远镜瞄准直线另一端点的标杆
3	松开磁针制动螺旋，将磁针放下，待磁针静止后，磁针在刻度盘上所指的读数即为该直线的磁方位角。读数时当刻度盘的 0° 刻划在望远镜的物镜一端，应按磁针北端读数；如果在目镜一端，则应按磁针南端读数。图 2-39 中刻度盘 0° 刻划在物镜一端，应按北针读数，其磁方位角为 240°

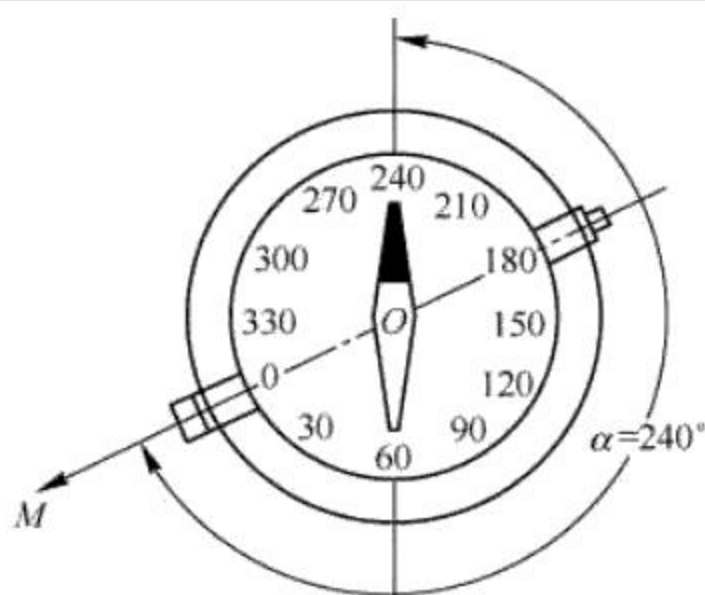


图 2-39 罗盘仪

# 第3章 水准测量与角度测量

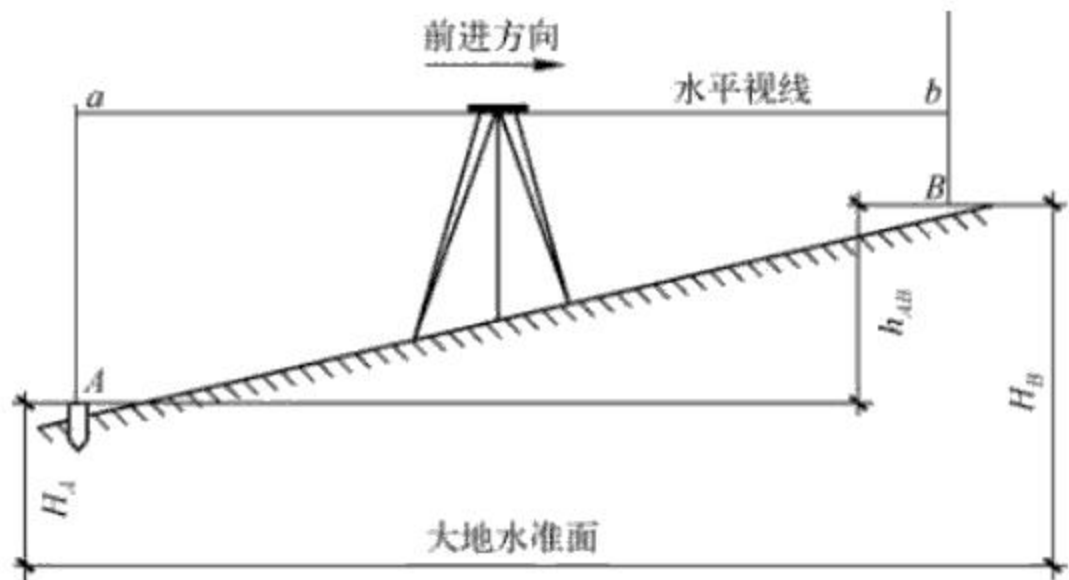
## 3.1 水准测量

### 3.1.1 水准测量的原理

#### 1. 水准测量的原理

水准测量的原理见表 3-1。

表 3-1 水准测量的原理

序号	测量方法	原理与计算
1	高差法	<p>如图 3-1 所示, 要测出 <math>B</math> 点的高程 <math>H_B</math>, 则在已知高程点 <math>A</math> 和待求高程点 <math>B</math> 上分别竖立水准尺, 利用水准仪提供的水平视线在两尺上分别读数 <math>a</math>、<math>b</math>。 <math>a</math>、<math>b</math> 的差值就是 <math>A</math>、<math>B</math> 两点间的高差, 即:</p> $h_{AB} = a - b \quad (3-1)$ <p>根据 <math>A</math> 点的高程 <math>H_A</math> 和高差 <math>h_{AB}</math>, 就可计算出 <math>B</math> 点的高程:</p> $H_B = H_A + h_{AB} \quad (3-2)$ <p>式 (3-2) 是直接利用高差 <math>h_{AB}</math> 计算 <math>B</math> 点高程的方法, 称为高差法</p>
2	仪高法	<p>采用仪器视线高 <math>H_i</math> 计算 <math>B</math> 点高程, 称为仪高法。即:</p> <p>视线高程 <math>H_i = H_A + a \quad (3-3)</math></p> <p><math>B</math> 点高程 <math>H_B = H_i - b \quad (3-4)</math></p> <p>当安置一次仪器要求测出若干个前视点的高程时, 应采用仪高法, 此法在建筑工程测量中被广泛应用</p>
3	图示	 <p>图 3-1 高差法示意图</p>

#### 2. 水准测量的规律

水准测量的规律见表 3-2。

表 3-2 水准测量的规律

序号	水准测量的规律
1	每站高差等于水平视线的后视读数减去前视读数
2	起点至闭点的高差等于各站高差的总和, 等于各站后视读数的总和减去前视读数的总和

## 3.1.2 水准路线测量

### 1. 水准路线的设置

水准路线的设置见表 3-3。

表 3-3 水准路线的设置

序号	项目	设置内容
1	水准点	用水准测量的方法测定的高程控制点称为水准点，简记 BM。水准点可作为引测高程的依据。水准点有永久性和临时性两种。永久性水准点是国家有关专业测量单位，按统一的精度要求在全国各地建立的国家等级的水准点。在建筑工程中，通常需要设置一些临时性的水准点，这些点可用木桩打入地下，桩顶钉一个顶部为半球状的圆帽铁钉，也可以利用稳固的地物，如坚硬的岩石、房角等，作为高程起算的基准
2	水准路线	由一系列水准点间进行水准测量所经过的路线，称为水准路线。根据测区情况和作业要求，水准路线可布设成以下几种形式 (1) 附和水准路线。在两个已知点之间布设的水准路线，如图 3-2 (a) 所示 (2) 闭合水准路线。形成环形的水准路线，如图 3-2 (b) 所示 (3) 支水准路线。由一个已知水准点出发，而另一端为未知点的水准路线。该路线既不自行闭合，也不附和到其他水准点上，如图 3-2 (c) 所示。为了检核成果，支水准路线必须进行往、返测量
3	图示	<p style="text-align: center;">图 3-2 单一水准路线的三种布设形式</p>

### 2. 水准测量方法

水准测量方法见表 3-4。

表 3-4 水准测量方法

序号	项目	具体内容
1	简单水准测量的观测程序	(1) 在已知高程的水准点上立水准尺，作为后视尺 (2) 在路线的前进方向上的适当位置放置尺垫，在尺垫上竖立水准尺作为前视尺。仪器距两水准尺间的距离基本相等，最大视距不大于 150 m (3) 安置仪器，使圆水准器气泡居中。照准后视标尺，消除视差，用微倾螺旋调节水准管气泡并使其精确居中，用中丝读取后视读数，记入手簿 (4) 照准前视标尺，使水准管气泡居中，用中丝读取前视读数，并记入手簿 (5) 将仪器迁至第 2 站，同时，第 1 站的前视尺不动，变成第 2 站的后视尺，第 1 站的后视尺移至前面适当位置成为第 2 站的前视尺，按第 1 站相同的观测程序进行第 2 站测量 (6) 如此连续观测、记录，直至终点

续表

序号	项目	具体内容
2	复合水准测量的施测方法	在实际测量中, 由于起点与终点间距离较远或高差较大, 一个测站不能全部通视, 需要把两点间距分成若干段, 然后连续多次安置仪器, 重复一个测站的简单水准测量过程, 这样的水准测量称为复合水准测量, 它的特点就是工作的连续性

### 3. 水准测量记录与计算

水准测量记录与计算见表 3-5。

表 3-5 水准测量记录与计算

序号	项目	具体内容
1	高差法记录与计算	<p>由图 3-3 可知, 每安置一次仪器, 便可测得一个高差, 即:</p> $h_1 = a_1 - b_1 = 1.520 - 0.895 = 0.625 \text{ (m)}$ $h_2 = a_2 - b_2 = 1.390 - 1.260 = 0.130 \text{ (m)}$ $h_3 = a_3 - b_3 = 1.431 - 1.510 = -0.079 \text{ (m)}$ $h_4 = a_4 - b_4 = 0.829 - 1.356 = -0.527 \text{ (m)}$ <p>将以上各式相加, 则:</p> $\sum h = \sum a - \sum b \tag{3-5}$ <p>即 A、B 两点的高差等于各段高差的代数和, 也等于后视读数的总和减去前视读数的总和。根据 <math>BM_A</math> 点高程和本站高差, 可推算出各转点高程和 B 点高程:</p> $H_{TP1} = 43.130 + 0.625 = 43.755 \text{ (m)}$ $H_{TP2} = 43.755 + 0.130 = 43.885 \text{ (m)}$ $H_{TP3} = 43.885 - 0.079 = 43.806 \text{ (m)}$ $H_B = 43.806 - 0.527 = 43.279 \text{ (m)}$ <p>最后由 B 点高程 <math>H_B</math> 减去 A 点高程 <math>H_A</math>, 应等于 <math>\sum h</math>, 即:</p> $H_B - H_A = \sum h \tag{3-6}$ <p>因而</p> $\sum a - \sum b = \sum h = H_{终} - H_{始} \tag{3-7}$
2	仪高法记录与计算	<p>仪高法的施测步骤与高差法基本相同, 但计算方法与高差法不同, 须先计算仪高 <math>H_i</math>, 再推算前视点和中间点的高程。为了防止计算上的错误, 还应进行计算检核, 方法为:</p> $\sum a - \sum b \text{ (不包括中间点)} = H_{终} - H_{始} \tag{3-8}$
3	图示	<p style="text-align: center;">图 3-3 高差法计算</p>



#### 4. 水准测量的检核

水准测量的检核见表 3-6。

表 3-6 水准测量的检核

序号	项目	具体内容
1	测站检核	<p>双仪高法 在同一个测站上，第一次测定高差后，变动仪器高度（大于 0.1 m 以上），再重新安置仪器观测一次高差。两次所测高差的绝对值不超过 5 mm，取两次高差的平均值作为该站的高差，如果超过 5 mm，则需重测</p> <p>双面尺法 在同一个测站上，仪器高度不变，分别利用黑、红两面水准尺测高差，若两次高差之差的绝对值不超过 5 mm，则取平均值作为该站的高差，否则重测</p>
	计算检核	式 (3-7) 和式 (3-8) 分别为记录中的计算检核式，若等式成立，说明计算正确，否则说明计算有错误
3	路线成果检核	<p>附合水准路线 (1) 为使测量成果得到可靠的校核，最好把水准路线布设成附合水准路线。对于附合水准路线，理论上在两已知高程水准点间所测得各站高差之和应等于起讫两水准点间的高程之差 (2) 如果它们不能相等，其差值称为高差闭合差，用 <math>f_h</math> 表示。附合水准路线的高差闭合差按式 (3-8) 计算 (3) 高差闭合差的大小在一定程度上反映了测量成果的质量</p> <p>闭合水准路线 在闭合水准路线上也可对测量成果进行校核。对于闭合水准路线，因为它起始于同一个点，所以理论上全线各站高差之和应等于零，即： <math display="block">\sum h = 0</math> 如果高差之和不等于零，则其差值即 <math>\sum h</math> 就是闭合水准路线的高差闭合差，即： <math display="block">f_h = \sum h \quad (3-9)</math></p> <p>支水准线路 支水准线路必须在起点、终点间用往返测进行校核。理论上往返测所得高差的绝对值应相等，但符号相反，或者是往返测高差的代数和应等于零，即： <math display="block">\sum h_{往} + \sum h_{返} = 0 \quad (3-10)</math> 如果往返测高差的代数和不为零，其值即为支水准线路的高差闭合差，即： <math display="block">f_h = \sum h_{往} + \sum h_{返} \quad (3-11)</math> 有时也可以用两组并测来代替一组的往返测以加快工作进度。两组所得高差应相等，若不等，其差值即为支水准线路的高差闭合差。则： <math display="block">f_h = \sum h_1 + \sum h_2 \quad (3-12)</math> 闭合差的大小反映了测量成果的精度。在各种不同性质的水准测量中，都规定了高差闭合差的限值即容许高差闭合差，用 <math>f_{h容}</math> 表示。一般图根水准测量的容许高差闭合差为： 平地 <math>f_{h容} = \pm 40\sqrt{L}</math> (mm) 山地 <math>f_{h容} = \pm 12\sqrt{n}</math> (mm) <math>(3-13)</math> 式中，<math>L</math>——附合水准路线或闭合水准路线的总长，对支水准线路，<math>L</math> 为测段的长，均以千米为单位； <math>n</math>——整个线路的总测站数</p>

### 3.1.3 水准仪的检验和校正

#### 1. 水准仪应满足的几何条件

水准仪应满足的几何条件见表 3-7。

表 3-7 水准仪应满足的几何条件

序号	几何条件	具体内容
1	主要条件	<p>水准仪应满足两个主要条件：水准管轴应与望远镜的视准轴平行；望远镜的视准轴不因调焦而变动位置</p> <p>第 1 个主要条件如不满足，那么水准管气泡居中后，水准管轴已经水平而视准轴却未水平，则不符合水准测量的基本原理</p> <p>第 2 个主要条件是为满足第一个条件而提出的。若望远镜在调焦时视准轴位置发生变动，就不能设想在不同位置的许多条视线都能够与一条固定不变的水准管轴平行。望远镜调焦在水准测量中是不可避免的，所以必须提出此项要求</p>
2	次要条件	<p>水准仪应满足两个次要条件：圆水准器轴应与水准仪的竖轴平行；十字丝的横丝应垂直于仪器的竖轴</p> <p>第 1 个次要条件的满足在于能迅速地整置好仪器，提高作业速度，也就是在圆水准器的气泡居中时，仪器的竖轴已基本处于竖直状态，使仪器旋转至任何位置都易于使水准管的气泡居中</p> <p>第 2 个次要条件的满足是当仪器竖轴已经竖直，在读取水准尺上的读数时就不必严格用十字丝的交点，用交点附近的横丝读数也可以确定</p>

## 2. 水准仪的检验与校正

### 1) 普通水准仪的检验与校正

普通水准仪的检验与校正见表 3-8。

表 3-8 普通水准仪的检验与校正

序号	项目	具体含义
1	一般性检查	<p>水准仪检验校正之前，应先进行一般性的检验，检查各主要部件是否能起有效地作用。安置仪器后，应检验望远镜成像是否清晰，物镜对光螺旋和目镜对光螺旋是否有效，制动螺旋、微动螺旋、微倾螺旋是否有效，脚螺旋是否有效，三脚架是否稳固等；如果发现有故障应及时修理</p>
2	几何条件的检验与校正	<p>(1) 圆水准器轴应平行于竖轴 (<math>L'L' // VV</math>) (表 3-9)</p> <p>圆水准器下面有一个中心固定螺钉，在拨动校正螺钉之前，应该先稍松该螺钉后再按照圆水准器粗平的方法，用校正针拨动相邻的两个，再拨动另一个校正螺钉，使气泡居中。此项校正一般都难以一次完成，因为校正量是目估的，则需反复检校，直到仪器旋转到任何方向，气泡均基本居中为止。校正完毕后务必将中心固定螺钉拧紧</p> <p>(2) 十字丝横丝应垂直于竖轴 (十字丝横丝 <math>\perp VV</math>) (表 3-10)</p> <p>此项误差不明显时，可不必进行校正。工作中利用横丝的中央部分读数，以减少该项误差的影响</p> <p>(3) 水准管轴应平行于视准轴 (<math>LL // CC</math>) (表 3-11)</p>

表 3-9 圆水准器轴的检验与校正

序号	项目	具体内容
1	检验	<p>安置仪器后，转动脚螺旋使圆水准器气泡居中，如图 3-4 (a) 所示，此时，圆水准器轴处于铅垂。然后将望远镜绕竖轴旋转 <math>180^\circ</math>，如果气泡仍居中，说明条件满足。如果气泡偏离中心，如图 3-4 (b) 所示，则需要校正</p>
2	校正	<p>首先转动脚螺旋使气泡向中心方向移动偏距的一半，即竖轴 <math>VV</math> 处于铅垂位置，如图 3-4 (c) 所示。其余的一半用校正针拨动圆水准器的校正螺钉使气泡居中，则圆水准器轴 <math>L'L'</math> 也处于铅垂位置，如图 3-4 (d) 所示，则满足条件 <math>L'L' // VV</math></p>

续表

序号	项目	具体内容
3	图示	<p style="text-align: center;">图 3-4 圆水准器轴的检验与校正</p>

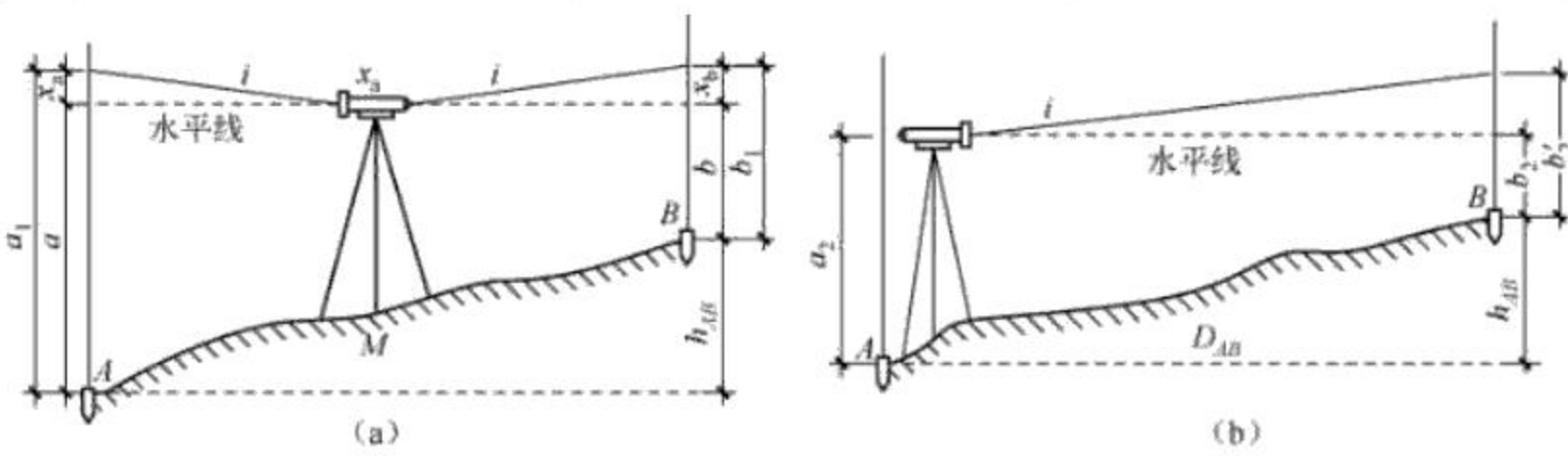
表 3-10 十字丝的检验与校正

序号	项目	具体内容
1	检验	<p>整平仪器后用十字丝横丝的一端对准一个清晰固定点 <math>M</math>，如图 3-5 (a) 所示，旋紧制动螺旋，再用微动螺旋，使望远镜缓慢移动，如果 <math>M</math> 点始终不离开横丝，如图 3-5 (b) 所示，则说明条件满足。如果离开横丝，如图 3-5 (c)、(d) 所示，则需要校正</p>
2	校正	<p>旋下十字丝护罩，松开十字丝分划板座固定螺钉，微微转动十字丝环，使横丝水平 (<math>M</math> 点不离开横丝为止)，然后将固定螺钉拧紧，旋上护罩</p>
3	图示	<p style="text-align: center;">图 3-5 十字丝的检验与校正</p>

表 3-11 水准管的检验与校正

序号	项目	具体内容
1	检验	<p>(1) 如图 3-6 (a) 所示，在较平坦地段，相距 80 m 左右选择 <math>A</math>、<math>B</math> 两点，打下木桩，标定点位，并立水准尺。用皮尺丈量定出 <math>AB</math> 的中间点 <math>M</math>，并在 <math>M</math> 点安置水准仪，用双仪高法两次测定 <math>A</math> 至 <math>B</math> 点的高差。当两次高差的较差不超过 3 mm 时，取两次高差的平均值 <math>h_{平均}</math> 作为两点高差的正确值</p> <p>(2) 将仪器置于距 <math>A</math> (后视点) 2~3 m 处，再测定 <math>AB</math> 两点间高差，如图 3-6 (b) 所示。因仪器离 <math>A</math> 点很近，故可以忽略 <math>i</math> 角对 <math>a_2</math> 的影响，<math>A</math> 尺上的读数 <math>a_2</math> 可以视为水平视线的读数。因此视线水平时的前视读数 <math>b_2</math> 可根据已知高差 <math>h_{平均}</math> 和 <math>A</math> 点尺读数 <math>a_2</math> 计算求得：<math>b_2 = a_2 - h_{平均}</math>。如果望远镜瞄准 <math>B</math> 点尺，视线精平时的读数 <math>b'_2</math> 与 <math>b_2</math> 相等，则条件满足，如果 <math>i'' = \frac{b'_2 - b_2}{D_{AB}} \times \rho''</math> 的绝对值大于 <math>20''</math>，则仪器需要校正</p>
2	校正	<p>转动微倾螺旋使横丝对准的读数为 <math>b_2</math>，然后放松水准管左右两个校正螺钉，再一松一紧调节上、下两个校正螺钉，使水准管气泡居中 (符合)，最后再拧紧左、右两个校正螺钉，此项校正仍需反复进行，直至达到要求为止</p>

续表

序号	项目	具体内容
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 3-6 水准管的检验与校正</p>

## 2) 精密水准仪的检验和校正

精密水准仪的检验和校正见表 3-12。

表 3-12 精密水准仪的检验和校正

序号	项目	具体内容
1	圆水泡的校正	<p>(1) 目的使圆水泡轴线垂直, 以便安平</p> <p>(2) 校正方法用长水准管使纵轴确切垂直, 然后进行校正, 使圆水泡气泡居中, 其步骤为: 拨转望远镜使之垂直于一对水平螺旋, 用圆水泡粗略安平, 再用微倾螺旋使长水准气泡居中微倾螺旋之读数, 拨转仪器 <math>180^\circ</math>, 若气泡偏差, 仍用微倾螺旋安平, 又得一读数, 旋转微倾螺旋至两读数之平均数。此时长水准轴线已与纵轴垂直。接着再用水平螺旋安平长水准管气泡居中, 则纵轴即垂直。转动望远镜至任何位置气泡像符合差不大于 <math>1\text{ mm}</math>。纵轴既已垂直, 则校正圆水准使气泡恰在黑圈内。在圆水泡的下面有 3 个校正螺旋, 校正时螺旋不可旋得过紧, 以免损坏水准盒</p>
2	微倾螺旋上刻度指标差的改正	<p>上述使长水准轴线与纵轴垂直的步骤中, 曾得到微倾螺旋两数的平均数, 当微倾螺旋对准此数时, 则长水准轴线应与纵轴垂直, 此数本应为零, 倘不对零线, 则有指标差, 可将微倾螺旋外面周围 3 个小螺旋各松开半转, 轻轻旋动螺旋头至指标恰指“0”线为止, 然后重新旋紧小螺旋。在进行此项工作时, 长水准必须始终保持居中, 即气泡像保持符合状态</p>
3	长水准管的校正	<p>(1) 目的是使水准管轴平行于视准轴</p> <p>(2) 步骤与普通水准仪的检验校正相同</p>

## 3.1.4 水准测差的来源及其影响

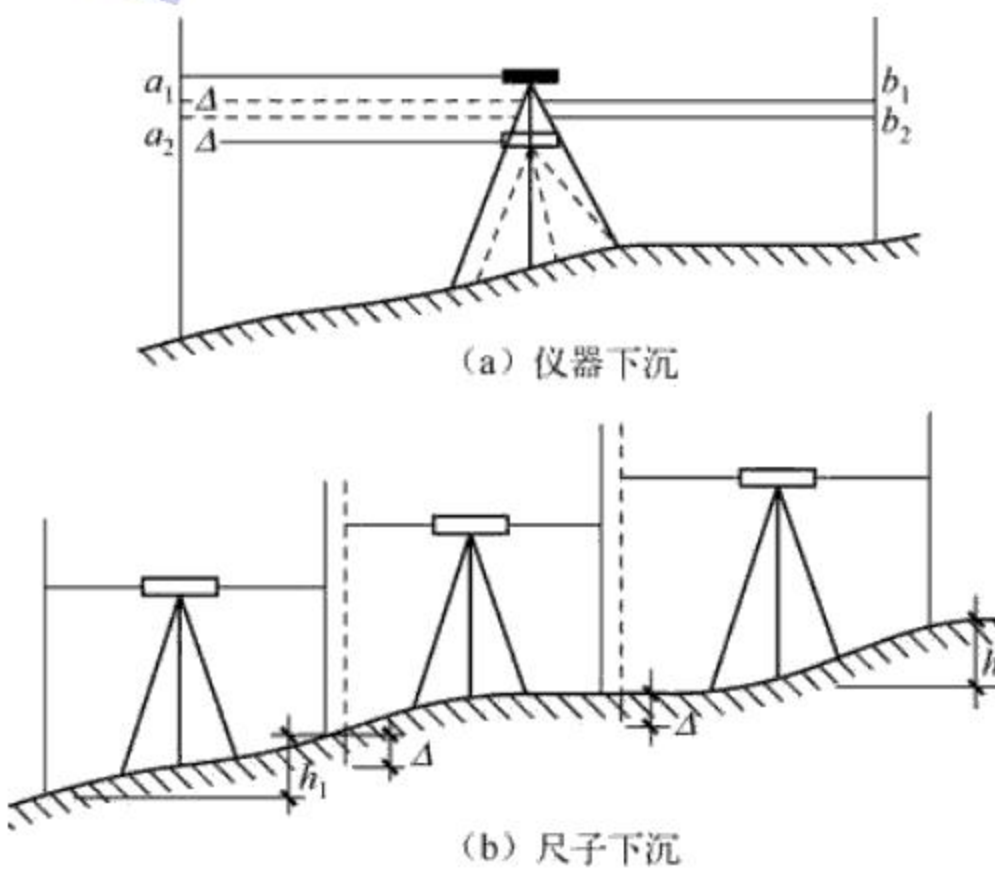
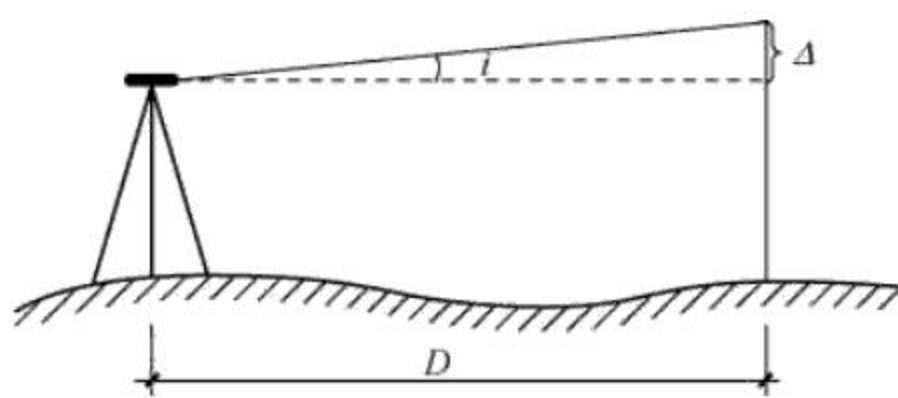
### 1. 水准测量误差的来源

水准测量误差的来源见表 3-13。

表 3-13 水准测量误差的来源

序号	误差来源	具体内容
1	仪器和工具的误差	<p>(1) 水准仪的误差。仪器经过检验校正后, 还会存在残余误差, 如微小的 <math>i</math> 角误差。当水准管气泡居中时, 由于 <math>i</math> 角误差使视准轴不在处于精确水平的位置, 会造成水准尺上的读数误差。在一个测站的水准测量中, 如果使前视距与后视距相等, 则 <math>i</math> 角误差对高差测量的影响可以消除。严格地检校仪器和按水准测量技术要求限制视距差的长度, 是降低水准仪误差的主要措施</p> <p>(2) 水准尺的误差。水准尺的分划不精确、尺底磨损、尺身弯曲都会给读数造成误差, 因此必须使用符合技术要求的水准尺</p>

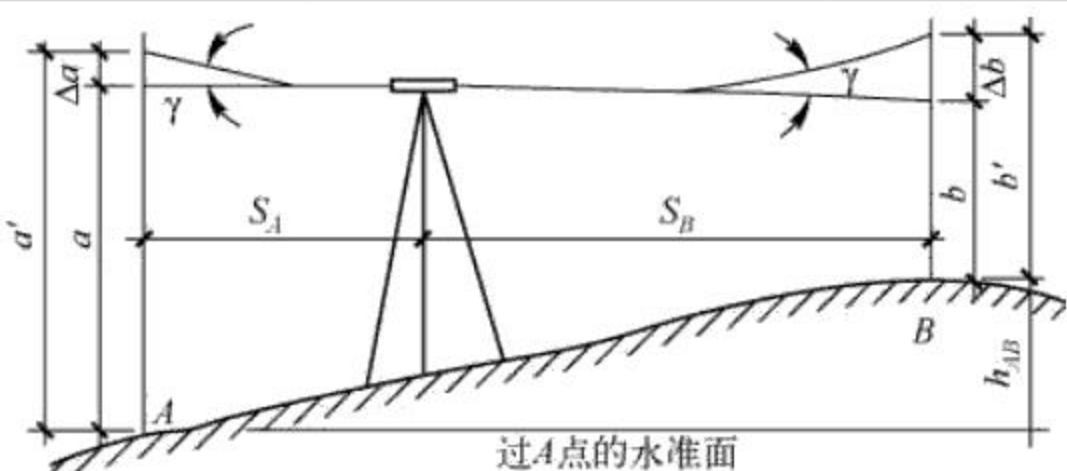
续表

序号	误差来源	具体内容
2	仪器和标尺升沉的误差	<p>(1) 仪器下沉(或上升)所引起的误差。仪器下沉(或上升)的速度与时间成正比,如图3-7(a)所示,从读取后视读数<math>a_1</math>到读取前视读数<math>b_1</math>时,仪器下沉<math>\Delta</math>,则有:</p> $h_1 = a_1 - (b_1 + \Delta) \quad (3-14)$ <p>为了减弱此项误差的影响,可以在同一测站进行第2次观测,而且第2次观测应先读前视读数<math>b_2</math>,再读后视读数<math>a_2</math>。则:</p> $h_2 = (a_2 + \Delta) - b_2 \quad (3-15)$ <p>取两次高差的平均值,即:</p> $h = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{(a_1 - b_1) + (a_2 - b_2)}{2} \quad (3-16)$ <p>(2) 尺子下沉(或上升)引起的误差。若往测与返测尺子下沉量是相同的,则由于误差符号相同,而往测与返测高差符号相反,因此,取往测和返测高差的平均值可消除其影响,如图3-7(b)所示</p>
3	整平误差	<p>水准测量是利用水平视线测定高差的,当仪器没有精确整平,则倾斜的视线将使标尺读数产生误差:</p> $\Delta = \frac{i}{\rho} D \quad (3-17)$ <p>由图3-8可知,设水准管的分划值为<math>30''</math>,如果气泡偏离半格(即<math>i = 15''</math>),则当距离为50m时,<math>\Delta = 2.4\text{mm}</math>;当距离为100m时,<math>\Delta = 4.8\text{cm}</math>;误差随距离的增大而变大。因此,读数前必须使符合水准气泡精确吻合</p>
4	图示	<div style="text-align: center;">  <p>(a) 仪器下沉</p> <p>(b) 尺子下沉</p> </div> <p style="text-align: center;">图3-7 仪器和标尺升沉误差的影响</p> <div style="text-align: center;">  <p>图3-8 整平误差对读数的影响</p> </div>

## 2. 水准测量误差的影响

水准测量误差的影响见表 3-14。

表 3-14 水准测量误差的影响

序号	影响因素	解决办法
1	读数误差的影响	<p>(1) 当尺像与十字丝分划板平面不重合时, 眼睛靠近目镜微微上下移动, 发现十字丝和目镜影像有相对运动, 称为视差。视差可通过重新调节目镜和物镜调焦螺旋加以消除。</p> <p>(2) 估读误差与望远镜的放大率和视距长度有关, 故各级水准测量所用仪器的望远镜放大率和最大视距都有相应规定, 普通水准测量中, 要求望远镜放大率在 20 倍以上, 视线长不超过 150 m</p>
2	大气折光的影响	<p>如图 3-9 所示, 因为大气层密度不同, 对光线产生折射, 使视线产生弯曲, 从而使水准测量产生误差。视线离地面越近, 视线越长, 大气折光的影响越大。为消减大气折光的影响, 只能采取缩短视线, 并使视线离地面有一定的高度及前、后视的距离相等的方法</p>
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 3-9 大气折光对高差的影响</p>

## 3.2 角度测量

### 3.2.1 水平角观测

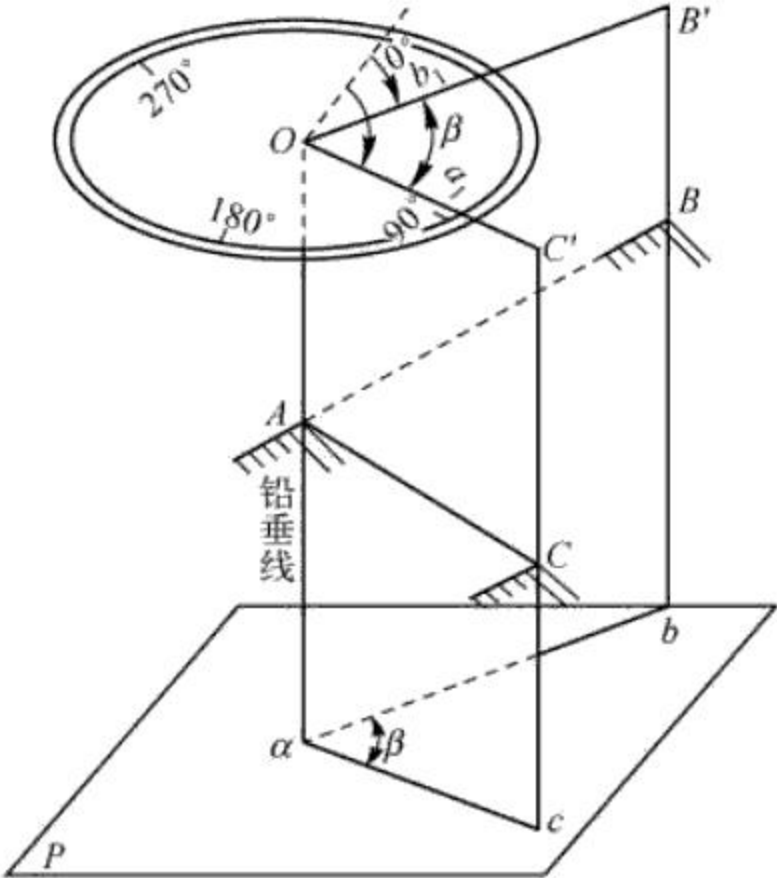
#### 1. 角度测量原理

角度测量原理见表 3-15。

表 3-15 角度测量原理

序号	项目	具体内容
1	概念	<p>水平角是指地面上一点到两个目标的方向线在同一水平面上的垂直投影间的夹角, 或是经过两条方向线的竖直面所夹的两面角。如图 3-10 所示, A、B、C 为地面三点, 过 AB、AC 直线的竖直面, 在水平面 P 上的交线 ab、ac 所夹的角 <math>\beta</math>, 就是直线 AB 和 AC 之间的水平角</p>
2	基本要求	<p>(1) 能安置成水平位置的、且全圆顺时针注记的刻度盘 (称水平度盘, 简称平盘), 并且圆盘的中心一定要位于所测角顶点 A 的铅垂线上</p> <p>(2) 有一个不仅能在水平方向转动, 而且能在竖直方向转动的照准设备, 使之能在过 AB、AC 的竖直面内照准目标</p> <p>(3) 应有读取读数的指标线。望远镜瞄准目标后, 利用指标线读取 AB、AC 方向线在相应水平度盘上的读数右目标 <math>a_1</math> 与左目标读数 <math>b_1</math>, 水平角角值 <math>\beta</math> 为:</p> $\beta = b_1 - a_1$ <p>若 <math>b_1 &lt; a_1</math>, 则 <math>\beta = b_1 + 360^\circ - a_1</math></p> <p>水平角没有负值</p>

续表

序号	项目	具体内容
3	图示	 <p>图 3-10 水平角的测量原理</p>

## 2. 测回法

测回法的具体观测步骤，见表 3-16。测回法观测手簿，见表 3-17。

表 3-16 测回法的具体观测步骤

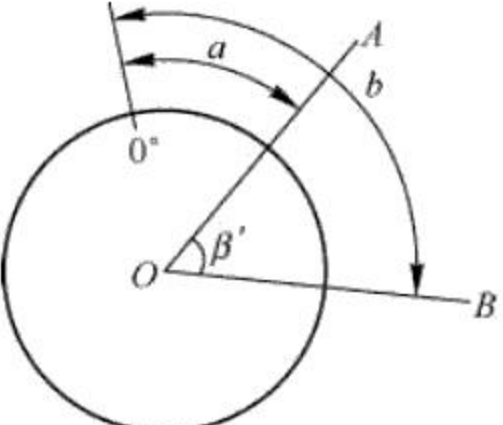
序号	主要内容
1	盘左位置：如图 3-11 所示，松开照准部制动螺旋，瞄准左边的目标 A，对望远镜应进行调焦并消除视差，使测钎和标杆准确地夹在双竖丝中间，为了降低标杆或测钎竖立不直的影响，应尽量瞄准测钎和标杆的根部；读取水平度盘读数 $a_{左}$ 并记录
2	顺时针方向转动照准部，用同样的方法瞄准目标 B，读取水平度盘读数 $b_{左}$
3	盘右位置：倒转望远镜，使盘左变成盘右；按上述方法先瞄准右边的目标 B，读记水平度盘读数 $b_{右}$
4	逆时针方向转动照准部，瞄准左边的目标 A，读记水平度盘读数 $a_{右}$ 以上操作为盘右半测回或下半测回，测得的角值为： $\beta_{右} = b_{右} - a_{右} \quad (3-18)$ 盘左和盘右两个半测回合在一起称为一测回。两个半测回测得的角值的平均值就是一测回的观测结果，即： $\beta = (\beta_{左} + \beta_{右}) / 2 \quad (3-19)$ 当水平角需要观测几个测回时，为了减低度盘分划误差的影响，在每一测回观测完毕之后，应根据测回数 $n$ ，将度盘起始位置读数变换 $180^\circ/n$ ，再开始下一测回的观测；如果要测 3 个测回，第 1 测回开始时，度盘读数可配置在 $0^\circ$ 稍大一些，在第 2 测回开始时，度盘读数可配置在 $60^\circ$ 左右，在第 3 测回开始时，度盘读数应配置在 $120^\circ$ 左右
5	 <p>图 3-11 测回法</p>

表 3-17 测回法观测手簿

仪器等级: DJ<sub>6</sub>

仪器编号:

观测者:

观测日期:

天气: 晴

记录者:

测站	测回数	竖盘位置	目标	水平度盘读数 /(°'")	半测回角值 /(°'")	半测回互差/(")	一测回角值 /(°'")	各测回平均角值/(°'")
0	1	左	A	0 02 17	48 33 06	18	48 33 15	48 33 03
			B	48 35 23				
		右	A	180 02 31	48 33 24			
			B	228 35 55				
	2	左	A	90 05 07	48 32 48	6	48 32 51	
			B	138 37 55				
		右	A	270 05 23	48 32 54			
			B	318 38 17				

### 3. 方向观测法

方向观测法适用于 3 个以上方向所形成的多个角度测量。如图 3-12 所示, 在测站  $O$  上, 用方向观测法观测  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  各方向之间的水平角, 操作步骤见表 3-18。方向观测法观测手簿见表 3-19。

表 3-18 方向观测法操作步骤

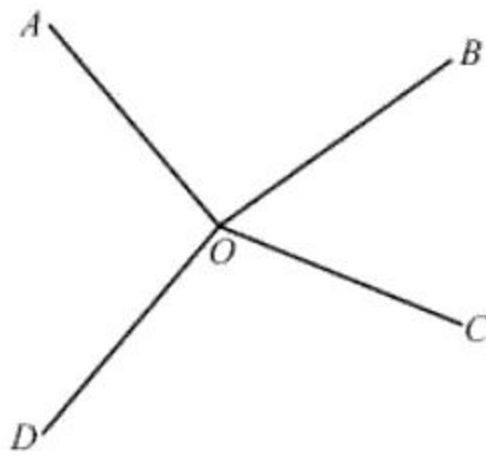
序号	主要内容
1	盘左位置: 先观测所选定的起始方向 (又称零方向) $A$ , 再按顺时针方向依次观测 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 各方向, 每观测一个方向均读取水平度盘读数并记入观测手簿。如果方向数超过 3 个, 最后还要回到起始方向 $A$ , 并作读数记录。最后一步称为归零, $A$ 方向两次读数之差称为归零差, 目的是为了检查水平度盘的位置在观测过程中是否发生变动; 此为盘左半测回或上半测回
2	盘右位置: 倒转望远镜, 按逆时针方向依次照准 $A$ 、 $D$ 、 $C$ 、 $B$ 、 $A$ 各方向, 并读取水平度盘读数, 并记录; 此为盘右半测回或下半测回
3	上、下半测回合起来为一测回, 如果要观测 $n$ 个测回, 每测回仍应按 $180^\circ/n$ 的差值变换水平度盘的起始位置
4	 <p style="text-align: center;">图 3-12 方向观测法</p>





表 3-19 方向观测法观测手簿

仪器等级: DJ<sub>2</sub>

仪器编号:

观测者:

观测日期:

天气: 晴

记录者:

测站	测回数	目标	读数		2C /(")	平均读数 /(.')	归零方向值 /(.')	各测回归零方向 值之平均值 /(.')
			盘左/(.')	盘右/(.')				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	A	0 01 27	180 01 51	- 24	(0 01 44) 0 01 39	0 00 00	0 00 00 43 23 41 95 33 21 149 59 02
		B	43 25 17	223 25 37	- 20	43 25 27	43 23 43	
		C	95 34 56	275 35 24	- 28	95 35 10	95 33 26	
		D	150 00 33	330 01 02	- 29	150 00 48	149 59 04	
		A	0 01 37	180 02 01	- 24	0 01 49		
	2	A	90 00 38	270 01 07	- 29	(90 00 48) 90 00 53	0 00 00	
		B	133 24 13	313 24 41	- 28	133 24 27	43 23 39	
		C	185 33 53	5 34 15	- 22	185 34 04	95 33 16	
		D	239 59 36	60 00 00	- 24	239 59 48	149 59 00	
		A	90 00 26	270 00 58	- 32	90 00 42		

4. 水平角观测误差来源及其影响

水平角观测误差来源及其影响见表 3-20。

表 3-20 水平角观测误差来源及其影响

序 号	项 目	主要内容
1	观测误差	<p>(1) 仪器对中误差。仪器对中时, 垂球尖没有对准测站点标志中心, 产生仪器对中误差。对中误差对水平角观测的影响与偏心距成正比, 与测站点到目标点的距离成反比, 所以要尽量减少偏心距, 对边长越短且转角接近 180°的观测更应注意仪器的对中</p> <p>(2) 整平误差。因为照准部水准管气泡不居中, 将导致竖轴倾斜而引起角度误差, 此项误差不能通过正倒镜观测消除。竖轴倾斜对水平角的影响与测站点到目标点的高差成正比。所以, 在观测过程中, 特别是在山区作业时, 应特别注意整平</p> <p>(3) 目标偏心误差。测角时, 通常用标杆或测钎立于被测目标点上作为照准标志, 若标杆倾斜, 而又瞄准标杆上部时, 则使瞄准点偏离被测点产生目标偏心误差。目标偏心对水平角观测的影响与测站偏心距的影响相似。测站点到目标点的距离越短, 瞄准点位置越高, 引起的测角误差越大。在观测水平角时, 应仔细地把标杆竖直, 并尽量瞄准标杆底部。当目标较近, 又不能瞄准其底部时, 最好采用悬吊垂球, 瞄准垂球线</p> <p>(4) 照准误差。照准误差与人眼的分辨能力和望远镜放大率有关。一般人眼的分辨率为 60"。若借助放大率为 V 倍的望远镜, 则分辨能力就可以提高 V 倍, 故照准误差为 60"/V。DJ<sub>6</sub>型经纬仪放大倍率一般为 28 倍, 故照准误差大约为 ±2.1"。在观测过程中, 若观测员操作不正确或视差没有消除, 都会产生较大的照准误差, 故观测时应仔细地做好调焦和照准工作</p> <p>(5) 读数误差。该项误差主要取决于仪器的读数设备及读数的熟练程度。读数前要认清度盘及测微尺的注字刻划特点, 读数中要使读数显微镜内分划注字清晰。通常是以最小估读数作为读数估读误差, DJ<sub>6</sub>型经纬仪读数估读最大误差为 ±6" (或者 ±5")</p>
	误差来源	<p>(1) 仪器制造加工不完善而引起的误差。主要有度盘刻划不均匀误差、照准部偏心差 (照准部旋转中心与度盘刻划中心不一致) 和水平度盘偏心差 (度盘旋转中心与度盘刻划中心不一致), 此类误差一般都很小, 并且大多数都可以在观测过程中采取相应的措施消除或减弱它们的影响</p> <p>(2) 仪器检验校正后的残余误差。它主要是仪器的三轴误差 (即视准轴误差、横轴误差和竖轴误差), 其中, 视准轴误差和横轴误差, 可通过盘左、盘右观测取平均值消除, 而竖轴误差不能用正、倒镜观测消除。故在观测前除应认真检验、校正照准部水准管外, 还应仔细地进行整平</p>

续表

序号	项目	具体内容
2	误差影响	角度观测是在外界中进行的, 外界中各种因素都会对观测的精度产生影响。例如, 地面不坚实或刮风会使仪器不稳定; 大气能见度的好坏和光线的强弱会影响照准和读数; 温度变化使仪器各轴线几何关系发生变化等。要完全消除这些影响几乎是不可能的, 只能采取一些措施, 如选择成像清晰、稳定的天气条件和时间段观测, 观测中给仪器打伞, 避免阳光对仪器直接照射等, 以减弱外界不利因素的影响

### 3.2.2 竖直角观测

#### 1. 观测原理

观测原理见表 3-21。

表 3-21 观测原理

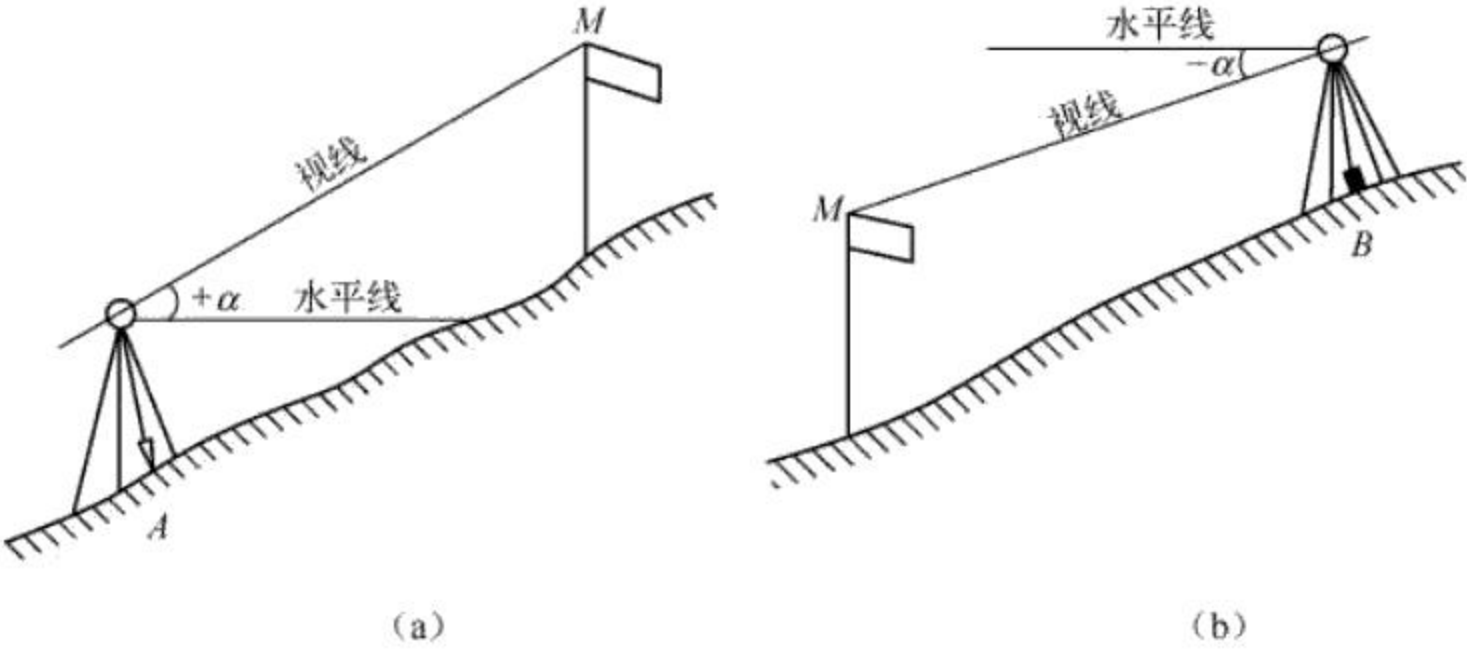
序号	项目	观测原理
1	定义	竖直角(垂直角)是指观测目标的方向线与水平面间在同一竖直面内的夹角, 通常用 $\alpha$ 表示, 如图 3-13 所示
2	表示方法	(1) 视线方向在水平线之上, 竖直角为仰角, 用 $+\alpha$ 表示 (2) 视线方向在水平线之下, 竖直角为俯角, 用 $-\alpha$ 表示
3	范围值	竖直角角值范围在 $-90^\circ \sim +90^\circ$ 之间
4	图示	 <p style="text-align: center;">(a) (b)</p>

图 3-13 竖直角观测原理

#### 2. 竖直度盘的构造

竖直度盘的构造见表 3-22。

表 3-22 竖直度盘的构造

序号	竖直度盘的构造
1	竖直度盘简称竖盘。竖盘固定在望远镜横轴的一端, 垂直于横轴, 竖盘随望远镜的上下转动而转动
2	竖盘读数指标线不随望远镜的转动而变化。为使竖盘指标线在读数时处于正确位置, 竖盘读数指标线与竖盘水准管连在一起, 由指标水准管微动螺旋控制。转动指标水准管微动螺旋可使竖盘水准管气泡居中, 达到指标线处于正确位置的目的
3	通常情况下, 水平方向(指标线处于正确位置的方向)都是一个已知的固定值( $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ 4 个值中的一个)

### 3. 竖盘指标差

竖盘指标差见表 3-23。

表 3-23 竖盘指标差

序号	项目	具体含义
1	定义	当视线水平且指标水准管气泡居中时，指标所指读数不是 $90^\circ$ 或 $270^\circ$ ，而是与 $90^\circ$ 或 $270^\circ$ 相差一个角值 $x$ （图 3-14）。也就是说，正镜观测时，实际的始读数为 $x_{0左} = 90^\circ + x$ ，倒镜观测时，始读数为 $x_{0右} = 270^\circ + x$ 。其差值 $x$ 称为竖盘指标差，简称指标差
2	计算	<p>设此时观测结果的正确角值为 <math>\alpha'_{左}</math> 和 <math>\alpha'_{右}</math>，得：</p> $\alpha'_{左} = x_{0左} - L = (90^\circ + x) - L$ $\alpha'_{右} = R - (x_{0右} + 180^\circ) = R - (270^\circ + x) \quad (3-20)$ $\alpha'_{左} = \alpha_{左} + x$ $\alpha'_{右} = \alpha_{右} - x \quad (3-21)$ <p>将 <math>\alpha'_{左}</math> 和 <math>\alpha'_{右}</math> 取平均值，得：</p> $\alpha = \frac{1}{2}(\alpha'_{左} + \alpha'_{右}) = \frac{1}{2}(\alpha_{左} + \alpha_{右}) = \frac{1}{2}(R - L - 180^\circ) \quad (3-22)$ <p>将 <math>\alpha'_{左}</math> 和 <math>\alpha'_{右}</math> 相减，并假设观测没有误差，这时 <math>\alpha'_{左} = \alpha'_{右} = \alpha</math>，则指标差为：</p> $x = \frac{1}{2}(\alpha_{右} - \alpha_{左}) = \frac{1}{2}(R + L - 360^\circ) \quad (3-23)$
3	图示	<p>(a) 盘左位置</p> <p>(b) 盘右位置</p> <p>图 3-14 竖盘指标差</p>

### 4. 竖直角观测

竖直角观测见表 3-24。

表 3-24 竖直角观测

序号	观测步骤与示例
1	将经纬仪安置在测站点上，经对中整平后，量取仪器高
2	用盘左位置瞄准目标点，使十字丝中横丝切准目标的顶端或指定位置，调节竖盘指标水准管微动螺旋，使竖盘指标水准管气泡严格居中，且读取盘左读数 $L$ 并记入手簿，为上半测回
3	纵转望远镜，用盘右位置再瞄准目标点相同位置，调节竖盘指标水准管微动螺旋，使竖盘指标水准管气泡居中，读取盘右读数 $R$

### 5. 竖直角计算

竖直角计算见表 3-25。

表 3-25 竖直角度的计算

序号	项目	计算公式
1	计算平均竖直角	盘左、盘右对同一目标各观测一次，组成一个测回。一测回竖直角值（盘左、盘右竖直角值的平均值即为所测方向的竖直角值）： $\alpha = \frac{\alpha_{左} + \alpha_{右}}{2}$
2	竖直角度的计算	如图 3-15 所示，竖盘注记方向有全圆顺时针和全圆逆时针两种形式。竖直角是倾斜视线方向读数与水平线方向值之差，根据所用仪器竖盘注记方向形式来确定竖直角计算公式。确定方法是：盘左位置，将望远镜大致放平，看竖盘读数接近 0°、90°、180°、270° 中的哪一个，盘右水平线方向值为 270°，然后将望远镜慢慢上仰（物镜端抬高），看竖盘读数是增加还是减少，如果是增加，则为逆时针方向注记 0°~360°，竖直角计算公式为： $\alpha_{左} = L - 90^\circ$ $\alpha_{右} = 270^\circ - R \quad (3-24)$ 如果是减少，则为顺时针方向注记 0°~360°，竖直角计算公式为： $\alpha_{左} = 90^\circ - L$ $\alpha_{右} = R - 270^\circ \quad (3-25)$
3	图示	<p style="text-align: center;">(a) 全圆顺时针 (b) 全圆逆时针</p> <p style="text-align: center;">图 3-15 竖盘注记示意图</p>

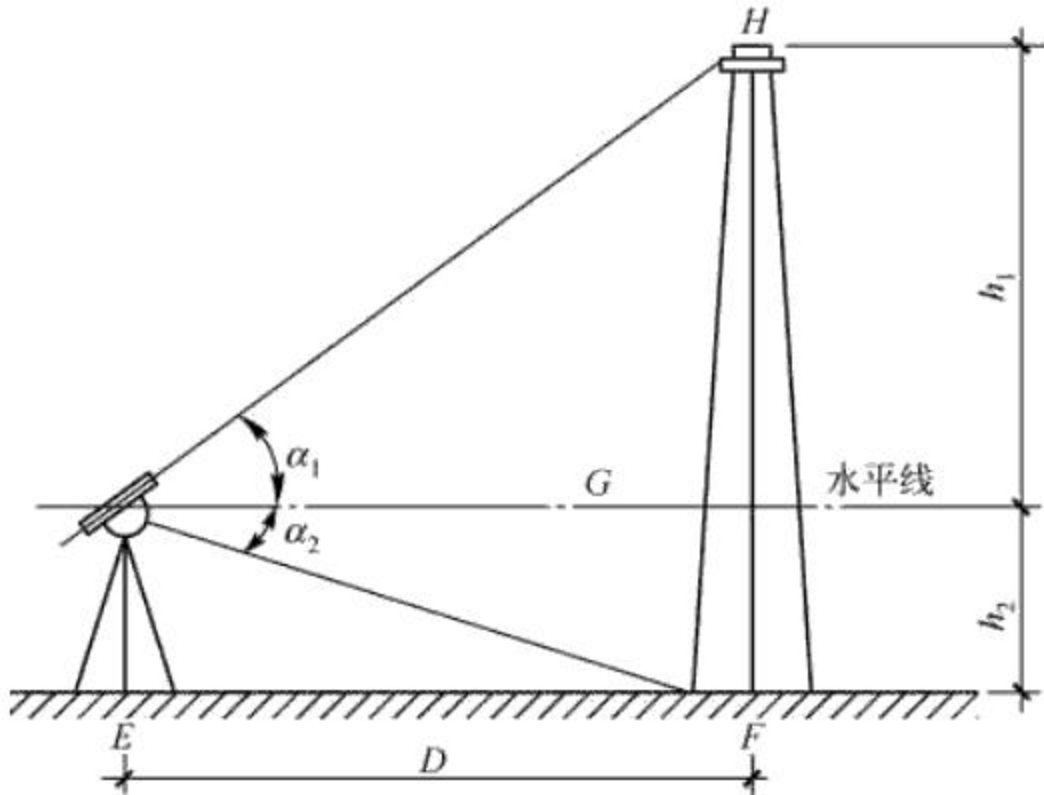
6. 竖直角度的应用

竖直角度的应用见表 3-26。

表 3-26 竖直角度的应用

序号	项目	计算方法
1	用视距法测定平距和高差	视线倾斜时的平距公式： $D = KL \cos^2 \alpha \quad (3-26)$ 视线倾斜时的高差公式： $h = \frac{1}{2} KL \sin 2\alpha + i - v \quad (3-27)$ 式中，K——视距乘常数，一般 K=100； L——尺间隔（上、下丝读数之差）； i——仪高； v——中丝读数； α——竖直角
2	间接求高程	在地形起伏较大不便于水准测量时或者工程中求其高大构筑物高程时，常采用三角高程测量法。如图 3-16 所示，要求烟囱 HF 的高程，可在离开烟囱底部 30 m 左右的 E 点安置经纬仪，仰视望远镜，用中丝瞄准烟囱顶端 H 点，并测得竖直角 α <sub>1</sub> ，然后根据 EF 两点间距 D，即可求得高差 h <sub>1</sub> = Dtanα <sub>1</sub> ，再把望远镜俯视，用中丝瞄准烟囱底部 F 点，并测得竖直角 α <sub>2</sub> ，则高差为 h <sub>2</sub> = Dtanα <sub>2</sub> 。那么，则烟囱高度 H = h <sub>1</sub> + h <sub>2</sub>

续表

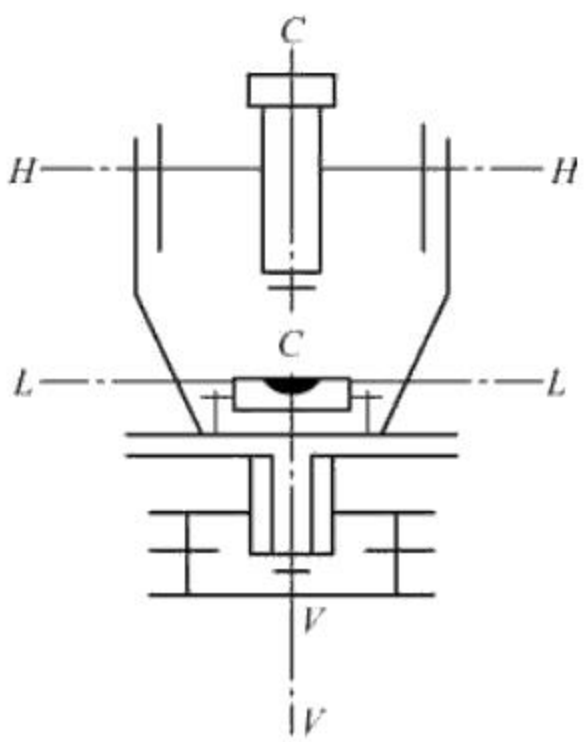
序号	项目	计算方法
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 3-16 间接求高程示意图</p>

### 3.2.3 经纬仪的检验和校正

#### 1. 经纬仪应满足的几何条件

经纬仪应满足的几何条件见表 3-27。

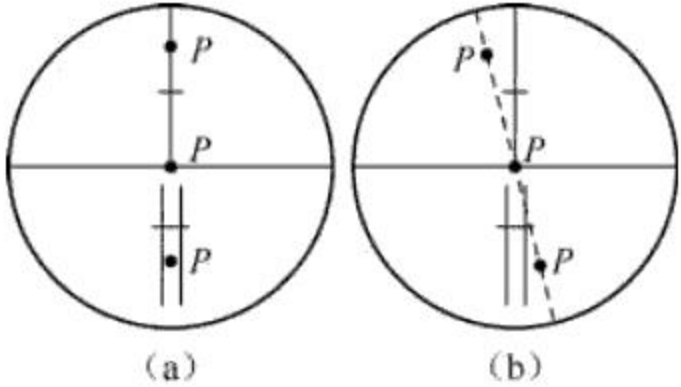
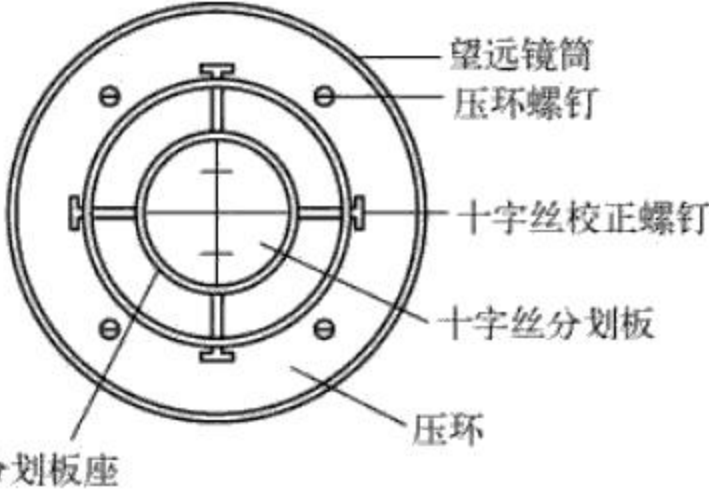
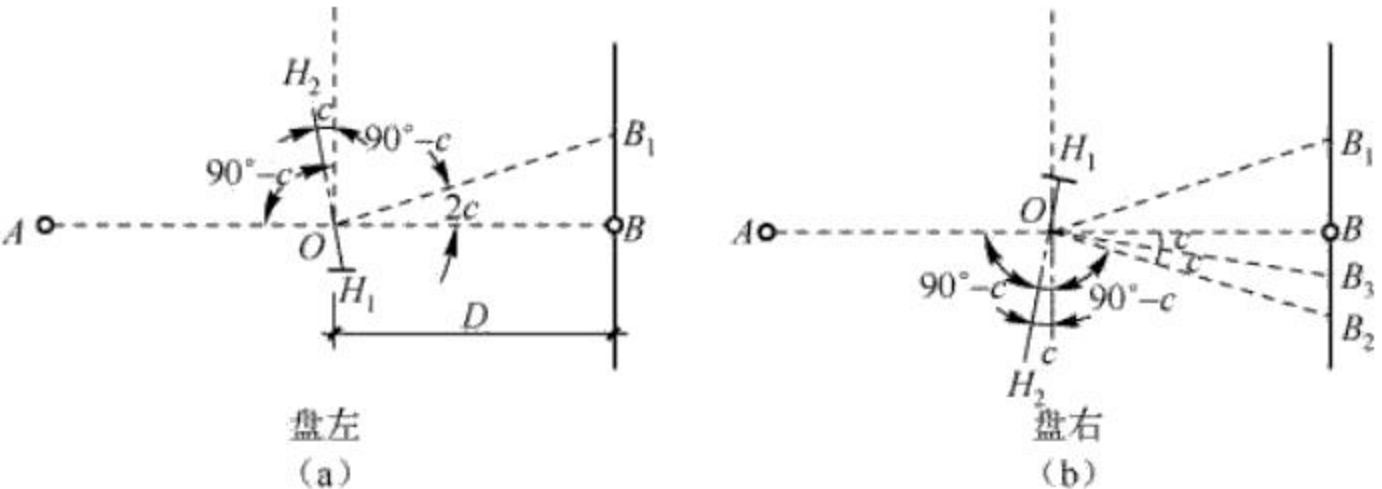
表 3-27 经纬仪应满足的几何条件

序号	应满足的几何条件
1	经纬仪的主要轴线关系如图 3-17 所示，经纬仪的主要轴线有视准轴 $CC$ 、照准部水准管轴 $LL$ 、望远镜旋转轴（横轴） $HH$ 、照准部的旋转轴（竖轴） $VV$
2	经纬仪各主要轴线应满足下列条件： ① 竖轴应垂直于水平度盘且过其中心； ② 照准部水准管轴应垂直于仪器竖轴（ $LL \perp VV$ ）； ③ 视准轴应垂直于横轴（ $CC \perp HH$ ）； ④ 横轴应垂直于竖轴（ $HH \perp VV$ ）； ⑤ 横轴应垂直于竖盘且过其中心
3	 <p style="text-align: center;">图 3-17 经纬仪主要轴线关系</p>

### 2. 经纬仪的检验与校正

经纬仪的检验与校正见表 3-28。

表 3-28 经纬仪的检验与校正

序号	项目	基本要求
1	一般性检查	在检验与校正之前，应对仪器外观各部位做全面检查。安置仪器后，应先检查仪器脚架各部分性能是否良好，然后检查仪器各螺钉是否有效，照准部和望远镜转动是否灵活，望远镜成像与读数系统成像是否清晰等，当确认各部分性能良好后，方可进行仪器的检校，否则应及时处理所发现问题
2	几何条件的检验与校正	<p>照准部水准管轴垂直于竖轴 (<math>LL \perp VV</math>) (表 3-29)。此项校正，由于是目估 1/2 气泡偏移量，因此，检验校正需反复进行，直至照准部旋转到任何位置，气泡偏离中央不超过一格为止，最后勿忘将旋松的校正螺钉旋紧</p> <p>十字丝竖丝垂直于横轴 (表 3-30)，如图 3-18、图 3-19 所示</p> <p>望远镜视准轴垂直于横轴 (<math>CC \perp HH</math>) (表 3-31)，如图 3-20 所示</p> <p>横轴垂直于竖轴 (<math>HH \perp VV</math>) (表 3-32)，如图 3-21 所示</p>
3	图示	<div style="text-align: center;">  <p>图 3-18 十字丝竖丝垂直于横轴检验</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>图 3-19 十字丝竖丝垂直于横轴校正</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>图 3-20 视准轴检验与校正</p> </div>

续表

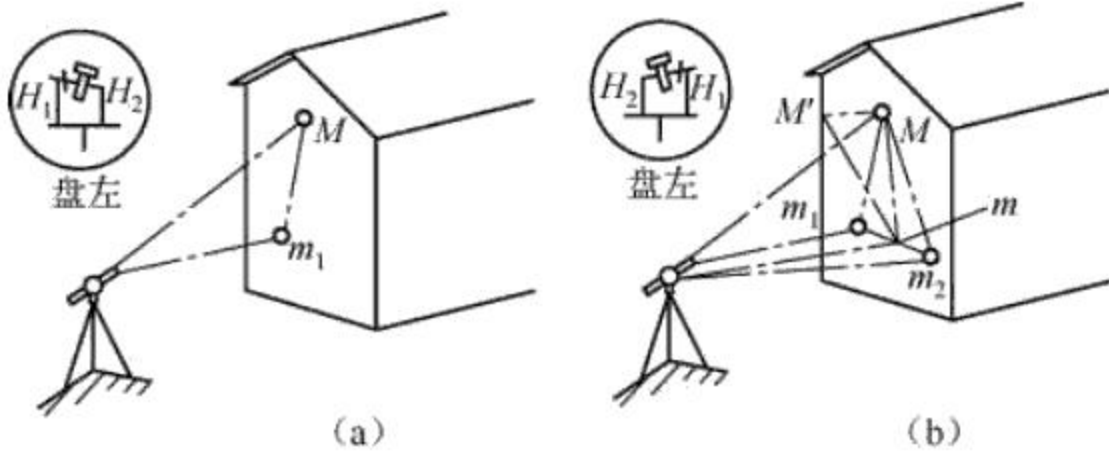
序号	项目	基本要求
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 3-21 横轴垂直于竖轴检验与校正</p>

表 3-29 照准部水准管轴垂直于竖轴的检验与校正

序号	项目	主要内容
1	检验	初步整平仪器后，转动照准部使水准管平行于任意一对脚螺旋的连线，调节该两个脚螺旋，使水准管气泡居中，然后将照准部旋转 $180^\circ$ ，若气泡仍然居中，表明条件满足 ( $LL \perp VV$ )，否则需校正
2	校正	转动与水准管平行的两个脚螺旋，使气泡向中间移动偏离距离的 $1/2$ ，剩余的 $1/2$ 偏离量用校正针拨动水准管的校正螺钉，达到使气泡居中

表 3-30 十字丝竖丝垂直于横轴的检验与校正

序号	项目	主要内容
1	检验	整平仪器后，用竖丝一端照准一个固定清晰的点状目标 $P$ (图 3-18)，拧紧望远镜和照准部制动螺旋，然后转动望远镜微动螺旋，如果该点始终不离开竖丝，则说明竖丝垂直于横轴，否则需要校正
2	校正	取下目镜端的十字丝分划板护盖，放松四个压环螺钉 (图 3-19)，微微转动十字丝环，使竖丝与照准点重合，直至望远镜上下微动时， $P$ 点始终在竖丝上移动为止。然后拧紧 4 个压环螺钉，旋上护盖。若每次都用十字丝交点照准目标，即可避免此项误差

表 3-31 望远镜视准轴垂直于横轴的检验与校正

序号	项目	主要内容
1	检验	<p>(1) 在较平坦地区，选择相距约 <math>100\text{m}</math> 的 <math>A</math>、<math>B</math> 两点，在 <math>AB</math> 的中点 <math>O</math> 安置经纬仪，在 <math>A</math> 点设置一个照准标志，<math>B</math> 点水平横放一根水准尺，使其大致垂直于 <math>OB</math> 视线，标志与水准尺的高度基本与仪器同高</p> <p>(2) 盘左位置视线大致水平照准 <math>A</math> 点标志，拧紧照准部制动螺旋，固定照准部，纵转望远镜在 <math>B</math> 尺上读数 <math>B_1</math> [图 3-20 (a)]；盘右位置再照准 <math>A</math> 点标志，拧紧照准部制动螺旋，固定照准部，再纵转望远镜在 <math>B</math> 尺上读数 <math>B_2</math> [图 3-20 (b)]。若 <math>B_1</math> 与 <math>B_2</math> 为同一个位置的读数 (读数相等)，则表示 <math>CC \perp HH</math>，否则需校正</p>
2	校正	如图 3-20 (b) 所示，由 $B_2$ 向 $B_1$ 点方向量取 $B_1 B_2 / 4$ 的长度，定出 $B_3$ 点，用校正针拨动十字丝环上的左、右两个校正螺钉，使十字丝交点对准 $B_3$ 即可。校正后勿忘将旋松的螺钉旋紧；此项校正也需反复进行

表 3-32 横轴垂直于竖轴的检验与校正

序 号	项 目	主 要 内 容
1	检验	<p>(1) 如图 3-21 所示, 安置经纬仪距较高墙面 30 m 左右处, 整平仪器。</p> <p>(2) 盘左位置, 望远镜照准墙上高处一点 <math>M</math> (仰角 <math>30^\circ \sim 40^\circ</math> 为宜), 然后将望远镜大致放平, 在墙面上标出十字丝交点的投影 <math>m_1</math> [图 3-21 (a)]</p> <p>(3) 盘右位置, 再照准 <math>M</math> 点, 然后再把望远镜放置水平, 在墙面上与 <math>m_1</math> 点同一水平线上再标出十字丝交点的投影 <math>m_2</math>, 如果两次投点的 <math>m_1</math> 与 <math>m_2</math> 重合, 则表明 <math>HH \perp VV</math>, 否则需要校正</p>
2	校正	<p>首先在墙上标定出 <math>m_1m_2</math> 直线的中点 <math>m</math> [图 3-21 (b)], 用望远镜十字丝交点对准 <math>m_1</math>, 然后固定照准部, 再将望远镜上仰至 <math>M</math> 点附近, 此时十字丝交点必定偏离 <math>M</math> 点, 而在 <math>M'</math> 点, 这时打开仪器支架的护盖, 校正望远镜横轴一端的偏心轴承, 使横轴一端升高或降低, 移动十字丝交点, 直至十字丝交点对准 <math>M</math> 点为止。对于光学经纬仪, 横轴校正螺旋均由仪器外壳包住, 密封性好, 仪器出厂时又经过严格检查, 若不是巨大振动或碰撞, 横轴位置不会变动。一般测量前只进行此项检验, 若必须校正, 应由专业检修人员进行</p>

高清PDF原创  
www.gqpdf.com



# 第4章 距离测量与直线定向

## 4.1 钢尺量距

### 4.1.1 直线定线

#### 1. 目测定线

目测定线见表4-1。

表4-1 目测定线

序号	项目	具体含义
1	定义与步骤	目测定线就是用目测的方法，用标杆将直线上的分段点标定出来。如图4-1所示， $MN$ 是地面上互相通视的两个固定点， $C$ 、 $D$ 、 $\dots$ 为待定分段点。定线时，先在 $M$ 、 $N$ 点上竖立标杆，测量员位于 $M$ 点后1~2m处，视线将 $M$ 、 $N$ 两标杆同一侧相连成线，然后指挥测量员乙持标杆在 $C$ 点左右移动标杆，直至3根标杆的同侧重合到一起时为止。同法可定出 $MN$ 方向上的其他分段点
2	基本要求	定线时要将标杆竖直。在平坦地区，定线工作常与丈量距离同时进行，即边定线边丈量
3	图示	<p style="text-align: center;">图4-1 目测定线</p>

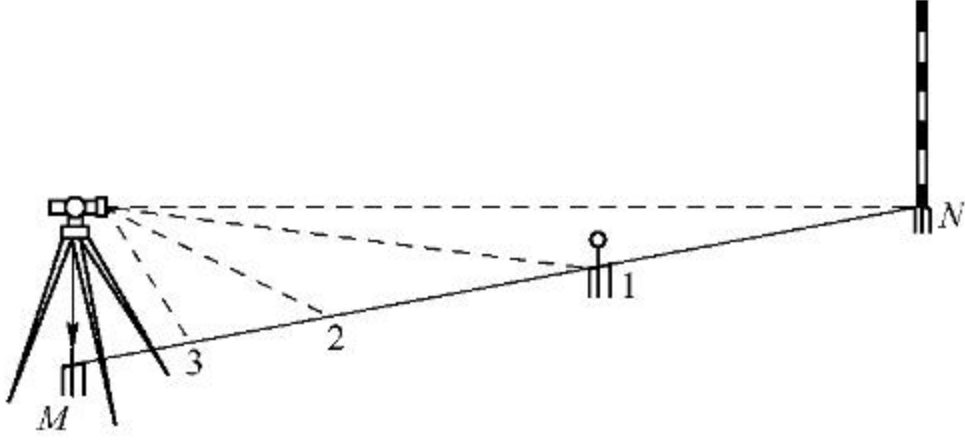
#### 2. 经纬仪定线

经纬仪定线见表4-2。

表4-2 经纬仪定线

序号	项目	具体含义
1	适应条件	若量距的精度要求较高或两端点距离较长时，宜采用经纬仪定线
2	基本步骤	如图4-2所示，若想欲在 $MN$ 直线上定出1、2、3、 $\dots$ 点，则在 $M$ 点安置经纬仪，对中、整平后，用十字丝交点瞄准 $N$ 点标杆根部尖端，然后制动照准部，望远镜可以上、下移动，并根据定点的远近进行望远镜对光，指挥标杆左右移动，直至1点标杆下部尖端与竖丝重合为止。其他2、3、 $\dots$ 点的标定，只需将望远镜的俯角变化，即可定出

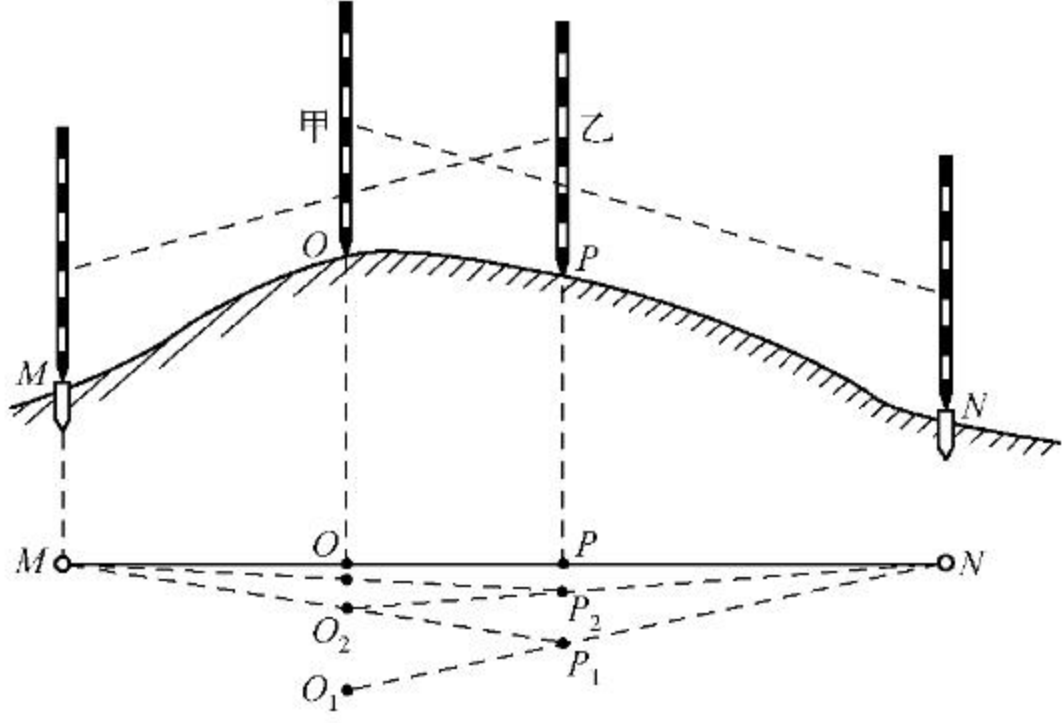
续表

序号	项目	具体含义
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 4-2 经纬仪定线</p>

### 3. 过高地定线

过高地定线见表 4-3。

表 4-3 过高地定线

序号	项目	具体含义
1	基本步骤	<p>如图 4-3 所示, <math>M</math>、<math>N</math> 两点在山地两侧互不通视, 若要在 <math>MN</math> 两点间标定直线, 可采用逐渐趋近法。先在 <math>M</math>、<math>N</math> 两点上竖立标杆, 甲、乙两人各持标杆分别选择 <math>O_1</math> 和 <math>P_1</math> 处站立, 要求 <math>N</math>、<math>P_1</math>、<math>O_1</math> 位于同一直线上, 且甲能看到 <math>N</math> 点, 乙能看到 <math>M</math> 点。可先由甲站在 <math>O_1</math> 处指挥乙移动至 <math>NO_1</math> 直线上的 <math>P_1</math> 处。然后, 由站在 <math>P_1</math> 处的乙指挥甲移动至 <math>AP_1</math> 直线上的 <math>O_2</math> 点, 要求 <math>O_2</math> 能看到 <math>N</math> 点, 接着再由站在 <math>O_2</math> 处的甲指挥乙移至能看到 <math>M</math> 点的 <math>P_2</math> 处, 这样逐渐趋近, 直到 <math>O</math>、<math>P</math>、<math>N</math> 在一直线上, 同时 <math>M</math>、<math>O</math>、<math>P</math> 也在一直线上, 这说明 <math>M</math>、<math>O</math>、<math>P</math>、<math>N</math> 均在同一直线上</p>
2	图示	 <p style="text-align: center;">图 4-3 过高地定线</p>

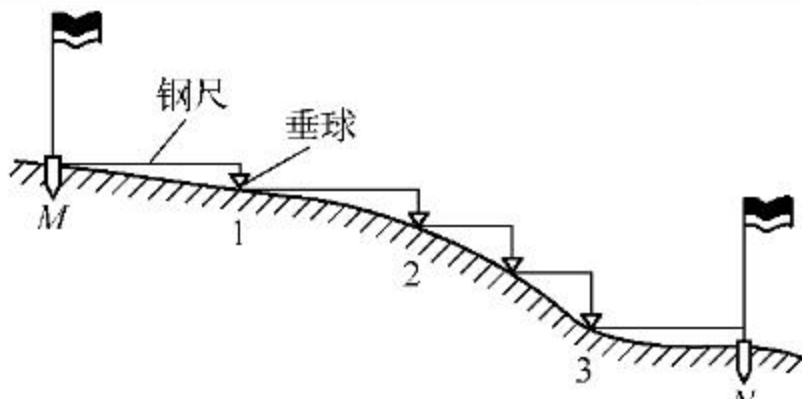
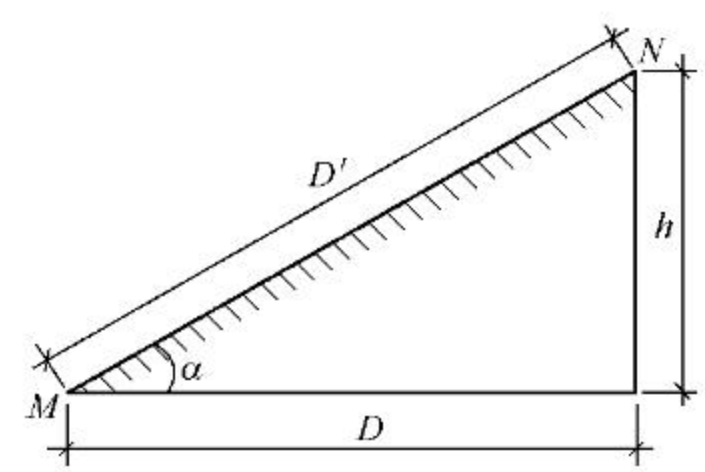
## 4. 1. 2 距离丈量

### 1. 倾斜地面的距离丈量

倾斜地面的距离丈量见表 4-4。



表 4-4 倾斜地面的距离丈量

序号	项目	具体含义
1	平量法	如图4-4所示,丈量由M向N进行,后尺手将尺的零端对准M点,前尺手将尺抬高,并且目估使尺子水平,用垂球尖将尺段的末端投于MN方向线地面上,再插以测钎。依次进行,丈量MN的水平距离。若地面倾斜较大,将钢尺整尺拉平有困难时,可将一尺段分成几段来平量
2	斜量法	当倾斜地面的坡度比较均匀时,如图4-5所示,可沿斜面直接丈量出MN的倾斜距离D',测出地面倾斜角α或MN两点间的高差h,按下式计算MN的水平距离D: $D = D' \cos \alpha \quad (4-1)$ $D = \sqrt{D'^2 - h^2} \quad (4-2)$
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 4-4 平量法</p>  <p style="text-align: center;">图 4-5 斜量法</p>

## 2. 平坦地面的距离丈量

平坦地面的距离丈量见表 4-5。

表 4-5 平坦地面的距离丈量

序号	项目	具体含义
1	丈量方法	对于平坦地面,可以沿地面直接丈量水平距离,可先在地面定出直线方向,然后逐段丈量
2	计算公式	直线的水平距离按下式计算: $D = nl + q \quad (4-3)$ <p>式中, <math>l</math>——钢尺的一整尺段长, m;  <math>n</math>——整尺段数;  <math>q</math>——不足一整尺的零尺段的长, m</p>
3	注意事项	<p>(1) 丈量时后尺手持钢尺零点一端,前尺手持钢尺末端,常用测钎标定尺段端点位置。丈量时应注意沿着直线方向,钢尺须拉紧伸直而无卷曲。直线丈量时尽量以整尺段丈量,最后丈量余长,以方便计算。丈量时应记清楚整尺段数,或用测钎数表示整尺段数。</p> <p>(2) 在平坦地面丈量所得的长度即为水平距离。为了防止错误和提高丈量距离的精度,需要从N至M按上述同样方法,边定线边丈量,进行返测;以往、返各丈量一次称为一个测回</p>

### 4.1.3 钢尺的精密量距

钢尺的精密量距见表 4-6。

表 4-6 钢尺的精密量距

序号	项目	主要内容
1	温度改正	<p>钢尺量距时由温度和标准温度不同引起的尺长变化而进行的距离改正称为温度改正。则：</p> $\Delta L_i = \alpha(t - t_0)L_i \quad (4-4)$ <p>式中，<math>\Delta L_i</math>——温度改正数，m；  <math>L_i</math>——<math>R</math>段长，m；  <math>t_0</math>——标准温度，℃；  <math>t</math>——钢尺量距时的温度，℃；  <math>\alpha</math>——一般钢尺的线膨胀系数，采用 <math>\alpha = 1.2 \times 10^{-5} / (\text{m} \cdot \text{℃})</math>，表示钢尺温度在 1℃ 时每 1 m 钢尺将伸长或缩短 <math>1.2 \times 10^{-5}</math> m</p>
2	尺长改正	<p>由于钢尺的名义长度和实际长度不一致，丈量时就会产生误差。设钢尺在标准温度、标准拉力下的实际长度为 <math>l</math>，名义长度为 <math>l_0</math>，则一整尺的尺长改正数为：</p> $\Delta l = l - l_0 \quad (4-5)$ <p>每量 1 m 的尺长改正数为：</p> $\Delta l_{\text{米}} = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (4-6)$ <p>丈量 <math>D'</math> 距离的尺长改正数为：</p> $\Delta l_l = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot D' \quad (4-7)$ <p>钢尺的实长大于名义长度时，尺长改正数为正，反之为负。</p>
3	倾斜改正	<p>设量得的倾斜距离为 <math>D'</math>，两点间测得高差为 <math>h</math>，将 <math>D'</math> 改算成水平距离 <math>D</math> 需加倾斜改正 <math>\Delta l_h</math>，一般用下式计算：</p> $\Delta l_h = \frac{h^2}{2D'} \quad (4-8)$ <p>倾斜改正数 <math>\Delta l_h</math> 永远为负值</p>
4	计算全长	<p>将改正后的各尺段长度加起来即得 <math>MN</math> 段的往测长度，同样还需返测 <math>MN</math> 段长度并计算相对误差，以衡量丈量精度</p>

### 4.1.4 钢尺的检定

钢尺的检定见表 4-7。

表 4-7 钢尺的检定

序号	项目	主要内容
1	尺长方程式	<p>所谓尺长方程式，是指在标准拉力下（30 m 钢尺用 100 N，50 m 钢尺用 150 N）钢尺的实长与温度的函数关系式，其形式为：</p> $l_t = l_0 + \Delta l + \alpha l_0(t - t_0) \quad (4-9)$ <p>式中，<math>l_t</math>——钢尺在温度 <math>t</math>℃ 时的实际长度；  <math>l_0</math>——钢尺的名义长度；  <math>\Delta l</math>——尺长改正数，即钢尺在温度 <math>t_0</math> 时的改正数，等于实际长度减去名义长度；  <math>\alpha</math>——钢尺的线膨胀系数，其值取为 <math>1.2 \times 10^{-5} / (\text{m} \cdot \text{℃})</math>；  <math>t_0</math>——钢尺检定时的标准温度（20℃）；  <math>t</math>——钢尺使用时的温度</p>

续表

序号	项目	主要内容
2	尺长检定方法	<p>(1) 与标准尺比长。钢尺检定最简单的方法：将欲检定的钢尺与检定过的已有尺长方程式的钢尺进行比较（认定它们的线膨胀系数相同），求出尺长改正数，再进一步求出欲检定钢尺的尺长方程式</p> <p>(2) 将被检定钢尺与基准线长度进行实量比较。在测绘单位已建立的校尺场上，利用两固定标志间的已知长度 <math>D</math> 作为基准线来检定钢尺的方法是：将被检定钢尺在规定的标准拉力下多次丈量（至少往返各3次）基准线 <math>D</math> 的长度，求得其平均值 <math>D'</math>。测定检定时的钢尺温度，然后通过计算即可求出在标准温度 <math>t_0 = 25^\circ\text{C}</math> 时的尺长改正数，并求得该尺的尺长方程式</p>

## 4.2 视距测量

### 4.2.1 视距测量原理

#### 1. 视线水平时计算水平距离与高差的公式

视线水平时水平距离与高差的计算见表 4-8。

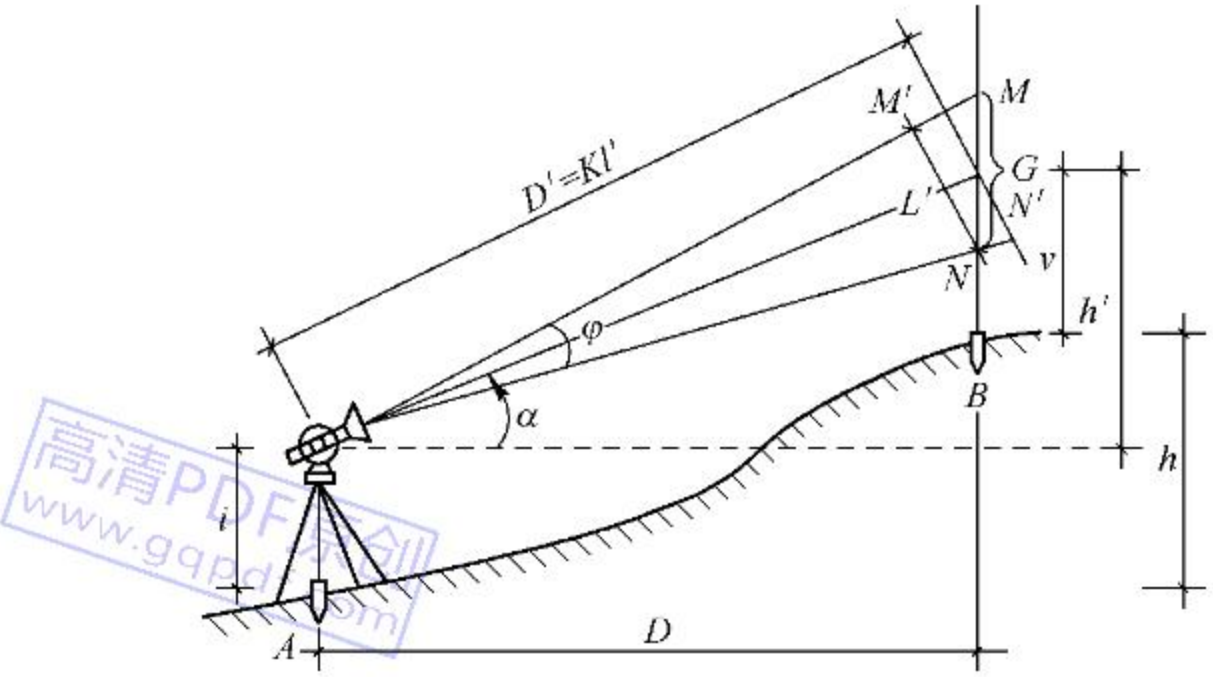
表 4-8 视线水平时水平距离与高差的计算

序号	项目	主要内容
1	计算公式	<p>如图 4-6 所示，A、B 两点间的水平距离 <math>D</math> 与高差分别为：</p> $D = KL \quad (4-10)$ $h = i - v \quad (4-11)$ <p>式中，<math>D</math>——仪器到立尺点间的水平距离；  <math>K</math>——视距乘常数，通常为 100；  <math>L</math>——望远镜上下丝在标尺上读数的差值，称视距间隔或尺间隔；  <math>h</math>——A、B 点间高差（测站点与立尺点之间的高差）；  <math>i</math>——仪器高（地面点至经纬仪横轴或水准仪视准轴的高度）；  <math>v</math>——十字丝中丝在尺上读数。</p> <p>水准仪视线水平是根据水准管气泡居中来确定。经纬仪视线水平是在竖盘水准管气泡居中时，用竖盘读数为 <math>90^\circ</math> 或 <math>270^\circ</math> 来确定的</p>
2	图示	<p>图 4-6 视线水平时的视距测量</p>

#### 2. 视距倾斜时计算水平距离和高差的公式

视距倾斜时水平距离和高差的计算见表 4-9。

表 4-9 视距倾斜时水平距离和高差的计算

序号	项目	主要内容
1	计算公式	<p>如图 4-7 所示, A、B 两点间的水平距离 <math>D</math> 与高差 <math>h</math> 分别为:</p> $D = KL\cos^2\alpha \quad (4-12)$ $h = \frac{1}{2}KL\sin 2\alpha + i - v \quad (4-13)$ <p>式中 <math>\alpha</math> 为视距倾斜角 (竖直角), 其他符号与前面所讲意义相同</p>
2	图示	 <p>图 4-7 视距倾斜时的视距测量</p>

### 4.2.2 视距测量方法

视距测量方法见表 4-10。

表 4-10 视距测量方法

序号	项目	具体含义
1	量仪高 $i$	在测站上安置经纬仪, 对中、整平, 用皮尺量取仪器横轴至地面点的铅垂距离, 取至厘米
2	求视距间隔 $L$	对准 B 点竖立的标尺, 读取上、中、下三丝在标尺的读数, 读至毫米。上、下丝相减求出视距间隔 $L$ 值。中丝读数 $v$ 用以计算高差
3	计算 $\alpha$	转动竖盘水准管微动螺旋, 使竖盘水准管气泡居中, 读取竖盘读数, 并计算 $\alpha$
4	计算 $D$ 和 $h$	最后将上述 $i$ 、 $L$ 、 $v$ 、 $\alpha$ 四个量代入式 (4-12) 和式 (4-13), 计算 AB 两点间的水平距离 $D$ 和高差 $h$

### 4.2.3 视距测量误差来源

视距测量误差的来源见表 4-11。

表 4-11 视距测量误差的来源

序号	误差来源	影响原因与措施
1	标尺倾斜误差	视距计算的公式是在视距尺严格垂直的条件下得到的。如果视距尺发生倾斜, 将给测量带来不可忽视的误差影响, 故测量时立尺要尽量竖直。在山区作业时, 由于地表有坡度而给人以一种错觉, 使视距尺不易竖直, 因此, 应采用带有水准器装置的视距尺
2	用视距丝读取尺间隔的误差	视距丝的读数是影响视距精度的重要因素, 视距丝的读数误差与尺子最小分划的宽度、距离的远近、成像清晰情况有关。在视距测量中一般根据测量精度要求来限制最远视距

续表

序号	误差来源	影响原因与措施
3	视距乘常数 $K$ 的误差	通常认定视距乘常数 $K = 100$ ，但由于视距丝间隔有误差，视距尺有系统性刻划误差，以及仪器检定的各种因素影响，都会使 $K$ 值不为 100。 $K$ 值一旦确定，误差对视距的影响是系统性的
4	外界条件的 影响	<p>(1) 大气竖直折光的影响。大气密度分布是不均匀的，特别在晴天接近地面部分密度变化更大，使视线弯曲，给视距测量带来误差。根据试验，只有在视线离地面超过 1 m 时，折光影响才比较小</p> <p>(2) 空气对流使视距尺的成像不稳定。此现象在晴天，视线通过水面上空和视线离地表太近时较为突出，成像不稳定造成读数误差的增大，对视距精度影响很大。</p> <p>(3) 风力使尺子抖动。如果风力较大使尺子不易立稳而发生抖动，分别用两根视距丝读数又不可能严格在同一个时候进行，所以对视距间隔将产生影响</p>

## 4.3 直线定向

### 4.3.1 标准方向线

标准方向线的方向见表 4-12。

表 4-12 标准方向线的方向

序号	项目	具体含义
1	真子午线方向	通过地面上一点并指向地球南北极的方向线，称为该点的真子午线方向。真子午线方向是用天文测量方法测定的。指向北极星的方向可近似地作为真子午线的方向
2	坐标纵轴方向	测量中通常以通过测区坐标原点的坐标纵轴为准，测区内通过任一点与坐标纵轴平行的方向线，称为该点的坐标纵轴方向
3	磁子午线方向	通过地面上一点的磁针，在自由静止时其轴线所指的方向（磁南北方向），称为磁子午线方向。磁子午线方向可用罗盘仪测定。由于地磁两极与地球两极不重合，致使磁子午线与真子午线之间形成一个夹角 $\delta$ ，称为磁偏角。磁子午线北端偏于真子午线以东为东偏， $\delta$ 为正；以西为西偏， $\delta$ 为负

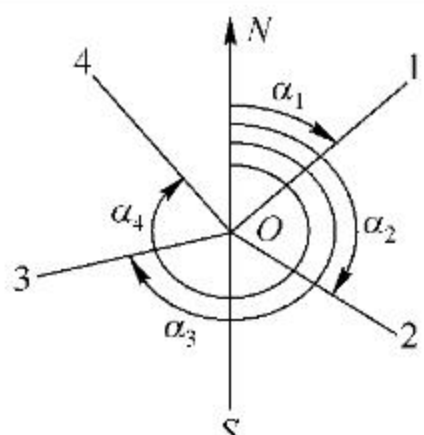
### 4.3.2 方位角

方位角的表示方法见表 4-13。

表 4-13 方位角的表示方法

序号	项目	具体含义
1	定义	通过测站的子午线与测线间顺时针方向的水平夹角
2	分类	由于子午线方向有真北、磁北和坐标北（轴北）之分，故对应的方位角分别称为真方位角（用 $A$ 表示）、磁方位角（用 $A_m$ 表示）和坐标方位角（用 $\alpha$ 表示），如图 4-8 所示
3	标注	为了标明直线的方向，通常在方位角的右下方标注直线的起终点，如 $\alpha_{12}$ 表示直线起点是 1、终点是 2、直线 1 到 2 的坐标方位角
4	范围	方位角角值范围从 $0^\circ \sim 360^\circ$ 恒为正值

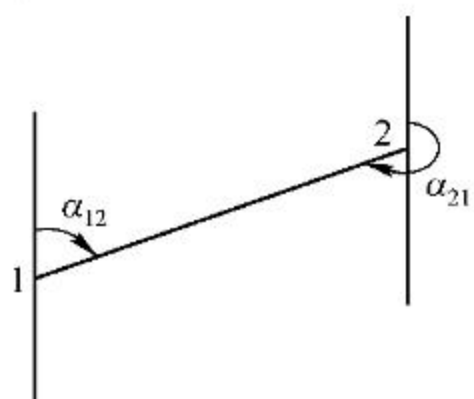
续表

序号	项目	具体含义
5	图示	 <p>图 4-8 方位角示意图</p>

### 4.3.3 正、反坐标方位角

正、反坐标方位角的表示方法见表 4-14。

表 4-14 正、反坐标方位角的表示方法

序号	项目	具体含义
1	表示方法	<p>(1) 直线是有向线段，在平面上一一直线的正、反坐标方位角如图 4-9 所示，地面上 1、2 两点之间的直线 1-2，可以在两个端点上分别进行直线定向。在 1 点上确定 1-2 直线的方位角为 <math>\alpha_{12}</math>，在 2 点上确定 2-1 直线的方位角则为 <math>\alpha_{21}</math>，称 <math>\alpha_{12}</math> 为直线 1-2 的正方位角，<math>\alpha_{21}</math> 为直线 1-2 的反方位角。同样，也可称 <math>\alpha_{21}</math> 为直线 2-1 的正方位角，而 <math>\alpha_{12}</math> 为直线 2-1 的反方位角。一般在测量工作中常以直线的前进方向为正方向，反之称为反方向。在平面直角坐标系中通过直线两端点的坐标纵轴方向彼此平行，因此正、反坐标方位角之间的关系式为：</p> $\alpha_{反} = \alpha_{正} \pm 180^\circ \quad (4-14)$ <p>(2) 当 <math>\alpha_{正} &lt; 180^\circ</math> 时，式 (4-14) 用加 <math>180^\circ</math>；当 <math>\alpha_{正} &gt; 180^\circ</math> 时，式 (4-14) 用减 <math>180^\circ</math></p>
2	图示	 <p>图 4-9 正、反坐标方位角示意图</p>

### 4.3.4 象限角

由坐标纵轴的北端或南端起，顺时针或逆时针至某直线间所夹的锐角，并注出象限名称，称为该直线的象限角，用  $R$  表示，角值范围为  $0^\circ \sim 90^\circ$ 。象限角与坐标方位角的换算关系见表 4-15。

表 4-15 象限角与坐标方位角的换算关系

直线方向	由坐标方位角推算象限角	由象限角推算坐标方位角
北东，第 I 象限	$R = \alpha$	$\alpha = R$
南东，第 II 象限	$R = 180^\circ - \alpha$	$\alpha = 180^\circ - R$
南西，第 III 象限	$R = \alpha - 180^\circ$	$\alpha = 180^\circ + R$
北西，第 IV 象限	$R = 360^\circ - \alpha$	$\alpha = 360^\circ - R$



# 第5章 公路工程控制测量

## 5.1 概 述

公路工程测量工作的基本原则是“从整体到局部”、“先控制后碎部”，其含义就是在测区内，先建立测量控制网，用来控制全局，然后根据控制网测定控制点周围的地形或进行施工放样测量。

### 5.1.1 控制测量网分级

所谓控制网，就是在测区内选择一些有控制意义的控制点构成几何图形。依控制网的功能可分为平面控制网和高程控制网，测定控制点平面坐标的工作，称为平面控制测量；测定控制点高程的工作，称为高程控制测量。按控制网控制的范围，可分为国家控制网、城市控制网、小区域控制网和图根控制网，见表5-1。

表5-1 控制测量网分级

序 号	级 别	主 要 内 容
1	国家控制网	(1) 国家控制网是在全国范围内按统一的方案建立的控制网，它是用精密的仪器和精密的方法测定，按最小二乘法原理科学地进行测量数据处理，合理地分配测量误差，进而求得观测值的最或是值，最后求得控制点的平面坐标和高程 (2) 国家控制网依其精度可分为一、二、三、四4个级别，由高级到低级逐级加以控制。就平面控制而言，先在全国范围内，沿经纬线方向布设一等锁，作为平面控制骨干。在一等锁内再布设二等全面网，作为全面控制的基础。为了测图和公路建设的需要，再在二等网的基础上加密三、四等控制网
2	城市控制网	(1) 城市控制网是在国家控制网的基础上建立起来的，目的在于为城市道路建设设计和施工放样服务 (2) 城市控制网建立的方法与国家控制网相同，只是控制网的精度有所不同。为了满足不同目的的要求，城市控制网也要分级建立
3	小区域控制网	(1) 小区域控制网是指在面积小于15 km <sup>2</sup> 范围内建立的控制网，原则上应与国家或城市控制网相连，形成统一的坐标系和高程系。但当连接有困难时，为了建设的需要，也可以建立独立控制网 (2) 小区域控制网也要根据面积大小分级建立，其面积和等级的关系，见表5-2
4	图根控制网	(1) 直接以测图为目的建立的控制网，称图根控制网，其控制点称图根点。图根控制网也应尽可能与上述各种控制网连接，形成统一系统。个别地区连接有困难时，也可建立独立图根控制网 (2) 由于图根控制专为测图而设，所以图根点的密度和精度要满足测图要求。平坦地区图根点密度的规定见表5-3。对山区或特殊困难地区，图根点的密度可适当增大

表5-2 小区域控制网布设要求

序 号	测区面积/km <sup>2</sup>	首 级 控 制	图 根 控 制
1	2 ~ 15	一级小三角或一级导线	二级图根
2	0.5 ~ 2	二级小三角或二级导线	二级图根
3	0.5 以下	图根控制	—

表 5-3 平坦地区图根控制点密度

测图比例尺	1:500	1:1 000	1:2 000	1:5 000
图根点个数/km <sup>2</sup>	150	50	15	5
每幅图图根点个数	9~10	12	15	20

## 5.1.2 公路工程控制测量桩及其埋设

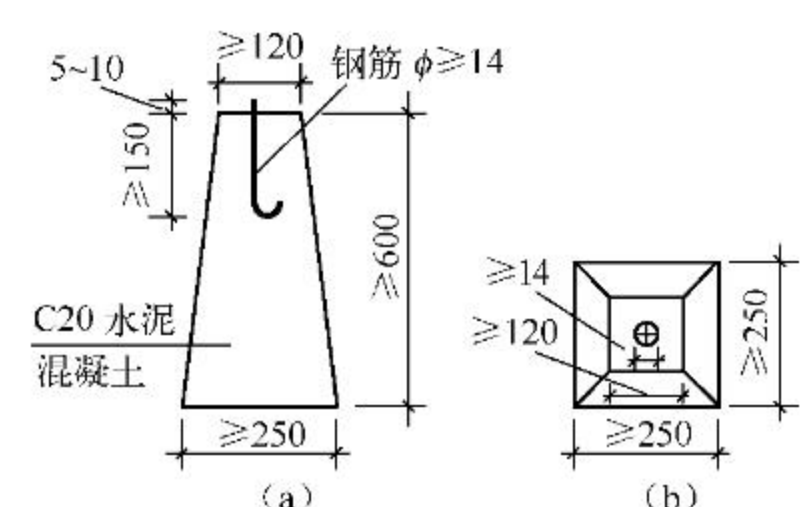
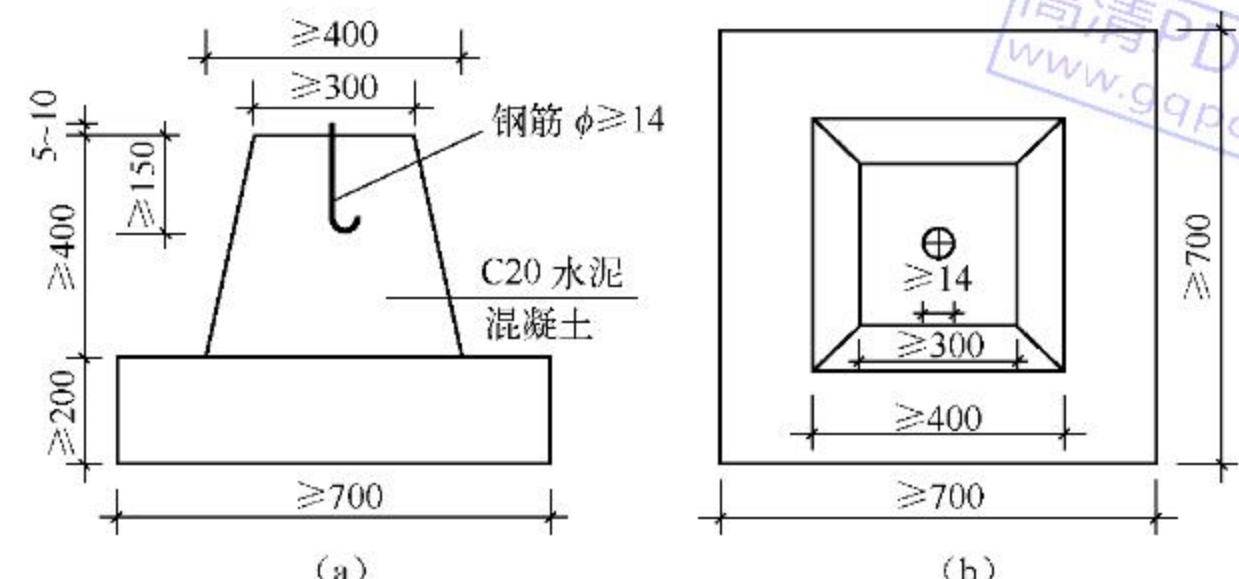
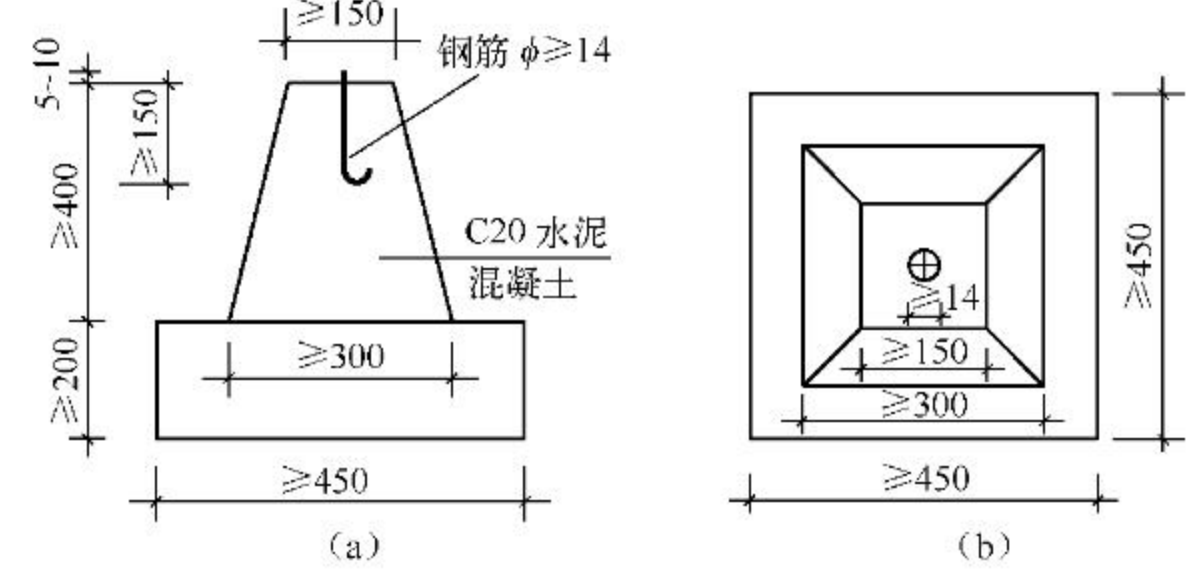
### 1. 公路工程控制测量桩

公路工程控制测量桩见表 5-4 中的图 5-1 ~ 图 5-6。

表 5-4 公路工程控制测量桩

序号	类别	规格尺寸
1	三等平面控制测量桩	<p>图 5-1 三等平面控制测量桩 (单位: mm)</p>
	四等平面控制测量桩	<p>图 5-2 四等平面控制测量桩 (单位: mm)</p>
	一级平面控制测量桩	<p>图 5-3 一级平面控制测量桩 (单位: mm)</p>

续表

序号	类别	规格尺寸
1	平面控制测量桩 二级平面控制测量桩	 <p>图 5-4 二级平面控制测量桩 (单位: mm)</p>
2	高程控制测量桩 三等高程控制测量桩	 <p>图 5-5 三等高程控制测量桩 (单位: mm)</p>
2	高程控制测量桩 四等高程控制测量桩	 <p>图 5-6 四等高程控制测量桩 (单位: mm)</p>

## 2. 公路工程控制测量桩的埋设

无论是平面控制测量桩，还是高程控制测量桩，其埋设剖面图如图 5-7 所示。

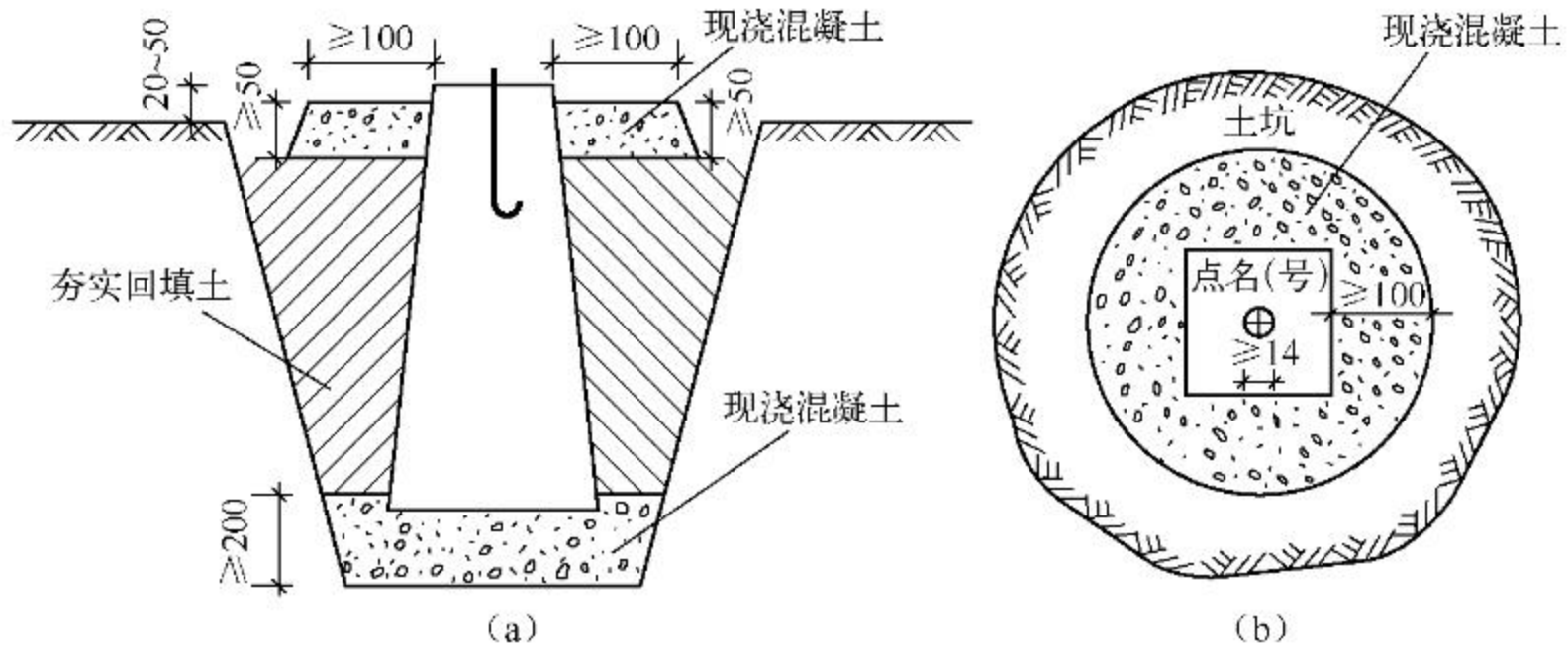


图 5-7 控制测量桩埋设剖面图 (单位: mm)

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

## 5.2 平面控制测量

### 5.2.1 一般规定

平面控制测量的一般规定见表 5-5。

表 5-5 平面控制测量的一般规定

序号	一般规定
1	平面控制网的布设应符合因地制宜、技术先进、经济合理、确保质量的原则
2	路线平面控制网宜全线贯通、统一平差
3	平面控制测量应采用 GPS 测量、导线测量、三角测量或三边测量方法进行, 路线制测量宜采用导线测量方法进行
4	各级平面控制测量, 其最弱点点位中误差均不得大于 $\pm 5\text{ cm}$ , 最弱相邻点相对点位中误差均不得大于 $\pm 3\text{ cm}$ , 最弱相邻点边长相对中误差不得大于表 5-6 的规定
5	各级公路及桥梁、隧道平面控制测量的等级不得低于表 5-7 的规定
6	角度、长度和坐标的数字取位应符合表 5-8 的规定
7	特殊结构的构造物, 当对测量精度要求较高时, 应根据构造物的结构和精度要求确定平面控制测量的精度
8	构造物平面控制网应联系于路线控制网上, 并应保持其本身的精度。当构造物平面控制网中检核点与路线控制测量中横坐标差异较大时, 应对构造物平面控制网进行旋转。最终成果中检核点在两个网中的坐标差值不应大于 4 cm
9	选择路线平面控制测量坐标系时, 应使测区内投影长度变形值小于 $2.5\text{ cm/km}$ , 大型构造物平面控制测量坐标系, 其投影长度变形值应小于 $1\text{ cm/km}$ 。应根据上述要求并结合测区所处地理位置、平均高程等因素按下列方法选择坐标系 (1) 当投影长度变形值满足要求时, 应采用高斯正形投影 $3^\circ$ 带平面直角坐标系 (2) 当投影长度变形值不能满足要求时, 可采用: 投影于抵偿高程面上的高斯正形投影任意带平面直角坐标系; 投影于 1954 年北京坐标系或者 1980 年西安坐标系椭球面上的高斯正形投影任意带平面直角坐标系; 抵偿高程面上的高斯正形投影任意带平面直角坐标系; 当采用一个投影不能满足要求时, 可分为几个投影带, 但投影分带位置不应选择在大型构造物处; 假定坐标系
10	当采用独立坐标系、抵偿坐标系时, 应提供与国家坐标系的转换关系

表 5-6 平面控制测量精度要求

测量等级	最弱相邻点边长相对中误差	测量等级	最弱相邻点边长相对中误差
二等	1/100 000	一级	1/20 000
三等	1/70 000	二级	1/10 000
四等	1/35 000		

表 5-7 平面控制测量等级选用

高架桥、路线控制测量	多跨桥梁总长 $L/m$	单跨桥梁 $L_K/m$	隧道贯通长度 $L_G/m$	测量等级
—	$L \geq 3\ 000$	$L_K \geq 500$	$L_G \geq 6\ 000$	二等
—	$2\ 000 \leq L < 3\ 000$	$300 \leq L_K < 500$	$3\ 000 \leq L_G < 6\ 000$	三等
高架桥	$1\ 000 \leq L < 2\ 000$	$150 \leq L_K < 300$	$1\ 000 \leq L_G < 3\ 000$	四等
高速、一级公路	$L < 1\ 000$	$L_K < 150$	$L_G < 1\ 000$	一级
二、三、四级公路	—	—	—	二级

表 5-8 角度、长度和坐标的数字取位要求

测量等级	角度/ (")	长度/m	坐标/m
二等	0.01	0.000 1	0.000 1
三、四等	0.1	0.001	0.001
一、二级	1	0.001	0.001

## 5.2.2 平面控制测量技术要求

平面控制测量技术要求见表 5-9。

表 5-9 平面控制测量技术要求

序号	技术要求
1	<p>GPS 基线测量的中误差应小于按下式计算的标准差，各等级控制测量固定误差 <math>a</math>、比例误差系数 <math>b</math> 的取值应符合表 5-10 的规定。计算 GPS 测量大地高差的精度时，<math>a</math>、<math>b</math> 可放宽至 2 倍。</p> $\sigma = \pm \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (5-1)$ <p>式中，<math>\sigma</math>——标准差，mm；  <math>a</math>——固定误差，mm；  <math>b</math>——比例误差系数，mm/km；  <math>d</math>——基线长度；km</p>
2	导线测量的主要技术要求应符合表 5-11 的规定
3	三角测量的主要技术要求应符合表 5-12 的规定
4	三边测量的主要技术要求应符合表 5-13 的规定

表 5-10 GPS 基线测量的主要技术要求

测量等级	固定误差 $a/mm$	比例误差系数 $b/mm/km$
二等	$\leq 5$	$\leq 1$
三等	$\leq 5$	$\leq 2$
四等	$\leq 5$	$\leq 3$
一级	$\leq 10$	$\leq 3$
二级	$\leq 10$	$\leq 5$

表 5-11 导线测量的主要技术要求

测量等级	附(闭)合导线长度/km	边数	每边测距中误差/mm	单位权中误差/( $''$ )	导线全长相对闭合差	方位角闭合差/( $''$ )
三等	$\leq 18$	$\leq 9$	$\leq \pm 14$	$\leq \pm 1.8$	$\leq 1/52\ 000$	$\leq 3.6\sqrt{n}$
四等	$\leq 12$	$\leq 12$	$\leq \pm 10$	$\leq \pm 2.5$	$\leq 1/35\ 000$	$\leq 5\sqrt{n}$
一级	$\leq 6$	$\leq 12$	$\leq \pm 14$	$\leq \pm 5.0$	$\leq 1/17\ 000$	$\leq 10\sqrt{n}$
二级	$\leq 3.6$	$\leq 12$	$\leq \pm 11$	$\leq \pm 8.0$	$\leq 1/11\ 000$	$\leq 16\sqrt{n}$

注: ① 表中  $n$  为测站数;

② 以测角中误差为单位权中误差;

③ 导线网节点间的长度不得大于表中长度的 0.7 倍。

表 5-12 三角测量的主要技术要求

测量等级	测距中误差/( $''$ )	起始边边长相对中误差	三角形闭合差/( $''$ )	测回数		
				DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>
二等	$\leq \pm 1.0$	$\leq 1/250\ 000$	$\leq 3.5$	$\geq 12$		
三等	$\leq \pm 1.8$	$\leq 1/150\ 000$	$\leq 7.0$	$\geq 6$	$\geq 9$	
四等	$\leq \pm 2.5$	$\leq 1/100\ 000$	49.0	$\geq 4$	$\geq 6$	
一级	$\leq \pm 5.0$	$\leq 1/40\ 000$	$\leq 15.0$		$\geq 3$	$\geq 4$
二级	$\leq \pm 10.0$	$\leq 1/20\ 000$	$\leq 30.0$		$\geq 1$	$\geq 3$

表 5-13 三边测量的主要技术要求

测量等级	测距中误差/mm	测距相对中误差
二等	$\leq \pm 9.0$	$\leq 1/330\ 000$
三等	$\leq \pm 14.0$	$\leq 1/140\ 000$
四等	$\leq \pm 10.0$	$\leq 1/100\ 000$
一级	$\leq \pm 14.0$	$\leq 1/35\ 000$
二级	$\leq \pm 11.0$	$\leq 1/25\ 000$

### 5.2.3 平面控制网的设计

#### 1. 一般要求

平面控制网设计的一般要求见表 5-14。

表 5-14 平面控制网设计的一般要求

序号	一般要求
1	路线平面控制网的设计, 应首先在地形图上进行控制网点位的选择, 在其基础上进行现场踏勘并确定点位
2	路线平面控制网, 宜首先布设首级控制网, 然后再加密路线平面控制网
3	构造物平面控制网可与路线平面控制网同时布设, 也可在路线平面控制网的基础上进行。当分步布设时, 在布设路线平面控制网的同时, 应考虑沿线桥梁、隧道等构造物测设的需要, 在大型构造物的两侧至少应分别布设 1 对相互通视的首级平面控制点

续表

序号	一般要求
4	平面控制点相邻点之间平均边长应参照表 5-15 执行。四等及以上平面控制网中相邻点之间的距离不得小于 500 m，一、二级平面控制网中相邻点之间的距离在平原、微丘区不得小于 200 m，重丘、山岭区不得小于 100 m，最大距离不应大于平均边长的 2 倍
5	路线平面控制点宜沿路线前进方向布设，路线平面控制点到路线中心线的距离应大于 50 m，宜小于 300 m，每一点至少应有一相邻点通视。特大型构造物每一端应埋设 2 个以上平面控制点
6	点位的位置应便于加密、扩展，易于保存、寻找，同时便于测角、测距及地形图测量和中桩放样
7	构造物控制网宜布设成四边形，应以构造物一端路线控制网中的一个点为起算点，以该点到另一路线控制点的方向为起始方向，并利用构造物另一端路线控制网中的一个点为检核点

表 5-15 相邻点间平均边长参照值

测量等级	平均边长/km	测量等级	平均边长/km
二等	3.0	一级	0.5
三等	2.0	二级	0.3
四等	1.0		

## 2. GPS 网的设计要求

GPS 网的设计要求见表 5-16。

表 5-16 GPS 网的设计要求

序号	设计要求
1	点位不应选在大功率发射台或高压线附近，距离高压线不应小于 100 m，距离大功率发射台不宜小于 400 m
2	点位应避免由于地面或其他目标反射所引起的多路径干扰的位置
3	高度角为 15° 的上方，应无妨碍通视的障碍物
4	GPS 控制网应同附近等级高的国家平面控制网点联测，联测点数应不少于 3 个，并力求分布均匀，且能覆盖本控制网范围。当 GPS 控制网较长时，应增加联测点的数量
5	同一公路工程项目的 GPS 控制网分为多个投影带时，在分带交界附近宜同国家平面控制点联测
6	二、三、四等 GPS 控制网应采用网连式、边连式布网；一、二级 GPS 控制网可采用点连式布网。GPS 控制网中不应出现自由基线
7	GPS 控制网由非同步 GPS 观测边构成多边形闭合环或附合路线时，其边数应符合表 5-17 的规定

表 5-17 闭合环或附合路线边数的规定

测量等级	二等	三等	四等	一级	二级
闭合环或附合路线的边数（条）	46	≤8	≤10	≤10	≤10

## 3. 三角网的布设要求

三角网的布设要求见表 5-18。

表 5-18 三角网的布设要求

序号	布设要求
1	各等级三角网各内角宜接近 60°，一般不小于 30°，受限制时不应小于 25°
2	加密网可采用插点的方法。交会插点点位应在高等点组成的三角形的中心附近。同一插点各方向距离之比不得大于 1:3

续表

序 号	布 设 要 求
3	对于单插点至少应有 3 个方向测定，四等以上点应有 5 个交会方向；对于双插点，交会方向数应 2 倍于上述规定（其中包括两待定点间的对向观测方向）

#### 4. 三边网的布设要求

三边网的布设要求见表 5-19。

表 5-19 三边网的布设要求

序 号	布 设 要 求
1	各等级三边网的起始边至最远边之间的三角形个数不宜多于 10 个
2	三边网宜布设为近似等边三角形，各三角形的内角不宜大于 100°和小于 30°，受限制时不应小于 25°
3	四等以上的三边网，宜在一些三角形中，以相应等级三角测量的观测精度观测 1 个较大的角度以资检核
4	<p>(1) 测距边应选在地面覆盖物相同的地段，不宜选在烟囱、散热塔、散热池等发热体的上空。测线上不应有树枝、电线等障碍物，测线应离开地面或障碍物 1.3 m 以上。测线应避免高压线等强电磁场的干扰，并宜避开视线后方反射物体</p> <p>(2) 测距边的测线倾角不宜太大。若采用对向三角高程测定，则高差应小于按式 (5-2) 计算的限值。当采用水准测量测定高差时，高差的大小可不受限制。</p> $h \leq \frac{8D}{T} \times 10^3 \quad (5-2)$ <p>式中，<math>h</math>——测距边两端点的高差限值，m；  <math>D</math>——测距边边长，m；  <math>T</math>——测距边要求的相对中误差分母</p>

#### 5. 导线测量的布设要求

- (1) 各级导线应尽量布设成直伸形状。
- (2) 点位的布设应符合测距边的布设要求。

#### 5.2.4 观测的技术要求

##### 1. GPS 测量

GPS 测量技术要求见表 5-20。

表 5-20 GPS 测量技术要求

序 号	项 目	技术要求与观测作业
1	技术要求	GPS 测量的主要技术要求应符合表 5-21 的规定
2	观测作业	<p>(1) 观测组必须执行调度计划，按规定的时间进行同步观测作业。观测人员必须按照 GPS 接收机操作手册的规定进行观测作业</p> <p>(2) 天线安置在脚架上直接对中整平时，对中误差不得大于 1 mm</p> <p>(3) 每时段观测应在测前、测后分别量取天线高，2 次天线高之差应不大于 3 mm，并取平均值作为天线高</p> <p>(4) 观测时应防止人员或其他物体触动天线或遮挡信号。接收机开始记录数据后，应随时注意卫星信号和信息存储情况。当接收或存储出现异常时，应随时进行调整，必要时应及时通知其他接收机调整观测计划</p> <p>(5) 在现场应按规定作业顺序填写观测手簿，不得事后补记。经检查所有规定作业项目全部完成，且记录完整无误后方可迁站</p> <p>(6) 每日观测结束后，应将外业数据文件及时转存到存储介质上，不得作任何剔除或删除</p>



表 5-21 GPS 测量的主要技术要求

项目	测量等级	二 等	三 等	四 等	一 级	二 级
	卫星高度角/(°)		≥15	≥15	≥15	≥15
时段长度	静态/min	≥240	≥90	≥60	≥45	≥40
	快速静态/min	—	≥30	≥20	≥15	≥10
平均重复设站数/(次/每点)		≥4	≥2	≥1.6	≥1.4	≥1.2
同时观测有效卫星数/个		≥4	≥4	≥4	≥4	≥4
数据采样率/S		≤30	≤30	≤30	≤30	≤30
GDOP		≤6	≤6	≤6	≤6	≤6

## 2. 水平角观测

水平角观测技术要求见表 5-22。

表 5-22 水平角观测技术要求

序 号	项 目	技 术 要 求
1	经纬仪 检验指标	水平角观测前, 应对使用的经纬仪进行检验, 其结果应符合表 5-23 的要求
2	水平角观 测技术要求	水平角观测的主要技术要求应符合表 5-24 的规定
3	水平角 观测作业	<p>(1) 观测前应严格整平对中, 对中误差应小于 1 mm; 在观测过程中, 气泡中心位置偏离不得超过 1 格; 气泡偏离接近 1 格时, 应在测回间重新整置仪器</p> <p>(2) 水平角观测方向数大于 3 时应归零。各测回应均匀地分配在度盘和测微器的不同位置上</p> <p>(3) 水平角方向观测应在通视良好、成像清晰稳定时进行。二等及以上应分 2 个时段施测, 每一时段的测回宜在较短的时间内测完</p> <p>(4) 在观测过程中, 2 倍照准差 (2C) 绝对值, DJ<sub>1</sub> 经纬仪不大于 20"; DJ<sub>2</sub> 型不大于 30"</p> <p>(5) 当方向总数超过 6 个时, 可分两组观测, 每组方向数应大致相等, 且包括 2 个共同方向 (其中一个为共同零方向)。其共同方向之间的角值互差应不超过本等级测角中误差的 2 倍</p> <p>(6) 当观测方向多于 3 个, 在观测过程中某些方向的目标不清晰时, 可以先放弃, 待清晰时补测。一测回中放弃的方向数不得超过应观测方向数的 1/3, 放弃方向补测时, 应在原基本测回测完后进行, 可只联测零方向。如全部基本测回测完, 有的方向一直没有观测过, 对这些方向的观测应按分组观测处理</p> <p>(7) 四等以上导线水平角观测, 应在总测回中以奇数测回和偶数测回分别观测导线前进方向的左角和右角, 其圆周角误差值不应大于测角中误差的 2 倍</p>
4	水平角 观测处理	<p>当水平角观测不符合要求时, 应按下列规定处理</p> <p>(1) 因测回互差超限而重测时, 应认真分析研究, 除明显孤值外, 一般应重测观测结果中最大和最小值的测回</p> <p>(2) 2C 较差或同一方向各测回较差超限时, 应重测超限方向, 并联测零方向</p> <p>(3) 零方向的 2C 较差或下半测回的归零差超限时, 该测回应重测</p> <p>(4) 若一测回中重测方向数超过本站方向数的 1/3 时, 该测回应重测。重测的测回数超过总测回数的 1/3 时, 该站应重测</p> <p>(5) 因角度闭合差超限或平差计算中技术指标不能满足规定要求时, 应进行认真分析, 择取测站整站重测</p>

表 5-23 经纬仪检验的指标要求

项 目	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>
照准部旋转 180°, 水准气泡读数差 (格)	≤2	≤1	—
光学测微器行差与隙动差/(")	≤1	≤2	—
照准部旋转时, 仪器底座位移所产生的系统误差/(")	≤ ±0.3	≤ ±1.0	—
水平轴不垂直于竖轴之差/(")	≤10	≤15	≤20
对点器对中误差/mm	≤ ±1.0		

表 5-24 水平角观测的主要技术要求

测量等级	经纬仪型号	光学测微器两次重合读数差/(")	光测回归零差/(")	同一测回中 2C 较差 1/(")	同一方向各测回间较差/(")	测 回 数
二等	DJ <sub>1</sub>	≤1	≤6	≤9	≤6	≥12
三等	DJ <sub>1</sub>	≤1	≤6	≤9	≤6	≥6
	DJ <sub>2</sub>	≤3	≤8	≤13	≤9	≥10
四等	DJ <sub>1</sub>	≤1	≤6	≤9	≤6	≥4
	DJ <sub>2</sub>	≤3	≤8	≤13	≤9	≥6
一级	DJ <sub>2</sub>	—	≤12	≤18	≤12	≥2
	DJ <sub>6</sub>	—	≤24	—	≤24	≥4
二级	DJ <sub>2</sub>	—	≤12	≤18	≤12	≥1
	DJ <sub>6</sub>	—	≤24	—	≤24	≥3

注: 当观测方向的垂直角超过 ±3° 时, 该方向的 2C 较差可按同一观测时间段内相邻测回进行比较。

### 3. 距离测量

距离测量技术要求见表 5-25。

表 5-25 距离测量技术要求

序 号	项 目	技 术 要 求
1	一般规定	<p>(1) 三角网的基线边、测边网、一级及一级以上导线的边长, 应采用光电测距仪施测。二级小三角和导线的边长测量, 可采用普通钢尺进行测量。</p> <p>(2) 采用普通钢尺丈量导线边长时, 其主要技术要求应符合表 5-26 的规定。</p> <p>(3) 光电测距的主要技术要求应符合表 5-27 的规定</p>
2	光电测距仪选用	在进行距离测量时, 可按表 5-28 的规定选择光电测距仪
3	光电测距作业要求	<p>(1) 测距前仪器应严格整平对中, 对中误差应小于 1 mm。测距时, 应在成像清晰、气象条件稳定时进行, 雨、雪和大风天气不宜作业, 不宜顺光或逆光且与太阳呈小角度观测, 严禁将仪器照准头对准太阳</p> <p>(2) 当反光镜背景方向有反射物时, 应在反光镜后方遮上黑布</p> <p>(3) 测距过程中, 当视线被遮挡出现粗差时, 应重新启动测量</p> <p>(4) 当观测数据超限时, 应重测整个测回。当观测数据出现成群时, 应分析原因, 采取相应措施重新观测</p> <p>(5) 温度计宜采用通风干湿温度计, 气压表宜采用高原型空盒气压表</p> <p>(6) 测量四等及其以上的边时, 应量取测边两端点始末的气象数据, 计算时应取平均值。测量温度时应量取空气温度。通风干湿温度计应悬挂在距地面和人体 1.5 m 以外的地方。气压表应置平, 指针不应受阻</p> <p>(7) 当测距边长度用三角高程测量的高差进行倾斜改正时, 垂直角的观测要求和向观测要求应按五等三角高程测量的规定执行</p>

表 5-26 普通钢尺丈量导线边长的主要技术要求

定线偏差/mm	每尺段往返高差之差/cm	最小读数/mm	三组读数之差/mm	同段尺长差/mm	外业手簿计算取值/mm		
					尺长	各项改正	高差
≤5	≤1	1	≤3	≤4	1	1	1

注：每尺段指 2 根同向丈量或单尺往返丈量。

表 5-27 光电测距的主要技术要求

平面控制网等级	观测次数		每边测回数		一测回读数间较差 / (")	单程各测回较差 / (")	往返较差
	往	返	往	返			
二等	≥1	≥1	≥4	≥4	≤5	≤7	≤ $\sqrt{2}$ (a + bD)
三等	≥1	≥1	≥3	≥3	≤5	≤7	
四等	≥1	≥1	≥2	≥2	≤7	≤10	
一级	≥1	—	≥2	—	≤7	≤10	
二级	≥1	—	≥1	—	≤12	≤17	

注：① 测回是指照准目标 1 次，读数 4 次的过程；

② 表中  $n$  为固定误差， $b$  为比例误差系数， $D$  为水平距离，km。

表 5-28 光电测距仪的选用

测距仪精度等级	每公里测距中误差 $m_D$ /mm	适用的平面控制测量等级
I 级	$m_D \leq \pm 5$	二、三、四等，一、二级
II 级	$\pm 5 < m_D \leq \pm 10$	三、四等，一、二级
III 级	$\pm 10 < m_D \leq \pm 20$	一、二级

## 5.2.5 资料整理计算

### 1. 一般要求

资料整理计算的一般要求见表 5-29。

表 5-29 资料整理计算的一般要求

序号	一般要求
1	观测工作结束后，应及时整理和检查外业观测手簿，确认观测成果全部符合规定后，方可进行计算
2	各等级高程控制测量均应计算路线（或环线）闭合差，线路往、返测量时应计算每公里观测高差偶然中误差 $m_\Delta$ ，光电测距三角高程测量应计算对向观测高差互差值
3	四等以上高程控制测量应采用严密平差法进行计算，并应计算最弱点高程中误差、每公里观测高差全中误差 $M_W$

### 2. GPS 测量计算要求

GPS 测量计算要求见表 5-30。

表 5-30 GPS 测量计算要求

序号	计算要求
1	同一时段观测值的数据剔除率（不包括受高度角和不同步观测影响的值），其值不宜大于 10%
2	基线解算中所需的起算点坐标，可按下列顺序选用： ① 国家或其他等级高的 GPS 控制网点的既有 WGS - 84 坐标值； ② 国家或其他等级高的控制点转换至 WGS - 84 的坐标值； ③ GPS 单点定位观测 2 h 以上的平差值提供的 WGS - 84 坐标值
3	当 GPS 控制网点间距离小于 20 km 时，可不考虑对流层和电离层的修正；当大于 20 km 时，每时段应于始、中、终各观测一次气象元素，并采用标准模型加入对流层和电离层的修正
4	重复基线测量的差值应满足下式的规定： $d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (5-3)$
5	各级 GPS 网同步环闭合差应满足下式的规定： $W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma$ $W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma$ $W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma$ $W \leq \frac{2\sqrt{n}}{5}\sigma \quad (5-4)$ 式中， $n$ ——环或附合路线的边数； $\sigma$ ——标准差，mm
6	各级 GPS 网异步环闭合差或附合路线坐标闭合差应满足下式的规定： $V_x \leq \frac{\sqrt{4n}}{3}\sigma$ $V_y \leq \frac{\sqrt{4n}}{3}\sigma$ $V_z \leq \frac{\sqrt{4n}}{3}\sigma$ $V \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5-5)$ 式中， $n$ ——环或附合路线的边数； $\sigma$ ——标准差，mm
7	在进行 GPS 控制网平差前，应根据实际需要选定起算数据和相应的地面坐标，并应对起算数据的可靠性及精度进行检查分析
8	参加平差的基线边应符合下列要求： ① 独立的观测边； ② 网形构成非同步闭合环，不应存在自由基线； ③ 必须不含明显的系统误差； ④ 组成的闭合环基线数和异步环长度应尽量小
9	平差时应首先以一个点的 WGS - 84 系坐标作为起算依据进行无约束平差，检查 GPS 基线向量网本身的内符合精度、基线向量间有无明显的系统误差，并剔除含有粗差的基线。无约束平差中，基线分量的改正数绝对值应满足下式的规定： $V_{\Delta x} \leq \sqrt{3}\sigma$ $V_{\Delta y} \leq \sqrt{3}\sigma$ $V_{\Delta z} \leq \sqrt{3}\sigma \quad (5-6)$ 否则，认为该基线或其附近的基线存在粗差

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

续表

序号	计算要求
10	<p>约束平差中, 基线分量的改正数与无约束平差结果的同一基线相应改正数较差的绝对值应满足下式的规定:</p> $dV_{\Delta x} \leq \sqrt{\frac{4}{3}} \sigma$ $dV_{\Delta y} \leq \sqrt{\frac{4}{3}} \sigma$ $dV_{\Delta z} \leq \sqrt{\frac{4}{3}} \sigma$ <p>(5-7)</p> <p>否则, 认为作业约束的已知坐标、距离、方位角中存在一些误差较大的值</p>
11	<p>当 GPS 控制网分为多个投影带, 且在分带交界附近联测国家控制点时, 可分片进行平差。平差时应有一定数量的重合点, 重合点位互差不得大于 2 倍的点位中误差</p>
12	<p>当检查或数据处理时发现观测数据不能满足要求时, 应对成果进行全面的分析, 并对其中部分数据进行补测或重测, 必要时全部数据应重测</p>
13	<p>计算结果应输出重复基线较差、同步环闭合差、异步环闭合差、无约束平差基线向量改正数、约束平差基线向量改正数、基线长、方位角、点位精度、转换参数及单位权中误差等内容</p>

### 3. 测量精度评定

测量精度评定见表 5-31。

表 5-31 测量精度评定

序号	项目	计算公式	符号含义
1	三角网测角中误差	$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \quad (5-8)$	<p>式中, <math>m_{\beta}</math>——测角中误差 (");</p> <p><math>W</math>——三角形闭合差 (");</p> <p><math>n</math>——三角形的个数</p>
2	导线测角中误差	<p>按方位角闭合差计算测角中误差:</p> $m_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{f_{\beta} f_{\beta}}{n} \right]} \quad (5-9)$	<p>式中, <math>f_{\beta}</math>——附和导线或闭合导线环的方位角闭合差 (");</p> <p><math>n</math>——计算时的测站数;</p> <p><math>N</math>——附和导线或闭合导线环的个数</p>
		<p>按左、右角观测的导线测角中误差:</p> $m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\Delta\Delta}{2n}} \quad (5-10)$	<p>式中, <math>\Delta</math>——测站圆周角闭合差 (");</p> <p><math>n</math>——角度个数</p>
3	单位权中误差	$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{PVV}{n-t}} \quad (5-11)$	<p>式中, <math>P</math>——观测值的权;</p> <p><math>V</math>——观测值平差改正数;</p> <p><math>n</math>——观测值个数;</p> <p><math>t</math>——必要观测值个数</p>

### 4. 测量距离的计算要求

测量距离的计算要求见表 5-32。

表 5-32 测量距离的计算要求

序号	计算要求与计算公式	符号含义
1	应按仪器给定的公式进行气象改正	
2	应按仪器检测的结果进行加、乘常数改正	
3	<p>应按下述公式进行倾斜改正。折光系数 <math>K</math> 应根据观测时间、植被、气候及视线高出障碍物（或地面）的高度等不同情况，参照表 5-33 进行选取，在一般情况下可取平均值为 0.14。</p> <p>(1) 用测定两点间的高差计算水平距离：  <math display="block">D_p = \sqrt{s^2 + h^2} \quad (5-12)</math></p> <p>(2) 用观测垂直角计算水平距离：  <math display="block">D_p = s \times \cos(\alpha + f) \quad (5-13)</math></p> $f = (1 - K)\rho'' \frac{s \cdot \cos\alpha}{2R} \quad (5-14)$	<p>式中，<math>D_p</math>——测距边两端点仪器与棱镜平均高程面上的水平距离，m；</p> <p><math>s</math>——经气象及加、乘常数等改正后的斜距，m；</p> <p><math>h</math>——测距边两端点之间的高差，m；</p> <p><math>\alpha</math>——观测的垂直角，(°)；</p> <p><math>f</math>——地球曲率与大气折光对垂直角的改正值，m；</p> <p><math>K</math>——当地的平均大气折光系数；</p> <p><math>R</math>——地球平均曲率半径</p>
4	<p>应按下述两式分级进行归化改正和投影改正：</p> $D_1 = \left(1 - \frac{H_m + h_m}{R_m + H_m + h_m}\right) D_0 \quad (5-15)$ $D_2 = \left(1 + \frac{Y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta_y^2}{24R_m^2}\right) D_1 \quad (5-16)$	<p>式中，<math>D_0</math>——观测边长度，m；</p> <p><math>D_1</math>——归化改正后的边长，m；</p> <p><math>R_m</math>——参考椭球体在测距边方向上的法截弧曲率半径，m；</p> <p><math>H_m</math>——测量边的平均高程，m；</p> <p><math>h_m</math>——测区大地水准面高出参考椭球面的高差，m；</p> <p><math>D_2</math>——投影改正后的边长，m；</p> <p><math>Y_m</math>——测距边中点的横坐标，m；</p> <p><math>\Delta_y</math>——测距边两端点横坐标的增量，m</p>
5	<p>归算到测区平均高程面上的测距边长度，应按下式计算：</p> $D = D_0 \left(1 + \frac{H_p - H_m}{R_A}\right) \quad (5-17)$	<p>式中，<math>D_0</math>——测距边两端点平均高程面上的水平距离，m；</p> <p><math>D</math>——归算到测区平均高程面上的测距长度，m；</p> <p><math>H_m</math>——测距边两端的平均高程，m；</p> <p><math>H_p</math>——测区平均高程，m；</p> <p><math>R_A</math>——参考椭球体在测距边方向上的法截弧曲率半径，m</p>
6	<p>往返测距单位权中误差应按下式计算：</p> $\mu = \sqrt{\frac{[pdd]}{2n}} \quad (5-18)$	<p>式中，<math>\mu</math>——往返测距单位权中误差，mm；</p> <p><math>d</math>——各边往返距离的较差，mm；</p> <p><math>n</math>——测距的边数；</p> <p><math>p</math>——各边距离测量的先验权，其值为 <math>1/\delta_D^2</math>，<math>\delta_D</math> 为测距的先验中误差，可按测距仪的标称精度计算</p>
7	<p>任一边的实际测距中误差应按下式计算：</p> $m_{D_i} = \mu \sqrt{\frac{1}{p_i}} \quad (5-19)$	<p>式中，<math>m_{D_i}</math>——第 <math>i</math> 边的实际测距中误差，mm；</p> <p><math>p_i</math>——第 <math>i</math> 边距离测量的先验权</p>

表 5-33 折光系数

地面	沙漠	平原、山区	森林	沼泽	水网、湖泊
平均 $K$ 值	0.095	0.115	0.143	0.148	0.157

5. 平面控制测量资料提交

公路工程平面控制测量完成后，应提交的测量及计算资料见表 5-34。

表 5-34 应提交的测量及计算资料

序号	应提交的测量及计算资料
1	技术设计书
2	点之记（含固定桩志表）
3	仪器检验报告
4	原始记录手簿
5	控制测量计算书
6	平面控制网联测及布网图
7	高程控制测量联测及路线示意图
8	作业自检报告
9	检查验收意见
10	技术总结
11	所有资料的电子文档

## 5.3 高程控制测量

### 5.3.1 一般规定

高程控制测量的一般规定见表 5-35。

表 5-35 高程控制测量的一般规定

序号	一般规定
1	公路高程系统宜采用 1985 年国家高程基准。同一个公路项目应采用同一个高程系统，并应与相邻项目高程系统相衔接。不能采用同一系统时，应给定高程系统的转换关系。独立工程或三级以下公路联测有困难时，可采用假定高程
2	高程控制测量应采用水准测量或三角高程测量的方法进行，高程异常变化平缓的地区可使用 GPS 测量的方法进行，但应对作业成果进行充分的检核
3	路线高程控制网应全线贯通、统一平差
4	各等级路线高程控制网最弱点高程中误差不得大于 $\pm 25$ mm，用于跨越水域和深谷的大桥、特大桥的高程控制网最弱点高程中误差不得大于 $\pm 10$ mm，每千米观测高差中误差和附和（环线）水准路线长度应小于表 5-36 的规定。当附和（环线）水准路线长度超过规定时，应采用双摆站的方法进行测量，但其长度不得大于表 5-36 中规定的 2 倍。每站高差较差应小于基辅（黑红）面高差较差的规定。一次双摆站为一单程，取其平均值计算的往返较差、附和（环线）闭合差应小于相应限差的 0.7 倍
5	各级公路及构造物的高程控制测量等级不得低于表 5-37 的规定
6	特殊结构的构造物，当对测量精度要求较高时，应根据具体要求确定高程控制测量的精度。构造物高程控制网应与路线高程控制网联测，但应保持其本身的精度
7	高程测量数字取位，应符合表 5-38 的规定

表 5-36 高程控制测量的技术要求

测量等级	每公里高差中数中误差/mm		附和或环线水准路线长度/km	
	偶然中误差 $M_{\Delta}$	全中误差 $M_w$	路线、隧道	桥梁
二等	$\pm 1$	$\pm 2$	600	100
三等	$\pm 3$	$\pm 6$	60	10
四等	$\pm 5$	$\pm 10$	25	4
五等	$\pm 8$	$\pm 16$	10	1.6

注：控制网节点间的长度不应大于表中长度的 0.7 倍。

表 5-37 高程控制测量等级选用

高架桥、路线控制测量	多跨桥梁总长 $L/m$	单跨桥梁 $L_K/m$	隧道贯通长度 $L_G/m$	测量等级
—	$L \geq 3\ 000$	$L_K \geq 500$	$L_G \geq 6\ 000$	二等
—	$1\ 000 \leq L < 3\ 000$	$150 \leq L_K < 500$	$3\ 000 \leq L_G < 6\ 000$	三等
高架桥，高速、一级公路	$L < 1\ 000$	$L_K < 150$	$L_G < 3\ 000$	四等
二、三、四级公路	—	—	—	五等

表 5-38 高程测量数字取位要求

测量等级	各测站高差/mm	往返测距离总和/km	往返测距离中数/km	往返测高差总和/mm	往返测高差中数/mm	高程/mm
各等	0.1	0.1	0.1	0.1	1	1

## 5.3.2 高程控制测量的技术要求

### 1. 水准测量的主要技术要求

水准测量的主要技术要求见表 5-39。

表 5-39 水准测量的主要技术要求

测量等级	往返较差、附和或环线闭合差/mm		检测已测测段高差之差/mm
	平原、微丘	重丘、山岭	
二等	$\leq 4\sqrt{l}$	$\leq 4\sqrt{l}$	$\leq 6\sqrt{L_i}$
三等	$\leq 12\sqrt{l}$	$\leq 3.5\sqrt{n}$ 或 $\leq 15\sqrt{l}$	$\leq 20\sqrt{L_i}$
四等	$\leq 20\sqrt{l}$	$\leq 6.0\sqrt{n}$ 或 $\leq 25\sqrt{l}$	$\leq 30\sqrt{L_i}$
五等	$\leq 30\sqrt{l}$	$\leq 45\sqrt{l}$	$\leq 40\sqrt{L_i}$

注：计算往返较差时， $l$  为水准点间的路线长度，km；计算附和或环线闭合差时， $l$  为附和或环线的路线长度，km； $n$  为测站数； $L$  为检测测段长度，km，小于 1 km 时按 1 km 计算。

### 2. 光电测距三角高程测量的主要技术要求

光电测距三角高程测量的主要技术要求见表 5-40。

表 5-40 光电测距三角高程测量的主要技术要求

测量等级	测回内同向观测高差较差/mm	同向测回间高差较差/mm	对向观测高差较差/mm	附和或环线闭合差/mm
四等	$\leq 8\sqrt{D}$	$\leq 10\sqrt{D}$	$\leq 40\sqrt{D}$	$\leq 20\sqrt{\sum D}$
五等	$\leq 8\sqrt{D}$	$\leq 15\sqrt{D}$	$\leq 60\sqrt{D}$	$\leq 30\sqrt{\sum D}$

注： $D$  为测距边长度，km。



### 5.3.3 高程控制点的布设

高程控制点应沿公路路线布设。高程控制点距路线中心线的距离应大于50 m,宜小于300 m。相邻控制点之间的间距以1~1.5 km为宜;重丘、山岭区可根据需要适当加密;大桥、隧道口及其他大型构造物两端应增设水准点,特大型构造物每一端应埋设2个(含2个)以上高程控制点。

### 5.3.4 水准测量观测要求

水准测量观测的要求见表5-41。

表5-41 水准测量观测的要求

序号	观测的要求
1	水准测量所使用的仪器应符合下列规定。 (1) 水准仪视准轴与水准管轴的夹角 <i>i</i> ,在作业开始的第一周内应每天测定一次, <i>i</i> 角稳定后可每隔15d测定一次,其值不得大于20"。 (2) 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差,对于线条式钢瓦标尺不应大于0.1 mm,对于区格式木质标尺不应大于0.5 mm
2	水准测量的观测方法应符合表5-42的规定
3	水准测量野外观测时,各项主要技术要求应符合表5-43的规定
4	观测过程中尺垫应踩实,水准尺应立直,三脚架的两腿应交替平行于路线方向,一测回应尽量在较短时间内完成
5	四等水准测量采用“后-后-前-前”观测顺序时,后尺垫必须在全部观测作业完毕并检验合格后方可移开
6	中间休息时应设定2个以上的间歇点,重新开始测量前应检测2个间歇点之间的高差,2个间歇点之间的高差之差应小于基辅(黑红)面高差较差,否则应从上一固定点开始测量

表5-42 水准测量的观测方法

测量等级	观测方法		观测顺序
二等	光学测微法	往返	后-前-前-后
	中丝读数法		
三等	光学测微法		
	中丝读数法		
四等	中丝读数法	往	后-后-前-前
五等	中丝读数法	往	后-前

表5-43 水准测量观测的主要技术要求

测量等级	仪器类型	水准尺类型	视线长/m	前后视较差/m	前后视累积差/m	视线离地面最低高度/m	基辅(黑红)面读数差/mm	基辅(黑红)面高差较差/mm
二等	DS <sub>05</sub>	钢瓦	≤50	≤1	≤3	≥0.3	≤0.4	≤0.6
三等	DS <sub>1</sub>	钢瓦	≤100	≤3	≤6	≥0.3	≤1.0	≤1.5
	DS <sub>2</sub>	双面	≤75				≤2.0	≤3.0

续表

测量等级	仪器类型	水准尺类型	视线长/m	前后视较差/m	前后视累积差/m	视线离地面最低高度/m	基辅(黑红)面读数差/mm	基辅(黑红)面高差较差/mm
四等	DS <sub>3</sub>	双面	≤100	≤5	≤10	≥0.2	≤3.0	≤5.0
五等	DS <sub>3</sub>	单面	≤100	≤10	—	—	—	≤7.0

### 5.3.5 GPS 高程测量

(1) 高程异常变化平缓的地区可使用 GPS 方法施测高程控制测量, 数据采集应采用静态相对定位方法, 时间应大于相应等级的平面测量所需的时间。

(2) 当采用拟合的方法求解高程值时, 应在测区周围和测区内联测高一级的水准点。平原地区, 联测的水准点不宜少于 6 个点; 丘陵或山地不宜少于 10 个点。未知点较多时, 联测点宜大于未知点点数的 1/5 或联测点间的距离不应大于 5 km。联测的水准点应均匀分布于网中, 外围水准点连成的多边形应包含整个测区。测区明显分几种地形时, 应在地形变化部位联测几何水准。

(3) 根据求得的 GPS 点间的正常高程差, 在已知点间组成附和或闭合高程导线, 其闭合差应符合表 5-39 的规定。

(4) 应选取大于未知点数量 10% 的未知点进行检核, 其与已知点间的高差之差应符合表 5-39 的规定。

### 5.3.6 光电测距三角高程测量

光电测距三角高程测量的一般规定与计算见表 5-44。

表 5-44 光电测距三角高程测量的一般规定与计算

序号	一般规定与计算
1	用于高程测量及跨河水准测量的光电测距仪和经纬仪, 其垂直度盘测微器的行差不得大于 2.0", 一测回垂直角观测中误差不得大于 3.0"
2	光电测距三角高程测量施测过程中, 宜变换一次仪器和反射镜高度, 高度变化值应大于 3 cm, 垂直角和距离分别于高度变换前、后各测量一半测回数, 仪器和反射镜高度分别于每次测前、测后各测量 1 次, 2 次较差不得大于 2 mm。仪器和反射镜高度应使用仪器配置的测尺和专用测杆进行测量, 严禁使用钢尺斜拉
3	光电测距三角高程测量宜采用垂直角和斜距进行计算, 其观测的主要技术要求应符合表 5-45 的规定
4	垂直角观测应选择在气候条件较好、成像稳定的时间内进行观测, 垂直角、距离均应进行对向观测, 照准时目标必须清晰可辨, 观测时其视线应离障碍物 1.5 m 以上。对向观测宜在较短时间内进行, 垂直角不得超过 15°
5	测距时气压计应置平、防曝晒, 温度计应悬挂在离地面 1.5 m 以上的地方, 如使用干湿温度计时, 应按说明书规定的要求使用
6	高差计算时应考虑地球曲率和大气折光差的影响。地球曲率与折光差(简称两差)改正数 $\gamma$ 按下式计算: $\gamma = \frac{1-K}{2R} S^2 \quad (5-20)$ 式中, $K$ ——折光系数, 按表 5-32 选取; $S$ ——边长; $R$ ——地球平均曲率半径

续表

序号	一般规定与计算
7	(1) 用光电测距的斜距计算高差。 单向观测： $\Delta h_{1,2} = S_{1,2} \sin V_{1,2} + \frac{S_{1,2}^2 \cos^2 V_{1,2}}{2R} (1 - K) + i_1 - l_1 \quad (5-21)$
	对向观测： $\Delta h_{1,2} = \frac{S_{1,2} \sin V_{1,2} - S_{2,1} \sin V_{2,1}}{2} + \frac{1}{2}(i_1 + l_2) - \frac{1}{2}(i_2 + l_1) \quad (5-22)$
	(2) 用水平距离计算高差。 单向观测： $\Delta h_{1,2} = D_{1,2} \tan V_{1,2} + \frac{1-K}{2R} D_{1,2}^2 + i_1 - l_1 \quad (5-23)$
	对向观测： $\Delta h_{1,2} = D_{1,2} \left( \frac{\tan V_{1,2} - \tan V_{2,1}}{2} \right) + \frac{1}{2}(i_1 + l_2) - \frac{1}{2}(i_2 + l_1) \quad (5-24)$
	式中, $\Delta h_{1,2}$ ——点1至点2间的高差; $S_{i,j}$ ——点 <i>i</i> 至点 <i>j</i> 的斜距; $D_{1,2}$ ——点1至点2间的水平距离; $V_{i,j}$ ——点 <i>i</i> 至点 <i>j</i> 的垂直角; $i_1$ 、 $i_2$ ——点1、点2的仪器高; $l_1$ 、 $l_2$ ——点1、点2的照准目高程; $K$ ——折光系数; $R$ ——地球曲率半径

表5-45 光电测距三角高程测量观测的主要技术要求

测量等级	仪器类型	测距边测回数	边长/m	垂直角测回数(中丝法)	指标差较差/(")	垂直角较差/(")
四等	DJ <sub>2</sub>	往返均≥2	≤600	≥4	≤5	≤5
五等	DJ <sub>2</sub>	≥2	≤600	≥2	≤10	≤10

### 5.3.7 跨河水准测量

跨河水准测量的规定见表5-46。

表5-46 跨河水准测量的规定

序号	一般规定
1	当水准路线通过宽度为各等级水准测量的标准视线长度两倍以下的江河、山谷时,可用一般的水准测量观测方法进行,但在测站上变换1次仪器高度,观测两次,两次高差之差不应超过表5-47的规定
2	高程视线长度超过各等级水准测量标准视线长度的两倍以上时,应按表5-48选择观测方法
3	观测的测回数和组数均不得小于表5-49的规定
4	各测回高差互差应小于按下式计算的限差: $M_{\text{限}} = 3M_{\Delta} \sqrt{nS} \quad (5-25)$ 式中, $M_{\text{限}}$ ——测回间高差互差限差; $M_{\Delta}$ ——相应水准测量等级所规定的每千米观测高差偶然中误差, mm; $n$ ——测回数; $S$ ——跨河视线长度, km
5	跨河场地应选择在水面较窄、土质坚实、便于设站的河段。跨河视线不得通过草丛、沙丘、沙滩、芦苇的上方。两岸仪器视线距水面的高度应尽量等高(测距三角高程法除外)。两岸由仪器至水边的一段河岸,其距离应近于相等,其地貌、土质、植被等也应相似,仪器位置应选在开阔、通风之处,不得靠近墙壁及土、石、砖堆等,过河视线方向宜避免正对日照方向
6	跨河水准观测宜在风力微和、气温变化较小的阴天进行,不宜在雨后初晴的大气折射变化较大时观测

表 5-47 跨河水准测量两次观测高差之差

测量等级	高差之差/mm	测量等级	高差之差/mm
二等	≤1.5	四等	≤7
三等	≤7	五等	≤9

表 5-48 跨河高程测量的观测方法及跨越视线长度

观测方法	跨越视线长度/m	观测方法	跨越视线长度/m
直接读数法	三等、四等≤300	倾斜螺旋法	≤1 500
	五等≤500	测距三角高程法	≤3 500
光学测微法	≤500		

注：视线长度超过 3 500 m 时，采用的方法和要求应依据测区条件进行专题设计。

表 5-49 观测的测回数 and 组数

测量等级 视线长度/m	二 等		三 等		四 等		五 等	
	测回数	组数	测回数	组数	测回数	组数	测回数	组数
< 300	2	2	2	1	2	1	2	1
300 ~ 500	2	4	2	2	2	2	2	1
500 ~ 1 000	8	6	2	2	2	2	2	1
1 000 ~ 1 500	12	8	4	2	3	2	3	1
1 500 ~ 2 000	16	8	8	3	3	3	3	1
> 2 000	8S	8	4S	3	4	3	4	1

注：① 表中 S 为视线长度的千米数，尾数凑整到 0.5 或 1；

② 1 测回是指两台仪器对向观测 1 次；

③ 组数是指不同的时间段施测规定测回数的次数。

### 5.3.8 观测结果的重测和取舍

观测结果的重测和取舍规定见表 5-50。

表 5-50 观测结果的重测和取舍规定

序号	一般规定
1	观测结果超限必须进行重测
2	测站观测超限必须立即重测，或从水准点或间歇点开始重测
3	测段往、返测高差较差超限必须重测，重测后应选用往、返测合格的成果。如重测结果与原测结果分别比较，较差均不超过限差时，取 3 次结果的平均值
4	<p>每条水准路线按测段往返测高差较差、附和路线的环线闭合差计算的高差中误差 <math>M_{\Delta}</math> 或高差中数全中误差 <math>M_W</math> 限时，应先对路线上闭合差较大的测段进行重测。</p> <p><math>M_{\Delta}</math> 和 <math>M_W</math> 按下式计算：</p> $M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[ \frac{\Delta\Delta}{R} \right]} \quad (5-26)$ $M_W = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{WW}{F} \right]} \quad (5-27)$ <p>式中，<math>\Delta</math>——测段往返高差不符值，mm；  <math>R</math>——测段长，km；  <math>n</math>——测段数；  <math>W</math>——水准路线经过各项修正后的环线闭合差，mm；  <math>N</math>——水准环数；  <math>F</math>——水准环线周长，km</p>

### 5.3.9 外业成果的整理

外业成果的整理的一般规定见表 5-51。

表 5-51 外业成果的整理的一般规定

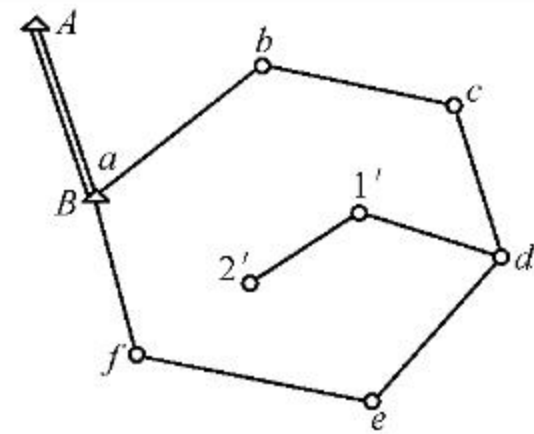
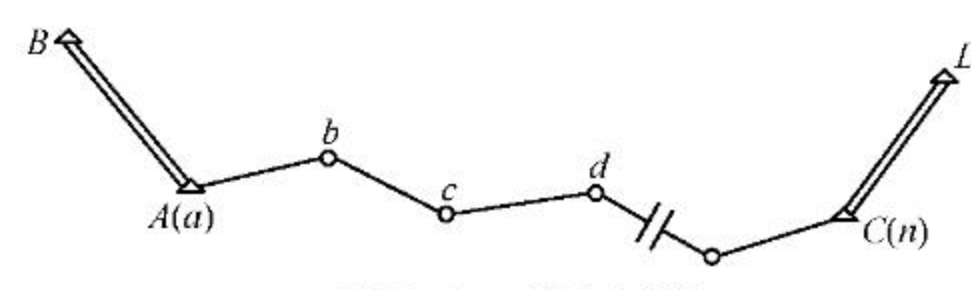
序号	一般规定
1	观测工作结束后,应及时整理和检查外业观测手簿,确认观测成果全部符合规定后,方可进行计算
2	各等级高程控制测量均应计算路线(或环线)闭合差,线路往、返测量时应计算每千米观测高差偶然中误差 $M_{\Delta}$ ,光电测距三角高程测量应计算对向观测高差互差值
3	四等以上高程控制测量应采用严密平差法进行计算,并应计算最弱点高程中误差、每千米观测高差全中误差 $M_W$

## 5.4 导线测量

### 5.4.1 导线布置的形式

公路工程导线的布置形式主要有闭合导线、附和导线和支导线三种,见表 5-52。

表 5-52 公路工程导线的布置形式

序号	布置形式	基本说明
1	闭合导线	从一个已知点出发,经过若干导线点以后,又回到原已知点,这样的导线称为闭合导线,如图 5-8 所示。导线从已知高级控制点 $B$ (或称为 $a$ ) 和已知方向 $AB$ 出发,经过了点 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ ……最后又回到起点 $B$ (或称为 $a$ ),形成一个闭合的多边形。闭合导线本身具有严密的几何条件,所以,可以对观测成果进行一定的检核,通常用于面积较宽阔的独立地区作为首级控制
2	附和导线	从一个已知点出发,经过若干个导线点以后,附和到另一个已知点上,这样的导线称为附和导线,如图 5-9 所示 导线从一已知的高级控制点 $A$ (或称为 $a$ ) 和已知方向 $BA$ 出发,经过了点 $b$ 、 $c$ 、 $d$ ……最后附和到另一个已知的高级控制点 $C$ (或称为 $n$ ) 上,形成一条连续的折线。因为其本身的已知条件,该形式同样具有对观测成果的检核作用,通常用于带状地区做首级控制
3	支导线	从一个已知点出发,经过 1~2 个导线点后,既不回到原起始点,也不附和到另一个已知点上,这样的导线称为支导线。如图 5-8 中的扣 $1'-2'$ 就是一条支导线,其中 $d$ 点作为闭合导线的点,在闭合导线计算时可求得其坐标,所以在支导线中作为已知点, $1'$ 点和 $2'$ 点是支导线点 由于支导线缺乏已知条件,无法进行检核,所以其边数一般不宜超过 2 条,不得超过 4 条,它仅限于图根控制补点使用
4	图示	 <p>图 5-8 闭合导线 (<math>d-1'-2'</math> 为支导线)</p>  <p>图 5-9 附和导线</p>

### 5.4.2 导线测量工作要求

按照导线测量精度,公路工程导线精度由高到低的顺序可依次划分为三等、四等、一级和二级导线。

## 1. 测量准备

测量准备见表 5-53。

表 5-53 测量准备

序号	准备工作要求
1	导线测量首先应收集测区已有的地形图和控制点的成果资料，先在已有的地形图上拟订导线布设方案，然后到野外去踏勘、核对、修改和落实点位
2	如果测区没有以前的地形资料，就需详细踏勘现场，根据已知控制点的分布、地形条件及测图和施工需要等具体情况，合理地选定导线点的位置，并建立标志

## 2. 测边与测角

测边与测角见表 5-54。

表 5-54 测边与测角

序号	测边与测角工作要求
1	用经纬仪钢尺测设导线时，其边长应用检定过的钢尺进行丈量；对于三级以上的导线，按钢尺量距的精密方法进行丈量
2	导线的边长一般用测距仪（全站仪）测定。对于一、二、三级导线边长的量测，如受设备限制时，可以用检定过的钢尺丈量。如用测距仪测定，应测定导线边的水平长度
3	导线的转折角有左、右角之分，以导线为界，按编号顺序方向前进，在前进方向左侧的角称左角；在前进方向右侧的角称右角 (1) 在闭合导线中，一般均测其内角，闭合导线若按逆时针方向编号，其内角均为左角；反之均为右角。 (2) 在附和导线中，可测其左角也可测其右角（在公路测量中一般测右角），但是全线要统一

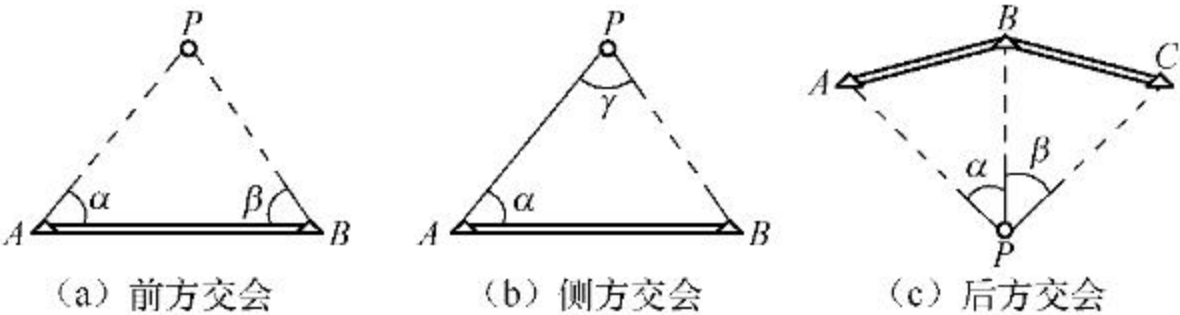
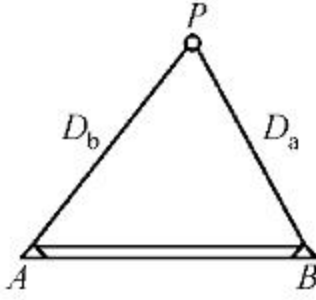
## 3. 导线联测方法

导线联测方法见表 5-55。

表 5-55 导线联测方法

序号	导线联测方法	主要内容与图示
1	导线法	<p>如果沿路线方向有已知的高级控制点，导线可直接与其连接，共同构成闭合导线或附和导线。附和导线如图 5-10 (a) 所示，闭合导线如图 5-10 (b) 所示，A、B、C、D 为已知的高级控制点，1、2、3、4、5 为新布设导线点，则导线联测为测定连接角（水平角）<math>\beta_1</math>、<math>\beta_2</math> 和连接边 <math>D_1</math>、<math>D_2</math></p> <p style="text-align: center;">(a) (b)</p> <p style="text-align: center;">图 5-10 导线的联测角和联测边</p>

续表

序号	导线联测方法	主要内容与图示
2	测角交会法	<p>如图 5-11 所示，测角交会可分为前方交会、侧方交会和后方交会三种。前方交会如图 5-11 (a) 所示，它分别在两个已知点 <math>A</math> 和点 <math>B</math> 上安置经纬仪测出图示的水平角 <math>\alpha</math> 和 <math>\beta</math>，从而根据几何关系求出 <math>P</math> 点的平面坐标的方法；侧方交会如图 5-11 (b) 所示，它分别在待定坐标的控制点 <math>P</math> 上和一个已知点（如 <math>A</math> 点）上安置经纬仪，测出图示的水平角 <math>\alpha</math> 和 <math>\gamma</math>，从而求出 <math>P</math> 点的平面坐标的方法；后方交会如图 5-11 (c) 所示，是在待定坐标的控制点 <math>P</math> 上安置经纬仪，分别照准三个已知点（<math>A</math>、<math>B</math>、<math>C</math> 三点）测出图示的水平角 <math>\alpha</math> 和 <math>\beta</math>，从而求出 <math>P</math> 点的平面坐标的方法</p> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 前方交会      (b) 侧方交会      (c) 后方交会</p> </div> <p style="text-align: center;">图 5-11 测角交会</p>
3	距离交会法	<p>如图 5-12 所示，在求算待定坐标的控制点 <math>P</math> 时，同样也可测量出图示边长 <math>D_a</math> 和 <math>D_b</math>，然后利用几何关系，算出 <math>P</math> 点的平面坐标，这种方法称为距离交会法（称为测边交会法）。这种方法在测图或工程中已被广泛应用。如果测区周围找不到已知的高级控制点，独立测区可用罗盘仪测定导线起始边的方位角，并以假设起始点的坐标作为起算数据</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">图 5-12 测边交会</p>

### 5.4.3 经纬仪导线测量的计算

#### 1. 闭合导线的近似平差计算

以图 5-13 所示的图根导线为例，介绍闭合导线内业计算的步骤，具体运算过程及结果见表 5-56。

计算之前，首先将导线草图中的点号、角度的观测值、边长的量测值及起始边的方位角、起始点的坐标等填入“闭合导线坐标计算表”中，见表 5-56 中的第 1 栏、第 2 栏、第 6 栏、第 5 栏的第一项、第 13、14 栏的第 1 项所示。然后按表 5-57 所示步骤进行计算。

#### 2. 附和导线的近似平差计算

附和导线的近似平差计算见表 5-58。

表 5-56 闭合导线坐标计算

点号	观测 /( $^{\circ}''$ )	改正 /( $''$ )	改正后角值 /( $^{\circ}''$ )	坐标方位角 /( $^{\circ}''$ )	距离 $D$ /m	纵坐标增量 $\Delta x$			横坐标增量 $\Delta y$			坐标值		点号
						计算值 /m	改正数 /cm	改正后 /m	计算值 /m	改正数 /cm	改正后 /m	x/m	y/m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1				45 30 00	78.16	+54.78	+2	+54.80	+55.75	-1	55.74	320.00	280.00	1
2	89 33 45	+18	89 34 03	135 55 57	129.34	-92.93	+3	-92.90	+89.96	-3	+89.93	374.80	335.74	2
3	73 00 11	+18	73 00 29	242 55 28	80.18	-36.50	+2	-36.48	-71.39	-1	-71.40	281.90	425.67	3
4	107 48 22	+18	107 48 40	315 06 48	105.22	+74.55	+3	+74.58	-74.25	-2	-74.27	245.42	354.27	4
1	89 36 30	+18	89 36 48	45 30 00								320.00	280.00	1
$\Sigma$	359 58 48	+72	360 00 00		392.90	-0.10	+0.10	0.00	+0.07	-0.07	0.00			

辅助计算

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{\text{测}} - \Sigma \beta_{\text{理}} = 359^{\circ}58'48'' - 360^{\circ} = -72''$$

$$f_{\beta\text{容}} = \pm 60''\sqrt{4} = \pm 120'' (f_{\beta}/f_{\beta\text{容}})$$

$$f_x = \Sigma \Delta x = -0.10 \text{ m}$$

$$f_y = \Sigma \Delta y = +0.07 \text{ m}$$

$$f_D = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0.12 \text{ m}$$

$$K = \frac{|f_D|}{\Sigma D} = \frac{0.12}{392.90} \approx \frac{1}{3270} (K/K_{\text{容}})$$

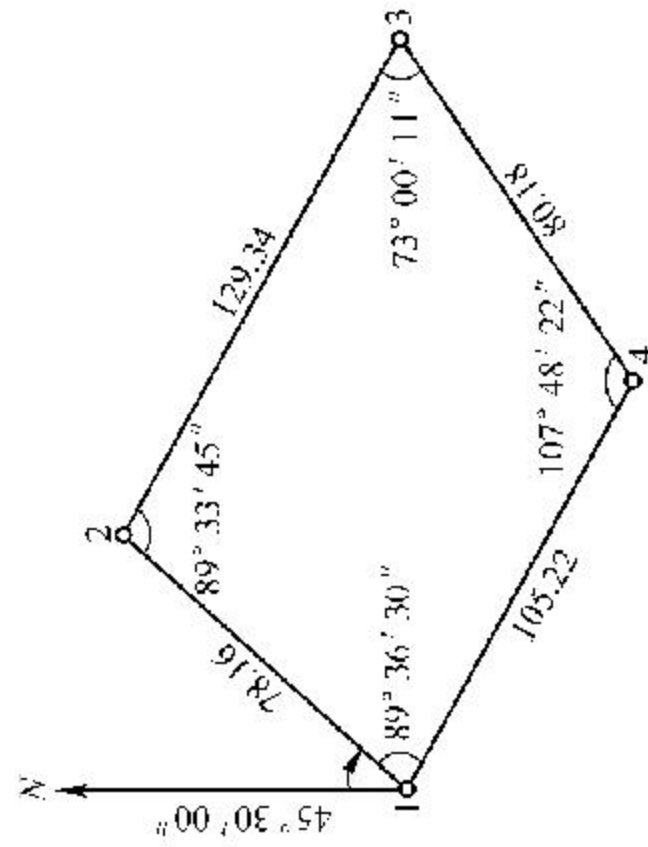


图 5-13 闭合导线草图

高清PDF原创  
www.gqpdf.com



表 5-57 闭合导线的近似平差计算步骤

序号	计算步骤	计算主要内容
1	角度闭合差计算与调整	<p>闭合导线在几何上是一个 <math>n</math> 边形，其内角的理论值为：</p> $\sum \beta_{理} = (n - 2) \times 180^\circ \quad (5-28)$ <p>但在实际观测过程中，由于存在误差，实测的多边形的内角和不等与上述的理论值，二者的差值称为闭合导线的角度闭合差，习惯以 <math>f_\beta</math> 表示。即有：</p> $f_\beta = \sum \beta_{测} - \sum \beta_{理} = \sum \beta_{测} - (n - 2) \times 180^\circ \quad (5-29)$ <p>式中，<math>\sum \beta_{理}</math>——转折角的理论值；  <math>\sum \beta_{测}</math>——转折角的外业观测值</p> <p>各等级导线角度闭合差的允许值 <math>f_{\beta容许}</math> 见表 5-11。如果 <math>f_\beta &gt; f_{\beta容许}</math>，则说明角度闭合差超限，不满足精度要求，应返工重测直到满足精度要求；如果 <math>f_\beta \leq f_{\beta容许}</math>，则说明所测角度满足精度要求，在此情况下，可将角度闭合差进行调整。因为各角观测均在相同的观测条件下进行，所以可认为各角产生的误差相等。因此，角度闭合差调整的原则是：将 <math>f_\beta</math> 以相反的符号平均分配到各观测角中，若不能均分，一般情况下，将余数分配给短边的夹角，即各角度的改正数为：</p> $v_\beta = -f_\beta/n \quad (5-30)$ <p>则各转折角调整以后的值（又称改正值）为：</p> $\beta = \beta_{测} + v_\beta \quad (5-31)$ <p>调整后的内角和必须等于理论值，即 <math>\sum \beta = (n - 2) \times 180^\circ</math></p>
2	导线边坐标方位角推算	<p>根据起始边的已知坐标方位角及调整后的各内角值，可以推导出，前一边的坐标方位角 <math>\alpha_{前}</math> 与后一边的坐标方位角 <math>\alpha_{后}</math> 的关系式：</p> $\alpha_{前} = \alpha_{后} - \alpha_{终} \pm \beta \mp 180^\circ \quad (5-32)$ <p>但在具体推算时要注意以下几点</p> <p>(1) 对于式 (5-32) 中的“<math>\pm \beta \mp 180^\circ</math>”项，若 <math>\beta</math> 角为左角，则应取“<math>+\beta - 180^\circ</math>”；若 <math>\beta</math> 角为右角，则应取“<math>-\beta + 180^\circ</math>”</p> <p>(2) 如用公式推导出来的 <math>\alpha_{前} &lt; 0^\circ</math>，则应加上 <math>360^\circ</math>；若 <math>\alpha_{前} &gt; 360^\circ</math>，则应减去 <math>360^\circ</math>，使各导线边的坐标方位角在 <math>0^\circ \sim 360^\circ</math> 的取值范围内</p> <p>(3) 起始边的坐标方位角最后也能推算出来，推算值应与原已知值相等，否则推算过程有误</p>
3	坐标增量计算	<p>一导线边两端点的纵坐标（或横坐标）之差，称为该导线边的纵坐标（或横坐标）增量，常以 <math>\Delta x</math>（或 <math>\Delta y</math>）表示</p> <p>设 <math>i</math>、<math>j</math> 为两相邻的导线点，量两点之间的边长为 <math>D_{ij}</math>，已根据观测角调整后的值推出了坐标方位角为 <math>\alpha_{ij}</math>，由三角几何关系可计算出 <math>i</math>、<math>j</math> 两点之间的坐标增量（在此称为观测值）<math>\Delta x_{ij测}</math> 和 <math>\Delta y_{ij测}</math>，分别为：</p> $\begin{aligned} \Delta x_{ij测} &= D_{ij} \cos \alpha_{ij} \\ \Delta y_{ij测} &= D_{ij} \sin \alpha_{ij} \end{aligned} \quad (5-33)$
4	坐标增量闭合差计算与调整	<p>因闭合导线从起始点出发经过若干个导线点以后，最后又回到了起始点，其坐标增量之和的理论值为零，如图 5-14 (a) 所示。即：</p> $\begin{aligned} \sum \Delta x_{ij理} &= 0 \\ \sum \Delta y_{ij理} &= 0 \end{aligned} \quad (5-34)$ <p>实际上从以上公式可以看出，坐标增量由边长 <math>D_{ij}</math> 和坐标方位角 <math>\alpha_{ij}</math> 计算而得，但是边长同样存在误差，从而导致坐标增量带有误差，即坐标增量的实测值之和 <math>\sum \Delta x_{ij测}</math>、<math>\sum \Delta y_{ij测}</math> 一般情况下不等于零，这就是坐标增量闭合差，通常以 <math>f_x</math> 和 <math>f_y</math> 表示，如图 5-14 (b) 所示，即：</p> $\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta x_{ij测} \\ f_y &= \sum \Delta y_{ij测} \end{aligned} \quad (5-35)$

续表

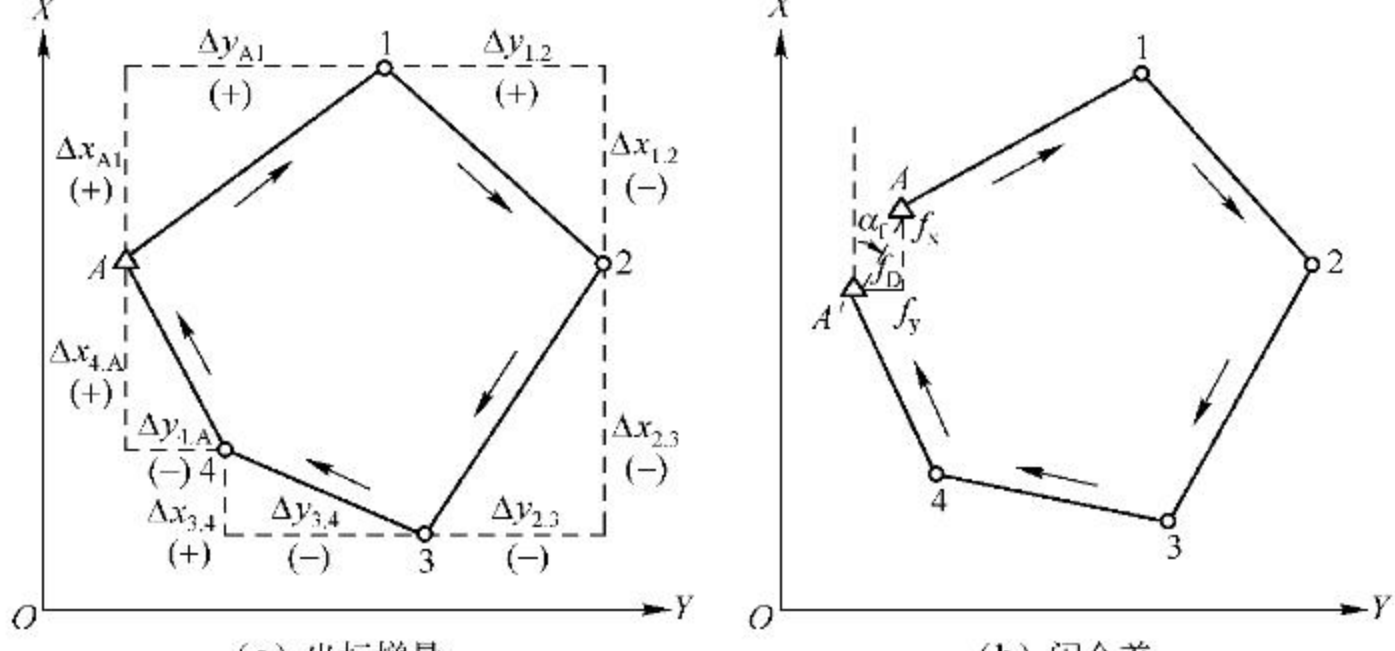
序号	计算步骤	计算主要内容
4	坐标增量闭合差计算与调整	<p>由于坐标增量闭合差存在, 根据计算结果绘制出来的闭合导线图形不能闭合, 如图 5-14 (b) 所示, 不闭合的缺口距离, 称为导线全长闭合差, 通常以 <math>f_D</math> 表示。按几何关系, 用坐标增量闭合差可求得导线全长闭合差 <math>f_D</math>:</p> $f_D = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (5-36)$ <p>导线全长闭合差 <math>f_D</math> 是随着导线的长度增大而增大, 导线测量的精度是用导线全长相对闭合差 <math>K</math> (即导线全长闭合差 <math>f_D</math> 与导线全长 <math>\sum D</math> 之比值) 来衡量的, 即:</p> $K = \frac{ f_D }{\sum D} = \frac{1}{\sum D/f_D} \quad (5-37)$ <p>导线全长相对闭合差 <math>K</math> 常用分子是 1 的分数形式表示, 不同等级的导线全长相对闭合差的容许值 <math>K_{容}</math> 见表 5-11</p> <p>若 <math>K \leq K_{容}</math> 表明测量结果满足精度要求, 则可将坐标增量闭合差反符号后, 按与边长成正比的方法分配到各坐标增量上去, 从而得到各纵、横坐标增量的改正值, 以 <math>\Delta X_{ij}</math> 和 <math>\Delta Y_{ij}</math> 表示:</p> $\begin{aligned} \Delta X_{ij} &= \Delta x_{ij测} + v_{\Delta x_{ij}} \\ \Delta Y_{ij} &= \Delta y_{ij测} + v_{\Delta y_{ij}} \end{aligned} \quad (5-38)$ <p>式中 <math>v_{\Delta x_{ij}}</math>、<math>v_{\Delta y_{ij}}</math> 分别称为纵、横坐标增量的改正数, 即:</p> $\begin{aligned} v_{\Delta x_{ij}} &= -\frac{f_x}{\sum D} D_{ij} \\ v_{\Delta y_{ij}} &= -\frac{f_y}{\sum D} D_{ij} \end{aligned} \quad (5-39)$
5	导线点坐标计算	<p>根据起始点的已知坐标和改正后的坐标增量 <math>\Delta X_{ij}</math> 和 <math>\Delta Y_{ij}</math>, 可按下列公式依次计算各导线点的坐标:</p> $\begin{aligned} x_j &= x_i + \Delta X_{ij} \\ y_j &= y_i + \Delta Y_{ij} \end{aligned} \quad (5-40)$
6	图示	 <p style="text-align: center;">(a) 坐标增量                      (b) 闭合差</p> <p style="text-align: center;">图 5-14 闭合导线坐标增量及闭合差</p>

表 5-58 附和导线的近似平差计算

序号	计算步骤	计算主要内容
1	角度闭合差计算	<p>附和导线首尾有两条已知坐标方位角的边, 如图 5-10 中的 <math>BA</math> 边和 <math>CD</math> 边, 称之为始边和终边, 由于已测得导线各个转折角的大小, 所以, 可以根据起始边的坐标方位角及测得的导线各转折角, 推算出终边的坐标方位角。这样导线终边的坐标方位角有一个原已知值 <math>\alpha_{终}</math>, 还有一个由始边坐标方位角和测得的各转折角推算值 <math>\alpha'_{终}</math>。由于测角存在误差, 导致两个数值的不相等, 两值之差即为附和导线的角度闭合差 <math>f_\beta</math>。即:</p> $f_\beta = \alpha'_{终} - \alpha_{终} = \alpha_{始} - \alpha_{终} \pm \sum \beta \mp n \times 180^\circ \quad (5-41)$

续表

序号	计算步骤	计算主要内容
2	坐标增量闭合差计算	<p>附和导线的首尾各有一个已知坐标值的点，如图 5-10 所示的 A 点和 C 点，称之为始点和终点。附和导线的纵、横坐标增量的代数和，在理论上应等于终点与始点的纵横坐标差值，即：</p> $\begin{aligned}\sum \Delta x_{ij理} &= x_{终} - x_{始} \\ \sum \Delta y_{ij理} &= y_{终} - y_{始}\end{aligned}\quad (5-42)$ <p>但由于量边和测角有误差，根据观测值推算出来的纵、横坐标增量之代数和 <math>\sum \Delta x_{ij理}</math>、<math>\sum \Delta y_{ij理}</math>，与理论值通常是不相等的，二者之差即为纵、横坐标增量闭合差：</p> $\begin{aligned}f_x &= \sum \Delta x_{ij测} - (x_{终} - x_{始}) \\ f_y &= \sum \Delta y_{ij测} - (y_{终} - y_{始})\end{aligned}\quad (5-43)$

#### 5.4.4 全站仪导线测量与计算

##### 1. 观测步骤

采用全站仪进行导线测量时，其观测步骤（以图 5-10 所示的附和导线为例）见表 5-59。

表 5-59 全站仪导线测量观测步骤

序号	观测步骤
1	将全站仪安置于起始点 A（一般为高级控制点），按距离及三维坐标的测量方法测定控制点 2 与 A 点的距离 DA2 点的坐标 $(x'_2, y'_2)$ 后，关闭仪器电源
2	将仪器安置在已测坐标的 2 点上，用同样的方法测得 2、3 点间的距离和 3 点的坐标 $(x'_3, y'_3)$ 。依此方法进行观测，最后测得终点 C（一般为高级控制点）的坐标观测值 $(x'_c, y'_c)$
3	C 为高级控制点，坐标已知。在实际测量中，由于各种因素的影响，C 点的坐标观测值一般不等于已知值，所以需要进行观测成果的处理

##### 2. 以坐标为观测值的导线近似平差计算

以坐标为观测值的导线近似平差计算见表 5-60。

表 5-60 以坐标为观测值的导线近似平差计算

序号	计算步骤	主要内容
1	计算导线全长闭合差	<p>在图 5-10 中，设 C 点坐标已知值为 <math>(x_c, y_c)</math>，由于坐标的观测值为 <math>(x'_c, y'_c)</math>，则纵、横坐标闭合差为：</p> $\begin{aligned}f_x &= x'_c - x_c \\ f_y &= y'_c - y_c\end{aligned}\quad (5-44)$ <p>可计算出导线全长闭合差：</p> $f_D = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}\quad (5-45)$
2	计算导线测量精度	与一般导线测量相同，全站仪导线测量的精度也可用导线全长相对闭合差 K 来衡量，其计算参照式 (5-37) 进行
3	计算各点坐标改正数	不同等级的全站仪导线全长相对闭合差的容许值 $K_{容}$ 见表 5-11。如果 $K \leq K_{容}$ 表明测量结果满足精度要求，则按式 (5-39) 计算各点坐标的改正数
4	计算各导线点坐标	根据起始点的已知坐标和各点坐标的改正数，可按式 (5-40) 依次计算各导线点的坐标

续表

序号	计算步骤	主要内容
5	计算高程闭合差	<p>由于全站仪测量能同时测得导线点的坐标和高程，所以高程的计算可与坐标计算一并进行，高程闭合差为：</p> $f_H = H'_C - H_C \quad (5-46)$ <p>式中，<math>H'_C</math>——<math>C</math>点的高程观测值；  <math>H_C</math>——<math>C</math>点的已知高程</p>
6	计算导线点高程改正数	<p>各导线点的高程改正数为：</p> $v_{Hi} = \frac{f_H}{\sum D} \sum D_i \quad (5-47)$ <p>式中的符号意义同上</p>
7	计算各导线点高程	<p>改正后各导线点的高程为：</p> $H'_i = H_i + v_{Hi} \quad (5-48)$ <p>式中，<math>H'_i</math>——第<math>i</math>点的高程观测值</p>

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

# 第6章 公路工程地形图测绘


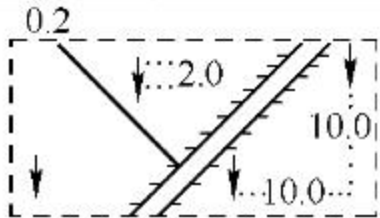

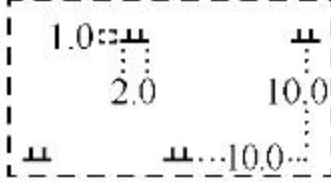
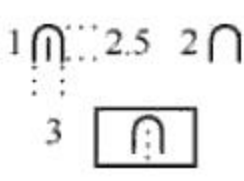
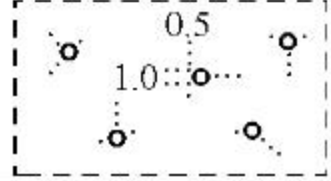
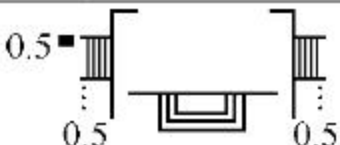
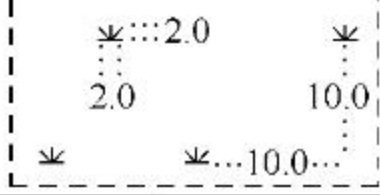
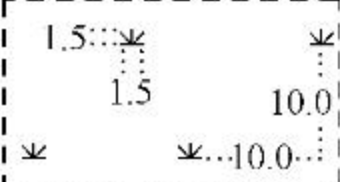
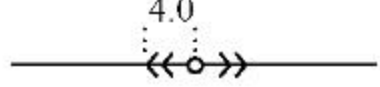
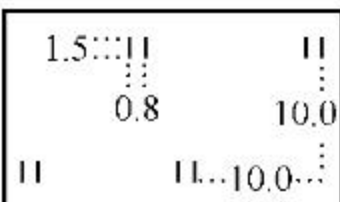
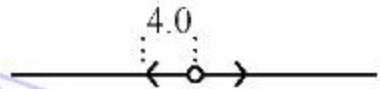
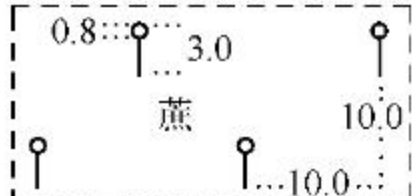
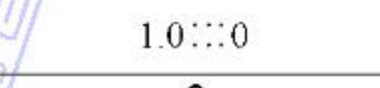

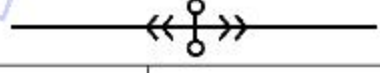
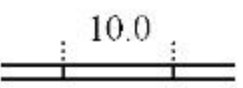
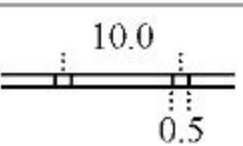
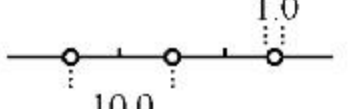
## 6.1 概 述

### 6.1.1 公路工程地形图常用图例及应用

#### 1. 公路工程地形图常用图例

将实地的地物和地貌在图上表示出来的符号称为地形图图式。它由国家测绘机关统一制定并颁布。地形图部分地物和地貌符号见表6-1。

表6-1 地形图部分地物和地貌符号

编号	符号名称	图 例	编号	符号名称	图 例
1	坚固房屋 4- 房屋层数		9	水稻田	
2	普通房屋 2- 房屋层数		10	旱地	
3	窑洞 (1) 住人的 (2) 不住人的 (3) 地面下的		11	灌木林	
4	台阶		12	菜地	
5	花圃		13	高压线	
6	草地		14	低压线	
7	经济作物地		15	电杆	
8	水生经济作物地		16	电线架	
			17	砖、石及 混凝土围墙	
			18	土围墙	
			19	栅栏、栏杆	

续表

编号	符号名称	图例	编号	符号名称	图例
20	篱笆		32	烟囱	
21	活树篱笆		33	气象站(台)	
22	沟渠: (1) 有堤岸的; (2) 一般的; (3) 有沟壑的		34	消火栓	
23	公路		35	阀门	
24	简易公路		36	水龙头	
25	大车路		37	钻孔	
26	小路		38	路灯	
27	三角点 凤山 - 点名 394.468 - 高程		39	独立树: ① 阔叶; ② 针叶	
28	图根点: ① 埋石的; ② 不埋石的		40	岗亭、岗楼	
29	水准点		41	等高线: ① 首曲线 ② 计曲线 ③ 间曲线	
30	旗杆				
31	水塔				

## 2. 公路工程地形图的应用

公路工程地形图的应用见表 6-2。

表 6-2 公路工程地形图的应用

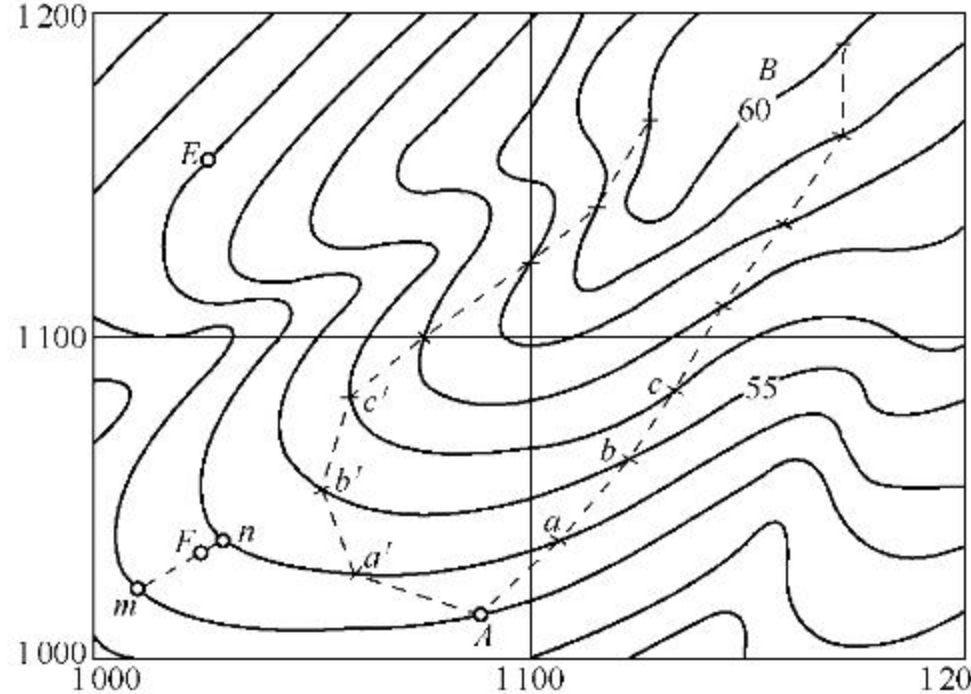
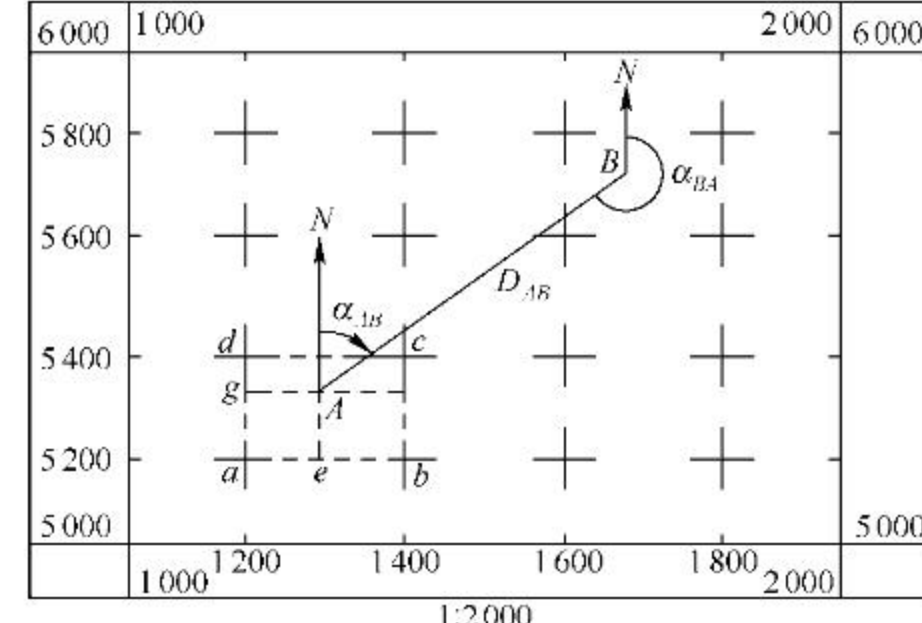
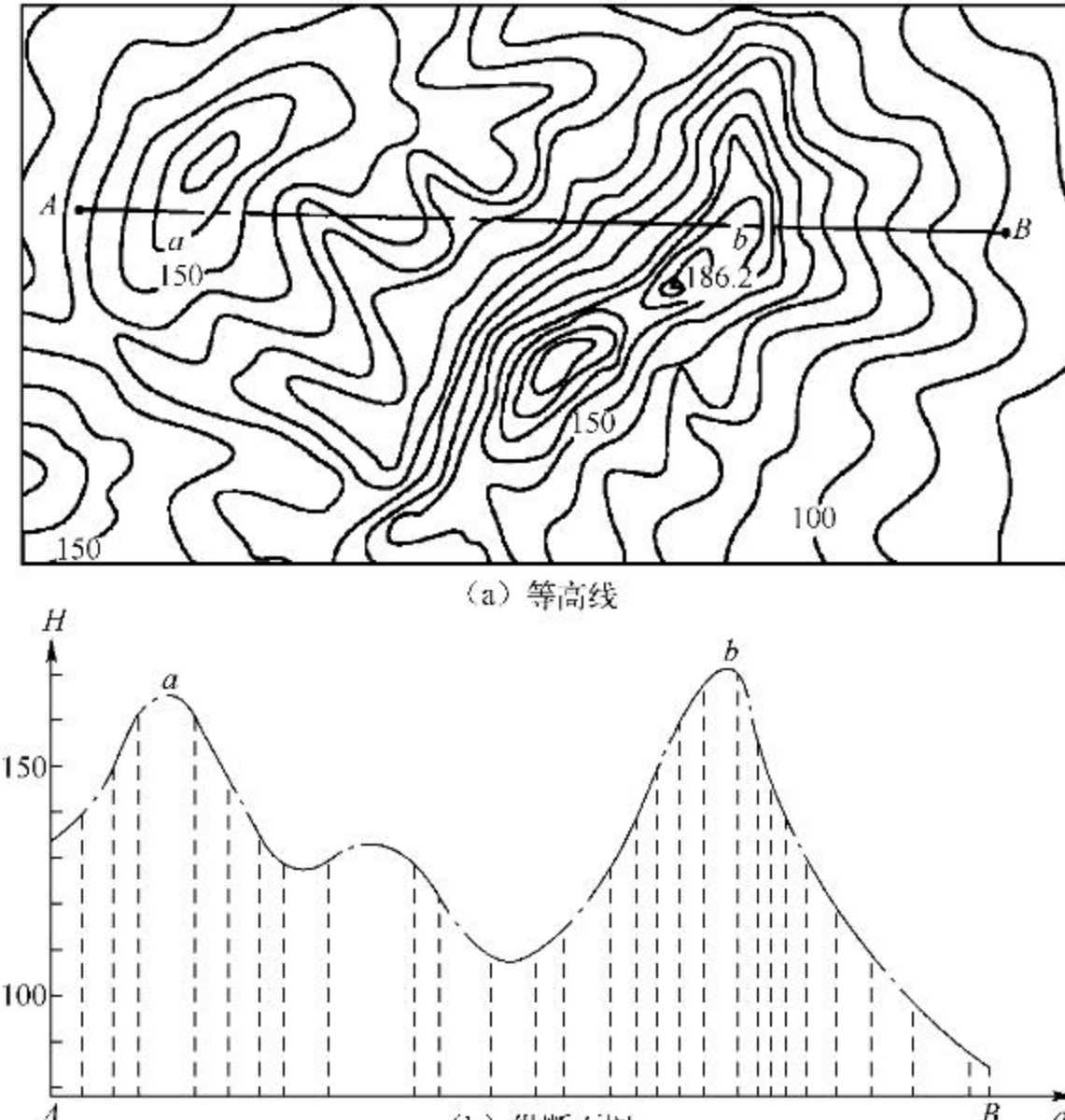
序号	主要应用	具体内容
1	图上确定点坐标	<p>在地形图上进行规划时，往往要用图解法测一些设计点的坐标，每幅地形图的内外图廓线之间均按一定格式注有坐标数字，图的西南角是该幅图的坐标始点。如图 6-1 所示，其始点坐标为 <math>x = 5\ 200\text{ m}</math>，<math>y = 1\ 200\text{ m}</math>。要确定 A 点在图上的坐标，其方法如下：根据 A 点所在的方格 <math>abcd</math>，按测图比例尺量出 <math>ag</math> 和 <math>ae</math> 的距离为：<math>ag = 135.2\text{ m}</math>，<math>ae = 80.4\text{ m}</math>，再加上小方格的 a 点坐标，即为 A 点在图上的坐标值：</p> $x_a = x + ag = 5\ 200 + 135.2 = 5\ 335.2\ (\text{m})$ $y_a = y + ae = 1\ 200 + 80.4 = 1\ 280.4\ (\text{m})$ <p>为了防止错误还应量出 <math>gd</math> 和 <math>eb</math> 的距离来计算 A 点坐标，作为校核</p>

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

续表

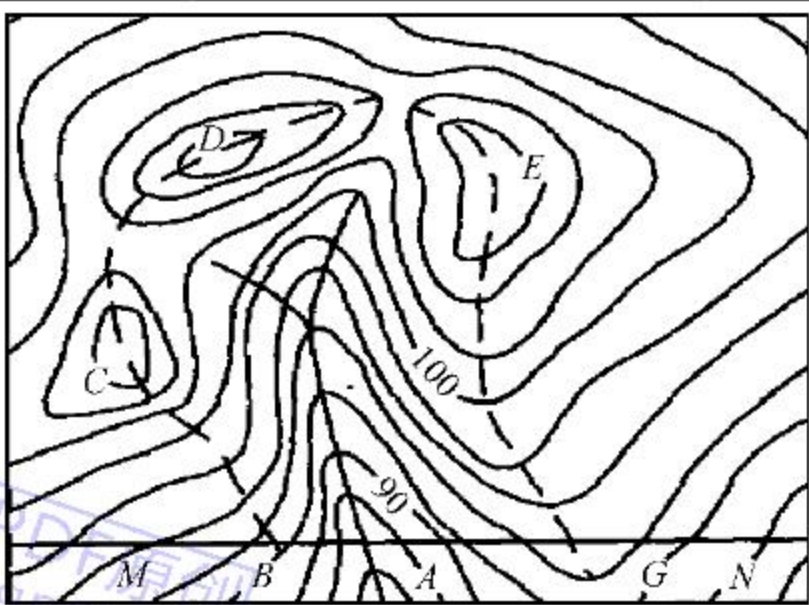
序号	主要应用	具体内容
2	确定两点间水平距离	<p>(1) 解析法。先在图上量出直线两端点 <math>A</math> 及 <math>B</math> 的坐标 <math>x_A</math>、<math>y_A</math> 及 <math>x_B</math>、<math>y_B</math>。再按下式计算直线长度 <math>D_{AB}</math>：</p> $D_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \quad (6-1)$ <p>(2) 图解法。用卡规在图上直接卡出线段长度，而后在地形图的图示比例尺上读取该线段的长度。当精度要求不高时，通常也可以用三棱比例尺直接在图上量取线段长度</p>
3	确定直线坐标方位角	<p>如图 6-1 所示，图上直线的坐标方位角可用量角器直接量取，也可先求得 <math>A</math>、<math>B</math> 两点的坐标，再按下式计算 <math>AB</math> 的坐标方位角 <math>\alpha_{AB}</math>：</p> $\tan\alpha_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{\Delta y_{AB}}{\Delta x_{AB}} \quad (6-2)$
4	确定点的高程	<p>若某点的位置恰好在某一条等高线上，则该点的高程就等于这条等高线的高程。若点的位置不在等高线上，则可用比例的关系求得该点的高程。如图 6-2 所示，欲求 <math>F</math> 点的高程时，过 <math>F</math> 点作相邻等高线间的最短线段 <math>mn</math>，量取 <math>mn</math> 的长度 <math>d</math>，<math>nF</math> 的长度为 <math>S</math>，已知 <math>E</math> 点的高程为 <math>H_E</math>，等高距为 <math>h</math>，则 <math>F</math> 点的高程为：</p> $H_F = H_E + \Delta h = H_E + \frac{S}{d}h \quad (6-3)$
5	绘出同坡度线	<p>(1) 直线的坡度 <math>i</math> 是其两端点的高差 <math>h</math> 与水平距离 <math>d</math> 之比，即：</p> $i = \tan\alpha = \frac{h}{d} \quad (6-4)$ <p>(2) 在公路上坡度一般以百分数表示，即：</p> $i = \frac{h}{d} \times 100\% \quad (6-5)$ <p>(3) 在公路路线设计时，在线路不超过某一限制坡度的条件下，往往要求选择一条最短路线，如图 6-2 所示。若地形图的比例尺为 1:1 000，等高距 <math>h = 1</math> m，现由 <math>A</math> 点到 <math>B</math> 点选一条路线，其路线的平均纵坡规定为 <math>i = 4\%</math>，则两相邻等高线间应有的图上距离为：</p> $d = \frac{h}{iM} \quad (6-6)$ $d = \frac{1}{0.04} = 25(\text{m})$ <p>因其图上距离为 2.5 cm，使两脚规开口长度为 2.5 cm，从 <math>A</math> 点起用两脚规画圆弧与较高的等高线上交出 <math>a</math> 点，再从 <math>a</math> 点用同法在较高的等高线上交出 <math>b</math> 点，如此继续下去至 <math>B</math> 的交点位置。图上可有两条路线可走，最后根据路线的选线设计要求，从中选定一条路线</p>
6	绘制纵断面图	<p>在路线工程的设计中，为了设计道路、桥涵、隧道等工程，需要了解地面起伏情况，通常根据地形图的等高线来绘制纵断面图</p> <p>如图 6-3 所示，<math>AB</math> 为一条越岭路线，为了解沿线的地形起伏情况，可绘制断面图，先在图纸下方绘出表格，横坐标表示距离，纵坐标表示高程，然后在地形图上量取 <math>A</math> 点，至各交点及地形特点（如 <math>a</math>、<math>b</math> 点）的平距，并把它们分别转绘在横轴上，以相应的高程作为纵坐标，将得到的点连接起来，即得路线的纵断面图</p>
7	确定汇水面积	<p>当公路跨越河流或山谷时，需修建桥梁或涵洞。而桥涵的孔径大小取决于水的流量，而流量又与汇水面积有关。汇水面积的边界线由分水线、山头、鞍部和路基连接而成，以此边界线所包围的面积即为汇水面积。如图 6-4 所示，路线 <math>MN</math> 经过河谷，在 <math>A</math> 点需设置涵洞，它的汇水面积是由 <math>C</math>、<math>D</math>、<math>E</math> 山头的分水线和路基 <math>BG</math> 而构成。量测汇水面积的方法常采用求积仪法和方格网法</p>

续表

序号	主要应用	具体内容
		 <p style="text-align: center;">图 6-1 确定点的坐标</p>
8	图示	 <p style="text-align: center;">图 6-2 确定点的高程及选定等坡路线</p>
		 <p style="text-align: center;">(a) 等高线</p> <p style="text-align: center;">(b) 纵断面图</p> <p style="text-align: center;">图 6-3 纵断面图的绘制</p>



续表

序号	主要应用	具体内容
8	图示	 <p>图6-4 确定汇水区面积</p>

## 6.1.2 公路工程地形图测绘规定

### 1. 一般规定

公路工程地形图测绘一般规定见表6-3。

表6-3 公路工程地形图测绘一般规定

序号	一般规定
1	地形图的基本等高距应符合表6-4的规定,等高距的选择应能反映测量区域地形、地貌的形态特征,保持图面清晰、标图方便。当地形比较平坦,采用表中所列等高距表示地形等高线太稀疏,不能很好地表达地形变化时,可加入间曲线
2	地形图的图式应符合国家测绘局制定的现行地形图图式的规定。对图式中没有规定符号的地物、地貌符号,应制定补充规定,并应在技术报告中注明
3	公路工程地形图测绘可采用电子速测仪机助成图法、摄影测量、大平板仪测绘法、经纬仪小平板联测法、GPS-RTK等方法
4	地形图图上地物点相对于邻近图根点的平面位置中误差应符合表6-5的规定;等高线插求点相对于邻近图根点的高程中误差应符合表6-6的规定
5	地形图原图制作时宜选用厚度为0.07~0.10mm、热处理后伸缩率小于0.04%的聚酯薄膜
6	地形图中图廓格网线绘制和控制点的展绘误差不应大于0.2mm。图廓格网的对角线、图根点间的长度误差不应大于0.3mm
7	地形图应进行内业检查、野外巡视及实测检查,实测检查量不应少于测图工作量的10%

表6-4 地形图基本等高距

地形类别	不同比例尺的基本等高距/m			
	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
平原	0.5	0.5	1.0	1.0
微丘	0.5	1.0	1.0	2.0
重丘	1.0	1.0	2.0	5.0
山岭	1.0	2.0	2.0	5.0

表 6-5 图上地物点的点位中误差

重要地物/mm	一般地物/mm	水下地物/mm		
		1:500	1:1000	1:2000
$\leq \pm 0.6$	$\leq \pm 0.8$	$\leq \pm 2.0$	$\leq \pm 1.2$	$\leq \pm 1.0$

表 6-6 等高线插值的高程中误差

地形类别	平原	微丘	重丘	山岭	水下
高程中误差	$\leq (1/3)H_d$	$\leq (1/2)H_d$	$\leq (2/3)H_d$	$\leq H_d$	$\leq 1.2H_d$

注：① 高程注记点的精度按表中 0.7 倍执行；

②  $H_d$  为基本等高距。

## 2. 测图比例尺的确定

测图比例尺的确定见表 6-7。

表 6-7 测图比例尺的确定

序号	项 目	具体内容
1	基本概念	<p>地形图的比例尺就是图上某一线段的长度 <math>d</math> 与地面上相应线段的水平距离 <math>D</math> 之比，常以分子等于 1 的分数形式表示（即：<math>1/M</math>），<math>M</math> 称为比例尺分母。</p> <p>根据比例尺的定义，在测图时可将实地的水平距离 <math>D</math> 转换为图上长度 <math>d</math>；在用图时也可将图上长度 <math>d</math> 转换为实地上相应的水平距离 <math>D</math>，公式为：</p> $d = D/M \quad \text{或} \quad D = dM \quad (6-7)$
2	地形图按比例尺分类	<p>(1) 大比例尺地形图。通常把 1:500、1:1000、1:2000 和 1:5000 比例尺的地形图，称为大比例尺地形图。公路、铁路、城市规划、水利设施等工程上通常使用大比例尺地形图。</p> <p>(2) 中比例尺地形图。把 1:10000、1:25000、1:50000、1:100000 的地形图称为中比例尺地形图。</p> <p>(3) 小比例尺地形图。常把小于 1:100000 的（如 1:20 万、1:25 万、1:50 万、1:100 万等）地形图称为小比例尺地形图。</p> <p>(4) 1:1 万、1:2.5 万、1:5 万、1:10 万、1:25 万、1:50 万和 1:100 万的比例尺地形图，被确定为国家基本比例尺地形图</p>
3	比例尺精度	<p>人眼在图上能分辨出的最小距离为 0.1 mm，所以，在地形图上 0.1 mm 所代表的地面上的实地距离称为比例尺精度。即：</p> $\text{比例尺精度} = 0.1M(\text{mm})$ <p>比例尺越大，所表示地形变化的状况越详细，精度越高。因此测图比例尺应根据用图的需要来确定，工程常用的几种大比例尺地形图的比例尺精度，如表 6-8 所列</p>
4	测图比例尺的选用	<p>公路工程地形图测图比例尺应根据设计阶段、工程性质及地形、地貌等因素按表 6-9 选用。公路工程地形图比例尺的选择应以满足公路设计各阶段的需要为原则</p>

表 6-8 大比例尺地形图的比例尺精度

比 例 尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
比例尺精度/m	0.05	0.10	0.20	0.50

表 6-9 地形图比例尺的选用

设计阶段或工程性质	比 例 尺	设计阶段或工程性质	比 例 尺
工程可行性研究	1:10000	施工图设计	1:1000、1:2000、1:5000
初步设计、技术设计	1:2000、1:5000	重要工点	1:500

## 3. 地形图的标记

地形图的标记见表 6-10。

表 6-10 地形图的标记

序号	项 目	具体内容																													
1	地形图 标记符号	<p>图廓整饰 地形图的注记符号宜以路线前进方向的左侧正方向为上。地形图的图廓整饰应按图 6-5 执行，除图廓应标注坐标外，还应在测图范围周围和测图范围内适当位置标注坐标</p> <p>图名 一幅地形图的名称（图名），一般用图幅中最具有代表性的地名、景点名、居民地或企事业单位名称命名，图名标在图的上方正中位置，如图 6-5 所示</p> <p>图号 为便于储存、检索和使用地形图，每张地形图除有图名外，还编有一定的图号，图号是该图幅相应分幅方法的编号，图号标在图名和上图廓线之间</p> <p>分幅与编号 地形图的分幅和编号有两种方法：一种是按经纬线划分为梯形分幅并编号；另一种则是按坐标格网划分为正方形与矩形分幅并编号</p>																													
	2	正方形分幅与编号	<p>(1) 在工程建设中，大比例尺地形图按坐标格网划分为正方形图幅，对于 1:5 000 比例尺的地形图为 40 cm × 40 cm，其他比例尺（如 1:2 000、1:1 000、1:500）均采用 50 cm × 50 cm 图幅。以上 4 种比例尺的地形图的图幅大小、实地测图面积等列于表 6-11 中。</p> <p>(2) 正方形图幅是以 1:5 000 图为基础，采用图幅西南角点的坐标千米数编号，纵坐标 <math>x</math> 在前，横坐标 <math>y</math> 在后。如图 6-6 所示，该图幅西南坐标 <math>x = 20\ 000\text{ m}</math>，<math>y = 30\ 000\text{ m}</math>，其 1:5 000 比例尺地形图的编号为：20 - 30</p> <p>(3) 按一幅 1:5 000 图中包含该比例尺图幅数，将一幅 1:5 000 的地形图作四等分，便得到四幅 1:2 000 比例尺的地形图，分别以 I、II、III、IV 表示，图幅中左上角为 I、右上角为 II、左下角为 III、右下角为 IV。图的编号可在 1:5 000 图编号后加上各自的代号 I、II、III、IV 作为 1:2 000 图的编号，如图中左下角打阴影为：20 - 30 - III。依此类推，一幅 1:2 000 图又可分成四幅 1:1 000 图；一幅 1:1 000 图可再分成四幅 1:500 图，其所附加各自的代号均为罗马字 I、II、III、IV。在图 6-6 中，1:1 000 的图幅（打阴影）编号为 20 - 30 - II - I，而 1:500 图幅（打阴影）编号则为 20 - 30 - I - I - I</p>																												
	3	图示	<p>图幅结合表</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>图幅</th> <th>图名(号)</th> <th>密级</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">测图单位</td> <td style="text-align: center;">[Diagram]</td> <td style="text-align: center;">注记说明</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">坐标系、图式、等高距及测图时间说明</td> <td style="text-align: center;">测图及检查人员姓名</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">图 6-5 地形图图廓整饰</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4">20-30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">20-30 I-I-III</td> <td style="text-align: center;">20-30 I-I-II</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">20-30-I-II</td> <td style="text-align: center;">20-30-II-I</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20-30 I-I-III</td> <td style="text-align: center;">20-30 I-I-IV</td> <td style="text-align: center;">20-30-II-II</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">20-30-I-III</td> <td style="text-align: center;">20-30-I-IV</td> <td style="text-align: center;">20-30-II-III</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">20-30-III</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">20-30-IV</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">图 6-6 正方形分幅与编号</p>	图幅	图名(号)	密级	测图单位	[Diagram]	注记说明	坐标系、图式、等高距及测图时间说明		测图及检查人员姓名	20-30				20-30 I-I-III	20-30 I-I-II	20-30-I-II	20-30-II-I	20-30 I-I-III	20-30 I-I-IV	20-30-II-II	20-30-I-III		20-30-I-IV	20-30-II-III	20-30-III		20-30-IV	
	图幅	图名(号)	密级																												
测图单位	[Diagram]	注记说明																													
坐标系、图式、等高距及测图时间说明		测图及检查人员姓名																													
20-30																															
20-30 I-I-III	20-30 I-I-II	20-30-I-II	20-30-II-I																												
20-30 I-I-III	20-30 I-I-IV		20-30-II-II																												
20-30-I-III		20-30-I-IV	20-30-II-III																												
20-30-III		20-30-IV																													

表 6-11 按正方形分幅的不同比例尺图幅

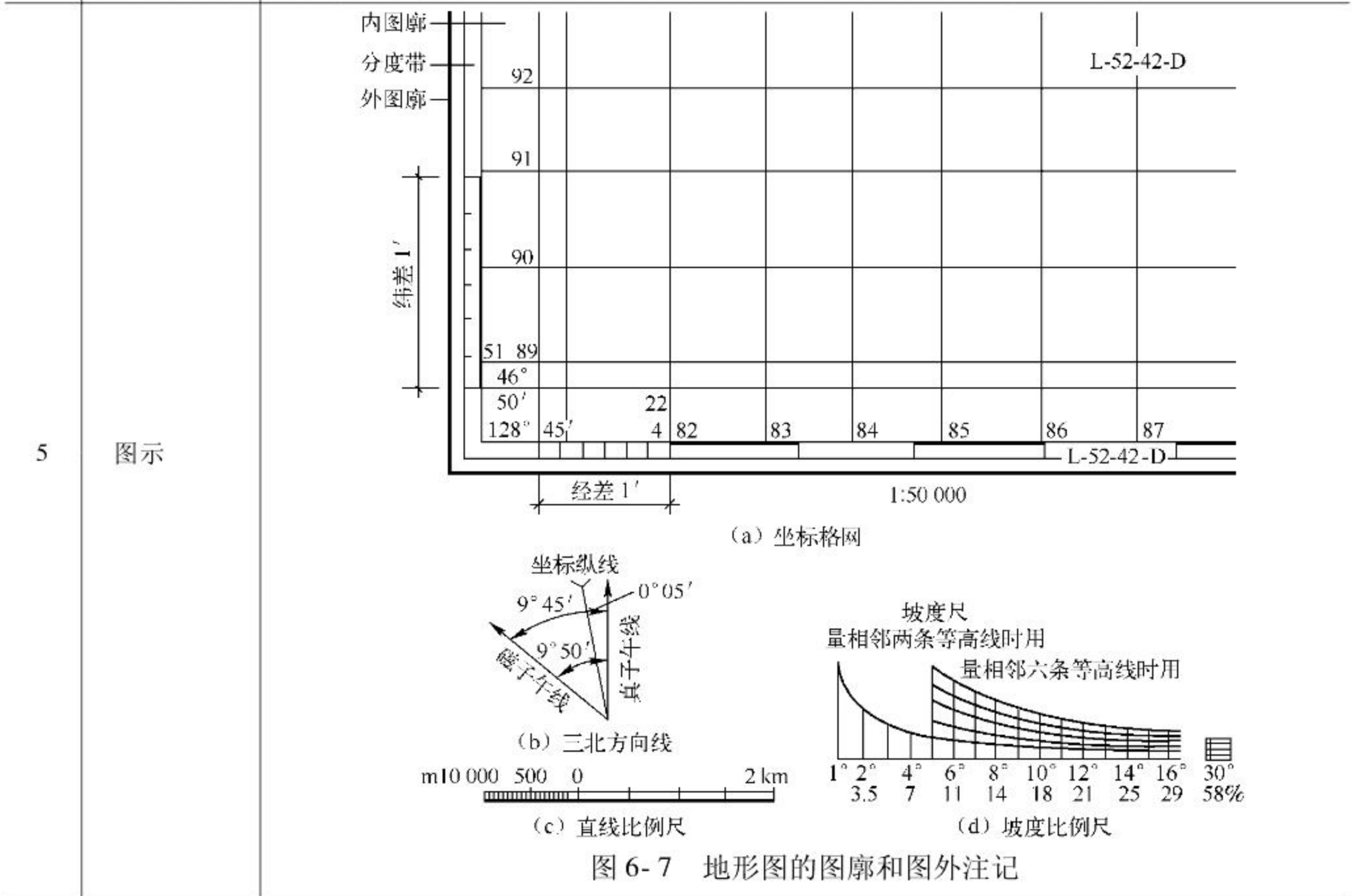
比例尺	图幅大小/cm	图廓边的实地长度/m	图幅实地面积/km <sup>2</sup>	一幅 1:5 000 图中包含该比例尺图幅数(幅)
1:5 000	40 × 40	2 000	4	1
1:2 000	50 × 50	1 000	1	4
1:1 000	50 × 50	500	0.25	16
1:1 500	50 × 50	250	0.062 5	64

4. 地形图图廓、坐标格网和三北方向线

地形图图廓、坐标格网和三北方向线见表 6-12。

表 6-12 地形图图廓、坐标格网和三北方向线

序号	项目	具体内容
1	地形图图廓	地形图都有内、外图廓，内图廓线较细，是图幅的范围线，绘图必须控制在该范围线以内，外图廓线较粗，是对图幅起装饰作用
2	地形图坐标格网	(1) 矩形图幅的内廓线也是坐标格网线，在内外图廓之间和图内绘有坐标格网交点短线，图廓的四角注记有该角点的坐标值。 (2) 梯形图幅的内廓线是经纬线，图廓的四角注有经纬度，内外图廓间还有分图廓。分图廓绘有经差和纬差，用 1' 间隔的黑白分度带表示，只需把分图廓对边相应的分度线连接，就构成了经差、纬差各为 1' 的地理坐标格网。梯形图幅内还有 1 km 的直角坐标格网，称为千米坐标格网。内图廓和分图廓之间注有千米格网坐标值，如图 6-7 (a) 所示
3	三北方向线	在中、小比例尺地形图的下图廓外偏右处，绘有真子午线、磁子午线和坐标纵轴线这三个北方向线之间角度关系图，称为三北方向线。绘制真子午线时应垂直下图廓边，如图 6-7 (b) 所示。该图幅中，磁偏角为 9°50' (西偏)；坐标纵轴线偏于真子午线以西 0°05'；而磁子午线偏于坐标纵线以西 9°45'。利用本关系图，可对图上任一方向的真方位角、磁方位角和坐标方位角三者间作相互换算
4	直线比例尺和坡度比例尺	在下图廓正下方注记测图的数字比例尺。在数字比例尺的下方绘制直线比例尺，如图 6-7 (c) 所示，以便图解距离，消除图纸伸缩的影响。坡度尺的应用如图 6-7 (d) 所示



## 6.2 地形图测量

### 6.2.1 一般规定

地形图测量的一般规定见表 6-13。

表 6-13 地形图测量的一般规定

序号	一般规定
1	地形图野外实测时, 应按下列要求对仪器的设置进行检查: ① 仪器对中误差不应大于图上 0.05 mm; ② 以较远一点标定方向, 其他点进行检核, 检核偏差不应大于图上 0.03 mm; ③ 检查另一测站高程, 其较差不应大于 1/5 基本等高距
2	距离测量可采用视距法或光电测距法。采用视距法时, 视距常数值应在 $100\text{ m} \pm 0.1\text{ m}$ 以内, 最大测距长度应符合表 6-14 的规定; 采用光电测距法时, 测距最大长度应符合表 6-15 的规定
3	采用 GPS-RTK 方法测量地形图时, 应符合以下要求。 (1) 基准站与流动站(测点)应始终保持同步锁定 5 颗以上卫星, 几何精度衰减因子 GDOP 值应小于 6, 流动站至基准站的距离应小于 10 km。 (2) 求解转换参数的高等级控制点应大于 4 个, 并应包含整个作业区间, 均匀分布于作业区域的周围; 流动站至最近的高等级控制点应小于 2 km; 测点不宜外推。 (3) 在作业区间内, 至少应检核 1 个高程控制点, 其检测的坐标差和高程差应符合表 6-5 和表 6-6 的规定

表 6-14 视距法测距最大长度

比例尺	测距最大长度/m	比例尺	测距最大长度/m
1:500	≤80	1:2000	≤200
1:1000	≤120	1:5000	≤300

注: ① 垂直角超过  $\pm 10^\circ$  时, 测距长度应适当缩短;

② 1:500、1:1000 比例尺施测主要地物时, 测距读数应读至 0.1 m。

表 6-15 光电测距法测距最大长度

比例尺	测距最大长度/m	比例尺	测距最大长度/m
1:500	≤240	1:2000	≤600
1:1000	≤360	1:5000	≤900

### 6.2.2 碎部点的选择

碎部点又称地形点, 是指地物和地貌的特征点。碎部点的选择与测图的速度质量有直接的关系。选择碎部点的根据是测图比例尺及测区内地物和地貌的状况。碎部点应选在能反映地物和地貌特征的点上。

地物特征的点为地物的轮廓线和边界线的转折或交叉点。例如, 建筑物、农田等面状地物的棱角点和转角点; 道路、河流等线形地物交叉点; 电线杆、独立树、井盖等点状地物的几何中心等。由于实测中有些地物形状极不规则, 一般规定主要地物凸凹部分在图上若大于 0.4 mm 时均应表示出来; 若小于 0.4 mm 则可用直线连接。

对于地貌其特征点为地性线上的坡度或方向变化点。地性线主要有山脊线(分水线)、山谷线(集水线)、坡缘线(山腰线)、坡麓线(山脚线)及最大坡度线(流水线)等。地

貌的表面都要近似地看成是由各种坡面组成的。只要选择这些地性线和轮廓线上的转折点和棱角点（包括坡度转折点、方向转折点、最高点、最低点及连接相邻等坡段的点），就能把不同走向、坡度随地貌变化的地性线，用等坡度线段测绘出来，以这样的等坡线段勾绘等高线，就能够形象地把地貌描绘到地形图上。

在地面坡度无明显变化处，同样应测绘一定数量的碎部点。由于碎部点到测站点的距离及高差是用视距方法测得，而视距测量的误差是随着距离的增大而增大，所以在进行碎部测量时，碎部点到测站点的最大视距不应超过表 6-16 的规定。

表 6-16 碎部点间距与测距最大长度

测图比例尺	地面上碎部点间距 /m	测距最大长度/m		
		测 记 法	测 绘 法	
			地 物 点	地 形 点
1:500	15	300	60	100
1:1000	30	450	100	150
1:2000	50	700	180	250
1:5000	100	1000	300	350

### 6.2.3 地形图测绘方法

#### 1. 平板仪测图法

平板仪测图法见表 6-17。

表 6-17 平板仪测图法

序号	测绘方法	主要内容
1	小平板仪测图法	<p>小平板仪构造简单，比较轻便，照准器比较小，而且只能用于图解方向，不能测距，所以需要与经纬仪联合进行碎部测量。测图方法如图 6-8 所示</p> <p>(1) 在测站 A 旁约 1~2 m 处选一点 B，将经纬仪安置好，测 AB 距离</p> <p>(2) 整平经纬仪后量取仪器高 <math>i</math>，在 A 点立尺，读取望远镜水平状态下的中丝读数 <math>l</math>，计算出 AB 两点的高差 <math>h_{AB} = l - i</math>，求出 B 点的高程 <math>H_B = H_A + h_{AB}</math></p> <p>(3) 把小平板仪安置于测站 A，经对点、整平、定向后，将照准器靠近 a 点，然后照准经纬仪安置 B 点位置，沿照准器直尺从 a 点量取 AB 的图面距离，定出经纬仪中心 B 点在图上的点位 b</p> <p>(4) 观测时，绘图员和观测员分别用小平板仪的照准仪和经纬仪的望远镜照准碎部点 P，观测员用经纬仪视距法测出 B 点到 P 点的水平距离 <math>D_{BP}</math> 和 P 点的高程 <math>H</math></p> <p>(5) 绘图员根据观测员报出的观测值，以 b 为圆心、以水平距离 <math>D_{BP}</math> 相应地在图上的长度为半径画弧，交照准仪直尺边于 P' 点，则是碎部点 P 在图上的位置，然后把高程值 <math>H_P</math> 注记在点位的右侧，P 点测量完毕，其他碎部点测量法相同</p> <p>(6) 根据所测的碎部点即可描绘地形图</p>
2	大平板仪测图法	<p>(1) 将大平板仪安置在测站上，经对点、整平、定向后，用照准仪直尺边靠近测站点，瞄准各碎部点，沿直尺边画方向线，同时在照准仪望远镜中读出视距间隔、中丝读数和竖直角，计算出水平距离和高差，按测图比例尺用直尺在方向线上截取水平距离，即得到碎部点在图上的平面位置</p> <p>(2) 量取照准仪横轴到测站点的高度，结合测得的高差，计算出碎部点的高程，并标记在碎部点点位旁，即完成一个碎部点的测设，用相同的方法进行其他碎部点的测设</p> <p>(3) 在作业中，必须保证平板定向的正确，一般每测 20~30 个碎部点后要对平板的定向进行一次检查，以免平板被碰撞而造成返工</p>

续表

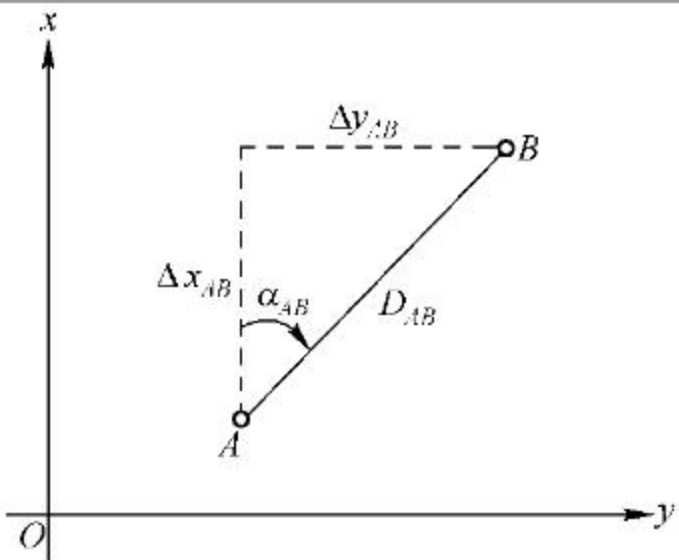
序号	测绘方法	主要内容
3	图示	

图6-8 小平板仪与经纬仪联合测图

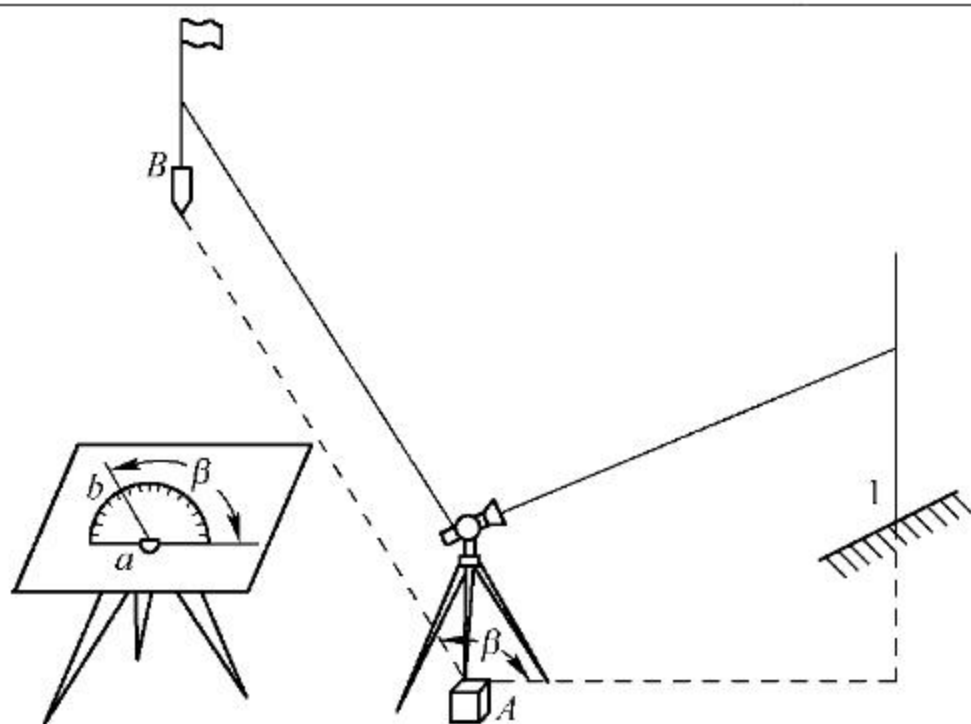
## 2. 经纬仪测图法

经纬仪测图法见表6-18。

表6-18 经纬仪测图法

序号	测绘步骤	主要内容
1	安置仪器	<p>(1) 如图6-9所示, 在测站点A上安置经纬仪(包括对中、整平), 测定竖盘指标差<math>x</math>(一般应小于<math>1'</math>), 量取仪器高<math>i</math>, 设置水平度盘读数为<math>0^{\circ}00'00''</math>, 后视另一控制点B, 则AB称为起始方向, 记入手簿</p> <p>(2) 将图板安置在测站近旁, 目估定向, 以便对照实地绘图。连接图上相应控制点A、B, 并适当延长, 得到图上起始方向线AB。然后, 用小针通过量角器圆心的小孔插在A点, 使量角器原心固定在A点上</p>
2	定向	置水平度盘读数为 $0^{\circ}00'00''$ 并后视另一控制点B, 即起始方向AB的水平度盘读数为 $0^{\circ}00'00''$ (水平度盘的零方向), 此时复测器扳手在上或将度盘变换手轮盖扣紧
3	立尺	立尺员将标尺依次立在地物或地貌特征点上(如图6-9中的1点), 立尺前, 应根据测区范围和实地情况, 立尺员、观测员与测绘员共同商定跑尺路线, 选定立尺点, 做到不漏点、不废点, 同时立尺员在现场应绘制地形点草图, 对各种地物、地貌应分别指定代码, 供绘图员参考
4	观测作业	<p>(1) 跑尺员应与观测员密切配合, 共同商定跑尺路线和范围, 高效率地在碎部点上立尺, 以便于绘图。</p> <p>(2) 观测员用经纬仪照准立于碎部点的标尺, 读取水平盘读数或直接读取水平角、视距间隔、中丝读数、竖盘读数或直接读取竖直角, 分别记录。每次读取竖盘读数以前, 必须保证竖盘指标水准管气泡居中。观测20个左右碎部点后, 应当检查起始方向, 归零差不得大于<math>\pm 1.5'</math></p>
5	展绘碎部点	<p>(1) 绘图员根据记录员及计算出的测站至碎部点的水平角和水平距离, 首先应在半圆仪上找到与所测水平角相等的刻划线, 并将此刻划线与ab方向线重合, 然后根据所测水平距离和测图比例尺在半圆仪直径边上截取测站点至碎部点的图上距离, 即得碎部点在图上的位置。</p> <p>(2) 需要注意的是: 半圆仪上有两排角度值(<math>0^{\circ} \sim 180^{\circ}</math>和<math>180^{\circ} \sim 360^{\circ}</math>), 直径边也可以看成是两个半径边, 在展绘碎部点时, 绘图员面对面方向, 当水平角在<math>0^{\circ} \sim 180^{\circ}</math>之间时, 量取图上距离时采用右半径边, 当水平角在<math>180^{\circ} \sim 360^{\circ}</math>之间时, 量取图上距离时必须采用左半径边。最后将碎部点的高程标注在该点位的右侧, 同时还要避免与地物符号重叠, 也不要注在图廓外</p>

续表

序号	测绘步骤	主要内容
6	图示	 <p>图 6-9 经纬仪测绘法示意图</p>

### 3. 全站仪测绘地形图

全站仪测绘地形图见表 6-19。

表 6-19 全站仪测绘地形图

序号	项 目	主要内容
1	野外采样方法	<p>用全站仪和其他仪器设备作为野外测量工作平台，完成控制测量和测图的数据采集工作，称为野外采样。</p> <p>(1) 数据编码。它是为了实现人机交互，达到有效地组织和利用数据的目的。在数字地形测量中，数据编码的基础是地形码。地形码是地形图图式符号的代码，一般由 3 位数字组成，第 1 位表示图式符号大类，记为 1~9，“0”类可以自定义；第 2、3 位表示图式符号大类中每个符号的序号，记为 1~99，如 101 为图式符号中第一个测量控制点符号的编码</p> <p>(2) 野外采样方案。它决定于野外采样工作平台。野外采样工作平台是野外测量仪器与记录设备组合而成。在这些方案中，采用便携式计算机做记录设备最好，因为它不仅可以记录数据，而且可以显示图形，对采集的数据进行实时编辑，这样仅需采用 3 位地形码，并可避免数据采集中的重测、漏测和错误</p> <p>(3) 野外采样方法。数字地形测量与传统地形测量的本质差别是表达形式不同，传统地形测量是用图解方式表示测量的内容，而数字地形测量是用数字形式来表达测量的内容，但测量的原理是相同的，因而在测量方法上也是相通的</p>
2	控制测量数据自动处理	<p>(1) 观测数据的自动记录与归算。全站仪普遍都具有观测数据的自动记录与归算功能。这类仪器都有一套自动改正系统，用来改正水平度盘偏心、垂直度盘指标差、地球曲率与大气折光，进而有效地保证了所测角度和距离的可靠性。应用这类仪器，只要输入已知数据，就可完成简单的坐标计算、悬高测量和放样测量</p> <p>(2) 单一图形平差计算。该方法是人工输入控制测量数据，运行该图形平差程序，就可获得控制测量成果</p> <p>(3) 图根控制网数据自动处理。图根控制网数据自动处理的基本思想就是把平面测量控制网（如三角网、边角网、导线网及由这几种网形构成的混合网），在网络理论上统一起来，建立网点数据结构，采用网点结构算法，借助严密的条件间接平差模型解算定点平差坐标，从而实现图根控制网从外业数据采集到内业数据处理的转换</p>



续表

序号	项 目	主 要 内 容
3	地形符号自动绘制	<p>(1) 实现地形符号自动绘制的基本条件就是有一个地形符号库。地形符号依平面形状分为独立符号、线状符号和面状符号3类。这3类符号都有定位点：独立符号只有一个定位点，当其外轮廓需依比例表示时，需测定外轮廓定位点；线状符号的定位点一般都在线段的转折点处，若为双平行线符号，则在中心线的转折点处；面状符号的定位点在符号周围边线上的转折点处，内部配置符号的定位点则依图式规定的尺寸计算确定</p> <p>(2) 在此基础上，地形符号的自动绘制原理通常可以描述如下：各种符号以其定位点为暂定基准点，依据图式规定的符号尺寸，计算出符号中每个线段始端点和末端点的坐标增量，或圆、弧的半径，并按线段绘出抬笔、落笔信息，线型信息和色彩信息，每个符号给一个编码，编制成子程序，全部符号子程序组成符号库，并由绘图主程序调用</p>
4	等高线自动绘制	<p>(1) 数字地形模型。数字地形模型通常建立在三维坐标系中，模型总体是一些空间分布点的集合，坐标和高程表示了地面起伏形态。数字地形模型一般分为随机分布模型、格网模型、结构模型和等高线模型4种，在数字地形测量中采用结构模型。结构模型的模型点就是地貌特征点，将模型点按地性线连接起来，就可构成三角形网。构成三角形网时，有两点应注意：①三角形网必须符合实际。地形起伏明显时，地性线便是三角形网的边；地形起伏不明显时，应以寻找等高线走向为目标进行采样和构网。②将断裂线信息和部分地物信息直接参加构网，使断裂线区域和部分地物区域形成禁区</p> <p>(2) 等高线通过点的求得和曲线光滑函数。在三角形网中，应首先判断三角形的各边上是否有等值点。当三角形的边上有等值点时，可以用内插法求得等值点的坐标</p>

## 6.2.4 图根平面控制测量

图根平面控制测量见表6-20。

表6-20 图根平面控制测量

序号	基 本 要 求
1	图根平面控制测量应闭合或附合于路线等级控制点上。当需要加密时，图根控制不宜超过2次附合；条件受限制时，可布设成支导线，支导线的边数不得超过3条
2	图根点相对于邻近等级控制点的点位中误差应不大于所测比例尺地形图上0.1mm，高程中误差应不大于测图基本等高距的1/10
3	图根点宜选在地势较高、视野开阔的地方并应设定标志，相邻点间应相互通视，标志可采用木桩或混凝土标石并编号
4	图根点平面控制测量可采用交会法、导线、GPS-RTK等满足精度要求的方法
5	图根点的密度应根据测图比例尺和地物、地貌复杂程度及测图方法而定。平坦开阔地区若采用大平板仪、小平板仪配合经纬仪测图时，图根点（含基础控制点）密度应符合表6-21的规定。在地物、地貌复杂或隐蔽地区应视其复杂和隐蔽程度适当加大密度；采用全站仪（测距仪）测图的图根点的密度可取表中0.4倍的值，采用GPS-RTK测图的图根点的密度可取表中0.2倍的值
6	交会法的交会角不应小于30°大于150°；前方、侧方交会不应少于3个方向，后方交会不应少于4个方向，两组交会坐标值互差不小于图上0.3mm；交会法的外业测量要求与图根导线相同
7	采用图根导线测量的主要技术要求应符合表6-22的规定
8	图根导线的角度测量应采用经纬仪施测，测回数不少于1测回

续表

序号	基本要求
9	图根导线的边长宜采用光电测距仪施测。采用普通钢尺往、返丈量时,其较差的相对误差应小于 1/3 000;当坡度大于 2%、温度超过钢尺鉴定温度 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 或尺长修正大于 1/10 000 时,应进行相应的坡度、温度、尺长的修正
10	图根导线布设成支导线时,平均边长不应超过测图最大视距长度,边长应往、返丈量,角度应分别测左、右角各 1 测回,其圆周角闭合差不应超过 $40''$
11	用光电测距法测量极坐标点时应采用 2 次测边、测角,坐标较差不得大于 $M/10\ 000\ \text{m}$ ( $M$ 为测图比例尺分母),高程较差不得大于 1/5 基本等高距
12	当解析图根点不能满足测图需要时,可增补少量图解交会点或视距支点作为测站点测图。由图根点上可支出一个视距支点,支点边长不宜大于地形点最大视距长度的 2/3,并应往、返测定,其较差不应大于 1/150
13	采用 GPS - RTK 施测图根点时,应符合以下要求 (1) 基准站选择应符合规定的要求 (2) 基准站与流动站(所求的图根点)应始终保持同步锁定 5 颗以上卫星, GDOP 值应小于 6 (3) 流动站至基准站的距离应小于 5 km (4) 天线高应于测前、测后各量测 1 次, 2 次互差不得超过 3 mm (5) 求解转换参数的高等级点应包含整个作业区间,均匀分布于作业区域的周围,采用的控制点应大于 4 个,流动站至最近的高等级控制点应小于 2 km,图根点不得外推 (6) 在作业区间内,至少应检核 2 个以上的高级控制点,其检测的坐标差和高程差应符合上述第(2)条的规定
14	图根点高程可采用水准测量、光电测距三角高程测量或 GPS - RTK 测量等满足精度要求的各种方法;当基本等高距为 0.5 m 时,应采用水准测量方法
15	采用图根水准测量的主要技术要求应符合表 6-23 的规定
16	当水准路线布设成支线时,应进行往、返观测,其线路长度不应大于 3 km
17	当采用光电测距三角高程测量时,图根高程导线应起闭于高级控制点,其路线长度不得大于图根水准的长度,仪器高、觇标高观测值应取至 1 mm;主要技术指标应符合表 6-24 的规定
18	交会点高差较差应符合表 6-25 的要求
19	光电测距边的加常数、乘常数和气象改正数大于边长的 1/10 000 时,应加入改正
20	图根点计算可采用近似平差方法,角度计算应取位至秒,边长、坐标和高程计算应取位至毫米,最终坐标和高程应取至厘米

表 6-21 视距法测图图根点(含基础控制点)密度

测图比例尺	图根点密度/(点/ $\text{km}^2$ )	测图比例尺	图根点密度/(点/ $\text{km}^2$ )
1:500	$\geq 145$	1:2 000	$\geq 14$
1:1 000	$\geq 45$	1:5 000	$\geq 7$

表 6-22 图根导线测量的主要技术要求

边长测定方法	测图比例尺	导线全长 /m	平均边长 /m	测回数	测角中误差 / (")	方位角闭合差 / (")	导线最大相对闭合差
光电测距	1:500	$\leq 750$	75	$\geq 1$	$\leq \pm 20$	$\leq 40\sqrt{n}$	$\leq 1/4\ 000$
	1:1 000	$\leq 1\ 500$	150				
	1:2 000	$\leq 3\ 000$	300				

续表

边长测定方法	测图比例尺	导线全长/m	平均边长/m	测回数	测角中误差/ (")	方位角闭合差/ (")	导线最大相对闭合差
钢尺量距	1:500	≤500	50	≥1	≤±20	≤40√n	≤1/2 000
	1:1 000	≤1 000	85				
	1:2 000	≤2 000	180				

注：①  $n$  为测站数；

② 组成节点后，节点间或节点与起算点间的长度不得大于表中规定的 0.7 倍；

③ 当导线长度小于表中规定  $1/3$  时，其绝对闭合差不应大于图上 0.3 mm。

表 6-23 图根水准测量的主要技术要求

每千米观测高差全中误差/mm	水准路线长度/km		视线长度/m	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差/mm	
	附和路线或环线	支线长度		附和或闭合路线	支线或与已知点联测	平原、微丘	重丘、山岭
≤±20	≤6	≤3	≤100	往一次	往返各一次	≤40√L	≤2√n

注：①  $L$  为水准路线长度，以 km 计； $n$  为测站数；

② 组成节点后，节点间或节点与高级点间的长度不得大于表中规定的 0.7 倍。

表 6-24 图根三角高程测量的主要技术要求

每千米观测高差全中误差/mm	最大边长/m	垂直角测回数	指标差较差垂直较差/ (")	对向观测高差较差/mm	附和或环线闭合差/mm
≤±20	600	中丝法 ≥2 测回	≤25	≤60√D	≤40√ΣD

注： $D$  为边长，km。

表 6-25 交会点高差较差技术要求

基本等高距/m	高差较差/m	基本等高距/m	高差较差/m
1.0	≤0.3	5.0	≤0.8
2.0	≤0.6		

## 6.3 地形图测绘与数字化

### 6.3.1 一般规定

地形图测绘的一般规定见表 6-26。

表 6-26 地形图测绘的一般规定

序号	项 目	一般规定
1	成图方法	实测公路工程地形图可选用测记法、测绘法等成图方法，测绘时应符合以下要求 (1) 采用测记法时应绘制草图，并对各种地物、地貌特征赋予唯一代码，测站上，宜按地物分类顺序施测；测量碎部点时，角度读数应精确至 1'，归零检查不宜大于 1.5' (2) 采用测绘法时，其绘图尺尺长误差不应超过 ±0.2 mm，量角器半径不应小于 0.1 m，偏心差不应大于 0.2 mm

续表

序号	项 目	一 般 规 定
2	高程注记点分布	<p>(1) 地形图上高程注记点应分布均匀, 其间距宜符合表 6-27 的规定</p> <p>(2) 山顶、鞍部、山脊、山脚、谷底、谷口、沟底、沟口、凹地、台地、河川湖池岸旁、水涯线上及地物、地貌方向和坡度变换处, 应测注高程注记点</p> <p>(3) 基本等高距为 0.5 m 时, 高程注记点应注至 0.01 m; 基本等高距大于 0.5 m 时, 注至 0.1 m</p>
3	标示方法	<p>地形图应标示各类地物、地貌要素及各类控制点, 标注各类名称。地物、地貌各项要素的标示方法和取舍应符合现行国家测绘局制定的图式外, 还应充分考虑公路工程的专业特点, 满足设计及施工对于地形图的需要。具体要求如下</p> <p>(1) 各种比例尺地形图上均应展绘或测出各等级平面控制点(包括天文点、三角点、小三角点、GPS 点、图根点及相应等级的导线点)和水准点, 并按规定符号表示</p> <p>(2) 各种比例尺地形图上应测绘各类管线及附属设施。高压线应实测其塔架或电杆位置并注明电压值, 与设计公路相交时, 还应测注交叉点与地面的垂直距离; 低压线和通信线应详细测绘</p> <p>(3) 交通及其附属设施应按实际形状测绘。公路应标注路面类型, 实测里程碑并注明里程数; 铁路应标注轨面高程, 曲线段应标注外轨面高程。铁路与公路应在图上分别每隔约 10 cm (山区公路 5 cm)、地形变化处、桥隧构造物处测注高程; 人行小道可视需要测绘。各类道路(铁路除外)通过城镇或街区式居民地的路段, 均以街道表示, 街道上面积大于 10 m<sup>2</sup>的安全岛、花坛、街心公园, 宽度 1 m 以上的绿化带和隔离栏等均应表示。次要街道两侧的房屋、垣栅等各类地物已形成街道时, 可不绘街道线</p> <p>(4) 各类建筑物、构筑物及其主要附属设施应进行测绘。1:500、1:1000、1:2000 的测图, 居民区房屋应详细测绘, 房屋应加注层数及建筑材料; 建筑物、构筑物轮廓凸凹在图上小于 0.5 mm 时, 可用直线连接。独立地物能按比例尺表示的应实测外轮廓, 内填绘图符号; 不能按比例尺表示的, 应准确表示其定位点或定位线</p> <p>(5) 水系及其附属物应按实际形状测绘。海洋应测绘海岸位置, 海岸线按当地多年大潮、高潮所形成的实际痕迹施测, 并测注水面高程及日期; 当河流、沟渠、池塘、湖泊、运河、水库水涯线与岸边线的水平投影距离在图上大于 1 mm (含) 时应分别绘出, 小于 1 mm 时以岸边线绘出轮廓线, 可不绘水涯线。水渠应测注水渠底及渠顶边的高程; 堤坝测注顶部及坡脚高程; 水井测注井台高程; 水塘应测注塘顶边高程; 河沟、水渠在地形图上的宽度小于 2 mm 时, 可用单线表示</p>
4	地貌应用	<p>地貌应用等高线配合地貌符号和高程注记点表示, 并应符合以下要求</p> <p>(1) 崩崖、陡岸应沿其边缘以相应符号测绘于图上</p> <p>(2) 冲沟的图上宽度在 0.5 mm (1:500 和 1:1000 比例尺为 1.0 mm) 以内时应以单线绘出, 超过时以双线描绘, 其宽度达到上述规定 2 倍以上时以陡崖符号表示; 图上宽度大于 5 mm (1:5000 比例尺为 3 mm) 时, 其底部应加绘等高线并适当测注高程</p> <p>(3) 坡度在 70° 以内石山应以等高线配合露岩地符号表示; 坡度在 70° 以上时以陡石山符号表示, 并适当测注上、下高程。70° 以下斜坡在图上投影宽度大于 2 mm 时, 应实测坡脚</p> <p>(4) 梯田应以等高线配合梯田坎表示, 两坎间距在图上小于 5 mm 或坎高小于 1/2 等高距时可进行取舍</p> <p>(5) 独立石、土堆、坑穴、冲沟及陡坎等应测注高程或比高</p> <p>(6) 大片居民地内可不绘等高线</p> <p>(7) 两根计曲线间距在图上小于 1 mm 时, 可只绘计曲线</p> <p>(8) 凡不易判读等高线降坡方向时, 应加绘示坡线</p>
5	各种要素配合	<p>(1) 当两个地物中心重合或接近而难以同时准确表示时, 可将较重要的地物准确表示, 次要地物移位 0.2 mm 或缩小表示; 如两个地物均为较重要地物可缩小或互相同同时移位 0.2 mm 表示</p> <p>(2) 独立地物与房屋、道路、水系等其他地物重合时, 宜中断其他地物符号, 将独立地物完整绘出; 两独立地物相距很近、同时绘出有困难时, 宜将高大、突出的独立地物准确表示, 另一个移位表示, 但应保持其相关位置</p> <p>(3) 悬空在水上的房屋与水涯线重合时, 宜间断水涯线, 将房屋完整绘出</p> <p>(4) 双线道路与房屋、围墙等高出地面的建筑物边线重合时, 宜以建筑物边线代替道路边线</p> <p>(5) 等高线与房屋及其他建筑物、双线道路、路堤、路堑、坑穴、陡坎、斜坡、湖泊、双线河及各种文字、数字注记等相交时均应中断</p>
6	植被测绘	<p>植被的测绘应按其经济价值和面积大小适当取舍, 并应符合以下要求</p> <p>(1) 农业用地应按作物类别进行绘示</p> <p>(2) 地类界与线状地物重合时应绘线状地物符号</p> <p>(3) 水田应测代表性高程, 田埂宽在图上小于 1 mm 时可用单线表示</p> <p>(4) 居民地、厂矿、机关、学校、医院、山岭、水库、河流和道路干线等应按现有的名称注记</p>

表 6-27 地形图上高程注记点间距

比例尺	1:500	1:1 000	1:2 000	1:5 000
高程注记点间距/m	≤15	≤30	≤50	≤100

注：平坦及地形简单地区可放宽至 1.5 倍，地形变化较大的地区应适当加密。

## 6.3.2 控制点的展绘

### 1. 地形图坐标格网的绘制

将控制点展绘在图纸上，首先要精确绘制  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  直角坐标格网。绘制坐标格网可用直角坐标展点仪、坐标格网尺等专用工具，见表 6-28。

表 6-28 地形图坐标格网的绘制

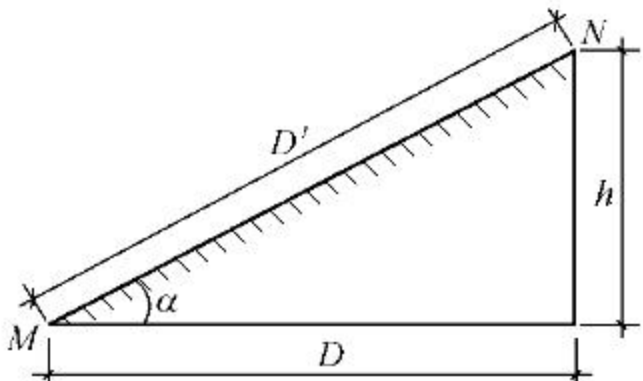
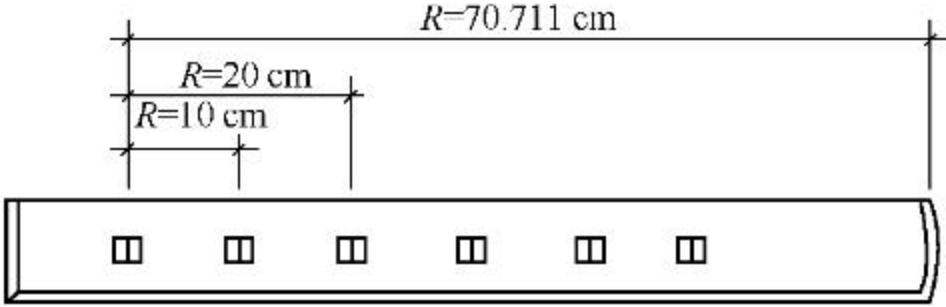
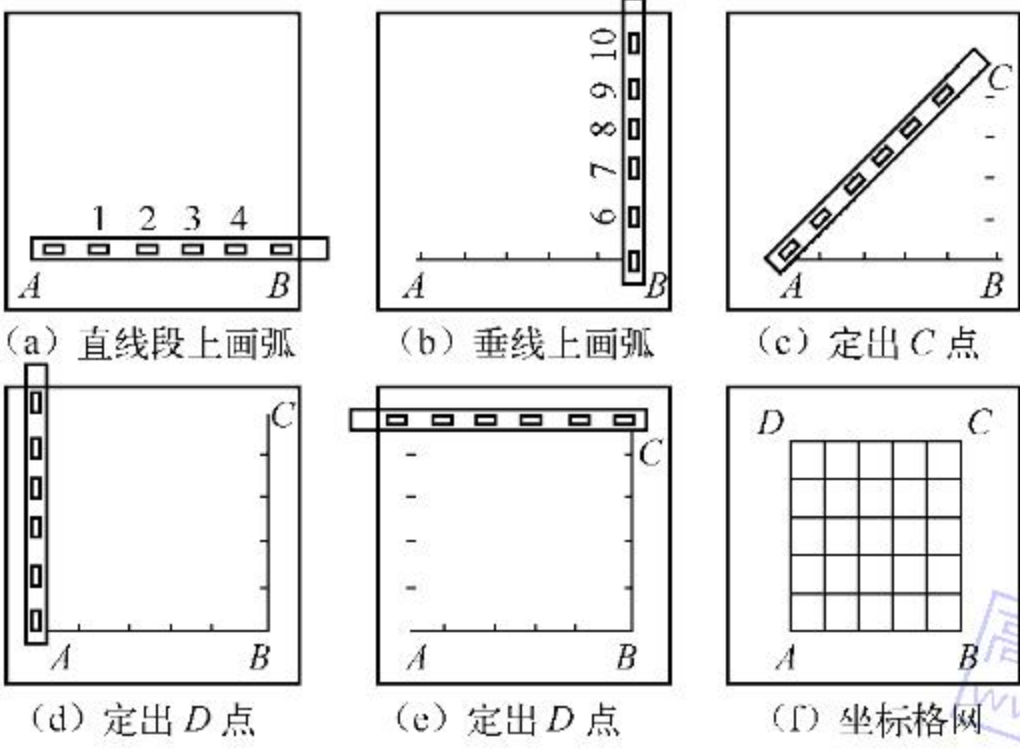
序号	项 目	主要内容
1	地形图 图纸选用	<p>(1) 《公路勘测规范》(JTG C10—2007) 规定公路工程地形图，原图制作时宜选用厚度为 <math>0.07 \sim 0.10\text{ mm}</math>，热处理后伸缩率小于 <math>0.04\%</math> 的聚酯薄膜。这种薄膜伸缩性小，透明度好、不怕潮湿、不易被虫蛀，易于携带和保存，着墨后还可直接晒蓝和制版，但聚酯薄膜图纸易燃、有折痕后不易消除，所以在测图、使用和保管时应加以注意</p> <p>(2) 为了测绘、保管和使用上的方便，地形图使用的图纸图幅尺寸常采用 <math>50\text{ cm} \times 50\text{ cm}</math>、<math>40\text{ cm} \times 40\text{ cm}</math> 和 <math>40\text{ cm} \times 50\text{ cm}</math> 等几种图纸</p>
2	直尺对角线 绘制法	<p>采用直尺对角线法绘制坐标格网(图 6-10)时，应按以下步骤执行</p> <p>(1) 在购置的图纸上，用铅笔较轻地绘制两条对角线，两线交点为 <math>M</math></p> <p>(2) 由交点 <math>M</math> 以适当长度(可按图幅尺寸估计)在对角线上截取等距的 <math>A</math>、<math>B</math>、<math>C</math>、<math>D</math> 四点</p> <p>(3) 用直线连接 <math>A</math>、<math>B</math>、<math>C</math>、<math>D</math> 四点得到一个矩形</p> <p>(4) 从 <math>A</math>、<math>D</math> 两点起分别沿 <math>AB</math>、<math>DC</math> 方向，每隔 <math>10\text{ cm}</math> 准确定一点；从 <math>A</math>、<math>B</math> 两点起沿 <math>AD</math>、<math>BC</math> 方向每隔 <math>10\text{ cm}</math> 准确地定一点。连接对边的对应点，即可绘出坐标格网</p>
3	坐标格网尺 绘制法	<p>坐标格网尺是一只金属直尺，尺上有 6 个方孔，每隔 <math>10\text{ cm}</math> 为一孔，每孔左侧为斜面，左端孔斜面上刻有零点指示线，其余各孔和尺子末端边缘都以零点为圆心，以图上注记的尺寸为半径的圆弧，分别用于量取图廓的边长和对角线，如图 6-11 所示。以 <math>50\text{ cm} \times 50\text{ cm}</math> 图幅为例，介绍用坐标格网尺绘制坐标格网的步骤，如图 6-12 所示</p> <p>(1) 在图纸下边缘处画一直线作为图廓的下边线</p> <p>(2) 将格网尺置于直线上，使尺上各孔斜边中心通过该直线，并使零点孔(尺左侧第 1 孔)和 <math>50\text{ cm}</math> 孔(尺左侧第 5 孔)大致居图纸中央</p> <p>(3) 用铅笔沿各孔边缘画弧交于直线为 <math>A</math>、1、2、3、4、<math>B</math> 点，如图 6-12(a) 所示</p> <p>(4) 目估使尺子垂直于 <math>AB</math> 线，并使尺子的零点对准 <math>B</math> 点，再沿各孔画弧线 6、7、8、9、10，如图 6-12(b) 所示</p> <p>(5) 将尺子零点与 <math>A</math> 点对准，使 <math>70.711\text{ cm}</math> (<math>50\text{ cm} \times 50\text{ cm}</math> 图幅的对角线长度) 孔的弧线与弧线 10 相交，定出 <math>C</math> 点</p> <p>(6) 连接 <math>BC</math> 直线，则与弧线 6、7、8、9 相交，定出 6、7、8、9 点，使得到图廓的右边线，如图 6-12(c) 所示</p> <p>(7) 同样把尺子置于图 6-12(d) 和图 6-12(e) 的位置定出相应格网点，得到相应的图廓边界线，再连接对边对应点，就得到一坐标格网，如图 6-12(f) 所示</p>
4	图示	

图 6-10 直尺对角线绘制坐标格网

续表

序号	项 目	主要内容
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 6-11 坐标格网尺</p>
		 <p style="text-align: center;">图 6-12 坐标格网尺法绘制坐标格网</p>

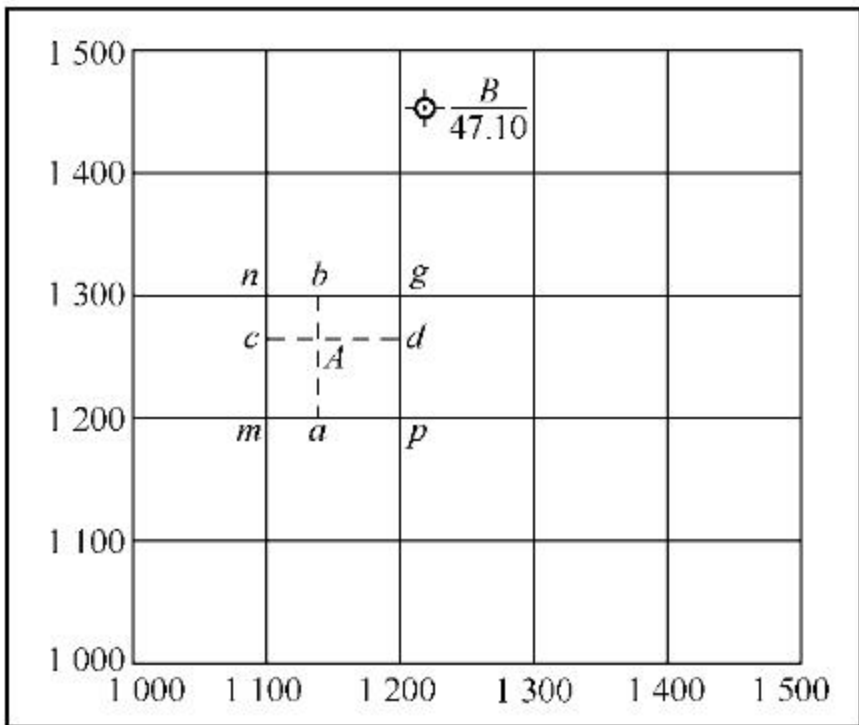
## 2. 展绘控制点的绘制

展绘控制点的绘制见表 6-29。

表 6-29 展绘控制点的绘制

序号	项 目	主要内容
1	控制点展绘方法	<p>(1) 根据测区的大小、范围及控制点的坐标和测图比例尺，对测区分幅，再根据控制点的坐标值展绘图根控制点</p> <p>(2) 展点时，先确定图根点所在方格，如控制点坐标为：<math>x = 1\ 268.14\ \text{m}</math>、<math>y = 1\ 134.63\ \text{m}</math>，经测可确定它所在的方格为 <math>mngp</math>，如图 6-13 所示，再根据被展绘的点与 <math>m</math> 点的坐标差定出 <math>a</math>、<math>b</math>、<math>c</math>、<math>d</math>，即从 <math>m</math>、<math>p</math> 点用测图比例尺分别向上量 <math>68.14\ \text{m}</math> 得 <math>c</math>、<math>d</math> 两点，再从 <math>m</math>、<math>n</math> 点分别向右量 <math>34.63\ \text{m}</math> 得 <math>a</math>、<math>b</math> 两点，连接 <math>ab</math> 和 <math>cd</math> 两条线的交点就是要展点的位置。其他控制点也用同样方法展绘在图上</p>
2	控制点精度检查	<p>(1) 控制点展绘结束后，应进行精度检查（即用比例尺在图纸上量取相邻控制点之间的距离），然后和已知的距离比较，其最大误差在图纸上不应超过 <math>0.3\ \text{mm}</math>。否则，控制点应重新展绘，直至满足要求为止</p> <p>(2) 当控制点的平面位置展绘在图纸上后，还应在点的右侧画一短横线，上方注明点号、下方注明点的高程，如图 6-13 的 <math>B</math> 点，这样就完成了测图前的准备工作</p>

续表

序号	项 目	主要内容
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 6-13 控制点的展绘</p>

### 6.3.3 水下地形图测绘

水下地形图的测绘要求见表 6-30。

表 6-30 水下地形图的测绘要求

序号	测绘要求
1	水下地形图测绘的平面和高程控制系统、图幅分幅、等高距应与该测区陆上地形图测绘一致，二者应互相衔接
2	测深仪器适用范围与测深点深度中误差应符合表 6-31 规定
3	测深仪器在测前、测后和测深过程中应进行检定和必要的检校，并用其他测深仪器分别在深、浅水处校核水深
4	测深点的布测可采用断面或散点形式；测深线间距和测深点点距应符合表 6-32 和表 6-33 规定；点位精度应符合表 6-5 和表 6-6 的规定
5	<p>(1) 水面的高程可直接测定或设置临时水尺测定，较宽的水域应于两岸设置临时水尺。水尺的位置与数量应能控制整个测区水位的瞬时变化；水尺零点高程或水面高程应以五等以上水准测量的精度测定；水尺应经常检查有无倾斜，发现倾斜应立即校正并校核高程</p> <p>(2) 水深与水位应同步观测，内陆水域观测次数应根据水位变化速度确定，2 次观测时间内水位变化应小于 0.1 m，内河水位平稳时每日应至少观测 1 次；水位变化缓慢时，每日测深开始和结束后各测 1 次；变化较大或出现缓慢峰谷时每日宜观测 4 次，洪水期或水位变化急剧时宜每整小时观测 1 次，潮河段宜每整小时观测 1 次，海域宜每隔 10 min 观测 1 次</p>
6	采用 GPS - RTK 方法进行平面位置定位时，应按相关规定执行

表 6-31 测深仪器适用范围与测深点深度中误差

水深范围/m	测深仪器	测深点深度中误差/m
0 ~ 5	宜用测深杆（流速小于 1 m/s）	$\leq \pm 0.10$
2 ~ 10 0 ~ 10	测深仪（流速小于 1 m/s） 测深锤	$\leq \pm 0.15$
10 ~ 20	测深仪（流速小于 0.5 m/s） 测深锤	$\leq \pm 0.20$
20 以上	测深仪（测船晃动角度不大于 4°） 测深锤	$\leq \pm 0.01H$

注：H 为水深值。

表 6-32 航道测量图上测深线间距

测量项目	重点水域	一般水域	检查测量
图上测深线间距/cm	1.0~1.5	1.5~2.0	1.0~1.5

表 6-33 断面线上测深点图上最大间距

测量项目	测量仪器	测深仪/cm	测深杆或测深锤/cm
大桥、特大桥重点水域断面		1.0	1.0
大桥、特大桥一般水域断面		1.0~1.5	1.0
一般断面		3.5~4.0	1.5

### 6.3.4 公路工程地形图数字化

地形图数字化可采用手扶跟踪、扫描矢量化方法进行,也可采用测记法在野外直接进行数字测图。

#### 1. 地形图数据分层

地形图数据的分层应根据所采集的图形数据按地形图要素的类别进行。具体分层可参照表 6-34 执行。地物标识、地貌属性的特征代码设计应与图式编号一致,并具有实用性、通用性、可扩展性。

表 6-34 地形图数据分层

层名	层号	缩写	几何特征
内、外图廓及整饰	0	NET1	点、线(弧段)
方格网	1	NET2	线(弧段)
测量控制点	2	CON	点
居民地和垣栅(面)	3	RES1	多边形
居民地和垣栅(点、线)	4	RES2	点、弧段
工矿建(构)筑物及其他设施(面)	5	IND1	多边形
工矿建(构)筑物及其他设施(点、线)	6	IND2	点、线(弧段)
交通及附属设施(面)	7	TRA1	多边形
交通及附属设施(点、线)	8	TRA2	点、线(弧段)
管线及附属设施	9	PIP	点、线(多边形)
水系及附属设施(面、线)	10	HYD1	多边形、线(弧段)
水系及附属设施(点)	11	HYD2	点
境界	12	BOU	多边形
地貌和土质(面)	13	TER1	多边形
地貌和土质(点、线)	14	TER2	点、线(弧段)
植被(面)	15	VEC1	多边形
植被(点、线)	16	VEC2	点、线(弧段)
地名注记(定位点)	17	ANO	点
说明注记(定位点)	18	ANN	点
公路设计要素	19	DES	点、线(弧段)

#### 2. 原图数字化采集数据

原图数字化采集数据见表 6-35。



表 6-35 原图数字化采集数据

序号	基本要求
1	薄膜、刻膜、纸质等地形原图应清晰、平整、无褶皱，图纸的变形应满足用图要求
2	数据采集预处理应符合下列规定 (1) 检查工作底图的接边情况、线状要素的连续性、面状地物是否闭合及等高线是否连续、相接等 (2) 应添补不完整的画线 (3) 应增补重要地物，删除已废除和消失的地物符号 (4) 对于图上不便于区分的要素类别和属性应在预处理图上予以标识
3	图纸定向应符合下列规定 (1) 图纸定向应不少于4点，定向点应分布均匀、合理，并宜选用图廓坐标或方格网点作为定向点 (2) 图纸定向后，应选择若干方格网点作为检查点，其数字化坐标值与理论坐标值差应不超过图上 $\pm 0.3\text{ mm}$ ，超限时应检查原因或重新定向
4	图纸扫描应符合下列规定 (1) 地形图扫描图像应不含明显噪声、二值性数据；并保证图面信息量及影像范围内图廓线清晰、完整 (2) 扫描图纠正应采集图廓点、公里格网交点的栅格坐标，并根据其坐标值将栅格坐标转换成平面直角坐标，纠正对点误差应小于 $0.1\text{ mm}$
5	数据采集应符合下列规定 (1) 数据采集应按表 6-33 规定进行分层 (2) 采集点的点位误差应小于 $0.1\text{ mm}$ 。采集线状要素或面状要素边界坐标时，应根据曲率大小调整采点步距，步距以 $0.3\sim 1.0\text{ mm}$ 为宜 (3) 内图廓线、坐标网格应采用理论值生成，等级平面控制点应采用实测坐标生成 (4) 线状要素应按实线数字化并保持其连续性，在线状目标与线状目标或与面状目标相交或重叠处附近，应将线状目标或面状目标分段进行采集 (5) 具有多重属性的公共边应只数字化一次，存放在其主属性所属的层中，其分类代码为主属性的代码，该公共边在次属性层中的位置信息应采用复制的方法生成

### 3. 地形图数字化成果检查

地形图数字化成果检查见表 6-36。

表 6-36 公路工程地形图数字化成果质量的检查内容

序号	检查内容	序号	检查内容
1	文件及控制信息完整、正确	5	分层是否正确
2	图幅定位误差应符合限差规定	6	接边数据修改值是否符合限差规定
3	图内各要素采集是否有错、漏	7	所有注记输入是否正确，指向明确
4	采集点误差是否在限差范围内		

### 6.3.5 地形图测绘资料提交

地形图测绘应提交资料见表 6-37。

表 6-37 地形图测绘应提交资料

序号	提交资料	序号	提交资料
1	技术设计书	5	地形图测量自检报告
2	图根控制测量记录手簿	6	地形图检查验收报告
3	图根控制测量计算书	7	技术总结
4	地形图分幅图		

# 第7章 公路工程中线测量

## 7.1 概 述

### 7.1.1 公路工程测量简介

公路工程测量包括路线勘测设计测量和公路施工测量两大部分，见表7-1。

表7-1 公路工程测量

序号	项 目	具体内容
1	勘测设计测量	
	测量内容	(1) 中线测量。根据确定的定线条件，在实地标定出公路中心线位置 (2) 纵断面测量。测绘公路中线的地面高低起伏状态 (3) 横断面测量。测绘公路中线两侧的地面高低起伏状态 (4) 地形图测量。测绘公路中线附近带状的地形图和局部地区地形图，如重要交叉口、大中型桥址和隧道等地的地形图
	测量分类	我国道路勘测分两阶段勘测和一阶段勘测两种。两阶段勘测，就是对路线进行踏勘测量（初测）和详细测量（定测）；一阶段勘测，则是对路线作一次定测 (1) 初测的基本任务是：在指定范围内布设导线，测量路线各方案的带状地形图和纵断面图，并收集沿线水文、地质等有关资料，为图上定线、编制比较方案等初步设计提供依据 (2) 定测阶段的基本任务是：为解决路线的平、纵、横三个面上的位置问题，也就是在指定的区域内或在批准的方案路线上进行中线测量、纵横断面水准测量及进一步收集有关资料，为路线平面图绘制、纵坡设计、工程量计算等有关施工技术文件的编制提供重要数据
测量任务	公路路线勘测设计测量的主要任务是：为公路的技术设计提供详细、准确的测量资料，使其设计合理、经济、适用。新建或改建公路之前，为了选择一条合理的线路，必须进行路线勘测设计测量 勘测选线是根据公路的使用任务、性质和等级，合理利用沿途地质、地形条件，选定最佳的路线位置。选线的程序是先在网上选线，然后，再根据网上所选路线，到现场实地勘测选定	
2	公路施工测量	它的主要任务是将公路的设计位置按照设计与施工要求，测设到实地上，为施工提供依据。它又分为公路施工前测量工作和施工过程中测量工作。它的具体内容是在公路施工前和施工中，恢复中线、测设边坡，以及桥涵、隧道等的位置和高程标志，作为施工的依据，以保证工程按图施工。当工程逐项结束后，还应进行竣工验收测量，以检查施工成果是否符合设计要求，并为工程竣工后的使用、养护提供必要的资料

### 7.1.2 公路中线测量的内容和作用

公路中线测量是路线定测阶段中的重要测量部分。公路中线一般是指路线的平面位置，它是由直线和连接直线的曲线（平曲线）组成。因此，公路中线测量的主要内容是：测设中线的起点、终点和中间各交点（JD）与转点（ZD）的位置；测量各转角；中线里程桩和加桩的设置；圆曲线的测设等。见表7-2。

表7-2 公路的中线测量的内容与作用

序号	项 目	具体内容
1	中线测量工作的内容	(1) 准确标定路线, 即钉设路线起终点桩、交点桩及转点桩, 且用小钉标点 (2) 观测路线右角并计算转角, 同时填写测角记录本, 钉出曲线中点方向桩 (3) 隔一定转角数观测磁方位角, 并与计算方位角校核 (4) 观测交点或转点间视距, 并与链距校核 (5) 中线丈量, 同时设置直线上各种加桩 (6) 设置平曲线及各种加桩 (7) 填写直线、曲线、转角一览表 (8) 固定路线, 并填写路线固定表
2	中线测量的作用	中线测量的主要任务是通过直线和曲线的测设, 将道路中线的平面位置测设标定在实地上, 并测定路线的实际里程。其作用体现在以下两个方面 (1) 设计测量 (即勘测): 主要为公路设计提供依据 (2) 施工测量 (即恢复定线): 主要是根据设计资料, 把中线位置重新敷设到地面上, 供施工之用

### 7.1.3 公路中线测量准备与中线敷设

#### 1. 公路中线测量准备

公路中线测量是公路测量主要内容之一, 在测量前应做好组织与准备工作。首先应熟悉设计文件或领会工作内容, 施工测量时要对设计文件进行复核, 已知偏角及半径计算曲线要素、主点里程桩号、交点间距离、直线长度、曲线组合类型等进行复核, 并针对不同的曲线类型及地形采用不同的测设方法; 设计测量时应和选定线组取得联系, 了解选线意图和线形设计原则, 选定半径等, 做好测设前的准备工作。

#### 2. 中线敷设方法与要求

路线中线敷设可采用极坐标法、GPS - RTK 法、链距法、偏角法、支距法等方法进行。高速、一级、二级公路宜采用极坐标法、GPS - RTK 法, 直线段可采用链距法, 但链距长度不应超过 200 m。采用极坐标法、GPS - RTK 方法敷设中线时, 其要求见表 7-3。

表7-3 中线敷设要求

序号	敷 设 要 求
1	中桩钉好后宜测量并记录中桩的平面坐标, 测量值与设计坐标的差值应小于中桩测量的桩位限差
2	可不设置交点桩而一次放出整桩与加桩, 也可只放直、曲线上的控制桩, 其余桩可用链距法测定
3	采用极坐标法时, 测站转移前, 应观测检查前、后相邻控制点间的角度和边长, 角度观测左角一测回, 测得的角度与计算角度互差应满足相应等级的测角精度要求。距离测量一测回, 其值与计算距离之差应满足相应等级的距离测量要求。测站转移后, 应对前一测站所放桩位重放 1~2 个桩点, 桩位精度应满足要求。采用支导线敷设少量中桩时, 支导线的边数不得超过 3 条, 其等级应与路线控制测量等级相同, 观测要求应符合规定, 并应与控制点闭合, 其坐标闭合差应小于 7 cm
4	采用 GPS - RTK 方法时, 求取转换参数采用的控制点应涵盖整个放线段, 采用的控制点应大于 4 个, 流动站至基准站的距离应小于 5 km, 流动站至最近的高等级控制点应小于 2 km。并应利用另外一个控制点进行检查, 检查点的观测坐标与理论值之差应小于桩位检测之差的 0.7 倍。放桩点不宜外推

## 7.2 路线交点与转点的测设

公路路线的各交点 (包括起点和终点), 是详细测设中线的控制点。在定线测量中, 当相

邻两交点互不通视或直线较长时, 需要在其连线上测定一个或几个转点。一般直线上每隔 200 ~ 300 m 设一转点, 在路线与其他道路交叉处和需设置桥、涵等构筑物处, 也要设置转点。

## 7.2.1 路线交点的测设

### 1. 路线交点的测设方法

路线交点测设方法见表 7-4。

表 7-4 路线交点的测设方法

序号	项 目	具体含义
1	测设方法	路线交点的测设可根据地物、导线点和穿线法进行
2	等级较低的公路	交点的测设可采用现场标定的方法, 也就是根据设定的技术标准, 按照设计的要求, 结合现场的地形、地质、水文等条件, 在现场反复比较, 直接标定出道路中线的交点位置
3	高等级或地形复杂、现场标定困难的地区公路	采用在纸上定线的方法, 也就是先在实地布设测图的控制网, 如布设导线, 测绘 1:1 000 或 1:2 000 的地形图, 然后在地形图上选定出路线, 计算出中线桩的坐标, 再到实地去放线

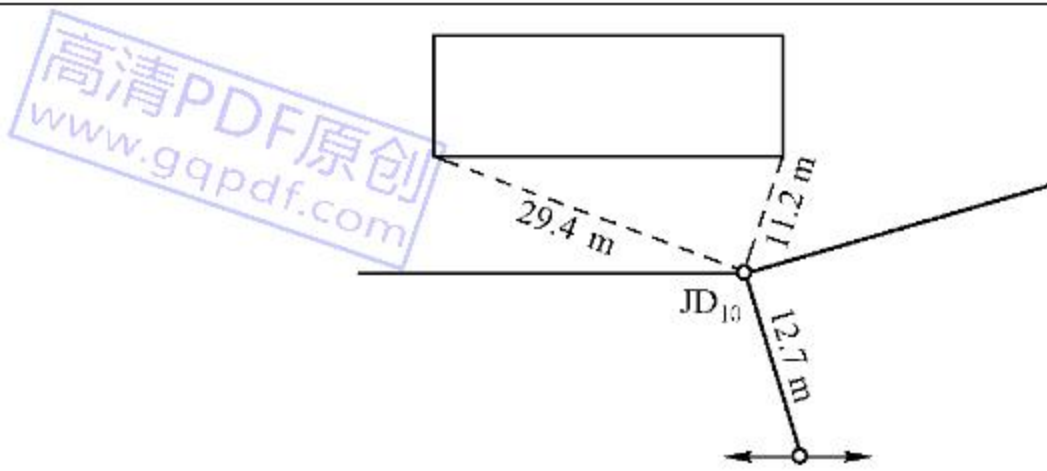
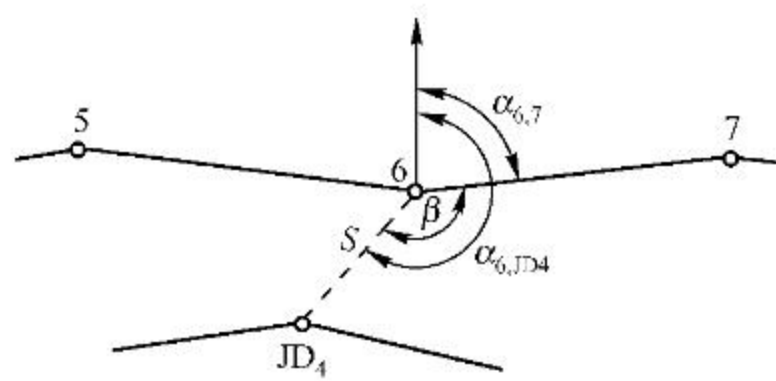
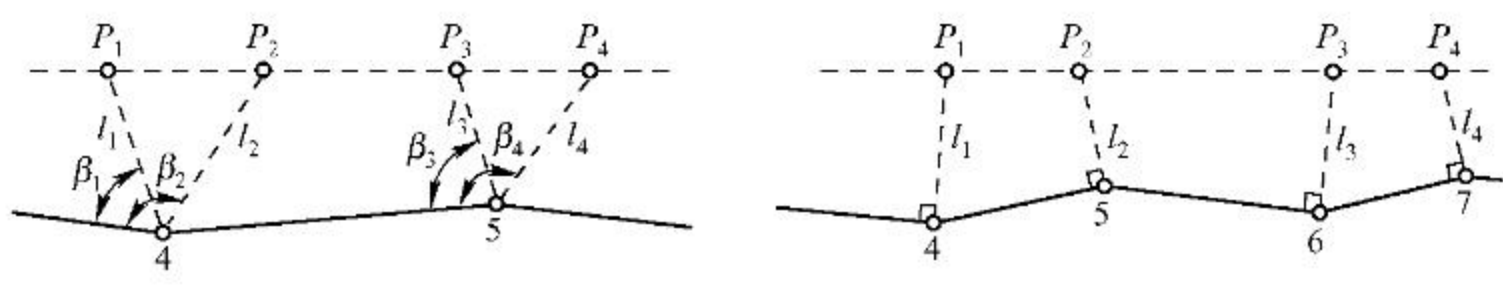
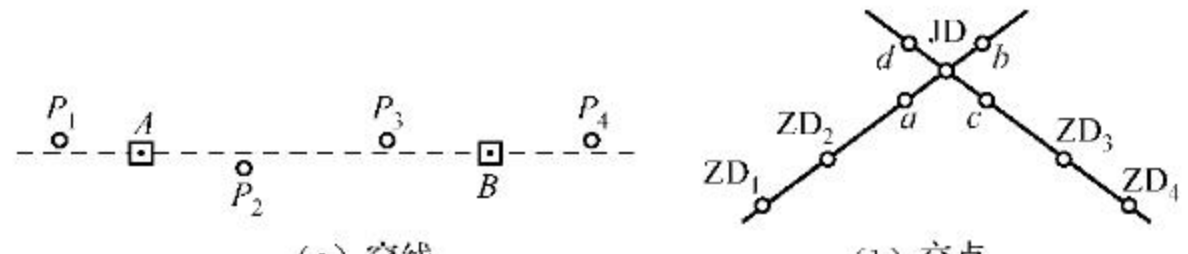
### 2. 路线交点的测设

路线交点的测设见表 7-5。

表 7-5 路线交点的测设

序号	项 目	主要内容
1	根据地物测设交点	如图 7-1 所示, 道路中线交点 $JD_{10}$ 的位置已在地形图上选定。可事先在图上量得该点至两房角和电杆的距离, 在现场用距离交会法测设出 $JD_{10}$ 的位置
2	根据导线点测设交点	如图 7-2 所示, 点 5、点 6、点 7 为导线的控制点, $JD_4$ 为道路中线的交点。事先根据导线点的坐标和交点的设计坐标, 用坐标反算出方位角 $\alpha_{6,7}$ 和 $\alpha_{6,JD4}$ 与距离 $S_{6,JD4}$ , 然后计算出 $\beta = \alpha_{6,JD4} - \alpha_{6,7}$ , 再在现场依据转折角 $\beta$ 和距离 $S_{6,JD4}$ , 按极坐标法测设出交点 $JD_4$ 的位置
3	穿线法测设交点	<p>(1) 穿线法又称穿线交点法, 该法是利用图上道路中线就近的地物点或导线点, 将中线的直线段独立地测设到地面上, 然后将相邻直线延长相交, 标定出地面交点的位置。其程序为放点→穿线→交点</p> <p>(2) 放点常用的方法有极坐标法和支距法, 如图 7-3 所示。按极坐标法放点时, 如图 7-3 (a) 中, <math>P_1</math>、<math>P_2</math>、<math>P_3</math>、<math>P_4</math> 为图上定线的直线段欲放的点, 4、5 为导线点, 用比例尺和量角器分别量出 <math>l_1</math>、<math>l_2</math>、<math>l_3</math>、<math>l_4</math> 和 <math>\beta_1</math>、<math>\beta_2</math>、<math>\beta_3</math>、<math>\beta_4</math> 等放样数据, 并在现场用极坐标法将其点标出。按支距法放点时, 如图 7-3 (b) 中, <math>P_1</math>、<math>P_2</math>、<math>P_3</math>、<math>P_4</math> 为图上定线的某直线段欲放的点, 4、5、6、7 为导线点, 在图上自导线点作导线边垂线分别与中线相交得点, 用比例尺量取相应的支距 <math>l_1</math>、<math>l_2</math>、<math>l_3</math>、<math>l_4</math>, 然后在现场以相应导线点为垂足, 设定垂线方向, 用钢尺量支距, 标定相应的点</p> <p>(3) 放出的点由于图解数据和测设工作都存在着误差, 其各点不在一条直线上, 如图 7-4 (a) 所示, 可根据现场的实际情况, 采用目估法穿线或经纬仪法穿线, 通过比较和选择, 定出一条尽可能多的穿过或靠近临时点的直线 <math>AB</math>, 最后在 <math>A</math>、<math>B</math> 或其方向上选定两个以上的转点桩 <math>ZD_1</math>、<math>ZD_2</math> 等, 这一工作称为穿线。用同样方法测设另一中线上直线段 <math>ZD_3</math> 和 <math>ZD_4</math> 点, 如图 7-4 (b) 所示</p> <p>(4) 当相邻两相交的直线在地面上确定后, 就可进行交点。将经纬仪安置在 <math>ZD_2</math> 瞄准 <math>ZD_1</math>, 倒镜在视线方向上接近交点的概略位置前后打下两个桩 (俗称骑马桩), 采用正倒镜分中法在该两桩上定出 <math>a</math>、<math>b</math> 两点, 并钉以小钉, 挂上细线。同理, 将仪器搬至 <math>ZD_3</math>, 同法定出 <math>c</math>、<math>d</math> 点, 挂上细线, 在两条细线相交处打下木桩, 并钉以小钉, 即可得到交点 <math>JD</math></p>

续表

序号	项 目	主要内容
4	图示	 <p>图 7-1 根据地物测设交点</p>
		 <p>图 7-2 利用导线点测设交点</p>
		 <p>(a) 极坐标法放点 (b) 支距法放点</p> <p>图 7-3 常用放点法</p>
		 <p>(a) 穿线 (b) 交点</p> <p>图 7-4 放点误差与穿线</p>

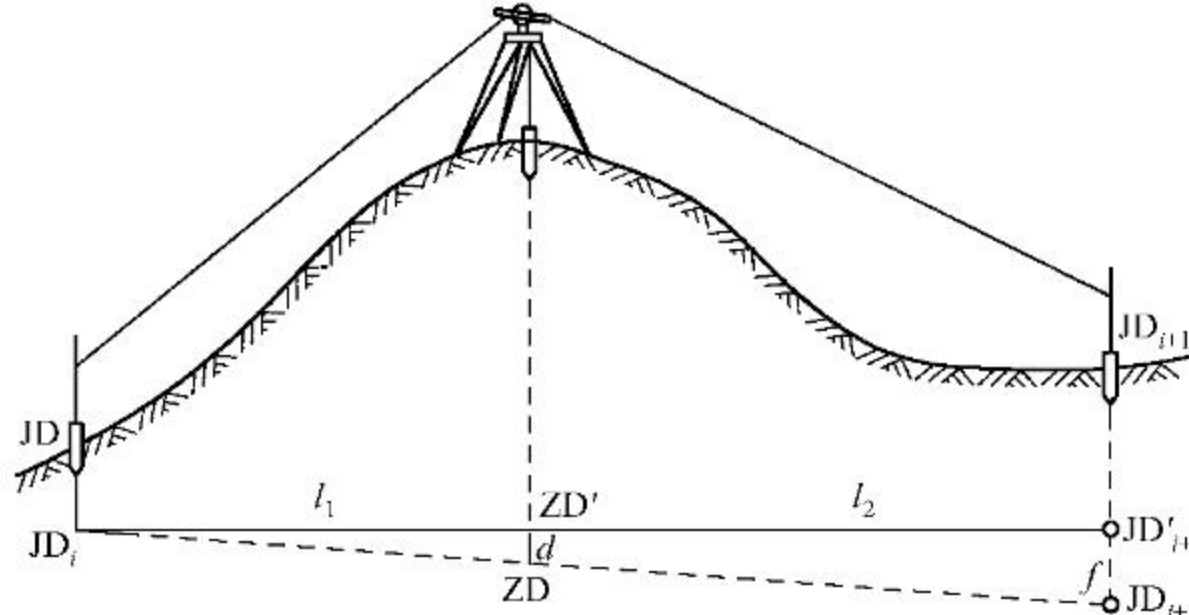
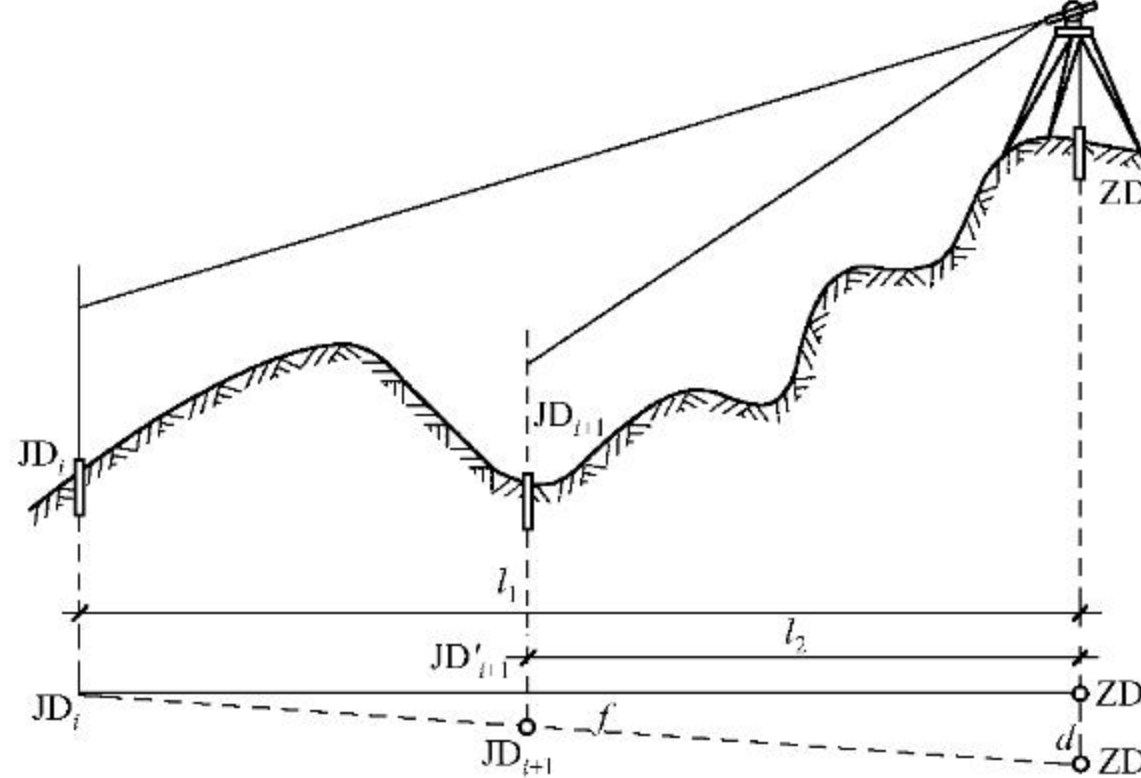
### 7.2.2 路线转点的测设

路线转点的测设见表 7-6。

表 7-6 路线转点的测设

序号	类 型	主要内容
1	在两交点间 设转点	<p>(1) 已知 <math>JD_i</math>、<math>JD_{i+1}</math> 为两相邻交点互不通视, 求在两交点间增设转点 <math>ZD</math>。如图 7-5 所示, 先用花杆穿出 <math>ZD</math> 的粗略位置 <math>ZD'</math>, 将经纬仪置于 <math>ZD'</math>, 用直线延伸法延长 <math>JD_i</math>、<math>ZD'</math> 到 <math>JD'_{i+1}</math>, 量取 <math>JD'_{i+1} \sim JD_{i+1}</math> 距离 <math>f</math>, 并用视距观测 <math>l_1</math>、<math>l_2</math>, 那么 <math>ZD \sim ZD'</math> 的距离为:</p> $d = \frac{l_1}{l_1 + l_2} \cdot f$ <p>(2) 移动 <math>ZD'</math>, 距离为 <math>d</math>, 安置仪器重新测量 <math>f</math>, 直到 <math>f=0</math> 或在容许误差之内, 置仪点即为 <math>ZD</math> 位置, 并用小钉标定。最后检测 <math>ZD</math> 右角是否为 <math>180^\circ</math> 或在容许误差之内</p>

续表

序号	类型	主要内容
2	在两交点延长线上设转点	<p>(1) 已知 <math>JD_i</math>、<math>JD_{i+1}</math> 为两相邻交点互不通视, 求在两交点间的延长线上增设转点 <math>ZD</math>。如图 7-6 所示, 先在两交点的延长线上用花杆穿出转点的粗略位置 <math>ZD'</math>, 将经纬仪安置于 <math>ZD'</math>, 分别用盘左、盘右后视 <math>JD_i</math>, 在 <math>JD_{i+1}</math> 处标出两点分中得 <math>JD'_{i+1}</math>, 量取 <math>JD'_{i+1} \sim JD_{i+1}</math> 距离 <math>f</math>, 并用视距观测 <math>l_1</math>、<math>l_2</math>, 那么 <math>ZD \sim ZD'</math> 的距离为:</p> $d = \frac{l_1}{l_1 - l_2} \cdot f \quad (7-1)$ <p>(2) 横向移动 <math>ZD'</math> 距离为 <math>d</math>, 并安置仪器重新观测且量取 <math>f</math>, 直到 <math>f=0</math> 或在允许误差之内, 置仪点即为 <math>ZD</math> 位置, 并用小钉标定。最后检测 <math>ZD</math> 与两交点的夹角是否为 <math>0^\circ</math> 或在容许误差之内</p>
3	正倒镜投点法测设	<p>(1) 当两交点间距离较远但尚能通视或已有转点需要加密时, 可采用经纬仪直接定线或采用经纬仪正倒镜分中法测设转点</p> <p>(2) 当相邻两交点互不通视时, 如需在两交点间设转点, 可采用正倒镜投点法计算偏差值。横向移动点位即为转点, 如需在延长线上设转点时, 如图 7-5 所示。 <math>JD_8</math>、<math>JD_9</math> 交点互不通视, 可在其延长线上初定转点 <math>ZD'</math>。将经纬仪安置于转点 <math>ZD'</math>, 用正镜瞄准交点 <math>JD_8</math>, 在交点 <math>JD_9</math> 标出一点, 再用倒镜瞄准 <math>JD_8</math>, 在 <math>JD_9</math> 外边标出一点, 取两点的中点得 <math>JD'_9</math>。若交点 <math>JD'_9</math> 与 <math>JD_9</math> 重合或偏差值 <math>f</math> 在容许范围之内, 即可将 <math>JD'_9</math> 代替 <math>JD_9</math> 作为交点, <math>ZD'</math> 即作为转点, 否则应调整 <math>ZD'</math> 的位置。设 <math>e</math> 为 <math>ZD'</math> 横向移动距离, 量出 <math>f</math> 值, 用视距测量测出 <math>a</math>、<math>b</math> 距离, 则 <math>e</math> 值可按下式计算:</p> $e = \frac{a}{a - b} \cdot f \quad (7-2)$ <p>(3) 将 <math>ZD'</math> 按 <math>e</math> 值移到 <math>ZD</math>, 将仪器置于 <math>ZD</math>, 重复上述方法, 直至 <math>f</math> 值小于容许值为止。最后将转点 <math>ZD</math> 用木桩标定在地上</p>
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-5 两交点间设转点</p>
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-6 两交点延长线上设转点</p>

## 7.3 路线转折角的测设

当中线的主点桩设置好后，在路线转折处，为了测设曲线，应测出各交点的转折角（简称转角）。所谓转角，是指路线由一个方向偏转至另一个方向时，偏转后的方向与原方向的夹角。

### 7.3.1 标定直线与修正点位

标定直线与修正点位见表 7-7。

表 7-7 标定直线与修正点位

序号	条 件	主要方法
1	相互通视的交点	如定线测量无误，根本不存在点位修正问题，通常可以直接引用
2	中间有障碍、互不通视的交点	虽然交点间定线时已设立了控制直线方向的转点桩。但由于选线大多采用花杆目测穿直线，实际上未必严格在一条直线上，因此就存在用经纬仪检查与标定直线或修正交点桩位问题。在一般情况下，常将后视交点和中间转点作为固定点，安置仪器于转点处，采用正倒镜分中法，进行检查

### 7.3.2 转折角的测定与计算

转折角的测定与计算见表 7-8。

表 7-8 转折角的测定与计算

序号	项 目	主要内容
1	转折角识别	路线转折角是指后一边的延长线和前 $L$ 边的水平夹角，用 $\alpha$ 来表示。由于中线在交点处转向的不同，转角又有左、右转角之分。在延长线左侧的，称为左转角，如 $\alpha_C$ ；在延长线右侧的，称为右转角，如 $\alpha_B$
2	转折角测定	(1) 在公路高程测量中，很少有直接测定转折角 $\alpha$ 的，而较普遍的测角方法是用测回法测定路线的左角、右角，再用左角、右角来推算路线的转折角 (2) 右角测定是应用测回法观测一个测回，两个半测回角值的较差不超过 $\pm 40''$ ，则取其平均值作为一测回的观测值
3	转折角计算	转角是在路线转向处设置平曲线的必要条件，通常根据 $\beta$ 值计算路线交点处的转角 $\alpha$ 。当 $\beta < 180^\circ$ 时 $\alpha$ 为右转角（路线向右转）；当 $\beta > 180^\circ$ 时 $\alpha$ 为左转角（路线向左转）。左转角和右转角按下式计算：当 $\beta > 180^\circ$ 时， $\alpha_{左} = \beta - 180^\circ$ ；当 $\beta < 180^\circ$ 时， $\alpha_{右} = 180^\circ - \beta$

### 7.3.3 路线桩位的钉设与固定

#### 1. 曲线中点方向桩的钉设

曲线中点方向桩的钉设见表 7-9。

#### 2. 路线控制桩位固定

路线控制桩位固定见表 7-10。

表 7-9 曲线中点方向桩的钉设

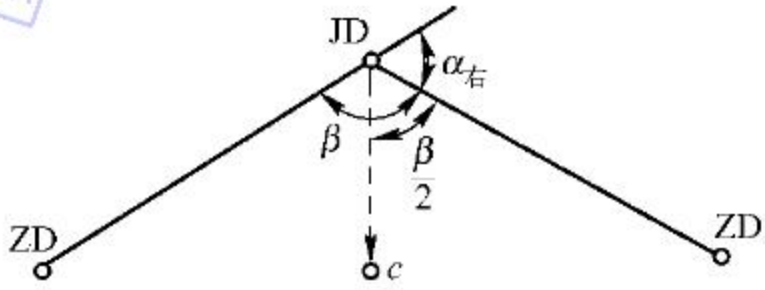
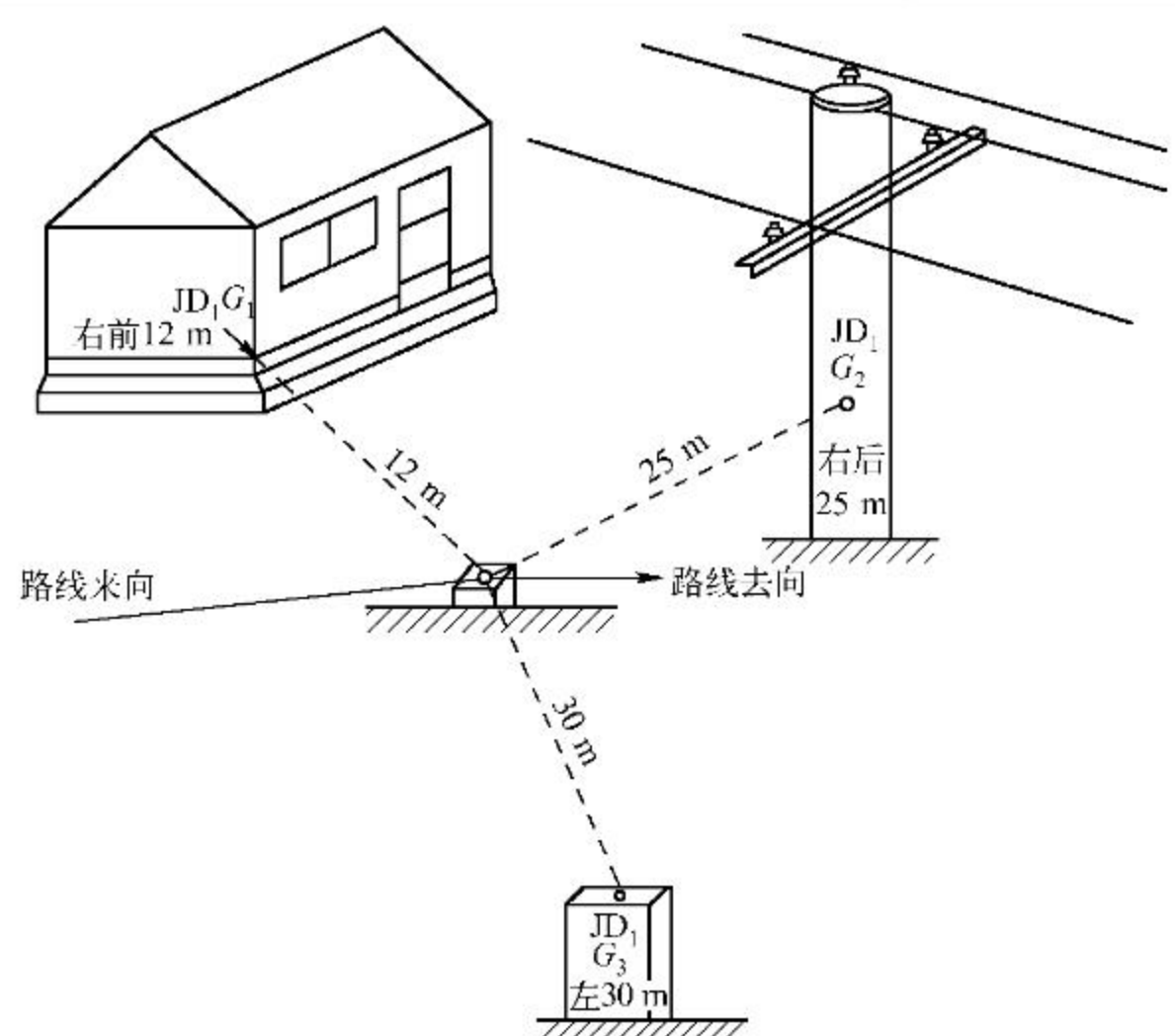
序号	项 目	主要内容
1	钉设方法	为便于中桩组敷设平曲线中点桩，测角组在测角的同时，应将曲线中点方向桩钉设出来，如图 7-7 所示
2		分角线方向桩离交点距离应尽量大于曲线外距，以利于定向插点，一般转角越大，外距也越大
3		用经纬仪定分角线方向时，首先就要计算出分角线方向的水平度盘读数，通常这项工作是紧跟测角之后在测角读数的基础上进行的，根据测得右角的前后视读数，可计算出分角线方向的读数，即： 右转角：分角线方向的水平度盘读数 = $\frac{1}{2}$ （前视读数 + 后视读数） 左转角：分角线方向的水平度盘读数 = $\frac{1}{2}$ （前视读数 + 后视读数） + 180°
4	图示	 <p>图 7-7 标定分角线方向</p>

表 7-10 路线控制桩位固定

序号	项 目	主要内容
1	固定方法	为便于以后施工时恢复路线及放样，对于中线控制桩，如路线起点桩、终点桩、交点桩、转点桩、大中桥位桩及隧道起终点桩等重要桩志，均须妥善固定和保护，防止丢失和破坏
2		桩志固定方法因地制宜地采取埋土堆、垒石堆、设护桩等形式加以固定。在荒坡上也可采取挖平台方法固定桩志。埋土堆、垒石堆顶面为 40 cm × 40 cm 方形或直径为 40 cm、高 50 cm 的圆形；堆顶应钉设标志桩
3		为控制桩位，还应设护桩（也称“检桩”）。护桩方法有距离交会法、方向交会法、导线延长法等，具体采用何种方法应根据实际情况灵活掌握。公路工程测量通常多采用距离交会法定位。护桩一般设 3 个，护桩间夹角不宜小于 60°，以减小交会误差，如图 7-8 所示
4	图示	 <p>图 7-8 距离交会法护桩</p>



### 7.3.4 路线转折角精度检查

为了保证测角精度，需要进行测角成果的检查，就是对路线导线的角度闭合差的检查。若线路两端与国家控制点联系，可按附和导线的形式进行角度闭合差计算与调整。对于等级较低、路线较短的公路路线，可采取分段进行检查见表 7-11。

表 7-11 路线转折角精度检查

序号	检查项目	主要内容
1	视距测量	<p>(1) 路线转折角视距测量的方法有以下两种：一种是利用测距仪或全站仪测，此方法是分别于交点和相邻交点（或转点）上安置棱镜和仪器，采用仪器的距离测量功能，从读数屏可直接读出两点间平距。另一种是利用经纬仪标尺测，它是分别于交点和相邻交点（或转点）上安置经纬仪和标尺（水准尺或塔尺），采用视距测量的方法计算两点间平距。这里应指出的是用测距仪或全站仪测得的平距可用来计算交点桩号，而用经纬仪所测得的平距，只能用作参考来校核中线测设中是否有丢链现象</p> <p>(2) 当交点间距离较远时，为了达到测量精度，可在中间加点采取分段测距方法</p>
2	磁方位角观测与计算方位角校核	<p>观测磁方位角的目的是为了校核测角组测角的精度和展绘平面导线图时检查展线的精度。路线测量规定，每天作业开始与结束必须观测磁方位角，至少一次，以便于根据观测值推算方位角进行校核，其误差不得超过 <math>2^\circ</math>，若超过规定，必须查明发生误差的原因，并及时纠正。若符合要求，则可继续观测</p>

## 7.4 中线里程桩的设置

在路线交点、转点及转角测定后，即可进行实地量距，设置里程桩、标定中线位置。一般使用钢尺或测距仪，根据中线的起点沿中线方向进行实地丈量路线的里程数，然后设置里程桩。

### 7.4.1 里程桩分类

里程桩也称中桩，是从中线起点开始，每隔 20 m 或 50 m（曲线上根据不同的曲线半径，每隔 5 m、10 m 或 20 m）设置一个桩位，见表 7-12。

表 7-12 里程桩分类

序号	分类	具体要求	
1	整桩	整桩是以 10 m、20 m 或 50 m 的整倍数桩号而设置的里程桩，百米桩和公里桩均属整桩	
2	加桩	地形加桩	凡沿中线地形起伏突变处、横向坡度变化处及天然河沟处等所加设置的里程桩称为地形加桩，丈量至米
		地物加桩	沿中线的人工构筑物如桥涵处、路线与其他道路、渠道等交叉处及土壤地质变化处加设的里程桩，称为地物加桩，丈量至米或分米。对于桥、涵等人工构筑物，在写里程桩时要冠上工程名称，如“桥”、“涵”等
		曲线加桩	凡是在曲线主点上设置的里程桩，均称为曲线加桩，如圆曲线中曲线起点、中点、终点等，计算至厘米，设置至分米
		关系加桩	指路线上的转点桩和交点桩，一般丈量至厘米

## 7.4.2 里程桩设置要求

### 1. 里程桩桩距及精度

(1) 路线中桩间距不应大于表 7-13 的规定。

表 7-13 中桩间距

直线/m		曲线/m			
平原、微丘	重丘、山岭	不设超高的曲线	$R > 60$	$30 < R < 60$	$R < 30$
50	25	25	20	10	5

注：表中  $R$  为平曲线半径，m。

(2) 中桩桩位精度应符合表 7-14 的规定。

表 7-14 中桩平面桩位精度

公路等级	中桩位置中误差/cm		桩位检测之差/cm	
	平原、微丘	重丘、山岭	平原、微丘	重丘、山岭
高速公路，一、二级公路	$\leq \pm 5$	$\leq \pm 10$	$\leq 10$	$\leq 20$
三级及三级以下公路	$\leq \pm 10$	$\leq \pm 15$	$\leq 20$	$\leq 30$

(3) 采用链距法、偏角法、支距法等方法测定路线中桩，其闭合差应小于表 7-15 的规定。

表 7-15 距离偏角测量闭合差

公路等级	纵向相对闭合差		横向闭合差/cm		角度闭合差 / (")
	平原、微丘	重丘、山岭	平原、微丘	重丘、山岭	
高速公路，一、二级公路	1/2 000	1/1 000	10	10	60
三级及三级以下公路	1/1 000	1/500	10	15	120

### 2. 中桩高程测量

中桩高程测量见表 7-16。

表 7-16 中桩高程测量

序号	基本要求
1	中桩高程测量可采用水准测量、三角高程测量或 GPS - RTK 方法施测，并应起闭于路线高程控制点
2	高程应测至桩志处的地面，读数取位至厘米，其测量的精度指标应符合表 7-17 的规定
3	采用三角高程测定中桩高程时，每一次距离应观测一测回 2 个读数，垂直角应观测一测回
4	采用 GPS - RTK 方法时，求解转换参数采用的高程控制点不应少于 4 个，且应涵盖整个中桩高程测量区域，流动站至最近高程控制点的距离不应大于 2 km，并应利用另外一个控制点进行检查，检查点的观测高程与理论值之差应小于表 7-17 两次测量之差的 0.7 倍
5	沿线中需要特殊控制的建筑物、管线、铁路轨顶等，应按规定测出其高程，其 2 次测量之差应小于 2 cm

表 7-17 中桩高程测量精度

公路等级	闭合差/mm	两次测量之差/cm
高速公路，一、二级公路	$\leq 30\sqrt{L}$	$\leq 5$
三级及三级以下公路	$\leq 50\sqrt{L}$	$\leq 10$

注： $L$  为高程测量的路线长度，km。

### 3. 加桩的位置设置

路线经过表 7-18 所列位置，应设加桩。

表 7-18 加桩的位置设置

序号	位置设置
1	路线纵、横向地形变化处
2	路线与其他线状物交叉处
3	拆迁建筑物处
4	桥梁、涵洞、隧道等构造物处
5	土质变化及不良地质地段起、终点处
6	道路轮廓及交叉中心
7	省、地（市）、县级行政区划分界处
8	改、扩建公路地形特征点、构造物和路面面层类型变化处

## 7.4.3 里程桩桩号的书写与埋设

### 1. 里程桩桩号书写

里程桩桩号书写见表 7-19。

表 7-19 里程桩桩号书写

序号	书写基本要求
1	各桩编号即用该桩与起点桩的距离来编定的。如某桩的桩号为 K1+800，表示该桩距起点桩 0+000 的距离为 1 800 m
2	各桩的桩号，应用红油漆或黑色油漆书写在朝向起点桩一侧的桩面上。可见，里程桩既表示了中线的位置，也表示距起点的里程
3	<p>里程桩一般应写明名称及桩号 [名称如 JD、ZD、ZH (ZY)、HY 等]，对于交点桩可连续编号，转点桩可连续编号或两交点间编号，中线桩应在桩的背面按 0~9 循环编号，以便按顺序找桩（图 7-9）</p> <p>(1) 交点桩、转点桩、曲线控制桩、公里桩、百米桩等应写出里程号，不得省略</p> <p>(2) 位于岩石或建筑物上的桩号用红油漆绘成或凿成“⊕”符号（直径 5 cm）表示桩位，再在旁边用油漆写明名称、桩号</p> <p>(3) 有比较方案时，应在桩号前冠以“A、B、…”等字样，分离式高速公路或一级公路，当分别按左、右线路讲行测量时，应在桩号前冠以“左、右”的字母“Z、Y”符号，以示区别</p>

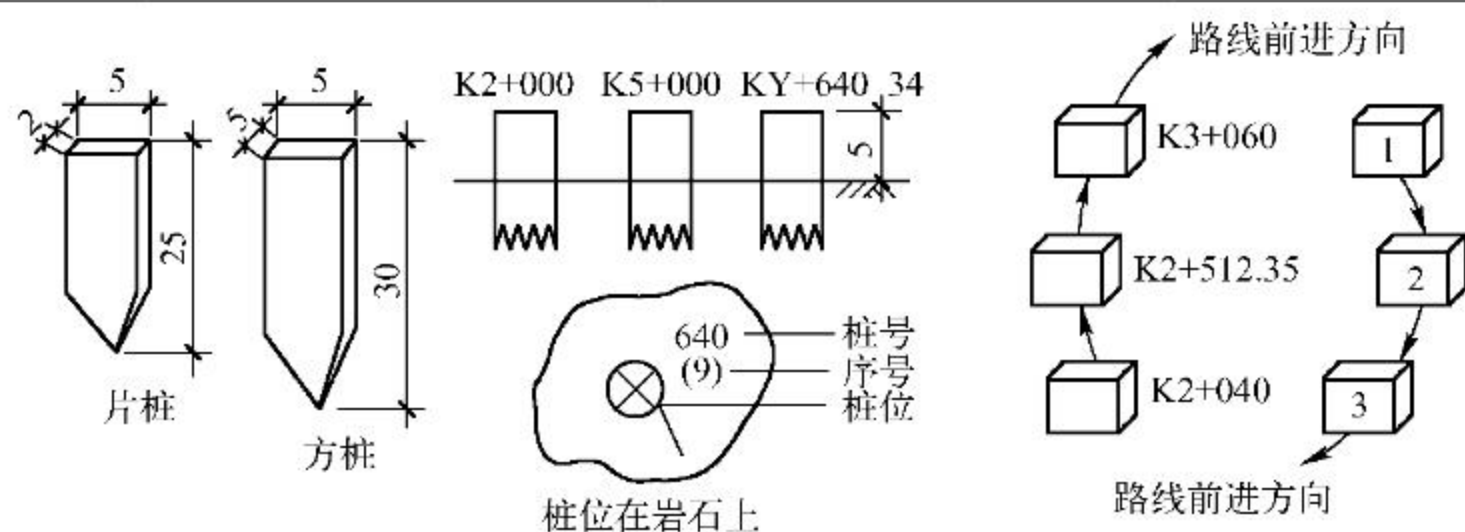


图 7-9 里程桩设置方法（单位：cm）

## 2. 里程桩桩志的埋设

里程桩桩志的埋设见表 7-20。

表 7-20 里程桩桩志的埋设

序号	基本要求
1	路线控制桩一般采用方桩，顶面钉以小钉以示点位，并用混凝土浇筑，也可采用钢筋加混凝土且钢筋顶面锯成“+”字记号。控制桩应打入地下与地面齐平，且加指示桩
2	其他中线桩可采用片桩，且打入地下 15 ~ 25 cm，露出地面 5 ~ 10 cm，方桩与片桩的尺寸如图 7-9 所示
3	对于改建公路原柔性路面上测量或与大车道等交叉时，可用大头铁钉打入与路面齐平，在路肩上或旁边钉设指示桩，注明里程及距桩点的距离，刚性路面可采用红油漆作记号并设指示桩

## 7.4.4 断链处理与路线固定

### 1. 断链处理

断链处理见表 7-21。

表 7-21 断链处理

序号	基本要求
1	对于局部改线、量距或计算出现错误、分段测量中假定起始里程不符而造成全线或全段里程出现的不连续现象称为断链。出现断链时就应立即进行断链处理，断链桩应设在直线段百米整桩号上，有困难时可设在 10 m 整桩号上，不宜设在桥涵、立交、隧道等构造物范围之内，并注明桩号与地面里程的长短关系
2	断链有长链与短链之分，地面里程长于桩号里程称为长链，反之地面里程短于桩号里程为短链。在实际工作中断链要作以下处理： (1) 外业工作中现场钉桩时，在同一地点钉两个桩。一个桩字面面向路线来向，写上来向里程，另一个桩字面面向路线去向，写上去向里程 (2) 内业工作中纵断面图要在断链桩处断开。长链需前后搭接，搭接长度为断链距离，短链需拉开一个断链距离

### 2. 路线固定

路线固定见表 7-22。

表 7-22 路线固定

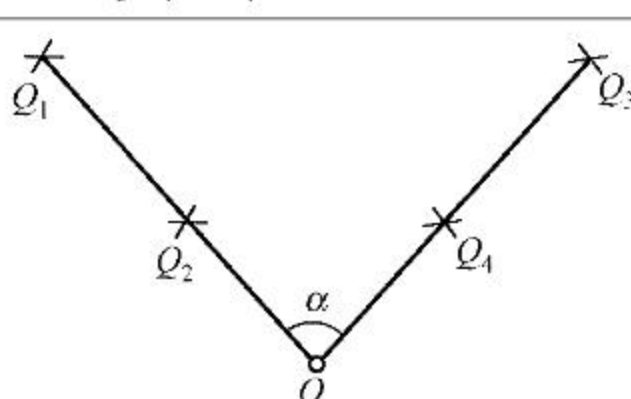
序号	项目	主要内容
1	固定方法	在设计测量时，路线固定通常是采用量固定点与桩志的斜距来固定的，并且固定点不少于 2 个，距离以不超过 30 m 为宜，最后填写路线固定表并画草图，见表 7-23
2		在施工测量时路线固定是采用 2 台经纬仪交会固定，如图 7-10 所示， $O$ 为固定点， $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ 为栓桩点，且 $Q_1Q_2 > 15\text{ m}$ 、 $Q_3Q_4 > 15\text{ m}$ ； $\alpha$ 接近于 $90^\circ$
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-10 路线固定</p>

表 7-23 路线固定表

_____公路_____段			
固定点桩号	固定情况叙述	简图	备 注
1	2	3	4
$JD_{i-1}$	...	...	...
$JD_i$	固定点 1 在西南方向线杆上 22 m; 固定点 2 在东南方向民房上 21 m; 固定点 3 在正北方向大树上 31 m		交点 $i$ 在水泥桩光圆钢筋十字上
$ZD_k$	...		...

## 7.5 圆曲线与缓和曲线的测设

### 7.5.1 圆曲线的测设

#### 1. 圆曲线的测设步骤

圆曲线的测设一般分两步进行：首先测设曲线的主点，称为圆曲线的主点测设，即测设曲线的起点（又称为直圆点，通常以缩写 ZY 表示）、中点（又称为曲中点，通常以缩写 QZ 表示）和曲线的终点（又称为圆直点，通常以缩写 YZ 表示）；然后在已测定的主点之间进行加密，按规定桩距测设曲线上的其他各桩点，称为曲线的详细测设。

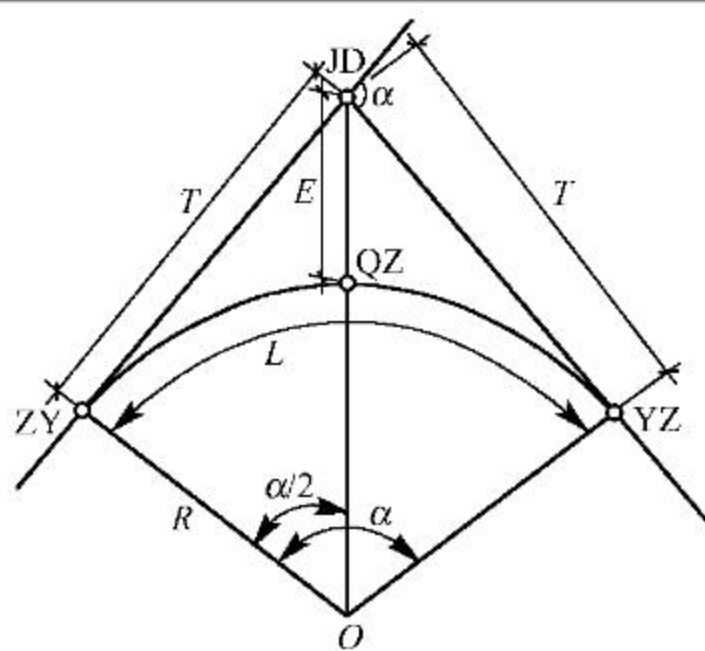
#### 2. 圆曲线的主点测设

圆曲线的主点测设见表 7-24。

表 7-24 圆曲线的主点测设

序 号	项 目	具 体 内 容
1	测设元素计算	<p>如图 7-11 所示，设交点（JD）的转角为 <math>\alpha</math>，假定在此所设的圆曲线半径为 <math>R</math>，则曲线的测设元素切线长 <math>T</math>、曲线长 <math>L</math>、外距 <math>E</math> 和切曲差 <math>D</math>，按下列公式计算：</p> <p>切线长 <math>T = R \tan \frac{\alpha}{2}</math> (7-3)</p> <p>曲线长 <math>L = R\alpha</math>（其中 <math>\alpha</math> 的单位应换算成 rad） (7-4)</p> <p>外距 <math>E = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R = R \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)</math> (7-5)</p> <p>切曲差 <math>D = 2T - L</math> (7-6)</p>
2	主点里程计算	<p>交点（JD）的里程由中线丈量中得到，依据交点的里程和计算的曲线测设元素，即可计算出各主点的里程。由图 7-11 可知：</p> <p>ZY 里程 = JD 里程 - <math>T</math></p> <p>YZ 里程 = ZY 里程 + <math>L</math></p> <p>QZ 里程 = YZ 里程 - <math>L/2</math></p> <p>JD 里程 = QZ 里程 + <math>D/2</math></p>
3	主点测设	<p>圆曲线的测设元素和主点里程计算出后，按下述步骤进行主点测设</p> <p>(1) 曲线起点（ZY）的测设。测设曲线起点时，将仪器置于交点 <math>i</math>（<math>JD_i</math>）上，望远镜照准前一交点 <math>i-1</math>（<math>JD_{i-1}</math>）或此方向上的转点，沿望远镜视线方向量取切线长 <math>T</math>，得曲线起点 ZY，暂时插一测钎标志。然后用钢尺丈量 ZY 至最近一个直线桩的距离，如两桩号之差等于所丈量的距离或相差在容许范围内，即可在测钎处打下 ZY 桩。如超出容许范围，应查明原因，重新测设，以确保桩位的正确性</p> <p>(2) 曲线终点（YZ）的测设。在曲线起点（ZY）的测设完成后，转动望远镜照准前一交点 <math>JD_{i+1}</math> 或此方向上的转点，往返量取切线长 <math>T</math>，得曲线终点（YZ），打下 YZ 桩即可</p> <p>(3) 曲线中点（QZ）的测设。测设曲线中点时，可自交点 <math>i</math>（<math>JD_i</math>），沿分角线方向量取外距 <math>E</math>，打下 QZ 桩即可</p>

续表

序号	项目	具体内容
4	图示	 <p>图 7-11 圆曲线的主点测设</p>

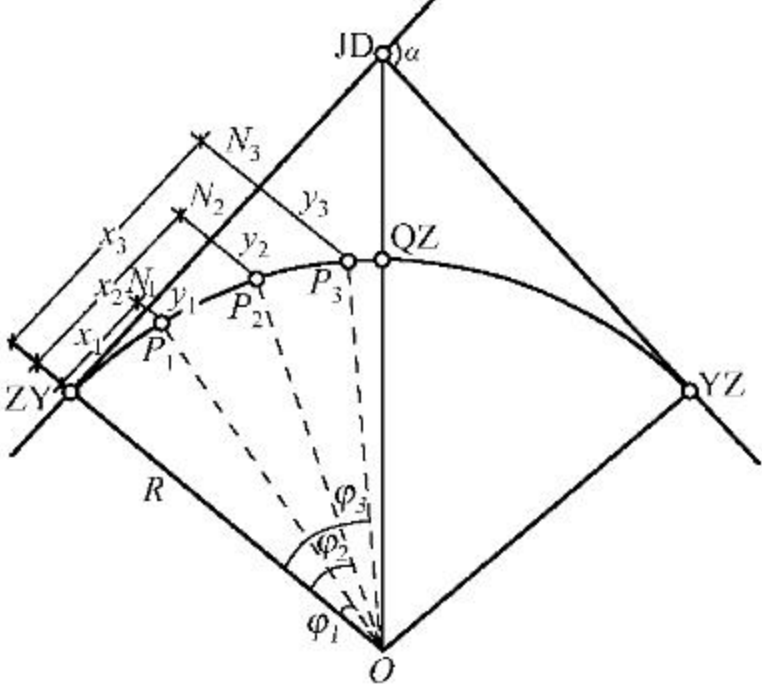
### 3. 圆曲线的详细测设

圆曲线的详细测设见表 7-25。

表 7-25 圆曲线的详细测设

序号	项目	具体内容
1	曲线设桩	<p>按桩距 <math>l_0</math> 在曲线上设桩，通常有以下两种方法</p> <p>(1) 整桩号法。将曲线上靠近起点 (ZY) 的第一个桩的桩号凑整成为大于 ZY 点桩号的, <math>l_0</math> 的最小倍数的整桩号，然后按桩距 <math>l_0</math> 连续向曲线终点 YZ 设桩。这样设置的桩的桩号均为整数</p> <p>(2) 整桩距法。从曲线起点 ZY 和终点 YZ 开始，分别以桩距 <math>l_0</math> 连续向曲线中点 QZ 设桩。由于这样设置的桩的桩号一般为破碎桩号，因此，在实测中应注意加设百米桩和公里桩</p>
2	圆曲线详细测设方式	<p>(1) 切线支距法 (又称直角坐标法) 是以曲线的起点 ZY (对于前半曲线) 或终点 YZ (对于后半曲线) 为坐标原点，以过曲线的起点 ZY 或终点 YZ 的切线为 <math>x</math> 轴，过原点的半径为 <math>y</math> 轴，按曲线上各点坐标 <math>x</math>、<math>y</math> 设置曲线上各点的位置。如图 7-12 所示，设 <math>P_i</math> 为曲线上欲测设的点位，该点至 ZY 点或 YZ 点的弧长为 <math>l_i</math>，<math>\phi_i</math> 为 <math>l_i</math> 对应的圆心角，<math>R</math> 为圆曲线半径，则 <math>P_i</math> 点的坐标按下式计算：</p> $x_i = R \sin \phi_i$ $y_i = R(1 - \cos \phi_i) = x_i \tan \frac{\phi_i}{2} \tag{7-7}$ <p>式中 <math>\phi_i = l_i / R</math> (rad)</p> <p>(2) 切线支距法详细测设圆曲线，为了避免支距过长，一般是由 ZY 点和 YZ 点分别向 QZ 点施测，测设步骤如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 从 ZY 点 (或 YZ 点) 用钢尺或皮尺沿切线方向量取 <math>P_i</math> 点的横坐标 <math>x_i</math>，得垂足点 <math>N_i</math>；</li> <li>② 在垂足点 <math>N_i</math> 上，用方向架或经纬仪定出切线的垂直方向，沿垂直方向量出 <math>y_i</math>，即得到待测定点 <math>P_i</math>；</li> <li>③ 曲线上各点测设完毕后，应量取相邻各桩之间的距离，并与相应的桩号之差作比较，若较差均在限差之内，则曲线测设合格；否则应查明原因，予以纠正</li> </ol>

续表

序号	项目	具体内容
2	圆曲线详细测设方式	<p>(1) 偏角法是以曲线起点 (ZY) 或终点 (YZ) 至曲线上待测设点 <math>P_i</math> 的弦线与切线之间的弦切角 <math>\Delta_i</math> 和弦长 <math>c_i</math> 来确定 <math>P_i</math> 点的位置。如图 7-13 所示, 依据几何原理, 偏角 <math>\Delta_i</math> 等于相应弧长所对的圆心角 <math>\phi_i</math> 的一半, 即 <math>\Delta_i = \phi_i/2</math>。则:</p> $\Delta_i = \frac{l_i}{2R} \quad (\text{rad}) \quad (7-8)$ <p>弦长 <math>c</math> 可按下式计算:</p> $c = 2R \sin \frac{\phi_i}{2} = 2R \sin \Delta_i \quad (7-9)$ <p>(2) 具体测设步骤如下</p> <p>① 安置经纬仪 (或全站仪) 于曲线起点 (ZY) 上, 盘左瞄准交点 (JD), 将水平盘读数设置为 <math>0^\circ</math></p> <p>② 水平转动照准部, 使水平度盘读数为: +920 桩的偏角值 <math>\Delta_1 = 1^\circ 45' 24''</math>, 然后, 从 ZY 点开始, 沿望远镜视线方向量测出弦长 <math>c_1 = 13.05 \text{ m}</math>, 定出 <math>P_1</math> 点, 即为 K2+920 的桩位</p> <p>③ 再继续水平转动照准部, 使水平度盘读数为: +940 桩的偏角值 <math>\Delta_2 = 4^\circ 43' 48''</math>, 从 ZY 点开始, 沿望远镜视线方向量测长弦 <math>c_2 = 32.98 \text{ m}</math>, 定出 <math>P_2</math> 点; 或从 <math>P_1</math> 点测设短弦 <math>c_2 = 19.95 \text{ m}</math> (实测中, 通常一般采用以弧代弦, 取短弦为 20 m), 与水平度盘读数为偏角 <math>\Delta_2</math> 时的望远镜视线方向相交而定出 <math>P_2</math> 点。以此类推, 测设 <math>P_3</math>、<math>P_4</math>、……直到 YZ 点</p> <p>④ 测设至曲线终点 (YZ) 作为检核, 继续水平转动照准部。使水平度盘读数为 <math>\Delta_{YZ} = 17^\circ 04' 48''</math>, 从 ZY 点开始, 沿望远镜视线方向量测出长弦 <math>c_{YZ} = 17.48 \text{ m}</math>, 或从 K3+020 桩测设短弦 <math>c = 6.21 \text{ m}</math> 定出</p> <p>用极坐标法测设曲线的测设数据主要是计算圆曲线主点和细部点的坐标, 然后根据测站点和主点或细部点之间的坐标, 反算出测站至待测点的直线方位角和两点间的平距, 依据计算出的方位角和平距进行测设, 其操作步骤如下</p> <p>(1) 圆曲线主点坐标计算。如图 7-13 所示, 若已知 ZD 和 JD 的坐标, 则可按公式: <math>\alpha_{12} = \arctan \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}</math> 计算出第 1 条切线 (图中的 ZY - JD 方向线) 的方位角; 再由路线的转角 (或右角) 推算出第 2 条切线 (图中的 JD - YZ 方向线) 和分角线的方位角</p> <p>(2) 圆曲线细部点坐标计算。由已计算出的第 1 条切线的方位角 <math>\alpha_1</math> 和各待测设桩点的偏角 <math>\Delta_i</math>, 计算出曲线起点 (ZY) 至各待测定桩点 <math>P_i</math> 方向线的方位角, 再由 ZY 点到各桩点的长弦长, 计算出各待测设桩点的坐标</p>
3	图示	 <p>图 7-12 切线支距法详细测设圆曲线</p>

续表

序号	项目	具体内容
3	图示	<p>图 7-13 偏角法详细测设圆曲线</p>

### 7.5.2 缓和曲线的测设

我国《公路工程技术标准》(JTG B01—2003) 中规定：“缓和曲线采用回旋曲线形式，且当半径小于不设超高最小半径时，在圆曲线上必须设缓和曲线，四级公路用缓和段来代替缓和曲线。”

#### 1. 缓和曲线的作用

缓和曲线是设在直线与圆曲线之间或半径相差较大的两个转角相同的圆曲线之间，曲率逐渐缓和过渡的曲线。缓和曲线的主要作用见表 7-26。

表 7-26 缓和曲线的主要作用

序号	主要作用
1	曲率逐渐缓和过渡
2	离心加速度逐渐变化，减少车辆振荡
3	有利于超高和加宽的过渡
4	视觉条件好

#### 2. 缓和曲线的测设

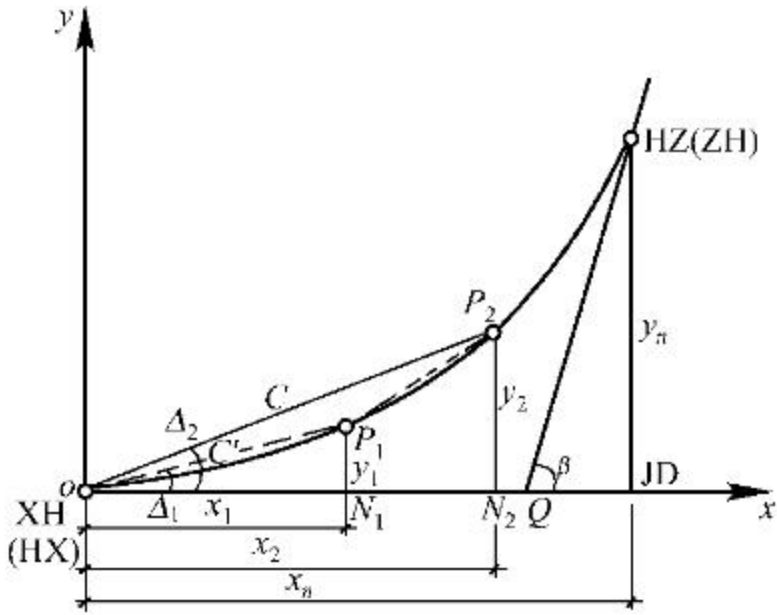
缓和曲线的测设见表 7-27。

表 7-27 缓和曲线的测设

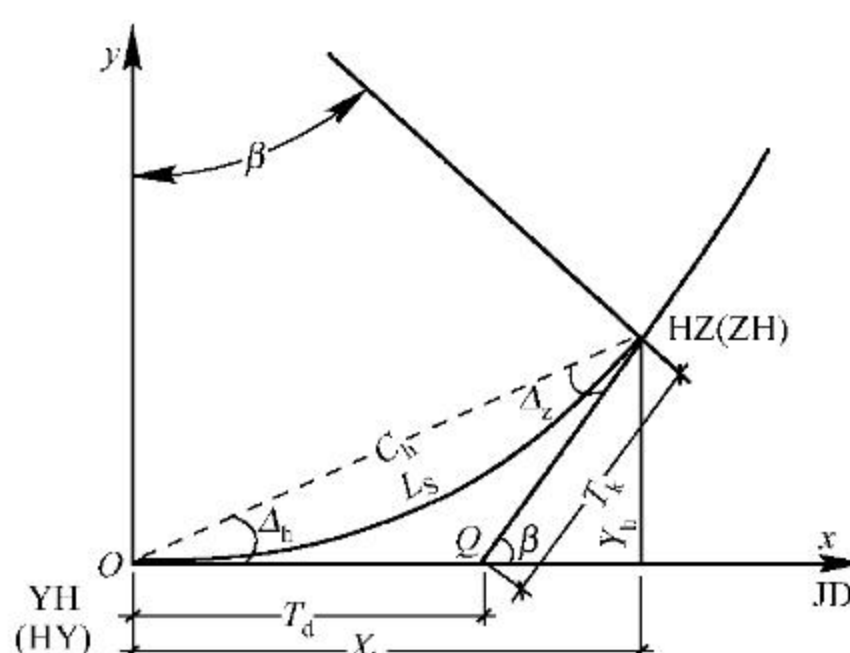
序号	测设方法	计算公式与方法步骤
1	切线支距法	<p>以 XH(HX) 为原点，切线方向为 <math>x</math> 轴，法线方向为 <math>y</math> 轴建立直角坐标系</p> <p>(1) 采用切线支距法测设时，其计算公式为：</p> $x = l - \frac{l^5}{40R^2L_s^3}$ $y = \frac{l^3}{6RL_s} - \frac{l^7}{336R^3L_s^3} \tag{7-10}$ <p>(2) 采用切线支距法测设缓和曲线时，其测设方法为：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 从 XH(HX) 点沿 JD 方向量取 <math>x_1</math>，得 <math>N_1</math> 点；</li> <li>② 在 <math>N_1</math> 点的垂向上，向曲线的偏转方向量取 <math>y_1</math>，得 <math>P_1</math> 点点位；</li> <li>③ 重复以上步骤测设到缓和曲线终点</li> </ol>



续表

序号	测设方法	计算公式与方法步骤
2	偏角法	<p>(1) 采用偏角法 (图 7-14) 计算缓和曲线时, 其计算公式为:</p> $\Delta = \frac{\beta}{3} \left( \frac{l}{L_s} \right) \frac{180^\circ}{\pi}$ $C \approx l'$ <p style="text-align: right;">(7-11)</p> <p>式中, <math>l</math>——缓和曲线上任意一点到缓和曲线起点弧长;  <math>l'</math>——缓和曲线上任意一点到相邻点的弧长;  <math>C</math>——缓和曲线上任意一点到相邻点的弦长</p> <p>(2) 采用偏角法测设缓和曲线时, 其测设方法为:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 拨 XH(HX) 点置经纬仪、后视 JD, 配度盘为 <math>0^\circ 00' 00''</math>;</li> <li>② 拨 <math>P_1</math> 点的偏角 <math>\Delta_1</math> (注意正拨、反拨), 从 XH(HX) 量取 <math>C'</math>, 与视线的交点为 <math>P_1</math> 点位;</li> <li>③ 拨 <math>P_2</math> 点的偏角 <math>\Delta_2</math>, 从 <math>P_1</math> 量取 <math>C</math> (<math>P_1</math>、<math>P_2</math> 点桩号差), 与视线的交点为 <math>P_2</math> 点位;</li> <li>④ 重复步骤③测到 HZ(ZH) 点</li> </ol>
3	缓和曲线测设数据计算	<p>(1) 缓和曲线测设数据计算的公式为:</p> $rl = A^2$ $RL_s = A^2$ <p style="text-align: right;">(7-12)</p> <p>式中, <math>r</math>——缓和曲线上任意一点的曲率半径, m;  <math>l</math>——缓和曲线上任意一点到缓和曲线起点的弧长, m;  <math>A</math>——缓和曲线参数, m;  <math>L_s</math>——缓和曲线长度, m</p> <p>(2) 缓和曲线常数计算如图 7-15 所示, 各常数计算公式如下</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 内移值: <math display="block">p = \frac{L_s^2}{24R}</math> (7-13)</li> <li>② 切线增值: <math display="block">q = \frac{L_s}{2} - \frac{L_s^3}{240R^2}</math> (7-14)</li> <li>③ 切线角: <math display="block">\beta = \frac{L_s}{2R} \text{ (rad)} = \frac{L_s}{2R} \frac{180}{\pi} \text{ (}^\circ\text{)}</math> (7-15)</li> <li>④ 缓和曲线终点的直角坐标: <math display="block">X_h = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2}</math> (7-16)</li> <math display="block">Y_h = \frac{L_s^2}{6R} - \frac{L_s^4}{336R^3}</math> <li>⑤ 缓和曲线起、终点切线的交点 <math>Q</math> 到缓和曲线起、终点的距离, 即缓和曲线的长、短切线长: <math display="block">T_d = \frac{2}{3}L_s + \frac{L_s^3}{360R^2}</math> (7-17)</li> <math display="block">T_k = \frac{1}{3}L_s + \frac{L_s^3}{126R^2}</math> <li>⑥ 缓和曲线弦长: <math display="block">C_h = L_s - \frac{L_s^3}{90R^2}</math> (7-18)</li> <li>⑦ 缓和曲线总偏角: <math display="block">\Delta_h = \frac{L_s}{6R} \text{ (rad)}</math> (7-19)</li> </ol>
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-14 偏角法</p>

续表

序号	测设方法	计算公式与方法步骤
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-15 缓和曲线测设</p>

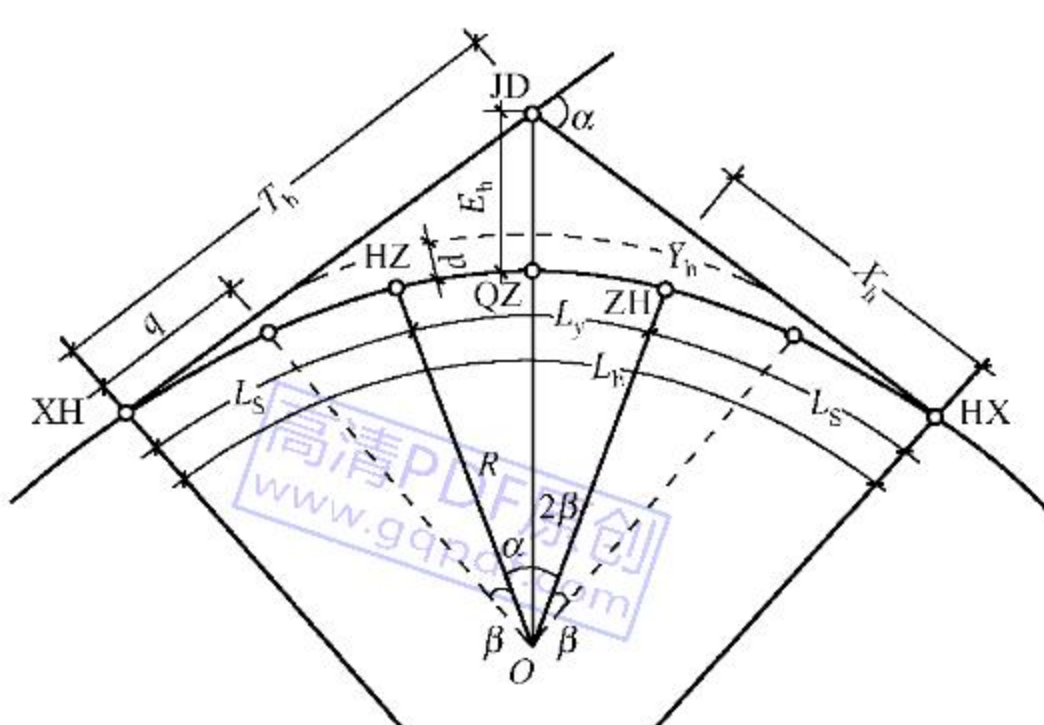
### 3. 圆曲线带有缓和曲线的测设

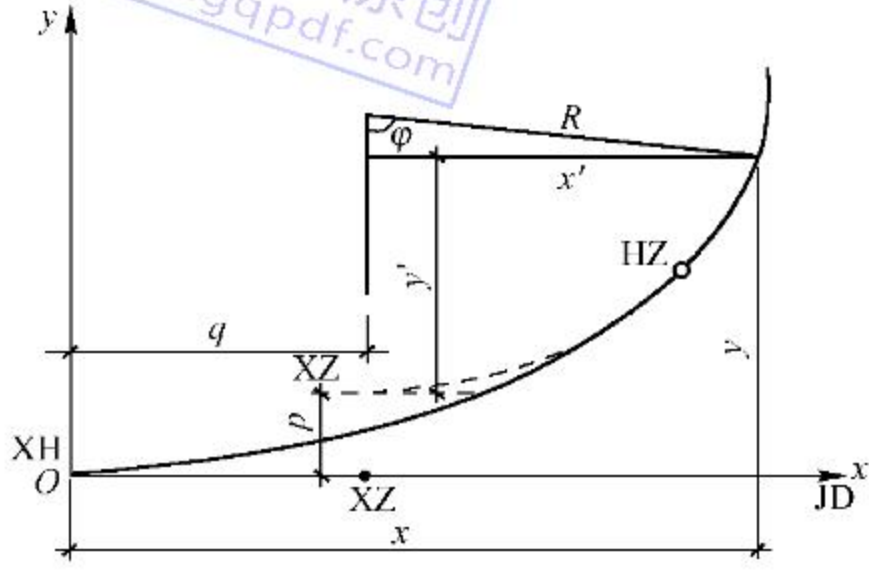
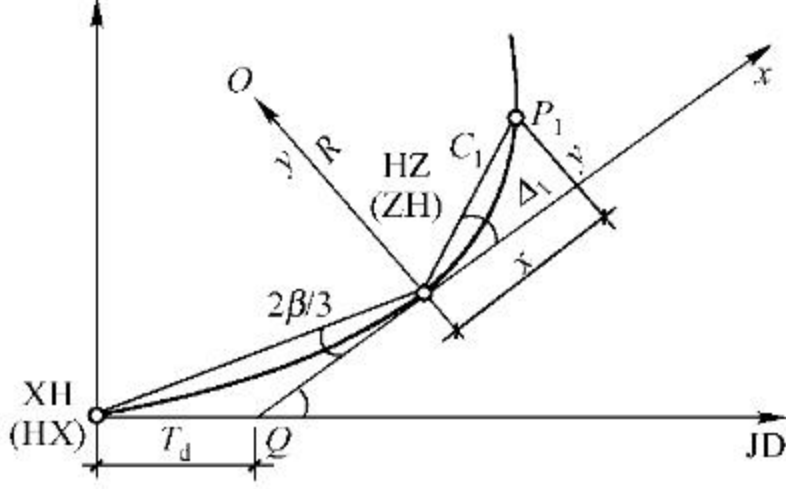
圆曲线带有缓和曲线的测设见表 7-28。

表 7-28 圆曲线带有缓和曲线的测设

序号	项 目	设置条件、计算公式与方法步骤
1	设置缓和曲线的条件	<p style="text-align: center;"><math>\alpha \geq 2\beta</math></p> <p>当 <math>\alpha &lt; 2\beta</math> 时, 即 <math>L &lt; L_s</math> (<math>L</math> 为未设缓和曲线时的圆曲线长), 不能设置缓和曲线, 需调整 <math>R</math> 或 <math>L_s</math></p>
2	测设数据计算	<p>(1) 元素计算公式 (图 7-16) 如下。</p> <p>① 切线长: <math>T_h = (R + p) \tan \frac{\alpha}{2} + q</math> (7-20)</p> <p>② 圆曲线长: <math>L_y = (\alpha - 2\beta) \frac{\pi}{180} R</math> (7-21)</p> <p>③ 平曲线总长: <math>L_h = L_y + 2L_s</math> (7-22)</p> <p>④ 外距: <math>E_h = (R + p) \sec \frac{\alpha}{2} - R</math> (7-23)</p> <p>⑤ 切曲差: <math>D_h = 2T_h - L_h</math> (7-24)</p> <p>(2) 桩号推算如下。</p> <p>交点桩号: JD</p> <p>第 1 缓和曲线起点桩号: <math>\frac{-T_h}{XH}</math></p> <p>第 1 缓和曲线终点桩号: <math>\frac{HZ}{+L_s}</math></p> <p>第 2 缓和曲线起点桩号: <math>\frac{ZH}{+L_y}</math></p> <p>第 2 缓和曲线终点桩号: <math>\frac{HX}{+L_s}</math></p> <p>平曲线中点桩号: <math>\frac{QZ}{-T_h/2}</math></p> <p>交点桩号: <math>\frac{JD(\text{校核})}{+D_h/2}</math></p>

续表

序号	项 目	设置条件、计算公式与方法步骤
3	测设方法	<p>(1) 主点测设</p> <p>① 从 JD 向切线方向分别量取 <math>T_h</math>, 可得 XH、HX 点</p> <p>② 从 XH、HX 点分别向 JD 方向及垂向, 量取 <math>X_h</math>、<math>Y_h</math> 可得 HZ、ZH 点</p> <p>③ 从 JD 向分角线方向量取 <math>E_h</math>, 可得 QZ 点</p> <p>(2) 详细测设</p> <p>① 切线支距法。如图 7-17 所示, 应以 XH(HX) 为原点, 切线方向为 <math>x</math> 轴, 法线方向为 <math>y</math> 轴。计算公式为:</p> $\begin{aligned} x &= R \sin \varphi + q \\ y &= R(1 - \cos \varphi) + p \end{aligned} \quad (7-25)$ <p>其中</p> $\varphi = \frac{l'}{R} \frac{180}{\pi} \quad (7-26)$ $l' = l - \frac{L_s}{2} \quad (7-27)$ <p>式中, <math>l</math>——主圆曲线上任意一点到 XH(HX) 点的弧长</p> <p>也可以 HZ(ZH) 点为原点, 切线方向为 <math>x</math> 轴, 法线方向为 <math>y</math> 轴建立直角坐标系, 如图 7-18 所示。计算公式为:</p> $\begin{aligned} x &= R \sin \varphi \\ y &= R(1 - \cos \varphi) \end{aligned} \quad (7-28)$ <p>其中</p> $\varphi = \frac{l}{R} \frac{180}{\pi} \quad (7-29)$ <p>式中, <math>l</math>——主圆曲线上任意一点到 HZ(ZH) 的弧长</p> <p>测设方法: 从 XH(HX) 点沿切线方向量取 <math>T_d</math> 找到 <math>Q</math> 点, 并用 <math>T_k</math> 校核; 再以 <math>Q</math> 点与 HZ(ZH) 为 <math>x</math> 方向, 从 HZ(ZH) 量取 <math>x</math>, 垂向上量取 <math>y</math>, 可测设曲线</p> <p>② 偏角法。偏角法测设的计算公式为:</p> $\Delta_i = \frac{1}{2} \frac{l}{R} \frac{180}{\pi} \quad (7-30)$ <p>式中, <math>l</math>——主圆曲线上任意一点 HZ(ZH) 的弧长</p> <p>测设方法: 如图 7-18 所示, 先置仪器于 HZ(ZH) 点, 后视 XH(HX) 点, 向偏离曲线方向拨角 <math>\frac{2}{3}\beta</math>, 倒镜配度盘为 <math>0^\circ 00' 00''</math>; 然后拨角 <math>\Delta_1</math>, 从 HZ(ZH) 量取 <math>C_1</math> (<math>C_1</math> 计算公式同单圆曲线) 与视线交会出中桩点位 <math>P_1</math>。同理按以上步骤测设到 QZ 点</p>
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-16 圆曲线带有缓和曲线的测设</p>

序号	项 目	设置条件、计算公式与方法步骤
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-17 切线支距法（一）</p>
		 <p style="text-align: center;">图 7-18 切线支距法（二）</p>

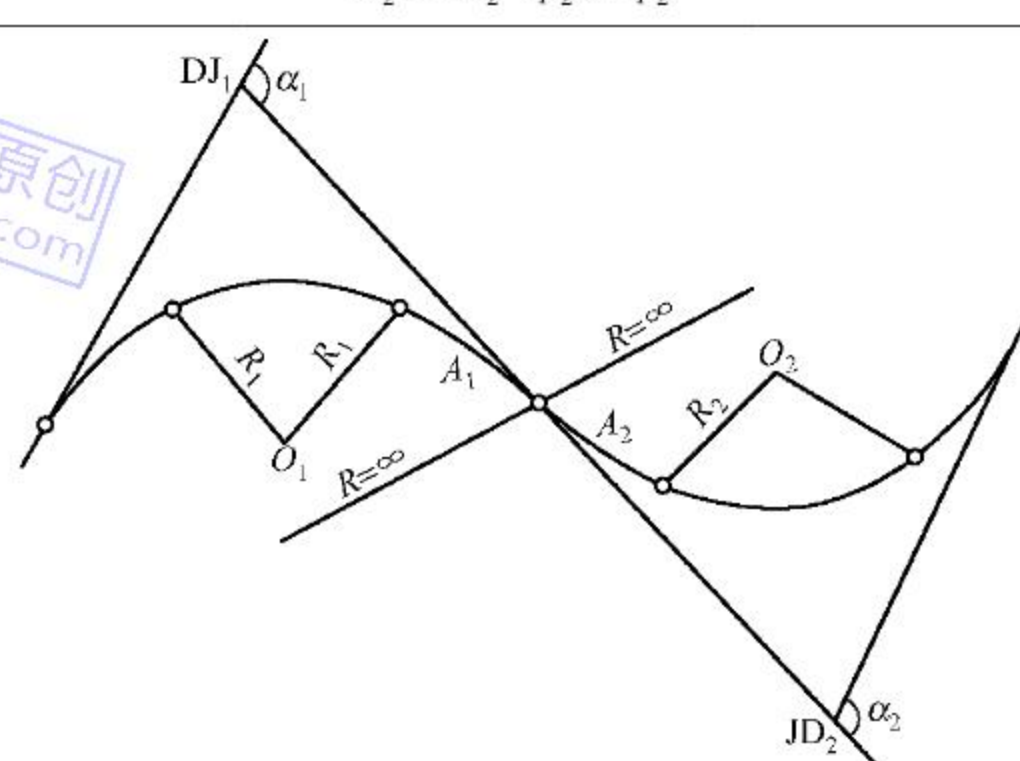
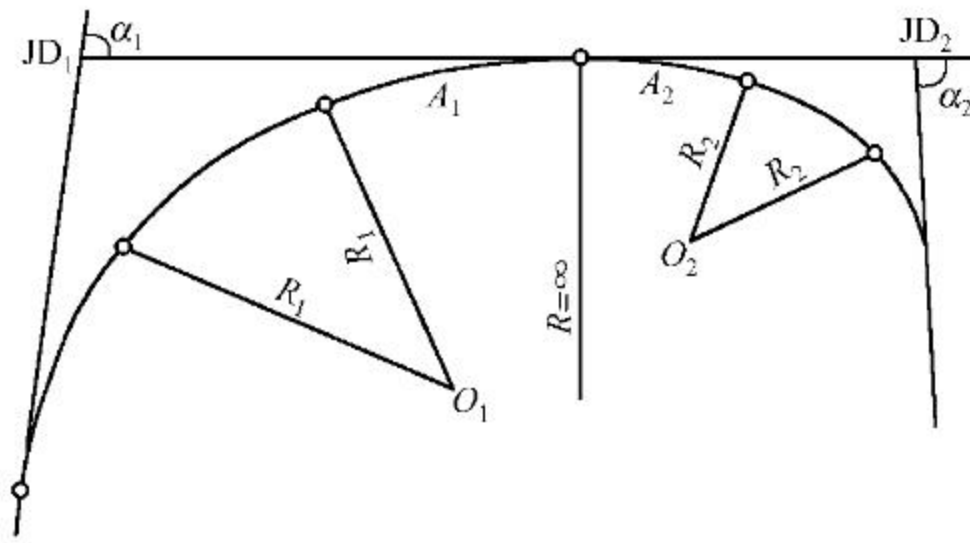
4. “S”形和“C”形曲线测设方法

“S”型和“C”形曲线测设方法见表 7-29。

表 7-29 “S”形和“C”形曲线测设方法

序 号	项 目	桩号推算、测设方法与数据计算
1	桩号推算	第 1 曲线终点 HZ <sub>1</sub> 与第 2 曲线起点 ZH <sub>2</sub> 重合，中间无直线段，其他桩号推算同有缓和曲线的单圆曲线
2	测设方法	同有缓和曲线的单圆曲线
3	数据计算	<p>如图 7-19、图 7-20 所示，已知两交点之间的距离为 <math>\overline{AB}</math>，其中一个曲线的切线为 <math>T_{h1}</math>，而另一个曲线的切线长为 <math>T_{h2} = \overline{AB} - T_{h1}</math>，拟定 <math>L_{S2}</math>，求算 <math>R_2</math>，半径 <math>R_2</math> 的计算有下面两种方法。</p> <p>(1) 解方程组：</p> $T_{h2} = (R_2 - p_2) \tan \frac{\alpha_2}{2} + q_2$ $p_2 = \frac{L_{S2}^2}{24R_2}$ $q_2 = \frac{L_{S2}}{2} - \frac{L_{S2}^3}{240R_2^2} \tag{7-31}$ <p>可求得半径 <math>R_2</math></p> <p>(2) 利用已知条件试算：</p> $q_2 \approx \frac{L_{S2}}{2}$ $R_2 + p_2 = \frac{T_{h2} - q_2}{\tan \frac{\alpha_2}{2}}$

续表

序号	项目	桩号推算、测设方法与数据计算
3	数据计算	得 $p_2' = \frac{L_{S2}^2}{24(R_2 + p_2)}$ $R_2 = (R_2 + p_2) - p_2'$
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-19 “S”形曲线</p>  <p style="text-align: center;">图 7-20 “C”形曲线</p>

## 7.6 复曲线和回头曲线的测设

### 7.6.1 复曲线的测设

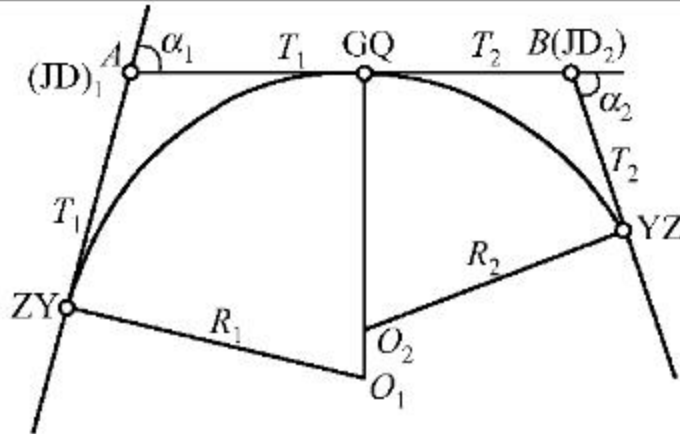
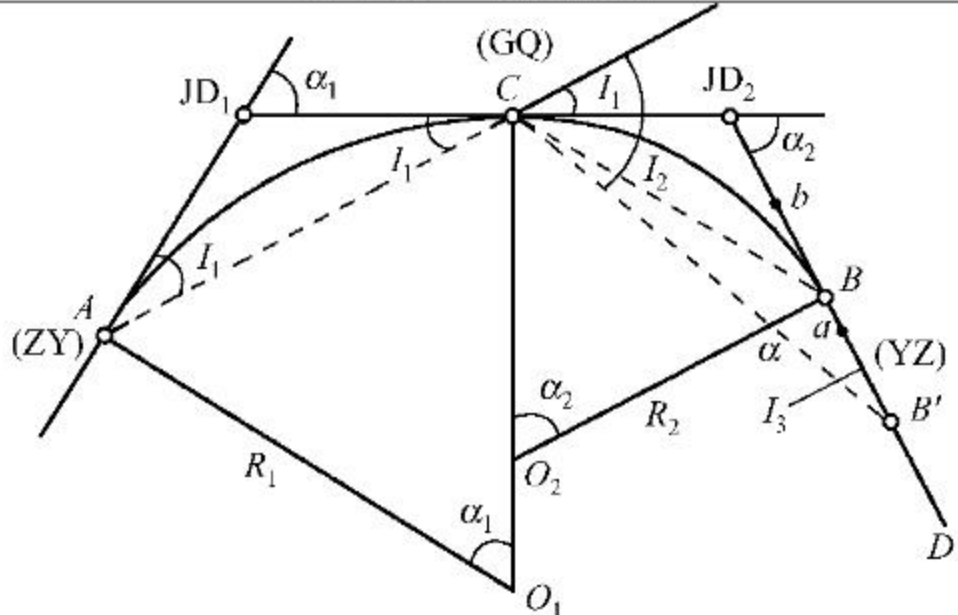
#### 1. 不设缓和曲线的复曲线的测设

不设缓和曲线的复曲线的测设见表 7-30。

表 7-30 不设缓和曲线的复曲线的测设

序号	测设方法	计算公式与步骤
1	切基线法	切基线法是虚交切基线，只是两个圆曲线的半径不相等。如图 7-21 所示，主、副曲线的交点为 A、B，两曲线相接于公切点 GQ 点。将经纬仪分别安置于 A、B 两点，测算出转角 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ，用测距仪或钢尺往返丈量 A、B 两点的距离 $\overline{AB}$ ，在选定主曲线的半径 $R_1$ 后，可按以下步骤计算副曲线的半径 $R_2$ 及测设元素

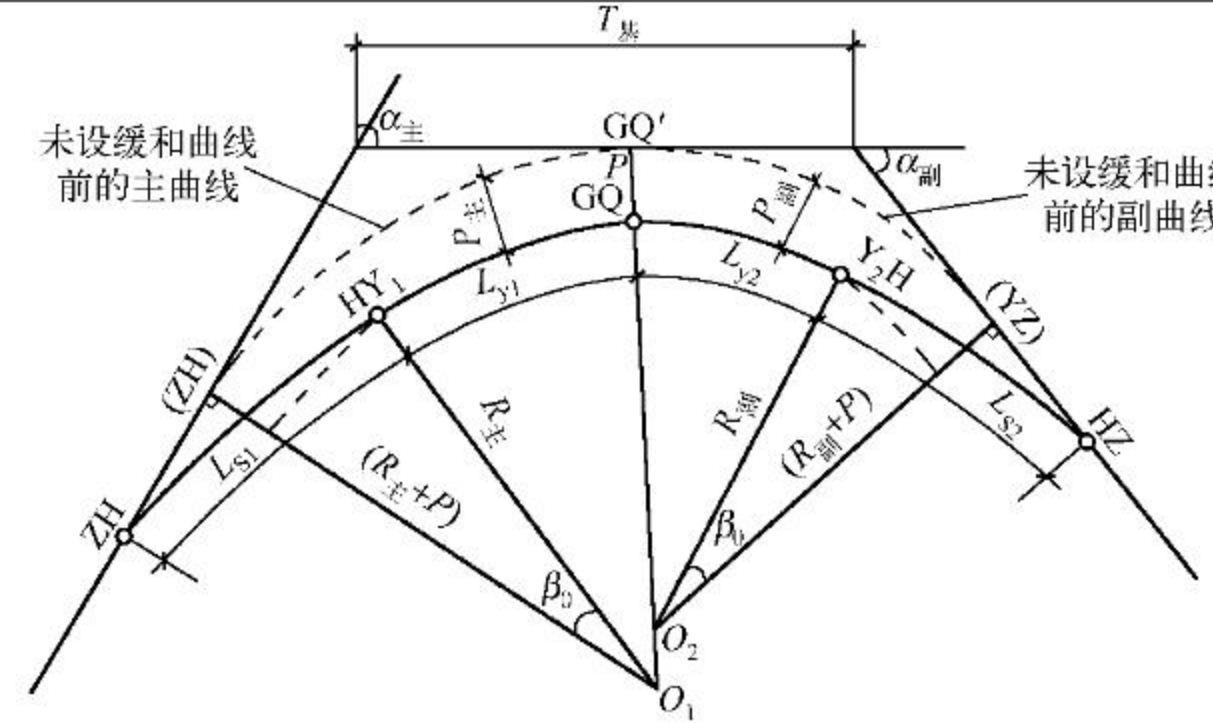
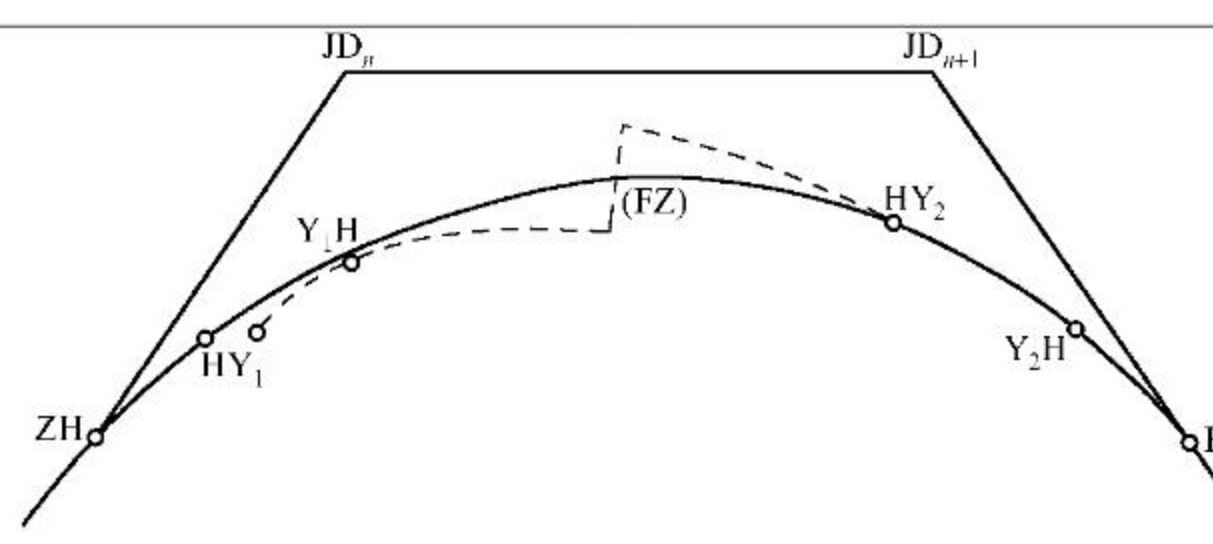
续表

序号	测设方法	计算公式与步骤
1	切基线法	<p>(1) 根据主曲线的转角 <math>\alpha_1</math> 和半径 <math>R_1</math> 计算主曲线的测设元素 <math>T_1</math>、<math>L_1</math>、<math>E_1</math> 和 <math>D_1</math></p> <p>(2) 根据基线 <math>AB</math> 的长度 <math>\overline{AB}</math> 和主曲线切线长 <math>T_1</math> 计算副曲线的切线长 <math>T_2</math>：</p> $T_2 = \overline{AB} - T_1 \quad (7-32)$ <p>(3) 根据副曲线的转角 <math>\alpha_2</math> 和切线长 <math>T_2</math> 计算副曲线的半径 <math>R_2</math>：</p> $R_2 = \frac{T_2}{\tan \frac{\alpha_2}{2}} \quad (7-33)$ <p>(4) 根据副曲线的转角 <math>\alpha_2</math> 和半径 <math>R_2</math> 计算副曲线的测设元素 <math>T_2</math>、<math>L_2</math>、<math>E_2</math> 和 <math>D_2</math></p>
2	弦基线法	<p>利用弦基线法测设复曲线的示意图如图 7-22 所示，设定 <math>A</math>、<math>C</math> 分别为曲线的起点和公切点，目的是确定曲线的终点 <math>B</math>。具体测设方法如下</p> <p>(1) 在 <math>A</math> 点安置仪器，观测弦切角 <math>I_1</math>，根据同弧段两端弦切角相等的原理，则得主曲线的转角为：<math>\alpha_1 = 2I_1</math></p> <p>(2) 设 <math>B'</math> 点为曲线终点 <math>B</math> 的初测位置，在 <math>B'</math> 点放置仪器观测出弦切角 <math>I_3</math>，同时在切线上 <math>B</math> 点的估计位置前后打下骑马桩 <math>a</math>、<math>b</math></p> <p>(3) 在 <math>C</math> 点安置仪器，观测出 <math>I_2</math>。由图 7-22 可知，复曲线的转角 <math>\alpha_2 = I_2 - I_1 + I_3</math> 旋转照准部照准 <math>A</math> 点，将水平度盘读数配置为：<math>0^\circ 00' 00''</math> 后倒镜，顺时针拨水平角 <math>\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{2}</math>，此时，望远镜的视线方向即为弦 <math>CB</math> 的方向，交骑马桩 <math>a</math>、<math>b</math> 的连线于 <math>B</math> 点，即确定了曲线的终点</p> <p>(4) 用测距仪（全站仪）或钢尺往返丈量得到 <math>AC</math> 和 <math>CB</math> 的长度 <math>\overline{AC}</math>、<math>\overline{CB}</math>，并计算主、副曲线的半径 <math>R_1</math>、<math>R_2</math>：</p> $R_1 = \frac{\overline{AC}}{2 \sin \frac{\alpha_1}{2}}$ $R_2 = \frac{\overline{CB}}{2 \sin \frac{\alpha_2}{2}}$ <p>(5) 根据求得的主、副曲线半径和测算的转角分别计算主、副曲线的测设元素，然后仍按前述方法计算主点里程并进行测设</p>
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-21 切基线法</p>  <p style="text-align: center;">图 7-22 弦基线法</p>

2. 设置有缓和曲线的复曲线的测设

设置有缓和曲线的复曲线的测设见表 7-31

表 7-31 设置有缓和曲线的复曲线的测设

序号	项目	计算公式与步骤
1	中间不设缓和曲线而两边皆设缓和曲线的复曲线	<p>如图 7-23 所示, 设主、副曲线两端分别设有两段缓和曲线, 其缓和曲线长分别为 <math>L_{S1}</math>、<math>L_{S2}</math>。为使两不同半径的圆曲线在原公切点 (GQ) 直接衔接, 两缓和曲线的内移值必须相等, 即 <math>P_{主} = P_{副} = P</math>。则:</p> $\begin{aligned} c_1 &= R_{主} L_{S1} = R_{主} \sqrt{24R_{主} P} \\ c_2 &= R_{副} L_{S2} = R_{副} \sqrt{24R_{副} P} \end{aligned} \quad (7-34)$ <p>假如 <math>R_{主} &gt; R_{副}</math>, 则 <math>c_1 &gt; c_2</math>。所以在选择缓和曲线长度时, 必须使 <math>c_2 \geq -0.035v^3</math>。对于已选定的 <math>L_{S2}</math>, 可得:</p> $L_{S2} = L_{S1} \sqrt{\frac{R_{副}}{R_{主}}} \quad (7-35)$ <p>图 7-23 中的关系式为:</p> $T_{基} = (R_{主} + P) \tan \frac{\alpha_{主}}{2} + (R_{副} + P) \tan \frac{\alpha_{副}}{2} \quad (7-36)$ <p>测设时, 通过测得的数据 <math>\alpha_{主}</math>、<math>\alpha_{副}</math> 和 <math>T_{基}</math> 及根据要求拟订的数据 <math>R_{主}</math>、<math>L_{S1}</math>, 采用上述两式分别反算 <math>R_{副}</math> (<math>P = P_{主} = \frac{L_{S1}^2}{24R_{主}}</math>)</p>
2	中间设置有缓和曲线的复曲线	<p>中间设置有缓和曲线的复曲线是指复曲线的两圆曲线间有缓和曲线段衔接过渡的曲线形式。常在实地地形条件限制下, 选定的主、副曲线半径相差悬殊超过 1.5 倍时采用, 如图 7-24 所示</p>
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-23 两边皆设缓和曲线的复曲线</p>  <p style="text-align: center;">图 7-24 中间设置有缓和曲线的复曲线</p>

## 7.6.2 回头曲线的测设

### 1. 回头曲线的测设方法

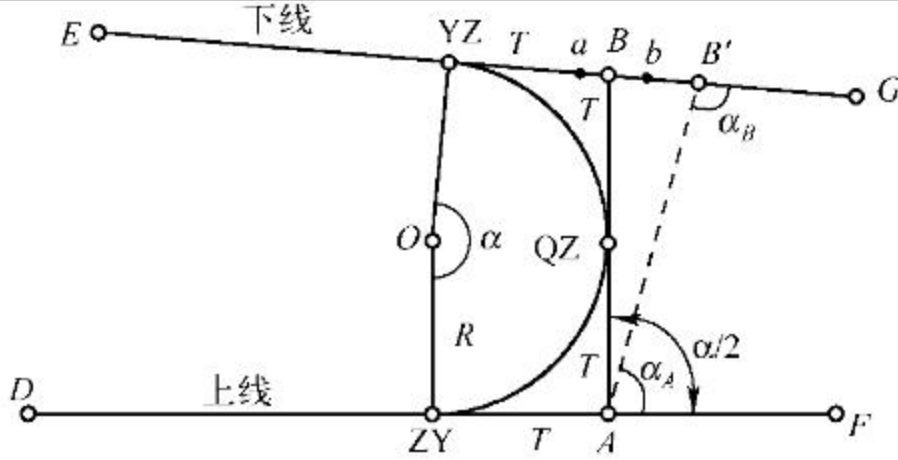
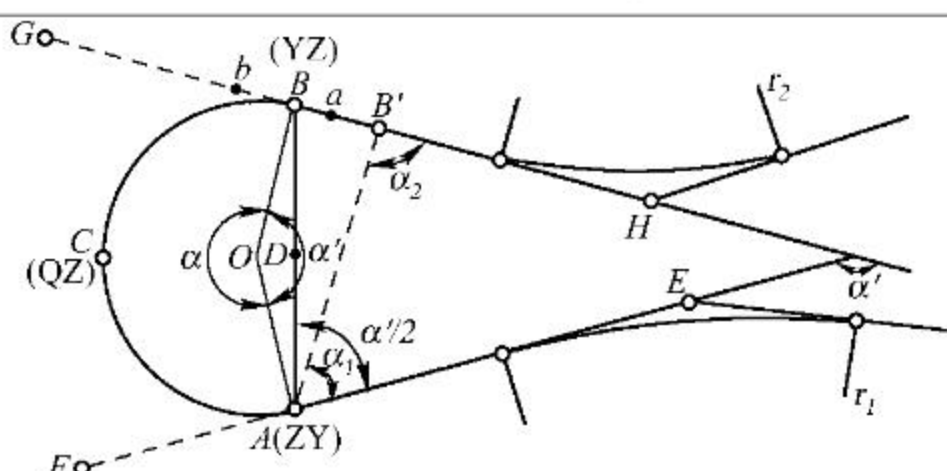
回头曲线的测设方法见表 7-32。

表 7-32 回头曲线的测设方法

序号	项目	主要内容
1	主点测设	(1) 由 A 点沿切线方向量取 AE (注意正、负号), 可得 ZY 点 (2) 由 B 点沿切线方向量取 BF, 可得 YZ 点 (图 7-25)
2	曲线详细测设	(1) 切基线法。采用切基线法详细测设回头曲线 (图 7-26) 时, 其测设步骤及要求如下 ① 根据现场的具体情况, 在 DF、EG 两切线上选取顶点切基线 AB 的初定位置 AB', 其中 A 为定点, B' 为初定点 ② 将仪器安置于初定点 B' 上, 观测出角 $\alpha_B$ , 并在 EG 线上 B 点的估计位置前后设置 a、b 两个骑马桩 ③ 将仪器安置于 A 点, 观测出角 $\alpha_A$ , 则路线的转角 $\alpha = \alpha_A + \alpha_B$ 。后视定向点 F, 反拨角值 $\alpha/2$ , 可得到视线与骑马桩 a、b 连线的交点, 即为 B 点的点位 ④ 量测出顶点切基线 AB 的长度 $\overline{AB}$ , 并取 $T = \overline{AB}/2$ , 从 A 点沿 AD、AB 方向分别量测出长度 T, 便定出 ZY 点和 QZ 点; 从 B 点沿 BE 方向量测出长度 T, 便定出 YZ 点 ⑤ 计算主曲线的半径 $R = \frac{T}{\tan \frac{\alpha}{4}}$ , 再由半径 R 和转角 $\alpha$ 求出曲线的长度 L, 并根据 A 点的里程, 计算出曲线的主点里程 (2) 弦基线法。采用弦基线法测设回头曲线 (图 7-27) 时, 其测设步骤和要求如下 ① 根据现场的情况, 在 EF、GH 两切线上选取弦基线 AB 的初定位置 AB', 其中, A (ZY 点) 为定点, B' 为视点 ② 将仪器安置于初定点 B' 上, 观测出角 $\alpha_2$ 并在 GH 线上 B 点的位置前后, 设置 a、b 两骑马桩 ③ 将仪器安置于 A 点, 观测出角 $\alpha_1$ , 则 $\alpha' = \alpha_1 + \alpha_2$ 。以 AE 为起始方向, 反拨角值 $\alpha'/2$ , 由此可得到视线与骑马桩 a、b 连线的交点, 即为 B (YZ) 点的点位 ④ 量测出弦基线 AB 的长度 $\overline{AB}$ , 计算曲线的半径 R ⑤ 由图可知, 主曲线所对应的圆心角为 $\alpha = 360^\circ - \alpha'$ 。根据 R 和 $\alpha$ 便可求得主曲线长度 L, 并由 A 点的里程计算主点里程 ⑥ 曲线的中点 (QZ) 可按弦线支距法设置。支距长的计算公式为: $DC = R \left( 1 + \cos \frac{\alpha'}{4} \right) = 2R \cos^2 \frac{\alpha'}{2} \quad (7-37)$ 测设时从 AB 的中点向圆心所作的垂线, 量测出 DC 的长度, 即可求得曲线的中点 C (QZ)
3	图示	<p style="text-align: center;">图 7-25 主点测设图</p>



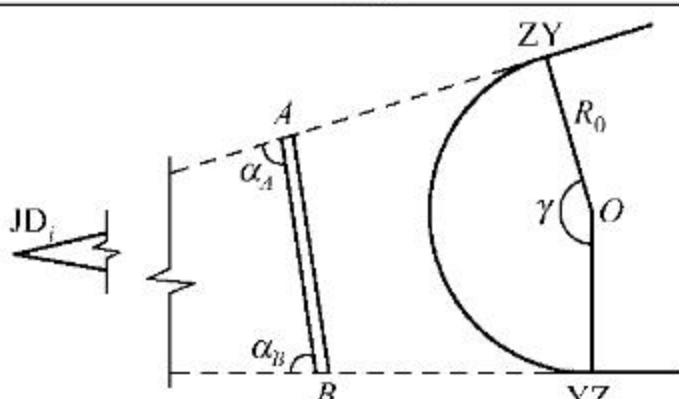
续表

序号	项目	主要内容
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-26 顶点切基线法图</p>  <p style="text-align: center;">图 7-27 弦基线法</p>

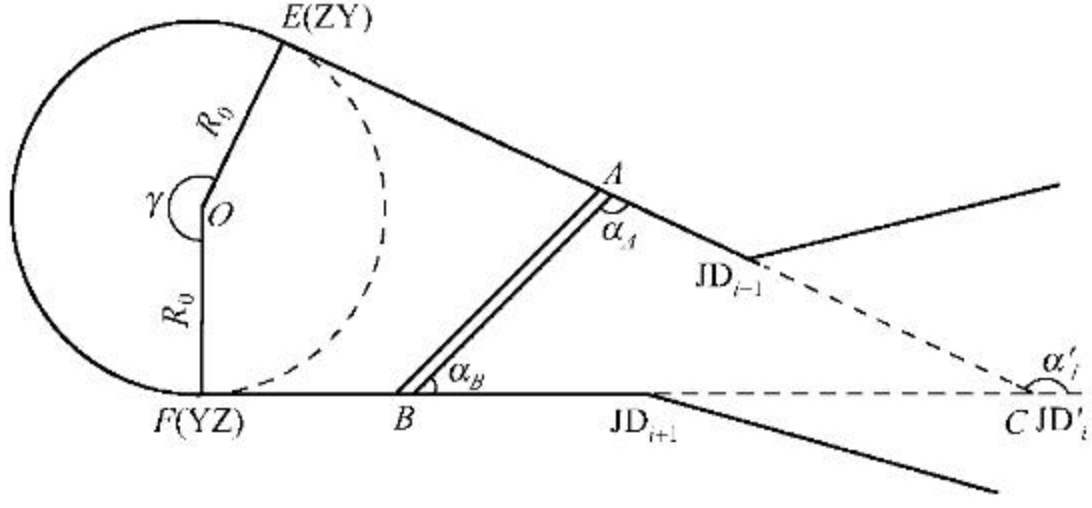
2. 回头曲线测设数据计算

回头曲线测设数据计算见表 7-33。

表 7-33 回头曲线测设数据计算

序号	计算内容
1	当圆心角 $\gamma < 180^\circ$ 时，计算和测设方法与虚交曲线相同（图 7-28）
2	<p>当 <math>\gamma &gt; 180^\circ</math> 时，为倒虚交。如图 7-29 所示，倒虚交点 <math>JD'_i</math>，视地形定基线 <math>AB</math>，测 <math>\alpha_A</math>、<math>\alpha_B</math>，丈量 <math>\overline{AB}</math>。  <math>\alpha'_i = \alpha_A + \alpha_B</math>，解 <math>\triangle ABC</math>，有：</p> $AC = AB \frac{\sin \alpha_B}{\sin \alpha'_i}$ $BC = AB \frac{\sin \alpha_A}{\sin \alpha'_i}$ <p>又因</p> $EC = FC \frac{R_0}{\tan \frac{180^\circ - \alpha'_i}{2}}$ <p>所以 <math>AE = EC - AC</math>，<math>BF = FC - BC</math>（<math>AE</math>、<math>BF</math> 可为正或负）                      主曲线中心角：  <math>\gamma = 360^\circ - \alpha'_i</math> (7-38)</p> <p>主曲线长度：  <math>L = \frac{\pi R_0 \gamma}{180^\circ}</math> (7-39)</p>
3	 <p style="text-align: center;">图 7-28 <math>\gamma &lt; 180^\circ</math> 回头曲线测设</p>

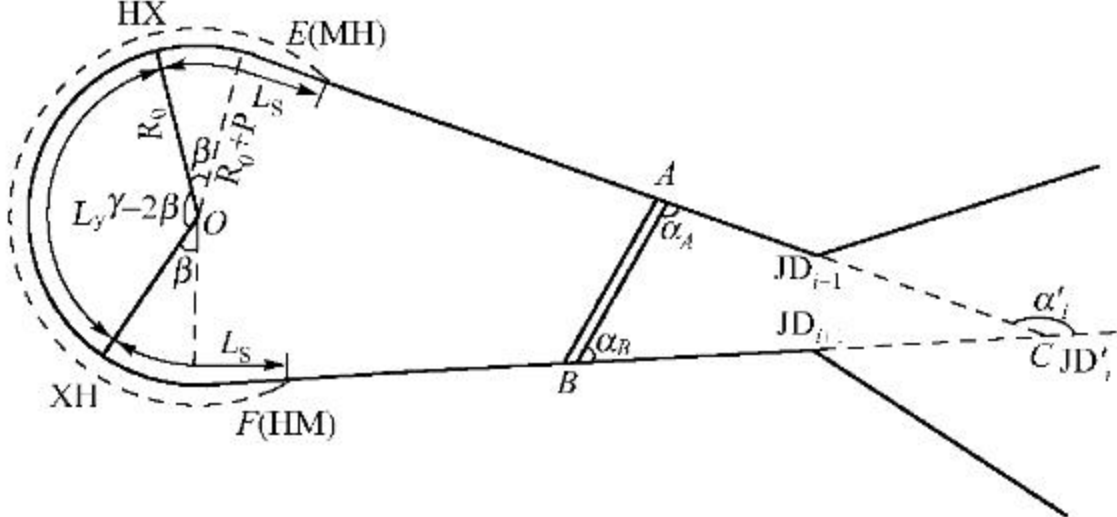
续表

序 号	计算内容
3	 <p style="text-align: center;">图 7-29 <math>\gamma &gt; 180^\circ</math>回头曲线测设</p>

### 3. 有缓和曲线的回头曲线的测设方法

有缓和曲线的回头曲线的测设方法见表 7-34。

表 7-34 有缓和曲线的回头曲线的测设方法

序 号	项 目	测设方法与数据计算
1	测设方法	<p>(1) 主点测设:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 从 A 点沿切线方向量取 AE, 可得 MH 点;</li> <li>② 从 B 点沿切线方向量取 BF, 可得 HM 点;</li> <li>③ 分别从 MH、HM 点用切线支距法量取 <math>X_h</math>、<math>Y_h</math>, 可得 HX、XH 点</li> </ol> <p>(2) 详细测设:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 缓和曲线测设同前述缓和曲线测设方法;</li> <li>② 主圆曲线测设同前述回头曲线测设方法</li> </ol>
2	测设数据计算	<p>如图 7-30 所示, 已知到虚交点 <math>JD'_i</math>, 基线 <math>\overline{AB}</math>, <math>\alpha_A</math>、<math>\alpha_B</math>, <math>\alpha'_i = \alpha_A + \alpha_B</math>。解 <math>\triangle ABC</math> 可求得 AC、BC, 拟定 <math>R_0</math>, <math>L_s</math> 可得:</p> $p = \frac{L_s^2}{24R_0} \tag{7-40}$ $q = \frac{L_s}{2} - \frac{L_s^3}{240R_0^2} \tag{7-41}$ $\beta = \frac{L_s}{2R_0} (\text{rad}) \tag{7-42}$ $CE = CF = (R_0 + p) \tan \frac{\alpha'_i}{2} - q \tag{7-43}$ $L_y = (360^\circ - \alpha'_i - 2\beta) \frac{\pi}{180^\circ} R_0 \tag{7-44}$ $L_h = L_y + 2L_s \tag{7-45}$ $AE = CE - AC, BF = CF - BC \text{ (AE、BF 可为正或负)} \tag{7-46}$
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-30 有缓和曲线的回头曲线测设</p>

## 7.7 高等级公路回旋曲线的测设

### 7.7.1 回旋曲线的种类与特点

在处理高等级公路弯道线形上,公路建设采用了以回旋曲线为主体的线形结构,构成了直线与回旋曲线、回旋曲线与回旋曲线、回旋曲线与圆曲线等连接的多种组合线形。由于回旋曲线的曲率变化是连续的,而且可大可小,形成不同的组合形状,见表7-35。

表7-35 回旋曲线的种类与特点

序号	种类	特点
1	基本型	<p>(1) 依照直线—回旋线—圆曲线—回旋线—直线的顺序组合如图7-31(a)所示。基本型中的回旋曲线参数、圆曲线最小长度都必须符合有关规定</p> <p>(2) 两回旋曲线参数可以相等,也可以根据地形条件设计成不相等的非对称型曲线。从线形的协调性看,将回旋曲线、圆曲线、回旋曲线之长度比设计成1:1:1较为合理。当实地所选半径小于《公路工程技术标准》(JTGB01—2003)中规定不设超高半径时采用这种曲线</p>
2	卵形	<p>用一个回旋线连接两个同向圆曲线的组合如图7-31(b)所示。选定的主曲线半径与反算的副曲线半径的比值小于1.5倍,一般采用这种曲线形式。即两圆曲线中间用一段缓和曲线连接。理想的卵形曲线上回旋线参数A不应小于该级公路关于回旋线最小参数的规定,同时宜满足下式要求:</p> $R_2/2 \leq A \leq R_2 \quad (7-47)$ <p>圆曲线半径之比,宜在下列范围内:</p> $0.2 \leq R_2/R_1 \leq 0.8 \quad (7-48)$ <p>式中, A——回旋线参数;  <math>R_1</math>——大圆半径;  <math>R_2</math>——小圆半径</p>
3	凸形	<p>在两个同向回旋线间不插入圆曲线而径相衔接的组合如图7-31(c)所示。凸形的回旋线的参数及其连接点的曲率半径,应当分别符合最小回旋线参数和圆曲线一般最小半径的规定。凸形曲线通常在各衔接处的曲率是连续的,但因中间圆曲线的长度为0,所以只在路线严格受地形、地物限制处方可采用凸形曲线</p>
4	S形	<p>(1) 两个反向圆曲线用回旋线连接的组合,如图7-31(d)所示。理想的S形相邻两个回旋线参数<math>A_1</math>与<math>A_2</math>宜相等,当采用不同的参数时,<math>A_1</math>与<math>A_2</math>之比应当小于2.0,有条件时以小于1.5为宜</p> <p>(2) 在S形曲线上,两个反向回旋线之间不设直线;不得已插入直线时,必须尽量地短。短直线的长度或重合段的长度应符合下式关系:</p> $L \leq \frac{A_1 + A_2}{40} \quad (7-49)$ <p>式中, L——反向回旋线间短直线或重合段的长度, m;  <math>A_1</math>、<math>A_2</math>——回旋线参数</p> <p>(3) S形的两个圆曲线半径之比不宜过大,宜满足下列关系:</p> $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{3} \sim 1 \quad (7-50)$ <p>式中, <math>R_1</math>——大圆半径;  <math>R_2</math>——小圆半径</p>
5	C形	<p>同向的两回旋线在曲率为零处径相衔接的形式如图7-31(e)所示。C形曲线连接处的曲率为零,即<math>R = \infty</math>,相当于两同向曲线中间直线长度为0,对行车和线形都有一定影响,所以C形曲线只有在特殊地形条件下方可使用</p>

续表

序号	种类	特点
6	复合形	<p>两个以上同向回旋线间在曲率相等处相互连接的形式如图 7-31 (f) 所示。复合形回旋线除了在受地形和其他特殊限制的地方外，一般使用很少，多出现在互通式立体交叉的匝道线形设计中。复合形的两个回旋线参数之比须满足下式：</p> $A_2/A_1 = 1/1.5 \quad (7-51)$

7

示意图

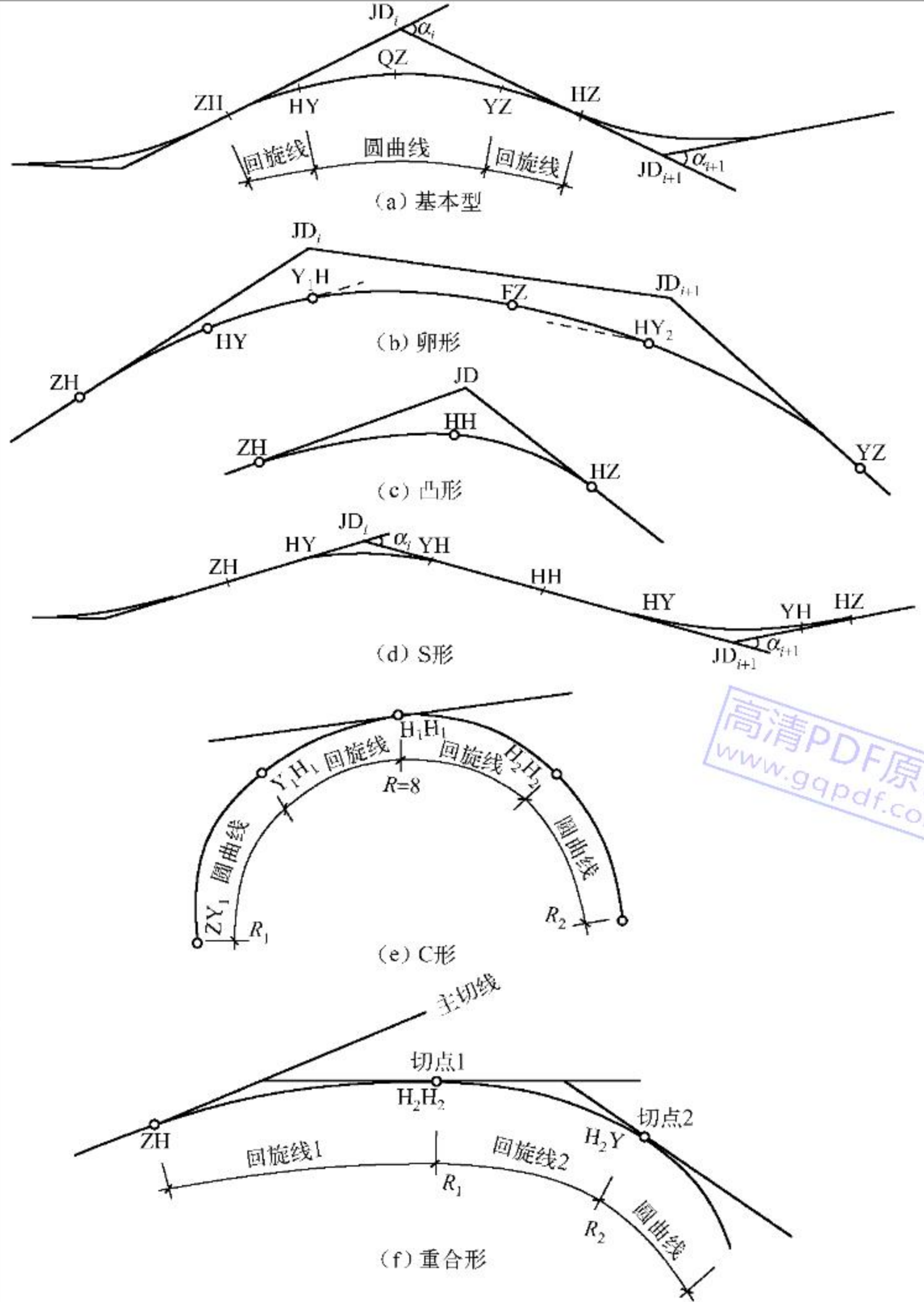


图 7-31 高等级公路常见线形

### 7.7.2 回旋曲线的测定方法

高等级公路回旋曲线的测定方法可参照前面的相关内容执行。回旋曲线只是在简单的曲线测定的基础稍加变化，其原理方法是相通的。

## 7.8 公路中线的展绘

### 7.8.1 选定比例尺

可以选用 1:2 000 或 1:5 000 的比例尺。一般情况下常用 1:2 000，人烟稀少的平原微丘区可用 1:5 000。

### 7.8.2 导线展绘

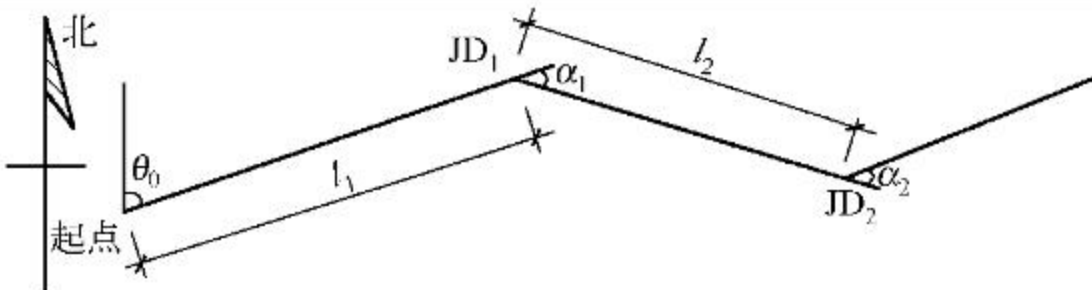
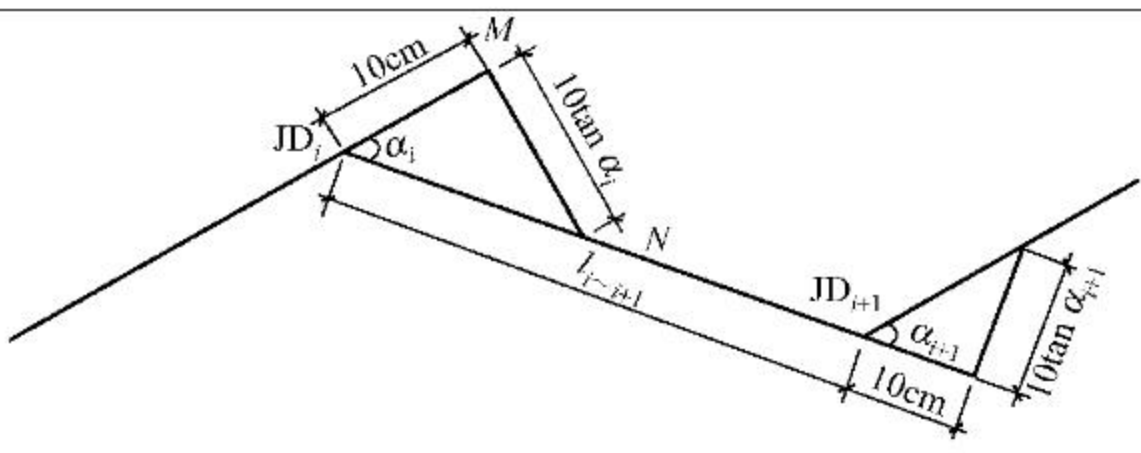
#### 1. 坐标格网法导线展绘

坐标格网法展绘导线的精度较高，无累积误差，经常适用于精度要求高的导线展图。展绘时应先在图纸上绘制坐标格网，然后根据各交点的坐标在图纸上绘出各交点位置，再把相邻两交点连起来即得路线导线。

#### 2. 偏角法导线展绘

偏角法导线展绘见表 7-36。

表 7-36 偏角法导线展绘

序号	方法	主要内容
1	极坐标法	如图 7-32 所示，先确定指北针、路线起点；根据起始方位角，用量角器绘出路线起点与 $JD_1$ 的方向，然后在上部截取起点与 $JD_1$ 的距离得 $JD_1$ ；在 $JD_1$ 上用量角器量转角 $\alpha_1$ （注意左转右转）定出 $JD_1-JD_2$ 导线方向，再截取两交点间的距离得 $JD_2$ ；按此方法，可逐点展绘。每绘制一段导线后应复核磁方位角，及时消除积累误差
2	正切法	路线的偏转方向不用量角器量角确定，而是用量取两直角边确定方向。如图 7-33 所示，从 $JD_i$ 沿 $JD_{i-1}-JD_i$ 的方向量取 10cm 得一点 $M$ ，从 $M$ 点根据路线的左右偏沿垂向量取 $10\tan\alpha_i$ (cm) 可得一点 $N$ ， $N$ 点与 $JD_i$ 的连线即为 $JD_i-JD_{i+1}$ 的方向，在此方向上截取两交点间距离，即得 $JD_{i+1}$ 点。用此方法，可逐点展绘
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 7-32 极坐标法</p>  <p style="text-align: center;">图 7-33 正切法</p>

### 3. 导线的曲线展绘

导线的曲线展绘见表 7-37。

表 7-37 导线的曲线展绘

序 号	基 本 要 求
1	曲线为圆曲线时，从 JD 向切线方向量取切线长，即得两切点，然后过两切点用对应半径的圆曲线板绘制曲线
2	曲线为有缓和曲线时，先计算曲线上各点的直角坐标，然后按切线支距法在图纸上绘出各点位置，再用曲线板把各点连起来即得导线曲线位置
3	路线中线展绘完成后，应在图上注出公路起终点、公里桩、百米桩、曲线要素桩、桥涵桩及位置

### 7.8.3 勾绘地形等高线

地形等高线的勾绘见表 7-38。

表 7-38 地形等高线的勾绘

序 号	基 本 要 求
1	在中线的加桩处，根据中平测量成果标注出中线地面高程
2	根据横断面测量成果勾绘横断面测量范围内的地形等高程

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

# 第 8 章 航空摄影测量

## 8.1 航空摄影

### 8.1.1 一般规定

航空摄影的一般规定见表 8-1。

表 8-1 航空摄影的一般规定

序 号	一 般 规 定
1	公路航空摄影应结合路线沿线的地形起伏情况和成图精度要求，合理选择镜头焦距。在选择航摄影镜头焦距时，应根据摄区的地形和成图精度要求进行综合考虑，在保证飞机最低安全高度和避免摄影死角的前提下，应尽量选用短焦距镜头进行航空摄影
2	航摄比例尺的选择，应综合考虑公路各测设阶段所用地形图的比例尺及相应精度要求，结合摄区的地形条件、成图方法及所用仪器的性能等因素。航摄比例尺分母与成图比例尺分母之比，以 4~6 为宜。航摄比例尺的具体数值见表 8-2，对地形图精度要求高的工程宜选择较小值
3	公路航摄应合理选择性能先进的航摄影，宜选择使用像幅为 230 mm × 230 mm 的航摄影

表 8-2 航摄比例尺

成图比例尺	航摄比例尺	成图比例尺	航摄比例尺
1:500	1:2 000 ~ 1:3 000	1:2 000	1:8 000 ~ 1:12 000
1:1 000	1:4 000 ~ 1:6 000	1:5 000	1:20 000 ~ 1:30 000

### 8.1.2 航空飞行质量要求

在进行航空测量时，其飞行质量应符合表 8-3 的要求。

表 8-3 航空飞行质量要求

序 号	飞 行 质 量 要 求
1	像片重叠度应符合表 8-4 的规定
2	像片倾角应小于 2°，个别最大可为 4°
3	旋偏角应符合表 8-5 的规定
4	同一航带上相邻像片的航高差应小于 20 m；同一航带上最大航高与最小航高之差应小于 30 m
5	航线的弯曲度应小于 3%
6	分区的摄影覆盖范围应符合下列要求：沿路线走廊的纵向覆盖，航带两端应各超出分区范围 1 条基线以上；路线走廊的横向覆盖应满足设计要求，航迹线偏移应小于像幅的 10%
7	漏洞补摄时，应根据原设计要求及时进行，宜采用与原摄影相同类型的航摄影，纵向覆盖应超出漏洞外 1 条基线以上

表 8-4 像片重叠度

方 向	个别最小值/%	一般值/%	个别最大值/%
同一航带航向重叠	56	60 ~ 65	75
相邻航带旁向重叠	15	30 ~ 35	—

表 8-5 旋偏角

航摄比例尺 $M$	一般值/(°)	个别最大值/(°)
$M \leq 1/8\,000$	$\leq 6$	$\leq 8$
$1/8\,000 < M \leq 1/4\,000$	$\leq 8$	$\leq 10$
$1/4\,000 \leq M$	$\leq 10$	$\leq 12$

注：同一摄影分区内，达到或接近最大旋偏角的像片不得连续超过 3 片。

### 8.1.3 航空摄影质量要求

在进行航空摄影测量时，其摄影质量应符合表 8-6 的要求。

表 8-6 航空摄影质量要求

序 号	摄影质量要求
1	应根据路线所经地域的地理纬度、气候条件及太阳高度角对地形、地物照射产生的阴影倍数，选择最佳的航摄季节和时间。平原、微丘区，太阳高度角应大于 $20^\circ$ ，阴影应小于 3 倍；重丘、山岭区，太阳高度角应大于 $45^\circ$ ，阴影应小于 1 倍；地形高差特大或陡峭的山区，航摄时间应控制在地方时正午前后 1 h 之内
2	底片的灰雾密度应小于 0.2；底片最大密度应在 1.4 ~ 1.8 之间，极个别的可为 2.0，底片最小密度至少应比灰雾密度大 0.2；底片的密度差宜为 1.0 左右，最大密度差应小于 1.4，最小密度差应大于 0.6
3	因飞机地速产生的最大像点位移在底片上应小于 0.06 mm，其值按下式计算： $\delta = T \times (v/m) \times 10 \quad (8-1)$ 式中， $\delta$ ——像点位移量，mm； $T$ ——曝光时间，s； $v$ ——飞机地速，m/s； $m$ ——最高地形点的航摄比例尺分母
4	底片上的框标及其他各类注记标志应清晰、齐全、完整，底片不得有云、云影、划痕、斑痕、折伤、脱胶等缺陷。当发现有上述缺陷且对成图有影响时，应予以补摄
5	航摄像片索引图、透明正片、像片等航摄复制品应影像清晰，不宜有划痕、斑痕、折裂、脱胶等缺陷

### 8.1.4 航空摄影分区

航空摄影的分区见表 8-7。

表 8-7 航空摄影的分区

序 号	项 目	计算及注意事项
1	航带设计	根据公路规划任务书、公路工程可行性研究报告、公路勘测任务书等技术文件，宜采用 1:50 000 地形图进行航带设计。不同航带数在设计用图上的总宽度应采用下式计算： $d_j = l \frac{m}{M} [1 + (j-1)(1 - q_Y)] \times 10^{-3} \quad (j=1, 2, \dots) \quad (8-2)$ 式中， $d_j$ ——航带在设计用图上总的覆盖宽度，m； $l$ ——像幅尺寸，mm； $m$ ——航摄比例尺分母； $M$ ——设计用图比例尺分母； $j$ ——航带数； $q_Y$ ——相对于平均基准面上的旁向重叠度，%



续表

序号	项目	计算及注意事项
2	航摄分区的面积	<p>(1) 每个航摄分区的摄影面积应按下式计算:</p> $A_i = S_{xi} S_{yi} M^2 \times 10^{-6} \quad (8-3)$ <p>式中, <math>A_i</math>——第 <math>i</math> 个分区的摄影面积, <math>\text{km}^2</math>;  <math>S_{xi}</math>——第 <math>i</math> 个分区的图上长度, <math>\text{m}</math>;  <math>S_{yi}</math>——第 <math>i</math> 个分区的图上宽度, <math>\text{m}</math></p> <p>当多航带分区中航带长不等时, 应按不同航带数分段计算再取和</p> <p>(2) 整个摄区的摄影总面积应按下式计算:</p> $A = \sum_{i=1}^n A_i \quad (8-4)$ <p>式中, <math>A</math>——整个摄区的摄影总面积, <math>\text{km}^2</math>;  <math>A_i</math>——各个分区的摄影面积, <math>\text{km}^2</math>;  <math>n</math>——摄影分区总数</p>
3	航摄分区的基本像片数	<p>(1) 各分区的航摄基线长按下式计算:</p> $B_{xi} = ml(1 - q_{xi}) \times 10^{-3} \quad (8-5)$ <p>式中, <math>B_{xi}</math>——第 <math>i</math> 个分区航摄基线长, <math>\text{m}</math>;  <math>q_{xi}</math>——第 <math>i</math> 个分区的航向重叠度, %</p> <p>(2) 各分区的基本像片数按下式计算:</p> $C_i = \sum_{j=1}^{j_i} \left( \frac{S_{xij} M}{B_i} + 3 \right) \quad (8-6)$ <p>式中, <math>C_i</math>——第 <math>i</math> 个分区航摄基本像片数;  <math>S_{xij} M</math>——第 <math>i</math> 个分区第 <math>j</math> 条航带的图上长度, <math>\text{m}</math>;  <math>j_i</math>——第 <math>i</math> 个分区的航带数;  <math>\frac{S_{xij} M}{B_i} + 3</math>——表示以航带为单位, 向上取整</p> <p>(3) 计算整个摄区的基本像片总数:</p> $C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (8-7)$ <p>式中, <math>C</math>——整个摄区的基本像片总数</p>
4	航摄分区的划分与组合要求	<p>(1) 航摄分区的划分应以路线方案的平面线形变化和纵断面地形高差变化为依据确定</p> <p>(2) 在满足航摄范围要求的基础上, 宜选用单航带形式布设航摄分区</p> <p>(3) 航摄分区内的地形高差应符合下列规定: ①当航摄比例尺小于 1:8 000 时, 应小于 1/4 摄影航高; ②当航摄比例尺大于或等于 1:8 000 时, 应小于 1/6 摄影航高; 在地形困难地区, 分区的结合部宜设置在地形较好地段, 以利于像片联测时的作业</p> <p>(4) 航摄分区接头的部分不应产生漏洞, 其重叠部分至少应具有两条以上摄影基线。</p> <p>(5) 航摄分区的长度不宜短于 6.0 km, 并宜布设为规则矩形</p>
5	航摄范围	<p>(1) 航摄范围横向每侧应覆盖成图区域以外一个航带 20% 以上的宽度, 纵向各向外延伸 2~3 条摄影基线</p> <p>(2) 大桥、特大桥的航摄范围: 上游长度宜为河岸宽度的 3 倍, 下游为河岸宽度的 2 倍, 顺桥轴方向桥头引线终点以外 500 m</p> <p>(3) 大型互通式立交及服务区、管理区等, 航摄范围应超出其区域范围每边 500 m 以上</p> <p>(4) 短于 1 000 m 的隧道应按路线方案走廊处理; 1 000 m 以上隧道的航摄范围应以隧道方案线控制, 两侧各超出方案线的距离应大于 700 m</p>

## 8.2 航空测量内业与外业

### 8.2.1 航空测量内业

#### 1. 像控点的转点与加密

像控点的转点与加密见表 8-8。

表 8-8 像控点的转点与加密

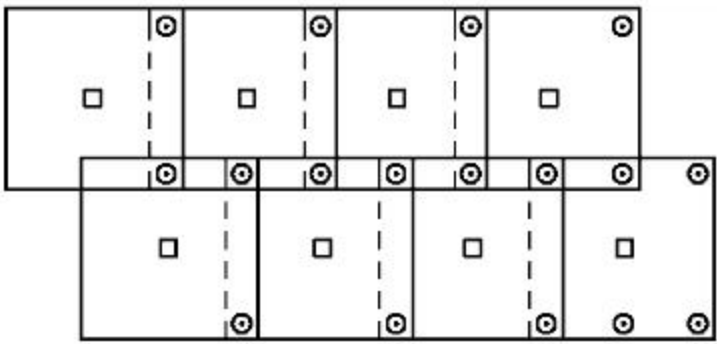
序号	项目	计算及注意事项
1	像控转点与加密点的选定	<p>(1) 野外控制点不宜转刺，但应转标。需要转刺时，必须依据野外控制片上的刺孔、点位略图及点位说明综合判断，准确转刺</p> <p>(2) 加密点的选点要求应按像控点选刺的相关规定执行</p> <p>(3) 区域网平差时，当相邻航带像片重叠错位，点位不能达到 6 片公用时，应分别选点、互相转标，如图 8-1 所示</p> <p>(4) 加密时，宜加入湖面、水库水面、GPS 测量等辅助数据进行联合平差</p> <p>(5) 航带沿河道、山谷布设时，应注意标准点间的高差，不应出现相对定向不定性。</p> <p>(6) 像控点宜用不易退色的细绘图笔在透明正片上准确相互转标并进行整饰。需要刺点时，像对内点位刺孔只准刺一次，2、4、6 点刺在右像片上，其余刺在左像片上，刺出的点位应整饰</p> <p>(7) 加密点在同一测段或同一区域网中应统一编号，并注记于测绘面积外，点号不应重号</p>
2	加密点平面及高程误差估算	<p>应按下面两个式子进行加密点平面和高程中误差估算，内业加密点相对于最近野外控制点的平面和高程中误差不得大于表 8-9、表 8-10 的规定：</p> $m_c = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (8-8)$ $m_p = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (8-9)$ <p>式中，<math>m_c</math>——控制点中误差，m；  <math>m_p</math>——公共点中误差，m；  <math>\Delta</math>——控制点的不符值，m；  <math>d</math>——公共点较差，m；  <math>n</math>——评定精度的点数</p>
3	加密成果资料编制	加密成果资料应清晰、齐全，装订整齐，签署完备，作业中的重大技术处理应有记录
4	图示	

图 8-1 像片旁向重叠错位时连接点的选刺

表 8-9 内业加密点的平面位置中误差

地形类别	平原、微丘	重丘、山岭
图上平面位置中误差/mm	±0.4	±0.55

表 8-10 内业加密点的高程中误差

比例尺	地形类别	基本等高距/m	高程中误差/m
1:500	平原	0.5	—
	微丘	0.5	—
	重丘	1.0	±0.35
	山岭	1.0	±0.55
1:1000	平原	0.5	—
	微丘	1.0	—
	重丘	1.0	±0.50
	山岭	2.0	±1.0
1:2000	平原	1.0	—
	微丘	1.0	—
	重丘	2.0	±0.80
	山岭	2.0	±1.20
1:5000	平原	1.0	—
	微丘	2.0	—
	重丘	5.0	±2.0
	山岭	5.0	±3.0

注：表中“—”表示不得内业加密。

## 2. 影像图的应用与制作

影像图的应用与制作见表 8-11。

表 8-11 影像图的应用与制作

序号	影像图的应用与制作的要求
1	在各设计阶段路线、桥梁、隧道、互通立交方案研究、位置选定时，应按表 8-12 选用相应的影像图
2	平原地区宜采用纠正像片平面图，丘陵、山岭地宜采用正射影像图，并在影像图上加注公里格网及地名等工程设计中重要的应用信息
3	概略纠正的影像图或纠正像片宜以相应比例尺地形图作为底图，对像片进行比例尺概略归化，归化时应控制路线走廊内主要地物影像位移和变形
4	像片纠正镶嵌时，各项限差应小于表 8-13 的规定
5	<p>在纠正点控制的像片应用面积内，当高差符合立体模型连接要求时可不分带纠正；当分带纠正时，分带纠正的带数不宜超过 3 个带。高差应按下式计算：</p> $\Delta h \leq 0.001 \frac{f_k}{r} M \quad (8-10)$ <p>式中，<math>\Delta h</math>——纠正点控制的像片应用面积内高差 (m)；  <math>f_k</math>——航摄仪主距，mm；  <math>r</math>——辐射中心至最远纠正点的距离，mm；  <math>M</math>——成图比例尺分母</p>
6	片与片间拼接时，应选在像片上纠正点连线附近，偏离值应小于 10 mm
7	带与带间裁切线应以分带线为依据，裁切线应通过接边误差小、色调大致相同的地方，不宜通过重要地物。裁切线与线状地物交角宜正交，不宜沿河流、道路等处裁切，裁切线要光滑
8	在正射影像扫描作业中，基本扫描片的平面定向误差合理配赋后，相对于像片平面应小于 0.03 mm

续表

序号	影像图的应用与制作的要求
9	<p>平原、微丘区正射影像的数据采集宜采用断面方式，重丘、山岭区宜采用等高线方式。等高线和地形特征点均应测绘在底图上</p> <p>① 采集格网点或断面点间的密度相对于正射影像图上的间距不得大于 15 mm。此外，在路堤、路堑、路肩、沟心、坎上、坎下等变坡处，应采集特征点。</p> <p>② 沿等高线采集数据时，同一等高线在正射影像图上的点间距，对于平原、微丘区不得大于 10 mm，重丘区不得大于 7 mm，山岭区不得大于 5 mm</p>

表 8-12 影像图的用途

用途	种类	用途	种类
工程可行性研究	未经纠正的像片平面图	施工图设计及山区初步设计	正射影像图
平微区初步设计	纠正或概略纠正的影像图	设计各阶段	正射影像地形图

表 8-13 纠正镶嵌限差规定

项目	底片刺点误差	纠正对点	镶嵌、裁切线重叠、裂缝	片与片、带与带接边差
限差/mm	0.08	0.6	0.2	1.2

### 3. 全数字摄影测量限差

全数字摄影测量限差见表 8-14。

表 8-14 全数字摄影测量限差

序号	各项限差应符合的要求
1	透明正片的扫描分辨率不得大于 25 $\mu\text{m}$
2	当框标自动识别定位或人工交互方式进行内定向时，框标坐标量测误差应小于 0.02 mm
3	利用影像同名点匹配算法求解立体定向相对定向参数时，平原、微丘区相对定向的残余上、下视差应小于 0.005 mm，重丘、山岭区相对定向的残余上下视差应小于 0.008 mm
4	<p>影像匹配后，立体模型的连接较差应满足下式的要求：</p> $\Delta S \leq 0.06m \times 10^{-3} \quad (8-11)$ $\Delta Z \leq 0.04 \frac{mf}{b} \times 10^{-3} \quad (8-12)$ <p>式中，<math>\Delta S</math>——平面位置较差，m；  <math>\Delta Z</math>——高程较差，m；  <math>m</math>——像片比例尺分母；  <math>f</math>——航摄影主距，mm；  <math>b</math>——像片基线长度，mm</p>
5	像控点坐标输入和影像匹配后，绝对定向的各项精度指标不应大于表 8-15 的规定

表 8-15 绝对定向后的精度指标

项目	精度指标	
基本定向点残差	$0.75M_1$	
多余控制点的不符值	$1.25M_1$	
公共点的较差	$2.0M_1$	
平面坐标误差	平原、微丘	图上为 0.3 mm
	重丘、山岭	图上为 0.4 mm

续表

项 目		精度指标
高程误差	平原、微丘	0.2 m
	重丘、山岭	0.75 $H_1$

注： $M_1$ 为加密点的平面位置中误差； $H_1$ 为加密点的高程中误差。

#### 4. 地物与地貌图的测绘

地物与地貌图的测绘见表 8-16。

表 8-16 地物与地貌图的测绘

序 号	项 目	基 本 要 求
1	测绘要求	(1) 数据应按规定进行分类、分层采集 (2) 图面上人工修改的地物、地貌，必须在相应文件中同步进行修改 (3) 地物、地貌测绘及地形图接边的要求应符合相关规定 (4) 测绘范围宜在定向点连线以内，最大不得超过像片上定向点连线外 10 mm (5) 地物与地貌要素的测绘应按照外业定性、内业定位的原则作业 (6) 每个像测完后必须经检查才能从仪器上取下；每幅图测完后，应认真进行自检和互检；图历簿应填写完整并签名 (7) 测绘成果的图形文件宜采用 DXF、DWG、DGN 或 ASC II 格式 (8) 在测绘依比例尺表示的地物时，应以测标中心切准轮廓线或拐角打点连线；在测绘不依比例尺表示的地物时，应以其定位点或定位线确定。测绘等高线时，应以测标立体切准模型描绘，宜先绘计曲线，再绘首曲线。当首曲线不能显示出地貌特征或平坦地区首曲线在图上间隔大于 50 mm 时，应加绘间曲线。在等倾斜地段，当相邻两计曲线间距离在图上小于 1 mm 时，可只测绘计曲线，首曲线可以插绘或不绘 (9) 对于路线、地质、水文各专业所需的专用点，路线附近的沟心、谷底、鞍部、山顶、变坡处、坎顶、坎底、公路路面与铁路轨面每隔一定的距离、道路交叉及不能用等高线表示出地貌特征的地区，主要河流、湖泊及较大水塘的水边均应测注高程注记点。高程注记应切读 2 次，读数较差在测制 1:500 地形图时宜小于 0.1 m，取中数注至 0.01 m；其他比例尺测图读数较差宜小于 0.3 m，取中数注至 0.1 m (10) 地物符号库、线型符号库和汉字库必须按规定的图形符号和制图标准建立
2	图形编辑	图形编辑时，地形图的各种符号、数字及文字注记位置恰当，不应与重要地物、地貌重叠；在交互式编辑等高线、水系等线状地物时，必须采用“捕捉”功能，曲线接头处应光滑圆顺；地类界、行政区划等封闭图形必须作闭合检查

#### 5. 航测内业成果成图的检查

航空测量内业成果成图的检查应分两级进行，见表 8-17。

表 8-17 航空测量内业成果成图的检查

序 号	分 级	检 查 内 容
1	首级检查	为各工序内的过程检查、上仪器自查、各工序间资料交接时的自检和互检，对未达到精度要求的应作细致分析、查找原因，必要时重新上仪器补测或返工重做。工序内检查情况逐项记入图簿中
2	第二级检查	为基层单位检查。在工序检查的基础上采用重点抽样方式进行，包括对各工序作业过程检查和上仪器检查。并应对质量进行评价（优、良、合格、不合格），检查结果记录于图簿中

### 8.2.2 航空测量外业

#### 1. 一般规定

航空测量外业一般规定见表 8-18。

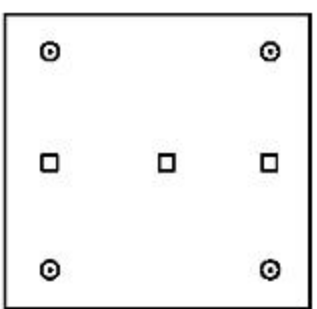
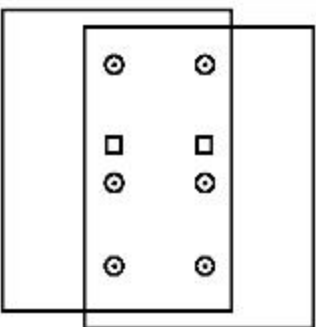
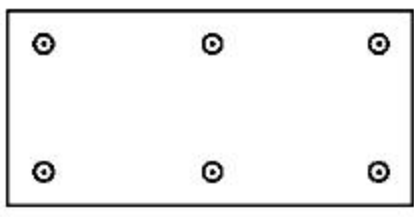
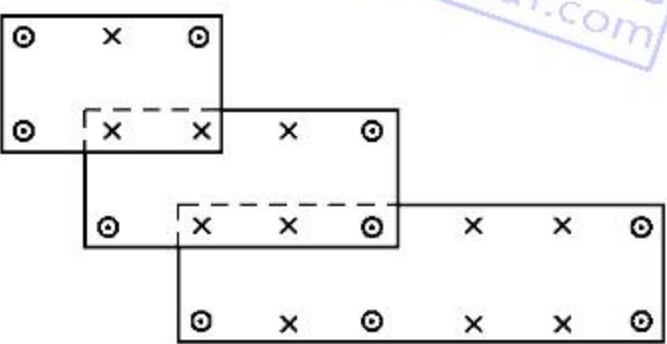
表 8-18 航空测量外业一般规定

序 号	一 般 规 定
1	像控点应布设在航向三度重叠范围内，困难时可布设在二度重叠范围内
2	相邻航线之间的像控点应尽量公用，并应布设在旁向重叠中线附近，位于航向和旁向六度重叠范围内，困难时可位于五度重叠范围内
3	分别布点时控制范围在像片上所裂开的垂直距离应小于 10 mm，当条件受限制时应小于 20 mm
4	位于自由边的像控点连线应能控制住测图范围
5	对于控制线路方案的重点工程地段，应增加像控点
6	平原、微丘区测图时，像片高程控制点应采用全野外布点
7	像控点距像片边缘应大于 15 mm，离方位线的距离应大于 60 mm，离开通过像主点且垂直于方位线的距离不应大于 10 mm，困难时个别点位应不大于 15 mm

2. 航空测量布点

航空测量布点见表 8-19。

表 8-19 航空测量布点

序 号	项 目	基 本 要 求	图 示
1	全野外布点	<p>(1) 对于像片平面图的全野外布点，每张隔号像片应布设 4 个平高点，如图 8-2 所示</p> <p>(2) 对于立体成图的全野外布点，每个立体像对应布设 4 个平高点。当航摄比例尺分母大于 4 倍成图比例尺分母时，宜在像主点附近增设 1 个平高控制点，如图 8-3 所示。当控制点的平面坐标由内业加密得出时，增设的平高控制点可改为高程控制点</p>	  <p>图 8-2 像片平面图的全野外布点              图 8-3 立体成图的全野外布点              ⊙ - 平高点；              □ - 像主点</p>
2	航带布点	<p>(1) 单航带布点应采用每一分段六点法，如图 8-4 所示</p> <p>(2) 航带首末端点间的间隔基线数不应大于表 8-20 ~ 表 8-23 的规定。两端的上、下两点宜选在通过像主点且垂直于方位线的直线上，相互偏离不应超过 1/2 条基线；中央一对点宜选在两端控制点的中间，左、右偏离不应超过 1 条基线，并避免上、下两点同时往一侧偏离</p>	 <p>图 8-4 单航带布点</p>
3	区域网布点	<p>(1) 当航带数为 2 条及以上时，宜采用区域网布点，其航带跨度应符合表 8-24 的规定。控制点间基线数与单航带相同，并应保证区域四周至少有 6 个平高点</p> <p>(2) 当成图范围不规则时，可采用不规则区域网布点。凸出处应布设平高点，凹进处应布设高程点。当凹角点与凸角点之间距离超过 2 条基线时，在凹角处应布设平高点，如图 8-5 所示</p>	 <p>⊙ - 平面控制点    × - 高程控制点              图 8-5 不规则区域网布点</p>

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

续表

序号	项目	基本要求	图示
4	特殊情况布点	<p>(1) 航摄分区接合处像控点应布设在航带重叠区域, 尽量使其公用。当不能满足公用要求时, 应分别布点</p> <p>(2) 当遇到像主点、标准点位落水, 但落水范围的大小和位置不影响立体模型连接时, 可按正常航带布点, 否则落水像对应按全野外布点</p> <p>(3) 海湾、岛屿、湖泊地区, 应按全野外法布点, 控制点位应能最大限度控制测绘区域</p>	

表 8-20 1:500 成图航带网布点首末端点间的间隔基线数

航摄比例尺 \ 焦距		平原	微丘	重丘	山岭
1:2 000	305	10/*	10/*	14/12	14/12
	305	8/*	8/*	12/8	12/8
	305	6/*	6/*	10/6	10/6

表 8-21 1:1 000 成图航带网布点首末端点间的间隔基线数

航摄比例尺 \ 焦距		平原	微丘	重丘	山岭
1:4 000	152	8/*	8/*	12/14	- / -
	210	8/*	8/*	12/12	12/16
1:5 000	152	6/*	6/*	10/10	10/16
	210	6/*	6/*	10/8	10/12
1:6 000	152	* / *	* / *	8/8	8/14
	210	4/*	4/*	6/6	6/10

表 8-22 1:2 000 成图航带网布点首末端点间的间隔基线数

航摄比例尺 \ 焦距		平原	微丘	重丘	山岭
1:8 000	152	8/*	8/*	12/10	12/12
	210	8/*	8/*	12/8	12/12
1:10 000	152	6/*	6/*	10/8	10/10
	210	6/*	6/*	10/6	10/8
1:12 000	152	* / *	* / *	8/4	8/8
	210	4/*	4/*	6/*	6/6

表 8-23 1:5 000 成图航带网布点首末端点间的间隔基线数

航摄比例尺	焦距	地形			
		平原	微丘	重丘	山岭
1:20 000	152	8/*	8/*	12/10	12/12
	210	8/*	8/*	12/8	12/12
1:25 000	152	6/*	6/*	10/8	10/10
	210	6/*	6/*	10/6	10/8
1:30 000	152	*/*	*/*	8/4	8/8
	210	4/*	4/*	6/*	6/6

注：表 8-20 ~ 表 8-23 中，分子为平面控制点间隔基线数，分母为高程控制点间隔基线数，\* 表示全野外布点。

表 8-24 航带区域网允许的最大航带跨度数

比例尺	1:500	1:1 000	1:2 000	1:5 000
航带数/条	4~5	4~5	5~6	5~6

### 3. 航空像控点

航空像控点基本要求见表 8-25。

表 8-25 航空像控点基本要求

序号	项目	基本要求
1	像控点选刺	<p>(1) 像片平面控制点应选择影像清晰、棱角分明的明显地物点，实地判点误差应小于图上 0.1 mm。刺点误差和刺孔直径不得大于 0.1 mm，且应刺透，不得有双孔</p> <p>(2) 像控点宜选在近乎直角的线状地物的交点或地物拐角上。在地物稀少地区，点位目标也可选在线状地物的端点或点状地物的中心。弧形及不固定的地物，不得作为刺点目标</p> <p>(3) 像片高程控制点的点位应选刺在高程变化较小的地方</p> <p>(4) 像片高程控制点的点位宜选在线状地物交点和平山头，不应选在狭沟、尖山头或高程变化急剧的斜坡上。当点位刺在高于地面的地物顶部时，应尽量注顶部与地面的比高</p> <p>(5) 像片平高控制点的点位目标，应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求</p>
2	像控点整饰	<p>(1) 像片控制点仅整饰刺点片，整饰应清晰，同一测区不得有重号</p> <p>(2) 有像控点的刺点片，应在正面用直径为 5~10 mm 圆形整饰，并注记点名和高程</p> <p>(3) 像片背面应用铅笔在现场详细绘制点位略图，注上点名或点号，简要说明刺点位置和比高、刺点者、检查者（对刺者）及刺点日期。文字说明中指示方位时，宜用“上、下、左、右”</p> <p>(4) 航带间公用的点只在相邻航带的主片上转标，并应注上点号和说明刺点片号。当借用相邻测区的像片控制点时，必须转刺并按前述规定式样整饰</p>
3	像控点测量	<p>(1) 像控点的平面位置测量可采用导线测量、GPS 测量等方法进行，其点位中误差不应超过重要地物点平面位置中误差的 1/5</p> <p>(2) 像控点的高程可采用三角高程测量、水准测量和 GPS 测量等方法进行，其中误差不应超过基本等高距的 1/10</p> <p>(3) 像控点测量时，其具体作业要求可按图根控制测量的要求执行</p>
4	航空测量像片调绘	<p>(1) 调绘范围应覆盖测图区域，调绘像片宜采用隔号像片。相邻调绘片接边时，右、下调绘面积线宜采用直线，左、上调绘面积线应根据邻片立体转绘。调绘面积线应尽量画在航向重叠和旁向重叠的中线附近，并应尽量避免分割居民点和其他重要的独立地物。在调绘面积线以外，应注明邻接像片号，无接边处应注明“自由图边”</p> <p>(2) 各种方位物、建筑物、管线、水系、道路、地貌、农田、植被、境界及各类名称等要素应准确调绘</p>



续表

序号	项目	基本要求
4	航空测量 像片调绘	<p>(3) 房屋应调绘至屋檐滴水线。距路线 100 m 外的成片毗连房屋内侧的凸凹在图上小于 1.0 mm, 小块空院和空场在图上小于 25 mm<sup>2</sup> 及在图上小于 1.0 mm 的次要巷道和死胡同, 均可进行综合取舍, 但大块空地应当画出。无毗连的房屋应逐个调绘, 并对房屋的建筑材料和层数进行注记</p> <p>(4) 地面、地下及架空管线除表示其位置外, 应调绘输送物质。永久性的电力线、通信线、地下电缆的地面标志、铁塔如能在像片上判出, 则以立体判读为准。在野外应区分出高压线、低压线或通信线, 并在其转折处标明每条线路的走向。对于电杆位置不清的像片, 除应标明其走向并逐个判定刺电杆位置外, 还应量出至相邻电杆的距离。居民区的管道和低压电力线可不表示</p> <p>(5) 河流、湖泊、池塘应绘出摄影时的水涯线。池塘的水涯线与岸边线在图上距离小于 1 mm 时, 水涯线可绘在岸边线位置上。水渠、贮水池的水涯线则以坎沿为准。水中和岸边的附属要素应调绘齐全, 河流和沟渠还需标明流向。堤坝、河流、沟渠等在图上宽度大于 1 mm 时, 应用双线表示。缺水地区的井和泉应表示</p> <p>(6) 道路除调绘铁路、公路、大车路、桥涵、隧道、渡口及其附属设施外, 人烟稀少地区的小路也应调绘。公路、铁路应注明等级、通向、路基和路面的宽度及铺面材料。以双线表示的道路, 当其边线不明显时, 需调注路宽和路的一条边至明显地物点的距离。道路的宽度应按道路类型分别计算, 有铺装的道路宽度, 应量取路肩端点间的宽度; 无排水沟的大车路, 应以实际使用宽度为准。乡村路则应选择主要的加以表示</p> <p>(7) 路堤、路堑、冲沟、陡坎、梯田坎等不能用等高线反映的天然或人工地貌元素, 均应以相应符号调绘于像片上, 其比高在 1 m 以上时可在内业立体测图时予以测注, 但在阴影遮盖的沟谷和隐蔽地区应由外业量注</p> <p>(8) 对于大面积成片分布的植被, 调绘时可在像片内用文字作简注说明。在密林灌木丛地区, 应调绘平均树高, 并且在平均树高有变化的地方分别量注。多种植被混生于同一范围内时, 宜只选择其主要的表示</p> <p>(9) 境界可只调绘县(旗)以上行政区界。除了通过实地询问调查外, 也可利用当地准确测绘的行政区划图</p> <p>(10) 地理名称注记应参照当地地名资料调查核实, 正确注记。其内容包括居民地、道路、桥梁、市镇街巷、工矿企业、机关学校、医院、农(林)场、大型文化教育建筑、名胜古迹以及山岭、沟谷、河流、湖泊、港口等名称</p> <p>(11) 对航摄后拆除的建筑物应在像片上划掉, 增加的建筑物可不表示</p> <p>(12) 当地物过于密集、地物间距离过小, 无法在调绘片上按真实位置表示时应分清主次, 可将次要地物移位表示, 但不得改变地物间的相互关系; 当移位后仍无法表示时, 可将次要地物舍去</p>

### 8.3 航空摄影资料的提交

航空摄影资料的提交见表 8-26。

表 8-26 航空摄影资料的提交

序号	项目	应提交的资料
1	航带设计资料	<p>(1) 公路路线方案地理位置图, 图中以经纬度标注出航摄区域范围</p> <p>(2) 航带设计略图, 图中以适当比例尺绘制摄区 1:50 000 (或 1:25 000、1:10 000) 地形图图幅结合图, 注明图号, 在结合图中概略标出各航摄分区范围并标注分区号</p> <p>(3) 航带设计采用的航摄比例尺、设计用图比例尺、航摄影像幅尺寸、航片的航向及旁向重叠度等基本参数</p> <p>(4) 航带设计的路线名称、路线总长、航摄分区数, 各航摄分区的航带数及航带长、航摄面积和基本像片数, 整个摄区的航带总数及航带总长、航摄总面积和基本像片总数</p>
2	航摄单位资料	<p>(1) 航摄实施情况报告书</p> <p>(2) 航摄影仪检定数据</p> <p>(3) 航摄成果的移交清单及质量状况记录</p> <p>(4) 航摄底片</p> <p>(5) 航摄像片索引图</p> <p>(6) 航摄像片</p>

续表

序 号	项 目	应提交的资料
3	航测内业资料	(1) 像片类。控制刺点片、野外调绘片、作业涤纶正片或扫描像片数据 (2) 资料类。航测外业控制测量及像片联测成果、电算加密成果、图幅设计资料、路线方案资料、图历簿、检查记录、技术设计书、数据电子文档、检测成果及技术总结等 (3) 图纸类。地形图、影像图、路线方案及控制导线图、加密点位略图、分幅略图等
4	航测外业成果资料	(1) 技术设计、技术总结 (2) 观测手簿或原始观测数据磁盘 (3) 控制像片、调绘像片及结合图 (4) 计算手簿、像控点联测略图、检查验收报告

# 第 9 章 数字地面模型

## 9.1 地面数据的获取与处理

### 9.1.1 一般规定

地面数据的获取与处理的一般规定见表 9-1。

表 9-1 地面数据的获取与处理的一般规定

序 号	一 般 规 定
1	公路数字地面模型应能满足任意点或断面的地面高程插值计算、等高线生成、路线平面图、地形透视图的制图，以及距离、坡度、面积、体积的量算等要求
2	作业前应按公路等级和设计阶段对地形处理的要求，确定建立 DTM 的精度、数据获取手段、方式、采样点密度、构建 DTM 的方式、应用成果内容，以及与路线设计软件的接口方式等，并制定出作业技术设计书
3	应按随机抽样法对 DTM 产品的属性质量和数据处理精度进行评定。抽取的检查点应以靠近地形特征线、特征点附近的样点为主，检查点的数量不宜少于三维采样点总数 10%。也可采用检查三角网或格网与等高线套合情况、根据不同的三维图形窗口检查地形特征线是否完整、DTM 图形是否异常，DTM 模型是否进行过优化等标准进行质量评定。属性质量可通过检查数据文件中的特征代码及 DTM 图形的特征线是否完整来进行评价
4	各分区 DTM 接边时，不应出现漏洞、重叠，其起始、结尾坐标数据应吻合，接边误差不得大于高程插值中误差的 2 倍。满足精度要求范围内的接边误差，应在编辑时予以修正

### 9.1.2 基础数据的精度

地面基础数据的精度要求见表 9-2。

表 9-2 地面基础数据的精度要求

序 号	精 度 要 求
1	<p>DTM 高程插值中误差按下式计算：</p> $m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta H_i \Delta H_i]}{n-1}} \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (9-1)$ <p>式中，<math>m</math>——DTM 高程插值中误差，m；  <math>\Delta H_i</math>——检查点高程与插值高程较差，m；  <math>n</math>——检查点点数</p>
2	以摄影测量为数据源生成的 DTM，其高程插值相对于邻近高程控制点的高程中误差应满足表 9-3 的规定
3	<p>(1) 以地形图数字化为数据源生成的 DTM，其高程插值相对于原地形图的高程误差不得超过原图等高距的 1/2</p> <p>(2) 地图数字化时，图纸定向后应选择若干方格网点作为检查点，其数字化坐标值与理论坐标值差不应超过图上 <math>\pm 0.3 \text{ mm}</math>，超限时应检查原因或重新定向。图幅接边误差应小于平面位置中误差的 <math>2\sqrt{2}</math> 倍</p> <p>(3) 扫描矢量化时图形定位控制点的扫描误差不得大于 <math>0.1 \text{ mm}</math>，相对于工作底图，矢量化后的扫描点位误差不得大于 <math>0.15 \text{ mm}</math>，线画误差不得大于 <math>0.2 \text{ mm}</math>，接边误差不得大于扫描输入方式的平面位置中误差的 <math>2\sqrt{2}</math> 倍</p>

续表

序 号	精 度 要 求
4	以野外实测数据生成的 DTM, 其高程插值相对于最近高程控制点的高程中误差应满足表 9-4 的规定

表 9-3 摄影测量数据的 DTM 高程插值精度

采集数据的比例尺	地 形 类 别	中误差/m	采集数据的比例尺	地 形 类 别	中误差/m
1:500	平原	$\leq \pm 0.2$	1:2 000	平原	$\leq \pm 0.3$
	微丘	$\leq \pm 0.4$		微丘	$\leq \pm 0.5$
	重丘	$\leq \pm 0.5$		重丘	$\leq \pm 1.1$
	山岭	$\leq \pm 0.7$		山岭	$\leq \pm 1.6$
1:1 000	平原	$\leq \pm 0.25$	1:5 000	平原	$\leq \pm 0.4$
	微丘	$\leq \pm 0.45$		微丘	$\leq \pm 0.9$
	重丘	$\leq \pm 0.7$		重丘	$\leq \pm 2.6$
	山岭	$\leq \pm 1.3$		山岭	$\leq \pm 4.0$

表 9-4 野外实测数据的 DTM 高程插值精度

地 形 类 别	中误差/m	地 形 类 别	中误差/m
平原	$\leq \pm 0.2$	重丘	$\leq \pm 0.5$
微丘	$\leq \pm 0.4$	山岭	$\leq \pm 0.7$

### 9.1.3 地面数据的获取

#### 1. 地面数据获取的一般规定

地面数据获取的一般规定见表 9-5。

表 9-5 地面数据获取的一般规定

序 号	一 般 规 定
1	原始地面数据的采集宜以摄影测量方式为主, 也可通过野外地面实测或利用已有地图数据库数据、对原有地形图数字化等手段获取
2	数据采集宜以影像对、地形图图幅或按公路设计桩号以公里数为单元进行, 数据记录以米为单位, 小数取位根据采样记录设备的不同宜取至小数点后 2~3 位
3	数据点采样应根据地形起伏变化的实际情况采点, 应优先准确采集测区内地形特征线和地形特征点, 不得遗漏对构建 DTM 的精度起决定作用的地形三维特征信息的采集
4	沿地形特征线采集数据时, 应根据地形的实际起伏情况适当加密采样点。不同地形交界处的点位密度应逐渐过渡, 并应用地形特征线的形式采集表达

#### 2. 地面数据文件的内容及要求

地形、地物数据均应赋予特征信息码。特征信息码应统一格式, 便于使用。公路工程各类地面数据文件的内容及要求见表 9-6。

表 9-6 公路工程各类地面数据文件的内容及要求

内 容	有 关 要 求	备 注
<p>采样数据文件名宜包含工程名称和采样单位编号，其说明文件的内容如下：</p> <p>(1) 基本说明。工程名称、采样范围及其接边关系、平面及高程坐标系统、比例尺、采样方式及数据来源等</p> <p>(2) 附加说明。数据采样日期、单位、作业员、仪器说明及记录格式和地物编码的补充规定等</p>	<p>原始采样数据以 ASCII 码记录为宜，每一采样单位内的数据应按地形、地物分文件存放。在实际作业过程中，还可以根据任务书及建立 DTM 软件具体功能的要求，选择存储为 DWG 或 DGN 格式的三维图形文件</p>	

### 3. 数据采集的要求

数据采集的要求见表 9-7。

表 9-7 数据采集的要求

序 号	一 般 要 求
1	<p>当采用摄影测量方法进行数据采集时，在植被覆盖密集或阴影严重地区，应实地补测地面三维数据。野外补测数据时，应注意首先采集地形特征线、特征点的三维信息，地形离散点密度根据设计阶段及地形类别确定</p> <p>(1) 对于顾及地形特征点、线三维信息的三角网模型 (TIN)，应以选择性采样为主。作业人员应首先准确采集测区内地形特征线、特征点的三维信息，以此为建立 DTM 的地形三维骨架信息，配合采集其他分布位置合理、密度适中的地面点数据，完成地面数据采集</p> <p>(2) 对于格网与三角网的混合模型 (GRD + TIN)，地形三维数据的采集方法应以整体规则格网 (局部地形起伏较大处用细格网加密) 与交互式的地形特征线、断裂线采集的组合方式为主</p>
2	<p>当采用地形图数字化方法时，图纸定向过程中应选择目标清晰、控制范围大的定向控制点，数量不应少于 4 个，并应选择适量的格网交点进行检查。矢量化后采集地面三维数据时应根据地形类别，采用与摄影测量选择性采样相类似的方法，判断并采集图幅范围内的全部地形三维特征线、全部的高程注记点、部分等高线上点的三维数据。对于已有的数字化地形图文件，应检查相应电子文件中各种地形、地物要素表示的方式</p>
3	<p>当采用野外实测方法时，除可采用全站仪、光电测距仪或利用三维激光扫描方式外，在条件许可时，还可利用 GPS - RTK 方式采集地形、地物的三维坐标及属性信息。野外实测采集三维数据时应根据地形类别，采用选择性采样方式采集密度合理的三维数据。同时应特别注意实地采集地形特征线、特征点等重要的三维信息</p>
4	<p>利用地形图数据库数据时，应对数据库中数据的来源、内容、性质、比例尺及精度等进行检查</p>
5	<p>数据采集的形式应根据公路设计要求、外业或内业采集方式、采集设备等条件进行合理安排。采集形成的三维地形数据文件应记录地形及地物的多种属性信息，并包含采样点的 <math>X</math>、<math>Y</math>、<math>Z</math> 信息。原始数据应以下列各种采样方式或组合方式获取</p> <p>(1) 沿地形特征线采集线串的平面坐标及高程 <math>\{x, y, z\}</math></p> <p>(2) 采集地形三维特征点及离散点的平面坐标及高程 <math>\{x, y, z\}</math></p> <p>(3) 全局规则格网加局部地形特征线及特征点的平面坐标及高程 <math>\{x, y, z\}</math></p> <p>(4) 沿等高线采集线串的平面坐标 <math>\{x, y\}</math>，并给定每一独立线串的高程 <math>z</math></p> <p>(5) 按断面形式采集离散点的平面坐标及高程 <math>\{x, y, z\}</math></p> <p>(6) 采集地物点的平面坐标及高程 <math>\{x, y, z\}</math></p> <p>(7) 按规则格网形式采集点的平面坐标及高程 <math>\{x, y, z\}</math></p>

### 4. 数据采样的要求

数据采样的要求见表 9-8。

表 9-8 数据采样的一般要求

序 号	一 般 要 求
1	当采用摄影测量或地形图数字化方法时地物点、地形特征线或其他精度要求较高的数据点，应按离散点方式逐点采集
2	当采用野外测量方法采集数据时，跑点人员宜一次完成同一条地形特征线上点的测量并正确记录属性代码
3	采样点间距应符合表 9-9 的规定
4	每一采样单位内应采集一定数量的检查点，检查点应均匀分布且应尽量靠近地形特征线、特征点，检查点文件应单独存放

表 9-9 采样点间距

采样方式		比例尺	1:500	1:1 000	1:2 000	1:5 000
野外实测 (m)	平原、微丘		≤10	≤20	≤40	≤100
	重丘、山岭		≤5	≤10	≤20	≤50
摄影测量、地形图数字化 (m)	平原、微丘		≤5	≤10	≤20	≤50
	重丘、山岭		≤2	≤5	≤10	≤30

### 9.1.4 数据编辑和预处理

数据录入应采用文件交换方式，并进行字符检校，少量的可采用人工录入，但应作校核，及时改正错码、误码，补入遗漏数据，并作备份、归档保存。

#### 1. 地面数据的编辑

地面数据编辑的有关规定见表 9-10。

表 9-10 地面数据编辑的有关规定

序 号	有 关 规 定
1	对来源不同的多源数据除应进行文件格式统一性的检查外，还应进行坐标转换、数据分类、统一格式与编码、数据文件的综合或分割及接边处理，并按数据类别进行数据规格化管理或建立数据库。应重点检查地形特征线的属性代码是否统一、正确。对于建筑物、街医、道路、场地等规则地物，应对其垂直性、平行性及闭合性等内容进行检查和处理
2	对于来自等高线地形图的 DEM 原始三维数据，应利用等高线之间的拓扑关系来进行数据的粗差检测与剔除
3	对原始采样数据应进行粗差检查与剔除，可采用计算机自动挑错法、人机交互挑错法、分段预生成的 DTM 分层设色法、DTM 内插的等高线与已有地形图等高线套合法等检查方法，排除错误后应及时更新原始三维地形数据文件

#### 2. 地面数据预处理

地面数据预处理时应通过对不同数据源所获取的各种数据进行坐标统一归算、数据分类、统一格式与编码、数据文件的综合（分割）和接边处理，并按数据类别进行数据规格化管理或建立数据库。

## 9.2 DTM 的构建与应用

### 9.2.1 DTM 的构建

#### 1. 地面模型的类型

公路数字地面模型宜采用考虑地形特征点、线三维信息的三角网模型 (TIN) 或格网与三角网的混合模型 (GRID + TIN) 的方式构建。对于中、小比例尺及工程项目工可阶段的应用, 可采用规则格网模型 (GRID)。

构建数字地面模型时, 尤其是在工程设计阶段及大比例尺采集数据的实际应用时, 应考虑对地形特征线、断裂线和地物的处理。

#### 2. 三角网模型

(1) 三角网模型 (TIN) 可适用于以下方面: 可适用于采集点精度及位置要求高、点数相对较少的工程项目测设的各阶段; 三角网模型 (TIN) 的数据可用各种独立方法采集数据或多种方法联合采集的多源数据。

(2) 三角网模型 (TIN) 在构网时应按表 9-11 要求进行。

表 9-11 三角网模型 (TIN) 的构网要求

序号	构网要求
1	地形三维特征线的线段在构建三角网模型 (TIN) 时, 应优先作为三角形的边进行处理
2	构网时应首先将地形特征线、空白区域外边缘线和作业范围外缘线作为三角形的边
3	所有三角形均不得相交和重复
4	三角形的三个内角宜为锐角
5	空白区域内部和作业边缘区域外部应不构成三角形网络
6	建立三角网 DTM 时, 应先对预生成的三角网进行优化处理, 消除 DTM 内不应出现的平三角形及 DTM 边界处的异常大三角形

#### 3. 格网与三角网混合模型

格网与三角网混合模型基本要求见表 9-12

表 9-12 格网与三角网混合模型基本要求

序号	基本要求
1	当用规则格网建模方法时, 应首先将利用规则格网方式采集的地形点按矩形格网模型构图, 其格网节点的高程也可通过其他模型内插计算获取
2	矩形格网模型 (GRID) 适用场合见表 9-13
3	规则格网与三角网混合模型 (GRID + TIN) 适用场合见表 9-14
4	矩形格网与三角网混合模型 (GRID + TIN) 应按表 9-15 要求进行

表 9-13 矩形格网模型 (GRID) 适用场合

序 号	适用场合
1	适用于地形图比例尺较大的工程项目, 实际应用中可用于工可及初测阶段
2	适用于全数字摄影测量方法采集或从既有数据库中提规则格网的三维信息建立地面模型

表 9-14 规则格网与三角网混合模型 (GRID + TIN) 适用场合

序 号	适用场合
1	适用于工程项目的工作及其初测阶段
2	利用全数字摄影测量系统采集的格网数据或从既有数据库中提规则格网的三维信息, 顾及地形特征线、离散点数据建立模型时, 应采用规则格网与三角网的混合模型 (GRID+TIN)

表 9-15 矩形格网与三角网混合模型 (GRID + TIN) 的要求

序 号	有关要求
1	当用混合建模方法时, 应首先将利用规则格网方式采集的地形点按矩形格网模型构网, 其格网节点的高程可利用其他模型内插计算获取
2	当数据中包含地形三维特征线时, 应将规则格网沿地形特征线两侧局部再分解成不规则三角网, 且地形三维特征线的线段必须作为三角形的构网边进行处理
3	数据点呈规则分布时, 独立点影响区域的边界可由格网网络或三角形网络决定
4	数据点呈不规则分布时, 影响区域应由三角形网络决定

## 9.2.2 DTM 的应用

DTM 的主要应用见表 9-16。

表 9-16 DTM 的主要应用

序 号	主要应用
1	数字地面模型可应用于公路勘察设计的各个阶段, 应用于施工图测设阶段时, 原始三维地面数据必须野外实测采集, 且 DTM 高程插值中误差应不大于 $\pm 0.2 \text{ m}$
2	点高程插值: 待定点的高程插值计算方法宜根据原始地形三维数据的采集方法及工程设计人员所应用的 DEM 软件包的功能选用线性内插、双线性内插、逐点内插等方法
3	<p>纵断面与横断面插值如下</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 纵断面与横断面高程内插值可通过线性内插和双线性多项式内插求取</li> <li>(2) 当采用三角网模型计算高程时, 待定点高程内插宜采用线性内插或双线性内插</li> <li>(3) 当用矩形格网与三角网的混合模型计算高程时, 待定点的高程内插宜采用双线性内插</li> <li>(4) 数字地面模型确定待定点高程时, 应对畸义性插值结果进行探测与修正</li> <li>(5) 利用各种地面模型计算公路纵、横断面地面线时宜采用等间距插点法, 中桩桩距和横断面取值间距应符合表 9-17 的规定。当地形变化比较平缓时, 可取其较大值; 当地形变化较大时, 应取其较小值; 对个别应特别控制的路段, 应根据需要按相关的要求取值。当路线处于地形类别高的复杂地区及应用带有地形特征线信息的 DTM 时, 宜采用求取纵断面线段与各相交三角形、格网边线或交点的方法获得纵断面地面线上点的三维坐标, 获得更为精确的纵断面地面线</li> <li>(6) 利用三角网模型、矩形格网与三角网的混合模型计算横断面地面线时, 宜通过求取横断面线与各相交三角网、格网边线交点的方法获得横断面地面线上点的三维坐标; 其他模型可按表 9-17 规定的间距采用等间距逐点插值法生成</li> <li>(7) 横断面地面线的计算宽度应满足公路设计的需要</li> <li>(8) 内插生成的横断面地面线应进行适当的野外核查</li> </ol>



续表

序号	主要应用
4	在全数字摄影测量系统中,应依照划分的最小纠正单元,采用点元素纠正和线元素微分纠正方法获取正射影像
5	等高线可通过三角网模型或矩形格网与三角网的混合模型进行等值线自动追踪生成。利用DTM内插生成的等高线可与已有地物、地貌、各种注记、格网等数字图形信息叠加在一起生成数字地形图供工程设计使用。数字地形图的分层标准应按相关的规定执行
6	用DTM生成的各种图形应能进行交互式图形编辑,包括图形的显示、增补、修改、删除、平移、旋转、注记和接边等,并能进行按层编辑和层的叠加、剪裁及消隐等操作。对图形数据的修改必须仅限于非测量数据

表9-17 纵断面与横断面插值间距

设计阶段		中桩桩距/m	横断面取点间距/m
初步设计	方案比选	20~50	5~10
	优化设计	10~30	2~5
施工图设计		5~20	1~2

### 9.3 数字地面模型资料

数字地面模型及应用提交的资料见表9-18。

表9-18 数字地面模型及应用提交的资料

序号	提交的资料	备注
1	技术设计书	
2	原始采样资料	
3	记录及检查手簿	
4	采集数据说明文件	
5	属性数据的分类编码	
6	DTM产品成果及记录格式说明	
7	产品检查报告	
8	技术总结	

# 第 10 章 公路工程断面图测量

## 10.1 基平与中平测量

路线定测阶段在完成中线测量以后，还须进行路线纵、横断面测量。为了保证测量精度，根据“从整体到局部”、“先控制后碎部”的测量原则，纵断面测量一般分为两步进行：第一是沿路线方向设置水准点，并测定其高程，从而建立路线的高程控制，称为基平测量；第二是根据基平测量建立的水准点的高程，分别在相邻的两个水准点之间进行水准测量，测定各里程桩的地面高程，称为中平测量。

### 10.1.1 基平测量

#### 1. 路线水准点的设置

用水准测量方法建立的高程控制点称为水准点。水准点是路线高程测量的控制点，在勘测和施工阶段及竣工时都需要使用，见表 10-1。

表 10-1 路线水准点的设置

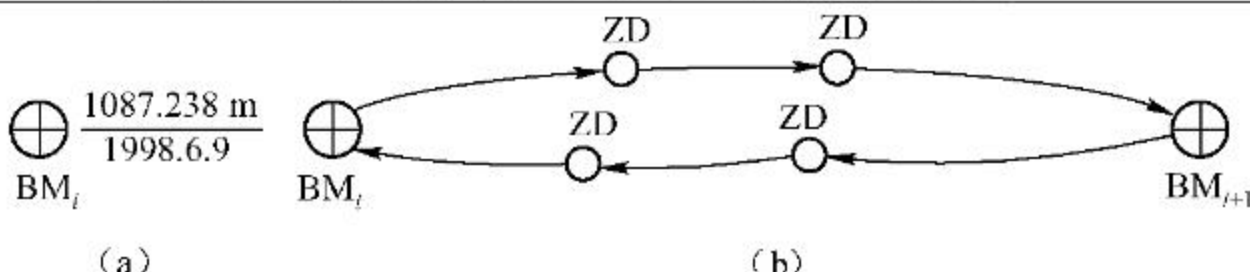
序号	设置的基本要求
1	在设置水准点时，根据需求和用途可以布设永久性水准点和临时性水准点。一般在路线的起点、终点、大桥两岸、隧道两端、垭口及一些需要长期观测高程重点工程附近均应设置永久性水准点
2	水准点布设时，应当尽量靠近中线，以便中线及施工测量；同时还应设在不被后期施工或行车所破坏，高程不变、易于引测、不易风化的岩石或永久性建筑物基座等牢固凸出的地方
3	水准点布设密度应根据地形和工程需要而定。平原微丘区不应超过 2 km 布设一个，山岭重丘区不应超过 1 km。在路线起终点、大中桥桥位两岸、隧道进出口、垭口、大型人工构造物等地增设水准点。临时性水准点的密度，应根据地形和工程需求而定。一般情况下，水准点间距宜为 1 ~ 1.5 km；山岭重丘区可适当加密
4	水准点点位应选在稳固、醒目、易于引测及施工时不易遭受破坏的地方，一般应在距路线中线 50 ~ 300 m 的地方。水准点高程应尽量引用国家水准点，也可假设，假定高程应接近实际高程（用气压表或地形图，测出或查出）
5	水准点用“BM”标注，并注明脚标编号、日期及水准点高程，如图 10-1 所示。为了避免混乱和便于寻找，应逐个编号，用红油漆连同符号（ $BM_i$ ）一起写在水准点旁
6	水准点设置好后，将其距中线上某里程桩的距离、方位（左侧或右侧）及与周围主要地物的关系等内容记在记录本上，外业结束后，用以编制水准点一览表和绘制路线平面图
7	 <p style="text-align: center;">(a) <span style="margin-left: 200px;">(b)</span></p>

图 10-1 水准点标注

## 2. 水准点的观测与计算

水准点观测时,用一台水准仪往返观测。如图10-1所示,转点设置时要求前后视线为75~100 m,最长为150 m。水准点的观测与计算见表10-2。

表10-2 水准点的观测与计算

序号	项目	计算方法	符号含义
1	高差	$h = \text{后视 } a - \text{前视 } b$	
2	累积高差	$\sum h = \sum a - \sum b$	
3	高差闭合差	$f_h = \sum h_{\text{往}} + \sum h_{\text{返}}$ (一台仪器作往返观测) $f_h = \sum h_{\text{往1}} - \sum h_{\text{往2}}$ (两台仪器作平行观测)	
4	高差允许闭合差	$f_{h容} = \pm 30\sqrt{L}$ (mm) $f_{h容} = \pm 9\sqrt{n}$ (mm) 对于桥头、隧道口或重点工程: $f_{h容} = \pm 20\sqrt{L}$ (mm) $f_{h容} = \pm 6\sqrt{n}$ (mm) 当 $f_h \leq f_{h容}$ 时可进行下列计算 (否则重测): $\Delta h = \frac{\sum h_{\text{往}} + \sum h_{\text{返}}}{2}$ (一台仪器作往返观测) $\Delta h = \frac{\sum h_{\text{往1}} + \sum h_{\text{往2}}}{2}$ (两台仪器作平行观测)	$L$ ——单程水准路线长, km; $n$ ——测站数
5	水准点 $BM_{i+1}$ 的高程	$H_{i+1} = H_i + \Delta h$	

水准点布设好并测出其高程后,应填写水准点表,见表10-3。

表10-3 水准点表  
××公路×××段

水准点编号	高程/m	位置		备注
		路线中心桩号	说明	
1	2	3	4	5
$BM_{11}$	1147.214	K20+100	在 K20+100 右侧 30 m 水泥桩上	水准点位置为 水泥桩上钢筋顶部

编制:

复核:

## 3. 水准点累积误差的控制

在水准点布设及观测推进过程中应注意控制水准点累积误差不超过  $\pm 30\sqrt{L}$  mm ( $\pm 20\sqrt{L}$  mm)。控制累积误差时先填水准点误差表(表10-4),再绘制抛物线图。对于水准路线局部同样应进行检查,也应满足  $\pm 30\sqrt{L}$  mm ( $\pm 20\sqrt{L}$  mm),常用透明纸绘制成小抛物线图进行检查(图10-2)。在水准路线中对于支引出的个别水准点,一般误差不累加在整个水准路线内,见表10-4。

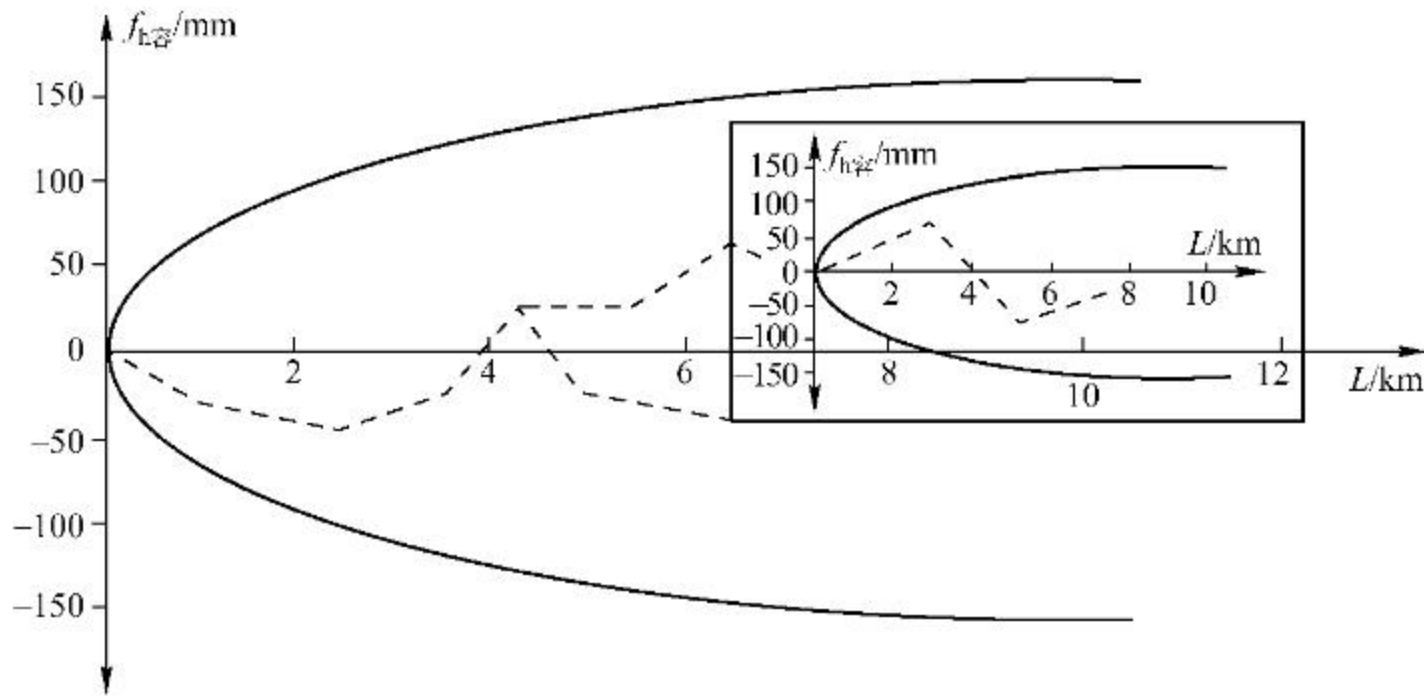


图 10-2 水准点积累误差控制图

表 10-4 水准点误差表

水准基点	距离/km	高 差		误差/mm	累积误差/mm	高程/m	备 注
		往测/m	返测/m				
BM <sub>1</sub>							
BM <sub>2</sub>							
BM <sub>3</sub>							
BM <sub>4</sub>							
BM <sub>5</sub>							
(BM <sub>5</sub> ' )							
(BM <sub>5</sub> '' )							
BM <sub>6</sub>							
BM <sub>7</sub>							
BM <sub>8</sub>							
BM <sub>9</sub>							
Σ							

编制:

复核:

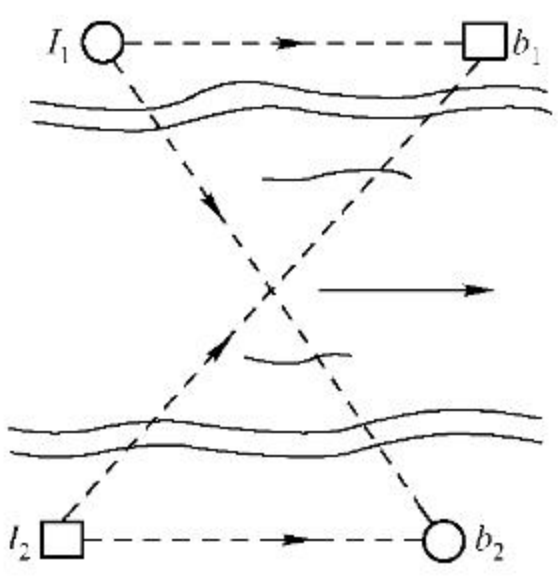
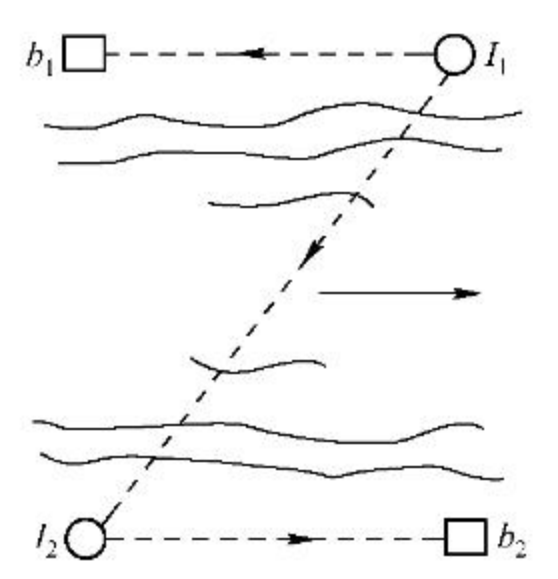
#### 4. 跨河水准的测量

当水准路线通过宽度是各级水准测量的标准长度两倍以上，且跨越河流等障碍物或公路大中桥桥位两岸水准点布设时，应按跨河水准测量进行，见表 10-5。

表 10-5 跨河水准的测量

序 号	项 目	具 体 要 求
1	跨河水准测量要求	(1) 每一跨河测量须观测两测回，将两测回的平均值作为最后观测值 (2) 两测回高差不符值：三等水准测量不应大于 8 mm，四等水准测量不应大于 16 mm，五等水准测量不应大于 24 mm (3) 读数有困难时，可将觇板装在水准尺上，由观测者指挥觇板上下移动，直至觇板红、白分界与十字丝中横丝相重合为止，由立尺者读数并告之对岸

续表

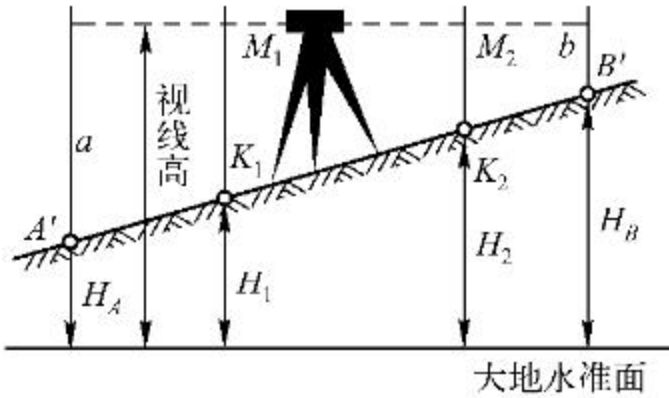
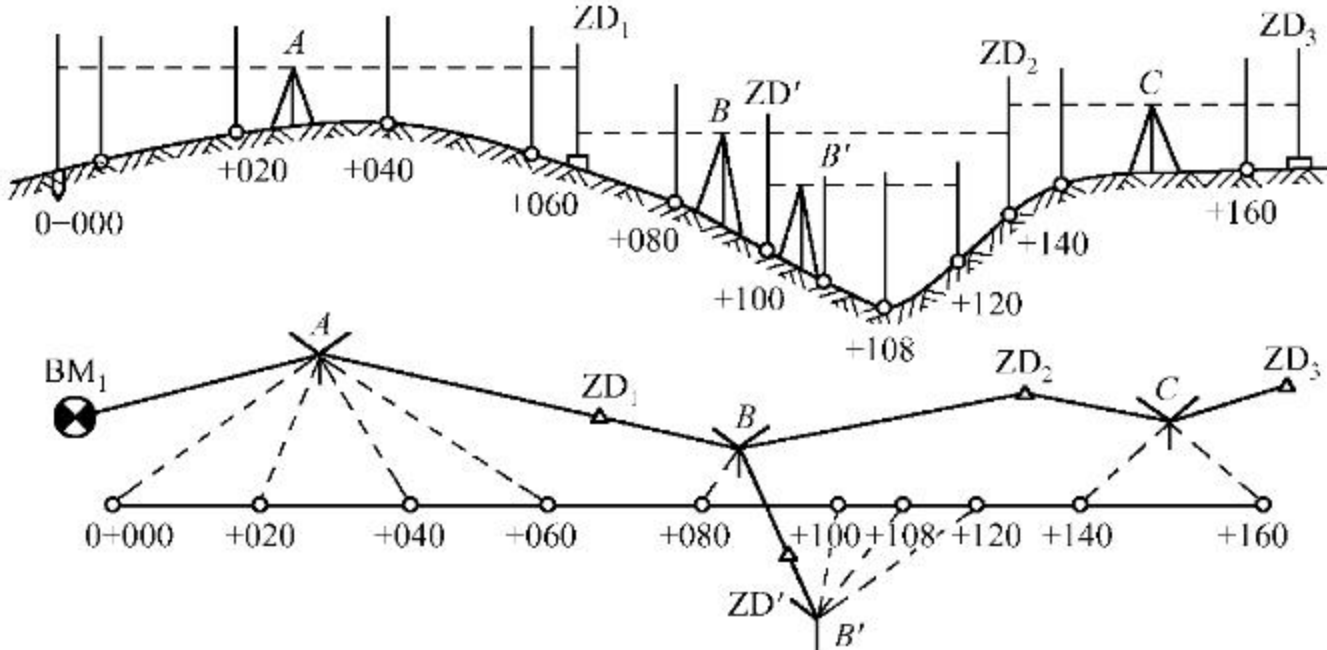
序号	项目	具体要求
2	普通水准测量	<p>本方法适用于公路大中桥桥位两岸水准点布设，且跨越宽度小于 300 m。其观测步骤如下</p> <p>(1) 如图 10-3 所示，<math>I_1</math>、<math>I_2</math> 为置仪点，<math>b_1</math>、<math>b_2</math> 为置尺点。先在 <math>I_1</math> 点置仪，读 <math>b_1</math> 点水准尺 <math>a_1</math>；读 <math>b_2</math> 点水准尺 <math>b_1</math>，则 <math>h_1 = a_1 - b_1</math>，为上半测回</p> <p>(2) 严格保持望远镜对光不变，移仪器至 <math>I_2</math> 点，水准尺 <math>b_1</math>、<math>b_2</math> 调换，读 <math>b_1</math> 点水准尺 <math>a_2</math>；读 <math>b_2</math> 点水准尺 <math>b_2</math>，则 <math>h_2 = a_2 - b_2</math>，为下半测回</p> <p>(3) 通过以上步骤完成一个测回，其高差为 <math>\Delta h = \frac{h_1 + h_2}{2}</math></p>
3	精密水准测量	<p>本方法适用于三、四等水准测量，跨越宽度在 300 m 以内；五等水准测量，跨越宽度在 500 m 以内，且能直接照准水准尺读数。其具体观测方法如下</p> <p>(1) 如图 10-4 所示，照准本岸 <math>b_1</math>：在 <math>I_1</math> 置水准仪，<math>b_1</math> 立水准尺，按中丝法读黑、红面各一次</p> <p>(2) 照准对岸 <math>I_2</math>：在对岸 <math>I_2</math> 立水准尺，按中丝法读黑、红面各一次。以上两步为上半测回</p> <p>(3) 上半测回结束后，立即将水准仪移至对岸 <math>I_2</math>，同时将水准尺由 <math>b_1</math>、<math>I_2</math> 移至 <math>b_2</math>、<math>I_1</math>。按上半测回相反顺序，照准对岸工、读数，再照准本岸 <math>b_2</math> 读数，完成下半测回，以上 3 步组成一个测回</p>
4	图示	 <p>图 10-3 跨河普通水准测量</p>  <p>图 10-4 跨河精密水准测量</p>

## 10.1.2 中平测量

### 1. 水准仪中平测量法

水准仪中平测量法见表 10-6。

表 10-6 水准仪中平测量法

序 号	项 目	具体要求
1	测量要点	<p>中平测量（又称中桩抄平），通常是以两相邻水准点为一测段，从一个水准点开始，用视线高法，逐个测定中桩处的地面高程，直到拟合下一个水准点上</p> <p>（1）在每一个测站上，应尽可能多的观测中桩，另外，还需在一定距离内设置转点。相邻两转点间所观测的中桩为中间点</p> <p>（2）由于转点起着传递高程的作用，为了减小高程传递的误差，在测站上应先观测转点，后观测中间点。观测转点时读数至毫米数，视线最大长度一般应不小于 100 m</p> <p>（3）在转点上，水准尺应立于尺垫、稳固的桩顶或坚石上。观测中间点时，读数即中视读数可读至厘米数，视线也可适当放长，立尺应在紧靠桩边的地面上</p>
2	测量示例	<p>如图 10-5 所示，若以水准点 <math>A'</math> 为后视点（高程 <math>H_{A'}</math> 已知），以 <math>B'</math> 点为前视转点，<math>K_i</math> 点为中间点。在施测过程中，将水准仪放置在测站上，首先观测立于 <math>A'</math> 点的水准尺读数为 <math>a</math>，然后再观测立于前视转点 <math>B'</math> 点的水准尺读数为 <math>b</math>，最后观测立于中间点 <math>K_i</math> 点上的水准尺上的读数为 <math>k</math>，则可用视线高法求得前视转点 <math>B'</math> 的高程 <math>H_{B'}</math> 和中桩点的高程 <math>H_K</math></p> <p>测站视线高 = 后视点高程 <math>H_{A'}</math> + 后视读数 <math>a</math>                      前视转点 <math>B'</math> 的高程 <math>H_{B'}</math> = 视线高 - 前视读数 <math>b</math>                      中桩高程 <math>H_K</math> = 视线高 - 中视读数 <math>k</math></p>  <p style="text-align: center;">图 10-5 视线高法测高程</p>
3	中平测量	<p>（1）如图 10-6 所示，水准仪安置于 A 站，后视水准点 <math>BM_1</math>，前视转点 <math>ZD_1</math>，将两读数分别记入表 10-7 中相应的后视、前视栏内。然后观测 <math>BM_1</math> 与 <math>ZD_1</math> 间的中间点 <math>K0+000</math>、<math>+020</math>、<math>+040</math>、<math>+060</math>，并将读数分别记入相应的中视栏，且分别计算 <math>ZD_1</math> 和各中桩点的高程，第 1 个测站的观测与计算完成</p> <p>（2）再将仪器搬至 B 站，后视转点 <math>ZD_1</math>，前视转点 <math>ZD_2</math>，将读数分别记入相应后视、前视栏。然后观测两转点间的各中间点，将读数分别记入相应的中视栏，并计算和各中桩点的高程，第 2 个测站的观测与计算完成</p> <p>（3）按上述方法继续向前观测，直至拟合于水准点 <math>BM_2</math>。前视转点高程及中桩处地面高程进行计算，按所属测站的视线高进行计算，见表 10-7</p>  <p style="text-align: center;">图 10-6 中平测量</p>

续表

序号	项目	具体要求
4	注意事项	<p>(1) 中平测量一般只作单程观测。一测段结束后, 应先计算中平测量测得的该测段两端水准点高差, 并将其与基平所测该测段两端水准点高差进行比较, 二者之差, 为测段高差闭合差</p> <p>(2) 测段高差闭合差应满足下列要求: 高速公路、一级公路不得大于 <math>\pm 30\sqrt{L}</math>mm; 二级及二级以下公路不得大于 <math>\pm 50\sqrt{L}</math>mm。L 为测段长度, 以 km 为单位</p>

表 10-7 中平测量记录计算表

工程名称: ××公路工程日期: ××.×.×观测员: ×××仪器型号: ×××天气: 好记录员: ×××

测点	水准尺读数/m			视线高/m	测点高程/m	备注	
	后视 a	中视 k	前视 b				
BM <sub>1</sub>	2.317			106.573	104.256	基平测得	
K0+000		2.16			104.41		
+020		1.83			104.74		
+040		1.20			105.37		
+060		1.43			105.14		
ZD <sub>1</sub>	0.744		1.762	105.555	104.811		
+080		1.90			103.66		
ZD <sub>2</sub>	2.116		1.405	106.266	104.150		沟内分开测
+140		1.82			104.45		
+160		1.79			104.48		
ZD <sub>3</sub>			1.834		104.432		
K1+480		1.26			104.21	基平测得 BM <sub>2</sub> 点高程为 104.795 m	
BM <sub>2</sub>			0.716		104.754		

复核:  $\Delta h_{\text{测}} = 104.754 - 104.256 = 0.498$  (m) $\sum a - \sum b = (2.317 + 0.744 + 2.116 + \dots) - (1.762 + 1.405 + 1.834 + \dots + 0.716) = 0.498$  (m)

说明高程计算无误。

 $f_h = 104.754 - 104.795 = -0.041$  (m) = -41 (mm) $f_{h\text{容}} = \pm 50\sqrt{L} = \pm 50\sqrt{1.48} = 61$  (mm) (按二级公路要求),  $f_h \leq f_{h\text{容}}$ 

说明满足精度要求。

## 2. 全站仪中平测量法

全站仪作为光电技术的最新智能化的测量产品, 它的应用使测量人员从繁重的测量工作中解脱出来。在实际应用中, 已成功地利用全站仪在中线测量中附带测量的中桩高程 (中平测量) 见表 10-8。

表 10-8 全站仪中平测量法

序号	主要内容
1	全站仪中平测量多数在中线测量过程中附带进行
2	<p>(1) 在中线测量的同时, 利用全站仪本身具有的高程测量功能和控制点的高程, 可直接测得中桩点的地面高程。</p> <p>(2) 如图 10-7 所示, 设 I 点为已知控制点, II 点为待测高程的中桩点。将全站仪安置在已知高程的 I 点, 棱镜立于待测高程的中桩点 II 上, 量出仪器高 <math>i</math> 和棱镜高 <math>l</math>, 全站仪照准棱镜测出视线倾角 <math>\alpha</math>, 则 II 点的高程 <math>H_{II}</math> 为:</p> $H_{II} = H_I + S \cdot \sin\alpha + i - l$ <p>式中, <math>H_I</math> —— 已知控制点 I 的高程;  <math>H_{II}</math> —— 待测高程的中桩点 II 的高程;  <math>i</math> —— 仪器高;  <math>l</math> —— 棱镜高度;  <math>S</math> —— 仪器至棱镜斜距离;  <math>\alpha</math> —— 视线倾角</p>
3	在实际测量中, 只需将安置仪器的 I 点高程 $H_I$ 、仪器高 $i$ 、棱镜高 $l$ 直接输入全站仪, 在中桩放样完成的同时, 就可直接从仪器的显示屏中读取中桩点 I、高程 $H_I$

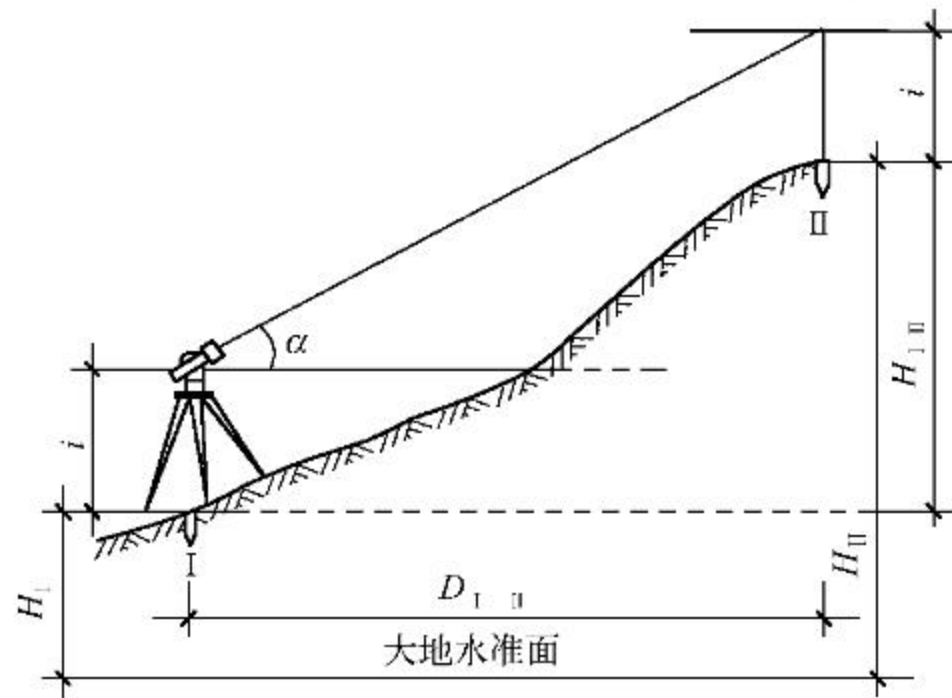


图 10-7 高程测量原理

### 3. 任意设站进行中平测量

任意设站进行中平测量见表 10-9。

表 10-9 任意设站进行中平测量

序号	项目	具体要求
1	施测原理	<p>(1) 利用全站仪进行中平测量就是利用全站仪本身具有的高程测量功能, 通过合理设计测量方案, 充分发挥其高程测量不受地形起伏限制及测程较远的优势, 达到快速灵活、提高工作效率和减小劳动强度的目的</p> <p>(2) 设 M 点为已知高程点, 其高程为 <math>H_M</math> (图 10-8), N 点为待测高程的中桩点。施测时, 应将全站仪安置在 M、N 两点之间的 I 处, 然后利用全站仪高程测量的功能, 分别测得置仪点 I 与 M、N 两点间的高差 <math>h_{IM}</math> 及 <math>h_{IN}</math>, 由此可得 M、N 两点间高差 <math>h_{MN}</math></p>
2	计算公式	$h_{MN} = H_{MI} + h_{NI} = h_{IN} - h_{IM}$ $h_{IM} = S_{IM} \cdot \sin\alpha_M + i - l_M$ $h_{IN} = S_{IN} \cdot \sin\alpha_N + i - l_N$ <p>式中, <math>S_{IM}</math>、<math>S_{IN}</math> —— 仪器至 M、N 两点的棱镜斜距离;  <math>\alpha_M</math>、<math>\alpha_N</math> —— 仪器照准 M、N 两点时的视线倾角;</p>

高清PDF原创  
www.gqpdf.com



续表

序号	项目	具体要求
2	计算公式	<p><math>l_M</math>、<math>l_N</math>——立于 <math>M</math>、<math>N</math> 两点的棱镜高度；  <math>i</math>——仪器高                      由此导出 <math>M</math>、<math>N</math> 两点的高差计算的另一种形式为：  <math display="block">h_{MN} = (S_{IN} \cdot \sin\alpha_N - S_{IM} \cdot \sin\alpha_M) - (l_N - l_M)</math>                     从上式可看出，仪器高 <math>i</math> 值在高差计算过程中自动抵消，因此，在现场观测时，不需量取仪器高，只需对仪器输入后视点棱镜高 <math>l_M</math> 和前视点棱镜高 <math>l_N</math>，然后分别对 <math>M</math>、<math>N</math> 两点进行观测，从而获得置仪点 <math>I</math> 与 <math>M</math>、<math>N</math> 两点间的高差 <math>h_I</math> 及 <math>h_I</math> 即可，则待测中桩点 <math>N</math> 点的高程为：  <math display="block">H_N = H_M + h_{MN} = H_M + h_{IN} - h_{IM}</math></p>
3	计算图示	<p style="text-align: center;">图 10-8 任意设站进行中平测量</p>
4	注意事项	<p>(1) 应合理选择全站仪安置点，使其既能观测到尽可能多的中桩点，又能与已知高程控制点通视，以便获得后视高差。</p> <p>(2) 安置全站仪只需整平，不需对中，不需量取仪器高，因此，大大提高仪器安置的速度，为随时移动仪器提供了方便。</p> <p>(3) 对在一个测站上观测不到的中桩点，可适当移动仪器位置。</p> <p>(4) 仪器位置移动后，必须重新对已知高程控制点进行观测获得新的后视高差，并作为新测站上的后视高差来计算中桩高程。</p> <p>(5) 对于必须设置转点方能观测到的中桩点，转点的设置应尽量使仪器至转点和至后视已知高程控制点的距离相等，以消除残余地球曲率、大气折光及仪器竖盘指标差对高程观测的影响。对转点高程的观测应仔细，转点高程获得后，即可作为新的已知高程点来观测其他中桩点</p>

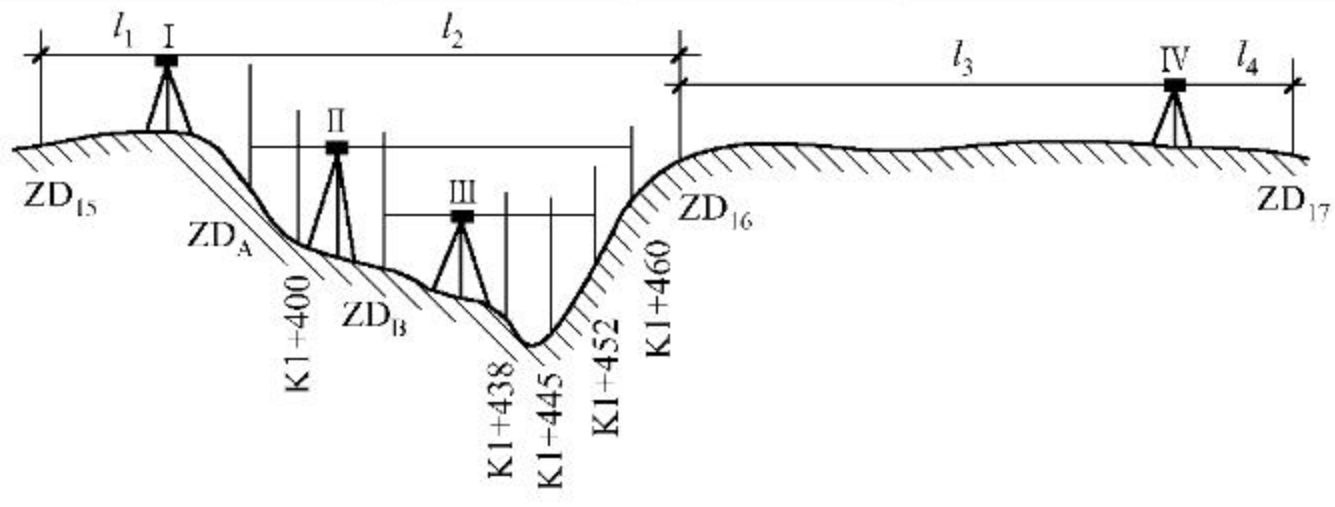
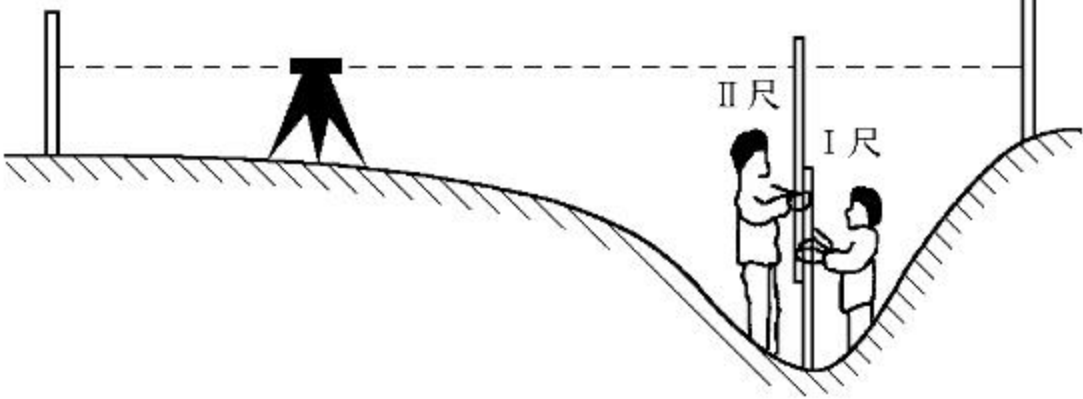
#### 4. 跨越沟谷的中平测量

采用水准仪进行跨越沟谷中平测量时，一般将沟内沟外分开测量，也可采用按尺的方法进行测量，见表 10-10。

表 10-10 跨越沟谷的中平测量

序号	项目	具体要求
1	沟内沟外分开测	<p>基本方法</p> <p>(1) 当采用一般方法测至沟谷边缘时（图 10-9），仪器置于测站 I，在此测站下，应当同时设两个转点：用于沟外测的 <math>ZD_{16}</math> 和用于沟内测的 <math>ZD_A</math>。施测时后视 <math>ZD_{15}</math>，前视 <math>ZD_{16}</math> 和 <math>ZD_A</math>，分别求得 <math>ZD_{16}</math> 和 <math>ZD_A</math> 的高程。以后以 <math>ZD_A</math> 进行沟内中桩点高程的测量，以 <math>ZD_{16}</math> 继续沟外测量。</p> <p>(2) 测量沟内中桩时，仪器下沟放置于测站 II，后视 <math>ZD_A</math>，观测沟谷内两侧的中桩并设置转点 <math>ZD_B</math>。再将仪器迁至测站 III，后视转点 <math>ZD_B</math>，观测沟底各中桩，至此沟内观测结束。然后仪器置于测站 IV，后视转点 <math>ZD_{16}</math>，继续前测</p> <p>(3) 此测法使沟内、沟外高程传递各自独立，互不影响。沟内的测量不会影响到整个测段的闭合</p>

续表

序号	项目	具体要求
1	沟内沟外分开测 图示	 <p style="text-align: center;">图 10-9 跨越沟谷中平测量</p>
2	接尺法 图示	<p>基本方法</p> <p>中平测量遇到跨越沟谷时，若沟谷较窄、沟边坡度较大，个别中桩处高程不便测量，可采用接尺的方法进行测量，如图 10-10 所示，用两根水准尺，一人扶 I 尺，另一人扶 II 尺，从而把水准尺接长使用。必须注意，此时的读数应为从望远镜内的读数加上接尺的数值</p>  <p style="text-align: center;">图 10-10 接尺法</p>

## 10.2 路线横断面的测量

### 10.2.1 一般规定

横断面测量是测定中线上各里程桩处垂直于中线方向的地形起伏状态，并绘制横断面图，供路基设计、计算土石方数量及施工放边桩之用。横断面测量的一般规定见表 10-11。

表 10-11 横断面测量的一般规定

序号	横断面测量的一般规定
1	高速、一级、二级公路横断面测量应采用水准仪一皮尺法、GPS-RTK 方法、全站仪法、经纬仪视距法、架置式无棱镜激光测距仪法，无构造物及防护工程路段可采用数字地面模型方法、手持式无棱镜激光测距仪法；特殊困难地区和三级及三级以下公路，可采用手水准仪法、数字地面模型方法和手持式无棱镜激光测距仪法、抬杆法
2	横断面中的距离、高差的读数取位至 0.1 m，检测互差限差应符合表 10-12 的规定
3	横断面测量的宽度应满足路基及排水设计、附属物设置等需要
4	采用无棱镜激光测距仪法测量时，其距离和高差应观测 2 次，2 次读数之差不超过表 10-12 的规定时，取平均值作为最终观测值
5	横断面测量应逐桩施测，其方向应与路线中线切线垂直

续表

序号	横断面测量的一般规定
6	横断面测量除应观测高程变化点之间的距离和高差外，还宜观测最远点到中桩的距离和高差，其与高程变化之间的距离和高差总和之差不应大于表 10-12 的规定
7	高速公路、一级公路的分离式路基和二、三、四级公路的回头弯路段，应测出连通上、下行路线横断面，并应标注相关关系
8	横断面测量应反映地形、地物情况，横断面应在现场点绘成图并及时核对；采用测记法室内点绘时，必须进行现场核对
9	采用数字地面模型获取横断面数据时，其航空摄影成图及 DTM 建立除应满足有关要求外，在像片控制测量时应对植被茂密的地段适当加密像控点，在像片调绘时应加强对沿线陡坎、植被、建筑物等的调查，并应对植被茂密、峡谷等地段进行横断面抽查，抽查比例应大于 5%

表 10-12 横断面检测互差限差

序号	公路等级	距离/m	高差/m
1	高速公路，一级、二级公路	$L/100 + 0.1$	$h/100 + L/200 + 0.1$
2	三级及三级以下公路	$L/50 + 0.1$	$h/50 + L/100 + 0.1$

注：L 为测点至中桩的水平距离，m；h 为测点至中桩的高差，m。

## 10.2.2 横断面方向的测定

### 1. 直线段上横断面方向的测定

横断面方向即该直线的法线方向。直线段上横断面方向的测定，按其测定采用的工具不同有不同的方法，见表 10-13。

表 10-13 直线段上横断面方向的测定

序号	测定方法	具体内容	图示
1	方向架	将方向架置于待测定的中桩上，用方向架上的一个轴瞄准中线上另一个中桩，则另一个轴所指定的方向为横断面方向，如图 10-11 所示	<p>图 10-11 用方向架标定直线段上横断面方向</p>
2	方向盘	将方向盘安置于待测定的中桩上，瞄准中线上另一个中桩，则在此方向上偏转 90° 为横断面方向	
3	经纬仪	置经纬仪于待测定的中桩上，瞄准交点方向，拨 90° 视线方向为横断面方向。如用于施工测量需精确标定时，可采用正倒镜拨 90° 分中	<p>图 10-12 用全站仪标定直线段上横断面方向</p>
4	全站仪	如图 10-12 所示，求 $P(x, y)$ 点横断面方向，先求出 $P$ 点的横断面方向上一点 $M$ (设 $PM = 1$ ) 的坐标 $(x', y')$ ，再用坐标法在实地上标出 $M$ 点位置， $PM$ 的方向即为 $P$ 点横断面方向。计算 $M$ 点坐标 $(x', y')$ 时，已知 $P(x, y)$ ， $PM = 1$ ，路线方位角 $\theta_i$ ；则 $PM$ 方位角为 $\theta_m = \theta \pm 90^\circ$ ，即可求出 $x'$ 、 $y'$ 值	

### 2. 圆曲线段上横断面方向的测定

圆曲线段上横断面方向的测定，按其测定采用的工具不同有不同的方法，见表 10-14。

表 10-14 圆曲线段上横断面方向的测定

序号	测定方法	具体内容	图 示
1	方向架	如图 10-13 所示，在方向架上加一个活动指针 $z-z$ 轴，架于 $ZY$ 点上用 $y-y$ 轴瞄准交点方向，用活动指针 $z-z$ 轴瞄准待测横断面中桩 $A$ 点，固定 $z-z$ 轴；将方向架移至 $A$ 点用 $z-z$ 轴瞄准 $ZY$ 点， $z-z$ 轴所指方向即为横断面方向	
2	方向盘	在 $ZY$ 点上用 $y-y$ 轴瞄准 $JD$ 方向 $z-z$ 轴瞄准 $A$ 点时， $z-z$ 轴同 $y-y$ 轴的夹角与在 $A$ 点上 $z-z$ 轴瞄准 $ZY$ 点时， $z-z$ 轴同 $y-y$ 轴的夹角相等，且 $z-z$ 轴偏离 $y-y$ 轴方向相同， $z-z$ 轴即为横断面方向	
3	经纬仪	安置仪于 $ZY$ 点后视 $JD$ 方向，前视 $A$ 点测得 $ZY \sim A$ 弧上的弦切角 $\gamma$ ，移仪于 $A$ 点后视 $ZY$ 点拨角 $90^\circ \pm \gamma$ ，视线方向为横断面方向	
4	全站仪	先求 $M$ 点坐标，然后再把 $M$ 点在实地当中放出来。计算 $M$ 点坐标时应先把 $P$ 点切线的方位角计算出来，而 $P$ 点切线方位角应通过圆曲线切线（即 $ZY$ 点切线）方位角和弦切角而求得，然后同直线段求出 $M$ 点坐标 $(x', y')$ 。 $PM$ 为 $P$ 点横断面方向，如图 10-14 所示	

图 10-13 圆曲线段上横断面方向标定

图 10-14 用全站仪标定圆曲线段上横断面方向

### 3. 缓和段上横断面方向的测定

缓和曲线段上一中桩点处的横断面方向是通过该点指向曲率圆心的方向，即垂直于该点曲率切线的方向。具体标定方法见表 10-15。

表 10-15 缓和段上横断面方向的测定

序号	具体操作步骤	图 示
1	如图 10-15 所示， $P$ 点为待标定横断面方向的中桩点。按 $\delta = (l/l_s)2\delta_0$ ，计算偏角 $\delta_0$ 并由 $\Delta = 2\delta$ 计算弦切角 $\Delta$	
2	将带度盘的方向架（也称圆盘仪）或经纬仪安置于 $P$ 点	
3	操作定方向架的定向杆或经纬仪的望远镜，照准缓和曲线的 $ZH$ 点，同时使度盘读数为 $\Delta$	
4	顺时针转动方向架的定向杆或经纬仪的望远镜，直至度盘的读数为 $90^\circ$ （或 $270^\circ$ ）。此时，定向杆或望远镜所指方向即为横断面方向	

图 10-15 缓和段横断面方向标定

### 10.2.3 横断面的测量方法

横断面的测量方法见表 10-16。

表 10-16 横断面的测量方法

序号	测量方法	注意事项
1	标杆皮尺法	<p>(1) 标杆皮尺法(拾杆法)是用一根标杆和一卷皮尺测定横断面方向上的两相邻变坡点的水平距离和高差的一种简易方法,适用于山岭重丘地形变化较多的地点</p> <p>(2) 拾杆法测量时,无论特征点与中桩的高差还是水平距离全部用花杆来测量,此法所测出高差或水平距离为相邻两点间的关系,在记录时可转化成累计距离及与中桩的高差,也可直接记录</p>
2	经纬仪视距法	<p>(1) 经纬仪视距法是指在地形复杂、山坡较陡的地段,用经纬仪按视距测量的方法测得各变坡点与中桩点间的水平距离和高差的一种方法</p> <p>(2) 施测时,将经纬仪放置在中桩点上,用视距法测出横断面方向上各变坡点至中桩的水平距离和高差</p>
3	手水准仪法	<p>(1) 手水准仪法适用于各种地形</p> <p>(2) 利用手水准仪测水平视线或地形坡度,结合皮尺或钢尺量距,得各点或图解各点的高差或水平距离</p>
4	水准仪皮尺法	<p>(1) 水准仪皮尺法是利用水准仪和皮尺,按水准测量的方法测定各变坡点与中桩点间的高差,用皮尺丈量两点的水平距离的方法。此法适用于平原微丘区地形比较平坦时采用</p> <p>(2) 以中桩水准尺读数为后视,其余特征点的水准尺读数为前视,后视读数减去前视读数为特征点与中桩地面高差;用皮尺或钢尺测量特征点与中桩的累积距离</p>

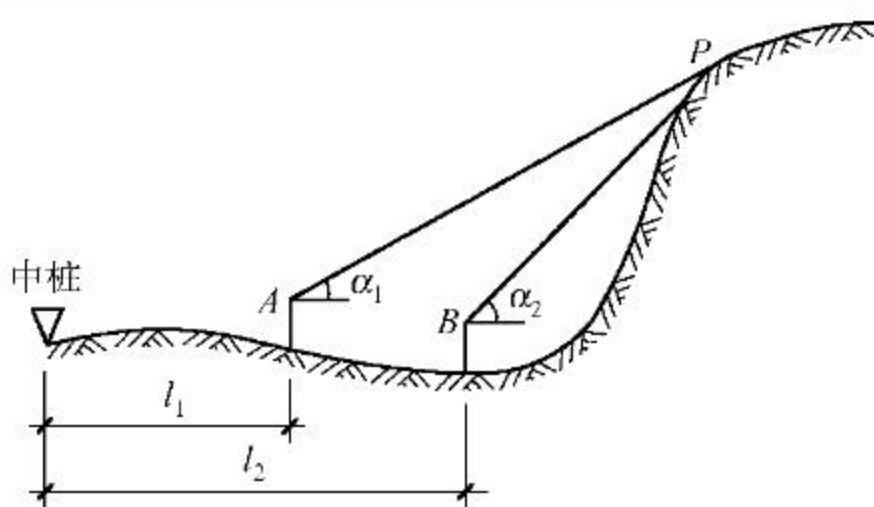
## 10.3 路线横断面与纵断面图的绘制

### 10.3.1 路线横断面图的绘制

路线横断面图的绘制见表 10-17。

表 10-17 路线横断面图的绘制

序号	项目	注意事项
1	地面线点绘	<p>(1) 横断面地面线的点绘通常都在毫米方格纸上进行,从图纸下向上,从左到右依路线前进方向绘出地面线</p> <p>(2) 绘地面线时先定好中桩位置,从中桩位置根据测量资料点出各特征点,再用直线把相邻特征点连接起来</p> <p>(3) 绘图时一般采用 1:200 的比例,并适当地标出地质、地物情况。其绘制方法一般有以下两种</p> <p>① 根据高差和水平距离进行绘制。距离和高差以中桩为“0”点,从中桩向左右两侧各量出特征点的累积距离和相对特征点的高差,可以点出各个特征点的位置。距离和高差以相邻特征点为“0”点,从中桩开始向左右根据距离和高差点出第 1 个特征变化点,再从第 1 个特征点根据与第 1 特征点的距离和高差点出第 2 个特征点,这样依次点出各个特征点</p> <p>② 根据测出地形特征变化点的倾角进行绘制,如图 10-16 所示,从 A、B 两点分别测出到 P 点的倾角,在图上分别从 A、B 用量角器画出 AP 与 BP,两线交点即 P 点,P 点与前一点特征点的连线为地面线</p>

序号	项目	注意事项
2	横断面设计	<p>(1) 横断面的三种形式：一般路堤，指填土高度小于 20 m 的路堤形式；一般路堑，是指挖方深度小于 20 ~ 30 m 的路堑形式；半填半挖路基，指一个断面上同时存在填方和挖方的形式</p> <p>(2) 在确定横断面形式时，首先应确定路基宽度（绘制路基宽度时可略去路拱横坡坡度用两侧路肩边缘的连线代替），其次确定边坡坡度（路堤边坡、路堑边坡）、边沟、截水沟、碎落台、护坡道、取土坑、弃土堆等，如采用双幅断面时还应选取中央分隔带宽度</p> <p>(3) 选取以上尺寸后，即可进行横断面设计。设计时应根据填挖高度从中桩竖向量取到一点，从该点分别向两侧量取路基宽度的一半得到两侧路基的边缘点，再从边缘点按照边坡坡度绘制坡度线，坡度线与地面线交于一点，以上各点的连线与地面线围成的面即路基横断面。从路肩边缘点绘坡度线时，如有边沟、碎落台、护坡道等应同时考虑，边坡坡度通常用 1:m 或 1:n 表示，即高差与水平距离之比</p> <p>(4) 横断面设计时，如在弯道上且无超高、加宽时，其设计同直线段；有超高或加宽或二者兼有时，应同时把超高、加宽予以设计</p>
3	横断面面积计算	<p>(1) 横断面面积通常包括填方面积和挖方面积，填方面积是指地面线以上与设计线围成的面，挖方面积是指地面线以下与设计线围成的面。横断面设计好以后，应进行横断面面积计算。面积计算通常用积距法、几何图形法、求积仪法、混合法等方法计算</p> <p>(2) 横断面面积计算好后，应在断面下方把填、挖面积标注出来，面积计算应精确到 0.1 m<sup>2</sup></p>
4	图示	 <p>图 10-16 地面线点绘 注 <math>\alpha_1</math>、<math>\alpha_2</math> 可用水准观测或用经纬仪观测</p>

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

### 10.3.2 路线纵断面图的绘制

路线纵断面图的绘制见表 10-18。

表 10-18 路线纵断面图的绘制

序号	项目	主要内容
1	测量任务	公路工程路线纵断面测量又称中线水准测量，它的任务是在道路中线测定之后，测定中线上各里程桩（简称中桩）的地面高程，并绘制路线纵断面图，用以表示沿路线中线位置的地形起伏状态，常用于路线纵坡设计
2	纵断面图组成	<p>公路工程路线纵断面图是由上、下两部分内容组成的</p> <p>(1) 纵断面图上面部分的内容。公路工程路线纵断面图的上面部分主要由地面线 and 设计线组成，设计线是根据地面的起伏情况和纵坡的一般规定和要求而设计的。此外，还包括：变坡点位置、竖曲线及其要素；沿线桥涵及人工构造物位置、结构类型、孔数与孔径；与道路、铁路交叉的桩号及路名；沿线跨越的河流名称、桩号、常水位和最高洪水位；水准点位置、编号和高程；断链桩位置、桩号及长短链关系</p> <p>(2) 纵断面图下面部分的内容。公路工程纵断面图下面部分主要是用来填写的栏目，主要包括：土壤地质说明；坡度及坡长；设计高程；地面高程；桩号里程；直线与曲线。如图 10-17 所示</p>

续表

序 号	项 目	主 要 内 容
3	纵断面图 绘制步骤	<p>(1) 按照选定的里程比例尺和高程比例尺, 打格制表, 填写里程、地面高程、直线与曲线、土壤地质说明等资料</p> <p>(2) 绘出地面线。首先选定纵坐标的起始高程, 使绘出的地面线位于图上适当位置。然后根据中桩的里程和高程, 在图上按纵、横比例尺依次点出各中桩的地面位置, 再用直线将相邻点一个个连接起来, 得到地面线。在高差变化较大的地区, 如果纵向受到图幅限制时, 也可在适当地段变更图上高程起算位置, 此时地面线将形成台阶形式</p> <p>(3) 计算设计高程。当路线的纵坡确定后, 即可根据设计纵坡和两点间的水平距离, 由一点的高程计算另一点的设计高程</p> <p>(4) 计算各桩的填挖尺寸。同一桩号的设计高程与地面高程之差, 即为该桩处的填土高度 (“+”) 或挖土深度 (“-”)。图上的填土高度应写在相应点纵坡设计线之上, 挖土深度则相反。也有的在图中专列一栏注明填挖尺寸的</p> <p>(5) 在图上注记有关资料, 如水准点、桥涵、竖曲线等</p>
4	图示	<p>(a) 右转弯单圆曲线</p> <p>(b) 左转弯基本形曲线</p> <p>(c) “S”形曲线</p> <p>(d) 卵形曲线</p> <p>(e) 凸形曲线</p> <p>(f) “C”形曲线</p> <p>(g) 复合形曲线</p> <p>图 10-17 平面线形曲率渐变表示法</p>

# 第 11 章 公路工程施工测量与放线

## 11.1 概 述

道路工程施工测量，就是在道路施工过程中，利用现代测量技术和仪器设备，依据交通部颁发的有关道路施工技术规范 and 经过批准的道路施工设计文件、图纸，在道路施工过程中指导施工队伍进行道路铺筑的测量工作。实际上，道路工程施工测量就是普通测量技术在道路工程施工中的应用。

### 11.1.1 工程测量人员

准确的施工测量是保证道路施工顺利进行的关键。测量人员不仅能适应道路施工专业的特殊性，同时自身必须具备表 11-1 所列素质方面的条件，才能满足道路工程施工的要求。

表 11-1 工程测量人员素质方面的要求

序 号	人员素质方面的要求
1	具备一定的测量专业知识和实际操作能力。能独当一面，独立处理道路施工中遇到的有关测量方面的问题；在艰苦复杂的条件下，都能保证道路施工进度和质量要求
2	具备一定的路桥施工知识和排水、防护工程施工知识，能够协助道路施工员处理路桥、涵洞、通道、排水系统、边坡防护工程等施工中遇到的系列问题
3	道路工程施工大部分是在野外进行的，条件、环境都比较艰苦，要求测量人员身体健康，能适应野外生活，适应各种恶劣的气候，能吃苦、不怕累，能够在艰苦环境下坚持工作，有敬业精神
4	具备高度的责任心。道路工程施工测量所做的工作是公路施工的基础依据，测量工作过程中的任何一点疏忽和差错，都将影响施工的进度和质量，造成返工事故，所以施工测量员必须要有高度的责任心，工作中要胆大心细，经常校核，发现问题，及时纠正
5	要敢于负责，并勇于承担责任，忠诚守信，廉洁奉公，对于施工中出现的虚假、以次充好等不良行为，要敢于制止，从而确保公路工程的质量
6	现代道路工程施工，机械化程度高，施工速度、进度都很快，因此要求施工测量员必须及时放样。因此，施工测量员必须会操作现代先进测量设备全站仪及可编程的现代小型科学计算机，并要求具有熟练操作水准仪的技能

### 11.1.2 施工测量的任务、依据与内容

#### 1. 施工测量的任务

为了保证公路线形，在公路施工过程中，施工测量技术人员须按照公路设计文件提供的“逐桩坐标表”和路面中桩设计高程，用导线测量技术和水准测量技术及放样技术来实现。公路工程施工测量的任务就是用导线测量方法加密线路平面控制施工导线点，用坐标放样方法来控制公路的线形外观，用水准测量加密线路施工高程控制水准点，用水准测量（放样）



方法来控制线路的纵向坡度和横向路拱坡度。

## 2. 施工测量的依据

公路工程施工测量是公路工程建设中的一项重要工作。在接受公路施工任务后，从开工到竣工及公路施工过程中都要进行一系列的施工测量。

为了确保公路施工质量，交通部发布了《公路路基施工技术规范》（JTG F10—2006）、《公路路面基层施工技术规范》（JTJ 034—2000）（以下简称规范）、《公路勘测规范》（JTG C10—2007）和《公路勘测细则》（JTG/T C10—2007）。这四种规范中有关施工测量的规定条款，就是公路工程施工测量的重要依据。公路工程施工测量必须按照这些规定条款执行。

## 3. 施工测量的内容

根据公路工程施工程序及进度，公路工程施工测量的工作内容见表 11-2。

表 11-2 公路工程施工测量的工作内容

序号	施工程序	工作内容
1	施工前	应根据公路初测导线点，在施工标段现场，结合线路实际情况加密公路施工导线点。 根据公路初测水准点，在施工标段现场，结合线路实际情况加密公路施工水准点
2	施工中	(1) 根据施工标段加密的施工导线点，在施工过程中用坐标放样等方法标定线路中桩、边桩等平面点位，以监控线路线形 (2) 根据施工标段加密的施工水准点，在施工过程中采用水准测量（放样）方法标定线路中桩、边桩高程等，以监控施工中挖填高度和线路纵向高低以及横向坡度
3	施工后	应根据规范质量标准和道路设计的要求，用经纬仪、全站仪、水准仪、塔尺、钢尺等仪器工具检测路基路面各部分的几何尺寸

## 11.1.3 工程施工测量准备

### 1. 施工测量仪器、用具及材料

施工测量仪器、用具及材料见表 11-3。

表 11-3 施工测量仪器、用具及材料

序号	常用仪器、用具及材料		备注
1	常用测量仪器	全站仪	用于导线测量，坐标放样
		水准仪	用于水准测量，高程放样
		经纬仪配测距仪	用于导线测量，坐标放样
		对讲机	用于放样联络
		经纬仪配视距尺（水准标尺）	用于路基施工初期点的放样，路堑边坡顶放样等
2	测量用具	量具 钢尺（30~50m）、皮尺（30~50m）、小钢尺、fx-4500PA 计算机	
		标尺 水准尺（双面）一对或塔尺（3m 或 5m）、尺垫和坡度尺（控制边坡）	
3	施工测量材料 竹签、铁钉（钢钉）、记号笔（油性）、粉笔、石灰、红布（或红塑料袋）、铁锤、油漆、细绳和凿子等		

## 2. 现场勘察

在施工队伍进驻施工现场后，测量技术人员应全面熟悉设计图表文件，在此基础上还应到施工标段现场勘察核对，主要内容见表 11-4。

表 11-4 现场勘察主要内容

序 号	现场勘察主要内容
1	分清施工标段路线起点里程桩和终点里程桩的实地位置及该标段四周的地貌概况，以确定取土、弃土运输便道的位置及制定临时排水措施等
2	对照路线设计纵断面及横断面图查看沿线地形，分清挖方、填方地段
3	查看公路沿线平面控制导线点位、交点点位和高程控制水准点的实地位置完好程度，各点通视情况能否满足放样需要
4	查看公路设计定测时的中线桩点位情况，为恢复中桩做准备
5	考察该施工标段沿线应加密的施工导线点、施工水准点的实地位置，并拟定联测已知导线点、水准点的方案
6	考察沿线盖板涵、通道、圆管涵、桥梁等附属构造物实地现状，拟定放样方案

## 3. 施工测量的其他准备工作

施工测量的其他准备工作见表 11-5。

表 11-5 施工测量的其他准备工作

序 号	其他准备	有关要求
1	施工进度一览图	路基施工时，为了及时掌握和了解施工进度情况，便于监控挖填工作量，可绘一张较大比例尺的“施工进度一览图”。“施工进度一览图”的绘制，实际上就是“路线纵断面图”放大。根据施工标段路线的长度确定纵向比例尺，一般以 1:1 000 为宜；横向比例尺，因为要明显表示挖填方高度，宜用大比例，一般采用 1:50 为宜
2	施工标段控制点图	为了方便施工测量工作的进行，可绘制施工标段“控制点图”。坐标采用设计图样的坐标系统，图的大小根据施工标段长度选用比例尺。一般情况下，施工段长 500 m，宜用 1:500 比例尺；1~2 km 宜用 1:1 000 比例尺；2 km 以上采用 1:2 000 比例尺
3	施工天气一览图	公路工程施工受气候影响很大，气候直接影响工程进度。为了按期竣工，必须抓紧在好天气时加快施工
4	施工日志	施工日志是施工全过程的重要记录，内容有施工单位名称、标段范围、日期、天气、工作内容、机械台班、车辆运输台班、人工台班、测量工作项目、工程进度及大事记等

## 11.1.4 施工测量常用资料

### 1. 设计图表

设计图表见表 11-6。

表 11-6 设计图表

序 号	图 表	备 注
1	公路平面总体设计图（路线平面图）	通常情况下，这些图表均是道路施工测量应收集的常用资料，并且要求熟悉和掌握这些图表
2	路线纵断面图	
3	路基横断面图	
4	路面横断面结构图	

续表

序号	图表	备注
5	路基设计表	通常情况下, 这些图表均是道路施工测量应收集的常用资料, 并且要求熟悉和掌握这些图表
6	直线、曲线及转角表	
7	埋石点成果表 (包括导线点成果表、水准点成果表)	
8	逐桩坐标表	
9	路基标准横断面图	

## 2. 各种图表的熟悉要点

经过对各种图表的分析, 一定要掌握的各种图表的熟悉要点见表 11-7。

表 11-7 各种图表的熟悉要点

序号	熟悉要点
1	路面宽度、路基施工宽度、底基层施工宽度、基层施工宽度等
2	线路纵坡度、横坡度、填方边坡坡度、挖方边坡坡度等
3	变坡点所在地桩号、高程
4	竖曲线半径、切线长度及外距、相邻直线的纵坡等
5	圆曲线半径、切线长度、曲线长度、外距及直圆、曲中、圆直的桩号及坐标值
6	缓和曲线起、终点桩号及坐标值及超高段设定的最大横坡度
7	施工段的已知导线点、水准点编号及实地位置可利用程度
8	施工段的线形
9	施工段全长, 挖、填方段起终点里程桩号
10	路面结构层各层的厚度
11	施工段内交点桩号、坐标、交点间距、交点边 (切线) 方位角, 线路转角
12	施工段线路“逐桩坐标值”等
13	施工段线路中线中桩里程桩号、地面高程、设计高程及填、挖高度等

# 11.2 初测与定测

## 11.2.1 初测

### 1. 准备工作

初测的准备工作见表 11-8。

表 11-8 初测的准备工作

序号	准备工作
1	<p>根据初测需要, 收集与项目相关的技术、经济、社会及自然条件等资料, 具体如下:</p> <p>① 三角点、导线点、水准点、GPS 点等测量控制点及各种比例尺的地形图、航测相片等资料;</p> <p>② 沿线自然地理概况、地质、水文、气象、地震基本烈度等资料;</p> <p>③ 沿线铁路、公路、航运、城建、农林、水利、电力、通信、文物、环保、国土资源、国防等部门与本项目有关的规划、设计、规定、科研成果等资料;</p> <p>④ 改 (扩) 建公路还应收集原有公路的测设、施工、养护、路况及交通量等资料</p>

续表

序号	准备工作
2	根据批复的工程可行性研究初步拟定的路线起终点、中间控制点及基本走向方案，在地形图、数字地面模型或航测相片上进行研究，初步确定初测的勘测方案
3	根据初步确定的勘测方案编写工作大纲和技术设计书。在工作大纲中应写明测设组织形式、测设人员、人员分工、工作阶段划分、各阶段工期、质量保证措施等，在设计书中应写明资料收集及可利用情况、仪器设备状况、测设内容、测设方法、测设深度、采用的技术标准及提供的资料等

## 2. 现场踏勘

现场踏勘的主要内容见表 11-9。

表 11-9 现场踏勘的主要内容

序号	现场踏勘的主要内容
1	根据准备阶段确定的初拟勘测方案，对下列主要内容进行现场踏勘： ① 核查所收集地形图的地形、地物的变化及对初拟方案的影响； ② 沿线居民点、农田水利设施、主要建筑设施和不良地质的分布情况及对初拟方案的影响情况，并对初拟方案作出相应的调整； ③ 沿线各种地上（下）管线、重要历史文物、名胜古迹、旅游风景区、自然保护区、景观区（点）等的分布情况，并据此调整初拟方案或拟订相应的环保措施； ④ 对重要的路线方案、与地方规划或设施有干扰的方案，应征求当地政府或主管部门的意见； ⑤ 改建公路应对原有旧路的路线线形、路基、路面、桥涵、防护和排水系统、交通事故与主要病害情况进行踏勘
2	对收集的国家及有关部门布设的控制点的完好程度及可利用性进行检查，根据测区地形、植被覆盖情况结合技术条件确定控制测量方案
3	通过现场踏勘，确定初测路线地形图测图范围和地形图测量方案
4	调查沿线气象及交通条件等，确定外业勘测方案

## 3. 控制测量

控制测量的有关要求见表 11-10。

表 11-10 控制测量的有关要求

序号	控制测量的有关要求
1	各级公路的平面与高程控制测量等级选定、精度指标等应按表 11-11 ~ 表 11-16 所列
2	根据公路等级、路线所在地区的地形和作业条件、拟投入的仪器设备、国家控制点的数量和分布位置等，确定测量控制网的精度等级、布网方式和作业方式
3	对于二级及二级以上公路，必须进行平面与高程控制测量。二级以下公路应进行平面控制测量，宜进行高程控制测量。路线平面控制测量宜采用导线测量形式，高程控制测量宜采用水准测量形式
4	首先布设首级控制网，然后加密与公路、构造物等级相适应的控制网，也可一次性布设与公路、构造物等级相适应的控制网

表 11-11 平面控制测量等级

公路等级	平面控制网等级
高速公路、一级公路	一级小三角、一级导线、四级 GPS 控制网
二级公路	二级小三角、二级导线
三级及三级以下公路	三级导线

表 11-12 三角测量技术要求

等 级	平均边长 /m	测角中误差 / (")	起始边边长相 对中误差	最弱边边长 相对中误差	三角形闭合差 / (")	测回数	
						DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>
一级小三角	500	±5.0	1/40 000	1/20 000	±15.0	3	4
二级小三角	300	±10.0	1/20 000	1/10 000	±30.0	1	3

表 11-13 导线测量技术要求

等 级	附和导线 长度 /km	平均边长 /m	每边测距中 误差/mm	测角中误差 / (")	导线全长相对 闭合差	方位角闭合差 / (")	测回数	
							DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>
一级	10	500	17	5.0	1/15 000	±10√ <i>n</i>	2	4
二级	6	300	30	8.0	1/10 000	±16√ <i>n</i>	1	3
三级				20.0	1/2 000	±30√ <i>n</i>	1	2

表 11-14 四级控制网技术参数要求

级 别	每对相邻点平均距离 <i>d</i> /m	固定误差 <i>a</i> /mm	比例误差系数 <i>b</i> (10 <sup>-6</sup> )	最弱相邻点点位中 误差 <i>m</i> /mm
四级	500	≤10	≤20	50

注：每对相邻点间最小距离应不小于平均距离的 1/2，最大距离不宜大于平均距离的 2 倍。

表 11-15 水准测量等级

公路等级	水准测量等级	水准路线最大长度/km
高速公路、一级公路	四等	16
二级及二级以下公路	五等	10

表 11-16 水准测量精度要求

等 级	每公里高差中数中误差/mm		往返较差、附和或环线闭合差/mm		检测已测测段高 差之差/mm
	偶然中误差 <i>M</i> <sub>Δ</sub>	全中误差 <i>M</i> <sub>w</sub>	平原微丘区	山岭重丘区	
三等	±3	±6	±12√ <i>L</i>	±3.5√ <i>n</i> ±15√ <i>L</i>	±20√ <i>L<sub>i</sub></i>
四等	±5	±10	±20√ <i>L</i>	±6.0√ <i>n</i> ±25√ <i>L</i>	±30√ <i>L<sub>i</sub></i>
五等	±8	±16	±30√ <i>L</i>	±45√ <i>L</i>	±40√ <i>L<sub>i</sub></i>

注：① 计算往返较差时，*L* 为水准点间的路线长度，km；

② 计算附和或环线闭合差时，*L* 为附和或环线的路线长度，km；

③ *n* 为测站数，*L<sub>i</sub>* 为检测测段长度，km。

#### 4. 地形图测绘

地形图测绘的有关要求见表 11-17。

表 11-17 地形图测绘的有关要求

序 号	地形图测绘的有关要求
1	各等级公路均应根据设计需要进行地形图测绘。地形图成果宜首选数字地形图
2	根据路线所在地区的地形、地物和植被覆盖情况、公路等级及所具备的经济、技术条件等，确定地形图的测绘方式，地形图比例尺、等高距的选择、精度要求

续表

序号	地形图测绘的有关要求
3	测图比例尺一般应采用 1:2 000 或 1:1 000, 工点地形图可采用 1:500 ~ 1:2 000
4	测绘范围应根据公路等级、地形条件及设计需要等合理确定, 应能满足线形优化及构造物布置的需要。二级及二级以上公路中线每侧不宜小于 300 m。采用现场定线法时, 地形图的测绘范围中线每侧不宜小于 150 m。高速公路和一级公路采用分离式路基时, 地形图应覆盖中间带; 当两条路线相距很远或中间带为大河与高山时, 中间地带的地形图可不测绘
5	当公路等级低且无须利用地形图进行纸上定线时, 也可利用纵、横断面资料, 配合仪器测量现场勾绘地形图

## 5. 路线勘测与调查

路线勘测与调查的有关要求见表 11-18。

表 11-18 路线勘测与调查的有关要求

序号	路线勘测与调查的有关要求
1	路线定线时, 应充分了解并掌握沿线规划以及地形、地貌、地质、水文、气候、地下埋藏、地面建筑设施等情况
2	<p>纸上定线应进行的勘测内容如下:</p> <p>① 将具有特殊要求和控制的地点、必须绕避的建筑物或地质不良地带、地下建筑和管线等标注于地形图上;</p> <p>② 越岭路线需进行纵坡控制的地段, 应在地形图上进行放坡, 并将放坡点标示于图上;</p> <p>③ 路线上一般地形变坡点的高程可从图上判读, 对高程要求较严格的路段和地点如河堤、铁路、立体交叉、水坝、干渠、重要管线交叉等应实测其高程, 点绘纵断面图;</p> <p>④ 对高填深挖地段、大型桥梁、隧道、立体交叉及需要特殊控制的地段进行实地放桩, 进行纵、横断面测量;</p> <p>⑤ 在地形图上点绘或实测控制性横断面</p>
3	<p>现场定线应进行的勘测内容如下:</p> <p>① 现场定线一般只适用于三、四级公路的线路选取;</p> <p>② 现场踏勘前, 应在地形图上确定控制点、绕避点, 选择路线通过的最佳位置;</p> <p>③ 越岭路线或受纵坡控制的路段, 应选择好坡面及展线方式进行放坡试线;</p> <p>④ 现场定线时, 可采用直接定交点法、延长直线钉设转点或交点的方法确定路线交点位置。直接定交点法一般可用于地形平坦、地面目标明显、路线受限不严或旧路改建等工程</p>
4	不管是纸上定线还是现场定线, 均应根据专业调查需要, 进行路线放线。路线放线可采用极坐标法、GPS-RTK 法、链距法、偏角法、支距法等
5	采用链距法、偏角法、支距法敷设中线时, 应符合表 11-19 的要求
6	定线放桩的密度应满足勘测与调查的需要。放桩桩位、中桩高程及横断面测量精度要求按定测中路线中线敷设的要求执行。当能利用地形图的地形数据构建相当于 1:2 000 地形图精度的数字地面模型时, 中桩的高程和横断面可在数字地面模型上内插获得

表 11-19 中线放样闭合差

项目	公路等级	
	高速公路, 一、二级公路	三级及三级以下公路
角度闭合差/ (")	$30\sqrt{n}$	$60\sqrt{n}$
长度相对闭合差	1/2 000	1/1 000

## 6. 路基、路面及排水勘测与调查

应根据沿线地形、地貌、地质构造、地震动峰值加速度系数、水文及水文地质等特征, 对影响路基、路面及排水设计的相关因素和条件, 进行勘测与调查。

(1) 路基、路面及排水勘测与调查见表 11-20。

表 11-20 路基、路面及排水勘测与调查

序号	内容与要求
1	沿线地形、地貌、地质构造、地震动峰值加速度系数、水文及水文地质等特征
2	路线所在地区的公路自然区划及其特征
3	沿线气象资料, 包括气温、风速、风向、降水量、日照期、年蒸发量、无霜期、冰冻期及冰冻深度、积雪期及积雪厚度, 以及风吹雪和风吹沙对路基、路面的影响程度
4	沿线水系分布基本特征、相互关系及对路基、路面的影响。查明地表水、地下水、裂隙水等的位置、流量、流向, 拟定设置排水沟(渠)的形式、进出水口的位置、排水沟渠的加固措施
5	沿线农田水利设施的现状、特点、发展规划, 农田耕地表土的工程性质及厚度。公路通过农田、洼地, 应调查地表的积水深度、积水时间, 拟订路基排水和加固措施
6	沿线城镇供、排水系统和设施的现状、特点、发展规划, 公路排水设计与城镇排水系统和设施的配合及利用条件
7	沿线地表积水, 地表径流, 地下水的水位、流量、流速、流向、移动规律、季节性变化及其对路基、路面稳定性的影响。收集路面设计重现期内降雨量强度(mm/30 min)资料, 拟订路面排水措施
8	高填、深挖路基的位置、地形地貌特征及山体的稳定性
9	原有公路路基及路线附近既有工程填筑或开挖边坡坡度、高度及自然山坡的现状
10	路线附近既有工程路基、路面的工作现状及常见病害
11	路线所经地区植被的主要种类、茂密程度等
12	调查沿线当地路面材料的产量和质量, 调查分析路线所在区域已有工程的路面结构类型、结构组合、材料级配组成以及路面使用状况, 分析已有工程路面损坏、破坏的原因与机理

(2) 浸水路基勘测与调查见表 11-21。

表 11-21 浸水路基勘测与调查

序号	类型	内容与要求
1	沿河路基和河滩路堤	查明沿河水位、水流特性及对路基的影响
		调查河岸地形、地貌、地质构造与岩土特征
		查明河流性质、发育阶段、河滩堆积物质及其颗粒组成、漂浮物、冲淤等及对路基稳定性的影响
		查明河面宽度、河床能否压缩及压缩河床后对河流上、下游和河流两岸的影响
2	水库路基、沿湖(塘)路基、沿海路基及滞洪区、分洪区路基	水库路基应查明水库类型、等级、设计水位、水深、设计库容量、设计洪水频率、水库修建时间、库坝建筑材料及现状、水库淹没范围、水库泄洪对下游的影响、库区风向、风速、浪高、淤积等, 并测量坝顶高程
		沿湖(塘)路基、沿海路基应查明湖(塘)、海(潮)常水位、最高水位、水深、浪高及湖、海岸变迁、淤积等情况
		滞洪区、分洪区路基应查明淹没时间、最高洪水位、浪高、洪水流动方向和规律

(3) 特殊地质、不良地质地段路基、路面勘测与调查见表 11-22。

表 11-22 特殊地质、不良地质地段路基、路面勘测与调查

序号	内容与要求
1	查明特殊地质, 不良地质地段的位置、特征, 地形地貌生成原因、性质、发展规律、影响范围及对路基、路面的影响
2	查明软土、膨胀土等特殊岩土及含水量高的黏土埋藏深度、土质及颗粒组成、含水率、液限、塑限等指标
3	特殊地质、不良地质和特殊岩土地段应进行地质勘探

(4) 改河(沟渠)工程勘测与调查见表 11-23。

表 11-23 改河(沟渠)工程勘测与调查

序号	内容与要求
1	改河(沟渠)的河段起点及河道两岸的地理、地质环境
2	查明现有河(沟渠)道的水位(包括最高水位、中水位、低水位)、水深、流向、流速、宽度、横断面形状、河床纵坡坡度及冲刷与淤积的情况
3	改移河(沟渠)道后对上游、下游及两岸的影响
4	改河(沟渠)产生的废方废弃的位置及运距,原河道(沟渠)的处理措施或复垦的可能性
5	改河工程应进行必要的地质勘探,查明地质条件、土石成分,并拟订防护及导流的措施

(5) 改建公路路基、路面勘测与调查见表 11-24。

表 11-24 改建公路路基、路面勘测与调查

序号	内容与要求
1	原有公路的等级、技术指标、修建年份和历次改建情况、路基宽度、路面宽度、路面结构及各层厚度、交通类型及交通量、历年交通增长率的调查
2	原有人工构造物的位置、结构形式,路基、路面排水状况、排水构造物的工作状态
3	查明原有公路病害路段的位置、病害的类型、性质、范围等,确定防治措施
4	原有公路路基填、挖方边坡高度、边坡的稳定值
5	原有公路使用状况和养护资料
6	对原有公路路面、桥涵、排水及防护等人工构造物进行现场观测或技术鉴定,拟订利用或改造的措施

(6) 防护工程勘测与调查见表 11-25。

表 11-25 防护工程勘测与调查

序号	内容与要求
1	调查山坡土体的稳定性,坡面、坡脚受水流冲刷及地下水出露情况
2	调查山坡坡面变形特征(包括坡面滑移、剥落、坍塌等)
3	调查沿线既有防护工程的常用形式及防护效果
4	对于防护构造物设置位置、形式和长度,地质条件特别复杂、防护工程规模较大的工点应进行控制测量,并测绘 1:500~1:1000 的地形图
5	根据设计要求进行地质勘探,查明基底地质条件

(7) 取土(料)及弃土勘测与调查见表 11-26。

表 11-26 取土(料)及弃土勘测与调查

序号	项目	内容与要求
1	取土(料)勘测与调查	路侧取土或线外取土坑的位置、土壤种类、工程性质、取土坑(场)表面覆盖物及厚度、取土深度及范围、取土方式、取土季节、估计可取土数量、占地及赔偿办法
		沿线可供筑路的工业废渣的工程性质、储量、购买价格、路用价值等
		评估路侧取土或线外取土后对路基、路面、农田灌溉和周围环境的影响,并确定防治措施或探讨综合开发与利用的可能性
		取土坑(场)、工业废渣料场至上路桩号的距离、运输条件,修建便桥、便道的长度

高清PDF原创  
www.gqpdf.com



续表

序 号	项 目	内容与要求
2	弃土调查	计算路基开挖产生弃方的起讫桩号及弃方数量, 可否运至附近低洼地废弃或就地废弃
		弃方集中堆弃的位置、可堆弃的数量、占地及赔偿办法
		弃方的运输条件、方式及运距, 修建便桥、便道的长度, 占地数量及赔偿办法
		评估弃土场堆置弃土后对地表排水、农田灌溉和周围环境的影响, 并确定防治措施

## 7. 路线交叉勘测与调查

公路路线大型或复杂的交叉应进行平面和高程控制测量, 平面和高程控制测量的等级和精度要求按照高速公路相应要求进行。

(1) 公路与公路互通式立体交叉勘测与调查见表 11-27。

表 11-27 公路与公路互通式立体交叉勘测与调查

序 号	内容与要求
1	相交公路勘测与调查的深度应与主线相同, 勘测长度应满足互通式立交布置要求
2	交叉位置地名, 相交道路的名称、公路等级、里程、修建时间等
3	交叉角度、交叉点高程, 相交公路的平纵线形、横断面形式、路面结构、各层厚度、路面现有状况、病害类型与程度、排水及防护工程、公路养护周期情况等
4	交叉处的自然地理情况、相交道路在路网中的作用及发展规划
5	互通式立交范围内的地形、地貌、植被、工程地质、水文地质条件及地物的种类与分布、土地资源条件等
6	应核查可行性研究报告提供的交通量数据, 可进行日交通量或高峰小时交通量观测。核查出现差异时, 应进行补充调查, 分析原因调整预测影响因素或重新进行 OD 调查
7	当互通式立交范围较大, 使用路线控制点不方便时, 应补充控制测量, 并联系于主线控制网上
8	互通式立交范围应实测地形图, 测绘比例尺一般采用 1:2 000; 有特殊需要时, 比例尺可用 1:1 000 或 1:500; 地形简单、地物较少、互通立交区范围较大时, 可用 1:5 000 比例尺地形图。测绘范围应满足互通式立交布置的需要 (包括比较方案)
9	互通式立交交叉点应实地放桩, 地形、地物复杂的匝道或平面位置及高程受地物严格控制的匝道, 均应实地放桩, 根据需要进行高程或断面测量

(2) 公路与公路分离式立交勘测与调查见表 11-28。

表 11-28 公路与公路分离式立交勘测与调查

序 号	内容与要求
1	调查相交公路提高等级的计划及交叉处的地区发展规划, 路面结构及各层厚度, 地形、地物、排水等条件
2	交叉点确定后, 应实地放桩。当主线上跨相交公路且不改建相交公路时, 可只测量交叉角度、交叉点高程、相交公路的纵断面及横断面等; 当相交公路需改建时, 相交公路的勘测与调查应按相应等级公路勘测的要求进行, 测量长度应满足改线及接线要求
3	分离式立体交叉范围内需设置排水设施或改移水渠时, 应确定改移位置, 并测量纵、横断面; 当地形图范围不能满足设计要求时, 应补测地形图

(3) 公路与公路平面交叉及公路与乡村道路交叉勘测与调查见表 11-29。

表 11-29 公路与公路平面交叉及公路与乡村道路交叉勘测与调查

序号	内容与要求
1	相交道路的性质、路基路面宽度、路面结构、排水条件、交通量及发展规划
2	既有平面交叉改建时, 还应调查分析包括交通延误及交通事故的数量、程度和原因在内的现有交叉的使用情况
3	拟定交叉位置、形式、交叉角度和采用的技术标准
4	复杂的平面交叉应实地放桩, 并根据需要进行高程或断面测量
5	平面交叉需改道时, 应按相应等级公路勘测的要求进行测量与调查

(4) 公路与铁路交叉勘测与调查见表 11-30。

表 11-30 公路与铁路交叉勘测与调查

序号	内容与要求
1	公路与铁路交叉应实地放桩, 测量铁路轨面高程及交叉角度
2	调查铁路名称、等级、轨道数、运行情况、交叉位置地名、交叉处铁路里程、铁路路侧附属设施及排水条件等, 测量路基宽度及铁路路线纵坡坡度等
3	调查交叉铁路的技术标准、发展规划, 并拟定可能的交叉形式
4	平交时应调查并拟定铁路道口看守的位置, 照明、通信、信号等设施线路接入的方式和位置
5	配合业主或主管部门, 与铁路主管部门协商交叉方案, 并签署协议

(5) 公路与管线交叉勘测与调查见表 11-31。

表 11-31 公路与管线交叉勘测与调查

序号	内容与要求
1	公路与管线交叉的位置、长度、交叉角度、悬空高度或埋置深度、杆塔高度及受影响的长度等
2	管线的种类、技术标准、型号、规格、用途、编号、敷设时间等
3	与公路平行或接近的管线还应调查其平面位置、平行公路的长度、杆塔高度等
4	作为路线控制点的重要管线, 应测量其平面位置, 可根据需要测量其高程或纵、横断面图
5	重要管线交叉应配合业主或主管部门, 与管线主管部门协商交叉方案及保护措施, 并签署协议

## 8. 沿线设施勘测与调查

沿线设施勘测与调查见表 11-32。

表 11-32 沿线设施勘测与调查

序号	内容与要求
1	应现场调查拟建沿线设施位置的地形、地貌、地物、植被、水文、地质等自然条件及与各类设施设计相关的技术条件。根据设计需要, 重要的沿线设施应测绘比例尺为 1:500~1:2000 的地形图。当有特殊需要时, 应实测拟建设施位置的断面图。拟建设施位置的测量、调查工作可与踏勘及路线勘测一并进行

续表

序号	内容与要求
2	管理、服务、养护、收费设施应进行以下勘测与调查 (1) 管理、服务、养护、收费机构的生活、生产所需物资供应条件 (2) 设施区域内地表的土质条件, 适应种植的树种、草种等 (3) 各站区大地电阻率及当地雷暴日天数 (4) 场站联络道路、抢险车辆出入的联络道路及其附属工程均应进行必要的勘测
3	安全设施应进行以下勘测与调查 (1) 沿线地区性冰冻、雾障、积沙、积雪等小气候的位置、范围和季节性特点 (2) 行政区划界、城市、村镇、大型企业、厂矿、著名风景区、医院、学校、路线交叉口等的位置、规模及与路线的关系 (3) 坠石、急弯、陡坡、傍山险峻等存在行车安全隐患路段的地形、地貌、植被、水文、地质等自然条件及可能的危害程度 (4) 隔离设施及安全护栏、护柱、护墙的设置条件 (5) 应现场核查安全设施设置的位置或路段

## 9. 环境保护调查

环境保护调查见表 11-33。

表 11-33 环境保护调查

序号	调查内容与要求
1	当地适种植物的品种、种植条件和生长状态
2	沿线园林工程常用的绿化、美化形式
3	沿线既有道路环保工程的现状及存在的问题
4	沿线国家生态保护区、野生动物保护区及野生动物种群、迁徙路径、栖息地点等
5	沿线水源保护区和湿地的面积、至路线的距离等
6	由于修建公路对原有的田间道路、排灌网络及其他地上设施的切割所造成的影响, 噪声、废气的影响等

## 11.2.2 定测

### 1. 定测的准备工作

定测的准备工作见表 11-34。

表 11-34 定测的准备工作

序号	工作内容与要求
1	收集工程可行性研究、初设阶段勘测、设计的有关资料及审查、批复意见
2	根据任务的内容、规模和仪器设备情况, 拟订勘测方案
3	对初步设计收集的资料进行现场核查
4	对沿线地形、地貌及地物的变化情况进行核查

续表

序 号	工作内容与要求
5	<p>对初测阶段施测的路线平面、高程控制测量进行全面检查，并按以下规定执行</p> <p>(1) 应对初测阶段设置的平面、高程控制点的点位分布情况进行全面检查</p> <p>(2) 当控制点的点位分布满足设计要求时，应对其进行全面检测；检测成果与初测成果的较差在限差以内时，应采用原成果作为作业的依据</p> <p>(3) 当个别段落控制点分布由于损坏或因方案变更造成不能满足设计要求时应进行补设，高程控制测量可采用同级控制加密，平面控制测量连续补点不大于3个时可进行同级加密</p> <p>(4) 当检测成果与初测成果的误差超出限差或控制点分布不能满足设计要求时，应对整个控制网进行复测或重测，并应重新进行平差计算</p>

## 2. 路线中线敷设

路线中线敷设见表 11-35。

表 11-35 路线中线敷设

序 号	内容与要求
1	<p>路线中线敷设位置的要求如下</p> <p>(1) 路线经过下列位置应设加桩：路线纵、横向地形变化处；路线与其他线状物交叉处；拆迁建筑物处；桥梁、涵洞、隧道等构造物处；土质变化及不良地质地段起、终点处；道路轮廓及交叉中心；省、地（市）、县级行政区划分界处；改、扩建公路地形特征点、构造物和路面面层类型变化处</p> <p>(2) 断链桩宜设于直线段，不宜设在桥梁、隧道、立交等构造物范围之内。断链桩上应标明换算里程及增减长度</p>
2	<p>路线中线敷设可采用极坐标法、GPS-RTK法、链距法、偏角法、支距法等方法进行。高速、一级、二级公路宜采用极坐标法、GPS-RTK法，直线段可采用链距法，但链距长度应不超过200m</p>
3	<p>采用极坐标法、GPS-RTK方法敷设中线时，应符合以下要求</p> <p>(1) 中桩钉好后宜测量并记录中桩的平面坐标，测量值与设计坐标的差值应小于中桩测量的桩位限差</p> <p>(2) 可不设置交点桩而一次放出整桩与加桩，也可只放直、曲线上的控制桩，其余桩可用链距法测定</p> <p>(3) 采用极坐标法时，测站转移前，应观测检查前、后相邻控制点间的角度和边长，角度观测左角一测回，测得的角度与计算角度互差应满足相应等级的测角精度要求。距离测量一测回，其值与计算距离之差应满足相应等级的距离测量要求。测站转移后，应对前一测站所放桩位重放1~2个桩点，桩位精度应满足相应的要求</p> <p>(4) 采用GPS-RTK法时，求取转换参数采用的控制点应涵盖整个放线段，采用的控制点应大于4个，流动站至基准站的距离应小于5km，流动站至最近的高等级控制点应小于2km。并应利用另外一个控制点进行检查，检查点的观测坐标与理论值之差应小于桩位检测之差的0.7倍。放桩点不宜外推</p>

## 3. 中桩高程测量

中桩高程测量见表 11-36。

表 11-36 中桩高程测量

序 号	工作内容与要求
1	中桩高程测量可采用水准测量、三角高程测量或GPS-RTK方法施测，并应起闭于路线高程控制点
2	高程应测至桩志处的地面，读数取位至厘米
3	采用三角高程测定中桩高程时，每一测次距离应观测一测回2个读数，垂直角应观测一测回

续表

序 号	工作内容与要求
4	采用 GPS - RTK 法时, 求解转换参数采用的高程控制点应不少于 4 个, 且应涵盖整个中桩高程测量区域, 流动站至最近高程控制点的距离应不大于 2 km, 并应利用另外一个控制点进行检查, 检查点的观测高程与理论值之差应小于两次测量之差的 0.7 倍
5	沿线中需要特殊控制的建筑物、管线、铁路轨顶等, 应按规定测出其高程, 其 2 次测量之差应小于 2 cm

#### 4. 横断面测量

横断面测量见表 11-37。

表 11-37 横断面测量

序 号	内容与要求
1	高速、一级、二级公路横断面测量应采用水准仪一皮尺法、GPS - RTK 法、全站仪法、经纬仪视距法、架置式无棱镜激光测距仪法; 无构造物及防护工程路段可采用数字地面模型法、手持式无棱镜激光测距仪法; 特殊困难地区和三级及三级以下公路, 可采用手水准仪法、数字地面模型法和手持式无棱镜激光测距仪法、抬杆法
2	横断面中的距离、高差的读数取位至 0.1 m, 检测互差限差应符合表 11-38 的规定
3	横断面测量的宽度应满足路基及排水设计、附属物设置等需要
4	采用无棱镜激光测距仪法测量时, 其距离和高差应观测 2 次, 2 次读数之差不超过表 11-38 的规定时, 取平均值作为最终观测值
5	应逐桩施测, 其方向应与路线中线切线垂直
6	除应观测高程变化点之间的距离和高差外, 还宜观测最远点到中桩的距离和高差, 其与高程变化点之间的距离和高差总和之差应不大于表 11-38 的规定
7	高速公路、一级公路的分离式路基和二、三、四级公路的回头弯路段, 应测出连通上、下行路线横断面, 并应标注相关关系
8	应反映地形、地物情况, 横断面应在现场点绘成图并及时核对; 采用测记法室内点绘时, 必须进行现场核对
9	采用数字地面模型获取横断面数据时, 其航空摄影成图及 DTM 建立在相片控制测量时, 应对植被茂密的地段适当加密像控点, 在相片调绘时应加强对沿线陡坎、植被、建筑物等的调查, 并应对植被茂密、峡谷等地段进行横断面抽查, 抽查比例应大于 5%

表 11-38 横断面检测互差限差

(单位: m)

公路等级	距 离	高 差
高速公路, 一、二级公路	$L/100 + 0.1$	$h/100 + L/200 + 0.1$
三级及三级以下公路	$L/50 + 0.1$	$h/50 + L/100 + 0.1$

注:  $L$  为测点至中桩的水平距离, m;  $h$  为测点至中桩的高差, m。

#### 5. 地形图测绘

地形图测绘见表 11-39。

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

表 11-39 地形图测绘

序 号	内容与要求
1	定测时应对地形图进行现场核对。地形、地物发生变化的路段，应予修测；地形图范围不能满足设计要求时，应进行补测；变化较大时，应予重测
2	局部地区地物变动不大时，地形图修测可使用交会法，地形、地物变化较大或采用交会法施测较困难时，应利用导线点、图根点进行
3	原有导线点、图根点不能满足修测和补测需要时，应进行导线点（图根点）补测

## 6. 路基、路面及排水勘测与调查

路基、路面及排水勘测与调查见表 11-40。

表 11-40 路基、路面及排水勘测与调查

序 号	项 目	调查内容与要求
1	勘测调查内容	<p>(1) 沿河、湖（塘）、海、水库等地段路基，应调查洪水位、潮水位、波浪高、岸滩的冲刷和淤积情况、水流的流速、水的深度、水温变化、水的化学成分、水底地质情况、沿河山坡的稳定性等资料。在严寒地区，还应调查冰块移动的撞击情况和冻胀情况</p> <p>(2) 滑坡地段路基应对滑坡体稳定性、滑坡规模、滑坡体现状等进行调查</p> <p>(3) 泥石流地段路基应对泥石流最高流量、持续时间、容重、流速、松散固体物质、平均粒径、搬运的最大粒径、最大一次淤积量和淤积厚度等进行勘测调查</p> <p>(4) 岩溶地区应调查岩溶分布范围、形态、现状与历史等情况</p> <p>(5) 软土及泥沼地区应对软土及泥沼的分布范围、类型、厚度、成层情况和物理力学性质等进行调查</p> <p>(6) 多年冻土地区应调查一年中冻结和融化的时间，积雪的时间和厚度（历年的平均值、最大值和最小值），年降雨量、降雨季节，年平均气温、年最低气温和最高气温，多年冻土层的分布、构造、土质和含冰状况，冻土的物理力学试验指标等</p> <p>(7) 膨胀土地区应调查膨胀土的分布范围、厚度、物理化学、物理力学性质等</p> <p>(8) 黄土地区应对黄土的抗剪强度、内摩擦角、黏聚力等力学特性及黄土边坡的稳定性等进行勘测调查</p> <p>(9) 盐渍土地区应对路线通过地带盐渍土的分布范围、盐渍土的类型、盐渍土程度等进行勘测调查</p> <p>(10) 风沙地区应对风沙地区的分布范围，沙丘移动的方向、方式和速度，沙的物理化学性质，植物覆盖率、当地沙生植物种类等进行调查</p> <p>(11) 雪害地区应调查雪害地区的总降雪量、一次最大降雪量、最大及平均积雪深度、冬季气温及冻融时间、冬季现场积雪情况等资料</p>
2	路基防护勘测与调查	<p>(1) 应现场确定路基边坡防护工程的位置、起讫桩号、防护长度和形式</p> <p>(2) 设置防护工程的路段，应实地放出构筑物轴线，进行高程测量和横断面测量</p> <p>(3) 采用种草、铺草皮、撒播草籽、植树等边坡防护的路段，应调查边坡土质的适种性，适宜种植的草种、树种，种植季节及种植方式</p> <p>(4) 应对路基防护路段边坡的土质、稳定性、含水率及植被情况等进行调查</p>
3	改移工程勘测与调查	<p>(1) 应实地调查并确定改移河道、渠道、道路的位置和改移方案，改移河道水流流向、水位、河势、汇水面积，测量坝头、坝身、坝根横断面及轴线高程</p> <p>(2) 实地测量出改移工程的起讫桩号，放出改移工程的轴线桩，并进行纵、横断面测量。改移公路、辅道、支线或连接线，应按相应等级公路要求进行桥涵、路基、路面、排水和其他工程的勘测与调查</p> <p>(3) 改移工程的轴线应与路线控制测量联测</p> <p>(4) 改移河道、主干沟渠及等级公路工程，应测绘比例尺为 1:500 ~ 1:2000 的地形图，测绘范围应满足设计要求</p>

续表

序 号	项 目	调查内容与要求
4	路面调查	<p>(1) 对该地区既有路面或相似路面的施工技术、施工控制和面层构造和材料进行调查</p> <p>(2) 对路线所在地区已建公路的材料和混合料的性状、抗滑、透水性、路面结构等进行调查</p> <p>(3) 对项目所在地区的可比路面的完整性、损坏程度和路面结构的相关性等方面进行调查</p>
5	排水勘测与调查	<p>(1) 对该地区已有的排水设施工作情况进行实地调查</p> <p>(2) 根据设计原则并通过调查当地水文、气象等情况，确定路基、路面排水的方案和形式</p> <p>(3) 调查、确定排水设施的形式、横断面尺寸、加固措施，并测量起讫桩号、长度、进出口位置</p> <p>(4) 需进行特殊设计的集水、排水、输水工程设施，应实地放出轴线，进行纵、横断面测量，并根据需要，测绘比例尺为 1:500 ~ 1:2 000 的地形图</p>

## 7. 路线交叉勘测与调查

路线交叉勘测与调查见表 11-41。

表 11-41 路线交叉勘测与调查

序 号	项 目	调查内容与要求
1	一般规定	<p>(1) 根据初步设计的审批意见对交叉的总体布设方案进行认真分析研究，对初测所搜集的资料进行现场核查并进一步补充调查</p> <p>(2) 对路线交叉附近的测量控制点进行现场核查。如测量控制点损坏、丢失或距设计线位过近，应补设或重设，并进行联测；当地形、地物等有变化或地形图范围不能满足设计要求时，应修测或补测地形图</p> <p>(3) 互通式立体交叉、分离式立体交叉、公路与公路及公路与铁路平面交叉、复杂的管线交叉，均应测绘比例尺为 1:500 ~ 1:2 000 的地形图</p> <p>(4) 各种交叉的位置、形式、标准等方案，均应征求地方政府或主管部门的意见</p>
2	互通式立体交叉	<p>(1) 相交公路勘测采用与路线同等的技术要求，勘测长度应满足设计要求，同时应对以下内容进行核查和补充</p> <p>① 相交公路路面结构、各层厚度、路面现有状况、病害类型与程度、公路养护周期及提高等级的计划</p> <p>② 核查相交公路交通组成与交通量</p> <p>③ 互通式立体交叉处的自然地理位置、经济开发、地区规划与要求</p> <p>④ 互通式立体交叉范围内的工程地质、水文地质条件、建筑物和管线的拆迁、防护、排水、改移工程及照明、绿化、环保、占地等调查</p> <p>(2) 对相交公路的路面宽度、路线中线位置、路线纵断面等进行详细测量，测量长度应满足设计要求</p> <p>(3) 互通式立体交叉的匝道和连接线，应在实地放桩，中桩间距直线段应不大于 20 m，曲线段应不大于 10 m，并按路线测量的要求进行中桩水准测量和横断面测量</p>
3	分离式立体交叉	<p>(1) 应核查相交公路提高等级的计划及交叉处的地区发展规划，路面结构及各层厚度，地形、地物、排水等情况</p> <p>(2) 主线上跨相交公路，当不改建相交公路时，可只测量交叉点的位置、交叉角度、交叉点高程、路线中线位置、路线纵断面；当需改建相交公路时，相交公路的路线勘测应按相应等级公路进行勘测与调查，测量长度应满足设计要求</p> <p>(3) 分离式立体交叉范围内需设置排水设施或改移水渠时，应确定改移位置，测量纵、横断面；当地形图不能满足设计要求时，应修测或补测地形图</p>

续表

序号	项目	调查内容与要求
4	通道与人行天桥	<p>(1) 核查落实乡村道路的用途及发展规划, 总体研究通道及人行天桥的布局、设置位置和形式</p> <p>(2) 与主线公路交叉的乡村道路间距较密或路线在丘陵或山地通过的路段, 应调查乡村道路合并与移位或修建通道、天桥的可能性</p> <p>(3) 进行相交道路中线、水准、横断面和交叉角度等测量, 相交道路测量长度应满足设计要求; 当相交道路下穿主线时, 应调查排水条件和确定工程防护措施</p>
5	公路与铁路立体交叉	<p>(1) 应测量铁路每股道的桩号、交叉角度, 每股道的内外侧轨顶高程、纵坡, 股道间的距离和铁路路基宽度</p> <p>(2) 当公路下穿铁路时, 应调查地下水位、排水条件及地质条件, 拟定排水措施; 当采用泵站抽水或开挖渠排水时, 应进行有关的工程测量</p>
6	平面交叉	<p>(1) 根据定测路线与原有道路交叉的位置, 实地测量交叉点桩号、交叉角度、相交路中线并进行水准测量和横断面测量, 相交道路的测量长度应满足相交道路平、纵面设计的要求。相交公路中桩间距, 环式和加铺转角式交叉应小于 10 m, 分道转弯式交叉按路线中线测量要求</p> <p>(2) 公路与铁路平面交叉, 应测量交叉处的桩号、交叉角度、铁路股道的内外侧轨顶高程、路基宽度及铁路路线坡坡度; 调查并拟定铁路道口看守的位置, 照明、通信、信号等设施线路接入的方式和位置</p>
7	公路与管线交叉	<p>(1) 调查测量各种相交管线的位置、交叉角度、桩号, 管线种类、用途、结构形式、跨越或平行公路的长度、悬空高度或埋置深度和杆柱的倒伏长度</p> <p>(2) 重要的管线, 应测量其纵、横断面图, 并与路线或导线联测, 拟定必要的保护和加固措施</p>

## 8. 环境保护调查

环境保护调查见表 11-42。

表 11-42 环境保护调查

序号	内容与要求
1	按要求进行勘测调查, 并按批准的“环境影响评价报告”和初步设计审批意见进一步补充有关内容, 确保环保措施的落实, 确保工程建设区的生态环境不因公路建设而受到影响
2	对附近同类或相似的高填深挖工程的防护、路基路面所使用的材料、排水方式及对周围生态环境产生的影响进行调查
3	声屏障、油水分离池、蒸发池等应实地放桩, 并测绘 1:500 ~ 1:2000 平面图。线外涵洞、水闸等也应实地调查, 并测量纵、横断面等
4	调查沿线需绿化地段起讫桩号及绿化种类、方法与内容, 取土坑、弃土堆的位置、范围与面积, 土地复垦工程及绿化面积
5	调查沿线动、植物品种(特别是一些稀有濒危物种), 确定保持生态平衡措施



## 11.3 一次定测

一次定测的内容和有关要求见表 11-43。

表 11-43 一次定测

序号	内容与要求
1	根据批准的“工程项目可行性研究报告”及审批意见所确定的修建原则和路线基本走向方案，通过定线、平面高程测量、中桩、横断面及地形测量，桥涵、隧道、路线交叉等资料的勘测、调查及内业工作，为编制施工图设计提供资料
2	准备工作及现场踏勘，应符合 11.2 节中的规定
3	宜采用现场定线，但对地形、地质复杂或工程艰巨的局部路段，应布设导线、实测地形，进行纸上定线，然后放线定测。定线和放线的要求应符合第二节中的规定
4	通过内业工作进行综合检查，必要时应进行纸上移线，纸上移线后应实地放线测量
5	<p>平面控制测量及中桩放样除应符合 11.2 节中的规定外，还应符合以下要求</p> <p>(1) 路线平面控制点可利用路线交点桩、转点桩、桥隧控制桩和起终点桩等路线控制桩，也可另外埋设控制点桩。当利用路线控制桩作为平面控制点时，应对路线控制桩进行护桩，并认真做好护桩记录</p> <p>(2) 平面控制测量的坐标系可采用假定坐标系。当路线起、终点距国家平面控制点不远于 30 km 时宜予以联测；联测确有困难时，可观测磁方位角或采用 GPS 测量确定和校核方位</p> <p>(3) 路线平面控制点与国家或其他控制点形成附合或闭合导线时，其角度闭合差不得超过 <math>\pm 60\sqrt{n}</math> (<math>n</math> 为测站数)，距离相对闭合差不得大于 1/1 000</p> <p>(4) 采用磁方位角定位，应每天观测一次以上，并与计算方位角校核，其较差不得大于 <math>2^\circ</math></p>
6	高程控制点设置与测量应符合 11.2 节中的高程控制测量的规定。中桩高程测量及其精度要求应符合 11.2 节中的规定
7	横断面测量应符合 11.2 节中的规定
8	地形图测量可利用纵、横断面资料辅以仪器测量现场勾绘全线地形图，当采用纸上定线时应实地测绘地形图，测图比例尺可用 1:2 000 ~ 1:5 000
9	路基、路面及排水勘测与调查，应符合 11.2 中的规定。旧路改建项目应对原有公路的路基、路面结构形式进行调查
10	环境保护工程应依据公路等级、设计原则及工程设施，按 11.2 节中的规定执行

## 11.4 公路工程施工测量复测与加密

### 11.4.1 施工导线点的复测与加密

#### 1. 施工导线点的复测

(1) 测设设计注意事项见表 11-44。

表 11-44 测设设计注意事项

序号	项目	注意事项
1	测设方案 <div style="display: flex; flex-direction: column;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">附和导线</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">闭合导线</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">支导线</div> </div>	当施工标段只有一组起始数据时,可考虑选用闭合导线;当施工标段有两组起始数据时,可考虑选用附和导线;当有特殊需要,可考虑选用支导线
2	测设方法	导线测量实际上就是测量相互连接折线的夹角和边长,简单地说就是测距和测角
3	测量精度	<p>施工导线点是施工放样的依据,只有保证了施工导线点的精度,才能保证施工放样的精度。规范规定:“土(石)方路基中线允许偏差为 50 mm”。控制点的精度越高,则放样的精度就越高,控制点的精度低,则放样的精度就低。但把控制点的精度定得过高,就会增加控制测量的工作量;反之,就可能造成施工质量事故</p> <p>为了减小测量误差对放样点的影响,可适当增加控制点密度,缩小控制的距离;在测量施工控制导线时,必须满足规范对导线点的测量精度</p>

(2) 施工导线点的选点要求见表 11-45。

表 11-45 施工导线点的选点要求

序号	选点要求
1	通视良好。实际测量中,施工导线点位一般都选在路堑顶的适当位置及路线结构物附近,不易受施工干扰的地方。所布设的导线点既要保证导线点间能够通视,又要保证能够通视路线上中桩、边桩及坡脚桩,以便于放线,不需转站
2	点位桩要埋设牢固,便于保护。从施工初始到工程竣工,施工导线点使用频繁,路层每一结构面都要反复使用
3	施工导线点位的密度应能满足施工现场放样需要。施工导线点间距宜在 400 ~ 800 m 为宜
4	点位桩编号要醒目,易识别
5	便于仪器架设,方便观测员操作

(3) 施工导线点近似平差的计算。

施工导线的计算,就是依据起算数据和观测要素,通过近似平差,求得导线边的方位角和导线点的平面坐标  $x$ 、 $y$  值,从而获得公路施工沿线基本平面的控制测量成果,见表 11-46。

表 11-46 施工导线点近似平差的计算

序号	项目	具体计算方法
1	导线方位角计算公式	$T_{i-(i+1)} = T_{(i-1)-i} + \beta_i - 180^\circ \quad (11-1)$ <p>式中, <math>T_{i-(i+1)}</math>——导线前一边的方位角(即所求边的方位角);  <math>T_{(i-1)-i}</math>——导线后一边的方位角(即已知边的方位角);  <math>\beta_i</math>——导线点的水平角(即观测角)</p> <p>也就是说,导线前一边的方位角等于后一边的方位角加上导线点的左角减去 <math>180^\circ</math></p>

续表

序号	项目	具体计算方法
2	导线点坐标 $x$ 、 $y$ 计算公式	$\begin{cases} \text{纵坐标: } x_i = x_{i-1} + \Delta x_{(i-1)-i} \\ \text{横坐标: } y_i = y_{i-1} + \Delta y_{(i-1)-i} \end{cases} \quad (11-2)$ <p>式中, <math>\Delta x</math>——纵坐标增量, 其中 <math>\Delta x = D \times \cos T</math> (<math>D</math> 为导线边长, <math>T</math> 为该导线边方位角);</p> <p><math>\Delta y</math>——横坐标增量, 其中 <math>\Delta y = D \times \sin T</math> (<math>D</math> 为导线边长, <math>T</math> 为该导线边方位角)</p> <p>导线上任一点的坐标 <math>x</math>、<math>y</math> 值等于后一点的坐标 <math>x</math>、<math>y</math> 值加上坐标增量</p> <p>由于观测角和边长不可避免地存有测量误差, 所以计算结果就有角度闭合差和纵、横坐标闭合差。消除这些误差, 就是对观测角和坐标增量进行改正, 这种改正工作称为导线测量平差计算。导线平差计算有严密平差和近似平差两种方法。公路施工导线测量采用近似平方差方法。所谓导线测量近似平差, 是将角度闭合差平均分配于各观测角, 然后用平差角和导线边长 (平距) 计算坐标增量, 再对坐标增量进行改正, 最后求得各导线点的最后坐标。导线平差的目的, 就是为了消除测角、测边误差, 并在平差后进一步提高测量精度</p>
3	角度闭合差 计算公式	$\begin{aligned} f_{\beta} &= T_{\text{起}} + \sum \beta_i - n \times 180 - T_{\text{终}} \\ &= T_{\text{起}} - T_{\text{终}} + \sum \beta_i - n \times 180 \end{aligned} \quad (11-3)$ <p>或</p> $f_{\beta} = T_{\text{终计}} - T_{\text{终已}} \quad (11-4)$ $T_{\text{终计}} = T_{\text{起}} + \sum \beta_i - n \times 180 \quad (11-5)$ <p>式中, <math>T_{\text{起}}</math>——附和导线已知起始边的方位角;  <math>\sum \beta_i</math>——附和导线所有观测角 (左角) 之和;  <math>T_{\text{终已}}</math>——附和导线已知附和 (终) 边的方位角;  <math>n</math>——附和导线观测角个数</p> <p>闭合导线的内角闭合差:</p> $f_{\beta} = \sum \beta_i - (n - 2) \times 180 \quad (11-6)$ <p>闭合导线的外角闭合差:</p> $f_{\beta} = \sum \beta_i - (n + 2) \times 180 \quad (11-7)$ <p>式中, <math>\sum \beta_i</math>——闭合导线实测的 <math>n</math> 个内 (或外角) 角总和;  <math>n</math>——测角个数;  <math>(n - 2) \times 180</math>——闭合导线内角理论值;  <math>(n + 2) \times 180</math>——闭合导线外角理论值</p>
4	观测角改正数 $V_{\beta}$ 计算公式	<p>导线测量近似平差法观测角改正数是将角度闭合差 <math>f_{\beta}</math> 以相反的符号平均分配到各观测角中, 即:</p> $\begin{cases} V_{\beta} = -f_{\beta}/n \\ \sum V_{\beta} = -f_{\beta} \end{cases} \quad (11-8)$
5	坐标增量闭 合差计算公式	<p>对于闭合导线其纵横坐标增量的理论值应为 0:</p> $\begin{cases} \sum \Delta X_{\text{理}} = 0 \\ \sum \Delta Y_{\text{理}} = 0 \end{cases} \quad (11-9)$ <p>由于导线边长测量的误差, 坐标增量计算值总和 <math>\sum \Delta X_{\text{计}}</math> 与 <math>\sum \Delta Y_{\text{计}}</math> 一般不等于 0, 其值称为坐标增量闭合差, 即:</p> $\begin{cases} f_x = \sum \Delta X_{\text{计}} \\ f_y = \sum \Delta Y_{\text{计}} \end{cases} \quad (11-10)$

续表

序号	项目	具体计算方法
5	坐标增量闭合差计算公式	<p>对于附和导线，其纵横坐标增量的理论总和等于终点与起点的坐标差值，即：</p> $\begin{cases} \sum \Delta X_{理} = x_{终} - x_{起} \\ \sum \Delta Y_{理} = y_{终} - y_{起} \end{cases} \quad (11-11)$ <p>由于测边测角有误差，所以算出的坐标增量总和 <math>\sum \Delta X_{计}</math>、<math>\sum \Delta Y_{计}</math> 与理论值不相等，其差值即为坐标增量闭合差：</p> $\begin{cases} f_x = \sum \Delta X_{计} - \sum \Delta X_{理} = \sum \Delta X_{计} - (x_{终} - x_{起}) \\ f_y = \sum \Delta Y_{计} - \sum \Delta Y_{理} = \sum \Delta Y_{计} - (y_{终} - y_{起}) \end{cases} \quad (11-12)$
6	坐标增量改正数 $V_x$ 、 $V_y$ 计算公式	<p>导线测量近似平差计算坐标增量改正数 <math>V_x</math>、<math>V_y</math> 是按边长比例将增量闭合差反号分配到各增量中。导线任一边的增量改正数为：</p> $\begin{cases} V_x = -f_x / \sum D \times D_i \\ V_y = -f_y / \sum D \times D_i \end{cases} \quad (11-13)$ <p>因此</p> $\begin{cases} \sum V_x = -f_x \\ \sum V_y = -f_y \end{cases} \quad (11-14)$
7	导线测量精度评定	<p>(1) 附（闭）合导线测角中误差：</p> $m''_{\beta计} = \pm \sqrt{(f_{\beta}^2/n)N} \quad (11-15)$ <p>式中，<math>f_{\beta}</math>——附（闭）合导线的角度闭合差；  <math>n</math>——导线折角个数；  <math>N</math>——附和（或闭合）导线的条数</p> <p>(2) 独立复测支导线的测角中误差：</p> $m_{\beta计} = \pm \sqrt{[\Delta T^2/(n_1 + n_2)]/N} \quad (11-16)$ <p>式中，<math>\Delta T</math>——两次测量的方位角之差；  <math>n_1</math>、<math>n_2</math>——复测支导线第一次和第二次测量的角数；  <math>N</math>——复测支导线条数</p> <p>(3) 导线全长绝对闭合差：</p> $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (11-17)$ <p>(4) 导线的全长相对闭合差：</p> $1/D = f/[D] = 1/([D]/f) \quad (11-18)$ <p>式中，<math>[D]</math>——导线边长的总和</p>

## 2. 施工导线点的加密

施工导线点的加密要求见表 11-47。

表 11-47 施工导线点的加密要求

序号	加密有关要求
1	必须遵循由高级到低级的原则，即必须从设计单位提供的导线点到施工导线点
2	坐标系统必须与设计单位提供的导线点的坐标系统一致
3	导线起终点必须是设计单位提供的导线点，测定结果的限差，应符合规范要求
4	测量精度必须满足施工放样的精度，而公路施工放样精度是依据规范规定的验收限差确定
5	施工导线点的密度应满足施工放样的需要。放样点若距控制点远，则放样不方便，并且误差也大。放样时应一站到位，放样视距不宜超过 500 m

## 11.4.2 施工水准点的复测与加密

### 1. 施工水准点的复测

施工水准点的复测见表 11-48。

表 11-48 施工水准点的复测

序号	项目	具体内容
1	施工方案	附和水准路线、闭合水准路线、复测水准路线（即往返测水准路线）
2	考虑因素	<p>(1) 施工标段已知水准点的利用情况，前后相邻标段水准点的分布情况</p> <p>(2) 施工标段挖方段、填方段情况</p> <p>(3) 施工高程放样的需求</p>
3	选点要求	<p>(1) 施工水准点的密度要保证只架设一次仪器就可以放出或测量出所需要的高程。实践说明，在一个测站上水准测量前后视距最好控制在 80 m，超过 80 m 则要转站才能继续往前测，如果多次转下去，误差便会增大，因此为了保证测量精度，施工水准点间距最好在 160 m 范围内，在纵坡较大地段，水准点间距可根据实际地形缩短</p> <p>(2) 在重要结构物附近，宜布设两个以上的施工水准点。放样时，用一点放样，另一点检查，从而保证放样高程的准确性</p> <p>(3) 公路施工实践中，加密施工水准点位通常是布设在填方路段两侧 20 m 范围内的田坎，与挖方段交接的山坡脚（适宜高填方）等易于保存的地方。当路基工程施工完毕，挖方段的排水沟或坡脚砌体也已施工完毕，水准点位可布设在水泥抹面上。埋设好的水准点要做点标记，方便以后使用</p> <p>(4) 施工水准点应埋设牢固，并要妥善保护。实践证明，施工水准点自开工到竣工验收都在发挥作用，所以点位一定要牢固。用大木桩做点位桩时，要打深打牢，并用水泥加固，桩顶上钉一铁钉，测水准时标尺立在钉上</p> <p>(5) 施工水准点位编号要醒目、清晰、易识别。施工中多用“公里数+号码”来编号，并把高程用红漆写在点号旁边，这样就能很明显地知道该点是控制哪一段的，并可校核所用点高程是否用错</p>
4	测量精度	<p>(1) 为了满足高程放样精度，可以适当合理地增加施工水准点的密度，应保证只架设一次仪器，就能放出或测出所需点的高程，这样，水准控制点与放样点距离不超过 80 m，既方便放样操作又能保证放样精度</p> <p>(2) 在测量施工水准控制路线时，必须满足规范规定的水准点闭合差：高速、一级公路为 <math>\pm 20\sqrt{L}</math> mm，<math>L</math> 为水准路线长度，以 km 计。对于复测支水准路线，<math>L</math> 取单程长度；二级以下公路为 <math>\pm 30\sqrt{L}</math> mm，<math>L</math> 意义同上</p>
5	计算步骤	<p>(1) 仔细认真检查外业各项记录和高差计算值，如发现问题，应查明原因予以纠正</p> <p>(2) 绘制外业测量水准线路草图，在草图上注明已知水准点名及高程，注明各相邻点间的实测高差和距离，标明水准线路测量往返测方向</p> <p>(3) 在草图上进行水准线路平差计算</p> <p>(4) 编制水准点成果表</p>
6	复测方法	<p>(1) 施工水准点的高程用水准测量方法测定。水准测量就是利用水准仪、水准尺或塔尺（公路施工测量常用的尺子）测定点间高差的方法。只要知道一点的高程，就可计算出另一点的高程</p> <p>(2) 测量采用向前法和复合水准测量法，而最常用的是向前法，它是用水准仪进行高程放样的主要方法，而复合水准测量仅用于建立施工标段高程控制系统</p>

续表

序号	项目	具体内容
7	注意事项	<p>(1) 用复合法测量线路施工控制水准点高程时, 每测站应尽量将仪器架在两点中间, 在这种情况下读数可消除地球曲率和折光的影响</p> <p>(2) 仪器要安装稳妥, 在松散地方架设仪器, 脚架一定要踩牢。来回走动照准标尺读数时不要碰动脚架。架设仪器应尽量避免骑腿, 随时检查脚腿螺旋有没有拧紧</p> <p>(3) 测设施工控制水准线路, 最好使用一对 3 m 双面水准尺。可当站校核所测两点高差是否正确</p> <p>(4) 扶尺员一定要把尺子立在点位上, 并且要立垂直, 为避免尺子前倾后仰, 左右歪斜, 可在尺边挂垂球控制</p> <p>(5) 读数时, 一定要用微倾螺旋使附合气泡两个半边的气泡吻合, 读数时要果断、要稳、要准, 而且不准凑数。用自动安平水准仪读数时, 一定要使圆气泡居中</p> <p>(6) 转点要选在坚硬牢固的路缘石等处, 如用尺垫一定要踩牢, 转动尺面要提起尺子</p> <p>(7) 用塔尺进行水准测量时, 一定要每节到位, 测量过程中要经常检查抽出的尺有没有降落</p> <p>(8) 读数后应立即记在手簿上, 不应记在心中或随便什么纸上, 不准靠回忆补记。记录要整洁、清晰、真实。记错应重新记录, 不准涂改</p> <p>(9) 转站时, 一定要检查本站记录, 计算无误后才可挪动仪器迁站</p> <p>(10) 为了避免仪器被日晒, 测量时要撑伞。夏季中午气流不稳定, 仪器横丝跳动, 不宜进行水准测量</p>

## 2. 施工水准点的加密

施工水准点的加密见表 11-49。

表 11-49 施工水准点的加密

序号	项目	具体内容
1	加密目的	<p>目的就是为了方便施工中的高程放样, 并保证高程放样精度。在公路施工过程中, 繁复而大量的工作是测量路线中桩、边桩等桩位高程。施工中, 挖方段、填方段高度每天都在变化着。由于中桩、边桩等桩位易被破坏(挖掉或填掉), 这就要求施工测量员必须在施工中随时掌握挖、填方的高度, 以确保挖、填方工作的顺利进行, 防止不必要的超填超挖或欠填欠挖, 避免造成不必要的损失</p>
2	加密作用	<p>在施工标段增设加密合理的水准点位, 既能很方便地就近控制路线的高程, 又能保证施工精度。实践证明, 公路勘察设计阶段所布设水准点的分布和密度都不能满足施工现场的需要, 所以施工单位必须根据该作业段的实际需要、实际地形来加密水准点。把加密的水准点称为施工水准点</p>
3	加密原则	<p>(1) 加密施工水准点须遵循由高级到低级的原则, 即必须从设计单位提供的水准点到施工水准点</p> <p>(2) 施工水准点高程系统必须与设计单位提供的高程系统相一致, 不得自行选择高程系统</p> <p>(3) 施工水准点的起终点必须是设计单位提供的水准点, 测定结果的限差应符合规范要求</p> <p>(4) 施工水准点的测量精度必须满足高程放样精度, 见表 11-50 和表 11-51</p> <p>(5) 施工水准点的密度应能满足高程放样的需要</p>

表 11-50 土(石)方路基允许偏差

项次	检查项目	允许偏差	
		高速公路、一级公路	其他公路
1	纵断高程/mm	10 - 30	10 - 50
2	平整度/mm	30	50
3	横坡/%	±0.5	±0.5

表 11-51 公路路面质量标准

工程种类	项目	质量标准		
		高速公路	一级公路	其他公路
底基层	纵断高程/mm	+5 - 15	+5 - 15	+5 - 20
	平整度/mm	15	15	20
	横坡度/%	±0.3	±0.3	±0.5
基层	纵断高程/mm	+5 - 10	+5 - 10	+5 - 15
	平整度/mm	10	10	15
	横坡度/%	±0.3	±0.3	±0.5

## 11.5 公路工程施工测量放样

### 11.5.1 施工测量放样基本要求

道路工程施工测量放样技术就是应用普通测量中的放样方法,把设计图纸上公路线形的位置、形状、宽度和高低在施工现场标定出来,以作为施工的依据。在公路施工过程中,放样技术对保证施工进度和工程质量起着重要作用。其基本要求见表 11-52。

表 11-52 施工测量放样的基本要求

序号	基本要求
1	为了保证放样精度,满足施工需求,在放样前,施工测量员必须熟悉和掌握设计图表中有关线路平面位置和高程的数据
2	编制本标段放样已知导线点成果表,放样点位中桩、边桩坐标及高程表,然后结合施工现场条件和施工单位现有测量仪器的情况,选择合适的放样方法
3	放样工作中的任何疏忽或精度不够,都必将影响施工的进度和质量,造成工程返工及经济损失。施工测量人员必须具有高度的责任心和熟练的放样操作技术

### 11.5.2 施工测量平面位置放样技术与数据计算

#### 1. 施工测量平面位置放样技术

##### 1) 经纬仪视距法放样技术

经纬仪视距法放样技术见表 11-53。

表 11-53 经纬仪视距法放样技术

序号	项目	具体内容
1	仪器与材料准备	经纬仪, 视距尺或水准标尺、塔尺、30~50 m 钢尺, fx-4500PA 或 fx-4800 型计算机, 铁锤、凿子、竹签、红布条或红塑料袋条、油性号笔、小钢尺, 测伞
2	放样资料准备	导线点成果表, 放样点成果表(即放样点边长, 角度计算表), 编制放样作业图(图中应注明测站点、后视点、放样点)
3	平距计算公式	$D = KL \cos^2 E = 100ABS(A - B)\cos^2 E \quad (11-19)$ 式中, $K$ ——仪器乘常数, 光学经纬仪 $K = 100$ ; $L$ ——上下丝在标尺上所截取的分划数值, $L = A - B = ABS(A - B)$ , $A$ 为上丝读数, $B$ 下丝读数; $E$ ——竖直角, 在读取 $L$ 时, 仪器中丝位置竖盘测得垂直角; $ABS$ ——绝对值符号
4	高差计算公式	$h = \frac{1}{2}KL \sin^2 E + I - T \quad (11-20)$ 或 $h = D \tan E + I - T \quad (11-21)$ 式中, $I$ ——仪高, 用小钢尺量至 mm; $T$ ——觇高, 在读取 $L$ 时, 中丝读数, 可直接读至 mm 单位
5	操作方法步骤	(1) 将经纬仪安置在施工导线点上, 精确对中整平, 如一并进行高程放样, 则要量取仪高 (2) 照准后视导线点, 将后视方向置成 $0^\circ 00' 00''$ (3) 拨转放样点方向水平角值 (4) 指挥立尺员在放样点方向上立视距尺, 读记上、中、下三丝读数, 并读记中丝垂直角 (5) 用计算机“视距法平距、高差计算程序”计算实测平距与放样值之差, 指挥视距尺在望远照准方向上前、后移动, 一直到实测平距与放样值之差为零时, 标尺底部中点即为放样点的位置, 指挥打桩, 编写里程桩号, 扎红布条

## 2) 经纬仪钢尺偏角法放样技术

(1) 偏角法圆曲线放样方法见表 11-54。

表 11-54 偏角法圆曲线放样方法

序号	项目	具体内容
1	仪器与材料准备	经纬仪, 钢卷尺, fx-4500PA 型计算机, 铁锤、凿子、竹签、红布条或红塑料袋条、油性号笔、小钢尺、测伞
2	放样资料准备	① 交点里程桩号及坐标值、曲线起终点里程桩号及坐标值 ② 交点、曲线起终点位实地考察, 若点位损坏, 则应恢复 ③ 编制偏角法放样数据表 ④ 编制偏角法放样作业图, 图中应注明测站点、后视点及放样点拨角方向



续表

序 号	项 目	具 体 内 容
3	方法步骤	<p>用经纬仪钢尺偏角法放样圆曲线上各点平面位置，是把一条圆曲线分成两个半圆曲线来进行操作的，即 ZY 至 QZ 及 YZ 至 QZ，如图 11-1 所示</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 在直圆点设站，照准交点，置水平度盘为 <math>0^{\circ}00'00''</math></li> <li>② 拨偏角 <math>\delta_{起} = \angle 1</math>，自 ZY 点起，指挥量尺员在望远镜视线方向上用钢尺量取 <math>l_{起}</math> 得曲线上 1 点，打桩写号</li> <li>③ 拨总偏角 <math>\angle 2</math>，指挥钢尺零点对准 1 点，量取 <math>l</math> 长度与视线相交得 2 点</li> <li>④ 同法可测出其余各点，一直放列曲线中点 QZ</li> <li>⑤ 将仪器搬至曲线另一端 YZ，同上法放另一半曲线，此时应注意拨角方向与前半曲线相反</li> <li>⑥ 当从 ZY 及 YZ 向 QZ 测设曲线时，由于放样误差的影响，由 ZY 放的 <math>QZ_1</math> 与由 YZ 放的 <math>QZ_2</math> 不在同一点上，其偏距称为闭合差。若沿线路方向（纵向）闭合差 <math>f_x</math> 小于 <math>1/2000</math>，沿曲线半径方向（横向）闭合差 <math>f_y</math> 小于 10 cm 时，可根据曲线上各点到 ZY（或 YZ）的距离，按长度比例进行分配</li> </ol>
4	图示	<p>图 11-1 经纬仪钢尺偏角法圆曲线放样</p>

(2) 偏角法放样有缓和曲线圆曲线的方法见表 11-55。

表 11-55 偏角法放样有缓和曲线圆曲线的方法

序 号	项 目	具 体 内 容
1	仪器与材料准备	经纬仪，钢卷尺，fx-4500PA 型计算机，铁锤、凿子、竹签、红布条或红塑料条、油性号笔、小钢尺、测伞
2	放样资料准备	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 交点里程桩号及坐标值、曲线起终点里程桩号及坐标值</li> <li>② 交点、曲线起终点位实地考察，若点位损坏，则应恢复</li> <li>③ 编制偏角法放样数据表</li> <li>④ 编制偏角法放样作业图，图中应注明测站点、后视点及放样点拨角方向</li> </ol>

续表

序号	项目	具体内容
3	方法步骤	<p>(1) 由 ZH 放至 HY 的操作方法步骤：缓和曲线部分放样是将经纬仪架设在直缓点 ZH 上，置水平度盘为 <math>0^{\circ}00'00''</math>，照准 JD 切线方向，然后逐点拨转缓和曲线上各点偏角值与相关距离相交获得缓和曲线上各点平面位置的。具体操作方法步骤与圆曲线放样基本相同</p> <p>(2) 由 HY 放至 QZ 的操作方法步骤：圆曲线部分的测设，首先是缓圆点 HY 切线的设置。现场作业中，常用下述方法设置 HY 点的切线，如图 11-2 所示</p> <p>将经纬仪安置在 HY 点，置水平度盘为 <math>(\beta_0 - i_0)</math>，后视直缓点 ZH，将水平制动钮固定，纵转望远镜，度盘读数为 <math>0^{\circ}00'00''</math> 时，望远镜视线方向即为 HY 点的切线方向；注意 <math>0^{\circ}00'00''</math> 正拨、反拨，当曲线在切线左侧为反拨，应置度盘为 <math>360^{\circ} - (\beta_0 - i_0)</math> 后视照准 ZH 点；曲线在切线右侧为正拨，置度盘为 <math>(\beta_0 - i_0)</math> 后视 ZH 点</p> <p>用上述方法设置 HY 点切线方向后，即可按圆曲线放样操作方法步骤，逐点拨转总偏角，并以相应距离与各点偏角方向相交获得曲线上其余各点，直至 QZ 点。半条曲线放完后，仪器迁至 HZ 点，用上述方法放出圆曲线的另一半，应特别注意的是，偏角的拨转方向、切线的设置方向均与前半条曲线相反。当从 HY 点及 YH 点放到曲中 QZ 时，应检查其闭合差，并进行分配调整</p>
4	图示	<p>图 11-2 缓圆点切线的设置</p>

3) 经纬仪钢尺切线支距法放样技术

经纬仪钢尺切线支距法放样技术见表 11-56。

表 11-56 经纬仪钢尺切线支距法放样技术

序号	项目	具体内容
1	仪器与材料准备	经纬仪、钢卷尺、fx-4500PA 计算机，铁锤、凿子、竹签、红布条或红塑袋条、油性号笔、小钢尺、铁钉或钢钉、测伞、直角木尺
2	放样资料准备	<p>(1) 圆曲线半径、圆心角、缓和曲线长度</p> <p>(2) 交点、ZY 点、YZ 点的实地位置</p> <p>(3) 编制放样点数据表，即把根据切线支距法计算公式计算的曲线上各放样点的 <math>x_i</math>、<math>y_i</math> 值编制成表，便于现场查取数据</p> <p>(4) 编制放样示意图，图上应标明设站点，切线方向及各放样点的 <math>x</math>、<math>y</math> 值</p>

续表

序号	项目	具体内容
3	方法步骤	<p>(1) 在直角坐标原点 ZY 设站, 照准 JD 点, 即设置 ZY 点的切线方向, 自 ZY 点起置钢尺于切线上</p> <p>(2) 自 ZY 点起沿钢尺 (切线方向) 按 <math>l_i</math> 量出 20 m、40 m……直至曲中点 QZ 里程, 并用带红布条的钢钉临时标出各点位置</p> <p>(3) 从以上各点退回 <math>l_i - x_i</math>, 得出曲线上各点至切线的垂足, 用竹签临时标定</p> <p>(4) 在各点处过垂足用直角尺作切线的垂线, 在曲线的方向上量出相应 <math>x_i</math> 的 <math>y_i</math> 值, 得曲线上各点, 如果精度要求高, 并且 <math>y_i</math> 较长, 可在垂足处架设经纬仪, <math>0^\circ</math> 时照准 ZY 或 JD, 拨转 <math>90^\circ</math>, 在视线方向上量取 <math>y_i</math> 值获得曲线上各点位, 并打竹签固定</p> <p>(5) 同样方法由 YZ 起放出曲线的另一半</p> <p>(6) 用钢尺实量曲线上相邻点的距离与 <math>x_i</math> 比较以进行检核</p>
4	图示	<p style="text-align: center;">图 11-3 切线支距法放线</p>

## 4) 经纬仪配合测距仪用极坐标法放样点位技术

经纬仪配合测距仪用极坐标法放样点位技术见表 11-57。

表 11-57 经纬仪配合测距仪用极坐标法放样点位技术

序号	项目	具体内容
1	仪器与材料准备	经纬仪、测距仪, 棱镜、测杆, 对讲机、fx - 4500PA 或 fx - 4800 型计算机, 铁锤、凿子、木椿、红布条 (或红塑袋条)、油性号笔、小钢尺、铁钉 (或钢钉)、测伞
2	放样资料准备	<p>(1) 导线点成果表</p> <p>(2) 放样点数据表 (即放样点边长、角度计算表)</p> <p>(3) 编制放样作业图, 图上应注明测站点, 后视导线点及测站点控制放样的范围; 如果技术熟练、放样经验丰富, 也可将此步骤省略</p>
3	方法步骤	<p>(1) 在测站点 (施工导线点) 安置经纬仪, 对中、精确整平</p> <p>(2) 精确照准后视导线点, 将后视点方向置成 <math>0^\circ 00' 00''</math></p> <p>(3) 拨转放样点方向水平角值</p> <p>(4) 指挥扶立棱镜者在放样点方向上安置棱镜并照准</p> <p>(5) 用测距仪照准棱镜并测平距, 计算实测平距与放样值之差, 指挥棱镜在放样点方向前后移动, 使实测平距与放样值之差为零时, 测杆底部尖端即为放样点的位置, 指挥打桩、写里程桩号、扎红布条。第一个放样点结束, 接着同法放出以下各点</p> <p>(6) 在上述第 (4) 步完成后, 也可按下法操作: 用测距仪照准棱镜后, 用测距仪遥控器向测距仪输入放样点的距离放样值, 然后按测距仪放样键, 则测距仪显示值等于实测值减放样值, 如果显示值为正则指挥棱镜在放样点方向向后移动; 如果显示值为负则棱镜在方向线上向前移动; 直至显示值为零, 则测杆下部尖端就是该点桩位</p>

## 5) 全站位“坐标放样”测量技术

全站位“坐标放样”测量技术见表 11-58。

表 11-58 全站位“坐标放样”测量技术

序号	项目	具体内容
1	仪器与材料准备	全站仪, 棱镜及测杆, 对讲机两部, fx-4500PA 或 fx-4800 型计算机, 锤子、竹签、红布条或红塑料条、油性号笔、铁锤、凿子、小钢尺、铁钉或钢钉、测伞等
2	放样资料准备	(1) 施工标段导线点成果表(包括设计单位提供的导线成果及自己加密的施工导线点成果) (2) 直线、曲线及转角成果表 (3) 依据“路面横断面结构图”计算的各层路面的宽度 (4) 编制放样点的坐标值表, 即将用 fx-4500PA 型计算机坐标程序计算的施工所需的中桩、左右边桩坐标值编制成表, 方便在测站上输入计算机 (5) 编制放样作业图, 图上应注明测站点、后视点及该测站控制放样的范围
3	方法步骤	全站仪坐标法放样的操作方法视仪器类型不同而略有差异, 具体操作方法可查阅仪器说明书

## 2. 施工平面位置放样数据计算

## 1) 偏角法、切线支距法测设曲线数据计算

偏角法、切线支距法测设曲线数据计算见表 11-59。

表 11-59 偏角法、切线支距法测设曲线数据计算

序号	项目	具体内容
1	偏角法平面放样数据计算公式	<p>圆曲线的偏角就是弦线和切线的夹角, 以 <math>\delta</math> 表示, 偏角在几何上称为弦切角, 弦切角等于弧(弦)所对应的圆心角的一半</p> $\delta = \frac{\varphi}{2} = \frac{l}{2R} \frac{180}{\pi} = 28.6479 \frac{l}{R} \quad (11-22)$ <p>式中, <math>l</math>——弧长, 一般为 10 m、20 m、25 m;  <math>R</math>——圆曲线的半径;  <math>\varphi</math>——圆心角, <math>\varphi = \frac{l}{R} \frac{180}{\pi} = 57.2958 \frac{l}{R}</math>;  <math>\delta</math>——偏角, 当圆曲线上各点等距离时, 即 <math>l = l_1 = l_2 = l_3 = l_n</math> 时, 则 <math>\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_n = \delta</math>, 但曲线的起点 ZY (或终点 YZ) 不是整数, 所以在曲线两头就出现小于等距离 <math>l</math> 的弧长, 这时计算偏角时, 应分别算出曲线起点第一段的偏角 <math>\delta_{起}</math> 和曲线终点最后一段的偏角 <math>\delta_{终}</math></p> $\delta_{起} = 28.6479 \frac{l_{起}}{R}$ $\delta_{终} = 28.6479 \frac{l_{终}}{R} \quad (11-23)$
		<p>总偏角计算</p> $\angle n = \delta_{起} + (n-1)\delta = \angle(n-1) + \delta \quad (11-24)$
		<p>弦长计算</p> <p>偏角计算中 <math>l</math> 为弧长, 而放样量距打桩需用弦长。当曲线各点间距离相等时, 弦长用 <math>D = 2R \sin \delta</math> 计算; 当曲线起终点偏角为 <math>\delta_{起(终)}</math>, 则弦长用 <math>D = 2R \sin \delta_{起(终)}</math> 计算(因为圆曲线的半径 <math>R</math> 通常都比较大, 相对来说, 弧长比较小, 故一般认为弦长与弧长相等)</p>

续表

序号	项目	具体内容
2	缓和曲线上各点偏角值计算	计算范围 缓和曲线上各点偏角是指缓和曲线上任一分点 $K$ 与 $ZH$ 或 $HZ$ 点的连线相对于切线的偏角。缓和曲线上各点的偏角计算范围是指： $ZH$ 至 $HY$ 和 $HZ$ 至 $YH$
		计算公式 $i_k = \frac{l_k^2 180}{6Rl_0 \pi} = 57.29578 \frac{l_k^2}{6Rl_0} \quad (11-25)$ 式中, $i_k$ ——缓和曲线上任意一点的偏角值; $l_k$ ——缓和曲线上任一分点 $K$ 与 $ZH$ (或 $HZ$ ) 的连线的长度, $m$ ; $R$ ——圆曲线的半径, $m$ ; $l_0$ ——缓和曲线长度, $m$ 当 $l_k$ 为 $ZH$ 至 $HY$ , 或 $HZ$ 至 $YH$ 长度时, 用式 (11-25) 计算, 得: $i_k = i_0$ 则 $i_0 = \frac{1}{3} \beta_0 \frac{180}{\pi} = \frac{l_0 180}{6R\pi}$ $= 57.29578 \frac{l_0}{6R} \quad (11-26)$ $\beta_0 = \frac{l_0}{2R} \quad (11-27)$
3	切线支距法平面放样数据计算	计算范围 直角坐标法进行曲线平面位置放样的计算范围: 对于没有缓和曲线的圆曲线计算范围是 $ZY$ 、 $QZ$ 、 $YZ$ 整条圆曲线; 对于有缓和曲线的圆曲线计算范围是分两部分进行 (即圆曲线和缓和曲线两部分) 缓和曲线计算范围是 $ZH$ 至 $HY$ , $HZ$ 至 $YH$ ; 圆曲线计算范围是 $HY$ 至 $QZ$ 至 $YH$
		利用先进的科学计算机可以很方便准确地计算出直角坐标法放样所需的任意 $i$ 点的 $x$ 、 $y$ 值。 圆曲线直角坐标法公式: $\begin{cases} x_i = l_i - \frac{l_i^3}{6R^2} + \frac{l_i^5}{120R^4} \\ y_i = \frac{l_i^2}{2R} - \frac{l_i^4}{24R^3} + \frac{l_i^6}{720R^5} \end{cases} \quad (11-28)$ 式中, $l_i$ ——曲线上任一点 $i$ 距离 $ZY$ (或 $YZ$ ) 的弧长, $m$ , 其值为 $l_i =  i$ 的里程桩号 - $ZY$ (或 $YZ$ ) 的里程桩号  ; $R$ ——圆曲线半径, $m$ 缓和曲线直角坐标法公式为: $\begin{cases} x_i = l_i = \frac{l_i^5}{40R^2 l_0^2} + \dots \\ y_i = \frac{l_i^3}{6R l_0^2} \end{cases} \quad (11-29)$ 式中, $l_i$ ——缓和曲线上任一点 $i$ 离 $ZH$ (或 $HZ$ ) 的弧长, $m$ , 其值为 $l_i =  i$ 的里程桩号 - $ZH$ (或 $HZ$ ) 的里程桩号  ; $R$ ——圆曲线半径, $m$ ; $l_0$ ——缓和曲线长度, $m$ , $l_0 =  ZH$ 的里程 - $HY$ 的里程   =   $HZ$ 的里程 - $YH$ 的里程

## 2) 坐标法平面位置放样

坐标法平面位置放样见表 11-60。

表 11-60 坐标法平面位置放样

序号	项目	具体内容
1	计算依据	<p>(1) 坐标法放样是对坐标放样测量的习惯叫法, 是利用先进的全站仪在实地设定其坐标值为已知的待放样点。这里的关键词是“坐标值为已知的点”, 因此, 公路施工放样前, 必须预先准备好待放样点的坐标值</p> <p>(2) 现代公路设计应用计算机进行辅助计算, 由设计单位提供的施工设计图表: “直线、曲线及转角表”、“导线点坐标”及“逐桩坐标表”等均给出了交点、导线点的坐标, 直线及曲线也给出每隔一定距离的中线桩位坐标值及曲线要素。所以, 可根据施工需要计算出加桩及左右边桩的坐标值</p>
2	计算方法	<p>直线线路上点的坐标简单易算, 施工中常用 fx-4500PA 计算机程序计算直线、曲线上点位中桩及边桩坐标的方法</p>

3) 极坐标平面位置放样

极坐标平面位置放样见表 11-61。

表 11-61 极坐标平面位置放样

序号	项目	具体内容
1	计算依据	<p>公路施工设计图表会提供每隔一定距离的中桩点坐标。但是左右边桩和施工需要的加桩, 则需自己计算。总之, 用极坐标法放样点的平面位置, 必须依据设计单位提供的“导线点坐标”和“逐桩坐标表”计算出相关点位间的距离和角度</p>
2	计算方法	<p>已知导线点坐标和待放样点的坐标, 计算其间距和方位角, 采用坐标反算方法。</p> <p>(1) 坐标方位角的计算:</p> $\tan T'_{\text{导-放}} = \frac{Y_{\text{放}} - Y_{\text{导}}}{X_{\text{放}} - X_{\text{导}}} = \frac{\Delta y_{\text{放-导}}}{\Delta x_{\text{放-导}}} \quad (11-30)$ <p>(2) 夹角 <math>\beta_i</math> 的计算 (图 11-4):</p> $\beta_i = T'_{\text{导-放}} - T_{\text{I-II}} \quad (11-31)$ <p>如果直接用方位角放样方向线, 则可用 <math>\beta_i</math> 测量角度检查所放方向正确性。即:</p> $\beta_i = \beta_{\text{测}} \quad (11-32)$ <p>(3) 导线点至待放样点之间距离计算:</p> $D = \frac{y_{\text{放}} - y_{\text{导}}}{\sin T'_{\text{导-放}}} = \frac{x_{\text{放}} - x_{\text{导}}}{\cos T'_{\text{导-放}}} = \sqrt{(\Delta y_{\text{放-导}})^2 + (\Delta x_{\text{放-导}})^2} \quad (11-33)$ <p>应用式 (11-29) 计算的 <math>T</math> 值, 根据 <math>\Delta y</math>、<math>\Delta x</math> 所在象限来判断方位角, 见表 11-62</p>
3	图示	<p>图 11-4 极坐标法放样示意图</p>

表 11-62 根据  $\Delta y$ 、 $\Delta x$  所在象限来判断方位角

直线方向线	$\Delta y$	$\Delta x$	方位角	备注
象限 I $10^\circ \sim 90^\circ$	+	+	$T = T'$	
象限 II $90^\circ \sim 180^\circ$	+	-	$T = 180^\circ - T'$	
象限 III $180^\circ \sim 270^\circ$	-	-	$T = 180^\circ + T'$	
象限 IV $270^\circ \sim 360^\circ$	-	+	$T = 360^\circ - T'$	

### 11.5.3 施工测量点位高程放样技术与数据计算

#### 1. 施工测量点位高程放样技术

##### 1) 水准前视法测定点位高程放样技术

水准前视法测定点位高程放样技术见表 11-63。

表 11-63 水准前视法测定点位高程放样技术

序号	项目	具体内容
1	仪器与材料准备	水准仪, 塔尺、小钢尺, fx-4500PA 计算机, 测伞、油性号笔、托尺板
2	资料准备	<p>(1) 已知水准点成果表, 表中除点名高程外还应详细注明点位所在地, 以便寻用</p> <p>(2) 施工标段线路中桩设计高程及左、右边桩设计高程表</p> <p>(3) “前视法”外业测量记录簿, 簿中项目应有后视已知水准点高程, 后视读数、前视读数、计算的实测高程、设计高程、桩号里程、左中右位置、观测员、观测时间、填挖高度等</p> <p>(4) 编制施工标段竖曲线变坡点图, 如图 11-5 所示</p>
3	方法步骤	<p>(1) 将水准仪安置在最佳视距范围 (仪器距待测点, 后视点 80 m 内), 并且不影响施工及汽车运输, 又便于观测的地方 (图 11-5 中的测站点)</p> <p>(2) 后视已知水准点 K45-1, 读数记录, 并将已知水准点高程、后视标尺读数输入计算机中计算</p> <p>(3) 前视待测点 K45+325 左, 读数并记录; 同时输入计算机, 即可算出该点高程并记录</p> <p>(4) 继续前视待测点 K45+325 中及右, 读数记录并输入计算机, 算出 K45+350 中及右高程, 并记录</p> <p>(5) 扶尺员前进至 K45+350, 观测员继续前视读数并记录, 输入计算机, 算得高程, 不过此时照准标尺读数依次为 K45+350 的右、中、左桩</p> <p>(6) 同上述操作, 直至观测至 K45+425 左、中、右</p> <p>(7) 最后再一次照准后视已知水准点, 读取后视读数与开始后视读数比较, 若相等或差值不大于 2 mm 则说明起算后视读数正确</p> <p>(8) 上述一个测站观测完毕, 若要立即提供桩位挖填高度、指导施工, 则应在测站上观测过程中, 或观测结束立即计算出 <math>\pm h = H_{\text{设}} - H_{\text{实}}</math>, 为“+”则填, 为“-”则挖</p> <p>(9) 用油性号笔在桩位竹签上划出加了松铺高的填方高, 若为挖, 则在竹签上写明该桩位的下挖深度</p> <p>(10) 上述工作完毕, 迁至下一测站</p>

续表

序号	项目	具体内容
4	图示	<p>图 11-5 前视法一个测站点上测定线路桩位高程 (单位: m)</p>

2) 公路施工高程放样方法

公路施工高程放样方法见表 11-64。

表 11-64 公路施工高程放样方法

序号	项目	具体内容
1	用点位地面实测高程进行高程放样方法步骤	<p>(1) 用前视法测出待放样点地面高程, 称为地面实测高程 <math>H_{测}</math></p> <p>(2) 计算待放样点设计高程 <math>H_{设}</math>, 其中 <math>H_{设} = \text{实测高程 } H_{测} + V</math></p> <p>(3) 依据 <math>V</math> 值在待放样点上的竹桩侧面划“线”或写“数”, 一般情况下, <math>V</math> 值为正, 表示该点位应填 <math>V</math> 值, 才可达该点设计高程, 用划线法在竹桩侧面表示; 当 <math>V</math> 值为负, 则表示该点需下挖 <math>V</math> 值后, 才可达测点设计高度, 划线并写数在竹桩侧面表示</p> <p>(4) 由于填料为松方, 所以应考虑松铺系数 <math>i</math>, 如图 11-6 所示</p>
2	用点位桩顶实测高程进行高程放样方法步骤	<p>(1) 用前视法测出待放样点的竹(木)桩顶面的高程, 称为桩顶实测高程 <math>H_{顶}</math></p> <p>(2) 计算待放样的设计高程 <math>H_{设}</math>。 <math>H_{设} = \text{桩顶实测高程 } H_{顶} + V</math> 值; <math>V</math> 为“+”由桩顶上量; <math>V</math> 为“-”由桩顶下量</p> <p>(3) 依据 <math>V</math> 值在待放样点上竹(木)桩侧面划线或写数表示待放样点设计高程位置</p> <p>(4) 上述小钢尺由桩顶下量 <math>V</math> 值划的线是待放样点的设计高程面, 公路施工中是指经碾压后应达到的设计位置, 由于填料是松方, 因此施工填料时应考虑松铺系数, 所在竹(木)桩侧面还应划上由地面量至桩顶下量线高 <math>\times</math> 松铺系数的线条 (图 11-7)</p>
3	用待放样点“视线高”进行高程放样	<p>(1) “视线高”放样的依据</p> <p>① 待放样点的设计高程</p> <p>② 已知水准点的高程 (施工中称为后视点)</p> <p>③ 已知水准点的标尺读数 (称为后视读数)</p> <p>(2) 计算“视线高”的公式</p> $H = Z + C - D \quad (11-34)$ <p>式中, <math>Z</math>——已知水准点高程;</p> <p><math>C</math>——已知水准点上标点的读数;</p> <p><math>D</math>——待放样点尺上的读数</p> <p>假令 <math>H</math> 为待放样点上的设计高程, 则待放样点上水准尺的读数 (即前视读数) <math>D_i</math>:</p> $D_i = Z + C - H_{i设} \quad (11-35)$



续表

序 号	项 目	具 体 内 容
3	用待放样点“视线高”进行高程放样	<p>式中，<math>Z</math>——已知水准点高程；  <math>C</math>——已知水准点水准尺读数（即后视读数）；  <math>Z + C</math>——仪器的视线高；  <math>H_{i\text{设}}</math>——待放样点的设计高程</p> <p>(3) 一个测站上“视线高”法高程放样的方法步骤</p> <p>① 照准后视点，读取水准尺读数 <math>C</math>；开机，选择“视线高”计算程序，输入后视点高程 <math>Z</math> 和后视读数 <math>C</math></p> <p>② 用程序计算待放样点视线高 <math>D</math>：确定待放样点桩号，将其设计高程 <math>H</math> 输入程序，计算机立即可算出前视标尺读数 <math>D</math></p> <p>③ 前视照准放样点水准尺，指挥立尺员沿点位上竹（木）桩侧面上下移动水准尺，同时托尺员应用小托板紧紧托住尺底部，跟着尺子上下移动，当尺上读数为 <math>D</math> 时，停止移动，此时拿走标尺、在托板固定处划红线，则此红线即表示待放样点设计高程</p> <p>④ 为了检核所划红线是否正确，则令托板靠在红线处，令标尺立其上，读取标尺读数 <math>D'</math> 与计算之 <math>D</math> 比较，若 <math> D' - D  \leq 2\text{mm}</math>，则表示正确，可转入下一待放样点</p> <p>⑤ 计算下一个放样点的前视标尺读数，此时计算机中 <math>Z</math>、<math>C</math> 值不变，只要输入下一个待放点的设计高程就可算出下一个待放点的前视标尺读数</p> <p>⑥ 同上述方法步骤，放出其他待放样点设计高程位置</p> <p>(4) 放完一个施工段后，回过头来再划松铺系数加高红线，也可一边放线，一边划加高红线</p>
4	图示	<div data-bbox="977 1382 1563 1916" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">图 11-6 桩上划线表示放样高度</p> <div data-bbox="848 2060 1686 2710" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">图 11-7 桩顶测高进行高程放样</p>

2. 施工高程放样数据计算

1) 线路直线圆曲线高程放样

线路直线圆曲线高程放样见表 11- 65。

表 11- 65 线路直线圆曲线高程放样

序号	项目	具体内容
1	计算依据	设计图上的线路直线段是前后相邻变坡点之间的距离；圆曲线是直圆到圆直之间的距离。计算线路直线段、圆曲线段上任一中桩设计高程的依据是线路直线变坡点的里程、变坡点的高程及纵坡度。而计算边桩设计高程的依据是中桩设计高程、中桩至边桩的距离及横坡度（路拱）。当该施工标段没有变坡点时，经常采用该标段起点或终点里程桩号、相应标高及纵坡度为起算数据
2	计算范围	<p>在设计图上，线路相邻直线圆曲线设计高程计算范围如图 11- 8 所示。图中 K68 + 160、K68 + 530、K68 + 820 是前、中、后三个变坡点，其相应高程是 124. 380 m、127. 120 m、121. 430 m，连接相邻纵坡段的是三条竖曲线。由于竖曲线上的设计高程需另行计算，所以计算相邻纵坡段设计高程时，必须弄清楚计算范围</p> <p>由图 11- 8 可知，中间变坡点前纵坡段计算范围是 290. 77 m 至 452. 40 m 这一直线段，即前竖曲线终点里程桩至中间竖曲线起点里程桩之间是 161. 63 m</p> <p>中间变坡点后纵坡段计算范围是 607. 60 m 至 727. 83 m 这一直线段，即中间竖曲线终点里程桩至后竖曲线起点里程桩之间的 120. 23 m</p> <p>弄清了纵坡段的计算范围，还必须弄清前纵坡及后纵坡的坡度大小</p>
3	计算公式	<p>(1) 中桩设计高程计算公式：</p> $H_{中} = H_{变} +  M - N  I \quad (11- 36)$ <p>(2) 左右边桩设计高程计算公式：</p> $H_{左} = H_{右} = H_{中} + bE \quad (11- 37)$ <p>式中，<math>H_{变}</math>——变坡点高程；  <math>M</math>——变坡点里程桩号；  <math>N</math>——任一点里程桩号即所求点桩号；  <math>I</math>——纵坡度，上坡取正、下坡取负；  <math>b</math>——半幅路宽度；  <math>E</math>——路拱</p>
4	图示	<p>图 11- 8 线路相邻直线圆曲线设计高程计算范围（单位：m）</p>

2) 竖曲线段高程放样

竖曲线段高程放样见表 11- 66。

表 11-66 竖曲线段高程放样

序号	项目	具体内容
1	计算依据	竖曲线是连接相邻不同坡段的曲线,因此在计算竖曲线上任意一点的高程时,就不能像直线、平曲线那样只要知道纵坡度和距离就可算出所求点高程。在此情况下,要计算竖曲线上中桩高程,除要依据变坡点里程桩号和高程、相邻坡段纵坡度外,还要知道竖曲线的半径。计算竖曲线边桩高程时,则须知道竖曲线中桩高程、中桩至边桩距离
2	计算范围	计算竖曲线上各点高程时,只能在竖曲线范围内计算,竖曲线外则是直线或平曲线。其依据是竖曲线切线长度 $T$ 和变坡点里程桩号,这些数据是从“路线纵断面图”上获取的
3	计算公式	实践测量中,计算竖曲线上各点设计高程时,根据所使用的计算工具而选用计算方法

## 3) 缓和曲线起高段高程放样

缓和曲线起高段高程放样见表 11-67。

表 11-67 缓和曲线起高段高程放样

序号	项目	具体内容
1	计算依据	中桩高程 设计单位在“线路纵断面图”上提供了每隔一定距离的中桩高程。施工中根据施工需要经常要加桩,计算中桩设计高程。缓和曲线超高段的中桩设计高程的计算,可在计算竖曲线设计高程时,用“直竖结合程序算法”一同算出
		边桩高程 “线路纵断面图”上只提供了部分中桩设计高程,没有提供与中桩在同一横断面两侧的边桩高程。所以必须依据中桩高程、中桩至边桩的距离和超高横坡度才能计算出边桩高程。由于距离和中桩高程是已知的,所以关键是计算超高横坡度
2	计算范围	计算曲线超高段高程放样数据必须在弯道超高范围内,在范围外则是线路直线段
3	计算公式	$I = \frac{\text{ABS}(B - A)(E + D)}{C} - E$ $I = \frac{\text{ABS}(B - A) \times 2E}{Q} - E \quad (11-38)$ $I = [\text{ABS}(B - A) - Q](D - E)/(C - Q) + E \quad (11-39)$ <p>式中, <math>I</math>——缓和曲线内任一横断面超高横坡度;  <math>B</math>——缓和曲线超高段内任一点里程桩号;  <math>A</math>——缓和曲线起点 ZH 或终点 HZ 的里程桩号;  <math>E</math>——直线段路拱坡度,输入时不考虑符号,取正值;  <math>D</math>——最大超高段设定的最大超高横坡度,取正值;  <math>C</math>——缓和曲线长度 <math>m</math>;  ABS——绝对值符号;  <math>Q</math>——缓和曲线起(终)点至超高变坡临界面距离, <math>Q = 2E/(E + D)C</math></p>

## 11.6 路基施工测量

### 11.6.1 施工测量的任务

施工测量的任务见表 11-68。

表 11-68 施工测量的任务

序号	测量任务
1	按照设计要求, 在施工现场监控线路的外貌形状, 如直线形、曲线形、超高形等
2	按照设计要求, 在施工现场监控路基宽度、坡脚、堑顶
3	按照设计要求, 在施工现场监控线路高低起伏、纵坡、横坡, 指导挖、填高度, 使其达到设计高程。从而可以避免盲目施工及超填超挖、欠填欠挖

### 11.6.2 施工测量常用仪器及材料

施工测量常用仪器及材料见表 11-69。

表 11-69 施工测量常用仪器及材料

序号	常用仪器及材料
1	全站仪或经纬仪配合测距仪、水准仪
2	棱镜及棱镜杆、水准塔尺或水准标尺
3	fx-4500PA 型计算机
4	30~50 m 钢尺及皮尺、3 m 小钢尺
5	竹桩(木桩)、油性记号笔、红布条或红塑袋条、铁锤、钢凿、铁钉、石灰和拉绳等
6	自制坡度尺、多功能坡度尺

### 11.6.3 施工测量资料的基本要求及获知

施工测量资料的基本要求及获知见表 11-70。

表 11-70 施工测量资料的基本要求及获知

序号	项目	具体内容
1	基本要求	<p>为路基施工顺利进行, 确保工程质量, 在路基施工前, 必须在熟悉设计文件各种图表后, 彻底弄清以下几点</p> <p>(1) 施工标段起、终点里程桩号</p> <p>(2) 施工标段直线、圆曲线、竖曲线、缓和曲线、超高段的起终点里程桩号, 以及曲线的各种元素、交点的里程桩号及其 <math>x</math>、<math>y</math> 坐标值</p> <p>(3) 施工标段挖方段、填方段里程桩号</p> <p>(4) 施工段路宽、纵坡、横坡、挖方边坡比、填方边坡比等</p> <p>(5) 线路变坡点里程桩号、变坡点高程等</p> <p>(6) 施工段各结构物里程桩号, 以及线路中线与结构物主轴线之几何关系</p>

续表

序号	项目	具体内容
2	挖方路堑施工测量资料获知	施工测量资料的准备 (1) 挖方段的施工导线点、水准点成果表 (2) 挖方段的中桩、边桩坐标数据表或极坐标法放样数据表 (3) 挖方段的中桩、边桩设计高程表 (4) 挖方路基横断面图及纵断面图
		熟悉挖方“路基横断面图” 挖方路基横断面的要素是：左边堑顶及右边堑顶，左边坡比及右边坡比，左坡脚及右坡脚，左碎落台及右碎落台，左边沟及右边沟，路面总宽度及半幅宽度，路面中桩挖深
3	填方路堤施工测量资料获知	施工测量资料的准备 (1) 填方段的施工导线点、水准点成果表 (2) 填方段的中桩、左右边桩坐标数据表或极坐标法放样数据表 (3) 填方段的中桩、左右边桩设计高程表
		熟悉填方路堤的“横断面图” 填方路堤的横断面的要素是：路基以上各结构层（底基层、基层、面层）的厚度，横坡（路拱）、路基的宽度，路基两侧边坡及坡度比，以及路堤坡脚、路基（或路面）中桩、左右边桩填土高度，坡脚外侧的护坡道及排水沟

## 11.6.4 挖方路堑施工测量

### 1. 挖方路堑施工测量的作用及初期测量工作

挖方路堑施工测量的作用及初期测量工作见表 11-71。

表 11-71 挖方路堑施工测量的作用及初期测量工作

序号	项目	具体内容
1	施工测量作用	(1) 挖方前应指导场地清理在线路征地轮廓线内进行 (2) 挖方初期主要是控制路堑堑顶轮廓线条、下挖深度 (3) 挖方中期主要是控制路堑边坡坡度、下挖深度 (4) 挖方后期主要是控制路堑边坡下坡脚及碎落台宽度和高度、路堑内路基的宽度和高度，使挖方路基达到设计要求的宽度、高度，使挖方边坡达到设计要求的边坡比
2	施工初期测量工作	(1) 根据“路基横断面图”征地界桩数据，计算出线路左右两侧用地界桩 $x$ 、 $y$ 坐标值，用全站仪坐标法（或其他方法）放出其实地位置，并示以明显醒目的标志，以指导线路场地清理作业 (2) 场地清理后，在实地标定出挖方路基的中桩、左右边桩 (3) 在边坡、中桩延长线上标定出路堑坡脚桩，如有条件也可根据中桩至坡脚桩的距离，计算出坡脚的坐标 $x$ 、 $y$ 值，用全站仪放出路堑坡脚桩 (4) 在用放样方法标定边桩、坡脚桩的同时，应测出边桩、坡脚桩的实地高程，或用水准测量方法测出其高程，如条件允许，可用经纬仪视距法测定 (5) 根据计算公式，可求出中桩（或边桩）至路堑堑顶桩的平距或坡脚至堑顶桩的平距，从而在实地标定出堑顶桩

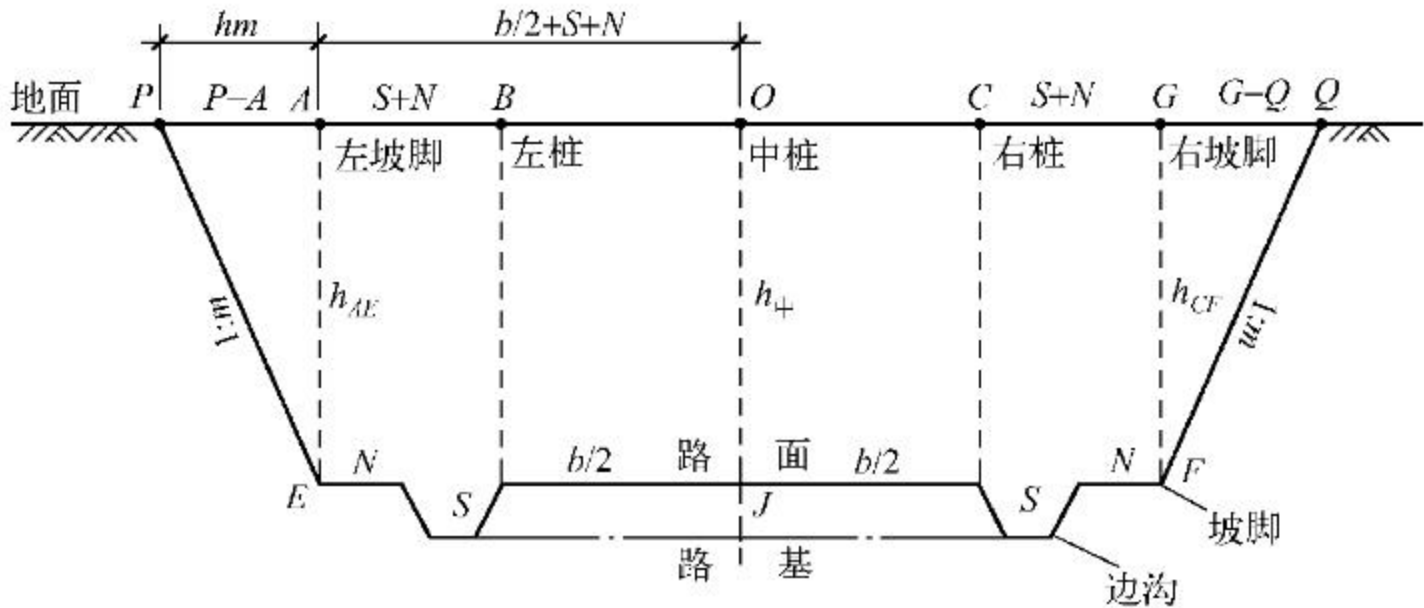
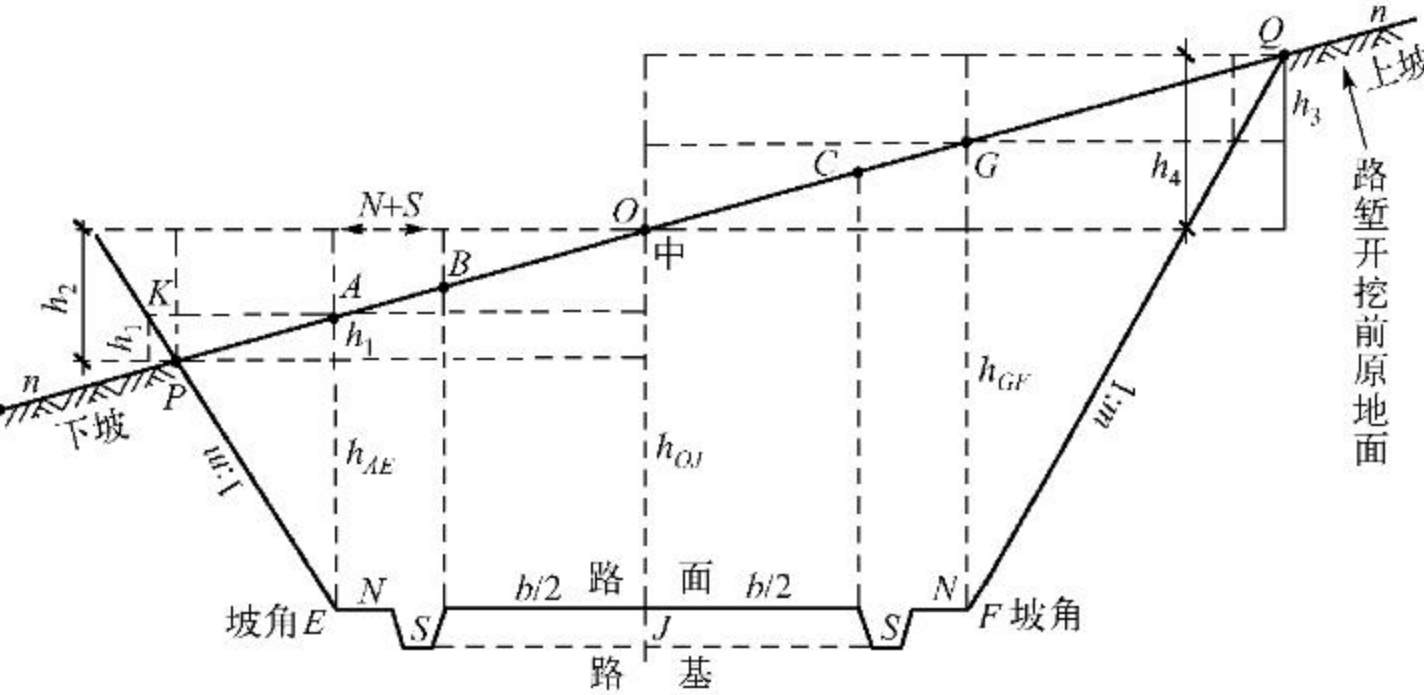
### 2. 挖方路堑堑顶放样

挖方路堑堑顶放样数据计算见表 11-72。

表 11-72 挖方路堑堑顶放样数据计算

序号	项 目	计 算 公 式
1	从实地路堑坡脚点A及G标定堑顶点P和Q(图11-9)	$D_{A-P} = (H_A - H_E)m \quad (11-40)$ $D_{G-Q} = (H_G - H_F)m \quad (11-41)$ $D_{O-P} = \frac{b}{2}(S+N) + (H_0 - H_J)m \quad (11-42)$
	从实地路堑中桩点O标定堑顶点P及Q(图11-9)	$D_{O-Q} = \frac{b}{2}(S+N) + (H_0 + H_J)m \quad (11-43)$ <p>式中, <math>D_{A-P}</math>、<math>D_{G-Q}</math>、<math>D_{O-P}</math>、<math>D_{O-Q}</math>——路堑开挖前实地坡脚桩或中桩至堑顶的平距, m;</p> <p><math>m</math>——路堑边坡坡度;</p> <p><math>H_A</math>、<math>H_G</math>——路堑开挖前原地面放样坡脚桩处实测高程, m;</p> <p><math>H_E</math>、<math>H_F</math>——路堑坡脚点(路面)设计高程;</p> <p><math>H_0</math>——路堑开挖前原地面放样中桩处实测高程;</p> <p><math>H_J</math>——路堑路面中桩设计高程;</p> <p><math>(S+N)</math>——路堑路面边沟及碎落台设计宽度;</p> <p><math>b/2</math>——半幅路面设计宽度</p>
2	从实地路堑坡脚点A及G标定堑顶点P和Q(图11-10)	<p>下坡方向:</p> $D_{A-P} = mh_{AE} - mh_1 \quad (11-44)$ <p>上坡方向:</p> $D_{G-Q} = mh_{GF} - mh_3 \quad (11-45)$ <p>式中, <math>D</math>——路堑开挖前实地坡脚桩至堑顶的平距;</p> <p><math>m</math>——路堑边坡坡度;</p> <p><math>h_{AE}</math>——路堑开挖前原地面坡脚点A实测高程 <math>H_A</math> 与该坡脚点(路面)设计高程 <math>H_E</math> 之差, <math>h_{AE} = H_A - H_E</math>;</p> <p><math>h_{GF}</math>——路堑坡脚点原地面实测高程 <math>H_G</math> 与该坡脚点路面设计高程之差, <math>h_{GF} = H_G - H_F</math>;</p> <p><math>h_1</math>——路堑原地面坡脚点A实测高程 <math>H_A</math> 与路堑堑顶点P实测高程 <math>H_P</math> 之差, <math>h_1 = H_A - H_P</math>; 由于P点未知(待定点), 所以 <math>h_1</math> 也未知; 实践中, 可从“路基横断面图”中量取, 在放出P点后实测其高程, 重新核定P点位置</p> <p><math>h_3 = H_Q - H_G</math>, 其意义与 <math>h_1</math> 相同</p>
	从实地路堑中桩点O标定堑顶点P及Q(图11-10)	<p>下坡方向:</p> $D_{O-P} = \frac{1}{1+mn} \left[ \frac{b}{2} + (S+N) + mh_{OJ} \right] \quad (11-46)$ <p>上坡方向:</p> $D_{Q-O} = \frac{1}{1-mn} \left[ \frac{b}{2} + (S+N) + mh_{OJ} \right] \quad (11-47)$ <p>式中, <math>D_{O-P}</math>、<math>D_{Q-O}</math>——中桩至左右堑顶之平距, m;</p> <p><math>b/2</math>、<math>(S+N)</math>——意义同前;</p> <p><math>h_{OJ}</math>——挖方路堑中桩处下挖深度, m, 可以从“路基横断面图”上抄取, 或 <math>h_{OJ} = H_{O\text{实测}} - H_{J\text{设计}}</math> 计算;</p> <p><math>m</math>——挖方路堑边坡坡度;</p> <p><math>n</math>——挖方路堑某横断面开挖前的原地面坡度。<math>n</math> 为未知, 可从原路面各桩位实测高程求得</p>

续表

序号	项 目	计算公式
3	平坦地面图示	 <p style="text-align: center;">图 11-9 平坦地区路堑断面图</p>
4	倾斜地面图示	 <p style="text-align: center;">图 11-10 倾斜地面路堑断面图</p>
5	挖方路堑顶放样的实用方法及操作步骤	<p>(1) 利用“路基横断面图”量取挖方路堑顶放样数据——中桩至堑顶的平距，用 fx-4500PA 型计算机坐标计算程序计算出堑顶 <math>x</math>、<math>y</math> 坐标值，用全站仪直接放出堑顶桩位置。“路基横断面图”常采用的比例尺为 1:200、1:400 等。在这种大比例尺横断面图上量出的路堑顶放样数据，可满足路堑顶放样精度</p> <p>(2) 利用“路基横断面图”量得的中桩至堑顶之平距，用皮尺自中桩延坡脚桩方向，量出这个平距，定出堑顶第一次位置，然后用水准仪测出其实地高程，通过计算比较，在实地调整堑顶位置</p>

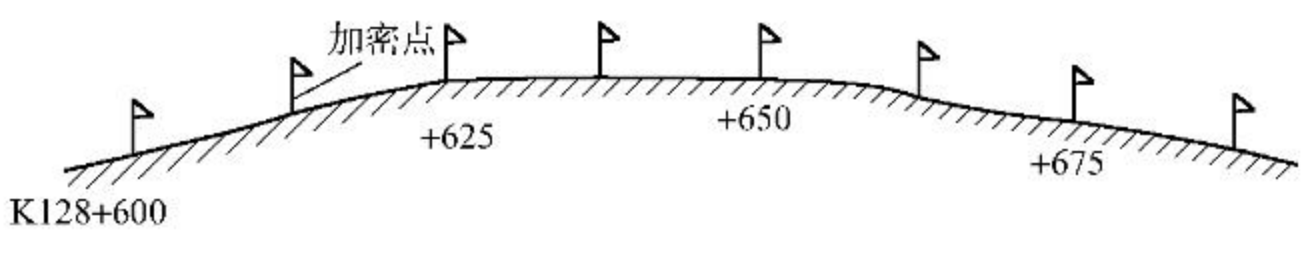
### 3. 挖方施工进行中的测量

挖方施工进行中的测量见表 11-73。

表 11-73 挖方施工进行中的测量

序 号	项 目	具 体 内 容
1	在堑顶设立醒目标志	实践中常采用的方法有放石灰线法、拉红草绳法、插小红旗或扎红布条及插树枝等方法，如图 11-11 所示

续表

序号	项目	具体内容
2	路堑下挖过程中的测量工作任务	<p>(1) 每挖深 5 m 应复测中线桩, 测定其高程及宽度, 以控制边坡大小</p> <p>(2) 根据恢复的中桩、边桩, 控制线路线形, 根据复测中桩、边桩高程, 控制下挖深度, 书面告知挖掘机操作人员路宽界限、下挖深度数据并提醒注意。复测中、边桩高程应在恢复中、边桩平面位置时, 用全站仪或经纬仪配合测距仪同时测出, 如果有必要, 也可用水准仪测定</p> <p>(3) 根据实地坡脚处实测高程及坡脚桩设计高程, 用下式计算实地坡脚点至边坡面的平距 <math>D</math></p> $D = (H_{\text{实}} - H_{\text{脚设}})m \quad (11-48)$ <p>(4) 检控边坡面坡度及平整度, 并进行边坡平台放线</p>
3	根据挖渠、进行挖方边坡平台放线	<p>(1) 水准仪视线高法进行挖方路堑平台放样</p> <p>(2) 经纬仪视距法进行路堑平台放样</p> <p>(3) 皮尺斜距法进行路堑平台放样</p>
4	图示	 <p>图 11-11 在堑顶设立醒目标志</p>

#### 4. 路堑施工后期的测量

路堑施工后期的测量见表 11-74。

表 11-74 路堑施工后期的测量

序号	项目	具体内容
1	工作内容	<p>(1) 恢复桩位、实测高程, 计算下挖高度、指导施工作业</p> <p>(2) 预留路堑边坡“碎落台”</p> <p>(3) 路堑路基“零挖方”作业</p>
2	工作任务	<p>恢复线路中桩、左右边桩, 并进行恢复桩位实地高程测量。此外, 还可根据路基设计高程, 桩位实测高程, 将路基施工标高用油性号笔标记在桩位(竹或木桩)的侧面以指导施工, 此时的作业称为“零挖方”作业</p>

### 11.6.5 填方路堤施工测量

#### 1. 填方路堤施工测量的作用及初期测量工作

填方路堤施工测量的作用及初期测量工作见表 11-75。



表 11-75 填方路堤施工测量的作用及初期测量工作

序号	项目	具体内容
1	施工测量作用	(1) 填方前应指导路基底原地表的清理工作在路基轮廓线内进行 (2) 填方初期主要是控制路堤坡脚及路堤分层填筑的宽度 (3) 填方中期主要是控制路堤边坡坡度及上填各层次的路基宽度 (4) 填方后期主要是控制路基的宽度和高度, 使填方路堤达到要求的宽度和高度, 使填方路堤边坡坡度比达到设计要求
2	施工初期测量工作	路堤施工初期的测量任务主要是控制填方坡脚, 必须做到以下几点 (1) 在实地标定出填方路堤的中桩、左右边桩。这里需要重复的是: 路基的宽度是根据路面的宽度, 路面以下至路基面的各结构层(例如, 底基层、基层、路面)的厚度, 以及边坡比计算而得的 (2) 在放样中、边桩的同时, 测出其桩位实地高程 (3) 通过计算, 求得边桩至边坡坡脚的平距, 在实地标定出填方最低层坡脚桩

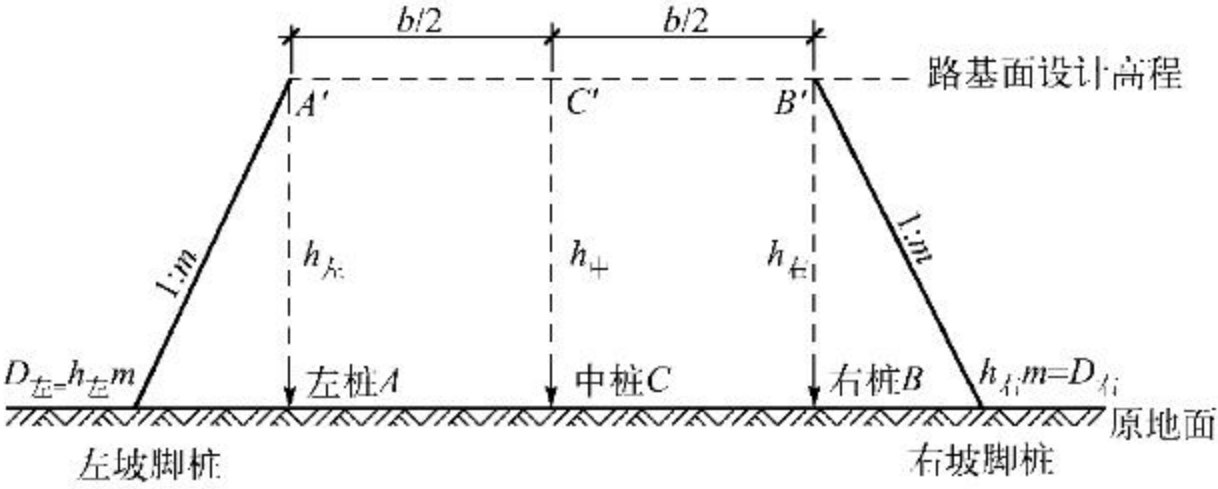
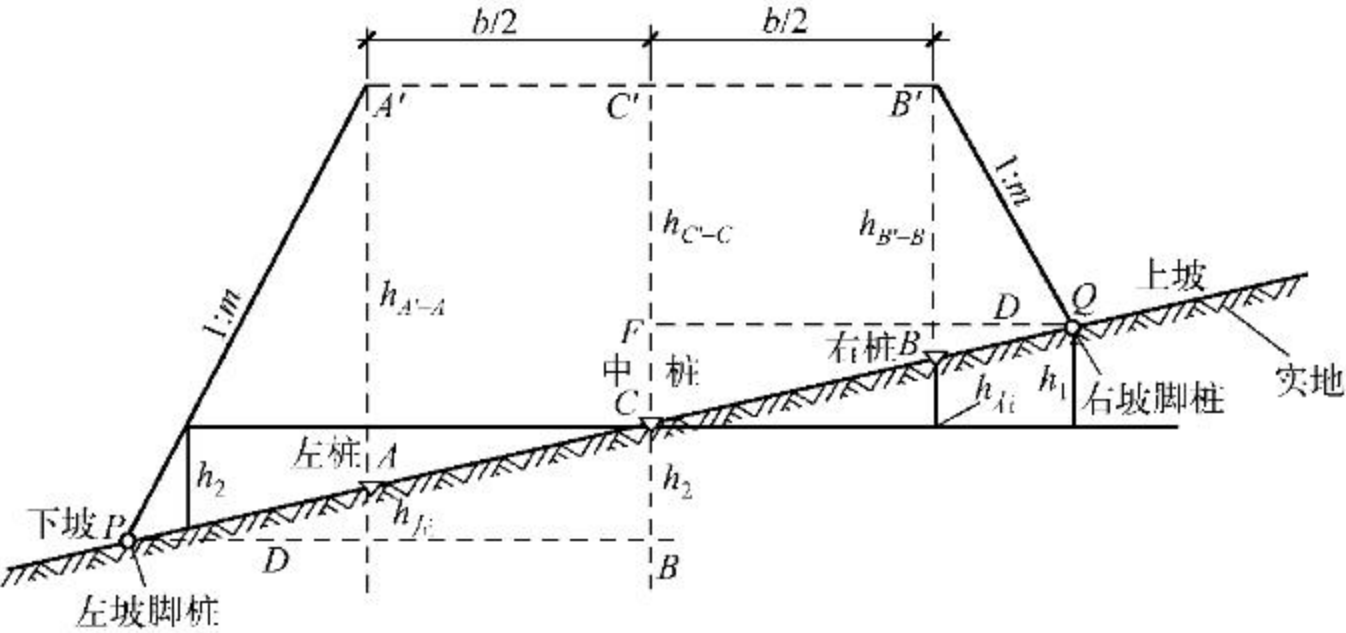
## 2. 填方路堤坡脚点放样数据计算

填方路堤坡脚点放样数据计算见表 11-76。

表 11-76 填方路堤坡脚点放样数据计算

序号	项目	计算公式
1	平坦地面	$D_{左} = D_{右} = \frac{b}{2} + hm \quad (11-49)$ 式中, $D_{左}$ 、 $D_{右}$ ——填方路基中桩至左右坡脚桩的距离。若从路基边桩算起, 则有 $D_{左} = D_{右} = hm;$ $b$ ——路基宽度; $l:m$ ——填方路基边坡坡度比; $h$ ——填土高度, 实际上应为填方路基边坡设计高程与边坡实地高程之差
2	倾斜地面	$D_{左} = \frac{b}{2} + h_{中} m + h_2 m \quad (\text{下坡}) \quad (11-50)$ $D_{右} = \frac{l}{2} + h_{中} m - h_1 m = \frac{b}{2} + (h_{中} - h_1) m \quad (\text{上坡}) \quad (11-51)$ 式中, $D_{左}$ 、 $D_{右}$ ——填方路基中桩至左右坡脚桩的距离; $h_{中}$ ——路堤中桩填土高度; $h_1$ ——路堤中桩与右坡脚桩实测高程差; $h_2$ ——路堤中桩与左坡脚桩实测高程差 如用边桩放样坡脚桩, 则按下式计算: $D_{左} = h_{A'-A} m + h_{左} m \quad (\text{下坡}) \quad (11-52)$ $D_{右} = h_{B'-B} m - h_{右} m \quad (\text{上坡}) \quad (11-53)$ 式中, $D_{左}$ 、 $D_{右}$ ——符号意义同上; $h_{A'-A}$ 、 $h_{B'-B}$ ——左、右边桩填土高度; $h_{左}$ 、 $h_{右}$ ——左、右边桩实测高程与左右坡脚桩实地高程之差; $m$ ——边坡比

续表

序号	项目	计算公式
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 11-12 平坦地面路基放样坡脚桩</p>
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 11-13 倾斜地面填方路堤坡脚放样</p>
5	填方路堤坡脚点放样步骤	<p>(1) 图解法求取填方路堤坡脚点放样数据                  (2) 用皮尺量距法进行路堤坡脚点放样                  (3) 解析法求取路堤坡脚点放样数据及放样。具体操作时，可先计算出路堤坡脚点坐标，然后进行放样</p> <p>用公式计算路堤中桩至坡脚平距，然后计算出路堤坡脚桩坐标：</p> $D_{左} = \frac{1}{1 - mn} \left( \frac{b}{2} + mh \right) \quad (\text{下坡方向}) \quad (11-54)$ $D_{右} = \frac{1}{1 + mn} \left( \frac{b}{2} + mh \right) \quad (\text{上坡方向}) \quad (11-55)$ <p>式中，<math>m</math>——边坡坡度；  <math>b</math>——路面宽，<math>m</math>；  <math>h</math>——某里程桩（中桩）处的填土高度，<math>m</math>；  <math>n</math>——横断面 POC 的原地面坡度</p>
6	填方路堤坡脚放样实用方法	<p>(1) 施工初始，场地清理后及时放出中桩、边桩的实地位置                  (2) 根据图中所量边桩至坡脚的平距，用皮尺自中桩沿中桩至边桩方向线标定路堤原地面的坡脚桩                  (3) 当填高 1~2 m（估计）时，恢复中、边桩，同时测出边桩实地高程                  (4) 用下式计算边桩至坡脚桩的平距：</p>

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

续表

6	填方路堤坡脚 放样实用方法	$D = (H_{\text{设}} - H_{\text{测}})m \quad (11-56)$ <p>式中, <math>H_{\text{设}}</math>——边桩的设计高程(路基);  <math>H_{\text{测}}</math>——同一边桩的实测高程(路基施工进行中的填土面实地高程);  <math>m</math>——路堤边坡坡度</p> <p>(5) 用皮尺在施工进行中的填土面边桩沿中桩至边桩方向线(目估), 量出式(11-53)中 <math>D</math>, 用竹桩标定, 即为式(11-53) <math>H_{\text{测}}</math> 高程时的坡脚</p> <p>(6) 每填一定高度, 重复上述操作</p>
---	------------------	---

### 3. 路堤施工中的测量

路堤施工中的测量见表 11-77。

表 11-77 路堤施工中的测量

序 号	具 体 内 容
1	协助现场施工员, 控制填土厚度, 保证填压精度
2	每填筑高 5 m 应复测中线桩, 测定其高程及宽度, 以控制边坡的大小
3	根据复测的中桩、边桩, 控制线路线形, 根据其复测的高程, 控制上填高度; 告知现场施工员路宽界限、重新标定的坡脚线及上填高度数据
4	用坡度尺检控边坡坡面坡度及平整度。在路堤填筑过程中, 应用坡度尺检控路堤边坡修整, 使其达到设计的边坡比。通常情况下路基填土高度小于 8 m 时, 边坡坡率为 1: 1.5; 如填土高 $H$ 大于 8 m 时, 上部 8 m 坡率为 1: 1.5, 其下部为 1: 1.75
5	根据填土高度进行路堤边坡平台放线。公路施工设计图要求, 如 $8 \text{ m} < \text{填土高 } H < 12 \text{ m}$ , 不设填方平台; 如 $12 \text{ m} < \text{填土高 } H < 20 \text{ m}$ , 在变坡处(8 m 处)设置 1.5 m 宽填方平台。所以, 在路堤上填过程中, 应对平台放线

### 4. 路堤施工后期的测量

路堤施工后期的测量见表 11-78。

表 11-78 路堤施工后期的测量

序 号	项 目	具 体 内 容
1	“零填方” 施工测量	<p>(1) 复放中桩、边桩平面位置, 在其点旁打竹桩标志</p> <p>(2) 用水准前视法测出其实地高程, 如测桩旁地面高程, 可在打桩时, 在桩旁固定一小石子, 测高时, 尺立小石上, 以方便量高划线</p> <p>(3) 计算填土高度: <math>\pm h_{\text{填}} = H_{\text{设}} - H_{\text{实}}</math></p> <p>(4) 计算施工高程: <math>h_{\text{施}} = h_{\text{填}} \times Z</math>。式中 <math>Z</math> 为松铺系数, 其值应由试验确定, 或根据多年的施工实践掌握</p> <p>(5) 将施工高程醒目地标志在点位桩的侧面, 实践中常采用红色(或黑或蓝色)油性笔将施工高程线条画在桩的侧面, 通常情况下, 画两条线, 下条线是路基设计高程, 上条线是填土高度, 经推平碾压后路基面应处在下条线位置</p>

续表

序号	项目	具体内容
2	边坡整修测量	<p>(1) 复放左右边桩平面位置</p> <p>(2) 用水准前视法测出所放桩位实地高程</p> <p>(3) 计算:</p> $D_i = (H_{i\text{设}} - H_{i\text{实}})m$ <p>(式中 <math>m</math> 为路堤边坡坡度, 此时因路基已达到设计标准高程, 所以 <math>D_i \leq 0.10\text{m}</math>)</p> <p>(4) 将路基设计高程画在桩位侧面</p> <p>(5) 将根据 <math>D_i</math> 确定的路基边缘线用石灰线明显标出</p> <p>(6) 根据桩位画线及石灰线, 进行路堤边坡整修, 在人工或挖掘机整修边坡时, 应用坡度尺检控, 使其边坡坡面与设计坡度一致</p>

### 11.6.6 路基工程完工后的测量与检查

路基工程完工后, 应由施工单位会同施工监理人员, 按设计文件要求进行检查、验收, 见表 11-79。

表 11-79 路基工程完工后的测量与检查

序号	项目	具体内容
1	交工竣工验收项目	<p>(1) 路基的平面位置</p> <p>(2) 路基宽度、高程、横坡和平整度</p> <p>(3) 边坡坡度及边坡加固</p> <p>(4) 边沟和其他排水设施的尺寸及底面纵坡</p> <p>(5) 防护工程的各部尺寸及位置</p> <p>(6) 填土压实度和表面弯沉</p> <p>(7) 取土坑、弃土堆、护坡道、截水沟、渗水井等位置和形式</p> <p>(8) 隐蔽工程记录</p>
2	检查验收中的测量工作	<p>(1) 复放路基全线的中桩、左右边桩的平面位置, 编写里程桩号, 进行线路外形尺寸自我检查。检查内容为: 自检中线偏位和自检路基实度</p> <p>(2) 用水准前视法实测所放桩位实地高程, 与路基设计高程比较, 进行线路高程位置自我检查。检查内容为: 纵断面高程检查、横断面高程检查、路基面平整度检查</p> <p>(3) 验收检查时, 协助施工监理人员进行工作</p>

## 11.7 底基层、基层与路面施工测量

### 11.7.1 测量仪器及任务

公路工程底基层、基层及路面施工测量常用仪器、材料及任务, 见表 11-80。

表 11-80 施工测量常用仪器、材料及任务

序 号	项 目	具 体 内 容
1	工程测量仪器及材料	(1) 全站仪或经纬仪配合测距仪、水准仪 (2) 棱镜及测杆、塔尺、对讲机 (3) 30 m 或 50 m 钢尺、3 m 小钢尺 (4) fx-4500PA 型计算机 (5) 竹桩或钢杆、油性记号笔、粉笔、铁锤、钢钉、凿子、拉绳、测伞
2	工程测量任务	(1) 控制线路外形尺寸, 满足设计单位对路基以上各结构层的平面位置要求 (2) 控制线路纵断高程、横断高程(横坡度)、路层厚度、路面平整度, 满足设计单位对路基以上各结构层的高程位置要求

## 11.7.2 测量资料的准备

测量资料的准备见表 11-81。

表 11-81 测量资料的准备

序 号	项 目	具 体 内 容
1	熟悉公路工程底基层、基层及路面施工测量设计图	包括路面横断面结构图和路线纵断面图等
2	已知成果收集(与路基施工测量员交接)	(1) 施工段导线点成果表及实地勘察 (2) 施工段水准点成果表及实地勘察 (3) 直线曲线及转角表 (4) 逐桩坐标表
3	施工放样数据准备	(1) 准备施工标段中桩、左右边桩坐标放样数据表 (2) 准备施工标段中桩、左右边桩高程放样数据表
4	绘制有关图件、方便施工测量作业	(1) 编制施工标段竖曲线变坡点图, 此图可以在施工现场方便地检查计算任一里程桩号的高程 (2) 绘制施工进度图。将每日完成工作量填绘其上, 有利于及时掌握了解施工进度, 方便安排工作 (3) 绘制施工标段“控制点图”。将施工标段沿线已知导线点、水准点展绘其上, 便于施工放样安排工作, 对施工段的放样目标胸中有数

## 11.7.3 上面层施工测量外业工作

上面层施工测量外业工作见表 11-82。

表 11-82 上面层施工测量外业工作

序 号	外 业 工 作
1	恢复中桩、左右边桩。规范要求直线段每 15 ~ 20 m 设一桩, 曲线段每 10 ~ 15 m 设一桩, 并在两侧边缘处设指示桩
2	进行水平测量, 用明显标志标出桩位的设计高程
3	严格掌握各结构层的厚度和高程, 其路拱横坡应与面层一致

### 11.7.4 上面层中桩、边桩的平面位置与放样

上面层中桩、边桩的平面位置与放样见表 11-83。

表 11-83 上面层中桩、边桩的平面位置与放样

序号	项目	具体内容
1	一般规定	<p>(1) 上面层各结构层中桩、边桩放样, 常采用全站仪坐标法或经纬仪配合测距仪极坐标法。底基层所放桩位常采用竹桩(木桩)标志; 基层、面层由于其表面坚硬, 在放样进行中, 可先用钢钉标出其位, 然后用钢钎标志</p> <p>(2) 上面层施工, 对于设有中央分隔带的, 在放样时可一并放出分隔带边桩, 也可在放出中桩、边桩后, 在中边桩连线上用皮尺(基层、面层应用钢卷尺)量距法加设分隔带边桩</p>
2	直线段皮尺交会法加桩	<p>直线段皮尺(或钢尺)交会法加桩, 实际上就是几何中“解直角三角形”。在直角三角形中, 三边之间的关系为:</p> $a^2 + b^2 = c^2 \quad (\text{勾股定理}) \quad (11-57)$ <p>式中, <math>a</math>——假设为线路两中桩之平距, <math>m</math>;  <math>b</math>——假设为线路中桩至边桩距离, 即半幅路宽, <math>m</math></p>
3	曲线段中央纵距法加桩	先计算中央纵距后实地放桩确定
4	现场补桩	上面层施工之前放好左、中、右各桩位后, 在施工进行中, 常因汽车压坏桩、推土机推掉或人为毁桩等原因需要现场立即补桩, 在这种情况下应根据现场桩位间几何关系进行补桩

### 11.7.5 上面层桩位设计高程放样

上面层桩位设计高程放样见表 11-84。

表 11-84 上面层桩位设计高程放样

序号	项目	具体内容
1	设计高程放样	<p>(1) 实测点位地面高程, 进行设计高程放样</p> <p>(2) 实测点位桩顶高程, 进行设计高程放样</p> <p>(3) 用放样点“视线高法”进行设计高程放样</p>
2	后边施工前边放样方法	现代公路施工, 由于机械化程度高, 进度迅速, 施工现场不可能从容放样, 宜采用“视线高法”直接将设计高程放到点位桩侧, 并根据实地填高加放松铺厚度
3	上面层各结构层施工中的跟踪测量	<p>跟踪测量就是紧跟在上面层各结构层摊铺作业后面的水准测量。它能及时发现摊铺过程中的超填欠填, 及时指导路面整修, 使其达到设计高程。操作步骤方法如下</p> <p>(1) 当上面层摊铺一定距离, 路面经碾压几遍基本定型后方可进行跟踪测量</p> <p>(2) 在压路机碾压进行中, 用皮尺拉距放出预测的点位, 用扎红绳标记的铁钉标志, 通常情况下设中央分隔带的全幅路宽测 6 点, 不设分隔带的全幅路宽测 5 点, 具体间距根据要求而定</p> <p>(3) 在跟踪测量前, 应事先计算出预测点位的设计高程, 填入“跟踪测量记录表”中, 表中部为预测点桩号及其设计高程, 左为左半幅跟踪测量记录, 右为右半幅跟踪测量记录</p> <p>(4) 跟踪测量实施</p>

续表

序号	项目	具体内容
4	(跟踪测量步骤和要求)	<p>(1) 将水准仪安置在施工段适当处, 照准后视已知水准点塔尺读数 0.412, 记在上表下部</p> <p>(2) 当压路机暂停后, 立即用水准前视法测记碾压段预测点塔尺读数 (前视读数)</p> <p>(3) 测读完毕, 通知压路机继续碾压, 并立即计算预测点实地高程和超填欠填数据抄录纸上, 交给施工人员, 立即进行人工整修</p> <p>(4) 人工整修过的地方经碾压后, 再测一次实地高程, 如仍然超限, 则再整修, 直至符合精度要求</p>

### 11.7.6 上面层施工结束时的测量工作

(1) 恢复中、边桩平面位置, 并进行中、边桩施工高程放样。

(2) 在施工过程中, 应对线路外形进行日常维护, 外形维护的测量频度和质量标准见表 11-85。

表 11-85 外形维护的测量频度和质量标准

种类	项目		频 度	质量标准	
				高速和一级公路	一般公路
底基层	纵断高程/mm		一般公路每 20 延米一点, 高速和一级公路每 20 延米一个断面, 每断面 3~5 个点	+5 -15	+5 -20
	厚度/mm	均值	每 1 500 ~ 2 000 m 26 个点	-10	-12
		单个值		-25	-30

# 第 12 章 桥涵工程施工测量与放线

## 12.1 初测与定测

### 12.1.1 初测

#### 1. 小桥涵初测勘测与调查

小桥涵初测勘测与调查见表 12-1。

表 12-1 小桥涵初测勘测与调查

序 号	初测勘测与调查注意事项
1	小桥、漫水桥及复杂涵洞、改沟工程、人工排灌渠道等，一般应放桩并实测高程与断面。当地形及水文条件简单时，可在 1:2 000 地形图上查取或采用数字地面模型内插获取，但应进行现场校对
2	小桥涵（包括漫水桥、过水路面、倒洪吸、渡槽）的勘测，应实地调查小桥涵区域排水体系、农田排灌、地形、地质、水文等自然条件，结合路基综合排水系统，现场核对拟定小桥涵位置、交角、结构类型、孔径及进出口形式等
3	应对桥涵位上游汇水区的地表植被、洼地滞留、土质吸水类别、水库（或湖泊）控制面积等地表特征进行调查，满足径流形成法和暴雨推理法计算流量的需要
4	凡拟建小桥涵址的上、下游附近有原建小桥涵时，应对原有小桥涵的结构形式、洞口类型、各部分主要尺寸及埋置深度、修建年代、损毁修复等情况进行调查，并测量桥前水深、桥下泄洪流量、桥涵址间的汇水面积等
5	应对初拟小桥涵的交角、结构类型、孔径、涵长、进出口形式等进行现场核对
6	改建工程的小桥涵，应查明原有桥涵的位置、结构形式、荷载标准、跨径、高度、长度、基础形式及埋置深度、修建年代、损坏修复情况及可利用程度

#### 2. 大、中桥初测勘测与调查

大、中桥初测勘测与调查见表 12-2。

表 12-2 大、中桥初测勘测与调查

序 号	内 容	初测勘测与调查注意事项
1	勘测与调查资料收集	<p>大、中桥初测前应收集相关资料。收集到的勘测与调查资料，应能满足确定桥梁位置、孔径、交角、结构形式和桥位方案比较的需要。应收集的勘测资料如下</p> <p>(1) 水文资料。主要有流域水系图、桥位以上流域面积、桥位所在河段河床及河岸变迁资料、桥位附近水文站历年实测最大流量及相应的水位、流速、糙率、水面比降、水文断面、含沙量和水位—流量、水位—面积、水位—流速关系曲线及特殊河段所需资料等。当桥上、下游有大型水利工程时，应搜集其设计、建设和使用情况的资料</p> <p>(2) 气象资料。主要有桥位附近有关气象台、站历年最大风速和主要风向及频率，年、月、日平均气温和极端最高、最低气温，历年降水量、多年平均降水量、日最大降水量、最大 1h 降水量和最大 24h 降水量、降水天数及相对湿度和最大冻土深度等</p>



续表

序号	内容	初测勘测与调查注意事项
1	勘测与调查资料收集	<p>(3) 流冰、流木资料。主要有桥位河段最高和最低流冰水位、封冻最高水位、冰厚、冰块最大尺寸、冰块的密度、流冰的速度、冰坝抬高水位的高度, 流木最大长度以及漂流物类型、大小尺寸等</p> <p>(4) 通航资料。主要有桥位河段通航等级、通航船舶、船队长度、排筏最大宽度和长度、航运密度和发展情况, 航道图、航迹线位置图, 最高、最低通航水位、封冻停航水位, 通航净空和通航孔数, 以及航道整治、规划和船舶上、下行限制速度等</p>
2	现场踏勘及调查	<p>(1) 应现场核查研究工程可行性研究所推荐的桥位方案</p> <p>(2) 应调查桥位所在区域的农田排灌、河网规划, 实地调查路线所经河段水文特点、地形、地物、地貌、工程地质、生态环境等条件</p> <p>(3) 应调查河流的形态特征、水文、工程地质、通航要求和施工条件及地方工农业发展规划等, 应在较大范围内对可能的桥位方案作相同深度的勘测与调查, 满足技术、经济比较及方案论证的需要</p> <p>(4) 应调查桥位附近埋设管线及人工构造物分布状况, 确定其对桥位的影响</p>
3	桥位控制测量	<p>(1) 初测阶段可不专门布设桥梁平面和高程控制网, 但在布设路线控制测量网时, 应在每岸各布设2个以上平面控制点及2~3个高程控制点, 平面控制点间距应大于500m; 河宽小于100m的桥梁可只在一岸设置1个高程控制点, 满足桥梁平面和高程控制网加密的需要</p> <p>(2) 布设的控制点应纳入路线控制测量进行施测</p>
4	桥位地形图、水下地形图测量	<p>(1) 桥位地形图、水下地形图测绘范围应能满足方案比较和桥梁布孔的需要, 桥位地形图还应满足桥头引道和调治构造物布置的需要</p> <p>(2) 桥位地形图测量范围, 一般上游应为桥长的2~3倍, 下游应为桥长的1~2倍, 沿桥轴线方向应测至两岸历史最高洪水位或设计水位以上2m或洪水泛滥线以外50m, 应能满足桥梁布孔、桥头引道和调治构造物布置的需要</p> <p>(3) 桥位地形图的测绘应符合相关规定, 测绘内容还应包括桥轴线、路线平面控制点、引道接线、洪水调查点、历史最高洪水泛滥线、测时流向、航标和船筏走行线、桥梁和建筑物平面布置等</p> <p>(4) 改(扩)建桥梁的地形图测绘内容应增加既有桥梁墩、台和调治构造物的位置和高程</p>

## 12.1.2 定测

### 1. 小桥涵定测与调查

小桥涵定测与调查见表12-3。

表12-3 小桥涵定测与调查

序号	定测与调查注意事项
1	在初测资料的基础上, 对地质、水文、农田水利、气象等资料进行补充调查, 并进行形态断面、河床比降、特征水位和汇水面积等测量工作。小桥涵河床比降测量, 一般上游测100~200m, 下游测50~100m
2	根据批准的初步设计文件所确定的原则和方案, 以及地质、水文、农田水利、气象和施工条件, 确定小桥涵的结构类型、基础形式、埋置深度、孔径和必要的附属工程; 根据路基、路线情况, 确定小桥涵墩、台高度和位置
3	小桥涵的位置和形式, 应与路线平、纵面和路线排水系统相配合; 同时注意附属工程的设置, 保证水流顺畅, 不至于造成后患
4	改建公路利用原有小桥涵洞时, 应进一步核查荷载标准、损坏程度和结构形式, 测量其跨径、高度、长度、宽度和位置

续表

序号	定测与调查注意事项
5	<p>小桥涵址测量要求如下</p> <p>(1) 小桥涵沿路线中线方向的断面测量, 应与路线中线测量同步完成, 并根据需要适当加密中桩, 同时实测沟渠与路线的交角</p> <p>(2) 地形复杂的小桥涵, 应在路线中线两侧或河床两侧各施测一个或几个断面, 其测量范围应能满足涵底纵坡和进、出水口设计、布置桥孔、调治防护工程、计算开挖土石方数量等的需要</p> <p>(3) 小桥涵位于地质、地形复杂路段, 布置比较困难或需进行改河、改道工程及环境协调等综合处理时, 应测绘 1: 500 ~ 1: 2 000 工点地形图。改河工程应按布设要求进行纵、横断面测量, 原河道相关范围内应进行河床纵坡和河床横断面测量</p>

## 2. 大、中桥定测与调查

在定测阶段, 大、中桥的勘测工作应根据批准的初步设计方案和审批意见, 在初测的基础上进行详细的调查、测量和分析计算, 对初步设计的有关资料进行核查和补充, 解决初步设计留待定测解决的问题, 为施工图设计和编制工程预算提供可靠资料, 见表 12-4。

表 12-4 大、中桥定测与调查

序号	内容	定测与调查注意事项
1	桥位地形图测量	地形图的范围应能满足桥梁孔径、桥头引道、调治防护构造物设计和施工场地布置的需要。初测地形图或原有地形图范围不能满足要求时应补测; 对地形、地物有明显变化的, 应进行修测。当初测地形图完全不能满足设计需要时应重测, 补测、修测、重测时应按相关要求执行
2	桥轴纵断面和引道测量	<p>(1) 桥轴纵断面的测绘范围应测至设计洪水位以上, 应能满足设计桥梁孔径、桥头引道、调治构造物布置的需要</p> <p>(2) 地表起伏较大、地质复杂的桥址, 应在桥轴线上、下游各 6 ~ 20 m 测辅助纵断面, 并在辅助纵断面范围内增测辅助横断面</p> <p>(3) 桥轴纵断面陆上部分和引道、接线纵断面测量, 各测点与起点间测距误差不应大于测段距离的 1/2 000, 横向偏距不应大于 0.1 m。测点高程应用水准仪或三角高程测量, 中间点的地面高程读至厘米</p> <p>(4) 桥轴纵断面水下部分的测量按相关规定执行</p>
3	形态断面测量	一般应在桥位上、下游各选一个断面进行测量, 平原宽滩河流可测至历史最高洪水线以外水平距离 50 m, 山区测至历史最高洪水位以上 2 ~ 5 m, 测量精度应符合要求
4	桥梁高程控制测量	<p>(1) 当路线高程控制测量的精度、控制点分布、控制点的桩志规格不能满足桥梁设计需要时, 应在定测阶段布设构造物高程控制测量网</p> <p>(2) 桥梁高程控制测量等级, 应按相关要求确定</p> <p>(3) 桥梁的每一端附近应设置 2 个以上高程控制点, 并应便于放样和联测使用</p> <p>(4) 桥梁高程控制测量宜采用独立网, 并应采用与路线高程测量相同的高程系统</p> <p>(5) 桥梁高程控制测量按跨河水准测量的方法进行, 采用的仪器设备、技术指标应能满足确定的精度和等级要求</p> <p>(6) 特大桥的高程控制点标志中应埋置钢管至弱风化层</p> <p>(7) 初测阶段布设的路线高程测量控制点可以满足桥梁设计需要时, 应进行下列工作</p> <p>① 应对初测的水准点进行检查, 对丢失、损坏及位置不合适的水准点应进行补设</p> <p>② 对新布设的水准点应进行补测, 对原有水准点应进行检测。检测成果在限差以内时, 采用初测成果; 超出限差时, 必须进行复测并重新计算</p>

## 12.2 桥涵控制测量

### 12.2.1 桥梁三角网的布设

#### 1. 三角网布设要求

三角网的布设要求见表 12-5。

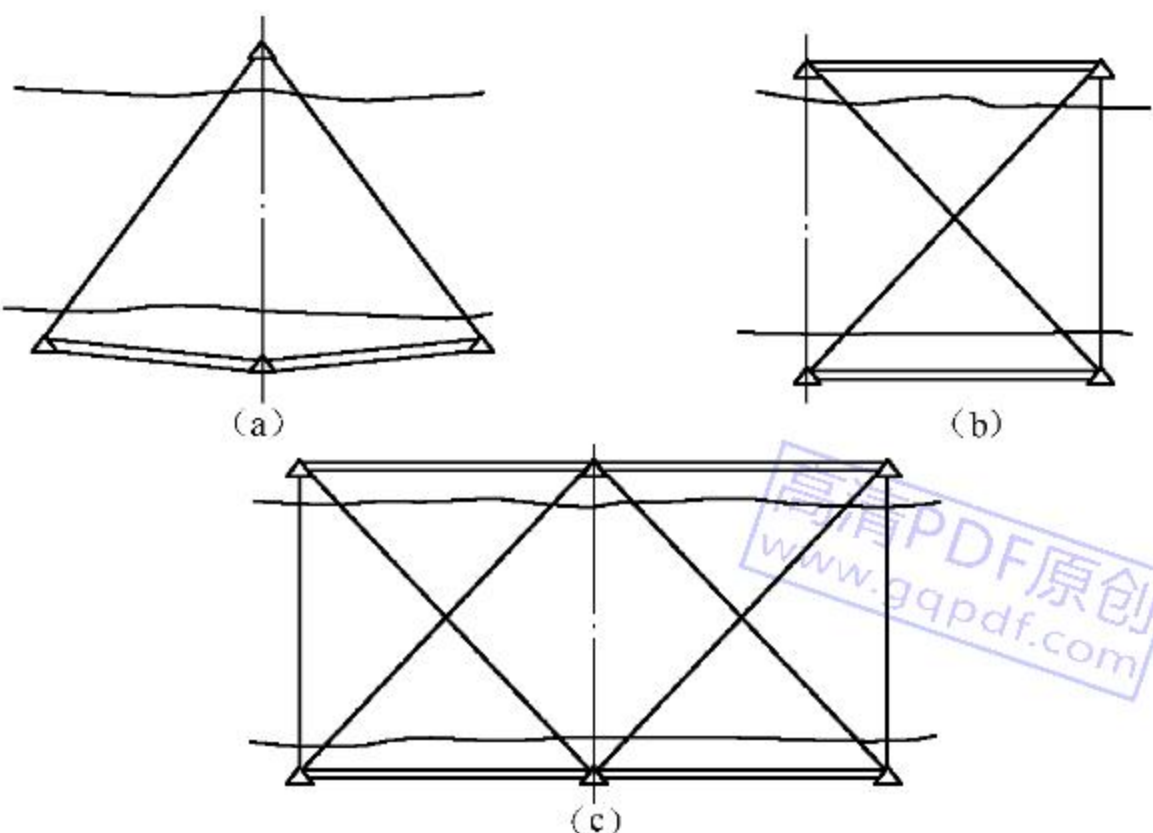
表 12-5 三角网的布设要求

序 号	三角网的布设要求
1	在河流两岸的桥轴线上各设一个三角点，三角点距桥台的设计位置不应太远，以保证桥台的放样精度。放样桥墩时，仪器安置在桥轴线上的三角点上交会，以减少横向误差
2	图形应具有足够的强度，使测得的桥轴线长度的精度能满足施工要求，并能够利用这些三角点以足够的精度用前方交会法放样桥墩。在主网的三角点数目不能满足施工需要时，能方便地增设插点
3	三角点均应选在地势较高、土质坚实稳定、便于长期保存的地方，并且三角点的通视条件要好。要避免旁折光和地面折光的影响，要尽量避免造标
4	三角网的边长一般在 0.5~1.5 倍河宽的范围变动。基线长度不小于桥轴线长度的 0.7 倍，一般在两岸各设一条，以提高三角网的精度及增加检核条件。基线如用钢尺直接丈量，以布设成整尺段的倍数为宜。并且基线场地应选在土质坚实、地势平坦的地段

#### 2. 三角网布设形式

三角网布设形式见表 12-6。

表 12-6 三角网布设形式

序 号	项 目	主要内容
1	布设形式	桥梁三角网的布设形式可分为大地四边形和三角形两种，并以控制跨越河流的正桥部分为主
2	适用场合	桥梁三角网最为常用图形如图 12-1 所示。其中图 12-1 (a)、(b) 两种图形适用于桥长较短而需要交会的水中墩、台数量不多的情况。图 12-1 (c)、(d) 两种图形的控制点数多、图形坚强、精度高、便于交会墩位，适用于特大桥。图 12-1 (e) 为利用江河中的沙洲建立控制网的情况
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 12-1 桥梁三角网常用图形</p>

续表

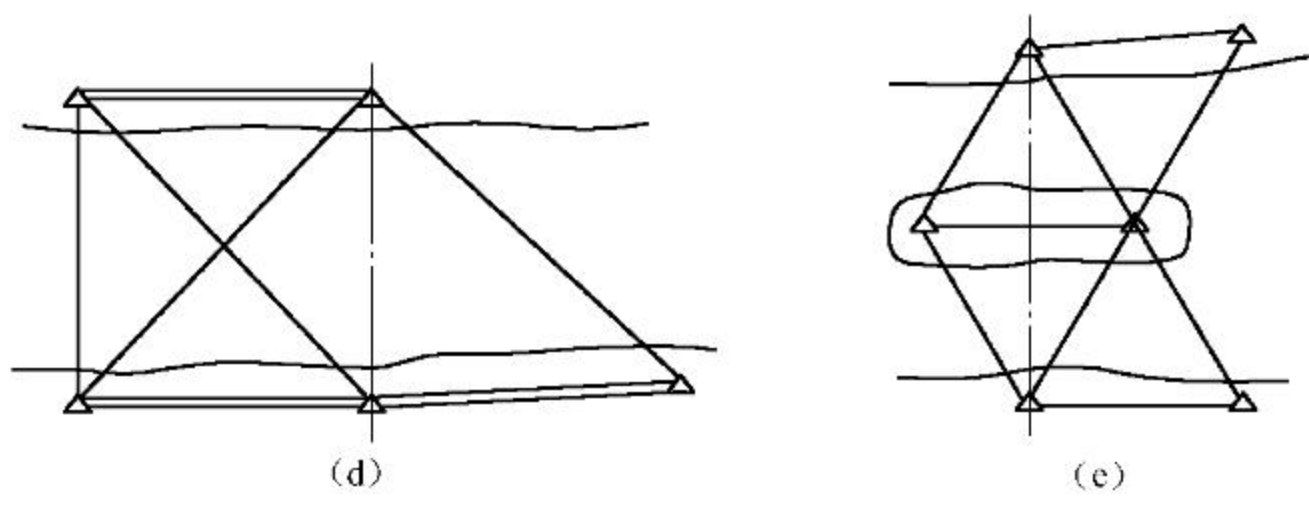
序号	项目	主要内容
3	图示	 <p style="text-align: center;">(d) (e)</p>

图 12-1 桥梁三角网常用图形 (续)

## 12.2.2 桥涵平面控制测量

桥涵平面控制测量的基本规定见表 12-7。

表 12-7 桥涵平面控制测量的基本规定

序号	基本规定
1	当路线平面控制测量的精度、控制点分布、控制点的桩志规格不能满足桥梁设计需要时,应在定测阶段布设桥梁平面控制测量网
2	桥梁的每一端附近应设置 2 个及以上的平面控制点,并应便于放样和联测使用,控制点间应相互通视
3	桥梁平面控制测量精度和等级,应按相关要求确定,同时还应满足表 12-8 桥轴线相对中误差的要求。对特殊结构的桥梁,应根据其施工允许误差,确定控制测量的精度和等级
4	桥梁平面测量控制网采用的坐标系宜与路线控制测量相同,但当路线测量坐标系的长度投影变形对桥梁控制测量的精度产生影响时,应采用独立坐标系,其投影面宜采用桥墩、台顶平均设计高程面
5	桥梁平面测量控制网应采用自由网的形式,选定基本平行于桥轴线的一条长边作为基线边与路线控制点联测,作为控制网的起算数据。联测的方法和精度与桥梁控制网的要求相同
6	桥位平面控制测量,可采用多边形、双大地四边形、导线网形式。采用的观测方法、仪器设备、技术指标应满足确定的精度和等级要求
7	在桥轴线方向上,可根据需要每岸设置 2 个以上桥位控制桩,桥位桩放样精度应达到二级导线精度要求。桥位桩应设于土质坚实、稳定可靠、不被淹没和冲刷、地势较高、通视良好处。一般采用混凝土桩,山区有岩石露头处,可利用坚固的岩石设置,荒漠戈壁、森林、人烟稀少地区也可设置木质方桩。桥位控制桩宜纳入桥梁控制网进行平差计算
8	特大桥的桥梁专用控制点宜采用具有强制对中装置的观测墩,观测墩中应埋置钢管至弱风化层,观测墩的高度视通视条件而定,应保证相邻点间互相通视。
9	初测阶段布设的路线平面测量控制网可以满足桥梁设计需要时,应进行下列工作 (1) 检查和校核初测阶段的勘测资料和成果,各项精度和要求应符合规定 (2) 现场逐一检查平面控制点的完好程度 (3) 当检查确认所有标志完好时,方可进行检测。检测结果在限差以内时,采用初测成果;超限时应复测并重新计算 (4) 只恢复补设个别标志时,采用插网的形式;当恢复或补设的标志较多时,应重新布网并施测

表 12-8 桥轴线相对中误差

测量等级	桥轴线相对中误差	测量等级	桥轴线相对中误差
二等	$\leq 1/150\,000$	一级	$\leq 1/40\,000$
三等	$\leq 1/100\,000$	二级	$\leq 1/20\,000$
四等	$\leq 1/60\,000$		

### 12.2.3 桥梁轴线长度的测量

#### 1. 轴线长度测量方法

轴线长度测量方法见表 12-9。

表 12-9 轴线长度测量方法

序号	测量方法	具体内容
1	三角网法	特大桥桥轴线的测定通常采用三角测量的方法。选点时将桥轴线作为三角网的一条边长，在精确测定三角网的 1~2 条边长（称为基线），观测所有角度后，即可解算桥轴线长度
2	边角网法	由于光电测距仪的广泛应用，精密测定边长已不困难，为此可在三角网的基础上加测若干边长，称为边角网，其精度一般优于三角网，但外业工作量及平差工作的难度都比三角网大
3	光电测距法	<p>在布设导线时，应考虑导线点的位置尽量选在远处，以便于对桥墩进行交会定位及减少水面折光对测距的影响。并且使交会角尽可能接近 <math>90^\circ</math>。在岸上的导线边长不宜过短，以免降低测角的精度。在选好的导线点上，一般应埋设混凝土桩标志。</p> <p>在实测之前，应按相关规范中规定的检验项目对测距仪进行检验，以保证观测的质量。观测应选在大气稳定、透明度好的时间里进行。测距时应同时测定温度、气压及竖直角，用来对测得的斜距进行气象改正和倾斜改正。每一条边均应进行往返观测。如反射棱镜常数不为零，还要对距离进行修正</p>
4	直接丈量法	<p>(1) 先清理桥梁轴线范围内的场地，然后将经纬仪置于桥轴线一控制桩上，定出轴线方向，每隔一整尺距离钉设一个木桩。木桩要钉牢，不能有一点晃动。在桩顶钉设一白铁皮，并在其上划十字，十字中心应在桥轴线上，作为量距的标志</p> <p>(2) 用水准仪测出相邻桩顶间的高差，计算倾斜改正。为了检核，通常应测量两次。第二次可放在丈量结束后进行，以检查丈量过程中木桩是否有变动</p> <p>(3) 应使用检定过的钢尺。丈量时用重锤或弹簧秤施以标准拉力。每一尺段可连续测量 3 次，每次读数时应稍微变更钢尺的位置。读数读至 <math>0.1\text{ mm}</math>。3 次测量的结果，其较差不得大于限差要求，取其平均值</p> <p>(4) 在丈量距离的同时应测量一次温度。计算每一尺段的尺长、温度及倾斜改正，并求得改正后的尺段长度，然后将各尺段长度取和，得到桥轴线测量一次的长度</p> <p>(5) 一般应往返丈量至少各一次，称为一测回。依据丈量精度要求，可测数测回。桥轴线长度取数测回的平均值</p> <p>(6) 计算桥轴线长度中误差：</p> $M = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$ <p>相对中误差：</p> $K = \frac{M}{L} = \frac{1}{L/M}$ <p>式中，<math>v</math>——桥轴线平均长度与每次丈量结果之差；  <math>n</math>——丈量次数；  <math>L</math>——桥轴线平均长度</p>

## 2. 轴线长度的测量精度

轴线长度的测量精度见表 12-10。

表 12-10 轴线长度的测量精度

序号	类型	测量精度要求
1	混凝土梁与钢筋 混凝土梁	<p>设墩中心点位的放样限差为 <math>\Delta_L</math>，全桥共有 <math>n</math> 跨，则桥轴线长度中误差为：</p> $m_D = \frac{\Delta_L}{\sqrt{2}} \sqrt{n}$ <p>式中 <math>\Delta_L</math> 一般取 <math>\pm 10</math> mm</p>
2	钢板梁与短跨 (跨距不大于 64 m) 简支钢桁梁	<p>设钢梁的梁长为 <math>l</math>，其制造限差为 <math>1/5\ 000</math>，支座的安装限差为 <math>\delta</math>，则单跨桥梁的桥轴线长度中误差为：</p> $m_d = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{l}{5\ 000}\right)^2 + \delta^2}$ <p>式中 <math>\delta</math> 一般取 <math>\pm 7</math> mm。</p> <p>(1) 当桥梁为多跨且跨距相等时，则桥轴线长度中误差为：</p> $m_D = m_d \sqrt{n}$ <p>(2) 当桥梁为多跨而跨距不等时，则桥轴线长度中误差为：</p> $m_D = \pm \sqrt{m_{d1}^2 + m_{d2}^2 + \cdots m_{dn}^2}$
3	连续梁及长跨 (跨距大于 64 m) 简 支钢桁梁	<p>设单联或单跨桥梁组成的节间数为 <math>N</math>，一个节间的拼装限差为 <math>\Delta_L</math>，则桥轴线长度中误差为：</p> $m_D = \frac{1}{2} \sqrt{N\Delta_L^2 + \delta^2}$ <p>式中 <math>\Delta_L</math> 一般取 <math>\pm 2</math> mm。</p> <p>(1) 当桥梁为多联或多跨，并且每联或每跨的长度相等时，桥轴线长度中误差为：</p> $m_D = m_d \sqrt{n}$ <p>(2) 当桥梁为多联或多跨，而每联或每跨的长度不等时，桥轴线长度中误差为：</p> $m_D = \pm \sqrt{m_{d1}^2 + m_{d2}^2 + \cdots m_{dn}^2}$ <p>在根据以上各估算公式求出桥轴线长度中误差后，再除以桥轴线长度 <math>L</math>，即得桥轴线长度应具有的相对中误差 <math>m_D/L</math>。有了这个数据，就可用以确定测量的等级和方法</p>

### 12.2.4 桥梁角度测量与边长测量

桥梁角度测量和边长测量，也称桥梁三角网的外业。

#### 1. 角度测量

角度观测一般采用方向观测法。观测时应选择距离适中、通视良好、成像清晰稳定、竖直角仰俯小、折光影响小的方向作为零方向。

角度观测的测回数由三角网的等级和仪器的类型确定，见表 12-11。

表 12-11 三角网等级和仪器类型与测回数的关系

测回数 仪器类型	三角网的等级					
	二等	三等	四等	五等	六等	七等
J <sub>1</sub>	12	9	6	4	2	
J <sub>2</sub>		12	9	6	4	2
J <sub>6</sub>			12	9	6	4

## 2. 边长测量

边长测量见表 12-12。

表 12-12 边长测量

序号	边长测量基本规定
1	瓦线尺丈量是最精密的测距方法，用于二、三等网的基线丈量，然而组织这样一次丈量是非常困难的。现多采用高精度的基线光电测距仪，它可用于二、三等网基线测量，为测距工作带来许多方便。三等以下的，可用一般光电测距仪测定，也可用钢尺精密量距的方法。直接丈量的测回数以 1~4 为宜
2	桥梁三角网一般只测两条基线，其他边长则根据基线及角度推算。在平差中，由于只对角度进行调整而将基线作为固定值，因此基线测量的精度应远高于测角精度而使基线误差可忽略不计。所以基线测量精度一般应比桥轴线精度高出 2 倍以上
3	边角网一般要测部分或全部边长，平差时要与角度一起参与调整，所以要求与测角精度相当即可，一般与桥轴线精度一致就行

## 3. 作业检核

外业工作结束后，应对观测成果进行检核。基线的相对中误差应满足相应等级控制网的要求。测角误差可按三角形闭合差计算，应满足规范要求。当有极条件或基线条件时，其闭合差的限差按下式计算：

$$W_{\text{限}} = 2m \sqrt{[\delta\delta]} \quad (12-1)$$

式中， $m$ ——测角中误差，以秒计；

$\delta$ ——传距角正弦对数的秒差、以对数第六位为单位。

### 12.2.5 桥梁三角网平差与坐标计算

#### 1. 测角误差的确定

角度和边长的权之间的比例关系可由两者的中误差确定。确定测角中误差一般通过两种途径：

- (1) 根据所用仪器的类型及测回数，参照相应等级的三角测量精度来确定。
- (2) 根据网中三角形闭合差按菲列罗公式计算，即：

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[f_{\beta}f_{\beta}]}{3n}} \quad (12-2)$$

式中， $f_{\beta}$ ——三角形闭合差；

$n$ ——三角形的个数。

对于边角网的边长，一般采用光电测距仪测定。所以，边长中误差可根据仪器给出的标称误差得到，即：

$$m_s = \pm (a + b \times 10^{-6} D) \quad (12-3)$$

式中， $a$ ——固定误差；

$b$ ——比例误差系数；

$D$ ——所测边长。

在一般情况下，角度观测的精度是相同的，通常取角度的权为 1，此时单位权中误差  $\mu = m_\beta$ ，所以各边长的权可由下式确定：

$$P_{si} = \frac{m_\beta^2}{m_{si}^2} \quad (12-4)$$

## 2. 桥梁三角网平差计算方法步骤

- (1) 列改正数条件方程。
- (2) 列法方程。
- (3) 计算改正数。
- (4) 计算观测值的最或然值及检验计算。

## 12.2.6 桥梁施工高程控制测量

### 1. 水准点的设置

水准点的设置见表 12-13。

表 12-13 水准点的设置

序 号	基本规定
1	桥梁高程控制网的起算高程数据是由桥址附近的国家水准点或其他已知水准点引入。这只是为取得统一的高程系统，而桥梁高程控制网仍是一个自由网，不受已知高程点的约束
2	在布设水准点时，对于桥长在 200 m 以内的大、中桥，可在河两岸各设置一个。当桥长超过 200 m 时，由于两岸联测起来有一定难度，当水准点高程发生变化时不易复查，所以每岸至少应设置 2 个水准点。为了便于施工，还可设立若干个施工水准点
3	水准点应设在距桥中线 50 ~ 100 m 范围内，坚实、稳固、能够长久保留，便于引测使用的地方，而且不易受施工和交通的干扰。相邻水准点之间的距离一般不应大于 500 m。此外，在桥墩较高、两岸陡峭的情况下，应在不同高度设置水准点，以便于放样桥墩的高程

### 2. 高程控制测量

高程控制测量见表 12-14。

表 12-14 高程控制测量

序 号	基本规定
1	放样桥墩（台）高程的精度，除了受施工放样误差的影响，控制点间高差的误差也是一个重要的影响因素。因此高程控制网必须要有足够高的精度。对于水准网、水准点之间的联测及起算高程的引测一般采用三等。当跨河距离小于 800 m 时跨河水准测量采用三等，大于 800 m 则应采用二等
2	桥梁高程控制网应与路线采用同一个高程系统，所以要与路线水准点进行联测，但是联测的精度可略低于施测桥梁高程控制网的精度。因为它不会影响到桥梁各部高程放样的相对精度
3	为了确保两岸水准点之间高程的相对精度，跨河水准测量的精度至为重要，因此它在桥梁高程控制测量中精度要求最高。根据跨河水面宽度的不同，采用单线过河或双线过河。一般来说，跨河水面宽度在 300 m 以下时，可采用单线过河；超过 300 m 则应采用双线过河，且应构成水准闭合环



续表

序号	基本规定
4	跨河水准测量的跨河地点应选在距桥轴线不远、河面最窄处。水准视线不宜通过草丛、沙滩的上方。当视线长度在300m以下时，视线距水面的高度应大于或等于2m；在300m以上时，则应大于或等于3m。若视线高度不能满足以上要求，可建造稳固的观测台。观测时间及气象条件，应选在成像最为稳定的时刻。全部观测的测回数应平均分配在上午与下午进行，以减弱一些与气象有关的系统误差的影响
5	水准测量开始作业之前，按照国家水准测量规范的规定，对用于作业的水准仪和水准尺应进行检验与校正。水准测量的实施方法及限差要求亦要按相关规范规定进行

## 12.3 桥梁墩（台）定位与测设

### 12.3.1 直线桥梁墩（台）定位

#### 1. 直接丈量法

当桥梁墩（台）位于无水河滩上或水面较窄，用钢尺可以跨越丈量时，可采用直接丈量法。直接丈量法见表12-15。

表12-15 直接丈量法

序号	基本规定
1	丈量所使用的钢尺必须经过检定，丈量的方法与测定桥轴线的的方法相同
2	测设墩（台）的顺序最好从一端到另一端，并在终端与桥轴线的控制桩进行校核，也可从中间向两端测设。按照这种顺序，容易保证每一跨都满足精度要求
3	距离测设不同于距离丈量。距离丈量是先用钢尺量出两固定点之间的尺面长度，然后加上钢尺的尺长、温度及倾斜等项改正，最后求得两点间的水平距离。而距离测设则是根据给定的水平距离，结合现场情况，先进行各项改正，算出测设时的尺面长度，然后按这一长度从起点开始，沿已知方向定出终点位置
4	由于是测设设计的长度（水平距离），所以应根据现场的地形情况将其换算为应测设的斜距，还要进行尺长改正和温度改正
5	为保证测设精度，丈量时施加的拉力应与检定钢尺时的拉力相同，同时丈量的方向不应偏离桥轴线的方向。在设出的点位上要用大木桩进行标定，在桩顶钉一小钉，以准确标出点位

#### 2. 光电测距法

光电测距法见表12-16。

表12-16 光电测距法

序号	基本规定
1	光电测距一般采用全站仪。用全站仪进行直线桥梁墩、台定位，简便、快速、精确，只要墩（台）中心处可以安置反射棱镜，并且仪器与棱镜能够通视，即使其间有水流障碍也可采用

续表

序号	基本规定
2	测设时，最好将仪器置于桥轴线的一个控制桩上，瞄准另一控制桩，此时望远镜所指方向为桥轴线方向。在此方向上移动棱镜，通过测距仪定出各墩（台）中心。这样测设可以有效地控制横向误差
3	在桥轴线控制桩上测设遇有障碍时，也可将仪器置于任何一个控制点上，利用墩（台）中心的坐标进行测设。为确保测设点位的准确，测后应将仪器迁至另一控制点上再测设一次进行校核

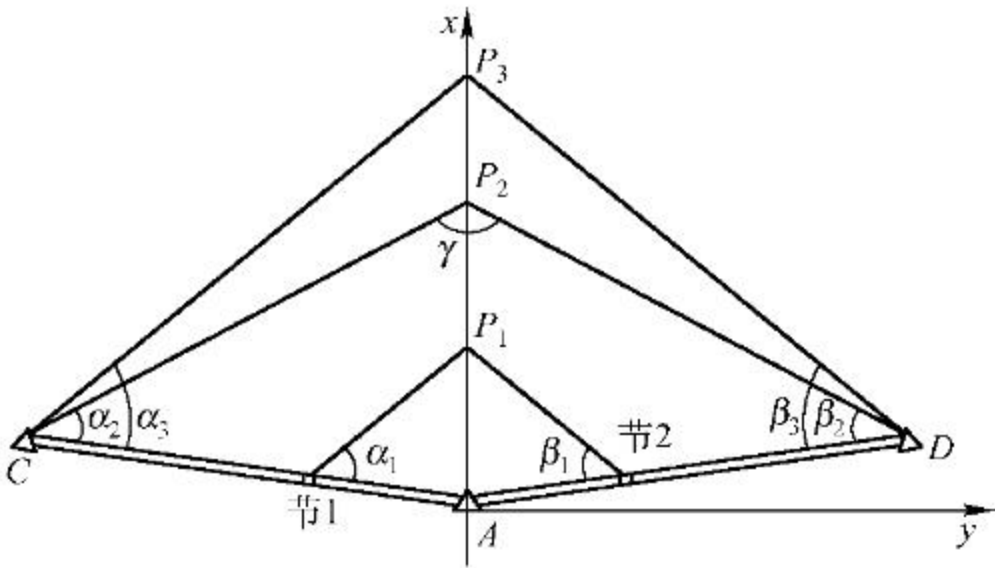
### 3. 交会法

当桥墩所处的位置河水较深、无法直接丈量、也不便架设反射棱镜时，则可采用角度交会法测设桥墩中心。

#### 1) 交会测设角度

交会测设角度见表 12- 17。

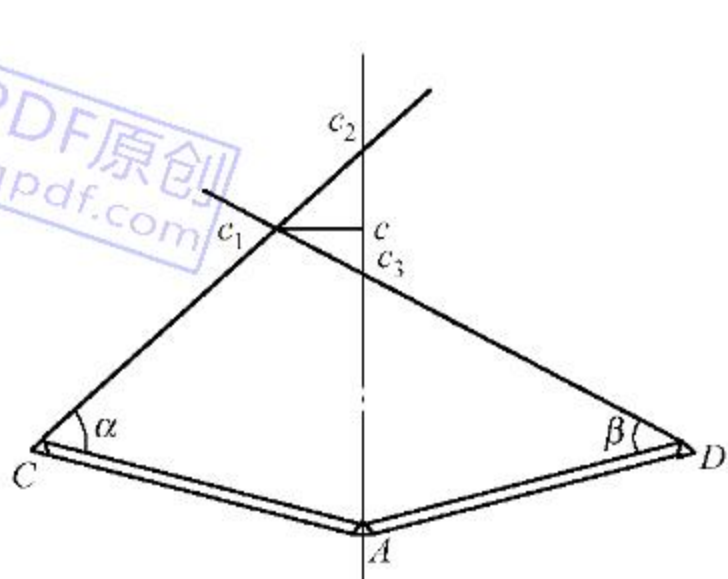
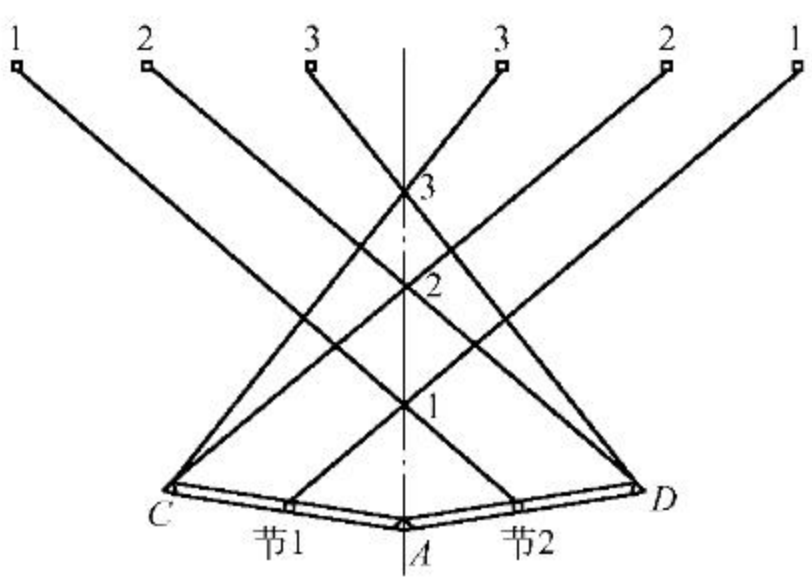
表 12- 17 交会测设角度

序号	项目	主要内容
1	角度计算	<p>使用角度交会测设桥墩中心的方法如图 12- 2 所示。控制点 A、C、D 的坐标为已知，桥墩中心 <math>P_i</math> 为设计坐标，所以可计算出用于测设的角度 <math>\alpha_i</math>、<math>\beta_i</math>：</p> $\alpha_i = \arctan \frac{x_A - x_C}{y_A - y_C} - \arctan \frac{x_{P_i} - x_C}{y_{P_i} - y_C} \quad (12-5)$ $\beta_i = \arctan \frac{x_{P_i} - x_D}{y_{P_i} - y_D} - \arctan \frac{x_A - x_D}{y_A - y_D} \quad (12-6)$
2	测设方法	将经纬仪分别置于 C 点和 D 点上，在设出 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 后，两个方向的交点即为桥墩中心位置
3	图示	 <p>图 12- 2 使用角度交会测设桥墩中心的方法</p>

#### 2) 交会测设要求

交会测设要求见表 12- 18。

表 12-18 交会测设要求

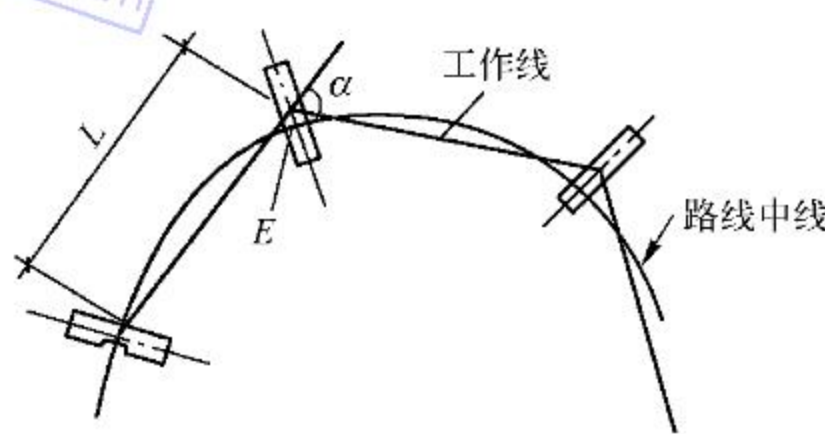
序号	项目	主要内容
1	测设要求	为保证墩位精度, 交会角应接近于 $90^\circ$ , 由于各个桥墩位置有远有近, 因此交会时不能将仪器始终固定在两个控制点上, 而有必要对控制点进行选择。如图 12-2 中桥墩 $P_1$ 宜在节点 1、节点 2 上进行交会
2		为了获得较好的交会角, 不一定要在同岸交会, 应充分利用两岸的控制点, 选择最为有利的观测条件。必要时也可在控制网上增设插点, 以达到测设要求
3		一般两个方向即可交会出桥墩中心的位置, 但为了防止发生错误和检查交会的精度, 实际测量中都是用三个方向交会。并且为了保证桥墩中心位于桥轴线方向上, 其中一个方向应是桥轴线方向
4		由于测量误差的存在, 三个方向交会形成示误三角形, 如图 12-3 所示。如果示误三角形在桥轴线方向上的边长 $c_2c_3$ 小于或等于限差, 则取 $c_1$ 在桥轴线上的投影位置 $C$ 作为桥墩中心的位置
5		在桥墩施工过程中, 需反复多次地交会桥墩中心的位置。为方便起见, 可把交会的方向延长到对岸, 并用觇牌进行固定, 如图 12-4 所示。在以后交会中, 不必重新测设角度, 可用仪器直接瞄准对岸的觇牌, 并应在相应的觇牌上表示出桥墩的编号
6	图示	 <p>图 12-3 方向交会形成示误三角形</p>  <p>图 12-4 应用觇牌交会桥墩中心</p>

## 12.3.2 曲线桥梁墩（台）定位

### 1. 曲线桥梁的布置

曲线桥梁的布置见表 12-19。

表 12-19 曲线桥梁的布置

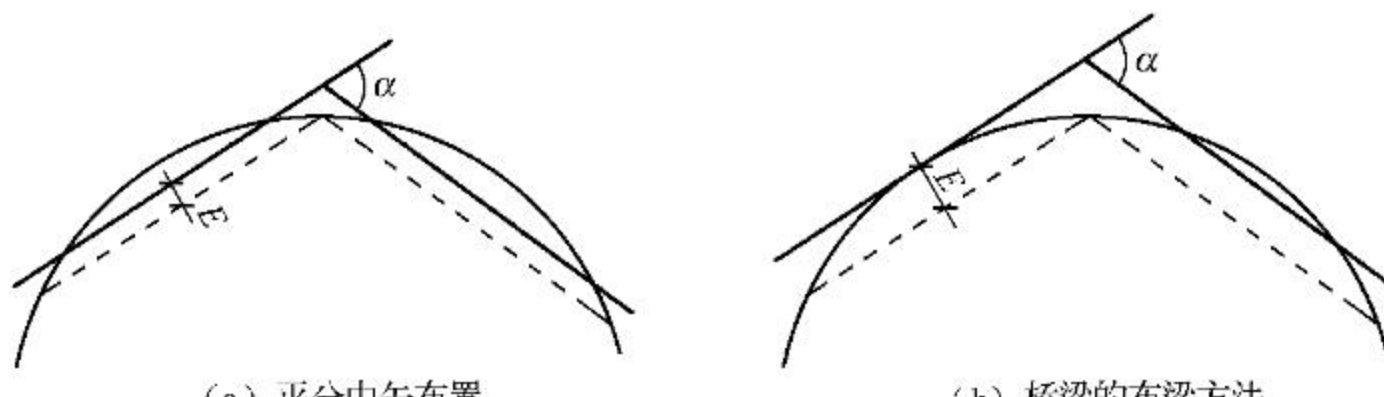
序号	项目	主要内容
1	布置	<p>由于曲线桥的路线中线是曲线，而所用的梁是直的，所以路线中线与梁的中线不能完全吻合，如图 12-5 所示。梁在曲线上的布置，是使各跨梁的中线连接起来，成为与路线中线基本相符的折线，这条折线称为桥梁的工作线。墩（台）中心一般就位于这条折线转折角的顶点上。测设曲线墩（台）中心，就是测设这些顶点的位置</p>
2	图示	 <p style="text-align: center;">图 12-5 桥梁工作线</p>

2. 偏距与偏角的计算

1) 布梁偏距与偏角

布梁偏距与偏角见表 12-20。

表 12-20 布梁偏距与偏角

序号	项目	主要内容
1	偏距	<p>如偏距 <math>E</math> 为中矢值的一半，这种布梁方法称为平分中矢布置。如偏距 <math>E</math> 等于中矢值，称为切线布置。两种布置如图 12-6 所示</p>
2	偏角	<p>相邻两跨梁中心线的交角 <math>\alpha</math> 称为偏角。每段折线的长度 <math>L</math> 称为桥墩中心距。偏角 <math>\alpha</math>、偏距 <math>E</math> 和墩中心距 <math>L</math> 是测设曲线桥墩（台）位置的基本数据</p>
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 12-6 桥梁的布梁方法</p>

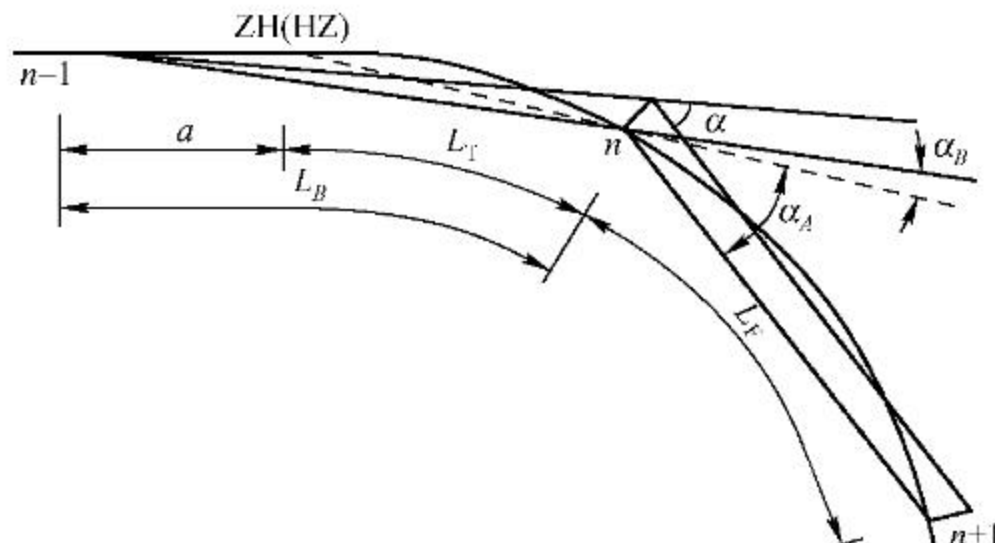
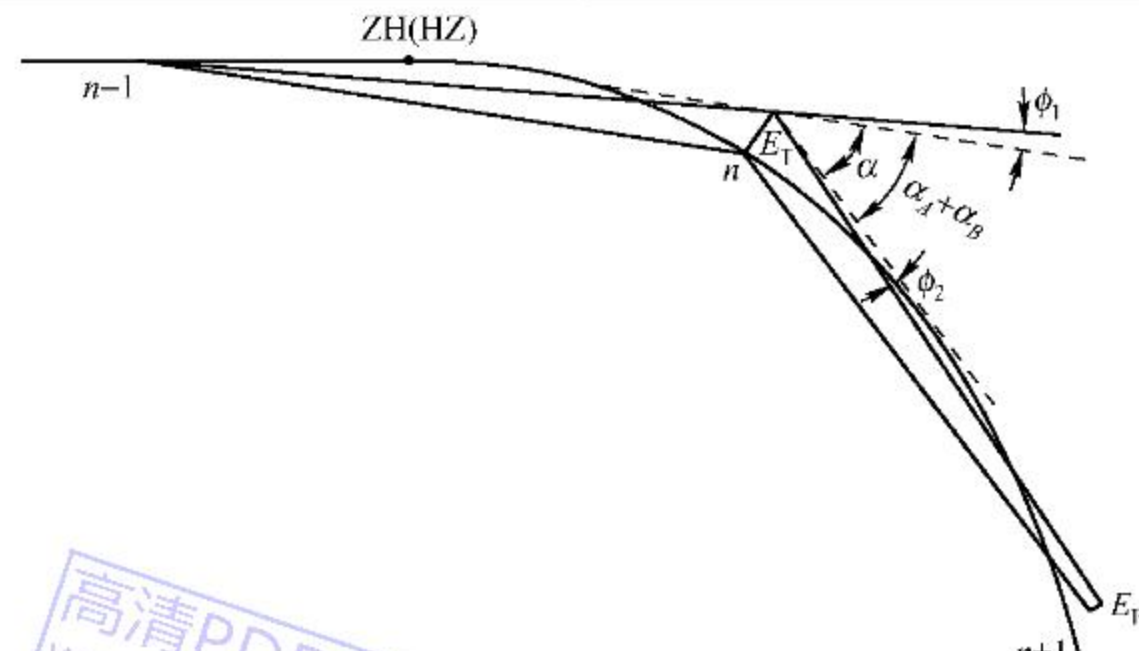
2) 偏距  $E$  的计算偏距  $E$  的计算见表 12-21。表 12-21 偏距  $E$  的计算

序号	项目	计算公式
1	当梁在圆曲线上时	切线布置: $E = \frac{L^2}{8R}$ (12-7)
		平分中矢布置: $E = \frac{L^2}{16R}$ (12-8)
2	当梁在缓和曲线上时	切线布置: $E = \frac{L^2}{8R} \frac{L_T}{L_S}$ (12-9)
		平分中矢布置: $E = \frac{L^2}{16R} \frac{L_T}{L}$ (12-10)
式中, $L$ ——桥墩中心距; $R$ ——圆曲线半径; $L_S$ ——缓和曲线长; $L_T$ ——计算点至 ZH (或 HZ) 的长度		

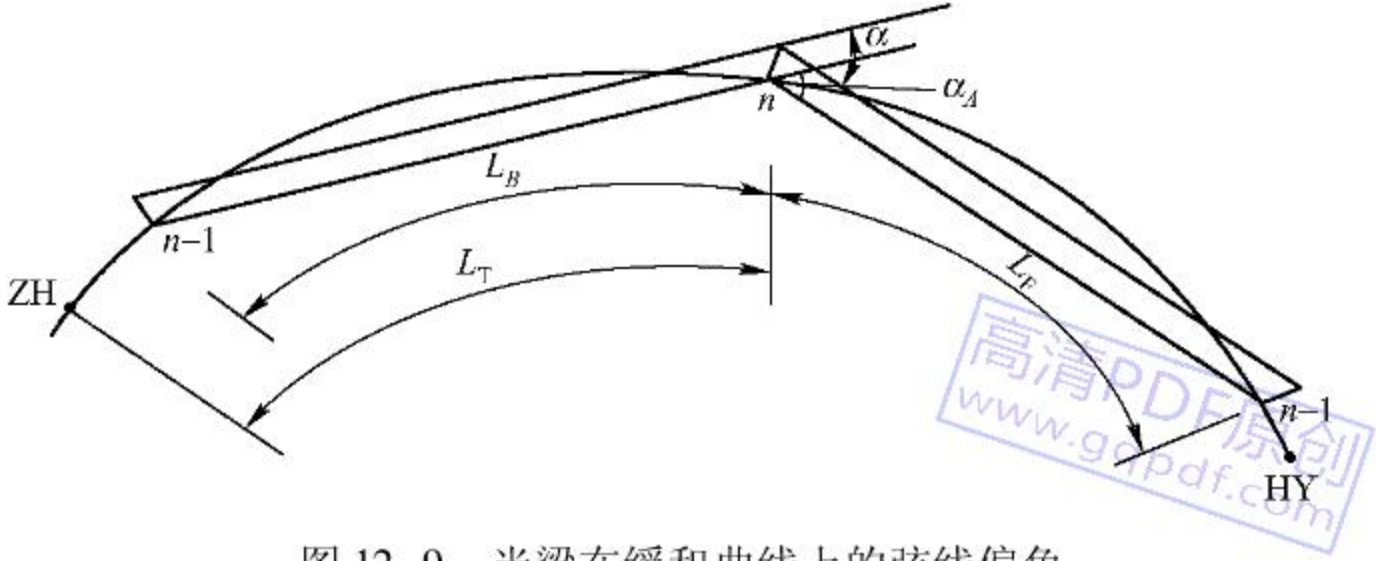
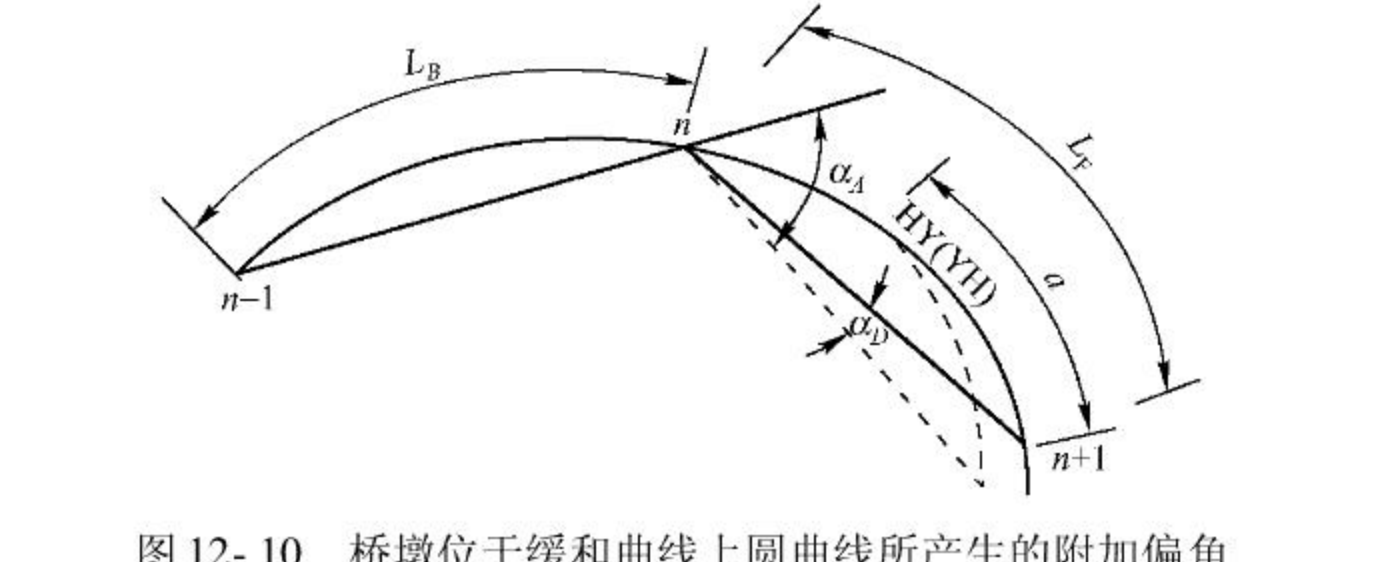
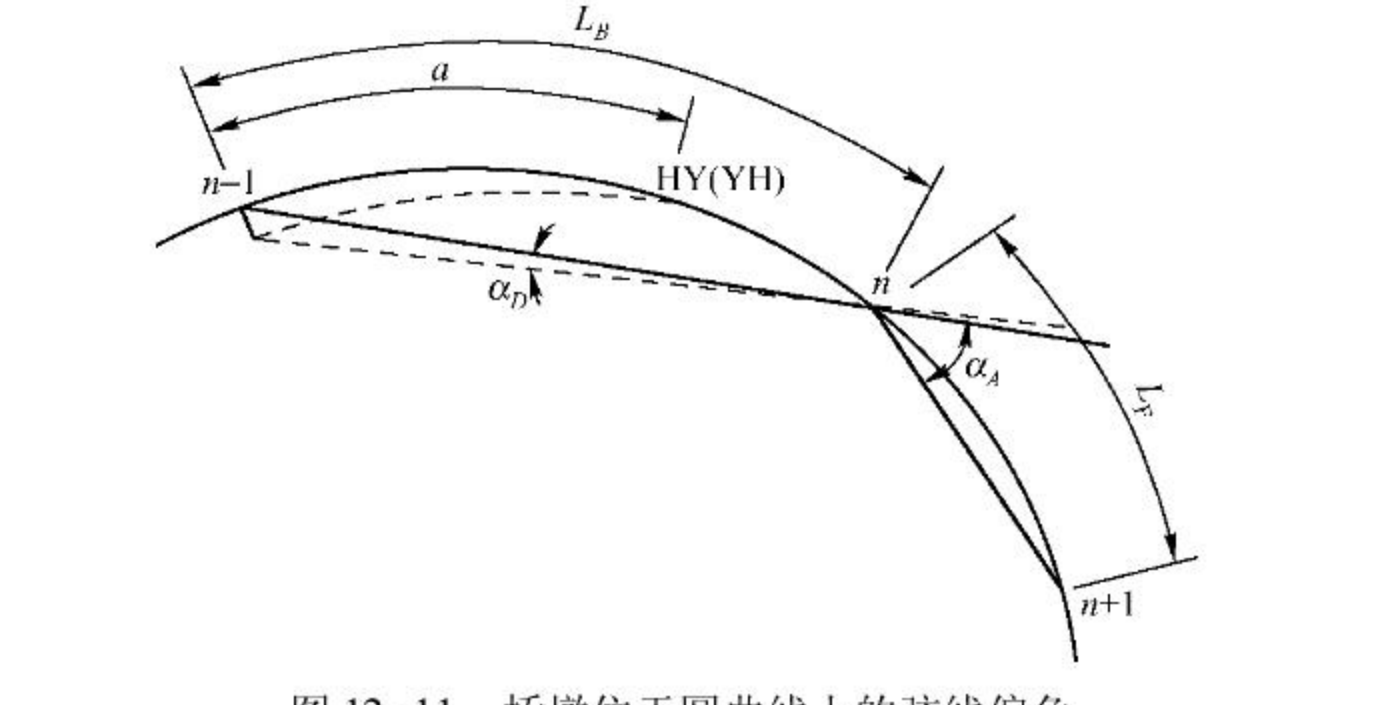
3) 偏角  $\alpha$  的计算偏角  $\alpha$  的计算见表 12-22。表 12-22 偏角  $\alpha$  的计算

序号	项目	计算公式
1	偏角组成	梁工作线偏角 $\alpha$ 主要由两部分组成: 一是工作线所对应的路线中线的弦线偏角; 二是由于墩 (台) $E$ 值不等而引起的外移偏角
2	具体计算	<p>(1) 缓和曲线的弦线偏角。弦线偏角 <math>\alpha_A</math> (图 12-7) 的计算公式为:</p> $\alpha_A = \frac{1}{6RL_S} [L_F(3L_T + L_F) + 2L_T^2] \frac{180^\circ}{\pi}$ (12-11) <p>式中, <math>L_T</math>——<math>n</math> 点至 ZH 或 HZ 点的长度; <math>L_F</math>——<math>n</math> 点至 <math>n+1</math> 点的长度; <math>R</math>——圆曲线半径; <math>L_S</math>——缓和曲线长</p> <p>偏角 <math>\alpha_A</math> 的单位为度, 以下公式偏角 <math>\alpha</math> 的单位均为度</p> <p>(2) 外移偏角。图 12-8 中外移偏角 <math>\alpha_C</math> 的计算公式为:</p> $\alpha_C = (\varphi_1 + \varphi_2) \frac{180^\circ}{\pi} = \left( \frac{E_T - E_B}{L_B} + \frac{E_T - E_F}{L_F} \right) \frac{180^\circ}{\pi}$ (12-12) <p>式中, <math>E_B</math>、<math>E_T</math>、<math>E_F</math>——<math>n-1</math>、<math>n</math>、<math>n+1</math> 点的偏距; <math>L_B</math>——<math>n</math> 点至 <math>n-1</math> 点的长度</p> <p>(3) 因 <math>n-1</math> 号墩位于直线上而产生的附加偏角。附加偏角 <math>\alpha_B</math> 的计算公式为:</p> $\alpha_B = \frac{aL_T^2}{6RL_S L_B} \frac{180^\circ}{\pi}$ (12-13) <p>式中 <math>a</math> 为梁所在圆曲线部分的长度</p> <p>将弦线偏角、外移偏角和附加偏角相加, 梁的工作线偏角为:</p> $\alpha = \alpha_A + \alpha_C + \alpha_B$ (12-14)
		<p>(1) 弦线偏角。图 12-9 中弦线偏角 <math>\alpha_A</math> 的计算公式为:</p> $\alpha_A = \frac{1}{6RL_S} (L_F + L_B)(3L_T + L_F - L_B) \frac{180^\circ}{\pi}$ (12-15) <p>(2) 外移偏角。外移偏角按式 (12-12) 计算</p> <p>梁的工作线偏角为:</p> $\alpha = \alpha_A + \alpha_C$ (12-16)

续表

序号	项目	计算公式
2	<p>当梁的一部分在缓和曲线上,一部分在圆曲线上</p>	<p>(1) 计算桥墩位于缓和曲线上。梁的工作线偏角由弦线偏角、外移偏角和因 <math>n+1</math> 号墩位于圆曲线上所产生的附加偏角组成                      弦线偏角按式 (12-15) 计算                      外移偏角按式 (12-12) 计算                      因 <math>n+1</math> 号墩位于圆曲线上所产生的附加偏角 (图 12-10) 计算公式为:</p> $\alpha_B = \frac{a^3}{6RL_S L_F} \frac{180^\circ}{\pi} \quad (12-17)$ <p>式中 <math>a</math> 为梁所在圆曲线部分的长度                      梁的工作线偏角为:</p> $\alpha = \alpha_A + \alpha_C - \alpha_B \quad (12-18)$ <p>(2) 计算桥墩位于圆曲线上。梁的工作线偏角由弦线偏角、外移偏角和因 <math>n-1</math> 号墩位于缓和曲线上所产生的附加偏角组成                      如图 12-11 所示,弦线偏角的计算公式为:</p> $\alpha_A = \frac{1}{2R}(L_F + L_B) \frac{180^\circ}{\pi} \quad (12-19)$ <p>外移偏角按式 (12-12) 计算                      因 <math>n-1</math> 号墩位于缓和曲线上所产生的附加偏角计算公式为:</p> $\alpha_B = \frac{a^3}{6RL_S L_B} \frac{180^\circ}{\pi} \quad (12-20)$ <p>式中 <math>a</math> 为梁所在圆曲线部分的长度                      梁的工作线偏角为:</p> $\alpha = \alpha_A + \alpha_C - \alpha_B \quad (12-21)$
	<p>当梁在圆曲线上,梁圆曲线上的工作线偏角由弦线偏角、外移偏角组成</p>	<p>弦线偏角 <math>\alpha_A</math> 按式 (12-20) 计算                      外移偏角 <math>\alpha_C</math> 按式 (12-12) 计算                      梁的工作线偏角为:</p> $\alpha = \alpha_A + \alpha_C \quad (12-22)$
	<p>具体计算</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>图12-7 当梁部分位于直线上、部分位于缓和曲线上的弦线偏角</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>图 12-8 当梁部分位于直线上、部分位于缓和曲线上的外移偏角</p>

续表

序 号	项 目	计算公式
2	具体计算  图示	 <p>图 12-9 当梁在缓和曲线上的弦线偏角</p>
		 <p>图 12-10 桥墩位于缓和曲线上圆曲线所产生的附加偏角</p>
		 <p>图 12-11 桥墩位于圆曲线上的弦线偏角</p>

4) 桥梁工作线偏角计算步骤

利用直角坐标计算桥梁工作线偏角时，其计算步骤见表 12-23。

表 12-23 桥梁工作线偏角计算步骤

序 号	计算步骤
1	在已知桥梁路线交点的坐标、曲线起点里程、圆曲线半径及缓和曲线长的情况下，依据各墩（台）的里程，即可计算出各墩（台）在路线中线上的坐标
2	<p>根据下列公式计算相邻两墩（台）坐标点连线的交角，即墩（台）坐标点连线偏角：</p> $\alpha_A = \arctan \frac{y_n - y_{n-1}}{x_n - x_{n-1}} - \arctan \frac{y_{n+1} - y_n}{x_{n+1} - x_n} \quad (12-23)$ <p>式中，<math>x_{n-1}</math>、<math>y_{n-1}</math>、<math>x_n</math>、<math>y_n</math>、<math>x_{n+1}</math>、<math>y_{n+1}</math> 为相邻的三个墩（台）在路线中线上的坐标</p>

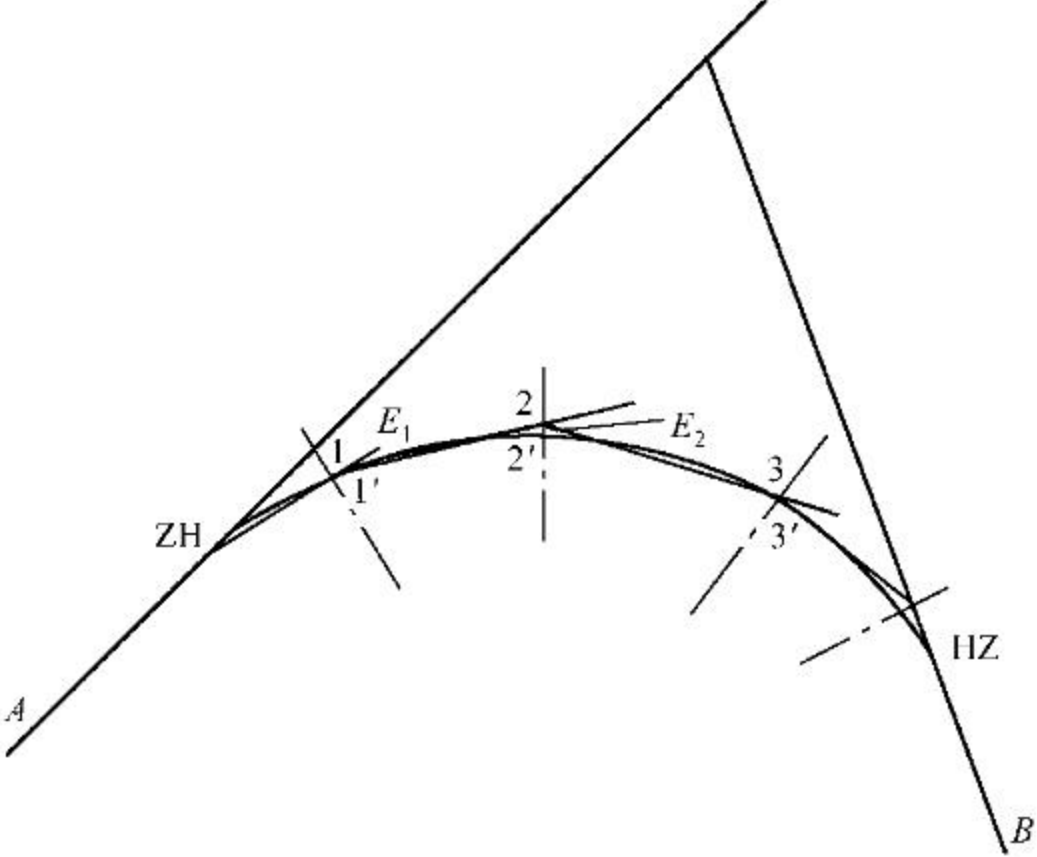
续表

序号	计算步骤
3	按式 $\alpha_B = \frac{aL_T^2}{6RL_S L_B} \frac{180^\circ}{\pi}$ 计算各墩（台）的外移偏角
4	计算各墩（台）工作线偏角： $\alpha = \alpha_A + \alpha_C \quad (12-24)$

### 3. 桥梁墩（台）的定位方法

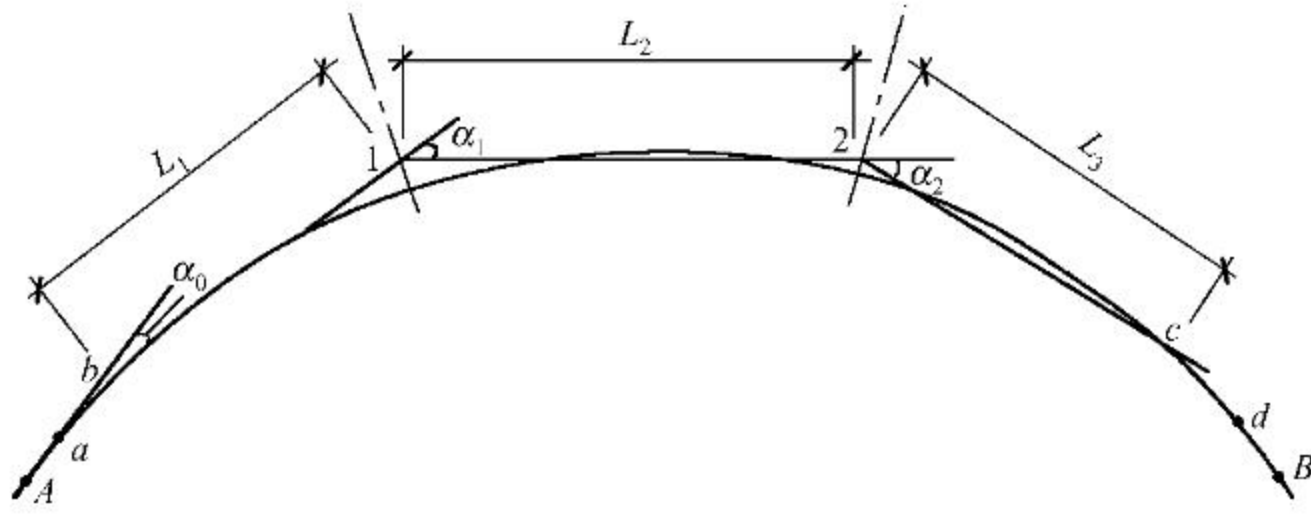
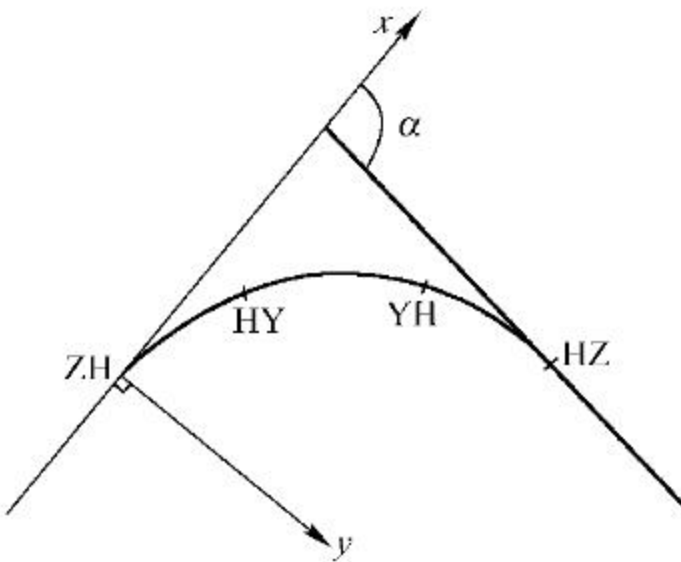
桥梁墩（台）的定位方法见表 12-24。

表 12-24 桥梁墩（台）的定位方法

序号	方法	主要内容
1	偏角法	<p>(1) 如图 12-12 所示，在测设墩（台）中心之前，先从桥轴线的控制桩 A（或 B）测设出 ZH（或 HZ）点</p> <p>(2) 按路线中线测量中用偏角法测设圆曲线带有缓和曲线的方法，测设出各墩（台）纵轴线与路线中线的交点 1'，2'，3'……</p> <p>(3) 分别在点 1'，2'，3'……上测设路线横断面方向，即墩（台）纵轴线方向。由点 1'，2'，3'……沿其纵轴线方向向曲线外侧测设出相应的 E 值，即可定出墩（台）中心 1，2，3……的位置</p>
2	导线法	<p>(1) 如图 12-13 所示，由桥轴线一端的控制桩 A（或 B）用偏角法测设出台尾的中心 a 及台前的中心 b</p> <p>(2) 将仪器置于台前中心 b 上，根据 a 方向以盘左盘右测设出台前的工作线偏角 <math>\alpha</math>，并在此处设出的方向上测设墩中心距 <math>L_1</math>，即定出桥墩中心 1</p> <p>(3) 将仪器移至 1 点上，按步骤 (2) 继续进行测设，依次定出墩中心 2、3……直至定出桥的另一端台尾中心 d</p> <p>(4) 测出台尾中心 d 至桥轴线控制桩 B 的距离，与 dB 的设计值进行比较以作校核</p>
3	坐标法	<p>(1) 如图 12-14 所示，建立直角坐标系：以 ZH 点作为坐标原点，切线方向为 x 轴，由 x 轴顺时针转 90° 为 y 轴正向</p> <p>(2) 计算出各墩（台）工作线交点坐标</p> <p>(3) 选择置镜点并进行测定</p> <p>(4) 墩（台）定位</p>
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 12-12 偏角法测设墩（台）中心</p>



续表

序 号	方 法	主 要 内 容
4	图示	 <p style="text-align: center;">图 12-13 导线法测设墩（台）中心</p>
		 <p style="text-align: center;">图 12-14 坐标法测设墩（台）中心所采用的直角坐标系</p>

### 12.3.3 桥梁墩（台）的测设

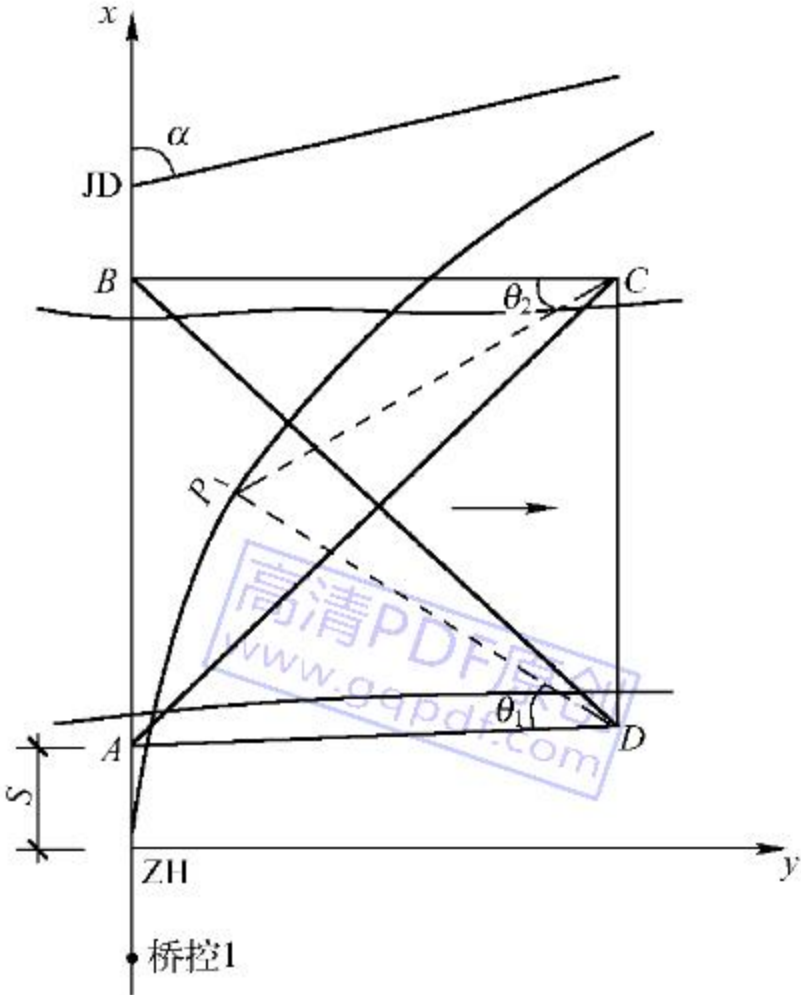
#### 1. 墩位交会测设法

交会法测设墩位，必须在河的两岸布设平面控制网，布设形式采用导线、三角网、测边网及边角网等，见表 12-25。

表 12-25 墩位交会测设法

序 号	基本规定
1	<p>(1) 控制网应与路线中线采用统一的坐标系，所以控制网必须与路线上的控制桩相联系。通常情况下，坐标系都以桥梁所在曲线的一条切线作为 <math>x</math> 轴，坐标原点设在 ZH 点、HZ 点或直线上的一个控制桩。</p> <p>(2) 如图 12-15 所示，为测设墩（台）的中心位置，先建立大地四边形作为平面控制，同时将曲线切线上的两个转点 <math>A</math> 和 <math>B</math> 作为三角点，以便取得统一的坐标系</p>
2	<p>(1) 在进行角度观测和基线测量之后，对该三角网进行平差计算，求出角度和边长的平差值。由于 <math>A</math>、<math>B</math> 两点位于切线上（即 <math>x</math> 轴上），<math>A</math> 点坐标易于取得，即</p> $x_A = S$ $y_A = 0 \tag{12-25}$ <p><math>AB</math> 的坐标方位角：<math>\alpha_{AB} = 0</math></p> <p>(2) 以此作为起算数据，通过平差角和边长，可求得三角点 <math>B</math>、<math>C</math>、<math>D</math> 的坐标</p>
3	<p>计算交会所需的数据，除计算出三角点的坐标外，还需计算各墩（台）中心的坐标。在求得三角点和墩（台）中心的坐标之后，可通过坐标反算方法计算交会方向和已知方向之间的角值，如图中 <math>\theta_1</math>、<math>\theta_2</math>，从而交会出墩（台）的中心位置</p>
4	<p>为了检核和提高交会的精度，通常是利用 3 个方向进行交会，产生的示误三角形的边长如果在容许范围内，取示误三角形的重心作为墩（台）中心的位置</p>

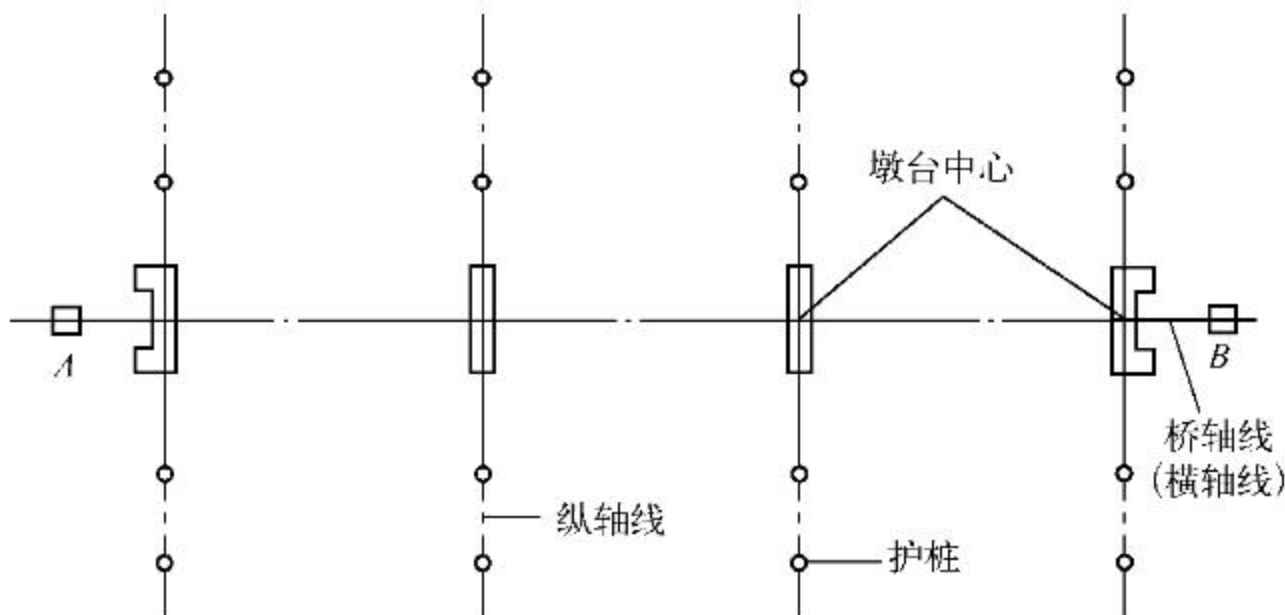
续表

序 号	基本规定
5	 <p style="text-align: center;">图 12-15 交会法测设墩（台）中心</p>

2. 直线桥墩（台）纵横轴线的测设

直线桥墩（台）纵横轴线的测设见表 12-26。

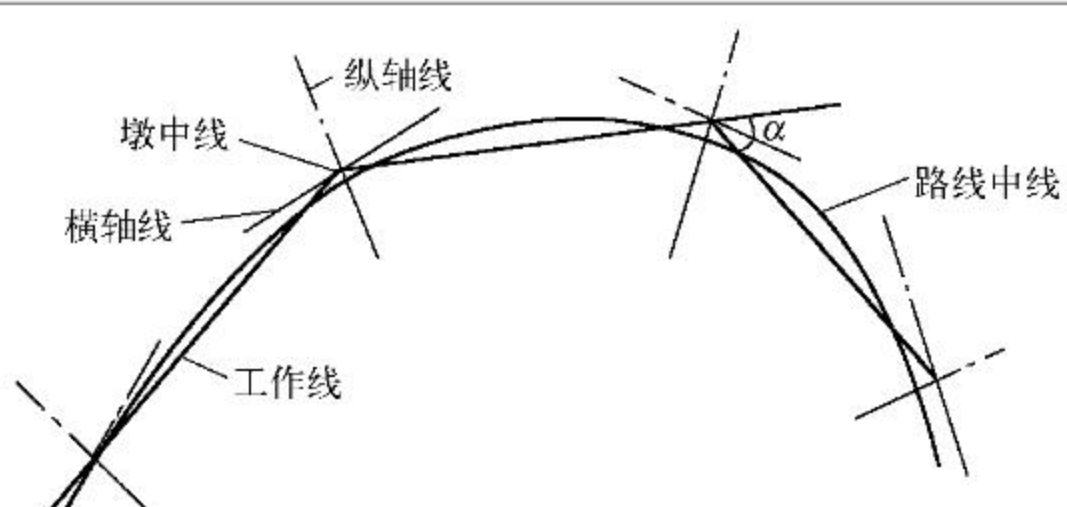
表 12-26 直线桥墩（台）纵横轴线的测设

序 号	基本规定
1	墩（台）的纵轴线与横轴线垂直。测设纵轴线时，将经纬仪安置在墩（台）中心点上，以桥轴线方向为准测设 90°角，即为纵轴线方向
2	由于在施工过程中经常需要恢复墩（台）的纵、横轴线的位置，所以需要用桩志将其准确标定在地面上，这些标志桩称为护桩，如图 12-16 所示
3	为了消除仪器轴线误差的影响，应用盘左、盘右测设 2 次而取其平均位置。在设出的轴线方向上，在桥轴线两侧各设置 2~3 个护桩。护桩的位置应选在离开施工场地一定距离，通视良好，地质稳定的地方。桩志可采用木桩、水泥包桩或混凝土桩
4	位于水中的桥墩，不能安置仪器，也不能设护桩，可在初步定出的墩位处筑岛或建围堰，然后用交会或其他方法精确测设墩位并设置轴线。如在深水大河上修建桥墩，一般采用沉井、围堰管柱基础，此时往往采用前方交会进行定位，在沉井、围堰落入河床之前，要不断地进行观测，以确保沉井、围堰位于设计位置上。当采用光电测距仪进行测设时，可采用极坐标法进行定位
5	 <p style="text-align: center;">图 12-16 用护桩标定墩（台）纵横轴线位置</p>

### 3. 曲线桥墩（台）纵横轴线的测设

曲线桥墩（台）纵横轴线的测设见表 12-27。

表 12-27 曲线桥墩（台）纵横轴线的测设

序号	基本规定
1	在曲线桥上，墩（台）的纵轴线位于相邻墩（台）工作线的分角线上，而横轴线与纵轴线垂直，如图 12-17 所示
2	测设时，在墩（台）的中心点上安置仪器，自相邻的墩（台）中心方向测设 $\frac{1}{2}(180^\circ - \alpha)$ 角（ $\alpha$ 为该墩台的工作线偏角），得纵轴线方向。自纵轴线方向测设 $90^\circ$ 角得横轴线方向。在每一条轴线方向上，在墩（台）两侧同样各设 2~3 个护桩
3	由于曲线桥上各墩（台）的轴线护桩容易发生混淆，在护桩上标明墩（台）的编号，以防施工时用错。如果墩（台）的纵、横轴线有一条恰位于水中，无法设护桩，同样也可只设置一条
4	 <p>图 12-17 曲线桥墩（台）的纵横轴线</p>

## 12.4 桥梁基础施工放样

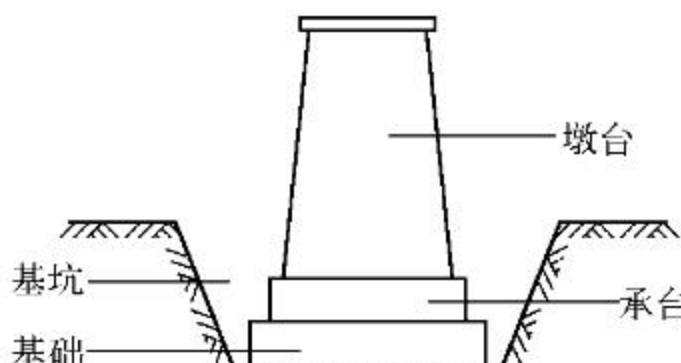
高清PDF原创  
www.gqpdf.com

### 12.4.1 明挖基础施工放样

#### 1. 明挖基础的构造

明挖基础的构造见表 12-28。

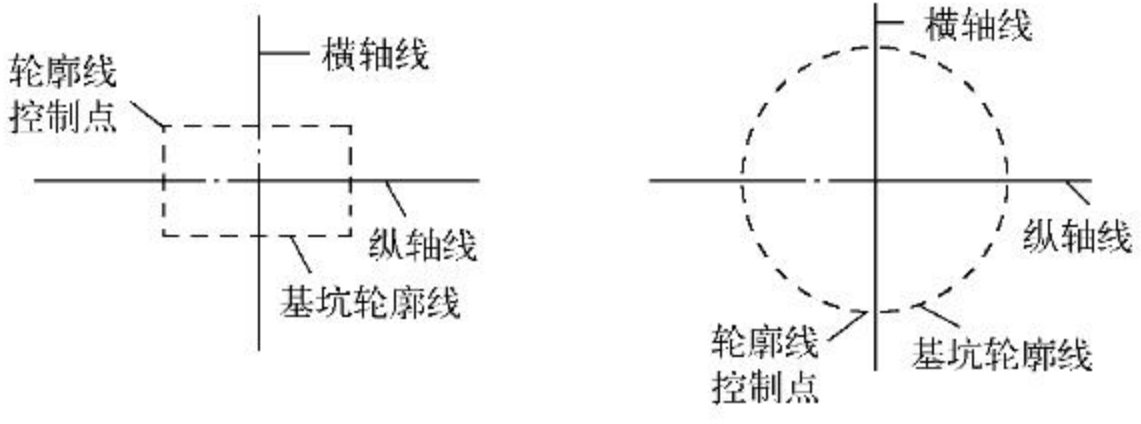
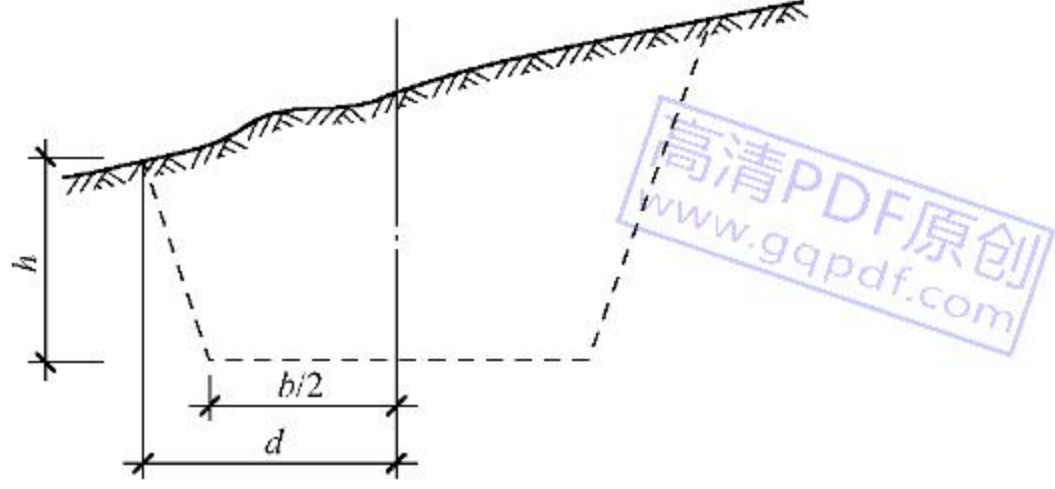
表 12-28 明挖基础的构造

序号	项目	主要内容
1	构造	明挖基础多在地面无水的地基上施工，先挖基坑，再在坑内砌筑基础或浇筑混凝土基础。若它是浅基础，可连同承台一次砌筑或浇筑，如图 12-18 所示。如果它是水上明挖基础，则须先建立围堰，将水排出后进行
2	图示	 <p>图 12-18 桥梁的明挖基础</p>

## 2. 施工放样准备

施工放样准备见表 12-29。

表 12-29 施工放样准备

序号	项目	主要内容
1	基本规定	<p>(1) 在基础开挖之前, 应根据墩(台)的中心点及纵、横轴线按设计的平面形状设出基础轮廓线的控制点。如图 12-19 所示, 如果基础形状为方形或矩形, 基础轮廓线的控制点为 4 个角点及 4 条边与纵、横轴线的交点; 如果是圆形基础, 为基础轮廓线与纵、横轴线的交点, 必要时尚可加设轮廓线与纵、横轴线成 45° 线的交点。控制点距墩中心点或纵、横轴线的距离应略大于基础设计的底面尺寸, 一般可大 0.3 ~ 0.5 m, 以保证安装基础模板为原则</p> <p>(2) 如地基土质稳定, 不易坍塌, 坑壁可垂直开挖, 不设模板, 可贴靠坑壁直接砌筑基础和浇筑基础混凝土。此时可不增大开挖尺寸, 但是应保证基础尺寸偏差在规定容许偏差范围之内</p> <p>(3) 根据地基土质情况, 开挖基坑时坑壁具有一定的坡度, 应测设基坑的开挖边界线。此时可先在基坑开挖范围测量地面高程, 然后根据地面高程与坑底设计高程之差及坑壁坡度, 计算出边坡桩至墩(台)中心的距离。如图 12-20 所示, 边坡桩至墩(台)中心的水平距离 <math>d</math> 为:</p> $d = \frac{b}{2} + hm \quad (12-26)$ <p>式中, <math>b</math>——坑底的长度或宽度;  <math>h</math>——地面高程与坑底设计高程之差, 即基坑开挖深度;  <math>m</math>——坑壁坡度(以 1: <math>m</math> 表示)的分母</p>
2	图示	 <p>图 12-19 明挖基础轮廓线的测设</p>  <p>图 12-20 基坑边坡桩的测设</p>

## 3. 基础施工放样

基础施工放样见表 12-30。

表 12-30 基础施工放样

序号	基本规定
1	在测设边界桩时, 自墩(台)中心点到纵、横轴线, 用钢尺丈量水平距离 $d$ , 在地面上设出边坡桩。再根据边坡桩划出灰线, 可依此灰线进行施工开挖

续表

序号	基本规定
2	当基坑开挖至坑底的设计高程时, 应该对坑底进行平整清理, 然后安装模板、浇筑基础及墩身
3	在进行基础及墩身的模板放样时, 可将经纬仪安置在墩(台)中心线上的一个护桩上, 以另一较远的护桩定向, 此时仪器的视线即为中心线方向。安装模板, 使模板中心与视线重合, 即为模板的正确位置。如果模板的高度低于地面, 可用仪器在临近基坑的位置, 放出中心线上的两点。在这两点上挂线并用垂球指挥模板的安装工作
4	在模板建成后, 应对模板内壁长、宽及与纵、横轴线之间的关系尺寸, 以及模板内壁的垂直度进行检验
5	基础和墩身模板的高程常用水准测量的方法放样, 但当模板低于或高于地面很多, 无法用水准尺直接放样时, 则可用水准仪在某一适当位置先设一高程点, 然后再用钢尺垂直丈量定出放样的高程位置

## 12.4.2 桩基础施工放样

### 1. 桩基础的类型与构造

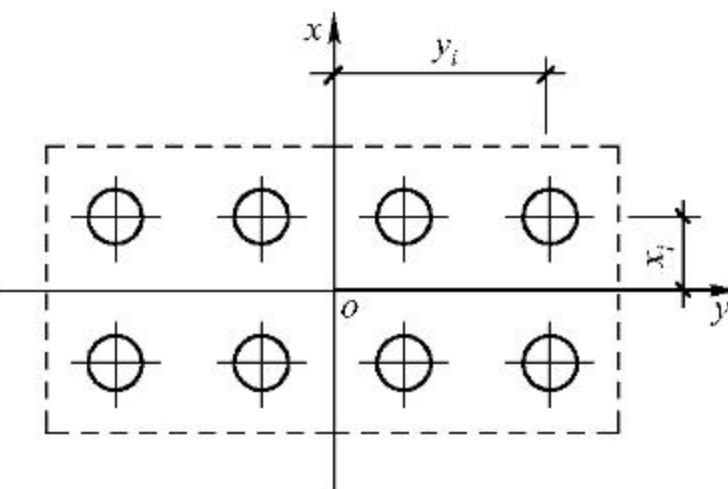
桩基础是常用的一种基础类型。按施工方法的不同通常分为打(压)入桩和钻(挖)孔桩。打(压)入桩基础是预先将桩制好, 按设计的位置及深度打(压)入地下; 钻(挖)孔桩是在基础的设计位置上钻(挖)好桩孔, 然后在桩孔内放入钢筋笼, 并浇筑混凝土成桩。

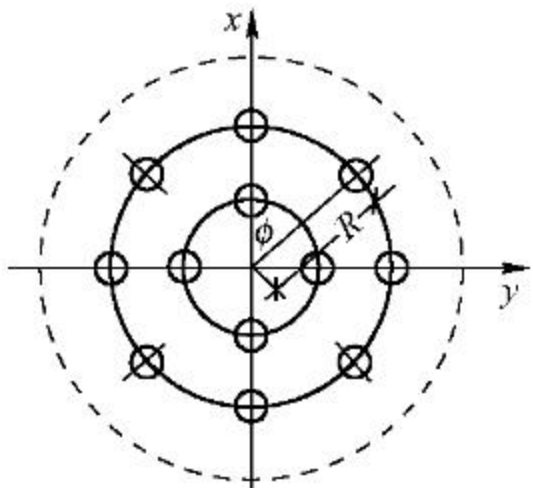
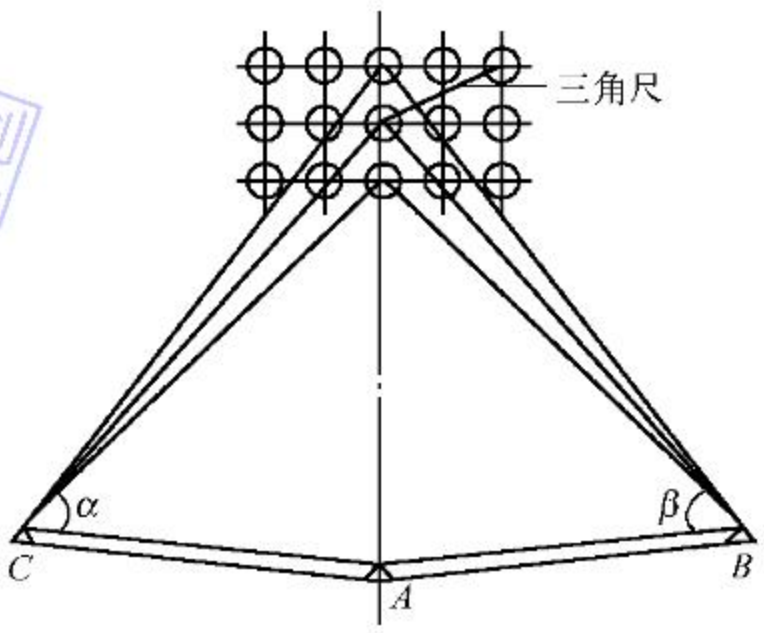
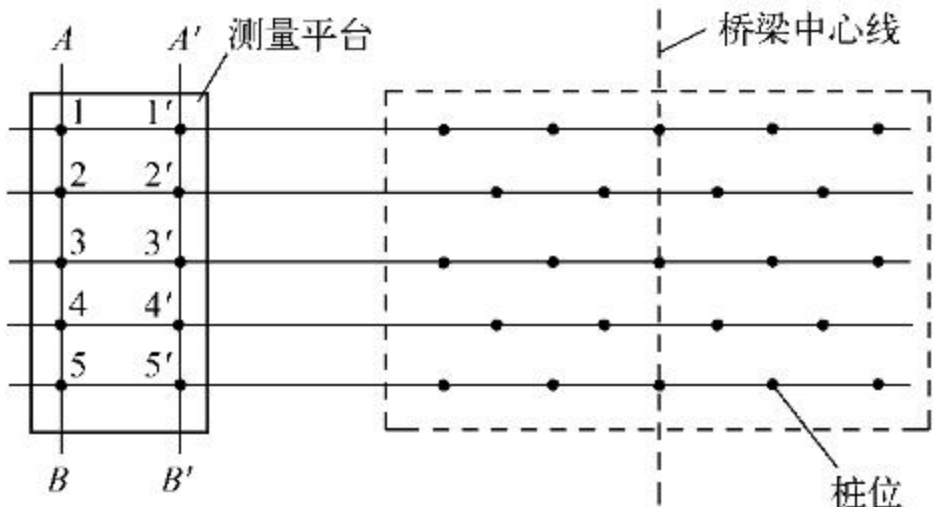
在桩基础完成后, 在其上浇筑承台, 使桩与承台成为一个整体, 再在承台上修筑墩身。

### 2. 桩位的测设

桩位的测设见表 12-31。

表 12-31 桩位的测设

序号	基本规定
1	在无水的情况下, 桩基础的每一根桩的中心点可按其在以墩(台)纵、横轴线为坐标轴的坐标系中的设计坐标, 用支距法进行测设, 如图 12-21 所示。如果桩为圆周形布置, 各桩也可以与墩(台)纵轴线的偏角和到墩(台)中心点的距离, 用极坐标法进行测设, 如图 12-22 所示。一个墩(台)的全部桩位宜在场地平整后一次设出, 并以木桩标定, 以方便桩基础施工
2	如果桩基础位于水中, 则可用前方交会法直接将每一个桩位定出, 也可用交会设出其中一行或一列桩位, 然后用大型三角尺设出其他所有桩位, 如图 12-23 所示
3	同样桩位的测设也可采用设置专用测量平台的方法, 即在桥墩附近打支撑桩, 其上搭设测量平台。如图 12-24 所示, 先在平台上测定两条与桥梁中心线平行的直线 $AB$ 、 $A'B'$ , 然后按各桩之间的设计尺寸定出各桩位放样式 $1-1'$ 、 $2-2'$ 、 $3-3'$ ……沿此方向测距可设出各桩的中心位置
4	 <p>图 12-21 用支距法测设桩基础的桩位</p>

序 号	基本规定
	 <p style="text-align: center;">图 12-22 用极坐标法测设桩基础的桩位</p>
4	 <p style="text-align: center;">图 12-23 用前方交会和大型三角尺测设桩基础的桩位</p>
	 <p style="text-align: center;">图 12-24 用专用测量平台测设桩基础的桩位</p>

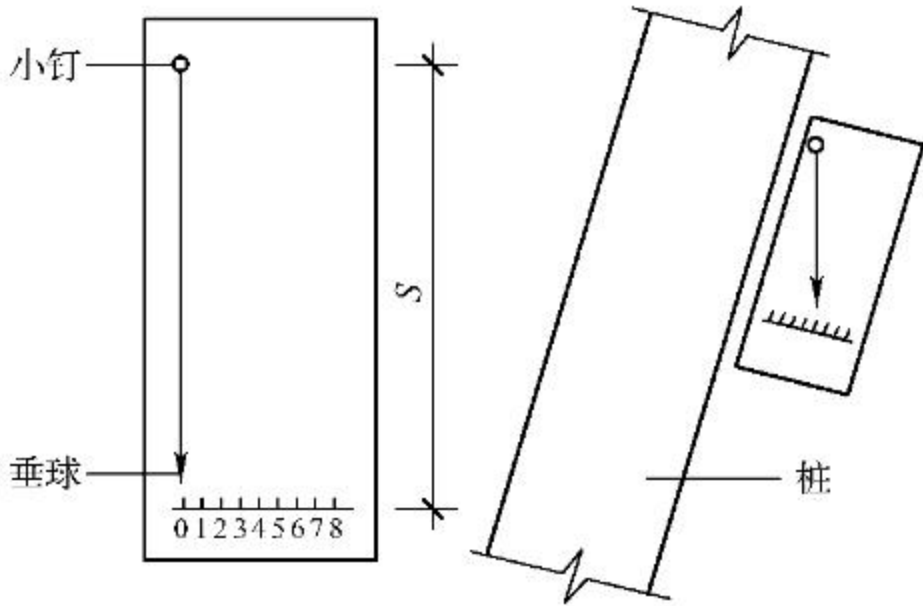
### 3. 桩位检查与倾斜度测定

桩位检查与倾斜度测定见表 12-32。

表 12-32 桩位检查与倾斜度测定

序 号	基本规定
1	在各桩的中心位置设出后, 应对其进行检核, 与设计中心位置偏差应小于 (或等于) 限差要求。在钻 (挖) 孔桩浇筑完成后, 修筑承台以前, 应对各桩的中心位置再进行一次测定, 作为竣工资料使用
2	每个钻 (挖) 孔的深度可用线绳吊以重锤测定, 打 (压) 入深度则可根据桩的长度推算
3	桩的倾斜度也应测定。由于在钻孔时为了防止孔壁坍塌, 孔内灌满了泥浆, 因而倾斜度的测定无法在孔内直接进行, 只能在钻孔过程中测定钻孔导杆的倾斜度, 同时利用钻孔机上的调整设备进行校正

续表

序号	基本规定
4	<p>钻孔机导杆及打入桩的倾斜度,可用靠尺法测定。靠尺法所使用的工具为靠尺,靠尺用木板制成,如图12-25所示,它有一个直边,在尺的一端于直边一侧钉一小钉,其上挂一垂球。在尺的另一端,自与小钉至直边距离相等处开始,绘制一原垂直于直边的直线,量出该直线至小钉的距离<math>S</math>,然后按<math>S/1\ 000</math>的比例在该直线上刻出分划并标注注记。使用时将靠尺直边靠在钻孔机导杆或桩上,垂球线在刻划上的读数则为以千分数表示的倾斜率</p>
5	 <p style="text-align: center;">图 12-25 用靠尺法测定桩的倾斜度</p>

### 12.4.3 管柱基础施工放样

#### 1. 围图的定位

围图既对管柱的插入起导向作用,又可作为施工时的工作平台,同时也是插钢板桩围堰的围笼。由于管柱的位置是由围图决定的,因此围图的定位测量工作就十分重要,见表12-33。

表 12-33 围图的定位

序号	项目	主要内容
1	定位程序	<p>(1) 应在围图上建立交会标志。当交会标志建立在围图的几何中心有困难时,也可建立在围图的杆件上。此时,应测出交会标志在以围图的几何轴线为坐标轴的坐标值,用于求得交会标志在交会坐标系中的设计坐标值</p> <p>(2) 交会时,将经纬仪安置在各控制点上同时瞄准围图上的交会标志,测出与已知方向之间的角值,将其与设计角值进行比较,求得角差,据以得出围图应移动的方向和距离,逐步调整围图,使之与设计角值相吻合,完成围图定位</p>
2	交会底图的绘定	<p>围图交会底如图12-26所示。在毫米方格纸上,以墩(台)基础中心点<math>S</math>作为坐标原点,桥轴线方向为纵轴,根据基础中心点至各个测站方向的方位角将其方向线<math>SC</math>、<math>SA</math>、<math>SD</math>绘出,即为交会底图。当收到各测站报来的垂直于各交会方向的位移值及偏离的方向时,由于位移值<math>d</math>相对于交会距离<math>SC</math>、<math>SA</math>、<math>SD</math>要小得多,所以可根据各自的位移值绘出各方向线<math>SC</math>、<math>SA</math>、<math>SD</math>的平行线即为各交会方向线<math>S_C C'</math>、<math>S_A A'</math>和<math>S_D D'</math>。3条交会方向线的交点,为交会时围图中心所在的位置<math>S'</math>。由于误差的存在,3条交会方向线往往不会交于一点,而出现一个示误三角形,这时可取示误三角形的重心作为<math>S'</math>的位置。对比设计位置<math>S</math>和实际位置<math>S'</math>,在图上可确定围图在桥轴线方向和上、下游方向应移动的距离</p>
3	轴线扭角的计算	<p>(1) 从图12-26交会底图上可知,围图中心点<math>S'</math>应向北移动<math>d_s = 8.0\text{ cm}</math>。设从位于<math>S</math>点下游的交会标志点<math>m</math>的交会底图上可知;<math>m'</math>应向北移动<math>d_m = 2.5\text{ cm}</math>,如果两交会标志点之间的距离<math>B = 10\text{ m}</math>,则由图12-27可知轴线的扭角为:</p> $\varphi = \frac{d_s - d_m}{B} \rho'' = \frac{8.0 - 2.5}{1\ 000} \times \frac{180^\circ}{\pi} = 18'54''$ <p>(2) 扭角的计算也可绘制成共线图,如图12-28所示。根据测得各标志点的位移值,计算其位移差,即可由共线图直接查出相应的扭角值</p>

续表

序号	项目	主要内容
		<p>图 12-26 围图交会底</p>
4	图示	<p>图 12-27 轴线的扭角</p>
		<p>图 12-28 扭角一位移差共线图</p>

2. 管柱定位放样

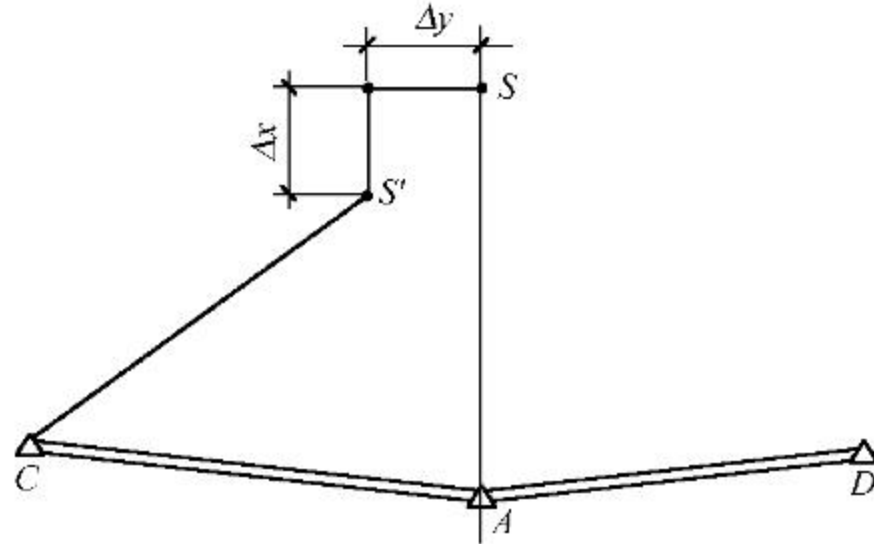
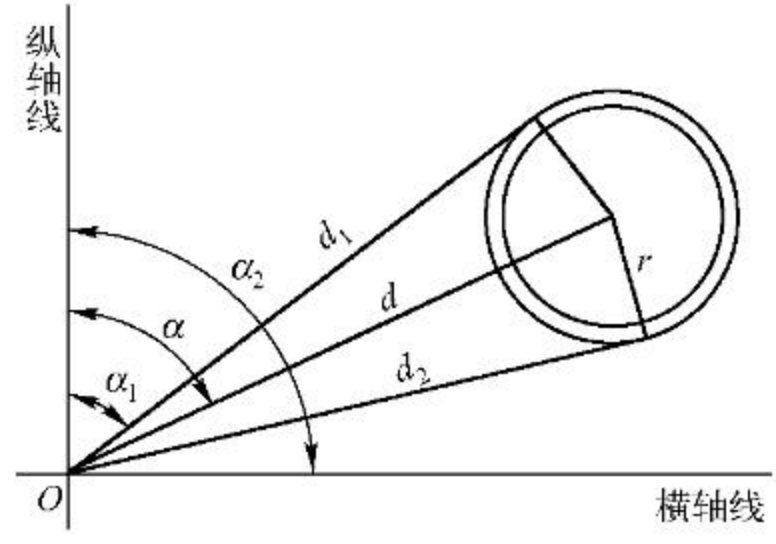
管柱定位放样见表 12-34。

表 12-34 管柱定位放样

序号	项目	主要内容
1	放样方法	<p>(1) 管柱的定位放样应在稳固的围图平台上进行。先测设出桥墩中心点和纵、横轴线，然后将仪器置于桥墩中心点上，用极坐标法放样管柱上位置。因为管柱的直径一般较大，未填充混凝土时管柱内是空的，因此不便直接测定管柱的中心位置，所以在放样时，可观测管柱外切点的角度和距离。借以求得管柱中心点位，而对管柱进行调整、定位（图 12-29）</p>



续表

序 号	项 目	主 要 内 容
1	放样方法	<p>(2) 如图 12-30 所示, 仪器安置在墩中心点 <math>O</math> 上, 观测两管柱外壁切线与纵轴线之夹角 <math>\alpha_1</math>、<math>\alpha_2</math>, 并测量两管柱外壁切点至墩中心点 <math>O</math> 的距离 <math>d_1</math>、<math>d_2</math>, 设管柱外壁的半径为 <math>r</math>, 可计算出管柱中心的方向线与纵轴线的夹角 <math>\alpha</math> 和管柱中心至墩中心的距离 <math>d</math>:</p> $\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (12-27)$ $d = \frac{d_1}{\cos\left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}\right)} = \frac{d_2}{\cos\left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}\right)} \quad (12-28)$ <p>或</p> $d = \frac{r}{\sin\left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}\right)} \quad (12-29)$ <p>(3) 将计算得出的 <math>\alpha</math> 与 <math>d</math> 与其设计值比较, 以调整管柱位置</p>
2	图示	<div style="text-align: center;">  <p>图 12-29 用全站仪进行围图定位</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>图 12-30 管柱的定位</p> </div>

### 3. 管柱倾斜的测定

#### 1) 水准测量法

水准测量法见表 12-35。

表 12-35 水准测量法

序 号	项 目	有 关 要 求
1	测量法	<p>(1) 由于管柱的倾斜, 必然使得它在顶部也产生倾斜, 用水准测量方法测出管柱顶部直径两端的高差, 即可推算出管柱的斜率。测定时要在管柱顶部平行和垂直于桥轴线方向的两条直径上进行观测</p> <p>(2) 如图 12-31 所示, 在管柱顶部直径两端竖立水准尺, 测得高差为 <math>h</math>, 设管柱的直径为 <math>d</math>, 则:</p>

续表

序号	项目	有关要求
1	测量法	$\sin\alpha = h/d \quad (12-30)$ <p>又设管柱任一截面上的中心点相对于顶面中心点的水平位移为 <math>\Delta</math>，该截面至顶面的间距为 <math>l</math>，则：</p> $\sin\alpha = \Delta/l \quad (12-31)$ <p>因此</p> $\Delta = \frac{h}{d}l \quad (12-32)$

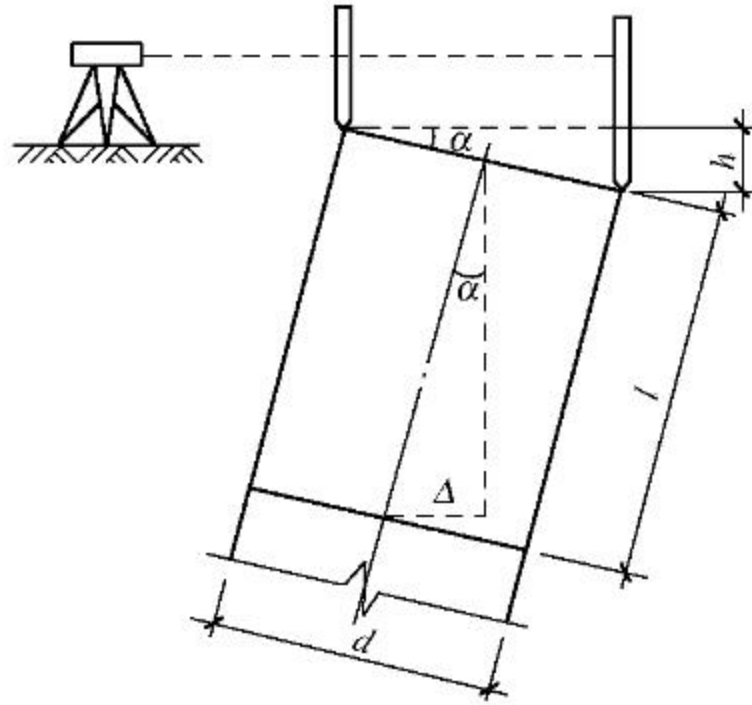


图 12-31 水准测量测定管柱倾斜

## 2) 测斜器法

测斜器法见表 12-36。

表 12-36 测斜器法

序号	有关要求
1	测斜器由一个十字架和一个浮标组成。测斜时，十字架位于管柱内欲测的截面上，用于确定该截面中心的位置；浮标浮在管柱内水面上，它标明截面中心在水面上的垂直投影位置
2	测量之前，先在管柱顶端平行和垂直于桥轴线方向的两直径上，于管壁标出 4 个标记，将相对 2 个标记相连即可作为以管柱中心为原点的坐标轴
3	测量时，将测斜器放入管柱内，浮标漂浮于水面，十字架 4 端拴上 4 根带有长度标记的测绳，然后将十字架在管柱内吊起，根据测绳上的标记，即可知道十字架所在的截面位置。适当拉紧浮标的线绳使线绳位于铅垂位置，这时浮标就会稳定地漂浮于一点。这点即是十字架所在截面的管柱中心点的平面位置
4	为便于量测，可在浮标上面吊一垂球，使其对准浮标上面的中心标志。此时可测出垂球线在管柱坐标系两个方向上的位移值 $x$ 、 $y$ ，据此调整管柱

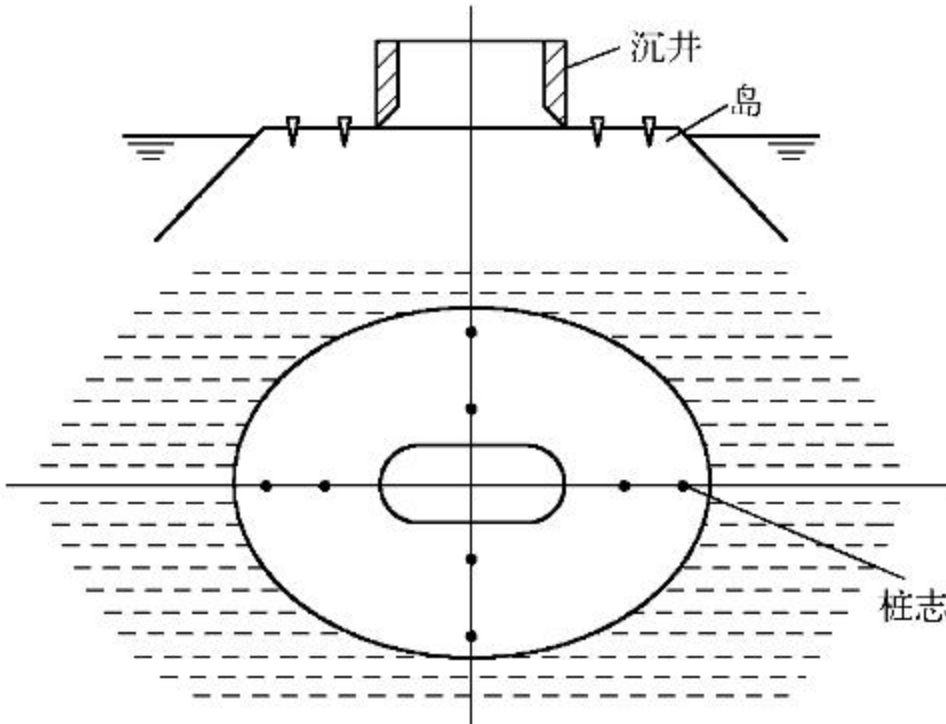
## 12.4.4 沉井基础施工放样

## 1. 筑岛浇筑沉井放样

## 1) 筑岛及沉井定位

筑岛及沉井定位见表 12-37。

表 12-37 筑岛及沉井定位

序号	有关要求
1	先用交会法或光电测距仪设出墩中心的位置，在此处用小船放置浮标，在浮标周围即可填土筑岛。岛的尺寸不应小于沉井底部 5~6m，以便在岛上设出桥墩的纵、横轴线
2	岛筑成后，再精确地定出桥墩中心点位置及纵、横轴线，并用木桩标志，如图 12-32 所示，据以设放沉井的轮廓线
3	在放置沉井的地方要用水准测量的方法整平地面。沉井的轮廓线（刃脚位置）由桥墩的纵、横轴线设出。设出轮廓线以后，应检查两对角线的长度，其较差不应大于限差要求。刃脚高程用水准仪设放，刃脚最高点与最低点的高差，应小于限差要求
4	沉井在下沉之前，应在外壁的混凝土面上用红油漆标出纵、横轴线位置，并确保两轴线相互垂直。标出的纵、横轴线可用于检查沉井下沉中的位移，也可供沉井接高时作为下一节定位的参考
5	 <p>图 12-32 筑岛及沉井定位</p>

### 2) 沉井的倾斜观测

沉井在下沉过程中必然会产生倾斜，为了及时掌握沉井的倾斜情况以便进行校正，故应经常测定。常用的沉井倾斜的观测方法见表 12-38。

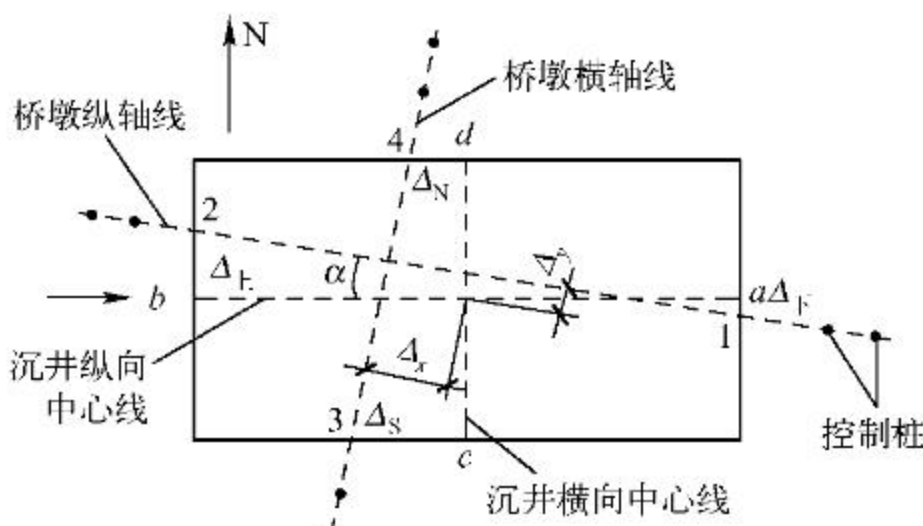
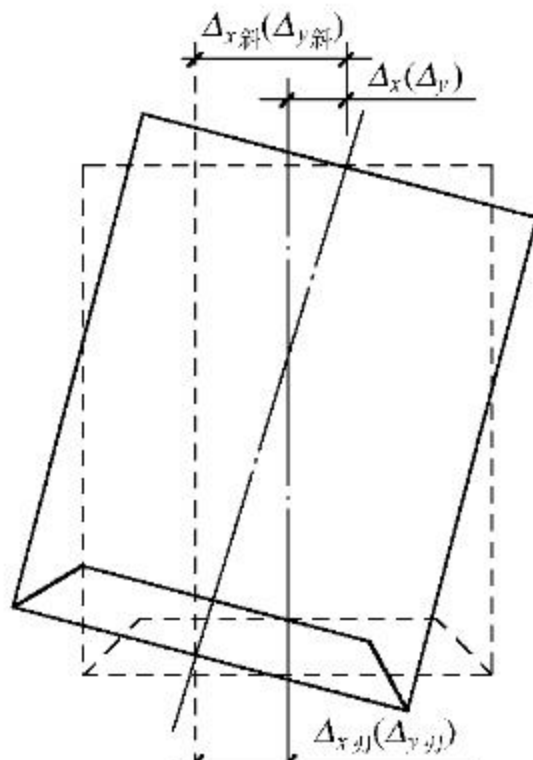
表 12-38 常用的沉井倾斜的观测方法

序号	观测方法	有关要求
1	用经纬仪观测	在纵、横轴线控制桩上安置经纬仪，直接观测标于沉井外壁上的沉井中线是否垂直
2	用水准仪测定	用水准仪观测沉井四角或轴线端点之间的高差 $\Delta h$ ，然后根据相应两点间的距离 $D$ ，可求得倾斜率： $i = \Delta h / D$ 。当它们之间的高差为零时，则表明沉井已垂直
3	用悬挂垂球线的方法	在沉井内壁或外壁纵、横轴线方向先标出沉井的中心线，然后悬挂垂球直接观察沉井是否倾斜
4	用水准管测量	在沉井内壁相互垂直的方向上预设两个水准管，观测气泡偏移的格数，根据水准管的分划值，求得倾斜率

### 3) 沉井的位移观测

沉井的位移观测见表 12-39。

表 12-39 沉井的位移观测

序号	项目	有关要求
1	沉井顶面中心的位移观测	<p>(1) 沉井顶面中心的位移是由于沉井平移和倾斜而引起的。测定顶面中心的位移要从桥墩纵、横轴线两个方向进行,如图 12-33 所示,在桥墩纵、横轴线的控制桩上分别安置经纬仪,照准同一轴线上的另一个控制桩点,此时望远镜视线即位于桥墩纵、横轴线的方向上,然后按视线方向投点在沉井顶面上,即图中的 1、2、3、4 点。分别量取 4 个点与其相对应的沉井纵、横向中心线标志点 <math>a</math>、<math>b</math>、<math>c</math>、<math>d</math> 间的距离,即得沉井纵、横中心线两端点的偏移值,即图中 <math>\Delta_{下}</math>、<math>\Delta_{上}</math> 和 <math>\Delta_S</math>、<math>\Delta_N</math>。最后再根据纵、横向中心线两端点的偏移值,即可计算出沉井顶面中心在纵、横轴线方向的偏移值 <math>\Delta_x</math>、<math>\Delta_y</math>:</p> $\Delta_x = (\Delta_N + \Delta_S) / 2$ $\Delta_y = (\Delta_{上} + \Delta_{下}) / 2 \quad (12-33)$ <p>(2) 在按式 (12-33) 计算时, <math>\Delta_N</math>、<math>\Delta_S</math> 和 <math>\Delta_{上}</math>、<math>\Delta_{下}</math> 的正负号取决于沉井纵、横方向中心线端点 <math>a</math>、<math>b</math> 和 <math>c</math>、<math>d</math> 偏离桥墩纵、横轴线的方向</p> <p>(3) 沉井纵、横向中心线与桥墩纵、横轴线间的夹角 <math>\alpha</math> 称为扭角,通常可通过偏移值 <math>\Delta_N</math>、<math>\Delta_S</math> 和 <math>\Delta_{上}</math>、<math>\Delta_{下}</math> 进行校正</p>
2	沉井刃脚中心的位移观测	<p>沉井刃脚中心在纵、横向的位移值 <math>\Delta_{x刃}</math>、<math>\Delta_{y刃}</math> (图 12-34) 由式 (12-34) 计算求得:</p> $\Delta_{x刃} = \Delta_{x斜} \pm \Delta_x$ $\Delta_{y刃} = \Delta_{y斜} \pm \Delta_y \quad (12-34)$ <p>式中,当 <math>\Delta_{x斜}</math> (<math>\Delta_{y斜}</math>) 与 <math>\Delta_x</math> (<math>\Delta_y</math>) 偏离方向相同时取 “+”,相反时则取 “-”。</p> <p>其中, <math>\Delta_{x斜}</math>、<math>\Delta_{y斜}</math> (图 12-35) 的计算公式为:</p> $\Delta_{x斜} = \frac{h_x}{D_x} H$ $\Delta_{y斜} = \frac{h_y}{D_y} H \quad (12-35)$ <p>式中, <math>h_x</math>、<math>h_y</math>——沉井纵、横向中心线两端点间的高差;  <math>D_x</math>、<math>D_y</math>——沉井在纵、横向的长度;  <math>H</math>——沉井的高度</p>
3	图示	 <p style="text-align: center;">图 12-33 沉井顶面中心的位移观测</p>  <p style="text-align: center;">图 12-34 沉井刃脚中心在纵、横方向上的位移值</p>

续表

序号	项目	有关要求
3	图示	<p>图 12-35 沉井刃脚中心的位移观测</p>

4) 沉井接高测量

沉井接高测量见表 12-40。

表 12-40 沉井接高测量

序号	项目	主要内容
1	基本规定	<p>(1) 沉井下沉要逐节浇筑将其接高，前一节下沉完毕后，再在它上面安装模板，继续浇筑</p> <p>(2) 模板安装要保证其中心线与已浇筑好的完全重合。因为沉井在下沉过程中会产生倾斜，所以要求下一节模板要保持与前一节有相同的倾斜率。这样才可以使各节中心点连线为一直线，在对倾斜进行校正之后，各节都处于铅垂位置</p> <p>(3) 在立模时要使前、后两节的纵、横中心线重合，不能以桥墩纵、横轴线进行投放，而应根据前一节上纵、横中心线标志，用垂球或经纬仪将其引至模板的顶面。为保持与前一节有同样的倾斜率，如图 12-36 所示，还需在纵、横方向上将投在模板顶面之点分别移动一个 <math>\Delta_{x斜}</math>、<math>\Delta_{y斜}</math>。其值可按式 (12-36) 求得：</p> $\Delta_{x斜} = \frac{h_x}{D_x} H$ $\Delta_{y斜} = \frac{h_y}{D_y} H \tag{12-36}$ <p>式中，<math>h_x</math>、<math>h_y</math>——沉井纵、横向中心线两端点间的高差；  <math>D_x</math>、<math>D_y</math>——沉井在纵、横向的长度；  <math>H</math>——沉井接高的高度</p>
2	图示	<p>图 12-36 沉井的接高测量</p>

## 2. 浮运沉井施工放样

深水河流沉井基础一般采用浮运施工定位放样的方法，沉井底节钢刃脚在拼装工作船上拼装，见表 12-41。

表 12-41 浮运施工定位放样

顺 序	有 关 要 求
1	因工作船在水上会受水流波动影响而摆动，所以测设工作应尽可能选在风平浪静、船体相对平稳时进行。首先基准面的测设，可在工作船附近适当位置安置水准仪，对纵、横中心线 4 端点或 4 角点上水准尺快速进行观测，反复进行零位调整，使在同一平面上，作为零基准面。然后以此在沉井轮廓线上放出零基准面其他各点
2	当在工作船平面甲板上完成沉井底节放样后，施工拼装应按轮廓线和零基准面点进行。虽然拼装与筑岛沉井基本相同，但应注意控制工作船的相对稳定，才能取得较好成果。拼装完成后，应检查并在顶面设出纵、横中心线位置，采用的方法与前接高测量相同
3	浮运沉井一般是钢体，顶面标志可直接刻画在上面。为了沉井下水后能保持悬浮，钢体内部的混凝土可以分多次填入
4	沉井底节拼装焊固并检验合格后，在工作船运载下送入由两艘铁驳组成的导向船中间，并用联结梁作必要连接。导向船由拖轮拖至墩位上游适当位置定位，并在上、下游抛主锚和两侧抛边锚固定。每一个主锚和边锚都按照设计位置用前方交会法设出
5	导向船固定后，利用船上起重设备将沉井底节吊起，抽去工作船，然后将沉井底节放入水并悬浮于水中，其位置由导向船的缆绳控制，处在墩位上游并保持直立。随着沉井逐步接高下沉，上游主锚绳放松，下游主锚绳收紧，并适当调整边锚绳，使导向船及沉井逐步向下游移动，一直到沉井底部接近河床时，沉井也达到墩位。沉井从下水、接高、下沉，达到河床稳定深度，需要较长的工期。与此同时，应对沉井不断进行检测和定位

## 12.5 桥梁架设施工测量

### 12.5.1 全桥中心线的复测

桥梁中心线方向的测定是在两岸桥轴线控制桩上进行，也可以在轴线两端各一个墩台顶部经过方向校正的中心点上进行。

在一端将经纬仪安置在控制桩点上，严格对中、整平，瞄准另一端控制桩点，用盘左、盘右取中的方法定出距站点最近一个墩顶的中心线方向，并在中心标板上刻线固定。然后在墩顶中心线上安置好，依照此方法，定出下一个墩顶中心线并标定之。依次将各墩顶中心线定出。如果桥墩跨距不大，也可将仪器置于一控制桩点上连设数个桥墩中心线方向，但视线长度不应超过 150 m，否则盘左、盘右不符值易超限。

对于曲线桥梁墩、台中心线的复测，主要是测定曲线全部墩、台中心的转角，并将转角之和与曲线总转角对比，对误差进行分析、调整和分配，以满足设计要求。

### 12.5.2 桥架墩（台）及支承垫石的测设

桥架墩（台）及支承垫石的测设见表 12-42。

表 12-42 桥架墩（台）及支承垫石的测设

序号	项目	具体要求
1	墩（台）中心点间距的测定	根据桥梁各墩（台）已标出的墩（台）中心点，测定各相邻墩（台）间的距离，与两桥台设计距离相比较，确定全桥总长的误差，并据此对所测各墩（台）间距离进行改正。然后再按改正后的各墩（台）间距离桥轴线一端控制点计算各墩（台）中心里程，与各墩（台）设计里程比较，再对点位作适当调整，使测设里程与设计里程一致，且不致引起过大偏心 曲线桥梁墩（台）中心点间距离应逐跨用经检定的钢卷尺或光电测距仪进行测定，并结合两端墩（台）中心的实测转角进行调整
2	墩（台）顶面高程的联测	从河岸一基本水准点始，用二、三等水准测量方法逐个测出各墩顶水准标志高程，最后闭合于另一河岸的基本水准点。根据高程闭合差再对所测各墩顶水准标志高程进行调整以获得其平差值
3	支承垫石顶面十字线及高程的测设	通过桥轴线在墩顶放出的方向线及墩（台）中心点间距经设计里程调整后所得的中心点位，即可在墩顶定出墩（台）的纵、横中心线，并在墩的四边标板上固定。在此基础上，根据设计图要求定出支承垫石中心十字线，且用墨线标出，作为安装支座底板的依据

### 12.5.3 桥架架设时的测设

所有整体架设的梁长，均应在架设前用检定过的钢尺丈量梁的跨度和全长，其偏差应小于（或等于）规范的限差要求，见表 12-43。

表 12-43 桥架架设时的测设

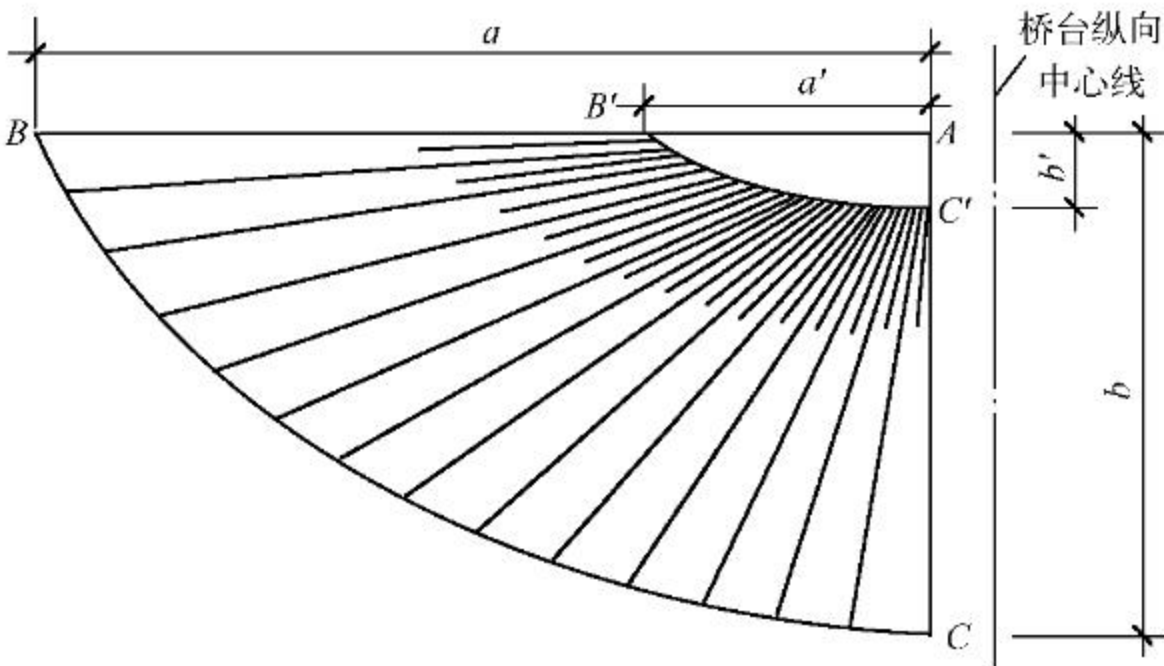
序号	测设项目	具体要求
1	支座底板安装定位测量	在支座底板定位的同时，应测量底板顶面的高程及底板顶面的平整度，通过在底板与支承垫石面之间塞以铁片、钢楔，从而使底板顶面高程及平整度达到设计要求。测量时应测量底板顶面的四角
2	梁体定位测量	钢桁梁要求梁体中线（即横梁中心线）与设计路线中线一致，所以在架设过程中，应检查横梁中点是否在相邻墩（台）中心的连线方向上。由于两侧桁架的弦杆中心线与横梁中点的连线是对称的，则弦杆中心线的水平投影同样为直线。检查时，可将经纬仪安置在墩（台）的中心点上，瞄准相邻的墩（台）中心点，并固定水平制动螺旋，然后上、下转动望远镜，观察横梁中点上的标志是否都在视线上，如果偏离量超出容许范围，则应对钢桁梁位置进行校正
3		桥梁拱度的测定 梁的拱度必须测定，在钢梁架好之后，各个弦杆应构成一条略为向上弯曲的平滑曲线，桥梁中部高出两端的最大高差（称为拱度）。测定时将水准仪安置在桥梁的墩（台）上，而在各个节点处竖立水准尺，测出各点高程，绘出弦杆的纵断面图，从而得到桥梁的拱度，并检查其是否合格。为观测拱度的变化，在竖立水准尺的地方，应用油漆作出标志，以保证每次观测都位于同一点上
4		预应力混凝土筒支梁的测定 预应力混凝土筒支梁要求梁梗中线与设计中线平行。梁体落位后要求支座下座板中心十字线与标定在支承垫石上的设计中心十字线相重合。若由于施工偏差不能满足时，应在梁梗中线与设计中线保持平行的先决条件下进行调整。纵向偏差以桥梁中线为准，向两端平均分配，但活动端必须保持按 100℃温差计算的最小伸缩空间，均为梁长的 1‰；横向偏差应在保持相邻梁体间的缝隙能放置防水盖板，以桥梁中线为准，尽可能向两片梁对称分配

## 12.6 桥（涵）台锥坡放样

### 12.6.1 锥坡的设计要求

为了使路堤与桥台连接处的路基不被冲刷，则需在桥台两侧填土呈锥体形，并于表面砌石，称为锥体护坡，简称锥坡（图 12-37）。锥坡的设计要求见表 12-44。

表 12-44 锥坡的设计要求

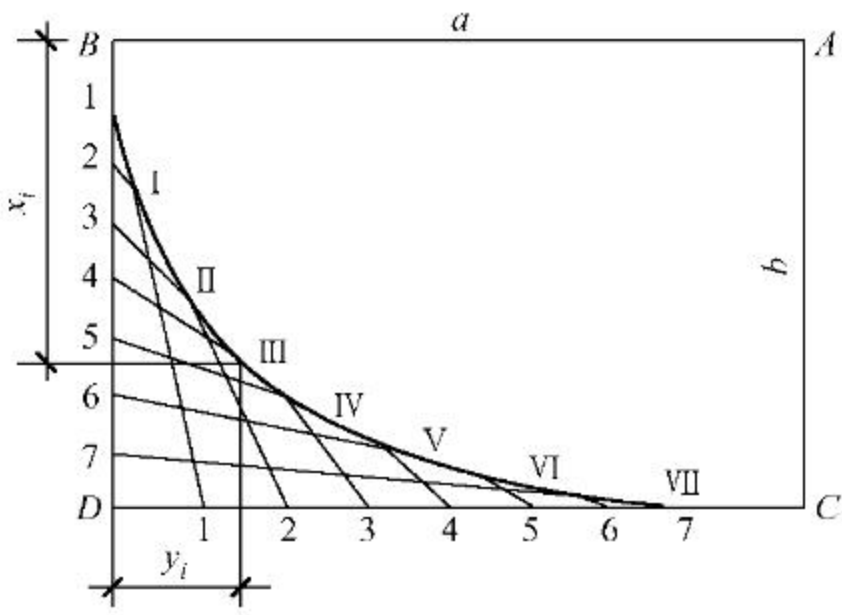
序号	有关设计要求
1	锥坡的形状常为 1/4 个椭圆截锥体
2	当锥坡的填土高度小于 6m 时，锥坡的纵向（即平行于路线方向）坡度一般为 1:1；横向（即垂直于路线方向）坡度一般为 1:1.5，与桥台后的路基边坡一致。 当锥坡的填土高度大于 6m 时，路基面以下超过 6m 的部分纵向坡度由 1:1 变为 1:1.25；横向坡度由 1:1.5 变为 1:1.75
3	锥坡的顶面和底面都是椭圆的 1/4。锥坡顶面的高程与路肩相同，其长半径 $a'$ 应等于桥台宽度与桥台后路基宽度差值的 1/2；短半径 $b'$ 等于桥台人行道顶面高程与路肩高程之差，但应大于（或等于）0.75m。 锥体底面的高程一般与地面高程相同，其长半径 $a$ 等于顶面长半径 $a'$ 加横向边坡的水平距离；短半径 $b$ 等于顶面短半径 $b'$ 加纵向边坡的水平距离
4	锥坡顶面、底面半径与填土高度 $h$ 之间的关系如下。 (1) 当锥坡的填土高度 $h$ 小于 6m 时： $a = a' + 1.5h$ $b = b' + h$ (2) 当锥坡的填土高度 $h$ 大于 6m 时： $a = a' + 1.75h - 1.5$ $b = b' + 1.25h - 1.5$
5	 <p style="text-align: center;">图 12-37 锥坡示意图</p>

### 12.6.2 锥坡的测设

锥坡的测设见表 12-45。



表 12-45 锥坡的测设

序 号	方 法	主 要 内 容
1	纵横等分图解法	<p>先在图纸上按一定比例绘出椭圆曲线。如图 12-38 所示，以椭圆长、短半径 <math>a</math>、<math>b</math> 作矩形 <math>ACDB</math>，将 <math>BD</math>、<math>DC</math> 各分成相同的等分，并以图中所示方法进行编号，连接相应编号的点得到直线 1-1，2-2，3-3……1-1 与 2-2 相交于 I，2-2 与 3-3 相交于 II，3-3 与 4-4 相交于 III……交点 I、II、III……的连线即为椭圆曲线。按绘图比例尺量取 I、II、III……各点的纵距 <math>x_i</math> 和横距 <math>y_i</math> 作为放样数据</p>
2	支距法	<p>(1) 如图 12-39 所示，设平行于路线方向的短半径方向 <math>AC</math> 为 <math>x</math> 轴；垂直于路线方向的长半径方向 <math>AB</math> 为 <math>y</math> 轴，按椭圆方程可写出：</p> $\frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1 \quad (12-37)$ <p>于是有</p> $y = \frac{a}{b} \sqrt{b^2 - x^2} \quad (12-38)$ <p>或者</p> $x = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - y^2} \quad (12-39)$ <p>计算时可将短半径 <math>b</math> 等分为 <math>n</math> 段，常取 8 段。这时 <math>x = 0, b/8, 2b/8, 3b/8, 4b/8, 5b/8, 6b/8, 7b/8, b</math>，将其分别代入式 (12-38)，即得各对应的支距 <math>y</math> 值，见表 12-46</p> <p>(2) 测设时以 <math>AC</math> 方向为基准，按长、短半径 <math>a</math>、<math>b</math> 测设矩形 <math>ACDB</math>，然后将 <math>BD</math> 等分为 8 段，在垂直于 <math>BD</math> 的方向上分别量出相应的 <math>a - y</math> 值，即可设出坡脚椭圆形轮廓</p>
3	双点双距图解法	<p>(1) 先在图纸上按一定比例尺绘出椭圆曲线，比例尺应大些，一般采用 1:50 或 1:100，以满足放样精度的要求</p> <p>(2) 如图 12-39 所示，在图纸上绘出一条长度为 <math>2a</math> 的直线 <math>BB'</math>，取 <math>BB'</math> 的中点 <math>A</math>，从 <math>A</math> 作 <math>AC</math> 垂直于 <math>BB'</math>，且使 <math>AC = b</math>。再以 <math>C</math> 为圆心，以 <math>n</math> 为半径画弧交 <math>BB'</math> 于 <math>F</math>、<math>F'</math> 两点，即为椭圆两焦点。取一根细线，用针将其两端分别固定在焦点 <math>F</math>、<math>F'</math> 上，两针间的细线长度等于 <math>2a</math>。用铅笔尖靠在细线上拉紧并滑动，铅笔所绘出的弧线，就是椭圆曲线。将 <math>BC</math> 曲线分成若干段，分别得到 1，2，3……各点，按绘图比例尺量出这些点至 <math>A</math>、<math>C</math> 的距离 <math>u_i</math>、<math>v_i</math> 作为放样数据</p>
4	全站仪坐标法	<p>(1) 随着全站仪逐渐的普及，采用全站仪放样锥坡、简便、精确</p> <p>(2) 如图 12-40 所示，按支距法将 <math>b</math> 或 <math>a</math> 等分成几节，根据各等分点的 <math>x</math> 值或 <math>y</math> 值，按式 (12-38) 或式 (12-39) 计算各相应的 <math>y</math> 值或 <math>x</math> 值，从而获得 <math>n</math> 个椭圆曲线点坐标。测设时，将全站仪安置在 <math>A(0,0)</math>、<math>B(1,a)</math>、<math>C(b,0)</math>、<math>D(b,a)</math> 任一点上，后视另一点，即可按坐标测设出椭圆曲线上各点</p>
5	图示	 <p>图 12-38 纵横等分图解法测设锥坡</p>

续表

序号	方法	主要内容
5	图示	<p>图 12-39 支距法测锥坡</p>
		<p>图 12-40 双点双距图解法测设锥坡</p>

表 12-46 支距  $y$  值计算

点位编号	$x$	$y$	$a - y$	$y'$
0(A)	0	$a$	0	0
1	$b/8$	$0.99a$	$0.01a$	$0.12a$
2	$2b/8$	$0.97a$	$0.03a$	$0.22a$
3	$3b/8$	$0.93a$	$0.07a$	$0.30a$
4	$4b/8$	$0.87a$	$0.13a$	$0.37a$
5	$5b/8$	$0.78a$	$0.22a$	$0.40a$
6	$6b/8$	$0.66a$	$0.34a$	$0.41a$
7	$7b/8$	$0.48a$	$0.52a$	$0.36a$
8(C)	$b$	0	$a$	0

## 12.7 涵洞施工放样

### 12.7.1 涵洞施工放样程序

涵洞有正交涵洞和斜交涵洞之分，其放样的方式也不相同。正交涵洞的轴线与路线中线或其切线垂直；斜交涵洞的轴线与路线中线或其切线不相垂直而成斜交角。

涵洞施工放样是根据涵洞施工设计图表给出的涵洞中心里程，首先应放出涵洞轴线与路线中线的交点，然后根据涵洞轴线与路线中线的交角，再放出涵洞的轴线方向。

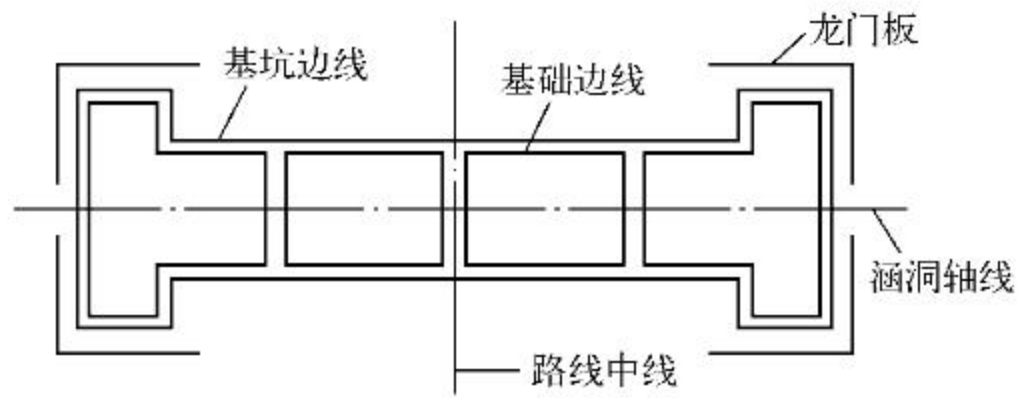
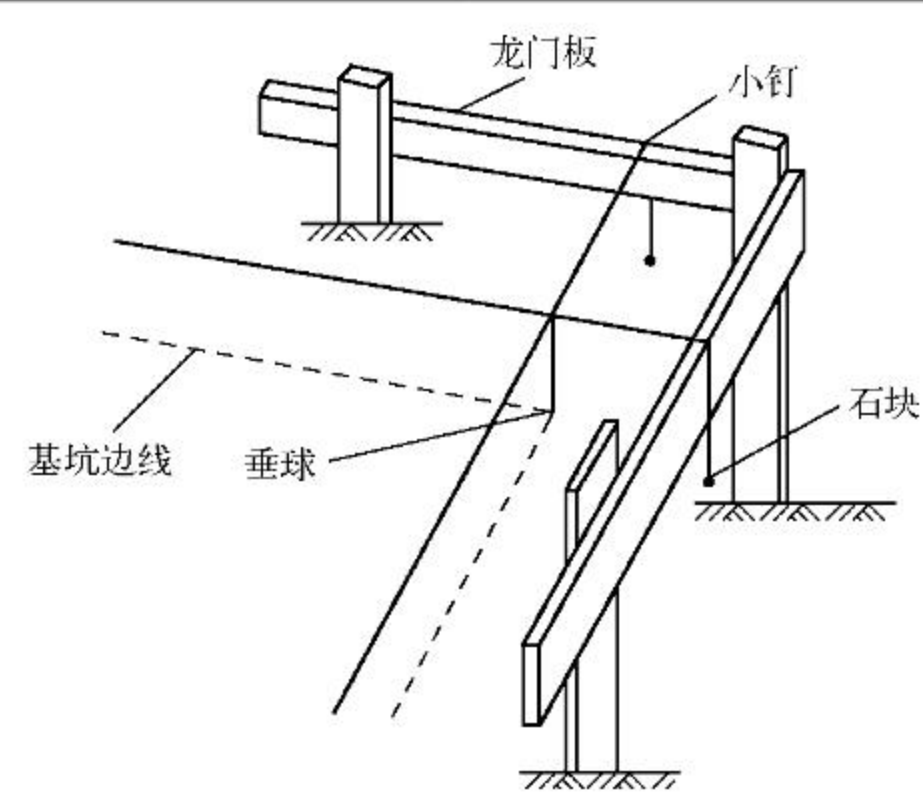
当涵洞位于路线直线上时，依据涵洞所在的里程，自附近的公里桩、百米桩沿路线方向量出相应的距离，即可得涵洞轴线与路线中线的交点。

当涵洞位于路线曲线上时，可用测设曲线的方法定出。

## 12.7.2 涵洞施工放样操作

涵洞施工放样基本操作见表 12-47。

表 12-47 涵洞施工放样基本操作

序号	项目	主要内容
1	基本操作	<p>(1) 在定出涵洞轴线与路线中线的交点后，将经纬仪置于该交点上拨角即可定出涵洞轴线。涵洞轴线通常用大木桩标定在地面上，每端 2 个，且应置于施工范围以外。自交点沿轴线分别量出上、下游的涵长得涵洞口位置，用小木桩标出</p> <p>(2) 涵洞基础及基坑边线由涵洞轴线设定，在基础轮廓线的转折处都要用木桩标定，如图 12-41 所示。为开挖基础，还应定出基坑的开挖边界线。由于在开挖基础时可能会有一些桩被挖掉，所以在需要时可在距基础边界线 1.0~1.5m 处设立龙门板，然后将基础及基坑的边界线用垂球线将其设在龙门板上，可用小钉标出。在基坑挖好后，再根据龙门板上的标志将基础边线投放到坑底，以此作为砌筑基础的根据，如图 12-42 所示</p> <p>(3) 基础建成后，安装管节或砌筑涵身等各个细部的放样，仍应以涵洞轴线为基准进行。这样误差不会影响到涵身的正确位置</p> <p>(4) 涵洞的各个细部的高程，均根据附近的水准点用水准测量方法设定。对于基础面纵坡的测设，当涵洞顶部填土在 2m 以上时，应预留拱度，以便路堤下沉后仍能保持涵洞应有的坡度</p>
2	图示	 <p>图 12-41 涵洞基础的测设</p>  <p>图 12-42 利用龙门板测设基础及基坑边线</p>

# 第 13 章 隧道工程施工测量与放线

## 13.1 初测与定测

隧道工程施工前，必须通过测量对施工现场进行勘测和调查。隧道勘测和调查工作一般分两步进行，即初测和定测。测量阶段不同，其测量要求也不相同。公路隧道施工测量的主要任务，是要保证隧道相向开挖时，能够按规定的精度正确贯通；并使隧道在施工后衬砌部分和洞内建筑物不超过规定的界限。

### 13.1.1 隧道初测

在隧道初测时，应按表 13-1 的要求进行。

表 13-1 隧道初测

序 号	基 本 要 求
1	初测前搜集与调查隧址自然地理、环境状态、地形、地质、水文、气象、地震等资料
2	在隧道进行勘测、调查时，如相邻隧道洞口纵向间距小于表 13-2 规定，宜作为一整座隧道进行勘测
3	在隧道控制测量初测阶段，可不专门布设隧道平面和高程控制网，但在布设路线控制测量网时应在隧道进出口各布设 2 个以上平面控制点及 2~3 个高程控制点。平面控制点间距应大于 500 m，满足隧道平面和高程控制网加密的需要。同时布设的控制点应纳入路线控制测量进行施测
4	隧道地形图测量范围，横向应为中线两侧各 200 m 左右，当辅助工程需要或地质情况复杂时，可适当增宽；纵向为估计挖方零点以外不小于 200 m，分离式隧道应测至整体式路基汇合点以外 100 m
5	隧道定线及放桩应符合下列要求： ① 应在拟定的概略隧址范围内，对初拟各隧道轴线、不同洞口位置及相应连接线进行勘测与调查； ② 应在实地放出洞口附近的中线，并现场核查和测绘洞口纵、横断面； ③ 隧道洞身段应根据地质勘察及钻探需要现场放桩

表 13-2 相邻隧道洞口纵向间距

公路等级	高速、一级公路	二级公路	三级公路	四级公路
相邻隧道洞口纵向间距/m	250	160	120	80

### 13.1.2 隧道定测

在隧道定测时，应按表 13-3 的要求进行。

表 13-3 隧道定测

序号	项目	基本要求
1	隧道方案的核查与落实	<p>(1) 对隧道所在位置的地形、地质、水文地质、环境等内容进行核实和补充调查</p> <p>(2) 隧道轴线、洞口、辅助坑道口的布置是否正确, 洞内中线及其连接线的技术标准是否符合规定, 平面、纵断面、横断面是否协调</p> <p>(3) 隧道排水、附属设施及施工方案是否经济合理</p> <p>(4) 检测初测所设的控制点, 如有丢失或损坏应补测并联测</p> <p>(5) 核查地形图是否满足设计要求</p>
2	隧道洞顶及连接线路线定测	<p>(1) 左、右行分离的隧道连接线起讫点, 宜测至分离式路基与整体式路基汇合处以外 50m; 当为较长分离式路基时, 则每幅路基测至一个平曲线以外</p> <p>(2) 洞顶路线中线桩, 除公里桩、转点桩、平曲线特征桩、地形桩、地质桩外, 其他桩可不测设。在洞口附近应根据地形、地质情况适当加桩, 桩距应小于 10m</p>
3	横断面测量	<p>(1) 洞身地段, 当洞顶或洞身外侧覆盖层较薄或穿越地质不良地段时, 应实测横断面</p> <p>(2) 洞口地段中线上加桩均应施测横断面</p> <p>(3) 连接线横断面测量与路线测量要求相同</p>
4	洞外控制测量	<p>(1) 对于中、长、特长隧道, 当路线平面控制测量的精度和控制点分布不能满足隧道设计需要时, 应在定测阶段布设隧道专用平面控制测量网</p> <p>(2) 隧道平面控制测量可采用 GPS 测量、三角测量、三边测量、导线测量等方法, 其等级和技术要求, 应根据初设的隧道长度确定</p> <p>(3) 隧道平面测量控制网采用的坐标系宜与路线控制测量相同, 但当路线测量坐标系的长度投影变形对隧道控制测量的精度产生影响时, 应采用独立坐标系, 其投影面宜采用隧道纵面设计高程的平均高程面</p> <p>(4) 隧道平面测量控制网应采用自由网的形式, 选定基本平行于隧道轴线的一条长边作为基线边与路线控制点联测, 作为控制网的起算数据。联测的方法和精度与隧道控制网的要求相同</p> <p>(5) 各洞口附近应设置 2 个以上相互通视平面控制点, 点位应便于引测进洞</p> <p>(6) 控制网的选点, 应结合隧道平面线形及施工时放样洞口 (包括辅助道口) 投点的需要布设; 结合地形、地物, 力求图形简单; 在确保精度的前提下, 充分考虑观测条件测站稳固、交通方便等因素</p> <p>(7) 特长、长隧道宜进行控制测量设计。应首先在地形图上选点, 并估算其洞口投点的误差, 选用合理图形。并宜对特长、长隧道横向贯通中误差进行预计, 对施工阶段所使用的仪器等级、测量方法作出建议。隧道内相向施工中线的贯通中误差应符合表 13-4 的规定</p> <p>(8) 当初测阶段布设路线平面控制测量的精度和控制点分布可以满足设计和施工需要时, 应进行检测。当检测成果在限差以内时, 采用初测成果; 当检测成果超出限差时, 应复测并重新计算</p>
5	隧道高程控制测量	<p>(1) 对于长、特长隧道, 当路线高程控制测量的等级、精度和控制点分布不能满足设计需要时, 应在定测阶段前布设隧道专用高程控制测量网</p> <p>(2) 隧道专用高程控制测量的等级和技术要求, 应根据隧道长度和水准路线长度确定。隧道高程控制测量宜采用独立网</p> <p>(3) 在隧道洞口附近 (包括辅助坑道口) 应各设置 2 个及以上水准点</p> <p>(4) 当路线高程控制测量的等级、精度和控制点分布满足规范要求时, 应对初测施测高程控制网进行检测。其高差不符合在规定限差以内时, 采用初测成果; 超出限差时必须进行复测并重新计算</p>
6	隧道地形图测量	<p>(1) 应对初测地形图进行现场核对, 地形图的范围应能满足地质调绘和其他设计需要; 地形、地物发生变化或地形图范围不足时, 应进行修测和补测</p> <p>(2) 按最终确定的洞口位置测绘洞口地形图, 比例尺为 1:500, 其范围一般为前、后、左、右各宽 60~100m; 当有引桥、改沟 (防护) 等工程处理措施时, 应根据设计需要扩大测绘范围</p>
7	其他	隧道轴线与洞外连接线的衔接, 应以隧道控制测量为准, 对路线控制重新进行平差计算

表 13-4 贯通中误差

测量部位	两开挖洞口间长度/m			高程中误差/mm
	<3 000	3 000 ~ 6 000	>6 000	
	贯通中误差/mm			
洞 外	$\leq \pm 45$	$\leq \pm 60$	$\leq \pm 90$	$\leq \pm 25$
洞 内	$\leq \pm 60$	$\leq \pm 80$	$\leq \pm 120$	$\leq \pm 25$
全部隧道	$\leq \pm 75$	$\leq \pm 100$	$\leq \pm 150$	$\leq \pm 35$

## 13.2 隧道地面控制测量

### 13.2.1 资料收集

在布设地面控制网之前，通常收集隧道所在地区的 1:2 000、1:5 000 大比例尺地形图，隧道所在地段的路线平面图，隧道的纵、横断面图，各竖井、斜井、水平坑道及隧道的相互关系位置图，隧道施工的技术设计及各个洞口的机械、房屋布置的总平面图等。

此外，还应收集该地区原有的测量资料，地面控制资料及气象、水文、地质和交通运输等方面的资料。

### 13.2.2 现场踏勘

对所收集到的资料进行阅读、研究之后，为了进一步判定已有资料的正确性和全面、具体地了解实地情况，要对隧道所穿越的地区进行详细踏勘。

踏勘路线一般是沿着隧道路线的中线、以一端洞口向着另一端洞口前进，观察和了解隧道两侧的地形、水源、居民点和人行便道的分布情况。应特别留意两端洞口路线的走向、地形和施工设施的布置情况。结合现场，对地面控制布设方案进行具体、深入的研究。另外，勘测设计人员还要对路线上的一些主要桩点如交点、转点、曲线主点等进行交接。

如果隧道地区有大比例尺地形图，则在图上选点布网，然后将其测设到实地上。如果没有大比例尺地形图，就只能到现场踏勘进行实地选点，确定布设方案。

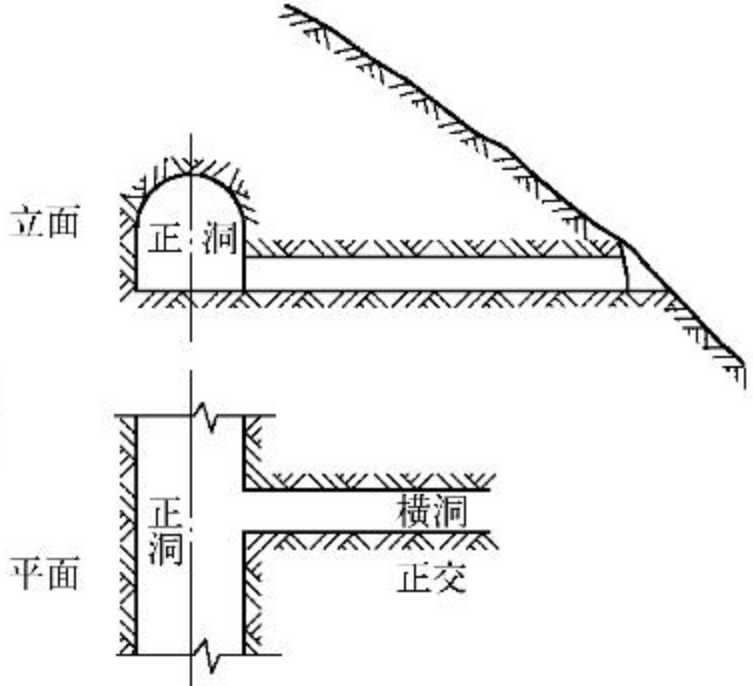
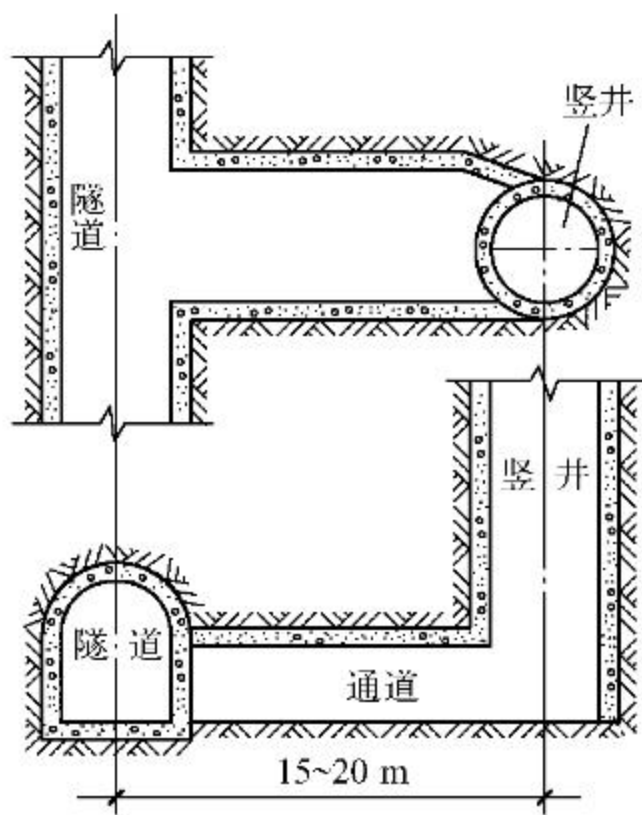
### 13.2.3 隧道开挖方式

隧道施工总是由两端对向开挖。对于较长的隧道，常需选择一些像横洞、斜井、竖井之类的辅助坑道，来增加工作面，见表 13-5。

表 13-5 辅助坑道

序 号	有关要求
1	横洞的布置如图 13-1 所示。对于正交的横洞，为便于来往车辆运输，相交处要用适当半径的圆曲线连接。横洞应该具有与正洞相交处向外不小于 3% 的下坡
2	斜井的布置，一般要求斜井倾角不大于 $25^\circ$ ，斜井与隧道中线水平角不宜小于 $40^\circ$ ，井底与隧道接头处，宜用平道连接，其长度多为 15 ~ 25 m，并设置竖曲线
3	竖井的位置以设在隧道中心线一侧为宜。竖井中心与隧道中心之间的距离一般为 15 ~ 20 m，其间用通道连接，如图 13-2 所示，但竖井也有在隧道正上方直接连接的

续表

序 号	有关要求
	 <p style="text-align: center;">图 13-1 横洞的布置</p>
4	 <p style="text-align: center;">图 13-2 竖井的布置</p>

### 13. 2. 4 洞外控制测量

#### 1. 洞外平面控制测量

洞外平面控制测量见表 13- 6。

表 13- 6 洞外平面控制测量

主要任务	测定相向开挖洞口各控制点的相对位置，并和路线中线联系，以便根据洞口控制点进行开挖，使隧道按设计的方向和坡度以规定的精度贯通
控制方法	主要有中线法、导线法和三角测量法三种

#### 1) 控制点的设置

隧道地面控制网怎样布设为宜，应根据隧道的长短、隧道经过的地区地形情况、横向贯通误差的大小、所用仪器情况和建网费用等方面进行综合考虑，见表 13- 7。

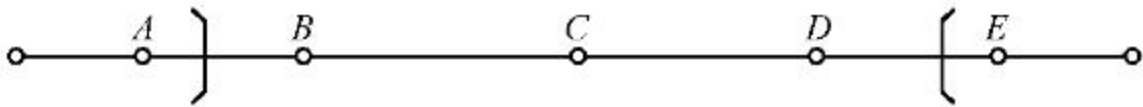
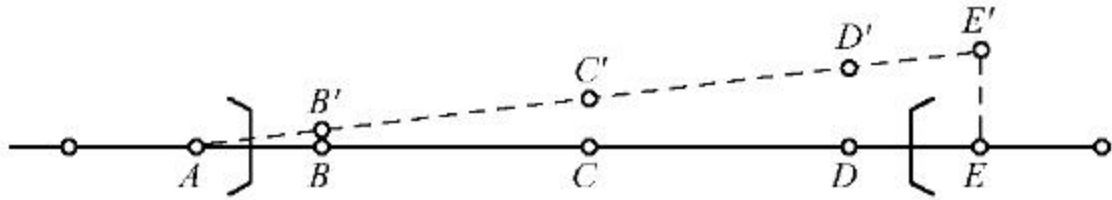
表 13-7 隧道平面测量控制点的设置要求

序 号	设置要求
1	采用的坐标系宜与路线控制测量相同,但当路线测量坐标系的长度投影变形对隧道控制测量的精度产生影响时,应采用独立坐标系,其投影面宜采用隧道纵面设计高程的平均高程面
2	隧道平面测量控制网应采用自由网的形式,选定基本平行于隧道轴线的一条长边作为基线边与路线控制点联测,作为控制网的起算数据。联测的方法和精度与隧道控制网的要求相同
3	各洞口附近设置 2 个以上相互通视平面控制点,点位应便于引测进洞
4	选点应结合隧道平面线形及施工时放样洞口(包括辅助道口)投点的需要布设;结合地形、地物,力求图形简单;在确保精度的前提下,充分考虑观测条件、测站稳固、交通方便等因素

## 2) 中线法平面控制测量

中线法就是在隧道洞顶地面上用直接定线的方法,把隧道的中线,每隔一定距离用控制桩精确地标定在地面上,作为隧道施工引测进洞的依据,见表 13-8。

表 13-8 中线法平面控制测量

序 号	基本要求
1	<p>如图 13-3 所示, <math>A</math>、<math>E</math> 为定测时路线的中线点(也是洞口控制桩)。 <math>B</math>、<math>C</math>、<math>D</math> 为隧道洞顶的中线控制桩。由于洞口两点不通视,需要在洞顶地面上反复校核中线控制桩是否精确地在线路中线上。通常采用正倒镜分中延长直线法或拨 <math>180^\circ</math> 分中取平均点位的方法从一端洞口的控制点向另一端洞口的延长直线。如图 13-4 所示,设从进口控制点 <math>A</math> 按概略方向向出口延长直线,在洞顶地面上得到中线点 <math>B'</math>、<math>C'</math>、<math>D'</math>、<math>E'</math>,但最后出口控制点 <math>E</math> 不在此延长线上。此时可以量出 <math>EE'</math> 的长度,按比例关系算出 <math>B</math> 点偏离中线的距离 <math>BB'</math>,即:</p> $BB' = \frac{AB'}{AE'} \cdot EE' \quad (13-1)$ <p>式(13-1)中 <math>AB'</math>、<math>AE'</math> 长度可用视距方法取得。然后在 <math>B'</math> 接近似垂直 <math>AB'</math> 方向量取 <math>BB'</math> 长度定出 <math>B</math> 点。再自 <math>A</math> 点开始,延长 <math>AB</math> 定出 <math>C</math>、<math>D</math> 各点,看是否通过 <math>E</math> 点,如有偏差仍按上述方法继续改正 <math>B</math> 点。经过几次趋近后,确定 <math>C</math>、<math>D</math>……各中线控制点并埋设标志, <math>AE</math> 准确距离可用钢尺直接丈量或采用测距仪等方法取得,但应保证其相对精度不低于 <math>1/4000</math>。施工时将经纬仪置于洞口控制桩 <math>A</math> 或 <math>E</math> 上,瞄准 <math>B</math> 或 <math>D</math> 点,即可向洞内延伸中线。这个方法适用于比较短的直线隧道</p>
	 <p>图 13-3 中线控制桩的设置</p>
2	 <p>图 13-4 正倒镜分中延长直线法</p>

## 3) 导线法平面控制测量

隧道洞外导线测量和经纬仪导线测量方法相同,但它的精度要求较高,所以测角和量边均用较精密的仪器和方法。导线布设也必须按照隧道建筑的要求来确定,见表 13-9。

表 13-9 导线法平面控制测量

序 号	有关要求
1	在直线隧道中,为减少导线测距误差对隧道横向贯通的影响,应当尽可能地将导线沿着隧道的中线布设。导线点数不宜过多,以减少测角误差对横向贯通的影响
2	对于曲线隧道,导线应沿两端洞口连线布设成直伸导线为宜,并应将曲线的起点、终点和曲线切线上的两点包含在导线中。这样,曲线的转角就可根据导线测量结果计算出来,以此便可将路线定测时所测得的转角加以修正,从而获得更为精确的曲线测设元素



续表

序号	有关要求
3	在有横洞、斜井和竖井的情况下,导线应经过这些洞口,以减少洞口投点
4	为增加校核条件,提高导线测量的精度,通常都使其组成闭合环,也可以采用主、副导线闭合环,副导线只观测转折角。为了便于检查,保证导线的测角精度,应考虑增加闭合环个数以减少闭合环中的导线点数
5	为减小仪器误差对测角的影响,导线点之间的高差不宜过大,视线应高出障碍物或地面1 m以上,以减小地面折光和旁折光的影响。对于高差较大的测站,常采用每次观测都重新整平仪器的方法进行多组观测,取多组观测值的均值作为该站的最后结果
6	导线环的水平角观测,应以总测回数的奇数测回和偶数测回分别观测导线的左角和右角,并在测左角起始方向配置度盘位置
7	导线应尽可能通过隧道两端洞口及各辅助坑道口的进洞点,使这些点能成为主导线点。有时受条件限制,辅助坑道口的进洞点不便直接确定为主导线点时,可作为支导线点,这些点至少与两个主导线点联测,以保证其精度
8	在确定控制点位置时,应使每个洞口不少于三个能彼此联系的平面控制点(包括洞口插点及其附近的三角点,导线点),以便于进洞时进行检测,或某个点在施工中被破坏后,易于补测
9	导线的角度通常采用J <sub>2</sub> 型经纬仪,以测回法进行观测。洞外导线的量距精度要求较高,一般要求1/5 000~1/10 000。在山岭地区宜用全站仪测距

## 4) 三角测量法平面控制测量

当隧道较长地形起伏多变,不使用导线法作洞外平面控制时,常采用三角测量法,见表13-10。

表13-10 三角测量法平面控制测量

序号	有关要求
1	地面三角测量通常布设成线形三角锁,测量一条或两条基线。由于光电测距仪的广泛使用,常采用测数条边或全部边的边角网
2	在布设三角网时,以满足隧道横向贯通的精度要求为准,而不以最弱边和相对精度为准。三角网尽可能布设为垂直于贯通面方向的直伸三角锁,并且要使三角锁的一侧靠近隧道线路中线。除此之外还应将隧道两端洞外的主要控制点纳入网中
3	三角锁的图形一般为三角形,传距角一般不小于30°。个别图形强度过差,可用大地四边形。三角形的个数及推算路线上的三角点点数宜少,因此可适当降低图形强度
4	每个洞口附近应设不少于3个三角点,如果个别点直接作为三角点有困难,也可用插点的方式。三角锁与插点是主网和附网的关系,属于同级。插点应以与主网相同的精度进行观测,并与主网一起平差。布网时还须考虑与路线中线控制桩的联测方式
5	观测时要在测站观测的各目标中选择一个距离适中、成像清晰、竖直角较小的方向作为零方向。这样在各测回的观测中便于找到零方向,以此为参考从而找到其他方向
6	在观测过程中,每2~3测回将仪器和目标重新对中一次。这样做会使方向观测值中包含仪器和目标对中的误差,因而在各测回同一方向值互差中,比不重新对中更容易超限。但将各测回的同方向取平均值后,能减弱仪器对中误差和目标偏心差的影响,从而最终提高了方向的观测精度
7	<p>在方向观测作业结束后,应按方向观测值计算三角形角度闭合差,以检查是否满足限差要求。三角形角度闭合差的限差按下式计算:</p> $f_{\beta} = 2m_r''\sqrt{6} = 4.90m_r'' \quad (13-2)$ <p>式中,<math>m_r''</math>——三角网所需的方向观测中误差。</p> <p>三角网实际方向观测中误差应按下式计算:</p> $m_r'' = \pm \sqrt{\frac{[\omega\omega]}{6n}} \quad (13-3)$ <p>式中,<math>\omega</math>——三角网各三角形的角度闭合差,以秒为单位;  <math>n</math>——三角网三角形的个数</p>

## 2. 洞外高程控制测量

隧道高程控制测量的任务，是按照规定的精度，施测隧道洞口附近水准点的高程。根据两洞口点间的高差和距离，可以确定隧道底面的设计坡度，并按设计坡度控制隧道底面开挖的高程，见表 13-11。

表 13-11 洞外高程控制测量

序号	项目	有关要求
1	水准路线	水准路线应选择在连接两端洞口最平坦和最短的地段，以期达到设站少、观测快、精度高的要求。水准路线应尽量直接经过辅助坑道附近，以减少联测工作。每一洞口埋设的水准点应不少于 2 个，2 个水准点间的高差，以能安置一次水准仪即可联测为宜，两端洞口之间的距离大于 1 km 时，应在中间增设临时水准点，水准点间距以不大于 1 km 为宜。洞外高程控制通常采用三、四等水准测量方法，往返观测或组成闭合水准路线进行施测
2	水准测量等级	<p>(1) 地面水准测量的等级须通过现场踏勘，将两洞口水准点间的水准路线大致确定之后，估出（可借助于地形图）水准路线的长度（指单程长度），使用表 13-12 确定，并可由此知道应该选用的水准仪的级别及所用水准尺的类型</p> <p>(2) 地面水准测量的等级也可由以下方法确定</p> <p>① 首先求出每公里高差中数的中误差：</p> $M_{\Delta} = \pm \frac{18}{\sqrt{R}} \quad (13-4)$ <p>式中，<math>R</math>——水准路线的长度，以 km 计。然后按 <math>M_{\Delta}</math> 值的大小及规范规定值选定水准测量等级</p> <p>② 隧道水准点的高程，应与路线水准点采用统一高程。所以，一般是采用洞口附近一个路线水准点的高程作为起算高程。如遇特殊情况，也可暂时假定一个水准点的高程作为起算高程，待与路线水准点联测后，再将高程系统统一起来</p> <p>③ 布设水准点时，每个洞口附近埋设的水准点不应少于 2 个。2 个水准点之间的高差，以安置一次仪器即可联测为宜。并且，水准点的埋设位置应尽可能选在能避开施工干扰、稳定坚实的地方</p>

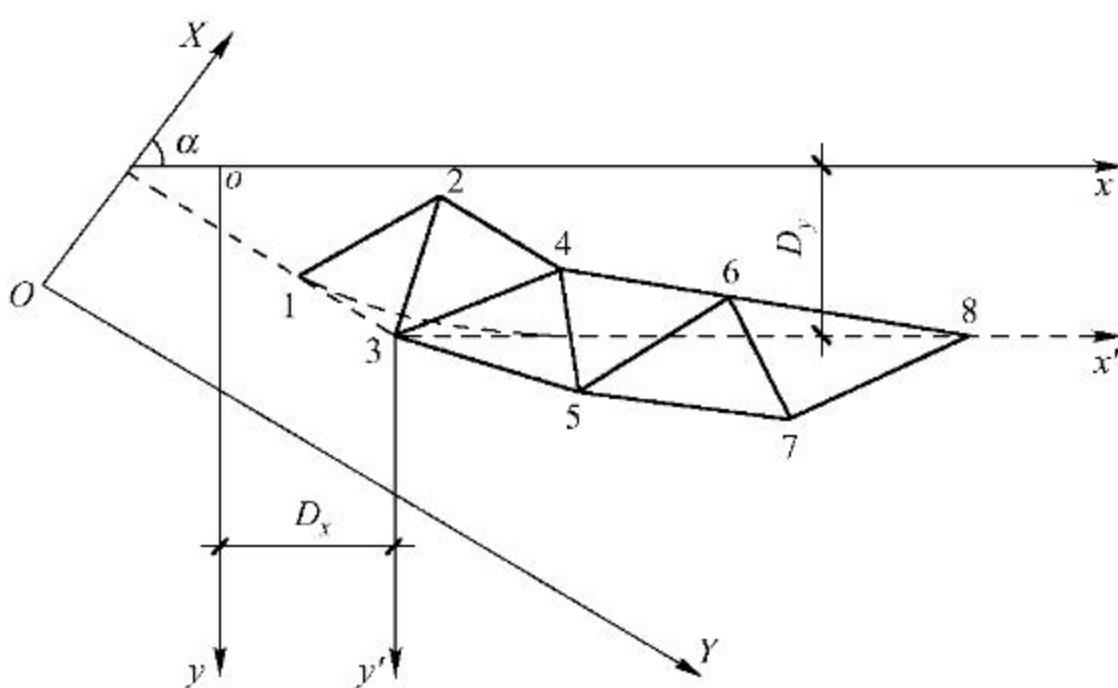
表 13-12 地面水准测量等级的确定

等级	两洞口间水准路线长度/km	水准仪型号	标尺类型
二	> 36	$S_{0.5}, S_1$	因瓦精密水准尺
三	13 ~ 36	$S_1$	因瓦精密水准尺
		$S_3$	木质普通水准尺
四	5 ~ 13	$S_3$	木质普通水准尺

### 13.2.5 测量坐标与施工坐标的换算

地面平面控制测量的坐标，可任意选用一平面直角坐标系，通常为了计算和施工时使用方便，在施工时常使地面控制网的坐标系的一个坐标轴，如  $x$  轴或  $y$  轴，平行或重合于隧道路线中线的较长直线的方向。在施工中，所有导线点、路线中线点，观其坐标就可知这些点是否在中线上。所以，在施工中常常需要将地面控制测量坐标变换为施工坐标。测量坐标与施工坐标的换算见表 13-13。

表 13-13 测量坐标与施工坐标的换算

序 号	基 本 要 求
1	<p>(1) 如图 13-5 所示, 地面三角网原采用的测量坐标系为 <math>X</math>、<math>Y</math>。隧道路线中线进口端为曲线, 出口端为直线。施工坐标拟采用 <math>x</math> 轴与隧道路线中线直线部分平行, 即平行于曲线切线方向, 且使各点坐标均为正值, 便于施工中使用。图中 3 点为曲线交点, 3~8 点为切线方向。首先将原测量坐标系 <math>X</math>、<math>Y</math> 变换为以 3 点为原点, 3~8 点切线方向为 <math>x</math> 轴的坐标系 <math>x'</math>、<math>y'</math>。变换公式为:</p> $\begin{aligned} x' &= (X - X_0) \cos \alpha + (Y - Y_0) \sin \alpha \\ y' &= (Y - Y_0) \cos \alpha - (X - X_0) \sin \alpha \end{aligned} \quad (13-5)$ <p>式中, <math>X_0</math>、<math>Y_0</math>——<math>x'</math>、<math>y'</math>坐标系原点 (这里是 3 点) 在原测量坐标系内的坐标;  <math>\alpha</math>——坐标轴顺时针方向旋转的角度  3~8 点方向在原测量坐标系中的坐标方位角, 可按下式计算:</p> $\alpha = \arctan \frac{Y_8 - Y_3}{X_8 - X_3} \quad (13-6)$ <p>式中, <math>X_3</math>、<math>Y_3</math>、<math>X_8</math>、<math>Y_8</math>——3 点和 8 点在原测量坐标系中的坐标</p> <p>(2) 为使施工坐标系的坐标值均为正值, 还应将 <math>x'</math>、<math>y'</math>坐标系平移, 使整个控制网置于坐标系的第一象限, 平移后的坐标系为 <math>x</math>、<math>y</math>坐标系。设 <math>x</math> 轴平移 <math>D_y</math> 距离, <math>y</math> 轴平移 <math>D_x</math> 距离, 所以最终使用的施工坐标 <math>x</math>、<math>y</math> 为:</p> $\begin{aligned} x &= x' + D_x \\ y &= y' + D_y \end{aligned}$ <p>由于 <math>x' = (X - X_0) \cos \alpha + (Y - Y_0) \sin \alpha</math>  <math>y' = (Y - Y_0) \cos \alpha - (X - X_0) \sin \alpha</math>  <math>\alpha = \arctan \frac{Y_8 - Y_3}{X_8 - X_3}</math></p> <p>则</p> $\begin{aligned} x &= (X - X_0) \cos \alpha + (Y - Y_0) \sin \alpha + D_x \\ y &= (Y - Y_0) \cos \alpha - (X - X_0) \sin \alpha + D_y \end{aligned} \quad (13-7)$
2	 <p style="text-align: center;">图 13-5 测量坐标与施工坐标的互换</p>

### 13.2.6 路线引测进洞数据的计算

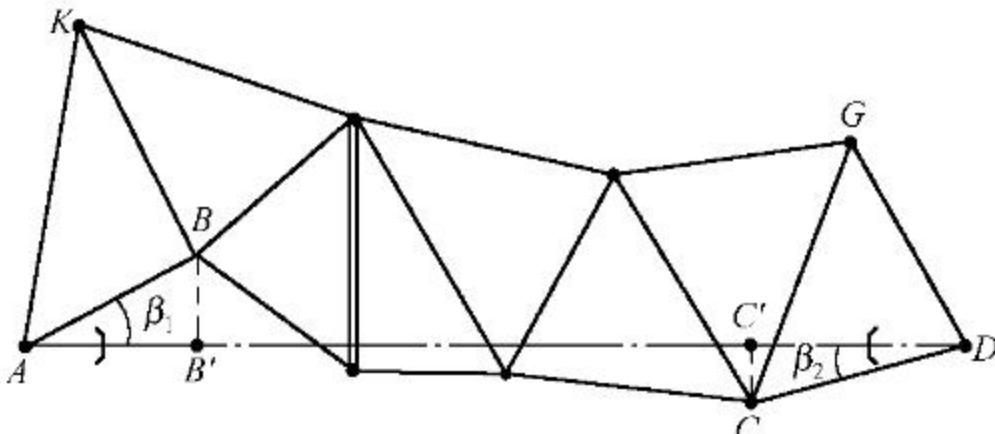
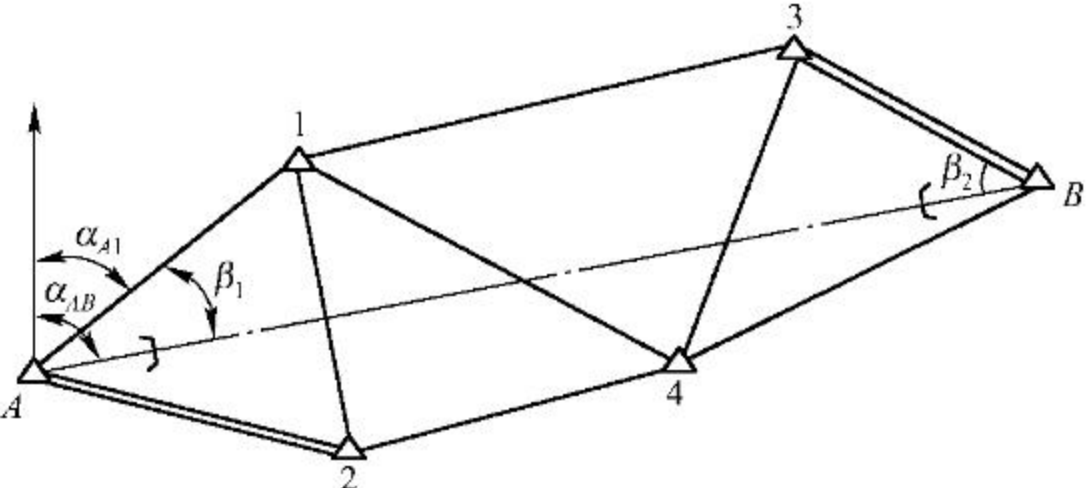
洞外平面和高程控制测量完成后, 即可进一步把相向开挖洞口附近的路线中线点 (各洞口最少 2 个中线点) 用平面和高程控制网精确求出其坐标和高程, 同时计算洞内特定点的设计坐标。施工时可按坐标反算的方法, 求得洞内设计点和洞口附近控制点之间的距离、角度和高差关系 (测设数据)。根据这些测设数据, 就可以采用极坐标法或其他方法, 测设洞内设计点位, 从而指导隧道施工。

1. 直线隧道进洞关系数据的计算

直线隧道进洞关系数据的计算见表 3-14。

表 13-14 直线隧道进洞关系数据的计算

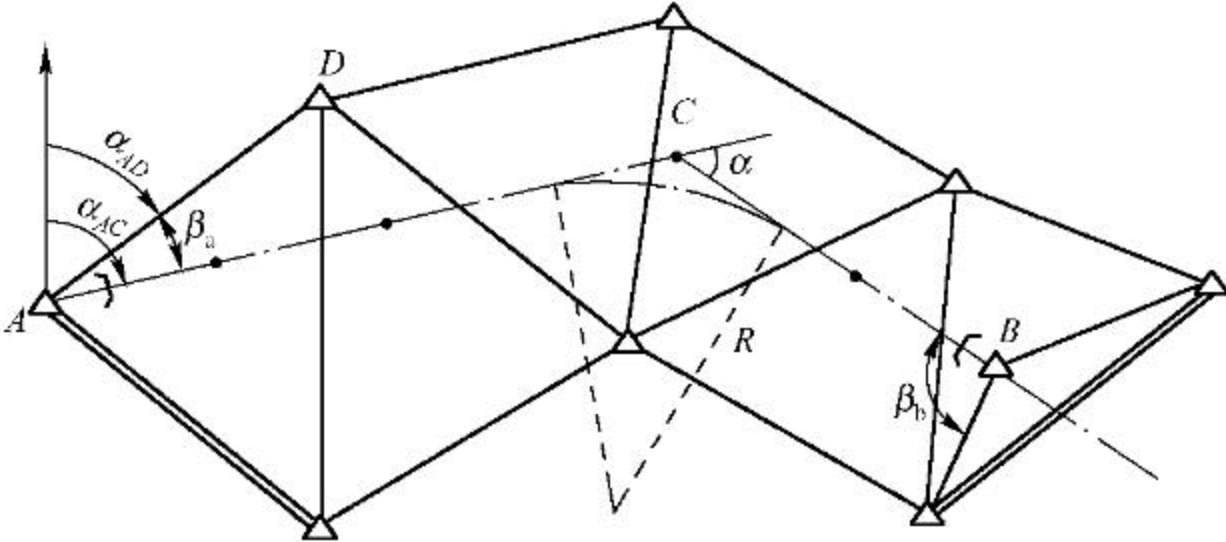


序 号	主要内容
1	<p>(1) 直线隧道通常在洞口设置 2 个控制点, 如图 13-6 所示, A、B、C、D 为路线测量时设置的 4 个转点, A、D 作为两洞口标准控制点。在地面控制布网时, 将 4 点纳入网中。在得到 4 点的精密坐标值之后, 即可反算 AB、CD 和 AD 的坐标方位角及直线长度。AD 与 AB 坐标方位角之差即为 <math>\beta_1</math> 值; DA 与 DC 坐标方位角之差即为 <math>\beta_2</math> 值, 于是 B 点对于 AD 的垂距 <math>BB'</math>、C 点对于 AD 的垂距 <math>CC'</math> 可计算出</p> <p>(2) 为了测设 B' 点, 可将经纬仪置于 B 点, 后视 A 点, 逆时针拨角 <math>(90^\circ - \beta_1)</math>, 按视线方向量出 <math>BB'</math> 长度取得 B' 点位。同法可以测设 C' 点。此时 B'、C' 即在 AD 直线上, B'、C' 即可作为方向标使用。以上 B'、C' 方向标的测设, 通常称为隧道控制点的移桩</p> <p>(3) 路线进洞时, 将经纬仪置于 A 点 (D 点), 瞄准 B' 点 (C' 点), 即得进洞的方向。为了避免仪器轴系误差的影响, 通常采用正倒镜分中定向的方法。洞内路线中线各点的坐标应根据标准控制点 A、D 的坐标计算, 而不能使用 B'、C' 点计算</p> <p>(4) 当洞口仅设置一个控制点时, 如图 13-7 所示, 洞口标准控制点 A、B 位于三角网的两端, 各三角点的坐标为 <math>(x_i, y_i)</math>, 为确定 A、B 点洞口隧道中线掘进方向, 需计算出 <math>\beta_1</math>、<math>\beta_2</math> 和 AB 水平距离 <math>D_{AB}</math>。</p> $\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{A1}$ $\beta_2 = \alpha_{B3} - \alpha_{BA}$ <p>用坐标反算的方法, 可求出以上二式中诸方位角为:</p> $\alpha_{AB} = \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$ $\alpha_{A1} = \arctan \frac{y_1 - y_A}{x_1 - x_A}$ $\alpha_{B3} = \arctan \frac{y_3 - y_B}{x_3 - x_B}$ $\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ \tag{13-8}$ <p>同样按坐标反算法可求 <math>D_{AB}</math>:</p> $D_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha_{BA}} = \frac{x_B - x_A}{\cos \alpha_{BA}}$ $D_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \tag{13-9}$ <p>以上角值应计算到秒, 距离应计算到毫米。现场施工时, 在实地安置仪器于 A 点后视 1 点, 拨水平角 <math>\beta_1</math> 即为 AB 进洞方向; 同样置仪器于 B 点后视 3 点, 拨角 <math>(360^\circ - \beta_2)</math> 即为 BA 进洞方向</p>
2	 <p>图 13-6 直线隧道控制点的移桩</p>  <p>图 13-7 直线隧道掘进方向</p>

### 2. 设有曲线段隧道掘进方向数据的计算

设有曲线段隧道掘进方向数据的计算见表 13-15。

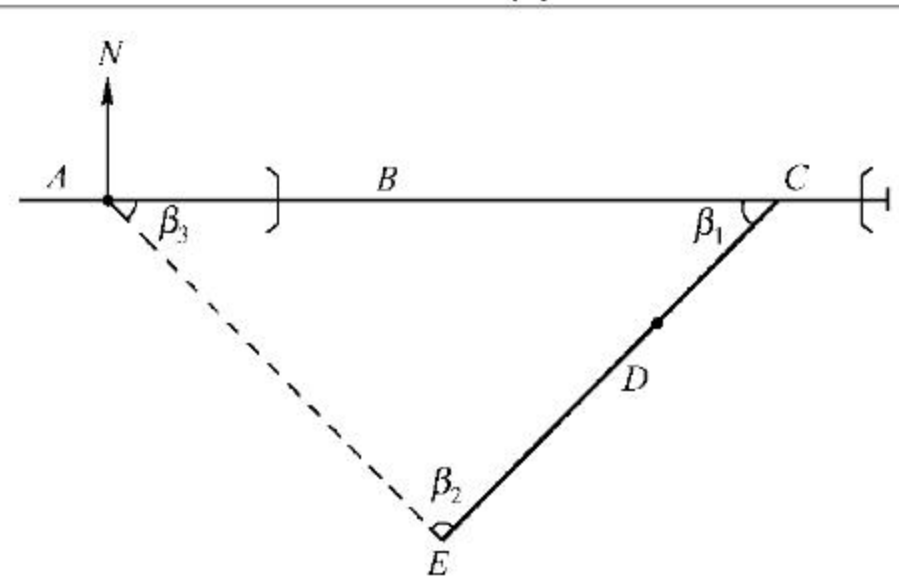
表 13-15 设有曲线段隧道掘进方向数据的计算

序号	主要内容
1	用三角网控制的曲线隧道掘进方向如图 13-8 所示。设各三角点坐标为 $(x_i, y_i)$ ，已知路线转折点 $C$ (JD) 的坐标和曲线半径 $R$ 。有了这些洞内洞外的数据，同样可按坐标反算的方法求得 $\beta_a$ 、 $\beta_b$ 及有关距离，从而可在实地标定出直线段隧道进洞开挖方向和控制其开挖长度。当开挖至曲线段隧道的位置时，可以按照测设道路圆曲线的方法指导隧道的掘进
2	 <p style="text-align: center;">图 13-8 曲线隧道掘进方向</p>

### 3. 辅助巷道进洞关系数据的计算

辅助巷道进洞关系数据的计算见表 13-16。

表 13-16 辅助巷道进洞关系数据的计算

序号	主要内容
1	<p>(1) 如图 13-9 所示，对设有辅助巷道的隧道，为直线隧道上设一横洞，<math>A</math>、<math>B</math> 为正洞洞口控制点，<math>D</math>、<math>E</math> 为横洞洞口控制点，其坐标均为已知。引进数据计算，主要是算出 <math>D</math>、<math>E</math> 为正洞中线的交角 <math>\beta_1</math>，<math>E</math> (或 <math>D</math>) 点到正洞与横洞交点 <math>C</math> 的距离和 <math>A</math> 点到 <math>C</math> 点的跨度</p> <p>(2) 按坐标反算的方法分别求出 <math>BA</math>、<math>DE</math>、<math>AE</math> 之方位角 <math>\alpha_{BA}</math>、<math>\alpha_{DE}</math>、<math>\alpha_{AE}</math> 及 <math>AE</math> 之距离 <math>D_{AE}</math>，则有：</p> $\begin{aligned} \beta_1 &= \alpha_{BA} - \alpha_{DE} \\ \beta_2 &= \alpha_{ED} - \alpha_{EA} \\ \beta_3 &= \alpha_{AE} - \alpha_{AB} \end{aligned} \quad (13-10)$ <p>在 <math>\triangle ACE</math> 中，已知 3 个内角 <math>\beta_1</math>、<math>\beta_2</math>、<math>\beta_3</math> 和 1 个边长 <math>D_{AE}</math>，则有：</p> $\begin{aligned} D_{AC} &= \frac{D_{AE} \sin \beta_2}{\sin \beta_1} \\ D_{EC} &= \frac{D_{AE} \sin \beta_3}{\sin \beta_1} \end{aligned} \quad (13-11)$
2	 <p style="text-align: center;">图 13-9 辅助巷道掘进方向</p>

### 13.2.7 洞口掘进方向的标定

隧道贯通的横向误差主要由测设隧道中线方向的精度所决定，而进洞时的初始方向尤为重要。因此，在隧道洞口，要埋设若干个固定点，将中线方向标定于地面上，作为开始掘进及以后洞内控制点联测的依据，见表 13-17。

表 13-17 洞口掘进方向的标定

序号	主要内容
1	<p>(1) 如图 13-10 所示，用 1、2、3、4 桩标定掘进方向，再在大致垂直于掘进方向上埋设 5、6、7、8 桩，掘进方向桩要用混凝土桩或石桩，埋设在施工过程中不受损坏、不被扰动的地方，并量出进洞点 A 至 2、3、6、7 等桩的距离</p> <p>(2) 有了方向桩和距离数据，在施工过程中可随时检查或恢复进洞点的位置。有时在现场不能丈量距离，则可在各 45° 方向再打两对桩，成米字形控制，用 4 个方向线把进洞点固定下来</p>

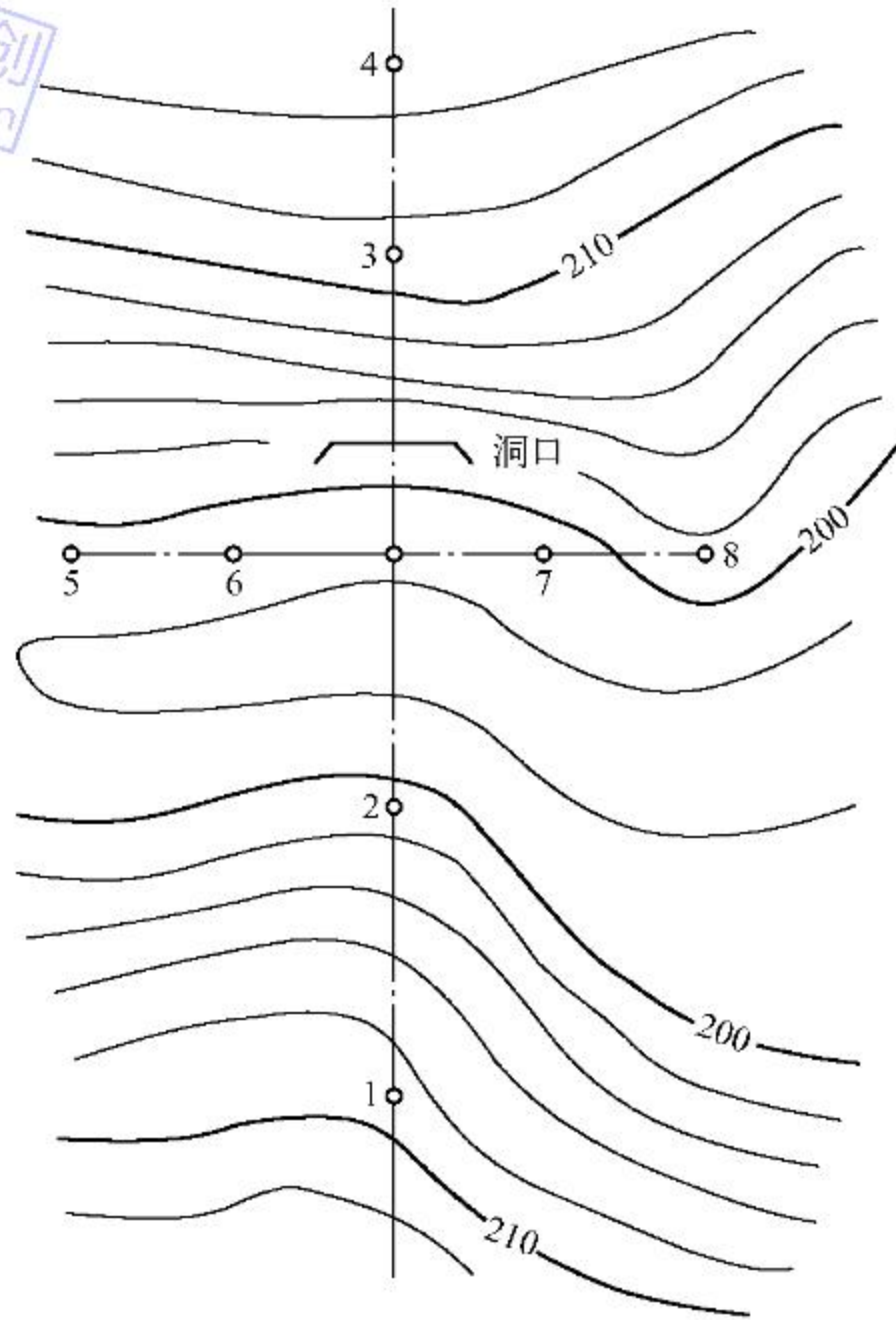


图 13-10 洞口控制点和掘进方向标定

## 13.3 隧道洞内施工测量

### 13.3.1 洞内导线测量

洞内导线测量的目的是以必要的精度，按照地面控制测量的坐标系统，建立洞内的平面控制系统。根据洞内导线的坐标，测设隧道中线、放样隧道衬砌位置及其他附属设施，定出隧道开挖的方向，保证相向开挖的隧道在规定的精度范围内贯通。

## 1. 洞内导线的布设形式

## 1) 洞内导线应满足的条件

洞内导线应满足的条件见表 13-18。

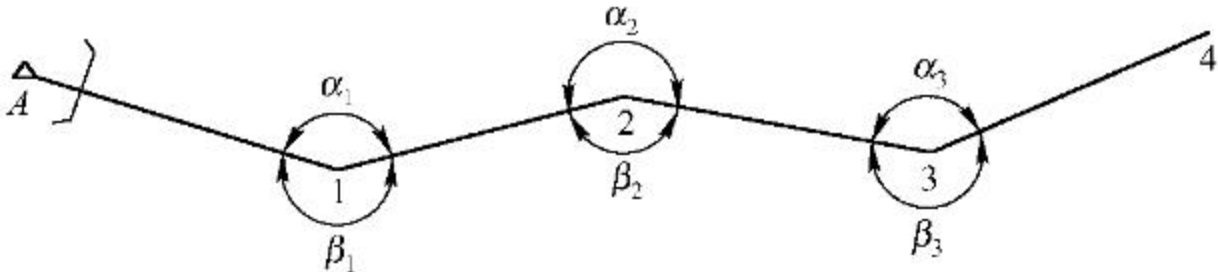
表 13-18 洞内导线应满足的条件

序号	应满足的条件
1	应尽可能地有利于提高导线临时端点（开挖面前的导线点）的点位精度
2	新设立的导线点必须有可靠的检核，避免发生任何错误。在把导线向前延伸的同时，对已设立的导线点应设法进行检查，及时察觉由于山体压力或洞内施工、运输等影响而产生的点位位移

## 2) 单导线的布设形式

单导线的布设形式见表 13-19。

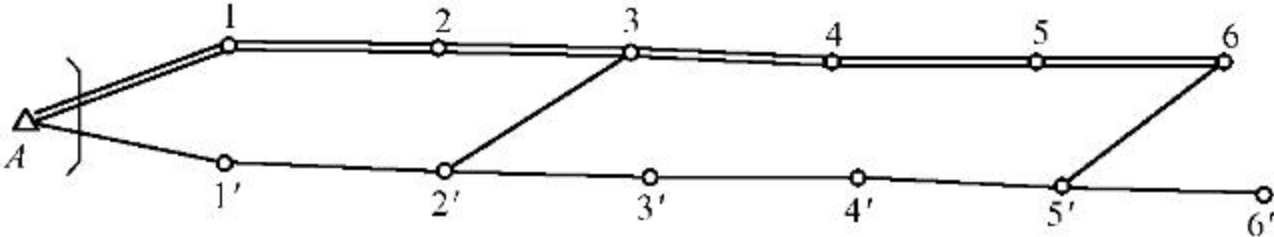
表 13-19 单导线的布设形式

序号	主要内容
1	<p>如图 13-11 所示，单导线一般用于短隧道，A 点为地面平面控制点，1、2、3、4 为洞内导线点。单导线的角度可采用左、右角观测法，即在一个导线点上，用半数测回观测左角（图中 <math>\alpha</math> 角），半数测回观测右角（图中 <math>\beta</math> 角）。计算时再将所测角度统一归算为左角或右角，然后取平均值。观测右角时，同样以左角起始方向配置度盘位置。在左角和右角分别取平均值后，应计算该点的圆周角闭合差：</p> $\Delta = \alpha_{i平} + \beta_{i平} - 360^\circ \quad (13-12)$ <p>式中，<math>\alpha_{i平}</math>——导线点 <math>i</math> 左角观测值的平均值；  <math>\beta_{i平}</math>——导线点 <math>i</math> 右角观测值的平均值</p>
2	 <p style="text-align: center;">图 13-11 单导线左、右角观测法</p>

## 3) 主、副导线环布设形式

主、副导线环布设形式见表 13-20。

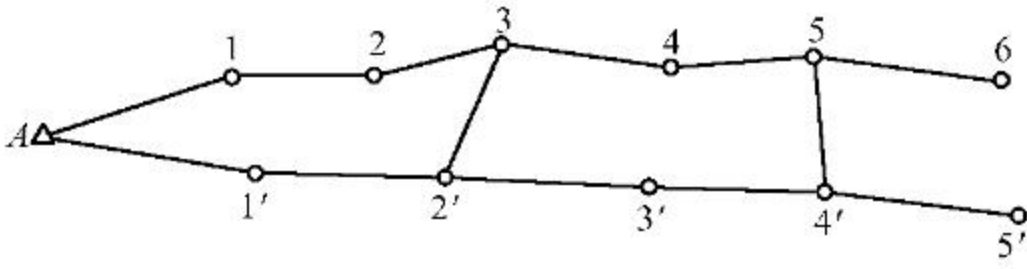
表 13-20 主、副导线环布设形式

序号	主要内容
1	<p>如图 13-12 所示，主导线为 A-1-2-3-……副导线为 A-1'-2'-3'-……主、副导线每隔 2~3 条边组成一个闭合环。主导线既测角又测边，而副导线则只测角不测边。通过角度闭合差可以评定角度观测的质量及提高测角的精度，对提高导线端点的横向点位精度有利，但导线点坐标只能沿主导线进行传算</p>
2	 <p style="text-align: center;">图 13-12 洞内主、副导线环</p>

## 4) 导线网的布设形式

导线网的布设形式见表 13-21。

表 13-21 导线网的布置形式

序 号	主 要 内 容
1	导线网一般布设成若干个彼此相连的带状导线环,如图 13-13 所示。网中所有边、角全部观测。导线网除可对角度进行检核外,因为测量了全部边长,所以计算坐标有两条传算路线,对导线点坐标也能进行检核
2	 <p style="text-align: center;">图 13-13 洞内导线网</p>

## 2. 洞内导线点的埋设

洞内导线点一般采用地下挖坑,然后浇灌混凝土并埋入铁制标芯的方法。这与一般导线点的埋设方法基本相同。但是由于洞内狭窄,施工及运输繁忙,且照明差,桩志露出地面极易撞坏,所以标石顶面应埋在坑道底面以下 10~20 cm 处,上面盖上铁板或厚木板。

为便于找点使用,应在边墙上用红油漆注明点号,并以箭头指示桩位。导线点兼作高程点使用时,标心顶面应高出桩面 5 mm。

## 3. 洞内导线测角和测边

### 1) 洞内导线测角

洞内导线测角见表 13-22。

表 13-22 洞内导线测角的注意事项

序 号	注 意 事 项
1	洞口内、外两个测站的测角,应给予足够的重视。洞口内、外两个测站的测角,应安排在最有利的观测时间进行。通常可选在大气稳定的夜间或阴天
2	由于洞内导线边短,仪器对中和目标偏心对测角的影响较大,所以,测角时在测回之间,仪器和目标均应重新对中,以减弱此项误差的影响。为了减小照准误差和读数误差,在观测时通常采用瞄准两次,读数两次的方法
3	洞内测角的照准目标,通常采用垂球线。将垂球线悬挂在三脚架上对点作为观测目标。对洞内的目标必须照明,常用的做法是制作一木框,内置电灯,框的前面贴上透明描图纸,衬在垂球线的后方
4	洞内每次爆破之后,会产生大量烟尘影响成像,所以,测角必须等通风排烟、成像清晰后方能进行。对于隧道内有水的情况,要做好排水工作。即在导线点桩志周围用黏土扎成围堰,将堰内积水排除,堰外积水引流排放

### 2) 洞内导线测边

洞内导线测边见表 13-23。

表 13-23 洞内导线测边

序 号	注 意 事 项
1	洞内导线测边的常用方法是钢尺精密量距。丈量通常应使用检定过的钢尺,检定可采用室内比长或在现场建立比尺场进行比长,使洞内外长度标准统一。通过比长,可得到标准拉力、标准温度下的尺长改正系数



续表

序号	注意事项
2	钢尺量距首先要定线、概量,每个尺段应比钢尺的名义长度略短,以5cm左右为宜,然后在地上打下桩点。由于木桩不易打进地面,常采用20cm的铁线钉。将铁线钉打入地下,在钉帽中心钻一小眼准确表示点位
3	丈量为悬空丈量。尺的零端挂上弹簧秤,末端连接紧线器。弹簧秤和紧线器分别用绳索套在两端插入地面用作张拉的花杆上,升降两端绳索调整尺的高度,用木工水平尺使尺呈水平,弹簧秤显示标准拉力,尺上分划靠近垂球线,此时尺的两端即可同时读取读数。并同时记录温度。这样完成了一组读数。接着再将尺向前或向后移动几个厘米,读取第二组读数。一般读取三组读数,互差不应超过3mm。根据洞内丈量精度的要求,一般需测数测回

#### 4. 陀螺经纬仪在洞内导线测量中的应用

用陀螺经纬仪不仅可以测定井下定向边的坐标方位角,还可以用于洞内导线,加测一定数量导线边的陀螺方位角,用于限制测角误差的积累,提高横向精度。

洞内导线加测陀螺方位角的数目、位置及对导线横向精度的增益,取决于洞内导线起始边方位角中误差  $m_{\alpha_{始}}$  洞内导线测角中误差  $m_{\beta}$  的比值  $\omega$  ( $\omega = m_{\alpha_{始}}/m_{\beta}$ )。

### 13.3.2 洞内中线的测设

#### 1. 导线法

用导线作为洞内控制的隧道,其中线应根据导线来测设,见表13-24。

表13-24 导线法

序号	常见做法
1	根据欲测设的中线点的里程桩号,计算其坐标
2	选定用来测设中线点的导线点作为置镜点
3	根据置镜点与中线点的坐标,计算以置镜点为极点的极坐标
4	将仪器置于置镜点上,用极坐标法测设中线点

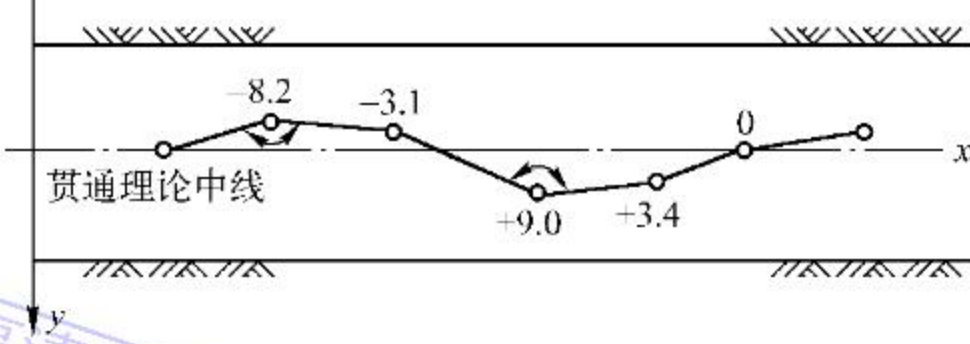
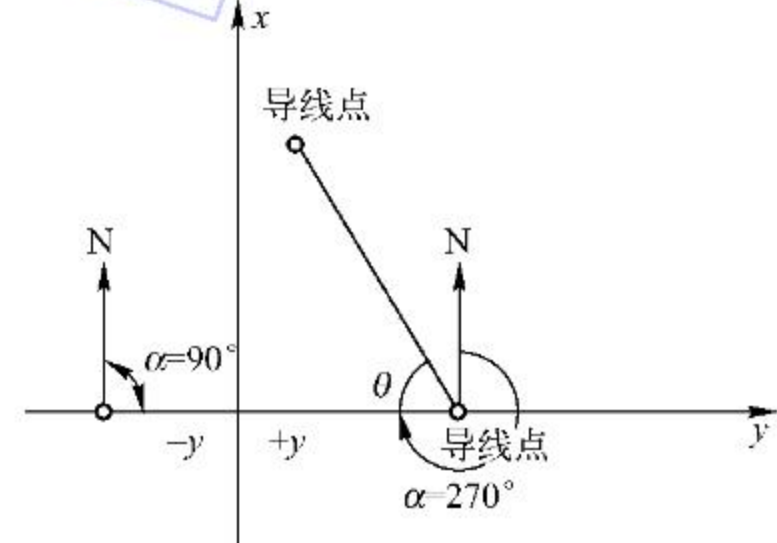
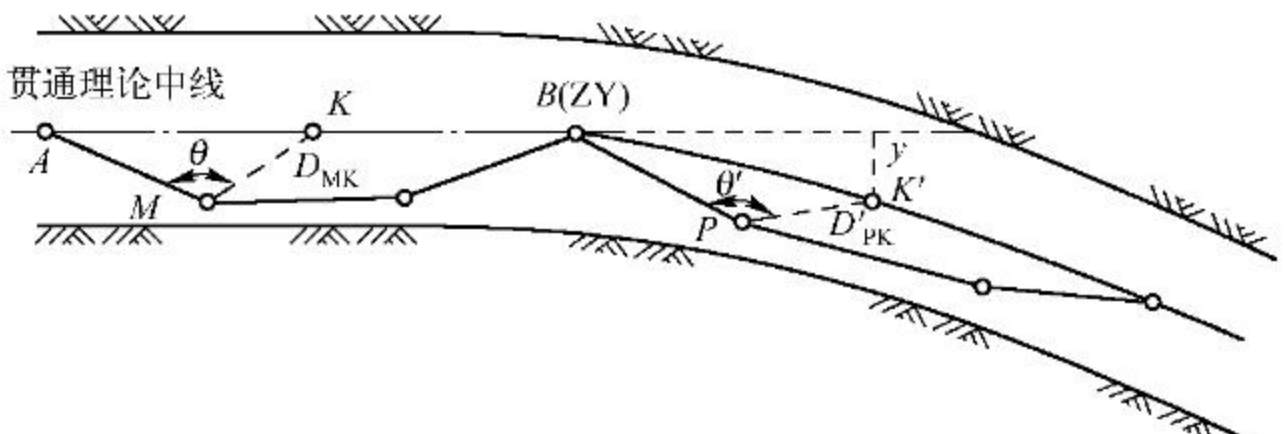
#### 2. 中线法

设置在洞内的主要导线点,绝大多数不在贯通理论中线上。为了便于日常施工放样,在一定区段内,需根据主要导线点测设一定数量位于贯通理论中线上的中线点,作为施工放样的依据。测设中线点一般用直角坐标法和极坐标法,见表13-25。

表13-25 中线法

序号	项目	主要内容
1	直角坐标法	在直线隧道中,由于导线点是沿中线布设,而且在计算坐标时将纵向轴线(x轴)与贯通理论中线强制重合,因而凡位于中线上各点之横坐标均为零。导线点偏离中线的垂距(即y值)一般都较小,如图13-14所示。由于y值与中线垂直,则导线点到中线的垂线(即垂距边)之坐标方位角为90°(y值为负时)或270°(y值为正时),如图13-15所示。导线边与垂距边y之夹角 $\theta$ 为此两边坐标方位角之差。因y值很小,可用量角器由导线边起量 $\theta$ 角,即得垂直的方向,从导线点沿此垂距方向用钢尺量y值,即得中线点点位

续表

序号	项目	主要内容
2	极坐标法	<p>(1) 在曲线隧道或当导线点离隧道中线较远时, 测设中线点时用极坐标法比较方便</p> <p>(2) 在隧道直线段内用极坐标法欲由导线点 <math>M</math> 测设中线点 <math>K</math>, 如图 13-16 所示, 可利用 <math>M</math>、<math>K</math> 两点坐标求出 <math>\theta</math> 及 <math>D_{MK}</math>, 置仪器于 <math>M</math> 点, 以 <math>MA</math> 为起始方向, 设出角度 <math>\theta</math>, 然后沿此方向量出长度 <math>D_{MK}</math>, 即得欲测之中线点点位</p> <p>(3) 若在曲线段内, 要由导线点 <math>P</math> 设出中线上新点 <math>K'</math>, 如图 13-16 所示。求出其坐标 <math>x'_k</math>、<math>y'_k</math>。已知曲线的半径 <math>R</math>, 以曲线起点 (ZY 或 ZH) 为坐标原点, 切线方向为坐标横轴, <math>K'</math> 至 ZY (或 ZH) 的曲线长为 <math>l</math>, 按切线支距法计算公式即可求得坐标值 <math>x'_k</math> 和 <math>y'_k</math>, 并将其加在曲线起点 (ZY 或 ZH) 的坐标上, 即得中线点 <math>K'</math> 之坐标 <math>x'_k</math>、<math>y'_k</math>。已知导线点 <math>P</math> 的坐标, 通过坐标关系同样可以求得 <math>\theta'</math> 及 <math>D'_{PK}</math>, 即可用极坐标法设出 <math>K'</math> 点</p>
3	图示	 <p>图 13-14 导线点偏离中线示意图</p>  <p>图 13-15 直线段坐标法</p>  <p>图 13-16 曲线段极坐标法</p>

### 13.3.3 洞内水准测量

洞内水准测量的方法与地面水准测量基本相同, 但由于隧道施工的具体情况, 又具有不同的特点, 见表 13-26。

表 13-26 洞内水准测量

序号	具体特点
1	在隧道贯通之前，洞内水准路线均为支水准路线，故须用往返测进行检核。由于洞内施工场地狭小，运输频繁、施工繁忙，还有水的侵害，经常影响到水准标志的稳定性，所以应经常性地由地面水准点向洞内进行重复的水准测量，根据观测结果以分析水准标志有无变动
2	为了满足洞内衬砌施工的需要，水准点的密度一般要达到安置仪器后，可直接后视水准点就能进行施工放样而不需要迁站。洞内导线点也可用作水准点。通常情况下，水准点的间距不大于 200 m
3	<p>隧道贯通后，在贯通面附近设置一个水准点 <math>E</math>，如图 13-17 所示。由进、出口水准点引进的两水准路线均连测至 <math>E</math> 点上。这样，<math>E</math> 点就得到两个高程值 <math>H_{JE}</math> 和 <math>H_{CE}</math>，实际的高程贯通误差为：</p> $f_h = H_{JE} - H_{CE}$
4	<p style="text-align: center;">图 13-17 隧道贯通水准测量</p>

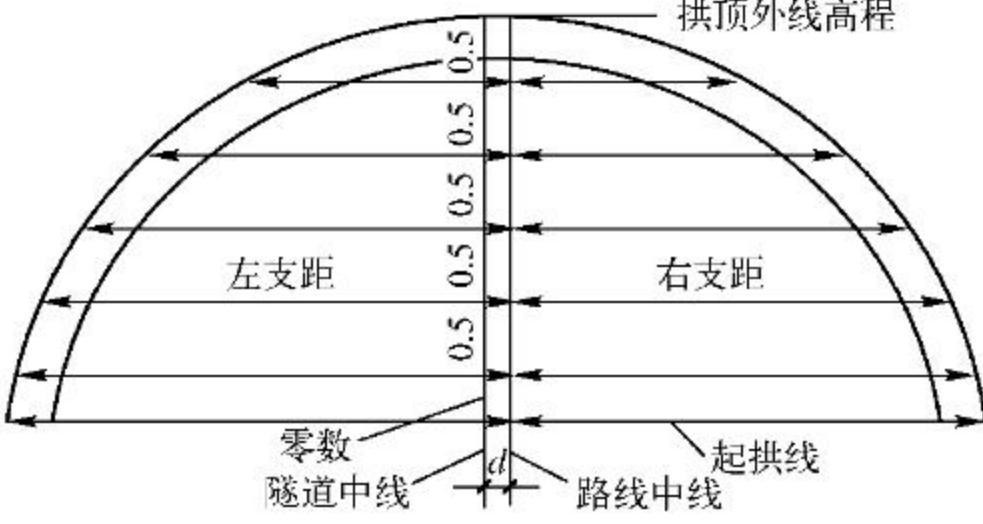
### 13.3.4 隧道开挖断面放样

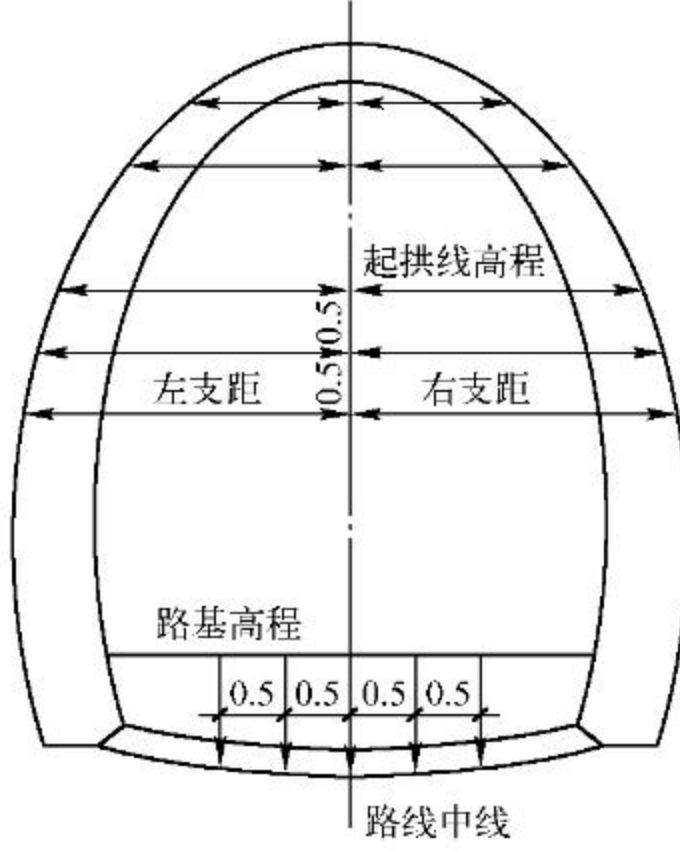
隧道开挖断面放样见表 13-27。

表 13-27 隧道开挖断面放样

序号	有关要求
1	<p>(1) 开挖断面必须确定断面各部位的高程，经常采用腰线法。如图 13-18 所示，将水准仪置于开挖面附近，后视已知水准点 <math>P</math> 读数 <math>a</math>，即仪器视线高程：</p> $H_i = H_p + a \quad (13-13)$ <p>(2) 根据腰线点 <math>A</math>、<math>B</math> 的设计高程，分别计算出 <math>A</math>、<math>B</math> 点与仪器视线间的高差 <math>\Delta h_A</math>、<math>\Delta h_B</math> 为：</p> $\Delta h_A = H_A - H_i$ $\Delta h_B = H_B - H_i \quad (13-14)$ <p>先在边墙上用水准仪放出与视线等高的两点 <math>A'</math>、<math>B'</math>，然后分别量测 <math>\Delta h_A</math>、<math>\Delta h_B</math>，即可定出点 <math>A</math>、<math>B</math>。 <math>A</math>、<math>B</math> 两点间的连线即是腰线。根据腰线就可以定出断面各部位的高程及隧道的坡度</p> <p>(3) 在隧道的直线地段，隧道中线与路线中线重合一致，开挖断面的轮廓左、右支距（指与断面中线的垂直距离）也相等。在曲线地段，隧道中线由路线中线向圆心方向内移 <math>d</math> 值，如图 13-19 所示。由于标定在开挖面上的中线是依路线中线标定的，所以在标绘轮廓线时，内侧支距应比外侧支距大 <math>2d</math></p> <p>(4) 拱部断面的轮廓线一般用五寸台法测出。如图 13-19 所示，自拱顶外线高程起，沿路线中线向下每隔 <math>1/2</math> m 向左、右两侧量其设计支距，然后将各支距端点连接起来，即为拱部断面的轮廓线</p> <p>(5) 墙部的放样采用支距法。如图 13-20 所示，曲墙地段自起拱线高程起，沿路线中线向下每隔 <math>1/2</math> m 向左、右两侧按设计尺寸量支距。直墙地段间隔可大些，可每隔 <math>1</math> m 量支距定点</p>
2	<p style="text-align: center;">图 13-18 腰线法确定开挖断面高程</p>

续表

序 号	有关要求
	 <p style="text-align: center;">图 13-19 隧道曲线地段拱部断面</p>

2	 <p style="text-align: center;">图 13-20 隧道断面</p>
---	--

### 13.3.5 隧道衬砌放样

#### 1. 拱部衬砌放样

拱部衬砌放样见表 13-28。

表 13-28 拱部衬砌放样

序 号	有关要求
1	拱部衬砌的放样主要是将拱架安置在正确位置上。拱部应分段进行衬砌，一般按 5~10 m 进行分段，地质不良地段可缩短至 1~2 m
2	拱部放样根据路线中线点及水准点，用经纬仪和水准仪放出拱架顶的位置和起拱线的位置及十字线，然后将分段两端的两个拱架定位
3	拱架定位时，应将拱架顶与放出的拱架顶位置对齐，并将拱架两侧拱脚与起拱线的相对位置放置正确。两端拱架定位并固定后，在两端拱架的拱顶及两侧拱脚之间绷上麻线，据以固定其间的拱架。在拱架逐个检查调整后，即可铺设模板衬砌

#### 2. 洞门仰坡衬砌放样

##### 1) 方角式仰坡放样

方角式仰坡放样见表 13-29。



表 13-29 方角式仰坡放样

序号	项目	具体内容
1	仰坡放样的计算	<p>如图 13-21 所示, 方角式仰坡放样, 主要是确定仰坡与边坡的交线 <math>AB</math> 和 <math>CD</math>。为此, 就须确定交线 <math>AB</math> 和 <math>CD</math> 与路线中线方向的水平夹角 <math>\varphi</math> 和 <math>\theta</math> 值及两交线的坡度 <math>1:M</math> 和 <math>1:N</math>。</p> <p>图 13-21 中 <math>A</math>、<math>C</math> 为仰坡在洞顶的坡脚点, <math>AC</math> 为坡脚线, 其位置由它的设计里程和洞门与路线中线的交角 <math>\alpha</math> 或 <math>\beta</math> 确定, <math>A</math>、<math>C</math> 点的高程为已知。仰坡的设计坡度为 <math>1:m</math>, 左、右边坡的设计边坡分别为 <math>1:n_L</math>、<math>1:n_R</math>。故:</p> $\varphi = \arctan\left(\frac{n_R \sin \beta}{m - n_R \cos \beta}\right)$ $\theta = \arctan\left(\frac{n_L \sin \beta}{m + n_L \cos \beta}\right)$ $M = \frac{n_R}{\sin \varphi} = \frac{m}{\sin(\alpha - \beta)}$ $N = \frac{n_L}{\sin \theta} = \frac{m}{\sin(\beta - \theta)} \quad (13-15)$ <p>式 (13-15) 是按斜交洞门推导的, 适合于各种情况。如为正交洞门, 则 <math>\alpha = \beta = 90^\circ</math> 代入即可</p>
2	仰坡放样步骤	见表 13-30
3	图示	<p style="text-align: center;">图 13-21 方角式仰坡</p>

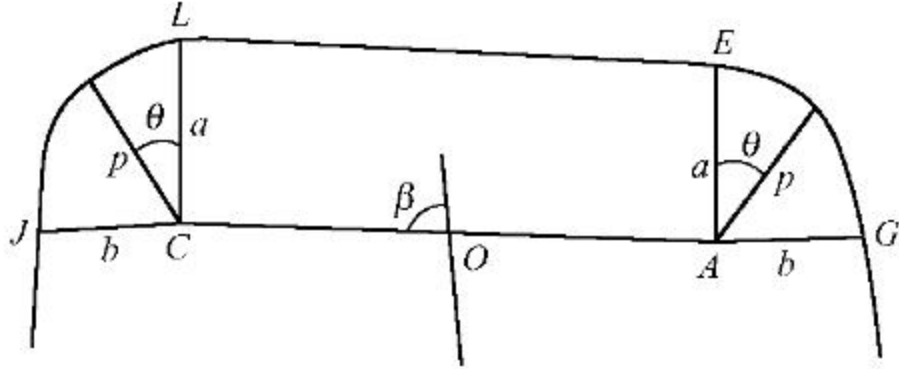
表 13-30 仰坡放样步骤

顺序	仰坡放样步骤
1	在现场根据仰坡坡脚线的设计里程定出坡脚线中线桩 $O$
2	将仪器置于 $O$ , 按洞门与路线中线交角 $\alpha$ 或 $\beta$ 及洞门主墙宽度 $AC$ 定出坡脚点 $A$ 和 $C$
3	将仪器置于 $A$ , 后视 $B$ 点或 $C$ 点, 拨角 $(\beta + \varphi)$ , 定出 $AB$ 方向。以同样的方法定出 $CD$ 方向
4	测出 $A$ 、 $C$ 点的地面高程及测绘 $AB$ 、 $CD$ 方向的断面图
5	根据 $A$ 、 $C$ 点的地面高程与设计高程之差确定其挖深。再由 $AB$ 、 $CD$ 的坡度 $1:M$ 、 $1:N$ 及断面图求得 $A$ 至交线角桩 $B$ 的平距和 $C$ 至交线角桩 $D$ 的平距
6	由 $A$ 、 $C$ 点分别沿 $AB$ 、 $CD$ 方向量平距即可定出交线角桩 $B$ 、 $D$
7	施工需要的其他边桩、仰坡桩, 也可参照上述步骤定出

## 2) 圆角式仰坡放样

圆角式仰坡放样见表 13-31。

表 13-31 圆角式仰坡放样

序号	项目	具体内容
1	仰坡放样计算	<p>(1) 如图 13-22 所示, 仰坡与边坡以锥体面相接者, 称为圆角式仰坡。两锥体面的锥顶为仰坡坡角点 A、C, 锥底面(朝上)的边线通常为 1/4 椭圆(即图中 JL 曲线和 EG 曲线)。右边椭圆长半径 <math>a = AE</math>, 短半径 <math>b = AG</math>; 左边椭圆长半径 <math>a = CL</math>, 短半径 <math>b = CJ</math>。由于左、右两椭圆的长、短半径相等, 所以两椭圆完全相同。在计算放样数据时, 仅需计算一套数据, 用于左、右椭圆的放样</p> <p>(2) 设仰坡的设计坡度为 <math>1:m</math>, 边坡的设计坡度为 <math>1:n</math>, 洞门与路线中线的交角为 <math>\beta</math>, 锥体高为 <math>h</math>, 椭圆的长、短半径可按式 (13-16) 计算:</p> $\begin{cases} a = \frac{mh}{\sin \beta} \\ b = nh \end{cases} \quad (13-16)$ <p>当长半径方向 AE (或 CL) 向右 (或向左) 偏 <math>\theta</math> 角时, 向径的长度为:</p> $\rho = \frac{mnh}{\sqrt{m^2 \sin^2 \theta + n^2 \sin^2 \beta \cos^2 \theta}} \quad (13-17)$ <p>设沿向径 <math>\rho</math> 的坡度为 <math>1:N</math>, 则:</p> $N = \frac{mn}{\sqrt{m^2 \sin^2 \theta + n^2 \sin^2 \beta \cos^2 \theta}} \quad (13-18)$
2	仰坡放样步骤	放样时, 一般是在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间每隔 $15^\circ$ 放一坡度线, 这已足以控制连接部位的锥面, 然后将 $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $\dots$ 、 $90^\circ$ 分别代入上述两式依次计算各向径 $\rho$ 的长度及坡率 $N$ 值, 即可据以放样出锥面
3		 <p style="text-align: center;">图 13-22 圆角式仰坡</p>

上述式 (13-17)、式 (13-18) 是按斜交洞门、两边边坡坡度相同的情况导出。当两边边坡坡度不同时, 也可按两公式计算, 但式中的  $n$  分别以  $n_R$ 、 $n_L$  代入。

## 3. 其他部位衬砌放样

其他部位衬砌放样见表 13-32。

表 13-32 其他部位衬砌放样

序号	项目	有关要求
1	边墙及避人洞衬砌放样	边墙衬砌先根据路线中线点和水准点, 按施工断面各部位的高程, 用仪器放出路基高程、边墙基底高程和边墙顶高程, 对已放过起拱线高程的, 应对起拱线高程进行检核
2	仰拱和铺底放样	仰拱砌筑时的放样, 先按设计尺寸制好模型板, 然后在路基高程位置绷上麻线, 最后由麻线向下量支距, 定出模型板位置 隧道铺底时, 先在左、右边墙上标出路基高程, 由此向下放出设计尺寸, 然后在左、右边墙上绷以麻线, 据此来控制各处底部是否挖够了尺寸, 之后即可铺底
3	端墙和翼墙的放样	对于直立式端墙, 洞门里程即是端墙里程。放样时需将仪器置于洞门里程中线桩上, 放出十字线 (或斜交线) 即是端墙位置

## 13.4 隧道竖井联系测量

### 13.4.1 竖井高程的传递

竖井高程的传递方法主要有钢尺导入法和光电测距仪传递法两种。

#### 1. 钢尺导入法

钢尺导入法见表 13-33。

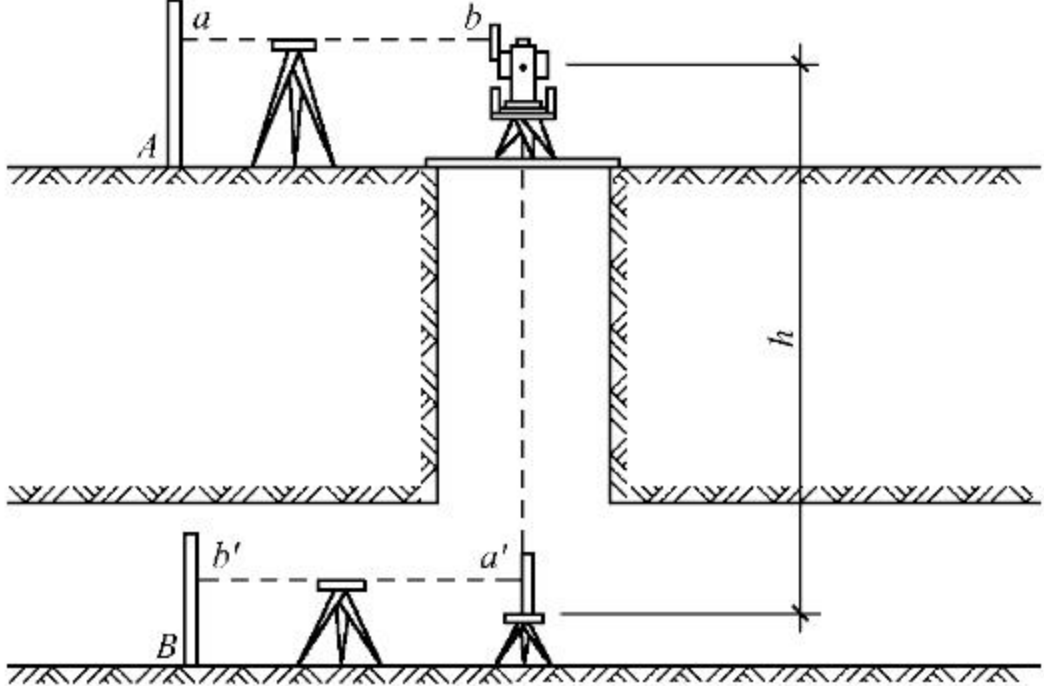
表 13-33 钢尺导入法

序号	项目	主要内容
1	钢尺导入测量方法	<p>(1) 钢尺导入法是常用的竖井传递高程的方法。如图 13-23 所示, 将钢尺悬挂在支架上, 尺的零端垂于井下, 同时在该端挂一重锤, 其重量应为检定时拉力</p> <p>(2) 在井上、井下各安置一台水准仪。由地面上的水准仪在已知水准点 A 的水准尺上读取读数 <math>a</math>, 并在钢尺上读取读数 <math>m</math>; 由井下水准仪在钢尺上读取读数 <math>n</math>, 并在洞内水准点 B 的水准尺上读取读数 <math>b</math>。为避免钢尺上下移动对测量结果的影响, 井上、井下读取钢尺读数 <math>m</math>、<math>n</math> 必须同时进行。变更仪器高, 并将钢尺升高或降低, 重新观测一次。观测时应量取井口和井下的温度</p>
2	钢尺导入高程计算	<p>洞内水准点 B 的高程可按式 (13-19) 计算:</p> $H_B = H_A + a - [(m - n) + \Delta l + \Delta t] - b \quad (13-19)$ $\Delta t = \alpha(t_{\text{平}} - t_0)l \quad (13-20)$ $l = m - n \quad (13-21)$ <p>式中, <math>\Delta t</math>——钢尺温度改正数;  <math>\alpha</math>——钢尺膨胀系数, 取 <math>0.0000125/^\circ\text{C}</math>;  <math>t_{\text{平}}</math>——井上、井下的平均温度;  <math>t_0</math>——钢尺检定时温度;  <math>\Delta l</math>——钢尺尺长改正数。其中改正包括自重产生的伸长改正数、垂直改正及使用该尺测量时的改正数</p>
3	图示	<p>图 13-23 钢尺导入法传递高程</p>

#### 2. 光电测距仪传递法

用光电测距仪代替钢尺测定竖井的深度, 操作简便, 精度比较高, 见表 13-34。

表 13-34 光电测距仪传递法

序号	基本要求
1	由于观测的是竖直距离，需按仪器的外部轮廓加工一个支架，支架由托架和脚架组成，测量时将仪器平放在托架上，使仪器竖轴处于水平位置
2	在地面井口盖板的特制支架上安置光电测距仪，并使仪器竖轴水平，如图 13-24 所示，望远镜竖直瞄准井下预置的反射棱镜，测出井深 $h$
3	将水准仪在井上、井下各置一台。由地面上的水准仪在已知水准点 $A$ 的水准尺上读取读数 $a$ ，在测距仪横轴位置（发射中心）立尺读取读数 $b$ ；由井下水准仪在洞内水准点 $B$ 的水准尺上读取读数 $b'$ ，将尺立于反射棱镜中心读取读数 $a'$
4	井下水准点 $B$ 的高程，即可按式 (13-22) 算出： $H_B = H_A + (a - b) + (a' - b') - h \quad (13-22)$ 式中， $h$ ——经气象改正及仪器加、乘常数改正后的距离值
5	 <p style="text-align: center;">图 13-24 光电测距仪传递高程</p>

## 13.4.2 光学垂准仪与陀螺经纬仪联合进行竖井联系测量

### 1. 光学垂准仪的投点方法

光学垂准仪的投点方法见表 13-35。

表 13-35 光学垂准仪的投点方法

序号	基本要求
1	在井口上设置盖板，在选定点位处开一个 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 的孔，然后将仪器置于该处，另搭支架且不能与井盖接触，供观测者站立其上进行观测。观测时将仪器严格整平并对准孔心
2	井下设置移动觇牌，觇牌用金属板制成，一般为 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 方形或直径为 $50\text{ cm}$ 圆形，用红、白或黄、黑油漆漆成对称图形，图形中心有如针粗细的小孔，使用时平置井底地面。通过移动觇牌，使觇牌中心小孔恰好在仪器视准轴上，再由此小孔将点定出
3	为了消除仪器轴系误差的影响，投点时，照准部平转 $90^\circ$ 为一盘位，共测 4 个盘位，每一盘位向井下投一点，如不重合，取 4 点的重心作为一测回的投点位置。每个点位须进行 4 个测回，4 个测回投点的重心作为最后采用的投点位置
4	仪器瞄准该投点，视线投在井盖上定出井上相应的点位，这样在井上、井下共定出 3 对相对应的点。最后检查井上两点距离与井下对应两点距离之差，小于 $2\text{ mm}$ 即合乎要求。测取井上点的坐标，即可作为井下相应点的坐标



## 2. 陀螺经纬仪测定洞内定向边的坐标方位角

陀螺经纬仪测定洞内定向边的坐标方位角见表 13-36。

表 13-36 陀螺经纬仪测定洞内定向边的坐标方位角

序号	基本要求
1	在地面上选择控制网中的一条边，以长边为好，且该边坐标方位角的精度高，同时在洞内选择一条定向边，也以长边为好，且在该边两 endpoint 可安置仪器进行观测
2	<p>将仪器迁至井下定向边的一端点 <math>P</math> 上，测得定向边 <math>PQ</math> 的陀螺方位角 <math>m</math></p> <p>设 <math>A_0</math>、<math>A</math> 分别为地面已知边 <math>AB</math> 和井下定向边 <math>PQ</math> 的真方位角；<math>r_0</math>、<math>r</math> 分别为地面 <math>AB</math> 边和井下 <math>PQ</math> 边的子午线收敛角；<math>\alpha_0</math> 和 <math>\alpha</math> 分别为已知边 <math>AB</math> 和定向边 <math>PQ</math> 的坐标方位角；<math>\Delta</math> 为仪器常数。由图 13-26 和图 13-27 可得：</p> $\alpha = A - r = m + \Delta - r$ <p>因为 <math>\Delta = A_0 - m_0 = \alpha_0 + r_0 - m_0</math>，所以有：</p> $\alpha = \alpha_0 + (m - m_0) + \delta_r \quad (13-23)$ <p>式中 <math>\delta_r = (r_0 - r)</math> 为地面与井下两测站子午线收敛角之差，其值可按式 (13-24) 计算：</p> $\delta_r'' = \frac{y_A - y_P}{R} \tan \varphi \cdot \rho'' \quad (13-24)$ <p>式中，<math>R</math>——地球半径；  <math>\varphi</math>——当地的纬度；  <math>y_A</math> 和 <math>y_P</math>——地上和井下两测站点的横坐标</p>

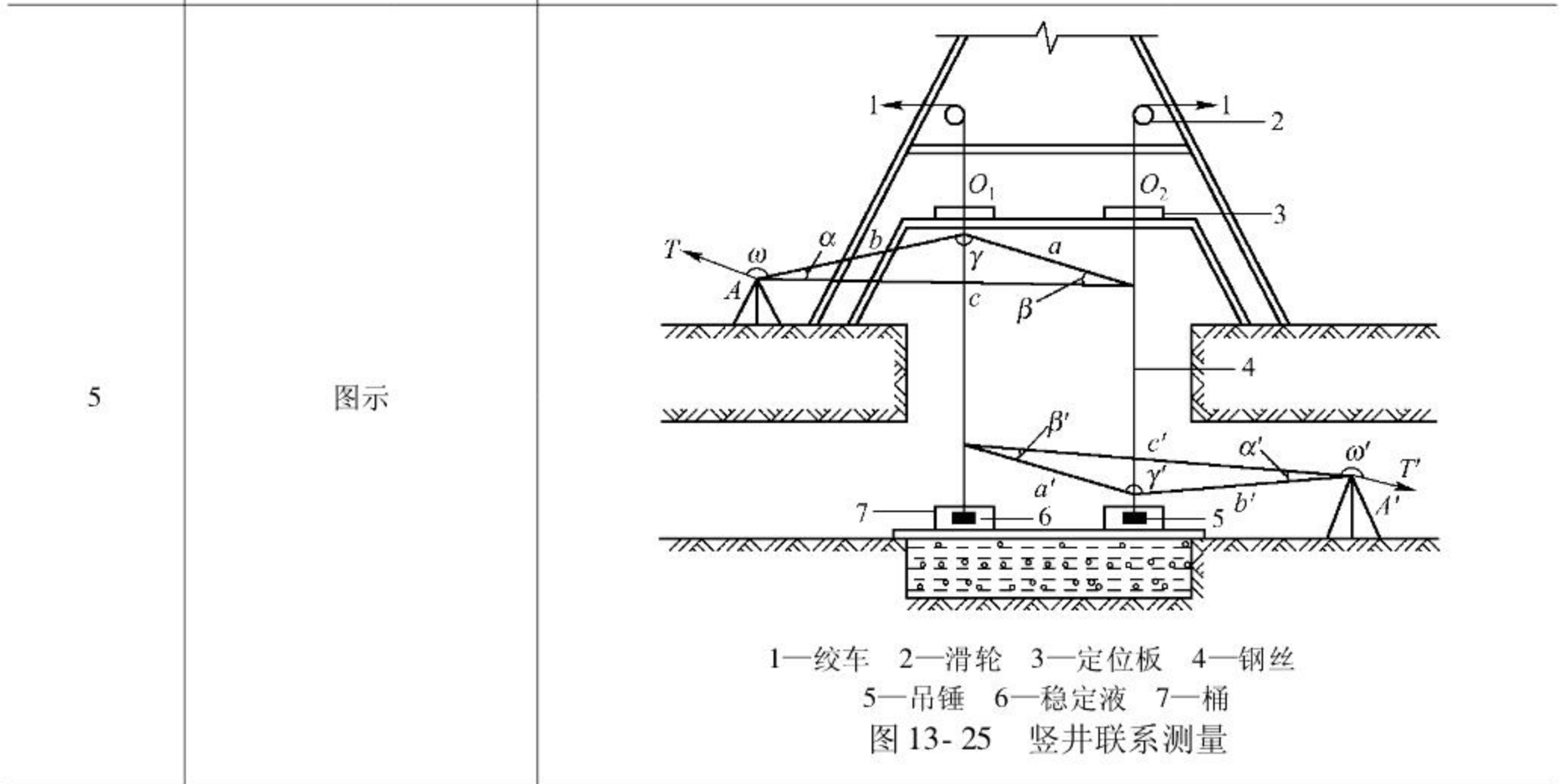
## 13.4.3 联系三角形定向测量

联系三角形定向测量见表 13-37。

表 13-37 联系三角形定向测量

序号	项目	基本要求
1	由地面用钢丝悬挂重锤向洞内投点	投点通常采用单荷重投影法。投点时应先在钢丝上挂以较轻的荷重，用绞车慢慢将其下入井中，然后在井底换上作业重锤，放入盛有水或机油的桶内，但不能与桶壁接触。桶在放入重锤后必须加盖，以防止滴水冲击。为了调整和固定钢丝在投影时的位置，在井上设有定位板。通过移动定位板，可以改变垂线的位置
2	井上、井下的连接测量	在连接测量中，通常采用联系三角形。如图 13-25 所示， $A$ 为地面上的近井控制点， $O_1$ 、 $O_2$ 为两垂线， $A'$ 为洞内近井点，将作为洞内导线的起算点。观测在两垂线稳定的情况下进行，在地面上观测 $\alpha$ 角和连接角 $\omega$ ，同时丈量三角形的边长 $a$ 、 $b$ 、 $c$ ；在井下观测 $\alpha'$ 角和连接角 $\omega'$ ，并丈量三角形边长 $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$
3	联系三角形最有利形状	<p>(1) 联系三角形的两个锐角 <math>\alpha</math> 和 <math>\beta</math> 应接近于零。在任何情况下，<math>\alpha</math> 角都不能大于 <math>3^\circ</math></p> <p>(2) <math>b</math> 与 <math>a</math> 的比值应以 1.5 为宜</p> <p>(3) 两垂线间距应尽可能大</p> <p>(4) 用联系三角形传递坐标方位角时，应选择经过小角 <math>\beta</math> 的路线</p>

序号	项目	基本要求
4	联系三角形平差计算	<p>(1) 根据正弦定理计算井上、井下联系三角形的<math>\beta</math>、<math>\gamma</math>和<math>\beta'</math>、<math>\gamma'</math>的角值:</p> $\sin \beta = \frac{b}{a} \sin \alpha$ $\sin \gamma = \frac{c}{a} \sin \alpha$ $\sin \beta' = \frac{b'}{a'} \sin \alpha'$ $\sin \gamma' = \frac{c'}{a'} \sin \alpha' \quad (13-25)$ <p>(2) 计算井上、井下两个三角形的闭合差:</p> $f = \alpha + \beta + \gamma - 180^\circ \quad (13-26)$ $f' = \alpha' + \beta' + \gamma' - 180^\circ \quad (13-27)$ <p>(3) 计算井上、井下两个三角形的边长改正数<math>v_a</math>、<math>v_b</math>、<math>v_c</math>及<math>a_{\text{平}}</math>、<math>b_{\text{平}}</math>、<math>c_{\text{平}}</math>:</p> $v_a = v_b = -\frac{f}{3\alpha} a$ $v_c = +\frac{f}{3\alpha} a \quad (13-28)$ <p>校核:</p> $v_a + v_b - v_c = -\frac{f}{\alpha} a \quad (13-29)$ $a_{\text{平}} = a + v_a$ $b_{\text{平}} = b + v_b$ $c_{\text{平}} = c + v_c \quad (13-30)$ <p>(4) 计算井上、井下角度改正数<math>v_\beta</math>、<math>v_\gamma</math>和平差值<math>\beta_{\text{平}}</math>、<math>\gamma_{\text{平}}</math>:</p> $v_\beta = \frac{f}{3} \left( \frac{b}{a-1} \right)$ $v_\gamma = -\frac{f}{3} \left( \frac{c}{a} + 1 \right) \quad (13-31)$ <p>校核:</p> $v_\beta + v_\gamma = -f$ $\beta_{\text{平}} = \beta + v_\beta$ $\gamma_{\text{平}} = \gamma + v_\gamma \quad (13-32)$ <p>(5) 沿<math>TA - AO_2 - O_2O_1</math>路线推算两垂线连线方向<math>O_2O_1</math>的坐标方位角          (6) 沿<math>O_2O_1 - O_1A' - A'T'</math>路线推算洞内<math>A'T'</math>的坐标方位角          (7) 计算<math>A'</math>点坐标</p>



## 13.5 隧道贯通测量与误差调整

隧道施工一般是从隧道的进、出口分别对向开挖，按照平面和高程控制掘进于隧道中某一位置贯通。对于长大隧道还要在中间设置横洞、竖井或辅助巷道进行贯通。所谓贯通是指按设计要求掘进到指定地点两头施工的隧道相通。

### 13.5.1 贯通误差的类型及要求

#### 1. 贯通误差定义与类型

贯通误差定义与类型见表 13-38。

表 13-38 贯通误差定义与类型

定 义	类 型		影 响
在隧道施工中，由于地面控制测量、联系测量、地下控制测量及细部放样的误差，使得两个相向开挖的工作面的施工中线，不能理想地衔接而产生错开的现象	纵向贯通误差	在路线中线方向上的投影长度	只对贯通在距离上有影响
	横向贯通误差	在垂直于中线方向的投影长度	对隧道质量有影响，通常称该方向为重要方向
	高程贯通误差	在高程方向的投影长度	对坡度有影响

#### 2. 贯通误差的要求

不同的工程对贯通误差有不同的要求。《公路勘测规范》（JTG C10—2007）规定，隧道内相向施工中的贯通中误差应符合表 13-4 的规定。

### 13.5.2 贯通误差的测量

为正确贯通而进行的测量和计算工作称为贯通测量。贯通测量时，首先要确定测量方案和方法，保证贯通所必需的精度，其次要对所完成的测量和计算工作进行客观的检查。

#### 1. 中线延伸法

中线延伸法见表 13-39。

#### 2. 求坐标法

隧道贯通后，两个不同的掘进面共同设一临时桩点，由两个掘进面方向各自对该临时点进行测角、量边，如图 13-27（b）所示。然后计算临时桩点的坐标，其坐标  $x$  的差值即为隧道的实际横向偏差，其坐标  $y$  的差值即为隧道的实际纵向偏差。

对于贯通后的高程偏差，可按水准测量的方法，测定同一临时点的高程，由高差闭合差求得。

表 13-39 中线延伸法

序 号	主 要 内 容
1	隧道贯通后把两个不同掘进面各自引测的地下中线延伸至贯通面，并各钉一临时桩。如图 13-26（a）所示的 $A$ 、 $B$ 两点，丈量出 $A$ 、 $B$ 两点之间的距离，即为隧道的实际横向偏差。 $A$ 、 $B$ 两临时桩的里程之差，即为隧道的实际纵向偏差

续表

序号	主要内容
2	<p style="text-align: center;">(a) (b)</p> <p style="text-align: center;">图 13-26 隧道贯通误差测量</p>

### 13.5.3 贯通误差的调整

贯通误差调整工作，原则上应在未衬砌隧道段上进行。对于曲线隧道，尽量不要改变曲线半径和缓和曲线长度。

#### 1. 直线隧道的调整

直线隧道的调整见表 13-40。

表 13-40 直线隧道的调整

序号	主要内容
1	<p>(1) 当调线地段为直线时，一般采用折线法进行调整</p> <p>(2) 如图 13-27 所示，在调线地段两端各选一中线点 A 和 B，连接 AB 而形成折线。如果由此而产生的转折角 <math>\beta_1</math> 和 <math>\beta_2</math> 在 <math>5'</math> 之内，即可将此折线视为直线；如果转折角在 <math>5' \sim 25'</math> 时，则按表 13-41 中的内移量将 A、B 两点内移；如果转折角大于 <math>25'</math> 时，则应加设半径为 4 000 m 的圆曲线</p>
2	<p style="text-align: center;">图 13-27 中线法贯通调线地段为直线</p>

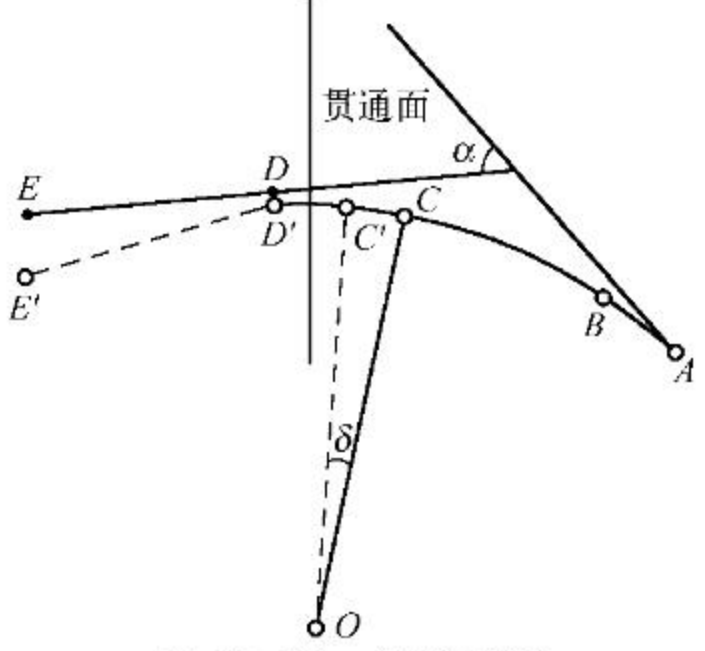
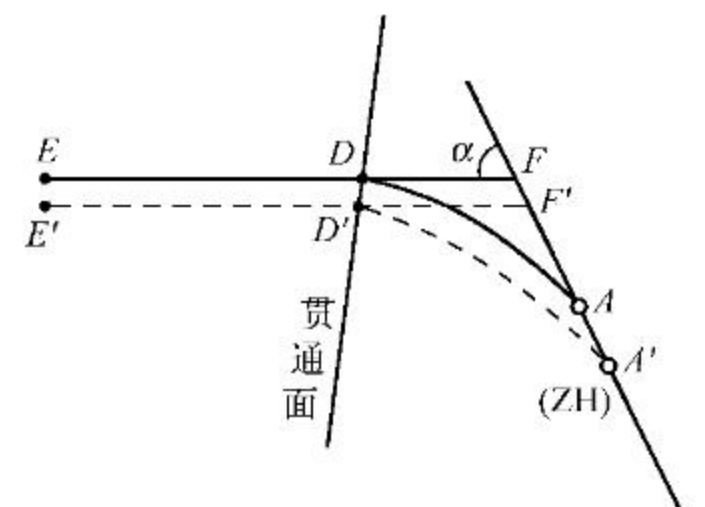
表 13-41 转折角在  $5' \sim 25'$  时的内移量

转折角/ (')	内移量/mm	转折角/ (')	内移量/mm
5	1	20	17
10	4	25	26
15	10		

#### 2. 曲线隧道的调整

曲线隧道的调整见表 13-42。

表 13-42 曲线隧道的调整

序 号	主要内容
1	<p>(1) 当贯通面位于圆曲线上, 调整地段也全部在圆曲线上时, 可用调整偏角法进行调整。为了找出较好的调整曲线, 应将相向两个方向设的中线, 各自向前延伸适当距离。如果贯通面附近有曲线始(终)点时, 应延伸至曲线的始(终)点。</p> <p>(2) 当贯通点在曲线始、终点附近, 调整地段有直线和曲线时, 可将曲线始点、终点的切线延伸, 理论上此切线延长线应与贯通面另一侧的直线重合, 但由于贯通误差的存在, 实际上此两直线既不重合, 也不平行。通常应先将二者调整平行, 然后再调整, 使其重合。</p> <p>(3) 如图 13-28 所示, 由隧道一端经过 E 点测量至 D (ZH 点), 而另一端由 A、B、C 诸点测至 D', D 与 D' 不重合, 再自 D' 作切线至 E', DE 与 D'E' 既不平行又不重合。为调整贯通偏差, 可先采用调整圆曲线长度的办法使 DE 与 D'E' 平行, 即在保持曲线半径不变、缓和曲线长度不变和 C 点位置不受影响的情况下, 将圆曲线缩短 (或增长) 一段 CC', 使 DE 与 D'E' 平行。CC' 的近似值按式 (13-33) 计算:</p> $CC' = \frac{EE' - DD'}{DE} R \quad (13-33)$ <p>式中, R——圆曲线半径。</p> <p>因为圆曲线长度缩短 (或增长) 了一段 CC', 与其相应的圆曲线中心角 <math>\delta</math> 值也应减少 (或增加) <math>\delta</math> 可由下式计算:</p> $\delta = \frac{360^\circ}{2\pi R} CC' \quad (13-34)$ <p>经过调整圆曲线长度后已使 D'E' 与 DE 平行, 但不重合 (图 13-29), 此时可采用调整曲线始 (终) 点的办法进行, 即将曲线始点 A 沿切线向顶点方向移动到 A' 点, 使 AA' = FF', 这样 D'E' 就与 DE 重合。然后再由 A' 进行曲线测设, 将调整后的曲线标定在实地上。曲线始点 A 移动的距离可按式 (13-35) 计算:</p> $AA' = FF' = \frac{DD'}{\sin \alpha} \quad (13-35)$ <p>式中, <math>\alpha</math>——曲线总偏角</p>
2	 <p style="text-align: center;">图 13-28 调整平行</p>
	 <p style="text-align: center;">图 13-29 调整重合</p>

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

# 第 14 章 公路工程测量资料

## 14.1 初测资料

公路工程初测应提交的基本资料主要有：测量成果及计算等资料；各种调查、勘测原始记录及检验资料；勘测报告及有关协议、纪要文件。

提交的勘测记录应为外业现场工作获得的原始记录（含电子记录文件）。各种图表及资料应清晰，签署完备。提交的勘测图表及资料可为电子文档（应有备份）。

初测的图表及技术资料应首先由项目的设计任务承担单位进行验收，验收合格后，应编制初测成果清单，提请项目的交通行业主管部门或业主进行初测外业验收。

初测应提交的勘测资料和相关图表、技术资料的内容和要求可参照表 14 - 1 执行。

表 14-1 初测应提交的勘测资料和相关图表、技术资料的内容和要求

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
1	总体材料		
1)	勘测报告	内容系统齐全；勘测过程描述客观准确，能够反映工程和勘测的实际情况，数据准确；方案论证充分；文句简明通顺	比较方案须同等深度论述
(1)	概述	项目意义、自然地理环境、任务依据、执行标准及规范、采用的技术标准等	
(2)	路线概况	路线所处位置的地形、地貌、水文、地质、气象、地震等自然状况；沿线公路、铁路、水利、城镇、文物等分布及规划情况	
(3)	勘测过程	勘测时间及勘测前的准备工作；采用的仪器设备及软件；测绘基本工作量；勘测过程中出现的问题及解决方法	
(4)	勘测前资料搜集情况	勘测前所搜集的沿线地形图、航测像片、国家控制点、地质、水文、气象、地震、各相关部门规划、原有公路建设及运营等资料情况	
(5)	室内方案研究及现场踏勘	方案研究方法；现场踏勘的重点及发现的问题；对初拟方案的取舍和调整	
(6)	控制测量及地形图测量	平面、高程控制测量方法及精度；地形图、工点图测绘方法及检测精度	
(7)	定线工作情况	定线原则及方法；定线中方案筛选过程；提出比较方案的理由等	
(8)	沿线工程地质及水系概况	沿线工程地质及不良地质地段概况（沿线主要水系分布情况；对工程的影响	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(9)	总体设计方案及路线方案比较情况	总体设计原则；总体方案布置；路线走向及主要控制点，通过城镇、垭口、跨河、越岭方案；采用的线形指标；通过图表，详述方案初步比较论证要点及取舍意见，提出需通过设计继续进行深入比较的方案	
(10)	主要工程规模	包括路线长度、路基土石方估算数量、重点防护及排水工程数量、桥隧数量及长度、主要交叉工程数量、主要交通工程设施数量等	
(11)	路基路面	总体填挖方情况；初拟边坡坡率；特殊路基方案选择，不良地质条件及初拟处理方案；路面结构选择及材料组成；初拟的排水设计方案及防护工程方案	包括路基、路面比较方案
(12)	桥涵工程	涵洞数量及密度；桥梁位置、水文分析结论、工程地质条件、拟采用的结构形式、拟进行比较的桥型及桥位以及初拟桥高、桥长的依据等	
(13)	隧道工程	隧址及进出口地形、地质及水文条件；初拟断面及衬砌方案；预采用的通风、照明、监控、消防、供电的初步设想；拟进行的隧道方案比选	
(14)	路线交叉	主要交叉的分布；初拟的与重要公路、铁路、管线等的交叉形式及跨线构造物的结构形式；拟采用的比较方案	
(15)	交通安全设施	危险路段位置及初拟的安全防护措施	
(16)	环保设计	环境敏感区分布及初拟的环保方案	
(17)	沿线设施	初拟的管理、养护、收费、服务设施位置及规模	
(18)	筑路材料调查	料场分布，材料的品种、规格、产量、质量、运输条件、可供应范围及拟自采料场情况	
(19)	施工组织及概算	介绍主要的影响工程概算的问题	
(20)	执行任务书（合同）及技术法规情况	对任务书（合同）中具体要求的落实情况及存在的问题；执行技术标准规范存在的问题	
(21)	执行工程报告批复情况	说明执行情况，对改变之处应论证，阐述	
(22)	内部自检验收情况	自检验收过程及方法，发现的问题及处理结果	
(23)	问题与建议	勘测遗留问题；需业主或主管部门协助解决的问题；对业主有利或对提高设计质量、水平有益的建议	
2)	主要技术经济指标表	全线主要技术指标及工程规模	比较线单独列表
3)	沿线水利、铁路、公路、城建等规划调查记录	与项目相干扰位置的最新规划调查记录；有关协商记录或接线协议	
4)	水文、气象、地质、地震等资料调查记录		
5)	沿线水系分布图	准确反映沿线水系分布状态	
6)	其他图表、附件及资料	任务（合同）书、相关会议纪要（记录）、外业工作日志及外业工作相关的图表	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
2	路 线		
(1)	路线平面图	能够准确反映中线与地形、地物的关系; 线形要素齐全, 曲线主点标注准确	含比较方案
(2)	路线纵断面图(示坡)	示坡基本合理, 满足规范要求, 能反映纵坡趋势, 加注控制高程及地质概况	
(3)	路线概略透视图	能够清晰反映平、纵配合情况, 并满足线形评价要求	有特殊要求的路段绘制
(4)	路线逐桩坐标计算表	按《公路工程基本建设项目设计文件图表示例》要求编制	高速公路、一级公路编制
(5)	直线、曲线及转角表		
(6)	点之记或导线点固定记录及固定表	点之记或导线点固定记录为原始记录	二级以下公路编制固定表
(7)	水准点表	按《公路工程基本建设项目设计文件图表示例》要求编制	
(8)	平面控制测量及计算资料	测量记录、平差计算、成果及精度评价资料	高速公路、一级公路编制
(9)	基本勘测资料	中桩调查及纵断面、横断面测量等记录	
(10)	建筑物情况调查记录	详细记录沿线建筑物位置、类型、面积; 归属等	
(11)	树木、青苗、土地调查记录	详细记录沿线树木树种、数量、位置、归属、沿线地界、地类及作物类别等	可与中桩调查合并记录
(12)	电力、电信调查记录	详细记录沿线电力、电信设施位置、类型、架设条件及归属等	
(13)	其他管线设施调查记录	详细记录沿线其他各种管线设施的一般情况	
(14)	现有道路现状调查记录	反映现有道路的一般状况	利用旧路时编制
(15)	路线复查、自检资料和其他资料	复查、自检的原始记录, 测绘的自检资料应进行精度评价	
3	路基与路面		
(1)	路基标准横断面图	符合规范要求	
(2)	特殊路基设计方案图	表达特殊路基的设计思想及意图	
(3)	不良地质地段表	真实反映沿线不良地质路段的位置及状态	
(4)	路线附近既有工程现状调查记录	具有类比价值的信息, 能够作为工程设计的参考	
(5)	路线附近河流、湖泊水文地质情况调查记录	为邻水路基设计提供有关水位、地质条件、冲刷及水体可压缩情况等方面的资料	可纳入桥涵水文调查中
(6)	路基土石方数量估算表	概略反映土方总体平衡及借、弃土状况	
(7)	取土场、弃土场调查记录及一览表	全面反映取、弃土场的状况	
(8)	路线工程地质、水文地质勘察记录及地质取样试验一览表	从总体上反映路线所处位置工程地质和水文地质情况; 试验一览表反映土工试验指标等与设计相关的参数	



续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(9)	取土场地质勘察记录	反映取土场土质情况及土类划分情况	
(10)	路基防护工程一览表	各路段初拟的路基防护形式	
(11)	路基防护工程调查记录	含防护工程的纵、横断面测量及地质调查资料	
(12)	排水系统布置图	反映排水系统的总体构想及布局,基本排水形式	可在地形图上完成
(13)	特殊排水设施调查记录	含需特殊设计的集水、排水、输水工程沿轴线方向纵、横断面测量及地质调查资料	
(14)	改河工程调查记录	改河处地形图及断面图、地质调查等资料	
(15)	路基调治构造物一览表	反映路基调治构造物设置的一般情况	
(16)	路基调治构造物调查记录	包括地形、地质、水文、植被等的调查资料	
(17)	路基水文调查、分析、计算资料	包括水文调查原始资料及水文分析计算书	
(18)	路面结构方案图	初拟的路面结构方案及比较方案	
(19)	路基、路面复查和自检资料及其他资料	复查自检原始记录;测绘的自检资料应附精度评价	
4	桥梁与涵洞		
(1)	桥梁一览表	包括桩号、孔径、交角、河流名称等勘测过程能够确定的要素	小桥单独列表
(2)	水文调查分析及计算资料	包括水文调查原始资料及水文分析计算书	包括大、中、小桥及涵洞
(3)	大中桥桥位地形图	满足桥位布设和设计的需要	
(4)	桥型方案图	初拟的桥型方案,标明洪水位、桥面高程等资料	有比较方案时一并绘制
(5)	导流防护工程方案简图	完成简图,可有多个方案,可与桥位平面图一并绘制	中桥以上桥梁或特殊小桥绘制
(6)	涵洞一览表	包括涵洞类型、桩号、孔径、交角、净高等	
(7)	桥位测量记录	桥位平面及高程控制测量、地形图测量及桥轴线纵、横断面测量等	控制测量、地形图测量可与路线合并进行
(8)	桥位控制点一览表	包括各种测量控制点	
(9)	原有桥涵调查记录	反映旧桥的一般状态及可利用的程度	
(10)	桥涵复查、自检资料和其他相关资料	复查自检原始记录;测绘的自检资料应附精度评价	
5	隧道工程		
(1)	隧道一览表	包括隧道起终点、长度、中心桩号等	
(2)	隧道地形图	满足隧道布设和设计的需要	
(3)	隧道纵断面图	提出初步方案,可与路线纵断面合并绘制	
(4)	隧道纵横断面测量记录	原始记录	
(5)	隧道控制测量记录	包括平面及高程控制测量记录	可与路线合并进行

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(6)	隧道断面方案图	初拟断面形式及衬砌方案	
(7)	隧道复查和自检资料及其他有关资料	复查自检原始记录；测绘的自检资料应附精度评价	
6	路线交叉		
(1)	互通式立体交叉表	包括桩号、相交道路等级、跨越方式、互通形式等	
(2)	互通式立体交叉平面图	反映初拟互通形式、布局及与地形、地物的关系，可能的比较方案	
(3)	互通立交纵断面示坡图		可与路线合并绘制
(4)	跨线桥桥型方案图	初拟的桥型方案，标明控制高程	比较方案单独绘制
(5)	分离式立体交叉表	包括桩号、孔径、交角、跨越形式、相交道路等级等	
(6)	分离式立体交叉桥位平面、纵断面图	反映初拟交叉桥跨越方式及与地形、地物的关系，交叉的高程协调情况	
(7)	分离式立体交叉桥型方案图	初拟的桥型方案，标明控制高程	
(8)	通道（天桥）一览表	包括桩号、孔径、交角、跨越形式、相交道路等级等	
(9)	通道（天桥）调查记录	含相关书面协议	
(10)	通道（天桥）方案图	典型方案图	
(11)	平面交叉一览表	包括桩号、交角、相交道路情况等	
(12)	平面交叉方案图	典型和复杂平面交叉方案图	
(13)	相交道路调查记录		
(14)	公铁立交一览表	包括桩号、孔径、交角、跨越形式、铁路等级、对应铁路桩号等	
(15)	公铁立交桥型方案图	初拟的桥型方案，标明轨面高程	
(16)	公铁平交一览表	包括桩号、交角、铁路等级、对应铁路桩号等	
(17)	相交铁路调查记录		
(18)	其他交叉一览表及调查记录	重要交叉应附书面协议	
(19)	交叉工程复查、自检资料和其他资料	复查自检原始记录；测绘的自检资料应附精度评价	
7	其他工程及沿线设施		
(1)	安全设施表	初拟的安全设施设置的路段、类型、安全级别要求等	
(2)	管理（收费）设施一览表	包括位置、职责范围、规模等，已与建设单位及上级主管部门协商确认的，应有书面协议或批文	
(3)	服务设施一览表	包括位置、功能、规模等，已与建设单位及上级主管部门协商确认的，应有书面协议或批文	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(4)	其他工程一览表	改河(沟渠)、改道等工程的位置及规模等	
(5)	其他工程布置图	改河(沟渠)、改道等工程的平面布置方案	简单工程可在路线地形图上布置
(6)	其他工程及沿线设施复查、自检资料及其他有关资料	复查自检原始记录;测绘的自检资料应附精度评价	
8	环境保护		
(1)	环境保护工程一览表	拟定的位置、保(防)护的类别、推荐的环保形式	
(2)	典型环保工程布置图	包括主线典型布置图、特殊地段布置图	必须包括环评报告的环境敏感区
(3)	取、弃土场环境调查记录	各取、弃土场的施工前自然情况,并提出初步的环保恢复方案	
(4)	环境保护工程复查、自检资料及其他有关资料	复查自检原始记录	可与路线复查合并
9	工程地质		
(1)	工程地质报告初稿	符合工程地质勘察规范的要求,报告清晰准确,内容翔实,路线工程地质状况描述清晰	
(2)	工程地质平面图	符合工程地质勘察规范的要求	高速公路、一级公路绘制
(3)	不良地质路段调查记录及图表	符合工程地质勘察规范的要求,可满足设计需要	
(4)	深挖方路段地质勘察记录及图表	基本揭露开挖后可能遇到的地质及水文问题,并可确定开挖土石比例	
(5)	支挡构造物基础地质勘察记录及图表	基本确定基础承载力,满足结构设计要求	
(6)	特大、大中桥基础地质勘察记录及图表	符合工程地质勘察规范的要求,基本查清地基条件,满足基础设计及绘制地质纵断面图要求	包含跨径属于大中桥的交叉构造物
(7)	小桥、涵洞基础地质勘察记录及图表	基本确定基础承载力,满足基础设计要求	包含路径属于小桥涵的交叉构造物
(8)	隧道工程地质勘察记录及图表	符合工程地质勘察规范的要求;基本满足围岩分类及结构设计要求,对严重不良地质条件应评价其影响范围及程度	
(9)	场地工程地质安全性评价	大型构造物附近存在活动断层、大型滑坡等不良地质条件时,需进行场地工程地质安全评价	
(10)	其他工程地质情况调查资料	管理、服务、收费场地及改河(沟渠)、改道等的工程地质调查资料,应能满足设计要求	
(11)	工程地质复查、自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应对勘测成果进行评价	
10	筑路材料		
(1)	材料料场一览表		
(2)	沿线筑路材料供应示意图	基本反映路段所需各种材料的供应地点(料场)	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(3)	地产材料料场情况调查记录		
(4)	自采料场情况调查记录		
(5)	材料供应情况调查记录		
(6)	材料取样试验及试验结果一览表	全部取样试验材料均列出取样地点、取样量、拟试验项目	
(7)	筑路材料复查、自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应对勘测成果进行评价	
11	施工组织设计及概算		
(1)	全线便道、便桥总体规划示意图	在路线平面图基础上绘制,能反映整个施工便道布置情况,包括利用现有道路、桥梁及新建便道、便桥情况,核算便道、便桥规模	
(2)	临时工程及施工场地一览表	包括施工现场地的位置及面积,架设电力、电信线路及打井等临时工程的数量	
(3)	相关协议或意向书	拆迁(厂矿、电力、电信、文物等)协议、跨越(铁路、河流等)协议、征地等影响工程方案的书面协议或意向书	
(4)	概算相关调查资料		
(5)	施工组织设计及概算复查、自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应对勘测成果进行评价	
12	其他勘测调查资料	与初步设计相关的其他调查资料	

注:本表罗列了一般项目应提交的图表及资料,在使用过程中,应根据工程实际需要确定取舍。有些项目中存在特殊工程,应进行能够满足初步设计要求深度的勘测与调查,并提供相应的勘测图表及资料。

## 14.2 定测资料

公路工程定测应提交的基本资料主要有:各种调查、勘测原始记录、图纸及资料;各专业勘测调查的质量检查及分析评定资料;路线平、纵面设计及各种底图、底表;各专业主要计算、分析、论证资料;各专业主要设计布置图和设计底表;外业勘测说明书及有关协议和文件。

在外业完成后,应经过主管部门的检查验收,经认可后方可离开现场或开展设计工作。

公路工程定测提交的图表和技术资料的基本要求宜参照表 14-2 执行。

表 14-2 定测提交的图表和技术资料的基本要求

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
1	总体材料		
1)	勘测设计外业工作报告	内容系统齐全;方案论证充分,文句简明通顺,勘测过程描述客观准确,能够反映工程和勘测的实际情况	如有比较方案,要同等深度论述

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(1)	路线总体情况	路线所处位置的水文、地质、气象、地震等自然状况及沿线公路、铁路、水利、城镇、文物等现有布局及规划情况	
(2)	勘测过程	勘测起止时间, 勘测前进行的准备工作, 勘测采用的仪器、设备及软件情况, 勘测基本控制点情况, 勘测过程中出现的问题及解决情况	
(3)	勘测情况	控制点复测及恢复、增设、放线情况, 中桩测量情况, 高程测量恢复和补测情况, 横断面测量、地形测量或补测(修测)情况	
(4)	沿线工程地质及水系概况	重点说明沿线工程地质总体情况及不良地质地段情况, 沿线主要水系分布情况(补充说明)	
(5)	路线总体方案	路线总体走向, 沿线主要控制点, 对各种影响路线走向的问题的处理情况, 通过乡镇方案, 垭口、河流等沿线重要地形通过位置及通过方案, 初步采用的平面及纵断面指标	
(6)	主要工程量简介	包括路线长度, 路基土石方估算数量、重点防护工程及重点排水工程数量、桥涵数量及长度, 隧道数量及长度, 主要交通安全设施数量	
(7)	路基路面	总体填、挖方情况及初拟边坡坡率, 不良地质路段情况及初步确定的处理方案, 路面结构选择情况, 防护工程情况, 总体排水设计情况	
(8)	桥梁工程	主要桥梁设置位置、目的, 对附近构造物的影响情况, 初步确定的方案及结构形式, 桥梁方案比选情况	
(9)	隧道工程	隧道设置位置, 进、出口选择情况, 隧道地质条件、隧道方案比选情况	
(10)	路线交叉	主要交叉的分布及设置情况, 初拟交叉方案	
(11)	交通安全设施	危险路段分布情况及初拟的安全措施	
(12)	环保设计	环境敏感区分布情况及初拟的环保方案, 项目实施后对环境的影响情况	
(13)	沿线设施	沿线管理、养护、服务设施设置情况及职责分工	
(14)	筑路材料调查情况	筑路材料的产量及分布情况、现供应范围及产量、可利用产量等情况	
(15)	施工组织及预算	主要的、影响工程预算的问题	
(16)	执行任务书(合同)情况	是否正确执行任务书(合同), 对任务书(合同)中具体要求的落实情况	
(17)	执行规范、规程及有关规定情况	正确执行技术标准, 严格执行规范、规程及有关规定, 精度经检查符合要求	
(18)	执行初步设计批复(可研批复)情况	说明执行情况, 对有变化的地方应认真论证, 提出理由	
(19)	初测资料的利用情况, 复检、自检情况	应对外业勘测成果的深度、完整性和精度进行评价	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(20)	标段划分方案	划分段落合理, 规模满足有关要求, 便于施工组织和土方调配, 方便工程招标	设计文件可不分标段, 但必须提出标段划分建议
(21)	遗留问题或需要重点说明的问题、建议	论述清晰、准确, 建议方案有比较价值	
2)	主要技术经济指标表	全线主要技术经济指标齐全, 正确清晰	比较线段落应单独列表
3)	沿线水利、铁路、公路、城建、文物等部门相关规划补充调查记录	内容齐全、准确, 与外省接线时, 应通过充分协调, 确定好接线点	
4)	水文、气象、地质、地震等总体资料补充调查记录	内容齐全、准确	
5)	其他图表、附件及资料	内容齐全、正确、清晰、美观	
2	路 线		
(1)	路线平面图(补测)	测绘完整准确, 内容齐全, 清绘完毕, 地类分界清晰	房屋建筑必须实测
(2)	路线纵断面示坡图	内容齐全, 绘制正确清晰, 纵坡设计基本合理, 路线地质标注准确	应有路线地质图
(3)	路线概略透视图	清晰反映平面、纵断面配合情况	特殊有要求的路段绘制
(4)	路线逐桩坐标计算表	计算正确	高速公路、一级公路编制
(5)	直线、曲线及转角表	计算正确, 书写清晰	
(6)	导线点固定记录及固定表	内容齐全, 书写清晰	二级及二级以下公路编制
(7)	水准点表	内容齐全、书写清晰, 计算正确	
(8)	导线点及三角网测量计算资料	内容齐全, 书写清晰, 计算正确	高速公路、一级公路编制
(9)	基本勘测资料	中桩、纵断面、横断面、地形测量记录齐全、准确	
(10)	建筑物情况调查记录	详细记录沿线建筑物位置、类型、面积、归属等资料	
(11)	树木、青苗、土地调查记录	详细记录沿线树木树种、数量、位置、归属, 沿线地界、地类记录准确	记录整个路线测绘范围内资料, 根据工作情况可与中
(12)	电力、电信调查记录	详细记录沿线电力、电信设施的位置、类型、归属等资料	桩记录等资料一同记录
(13)	其他管线设施调查记录	详细记录沿线其他各种管线设施等的情况	
(14)	现有道路现状调查记录	调查全面细致, 记录准确清晰	利用旧路时编制
(15)	路线部分的初测资料利用情况, 复查、自检资料和其他资料	复查、自检资料应有精度评定情况	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
3	路基与路面		
(1)	路基标准横断面图	图纸清晰,符合相关规范要求	
(2)	路基典型横断面图	断面类型齐全,设计合理,图纸清晰	
(3)	特殊路基设计方案图	类型齐全,设计经济合理,内容完备,图纸清晰	
(4)	不良地质地段表	段落齐全,地质情况描述清晰	
(5)	路基土石方数量表	计算基本准确,调配基本合理	
(6)	取土场、弃土场调查记录及一览表	调查数量充足,地形图清晰准确,调查内容齐全,记录准确	
(7)	路线工程地质、水文地质勘察记录及地质取样试验一览表	勘察细致全面,能够从总体上反映路线所处位置工程地质和水文地质情况,地基土质定名、土工试验指标、地下水位及补给来源正确	
(8)	取土场地质勘察记录	勘察细致全面,能够反映取土场土质情况及土类划分情况	
(9)	路基防护工程一览表	包含各路段的路基防护形式,形式选择经济合理	
(10)	路基防护工程调查记录	防护工程的纵断面、横断面测量准确,地质情况调查清晰	不含植物防护
(11)	路基、路面排水工程一览表及排水系统布置图	确定各段落拟采取的排水形式,说明排水出口情况,布置图清晰、准确	
(12)	特殊排水设施调查记录	进行特殊设计的集水、排水、输水工程,沿轴线方向纵、横断面测量准确,地质情况调查准确	
(13)	改河工程调查记录	改河位置准确,改河处地形图测绘准确,地质情况调查准确	
(14)	路基调治构造物设置一览表	段落齐全,结构合理,经济有效	
(15)	路基调治构造物调查记录	水流情况调查准确、全面,地形测绘准确,地质情况调查准确	
(16)	控制洪水位调查记录及水文分析、计算资料	调查段落齐全,数据准确,水文分析计算完整,水文控制参数取值正确	
(17)	路面结构方案图	结构方案基本合理,路基顶面模量调查基本准确	
(18)	路基、路面初测资料利用情况,复查和自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应有对勘测成果的明确评定	
4	桥梁与涵洞		
(1)	桥梁一览表	包括桩号、孔径、交角、河流名称	小桥单独列表
(2)	水文调查分析及计算资料	调查资料完整、齐全,分析系统、准确,初步确定洪水流量和设计水位	包括大、中、小桥及涵洞
(3)	大中桥桥位平面图	平面地形测绘准确,范围符合规定,导流及附属工程布置合理	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(4)	桥型方案图	标明洪水位、桥面高程等资料	中桥以上桥梁、特殊小桥绘制
(5)	导流防护工程方案图	完成简图, 可有多个方案, 可与桥位平面图一并绘制	
(6)	涵洞一览表	包括类型、桩号、孔径、交角、净高	
(7)	过水路面段调查记录	调查资料全面、准确, 记录清晰	
(8)	通航河道桥位河床平面图	测绘准确、记录清晰, 满足航道和通航管理有关标准、规范规定及管理部门有关要求	
(9)	桥位测量记录	桥位控制测量、高程测量、地形图测量及桥轴线纵横断面测量, 记录齐全, 书写清晰, 测量方法和精度符合规范要求	高速公路、一级公路可与路线资料一并进行
(10)	桥位控制点一览表	包括各种测量控制点, 记录齐全, 书写清晰	
(11)	原有桥涵情况调查记录	调查资料全面、准确、记录清晰	
(12)	桥涵初测资料利用情况, 复查、自检资料和其他相关资料	复查、自检资料应有精度评定情况, 对勘测成果有明确评价	
5	隧道工程		
(1)	隧道一览表	包括隧道起终点、长度、中心桩号	
(2)	隧道地形图	隧道洞口位置前、后、左、右至少各宽 60 ~ 100 m, 并满足设置附属设施的需要	
(3)	隧道纵断面图	提出初步方案	
(4)	隧道纵横断面测量记录	包括隧道洞顶路线及连接线放线和中桩测量记录、洞顶横断面测量记录	
(5)	隧道控制测量记录	包括平面控制测量、高程控制测量、贯通控制测量记录	
(6)	隧道断面形式图	提出初步方案	
(7)	附属工程方案	初步拟定通风、照明、供电、通信、信号、标志等附属工程方案	
(8)	隧道初测资料利用情况, 复查和自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应有精度评定情况, 对勘测成果有明确评价	
6	路线交叉		
(1)	互通式立体交叉表	包括桩号、相交道路等级、跨越形式、交叉形式	
(2)	互通式立体交叉平面图	布设合理, 测绘准确	
(3)	互通立交纵断面示坡图	内容齐全, 绘制正确清晰, 纵坡设计合理。存在比较方案时单独编制	
(4)	跨线桥桥型方案图	桥孔布设合理, 资料齐全, 方案经济合理。可有比较方案	
(5)	分离式立体交叉表	包括桩号、孔径、交角、跨越形式、相交道路等级	



续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
(6)	分离式立体交叉桥位平面、纵断面图	测绘准确, 内容齐全, 引道布设合理	
(7)	分离式立体交叉桥型方案图	桥孔布设合理, 内容齐全, 可提出多种方案供选择	
(8)	通道(天桥)一览表	包括桩号、孔径、交角、跨越形式、相交道路等级	
(9)	通道(天桥)调查记录	设置合理, 资料齐全, 相关书面协议签署完备	
(10)	通道(天桥)方案图	完成典型方案图, 与相交道路衔接合理	
(11)	平面交叉一览表	包括桩号、交角、相交道路情况	
(12)	平面交叉方案图	完成典型和复杂平面交叉方案图	
(13)	相交道路调查记录	相交道路纵横断面现状测绘准确, 路况核查翔实, 调查范围满足需要	
(14)	公铁立交一览表	包括桩号、孔径、交角、跨越形式、铁路等级、对应铁路桩号	
(15)	公铁立交桥型方案图	桥孔布设合理, 内容齐全, 满足铁路有关技术标准 and 规范要求	
(16)	公铁平交一览表	包括桩号、交角、铁路等级、对应铁路桩号	
(17)	相交铁路调查记录	铁路每股道的桩号、交叉角度、内外侧轨顶高程、纵坡、股道间距、铁路路基宽度、平曲线	
(18)	其他交叉一览表及调查记录	设置合理, 调查资料齐全, 有书面协议	
(19)	交叉工程初测资料利用情况, 复查、自检资料和其他资料	复查、自检资料应有精度评定情况, 对勘测成果有明确评价	
7	其他工程及沿线设施		
(1)	安全设施表	对每一段落提出具体桩号、安全级别要求	
(2)	管理(收费)设施一览表	包括位置、职责范围、规模, 已与建设单位及上级主管部门协商确认, 有书面协议或批文	
(3)	服务设施一览表	包括位置、功能、规模, 已与建设单位及上级主管部门协商确认, 有书面协议或批文	
(4)	管理、服务设施地形图	测绘准确, 图纸清晰	
(5)	连接路线、进出口道路勘测	完成, 符合相应技术要求	
(6)	其他工程一览表	资料翔实、准确, 方案合理	
(7)	其他工程布置图	布设合理, 资料齐全, 记录清晰, 必要时有书面协议	
(8)	其他工程及沿线设施初测资料利用情况, 复查、自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应对勘测成果有明确评价	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
8	环境保护		
(1)	环境保护工程一览表	提出段落桩号、受影响情况、推荐的环保形式	必须包括环境评价报告的环境敏感区
(2)	典型环保工程布置图	包括主线典型布置图、特殊地段布置图、绘制清晰准确, 方案经济合理	环评报告的环境敏感区必须完成
(3)	路外环保设施平面图	包括蒸发池、声屏障等设施的平面布置图及地形图	
(4)	取、弃土场环境调查记录	各取土场、弃土场的施工前自然状况, 并提出初步的环保恢复方案	
(5)	环境保护工程初测资料利用情况, 复查、自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应对勘测成果有明确评价	
9	工程地质		
(1)	工程地质报告初稿	报告清晰准确, 内容翔实, 路线工程地质状况描述清晰	
(2)	工程地质平面图	资料正确, 内容齐全, 绘制清晰	高速公路、一级公路
(3)	不良地质路段地质情况调查记录及图表	完成全部不良路段的地质情况调查工作, 可满足设计工作要求	
(4)	深挖方路段地质调查记录及图表	完成挖方大于8m路段及挖方大于3m的水文地质条件复杂路段地质调查, 可以满足确定开挖土石类别比例要求, 较全面地揭露开挖后可能遇到的问题	
(5)	大型支挡构造物基础地质调查记录及图表	通过钻孔、挖探等手段确定基础承载力情况, 满足结构设计要求	
(6)	特大、大中桥基础地质调查记录及图表	通过钻探、挖探等手段确定地基情况, 满足基础设计及绘制地质纵断面图要求	包含跨径属于大、中桥的交叉构造物
(7)	小桥、涵洞基础地质调查记录及图表	通过钻探、挖探等手段确定基础承载力情况, 满足基础设计要求	包含跨径属于小桥涵的交叉构造物
(8)	隧道工程地质调查记录及图表	通过钻探、挖探、物探等多种手段相结合的方式, 确定隧道及施工影响范围内的工程地质情况, 深度满足围岩分类划分及结构设计要求, 对断层、溶洞等严重不良地质情况应确定其影响范围及程度	
(9)	场地工程地质安全性评价	完成特大桥、特长隧道、附近存在活动断层等不良地质条件的大型构造物的场地工程地质安全性评价	两阶段施工图应在初步设计中完成
(10)	下穿构造物水文地质情况调查	完成下穿铁路、公路及其他构造物处的水文地质条件(包括地表水文情况、地下水情况、地表及地下排水条件)调查, 满足排水设计要求	
(11)	其他工程地质情况调查资料	完成, 资料满足设计要求	
(12)	工程地质初测资料利用情况, 复查、自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应对勘测成果有明确评价	

续表

序号	图表与资料名称	内容和要求	备注
10	筑路材料		
(1)	材料料场一览表	清晰准确, 内容齐全	
(2)	沿线筑路材料供应示意图	绘制清晰准确, 供应方案合理可行	
(3)	地产材料料场情况调查记录	料场位置、生产方式及技术水平、生产规模及能力、资源储量情况	
(4)	材料供应情况调查记录	包括运输方式、供应地点、生产能力等调查, 调查内容齐全, 记录准确记录齐全, 书写清晰, 数据准确	
(5)	自采料场调查、勘测记录及附表	包括拟采用自采料场位置、资源种类、储量、覆盖层厚度, 拟采用的生产方式、运输方式等, 并附料场地质勘察记录	
(6)	材料取样试验及试验结果一览表	全部取样试验材料均列出取样地点、取样量、拟试验项目, 对方案有影响的试验应已完成	
(7)	筑路材料初测资料利用情况, 复查、自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应对勘测成果有明确评价	
11	施工组织设计及预算		
(1)	全线便道、便桥总体规划示意图	在路线平面图基础上绘制, 要求清晰、准确, 反映整个施工便道情况, 包括利用现有道路、桥梁及新建道路、桥梁的情况, 便道里程、桥长准确	
(2)	临时工程及施工场地一览表	包括综合施工场地、大中桥、隧道施工场地的面积及位置, 临时电力、电信、打井等临时工程的数量	
(3)	施工场地平面图	地形复杂、对施工组织有影响的施工场地, 应详细测定其平面图	
(4)	相关协议或意向书	拆迁(电力、电信、文物)协议、跨越(铁路、河流等)协议、征地协议等影响工程方案的书面协议或意向书	
(5)	预算相关调查资料	包括人员工资标准、运输条件、可用运输手段、材料单价及供应地点、运距、拆迁补偿标准、农田产值情况、林地林种及生长年限情况	
(6)	施工组织设计及预算初测资料利用情况, 复查、自检资料及其他有关资料	复查、自检资料应对勘测成果有明确评价	
12	其他勘测调查资料	清晰准确, 签署齐全	

# 附录 A 公路勘测记录簿格式

## 一、公路勘测记录簿封面

高清PDF原创  
www.gqpdf.com

×××记录簿

测设单位×××

路线名称×××

×××记录簿

第 本 共 本

(本记录簿有效记录共 页, 不得撕页)

勘测调查 自 至

起讫点: (自 K 至 K )

勘测日期: 自 年 月 日

至 年 月 日

测设单位×××

### 校审记录表

过程检查意见   <div style="text-align: right;">签名: 日期:</div>	处理意见   <div style="text-align: right;">签名: 日期:</div>
最终检查意见   <div style="text-align: right;">签名: 日期:</div>	处理意见   <div style="text-align: right;">签名: 日期:</div>
验收意见   <div style="text-align: right;">签名: 日期:</div>	

### 目录

序 号	内 容 (起讫桩号)	页 码

## 二、公路勘测记录簿专业部分

### 1. 控制测量点之记

#### 点之记

第\_\_页

点名	类别	等级	
所在地			
交通路线略图:	交通情况概述:		
点位略图:	埋石标志:		
选点情况	单 位		
	选点员	日期	年 月 日
埋石情况	单 位		
	埋石员	日期	年 月 日

备注 (前后相邻点名、通视情况等)

### 2. 四等水准测量记录簿

仪器：\_\_\_\_\_ 观测：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日  
 测自：\_\_\_\_\_ 至 \_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

测站 编号	后尺	上丝	前尺	上丝	方向及 尺号	标尺读数		K + 黑 减红	高差 中数	备注
		下丝		下丝		黑面	红面			
	后距		前距			视距差 $d$	$\sum d$			
					后					
					前					
					后 - 前					
					后					
					前					
					后 - 前					
					后					
					前					
					后 - 前					

### 3. GPS 测量记录簿

观测：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

点名 (号)		等级	
日期		日时段号	
传感器编号		控制器编号	
记录开始时间		记录结束时间	
测前天线高	mm	测后天线高	mm
平均天线高	mm		
时间	跟踪卫星号 (PRN)	GDOP	干温 (°C) 湿温 (°C) 气压 (Pa)
记事			

### 4. 角度和距离测量记录簿

测站：\_\_\_\_\_ 仪器：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

视点	读数		2C	半测回 方向值	一测回 平均方向值	各测回 平均方向值	备注
	盘左	盘右					

测站：\_\_\_\_\_ 观测：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

距离测量 (平、斜)	仪高 (m)				气压 $P$ (Pa)				温度 $t$ (°C)			
	视点		视高 (m)		视点		视高 (m)		视点		视高 (m)	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	平均				平均				平均			
垂直角 (高差) 测量	盘左	盘右	指标差 (高差之差)		盘左	盘右	指标差 (高差之差)					
	平均				平均							

### 5. 中桩放样测量记录簿

仪器：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

测站情况或联测情况

---

(测站点名、坐标, 方向点名、坐标, 当使用 GPS - RTK 方法时, 基站点名、联测点等)

---

检测情况

---

(距离、高差、坐标检测情况)

---

支点情况

---

(支点的坐标、距离、高程等)

观测：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

中桩桩号	距离 (m)	垂直角 (°′″) 或高差 (m)	仪器高 (m)	棱镜高 (m)	高程 (m)	桩位说明

## 6. 中平测量记录簿

仪器：\_\_\_\_\_ 观测：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

桩号或 测点编号	水准尺读数			高差 (m)	高差改正 数 (mm)	改正后高 差 (m)	视线高 (m)	高程 (m)	备注
	后视	间视	前视						

## 7. 路线横断面测量记录簿

观测\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 仪器：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

距 离 (m) 左						中桩桩号	距 离 右 (m)						示意图
高 差							高 差						

## 8. 小桥涵勘测调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

编 号	桩 号		
地域或河名		桥涵位置与路线交 角及河流流向简图	
河床土壤			
构造物处河床坡度			
构造物处河底高程		水面坡度 $i$	
水位高程		水深	
洪水位高程			
模拟设置形式	桥/管 涵/板 涵/箱 涵		
模拟孔(跨)径			
其他勘测调查(汇水面积、历史 洪水位、河道简史、河床冲淤、河 或沟渠功能、河沟底纵坡、河涵底 高程及上下游构造物情况、漂浮物 及冰冻情况等描述)			

构造物平面示意图

河床(沟渠)断面示意图

高清PDF原创  
www.gqpdf.com



## 9. 大、中桥涵勘测调查记录簿

桥梁外业勘测说明

编制: \_\_\_\_\_ 复核: \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

描述桥位所处的地理位置、河流概况以及水文、地质、气象和环保情况, 简述水文资料的搜集及水文分析方法和计算结果, 论述桥位处地形、地质、水文以及漂浮物等对桥梁布设的影响, 初拟桥型方案和导流防护构造, 并对勘测方法和经过进行简要的说明等

水位调查记录

调查: \_\_\_\_\_ 复核: \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

一组洪痕位置草图

编号	详细位置	发生年月(日)	高程(m)	可靠程度

详细记录: 被询问人姓名、年龄、住址, 洪水发生的时间、洪水历时等特征, 洪水灾情、河道纵横变迁冰塞、决堤、漂浮物等情况, 按本河型应收集的特性资料以及各资料的可靠程度等

河流纵向水面(河床)比降记录

测时水位: \_\_\_\_\_

调查: \_\_\_\_\_ 复核: \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

比降桩 编号	沿河桩号	间距 (m)	测 时						
			水面高程 (m)	水深 (m)	河底高程 (m)	水面		河床	
						高差	比降	高差	比降

形态断面资料综合表

距桥轴线上（下）游距离：\_\_\_\_\_

制表：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

原记录点次	桩号	间距 (m)	地面高程 (m)	备注

地表特征记录

制表：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

平面示意图（注明代表性桩号）

前进方向



按桩号起讫段落说明断面上下游表面土壤和种植季节情况，上下游环境、地势、建筑物、滩槽分界线及糙率、调查淹没频率地点高度

桥轴纵断面资料综合表

制表：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

原记录点次	桩号	间距 (m)	地面高程 (m)	备注

桥轴辅助纵断面（左侧）资料综合表

距桥轴线距离：\_\_\_\_\_

制表：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

原记录点次	桩号	间距 (m)	地面高程 (m)	备注





### 桥轴辅助纵断面（右侧）资料综合表

距桥轴线距离：\_\_\_\_\_

制表：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

原记录点次	桩号	间距 (m)	地面高程 (m)	备注

### 桥梁墩台辅助断面测量记录

记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

断面位置示意（示意墩台位置及断面编号）：

\_\_\_\_\_ → 前进方向

\_\_\_\_\_ 断面

\_\_\_\_\_ 断面

\_\_\_\_\_ 断面

\_\_\_\_\_ 断面

### 调治构造物布置草图及测量记录

记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

平面示意：

\_\_\_\_\_ → 前进方向

相关测量记录：

## 10. 原有桥涵调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

桥涵编号：	桩号：K+
河沟（或桥）名称：	距新线距离：_____ m
上部构造类型：	桥梁全长：_____ m
孔数及跨径：	建筑高度：_____ m
桥宽（或涵长）：_____ m	墩台及基础形式：
桥面高程：	墩高：_____ m 台高：_____ m
填土高度：_____ m	基底高程：
建筑年代：	桥涵及路线交角：

续表

河床（或涵底）高程：		河床（或涵底）坡度：	
汇水面积 F =	km <sup>2</sup>	进出口形式：	
桥（涵）前洪水位 H <sub>1</sub> =	m	相应的上游天然水深：	m
桥（涵）前洪水位 H <sub>2</sub> =	m	相应的下游天然水深：	m
洪水发生年代及情况：			
地形及地质情况：			
上下游冲淤情况：			
洞口及涵底加固形式：			
构造物载重能力估计：			
构造物现状：			
利用或改建意见：			

原有桥涵量绘草图

\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

立面																	
平面																	
墩									台								

11. 河床断面测量记录簿

河流名称：\_\_\_\_\_ 仪器：\_\_\_\_\_ 测站：\_\_\_\_\_

观测：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 仪器高：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

桩号或点号	距离读数	垂直角或高差	棱镜高	平距	高差	高程	桩位说明

河床断面示意图



## 12. 取土场、弃土场调查表

调查人：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

土场编号		可取面积		取样编号	
土场名称		可取数量		取样数量	
上路桩号	K + 左 (右)		运距: (km)		
土场位置、地形、地物概路描述					
现有道路情况					
地下水位	(m)				
整修便道	等级:	宽度:	(m)	长度:	(m)
新建便道	等级:	宽度:	(m)	长度:	(m)
运输条件运输工具					
弃土编号		弃土地点		弃土数量	
弃土位置描述、运距及运输方式					
其他					
土场草图	北 ↑				
弃土场草图	北 ↑				

## 13. 天然筑路材料料场调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

料场名称		所属单位	
位置			
上路桩号			
料场描述			
储藏量、年产量及供应量			
临时工程			
占用地亩及其他			
料场示意图 (含运输线路)			
材料试验			
编号	材料名称	规格	试验结果

14. 沿线文物、学校等调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 第\_\_\_\_页

名称	
桩号	K至K 左: m 右: m
建筑年代	
规模	
建筑形式	
性质或等级	
管理者	
隶属单位	
所在地名	
占地面积	

其他说明

15. 建筑物拆迁调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 第\_\_\_\_页

桩号						
距路中线 (m)	左					
	右					
户名或单位名						
所在乡、村						
房屋	平房 (m <sup>2</sup> )	砖房				
		土房				
	楼房 (m <sup>2</sup> )	砖混				
	厂房 (m <sup>2</sup> )	钢混				
		钢架				
简易房 (长×宽 = m <sup>2</sup> )						
围墙	砖 (长 = m)					
	土 (长 = m)					

续表

	桩号				
地坪	水泥 (长 × 宽 = m <sup>2</sup> )				
	砖 (长 × 宽 = m <sup>2</sup> )				
	蔬菜大棚 (m <sup>2</sup> )				
	厕所 (座)				
	猪圈 (个)				
	牛圈 (个)				
	禽棚 (个)				
	粪池 (个)				
	沼池 (个)				
	水井 (口)				
	坟 (座)				
其他					

注：水井如果属于机井应加注“机”。

### 16. 水文调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

工程名称	
调查地点	
1. 洪水位调查：	
2. 河床变迁：	
3. 上、下游建筑物情况：	
4. 冰凌调查：	
5. 通航情况：	
6. 水利、水文、气象等部门提供的情况：	
7. 被调查者：	
8. 附件：	
9. 示意图：	



17. 拆迁电信、电力及管线调查记录簿

\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 第\_\_\_\_页

起讫桩号	交叉角(°)	所属单位	设备种类及数量							备注								
			钢架	钢筋混凝土双柱架	钢筋混凝土柱	木杆	电缆	地下电缆	地下管道		水管							
			座	根			m		处		m							

18. 砍树、挖根调查记录簿

\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 第\_\_\_\_页

起讫桩号	所属单位	除草		灌木				果树				林树				备注					
		稀	密	稀	密	一般	困难	种类	幼	小	成	种类	幼	小	成						
		1 000m <sup>2</sup>								棵											

19. 原有道路及交叉调查记录簿

调查: \_\_\_\_\_ 记录: \_\_\_\_\_ 复核: \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 第\_\_\_\_页

路段	K	K	交叉角度
交叉点桩号	K		道路等级

被交叉路描述:

路基:

1. 宽度            2. 高度

3. 路堤            路堑: 左    右

4. 边沟: 纵坡    %    加固形式:

5. 地质类型:        6. 地下水位:

路面:

1. 路面层类型、厚度:

2. 路面宽度:    m    3. 路拱: 左    %    右    %

4. 路肩宽度:    m    5. 路肩坡度: 左    %    右    %

交叉方式建议:

其他:

原有道路及交叉示意图

平面示意图

纵面示意图



### 20. 规划道路调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

项 目	现 状	规 划	备 注
公路名称			
公路等级			
交通量			
规划实施年限			
规划批准与否及批准单位			
路基宽度			
路面类型及宽度			
是否改移及位置			
净高要求			
可否下挖及高程			
高程系统			

平面示意图

断面示意图

### 21. 路线交叉调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

编号	中心桩号	K	名称	交角
----	------	---	----	----

调查描述：

初步拟定孔径及墩台形式：

交叉处平面图：

被交叉道路（或管线）横断面：

被交叉道路（或管线）纵断面：

### 22. 取样记录簿

取样地点：K \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ 左 \_\_\_\_\_ (m) 右 \_\_\_\_\_ (m)

第 \_\_\_\_\_ 号试坑 取样深度由 \_\_\_\_\_ (m) 至 \_\_\_\_\_ (m)

样品名称 \_\_\_\_\_ 用 途 \_\_\_\_\_

样品号数 \_\_\_\_\_ 取样袋编号 \_\_\_\_\_

试验项目 \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_





26. 土地调查表

\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日 第\_\_页

作物种类	年			年			年						
	亩产量 (kg/亩)	单价 (元/kg)	亩产值 (元/亩)	亩产量 (kg/亩)	单价 (元/kg)	亩产值 (元/亩)	亩产量 (kg/亩)	单价 (元/kg)	亩产值 (元/亩)				
旱田													
水田													
菜田													
林地													
水塘													
大棚													
起讫桩号	所属县、乡	征用土地类别										备注	
		水田	旱地	菜地	林地	宅基地	水塘	荒地	果园				

27. 道路地质调查表

调查: \_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日 第\_\_页

层号	深度 (m)	岩层描述	工程等级	取样	
				编号	深度 (m)

道路地质描述 (由 K + 至 K + ):

28. 施工组织设计调查记录簿

调查：\_\_\_\_\_ 记录：\_\_\_\_\_ 复核：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 第\_\_\_\_页

工程用途					
桩号	K 至 K	左	m	右	m
场地描述（耕地种类、种植情况）					
市（县）					
乡（镇）					
村					
户					
旱地					
亩					
水田					
亩					
市（县）					
乡（镇）					
村					
户					
旱地					
亩					
水田					
亩					
场地位置示意图					



# 参 考 文 献

- [1] 中国有色金属工业协会. GB 50026—2007 工程测量规范. 北京: 中国计划出版社, 2007.
- [2] 中交第一公路勘察设计研究院. JTG C10—2007 公路勘测规范. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [3] 中交第一公路勘察设计研究院. JTG/T C10—2007 公路勘测细则. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [4] 中华人民共和国建设部. JGJ 8—2007 建筑变形测量规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [5] 尤晓玮. 现代道路勘测设计. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [6] 尤晓玮. 现代道路路基路面工程. 3 版. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [7] 尤晓玮. 公路工程. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [8] 尤晓玮. 道路工程概论. 2 版. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- [9] 潘全祥. 施工现场十大员技术管理手册: 测量员. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [10] 贾清亮. 测量学. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
- [11] 朱海涛. 桥梁工程实用测量. 北京: 中国铁道出版社, 2000.
- [12] 黄声享, 郭英起, 易庆林. GPS 在测量工程中的应用. 北京: 测绘出版社, 2007.
- [13] 陆国胜, 王学颖. 测绘学基础. 北京: 测绘出版社, 2006.
- [14] 靳祥升. 测量学. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
- [15] 覃辉等. 土木工程测量. 2 版. 上海: 同济大学出版社, 2007.
- [16] 顾孝烈, 鲍峰, 程效军. 测量学. 3 版. 上海: 同济大学出版社, 2006.
- [17] 文孔越, 高德慈, 高贵田等. 土木工程测量. 北京: 北京工业大学出版社, 2002.
- [18] 王刚领. 公路工程测量与施工放线一本通. 北京: 中国建材工业出版社, 2009.
- [19] 岳建平, 陈伟清. 土木工程测量. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2006.
- [20] 聂让. 全站仪与高等级公路测量. 北京: 人民交通出版社, 1997.
- [21] 杨松林. 测量学. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [22] 刘玉珠. 土木工程测量. 广州: 华南理工大学出版社, 2005.
- [23] 李征航, 黄劲松. GPS 测量与数据处理. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [24] 钟孝顺, 聂让. 测量学. 北京: 人民交通出版社, 1997.
- [25] 胡伍生, 高成发等. GPS 测量原理及其应用. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [26] 王依, 过静琚. 现代普通测量学. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [27] 宁津生. 测绘学概论. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.

