



高职高专 **土木与建筑** 规划教材

土木工程测量

张国辉 主编
潘益民 邱锡寅 副主编



清华大学出版社

高职高专土木与建筑规划教材

土木工程测量

张国辉 主编

潘益民 邱锡寅 副主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是根据现行土建类测量教学大纲要求,按照高等职业教育的特点而编写。全书共分15章,主要内容包括:绪论,水准测量,经纬仪与角度测量,距离测量与直线定向,测量误差的基本知识,小地区控制测量,测绘新技术,大比例尺地形图的基本知识,大比例尺地形图的测绘,地形图的应用,测设的基本工作,建筑施工测量,道路施工测量,隧道施工测量等。另外,本书还配有实习指导书,针对学生在课堂实习重点、方法和应注意的问题等方面给予指导。

本书为高职高专土木工程专业的教学用书,也可供土木工程专业工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/张国辉主编;潘益民,邱锡寅副主编. —北京:清华大学出版社,2008.2

(高职高专土木与建筑规划教材)

ISBN 978-7-302-16708-2

I. 土… II. ①张… ②潘… ③邱… III. 土木工程—工程测量—高等学校:技术学校—教材 IV. TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第202850号

责任编辑:刘天飞 桑任松

封面设计:山鹰工作室

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:李玉萍

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印装者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:25.5 字 数:608千字

版 次:2008年2月第1版 印 次:2008年2月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:34.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:025975-01



读者回执卡

欢迎您立即填写回函

您好!感谢您购买本书,请您抽出宝贵的时间填写这份回执卡,并将此页剪下寄回我公司读者服务部。我们会在以后的工作中充分考虑您的意见和建议,并将您的信息加入公司的客户档案中,以便向您提供全程的一体化服务。您享有的权益:

- ★ 免费获得我公司的新书资料;
- ★ 寻求解答阅读中遇到的问题;

- ★ 免费参加我公司组织的技术交流会及讲座;
- ★ 可参加不定期的促销活动,免费获取赠品;

读者基本资料

姓名 _____ 性别 男 女 年龄 _____
 电话 _____ 职业 _____ 文化程度 _____
 E-mail _____ 邮编 _____
 通讯地址 _____

请在您认可处打√ (6至10题可多选)

- 您购买的图书名称是什么: _____
- 您在何处购买的此书: _____
- 您对电脑的掌握程度: 不懂 基本掌握 熟练应用 精通某一领域
- 您学习此书的主要目的是: 工作需要 个人爱好 获得证书
- 您希望通过学习达到何种程度: 基本掌握 熟练应用 专业水平
- 您想学习的其他电脑知识有: 电脑入门 操作系统 办公软件 多媒体设计
编程知识 图像设计 网页设计 互联网知识
- 影响您购买图书的因素: 书名 作者 出版机构 印刷、装帧质量
内容简介 网络宣传 图书定价 书店宣传
封面、插图及版式 知名作家(学者)的推荐或书评 其他
- 您比较喜欢哪些形式的学习方式: 看图书 上网学习 用教学光盘 参加培训班
- 您可以接受的图书的价格是: 20元以内 30元以内 50元以内 100元以内
- 您从何处获知本公司产品信息: 报纸、杂志 广播、电视 同事或朋友推荐 网站
- 您对本书的满意度: 很满意 较满意 一般 不满意
- 您对我们的建议: _____

请剪下本页填写清楚,放入信封寄回,谢谢!

1 0 0 0 8 4

北京100084—157信箱

贴 邮
票 处

读者服务部

收

邮政编码:

技术支持与课件下载: <http://www.tup.com.cn> <http://www.wenyuan.com.cn>

读者服务邮箱: service@wenyuan.com.cn

邮 购 电 话: 62791864 62791865 62792097-220

组 稿 编 辑: 刘建龙

投 稿 电 话: 13651311791

投 稿 邮 箱: lft0311@tom.com



前 言

本书是根据现行土建类测量教学大纲要求,按照高等职业教育的特点而编写。随着测绘技术及建筑施工技术的发展,在内容选编上,力求对电子测量仪器及其在地形图测绘和施工放线中的运用等技术介绍的详尽且在内容上贴近工程实际。本书对精密水准仪、电子经纬仪、全站仪、GPS 定位仪的基本原理做了图文并茂的讲解,并对电子测量仪器在土木工程中的具体运用做了详细介绍。

本书共分 15 章。各章的主要内容介绍如下。

第 1 章为绪论,讲述测量学的任务和分类,地面点位的确定,测量学在土木工程中的作用,测量工作的基本内容、组织原则、基本要求以及常用的度量单位。

第 2 章为水准测量,讲述水准测量的原理、仪器及工具,水准仪的使用与注意事项,普通水准测量的方法,水准测量成果计算,微倾式水准仪的检验与校正,水准测量的误差分析,其他水准仪简介。

第 3 章为经纬仪与角度测量,讲述角度的概念及测量原理,DJ₆型光学经纬仪的构造及使用方法,水平角的观测方法(测回法),竖直角观测方法,经纬仪的检验与校正,角度测量的误差分析, DJ₂ 光学经纬仪、电子经纬仪的构造及使用。

第 4 章为距离测量与直线定向,讲述直线丈量的工具,直线定线,一般直线丈量的方法,钢尺检定,精密直线丈量的方法,直线丈量的误差分析,直线定向的概念及方法,红外光电测距仪的结构、原理及使用等。

第 5 章为测量误差的基本知识,讲述测量误差的分类,观测值的算术平均值,评定精度的标准,误差传播定律及其应用。

第 6 章为小地区控制测量,讲述平面控制测量和高程控制测量的概念,导线测量的外业工作和内业计算,高程控制测量的实施等。

第 7 章为测绘新技术,讲述电子全站仪的结构原理、性能指标、操作使用及注意事项, GPS 全球定位系统的组成、工作原理及测量实施。

第 8 章为大比例尺地形图的基本知识,讲述地形图及其比例尺,地形图的图名、图号、图廓及图式。

第 9 章为大比例尺地形图的测绘,讲述小平板仪的构造及其使用,测图前的准备工作,碎部测量、数字测图方法简介以及地形图的绘制。

第 10 章为地形图的应用,讲述地形图的阅读,地形图应用的基本内容,地形图在场地平整中的应用,地形图在设计中的应用,地形图在管线设计施工中的应用,以及地形图在城镇规划中的应用。

第 11 章为测设的基本工作,讲述测设的基本内容,点的平面位置测设,已知坡度直线的测设,已知直线的测设,以及激光定位仪器在施工中的应用。

第 12 章为建筑施工测量,讲述施工测量的主要内容、精度、特点、组织原则及准备工作,施工控制测量,民用建筑施工测量,高层建筑物的轴线投测与标高传递,工业厂房的施工测量,烟囱(水塔)的施工测量,建筑物的变形观测,竣工总图的编绘。

第 13 章为管道施工测量,讲述管道工程测量的概念,管道中线测量及纵横断面测量,管道施工测量的准备及实施,顶管施工测量的准备及实施,管道竣工测量。

第 14 章为道路施工测量,讲述测量在道路建设中的作用和路线勘测设计测量的内容,

道路中线、转角、曲线测设, 道路的施工测量的准备及实施。

第 15 章为隧道施工测量, 讲述隧道施工过程对测量工作的规定, 地面控制测量, 地上、地下联系测量, 地下控制测量, 隧道掘进及贯通时的测量。

本书由内蒙古建筑职业技术学院张国辉任主编, 浙江工业职业技术学院潘益民、广东茂名职业技术学院邱锡寅任副主编。各章节的编写分工如下: 张国辉编写第 5、12、13、14、15 章, 潘益民编写第 1、2、9、10、11 章, 邱锡寅编写第 3、4、6、7、8 章。本书在编写过程中得到了钟庆老师的协助。

本书适合作为高职高专的建筑工程、建筑学、城镇规划、给水排水、供热与通风、市政道工程等专业教材, 也可供相关专业的技术人员参考。

由于编者水平有限, 书中难免有不妥之处, 恳请使用本书的教师及读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 绪论.....	1	2.4.2 拟定水准测量的路线	23
1.1 测量学的任务和分类.....	1	2.4.3 外业观测程序和注意事项	24
1.1.1 测量学.....	1	2.5 水准测量成果计算.....	27
1.1.2 测量学的分类.....	2	2.5.1 高差闭合差及精度要求	27
1.2 地面点位的确定.....	3	2.5.2 水准测量成果计算	28
1.2.1 测量的基准面.....	3	2.6 微倾式水准仪的检验与校正.....	30
1.2.2 确定地面点位的方法.....	4	2.6.1 圆水准器的检验和校正	31
1.2.3 用水平面代替水准面的限度.....	8	2.6.2 十字丝横丝的检验和校正	32
1.3 测量学在土木工程中的作用.....	10	2.6.3 水准管轴的检验和校正	32
1.3.1 土木工程.....	10	2.7 水准测量的误差分析.....	33
1.3.2 在工程规划设计阶段的作用.....	10	2.7.1 仪器及使用工具的误差	34
1.3.3 在工程开工之前的作用.....	10	2.7.2 观测误差	34
1.3.4 在工程施工当中的作用.....	10	2.7.3 外界条件的影响	35
1.3.5 在工程项目运营管理阶段的 作用.....	11	2.8 其他水准仪简介.....	36
1.4 测量工作的基本内容.....	11	2.8.1 自动安平水准仪	36
1.5 测量工作的组织原则和基本要求.....	11	2.8.2 精密水准仪	38
1.6 测量工作中常用的度量单位.....	12	2.8.3 数字水准仪	40
思考与练习.....	13	思考与练习.....	40
第 2 章 水准测量	14	第 3 章 经纬仪与角度测量.....	43
2.1 水准测量的原理.....	14	3.1 角度的概念及测量原理.....	43
2.1.1 水准测量的原理.....	14	3.1.1 水平角的定义及测量原理	43
2.1.2 高程的计算方法(实例).....	15	3.1.2 竖直角度的定义及测量原理	44
2.2 水准测量的仪器及工具.....	16	3.2 DJ ₆ 型光学经纬仪的构造.....	44
2.2.1 DS ₃ 水准仪的构造	16	3.2.1 DJ ₆ 型光学经纬仪的构造	44
2.2.2 水准尺.....	19	3.2.2 光学经纬仪的读数方法	47
2.2.3 尺垫.....	19	3.3 DJ ₆ 光学经纬仪的使用方法.....	49
2.2.4 三角架.....	20	3.3.1 安置仪器	49
2.3 水准仪的使用与注意事项.....	20	3.3.2 瞄准目标	50
2.3.1 水准仪的使用方法.....	20	3.3.3 读数	50
2.3.2 水准仪使用的注意事项.....	22	3.4 水平角的观测方法(测回法).....	51
2.4 普通水准测量的方法.....	22	3.5 竖直角度的观测方法.....	53
2.4.1 水准点.....	22	3.5.1 竖直角度盘构造	53
		3.5.2 竖直角度的计算公式	54
		3.5.3 竖盘指标差	55

3.5.4 竖直角观测方法.....	56	4.5.4 成果整理	84
3.6 经纬仪的检验与校正.....	57	4.5.5 全长计算	86
3.6.1 照准部水准管轴垂直于竖轴....	58	4.6 直线丈量的误差分析.....	86
3.6.2 十字丝竖丝垂直于横轴.....	59	4.7 直线定向.....	87
3.6.3 视准轴垂直于横轴.....	59	4.7.1 直线定向的概念	87
3.6.4 横轴垂直于竖轴.....	60	4.7.2 标准方向线	87
3.6.5 竖盘指标差的检验.....	61	4.7.3 方位角和象限角	88
3.7 角度测量的误差分析.....	61	4.7.4 正、反坐标方位角推算	89
3.7.1 仪器误差的影响.....	61	4.7.5 罗盘仪的构造及使用	91
3.7.2 水平角观测的误差与消除.....	62	4.8 红外光电测距仪.....	92
3.7.3 竖直角观测的误差与消除.....	64	4.8.1 概述	92
3.7.4 外界条件的影响.....	64	4.8.2 测距仪的基本结构	93
3.8 DJ ₂ 光学经纬仪、电子经纬仪	65	4.8.3 相位式测距原理	95
3.8.1 DJ ₂ 型光学经纬仪的构造	65	4.8.4 测距仪的使用及注意事项	98
3.8.2 DJ ₂ 型光学经纬仪的使用	66	思考与练习.....	100
3.8.3 电子经纬仪的构造.....	67	第 5 章 测量误差的基本知识	103
3.8.4 电子经纬仪的使用.....	69	5.1 测量误差的分类.....	103
思考与练习.....	70	5.1.1 测量误差产生的原因	103
第 4 章 距离测量与直线定向	72	5.1.2 测量误差的分类	104
4.1 直线丈量的工具.....	72	5.1.3 偶然误差的特性	104
4.1.1 水平距离.....	72	5.2 观测值的算术平均值.....	105
4.1.2 工具.....	72	5.3 评定精度的标准.....	106
4.2 直线定线.....	74	5.3.1 中误差	106
4.2.1 直线定线的目的.....	74	5.3.2 容许误差	107
4.2.2 目估定线.....	74	5.3.3 相对误差	107
4.2.3 经纬仪定线.....	76	5.3.4 用观测值的改正数计算 中误差	108
4.3 一般直线丈量的方法.....	76	5.4 误差传播定律.....	109
4.3.1 平坦地面距离丈量.....	76	5.4.1 倍数函数	110
4.3.2 倾斜地面距离丈量.....	77	5.4.2 和或差函数	110
4.3.3 钢尺丈量的注意事项.....	79	5.4.3 一般线性函数	111
4.4 钢尺检定.....	80	5.4.4 一般函数	111
4.4.1 钢尺检定的目的.....	80	5.4.5 算术平均值的中误差	112
4.4.2 尺长方程式.....	80	5.5 误差传播定律的应用.....	112
4.4.3 钢尺检定的方法.....	80	思考与练习.....	114
4.5 精密直线丈量的方法.....	82	第 6 章 小地区控制测量	116
4.5.1 定线.....	82	6.1 概述.....	116
4.5.2 量距.....	82		
4.5.3 测量桩顶间高差.....	84		

6.1.1 平面控制测量.....	117	第 9 章 大比例尺地形图的测绘	163
6.1.2 高程控制测量.....	117	9.1 小平板仪的构造及其使用.....	163
6.2 导线测量的外业工作.....	118	9.1.1 平板仪测图的原理.....	163
6.2.1 导线测量概述.....	118	9.1.2 平板仪的构造.....	164
6.2.2 导线测量的外业工作.....	119	9.1.3 小平板仪的构造.....	165
6.3 导线测量的内业计算.....	120	9.1.4 平板仪的安置.....	166
6.3.1 坐标方位角推算.....	120	9.1.5 地物点平面位置测量方法.....	167
6.3.2 坐标计算的基本公式.....	120	9.1.6 高程点的测定.....	168
6.3.3 导线测量的内业计算.....	121	9.2 测图前的准备工作.....	170
6.4 高程控制测量.....	127	9.2.1 图纸准备.....	170
6.4.1 三、四等水准测量.....	127	9.2.2 绘制坐标网格.....	170
6.4.2 图根水准测量.....	130	9.2.3 展绘控制点.....	172
6.4.3 三角高程测量.....	131	9.3 碎部测量.....	172
思考与练习.....	132	9.3.1 地物特征点.....	172
第 7 章 测绘新技术	134	9.3.2 地貌特征点.....	173
7.1 电子全站仪.....	134	9.3.3 一个测站点的测绘工作.....	174
7.1.1 概述.....	134	9.3.4 增补测站点.....	175
7.1.2 全站仪的结构原理.....	136	9.3.5 碎部测量的注意事项.....	177
7.1.3 全站仪主要性能指标.....	138	9.4 数字测图方法简介.....	177
7.1.4 全站仪的操作使用.....	139	9.4.1 数字测图系统.....	177
7.1.5 全站仪使用注意事项.....	143	9.4.2 数字测图图形信息的 采集和输入.....	178
7.2 GPS 全球定位系统.....	144	9.4.3 用 NTS-350 系列全站仪 进行数字测图.....	179
7.2.1 概述.....	144	9.5 地形图的绘制.....	181
7.2.2 全球定位系统的组成.....	144	9.5.1 地物描绘.....	181
7.2.3 GPS 卫星定位的基本原理.....	145	9.5.2 地貌的描绘.....	181
7.2.4 GPS 接收机.....	147	9.5.3 地形图拼接.....	182
7.2.5 GPS 测量实施.....	148	9.5.4 地形图检查.....	183
思考与练习.....	149	9.5.5 地形图的整饰.....	184
第 8 章 大比例尺地形图的基本知识	150	思考与练习.....	184
8.1 地形图及其比例尺.....	150	第 10 章 地形图的应用	185
8.1.1 地形图概述.....	150	10.1 地形图的阅读.....	185
8.1.2 地形图的比例尺.....	150	10.1.1 图外注记识读.....	185
8.2 地形图的图名、图号、图廓.....	153	10.1.2 地物识读.....	185
8.3 地形图的图式.....	155	10.1.3 地貌识读.....	186
8.3.1 地物符号.....	157	10.2 地形图应用的基本内容.....	187
8.3.2 地貌符号——等高线.....	157	10.2.1 求图上某点的坐标.....	187
思考与练习.....	162		

10.2.2	求图上两点间的距离.....	187	11.3.3	改正数法.....	215
10.2.3	求图上某直线的 坐标方位角.....	188	11.4	已知直线的测设.....	215
10.2.4	求图上某点的高程.....	188	11.4.1	测设坐标纵轴方向线.....	215
10.2.5	确定某直线的坡度.....	189	11.4.2	两点间测设直线.....	215
10.2.6	测量图形面积.....	189	11.4.3	延长直线的测设.....	216
10.3	地形图在场地平整中的应用.....	194	11.5	激光定位仪器在施工中的应用.....	216
10.3.1	平整成水平场地.....	194	11.5.1	激光水准仪及其应用.....	216
10.3.2	平整成单向倾斜场地.....	195	11.5.2	激光经纬仪及其应用.....	217
10.3.3	平整成双向倾斜场地.....	196	11.5.3	激光垂准仪及其应用.....	218
10.4	地形图在设计中的应用.....	196	11.5.4	激光扫平仪及其应用.....	218
10.4.1	在建筑设计中的应用.....	196	思考与练习.....	219	
10.4.2	在道路规划设计中的应用.....	197	第 12 章 建筑施工测量	220	
10.5	地形图在管线设计施工中的应用.....	198	12.1	施工测量概述.....	220
10.5.1	绘制管道中心线方向的 纵断面图.....	199	12.1.1	施工测量的主要内容.....	220
10.5.2	绘制管道中心线方向的 横断面图.....	199	12.1.2	施工测量的精度.....	221
10.5.3	根据地形图进行管线的 设计.....	200	12.1.3	施工测量的特点.....	221
10.5.4	地形图在管线施工中的 应用.....	200	12.1.4	施工测量的组织原则.....	222
10.6	地形图在城镇规划中的应用.....	200	12.1.5	施工测量的准备工作.....	222
思考与练习.....	201	12.2	施工控制测量.....	223	
第 11 章 测设的基本工作	203	12.2.1	施工控制网的特点.....	224	
11.1	测设的基本内容.....	203	12.2.2	施工控制网的种类及选择.....	224
11.1.1	已知水平距离的测设.....	203	12.2.3	建筑基线和建筑方格网的 测设方法.....	226
11.1.2	已知水平角度的测设.....	205	12.2.4	施工高程控制测量.....	231
11.1.3	已知高程位置的测设.....	205	12.3	民用建筑施工测量.....	231
11.2	点的平面位置测设.....	207	12.3.1	建筑物轴线测设的准备.....	231
11.2.1	直角坐标法.....	207	12.3.2	建筑物的定位.....	234
11.2.2	极坐标法.....	208	12.3.3	建筑物的放线.....	239
11.2.3	角度交会法.....	209	12.3.4	基础工程的施工测量.....	241
11.2.4	距离交会法.....	210	12.3.5	墙体工程施工测量.....	246
11.2.5	全站仪法.....	210	12.3.6	多层建筑物轴线投测与 标高引测.....	248
11.3	已知坡度直线的测设.....	214	12.3.7	预制柱的安装测量.....	249
11.3.1	水平视线法.....	214	12.4	高层建筑物的轴线投测与 标高传递.....	250
11.3.2	倾斜视线法.....	214	12.4.1	轴线投测.....	250
			12.4.2	楼层放线.....	257
			12.4.3	高程传递.....	257

12.4.4	边角双点三维后方交会法.....	260	思考与练习.....	304
12.5	工业厂房的施工测量.....	261	第 14 章 道路施工测量	306
12.5.1	厂房矩形控制网测设.....	261	14.1 概述.....	306
12.5.2	厂房柱列轴线的测设.....	262	14.1.1 测量在道路建设中的作用 ...	306
12.5.3	杯形基础施工测量.....	262	14.1.2 路线勘测设计测量的内容 ...	306
12.5.4	厂房构件安装测量.....	263	14.1.3 道路施工测量的内容	306
12.6	烟囱(水塔)的施工测量.....	269	14.2 道路中线测量.....	307
12.6.1	基础施工测量.....	269	14.2.1 转角测设	307
12.6.2	筒身施工测量.....	270	14.2.2 曲线测设	309
12.7	建筑物的变形观测.....	271	14.3 道路施工测量.....	325
12.7.1	建筑物的沉降观测.....	273	14.3.1 开工前的测量工作	325
12.7.2	建筑物的倾斜观测.....	279	14.3.2 施工过程中的测量工作	331
12.7.3	建筑物的裂缝观测.....	282	思考与练习.....	334
12.8	竣工总图的编绘.....	282	第 15 章 隧道施工测量	335
12.8.1	竣工测量.....	283	15.1 概述.....	335
12.8.2	竣工总平面图的编绘.....	283	15.2 地面控制测量.....	339
	思考与练习.....	284	15.2.1 地面平面控制测量	339
第 13 章 管道施工测量		285	15.2.2 地面高程控制测量	341
13.1	管道工程测量概述.....	285	15.3 地上、地下联系测量.....	342
13.2	管道中线测量及纵横断面测量.....	286	15.3.1 竖井几何定向	342
13.2.1	管道中线测量.....	286	15.3.2 陀螺经纬仪定向	348
13.2.2	中桩测设.....	288	15.3.3 高程的传递	349
13.2.3	带状地形图测绘.....	289	15.4 地下控制测量.....	350
13.2.4	管道纵断面测量.....	289	15.4.1 地下导线测量	350
13.2.5	管道横断面测量.....	292	15.4.2 地下高程控制测量	351
13.3	管道施工测量.....	293	15.5 隧道掘进及贯通时的测量.....	352
13.3.1	施工前的准备工作.....	294	15.5.1 隧道掘进中的测量工作	352
13.3.2	施工中的测量工作.....	295	15.5.2 隧道贯通时的测量工作	355
13.4	顶管施工测量.....	300	思考与练习.....	357
13.4.1	准备工作.....	300	参考文献	358
13.4.2	顶进过程中的测量工作.....	301		
13.5	管道竣工测量.....	303		

第 1 章 绪 论

本章主要内容:

本章主要讲述测量学的研究对象以及任务和分类,介绍了测量学中的基准面和基准线、确定地面点位的方法、测量工作的基本原则和基本内容、测量学在土木工程建设中的主要用途等。

本章学习目标:

掌握测量学中的基准线、基准面、绝对高程和相对高程、高差等概念;掌握测量工作的基本内容和基本原则;掌握确定地面点位的方法。

明确测量学的研究对象、基本任务以及分类。

了解测量学的分类、地球的形状和大小、旋转椭球体、高斯平面直角坐标系的建立、用水平面代替水准面的限度等。

1.1 测量学的任务和分类

1.1.1 测量学

测量学是一门研究地球的形状和大小以及确定地面点位(包括空中、地下和海底)的科学。它的内容包括测定和测设两个部分。测定是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,得到一系列测量数据,再把地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用。测设是指把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据,测设又称施工放样。

测量学是一门历史悠久的科学,早在几千年前,由于当时社会生产发展的需要,中国、埃及、希腊等国家的人民就开始创造与运用测量工具进行测量。远在古代,我国就发明了指南针,以后又创制了浑天仪等测量仪器,并绘制了相当精确的全国地图。指南针于中世纪由阿拉伯人传到欧洲,以后在全世界得到广泛应用,直到今天,它仍然是利用地磁测定方位的简便测量工具。我国古代劳动人民为测量学的发展作出了重要的贡献。

测量学一开始是用于土地整理,随着社会生产的发展,它被逐渐应用到社会的许多生产部门。17世纪发明望远镜后,人们利用光学仪器进行测量,使测量科学迈进了一大步。自19世纪末发展了航空摄影测量后,又为测量学增添了新的内容。现代光学及电子学理论在测量中的应用,创制了一系列激光、红外光、微波测距、测高、准直和定位的仪器。惯性理论在测量学中的应用,又创制了陀螺定向、定位仪器。20世纪60年代以来,由于电子计算技术的飞速发展,出现了自动化程度很高的电子经纬仪、电子全站仪和自动绘图仪。人造地球卫星的发射成功,使其很快就被应用于大地测量,建立利用卫星无线电导航原理的全球定位系统。用卫星遥感技术可以获得丰富的地面信息,为自动化成图提供了大面积的、全球性的资料。随着现代科学技术的发展,测量科学也必将向更高层次的自动化方向

和数字化方向发展。

中华人民共和国成立后,我国测绘事业有了很大发展。建立和统一了全国坐标系统和高程系统;建立了遍及全国的大地控制网、国家水准网、基本重力网和卫星多普勒网;完成了国家大地网和水准网的整体平差;完成了国家基本图的测绘工作;完成了珠穆朗玛峰和南极长城站的地理位置和高程的测量;完成了全国天文大地网和空间大地网联合平差;配合国民经济建设进行了大量的测绘工作,例如进行了南京长江大桥、长江三峡水利枢纽、宝山钢铁厂、北京正负电子对撞机、北京 2008 奥运场馆建设等工程的精确放样和设备安装测量。出版发行了地图 1600 多种,发行量超过 11 亿册。在测绘仪器制造方面,从无到有,现在不仅能够生产系列的光学测量仪器,还研制成功了各种测程的光电测距仪、卫星激光测距仪、解析测图仪、激光垂准仪、激光扫平仪和全站仪等先进仪器。在人才培养方面,已培养出各类测绘技术人员数万名,大大提高了我国测绘科技水平。特别是近几年来,我国测绘科技发展更快,例如 GPS 全球定位系统已经得到广泛应用,全国 GPS 大地网即将完成;地理信息系统方面,正在全力打造“数字中国”,这说明我国目前的测绘科技水平,与国际先进水平相比,虽然还有一定的差距,但只要发愤图强、励精图治,是能够迅速赶上和超过国际测绘科技水平的。

对于土木建筑类专业,设置本课程的主要目的是为了学习和掌握以下内容。

(1) 地形图测绘——运用测量学的理论、方法和工具,将小范围内地面上的地物和地貌测绘成地形图等,这项任务简称为测图。

(2) 地形图应用——为工程建设的规划设计,从地形图中获取所需要的资料,例如,量取点的坐标和高程、两点间的距离、地块的面积、图上设计线路、绘制纵断面图和进行地形分析等,这项任务称为地形图的应用。

(3) 施工放样——把图上设计的工程结构物的位置在实地标定出来,作为施工的依据,这项任务简称为测设或放样。

1.1.2 测量学的分类

测量学按照研究对象及采用的技术不同,又分为多个学科,如:

大地测量学——传统的大地测量学是指研究和测定地面点的几何位置,在广阔地面上建立国家大地控制网,以及研究和测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术与方法的学科。由于现代科学技术的迅速发展,大地测量学已超越了过去传统的局限性,由区域性大地测量发展为全球性大地测量;由研究地球表面发展为涉及地球内部;由静态大地测量发展为动态大地测量;由测地球发展为可以测月球和太阳系各行星,并有能力对整个地球学领域及航天等有关空间技术作出重要贡献。因此,大地测量学是一门既很实用,又不断发展、富有生机的学问。

地形测量学——测量小范围地球表面形状时,不考虑地球曲率的影响,把地球局部表面当做平面看待所进行的测量工作。

摄影测量学——利用摄影影像信息测定目标物的形状、大小、空间位置、性质和相互关系的科学技术。根据获得影像信息方式的不同,摄影测量又分为航空摄影测量、水下摄影测量、数字摄影测量、地面摄影测量和航空航天遥感等。

工程测量学——研究工程建设在勘测设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的

学科。主要内容有：工程控制网建立，地形测绘，施工放样，设备安装测量，竣工测量，变形观测和维修养护测量的理论、技术与方法。

海洋测量学——以海洋和陆地水域为研究对象，研究海岸、港口、码头、航标、航道及水下地形等各种海洋要素的位置、性质、形态，还包括他们之间的相互关系和发展变化的理论和方法。

地图制图学——研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的一门学科。研究内容主要包括地图编制，地图投影学，地图整饰、印刷等。现代地图制图学正向着制图自动化、电子地图制作及地理信息系统方向发展。

为适合土木工程的需要，本教材主要介绍地形测量学和工程测量学中有关基本内容。

1.2 地面点位的确定

1.2.1 测量的基准面

1. 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的，而地球的自然表面是很不规则的，有高山、丘陵、平原和海洋。其中最高的珠穆朗玛峰峰顶岩石面，根据国家测绘局 2005 年最新公布的数据，高出海面达 8844.43 m，最低的马里亚纳海沟低于海面达 11 022 m。地球表面约 71% 的面积被海洋覆盖，虽有高山和深海，但这些高低起伏与地球半径相比是很微小的，可以忽略不计。所以人们设想有一个受风浪和潮汐影响的静止海水面，向陆地和岛屿延伸形成一个封闭的形体，用这个形体代表地球的形状和大小，这个形体被称为大地体。长期测量实践表明，大地体近似于一个旋转椭球体(如图 1.1 所示)。为了便于用数学模型来描述地球的形状和大小，测绘工作便取大小与大地体非常接近的旋转椭球体作为地球的参考形状和大小，因此旋转椭球体又称为参考椭球体，它的表面又称为参考椭球面。我国目前采用的参考椭球体的参数为：

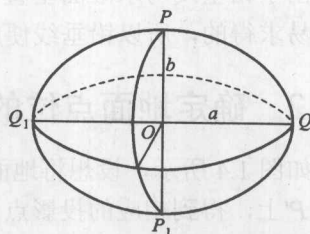


图 1.1 旋转椭球体

长半径： $a=6\ 378\ 140\ \text{m}$

短半径： $b=6\ 356\ 755\ \text{m}$

扁率： $\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$

由于参考椭球体的扁率很小，所以在测量精度要求不高的情况下，可以把地球看做是圆球，其半径取 6371 km。

2. 铅垂线、水平线、水平面和水准面

铅垂线就是重力方向线，可用悬挂垂球的细线方向来表示(如图 1.2 所示)，细线的延长线通过垂球 G 尖端。与铅垂线正交的直线称为水平线，与铅垂线正交的平面称为水平面。

处处与重力方向垂直的连续曲面称为水准面。任何自由静止的水面都是水准面。水准面因其高度不同而有无数个，其中与不受风浪和潮汐影响的静止海水面相吻合的水准面称

为大地水准面(如图 1.3 所示)。由于地球内部质量分布不均匀,所以地面上各点的铅垂线方向随之产生不规则变化,致使大地水准面成为有微小起伏的不规则的曲面。



图 1.2 铅垂线

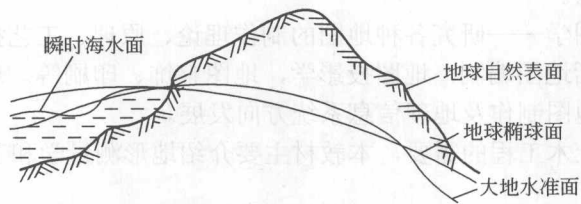


图 1.3 大地水准面

确定地面的位置需要有一个坐标系,测量工作的坐标系通常是建立在参考椭球面上,因此参考椭球面就是测量工作的基准面。土木工程测量地域面积一般不大,对参考椭球面与大地水准面之间的差距可以忽略不计。测量仪器均用垂球和水准器来安置,仪器观测的数据是建立在水准面上的,这易于将测量数据沿铅垂线方向投影到大地水准面上。因此在实际测量中是将大地水准面作为测量工作的基准面。即使在精密测量时不能忽略参考椭球面与大地水准面之间的差异,也是经由以大地水准面为依据获得的数据通过计算改正转换到参考椭球面上。

由于铅垂线与水准面垂直,知道了铅垂线方向也就知道了水准面方向,而铅垂线又是很容易求得的,所以铅垂线便成为测量工作的基准线。

1.2.2 确定地面点位的方法

如图 1.4 所示,设想将地面上高度不同的 A 、 B 、 C 三点分别沿垂线方向投影到大地水准面 P' 上,得到相应的投影点 a' 、 b' 、 c' ,这些点分别表示地面点在水准面上的相应位置。

如果在测区的中央作水平面 P 并与水准面 P' 相切,过 A 、 B 、 C 各点的铅垂线与水平面相交于 a 、 b 、 c ,这些点便代表地面点在水平面上的相应位置。

由此可见,地面点的空间位置可以用点在水准面或水平面上的位置及点到大地水准面的铅垂距离来确定。

1. 地面点的高程

地面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,用 H 表示。如图 1.5 所示, H_A 、 H_B 分别表示 A 点和 B 点的高程。

一般地,一个国家只采用一个平均海水面作为统一的高程基准面,由此高程基准面建立的高程系统称为国家高程系,否则称为地方高程系。1985 年前,我国采用“1956 年黄海高程系”,以 1950—1956 年青岛验潮站测定的平均海水面作为高程基准面;1985 年开始启用“1985 国家高程基准”,以 1952—1979 年青岛验潮站测定的平均海水面作为高程基准面。并在青岛建立了国家水准原点,其高程为 72.2604 m。

当局部地区采用国家高程基准有困难时,也可以假定一个水准面作为高程起算面,地

面点到假定水准面的铅垂距离称为该点的相对高程。如图 1.5 所示, H_A' , H_B' 分别表示 A 、 B 两点的相对高程。

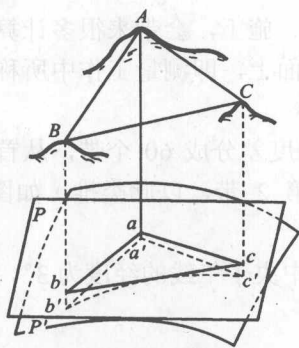


图 1.4 地面点的投影

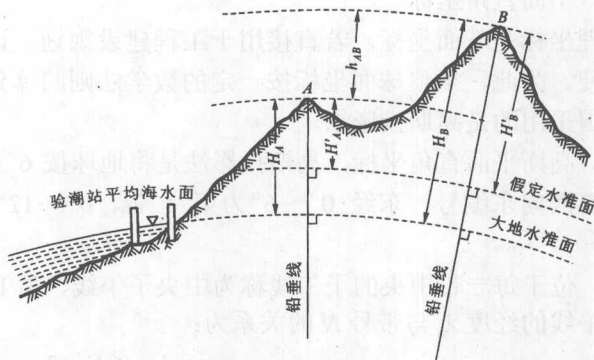


图 1.5 地面点的高程

地面两点之间的高程之差称为高差, 用 h 表示。 A 、 B 两点之间的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (1-1)$$

或

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

B 、 A 两点之间的高差为

$$h_{BA} = H_A - H_B \quad (1-3)$$

或

$$h_{BA} = H'_A - H'_B \quad (1-4)$$

可见

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1-5)$$

2. 地面点的坐标

地面点的坐标常用地理坐标或平面直角坐标来表示。

1) 地理坐标

地面点在球面上的位置常采用经度(λ)和纬度(φ)

来表示, 称为地理坐标。

如图 1.6 所示, N 、 S 分别是地球的北极和南极, NS 称为地轴。包含地轴的平面称为子午面。子午面与地球的交线称为子午线, 通过原格林尼治天文台的子午面称为首子午面。过地面上任意一点 P 的子午面与首子午面的夹角 λ 称为 P 点的经度。由首子午面向东量称为东经, 向西量称为西经, 其取值范围为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

通过地心且垂直于地轴的平面称为赤道平面。过 P 点的铅垂线与赤道平面的夹角 φ 称为 P 点的纬度。由赤道平面向北量称为北纬, 向南量称为南纬, 其取值范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

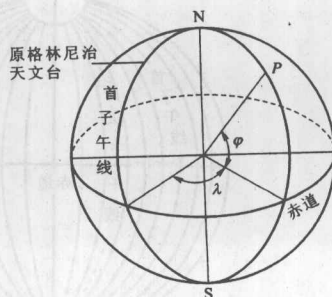


图 1.6 地面点的地理坐标