

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材

工程测量 (非测绘类)

Gongcheng Celiang (Feicehuilei)

李天和 主编



黄河水利出版社

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材

工 程 测 量

(非测绘类)

主编 李天和
编写 刘绍堂 李聚方
鞠尊洲 全志强

黄河水利出版社

内容提要

本书是高职高专院校非测量专业的专业基础课教材,全书共分为十五章,第一至九章为基础部分,内容包括绪论、测量学的基本知识、角度测量的原理及方法、距离测量、高程测量、测量误差的基本知识、控制测量、GPS卫星定位基本原理及应用、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用;第十至十五章根据各专业的不同需要进行选学,其内容为建筑工程施工测量、线路测量、地质勘探工程测量、水利电力测量、房地产地籍测量、建筑物变形观测和竣工平面图测绘。

本书可作为工业与民用建筑、道路与桥梁工程、地质工程、水利水电、房地产与土地管理等专业的高职高专教材,也可作为上述专业的函授大专及自学者的教材,同时亦可供中专有关专业和相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量.非测绘类/李天和主编.—郑州:黄河水利出版社,2006.8

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材

ISBN 7 80734 039 8

I.工… II.李… III.工程测量—高等学校:技术学校—教材 IV.TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第091357号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:24

字数:540千字

印数:1—4 100

版次:2006年8月第1版

印次:2006年8月第1次印刷

书号:ISBN 7-80734-039-8/TB·14

定价:36.00元

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专
规划教材审定委员会

主 任 宁津生

副主任 陶本藻 王 依

委 员 赵文亮 方源敏 李晓桓

序

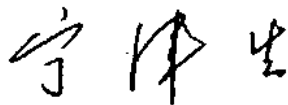
我国的高职高专教育经历了十余年的蓬勃发展,获得了长足的进步,如今已成为我国高等教育的重要组成部分,在国家的经济、社会 and 科技发展中发挥着积极的服务作用,测绘类专业的高职高专教育也是如此。为了加深高职高专教育自身的改革,并使其高质量地向前发展,教育部决定组建高职高专教育的各学科专业指导委员会。国家测绘局受教育部委托,负责组建和管理高职高专教育测绘类专业指导委员会,并将其设置为全国高等学校测绘学科教学指导委员会下的一个分委员会。第一届分委员会成立后的第一件事就是根据教育部的要求,研讨和制定了我国高职高专教育的测绘类专业设置,新设置的专业目录已上报教育部和国家测绘局。随后组织委员和有关专家按照新的专业设置制定了“十五”期间相应的教材规划。在广泛征集有关高职高专院校意见的基础上,确定了规划中各本教材的主编和参编院校及其编写者,并规定了完成日期。为了保证教材的学术水平和编写质量,教学指导分委员会还针对高职高专教材的特点制定了严格的教材编写、审查及出版的流程和规定,并将其纳入高等学校测绘学科教学指导委员会统一管理。

经过各相关院校编写教师们的努力,现在第一批规划教材正式出版发行,其他教材也将会陆续出版。这些规划教材鲜明地突出了高职高专教育中专业设置的职业性和教学内容的应用性,适应高职高专人才的职业需求,必定有别于高等教育的本科教材,希望在高职高专教育的测绘类专业教学中发挥很好的作用。

这里要特别指出,黄河水利出版社在获悉我们将出版一批规划教材后,为了支持和促进测绘类专业高职高专教育的发展,经与教学指导委员会协商,今后高职高专测绘类专业的全部规划教材都将由该社统一出版发行。这里谨向黄河水利出版社表示感谢。

由教学指导委员会按照新的专业目录,组织、规划和编写高职高专测绘类专业教材还是初次尝试,希望有测绘类专业的各高职高专院校能在教学中使用这些规划教材,并从中发现问题,提出建议,以便修改和完善。

高等学校测绘学科教学指导委员会主任
中国工程院院士



2005年7月10日于武汉

前 言

本教材是根据高等学校测绘学科教学指导委员会关于高职高专系列教材规划精神,为高职高专院校非测绘类专业教学而编写的。

根据高等职业技术学院教学的要求,以培养高等技术应用型专门人才为根本任务,以培养技术应用能力为主线,设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案,根据测绘学科的发展状况,对本书的编写原则、选材的范围及其深度和广度、学时要求等问题,进行了探讨,在广泛调研和征求各参编人员意见的基础上,本着科学性、实用性、先进性的编写指导思想,注重高等职业技术教育的特色,侧重基本理论、基本知识和基本方法的阐述,加强动手能力培养等要求,编写了《工程测量》的编写大纲,并通过高等学校测绘学科教学指导委员会组织的审查。大纲要求理论教学以“必需、够用”为度,专业知识教学加强针对性和实用性,教材内容力求做到简明扼要,深入浅出,贴近生产实际,力争编写出一本内容先进、符合高等职业技术教育改革潮流的新一轮专业基础课教材。

本书每章后都附有思考题与习题,这样既便于教师组织教学又便于学生自学。

本书由重庆工程职业技术学院李天和、郑州经济管理干部学院刘绍堂、黄河水利职业技术学院李聚方、包头铁路工程学校全志强和平顶山工学院鞠尊洲共同编写。其中绪论、第六章、第七章、第十二章由李天和编写;第一章、第五章、第八章由刘绍堂编写;第三章、第九章、第十三章由李聚方编写;第四章、第十一章由全志强编写;第二章、第十章、第十四章、第十五章由鞠尊洲编写。全书由李天和主编和统稿。

本书由高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材审定委员会组织审稿,李晓桓教授主审。我们对参加审稿的专家和其他对本书的编写提出了宝贵意见和建议的专家,表示衷心的感谢!

作者在编写过程中,参阅了大量的文献,引用了同类书刊的部分资料,在此,谨向有关作者表示衷心的感谢!黄河水利出版社为本书的出版做了大量工作,在此也深表谢意!

由于作者水平所限,本书在编写过程中,编者做了很大努力,但书中仍会有错漏及不妥之处,诚请广大读者批评指正。

编 者

2006年6月于重庆

目 录

序	宁津生
前 言	
绪 论	(1)
第一章 测量学的基本知识	(3)
第一节 地球的形状和大小	(3)
第二节 地面点的表示方法	(4)
第三节 用水平面代替水准面的限度	(8)
第四节 测图原理与测量工作概述	(10)
思考题与习题	(13)
第二章 角度测量的原理及方法	(14)
第一节 水平角和竖直角观测原理	(14)
第二节 光学经纬仪的构造及度盘读数	(15)
第三节 水平角观测	(22)
第四节 垂直角观测	(29)
第五节 全站仪的电子测角原理和测量方法	(32)
第六节 经纬仪的检验与校正	(35)
第七节 水平角测量误差与注意事项	(41)
思考题与习题	(44)
第三章 距离测量	(46)
第一节 概 述	(46)
第二节 卷尺丈量	(46)
第三节 视距测量	(55)
第四节 光电距离测量	(61)
思考题与习题	(69)
第四章 高程测量	(70)
第一节 概 述	(70)
第二节 水准测量原理	(70)
第三节 水准仪和水准尺	(72)
第四节 水准测量的方法及成果整理	(79)
第五节 水准仪的检验与校正	(89)
第六节 三角高程测量	(93)
第七节 高程测量误差的主要来源及注意事项	(97)
思考题与习题	(99)

第五章 测量误差的基本知识	(101)
第一节 测量误差概念.....	(101)
第二节 评定精度的标准.....	(103)
第三节 观测值的算术平均值及改正值.....	(104)
第四节 观测值的精度评定和误差传播定律.....	(105)
思考题与习题.....	(110)
第六章 控制测量	(111)
第一节 概 述.....	(111)
第二节 地面点之间的平面位置关系.....	(113)
第三节 导线测量和导线计算.....	(116)
思考题与习题.....	(131)
第七章 GPS 卫星定位基本原理和应用	(132)
第一节 GPS 的组成	(132)
第二节 GPS 卫星定位的基本原理	(134)
第三节 GPS 卫星定位的基本方法	(136)
第四节 GPS 测量系统实测	(144)
思考题与习题.....	(159)
第八章 大比例尺地形图的测绘	(160)
第一节 地形图的基本知识.....	(160)
第二节 地形图符号及在地形图上的表示方法.....	(166)
第三节 测图前的准备工作.....	(174)
第四节 地形图测图方法.....	(175)
第五节 地形测绘内容及取舍.....	(178)
第六节 地形图的拼接与整饰.....	(179)
第七节 数字化成图的方法.....	(181)
第八节 摄影测量原理和方法.....	(191)
思考题与习题.....	(194)
第九章 地形图的应用	(196)
第一节 概 述.....	(196)
第二节 地形图应用的基本内容.....	(203)
第三节 地形图在工程建设中的应用.....	(206)
思考题与习题.....	(216)
第十章 建筑工程施工测量	(218)
第一节 概 述.....	(218)
第二节 施工测量的基本工作.....	(219)
第三节 点的平面位置的测设.....	(225)
第四节 建筑施工控制测量.....	(228)
第五节 民用建筑的施工测量.....	(233)

第六节	工业建筑的施工测量	(240)
第七节	烟囱、水塔的施工测量	(246)
第八节	高层建筑的施工测量	(247)
第九节	激光定位技术在施工测量中的应用	(251)
	思考题与习题	(255)
第十一章	线路测量	(257)
第一节	线路测量的内容	(257)
第二节	铁路、公路初测中的测量工作	(257)
第三节	中线测量	(261)
第四节	线路纵横断面测量	(273)
第五节	铁路、公路施工测量	(277)
第六节	桥梁施工测量	(282)
第七节	隧道施工测量	(287)
第八节	GPS 技术在道路施工测量中的应用	(292)
	思考题与习题	(294)
第十二章	地质勘探工程测量	(295)
第一节	概 述	(295)
第二节	地质填图测量	(296)
第三节	勘探工程测量	(297)
第四节	地质剖面测量	(302)
	思考题与习题	(304)
第十三章	水利电力测量	(305)
第一节	大坝施工控制网测量	(305)
第二节	大坝施工测量的方法和要求	(310)
第三节	输电线施工控制网测量	(317)
第四节	输电线施工测量方法和要求	(319)
	思考题与习题	(328)
第十四章	房地产地籍测量	(329)
第一节	房地产地籍控制测量	(329)
第二节	界址点测定	(330)
第三节	地籍图测绘	(335)
第四节	宗地图绘制	(340)
第五节	变更地籍测量	(342)
第六节	房产分幅图测绘	(345)
第七节	房产分丘图和分层分户图测绘	(350)
第八节	房产图清绘	(355)
第九节	房屋建筑面积和用地面积量算	(356)
第十节	房产变更测量	(358)

思考题与习题·····	(359)
第十五章 建筑物变形观测和竣工平面图编绘·····	(360)
第一节 建筑物变形观测概述·····	(360)
第二节 建筑物沉降观测·····	(360)
第三节 建筑物倾斜观测·····	(363)
第四节 建筑物的裂缝与位移观测·····	(367)
第五节 竣工总平面图的编绘·····	(368)
思考题与习题·····	(369)
参考文献·····	(370)

绪 论

1 测绘学的基本概念

传统的测绘学是以地球为研究对象,对地球进行测定和描绘的科学,是利用测量仪器和工具测定地球表面自然的形态、森林植被、土壤、湖泊和人类为了生产和生活所建造的各种人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等,然后根据观测到的长度和角度,通过地图制图的方法将地面的自然形态和人工设施等绘制成地图。一般情况下,测绘工作是在较小区域内(100km^2)进行的,并将地面当成平面,故在进行测量计算和制图时不考虑地球曲率对长度和角度的影响。但是地球表面是一曲面,并不是平面,测绘工作的范围也不限于较小的区域,尤其当代测绘科学技术的应用领域不断扩大,例如一个地区,一个国家,乃至全球的测绘工作。在这种情况下,测绘工作和测绘学所要研究的问题就不是像上面所说的那样简单,测绘工作除了要考虑地球的曲率外,还要考虑地球的重力场等,测绘工作就变得复杂多了。此时,测绘学不仅研究地球表面的自然形态和人工设施的几何信息的获取和表述问题,而且还要把地球作为一个整体,研究获取和表述其几何信息之外的物理信息,如地球重力场的信息以及这些信息随时间的变化。随着科学技术的发展和社会的进步,测绘学的研究对象不仅是地球,还需要将其研究范围扩大到地球外层空间的各种自然和人造实体。因此,现代测绘学概念是:研究地理信息的获取、处理、描述和应用的学科。其内容包括研究、描述地球的形状、大小、重力场、地表形态及它们随时间而发生的各种变化,测定地面、地下和空间各种物体的几何形态、空间位置并确定其属性,根据这些信息编制全球或一个国家、一个地区的各种比例的地图和各种专题地图,建立有关信息系统。

2 测绘学的分类

测绘学是测绘科学技术的总称,它所涉及的技术领域,按照研究内容和测量手段的不同,分为许多分支学科,这些学科有大地测量学、地形测量学、摄影测量学、工程测量学、海洋测量学、地图测量学及测量平差理论等。

大地测量学 是研究地球的大小、形状和重力场,测定地球表面广大地区的点位和地球整体与局部运动的理论和技术的学科。

地形测量学 是研究如何将地球表面较小区域内的地物(自然地物和人工地物)和地貌(地球表面高低起伏的形态)等测绘成地形图的基本理论、技术和方法的学科。

摄影测量学 是利用航空或航天器对地面摄影或遥感,以获得地物和地貌的影像或光谱,然后再对这些信息进行处理、量测、判释和研究,以确定被测物体的形状、大小和位置,并判断其性质,将地表形态和人工设施的影像信息用模拟的、解析的或数字的方式转变成各种比例尺的地形原图或形成地理数据库,并用图形、图像和数字形式来表达测绘成

果的基本理论和方法的一门学科。

工程测量学 是研究工程建设和自然资源开发在规划设计、施工放样和运营管理各阶段中进行测量工作的理论、技术和方法的科学,它是直接为国民经济建设和国防建设服务,紧密与生产实践相结合的学科,是测绘学中最活跃的一个分支学科,所以又称为实用测量学或应用测量学。

工程测量按其建设的对象又分为城市测量、铁路工程测量、公路工程测量、水利测量、地籍测量、建筑测量、工业厂区施工安装测量、矿山测量等。

海洋测量学 是研究测绘海岸、水体表面及海底和河底自然与人工形态及其变化状况的理论、技术和方法的学科。

制图学 是以地图信息传输为中心,探讨地图的编制及其制作的理论、工艺技术及其应用的一门综合性学科。

3 测绘学的任务

根据测绘学的研究内容和分类,测绘学的主要任务为:

(1)确定地球的形状和大小,在已知地球形状、大小及其重力场的基础上,建立统一的坐标和高程系统,精准地测定地面点的平面位置和高程。

(2)利用现代测量手段对地球表面和外层空间的各种自然和人造物体的几何、物理和人文信息及其时间变化进行采集、量测,再通过计算机和网络进行存储、分析、显示、分发和利用。

(3)进行国民经济建设和国防建设所需要的测绘工作,以推动生产与科技的发展。

第一章 测量学的基本知识

第一节 地球的形状和大小

1 地球的形状

测量工作是在地球表面上进行的,所以必须知道地球的形状和大小。地球的自然表面有高山、丘陵、平原、盆地及海洋等地物地貌。世界最高的珠穆朗玛峰高程,根据 2005 年 10 月 9 日国家测绘局公布的数据为:珠穆朗玛峰峰顶岩石面高程 8 844.43m,高程测量精度 $\pm 0.21\text{m}$;峰顶冰雪深度 3.50m。最深的马里亚纳海沟深达 11 022m。地球的自然表面高低起伏最大近 20km,但这种起伏变化仍不足地球半径 6 371km 的 $1/300$,故对地球总的形状的影响可忽略不计。由于地球表面 71% 被海水所覆盖,所以可以把海水所覆盖的地球形体看做地球的形状。

由于地球的自转运动,地球上任一点都要受到离心力和地球引力的双重作用,这两个力的合力称为重力,重力的方向线称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。静止的海水面称为水准面,水准面是受重力影响而形成的,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面,并且是一个重力场的等位面。与水准面相切的平面称为水平面。海水面可高可低,因此符合上述特点的水准面有无数多个,其中与平均海水面吻合并向大陆、岛屿延伸而形成的封闭曲面,称为大地水准面,如图 1-1(a)所示。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体称为大地体。

用大地水准面代表地球表面的形状和大小是恰当的,但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复杂的曲面,如图 1-1(b)所示。如果将地球表面上的图形投影到这个复杂的曲面上,将对测量计算和绘图带来很多困难,为此选用一个非常接近大地水准面,并可用数学式表达的几何形体来代表地球的总形状,这个数学形体称为旋转椭球体,如图 1-1(c)所示。包围旋转椭球体的面称为旋转椭球面。

2 地球的大小

旋转椭球体是由一椭圆(长半轴为 a ,短半轴为 b)绕其短半轴 b 旋转而成的椭球体。椭圆的长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 α 是决定旋转椭球体的形状和大小的元素,随着测绘科学的进步,可以越来越精确地测定这些元素。目前,我国采用国际大地测量协会 IAG 75 参数: $a = 6\,378\,140\text{m}$, $\alpha = 1/298.257$,推算值 $b = 6\,356\,755.288\text{m}$ 。

由于地球椭球体的扁率很小,当测区不大时,可将地球当做半径为 6 371km 的圆球。当测区面积很小时,也可用水平面代替水准面,作为局部地区的测量基准面。

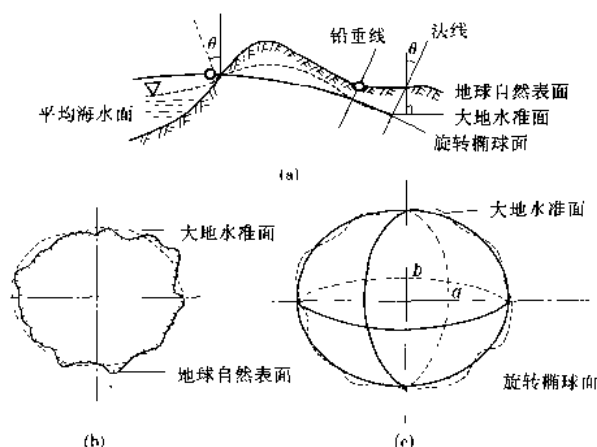


图 1-1 大地水准面和旋转椭球体

第二节 地面点的表示方法

测量工作的基本任务是确定地面点的空间位置。地面点的空间位置通常是用地面点在球面或平面上的投影位置(即地面点的坐标),以及地面点到大地水准面的铅垂距离(即地面点的高程)来描述的。

1 地理坐标

在大区域内确定地面点的位置,以球面坐标系来表示,用经度、纬度表示地面点在球面上的位置,称为地理坐标。地理坐标又因采用的基准面、基准线的不同而分为天文地理坐标和大地地理坐标两种。

1.1 天文地理坐标

用天文经度 λ 和天文纬度 φ 表示地面点在大地水准面上的位置,称为天文地理坐标。如图 1-2 所示,过地面上任一点铅垂线与地轴 $N-S$ 所组成的平面称为该点的子午面,过英国格林威治天文台的子午面称为首子午面。子午面与球面的交线称为子午线或称经线。球面上 F 点的天文经度是过 F 点的子午面与首子午面所夹的二面角,用 λ 表示。自首子午面向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经,向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。垂直于地轴并通过球心的平面称为赤道面。赤道面与球面的交线称为赤道。垂直于地轴且平行于赤道的平面与球面的交线称为纬线。球面上 F 点的纬度是过 F 点的铅垂线与赤道面的夹角,用 φ 表示。纬度从赤道起向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬,向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。例如:北京市中心的天文地理坐标为东经 $116^\circ 24'$,北纬 $39^\circ 54'$ 。

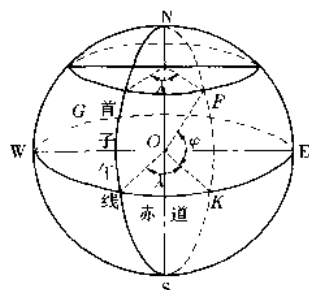


图 1-2 地理坐标

1.2 大地地理坐标

用大地经度 L 和大地纬度 B 表示地面点在旋转椭球面上的位置,称为大地地理坐标,简称大地坐标。地面上任意点 P 的大地经度 L 是该点的子午面与首子午面所夹的二面角; P 点的大地纬度 B 是过该点的法线(与椭球面相垂直的线)与赤道面的夹角。

大地经、纬度是根据大地原点(该点的大地经、纬度与天文经、纬度相等)的起算数据,再按大地测量得到的数据推算而得的。我国曾采用“1954 年北京坐标系”并于 1987 年废止,现采用陕西省泾阳县永乐镇某点为国家大地原点,由此建立新的统一坐标系,称为 1980 年国家大地坐标系。

2 独立平面直角坐标

地理坐标是球面坐标,在球面上(尤其是椭球面上)求解点间的相对位置关系是比较复杂的问题,测量上的计算和绘图最好在平面上进行。当测量区域较小时,可以用水平面代替作为投影面的球面,用平面直角坐标来确定点位(图 1-3)。测量上采用的平面直角坐标系与数学上的基本相同,但坐标轴互换,象限顺序相反。测量上取南北为标准方向,向北为 x 轴正向,顺时针方向量度,这样便于将数学的三角公式直接应用到测量计算上。原点 O 一般假定在测区西南以外,使测区内各点坐标均为正值,便于计算。

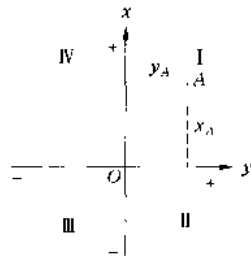


图 1-3 独立平面直角坐标系

当测区范围较大时,由于存在较大的差异,不能用水平面代替球面。而作为大地地理坐标投影面的旋转椭球面又是一个“不可展”曲面,不能简单地展成平面。测量上将旋转椭球面上的点位换算到平面上,称为地图投影。在投影中可能存在角度、距离、面积三种变形,我国采用保证角度不变形的高斯投影方法。如图 1-4(a)所示,设想将一个椭圆柱套在旋转椭球外面,并与旋转椭球面上某一条子午线 NOS 相切,同时使椭圆柱的轴位于赤道面内,且通过椭球中心,相切的子午线称为高斯投影面上的中央子午线。将旋转椭球面上的 M 点投影到椭圆柱面上得 m 点,将椭圆柱面沿其母线剪开,展成平面(图 1-4(b)),这个平面为高斯投影平面。

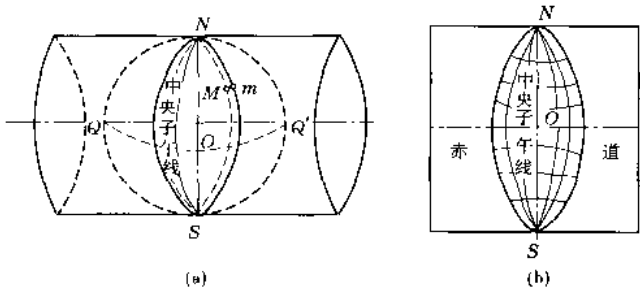


图 1-4 高斯投影

在高斯投影平面上,中央子午线投影的长度不变,其余子午线其长度大于投影前的长度,离中央子午线愈远长度变形愈大。为使长度变形不大于测量的精度范围,高斯投影的方法从首子午线起每隔经差 6° 为一带,自西向东将整个地球分成 60 个带,各带的带号 N 为 1、2、 $\dots$ 、60,如图 1-5 所示。第一个 6° 带中央子午线的经度为 3° ,任意一带中央子午线经度 L_0 ,可按式计算

$$L_0 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (1-1)$$

式中 N 为投影带号。

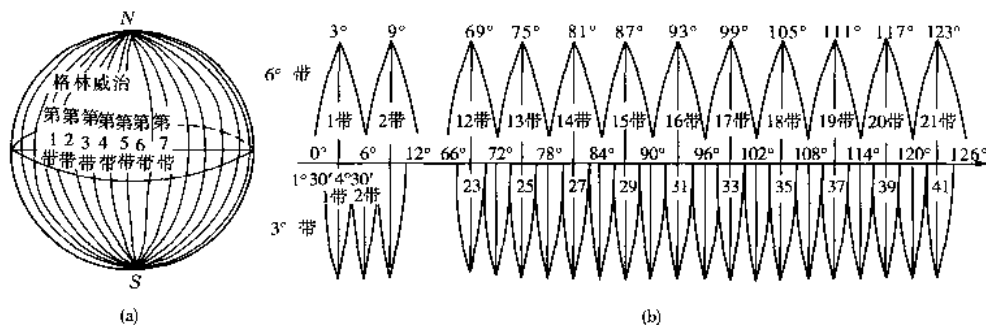


图 1-5 投影分带与 $6^\circ(3^\circ)$ 带

在大比例尺测图中,要求投影变形更小,则可用 3° 带(图 1-5(b))或 1.5° 带投影。

3° 带中央子午线在奇数带时与 6° 带中央子午线重合,各 3° 带中央子午线经度为

$$L_0' = 3^\circ N' \quad (1-2)$$

式中 N' 为 3° 带的带号。

【例 1-1】 某一地面点的经度为东经 $130^\circ 25' 30''$,试问该点在高斯投影 6° 带和 3° 带分别位于第几号带? 其中央子午线经度各是多少?

解: 该点在 6° 带的带号为

$$\frac{130^\circ 25' 30''}{6^\circ} = 22 \text{ (进为整数)}$$

其中央子午线的经度为

$$L_0 = 6^\circ N - 3^\circ = 6^\circ \times 22 - 3^\circ = 129^\circ$$

该点在 3° 带的带号为

$$\frac{130^\circ 25' 30'' - 1^\circ 30' 00''}{3^\circ} = 43 \text{ (进为整数)}$$

其中央子午线的经度为

$$L_0' = 3^\circ N' - 3^\circ \times 43 = 129^\circ$$

在高斯平面直角坐标系中,以每一带的中央子午线的投影为直角坐标系的纵轴 x ,向北为正,向南为负;以赤道的投影为直角坐标系的横轴 y ,向东为正,向西为负;两轴交点 O 为坐标原点。由于我国领土位于北半球,因此 x 坐标值均为正值, y 坐标可能有正有负,如图 1-6(a)所示, A 、 B 两点的横坐标值为: $y_A = +148\,680.54\text{m}$, $y_B = -134\,240.69\text{m}$ 。为了避免出现负值,将横坐标值加 500km ,可理解为每一带的 x 轴向西移了 500km 。

如图 1-6(b) 所示, 则 A、B 两点的横坐标值为: $y_A = 500\,000 + 148\,680.54 = 648\,680.54\text{m}$, $y_B = 500\,000 - 134\,240.69 = 365\,759.31\text{m}$ 。为了根据横坐标值能确定某一点位于哪一个 6° (或 3°) 投影带内, 再在横坐标前加注带号, 例如 A 点位于第 21 带, 则其横坐标值为 $y_A = 21\,648\,680.54\text{m}$ 。

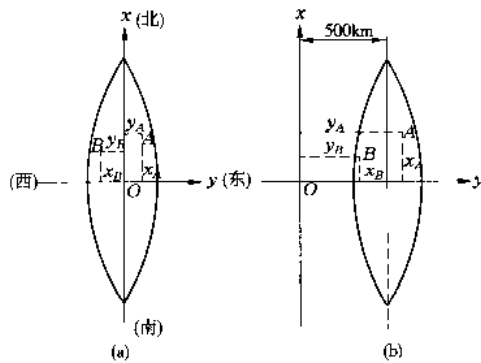


图 1-6 高斯平面直角坐标系

【例 1-2】我国某地一地面点的高斯平面直角坐标值为 $x = 3\,234\,567.78\text{m}$, $y = 38\,342\,110.88\text{m}$ 。试问该坐标值属于几度投影带的坐标值? 该点位于该投影带的第几带? 该带中央子午线经度是多少? 该点位于该带中央子午线的东侧还是西侧? 该点距离中央子午线和赤道各为多少米?

解: 我国位于 6° 带的 13 号带至 23 号带, 3° 带的 24 号带至 45 号带。由 y 坐标值知该点处在第 38 带, 故该坐标值属于 3° 带。第 38 带的中央子午线经度为

$$L_0' = 3^\circ N' - 3^\circ \times 38 = 114^\circ$$

将 y 坐标值前的带号去掉, 再减去 500km , 得

$$342\,110.88 - 500\,000 = -157\,889.12(\text{m})$$

故知该点在第 38 带的中央子午线的西侧, 距中央子午线 $157\,889.12\text{m}$ 。根据该点的 x 坐标值, 该点在赤道以北距赤道 $3\,234\,567.78\text{m}$ 处。

4 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离, 称为绝对高程, 又称海拔。如图 1-7 中的 A、B 两点的绝对高程为 H_A 、 H_B 。受海潮、风浪等影响, 海水面的高低时刻在变化。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”, 其青岛国家水准原点高程: 72.289m , 该高程系统自 1987 年废止并启用“1985 年国家高程基准”, 即原点高程: 72.260m 。在使用测量资料时, 一定要注意新旧高程系统, 以及系统间的正确换算。

在局部地区, 可以假设一个高程基准面作为高程的起算面, 地面点到假设高程基准面的铅垂距离, 称为假定高程或相对高程。如图 1-7 中 A、B 两点的相对高程分别为 H_A' 、 H_B' 。

地面上两点高程之差称为高差, 以 h 表示。A、B 两点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H_B' - H_A' \quad (1-3)$$