



高职高专「十五」规划教材

园林工程 测量

房世宝 主编

谷艳玲 张树民 副主编



化学工业出版社



高职高专『十五』规划教材



园林工程 测量

房世宝 主编

谷艳玲 张树民 副主编



化学工业出版社

北京

园林工程测量是一门应用科学。它是园林专业的一门专业基础课,在园林建设中应用非常广泛。本教材共分9章。第一章绪论主要讲课程轮廓,介绍了一些基本知识。第二章到第五章重点讲述仪器构造及使用,讲述距离测量,角度测量和高程测量的基本方法,以及误差理论。第六、七章讲了地形图的测绘方法:介绍图根测量和大比例尺地形图测绘。第八章讲述园林测量在园林工程中的应用,介绍了如何识别地形图和应用地形图,以及园林工程施工放样方法。第九章介绍了先进仪器的使用。

为了便于学习在每个章节前都有学习相应的目标,编写了本章提要,而在结束的时候都有复习思考题,且恰当地安排了实训和实例。

书中的内容结合实际需要,概念清晰,用词规范。本书为高职高专、大专函授、成人高校园林及相关专业的教材,也可作为绿化部门等相关企业职工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

园林工程测量/房世宝主编. —北京:化学工业出版社,
2008.6

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-02933-1

I. 园… II. 房… III. 园林-工程测量-高等学校:技
术学校-教材 IV. TU986.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 073656 号

责任编辑:王文峡

装帧设计:尹琳琳

责任校对:顾淑云

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张10½ 字数251千字 2008年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本教材根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神及《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的要求进行编写。本教材供高职高专院校园林园艺专业使用。

园林工程测量是高职高专院校园林学科的一门专业基础课,本教材系统地阐述了园林测量的基本理论和基本技能,讲述了测量仪器的构造和使用,讲述了距离测量和高程测量、角度测量的基本方法误差理论的基本知识,介绍图根控制测量和大比例尺地形图的测绘和地形图的应用。力求将测量知识运用到施工放样实践中去,解决生产中实际问题。最后一章叙述了较先进仪器的使用方法。为了方便学习,每章开头都有本章学习目标,根据内容需要在各章节都设置了课堂实训和实例,并有复习思考题,以便教学。本教材力求测绘名词规范、概念清楚、定义准确。本书文字通俗易懂,条理清楚;重于传授基本知识和基本技能的培养,注意理论与实践相结合突出体现园林专业的性质和职业能力培养的特点。

本教材由黑龙江生物科技职业学院房世宝主编,由黑龙江农垦林业职业学院谷艳玲、黑龙江生物科技职业学院张树民为副主编,东北农业大学刘晓光和王志华也参加了编写。各章节编写分工如下:房世宝编写第三章和第八章,谷艳玲编写第四章和第五章,张树民编写第一章和第二章,刘晓光编写第九章,王志华编写第五章、第六章和第七章。全书由东北农业大学刘庆华教授主审。

因作者水平有限不妥之处欢迎读者予以批评指正。

编 者

2008年4月

目 录

第一章 园林测量基本知识	1
第一节 园林测量在园林工程中的作用	1
一、测量学的分类	1
二、测量学在各个行业中的任务	2
第二节 地面点的确定	3
一、地球的形状与大小	3
二、地面点位的表示方法	4
三、地面点位的测定	7
四、测量工作的原则与要求	8
第三节 平面图、地形图和断面图	10
一、图的分类	10
二、图的比例尺	11
复习思考题	13
第二章 直线丈量与直线定向	14
第一节 直线丈量	14
一、丈量工具与丈量要求	14
二、直线的定线	16
三、钢尺量距的一般方法	17
四、钢尺量距的精密方法	19
第二节 直线定向及罗盘仪的使用	21
一、直线定向	21
二、罗盘仪测定磁方位角	24
复习思考题	26
实训 钢尺量距与直线定向	26
第三章 水准高程测量	28
第一节 水准高程测量基本知识	28
一、高程测量的概念	28
二、水准测量原理	28
第二节 水准仪的构造	29
一、国产微倾式水准仪	30
二、自动安平水准仪简介	31
第三节 水准尺和尺垫	32

实训一 水准仪的构造与使用	33
第四节 水准测量的实施方法	33
一、水准点	34
二、水准仪的使用	34
三、实施方法	34
第五节 水准测量的路线及闭合角	35
一、往测和返测	35
二、附和水准路线	36
三、闭合水准路线	37
实训二 水准路线测量	37
第六节 水准测量的误差及消除方法	39
一、仪器没有满足主要条件所产生的误差	39
二、仪器下沉所产生的误差	39
三、尺垫下沉所产生的误差	39
四、折光的影响	39
第七节 水准仪的检验和校正	40
一、圆水准轴平行于仪器竖轴	40
二、十字丝横丝应垂直于仪器竖轴	41
三、长水准轴应平行于视准轴	41
实训三 水准仪的检验与校正	41
复习思考题	42
第四章 经纬仪及其应用	43
第一节 光学经纬仪的构造与使用方法	43
一、DJ ₆ 型光学经纬仪	43
二、DJ ₂ 级光学经纬仪简介	46
三、经纬仪的使用	47
第二节 角度测量	49
一、角度测量原理	49
二、水平角的测量	50
三、竖直角观测	53
四、视距测量	56
五、视距测量误差	57
第三节 角度测量的误差及注意事项	58
一、仪器误差	58
二、观测误差	58
三、自然误差	59
四、注意事项	59
第四节 经纬仪的检验与校正	60
一、照准部水准管轴应垂直于竖轴的检验与校正	60

二、十字丝纵丝垂直于横轴的检验与校正	61
三、视准轴垂直于横轴的检验与校正	61
四、横轴垂直于竖轴的检验与校正	61
五、竖盘指标差的检验与校正	62
实训一 经纬仪的构造及安置	63
实训二 水平角观测	63
复习思考题	64
第五章 测量误差的基本知识	67
第一节 误差概述	67
一、测量误差产生的原因	67
二、测量误差的分类	67
三、偶然误差的特性	68
第二节 衡量精度的标准	69
一、中误差	69
二、相对中误差	69
三、极限误差	70
第三节 观测值的算术平均值	70
一、算术平均值	70
二、观测值改正数	70
三、由观测值改正数计算观测值中误差	71
四、算术平均值的中误差	72
第四节 误差传播律	72
一、线性函数的中误差	72
二、非线性函数的中误差	73
复习思考题	75
第六章 控制测量	76
第一节 控制测量概述	76
一、国家基本控制网	76
二、图根控制网	77
第二节 导线测量	77
一、导线测量概述	77
二、导线测量的外业工作	78
三、导线测量的内业计算	79
第三节 小三角测量	85
第四节 交会测量	87
一、前方交会	88
二、后方交会	88
三、侧方交会	90

第五节 高程控制测量	90
一、水准测量	90
二、三角高程测量	90
复习思考题	91
实训 四等水准测量	92
第七章 大比例尺地形图的测绘	94
第一节 传统测图技术	94
一、大平板仪测图	94
二、经纬仪测图	96
第二节 地物地貌在图上表示方法	96
一、地物符号	96
二、地貌符号	97
第三节 地形图的拼接、整饰与复制	99
复习思考题	100
实训 经纬仪测绘地形图	100
第八章 测量学在园林中的应用	102
第一节 地形图的应用	102
一、地形图的图面标志	102
二、地物、地貌的判读	103
三、地形图的应用	103
四、利用地形图求算面积	108
实训一 地形图应用	111
实训二 面积计算	112
第二节 园林道路测量	112
一、概述	112
二、中线测量	113
第三节 园路纵断面水准测量	120
一、水准点测量	120
二、中桩水准测量	121
三、纵断面图绘制	122
四、园路横断面测量	122
五、土石方计算	125
实训三 圆曲线主点测设	125
实训四 园路纵横断面测量	126
第四节 园林工程测量	127
一、概述	127
二、测设的基本工作	128
三、园林场地平整测量	129

第五节 园林建筑施工测量	134
一、园林建筑主轴线的测设	134
二、园林建筑的详细放样	137
三、其他园林工程施工测量	139
实训五 水平角、水平距、高程测设	142
实训六 园林建筑施工放样	143
复习思考题	144
 第九章 测绘新技术简介	 145
第一节 精密水准仪、电子水准仪简介	145
一、精密水准仪	145
二、自动安平水准仪和激光扫平仪	145
三、电子水准仪	146
第二节 电子经纬仪简介	146
一、光栅度盘测角原理	146
二、电子经纬仪的读数装置	147
第三节 电磁波测距简介	148
一、概述	148
二、测距仪的基本结构	148
三、相位测距原理	148
四、测距仪的使用	149
第四节 全站仪	149
一、全站仪	150
二、全站仪的操作与使用	150
三、全站仪的技术进展	152
第五节 全球定位系统	152
一、概述	152
二、全球定位系统的优越性	153
三、GPS 定位原理	153
四、GPS 测量的设计与实施	153
第六节 全站仪极坐标导线测量	154
第七节 数字化测图概述	154
一、数字测图的含义	155
二、大比例尺数字地形图测绘	155
复习思考题	156
实训 三联脚架法导线测量	156
 参考文献	 157

第一章

园林测量基本知识

本章提要及学习目标

本章主要介绍了测量学的概念、分类及其在园林建设中的作用，地面点的确定，图的类型和测图比例尺等内容。要求明确测量学的概念、分科及测量工作的原则和特点，了解测量学在园林建设中的作用及地面点位的确定方法，掌握平面图、地形图、断面图及比例尺的应用和比例尺的精度等测量基本知识。

第一节 园林测量在园林工程中的作用

一、测量学的分类

测量学是研究如何测定地面点的平面位置和高程，将地球表面的几何形状及其他信息测绘成图，以及确定地球的形状和大小的学科。它包含的范围较广，大体可分为三类。

(一) 大地测量学

研究在广大区域建立国家大地控制网，以及测定地球的形状、大小和地球重力场的理论、技术和方法的学科。由于人造地球卫星的发射和遥感技术的发展，大地测量又分为常规大地测量和卫星大地测量。

(二) 普通测量学

研究地球表面较小区域内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科。在此区域内可将地球表面视为平面，而不考虑地球曲率的影响。

(三) 工程测量学

研究为某种工程建设，在勘测设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的学科。

此外，有研究利用摄影或遥感技术获取被测物体的信息，以测量物体的形状、大小和空间位置等信息的理论和方法的摄影测量学。

园林测量内容包括普通测量学和工程测量学的基本内容。通过学习，具有使用常规测量仪器的操作技能，了解先进测绘仪器的功能、基本构造和使用方法；掌握小范围大比例尺地形图测绘的过程和方法，对数字化测图有所了解；在园林规划、设计和施工中能正确使用地形图和测量信息，能进行一般园林工程的施工与放样工作，为学习园林工程与建筑、园林规划设计、园林工程招投标与预决算等专业课程打下基础。

二、测量学在各个行业中的任务

(一) 在国防事业中的作用

在国防方面,修建军事工程、部署战役、指挥战斗等也都需要通过测量绘制的详细准确的地形图。在战争中,占据有利地形,如制高点,可居高临下射击敌人,需作战地图。作战部需根据详细的地形图来研究作战计划,拟订进攻路线。导弹的精确发射没有精密的测量就不可能命中。

(二) 在国民经济建设中的作用

地形图是一切经济建设规划和发展必需的基础性资料。为测制地形图,首先要布设全国范围内及局域性的大地测量控制网,为取得大地点的精确坐标,必须要建立合理的大地测量坐标系以及确定地球的形状,大小及重力场参数。因此,控制测量学在国民经济建设和社会发展中发挥着决定性的基础保证作用。

(三) 在园林建设中的作用

本课程的任务包括测图、用图和放样(测设)三方面:测图就是测绘平面图和地形图,即把地面上的地物和地貌按规定的比例尺测绘到图纸上,供规划设计使用;用图就是使用地形图,泛指使用地形图的知识、方法和技能,能利用地形图解决园林工程中的一些基本问题;放样就是把图上已规划和设计好的工程或建筑物的位置,准确地测设到地面上,作为施工的依据。

测量技术在园林建设中的应用非常广泛,在进行公园规划设计、绿地规划和园林苗圃设计时,首先必须了解该地区的地面高低起伏、坡向和坡度变化情况及道路、水系、房屋、管线、植被等地物的分布情况,以便合理地进行山、水、植物、路和园林建筑的综合规划和设计,而这些资料,需要通过测量工作绘制成的地形图、平面图和断面图获得。在进行规划设计时,需要把规划设计的结果标绘到地形图上,成为规划设计图,某些园林工程(如园路、广场等)还有详细的专项工程测量,以便工程施工。当园林工程施工完毕后,有时还要测绘竣工图,为今后的园林工程使用、管理、维修和扩建提供资料。这些都必须依靠测量工作来实现。

现代科学技术,如计算机技术、电子技术、激光技术、遥感技术和空间技术的发展和运用,以及测绘科技本身的进步,为测量提供了新的工具和手段,推动了测量技术的发展。如全站仪,它集光电测距仪、电子经纬仪和微处理机的功能于一体,可以达到很高的精度同时测定出距离、角度和高程三要素,并根据需要,利用其微处理机计算出待定点的坐标和高程,利用传输的接口把全站仪野外采集的数据终端与计算机、绘图仪连接起来,配备数据处理软件和绘图软件,实现地形图测绘的自动化,即机辅成图系统。又如全球定位系统(GPS),不但能同时测定点的三维坐标,而且具有精度高[在50km内精度可达 $(1\sim2)\times 10^{-6}$ 、在100~500km内精度可达到 $10^{-6}\sim 10^{-7}$]、测点间无须通视、不受气候限制等优点,为测量工作提供了一种崭新的技术方法和手段。总之,随着测量仪器和测绘技术的不断发展和应用,测量工作正朝着电子化、数字化和自动化的方向发展。

(四) 学习本课程的要求

在测量工作中,要求工作者树立为人民极端负责的精神,坚持做到测、算工作处处有校核,不符合规范的成果,要查明原因返工重测,以保证精度。测量是一项细致的工作,常常容易发生错误,如读数、记错、算错,一处发生错误即影响下一步工作,甚至影响整个测量

成果,造成返工浪费现象。所以错误在测量观测和记录中是绝对不允许发生的。

测量工作多在野外进行,工作条件较差,常常白天进行外业观测,晚间还须进行内业计算,工作比较辛苦,因此要求具有吃苦耐劳的奉献精神。

人人要养成爱护公共财物的美德。测量仪器是测量人员的战斗武器,又比较贵重,如对仪器有损坏或遗失,不但造成国家财产的浪费,还将影响工作的进度。因此,要求从思想上像保护眼睛一样爱护仪器,在行动上养成正确使用仪器的良好习惯。

测量学是一门技术课,它的特点是实践性较强,除了听课及参考有关书籍外,主要是通过完成实验来掌握知识和技术。所以学习方法必须是理论紧密联系实际,通过亲自实践,牢固地掌握理论和技术。那种只重视理论轻视实践或者只要求实践的感性知识而对理论不求甚解的学习方法,都是错误的。普通测量学的内容多是具体的技术,很多篇幅都是讲述各种仪器的构造、使用和施测方法,这些都属于技术性的知识。如果学习不重视实践,则对仪器操作不熟悉,观测的精度达不到要求,结果、成图都是废品,造成浪费。只有懂得理论,并熟练地掌握操作技术,观测结果达到要求精度,才能完成本课程的学习任务。

第二节 地面点的确定

确定地面点的位置,就是确定它的平面位置和高低位置。由于测量工作是在地球表面上进行的,所以首先介绍地球的形状与大小。

一、地球的形状与大小

地球的形状类似一个椭球,它的自然表面是一个极其复杂的不规则曲面,有高山、丘陵、平原、凹地和海洋等;在陆地上,最高点珠穆朗玛峰高出平均海水面 8844.43m;在海洋中,最深点的马里亚纳海沟,低于平均海水面 11022m;地球表面最高与最低两点高差近 20km。

地球表面虽然起伏很大,但对半径为 6371km 的地球来说,还是微不足道的(最大的高低变化幅度只是地球半径的 $1/320$)。又因为海洋面积占整个地球表面面积的 71%,而大陆面积仅占 29%,所以假定海水处于“完全”静止状态时,把海水面延伸到大陆内部的包围整个地球的连续曲面,称为水准面。

由于海水时高时低,故水准面有无数个,其中与平均海水面重合的封闭曲面称为大地水准面。大地水准面虽然比地球的自然表面规则得多,但是还无法用一个数学公式表示。为了便于测绘成果的计算,我国选择了一个大小、形状与大地水准面极为接近又能用数学公式表达的旋转椭球来代表地球的形状和大小,这个椭球称为参考椭球,如图 1-1 所示。它的大小和形状是由长半径 a 、短

半径 b 和扁率 $f = \frac{a-b}{a}$ 三个元素所决定。我国采用

1975 年国际大地测量与地球物理联合会 16 届大会推荐的椭球元素值。即

长半轴

$$a=6378140\text{m}$$

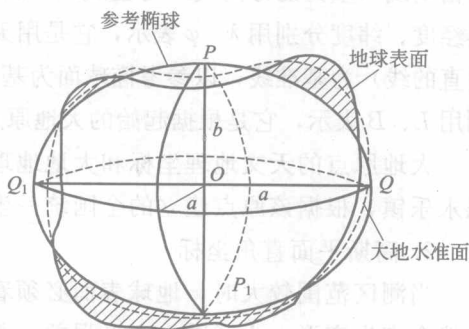


图 1-1 参考椭球

短半轴 $b=6356755.3\text{m}$

扁率 $f=\frac{a-b}{a}=\frac{1}{298.257}$

由于参考椭球的扁率很小,因此可以把地球当作一个圆球,其半径为

$$R=\frac{a+a+b}{3}=6371\text{km}$$

二、地面点位的表示方法

为了确定一个点的位置,需要设定一个基准面作为点位的投影面。在大范围内进行测量工作时,以大地水准面作为地面点投影的基准面;若在小范围内测量时,则可以用水准面作为地面点投影的基准面。地面点投影到基准面之后,其位置用坐标和高程来表示。

(一) 地面点的坐标

1. 地理坐标

地球表面任意一点的经度和纬度,称为该点的地理坐标。

如图 1-2 所示,NS 为地球旋转轴,通过地球旋转轴的平面称为子午面;通过英国格林尼治天文台的子午面称为首子午面;子午面与地球表面的交线称为经线或子午线(如图 1-2

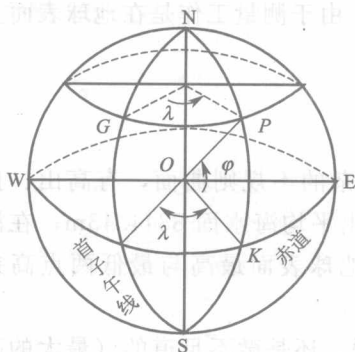


图 1-2 地理坐标示意图

中的 NPS);首子午面与地球表面的交线称为首子午线;过球心 O 且与地球旋转轴垂直的平面称为赤道平面,赤道平面与地球表面的交线为赤道,如图 1-2 中的 WKE。

过 P 点的子午面与首子午面所夹的两面角称为经度,经线在首子午面以东者为东经,以西者为西经,其值在 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 之间。中国在东经 $72^{\circ}\sim 138^{\circ}$ 之间。

过 P 点的基准线 PO 与赤道平面的夹角称为纬度,在赤道以北者为北纬,以南者为南纬,其值在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。中国位于北半球,纬度为北纬。

地理坐标按坐标所依据的基准线和基准面的不同以及解算方法的不同,可进一步分为天文地理坐标和大地地理坐标。

以铅垂线(重力的方向线)为基准线,以大地水准面为基准面的地理坐标称为天文地理坐标,其经度、纬度分别用 λ 、 φ 表示,它是用天文测量的方法直接测定的;以法线(与旋转椭球面垂直的线)为基准线,以参考椭球面为基准面的地理坐标称为大地地理坐标,其经度、纬度分别用 L 、 B 表示,它是根据起始的大地原点坐标和大地测量所得的数据推算而得的。

大地原点的天文地理坐标和大地地理坐标是一致的。我国的大地原点位于陕西省泾阳县泥永乐镇,根据该原点建立的全国统一坐标,就是我国目前使用的“1980 年西安坐标系”。

2. 高斯平面直角坐标

当测区范围较大时,地球表面必须看成是曲面。把曲面上的点位或图形展绘到平面上,必然会产生变形。为了减少变形误差,必须采用一种适当的地图投影方法。地图投影有等角投影、等面积投影和任意投影三种。我国于 1952 年开始,正式用高斯投影作为国家基本图的投影方法,它是一种等角投影,它保证椭球面上的微分图形投影到平面后能保持相似关系,这也是地形测图的基本要求。

(1) 高斯投影 高斯投影是“高斯-克吕格投影”的简称,又称“等角横切圆柱投

影”。高斯投影时，先将地球划分成若干个投影带，然后把每个投影带投影到平面上。

投影带是从首子午线开始，自西向东每隔经差 6° 为一带（称为 6° 带），将全球划分成 60 个投影带，依次以 1, 2, 3, ..., 60 进行编号，如图 1-3(a) 所示。位于各带中央的子午线称为该带的中央经线，其经度 L_0 与相应投影带带号 N 的关系为 $L_0 = 6^\circ N - 3^\circ$ ，如图 1-3(b)。

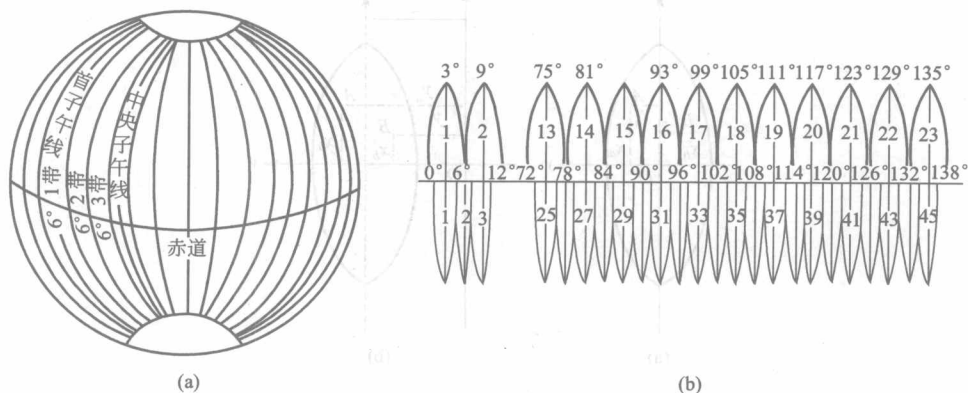


图 1-3 高斯投影分带方法

投影带划分后，即可进行高斯投影。如图 1-4(a) 所示，它是以一个椭圆柱面套在椭球体外的，椭圆柱的中心轴通过椭球体中心，使椭球体上某带中央经线与椭圆柱面相切，在保持等角的条件下，将中央经线东、西各一定经差范围内的经线和纬线投影到椭圆柱面上，再将圆柱分别沿着通过南、北极的两直线切开展成平面，便得到该带在平面上的投影，这就是高斯投影，如图 1-4(b) 所示。

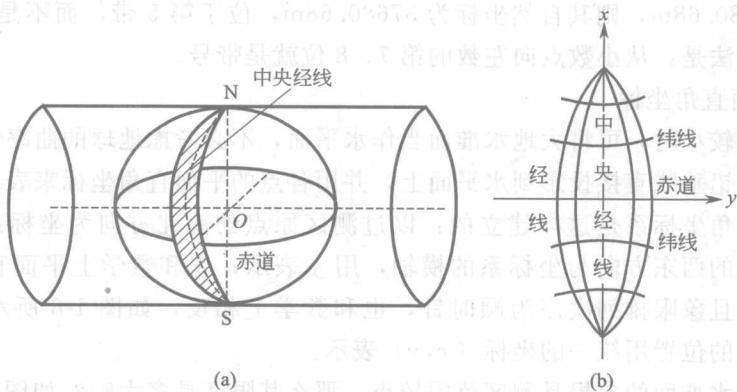


图 1-4 高斯克投影

在高斯投影平面上，如图 1-4(b) 所示，中央经线为一直线，且长度不变，其余经线均为凹向中央经线的弧线，离中央经线愈远，其变形愈大；赤道投影后也为直线，其余纬线均为凸向赤道的弧线；中央经线与赤道、其余的经线与纬线投影后仍保持互相垂直，即无角度变形。这就是高斯投影的规律。

当测图要求投影变形更小时，可采用 3° 投影带。客观存在是从东经 $1^\circ 3'$ 的子午线开始，自西向东每隔经差 3° 划分一带，将全球划分成 120 个投影带，依次以 1, 2, 3, ..., 120 进行编号。各带的中央经线经度 L'_0 与相应带号 n 的关系是 $L'_0 = 3^\circ n$ 。 3° 带与 6° 带之间的关系如图 1-3(b) 所示。

(2) 高斯平面直角坐标系 高斯平面直角坐标系简称“高斯坐标系”，它是以投影后的中央经线作为纵轴 (x 轴)，赤道作为横轴 (y 轴)，中央经线和赤道的交点作为坐标系原点，如图 1-5(a) 所示。某点的高斯坐标以相应的“ x, y ”表示。

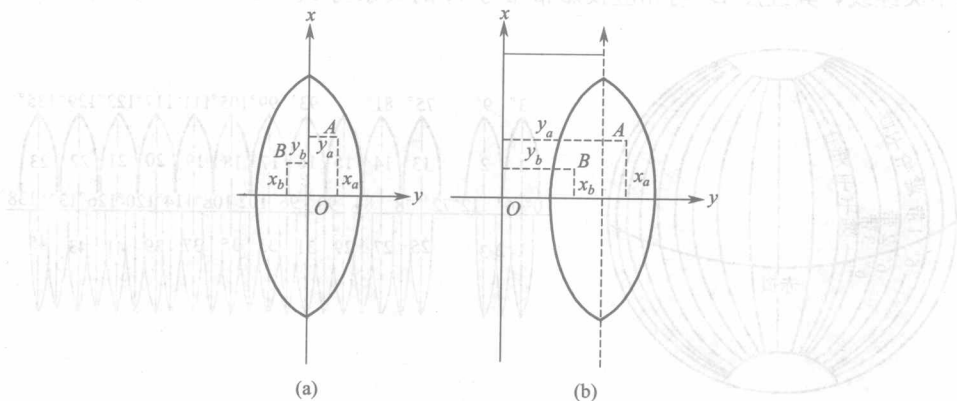


图 1-5 高斯平面直角坐标

我国位于北半球，任何点纵坐标 x 值均为正值；横坐标 y 值有正负值（中央经线以东为正值、以西为负值）。为了使用坐标方便，避免 y 出现负值，将所有 y 值加上 500km（相当于原纵轴西移 500km）如图 1-5(b) 所示。为了表明坐标值属于哪一个投影带，规定 y 值加上 500km 后，在其值前面再加写投影带的带号，这样形成的横坐标值称为通用坐标。未加写上述两项内容的坐标称为自然坐标。

如某点位于 19 带内，自然坐标为 137680m，则其通用坐标为 19637680m；若某点的通用坐标为 5537680.68m，则其自然坐标为 37680.68m，位于第 5 带，而不是 55 带。判断通用坐标带号的方法是：从小数点向左数的第 7、8 位就是带号。

3. 独立平面直角坐标

在测区范围较小时，可将大地水准面当作水平面，不必考虑地球的曲率影响。测量时可将地面上的点沿铅垂线直接投影到水平面上，并用各点的平面直角坐标来表示其位置。

独立平面直角坐标系是这样建立的：以过测区原点的南北方向为坐标系的纵轴，用 x 表示；以过原点的东西方向为坐标系的横轴，用 y 表示；它和数学上平面直角坐标系中的纵、横轴相反，且象限排列次序为顺时针，也和数学上相反，如图 1-6 所示。坐标系建立后，测区内各点的位置用统一的坐标 (x, y) 表示。

用平面代替水准面的前提是测区范围较小，那么其限度是多大呢？如图 1-7 所示，地面上 A、B 两点投影到水准面上的弧长为 D ，投影到水平面上的距离为 D' ，在 D' 代替 D 产生的误差 ΔD 为 $D' - D$ 。按数学方法推导可得： $\Delta D/D = D^2/(3R^2)$ 。当 $D = 10\text{km}$ 时， $\Delta D = 0.82\text{cm}$ ，相对误差 D/D 为 $1/1217700$ 。由此可见，在半径 10km 的范围内可以不考虑地球曲率对水平距离的影响。

(二) 地面点的高程

1. 绝对高程

地面上一点沿铅垂线方向至大地水准面的距离称为绝对高程或称海拔高度。在图 1-8 中，地面点 A 和 B 的绝对高程分别为 H_A 和 H_B 。为了建立全国统一高程基准面，过去我国采用青岛验潮站 1950~1956 年观测成果求得的黄海平均海面作为高程的零点，称为“1956

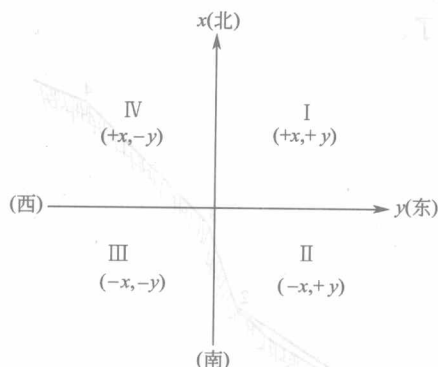


图 1-6 平面直角坐标系

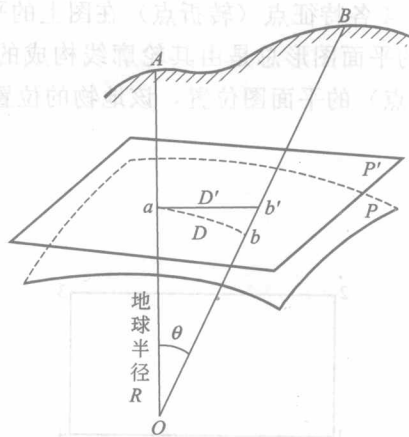


图 1-7 水平面代替水准面的限度

年黄海高程系”。自 1959 年开始全国统一使用。

为了推算高程方便，在验潮站附近建立水准原点，并于 1956 年推算出青岛水准原点的高程为 72.289m。20 世纪 80 年代，我国又根据青岛验潮站 1952~1979 年的验潮数据确定新的黄海平均海面作为高程基准面，青岛水准原点的高程为 72.260m，命名为“1985 年国家高程基准”。国家水准原点设于青岛市观象山，作为我国高程测量的依据。它的高程是以“1985 年国家高程基准”所定的平均海面为零点测算而得，自 1987 年开始使用。

2. 相对高程

地面点沿铅垂线方向至任意假定的水准面的距离称为该点的相对高程，亦称假定高程。在图 1-8 中，地面点 A 和 B 的相对高程分别为 H'_A 和 H'_B 。把两点间的绝对高程或相对高程之差称为高差。如图 1-8 中 A、B 点的高差 $h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$ 。

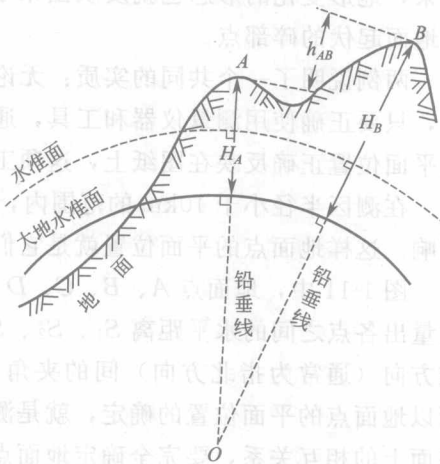


图 1-8 高程与高差

在测量实际工作中。一般采用绝对高程，只有在偏僻的地区，附近没有已知的绝对高程点可引测时，才采用相对高程。

三、地面点位的测定

地球表面复杂多样的形态，可分为地物和地貌两大类。地面上人工建造或自然形成的具有明显轮廓边界的物体称为地物，如河流、湖泊、道路和房屋等。地面上高低起伏的形态称为地貌，如山岭、平原、洼地、谷地和陡崖。地物和地貌统称为地形。其形状和地物的碎部点，测量工作就是测定这些碎部点的平面位置及高程。

地面上的地物和地貌的形态由碎部点的平面位置及高程来确定的，如何将这些碎部测绘到图上呢？下面通过两例来分析这个问题。

图 1-9 是一栋房屋平面图形，它是由表示房屋轮廓的一些折线组成的。如果能确定 1、

2、3、4 各特征点（转折点）在图上的平面位置，这栋房屋在图上的位置也就确定了。由于地物的平面图形总是由其轮廓线构成的，因而不论其复杂与否，只要确定了其轮廓转折点（特征点）的平面图位置，该地物的位置也完全确定了。

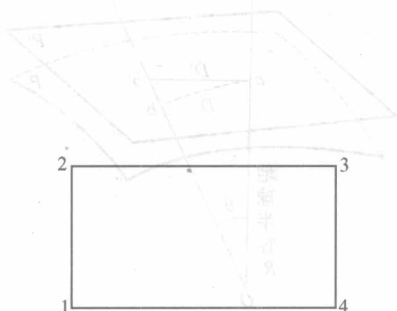


图 1-9 地物特征

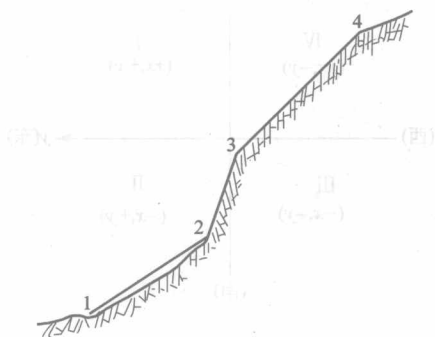


图 1-10 地貌特征

图 1-10 是一山坡，其地形变化的情况可用地面坡度变化点 1、2、3、4 各点所组成的线段来表示。各线段间的坡度是一致的，所以只要把 1、2、3、4 各点的平面位置和高程确定下来，地形变化的形态也就反映出来了。此例说明 1、2、3、4 分别是地貌特征点，也是反映地面起伏的碎部点。

两例说明了一个共同的实质：无论地物、地貌的形状多么复杂，都是由一些特征点构成的，只要正确使用测量仪器和工具，通过一系列的测量，将地面上地物、地貌的形状的特征点平面位置正确反映在图纸上，这项工作就是地面点的确定。

在测区半径小于 10km 的范围内，这时由于地球表面的弯曲很微小，不考虑地球曲率的影响。这样地面点的平面位置就是它们沿铅垂线方向在水平面投影的位置。

图 1-11 中，地面点 A、B、C、D 的水平投影 a 、 b 、 c 、 d 就是它们在平面上的位置。再丈量出各点之间的水平距离 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 ，测出水平角 β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 和起始边 ab 与标准方向（通常为指北方向）间的夹角 α ，则 a 、 b 、 c 、 d 各点在图上的位置即可完全确定。所以地面点的平面位置的确定，就是测量水平距离和水平角度。平面位置只能说明地面点在平面上的相互关系，要完全确定地面点在三维空间内的位置，还必须测定它的高程。

四、测量工作的原则与要求

（一）测量工作基本内容

从以上所述内容知道，测量工作的实质就是确定地面点的位置。在实际测量工作中，使用传统测量仪器很难直接测出地面点的平面直角坐标 (x, y) 和高程 H ，而是通过实地测量有关点位关系的基本元素，然后由计算得出。如图 1-11 所示，A、B 是已知高程和坐标的两个已知点，C、D 为待确定点，只要测出水平距离、水平角、高差，经过计算就能得出待确定点的坐标和高程。由此可知，距离、角度和高差是确定点位关系

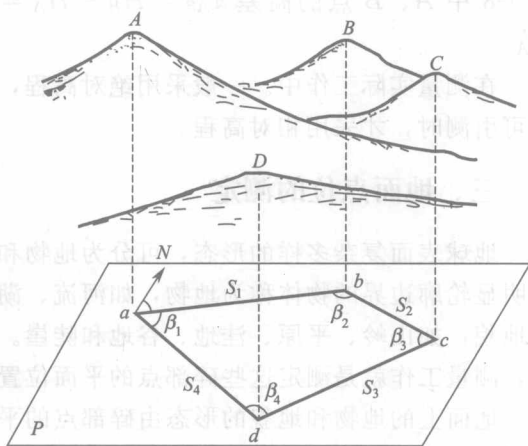


图 1-11 地面点的相对位置