

普通高等教育测绘类规划教材

CELIANGXUE JIAOCHENG

测量学教程

章书寿 陈福山 周国树 主编

(第四版)



测绘出版社

普通高等教育测绘类规划教材

测量学教程

CELIANGXUE JIAOCHENG

(第四版)

章书寿 陈福山 周国树 主编

测绘出版社

· 北京 ·

© 章书寿 2011

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书在对普通测量学的基础知识、基本理论和方法作一般性阐述的基础上,结合地学类测量课程教学大纲的要求,较详细地介绍了基本测量工作的操作实践,包括常用测绘仪器的构造、使用与检校及观测成果的精度分析等,并叙述了放样工作的基本方法和各种工程施工测量与竣工测量。对一些现代测绘新技术及其应用也进行了适当介绍。

本书为高等院校地学类各专业,包括土建工程、环境工程、水电工程、地理信息系统、土地管理,农林类各专业的测量学教材,亦可供有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

测量学教程/章书寿,陈福山,周国树主编. —4版. —北京:测绘出版社,2011.8

ISBN 978-7-5030-2295-1

I. ①测… II. ①章… ②陈… ③周… III. ①测量学—教材 IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 125881 号

责任编辑 贾晓林 封面设计 李 伟 责任校对 董玉珍 李 艳

出版发行	测绘出版社		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号	电 话	010—68531160(营销)
邮政编码	100045		010—68531609(门市)
电子信箱	smp@sinomaps.com	网 址	www.sinomaps.com
印 刷	北京建筑工业印刷厂	经 销	新华书店
成品规格	184mm×260mm		
印 张	16.25	字 数	400 千字
版 次	2011 年 8 月第 4 版	印 次	2011 年 8 月第 7 次印刷
	1991 年 6 月第 1 版		
印 数	26001—29000	定 价	30.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-2295-1/P·536

本书如有印装质量问题,请与我社联系调换。

序

随着经济社会的需求增长和现代科学技术的进步,测绘学由起初的以地球为研究对象,对其进行测定和描绘的科学,发展到今天,测绘学是研究与地球和其他实体有关的地理空间信息的采集、处理、显示、管理、利用的科学与技术。由此,测绘学的应用已扩展到与时空分布信息有关的众多领域。现在很多高校在测绘类专业或非测绘类专业开设的“测量学”课程,其主要内容是在地球的局部范围内,利用测量仪器测定地球表面自然形态的地理要素和地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等,然后根据观测到的各种空间数据通过地图制图方法将地面的自然形态和人工设施等绘制成地图或其他的可视觉表达形式,为国民经济和国防建设提供技术支撑和时空数据保障。因此,测量学课程是各类高校相关理工科专业的必修基础课,其内容尤其是地学类和其他众多工程专业的学生必备的知识,是他们学习本专业课的基础。

由河海大学章书寿教授等编写的《测量学教程》自1989年经当时的全国测绘教材编审委员会(现为教育部高等学校测绘学科教学指导委员会)审阅出版以来,历经二十余年的广泛使用,受到普遍好评。根据读者意见,作者又进行了适当的修改完善,迄今已是第四版问世。本书作者从教四十余年,积累了较丰富的教学实践经验和专业理论知识。在编写本书过程中汲取了大量国内外同类教材的优点,博众家之长,归纳提炼,使本书内容更加丰富新颖。这本《测量学教程》的特点在于注重测量学的三个基本内容(基本理论、基本知识和基本技能)的训练,在学生对测量学整体认知的基础上,了解测绘新技术的发展,开阔学生思路,培养学生的测量实际能力和创新意识。全书编排合理,概念清晰,内容丰富,文字精练,便于自学。本书除有关本科专业教学使用外,对从事相关专业的研究生和工程技术人员也有一定的参考价值。



教育部高等学校测绘学科教学指导委员会主任

中国工程院院士

武汉大学教授

2011年4月27日

第四版前言

本书自 1991 年出版以来,承蒙各大专院校广大师生的厚爱,先后在全国数十所院校使用,并提出了很多宝贵意见,这也是我们不断改进和再版的动力。2010 年 5 月,测绘出版社主持召集了几所高校的本书编者对全书再次进行讨论,拟订了本书第四版的修订目标与计划,力争把本书打造成同类教材的精品,使之更加贴近教学、更加完善。

测量学课程是高校相关理工科类与地学类专业的必修技术基础课,教学学时(含实验)通常按 3~4 学分安排,多数专业另有 1.5~2 学分的集中实习。要在这较短的时间使学生较好地掌握必要的测绘知识和操作技能,是我们重点考虑的问题,为此精选内容、突出重点。测绘科学广博浩瀚,同时具有理论和实践并重的学科特点,所以不仅要让学生掌握“三基”(基本理论、基本知识、基本技能),同时还要将测量理论和应用实践相结合,培养学生运用所学测量知识解决工程建设的实际问题的能力。

第四版除保留前几版的体系和风格,力求概念清楚、定义准确和文字精练外,对一些章节进行了适当删减和补充,在一定程度上反映现代测绘技术的新发展。为了拓宽教材的适用性和满足不同专业的需要,增加了施工测量的一些内容,主要包括水利工程、线路工程、建筑工程和地下工程等的施工测量。这也有利于相关专业学生和研究生自学,以及有关工程技术人员作业时参考。

本书由章书寿、陈福山、周国树担任主编,吴长彬、欧阳平、龚德书担任副主编,参加编写的有石志宽、孙小荣、李建、陈振杰、陈建、黄万里、曹爽。全书由孔明明、吴清海主审,由章书寿统稿。为与本书配套,另编写有《测量学实验实习任务与指导》一书同时出版发行。

教育部高等学校测绘学科教学指导委员会主任宁津生院士专门为本书作序,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中疏漏、错误和不足之处恳请广大师生和读者批评指正。

编 者

2011 年 4 月

第三版前言

本书自 1996 年再版以来,迄今又逾 10 年。为了适应当前高等学校教材改革的需要,并考虑到测绘科学技术最新的发展,现进行第三版修订。

本次修订新增全球定位系统(第八章)和大比例尺数字化测图(第十章)两章。其他章节补充了电子水准仪、新型全站仪及测量机器人、数字摄影测量等内容。并按国土资源部 2002 年颁发的土地分类体系对该项内容作了修改。全书由章书寿、陈福山主编,王铁生、周国树、季丙贤为副主编。参加编写的有(按姓氏笔画为序)吴清海、张冰、李正华、陈建、郑家柱、单青等同志。由章书寿统稿,孔明明、欧阳平主审。在修订过程中,测绘出版社给予了大力支持,在此一并致谢。对于书中的缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 5 月于宁

第二版前言

本书自 1991 年初版以来,先后印刷 3 次,迄今已逾 6 年。6 年来,经河海大学、东南大学、重庆建筑大学、上海交通大学、南京大学和南京建筑工程学院等 20 余所院校师生多次使用之后,提出了许多宝贵意见和建议,为了使本书更有针对性和实用性,更好地满足教学的需要,现修订发行第二版。

再版本为适应土建工程类不同专业和不同层次的要求,并考虑到有的专业在第一学年就学测量课,故将原第三章“误差理论基础与直接平差”后移为第六章,并作适当精简。原第四、五、六章依次改为第三、四、五章。全书各章均在本书 1994 年第三次印刷本的基础上作了认真的修改与勘误。删去原附录 4“图根导线近似平差程序(适用于 PC-1500 计算机)”。为了便于教学,将新增的“测量实验须知”作为本书附录 4。

在本书修订再版的过程中,得到了许多院校师生和广大同行的热忱指教,得到了东南大学赵殿甲和测绘出版社文湘北同志等的大力支持,在此一并致谢。对于再版本中的缺点和不足,恳请广大读者批评指正。

编 者

1996 年 8 月于宁、渝

第一版前言

当前,我国高等学校土建类各专业的测量学课程正在进行教学改革,这本教材就是根据目前工科院校土建类测量课的教学大纲编写的。全书共十一章,分四个部分。第Ⅰ部分(第一至三章)主要介绍测量学的基本知识、基本理论和基本概念;对地形图基本知识的叙述较过去为详;将测量误差理论提前至第三章,并试图应用概率统计的概念进行阐述,旨在为以后各章加强对观测误差的讨论和进行精度分析打下基础。第Ⅱ部分(第四至六章)着重介绍高差、角度(方向)、距离三项测量基本工作,分别讨论了仪器的构造、使用、精度以及检验和校正,并科普性地介绍了现代测绘技术的新成就、新仪器和新方法,借以拓宽学生的知识面。第Ⅲ部分(第七至九章)主要介绍地形图的测绘与应用,控制测量和碎部测量方法,以了解测图的过程,对控制测量成果处理的讨论也较以往详细。地籍测量是一项亟须开展的工作,但限于篇幅,仅辟一节予以简介。鉴于摄影测量的应用与发展,故专辟一章进行讨论。第Ⅳ部分(第十至十一章)主要介绍放样工作的基本方法和土建工程施工测量。第十一章的有关内容可供不同专业选用。

本书由河海大学章书寿、重庆建筑工程学院陈福山主编(章书寿编写第二、四、五、六章及附录,陈福山编写第三、十、十一章,陈兰金编写第九章,章书寿、陈福山合写第一、七、八章),东南大学赵殿甲审稿。初稿曾于1987年与1989年两次印刷,当时定名《土建工程测量》,分别在河海大学、东南大学、重庆建筑工程学院和南京航务工程专科学校等院校试用。1989年8月,经测绘教材编审委员会委托西南交通大学傅晓村和合肥工业大学刘肇光认真评审之后,编者又对全书作了第三次修订,并更名为《测量学教程》。在编写过程中,参阅了国内外的新版测量教材及参考书;在试用和评审过程中,还得到了高等学校水利水电类专业教学委员会测量教学组的同志和广大同行的指点。可以说,本书既是编、审者多年教学实践经验的总结,又是多轮试用它的师生集体智慧的体现。

本书的主要特点是:破传统的以地形测图为中心的编排旧体系,立以测绘技术及其应用为中心的新观念。全书几经修改,力求做到重点突出,概念清楚,定义准确,文字精练,利于自学。为了便于教学,每章后附有一定数量的思考题和习题。

编者初试改革,由于水平所限,书中的缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

1989年11月于宁、渝

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 测量学的任务和作用	1
§ 1-2 地球形状和椭球定位的概念	2
§ 1-3 地面点位置的确定	3
§ 1-4 地球曲率对水平距离和高差的影响	5
§ 1-5 测量工作概述	6
思考题.....	8
习题.....	8
第二章 地形图的基本知识	10
§ 2-1 高斯投影的概念	10
§ 2-2 地形图的分幅与编号	12
§ 2-3 直线定向及用罗盘仪、陀螺经纬仪测定方向	14
§ 2-4 坐标的正、反算问题及坐标方位角的传递	17
§ 2-5 地图、地形图、影像图、专题图及图的比例尺	18
§ 2-6 地物和地貌在地形图上的表示方法	20
§ 2-7 图形面积的计算	25
思考题	28
习题	29
第三章 水准测量	30
§ 3-1 水准测量原理	30
§ 3-2 S3 水准仪及其使用	30
§ 3-3 普通水准测量	36
§ 3-4 水准仪的检验与校正	41
§ 3-5 水准测量的主要误差来源	44
§ 3-6 自动安平水准仪	46
§ 3-7 精密水准仪	48
§ 3-8 激光水准仪	49
§ 3-9 电子水准仪	50
思考题	51
习题	52
第四章 角度测量	53
§ 4-1 测量水平角的原理	53

§ 4-2 J6 光学经纬仪及其使用	53
§ 4-3 观测水平角的方法	57
§ 4-4 测量竖直角	60
§ 4-5 经纬仪的检验与校正	64
§ 4-6 观测水平角的误差来源	67
§ 4-7 J2 光学经纬仪	70
§ 4-8 激光经纬仪	71
§ 4-9 电子信息经纬仪测角系统	71
思考题	73
习题	74
第五章 距离测量	75
§ 5-1 距离测量的准备工作	75
§ 5-2 量距工具及钢尺检定	76
§ 5-3 用钢尺按 1 : 1 000 ~ 1 : 3 000 的精度量距	78
§ 5-4 钢尺量距的精密方法	79
§ 5-5 钢尺量距的误差分析	81
§ 5-6 视距测量与视差法测距	83
§ 5-7 光电测距	85
§ 5-8 全站仪及测量机器人	91
思考题	94
习题	94
第六章 误差理论基础与最小二乘法原理	95
§ 6-1 测量误差概述	95
§ 6-2 精度的概念	96
§ 6-3 偶然误差的特性	97
§ 6-4 衡量精度的标准	99
§ 6-5 误差传播定律	101
§ 6-6 水准测量、角度测量和距离测量的精度分析	104
§ 6-7 最小二乘法原理	109
思考题	112
习题	112
第七章 测量控制网及其数学处理	114
§ 7-1 测量控制网的建立	114
§ 7-2 控制网的数学处理与平差概念	116
§ 7-3 导线测量及其成果处理	120
§ 7-4 交会定点测量	127
§ 7-5 四等水准测量	132

§ 7-6 三角高程测量	134
思考题	138
习题	138
第八章 全球导航卫星定位系统	141
§ 8-1 GPS 定位技术的基本原理	141
§ 8-2 GPS 系统的组成	142
§ 8-3 美国对 GPS 的政策限制及其他国家研制的全球导航卫星定位系统	144
§ 8-4 地心坐标与参心坐标系统	145
§ 8-5 GPS 卫星的定位方法	146
§ 8-6 GPS 测量的实施	150
思考题	153
习题	153
第九章 地形图的测绘与应用	154
§ 9-1 测图前的准备工作	154
§ 9-2 碎部测量的方法	155
§ 9-3 地形图的拼接、检查和清绘	159
§ 9-4 地形图的精度评定及选用	161
§ 9-5 地形图的应用	163
§ 9-6 地籍测量简介	168
思考题	172
习题	172
第十章 大比例尺数字化测图	174
§ 10-1 概述	174
§ 10-2 数字化测图数据采集的方法	175
§ 10-3 数字化测图的数据组织、图形生成及编辑	178
思考题	181
习题	181
第十一章 摄影测量的基本知识	182
§ 11-1 摄影测量与遥感技术的概念	182
§ 11-2 航空摄影与航摄像片	182
§ 11-3 摄影测量成图方法	185
§ 11-4 像片纠正与制作像片平面图	187
§ 11-5 摄影测量的外业工作	188
§ 11-6 地面立体摄影测量	189
§ 11-7 数字摄影测量	193
思考题	194

第十二章 放样工作的基本方法	195
§ 12-1 已知水平距离、水平角度和设计高程的放样方法	195
§ 12-2 点的平面位置的放样方法	198
§ 12-3 已知设计坡度线的放样方法	200
§ 12-4 曲线放样	201
思考题	207
习题	207
第十三章 工程施工测量	209
§ 13-1 施工测量概述	209
§ 13-2 施工控制测量	211
§ 13-3 民用建筑与工业厂房施工测量	213
§ 13-4 高层建筑施工测量	219
§ 13-5 烟囱(或水塔)施工测量	221
§ 13-6 线路工程施工测量	222
§ 13-7 水利工程测量	226
§ 13-8 地下工程施工测量	231
§ 13-9 建(构)筑物的变形观测	237
§ 13-10 竣工测量	240
思考题	240
习题	240
参考文献	243
附录 A 测量中常用的计量单位	244
附录 B 数值的近似计算与规则	247

第一章 绪 论

§ 1-1 测量学的任务和作用

测量学是研究如何测定地面点的平面位置和高程,将地球表面的地形及其他信息测绘成图,以及确定地球的形状和大小等的学科。今天,这门学科的发展已经包括下面几个分支学科:

——**普通测量学**。研究地球表面较小区域内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科,是测量学的基础。主要研究内容有图根控制网的建立、地形图的测绘及一般工程的施工测量。具体工作有距离测量、角度测量、定向测量、高程测量、观测数据的处理和绘图等。

——**大地测量学**。研究地球的形状、大小和重力场,测定地面点几何位置和地球整体与局部运动的理论和技术的学科。在大地测量学中,测定地球的大小是指测定地球椭球的大小;确定地球形状是指研究大地水准面的形状(或地球椭球的扁率);测定地面点的几何位置是指测定以地球椭球面为参考面的地面点位置。现代,由于人造地球卫星的发射和空间技术的发展,大地测量学又分为常规大地测量学、卫星大地测量学与空间大地测量学。

——**摄影测量学**。研究利用摄影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。它的主要研究内容有:获取目标物的影像,对影像进行处理,将成果用图形、图像或数字表示。由于现代航天技术和电子计算机技术的发展,当代遥感技术可以提供比光学摄影所获得的黑白相片更为丰富的影像信息,因此在摄影测量学中引进了遥感技术,促进了航天测绘的发展。摄影测量学包括航空摄影、航天摄影、航空航天摄影测量、地面摄影测量等。

——**工程测量学**。研究在工程建设和自然资源开发各个阶段进行测量工作的理论和技术的学科。它是测绘学在国民经济和国防建设中的直接应用,包括规划设计阶段、施工阶段和运营管理阶段的测量工作。高精度工程测量是指采用非常规的测量仪器和方法,使其测量的绝对精度达到毫米级以上要求的测量工作,用于大型、精密设备的精确定位和变形观测等。

——**海洋测量学**。研究以海洋水体和海底为对象所进行的测量和海图编制理论和方法的学科。主要包括海道测量、海洋大地测量、海底地形测量、海洋专题测量以及航海图、海底地形图、各种海洋专题图和海洋图集等图的编制。

——**地籍测量学**。调查和测定土地(宗地或地块)及其附着物的界线、位置、面积、权属和利用现状等基本情况及其几何形状的测绘工作。

本教材主要介绍工程建设在各个阶段所进行的测量工作,它与普通测量学、摄影测量学、工程测量学等学科都有着密切的联系。其主要内容有**测图、用图、放样和变形观测**等项。

——**测图**。根据控制网将地面上的地物(房屋、道路、河流等)和地貌(山头、洼地、平原等)按规定的比例尺测绘到图纸上,供规划设计使用。

——**用图**。泛指使用地形图的知识、方法和技能,即利用地形图解决工程上若干基本

问题。

——**放样**。根据控制网将图纸上已设计好的建(构)筑物的平面位置和高程按设计要求测设到地面上,作为施工的依据。

——**变形观测**。测定建筑物及其地基在建筑物荷重和外力作用下随时间而变形的工作。内容主要有沉降观测、位移观测、倾斜观测、裂缝观测和挠度观测等。变形观测是监视重要建筑物在各种应力作用下是否安全的重要手段,其成果也是验证设计理论和检验施工质量的重要资料。

§ 1-2 地球形状和椭球定位的概念

一、地球的形状与大小

测量工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是极不平坦和不规则的。其中海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%。有高达 8 844.43m 的珠穆朗玛峰,也有深达 11 022m 的马里亚纳海沟。这样的高低起伏,相对于地球庞大的体积来说,还是很小的。人们把地球总的形状看做是被海水包围的球体,也就是设想有一个静止的水面,向陆地延伸而形成一个封闭的曲面,这个静止的水面称为**水准面**。水准面有无数个,而其中通过平均海水面的一个称为**大地水准面**,它所包围的形体称为**大地体**。

水准面的特性是它处处与铅垂线相垂直。由于地球在不停地旋转着,因此地球上每个点都受离心力和地心吸引力的作用,使地面上物体不致自由离开。这两种力的合力(图 1-1)称为**重力**,重力的作用线又称为**铅垂线**。

测量工作的基准线就是铅垂线,也即地面上一点的重力方向线。地面上物体悬挂的垂球,其静止时所指的方向就是重力方向。测量工作的基准面就是大地水准面,如测量仪器的水准器气泡居中时,水准器圆弧顶点的法线即与重力方向一致,因此利用水准器所测结果就是以过地面点的水准面为基准而获得的,如图 1-2 所示。

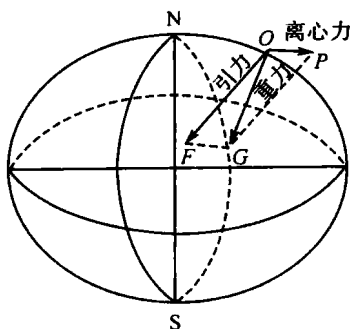


图 1-1 重力线

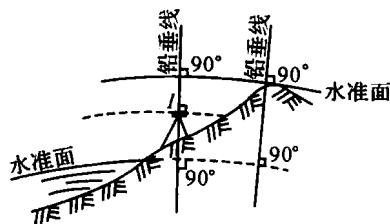


图 1-2 铅垂线

大地水准面是一个有起伏的、不规则的曲面,这是因为地球内部质量分布不均匀和地面的起伏变化而使各点铅垂线方向产生不规则变化所致。因此,不可能用数学公式来表达大地水准面,也无法在这个面上进行测量计算工作。通常用一个非常接近大地体的几何形体,即**旋转**

椭球作为测量计算的基准。该球体是以一个椭圆绕其短轴旋转而成的,如图 1-3 所示。

根据 1979 年国际大地测量学与地球物理学联合会决议,椭球的参数为

长半径: $a = 6\,378\,137\text{m}$

短半径: $b = 6\,356\,752\text{m}$

扁率: $\alpha = 1 : 298.257$

目前,我国正利用卫星的观测成果及全国大地测量资料计算适合我国实际的参考椭球参数。我国

2000 国家大地坐标系所采用的椭球体参数值与上述参数也很接近。由于地球椭球我国体的扁率很小,因此,在地形测量的范围内可将地球视为圆球体,其半径为 $6\,371\text{km}$ 。

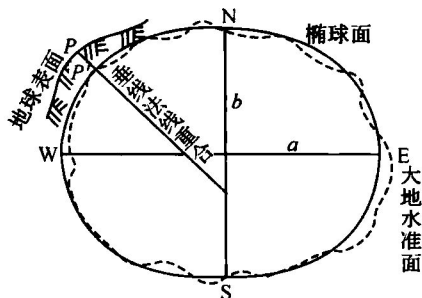


图 1-3 参考椭球体

二、参考椭球的定位与国家大地坐标系

地球的形状确定后,还应进一步确定大地水准面与椭球面的相对关系,才能将观测成果化算到椭球面上。如图 1-3 所示,在一个国家的适当地点,选择一点 P ,设想把椭球与大地体相切,切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上,这时,椭球面上 P' 的法线与大地水准面的铅垂线相重合,使椭球的短轴与地轴保持平行,且椭球面与这个国家范围内的大地水准面差距较小。于是椭球与大地水准面的相对位置便确定下来,这就是参考椭球的定位工作。根据定位的结果可以确定大地原点的起算数据。我国新的大地原点设在陕西省泾阳县永乐镇,由此建立的国家大地坐标系,称为 1980 西安坐标系,图 1-4 为国家大地原点图,而原先采用的是 1954 北京坐标系。上述以参考椭球体为中心而建立的坐标系统又称为参心坐标系。由于科学技术发展和适应社会经济的需要,我国目前使用以地球质量为中心的地心坐标系,即 2000 国家大地坐标系 (CGCS2000)。

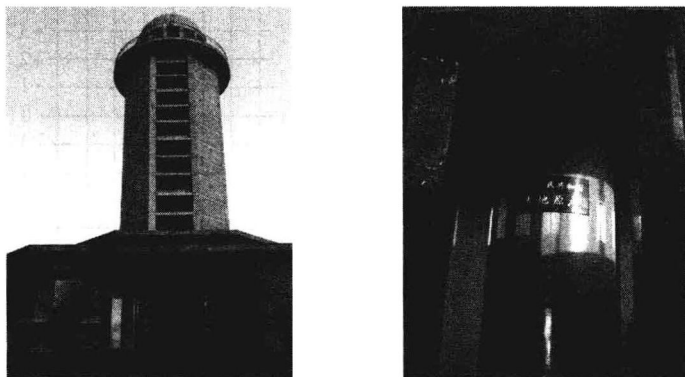


图 1-4 国家大地原点图

§ 1-3 地面点位置的确定

在测量工作中,地面点的位置是用三维坐标,即由平面坐标和高程来表示的。

一、地面点在投影面上的坐标

(一)地理坐标

研究大范围的地面形状和大小是将投影面作为球面。如图 1-5 所示,视地球为一球体(实际上应为椭球体),N 和 S 是地球的北极和南极,连接两极且通过 O (地心)的线称为地轴。过地轴的平面称为子午面,过 O 且垂直于地轴的平面称为赤道面,它与球面的交线称为赤道。通过英国格林尼治天文台的子午线称为起始子午线(首子午线)。过该子午线的子午面称为首子午面。地面上任意一点 M 的地理坐标是以该点的经度和纬度来表示的。经度是过该点的子午线与首子午面的夹角,用 λ 表示。从首子午线起向东 180° 称为东经,向西 180° 称为西经。M 点的纬度就是该点的法线与赤道面的交角,用 φ 表示。从赤道向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬,向南称为南纬。如北京的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$,北纬 $39^\circ 54'$ 。经纬度是用天文测量方法测定的。

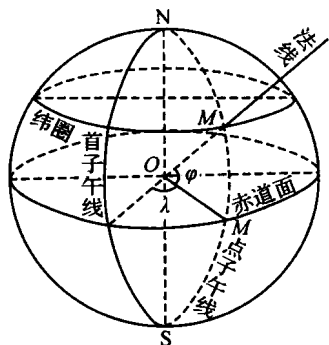


图 1-5 地理坐标

(二)平面直角坐标

测量小范围地区,可将该部分的球面视为水平面(其限度见 § 1-4)。在测区的西南设置一个原点 O,令通过原点 O 的南北线为纵坐标轴 X,与 X 轴相垂直的东西方向线为横坐标轴 Y,如图 1-6 所示。坐标轴将平面分为四个象限,其顺序以顺时针方向排列,各点坐标规定由原点向上、向右为正。测量上使用的平面直角坐标与数学上常用的不同,这是因为测量工作中规定所有的直线方向都是以纵坐标轴北端顺时针方向量度的,这样的变换,既不改变数学公式,同时又便于测量中对方向和坐标的计算。

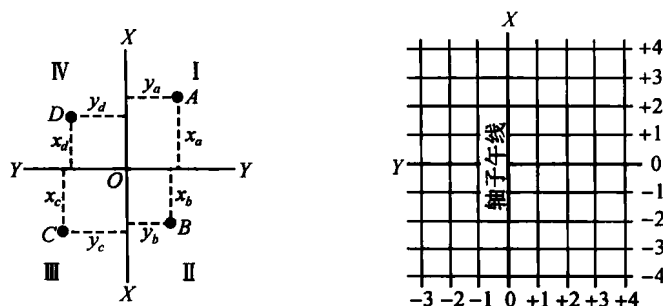


图 1-6 测量计算的平面直角坐标系

二、点的高程与 1985 国家高程基准

地面点的坐标只是表示地面点在投影面上的位置,要表示地面点的空间位置,还需要确定地面点的高程。前已述及,大地水准面是高程的基准面。地面点沿铅垂线方向到大地水准面的距离称为绝对高程或称海拔,简称高程,地面上两点高程之差称为高差。如图 1-7 中的 H_A 、 H_B 、 h 。过去我国采用青岛验潮站 1950 年至 1956 年观测成果推算的黄海平均海水面作为高程零点,称为 1956 黄海高程系。我国目前采用 1985 国家高程基准,是根据 1952 年至

1979 年的验潮资料推算的新的的大地水准面,位于青岛的中华人民共和国水准原点按新的基准起算的高程为 72.260m。在 1956 国家高程基准中,青岛原点的高程为 72.289m。图 1-8 所示为青岛水准原点外观图。全国布置的国家高程控制点都应以新的水准原点为准。在利用旧的水准测量成果时要注意高程基准的统一和换算;若远离国家高程控制点或为施工方便计,也可以假设(任意)水准面为基准,则该工地所得各点高程是以同一假设水准面为基准的相对高程。

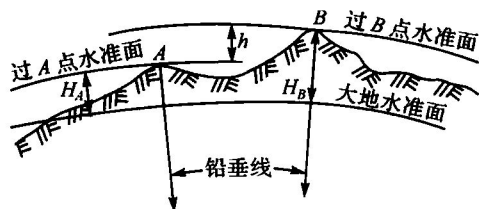


图 1-7 点的高程

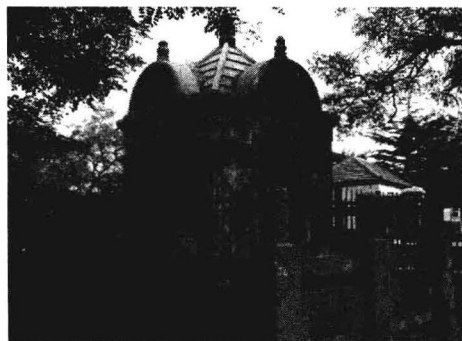


图 1-8 青岛原点图

也有一些地区,曾采用过不同的高程系,如表 1-1 所示。为了换算方便,现以 1985 国家高程基准为零,其他高程系零点应加上表 1-1 中的零点差。

表 1-1 零点差

高程系	1985 国家 高程基准	1954 黄海 高程系	1956 黄海 高程系	废黄河 口系	大沽 零点	吴淞 零点	坎门 零点	珠江 高程系	广州 高程系
零点差/m	0	0.055	-0.029	-0.092	-1.952	-1.856	0.231	0.557	-4.443

§ 1-4 地球曲率对水平距离和高差的影响

在 § 1-2 及 § 1-3 中已述及地面点位置的确定是将大地体近似看做圆球体。将地面点投影到圆球面上,然后再描绘到平面的图纸上,这是很复杂的。在实际测量中,当测区面积不大时,往往用水平面来代替水准面,使计算和绘图工作大为简化。现讨论它们之间的差异。

一、地球曲率对水平距离的影响

如图 1-9 所示,设 AB 为水准面上一段弧长为 D 的弧,所对圆心角为 θ ,地球半径为 R ,另自 A 点作切线 AB' ,设长为 t 。若将切于 A 点的水平面代替水准面的圆弧,则在距离上将产生误差 ΔD ,其计算为

$$\Delta D = AB' - \widehat{AB} = t - D = R(\tan\theta - \theta)$$

将 $\tan\theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \dots$,取前项代入,并考虑 $\theta = \frac{D}{R}$,得

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-1)$$

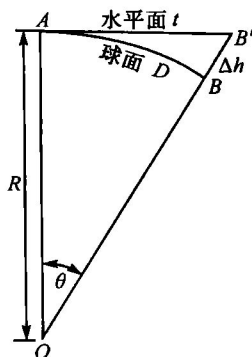


图 1-9 地球曲率的影响