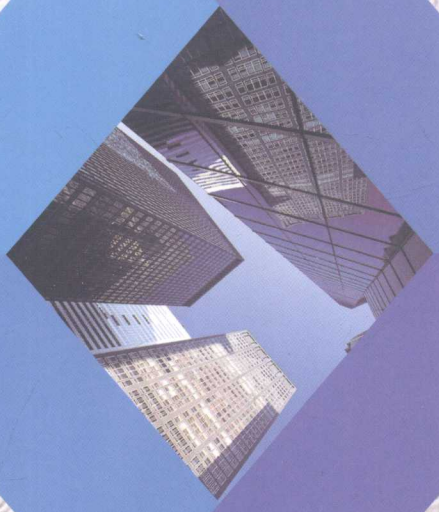
国家改革和发展示范学校建设项目

课程改革实践教材

全国土木类专业实用型规划教材

建筑工程测量

JIANZHU GONGCHENG CELIANG



主编　隋向阳　张昌勇

哈爾濱工業大學出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

国家改革和发展示范学校建设项目
课程改革实践教材
全国土木类专业实用型规划教材

建筑工程测量

JIANZHU GONGCHENG CELIANG

主　编　隋向阳　张昌勇
副主编　郭永民　徐鲁闽　吕　成
　　张立群
编　者　邹　创　王亚南

哈爾濱工業大學出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书打破传统教材的章节内容，体现“教、学、做”结合，理论实践一体化的教学特点，采用项目教学，将全书分为8个项目，并配实训手册。每个项目按照教学项目构建教学情境，通过生产过程提炼典型工作任务，以典型任务为载体，突出基本技能操作。每个项目内容以建筑工程测量的基本理论、案例实解、基础同步、实训提升构建。本书还广泛吸收了最新的测绘技术，选编了电磁波测距仪、全站仪、卫星全球定位系统等现代测绘技术，尤其对全站仪的应用做了详细的介绍。

本书可作为各级职业学校土木类专业教学用书，也可作为相关专业工程技术人员的学习资料或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/隋向阳，张昌勇主编. —哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2015.3

全国土木类专业实用型规划教材

ISBN 978-7-5603-5207-7

Ⅰ.①建… Ⅱ.①隋… ②张… Ⅲ.①建筑测量—高等学校—教材 Ⅳ.①TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第005866号

责任编辑 张 瑞

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编150006

传 真 0451-86414749

网 址 http://hitpress.hit.edu.cn

印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本 850mm×1168mm 1/16 印张11.5 字数340千字

版 次 2015年3月第1版 2015年3月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-5207-7

定 价 25.00元

（如因印装质量问题影响阅读，我社负责调换）

PREFACE

前言

为了适应国家教育改革和发展示范学校建设项目需要，培养面向企业、面向社会的建筑工程施工专业技术型人才和建筑工程测量技能型人才，国家改革和发展示范学校积极探索、构建基于“工作过程系统化的行动导向”教学模式的课程体系建设。

本书从建设行业一线对技能型人才的需要出发，采用国家与行业最新规范、规程与相关标准编写，主要依据《工程测量规范》(GB 50026—2007)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)的内容。

本书在编写过程中以“工学结合”的思想为指导，结合建筑工程测量实际工作需要，从学生的实际情况出发，精心安排学习内容，重点突出建筑工程测量技能培养。同时，本书广泛吸收最新测绘技术，选编了电磁波测距仪、全站仪、卫星全球定位系统等现代测绘技术，尤其对全站仪的应用做了详细的介绍。

本书打破传统教材的章节内容，体现“教、学、做”结合，理论实践一体化的教学特点，采用项目教学，将全书分为8个项目，并配备实训手册。每个项目按照教学项目构建教学情境，通过生产过程提炼典型工作任务，以典型任务为载体，突出基本技能操作。每个项目内容以建筑工程测量的基本理论、案例实解、基础同步、实训提升构建。总课时数建议为76课时，其中实训课时为24课时。

项目	内容	理论课时	实训课时
—	绪论	2课时	—
项目1	测量基础	4课时	—
项目2	水准测量	6课时	4课时
项目3	角度测量	8课时	8课时
项目4	距离测量	4课时	2课时
项目5	小区域控制测量	10课时	4课时
项目6	建筑施工控制测量	4课时	2课时
项目7	建筑施工测量	8课时	4课时
项目8	建筑物变形观测与竣工测量	6课时	—

本书由烟台城乡建设学校隋向阳、张昌勇任主编。其中，绪论、项目1、项目8、实训手册由隋向阳编写，项目2、项目4由张昌勇编写，项目3由徐鲁闽编写，项目5由吕成编写，项目6、项目7由郭永民编写，张立群、邹创、王亚南参与本书的资料整理工作。全书的统稿与修改由隋向阳完成。感谢烟台城乡建设学校的王广志和刘敏蓉对本书的技术指导。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，谨请使用本书的读者批评指正。

编　者

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目录

CONTENTS

绪　论

001 项目目标
001 课时建议
005 基础同步

项目1　测量基础

006 项目目标
006 课时建议
007 1.1　工程测量概述
011 1.2　数学知识及坐标计算
016 1.3　测量误差基本知识
018 基础同步
020 实训提升

项目2　水准测量

021 项目目标
021 课时建议
022 2.1　水准仪的认识与使用
028 2.2　水准测量的外业和内业计算
034 基础同步
035 实训提升

项目3　角度测量

037 项目目标
037 课时建议
038 3.1　经纬仪的认识与使用
042 3.2　角度的测量
049 3.3　全站仪基本构造与操作
060 基础同步
061 实训提升

项目4　距离测量

063 项目目标
063 课时建议
064 4.1　测量距离
069 4.2　光电测距
070 基础同步
071 实训提升

项目5　小区域控制测量
072 项目目标
072 课时建议
073 5.1　地形图的识读
082 5.2　控制测量概述
084 5.3　导线测量
089 5.4　高程控制测量
092 5.5　GPS控制测量简介
094 基础同步
095 实训提升
项目6　建筑施工控制测量
096 项目目标
096 课时建议
097 6.1　建筑总平面图
097 6.2　施工测量及测设基本工作
104 6.3　施工控制测量
109 基础同步
110 实训提升
项目7　建筑施工测量
111 项目目标
111 课时建议
112 7.1　一般建筑物定位与放线
118 7.2　高层建筑定位与放线
126 7.3　工业建筑定位与放线
130 基础同步
130 实训提升
项目8　建筑物变形观测与竣工测量
131 项目目标
131 课时建议
132 8.1　建筑物变形测量
142 8.2　竣工测量
145 基础同步
146 参考文献

绪 论

项目目标

【知识目标】

1. 了解工程测量职(执)业发展；
2. 熟悉工程测量的概念及应用；
3. 掌握工程测量的任务与作用。

【技能目标】

能够明确建筑工程测量的学习目标和学习方法。

【课时建议】

2 课时

1. 工程测量的概念及应用

(1)工程测量的概念

从工程建设的角度来讲，测量学是研究地球的形状、大小和地表(包括地面上各种物体)的几何形状及其空间位置的科学。从数学原理可知，物体的几何形状及大小可由此物体的一些特征点位置，如它们在空间直角坐标系中的坐标 x、y、z 值来求得。因此，测量工作的一个基本任务便是求得点在规定坐标系中的坐标值。

(2)工程测量的应用

测绘科学技术的应用范围非常广阔，在国民经济建设、国防建设以及科学研究等领域都占有重要的地位，不论是国民经济建设还是国防建设，其勘测、设计、施工、竣工及运营等阶段都需要测绘工作，而且都要求测绘工作“先行”。

①在国民经济建设领域：测绘信息是国民经济和社会发展规划中最重要的基础信息之一。例如，农田水利建设、国土资源管理、地质矿藏的勘探与开发、交通航运的设计、工矿企业和城乡建设的规划、海洋资源的开发、江河的治理、大型工程建设、土地利用、土壤改良、地籍管理、环境保护、旅游开发等，都必须首先进行测绘，并提供地形图与数据等资料，才能保证规划设计与施工的顺利进行。在其他领域，如地震灾害的预报、航天、考古、探险，甚至人口调查等工作中，也都需要测绘工作的配合。

②在国防建设领域：测绘工作为打赢现代化战争提供测绘保障。例如，各种军事工程的设计与施工、远程导弹、人造卫星或航天器的发射及精确入轨、战役及战斗部署、各军兵种军事行动的协同等，都离不开地图和测绘工作的保障。

③在科学研究领域：诸如航天技术、地壳形变、地震预报、气象预报、滑坡监测、灾害预测和防治、环境保护、资源调查以及其他科学研究中，都要应用测绘科学技术，需要测绘工作的配合。地理信息系统(GIS)、数字城市、数字中国、数字地球的建设，都需要现代测绘科学技术提供基础数据信息。

GPS(全球定位系统)是英文 Global Positioning System 的简称，而其中文简称为“全球定位系”。GPS 是 20 世纪 70 年代由美国陆、海、空三军联合研制的新一代空间卫星导航定位系统。其主要目的是为陆、海、空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务，并用于情报收集、核爆监测和应急通信等一些军事目的。经过 20 余年的研究实验，耗资 300 亿美元，到 1994 年 3 月，全球覆盖率高达 98% 的 24 颗 GPS 卫星已布设完成。

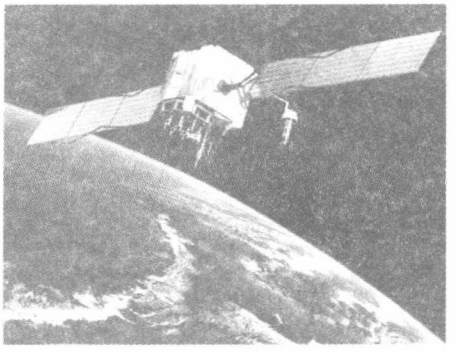


图 0.1　北斗卫星导航系统

北斗卫星导航系统[BeiDou(COMPASS) Navigation Satellite System]如图 0.1 所示，是我国正在实施的自主研发、独立运行的全球卫星导航系统。与美国 GPS、俄罗斯格罗纳斯(GLONASS)、欧盟伽利略(GALILEO)系统并称全球四大卫星导航系统。

北斗卫星导航系统由空间端、地面端和用户端三部分组成。空间端包括 5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星。地面端包括主控站、注入站和监测站等若干地面站。用户端由北斗用户终端以及与美国 GPS、俄罗斯格罗纳斯、欧洲伽利略等其他卫星导航系统兼容的终端组成。

2. 工程测量职(执)业发展

(1)测量放线工

职业概述：从事建筑施工放线作业的人员，利用测量仪器和工具，测量建筑物的平面位置和标高，并

按施工图放实样、平面尺寸等。本职业共设三个等级，分别为：初级（国家职业资格五级）、中级（国家职业资格四级）和高级（国家职业资格三级）。

工作内容：

①图样审查工作：施工前，要对图样的主要尺寸、标高、轴线进行核查、核算。

②技术复核工作：技术复核是指在施工前依据有关标准和设计文件，对重要的和涉及工程全局的技术工作进行复查、核对的工作，以避免在施工中发生重大差错，从而保证工程质量。

③工程质量检查和验收：根据需要，随时对工程的位置、尺寸、标高、垂直度、水平度、坡度等进行检查和验收。

④建立和健全原始记录测量：记录簿记录应齐全、准确、清晰，并加强测量记录簿的检查、核算、存档、保管工作。

职业发展：可以从事土木工程施工员、工长、建造师等工作。

（2）工程测量员

职业概述：使用测量仪器设备，按工程建设的要求，依据有关技术标准进行测量的人员。本职业共设五个等级，分别为：初级（国家职业资格五级）、中级（国家职业资格四级）、高级（国家职业资格三级）、技师（国家职业资格二级）、高级技师（国家职业资格一级）。

工作内容：进行工程测量中控制点的选点和埋石；进行工程建设施工放样、建筑施工测量、线型工程测量、桥梁工程测量、地下工程施工测量、水利工程测量、地质测量、地震测量、矿山井下测量、建筑物形变测量等专项测量中的观测、记簿，以及工程地形图的测绘；进行外业观测成果资料整理、概算，或将外业地形图绘制成地形原图；检验测量成果资料，提供测量数据和测量图件；维护保养测量仪器、工具。

职业发展：依据申请人所专注的领域，受聘于政府的工程测量员会被派往地政、土木工程、路政、建筑或房屋等部门工作。此外，很多测量员还任职于私营机构，他们从事的工作包括执业经营、楼宇发展及物业管理等。政府及私营机构即将开展的大量发展物业及基本建设的有关工程将使建造业对各类测量人员的需求继续保持增长的趋势。

（3）注册测绘师

职业概述：测绘师是指掌握测绘学的基本理论、基本知识和基本技能，具备地面测量、海洋测量、空间测量、摄影测量与遥感学以及地图编制等方面的知识，能在国民经济各部门从事国家基础测绘建设，陆海空运载工具导航与管理，城市和工程建设，矿产资源勘察与开发，国土资源调查与管理等测量工作，地图与地理信息系统的设计、实施和研究，在环境保护与灾害预防及地球动力学等领域从事研究、管理、教学等方面工作的工程技术人才。

工作内容：

①执业能力：熟悉并掌握国家测绘及相关法律、法规和规章；了解国际、国内测绘技术发展状况，具有较丰富的专业知识和技术工作经验，能够处理较复杂的技术问题；熟练运用测绘相关标准、规范、技术手段，完成测绘项目技术设计、咨询、评估及测绘成果质量检验管理；具有组织实施测绘项目的能力。

②执业范围：测绘项目技术设计；测绘项目技术咨询和技术评估；测绘项目技术管理、指导与监督；测绘成果质量检验、审查、鉴定；国务院有关部门规定的其他测绘业务。

根据原人事部、国家测绘局发布的《注册测绘师制度暂行规定》和《注册测绘师资格考试实施办法》规定，注册测绘师资格考试专家委员会受原人事部、国家测绘局委托，编写了《注册测绘师考试大纲》，并经人力资源和社会保障部组织专家审定通过。考试科目分为《测绘管理与法律法规》《测绘综合能力》《测绘案例分析》三个科目。应试人员必须在一个考试年度内参加全部三个科目的考试并合格，方可获得注册测绘师资格证书。

职业发展：经考试取得证书者，受聘于一个具有测绘资质的单位，经过注册后，才可以注册测绘师的名义执业。注册测绘师应在一个具有测绘资质的单位，开展与该单位测绘资质等级和业务许可范围相应的测绘执业活动。测绘活动中的关键岗位需由注册测绘师来担任，在测绘活动中形成的技术设计和测绘成果质量文件，必须由注册测绘师签字并加盖执业印章后方可生效。

(4)职业资格和执业资格的区别

职业资格是对从事某一职业所必备的学识、技术和能力的基本要求。职业资格包括从业资格和执业资格。从业资格是指从事某一专业(工种)学识、技术和能力的起点标准；执业资格是指政府对某些责任较大、社会通用性强，关系公共利益的专业实行准入控制，是依法独立开业或从事某一特定专业学识、技术和能力的必备标准。

3. 工程测量与建造的关系

一般情况下，人们习惯把工程建设中所有测绘工作统称为工程测量，本书主要围绕建筑工程项目建造过程所涉及的测量工作进行阐述，实际上工程测量包括在工程建设勘测、设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作，它是直接为各项建设项目的勘测、设计、施工、安装竣工、监测以及营运管理等一系列工程工序服务的，可以这样说，没有测量工作为工程建设提供数据和图纸，并及时与之配合和进行指挥，任何工程建设都无法进展和完成。

工程测量是一项极其重要的基础性工作，对现场施工管理具有积极的指导意义。在实施施工放样前，测量员需了解设计意图，学习和校核图纸，参与图纸会审。测量作业的各项技术按《工程测量规范》(GB 50026—2007)进行，对进场的测量仪器设备进行核定校正。会同建设单位一起对红线桩测量控制点进行实地校测，根据设计院给定总平面坐标系统校对坐标，计算各主要部位放样坐标，进行现场放样，将放样成果交底给现场施工管理员。使施工员对施工场地现状有明确的认识，制订科学合理的施工方案。综上所述，工程测量对现场施工管理起到指导作用，明确了施工的方向，避免盲目指挥操作。

4. 建筑工程测量的任务与作用

建筑工程测量分四个阶段进行。

①施工准备阶段：校核设计图纸与建设单位移交的测量点位、数据等测量依据。根据设计与施工要求编制施工测量方案，并按施工要求进行施工场地及暂设工程测量。根据批准后的施工测量方案，测设场地平面控制网与高程控制网。场地控制网的坐标系统与高程系统应与设计一致。

②施工阶段：根据工程进度对建筑物、构筑物定位放线、轴线控制、高程抄平与竖向投测等，作为各施工阶段按图施工的依据。在施工的不同阶段，做好工序之间的交接检查工作与隐蔽工程验收工作，为处理施工过程中出现的有关工程平面位置、高程和竖直方向等问题提供实测标志与数据。

③工程竣工阶段：检测工程各主要部位的实际平面位置、高程和竖直方向及相关尺寸，作为竣工验收的依据。工程全部竣工后，根据竣工验收资料，编绘竣工图，作为工程运行、管理的依据。

④变形观测：对设计与施工指定的工程部位，按拟定的周期进行沉降、水平位移与倾斜等变形观测，作为验证工程设计与施工质量的依据。

总的来看，建筑工程测量工作可分为两类：一类是测定点的坐标，如测绘地形图、竣工测量、建筑物变形观测，这类工作称为测定；另一类是将图纸上坐标已知的点在实地上标定出来，如施工放样，这类工作称为测设。

5. 本课程的学习目的

“建筑工程测量”是建筑工程类专业学生的专业基础必修课程，是一门实践性强、理论和实践紧密结

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

合的课程。本课程的目的主要是解决学生在各类建筑工程建设中需掌握的测量基础理论、基本方法和基本技能，培养学生的动手及实践能力，使学生掌握常用测量仪器和工具的使用方法，掌握水准测量、高差测量、距离测量的基本理论、基本知识，掌握大比例尺地形图的识读和应用，掌握小地区控制测量的理论和方法，了解先进测绘技术的发展及应用，能进行建筑物的定位与放线。在工程施工和管理中，具备正确应用有关测量资料的能力，培养认真细致的工作作风和严谨的科学态度，为学生后续课程的学习和从事建筑工程勘测、设计、施工和管理工作奠定必要的基础。

基础同步

一、填空题

1. 测量学是研究_____和_____的科学。
2. 全球四大卫星导航系统是指：_____、_____、_____、_____。
3. 北斗卫星导航系统由_____、_____、_____三部分组成。
4. 建筑工程施工测量分_____、_____、_____、_____四个阶段。

二、判断题

1. 测绘地形图、竣工测量这样的工作在测量中属于测定工作。（　）
2. 施工阶段要根据设计与施工要求编制施工测量方案。（　）
3. 注册测绘师可受聘于多个具有测绘资质的单位进行执业。（　）
4. 工程测量是一项基础性工作，为工程建设各阶段服务。（　）

三、简答题

1. 简述工程测量的应用。
2. 简述建筑工程施工测量施工阶段的任务。
3. 简述本课程的学习目的。

项目1 测量基础

项目目标

【知识目标】

1. 理解测量误差的基本知识；

2. 掌握建筑工程测量的任务、基本原则及一般程序；

3. 掌握地面点位置确定方法、必备的数学知识及坐标计算基本知识。

【技能目标】

能够根据已知的测量数据信息正确计算施工放样的坐标、距离、角度等测量参数。

【课时建议】

4 课时

1.1　工程测量概述

1.1.1　工程测量基本任务与程序

1. 工程测量学

工程测量学是研究工程建设在勘测设计阶段、施工准备阶段、施工阶段、竣工验收阶段以及交付使用后的服务管理阶段所进行的各种测量工作的一门学科。工程测量学的主要任务是为工程建设服务。就其性质而言，可分为测定和测设。

(1)测定

测定是指用恰当的测量仪器、工具和测量方法，对地球表面的地物(指人工构筑和自然形成的物体，如房屋、道路、桥梁、河流、湖泊及树木等)和地貌(指地表的形状、大小、高低起伏，如山头、山谷、山脊、悬崖峭壁等)的位置进行实地测量，并按照一定的比例尺缩绘成图的过程。测定的主要内容有图根控制测量、地形测绘、竣工测量、变形观测等。

(2)测设

测设是指用恰当的测量仪器、工具和测量方法将规划、设计在图上的建筑物、构筑物标定到实地上，作为施工依据的过程。测设的主要内容有建筑基线及建筑方格网的测设、施工放样、设备安装测量等。

无论是测定还是测设，都是确定点的位置的工作，可见工程测量的实质是确定点的位置。

2. 测量工作的内容及一般程序

测量工作的基本内容是：高差测量、角度测量、距离测量。测量工作一般分外业和内业两种。外业工作的内容包括应用测量仪器和工具在测区内所进行的各种测定和测设工作。内业工作是将外业观测的结果加以整理、计算，并绘制成图以便使用。

测量工作的一般程序是：从整体到局部，从高级到低级，先控制后碎部。也就是说，在与工程项目建设有关的适当的范围内布设若干个“控制点”，用较精密的方法和较精密的仪器测算出它们之间的位置关系，然后以这些“控制点”为基准点，再去测算出它们附近的各“碎部点”的位置。这样做可以使测量误差的传播与累积受到限制，并被控制在不影响工程质量的范围内。

技术点睛

在控制测量和碎步测量工作中都有可能发生错误，小错误影响成果质量，严重错误则造成返工浪费，甚至造成不可挽回的损失。为了避免出错，测量工作就必须遵循“前一步工作未做检核，不进行下一步工作”的原则。

1.1.2　高程基准面与高程系统

1. 地球的形状与大小

地球的表面高低起伏，珠穆朗玛峰是最高的山峰，海拔 8 848.13 m，海洋最深处在太平洋西部的马里亚纳海沟，深达 11 034 m。地球表面的 71% 是海洋，陆地面积约占 29%。地球近似一个椭球，如图 1.1 所示，其长半轴 $a=6\ 378\ 245$ m，短半轴 $b=6\ 356\ 863$ m。当测区面积不大时，可把地球看作圆球，其平均半径可由下式求得：$R=\frac{1}{3}(2a+b)=6\ 371$ km。

2. 测量的基准线及基准面

(1)测量的基准线:铅垂线。

(2)测量的基准面有两种:水准面和水平面。其中水准面又分大地水准面和任意水准面。

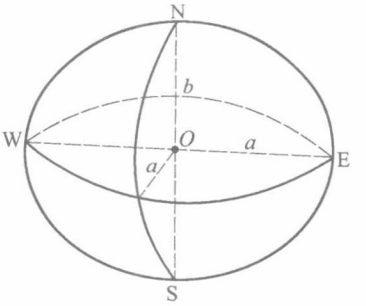


图 1.1 地球椭球体

①水准面是指地球上自由静止的水面,它是一个曲面。水准面有无穷多个,其中设想一个处于完全静止的平衡状态、没有风浪潮汐等影响的海洋表面,以及由它延伸穿过陆地且处处与铅垂线方向成正交而形成的封闭的曲面称为大地水准面。各国一般都有各自的大地水准面,我国是以青岛验潮站通过多年的观测而测得的黄海平均海平面及其延伸而形成的封闭曲面作为大地水准面。除了大地水准面之外的水准面称为任意水准面。

②水平面是指与水准面相切的平面。当测区范围不大时,可把大地水准面看作平面。也就是说,在小测区进行测量时,可用水平面代替水准面。

3. 高程系统

地理坐标或平面直角坐标只能反映地面点在参考椭球面上或某一投影面上的位置,并不能反映其高低起伏的差别,为此,需建立一个统一的高程系统。

首先要选择一个基准面。在一般测量工作中都以大地水准面作为基准面,因而地面上某一点到大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程或海拔,又称为绝对高度,简称为高程,用 H 表示;地面上某一点到任一假定水准面的垂直距离称为该点的假定高程或相对高程,用 H' 表示。如图 1.2 所示,H_A、H_B 分别代表地面点 A、B 的绝对高程,H'_A、H'_B 分别代表 A、B 点的相对高程。

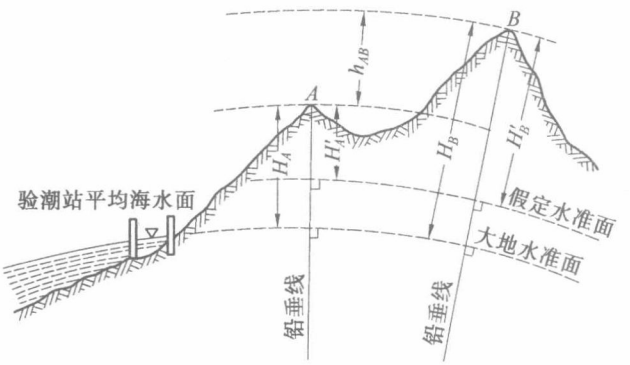


图 1.2 高程与高差

由图 1.2 可以看出,大地水准面是确定地面点高程的基准面(起算面),在大地水准面上的所有点,绝对高程均为零,而一个与平均海水面重合并延伸到大陆内部的水准面就是大地水准面。所以平均海水面实际上就是高程基准面。它的获得是通过在沿海某处设立验潮站经过长期测定海水面的高度,取其平均值,作为高程的零点。由于各海洋的水面高度存在差异,平均海水面的高度也就不一样。我国曾采用青岛验潮站求得的 1956 年黄海平均海水面作为全国统一高程基准面,其绝对高程为零。青岛验潮站附近埋设的水准原点高程为 72.289 m。我国又自 1987 年开始采用新的高程基准,即采用青岛验潮站 1952～1979 年潮汐观测资料的平均海水面,称为“1985 年国家高程基准”。用此基准面测出水准原点高程为 72.260 m,比原“黄海高程系统”的高程小 0.029 m。

两地面点的绝对高程或假定高程之差称为高差。高差是相对的,其值有正、负,如果测量方向由 A 到 B,A 点高,B 点低,则高差 $h_{AB}=H_B-H_A=H'_B-H'_A$,为负值;若测量方向由 B 到 A,即由低点测到高点,则高差 $h_{BA}=H_A-H_B=H'_A-H'_B$,为正值。显然 $h_{AB}=-h_{BA}$。

1.1.3　地面点位确定

1. 地面点位的确定方法

确定地面点的位置，通常是求出它与大地水准面的关系。从几何学中知道，一点的空间位置需要三个独立的量来确定。在测量学中，这三个量就是地面点在大地水准面上的投影位置和该点到大地水准面的铅垂距离。

(1)地面点的高程

在建筑工程中，为了对建筑物整体高程定位，均在总图上标明建筑物首层地面的设计绝对高程。此外，为了方便施工，在各种施工图中多采用相对高程。一般将建筑物首层地面定为假定水准面，其相对高程为±0.000。假定水准面以上高程为正值；假定水准面以下高程为负值。

(2)地面点的平面位置

地面点在大地水准面上的投影，可用地理坐标来表示，即天文经度和纬度。它通常用在大地测量和地图绘制中。而在小地区的工程测量中，可将其大地水准面看成水平面，则地面点的投影可用平面直角坐标来表示。

①地理坐标。当研究整个地球的形状或进行大区域范围的测量工作时，可采用如图 1.3 所示的球面坐标系统来确定点的位置。地面点的坐标可用经度 λ 和纬度 φ 表示，经度 λ 和纬度 φ 称为该地面点的地理坐标。例如，北京某点 P 的地理坐标为东经 116°20′，北纬 39°36′。

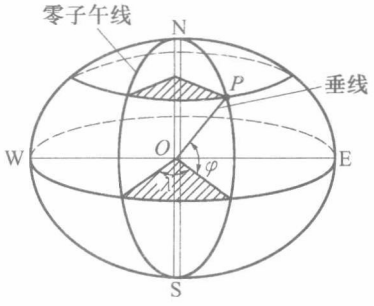


图 1.3　球面坐标系统

②平面直角坐标。在小区域的范围内，将大地水准面看作水平面，由此而产生的误差不大时，便可以用平面直角坐标来代替球面坐标。根据研究分析，在以 10 km 为半径的范围内，可以用水平面代替水准面，由此产生的变形误差对一般测量工作而言，可以忽略不计。

因此，在进行一般工程项目的测量工作时，可以采用平面直角坐标系统，即将小块区域直接投射到平面上进行有关计算；在满足测量工作精度的基础上，简化计算。

图 1.6 为一平面直角坐标系统，规定坐标纵轴为 x 轴且表示南北方向，向北为正，向南为负；横轴为 y 轴且表示东西方向，向东为正，向西为负。为了避免测区内的坐标出现负值，可将坐标原点选择在测区的西南角上。

独立平面直角坐标系，适用于当测量的范围较小，测区附近无任何大地点可以利用，测量任务又不要求与全国统一坐标系相联系的情况下，可以把该测区的地表一小块球面当作平面看待，建立该地区的独立平面直角坐标系。

在房屋建筑或其他工程建筑工地，为了便于对其平面位置进行施工放样，建筑坐标系所采用的平面直角坐标系与建筑设计的轴线相平行或垂直，对于左右、前后对称的建筑物，甚至可以把坐标原点设置于其对称中心，以简化计算。将独立平面直角坐标系或建筑坐标系与当地高斯平面直角坐标系进行连

测后，可以将点的坐标在这两种坐标系之间进行坐标换算。

③高斯平面直角坐标。当测区范围较大时，将水准面看作水平面开展测量工作不符合精度要求。此时可采用高斯投影的方法，建立高斯平面直角坐标系。这一坐标系统可以参考相关文献资料。

如前所述，地面点的空间位置是以投影平面上的坐标（x、y）和高程（H）决定的，而点的坐标一般是通过水平角测量和水平距离测量来确定的，点的高程是通过测定高差来确定的。所以，测角、测量距和测高差是测量的三项基本工作。

2. 用水平面代替水准面的限度

（1）地球曲率对水平距离的影响

如图 1.4 所示，地面点 A、B、C 在大地水准面上的投影为 a、b、c，在水平面上的投影为 a、b'、c'，水平面与大地水准面相切于 a 点。其投影之差 $\Delta D=D'-D$。

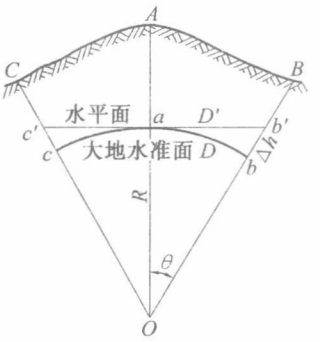


图 1.4　地球曲率对水平距离和高差的影响

经数学推导，可以得出：

$$\Delta D=\frac{D^3}{3R^2} \tag{1.1}$$

$$\Delta D/D=\frac{D^2}{3R^2} \tag{1.2}$$

式中　D'——a 与 b' 之间的距离；

D——a 与 b 之间的弧长；

R——地球半径，$R=6\ 371$ km。

以不同的距离 D 代入式(1.1)、(1.2)可得到不同的结果，见表 1.1。

表 1.1　地球曲率对水平距离的影响值

D/km	ΔD/cm	$\Delta D/D$
5	0.1	1/4 870 000
10	0.8	1/1 220 000
20	6.6	1/304 000
50	102.7	1/48 700

由表 1.1 可知，当水平距离为 10 km 时，以水平面代替水准面所产生的距离误差仅为距离的 1∶1 200 000，而目前最精密的距离丈量的容许相对误差为 1∶1 000 000。由此可以得出一个很重要的结论：在半径为 10 km 的圆面积内可以用水平面代替水准面，这样做所引起的距离误差可以忽略不计。也就是说，对距离测量而言，用水平面代替水准面的限度是以 10 km 为半径的圆面积内。超出这个限度就需考虑地球曲率对距离丈量工作的影响，此时就应用式(1.1)进行距离修正。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com