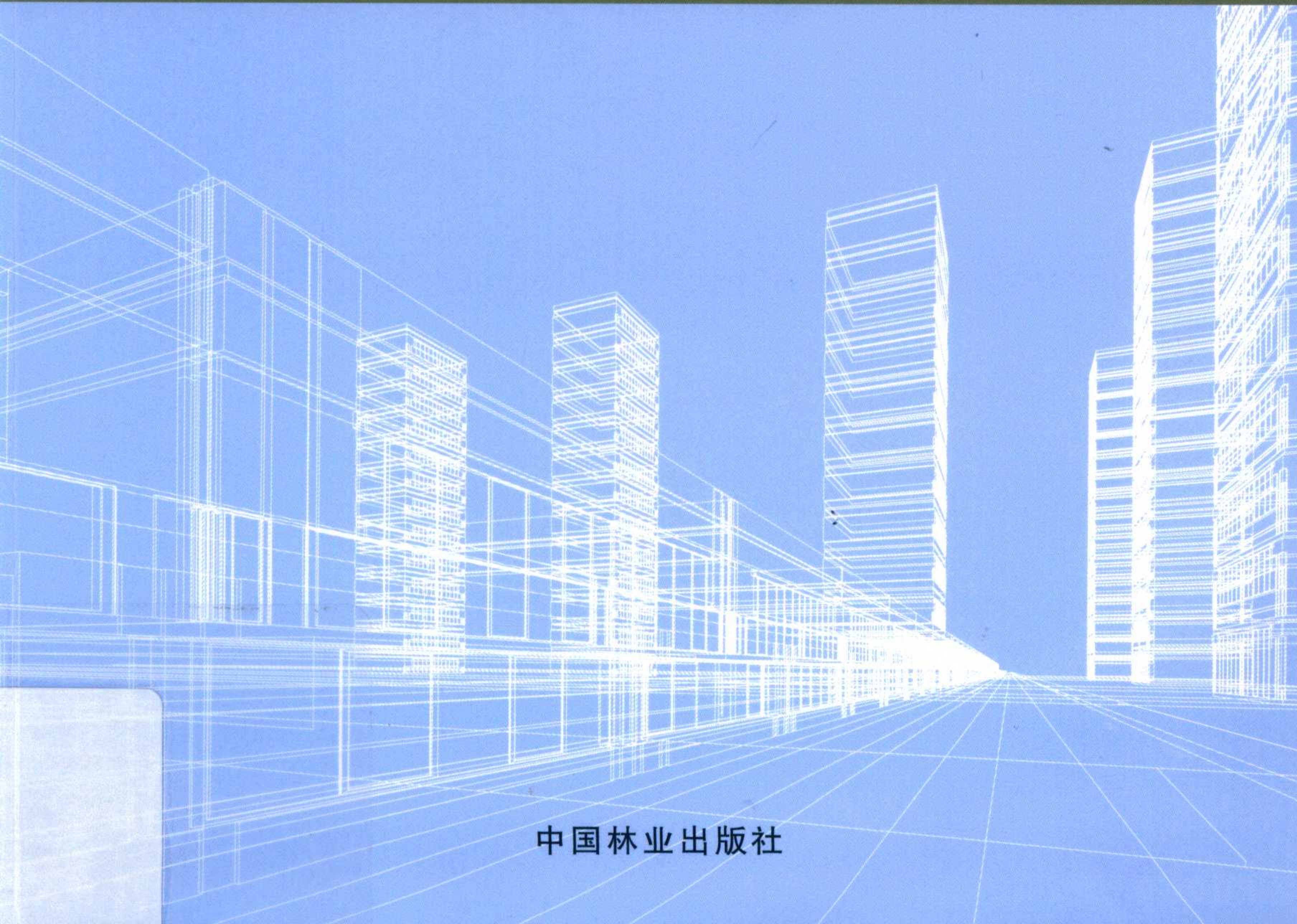


全国高等院校土建类应用型规划教材
住房和城乡建设领域关键岗位技术人员培训教材

ENGINEERING
SURVEY

工程测量

陈斯亮 董 君 / 主 编
朱 琳 林 丽 / 副主编



中国林业出版社



ISBN 978-7-5038-9180-9



9 787503 891809 >

定价：55.00元

全国高等院校土建类应用型规划教材
住房和城乡建设领域关键岗位技术人员培训教材

工程测量

主 编：陈斯亮 董 君

副主编：朱 琳 林 丽

组编单位：住房和城乡建设部干部学院
北京土木建筑学会

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量 / 《住房和城乡建设领域关键岗位技术人员培训教材》编写委员会编. — 北京: 中国林业出版社, 2017. 7

住房和城乡建设领域关键岗位技术人员培训教材
ISBN 978-7-5038-9180-9

I. ①工… II. ①住… III. ①工程测量—技术培训—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 171899 号

本书编写委员会

主 编: 陈斯亮 董 君

副主编: 朱 琳 林 丽

组编单位: 住房和城乡建设部干部学院、北京土木建筑学会

国家林业和草原局生态文明教材及林业高校教材建设项目

策 划: 杨长峰 纪 亮

责任编辑: 陈 惠 王思源 吴 卉 樊 菲

出版: 中国林业出版社

(100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网站: <http://lycb.forestry.gov.cn/>

印刷: 固安县京平诚乾印刷有限公司

发行: 中国林业出版社发行中心

电话: (010)83143610

版次: 2017 年 7 月第 1 版

印次: 2018 年 12 月第 1 次

开本: 1/16

印张: 13.75

字数: 220 千字

定价: 55.00 元

编写指导委员会

组编单位：住房和城乡建设部干部学院 北京土木建筑学会

名誉主任：单德启 骆中钊

主任：刘文君

副主任：刘增强

委员：许科 陈英杰 项国平 吴静 李双喜 谢兵
李建华 解振坤 张媛媛 阿布都热依木江·库尔班
陈斯亮 梅剑平 朱琳 陈英杰 王天琪 刘启泓
柳献忠 饶鑫 董君 杨江妮 陈哲 林丽
周振辉 孟远远 胡英盛 缪同强 张丹莉 陈年

参编院校：清华大学建筑学院
大连理工大学建筑学院
山东工艺美术学院建筑与景观设计学院
大连艺术学院
南京林业大学
西南林业大学
新疆农业大学
合肥工业大学
长安大学建筑学院
北京农学院
西安思源学院建筑工程设计研究院
江苏农林职业技术学院
江西环境工程职业学院
九州职业技术学院
上海市城市科技学校
南京高等职业技术学校
四川建筑职业技术学院
内蒙古职业技术学院
山西建筑职业技术学院
重庆建筑职业技术学院

策划：北京和易空间文化有限公司

前 言

“全国高等院校土建类应用型规划教材”是依据我国现行的规程规范，结合院校学生实际能力和就业特点，根据教学大纲及培养技术应用型人才的总目标来编写。本教材充分总结教学与实践经验，对基本理论的讲授以应用为目的，教学内容以必需、够用为度，突出实训、实例教学，紧跟时代和行业发展步伐，力求体现高职高专、应用型本科教育注重职业能力培养的特点。同时，本套书是结合最新颁布实施的《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300—2013）对于建筑工程分部分项划分要求，以及国家、行业现行有效的专业技术标准规定，针对各专业应知识、应会和必须掌握的技术知识内容，按照“技术先进、经济适用、结合实际、系统全面、内容简洁、易学易懂”的原则，组织编制而成。

考虑到工程建设技术人员的分散性、流动性以及施工任务繁忙、学习时间少等实际情况，为适应新形势下工程建设领域的技术发展和教育培训的工作特点，一批长期从事建筑专业教育培训的教授、学者和有着丰富的一线施工经验的专业技术人员、专家，根据建筑施工企业最新的技术发展，结合国家及地方对于建筑施工企业和教学需要编制了这套可读性强，技术内容最新，知识系统、全面，适合不同层次、不同岗位技术人员学习，并与其工作需要相结合的教材。

本教材根据国家、行业及地方最新的标准、规范要求，结合了建筑工程技术人员和高校教学的实际，紧扣建筑施工新技术、新材料、新工艺、新产品、新标准的发展步伐，对涉及建筑施工的专业知识，进行了科学、合理的划分，由浅入深，重点突出。

本教材图文并茂，深入浅出，简繁得当，可作为应用型本科院校、高职高专院校土建类建筑工程、工程造价、建设监理、建筑设计技术等专业教材；也可做为面向建筑与市政工程施工现场关键岗位专业技术人员职业技能培训的教材。

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 测量概述	1
第二节 测量坐标系及地面点位的确定	5
第三节 测量误差的基本认识	11
第四节 测量常用计量单位及换算	17
第二章 水准测量	18
第一节 水准测量原理	18
第二节 水准测量仪器和工具	19
第三节 水准测量及校核方法	33
第四节 水准测量误差及注意事项	39
第三章 距离测量	43
第一节 钢尺测距	43
第二节 视距测量	53
第三节 光电测距	55
第四节 定向直线	58
第五节 罗盘仪测定磁方位角	61
第四章 角度测量	63
第一节 水平角测量原理	63
第二节 光学经纬仪的构造及使用	63
第三节 激光经纬仪的构造及应用	73
第四节 激光铅垂仪的构造及应用	75
第五节 水平角测量方法	76
第六节 竖直角测量方法	79
第七节 实测操作要领及注意事项	84
第五章 新型测量技术	86
第一节 全站仪测量技术	86
第二节 GPS 测量技术	93
第三节 三维激光扫描测量技术	102

第四节	地理信息系统及遥感技术	105
第六章	建筑施工测量	109
第一节	概述	109
第二节	施工测量的准备工作	110
第三节	测设工作的基本方法	113
第四节	现场的施工控制测量	119
第五节	土方工程施工测量	123
第六节	建筑物定位放线测量	128
第七节	建筑物配件施工及安装的检测测量	131
第八节	工业厂房施工测量	135
第九节	高层建筑施工测量	140
第十节	建筑物的变形观测	147
第十一节	竣工总平面图的编绘	155
第七章	市政工程施工测量	159
第一节	准备工作	159
第二节	道路工程的施工测量	160
第三节	管道工程的施工测量	169
第四节	桥梁和隧道工程的施工测量	172
第八章	地形图测绘	182
第一节	地形图的基本知识	182
第二节	小平板仪的构造及使用方法	188
第三节	测绘的基本方法	191
第四节	地形图的应用	199
第九章	房产测绘	205
第一节	房地产开发测量任务	205
第二节	房产测绘的特点	206
第三节	界址点的测量	206
第四节	房产分幅图和分丘图的测绘	208
第五节	分层分户图的绘制	210
第六节	房产图面积计算原则	211

第一章 基础知识

第一节 测量概述

一、测量学与工程测量

测量学是研究地球的形状与大小,确定地球表面各种物体的形状、大小和空间位置的科学。

测量学的主要内容包括测定和测设两部分。

测定是指利用测量仪器和工具将地物或地貌按一定的比例进行缩放,并按规定的符号绘制成地形图,供规划设计、工程建设和国防建设使用。

测设是将在地形图上设计出的建筑物和构筑物的位置在实地标定出来,作为施工的依据,测设在工程上也称为放样或放线。

工程测量研究工程建设在勘测设计、施工和运营管理各个阶段所进行的各种测量工作。工程测量工作贯穿整个工程建设的始终。工程测量是一门应用学科,其研究对象涵盖建筑、水利、公路、铁路、桥梁、隧道、管道、矿山等各种工程施工的测量工作。

二、我国工程测量现状与发展

1. 我国工程测量的现状

20世纪80年代以来出现许多先进的地面测量仪器,为工程测量提供了先进的技术工具和手段,如光电测距仪、精密测距仪、电子经纬仪、全站仪、电子水准仪、数字水准仪,为工程测量向现代化、自动化、数字化方向发展创造了有利的条件,改变了传统的工程控制网布网、地形测量、道路测量和施工测量等的作业方法。三角网已被三边网、边角网、测距导线网所替代;光电测距三角高程测量代替三、四等水准测量;具有自动跟踪和连续显示功能的测距仪用于施工放样测量;无需棱镜的测距仪解决了难以攀登和无法到达的测量点的测距工作。

随着定位技术的出现和不断发展完善,测绘定位技术发生了革命性的变革,为工程测量提供了崭新的技术手段和方法。长期使用的以测角、测距、测水准为

主体的常规地面定位技术,正在逐步被以一次性确定三维坐标的高速度、高精度、费用省、操作简单的 GPS 技术代替。

在我国,定位技术的应用已深入各个领域,国家大地网、城市控制网、工程控制网的建立与改造已普遍地应用此技术,在高速公路、地下铁路、隧道贯通、建筑变形、大坝监测、山体滑坡、地震的形变监测、海岛或海域测量等方面也已广泛地使用此技术。

数字化测绘技术在测绘工程领域的广泛应用使大比例尺测图技术向数字化、信息化发展。随着电子经纬仪、全站仪的应用和 CEOMAP 系统的出现使野外数据采集的先进设备与微机及数控绘图仪三者结合起来,形成一个从野外或室内数据采集、数据处理、图形编辑和绘图的自动测图系统。

20 世纪 80 年代以来,我国数字化测绘技术的开发研究和应用发展很快,成效显著。1987 年北京市测绘设计研究院在国内首先完成了“大比例尺数字化测图系统”(DGJ)的软件开发,并通过技术鉴定,1990 年被建设部列为第一批技术推广应用项目之一,在 80 多个城市及工程测量单位推广应用。同时又有十几个大专院校、仪器公司和工程测量单位,先后开发和研制出多个类似的数字测图系统软件。

由于高质量、高精度的摄影测量仪器的研制生产,结合计算机技术的应用,使得摄影测量能够提供完全的、实时的三维空间信息,已越来越广泛地在城市和工程测绘领域中得以应用。摄影测量不仅不需要接触物体,而且减少了外业工作量,具有测量高效、高精度,成果品种繁多等特点,在城市和工程大比例尺地形测绘、地籍测绘、公路、铁路、建筑物变形监测中都起到了一般测量难以起到的作用,具有广泛的应用前景。全数字摄影测量工作站的出现,为摄影测量技术应用提供了新的技术手段和方法,该技术已在一些大中城市和大型工程勘察单位被引进和应用。

2. 工程测量发展展望

随着科学的进步,工程测量学必将在以下几个方面取得快速的发展:

测量机器人将作为多传感器集成系统在人工智能方面得到进一步发展,其应用范围将进一步扩大,影像、图形和数据处理方面的能力进一步增强。

在变形观测数据处理和大型工程建设中,将发展基于知识的信息系统,并进一步与大地测量、地球物理、工程与水文地质以及土木建筑等学科相结合,解决工程建设中以及运行期间的安全监测、灾害防治和环境保护的各种问题。

大型复杂结构建筑、设备的三维测量、几何重构及质量控制将是工程测量学发展的一个特点。

多传感器的混合测量系统将得到迅速发展和广泛应用,如 GPS 接收机与电

子全站仪或测量机器人集成,可在大区域乃至国家范围内进行无控制网的各种测量工作。

GPS、GIS(地理信息系统)技术将紧密结合工程项目,在勘测、设计、施工管理一体化方面发挥重大作用。

三、工程测量的任务及作用

工程测量按其对象分为工业建设工程测量、城市建设工程测量、公路铁路工程测量、桥梁工程测量、隧道与地下工程测量、水利水电工程测量、管线工程测量等。根据不同的施测对象和阶段,工程测量具有以下任务:

(1)勘测设计阶段需要测绘各种比例尺地形图,供规划设计使用;

(2)施工建造阶段需要将图纸上设计好的建筑物、构造物、道路、桥梁及管线的平面位置和高程,运用测量仪器和测量方法在地面上标定出来,以便进行施工;

(3)工程结束后,需要进行竣工测量,供日后维修和扩建用,对于大型或重要建筑物、构造物还需要定期进行变形观测,确保其安全。

测绘技术及成果应用十分广泛,对于国民经济建设、国防建设和科学研究起着重要的作用。国民经济建设发展的整体规划,城镇和工矿企业的建设与改(扩)建,交通、水利水电、各种管线的修建,农业、林业、矿产资源等的规划、开发、保护和管理,以及灾情监测等都需要测量工作;在国防建设中,测绘技术对国防工程建设、战略部署和战役指挥、诸兵种协同作战、现代化技术装备和武器装备应用等都起着重要作用;对于空间技术研究、地壳形变、海岸变迁、地极运动、地震预报、地球动力学、卫星发射与回收等科学研究方面,测绘信息资料也是不可缺少的。同时,测绘资料是重要的基础信息,其成果是信息产业的重要组成部分。

测绘科学的各项高新技术在工程测量中得到了广泛应用。在工程建设的规划设计阶段,各种比例尺地形图、数字地形图或有关 GIS 已用于城镇规划以及总平面设计等,以保障建设选址得当,规划布局科学合理;在施工阶段,特别是大型、特大型工程的施工,GPS 技术和测量机器人技术已经用于高精度建(构)筑物的施工测设,并适时对施工、安装工作进行检验校正,以保证施工符合设计要求;在工程管理方面,竣工测量资料是扩建、改建和管理维护必需的资料;对于大型或重要建(构)筑物还要定期进行变形监测,以确保其安全可靠;在土地资源管理方面,地籍图、房产图对土地资源开发、综合利用、管理和权属确认等方面具有重要作用。

四、测量工作的基本原则

1. 从整体到局部,先控制后碎部

如图 1-1 所示,为了测绘地形图或放样,首先要在测量区内布设 6 个有控制

作用的点 A、B、C、D、E、F(称为控制点),然后根据已知数据计算出这 6 个点的坐标和高程,最后再根据控制点进行地形图测绘或放样。这样可以减小测量误差,避免误差积累。测量 6 个控制点位置的工作称为控制测量。



图 1-1 测绘地形图或放样

2. 边工作边校核

在测量工作中,观测的每一步骤,都要对观测数据的正确性和精度进行计算检核,做到发现问题及时重测,避免窝工,这样才能保证测量工作成果的准确性和可靠性。

五、施工测量的内容

1. 施工前施工控制网的建立

(1)施工的控制,可利用原区域内的平面与高程控制网作为建筑物构筑物定位的依据。当原区域内的控制网不能满足施工测量的技术要求时,应另测设施工的控制网。

(2)施工平面控制网的坐标系统应与工程设计所采用的坐标系统相同。当原控制网精度不能满足需要时,可选用原控制网中个别点的坐标和方位作为施工平面控制网坐标和方位的起算数据。

(3)控制网点应根据总平面图和现场条件等测设应满足现场施工测量要求。

2. 建筑物定位、基础放线及细部测试

工业与民用建筑在施工的建筑物或构筑物外围应建立线板或控制桩。线板应注记中心线编号并测设标高。线板和控制桩应注意保存。

3. 竣工图的绘制

竣工总图的实测应在已有的施工控制点下进行。当控制点被破坏时,应进行恢复。恢复后的控制点点位应保证所施测细部点的精度。

4. 施工和运营期间,建筑物的变形观测

(1)大型或重要工程建筑物、构筑物在工程设计时,应对变形测量统筹安排。施工开始时就应进行变形测量。

(2)变形测量点宜分为基准点、工作基点和变形观测点。变形测量的观测周期应根据建筑物、构筑物的特征、变形速率、观测精度要求和工程地质条件等因素综合考虑。观测周期应根据变形量的变化情况适当调整。

(3)施工期间的建筑物沉降观测周期,高层建筑每增加1~2层应观测1次;其他建筑的观测总次数不应少于5次。竣工后的观测周期可根据建筑物的稳定情况来确定。

(4)建筑物、构筑物的基础沉降观测点应埋设于基础底板上。在浇灌底板前和基础浇灌完毕后应至少各观测1次。

六、施工测量的重要意义

精心设计的建筑物必须通过精心施工才能实现。要做到精心施工,必须依靠施工测量提供的各种施工标志。施工测量作为一种控制手段无论是在房屋建筑的场地平整,基槽开挖,基础和主体的砌筑,构件安装和屋面处理中还是在烟囱、水塔施工及管道敷设等工程的施工中都有着十分重要的实际意义。施工测量贯穿于整个施工的全过程。可以这样说,不进行测量施工就无从做起。

施工单位在接到工程任务后,测量人员往往是先进场。工程竣工后为检测施工的质量又常常是最后撤离施工现场。担负施工测量的广大测量人员是工程建设的“开路先锋”,是确保工程质量的“千里眼”。为此,施工测量人员必须明确自己工作的重要意义,牢记自己的职业道德——实事求是、认真负责、为配合施工作出应有的贡献。

第二节 测量坐标系及地面点位的确定

一、测量坐标系

欲确定地面点的位置必须建立坐标系,建筑工程中的坐标系主要有大地坐标系、平面直角坐标系、高斯平面直角坐标系、空间直角坐标系等。

1. 大地坐标系

大地坐标系采用经纬度来表示地面点的投影位置。它表示出物体在地面上的位置,能明确显示出地物的方位,经线与南北方向相应,纬线与东西方向相应。由于地球的自然特性,可以利用经差表示时差,利用纬度表示地理现象所处的地理带大地坐标系可以被用来研究气候、土壤、植被等空间分布的规律。

2. 平面直角坐标系

地区平面直角坐标系也叫独立坐标系。城市的平面直角坐标系通常以城市中心地区某点的子午线作为中央子午线并且将坐标原点移入测区之内,据此进行高斯投影建立坐标系,这样的坐标系称为地区平面直角坐标系。

在地区平面直角坐标系中,规定南北方向为纵坐标轴记作 x 轴, x 轴向北为正,向南为负;以东西方向为横坐标轴记作 y 轴, y 轴向东为正,向西为负;坐标原点 O 一般选在测区的西南角使测区内各点的 x 、 y 坐标均为正值,如图 1-2(a) 所示;坐标象限按顺时针方向编号,如图 1-2(b) 所示,其目的是使数学中的公式可直接应用到测量计算之中。

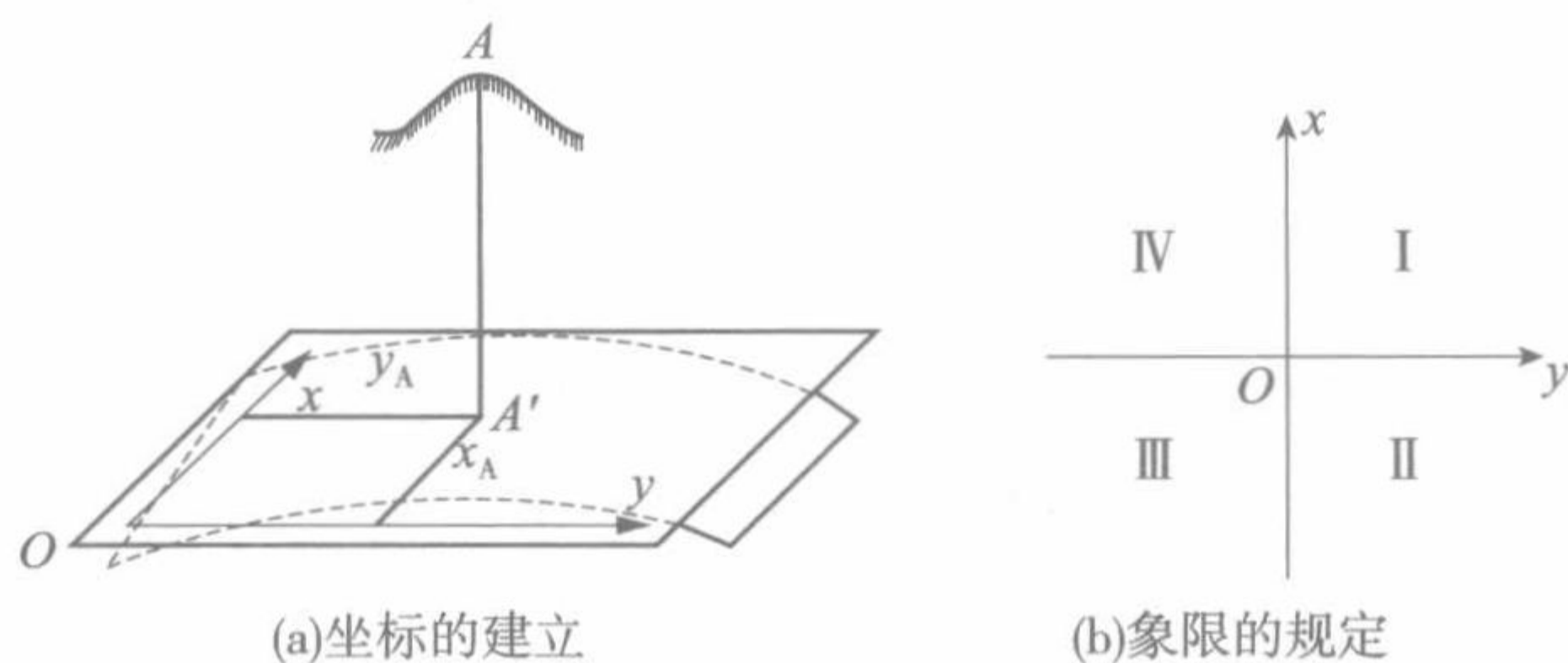


图 1-2 地区平面直角坐标系

3. 高斯平面直角坐标系

(1) 高斯投影原理

小面积测图时可不考虑地球曲率的影响,直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上,并用直角坐标系表示投影点的位置,可以不进行复杂的投影计算。但当测区范围较大,就不能将地球表面当做平面看待,把地球椭球面上的图形展绘到平面上,只有采用某种地图投影的方法来解决。地图投影有等角投影、等面积投影和任意投影等。等角投影又称正形投影,经过投影后原椭球面上的微分图形与平面上的图形保持相似。

高斯投影是横切圆柱等角投影,最早由德国数学家高斯提出,后经德国大地测量学家克吕格完善、补充并推导出计算公式,故也称为高斯-克吕格投影。高斯投影是一种数学投影而不是透视投影。高斯投影的条件为:①投影后没有

角度变形;②中央子午线的投影是一条直线并且是投影点的对称轴;③中央子午线的投影没有长度变形。

设想用一个椭圆柱横套在地球椭球体外,与地球南、北极相切,如图 1-3(a)所示,并与椭球体某一子午线相切(此子午线称为中央子午线),椭圆柱中心轴通过椭球体赤道面及椭球中心,将中央子午线两侧一定经度(如 3° 、 1.5°)范围内的椭球面上的点、线按正形条件投影到椭圆柱面上,然后将椭圆柱面沿着通过南、北极的母线展开成平面,即成高斯投影平面,如图 1-3(b)所示。在此平面上,中央子午线和赤道的投影都是直线,并且正交。其他子午线和纬线都是曲线。中央子午线长度不变形,离开中央子午线越远变形越大,并凹向中央子午线。各纬圈投影后凸向赤道。

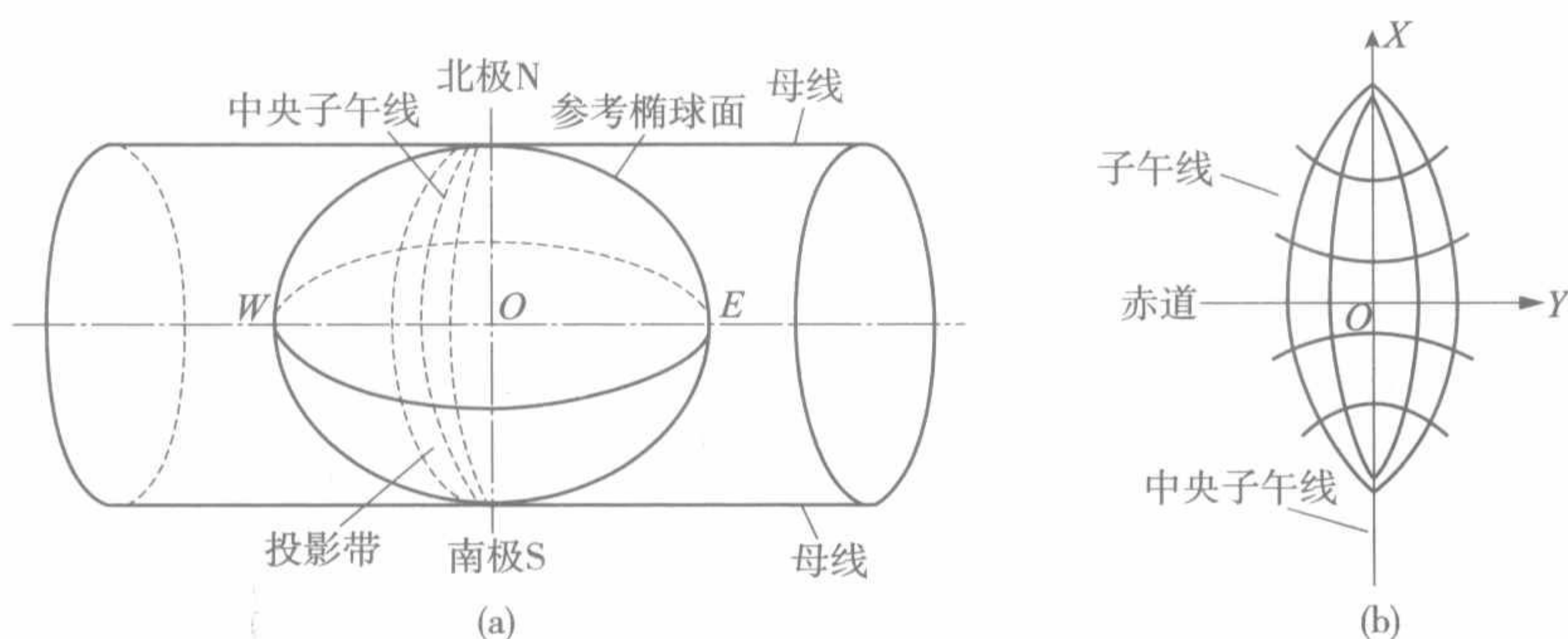


图 1-3 高斯平面直角坐标系的投影图

由图 1-3(b)可看出,距离中央子午线越远投影变形越大。为了控制长度变形测量中采用限制投影带宽度的方法,即将投影区域限制在中央子午线的两侧狭长地带,这种方法称为分带投影。投影带宽度根据相邻两个子午线的经差来划分,我国通常采用 6° 带和 3° 带两种分带方法,两者关系如图 1-4 所示。测图比例尺小于 $1:10000$ 时一般采用 6° 分带;测图比例尺大于等于 $1:10000$ 时则采用 3° 分带。在工程测量中有时也采用任意带投影,即把中央子午线放在测区中央的高斯投影。在高精度的测量中也可采用小于 3° 的分带投影。

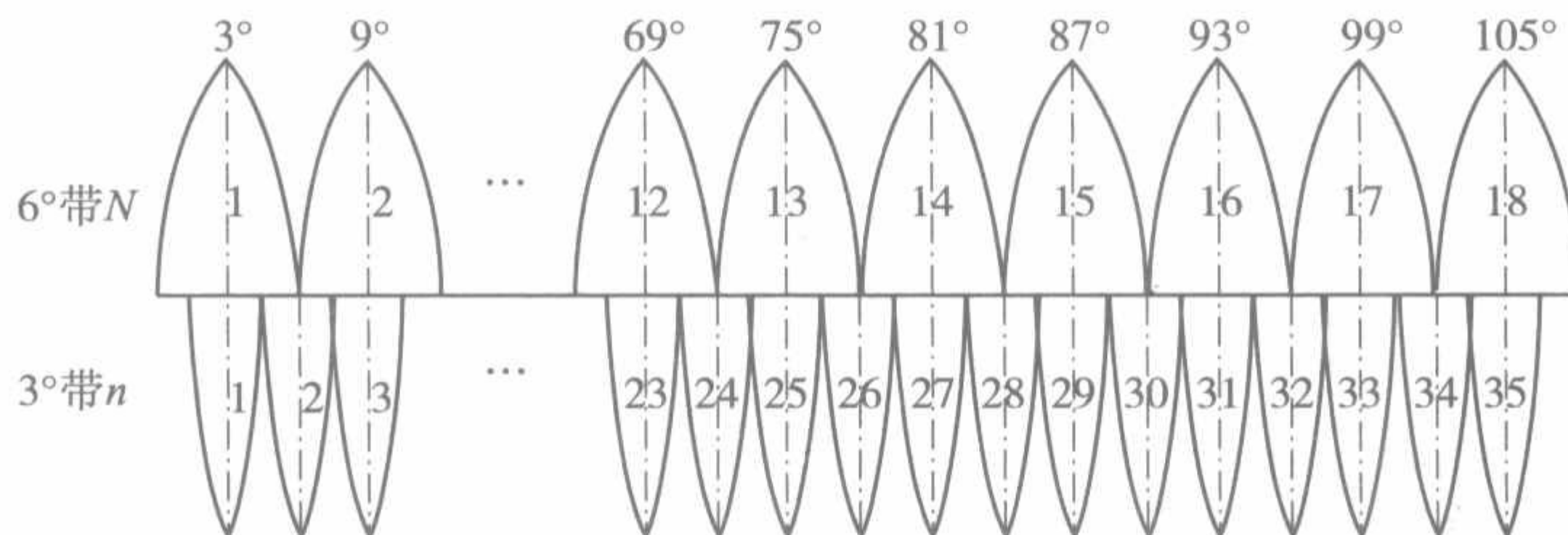


图 1-4 统一 6° 带投影与统一 3° 带投影高斯平面直角坐标系的关系

(2)高斯平面直角坐标系

高斯平面直角坐标系是以赤道和中央子午线的交点作为坐标原点 O , 中央子午线方向为 X 轴, 北方向为正值。赤道投影线为 Y 轴, 东方向为正。象限按顺时针 I、II、III、IV 排列, 如图 1-5 所示。

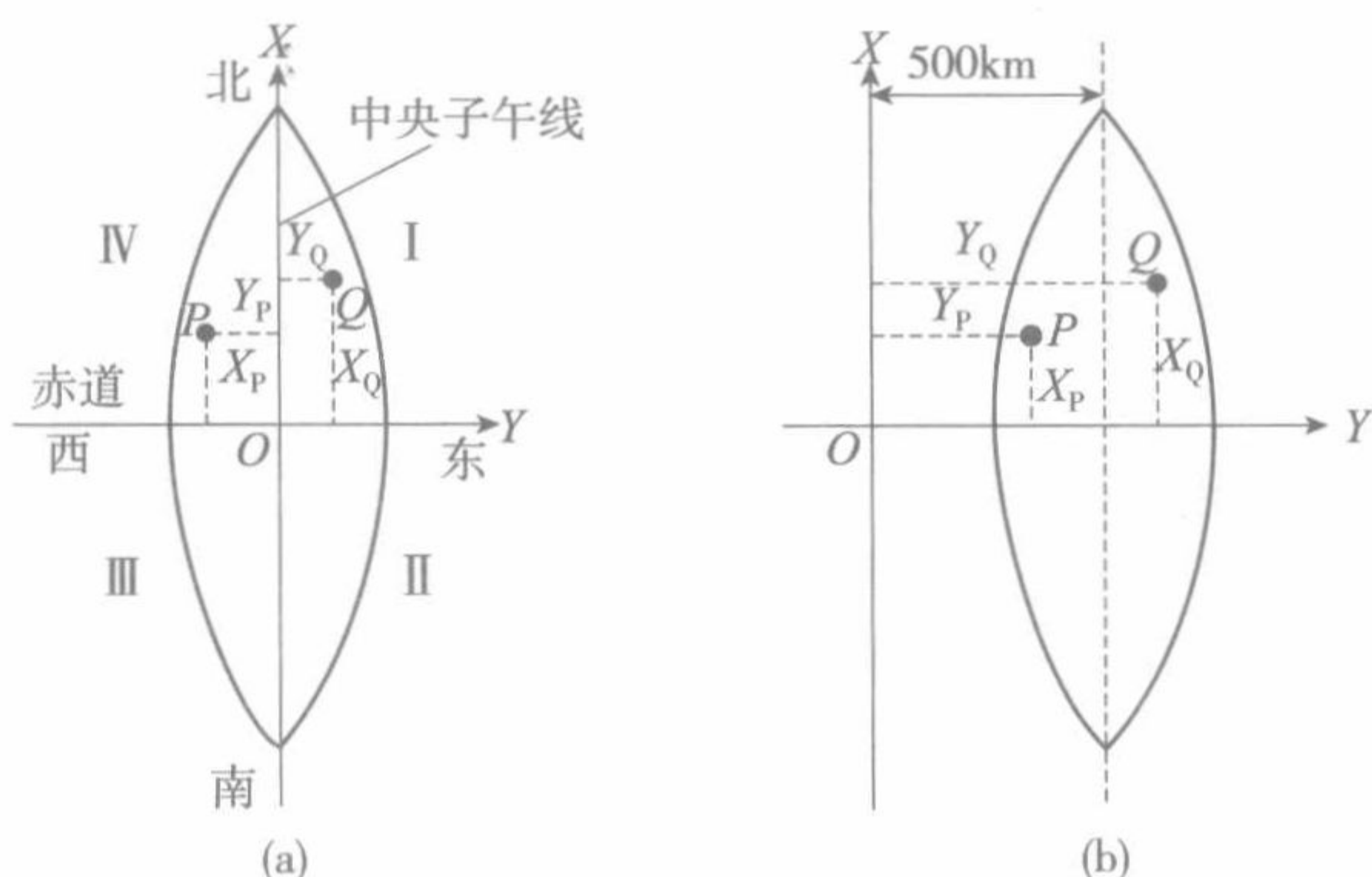


图 1-5 高斯平面直角坐标系

地面点在图 1-5(a)所示坐标系中的坐标值称为自然坐标。在同一投影带内横坐标有正值、有负值, 这对坐标的计算和使用不方便。为了使 Y 值都为正, 将纵坐标 X 轴西移 500km, 并在 Y 坐标前面冠以带号, 称为通用坐标。如在第 21 带中央子午线以西的 P 点, 在 21 带高斯平面直角坐标系中的坐标自然值为:

$$X_p = 4429757.075$$

$$Y_p = -58269.585$$

而 P 点的通用坐标为:

$$X_p = 4429757.075$$

$$Y_p = 21441730.405$$

4. 空间直角坐标系

由于卫星大地测量日益发展, 空间直角坐标系也被广泛采用。它是用空间三维坐标来表示空间一点的位置, 这种坐标系的原点设在椭球的中心 O , 三维坐标用三者表示, 故亦称地心坐标。它与大地坐标有一定的换算关系。随着测量的普及使用, 目前, 空间直角坐标已逐渐被军事及国民经济各部门采用作为实用坐标。

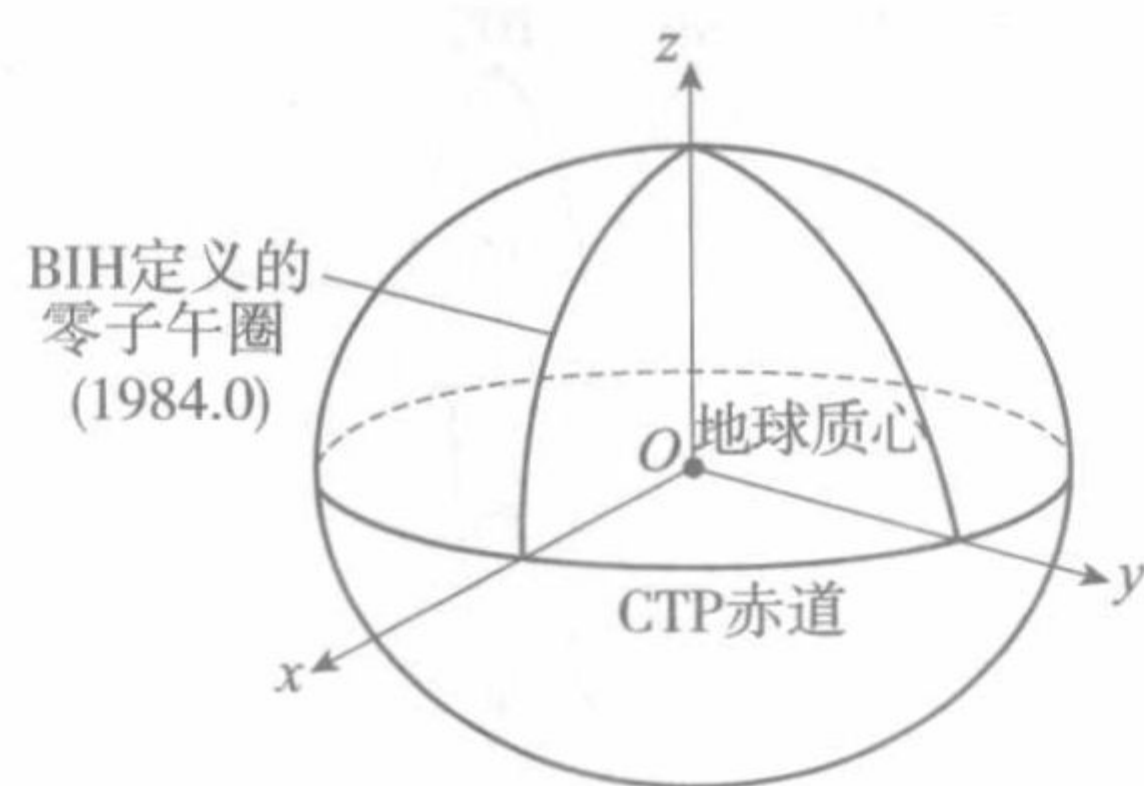


图 1-6 WGS-84 坐标系

典型的三维空间直角坐标系是美国的全球定位系统(GPS)采用的 WGS-84 坐标系, 如图 1-6 所示。WGS-84 坐标系属于地心空间直角坐标系。

二、地面点的确定

测量工作的基本任务是确定地面点的位置,为此测量上要采用投影的方法加以处理,即一点在空间的位置需要三个量来确定,这三个量通常采用该点在基准面上的投影位置和该点沿投影方向到基准面的距离来表示,如图 1-7 所示。

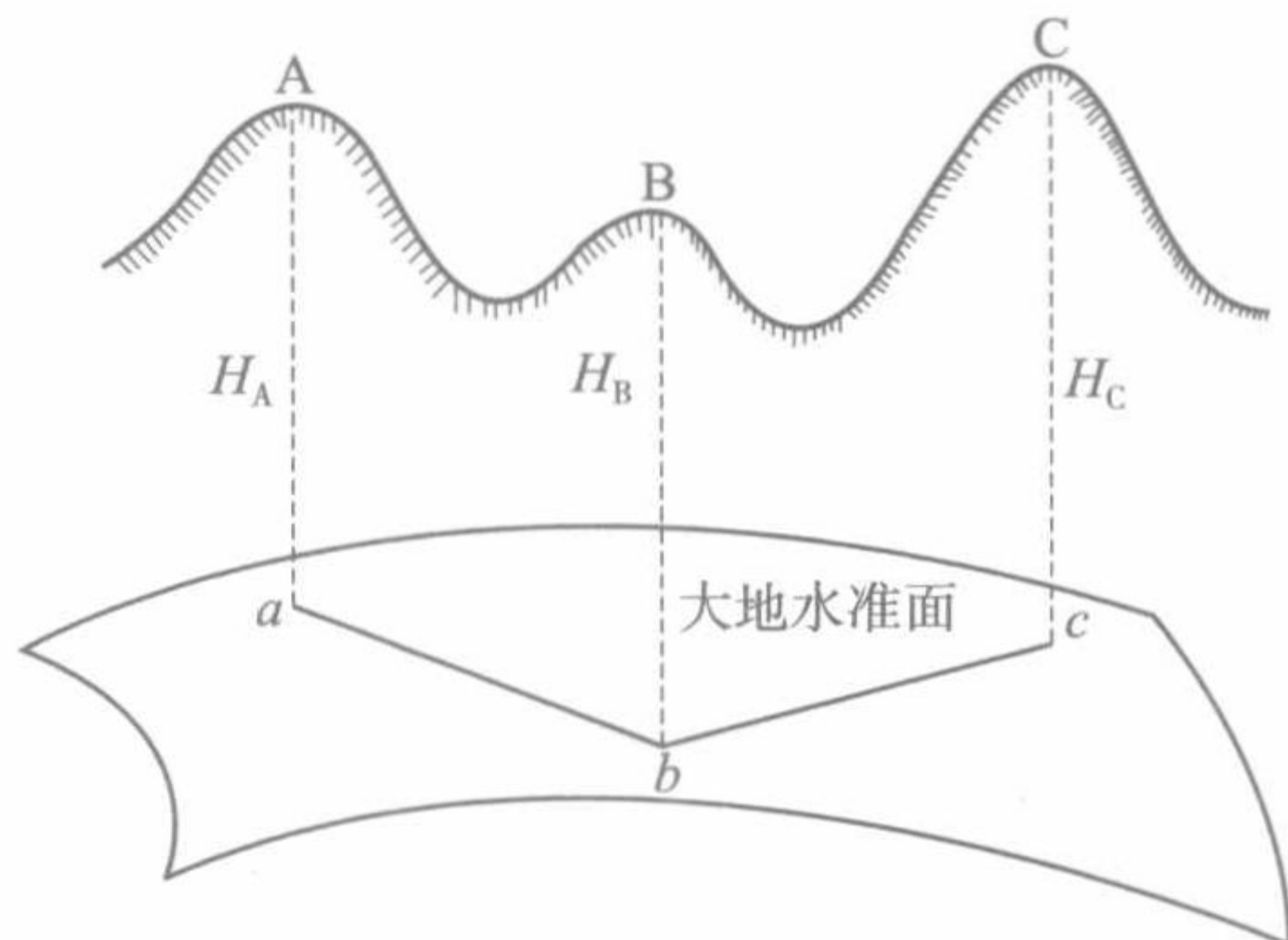


图 1-7 地面点的确定图

1. 地面点的高程

地面点到大地水准面的距离称为绝对高程又称海拔,简称高程。在图 1-8 中的两点的绝对高程为 H_A 、 H_B 。由于受海潮、风浪等的影响海水面的高低时刻在变化着,我国在青岛设立验潮站进行长期观测,取黄海平均海水面作为高程基准面,建立 1956 年黄海高程系。其中青岛国家水准原点的高程为 72.289m。该高程系统自 1987 年废止,并且启用了 1985 年国家高程基准,其中原点高程为 72.260m。全国布置的国家高程控制点——水准点,都是以这个水准原点为起算的。在实际工作中使用测量资料时一定要注意新旧高程系统的差别,注意新旧系统中资料的换算。

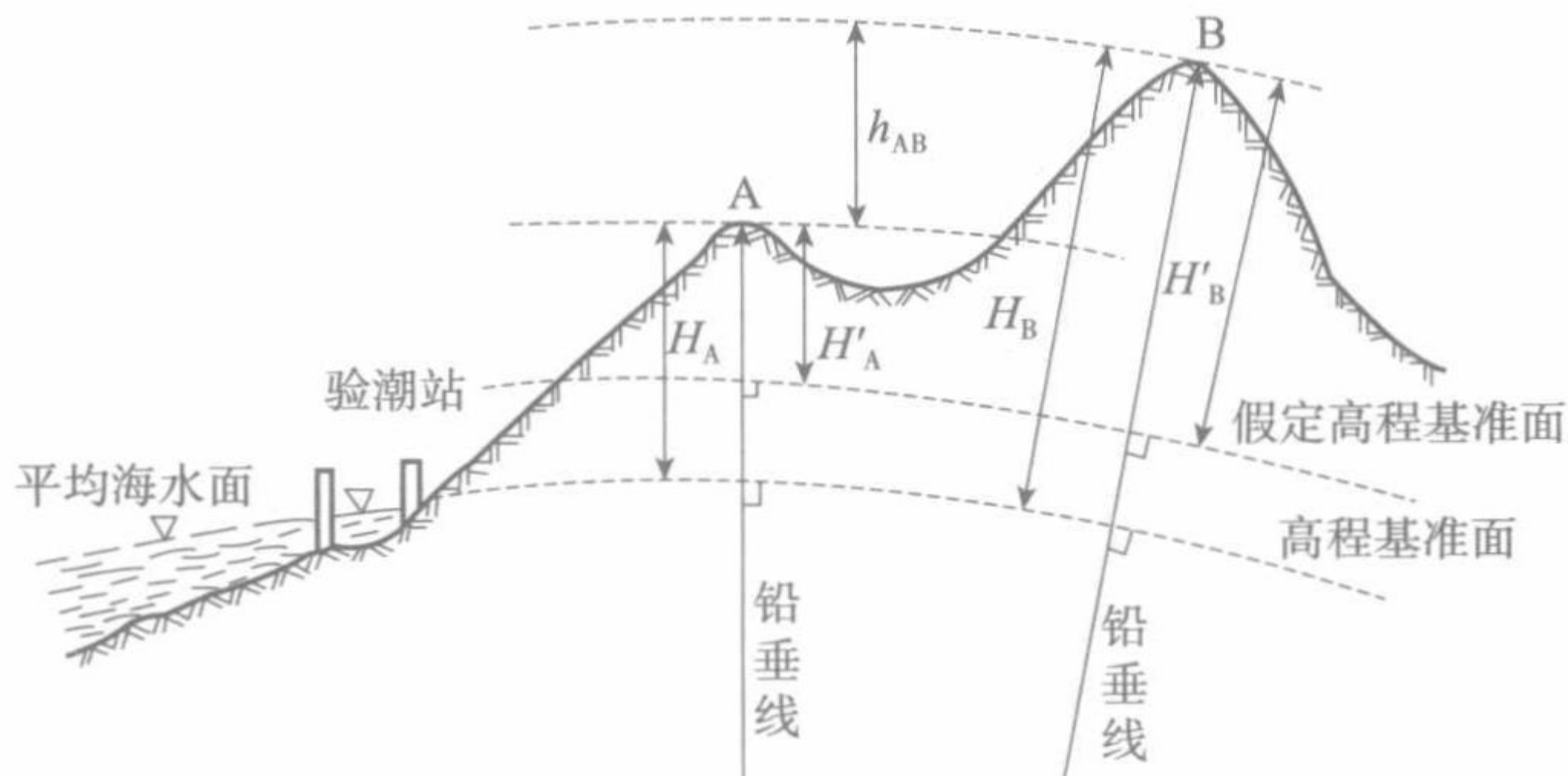


图 1-8 地面点的高程示意图

在局部地区或某项建设工程远离已知高程的国家水准点,可以假设任意一个高程基准面为高程的起算基准面即指定工地某个固定点并假设其高程,该工程中的高程均以这个固定点为准,所测得的各点高程都是以同一任意水准面为基准的假设高程(也称相对高程)。将来如有需要,只需与国家高程控制点联测,再经换算成绝对高程就可以了。地面上两点高程之差称为高差,一般用 h 表示,不