

■ 住房和城乡建设领域职业培训教材

Job Training Textbooks of Housing and Urban-Rural Development Field

测量员

(第二版)

◆ 巩晓东 白会人 主编 ◆

核心
【要点】

根据新规范

细节
【解释】

学习新技术

发散
【相关知识】

掌握新工艺



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国计量大学 计量学院 计量工程研究所

China University of Metrology | College of Metrology | Research Institute of Metrology Engineering

测量员

（第三版）

• 国家职业技能鉴定教材 •

主编
王 强

副主编
王 强

副主编
王 强

中国计量大学 计量学院 计量工程研究所

中国计量大学 计量学院 计量工程研究所

中国计量大学 计量学院 计量工程研究所

中国计量大学 计量学院 计量工程研究所

住房和城乡建设领域职业培训教材

测 量 员

(第二版)

本书主编 巩晓东 白会人

本书编写委员会

(按姓氏笔画排序)

上官子昌 王 健 王洪德 白会人

白 雅 君 巩晓东 吴 彦 杨 伟

苏 永 清 周 梅 林志伟 高永新

曹 启 坤 戴成元



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目 (CIP) 数据

测量员 / 巩晓东, 白会人主编. —2 版. —武汉: 华中科技大学出版社, 2014. 10

(住房和城乡建设领域职业培训教材)

ISBN 978-7-5680-0369-8

I. ①测… II. ①巩… ②白… III. ①建筑测量-职业培训-教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 187156 号

住房和城乡建设领域职业培训教材
测量员 (第二版)

巩晓东 白会人 主编

出版发行: 华中科技大学出版社 (中国·武汉)

地 址: 武汉市武昌珞喻路 1037 号 (邮编: 430074)

出 版 人: 阮海洪

责任编辑: 刘之南

责任校对: 宁振鹏

责任监印: 秦 英

装帧设计: 王亚平

录 排: 北京泽尔文化

印 刷: 北京润田金辉印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 14.5

字 数: 362 千字

版 次: 2014 年 10 月第 2 版第 2 次印刷

定 价: 35.00 元



投稿热线: (010) 64155588-8031

本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

内容提要

本书在第一版的基础上，章节略做改动，本书共分为 11 章，分别为概述、建筑工程图的基本知识、水准仪及高程测量、角度观测与经纬仪、距离丈量和直线定向、全站仪及 GPS、小地区控制测量、地形图测绘、建筑施工测量、工程建（构）筑物的变形测量、建筑施工测量工作的管理及实训。

本书可作为建筑施工企业专业管理人员岗位资格培训教材，也可供工业与民用建筑、土建类高、中级职业技术教育教学及建筑施工技术人员参考。

前 言

近年来,我国建筑业发展很快,城镇建设规模日益扩大,建筑施工队伍人员不断增加,建筑工程基层施工组织中的测量员肩负重要的职责。工程项目能否高质量、按期完成,施工现场的基层业务管理人员是最终决定因素,测量员又是其中非常重要的角色,是施工项目能否有序、高效、高质量完成的关键。我国目前从事建筑测量施工的技术力量尚且不足,迫切需要培养建筑测量施工技术管理人才。本书根据建筑施工企业的特点,针对测量员岗位人员实际工作需要编写,注重理论和实践结合,具有适用性、指导性和针对性。

全书共分 11 章,分别为概述、建筑工程图基础知识、水准仪及高程测量、角度观测与经纬仪、距离丈量和直线定向、全站仪及 GPS、小地区控制测量、地形图测绘、建筑施工测量、工程建(构)筑物的变形测量、测量技术管理。

本书自 2009 年出版以来深受广大读者的欢迎,对提高测量员素质和工作水平起到了较好的作用。编者以多年的施工一线经验,对建筑工程测量知识进行了重新组织,参照了各种相关的最新规范,对本书进行了修订,供读者参阅。

由于目前建筑测量施工技术发展迅速,编者的经验和学识有限,加之时间仓促,内容难免有疏漏或未尽之处,敬请专家和读者批评指正。

编者

2014 年 7 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 测量仪器保养	1
1.2 地面点位的确定	4
1.3 测量工作	9
1.4 施工测量	10
1.5 测量误差基础知识	13
第 2 章 建筑工程图的基本知识	20
2.1 建筑施工图的识读	20
2.2 结构施工图的识读	23
2.3 图纸会审主要内容	27
第 3 章 水准仪及高程测量	28
3.1 水准测量的原理	28
3.2 水准测量的方法和记录	34
3.3 水准测量的精度要求和校核方法	40
3.4 精密水准仪的基本性能、构造和用法	45
3.5 自动安平水准仪	49
第 4 章 角度观测与经纬仪	52
4.1 角度测量原理	52
4.2 光学经纬仪的构造与读数	53
4.3 经纬仪	57
4.4 水平角测量的方法	64
4.5 角度测量误差分析	68
第 5 章 距离丈量和直线定向	72
5.1 钢尺量距	72
5.2 视距测量	76
5.3 直线定向	81
5.4 光电测距仪及其使用	85
第 6 章 全站仪及 GPS	89
6.1 全站仪的概述	89
6.2 GPS 全球卫星定位系统在工程测量中的应用	93
第 7 章 小地区控制测量	100
7.1 控制测量概述	100
7.2 导线测量的外业工作	105

7.3	导线测量的内业计算	109
7.4	交会定点测量	116
7.5	高程控制测量	119
第8章	地形图测绘	125
8.1	平板仪的构造及使用方法	125
8.2	地形图的绘制	128
8.3	现代数字化测图技术	133
第9章	建筑施工测量	137
9.1	测设的基本工作	137
9.2	测设点位的基本方法	140
9.3	建筑施工场地的控制测量	144
9.4	民用建筑施工测量	149
9.5	高层建筑的施工测量	156
9.6	工业建筑定位放线测量	160
9.7	特殊建筑物测量	168
第10章	工程建(构)筑物的变形测量	170
10.1	观测点的设置	170
10.2	沉降观测	177
10.3	倾斜观测	181
10.4	水平位移观测	184
10.5	建筑物的挠度和裂缝的观测	186
10.6	日照和风振变形测量	188
第11章	建筑施工测量工作的管理	191
11.1	施工测量技术质量管理	191
11.2	建筑施工测量技术资料管理	195
11.3	建筑工程施工测量安全管理	197
11.4	竣工总平面图及竣工图的编绘	199
实训一	水准路线测量	204
实训二	经纬仪的认识及水平角测量	206
实训三	视距测量	209
实训四	工程坐标系的建立	210
实训五	民用建筑物定位测量	211
实训六	控制测量综合实训	212
参考文献		223

第 1 章 概 述

1.1 测量仪器保养

【要 点】

随着国民经济的不断发展,施工技术水平、精度要求及施工机械化、自动化程度提高,对测量工作也有新的要求。作为一名测量人员,不仅要掌握测量仪器,还应熟悉如何保养测量仪器。

【解 释】



测量仪器的检定和维修

仪器的定期检定应按照《监视和测量装置的控制程序》中的有关规定执行。检定和正常维修费用均由仪器使用单位承担。在仪器检定后的 10 个月之内,应将属于固定资产仪器的检定证书报工程部备案。对于未能按照要求执行者,工程部可按《管理体系运行奖罚规定》中的有关规定予以处罚。



测量仪器的停用要求

测量仪器检定的有效期到期时,如果没有该监测项目,可申请停用,并由原使用单位填写监测装置停用申请报告,经工程部审批后生效。停用的仪器应由原使用单位保管,以备其他工地需要时调拨。停用的装置再次启用前必须经检定后方可使用。



完工后,测量仪器的处理方式

凡工程完工后,项目经理部的测量仪器经工程部批准以后,首先在本项目经理部进行内部调拨;调拨后剩余的仪器,应由项目经理部负责对其进行检修、保养,包装后就地封存停用,并将封存停用仪器的停用报告报工程部批准,待其他工地需要时再进行调拨。



测量仪器设备的维护与管理

1) 仪器保存

仪器应在通风、干燥、温度稳定的房间内存放。各种仪器均不可受压、受冻、受潮或受高



温。仪器柜不得靠近火炉或暖气管、片,也不可靠近强磁场。存放仪器时,尤其是在夏天和车内,应保证温度在 $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ 内。注意防止未经许可的人员接触仪器。

2) 仪器运输

仪器长途运输时,应切实做好防碰撞、防振及防潮工作。装车时一定要使仪器箱正放,不可倒置。测量人员携带仪器乘坐汽车时,应将仪器放在腿上并抱在怀中,或背在背上,以防颠簸振动损坏仪器。如果发生仪器损坏,应按照相关规定对运输过程中的仪器责任人进行处理。

3) 操作保养规程

(1) 仪器负责人必须精通仪器使用知识,必须遵循仪器生产厂家列出的安全须知,而且能向其他使用者讲述仪器的操作和安全防护知识并进行有效的监督。

(2) 不可自行拆卸、装配或改装仪器。

(3) 操作前应先熟悉仪器。一切操作均应手轻、心细、动作柔稳。

(4) 仪器开箱之前,应将仪器箱平放在地面上。严禁手提或怀抱着仪器箱子开箱,以免开箱时仪器落地摔坏。开箱后要注意看清楚仪器在箱中安放的状态,以便在用完后能够按照原样安放。

(5) 仪器自箱中取出前,应松开各制动螺栓,提取仪器时,应用一只手托住仪器基座,另一手握持支架,将仪器轻轻取出,严禁用手提望远镜的横轴。仪器及所用附件取出以后,应及时合上箱盖,以免灰尘进入箱内。仪器箱应放在测站附近,箱上严禁坐人。

(6) 测站应尽量选在容易安牢脚架且行人车辆少的地方,以保证仪器及人员的安全。安置脚架时,应以便于观测为原则,选好三条腿的方向,高度与观测者的身高适应。

(7) 安置仪器时,应确保附件(如脚架、基座、测距仪、连接电缆)连接正确,安全地固定并锁定在其正确位置上,避免设备引起机械震动。切勿不拧仪器的连接螺栓就将仪器放在脚架平面上,螺栓松了以后应立即将仪器从脚架上卸下来。

(8) 仪器安置后,必须有专人看护。

(9) 转动仪器之前,应先松开相应制动螺栓,用手轻扶支架使仪器平稳旋转。当仪器出现失灵或有杂音等不正常的情况时,应先查明原因,妥善处理。严禁强力扳扭或拆卸、锤击而损坏仪器。仪器故障不能排除或查明时,要向有关人员声明,及时采取维护措施,不应继续勉强使用,以免加重仪器损坏程度或使仪器产生错误的测量结果。

(10) 制动螺栓应松紧适当,并尽量保持微动螺旋在微动行程的中间一段移动。

(11) 在工作过程中,短距离迁站时应先将仪器各制动螺栓旋紧,物镜朝下,检查连接栓是否牢固,然后将三脚架合拢,一手挟持脚架于肋下,另一手紧握仪器基座将仪器放于胸前。严禁单手抓提仪器或将仪器扛在肩上。抱着仪器前进时,要稳步中速行走。如需跨越沟谷、陡坡或距离较远时,应装箱背运。

(12) 观测结束以后,应先将脚螺旋和各制动、微动螺旋旋到正常位置,用镜头纸轻轻擦掉仪器上的灰尘、水滴等。然后按原样装箱,将各制动螺旋轻轻旋紧,检查附件齐全后轻轻合上箱盖,箱口吻合后方可上锁。如箱口不吻合,应检查仪器各部位状态是否正确,切勿用力强压箱盖,以免损坏仪器。

(13) 仪器应尽量避免日晒、雨淋,在烈日下或雨中测量时,应给仪器打伞。

(14) 仪器应尽量避免在雨中使用,如必须使用时,时间不要过长,使用后要及时将水擦干,放在阴凉处晾干后装箱,切勿放在太阳光下暴晒。



(15) 仪器清洗之前,应先将光学部件上的灰尘吹掉。不可用手触摸物镜、目镜、棱镜等光学部件的表面。清洗镜头时,要用干净、柔软的布或镜头纸进行擦拭。如有必要,还可稍微蘸点纯酒精(不要使用其他液体,以免损坏仪器部件)。

(16) 不得用仪器直接观测太阳,这样不仅可能会损坏测距仪或全站仪的内部部件,还可能造成眼睛受伤。

(17) 雷雨天不要进行野外测量,否则可能会遭受雷击。

(18) 电子仪器的充电器只能在干燥的房间里使用,而不得在潮湿和酷热的地方使用。如果装置受潮,使用时可能会发生电击。

(19) 仪器如有激光发射,不可用眼睛直接观测激光束,也不得将激光束对准其他人。

(20) 使用金属水准尺、对中杆等装置,在电气设备如电缆或电气化铁路附近工作时,应与电气设备保持一定的距离,并遵从有关电气安全方面的规定。

(21) 仪器从温度低的地方移至温度较高的地方时,仪器表面及其光学部分将产生水汽,可能会影响观测,这时可用镜头纸将其轻轻擦去,也可在使用之前将仪器用衣服包住,使仪器温度尽快与环境温度适应,水汽即会自动消除。

(22) 应保持电缆和插头的清洁干燥,经常清理插头上的灰尘。仪器工作时,不要拔掉连接电缆。



测量用具的保养方法

1) 钢尺

使用中不可抛掷、脚踏或车轧,以免将钢尺折断或劈裂。在城市道路上量距时,应设专人护尺。钢尺由尺盘上放开后,应保证平直伸展,如有扭结或打环,应先解开而后拉紧,以防折断。为保护尺上刻划及注记不被磨损或锈蚀,携尺前进时应将尺提起,不得拖地而行。钢尺应尽量避免接触泥水,如必须接触时,应尽早擦干净。使用完毕后需在尺面涂一层凡士林油,再收入卷盘中。

2) 皮尺

量距时拉力要均匀适当,不得用力过猛,以免拉断。使用过程中应避免接触泥水、车轧或折叠成死扣,如受潮或浸水则应及时将尺面由尺盘中放出,晾干后再收拢。

3) 水准尺、花杆、脚架

尺面刻划应精心保护,以保持其鲜明清晰。使用过程中不可将其自行靠放在电杆、树木或墙壁上撒手不管,以免倒下摔坏。塔尺使用完毕以后,应将抽出的部分及时收回,使接头处保持衔接完好。扶尺时不得用塔尺底部敲击地面,以保持塔尺零点位置精确可靠。暂不使用时,应将其平放在地面上,不准坐在水准尺、花杆及脚架上。也不准用以上工具抬、挑物品。木质测量用具使用及存放时还应注意防水、防潮,以免变形。

4) 垂球

不得用垂球尖在地面上刻划,也不可将垂球当做工具敲击其他物体。

(构)筑物都要进行可行性研究、综合分析,然后进行初步设计、详细设计和施工图设计,在各个阶段中,都离不开测量工作。地形图是由专门的测绘部门测绘而成,使用单位按需要去索取,但对于个别偏远地区及小山村没有适当的地形图,则需要当地规划部门自行测绘。

【相关知识】



测量仪器档案及台账的建立

通常情况下,应由测量组建立本部门所属测量仪器的档案和台账,并填写仪器使用动态。使用动态应由仪器责任人负责填写,每月填写一次,并交由测量组负责人检查。

一般应由工程部通知项目经理部将所有属于固定资产的测量装置、台账及检定证书上报工程部。所报资料如为传真件,应在资料的每一页都标明项目经理部及工地名称,以免混淆。台账中所有在用仪器均须附有检定证书,停用的仪器必须附有停用报告。

项目部所属的全部或部分测量仪器,从一个工地向另外一个工地转移后的 15 天内,仪器接收工地的技术室将属于固定资产的监测装置和 2 000 元以上主要监测装置的台账及检定证书报工程部一份。

项目经理部所有属于低值易耗品的测量设备台账和检定证书,应由技术室负责建立并保存,并由工程部进行不定期检查。

1.2 地面点位的确定

【要 点】

测量工作是在地球表面上进行的,因此,我们在测量工作中要确定地面点的位置。

【解 释】



地面点在投影面上的坐标

1) 独立平面直角坐标系

大地水准面是由静止海水面向大陆延伸形成的不规则的封闭曲面。虽是曲面,但当测量区域较小时(半径小于 10 km 范围),可以用测区的切平面代替椭球面作为基准面。在切平面上建立独立平面直角坐标系,如图 1-1 所示。规定 O 为地心,南北方向为纵轴,记为 X 轴, X 轴向北为正,向南为负。 X 轴选取的方式有 3 种:①真南北方向;②磁南北方向;③建筑上的南北主轴线。

以东西方向为横轴,记为 Y 轴。 Y 轴向东为正,向西为负。象限按顺时针排列编号。这些规定与数学上平面直角坐标系正相

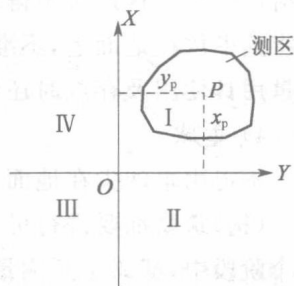


图 1-1 独立平面直角坐标系



反, X 轴与 Y 轴互换, 象限排列也不同, 其目的是为了把数学的公式直接运用到测量上。为避免坐标出现负值, 将原点选在测区的西南角。

2) 高斯独立平面直角坐标系

当测区范围较大, 不能把水准面当作水平面。把地球椭球面上的图形展绘到平面上, 必然产生变形。地图投影有多种方法, 在大面积地形测绘中, 我国采用高斯投影。

(1) 高斯投影的方法。

高斯投影是按一定经差将地球划分为若干个带, 先将每个带投影到圆柱面上, 然后展成平面。根据高斯原则将地球椭球面沿子午线划分成经差相等的地带, 以便分带投影。将地球按 6° 分带, 从 0° 起算往东划分, $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第 1 带, $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第 2 带, $\dots$, $174^\circ \sim 180^\circ$ 为第 30 带, 东半球共分 30 个投影, 按带进行投影。各带中央的一条经线, 例如, 第 1 带的 3° 经线, 第 2 带的 9° 经线, 称为中央经线。进行第 1 带投影时, 使地球 3° 经线与圆柱面相切, 3° 经线长不变形。进行第 2 带投影时, 则旋转地球, 使 9° 经线与圆柱面相切, 9° 经线长不变形。因各带中央经线与圆柱面相切, 所以中央经线投影后不变形, 而两边经线投影后有变形, 由于 6° 分带, 所以变形很小。赤道投影后成一条直线。图 1-2 为高斯投影分带情况, 上半部为 6° 带分带情况, 下半部为 3° 带分带情况。我国领土 6° 带是从第 13 带~第 23 带。

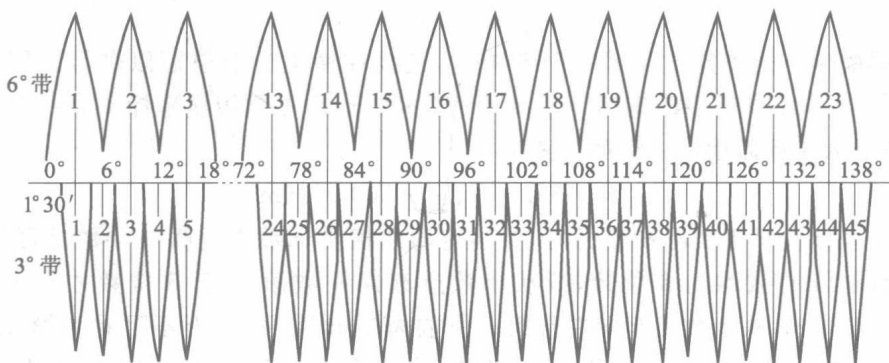


图 1-2 高斯投影 6° 带与 3° 带

(2) 高斯投影的特点。

① 等角, 即椭球面上图形的角度投影到平面之后, 其角度相等, 无角度变形, 但距离与面积稍有变形。

② 中央经线投影后仍是直线, 且长度不变, 如图 1-3 所示。用这条直线作为平面直角坐标系的纵轴—— X 轴。两侧其他经线投影后呈向两极收敛的曲线, 并以中央经线为轴两边对称, 距中央经线越远长度变化越大。

③ 赤道投影也为直线。因此, 这条直线作为平面直角坐标系的横轴—— Y 轴。南北纬线投影后呈离向两极的曲线, 且以赤道投影为轴两边对称。

(3) 高斯平面直角坐标系定义。

高斯投影按 6° 分带或 3° 分带, 各带构成独立的坐标系, 各带的中央经线为 X 轴, 赤道投影为 Y 轴, 两轴的交点为坐标原点。我国位于北半球, 所以纵坐标 X 均为正。横坐标有正有负, 如图 1-4(a) 所示。

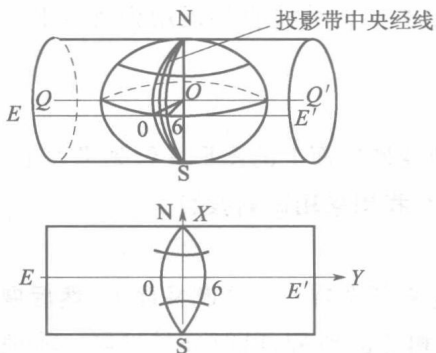


图 1-3 高斯投影的特点

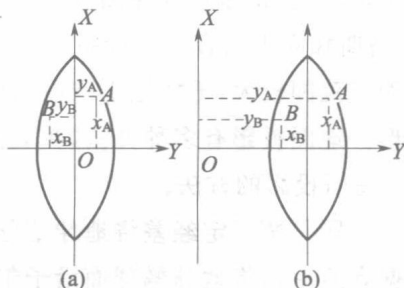


图 1-4 高斯平面直角坐标系

(a) 实际高斯平面直角坐标系;
(b) 横坐标值加 500 km 后

例如, 设 $y_A = +137\,680\text{ m}$, $y_B = -274\,240\text{ m}$ 。为了避免横坐标出现负值, 故规定把坐标纵轴向西移 500 km。如图 1-4(b) 所示。这时:

$$y_A = 500\,000 + 137\,680 = 637\,680(\text{m})$$

$$y_B = 500\,000 - 274\,240 = 225\,760(\text{m})$$

实际横坐标值加 500 km 后, 通常称为通用横坐标。它与实际横坐标的关系如下:

$$y_{\text{通}} = y_{\text{实际}} + 500\,000(\text{m})$$

为了根据横坐标能确定位于哪一个 6° 带内, 还要在横坐标值前冠以带号。例如, A、B 点位于第 20 带内, 则 A 点通用横坐标 $y_{A\text{通}} = 20\,637\,680\text{ m}$, B 点通用横坐标 $y_{B\text{通}} = 20\,225\,760\text{ m}$ 。因此, 实际横坐标换算通用横坐标的公式为:

$$y_{\text{通}} = \text{带号} + y_{\text{实际}} + 500\,000(\text{m}) \quad (1-1)$$

当通用横坐标换算为实际横坐标时, 要判定通用横坐标数中的哪一个数是带号。由于通用横坐标整数部分的数均为 6 位数, 故从小数点起向左数第 7、第 8 位数才是带号。例如, $y_{\text{通}} = 2\,123\,456.77\text{ m}$, 从小数点起向左数第 7 位数为 2, 即带号, 千万不可看为第 21 带。我国领土是从第 13 带~第 23 带, 其范围的通用横坐标换算为实际横坐标时, 通用横坐标数中第 1、第 2 两位均为带号。



高程

在一般测量工作中, 以大地水准面作为高程起算的基准面。因此, 地面上任意点至水准面的垂直距离称为该点的高程, 用 H 表示。某点至大地水准面的垂直距离称为该点的绝对高程(海拔), 如图 1-5 所示, H_A 、 H_B 分别表示地面上 A、B 两点的高程。我国规定以 1950—1956 年青岛验潮站多年记录的黄海平均海水面统计资料作为我国的统一基准面, 由此建立的高程系称为“1956 年黄海高程系”。新的国家高程基准面是根据青岛验潮站 1953—1979 年的验潮统计资料计算确定的, 依此基准面建立的高程系称为“1985 年国家高程基准”, 其高程为 72.260 m, 并于 1985 年开始执行新

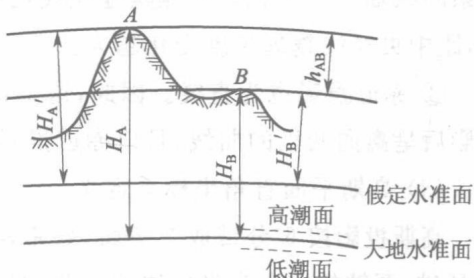


图 1-5 地面点的高程



的高程基准。

当测区附近暂没有国家高程点可测时,也可临时假定一个水准面作为该区的高程起算面。某点至假定水准面的垂直距离,称为该点的相对高程或假定高程。如图 1-5 中的 H'_A 、 H'_B 分别为地面上 A、B 两点的假定高程。

地面上两点之间的高程之差称为高差,用 h 表示。例如, A 点至 B 点的高差可写为:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-2)$$

由上式可知, h_{AB} 有正负, B 点高于 A 点时, h_{AB} 为正(+), 表示上坡; B 点低于 A 点时, h_{AB} 为负(-), 表示下坡。在土木建筑工程中, 将绝对高程和相对高程统称为标高。



我国常用的坐标系

1) 1954 年北京坐标系

新中国成立初期采用前苏联克拉索夫斯基教授提出的地球椭球体元素建立坐标系, 从前苏联普尔科伐大地原点连测到北京某三角点求得的大地坐标作为我国大地坐标的起算数据, 称 1954 年北京坐标系。该系统的参考椭球面与大地水准面差异存在自西向东系统倾斜, 最大达到 65 m, 平均差达 29 m。

2) 1980 年国家大地坐标系

1980 年坐标系采用国际大地测量协会 1975 年推荐的椭球参数, 确定新的大地原点, 大地原点选在我国中部陕西省泾阳县永乐镇。椭球定位按我国范围内高程异常值平方和最小为原则求解参数。1980 系统比 1954 系统精度更高, 参考椭球面与大地水准面平均差仅 10 m。

3) WGS—84 世界坐标系

用 GPS 卫星定位系统得到的地面点位是 WGS—84 世界坐标系, 是美国国防部研制确定的大地坐标系, 是一种国际上采用的地面坐标。

【相关知识】



测量的基准线与基准面

1) 基准线

测量工作是在地球表面上进行的, 由于地球的自转运动, 地球上任一点都受离心力和地球引力的双重的作用, 这两个力的合力称重力, 重力的方向线称为铅垂线, 它是测量工作的基准线。

2) 基准面

测量工作开始时, 要把仪器安置在水平状态。是否为水平要借助于仪器上的水准气泡判断。对很小的范围而言, 水面是一个水平面, 但它实际上是一个曲面, 我们把静止水面形成的曲面称为水准面。空间任何一点都有水准面, 处处和重力方向相垂直的曲面均称水准面, 水准面就是测量的基准面。和水准面相切的平面称为水平面。由于水准面的高度不同, 水准面有无穷多个, 其中与平均海水面重合并向陆地延伸所形成的封闭地面, 称为大地水准面, 它是又



一个测量的基准面。

地球上陆地面积仅占整个地球表面的 29%，海洋面积占 71%，把大地水准面延伸所包围整个地球的形体最能代表地球的形状，这个形体称为大地体。由于地球内部分布不均匀，使铅垂线方向变化无规律性，因而使大地水准面成为一个不规则的复杂曲面，如图 1-6(a) 所示。

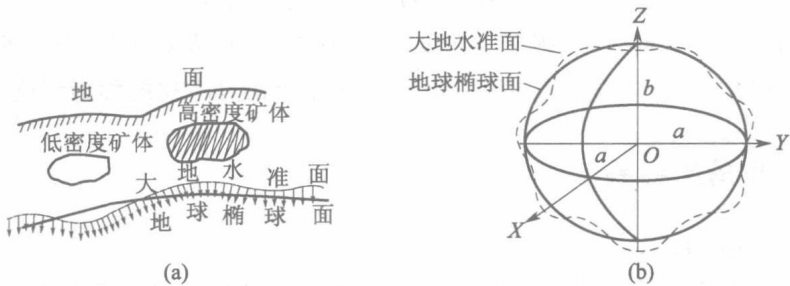


图 1-6 大地水准面与地球椭球面

(a)大地水准面起伏原因；(b)大地水准面与地球椭球面关系

大地水准面不规则起伏，大地体形为不规则的几何球体，其表面不是数学曲面，如图 1-6(b)虚线所示。在这样复杂的曲面上无法进行测量数据的处理。地球非常接近一个旋转椭球(由椭圆旋转而得)，所以测量上可选择用数学公式描述的旋转椭球代替大地体，如图 1-6(b)实线所示。地球椭球的参数可用 a (长半径)、 b (短半径)及 α (扁率)表示。扁率 α 为：

$$\alpha = \frac{a - b}{a} \tag{1-3}$$

1979 年国际大地测量与地球物理联合会推荐的地球椭球参数 $a = 6\,378\,140\text{ m}$ ， $b = 6\,356\,755.3\text{ m}$ ， $\alpha = 1 : 298.257$ 。

当扁率 $\alpha = 0$ ，即 $a = b$ 时，此时椭球就成了圆球。

旋转椭球面是数学表面，可用以下公式表示：

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{a}\right)^2 + \left(\frac{z}{b}\right)^2 = 1 \tag{1-4}$$

按一定的规则将旋转椭球与大地体套合在一起，这项工作称椭球定位。定位时采用椭球中心与地球质心重合，椭球短轴与地球短轴重合，椭球与全球大地水准面差距的平方和最小，这样的椭球称总地球椭球。

各国为测绘本国领土采用另一种定位法，如图 1-7 所示，地面上选一点 P ，由 P 点投影到大地水准面得 P' 点，在 P 点定位椭球使其法线与 P' 点的铅垂线重合，并要求 P' 上的椭球面与大地水准面相切，该点称为大地原点。同时还要使旋转椭球短轴与地球短轴相平行(不要求重合)，达到本国范围内的大地水准面与椭球面十分接近，该椭球面称为参考椭球面。

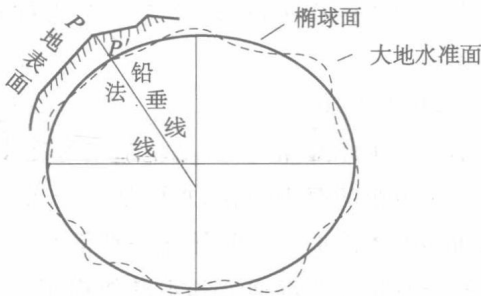


图 1-7 大地原点



1.3 测量工作

【要 点】

测量是一项精密细致的工作,测量的成果,是基本建设规划、设计和施工的重要资料 and 依据,要求具有一定的精确度。

【解 释】



测量的三项基本工作

测量学要测定地面各点的空间位置,常需要大量、反复地进行以下三项基本工作。

(1) 测量点的绝对(或相对)高程。

(2) 测量水平投影角。测量两条水平投影线间的夹角,称为“水平投影角”,简称“水平角”。

(3) 测量水平距离。

测量两点在基准面水平投影点间的距离,称为“测量水平距离”。

测量的三项基本工作即测高程、测水平角和丈量水平距离。初学者需切实理解这三项基本工作的施测原理,掌握好施测的方法和操作技能。在测量过程中,对测量数据需要进行整理计算,并绘制成图,获得合乎精度要求的测量成果。



测量工作的程序

为测量一个地区的实际情况,测量前需对测量区域进行全方位考察,选择一些对周围地面上各种地物和地貌具有控制意义的点作为测量的控制点 A 、 B 、 C ……如图 1-8(a)。通过较精密的测量水平距离和高程,将这些控制点在空间的位置测算出来,称为“控制测量”;再按比例缩绘成控制网平面图,如图 1-8(b)中的虚线;然后分别在各控制点,用精度较低一些的测量方法,将各点周围的地物、地貌特征点测算出来,称为“碎部测量”;最后用同样的比例尺,在同一张图纸上绘出各地物、地貌特征点,按实地情况连接各相关的点,便得到这一测区的地形平面图,如图 1-8(b)所示。

由此可见,测量工作需先在室外进行实地测量,称为“室外作业”(以下简称“外业”),然后将外业得到的数据、资料带回室内进行计算、整理、绘图,称为“室内作业”(以下简称“内业”)。在外业工作中,必须先做精度较高的控制测量,建立控制网控制整个测区的全局,然后再做一些精度较低的碎部测量,测出控制点周围的局部区域。

所以,测量工作的程序是:先外业,后内业;先整体,后局部;高精度控制低精度。

这一程序也称为测量工作的基本原则。