

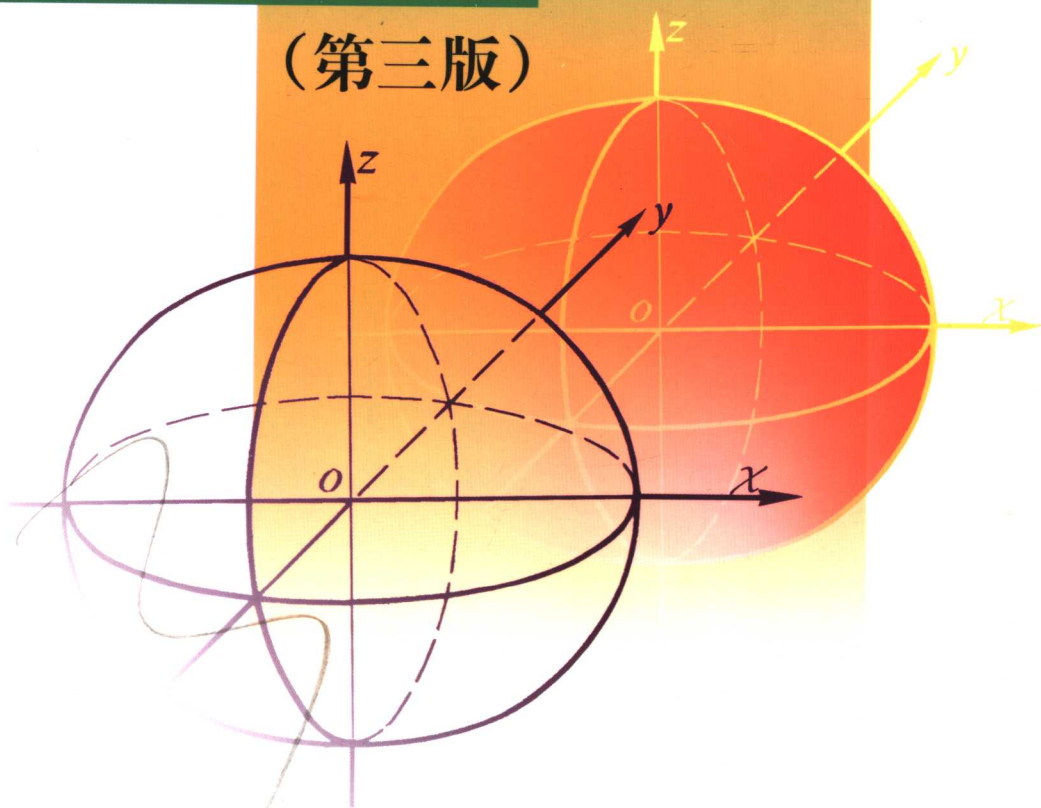
普通高等教育测绘类规划教材

测量学

章书寿 陈福山 主 编

教程

(第三版)



CELIANGXUE JIAOCHENG

测绘出版社

P2/41

2006

普通高等教育测绘类规划教材

测量学教程

(第三版)

章书寿 陈福山 主编

测绘出版社

· 北京 ·

内容简介

本书在对普通测量学的基础知识、基本理论和方法作了一般性阐述的基础上,结合土建类测量要求,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,并着重叙述了放样工作的基本方法和各种土建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作了适当介绍。

本书为高等院校土建工程、环境工程、水电工程、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。

© 章书寿 陈福山 2006

图书在版编目(CIP)数据

测量学教程/章书寿,陈福山主编. —3版. —北京:
测绘出版社,2006.8

ISBN 7-5030-1461-X

I. 测... II. ①章... ②陈... III. 测量学—高等学
校—教材 IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 085409 号

责任编辑:杨莲莲/封面设计:杨晓明/绘图:张梅

测绘出版社 出版发行

地址:北京市西城区复外三里河路 50 号 邮编:100045

电话:(010)68512386 68531558 网址:www.sinomaps.com

三河市艺苑印刷厂印刷 新华书店经销

成品尺寸:184mm×260mm 印张:18.25 字数:418 千字

1991 年 6 月第 1 版 2006 年 8 月第 3 版 2006 年 8 月第 5 次印刷

印数:20 001—25 000 册

ISBN 7-5030-1461-X/P·438

定价:30.00 元

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

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)吴海清、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 2 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,藉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	4
§ 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	7
思考题、习题	9
第二章 地形图的基本知识	11
§ 2-1 高斯投影的概念	11
§ 2-2 地形图的分幅与编号	13
§ 2-3 直线定向及用罗盘仪、陀螺经纬仪测定方向	15
§ 2-4 坐标的正、反算问题及坐标方位角的传递	18
§ 2-5 地图、地形图、影像图、专题图及图的比例尺	20
§ 2-6 地物和地貌在地形图上的表示方法	22
§ 2-7 图形面积的计算	27
思考题、习题	32
第三章 水准测量	33
§ 3-1 水准测量原理	33
§ 3-2 S3 型水准仪及其应用	34
§ 3-3 普通水准测量	40
§ 3-4 水准仪的检验与校正	45
§ 3-5 水准测量的主要误差来源	49
§ 3-6 自动安平水准仪	52
§ 3-7 精密水准仪	54
§ 3-8 激光水准仪	56
§ 3-9 流体静力水准测量	57
§ 3-10 电子水准仪	59
思考题、习题	60
第四章 角度测量	62
§ 4-1 测量水平角的原理	62
§ 4-2 J6 型光学经纬仪及其应用	62
§ 4-3 观测水平角的方法	67

§ 4-4 测量竖直角	70
§ 4-5 经纬仪的检验与校正	75
§ 4-6 观测水平角的误差来源	78
§ 4-7 J2 型光学经纬仪	81
§ 4-8 激光经纬仪	82
§ 4-9 电子信息经纬仪测角系统	83
思考题、习题	85
第五章 距离测量	87
§ 5-1 测量距离的准备工作	87
§ 5-2 量距工具及钢尺检定	88
§ 5-3 用钢尺按 1 : 1 000 ~ 1 : 3 000 的精度量距	90
§ 5-4 钢尺量距的精密方法	92
§ 5-5 钢尺量距的误差分析	95
§ 5-6 视距测量与视差法测距	96
§ 5-7 光电测距	99
§ 5-8 全站仪及测量机器人	106
思考题、习题	109
第六章 误差理论基础与最小二乘法原理	111
§ 6-1 测量误差概述	111
§ 6-2 精度的概念	112
§ 6-3 偶然误差的特性	113
§ 6-4 衡量精度的标准	115
§ 6-5 误差传播定律	118
§ 6-6 水准测量、角度测量和距离测量的精度分析	121
§ 6-7 最小二乘法原理	126
思考题、习题	130
第七章 测量控制网及其数学处理	132
§ 7-1 测量控制网的建立	132
§ 7-2 控制网的数学处理与平差概念	135
§ 7-3 导线测量及其成果处理	140
§ 7-4 交会定点测量	147
§ 7-5 四等水准测量	154
§ 7-6 三角高程测量	156
思考题、习题	160
第八章 全球定位系统	165
§ 8-1 概述	165
§ 8-2 GPS 定位技术的基本原理	165

§ 8-3 全球定位系统的组成	166
§ 8-4 美国对 GPS 的政策限制及其他国家研制的导航定位系统	169
§ 8-5 地心坐标与参心坐标系统	170
§ 8-6 GPS 卫星的定位方法	171
§ 8-7 GPS 测量的实施	175
思考题、习题	177
第九章 地形图的测绘与应用	179
§ 9-1 测图前的准备工作	179
§ 9-2 碎部测量的方法	180
§ 9-3 地形图的拼接、检查和清绘	186
§ 9-4 地形图的精度评定及选用	188
§ 9-5 地形图的缩放	190
§ 9-6 地形图的应用	191
§ 9-7 地籍测量简介	197
思考题、习题	201
第十章 大比例尺数字化测图	205
§ 10-1 概述	205
§ 10-2 数字化测图数据采集的方法	206
§ 10-3 数字化测图的数据组织、图形生成及编辑	208
思考题、习题	211
第十一章 摄影测量的基本知识	212
§ 11-1 摄影测量与遥感技术的概念	212
§ 11-2 航空摄影与航摄像片	213
§ 11-3 像片纠正与制作像片平面图	215
§ 11-4 像片的立体观察与立体量测	216
§ 11-5 航空摄影测量的过程	218
§ 11-6 地面立体摄影测量	220
§ 11-7 数字摄影测量	225
思考题	225
第十二章 放样工作的基本方法	226
§ 12-1 已知水平距离、水平角度和设计高程的放样方法	226
§ 12-2 点的平面位置的放样方法	229
§ 12-3 已知设计坡度线的放样方法	232
§ 12-4 圆曲线的放样方法	232
思考题、习题	241
第十三章 土建工程施工测量	243
§ 13-1 施工测量概述	243

§ 13-2 施工控制测量·····	245
§ 13-3 民用建筑施工测量·····	248
§ 13-4 工业厂房施工测量·····	250
§ 13-5 高层建筑施工测量·····	255
§ 13-6 烟囱(或水塔)施工测量·····	258
§ 13-7 管道工程施工测量·····	259
§ 13-8 建(构)筑物的变形观测·····	267
§ 13-9 竣工测量·····	270
思考题、习题·····	270
附录 1 测量规范介绍 ·····	272
附录 2 测量中常用的计量单位 ·····	273
附录 3 数值的近似计算与规则 ·····	276
附录 4 测量实验须知 ·····	278
参考文献 ·····	281

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科学。今天,这门科学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——研究在广大地面上建立国家大地控制网,测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术与方法的学科。现代,由于人造地球卫星的发射和空间技术的发展,大地测量学又有常规大地测量学和卫星大地测量学与空间大地测量学之分。

摄影测量学——利用摄影像片来研究和测定物体的形状、大小和位置的学科。因获得像片的方法不同,摄影测量学又可分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天摄影测量学等。

工程测量学——研究工程建设在勘测设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的学科。主要内容有:工程控制网建立、地形测绘、施工放样、设备安装测量、竣工测量、变形观测和维修养护测量的理论、技术与方法。

海道测量学——研究和测量地球表面水体(海洋、江河、湖泊等)及水下地貌的一门综合性学科。主要研究上述范围内的控制测量、地形岸线测量、水深测量等各种测量工作的理论、技术和方法。

由于人类社会的需要,近代科学技术的发展,测量技术由常规的大地测量发展到人造卫星大地测量,由航空摄影发展到航天遥感技术的应用;测量对象由地球表面扩展到空间星球,由静态发展到动态;测量仪器已广泛趋向电子化和自动化。

新中国成立以后,我国测绘事业得到了蓬勃发展。在天文大地测量、人卫大地测量、航空摄影测量、精密工程测量、近代平差计算、测量仪器研制、南极考察测量、测绘人才培养等方面,都取得了令人欢欣鼓舞的成就。

本教材主要介绍土建工程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。其主要任务有**测图**、**用图**、**放样**和**变形观测**等项。

测图(测绘地形图的简称)——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(使用地形图的简称)——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。

测绘科学技术的应用非常广泛,诸如城乡建设、国防建设、资源调查、能源开发、环境保护、科学实验等方面,均需测绘。

测绘科学技术在工业与民用建筑、建筑学、城市规划、环境工程、地下建筑、给水排水等土建类专业中,具有重要的作用。为了决定最适宜的工业建筑场地及大型工程构筑物的位置,首先要进行踏勘,测绘大比例尺地形图。其次在地形图上进行规划设计,然后根据设计图进行建(构)筑物的放样。在建筑施工过程中,随时需要测量。在建(构)筑物竣工以后和使用期间,还要进行测量工作。可见,测量与土建工程的关系是不可分割的。

土建类各专业的学生,学完本课程之后,在业务上应达到如下要求:

1. 掌握本课程的三个基本内容(基本理论、基本知识、基本技能);
2. 掌握工程水准仪、工程经纬仪等的使用;
3. 了解大比例尺地形图的成图原理和方法,并能熟练地阅读和使用地形图;
4. 具有运用所学测量知识解决土建工程中实际测量问题(例如建筑现场施工测量等)的能力,并能从设计和工程技术的角度,对测量工作提出合理的要求;
5. 了解当前国内外建筑测量的新成就和发展方向。

纵观上述要求,本教材力求精选教学内容,突出教学重点,压缩传统教材中测图的篇幅,加强读图和用图的训练。教材中尽可能将有关测量概念讲清楚,而不详列某些推导过程。比以往增加较多新技术的内容,旨在扩大学生的知识面。希望采用本教材的师生,共同努力,按上述要求,教好、学好测量课。

§ 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。它有约占71%面积的海洋,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作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 OG (图 1-1)称为重力,重力的作用线又称铅垂线。

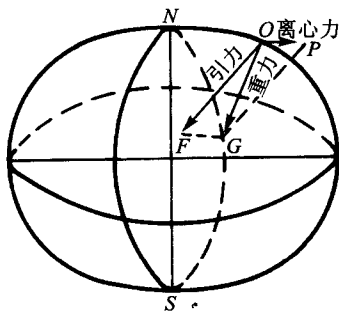


图 1-1

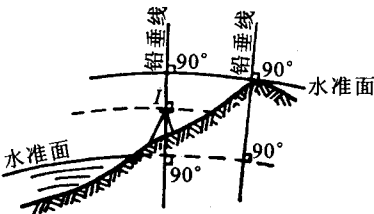


图 1-2

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,水准管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。

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的计算工作。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。

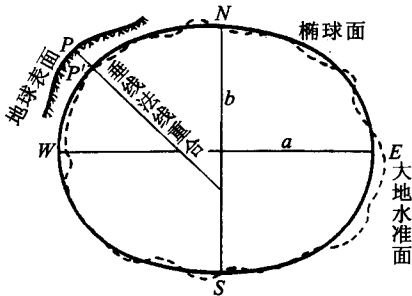


图 1-3

根据 1979 年国际大地测量学与地球物理学联合会决议,椭球的元素为

$$\begin{aligned} a &= 6\,378\,137\text{m} \\ b &= 6\,356\,752\text{m} \\ \alpha &= 1:298.257 \end{aligned}$$

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元素。由于地球椭球体的扁率很小,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 371km。

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尽量地小。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。根据定位的结果确定了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,由此建立了新的国家大地坐标系,称西安 1980 坐标。而原先采用的称北京 1954 坐标。

§ 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,也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。在图 1-4 中视地球为一球体(实际上应为椭球体), N 和 S 是地球的北极和南极,连接两极且通过地心 O 的线称地轴。过地轴的平面称为子午面,过地心 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)。而包括该子午线的子午面称首子午面。地面上任一点 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,以 λ 表示。从首子午线起向东 180° 称东经,向西 180° 称西经。 M 点的纬度就是该点的法线与赤道面的交角,以 φ 表示。从赤道向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬,向南称南纬。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。

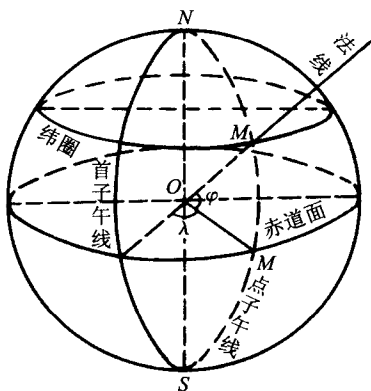


图 1-4

(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

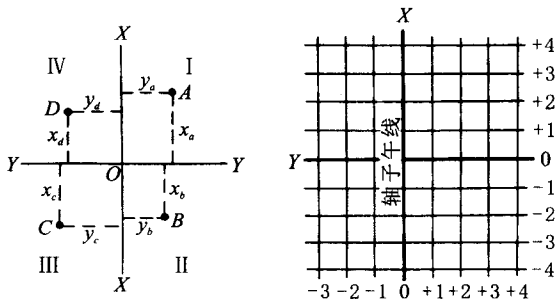


图 1-5 测量计算的平面直角坐标系

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 1-5 所示。坐标轴将平面分为四个象限，其顺序为顺时针方向排列，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。

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**。如图 1-6 中的 H_A, H_B 。过去我国采用青岛验潮站 1950 年—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 年黄海高程系”。根据目前的复查，发现该高程系存在统计上的错误，且验潮资料过短。新的大地水准面命名为“1985 国家高程基准”，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。在以前所用的“1956 年国家高程基准”中，青岛原点的高程为 72.289m。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**。地面上两点高程之差称为**高差**。

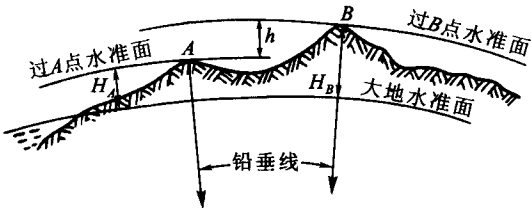


图 1-6 点的高程

也有一些地区，曾采用过不同的高程系成果，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 之零点差。

表 1-1

高程系	1985 国家 高程基准	1954 黄海系	1956 黄海系	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 中已述及在地形测量学范围内是将大地体近似看作圆球体。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、水准面的曲率对水平距离的影响

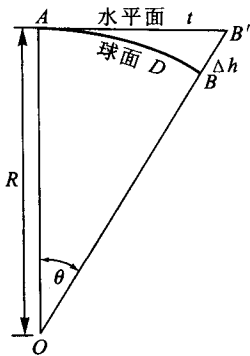


图 1-7 地球曲率的影响

在图 1-7 中, 设 AB 为水准面一段弧长 D , 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 $\tan\theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \dots$ 代入, 得

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

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

取 $R = 6\,371\text{km}$, ΔD 值见表 1-2。由该表可知, 当 $D = 10\text{km}$ 时, $\frac{\Delta D}{D} = 1 : 121$ 万, 小于目前精密的距离测量误差, 即使在 $D = 20\text{km}$ 时, $\frac{\Delta D}{D} = 1 : 30$ 万, 实际上将水准面当作水平面, 也即沿圆弧丈量的距离作为水平距离, 其误差可忽略不计。

表 1-2

圆弧长度 D/km	0.1	0.2	0.4	1	5	10	50	100
误差 $\Delta h/\text{cm}$	0.08	0.31	1.3	8	196	785		
误差 $\Delta D/\text{cm}$				0.001	0.10	0.82	103	820

二、水准面曲率对高差的影响

由图 1-7 可知, A 、 B 两点同在一水准面上, 高程相等, 若以水平面代替水准面, 则 B 点移到 B' 点, 高差误差为 Δh 。由图可知

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + t^2$$

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R + \Delta h}$$

若用 D 代替 t , 同时略去分母中的 Δh , 则

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

不同 D 值的 Δh 列于表 1-2 中。当 $D = 1\text{km}$, Δh 也有 8cm 的误差, 这种误差对工程的影响是不能忽视的。

§ 1-5 测量工作概述

一、控制测量的概念

将测区的范围按一定比例尺缩小成地形图时,通常不能在一张图纸上表示出来;测图时,要求在一个测站点(安置测量仪器测绘地物、地貌的点)上将该测区的所有重要地物、地貌测绘出来也是不可能的。因此,进行地形测图时,只能连续地逐个测站施测,然后拼接出一幅完整的地形图。当一幅图不能包括该地区面积时,必须先在该地区建立一系列的测站点,再利用这些点将测区分成若干幅图,并分别施测,最后拼接该测区的整个地形图。

这种先在测区范围建立一系列测站点,然后分别施测地物、地貌的方法,就是先整体后局部的原则。

这些测站点的位置必须先进行整体布置,反之,若一开始就从测区某一点起连续进行测量,则前面测站的误差必将传递给后面的测站,如此逐站积累,最后测站的本身位置,以及根据它测绘地物、地貌的位置误差积累非常大,如此将得不到一张合格的地形图。一幅图如此,就整个测区而言,就更能保证精度。因此,必须先整体布置测站点。测站点起着控制地物、地貌的作用,所以又称为“从控制到碎部”。

为此,在地形测图中,先选择一些具有控制意义的点子,如图 1-8 中的 $A, B, C, \dots$ 点,用比较精密的仪器和方法把它们的位置测定出来,这些点就是上述的测站点,在地形测量中称为地形控制点,或称为图根控制点。然后再根据它们测定道路、房屋、草地、水系的轮廓点,这些轮廓点称为碎部点。

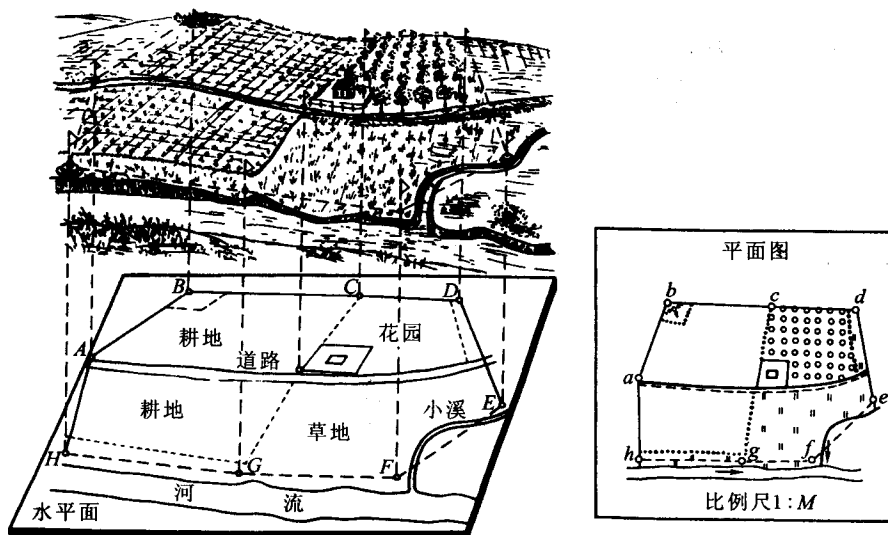


图 1-8