



“十三五”普通高等教育本科规划教材

# 工程测量 项目化教程

刘 伟 权娟娟 主 编

邢琳琳 孙佳伟 冯少飞 李庆瑞 副主编



扉页有配套资源  
供扫码阅读



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

# 工程测量 项目化教程

主 编 刘 伟 权娟娟  
副主编 邢琳琳 孙佳伟 冯少飞 李庆瑞  
编 写 米永刚 张海龙 张 锋 李国泰 刘海南  
主 审 马 斌 周建新



- 微信扫码关注，加入测量人才、技术交流圈；
- 阅览《桥梁工程施工测量和桥梁工程变形测量》等拓展内容。



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书是参照卓越工程师培养和应用型本科教育土建类各专业测量学的基本要求编写的。全书分4个模块：模块1基本技能，介绍了测量学的基本知识、基本理论及测量仪器的构造和使用方法；模块2地形图测绘，介绍了小地区控制测量及大比例尺地形图的测绘、识图和用图；模块3施工测量，介绍了建筑、路桥等施工阶段的测定、测设工作；模块4变形测量，介绍了现代建筑、古建筑、大坝等工程施工及使用过程中的变形测量技术。

本书按照国家最新测量规范编写，力求做到简明、扼要、实用，融入较多的当前测绘新技术，每章后面附有习题。

本书可作为土建类本科和函授教材，也可供其他相关专业的师生、工程技术人员和研究人员学习参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量项目化教程/刘伟, 权娟娟主编. —北京: 中国电力出版社, 2019. 1

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-2232-3

I. ①工… II. ①刘… ②权… III. ①工程测量—高等学校—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 155584 号

---

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 熊荣华 郑晓萌 (010-63412543 124372496@qq.com)

责任校对: 黄 蓓 郝军燕

装帧设计: 赵姗姗

责任印制: 钱兴根

---

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

版 次: 2019 年 1 月第一版

印 次: 2019 年 1 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 20

字 数: 492 千字

定 价: 58.00 元

---

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

# 前 言

《工程测量项目化教程》是“陕西省高等学校省级质量工程项目”研究成果，本书从实际工程中所遇到的实际问题出发，采用“项目引导、任务驱动”的项目化教学编写方式，内容设置体现“基于工作过程”及“教、学、做”一体化的教学理念和实践特点。本书依据“立足使用、打好基础、强化能力”的教学原则，结合应用型人才培养特点编写。

本书共分4个（包含一体化实训工作任务单）模块：模块1，基本技能；模块2，地形图测绘；模块3，施工测量；模块4，变形测量；共13个项目、56个任务。

本书以项目任务为载体，以任务实施的过程为主线，突出了实践性、应用性。基于工作过程的结构：设计了一个“项目导引+能力目标+知识目标+项目任务+教学活动+项目实训”的学习结构，每项任务的实施完全模拟了实际的工作过程。注重实用性的教学内容，学习内容即为实际工作的内容，培养学生将所学与所用结合，以所学为所用，以所用悟所学，为学生可持续发展奠定基础。体现“教、学、练一体化”的教学思路，每项任务在实施过程中安排了大量的“互动练习”和项目实训，促使学生学练结合，提高主动参与意识和创新意识，培养他们发现问题、解决问题和综合应用的能力。

编者多次与荣获中国建筑工程鲁班奖、国家优质工程奖、陕西建设工程长安杯奖工程的中国新时代国际工程公司启源设计、西安四方建设监理有限责任公司合作，深入勘察设计、工程监理、施工现场一线调研，获取一手资料和宝贵意见。同时，在编写思路上采用“一体化（实训）工作任务单”的方式统筹了教材内容。

本书由刘伟、权娟娟任主编，邢琳琳（黄河水利职业技术学院）、冯少飞、李庆瑞、孙佳伟任副主编，米永刚、张海龙、张锋、李国泰等编写，马斌、周建新任主审。具体编写分工如下：项目1、项目2、项目5、项目6由权娟娟编写，绪论、项目3、项目4、项目7由刘伟编写，项目8由孙佳伟、权娟娟、刘海南（陕西省地质环境监测总站）编写，项目9由刘伟、张锋、李国泰编写，项目10由李庆瑞、刘伟编写，项目11由邢琳琳编写，项目12由邢琳琳、刘伟编写，项目13由刘伟、米永刚、张海龙编写，两个拓展项目由冯少飞编写。全书由权娟娟总体规划，由刘伟统稿。在本书的编写过程中，马斌教授在理论层面提出了地形图测绘优化技术和宝贵的指导意见，周建新教授级高级工程师在工程建设及质量验收层面给予了有价值的质量管理技术与施工测量经验，并得到了中国电力出版社、中国新时代国际工程公司和西安四方建设监理有限责任公司的大力支持，在此表示衷心感谢。

本书在编著过程中，硕士生张华、赵满云、欧浩、李雪梅，李科生、周昕昕、邓森文、李天赐做了大量的绘图和校对工作，造价工程师冉巧庆对项目案例数据进行了核算，在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中如有不妥之处，欢迎广大读者朋友批评指正。

编 者

2017年12月

# 目 录

前言

绪论	1
0.1 预备知识	1
0.1.1 测量学分类	1
0.1.2 工程测量在工程各阶段的作用	2
0.1.3 地球的形状和大小	2
0.1.4 坐标系统	3
0.1.5 高程系统	5
0.1.6 地面点定位元素	6
0.1.7 测量工作的组织原则	6
0.1.8 测量常用计量单位	7
0.2 项目实施	7
0.2.1 任务一：测设工作	7
0.2.2 任务二：测定工作	7
0.2.3 任务三：用水平面代替水准面限度的讨论	8
0.3 拓展知识	10
0.3.1 工程测量学的发展历史	10
0.3.2 工程测量学的发展现状	11
0.3.3 工程测量学的展望	11
习题	12

## 模块1 基本技能

项目1 水准测量	13
1.1 预备知识	13
1.1.1 水准测量	13
1.1.2 水准测量的仪器和工具	14
1.1.3 水准仪的操作	16
1.1.4 水准点与水准路线	18
1.1.5 三、四等水准测量	19
1.2 项目实施	21

1.2.1	任务一：两点间的高差测量实施	21
1.2.2	任务二：闭合水准路线水准测量实施	23
1.2.3	任务三：附和水准路线水准测量实施	26
1.2.4	任务四：四等水准测量实施	28
1.2.5	任务五：水准仪检验与校正	30
1.2.6	任务六：提高水准测量的精度	32
1.3	拓展知识	34
1.3.1	精密水准仪简介	34
1.3.2	自动安平水准仪	34
1.3.3	电子水准仪简介	35
	习题	35
<b>项目 2</b>	<b>角度测量</b>	<b>37</b>
2.1	预备知识	37
2.1.1	水平角度测量原理	37
2.1.2	光学经纬仪的构造	38
2.1.3	经纬仪的使用	40
2.1.4	竖直角测量	41
2.2	项目实施	44
2.2.1	任务一：单个水平角的测量——测回法测水平角	44
2.2.2	任务二：一个测站多个水平角测量——全圆方向观测法的实施	45
2.2.3	任务三：竖直角测量	47
2.2.4	任务四：经纬仪的检验与校正	48
2.2.5	任务五：提高角度测量精度	52
2.3	拓展知识	54
	习题	54
<b>项目 3</b>	<b>距离测量</b>	<b>57</b>
3.1	预备知识	57
3.1.1	钢尺量距	57
3.1.2	视距测量	61
3.1.3	光电测距	62
3.2	项目实施	63
3.2.1	任务一：精密测量基坑几何尺寸	63
3.2.2	任务二：测定土丘尺寸	65
3.2.3	任务三：光电测距测定道路	66
3.3	拓展知识	67
	习题	69

<b>项目4 测量误差</b>	70
4.1 预备知识	70
4.1.1 测量误差概念	70
4.1.2 测量误差的分类	71
4.1.3 误差的特性	71
4.1.4 评定精度的标准	72
4.1.5 误差传播定律	73
4.1.6 等精度直接观测量的最可靠值及其中误差	73
4.1.7 用改正数计算观测值的中误差	74
4.2 项目实施	75
4.2.1 任务一：利用误差传播定律求算水准测量的精度	75
4.2.2 任务二：利用误差传播定律求算角度测量的精度	76
4.2.3 任务三：利用误差传播定律求算距离测量的精度	76
4.3 拓展知识	77
4.3.1 权的概念	77
4.3.2 权与中误差的关系	77
4.3.3 定权的方法	77
习题	78

## 模块2 地形图测绘

<b>项目5 控制测量</b>	80
5.1 预备知识	80
5.1.1 控制测量概念	81
5.1.2 导线测量的外业工作	82
5.1.3 导线测量的内业计算	85
5.1.4 交会测量	87
5.1.5 高程控制测量	90
5.2 项目实施	92
5.2.1 任务一：小地区控制测量外业工作	92
5.2.2 任务二：导线内业计算	94
5.3 拓展知识	99
习题	99
<b>项目6 大比例尺地形图测绘</b>	100
6.1 预备知识	100
6.1.1 地形图的基本概念	100
6.1.2 地形图的比例尺	101

6.1.3	大比例尺地形图图式 .....	106
6.1.4	地貌符号 .....	107
6.1.5	大比例尺地形图的分幅与编号 .....	111
6.1.6	地形图的图廓外注记 .....	112
6.1.7	大比例尺地形图的解析测绘方法 .....	113
6.1.8	地形图的绘制 .....	115
6.1.9	地形图的测绘基本要求 .....	116
6.1.10	地形图的拼接、检查和提交的资料 .....	117
6.2	项目实施 .....	118
6.2.1	任务一：地形图测绘前的准备工作 .....	118
6.2.2	任务二：地形图测绘及碎部点测量 .....	120
6.3	拓展知识 .....	125
6.3.1	地形图测绘在工程建设中的作用 .....	125
6.3.2	全站仪在地形图测绘中的应用 .....	125
	习题 .....	127
<b>项目 7</b>	<b>地形图的使用</b> .....	<b>128</b>
7.1	预备知识 .....	128
7.1.1	地形图应用的基本内容 .....	128
7.1.2	图形面积的量算 .....	129
7.1.3	大地形和小地形分析 .....	130
7.2	项目实施 .....	131
7.2.1	任务一：按既定坡度在地形图上选线 .....	131
7.2.2	任务二：平整场地土方量计算 .....	131
7.2.3	任务三：建筑用地地形分析 .....	133
7.2.4	任务四：开发与规划土地面积量算 .....	134
7.3	拓展知识 .....	138
7.3.1	地形轴测图的绘制 .....	138
7.3.2	体积问题 .....	139
	习题 .....	140

## 模块 3 施 工 测 量

<b>项目 8</b>	<b>建筑工程施工测量</b> .....	<b>141</b>
8.1	预备知识 .....	141
8.1.1	测设的基本工作 .....	141
8.1.2	点的平面位置测设方法 .....	145
8.1.3	施工控制网的布设 .....	148

8.1.4	一般民用建筑施工测量	152
8.1.5	高层民用建筑施工测量	155
8.2	项目实施	159
8.2.1	任务一：一般民用建筑施工测量	160
8.2.2	任务二：高层民用建筑施工测量	163
8.3	拓展知识	165
8.3.1	测绘新仪器的应用	165
8.3.2	GIS 技术	165
8.3.3	信息化测绘技术	166
	习题	166
<b>项目 9</b>	<b>道路工程</b>	167
9.1	预备知识	167
9.1.1	导线控制点的恢复测量	167
9.1.2	水准点的恢复测量	171
9.2	项目实施	173
9.2.1	任务一：高速公路恢复测量	173
9.2.2	任务二：路面各结构层施工放样	180
9.2.3	任务三：路面结构层顶面高程的控制	180
9.3	拓展知识	183
	习题	187

## 模块 4 变 形 测 量

<b>项目 10</b>	<b>现代建筑变形测量</b>	188
10.1	预备知识	188
10.1.1	变形观测的特点	188
10.1.2	变形观测的基本措施	189
10.1.3	沉降观测	189
10.1.4	位移观测	192
10.2	项目实施	192
10.2.1	工程概况	192
10.2.2	任务一：技术要求与观测依据	192
10.2.3	任务二：基准点及观测点布置	193
10.2.4	任务三：观测成果及分析	193
10.2.5	任务四：分析结论	197
10.3	拓展知识	199
10.3.1	沉降量计算法	200

10.3.2	直接投影法	200
	习题	200
<b>项目 11</b>	<b>古建筑变形测量</b>	201
11.1	预备知识	201
11.1.1	古建筑变形测量内容	201
11.1.2	古建筑变形测量的方法	201
11.1.3	古建筑变形监测的目的及意义	202
11.1.4	古建筑变形测量的等级划分及精度要求	202
11.1.5	古建筑变形测点的布设	202
11.1.6	古建筑沉降观测	203
11.1.7	古建筑的位移观测	203
11.1.8	古建筑的特殊变形观测	204
11.2	项目实施	204
11.2.1	任务一：某寺院变形监测	204
11.2.2	任务二：某古塔变形测量	206
11.3	拓展知识	208
11.3.1	我国古建筑变形监测方法	208
11.3.2	三维激光扫描技术的应用	209
11.3.3	三维激光扫描技术应用实例	209
	习题	213
<b>项目 12</b>	<b>大坝变形测量</b>	214
12.1	预备知识	214
12.1.1	大坝变形观测的内容	214
12.1.2	大坝变形观测方法	214
12.1.3	大坝变形观测基准点和工作基点的布设	215
12.1.4	大坝变形观测点的布设	215
12.2	项目实施	216
12.2.1	任务一：水库大坝变形观测	216
12.2.2	任务二：某重力坝变形观测	220
12.3	拓展知识	221
12.3.1	大坝变形观测在大坝建设、管理运行中的作用	221
12.3.2	我国大坝变形观测方法	221
12.3.3	大坝水平变形观测方法	222
12.3.4	自动观测新技术在大坝表面变形观测中的应用	223
12.3.5	大坝表面变形自动化观测系统应用实例	224
12.4	项目案例	225
12.4.1	案例背景	225

12.4.2 变形观测·····	226
习题·····	231
<b>项目 13 全站仪在工程中的应用</b> ·····	<b>232</b>
13.1 预备知识·····	232
13.1.1 科利达 KTS440 系列全站仪操作键及显示屏·····	232
13.1.2 全站仪角度测量·····	233
13.1.3 全站仪距离测量·····	234
13.1.4 全站仪坐标测量·····	235
13.2 项目实施·····	237
13.2.1 任务一：放样测量·····	237
13.2.2 任务二：面积测量·····	239
13.2.3 任务三：平高导线测量·····	242
13.2.4 任务四：断面测量·····	247
习题·····	250
<b>拓展项目</b> ·····	<b>251</b>
拓展项目一 桥梁工程施工测量·····	251
拓展项目二 桥梁工程变形测量·····	251
<b>参考文献</b> ·····	<b>252</b>

## 绪 论

地球是人类赖以生存的基础,人类的一切活动都在地球上,各类工程建设都在地球上进行。测量学是由于人类生产与生活的需要而诞生的一门科学。

测量学研究的对象是地球,如何准确认识并描述地球的形状,一直是人类要面对的问题。从最初的平面到圆球,再到椭球,都是认识上的一次质的飞跃。当今,卫星发射、巡航导弹、太空活动都需要精确定位,都需要对地球形状进行更加准确地认识和描述。



### 能力目标

1. 能够进行地面上两点之间的高差计算,会正确识读建筑物标高。
2. 会计算高斯投影带中央子午线精度,可进行坐标自然值和通用值之间的换算。



### 知识目标

1. 了解测量学的定义和内容,了解测量学的分支学科。
2. 了解测量工作的程序和组织原则。
3. 理解测量工作的基准面、基准线概念和确定地面点位的方法。
4. 理解用水平面代替水准面产生的高程和距离的影响。
5. 掌握测量坐标系统和高程系统的基本概念和确定方法。
6. 掌握控制测量和碎步测量施测原则。

## 0.1 预 备 知 识

测量学是研究地球的形状、大小及确定地面(包括空中、地下和海底)点位,以及对空间点位信息进行采集、处理、存储、管理的科学。

### 0.1.1 测量学分类

按照研究范围、对象和技术手段的不同,测量学产生了许多分支学科,如普通测量学、大地测量学、摄影测量学、海洋测量学、工程测量学等。

普通测量学是在不考虑地球曲率影响的情况下,研究地球自然表面局部区域的地形、确定地面点位的基础理论、基本技术方法与应用的学科,是测量学的基础部分。其内容是将地表的地物、地貌及人工建筑物等测绘成地形图,为各建设部门提供数据和资料。

大地测量学是研究地球的大小、形状、地球重力场及建立国家大地控制网的学科。现代大地测量学已进入以空间大地测量为主的领域,可提供高精度、高分辨率、适时、动态的定量空间信息,是研究地壳运动与形变、地球动力学、海平面变化、地质灾害预测等的重要手段之一。

摄影测量学是利用摄影或遥感技术获取被测物体的影像或数字信息,进行分析、处理后以确定物体的形状、大小和空间位置,并判断其性质的学科。按获取影响方式的不同,摄影

测量学又分为水下、地面、航空摄影测量学和航天遥感等。随着空间、数字和全息影像技术的发展,摄影测量可方便地提供数字图件、建立各种数据库、虚拟现实,已成为测量学的关键技术。

海洋测量学是以海洋和陆地水域为对象,研究港口、码头、航道、水下地形测量及海图绘制的理论、技术和方法的学科。

工程测量学是研究各类工程在规划、勘测设计、施工、竣工验收和运营管理等各阶段的测量理论、技术和方法的学科。其主要内容包括控制测量、地形测量、施工测量、安装测量、竣工测量、变形观测、跟踪监测等。

测量学的内容包括测定和测设两个部分。测定是指应用测量仪器和工具,通过测量和计算得到一系列测量数据,或将地球表面的地物和地貌缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用。测设是指应用测量仪器和工具把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置依据规定精度在地面上标定出来,作为施工的依据。

工程测量工作是指在工程建设中进行的测定和测设工作。

### 0.1.2 工程测量在工程各阶段的作用

#### 1. 在工程规划设计阶段

要进行规划设计,首先需要规划区的地形图。有精确的地形图和测绘成果,才能保证工程的选址、选线、设计得出经济合理的方案。因此,测定是一种前期性、基础性的工作。

#### 2. 在工程施工阶段

工程施工的主要目的是把工程的设计精确地在地面上标定出来,这就需要使用测量的仪器,按一定的方法进行施工测量。精确地进行施工测量是确保工程质量最为重要的手段之一。

#### 3. 在工程运营与管理阶段

为了保证工程完工后,能够正常运营或日后改建与扩建的需要,应进行竣工测量,编绘竣工图。对于大型或特殊的建筑物,还需进行周期性的重复观测,观测建筑物的沉降、倾斜、位移等,即变形观测,从而判断建筑物的稳定性,防止灾害事故的发生。

### 0.1.3 地球的形状和大小

测绘工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是极不平坦和不规则的,其中有高达 8844.43m 的珠穆朗玛峰,也有深至 11022m 的马里亚纳海沟,尽管它们高低起伏悬殊,但与半径为 6371km 的地球比较,还是可以忽略不计的。此外,地球表面海洋面积约占 71%,陆地面积仅占 29%。因此,人们设想以一个静止不动的海水面延伸穿越陆地,形成一个闭合的曲面包围整个地球,这个闭合的曲面称为水准面。由于海水面在涨落变化,水准面可有无数个,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(高程计算的起算面)。由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体,如图 0-1(a)所示。

水准面是受地球重力影响而形成的,它的特点是水准面上任意一点的铅垂线(重力作用线,是测量工作的基准线)都垂直于该点的曲面。由于地球内部质量分布不均匀,重力也受其影响,故引起了铅垂线方向的变动,致使大地水准面成为一个有微小起伏的复杂曲面。如果将地球表面的图形投影到这个复杂曲面上,对于地形制图或测量计算工作都是非常困难的,为此,人们经过几个世纪的观测和推算,选用一个既非常接近大地体,又能用数学式表

示的规则几何形体来代表地球的实际形体, 这个几何形体是由一个椭圆 NWSE 绕其短轴 NS 旋转而成的形体, 称为地球椭球体或旋转椭球体, 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, 即由长半径  $a$  (或短半径  $b$ ) 和扁率  $\alpha$  所决定。我国目前采用的元素值为:  $a=6378140\text{m}$ ,  $\alpha=1:298.257$ , 并选择陕西泾阳县乐镇某点为大地原点, 进行了大地定位。由此而建立起来的全国统一坐标系, 也是目前使用的“1980 年国家大地坐标系”。

由于地球的扁率很小, 因此当测区范围不大时, 可近似地把地球椭球作为圆球, 其半径为  $6371\text{km}$ 。

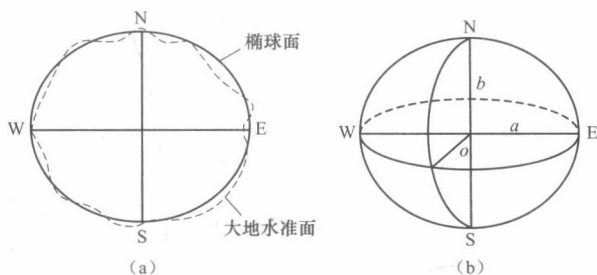


图 0-1 大地水准面与地球椭球体

#### 0.1.4 坐标系统

坐标系统是用来确定地面点在地球横椭球面或投影在水平面上的位置。表示地面点位在球面或平面上的位置, 通常有下列几种坐标系统:

##### 1. 地理坐标

地面点在球面 (水准面) 上的位置用经度和纬度表示, 称为地理坐标。图 0-2 所示为天文地理坐标, 它表示地面点  $A$  在大地水准面上的位置, 用经度  $\lambda$  和纬度  $\varphi$  来表示。天文经度和天文纬度是用天文测量的方法直接测定的。

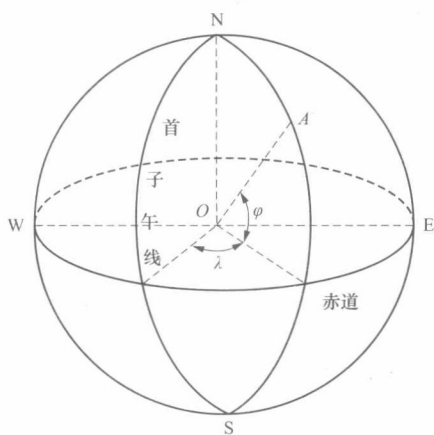


图 0-2 天文地理坐标

经度是从首子午线 (首子午面) 向东或向西自  $0^\circ$  起算至  $180^\circ$ , 向东者为东经, 向西者为西经; 纬度是从赤道 (赤道面) 向北或向南自  $0^\circ$  起算至  $90^\circ$ , 分别称为北纬和南纬。我国国土均在北纬, 例如, 南京市某地的大地地理坐标为东经  $118^\circ 47'$ , 北纬  $32^\circ 03'$ 。

##### 2. 高斯平面直角坐标

上述地理坐标只能确定地面点在大地水准面或地球椭球面上的位置, 不能直接用来测图。测量上的计算最好是在平面上进行, 而地球椭球面是一个曲面, 不能简单地展开成平面, 那么如何建立一个平面直角坐标系呢? 我国是采用高斯投影来实现。

高斯投影首先是将地球按经线分为若干带, 称为投影带。它从首子午线 (零子午线) 开始, 自西向东每  $6^\circ$  划为一带, 每带均有统一编排的带号, 用  $N$  表示, 位于各投影带中央的子午线称为中央子午线 ( $L_0$ ), 也可由东经  $1^\circ 30'$  开始, 自西向东每隔  $3^\circ$  划为一带, 其带号用  $n$  表示, 如图 0-3 所示。我国国土所属范围大约为  $6^\circ$  带第 13~23 号带, 即带号  $N=13\sim 23$ 。相应  $3^\circ$  带大约为第 24~46 号带, 即带号  $n=24\sim 46$ 。 $6^\circ$  带中央子午线经度  $L_0=6n-3$ ,  $3^\circ$  带中央子午线经度  $L'_0=3n$ 。

设想一个横圆柱体套在椭球外面, 使横圆柱的轴心通过椭球的中心, 并与椭球面上某投影带的中央子午线相切, 然后将中央子午线附近 (即该带东西边缘子午线构成的范围) 的椭

续表

观测次数	观测日期 (年-月-日)	时间 间隔 (d)	累计 时间 (d)	测点: 1号			测点: 2号			荷载 情况
				本次下沉 (mm)	沉降速度 (mm/d)	累计下沉 (mm)	本次下沉 (mm)	沉降速度 (mm/d)	累计下沉 (mm)	
7	2009-12-14	64	282	0.71	0.01	10.32	1.49	0.02	9.58	装修
8	2010-03-18	94	376	1.79	0.02	12.11	1.10	0.01	10.68	使用
9	2010-06-19	91	467	0.97	0.01	13.08	0.86	0.01	11.54	使用
10	2010-09-21	92	559	0.59	0.01	13.67	0.78	0.01	12.32	使用
11	2010-12-27	96	655	0.35	0.00	14.02	0.65	0.01	12.97	使用
12	2011-04-16	109	764	0.83	0.01	14.85	0.59	0.01	13.56	使用
13	2011-08-07	111	875	0.32	0.00	15.17	0.45	0.00	14.01	使用

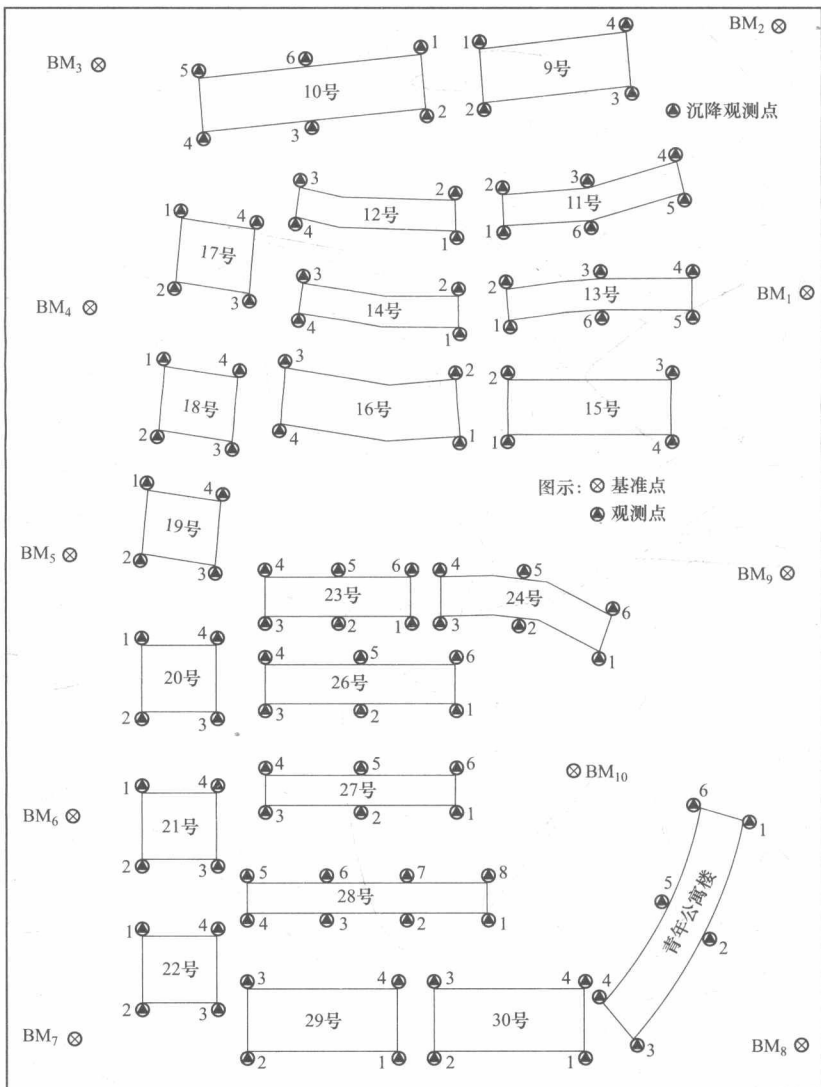


图 10-4 某小区沉降监测基准点及监测点布置示意图

高斯投影是正形投影,一般只需将椭球面上的方向、角度及距离等观测值经高斯投影的方向改化和距离改化后,归化为高斯投影平面上的相应观测值,然后在高斯平面坐标系内进行平差计算,从而求得地面点位在高斯平面直角坐标系内的坐标。

### 3. 独立平面直角坐标

当测量范围较小时(如半径不大于10km的范围),可以将该测区的球面看作为平面,直接将地面点沿铅垂线方向投影到水平面上,用平面直角坐标来表示该点的投影位置。在实际测量中,一般将坐标原点选在测区的西南角,使测区内的点位坐标均为正值(I象限),并以该测区的子午线(或磁子午线)的投影为 $x$ 轴,向北为正,与此 $x$ 轴相垂直的为 $y$ 轴,向东为正,由此建立了该测区的独立平面直角坐标系,如图0-6所示。

#### 0.1.5 高程系统

地面点的高程(绝对高程或海拔)就是地面点到大地水准面的铅垂距离,一般用 $H$ 表示,如图0-7所示。图0-7中地面点 $A$ 、 $B$ 的高程分别为 $H_A$ 、 $H_B$ 。

在个别的局部测区,若远离已知国家高程控制点或为便于施工,也可以假设一个高程起算面(即假定水准面),这时地面点到假定水准面的铅垂距离,称为该点的假定高程或相对高程。如图0-7中 $A$ 、 $B$ 两点的相对高程为 $H'_A$ 、 $H'_B$ 。

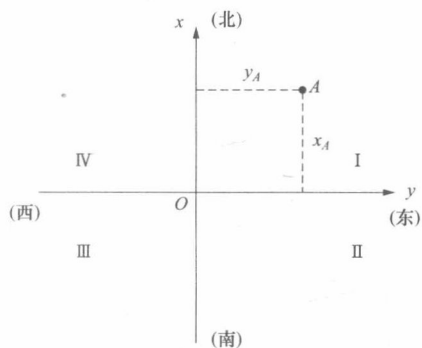


图0-6 独立平面直角坐标系

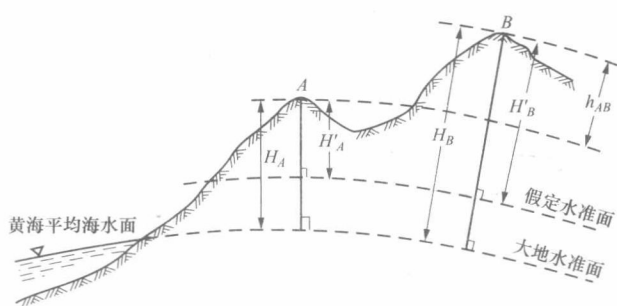


图0-7 高程和高差

我国曾以青岛验潮站多年观测资料求得黄海平均海面作为我国的大地水准面(高程基准面),由此建立了“1956年黄海高程系”,并在青岛市观象山上建立了国家水准基点,其基点高程 $H=72.289\text{m}$ 。以后,随着几十年来验潮站观测资料的积累与计算,更加精确地确定了黄海平均海面,于是在1987年启用“1985国家高程基准”,此时测定的国家水准基点高程 $H=72.260\text{m}$ 。根据国家测绘总局国测发〔1987〕198号文件通告,此后全国

都应以“1985国家高程基准”作为统一的国家高程系统。

地面上两点之间的高程之差称为高差,用 $h$ 表示。例如,图0-7中 $A$ 点至 $B$ 点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (0-1)$$

由式(0-1)可知,高差有正、有负,并用下标注明其方向,两点间的高差与高程的起算面无关。当 $h_{AB}$ 为正时, $B$ 点高于 $A$ 点;当 $h_{AB}$ 为负时, $B$ 点低于 $A$ 点。

$B$ 点至 $A$ 点的高差为

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

可见, $A$ 、 $B$ 两点的高差与 $B$ 、 $A$ 两点的高差绝对值相等,符号相反,即 $h_{AB} = -h_{BA}$ 。

在土木建筑工程中，又将绝对高程和相对高程统称为标高，常以首层室内地坪作为该建筑的高程起算面，称为“±0”，其他各部位的标高都是相对“±0”而言的。

### 0.1.6 地面点定位元素

想确定地面点的位置，就必须求得它在椭球面或投影平面上的坐标 ( $\lambda$ ,  $\varphi$  或  $x$ ,  $y$ ) 和高程 ( $H$ ) 3 个量，这 3 个量称为三维定位参数。而将 ( $\lambda$ ,  $\varphi$  或  $x$ ,  $y$ ) 称为二维定位参数。无论采用何种坐标系统，都需要测量出地面点间的距离  $D$ 、相关角度  $\beta$  和高程  $H$ ，则  $D$ 、 $\beta$  和  $H$  称为地面点的定位元素。

### 0.1.7 测量工作的组织原则

测量工作的组织原则概括为：从整体到局部，先控制测量、后碎部测量，由高级到低级；也就是说，对测量整体布局而言，对整个测区采用什么方案，局部地区又怎么做。对测量工作的程序而言，先做控制测量，后做碎步测量。对测量精度而言，先做高精度测量，后做低精度测量，由高精度控制低精度。

#### 1. 控制测量

所谓控制测量是在测区中选择有控制意义的点，用较精确的方法测定其位置，这些点称为控制点，测量控制点的工作称为控制测量。例如图 0-8，选  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$ ,  $F$ ... 各点为控制点，用仪器测量控制点之间的距离及各边之间的水平夹角等，最后计算出各控制点的坐标，以确定其平面位置。还要测量各控制点之间的高差，设  $A$  点的高程为已知，就可求出其他控制点的高程。

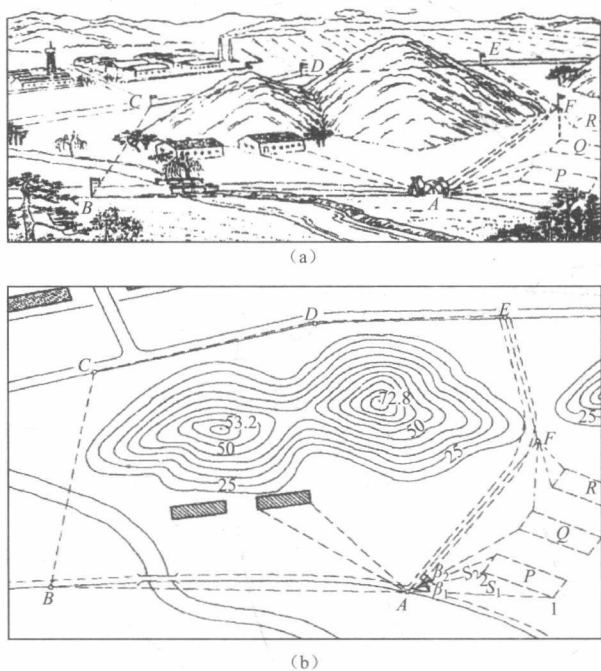


图 0-8 控制测量

#### 2. 碎部测量

碎部测量就是测量地物、地貌特征点的位置。例如测量房屋  $P$ ，就必须测定房屋的特征点 1、2 等点，在  $A$  点测量水平夹角  $\beta_1$  与边长  $s_1$  即可确定 1 点。用极坐标法把地面上各点