

建筑工程测量

主编 于银霞 张苏俊



南京大学出版社

建设工程测量

主编 于银霞 张苏俊
参编 王智超 姜献东 张仕立

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量 / 于银霞, 张苏俊主编. —南京:
南京大学出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-305-13690-0

I. ①建… II. ①于… ②张… III. ①建筑测量—高
等学校—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 178571 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093
出 版 人 金鑫荣
书 名 建筑工程测量
主 编 于银霞 张苏俊
责任编辑 陈兰兰 裴维维 编辑热线 025-83592123

照 排 江苏南大印刷厂
印 刷 赣榆县赣中印刷有限公司
开 本 787×1 092 1/16 印张 14.25 字数 346 千
版 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-13690-0
定 价 30.00 元

网 址: <http://www.njupco.com>
官方微博: <http://weibo.com/njupco>
官方微信号: njupress
销售咨询热线: (025)83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

目前很多测量教材多以水准仪、经纬仪、钢尺为基础,传统测量技术所占比例较大,新测量技术只是概括介绍,脱离工程实际,学生学到的知识过于老化,跟不上时代的步伐,学生走上工作岗位后从事的测量工作与教学内容差别很大。

传统学科体系的教学单元尽管也是以完整的工作过程组织教学,但与专业的联系不强,固不可取;因施工测量是穿插在工程项目的各个阶段中进行的,连续性不强,并且测量任务不会完全相同,无范例性,若以不同结构形式、不同类型的建筑产品为载体设置学习情境,也不可取。学习情境的设计和开发要符合专业特征,而建筑工程是由不同的分部工程组成,故设置教材教学单元时以施工的不同阶段和分部工程为单元,以完整的测量任务为载体构建,较为合理。

本教材将测量理论和测量应用相互穿插,按施工过程中不同的施工测量任务为载体构建施工现场高程引测、控制点布置及施测、建筑物定位放线测量、基槽开挖线放样和基底抄平、主体工程轴线投测和高程传递、构件安装测量和工业建筑施工测量、沉降和变形观测、建筑总平面图测绘与竣工测量八个教学情境单元,并按这八个教学情境单元编写教材。

本书为江苏省示范校重点建设专业、江苏省重点建设专业群建设内容。编者在编写过程中参考了大量文献资料,在此谨向这些文献的作者表示衷心感谢。

由于编者的水平所限,在编写过程中难免会有错误或不妥之处,恭请读者批评指正。



目 录

课程引入	1
0.1 建筑工程测量的任务	1
0.1.1 测量学定义	1
0.1.2 建筑工程测量的任务	1
0.2 地面点位的确定	2
0.2.1 地球的形状和大小	2
0.2.2 地面点位的确定	3
0.2.3 用水平面代替水准面的限度	7
0.3 测量工作概述	7
0.3.1 测量的基本工作	7
0.3.2 测量工作的基本原则	8
0.3.3 测量工作的基本要求	9
0.4 测量误差的基本知识	9
0.4.1 测量误差及其表示方法	9
0.4.2 测量误差产生的原因	10
0.4.3 测量误差的分类	10
0.4.4 误差传播定律	11
思考题	14
学习情境1 施工现场高程引测	15
1.1 水准测量原理	15
1.1.1 水准测量原理	15
1.1.2 计算未知点高程	15
1.2 水准测量的仪器和工具	16
1.2.1 DS ₃ 微倾式水准仪的构造	17
1.2.2 水准尺和尺垫	19
1.3 水准仪的使用	20
1.3.1 安置仪器	20

1.3.2	粗略整平	20
1.3.3	瞄准水准尺	20
1.3.4	精确整平	20
1.3.5	读数	21
1.4	水准测量的方法	21
1.4.1	水准点	21
1.4.2	水准路线及成果检校	22
1.4.3	水准测量的施测方法	23
1.4.4	水准测量的等级及主要技术要求	25
1.4.5	三、四等水准测量	26
1.5	水准测量的成果计算	28
1.5.1	附合水准路线的计算	28
1.5.2	闭合水准路线成果计算	31
1.5.3	支线水准路线的计算	31
1.6	微倾式水准仪的检验与校正	31
1.6.1	水准仪应满足的几何条件	31
1.6.2	水准仪的检验与校正	32
1.7	水准测量误差与注意事项	34
1.8	精密水准仪、自动安平水准仪和电子水准仪	34
1.8.1	精密水准仪	34
1.8.2	自动安平水准仪	35
1.8.3	电子水准仪	36
	思考题	36
学习情境2 控制点布置与施测		38
2.1	角度测量与测设	38
2.1.1	水平角和竖直角测量原理	38
2.1.2	光学经纬仪和角度测量工具	39
2.1.3	经纬仪的使用	43
2.1.4	水平角测量	44
2.1.5	光学经纬仪的检验和校正	48
2.1.6	角度测量的误差及注意事项	52
2.1.7	电子经纬仪	54
2.1.8	角度的测设	57

2.1.9 全站仪角度测量	57
2.2 距离测量与测设	62
2.2.1 钢尺量距	62
2.2.2 光电测距仪	66
2.2.3 直线定向	72
2.3 施工控制测量	74
2.3.1 控制测量概述	74
2.3.2 导线测量	77
2.3.3 建筑基线和建筑方格网	88
思考题	91
学习情境3 建筑物定位放线测量	94
3.1 点的平面位置的测设	94
3.1.1 直角坐标法	94
3.1.2 极坐标法	95
3.1.3 角度交会法	96
3.1.4 距离交会法	96
3.2 建筑施工测量定位	97
3.2.1 施工测量前的准备工作	97
3.2.2 建筑物的定位	99
3.2.3 定位测量中的注意事项	101
3.2.4 工程测量记录	101
3.3 建筑施工测量放线	102
3.3.1 测设建筑物定位轴线交点桩	102
3.3.2 引测轴线	102
3.3.3 民用建筑定位放线的检验测量	103
3.3.4 施工测量放线报验表	104
3.4 全站仪点位测设	104
3.4.1 放样步骤	104
3.4.2 准备工作	104
3.4.3 实施放样	109
3.4.4 设置新点	111
3.4.5 查阅坐标数据	116
思考题	116

学习情境 4 基槽开挖线放样和基底抄平	117
4.1 多层建筑基础施工测量	117
4.1.1 基槽开挖边线放线	117
4.1.2 基槽开挖深度控制	117
4.1.3 基槽抄平	119
4.1.4 基础垫层中线的投测	119
4.1.5 垫层面标高的测设	119
4.1.6 基础墙标高的控制	119
4.1.7 基础面标高的检查	120
4.2 高层建筑桩位放样与基坑标定	120
4.2.1 高层建筑施工测量的特点	120
4.2.2 桩位放样	121
4.2.3 建筑物基坑标定	121
4.3 高层建筑基础施工测量	122
4.3.1 基础放线	122
4.3.2 基础标高控制(± 0.000 以下标高控制)	122
4.3.3 基础验线	122
思考题	123
学习情境 5 主体工程轴线投测和高程传递	124
5.1 多层民用建筑墙体施工测量	124
5.1.1 防潮层抄平与墙体定位	124
5.1.2 墙体各部位标高控制	124
5.1.3 墙体高程的抄平工作	125
5.2 多层民用建筑物轴线投测及高程传递	125
5.2.1 建筑物的轴线投测	125
5.2.2 建筑物的高程传递	126
5.3 高层建筑物轴线投测	126
5.3.1 外控法	127
5.3.2 内控法	129
5.3.3 注意事项	131
5.4 高层建筑物高程传递	132
5.4.1 钢尺测量法	132
5.4.2 水准仪配合钢尺法	132
5.4.3 全站仪天顶测距法	133
5.4.4 注意事项	133

思考题	134
学习情境 6 构件安装测量和工业建筑施工测量	135
6.1 工业建筑控制网及柱列轴线放样	135
6.1.1 概述	135
6.1.2 厂房矩形控制网测设	135
6.1.3 厂房柱列轴线测设	136
6.2 厂房基础施工测量	136
6.2.1 柱基定位和放线	136
6.2.2 基坑抄平	137
6.2.3 基础模板定位	137
6.2.4 杯口中线投点与抄平	137
6.2.5 工业建筑定位放线的检验测量	138
6.2.6 设备基础的定位程序	139
6.3 柱的施工测量	139
6.3.1 现浇混凝土柱子的施工测量	139
6.3.2 预制柱的安装测量	140
6.4 吊车梁施工测量	142
6.4.1 吊车梁安装前的准备工作	143
6.4.2 吊车梁的安装测量	143
6.5 屋架安装测量	144
6.5.1 屋架安装测量	144
6.5.2 刚架安装测量	146
思考题	147
学习情境 7 沉降和变形观测	148
7.1 变形测量概述	148
7.2 建筑物的沉降观测	148
7.2.1 水准基点的布设	149
7.2.2 沉降观测点的布设	149
7.2.3 沉降观测	150
7.2.4 沉降观测的成果整理	151
7.3 建筑物的倾斜观测	152
7.3.1 一般建筑物主体的倾斜观测	152
7.3.2 圆形建(构)筑物主体的倾斜观测	153
7.4 建筑物的裂缝观测与位移观测	154

7.4.1 裂缝观测	154
7.4.2 建筑物位移观测	155
思考题	156
学习情境 8 建筑总平面图测绘与竣工测量	157
8.1 视距测量和三角高程测量	157
8.1.1 垂直角的测量方法	157
8.1.2 视距测量	162
8.1.3 三角高程测量	165
8.2 地形图测绘	167
8.2.1 地形图的基本知识	167
8.2.2 地形图的测绘	178
8.2.3 地形图的拼接、检查与整饰	182
8.2.4 地形图的应用	184
8.3 竣工测量	187
8.3.1 编制竣工总平面图的目的	187
8.3.2 竣工测量	187
8.3.3 竣工总平面图的编绘	188
思考题	189
测量实验	190
实习一 水准仪的安置与读数	192
实习二 等外闭合水准路线测量	194
实习三 水准仪检校	197
实习四 经纬仪的安置与使用	199
实习五 水平角测量	201
实习六 经纬仪的检验	203
实习七 直角坐标法测设平面点位	205
实习八 用水准仪进行高程测设	207
实习九 视距测量	209
实习十 全站仪的认识与使用	211
主要参考文献	215



课程引入

0.1 建筑工程测量的任务

0.1.1 测量学定义

测量学是研究如何量测地球和地球局部区域的形状、大小和地表面各种物体的几何形状及其空间位置,并把量测的结果用数据和图形表示出来的一门学科。

它的内容包括测定和测设两部分。测定是指通过各种测量工作,把地球表面的形状和大小按一定比例缩小绘制成地形图,或是得到相应的数字信息,并在国民经济建设的规划、设计、管理和科学研究中使用。测设则是指把图纸上设计完成的建构筑物的位置在实地上标定出来,以便进行施工。

测量学有许多分支学科,它们是:大地测量学、地形测量学、摄影测量学(航空摄影测量学、地面摄影测量学、水下摄影测量学和航天摄影测量学等)、海洋测量学、工程测量学、矿山测量学、制图学等。随着遥感(RS)、全球卫星定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)等新技术的不断迅速发展,新的测量分支学科也将不断涌现。

0.1.2 建筑工程测量的任务

建筑工程测量是测量学的一个组成部分。它是研究建筑工程在勘测设计、施工和运营管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。它的主要任务是:

1. 测绘大比例尺地形图

把将要进行工程建设的地区的各种地物(如房屋、道路、铁路、森林植被与河流等)和地貌(地面的高低起伏,如山头、丘陵与平原等)通过外业实际观测和内业数据计算整理,按一定的比例尺绘制成各种地形图、断面图,或用数字模型表示出来,从而为工程建设的各个阶段提供必要的图纸和数据资料。

2. 建筑物的施工测量

将图纸上设计好的建(构)筑物,按照设计与施工的具体要求在实地标定出来,作为施工的依据。另外,在建筑物施工和设备的安装过程中,也要进行各种测量工作,以配合和指导施工,确保施工和安装的质量。

3. 绘制竣工总平面图

在工程竣工后,必须对建(构)筑物、各种生产生活管道等设施,特别是对隐蔽工程的平面位置和高程位置进行竣工测量,绘制竣工总平面图,为建(构)筑物交付使用前的验收及以后的改建、扩建和使用中的检修提供必要资料。

4. 建筑物的变形观测

在建筑物施工和使用阶段,为了监测其基础和结构的安全稳定状况,了解设计施工是否合理,必须定期对其位移、沉降、倾斜及摆动进行观测,为工程质量的鉴定、工程结构和地基基础的研究及建筑物的安全保护等提供资料。

测量工作贯穿于工程建设的整个过程,测量工作的质量直接关系到工程建设的速度和质量。所以,每一位从事工程建设的人员,都必须掌握必要的测量知识和技能。

0.2 地面点位的确定

0.2.1 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的,其基本任务是地面点位置的确定。点是地球表面上形成地物和地貌最基本的单元,合理地选择一些地面点,对其进行测量,就能把地物和地貌准确地表达出来,因此测量工作中最基本的工作就是地面点位的确定。

为了确定地面点位,就需要相应的基准面和基准线作为依据。测量工作是在地球表面进行的,那么测量工作的基准面和基准线就和地球的形状、大小有关。

地球的自然表面是很不规则的,其上有高山、深谷、丘陵、平原、江湖、海洋等,最高的珠穆朗玛峰高出海平面 8844.43 m,最深的太平洋马里亚纳海沟低于海平面 11 022 m,其相对高差不足 20 km,与地球的平均半径 6371 km 相比,是微不足道的,就整个地球表面而言,陆地面积仅占 29%,而海洋面积则占 71%。因此人们把海水包围的地球形体看做地球的形状。

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形成的,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面,并且是重力场的等位面。与水准面相切的平面称为水平面。水平面可高可低,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。通常用大地体来代表地球的真实形状和大小。研究地球形状和大小,就是研究大地水准面的形状和大地体的大小。

地球内部质量分布不均匀,致使大地水准面成为一个有微小起伏的复杂曲面,如图 0-1(a)所示。选用地球椭球体来代替地球总的形状。地球椭球体是由椭圆 NWSE 绕其短轴 NS 旋转而成的,又称旋转椭球体,如图 0-1(b)所示。

旋转椭球体的形状和大小由椭球基本元素确定,即

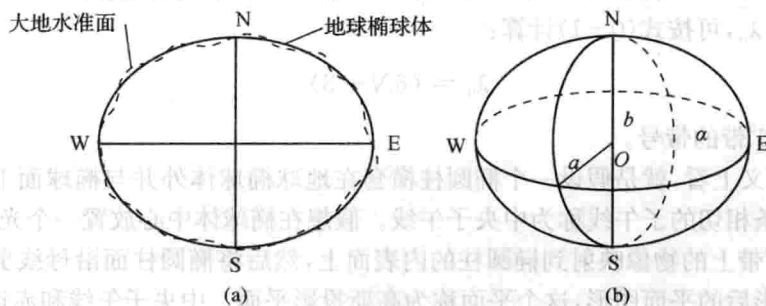


图 0-1 大地水准面与地球椭球体

(a) 大地水准面 (b) 地球椭球体

长半轴: $a = 6378.140 \text{ km}$;短半轴: $b = 6356.755 \text{ km}$;扁率: $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。

我国 1954 年北京坐标系采用的是克拉索夫斯基椭球, 1980 年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。

水准面的特性是处处与铅垂线垂直。大地水准面和铅垂线就是实际测量工作所依据的面和线。

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)球看做圆球, 其半径 $R = 6371 \text{ km}$ 。当测区范围更小时还可以把地球表面看做平面, 使计算工作更为简单。

0.2.2 地面点位的确定

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大地水准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。投影位置是在投影面内建立相应的坐标系, 由两个坐标值来实现; 点沿投影方向到大地水准面的距离通过高程来实现。

1. 地面点在大地水准面上的投影位置

地面点在大地水准面上的投影位置, 可用地理坐标和平面直角坐标表示。

(1) 地理坐标是用经度 λ 和纬度 φ 表示地面点在大地水准面上的投影位置, 由于地理坐标是球面坐标, 不便于直接进行各种计算。

(2) 高斯平面直角坐标

利用高斯投影法建立的平面直角坐标系, 称为高斯平面直角坐标系。在广大区域内确定点的平面位置, 一般采用高斯平面直角坐标。

目前我国采用的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圆柱投影。高斯投影法是将地球划分成若干带, 然后将每带投影到平面上。

如图 0-2 所示, 投影带是从首子午线起, 每隔经度 6° 划分一带, 称为 6° 带, 将整个地球划分成 60 个带。带号从首子午线起自西向东编, $0 \sim 6^\circ$ 为第 1 号带, $6 \sim 12^\circ$ 为第 2 号带等。

位于各带中央的子午线,称为中央子午线,第 1 号带中央子午线的经度为 3° ,任意号带中央子午线的经度 λ_0 ,可按式(0-1)计算:

$$\lambda_0 = (6N - 3)^\circ \tag{0-1}$$

式中 N —— 6° 带的带号。

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 6° 带上的物像映射到椭圆柱的内表面上,然后将椭圆柱面沿母线剪开并展成平面,即获得投影后的平面图形,这个平面称为高斯投影平面。中央子午线和赤道的投影是两条互相垂直的直线。如图 0-3 所示。



图 0-2 高斯平面直角坐标的分带

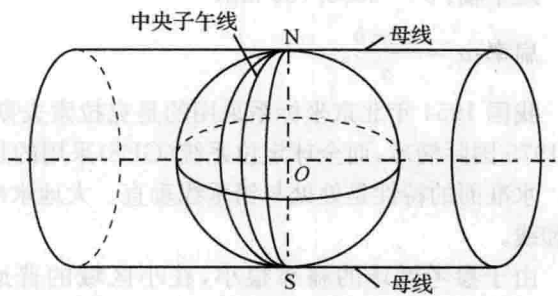


图 0-3 高斯平面直角坐标的投影

当要求投影变形更小时,可采用 3° 带投影。如图 0-4 所示, 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始,每隔经度 3° 划分一带,将整个地球划分成 120 个带。

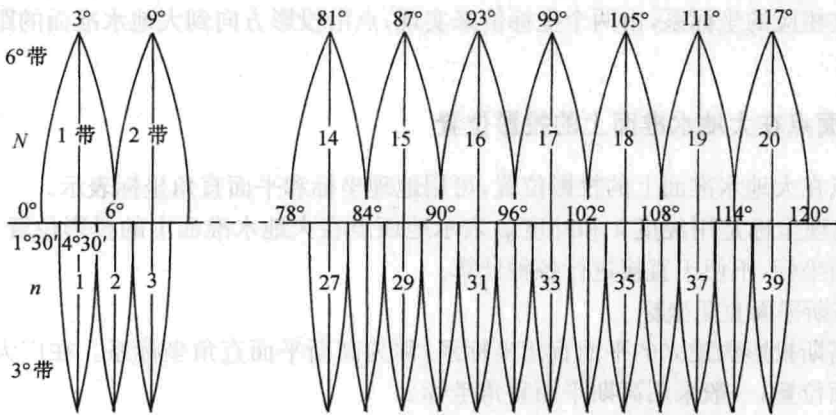


图 0-4 高斯平面直角坐标系 6° 带投影与 3° 带投影的关系

规定：中央子午线的投影为高斯平面直角坐标系的纵轴 x ，向北为正；赤道的投影为高斯平面直角坐标系的横轴 y ，向东为正；两坐标轴的交点为坐标原点 O 。由此建立高斯平面直角坐标系，如图 0-5 所示。

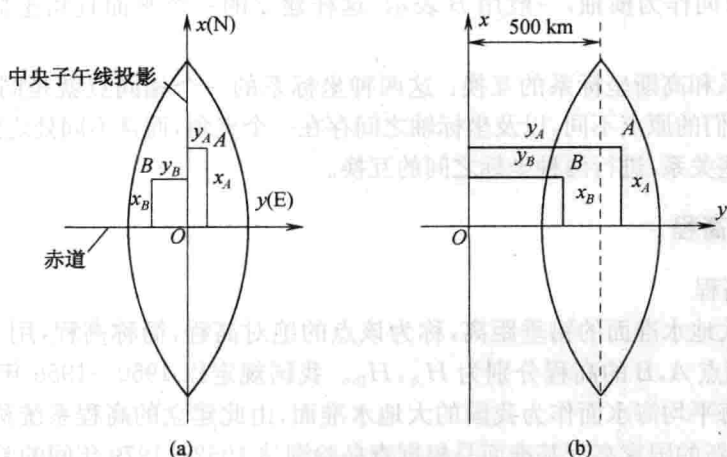


图 0-5 高斯平面直角坐标

(a) 坐标原点西移前的高斯平面直角坐标 (b) 坐标原点西移后的高斯平面直角坐标

地面点的平面位置，可用高斯平面直角坐标 x, y 来表示。由于我国位于北半球， x 坐标均为正值， y 坐标则有正有负，如图 0-5(a) 所示， A, B 两点的自然坐标为 $y_A = +124\,350\text{ m}$, $y_B = -223\,650\text{ m}$ 。为了避免 y 坐标出现负值，将每带的坐标原点向西移 500 km，如图 0-5(b) 所示，纵轴西移后， $y_A = 624\,350\text{ m}$, $y_B = 276\,350\text{ m}$ 。

为了便于区分某点处投影带的位置，规定在横坐标值前冠以投影带带号。如 A, B 两点均位于第 17 号带，则 $y_A = 17\,624\,350\text{ m}$, $y_B = 17\,276\,350\text{ m}$ 。

(3) 独立平面直角坐标

当测区范围较小时，可以用测区中心点 A 的水平面来代替大地水准面，如图 0-6 所示。在这个平面上建立的测区平面直角坐标系，称为独立平面直角坐标系。在局部区域内确定点的平面位置，可以采用独立平面直角坐标。

如图 0-6 所示，在独立平面直角坐标系中，规定南北方向为纵坐标轴，记做 x 轴， x 轴向北为正，向南为负；以东西方向为横坐标轴，记做 y 轴， y 轴向东为正，向西为负；坐标原点 O 一般选在测区的西南角，使测区内各点的 x, y 坐标均为正值；坐标象限按顺时针方向编号，如图 0-7 所示，其目的是便于将数学中的公式直接应用到测量计算中，而不需作任何变更。

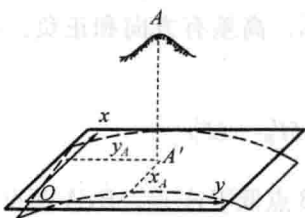


图 0-6 独立平面直角坐标系

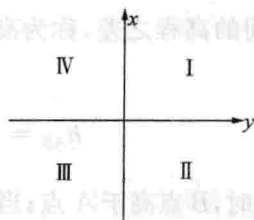


图 0-7 坐标象限

(4) 建筑坐标系

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,不同的是它们的原点不同,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,进行两种坐标之间的互换。

2. 地面点高程

(1) 绝对高程

地面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 H 表示。如图 0-8 所示,地面点 A, B 的高程分别为 H_A, H_B 。我国规定以 1950—1956 年间青岛验潮站多年记录的黄海平均海面作为我国的大地水准面,由此建立的高程系统称为“1956 年黄海高程系统”。新的国家高程基准面是根据青岛验潮站 1952—1979 年间的验潮资料计算确定的,依此基准面建立的高程系统称为“1985 国家高程基准”。目前,我国采用的是“1985 国家高程基准”,在青岛建立了国家水准原点,其高程为 72.260 m。

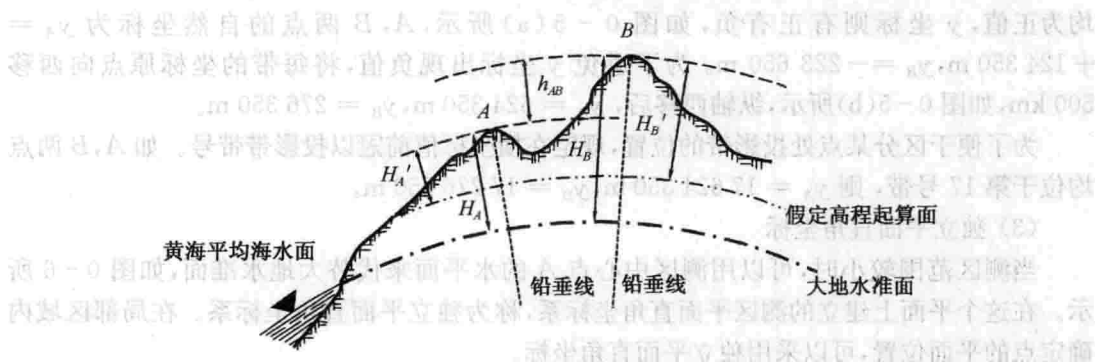


图 0-8 高程和高差

(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或假定高程。如图 0-8 中, A, B 两点的相对高程为 H'_A, H'_B 。

(3) 高差

地面两点间的高程之差,称为高差,用 h 表示。高差有方向和正负。 A, B 两点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (0-2)$$

当 h_{AB} 为正时, B 点高于 A 点;当 h_{AB} 为负时, B 点低于 A 点。 B, A 两点的高差为

$$h_{BA} = H_A - H_B = H'_A - H'_B \quad (0-3)$$

A, B 两点的高差与 B, A 两点的高差, 绝对值相等, 符号相反。高差有正有负, 并用下标注明其方向。两点间的高差与高程起算面无关。在土木建筑工程中, 又将绝对高程和相对高程统称为标高。

0.2.3 用水平面代替水准面的限度

前面我们讲到, 当测区范围较小时, 可以将大地水准面近似地用水平面来代替, 以便简化测量技术工作。这里我们就要讨论一下这个“较小”要小到什么样的程度时, 才可以用平面来代替曲面, 当然这种用平面代替曲面产生的误差必须在允许范围内。

1. 平面代替曲面产生的距离误差

研究计算表明, 当距离 D 为 10 km 时, 产生的相对误差为 $1:1\,220\,000$, 小于目前最精密的距离测量误差 $1:1\,000\,000$ 。由此, 对距离测量来说, 我们就把 10 km 半径的范围作为水平面代替曲面的限度。

2. 平面代替曲面产生的高程误差

通过测算发现, 用水平面代替曲面, 对高程的影响是很大的, 当距离为 200 m 时, 就有 3 mm 的误差, 所以, 高程的起算不能用切平面来代替, 应使用大地水准面。如果我们的测区里面没有国家高程控制点, 可采用通过测区内某点的水准面作为起算面, 也就是说可采用相对高程来对测区进行测量。

0.3 测量工作概述

0.3.1 测量的基本工作

测量的基本工作是: 高差测量、水平角测量、水平距离测量。

1. 平面直角坐标的测定

如图 0-9 所示, 设 A, B 为已知坐标点, P 为待定点。首先测出了水平角 β 和水平距离 D_{AP} , 再根据 A, B 的坐标, 即可推算出 P 点的坐标。

测定地面点平面直角坐标的主要测量工作是测量水平角和水平距离。

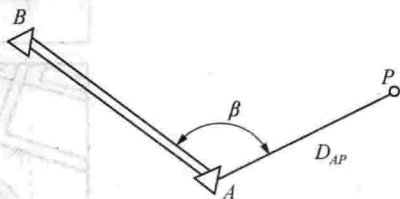


图 0-9 平面直角坐标的测定

2. 高程的测定

测定地面点高程的主要测量工作是测量高差。

如图 0-10 所示, 设 A 为已知高程点, P 为待定点。根据式(0-2)得

$$H_P = H_A + h_{AP} \quad (0-4)$$

只要测出 A, P 之间的高差 h_{AP} , 利用式(0-4), 即可算出 P 点的高程。