

实用公路测量 放线技术

■ 尤晓玮 梁小光 编著

■ 张焕春 主审

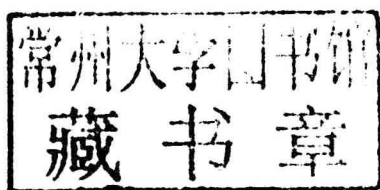


清华大学出版社

● 北京交通大学出版社

实用公路测量放线技术

尤晓玮 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 ·

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/尤晓伟,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. ①U412.24

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:北京时代华都印刷有限公司

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:1~3000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。

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加，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

第 1 章 工程测量基础	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
第 2 章 工程测量用具、仪器及其使用	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 ₃ 水准仪	22
2.2.2 DS ₁ 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
第3章	水准测量与角度测量	44
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
第4章	距离测量与直线定向	63
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
第5章	公路工程控制测量	71
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
第 6 章	公路工程地形图测绘	99
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
第 7 章	公路工程中线测量	120
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
第8章	航空摄影测量	149
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
第9章	数字地面模型	161
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
第 10 章	公路工程断面图测量	168
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
第 11 章	公路工程施工测量与放线	182
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知	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
第12章	桥涵工程施工测量与放线	230
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
第13章	隧道工程施工测量与放线	266

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	光学水准仪与陀螺经纬仪联台进行竖井联系测量	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
第14章	公路工程测量资料	292
14.1	初测资料	292
14.2	定测资料	298
附录A	公路勘测记录簿格式	306
参考文献		324

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 (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

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、…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 α 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、…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

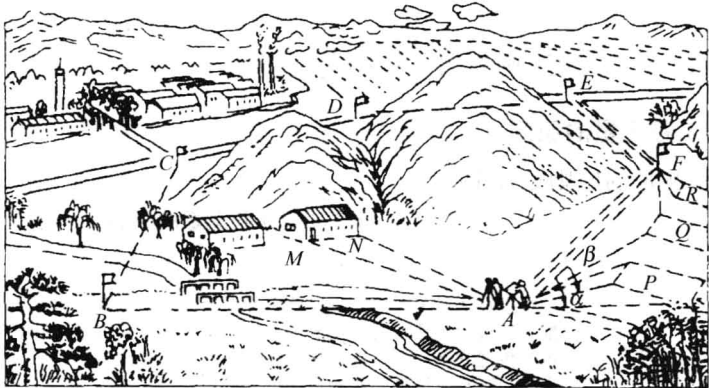


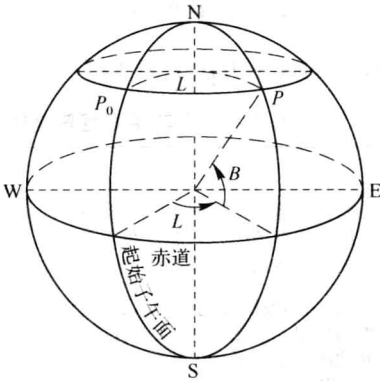
图 1-1 控制测量与碎部测量示意图

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	 图1-2 大地坐标系

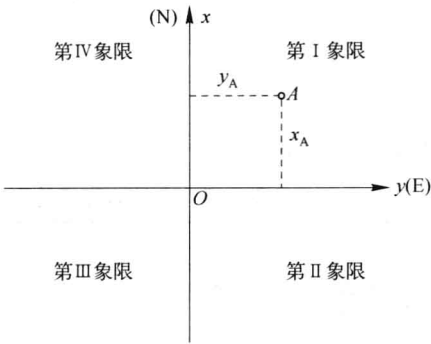
1.2.2 平面直角坐标系

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的,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	 图 1-3 平面直角坐标系

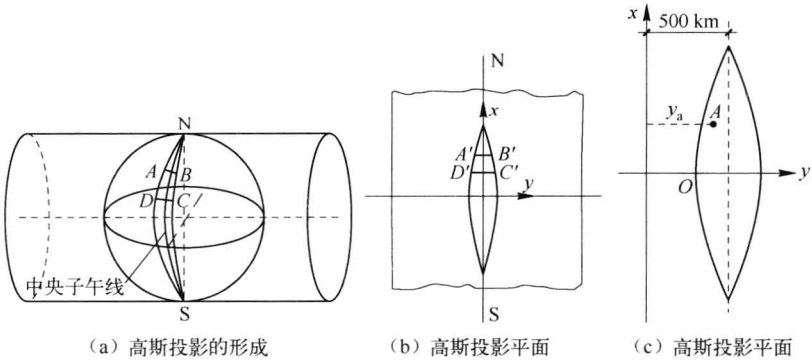
1.2.3 高斯平面直角坐标系

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	(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 (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
3	投影范围	(1) 为了使投影误差不致影响测图精度，一般以经差 6°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 6°投影带（简称 6°带）。6°带中央子午线经度 L_0 与投影带号 N_6 之间的关系式为： $L_0 = N_6 \times 6^\circ - 3^\circ \tag{1-1}$ (2) 如果用大比例尺测图，则需采用 3°带或 1.5°带来限制投影误差。3°带与 6°带的关系如图 1-5 (b) 所示
4	高斯平面直角坐标系应用	(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 (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

续表

序 号	项 目	具体含义
5	图示	 图 1-4 高斯平面直角坐标系

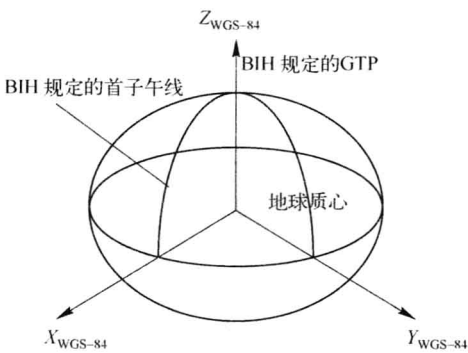
1. 2. 4 GPS 轨道的大地参考坐标系

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	 图 1-6 WGS-84 坐标系

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	(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筑 (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 (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 (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