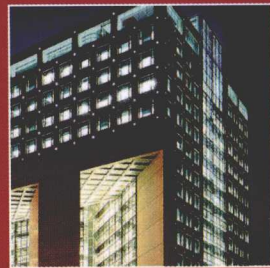
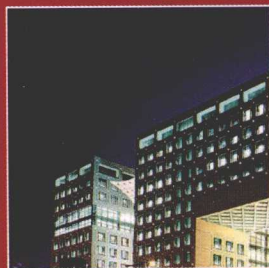




全国高等院校工程管理专业
应·用·型·系·列·规·划·教·材

工程测量

付开隆 主编



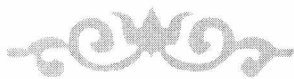
科学出版社

013031377

TB22-43

38

全国高等院校工程管理专业应用型系列规划教材



工程测量

付开隆 主编



科学出版社

北京

TB22-43
38



北航

C1636828

内 容 简 介

本书为全国高等院校工程管理专业应用型系列规划教材之一,全书共十四章,其中第一~五章为测量学的基本知识,包括测量的基础理论、测量仪器的构造和使用方法等内容;第六章为测量误差的基础知识及其在工程测量中的应用;第七章为控制测量的基本知识,并介绍了坐标投影换带和地方坐标系的建立方法等内容;第八、九章为地形测量的相关知识,包括地形图测绘、分幅编号以及数字地形图的应用等内容;第十~十四章为测量学在土木工程中的应用技术,主要包括工业与民用建筑施工测量、道路和桥梁工程测量、地下工程测量以及建筑物的变形观测等工程测量技术与方法。

本书可作为普通高等院校工程管理等专业教材,也可作为土木工程、工程管理技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/付开隆主编. —北京:科学出版社,2013
(全国高等院校工程管理专业应用型系列规划教材)
ISBN 978-7-03-036260-5

I. ①工… II. ①付… III. ①工程测量 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 308629 号

责任编辑:任加林 闫洪霞/责任校对:耿耘
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2013年1月第一次印刷 印张:18 1/4

字数:398 500

定价:36.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<新科>)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026 (HA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

工程测量是高等院校工程管理专业中一门非常重要的专业基础课程，在专业课程设置和工程实践中占有非常重要的地位和作用。本书根据全国高等院校土木工程专业“工程测量”教学大纲的要求，联合全国多家高校力量，结合多年教学和实践经验，本着“满足大纲，精选内容，推陈出新”的原则，在参阅大量中外文献并广泛征求同行意见的基础上精心编写而成。

全书共分十四章，较系统、全面地介绍了测量学的基础理论和方法以及土木工程测量技术的要求和应用。主要内容包括：测量学的基本知识，常规光学仪器的构造以及使用、检验、校正的方法，测量误差的基本理论以及在土木工程测量中的应用，控制测量、地形测量的理论和方法，测量学在建筑工程、道路工程、桥梁工程应用的技术与方法，并针对我国目前地铁工程广泛建设的情况，对其地面、地下控制测量、竖井联系测量、隧道施工测量等技术进行了较为详细的介绍。同时本书还对测量的新仪器、新技术、新方法作了介绍，并增加了数字地形图的应用、坐标投影换带、地方坐标系的建立方法等新内容，使读者在掌握基本测量理论的基础上，能利用最新的理论知识解决工程实践问题。

本书编写分工如下：第一章由付开隆负责编写，第二、十二章由杜国峰负责编写，第三、六、八章由赵广会负责编写，第四、五、十四章由衡艳阳负责编写，第七、十、十一章由李秋实负责编写，第九、十三章由韩丹负责编写。

感谢全国高等院校工程管理专业系列规划教材委员会以及科学出版社对本书出版给予的技术指导和大力支持。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足，谨请读者批评指正。

作 者

2012年9月于冰城

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 测绘学的研究内容及其分类	1
1.1.2 测绘学在国民经济建设中的作用	1
1.1.3 本课程的学习任务	2
1.2 地球的形状和大小	2
1.3 地面点位的确定	3
1.3.1 测量坐标系统	3
1.3.2 测量高程系统	7
1.4 用水平面代替水准面的限度	7
1.4.1 水准面曲率对距离的影响	8
1.4.2 水准面曲率对角度的影响	8
1.4.3 水准面曲率对高差的影响	9
1.5 测量工作的基本内容和原则	9
1.5.1 基本内容	9
1.5.2 基本原则	9
思考题与习题	10
第二章 水准测量	11
2.1 高程测量概述	11
2.1.1 高程测量的定义	11
2.1.2 高程测量的方法	11
2.2 水准测量原理	11
2.2.1 水准测量原理	11
2.2.2 高差法	13
2.2.3 视线高法	13
2.3 水准测量的仪器和工具	13
2.3.1 DS ₃ 型微倾式光学水准仪	14
2.3.2 水准尺和尺垫	17
2.4 水准仪的使用	18
2.4.1 安置仪器	18
2.4.2 粗略整平	18
2.4.3 瞄准水准尺	19

2.4.4	精确整平	19
2.4.5	读数记录	19
2.5	水准测量的施测方法	20
2.5.1	水准点	20
2.5.2	水准路线	21
2.5.3	水准测量的施测方法	21
2.5.4	水准测量的检核	22
2.6	水准测量的成果计算	24
2.6.1	附合水准路线的成果计算	24
2.6.2	闭合水准路线的成果计算	25
2.6.3	支水准路线的成果计算	25
2.7	水准仪的检验与校正	26
2.7.1	水准仪的轴线及其应满足的几何条件	26
2.7.2	水准仪的检验与校正	26
2.8	水准测量的误差与注意事项	29
2.8.1	水准测量误差的主要来源	29
2.8.2	水准测量注意事项	31
2.9	面水准测量	32
2.9.1	平行线法	32
2.9.2	方格网法	32
2.10	精密水准仪与自动安平水准仪	33
2.10.1	精密水准仪	33
2.10.2	自动安平水准仪	35
	思考题与习题	37
第三章	角度测量	39
3.1	角度测量原理	39
3.1.1	水平角测量原理	39
3.1.2	竖直角测量原理	40
3.2	光学经纬仪	40
3.2.1	DJ6 光学经纬仪	40
3.2.2	DJ2 光学经纬仪	42
3.2.3	光学经纬仪的读数系统和读数方法	43
3.2.4	光学经纬仪的使用	46
3.3	水平角测量	48
3.3.1	测回法	48
3.3.2	方向观测法	49
3.4	竖直角测量	50
3.4.1	竖直度盘的构造	50

3.4.2	竖直角计算公式	51
3.4.3	竖盘指标差	51
3.4.4	竖直角观测	52
3.4.5	竖盘指标自动归零补偿装置	53
3.5	经纬仪的检验与校正	53
3.5.1	光学经纬仪轴线应满足的条件	53
3.5.2	经纬仪的检验与校正	53
3.6	水平角测量误差	56
3.6.1	仪器误差	56
3.6.2	观测误差	56
3.6.3	外界条件影响误差	57
3.7	电子经纬仪	57
3.7.1	电子经纬仪的读数系统	57
3.7.2	电子经纬仪的特点	58
	思考题与习题	58
第四章	距离测量和直线定向	61
4.1	钢尺量距	61
4.1.1	钢尺量距的器材	61
4.1.2	距离丈量的一般方法	63
4.1.3	精密量距的方法	66
4.1.4	钢尺量距误差	68
4.1.5	量距应注意的事项	69
4.2	直线定向	70
4.2.1	标准方向的种类	70
4.2.2	直线方向的表示方法——方位角	70
4.2.3	象限角	71
4.2.4	正、反方位角的关系	72
4.2.5	几种方位角之间的关系	72
4.3	罗盘仪测定磁方位角	72
4.3.1	罗盘仪的构造	73
4.3.2	罗盘仪测定磁方位角	73
	思考题与习题	74
第五章	电磁波测距仪与全站仪	75
5.1	电磁波测距概述	75
5.2	光电测距基本原理	75
5.2.1	光电测距的基本工作原理	75
5.2.2	光电测距的方法	76
5.2.3	测距的成果计算	78

5.2.4	测距的误差分析	78
5.3	测距仪的使用	79
5.3.1	测距仪的使用方法步骤	79
5.3.2	测距仪使用的注意事项	79
5.4	全站仪	80
5.4.1	全站仪简述	80
5.4.2	全站仪的基本结构	80
5.4.3	全站仪的组成与功能特点	81
5.4.4	全站仪的使用	82
5.5	仪器使用的注意事项和养护	83
5.5.1	全站仪使用的注意事项	83
5.5.2	全站仪的养护	84
5.6	全站仪的检验与校核	84
5.6.1	电子测角部分的检验与校正	84
5.6.2	光电测距部分的检验与校正	86
	思考题与习题	86
第六章	测量误差的基本知识	88
6.1	测量误差的来源及分类	88
6.1.1	测量误差的来源	88
6.1.2	测量误差的分类	89
6.2	偶然误差统计特性	90
6.2.1	偶然误差统计特性	90
6.2.2	正态分布在误差分析中的意义	91
6.3	评定观测值精度的标准	92
6.3.1	中误差	92
6.3.2	容许误差	93
6.3.3	相对误差	93
6.4	误差传播定律及应用	94
6.4.1	线性函数	94
6.4.2	非线性函数	94
6.5	不等精度直接观测平差	96
6.5.1	权	97
6.5.2	加权平均值及其中误差	98
	思考题与习题	100
第七章	小区域控制测量	101
7.1	控制测量概述	101
7.1.1	平面控制测量	101
7.1.2	高程控制测量	103

7.1.3 全球定位系统	103
7.2 导线测量	105
7.2.1 导线的布设形式	105
7.2.2 导线测量的外业工作	106
7.2.3 导线测量内业计算	107
7.2.4 导线错误的检查方法	112
7.3 交会定点	114
7.3.1 前方交会	114
7.3.2 后方交会	116
7.3.3 距离交会	117
7.4 高程控制测量	118
7.4.1 三、四等水准测量	118
7.4.2 三角高程测量	121
7.5 坐标换带计算和工程坐标系	123
7.5.1 坐标换带的计算方法	123
7.5.2 工程坐标系的建立	127
思考题与习题	130
第八章 大比例尺地形图基本知识与测绘	132
8.1 地形图的基本知识	132
8.1.1 地图简述	132
8.1.2 地形图的内容	132
8.1.3 地形图的比例尺	133
8.1.4 地形图的分幅与编号	134
8.1.5 地形图的图外注记	137
8.1.6 地物的表示方法	137
8.1.7 地貌的表示方法	138
8.2 大比例尺地形图的测绘	141
8.2.1 测图前的准备工作	141
8.2.2 碎部测量的方法(视距测量)	142
8.2.3 地形图的绘制	146
8.3 数字化测图	149
8.3.1 全站仪测图模式	149
8.3.2 全站仪数字测图过程	150
8.3.3 数据编码	151
思考题与习题	152
第九章 地形图应用	153
9.1 地形图应用概述	153
9.1.1 地形图图外注记识读	153

9.1.2	地物识读	153
9.1.3	地貌识读	153
9.2	地形图应用的基本内容	154
9.2.1	在地形图上确定点的坐标	154
9.2.2	在地形图上确定点的高程	155
9.2.3	在地形图上确定直线的长度	156
9.2.4	在地形图上确定直线的坐标方位角	157
9.2.5	在地形图上确定直线的坡度	157
9.3	工程建设中地形图的应用	158
9.3.1	图形面积的量算	158
9.3.2	在地形图上按设计坡度选定最短路线	163
9.3.3	根据等高线绘制线路的纵断面图	164
9.3.4	在地形图上确定汇水面积	165
9.3.5	平整场地时填挖边界的确定和土方量的计算	165
9.3.6	建筑设计中的地形图应用	171
9.4	数字地形图的应用	172
9.4.1	数字地形图基本几何要素的查询	172
9.4.2	土方量的计算	173
9.4.3	断面图的绘制	176
	思考题与习题	176
第十章	施工测量的基本方法	177
10.1	施工测量概述	177
10.2	放样的基本工作	177
10.2.1	设计水平角度的测设	177
10.2.2	设计水平长度的测设	178
10.2.3	设计高程的测设	179
10.2.4	圆曲线的测设	180
10.3	测设点位的方法	182
10.3.1	极坐标法放样	182
10.3.2	直角坐标法放样	183
10.3.3	方向线交会法放样	183
10.3.4	前方交会法放样	183
10.3.5	轴线交会法	184
10.3.6	正倒镜投点法	185
10.3.7	距离交会法	186
10.4	已知水平线及已知坡度线的测设	187
10.4.1	已知水平线的测设	187
10.4.2	已知坡度线的测设	187

10.5 垂准测量	189
10.5.1 吊垂线法	189
10.5.2 经纬仪法	189
10.5.3 激光垂准仪的应用	189
思考题与习题	191
第十一章 工业与民用建筑施工测量	192
11.1 建筑场地上的施工控制测量	192
11.1.1 建筑施工测量简述	192
11.1.2 建筑场地上施工平面控制网的建立	193
11.1.3 建筑场地上施工高程控制网的建立	196
11.2 一般民用建筑施工测量	197
11.2.1 建筑物测设前的准备工作	197
11.2.2 场地平整的测量工作	198
11.2.3 建筑物主轴线的定位测量	199
11.2.4 建筑物放线	200
11.2.5 建筑物基础工程施工测量	201
11.2.6 墙身砌筑的测量工作	203
11.3 工业厂房控制网和柱列轴线测设	203
11.3.1 工业厂房控制网的测设	203
11.3.2 柱列轴线的测设和柱基施工测量	204
11.3.3 工业厂房构件的安装测量	206
11.4 高层建筑施工测量	210
11.4.1 高层建筑物的轴线投测	210
11.4.2 高层建筑物的高程传递	211
11.5 烟囱、水塔施工测量	212
11.5.1 烟囱的定位、放线	212
11.5.2 烟囱基础的施工测量	213
11.5.3 烟囱的施工测量	213
11.6 大坝施工测量	214
11.6.1 坝轴线放样	214
11.6.2 坝体控制测量	214
11.6.3 清基范围的测定	216
11.6.4 坝体浇筑中的施工放样	217
11.7 管道工程测量	218
11.7.1 管道中线测量	218
11.7.2 管线纵、横断面测量	219
11.7.3 管线施工测量	220
11.7.4 顶管施工测量	221

11.7.5 管线竣工测量	222
11.8 竣工总平面图的编绘	222
11.8.1 竣工测量	222
11.8.2 竣工总平面图的编绘	223
思考题与习题	224
第十二章 道路和桥梁工程测量	225
12.1 概述	225
12.2 中线复测	225
12.2.1 中线复测方法	226
12.2.2 控制桩的保护	227
12.3 纵、横断面水准测量	228
12.3.1 纵断面水准测量	228
12.3.2 横断面测量	233
12.4 竖曲线的测设	235
12.5 路基、路面施工放样	237
12.5.1 路基施工放样	237
12.5.2 路面施工放样	240
12.6 桥、涵施工测量	241
12.6.1 桥梁施工测量	242
12.6.2 涵洞工程测量	248
思考题与习题	249
第十三章 地下工程测量	250
13.1 地面控制测量	250
13.1.1 地下工程测量综述	250
13.1.2 地面控制网布设步骤	250
13.1.3 地面控制网布设形式和要求	251
13.2 地下控制测量	254
13.2.1 地下导线测量	254
13.2.2 地下水准测量	254
13.3 联系测量	255
13.3.1 一井定向	255
13.3.2 陀螺经纬仪定向	256
13.3.3 竖井导入高程	256
13.4 隧道施工测量	257
13.4.1 测设隧道中心线	258
13.4.2 测设隧道断面	259
13.4.3 测设坡度和高程	260
13.4.4 硐室施工测量	260

13.5 竣工图的测绘	260
思考题与习题	261
第十四章 建筑物的变形观测	262
14.1 变形观测概述	262
14.1.1 建筑物产生变形的原因	262
14.1.2 变形观测精度要求及内容	263
14.2 建筑物沉降观测	264
14.2.1 水准基点和沉降观测点的布设	264
14.2.2 沉降观测	266
14.2.3 沉降观测的成果整理	268
14.3 建筑物倾斜观测	270
14.3.1 一般建筑物的倾斜观测	270
14.3.2 塔式建筑物的倾斜观测	271
14.3.3 倾斜观测仪	271
14.3.4 激光铅垂仪	272
14.4 建筑物的水平位移观测	273
14.4.1 建筑物水平位移观测方法	273
14.4.2 建立基准线的方法	273
14.5 建筑物裂缝观测	274
14.5.1 建筑物裂缝观测的方法	274
14.5.2 裂缝观测的标志和常用的方法	274
思考题与习题	275
主要参考文献	276

第一章 绪 论

1.1 概 述

1.1.1 测绘学的研究内容及其分类

测量学是研究地球的形状和大小，以及确定地球表面各种物体的形状、大小和空间位置的科学。测量学主要包括测定和测设两个方面。测定是指使用测量仪器和工具，通过测量和计算将地物及地貌的位置按一定比例尺、规定的符号缩小并绘制成地形图，供科学研究和工程建设规划设计使用；测设（放样）是指用一定的测量方法，按要求的精度，将在地形图上设计出的建筑物和构筑物的位置在实地标定出来，作为施工的依据。

根据研究对象、采用技术手段和应用的不同，分为以下几个学科。

大地测量学：研究地球的形状、大小和重力场，测定地面点空间位置和地球整体和局部运动的理论和技术的学科。

普通测量学：研究地球表面局部区域形状、大小的测量理论、技术和方法的学科。

摄影测量学：利用摄影测量或遥感的手段获取目标物的影像数据，从中提取几何的或物理的信息，并用图形、图像和数字形式表达测绘成果的学科。

地图制图学：研究地图制作的地图学基础理论、地图设计、地图编绘和复制的技术方法及应用的学科。

工程测量学：研究工程建设在勘测、设计、施工、竣工验收和运行管理中进行各种测量的理论、技术和方法的科学。由于对象不同，其分为建筑工程测量、线路工程测量、桥隧测量和矿山测量等。

海洋测绘学：研究以海洋水体和海底为对象进行的测量和海图编制的理论和方法的学科。

1.1.2 测绘学在国民经济建设中的作用

测量工作在国民经济建设、国防建设和科学研究等领域起到非常重要的作用。国民经济建设发展的总体规划、土地资源调查和利用、海洋开发、农林牧渔业的发展、工矿企业的建设、公路和铁路的修建、各项水利工程的兴建、地下矿藏的勘探与开发、森林资源的调查和保护、地籍测量与土地利用和生态环境保护等都必须进行相应的测量工作；在国防建设中也有着重要的作用，如远程导弹、空间武器、人造卫星或航天器的发射等要保证其精确发射至预定的位置或轨道，随时校正轨道和命中目标，除了测算出发射点和目标点的准确坐标、方位和距离外，还必须掌握地球形状、大小的精确数据和有关重力场资料；近年来，在地震预测、海底资源勘测、灾情监测、地壳运动、重力场的时空变化及其他科学研究中测量技术也得到广泛应用。

1.1.3 本课程的学习任务

根据本专业的特点,结合我国国民经济的发展状况以及交通事业的发展现状,相关专业的学生学习完本课程后要达到:

- 1) 熟练掌握测量学的基本理论和基本方法。
- 2) 在熟练掌握常规测量仪器使用的基础上,能够了解当代新型仪器的测量原理,并能够正确使用各种先进仪器,如全站仪、GPS、RTK等。
- 3) 能够利用不同的仪器进行小区域控制测量和大比例尺的地形测量。
- 4) 学会识别各种图纸并能掌握工程施工的各种放样工作。
- 5) 学会道路勘测的设计和施工。

1.2 地球的形状和大小

地球表面是错综复杂的,有高山、平原和丘陵,有纵横交错的江河湖泊和浩瀚的海洋。其中海洋水面约占整个地球表面的71%,而陆地仅占29%。陆地最高的是珠穆朗玛峰,高出海水面为8844.43m,海洋中最深的是马里亚纳海沟,低于海水面11 022m,但这样的高低差距相对于地球平均半径6371km是很微小的。由于地球的质量和自转运动,地球上任何一点都同时受到地心引力和地球自转运动的离心力影响,这两个力的合力称为地球重力,重力的方向线称为铅垂线。设想一个自由静止的海水面(只有重力作用,无潮汐、风浪影响),并延伸通过大陆、岛屿形成一个包围地球的封闭曲面,这个曲面就称为水准面。水准面是一个处处与重力线方向垂直的连续曲面。水准面有无数多个,其中与平均海水面相吻合的水准面称为大地水准面,大地水准面包围的地球形体称为大地体。大地水准面和铅垂线是测量外业所依据的基准面和基准线。

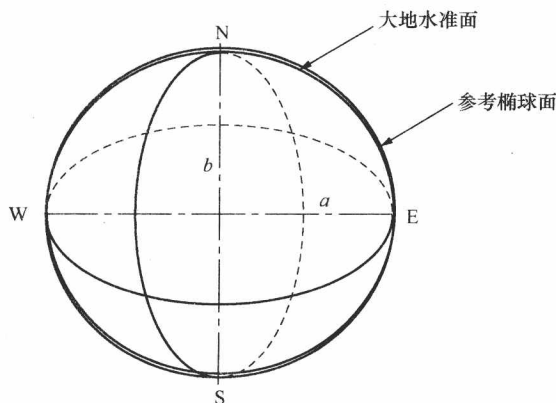


图 1.1 地球的形状

地球内部质量分布不均匀,使铅垂线的方向产生不规则变化。因此,大地水准面是不规则的、很难用数学表达的复杂曲面。如果将地球表面的物体投影在这个复杂的曲面上,人们还是无法在这个曲面上直接进行测量数据的处理。为此,通常用一个非常接近大地体的旋转椭球体作为地球的参考形状和大小,如图 1.1 所示。旋转椭球体亦称为参考椭球体,又称为地球椭球体,其表面称为参考椭球面,由地表任一点向参考椭球面所作

的垂线称法线。法线和参考椭球面是测量计算的基准线和基准面。决定参考椭球面形状和大小的元素是椭球的长半轴 a , 短半轴 b , 根据 a 和 b 还定义了扁率 f 、第一偏心率 e 、第二偏心率 e' , 即

$$f = \frac{a-b}{a} \quad (1.1)$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (1.2)$$

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} \quad (1.3)$$

表 1.1 给出了我国曾先后采用过的 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系和 2000 国家大地坐标系及 GPS 测量采用的 WGS-84 坐标系的参考椭球元素值。

表 1.1 参考椭球元素值

坐标系名称	a/m	f	e^2	e'^2
1954 北京坐标系	6 378 245	1 : 298.3	0.006 693 421 622 966	0.006 738 525 414 683
1980 西安坐标系	6 378 140	1 : 298.257	0.006 694 384 999 59	0.006 739 501 819 47
2000 国家大地坐标系	6 378 137	1 : 298.257 223 563	0.006 694 679 990 13	0.006 739 496 742 23
WGS-84 坐标系	6 378 137	1/298.257 222 101	0.006 694 380 022 90	0.006 739 496 775 48

由于参考椭球的扁率很小，当测区范围不大时，可以将参考椭球近似看作半径为 6371km 的圆球。

1.3 地面点位的确定

1.3.1 测量坐标系统

测量工作的根本任务是确定地面点的位置，表示地面点的空间位置需要三个分量。测量工作中一般是用地面某点投影到参考曲面上的位置和该点到大地水准面间的铅垂距离来表示该点在地球上的位置，即地面点的坐标和高程。随着卫星大地测量学的发展，地面点的空间位置也采用空间直角坐标表示。

1. 大地坐标系

大地坐标系是表示地面点在参考椭球面上的位置，它的基准是法线和参考椭球面。大地坐标系如图 1.2 所示，表示为 $P(L, B, H_0)$ ： L 指 P 点的子午面和起始子午面（通过英国格林尼治天文台的子午面）所夹的两面角，称为 P 点的大地经度，由起始子午面起算，规定向东为正，称东经 ($0^\circ \sim 180^\circ$)，向西为负，称西经 ($0^\circ \sim 180^\circ$)； B 指 P 点的法线与赤道面的夹角，称为 P 点的大地纬度，由赤道面起算，规定向北为正，称北纬 ($0^\circ \sim 90^\circ$)，向南为负，称南纬 ($0^\circ \sim 90^\circ$)；如果 P 点不在椭球面上，还要附加另一参数——大地高 H_0 ，其定义为从观测点沿椭球法线方向至椭球面的距离。我国于 2008 年 7 月 1 日起正式启用 2000 国家大地坐标系。

2. 空间直角坐标系

如图 1.3 所示，空间任一点的坐标表示为 (X, Y, Z) ，坐标原点在总地球质心或

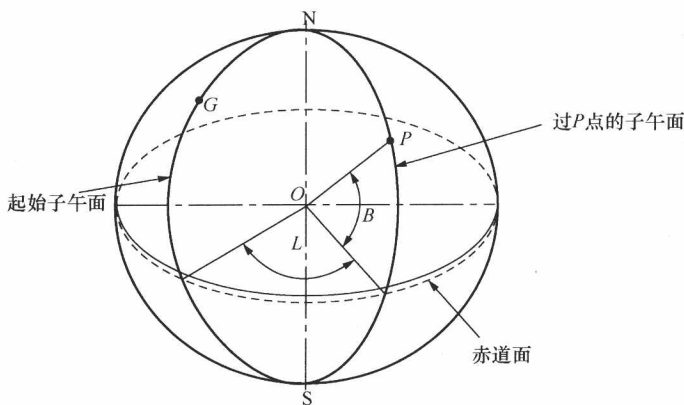


图 1.2 大地坐标系

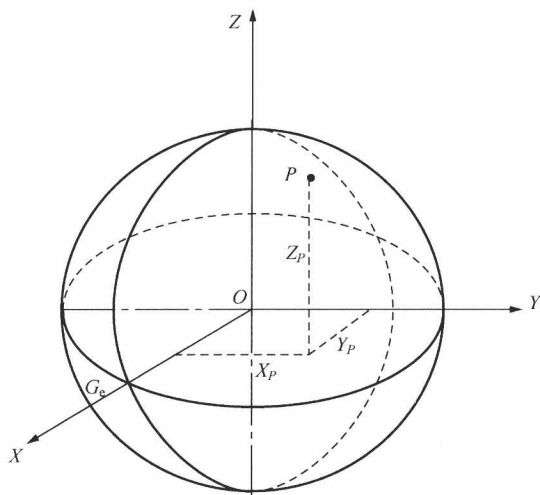


图 1.3 空间直角坐标系

参考椭球中心，Z轴与平均自转轴相重合，指向某一时刻的平均北极点，X轴指向平均自转轴与平均格林尼治天文台所决定的子午面与赤道面的交点 G_e ，而Y轴与XOZ平面垂直，且与X轴，Z轴构成右手坐标系。

3. 高斯平面直角坐标系

(1) 高斯投影

大地坐标系只能用来确定地面点在旋转椭球面上的位置，而大比例尺地形图的测绘是相对于水平面而言，其测量计算也是在平面上进行。为此，有必要将旋转椭球面上的点位投影到

平面上，这种投影称为地图投影。地图投影的方法很多，我国采用的是高斯-克吕格投影方法（简称高斯投影）。使用高斯投影的国家主要有德国、中国与前苏联等。

高斯投影是一种横轴等角切椭圆柱投影，如图 1.4 所示。设想用一个横椭圆柱套在参考椭球外面，并与某一子午线相切，称该子午线为中央子午线；地球的赤道面的投影与椭圆柱面相交成一条直线，其与中央子午线正交；圆柱的中心轴 CC' 通过参考椭球中心 O 并与地轴 NS 垂直；将中央子午线东西各一定经差范围内的地区投影到横椭圆柱面上，再将该横椭圆柱面展平即称为投影面如图 1.5 所示。高斯投影具有以下三个特点：

- 1) 投影后角度保持不变。
- 2) 中央子午线的投影是一条直线，并且是投影点的对称轴。
- 3) 中央子午线投影后长度无变形。

(2) 高斯平面直角坐标系

如图 1.5 所示以中央子午线与赤道的交点 O 作为坐标原点；以中央子午线的投影