

建筑职业岗位培训丛书

# 建筑工程 测量员必读

JIANZHU GONGCHENG CELIANGYUAN BIDU 金盾出版社

建设职业岗位培训丛书

# 建筑工程测量员必读

## 丛书编委会

|       |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|
| 主 任   | 郁志桐 |     |     |
| 副 主 任 | 王亚中 | 刘国琦 | 李 毅 |
|       | 尹宜祥 | 崔玉杰 | 贾晓光 |
| 委 员   | 叶 刚 | 曹文达 | 孙俊英 |
|       | 丁筱燕 | 高忠民 | 鲍凤英 |
|       | 刘常英 | 刘景秀 |     |
| 本书编者  | 刘王晋 |     |     |

金 盾 出 版 社

## 内 容 提 要

本书主要介绍测量仪器的使用与检验,一般测量的观测、记录、计算与校核,测量误差与误差调整,小地区控制测量,地形图的测绘与应用,测设点位、高程和坡度的基本方法,工业与民用建筑测量、沉降变形观测及竣工测量的基本知识,市政工程和道路建设施工测量的基本方法等。本书可作为建筑施工企业测量放线人员的培训教材,也可作为其他行业测量放线人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量员必读/刘王晋编著. —北京:金盾出版社, 2002. 1

(建设职业岗位培训丛书)

ISBN 7-5082-1712-8

I. 建… II. 刘… III. 建筑测量 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 058563 号

### 金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 68218137

传真:68276683 电挂:0234

封面印刷:北京外文印刷厂

正文印刷:北京 3209 工厂

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:6.5 字数:146 千字

2002 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1—10000 册 定价:8.50 元

---

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、  
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

## 序

建筑业的发展需要大批综合素质较高的一线施工操作和施工管理人员。近些年来,建筑业蓬勃开展的岗位培训,是新时期提高建筑企业职工综合素质的有效途径。为了配合我国建筑业岗位培训工作的开展,我们组织从事多年建筑业岗位培训工作的教师和技术人员,编写了“建设职业岗位培训丛书”。这套丛书内容充实,切合实际,符合各类岗位培训大纲的要求,可作为建筑业各类人员的培训教材和参考资料。

由于作者水平有限,难免有不足之处,敬请读者批评指正。

“建设职业岗位培训丛书”编委会

2001年10月

# 前 言

随着我国工业与民用建筑、市政建设、道路及基础设施等建设速度的加快,各类建筑企业不断壮大,从业人员也日益增多。建筑企业测量放线工作是建筑施工的一道重要工序,它对按图施工、保证质量、按时完成任务起着重要的作用。编写本书的目的是为了提高建筑企业测量放线人员的基础理论水平和操作技能,为提高建筑企业的整体素质和施工水平贡献微薄的力量。

本书共十一章。第一章介绍测量的基本知识,测量人员应遵守的基本准则;第二、三、四章介绍普通测量仪器的构造原理、使用方法和检验校正的方法步骤,一般测量的观测、记录、计算和校核方法;第五章介绍测量误差的基本知识,现场经常出现的误差调整问题;第六章介绍小地区控制测量;第七章介绍地形图的一般知识以及地形图的测绘与应用;第八章介绍测设点位、高程和坡度的基本方法;第九章介绍工业与民用建筑施工测量的方法步骤,沉降变形观测和竣工测量的基本知识;第十、十一章介绍市政工程和道路建设施工测量的基本方法,曲线测设的步骤与计算方法。本书可作为建筑企业测量放线人员的参考书,也可以作为职业高中、技工学校和中等专业学校建筑施工测量课程的教材。

本书在编写过程中得到北京城建集团培训中心有关教师的帮助,最后由高级讲师边境进行了全面审阅和校对,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中的缺点、错误在所难免,望同仁和读者不吝赐教。

作 者

2001 年 4 月

# 目 录

|                            |      |
|----------------------------|------|
| <b>第一章 绪论</b> .....        | (1)  |
| 第一节 测量学的任务和分类 .....        | (1)  |
| 第二节 测量学在建筑工程中的作用 .....     | (2)  |
| 第三节 地面点位的确定 .....          | (3)  |
| 第四节 测量工作的基本内容 .....        | (9)  |
| 第五节 测量工作的基本准则和要求 .....     | (10) |
| <b>第二章 水准测量与水准仪</b> .....  | (12) |
| 第一节 水准测量的基本原理 .....        | (12) |
| 第二节 水准测量的仪器及工具 .....       | (14) |
| 第三节 水准仪的使用和测量方法 .....      | (19) |
| 第四节 水准测量的计算校核与成果校核 .....   | (23) |
| 第五节 水准仪的检验与校正 .....        | (27) |
| 第六节 水准测量的误差及注意事项 .....     | (30) |
| <b>第三章 角度观测与经纬仪</b> .....  | (33) |
| 第一节 水平角测量的基本原理 .....       | (33) |
| 第二节 光学经纬仪的构造及使用方法 .....    | (34) |
| 第三节 水平角的观测和记录 .....        | (39) |
| 第四节 竖直角的观测和记录 .....        | (43) |
| 第五节 经纬仪的检验与校正 .....        | (45) |
| 第六节 现代经纬仪简介 .....          | (49) |
| <b>第四章 距离丈量和直线定向</b> ..... | (51) |
| 第一节 丈量的工具 .....            | (51) |

|            |                           |              |
|------------|---------------------------|--------------|
| 第二节        | 直线的定线 .....               | (53)         |
| 第三节        | 一般距离丈量的方法 .....           | (55)         |
| 第四节        | 钢尺的检定 .....               | (58)         |
| 第五节        | 精密量距的方法 .....             | (59)         |
| 第六节        | 直线的定向 .....               | (63)         |
| 第七节        | 光电测距仪和全站仪简介 .....         | (65)         |
| <b>第五章</b> | <b>测量误差的基本知识 .....</b>    | <b>(68)</b>  |
| 第一节        | 测量误差概述 .....              | (68)         |
| 第二节        | 衡量误差的标准 .....             | (71)         |
| 第三节        | 算术平均值及中误差 .....           | (74)         |
| 第四节        | 观测值函数的中误差 .....           | (78)         |
| <b>第六章</b> | <b>小地区控制测量 .....</b>      | <b>(84)</b>  |
| 第一节        | 控制测量概述 .....              | (84)         |
| 第二节        | 导线测量的外业工作 .....           | (87)         |
| 第三节        | 导线测量的内业计算 .....           | (93)         |
| 第四节        | 小三角测量 .....               | (104)        |
| 第五节        | 高程控制测量 .....              | (115)        |
| <b>第七章</b> | <b>大比例尺地形图的基本知识 .....</b> | <b>(123)</b> |
| 第一节        | 大比例尺地形图简介 .....           | (123)        |
| 第二节        | 地形图的应用 .....              | (127)        |
| 第三节        | 地形图的测绘 .....              | (130)        |
| <b>第八章</b> | <b>测设的基本工作 .....</b>      | <b>(135)</b> |
| 第一节        | 测设的基本内容 .....             | (135)        |
| 第二节        | 地面点位的测设方法 .....           | (139)        |
| <b>第九章</b> | <b>建筑施工测量 .....</b>       | <b>(142)</b> |
| 第一节        | 建筑场地控制测量 .....            | (142)        |
| 第二节        | 民用建筑施工测量 .....            | (148)        |



|             |                       |              |
|-------------|-----------------------|--------------|
| 第三节         | 工业厂房施工测量·····         | (159)        |
| 第四节         | 烟囱(水塔)施工测量·····       | (164)        |
| 第五节         | 沉降变形观测与竣工测量·····      | (167)        |
| <b>第十章</b>  | <b>管线施工测量·····</b>    | <b>(170)</b> |
| 第一节         | 中线及纵横断面测量·····        | (170)        |
| 第二节         | 管线施工测量·····           | (175)        |
| <b>第十一章</b> | <b>道路与桥涵施工测量·····</b> | <b>(179)</b> |
| 第一节         | 圆曲线测设·····            | (179)        |
| 第二节         | 缓和曲线测设·····           | (184)        |
| 第三节         | 道路施工测量·····           | (189)        |
| 第四节         | 中小桥涵施工测量·····         | (193)        |
| <b>参考资料</b> | <b>·····</b>          | <b>(197)</b> |

# 第一章 绪 论

## 第一节 测量学的任务和分类

### 一、测量学的任务和分类

测量学是利用测量仪器工具,按照一定的理论与方法量度地球或地球一部分的形状、大小和地面各种物体的几何形状和空间位置,并用特定的图形符号和文字将所量度的结果表示出来的科学。测量工作的实质,就是用距离丈量、角度观测和水准测量来确定地面点的平面位置和高程位置,其目的是为各种工程建设、国防建设和科学研究服务。

工程建设的范围十分广泛,包括道路、桥梁、隧道、各种工业与民用建筑、大型厂矿、水利枢纽、农林、军事设施和城市规划等。在规划设计阶段,首先要进行各种比例尺地形图的测绘;在建设施工过程中,需要进行放线定位和各种放样工作;在完工之后,还要进行竣工测量和沉降变形观测。学习研究以上三方面的测量理论、方法和技术是工程测量学的主要任务。

工程测量按其任务的性质可分为两类:一是测定地面点的平面位置和高程,称为测定;二是将图纸上设计的建(构)筑物的平面位置和高程,按照设计要求,以一定的精度在施工场地标定出来,作为施工的依据,称为测设。

### 二、测量学的应用和发展

测量工作在科学研究领域得到广泛的应用。研究地球的

形状、大小以及重力场变化,地壳变动,海平面的升降,海岸线的变迁,地极周期性变化,地震预报等都要用测量的方法,以获取大量详细的资料;在航天与宇宙空间技术方面,各种航天飞行器(航天飞机、人造卫星、宇宙飞船、导弹等)的起落点和飞行轨道都要用测量的方法来确定。

随着科学技术的发展,测量的理论、方法、技术和新型仪器都有了突飞猛进的发展和进步,自动安平水准仪、测距仪、电子经纬仪、半站仪、全站仪、激光经纬仪、激光铅直仪等相继得到了应用。随着卫星技术的发展,全球卫星定位系统(GPS)在各个领域得到广泛的应用。所有这一切,不仅大大减少了测量人员的劳动强度,节省了人力、物力、财力,更重要的是提高了观测的精度和速度,使测量工作能够更好地为科学研究和生产建设服务。

本书主要包括普通测量学和工程测量学的部分内容,重点介绍一般测量仪器的构造及使用方法,大比例尺地形图测绘和一般的工程测量。

## 第二节 测量学在建筑工程中的作用

工程测量在建筑工程中的工作分为三个阶段。

在勘测规划与设计阶段,为了更合理地利用土地资源,恰当布局,满足环保及可持续发展的需要,对各种建(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,在这些过程中,都离不开各种比例尺的地形图。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,但对于个别边远及小地区没有适当的地形图,则要去实地测绘。

在施工阶段,先要根据具体情况在现场布置控制网,然后是定位放线、土方开挖、主体结构施工、屋面工程、装饰工程以及外围绿化工程等,都需要测量工作配合施工。现代建筑都比较高,形状也十分复杂,建筑面积在十几万甚至几十万平方米的建筑并不鲜见,电视转播塔的高度一般都在 400 米以上,道路、桥梁、水利枢纽、城市轨道交通系统等工程,施工的每一步都离不开测量工作,既要保证平面和高程位置的正确,又要保证垂直度不发生偏差。在工业厂房的大型构件和设备安装过程中,也需要测量工作配合。所以,测量工作在建筑施工中不仅是一道重要的工序,而且也起着关键的主导作用。

建筑完工之后,为了以后的改建和扩建以及维修,需要进行竣工测量,即将建(构)筑物的实际位置如实地测绘出来,作为主要的技术档案之一妥善保管。在建(构)筑物的施工过程及以后的运营阶段,为了保证其安全,检验设计是否合理,还需要进行系统的沉降变形观测,如果发现问题,需立即采取相应的措施。

总之,在建筑工程的设计、施工和运营过程中,测量工作起着十分重要的作用。

### 第三节 地面点位的确定

要确定地面点的准确位置,首先必须了解地球的形状与大小,大地水准面与高程、地理坐标、测量直角坐标等。

#### 一、地球的形状与大小

地球是由一个椭圆绕其自转轴旋转构成的椭球体,自转轴就是短半轴,如图 1-1 所示。

它的长半径  $a=6\,378\,140\text{m}$

短半径  $b=6\,356\,743\text{m}$

平均半径  $R=6\,371\text{km}$

扁率  $\alpha=\frac{a-b}{a}=\frac{1}{298.26}$

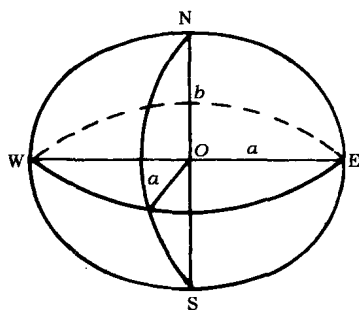


图 1-1 地球的形状与大小

## 二、大地水准面与高程

地球表面的 71% 是海洋,陆地只占 29%。但在陆地有高山、大川、山谷、河流、湖泊和丘陵、平原,为了研究地球表面某一点的高程,必须有一个基准面,这个基准面就是大地水准面。将平均的、静

止的海水面无限延伸,构成的闭合曲面,称为大地水准面,如图 1-2 所示。在大地水准面上的任何一点,大地水准面都与该点的铅垂线垂直。我国 1987 年规定,将山东省青岛验潮站 1952 年 1 月 1 日至 1979 年 12 月 31 日观测的黄海的平均海水面作为全国高

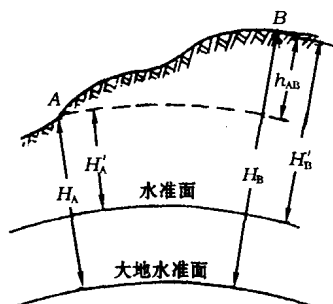


图 1-2 大地水准面

程的起算面,称为“1985 国家高程基准”。地面一点到大地水准面的铅垂距离叫做该点的绝对高程,简称高程。

## 三、地理坐标

对整个地球而言,在大范围内考虑某一点的位置,常用地

理坐标,经度用 $\lambda$ 表示,纬度用 $\varphi$ 表示。如图 1-3 所示,N、S 分别为地球的北极和南极,NS 为地轴,O 为地心。过球心且垂直于地轴的平面与地球表面的交线为赤道,和地轴垂直的平面与地球表面的交线为纬线;过地轴的平面与地球表面的交线为经线(也称子午线),过英国格林尼治天文台的子午线为首子午线,向东、向西各 180 度。地面上某一点 M 的经度是过该点的子午面与首子午面的夹角,用 $\lambda$ 表示;纬度是过 M 点的铅垂线与赤道平面的夹角,用 $\varphi$ 表示。纬度在赤道南北各有  $0^\circ \sim 90^\circ$ ,见图 1-3。

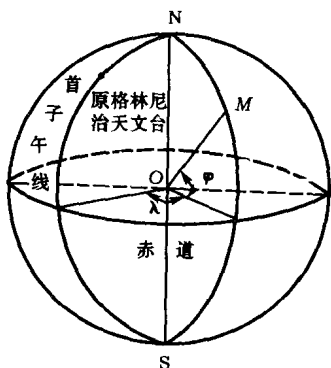


图 1-3 地理坐标

#### 四、直角坐标

大范围内的中、小比例尺地形图用地理坐标,而在工程和大比例尺地形图中则用平面直角坐标。由于地球表面是曲面,要用平面来表示,必须采用特定的投影方法。从首子午线起,每  $6^\circ$  为一投影带,中央子午线为纵轴( $x$  轴),赤道为横轴( $y$  轴),第  $N$  带的中央子午线经度为  $\lambda_0 = N \times 6^\circ - 3^\circ$ 。

由于我国的疆域基本在北半球, $x$  值为正,为了不使  $y$  值出现负值,将原点的  $y$  值加上 500km。这样,每一个  $6^\circ$  带都有一套直角坐标系,为了区分方便,在横坐标之前加带号,如在第 20 带内有一地面点 M,它的坐标为:

$$x_M = 3\,218\,943.258\text{m}$$

$$y_M = 20\,492\,673.672\text{m}$$

有些地区可采用独立的坐标系,当选定坐标原点之后,为了不使本区域坐标出现负值,原点坐标  $x$  值为 300km,  $y$  值为 500km,如图 1-4 所示。

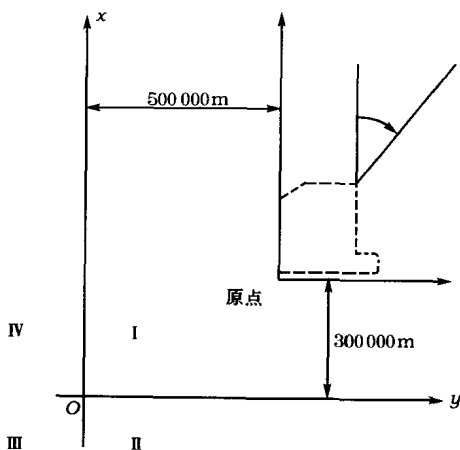


图 1-4 直角坐标

### 五、用平面代替曲面的限度

地球表面是一个曲面,而我们进行测量时,在不太大的范围内,将地球表面看作是平面,但这样将对距离、角度和高程造成一定的影响,现在我们就三个方面来讨论这个问题。

#### (一)地球曲率对水平距离的影响

在图 1-5 中,  $\widehat{A'B'}$  为水准面上的一段圆弧,设长度为  $S$ , 所对之圆心角为  $\theta$ , 地球半径为  $R$ 。另自  $A'$  点作切线  $A'C$ , 设长为  $t$ , 如果将切于  $A'$  点的水平面代替水准面,即以相应的切线段  $A'C$  代替圆弧  $A'B'$ ,则在距离方面将产生误差  $\Delta S$ ,由图 1-5 得:

$$\Delta S = A'C - \widehat{A'B'} = t - s$$

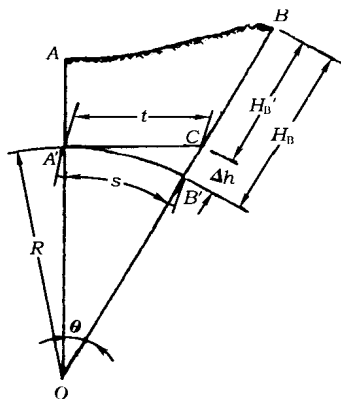


图 1-5 平面代替曲面

$$A'C = t = R \times \operatorname{tg} \theta$$

$$\widehat{A'B'} = S = R\theta$$

$$\Delta S = R \operatorname{tg} \theta - R\theta = R(\operatorname{tg} \theta - \theta)$$

其中  $\operatorname{tg} \theta$  按无穷级数展开为：

$$\operatorname{tg} \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots$$

故有：

$$\Delta S = R\left(\frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots\right)$$

因  $\theta$  值一般很小，故略去五次方以上各项，并以  $\theta = \frac{S}{R}$  代入则得：

$$\Delta S = \frac{S^3}{3R^2}$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{3} \left( \frac{S}{R} \right)^2$$

在上式中取  $R = 6371 \text{ km}$ ，则得到表 1-1 的结果。



表 1-1 地球表面用平面代替曲面的误差

|                       |            |           |          |          |
|-----------------------|------------|-----------|----------|----------|
| $S(\text{km})$        | 10         | 20        | 50       | 100      |
| $\Delta S(\text{cm})$ | 0.8        | 6.5       | 102      | 821      |
| $\Delta S/S$          | 1/1220 000 | 1/304 400 | 1/48 700 | 1/12 200 |

目前,最精密的距离丈量,只能达到 1/1 000 000,所以水平距离在 10km 范围内,可以用平面代替曲面。

### (二)地球曲率对高差的影响

在图 1-5 中有:

$$\begin{aligned}(R + \Delta h)^2 &= R^2 + t^2 \\ 2R \times \Delta h + (\Delta h)^2 &= t^2 \\ \Delta h &= \frac{t^2}{2R + \Delta h}\end{aligned}$$

前已说明,  $t$  与  $S$  差异很小,  $\Delta h$  与地球半径  $R$  相比,可以略去不计,故上式可简化为:

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R}$$

将不同距离代入上式,可得到表 1-2 结果。

表 1-2 地球曲率对高差的影响

|                       |      |      |     |     |      |     |     |     |
|-----------------------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| $t(\text{km})$        | 0.1  | 0.2  | 0.5 | 1.0 | 2.0  | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| $\Delta h(\text{cm})$ | 0.08 | 0.31 | 2.0 | 7.8 | 31.3 | 71  | 126 | 196 |

由上表可知,地球曲率对高差的影响很大。因此,在很短的距离内也要考虑地球曲率对高程的影响。

### (三)地球曲率对角度的影响

由球面三角学可知,同一空间三角形在球面上投影的各内角之和较其在平面上投影的各内角之和 大一个球面角超