



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
第六届全国高等教育优秀测绘教材一等奖

测量学

(第五版)

程效军 鲍峰 顾孝烈 编著



建筑坐标:
方位角坐标: $-23^{\circ} 55' 16.4''$
坐标高程: 5680, 3030

ELEMENTARY SURVEYING



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



“十二五”

本科国家级规划教材
第六届全国高等教育优秀测绘教材一等奖

测量学

(第五版)

程效军 鲍峰 顾孝烈 编著

ELEMENTARY SURVEYING



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

2014年本书被遴选为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。全书共分十章,第一章为概述,介绍测绘学的发展史和本书的基本内容;第二章至第四章介绍基本测量仪器及其使用方法;第五章介绍测量误差基本知识及测量精度估算;第六章介绍小地区的控制测量,以导线测量及计算为重点;第七章介绍地形测量,以数字测图为重点;第八章介绍地形图应用,以数字地形图的应用为重点;第九章介绍建筑工程施工测量;第十章介绍道路、桥梁、隧道工程测量;在附录中介绍计算器的编程方法以及所编导线计算程序。本书在保持原有特色的基础上,通过案例讲解,充分展示了最新测量科技成果在工程中的应用。随书附送的CD-ROM(光盘),有讲课内容演示,并且对所学内容进行补充,起到加深学习印象的功用,对于教、学双方均有裨益。本次修订时还增加了各章思考题与练习题中计算题的参考答案,方便读者使用。

本书可作为高等院校本科的土木工程专业、道路工程专业、城市规划专业、测绘工程专业、地理信息系统专业等的基础技术课“测量学”的教材,也可供工程勘察、工程施工等技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

测量学/程效军,鲍峰,顾孝烈编著. —5版. —上海:同济大学出版社,2016.1

ISBN 978-7-5608-6153-1

I. ①测… II. ①程… ②鲍… ③顾… III. ①测量学—高等学校—教材 IV. ①P2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第321736号

测量学(第五版)

编 著 程效军 鲍 峰 顾孝烈

责任编辑 杨宁霞 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平 插图 顾孝烈

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路1239号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 26.5

印 数 5101—13200

字 数 661000

版 次 2016年1月第5版 2016年1月第2次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-6153-1

定 价 59.00元(附光盘)

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

第五版前言

2014年《测量学》被遴选为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,该教材的第四版出版于2011年2月,至今已有4年多时间。随着近年来测绘新科技的迅速发展,电子仪器(电子全站仪、数字水准仪、GNSS接收机、地面激光扫描仪等)已逐步成为测绘工作的常规仪器,测绘数据的自动采集、利用计算机软件的数字化成图已成为常规的测绘方法。“测量学”为测绘工程、土木工程、城市规划、土地信息系统等专业的技术基础课,对测绘科技的新进展应有及时的反映。此次修订重点在于测绘新技术及其应用,包括GPS定位技术、计算机程序设计和应用、数字化成图的新方法、地形和地物的三维模型建立等。并力求使教材能反映测绘科技的最新成果在工程测量中的应用;在原理阐述、概念说明、公式推导、方法介绍等方面注意逻辑性与实用性的结合;文字通俗易懂,便于教授讲解和学生自学。在内容编排上考虑学习的系统性,前后呼应,深入浅出,有利于掌握测量学课程的基本理论和基础知识。

根据本教材的使用者和读者的需要,修订时在附录中增加了各章思考题与练习题中计算题的参考答案,并更新和充实了配书的CD-ROM。CD-ROM的内容包括:全书讲课用的讲解提纲、图片和相片的PPT文件,导线和交会定点计算的EXCEL系列应用程序,机助成图中的AutoLISP系列应用程序,CAD地形符号集,地形图及建筑三维模型图形文件,以及CAD图形文件等。本书所介绍的计算机应用程序均属作者所设计编写的原代码,在书中公开了其全部内容,希望对读者有所帮助。

本教材的历次再版更新的内容均为作者在教学、科研和生产实践中的经验和成果。由于水平有限和科技的迅速发展,可能存在谬误和不足之处,期待读者指正。

编者

2015年12月

第四版前言

《测量学》(第三版)出版于2006年5月,至今已有4年多时间。随着近年来测绘科技的迅速发展,电子仪器(电子全站仪、数字水准仪、GNSS接收机、地面激光扫描仪等)已逐步成为测绘工作的常规仪器,测绘数据的自动采集、利用计算机软件的数字化成图也已逐步成为常规的测绘方法。“测量学”为测绘工程、土木工程、城市规划、土地信息系统等专业的基础技术课,对测绘科技的进展应有及时的反映。在掌握必要的理论知识的同时,仍应注重各专业的实际应用。此次修订,重点放在阐明测绘的基本原理及其发展方向、新型测量仪器的使用、有关测量与绘图的计算机程序编制、数字化成图的基本原理与方法、数字地形图的应用以及与专业有关的工程测量新方法等。

掌握测绘新技术除了了解必要的测绘新仪器以外,熟悉有关的程序设计也十分关键。有鉴于此,本次修订中或增加或补充了一系列程序设计的内容:新型计算器的 BASIC 程序设计、EXCEL 计算表程序设计、AutoCAD 二次开发的 AutoLISP 程序设计等,以解决控制测量中导线和交会定点计算、数字化成图中自动展点和连线、图形编辑中自定义图形函数的设计、道路工程中的缓和曲线计算等问题。讲解程序设计时,也尽量做到设计原理与实例相结合,由浅入深,“解剖一只麻雀”,使能举一反三。

为满足读者的需要,在第四版中新增加配书的 CD-ROM。其中主要包括:全书讲课用的讲解提纲、图片和照片的 PPT 文件(也可以作为复习提纲),导线和交会定点计算的 EXCEL 系列应用程序,机助成图中的 AutoLISP 系列应用程序(书中受篇幅所限仅是程序的举例和分析),CAD 地形符号集,地形图及建筑三维模型图形文件,以及用于数字地形图应用习题的 CAD 图形文件等。所介绍的计算机应用程序均属作者设计编写的源文件,公开全部内容,希望对读者有所借鉴和帮助。所有图形文件亦为作者制作。

本书的历次再版所更新的内容大部分为作者在教学、科研和生产实践中的经验总结和成果。由于作者的水平有限和科技的迅速发展,本书可能存在谬误和不足之处,期待读者指正。对本教材及配书 CD-ROM,读者如有疑问,可通过同济大学网站 cxj@tongji.edu.cn 与作者联系。

编者

2010年10月

第三版前言

本书为同济大学出版社 1990 年出版的《测量学》的第三版。曾于 1999 年经修订后出版第二版,本书是在第二版的基础上经两年多时间进行增、删和修改,于 2006 年春完成文稿。根据测量学的教学大纲、测量学的教学实践和测绘科学的发展,以技术上的推陈出新、顾及发展方向和文字图表上的精练、深刻、通顺为修订主旨。

测绘学科在测量学的范围内,以测绘仪器的电子化和自动化、测量计算的程序化和成图的数字化为发展方向,以适应对其精度要求的提高和应用范围的扩大。本次修订注意到了这些方面,因此,在大量删除陈旧内容的同时,依据作者在科研、教学、生产中的实践经验和成果,更新和充实下列一些新的内容:新型测量仪器的使用;导线、交会定点、道路曲线计算的程序设计;数字测图的软件开发;建筑测绘和工业测绘方面扩大数字化图的应用;等等。

测量学是一门基础技术课,其教学须着重于对基础理论的理解和对基本技术的掌握。应深入浅出,便于自学和实践。因此,在历次修订中,不仅重视文字的梳理,而且十分重视文中插图的设计及制作。在本次修订中,全书 400 余幅插图均由作者重新设计并用 AutoCAD 绘制,使其内容和成图质量均有所改进和提高。

本书第三版仍由顾孝烈、鲍峰、程效军执笔修订。由于科学技术的进展迅速,加以作者的水平有限,书中落后于现状、不妥和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2006 年 5 月

第二版前言

本书为同济大学出版社1990年出版的《测量学》的再版,是在原书的基础上,将内容作了较多增删,重新编写而成的。

随着现代科学技术的迅猛发展,它在测绘学科中得到了广泛的应用,从而大大促进了该学科的发展。卫星定位技术已被利用于控制测量。测量仪器原来是以机械仪器和光学仪器为主,目前又增加了电子仪器,并逐步上升至主导地位。原来以手工为主的测量的计算和绘图作业,目前已全部由可程序的电子计算器和计算机来完成,数字化测图和机助成图也已成为今后的发展方向。

测绘科技的重大改进与革新,在测绘学科中以介绍地形测量和工程测量为主的《测量学》教材中应有适当的反映。由于经济和技术发展的不平衡,传统的测量仪器和方法仍在广泛采用,因此,在教材内容的新旧增删过程中也应作适当的处理。本教材在修订过程中,保持了学科的原体系,尽可能多地介绍符合发展方向的新的内容,慎重地删去了一些陈旧的内容,并全面进行文字上的修饰,新增和重绘了一些插图,力争做到推理严密,文字通顺,深入浅出,便于教学和自学。

本教材原有配套的教学资料有《测量学思考题与练习题》和《测量学实验任务书》。前者在本次修订中已并入教材,附于每一章之末;而后者已于1996年更新内容后定名为《测量学实验》,由同济大学出版社出版。

本书的编写分工如下:顾孝烈编写第一章至第七章和第十章,程效军编写第八章和第九章,鲍峰编写第十一章至第十四章。全书由顾孝烈担任主编。

本书可能还存在这样那样的问题,恳请使用本教材的师生和读者批评指正。

编者

1999年1月

第一版前言

本书前身是同济大学测量系为校内各土建专业所编写的《测量学讲义》，自从1974年在校内铅印出版以来，历经1976年、1981年、1984年三次修改，基本上满足本校每年约1000名学生上测量学课的需要，并为一些兄弟院校所采用。近几年来，由于各土建专业的测量学教学大纲的修订、测量科技的进展和本系教师对测量学教学经验的积累，于1989年2月组织有关教师作再次修订，以适应教学形势发展的需要，并于1990年2月完成，通过学校审查，作为正式教材公开出版。

在修订过程中，曾力图做到下列几点：

(1) 根据各土建专业测量学教学大纲、保证测量学的基本内容、适当照顾各专业的不同需要来组织教材内容，尽量做到精练内涵、除旧更新；

(2) 注意教学内容的系统性和逻辑性，深入浅出，通俗易懂，便于自学，难点力求分析透彻，解释清楚；

(3) 适当介绍和引用测量科学的新技术，例如测量新仪器的介绍，计算部分结合介绍电子计算器的使用技术，并在附录中介绍两个典型的测量电算程序，以适应科技发展的方向；

(4) 测量工作的内容力求结合我国的实际情况和生产标准，有关技术参数根据建设部1985颁发的《城市测量规范》的规定选取；

(5) 测量学中的插图为正文的有机组成部分，应密切配合，因此，在修订中重新设计并绘制了全部插图。

本书编写的分工如下：杨子龙编写第一章和第三章；都彩生编写第二章和第四章；顾孝烈编写第五章、第六章、第四章中“电磁波测距”部分和附录；洪炳隆编写第七章和第八章；仲正民编写第九章和第十二章；邹教齐编写第十章和第十一章。本书由顾孝烈负责主编并担任插图的设计和绘制。

作为本书的配套教学资料，有《测量学思考题和练习题》、《测量学实验任务书》各一本，由同济大学教材科于校内出版。

本书由上海勘察院吴克明高级工程师和同济大学陆剑鸣副教授担任审稿工作，他们曾对本书提出过宝贵的意见，为此，谨致谢意。

本书编者谨请使用本教材的教师与读者批评指正。

编者

1990年2月

目 录

第一章 测量学概述	1
§ 1-1 测量学的任务和主要内容	1
§ 1-2 测绘学科的内涵和发展简史	2
一、测绘学科的定义和内涵	2
二、测绘学科的历史和近代的进展	2
三、测绘学科的分支	3
(一) 大地测量学 (二) 摄影测量与遥感学 (三) 工程测量学 (四) 海洋测绘学 (五) 地图制图学	
§ 1-3 地面点位的确定和坐标系	5
一、地球的形状和大小	5
二、确定地面点位的坐标系	7
(一) 大地坐标系 (二) 空间三维直角坐标系 (三) 高斯平面直角坐标系 (四) 地区平面直角坐标系 (五) 坐标变换 (六) 高程系	
三、确定地面点平面位置的方法	13
(一) 地面点的相对平面位置 (二) 坐标正算和反算 (三) 极坐标法定点位	
§ 1-4 测量工作的程序及基本内容	14
一、测量工作程序的基本原则	14
二、控制测量	14
三、细部测量	16
四、基本观测量	16
(一) 距离 (二) 角度 (三) 高差	
§ 1-5 水准面的曲率对观测量的影响	17
一、水准面曲率对距离测量的影响	17
二、水准面曲率对高差测量的影响	18
§ 1-6 测量的度量单位	19
(一) 长度单位 (二) 面积单位 (三) 体积单位 (四) 角度单位	
思考题与练习题	21
第二章 水准测量与水准仪	22
§ 2-1 高程测量概述	22
§ 2-2 水准测量原理	22
一、水准测量的基本概念	22

二、水准面曲率对水准测量的影响	23
三、水准测量和水准路线	24
§ 2-3 水准尺和水准仪	25
一、水准尺和尺垫	25
二、水准仪及其构造	26
(一) 水准仪的等级及用途 (二) 水准仪的构造 (三) 望远镜的构造及其成像和瞄准原理 (四) 水准器及其分划值	
三、水准仪的使用	30
(一) 粗平 (二) 瞄准 (三) 精平 (四) 读数	
四、自动安平水准仪	32
(一) 自动安平水准仪的特点 (二) 自动安平水准仪的基本原理 (三) 自动安平水准仪的使用	
§ 2-4 水准测量的方法及成果整理	33
一、水准点和水准路线	33
(一) 水准点 (二) 水准路线	
二、水准测量方法	35
(一) 两次仪器高法 (二) 双面尺法	
三、水准测量成果整理	38
(一) 高差闭合差计算 (二) 高差闭合差的分配和高程计算	
§ 2-5 水准仪的检验和校正	40
一、水准仪的轴线及其应满足的条件	40
二、水准仪的检验和校正	40
(一) 圆水准器的检验和校正 (二) 十字丝的检验和校正 (三) 水准管轴平行于视准轴的检验和校正	
§ 2-6 精密水准仪和电子水准仪	44
一、精密水准仪和精密水准尺	44
(一) 精密水准尺 (二) 精密水准仪 (三) 精密水准仪水准管轴平行于视准轴的检验和校正	
二、电子水准仪和条码水准尺	47
(一) 电子水准仪和条码水准尺的基本原理 (二) 电子水准仪的功能和应用 (三) 电子水准仪的水准测量作业 (四) 电子水准仪的检验和校正 (五) 电子水准仪的改进	
§ 2-7 水准测量的误差分析	54
(一) 仪器轴系误差的影响 (二) 仪器置平误差的影响 (三) 仪器下沉的影响 (四) 水准尺倾斜和下沉的影响 (五) 外界环境的影响	
思考题与练习题	55
第三章 角度测量与经纬仪	57
§ 3-1 水平角和垂直角观测原理	57
一、水平角观测原理	57

二、垂直角观测原理	57
§ 3-2 经纬仪的构造及度盘读数	58
一、经纬仪的等级和用途	58
二、经纬仪的构造	58
三、DJ6 级光学经纬仪	59
(一) 基座 (二) 照准部 (三) 度盘 (四) 度盘读数装置和读数方法	
四、DJ2 级光学经纬仪	61
五、电子经纬仪的度盘读数	62
§ 3-3 水平角观测	63
一、经纬仪的安置	63
(一) 对中 (二) 整平	
二、照准标志及瞄准方法	65
三、水平角观测方法	66
(一) 测回法 (二) 方向观测法	
§ 3-4 垂直角观测	69
一、垂直度盘构造	69
二、垂直角计算	70
三、竖盘指标差	71
四、垂直角观测方法	72
§ 3-5 经纬仪的检验和校正	72
一、经纬仪的轴线及其应满足的条件	72
二、经纬仪的检验和校正	73
(一) 平盘水准管的检验和校正 (二) 圆水准器的检验和校正 (三) 十字丝的 检验和校正 (四) 横轴的检验和校正 (五) 竖盘指标差的检验和校正 (六) 光学对中器的检验和校正	
§ 3-6 水平角观测的误差分析	78
一、经纬仪照准部偏心差的影响	78
二、经纬仪轴系误差的影响	78
(一) 视准轴误差的影响 (二) 横轴误差的影响 (三) 纵轴误差的影响	
三、仪器对中误差和目标偏心误差的影响	80
(一) 仪器对中误差的影响 (二) 目标偏心误差的影响	
思考题与练习题	81
第四章 距离测量与全站仪	83
§ 4-1 距离测量概述	83
§ 4-2 卷尺量距	83
一、钢卷尺和丈量工具	83
(一) 钢卷尺 (二) 丈量工具	
二、直线定线	84
(一) 目测定线 (二) 用经纬仪定线	

三、距离丈量	85
(一) 平坦地面的丈量方法 (二) 倾斜地面的丈量方法 (三) 高低不平地面的丈量方法	
四、钢尺长度检定	86
五、钢尺量距的长度改正	87
(一) 尺长改正 (二) 温度改正 (三) 高差改正	
§ 4-3 视距测量	88
§ 4-4 光电测距	89
一、光电测距仪的基本工作原理	89
(一) 脉冲式测距 (二) 相位式测距	
二、光电测距仪及反射器	93
(一) 光电测距仪 (二) 反射器	
三、光电测距的长度改正	94
(一) 测距仪的乘常数和加常数改正 (二) 气象改正	
四、光电测距的精度分析	96
(一) 光电测距的误差来源 (二) 光电测距仪的精度指标	
§ 4-5 光电测距的归算	97
一、近距离的平距和高差计算	97
二、距离测量的高程归算	98
三、远距离的三角高程计算	99
§ 4-6 电子全站仪	101
一、电子全站仪概述	101
二、电子全站仪的特殊构件和功能	104
(一) 多功能同轴望远镜 (二) 显示屏和键盘 (三) 传感器 (四) 储存器	
(五) 通讯接口 (六) 仪器等级和技术参数	
三、全站仪的功能和使用	108
(一) SET230R 全站仪的功能及使用 (二) TCA2003 全站仪的功能	
思考题与练习题	117
第五章 测量误差基本知识	118
§ 5-1 测量误差概念	118
一、测量误差产生的原因	118
(一) 仪器的原因 (二) 人的原因 (三) 外界环境的影响	
二、测量误差的分类与处理原则	118
(一) 系统误差 (二) 偶然误差 (三) 粗差 (四) 误差处理原则	
三、偶然误差的特性	120
§ 5-2 评定测量精度的标准	122
一、中误差	122
二、相对中误差	123
三、极限误差	123

§ 5-3	观测值的算术平均值及改正值	124
	一、算术平均值	124
	二、观测值的改正值	125
§ 5-4	观测值的精度评定	126
	一、按观测值的改正值计算中误差	126
	二、电子计算器的统计计算功能	128
§ 5-5	误差传播定律	128
	一、观测值的函数	128
	(一) 和差函数 (二) 倍函数 (三) 线性函数 (四) 一般函数	
	二、一般函数的中误差	129
	三、线性函数和倍函数的中误差	130
	四、和差函数的中误差	132
§ 5-6	误差传播定律的应用	133
	一、距离测量的精度	133
	二、角度测量的精度	133
	(一) 水平角观测的精度规定 (二) 多边形水平角闭合差的规定	
	三、水准测量的精度	134
	(一) 水准仪两次测定高差的限差 (二) 水准路线高差测定的精度	
	四、坐标计算的精度	135
§ 5-7	加权平均值及其中误差	136
	一、不等精度观测和观测值的权	136
	二、加权平均值及其中误差	137
	三、单位权中误差的计算	138
	思考题与练习题	139
第六章	控制测量	141
§ 6-1	控制测量概述	141
	一、平面控制测量	141
	二、高程控制测量	144
	三、全球导航卫星系统	145
§ 6-2	平面控制网的定位和定向	147
	一、方位角和坐标方位角	147
	二、两点间的边长方位角和坐标增量	148
	三、用电子计算器进行坐标正、反算	150
	(一) 极坐标化为直角坐标(坐标正算)计算程序 (二) 直角坐标化为极坐标 (坐标反算)计算程序	
	四、平面控制网的定位和定向	151
§ 6-3	导线测量和导线计算	151
	一、导线网的布设	151

(一) 支导线 (二) 闭合导线 (三) 附和导线	
二、导线测量外业工作	152
(一) 踏勘选点及建立标志 (二) 导线边长测量 (三) 导线转折角测量	
三、导线测量内业计算	154
(一) 支导线计算 (二) 闭合导线计算 (三) 附和导线计算 (四) 利用 EXCEL 软件计算导线 (五) 导线计算的表格 (六) 可编程序计算器的导线计算程序设计	
四、导线测量中错误的查找	167
(一) 一个转折角测错的查找方法 (二) 一条边长测错的查找方法	
五、导线点的点位误差估算	168
§ 6-4 交会定点的计算	169
一、测角交会的计算	170
(一) 已知点坐标反算 (二) 待定边长和方位角计算 (三) 待定点坐标计算 (四) 直接计算待定点坐标的公式 (五) 测角交会的表格计算 (六) 测角交会用计算器编制程序计算	
二、测边交会的计算	172
(一) 测边交会化为测角交会 (二) 按观测边长直接计算待定点坐标的公式 (三) 测边交会的表格计算 (四) 测边交会用计算器编制程序计算	
三、边角交会的计算	174
(一) 角度闭合差调整和待定点坐标计算 (二) 边角交会用计算器编制程序计算	
四、后方交会的计算	175
(一) 后方交会坐标计算的重心公式 (二) 后方交会用计算器编制程序计算	
§ 6-5 三、四等水准测量	178
一、三、四等水准测量的技术要求	178
二、三、四等水准测量的方法	178
(一) 观测方法 (二) 测站计算与检核 (三) 成果整理	
三、水准网高程的平差计算	180
(一) 附和水准路线的平差计算 (二) 单结点水准网平差计算	
§ 6-6 用全球导航卫星系统测定点位	183
一、全球导航卫星系统(GNSS)测定点位的原理	183
(一) 伪距测量和载波相位测量 (二) 绝对定位和相对定位 (三) 静态定位和动态定位	
二、Trimble 5700/5800 GNSS 接收机的使用	185
(一) Trimble 5700 GNSS 接收机的操作面板 (二) Trimble 5800 GNSS 接收机的操作面板	
三、GNSS 静态测量	187
(一) GNSS 静态测量外业操作 (二) GNSS 静态测量数据后处理	
四、RTK 测量	189
(一) Trimmark 3 电台 (二) 外业操作	
思考题与练习题	192

第七章 地形测量	196
§ 7-1 地形图基本知识	196
一、地形图概述	196
二、地形图的比例尺	197
(一) 比例尺的表示方法 (二) 地形图按比例尺分类 (三) 地形图比例尺的选 用 (四) 地形图的比例尺精度	
三、地形图图式	201
(一) 地物符号 (二) 地貌符号 (三) 注记	
四、等高线	202
(一) 典型地貌的名称 (二) 用等高线表示典型地貌 (三) 阴影等高线 (四) 等高线的特性	
五、地形图的分幅和编号	208
(一) 地形图的国际分幅和编号 (二) 地形图的矩形分幅和编号	
§ 7-2 图根控制测量	214
一、图根平面控制测量	215
(一) 图根电磁波测距导线 (二) GNSS 图根平面控制 (三) 图根交会定点平 面控制	
二、图根高程控制测量	215
(一) 图根水准测量 (二) 图根电磁波测距三角高程测量 (三) GNSS 图根高 程测量	
§ 7-3 地物平面图测绘	216
一、平板仪图解法测图	216
二、经纬仪测记法测图	217
三、地物测绘的一般规定	218
(一) 测绘地物的一般原则 (二) 居民地的测绘 (三) 道路及桥梁的测绘 (四) 管线的测绘 (五) 水系及附属设施的测绘 (六) 植被的测绘 (七) 土 质的测绘 (八) 高程点测定	
四、图的注记	220
(一) 注记的排列形式 (二) 注记的字向 (三) 名称注记 (四) 说明注记 (五) 数字注记	
§ 7-4 等高线地形图测绘	221
一、地形点选择	221
二、地形点的三维坐标测定	222
(一) 地形点的测定方法 (二) 地形点的分布和间距	
三、等高线绘制	222
§ 7-5 数字地形测量	223
一、数字地形图概述	223
二、数字测图系统	224
三、地形要素数据采集	225

(一) 地面测量仪器数据采集	(二) 数字摄影测量数据采集	(三) 数字化仪数据采集	(四) 扫描仪数据采集
四、地形点编码	225		
(一) 六位地形编码法	(二) 其他编码法		
五、全站仪野外数据采集	227		
(一) 用 SET230R 电子全站仪采集数据	(二) 用 Trimble 5600 全自动电子全站仪采集数据		
六、全站仪与计算机的数据通讯	232		
(一) 用终端仿真程序进行数据通讯	(二) 由计算机控制与全站仪双向通讯		
§ 7-6 数字地形测量的机助成图	235		
一、AutoCAD 绘图软件和 AutoLISP 语言	235		
二、原始观测数据的转换	236		
三、地形点展绘和初步连线	236		
四、地形图图式符号库	239		
(一) 图式符号库的设计	(二) AutoCAD 图式符号库的建立		
五、自定义图形函数	241		
(一) 画围墙符号的自定义函数	(二) 画铁路符号的自定义函数		(三) 自定义函数的调用
六、地物线型定义文件设置	245		
七、等高线自动化绘制	245		
(一) 构建狄洛尼三角网	(二) 内插生成等高线		
八、机助成图的图形编辑	249		
§ 7-7 城市三维模型构建	251		
一、应用于城市规划的城市地形三维模型	251		
二、城市建筑的三维建模	251		
三、建筑物精细模型的全站仪实测建模	252		
(一) 建筑物三维建模的特征点测定	(二) 建筑物特征点的编码设计		(三) 建筑构件的实体构建
四、建筑物精细模型的三维激光扫描建模	258		
(一) 地面三维激光扫描仪的测量原理	(二) 地面三维激光扫描的应用场合和存在问题		
思考题与练习题	259		

第八章 地形图应用 261

§ 8-1 地形图应用概述	261
一、地形图的主要用途	261
二、地形图的识读	261
(一) 地形图图廓外注记	(二) 地形图的平面直角坐标系统和高程系统
(三) 地形图图式和等高线	(四) 测图日期
三、地形图的精度	263

§ 8-2 地形图应用的基本内容和方法	264
一、点位的坐标量测	264
(一) 纸质地形图 (二) 数字地形图	
二、两点间的距离和方位角量测	266
(一) 纸质地形图 (二) 数字地形图	
三、点位的高程及两点间的坡度量测	268
四、在地形图上设计等坡线	269
§ 8-3 面积测量和计算	269
一、几何图形面积量算	269
(一) 简单几何图形面积量算 (二) 多边形的面积量算	
二、不规则图形面积量测	273
三、数字地形图面积量测	274
(一) 多边形角点捕捉法 (二) 建立面域法	
四、面积量算的精度	275
§ 8-4 工程建设中的地形图应用	276
一、绘制地形断面图	276
二、确定汇水范围	276
三、确定填挖边界线和计算土方量	277
(一) 平整成水平面 (二) 平整成倾斜平面	
四、建筑设计中的地形图应用	279
五、城市规划用地分析的地形图应用	280
六、道路勘测设计中的地形图应用	280
§ 8-5 数字地形图的应用	281
一、数字地形图应用的特点	281
二、数字地形图的应用范围	282
(一) 在地理信息系统中的应用 (二) 在工程建设中的应用 (三) 在导航中的应用	
(四) 在土地规划管理中的应用 (五) 在交通旅游中的应用 (六) 在农业和气象部门的应用	
(七) 在防洪救灾中的应用 (八) 在军事指挥中的应用	
思考题与练习题	286
第九章 建筑工程测量	288
§ 9-1 建筑施工测量概述	288
§ 9-2 施工测量的基本工作	288
一、水平角测设	288
(一) 半测回法 (二) 一测回法 (三) 多测回修正法	
二、水平距离测设	289
(一) 钢尺法 (二) 测距仪法	
三、平面点位测设	290
(一) 直角坐标法测设点位 (二) 极坐标法测设点位 (三) 角度交会法测设点位	
(四) 距离交会法测设点位	