

高等学校教学用书

测量学

贾清亮 主编

CHENG XIAO XUE



黄河水利出版社

高等学校教学用书

测 量 学

主 编 贾清亮

黄河水利出版社



郑州水图 20209399

-103

内 容 提 要

本书在对地形测量学的基本理论、基础知识作了一般性阐述的基础上,结合土木工程各专业对测量学知识和技术的要求,较详细地介绍了基本测量工作的实践技术,包括常规测绘仪器的构造、操作使用与检校方法,观测数据处理,大比例尺地形图的测绘方法等,并着重叙述了地形图的应用与建筑物测设(放样)工作的基本方法。另外,对一些新型的测绘仪器、先进的测绘新技术及其应用也作了适当介绍。

本书为土木工程各专业的《测量学》教材,亦可供土建类有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

测量学/贾清亮主编. —郑州:黄河水利出版社,
2001.12
高等学校教学用书
ISBN 7-80621-518-2
I. 测… II. 贾… III. 测量学—高等学校—教材
IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 081151 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail: yrcp@public2. zz. ha. cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787mm×1 092mm 1/16

印张:20

插页:3

字数:462 千字

印数:1—7 100

版次:2001 年 12 月第 1 版

印次:2001 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN7-80621-518-2/P·21

定价:22.00 元

前 言

根据华北水利水电学院岩土工程、水利工程、土木工程、环境工程等系各专业的《测量学》教学大纲要求,我们编写了本教材。全书分4篇,共16章。第一篇(第一、二章),主要介绍测量学的基本概念、基本理论和地形图的基本知识。第二篇(第三章至第六章),着重介绍高差、角度(水平角和竖直角)、距离三项测量基本工作和测量误差的基本知识;分别讨论了普通测量仪器的构造、使用和检校方法,并简要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。第三篇(第七章至第十一章),主要介绍小地区的控制测量(包括GPS全球定位技术)、地形图的测绘与应用、摄影测量与遥感技术的基本知识及其在土木工程勘测规划设计中的应用。第四篇(第十二章至第十六章),主要介绍建筑物测设(放样)的基本方法及各类土木工程的施工测量技术。

本书在编写时充分考虑到华北水利水电学院各系各专业的特点,前三篇为公共部分,即必讲内容,第四篇可根据各专业教学大纲要求选讲有关章节。为便于学生复习,每章都有学习要点及思考题与习题。同时,顾及到土木工程类各专业的学生学习《测量学》的目的是将来在工程设计、施工、管理中正确使用地形图及测量资料,所以适当减少了地形图测绘的内容,增加了地形图的应用及工程施工测量的内容。全书力求做到重点突出、概念清楚、定义准确、文字精练。本书是华北水利水电学院多年来《测量学》教学经验的总结。

参加本教材编写工作的有:贾清亮(第一、二、八、十、十五、十六章)、雷斌(第六、十四章)、袁天奇(第三、七、九、十二章)、张冰(第五、十一、十三章)、周建业(第四章)。全书由贾清亮统稿并任主编。解放军信息工程大学杨志藻教授对书稿进行了认真、细致的审查,在此表示感谢。

由于编者水平所限,书中可能存在不少缺点和错误,谨请读者批评指正。

编 者

2001年10月

目 录

前 言

第一篇 绪 论

第一章 测量学的基本知识	(3)
第一节 测量学的研究对象及其在工程建设中的作用	(3)
第二节 测绘科学发展及应用概况	(4)
第三节 地面点位的确定	(5)
第四节 水准面曲率对水平距离和高差的影响	(8)
第五节 测量工作的原则	(9)
思考题	(11)
第二章 地形图的基本知识	(12)
第一节 高斯投影的基本概念	(12)
第二节 地形图的分幅与编号	(14)
第三节 直线定向及方位角测定	(19)
第四节 坐标方位角的传递	(21)
第五节 平面直角坐标的正、反算问题	(22)
第六节 地图的分类及图的比例尺	(23)
第七节 地物和地貌在地形图上的表示方法	(25)
思考题与习题	(33)

第二篇 测量的基本工作及测量误差

第三章 水准仪及水准测量	(37)
第一节 水准测量原理	(37)
第二节 DS_3 型微倾式水准仪及其使用	(38)
第三节 DZS_3-1 型自动安平水准仪	(41)
第四节 普通水准测量	(43)
第五节 水准仪的检验与校正	(49)
第六节 水准测量误差的来源及其消减方法	(53)
第七节 精密水准仪(简介)	(56)
第八节 激光水准仪(简介)	(57)
思考题与习题	(59)
第四章 经纬仪及角度测量	(60)
第一节 水平角测量原理	(60)

第二节	DJ ₆ 型光学经纬仪及其使用	(60)
第三节	DJ ₂ 型光学经纬仪简介	(65)
第四节	激光经纬仪与电子经纬仪简介	(66)
第五节	水平角测量	(68)
第六节	竖直角测量	(71)
第七节	DJ ₆ 型光学经纬仪的检验与校正	(75)
第八节	水平角测量误差及其消减措施	(77)
	思考题与习题	(80)
第五章	距离测量	(81)
第一节	钢尺量距	(81)
第二节	钢尺量距误差及注意事项	(86)
第三节	视距测量	(87)
第四节	电磁波测距	(91)
第五节	全站仪及其使用	(98)
	思考题与习题	(102)
第六章	测量误差的基本知识	(103)
第一节	测量误差概述	(103)
第二节	偶然误差的特性	(104)
第三节	评定精度的标准	(107)
第四节	误差传播定律	(109)
第五节	等精度观测直接平差	(112)
第六节	非等精度观测直接平差	(115)
第七节	测量精度分析举例	(118)
	思考题与习题	(121)
第三篇 小地区控制测量及大比例尺地形图测绘		
第七章	小地区控制测量	(125)
第一节	控制测量概述	(125)
第二节	导线测量	(129)
第三节	小三角测量	(138)
第四节	交会定点测量	(143)
第五节	三、四等水准测量	(149)
第六节	三角高程测量	(152)
第七节	电磁波测距三角高程测量	(154)
	思考题与习题	(156)
第八章	全球定位系统(GPS)简介	(158)
第一节	概 述	(158)
第二节	全球定位系统(GPS)的组成	(159)

第三节 GPS 坐标系	(161)
第四节 GPS 定位原理	(162)
第五节 GPS 测量的实施	(167)
思考题	(170)
第九章 大比例尺地形图测绘	(171)
第一节 测图前的准备工作	(171)
第二节 碎部点的测绘原理及方法	(172)
第三节 经纬仪测绘法	(174)
第四节 全站仪数字化测图	(178)
第五节 地形图的拼接、检查验收和清绘	(179)
第六节 地籍测量简介	(182)
思考题与习题	(186)
第十章 摄影测量与遥感技术的基本知识	(187)
第一节 摄影测量与遥感技术的概念	(187)
第二节 航空摄影与航摄像片	(188)
第三节 像对立体观察	(190)
第四节 航测成图的简要过程	(191)
第五节 航测资料在工程规划中的应用(简介)	(194)
第六节 卫星遥感图像及其在水利方面的应用(简介)	(195)
第七节 地理信息系统及其应用(简介)	(197)
思考题	(201)
第十一章 地形图的应用	(202)
第一节 地形图的识读	(202)
第二节 地形图应用的基本内容	(204)
第三节 按设计线路绘制纵断面图	(207)
第四节 在地形图上按限制坡度选线	(207)
第五节 确定汇水面积	(208)
第六节 地形图在平整场地中的应用	(208)
第七节 在地形图上量算图形面积	(212)
思考题与习题	(217)

第四篇 工程施工测量

第十二章 测设(放样)的基本工作	(221)
第一节 概 述	(221)
第二节 施工控制网的布设	(222)
第三节 测设(放样)的基本工作	(224)
第四节 测设点的平面位置	(227)
第五节 已知坡度直线的测设	(228)

第六节 圆曲线测设·····	(229)
思考题与习题·····	(232)
第十三章 地质工程测量 ·····	(233)
第一节 物(化)探工程测量·····	(233)
第二节 地质勘探工程测量·····	(240)
思考题·····	(247)
第十四章 拦河坝施工测量 ·····	(248)
第一节 概 述·····	(248)
第二节 土(石)坝的施工控制测量·····	(248)
第三节 土(石)坝清基开挖与坝体填筑的施工测量·····	(251)
第四节 混凝土坝的施工控制测量·····	(253)
第五节 混凝土重力坝坝体的立模放样·····	(255)
第六节 大坝安全监测(简介)·····	(259)
思考题·····	(263)
第十五章 建筑工程施工测量 ·····	(264)
第一节 概 述·····	(264)
第二节 施工控制测量·····	(266)
第三节 民用建筑施工测量·····	(268)
第四节 工业建筑施工测量·····	(270)
第五节 高层建筑施工测量·····	(275)
第六节 烟囱(水塔)施工测量·····	(277)
第七节 建筑物的安全监测·····	(278)
第八节 竣工测量·····	(283)
思考题与习题·····	(284)
第十六章 管道工程测量 ·····	(285)
第一节 概 述·····	(285)
第二节 管道中线测量·····	(285)
第三节 管道纵横断面图测绘·····	(288)
第四节 管道施工测量·····	(295)
第五节 顶管施工测量·····	(298)
第六节 管道竣工测量·····	(301)
思考题与习题·····	(303)
附录一 测量规范简介 ·····	(305)
附录二 水准仪与经纬仪系列技术参数 ·····	(306)
附录三 测量中常用的度量单位 ·····	(307)
附录四 数值的近似计算与规则 ·····	(309)
参考文献 ·····	(311)
附图	

第一篇



绪论

第一章 测量学的基本知识

本章要点

本章主要介绍测量学的部分基本知识,在学习中应重点掌握一些基本概念(如铅垂线、水准面、大地水准面等)、确定地面点位的方法、测图原理、测量工作的原则及测量工作的基本内容。

第一节 测量学的研究对象及其在工程建设中的作用

测量学是研究地球的形状和大小以及确定空间点位信息的科学。它的内容包括测定和测设两个部分。测定是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,得到一系列测量数据,或把地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用。测设是指把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

测量学按照研究范围和对象的不同,产生了许多分支学科。例如,研究整个地球的形状和大小,解决大范围控制测量和地球重力场问题的学科,属于大地测量学的范畴。近年来,由于人造地球卫星的发射和科学技术的发展,大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学。测量小范围地球表面形状时,不顾及地球曲率的影响,把地球局部表面当做平面看待所进行的测量工作,属于地形测量学的范畴。利用摄影像片来测定物体的形状、大小和空间位置的工作,属于摄影测量学的范畴;由于获得像片的方式不同,摄影测量学又可分为地面摄影测量学、航空摄影测量学、水下摄影测量学和航天摄影测量学等,特别是由于遥感技术的发展,摄影方式和研究对象日趋多样,不仅是固体的、静态的对象,即使是液体、气体以及随时间而变化的动态对象,都可应用摄影测量方法进行研究。以海洋和陆地水域为对象所进行的测量和海图编制工作,属于海洋测绘学的范畴。研究工程建设中所进行的各种测量工作,属于工程测量学的范畴。利用测量所得的成果资料,研究如何投影编绘和印制各种地图的工作,属于地图制图学的范畴。本教材主要讲述地形测量学及部分工程测量学的内容。它的主要任务如下:

(1)为各项工程的勘测、规划、设计提供所需的测绘资料;勘测、规划时需提供中、小比例尺地形图及有关信息,建筑物设计时需要测绘大比例尺地形图。

(2)施工阶段要将图上设计好的建筑物按其位置、大小测设于实地,以便据此施工,此工作称为测设(俗称“放样”)。

(3)在施工过程中及工程建成后的运行管理阶段,需要对建筑物的稳定性及变化情况

进行监测,确保工程安全运行,此项工作称为安全监测(即变形观测)。

由此可见,测量工作贯穿于工程建设的始终,作为一个工程建设、管理者,必须掌握必要的测绘科学知识和技能,才能担负起工程勘测、规划设计、施工及管理任务。

本课程在介绍测量学基本知识的基础上,对小区域大比例尺地形图测绘、地形图的识读与选用、土建工程的施工放样和建筑物安全监测等主要内容将分别进行介绍。土木类专业(本科)的学生,学完本课程之后应达到如下要求:

- (1)掌握测量学的基本理论、基本知识和测绘工作的基本技能。
- (2)掌握普通水准仪、普通经纬仪的操作使用方法。
- (3)了解大比例尺地形图的成图原理和方法,并能熟练地阅读和正确使用地形图。
- (4)具有运用所学测量学知识解决工程建设与管理中有关测量问题的能力,并能从工程设计、施工和工程管理的角度,对测量工作提出合理的要求。
- (5)了解当前国内外工程测量的新成就和发展方向。

综合上述要求,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,重点讲解测量学的基本理论、基本知识和基本技能,加强读图和用图的训练,为学生今后在从事土木工程勘测、设计、施工和管理工作中正确运用测绘资料打下基础。

第二节 测绘科学发展及应用概况

测绘科学在我国有着悠久的历史,远在4 000多年前,夏禹治水就利用简单的工具进行了测量。春秋战国时期发明的指南针,至今仍在广泛地使用。东汉张衡创造了世界上第一架地震仪——候风地动仪,他所创造的天球仪正确地表示了天象,在天文测量史上留下了光辉的一页。唐代南宫说于公元724年,在现今河南省丈量了300km的子午线弧长,是世界上第一次子午线弧长测量。宋代沈括使用水平尺、罗盘进行了地形测量。元代郭守敬拟定了全国纬度测量计划并测定了27点的纬度。清代康熙年间进行了全国测绘工作。总之,几千年来我国劳动人民对世界测绘科学的发展做出了卓越的贡献。

在世界上,17世纪初望远镜的发明和应用,对测量技术的发展起了很大的促进作用。1683年法国进行了弧度测量,证明地球是两极略扁的椭球体。1794年德国高斯提出最小二乘法理论,以后又提出横椭圆柱正形投影学说,对测量理论做出了宝贵的贡献。1903年飞机的发明,促进了航空摄影测量技术的发展,大大减轻了野外测图的劳动强度。

中华人民共和国成立后,我国测绘事业有了很大的发展:建立和统一了全国坐标系统和高程系统;建立了遍及全国的大地控制网、国家水准网、基本重力网和卫星多普勒网;完成了国家大地网和水准网的整体平差;完成了国家基本图的测绘工作;完成了珠穆朗玛峰和南极长城站的地理位置和高程的测量;配合国民经济建设进行了大量的测绘工作,例如进行了南京长江大桥、葛洲坝水电站、宝山钢铁厂、北京正负电子对撞机、长江三峡水利枢纽、黄河小浪底水利枢纽等大型工程的精确放样和设备安装测量;出版发行了地图1 600多种,发行量超过11亿册。在测绘仪器制造方面,从无到有,现在不仅能生产系列的光学测量仪器,还研制成功各种测程的光电测距仪、卫星激光测距仪和解析测图仪等先进仪器。在测绘人才培养方面,已培养出各类测绘技术人员数万名,大大提高了我国测绘科技

水平。特别是近年来,我国测绘科技发展更快。例如,GPS 全球定位系统已得到广泛应用,在全国布设了 GPS 大地网。地理信息系统方面,我国第一套实用电子地图系统(全称为国务院国情地理信息系统),已在国务院常务会议室建成并投入使用。这说明我国目前的测绘科技水平,已接近国际先进水平。虽然,还有一定的差距,但只要发愤图强,励精图治,一定能迅速赶上和超过国际测绘科技水平。

第三节 地面点位的确定

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球表面进行的,而地球自然表面很不规则,有高山、丘陵、平原和海洋。其中最高的珠穆朗玛峰高出海平面 $8\,846.27\text{m} \pm 0.2 \sim 0.3\text{m}$ (我国 1994 年 8 月公布),最低的马里亚纳海沟低于海平面 $11\,022\text{m}$ 。但是这样的高低起伏,相对于地球半径 $6\,371\text{km}$ 来说还是很小的,再顾及到海洋约占整个地球表面的 71%,因此,人们把海平面所包围的地球形体看作地球的形状。

由于地球的自转运动,地球上任一点都要受到离心力和地球引力的双重作用,这两个力的合力称为重力,重力的方向线称为铅垂线(图 1-1)。铅垂线是测量工作的基准线。静止的水面称为水准面,水准面是受地球重力影响而形成的,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面,并且是一个重力场的等位面。与水准面相切的平面称为水平面。水面可高可低,因此符合上述特点的水准面有无数多个,其中与平均海水面吻合并向大陆、岛屿内延伸而形成的闭合曲面,称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面,由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体。

用大地体表示地球形体是恰当的,但由于地球内部质量分布不均匀,引起铅垂线的方向产生不规则的变化,致使大地水准面成为一个复杂的曲面(图 1-1),无法在这个曲面上进行测量数据处理。为了使用方便,通常用一个非常接近于大地水准面,并可用数学公式表示的几何形体(即地球椭球体)来代替地球的形状(如图 1-2)作为测量计算工作的基准面。地球椭球体是一个椭圆绕其短轴 b 旋转而成的形体,故地球椭球体又称为旋转椭球体(如图 1-2),旋转椭球体的大小及形状由长半径 a (或短半径 b) 和扁率 α 所决定。我国目前采用的旋转椭球体元素值为:

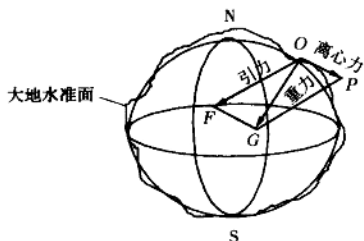


图 1-1 铅垂线、大地水准面示意图

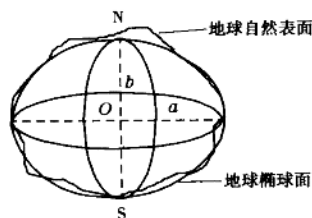


图 1-2 旋转椭球体示意图

长半径 $a = 6\,378\,140\text{m}$

扁率 $\alpha = 1:298.257$ (式中 $\alpha = (a - b)/a$)

同时,选择陕西省泾阳县永乐镇某点为大地原点,并进行了大地定位,从而建立起了全国统一的大地坐标系,这就是现在使用的“1980年国家大地坐标系”。

由于地球椭球体的扁率很小,因此当测区范围不大时,可近似地把椭球体作为圆球体看待,其半径取值为6 371km。

二、地面上点位的表示方法

确定地面上一点的空间位置,包括确定它在某投影面上的位置(以坐标表示)及其到大地水准面的垂直距离(即高程)。

(一)地面点在投影面上的坐标

1. 地理坐标

以经度和纬度为参数表示地面点的位置,称为地理坐标。如图 1-3 所示,N 和 S 分别为地球北极和南极,NS 为地球的自转轴。设球面上有任一点 M,过 M 点和地球自转轴所构成的平面称为 M 点的子午面,子午面与地球表面的交线称为子午线,又称经线。按照国际天文学会规定,通过英国格林尼治天文台的子午面称为起始子午面,以它作为计算经度的起点,向东从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经,向西从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。M 点的子午面与起始子午面之间的夹角 λ 为 M 点的经度。M 点的铅垂线与赤道平面之间的夹角 φ 为 M 点的纬度。赤道以北从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬,赤道以南从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称南纬。M 点的经度和纬度已知,该点在地球椭球面上的投影位置即可确定。如北京的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$,北纬 $39^\circ 54'$ 。经纬

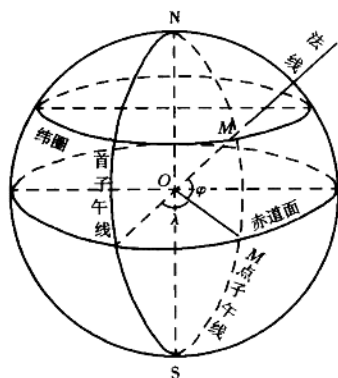


图 1-3 地理坐标示意图

度是用天文测量方法测定的。

2. 高斯平面直角坐标

地理坐标的优点是对于整个地球有一个统一的坐标系,多用于天文大地测量、卫星大地测量,但它的观测和计算都比较复杂。在我国大面积测绘地形图时,采用高斯平面直角坐标系,这种坐标系由高斯创议,经克吕格改进而得名。它采用分带(经差 6° 或 3° 划分为一带)投影的方法,每一投影带展开成平面,以中央子午线的投影为纵轴 X,赤道的投影为横轴 Y,建立全国统一的平面直角坐标系,解决了地面点向椭球面投影而后展绘于平面上的投影变换问题,满足了全国范围内地形图测绘的要求。其有关概念及基本知识将在第二章中介绍。

3. 平面直角坐标

当测图的范围较小时(半径不大于 10km 的区域内),把该部分的球面视为水平面,将地面点直接沿铅垂线方向投影于水平面上。如图 1-4 所示,以相互垂直的纵横轴建立平面直角坐标系:纵轴为 X 轴,与南北方向一致,以向北为正,向南为负;横轴为 Y 轴,与东

西方向一致,向东为正,向西为负。这样任一点的平面位置可以其纵横坐标 x 、 y 表示,如坐标原点 O 是任意假定的,则为独立的平面直角坐标系。

由于测量上所用的方向是从北方向(纵轴方向)起按顺时针方向以角度计值(象限也按顺时针编号)。因此,将数学上平面直角坐标系(角值从横轴正方向起按逆时针方向计值)的 x 和 y 轴互换后,数学上的三角函数计算公式可不加改变直接用于测量数据的计算。

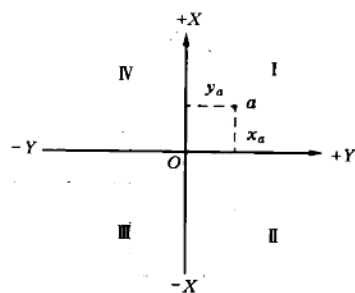


图 1-4 平面直角坐标示意图

(二)地面点的高程和国家高程基准

1. 绝对高程

地面点沿垂线方向至大地水准面的距离称为绝对高程或称海拔。在图 1-5 中,地面点 A 和 B 的绝对高程分别为 H_A 和 H_B 。过去我国采用青岛验潮站 1950~1956 年观测成果求得的黄海平均海水面作为高程的零点,称为“1956 年黄海高程系”(水准原点高程为 72.289m)。后经复查,发现该高程系的验潮资料时间过短,准确性较差,改用青岛验潮站 1950~1979 年的观测资料重新推算,并命名为“1985 年国家高程基准”。国家水准原点(高程为 72.260m)设于青岛市观象山附近,作为我国高程测量的依据。它的高程值是以“1985 年国家高程基准”所确定的平均海水面为零点测算而得。在使用原“1956 年黄海高程系”的高程成果时,应注意将其换算为新的高程基准系统。

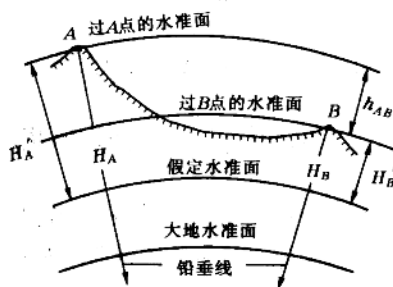


图 1-5 绝对高程和相对高程示意图

2. 相对高程

地面点沿铅垂线方向至任意假定的水准面的距离称为该点的相对高程,亦称假定高程。在图 1-5 中,地面点 A 和 B 的相对高程分别为 H'_A 和 H'_B 。

3. 高差

地面上任意两点的高程(绝对高程或相对高程)之差称为高差。如图 1-5 中, A 、 B 两点的高差:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-1)$$

上式中,当 $H_B(H'_B) > H_A(H'_A)$ 时, h_{AB} 为“正”;当 $H_B(H'_B) < H_A(H'_A)$ 时, h_{AB} 为“负”。

在测量工作中,一般采用绝对高程,只有在偏僻地区,附近没有已知的绝对高程点可引测时,才采用相对高程。

三、确定地面点相互位置的几何要素与测量的基本工作

如图 1-6 所示,高低不一的地面点,是沿铅垂线方向投影到水平面上,而后缩绘到图纸上。因此,研究地面点位置的相互关系,可分别研究点与点之间平面位置的相互关系和高程位置的相互关系。设 A 、 B 、 C 为地面上的三点(图 1-6),投影到水平面 P 上的位置分

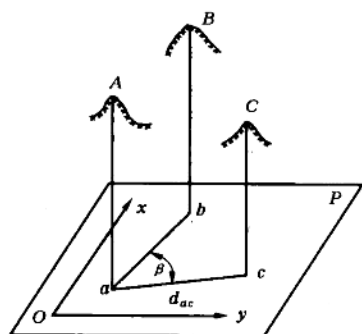


图 1-6 地面点的相对位置

别为 a, b, c 。如果 A, B 点的位置已知, 要确定 C 点的位置, 除 A 点到 C 点水平距离 D_{AC} 必须知道外, 还要知道 AC 方向与 AB 方向之夹角 ($\angle bac$, 常称为水平角, 一般用 β 表示)。若将实地水平距离 D_{AC} 按一定比例尺缩小即可得到图上相应长度 d_{ac} , 则由 d_{ac} 和 β 两个几何元素即可确定 C 点的平面位置; 其次可用几何水准测量方法求得 C 点相对于 A 点的高差, 然后根据 A 点高程计算出 C 点高程, 则 C 点相对于投影面 P 的空间位置 (高程) 即可确定。

由此可知, 水平距离、水平角及高程是确定地面点相对位置的三个基本几何要素。所以, 距离测量、水平角 (方向) 测量、高程测量是测量的三项基本工作。

第四节 水准面曲率对水平距离和高差的影响

在实际测量工作中, 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。现讨论地球曲率对水平距离和高差的影响。

一、水准面曲率对水平距离的影响

在图 1-7 中, 设 AB 为水准面上一段弧长 D , 所对圆心角为 θ , 地球半径为 R , 另自 A 点作切线 AB' , 设其长度为 t , 若将切于 A 点的水平面代替水准面, B 点在水平面上的投影为 B' , 则在距离上将产生误差 ΔD :

$$\Delta D = AB' - AB = t - D = R(\tan\theta - \theta) \quad (1-2)$$

将 $\tan\theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \dots$ 代入式 (1-2), 得

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

图 1-7 曲率对平距和高差的影响

取 $R = 6371\text{km}$, ΔD 之值见表 1-1。由该表可知, 当 $D = 10\text{km}$ 时, $\Delta D/D = 1:121$ 万, 小于目前高精度的距离测量误差; 即使在 $D = 20\text{km}$ 时, $\Delta D/D = 1:30$ 万。从表 1-1 的数值分析, 若在 20km 范围内进行测图时将水准面当做水平面 (即沿圆弧丈量的距离当水平距离), 其距离误差可忽略不计。

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 到 B' 点的高差误差为 Δh 。由图 1-7 可知:

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

$$\text{则} \quad \Delta h = t^2 / (2R + \Delta h) \quad (1-4)$$

由于 D 与 t 相差很小,故可用 D 代替 t ,同时略去分母中的 Δh ,则上式可写为:

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-5)$$

从表 1-1 中可以看出水准面曲率对高差的影响远远大于对距离的影响,故不能忽视。

表 1-1 水准面曲率对平距和高差的影响

$D(\text{km})$	0.1	0.3	0.5	1.0	3.0	5.0	10.0	20.0	30.0
$\Delta D(\text{cm})$				0.001	0.022	0.103	0.821	6.57	22.2
$\Delta h(\text{cm})$	0.08	0.71	1.96	7.85	70.63	196.2	784.8		

第五节 测量工作的原则

进行测量工作,无论是测绘地形图或施工放样,要在某一点上测绘该地区所有的地物和地貌或测设建筑物的全部细部是不可能的。如图 1-8 所示,在 A 点只能测绘附近的房屋、道路等的平面位置和高程,对于山的另一面或较远的地物就观测不到,因此必须连续地逐个设站观测。所以测量工作必须按照一定的原则进行,这就是在布局上“由整体到局部”;在工作步骤上“先控制后碎部”,即先进行控制测量,然后进行碎部测量;在精度上“由高级到低级”。

控制测量包括平面控制测量和高程控制测量,如图 1-8,先在测区内布设 A、B、C、D、E、F 等控制点连成控制网(图中为闭合多边形),用较精密的方法测定这些点的平面位置和高程,以控制整个测区,并依一定比例尺将它们缩绘到图纸上,然后以控制点为依据进行碎部测量,即在各控制点上测量附近地物(房屋、道路等)及地貌的特征点(山脊线、山谷线及坡度变化点等),对照实地情况,按一定符号,描绘成地形图。

对于建筑物的测设(放样),也必须遵循“由整体到局部”、“先控制后碎部”的原则。先在施工地区布设施工控制网,控制整个建筑物的施工放样。然后利用设计图纸上的数据,计算出建筑物(如图 1-8 中虚线所示的 P' 、 Q' 、 R')的轮廓点(或细部点)到控制点的水平距离、水平角及高差(即放样数据),再到实地将建筑物的轮廓点和细部点的位置标定出,据此施工。

从上述分析可以看出,由于控制点的位置比较正确,由它测量的碎部点,都是彼此独立的,即使有差错,只对局部有些影响(可以在现场经过校核发现并改正),不会影响全局。因此,遵循上述基本原则可以减少测量误差的传递和积累;同时,由于建立了统一的控制网,可以分区平行作业,加快测量工作的进展速度。