

普通高校土木工程专业系列精品规划教材

PUTONGGAOXIAOTUMUGONGCHENGZHUANYEXILIEJINGPINGUIHUAJIAOCAI



土木工程测量

TUMU GONGCHENG CELIANG

TUMU GONGCHENG CELIANG

◎ 马飞虎 主编



中南大学出版社

www.csupress.com.cn

土木工程测量

主 编 马飞虎

副主编 孙翠羽

参 编 康永红 汤 俊 聂启祥
张燕茹 程海琴 何桂珍
贺小星



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/马飞虎主编. —长沙:中南大学出版社,2016. 11
ISBN 978 - 7 - 5487 - 2254 - 0

I. 土... II. 马... III. 土木工程 - 工程测量 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 100601 号

土木工程测量

主编 马飞虎

☐责任编辑 刘颖维

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印刷有限公司

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 19.5 ☐字数 496 千字

☐版 次 2016 年 11 月第 1 版 ☐印次 2016 年 11 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 2254 - 0

☐定 价 44.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换



普通高校土木工程专业系列精品规划教材

编审委员会

主 任 余志武

常务副主任 雷晓燕

副主任(按姓氏笔画排序)

王卫东	王有凯	龙志林	刘哲锋	祁 皓	杨 斌
吴国雄	陈振富	陈 淮	胡习兵	祝明桥	徐长节
崔 杰	彭立敏				

委 员(按姓氏笔画排序)

刁心宏	于向东	马飞虎	王 英	王星华	王晓光
王 薇	方 焘	甘元初	石钰锋	白明洲	乔建东
刘小明	刘 坚	刘根强	刘 靖	宇德明	孙 晓
孙翠羽	杨伟军	杨仲轩	杨建军	杨春霞	李长春
李东平	肖 潇	张 健	张维锦	张鹏飞	张燕茹
陈友兰	陈长坤	陈汉利	陈锐林	罗小勇	周小林
周书葵	周凌宇	周智辉	周德泉	郑明新	赵小平
赵国宇	胡文韬	胡晓波	耿大新	徐林荣	郭文华
黄海林	蒋丽忠	傅 纯	戴公连		

总 序

土木工程是促进我国国民经济发展的重要支柱产业。近 30 年来,我国公路、铁路、城市轨道交通等基础设施以及城市建筑进入了高速发展阶段,以高速、重载和超高层为特征的建设工程的安全性、经济性和耐久性等高标准要求向传统的土木工程设计、施工技术提出了严峻挑战。面对新挑战,国内外土木工程行业的设计、施工、养护技术人员和科研工作者在工程实践和科学研究工作中,不断提出创新理念,积极开展基础理论和技术创新,研发了大量的新技术、新材料和新设备,形成了成套设计、施工和养护的新规范和技术手册,并在工程实践中大范围应用。

土木工程行业日新月异的发展,对现代土木工程专业人才培养提出了迫切要求。教材建设和教学内容是人才培养的重要环节。为向普通高校本科生全面、系统和深入阐述公路、铁路、城市轨道交通以及建筑结构等土木工程领域的基础理论和工程技术成果,由中南大学出版社、中南大学土木工程学院组织国内土木工程领域一批专家、学者组成“普通高校土木工程专业系列精品规划教材”编审委员会,共同编写这套系列教材。通过多次研讨,确定了这套土木工程专业系列教材的编写原则:

1. 系统性

本系列教材以《土木工程指导性专业规范》为指导,教材内容满足城乡建筑、公路、铁路以及城市轨道交通等领域的建筑工程、桥梁工程、道路工程、铁道工程、隧道与地下工程和土木工程管理等方面的需求。

2. 先进性

本系列教材与 21 世纪土木工程专业人才培养模式的研究成果密切结合,既突出土木工程专业理论知识的传承,又尽可能全面反映土木工程领域的新理论、新技术和新方法,注重各门内容的充实与更新。

3. 实用性

本系列教材针对 90 后学生的知识与素质特点,以应用型人才培养为目标,注重理论知识与案例分析相结合,传统教学方式与基于现代信息技术的教学手段相结合,重点培养学生的工程实践能力,提高学生的创新素质。这套教材不仅是面向普通高校土木工程专业本科生的课程教材,还可作为其他层次学历教育和短期培训的教材和广大土木工程技术人员的专业参考书。

4. 严谨性

本系列教材的编写出版要求严格按国家相关规范和标准执行,认真把好编写人员遴选关、教材大纲评审关、教材内容主审关和教材编辑出版关,尽最大努力提高教材编写质量,力求出精品教材。

根据本套系列教材的编写原则,我们邀请了一批长期从事土木工程专业教学的一线教师负责本系列教材的编写工作。但是,由于我们的水平和经验所限,这套教材的编写肯定有不尽人意的地方,敬请读者朋友们不吝赐教。编委会将根据读者意见、土木工程发展趋势和教学手段的提升,对教材进行认真修订,以期保持这套教材的时代性和实用性。

最后,衷心感谢全套教材的参编同仁,由于他们的辛勤劳动,编撰工作才能顺利完成。真诚感谢中南大学学校领导、中南大学出版社领导和编辑们,由于他们的大力支持和辛勤工作,本套教材才能够如期与读者见面。



2015年7月

前 言

本书是根据高等学校土木工程专业教学指导委员会制订的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，结合土木工程、环境工程、土地资源和房产管理等专业对工程测量的实际需求编写而成，可供相关本科专业选用，是一部内容全面的工程测量教材。全书共 14 章：第 1 章绪论；第 2 章水准测量；第 3 章角度测量；第 4 章距离测量与直线定向；第 5 章全站仪及其使用；第 6 章测量误差的基本知识；第 7 章小区域制测量；第 8 章 GNSS 技术及应用；第 9 章地形测量；第 10 章地形图的识读与应用；第 11 章施工测量的基本工作；第 12 章线路工程测量；第 13 章桥梁、隧道测量；第 14 章变形测量。

本书由马飞虎主编，孙翠羽副主编，康永红、汤俊、聂启祥、张燕茹、程海琴、何桂珍、贺小星参编。第 1 章至第 4 章由马飞虎编写，第 9 章至第 11 章由孙翠羽编写，第 5 章至第 8 章由康永红编写。其余章节由汤俊、聂启祥、张燕茹、程海琴、何桂珍、贺小星编写。全书由马飞虎统稿，在编写过程中参阅了大量的文献和资料，研究生饶志强、姜珊珊、孙喜文等协助整理了文字及图片，在此一并表示衷心感谢。

《土木工程测量》既可作为土木工程专业及相关专业测量课程的教科书，也可供相关专业的工程技术人员参考。

限于编者水平，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

作者

2016 年 8 月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 测量学的定义及分类	(1)
1.2 土木工程测量学的任务及作用	(2)
1.3 地球形状与大小	(4)
1.4 测量坐标系统	(5)
1.5 地面点的确定	(9)
1.6 用水平面代替水准面的限度	(11)
思考题	(12)
习题	(13)
第2章 水准测量	(14)
2.1 水准测量原理	(14)
2.2 水准测量仪器及工具	(16)
2.3 水准测量的实施	(22)
2.4 水准仪的检验与校正	(28)
2.5 水准测量误差分析	(31)
2.6 三、四等水准测量	(34)
2.7 其他水准测量仪器	(37)
思考题	(42)
习题	(43)
第3章 角度测量	(45)
3.1 角度测量原理	(45)
3.2 光学经纬仪及其技术操作	(46)
3.3 水平角测量	(52)
3.4 竖直角测量	(56)
3.5 经纬仪的检验与校正	(60)
3.6 角度测量的误差及注意事项	(66)
3.7 电子经纬仪介绍	(69)

思考题	(74)
习题	(75)
第4章 距离测量与直线定向	(77)
4.1 钢尺量距	(77)
4.2 视距测量	(84)
4.3 光电测距	(88)
4.4 直线定向	(97)
思考题	(100)
习题	(101)
第5章 全站仪及其使用	(103)
5.1 全站仪概述	(103)
5.2 全站仪的测距原理	(106)
5.3 全站仪的测角原理	(108)
5.4 全站仪的基本操作与使用	(112)
5.5 全站仪的检定	(115)
思考题	(116)
第6章 测量误差的基本知识	(117)
6.1 测量误差与精度	(117)
6.2 误差传播定律	(123)
6.3 最小二乘法原理	(127)
思考题	(129)
习题	(129)
第7章 小区域制测量	(130)
7.1 概述	(130)
7.2 导线测量	(133)
7.3 小三角测量	(141)
7.4 交会测量	(146)
7.5 三角高程测量	(148)
思考题	(151)
习题	(151)
第8章 GNSS 技术及应用	(153)
8.1 GNSS 技术概述	(153)

8.2	GPS 系统介绍	(154)
8.3	GLONASS 系统介绍	(158)
8.4	伽利略系统介绍	(160)
8.5	北斗系统介绍	(163)
	思考题	(166)
第 9 章	地形测量	(168)
9.1	地形图基本知识	(168)
9.2	大比例尺地形图测绘	(183)
9.3	数字测图原理	(197)
	思考题	(203)
	习题	(204)
第 10 章	地形图的识读与应用	(206)
10.1	地形图的识读	(206)
10.2	地形图应用的基本内容	(207)
10.3	图形面积的量算	(210)
10.4	地形图在工程建设中的应用	(212)
10.5	数字地形图的应用	(216)
	思考题	(226)
	习题	(226)
第 11 章	施工测量的基本工作	(227)
11.1	施工测量概述	(227)
11.2	测设的基本工作	(228)
11.3	地面点平面位置的测设	(232)
	思考题	(234)
	习题	(234)
第 12 章	线路工程测量	(236)
12.1	线路工程测量概述	(236)
12.2	线路中线测量	(238)
12.3	线路的曲线及其测设	(243)
12.4	全站仪测设线路中线	(253)
12.5	线路纵断面测量	(258)

12.6 公路施工测量	(265)
思考题	(268)
习题	(269)
第13章 桥梁、隧道测量	(270)
13.1 桥梁施工测量	(270)
13.2 隧道施工测量	(276)
思考题	(284)
习题	(284)
第14章 变形测量	(286)
14.1 变形测量技术	(287)
14.2 变形测量方案	(293)
14.3 变形监测网优化设计	(295)
14.4 变形测量案例	(298)
思考题	(299)
参考文献	(300)

第1章

绪论

1.1 测量学的定义及分类

测量学是研究地球形状、大小及确定地球表面空间点位,以及对空间点位信息进行采集、处理、储存和管理的科学。测量学按其研究的范围和对象的不同,又分为多个学科。

1. 普通测量学

普通测量学,是研究将地球表面局部地区的地貌及地物测绘成大比例尺地形图的基本理论和方法的科学。它在地形测量中不考虑地球曲率的影响,是测量学的基础部分,其内容是将地表的地物、地貌及人工建(构)筑物等测绘成地形图,为各建设部门直接提供数据和资料。

2. 大地测量学

大地测量学,是研究地球的大小和形状,解决大范围地区的控制测量和地球重力场问题的理论和方法。大地测量必须考虑地球曲率的影响。现代大地测量学已进入以空间大地测量为主的领域,可提供高精度、高分辨率,以及适时、动态的定量空间信息,是研究地壳运动与形变、地球动力学、海平面变化、预测地质灾害等的重要手段之一。

3. 摄影测量学

摄影测量学,是研究利用摄影或遥感技术获取被测物体的信息,以确定物体的形状、大小和空间位置的理论和方法。由于获得相片的方式不同,摄影测量又分为航空摄影测量、水下摄影测量、地面摄影测量和航天遥感等。随着空间、数字和全息影像技术的发展,它可方便地为人们提供数字图件、建立各种数据库、虚拟现实,已成为测量学的关键技术。

4. 海洋测量学

海洋测量学,是研究港口、码头、航道、水下地形的测量以及海图绘制的理论、技术和方法的学科,是以海洋和陆地水域为研究对象。

5. 工程测量学

工程测量学,是研究各种工程在规划设计、施工放样和运营管理等阶段中的测量理论和方法。工程测量学的主要内容包括控制测量、地形测量、施工测量、安装测量、竣工测量、变形观测、跟踪监测等。

6. 地图制图学

地图制图学,是研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的一门学科。研究内

容主要包括地图的编制、地图投影学、地图整饰、印刷等。自动化、电子化、系统化已成为其主要发展方向。

7. GNSS 卫星测量

GNSS 卫星测量, 又称导航全球定位系统, 是通过地面上 GNSS 卫星信号接收机, 接收太空 GNSS 卫星发射的导航信息, 快捷地确定(解算)接收机天线中心的位置。由于其高精度、高效率、多功能、操作简便, 已在包括土木工程在内的众多领域广泛应用。

本书主要介绍土木建筑工程中测绘工作的内容, 它属于工程测量的范畴, 也与其他测量学科有着密切的联系。

1.2 土木工程测量学的任务及作用

1.2.1 土木工程测量学的任务

土木工程测量学主要面向土木建筑、环境、道路、桥梁、水利等学科。在工程建设过程中, 工程项目一般分为规划与勘测设计、施工、运营管理三个阶段, 测量工作贯穿于工程项目建设的全过程, 根据不同的施测对象和阶段, 土木工程测量学具有以下任务。

1. 测图

在勘测阶段, 为了对建(构)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, 可以不考虑地球曲率的影响, 将曲面当作平面处理。测量时只需按照一定的测量程序, 在地球表面局部区域内测定地物(如房屋、道路、桥梁、河流、湖泊)和地貌(如平原、洼地、丘陵、山地)的特征点或棱角点的三维坐标, 根据局部区域地图投影理论, 将测量资料按比例绘制成图或制作成电子图。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, 均需测绘地物平面图。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。

为了满足与工程建设有关的土地规划与管理、用地界定等的需求, 需要测绘各种平面图(如地籍图、宗地图)。

对于公路、铁路、管线和特殊构造物的设计, 除需要提供带状地形图外, 还需要测绘沿某方向表示地面起伏变化的纵断面图和横断面图。

工程竣工后, 为了便于工程验收和运营管理、维修, 还需要测绘竣工图。

2. 用图

用图是利用成图的基本原理, 如构图方法、坐标系统、表达方式等, 在图上进行量测, 以获得所需要的资料(如地面点的三维坐标、两点间的距离、地块面积、地面坡度、断面形状), 或将图上量测的数据反算成与实地相应的测量数据, 以解决设计和施工中的实际问题。例如, 从图上利用拟建场地的有利地形来选择建(构)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。用图的过程实质上是个识图、量图和判图的过程。

工程建设项目的规划设计方案, 力求经济、合理、实用、美观。这就要求在规划设计中, 充分利用地形、合理使用土地, 正确处理建设项目与环境的关系, 做到规划设计与自然美的

结合,使建(构)筑物与自然地形形成协调统一的整体。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。

3. 放图

放图也称施工放样,是根据设计图提供的数据,按照设计精度要求,通过测量手段将建(构)筑物的特征点、线、面等标定到实地工作面上,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。同时,在施工过程中,还需要利用测量的手段监测建(构)筑物的三维坐标、构件与设备的安装定位等,以保证工程施工质量。

4. 变形测量

对于某些有特殊要求的建(构)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。变形观测是在建(构)筑物上设置若干观测点,按测量观测程序和相应周期,测定观测点在荷载或外力作用下,随时间延续三维坐标的变化值,以分析判断建(构)筑物的安全性和稳定性。变形观测包括位移观测、倾斜观测、裂缝观测等。

综合上述,测量工作贯穿于工程建设的全过程。参与工程建设的技术人员必须具备工程测量的基本技能。因此,工程测量学是工程建设技术人员的一门必修技术基础课。

1.2.2 土木工程测量学的作用

测绘技术及成果对于国民经济建设、国防建设和科学研究起着重要的作用,同时被广泛地应用于相关领域。

在土木工程中,测绘科学的各项高新技术,已在或正在土木工程各专业中得到广泛应用。在工程建设的规划设计阶段,各种比例尺地形图、数字地形图,用于城镇规划设计、管理、道路选线以及总平面和竖向设计等,以保障建设选址得当,规划布局科学合理;在进行施工时,特别是大型、特大型工程的施工,运用全球定位系统技术和测量机器人技术可以进行高精度建(构)筑物的施工测设,同时适时对施工、安装工作进行检验校正,使得施工符合设计要求;在工程管理方面,竣工测量资料是扩建、改建和管理维护必需的资料。对于大型或重要的建(构)筑物还要定期进行变形监测,以确保其安全可靠;在土地资源管理方面,地籍图、房产图对土地资源开发、综合利用、管理和权属确认具有法律效力。因此,测绘资料是项目建设的重要依据,是土木工程勘察设计现代化的重要技术,是工程项目顺利施工的重要保证,是房产、地产管理的重要手段,是工程质量检验和监测的重要措施。

本课程的学习要求掌握测量基本理论和技术原理,熟练操作常规测量仪器,学会并正确应用工程测量基本理论和方法,同时具有一定的测图、用图、放图和变形测量等的独立工作能力。

1.3 地球形状与大小

地球的自然表面是很不规则的,其上有高山、深谷、丘陵、平原、江湖、海洋等。我们可以设想地球的整体形状是被海水所包围的球体,即设想将一静止的海洋面扩展延伸,使其穿过大陆和岛屿,形成一个封闭的曲面。

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。静止的水面称为水准面,水准面是受地球重力影响而形成的,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。水准面可高可低,因此符合上述特点的水准面有无数多个,其中通过平均海水面的一个水准面称为大地水准面,它是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的形体,称为大地体。

用大地体表示地球形体是恰当的,由于地球内部质量分布不均匀,致使地面上各点的铅垂线方向产生不规则变化,所以,大地水准面是一个不规则的无法用数学表达式表述的曲面(图1-1),在这样的曲面上是无法进行测量数据的计算及处理的。经过长期研究表明,地球形状极近似于一个两极稍扁的旋转椭球,即一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体。而其旋转椭球面是可以用较简单的数学公式准确地表达出来。在测量工作中就是用这样一个规则的曲面代替大地水准面作为测量计算的基准面(图1-2)。

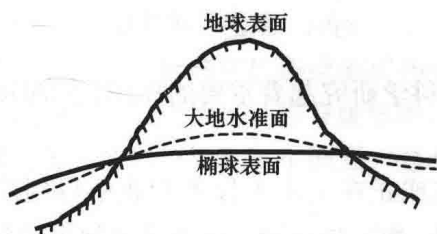


图1-1 大地水准面

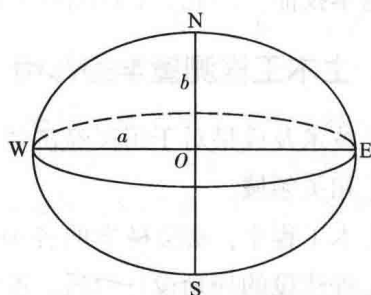


图1-2 旋转椭球

椭球的形状和大小是由其基本元素决定的。椭球体的基本元素是:长半轴 a 、短半轴 b 、扁率($\alpha = \frac{a-b}{a}$)。

某一国家或地区为处理测量成果而采用与大地体的形状大小最接近,又适合本国或本地区要求的旋转椭球,这样的椭球体称为参考椭球体。确定参考椭球体与大地体之间的相对位置关系,称为椭球体定位。参考椭球体面只具有几何意义而无物理意义,它是严格意义上的测量计算基准面。我国目前采用1975年国际大地测量协会推荐的椭球,其元素值为: $a = 6378140 \text{ m}$, $b = 6356755 \text{ m}$, $\alpha = 1:298.257$ 。

由于地球的扁率很小,所以在一般测量工作中,可把地球看作一个圆球来处理,其半径 $R = 6371 \text{ km}$ 。

1.4 测量坐标系统

坐标系统用来确定地面点在地球椭球面或投影平面上的位置。测量上通常采用地理坐标系统、高斯-克吕格平面直角坐标系统、独立平面直角坐标系统和 WGS-84 坐标系统。

1.4.1 地理坐标系

当研究和测定整个地球的形状或进行大区域的测绘工作时,可用地理坐标来确定地面点的位置。地理坐标是一种球面坐标,依据球体的不同分为天文坐标和大地坐标。

1. 天文坐标

以大地水准面为基准面,地面点沿铅垂线投影在该基准面上的位置,称为该点的天文坐标。该坐标(λ, φ)用天文经度和天文纬度表示。天文地理坐标是用天文测量方法直接测定的。如图 1-3 所示,将大地体看作地球,NS 即为地球的自转轴,N 为北极,S 为南极,O 为地球体中心。包含地面点 P 的铅垂线且平行于地球自转轴的平面称为 P 点的天文子午面。天文子午面与地球表面的交线称为天文子午线,也称经线。而将通过英国格林尼治天文台埃里中星仪的子午面称为起始子午面,相应的子午线称为起始子午线或零子午线,并作为经度计量的起点。过点 P 的天文子午面与起始子午面所夹的两面角就称为 P 点的天文经度。用 λ 表示,其值为 $0^\circ \sim 180^\circ$,在本初子午线以东的叫东经,以西的叫西经。

通过地心且垂直于地轴的平面称为赤道面,赤道面与地球表面的交线称为赤道;地面点 P 的铅垂线与赤道面所形成的夹角 φ 称为 P 点的天文纬度。由赤道面北极度量称为北纬,向南极度量称为南纬,其取值为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

2. 大地坐标

以参考椭球面为基准面,地面点沿椭球面的法线投影在该基准面上的位置,称为该点的大地坐标。该坐标(L, B)用大地经度和大地纬度表示。大地地理坐标是根据大地测量所得数据推算得到的。如图 1-4 所示,包含地面点 P 的法线且通过椭球旋转轴的平面称为 P 点的大地子午面。过 P 点的大地子午面与起始大地子午面所夹的两面角就称为 P 点的大地经度,用 L 表示,其值分为东经 $0^\circ \sim 180^\circ$ 和西经 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。过点 P 的法线与椭球赤道面所夹的线面角就称为 P 点的大地纬度,用 B 表示,其值分为北纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 和南纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

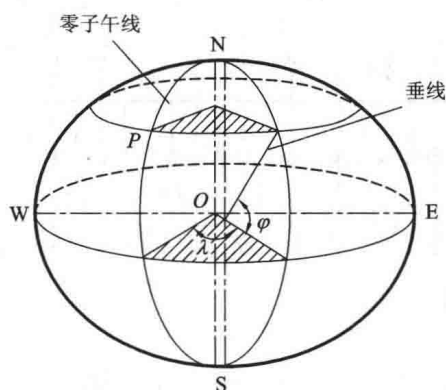


图 1-3 天文坐标

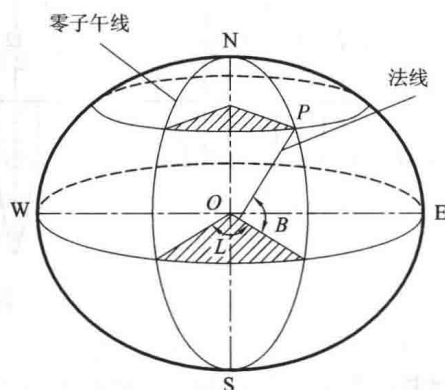


图 1-4 大地坐标

地理坐标为一种球面坐标,常用于大地问题解算、地球形状和大小的研究、编制大面积地图、火箭与卫星发射、战略防御和指挥等方面。

1.4.2 高斯-克吕格平面直角坐标系

地理坐标建立在球面基础上,不能直接用于测图、工程建设规划、设计、施工,因此测量工作最好在平面上进行。所以需要将球面坐标按一定的数学算法归算到平面上去,即按照地图投影理论(高斯投影)将球面坐标转化为平面直角坐标。

高斯投影,是设想将截面为椭圆的柱面套在椭球体外面,如图1-5所示,使柱面轴线通过椭球中心,并且使椭球面上的中央子午线与柱面相切,而后将中央子午线附近的椭球面上的点、线正形投影到柱面上,再沿过极点N的母线将柱面剪开,展成平面,这样就形成了高斯投影平面。故高斯投影又称为横轴椭圆柱投影。

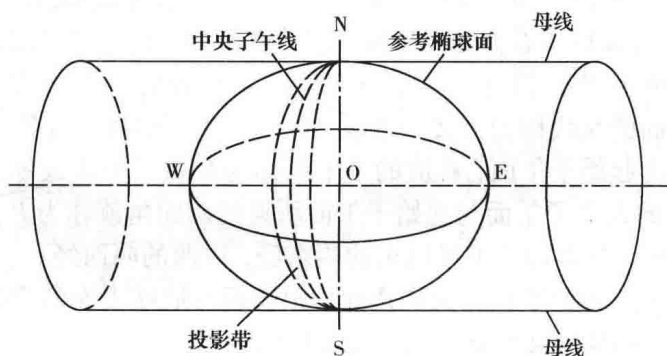


图1-5 高斯投影

高斯投影中,除中央子午线外,各点均存在长度变形,且距中央子午线越远,长度变形越大。为了控制由曲面等角投影(正形投影)到平面时引起的变形在测量容许值范围内,将地球椭球面按一定的经度差分成若干范围不大的带,称为投影带。带宽一般分为经差 6° 、 3° 。分别称为 6° 带、 3° 带(图1-6)。

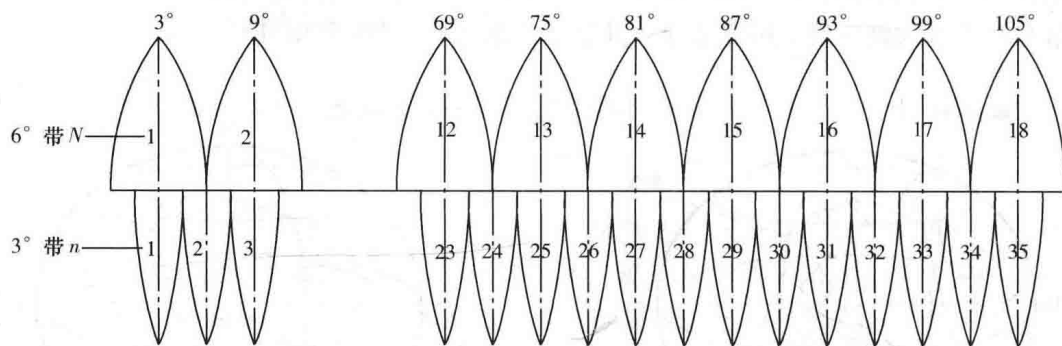


图1-6 投影带

6° 带:从 0° 子午线起,每隔经差 6° 自西向东分带,依次编号1、2、3、...、60,位于各带边界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。带号N与相应的中央子午线经度 L_0 的关系是