



21st CENTURY  
实用规划教材

21世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材

# 建筑工程测量

主 编 王金玲 周无极  
主 审 曾致远



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS



教育部審定 全國各級各類學校採用 建築工程測量

# 建築工程測量

第一版 第一刷  
ISBN 957-06-0000-0



中華民國八十八年七月

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材

## 建筑工程测量

|     |     |     |     |  |
|-----|-----|-----|-----|--|
| 主 编 | 王金玲 | 周无极 |     |  |
| 副主编 | 郭兆军 | 刘 娟 | 李 强 |  |
|     | 吴学麟 | 付必涛 |     |  |
| 主 审 | 曾致远 |     |     |  |



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书是高职高专土建系列技能型规划教材,共13章。全书主要分为三大部分:测量学的基本理论、地形测量和施工测量。第一部分包括第1~6章,主要介绍测量学的基本理论、测量常规仪器的使用、测量的基本工作及测量误差的基本知识;第二部分包括第7~9章,主要介绍小地区控制测量、大比例尺地形图的测绘和地形图的应用;第三部分包括第10~12章,主要介绍施工测量的基本工作、工业与民用建筑测量以及线路测量。本书在第13章对测绘新技术GPS(卫星定位系统)进行了介绍。

本书可作为建筑工程、土木工程、市政工程、环境工程、土地管理、工程管理、工程造价、建筑结构等专业的工程测量教材,也可供测绘工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/王金玲,周无极主编. —北京:北京大学出版社,2008.5

(21世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-13578-5

I. 建… II. ①王… ②周… III. 建筑测量—高等学校:技术学校—教材 IV. TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第045123号

书 名: 建筑工程测量

著作责任者: 王金玲 周无极 主编

责任编辑: 吴 迪

标准书号: ISBN 978-7-301-13578-5/TU·0048

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

印 刷 者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 16印张 363千字

2008年5月第1版 2008年5月第1次印刷

定 价: 26.00元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 前 言

本书是全国高职高专土建系列技能型规划教材，是根据高等职业技术教育的培养目标，围绕高职高专的教学特点进行编写的。为使本教材具有较强的技能性、实用性、通用性和先进性，各院校的参编老师进行了多次的研讨和交流，广泛征求了一些测绘单位和施工单位测量专家的意见，并结合测量规范，力求突出高职高专教育的特点，注重理论与实践相结合，特别强调学生实际动手能力的培养。

本书主要特点如下。

(1) 技能性：注重测量基本技能的叙述，概念阐述准确、简明扼要；仪器操作和观测方法步骤的叙述条理清晰、通俗易懂，强调操作的关键点和技巧。

(2) 通用性：本书适用于土建大类各专业的测量教学，各个专业可根据专业的性质和特点在教学中合理地进行选择。

(3) 实用性：本书按照高职高专教育的培养目标，理论教学以“必需、够用”为度，突出“实用性”，重点介绍实际作业方法、步骤，力求与工程特点密切结合，达到学以致用的目的。

(4) 先进性：本书是根据最新的测量规范进行编写的，对传统的测绘内容进行了删减、补充、改进和提高；增添了数字化测图、GPS定位技术等测绘新技术，并突出其原理与特点。

参加本书编写的人员皆是在本专业有多年教学经验的教师和工程实践单位的工程技术人员。本书由王金玲、周无极主编，郭兆军、刘娟、李强、吴学麟、付必涛副主编。参编人员分工如下：王金玲编写第5章、第10章，周无极编写第1章、第9章，郭兆军编写第3章、第12章，刘娟编写第2章、第8章、第11章，吴学麟编写第4章、第7章，付必涛编写第13章，李强编写第6章。全书由王金玲统稿。

本书由华中科技大学曾致远教授主审，在此致谢！

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和疏忽，敬请读者批评指正。如发现问题、有待改进或建议，请发电子邮件至 [wjlcplpc@163.com](mailto:wjlcplpc@163.com)，在此特表谢意。

编 者

2008年4月

# 目 录

## 第 1 章 测量学的基本知识 ..... 1

- 1.1 测量学研究的对象及建筑工程测量的任务 ..... 1
  - 1.1.1 测量学的概念及研究对象 ..... 1
  - 1.1.2 测量学的学科分支 ..... 2
  - 1.1.3 建筑工程测量的任务 ..... 2
- 1.2 地球的形状和大小 ..... 3
- 1.3 地面点位置的确定 ..... 4
  - 1.3.1 地面点的坐标 ..... 4
  - 1.3.2 地面点的高程 ..... 8
- 1.4 测量工作中用水平面代替水准面的限度 ..... 9
  - 1.4.1 对水平距离的影响 ..... 9
  - 1.4.2 对高差的影响 ..... 10
- 1.5 测量工作概述 ..... 11
  - 1.5.1 测量的基本工作 ..... 11
  - 1.5.2 测量工作的基本原则 ..... 11
- 本章小结 ..... 12
- 思考与练习 ..... 13

## 第 2 章 水准测量 ..... 14

- 2.1 水准测量原理 ..... 14
  - 2.1.1 水准测量的概念 ..... 14
  - 2.1.2 水准测量的基本原理 ..... 15
- 2.2 水准测量的仪器和工具 ..... 15
  - 2.2.1  $DS_3$  型水准仪 ..... 16
  - 2.2.2 水准尺 ..... 18
  - 2.2.3 尺垫 ..... 19
- 2.3 水准仪的使用 ..... 19
  - 2.3.1 水准仪的使用方法 ..... 19
  - 2.3.2 水准仪使用注意事项 ..... 20
- 2.4 普通水准测量 ..... 21
  - 2.4.1 水准点及水准路线 ..... 21

- 2.4.2 普通水准测量的施测 ..... 22
- 2.4.3 水准测量的检核方法 ..... 23
- 2.4.4 水准测量的注意事项 ..... 24
- 2.5 三、四等水准测量 ..... 24
  - 2.5.1 三、四等水准测量的技术要求 ..... 24
  - 2.5.2 三、四等水准测量的施测方法 ..... 25
  - 2.5.3 成果计算 ..... 27
- 2.6 水准测量的成果计算 ..... 27
  - 2.6.1 内业成果计算的方法 ..... 27
  - 2.6.2 算例 ..... 28
- 2.7 水准仪的检验与校正 ..... 32
  - 2.7.1 水准仪的轴线及各轴线应满足的几何条件 ..... 32
  - 2.7.2 水准仪的检验与校正方法 ..... 32
- 2.8 水准测量的误差分析 ..... 35
  - 2.8.1 仪器误差 ..... 35
  - 2.8.2 观测误差 ..... 35
  - 2.8.3 外界条件影响的误差 ..... 36
- 2.9 自动安平水准仪和电子水准仪简介 ..... 37
  - 2.9.1 自动安平水准仪 ..... 37
  - 2.9.2 电子水准仪 ..... 38
- 本章小结 ..... 39
- 思考与练习 ..... 40

## 第 3 章 角度测量 ..... 43

- 3.1 角度测量原理 ..... 43
  - 3.1.1 水平角测量原理 ..... 43
  - 3.1.2 竖直角测量原理 ..... 44
- 3.2 角度测量仪器和工具 ..... 44
  - 3.2.1 DJ6 光学经纬仪的构造 ..... 44

|                            |    |                               |     |
|----------------------------|----|-------------------------------|-----|
| 3.2.2 DJ6 光学经纬仪的读数方法 ..... | 46 | 4.3.2 视距测量方法 .....            | 81  |
| 3.2.3 测钎、标杆、视板 .....       | 48 | 4.3.3 视距测量误差及注意事项 .....       | 81  |
| 3.3 DJ6 光学经纬仪的使用 .....     | 48 | 4.4 光电测距 .....                | 82  |
| 3.3.1 经纬仪的安置 .....         | 48 | 4.4.1 光电测距原理 .....            | 82  |
| 3.3.2 瞄准 .....             | 50 | 4.4.2 D3000 系列红外测距仪简介 .....   | 84  |
| 3.3.3 读数 .....             | 50 | 4.4.3 测量距离的步骤 .....           | 85  |
| 3.4 水平角的观测 .....           | 50 | 4.5 全站仪简介 .....               | 86  |
| 3.4.1 测回法 .....            | 50 | 4.5.1 全站仪的基本构造 .....          | 86  |
| 3.4.2 方向观测法 .....          | 51 | 4.5.2 科力达全站仪 KTS-552 简介 ..... | 87  |
| 3.5 竖直角的观测 .....           | 53 | 本章小结 .....                    | 90  |
| 3.5.1 竖直度盘的构造 .....        | 53 | 思考与练习 .....                   | 90  |
| 3.5.2 竖直角计算公式的确定 .....     | 54 | <b>第 5 章 方向测量</b> .....       | 91  |
| 3.5.3 竖直角的观测、记录与计算 .....   | 55 | 5.1 直线定向 .....                | 91  |
| 3.5.4 竖盘指标差 .....          | 55 | 5.1.1 标准方向的种类 .....           | 91  |
| 3.6 经纬仪的检验与校正 .....        | 56 | 5.1.2 直线方向的表示方法 .....         | 92  |
| 3.6.1 经纬仪轴线及应满足的几何条件 ..... | 56 | 5.2 坐标方位角的推算 .....            | 94  |
| 3.6.2 经纬仪的检验与校正 .....      | 57 | 5.2.1 正、反坐标方位角 .....          | 94  |
| 3.7 角度测量的误差分析 .....        | 60 | 5.2.2 坐标方位角的推算 .....          | 94  |
| 3.7.1 仪器误差 .....           | 60 | 5.3 坐标计算原理 .....              | 95  |
| 3.7.2 观测误差 .....           | 61 | 5.3.1 坐标正算 .....              | 96  |
| 3.7.3 外界条件影响 .....         | 62 | 5.3.2 坐标反算 .....              | 96  |
| 3.8 其他经纬仪简介 .....          | 63 | 5.4 用罗盘仪测定直线磁方位角 .....        | 97  |
| 3.8.1 DJ2 光学经纬仪 .....      | 63 | 本章小结 .....                    | 98  |
| 3.8.2 电子经纬仪简介 .....        | 64 | 思考与练习 .....                   | 99  |
| 3.8.3 激光经纬仪 .....          | 65 | <b>第 6 章 测量误差的基本知识</b> .....  | 100 |
| 本章小结 .....                 | 65 | 6.1 测量误差概述 .....              | 100 |
| 思考与练习 .....                | 66 | 6.1.1 测量误差的概念 .....           | 100 |
| <b>第 4 章 距离测量</b> .....    | 68 | 6.1.2 测量误差的来源 .....           | 101 |
| 4.1 概述 .....               | 68 | 6.1.3 测量误差的分类 .....           | 101 |
| 4.2 钢尺量距 .....             | 69 | 6.1.4 偶然误差的特性 .....           | 102 |
| 4.2.1 丈量工具 .....           | 69 | 6.2 衡量精度的指标 .....             | 103 |
| 4.2.2 钢尺量距方法 .....         | 70 | 6.2.1 中误差 .....               | 104 |
| 4.2.3 钢尺量距的误差分析及注意事项 ..... | 78 | 6.2.2 相对中误差 .....             | 104 |
| 4.3 视距测量 .....             | 79 | 6.2.3 极限误差 .....              | 105 |
| 4.3.1 视距测量原理 .....         | 79 | 6.3 误差传播定律及其应用 .....          | 105 |

|                                            |     |                                  |     |
|--------------------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| 6.3.1 观测值倍数函数的中<br>误差及其应用 .....            | 105 | 8.2.2 地貌符号 .....                 | 138 |
| 6.3.2 观测值和或差函数的中<br>误差及其应用 .....           | 106 | 8.2.3 几种典型地貌的表示<br>方法 .....      | 139 |
| 6.3.3 观测值线性函数的中误差<br>及其应用 .....            | 107 | 8.2.4 等高线的分类 .....               | 141 |
| 6.3.4 观测值一般函数的中误差<br>及其应用 .....            | 108 | 8.2.5 等高线的特性 .....               | 141 |
| 6.3.5 应用误差传播定律求观测值<br>函数中误差的计算<br>步骤 ..... | 109 | 8.3 测图前的准备工作 .....               | 142 |
| 本章小结 .....                                 | 109 | 8.3.1 图纸的选用 .....                | 142 |
| 思考与练习 .....                                | 109 | 8.3.2 绘制坐标方格网 .....              | 142 |
| <b>第 7 章 小地区控制测量</b> .....                 | 111 | 8.3.3 控制点的展绘 .....               | 144 |
| 7.1 控制测量概述 .....                           | 111 | 8.4 经纬仪测图法 .....                 | 144 |
| 7.1.1 平面控制测量 .....                         | 112 | 8.4.1 作业步骤 .....                 | 144 |
| 7.1.2 高程控制测量 .....                         | 114 | 8.4.2 碎部点的选择 .....               | 146 |
| 7.2 导线测量 .....                             | 115 | 8.4.3 地物和地貌的勾绘 .....             | 147 |
| 7.2.1 导线测量概述 .....                         | 115 | 8.4.4 地形图的拼接、检查与<br>整饰 .....     | 148 |
| 7.2.2 导线测量的外业工作 .....                      | 116 | 8.5 全站仪测图简介 .....                | 149 |
| 7.2.3 导线测量的内业工作 .....                      | 118 | 8.5.1 全站仪数字化测图的<br>优点 .....      | 149 |
| 7.3 交会定点测量 .....                           | 124 | 8.5.2 全站仪数字化测图中点<br>的表示方法 .....  | 150 |
| 7.3.1 前方交会 .....                           | 124 | 8.5.3 全站仪数字化测图的作业<br>过程 .....    | 151 |
| 7.3.2 侧方交会 .....                           | 126 | 本章小结 .....                       | 151 |
| 7.3.3 后方交会 .....                           | 126 | 思考与练习 .....                      | 152 |
| 7.3.4 测边交会 .....                           | 126 | <b>第 9 章 地形图的应用</b> .....        | 154 |
| 7.4 高程控制测量 .....                           | 127 | 9.1 地形图应用的基本内容 .....             | 154 |
| 7.4.1 三、四等水准测量 .....                       | 127 | 9.2 面积量算 .....                   | 156 |
| 7.4.2 三角高程测量 .....                         | 127 | 9.3 地形图在工程建设中的应用 .....           | 159 |
| 本章小结 .....                                 | 129 | 9.3.1 绘制已知方向的纵断<br>面图 .....      | 159 |
| 思考与练习 .....                                | 130 | 9.3.2 按限制坡度选择最短<br>线路 .....      | 160 |
| <b>第 8 章 大比例尺地形图的测绘</b> .....              | 131 | 9.3.3 确定汇水面积 .....               | 161 |
| 8.1 地形图的基本知识 .....                         | 131 | 9.3.4 确定水库库容 .....               | 161 |
| 8.1.1 地形图的比例尺 .....                        | 132 | 9.4 地形图在平整土地中的应用及<br>土石方估算 ..... | 162 |
| 8.1.2 地形图的分幅与编号 .....                      | 133 | 9.4.1 将地面平整成水平<br>场地 .....       | 162 |
| 8.2 地形图符号及在地形图上的<br>表示方法 .....             | 134 |                                  |     |
| 8.2.1 地物符号 .....                           | 134 |                                  |     |

|                                |     |                             |     |
|--------------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 9.4.2 将地面平整为倾斜<br>场地 .....     | 163 | 11.1.5 施工高程控制网的<br>建立 ..... | 185 |
| 9.5 电子地图应用简介 .....             | 164 | 11.2 民用建筑施工测量 .....         | 185 |
| 9.5.1 电子地图应用体系的<br>结构 .....    | 165 | 11.2.1 施工测量前的准备<br>工作 ..... | 185 |
| 9.5.2 电子地图应用体系的技术<br>基础 .....  | 165 | 11.2.2 建筑物的定位与<br>放线 .....  | 186 |
| 本章小结 .....                     | 167 | 11.2.3 基础施工测量 .....         | 188 |
| 思考与练习 .....                    | 167 | 11.2.4 主体施工测量 .....         | 189 |
| <b>第 10 章 施工测量的基本工作</b> .....  | 169 | 11.2.5 高层建筑物的施工<br>测量 ..... | 190 |
| 10.1 施工测量概述 .....              | 169 | 11.3 工业建筑施工测量 .....         | 191 |
| 10.1.1 施工测量的目的和<br>内容 .....    | 169 | 11.3.1 厂房矩形控制网的<br>放样 ..... | 191 |
| 10.1.2 施工测量的原则 .....           | 169 | 11.3.2 厂房基础施工测量 .....       | 192 |
| 10.1.3 施工测量的精度<br>要求 .....     | 170 | 11.3.3 厂房构件的安装<br>测量 .....  | 193 |
| 10.1.4 施工测量的特点 .....           | 170 | 11.4 烟囱、水塔施工测量 .....        | 196 |
| 10.2 施工测量基本工作 .....            | 171 | 11.5 房屋建筑物的变形观测 .....       | 198 |
| 10.2.1 已知水平距离的<br>测设 .....     | 171 | 11.5.1 沉降观测 .....           | 198 |
| 10.2.2 已知水平角的测设 .....          | 172 | 11.5.2 倾斜观测 .....           | 200 |
| 10.2.3 已知高程的测设 .....           | 173 | 11.5.3 裂缝观测 .....           | 201 |
| 10.3 点的平面位置的测设 .....           | 174 | 11.6 竣工测量 .....             | 202 |
| 10.3.1 极坐标法 .....              | 174 | 本章小结 .....                  | 203 |
| 10.3.2 直角坐标法 .....             | 176 | 思考与练习 .....                 | 204 |
| 10.3.3 角度交会法 .....             | 176 | <b>第 12 章 线路测量</b> .....    | 205 |
| 10.3.4 距离交会法 .....             | 177 | 12.1 概述 .....               | 205 |
| 10.4 已知坡度的测设 .....             | 177 | 12.1.1 线路测量的任务和<br>内容 ..... | 206 |
| 本章小结 .....                     | 178 | 12.1.2 线路测量的基本<br>特点 .....  | 206 |
| 思考与练习 .....                    | 179 | 12.1.3 线路测量的基本<br>过程 .....  | 206 |
| <b>第 11 章 工业与民用建筑测量</b> .....  | 180 | 12.2 中线测量 .....             | 207 |
| 11.1 建筑场地施工控制测量 .....          | 180 | 12.2.1 交点和转点的测设 .....       | 207 |
| 11.1.1 施工平面控制网的<br>建立 .....    | 181 | 12.2.2 转向角的测设 .....         | 209 |
| 11.1.2 建筑基线的放样 .....           | 182 | 12.2.3 中桩的设置 .....          | 210 |
| 11.1.3 建筑方格网的放样 .....          | 183 | 12.3 圆曲线测设 .....            | 210 |
| 11.1.4 施工坐标与测图坐标系<br>的换算 ..... | 184 | 12.3.1 圆曲线要素的计算 .....       | 211 |

|                             |            |                                |            |
|-----------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| 12.3.2 圆曲线主点里程的<br>计算 ..... | 212        | 13.2 GPS 组成 .....              | 229        |
| 12.3.3 曲线主点的测设 .....        | 212        | 13.2.1 GPS 卫星星座 .....          | 230        |
| 12.3.4 圆曲线细部点的<br>测设 .....  | 212        | 13.2.2 地面监控系统 .....            | 230        |
| 12.4 线路纵、横断面测量 .....        | 216        | 13.2.3 用户接收机 .....             | 231        |
| 12.4.1 线路纵断面测量 .....        | 216        | 13.3 GPS 定位的基本原理 .....         | 232        |
| 12.4.2 纵断面图的绘制 .....        | 216        | 13.3.1 概述 .....                | 232        |
| 12.4.3 线路横断面图测量 .....       | 218        | 13.3.2 伪距测量 .....              | 232        |
| 12.4.4 横断面图的绘制 .....        | 219        | 13.3.3 伪距定位方程 .....            | 234        |
| 12.5 线路施工测量 .....           | 220        | 13.3.4 载波相位测量方法 .....          | 234        |
| 12.5.1 施工控制桩的测设 .....       | 220        | 13.3.5 GPS 定位的几个基本<br>概念 ..... | 235        |
| 12.5.2 路基边桩的测设 .....        | 220        | 13.4 GPS 测量主要技术指标 .....        | 237        |
| 12.6 管道施工测量 .....           | 222        | 13.5 全球卫星定位系统测量实施 ...          | 238        |
| 12.6.1 地下开挖管道施工<br>测量 ..... | 222        | 13.5.1 测前准备 .....              | 238        |
| 12.6.2 架空管道施工测量 .....       | 224        | 13.5.2 外业实施 .....              | 239        |
| 12.6.3 顶管施工测量 .....         | 225        | 13.5.3 数据处理 .....              | 240        |
| 本章小结 .....                  | 227        | 本章小结 .....                     | 241        |
| 思考与练习 .....                 | 228        | 思考与练习 .....                    | 242        |
| <b>第 13 章 GPS 简介 .....</b>  | <b>229</b> | <b>参考文献 .....</b>              | <b>243</b> |
| 13.1 概述 .....               | 229        |                                |            |

# 第 1 章 测量学的基本知识

## 【教学目标】

了解测量学的研究对象及建筑工程测量的三项任务；理解测量工作的基准面和基准线；理解用水平面代替水准面的限度；掌握地面点位的确定方法，包括地面点的坐标和高程的表示方法；掌握测量的基本工作和测量工作的基本原则。

## 【教学要求】

| 知 识 要 点           | 能 力 要 求                                                                               | 相 关 知 识                                                                                                         |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 建筑工程测量的任务         | (1) 理解测量学的研究对象及概念<br>(2) 了解测量学的学科分支<br>(3) 掌握建筑工程测量的三项任务，即地形图测绘、施工放样和变形监测             | (1) 测量学的概念及研究对象<br>(2) 测量学的学科分支<br>(3) 地物、地貌以及地形图的概念<br>(4) 施工放样的概念<br>(5) 变形监测的目的和作用                           |
| 测量工作的基准线和基准面      | (1) 能够理解铅垂线是测量工作的基准线<br>(2) 能够理解大地水准面是测量工作的基准面                                        | (1) 地球的形状和大小<br>(2) 水准面及大地水准面<br>(3) 水准面的特性<br>(4) 参考椭球体                                                        |
| 地面点位确定            | (1) 能够根据经、纬度确定地面点的地理坐标<br>(2) 能够建立独立平面直角坐标系<br>(3) 能够计算各投影带中央子午线的经度<br>(4) 能够确定地面点的高程 | (1) 经度和纬度的概念<br>(2) 测量独立平面直角坐标系<br>(3) 高斯投影<br>(4) 中央子午线经度的计算<br>(5) 高斯平面直角坐标系的建立<br>(6) 绝对高程和相对高程的定义<br>(7) 高差 |
| 用水平面代替水准面的限度      | (1) 能够根据距离确定用水平面代替水准面的距离误差和高差误差<br>(2) 能够理解用水平面代替水准面的限度                               | (1) 水平面代替水准面对距离的影响<br>(2) 水平面代替水准面对高差的影响                                                                        |
| 测量的基本工作和测量工作的基本原则 | (1) 能够根据 3 个基本要素确定地面点相对位置关系<br>(2) 能够根据测量工作的基本原则实施测量工作                                | (1) 测量的基本工作<br>(2) 测量工作的基本原则                                                                                    |

## 1.1 测量学研究的对象及建筑工程测量的任务

### 1.1.1 测量学的概念及研究对象

测量学是研究整个地球的形状和大小以及确定地面点位关系的一门学科。其研究的对

象主要是地球和地球表面上的各种物体,包括它们的几何形状及空间位置关系。测量学将地表物体分为地物和地貌。地物是地球表面上各种自然物体和人工建筑物;地貌是指地势高低起伏的形态。地物和地貌总称为地形。

### 1.1.2 测量学的学科分支

测量学是一门综合学科,测量学按照研究范围、研究对象及其采用的技术手段不同,可分为以下几个学科分支。

#### 1. 大地测量学

大地测量学研究整个地球的形状、大小和外部重力场及其变化、地面点的几何位置,解决大范围的控制测量工作。大地测量学是测量学各分支学科的理论基础,它的主要任务是为测制地形图和工程建设提供基本的平面控制和高程控制。按照测量手段的不同,大地测量学又分为常规大地测量学、空间大地测量学及物理大地测量学等。

#### 2. 普通测量学

普通测量学是研究地球表面一个较小的局部区域的形状和大小。由于地球半径很大,就可以把球面当成平面看待而不考虑地球曲率的影响。地形测量学的主要任务是图根控制网的建立、地形图的测绘及工程的施工测量。

#### 3. 工程测量学

工程测量学是研究工程建设在规划设计、施工和运营管理各个阶段所进行的各种测量工作。工程测量学的主要任务就是这3个阶段所进行的各种测量工作。

工程测量学是一门应用学科,按其研究对象可分为:建筑、水利、铁路、公路、桥梁、隧道、地下、管线(输电线、输油管)、矿山、城市和国防等工程测量。

#### 4. 摄影测量与遥感

摄影测量与遥感技术主要是利用摄影或遥感技术来研究地表形状和大小的科学。其主要任务是将获取地面物体的影像,进行分析处理后建立相应的数字模型或直接绘制成地形图。根据影像获取方式的不同,摄影测量又分为地面摄影测量和航空摄影测量等。

#### 5. 制图学

制图学主要是利用测量所获得的成果资料,研究如何投影编绘成图,以及地图制作的理论、方法和应用等方面的科学。

测量学各分支学科之间相互渗透、相互补充、相辅相成。本课程讲述的主要内容就属于普通测量学和工程测量学的范畴。

### 1.1.3 建筑工程测量的任务

测量学的任务包括测设和测定两方面。测定是将地球表面上的地物和地貌缩绘成各种比例尺的地形图;测设是将图纸上设计好的建筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

建筑工程测量属于工程测量的范畴,是测量学的一个组成部分。它是研究建筑工程在勘测设计、施工建设和运营管理各阶段所进行的各种测量工作的理论和技术的学科。其任务主要有以下3个方面。

### 1. 地形图测绘

要进行勘测设计,必须要有设计底图。而该阶段测量工作的任务就是为勘测设计提供地形图,进行地形图测绘,也即测定。地形图测绘是使用各种测量仪器和工具,按一定的测量程序和方法,将地面上局部区域的各种地物和地势的高低起伏形态、大小,按规定的符号及一定的比例尺缩绘在图纸上,供工程建设使用。

### 2. 施工放样

在工程施工建设之前,测量人员要根据设计和施工技术的要求把建筑物的平面位置和高程在地面上标定出来,作为施工建设的依据,这步工作即为测设。施工放样是联系设计和施工的桥梁,一般来讲,需要较高的精度。

### 3. 变形监测

在建筑物施工过程中,要进行变形监测,以指导和检查工程的施工,确保施工的质量符合设计的要求;在建筑物建成后的运营管理阶段,也要进行变形监测,对建筑物的稳定性及变化情况进行监督测量,了解其变形规律,以确保建筑物的安全。

总之,在工程建设的勘测、设计、施工和运营管理各个阶段都要进行测量工作,测量工作贯穿于整个工程建设的始终。因此,从事工程建设的工程技术人员,必须掌握工程测量的基本知识和技能。

## 1.2 地球的形状和大小

### 1. 地球的形状和大小

地球是一个南北极稍扁,赤道稍长,平均半径约为 6371km 的椭球。测量工作是在地球表面进行的,地球自然表面有高山、丘陵、平原、盆地及海洋等,呈复杂的起伏形态,是一个不规则的曲面。地表上最高的珠穆朗玛峰高达 8844.43m(这个数据是 2005 年 10 月 9 日国家测绘局公布的最新测量数据,高程测量精度为  $\pm 0.21\text{m}$ ,峰顶冰雪深度为 3.50m)。最深的马里亚纳海沟深达 11022m。地表的高低起伏约 20km。虽然如此,但与地球的半径 6371km 比较起来仍是可以忽略不计的。通过长期的测绘工作和科学调查,了解到地球表面上海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%,因此,可以认为地球的形状是被海水所包围的球体。

### 2. 测量工作基准面和基准线

在地面上进行测量工作应掌握重力、铅垂线、水准面、大地水准面、参考椭球面的概念和关系。

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。设想一个静止的海水面向陆地延伸通过大陆和岛屿形成一个包围地球的闭合的曲面,这个曲面就称为水准面。水准面是一个处处与铅垂线垂直的连续曲面,由于海水受潮汐的影响,海水面有高低,所以水准面有无数个,其中与平均海水面相吻合的水准面,称为大地水准面,如图

1.1 所示。大地水准面是测量工作的基准面。大地水准面所包围的地球形体称为大地体。

用大地水准面代表地球表面的形状和大小是恰当的,但由于地球内部质量分布不均匀,引起铅垂线的方向产生不规则的变化,致使大地水准面成为一个复杂的曲面,如图 1.1 所示。如果将地球表面上的图形投影到这个复杂的曲面上,是无法进行测量工作的,为此选用一个非常接近大地水准面,并可用数学式表达的规则几何形体来作为地球的参考和大小,这个旋转椭球体称为参考椭球体。

参考椭球体是由一椭圆绕其短半轴旋转而成的椭球体,如图 1.2 所示。椭圆的长半径  $a$ 、短半径  $b$ 、扁率  $\alpha\left(\alpha=\frac{a-b}{a}\right)$  是决定旋转椭球体的形状和大小的元素。目前,我国采用国际大地测量协会 IAG-75 参数:  $a=6378140\text{m}$ ,  $\alpha=1:298.257$ , 推算值  $b=6356755.288\text{m}$ 。

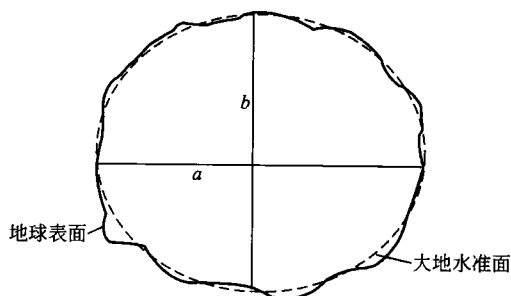


图 1.1 大地水准面

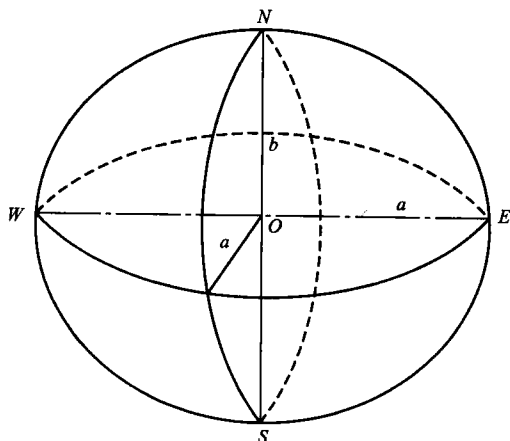


图 1.2 参考椭球体

采用参考椭球体定位得到的坐标系为国家大地坐标系。我国大地坐标系的原点在陕西省泾阳县永乐镇。由于地球椭球体的扁率很小,当测区面积不大时,可将地球近似地当作半径为 6371km 圆球。

### 1.3 地面点位置的确定

测量工作的基本任务是确定地面点的空间位置。确定地面点的空间位置需要 3 个要素,通常是确定地面点在基准面(参考椭球面)上的投影位置,即地面点的坐标;以及地面点到基准面(大地水准面)的铅垂距离,即高程。

#### 1.3.1 地面点的坐标

在测量工作中,地面点的坐标通常有下面几种表示方法。

##### 1. 地理坐标

地理坐标是在大区域内确定地面点的位置,以球面坐标来表示点的坐标。用经度和纬

度表示地面点在旋转椭球面上的位置。如图 1.3 所示, NS 为椭球的旋转轴, N 表示北极, S 表示南极。通过椭球旋转轴的平面为子午面, 其中通过英国格林尼治天文台的子午面称为起始子午面。自起始子午面起, 向东  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  称为东经, 向西  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  称为西经。通过椭球中心且与椭球旋转轴正交的平面称为赤道。从赤道起向北  $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$  称为北纬, 向南  $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$  称为南纬。我国地处北半球, 各地的纬度都是北纬。图中 M 点的地理坐标为东经  $115^{\circ} 30'$ , 北纬  $46^{\circ} 20'$ 。

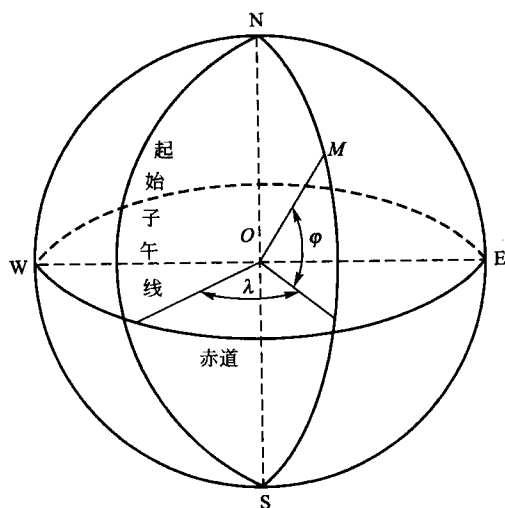


图 1.3 地理坐标

## 2. 独立平面直角坐标

在小区域进行测量工作, 可以将该测区内大地水准面当平面, 即直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上, 如图 1.4 所示。测量中所用的平面直角坐标与数学中的笛卡儿平面直角坐标基本相同。如图 1.5 所示, 原点一般选在测区西南以外, 将坐标系的  $x$  轴选在测区西边, 将  $y$  轴选在测区南边, 使测区内部点坐标均为正值, 以便计算。纵轴为  $x$  轴, 与南

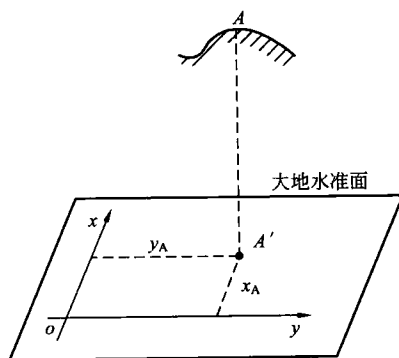


图 1.4 平面投影

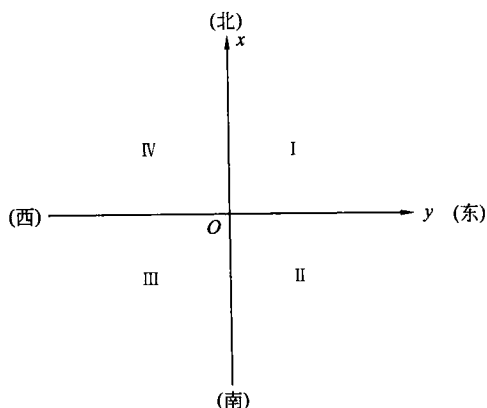


图 1.5 平面直角坐标

北方向一致, 向北为正, 向南为负; 横轴为  $y$  轴, 与东西方向一致, 向东为正, 向西为负。这是由于测量工作中表示方向时是以北方向为标准按顺时针方向计算的角度。此外, 为了使平面三角教学公式都可以在测量计算中应用, 象限按顺时针方向编号。

### 3. 高斯平面直角坐标

当测区范围较大时, 不能用水平面代替球面, 应将地面点投影到椭球面上, 所以必须按适当的投影方法, 建立统一的平面直角坐标系。

投影的方法很多, 我国现采用的是高斯-克吕格投影方法。它是由德国测量学家高斯于 1825 年至 1830 年首先提出的, 到 1912 年由德国测量学家克吕格推导出实用的坐标投影公式。

高斯投影的方法如图 1.6 所示, 将地球视为一个圆球, 设想用一个横圆柱体套在地球外面, 并使横圆柱的轴心通过地球的中心, 横圆柱的中心轴通过地球中心并与地轴  $NS$  垂直。让圆柱面与圆球面上的某一子午线(该子午线称为中央子午线)相切, 然后按照一定的数学法则, 将中央子午线东西两侧球面上的图形投影到圆柱面上, 再将横圆柱面沿过南、北极点的母线剪开, 展成平面, 即可得投影面到平面上的图形, 构成了高斯平面直角坐标系, 如图 1.7 所示。

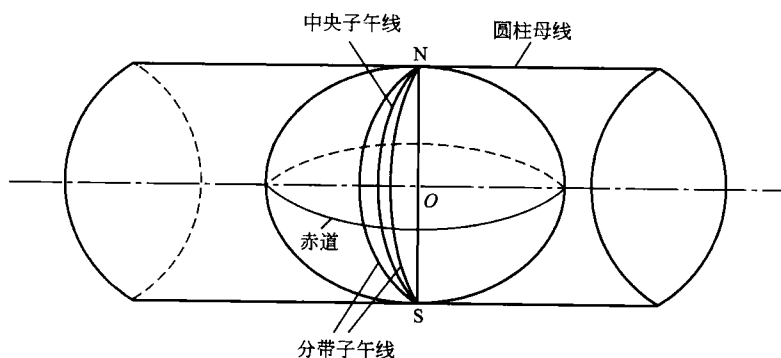


图 1.6 高斯投影原理

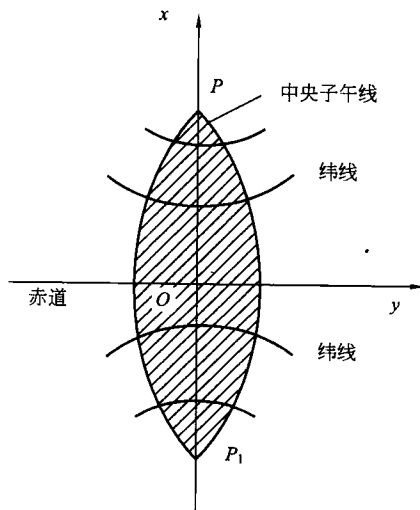


图 1.7 高斯投影面

## 1) 高斯投影的分带

为了使变形限制在允许范围内, 高斯投影按一定经差将地球椭球面划分成若干投影带, 投影带的宽度以相邻两个子午线的经差来划分, 带的宽度一般有  $6^\circ$ 、 $3^\circ$  和  $1.5^\circ$  等几种。

如图 1.8a 所示,  $6^\circ$  带是从  $0^\circ$  子午线起每隔经差  $6^\circ$  自西向东分带, 将整个地球分成 60 个投影带。用 1~60 顺序编号。

$6^\circ$  带中任意带的中央子午线经度  $L$  与投影带号  $N$  的关系为:

$$L = 6N - 3 \quad (1.1)$$

反之, 已知地面任一点的经度  $L$ , 要计算该点所在的  $6^\circ$  带编号的公式为:

$$N = \text{Int}\left(\frac{L+3}{6} + 0.5\right) \quad (1.2)$$

式中,  $\text{Int}$  为取整函数。

如图 1.8b 所示,  $3^\circ$  带是在六度带的基础上分成的, 它是从东经  $1.5^\circ$  子午线起每隔经差  $3^\circ$  自西向东分带, 将整个地球分成 120 个投影带。用 1~120 顺序编号。

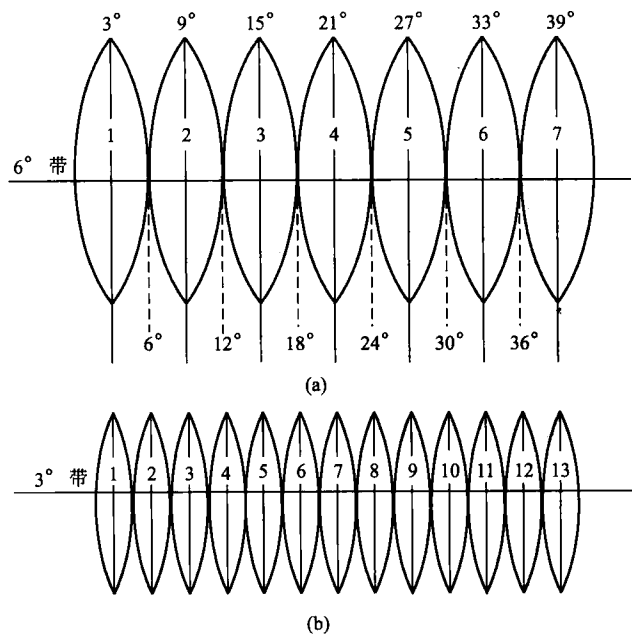


图 1.8 高斯投影分带

$3^\circ$  带中任意带的中央子午线经度  $L'$  与投影带号  $n$  的关系为:

$$L' = 3n \quad (1.3)$$

反之, 已知地面任一点的经度  $L'$ , 要计算该点所在的  $3^\circ$  带编号的公式为:

$$n = \text{Int}\left(\frac{L'}{3} + 0.5\right) \quad (1.4)$$

## 2) 高斯平面直角坐标系的建立

以分带投影后的中央子午线和赤道的交点  $O$  为坐标原点, 以中央子午线的投影为纵轴