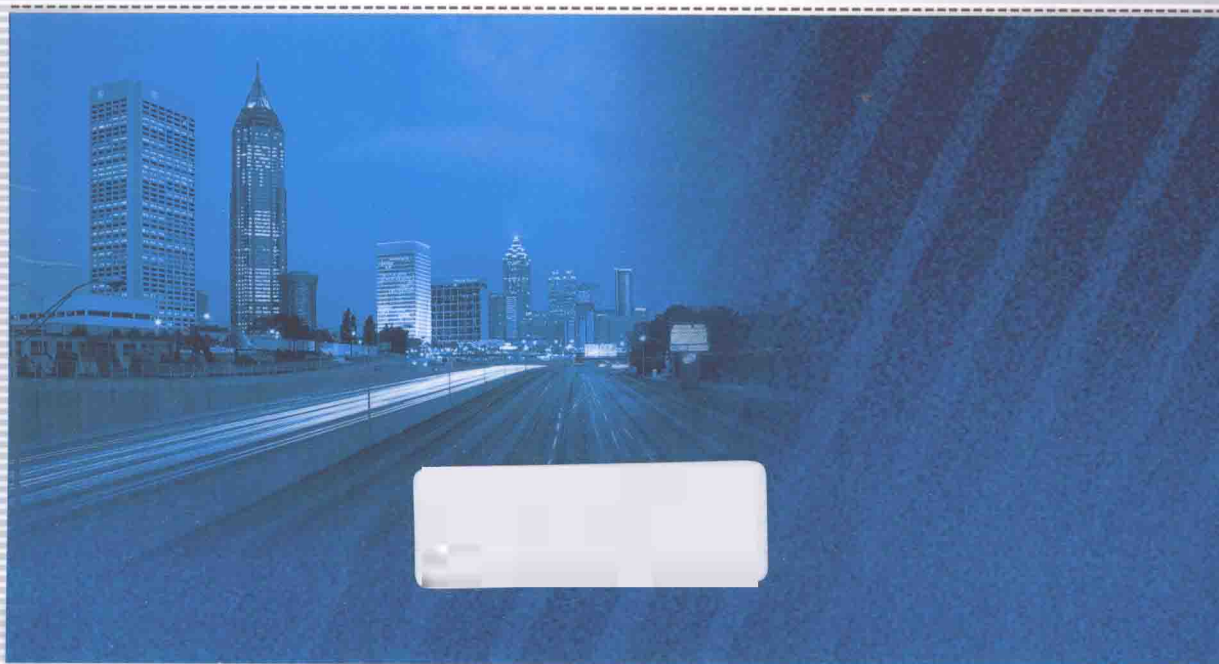




高等职业教育“十二五”规划教材
——道路桥梁工程技术专业系列规划教材

道路工程测量

◎ 吕凡任 主编



DAOLU GONGCHENG CELIANG



免费提供
电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育“十二五”规划教材
——道路桥梁工程技术专业系列规划教材

道路工程测量

主 编 吕凡任
副主编 刘成才 李颖颖
参 编 尹继明 朱维伟 韩青松
金耀华 刘善彬



机械工业出版社

本书主要内容包括：道路工程测量概论；水准测量；角度测量；距离测量与直线定向；测量误差；全站仪及其操作；小地区控制测量；大比例尺地形图基本知识及应用；道路中线测量；道路纵、横断面测量；道路施工测量；桥涵施工测量；公路隧道施工测量等。

本书力求反映道路桥梁工程测量最新规范的内容，在讲清基础知识的同时，反映新技术的应用，重视实践技能的培养和基础知识应用能力的训练。采用“项目化”体例编写，按照知识体系编写每个项目。“项目”内分为“知识”和“任务”两个部分，“知识”为必要基础知识的介绍，“任务”为结合工程问题设置的需要根据基础知识去解决的某项工作。每个项目的前面有“情境导入”“学习目标”“知识”或“任务”部分由问题导入开始。各“项目”后有习题，并配有资料丰富的教学课件等相关资料。

本书适合高职高专道路桥梁工程技术、公路监理、铁路工程技术、土木工程技术等相关专业教学使用，也可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

道路工程测量/吕凡任主编. —北京：机械工业出版社，2014.2

高等职业教育“十二五”规划教材. 道路桥梁工程专业系列规划教材
ISBN 978-7-111-45420-5

I. ①道… II. ①吕… III. ①道路测量—高等职业教育—教材
IV. ①U412.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 007670 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张荣荣 责任编辑：张荣荣

版式设计：霍永明 责任校对：刘怡丹

封面设计：张 静 责任印制：李 洋

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2014 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14 印张·345 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-45420-5

定价：32.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部：(010)68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部：(010)88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

出版说明

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,道路桥梁的发展规模不断扩大,建设速度不断加快,对道桥专业具备高等职业技能的人才需求也随之不断加大。为了贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,我们通过深入调查,组织了全国 20 余所高职高专院校的一批优秀教师,编写出版了本套教材。

本套教材编写中注重培养学生的实践能力,基础理论贯彻“实用为主、必需和够用为度”的原则,基本知识采用广而不深、点到为止的编写方法,基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写中,力求文字叙述简明扼要、通俗易懂。本套教材结合了专业建设、课程建设和教学改革成果,在广泛的调查和研讨的基础上进行规划和编写,在编写中紧密结合职业要求,力争能满足高职高专教学需要并推动高职高专道桥类专业的教材建设。

本系列教材共 16 本,包括《基础工程》《桥涵工程施工技术》《道路 CAD》《道路工程材料》《道路工程测量》《工程力学》《路基路面工程》《桥梁工程》《土质学与土力学》《公路工程造价》《公路工程施工监理》《道路工程制图》《道路工程制图习题集》《公路勘测设计》《结构设计原理》《公路工程检测技术》。

本系列教材适合高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的道桥类专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

机械工业出版社

前 言

随着我国高等职业教育的蓬勃发展,以学生为中心、以职业能力与职业素养培养为核心的教育教学改革正在深入开展。适应工程一线岗位需求、突出“工学结合”的课程体系建设是教学改革的基础,教、学、练一体化的教学模式是课堂教学改革的方向。

本书力求反映工程测量最新规范的内容,在讲清基础知识的同时,反映新技术的应用,重视实践技能的培养和基础知识应用能力的训练。主要体现以下特点:

(1) 根据高职学生的知识特点,结合测量知识体系情况,按照先讲清基本“知识”后给出“任务”进行训练与巩固的思路编写每个项目,并配备适当的思考和练习,培养基础知识的应用能力,训练测量基本技能,提高学生自主解决问题的能力,并注意同实际工程问题相结合,加强职业能力的培养。同时引导教师开展以学生探索能力和学习能力为中心的课程教学改革,培养学生解决工程实际问题的职业能力。

(2) 讲清基本概念、基本原理,淡化难度较大的数学推导,对于工程实际中已经可以采用软件分析计算的内容淡化理论介绍和推导,仅介绍使用目的和基本方法,提高工程一线职业能力。

(3) 在讲清工程测量基本知识、训练学生基本技能的基础上,不仅介绍了道路测量放线的知识,还介绍了桥梁、隧道、涵洞的测量放线知识,为道路桥梁工程技术专业学生的可持续发展奠定知识和技能基础。

全书共设置12个学习项目,课堂教学参考学时为77学时(包括实训讲解),可以根据学生实际情况灵活安排和取舍。建议设置1~2周的“小区域地形图测绘”集中实训项目。学时分配建议如下表:

教学学时建议表

内 容	参考学时	内 容	参考学时
导入	3	项目七 大比例尺地形图基本知识及应用	4
项目一 水准测量	8	项目八 道路中线测量	6
项目二 角度测量	8	项目九 道路纵、横断面测量	8
项目三 距离测量与直线定向	2	项目十 道路施工测量	8
项目四 测量误差	2	项目十一 桥涵施工测量	8
项目五 全站仪及其操作	6	项目十二 公路隧道施工测量	8
项目六 小地区控制测量	6	合计	77

本书全书由扬州职业大学吕凡任任主编,中州大学刘成才、日照职业技术学院李颖颖任副主编,湖北交通职业技术学院付巧云主审。扬州职业大学吕凡任编写导入和项目二,内蒙古交通职业技术学院韩青松编写项目一和项目十二,中州大学刘成才编写项目

三和项目四，河南省地球物理工程勘察院刘善彬编写项目五，日照职业技术学院李颖颖编写项目六和项目七，扬州职业大学尹继明编写项目八，扬州职业大学金耀华编写项目九，许昌职业技术学院朱维伟编写项目十和项目十一。

“道路工程测量”是道路桥梁工程技术专业的基础课，本教材可作为高职高专道路桥梁工程技术、公路监理及其他土建施工类相关专业的教材，也可供相关工程技术人员参考。

限于编者水平，书中难免存在不足和疏漏，恳请有关专家和广大读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

出版说明

前言

导入 道路工程测量概论	1
导入一 测量学的基本内容与任务	1
导入二 地球的形状和大小	3
导入三 测量常用坐标系统	4
导入四 测量工作的内容和程序	7
习题	8
项目一 水准测量	9
知识一 水准测量原理	9
知识二 水准测量的仪器及工具	10
知识三 水准仪的操作	13
知识四 地面上两水准点间高差的测定	15
知识五 水准测量的内业计算	17
知识六 水准仪的检验与校正	20
知识七 水准测量误差来源及减弱措施	22
任务一 等外闭合水准路线测量	23
习题	25
项目二 角度测量	26
知识一 角度测量原理	26
知识二 经纬仪的构造与读数	27
知识三 经纬仪的使用	31
知识四 水平角测量	37
知识五 竖直角测量	40
知识六 水平角度观测误差	43
任务一 水平角测量	46
任务二 竖直角测量	47
习题	48
项目三 距离测量与直线定向	50
知识一 钢尺量距	50
知识二 视距测量	55
知识三 直线定向	58
任务一 距离测量	63
习题	66
项目四 测量误差	67
知识一 测量误差的概念、来源和分类	67
知识二 衡量精度的数字指标	71

知识三	等精度观测量的最可靠值及其中误差	73
任务一	评价一组观测数据的精度	75
习题		75
项目五	全站仪及其操作	77
知识一	概述	77
知识二	全站仪及其辅助设备	78
知识三	全站仪的测量原理	82
知识四	全站仪的基本功能及其操作	83
知识五	全站仪的模块测量	85
知识六	全站仪测量误差	88
任务一	全站仪测定点的坐标	92
任务二	全站仪测设点的位置	95
习题		97
项目六	小地区控制测量	98
知识一	控制测量概述	98
知识二	导线测量	100
知识三	高程控制测量	103
习题		106
项目七	大比例尺地形图基本知识及应用	107
知识一	地形图的基本知识	107
知识二	地物和地貌在地形图上的表示方法	108
知识三	大比例尺地形图的测绘	112
知识四	大比例尺地形图的应用	118
任务一	测绘大比例尺地形图	124
习题		127
项目八	道路中线测量	128
知识一	道路基本知识	128
知识二	道路中线测量	129
知识三	路线转角的测设和里程桩的设置	132
知识四	圆曲线的测设	134
知识五	带有缓和曲线的平曲线测设	138
知识六	道路中线桩坐标计算	142
任务一	道路中线测量	146
习题		147
项目九	道路纵、横断面测量	148
知识一	基平测量	148
知识二	水准仪中平测量	149
知识三	路线纵断面测量	152
知识四	路线横断面测量及横断面图的绘制	156
任务一	基平测量	158
任务二	中平测量	160
任务三	道路横断面测量	161

习题	162
项目十 道路施工测量	164
知识一 公路施工测量的任务	164
知识二 施工测量的基本方法	164
知识三 点的平面位置的测设	168
知识四 公路路线施工测量	170
任务一 道路施工测量	172
习题	172
项目十一 桥涵施工测量	173
知识一 涵洞施工测量	173
知识二 桥梁控制网的形式	174
知识三 桥梁轴线和墩台中心定位测量	181
任务一 桥涵放样测量	188
附：某大桥测量实施方案（示例）	188
习题	191
项目十二 公路隧道施工测量	192
知识一 概述	192
知识二 地面控制测量	193
知识三 路线引测进洞的计算与测设	195
知识四 竖井联系测量	197
知识五 隧道的施工测量	202
知识六 隧道洞内水准测量	205
知识七 隧道开挖断面测量	207
知识八 隧道（巷道）贯通测量及误差	210
任务一 隧道施工测量	212
习题	213
参考文献	214

导入 道路工程测量概述

导入一 测量学的基本内容与任务

一、测量学的基本内容

测量科学是一门研究如何确定地球的形状和大小及地面、地下和空间各种物体的几何形态及其空间位置的科学，为人类了解自然、认识自然和能动地改造自然服务。其任务概括起来主要有三个方面：一是精确地测定地面点的位置及地球的形状和大小；二是将地球表面的形态及其他相关信息测绘成图；三是进行经济建设和国防建设所需要的测绘工作。测量学的研究内容相当广泛，它和其他科学一样都是随着人们生产实践的需要而产生并随着社会生产和科学技术的发展而发展。随着研究的深入和各学科研究的相互渗透，测量学在发展中产生了许多分支，并形成了相对独立的学科。

1. 大地测量学

它是地球表面大区域为研究对象，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。现代大地测量学包括几何大地测量学、物理大地测量学和卫星大地测量学三个主要部分。

2. 地形测量学（又称普通测量学）

地形测量学是测绘科学的一个基础部分，是研究测绘地形图的基本理论、技术和方法的学科。由于地表形态的测绘工作是在面积不大的测区内进行的，又因地球曲率半径很大（平均为 6371km），可视小区域球面为平面而不必顾及地球曲率及地球重力场的微小影响，从而使理论和方法都得到简化。把地球表面的各种自然形态，如水系、地貌、土壤和植被的分布，以及人类社会活动所产生的各种人工形态，如境界线、居民地、交通干线和各种建筑物的位置采用正射投影的理论，使用一定符号，按一定比例，缩绘到平面图上，这种图叫作地形图。地形图的测绘和应用是地形测量学的核心内容，地形图在国民经济和国防建设中有着广泛应用。

3. 摄影测量学

摄影测量学是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），经过对图像的处理、量测、判释和研究，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。按获取像片的方法不同，分为地面立体摄影测量学和航空摄影测量学。

4. 工程测量学

工程测量学是研究工程建设在规划设计、施工放样和运营管理各阶段中进行测量工作的理论、技术和方法的科学，所以又称为实用测量学或应用测量学。

5. 矿山测量学

矿山测量学是综合运用测量、地质及采矿等多种学科的知识，来研究和处理矿山地质勘

探、建设和采矿过程中由矿体到围岩、从井下到地面在静态和动态条件下的工作空间几何问题，以确保矿产资源合理开发、安全生产和矿区生态环境整治的一门学科。矿山测量学包括三项内容：一是矿山测量工程，研究矿区控制测量、地形测量、建井和开拓时期的施工和设备安装测量；矿山生产时期的井下控制测量、采区生产测量及各种生产设施的运行状况监测等，其作用被誉为“矿山的眼睛”。二是研究矿体几何和储量管理，确保矿产资源的合理开发和生产中准备煤量与开采煤量的合理接续。三是研究资源开采后所引起的岩层移动、地表沉降规律，以及露天矿边坡的稳定性和保护地面建筑物、造地复田和环境治理的理论和方法。

6. 地图制图学

地图制图学是以地图信息传输为中心，探讨地图及其制作的理论、工艺技术和使用方法的一门综合性学科，它主要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，所以亦称地图学。主要内容包括地图编制学、地图投影学、地图整饰和制印技术等。现代地图制图学还包括用空间遥感技术获取地球、月球等星球的信息，编绘各种地图、天体图，以及三维地图模型和制图自动化技术等。

二、测量学在公路建设中的作用

测量工作对于国家经济建设和国防建设具有非常重要的作用，在道路、桥梁和隧道工程建设中有着广泛的应用。公路工程测量是指公路建设在设计、施工和运营管理等各阶段所进行的各种测量工作。公路是一种自然界供汽车等交通工具运输工具运行的结构物，其位置受社会经济、自然地理和技术条件等因素的制约。一条质量优良的公路能够方便驾驶者正确判断路况、乘客舒适、适应汽车的性能和行驶、便于施工和维护。要建设一条高质量的公路，必须在调查研究、实地测量、掌握大量基础资料的前提下，设计出具有特定技术标准、满足交通运输要求、经济合理的方案，经过顺利施工才能完成。其中，实地测量获取资料、施工测量保证设计方案准确实施是公路建设质量保证的重要因素。

为了获得经济合理的公路路线，首先要进行路线勘测，在可能的路线范围内进行控制测量，测绘路线范围内的地形图、纵断面图，并收集沿线地质、水文、资源等资料，作为定线、编制方案的依据。确定路线方案后，进行路线的详细测量，包括中线、纵断面、横断面测量及地形测量，为路线设计提供准确、详细的外业资料。如果路线跨越河流，需要设置桥梁时，应测绘河流两岸的地形图，测定桥梁位置的河床断面，便于桥梁方案选择。如果路线穿越高山，需要设置隧道，应测绘隧道处地形图，测定隧道轴线、洞口、竖井等的位置，以便隧道设计和施工。

公路设计完成，其设计图中的线形、纵坡、横断面等已经确定，即可施工。施工前需要恢复中线位置，测设桥涵、隧道的中线，进行施工放样，并检查放样点的位置和高程，使其满足设计要求。隧道贯通施工中满足精度要求的测量是施工质量的重要保证。道路、桥梁、隧道等施工结束以后，还要测量竣工情况，编制竣工资料，为竣工验收和运营管理提供基础资料。

公路投入正常使用，还需要一些常规检查和定期进行变形观测，养护和维修公路，以确保公路正常、安全地使用。

测量在道路的设计、施工、运营管理等各个阶段都发挥着重要的作用。

三、学习目标与要求

根据公路工程的特点，路桥及相关专业的学生在学习完该课程以后，要求达到以下目标：

- 1) 掌握测量及公路工程测量的基本理论和基本方法。
- 2) 测量仪器不断更新，基本原理是相似的。要正确使用各种常见测量仪器，掌握测量仪器的基本原理，以适应测量新技术、新仪器。
- 3) 能够独立开展小区域大比例尺的地形测绘。
- 4) 能够阅读地形图和测量资料，进行相关计算，编写测设方案。
- 5) 掌握公路工程中线测量、基平测量、中平测量、纵断面测绘、施工放样的基本方法，能独立完成路基边桩、竖曲线及涵洞的放样，能定位放线桥梁墩台。了解隧道中线、腰线、竖井等的有关测量。

导入二 地球的形状和大小

一、大地水准面

为了表示地面点的高度，必须确定基准水平面。而地球表面是高低不平的，陆地上有高山，海洋内有洋沟。可以把自由静止的海平面作为参考面，并延伸至陆地，形成闭合曲面，该海水面称为水准面。由于有潮汐等的影响，海水面有高低，因此，该水准面有无数个。选取静止状态的平均海水面，向陆地延伸，形成一个封闭的曲面，称为大地水准面。测量工作的基准面是大地水准面（图 0-1）。

由大地水准面所包围的形体，称为大地体（图 0-2）。它代表了地球的自然形状和大小。

地球表面的物体都受到重力的作用。重力的方向线称为铅垂线（图 0-2）。铅垂线是测量工作的基准线。

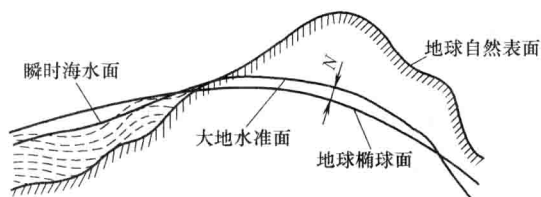


图 0-1 大地水准面示意图

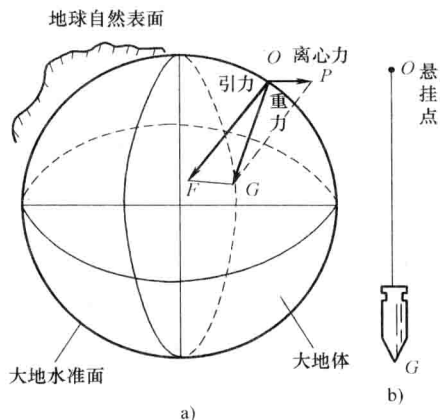


图 0-2 大地体示意图

二、参考椭球体

地球内部质量分布是不均匀的，引起局部重力异常，导致铅垂线的方向发生不规则变化，使得大地水准面上也有微小起伏，成为复杂的曲面，难以用数学方程准确表示其表面形状，无法在这个复杂曲面上处理测量数据。为了方便测量使用，通常采用一个非常接近于大地水准面，并可用数学式表示的简单几何形体来代替地球的形状，作为测量计算的基准面。这个几何形体称为椭球体。它是由一个椭圆绕短轴旋转而形成的，所以地球椭球又称为旋转椭球。测量计算的基准面为旋转椭球面。

我国于1980年开始采用1975年国际大地测量与地球物理联合会推荐的椭球，该椭球的长半轴 $a = 6378.140\text{km}$ ，短半轴 $b = 6356.755\text{km}$ ，相差约 $1/300$ 。当测区不大时，可近似把椭球体作为圆球，其半径近似值为 $R = \frac{1}{3}(2a + b) = 6371\text{km}$ 。我国采用的该测量坐标系统称为“1980年国家大地坐标系”，其大地原点位于陕西省泾阳县永乐镇。

导入三 测量常用坐标系统

测量工作的基本工作是确定地面点的空间位置。一般工程测量中，地面点的空间位置通常采用三个量表示，即该点在一定坐标系下的三维坐标。所以，必须先确定测量中所采用的坐标系统。下面介绍几种常用的测量坐标系统。

一、大地坐标系

用大地的经度 L 和大地纬度 B 表示地面点投影到旋转椭球面上位置的坐标，称为大地坐标系，亦称大地地理坐标系。该坐标系以参考椭球面和法线作为基准面和基准线。

如图0-3所示，N-S为地球的北-南极，过地面任一点与地轴NS所组成的平面称为该点的子午面。子午面与椭球面的交线称为子午线或经线。国际公认通过英国格林尼治（Greenwich）天文台的子午面是计算经度的起始面，称为首子午面。椭球面上其他的点，例如图0-3上的 P' 点，通过该点的子午面对首子午面的两面角，称为 P' 的大地经度，简称经度。它自首子午线向东或向西由 0° 起算至 180° ，在首子午线以东称为东经或写成 $0^\circ \sim 180^\circ\text{E}$ ，以西者称为西经或写成 $0^\circ \sim 180^\circ\text{W}$ 。

垂直于地轴NS的平面与地球球面的交线称为纬线（图0-3a）。通过球心O点并垂直于地轴NS的平面，称为赤道平面。赤道平面与球面的交线称为赤道。图0-3中，过 P' 点的法线（法线即与旋转椭球面垂直的线）与赤道面的夹角，称为 P' 点的大地纬度，简称纬度。在赤道以北称为北纬，写成 $0^\circ \sim 90^\circ\text{N}$ ，在赤道以南称为南纬，写成 $0^\circ \sim 90^\circ\text{S}$ 。例如我国首都北京位于东经 40° 北纬 116° ，也可以写成 $L = 40^\circ$ ， E 、 $B = 116^\circ\text{E}$ 。

我国的疆域位于赤道以北的东半球，所以各地的大地经度 L 和大地纬度 B 都是正值。

地面点的高度用大地高表示，如图0-3a中的 P 点，其大地高 H 为 P 点沿法线到椭球面的距离 PP' 。由椭球面起算，向外大地高为正，向内为负。

用大地坐标的地面点统称为大地点。通常大地坐标由大地经度 L 、大地纬度 B 和大地高 H 三个量组成，以表示地面点的空间位置。

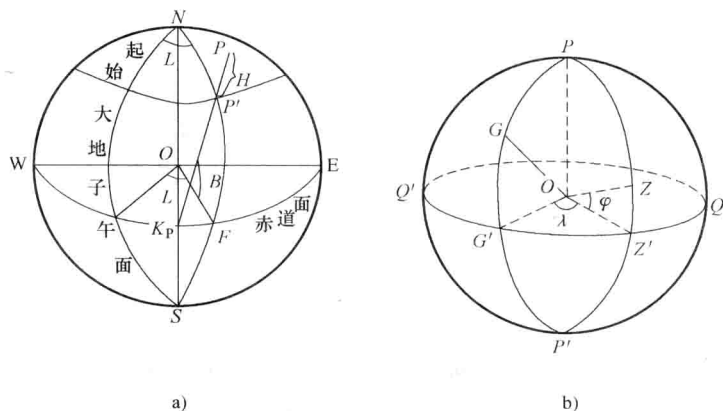


图 0-3 大地坐标系示意图

二、独立平面直角坐标系

在小区域内（通常 10km 范围）进行测量工作，通常采用平面直角坐标。在没有国家控制点或不便于与国家控制点联测的小地区测量中，允许暂时建立独立坐标系，以保证测绘工作的顺利开展。测量工作中所采用的平面直角坐标系与数学中所介绍的相似，只是坐标轴的名称 Ox 和 Oy 互相调换（图 0-4），规定南北方向为 x 轴，东西方向为 y 轴。地面上某点 M 的坐标可用 x_M 和 y_M 表示。平面直角坐标系象限顺序按顺时针方向编号。原点 O 一般选在测区的西南角，使测区内各点的坐标均为正值。

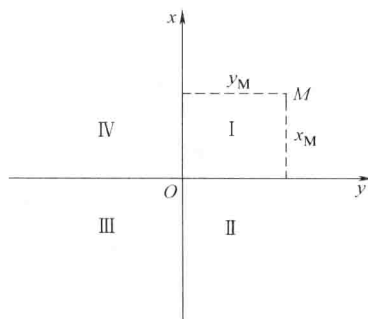


图 0-4 平面直角坐标系

三、高斯-克吕格平面直角坐标系

如果测区范围较大，就不能再将地球表面当作平面看待。但人们在规划、设计和施工中又习惯使用平面图来反映地面形态，而且在平面上进行计算和绘图要比在球面上方便得多。为满足工程测量及其他工程的应用，我国采用高斯-克吕格投影，简称高斯（Gauss）投影。

高斯投影法是将地球划分为若干带，然后将每带投影到平面上。如图 0-5 所示，投影带从首子午线起，每隔经差 6° 划一带（称为 6° 带），自西向东将整个地球划分成经差相等的 60 个带，各带从首子午线起，自西向东依次编号，用数字 1、2、3、…、60 表示。位于各带中央的子午线，称为该带的中央子午线。第一个 6° 带的中央子午线的经度为 3° ，任意带的中央子午线经度 L_0 可按式 (0-1) 计算。

$$L_0 = 6N - 3 \quad (0-1)$$

式中 N ——投影带的序号。

按上述方法划分投影带，再按图 0-6 进行高斯投影。设想用一个平面卷成一个空心椭圆圆柱，把它横着套在旋转椭球外面，使圆柱的中心线位于赤道面内并通过球心，且使旋转椭球上一个 6° 带的中央子午线与圆柱面相切。在椭球面上的图形与圆柱面上的图形保

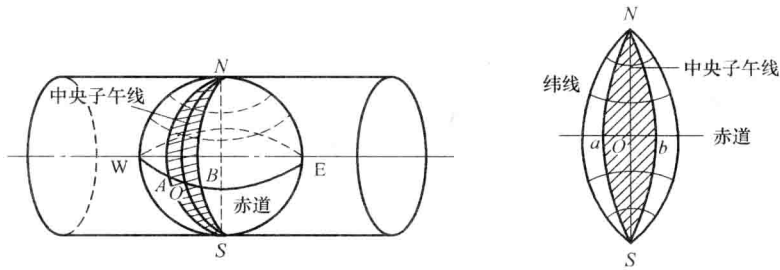


图 0-5 地球按 6°带投影——高斯投影

持等角的情况下，将整个 6°带投影到椭球柱面上。然后将椭球柱沿着通过南北极的母线切开并展开后是一条直线，以此直线作为纵轴，即 x 轴；赤道是一条与中央子午线相垂直的直线，将它作为横轴，即 y 轴。两直线的交点作为原点，则组成了高斯平面直角坐标系。投影后的高斯投影展开后即得到图 0-6。其中一个投影带的坐标系统如图 0-7 所示。

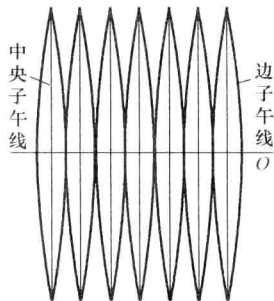


图 0-6 高斯投影展开成平面

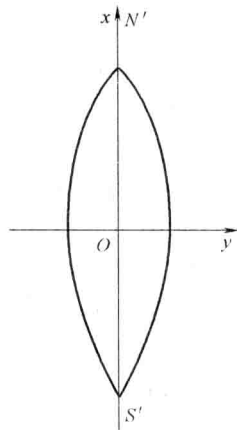


图 0-7 高斯-克吕格尔平面直角坐标系

我国位于北半球，经度为 $75^{\circ} \sim 135^{\circ}$ ， x 坐标均为正值，而 y 坐标有正有负。负的 y 坐标给计算和应用带来诸多不便，为此，规定坐标纵轴向西平移 500km，并在前面冠以带号，这样 y 坐标全为正值。例如 $y_A = 21\ 226\ 865\text{m}$ 表示 A 点位移第 21 带内，其真正的横坐标值为 $226865 - 500000 = -273135\text{m}$ 。

高斯投影中，离中央子午线近的部分变形小，离中央子午线越远，变形越大。当测绘大比例尺图要求投影变形更小时，可采用 3°带投影法。从东经 $1^{\circ}30'$ 起，自西向东每隔 3° 划分一带，将整个地球划分为 120 个带，每带中央子午线的经度 L'_0 按式 (0-2) 计算。

$$L'_0 = 3n \tag{0-2}$$

式中 n ——3°带的序号。

四、高程系统

为了确定地面点的空间位置，除了要确定其在基准面上的投影位置外，还应确定其沿投影方向到基准面的距离，即确定地面点的高程。

地面点沿铅垂线到大地水准面的距离，称为该点的绝对高程或海拔、标高，简称高程，以 H 表示。如图 0-8 所示 A 、 B 两点的高程分别为 H_A 和 H_B 。

如果基准面不是大地水准面，而是任意假定水准面时，则该点到假定水准面的距离称为相对高程或假定高程，用 H' 表示。如图 0-8 所示 A 、 B 两点的相对高程分别为 H'_A 和 H'_B 。

高程值有正有负，在基准面以上的点，其高程值为正，反之则为负。

相邻两点的高程之差称为高差，用 h 表示。图 0-8 中 A 点到 B 点的高差为：

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (0-3)$$

高差有正负之分，它反映相邻两点间的地面是上坡还是下坡，如果 h 为正，是上坡； h 为负，是下坡。

我国曾经采用“1956 年黄海高程系”，目前我国采用“1985 年国家高程基准”。

新中国成立后我国曾采用青岛验潮站 1950 ~ 1956 年观测资料推算的黄海平均海水面作为全国高程的起算基准面，国家水准原点的高程为 72.289m，称为“1956 年黄海高程系”。

1987 年我国国测 [1987] 365 号文规定采用“1985 年国家高程基准”，即用青岛验潮站 1953 ~ 1979 年的观测资料重新计算黄海平均海水面，作为高程起算面，其基准点是位于青岛的“中华人民共和国水准原点”，其高程为 72.2604m，目前全国高程数据均以此水准原点高程为基准。

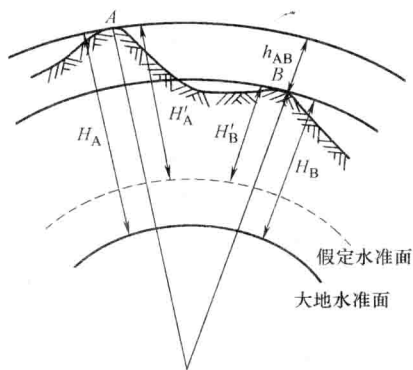


图 0-8 高程系示意图

导入四 测量工作的内容和程序

一、测量工作的内容

测量工作的本质不外乎两大类，即地形图测绘（测定）和施工放样（测设）。

地球表面复杂多样的形态可分为地物和地貌两大类。地面上的固定性物体，如房屋、道路、桥梁、湖泊、森林、草地等，称为地物；地球表面各种高低起伏的形态，如高山、深谷、陡坡、悬崖和雨裂冲沟等，称为地貌。地物和地貌总称为地形。

地形图测绘是指将地面所有地物和地貌，使用测量仪器，按一定的程序和方法，根据地形图图式所规定的符号，并依一定的比例尺测绘在图纸上的全部工作。

施工放样则是根据图纸上设计好的厂房、道路、桥梁等的轴线位置、尺寸及高程等，算出各特征点与控制点之间的距离、角度、高差等数据，将其如实地标定到地面。

二、测量工作应遵循的原则

测量工作必须遵循两项原则，一是“由整体到局部、先控制后碎部”，其优点是可以减少误差累积，还可以分幅测绘，加快测图进度；二是“步步要检核”，其作用是防止错漏发生，保证测量成果的正确性。

三、测量工作概述

1. 控制测量

测量工作的原则是“从整体到局部，先控制后碎部”，先在测区内选择一些有控制意义的点，用精确的方法测定它们的平面位置和高程，然后再根据这些点的数据测定其他地面点的位置。在测量工作中，将这些有控制意义的点称为控制点，由控制点所构成的几何图形称为控制网，而将精确测定控制点点位的工作称为控制测量。

控制测量包括平面控制测量和高程控制测量。

2. 碎部测量

一般将表示地物形态变化的点称为地物特征点，也叫碎部点。测图工作主要就是测定这些碎部点的平面坐标和高程。测量工作中，将测定碎部点的工作，称为碎部测量。因此，测定碎部点的位置，通常分两步进行：先进行控制测量，再进行碎部测量。

测量工作实质，就是确定地面点的位置，而地面点位往往由水平角（方向）、距离和高差来确定，所以水平角测量、距离测量和高差测量是测量的基本工作。而水平角（方向）、距离和高差是确定地面点位的三个基本要素。

习 题

1. 测量学研究对象和任务有哪些？
2. 简述测量工作在公路工程建设中的作用。
3. 测量中采用的大地体与参考椭球体有什么区别？参考椭球体的元素包括哪些？我国目前采用的元素是多少？若把地球看作球体，其半径约为多少？
4. 测量工作的基准面和基准线分别指什么？
5. 测量工作中确定地球表面点的位置的方法有哪些？
6. 水准面和大地水准面的含义是什么？在测量工作中其作用分别是什么？
7. 什么是绝对高程？什么是相对高程？测量工作中各使用在什么地方？我国测量工作中采用的高程体系是怎样的？
8. 某地假定水准面的绝对高程为 56.258m，测得一点的相对高程点为 158.652m，请推算该点的绝对高程，并绘图说明。
9. 测量中采用的独立直角坐标系与数学中采用的平面直角坐标系有什么区别？测量中为什么采用这样的坐标系？
10. 我国某地面点的高斯平面直角坐标为 $x = 3230598.84\text{m}$ ， $y = 38432178.65\text{m}$ ，该点位于第几带？该带的中央子午线的经度是多少？A 点位于该中央子午带的哪一侧？距离中央子午线的经度各为多少？
11. 测量工作中确定地面点位的三个基本要素是什么？测量三项基本工作是什么？
12. 简述测量工作的基本原则。