



高等学校教材
GAODENGXUEXIAOJIAOCAI

土木工程测量

TUMUGONGCHENGCELIANG

主编 宋占峰
李 军
主审 吴祖海

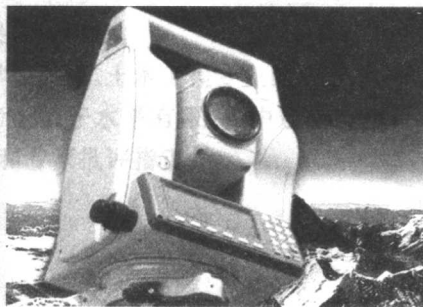


吉林科学技术出版社

土木工程测量

李 军

主审 吴祖海



本公司从事土木工程研究、设计、施工，有待不断总结经验和提

吉林科学技术出版社

图书出版编目(CIP)数据

土木工程测量/宋占峰,李军主编. —长春:吉林科学技术出版社,2005.12

ISBN 7-5384-3200-0

I. 土... II. ①宋... ②李... III. 土木工程—工程测量 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 141894 号

土木工程测量

主 编:宋占峰 李 军

出版策划:长沙贝特尔文化传播有限公司

0731-2340766

责任编辑:李 梁 唐 湘 封面设计:黄 进

*

吉林科学技术出版社出版、发行

航天长宇印刷有限责任公司印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 19.75 印张 481 千字

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

定价:32.00 元

ISBN 7-5384-3200-0/TU·126

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

社址 长春市人民大街 4646 号 邮编 130021

发行部电话 0431-5677817 5635177

电子信箱 JLKJCBS @ public.cc.jl.cn

传真 0431-5635185 5677817

网址 www.jkcbs.com 实名 吉林科技出版社

前 言

当代测绘新技术的出现,给土木工程专业的测量教学提出了新的要求。本书紧密结合测绘新技术的进展和土木工程测量的实践,尤其是道路和铁道工程的特点,构筑新的土木工程测量知识结构体系。

本书编写的基本思路是:顺应高等教育改革的形势,不但要满足土木工程专业测量教学的需要,而且应保持服务道路和铁道工程的特色,并适应宽口径复合型人才培养的需要;注重学生基本素质、基本能力的培养,据此本书各部分的内容组织分为基本知识技能培养、知识技能拓宽与提高两个层次;综合考虑教学需求多样性的要求,内容具有多层次、系统而全面的特点;在总结已有教学经验的基础上,把握好技术发展与教学需要的关系,在体系和内容上争取达到先进性和实用性兼备的要求。

本书首先以测量本质——“定位”这一核心概念为主线介绍了点位表示方法和定位基本工作及原则等基础概念,然后围绕点位的测定,从常规技术到新技术、新方法,循序渐进地介绍各种测量技术,包括水准测量、角度测量、距离测量、方向测量、全站测量以及 GPS 测量等。同时简明扼要地阐述测量学的基本理论,并引入条件平差,为测量数据处理提供理论基础。最后,结合土木工程基本要求和测绘技术等特点,比较全面地介绍了地形测量、线路测量、既有线及既有线站场测量、桥梁测量、隧道测量和变形测量等内容,不但充分反映土木工程测量技术的应用发展,而且具有面向道路和铁道工程专业方向的鲜明特色。

本书是在中南大学土木建筑学院测量教研组多年教学经验的基础上组织编写的。本书由宋占峰、李军主编,参加编写的有中南大学宋占峰(第 1、4、8、11、12 章)、李军(第 5、7、9、14 章、附录三)、彭仪普(第 3、6 章)、孙晓(第 2、10 章、附录一、附录二),西安铁路职业技术学院刘峻峰(第 13 章)。

全书由中南大学吴祖海审定。

本书可作为高等学校交通、土木工程专业的教学用书,也可供从事土木工程研究、生产的工程技术人员参考。由于水平有限,书中还会有不足之处,有待不断总结经验和提高,同时恳请有关读者和专家批评指正。

编 者

2005 年 12 月于长沙

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1-1 测量学与土木工程	1
§ 1-2 地面点位的表示方法	2
§ 1-3 用水平面代替水准面的限度	7
§ 1-4 测量工作概述	8
第二章 水准测量	11
§ 2-1 高程测量概述	11
§ 2-2 水准测量原理	11
§ 2-3 微倾式水准仪和水准尺	13
§ 2-4 水准测量的方法	18
§ 2-5 微倾式水准仪的检验和校正	24
§ 2-6 水准测量的误差分析	28
§ 2-7 自动安平水准仪	31
§ 2-8 精密水准仪和精密水准尺	34
§ 2-9 数字水准仪和条码水准尺	36
第三章 角度测量	39
§ 3-1 水平角和竖直角测量原理	39
§ 3-2 光学经纬仪的构造及读数原理	40
§ 3-3 水平角测量	45
§ 3-4 竖直角测量	49
§ 3-5 经纬仪的检验和校正	52
§ 3-6 角度测量的误差分析	57
第四章 距离测量与直线定向	63
§ 4-1 钢尺量距	63
§ 4-2 电磁波测距	67

§ 4-3 光学测距简介	73
§ 4-4 直线定向	74
§ 4-5 用罗盘仪测定磁方位角	78
§ 4-6 用陀螺经纬仪测定真方位角	79
第五章 全站仪和全站测量	83
§ 5-1 全站仪	83
§ 5-2 全站测量原理	88
§ 5-3 全站仪的使用简介	92
第六章 GPS 测量	94
§ 6-1 全球定位系统(GPS)概述	94
§ 6-2 GPS 观测量及定位计算	96
§ 6-3 GPS 测量的观测工作和作业模式	101
第七章 测量误差与平差	108
§ 7-1 测量误差与评定精度的标准	108
§ 7-2 误差传播定律及其应用	114
§ 7-3 等精度独立观测值的最可靠值及其中误差	120
§ 7-4 按真误差求观测值的中误差	123
§ 7-5 不等精度独立观测值的最可靠值及其中误差	124
§ 7-6 最小二乘原理与条件平差	128
第八章 小区域控制测量	138
§ 8-1 控制测量概述	138
§ 8-2 导线测量	140
§ 8-3 导线测量的内业计算	142
§ 8-4 交会定点	148
§ 8-5 小三角测量	150
§ 8-6 小三角测量的内业计算	152
§ 8-7 建筑基线与方格控制	156
§ 8-8 三、四等水准测量	158
§ 8-9 跨河水准测量	160
第九章 地形图的基本知识	163
§ 9-1 地形图概述	163
§ 9-2 地形图的比例尺	163
§ 9-3 地物在地形图上的表示方法	165

§ 9-4 地貌在地形图上的表示方法	168
§ 9-5 地形图的分幅和编号	171
§ 9-6 地形图的图廓和注记	174
第十章 地形图的测绘和应用	177
§ 10-1 测图前的准备工作	177
§ 10-2 视距测量	178
§ 10-3 碎部点平面位置的测定方法	181
§ 10-4 经纬仪测绘法	182
§ 10-5 地形图的测绘	185
§ 10-6 全站仪数字测图	192
§ 10-7 地形图的应用	195
第十一章 测设的基本工作	204
§ 11-1 水平距离、水平角和高程的测设	204
§ 11-2 点的平面位置的测设	207
§ 11-3 已知坡度直线的测设	208
第十二章 线路测量	210
§ 12-1 线路测量概述	210
§ 12-2 线路中线的直线测量	213
§ 12-3 圆曲线的测设	217
§ 12-4 缓和曲线	222
§ 12-5 缓和曲线连同圆曲线的测设	224
§ 12-6 线路坐标通用计算模型	229
§ 12-7 曲线测设的特殊问题	231
§ 12-8 曲线测设的误差	235
§ 12-9 线路纵断面测量	236
§ 12-10 线路横断面测量	239
§ 12-11 线路施工测量	241
第十三章 既有线和既有线站场的测量	246
§ 13-1 既有线的纵向丈量及调绘	246
§ 13-2 既有线中线平面测量	249
§ 13-3 既有线路的高程测量	262
§ 13-4 既有线路的横断面测量	262
§ 13-5 既有线站场测量	263

第十四章 桥梁、隧道及变形测量	269
§ 14-1 桥梁测量	269
§ 14-2 隧道测量	278
§ 14-3 变形观测	288
附录一 测量工作中常用的计量单位	300
附录二 测量计算中的有效数字	301
附录三 坐标换带计算	303
主要参考文献	307

第一章

绪 论

§ 1-1 测量学与土木工程

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面(包含空中、地下和海底)点位的科学。它的内容包括测定和测设两个部分。测定是测出地球表面的地貌和地物的位置,并按一定比例缩绘成图,供经济建设、国防建设、规划设计及科学研究使用。测设(放样)是将图纸上设计好的建筑物位置标定在地面上,作为施工的依据。

测量学按其研究的范围和对象的不同,又分为多个学科,如:

普通测量学——研究将地球表面局部地区的地貌及地物测绘成大比例尺地形图的基本理论和方法。在地形测量中不考虑地球曲率的影响。

大地测量学——研究地球的大小和形状,解决大范围地区的控制测量和地球重力场问题。大地测量必须考虑地球曲率的影响。

摄影测量学——研究利用摄影或遥感技术获取被测物体的信息,以确定物体的形状、大小和空间位置的理论和方法。由于获得像片的方式不同,摄影测量又分为航空摄影测量、水下摄影测量、地面摄影测量和航天遥感等。

工程测量学——研究各种工程在规划设计、施工放样和运营管理等阶段中的测量理论和方法。

地图制图学——研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的一门学科。研究内容主要包括地图的编制、地图投影学、地图整饰、印刷等。

测量学有着十分广泛的用途,无论在政治、经济、军事和科技等方面,都有重要的用途。在国民经济和社会发展规划中,测绘信息是最重要的基础信息之一,各种规划及地籍管理,首先要有地形图和地籍图。在各项基本建设中,从勘测设计到施工、竣工等阶段,都需要进行大量的测绘工作。在国防建设中,测绘技术不但对国防工程建设、作战战役部署和现代化诸兵种协同作战起着重要的保证作用,而且对于现代化的武器装备,如远程导弹、空间武器及人造卫星和航天器的发射也起着重要的保证作用。测绘技术对于空间技术研究、地壳形变、地震预报、地球动力学等科学研究方面也是不可缺少的工具。

土木工程测量学属于工程测量学范畴,它主要面向土木建筑、环境、道路、桥梁、水利等学科。主要任务是:

(1) 研究测绘地形图的理论和方法

地形图是土木工程勘察、规划、设计的依据。土木工程测量是研究确定地球表面局部区域地物和地貌的空间三维坐标的原理和方法。研究局部地区地图投影理论,以及将测量资料按比例绘制成地形图或制作成电子地图的原理和方法。

(2) 研究在地形图上进行规划、设计的基本原理和方法

在地形图上进行土地平整、土方计算、道路选线和区域规划的基本原理和方法。

(3) 研究建筑物施工放样、建筑质量检测的技术和方法

施工放样是工程施工的依据。土木工程测量研究是将规划设计在图纸上的建筑物位置准确地标定在地面上的技术和方法。研究施工过程及大型结构物安装过程中的监测技术,以保证施工质量和安全。本课程重点讲述道路施工测量的技术和方法。

(4) 对大型建筑物的安全性进行变形监测

在大型建筑物施工过程中或竣工后,为确保工程进度和安全,应对建筑物进行位移和变形监测。

总之,测量工作将贯穿在土木工程建设的整个过程。从事土木工程的技术人员必需掌握土木工程测量的基本知识和技能。土木工程测量是土木工程建设技术人员的一门必修的技术基础课。

§ 1-2 地面点位的表示方法

既然测量学是研究如何测定地面点位的科学,因此首先应了解地面点位的表示方法,了解确定地面点位的基准。由于测量工作都是在地球表面上进行的,所以先介绍关于地球形状和大小的知识。

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达 8 844.43 m,最低的马里亚纳海沟深达 11 022 m。但是这样的高低起伏,相对于地球平均半径 6 371 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,人们把海水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。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,其中通过平均海水面的一个水准面称为大地水准面,它是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的形体,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),无法在这曲面上进行测量数据处理。

经过长期研究表明,地球形状极近似于一个两极稍扁的旋转椭球,即一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体。而其旋转椭球面是可以用较简单的数学公式准确地表达出来。在测

量工作中就是用这样一个规则的曲面代替大地水准面作为测量计算的基准面(图 1-2)。

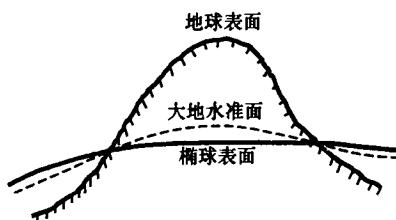


图 1-1

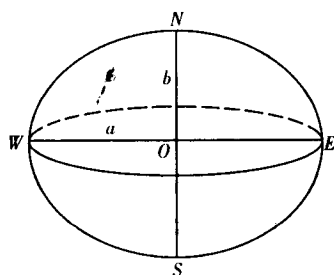


图 1-2

椭球的形状和大小是由其基本元素决定的。椭球体的基本元素是：

长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。

为了测量工作的需要,在一个国家或一个地区,需要选用一个最接近于本地区大地水准面的椭球,这样的椭球称“参考椭球”。我国目前采用 1975 年国际大地测量协会推荐的椭球,其元素值为: $a=6378140 \text{ m}$, $\alpha=1:298.257$ 。

由于地球的扁率很小,所以在一般测量工作中,可把地球看作一个圆球来处理,其半径为: $R=6371 \text{ km}$ 。

二、测量坐标系

为了确定地面点的空间位置,需要建立测量坐标系。一个点在空间的位置,需要三个量来表示。

在一般测量工作中,常将地面点的空间位置用大地经度、纬度(或高斯平面直角坐标)和高程表示,它们分别属于大地坐标系(或高斯平面直角坐标系)和指定的高程系统,即用一个二维坐标系(椭球面或平面)和一个一维坐标系的组合来表示。

由于卫星大地测量的迅速发展,地面点的空间位置也采用三维的空间直角坐标表示。

1. 大地坐标系

地面上一点的位置(如 P),可用大地坐标(L, B)表示。大地坐标系以参考椭球面作为基准面,以本初子午面(即通过格林尼治天文台的子午面)和赤道面作为在椭球面上确定某一点投影位置的两个参考面。

过地面某点的子午面与本初子午面之间的夹角,称为该点的大地经度,用 L 表示。(图 1-3)规定从本初子午面起算,向东 0° 至 180° 称为东经;向西 0° 至 180° 称为西经。过地面某点的椭球面法线(PP')与赤道面的夹角,称为该点的大地纬度,用 B 表示。规定从赤道面起算,由赤道向北 0° 到 90° 称为北纬;由赤道向南 0° 到 90° 称为南纬。

P 点的大地经度、纬度,可由天文观测方法测得 P 点

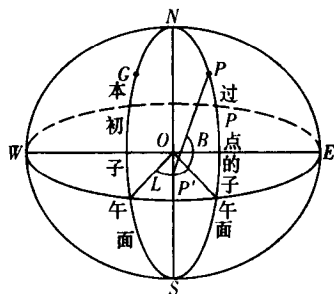


图 1-3

的天文经、纬度(λ, ϕ),再利用 P 点的法线与铅垂线的相对关系(称为垂线偏差)换算为大地经度、纬度(L, B)。在一般测量工作中,可以不考虑这种变化。

2. 地心坐标系

地心坐标系属空间三维直角坐标系,用于卫星大地测量。地心坐标系取地球质心(地球的质量中心)为坐标系原点, x, y 轴在地球赤道平面内,本初子午面与赤道平面的交线为 x 轴, z 轴与地球自转轴相重合,如图 1-4 所示。地面点的空间位置用三维直角坐标 x_A, y_A, z_A 表示。全球定位系统(GPS)采用的就是地心坐标系。

地心坐标系和大地坐标系可以通过一定的数学公式进行换算。

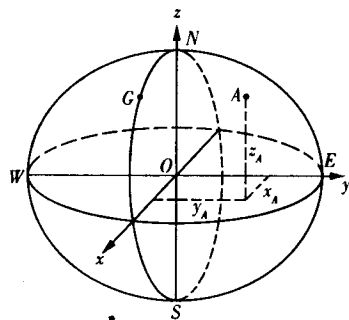


图 1-4

3. 平面直角坐标系

在小区域内进行测量,可把局部椭球面看作一个水平面,点的平面位置可用直角坐标来表示。在测量工作中以南北方向为 x 轴,向北为正;而东西方向为 y 轴,向东为正。象限顺序按顺时针方向计(图 1-5)。这种安排与数学中的坐标轴和象限顺序正好相反。这是因为在测量中南北方向是最重要的基本方向,直线的方向也都是从正北方向开始按顺时针方向计量的,但这种改变并不影响三角函数的应用。平面直角坐标系的坐标轴和原点可根据需要任意选择。

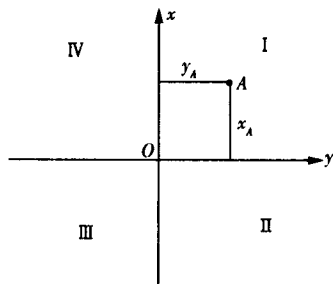


图 1-5

4. 高斯平面直角坐标系

(1) 高斯投影

高斯平面直角坐标系采用高斯投影方法建立。高斯投影是由德国测量学家高斯于 1825 年至 1830 年首先提出,到 1912 年由德国测量学家克吕格推导出实用的坐标投影公式,所以又称高斯-克吕格投影。

如图 1-6,设想有一个椭圆柱面横套在地球椭球体外面,使它与椭球上某一子午线(该子午线称为中央子午线)相切,椭圆柱的中心轴通过椭球体中心,然后用一定的投影方法,将中央子午线两侧各一定经差范围内的地区投影到椭圆柱面上,再将此柱面展开即成为投影面。故高斯投影又称为横轴椭圆柱投影。

(2) 投影带

高斯投影中,除中央子午线外,各点均存在长度变形,且距中央子午线愈远,长度变形愈大。为了控制长度变形,将地球椭球面按一定的经度差分成若干范围不大的带,称为投影带。带宽一般分为经差 $6^\circ, 3^\circ$ 。分别称为 6° 带、 3° 带(见图 1-7)。

6° 带:从 0° 子午线起,每隔经差 6° 自西向东分带,依次编号 1、2、3、...、60,各带相邻子午线称为分界子午线。带号 N 与相应的中央子午线经度 L_0 的关系是:

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1-1)$$

3° 带:以 6° 带的中央子午线和分界子午线为其中央子午线。即自东经 1.5° 子午线起,

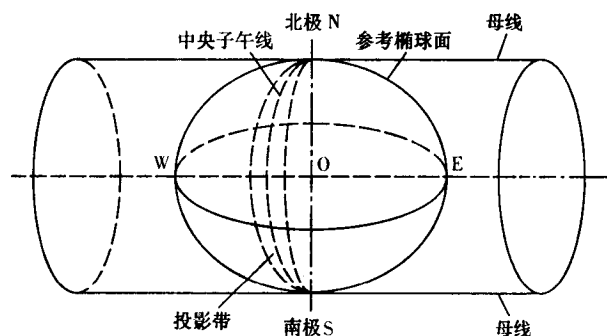


图 1-6

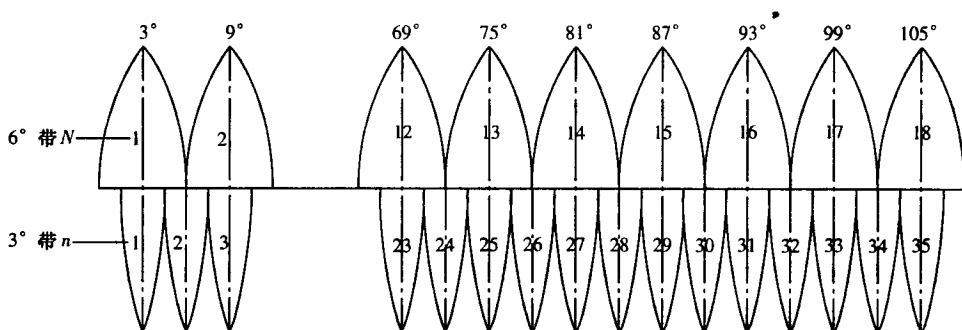


图 1-7

每隔经差 3° 自西向东分带，依次编号 1、2、3、...、120，带号 n 与相应的中央子午线经度 L'_0 的关系是：

$$L'_0 = 3n \quad (1-2)$$

(3) 高斯平面直角坐标系

在投影面上，中央子午线和赤道的投影都是直线。以中央子午线和赤道的交点 O 作为坐标原点，以中央子午线的投影为纵坐标轴 x ，规定 x 轴向北为正；以赤道的投影为横坐标轴 y ， y 轴向东为正，这样便形成了高斯平面直角坐标系（见图 1-8(a)）。

(4) 国家统一坐标

我国位于北半球，在高斯平面直角坐标系内， x 坐标均为正值，而 y 坐标值有正有负。为避免 y 坐标出现负值，规

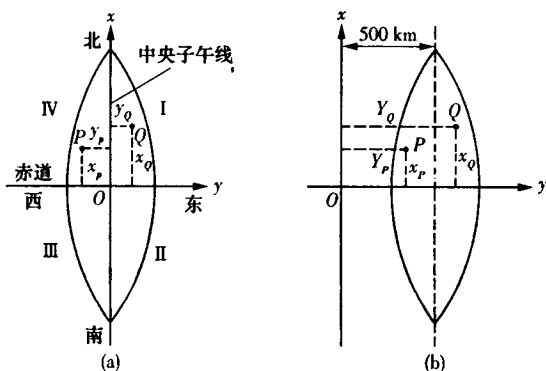


图 1-8

定将 x 坐标轴向西平移 500 km，即所有点的 y 坐标值均加上 500 km（见图 1-8(b)）。此外为便于区别某点位于哪一个投影带内，还应在横坐标值前冠以投影带带号，这种坐标称为国家统一坐标。

例如, P 点的高斯平面直角坐标 $x_P = 3275611.188 \text{ m}$; $y_P = -376\,543.211 \text{ m}$, 若该点位于第 19 带内, 则 P 点的国家统一坐标表示为 $x_P = 3\,275\,611.188 \text{ m}$; $Y_P = 19\,123\,456.789 \text{ m}$ 。

5. 高程系统

为了建立全国统一的高程系统, 必须确定一个高程基准面。通常采用平均海水面代替大地水准面作为高程基准面, 平均海水面的确定是通过验潮站多年验潮资料来求定的。我国平均海水面的验潮站设在青岛, 根据青岛验潮站 1950~1956 年七年验潮资料求定的高程基准面, 叫“1956 年黄海平均高程面”, 以此建立了“1956 年黄海高程系”, 我国自 1959 年开始, 全国统一采用 1956 年黄海高程系。

由于海洋潮汐长期变化周期为 18.6 年, 经对 1952~1979 年验潮资料的计算, 确定了新的平均海水面, 称为“1985 国家高程基准”。经国务院批准, 我国自 1987 年开始采用“1985 国家高程基准”。

为维护平均海水面的高程, 必须设立与验潮站相联系的水准点作为高程起算点, 这个水准点叫水准原点。我国水准原点设在青岛市观象山上, 全国各地的高程都以它为基准进行测算。

1956 年黄海平均海水面的水准原点高程为 72.289 m , “1985 国家高程基准”的水准原点高程为 72.260 m 。

在一般测量工作中是以大地水准面作为高程基准面。某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离, 称为该点的绝对高程或海拔, 简称高程, 用 H 表示(见图 1-9)。

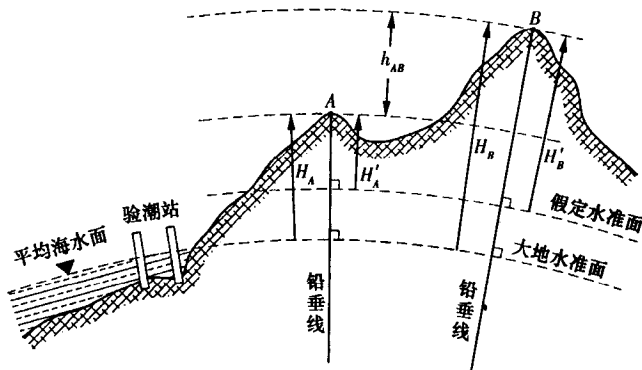


图 1-9

在局部地区, 如果引用绝对高程有困难时, 可采用假定高程系统。即假定一个水准面作为高程基准面, 地面点至假定水准面的铅垂距离, 称为相对高程或假定高程。

两点高程之差称为高差。图 1-9 中, H_A 、 H_B 为 A、B 点的绝对高程, H'_A 、 H'_B 为相对高程, h_{AB} 为 A、B 两点间的高差, 则

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$

所以, 两点之间的高差与高程起算面无关。

§ 1-3 用水平面代替水准面的限度

实际测量工作中,在一定的测量精度要求和测区面积不大的情况下,往往以水平面直接代替水准面,因此应当了解地球曲率对水平距离、水平角、高差的影响,从而决定在多大面积范围内能容许用水平面代替水准面。在分析过程中,将大地水准面近似看成圆球,半径 $R=6\,371\text{ km}$ 。

一、水准面曲率对水平距离的影响

图 1-10 中地面点 A, B, C 在水准面上的投影为 A', B', C' , 在水平面上的投影为 A'', B'', C'' 。 $A'B'$ 为水准面上的一段圆弧, 长度为 S , 所对圆心角为 θ , $A'B''$ 为相应水平距离, 长度为 D 。若用水平面代替水准面, 即以直线段 $A'B''$ 代替圆弧 $A'B'$, 则在距离上将产生误差 ΔS :

$$\Delta S = A'B'' - A'B' = D - S$$

$$\text{式中 } A'B'' = D = R \tan \theta = R \left(\theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots \right)$$

$$A'B' = S = R \cdot \theta$$

$$\text{则 } \Delta S = R \left(\frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots \right)$$

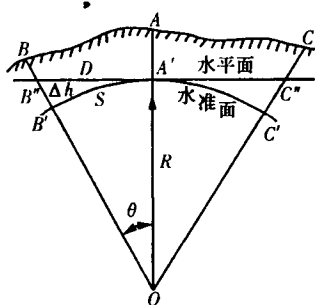


图 1-10

因 θ 角值一般很小, 故略去五次方以上各项, 并以 $\theta = \frac{S}{R}$ 代入, 则得:

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

当 $S=10\text{ km}$ 时, $\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{1\,217\,700}$, 小于目前精密距离测量的容许误差。因此可得出结论: 在半径为 10 km 的范围内进行距离的测量工作时, 用水平面代替水准面所产生的距离误差可以忽略不计。

二、水准面曲率对水平角的影响

由球面三角学知道, 同一个空间多边形在球面上投影的各内角之和, 较其在平面上投影的各内角之和 大一个球面角超 ϵ , 它的大小与图形面积成正比。其公式为:

$$\epsilon = \rho'' \frac{P}{R^2} \quad (1-4)$$

式中, P 为球面多边形面积, R 为地球半径, $\rho'' \approx 206\,265''$ 。

当 $P=100\text{ km}^2$ 时, $\epsilon=0.51''$ 。

上式计算表明, 对于面积在 100 km^2 内的多边形, 地球曲率对水平角的影响只有在最精密的测量中才考虑, 一般测量工作是不必考虑的。

三、水准面曲率对高差的影响

图 1-10 中 $B'B''$ 为水平面代替水准面产生的高差误差。令 $B'B'' = \Delta h$,

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

即

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

上式中可用 S 代替 D , Δh 与 $2R$ 相比可略去不计, 故上式可写成

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

上式表明, Δh 的大小与距离的平方成正比。当 $S = 1 \text{ km}$ 时, $\Delta h = 8 \text{ cm}$ 。因此, 地球曲率对高差的影响, 即使在很短的距离内也必须加以考虑。

综上所述, 在面积为 100 km^2 的范围内, 不论是进行水平距离或水平角测量, 都可以不考虑地球曲率的影响, 在精度要求较低的情况下, 这个范围还可以相应扩大。但地球曲率对高差的影响是不能忽视的。

§ 1-4 测量工作概述

测绘地形图是测量工作的主要任务之一。把地面的形状描绘成图, 是通过投影的方法来实现的。在小区域内, 可把地面上各种物体投影到一个水平面上, 地面的形状就是用它投影在水平面上的图形来表示。例如一幢房屋, 只要把它的主要轮廓点在水平面上的投影位置描绘出来, 就可以得出该房屋的平面图形。同样, 道路、河流等一切天然或人工形成的物体, 只要把一些能反映出它们形状的点在水平面上投影的位置测定下来, 就可以描绘出这一地区的地形图。这些需要测定的点称为地形特征点, 如图 1-11 中的 $1'$ 、 $2'$ 、……等点。测绘地形图的工作实际上就是测定一批地形特征点的工作。

在地面上无论是天然或人工形成的物体, 其分布多数是零乱而不规则的。那么如何来测量这些为数众多而分布又不规则的特征点呢? 一般进行的程序应是先在测区范围内精确测出少数点的位置, 如图 1-11 中的 A 、 B 、 C 、……等。然后以这些点为基础, 测量各点周围的地形特征点, 得出局部的地形。图中 A 、 B 、 C 、……等点构成的图形在测区中形成一个框架, 起控制作用。所以这些点称为控制点, 测量这些点的位置的工作称为控制测量。从控制点测量它周围地形特征点位置的工作称为碎部测量。利用各控制点间已测定的位置关系, 就可以把从各控制点所测得的局部地形连成一个整体, 从而得出这一测区的地形图, 并能保证必要的精度。这种按照“从控制到碎部”的工作程序, 就是进行测量工作必须遵循的“从整体到局部”的基本原则。另外从上述可知, 当测定控制点的相对位置有错误时, 以其为基础所测定的碎部点位也就有错误; 碎部测量中有错误时, 以此资料绘制的地形图也就有错误。因此, 测量工作必须严格进行检核工作, 故“前一步测量工作未作检核不进行下一步测量工作”是组织测量工作应遵循的又一个原则。它可以防止错漏发生, 保证测量成果的正确性。

上述测量工作的布局原则和程序, 不仅适用于测绘工作, 也适用于测设工作。如图 1

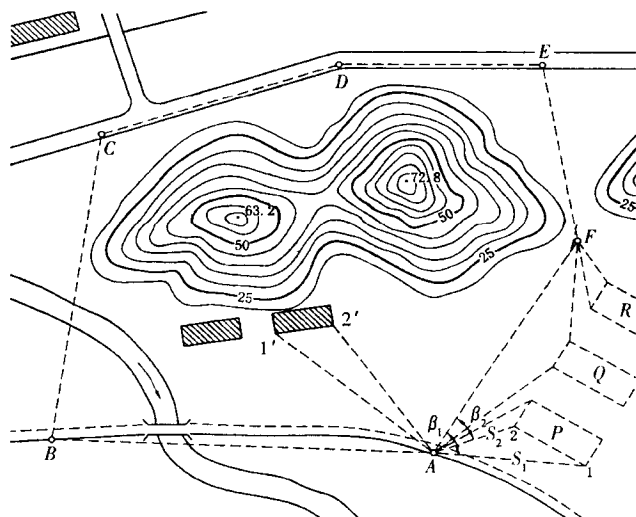
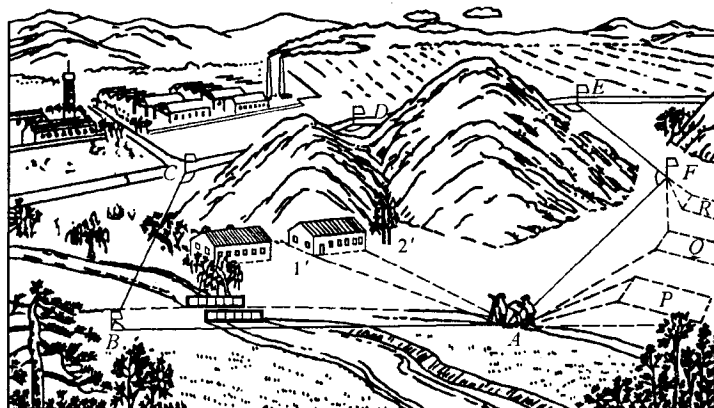


图 1-11

—11 所示,欲将图上设计好的建筑物 P 、 Q 、 R 测设于实地。作为施工的依据,须先于实地进行控制测量,然后安置仪器于控制点 A 和 F 上,进行建筑物放样。在测设工作中也要严格进行检核,以防出错。

综合上述,无论是测绘还是测设,控制测量还是碎部测量,所有测量工作的本质都是测定点位的工作,即测定点的平面位置和高程。测量点的平面位置的工作叫做“平面测量”,测量点的高程的工作称为“高程测量”。而地面点间的相互位置关系,是以水平角、距离和高差来确定的。但是为了确定点的坐标,还需要测量直线的方向。因此,高程测量、角度测量、距离测量和直线方向测量是测量的四项基本工作。测量工作一般要经过野外观测和室内计算、绘图等程序。野外的观测工作称“外业”,室内的计算和绘图等工作称“内业”。观测、计算和绘图是测量工作的基本技能。

测量的成果可以应用到各个方面,影响极广。因此,工作中的任何差错都能造成不良的后果,有的甚至对工程造成巨大损失,所以保证质量是测量工作者的首要职责。为此,对野外的观测必须按规范或规程的要求来完成,不合格的必须重测;对手簿、图纸等原始