



教育部高职高专规划教材

建筑工程测量

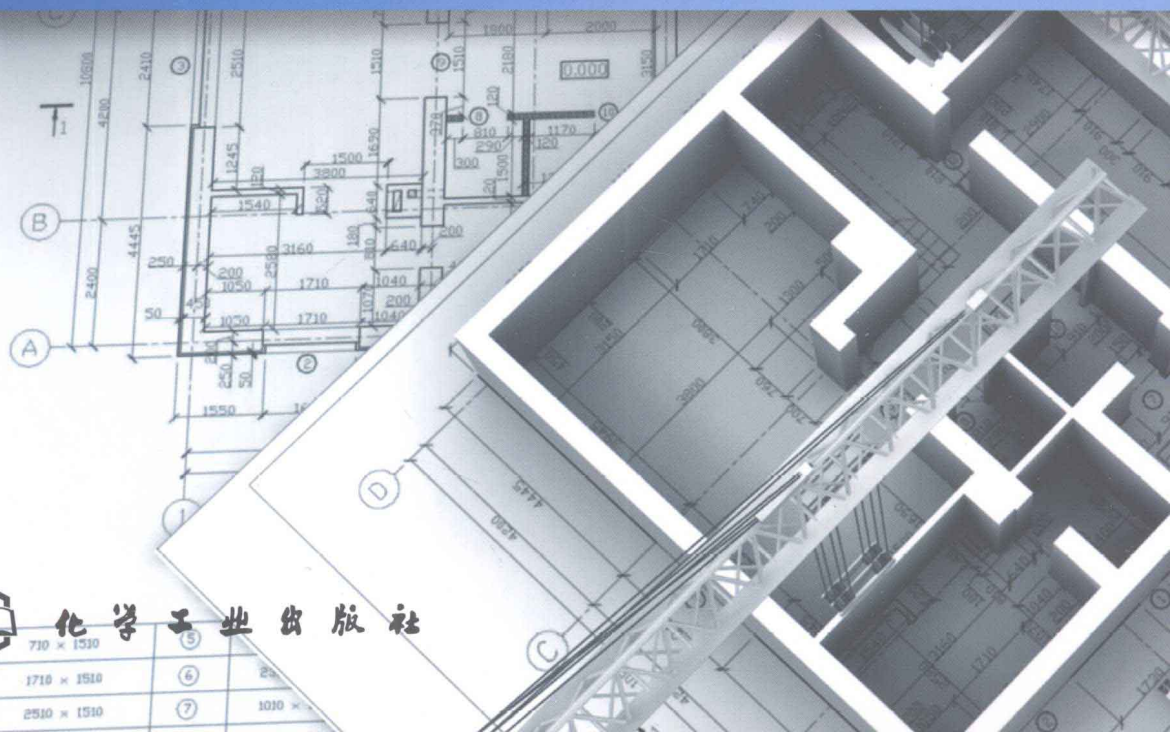
JIANZHU GONGCHENG CELIANG

第二版

卢正 主编

许能生 桂芳茹 副主编

黄国斌 主审



化学工业出版社

教育部高职高专规划教材

建筑工程测量

第二版

卢 正	主 编
许能生 桂芳茹	副主编
黄国斌	主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材为教育部高职高专规划教材,根据高等职业技术教育土建类各专业的培养目标与教学计划编写。全书共分十一章,介绍了水准仪及水准测量、经纬仪及角度测量、距离测量与直线定向、点的坐标计算、大比例尺地形图的识读和应用、施工测量的基本工作、施工控制测量、施工测量方法、施工测量方案编写和案例、建筑物变形观测和竣工总平面图编绘等内容。

本教材密切结合施工现场测量工作的实际情况,充分反映了施工现场测量的新技术、新方法。章末附有小结、阅读材料,教材编写形式新颖适用。

本教材主要适用于高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、成人教育学院大专层次土建类专业;也可以作为职业技术学校的测量教材及一般土建类工程技术人员和测绘人员自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/卢正主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2009.7

教育部高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-05633-7

I. 建… II. 卢… III. 建筑测量-高等学校:技术学院-教材 IV. TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第082238号

责任编辑:程树珍

装帧设计:周 遥

责任校对:郑 捷

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张12½ 字数309千字 2009年8月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.00元

版权所有 违者必究

第二版前言

本书第一版为教育部高职高专规划教材。该教材是按照高职高专土建类各专业的人才培养目标，根据高职教育的特点，以应用性、普及性、先进性为出发点，在内容上注重高等技术应用性人才培养的特点，加强了实践与理论相结合，培养学生独立分析与解决问题的能力，密切结合建筑施工现场的实际情况，具有鲜明的特色。

本书第二版是随着现代科学技术的迅猛发展，各种先进的技术手段在施工测量中得到了广泛的应用，以及国家示范性高等职业技术学院建设的需要，对教材的先进性和适用性方面的内容做了较大的补充和调整而完成的，增加了施工测量方案编写方法和案例、GPS 简介，地理信息系统（GIS），遥感（RS），全站仪数字测图等内容。使本书更具有先进性、实用性、普适性。

参编人员有：四川建筑职业技术学院卢正（第 1～第 4 章）；重庆石油高等专科学校谢炳科（第 5～第 7 章）；徐州建筑职业技术学院许能生（第 8～第 11 章）。增加了由四川建筑职业技术学院杜文举编写的（道路施工测量），卢正、欧阳杜鹃编写的（施工测量方案编写），谢旭阳编写的〔三四等水准测量、CASIO 编程计算器（fx-4800P）的使用〕，桂芳茹编写的〔GPS 简介，地理信息系统（GIS），遥感（RS）〕，徐常亮编写的（全站仪数字测图）。全书由四川建筑职业技术学院卢正主编，徐州建筑职业技术学院许能生、四川建筑职业技术学院桂芳茹为副主编，由徐州建筑职业技术学院黄国斌副教授主审。

在本书编写过程中，吸取了有关书籍和论文的最新观点，在此表示感谢。由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者
2009 年 4 月

第一版前言

本书是根据高等职业技术教育土建类各专业的培养目标与教学计划编写的。在教材内容上依据注重高等技术应用性人才培养的特点，基本理论以必需、够用为度；注重理论与实践相结合，着重培养学生分析与解决问题的能力。教材中涉及的技术标准和规范内容，均以现行《工程测量规范》(GB 50026—1993)和《工程测量基本术语标准》(GB/T 50228—1996)为依据，反映了建筑生产第一线正在使用和将有可能使用的新技术。

本书内容实用、新颖，语言简洁，通俗易懂；在培养学生可持续学习的能力方面有一定的特色，便于自学。

本书主要适用于高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、成人教育学院大专层次土建类的专业；也可以作为职业技术学校的测量教材及一般土建类工程技术人员和测绘人员自学用书。

本书由四川建筑职业技术学院卢正任主编并统稿，徐州建筑职业技术学院许能生任副主编。参编人员有：四川建筑职业技术学院卢正（第1～第4章），重庆石油高等专科学校谢炳科（第5～第7章），徐州建筑职业技术学院许能生（第8、9、10、11章）。由徐州建筑职业技术学院黄国斌主审。

在编写过程中，吸取了有关书籍和论文的最新观点，在此表示感谢。由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编者
2003年1月

目 录

1 概述	1	阅读材料 全站仪	54
1.1 建筑工程测量的任务	1	小结	59
1.2 地面点位置的确定	1	思考题	61
1.3 测量误差	4	习题	61
1.4 测量常用的计量单位	6	5 点的坐标计算	62
1.5 计算中数字的凑整规则	7	5.1 控制测量概述	62
阅读材料 高斯平面直角坐标	7	5.2 坐标正算	63
小结	8	5.3 坐标反算	64
思考题	9	5.4 建筑坐标和测量坐标的换算	65
习题	10	5.5 小地区控制点加密的基本方法	65
2 水准测量和水准仪	11	5.6 CASIO 编程计算器 (fx-4800P) 的 使用	71
2.1 水准测量原理	11	阅读材料 1 GPS 简介	80
2.2 水准测量的仪器及工具	12	阅读材料 2 地理信息系统 (GIS)	83
2.3 水准仪的使用	15	阅读材料 3 遥感技术	86
2.4 水准测量方法	16	小结	88
2.5 水准测量的成果计算	20	思考题	88
2.6 水准仪的检验和校正	23	习题	89
2.7 三、四等水准测量	25	6 大比例尺地形图的识读和应用	90
阅读材料 自动安平水准仪	28	6.1 地形图概述	90
小结	29	6.2 地形图比例尺	90
思考题	30	6.3 地形图的图名、图号和图廓	91
习题	31	6.4 地物符号	93
3 角度测量和经纬仪	32	6.5 地貌符号	95
3.1 角度测量原理	32	6.6 地形图的应用	98
3.2 光学经纬仪	33	6.7 地形图测绘的基本方法	105
3.3 经纬仪的使用	36	阅读材料 全站仪数字测图	110
3.4 水平角测量 (测回法)	37	小结	114
3.5 竖直角观测	38	思考题	115
3.6 经纬仪的检验和校正	40	习题	116
阅读材料 电子经纬仪	43	7 施工测量的基本工作	117
小结	44	7.1 概述	117
思考题	45	7.2 测设的基本工作	118
习题	45	7.3 测设点位的方法	120
4 距离测量和直线定向	46	小结	125
4.1 距离测量概述	46	思考题	126
4.2 钢尺量距的一般方法	46	习题	126
4.3 钢尺检定	49	8 建筑施工控制测量	128
4.4 钢尺量距的精密方法	50	8.1 概述	128
4.5 直线定向	52		

8.2 建筑基线	128	阅读材料 3 激光定位仪器在施工中的 应用	168
8.3 建筑方格网	130	阅读材料 4 曲线形建筑物施工测量	171
8.4 施工场地的高程控制测量	131	小结	177
小结	131	思考题	178
思考题	132	习题	178
习题	132		
9 民用建筑施工测量	133	11 建筑物变形观测和竣工总平面图 编绘	179
9.1 编写施工测量方案	133	11.1 建筑物变形观测的基本知识	179
9.2 建筑物的定位和放线	136	11.2 沉降观测	180
9.3 建筑物基础施工放线	140	11.3 倾斜观测	182
9.4 墙体施工测量	141	11.4 裂缝和位移观测	184
9.5 高层建筑施工测量	142	11.5 竣工总平面图的编绘	185
9.6 道路施工测量	145	小结	185
阅读材料 施工测量方案案例	150	思考题	186
小结	156	习题	186
思考题	157	附录	187
习题	157	附录 1 我国水准仪系列分级及主要技术 参数	187
10 工业建筑施工测量	159	附录 2 我国经纬仪系列分级及主要技术 参数	187
10.1 概述	159	附录 3 建筑施工测量的主要技术要求	187
10.2 厂房矩形控制网的测设	159	参考文献	189
10.3 厂房柱列轴线和柱基测设	161		
10.4 厂房预制构件安装测量	161		
阅读材料 1 烟囱、水塔施工测量	164		
阅读材料 2 管道施工测量	165		

1 概 述

导读 测量学是一门研究地球表面的形状和大小，确定地面点之间相对位置的科学。建筑工程测量是测量学的一个组成部分，其主要任务是测绘大比例尺地形图、施工放样及竣工测量和建筑物变形观测。大地水准面、水平面和铅垂线是测量的基准面和基准线。地面一个点的位置是由其高程 H 和平面直角坐标 x 、 y 来确定的。测量工作中应尽量减少各种误差对成果的影响并防止错误的发生。测量常用的计量单位是法定计量单位。

1.1 建筑工程测量的任务

测量学是一门研究地球表面的形状和大小、确定地面点之间相对位置的科学。它的内容包括测定和测设两部分。测定就是使用测量仪器和工具，通过测量和计算，确定地球表面的地物（房屋、道路、河流、桥梁等人工构筑物）和地貌（山地、丘陵等地表自然起伏形态）的位置，按一定比例缩绘成地形图，供科学研究、经济建设和国防建设使用；测设是将图纸上已设计好的建筑物或构筑物的平面和高程位置在地面上标定出来，作为施工的依据。

建筑工程测量是测量学的一个组成部分。它是一门测定地面点位的科学，广泛用于建筑工程的勘测、设计、施工和管理各个阶段。其主要任务如下。

① 测绘大比例尺地形图 将地面上的地物、地貌的几何形状及其空间位置，按照规定的符号和比例尺缩绘成地形图，为建筑工程的规划、设计提供图纸和资料。

② 施工放样和竣工测量 把图纸上设计好的建（构）筑物，按照设计要求在地面上标定出来，作为施工的依据；在施工过程中，进行测量工作，保证施工符合设计要求；开展竣工测量，为工程竣工验收、日后扩建和维修提供资料。

③ 变形观测 对于一些重要的建（构）筑物，在施工和运营期间，定期进行变形观测，以了解其变形规律，确保工程的安全施工和运营。

由此可知，建筑工程测量对保证工程的规划、设计、施工等方面的质量与安全运营都具有十分重要的意义。因此，通过本课程的学习，必须掌握测量学的基本理论、基本知识和基本技能；掌握常用水准仪、经纬仪和其它测量仪器工具的使用方法；对测量新技术、新仪器有一定的了解；能在建筑施工中正确应用地形图和有关测量资料；具有一般工程建筑物的施工放线的能力。

1.2 地面点位置的确定

1.2.1 测量的基准线和基准面

(1) 基准线

地球上的任何物体都受到地球自转产生的离心力和地心吸引力的作用，这两个力的合力称为重力。重力的作用线常称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。

(2) 基准面

在测量上,确定地面点的空间位置,是采用在基准面上建立坐标系,通过对距离、角度、高差三个基本量的测量来实现的。测量工作是在地球表面上进行的。因此,选择作为测量数据处理、统一坐标计算的基准面,必须具备两个条件:这个面的形状和大小要尽可能地接近地球总的形体;要能用简单的几何形体和数学式表达。

地球的自然表面高低起伏,有高山、丘陵、平原、江河、湖泊和海洋等,是一个凹凸不平的复杂曲面。地球表面海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%。地球上自由静止的水面称为水准面,它是一个处处与铅垂线正交的曲面。与水准面相切的平面称为该切点处的水平面。

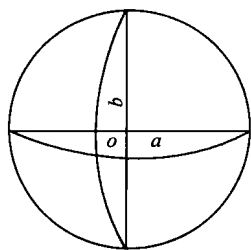


图 1-1 参考椭球体

水准面有无数个,其中一个与平均海水面重合并延伸到大陆内部包围整个地球的水准面,称为大地水准面。大地水准面可作为地面点计算高程的起算面,高程起算面也叫做高程基准面。由大地水准面所包围的形体叫大地体,由于地球内部物质分布不均匀,引起地面各点的铅垂线方向不规则变化,所以大地水准面是一个有微小起伏的不规则曲面,不能用数学公式来表述。因此,测量上选用一个和大地水准面总形非常接近的,并能用数学公式表达的面作为基准面。这个基准面是一个以椭圆绕其短轴旋转的椭球面,称为参考椭球面,它包围的形体称为参考椭球体或称参考椭球,如图 1-1

所示。

中国目前采用的参考椭球体的参数值为

长半轴 $a=6378140\text{m}$

短半轴 $b=6356755\text{m}$

扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$

由于参考椭球的扁率很小,所以当测区面积不大时,可把这个参考椭球近似看作半径为 6371km 的圆球。

测量工作就是以参考椭球面作为计算的基准面,并在这个面上建立大地坐标系,从而确定地面点的位置。

1.2.2 确定地面点位置的方法

确定地面点的位置是测量工作的基本任务。一点的位置,需要用三个量来确定。其中两个量用来确定点的平面位置,另一个量用来确定点的高程位置。

(1) 地面点的高程

① 绝对高程 地面上任意一点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程,简称高程,用字母 H 表示,如图 1-2 中的 H_A 、 H_C ,分别表示 A 点的高程和 C 点的高程。

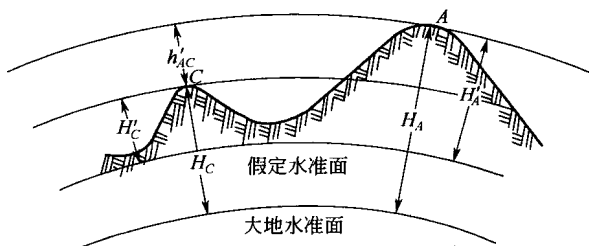


图 1-2 地面点的高程

中国在青岛设立验潮站，长期观测黄海海水面的高低变化，取其平均值作为大地水准面的位置（其高程为零），并作为全国高程的起算面。为了建立全国统一的高程系统，在青岛验潮站附近的观象山埋设固定标志，用精密水准测量方法与验潮站所求出的平均海面进行联测，测出其高程为 72.289m，它的高程作为全国高程的起算点，称为水准原点。根据这个面起算的高程称为“1956 年黄海高程系统”。

从 1987 年开始中国采用新的高程基准，采用青岛验潮站 1952~1979 年潮汐观测资料计算的平均海面为国家高程起算面，称为“1985 年国家高程基准”。根据新的高程基准推算的青岛水准原点高程为 72.260m，比“1956 年黄海高程系统”的高程小 0.029m。

② 相对高程 局部地区采用绝对高程有困难或者为了应用方便，也可不用绝对高程，而是假定某一水准面作为高程的起算面。地面点到假定水准面的铅垂距离称为该点的相对高程，如图 1-2 中的 H_A' 、 H_C' 。

③ 建筑标高 在建筑设计中，每一个独立的单项工程都有它自身的高程起算面，叫做 ±0.00。一般取建筑物首层室内地坪标高为 ±0.00，建筑物各部位的高程都是以 ±0.00 为高程起算面的相对高程，称为建筑标高。例如某建筑物 ±0.00 的绝对高程为 40.00m，一层窗台比 ±0.00 高 0.90m，通常说窗台标高是 0.90m，而不再写窗台标高是 40.90m。

±0.00 的绝对高程是施工放样时测设 ±0.00 位置的依据。

④ 高差 两个地面点之间的高程之差称为高差，常用 h 表示。图 1-2 中 C 点相对于 A 点的高差，即

$$h_{AC} = H_C - H_A = H'_C - H'_A \quad (1-1)$$

C 点比 A 点高时，高差 h_{AC} 为正，反之为负。

例如，已知 A 点高程 $H_A = 27.236\text{m}$ ，C 点高程 $H_C = 18.547\text{m}$ ，则 C 点相对于 A 点的高差 $h_{AC} = 18.547 - 27.236 = -8.689\text{m}$ ，C 点低于 A 点；而 A 点相对于 C 点的高差应为 $h_{CA} = 27.236 - 18.547 = 8.689\text{m}$ ，A 点高于 C 点。

由此可见

$$h_{AC} = -h_{CA} \quad (1-2)$$

(2) 地面点的坐标

① 地理坐标 当研究整个地球的形状或进行大区域范围的测量工作时，可采用图 1-3 所示的球面坐标系统来确定点的位置，例如 P 点的坐标可用经度 λ 和纬度 φ 表示。经度 λ 和纬度 φ 称为点的地理坐标。地理坐标是用天文测量方法测定的。例如北京某点 P 的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。

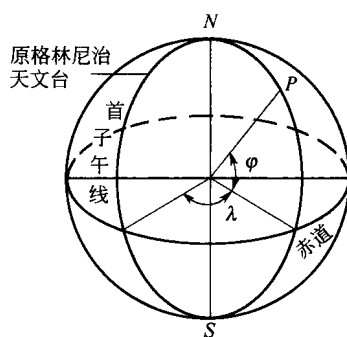


图 1-3 球面坐标系统

② 平面直角坐标 在小区域的范围内，将大地水准面作水平面看待，由此而产生的误差不大时，便可以用平面直角坐标来代替球面坐标。

根据研究分析，在以 10km 为半径的范围内，可以用水平面代替水准面，由此产生的变形误差对一般测量工作而言，可以忽略不计。因此，在进行一般工程项目的测量工作时，可以采用平面直角坐标系统，即将小块区域直接投影到平面上进行有关计算。在平面上进行计算要比曲面上计算简单得多，且又不影响测量工作的精度。

图 1-4 所示为一平面直角坐标系。规定坐标纵轴为 x 轴且表示南北方向，向北为正，向南为负；规定横轴为 y 轴且表示东西方向，向东为正，向西为负。为了避免测区内的坐

标出现负值，可将坐标原点选择在测区的西南角上。坐标象限按顺时针方向编号如图 1-5 所示，其编号顺序与数学上直角坐标系的象限编号顺序相反，且 x 、 y 两轴线与数学上直角坐标系的 x 、 y 轴互换，这是为了使测量计算时可以将数学中的公式直接应用到测量中来，而无需作任何修改。

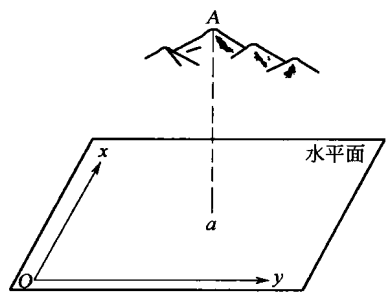


图 1-4 平面直角坐标系

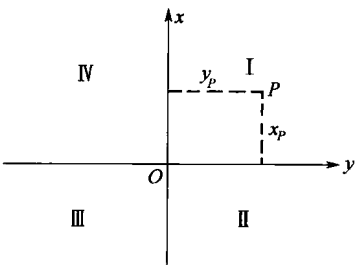


图 1-5 直角坐标系的象限

③ 高斯平面直角坐标 如果测区范围较大，就不能把水准面当作水平面，必须采用高斯投影的方法，建立高斯平面直角坐标系，在本章阅读材料中将介绍这一坐标系。

如前所述，地面点的空间位置是以投影平面上的坐标 (x, y) 和高程 H 决定的，而点的坐标一般是通过水平角测量和水平距离测量来确定的，点的高程是通过测定高差来确定的。所以，测角、量距和测高差是测量的三项基本工作。

1.3 测量误差

1.3.1 误差及其表示方法

(1) 误差

在测量工作中，对某量的观测值与该量的真值间存在着必然的差异，这个差异称为误差。但有时由于人为的疏忽或措施不周也会造成观测值与真值之间的较大差异，这不属于误差而是粗差。误差与粗差的根本区别在于前者是不可避免的，而后者是有可能避免的。

(2) 误差的表示方法

① 绝对误差 不考虑被观测量自身的大小，只描述该量的观测值与其真值之差大小的误差称为绝对误差（亦称为真误差）。绝对误差用下式求得，即

$$\Delta = l - X \tag{1-3}$$

式中 Δ ——绝对误差；

l ——观测值；

X ——被观测量的真值（当真值不可求得时，用多次观测值的算术平均值作为真值的近似值）。

② 相对误差 对某量观测的绝对误差与该量的真值（或近似值）之比称为相对误差。相对误差能够确切描述观测量的精确度。相对误差用下式求得，即

$$K = \frac{|\Delta|}{X} \tag{1-4}$$

式中 K ——相对误差。

相对误差一般化成分子为 1 的分数表示。

③ 中误差 若对某量等精度进行了 n 次观测，按式(1-3) 可计算出 n 个真误差 Δ_1 、

$\Delta_2, \dots, \Delta_n$ 。将各真误差的平方和的均值再开方即为中误差 m ，即

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (1-5)$$
$$[\Delta\Delta] = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2$$

式中 m ——观测值的中误差；

n ——观测次数。

④ 容许误差 亦称限差，在实际工作中，测量规范要求观测值中不容许存在较大的误差，故常以两倍或三倍的中误差作为最大容许值。在测量中以容许误差检验评定观测质量，并根据观测误差是否超出容许误差而决定观测成果的取舍。

1.3.2 测量误差产生的原因

通过测量实践可以发现，无论使用的测量仪器多么精密，观测多么仔细，对同一个量进行多次的观测，其结果总存在着差异。例如，对两点间的高差进行重复观测，测得的高差往往不相等而有差异；观测三角形三个内角，其和往往不等于理论值 180° 。这些现象之所以产生，是由于观测结果中存在着测量误差。

在测量中产生误差的原因一般有以下三个方面。

① 仪器、工具的影响 由于仪器或工具制造不够精密，校正不可能十分完善，从而使观测结果产生误差。

② 人的影响 观测人员的生理、习性，观测者感觉器官的鉴别能力有限、观测习惯各异。

③ 外界环境的影响 测量过程中外界自然环境，如温度、湿度、风力、阳光照射、大气折光、磁场等因素会给观测结果带来影响，而且外界条件随时发生变化，由此对观测结果的影响也随之变化。这必然会使观测结果带有误差。

仪器、人本身和外界环境这三方面是引起观测误差的主要因素，总称为“观测条件”。由上述可知，观测结果不可避免地含有测量误差。测量误差越小，则测量成果的精度越高。因此，在测量工作中，必须对测量误差进行研究，以便对不同性质的误差采取不同的措施，提高观测成果的质量，满足各类工程建设的需要。

1.3.3 测量误差的分类

真误差按其性质可分为系统误差和偶然误差两类。

(1) 系统误差

在相同的观测条件下，对某量进行一系列观测，如果观测误差的数值大小和正负号按一定的规律变化，或保持一个常数，这种误差称为系统误差。

系统误差有下列特点：

- i. 系统误差的大小（绝对值）为一常数或按一定规律变化；
- ii. 系统误差的符号（正、负）保持不变；
- iii. 系统误差具有累积性，即误差大小随单一观测值的倍数累积。

系统误差对测量结果的影响，可以通过分析找出规律，计算出某项系统误差的大小，然后对观测结果加以修正，或者用一定的观测程序和观测方法来消除系统误差的影响，把系统误差的影响尽量从观测结果中消除。

(2) 偶然误差

在相同的观测条件下，对某量进行一系列的观测，其观测误差的大小和符号都各不相同

同，且从表面上看没有一定的规律性，这种误差称为偶然误差。

偶然误差有下列特点：

- i. 在一定的观测条件下，偶然误差的绝对值不会超过一定的界限；
- ii. 绝对值大的误差比绝对值小的误差出现的概率要小；
- iii. 绝对值相等的正误差和负误差出现的概率相等；
- iv. 偶然误差的算术平均值，随着观测次数的无限增加而趋于零。

实践证明，偶然误差不能用计算修正或用一定的观测方法简单地加以消除，只能根据偶然误差的特性来改进观测方法并合理地处理数据，以减少偶然误差对测量成果的影响。

1.3.4 测量错误

测量过程中，有时由于人为的疏忽或措施不周可能出现错误。例如，读数错误，记录时误听、误记，计算时弄错符号、点错小数点等。

在一定的观测条件下，误差是不可避免的。而产生错误的主要原因是工作中的粗心大意造成的，显然，观测结果中不容许存在错误，并且，错误是可以避免的。

如何及时发现错误，并把它从观测结果中清除掉，除了测量人员加强工作责任感，认真细致地工作外，通常还要采取各种校核措施，防止产生观测错误，使在最终成果中发现并剔除它。

1.4 测量常用的计量单位

在测量中，常见有长度、面积和角度三种计量单位。

1.4.1 长度单位

国际通用长度单位为 m（米），中国规定采用米制。

$$1\text{m}=100\text{cm}(\text{厘米})=1000\text{mm}(\text{毫米})$$

$$1000\text{m}(\text{米})=1\text{km}(\text{公里})$$

1.4.2 面积单位

面积单位为 m^2 （平方米），大面积用 km^2 （平方公里）。

1.4.3 角度单位

测量上常用到的角度单位有三种：60 进位制的度，100 进位制的新度和弧度。

(1) 60 进位制的度

$$1 \text{ 圆周角}=360^\circ(\text{度})$$

$$1^\circ(\text{度})=60'(\text{分})$$

$$1'(\text{分})=60''(\text{秒})$$

(2) 100 进位制的新度

$$1 \text{ 圆周角}=400\text{g}(\text{新度})$$

$$1\text{g}(\text{新度})=100\text{c}(\text{新分})$$

$$1\text{c}(\text{新分})=100\text{cc}(\text{新秒})$$

(3) 弧度

角度按弧度计算等于弧长与半径之比。与半径相等的一段弧长所对的圆心角作为度量角

度的单位，称为 1 弧度，用 ρ 表示。按度分秒表示的弧度为

$$1 \text{ 圆周角} = 2\pi\rho \text{ (弧度)} = 360^\circ \text{ (度)}$$

$$\rho^\circ = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57.3^\circ \text{ (度)}$$

$$\rho' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' = 3438' \text{ (分)}$$

$$\rho'' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' \times 60'' = 206265'' \text{ (秒)}$$

1.5 计算中数字的凑整规则

测量计算过程中，一般都存在数值取位的凑整问题。由于数值取位的取舍而引起的误差称为凑整误差。为了尽量减弱凑整误差对测量结果的影响，避免凑整误差的累积，在计算中通常采用如下凑整规则。

若以保留数字的末位为单位，当其后被舍去的部分大于 0.5 时，则末位进 1；当其后被舍去的部分小于 0.5 时，则末位不变；当其后被舍去的部分等于 0.5 时，则末位凑成偶数，即末位为奇数时进 1，为偶数或零时末位不变（五前单进双不进）。

例如，将下列数据取舍到小数后三位。

$$3.141 \underline{59} \rightarrow 3.142$$

$$3.513 \underline{29} \rightarrow 3.513$$

$$9.750 \underline{50} \rightarrow 9.750$$

$$4.513 \underline{50} \rightarrow 4.514$$

$$2.854 \underline{500} \rightarrow 2.854$$

$$1.258 \underline{501} \rightarrow 1.259$$

上述的凑整规则对于被舍去的部分恰好等于五时凑成偶数的方法做了规定，其它情况与一般计算中的“四舍五入”规则基本相同。

阅读材料 高斯平面直角坐标

地理坐标是球面坐标，不便于直接进行各种计算。在小区域的范围内，可将大地水准面作水平面看待，使用平面直角坐标方便计算。在进行较大地区或全国范围的地形测量时，需将局部小地区的地形图拼接起来，形成统一坐标的地形图，这就需要将局部小地区的平面直角坐标的轴线和大地区球面坐标轴线统一连接起来。高斯平面直角坐标就可以满足这种要求，它是我国采用的国家平面直角坐标系。

如图 1-6 所示，设想将地球的参考椭球体沿子午线划分成经度差为 6° （或 3° ）的瓜瓣形地带，称为高斯投影带。高斯投影的 6° 带是自首子午线起每隔 6° 为一带，自西向东依次编为第 1、2、……、60 带。位于每个带中央的子午线称为中央子午线，其经度相应为 3° 、 9° ……。位于各带边上的子午线称为分带子午线。

投影时每带独立进行，将投影平面与中央子午线相切，按中央子午线投影为直线且长度不变形、赤道投影为直线的条件进行投影。投影后，展开投影面，即高斯投影面。在高斯平面上，除中央子午线与赤道的投影构成两条相互垂直的直线外 [图 1-7(a)]，其余子午线均为对称于中央子午线的曲线，而且距离中央子午线越远，长度变形越大，

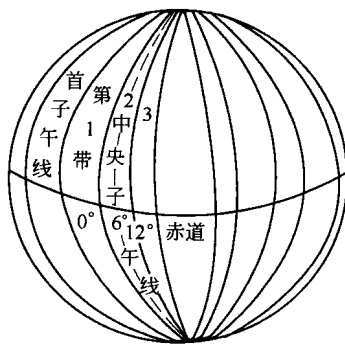


图 1-6 地球分带

如分带子午线的变形就大于带内其它的子午线。为了控制变形，满足大比例尺测图和精密测量的需要，也可采用 3°带。3°带是从东经 1.5°开始，自西向东每隔 3°为一带，带号依次编为 1~120。

采用分带投影后，取各带的中央子午线为 x 轴（纵轴），赤道为 y 轴（横轴），其交点为原点，则组成了高斯平面直角坐标系，如图 1-7(a) 所示。将高斯平面直角坐标系的 6°带一个个拼接起来，即为图 1-8 的图形。

中国位于北半球，所以 x 坐标均为正值。为了避免 y 坐标出现负值，将坐标原点向西移 500km，例如，图 1-7(b) 中 A 点横坐标为 $y_A=+154687\text{m}$ ，B 点的横坐标为 $y_B=-76882\text{m}$ ，坐标原点西移后，A 点横坐标为 $y_A=500000\text{m}+154687\text{m}=654687\text{m}$ ，B 点的横坐标为 $y_B=500000\text{m}-76882\text{m}=423118\text{m}$ 。为了能从点的坐标知道它属于哪一带，在点的横坐标前要冠以带号。如 $y_A=20654687\text{m}$ ， $y_B=20423118\text{m}$ ，其中 20 是带号。

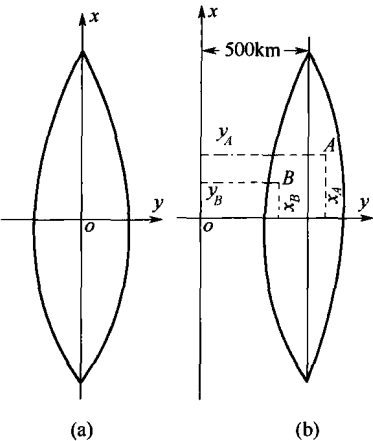


图 1-7 高斯平面直角坐标系

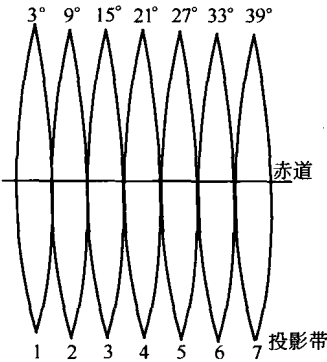


图 1-8 高斯投影

小 结

(1) 定义

测量学是一门研究地球表面的形状和大小、确定地面点之间相对位置的科学。

(2) 建筑工程测量的主要任务

阶段	任务	内 容
勘测	测图	地形图
设计	用图	地形图的综合应用
施工	放样	定位、放线、变形观测

(3) 基准面

名 称	定 义	性 质	用 途
水准面	自由平静的水面	处处与重力方向线正交	作假定高程的起算面
大地水准面	自由平静的平均海水面	同上	能代表地球形状和大小,作高程基准面
高程基准面	地面点高程的起算面	随选择的面不同而异	作高程计算的零点
参考椭球面	以椭圆绕其短轴旋转的球面	处处与法线正交	充当地球的数学模型,作测量数据处理基准面

(4) 坐标轴系

名 称	定 义	方 式	用 途
地理坐标	用经纬度表示地面点位的球面坐标	首子午面向东、向西 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 为东经、西经；由赤道面向北向南 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 为北纬、南纬	适用于全球性的球面坐标系；确定点的绝对位置
平面直角坐标	用平面上的长度值表示地面点位的直角坐标	以南北方向纵轴为 x 轴，自坐标原点向北为正，向南为负。以东西方向横轴为 y 轴，自坐标原点向东为正，向西为负。象限按顺时针编号	适用于小范围的平面直角坐标系；确定点的相对位置

(5) 高程

① 绝对高程 地面上任意一点到大地水准面的铅垂距离，称为该点的绝对高程，简称高程。

② 相对高程 地面点到假定水准面的铅垂距离称为该点的相对高程。

③ 建筑标高 建筑物各部位的高程以 ± 0.00 作为高程起算面的相对高程，称为建筑标高。

④ 高差 两个地面点之间的高程之差称为高差。

(6) 误差

① 误差 在测量工作中，对某量的观测值与该量的真值间存在的差异，这个差异称为误差。

② 产生误差的原因 仪器、工具的影响；人的影响；外界环境的影响。

③ 绝对误差 不考虑被观测量自身的大小，只描述该量观测值与真值之差大小的误差称为绝对误差。

④ 相对误差 对某量观测的绝对误差与该量的真值（或近似值）之比称为相对误差。

⑤ 中误差 若对某量等精度进行了 n 次观测，可计算出 n 个真误差，将各真误差的平方和的均值再开方即为中误差 m ，用下式表示，即

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}$$

⑥ 容许误差 容许误差亦称限差，是《测量规范》规定的误差最大容许值。

⑦ 系统误差 在相同的观测条件下，对某量进行一系列观测，如果观测误差的数值大小和正负号按一定的规律变化，或保持一个常数，这种误差称为系统误差。

⑧ 偶然误差 在相同的观测条件下，对某量进行一系列的观测，其观测误差的大小和符号都各不相同，且从表面上看没有一定的规律性，这种误差称为偶然误差。

思 考 题

1. 建筑工程测量的主要任务是什么？
2. 测量的基准面有哪些？各有什么用途？
3. 什么叫绝对高程、相对高程、建筑标高和高差？
4. 试述测量平面直角坐标系统与数学上的直角坐标系统的异同点。
5. 误差的产生原因、表示方法及其分类是什么？
6. 试述弧度与角度的关系。

习 题

1. 根据“1956年黄海高程系统”计算A点高程为38.135m，B点高程为17.423m。若改用“1985年国家高程基准”，这两点的高程应是多少？
2. 某建筑物，其室外地面建筑标高-1.200m，屋顶建筑标高为+24.000m，而首层±0.000的绝对高程为424.135m，试问室外地面和屋顶的绝对高程各为多少？
3. 已知 $H_A = 63.105\text{m}$ ， $H_B = 71.563\text{m}$ ，求 h_{AB} 和 h_{BA} 。
4. 已知一直角三角形的两直角边分别为87.123m和0.055m，问该直角三角形的锐角是多少？
5. 试计算 32.135×87.623 的值，保留数字到小数点后二位。