

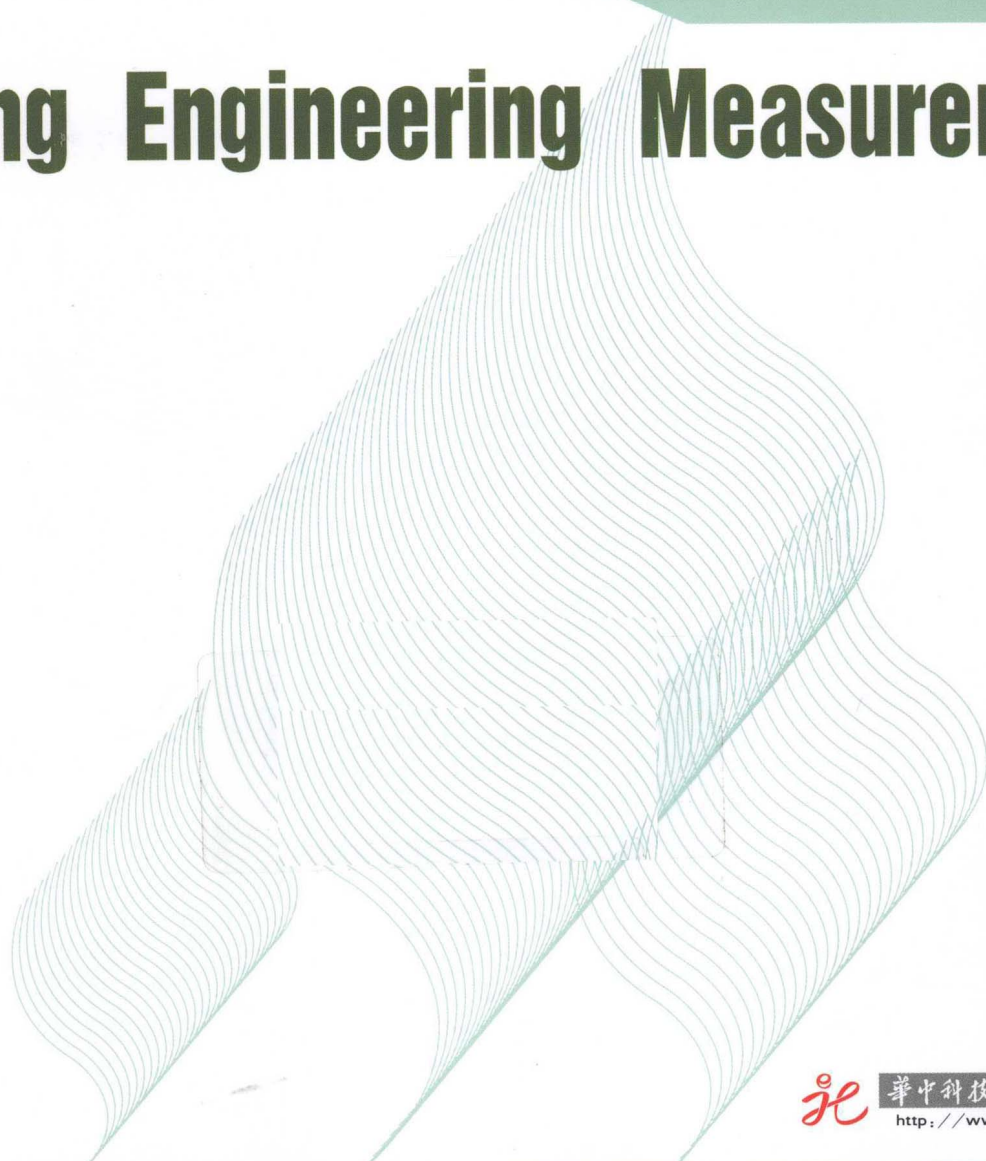
高职高专土建类“十二五”规划教材

Higher Vocational Textbooks on Civil Engineering and Architecture for the 12th Five-Year Plan

建筑工程测量

主编 赵桂生

Building Engineering Measurement



华中科技大学出版社

<http://www.hustpas.com>

高职高专土建类“十二五”规划教材

建筑工程测量

Building Engineering Measurement

本书主审 彭军还

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/赵桂生 主编.

—武汉:华中科技大学出版社,2010.6

ISBN 978-7-5609-5901-6

I. 建… II. 赵… III. 建筑测量 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 227257 号

建筑工程测量

赵桂生 主编

责任编辑:赵 萌

封面设计:张 璐

责任监印:马 琳

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

销售电话:(010)64155566 (022)60266199(兼传真)

网 址:www.hustpas.com

录 排:河北香泉技术开发有限公司

印 刷:河北省昌黎县第一印刷厂

开本:850mm×1065mm 1/16

印张:20.25

字数:456 千字

版次:2010 年 6 月第 1 版

印次:2010 年 6 月第 1 次印刷

定价:37.00 元

ISBN 978-7-5609-5901-6/TU·748

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书共分 13 章,每章包括学习要求、本章小结和思考题。第 1~5 章为测量基础知识,介绍高程测量、角度测量和距离测量方法及相关仪器的使用和测量误差基础;第 6~8 章为地形图测量,介绍小区域控制测量、地形图测绘方法和地形图应用的基本知识;第 9、10 章为建筑工程施工测量的内容,介绍施工测量基础、建筑变形测量等知识;第 11~13 章为新仪器、新技术相关内容,介绍了全站仪、GPS 和数字测图的知识。

前 言

本书是华中科技大学出版社高职高专土建类“十二五”规划教材之一。

随着电子技术、科学技术的发展,测量学的技术手段、方法和理论发生了质的飞跃,为满足工程建设和教学对新技术的需要,本书详细介绍了测量仪器的基本构造和使用方法、测量基础理论、测量技术和方法。在本书编写过程中,我们认真总结了多年的教学与实践经验,并广泛征求了本专业工作者的意见。

本书以提高学生的综合素质和培养学生的实践能力为目标,力求学以致用,精练理论,突出技术实践,着重介绍当前生产中正在使用的仪器设备和测量方法,也介绍了较先进的仪器和使用方法。具有理论够用、突出技能、内容新颖、实用性强的特点,并力求突出新知识、新技术、新理论。

本书由北京农业职业学院赵桂生担任主编,焦作大学土建系李丽、沧州职业技术学院王学军担任副主编,北京农业职业学院焦有权、沧州职业技术学院王云计、北京京北职业技术学院赵艳敏参加编写。第7、11、12、13章及附录由赵桂生编写;第5、10章由李丽编写;第6、8章由王学军编写;第1、9章由焦有权编写;第3、4章由王云计编写;第2章由赵艳敏编写。全书由赵桂生统稿整理。

本书由中国地质大学(北京)博士生导师彭军还教授进行审定,并提出了很多修改意见,在此表示衷心感谢。

本书可作为高职高专院校建筑工程施工、建筑工程管理、建筑工程监理、城市建设、环境科学等专业学生教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

由于水平有限,书中难免存在疏误,敬请广大读者批评指正。

编者

2010年1月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 测量学概述	(1)
1.2 建筑工程测量的作用	(4)
1.3 地面点位的确定	(5)
1.4 测量工作的原则	(12)
1.5 学习测量学的目的和要求	(14)
第 2 章 水准测量	(17)
2.1 水准测量原理	(17)
2.2 水准仪及其使用	(19)
2.3 水准测量方法及成果处理	(25)
2.4 水准测量的误差及其消减方法	(32)
2.5 微倾水准仪的检验与校正	(34)
2.6 精密水准仪	(37)
2.7 电子水准仪	(39)
第 3 章 角度测量	(44)
3.1 角度测量的概念	(44)
3.2 普通光学经纬仪	(44)
3.3 水平角测量	(49)
3.4 竖直角测量	(52)
3.5 角度测量的误差分析及注意事项	(56)
3.6 光学经纬仪的检验与校正	(58)
3.7 精密光学经纬仪	(62)
3.8 电子经纬仪	(64)
第 4 章 距离测量	(71)
4.1 钢尺测量	(71)
4.2 视距测量	(81)
4.3 测距仪测距	(84)
4.4 直线定向	(87)
第 5 章 测量误差基础	(94)
5.1 测量误差的概念	(94)
5.2 偶然误差的特性	(96)

5.3	评定精度的标准	(98)
5.4	误差传播定律	(100)
5.5	最或是值及中误差	(102)
5.6	偶然理论的应用	(106)
第6章	小区域控制测量	(110)
6.1	控制测量概述	(110)
6.2	导线测量	(113)
6.3	交会测量	(129)
6.4	高程控制测量	(132)
第7章	大比例尺地形图测绘	(139)
7.1	地形图的比例尺	(139)
7.2	地物及其表示方法	(141)
7.3	地貌及其表示方法	(144)
7.4	测图前的准备工作	(148)
7.5	碎部点的选择和立尺线路	(150)
7.6	地形图的测量方法和要求	(152)
7.7	地形图的绘制与整饰	(156)
第8章	地形图的阅读与应用	(162)
8.1	地形图的阅读	(162)
8.2	阅读地形图的基本内容	(168)
8.3	地形图应用在工程中的应用	(174)
第9章	施工测量基础	(183)
9.1	施工测量概述	(183)
9.2	施工测量的基本方法	(185)
9.3	建筑施工控制测量	(192)
9.4	民用建筑施工测量	(197)
9.5	管道工程测量	(202)
9.6	道路工程测量	(207)
第10章	建筑变形测量与竣工图绘制	(214)
10.1	建筑变形观测的规定	(214)
10.2	建筑物的沉降观测	(215)
10.3	建筑物的裂缝观测和位移观测	(219)
10.4	建筑物的倾斜观测	(221)
10.5	竣工总平面图的编绘	(223)
第11章	全站仪	(226)
11.1	全站仪概述	(226)

11.2	全站仪的构造	(227)
11.3	全站仪工作原理	(231)
11.4	全站仪的使用	(232)
11.5	拓普康(Topcon)全站仪简介	(233)
11.6	苏一光(RTS600)系列全站仪简介	(239)
11.7	索佳(Sokkia)全站仪简介	(243)
11.8	全站仪的检验与注意事项	(246)
第 12 章	GPS 全球定位系统	(250)
12.1	GPS 系统的概述	(250)
12.2	GPS 系统的基本构成	(251)
12.3	GPS 的坐标系统和时间系统	(255)
12.4	GPS 定位原理	(256)
12.5	GPS 定位方法	(257)
12.6	GPS 测量的实施	(260)
12.7	我国 GPS 发展现状	(262)
12.8	GLONASS 系统和 3S 技术简介	(266)
第 13 章	数字测图系统	(269)
13.1	数字测图概念	(269)
13.2	数字测图的过程	(275)
13.3	全野外数字测量	(278)
13.4	纸质图数字化	(284)
附录	测量实践技能训练	(288)
参考文献		(316)

第 1 章 绪 论

【学习要求】

本章主要介绍测量的概念,测量在工程建设中的作用和任务,学习测量的目的和意义;确定地面点的基本方法、基本要素,以及测量工作的原则和基本要求。通过本章的学习,学生能够了解建筑工程测量是一门技能性要求很强的课程,并在建筑工程、市政、城镇建设和环境工程等领域具有广泛的应用和重要的作用。

1.1 测量学概述

1.1.1 测量学发展史

“测量”一词来源于希腊字“ $\gamma\eta\delta\acute{\alpha}\mu\omega$ ”,是“土地划分”的意思。古埃及尼罗河每年洪水泛滥,淹没了土地界限,待水退去后需要重新划界,从而产生了测量工作。

我国的测绘方法出现很早,最早可以追溯到四千多年前。在《史记·夏本纪》中叙述了夏禹治理洪水的情况:“左准绳,右规矩。载四时,以开九州,通九道,陡九泽,度九山”。这说明在公元前 21 世纪,我国人民已经开始使用简单的测量工具进行测量工作了。春秋战国时期,测绘有了新的发展。《周髀算经》、《九章算术》、《管子·地图篇》、《孙子兵法》等书的有关论述都说明了我国的测量、计算和军事地形图的技术在当时都已经达到了相当高的水平。长沙马王堆汉墓出土的公元前 2 世纪的地形图、驻军图和城邑图,是迄今发现的最古老、翔实的地图。魏晋时刘徽著《海岛算经》,阐述了测算海岛之间的距离和高度的方法。西晋的裴秀主持编制了反映晋十六州的郡国县邑、山川原泽和境界的大型地图集——《禹贡地域图十八篇》,并总结出分率、准望、道里、高下、方斜、迁直的“制图六体”,从此,地图制图有了标准和原则。唐代高僧一行(俗名张遂)于公元 724 年主持进行了世界最早的子午线测量,在河南平原南北伸展约 200 km,近似位于同一子午线的四个点上,测量冬至、夏至、春分、秋分中午的日影长度和北极高,又用步弓实地丈量了四点间的距离,推算北极星每差一度相应的地面距离。北宋沈括发展了裴秀的制图理论;编结了“二寸折一百里”(相当于 1:90 万比例尺)的《天下州县图》;他还发明和发展了许多精密易行的测量技术,如用分级筑堰静水水位方法,测量汴渠的高差,用平望尺、千尺和罗盘测量地形,并在世界上最早发现了磁偏角。陕西西安碑林的《华夷图》和《禹迹图》是南宋末时的石刻,图上有方格,每方折百里,为我国现存最早的“计里画方”地图。苏州的南宋石刻《平江

图》是我国现存最完整的古代城市规划图。元代郭守敬在全国进行了天文测量,并在长期修渠治水实践中,总结出一套水准测量的经验,首先提出了海拔高程的概念。明代郑和七下西洋首次绘制了航海图。清康熙年间(公元1708—1718年)开展了大规模的经纬度测量和地形图测绘,编成著名的《皇舆全图》。

17世纪,望远镜的发明和应用对世界范围内测量技术的发展起到了很大的促进作用。1683年,法国进行了弧度测量,证明了地球是两极略扁的椭球体。1794年,德国高斯提出了最小二乘法原理,以后又提出了横圆柱投影学说,对测量学的发展做出了很大贡献。1903年飞机的发明对航空摄影测量的发展起到了决定性作用,并大大减小了测量的劳动强度。20世纪以来,电子计算机的出现,不仅加快了计算速度,而且改变了测绘仪器和方法。特别是1957年人造地球卫星的发射,促使测绘工作有了新的飞跃,开辟了卫星大地测量学这一新领域。多普勒定位是空间技术用于大地测量并得到普遍应用的一种先进技术。到了70年代,又出现了全球定位系统(GPS),用它进行精密控制测量能达到厘米级精度。人们利用遥感、遥测技术获得丰富的图像信息,编制大区域的小比例尺影像地图和专题地图。同时,还出现了惯性测量系统和长基线干涉测量,前者是根据惯性原理设计的测定地面点大地元素的装置,后者是一种独立站射电干涉测量技术,用来测定相距很远地面点的相对位置。

新中国成立以来,测绘事业有了很大的发展,主要成就主要表现在以下几个方面。

(1) 测量学的任务及其在工程建设中的作用。在全国范围内建立了国家大地网(平面控制)、国家水准网、国家基本重力网和卫星多普勒网,并对国家大地网进行了整体平差。

(2) 仪器开发。研制成功卫星摄影仪、卫星激光测距仪、多普勒接收机、精密光学经纬仪、精密水准仪、光电测距仪和解析测图仪等仪器,促进了我国测绘事业的进一步发展。从20世纪70年代中期起,激光技术开始用于施工测量和变形观测,如激光铅垂仪用于烟囱和高层建筑的施工,激光扫平仪用于场地平整,激光导向仪用于控制施工机械的前进方向,激光准直仪用于大坝的变形监测等。

(3) 新技术应用。随着GPS、全站仪、计算机等在测量领域的普遍应用,目前全国正在构建数字中国。数字中国的建设不仅可以为以后国民经济建设提供必要的地形图件,而且将为更好的管理、合理的利用国家的水土资源等提供必要的图件保障。这些技术改革和硬件设备的改进将使得测量结果的获得过程大为简化,使测量过程实现了测量过程一体化,使测量成果现势性大为提高,此外,在必要时还可随时对测量图件及成果进行修正。

1.1.2 测量学的概念与分类

测量学是研究测定地面点的平面坐标和高程,将地球表面的地形和其他信息测绘成图,以及确定地球形状和大小等的科学。

测量学按照研究范围和对象的不同主要可分为以下几种。

(1) 大地测量学。研究和测定地球形状、大小和地球重力场,以及测定地面点几何位置的学科。

(2) 普通测量学。研究地球表面较小区域的形状和大小,不考虑地球的曲率,用水平面代替地球局部表面所进行的地形图或平面图测绘的学科。

(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(影像的或数字形式的),并进行分析和处理,以确定被测物体的形状、大小和位置,判断其性质的学科。摄影测量学可分为航天摄影测量、航空摄影测量、地面摄影测量和水下摄影测量。

(4) 工程测量学。研究工程建设在勘察设计、施工放样、竣工验收和管理阶段所进行的测量工作的理论、技术和方法的学科。

(5) 地籍测量学。研究测定土地及其上面附着物权属界限的位置、形状、面积,并以反映其使用状况为主要目的所进行的测量工作的理论、技术和方法的学科。

(6) 制图学。利用测量所得的资料,研究如何投影编绘成地图,以及地图制作的理论、工艺技术和应用等的测绘科学。

1.1.3 测量学的任务及其在工程建设中的作用

1. 测量学的任务

测量学最初是研究地球的形状、大小及确定地面点空间位置的一门科学,测量一词是泛指对各种量的量测,而测量学所要量测的对象是地球的局部表面以致整个地球。由于测量学一般包含“测”和“绘”两项内容,所以又称为测绘学。测绘学是既要测定地面点的几何位置、地球形状、地球重力场,以及地球表面自然形态和人工设施的集合形态,又要结合社会和自然信息的地理分布,研究绘制全球或局部地区各种比例尺的地形图和专题地图的理论和技術。

测量学的主要任务可分为测图和测设两大内容。

(1) 测图(测定)。测图是将地面上存在的各种地形、地物利用工程测量的方法确定它们的位置并用规定的符号和一定的比例绘制成图的工作,也称测定。如某区域地形图的测绘等工作。

(2) 测设(放样)。测设是将各种工程设计的点位用测量的方法测设到实地的工工作,又称放样,如各种工程建筑物和构筑物的施工放样等工作。

2. 测量学在工程建设中的作用

测量工作对我国的社会主义经济建设和国防建设具有重要的意义,在铁路、公路、水利工程、水土保持工程、植树造林和土地平整等工程建设中都起着不可忽视的作用,并且贯穿于工程建设的始终。

(1) 为工程规划设计提供所需的地形资料。规划时提供中、小比例尺地形图及有关信息,建筑物设计时要测绘大比例尺的地形图。

(2) 施工阶段要将图上设计好的建筑物按其位置、大小测设于地面上,以便据此施工。

(3) 在施工过程和工程建成的后的运行管理中,需要对建筑物的稳定性及变化情况进行监测——变形观测,以确保工程安全。

例如,在铁路、公路、渠道、管道等工程建设之前,为了确定一条经济合理的路线,必须进行路线勘测,绘制带状地形图、纵断面图和横断面图,并在图上进行路线设计,然后将设计路线的位置标定在地面上,以便进行施工;当路线跨越河流、沟道等时,必须修建桥梁或涵洞等,在建造这些建筑物之前,要测绘河流或沟道两岸的地形图,测量河床或沟道断面、水位、流速、流量和桥梁轴线的长度,以便设计桥台和桥墩的位置,最后将设计位置测设到实地。城市规划、给水排水、煤气管道等市政工程的建设,工业厂房和高层建筑的建造,各项水利工程的兴建,地下矿藏的勘探和开采,森林资源的调查和采伐,地籍测量和土地管理等都要以地形图和各种测量数据为依据。在国防建设中,除了各项国防工程的修建、战役部署和军事行动需要军用地图外,还要为大炮和导弹等武器发射的准确性提供精确的测量数据。

总之,任何工程建设都离不开测量工作。从事工程建设的技术人员必须了解掌握测量学的基本知识和基本技能,才能为国民经济建设服务。

1.2 建筑工程测量的作用

建筑工程测量是测量学的一个组成部分,是一门研究建筑工程在勘测设计、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。

1. 建筑工程测量的任务

(1) 测绘大比例地形图。把工程建设区域内的各种地面物体的位置和形状,以及地面的起伏状态,依照规定的符号和比例尺绘成地形图,为工程建设的规划设计提供必要的图样和资料。

(2) 建筑物的施工测量。把图样上已设计好的建(构)筑物,按设计要求在现场标定出来,作为施工的依据;配合建筑施工进行各种测量工作,以保证施工质量;开展竣工测量,为工程验收、日后扩建和维修管理提供资料。

(3) 建筑物的变形观测。对于一些重要的建(构)筑物,在施工和运营期间,为确保安全,定期对其进行建(构)筑物变形观测。

2. 建筑工程测量的作用

建筑工程测量在工程建设中有着广泛的应用,起着重要的作用。例如,建筑用地的选择,道路、管线位置的确定等,都要利用测量所提供的资料和图纸进行规划设计;在施工阶段,需要通过测量工作来衔接、配合各项工序的施工,才能保证设计意图的正确执行;施工竣工后的竣工测量,可为工程的验收、日后的扩建和维修管理提供资料;在工程管理阶段,对建(构)筑物进行变形观测,以确保工程的安全使用。因此,建

筑工程测量贯穿于建筑工程建设的始终,服务于施工过程中的每个环节,而且测量的精度和进度直接影响整个工程的质量与进度。

(1) 施工准备阶段。校核设计图纸与建设单位移交的测量点位、数据等测量依据。根据设计与施工要求编制施工测量方案,并按施工要求进行施工场地及暂设工程测量。根据批准后的施工测量方案,测设场地平面控制网与高程控制网。场地控制网的坐标系统与高程系统应与设计一致。

(2) 施工阶段。根据工程进度对建筑物、构筑物定位放线、轴线控制、高程抄平与竖向投测等,作为各施工阶段按图施工的依据。在施工的不同阶段,做好工序之间的交接检查工作与隐蔽工程验收工作,为处理施工过程中出现的有关工程平面位置、高程和竖直方向等问题提供实测标志与数据。

(3) 工程竣工阶段。检测工程各主要部位的实际平面位置、高程和竖直方向及相关尺寸,作为竣工验收的依据。工程全部竣工后,根据竣工验收资料,编绘竣工图,作为工程运行、管理的依据。

(4) 变形观测。对设计与施工指定的工程部位,按拟定的周期进行沉降、水平位移与倾斜等变形观测,作为验证工程设计与施工质量的依据。

1.3 地面点位的确定

1.3.1 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的,许多测量基本理论和数据都涉及地球的形体,因此必须了解地球的形状和大小。地球的自然表面极为复杂,有高山、丘陵、平原和海洋等,因此,地球表面是起伏不平的不规则曲面。地面上最高的珠穆朗玛峰,高出海平面 8844.43 m,海洋最深处是太平洋西部的马里亚纳海沟,其最大深度达 11 034 m,地球的平均半径约为 6371 km,故地球表面的起伏相对于地球半径是极微小的。同时,整个地球表面上海洋面积约占 71%,陆地仅占 29%,所以海水面所包围的形体基本上表示了地球的形状。人们通常用一个向陆地内部延伸的静止海水面所包围的形体来表示地球的形状。这种静止海水面称为水准面,如图 1-1 所示。随着静止海水面高度的不同,水准面有无数个,而其中通过平均海水面的一个称为大地水准面。为了建立全国统一高程基准面,我国把 1950—1956 年间的黄海平均海水面作为大地水准面,由此基准面起算的高程属于“1956 年黄海高程系”。该系统国家水准原点高程为 72.289 m。1978 年开始,采用 1952—1979 年间的黄海平均海水面,并命名为“1985 国家高程基准”。该基准的国家原点高程为 72.260 m。大地水准面为一个复杂的曲面,如果将地球表面上的图形投影到这个复杂的曲面上,在测量计算上会极为困难,不利于各种工程建设。因此,人们又选择一个与大地水准面非常接近的数学面——旋转椭球体来代替地球的形状和大小。

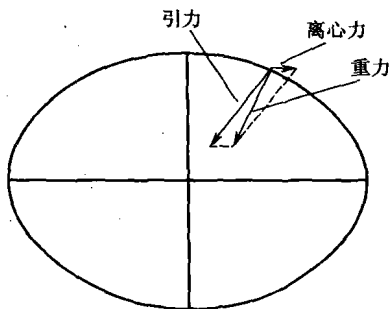


图 1-1 水准面

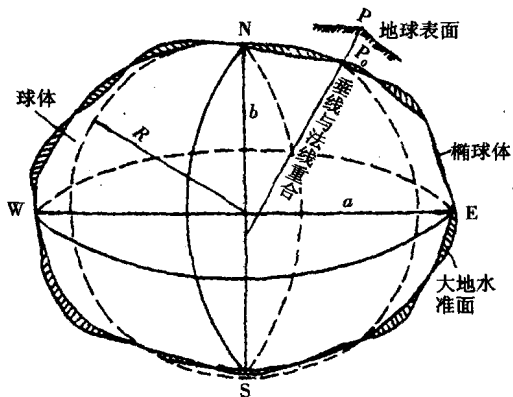


图 1-2 大地体与椭球体

由于地球内部质量分布不均匀,从而引起铅垂线方向呈不规则变化。因此,绕其短轴而成的球体,其旋转轴与地球自转轴相重合,如图 1-1 所示,其表面称为旋转椭球面。旋转椭球体的形状和大小取决于长半径(赤道半径) a 、短半径(旋转轴半径) b 和扁率 $\alpha[\alpha=(a-b)/a]$ 。我国 1978 年推算值为: $a=6\,378\,143\text{ m}$, $\alpha=1:298.255$ 。

当地球的形状和大小确定之后,还要将椭球面与大地水准面的相互位置固定下来才能将地面上的观测成果换算到椭球体上。如图 1-2 所示,在地面上选定一点 P 称为大地基准点,使 P 点的铅垂线与椭球面上相应 P_0 点的法线相重合,并且在 P_0 点上椭球面与大地水准面相切,处在这个位置的椭球体与大地体(由大地水准面所包围的形体)相接近,并将它与大地水准面的相对位置固定下来,这个椭球体称为参考椭球体。实际上每个国家都采用与本国领土比较合适的椭球体,并且独自确定椭球体与大地体的关系。我国于 1954 年建立北京坐标系,近几年来,又根据最新测量数据,将坐标系的原点设在陕西泾阳县永乐镇,即以该点作为大地原点进行定位,称为 1980 年国家大地坐标系。

参考椭球体是测量成果换算的依据,在一般测量中,为了计算方便,可近似把地球作为球体看待,其平均半径约为 6371 km ;当测区范围较小时,又可把球面作为平面看待。

1.3.2 地面上点位的表示方法

确定地面上的一点的空间位置,包括确定它在球面上的位置(以坐标表示)及其到大地水准面的垂直距离(即高程)。

1. 坐标

坐标主要为地理坐标和平面直角坐标。

(1) 地理坐标。以经度和纬度表示地面点位置的坐标,称地理坐标。如图 1-3 所示, N 和 S 分别为地球北极和南极, N 和 S 的连线为地球的自转轴。设地球上

任一点 M , 过 M 点和地球自转轴所构成的平面称 M 点的子午面, 子午面与地球表面的交线称为子午线, 又称经线。按照国际天文学会规定, 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点, 向东从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称东经, 向西从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称西经。 M 点的子午面与起始子午面之间的夹角 λ 即为 M 点的经度。 M 点的铅垂线与赤道平面之间的夹角 φ 即为 M 点的纬度。赤道以北从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬, 赤道以南从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称南纬。 M 点的经度和纬度已知, 该点在地球表面上的投影位置即可确定。

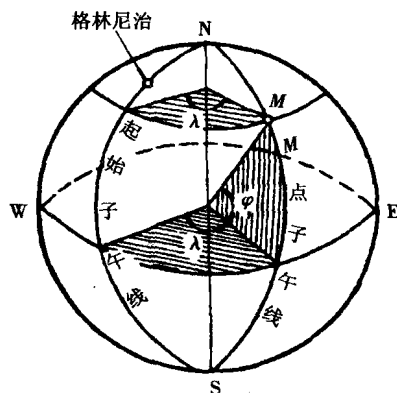


图 1-3 地理坐标系

(2) 平面直角坐标。当测量的范围较小时(半径不大于 10 km 的区域内), 可把该部分的球面视为水平面, 将地面点直接沿铅垂线方向投影于水平面上。如图 1-4 所示, 以相互垂直的纵轴建立平面直角坐标系。纵轴为 x 轴, 与南北方向一致, 以向北为正, 向南为负。横轴为 y 轴, 与东西方向一致, 以向东为正, 向西为负。这样任一点平面位置可以其纵横坐标表示, 如坐标原点 O 是任意假定的, 则为独立的平面直角坐标系。

由于测量上所用的方向是从北方向(纵轴方向)起按顺时针方向以角度计值(象限也按顺时针编号, 见图 1-4)。因此, 将如图 1-5 所示的数学上平面直角坐标系(角值从横轴正方向起按逆时针方向计值)的 x 轴和 y 轴互换后, 数学上三角函数的计算公式可不加改变直接用于测量的计算中。

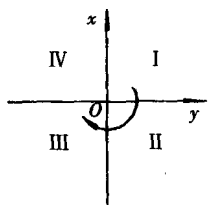


图 1-4 测量平面直角坐标系

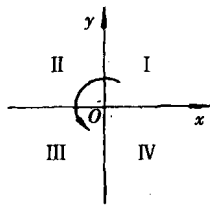


图 1-5 数学平面直角坐标系

在此详细介绍一下高斯平面直角坐标。设想用一横圆柱体套在地球外面, 使圆柱体的轴心通过地球的中心, 把地球某一条子午线(称为中央子午线)与圆柱体相切, 如图 1-6(a)所示。将该子午线两侧的球面上的图形按一定的数字关系投影到圆柱面上, 然后将圆柱面沿通过南北极的 TT' 和 KK' 切开, 展成平面就得到投影到平面上的相应图形。这种投影具有下列性质。

① 中央子午线 POP_1 的投影为一条直线, 且投影后长度无变形, 其余经线的投影为凹向中央子午线的对称曲线[见图 1-6(b)]。

- ② 赤道的投影也为一直线,其余纬线的投影为凸向赤道的对称曲线[见图 1-6 (b)]。
- ③ 中央子午线和赤道的投影为互相垂直的直线,成为其他经纬线投影的对称轴。

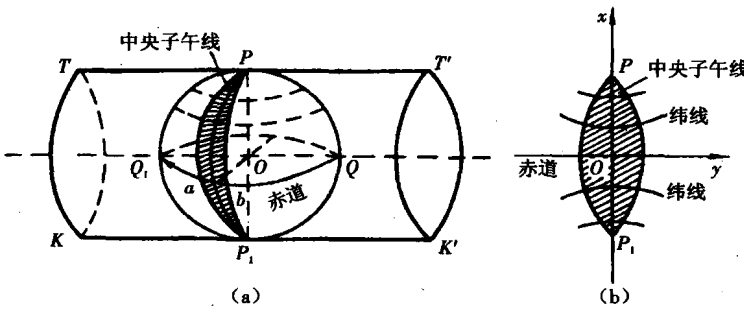


图 1-6 高斯投影原理

因其他经纬线的投影仍保持互相垂直的关系,即投影前后角度无变形,故称为正形投影。

高斯投影的角度无变形,其长度除中央子午线无变形外,离中央子午线越远其变形就越大,为此应采用分带投影来限制其影响。如图 1-7 所示,从格林尼治子午线(首子午线)起,依次每隔经度 6° 分为一带,称为六度带。整个地球分为 60 带,用数字 1~60 顺序编号,每带中央子午线的经度顺序为 $3^\circ, 9^\circ, 15^\circ, \dots$ 可按式计算

$$\lambda_0 = 6N - 3 \quad (1-1)$$

式中 λ_0 ——投影带中央子午线的经度;
 N ——投影带的号数。

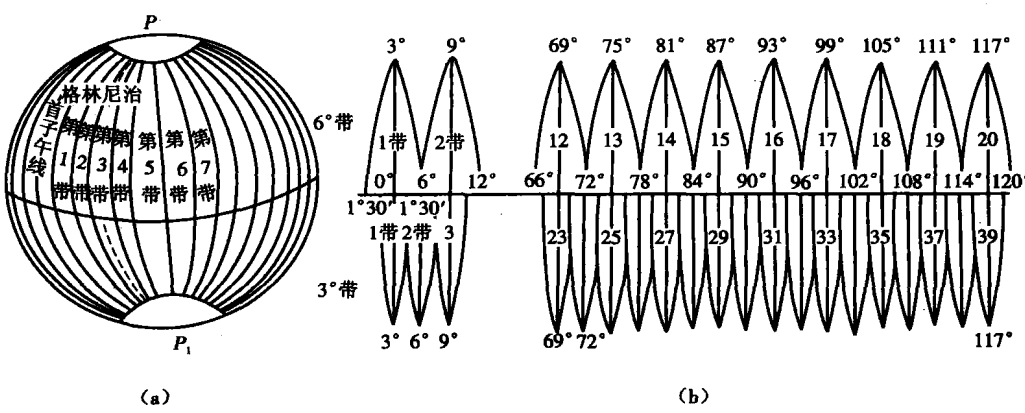


图 1-7 分带投影

由于中央子午线和赤道的投影为互相垂直的直线,以中央子午线为 x 轴,赤道为 y 轴。两轴的交点作为坐标原点,就组成了高斯平面直角坐标系,如图1-8(a)所示。

我国位于北半球, x 坐标值均为正, y 坐标值则有正有负。为了避免横坐标出现负值,所以将中央子午线向西移动500 km,如图1-8(b)中的 O 点。这样每一带中所有各点的横坐标值均能得到正值。在图

1-8(a)中,设 $y_A = +37\ 680.1\text{ m}$, $y_B = -34\ 240.5\text{ m}$,移动原点后

则 $y_A = (500\ 000 + 37\ 680.1)\text{ m} = 537\ 680.1\text{ m}$, $y_B = (500\ 000 - 34\ 240.5)\text{ m} = 465\ 759.5\text{ m}$,如图1-8(b)所示。为了表明一个点位于哪一带内,在横坐标前面加上带号,如 A 点位于中央子午线 117° 的20带内, $y_A = 20\ 537\ 680.1\text{ m}$ 。

用 6° 分带投影其长度变形能满足 $1:25\ 000$ 或更小比例尺测图的精度要求。而用 $1:10\ 000$ 以上的大比例尺测图,采用 6° 分带不能满足测图精度的要求,应采用 3° 分带法。

3° 带是在 6° 带的基础上划分的。它的宽度为 6° 带的一半, 6° 带的中央子午线及其两边缘子午线都是 3° 带的中央子午线。

3° 带中央子午线的经度顺序为 $3^\circ, 6^\circ, 9^\circ, \dots$ 可按下式计算

$$\lambda'_0 = 3N' \quad (1-2)$$

式中 λ'_0 —— 3° 带中央子午线的经度;

N' —— 3° 带的号数。

为了避免横坐标出现负值, 3° 带的坐标原点同 6° 带一样向西移动500 km。但 y 值前面的带号不同。上例中央子午线 117° 时的 3° 带带号 $N' = 117^\circ/3^\circ = 39$ 。因此, y 坐标值前面要加“39”。

2. 高程

高程分为绝对高程和相对高程。

(1) 绝对高程。如图1-9所示,地面点沿铅垂线方向至大地水准面的距离称为绝对高程或海拔。在图中,地面点 A 和 B 的绝对高程分别为 H_A 和 H_B 。我国现行的是“1985国家高程基准”。

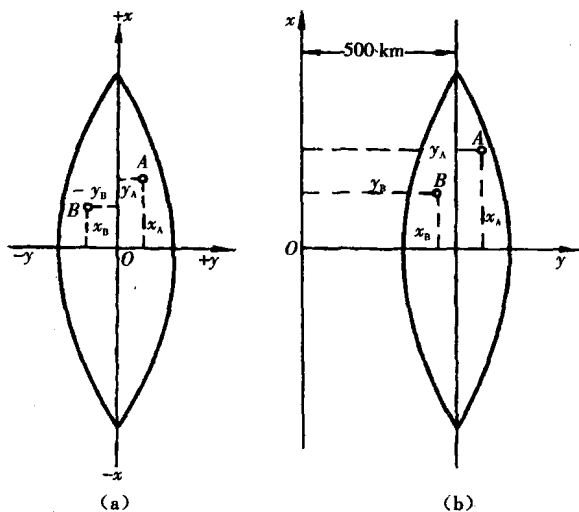


图1-8 高斯平面直角坐标系