



新世纪土木工程系列教材

土木工程测量

邹永廉 主编



高等教育出版社

新世纪土木工程系列教材

土木工程测量

邹永廉 主编

高等教育出版社

内容简介

遵照理论联系实际的原则,本书共分13章,着重介绍测量的定位原理,特征点、线、面的测量方法。内容包括:测量定位的基准面、基准线和坐标轴系,定位元素和定位方法,水准测量、角度测量、距离测量、直线定向,测量误差,控制测量,地形图、地籍图测绘,识图、用图的基本知识,中线测量、纵横断面测绘,以及土木工程中的施工测量。在介绍原理方法的同时,除传统的光学仪器外,还引入了新一代的电子仪器:电子水准仪、电子经纬仪、光电测距仪、全站仪、电子求积仪。在测绘新技术一章中,介绍了当代顶尖的“3S”技术:全球定位系统(GPS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS),此外,对数字摄影测量、数字地图,也作了相应的介绍。最后一章,精选了17个测量实验,可供不同要求的院校选用,其中不带*号的是必做实验,其余的为选做实验。

本书为高等院校土木工程专业本科的通用教材,也可作为自学考试、电大教学和广大土建人员进修的用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/邹永廉主编. —北京:高等教育出版社,
2004.1

ISBN 7-04-013090-4

I. 土... II. 邹... III. 土木工程-工程测量-高等学校-教材 IV. TU498

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 105276 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.25
字 数 440 000

版 次 2004年1月第1版
印 次 2004年1月第1次印刷
定 价 22.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

主任委员:沈蒲生(湖南大学)

副主任委员:(排名先后以姓氏笔画为序)

白国良(西安建筑科技大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

周绪红(长安大学)

强士中(西南交通大学)

委员:(排名先后以姓氏笔画为序)

卫 军(华中科技大学)

王清湘(大连理工大学)

江见鲸(清华大学)

刘 明(沈阳建筑工程学院)

张印阁(东北林业大学)

吴胜兴(河海大学)

尚守平(湖南大学)

胡长顺(长安大学)

黄醒春(上海交通大学)

焦兆平(广州大学)

霍 达(北京工业大学)

王 健(北京建筑工程学院)

叶志明(上海大学)

关宝树(西南交通大学)

朱彦鹏(甘肃工业大学)

张家良(辽宁工学院)

杨和礼(武汉大学)

周 云(广州大学)

赵明华(湖南大学)

梁兴文(西安建筑科技大学)

廖红建(西安交通大学)

出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，新专业目录中土建类土木工程专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土建类系列教材编辑委员会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。

2. 从各院校调整土建类各专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。

3. 各门课程教材要具有与本部门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。

4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。

5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。

6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审定教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系

统的专业系列教材,以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材的编写大纲和初稿都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,请读者批评指正!

2001年3月

前言

本教材系根据教育部 1998 年颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》所规定的专业范围和专业调整方向,结合我国当前教育改革、课程设置和学时分配的实际编写的。教材本着“以人为本、与时俱进”的精神,充分发挥技术基础课“辐射源”的作用,将土木工程测量的基本知识、基本理论、基本技能的知识点,定位在“点、线、面、平、纵、横”测量的界面上。把握了这些知识点,就能举一反三解决工程中相关的定位、放线、测图、用图等诸多问题,从而达到将知识点转化为勘测能力、用图能力、放图(放样)能力等专业所要求的培养目标。

新教材具有以下性质特征:

1. 实践性。教材来源实践,内容精炼,针对性强,信息量大,专业覆盖面广,能满足培养宽口径、复合型人才的需求。

2. 灵活性。章节内容,由浅入深,先粗后细,相对独立,互为补充,服从认识规律,有一定灵活性、选择性和互补性。基本内容置前,可选内容置后,不拘泥于学科系统,供不同院校、不同教学环境和教学习惯选用。

3. 可读性。教材编写着眼于自学,文字通俗易懂,论证深入浅出。章前有重点、难点提示,章后有思考题和练习题,书末有部分习题答案。充分发挥教材媒体的指导作用和自学的能动性,弥补第一课堂教学的不足,适应多层次读者需求。

4. 时代性。教材介绍了当代最先进的量测技术、光电技术、数码技术、遥测技术。这些技术标志着新世纪测绘科学发展的步伐和方向,反映出高新技术的时代特征。

教材由三所大学联合编写。参加编写的有:湖南大学土木工程学院邹永廉(1、6 章)、陈久强(2、13 章)、黎莉(3 章)、许曦(4 章);西南交通大学土木工程学院测量工程系张献州(7 章)、岑敏仪(8 章)、李永树(9 章)、黄丁发(12 章);武汉大学测绘学院杨正尧(5、10、11 章)。全书由邹永廉主编、统稿。承哈尔滨工业大学邹瑞坤教授担任主审,在此深表谢意。

书中若存在缺点和错误,敬请广大读者、专家、同行赐教。

编 者

2003 年 8 月于长沙岳麓山

策划编辑	赵湘慧
责任编辑	赵湘慧
封面设计	于 涛
责任绘图	尹文军
版式设计	陆瑞红
责任校对	尤 静
责任印制	陈伟光

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581698/58581879/58581877

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn 或 chenrong@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务部

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

目 录

第1章 绪论	1
1.1 土木工程测量的任务	1
1.2 测量坐标系	2
1.3 测量的定位元素和方法	6
1.4 水平面代替水准面的限度	8
1.5 测量常用的计量单位	9
思考题	10
习题	11
第2章 水准测量	12
2.1 水准测量原理	12
2.2 水准仪和水准尺	12
2.3 水准仪技术操作	16
2.4 水准测量的实施	18
2.5 DS ₃ 水准仪的检验与校正	23
2.6 水准测量误差	26
2.7 三、四等水准测量	28
2.8 自动安平水准仪和精密水准仪	30
2.9 电子水准仪	34
思考题	37
习题	37
第3章 角度测量	38
3.1 角度测量原理	38
3.2 光学经纬仪	39
3.3 经纬仪技术操作	43
3.4 水平角测量	45
3.5 竖直角测量	47
3.6 DJ ₆ 经纬仪的检验与校正	49
3.7 水平角测量误差	52
3.8 电子经纬仪	55
思考题	59
习题	60
第4章 距离测量	61

4.1 钢尺量距	61
4.2 视距测量	66
4.3 光电测距	69
思考题	73
习题	73
第5章 直线定向	75
5.1 三北方向	75
5.2 方位角与象限角	76
5.3 罗盘仪测定磁方位角	78
5.4 陀螺经纬仪测定真方位角	80
思考题	82
习题	83
第6章 测量误差	84
6.1 测量误差的分类	84
6.2 评定精度的标准	88
6.3 误差传播定律	90
6.4 算术平均值及其中误差	94
6.5 带权平均值及其中误差	97
思考题	103
习题	104
第7章 控制测量	105
7.1 概述	105
7.2 导线测量	108
7.3 小三角测量	115
7.4 交会定点	120
7.5 高程控制测量	121
7.6 全站仪	126
思考题	130
习题	130
第8章 地形图测绘	132
8.1 地物地貌的表示方法	132

8.2 平板仪及其使用	139	高程传递	213
8.3 测站点的增补	141	11.7 管道施工测量	215
8.4 测图前的准备工作	142	11.8 公路施工测量	218
8.5 碎部测量	143	11.9 桥梁施工测量	221
8.6 地形图的拼接、整饰和检查	147	11.10 隧道施工测量	225
8.7 全站仪数字化测图	148	11.11 竖井联系测量	229
8.8 航空摄影测量	150	11.12 建筑物的变形观测	230
8.9 地籍图测绘	153	思考题	238
思考题	158	习题	238
习题	158	第12章 近代测绘新技术简介	240
第9章 地形图应用	159	12.1 全球定位系统(GPS)	240
9.1 地形图的分幅与编号	159	12.2 数字摄影测量与遥感(RS)	248
9.2 地形图的阅读	163	12.3 数字地图与地理信息	
9.3 用图的基本知识	166	系统(GIS)	252
9.4 面积测定	170	第13章 测量实验	257
9.5 场地平整中的土方计算	172	13.1 DS ₃ 水准仪的技术操作	257
思考题	174	13.2 水准测量(等外)	258
习题	174	13.3 DS ₃ 水准仪的检验	
第10章 线路测量	176	与校正*	259
10.1 中线测量概述	176	13.4 四等水准测量*	260
10.2 交点和转点的测设	177	13.5 光学经纬仪的技术操作	261
10.3 转角测定和里程桩设置	179	13.6 测回法观测水平角	262
10.4 圆曲线测设	181	13.7 方向观测法观测水平角*	262
10.5 复曲线	186	13.8 竖直角观测	263
10.6 缓和曲线	186	13.9 光学经纬仪的检验与校正*	264
10.7 线路纵断面测量	191	13.10 钢尺一般量距和磁方位	
10.8 横断面测量	195	角测定	266
10.9 线路土方计算	198	13.11 视距测量	267
思考题	199	13.12 光电测距仪的技术操作*	268
习题	199	13.13 全站仪的技术操作*	269
第11章 施工测量	201	13.14 地形图测绘*	271
11.1 概述	201	13.15 圆曲线测设*	272
11.2 施工放样的基本方法	202	13.16 纵断面测量	273
11.3 建筑施工控制测量	206	13.17 点位的测设	273
11.4 民用建筑施工测量	208	部分习题参考答案	275
11.5 工业厂房施工测量	210	参考文献	278
11.6 高层建筑物的轴线投测和			

绪 论

1.1 土木工程测量的任务

根据由点组成线、线组成面、面组成体的关系链,测定地面相关点位,就可在图纸上绘制地面平、纵、横三个面的相似图形。这些图形是工程设计用图的重要资料。按同样的原理,将设计图上建筑物的相关点,通过在实地的定位和放样,就可在施工场地标定出图面建筑物的形状、大小和位置,它们是指导施工的重要依据。根据不同的施测对象和阶段,土木工程测量包括以下任务:

在勘测阶段,为了对建筑物的具体设计提供地形资料,需要在建筑地区测图。由于这种测图是在局部范围内进行的,可以不顾及地球曲率的影响,将曲面当作平面处理。测量时只需按照一定的测量程序,测定一些具有代表性的地面特征点和特征线,根据测图比例尺和国家规定的图式符号,就可将建筑地区的形状和大小、地面的起伏形态(地貌)和固定性物体(地物),如房屋、道路、河流等,缩小绘制成相似的图形。这种既能表示地物的平面位置,又能表示地貌变化的平面图,称为**地形图**。此外,与建筑工程有关的土地划分、用地边界和产界的测定等,需测绘地物平面图。这种只表示地物的平面尺寸和位置,不表示地貌的平面图,称为**地物图**。

建筑工程竣工后,为了工程验收和今后的维修管理,还需要测绘竣工图。

在设计阶段,建筑物的设计,力求经济、合理、实用、美观。这就要求在设计中,充分利用地形,合理使用土地,正确处理建筑物与周边环境的关系,做到人工美与自然美结合,使建筑物与地

形构成协调统一的整体。因此,用图涉及地形图、地物图和断面图并贯穿于设计阶段的全过程。此外,城市规划、城镇建设、能源开发、土地使用、改建扩建、施工管理等,也都需要用图。

用图就是利用提供的成图知识和原理,如构图方法、坐标轴系、图幅大小、各类图式符号的性质和表达内容的方式等,在综合图幅内容的基础上,利用提供的量测技术,在图上进行点、线、面的量测,并把图面量测到的数据转换为现场地面相应的测量数据,以解决设计和施工问题。例如,从图上利用拟建场地的有利地形来选择建筑物的形式、位置和尺寸;在图上进行方案比较和工程量的估算;施工场地的布置与平整等等。用图的过程实质上是个识图、量图和判图的过程。

3. 放样(放图)

建筑物、构筑物进入施工阶段,就需要根据它的设计图,如建筑物的平面图、立面图、剖面图、基础大样图、桩基图等,按照设计要求,通过测量的定位、放线、安装和检查,将其平面位置和高程标定到施工的作业面上,为施工提供正确位置,指导施工。放样又称测设,是测图的逆过程。测图又称测绘,是将地上的点位测定在图上。放样则是将设计图上的点位测设到地上,两者测量过程相反。放样工作,贯穿于施工全过程。

此外,对于某些有特殊要求的建筑物,为了监测它在各种应力作用下的安全性和稳定性,或检查它的设计理论和施工质量,还需要进行变形观测。这种观测是在建筑物上设置若干观测点,按照测量的观测程序和周期,测定建筑物及其基础在自身荷重和外力作用下,随着时间观测点产生的位移。变形观测包括沉降观测、水平位移观测和倾斜观测。

1.2 测量坐标系

测量上确定地面点的位置,是在选定的基准面上建立坐标系,通过测定点位之间的距离、角度和高差,计算点的坐标来实现的。基准面和坐标系是测量定位的数学基础。

1.2.1 基准面

基准面有曲面与平面之分。测量是在地球上进行的,用作球面坐标的基准面,其形状和大小尽可能与地球相吻合,进而代替地球,以满足测图定位需要。符合上述要求的,有下列基准面:

1. 大地水准面

地球的自然表面千姿百态,有高山、平原、江河、海洋。地球总面积的 71% 被海洋覆盖,陆地仅占 29%,其中高出海面小于 500 m 的平坦地区约占陆地的一半,其余为山区和高原。世界最高的山峰珠穆朗玛峰高度为 8 848.13 m,最深的海沟马里亚纳深达 11 022 m。尽管地球表面有如此大的落差变化,但与地球平均半径 6 371 m 相比,未超过半径的 0.17%,可忽略不计。地球总的形体,可视为由海水面穿过陆地、形成一个全被海水覆盖、两极略扁平、赤道鼓起的水体。

自由静止的水面,称为水准面。在地球重力场中,水准面是个重力等位面,处处与重力方向或铅垂线方向正交,而形成闭合曲面。不同高度两水准面因重力位差为一常数,不相交,因面上各点重力不相等,而不平行。处处与水准面正交的铅垂线是测量工作的基准线,测量仪器的整置均以水准气泡为依据,即以铅垂线为准。因此,水准面是测量的工作面。

不同高度的水准面有无数个,其中通过平均海水面并延伸穿过陆地而形成闭合体的那个水准面,称为大地水准面。大地水准面包围的地球形体,称为大地体。根据不同轨道卫星长期观测

的成果,大地体近乎梨形,南北两极扁平并不对称,赤道椭圆长短半径相差约 70 m,近乎圆形。大地水准面表征的形体,是真实地球的最佳形体,从而把它作为基准面,建立了天文地理坐标,并将它定为高程起算面和各水准面测量成果统一的归算面。

2. 参考椭球面

由于地球表面高低不平,内部质量分布不均,导致重力方向不规则变化,使得处处与重力方向正交的大地水准面,实际上是一个略有起伏、不规则的曲面。这个面无法计算和展示大地测量成果。为此,测量上选用一个能充分接近大地体的几何面,来代替大地水准面所代表的地球形体。它是一个椭圆绕其短轴旋转而成的椭球体(面),该面处处与法线正交,图 1.1 为上述三个面相互关系示意图。概括地球形体的椭球,称为**地球椭球**,其形状和大小可用参数长半径 a 、短半径 b 、扁率 $\alpha=(a-b)/a$ 表示。适合区域性的,如一个国家领土范围内的地球椭球,称为**参考椭球**,如图 1.2。测量工作就是以参考椭球面作为计算基准面,以它的法线作为基准线,建立大地坐标,展示测量的定位成果。

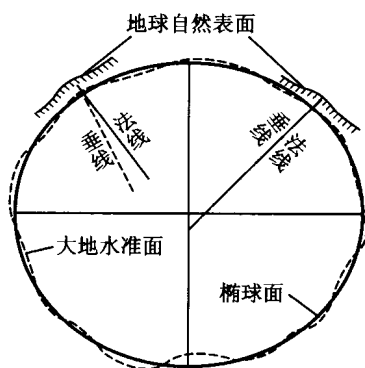


图 1.1 三个面的相互关系

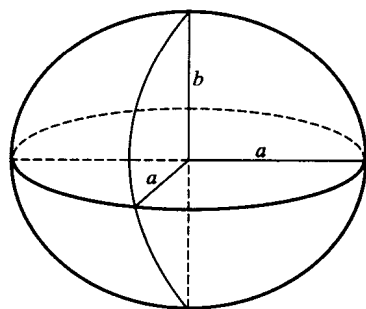


图 1.2 参考椭球

建国初期,我国采用前苏联的克拉索夫斯基椭球作为参考椭球,建立了“1954 北京坐标系”,其几何参数为

$$a=6\,378.245\text{ km} \quad \alpha=1:298.300$$

为了满足日益发展的经济建设和国防建设,国家采用了国际大地测量与地球物理联合会 1975 年第三次推荐的地球椭球作为参考椭球,其参数为

$$a=6\,378.140\text{ km} \quad \alpha=1:298.257$$

在陕西境内,建立了国家大地原点,以它为起算点推算的坐标,定名为“1980 大地坐标系”。这是我国迄今为止,定位精度较高的坐标系。

大地原点在参考椭球面上的起算数据,是通过椭球面与大地水准面在该点处相切,短轴与地轴平行,两面充分吻合条件下,将该点在大地水准面上的地理坐标(天文经纬度)换算成参考椭球面上的大地坐标(大地经纬度),从而获得起算数据。这项工作,称为**参考椭球定位**。采用单点定位时,两面在该点的法线和铅垂线重合,大地坐标等于天文地理坐标。采用多点定位时,则两者不重合。

由于地球的扁率很小,当精度要求不高时,可把大地水准面视为圆球,其半径为

$$R=\frac{(a+a+b)}{3}=6\,371\text{ km}$$

1.2.2 坐标轴系

测量通常用三个量确定地面点位。两个量是坐标,表示该点投影在基准面上的位置。第三个是高程,表示该点至基准面垂距。从而将点位有序地展示在投影面上。

1. 大地坐标

用大地经度 L 和大地纬度 B 确定地面投影点在椭球面上位置的坐标,称为**大地坐标**。该坐标是以参考椭球面和法线作基准面和基准线,用解球面三角方法计算的球面坐标系,如图 1.3。

过短轴 NS 的平面称为**子午面**,子午面与球面的交线称为**子午线或经线**。过英国格林尼治天文台的子午面,称为**首子午面**。 P 为地面在球面上的投影点。过 P 点的子午面与首子午面的二面角,称为该点的**大地经度**,用 L 表示。自首子午线 $0 \sim \pm 180^\circ$ 量度,以东为正,称**东经**,或写成 $0 \sim 180^\circ E$;以西为负,称**西经**,或写成 $0 \sim 180^\circ W$ 。

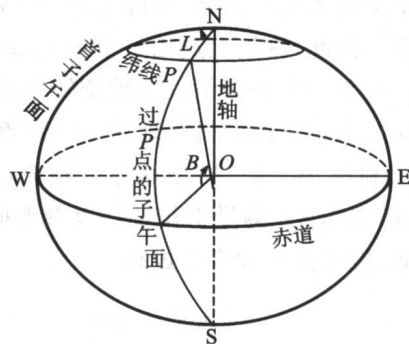


图 1.3 球面坐标

过球心 O 与短轴正交的平面称为**赤道面**。赤道面与球面的交线称为**赤道**。平行赤道面的其它平面与球面的交线称为**纬线**。过 P 点的法线与赤道面的夹角称为该点的**大地纬度**,用 B 表示。自赤道 $0 \sim 90^\circ$ 量度,向北称为**北纬**,向南称为**南纬**。北京位于北纬 40° 、东经 116° ,也可用 $B=40^\circ N$ 、 $L=116^\circ E$ 表示。

一般而言,大地坐标是由大地经度 L 、大地纬度 B 、大地高 H 三个量组成,用于表示地面点的空间位置。用大地坐标表示的地面点,统称为**大地点**。

2. 地理坐标

用天文经度 λ 和天文纬度 φ 确定地面投影点在大地水准面上位置的坐标,称为**地理坐标**。该坐标是以大地水准面和铅垂线为基准面和基准线,用天文测量方法测定的球面坐标系。

除选用的基准面、线不同外,地理坐标与大地坐标均同属于球面坐标,如天文纬度 φ 除是以过 P 点的铅垂线方向与赤道面的夹角来定义外,其它的均相同。由于铅垂线与法线方向不一致,各地的天文经纬度与大地经纬度略有差异,精度要求不高的情况下,其差异可忽略不计。

测定了天文经纬度的地面点,统称为**天文点**。

3. 高斯平面直角坐标

地形图的测绘,需要大地点作控制,建立平面直角坐标格网。图的编制、图幅大小的划分,也都需要经线和纬线作控制,建立图上地理坐标格网即经纬网。这就要求将椭球面上的点、线及其方位,按地图投影的方法转换到平面上,高斯平面直角坐标,就是建立在高斯投影平面上的一种由球面坐标变换而成的平面坐标轴系。

为了控制由球面**正形投影**(又称**等角投影**或**相似投影**,保持图形角度不变而距离变形的一种投影方法)到平面时引起的长度变形,高斯投影采用了分带的投影,使每一带内产生的变形控制在测图容许值范围内。通常将地球椭球按经度划分为 60 个带(图 1.4)。从 0° 子午线起算,每 6° 经差划分为一带,称为 6° 带,带号 n 自西向东依次编为 $1 \sim 60$ 。位于各带边上的子午线称为**分带子午线**,位于各带中央的子午线,称为**中央子午线或轴子午线**。各带中央子午线的经度 L_0 可按下式计算

$$L_6 = 6^\circ n - 3^\circ \quad (1.1)$$

例如北京 $L = 116^\circ\text{E}$, 如按 6° 带计, 其 $n = 116^\circ / 6^\circ = 20$ (进位为整数), 按式 (1.1), $L_6 = 123^\circ$, 故北京位于带内中央子午线的西侧 (因 $116^\circ < 123^\circ$)。

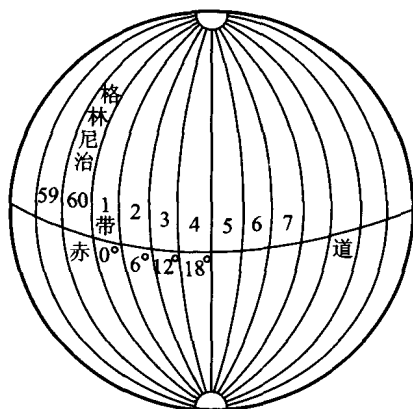


图 1.4 高斯投影分带

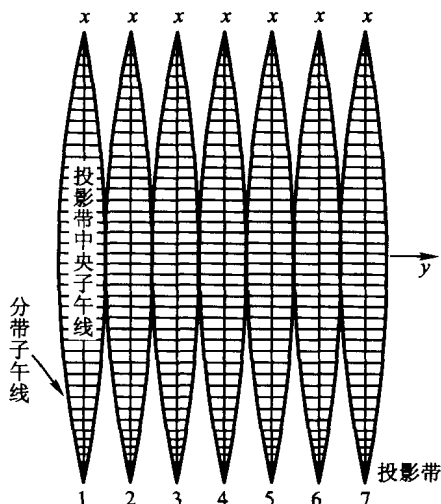


图 1.5 高斯平面直角坐标轴系

投影时每带独立进行, 将投影平面与球面的中央子午线相切, 按中央子午线投影为直线, 且长度不变形, 赤道投影为直线的条件进行投影。投影后, 展开投影面, 即为高斯平面。在高斯平面上, 除中央子午线与赤道的投影构成两条相互垂直的直线外, 其余的经线和纬线均为对称于中央子午线和赤道的弧线, 距离愈远, 其长度变形愈大, 但仍保持原交角不变。为了满足大比例尺测图和精密测量的需要, 使变形更小, 可采用 3° 带。 3° 带的中央子午线与 6° 的中央子午线和分带子午线相重合, 即从东经 1.5° 开始, 自西向东每隔 3° 经差划分为一带, 带号 n 依次编为 $1 \sim 120$ 。各带中央子午线经度 L_3 可按式计算

$$L_3 = 3^\circ n \quad (1.2)$$

分带投影后, 取各带中央子午线为 x 轴 (纵轴), 赤道为 y 轴 (横轴), 其交点为原点, 从而建立起每个投影带独立的高斯平面直角坐标轴系 (图 1.5)。这就可以把球面上的点位, 按高斯投影公式转绘在平面上。

我国位于北半球, x 值恒为正, y 值有正有负。为避免出现负值, 规定将坐标轴西移 500 km (图 1.6)。为了标明点位所属投影带, 还规定在 y 值前加注带号。如 A 点位于 12 带, 原坐标自然值 $y_a = -154\,321.10\text{ m}$, 按上述规定, 则它的通用值应为 $y_a = 12(-154\,321.10 + 500\,000.00) = 12\,345\,678.90\text{ m}$ 。由此看出, 小数点前 6 位数字小于 500 km, 表 A 点位于中央子午线西侧, y_a 的自然值为负, 反之为正。6 位数字前面的数为带号, 用时需加注意。

我国境内 6° 带号在 $13 \sim 23$ 之间, 3° 带号在 $24 \sim 45$ 之间, 没有重叠, 因此, 根据 y 值前标注的带号便可区分 6° 带或 3° 带。

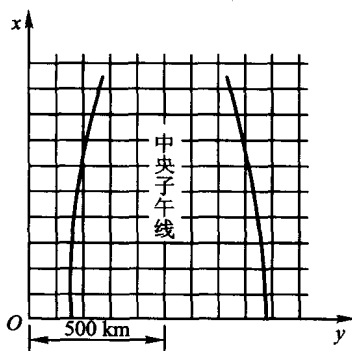


图 1.6 高斯平面直角坐标

4. 平面直角坐标

在局部范围内,可把大地水准面当作平面,将地面点沿铅垂线方向投影到平面上,用平面直角坐标确定点位。这种坐标系通常是以该地区任意子午线视为中央子午线,作为 x 轴,北为正,南为负,以相垂直的线为 y 轴,东为正,西为负(图 1.7)。象限编号以 x 轴正向起算,顺时针编 I、II、III、IV。为了不使坐标出现负值,坐标原点可设在测区的西南角。

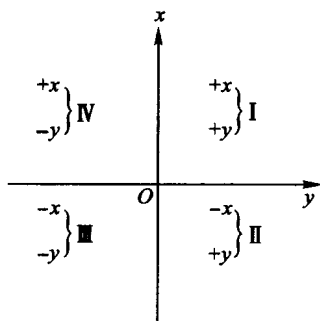


图 1.7 平面直角坐标

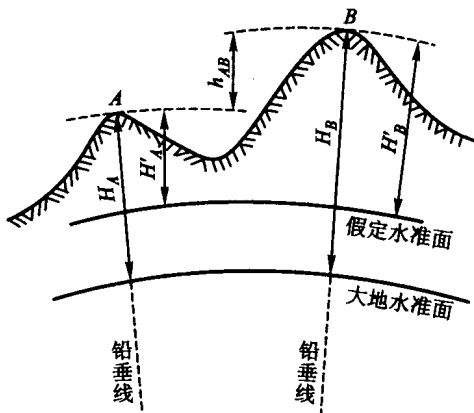


图 1.8 地面点的高程和高差

5. 高程系统

地面点至高程基准面的高度(垂距),称为**高程**。选用不同的基准面,有着不同的高程系统。地面点沿法线至参考椭球面的距离,称为**大地高**,用 H_A 表示。大地高有正有负,从参考椭球面起量,向外为正,向内为负,可通过计算方法求得。

地面点沿铅垂线方向至大地水准面的距离,称为**海拔或绝对高程**,简称**高程**,用 H 表示(图 1.8)。绝对高程可通过高程测量方法直接测定,它广泛用于地形测绘和工程建设。

建国初期,我国在青岛设立验潮站进行观测,取黄海平均海水面作为高程基准面,建立了**国家水准原点**。由它起算的高程,称为“1956 黄海高程系统”。后来,经过验潮站多年观测资料统计,对水准原点的起算高程作了进一步调整,并定名为“1985 国家高程基准”,并于 1987 年启用,统一了全国如黄海高程、吴淞高程、珠江高程等各高程系统。

在局部地区,引用绝对高程有困难时,可假定一水准面作高程基准面。地面点至该面的垂距,称为**相对高程或假定高程**,用 H' 表示(图 1.8)。

两点高程之差称为**高差**,常用 h 表示。即

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$

大地高与绝对高程在同一地面点上是不相等的,但在数值上前者可通过后者经改算获得。

1.3 测量的定位元素和方法

确定地面点位置,无论采用哪种坐标系和定位方法,都需要测定点位之间的距离、角度和高差。这三个量称为**定位元素**,利用它可以确定点的平面位置和三维空间位置。

测定点位,不可避免地会产生误差。如果定位从一点开始,逐点施测,不加任何控制和检查,