



煤炭技工学校“十一五”规划教材

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

矿区地形测量

KUANGQU DIXING CELIANG

煤炭工业出版社

责任编辑：翟 刚 张媛媛 籍 磊

封面设计：晓 杰

《矿山电工学》

《矿山机械维修与安装》

《矿山电气维修与安装》

《矿山固定机械与运输设备》

《矿井提升拖动与控制技术》

《电钳工艺学》

《煤矿安全》

《矿井通风与安全——通风技术》

《矿井通风与安全——安全技术》

《矿井供电技术》

《煤矿安全检测仪器与监控系统》

《采煤概论》

《矿图》

《矿区地形测量》

《矿山地质》

《矿山测量》

《煤矿地质》

《综采电气维修技术》

《综采液压支架使用与维修》

《综采运输机械使用与维修》

《综采采煤机使用与维修》

《综掘工艺》

ISBN 978-7-5020-3566-2



9 787502 035662 >

定价：29.00 元

煤炭技工学校“十一五”规划教材

矿区地形测量

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿区地形测量/中国煤炭教育协会职业教育教材编审
委员会编. —北京: 煤炭工业出版社, 2009

煤炭技工学校“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3566 - 2

I. 矿… II. 中… III. 矿区-地形测量 IV. TD173

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 129787 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

北京玥实印刷有限公司 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787mm × 1092mm ¹/₁₆ 印张 14 ³/₄

字数 344 千字 印数 1—5,000

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

社内编号 6376 定价 29.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

名 誉 主 任	朱德仁					
主 任	邱 江					
常务副主任	刘 富					
副 主 任	刘爱菊	吕一中	肖仁政	张西月	郝临山	魏焕成
	曹允伟	仵自连	桂和荣	雷家鹏	张贵金	韩文东
	李传涛	孙怀湘	程建业			
秘 书 长	刘 富（兼）					
委 员	（按姓氏笔画为序）					
	牛宪民	王 枕	王明生	王树明	王朗辉	甘志国
	白文富	仵自连	任秀志	刘爱菊	刘 富	吕一中
	孙怀湘	孙茂林	齐福全	何富贤	余传栋	吴丁良
	张久援	张先民	张延刚	张西月	张贵金	张瑞清
	李传涛	肖仁政	辛洪波	邱 江	邹京生	陈季言
	屈新安	林木生	范洪春	侯印浩	赵 杰	赵俊谦
	郝临山	夏金平	桂和荣	涂国志	曹中林	梁茂庆
	曾现周	温永康	程光岭	程建业	董 礼	谢宗东
	谢明荣	韩文东	雷家鹏	题正义	魏焕成	
主 编	崔有祯					
副 主 编	薄志毅	辛 星				

前 言

为适应煤炭工业新形势对煤炭职业教育和职工培训工作的要求，加快煤炭职业教育教材建设步伐，坚持“改革创新、突出特色、提高质量、适应发展”的指导思想，完成“创新结构、配套专业、完善内容、提高质量”的工作任务，中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会于2004年5月份召开了第一次全体会议，对煤炭行业职业教育教材建设工作提出了具体意见和要求。经过几年的工作，煤炭行业职业教育教材建设工作进展顺利，煤炭行业职业教育教材建设“十一五”规划已经完成，新的教学方法研究和新的教材开发都取得了可喜成绩。一套“结构科学、特色突出、专业配套、质量优良”的煤炭技工学校通用教材正在陆续出版发行，将为煤炭职业教育的不断发展提供有力的技术支持。

这套教材主要适用于煤炭技工学校教学及工人在职培训、就业前培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《矿区地形测量》是这套教材中的一种，是根据经劳动和社会保障部批准的全国煤矿技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会审定，并认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由北京工业职业技术学院崔有祯任主编，薄志毅和辛星任副主编。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

中国煤炭教育协会职业教育教材

编审委员会

2009年7月

目 次

第一章 测量工作的基础知识	1
第一节 测量学的任务和作用	1
第二节 地球形状和椭球定位的概念	2
第三节 地面上点位的表示方法	5
第四节 直线定向	9
第五节 测量工作概述	12
第六节 测量工作中常用的单位和比例尺	16
复习思考题	19
第二章 水准仪和普通水准测量	21
第一节 水准测量的原理	21
第二节 水准测量的仪器和工具	22
第三节 水准仪的使用方法	28
第四节 普通水准测量	29
第五节 水准仪的检验与校正	32
第六节 水准测量的误差及注意事项	35
第七节 自动安平水准仪的操作使用方法	37
第八节 电子水准仪简介	40
第九节 水准仪的保养与维护	42
复习思考题	48
第三章 经纬仪和角度测量	50
第一节 角度测量原理	50
第二节 光学经纬仪的构造和读数方法	51
第三节 测回法水平角观测	57
第四节 方向法水平角观测	62
第五节 竖直角观测	66
第六节 经纬仪的检验与校正	72
第七节 水平角观测的误差影响	79
第八节 电子经纬仪和全站仪简介	82
复习思考题	84
第四章 距离测量	86
第一节 地面点的标志和直线定线	86
第二节 距离丈量的工具和钢尺检定	88
第三节 钢尺量距和距离改正	90

第四节	钢尺量距的精度和注意事项	93
第五节	视距测量	94
第六节	电磁波测距技术	99
复习思考题		103
第五章	图根平面控制测量	104
第一节	平面控制测量概述	104
第二节	经纬仪导线测量外业	107
第三节	经纬仪支导线测量内业计算	111
第四节	闭合导线内业计算	115
第五节	附和导线内业计算	118
第六节	图根小三角测量概述	121
第七节	图根三角测量内业计算的原理	125
复习思考题		126
第六章	图根高程控制测量	128
第一节	概述	128
第二节	等外水准测量及四等水准测量外业	129
第三节	等外水准测量及四等水准测量内业	133
第四节	三角高程测量	135
复习思考题		143
第七章	地形图的基本知识	144
第一节	地形图概述	144
第二节	地形图的分幅与编号	145
第三节	《高斯投影大比例尺图廓坐标表》的使用方法(选修)	150
第四节	地物、地貌在地形图上地形的表示方法	153
第五节	地形图符号	158
第六节	地形图注记	162
复习思考题		165
第八章	地形图测绘	166
第一节	测图前的准备工作	166
第二节	地形测图的方法	169
第三节	地物的测绘	177
第四节	地貌的测绘	180
第五节	地形图的拼接、装饰、检查及验收	186
复习思考题		192
第九章	地形图的识读与应用	194
第一节	地形图的识读	194
第二节	地形图的应用	196
第三节	野外填图	204
复习思考题		207

附录一	地形测量实训指导书及工作须知·····	208
附录二	综合实训项目·····	213
附录三	地形测量内业计算综合技能训练项目·····	218

第一章 测量工作的基础知识

第一节 测量学的任务和作用

测量学是一门研究地球形状和大小的学科,其任务概括起来有3个方面:一是精确测定地面点的平面位置和高程,以及整个地球的形状和大小;二是将地球表面局部范围的地形及其他信息测绘成图,使之成为与地面保持相似的图形;三是保证国民经济建设和国防建设所需。测量学是随着人们生产实践的需要而产生的,并随着生产和科学技术的发展而发展。这门科学的发展已经包括了下面几个分支学科。

地形测量学——研究地球表面局部区域内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科,是测量学的基础。主要研究内容有:图根控制网的建立、地形图的测绘及一般工程的施工测量。具体工作有距离测量、角度测量、定向测量、高程测量、观测数据的处理和绘图等。

大地测量学——研究在地球表面的广大区域内建立国家大地控制网,测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术与方法的学科。由于人造地球卫星的发射和空间技术的发展,大地测量学又有常规大地测量学和卫星大地测量学与空间大地测量学之分。

摄影测量学——利用摄影像片来研究和测定物体的形状、大小和位置的学科。因获得相片的途径不同,摄影测量学又可分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天摄影测量学等。

工程测量学——研究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。主要研究内容有:工程控制网建立、地形测绘、施工放样、设备安装测量、竣工测量、变形观测和维修养护测量等各种测量工作的理论、技术与方法。

海洋测量学——研究和测量地球表面水体(海洋、江河、湖泊等)及水下地貌的一门综合性学科。主要研究上述范围内的控制测量、岸线地形测量、水下地形测量与水深测量等各种测量工作的理论、技术和方法。

制图学——它的任务是利用测量所得的成果、资料,编制、印刷和出版各种地图。制图学是以地图信息传输为中心,探讨地图及其制作的理论、工艺技术和使用方法的一门综合性学科。它主要研究用地图图形反映自然界和人类社会各种现象的空间分布、相互联系及其动态变化,具有区域性学科和技术性学科的两重性,所以亦称地图学。主要研究内容包括地图编制学、地图投影学、地图整饰和制印技术等。现代制图学还包括用空间遥感技术获取地球、月球等星球的信息,编绘各种地图、天体图以及三维地图模型和制图自动化技术等。

本书是矿山测量工的入门课程,也是矿山测量的专业课程之一,它属于地形测量的范畴,是为矿区的生产建设服务的。通过学习本课程,可使我们了解和掌握地形测量工作的基本技能和必要的理论知识,正确地使用普通的测量仪器和工具,掌握测绘仪器实际操作

使用的基本技能和仪器设备保养维护的初步技能。

由于人类社会不断发展、进步的需要,促使近代科学技术不断发展,现在测量技术领域的发展也是日新月异,由常规的大地测量发展到人造卫星大地测量,由航空摄影测量发展到航天遥感技术的应用;测量对象也由地球表面扩展到空间星球,由静态发展到动态;测量仪器的发展已经广泛趋向电子化和自动化。

测绘工作常被人们赞誉为社会主义建设的尖兵,这是由于不论是国民经济建设还是国防建设,其勘测、设计、施工、竣工及保养维修等阶段都需要测绘工作,而且要求测绘工作走在任务的前面。测量工作在军队中被看做是“指挥员的眼睛”,如地形图是战略部署的重要资料之一。随着科学技术的日益发展,测绘科学在国民经济建设和国防建设中的作用也将日益增大。目前,在地震预测预报、海洋资源勘探、近海油井钻探、地下电缆埋设、灾情监视与调查、宇宙空间技术,以及其他科学研究方面无不需要测绘工作的配合。

新中国成立以后,我国测绘事业得到了蓬勃发展。20世纪50年代初,解放军总参谋部设立测绘局,又于1956年成立国家测绘总局,并相继创办测绘学院和测绘科学研究机构。新中国成立60年来,我国测绘事业从无到有,迅速发展,在国民经济建设的各个领域,都做了许多工作:主要是建成了全国大地控制网,完成了大量不同比例尺地形图测量,培养了大批测绘人才,在测绘理论和方法方面做了大量的研究工作,尤其是在测绘仪器方面,我国不仅能制造许多常规的一般精度的测绘仪器,而且能生产新型精度较高的仪器,如电磁波测距仪、全站仪、自动安平水准仪、精密经纬仪和水准仪、电子经纬仪、数字水准仪和GPS卫星接收机、全数字化摄影测量系统以及正在逐步建立和完善的我国独立的卫星定位系统等。新的测绘方法如卫星大地测量、惯性测量、航空摄影测量、精密工程测量,以及测图、制图自动化数字化的试验、应用方面的研究也蓬勃发展。可以预见,在不远的将来,我国测绘科学的发展会取得更大更新的成就,并赶上或超过世界先进水平。

第二节 地球形状和椭球定位的概念

一、地球的形状与大小

测量工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是极不平坦和不规则的,它有约占71%面积的海洋,陆地面积约占29%;有高达8844.43m(2007年最新测量成果)的珠穆朗玛峰,也有深达11034m的马里亚纳海沟。人们把地球总的形状看做是被海水包围的球体,也就是设想有一个静止的海水面,向陆地延伸而形成一封闭的曲面,这个静止的海水面称为水准面。水准面有无数多个,而其中通过平均海水面的水准面称为大地水准面,它所包围的形体称为大地体。

水准面的特性是它处处与铅垂线(重力的作用线就是铅垂线)垂直。由于地球在不停地旋转着,因此地球上每个点都受离心力和地心吸引力的作用,因此所谓地球上物体的重力就是这2个力的合力(图1-1)。

测量工作的基准线就是铅垂线,也就是地面上一点的重力方向线。地面上任意一点悬挂1个垂球,其静止时垂球线所指的方向就是重力方向。测量工作的基准面就是大地水准

面。当测量仪器的水准器气泡居中时，水准管圆弧顶点的法线即与重力方向一致，因此利用水准器所测结果就是以过地面点的水准面为基准而获得的，如图 1-2 所示。

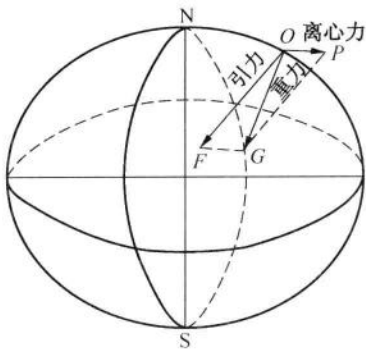


图 1-1

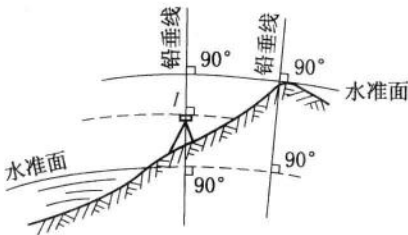


图 1-2

大地水准面仍然是一个有起伏的不规则的曲面，这是因为地球内部质量分布不均匀致使各点铅垂线方向产生不规则变化所致。因此，大地水准面不可能用数学公式来表达，也无法在这个面上进行测量的计算工作。测量工作中，通常用一个非常接近大地体的几何形体，即旋转椭球作为测量计算的基准。该球体是以一个椭圆绕其短轴旋转而成，如图 1-3 所示。

根据 1975 年国际大地测量学与地球物理学联合会决议，推荐使用椭球的元素如下：

长半轴	$a = 6378140\text{m}$
短半轴	$b = 6356755.2881575287\text{m}$
扁平率	$\alpha = 1 : 298.257$

我国在建立新的 1980 年国家大地坐标系时选用的就是上述推荐的椭球元素。由于地球椭球体的扁平率很小，因此，在地形测量的范围内可将地球大地体视为圆球体，其半径可以近似的取为 6371km。

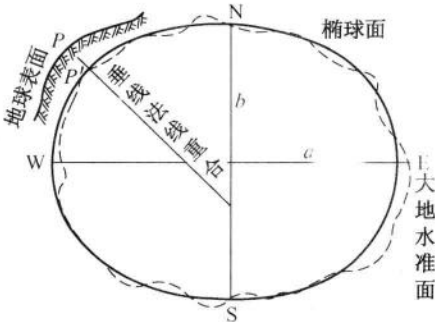


图 1-3

二、椭球的定位与国家大地坐标系

地球的形状确定后，还应进一步确定大地水准面与椭球面的相对关系，只有这样才能将观测成果换算到椭球面上。如图 1-3 所示，选择一点 P，做椭球与大地体切线，切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上，这时，椭球面上 P' 的法线与大地水准面的铅垂线相重合，使椭球的短轴与地轴保持平行，且椭球面与这个国家范围内的大地水准面差距尽量小，于是椭球与大地水准面的相对位置便确定下来，这就是椭球的定位工作（有关这方面的知识将在控制测量中详细介绍）。根据定位的结果可确定大地原点的起算数据。我国最新的 1980 年国家大地坐标系的原点设在陕西省泾阳县永乐镇。

三、地球曲率对水平距离和高差的影响

在地形测量中将大地体近似看做圆球体，将地面点投影到圆球面上，然后再描绘到平面的图纸上，这是很复杂的。在实际测量中，在一定的测量精度要求和测区面积不大时，往往用水平面来代替水准面，就是把较小一部分地球表面上的点投影到水平面上来决定其位置。但是，在多大面积范围能容许以平面投影代替球面投影呢？下面假定大地水准面为一个圆球面，对上述问题探讨如下。

(一) 水准面的曲率对水平距离的影响

在图 1-4 中，设 $\widehat{AB}$ 为水准面上的一段弧线，其长度为 D ，所对圆心角为 θ ，地球半径为 R ，另自 A 点作切线 AB' ，设长为 t 。若将切于 A 点的水平面代替水准面的圆弧，则在距离上将产生误差 ΔD ，

$$\Delta D = AB' - \widehat{AB} = t - D = R(\tan\theta - \theta)$$

将 $\tan\theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \dots$ 代入，得

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \tag{1-1}$$

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{R} \right)^2 \tag{1-2}$$

表 1-1 圆弧长度与测量误差表

圆弧长度 D/km		0.1	0.2	0.4	1	5	10	50	100
误差	$\Delta h/\text{cm}$	0.08	0.31	1.3	8	196	785	103	820
	$\Delta D/\text{cm}$				0.001	0.10	0.82		

取 $R=6371\text{km}$ ， ΔD 值见表 1-1。由该表可知，当 $D=10\text{km}$ 时， $\frac{\Delta D}{D}=1:1.22 \times 10^6$ ，小于目前最精密的距离测量误差，即使在 $D=20\text{km}$ 时， $\frac{\Delta D}{D}=1:3 \times 10^5$ 。因此，在实际

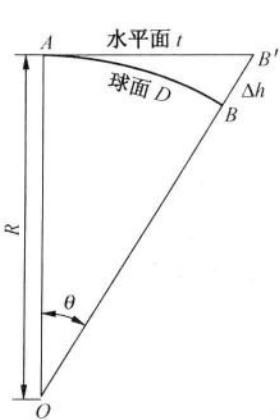


图 1-4

工作中将水准面当做水平面，也即沿圆弧丈量的距离作为水平距离，其误差可忽略不计。

(二) 水准面曲率对高差的影响

由图 1-4 可知， A, B 两点同在一水准面上，高程相等，若以水平面代替水准面，则 B 点移到 B' 点，由此引起的高差误差为 Δh 。由图 1-4 可知

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + t^2$$

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R + \Delta h}$$

若用 D 代替 t ，同时略去分母中的 Δh ，则

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R}$$

不同 D 值的 Δh 见表 1-1。当 $D=1\text{km}$, Δh 也有 8cm 的误差, 这种误差对工程的影响不能忽视。

综上所述, 在地形测量工作中, 水准面的曲率对水平距离的影响可以忽略不计, 而水准面曲率对高差的影响则必须加以考虑。

第三节 地面上点位的表示方法

测量工作的具体任务就是确定地面点的空间位置, 也就是地面上的点在球面或平面上的位置 (地理坐标或平面坐标) 以及该点到大地水准面的垂直距离 (高程)。

一、地理坐标系

在图 1-5 中视地球为一球体, N 和 S 是地球的北极和南极, 连接两极且通过地心 O 的线称为地轴。过地轴的平面称为子午面。过地心 O 且垂直于地轴的平面称为赤道面, 它与球面的交线称为赤道。通过英国格林尼治天文台的子午线称为起始子午线 (首子午线)。而包括该子午线的子午面称首子午面。

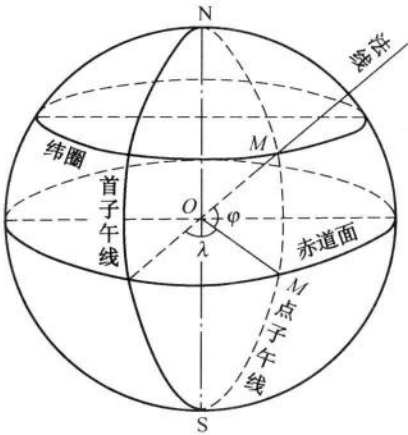


图 1-5

地面上任一点 M 的地理坐标是以该点的经度和纬度来表示的。 M 点的经度是从过该点的子午线所在的子午面与首子午面的夹角, 以 λ 表示。从首子午线起向东 180° 内称东经, 向西 180° 内称西经。 M 点的纬度就是该点的法线与赤道面的交角, 以 φ 表示。从赤道向北由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬, 向南由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。如北京的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$, 北纬 $39^\circ 54'$ 。

二、独立 (假定) 平面直角坐标

地面点在椭圆体上的投影位置可用地理坐标的经度、纬度来表示。但要测量和计算点的经度和纬度, 其工作相当繁杂。为了实用, 在一定的范围内, 可把球面看做平面, 用平面直角坐标来表示地面点的位置, 无论是测量、计算或绘图都很方便。

当测区较小时 (如半径不大于 10km 范围), 可用测区水平面代替水准面。既然把投影面看做平面, 地面点在平面上的位置就可以用平面直角坐标来表示。这种平面直角坐标

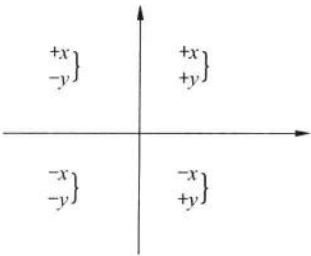


图 1-6

如图 1-6 所示, 规定南北方向为纵轴, 记为 x 轴, x 轴向北为正, 向南为负; 东西方向为横轴, 记为 y 轴, y 轴向东为正, 向西为负。为了避免使坐标值出现负号, 建立这种坐标系时, 可将其坐标原点选择在测区的西南角。

三、高斯平面直角坐标

(一) 高斯投影的概念

椭球面是一个曲面, 在几何上是不可展曲面。因此, 要

将椭圆体上的图形绘于平面上，只有采用某种地图投影的方法来解决。

为了帮助我们粗略地理解地图投影的概念，如图 1-7a 所示，设想用一个投影平面与椭球面相切，然后从球心向投影面发出光线，将球面上的图形影射在投影面上，这样将不可避免地使图形变形（角度、长度、面积变形）。对于这些变形，任何投影方法都不能使它们全部消除，但是可以根据用图需要来限制变形。控制相应变形的投影方法有等角投影、等距投影和等面积投影。对于进行地形测量来说，保持角度不变是很重要的，因为投影前后角度相等，在一定范围内，可使投影前后的两种图形相似。这种保持角度不变的投影，称正形投影。目前我国规定在大地测量和地形测量中采用高斯正形投影，这种投影方法是由德国数学家、大地测量学家高斯所建立，后来由大地测量学家克吕格推导出了计算公式，所以又称高斯-克吕格投影，简称高斯投影。

高斯投影，按照一定的投影公式计算，把椭球体上点的坐标（经度和纬度），换算为投影平面上的平面坐标（ x, y ），这种投影换算的计算公式将在控制测量课程中介绍。下面仅从几何关系上概略说明高斯投影概念。

如图 1-7a 所示，设想有一个空心的椭圆柱横切于椭球体球面上的某一条子午线 NHS ，此时，柱体的轴线 Z_1Z_2 垂直于 NHS 所在的子午面，并通过球心与赤道面重合。椭球体与椭圆柱相切的子午线称中央子午线，若将中央子午线附近的椭球体面上的图形元素，先按等角条件投影到横椭圆柱面上，再沿着过北、南极的母线 K_1K_2 和 L_1L_2 剪开、展开，则椭球体面上的经纬网都转换成平面上的经纬网，如图 1-7b 所示。这种投影又称横圆柱正形投影。展开后的投影区域是一个以子午线为边界的带状长条，称为投影带，而该投影平面则称为高斯投影平面，简称高斯平面。

（二）投影带的划分

从图 1-7b 中可以看出，中央子午线投影后为一条直线，且其长度不变，其余子午线均为凹向中央子午线的曲线，其长度大于投影前的长度，离中央子午线越远，其长度变形就越大。为了将长度变形限制在测图精度的允许范围内，对于测绘中、小比例尺地图，一般限制在中央子午线两侧各 3° ，即经差为 6° 的带状范围内，称为 6° 投影带，简称 6° 带。

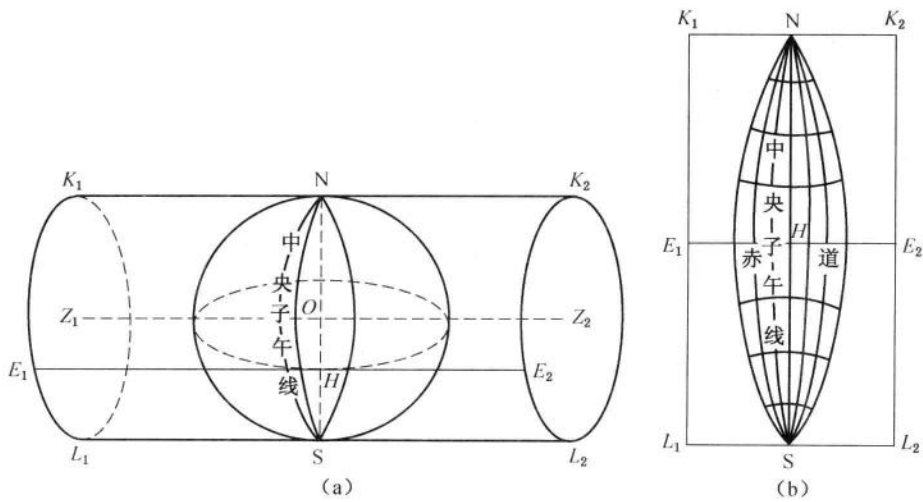


图 1-7

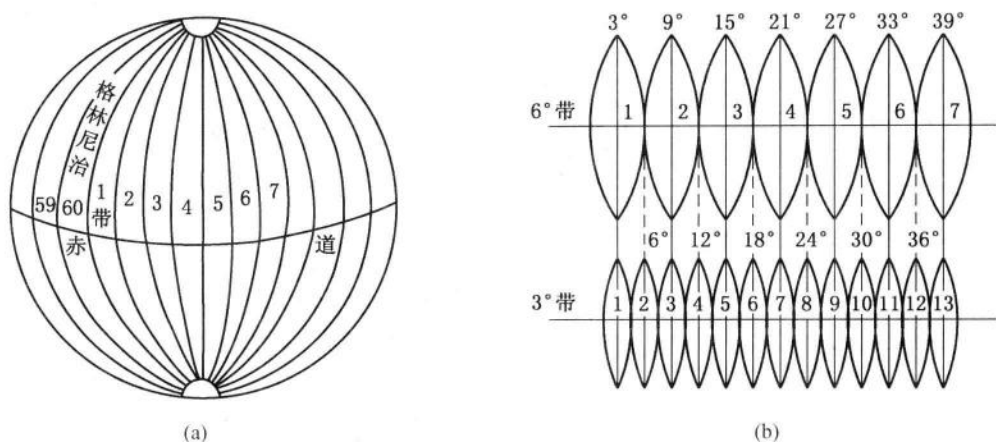


图 1-8

为此，如图 1-8 所示，从首子午线起，每隔 6° 为一带，将椭球体由西向东，等分为 60 个投影带，并依次用阿拉伯数字编号，即 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为一带， 3° 子午线为第 1 带的中央子午线； $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第 2 带， 9° 子午线为第 2 带的中央子午线；依此类推。这样，每一带单独进行投影。 6° 带中，两条边界子午线离中央子午线在赤道线上最远，但各自不超过 334km。计算结果表明，在离中央子午线两侧经度各 3° 的范围内，长度投影的变形不超过 $1/1000$ 。这样的误差，对于测绘中、小比例尺的地形图不会产生实际影响；然而，对于大比例尺的地形图测绘来说，这样的误差是不容许的。而采用 3° 带，就可以更有效地控制这种投影变形误差，满足大比例尺地形测图的要求。

3° 带是从经度 1.5° 的子午线开始，自西向东每隔 3° 为一带，将整个椭球体面划分成 120 个 3° 投影带，并依次用阿拉伯数字进行编号。它与 6° 带的关系如图 1-8b 所示。从图上可以看出， 3° 带的奇数带，其中央子午线与 6° 带的中央子午线重合，而其偶数带的中央子午线与 6° 带的边界子午线重合。 3° 带、 6° 带的带号，与相应的中央子午线的经度关系为

$$L_3 = 3^\circ \times N_3 \quad (1-3)$$

$$L_6 = 6^\circ \times N_6 - 3^\circ \quad (1-4)$$

式中 L_3 —— 3° 带的中央子午线经度；

L_6 —— 6° 带的中央子午线经度；

N_3 —— 3° 带的带号数；

N_6 —— 6° 带的带号数。

(三) 高斯平面直角坐标系的建立

每一投影带的中央子午线和赤道经投影后，在高斯平面上成为互相垂直的两条直线。在测量工作中，可用每个投影带的中央子午线来作为坐标纵轴 x ，赤道的投影作为坐标横轴 y ，两轴交点 O 即为坐标原点，从而建立起高斯平面直角坐标系。每一投影带，无论是 3° 带还是 6° 带，都有各自的平面直角坐标系。

在高斯平面直角坐标系中，纵坐标自赤道向北为正，向南为负；横坐标自中央子午线向东为正，向西为负。我国领土位于北半球，纵坐标均为正值，而横坐标有正有负。为便

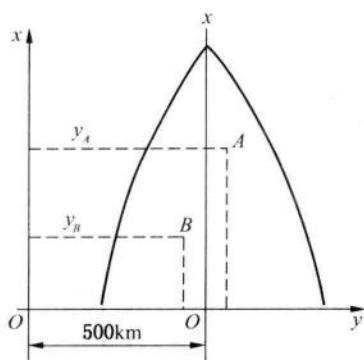


图 1-9

于计算和表示，避免 y 坐标出现负值，在实际的测量工作中，考虑到 6° 带每带的边界子午线离中央子午线最远为 300 多公里，因此作出统一规定，将 6° 带及 3° 带中所有点的横坐标加上 500km，也即将坐标原点西移 500km，这样每带中所有点的横坐标值都变成了正值（图 1-9）。

为了明确表示出相同坐标值的点位于哪一个投影带内，测量工作中规定在加 500km 后的横坐标值前，再冠以该点所在投影带的带号。

通常，对于未加 500km 和带号的横坐标值称为自然值，加上 500km 后并冠以带号的横坐标值称为国际统一

坐标。

图 1-9 中，设 A, B 两点位于投影带的第 40 带内，其横坐标的自然值为

$$y_A = +4380.586\text{m} \text{ (位于中央子午线以东)}$$

$$y_B = -41613.070\text{m} \text{ (位于中央子午线以西)}$$

将 A, B 两点横坐标的自然值加上 500km，再加注带号，则其通用值（国际统一坐标）为

$$y_A = 40543580.586\text{m}$$

$$y_B = 40458386.930\text{m}$$

四、高程

地面点的坐标只是表示地面点在投影面上的位置，要表示地面点的空间位置，还需要确定地面点的高程。前已述及，大地水准面是高程的基准面。地面点沿铅垂线方向到大地水准面的距离称为绝对高程或称海拔，简称高程。如图 1-10 中的 H_A, H_B 。过去我国采用青岛黄海验潮站 1950—1956 年观测成果推算的黄海平均海水面作为高程零点，由此建立起来的高程系统称为“1956 年黄海高程系”。由于该系统中采用的验潮资料时间过短等原因，该高程基准存在一定的缺陷。因此在建立新的国家大地坐标系时，重新建立了新的高程基准，新的大地水准面命名为

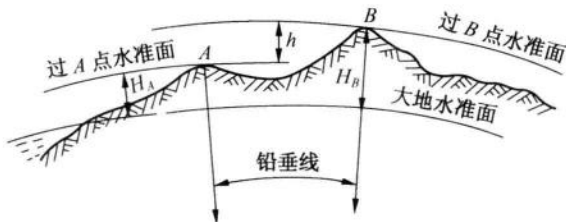


图 1-10

“1985 国家高程基准”。位于青岛的中华人民共和国水准原点，新的基准起算的高程为 72.260m。在以前所用的“1956 年国家高程基准”中，青岛原点的高程为 72.289m。全国范围内的国家高程控制点都以新的水准原点为准。在利用旧的水准测量成果时要注意高程基准的统一和换算。若远离国家高程控制点或为施工方便起见，也可以采用假设（任意）水准面为基准，则该工地所得各点高程是以同一假设水准面为基准的相对高程。地面上两点高程之差称为高差。