



高职高专道路与桥梁专业系列规划教材

GAOZHIGAOZHUAN

工程测量

许能生 吴清海 主 编
宋子东 刘光伟 朱淑丽 袁坚敏 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

高职高专道路与桥梁专业系列规划教材

工 程 测 量

许能生 吴清海 主 编

宋子东 刘光伟
朱淑丽 袁坚敏 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本教材共分十四章。第一章为测量学的基础知识;第二至四章为测量的基本原理和方法,包括高程测量、角度测量、距离测量,并介绍了工程上常用测量仪器的构造、使用和检验、校正方法;第五章对测量误差的基本知识进行了基础性的介绍;第六章和第七章为控制测量的原理和方法,包括导线测量、小三角测量、交会定点、三四等水准测量、三角高程测量和 GPS 定位系统等;第八章和第九章为大比例尺地形图的测绘和应用;第十章简要介绍航空摄影测量的基础知识;第十一至十四章为工程测量的测定和测设方法及其在工程上的应用,包括路线中线测量、路线纵横断面测量、路桥施工测量及隧道施工测量。

本教材为高职高专道路与桥梁工程专业及相关专业的教学用书,也可供土木建筑工程、道路与桥梁工程、隧道工程、水利工程、城市规划建筑工程、采矿、园林等专业学生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/许能生,吴清海主编. —北京:科学出版社,2004

(高职高专道路与桥梁专业系列规划教材)

ISBN 7-03-013306-4

I. 工… I. ①许…②吴… 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(2004)第 041969 号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:包志虹

责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方上林工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年7月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2004年7月第 一 次印刷 印张:21 1/4

印数:1—4 000 字数:426 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

《高职高专道路与桥梁专业系列规划教材》

编委会

主 任 李继业

副主任 沈养中 邓爱华 周志坚 童安齐

委 员 (以姓氏笔画为序)

王育军 叶加冕 刘 凌 刘宝莉

刘福臣 许能生 沈 建 陈 刚

吴明军 吴清海 李西亚 邱琴忠

赵全振 俞素平 施晓春 高 杰

徐宇飞 徐梓忻 秦植海 郭玉起

符明娟 翟爱良 戴景军

前 言

本教材根据高职高专道路与桥梁工程专业教学大纲的要求,结合多年来教学、路桥测量的实践经验而编写。全书在着重介绍基本概念、基本理论和基本操作技能的基础上,以应用为主,本着“必需、够用”的原则,力争做到推理充分、严密,内容详实、通俗,以便于学生的自学。在体系安排上,注重本学科的系统性,力图以点位确定为中心,以常规测量为主线,结合新技术、新仪器在路桥工程建设上的应用,建立由浅入深、先易后难、循序渐进的教材体系。

本教材共十四章。其中,第六章和第十四章由徐州建筑职业技术学院许能生编写,第四章和第七章由淮海工学院吴清海编写,第十二章和第十三章由福建交通职业技术学院宋子东编写,第五章和第八章由昆明冶金高等专科学校刘光伟编写,第九章和第十章由平顶山工学院朱淑丽编写,第一章和第十一章由宁波高等专科学校袁坚敏编写,第二章和第三章由徐州建筑职业技术学院高学芹编写。全书由许能生统稿,徐州建筑职业技术学院马文来主审。

由于编者水平所限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 测量学的任务及其在道路建设中的作用	1
1.2 地面点位的确定	4
1.3 用水平面代替水准面的限度	9
1.4 测量工作的基本概念.....	11
1.5 测量工作中的常用度量单位.....	14
思考题与习题	16
第二章 水准测量	17
2.1 水准测量原理.....	17
2.2 水准测量的仪器及工具.....	19
2.3 水准仪的使用.....	22
2.4 水准测量的方法.....	24
2.5 水准测量的成果计算.....	28
2.6 微倾式水准仪的检验与校正.....	32
2.7 水准测量误差与注意事项.....	35
2.8 其他水准仪简介.....	37
思考题与习题	40
第三章 角度测量	42
3.1 角度测量原理.....	42
3.2 光学经纬仪.....	43
3.3 经纬仪的使用.....	50
3.4 水平角测量.....	51
3.5 竖直角观测.....	54
3.6 经纬仪的检验与校正.....	57
3.7 角度测量误差的分析及注意事项.....	61
思考题与习题	64
第四章 距离测量及直线定向	65
4.1 钢尺量距.....	65
4.2 视距测量.....	74
4.3 红外光电测距仪及全站仪.....	77

4.4 直线定向	83
思考题与习题	85
第五章 测量误差的基本知识	87
5.1 测量误差的分类	87
5.2 观测值的算术平均值	90
5.3 评定精度的标准	90
5.4 误差传播定律	94
5.5 误差传播定律的应用	97
思考题与习题	103
第六章 小地区控制测量	104
6.1 概述	104
6.2 坐标计算的基本公式	107
6.3 导线测量	109
6.4 小三角测量与交会法定点	115
6.5 三、四等水准测量	122
6.6 三角高程测量	126
思考题与习题	127
第七章 全球定位系统的定位技术	129
7.1 概述	129
7.2 全球定位系统的组成	130
7.3 GPS 卫星定位的基本原理	132
7.4 GPS 接收机及其工作原理	135
7.5 GPS 测量实施	138
思考题与习题	140
第八章 大比例尺地形图测绘	141
8.1 地形图的比例尺	141
8.2 地形图符号	143
8.3 测图前的准备工作	155
8.4 地形图测绘	156
8.5 地形图的拼接、检查和整饰	177
8.6 数字测图方法简介	180
思考题与习题	185
第九章 地形图的应用	187
9.1 地形图的图外注记	187
9.2 地形图的分幅与编号	190
9.3 地形图的应用	195
思考题与习题	209

第十章 航空摄影测量的基本知识	210
10.1 航空摄影像片.....	210
10.2 航摄像片的立体观察.....	215
10.3 航摄像片的判读.....	220
10.4 航测成图方法.....	221
思考题与习题.....	223
第十一章 路线中线测量	225
11.1 概述.....	225
11.2 路线交点与转点的测设.....	226
11.3 路线转角的测设.....	231
11.4 中线里程桩的测设.....	232
11.5 圆曲线的测设.....	234
11.6 复曲线的测设.....	249
11.7 缓和曲线的测设.....	251
11.8 回头曲线的测设.....	257
11.9 中线测量的精度要求.....	259
11.10 带状地形图的测绘.....	262
思考题与习题.....	264
第十二章 路线纵、横断面测量	265
12.1 路线纵断面测量.....	265
12.2 横断面测量.....	271
12.3 横断面面积与土石方计算.....	275
思考题与习题.....	277
第十三章 路桥施工测量	279
13.1 施工测量的基本方法.....	279
13.2 测设点的平面位置.....	284
13.3 道路施工测量.....	287
13.4 桥梁施工测量.....	294
思考题与习题.....	300
第十四章 隧道施工测量	301
14.1 概述.....	301
14.2 地面控制测量.....	303
14.3 地上、地下联系测量.....	306
14.4 地下控制测量.....	318
14.5 隧道掘进及贯通时的测量工作.....	321
思考题与习题.....	326
参考文献	327

第一章 绪 论

本章简要介绍了测量学的概念、分类、任务以及在道路建设中的作用;重点阐述地面点位的确定方法,分析了地理坐标、地心坐标、平面直角坐标确定地面点平面位置的方法、相互关系及使用范围,以及用水平面代替水准面对水平距离、高程的影响;简单介绍了测量工作所涉及的主要内容以及在测量工作中应该遵循的原则。通过本章学习,要求掌握地面点位的确定方法、用平面代替曲面带来的影响、测量工作遵循的原则及常用测量单位间的换算。

1.1 测量学的任务及其在道路建设中的作用

1.1.1 测量学及其任务

测量学是一门专门研究如何确定地面点的空间位置,将地球表面的地物、地貌、行政和权属界线等测绘成图,或者将规划设计的特征点或线等在实地进行定位,以及连续测量相关特征点以发现其变化趋势与规律的科学。从以上定义可以发现,测量学的任务可分为三部分,即测绘、测设和监测。

1. 测绘大比例尺地形图

简称为“测绘”,是把工程建设区域各种地面物体的位置与形状,以及地表的起伏形态,使用测量仪器与用具,通过测量和计算得到一系列测量信息,然后用规定的图例与符号,依据选定的比例尺绘制成地形图,或者用数字表示出来。为经济建设、规划设计、行政管理、科学研究和国防建设服务。

2. 道路工程的施工放样

简称为“测设”,是把图纸上规划设计好的道路、桥梁、隧道或其他建(构)筑物,按设计要求在现场地面标定出来,作为后续施工的依据,又称为施工放样。

3. 道路设施的变形观测

简称为“监测”。对于一些大型、重要的工程在施工工程中以及后续的管理运营期间,还要定期进行稳定性的观测,主要内容为沉降观测、位移观测、倾斜观测、裂缝观测、挠度观测等。通过一系列的动态观测手段,确保工程施工安全和后期的正常运营。同时为以后改进设计、优化施工和加强管理提供重要的依据。

此外,在施工过程中通过测量等进行相关部位检查、验收,工程结束后编绘竣

工图等,都离不开测量工作。

1.1.2 测量学的分科

测量学和其他学科一样,是随着人类生产和生活的实际需要产生并逐步发展起来的。我国古代人民在农业生产中利用绳尺和步弓进行土地丈量;我国的四大发明之一——指南针是世界上最早创造性应用于测量确定方向的工具,并在中世纪由通商的阿拉伯人传入欧洲,随后在全世界得到广泛应用,到今天仍然是利用地球磁场测定方位的简单测量工具;以后借助浑天仪的发明能够绘制出相当精确的全国地图。在房屋建筑中运用盆内静止的水面对建筑物的基础进行“找平”;同时运用“勾三、股四、弦五”的原理来测定直角,一直到现在还广泛应用。

随着科技的不断发展和社会的不断进步,测量学的理论、方法、仪器和用具等得到了很大的发展和不断变革。在角度测量中,广泛采用各种精度的经纬仪,除了用指南针定向外,还采用陀螺仪确定方向;在距离丈量中,除了用钢尺或皮尺直接丈量外,还采用光学测距或电磁波测距等间接测量方法以获得更高的精度。近代的先进技术如电子计算机、激光、卫星遥感等已经广泛应用到测量工作中。现代的测量学已经细分成许多分支学科。

广义的测量学根据研究的范围与对象和其研究的重点内容的差异,可以分为以下几个主要学科:

大地测量学——研究地球表面广大地区的点位的确定和整个地球的形状、大小,解决地球表面大地区控制测量和测定地球重力场等问题的学科。随着人造地球卫星和空间技术的应用,又可以细分为卫星大地测量和常规大地测量两种。

普通测量学——不考虑地球曲率的影响,在较小范围内研究地球表面形状和地面点位的测绘等工作的学科。

摄影测量学——研究利用航空或航天器对地面摄影或遥感的手段,以获得地球表面地物和地貌的影像和光谱并进行相应的分析和处理,然后绘制成地形图的基本理论和方法的学科。

海洋测量学——研究以海洋或陆地水域等水体及水底地貌为对象进行测绘工作的基本原理与方法的学科。

工程测量学——研究工程建设在设计、施工和管理阶段所需要进行的测量工作的基本理论和方法的学科。根据研究对象不同可细分为建筑工程测量、道路工程测量、桥梁隧道工程测量等;根据具体时间阶段的不同又可分为工程控制测量、工程施工测量、竣工测量和工程变形观测等。

本教材主要介绍普通测量学和工程测量学中有关道路、管线与桥梁施工测量的内容。

1.1.3 测量学在道路建设中的运用

测量工作对于国家经济建设和国防建设有非常重要的作用,在相关的道路、桥梁、隧道、管线工程的建设中有着广泛的运用。

在道路建设前期,首先应该对拟建设地区进行测绘以获得初步资料。在设计阶段,应在前期测绘基础上进行路线勘测,以获得一条最经济、最合理的路线。当路线方案确定后,还要对路线进行详勘,即进行路线的中线测量、纵断面测量、横断面测量以及相关的调查测量等,为路线的详细设计提供准确、详细的现场外业资料。当路线跨越河流并拟设计采用桥涵跨越连接时,应测绘河流两岸的地形图,测定桥轴线的位置和桥位处的河床断面,为桥涵方案选型和结构设计提供必要的技术数据。如果路线穿越高山或从河底通过,采用隧道工程时,应测绘相关的地形图,确定具体的隧道轴线、洞口、竖井等位置,为隧道设计提供必要的的数据。现代的道路建设同时伴随雨水、污水、电力、电信、煤气、热力等多种管线的建设,在设计阶段应确定现场位置与管线间距、地质条件等是否符合相关要求。

在设计完成后,为了保证工程施工的质量和符合进度要求,施工前,需将设计好的路线、管线、桥隧等各项标注于图纸中,按照规定的精度准确无误地测设于实地,也就是施工前进行施工放样。在施工过程中,通过各种不同的方法来检查工程的质量和进度。在工程竣工时,还要通过测量等来检查竣工质量情况,并测绘竣工图,以满足工程的验收、维护、加固或扩建的需要。

在投入使用后的运营阶段,还要运用测量手段进行必要的常规检查和定期的监测,据此进行必要养护或维修,确保工程能正常安全使用。

显然,在道路、桥梁、隧道、管线的勘测、设计、施工、竣工和养护维修各个阶段都离不开测量技术与测量工作。做为一名路桥专业技术人员,必须具备测量学的基本理论、基本知识和基本技能,才能发挥应有的作用和为我国的路桥建设做出贡献。

1.1.4 学习目标

根据本课程的特点,通过学习,应该达到:

- 1) 掌握普通测量学和路桥部分工程测量学的基本理论和基本方法。
- 2) 掌握常用测量仪器的原理,熟悉其构造并能正确熟练使用,同时应学习一般性的检验与校正常规测量仪器的方法。
- 3) 能选用合适仪器、运用多种方法正确进行小区域大比例尺地形图的测绘。
- 4) 在路桥的勘测、设计和施工中,有正确应用地形图和相关测量资料的能力。
- 5) 具有进行一般工程施工定位放样和其他常规施工测量的能力。
- 6) 了解现代测绘科学的发展和常用测量新仪器的原理与使用方法。

1.2 地面点位的确定

测量工作是在地球表面进行的,要测量地球表面点的相对位置,必须首先确定一个共同的坐标系统,以此为参照,各点间的相互位置关系就能确定了。如何确定这一共同的坐标系统,则与地球的形状和大小有密切关系。

1.2.1 地球的形状和大小

我们已经知道,地球的自然表面是非常不规则的,有陆地和海洋,陆地上有平原、高山和盆地。其中陆地上最高的珠穆朗玛峰高出海水面 8848.13m,海洋中最低的马里亚纳海沟低于海水面 11 022m。但是这样的高低起伏,相对于地球的近似半径 6371km 来说是非常小的,同时由于海洋约占地球表面的 71%,所以人们通常把海水面所包围的地球形体近似为地球的形状,如图 1.1(a)所示。

假设某一个静止的海水面延伸穿越陆地,包围整个地球,形成一个闭合的曲面,称为水准面。由于水准面是流动的水体受地球重力的作用而形成的,其物理特性是在同一曲面上的任何一点具有相等的重力势能,因此水准面是重力等势面,它的特点是该面上的任意一点的铅垂线(与重力的方向线一致)都垂直于该点所在曲面的切面。与水准面相切的平面是水平面,水平面内的任意方向的直线均为水平线,如图 1.1(b)所示。

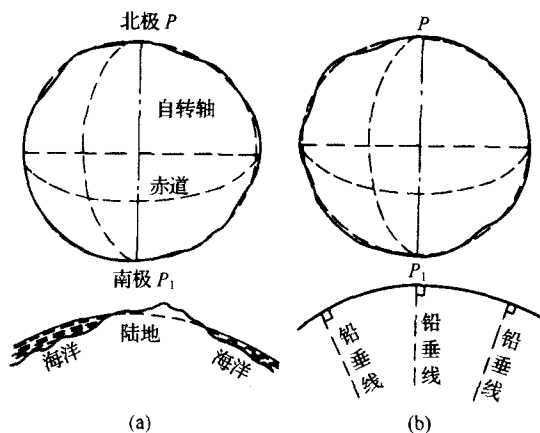


图 1.1 地球的形状、水准面与大地水准面

由于受到风浪和潮汐的影响,完全静止的海水面是不易求得的。因此,人们通过在海岸设立一系列验潮站,求得一个平均的海水面来代替假想的静止的海水面,称为大地水准面。由大地水准面所包围的形体称为大地体,通常大地水准面是地面点高程的起始面。可以发现,水准面有无数多个,而大地水准面是其中特定的一个,

而且只有一个。

采用大地体来表示地球的形状是比较恰当的,但由于地球表面的起伏和地球内部的质量分布不均,引起局部重力异常,导致铅垂线在局部区域产生不规则的变化,致使大地体成为一个非常复杂的形体。为了测量计算工作的便利,通常选用非常近似于大地体,同时可用数学式表示的几何形体来代替,作为测量计算工作的基准面,这就是地球椭球体。它是由一个椭圆绕它的短轴旋转而成,因此也称为旋转椭球体,如图 1.2 所示。

椭球体的形状和大小由其长半轴 a (或短半轴 b) 和扁率 α 来表示。我国现行的工程测量规范规定的 WGS-84 大地坐标系的地球椭球体的基本几何参数为

长半轴: $a=6\,378\,137\text{m}$

短半轴: $b=6\,356\,752.3142\text{m}$

扁率: $\alpha = \frac{a-b}{a} \approx \frac{1}{298.257}$

由于地球椭球体的扁率很小,在地形测量和工程测量中如果精度要求不高时也可以把地球近似当成圆球看待,球半径近似为 6371km 。

1.2.2 确定地面点位方法

地面点与大地水准面的相对位置,一般由三个量来完全确定,是地面点在大地水准面上的投影位置(平面位置)和地面点到大地水准面的铅垂距离(高程)。

1. 地面点的平面位置

确定地面点的平面位置,可以用地理坐标、地心坐标或平面直角坐标来表示。

(1) 地理坐标

地理坐标系属于球面坐标系,根据采用的投影面的不同,可以分为天文地理坐标和大地地理坐标。

1) 天文地理坐标。天文地理坐标简称为天文坐标,系采用天文经度 λ 和天文纬度 φ 来表示地面点在大地水准面上投影的位置,如图 1.3 所示。

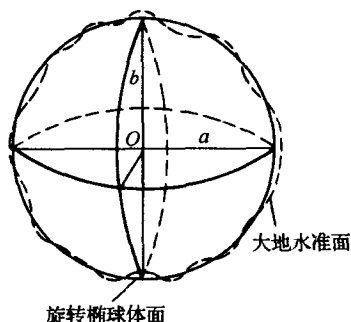


图 1.2 大地椭球体

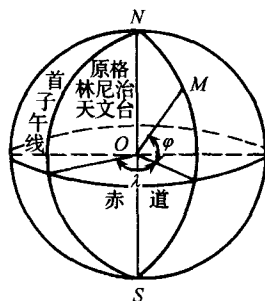


图 1.3 天文地理坐标

地球北极 N 与地球南极 S 的连线为地球的自转轴,过地球表面任意一点和自转轴 NS 的平面为该点的子午面,该面和球面的交线即子午线(经线)。规定自通过英国格林尼治(Greenwich)天文台的子午面为计算经度的起始面——首子午面,通过点 M 的子午面与首子午面所组成的两面角称为该点的天文经度,用 λ 表示。它自首子午面向东或向西从 0° 到 180° ,在首子午面以东为东经,以西为西经;同一子午线上的经度相同。

垂直地球自转轴的平面与球面的交线称为纬线,通过球心且垂直自转轴的平面称为赤道平面,其与球面的交线为赤道。通过 M 点的铅垂线与赤道平面的夹角称为该点的纬度。纬度从赤道开始向南或向北由 0° 到 90° ,向南为南纬,而向北为北纬,我国处于北纬。同一纬线上的纬度相同。

2) 大地地理坐标。大地地理坐标简称为大地坐标,是用大地经度 L 和大地纬度 B 表示的地面点在旋转椭球体上投影的位置,如图 1.4 所示。

如图 A 点的大地纬度 L 是通过 A 点的子午面与首子午面的两面角;该点的大地纬度 B 是通过该点与旋转椭球面垂直线与赤道面的夹角。

天文经纬度是用天文测量的方法直接测定的,而大地经纬度是按照大地测量所获得的数据推算得到的。由于两者依据的基准面和基准线的不同,前者为大地水准面,后者为旋转椭球面,同一点的天文坐标和大地坐标是不同的。

我国目前采用的是“1980 年国家大地坐标系”,采用陕西省泾阳县永乐镇内某点为大地坐标原点(该点的大地经纬度和天文经纬度相同),进行大地定位,并建立全国统一的坐标体系。

(2) 地心坐标

地心坐标属于三维直角坐标系,用于卫星大地测量。选取地球质心(地球的质量中心)为坐标原点,在赤道平面内建立互相垂直的 x 、 y 轴,其中首子午面与赤道平面的交线为 x 轴, z 轴与地球的自转轴重合,如图 1.5 所示。地面点 A 的空间位置用三维直角坐标 x_A, y_A, z_A 表示。地心坐标与大地坐标可以通过一定的数学公式进行换算。

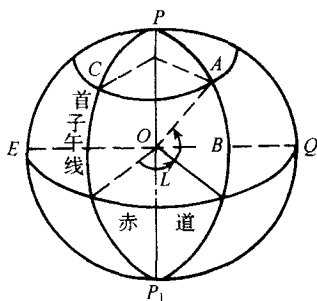


图 1.4 大地地理坐标

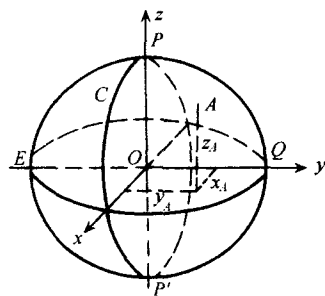


图 1.5 地心坐标

(3) 平面直角坐标

采用地理坐标或地心坐标确定地面点位一般适用少数控制点或初始计算点,但是由于采用曲面坐标,易使工作烦琐和不直观。测量与计算、绘图最好在平面上进行,因此考虑建立平面坐标系。建立平面直角坐标的方法有 Gauss 平面直角坐标、独立平面直角坐标等。

1) 高斯平面直角坐标。当测区范围比较大时,考虑地球表面是一个不可展平的曲面,必须采取适当方法减少把旋转椭球体上的图形绘制到平面上所带来的变形,我国采用高斯(Gauss)投影的方法。

高斯投影的方法是将地球按经线划分成带,称为投影带,投影带从首子午线开始,每隔 6° 划分为一带,称为 6° 带,如图 1.6 所示。

从首子午线开始,自西向东分成 60 个带,带号从首子午线开始,用阿拉伯数字表示,位于各带中央的子午线称为该带的中央子午线(或主子午线),如图 1.6 所示。

显然,第一个 6° 带的中央子午线的经度为 3° ,任意一个带的中央子午线经度 L_0 可用下式计算:

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1.1)$$

式中: N ——投影带的带号。

采用上述方法划分投影带后,就可以进行高斯投影。如图 1.7 所示,设想有一个空心圆柱体套在旋转椭球体的外面,圆柱体的中心轴线位于赤道平面内并通过球心,并且与某一个带的中央子午线相切,在球面图形与柱面图形保持等角的前提下,将球面图形投影在圆柱上。再将圆柱体沿通过南北极母线切开并展开成平面。在这个平面上,中央子午线和赤道成为互相垂直的直线,规定它们分别为高斯平面直角坐标系的纵轴(x 轴)和横轴(y 轴),两轴交点为坐标原点 O 。

在坐标系内规定 x 轴向北为正,而 y 轴向东为正,如图 1.8(a)所示。由于我国位于北半球,境内 x 轴坐标恒为正,而 y 轴坐标有正有负。如图 1.8(a)所示, y_A 为正,而 y_B 为负,假设 B 点的横坐标 $y_B = -120\,000\text{m}$ 。为了避免出现负值,规定每个投影带的坐标原点向西平移 500km ,则投影带内任意点的坐标均为正值,则有 y_B

$= 500\,000 - 120\,000 = 380\,000\text{m}$ 。如图 1.8(b)所示。由于 6° 带有许多个,为了确定某点在哪个 6° 带内,可以在横坐标(y 轴坐标)前冠以该带的编号。如果 B 点在第 20 带内,可以记为 $y_B = 20\,380\,000\text{m}$ 。

在高斯投影中,仅在中央子午线上的投影没有变形,其他离开子午线的点在作高斯投影

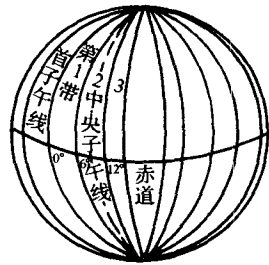


图 1.6 6° 带划分

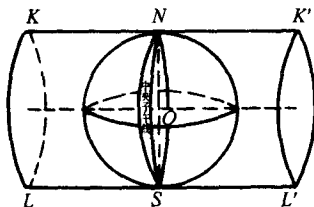


图 1.7 高斯投影

时都会产生变形,而且离开中央子午线愈远变形越大,这样对于测图和应用图都是不利的。研究发现,当采用 6°带投影,边缘部分的变形能够满足 1 : 25 000 或更小比例尺测图的精度,而当采用 1 : 10 000 或更大比例尺测图时,可以采用 3°带投影法或 1.5°带投影法。在这里仅介绍 3°带投影法。

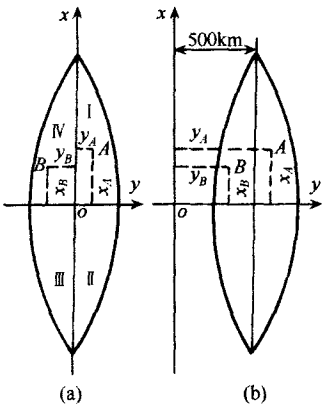


图 1.8 平面直角坐标

3°带投影法是自东经 1°30' 开始,自西向东每隔经差 3°划分为一带,将整个地球划分成 120 个 3°带,如图 1.9 所示。每个 3°带的中央子午线的经度可按下式计算:

$$L'_0 = 3n \tag{1.2}$$

式中: n ——3°投影带的带号。

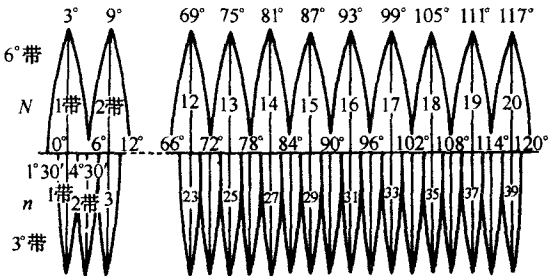


图 1.9 3°带和 6°带

2) 独立平面直角坐标。大地水准面虽然是个曲面,但是当测量区域比较小(如测量半径不大于 10km 的范围)时,可以用测区中心点的切平面来代替曲面,地面点在投影面上的投影可以用平面直角坐标来表示。跟前面的规定类似,通过坐标平移将坐标原点定在测区的西南使坐标均为正,选取该地区子午线方向为 x 轴方向,如图 1.10(a)所示。在某些工程现场,为了便于对平面位置进行施工放样的需要,常采用平面直角坐标系与工程设计轴线平行或垂直,而对于左右或前后对称的

工程,可以将坐标原点设于对称中心,便于计算与放样。坐标象限的划分按顺时针编号,如图 1.10(b)所示。

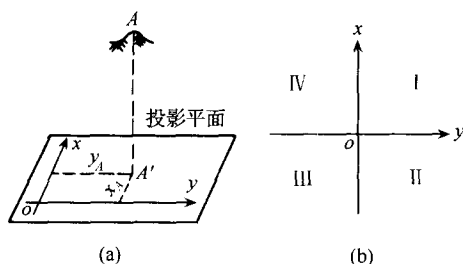


图 1.10 独立平面直角坐标

独立的平面直角坐标系与当地的高斯平面直角坐标系联测后,同一点的两种坐标可以通过一定的计算互相转换。

2. 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程或海拔(简称为高程),通常用 H_i 表示。如图 1.11 中 A 、 B 两点的绝对高程分别为 H_A 和 H_B 。

当局部地区,引用绝对高程有困难,可采用假定高程系统。先假定一个高程起算面(某一水准面),地面点到该水准面的垂直距离称为假定高程或相对高程,如图 1.11 中 A 、 B 两点的相对高程分别为 H'_A 和 H'_B 。

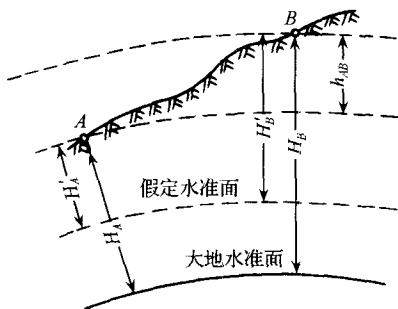


图 1.11 绝对高程、相对高程与高差

地面两点间的绝对高程或相对高程之差称为高差,常用 h_{ij} 表示,如图 1.11 中 A 、 B 两点间的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.3)$$

显然,无论采用绝对高程或相对高程,两点间的高差是一样的。

1.3 用水平面代替水准面的限度

在上一节中已经知道,测量工作的基准面是大地水准面,它是一个曲面。曲面