

# 土木工程测量学

上册 普通测量学

PUTONG CELIANGXUE

E

主 编 邓洪亮 副主编 苏跃宏 张红艺

PUTONGCELIANGXUE

北京工业大学出版社

# 土木工程测量学

## 上册 普通测量学

主 编 邓洪亮

副主编 苏跃宏 张红艺

北京工业大学出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

土木工程测量学. 上, 普通测量学/邓洪亮主编. 北京:  
北京工业大学出版社, 2005.2

ISBN 7-5639-1113-8

I. 土... II. 邓... III. 土木工程-工程测量-高等  
学校-教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 007213 号

**土 木 工 程 测 量 学**

上册 普通测量学

主 编 邓洪亮

副主编 苏跃宏 张红艺

\*

北京工业大学出版社出版发行

邮编: 100022 电话: (010) 67392308

各地新华书店经销

徐水宏远印刷厂印刷

\*

2005年2月第1版 2005年2月第1次印刷

787mm×1092mm 16开 14.5印张 336千字

印数: 1~3000册

ISBN 7-5639-1113-8/G·625

定价: 22.00元

## 《土木工程测量学》编写组

主 编	邓洪亮					
副主编	苏跃宏	张红艺				
编 委	邓洪亮	苏跃宏	张红艺	李 永	马宝卿	李金灵
	尹金宽	韦宏鹤	马宏伟	谢向文	郭玉松	武胜林
	于 蕊	齐 赛	陈得飞	张 凯	刘 旭	余 博
	赵婿英	张 东	赵 亮	王紫玉	杨 森	贾 楠
	陶坤玉	关春昊	张 昊	王洪治		
主 审	冯仲科					

## 序 (一)

测绘科学技术是一门古老而又现代的科学和技术。从古代尼罗河泛滥之后土地边界再划分到航天飞机发射,从大禹治水到长江截流,测绘科学与技术作为时代的结晶,在人们认识自然、改造自然与发展生产力的过程中发挥了十分重要的作用。

测绘学是一门与时俱进的学科,总是与时代高新科技完美结合,望远镜广泛用于测绘仪器,照相机用于摄影测量,飞机和卫星作为影像获取平台,激光用于指向和测距,计算机用于测量平差、制图和数据库载体,卫星用于 GPS 定位,所有这些空间技术、计算机技术、自动化技术、光电技术,把我们测绘科技推向前所未有的时代。现代测绘学科已是有着深奥理论和高新科学技术的重要学科,成为研究空间数据获取、地球科学和各类工程建设所不可缺少的科学与技术。

随着空间技术的发展,空间工业化、空间商业化和空间军事化,将在 21 世纪成为大国争霸空间的焦点,“谁占有了空间,谁就占有了地球”,测绘学将成为发展空间科学的源动力。空间大地测量技术的迅速发展和广泛应用,越来越显示出它对空间科学的重要作用,使它成为空间科学的重要支柱之一。

在测绘学科发生巨大变革的情况下,测量学作为高等学校测绘专业及农林、土建、交通、矿业、地质、水利等专业的一门技术基础课,其教学内容势必要进行重大的改革,以适应培训各类专业人员的需要。

邓洪亮同志是我熟悉的一位勤奋、富于开拓和创新精神的青年教师,多年来从事生产实践和教学研究,为测绘科学的发展作了大量卓有成效的工作,《土木工程测量学》就是在他和其他几位教师共同努力下,本着改革的精神,辛勤劳动的结果。本书的出版必将进一步促进测量学课程得到不断的改革和进步。

我希望作者能及时收集广大读者对本书的意见与建议,深入研究 21 世纪测量学教学中的新理论、新技术、新问题,全面提高测量学课程教学质量。

中国测绘科学研究所所长、教授、博士生导师

林宗坚

2004 年 11 月

## 序 (二)

测量学是一门古老的地球科学，它来自于希腊文的“土地划分”，至少已有4000多年的历史。我国是世界文明古国之一，测量学的发展也有悠久的历史。近代的测量学已经发展为一门综合科学，它是在一系列测量仪器与工具的帮助下能够解决许多复杂的科学、技术与工程问题，研究如何测定地面点的位置和高程，将地球表面的地形及其它信息测绘成图以及确定地球的形状和大小的科学。现代测绘学科已是有着深奥理论和高新科学技术的重要学科，成为研究空间数据获取、地球科学和各类工程建设所不可缺少的科学与技术。随着空间技术的发展，空间工业化、空间商业化和空间军事化将在21世纪成为大国争霸空间的焦点，“谁占有了空间，谁就占有了地球”，测绘学将成为发展空间科学的源动力。

在测绘学科发生巨大变革的情况下，测量学作为高等学校测绘专业及农林、土建、交通、矿业、地质、水利等专业的一门专业基础课，其教学内容势必要进行重大的改革，以适应培养各类专业人员的需要。邓洪亮同志执教多年，勤奋工作，多年来从事生产实践和教学研究，为测绘科学的发展作了大量的工作，《土木工程测量学》就是在他和其他几位教师的共同努力下，本着改革的精神，辛勤劳动的结果。本书的出版必将进一步促进测量学课程得到不断的改革和进步。

同时，我希望作者能及时收集广大读者对本书的意见与建议，深入调查研究，及时总结测量学教学中的经验，用最新的理论、最新的技术，解决工程中的新问题，全面提高测量学课程的教学质量，为测绘科学的发展做出更大的贡献。

中国地质大学信息工程学院院长、博士生导师

吴信才

2004年11月

## 前 言

21 世纪是科学、教育全面发展的世纪。为了更好地培养出新世纪的科技人才，我国各高等院校正在进行着广泛的教育改革和教学改革，非测量专业的测量学课程教学同样也进行着课程和教学改革。本教材是按高等学校土木类“工程测量”教学大纲的要求编写的，并加强了数字化测图和测绘新技术的内容，可用于土木工程、交通土建工程、交通工程、水务工程、城市规划和建筑学等专业的教学用书，也可作为土木工程等专业技术人员的专业参考书。

在人类社会进入新世纪的今天，科学技术高度发达，空间科学、电子学、计算机科学、网络信息学等高、精、尖科学技术飞速发展，人类历史进入了一个崭新的时代。例如，海湾战争实际上是一场“3S”大战，美国国防制图局(DMA)的 GIS 充分发挥了作用，及时地将反映战场现状的正射影像图叠加到数字地图上。总之，测绘科学技术随着当前现代科学技术的发展有了极大的发展，RS、GIS、GPS 及其集成技术是测绘科学与当今时代发展相结合的产物，这极大地促进了测绘科学、测绘产业的发展，测绘科学达到了空前繁荣的景象。

随着社会的发展和科学的进步，工程测量学的理念和测量手段近年来发生了重大的变化。由于遥感、遥测等新技术的应用和迅速发展，使资源与环境信息的数量激增。由于信息科学、计算机科学、网络技术、人工智能特别是数据库技术的发展，促进了数字测图技术和制图自动化技术的发展，使资源与环境信息的数字化采集、存储、处理、显示和自动输出成为可能。随着信息时代以多学科跨领域为特征的科学思维的发展，使社会发展和国家宏观决策更趋向于从纵观全局的高度进行系统分析，必须把自然界和人类社会作为一个整体，必须将资源与环境作为一个巨大的系统来对待。测量手段已逐渐从经纬仪加钢尺测量的模式向全站仪与计算机结合的数字化模式转变，向“3S”集成技术发展。

本教材的编写是在多次到设计、施工等用人单位调研的基础上，结合多年来的教学实践经验编写的，强调了对学生的基础知识、基础理论和基本技能的培养，反映了测量学科的新理论、新知识、新仪器和新方法，同时充分考虑到学生在校学习期间所学知识的系统性和完整性，考虑了学生就业后的实用性和参考价值，考虑了教学循序渐进的特点。

本教材共十八章，分为上、下两册，上册为普通测量学，下册为工程测量学，每册各九章，由北京工业大学建筑工程学院邓洪亮主编，其中上册第二、三、四章由内蒙古工业大学建筑工程学院苏跃宏编写，第六、七章由河南科技大学建筑工程学院马宝卿编写，下册第二章由内蒙古工业大学建筑工程学院李

永编写，第八、九章由张红艺编写。在编写过程中得到了北京工业大学、内蒙古工业大学、河南科技大学领导和同事们的大力支持，在此表示衷心感谢，同时对参加本教材编写和校对的李金灵、武胜林、韦宏鹤、马宏伟、尹金宽、于蕊、齐赛、陈得飞、张凯、刘旭、余博、赵婿英、张东、赵亮、王紫玉、杨森、贾楠、陶坤玉、关春昊、谢向文、郭玉松、张昊、王洪治等一并致谢。

本教材在编写过程中北京威远图数据开发有限公司、南方测绘公司、北京天力发科贸有限责任公司、中翰集团和北京励精思仪器公司等单位给予了大力支持，在此表示感谢。

在本教材编写过程中参考了大量的教材和文献，在此对作者表示感谢。

本教材承蒙我国著名测绘专家、中国测绘科学院院长、博士生导师林宗坚教授和中国地质大学信息工程学院院长、博士生导师吴信才教授作序，北京林业大学测绘学科带头人、博士生导师冯仲科教授在百忙中对本书全文审阅，并提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，谨请读者批评指正。

邓洪亮

2004年10月于北京



# 目 录

<b>第一章 测量学的基本知识</b> .....	(1)
第一节 测量学的地位和作用 .....	(1)
第二节 地面点位的表示方法 .....	(3)
一、测量的基本原则和测量工作的实质 .....	(3)
二、地球的形状和大小 .....	(3)
三、地面上点位的表示方法 .....	(4)
第三节 用水平面代替水准面的限度 .....	(8)
一、对水平距离的影响 .....	(9)
二、对水平角的影响 .....	(9)
三、对高程的影响 .....	(10)
第四节 测量的基本工作 .....	(10)
一、测量的三项基本工作 .....	(10)
二、测量工作的原则和程序 .....	(10)
思考与练习题 .....	(12)
<b>第二章 水准测量</b> .....	(13)
第一节 水准测量原理 .....	(13)
第二节 微倾式水准仪 .....	(14)
一、水准仪的构造 .....	(15)
二、三脚架、水准尺和尺垫 .....	(18)
三、水准仪的使用 .....	(19)
第三节 水准测量的实施 .....	(20)
一、水准点与水准路线 .....	(20)
二、水准测量的方法 .....	(21)
三、水准测量的检核 .....	(22)
第四节 水准仪的检验与校正 .....	(27)
一、水准仪轴系应满足的条件 .....	(27)
二、水准仪的检验与校正 .....	(27)
第五节 水准测量的主要误差 .....	(29)
一、仪器及工具误差 .....	(29)
二、观测误差 .....	(30)
三、外界条件的影响 .....	(30)
第六节 自动安平水准仪 .....	(31)
一、自动安平原理 .....	(31)
二、DSZ3 与 Ni007 自动安平水准仪 .....	(33)
第七节 电子水准仪 .....	(33)
一、电子水准仪概述 .....	(33)

二、电子水准仪的一般结构 .....	(34)
三、电子水准仪的基本原理 .....	(34)
四、相关法基本原理 .....	(35)
五、条码水准尺 .....	(35)
第八节 跨河水准测量 .....	(35)
思考与练习题 .....	(36)
<b>第三章 角度测量</b> .....	<b>(38)</b>
第一节 水平角测量原理 .....	(38)
第二节 光学经纬仪 .....	(38)
一、经纬仪概述 .....	(38)
二、光学经纬仪的构成 .....	(39)
三、读数设备 .....	(41)
四、经纬仪的使用 .....	(43)
第三节 测回法观测水平角 .....	(45)
第四节 竖直角观测 .....	(47)
一、竖直角 .....	(47)
二、竖直度盘构造 .....	(47)
三、竖直角度的计算 .....	(48)
四、竖盘指标差的计算 .....	(49)
五、竖直角度的观测步骤 .....	(49)
六、竖盘指标自动归零装置 .....	(50)
第五节 经纬仪的检验与校正 .....	(50)
一、照准部水准管轴的检验与校正 .....	(51)
二、十字丝竖丝的检验与校正 .....	(51)
三、视准轴的检验与校正 .....	(52)
四、横轴的检验与校正 .....	(53)
五、竖盘指标差的检验与校正 .....	(54)
六、光学对中器的检验与校正 .....	(54)
第六节 水平角观测的误差来源 .....	(55)
一、仪器误差 .....	(55)
二、观测误差 .....	(57)
三、外界环境的影响 .....	(59)
第七节 电子经纬仪 .....	(59)
一、编码度盘测角 .....	(59)
二、光栅度盘与 T2000 测角系统 .....	(60)
思考与练习题 .....	(62)
<b>第四章 距离测量和直线定向</b> .....	<b>(64)</b>
第一节 钢尺量距 .....	(64)
一、直线定向 .....	(64)
二、直线距离的测量 .....	(65)
三、钢尺精密量距 .....	(66)

第二节 视距法测量 .....	(69)
一、视线水平时的视距法测量 .....	(69)
二、视线倾斜时的视距法测量 .....	(70)
三、视距法测量步骤 .....	(70)
四、视距测量误差的来源与消减措施 .....	(70)
第三节 视差法测距 .....	(71)
一、横基尺视差法测量原理 .....	(71)
二、横基尺及其使用方法 .....	(72)
三、视差角观测方法 .....	(72)
四、视差法测距的误差来源及消减措施 .....	(73)
第四节 电磁波测距 .....	(73)
一、电磁波测距的分类 .....	(73)
二、光电测距仪测距的基本原理 .....	(74)
三、相位式光电测距仪 .....	(75)
四、距离测量的步骤 .....	(77)
五、测距成果的整理 .....	(78)
第五节 直线定向 .....	(80)
一、基本方向 .....	(80)
二、直线方向的表示方法 .....	(80)
三、用罗盘仪测定磁方位角 .....	(82)
第六节 陀螺经纬仪 .....	(83)
一、陀螺经纬仪的构造 .....	(83)
二、陀螺北方向值的测定 .....	(84)
三、陀螺经纬仪的检验和校正 .....	(85)
四、用陀螺经纬仪测量直线真方位角的程序 .....	(85)
五、记录和计算 .....	(86)
思考与练习题 .....	(86)
<b>第五章 测量误差的基本知识</b> .....	<b>(88)</b>
第一节 测量误差概述 .....	(88)
一、测量误差的定义 .....	(88)
二、测量误差的来源 .....	(88)
三、测量误差的分类 .....	(89)
四、多余观测 .....	(89)
五、测量平差的任务 .....	(90)
第二节 偶然误差的特性 .....	(90)
第三节 衡量精度的标准 .....	(92)
一、精度的含义 .....	(92)
二、衡量精度的标准 .....	(93)
第四节 误差传播定律 .....	(94)
一、线性函数的误差传播定律 .....	(95)
二、非线性函数的误差传播公式 .....	(96)
三、应用误差传播定律的步骤 .....	(96)

第五节 等精度直接平差 .....	( 98 )
一、最小二乘准则 .....	( 98 )
二、等精度直接平差 .....	(100)
第六节 不等精度直接平差 .....	(103)
一、加权平均值 .....	(103)
二、权和单位权 .....	(104)
三、定权的常用方法 .....	(105)
四、单位权中误差和观测值中误差 .....	(105)
五、加权平均值的中误差 .....	(107)
第七节 由真误差计算中误差 .....	(109)
一、由三角形闭合差计算测角中误差 .....	(109)
二、由等精度双观测列的差数计算观测值中误差 .....	(110)
三、由不等精度双观测值的差数计算观测值中误差 .....	(111)
第八节 误差传播定律应用举例 .....	(113)
一、水准测量的精度分析 .....	(113)
二、水平角测量的精度分析 .....	(114)
三、距离测量的精度分析 .....	(115)
思考与练习题 .....	(116)
<b>第六章 控制测量</b> .....	(119)
<b>第一节 控制测量概述</b> .....	(119)
一、平面控制测量 .....	(119)
二、高程控制测量 .....	(121)
<b>第二节 导线测量</b> .....	(122)
一、导线测量概述 .....	(122)
二、导线测量的外业工作 .....	(124)
三、导线测量的内业计算 .....	(126)
<b>第三节 小三角测量</b> .....	(132)
一、小三角网的形式 .....	(132)
二、小三角测量的外业 .....	(133)
三、小三角测量的平差方法 .....	(134)
四、单三角锁的平差计算 .....	(134)
五、中心多边形的平差计算 .....	(144)
六、大地四边形的平差计算 .....	(145)
<b>第四节 交会定点</b> .....	(146)
一、测角前方交会 .....	(146)
二、测角后方交会 .....	(147)
三、边长交会 .....	(148)
<b>第五节 三、四等水准测量</b> .....	(149)
一、观测顺序与记录 .....	(149)
二、计算与检核 .....	(150)
<b>第六节 三角高程测量</b> .....	(151)
一、三角高程测量原理 .....	(151)

二、地球曲率和大气折光对高差的影响 .....	(152)
三、三角高程测量的观测与计算 .....	(152)
思考与练习题 .....	(152)
<b>第七章 地形图的基本知识 .....</b>	<b>(154)</b>
第一节 地形图概述 .....	(154)
第二节 地形图的比例尺 .....	(154)
一、数字比例尺 .....	(154)
二、图解比例尺 .....	(155)
三、比例尺精度 .....	(155)
第三节 坐标网 .....	(155)
第四节 地形图的分幅与编号 .....	(155)
一、梯形分幅和编号 .....	(155)
二、矩形分幅和编号 .....	(157)
第五节、图名、图廓和图外注记 .....	(158)
第六节 地物符号和地貌符号 .....	(158)
一、地物符号 .....	(158)
二、地貌符号 .....	(159)
思考与练习题 .....	(163)
<b>第八章 地形图测绘与数字成图系统 .....</b>	<b>(164)</b>
第一节 经纬仪测绘地形图 .....	(164)
一、图根控制测量 .....	(164)
二、测图前的准备工作 .....	(164)
三、经纬仪测图的方法 .....	(165)
四、地形特征点及地形图的勾绘 .....	(168)
五、增设地形转点的方法 .....	(170)
六、地形图的拼接、检查和清绘整饰 .....	(170)
第二节 全站仪简介 .....	(173)
一、全站仪的结构 .....	(173)
二、全站仪的主要功能 .....	(175)
三、全站仪使用注意事项 .....	(176)
第三节 数字化测图 .....	(177)
一、数字化测图的基本思想 .....	(177)
二、数字化测图的特点 .....	(178)
三、获得数字地图的方法 .....	(179)
四、数字化测图系统和测图作业模式 .....	(180)
五、野外数据采集 .....	(180)
六、内业处理 .....	(183)
第四节 TL2000 数字化成图系统 .....	(184)
一、各种地物、地貌的绘制与编辑 .....	(185)
二、等高线的绘制 .....	(194)
三、地形图的整饰与编辑 .....	(199)

第五节 地籍测绘 .....	(200)
一、地籍控制测量 .....	(200)
二、地籍图测绘 .....	(200)
三、外业调绘 .....	(201)
四、面积量算 .....	(201)
第六节 房产测绘系统 .....	(201)
一、房地产测绘 .....	(201)
二、基础测绘 .....	(202)
三、房产 GIS .....	(203)
四、房地产资源数据库 .....	(203)
思考与练习题 .....	(204)
<b>第九章 地形图的应用</b> .....	(205)
<b>第一节 地形图的基本应用</b> .....	(205)
一、确定点的坐标 .....	(205)
二、确定点的高程 .....	(205)
三、确定线段的长度和方向 .....	(206)
四、确定线段的坡度和坡度角 .....	(206)
五、确定图形的面积 .....	(207)
<b>第二节 地形图在土木工程中的应用</b> .....	(210)
一、绘制断面图 .....	(210)
二、按给定的坡度选定最短路线 .....	(210)
三、确定汇水面积 .....	(211)
四、土(石)方计算 .....	(212)
<b>第三节 数字地形图在工程中的应用</b> .....	(214)
一、计算工具 .....	(214)
二、查询与标注 .....	(214)
三、土(石)方计算 .....	(215)
四、道路断面设计 .....	(216)
五、竖向设计 .....	(217)
思考与练习题 .....	(218)

# 第一章 测量学的基本知识

## 第一节 测量学的地位和作用

测量学是一门古老的地球科学，它来自于希腊文的“土地划分”，至少已有 4000 多年的历史。我国是世界文明古国之一，测量学的发展也有悠久的历史。早在公元前 2200 年大禹治水时就已使用了“左准绳，右拐矩”的测量工具和方法，春秋战国时期已经制成了利用磁石的指南仪器“司南”，唐代僧一行主持了世界上最早的子午线弧长测量，西晋裴秀的《制图六体》被誉为世界上最早的地图制图理论。为准确确定空间点的坐标位置，早在 1615 年~1617 年就已有人采用了三角测量来建立测量控制网的方法，当时荷兰的天文学家和数学家斯涅利乌斯就采用三角方法进行了子午圈的弧长测量。直到今天，这种方法在测量工作的外业和成果处理中仍被广泛的采用。

近代的测量学已经发展为一门综合科学，它是在一系列测量仪器与工具的帮助下能够解决许多复杂的科学、技术与工程问题，研究如何测定地面点的位置和高程，将地球表面的地形及其它信息测绘成图以及确定地球的形状和大小的科学。也就是说，测量学是研究如何测量和描绘地球整体以及地面形状的科学。测量一词是泛指对各种量的量测，而测量学所要量测的对象是地球的表面乃至整个地球。由于测量学一般都包含测和绘两项内容，所以这门科学又称为测绘科学。

测绘科学的研究对象主要是地球的形状和大小以及地球表面（包括空中、地表、地下和海洋）上各种物体的几何形状与空间位置，通过测绘工作把地球表面用平面图、地图或剖面图表示出来，以及对于这些空间位置信息进行处理、储存、管理，同时解决各种类型的实际问题。测绘技术在空间技术研究、地壳形变、地震预报、地球动力学研究等科学研究方面也是不可缺少的工具。

按照所研究的内容、范围和对象的不同测量学有许多分支学科。

(1) 大地测量学 研究地球的形状、大小和重力场问题及在大范围内建立国家大地控制网的理论、方法和技术的科学，是整个测量学的基础理论学科。大地测量必须考虑地球曲率的影响。大地测量学可分为常规大地测量学和卫星大地测量学。

(2) 普通测量学 研究地球表面较小区域内的测量与制图的理论、技术和方法的科学。在测绘过程中不考虑地球曲率影响，用水平面代替地球曲面，根据需要建立小区域控制网，按测量和制图的理论、技术和方法绘制出地形图的测量工作，属于地形测量学的范畴，其具体任务是测绘各种比例尺的地形图及进行一般的施工测量。

(3) 摄影测量学 利用摄影和遥感技术获取被摄物体的信息，以确定物体的形状、大小、性质和空间位置的理论、技术和方法的科学。根据手段不同可分为航空摄影测量、地面摄影测量、航天摄影测量和水上摄影测量等。

(4) 工程测量学 研究工程建设在勘测、设计、施工、竣工验收和运行管理中进行的各种测量理论、技术和方法的科学。由于对象不同，可分为建筑工程测量、线路工程测量、桥

隧工程测量和矿山测量等。

(5) 海洋测量学 研究地球表面水体（江、湖和海洋）、港口、航道及水下地貌等测量的理论、技术和方法的科学。

(6) 地图制图学 研究利用测量成果制作各种地图的理论、工艺和方法的科学。其研究内容包括地图编制、整饰及电子地图制作与应用等。

在测量工作中有两类不同性质的工作：一类称为测定，是把地面上存在的各种物体，利用测量的方法确定它们的位置并绘制成图，例如测绘地形图的工作；另一类称为测设，是把各种工程设计的点位用测量的方法设置到地面上，例如各种工程建筑物的施工放样工作。前者是把地面实际的形态通过测量转化成图或数字，是获取地面信息的过程；后者则是按设计图纸或预定的数字，通过测量方法把拟建造的建筑物位置标定到地面，是将设计变成现实的过程。

测量工作一般要经过野外观测和室内计算、绘图等程序。野外的观测工作称为“外业”，室内的计算和绘图等工作称为“内业”。外业工作是取得原始数据的过程，内业工作是对原始数据进行分析、整理和加工的过程。由于测量的成果可以应用到各个方面，影响极广，工作中的任何差错多能造成不良的后果，有的甚至会对工程造成巨大损失，所以，保证质量是测量工作者的首要职责。因此，外业观测必须按规范或规程的要求来完成，不合格的必须重测，手簿、图纸等原始数据应保证正确、清楚和完整；内业工作必须认真细致，交付的成果必须经复核检验，以确保成果的质量。

工程测量在国民经济建设和国防建设中占有重要的地位，测量学的知识和技能有着十分广泛的用途，无论在政治、经济、军事、科技和文化教育等方面，都有重要的应用。工程测量的应用涉及国民经济的各个方面，如城市、工厂、矿山和水利等建设，铁路、公路和水运等交通建设，以及农业、林业的开发和建设。

测绘工作在土木工程建设中起着十分重要的作用，例如铁路或公路的建设，在设计阶段，为了选择最经济合理的路线，要进行大量的测量工作。在施工阶段，为了把线路和各种建筑物正确地按设计位置建造出来，要进行各种测设和检测工作。在工程竣工后，对各项工程还要进行竣工测量。而在运营期间，为保证建筑物的安全使用，对重要建筑物要进行位移、沉陷、倾斜等项目的变形监测，为了管理、改建或扩建的需要还要进行各种测量，可以说任何建设项目都是测量先行，所以，测绘人员常被喻为工程建设的尖兵。

测量学课程不仅在本专业的实际工作中占有重要地位，也对本专业的后续课程起着重要作用。学习测量学必须坚持理论与实践并重，不但要掌握测量的基本理论，而且要重视观测计算和绘图等基本技能的训练。在学习中应养成认真负责、一丝不苟的工作作风和爱护仪器设备的良好习惯。由于野外作业工作和生活条件均较艰苦，因此还必须培养吃苦耐劳和克服困难的精神。

测量学既是一门传统的学科，又是一门发展着的学科。随着科学的发展和新技术的应用，近年来又出现了惯性定位系统、卫星定位系统等一些新兴的学科，出现了数字地图和地理信息系统等边缘学科。同时新的测量仪器和测量方法不断出现，给快速、准确地进行测量工作提供了可靠的保证。

本书按土木工程专业新的教学大纲和现行新的测量技术规范编写，全书包括上、下册，即普通测量学和工程测量学两部分。普通测量学主要讲授小区域测量与制图的理论、技术和



方法，强调基本理论、基本方法和基本技能。工程测量学主要讲授在工程建设中的勘测、设计、施工、竣工验收和运行管理中进行的各种测量理论、技术和方法，包括建筑工程测量、线路工程测量、桥隧工程测量和变形观测等。

## 第二节 地面点位的表示方法

### 一、测量的基本原则和测量工作的实质

在地面上，无论是天然物体或人工形成的物体，其分布多数是零乱而不规则的。那么如何来测量这些为数众多而分布又不规则的特征点呢？一般地进行程序应是先在测区范围内精确测出小数点的位置，如图 1-1 中的  $A$ 、 $B$ 、 $C$  等，然后以这些点为基础测量它们周围地物、地貌的特征点，得出局部的地形图。图中  $A$ 、 $B$ 、 $C$  等点构成的图形在测区中形成一个框架，起控制作用，所以这些点称为控制点，测量这些点的位置的工作称为控制测量。以控制点为基准测量其周围地形特征点位置的工作称为碎部测量，利用各控制点间已测定的位置关系就可以把从各控制点所测得的局部地形连成一个整体，从而得出这一测区的地形图，并能保证必要的精度。这就是进行测量工作必须遵循的“从高级到低级、从整体到局部、先控制后碎部”的测量工作基本原则。在测设工作中同样也要遵循这一基本原则。按照这一原则进行测量工作，不仅可以防止测量误差的过大积累，保证整个测量区内测量精度的一致性，也可以在较大测区内同时安排多个作业组进行工作，以加快作业进度，提高工作效率。

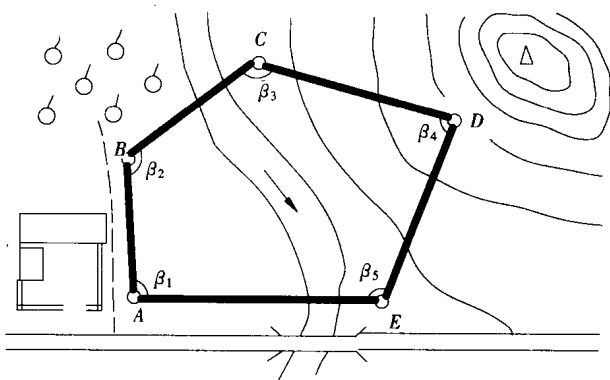


图 1-1 从整体到局部的测量原则

无论是控制测量还是碎部测量，从根本上讲都是测量点位的工作。不但测定是这样，测设也是这样，因此可以说：“测量工作的实质就是测量（测定或测设）点位的工作”。任何性质的测量工作都是如此。

既然测量工作都是测定点位的工作，因此首先应了解地面上点位的表示方法。由于测量工作都是在地球表面上进行的，所以，在讨论如何确定地面点位之前先介绍关于地球形状和大小的知识。

### 二、地球的形状和大小

人类为了适应、利用和改造环境，自古以来一直在研究地球的形状和大小。地球表面是一个极不规则的曲面，它上面有高山、平原、丘陵、湖泊、江河和海洋等。有位于我国西藏高原上最高的山峰珠穆朗玛峰，海拔高度达 8 848.13m；有位于太平洋西部最深的马里亚纳海沟，海拔 -11 022m。虽然地球表面起伏如此之大，但与半径为 6 000 余公里的整个地球相比还是微不足道的。由于地球表面上陆地仅占 29%，而海洋却占 71%，所以我们可以将地球总的形状看做是一个被海水包围的球体。如图 1-2 所示，设想由静止的海水面所包围并延