



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
中等职业学校建筑(市政)施工专业教学用书

建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

# 建筑工程测量

李明庚 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
中等职业学校建筑（市政）施工专业教学用书  
建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

# 建 筑 工 程 测 量

主 编 李明庚  
副主编 张敬伟 汤贵云  
参 编 单英杰 宋小弟  
主 审 吴向阳



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据教育部和建设部 2004 年制定的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》中相关教学内容与教学要求,并参照有关国家职业标准和行业岗位要求编写的中等职业教育规划教材。

全书共 9 个单元,内容包括:绪论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、地形图及其应用、建筑施工测量、建筑物变形观测和竣工总平面图编绘、道路和管线施工测量、全站仪及 GPS 全球定位系统的应用等知识。全书内容浅显,注重知识介绍的深入浅出,每单元有学习目标、单元总结和复习思考题。同时,书后附有能力训练手册,方便了授课教师的教学安排,以加强对学生的实际操作能力的培养。

本书可作为中等职业学校土建类专业教材,也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/李明庚主编. —北京:机械工业出版社, 2008. 12

教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 中等职业学校建筑(市政)施工专业教学用书. 建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材  
ISBN 978-7-111-26099-8

I. 建… II. 李… III. 建筑测量—专业学校—教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 010395 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:陈 俞 朱元刚 责任编辑:朱元刚

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:饶 薇 责任印制:杨 曦

北京四季青印刷厂印刷(三河市魏各庄装订二厂装订)

2008 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10.25 印张·243 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-26099-8

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379197

封面无防伪标均为盗版

**教育部职业教育与成人教育司推荐教材**  
**中等职业学校建筑（市政）施工专业教学用书**  
**建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材**

**编委会名单**

**主任委员** 沈祖尧 中国建设教育协会中等职业教育专业委员会主任  
**副主任委员**（按姓氏笔画排）

|     |                |
|-----|----------------|
| 王大喆 | 北京城市建设学校       |
| 邓小娟 | 北京水利水电学校       |
| 方崇明 | 武汉市建设学校        |
| 孙云祥 | 嘉兴市建筑工业学校      |
| 白家琪 | 天津市建筑工程学校      |
| 刘宝春 | 天津铁路工程学校       |
| 吴承霞 | 河南省建筑工程学校      |
| 陈晓军 | 辽宁省城市建设学校      |
| 李涤新 | 合肥市城市建设学校      |
| 苏铁岳 | 河北城乡建设学校       |
| 武佩牛 | 上海市建筑工程学校      |
| 贾小光 | 北京城建集团职工中等专业学校 |
| 周铁军 | 成都市建设学校        |
| 荆得力 | 山东省城市建设学校      |
| 黄志良 | 常州建设高等职业技术学校   |
| 蔡宗松 | 福州建筑工程职业中专学校   |
| 潘东标 | 南京高等职业技术学校     |

**委 员**（按姓氏笔画排）

|     |      |     |     |
|-----|------|-----|-----|
| 王军霞 | 卢秀梅  | 厉建川 | 白 燕 |
| 闫立红 | 刘克良  | 刘英明 | 张文华 |
| 杨秀方 | 肖建平  | 李明庚 | 张 洁 |
| 陈爱萍 | 张福成  | 金同华 | 周 旭 |
| 周雪梅 | 耿文忠  | 常 莲 | 蔺伯华 |
| 李俊玲 | （常务） |     |     |

## 出版说明

本系列教材是根据教育部、建设部发布的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》(以下简称《指导方案》)的指导思想和最新教学计划编写的,是教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

2004年10月,教育部、建设部发布了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》,并组织制订了《指导方案》,对建筑(市政)施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化四个专业的培养目标与规格、教学与训练项目、实验实习设备条件等提出了具体要求。

为了配合《指导方案》的实施,受教育部委托,在中国建设教育协会中等职业教育专业委员会的大力支持和协助下,机械工业出版社于2005年3月专门组织召开了全国中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养教学研讨和教材建设工作会议,对指导方案进行了认真学习和研讨,在此基础上,组织编写了建筑(市政)施工、建筑装饰两个专业的系列教材。

由于“技能型紧缺人才培养培训工程”是一个新生事物,各学校在实施过程中也在不断探索、总结、调整,我们会密切关注各院校的实施情况,及时收集反馈信息,并不断补充、修订、完善本系列教材,也恳请各用书院校及时将使用本系列教材的意见和建议反馈给我们,以使本系列教材日臻完善。

**本系列教材编委会**

# 前言

本书是根据教育部和建设部制定的《中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》中相关教学内容与教学要求，并参照国家有关职业标准和行业岗位要求编写的中等职业教育国家规划教材。

本书主要特色是：（1）知识面宽，结合测量放线工的岗位要求，涵盖了新颁布的测量放线课程教学基本要求中所有的知识点；（2）内容浅显，注重知识介绍的深入浅出，每单元有学习目标、单元总结和复习思考题；（3）实用性强，重点介绍水准仪、经纬仪、全站仪的构造和使用，注重对学生实际操作能力的培养，并附能力训练手册，方便学生实训；（4）结合工程实际突出新意，采用了新技术、新方法和新规范；（5）增加了职业道德培养的内容。

本教材的教学时数为 64 学时，各单元学时分配见下表（供参考）。

| 章 次  | 学 时 数 |     | 章 次  | 学 时 数 |     |
|------|-------|-----|------|-------|-----|
|      | 理 论   | 实 践 |      | 理 论   | 实 践 |
| 单元 1 | 2     |     | 单元 6 | 8     | 4   |
| 单元 2 | 4     | 8   | 单元 7 | 2     |     |
| 单元 3 | 4     | 6   | 单元 8 | 4     |     |
| 单元 4 | 4     | 2   | 单元 9 | 4     | 4   |
| 单元 5 | 4     |     | 综合训练 | 2~3 周 |     |

本书由李明庚担任主编。具体编写分工如下：单元 1、单元 4、单元 5 由汤贵云、李明庚编写；单元 2、单元 3 由宋小弟、李明庚编写；单元 6、单元 7 由张敬伟编写；单元 8、单元 9 由单英杰、李明庚编写。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定，由东南大学吴向阳副教授担任主审，对书稿提出了很多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

在本书编写过程中，还得到了江苏建发建设有限公司朱国豪高级工程师的支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。由于编者水平有限，书中错误和缺点在所难免，恳请读者提出宝贵意见，以便修改。

编 者

# 目 录

## 出版说明

## 前言

### 单元 1 绪论 ..... 1

- 课题 1 建筑工程测量的任务 ..... 1
- 课题 2 地面点位的确定 ..... 2
- 课题 3 测量工作概述 ..... 3
- 课题 4 测量误差概述 ..... 4
- 单元小结 ..... 5
- 复习思考题 ..... 6

### 单元 2 水准测量 ..... 7

- 课题 1 水准测量原理 ..... 7
- 课题 2 水准仪及其操作 ..... 9
- 课题 3 普通水准测量及其成果整理 ..... 13
- 课题 4  $DS_3$  型微倾水准仪的检验 ..... 19
- 课题 5 水准测量误差分析及注意事项 ..... 21
- 课题 6 自动安平水准仪和电子数字水准仪简介 ..... 22
- 单元小结 ..... 24
- 复习思考题 ..... 25

### 单元 3 角度测量 ..... 28

- 课题 1 角度测量原理 ..... 28
- 课题 2 光学经纬仪及其操作 ..... 29
- 课题 3 水平角观测 ..... 32
- 课题 4 竖直角观测 ..... 34
- 课题 5  $DJ_6$  型光学经纬仪的检验 ..... 37
- 课题 6 水平角度测量的误差及注意事项 ..... 38

### 课题 7 电子经纬仪简介 ..... 39

### 单元小结 ..... 40

### 复习思考题 ..... 41

### 单元 4 距离测量与直线定向 ..... 42

- 课题 1 距离丈量的工具和一般方法 ..... 42
- 课题 2 普通视距测量 ..... 48
- 课题 3 光电测距仪测距 ..... 50
- 课题 4 直线定向 ..... 52
- 单元小结 ..... 55
- 复习思考题 ..... 55

### 单元 5 地形图及其应用 ..... 57

- 课题 1 地形图的基本知识 ..... 57
- 课题 2 地物符号与地貌符号 ..... 61
- 课题 3 地形图的应用 ..... 67
- 单元小结 ..... 71
- 复习思考题 ..... 71

### 单元 6 建筑施工测量 ..... 73

- 课题 1 测设的基本工作和测设点位的方法 ..... 73
- 课题 2 建筑场地上的控制测量 ..... 78
- 课题 3 民用建筑施工测量 ..... 82
- 课题 4 工业建筑施工测量 ..... 89
- 单元小结 ..... 93
- 复习思考题 ..... 95

### 单元 7 建筑物变形观测和竣工总

### 平面图编绘 ..... 96

- 课题 1 建筑物变形观测 ..... 96



|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 课题 2 竣工测量和竣工总平面图的<br>编绘 ..... | 101 |
| 单元小结 .....                    | 102 |
| 复习思考题 .....                   | 103 |

## **单元 8 道路和管线施工测量 .....** 104

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 课题 1 圆曲线的测设 .....    | 104 |
| 课题 2 中线恢复测量 .....    | 109 |
| 课题 3 线路纵横断面图测绘 ..... | 110 |
| 课题 4 管道测量 .....      | 118 |
| 单元小结 .....           | 120 |
| 复习思考题 .....          | 121 |

## **单元 9 全站仪及 GPS 定位系统的**

|                 |     |
|-----------------|-----|
| <b>应用 .....</b> | 123 |
|-----------------|-----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 课题 1 全站仪的认识 .....       | 123 |
| 课题 2 全站仪的基本功能 .....     | 129 |
| 课题 3 GPS 全球定位系统简介 ..... | 131 |
| 单元小结 .....              | 135 |
| 复习思考题 .....             | 135 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| <b>参考文献 .....</b> | 136 |
|-------------------|-----|

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>附录 建筑测量能力训练手册 .....</b> | 137 |
|----------------------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 附录 A 基本能力训练 ..... | 139 |
|-------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 附录 B 综合训练 (3 周) ..... | 154 |
|-----------------------|-----|



# 单元 1 绪 论

## 单元概述

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重要组成部分，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。大地水准面和铅垂线是测量工作的基准面和基准线。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。

## 学习目标

本单元主要介绍测量学的研究内容和测量学的基础知识。简要介绍建筑工程测量的研究内容和任务。简要概述地球的形状和大小的概念及研究方法。重点讲述测量常用坐标系及地球表面点位置的确定方法及测量原理。

## 课题 1 建筑工程测量的任务

### 1.1.1 建筑工程测量的研究对象

测量学是研究如何确定地面点之间的相对位置的科学，其研究对象主要是地球的表面，研究内容主要是地球的形状和大小及地球的表面几何形状。建筑工程测量是测量学的一个组成部分，它是研究在建筑工程的勘测设计、施工和运营管理阶段所进行的测量工作的理论、技术和方法的学科。

### 1.1.2 建筑工程测量的主要任务

(1) 测绘大比例尺地形图 在工程规划设计阶段，把各种地面物体的位置和形状及地面的起伏形态，依据规定的符号和比例尺绘成地形图，为工程建设的规划设计提供各种比例尺地形图和测绘资料。

(2) 建筑物的施工测量 在施工阶段，不仅要将在图纸上设计好的建（构）筑物的平面位置和高程按设计要求在地面上标定出来，还要进行轴线投测、高程引测及抄平和竖向控制等工作，以便为施工提供依据。

(3) 建筑物的变形观测 在施工和运营管理阶段，为了确保安全 and 质量，对一些重要的建（构）筑物定期进行变形观测。



### 1.1.3 测量放线工

建筑工程测量在建筑（市政）行业中对应的就业岗位是测量放线工，测量放线工的主要工作任务是利用测量仪器和工具，测量建筑物的空间位置和标高，并按施工图放实样、确定平面尺寸。

## 课题2 地面点位的确定

### 1.2.1 地球的形状和大小

地球是椭球体，平均半径为 6371km。地球的表面高低起伏，由我国测量工作者测定的世界最高峰珠穆朗玛峰高达 8844.43m，而海洋最深处马里亚纳海沟深达 11022m。地球表面海洋面积约占 71%，陆地面积约占 29%。地球表面可看作由一个处于完全静止和平衡的状态、没有潮汐风浪等影响的海水面以及由它延伸穿过陆地并处处保持着与铅垂线方向成正交这一特征而形成的闭合曲面。

人们假设：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，这个闭合曲面称为水准面。水准面处处与铅垂线成正交，水准面有无数个。与水准面相切的平面称为水平面。验潮站测定的平均海水面，称为大地水准面。大地水准面仅有一个。测量上，将铅垂线（重力方向线）作为测量工作的基准线，将大地水准面、水平面作为测量基准面。

### 1.2.2 地面点位确定

地面点的位置是由三个量来确定，即点的平面位置（ $x, y$ ）和点的高程（ $H$ ）。

#### 1. 地面点的高程

测量上通常以国家统一的高程起算面和根据工程实际假定的高程起算面作为高程基准面。国家统一的高程起算面是大地水准面。地面点到大地水准面的铅垂距离，称为绝对高程或海拔，简称高程，用  $H$  表示。我国目前采用的大地水准面是以青岛验潮站于 1985 年以前所测定的黄海平均海水面作为大地水准面，叫做“1985 国家高程基准”，根据“1985 高程基准”推算出青岛水准原点的高程为 72.260m。地面点到假定水准面的铅垂距离，称为相对高程，用  $H'$  表示。在建筑工程中把建筑物各部位的高度以  $\pm 0.000$  作为高程起算面得到的相对高程，称为建筑标高。

地面两点的高程之差称为高差，用  $h$  表示，如图 1-1 所示。

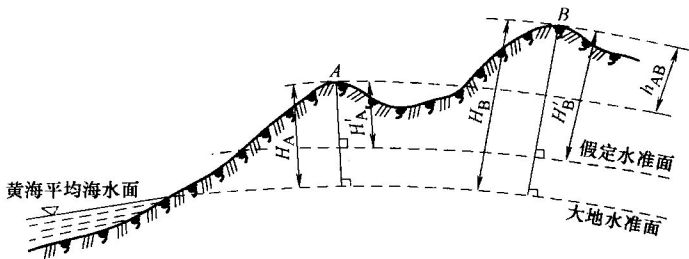


图 1-1 高程与高差

$$A、B \text{ 两点的高差为: } h_{AB} = H_B - H_A \quad (1-1)$$

$$B、A \text{ 两点的高差为: } h_{BA} = H_A - H_B \quad (1-2)$$



在实际计算时,高差会出现正负之分。如果 $h_{AB}$ 为正值,表示 $B$ 点高于 $A$ 点,反之则表示 $A$ 点高于 $B$ 点。

## 2. 地面点的平面位置

确定地面点的平面位置常用平面直角坐标法。测量平面直角坐标系如图1-2所示,规定以南北方向为纵轴,记为 $x$ 轴, $x$ 轴向北为正;以东西方向为横轴,记为 $y$ 轴, $y$ 轴向东为正。坐标象限从 $x$ 轴北方向起,顺时针分别编号为第I、II、III、IV象限。(注:与数学上的直角坐标系不同。)

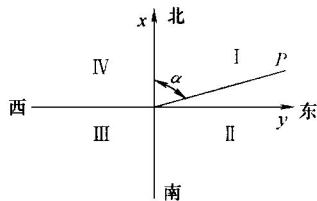


图1-2 平面直角坐标系

地面点的平面位置的确定,就是将地面点沿着铅垂方向投影到坐标平面上,再分别对 $x$ 轴和 $y$ 轴作垂线,垂线与纵横轴的交点即为纵横坐标值。

# 课题3 测量工作概述

## 1.3.1 测量的基本工作

测量工作的实质是确定地面点的位置。而点的平面位置( $x, y$ )和高程( $H$ )是不能直接测量出来的,是通过测量水平角、水平距离和高差间接推算出来的。

如图1-3所示,经过一点 $B$ 分别到另外两点 $A, C$ 的空间直线在水平面上的投影所成角度 $\beta$ ,即水平角。地面点 $A, B$ 在水平面上的投影 $ab$ 即 $AB$ 的水平距离。设 $A, B$ 为坐标、高程都已知的点, $C$ 点为待定点, $a, b, c$ 三点是 $A, B, C$ 三点在水平面上的投影位置。那么在 $\triangle abc$ 中,只要测出一条未知边和一个角(或两个角、或两条边),就可以推算出 $C$ 点的坐标。因此,测定地面点的坐标主要是测量水平距离和水平角。而求 $C$ 点的高程,就要测量出 $h_{AC}$ (或 $h_{BC}$ ),然后推算出 $C$ 点的高程,所以测定一点的高程主要是测量高差。

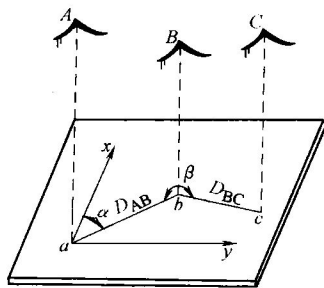


图1-3 投影图

## 1.3.2 测量工作的原则

1) 布局上“先整体后局部”,工作次序上“先控制后碎部”。无论是测绘地形图还是建筑物的施工放样,要在某一点上测绘该地区所有的地物和地貌或测设建筑物的全部细部是不可能的。在具体测量工程中,为了减少误差的累积,保证测量的精度,就需要在布局上采用“先整体后局部”,次序上采用“先控制后碎部”的原则进行测量。

2) 前一步工作未作检核,不进行下一步工作。为了避免错误的成果对于测量工作的影响,测量人员必须重视对测量工作的检核,认真做好测量成果的检查。因此,在测量中必须采用“前一步工作未作检核,不进行下一步工作”原则。

## 1.3.3 测量工作的职业道德要求

1) 测量工作是建筑施工的先导,也是建筑工程质量的必要保证,测量工作必须严格按



相关测量规范进行,要求测量人员认真学习、执行测量规范、规程。

2) 测量工作必须遵守“先整体后局部,先控制后细部”和“前一步工作未做检核不进行下一步工作”的原则。

3) 测量人员必须坚持实事求是的科学态度,保持测量资料和成果的真实性、客观性、原始性。

4) 测量人员必须发扬团结、协作的精神,发扬不畏艰难的艰苦奋斗的精神。

5) 测量人员必须爱护和保护好测量仪器和工具,使测量仪器和工具保持完好状态。

### 1.3.4 测量记录和计算的基本要求

测量记录的基本要求是:原始真实、数字正确、内容完整、字体工整、不用橡皮擦、不得转抄。测量计算的基本要求是:依据正确、方法科学、计算有序、步步校核、结果可靠。

## 课题4 测量误差概述

### 1.4.1 测量误差

在测量工作中,某量的观测值与该量的真实值(真值)之间必然存在着微小的差异,这个差异称为误差。测量误差 = 观测值 - 真值。但有时由于人为的疏忽或措施不全也会造成观测值与真值之间必然存在着较大的差异,这不属于误差,而是错误。误差与错误的根本区别在于前者是不可避免的,而后者则可以通过仔细、认真和规范的工作加以避免。

### 1.4.2 测量误差的来源

测量误差产生的原因主要有以下三个方面:

1. 仪器方面的误差
2. 观测者感官能力有限
3. 外界环境影响的误差

测量成果的精确程度称为精度,精度的高低取决于观测时的仪器、人员和外界环境所构成的观测条件。

### 1.4.3 测量误差的分类及性质

测量误差可分为两类:系统误差和偶然误差。

#### 1. 系统误差

在同一观测条件下,对某量测得的一系列观测值,其误差的数值、符号或保持不变,或按一定规律变化,这种误差称为系统误差。系统误差有以下特点:

- 1) 系统误差的大小(绝对值)为一常数或按一定规律变化。
- 2) 系统误差的符号(正、负)保持不变。
- 3) 系统误差具有累积性。
- 4) 系统误差具有可消减性。找出系统误差产生的原因与规律,通过计算改正或改变观



测条件使误差消减。

2. 偶然误差

在同一观测条件下，对某量测得的一系列观测值，其误差的数值、符号都表现出偶然性，这种误差称为偶然误差。偶然误差有以下特点：

- 1) 偶然误差的大小（绝对值）不超过一定的限值，即大误差出现的有界性。
- 2) 绝对值较小的误差比绝对值较大的误差出现的可能性大，即小误差出现的密集性。
- 3) 绝对值相等的正误差和负误差出现的可能性相等，即正、负误差出现的对称性。
- 4) 偶然误差的算术平均值，随观测次数的无限增加而趋近于零，即全部误差出现的抵消性。

单 元 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（见表 1-1）。

表 1-1

| 阶 段 | 任 务 | 主 要 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、抄平、变形观测 |

3. 基准面（见表 1-2）。

表 1-2

| 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 | 作为假定高程的起算面         |
| 大地水准面 | 自由平静的平均海水面 |            | 能代表地球形状和大小，作为高程基准面 |
| 高程基准面 | 地面点高程的起算面  |            | 作为高程计算的零点          |

4. 坐标轴系（见表 1-3）。

表 1-3

| 名 称    | 定 义                 | 方 式                                                              | 用 途                     |
|--------|---------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 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。

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。



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。

建筑标高：建筑物各部位的高度以 $\pm 0.000$ 作为高程起算面得到的相对高程，称为建筑标高。

高差：两个地面点之间的高程之差称为高差。

### 复习思考题

1-1 建筑工程测量的任务是什么？

1-2 什么是绝对高程？什么是相对高程？ $\pm 0.000$ 在建筑施工中是指什么？它是什么高程？

1-3 测量平面直角坐标系与数学平面直角坐标系有何不同？

1-4 测量的基准面、基准线分别是什么？

1-5 测量工作应遵循的原则是什么？

1-6 测量工作的职业道德要求是什么？

1-7 测量误差可分为哪几大类？各有何特点？

1-8 上网查找关于我国水准原点的知识。

1-9 上网查找测量世界最高峰高程的有关知识。

## 单元2 水准测量

### 单元概述

本单元主要介绍水准测量的原理和方法，水准仪的构造、使用及其检校、水准测量的误差来源及消除方法，水准路线施测方法及数据处理；还介绍了自动安平水准仪、电子水准仪的基本构造和使用方法。

### 学习目标

掌握水准测量的原理和方法，水准仪构造、使用及其检校，水准测量误差来源及消除方法；会用水准仪测定地面上两点间的高差；会布设水准路线并掌握其施测方法和数据处理方法；了解自动安平水准仪、电子水准仪的基本构造和使用。

## 课题1 水准测量原理

### 2.1.1 高程测量的概念

确定地面点高程的工作称为高程测量。高程测量按所使用的仪器和施测方法的不同，主要有水准测量、三角高程测量和气压高程测量等。水准测量是利用水准仪测定地面点高程的工作，是高程测量中最常用的一种方法。

### 2.1.2 水准测量的原理

水准测量是利用水准仪提供的水平视线，通过读取竖立在两点上水准尺的读数，求得两点间的高差，从而由已知点高程推求得未知点高程。

如图 2-1 所示，设已知 A 点高程为  $H_A$ ，用水准测量方法求未知点 B 的高程  $H_B$ 。在 A、B 两点中间安置水准仪，并在 A、B 两点上分别竖立水准尺，根据水

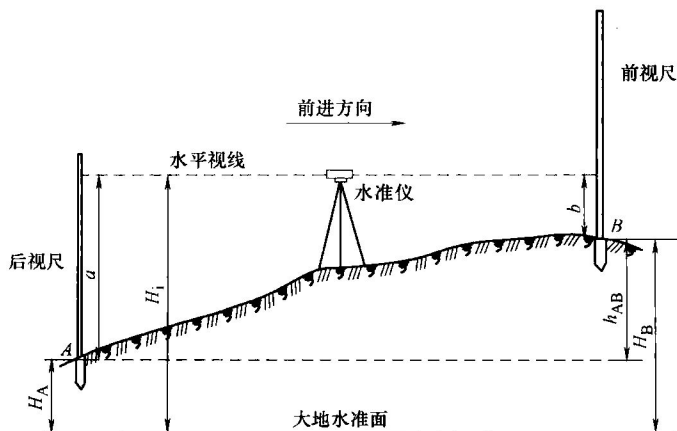


图 2-1 水准测量原理



准仪提供的水平视线在  $A$  点水准尺上读数为  $a$ , 在  $B$  点的水准尺上读数为  $b$ , 则  $A$ 、 $B$  两点间的高差为

$$h_{AB} = a - b \quad (2-1)$$

设水准测量是由  $A$  点向  $B$  点方向进行, 如图 2-1 中前进方向箭头所示,  $A$  点的高程是已知的, 则称  $A$  点为后视点, 其水准尺读数  $a$  为后视读数;  $B$  点的高程是未知的, 则  $B$  点为前视点, 其水准尺读数  $b$  为前视读数。由此可见, 两点之间的高差一定是“后视读数”减“前视读数”。如果  $a > b$ , 则高差  $h_{AB}$  为正, 表示  $B$  点比  $A$  点高; 反之,  $a < b$ , 则高差  $h_{AB}$  为负, 表示  $B$  点比  $A$  点低。

在计算高差  $h_{AB}$  时, 一定要注意  $h_{AB}$  的下标的写法:  $h_{AB}$  表示  $A$  点至  $B$  点的高差,  $h_{BA}$  则表示  $B$  点至  $A$  点的高差, 两个高差应该是绝对值相同而符号相反, 即

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (2-2)$$

### 1. 高差法求未知点的高程

测得  $A$ 、 $B$  两点间高差  $h_{AB}$  后, 则未知点  $B$  的高程  $H_B$  为

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (a - b) \quad (2-3)$$

### 2. 视线高法求未知点的高程

由图 2-1 可以看出,  $B$  点高程也可以通过水准仪的视线高程  $H_i$  (也称为仪器高程) 来计算, 视线高程  $H_i$  等于  $A$  点的高程加  $A$  点水准尺上的后视读数  $a$ , 即

$$H_i = H_A + a \quad (2-4)$$

则

$$H_B = H_i - b \quad (2-5)$$

在只需安置一次水准仪就能同时确定若干个未知点的高程时, 采用视线高法较为方便, 这在建筑工程中经常用到。

### 3. 连续水准测量

如果在实际水准测量中  $A$ 、 $B$  两点间高差较大或相距较远, 不可能安置一次 (一测站) 水准仪即能测定两点间的高差时, 就要在  $A$  点至  $B$  点的水准路线上增设若干个必要的临时立尺点, 称为转点, 常用字母 TP 表示。根据水准测量原理依次连续地在两个立尺点中间安置水准仪来测定相邻各点间高差, 最后取各个测站高差的代数和, 即求得两点间的高差值, 这种方法称为连续水准测量。如图 2-2 所示, 欲求  $h_{AB}$ , 在  $A$  点至  $B$  点水准路线上增设  $n-1$  个临时立尺点 (转点) TP. 1 ~ TP.  $n-1$ , 安置  $n$  次水准仪, 依次连续地测定相邻两点间高差  $h_1 \sim h_n$ , 即

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2$$

$$\dots \quad \dots \quad \dots$$

$$h_n = a_n - b_n$$

则

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + \dots + h_n = \sum h = \sum a - \sum b \quad (2-6)$$

式中,  $\sum a$  为后视读数之和,  $\sum b$  为前视读数之和, 则未知点  $B$  的高程为

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (\sum a - \sum b) \quad (2-7)$$

$A$ 、 $B$  两点间水准路线上增设的转点起着传递高程的作用。为了保证高程传递的正确性, 在连续水准测量过程中, 转点要选择在土质稳固的地面上 (宜安放尺垫), 而且在相邻测站



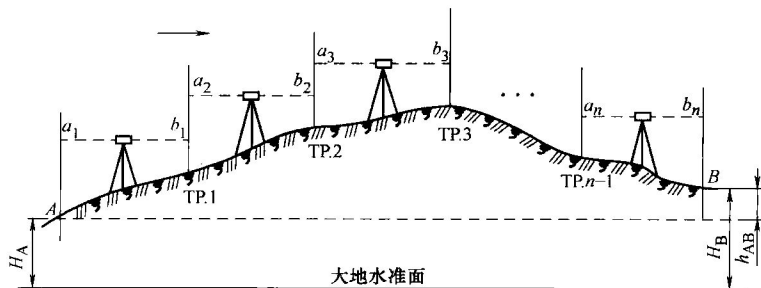


图 2-2 连续水准测量

的观测过程中,要保持转点(尺垫)稳定不动;同时要尽可能保持各测站的前后视距大致相等;还要尽可能通过调节前、后视距离保持整条水准路线中的前视视距之和与后视视距之和相等,这样有利于消除(或减弱)地球曲率和仪器的某些误差对高差的影响。

## 课题2 水准仪及其操作

水准仪是水准测量的主要仪器。水准仪分为  $DS_{05}$ 、 $DS_1$ 、 $DS_3$  及  $DS_{10}$  等几种等级(型号)。“D”和“S”表示中文“大地测量”和“水准仪”中的“大”字和“水”字的汉语拼音的第一个字母,通常在书写时可省略字母 D;下标“05”、“1”、“3”及“10”等数字表示该类仪器的精度。

### 2.2.1 $DS_3$ 型水准仪的构造

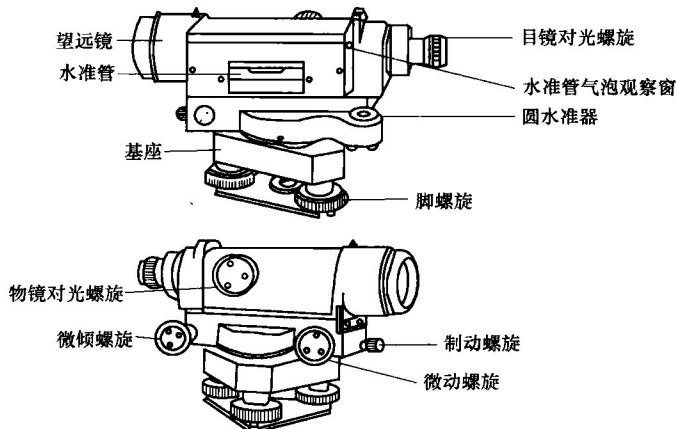
图 2-3 为国产  $DS_3$  型微倾式水准仪,它主要由望远镜、水准器和基座三部分组成。

现将各主要部件的作用与结构介绍如下。

#### 1. 望远镜

望远镜是用来精确瞄准远处水准尺和提供视线进行读数的设备。如图 2-4a 所示,它主要由物镜、目镜、对光透镜及十字丝分划板等组成。十字丝分划板(图 2-4b)是用来准确瞄准目标的,中间一根长横丝称为中丝,与之垂直的一根丝称为竖丝,在中丝上下对称的两根与中丝平行的短横丝称为上、下丝(又称视距丝)。

在水准测量时,用中丝在水准尺上进行前、后视读数,用以计算高差;用上、下丝在水准尺上读数,用以计算水准仪至水准尺的距离(视距)。

图 2-3  $DS_3$  型水准仪