

工程测量

刘学 张弘 主编



海南出版社

工 程 测 量

主 编 刘 学 张 弘

海南出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程测量学/刘学,张弘主编. —海口:海南出版社,
2007.8

ISBN 978 - 7 - 5443 - 2214 - 0

I. 工... II. ①刘... ②张... III. 工程测量 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 124159 号

工 程 测 量

刘 学 张 弘

责任编辑 王侠

※

海南出版社出版发行

(570216 海口市金盘开发区建设三横路 2 号)

全国新华书店经销

常熟市大宏印刷有限公司印刷

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:14.75 字数:377 千字

书号:ISBN 978 - 7 - 5443 - 2214 - 0

定价:30.00 元

目 录

第一章 绪论	1
第一节 工程测量的任务、内容、现状和发展	1
第二节 地球的形状和大小	3
第三节 确定地面点位的方法	5
第四节 测量工作的原则和程序	9
第五节 测量学发展简史及作用	10
思考题与习题	12
第二章 水准仪与高程测量	14
第一节 水准测量的原理	14
第二节 水准仪使用	15
第三节 水准仪的使用	18
第四节 水准测量的方法	19
第五节 水准测量的内业	23
第六节 微倾式水准仪的检验与校正	25
第七节 水准测量的误差分析	27
第八节 自动安平水准仪	29
思考题与习题	30
第三章 经纬仪及角度测量	32
第一节 角度测量原理	32
第二节 DJ6 级光学经纬仪	33
第三节 DJ ₂ 光学经纬仪	35
第四节 水平角测量	36
第五节 竖直角测量	38
第六节 经纬仪的检验与校正	41
第七节 水平角测量的误差来源及注意事项	43
第八节 三角高程测量	44
第九节 电子经纬仪简介	45
思考题与习题	45
第四章 距离测量和直线定向	48
第一节 钢尺量距	48
第二节 视距测量	54
第三节 直线定向	56
思考题与习题	59

第五章 测量误差的基本知识	61
第一节 测量误差的来源及分类	61
第二节 衡量精度的标准	63
第三节 算术平均值及其中误差	64
第四节 误差传播定律	66
第五节 非等精度误差简介	68
思考题与习题	68
第六章 小地区控制测量	70
第一节 控制测量概述	70
第二节 导线测量	71
第三节 三、四等水准测量	78
思考题与习题	81
第七章 大比例尺地形图及其测绘	85
第一节 比例尺相关知识简介	85
第二节 地形图的分幅和编号	86
第三节 图名和图廓	88
第四节 地物符号	89
第五节 地貌符号—等高线	91
第六节 测图前的准备工作	93
第七节 碎部测量	94
第八节 地形图的绘制	96
第八章 地形图的应用	98
第一节 地形图的识读	98
第二节 地形图的基本应用	98
第三节 地形图在规划设计中的应用	100
思考题与习题	104
第九章 施工测量的基本工作	105
第一节 施工测量概述	105
第二节 测设的基本工作	106
第三节 点的平面位置的测设	108
思考题与习题	111
第十章 民用建筑施工测量	113
第一节 概 述	113
第二节 建筑物的定位和放线	115
第三节 建筑物基础施工测量	119

第四节	墙体施工测量.....	120
第五节	高层建筑施工测量.....	122
思考题与习题		128
第十一章	工业建筑施工测量.....	129
第一节	概述.....	129
第二节	厂房矩形控制网的测设.....	129
第三节	厂房柱列轴线与柱基测设.....	130
第四节	厂房预制构件的安装测量.....	132
第五节	烟囱、水塔施工测量.....	134
思考题		135
第十二章	道路工程测量.....	136
第一节	概述.....	136
第二节	道路中线测量.....	137
第三节	圆曲线的详细测设.....	143
第四节	缓和曲线测设.....	147
第五节	路线纵横断面测量.....	159
第六节	路线地形图的测绘.....	165
第七节	道路施工测量.....	167
思考题与习题		176
第十三章	桥梁施工测量.....	178
第一节	桥梁施工控制测量.....	178
第二节	桥梁墩台中心测设.....	180
第三节	桥梁施工测量.....	182
第四节	涵洞施工测量.....	184
第五节	桥梁变形观测.....	185
思考题与习题		187
第十四章	管道工程测量.....	188
第一节	管道中线测量.....	188
第二节	管道纵、横断面测量.....	189
第三节	管道施工测量.....	192
第四节	顶管施工测量.....	195
第五节	管道竣工测量.....	197
思考题与习题		198
第十五章	园林工程测量.....	199
第一节	概述.....	199

第二节	平整土地测量.....	201
第三节	园林建筑施工测量.....	203
第四节	其他园林工程施工放样.....	207
第十六章	GPS 全球定位系统简介	210
第一节	GPS 全球定位系统的建立	210
第二节	GPS 定位的基本原理	214
第三节	GPS 定位测量的设计	217
第四节	GPS 测量的外业实施	221
第五节	GPS 测量的内业计算	223
第六节	实时动态 (RTK) 定位技术简介.....	224
	思考题与习题	226
附录一	测量常用计算单位	227
附录二	测量记录与计算规则	228

第一章 绪论

测量学是从人类生产实践中发展起来的一门历史悠久的科学,是人类与大自然作斗争的一种手段。翻开人类历史,在文化最先发达的地区,都有测量工作的史实记载。例如早在公元前 27 世纪,埃及大金字塔的建设,其形状与方向都很准确,这说明当时已有放样的工具与方法。公元前 14 世纪,在幼发拉底河与尼罗河流域,曾进行过土地边界的测定。在我国汉代,司马迁的《史记》中,对夏禹治水,有:“陆行乘车,水行乘船,泥行乘橇,山行乘撵,左准绳,右规矩,载四时,以开九州,通九道,陂九泽,度九山”等勘测情况的记录。这些,实际上都是工程测量的内容。以后随着历史文化的发展,随着科学技术的进步,工程建设的项目愈来愈多,规模愈来愈大,内容愈来愈复杂,其对测量工作的要求也愈来愈高,这就是测绘科学这个领域内渐渐形成了“工程测量”这门学科。目前有些国家已把它列入有关专业的教学计划,以培养这方面的人材;也有科研单位把它列为研究的内容,以促进它的发展;国际测量工作者联合会(FIG)中设有工程测量专业委员会(第六委员会),以便在世界范围内交流这门学科的成就,探讨它的发展方向。

第一节 工程测量的任务、内容、现状和发展

一、开设工程测量的目的,要求,目标

(一) 开设工程测量,其原因主要有两方面

1. 我们的各种建筑物都是修筑在地表附近的,包括从地面向上延伸到高空的摩天大楼;从地面向下到地下几百米的地下工程等,我们就有必要对地面物体的位置、形状,以及地面的起伏形态等都有所了解。

2. 我们修建各种建筑物的目的无非就是满足我们的生产和生活的需要,而这些建筑的建设过程就需要依据测量的成果来进行规划、建设,由此可以看出测量是为我们的建设工程服务的,是一门服务性的应用学科。

(二) 开设工程测量的目的

1. 测量是土木工程课程体系当中的专业基础课,同时还和制图,质检并称为土木工程的三大基本技能。

2. 为建设过程奠定基础,包括勘测、规划、设计、施工、维护。

(三) 工程测量课程的要求

1. 能正确、熟练使用各种测量仪器,包括水准仪、经纬仪、全站仪等;
2. 能掌握工程测量的基本技术和基本方法,即放样;
3. 独立坐标体系的测量和大比例地形图测量,包括独立坐标体系如何制定,如何进行测量;在实习中完成大比例地形图的测量绘制;
4. 了解测量学的发展,通过图书、网络等多种手段来了解测量学有何新技术、新设备、新方法问世,扩充我们的视野,指导我们的学习及工作。

(四) 学习工程测量的目标

1. 工程测量虽说是一门实践性很强的科目,但如果我们有一套完整,先进的理论体系来

指导我们的工作，相信我们的工作必定会事半功倍，这就需要在课堂上完成理论知识的学习，并学好，学扎实，达到遇到问题，能解决问题的程度。这些理论包括测量的基本理论，误差基本理论，控制测量的基本理论；

2. 通过实习，达到四级测工的水平，即中级水平。能够完成外业的控制测量，碎部测量，建筑工程的放线工作；内业的导线、三角测量计算；

3. 学会用精度分析的方法指导今后的工作。

二、了解测量学及其分类

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点之间相对位置的学科。它的主要工作有两个方面：一是将地貌等用图形和数据表示出来，为规划设计和管理等提供依据，称为测绘或测定；二是将规划或设计在图纸上的建筑物等在地面现场标定出来，称为测设或放样。

（一）简单介绍测量学的不同种类

1. 大地测量学 (Geodesy) ——是研究和确定地球形状、大小、重力场、整体与局部运动和地表面点的几何位置以及它们的变化的理论和技术的学科。近年来随着空间技术的发展，大地测量正在向空间大地测量和卫星大地测量方向发展。其基本任务是建立国家大地控制网，测定地球的形状、大小和重力场，为地形测图和各种工程测量提供基础起算数据；为空间科学、军事科学及研究地壳变形、地震预报等提供重要资料。按照测量手段的不同，大地测量学又分为常规大地测量学、卫星大地测量学及物理大地测量学等。

2. 摄影测量与遥感学 (Photogrammetry and remote sensing) ——是研究利用电磁波传感器获取目标物的影像数据，从中提取语义和非语义信息，并用图形、图像和数字形式表达的学科。其基本任务是通过对摄影像片或遥感图像进行处理、量测、解译，以测定物体的形状、大小和位置进而制作成图。根据获得影像的方式及遥感距离的不同，本学科又分为地面摄影测量学，航空摄影测量学和航天遥感测量等。

3. 地图制图学 (Cartography) ——是研究模拟和数字地图的基础理论、设计、编绘、复制的技术、方法以及应用的学科。它的基本任务是利用各种测量成果编制各类地图，其内容一般包括地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等分支。

4. 工程测量学 (Engineering Surveying) ——工程测量学是研究在工程建设的设计、施工和管理各阶段中进行测量工作的理论、方法和技术。工程测量是测绘科学与技术国民经济和国防建设中的直接应用，是综合性的应用测绘科学与技术。

（二）以上介绍了测量学中的不同种类，那么现在我们按照一定的前提条件给他们归类

1. 按测量的方法

A. 普通测量 (经典测量)：用水准仪、经纬仪、平板仪等仪器来测量地面点的高程及平面坐标；

B. 遥感摄影：通过航天器等获得地面的各种图像，再经过处理、量测、解译等手段得到我们需要的图；

C. 现代测量学：通过全球卫星定位系统，就是我们平常所说的 GPS 等，来进行的实时测量，此种方法的特点是测量的精度高，时间性强，能现测现用。

2. 按测量的任务

A. 控制测量：为了保证我们测量的精度及速度，测量工作必须遵循“从整体到局部，先控制后碎部”的原则，即在测区范围选一定的控制点，先对控制点进行测量；

B. 地形测量：一般我们把地形测量又称为碎部测量，顾名思义就是把地貌、地物的具体形状、位置测量出来；

C. 工程测量：这是我们研究的主要内容，它贯穿于工程的全部过程，其目的就是为工程的顺利进行提供服务。

3. 按测量的性质

A. 大地测量学：把地球看成是实实在在的椭球，而不是将其简化为圆球；

B. 普通测量学：这就是在小范围内进行测量，将地球的曲面简化为平面进行测量。

三、工程测量的任务与内容

工程测量主要面向土木建筑、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；
2. 研究建（构）筑物施工放样、建筑质量检验的技术和方法；
3. 对大型建筑物的安全性进行位移和变形监测；
4. 研究在地形图上进行规划、设计的基本原理和方法。

按工程测量所服务的工程种类，也可分为建筑工程测量、线路测量、桥梁与隧道测量、矿山测量、城市测量和水利工程测量等。此外，还将用于大型设备的高精度定位和变形观测称为高精度工程测量；将摄影测量技术应用于工程建设称为工程摄影测量；而将以电子全站仪或地面摄影仪为传感器在电子计算机支持下的测量系统称为三维工业测量。

对具体的建筑物，按工程建设的进行程序，工程测量可分为规划设计阶段的测量，施工阶段的测量和竣工后的运营管理阶段的测量。规划设计阶段的测量主要是提供地形资料。取得地形资料的方法是，在所建立的控制测量的基础上进行地面测图或航空摄影测量。施工阶段的测量的主要任务是，按照设计要求在实地准确地标定建筑物各部分的平面位置和高程，作为施工与安装的依据。一般也要求先建立施工控制网，然后根据工程的要求进行各种测量工作。竣工后的运营管理阶段的测量，包括竣工测量以及为监视工程安全状况的变形观测与维修养护等测量工作。

四、测量学在国家经济建设和发展中的作用

随着科学技术的飞速发展，测量学在国家经济建设 and 发展的各个领域中发挥着越来越重要的作用。工程测量是直接为工程建设服务的，它的服务和应用范围包括城建、地质、铁路、交通、房地产管理、水利电力、能源、航天和国防等各种工程建设部门。

第二节 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面达 8844.43m，最低的马里亚纳海沟低于海面达 11022m。但是，这样的高低起伏，相对于地球半径 6371km 来说还是很小的。此外，海洋约占整个地球表面的 71%，陆地面积尽占约 29%。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，重力的方向线称铅垂线。

研究表明，地球近似于椭球，长短半轴之差约为 21.3km。如图 1-1 所示。

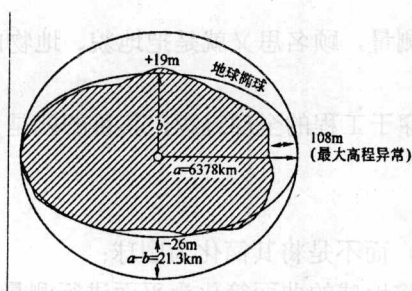


图 1-1 地球形状

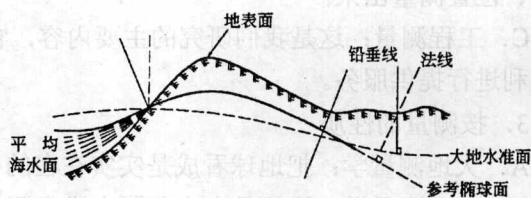


图 1-2 大地水准面

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，水平面和铅垂线是测量工作的基准线，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状是恰当的，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，无法在这曲面上进行测量数据处理。因此设想用一个与大地体非常接近的又能用数学式表述的规则球体即旋转椭球体来代表地球的形状。如图 1-3 所示。

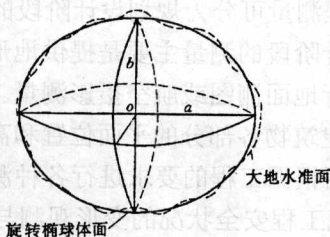


图 1-3 大地水准面与地球旋转椭球体示意图

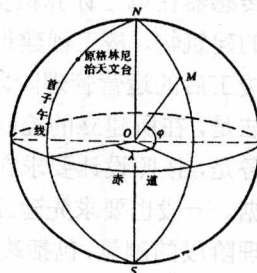


图 1-4 地理坐标

旋转椭球体由长半径 a （或短半径 b ）和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 所决定。

我国目前采用的元素值为长半径 $a = 6378140\text{m}$ ，并选择陕西泾阳县永乐镇某点为大地原点，进行了大地定位。由此而建立起来全国统一坐标系，这就是现在使用的“1980 年国家大地坐标系”。

某一国家或地区为处理测量成果而采用与大地体的形状大小最接近，又适合本国或本地区要求的旋转椭球，这样的椭球体称为参考椭球体。确定参考椭球体与大地体之间的相对位置关系，称为椭球体定位。参考椭球体面只具有几何意义而无物理意义，它是严格意义上的测量计算基准面。

我国 1954 北京坐标系采用的是克拉索夫斯基椭球，1980 国家大地坐标系采用的是 1975 国际椭球，而全球定位系统（GPS）采用的是 WGS-84 椭球。

由于参考椭球的扁率很小，在小区域的普通测量中可将地（椭）球看作圆球，其半径 $R = \frac{a+a+b}{3} = 6371\text{km}$ 。当测区范围更小时还可以把地球看作是平面，使计算工作更为简单。

第三节 确定地面点位的方法

一个点的位置需用三个独立的量来确定。在测量工作中,这三个量通常用该点在参考椭球面上的铅垂投影位置和该点沿投影方向到大地水准面的距离来表示。其中,前者由两个量构成,称为坐标;后者由一个量构成,称为高程。也就是说,我们用地面点的坐标和高程来确定其位置。

一、球面坐标系统

1. 天文地理坐标系

又称天文坐标,是用天文经度 λ 和天文纬度 φ 来表示地面点在大地水准面上位置如图 1-4 所示。

2. 大地地理坐标系

又称大地坐标,是建立在地球椭球面上的坐标系,用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示地面点投影在地球椭球面上位置。地球椭球面和法线是大地地理坐标系的主要面和线。

3. 地图投影平面坐标系

(1) 高斯平面直角坐标系

高斯投影的概念:当测区范围较大时,要建立平面坐标系,就不能忽略地球曲率的影响,为了解决球面与平面这对矛盾,则必须采用地图投影的方法将球面上的大地坐标转换为平面直角坐标。目前我国采用的是高斯投影,高斯投影是由德国数学家、测量学家高斯提出的一种横轴等角切椭圆柱投影,该投影解决了将椭球面转换为平面的问题。从几何意义上看,就是假设一个椭圆柱横套在地球椭球体外并与椭球面上的某一条子午线相切,这条相切的子午线称为中央子午线。假想在椭球体中心放置一个光源,通过光线将椭球面上一定范围内的物象映射到椭圆柱的内表面上,然后将椭圆柱面沿一条母线剪开并展成平面,即获得投影后的平面图形,如图 1-5 所示。该投影的经纬线图形有以下特点:

- ①投影后的中央子午线为直线,无长度变化。其余的经线投影为凹向中央子午线的对称曲线,长度较球面上的相应经线略长。
- ②赤道的投影也为一直线,并与中央子午线正交。其余的纬线投影为凸向赤道的对称曲线。
- ③经纬线投影后仍然保持相互垂直的关系,说明投影后的角度无变形。

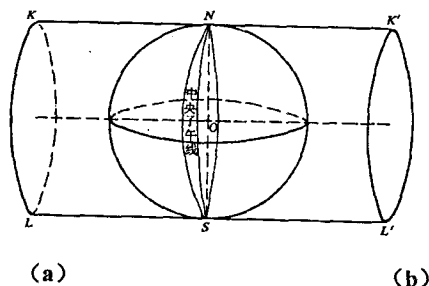


图 1-5 高斯投影

高斯投影没有角度变形,但有长度变形和面积变形,离中央子午线越远,变形就越大,为了对变形加以控制,测量中采用限制投影区域的办法,即将投影区域限制在中央子午线两侧一定的范围,这就是所谓的分带投影,投影带一般分为 6° 带和 3° 带两种,如图 1-6 所示。

6° 带投影是从英国格林尼治起始子午线开始,自西向东,每隔经差 6° 分为一带,将地球

分成 60 个带，其编号分别为 1、2、...、60。任一带的中央子午线经度可用下式计算：

$$\lambda_0 = 6N - 3^\circ \quad (1-1)$$

式中 N 为 6° 带的带号。 6° 带的最大变形在赤道与投影带最外一条经线的交点上，长度变形为 0.14%，面积变形为 0.27%。

3° 投影带是在 6° 带的基础上划分的。每 3° 为一带，共 120 带，其中央子午线在奇数带时与 6° 带中央子午线重合，每带的中央子午线经度可用下式计算：

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

式中 n 为 3° 带的带号。 3° 带的边缘最大变形现缩小为长度 0.04%，面积 0.14%。

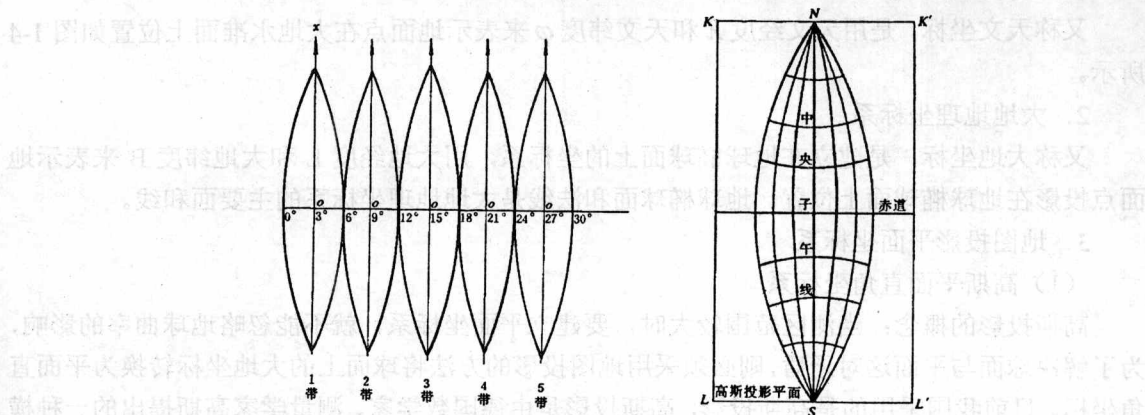


图 1-6 投影分带

我国领土位于东经 $72^\circ \sim 136^\circ$ 之间，共包括了 11 个 6° 投影带，即 13 $^\circ \sim$ 23 带；22 个 3° 投影带，即 24 $^\circ \sim$ 45 带。成都位于 6° 带的第 18 带，中央子午线经度为 105° 。

高斯平面直角坐标系的建立：通过高斯投影，将中央子午线的投影作为纵坐标轴，用 x 表示，将赤道的投影作为横坐标轴，用 y 表示，两轴的交点作为坐标原点，由此构成的平面直角坐标系称为高斯平面直角坐标系。对应于每一个投影带，就有一个独立的高斯平面直角坐标系，区分各带坐标系则利用相应投影带的带号。

在每一投影带内， y 坐标值有正有负，这对计算和使用均不方便，为了使 y 坐标都为正值，故将纵坐标轴向西平移 500km（半个投影带的最大宽度不超过 500km），并在 y 坐标前加上投影带的带号。如图 1-7 所示。

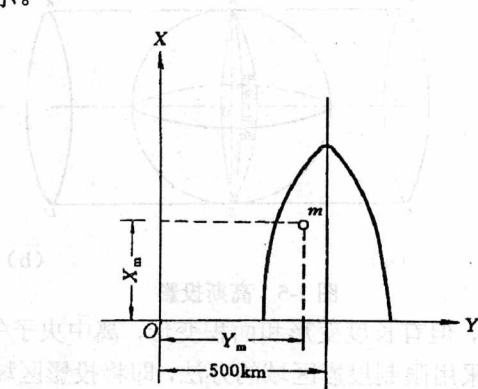


图 1-7 高斯平面直角坐标

(2) 独立测区的平面直角坐标

《城市测量规范》(CJJ8—1999)规定,面积小于 25km^2 城镇,可以将水平面作为投影面,地面点在水平面上的投影位置可以用平面直角坐标表示。

测量上选用的平面直角坐标系,规定纵轴为 x 轴,与南北方向一致,即向北为正,向南为负;横轴为 y 轴,与东西方向一致,即向东为正,向西为负。测量时只要知道了地面点的坐标值 x 、 y , 它的平面位置也就确定了,如图 1-8 所示。

坐标系原点为 o ,可按实际情况选定。通常原点设在测区的西南角,以避免坐标出现负值。坐标系的象限以东北开始按顺时针方向注记为 I、II、III、IV 四个象限排列。

测量坐标系与数学坐标系的区别在于坐标轴互换,象限顺序相反,目的是为了测量工作中的方便,使数学中的三角公式直接应用到测量上的方向和坐标计算,而不需作任何变更。

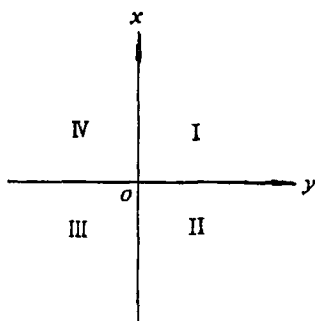


图 1-8 测量平面直角坐标系

(3) 建筑坐标

在建筑工程中,为了便于对建(构)筑物平面位置的施工放样,将原点设在建(构)筑物两条主轴线(或其平行线)的交点上,以其中一条主轴线作为纵轴,可以用 A 来表示,顺时针旋转 90° 方向作为横轴,一般用 B 表示,这样建立的一个平面直角坐标系,称为建筑坐标系。

建筑坐标系和高斯坐标系的互换:这两种坐标系的一个相同点就是同样是直角坐标系,而不同的仅仅是它们的原点不同,以及坐标轴之间存在一个夹角,而且不同处之间是有关系的,我们就根据这些关系,可以进行两种坐标之间的互换。

二、地面点的高程

1. 高程

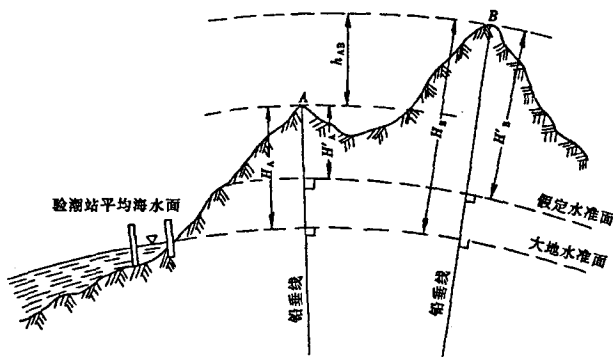


图 1-9 绝对高程、相对高程与高差之间的相互关系

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为绝对高程,亦称为海拔,用 H 表示。两点间的高程之差称为高差,用 h 表示,如图 1-9 所示。图中,地面点 A 和 B 的绝对高程分别为 H_A 和 H_B , 两点间的高差为 $h_{AB} = H_B - H_A$ 。

2. 相对高程

地面点到假定水准面的铅垂距离, 称为相对高程或假定高程, 用 H' 表示。

三、用水平面代替水准面和限度

用水平面代替水准面, 只有当测区范围很小, 地球曲率影响未超过测量和制图的容许误差, 且可以忽略不计时, 才可以把大地水准面看做水平面。下面讨论, 测区范围多大时, 才可以用水平面代替水准面。

1. 用水平面代替水准面对距离的影响

如图 1-10 所示。地面上 A 、 B 两点沿铅垂方向投影到大地水准面上弧长为 S , 用水平面来代替大地水准面, 则 A 、 B 两点投影在水平面上的距离为 D , 则两者之差 ΔD 就是用水平面代替水准面, 即地球曲率对距离的影响值。讨论中为叙述方便, 将水准面近似地看成圆球, 半径 $R=6371\text{km}$ 。 ΔD 与地球半径 R 的关系为:

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

根据不同的距离 D 值代入式 (1-3) 中, 得到表 1-1 所列的结果。

表 1-1

D (km)	ΔD (cm)	$\Delta D / D$
10	0.82	1/1200000
20	6.57	1/304000
50	103	1/48500

由表 1-1 可知, 当 $D=10\text{km}$ 时, 用水平面代替水准面所引起的误差为距离的 $1 / 1200000$, 目前最精密的距离丈量误差为 $1 / 1000000$ 。

由此可以得出结论: 在半径为 10km 的测区范围内进行距离测量时, 可以用水平面代替水准面, 不考虑地球曲率对距离的影响。

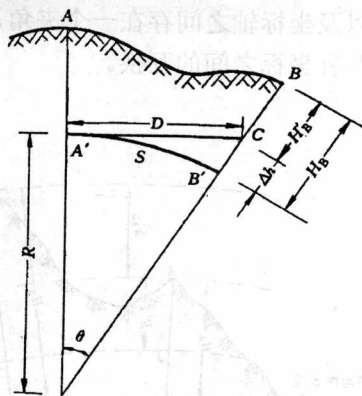


图 1-10 水平面代替水准面

2. 用水平面代替水准面对高程的影响

如图 1-10 所示, $(R + \Delta h)^2 = R^2 + D^2$ 中的 Δh 就是用水平面代替水准面, 曲率对高差的影响。其值为

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-4)$$

根据不同的距离 D 代入式 (1-4) 中, 得到表 1-2 所列的结果。

由表1-2可知,用水平面代替水准面,当距离为200m时,就有3mm的误差,距离1km内就有约8cm的高程误差。由此可见,地球曲率对高程测量的影响很大。因此在高程测量中,即使在较短的距离内,也应考虑地球曲率对高程的影响。实际测量中,应该考虑通过加以改正计算或采用正确的观测方法,消减地球曲率对高程测量的影响。

表1-2

D (m)	50	100	200	500	1000	2000	3000
Δh (mm)	0.2	0.78	3.1	20	78	314	706

第四节 测量工作的原则和程序

测量的主要工作是测定和测设。具体说,测量工作是通过水平角测量、水平距离测量以及高程测量来确定点的位置,那么当我们有大量测点的时候,就有必要研究测量程序和测量的原则。

一、测量工作的原则

先控制后碎部,从整体到局部,由高级到低级,是测量工作的原则。

测量工作的目的之一是测绘地形图,地形图是通过测量一系列碎部点(地物点和地貌点)的平面位置和高程,然后按一定的比例,应用地形图符号和注记缩绘而成。测量工作不能一开始就测量碎部点,而是先在测区内统一选择一些起控制作用的点,将它们的平面位置和高程精确地测量计算出来,这些点被称作控制点,由控制点构成的几何图形称作控制网,然后再根据这些控制点分别测量各自周围的碎部点,进而绘制成图,如图1-11所示的多边形 ABCDEF 就是该测区的控制网。

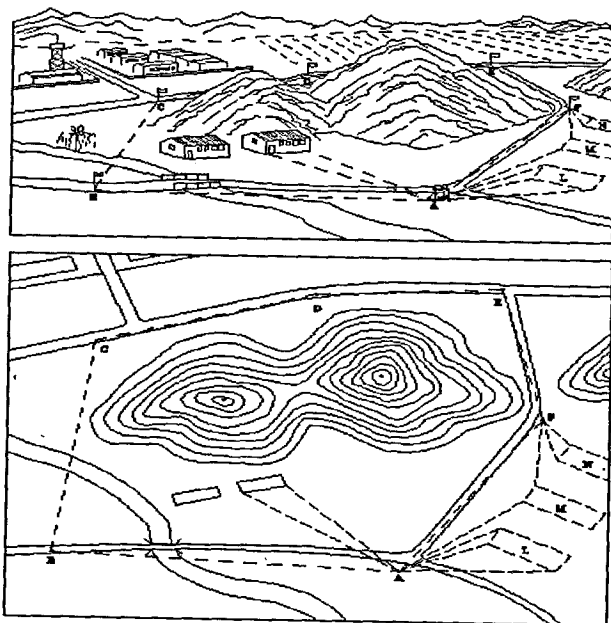


图 1-11 控制测量与碎部测量

二、测量工作的原则适用于工程测量

测量工作是在工程的各个阶段都在进行,其测量结果的精度直接影响到工程的布局、成本、

质量和安全,尤其是在施工放样中,如果出现测量错误,就会造成难以挽回的损失。从上面测量的基本程序就可以看出,测量是一个多层次,多工序的复杂工作,所以测量的过程不但会有误差,有时还会出现错误。误差是测量工作中不可避免的,但我们要使误差尽量的小。对于错误,我们就要想尽一切办法杜绝,所以我们在测量工作中必须遵循“先控制后碎部,从整体到局部,由高级到低级”的基本原则。

三、测量的三项基本工作

测量的实质就是确定地面点间的空间位置。地面点间的相互位置关系,是由水平角(方向)、距离和高程(高差)来确定的。因此,水平角测量、水平距离测量和高程测量称为测量的三项基本工作,亦称为确定地面点位置的三个基本要素。

第五节 测量学发展简史及作用

一、测量学的发展

这是人类长期探索的问题。早在公元前 6 世纪古希腊的毕达哥拉斯(Pythagoras)就提出了地球形状的概念。两世纪后,亚里士多德(Aristotle)作了进一步论证,支持这一学说。又一世纪后,埃拉托斯特尼(Eratosthenes)用在南北两地同时观测日影的办法首次推算出地球子午圈的周长。其想法很简单,先测量地面上一段(子午线)的弧长 l ,再测量该弧长所对的中心角 θ 。则地球的半径 $R=l/\theta$,地球子午线的周长 $L=2\pi R$,这里关键在于如何求 θ 。

为此要同时在南北两点测量竖杆影子的长度。凭影长和杆高就可以求得两个杆子与阳光的夹角。

在人类认识地球形状和大小的过程中,测量学获得了飞速的发展。例如:三角测量和天文测量的理论和技术、高精度经纬仪制作的技术、距离丈量的技术及有关理论、测量数据处理的理论以及误差理论等。在测量学发展的过程中很多数学家、物理学家作出了巨大的贡献,如托勒密、墨卡托等。

二、我国测量技术发展概况

我国是世界文明古国,由于生活和生产的需要,测量工作开始得很早。春秋战国时编制了四分历,一年为 365.25 日,与罗马人采用的儒略历相同,但比其早四、五百年。南北朝时祖冲之所测的朔望月为 29.530588 日,与现今采用的数值只差 0.3 秒。

宋代杨忠辅编制的《统天历》,一年为 365.2425 日,与现代值相比,只有 26 秒误差。之所以能取得这样准确数据,在于公元前四世纪就已创制了浑天仪。

汉代张衡改进了浑天仪,并著有《浑天仪图注》。

元代郭守敬改进浑天仪为简仪。用于天文观测的仪器还有圭、表和复矩。用以计时的仪器有漏壶和日晷等。

在地图测绘方面,由于行军作战的需要,历代帝皇都很重视。目前见于记载最早的古地图是西周初年的洛邑城址附近的地形图。

周代地图使用很普遍,管理地图的官员分工很细。现在能见到的最早的古地图是长沙马王堆三号墓出土的公元前 168 年陪葬的占长沙国地图和驻军团,图上有山脉、河流、居民地、道路和军事要素。

西晋时裴秀编制了《禹贡地域图》和《方丈图》,并创立了地图编制理论——《制图六体》。