

土木工程测量

CIVIL ENGINEERING SURVEY

主编 白会人

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 11th Five-Year Plan

主审 赵德深

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

TU198/34

2007

土木工程测量

Civil Engineering Survey

丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良

李 杰 姜忻良 吴瑞麟 张智慧

本书主审 赵德深

本书主编 白会人

本书副主编

杨 慧 李 利 王 波 黄旭东

本书编写委员会

潘卫国 隋惠权 巩晓东 王旭华

华中科技大学出版社
(中国·武汉)

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/白会人 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2007 年 9 月
ISBN 978-7-5609-4171-4

I. 土… II. 白… III. 土木工程-工程测量 IV. TU. 198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 136859 号

土木工程测量

白会人 主编

责任编辑:张贵君

封面设计:张璐

责任校对:陈骏

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:星星图文设计工作室

印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:850mm×1065mm 1/16

印张:18

字数:350 000

版次:2007 年 9 月第 1 版

印次:2007 年 9 月第 1 次印刷

定价:32.00 元

ISBN 978-7-5609-4171-4/TU·202

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是普通高等院校土木工程专业系列教材之一。全书分 13 章,主要包括测量基本工作、地形测量和施工测量。其中:第 0~4 章介绍土木工程测量的基本工作,主要内容有高程、角度和距离测量的原理方法,测量仪器的构造、使用和检校方法以及测量误差基本知识;第 5 章介绍小地区控制测量的分类与施测方法;第 6~8 章介绍地形图的基本知识、大比例尺地形图的测绘以及地形图的应用;第 9~11 章介绍施工测量,主要内容有施工测量的基本工作、基本方法,工业与民用建筑施工测量,线路测量,桥梁和隧道施工测量及建筑物变形观测;第 12 章介绍测绘新技术 GPS 全球定位系统的原理及施测。

本书可作普通高等院校土木工程类专业教材,也可作为与上述专业有关的函授大学、职业大学、网络教育及自学者的教材,同时,也可作为有关技术人员的参考书。

总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和运作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则要教给学生做人道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承载教书和育人的双重责任,体现两者的高度结合。

中国经济建设高速持续发展,国家对各类建筑人才需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次建设人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材不仅要内容上体现人文素质教育和科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性,工程技术创新性来启发和促进学生科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下几个特点:

一方面,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

二方面,教材编写体系有所创新。结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多新的教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

三方面,这套教材适应现在教学改革发展的要求,即适应“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、教材内容和学时数量等方面也做了相应考虑,而且教学起点也可随着学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写时,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,注意适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才。我们也相信这套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。

中国工程院院士

王 思 敬

2006年6月于北京

前 言

本书是以土木专业指导委员会颁发的专业培养目标为依据编写的,适用于土木工程、水利工程、环境工程、建筑学、城市规划、道路与桥梁、农业与林业、电力等有关专业作为教材,也可作其他相关专业及土木工程技术人员参考用书。

本书的编写采用综合逻辑体系。在注重教材的科学性、实用性和普适性的基础上,尽量满足普通院校同类专业的需求,探索更适合实际的教学方法;注重理论教学与实践教学的搭配比例,传统内容与现代内容的关系,尽量补充新知识、新技能、新成果,努力与国际上同类教材接轨。

本书编写的具体分工如下:白会人编写第0章及中、英文词汇对照(附录A);王波编写第1章;隋惠权编写第2章;巩晓东编写第3章;杨慧编写第4章;李利编写第5章;黄旭东编写第6、7、11章;潘卫国编写第8、9、10章;王旭华编写第12章。本书由大连大学白会人教授担任主编并统稿,由大连大学赵德深教授担任主审。赵德深教授对本书的编写提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在缺陷和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007年4月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 土木工程测量的任务	(1)
0.2 测量工作的基准面	(3)
0.3 确定地面点位的方法	(5)
0.4 用水平面代替水准面的限度	(9)
0.5 测量工作的组织原则与程序	(11)
【本章要点】	(12)
【思考和练习】	(12)
1 水准测量	(13)
1.1 水准测量原理	(13)
1.2 水准仪和水准尺	(14)
1.3 水准仪的技术操作	(18)
1.4 水准测量的实施	(20)
1.5 水准测量的内业	(24)
1.6 自动安平水准仪和精密水准仪	(26)
1.7 微倾式水准仪的检验与校正	(30)
1.8 水准测量的误差分析	(33)
【本章要点】	(34)
【思考和练习】	(35)
2 角度测量	(37)
2.1 角度测量原理	(37)
2.2 光学经纬仪的结构及其读数装置	(38)
2.3 水平角测量	(43)
2.4 竖直角测量	(46)
2.5 DJ6 经纬仪的检验与校正	(50)
2.6 电子经纬仪	(54)
2.7 角度测量误差分析及注意事项	(58)
【本章要点】	(61)

【思考和练习】	(61)
3 距离测量	(63)
3.1 钢尺量距	(63)
3.2 视距测量	(73)
3.3 电磁波测距	(77)
3.4 全站仪简介	(81)
【本章要点】	(87)
【思考和练习】	(87)
4 测量误差基本知识	(89)
4.1 测量误差的分类	(89)
4.2 评定精度的标准	(91)
4.3 误差传播定律	(93)
4.4 算术平均值及其中误差	(96)
4.5 加权平均值及其中误差	(100)
【本章要点】	(102)
【思考和练习】	(102)
5 小地区控制测量	(103)
5.1 控制测量概述	(103)
5.2 直线定向与坐标正反算	(105)
5.3 导线测量	(109)
5.4 交会法定点	(118)
5.5 三、四等水准测量	(121)
5.6 三角高程测量	(124)
【本章要点】	(127)
【思考和练习】	(127)
6 地形图的基本知识	(130)
6.1 地形图的比例尺	(130)
6.2 地形图的分幅与编号	(132)
6.3 地形图的图外注记	(133)
6.4 地形图符号	(134)
【本章要点】	(141)
【思考和练习】	(142)

7 大比例尺地形图测绘	(143)
7.1 测图前的准备工作	(143)
7.2 碎部点的测量方法	(145)
7.3 地形图的绘制	(152)
7.4 全站仪数字化测图	(155)
7.5 航空摄影测量简介	(156)
7.6 地籍图的测绘	(160)
【本章要点】	(163)
【思考和练习】	(163)
8 地形图的应用	(164)
8.1 地形图的识读	(164)
8.2 地形图应用的基本内容	(165)
8.3 面积计算	(169)
8.4 地形图在平整场地中的应用	(172)
【本章要点】	(176)
【思考和练习】	(176)
9 施工测量的基本工作	(178)
9.1 施工测量概述	(178)
9.2 测设的基本工作	(179)
9.3 点的平面位置的测设	(184)
9.4 已知坡度直线的测设	(187)
【本章要点】	(188)
【思考和练习】	(188)
10 工业与民用建筑施工测量	(189)
10.1 施工测量概述	(189)
10.2 施工控制网的建立	(191)
10.3 民用建筑施工测量	(196)
10.4 工业建筑施工测量	(203)
10.5 高层建筑施工测量	(208)
10.6 激光水准仪的应用	(210)
10.7 建筑物变形观测	(212)
10.8 竣工总平面图的编绘	(218)

【本章要点】	(219)
【思考和练习】	(219)
11 线路测量与桥梁、隧道施工测量	(220)
11.1 线路测量概述	(220)
11.2 线路中线测量	(221)
11.3 圆曲线测设	(225)
11.4 缓和曲线测设	(231)
11.5 中线逐桩坐标的计算	(236)
11.6 线路纵、横断面测量	(237)
11.7 线路工程施工测量	(242)
11.8 管道施工测量	(245)
11.9 隧道施工测量	(249)
11.10 桥梁工程测量	(252)
【本章要点】	(254)
【思考和练习】	(255)
12 全球定位系统 GPS	(256)
12.1 概述	(256)
12.2 GPS 全球定位系统的组成	(256)
12.3 GPS 定位的基本原理	(258)
12.4 GPS 坐标系统	(258)
12.5 GPS 测量的方法与实施	(259)
【本章要点】	(262)
【思考和练习】	(262)
附录 主要测量词汇中英文对照	(263)
部分练习答案和解答要点	(269)
参考文献	(277)

0 绪 论

0.1 土木工程测量的任务

0.1.1 测量学的概念

测量学的早期定义是研究地球的形状和大小以及确定地面(包括空中、地表、地下和海洋)点位的科学。近年来随着社会的发展及科学技术的不断进步,人们又赋予了测量学新的内涵,它是研究三维空间中各种物体的形状、大小、位置、方向、分布以及对这些空间位置信息进行处理、存储、管理的科学。测量学的内容包括测定和测设两个部分。测定是指测量专业技术人员使用测量仪器和工具,通过最有效的测量方法得到一系列测量数据,并对此进行分析处理来获得各种测量问题的最优结果,或者把地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用的技术。测设是指把图纸上规划设计的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据的技术。

0.1.2 测量学科的组成

根据研究对象和范围的不同,测量学科主要包括以下几个分支。

① 大地测量学。它是研究地球形状、大小,解决大范围控制测量和地球重力场的问题的学科。近年来,随着空间技术的发展,大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学两类。

② 普通测量学。它是研究地球表面较小区内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科,是测量学的基础。主要研究内容有图根控制网的建立、地形图的测绘及一般工程的施工测量。具体工作内容有距离测量、角度测量、定向测量、高程测量、观测数据的处理和绘图等。

③ 摄影测量学。它是研究利用摄影或遥感技术收集地理数据,并进行分析处理,以绘制地形图或获得数字化信息的理论和方法的学科。因获得相片的方法不同,摄影测量学又可分为地面摄影测量学、水下摄影测量学、航空摄影测量学和航天遥感摄影测量学等。

④ 海洋测量学。它是以海洋和陆地水域为研究对象进行测量和海图编制工作的学科。主要研究港口、航道、江河、湖泊、海洋及水下范围内的控制测量、地形测量、水深测量等各种测量工作的理论、技术和方法。

⑤ 工程测量学。它是研究各种工程建设从勘测、规划、设计、施工到竣工及运行

阶段所进行的一系列测量工作的学科。主要内容有工程控制网建立、地形测绘、施工放样、设备安装测量、竣工测量、变形观测和维修养护测量等。

⑥ 地图制图学。它是利用测量所得的成果资料,研究如何投影编绘和印制各种地图的一门学科。主要内容包括地图编制、地图投影、地图整饰、印刷等。现代地图制图学正在向着制图自动化、电子地图制作及地理信息系统方向发展。

0.1.3 土木工程测量的任务

土木工程测量属于工程测量学范畴,其主要目的是为工程建设服务,因而同土木工程建设的进程密切相关。一项土木工程的建设大体上可分为三个阶段:勘测设计阶段、施工阶段和运营管理阶段。因此,土木工程测量的主要任务是研究各项工程建设在以上三个阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法。现具体分述如下。

① 在勘测设计阶段,测绘各种大比例尺地形图,供规划设计使用。

由于在这一阶段,设计人员需要各种比例尺的地形图,以便在图上确定建筑物的位置,并进行量算,求得设计所需要的各项数据。因此,在勘察阶段,土木工程测量的任务主要是建立具有适当规模和足够精度的工程测量控制网,以满足工程建设及测绘地形图的需要。在此基础上,把工程建设区域内各种地表自然或人造物体的位置和形状以及地面起伏的状态,用各种图例符号按比例尺绘制成地形图,或用数字表示出来,为土木工程规划、设计提供必要的图纸和资料。

② 在施工阶段,将图纸上规划设计的建(构)筑物在现场标定出来,作为施工的依据。

在这一阶段,需要将图纸上已规划设计好的建(构)筑物准确地放样到实地上,以便指导施工的进行。因此,在施工阶段,土木工程测量的任务主要是建立具有合适精度的施工控制网,以满足施工放样的需要。在此基础上,施工测量的具体任务因不同工程的需要而异。例如,隧道施工测量的主要任务是保证对向开挖的隧道能够按照规定的精度正确贯通,并使各项建筑物按照设计的位置修建。

③ 在工程施工过程和竣工后,对建筑物进行变形观测,确保工程安全。

由于工程施工阶段改变了地面的原有状态,建筑物本身的重量对地基施加了一定的作用力,因而地基及其周围地层会发生变形。此外,建筑物本身及其基础,由于地基的变形及外部荷载与内部应力的共同作用也会产生变形。这种变形如果超过了一定限度,就会影响建筑物的正常使用,严重的还会危及建筑物的安全。因此,对于一些大型的、重要的建筑物,在施工过程或竣工后的运营管理期间,还应定期对其进行稳定性监测。在该阶段,土木工程测量的任务主要是确定布设专用的变形观测控制网,以满足变形观测的需要。在此基础上,还需在建筑物本身或其周围适当的地点,埋设一些测量标志,进行动态监测,以确保工程安全,同时也为改进设计、施工提供重要的科学依据。

此外,还要对工程进行检查、验收,工程结束后还要编绘竣工图,作为运营、管理、维修和扩建的依据。

由上述可知,土木工程的各个阶段都离不开测量工作,从事土木工程的技术人员必须掌握土木工程测量的基本知识和技能。土木工程专业的学生则要通过学习本课程掌握土木工程测量的基本概念、基本理论、基本计算、基本技能,正确使用常用的测量仪器,了解地形图的成图原理和方法,具有正确使用地形图和有关测量资料的能力,并能够胜任一般工程施工放样的工作。

0.2 测量工作的基准面

0.2.1 大地水准面

测量工作的基准面与地球的形状和大小密切相关,这是因为测量工作是在地球表面进行的,而地球自然表面是极不规则的曲面,有高山、丘陵、平原和海洋。其中最高的珠穆朗玛峰高出海平面达 8 844.43 m,最低的马里亚纳海沟低于海平面达 11 022 m。但这样的高低差距与地球平均半径 6 371 km 相比还是很小的。再从海洋和陆地所占的面积来看,海洋占地球表面的 71%,陆地只占 29%。因此,如果将地球看成是被海洋包围的球体,就可从总体上反映出地球的自然形状和大小。

由于地球的自转运动,地球上任一点都同时受到两个力的作用,即离心力和地球引力,它们的合力即为重力(图 0-1)。地面上物体悬挂的垂球,其静止时所指的方向就是重力方向,重力的作用线称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。处于静止状态的水面称为水准面,例如,平静的湖泊中的水面就是一个水准面。水准面处处与重力方向(即铅垂线)垂直,在地球表面上重力作用的范围内,任何高度的点上都有一个水准面,因此,水准面有无数多个。与水准面相

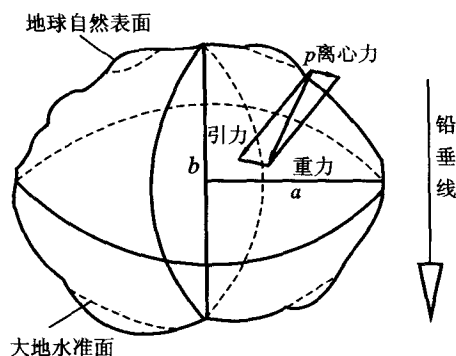


图 0-1 地球表面受力

切的平面称为水平面。观测水平角时,置平经纬仪后,仪器的纵轴位于铅垂线方向,水平度盘所在的平面就是水准面上的切平面,所测的水平角实际上就是观测方向线与其在水准面上投影线之间的夹角。此外,用水准测量方法所观测到的两点间的高差,就是两点水平面间的垂直距离,因此,铅垂线和水准面是测量外业所依据的基准线和基准面。

根据上面所述,由于水准面有无数多个,而野外测量工作将在不同的水准面上进行,因此,产生了对于同一个观测对象(角度、距离或点的高程),如果选用不同的水准面作为测量工作基准面,所得出的观测结果是否相同的问题。研究表明,对于两个方向之间的夹角,在不同高度的水准面上,其大小可以认为是不变的,但对于长距离和点的高程而言,其结果将随着所选取的基准面的不同而发生变化。因此,为了使不同

测量部门所得出的外业成果能互相比对、互相统一、互相利用,有必要选择一个最有代表性的水准面作为外业作业的共同基准面。这个基准面是如何确定的呢?由于海洋面积占地球总面积的 71%,所以静止的海水面是地球上最大的天然水准面。假想把这个静止的平均海平面延伸,穿过大陆和岛屿所形成的闭合曲面称为大地水准面。由于大地水准面的形状和大地体的大小均接近地球的自然表面的形状和大小,因此,可选取大地水准面作为测量工作的基准面,如图 0-2(a)所示。

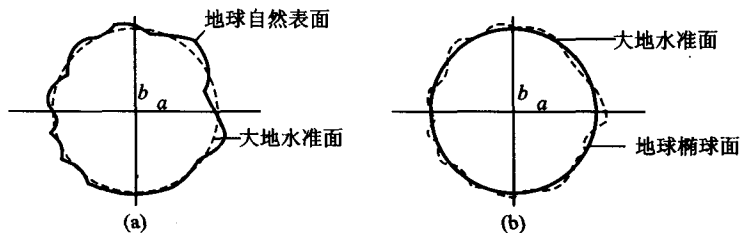


图 0-2 大地水准面的确定

0.2.2 参考椭球面

虽然将大地水准面作为测量工作的基准面可使观测结果有了共同的标准,但是测量的最终目的是要精确测定地球表面的位置,而要计算点的位置必须知道所依据的基准面的形状是否能用数学模型准确表达出来。由于地球内部物质构造分布的不均匀,地球表面起伏不平,所以大地水准面是一个略有起伏的不规则的物理表面,无法用数学公式精确表达出来,因而也就无法进行测量数据的处理。为了便于正确地计算测量成果,准确表示地面点的位置,测量上选用一个大小和形状都非常接近于大地体的旋转椭球体作为地球的参考形状和大小,这个旋转椭球体称为参考椭球体,又称地球椭球。它是一个规则的曲面体,可以用较简单的数学式子将它准确地表达出来。它的大小和形状可以用长半径 a (或短半径 b) 和扁率 α 来表示,如图 0-2(b)所示。其中扁率 α 的计算式为

$$\alpha = \frac{a-b}{a}$$

我国 1980 年以后,国家大地坐标系采用国际大地测量协会与地球物理协会在 1975 年推荐的 IUGG—1975 地球椭球为基准。其参数为

$$a = 6\,378\,140 \text{ m}, \quad \alpha = 1 : 298.257$$

并选择陕西泾阳县永乐镇某点为大地原点,进行大地定位。

由于旋转椭球体的扁率较小,所以在测量精度要求不高的情况下,可以把地球近似地当做圆球,其半径 R 采用地球半径的平均值 $6\,371 \text{ km}$ 。

按严格要求,在地球表面上进行测量工作时应选取参考椭球面作为基准面,但实用上大多采用与重力方向垂直的大地水准面作为基准面,因为重力方向用简单的方法即可得到。用细线挂一垂球,当垂球静止时,垂球线方向就是该点的重力方向。所以,以大地水准面和铅垂线作为测量工作的基准面和基准线,可以大大简化操作和计

算。但大范围、高精度的测量工作,仍应以参考椭球面作为测量计算的基准。

0.3 确定地面点位的方法

测量工作的基本任务是确定地面点的位置,为此测量上要采用投影的方法加以处理,即一点在空间的位置需要三个量来确定,这三个量通常采用该点在基准面上的投影位置和该点沿投影方向到基准面(一般实用上是大地水准面)的距离来表示(图 0-3)。这种确定地面点位的方法又与一定的坐标系相对应。

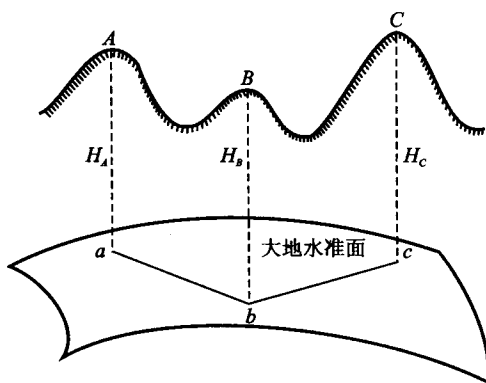


图 0-3 地面点位的确定

0.3.1 大地坐标系

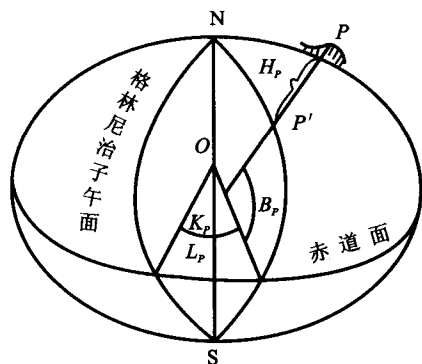


图 0-4 大地坐标系

大地坐标系是以参考椭球面为基准面。地面点在参考椭球面上的投影位置用经度 L 、纬度 B 和大地高 H 表示。如图 0-4 所示, NS 为椭球的旋转轴, N 表示北极, S 表示南极。通过椭球旋转轴的平面称为子午面, 其中通过格林尼治天文台的子午面称为起始子午面。子午面与椭球面的交线称为子午线。某点的大地经度就是通过该点的子午面与起始子午面的夹角。通过椭球中心且与椭球旋转轴正交的平面称为赤道面, 它与椭球面相截所得的曲线称为赤道。

其他平面与椭球旋转轴正交, 但不通过球心, 这些平面与椭球面相截所得的曲线称为纬线。国际规定, 通过格林尼治天文台的子午面为零子午面, 向东经度为正, 向西为负, 其域值为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。大地纬度就是在椭球面上的 P 点作一与椭球体相切的平面, 然后过 P 点作一垂直于此平面的直线, 这条直线称为 P 点的法线, 它与赤道的交角就是 P 点的大地纬度。向北, 称为北纬, 向南, 称为南纬, 其域值为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。椭球体的大地高为零。沿法线在椭球体面外为正, 在椭球体内为负。我国版图处于东经 $74^\circ \sim 135^\circ$, 北纬 $3^\circ \sim 54^\circ$ 之间, 如北京的坐标为北纬 40° , 东经 116° , 用 $B=40^\circ N, L=116^\circ E$ 表示。

0.3.2 高斯平面直角坐标

以上介绍是大地坐标系。它是以椭球面和法线为基准, 将地面观测元素归算至椭球面进行计算的。在实际进行测量时, 量距、测角或高程都是在水准面上以铅垂线为准, 因此所测得的数据若以大地坐标表示, 必须精确地换算成大地坐标系。实践证

明,在它上面进行计算是相当复杂和烦琐的,若将其直接用于工程建设规划、设计、施工等,则很不方便。为了便于测量计算和生产实践,要将椭球面上大地坐标按一定数学法则归算到平面上,并在平面直角坐标系中采用人们熟知的简单计算公式计算平面坐标。由椭球面上的大地坐标向平面直角坐标转化时采用地图投影理论,由于我国采用高斯-克吕格投影,故简称高斯投影。

高斯投影是设想一个横椭圆柱套在参考椭球的外面,如图 0-5(a)所示,横椭圆柱的轴线通过椭球心 O ,并与地轴 NS 垂直,这时椭球面上某一子午线正好与横椭圆柱面相切,这条子午线称为中央子午线。然后在椭球面上的图形与椭圆柱面上的图形保持等角的条件下,沿椭球柱的 N 、 S 点母线将椭球切开,并展成平面,即为高斯投影平面。至此便完成了椭球面向平面的转换工作。在此高斯投影平面上,中央子午线经投影面展开成一条直线,以此直线作为纵轴,即 x 轴;赤道是一条与中央子午线相垂直的直线,将它作为横轴,即 y 轴;两直线的交点作为原点,就组成了高斯平面直角坐标系,如图 0-5(b)所示。

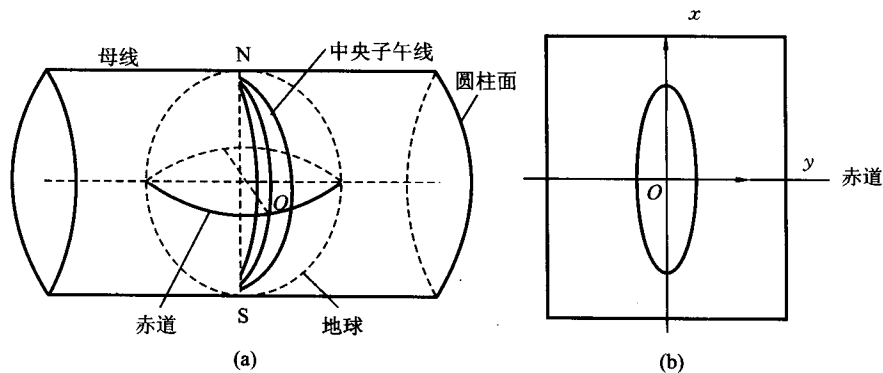


图 0-5 高斯平面直角坐标系统的转换

高斯投影虽然不存在角度变形,但存在长度变形,除中央子午线外都要发生变形。离开中央子午线愈远,投影后变形愈大,这种变形将会影响测图和施工精度。为了把投影后长度变形控制在允许的范围内,测量时要采用分带投影的办法来解决这一问题。这种方法是将地球划分成若干投影带,如图 0-6 所示,即把投影区域限制在中央子午线两旁的狭窄区域内,这个区域的范围常选用 6° 或 3° 。如果测区边缘超过这个范围,就换一条中央子午线,也就换了一个新的坐标系。这样就能把长度变形限制在一定的范围内。国际上统一把椭球体分成许多 6° 或 3° 带形,并且依次编号, 6° 带投影从英国格林尼治子午线起算,自西向东,每隔经差 6° 投影一次,将地球划分成经差相等的 60 个带,并从西向东进行编号,带号用阿拉伯数字 1、2、3、...、60 表示。位于各带中央的子午线,称为该带的中央子午线。第一个 6° 带的中央子午线的经度为 3° ,任意带的中央子午线经度为

$$L_0^6 = 6N - 3 \quad (0-1)$$

式中 N ——带号;

L_0^6 —— 6° 带中央子午线经度。

