

高职高专土建类专业规划教材
建筑工程技术专业

BUILDING

建筑工程测量



魏静 主编

- ✓ 适应相关行业岗位考证，有利就业
- ✓ 既有必要的基础理论，又有实训操作内容
- ✓ 与新技术、新规范同步
- ✓ 强化识图、加强技能培训



免费提供
电子教案

本书为高职高专土木类专业规划教材，可作为高职高专土木类专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程的工程技术人员参考。

高职高专土建类专业规划教材
建筑工程技术专业

建筑工程测量

主 编 魏 静

副主编 廖建文

参 编 (以姓氏笔划为序)

全国芸 牟敦波 刘 珺

刘 莉 杜成仁 林 华

郑淑平 黄 曼

主 审 杨国富

1. 本书可作为高职高专土木类专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程的工程技术人员参考。

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第010963号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街22号) 邮政编码100037

责任编辑：孙少华 封面设计：李 颖

印刷：北京富华印刷厂

2008年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·41/32

书号：ISBN 978-7-111-32844-4

定价：25.00元

本书由机械工业出版社出版

地址：北京市西城区百万庄大街22号

电话：(010) 68325254

机械工业出版社

电话：(010) 68325259

封面设计：李 颖



本书参照高职高专和应用型本科教育土建类各专业测量学的基本要求编写。内容包括绪论、水准测量、角度测量、距离测量、电子全站仪测量、测量误差的基本知识、小地区控制测量、大比例尺地形图的基本知识、大比例尺地形图的测绘及应用、测设的基本工作、建筑施工测量、道路和桥梁施工测量、管道施工测量、GPS 卫星定位技术简介和测量实验与实习。

本书具有较宽的专业适应面，在内容的组织上按必需、够用的原则，取材注意反映基本概念和基本理论，删除了一些繁琐的理论推导，注重实用性，力求体现职业教育的教材特点。

本书按照国家最新测量规范编写，可作为高职高专院校土建类专业及其他成人高校相应专业的教材，也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/魏静主编. —北京: 机械工业出版社,
2008. 1

高职高专土建类专业规划教材
ISBN 978-7-111-22842-4

I. 建… II. 魏… III. 建筑测量—高等学校: 技术学校—
教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 010663 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: 孙荣荣 责任编辑: 杨少彤 责任校对: 刘志文

封面设计: 张 静 责任印制: 李 妍

北京富生印刷厂印刷

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17 印张·415 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-22842-4

定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

本教材编审委员会

主任委员：叶耀先

副主任委员：陈衍庆 刘雪梅 杨少彤

顾问：房志勇

委员(以姓氏笔画为序)：

王松成 付成喜 刘凤翰 刘雁宁 闫培明

刘振华 刘晓平 吴根树 李国新 张荣荣

张智茹 邵英秀 钟振宇 侯洪涛 徐广舒

章 辉 蔡红新 魏党生 魏 明

出版说明

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,建设工程的发展规模不断扩大,建设速度不断加快,对建筑类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,组织了全国三十余所高职高专院校的一批优秀教师,编写出版了本套教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲,编写中注重培养学生的实践能力,基础理论贯彻“实用为主、必须和够用为度”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土建类专业的教材建设。

本系列教材先期推出建筑工程技术专业专业的19本教材,随后将在2008年秋推出建筑装饰工程技术专业的16本教材及与建筑工程技术专业和建筑装饰工程技术专业教材配套的十余种实训教材。在未来的2~3年内,我们将陆续推出工程监理、工程造价等土建类各专业的教材及实训教材,最终出版一套体系完整、内容优秀、特色鲜明的高职高专土建类专业教材。

本系列教材适用于高职高专院校、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土建类专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

机械工业出版社

2008年1月

前 言

本书是根据高职高专人才培养目标及土建类各专业测量学课程教学基本要求编写的。在内容上注意概念的准确、方法的简单和实用，基本理论以必需、够用为度，着重介绍土建生产一线正在使用的技术。

本书具有较宽的专业适用面，内容浅显，注重知识介绍的深入浅出，淡化理论，突出其实用性。

为了便于读者学习，本书每章后均附有思考题与习题。在本书中还编入了“测量实验与实习”内容，有利于培养学生的实际操作能力。

本书由魏静老师主编，廖建文老师任副主编，杨国富老师担任主审，最后由魏静老师按主审意见进行了修改统稿和定稿。

本书在编写过程中，得到了编者所在院校教务处领导、机械工业出版社建筑分社领导的鼓励和支持，全体编者在此表示深切的谢意。在编写过程中，我们参阅了一些院校优秀教材的内容，均在参考文献中列出。

本书对高职高专和应用型本科土建类测量学课程内容、体系的尝试和探索，希望能对高职高专和应用型本科教育改革有所裨益。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，还望广大读者及同行不吝赐教，以便本书再版时修订。

编 者

目 录

出版说明

前言

第一章 绪论..... 1

第一节 建筑工程测量的任务..... 1

第二节 地面点位的确定..... 1

第三节 用水平面代替大地水准面的限度..... 7

第四节 测量工作概述..... 8

思考题与习题 10

第二章 水准测量 11

第一节 水准测量原理 11

第二节 水准测量的仪器和工具 12

第三节 水准仪的使用 15

第四节 水准测量的方法 17

第五节 水准测量的成果计算 24

第六节 微倾式水准仪的检验与校正 27

第七节 水准测量误差与注意事项 31

第八节 精密水准仪、自动安平水准仪和电子水准仪 32

思考题与习题 36

第三章 角度测量 37

第一节 水平角测量原理 37

第二节 光学经纬仪的构造 38

第三节 经纬仪的使用 42

第四节 水平角的测量方法 43

第五节 垂直角的测量方法 47

第六节 经纬仪的检验与校正 52

第七节 角度测量误差与注意事项 56

第八节 电子经纬仪简介 58

思考题与习题 60

第四章 距离测量 62

第一节 钢尺量距 62

第二节 光电测距仪 70

思考题与习题 74

第五章 电子全站仪测量 76

第一节 电子全站仪概述 76

第二节 全站仪的使用 78

第六章 测量误差的基本知识 80

第一节 测量误差概述 80

第二节 衡量精度的标准 82

第三节 观测值的算术平均值 83

第四节 误差传播律 86

思考题与习题 89

第七章 小地区控制测量 90

第一节 控制测量概述 90

第二节 直线定向 92

第三节 导线测量的外业工作 94

第四节 导线测量的内业计算 98

第五节 交会测量..... 106

第六节 高程控制测量..... 109

思考题与习题..... 111

第八章 大比例尺地形图的基本知识..... 114

第一节 地形图的比例尺..... 114

第二节 地形图的图名、图号、图廓及接合图表..... 115

第三节 地物符号..... 117

第四节 地貌符号..... 120

思考题与习题..... 125

第九章 大比例尺地形图的测绘..... 126

第一节 测图前的准备工作..... 126

第二节 视距测量..... 127

第三节 地形图的测绘..... 131

第四节 地形图的拼接、检查与整饰..... 137

思考题与习题	139	第二节 道路中线测量	192
第十章 地形图的应用	140	第三节 圆曲线的测设	197
第一节 地形图的识读	140	第四节 缓和曲线的测设	203
第二节 地形图应用的基本内容	141	第五节 路线纵、横断面的测量	207
第三节 地形图在工程规划设计中的应用	143	第六节 道路施工测量	212
思考题与习题	151	第七节 桥梁墩台中心定位测量	218
第十一章 测设的基本工作	152	第八节 桥梁施工测量	220
第一节 已知水平距离、水平角和高程的测设	152	思考题与习题	222
第二节 点的平面位置的测设方法	155	第十四章 管道施工测量	223
第三节 已知坡度线的测设	158	第一节 管道中线测量	223
思考题与习题	159	第二节 管道纵、横断面的测量	224
第十二章 建筑施工测量	160	第三节 管道施工测量	226
第一节 施工测量概述	160	第四节 顶管施工测量	231
第二节 建筑施工场地的控制测量	161	第五节 管道工程竣工测量	234
第三节 多层民用建筑施工测量	165	思考题与习题	236
第四节 高层建筑施工测量	171	第十五章 GPS 卫星定位技术	238
第五节 工业建筑施工测量	175	第一节 概述	238
第六节 建筑物的变形观测	183	第二节 GPS 全球定位系统的组成	238
第七节 竣工总平面图的编绘	188	第三节 GPS 卫星定位原理	241
思考题与习题	190	第四节 GPS 测量实施	242
第十三章 道路和桥梁施工测量	192	附录 测量实验与实习	244
第一节 道路工程测量概述	192	附录 A 测量实验与实习须知	244
		附录 B 测量实验	246
		附录 C 测量教学实习	257
		参考文献	260

第一章 绪 论

第一节 建筑工程测量的任务

一、测量学的概念

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点位的科学。它的内容包括测定和测设两部分。

(1) 测定 测定是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,得到一系列测量数据,或将地球表面的地物和地貌缩绘成地形图,供经济建设、国防建设、规划设计及科学研究使用。

(2) 测设 测设是指用一定的测量仪器、工具和方法,将设计图纸上规划设计好的建筑物位置,在实地标定出来,作为施工的依据。

二、建筑工程测量的任务

建筑工程测量是测量学的一个组成部分。它是研究建筑工程在勘测设计、施工和运营管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。它的主要任务是:

(1) 测绘大比例尺地形图 把工程建设区域内的各种地面物体的位置和形状,以及地面的起伏状态,依照规定的符号和比例尺绘成地形图,为工程建设的规划设计提供必要的图纸和资料。

(2) 建筑物的施工测量 把图纸上已设计好的建(构)筑物,按设计要求在现场标定出来,作为施工的依据;配合建筑施工,进行各种测量工作,以保证施工质量;开展竣工测量,为工程验收、日后扩建和维修管理提供资料。

(3) 建筑物的变形观测 对于一些重要的建(构)筑物,在施工和运营期间,为了确保安全,应定期对建(构)筑物进行变形观测。

总之,测量工作贯穿于工程建设的整个过程,测量工作的质量直接关系到工程建设的速度和质量。因此,任何从事工程建设的人员,都必须掌握必要的测量知识和技能。

第二节 地面点位的确定

一、地球的形状和大小

1. 水准面和水平面

测量工作是在地球的自然表面进行的,而地球自然表面是不平坦和不规则的,有高达8844.43m的珠穆朗玛峰,也有深至11022m的玛利亚那海沟,虽然它们高低起伏悬殊,但与地球的半径6371km相比较,还是可以忽略不计的。另外,地球表面海洋面积约占71%,

陆地面积仅占 29%。因此,人们设想以一个静止不动的海水面延伸穿越陆地,形成一个闭合的曲面包围了整个地球,这个闭合曲面称为水准面。水准面的特点是水准面上任意一点的铅垂线都垂直于该点的曲面。

与水准面相切的平面,称为水平面。

2. 大地水准面

事实上,海水受潮汐及风浪的影响,时高时低,所以水准面有无数个,其中与平均海面相吻合的水准面称为大地水准面,它是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的形体,称为大地体。它代表了地球的自然形状和大小。

3. 铅垂线

由于地球的自转,地球上任一点都同时受到离心力和与地球引力的作用,这两个力的合力称为重力,重力的方向线称为铅垂线,它是测量工作的基准线。在测量工作中,取得铅垂线的方法是用细绳悬挂一锤球,细绳在重力作用下形成的下垂线,即为悬挂点 O 的铅垂线,如图 1-1 所示。

4. 地球椭球体

由于地球内部质量分布不均匀,引起铅垂线的方向产生不规则的变化,致使大地水准面成为一个有微小起伏的复杂曲面,如图 1-2a 所示,人们无法在这样的曲面上直接进行测量数据的处理。为了解决这个问题,选用一个既非常接近大地水准面,又能用数学式表示的几何形体来代替地球总的形状。这个几何形体是由椭圆 $NWSE$ 绕其短轴 NS 旋转而成的旋转椭球体,又称地球椭球体,如图 1-2b 所示。

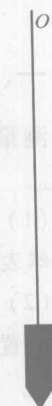


图 1-1
铅垂线

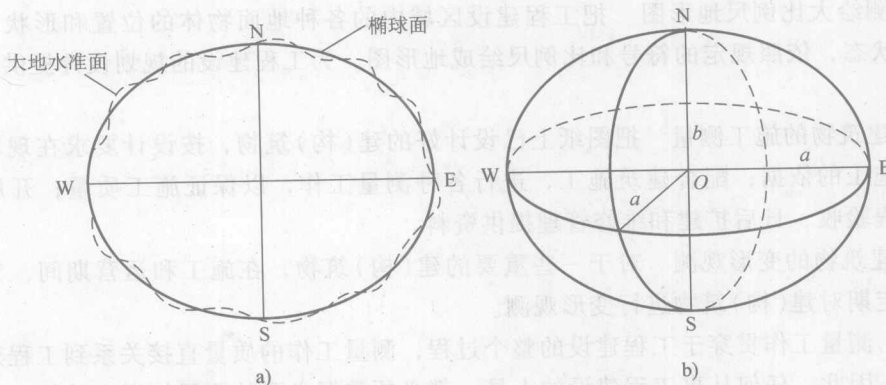


图 1-2 大地水准面与地球椭球体

a) 大地水准面 b) 地球椭球体

决定地球椭球体形状和大小的参数为椭圆的长半径 a , 短半径 b 及扁率 α , 其关系式为:

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1-1)$$

我国目前采用的地球椭球体的参数值为:

$$a = 6378137\text{m}, b = 6356752\text{m}, \alpha = 1:298.257$$

由于地球椭球体的扁率 α 很小,当测量的区域不大时,可将地球看作半径为 6371km 的圆球。

在小范围内进行测量工作时,可以用水平面代替大地水准面。

二、确定地面点位的方法

测量工作的实质是确定地面点的空间位置,而地面点的空间位置须由 3 个参数来确定,即该点在大地水准面上的投影位置(两个参数)和该点的高程。

1. 地面点在大地水准面上的投影位置

地面点在大地水准面上的投影位置,可用地理坐标和平面直角坐标表示。

地理坐标是用经度 λ 和纬度 φ 表示地面点在大地水准面上的投影位置,由于地理坐标是球面坐标,不便于直接进行各种计算。在工程上为了使用方便,常采用平面直角坐标系,来表示地面点位。下面介绍两种常用的平面直角坐标系。

(1) 高斯平面直角坐标 地球椭球面是一个不可展的曲面,必须通过投影的方法将地球椭球面的点位换算到平面上。地图投影方法有多种,我国采用的是高斯投影法。利用高斯投影法建立的平面直角坐标系,称为高斯平面直角坐标系。在广大区域内确定点的平面位置,一般采用高斯平面直角坐标。

高斯投影法是将地球划分成若干带,然后将每带投影到平面上。

如图 1-3 所示,投影带是从首子午线起,每隔经度 6° 划分一带,称为 6° 带,将整个地球划分成 60 个带。带号从首子午线起自西向东编, $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第 1 号带, $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第 2 号带, ... 位于各带中央的子午线,称为中央子午线,第 1 号带中央子午线的经度为 3° ,任意号带中央子午线的经度 λ_0 ,可按式(1-2)计算。

$$\lambda_0 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (1-2)$$

式中 N —— 6° 带的带号。

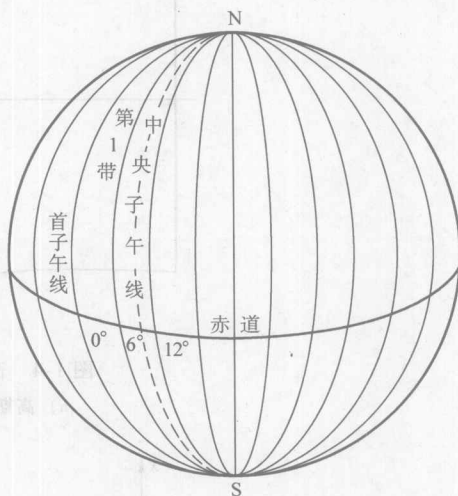


图 1-3 高斯平面直角坐标的分带

为了叙述方便,把地球看作圆球,并设想把投影面卷成圆柱面套在地球上,如图 1-4a 所示,使圆柱的轴心通过圆球的中心,并与某 6° 带的中央子午线相切。在球面图形与柱面图形保持等角的条件下,将该 6° 带上的图形投影到圆柱面上。然后,将圆柱面沿过南、北极的母线 KK' 、 LL' 剪开,并展开成平面,这个平面称为高斯投影平面。

如图 1-4b 所示,投影后在高斯投影平面上,中央子午线和赤道的投影是两条互相垂直的直线,其他的经线和纬线是曲线。

我们规定中央子午线的投影为高斯平面直角坐标系的纵轴 x ;赤道的投影为高斯平面直角坐标系的横轴 y ,两坐标轴的交点为坐标原点 O 。并令 x 轴向北为正, y 轴向东为正,由此建立了高斯平面直角坐标系,如图 1-5 所示。

在图 1-5a 中,地面点 A 、 B 的平面位置,可用高斯平面直角坐标 x 、 y 来表示。

由于我国位于北半球, x 坐标均为正值, y 坐标则有正有负,如图 1-5a 所示, $y_A = +136780\text{m}$, $y_B = -272440\text{m}$ 。为了避免 y 坐标出现负值,将每带的坐标原点向西移 500km ,如图 1-5b 所示,纵轴西移后:

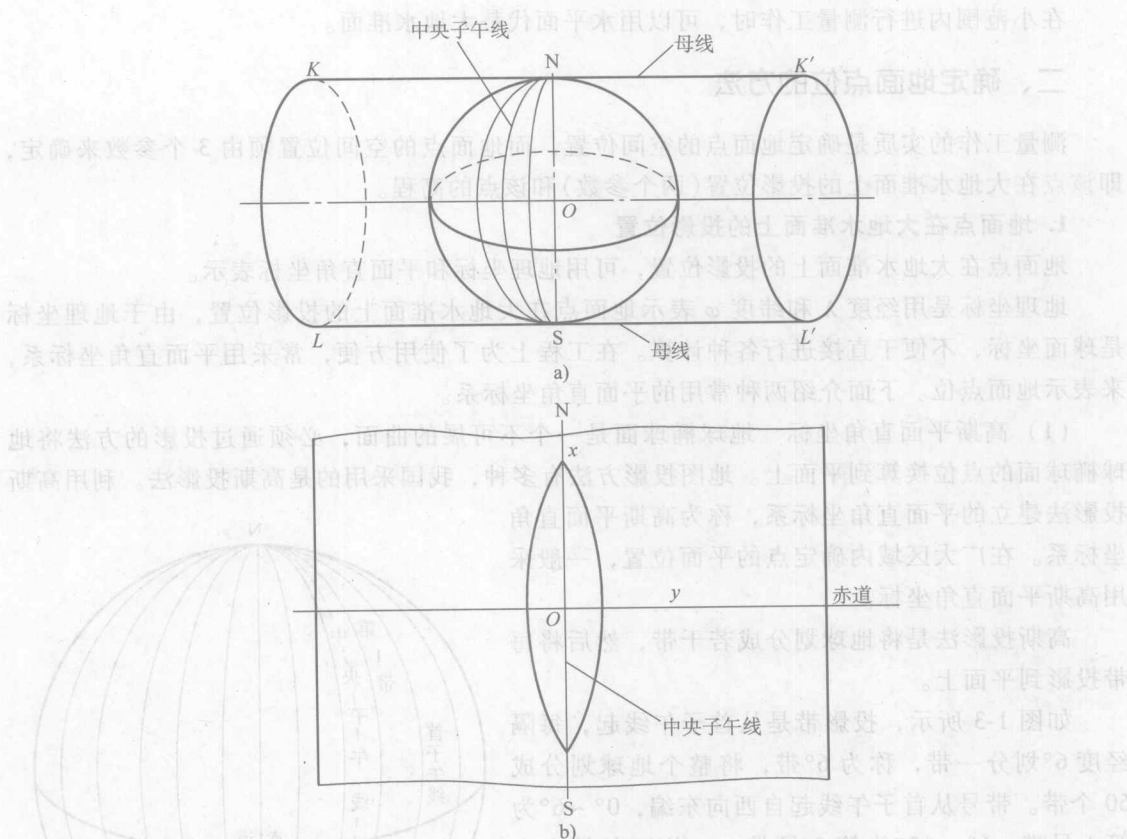


图 1-4 高斯平面直角坐标的投影
a) 高斯投影 b) 高斯投影平面

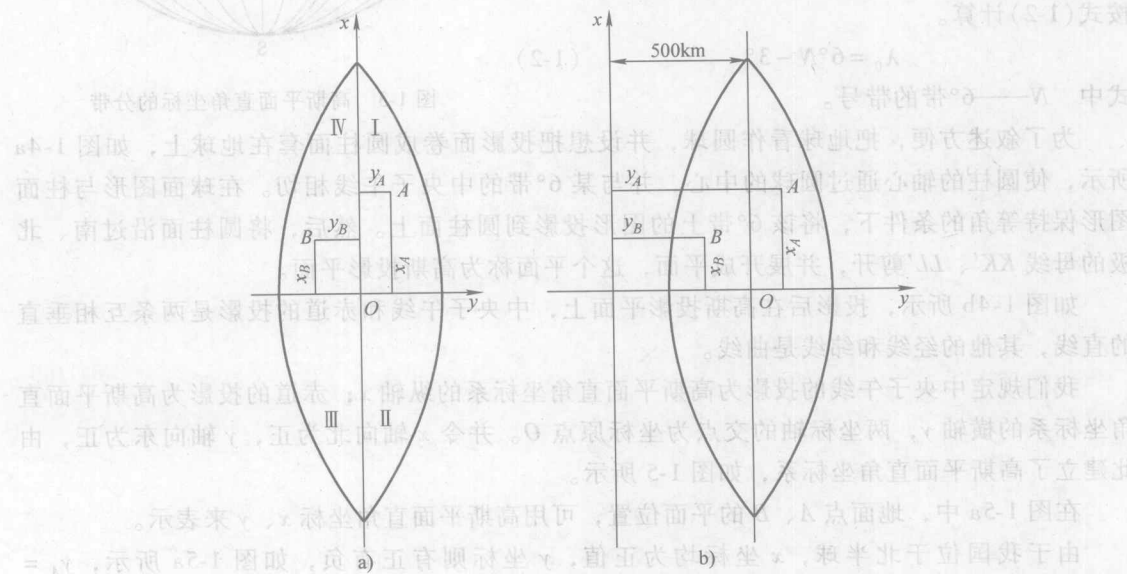


图 1-5 高斯平面直角坐标

a) 坐标原点西移前的高斯平面直角坐标 b) 坐标原点西移后的高斯平面直角坐标

$$y_A = 500000\text{m} + 136780\text{m} = 636780\text{m}, y_B = 500000\text{m} - 272440\text{m} = 227560\text{m}$$

为了正确区分某点所处投影带的位置,规定在横坐标值前冠以投影带带号。如A、B两点均位于第20号带,则:

$$y_A = 20636780\text{m}, y_B = 20227560\text{m}$$

在高斯投影中,除中央子午线外,球面上其余的曲线投影后都会产生变形。离中央子午线近的部分变形小,离中央子午线愈远变形愈大,两侧对称。当要求投影变形更小时,可采用3°带投影。

如图1-6所示,3°带是从东经1°30′开始,每隔经度3°划分一带,将整个地球划分成120个带。每一带按前面所叙方法,建立各自的高斯平面直角坐标系。各带中央子午线的经度 λ'_0 ,可按式(1-3)计算。

$$\lambda'_0 = 3^\circ n \quad (1-3)$$

式中 n ——3°带的带号。

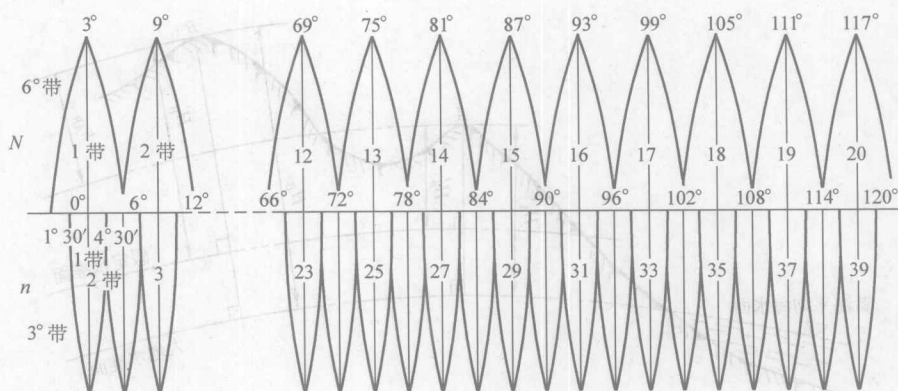


图1-6 高斯平面直角坐标系6°带投影与3°带投影的关系

(2) 独立平面直角坐标 当测区范围较小时,可以用测区中心点 a 的水平面来代替大地水准面,如图1-7所示。在这个平面上建立的测区平面直角坐标系,称为独立平面直角坐标系。在局部区域内确定点的平面位置,可以采用独立平面直角坐标。

如图1-7所示,在独立平面直角坐标系中,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;坐标象限按顺时针方向编号,如图1-8所示,其目的是便于将数学中的公式直接应用到测量计算中,而不需作任何变更。

2. 地面点的高程

(1) 绝对高程 地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程,简称高程,用 H 表示。如图1-9所示,地面点A、B的高程分别为 H_A 、 H_B 。

我国在青岛设立验潮站,长期观测和记录黄海海水面的高低变化,取其平均值作为绝对高程的基准面。目前,我国采用的“1985年国家高程基准”,是以1953年至1979年青岛验潮站观测资料确定的黄海平均海面,作为绝对高程基准面。并在青岛建立了国家水准原点,其高程为72.260m。

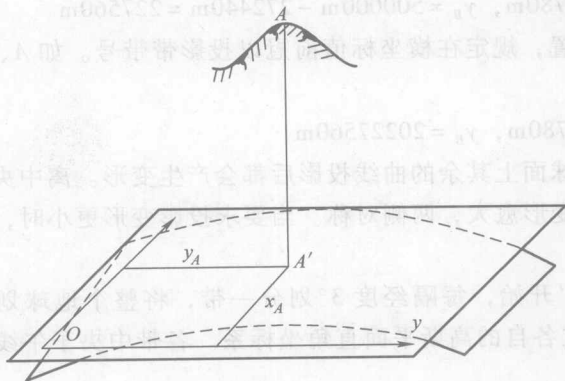


图 1-7 独立平面直角坐标

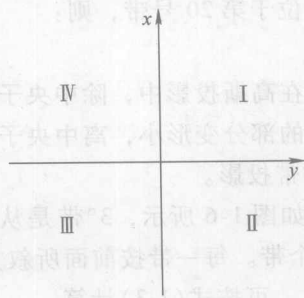


图 1-8 坐标象限

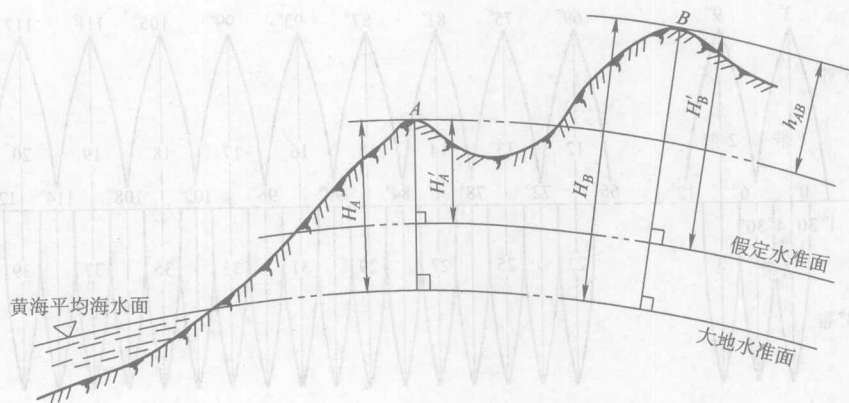


图 1-9 高程和高差

(2) 相对高程 个别地区采用绝对高程有困难时,也可以假定一个水准面作为高程起算基准面,这个水准面称为假定水准面。地面点到假定水准面的铅垂距离,称为该点的相对高程或假定高程。如图 1-10 中, A、B 两点的相对高程为 H'_A 、 H'_B 。

(3) 高差 地面两点间的高程之差,称为高差,用 h 表示。高差有方向和正负。A、B 两点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (1-4)$$

当 h_{AB} 为正时, B 点高于 A 点; 当 h_{AB} 为负时, B 点低于 A 点。

B、A 两点的高差为

$$h_{BA} = H_A - H_B \quad (1-5)$$

由此可见, A、B 两点的高差与 B、A 两点的高差, 绝对值相等, 符号相反, 即

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1-6)$$

综上所述, 我们只要知道地面点的三个参数 x 、 y 、 H , 那么地面点的空间位置就可以确定了。

第三节 用水平面代替大地水准面的限度

在前面我们介绍了,当测区范围较小时,可以把水准面看作水平面。为此,要讨论用水平面代替水准面对距离、角度和高差的影响,以便给出限制水平面代替水准面的限度。为叙述方便,假定水准面为球面。

一、对距离的影响

如图 1-10 所示,地面上 A 、 B 两点在大地水准面上的投影点是 a 、 b ,用过 a 点的水平面代替大地水准面,则 B 点在水平面上的投影为 b' 。

设 ab 的弧长为 D , ab' 的长度为 D' ,球面半径为 R , D 所对圆心角为 θ ,则以水平长度 D' 代替弧长 D 所产生的误差 ΔD 为

$$\Delta D = D' - D = R \tan \theta - R \theta = R(\tan \theta - \theta) \quad (1-7)$$

将 $\tan \theta$ 用级数展开为:

$$\tan \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{5}{12}\theta^5 + \dots$$

因为 θ 角很小,所以只取前两项代入式(1-7)得:

$$\Delta D = R\left(\theta + \frac{1}{3}\theta^3 - \theta\right) = \frac{1}{3}R\theta^3 \quad (1-8)$$

又因 $\theta = \frac{D}{R}$, 则

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-9)$$

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1-10)$$

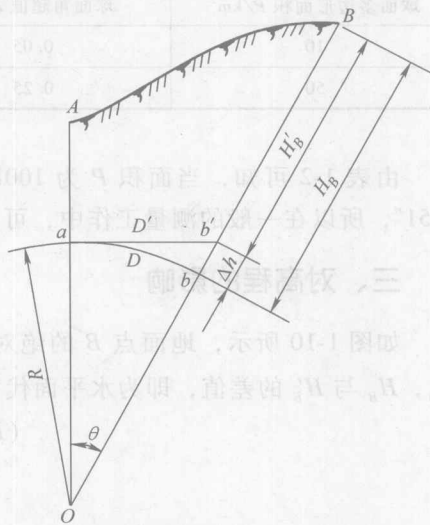


图 1-10 用水平面代替水准面对距离和高程的影响

取地球半径 $R = 6371\text{km}$,并以不同的距离 D 值代入式(1-9)和式(1-10),则可求出距离误差 ΔD 和相对误差 $\Delta D/D$,如表 1-1 所示。

表 1-1 水平面代替水准面的距离误差和相对误差

距离 D/km	距离误差 $\Delta D/\text{mm}$	相对误差 $\Delta D/D$	距离 D/km	距离误差 $\Delta D/\text{mm}$	相对误差 $\Delta D/D$
10	8	1:1220000	50	1026	1:49000
20	128	1:200000	100	8212	1:12000

由表 1-1 可知,当距离 D 为 10km 时,用水平面代替水准面所产生的距离相对误差为 1:1220000,这样小的误差,就是对精密的距离测量也是允许的。因此,在半径为 10km 的范围内,进行距离测量时,可以用水平面代替水准面,而不必考虑地球曲率对距离的影响。

二、对水平角的影响

从球面三角学可知,同一空间多边形在球面上投影的各内角和,比在平面上投影的各内角和,多一个球面角盈,其值为 $\frac{\pi}{180} \times \frac{\Delta D}{R}$ 。

角和大一个球面角超值 ε 。

$$\varepsilon = \rho \frac{P}{R^2} \tag{1-11}$$

式中 ε ——球面角超值(");
 P ——球面多边形的面积(km^2);
 R ——地球半径(km);
 ρ ——弧度的秒值, $\rho = 206265''$ 。

以不同的面积 P 代入式(1-11), 可求出球面角超值, 如表 1-2 所示。

表 1-2 水平面代替水准面的水平角误差

球面多边形面积 P/km^2	球面角超值 $\varepsilon/(\text{'})$	球面多边形面积 P/km^2	球面角超值 $\varepsilon/(\text{'})$
10	0.05	100	0.51
50	0.25	300	1.52

由表 1-2 可知, 当面积 P 为 100km^2 时, 用水平面代替水准面所产生的角度误差仅为 $0.51''$, 所以在一般的测量工作中, 可以忽略不计。

三、对高程的影响

如图 1-10 所示, 地面点 B 的绝对高程为 H_B , 用水平面代替水准面后, B 点的高程为 H'_B , H_B 与 H'_B 的差值, 即为水平面代替水准面产生的高程误差, 用 Δh 表示, 则

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + D'^2$$
$$\Delta h = \frac{D'^2}{2R + \Delta h}$$

上式中, 可以用 D 代替 D' , Δh 相对于 $2R$ 很小, 可略去不计, 则

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \tag{1-12}$$

以不同的距离 D 值代入式(1-12), 可求出相应的高程误差 Δh , 如表 1-3 所示。

表 1-3 水平面代替水准面的高程误差

距离 D/km	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2	5	10
$\Delta h/\text{mm}$	0.8	3	7	13	20	78	314	1962	7848

由表 1-3 可知, 用水平面代替水准面, 对高程的影响是很大的, 在 0.2km 的距离上, 就有 3mm 的高程误差, 这是不能允许的。因此, 在进行高程测量时, 即使距离很短, 也应顾及地球曲率对高程的影响。

第四节 测量工作概述

一、测量的基本工作

地面点的位置可以用它的平面直角坐标和高程来确定, 在实际测量工作中, 地面点的平

面直角坐标和高程一般不是直接测定，而是间接测定的。通常是测出待定点与已知点（已知平面直角坐标和高程的点）之间的几何关系，然后推算出待定点的平面直角坐标和高程。

1. 平面直角坐标的测定

如图 1-11 所示，设 A 、 B 为已知坐标点， P 为待定点。首先测出了水平角 β 和水平距离 D_{AP} ，再根据 A 、 B 的坐标，即可推算出 P 点的坐标。

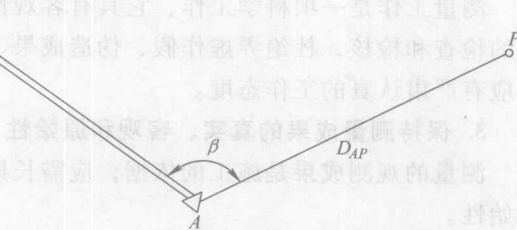


图 1-11 平面直角坐标的测定

所以，测定地面点平面直角坐标的主要测量工作是测量水平角和水平距离。

2. 高程的测定

如图 1-12 所示，设 A 为已知高程点， P 为待定点。根据式(1-4)得：

$$H_P = H_A + h_{AP} \quad (1-13)$$

只要测出 A 、 P 之间的高差 h_{AP} ，利用式(1-13)，即可算出 P 点的高程。

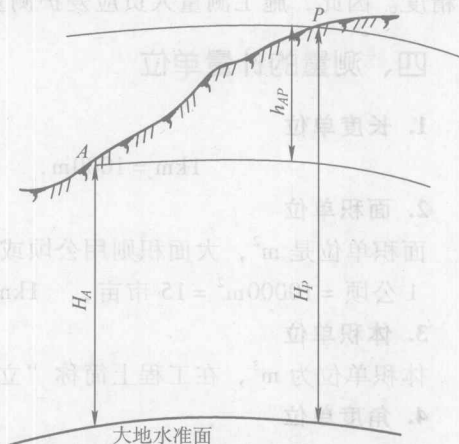


图 1-12 高程的测定

所以，测定地面点高程的主要测量工作是测量高差。

综上所述，测量的基本工作是：高差测量、水平角测量、水平距离测量。

二、测量工作的基本原则

1. “从整体到局部”、“先控制后碎部”的原则

无论是测绘地形图或是建筑物的施工放样，其最基本的问题是测定或测设地面点的位置。在测量过程中，为了避免误差的积累，保证测量区域内所测点位具有必要的精度，首先在测区内，选择若干对整体具有控制作用的点作为控制点，用较精密的仪器和精确的测量方法，测定这些控制点的平面位置和高程，然后根据控制点进行碎部测量和测设工作。这种“从整体到局部”、“先控制后碎部”的方法是测量工作的一个原则，它可以减少误差的积累，并且可同时在几个控制点上进行测量，加快测量工作进度。

2. “前一步工作未作检核不进行下一步工作”的原则

当测定控制点的相对位置有错误时，以其为基础所测定的碎部点或测设的放样点，也必然有错。为避免错误的结果对后续测量工作的影响，测量工作必须重视检核，因此，“前一步工作未作检核不进行下一步工作”，是测量工作的又一个原则。

三、测量工作的基本要求

1. “质量第一”的观点

为了确保施工质量符合设计要求，需要进行相应的测量工作，测量工作的精度，会影响施工质量。因此，施工测量人员应有“质量第一”的观点。