



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

水利工程测量

黑龙江大学 孔达 主编

Higher Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

水利工程测量

黑龙江大学 孔达 主编

 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分十四章，主要内容包
括：绪论、测量学的基本知识、水准测量、角度测量、距离测量、测量误差的基本知
识、小地区控制测量、地形图测绘及应用、“3S”技术及应用、施工测量的基本工作、
水工建筑物施工测量、渠道测量、工程建筑物的变形观测及测量实验与实习等。

本书主要供水利水电工程、农业水利工程、水文及水资源工程、水电施工、工程地
质、水文地质、水土保持与荒漠化治理、农业资源与环境等专业本科生教学使用，也可
供从事水利水电工程的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程测量/孔达主编. —北京：中国水利水电出版
社，2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5084-4278-5

I. 水… II. 孔… III. 水利工程测量—高等学校—教材
IV. TV221.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 020541 号

书 名	普通高等教育“十一五”国家级规划教材 水利工程测量
作 者	黑龙江大学 孔达 主编
出版 发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路6号 100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话：(010) 63202266（总机）、68331835（营销中心）
经 售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：(010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 17.5印张 415千字
版 次	2007年2月第1版 2007年2月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	31.50元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《水利工程测量》编写组

主 编 孔 达 (黑龙江大学)

副主编 伊晓东 (大连理工大学)

杨国范 (沈阳农业大学)

编 委 (排名不分先后)

袁永博 (大连理工大学)

王笑峰 (黑龙江大学)

周启朋 (黑龙江大学)

龚文峰 (黑龙江大学)

杜 崇 (黑龙江大学)

尹彦霞 (黑龙江大学)

张婷婷 (沈阳农业大学)

前言

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。为了适应 21 世纪人才培养和科技发展的需要,高等教育必须不断地进行改革,尤其在教学内容和教材建设方面,要不断地吐故纳新、理论联系实际,在深度和广度上适应人才的培养。本教材依据本科水利类各专业《水利工程测量》课程教学大纲编写,参考了许多国内外有关教材和参考书,将原教学大纲中的部分内容进行了补充,即补充了“全站仪测量”、“数字化测图”及“3S 技术及应用”,强化了实践环节,将测量实验与实习单列一章,同时对部分章节的内容结合实际情况适当进行了调整和删减,着重突出现代测量技术。

本书由黑龙江大学孔达担任主编,大连理工大学伊晓东、沈阳农业大学杨国范担任副主编。各章节编写分工如下:孔达编写第一、三、四、七、十一章;伊晓东编写第九、十三章;杨国范编写第五、六章;袁永博编写第八章;周启朋编写第十章;王笑峰编写第十二章中的第二、三、四、七节;尹彦霞编写第十二章中的第一、五、六节;龚文峰编写第二章中的第一、二节;杜崇编写第二章中的第三、四节;张婷婷编写第十四章。全书由孔达修改并定稿。

大连理工大学袁永博教授、东北农业大学韦兆同教授共同审阅,他们对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议,为提高教材质量起了重要作用,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和疏漏,热忱希望广大读者批评指正。

编 者

2006 年 12 月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 测量学研究的对象、内容和分类	1
第二节 我国测绘科学的发展概况	2
第三节 水利工程测量的任务	3
思考题与习题	4
第二章 测量学的基础知识	5
第一节 地球的形状和大小	5
第二节 地面点位的确定	6
第三节 用水平面代替球面的限度	11
第四节 测量工作概述	13
思考题与习题	15
第三章 水准测量	16
第一节 水准测量原理	16
第二节 水准测量的仪器及工具	16
第三节 普通水准测量	21
第四节 水准测量成果计算	25
第五节 微倾式水准仪的检验与校正	27
第六节 水准测量的误差分析及注意事项	30
第七节 其他类型水准仪简介	32
思考题与习题	37
第四章 角度测量	40
第一节 角度测量原理	40
第二节 光学经纬仪及其使用	41
第三节 水平角测量	45
第四节 竖直角测量	48

第五节 经纬仪的检验与校正	51
第六节 角度测量误差分析及注意事项	55
第七节 其他类型经纬仪简介	57
思考题与习题	62
第五章 距离测量	64
第一节 钢尺量距	64
第二节 视距测量	71
第三节 电磁波测距	75
第四节 全站仪测量	79
思考题与习题	91
第六章 测量误差的基本知识	93
第一节 测量误差概述	93
第二节 衡量观测值精度的标准	95
第三节 误差传播定律	97
第四节 等精度直接观测平差	104
第五节 不同精度直接观测平差	108
思考题与习题	111
第七章 小地区控制测量	113
第一节 概述	113
第二节 直线定向与坐标计算	115
第三节 导线测量	119
第四节 交会定点	126
第五节 III、IV等水准测量	131
第六节 三角高程测量	134
思考题与习题	136
第八章 地形图测绘与应用	139
第一节 地形图的基本知识	139
第二节 大比例尺地形图的测绘	149
第三节 数字化测图	156
第四节 航空摄影测量	164
第五节 地形图的应用	167
思考题与习题	174
第九章 “3S” 技术及应用	176
第一节 概述	176
第二节 全球定位系统 (GPS)	176

第三节 地理信息系统 (GIS)	188
第四节 遥感 (RS)	193
思考题与习题	196
第十章 施工测量的基本工作	197
第一节 概述	197
第二节 已知水平距离、水平角和高程的测设方法	197
第三节 点的平面位置的测设方法	201
第四节 已知坡度线的测设方法	203
思考题与习题	203
第十一章 水工建筑物的施工测量	205
第一节 概述	205
第二节 施工控制网的布设	205
第三节 土坝的施工测量	207
第四节 混凝土坝的施工测量	212
第五节 水闸的施工测量	214
第六节 隧洞的施工测量	217
思考题与习题	221
第十二章 渠道测量	223
第一节 渠道选线测量	223
第二节 中线测量	224
第三节 圆曲线的测设	225
第四节 渠道纵横断面测量	230
第五节 渠道纵横断面图的绘制	233
第六节 渠道的土方量计算	235
第七节 渠道边坡放样	236
思考题与习题	237
第十三章 工程建筑物的变形观测	239
第一节 概述	239
第二节 变形观测的精度与频率	240
第三节 变形观测点的布设	240
第四节 水准基点和工作基点的布置与埋设	242
第五节 沉降观测	244
第六节 倾斜观测	246
第七节 挠度与裂缝观测	248
第八节 变形观测资料的整编	249
思考题与习题	251

第十四章 测量实验与实习	252
第一部分 实验与实习须知	252
第二部分 实验项目及指导	254
第三部分 实习项目及指导	266
参考文献	271

第一章 绪 论

第一节 测量学研究的对象、内容和分类

一、测量学研究的对象和内容

测量学 (surveying) 研究的对象是地球及其表面和外层空间中的各种自然物体和人造物体的有关信息。它研究的内容是测定空间点的几何位置、地球的形状、地球重力场及各种动力现象, 研究采集和处理地球表面各种形态及其变化信息并绘制成图的理论、技术和方法以及各种工程建设中的测量工作的理论、技术和方法。

二、测量学的分类

按其研究的对象、应用范围和技术手段的不同, 测量学已发展为诸多学科。

1. 大地测量学 (geodesic surveying)

大地测量学是研究地球的形状、大小和地球的重力场以及在地球表面广大区域内建立国家大地控制网的理论、技术和方法的学科。大地测量学分为几何大地测量学、物理大地测量学和空间大地测量学。几何大地测量学是以一个与地球外形最为接近的几何体 (旋转椭球) 代表地球的形状, 用天文测量方法测定该椭球的形状和大小。物理大地测量学是研究用物理方法测定地球形状、大小和地球重力场。空间大地测量学是利用人造卫星进行地面点的定位及测定地球的形状、大小和地球重力场。随着空间科学、电子和计算机科学的发展, 综合利用几何、物理和空间大地测量的理论、技术和方法, 形成了现代大地测量学。

2. 摄影测量学 (photogrammetry)

摄影测量学是利用摄影或遥感技术对地球表面和物体的摄影像片或辐射能图像信息进行处理、量测、判读和研究, 以测得地面与物体的形态、大小和位置的模拟形式图形或数字形式的信息成果以及研究关于环境可靠性信息等方面的理论、技术和方法的学科。按获取影像的方式不同, 摄影测量又分水下、地面、航空摄影测量学和航天遥感测量学。

3. 普通测量学 (general surveying)

普通测量学是研究小地区测量工作的理论、技术和方法的学科。在小地区内可以不考虑地球曲率的影响, 把该小区域内的投影球面当作平面看待。其内容是将地球表面的地物、地貌以及人工建 (构) 筑物等绘制成地形图等。

4. 工程测量学 (engineering surveying)

工程测量学是研究矿山、水利、道路、城市建设等各类工程建设在规划、设计、施工和运营管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。由于建设工程的不同, 工程测量学又分为矿山测量学、水利工程测量学、公路测量学、建筑工程测量学以及



海洋工程测量学等。

5. 地图制图学 (cartography)

地图制图学是研究各种地图的制作理论、工艺技术和应用的学科。通过地图图形信息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。

6. 海洋测绘学 (oceanography surveying)

海洋测绘学是研究测绘海岸、水面及海底自然与人工形态及其变化状况的理论、技术和方法的综合性学科。

第二节 我国测绘科学的发展概况

中国是世界文明古国之一,测绘科学在我国有着悠久的历史,远在 4000 多年前,夏禹治水就利用简单的工具进行了测量。春秋战国时期发明的指南针,至今仍在被广泛地使用。东汉张衡创造了世界上第一架地震仪——候风地动仪,他所创造的天球仪正确地表示了天象,在天文测量史上留下了光辉的一页。唐代南宫说于 724 年在现在的河南省丈量了 300km 的子午线弧长,是世界上第一次子午线弧长测量。宋代沈括使用水平尺、罗盘进行了地形测量。元代郭守敬拟定全国经纬测量计划并测定了 27 点的纬度。清代康熙年间进行了全国测绘工作。总之,几千年来我国劳动人民对世界科学文化的发展作出过卓越的贡献。

1949 年新中国成立以来,我国的测绘科学进入了一个蓬勃发展的新阶段,取得了不少的成就,主要表现在:建立和统一了全国的坐标系统和高程系统;建立了遍及全国的大地控制网、国家水准网、基本重力网和卫星多普勒网;完成了国家天文大地网的整体平差及国家水准网的整体平差;完成了国家基本图的测绘工作;进行了珠峰和南极长城站的地理位置和高程测量;制定了各种测量技术标准、规范,统一了技术规格和精度要求;各种工程建设的测量工作也取得了显著成绩,如长江大桥、葛洲坝水利枢纽、川藏青藏公路、京九铁路、青藏铁路、北京正负电子对撞机的放样、核电站等大型和特殊工程、大型设备安装等,都离不开精密测量工作。在测绘仪器制造方面,不仅使常规测量仪器的生产配套化,而且还能生产高精度经纬仪、高精度水准仪、光电测距仪等,我国全站仪已批量生产,国产 GPS 接收机已广泛使用。近几年,我国测绘科技发展更快,广泛应用了“3S”技术(即 GPS——全球定位系统、GIS——地理信息系统、RS——遥感),使测量工作正在向多领域、多类型、高精度、自动化、数字化、资料储存微型化等方面发展。

传统的测绘技术由于受到观测仪器和方法的限制,只能在地球的某一局部区域进行测量工作,而空间技术、各类对地观测卫星则提供了对地球整体进行观察和测绘的工具。卫星航天观测技术能采集全球性、重复性的连续对地观测数据,数据的覆盖可达全球范围内。以空间技术、计算机技术、通信技术和信息技术为支柱的现代测绘高新技术日新月异的迅猛发展,致使测绘学的理论基础、测绘工程技术体系、研究领域和科学目标正在适应新形式的需要而发生深刻的变化,因而影响到测绘生产任务也由传统的纸上或类似介质的地图编制、生产和更新发展到对地理空间数据进行采集、处理、组织、管理、分析和显示,传统的数据采集已由遥感卫星或数字摄影获得的数字影像所取代。测绘产品的形式和



服务社会的方式由于信息技术的支持发生了很大的变化，它的服务范围和对象正在不断扩大，由原来单纯从控制到测图，为国家制作基本地形图的任务，扩大到国民经济和国防建设中与地理空间数据有关的各个领域。

第三节 水利工程测量的任务

一、水利工程测量的任务

水利工程测量 (hydraulic engineering survey) 是工程测量的一个分支，主要解决水利工程建设在规划、设计、施工及管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法。它的主要任务如下：

1. 大比例尺地形图的测绘

水利工程在规划阶段，需要中、小比例尺地形图及有关信息，建筑物在设计时需要测绘大比例尺地形图。在图上进行量测，以获取所需相关资料。

2. 施工放样

在施工阶段，将设计图上工程建筑物的平面位置和高程，用一定的测量仪器和方法测到实地上去的测量工作称为施工放样，也叫“测设”。

3. 建筑物的变形观测

在施工过程中及工程建成后运行管理阶段，需要对建筑物的稳定性及变化情况进行监测，以确保工程安全。

总之，在工程的勘测、规划、设计、施工、竣工及运营后的监测、维护都需要测量工作。比如在河道上修建水库时，首先应测绘坝址以上该流域的地形图，作为水文计算、地质勘探、经济调查等规划设计的依据；初步设计时，要为大坝、溢洪道、电站厂房等水工建筑物的设计，测绘较详尽的大比例尺地形图；在施工过程中又要通过施工放样指导开挖、砌筑和设备安装；工程竣工时，检查工程质量是否符合设计要求，还要进行竣工测量；在工程运行管理阶段，为了监测运行情况，确保工程安全，应定期对大坝进行变形观测。由此可见，测量工作贯穿于工程建设的始终。作为一名工程技术人员，必须掌握必要的测量知识和技能，才能担负起工程勘测、规划设计、施工及管理等各项任务。

二、学习水利工程测量的目的和要求

本课程是水利类各专业的技术基础课。学习本课程的基本要求是：

(1) 掌握水利工程测量必须的基本理论、基本知识和基本技能，了解新理论、新技术和现代测量学的发展状况。

(2) 掌握常规测量仪器的操作技能，了解常用测量仪器的构造、检验和校正方法及先进测量仪器的使用方法。

(3) 了解测量误差概念，能正确处理观测数据，求出观测成果的最可靠值；具有评定观测成果精度的能力。

(4) 掌握控制测量、小地区大比例尺地形图的测绘方法和地形图应用的基本内容。

(5) 了解“3S”技术，能够运用“GPS”技术解决地形图测绘和施工放样工作中的一些实际问题。



(6) 掌握施工测量的基本内容和作业程序,初步具有水工建筑物及渠道的施工放样能力。

(7) 了解变形观测的基本方法。

本课程实践性很强,在教学过程中,除了课堂讲授之外,还有实验课和教学实习,在掌握课堂讲授内容的同时,要认真参加实验课,以巩固和验证所学理论。教学实习是系统的实践教学环节,要自始至终完成各项作业内容,只有这样才能对测量工作有一个完整性和系统性的认识。

测量工作应严格遵守有关《规范》的规定,要养成认真细致的工作习惯,保持测量工作严肃性和测量成果的正确性,树立全局观念和吃苦耐劳的工作作风,以保证测量工作的顺利进行。



思考题与习题

1. 测量学研究的对象和内容是什么?
2. 简述测量学的分类?
3. 水利工程测量的任务及在工程建设中的作用是什么?
4. 通过学习本章内容并查阅有关资料了解现代测量学的发展?

第二章 测量学的基础知识

第一节 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面进行的，而地球的自然表面是极不规则的，在地球表面上分布着高山、丘陵、平原和海洋，有高于海平面 8844.43m 的珠穆朗玛峰，有低于海平面 11022m 的马里亚纳海沟，地形起伏很大。但是，由于地球半径很大，约 6371km，地面高低变化的幅度相对于地球半径只有 1/300，从宏观上看，仍然可以将地球看成圆滑球体。地球表面大部分是海洋，占地球面积的 71%，陆地仅占 29%，所以人们设想将静止的海水面向大陆延伸形成的闭合曲面来代替地球表面。

地球上的每个质点都受两个力的作用，其一是地球引力，其二是地球自转产生的离心力，这两个力的合力称为重力，如图 2-1 所示。重力的作用线又称为铅垂线 (plumb line)，铅垂线是测量工作的基准线 (datum line)。

假想自由静止的海水面向陆地和岛屿延伸形成一个闭合曲面，这个闭合曲面称为水准面 (level surface)，水准面上的点处处与该点的铅垂线垂直。由于潮汐的影响，海水面有涨有落，水准面就有无数个，并且互不相交。在测量工作中，把通过平均海水面并向陆地延伸而形成的闭合曲面称为大地水准面 (geoid)。如图 2-2 所示，大地水准面所包围的形体称为大地体。大地水准面是测量工作的基准面 (datum surface)。

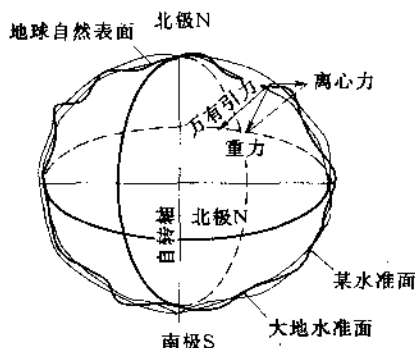


图 2-1 地球重力

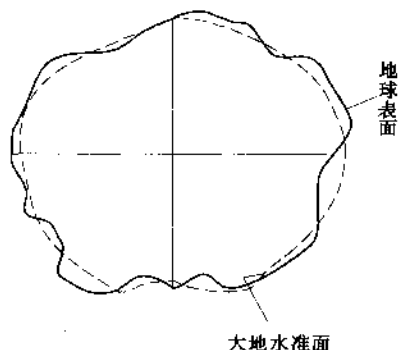


图 2-2 地球表面与大地水准面

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，因而大地水准面实际上是一个表面有微小起伏的不规则曲面，无法用数学公式表示，在这个曲面上无法进行测量数据的处理，为此必须选择一个与大地体非常接近的数学球体代替大地体。



长期的测量实践表明, 地球的形状非常近似于一个两极稍扁的旋转椭球, 它是由椭圆 NWSE 绕其短轴 NS 旋转而成的形体如图 2-3 (a) 所示, 测量上把与大地体最接近的地球椭球称为总地球椭球, 把与某个地区大地水准面最为密合的椭球称为参考椭球, 其椭球面称为参考椭球面 (reference ellipsoidal surface)。椭球面能够用数学公式表示, 椭球的形状和大小由其长半轴 (赤道半径) a 、短半轴 (旋转轴半径) b 和扁率 $[a = (a - b)/a]$ 决定。目前, 我国采用的椭球元素: $a = 6378140\text{m}$, $\alpha = 1/298.257$ 。由于参考椭球的扁率很小, 在小区域测量中, 可以近似地将地球视作圆球体, 其半径为 6371km 。

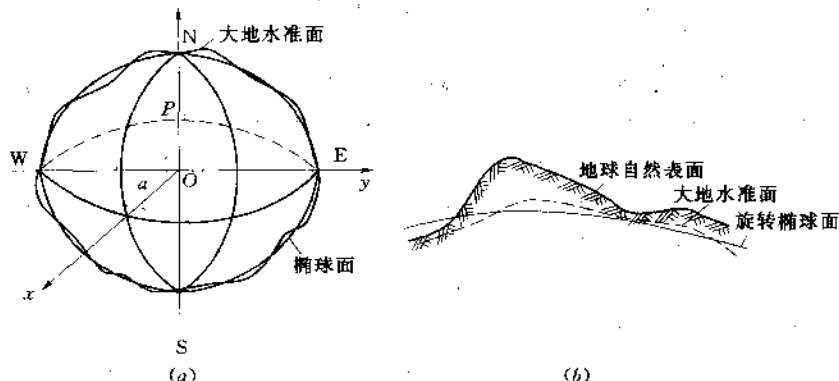


图 2-3 大地体与旋转椭球体

地球的自然表面、大地水准面及旋转椭球面之间的相对位置关系可见图 2-3 (b),

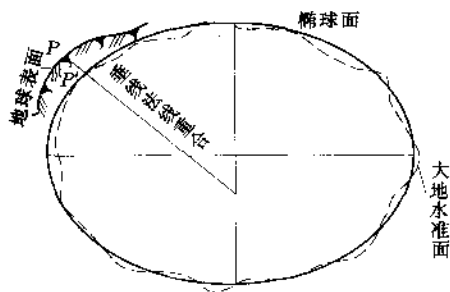


图 2-4 参考椭球体的定位

根据一定的条件, 确定参考椭球面与大地水准面的相对位置所进行的测量工作, 称为参考椭球体定位。在地面上选 P 点, 将 P 点沿铅垂线投影到大地水准面 P' 点, 使参考椭球在 P' 点与大地体相切, 如图 2-4 所示, 这样过 P' 点的法线与铅垂线重合, 并使椭球的短轴与地球的自转轴平行, 且椭球面与大地水准面差距尽量小, 从而确定了参考椭球面与大地水准面的相对位置关系。这里, P 点称为大地原点。我国曾于 1954 年将大地原点设在北京, 后来根据新的测量数据, 发现该坐标系与我国的实际情况相差较大。于 1980 年将坐标系原点设在陕西省泾阳县内。

第二节 地面点位的确定

在测量工作中, 地面点的空间位置用三个量来表示, 其中两个量是地面点沿投影线 (或法线) 在投影面 (大地水准面、旋转椭球面或平面) 上的坐标, 第三个量是地面点沿投影线到基准面的距离 (高程)。因此, 要确定地面点位必须建立测量坐标系统和高程系统。



一、坐标系

坐标系用来确定地面点在地球椭球面或投影面上的位置。测量上通常采用地理坐标系、高斯—克吕格平面直角坐标系（简称高斯平面直角坐标系）、独立平面直角坐标系和空间坐标系。

（一）地理坐标

地理坐标（geographical reference system）是用经纬度表示地面点的位置，可分为天文坐标及大地坐标。

1. 天文坐标

天文坐标是表示地面点在大地水准面上的位置，它是以铅垂线为基准线，以大地水准面为基准面。

如图 2-5 所示，N 和 S 分别为地球北极和南极，NS 为地球的旋转轴。过地面上任意一点 P 和地球旋转轴所构成的平面称为 P 点的子午面，子午面与地球表面的交线称为子午线。通过英国格林尼治天文台的子午面称为起始子午面。以它作为计算经度的起算面，过 P 点的子午面与起始子午面之间的夹角 λ 即为 P 点的天文经度（astronomical longitude）。规定以起始子午面起算，向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经；向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。

通过地球球心且与地球旋转轴正交的平面称为赤道面，赤道面与地球表面的交线为赤道。过 P 点的铅垂线与赤道面交角 φ 即为 P 点的天文纬度（astronomical latitude）。以赤道为基准，向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为北纬，向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为南纬。例如：北京的经度为东经 $116^\circ 28'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。

地面上任意一点的天文坐标都可以通过天文测量得到。由于天文测量受环境条件限制，定位精度不高（测角精度 $0.5''$ ，相当于 10m 的精度），所测结果是以大地水准面为基准面，天文坐标之间推算困难，所以工程测量中使用较少。

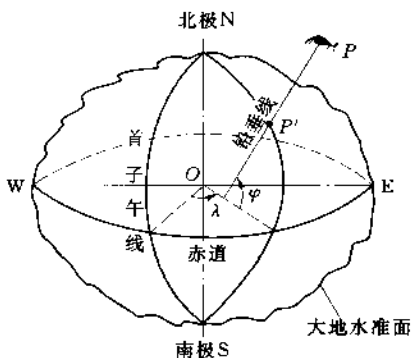


图 2-5 天文坐标系

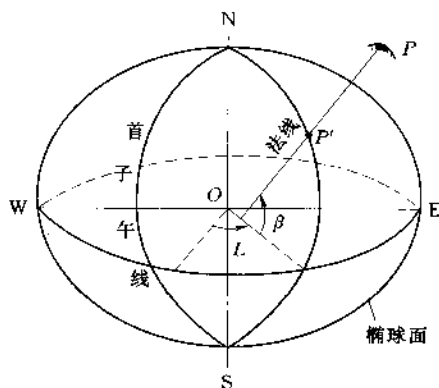


图 2-6 大地坐标系

2. 大地坐标

大地坐标是表示地面点在参考椭球面上的位置，它是以法线为基准线，以椭球体面为基准面。

如图 2-6 所示，地面点 P 沿法线投影到椭球面上为 P' 。 P' 与椭球旋转轴构成的子午面和起始大地子午面，即首子午面之间的夹角称为大地经度（geodesic longitude），用 L



表示；过 P 点的法线与赤道面的交角称为大地纬度 (geodesic latitude)，用 B 表示。

大地坐标是根据大地原点坐标，按大地测量所测得数据推算而得。由于天文坐标和大地坐标选用的基准线、基准面不同，所以同一点的天文坐标与大地坐标也不同。

目前，我国常用的大地坐标系有以下两种。

(1) 1954 年北京坐标系。大地原点在前苏联，20 世纪 50 年代在我国天文大地网建立初期，鉴于当时的历史条件，采用了克拉索夫斯基椭球元素，在我国东北边境呼玛、吉拉林、东宁三个点与前苏联大地网联测后的坐标作为我国天文大地网的起算数据，然后通过天文大地网坐标计算，推算出北京一点的坐标，故命名为北京坐标系。

(2) 1980 年国家大地坐标系。是我国目前使用的大地坐标系，大地原点在陕西省永乐镇，采用 1975 年国际椭球，椭球面与我国境内的大地水准面密合最佳。

(二) 高斯平面直角坐标

大地坐标只能确定地面点位在椭球面上的位置，不能直接用于测绘地形图，应将点的大地坐标转换成平面直角坐标。在我国采用高斯投影 (Gauss projection) 的方法，将球面上的点位投影到高斯投影面上，从而转换成平面直角坐标。

高斯投影是设想一个椭圆柱面横套在地球椭球面外面，并与地球椭球面上某一子午线 [该子午线称为中央子午线 (central meridian)] 相切，椭圆柱的中心轴通过地球椭球球心，然后按等角投影方法，将中央子午线两侧一定经差范围内的点、线投影到椭圆柱面上，再沿着过极点的母线展开，即成为高斯投影面，如图 2-7 所示。

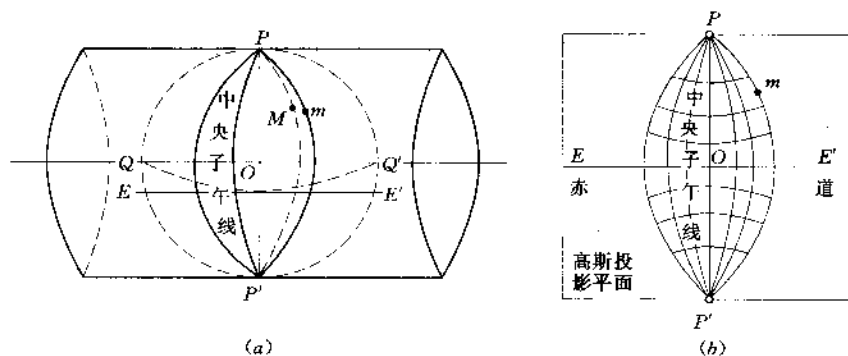


图 2-7 高斯投影

高斯投影面上的中央子午线和赤道的投影都是直线，且正交，其他子午线和纬线都是曲线。在高斯投影中，中央子午线的长度不变，其余的子午线均凹向中央子午线，且距中央子午线越远，长度变形越大。为了把长度变形控制在测量精度允许的范围内，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° 和 3° ，如图 2-8 所示。

6° 带是从格林尼治子午线起，自西向东每隔经差 6° 为一带，共分成 60 带，编号为 1~60。带号 N 与相应的中央子午线经度 L_0 的关系可用下式计算

$$L_0 = 6N - 3 \quad (2-1)$$

6° 带可以满足 1:25000 以上中、小比例尺测图精度的要求。