

全国普通高等院校 工程管理专业
实用创新型 系列规划教材

工程测量

岳建平 主编



科学出版社
www.sciencep.com

中国科学院教材建设专家委员会教材建设立项项目

全国普通高等院校工程管理专业实用创新型系列规划教材



工程测量

岳建平 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从高程测量、角度测量和距离测量三个基本要素出发,详细介绍了相应的概念、仪器设备的使用、测量的实施以及数据的处理,并在此基础上,介绍了地形图的测绘方法、典型工程的施工测量方法及变形监测技术。此外,为适合工程管理的需要,补充了测绘项目管理的有关内容。

本书可作为高等院校工程管理、农林、土木工程和环境工程等相关专业的教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/岳建平主编. —北京:科学出版社,2006.8

(全国普通高等院校工程管理专业实用创新型系列规划教材)

ISBN 7-03-017787-8

I. 工… II. 岳… III. 工程测量-高等学校-教材 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 090887 号

责任编辑:田悦红 童安齐/ 责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉/ 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006年8月第一次印刷 印张:20 3/4

印数:1—3 000 字数:470 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<路通>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135763-8007(HF02)

全国普通高等院校工程管理专业实用创新型
系列规划教材

编 委 会

顾 问 任 宏

主 任 徐绪松

副主任 (按拼音排序)

王雪青 武献华 武永祥

委 员 (按拼音排序)

陈 双 顾永才 贺 文 金 江 李清立

刘 岗 宁素莹 石振武 宋 伟 田元福

田悦红 王红岩 王 平 王卓甫 吴贤国

谢 颖 徐 莉 岳建平 张建平 张守健

丛 书 序

大到国家宏观经济的管理,小到一个企业具体部门的运作,都是极其复杂的管理实践。管理的实践和管理的理论是相互影响、相互促进的。管理实践需要管理理论的指导,才能科学化和规范化;而管理理论需要管理实践提出新的问题,才能不断深入发展。随着社会主义市场经济的逐步完善,我国的管理实践发生了深刻的变化,为我国管理理论提供了非常好的独特研究对象,从而为管理理论的创新提供了研究基础。

经济全球化的大趋势使管理的重要性愈来愈被人们所认识,从而使管理专业也得到了前所未有的发展。工程管理在社会需求中悄然兴起。早在 1979 年我国就有了管理工程专业,通过近 20 年的演变、合并,1998 年“工程管理”被教育部列入本科专业目录,隶属于“管理科学与工程”这个一级学科。经过近 8 年的建设、发展,在工程管理专家、学者的共同努力下,工程管理专业日趋成熟,并得到社会相关领域的认可和重视。

工程管理专业培养工程建设领域和房地产投资开发领域从事项目全程策划、项目投融资、工程造价全过程管理工作的复合型高级管理人才,这类人才也正是社会急需的人才。今天,在国家“十一五”规划建设中,城镇化的健康发展和以人为本的人居工程,均给工程管理专业提供了极好的发展机遇,当然也对工程管理专业提出了更高、更新的要求:培养更多、更优秀的从事工程管理工作的创新型、复合型人才。为此,我们编写了这套工程管理专业系列教材,并将此套书纳入科学出版社“十一五”规划教材项目。

全套书从总体设计上注重了基础性、科学性、实践性、前沿性,从人才培养上注重了研究型学习,启迪思维,鼓励创新。每部著作都吸收了改革开放以来的管理实践,凝聚了编著者教学、科研的成果,蕴含了编著者创造性的智力活动。这套系列教材给予了工程管理专业学生必备的管理学、经济学和土木工程技术方面的基础知识和现代管理的理论、方法,也给予了工程管理专业学生必备的能力,包括:对房地产投资开发项目的营销策划、管理的能力;从事宏观、中观、微观投资管理能力;从事投资项目预测、决策和全过程管理的能力;进行项目投融资的能力;进行投资项目可行性研究、项目评估、房地产价格评估,编制招标投标文件、投标书评定,编制和审核工程项目估算、概算、预算和决算、对项目造价进行全程管理的能力等。

希望《全国普通高等院校工程管理专业实用创新型系列规划教材》的出版,能推进该学科的发展,我们将欣慰地看到一批优秀的工程管理创新型、复合型人才的涌现;也希望《全国普通高等院校工程管理专业实用创新型系列规划教材》的出版,能够指导管理的实践,对工程管理有所促进。

徐绪松

2006 年 7 月 18 日于珞珈山

前 言

本书按照高等院校工程管理类“工程测量”课程教学大纲的要求,由多所高等院校从事本课程教学的教师共同编写而成。

“工程测量”是各工科类专业的技术基础课。本书着重阐述工程测量的基本理论和基本知识,详细介绍了工程测量中涉及的技术和方法,注重对学生实际工作能力的培养,反映了当今测绘技术的进展情况,并且添加了全站仪、GPS和数字化测图等新理论和技术。

本书适用于工程管理、城市规划、园林、土木工程、水利工程、环境工程、交通工程、建筑学、GIS和遥感等专业的教学,也可供相关专业的工程技术人员参考。

本书以基础理论和基本概念为重点,力求理论与实际相结合,传统技术与现代技术相对照,对重点和难点进行详细阐述分析,各部分内容由浅入深,循序渐进。

本书编写分工如下:岳建平(河海大学)撰写第一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章和附录,负责全书的组织和统稿;张序(苏州科技学院)撰写第二章、第三章;赵显富(南京信息工程大学)撰写第四章、第五章;郑加柱(南京林业大学)撰写第六章、第七章;石杏喜(南京理工大学)撰写第八章;龚德书(南通大学)撰写第九章、第十章;梅红(河海大学)撰写第十一章。

本书的部分图表和内容取自书末所列参考文献,在此向相关作者致谢。

由于编者水平有限,书中的不足和疏漏在所难免,敬请广大读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、测绘学介绍	1
二、工程测量学介绍	2
第二节 地面上点位的确定	4
一、地球的形状和大小	4
二、地面点位置的确定	5
第三节 用水平面代替水准面的限度	8
一、地球曲率对水平距离的影响	8
二、地球曲率对高程的影响	9
第四节 测绘工作的基本原则	9
一、测绘的基本工作	9
二、测绘的基本原则	10
第五节 工程测量的现代进展	11
一、现代工程测量技术	11
二、发展展望	13
思考与练习	14
第二章 水准仪及水准测量	15
第一节 水准测量基本原理	15
第二节 水准仪的基本结构及使用	16
一、水准仪的基本结构	16
二、水准仪的使用	19
第三节 水准测量的一般方法及计算	21
一、水准点	21
二、水准路线	21
三、水准测量方法	23
四、水准测量的成果计算	24
第四节 水准测量误差及仪器检校	27
一、水准测量误差	27
二、水准仪的检校	29
第五节 精密水准仪介绍	32
第六节 自动安平水准仪	34
一、自动安平水准仪的自动安平原理	34

二、自动安平补偿器	34
三、自动安平水准仪的使用	35
思考与练习	36
第三章 经纬仪及其使用	38
第一节 角度测量原理	38
一、水平角观测原理	38
二、竖直角观测原理	38
第二节 经纬仪基本结构及使用	39
一、经纬仪基本结构	39
二、经纬仪的使用	43
第三节 水平角测量	45
一、测回法	45
二、方向观测法	46
第四节 竖直角测量	47
一、竖直度盘的构造	47
二、竖直角计算	48
三、竖盘指标差	49
四、竖直角观测	50
第五节 角度测量误差及仪器检校	50
一、角度测量误差	50
二、经纬仪检校	53
第六节 电子经纬仪介绍	57
一、电子经纬仪和光学经纬仪的主要区别	57
二、电子经纬仪测角原理	58
思考与练习	60
第四章 直线定向与距离测量	62
第一节 直线定向	62
一、直线定向概述	62
二、直线方向的表示法	63
三、正、反坐标方位角	65
四、坐标方位角的推算	65
五、磁方位角的测定	66
第二节 距离丈量	68
一、距离测量概述	68
二、钢尺一般方法量距	69
三、钢尺精密方法量距	73
四、钢尺量距误差来源与注意事项	74
第三节 视距测量	75

一、视距测量原理	75
二、视距测量的观测与计算步骤	77
三、视距测量误差及注意事项	78
第四节 光电测距原理及其应用	78
一、光电测距概述	78
二、光电测距的基本原理	79
三、光电测距仪及其应用	81
第五节 全站仪及其使用	84
一、全站仪概述	84
二、全站仪的使用	84
三、全站仪使用注意事项	89
思考与练习	90
第五章 测量误差理论基础	91
第一节 测量误差的来源及分类	91
一、测量误差的基本概念	91
二、误差的分类	91
三、多余观测	92
四、学习误差理论知识的目的	92
第二节 偶然误差的特性	93
一、偶然误差的特性	93
二、偶然误差的分布密度函数	94
第三节 衡量精度的标准	94
一、中误差	95
二、极限误差	95
三、相对误差	96
第四节 误差传播定律及其应用	97
一、误差传播定律的定义	97
二、误差传播定律	97
三、误差传播定律的应用	100
第五节 测量误差分析与处理	106
一、测量误差分析	106
二、测量误差处理的基本方法	110
思考与练习	112
第六章 平面控制测量	113
第一节 控制网概述	113
一、国家平面控制网	113
二、城市平面控制网	114
第二节 导线测量原理	114

一、概述	114
二、导线测量的外业工作	115
三、导线测量的内业计算	116
四、查找导线测量错误的方法	120
第三节 交会定点	121
一、前方交会	121
二、后方交会	123
三、测边交会	125
第四节 三角测量基本原理	126
一、三角网概述	126
二、三角测量基本原理介绍	127
三、三角测量的基本工作	128
思考与练习	129
第七章 高程控制测量	130
第一节 概述	130
第二节 三、四等水准测量	131
一、技术要求	131
二、观测方法	131
三、测站计算与检核	132
四、成果整理	133
第三节 三角高程测量	133
一、三角高程测量原理	134
二、三角高程测量高差的严密计算公式	134
三、三角高程测量的外业工作	135
四、三角高程测量的内业工作	136
五、三角高程测量计算实例	136
第四节 跨河水准测量	137
一、跨河水准测量的有关要求	138
二、一般跨河水准测量布设形式与要求	138
三、一般跨河水准测量观测程序	138
四、跨河水准测量注意事项	139
思考与练习	139
第八章 全球定位系统(GPS)原理	140
第一节 概述	140
一、GPS的发展历史	140
二、GPS定位系统的组成	140
三、GPS坐标系统	143
四、GPS系统的应用特点	143

五、GPS 系统的误差来源	144
第二节 GPS 卫星定位基本原理	146
一、GPS 卫星信号的基本结构	146
二、GPS 定位的基本观测量	147
三、测距码伪距单点定位原理	148
四、载波相位测量原理	149
五、差分 GPS 观测技术	151
第三节 GPS 测量的实施	152
一、技术方案设计	153
二、选点工作	154
三、GPS 测量的观测工作	155
第四节 GPS 测量的数据处理	156
一、观测数据的预处理	156
二、基线解算	157
三、平差计算	158
四、技术总结与上交资料	159
思考与练习	159
第九章 地形图测绘	160
第一节 地形图的基本知识	160
一、地形图的比例尺	160
二、地形图的分幅和编号	163
三、地形图图外注记	167
四、地形图图式	169
第二节 测图前的准备工作	176
第三节 测量和选择碎部点的基本方法	178
一、测量碎部点的基本方法	179
二、碎部点的选择	181
第四节 碎部测量	182
一、经纬仪测绘法	183
二、光电测距仪测绘法	187
三、全站仪测绘法	187
第五节 地形图的拼接、整饰、检查和验收	187
一、地形图的拼接	187
二、地形图的检查	188
三、地形图的整饰	189
四、地形图的验收	189
五、提交资料	189
思考与练习	190

第十章 地形图的应用	191
第一节 地形图识读与分析	191
一、地形图识读	191
二、地形分析	193
第二节 地形图应用的基本内容	194
一、在地形图上量算点的坐标和高程	194
二、在地形图上量算两点间的水平距离	195
三、在地形图上量算直线的坐标方位角	195
四、在地形图上量算直线的坡度	196
五、在地形图上量算图形的面积	196
第三节 地形图在工程设计中的应用	198
一、按设计线路绘制纵断面图	198
二、按规定坡度在地形图上选择线路	199
三、确定汇水面积	200
第四节 平整场地中的土石方估算	200
一、等高线法	201
二、断面法	201
三、方格网法	202
第五节 数字地形图的应用	206
思考与练习	206
第十一章 摄影测量与遥感的基本知识	209
第一节 概述	209
一、摄影测量的定义及分类	209
二、遥感的定义及分类	211
三、摄影测量与遥感的关系	211
第二节 摄影测量基本原理	212
一、航摄像片	212
二、摄影测量常用的坐标系	215
三、摄影测量的基本公式	216
第三节 航测成图的基本方法	219
一、成图的简要过程	219
二、像对的立体观察	220
三、航测成图的基本方法	221
四、航测资料在工程规划中的应用	226
第四节 遥感技术及应用	227
一、遥感系统	227
二、遥感的基本原理	227
三、卫星像片简介	229

四、遥感的应用	230
思考与练习	234
第十二章 施工放样基本方法	235
第一节 工程控制网的布设	235
一、工程控制网的特点	235
二、平面控制网的建立	236
三、建筑方格网	238
四、高程控制网的建立	238
第二节 距离、水平角和高程的放样	241
一、水平距离的测设	241
二、水平角的测设	242
三、高程放样	242
第三节 平面位置放样	243
一、极坐标法放样	243
二、直角坐标法	244
三、全站仪坐标放样法	244
四、前方交会法放样	245
五、距离交会法	245
思考与练习	245
第十三章 建设工程施工测量	246
第一节 工业民用建筑工程施工测量	246
一、工业建筑施工测量	246
二、高层和高耸建筑物测量	249
第二节 水利工程施工测量	250
一、施工控制网的布设	250
二、水利枢纽工程的施工放样	252
第三节 线路工程施工测量	253
一、线路勘测阶段的测量工作	253
二、线路施工测量	254
三、曲线测设	256
第四节 桥梁工程施工测量	258
一、概述	258
二、施工测量基本内容	259
第五节 港口工程施工测量	261
一、施工控制网的建立	261
二、高桩码头的施测	261
三、重力式码头的施工测量	264
第六节 地下工程施工测量	265

一、控制测量	265
二、隧道施工与竣工测量	266
三、地下工程自动导向技术	267
第七节 竣工图测绘	269
一、概述	269
二、内容与要求	270
三、总图编绘	271
思考与练习	272
第十四章 建筑物变形监测	273
第一节 概述	273
一、变形监测的目的	273
二、变形监测的主要内容	273
三、变形监测的精度	275
四、变形监测的周期	275
第二节 变形监测系统的设计	276
一、概述	276
二、变形监测点的分类	277
第三节 垂直位移观测	280
一、概述	280
二、GPS 观测法	280
三、液体静力水准测量	281
第四节 水平位移观测	282
一、概述	282
二、常用观测方法	283
第五节 挠度和裂缝观测	284
一、挠度观测	284
二、裂缝观测	284
第六节 建筑物倾斜观测	286
一、概述	286
二、全站仪观测建筑物倾斜	286
三、水准测量法	287
四、前方交会法	287
五、倾斜传感器观测法	288
第七节 变形监测数据的整理和分析	288
一、概述	288
二、资料整编	289
三、资料分析	290
思考与练习	291

第十五章 测绘工程项目的管理	292
第一节 概述	292
一、工程项目管理的发展	292
二、工程项目管理模式	293
第二节 测绘项目的管理实施	295
一、项目识别与选定	295
二、项目启动与筹资	295
三、项目计划	296
四、项目范围计划	296
五、项目成本估算	297
六、项目质量管理规划	297
七、项目控制	297
八、项目结尾	298
第三节 测绘项目的招投标	298
一、基础知识	298
二、测绘项目投标方法	300
第四节 测绘项目管理的监理制度	301
一、概述	301
二、工作内容	302
三、监理体系	302
四、施工测量监理的实施	303
五、监理人员的素质要求	305
第五节 测绘项目的网络化管理	305
一、概述	305
二、系统功能设计	306
三、系统的权限设计	307
思考与练习	308
附录 1 测量常用计量单位与换算	309
附录 2 测量实验和实习要求	310
参考文献	313

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、测绘学介绍

(一)定义

测绘学是研究地球形状和大小、确定地球表面(包括空中、地表、地下和海洋)物体的空间位置,以及对于这些空间位置信息进行处理、储存、管理的科学。它包括测量和制图两项主要内容。

测绘学按照研究对象及采用技术的不同,又可以分为下列学科。

(1)大地测量学。大地测量学是研究和测定地球形状、大小和地球重力场,以及测定地面点几何位置的学科。大地测量工作为大规模测制地形图提供地面的水平位置控制网和高程控制网,为用重力勘探地下矿藏提供重力控制点,同时也为发射人造地球卫星、导弹和各种航天器提供地面站的精确坐标和地球重力场资料。

(2)摄影测量学。摄影测量学是研究利用摄影或遥感的手段获取被测物体的信息(影像的或数字式的),并对其进行分析和处理,以确定被测物体的形状、大小和位置,并判断其性质的一门学科。摄影测量学包括航空摄影测量、地面立体摄影测量等。摄影测量主要用于测制地形图,但它的原理和基本技术也适用于非地形测量。

(3)工程测量学。工程测量学是研究工程建设在设计、施工和管理各个阶段中进行测量工作的理论、技术和方法的学科,又称实用测量学或应用测量学。它是测绘学在国民经济和国防建设中的直接应用。

(4)海洋测量学。海洋测量学是以海洋水体和海底为对象所进行的测量和海图编制工作的一门学科。主要包括海道测量、海洋大地测量、海底地形测量、海洋专题测量,以及用于航海图、海底地形图、各种海洋专题图和海洋图集等的编制。

(5)地图制图学。地图制图学是研究地图及其编制和应用的一门学科。它研究用地图图形反映自然界和人类社会各种现象的空间分布、相互联系及其动态变化,具有区域性学科和技术性学科的两重性,也称地图学。

(二)应用

测绘学的应用范围很广。在城乡建设规划、国土资源的合理利用、农林牧渔业的发展、环境保护以及地籍管理等工作中,必须进行土地测量,并测绘各种类型、各种比例尺的地图,以供规划和管理使用。在地质勘探、矿产开发、水利、交通等国民经济建设中,则必须进行控制测量、矿山测量和线路测量,并测绘大比例尺地图,以供地质普查和各种建

筑物设计施工用。在国防建设中,除了能为军事行动提供军用地图外,还要为保证火炮射击的迅速定位和导弹等武器发射的准确性,提供精确的地心坐标和精确的地球重力场数据。在研究地球运动状态方面,测绘学提供大地构造运动和地球动力学的几何信息,结合地球物理的研究成果,解决地球内部的运动机制问题。

二、工程测量学介绍

工程测量学是研究地球空间(地面、地下、水下、空中)中具体几何实体的测量描绘和抽象几何实体的测设实现的理论方法和技术的一门应用性学科。

(一)发展历史

工程测量学是一门历史悠久的学科,是从人类生产实践中逐渐发展起来的。在古代,它与测量学并没有严格的界限。直到近代,随着工程建设的大规模发展,其才逐渐形成了工程测量学(engineering surveying 或 engineering geodesy)。

我国的古代,为了战胜洪水、兴修水利,就曾经进行过工程测量工作。例如,中国汉代司马迁的《史记》中就有关于夏禹治水(公元前 21 世纪)时的勘测情况的记载。1973 年从长沙马王堆汉墓出土的地图包括了地形图、驻军图和城邑图三种,该地图不仅所表示的内容相当丰富,绘制技术也非常熟练,在颜色使用、符号设计、内容分类和简化等方面都达到了很高水平,是目前世界上发现的最早的地图。在国外,公元前 27 世纪建设的埃及大金字塔,其形状与方向都很准确,这说明当时就已经有了放样的工具和方法。公元前 14 世纪,在幼发拉底河与尼罗河流域曾进行过土地边界的划分测量。

20 世纪初,由于西方的第一、第二次技术革命和工程建设规模的不断扩大,工程测量学逐渐受到人们的重视,并发展成为测绘学的一个重要分支。以核子、电子和空间技术为标志的第三次技术革命,使工程测量学获得了迅速的发展。20 世纪 50 年代,世界各国在建设大型水工建筑物、长隧道、城市地铁中,对工程测量提出了一系列要求,为了确保竣工后的工程质量,人们致力于定线放样的方法及其精度分析的研究,并形成了施工测量的内容;20 世纪 60 年代,空间技术的发展和导弹发射场的建设促使工程测量进一步发展;自 20 世纪 70 年代以来,高能物理、天体物理、人造卫星、宇宙飞行、远程武器发射等,均需要建设各种巨型实验室,从测量精度和仪器自动化方面都对工程测量提出了更高的要求,要求必须采用特制的仪器设备和拟定专门的测量方法,这就是高精度工程测量。

20 世纪末,人类科学技术不断向着宏观宇宙和微观粒子世界延伸,测量对象不仅限于地面,而且深入地下、水域、空间和宇宙,如核电站、摩天大楼、海底隧道、跨海大桥、大型正负电子对撞机等。由于仪器的进步和测量精度的提高,工程测量的领域日益扩大,除了传统的工程建设三阶段的测量工作外,在地震观测,海底探测,巨型机器,车床、设备的荷载试验,高大建筑物(电视发射塔、冷却塔)变形观测,文物保护,甚至在医学上和罪证调查中,都应用了最新的精密工程测量仪器和方法。

从工程测量学的发展历史可以看出,它的发展经历了一条从简单到复杂、从手工