

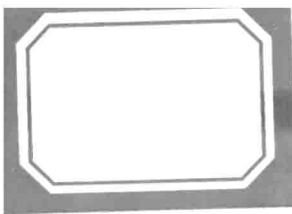
建筑工程测量



普通高等学校
土木建筑类「十二五」应用型规划教材

Jianzhu
Gongcheng Celiang

主编 林龙镇 李泽



建筑类“十二五”应用型规划教材

建筑工程测量

主 编 林龙滨 李 泽
副主编 杨谈蜀 张 坤 蒋伟勤 朱广轶
参 编 沈耀辉 杨 扬

 哈尔滨工程大学出版社

内容提要

本书共分 14 章,内容包括绪论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、小测区控制测量、大比例尺地形图测绘、地形图的应用、建筑施工测量、建筑变形测量与竣工图测绘、线路工程测量、桥梁与隧道工程测量、房产地籍测量、测量试验与实习。本书编写采用校际合作的形式,汲取各高校在测量教学方法、教学手段和教学内容等方面的成功经验,并融入最新教学改革成果,具有较强的实用性。

本书可作为高等院校建筑工程、建筑学、城市规划、给排水、工程管理、房地产经营与管理等专业教材,也可作为非测绘类相关专业高职高专教材及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/林龙槟,李泽主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2014. 1

ISBN 978-7-5661-0735-0

I. ①建… II. ①林… ②李… III. ①建筑测量
IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 006457 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮 编 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 北京紫瑞利印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 19.5
字 数 524 千字
版 次 2014 年 1 月第 1 版
印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷
定 价 42.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

本书是根据高等学校土木工程专业指导委员会制定的“测量学课程教学大纲”编写的高等本科院校土木类建筑工程测量教材,适用于建筑工程、建筑学、城市规划、给排水、工程管理、房地产经营与管理等专业,亦可作为非测绘类相关专业高职高专教材及工程技术人员的参考用书。

本书的编写力求完整性和系统性。课程内容经过多次仔细推敲、论证,在此基础上整合和优化,力求做到内容系统完整,充分反映工程测量最新发展,实现土木专业本科应用型人才培养的目标。“建筑工程测量”是工程类专业必修的专业基础课,实践性较强,理论与实践结合紧密。本书内容组织体现了实践教学的需要,第14章测量试验与实习汇总与理论和实践结合的各项技能试验内容,能够帮助学生掌握测量基本理论、基本方法和基本技能,培养学生的动手、实践与创新能力,为学生从事土木工程勘测、设计、施工、管理奠定基础。

本书编写采用校企合作的形式编写,通过不同高校教师的精诚合作,汲取各高校在测量教学方法、教学手段和教学内容等方面改革的成功经验,并把教学改革的成功成果成功地运用于教材的编写中。本书由林龙镔、李泽主编,编写分工情况如下:第1~5章由厦门大学嘉庚学院林龙镔编写;第6章由沈阳大学朱广轶编写;第7章由厦门大学嘉庚学院沈耀辉编写;第8章由辽宁科技学院李泽编写;第9章、第10章、第11章的11.1~11.3由洛阳理工学院杨谈蜀编写;第11章的11.4~11.6由河南建筑职业技术学院杨扬编写;第12章、第13章的13.1~13.3、第14章由洛阳理工学院张坤编写;第13章的13.4~13.6由广西科技大学鹿山学院蒋伟勤编写。全书由林龙镔负责统稿和全面修改。

本书在编写过程中引用了若干公开发表的论文资料、相关教材及著作,也参考了一些仪器设备生产厂家的资料和说明书,在此,对这些文献资料、相关教材和著作的作者及仪器设备生产厂家表示衷心的感谢!

鉴于时间仓促和编者的水平有限,编写中必有漏误之处,敬请专家同行和读者批评指正。

编者

目录

CONTENTS

第1章 绪论	1
1.1 测量学概述	1
1.2 地球的形状和大小	3
1.3 地面点位的确定	4
1.4 用水平面代替水准面的限度	8
1.5 测量的基本工作与基本原则	10
1.6 测量常用计量单位	12
第2章 水准测量	14
2.1 水准测量原理	14
2.2 水准测量的仪器与工具	16
2.3 水准测量的方法与成果处理	21
2.4 水准仪的检验与校正	27
2.5 水准测量的误差来源	31
2.6 自动安平水准仪	32
2.7 数字水准仪	33
2.8 精密水准仪	34
第3章 角度测量	40
3.1 角度测量原理	40
3.2 光学经纬仪	42
3.3 经纬仪的使用	44
3.4 水平角观测	47
3.5 竖直角观测	52
3.6 经纬仪的检验与校正	56
3.7 水平角测量的误差来源	60

3.8 电子经纬仪	62
第4章 距离测量与直线定向	67
4.1 钢尺量距	67
4.2 视距测量	73
4.3 电磁波测距仪	76
4.4 直线定向	79
4.5 坐标方位角的计算	81
第5章 测量误差的基本知识	86
5.1 测量误差概述	86
5.2 衡量精度的指标	89
5.3 算术平均值及其精度评定	91
5.4 误差传播定律	94
5.5 非等精度观测的最可靠值及其中误差	97
第6章 小测区控制测量	102
6.1 控制测量概述	102
6.2 导线测量	103
6.3 交会定点	109
6.4 电子全站仪	112
6.5 GPS 测量	114
第7章 大比例尺地形图测绘	118
7.1 地形图的基础知识	118
7.2 大比例尺地形图的测绘	137
7.3 数字化测图	141
第8章 地形图的应用	146
8.1 地形图的基本应用	146
8.2 图形面积的量算	147
8.3 地形图在工程建设中的应用	149
8.4 地理信息系统	153
第9章 建筑施工测量	162
9.1 施工测量	162

9.2 测设的基本工作	164
9.3 点的平面位置测设	168
9.4 轴线测设	171
9.5 基础施工测量	173
9.6 工业厂房构件安装测量	175
9.7 高层建筑施工测量	178
第 10 章 建筑变形测量与竣工图测绘	184
10.1 建筑变形观测的一般规定	184
10.2 沉降观测	186
10.3 位移观测	191
10.4 裂缝观测	197
10.5 竣工图编绘	198
第 11 章 线路工程测量	202
11.1 概述	202
11.2 中线测量	204
11.3 圆曲线测设	211
11.4 缓和曲线测设	217
11.5 路线纵、横断面测量	219
11.6 道路施工测量	226
第 12 章 桥梁与隧道工程测量	230
12.1 桥梁施工测量	230
12.2 地下工程施工测量	239
第 13 章 房地籍测量	253
13.1 房产测量的任务和作用	253
13.2 房产调查	254
13.3 房地籍控制测量	260
13.4 界址点测量	261
13.5 房产图测绘	264
13.6 房产面积量算与房产变更测量	269
第 14 章 测量试验与实习	273
试验 1 水准仪的认识与使用	273

试验 2 普通水准测量·····	274
试验 3 水准仪的检校·····	276
试验 4 DJ ₆ 光学经纬仪的认识与使用·····	280
试验 5 测回法观测水平角·····	282
试验 6 方向观测法测水平角·····	283
试验 7 竖直角测量·····	285
试验 8 钢尺量距与罗盘仪使用·····	286
试验 9 全站仪的认识与使用·····	287
试验 10 地形测量·····	289
试验 11 导线测量·····	294
试验 12 工程放样·····	298
试验 13 GPS-RTK 定位技术应用·····	300
参考文献·····	303

第1章 绪 论

学习目标

了解测量学研究的对象和内容,本课程学习的主要要求;掌握地面点位的确定方法,理解常用坐标系的建立方法;熟悉地球曲率对测量工作的影响;了解测量工作的主要任务;掌握测量的基本工作和基本原则;掌握测量常用计量单位。

学习重点

地面点位的确定方法,高斯平面直角坐标系的建立方法,测量的基本工作和基本原则,测量常用基本单位。

1.1 测量学概述

测量学,又称测绘学,是研究地球的形状与大小,确定地球表面(包括地下及地上空间)各种物体的形状、大小和空间位置的科学。主要解决以下三个方面的问题:研究地球的形状和大小;收集和采集地球表面的形态及其他相关的信息并绘制成图;进行经济建设和国防建设所需要的测绘工作,满足各类工程项目设计、施工、管理的需要。

1.1.1 测量学的分类

测量学根据研究的重点对象和应用范围的差异,主要分为以下几门主要的分支学科:

(1)大地测量学,是指研究地球整体的形状、大小、地球重力场测定和按一定坐标系建立国家大地控制网,以满足测绘地形图、国防和工程建设需要的理论和方法的学科。该学科主要是以广大地区为研究对象的测绘科学。

(2)普通测量学,是指研究地球表面局部区域的地物和地貌,并将其按一定比例尺测绘成大比例尺地形图的基本理论和方法的学科,属测量学的基础部分。

(3)摄影测量学,是指研究利用摄影或遥感技术获取被测物体(地物和地貌)的影像,并进行分析和处理,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。

(4)工程测量学,是指研究工程建设在设计、施工和管理各阶段中进行测量工作的理论、技术和方法的学科。

(5)海洋测绘学,是指以海洋水体和海底为对象所进行的测量和海图编制工作,是海洋事业的一项基础性工作,其成果广泛应用于经济建设、国防建设和科学研究的各个领域。

(6)地图制图学,是指研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的学科,主要包括地图的编制、投影、整饰和印刷等内容。

本书主要属于《普通测量学》的范畴,并包含《工程测量学》的基本内容。

1.1.2 基本概念

地球的自然表面很不规则,有各种不同地形,如高山、丘陵、平原、盆地、湖泊、河流和海洋等。人类为了生存和发展的需要,在地球表面上建设了各类建筑物和构筑物,如房屋建筑、工业厂房、码头、公路、铁路、桥梁等。为了学习的需要,首先需要了解地物、地貌和地形的概念。

地物,是指地貌上天然或人工形成的物体,包括湖泊、河流、海洋、房屋、道路、桥梁等。

地貌,是指地表高低起伏的形态,包括山地、丘陵和平原等。

地形,是指地物和地貌的总称。

1.1.3 发展历史及应用范围

测绘学是研究地球的形状与大小,而人类对地球形状的认识也处于不断地变化中。最初人们认为地球乃“天圆地方”,直到公元前6世纪毕达哥拉斯和公元前4世纪亚里士多德提出了“地圆说”。公元前3世纪,埃拉托斯特尼在亚历山大采用两地观测日影的办法,首次推算出地球子午圈的周长及地球的半径,证实了“地圆说”理论,而该方法则是“弧度测量”的初始形式。公元724年,中国唐代的南宫说等人在张遂(一行)的指导下,首次在河南省境内实测一条300km的子午弧,推算出纬度1°的子午弧长,亦是世界上第一次弧度实测。1617年,荷兰的W. 斯涅耳首创三角测量法进行弧度测量,克服了在地球表面上直接测量弧长的困难。1687年,英国的I. 牛顿发表万有引力定律之后,1690年,荷兰的C. 惠更斯在其著作《论重力起因》中,根据地球表面的重力值从赤道向两极增加的规律,得出地球的外形为两极略扁的扁球体论断。从此结束了历经半个世纪的有关地球形状的争论。1743年,法国的A. C. 克莱洛发表《根据流体静力学原理研究地球形状理论》,奠定了用物理方法研究地球形状的理论基础。1849年,英国的G. G. 斯托克斯提出斯托克斯定理,根据这一定理,可以利用地面重力测量结果研究大地水准面形状。1873年,德国的利斯廷提出大地水准面的概念,以一个假想的由地球自由静止的海水平面扩展延伸而形成的重力等位闭合曲面表示地球的形状。1945年,苏联的米哈伊尔·谢尔盖耶维奇·莫洛坚斯基依据地球表面的测量数据创造了确定地球自然表面形状及其引力场的基本理论,提出了似大地水准面的概念。

测绘学是技术性学科,它所依仗的工具是测绘仪器,因此测绘学的发展离不开测绘工具的革新。17世纪以前,人们使用简单的工具,如绳尺、木杆尺等进行测量,以测量距离为主。17世纪初人们发明了望远镜,测绘工具开始变革。1617年,荷兰的W. 斯涅耳创立了三角测量法,开始了角度测量。1730年,英国的西森研制出第一架经纬仪,促进了三角测量的发展。地理大发现开始后,许多国家研究出了海上测定经纬度的仪器以定位船只。1859年,法国的A. 洛斯塔首创摄影测量法。20世纪以后,随着飞机的发明,出现了航空摄影测绘地图的方法,可以将航摄像片在立体测图仪上加工成地形图。1957年第一颗人造地球卫星发射成功后,利用人造卫星进行大地测量成为主要技术手段,卫星定位技术(GPS)和遥感技术(RS)得以广泛应用。随着电子计算机、微电子技术、激光技术、空间技术的发展与应用,以“3S技术”[GPS、RS与地理信息系统技术(GIS)]为代表的测绘科学与技术得到不断发展完善。

在国民经济建设中,测绘技术有比较广泛的应用。在城市规划、给水排水、燃气管道、工业厂房和民用建筑中的测量工作主要有:在设计阶段,测绘各种比例尺的地形图,供建(构)筑

物的平面及竖向设计使用；在施工阶段，将设计建(构)筑物的平面位置和高程在实地标定出来，作为施工的依据；工程竣工后，测绘竣工图，供日后扩建、改建、维修和城市管理应用，对某些重要的建(构)筑物，在建设中和建成后还需进行变形观测，以保证建(构)筑物的安全。在铁路、公路建设之前，为了确定一条最经济最合理的路线，必须预先进行该地带的地形图测绘，在地形图上进行线路设计，然后将设计路线的位置标定在地面上，以便进行施工。当路线跨越河流时，应测绘河流两岸的地形图，测定河流的水位、流速、流量、河床地形图等以供桥梁设计、建设使用。当路线穿过山岭需要开挖隧道时，需要应用地形图确定隧道位置，根据测量数据计算隧道的长度和方向，隧道相向开挖时，需要根据测量成果指示开挖方向，保证正确贯通。在房地产的开发、管理和经营中，测绘技术也起着重要的作用。

1.1.4 学习要求

通过本课程的学习，应掌握下列基本内容：

- (1)地形图测绘。运用各种测量仪器和工具，通过实地测量和计算，把小范围内地面上的地物、地貌按一定的比例尺测绘成图。
- (2)地形图应用。在工程设计中，从地形图上获取设计所需要的资料，如点的坐标和高程、两点间的水平距离、地块的面积、土方量、地面坡度、地形的断面和进行地形分析等。
- (3)施工放样。把图上设计好的建(构)筑物标定在实地上，作为施工的依据。
- (4)变形观测。监测建(构)筑物的水平位移、垂直沉降、倾斜变形和裂缝扩展等，并采取措
施，保证建(构)筑物的使用安全。
- (5)竣工测量。工程竣工后，测绘竣工图。

1.2 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的，地球的形状和大小与测量工作和数据处理紧密相关。地球的自然表面有高山、丘陵、平原、盆地、湖泊、河流和海洋等高低起伏的形态，其中海洋面积约占71%，陆地面积约占29%。在地面进行测量工作应掌握重力、铅垂线、水准面、大地水准面、参考椭球面和法线的概念及关系。

如图1-1(a)所示，由于地球的自转，其表面的质点 P 同时受到万有引力与离心力的影响， P 点所受的万有引力与离心力的合力称为重力，重力的方向线称为铅垂线。

假想静止不动的水面延伸穿过陆地，包围整个地球，形成一个闭合的曲面，这个闭合曲面称为水准面。水准面是受地球重力影响形成的重力等位面，其特点是面上任意一点的铅垂线都垂直于该点的曲面。由于水准面的高度可变，因此符合这个特点的水准面有无数个，其中与平均海面相吻合的水准面称为大地水准面。大地水准面是唯一的。

由于地球内部的质量分布不均匀，地球各处万有引力的大小不同，致使重力方向发生变化，所以大地水准面是一个有微小起伏、不规则的复杂曲面，难于用数学方程表示。如果在这个曲面上直接进行测绘和数据处理非常困难。为了解决这个问题，通常选择一个与大地水准面非常接近的、能用数学方程表示的椭球面代表地球的几何形状，椭球面由长半轴为 a 、短半轴为 b 的椭圆 $NESW$ 绕其短轴 NS 旋转而成的参考椭球体，参考椭球体又称为地球椭球体，其表面称为参考椭球面[图1-1(c)]。

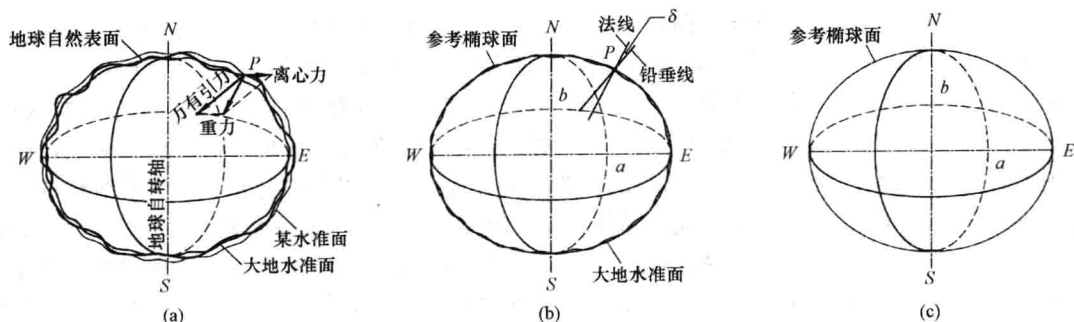


图 1-1 地球自然表面、水准面、大地水准面、参考椭球面、铅垂线、法线间的关系

参考椭球面可以用下列数学公式表示：

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1 \quad (1-1)$$

由地表任意一点 P 向参考椭球面所作的垂线称为法线， P 点的铅垂线与法线一般不重合，其夹角 δ 称为垂线偏差[图 1-1(b)]。

地球椭球体的各项参数，包括椭球体的长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 α 等，参数间的关系式为

$$\alpha = (a - b) / a \quad (1-2)$$

我国在不同时期使用的地球椭球体参数见表 1-1。

表 1-1 地球椭球体参数

椭球体名称	推求年代	长半轴 a/m	扁率 α	应用
海福特椭球体(Hyford)	1910 年	6 378 388	1 : 297.0	新中国成立前
克拉索夫斯基椭球体(Krassovsky)	1940 年	6 378 245	1 : 298.3	新中国成立后
国际大地测量(IAG)和地球物理学联合会(IUGG)第 16 届大会推荐值	1975 年	6 378 140	1 : 298.257	1980 年后
WGS-84 椭球体 IAG & IUGG 第 17 届大会推荐值	1984 年	6 378 137	1 : 298.257	GPS

由于地球椭球体的扁率很小，当测区面积不大时，可以把地球椭球体当作圆球体看待，半径 R 按下式计算：

$$R = (2a + b) / 3 \quad (1-3)$$

其近似值为 6 371km。

1.3 地面点位的确定

地球表面上各种地物和地貌都是由不同形状的面连接而成，而这些面的位置是由具有代表性的特征点连接而成的轮廓线所决定的。测量的主要工作实际上就是确定地面特征点的空间位置。地面点的空间位置一般采用三个参数表示，分别由坐标(两个参数量)和高程(一个参数)组成。坐标表示地面点沿着投影线(铅垂线或法线)投影到基准面(大地水准面、椭球面或平面)上

的位置。高程表示地面点沿投影线到达基准面的距离。

地面点的空间坐标与选用的基准面及坐标系有关。测量上常用的坐标系(二维)有地理坐标系、平面直角坐标系及高程系(一维)。

1.3.1 地理坐标系

地理坐标系是用经度、纬度表示点在地球表面的位置,坐标值不能直接测定,只能根据基准面上基准点的起始数据和观测值来推算。按坐标系所依据的基本线和基本面的不同以及求取坐标的方法不同,地理坐标系又分为天文地理坐标系和大地地理坐标系两种,如图1-2所示。

1. 天文地理坐标系

天文地理坐标又称天文坐标,是以大地水准面为基准面,铅垂线为基准线,以天文经度 λ 和天文纬度 φ 表示地面点按铅垂方向投影到大地水准面上的位置。通过地面 P 点的铅垂线,并与地球旋转轴相平行的平面称天文子午面。如图1-2(a)所示,过地球表面任意一点 P 的天文子午面 $NPKS$ 与首子午面 $NGMS$ (通过英国格林尼治天文台的子午面)之间的二面角,称 P 点的天文经度 λ ;角值 $0^\circ \sim 180^\circ$,向东为东经,向西为西经。过 P 点的铅垂线与赤道平面的夹角,称 P 点的天文纬度 φ ;从赤道面起算,角值 $0^\circ \sim 90^\circ$,向北为北纬,向南为南纬。

天文经、纬度是用天文观测方法测得的。各点的天文经、纬度是独立的,相互间没有联系。

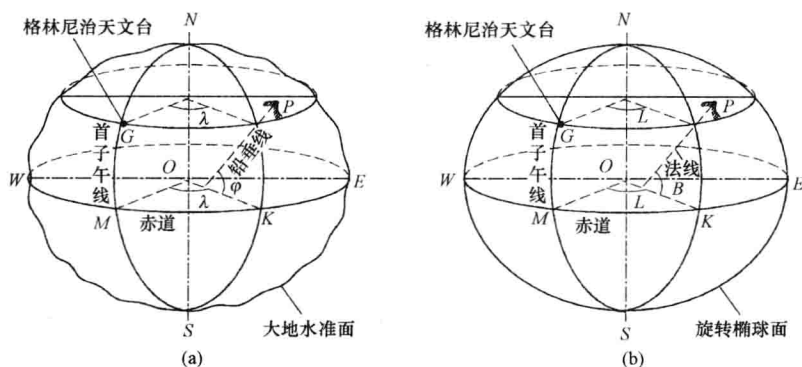


图 1-2 地理坐标系

2. 大地地理坐标系

大地地理坐标又称大地坐标,是以参考椭球面为基准面,法线为基准线,以大地经度 L 和大地纬度 B 表示。如图1-2(b)所示,过地球表面任意一点 P 的大地子午面 $NPKS$ 和首子午面 $NGMS$ 所夹的二面角,称 P 点的大地经度 L 。过 P 点的法线与赤道面的夹角,称 P 点的大地纬度 B 。

大地经、纬度是根据起始大地点(又称大地原点,该点的大地经纬度与天文经纬度一致)的大地坐标,用大地测量方法推算而得,与天文经、纬度不同,二者存在微小差异。我国以陕西省泾阳县永乐镇大地原点为起算点,由此建立的大地坐标系,称为“1980 国家大地坐标系”,简称 80 系。

1.3.2 平面直角坐标系

1. 高斯平面直角坐标系

大地坐标系建立在参考椭球面的基础上,若将其直接用于测图、工程建设规划、设计、施

工等,则很不方便,因此测量工作最好在平面上进行。所以需要将参考椭球面上大地坐标按一定数学法则归算到平面上,并在平面直角坐标系中采用人们熟知的简单公式计算平面坐标。由参考椭球面上的大地坐标向平面直角坐标转化时采用地图投影理论,我国采用高斯-克吕格投影,简称高斯投影。

高斯投影首先将地球按经线划分为若干带,称为投影带。国际上常用按每 6° 或 3° 为带宽对参考椭球面进行投影带划分,称为 6° 带投影或 3° 带投影。如图 1-3 所示,从首子午线开始,自西向东每隔 6° 划为一带,共 60 个投影带,每带均有统一编排的带号,用阿拉伯数字表示。投影带两边的两条经线称为边缘子午线,投影带中央的一条经线称为中央子午线。任意 6° 带中央子午线经度 L 与投影带号 N 的关系为

$$L = 6N - 3 \quad (1-4)$$

反之,已知地面任一点的经度 L ,要计算该点所在的统一 6° 带编号的公式为

$$N = \text{Int}\left(\frac{L+3}{6} + 0.5\right) \quad (1-5)$$

图 1-3 中, 3° 带是在 6° 带的基础上划分的,其中央子午线在奇数带时与 6° 带中央子午线重合,每隔 3° 为一带,共 120 个投影带。任意 3° 带中央子午线经度 L' 与投影带号 n 的关系为

$$L' = 3n \quad (1-6)$$

反之,已知地面任一点的经度 L ,要计算该点所在的统一 3° 带编号的公式为

$$n = \text{Int}\left(\frac{L}{3} + 0.5\right) \quad (1-7)$$

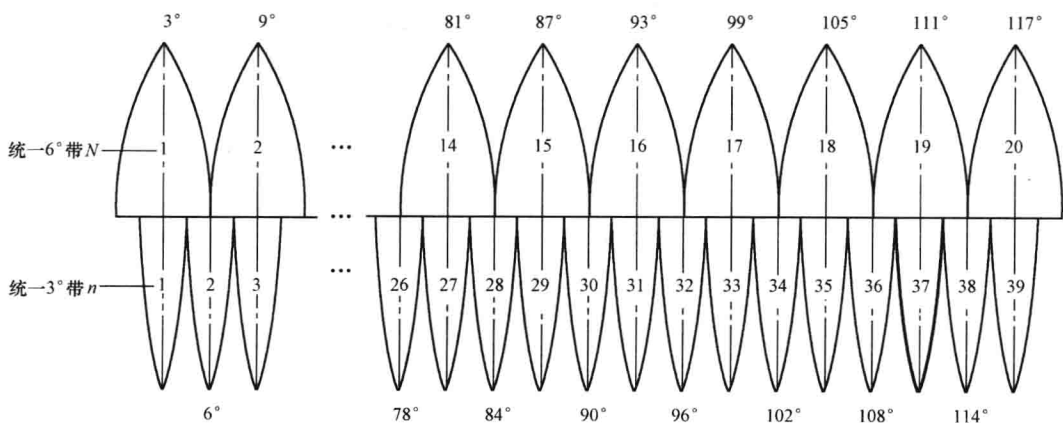


图 1-3 高斯平面直角坐标系 6° 带投影与 3° 带投影的关系

我国领土所处的概略经度范围为东经 $73^\circ 27'$ ~ 东经 $135^\circ 09'$, 根据式(1-5)和式(1-7)求得的 6° 带投影与 3° 投影的带号范围分别为 13~23、24~45。可见,在我国领土范围内, 6° 带投影与 3° 投影的带号不重叠。

根据需要,投影带还可以按每 1.5° 为带宽对参考椭球面进行投影带划分,称为 1.5° 带投影,任意 1.5° 带中央子午线经度与投影带号的关系,国际上没有统一规定,通常是使 1.5° 带的中央子午线与 3° 带投影的中央子午线或边缘子午线重合。投影带也可采用任意带投影,通常用于建立城市独立坐标系。

如图 1-4(a)所示,高斯投影是一种横椭圆柱正形投影。设想用一个横椭圆柱套住参考椭球面,并与某一投影带中央子午线相切,横椭圆柱的中心轴 CC' 通过参考椭球中心 O 并与地轴 NS

垂直。将投影带范围内的地区投影到横椭圆柱面上, 再将该横椭圆柱面沿南、北极点的母线切展开, 便可在展开的平面上定义平面直角坐标系。

高斯投影的特点有: 椭球面上图形的角度投影到平面之后, 角度值不变, 但距离和面积稍有变形; 中央子午线投影后仍是直线, 且长度值不变, 其他子午线投影后为向两极收敛的曲线, 距离中央子午线越远长度变形越大; 赤道投影后为直线, 南北纬线投影后为离向两极的曲线, 且与赤道投影对称。

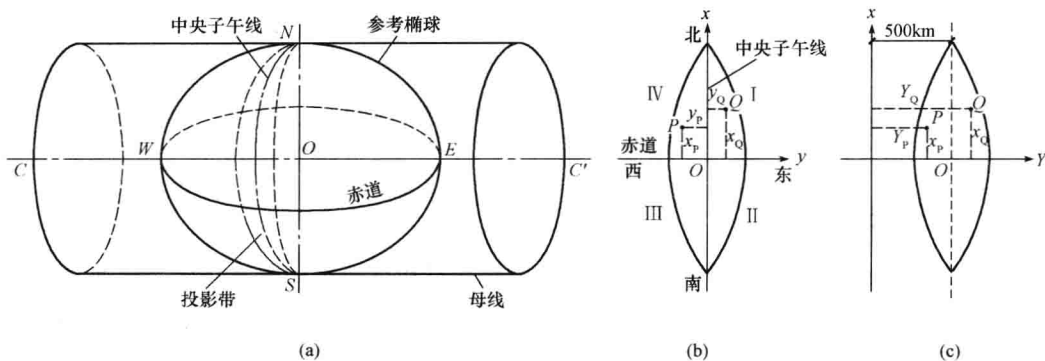


图 1-4 高斯平面坐标系投影图

高斯平面直角坐标系是以各带的中央子午线投影为 x 轴, 北方向为正, 赤道投影为 y 轴, 东方向为正, 两轴线交点为坐标原点, 构成各带独立的坐标系。我国位于北半球, 所以纵坐标 x 均为正, 横坐标 y 有正有负。如图 1-4(b) 所示, P 点在中央子午线以西, y 坐标值为 $-284\,440.4\text{m}$; Q 点在中央子午线以东, y 坐标值为 $+147\,600.5\text{m}$, 这些值称为坐标自然值。

为了不使横坐标出现负值, 通常将 x 轴线向西移动 500km , 则 P 点、 Q 点的坐标值分别为 $215\,559.6\text{m}$ 、 $647\,600.5\text{m}$ 。为了识别某点位于哪一个投影带的坐标系中, 规定在横坐标之前冠以带号, 转换后的坐标值称为坐标通用值。假设 P 点和 Q 点位于带号为 20 的 6° 投影带内, 则 P 点、 Q 点的坐标通用值为

$$Y_P = 20 + 500\,000.0 - 284\,440.4 = 20\,215\,559.6(\text{m})$$

$$Y_Q = 20 + 500\,000.0 + 147\,600.5 = 20\,647\,600.5(\text{m})$$

2. 独立平面直角坐标系

《城市测量规范》(CJJ/T 8—2011) 规定, 面积小于 25km^2 的城镇建立地方平面坐标系可不进行投影改正。如图 1-5(a) 所示, 将测区的中心点 C 沿铅垂线投影到大地水准面上得 c 点, 用过 c 点的切平面来代替大地水准面, 以测区的西南角为坐标原点, 经过测区中心点 C 的子午线为坐标纵轴 x 轴, 北方向为正, 坐标横轴 y 轴与 x 轴垂直, 东方向为正, 由此在切平面上建立的测区平面直角坐标系 xOy 称为独立平面直角坐标系, 又称假定平面直角坐标系。

独立平面直角坐标系的坐标方向和象限编号顺序与高斯平面直角坐标系相同。高斯平面直角坐标系与数学笛卡儿坐标系不同, 区别在于坐标纵横轴互换, 且象限按顺时针方向 I、II、III、IV 排列, 如图 1-5(b)、(c) 所示。笛卡儿坐标系以象限角为 45° 的直线为轴旋转 180° 即得到高斯平面直角坐标系, 旋转后平面上点位置关系并没有发生改变, 所以数学中的三角函数几何公式不作任何改变可直接应用于测量学中。