

普通高等学校土木工程专业系列规划教材

土木工程测绘

◀ 主编 王国君 张国辉 孙 艳 ▶



 武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

普通高等学校土木工程专业系列规划教材

土木工程测绘

(非测量专业适用)

主 编 王国君 张国辉 孙 艳

武汉理工大学出版社

【内容简介】

本书为高等院校土木工程类专业基础课教材。全书共分为 14 章。第 1~5 章为测绘的基础知识、基本原理、基本方法;第 6 章为控制测量原理及方法;第 7 章为大比例尺地形图的测绘和应用;第 8 章为测设(标定、放样)的基本工作;第 9~14 章分别为建筑施工测量、道桥工程测量、管线工程测量、地籍测绘、地质勘探测量、矿山(隧道)测量。

本教材适用面广,可作为土木类、地矿类、环境与安全类、交通运输类、城镇建设类等各本、专科专业及高等职业教育的教学用书,也可作为有关工程技术人员自学和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测绘/王国君,张国辉,孙艳主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2010. 2
ISBN 978-7-5629-3139-3

I. 土…

II. ① 王… ② 张… ③ 孙…

III. 土木工程-工程测量

IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 023265 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

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

印刷者:武汉理工大印刷厂

经销者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:21

字 数:524 千字

版 次:2010 年 2 月第 1 版

印 次:2010 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:34.00 元

(如有印装质量问题,请向承印厂调换)

前 言

随着计算机技术、微电子技术、空间技术、通讯技术和信息技术的不断进步,测绘仪器设备不断更新换代,测绘技术领域也发生了深刻变化。从数据的采集、处理和管理,到数据的存储、输出,不断向自动化、数字化、集成化、科学化的方向迈进,GPS技术、RS技术、GIS技术、数字化测绘技术已经广泛地应用于国民经济建设的各个领域之中。目前,传统的测绘技术仍被大量使用,基本原理、基本方法、基本操作过程大体未改变,在新老仪器、新老方法、新老测绘技术的转换时期,教材中如果只追求新技术的充实、过多的删除传统的测绘内容,仍会脱离当前教学和生产的实际,达不到教学改革的目的和效果。为能达到适时、适应、适用的要求,又能满足独立院校及高职高专教学的需求,我们编写了这部教材。在编写中,我们对传统的测绘理论和技术内容进行了筛选,在保留工程现场实际仍然适用的常规测绘技术之外,有目的地增加了对测绘新理论、新仪器和新技术等内容的介绍,以满足各类工程专业学生毕业后工作岗位的需求。

该教材可以作为测绘工程技术人员的参考和自学用书,尤其适合作为工科院校的地矿类、土建类、水利类、环境与安全类、交通运输类、城镇建设类等各本、专科专业及高等职业教育的教学用书。本教材还在每章都给出了必要的例题、习题和思考题,以便教学使用。讲授时,各任课教师可以根据具体情况对本书内容有选择地讲授。

本书由武汉科技大学城市学院王国君、孙艳、徐珍、吴晓杰、王凯,辽宁工程技术大学测绘学院张国辉,襄攀学院周检清,长江大学工程技术学院王萍,大连亿达日平机床有限公司梁洪武及辽宁省阜新市有线电视台吴献光共同编写。其中,第1章由周检青编写;第2~3章由吴晓杰编写;第4、5、8章由梁洪武编写;第6.1~6.3、7.1~7.3节由张国辉编写;第6.4~6.7节由王萍编写;第9、11、12章由徐珍编写;第10.1~10.5节由孙艳编写;第7.4~7.6、10.6~10.9节由吴献光编写;第13~14章由王凯编写。本书由王国君、张国辉、孙艳主编,王国君统稿,张国辉、梁洪武校正。由于编者水平有限,书内难免存在谬误之处,敬请各位专家和内行不吝赐教。

本书在编写中,参考了有关标准、规范、教材和论著,在此谨向有关编著者表示衷心的感谢。

编 者

2009年1月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 测绘学的研究与应用领域	(1)
1.1.1 大地测量学(Geodesy)	(1)
1.1.2 摄影测量与遥感(Photogrammetry and Remote Sensing)	(1)
1.1.3 地形测量学(或普通测量学)(Topographic Surveying)	(1)
1.1.4 工程测量学(Engineering Surveying)	(2)
1.2 地球的形状与大小	(2)
1.3 地面点位的确定	(3)
1.3.1 地面点的坐标	(3)
1.3.2 地面点的高程	(6)
1.3.3 水平面代替水准面的限度	(7)
1.4 直线定向与点位坐标计算	(8)
1.4.1 直线定向	(8)
1.4.2 地面点坐标测算原理	(11)
1.5 罗盘仪及其使用	(12)
1.5.1 罗盘仪的构造	(12)
1.5.2 用罗盘仪测定直线的磁方位角	(13)
1.5.3 注意事项	(13)
习题与作业	(13)
2 水准测量	(14)
2.1 水准测量原理	(14)
2.2 水准测量的仪器与工具	(15)
2.2.1 水准仪	(15)
2.2.2 水准尺和尺垫	(18)
2.3 水准仪的使用	(19)
2.3.1 水准仪的安置(Set up of a level)	(19)
2.3.2 粗略整平(Rough leveling)	(19)
2.3.3 水准尺的瞄准(Aiming at the rod)	(19)
2.3.4 精确整平与读数(Precise leveling and reading)	(20)
2.4 水准测量作业程序	(21)
2.4.1 水准点(Benchmark)	(21)
2.4.2 水准路线(Leveling Line)	(21)
2.4.3 微差水准测量(Differential Leveling)	(22)
2.4.4 水准测量的检核	(23)

2.4.5	水准测量的内业	(25)
2.5	水准仪的检验与校正	(27)
2.5.1	微倾式水准仪的检校	(27)
2.5.2	自动安平水准仪的检校	(29)
2.6	水准测量误差	(29)
2.6.1	仪器误差(Instrumental Error)	(29)
2.6.2	观测误差(Observing Error)	(30)
2.6.3	外界条件的影响	(30)
2.7	精密水准仪与电子水准仪简介	(31)
2.7.1	精密水准仪(Precise Levels)	(31)
2.7.2	电子水准仪(Electronic Levels)	(32)
	习题与作业	(33)
3	角度测量	(34)
3.1	角度测量原理	(34)
3.1.1	水平角和竖直角(Horizontal and Vertical Angles)	(34)
3.1.2	角度测量原理	(34)
3.2	经纬仪	(35)
3.2.1	经纬仪的分类	(35)
3.2.2	光学经纬仪的结构与使用	(35)
3.2.3	电子经纬仪简介	(38)
3.3	水平角观测	(40)
3.3.1	经纬仪的安置(Setting up a theodolite)	(40)
3.3.2	照准标志及照准目标方法	(41)
3.3.3	水平角观测方法	(42)
3.3.4	电子经纬仪测角的简单操作	(44)
3.4	竖直角观测	(45)
3.4.1	竖直角测量的用途	(45)
3.4.2	竖直度盘(Vertical Circle)	(45)
3.4.3	竖直角的观测和计算	(46)
3.4.4	竖直度盘的指标差	(47)
3.4.5	竖盘指标自动补偿装置	(47)
3.5	水平角测量误差	(48)
3.5.1	仪器误差(Instrumental Error)	(49)
3.5.2	对中误差与覘标误差(Errors of Centring and Position)	(50)
3.5.3	观测误差(Observation Error)	(51)
3.5.4	外界条件的影响	(51)
3.6	经纬仪的检验与校正	(51)
3.6.1	照准部水准管轴应垂直于仪器竖轴的检校	(52)
3.6.2	十字丝竖丝应垂直于仪器横轴的检校	(52)

3.6.3	视准轴应垂直于横轴的检校	(53)
3.6.4	横轴与竖轴垂直的检校	(53)
3.6.5	竖盘指标差的检校	(54)
3.6.6	光学对中器的检校	(54)
	习题与作业	(55)
4	距离测量	(56)
4.1	距离测量概述	(56)
4.2	视距测量	(56)
4.2.1	视准轴水平时视距原理	(56)
4.2.2	视准轴倾斜时视距原理	(57)
4.3	普通钢尺量距	(58)
4.3.1	量距的工具	(58)
4.3.2	直线定线(Alignment)	(59)
4.3.3	量距方法(Linear Measuring Methods)	(59)
4.3.4	钢尺量距误差	(61)
4.4	电磁波测距	(61)
4.4.1	光电测距仪的基本工作原理	(62)
4.4.2	红外测距仪及其使用	(64)
4.4.3	光电测距成果整理	(66)
4.4.4	光电测距的精度分析	(67)
4.5	电子全站仪的使用	(68)
4.5.1	概述	(68)
4.5.2	TC2000 电子全站仪简介	(68)
4.5.3	应用全站仪进行数字化测量	(69)
4.5.4	全站仪程序测量	(70)
	习题与作业	(74)
5	测量误差	(75)
5.1	测量误差概念	(75)
5.1.1	测量误差产生的原因	(75)
5.1.2	测量误差的分类与处理原则	(75)
5.2	偶然误差的特性	(76)
5.3	评定精度的标准	(78)
5.3.1	中误差(Mean Square Error)	(78)
5.3.2	相对误差(Relative Error)	(81)
5.3.3	极限误差(Limit Error)	(81)
5.4	误差传播定律及应用	(82)
	习题与作业	(84)
6	控制测量	(85)
6.1	控制测量概述	(85)

6.1.1	控制测量的作用和布网原则	(85)
6.1.2	国家控制网的概念	(85)
6.1.3	工程控制网	(87)
6.1.4	图根控制网(Mapping Control Network)	(88)
6.2	导线测量	(89)
6.2.1	概述	(89)
6.2.2	导线测量的外业工作	(90)
6.2.3	导线测量的内业计算	(91)
6.3	三角测量	(99)
6.3.1	三角测量(Triangulation)概念	(99)
6.3.2	小三角测量	(99)
6.4	交会法测定点位	(104)
6.4.1	前方交会法(Forward Intersection)	(104)
6.4.2	侧方交会法(Side Intersection)	(105)
6.4.3	距离交会法(边长交会)(Linear Intersection)	(105)
6.4.4	用全站仪进行坐标测量	(106)
6.5	高程控制测量	(106)
6.5.1	三等、四等水准测量	(106)
6.5.2	三角高程测量(Trigonometric Leveling)	(109)
6.5.3	光电三角高程测量(Electro-optical Trigonometric Leveling)	(110)
6.6	GPS 卫星定位测量简介	(111)
6.6.1	GPS 的产生及其发展	(111)
6.6.2	GPS 系统的组成	(112)
6.6.3	GPS 定位的基本原理	(113)
6.6.4	GPS 接收机基本类型	(113)
6.6.5	GPS 网的布设	(114)
6.6.6	GPS 技术的应用	(115)
6.6.7	GPS 高程及其应用	(116)
6.7	手持 GPS 接收机的应用	(116)
6.7.1	概述	(116)
6.7.2	开机与使用	(116)
6.7.3	基本操作与用途	(118)
	习题与作业	(121)
7	大比例尺地形图的测绘和应用	(122)
7.1	地形图的基本知识	(122)
7.1.1	地形图的概念	(122)
7.1.2	地形图的比例尺(Scale)	(122)
7.1.3	地形图的图幅、图号和图廓	(123)
7.2	地形图的符号	(124)

7.2.1	地物符号(Object Symbol)	(124)
7.2.2	地貌符号(Relief Symbol)	(125)
7.2.3	注记符号(Letter Symbol)	(131)
7.3	图根点加密与测图前准备工作	(131)
7.3.1	图根点的测量和加密方法	(131)
7.3.2	测图前准备工作	(132)
7.4	大比例尺地形图的测绘	(133)
7.4.1	经纬仪测绘法(Method of Transit Mapping)	(133)
7.4.2	小平板仪与经纬仪联合测图法(Joint Mapping with Plane-table and Transit)	(134)
7.4.3	大平板仪测图法(Topographic Mapping with Plane-table)	(135)
7.4.4	全站仪数字化测图法(Topographic Mapping with Total Station)	(135)
7.5	地形图的分幅与编号	(137)
7.5.1	梯形分幅与编号(Trapeze and Numbering)	(137)
7.5.2	矩形分幅与编号(Rectangular Sheet and Numbering)	(139)
7.6	地形图的应用	(140)
7.6.1	地形图应用概述	(140)
7.6.2	地形图应用的基本内容	(141)
7.6.3	地形图上求算平面面积	(143)
7.6.4	在地形图上确定汇水范围	(148)
7.6.5	地形图在平整土地中的应用	(148)
7.6.6	作各种专业图的底图	(152)
7.6.7	地形图在地质勘探工程中的应用	(152)
7.6.8	地形图在采矿工程中的应用	(153)
7.6.9	地形图在农田水利工程中的应用	(153)
7.6.10	地形图在建筑规划设计中的应用	(154)
	习题与作业	(157)
8	测设(放样)的基本工作	(158)
8.1	测设水平距离	(158)
8.1.1	一般方法	(158)
8.1.2	精确方法	(158)
8.2	测设水平角	(158)
8.2.1	一般方法	(159)
8.2.2	精确方法	(159)
8.3	测设点的平面位置	(159)
8.3.1	直角坐标法(Method by Rectangular Coordinates)	(159)
8.3.2	极坐标法(Method by Polar Coordinates)	(160)
8.3.3	角度交会法(Method by Angular Intersection)	(160)
8.3.4	距离交会法(Method by Linear Intersection)	(161)

8.3.5	全站仪测设点位法	(161)
8.3.6	GPS(RTK)放样法	(161)
8.3.7	用 CORS 放样	(162)
8.4	测设已知高程	(163)
8.5	测设已知坡度线	(164)
	习题与作业	(165)
9	建筑施工测量	(166)
9.1	施工测量的特点	(166)
9.2	建筑场地的施工控制测量	(166)
9.2.1	建筑基线	(166)
9.2.2	建筑方格网	(167)
9.2.3	建筑场地的高程控制	(169)
9.3	工业与民用建筑中的施工测量	(169)
9.3.1	民用建筑施工中的测量工作	(169)
9.3.2	工业厂房的测设工作和柱基施工测量	(172)
9.3.3	工业厂房构件的安装测量	(173)
9.4	高层建筑物施工测量	(175)
9.4.1	高层建筑物的轴线投测	(175)
9.4.2	高层建筑物的高程传递	(176)
9.5	竣工测量	(178)
9.5.1	现场竣工测量	(178)
9.5.2	竣工总平面图的编绘	(178)
9.6	建筑物的变形观测	(178)
9.6.1	建筑物的沉降观测	(179)
9.6.2	建筑物的倾斜观测	(182)
	习题与作业	(183)
10	道桥工程测量	(185)
10.1	道路中线测量	(185)
10.1.1	测算转向角 α	(185)
10.1.2	测设中桩(里程桩)(Centerline Stake)	(186)
10.2	圆曲线测设	(186)
10.2.1	圆曲线要素的计算	(187)
10.2.2	圆曲线主点的测设	(187)
10.2.3	圆曲线的详细(加密)测设	(188)
10.3	纵横断面图测量	(190)
10.3.1	纵断面图测绘	(190)
10.3.2	横断面图测绘	(191)
10.4	道路施工测量	(193)
10.4.1	施工控制桩测设	(194)

10.4.2	路基测设	(194)
10.4.3	竖曲线的测设	(195)
10.4.4	土方量的计算	(196)
10.5	新仪器新技术在路线工程测量中的应用	(197)
10.5.1	路线控制测量的基本要求	(197)
10.5.2	GPS 控制网布设	(201)
10.5.3	GPS 控制网的观测工作	(202)
10.5.4	某铁路 GPS 控制网实例	(204)
10.5.5	TPS-1000 系列全站仪程序应用	(208)
10.6	导线极坐标法测设路线工程方法	(226)
10.6.1	路线工程实例	(226)
10.6.2	坐标换算实例	(226)
10.7	路线带状地形图测绘	(234)
10.7.1	地形点的描述	(234)
10.7.2	地形编码(Landform Coding)	(235)
10.8	在路线工程测量中 RTK 技术及 GPS 静态定位技术的应用	(235)
10.8.1	RTK 技术工作原理	(235)
10.8.2	RTK 技术在路线中线点测设中的应用	(236)
10.8.3	GPS 静态定位技术在路线工程测量中的应用	(237)
10.9	桥梁工程测量	(238)
10.9.1	桥梁施工控制网	(238)
10.9.2	桥梁墩台定位测量	(240)
10.9.3	桥梁架设施工测量	(240)
	习题与作业	(241)
11	管线工程测量	(243)
11.1	管线工程测量概述	(243)
11.2	管道中线测量	(243)
11.2.1	管道主点的测设	(243)
11.2.2	中桩(里程桩)的测设	(244)
11.2.3	转向角测量	(244)
11.2.4	绘制里程桩手簿	(245)
11.3	管道纵横断面图测绘	(245)
11.3.1	纵断面图测绘	(245)
11.3.2	横断面图测绘	(248)
11.4	管道施工测量	(249)
11.4.1	地下管道施工测量	(249)
11.4.2	架空管道施工测量	(251)
11.4.3	顶管施工测量	(251)
11.5	管道竣工测量	(253)

11.5.1	管道竣工带状平面图·····	(253)
11.5.2	管道竣工断面图·····	(253)
	习题与作业·····	(254)
12	地籍测绘·····	(256)
12.1	概述·····	(256)
12.1.1	地籍的概念·····	(256)
12.1.2	地籍测量的任务·····	(256)
12.2	地籍平面控制测量·····	(256)
12.2.1	地籍测量的坐标系·····	(256)
12.2.2	平面控制网的等级和施测·····	(257)
12.3	地籍要素调查·····	(257)
12.3.1	地块的划分和编号·····	(258)
12.3.2	调查的内容和方法·····	(258)
12.4	地籍要素测量·····	(259)
12.4.1	地籍要素测量的内容·····	(259)
12.4.2	地籍要素测量的方法·····	(259)
12.4.3	地籍要素测量的精度·····	(259)
12.4.4	地籍测量点的编号·····	(260)
12.4.5	界址点坐标成果表和地籍草图的编绘·····	(261)
12.5	地籍成果整理·····	(262)
12.5.1	地籍图的绘制·····	(262)
12.5.2	面积量算·····	(265)
12.6	地籍修测·····	(265)
	习题与作业·····	(266)
13	地质勘探工程测量·····	(267)
13.1	勘探工程测量·····	(267)
13.1.1	勘探线、勘探网的测设·····	(267)
13.1.2	物探网的测设·····	(268)
13.1.3	探槽、探井、钻孔等勘探工程测量·····	(271)
13.2	地质剖面测量·····	(272)
13.2.1	剖面定线·····	(272)
13.2.2	剖面测量·····	(272)
13.2.3	剖面图的绘制·····	(272)
13.3	地质填图测量·····	(274)
13.3.1	地质填图的比例尺·····	(274)
13.3.2	地质填图的方法·····	(274)
13.3.3	地质填图工程中应注意的问题·····	(275)
13.3.4	地形地质图的绘制·····	(275)
	习题与作业·····	(275)

14 矿山测量	(276)
14.1 矿山测量概述.....	(276)
14.1.1 矿山测量的任务.....	(276)
14.1.2 矿山测量的作用.....	(276)
14.1.3 矿山测量工作的特点.....	(277)
14.2 井下控制测量.....	(277)
14.2.1 井下控制测量的特点.....	(277)
14.2.2 井下平面控制.....	(277)
14.2.3 井下高程控制.....	(280)
14.3 井下联系测量.....	(282)
14.3.1 平面联系测量.....	(282)
14.3.2 高程联系测量.....	(289)
14.4 巷道施工测量.....	(291)
14.4.1 中线的标定.....	(291)
14.4.2 腰线的标定.....	(293)
14.4.3 激光给向(Laser Guiding)	(295)
14.4.4 贯通测量.....	(296)
14.5 矿图.....	(297)
14.5.1 矿图的概念和种类.....	(297)
14.5.2 井下测量图的投影原理.....	(298)
14.5.3 井下测量图的绘制.....	(300)
14.5.4 井下测量图的专用符号.....	(302)
14.5.5 矿山测量图的拼接.....	(303)
习题与作业.....	(303)
 附录一 实验与实习须知.....	(305)
附录二 测量实验指导.....	(308)
附录三 测量教学实习指导.....	(315)
 参考文献.....	(322)

1 绪 论

1.1 测绘学的研究与应用领域

测绘学(Surveying and Mapping 或 Geomatics)是采集、量测、处理、应用与地球和空间分布有关数据的一门科学。它的研究对象非常广泛,从地球的形状、大小甚至是地球以外的空间,到地面上局部区域的面积及点位等有关数据和信息。按照研究范围和对象的不同,测绘科学形成了许多分支学科。

1.1.1 大地测量学(Geodesy)

大地测量又可分为卫星大地测量、空间大地测量、几何大地测量(空间大地测量与几何大地测量又称为天文大地测量)、重力大地测量、海洋大地测量等。大地测量主要研究地球的形状与大小(精化水准面)、地球的整体运动(地球的自转和极移等)、地球的局部运动(板块运动和区域性地壳形变等)等。

大地测量为地球动态变化状态以及动力学机制提供理论研究依据;为研究海平面变化、保护人类生存环境,为地震中长期预报提供依据和信息;为经济建设提供控制;为科学研究、航空、航天、航海提供定轨、定位;为国防建设,提高战略、战术武器的命中精度提供制导手段等等。

1.1.2 摄影测量与遥感(Photogrammetry and Remote Sensing)

摄影测量与遥感又可分为航天摄影测量、航空摄影测量、地面立体摄影测量、遥感测量。

摄影测量可以快速获取地球表面上地貌地物的影像。有了通讯技术、计算机技术的支持,可以实时地获取各种纸质和数字地图。利用遥感技术(电磁波、光波、热辐射等)可以快速获取地球表面、地球内部、环境景象、天体等等传感目标的信息特征信号,应用于农业调查、土壤性质分析、植被分布、地下资源、气象、环境污染等调查以及自然灾害预测等。

1.1.3 地形测量学(或普通测量学)(Topographic Surveying)

地形测量学主要研究地球表面小范围的测绘问题。由于以全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、当代遥感技术(RS)即 3S 技术为代表的测绘新技术的迅猛发展,地形测量学的产品已经开始由传统的纸质地图快速向 4D(数字高程模型 Digital Elevation Model,简称 DEM;数字正射影像图 Digital Orthophoto Map,简称 DOM;数字栅格地图 Digital Raster Graphic,简称 DRG;数字线划地图 Digital Line Graphic,简称 DLG)产品过渡。4D 产品在网络的支持下,将成为国家空间数据基础设施(National Spatial Data Infrastructure,简称 NSDI)的基础,给相关的研究工作以及国民经济各行业、各部门应用地理信息带来巨大的方便。

1.1.4 工程测量学(Engineering Surveying)

工程测量学主要研究有关城市建设、矿山工厂、水利水电、农林牧业、道路交通、地质矿产等领域的勘测设计、建设施工、竣工验收、生产经营、变形监测等方面的测绘工作。工程测量学的特点是应用基本测量理论、技术、仪器设备,针对不同工程的特点,研究其具有特殊性的施工测绘方法。

此外,测绘科学还包括有海洋测量学(Hydrographic Surveying)、地图制图学(Cartography)等等。

测绘科学的地位非常重要。在 21 世纪的信息时代,国家信息基础设施(National Information Infrastructure,简称 NII)即“国家信息高速公路”必须由国家空间数据基础设施(NSDI)作为基础,未来的“数字地球”(Digital Earth)也必须以 NSDI 作为基础。现代测绘业正是 NSDI 的主干产业,它提供的地理信息数据产品、技术产品和地理信息工程将作为 NSDI 的基础框架,因而现代测绘业越来越多地被称为地球信息科学(Geomatics)产业。

测绘科学在国家各级政府部门的管理和决策、国民经济的发展规划、科学研究、各项工农业基本建设、国防建设中都有着极广泛的应用。例如:我国国务院常务会议就使用了电子地图系统——国务院国情地理信息系统。又例如:对于各种工程建设,在勘测设计阶段,要求有相应比例尺的地形图,供规划、选址、管道及交通路线选线以及总平面图设计和竖向设计之用;在施工阶段,要将设计的建筑物、构筑物的平面位置和高程测设于实地,指导施工;施工结束后,还要进行竣工测量,绘制竣工图,供日后扩建和维修之用。对某些大型及重要的建筑物和构筑物还要进行变形观测,以保证其安全运营和使用。

对于一般工程建设而言,测量学的基本工作内容包括两个部分:测定(或测绘)和测设(或放样)。测定(Determination)是通过使用专用仪器设备、采用一定的技术方法,将地貌地物转化成一系列的数据,经过处理后成为各种纸质地图或数字地图。测设(Laying-out)则是测定的反过程,即按照图上的规划或设计(例如构筑物的位置、图形)在实地上标定出来,作为建设施工的依据。

本教材供非测绘专业的学生学习之用。通过对本课程的学习,要求学生对测绘学的基本知识、基础理论有一定的了解,并掌握工程水准仪、经纬仪等常规工程测绘仪器的基本操作方法和基本内业计算工作,以便在各自的专业中具有正确应用有关测绘信息与资料的能力,更好地为其专业工作服务。

1.2 地球的形状与大小

地球的自然表面极为复杂,有高山、丘陵、盆地、平原和海洋,所以人们把平均海水面及其延伸到大陆内部所形成的闭合曲面,称为大地水准面(Geoid)[图 1.1(a)、(b)],用来代表地球的几何形状。这是因为大地水准面同地球表面的形状非常接近。大地水准面是一个处处与重力方向垂直的封闭曲面。重力的方向线又称铅垂线(Plumb Line),是测量工作的基准线,而大地水准面则是测量工作的一个基准面。

由于地球内部质量分布不均匀,引起铅垂线方向的变化,致使大地水准面成为一个复杂的曲面,人们无法在这个曲面上直接进行测绘和数据处理。但从力学角度看,地球是一个旋转的

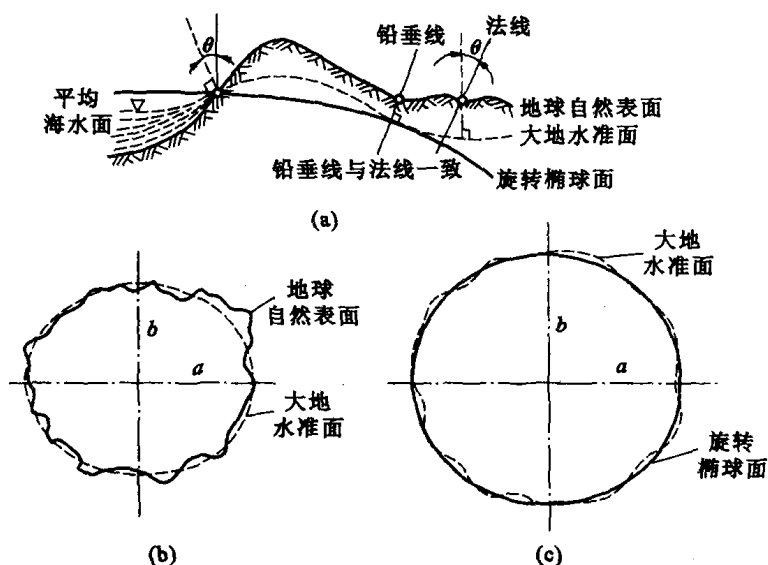


图 1.1 地球自然表面、大地水准面和旋转椭球面

均质流体,其平衡状态是一个旋转椭球体。于是人们进一步利用一个合适的旋转椭球面来逼近大地水准面[图 1.1(c)]。

旋转椭球面是一个数学表面。在直角坐标系 $O-XYZ$ 中(图 1.2),若椭圆长半轴为 a ,短半轴为 b ,则旋转椭球面标准方程为:

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1 \quad (1.1)$$

地球的形状非常接近于一个旋转椭球,其长半轴 a 为 6378140 m,短半轴 b 为 6356755 m,扁率 α 为 $1:298.257$ 。其中

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1.2)$$

在一般情况下,地面点上的铅垂线同旋转椭球面正交的法线是不平行的,两者之间的夹角称为垂线偏差,以 θ 表示,其值一般在 $10''$ 之内[图 1.1(a)]。

由于地球椭球的扁率很小,当测区面积不大时,可以把地球当作圆球来看待,其平均半径为 6371 km。

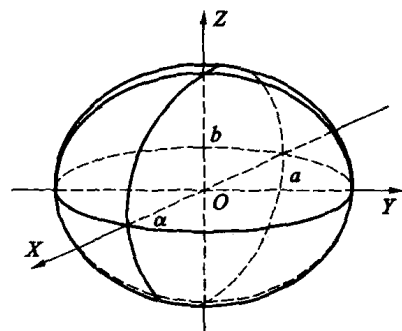


图 1.2 旋转椭球

1.3 地面点位的确定

测量工作的根本任务是确定地面点的位置。确定地面点的空间位置,通常是求出该点的球面位置或投影在水平面上的平面位置,称为坐标(Coordinate),以及求出该点到大地水准面的铅垂距离,称为高程或标高(Elevation),也就是确定地面点的坐标和高程。

1.3.1 地面点的坐标

地面点的坐标,根据实际情况,可选用下列三种坐标系中的一种来确定。

1.3.1.1 地理坐标(Geographic Coordinates)

地面点在球面上的位置是用经纬度表示的,称为**地理坐标**。地理坐标又按坐标所依据的基本线和基本面的不同以及求坐标方法的不同,可分为天文坐标和大地坐标两种。

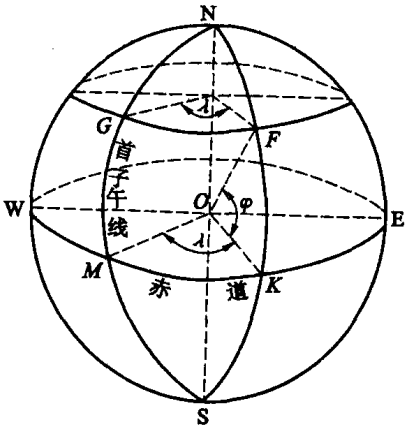


图 1.3 天文坐标

(1) 天文坐标(Astronomical Coordinates)

天文坐标又称天文地理坐标,是表示地面点在大地水准面上的位置,用天文经度 λ 和天文纬度 φ 表示,如图 1.3 所示。

地球的自转轴 NS 称为**地轴**。垂直于地轴的平面与球面的交线称为**纬线**,垂直于地轴的平面并通过球心 O 与球面相交的纬线称为**赤道**,经过 F 点的铅垂线和赤道平面的夹角,称为 F 点的**纬度**,常以 φ 表示。由于地球是椭球体,所以地面点的铅垂线不一定经过地球中心。纬度从赤道向北或向南自 $0^\circ \sim 90^\circ$,分别称为**北纬**或**南纬**。

(2) 大地坐标(Geodetic Coordinates)

大地坐标又称大地地理坐标,是表示地面点在旋转椭球面上的位置,用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。F 点的**大地经度** L ,就是包含 F 点的子午面和首子午面所夹的两面角;F 点的**大地纬度** B ,就是过 F 点的法线(与旋转椭球面垂直的线)与赤道面的交角。

天文经纬度是用天文测量的方法直接测定的,而大地经纬度是根据大地测量数据由椭球定位的数学关系推算而得。不同的椭球和定位方法得到不同的坐标系。目前我国同时使用着“1954 年北京坐标系”和“1980 年国家大地坐标系”。

地面上一点的天文坐标和大地坐标所以不同,是因为各自依据的基本面和基本线不同,前者依据的是大地水准面和铅垂线,后者依据的是旋转椭球面和法线。由于旋转椭球面和大地水准面不一致,因此过同一点的铅垂线和法线也不一致,而产生垂线偏差 θ [图 1.1(a)]。

1.3.1.2 高斯平面直角坐标(Gauss Planimetric Rectangular Coordinates)

大地坐标只能用来确定地面点在旋转椭球面上的位置,不能直接用来测图。测量上的计算,最好在平面上进行。大家知道,旋转椭球面是一个曲面,不能简单地展成平面,那么如何建立一个平面直角坐标系呢?我国采用高斯投影的方法。

高斯投影就是设想将截面为椭圆的一个圆柱面横套在旋转椭球外面[图 1.4(a)],并与旋

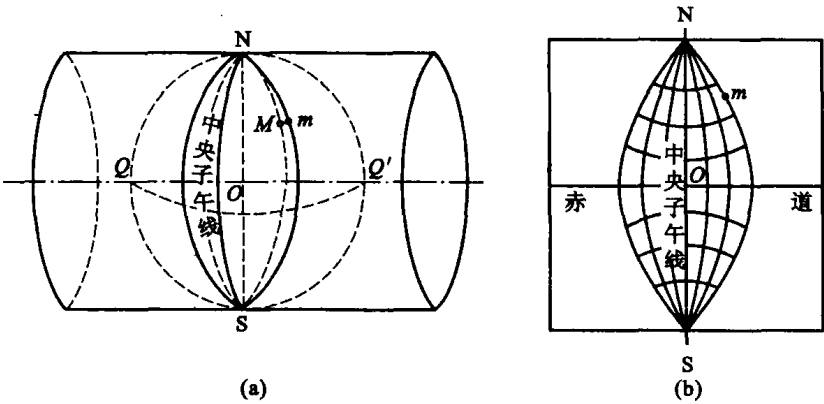


图 1.4 高斯投影