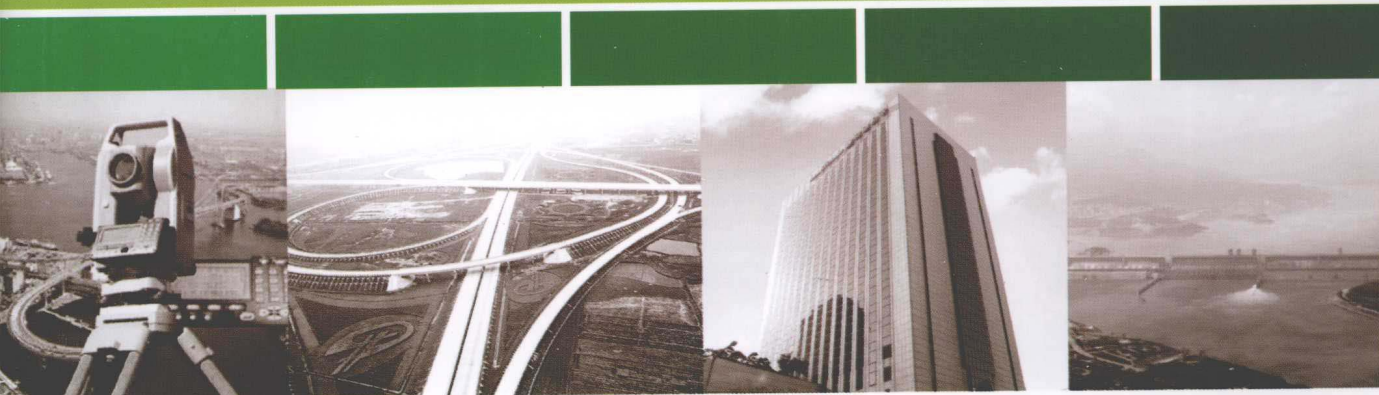


职业院校通用教材



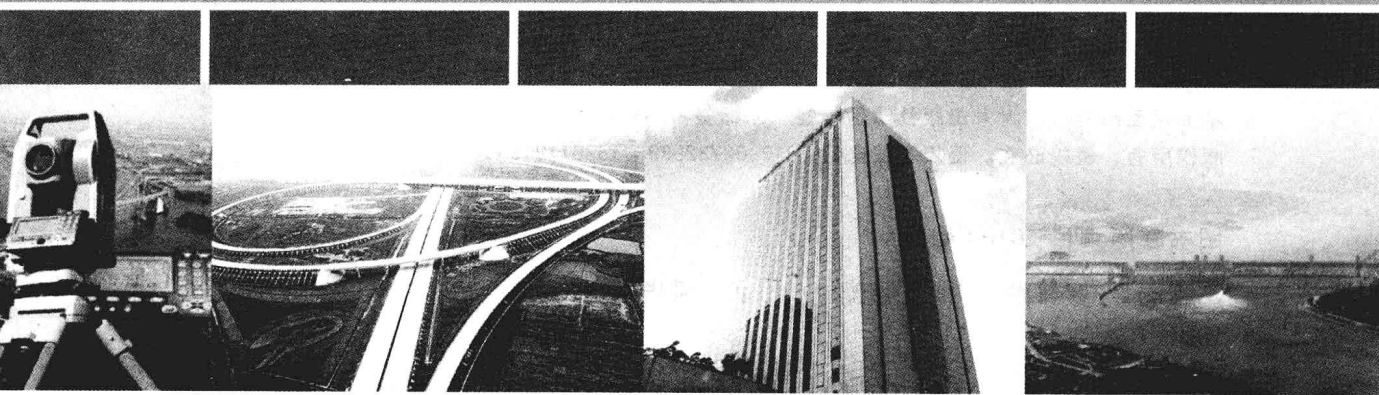
工程测量

罗科勤 何宇鑫◎编著



清华大学出版社

职业院校通用教材



工程测量

罗科勤 何宇鑫◎编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本教材按照国家最新的《工程测量规范》(GB 50026—2007),根据土建类专业测量学课程教学的基本要求编写。全书共分13章,内容包括:绪论、水准测量、角度测量、距离测量、直线定向、测量误差的基本知识、小区控制测量、大比例尺地形图、测设的基本工作与方法、建筑工程测量、道路与桥梁工程测量、管道工程测量、变形监测。本教材注重操作技能,突出实用性,并配套编写了习题集(含习题答案)。

本教材可作为土建类相关专业的教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考用书。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/罗科勤,何宇鑫编著. —北京:清华大学出版社,2011.3

ISBN 978-7-302-24831-6

I. ①工… II. ①罗… ②何… III. ①工程测量—高等学校—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第023747号

责任编辑:金燕铭

责任校对:李梅

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:16.25

字 数:374千字

版 次:2011年3月第1版

印 次:2011年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00元

产品编号:041264-01

前言

Preface

本教材根据土建类专业测量学课程的教学需要,采用国家最新的《工程测量规范》(GB 50026—2007)编写。

本教材注重测量学的基本理论、基本计算、基本操作,注重新技术和新方法,具有较宽的专业适应面;在内容组织上,本着“理论够用、强化实践、突出应用、注重技术”的原则,简化了一些繁琐的理论推导,改进了一些旧的计算方法,减少了一些公式的推导过程,增加了关于仪器操作方面的内容,力求使学生的动手能力和实际操作能力得到培养。

在本教材的编写过程中,得到了兰州城市建设学校(兰州技师学院)的大力支持,特别是兰州城市建设学校校长、高级讲师赵虎林同志,为本书编写提出了宝贵的指导性意见;同时,在本教材的编写过程中,参阅和借鉴了许多优秀教材、专著及有关文献资料,在此一并致谢!

鉴于编者水平有限,教材中难免有不妥之处,希望广大读者及同行不吝赐教,以便修订。

编者

2010年11月

目 录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 工程测量的任务和作用	1
1.1.1 测量学的基本概念	1
1.1.2 工程测量的任务	1
1.1.3 工程测量的作用	1
1.2 地面点位的确定	2
1.2.1 测量工作的实质	2
1.2.2 基准面和基准线	2
1.2.3 地球的形状和大小	2
1.2.4 地面点的高程系统	3
1.2.5 地面点的坐标系统	3
1.3 用水平面代替水准面的限度	7
1.3.1 地球曲率对距离的影响	7
1.3.2 地球曲率对水平角度的影响	8
1.3.3 地球曲率对高程的影响	8
1.4 测量的基本工作、程序和原则	9
1.4.1 测量的基本工作	9
1.4.2 测量工作的程序	9
1.4.3 测量工作的原则	10
第 2 章 水准测量	11
2.1 水准测量的原理	11
2.1.1 水准测量原理	11
2.1.2 水准测量高程的计算方法	12
2.2 水准测量的仪器和工具	12
2.2.1 DS3 微倾式水准仪的构造	13
2.2.2 水准尺和尺垫	15
2.3 水准仪的使用	17
2.3.1 安置仪器	17

2.3.2	粗略整平	17
2.3.3	照准目标	18
2.3.4	精确整平	19
2.3.5	读数	19
2.4	水准测量的方法	19
2.4.1	水准点	19
2.4.2	水准路线	20
2.4.3	水准测量的施测方法	21
2.4.4	水准测量的等级	22
2.5	水准测量的检核	23
2.5.1	计算检核	23
2.5.2	测站检核	24
2.5.3	路线检核	25
2.6	水准测量的成果处理	26
2.6.1	高差闭合差的调整	26
2.6.2	改正高差的计算	26
2.6.3	最终高程的计算	26
2.7	其他水准仪简介	28
2.7.1	自动安平水准仪	28
2.7.2	精密水准仪	28
2.7.3	激光水准仪	28
2.7.4	电子水准仪	29
2.8	水准仪的检验与校正	29
2.8.1	微倾式水准仪的检验与校正	29
2.8.2	自动安平水准仪的检验与校正	33
2.9	水准测量的误差及处理方法	34
2.9.1	仪器误差	34
2.9.2	观测误差	34
2.9.3	外界条件的影响误差	35
第 3 章	角度测量	37
3.1	水平角的测量原理	37
3.1.1	水平角	37
3.1.2	水平角测量原理	37
3.2	光学经纬仪	38
3.2.1	DJ6 型光学经纬仪	38
3.2.2	读数设备与读数方法	39
3.2.3	DJ2 型光学经纬仪	40

3.3	经纬仪的操作使用	41
3.3.1	仪器安置	41
3.3.2	对中	42
3.3.3	整平	43
3.3.4	照准	43
3.3.5	读数	43
3.4	水平角的测量方法	43
3.4.1	测回法	43
3.4.2	方向观测法	45
3.5	竖直角测量	46
3.5.1	竖直角	46
3.5.2	竖直度盘的构造	46
3.5.3	竖直角测量原理	47
3.5.4	竖直角的观测	47
3.5.5	竖直角的计算	47
3.5.6	竖盘指标差	48
3.6	经纬仪的检验与校正	48
3.6.1	水准管轴垂直于竖轴($LL \perp VV$)的检验与校正	48
3.6.2	十字丝纵丝应竖直的检验与校正	49
3.6.3	视准轴垂直于横轴($CC \perp HH$)的检验与校正	49
3.6.4	横轴垂直于竖轴($HH \perp VV$)的检验与校正	50
3.6.5	竖盘指标水准管(竖盘指标差 $x=0$)的检验与校正	50
3.6.6	对点器视准轴与仪器竖轴重合的检验与校正	51
3.7	角度测量的误差及处理方法	51
3.7.1	仪器误差	51
3.7.2	观测误差	51
3.7.3	外界条件影响的误差	52
3.8	电子经纬仪和全站仪简介	52
3.8.1	电子经纬仪	53
3.8.2	全站仪	53

第4章 距离测量 55

4.1	钢尺量距	55
4.1.1	量距工具	55
4.1.2	直线定线	56
4.1.3	钢尺量距的一般方法	57
4.1.4	钢尺量距的精密方法	59
4.1.5	钢尺量距的注意事项	61

4.2	光电测距简介	62
4.3	视距测量	63
第5章	直线定向	65
5.1	标准方向	65
5.2	直线方向的表示	65
5.2.1	方位角	65
5.2.2	象限角	66
5.3	用罗盘仪测定磁方位角	67
5.3.1	罗盘仪的构造	67
5.3.2	磁方位角的测定	67
5.4	坐标方位角的计算	68
5.4.1	正坐标方位角与反坐标方位角	68
5.4.2	正坐标方位角与负坐标方位角	68
5.4.3	坐标方位角与坐标象限角的换算	69
5.4.4	坐标方位角的计算	69
第6章	测量误差的基本知识	72
6.1	测量误差概述	72
6.1.1	产生测量误差的原因	72
6.1.2	测量误差的分类	72
6.1.3	偶然误差的特性	73
6.2	衡量精度的标准	74
6.2.1	中误差	74
6.2.2	相对中误差	74
6.2.3	极限误差	74
6.3	误差传播定律	75
6.3.1	线性函数的中误差	75
6.3.2	非线性函数的中误差	75
6.4	算术平均值及其中误差	76
6.4.1	算术平均值	76
6.4.2	观测值的中误差	76
6.4.3	算术平均值的中误差	77
第7章	小区控制测量	78
7.1	控制测量概述	78
7.1.1	控制测量的基本概念	78
7.1.2	国家控制网	78

7.1.3	城市控制网	78
7.1.4	小区控制测量	79
7.2	导线测量的外业工作	79
7.2.1	导线的布设形式	79
7.2.2	导线测量的等级与技术要求	80
7.2.3	导线测量的外业工作	81
7.3	导线测量的内业计算	82
7.3.1	坐标计算的基本公式	82
7.3.2	支导线的坐标计算	85
7.3.3	附和导线的坐标计算	86
7.3.4	闭合导线的坐标计算	90
7.4	交会测量	92
7.4.1	角度前方交会	92
7.4.2	距离交会	92
7.5	高程控制测量	93
7.5.1	高程控制的水准测量	93
7.5.2	三角高程测量	96
第8章	大比例尺地形图	98
8.1	大比例尺地形图的基本知识	98
8.1.1	地形图的比例尺	98
8.1.2	地形图的图名、图号、图廓及接合图表	99
8.1.3	地物符号	101
8.1.4	地貌符号	103
8.2	大比例尺地形图的测绘	106
8.2.1	传统测图方法	106
8.2.2	数字化测图方法简介	107
8.2.3	碎部点的选择	107
8.2.4	地物绘制	108
8.2.5	等高线勾绘	108
8.2.6	地形图的拼接	110
8.2.7	地形图的检查	110
8.2.8	地形图的整饰	111
8.3	大比例尺地形图的应用	111
8.3.1	地形图的识读	111
8.3.2	地形图应用的基本内容	111
8.3.3	地形图在场地平整中的应用	114
8.3.4	按限制坡度选择最短路线	119

8.3.5 确定汇水面积·····	120
8.3.6 绘制已知方向线的断面图·····	120
第9章 测设的基本工作与方法 ·····	122
9.1 测设的基本工作 ·····	122
9.1.1 测设水平距离·····	122
9.1.2 测设水平角·····	123
9.1.3 测设高程·····	124
9.2 测设点平面位置的基本方法 ·····	126
9.2.1 直角坐标法·····	126
9.2.2 极坐标法·····	127
9.2.3 角度交会法·····	128
9.2.4 距离交会法·····	128
9.3 测设坡度的基本方法 ·····	129
9.3.1 水平视线法·····	129
9.3.2 倾斜视线法·····	130
9.4 测设直线的基本方法 ·····	132
第10章 建筑工程测量 ·····	134
10.1 建筑工程测量概述·····	134
10.2 建筑施工场地的控制测量·····	135
10.2.1 施工控制测量概述·····	135
10.2.2 施工场地的平面控制测量·····	135
10.2.3 施工场地的高程控制测量·····	138
10.3 多层民用建筑施工测量·····	138
10.3.1 施工测量前的准备工作·····	138
10.3.2 建筑物的定位和放线·····	140
10.3.3 基础工程施工测量·····	142
10.3.4 墙体施工测量·····	143
10.3.5 建筑物的轴线投测·····	144
10.3.6 建筑物的高程传递·····	145
10.4 高层民用建筑施工测量·····	145
10.4.1 外控法·····	145
10.4.2 内控法·····	147
10.5 工业建筑施工测量·····	148
10.5.1 厂房矩形控制网的测设·····	148
10.5.2 厂房柱列轴线与柱基础施工测量·····	149
10.5.3 厂房预制构件安装测量·····	150

10.5.4	烟囱、水塔施工测量	153
10.6	竣工总平面图的编绘	156
10.6.1	竣工测量	156
10.6.2	竣工总平面图的编绘	156
第 11 章	道路与桥梁工程测量	158
11.1	道路工程测量	158
11.2	道路中线测量	158
11.2.1	交点的测设	158
11.2.2	转点的测设	160
11.2.3	线路转折角的测定	161
11.2.4	分角线方向的测设	162
11.2.5	用转角计算坐标方位角	162
11.2.6	中线里程桩设置	163
11.3	圆曲线的测设	164
11.3.1	圆曲线主点的测设	164
11.3.2	圆曲线的详细测设	165
11.4	圆曲线遇障碍时的测设	170
11.4.1	偏角法视线受阻的处理	170
11.4.2	偏角法曲线上遇障碍时的处理	171
11.4.3	曲线起点或终点遇障碍时的处理	171
11.4.4	虚交	172
11.5	复曲线与回头曲线的测设	174
11.5.1	复曲线的测设	174
11.5.2	回头曲线的测设	175
11.6	缓和曲线的测设	176
11.6.1	缓和曲线的方程与参数	176
11.6.2	综合曲线的测设	178
11.7	组合曲线的测设	184
11.8	路线的绝对定位测设	187
11.8.1	直线上点的统一坐标计算	188
11.8.2	圆曲线上点的统一坐标计算	188
11.8.3	综合曲线上点的统一坐标计算	189
11.9	路线纵、横断面的测量	190
11.9.1	纵断面测量	190
11.9.2	横断面测量	195
11.10	道路施工测量	196
11.10.1	施工控制桩的测设	196

11.10.2	路基边桩测设	197
11.10.3	路基边坡测设	199
11.10.4	竖曲线测设	200
11.11	桥梁施工测量	203
11.11.1	桥梁施工控制测量	203
11.11.2	桥梁墩台中心定位	204
11.11.3	桥梁施工测量	205
11.12	隧道施工测量	207
11.12.1	隧道洞内平面控制	207
11.12.2	隧道洞内高程控制	210
11.12.3	隧道内中线的测设	211
11.12.4	隧道内高程的测设	212
第 12 章	管道工程测量	213
12.1	管道中线测量	213
12.1.1	主点的测设	213
12.1.2	里程桩的测设	214
12.2	管道纵横断面测量	214
12.2.1	管道纵断面测量	214
12.2.2	管道横断面测量	214
12.3	管道施工测量	216
12.3.1	施工前的测量工作	216
12.3.2	槽口放线	217
12.3.3	控制标志的测设	218
12.4	顶管施工测量	220
12.4.1	顶管测量的准备工作	220
12.4.2	顶管施工测量	221
12.5	管道工程竣工测量	222
12.5.1	解析法	223
12.5.2	图解法	224
12.6	地下金属管线探测仪简介	224
12.6.1	感应法	224
12.6.2	传导法	225
第 13 章	变形监测	227
13.1	变形监测概述	227
13.2	建筑物的变形监测	228
13.2.1	建筑基坑的变形监测	229

13.2.2	工业与民用建(构)筑物的变形监测·····	229
13.2.3	建(构)筑物的裂缝监测·····	232
13.2.4	建(构)筑物主体的倾斜监测·····	233
13.2.5	建(构)筑物的日照变形监测·····	235
13.3	道路与桥梁变形监测·····	235
13.3.1	道路变形监测·····	235
13.3.2	桥梁变形监测·····	237
13.4	隧道变形监测·····	241
附录 测量工作中常用的计量单位、计算公式及计算方法 ·····		243
参考文献 ·····		248

绪 论

1.1 工程测量的任务和作用

1.1.1 测量学的基本概念

测量学是研究地球的形状和大小,以及测定地面点空间位置的科学。

测量学按照研究对象、测量方法和应用范围的不同,可分为普通测量、大地测量、摄影测量和工程测量等不同学科。

工程测量是研究工程建设在规划设计、施工和经营管理过程中所进行的各种测量工作的科学,广泛应用于房屋、管道、道路、桥梁、矿山、水利水电等各种工程建设。

1.1.2 工程测量的任务

工程测量的任务分为测定和测设两部分。

1. 测定

测定是指使用测量仪器和工具,用一定的测量程序和方法,获得地面点位置的相关数据,或者将地面的地物与地貌按一定的比例用特定的图例符号绘制成地形图。

2. 测设

测设是指使用测量仪器和工具,根据已有的控制点或地物点,按照设计要求,采用一定的方法,将图样上规划设计好的建(构)筑物的位置标定到地面上,作为施工的依据。

1.1.3 工程测量的作用

工程测量是为工程建设提供服务的,贯穿于工程建设的整个过程。在工程勘测阶段,要为规划设计提供各种比例尺的地形图和测绘资料;在工程设计阶段,要应用地形图进行规划和设计;在工程施工阶段,要进行放样;在经营管理阶段,要进行维护与扩建;对有些建(构)筑物,为了保证其安全性,要在特定时间段(或长期)进行变形监测。

工程建设的各个阶段都要以测量工作为先导,都离不开测量工作。而工程测量工作的速度和精度,将直接影响到整个工程的进度和质量。因此,工程建设人员必须掌握工程测量的基本知识和基本技能。

1.2 地面点位的确定

1.2.1 测量工作的实质

测量工作的实质就是确定地面点的空间位置。

地面点的空间位置可以分解为平面位置和高程位置。通常在地形图、规划设计图上看到的都是点的平面位置,它是地面点沿铅垂线方向在投影面上的投影。地面点的高程位置常用数字、符号或立面图来表示。

1.2.2 基准面和基准线

地面上自由静止的水面称为水准面。水准面是曲面,假设把它延伸穿越陆地,就会形成一个闭合的曲面。空间不同高度位置都会存在一个水准面,所以水准面有无数多个。

水准面是一个重力等位面,处处与铅垂线正交;重力的方向线称为铅垂线;与水准面相切的平面称为水平面,如图 1.1 所示。

在无数多个水准面中,其中一个与平均海水面相吻合的水准面,称为大地水准面。大地水准面所包围的形体,称为大地体。

水准面、水平面和铅垂线是测量工作的基准面和基准线。

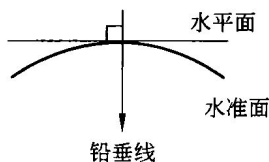


图 1.1

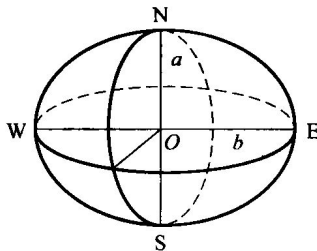


图 1.2

1.2.3 地球的形状和大小

地球表面山川交错、江河纵横、湖海遍地,所以严格地说它是一个极不规则的形体。

由于海洋面积约占地球表面积的 71%,所以大地体最能代表地球的形状和大小。由于在大地体上难以进行准确计算,所以人们采用数学中最接近大地体的一个旋转椭球体来代替地球的总形状,称为地球椭球体。

决定地球椭球体形状和大小的参数,有旋转椭球体的长半轴 a 、短半轴 b 及扁率 α 。

“2000 国家大地坐标系”,采用地心坐标系,英文名称为 China Geodetic Coordinate System 2000,缩写为 CGCS2000。如图 1.2 所示,“2000 国家大地坐标系”采用的地球椭球体的参数为:

$$a=6\,378\,137\text{m}$$

$$b=6\,356\,752.314\text{m}$$

$$\alpha=1:298.257\,222\,101$$

由于扁率 α 很小,在一般工程测量工作中,当测区范围比较小时,可将地球视为一个半径 $R=6\,371\text{km}$ 的圆球体。

1.2.4 地面点的高程系统

地面点到高程基准面的铅垂距离,称为地面点的高程,在工程施工测量中也称为标高。

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程,也称为海拔,用 H 表示。如图 1.3 所示, H_A 、 H_B 分别为地面点 A、B 的绝对高程。

目前我国采用以青岛验潮站 1952 年到 1979 年的验潮资料,计算确定的平均海水面作为起算高程的基准面,称为“1985 国家高程基准”。以该大地水准面为起算面,其高程为零。水准原点(国家高程控制网的起算点)设在青岛,其高程为 72.260m。

以前使用的是青岛验潮站 1950 年到 1956 年验潮资料,计算确定的平均海水面作为起算高程的基准面,称为“1956 年黄海高程系”,水准原点高程为 72.289m。

当在局部地区引用绝对高程有困难时,也可假定一个水准面作为高程基准面。地面点到假定水准面的铅垂距离,称为该点的假定高程,也称为相对高程,用 H' 表示。如图 1.3 所示, H'_A 、 H'_B 分别为地面点 A、B 的相对高程。

两个地面点的高程之差,称为高差,用 h 表示。

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.1)$$

$$h_{BA} = H_A - H_B = H'_A - H'_B = -h_{AB} \quad (1.2)$$

显然,高差的大小与高程系统无关。高差的符号与推算方向有关,AB 方向的高差与 BA 方向的高差,绝对值相等,符号相反。

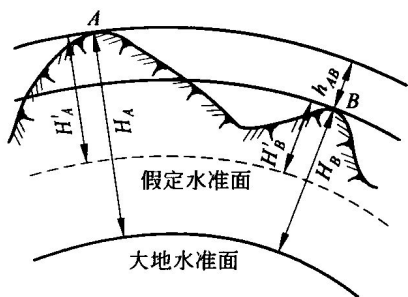


图 1.3

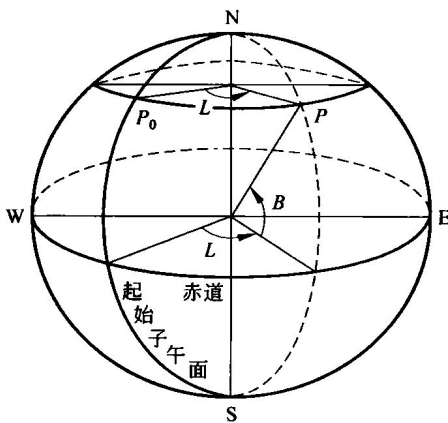


图 1.4

1.2.5 地面点的坐标系统

地面点在投影面上的坐标,可以用大地坐标系、高斯平面直角坐标系或者独立平面直角坐标系表示。

1. 大地坐标系

用经度 L 和纬度 B 来表示地面点的位置,称为大地坐标系,也称地理坐标系。

如图 1.4 所示,NS 为椭球的旋转轴,N 表示北极,S 表示南极。

通过地球中心与地球旋转轴正交的平面,称为赤道平面。赤道平面与地球表面的交线,称为赤道。

通过地球旋转轴的平面,称为子午面。其中,通过原格林尼治天文台的子午面,称为起始子午面,也称首子午面。子午面与球面的交线,称为子午线。

地面点 P 的大地经度就是通过该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 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经;向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。

地面点 P 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 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬;向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。

地面点的大地坐标是根据大地测量数据由大地坐标原点推算而得的。我国现采用陕西省泾阳县永乐镇境内的国家大地坐标原点为起算点,由此建立起来的全国统一坐标系,称为“1980 年国家大地坐标系”。1980 年以前,使用的是“1954 年北京坐标系”。自 2008 年 7 月 1 日起,启用“2000 国家大地坐标系”,过渡期为 8~10 年。

2. 高斯平面直角坐标系

地理坐标是用来表示球面上点位的。在一般建设工程的规划、设计和施工中,需要将球面上的点换算到平面上,将球面上的图形用平面表现出来,这就需要选择合适的地图投影方法。

地图投影的方法有多种,我国采用的是高斯投影法。利用高斯投影法建立的平面直角坐标系,称为高斯平面直角坐标系。在广大区域内确定点的平面位置,一般采用高斯平面直角坐标系。

高斯投影法是将地球划分成若干带,然后将每带分别投影到投影面上,如图 1.5 所示。

高斯投影带是从首子午线算起,每隔经度 6° (或者 3°) 划分一个投影带,称为 6° 带(或者 3° 带)。

(1) 高斯平面直角坐标的投影原理及坐标值的计算

高斯平面直角坐标的投影原理,是设想把投影面卷成椭圆柱面套在地球上,使椭圆柱的轴心通过地球的中心,并与投影带的中央子午线相切,如图 1.6 所示。

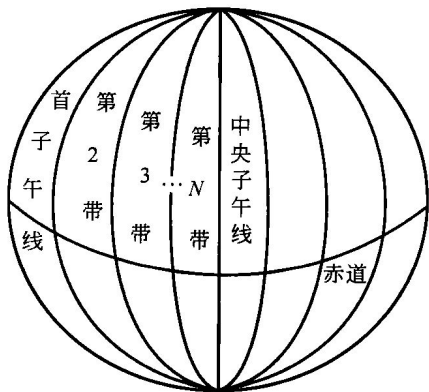


图 1.5

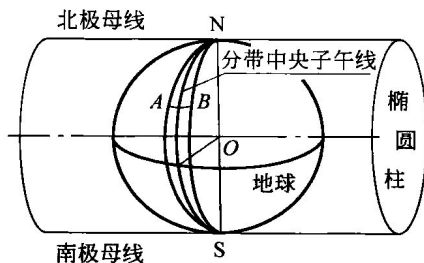


图 1.6