

全国高校园林与风景园林专业规划推荐教材



GARDENS MEASUREMENT
园林测量
LANDSCAPE

张培冀 ◎主编

中国建筑工业出版社

全国高校园林与风景园林专业规划推荐教材

GARDENS MEASUREMENT

园林测量

LANDSCAPE

张培冀 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

园林测量 / 张培冀主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007

全国高校园林与风景园林专业规划推荐教材

ISBN 978-7-112-09402-8

I. 园… II. 张… III. 园林—测量—高等学校—
教材 IV. TU986.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 178924 号

责任编辑: 陈 桦

责任设计: 董建平

责任校对: 王雪竹 刘 钰

全国高校园林与风景园林专业规划推荐教材

园 林 测 量

张培冀 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京二二〇七工厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 $\frac{1}{2}$ 字数: 298 千字

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 22.00 元

ISBN 978-7-112-09402-8

(16066)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



本书为全国高校园林与风景园林专业规划推荐教材。全书主要介绍了测量仪器的类型、构造及使用；测量误差的基本知识；作为测量基础性工作的控制测量；有关地形图的测绘及应用等方面的内容；当前比较热门的“3S”技术。结合各章内容，适当穿插介绍一些较新型的测绘仪器和技术。本书在尽力体现测绘学科体系完整性的基础上，注重实用性和园林专业特点，并紧跟时代步伐。

本书既可作为园林、风景园林、景观学、城市规划等专业“园林测量”课程教材，也可作为高等院校相关专业和园林专业自学考试、网络教育等相关课程培训教材，还可作为园林及林业管理人员、工程技术人员等的学习参考书。



责任编辑：陈 桦
封面设计：周逸斐



《园林测量》教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 编: 张培冀(天津农学院)

副主编: 李 刚(天津城市建设学院)

编 委: 王 乾(中国冶金地质总局保定物勘院)

张宝利(西北农林科技大学)

张培冀(天津农学院)

李 刚(天津城市建设学院)

杨志强(长安大学)

杨建华(长安大学)

徐喜平(中铁二十局)

主 审: 杨志强(长安大学)

前言

本书是全国高校园林与风景园林专业规划推荐教材之一。园林测量是园林专业学生必须掌握的一门专业基础课，直接为园林规划和园林工程施工等专业课程服务。

在编写过程中，我们既立足于园林生产实际的需要，又体现本学科体系的完整性和现代测绘科技的发展状况。在内容上以测绘技术与应用为中心，力求理论与实践相结合。全书共分10章。第1~5章详细阐述了测量学的基本知识、基本理论以及常规测量仪器的构造、使用和检校方法；第6章讲述了小地区控制测量的方法，并且简要介绍了GPS测量的原理和应用；第7章介绍了地理信息系统的概念以及地形图在园林中的主要应用；第8章主要讲述了大比例尺地形图的传统测绘方法和数字测(成)图方法；第9、10章为测设的基本工作以及园林工程测量的内容。另外本书对现代测量的新仪器、新方法等也有侧重地进行了介绍。

本书由天津农学院张培冀主编，天津城市建设学院李刚为副主编。参加教材编写的还有：长安大学杨建华，西北农林科技大学张宝利，成都理工大学别小娟，中国冶金地质总局保定物勘院王乾。具体分工为：第1章由张培冀、李刚编写；第2、5章由李刚编写；第3章由张宝利编写；第4章由张宝利、别小娟编写；第6章由杨建华编写；第7章由杨建华、别小娟编写；第8章由王乾、李刚、张培冀编写；第9、10章由张培冀编写。最后全书由张培冀和李刚进行统稿和校对。另外中铁二十局的徐喜平参加了部分章节的校对工作，在此表示感谢。

长安大学博士生导师杨志强教授对教材进行了细致、认真地审阅，并提出了许多宝贵意见；本书在编写过程中，得到了中国建筑工业出版社陈桦编辑的热情指导和帮助。在此一并致谢。

此外，在编写过程中，较广泛地参阅了有关文献及近年新出版的书刊等，在此也向文献的作者表示感谢。限于编者水平，书中难免存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

2007年10月

目录 > 01

contents

第1章 绪论 1

- 1.1 测绘学科与园林测量学的任务 2
- 1.2 地面点位置的确定 4
- 1.3 用水平面代替大地水准面的限度 8
- 1.4 测量工作概述 10

第2章 水准测量 11

- 2.1 水准测量原理 12
- 2.2 水准仪及其使用 13
- 2.3 水准测量方法 18
- 2.4 水准测量的校核方法和成果整理 21
- 2.5 水准仪的检验与校正 24
- 2.6 水准测量的误差分析 27
- 2.7 自动安平水准仪和精密水准仪 29

第3章 角度测量 33

- 3.1 角度测量原理 34
- 3.2 光学经纬仪的构造及使用 35
- 3.3 水平角测量的方法 39
- 3.4 竖直角测量的方法 41
- 3.5 经纬仪的检验和校正 45
- 3.6 角度测量的误差分析 47
- 3.7 电子经纬仪 49

第4章 距离测量及直线定向 53

- 4.1 距离丈量的一般方法 54
- 4.2 电磁波测距 57
- 4.3 视距测量 58
- 4.4 直线定向 60
- 4.5 磁方位角的测量 62
- 4.6 全站仪及其使用 63

目录 > 02

contents

第5章 误差理论的基本知识 71

- 5.1 测量误差 72
- 5.2 衡量精度的标准 75
- 5.3 误差传播定律及其应用 78
- 5.4 算术平均值及观测值的精度评定 81
- 5.5 非等精度观测精度评定 85

第6章 小地区控制测量 89

- 6.1 控制测量概述 90
- 6.2 平面坐标的基本计算 91
- 6.3 导线测量 92
- 6.4 交会定点测量 98
- 6.5 小区域高程控制测量 103
- 6.6 GPS控制测量简介 107

第7章 地形图及其应用 111

- 7.1 地理空间信息与地形图 112
- 7.2 地物与地貌的表示方法 114
- 7.3 地形图的分幅与编号 117
- 7.4 地形图信息的判读 122
- 7.5 地形图的一般应用 124
- 7.6 地形图在园林工程中的应用 127

第8章 基础地理信息的采集及成图方法 131

- 8.1 大比例尺地形图测绘的传统方法 132
- 8.2 数字测图概述 141
- 8.3 地形图的数字化 143
- 8.4 大比例尺数字地面测图 146
- 8.5 摄影测量与遥感 157
- 8.6 数字地面模型简介 161

目录 > 03

contents

第 9 章 测设的基本工作 165

- 9.1 水平距离、水平角和高程的测设 166
- 9.2 点的平面位置的测设方法 168
- 9.3 设计坡度线的测设方法 171
- 9.4 圆曲线的测设 173

第 10 章 园林工程测量 177

- 10.1 概述 178
- 10.2 园林工程施工控制测量 178
- 10.3 园林建筑施工测量 181
- 10.4 其他园林工程施工测量 185
- 10.5 竣工总平面图的编绘 188

参考文献 189

第1章 绪论

图 1-1-1

图 1-1-1 展示了某建筑结构的剖面图。图中可以看到建筑内部的结构框架，包括梁、柱和楼板。剖面图还显示了建筑与周围环境的相互作用，例如地基和土壤。图中还标注了一些尺寸和参数，用于描述建筑的结构特性。



图 1-1-2

图 1-1-2 展示了另一幅建筑结构的剖面图。与图 1-1-1 类似，它显示了建筑内部的结构框架，但可能代表了不同的建筑类型或结构形式。图中同样标注了尺寸和参数，用于描述建筑的结构特性。

图 1-1-3

图 1-1-3 展示了第三幅建筑结构的剖面图。这幅图可能展示了更为复杂的建筑内部结构，或者不同的地基处理方式。图中同样标注了尺寸和参数，用于描述建筑的结构特性。

图 1-1-4

图 1-1-4 展示了第四幅建筑结构的剖面图。这幅图可能展示了另一种建筑内部结构或地基处理方式。图中同样标注了尺寸和参数，用于描述建筑的结构特性。

第1章 绪论

1.1 测绘学科与园林测量学的任务

1.1.1 测绘学科

测绘学, 又称测量学, 是研究地球形状、大小以及其表面(包括地下及地上空间)的各种自然物体、人造物体与位置相关的信息, 并对这些地理空间信息进行采集、处理、分析和应用的一门科学。它主要是解决三个方面的问题。一是研究地球的形状和大小; 二是收集和采集地球表面的形态及其他相关的信息并缩绘成图; 三是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。

测绘学主要研究对象是地球及其表面形态。在发展过程中形成大地测量学、普通测量学、摄影测量学、工程测量学、海洋测绘学和地图制图学等分支学科。

1.1.1.1 大地测量学

凡研究的对象是地表上一个较大的区域甚至整个地球时, 必须考虑地球的曲率。这种以研究广大地区为对象的测绘科学是大地测量学的范畴。这门学科的基本任务是建立国家大地控制网, 测定地球的形状、大小和研究地球重力场的理论、技术和方法。

1.1.1.2 普通测量学

普通测量学也叫地形测量学, 研究地球表面局部区域内测绘工作的基本理论、仪器和方法的学科。假如要研究的只是地球自然表面上一个小区域, 则由于地球半径很大, 就可以把这块球面当作平面看待而不考虑其曲率, 也不顾及地球重力场的微小影响。普通测量学研究的内容可以用文字和数字记录下来, 也可用图表示。

1.1.1.3 摄影测量学

研究利用摄影或遥感的手段获取被测物体的信息(影像的或数字式的), 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。依据信息采集时传感器所处位置不同, 摄影测量学分为地面摄影测量、航空摄影测量、航天摄影测量、近景摄影测量等。

1.1.1.4 工程测量学

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。按工程种类分为建筑工程测量、线路测量、桥梁测量、隧道测量、矿山测量、城市测量、水利工程测量等。按工程建设进行的程度分为规划设计阶段的测量、施工阶段的测量、运营管理阶段的测量, 各阶段的重点和要求不同。

1.1.1.5 海洋测绘学

以海洋水体和海底为对象所进行的测量和海图编制工作。主要包括海道测量、海洋大地测量、海底地形测量、海洋专题测量, 以及航海图、海底地形图、各种海洋专题图和海洋图集等的编制。海洋测绘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。

1.1.1.6 地图制图学

利用测量所获得的资料, 研究如何投影编绘成地图等形式, 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, 以及地图制作的理论、工艺技术和应用等方面的测绘

科学。

1.1.2 测绘发展简史

测绘学有着悠久的历史。古代的测绘技术起源于水利和农业。古埃及尼罗河每年洪水泛滥后,需要重新划定土地界线,开始有测量工作。公元前21世纪,中国夏禹治水就使用简单测量工具测量距离和高低。公元前3世纪,亚历山大的埃拉托斯特尼采用在两地观测日影的办法,首次推算出地球子午圈的周长,也是测量地球大小的弧度测量方法的初始形式。724年,中国唐代的南宫说等人在张遂(一行)的指导下,在今河南滑县至上蔡实测了约300km的子午弧长,并在滑县、开封、扶沟、上蔡测量同一时刻的日影长度,推算纬度1°的子午弧长,这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,克服了在地面上直接量测弧长的困难。1687年,英国I.牛顿根据力学理论,提出地球是两极略扁的椭球体。1690年,荷兰C.惠更斯也提出地球是两极略扁的扁球体,后被法国在南美洲和北欧进行的弧度测量所证明。结束了历时半个世纪的有关地球形状的争论。1743年,法国A.C.克莱罗发表《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Sir G.G.斯托克斯提出利用地面重力的测量结果研究大地水准面形状的理论。1945年,前苏联M.S.英洛坚斯基创立了研究地球自然表面形状的理论,并提出“似大地水准面”的概念。

测绘学是技术性学科,它的形成和发展在很大程度上依赖测量方法和仪器工具的创造和改革。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,以量测距离为主。17世纪初发明了望远镜。1617年创立的三角测量法,开始了角度测量。1730年英国的西森制成第一架经纬仪,促进了三角测量的发展。1794年德国的C.F.高斯发明了最小二乘法,直到1809年才发表。1806年法国的A.M.勒让德也提出了同样的观测数据处理方法。1859年法国的A.洛斯达首创摄影测量方法。20世纪初,由于航空技术发展,出现了自动连续航空摄影机,可以将航摄像片在立体测图仪上加工成地形图,促进了航空摄影测量的发展。

20世纪50年代起,测绘技术朝着电子化和自动化发展。1948年起各种电磁波测距仪出现,克服了量距的困难,使导线测量得到重视和应用。与此同时,电子计算机问世,加快了测量计算速度,改变了测绘仪器和方法,出现了解析测图仪,促进了解析测图技术的发展。1957年第一颗人造地球卫星发射成功后,在测绘学中开辟了卫星大地测量和航天摄影测量新领域。随后发展起来的甚长干涉测量技术、惯性测量技术,使测绘学增添了新的测量手段。

随着电子计算机、微电子技术、激光技术、空间技术等新技术的发展与应用,特别是GPS、RS、GIS为代表的测绘科学与技术的不断发展完善,将呈现测量数据采集和处理的自动化、实时化、数字化;测量数据管理的科学化、标准化;测量数据的传播与应用的网络化、多样化、社会化。

1.1.3 测量在园林建设中的作用

园林测量学属于工程测量学的范畴,主要包括普通测量学和部分工程测量学的内容。它是园林专业的一门必修的技术基础课,是从事园林专业的技术人员必备的基本知识和技能。

在园林绿化的各项建设中,测绘工作发挥着重要作用。在其整体规划、设计之前,需要了解拟建地区的地形信息,而地形信息的基本要素是一系列的点位的空间位置及其属性。如地物的构成、地貌的变化、植被分布以及土壤、水文、地质等状况。采集拟建地区的地形信息以及将这些地形信

息绘制成地形图这一过程称为测定,也叫测绘。只有在熟练掌握地形图的制作和应用的基础上才能做出合理的规划或设计方案。

当设计完成之后,施工前和施工中也要借助于各类测绘仪器,应用测量的原理和方法将规划和设计的意图准确地在现场反映出来。这项工作就是测设(也称为放样、放线)。工程结束后,根据需

要有时还须测绘竣工图,作为以后维修、扩建的依据。

综上所述,就园林建设的过程来讲,可将其分为规划、设计前的测绘工作和设计完成后施工中的测设工作两类。

1.2 地面点位置的确定

1.2.1 地球的形状和大小

地球自然表面是一个起伏不平、十分不规则的表面,有高山、丘陵和平原,又有江河湖海。地球表面约有71%的面积为海洋所占用,29%的面积是大陆与岛屿。陆地上最高点珠穆朗玛峰高达8844.43m,与海洋中最深处马里亚纳海沟(11022m)相差近20km。这个高低不平的表面无法用数学公式表达,也无法进行运算。所以在测量与制图时,必须找一个规则的曲面来代替地球的自然表面。当海洋静止时,它的自由水面必定与该面上各点的重力方向(铅垂线方向)成正交。设想这个静止的海水面穿过大陆和岛屿形成一个闭合的曲面,我们把这个面叫做水准面。但水准面有无数多个,其中有一个与静止的平均海水面相重合,这就是大地水准面(图1-1)。

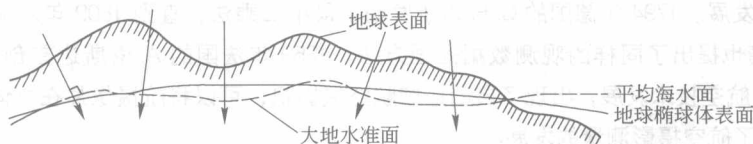


图1-1 地球表面、大地水准面和地球椭球体之间的关系

大地水准面所包围的形体,叫大地体。由于地球体内部质量分布的不均匀,引起重力方向的变化,导致处处和重力方向成正交的大地水准面成为一个不规则的曲面,仍然是不能用数学公式表达。这样的曲面难以在其上面进行测量数据的处理。大地水准面形状虽然十分复杂,但从整体来看,起伏是微小的。它是一个很接近于绕自转轴(短轴)旋转的椭球体。所以在测量和制图中就用旋转椭球来代替大地体,这个旋转椭球体称为地球椭球体,也称参考椭球体。地球椭球体表面(图1-1)是一个规则的数学表面。可以用数学公式表示为:

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

式中 a ——地球椭球体的长半径;

b ——短半径。

地球椭球体的扁率 α 表示椭球的扁平程度。扁率的计算公式为:

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

地球椭球体的参数值有很多种,主要是由于推求它的年代、使用的方法以及测定的地区不同,导致其结果不一致。中国在1952年以前采用海福特(Hayford)椭球体,从1953~1980年采用克拉索

夫斯基椭球体。自 1980 年开始采用 1975 年第 16 届国际大地测量及地球物理联合会上公布的 GRS (1975 年)地球椭球体。即:长半轴 $a = 6378140\text{m}$, 短半轴 $b = 6356755.3\text{m}$, $\alpha = 1 : 298.257$ 。

确定地球椭球体的大小后,还要进行椭球定位,即把旋转椭球面套在地球的一个适当的位置,使得大地水准面和椭球面最贴合。这一位置就是该地理坐标系的“坐标原点”,俗称“大地原点”。我国的大地原点位于陕西省泾阳县永乐镇石际寺村,由此建立起来的全国统一坐标系,这就是现在使用的“1980 年国家大地坐标系”,简称“西安坐标”。

由于地球椭球长半径与短半径的差值很小,所以在普通测量中测量精度要求不高时,可以近似地把地球当作圆球体看待,这个球体的半径为 $R = 1/3(a + a + b) = 6371\text{km}$ 。

1.2.2 地面点位的表示方法

地球表面高低起伏,并分布着许多物体,我们将地球表面高低起伏的形态称为地貌,将地球表面上人工建造或自然形成的固定物体称为地物。它们的外形和轮廓是由一系列连续的点所组成。点的空间位置须用三维坐标来表示。为了确定和表示这些点的位置,需要设定一个基准面来作为点位的投影面。投影的基准线可以是铅垂线,或是法线。基准面是大地水准面、水平面或地球椭球面。

地面点投影到基准面之后,其位置用坐标和高程来表示。在测量上常用的有大地坐标系、高斯平面直角坐标系、独立平面直角坐标系等。

1.2.2.1 大地坐标系

大地坐标系是地理坐标系的一种,是以法线为投影基准线,以地球椭球体面为基准面建立的球面坐标。常用大地经度 L 、大地纬度 B 、大地高 H 表示地面点的空间位置。

如图 1-2 所示地球椭球体, N 、 S 分别为地球的南极和北极, NS 为短轴。通过地球旋转轴的平面均称为子午面。各子午面与地球表面的交线叫做经线或子午线。过球心且与地球旋转轴正交的平面即为赤道面,此平面与地球表面的交线即为赤道,赤道面作为纬度的起算面。

如图 1-2 所示, P 点的经度,是指过 P 点的子午面与首子午面(起始子午面,通过英国 Greenwich 天文台)所夹的二面角,以 L 表示。自首子午线向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为东经,向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为西经。 P 点的纬度,是指该点的铅垂线与赤道面之间的夹角,以 B 表示。自赤道向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为北纬。向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为南纬。大地经纬度使地面点在地球椭球面上的二维坐标,另外用“大地高 H ”表示第三维。大地高是沿地面点的椭球面法线量至椭球面的距离。

地面点的经纬度如果用天文测量的方法测量,分别称为“天文经度(λ)”和天文纬度(φ)。这种地理坐标是以铅垂线为投影基准线,以大地水准面为基准面建立的球面坐标。

目前我国常见的大地坐标系有:1954 年北京坐标系、1980 国家大地坐标系、1954 年新北京坐标系、WGS-84 坐标等。

1.2.2.2 独立平面直角坐标系

在较小的范围(数平方千米)内进行测绘工作时,使用大地坐标系就显得很不方便。一般都将测区球面作平面处理,以铅垂线作为投影基线,将点位投影到水平面上建立平面直角坐标系。点的平

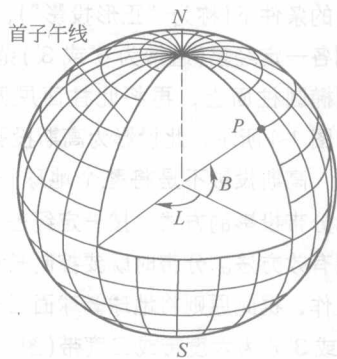


图 1-2 大地坐标系示意

面位置用一组有序实数对表示。如图 1-3 所示, A 点的坐标为 (x_a, y_a) 。但测量的平面直角坐标与数学中的笛卡尔平面直角坐标有些区别。测量工作中以 x 轴为纵轴表示南北方向, 以 y 轴为横轴表示东西方向, 象限按照顺时针划分为 I、II、III、IV (图 1-3)。这是由于在测量工作中以极坐标表示点位时, 其角度值是以北方向为基准按顺时针方向计算的夹角, 而数学中则是从横轴按逆时针计的缘故。把 x 轴与 y 轴纵横互换后, 全部三角公式都同样能在测量计算中应用。

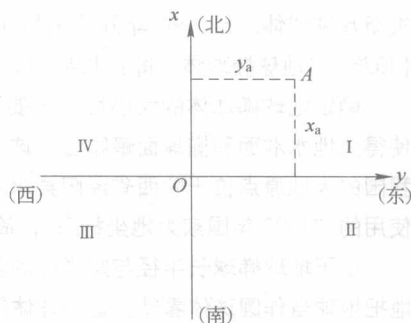


图 1-3 平面直角坐标系

为了实用方便, 测量上使用的平面直角坐标的原点有时是假设的。假设的原点一般选在测区的西南角的位置, 应使测区内的各点坐标均为正值。

1.2.2.3 高斯平面直角坐标系

当测区范围很大时, 就不能把地球很大一块地表面当作平面看待, 必须采用地图投影的方法, 将球面坐标变换为平面坐标。地图投影的方法很多, 测量工作中通常采用高斯-克吕格投影。

1) 高斯投影的概念

高斯-克吕格投影简称高斯投影, 采用等角横轴切圆柱投影。假想有一个椭圆柱面横套在地球椭球体外面, 并与某一条子午线(此子午线称为中央子午线或轴子午线)相切, 圆柱的中心轴通过椭球体中心, 在椭球面图形与柱面图形保持等角的条件下(称为“正形投影”), 将中央子午线两侧各一定经差(通常为 6° 或 3°)范围内的地区投影到椭圆柱面上, 再将此柱面展开即成为投影面, 如图 1-4 所示, 此投影为高斯投影。

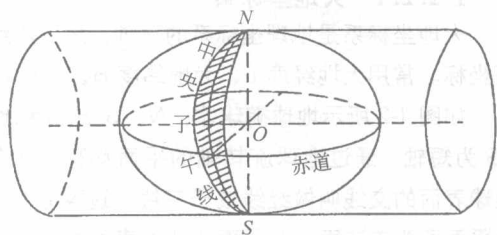


图 1-4 高斯投影

高斯投影不是将整个地球一次投影, 而是采用分带投影的方式, 按一定经差将地球椭球面划分成若干投影带, 这是高斯投影中限制长度变形的最有效方法。分带时既要控制长度变形使其不大于测图误差, 又要使带数不致过多以减少换带计算工作, 据此原则将地球椭球面沿子午线划分成经差相等的瓜瓣形地带, 以便分带投影。通常按经差 6° 或 3° 分为六度带或三度带 (图 1-5)。六度带可用于中小比例尺 (如 $1:250000$) 测图。六度带自首子午线起每隔经差 6° 自西向东分带, 带号依次编为第 1、2、……、60 带。第一个六度带的中央子午线的经度为 3° , 任意带的中央子午线经度 L_0^6 , 可按式 (1-3) 计算:

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

式中 N —— 6° 投影带的带号。

三度带是在六度带的基础上分成的, 它的中央子午线与六度带的中央子午线和分带子午线重合, 即自 1.5° 子午线起每隔经差 3° 自西向东分带, 带号依次编为三度带第 1、2、……、120 带。第一个三度带的中央子午线的经度为 1.5° , 任意带的中央子午线经度 L_0^3 , 可按式 (1-4) 计算:

$$L_0^3 = 3n \quad (1-4)$$

式中 n ——三度投影带的带号。

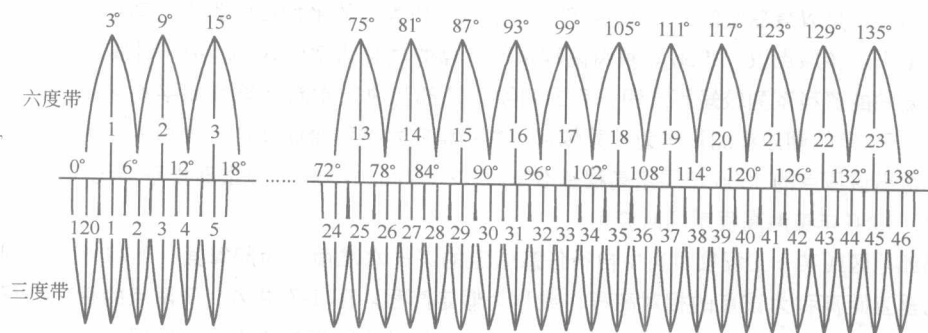


图 1-5 六度带和三度带投影

我国的经度范围西起 73° 东至 135°，六度带从 13~23 带，各带中央经线依次为 75°、81°、87°、……、117°、123°、129°、135°，或三度带从 24~45 带。

2) 高斯平面直角坐标系

地球椭球分带投影后，在投影面上每条中央子午线和赤道都投影成为相互垂直相交的直线。以中央子午线和赤道的交点 O 作为坐标原点，以中央子午线的投影为纵坐标 x 轴，以赤道的投影为横坐标 y 轴。象限按照顺时针 I、II、III、IV 排列，如图 1-6(a) 所示。在我国 x 坐标值都是正的， y 坐标值有正有负。为了避免横坐标出现负值，在横坐标上加上 500000m，即纵坐标轴向西平移 500000m。此外还应在横坐标前面冠以带号以示区别。例如，有一点 $Y_B = 19356456.789m$ ，该点位在 19 带内，其相对于中央子午线而言的横坐标则是：首先去掉带号，再减去 500000m，最后得 $y = -143543.211m$ 。

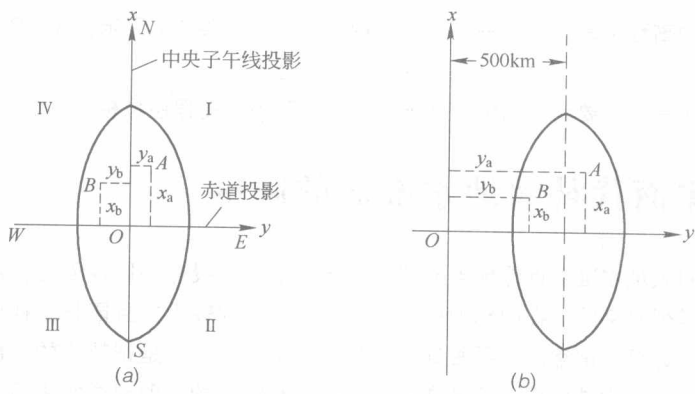


图 1-6 高斯平面直角坐标系

1.2.2.4 高程系

地面点的高程可分为绝对高程和相对高程两类。绝对高程是指地面点到大地水准面的铅垂距离，也就是大家常说的海拔。图 1-7 中 A 、 B 两点的绝对高程分别是 H_A 、 H_B 。一般地，一个国家只采用一个平均海水面作为统一的高程基准面，由此高程基准面建立的高程系统称为国家高程系，否则称为地方高程系。我国规定以黄海平均海水面作为我国的大地水准面，先后建立了 1956 年黄海高程系和 1985 年国家高程基准。