

高等学校教材

测量学

武汉测绘学院《测量学》编写组 编著

(修订本)

上册

测绘出版社

高等学校教材

测 量 学

(修 订 本)

武汉测绘学院《测量学》编写组编著

上 册

测 绘 出 版 社

内 容 简 介

本书对测量学的基础知识、基本原理和方法作了较详细的阐述,并附有大量实例。对有关主要仪器的使用、检验和校正也作了较详细的介绍。对各种测量方法的误差来源,结合一些实验数据作了分析探讨。特别对地形控制的精度和地形图的精度问题分别列出专门章节予以讨论。此外还对测量技术新的发展作了适当介绍。

本书可作大专院校测绘专业的教学用书,亦可供有关工程技术人员和测绘工作者参考。

高等学校教材

测 量 学

(修订本)

上 册

武汉测绘学院《测量学》编写组 编著

*

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 18·字数 406千字

1985年9月第二版 1987年11月第五次印刷

印数 51,101—57,100册·定价 3.80元

统一书号: 15039·新 381

ISBN7-5030-0093-7/P·29

第一版 前 言

本书是在我院编著的《测量学》（1961年版）基础上，通过讨论并征得校内外有关同志的意见后重新编写成的。

本书是我院工程测量专业、航空摄影测量专业、大地测量专业的试用教材。并适当考虑到广大测绘工作者和工程技术人员在工作中作为参考的需要。

在我院临时党委的直接领导下组成了编写小组，由蒋维恒、章书寿同志担任主编，参加编写的有郭迺瑜、鲁林成、陆国胜、张琰、尹传忠等同志。全书共分二十章及三个附录。

国家测绘总局科教组还组织了有关兄弟院校和生产单位对本书进行了审定。同时也收到各省、市许多测量单位寄来的宝贵意见，在此谨表谢意。这里还对协助本书编写的龚谨、唐务浩、罗沛青等同志以及参加绘图的高增吉、黄幼才同志表示谢意。

希望使用本书的同志对本书多多提出意见和建议，以便再版时订正。

编 者

1979年3月

PAGE 77/06

第二版 前 言

本书自一九七九年出版后蒙各兄弟院校采作试用教本。我院亦试用了三个循环，深感有进一步修改的必要。经征得各方面意见后，对全书作了如下修改：

1. 对计算例题改用电子计算器。
2. 对各类测量仪器均着重于理论方面的讨论。至于具体使用，除各主要仪器外，不作详细叙述。
3. 自短程光电测距仪器普遍应用后，各类视距仪已逐渐失去其重要性，因此对这部分仪器的有关内容作了适当精简。
4. 全书统一了有关误差及改正数的定义，并明确了其间的关系。
5. 对于仪器和施测成果中有关误差分析的问题，仅作了理论性的推导和实验的引证，而不针对某具体规范作解说。
6. 对原书部分内容作了修改补充，对算例进行了核算。

本书中有关章节的内容，作为教材可能稍嫌繁杂，但为了适当照顾测量作业人员参考的需要而未予删去。

限于我们的水平，对原书所作的修改还很不够，故希望读者继续提供宝贵意见，以便今后再作进一步的修改和充实。

编 者

1984年3月

目 录

第一章 绪 论	(1)
§1-1 测绘工作的任务及其在社会主义建设中的作用	(1)
§1-2 测量学的发展概况	(2)
第二章 测量学的基本知识	(5)
§2-1 地球形状大小和测量坐标系的概念	(5)
§2-2 用水平面代替水准面的限度	(10)
§2-3 地形图的认识	(12)
§2-4 测图原理与测量工作概述	(17)
第三章 直线丈量与定向	(21)
§3-1 地面点的标定与直线定线	(21)
§3-2 直线丈量	(23)
§3-3 钢尺的检定	(26)
§3-4 直线丈量的误差来源	(28)
§3-5 丈量成果整理	(30)
§3-6 直线的定向	(32)
第四章 水准仪及其使用	(39)
§4-1 水准测量原理	(39)
§4-2 水准器	(42)
§4-3 水准尺和尺垫	(45)
§4-4 望远镜	(46)
§4-5 水准仪的构造及使用	(54)
§4-6 自动安平水准仪	(57)
第五章 水准测量	(62)
§5-1 概述	(62)
§5-2 水准路线的拟订	(63)
§5-3 水准测量的施测	(65)
§5-4 水准仪的检验与校正	(71)
§5-5 水准尺的检验	(84)
§5-6 水准测量误差的主要来源	(86)
§5-7 断面测量和面水准测量	(89)
第六章 误差理论的基本知识	(96)
§6-1 观测误差	(96)
§6-2 偶然误差的特性	(97)

§6-3	评定精度的指标	(100)
§6-4	误差传播定律	(102)
§6-5	算术平均值及其中误差	(108)
§6-6	同精度观测值的中误差	(109)
§6-7	广义算术平均值及权	(114)
§6-8	单位权中误差的计算公式	(122)
§6-9	由真误差计算中误差	(129)
§6-10	等权代替法平差	(133)
§6-11	多边形平差法	(141)
第七章	经纬仪及水平角观测	(144)
§7-1	水平角观测的概念	(144)
§7-2	光学经纬仪	(144)
§7-3	经纬仪的电子测角原理	(154)
§7-4	游标经纬仪的读数原理	(157)
§7-5	经纬仪的安置	(158)
§7-6	水平角的观测方法	(159)
§7-7	经纬仪的检验和校正	(162)
§7-8	水平角观测的误差及其减弱的措施	(172)
第八章	导线测量	(178)
§8-1	导线测量的一般知识	(178)
§8-2	导线测量的外业工作	(179)
§8-3	导线测量的内业计算概述	(187)
§8-4	坐标计算的基本公式	(187)
§8-5	坐标方位角的推算	(189)
§8-6	单导线的计算	(190)
§8-7	一个结点的导线网平差	(196)
§8-8	等权代替法导线网平差	(200)
§8-9	结点法导线网平差	(206)
§8-10	检查导线测量错误的方法	(214)
第九章	交会法和小三角测量	(216)
§9-1	概述	(216)
§9-2	前方交会	(218)
§9-3	侧方交会	(224)
§9-4	后方交会	(226)
§9-5	单三角形	(236)
§9-6	其它交会方法	(237)
§9-7	测边交会	(240)

§9-8 线形锁.....	(244)
§9-9 中点多边形.....	(258)
第十章 三角高程测量	(260)
§10-1 三角高程测量的原理.....	(260)
§10-2 竖盘构造及竖角测定.....	(263)
§10-3 单指标竖盘的偏心问题.....	(268)
§10-4 三角高程测量的应用.....	(273)
§10-5 三角高程测量的误差来源.....	(277)

第一章

绪论

§ 1-1 测绘工作的任务及其在 社会主义建设中的作用

测绘科学研究的对象主要是地球的形状、大小和地面上各种物体的几何形状及其空间位置，目的是为人们了解自然和改造自然服务。

假如要研究的只是地球自然表面上一个小区域，则由于地球半径很大，就可以把这块球面当作平面看待而不考虑其曲率。研究这类小区域地表面各类物体形状和大小的测绘科学是地形测量学的范畴。地形测量学研究的内容可以用文字和数字记录下来，也可用图表示。

凡研究的对象是地表上一个较大的区域甚至整个地球时，就必须考虑地球的曲率。这种以研究广大地区为对象的测绘科学是大地测量学的范畴。这门学科的基本任务是建立国家大地控制网，测定地球的形状、大小和研究地球重力场的理论、技术和方法。大地控制网是为研究地球有关的各种科学服务的，并且是施测地形图的重要依据。近年来，由于人造地球卫星的发射及遥感技术的发展，大地测量学又分成常规大地测量与卫星大地测量两部分。

摄影测量学是利用摄影象片来研究地表形状和大小的测绘科学。因获得象片的方法不同，摄影测量学又可分为地面摄影测量和航空摄影测量学。此外，还可利用人工摄影象片编制 1:100 万至 1:25 万小比例尺普通地图以及各类专业地图。

城市建设、大型厂矿建筑、水利枢纽、农田水利及道路修建等在勘测设计、施工放样、竣工验收和工程保养等方面的测绘工作，统称工程测量学。这门学科的主要任务有三方面，即：把地面上的情况描绘到图纸上，把图纸上设计的建筑物桩定到地面上，以及为建筑物施工过程中和竣工后所产生的各种变化而进行的变形观测。

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、工艺技术和应用等方面的测绘科学是制图学的范畴。

测绘工作常被人们称为建设的尖兵，这是由于不论是国民经济建设还是国防建设，其勘测、设计、施工、竣工及保养维修等阶段都需要测绘工作，而且都要求测绘工作走在这类任务的前面。测绘科学在保卫祖国的战斗中也起着很重要的作用，如地形图就是战略部署的重要资料之一。随着科学技术的日益发展，测绘科学在国民经济建设和国防建设中的作

用也将日益增大。目前,在地震预测预报、海底资源勘测、近海油井钻探、地下电缆埋设、灾情监视与调查、宇宙空间技术,以及其他科学研究方面无不需要测绘工作的配合。祖国幅员辽阔,资源丰富,测绘任务十分繁重,这是测绘工作者的光荣。每个测绘工作者有责任兢兢业业,不避艰辛,努力当好国民经济建设的尖兵,为实现四个现代化多做贡献。

§ 1-2 测量学的发展概况

科学技术是生产力。现代科学技术是人类世代同自然界斗争的经验结晶。远溯到世界上古史时代,就有夏禹在黄河两岸治理水患和埃及尼罗河泛滥后农田边界整理的传说。这些都需要一定的测量知识,或者说已用简单的工具进行了测量。

公元前七世纪前后,即春秋时期管仲在所著《管子》一书中已收集了早期的地图二十七幅。到公元前五世纪至三世纪,即战国时代,我国已有利用磁石制成最早的指南工具“司南”的记载。公元前一百三十年,西汉初期的《地形图》及《驻军图》已于1973年从长沙马王堆三号汉墓中出土,为目前所发现我国最早的地图。公元前三百五十年左右(战国时代)我国甘德和石申合编了世界第一个星表,即《甘石星表》。东汉张衡(78~139年)创造了水运浑象仪或称天球仪,把天象正确地表示出来;他又制候风地动仪,为世界上第一架地震仪;还著有《灵宪》等书,总结了当时的“浑天说”。三至四世纪魏晋时期的刘徽著《海岛算经》,论述了有关测量和计算海岛距离及高度的方法。四世纪后秦姜岌发现大气折光现象,并给予正确的解说。西晋的裴秀(224~271年)提出了绘制地图的六条原则,即《制图六体》,是世界最早的制图理论;他还绘制了《禹贡地域图》十八幅,缩编《天下大图》为《地形方丈图》。唐代贾耽(730~805年)根据《制图六体》的理论曾编《海内华夷图》,原图已失传,宋代有人参考原图制成的《华夷图》和《禹迹图》刻在石碑上,现尚保存于西安,是目前见到仅次于马王堆出土的古地图。九世纪李吉甫的《元和郡县图志》为我国古代最完善的全国地图。在720年前后,唐代僧一行(本名张遂),因当时历法误差太大,要进行修改,在他主持下进行了大规模的天文测量。其中最著名的是724年由太史监南宫说负责的,自滑县经浚仪、扶沟到上蔡直接丈量了长达三百公里的子午线弧长,并用日圭测太阳的阴影来定纬度。这是我国第一次应用弧度测量的方法测定了地球形状和大小,也是世界上最早的一次子午线弧长的测量。到了宋代,沈括(1031~1095年)曾在1076~1087年间绘制《天下州县图》,他还在1072~1074年间创用分层筑堰法,使用水平尺、罗盘进行地形测量;并且制作了表示地形的立体模型,称为“木图”,比欧洲最早的地形模型早七百余年。元代郭守敬(1231~1316年),在他倡议下进行了大规模的天文测量,拟定了全国纬度测量计划,共实测了二十七个点。十八世纪初,即清代初年,进行了大地测量,在这个基础上开展了全国测图工作,于1708~1718年间完成了《皇舆全图》。在此以后,我国在日益腐朽的清封建王朝、北洋军阀和国民党统治下,测绘科学很少发展。1911年后虽然成立了测量局,有的省还办了测绘学校,曾测了部分地图,但成效也不大。新中国成立后,在党的领导下,测绘科学得到了新的发展。

世界各国测绘科学的发展主要是从十七世纪初开始逐步发展起来的。当时资产阶级革

命兴起,生产力得到发展,各种科学也在相互促进下得到发展。十七世纪初望远镜应用于天象观测,这是测绘科学发展史上一次较大的变革,以后望远镜普遍应用于各种测量仪器。1617年三角测量方法开始应用。至1668年,已有放大倍率为四十倍的望远镜出现,使在可见光谱范围内进行测量工作大为方便,并且提高了测量成果的精度。1683年法国进行了弧度测量,证明地球确是两极略扁的椭球体。此后,世界测绘科学无论在测量理论、测量方法及测绘仪器各方面都有不少创造发明。如高斯(德国,1777~1855年)于1794年提出了最小二乘法理论,以后又提出了横圆柱投影学说。这些理论经后人改进后至今仍在应用。但这个时期的测绘工作仍然是手工业生产方式。到1899年摄影测量的理论研究得到发展。1903年飞机的发明,促进了航空摄影测量学的发展,从而使测图工作部分地由野外转移到室内,利用仪器描绘成图,相应地减轻了劳动强度,特别有利于高山地区的测绘工作。

二十世纪五十年代前后开始,不少新的科学技术迅速发展。如电子学、信息论、相干光理论、电子计算机、空间科学技术等,它们又推动了测绘科学的发展。1947年研究利用光波进行测距,到六十年代中利用氦氖激光器作为光源的电磁波测距仪就问世了,这是量距工作的一大变革。现在,在白天或黑夜电磁波测距仪的最大测程都能达到六十公里,而且精度很高,可达 $\pm\left(5\text{mm} + \frac{1\text{mm}}{\text{km}} \times \text{距离的公里数}\right)$ 。短测程的红外线测距仪,测程为1~2 km,误差仅及厘米。

二十世纪四十年代自动安平水准仪的问世,标志着水准测量自动化的开端。1978年试制成功能保证视线水平并使观测者在同一位置进行前后视读数水准仪,这使水准测量逐步走向观测记录自动化,行动机车化。目前经纬仪的读数方法也有了新的变革,如光栅度盘、光学编码度盘等。1968年生产了数字经纬仪,测量的数据可自动记录在磁带上,若接通电子计算器还可立即根据观测数据算出所需成果。陀螺经纬仪与激光经纬仪亦已应用于工程测量的定向工作。1957年第一颗人造地球卫星上天,1966年开始进行人卫大地测量,这种新技术具有不受气候的影响,可全天候观测,速度快,精度高,对洲际之间、岛屿和岛屿之间及岛屿和大陆之间的联测能既快速又正确。二十世纪七十年代,通过人造卫星应用黑白、单光谱段、多光谱段及彩色红外等拍摄地球的照片,使航天技术有了发展和应用。由于卫星运行的高度比飞机高几十倍到几百倍,故视野宽广,复盖面积大,可以对同一地区重复摄影,便于监视自然现象变化,并且不受地理及气候条件的限制,对深山、荒漠及海洋都能进行有效的勘测。利用象片进行测量的新方法有两种:其一是近景摄影测量,它是地面摄影测量的发展,可对一百米以内的地物进行测绘,目前主要用于动态物的摄影测量,如形变观测等。由于这种方法还可以用普通摄影机拍摄象片,因而适应性更强。其二是影象地图,就是带有象片影象的地形图,它既具有丰富的信息内容,又保持了地形图的地形符号、注记和等高线。因此影象地图所包含的内容比普通地形图多,能表达一般地形图不能表达的微小地形,更客观地反映出地面情况。它的另一个特点是成本低、成图快,能满足经济建设部门用图的迫切要求。测图绘图自动化是当前测绘工作者的努力方向。现在,部分测绘工序已可由仪器自动完成。光明的前景已显示出来。

我国测绘科学自新中国成立后也进入了一个崭新的发展阶段。中国共产党一向关怀测绘事业，即使在战争时期也已注意测绘人才的培养，并于1956年成立国家测绘总局，科学院系统成立了测量及地球物理研究所，各业务部门亦纷纷设立测绘机构，培养测绘人员的各级学校亦相继成立。三十年来测绘事业在党和政府的关怀下，测绘队伍飞速壮大，测绘科学的研究工作亦得到发展。解放以来，建成了全国绝大部分地区的大地控制网，完成了大量不同比例尺的地形图，各种工程建设的测量工作也取得了显著成绩。仪器制造方面从无到有，现在已能自制航空摄影机、红外摄影机、立体测图仪、多倍投影仪，以及大型纠正仪等航测仪器。电磁波测距仪方面亦已生产不同类型的激光测距仪、微波测距仪及红外测距仪。经纬仪的生产已基本配套，其中DJ6●级及DJ2级已有多种不同结构的产品，高精度的DJ07-1级的经纬仪亦已试制成功。水准仪方面除DS3级和DS1级均已生产外，并已试制成自动安平水准仪。其他测绘仪器工具绝大部分已能自给。预计不久的将来，祖国测绘工作的测图自动化、计算电子化及测量资料数字化等方面将会不断取得新成绩。

● 我国对大地测量仪器规定总代号为“D”，经纬仪的代号为“J”，水准仪的代号为“S”，平板仪的代号为“P”，连写起来就是“DJ”，“DS”，“DP”。每种仪器又按精度划分等级，即在编号后再加精度代号，俟具体介绍各种仪器时分别加以说明。通常使用代号时常省略总代号“D”而仅用各种仪器代号如J6。

第二章

测量学的基本知识

§ 2-1 地球形状大小和测量坐标系的概念

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球的自然表面上进行的。地球自然表面是不规则的。我国西藏与尼泊尔交界处的珠穆朗玛峰高达 8848.13m，而在太平洋西部的马里亚纳海沟深达 11022m。但这样的高低起伏相对于地球庞大的体积来说还是可忽略不计，而把地球看作球状。通过长期的测绘工作和科学调查，了解到地球表面上的海洋面积约占百分之七十一，陆地面积约占百分之二十九。人们把地球总的形状看作是被海水包围的球体，也就是设想有一个静止的海水面，向陆地延伸而形成一个封闭的曲面。这个静止的海水面称为水准面。海水有潮汐，时高时低，所以水准面有无数个，其中通过平均海水面的一个称为大地水准面，它所包围的形体称为大地体。

水准面的特性是处处与铅垂线相垂直。现在来解释一下这个问题：地球是在不停地旋转着的，因此地球上每个点都有一个离心力；另一方面，地球本身具有巨大的质量，对地球上每一点又有一个吸引力，使地面上的物体不致自由离散。所以，地球上每一点都受着两个力的作用，即离心力与地球吸引力。

在图 2-1 中， O 为地面上任意一点，地球对它的引力为 OF ，这点受到的离心力为 OP 。点上所受两种力的合力为 OG ，称为重力，重力的作用线 OG 又称铅垂线。

当液体表面处于静止状态时，液面必与重力方向垂直，也就是液体表面与铅垂线相垂直，不然液体是会流动的。设想包围地球的液体表面就是水准面，所以它具有处处与铅垂线相垂直的特性。铅垂线与水准面是测量工作所依据的线和面。因为水准面很多，实际作为基准的面应该选用大地水准面。由于铅垂线的方向取决于地球的吸引力，吸引力的大小与地球内部的质量有关，而地球内部的质量分布又不均匀，引起地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化，因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面。如果把地表面的形状投影到这个不规则的曲面上，将无法进行测量的计算工作，因为计算工作必须在一个能用数学式子

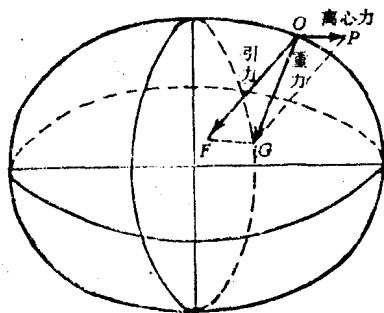


图 2-1

表示的规则曲面上进行。这个规则曲面的形状要很接近大地水准面，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，并在这个曲面上建立大地坐标系。

经过几个世纪的实践，人们逐渐认识到地球的形状近似于一个两极略扁的椭球，即一个椭圆绕它的短轴旋转而成的形体。现在又进一步认识到，地球的南北两极是不对称的，其形状似梨形。椭球面可以用数学式子表达，所以采用椭球面作为测量计算的基准面是合适的。

地球的形状确定后，还应进一步确定大地水准面与椭球面的相对关系，才能将观测成果化算到椭球面上。如图 2-2 所示，在适当地点，选择一点 P ，设想把椭球体和大地体相切，切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上，这时，椭球面上 P' 的法线与该点对大地水准面的铅垂线相重合，椭球的形状和大小与大地体很相近。确定了椭球体与大地体之间相互的关系并固定下来，这个椭球体就称为参考椭球体。这项工作称为参考椭球体的定位。

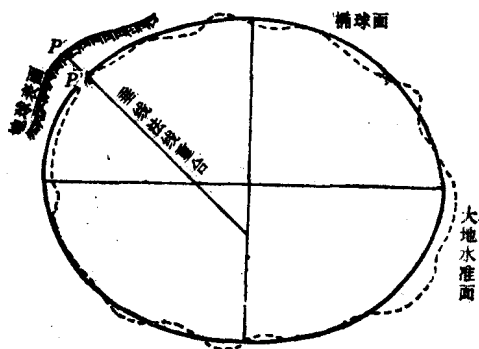


图 2-2

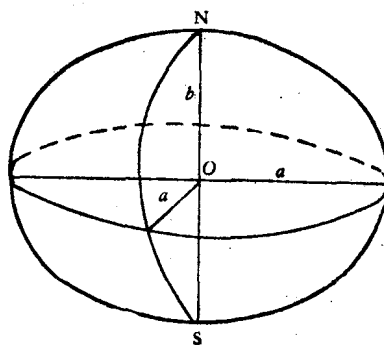


图 2-3

因椭球体是绕椭圆的短轴 NS (图 2-3) 旋转而成的，也就是说包含旋转轴 NS 的平面与椭球面相截的线是一个椭圆，而垂直于旋转轴的平面与椭球面相截的线是一个圆。椭球体的基本元素是：

长半轴	a	
短半轴	b	
扁率	$\alpha = \frac{a-b}{a}$	(2-1)

几个世纪以来，许多学者曾分别测算出参考椭球体的元素值。表 2-1 为几次测算的成果：

目前我国正利用人造卫星的观测成果和全国大地测量资料，计算适应我国实际的参考椭球体元素。

由于参考椭球体的扁率很小，在普通测量中可把地球作为圆球看待，其半径为：

$$R = \frac{1}{3}(a+a+b) = 6370 \text{ km}$$

表 2-1

	长半轴 a (m)	短半轴 b (m)	扁率 α	年代和国家
德 兰 布 尔	6375653	6356564	1:334	1800法国
白 塞 尔	6377397	6356079	1:299.2	1841德国
克 拉 克	6378249	6356515	1:293.5	1880英国
海 福 特	6378388	6356912	1:297.0	1909美国
克拉索夫斯基	6378245	6356863	1:298.3	1940苏联
1980 年大地测量 参考系统	6378137	6356752.3141	1:298.2572	1979 年国际大地测量 与地球物理联合会

二、大地坐标系和高程

地面上的物体大多具有空间形状,例如丘陵、山地、河谷、洼地等。为了研究空间物体的位置,数学上采用投影的方法加以处理。一点在空间的位置需要三个量来确定。在测量工作中,这三个量通常用该点在基准面(参考椭球面)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。

在图 2-4 中, 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,而其中通过原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圈,也称子午线。通过椭球中心且与椭球旋转轴正交的平面称赤道面,它与椭球面相截所得曲线称为赤道。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曲线称为平行圈或纬圈。起始子午面和赤道面,是在椭球面上确定某一点投影位置的两个基本平面。在测量工作中,点在椭球面上的位置用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。所谓某点的大地经度就是通过该点(如图 2-4 中的 P 点)的子午面与起始子午面的夹角;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,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,它与赤道面的交角就是 P 点的大地纬度。大地经度 L 和大地纬度 B 统称为大地坐标。由此可见,大地经度与大地纬度是以法线为依据的,就是说,以参考椭球面作为基准面。

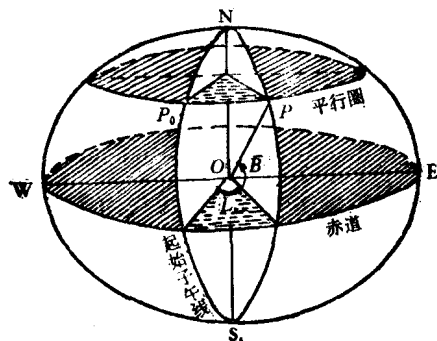


图 2-4

至于 P 点的位置,通常是在该点上安置仪器,用天文测量的方法来测定的。这时,仪器的竖轴必然与铅垂线相重合,即仪器的竖轴与该处的大地水准面相垂直。因此,用天文观测所得的数据是以铅垂线为准,也就是说以大地水准面为依据。由天文测量求得的某点位置,可用天文经度 λ 和天文纬度 φ 表示。

不论大地经度 L 或是天文经度 λ 都要从一个起始子午面算起。在格林尼治以东的点从起始子午面向东计,由 0° 到 180° 称为东经。同样,在格林尼治以西的点则从起始子午面向西计,由 0° 到 180° 称为西经。实地上东经 180° 与西经 180° 是同一个子午面。我国各

地的经度都是东经。不论大地纬度 B 或天文纬度 φ 都从赤道面起算。在赤道以北的点的纬度由赤道面向北计，由 0° 到 90° ，称为北纬；在赤道以南的点，其纬度由赤道面向南计，也是由 0° 到 90° ，称为南纬。我国疆域全部在赤道以北，各地的纬度都是北纬。

在测量工作中，某点的投影位置一般用大地坐标 L 及 B 来表示。但实际进行观测时，如量距或测角都是以铅垂线为准，因而所测得的数据若要求精确地换算成大地坐标则必须经过改化。在普通测量工作中，由于要求的精确程度不必很高，所以可不考虑这种改化。

如上所述，仅说明了空间某点在基准面上的投影位置。除此以外，还应确定该点沿投影方向到基准面的距离。在一般测量工作中都以大地水准面作为基准面，因而某点到基准面的高度是指某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离，通常称它为绝对高程或海拔，简称高程。在图 2-5 中，符号 H 代表高程，图中 H_A 及 H_B 都是绝对高程。如果是距任意一个水准面的距离，则称为相对高程，如图中 H'_A 及 H'_B 。我国的绝对高程(以后只简称高程)是以青岛港验潮站历年记录的黄海平均海水面高为准，并在青岛市内一个山洞里建立水准原点，其高程为 72.289m 。全国布置的国家高程控制点——水准点，都以这个水准原点为准。如果某项建设工程远离已知高程的国家控制点，也可临时以任意水准面为准，指定工地上某个固定点并假设其高程，该工区各工程的高程均以这个固定点为准，即所测得的各点高程都是以同一任意水准面为准的假设高程(也称相对高程)。将来如有需要，只须与国家高程控制点联测，再经换算成绝对高程就可以了。

另外，由于卫星大地测量日益发展，有一种新的坐标系，称为空间直角坐标系，来表示空间一点的位置。这种坐标系的原点设在椭球的中心 O ，用 x ， y ， z 三者表示，故亦称地心坐标(图 2-6)。它与大地坐标有一定的换算关系。目前空间直角坐标已逐渐在军事及国民经济各部门采用作为实用坐标。

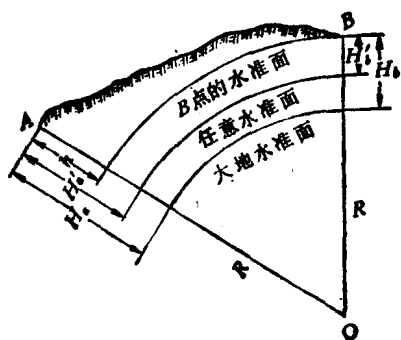


图 2-5

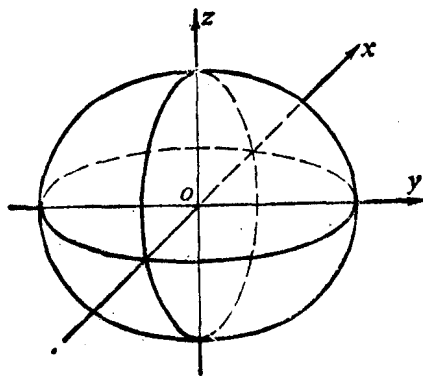


图 2-6

三、平面直角坐标

在小区域内进行测量工作若采用大地坐标来表示地面点位置是不方便的，通常是采用平面直角坐标。某点用大地坐标表示的位置，是该点在球面上的投影位置。研究大范围地

面形状和大小时必须把投影面作为球面才符合实际,但研究小范围地面形状和大小时常把球面的投影面当作平面看待。关于这个问题,在后面还要详细讨论。既然投影面是当作平面,这就可以采用平面直角坐标来表示地面点在投影面上的位置。测量工作中所用的平面直角坐标与解析几何中所介绍的基本相同,只是测量工作以 x 轴为纵轴,一般用它表示南北方向,以 y 轴为横轴,表示东西方向(如图2-7),这是由于在测量工作中坐标系中的角度,通常是指以北方为准按顺时针方向到某条边的夹角,而三角学中三角函数的角则是从横轴按逆时针计的缘故。把 x 轴与 y 轴纵横互换后,全部三角公式都同样能在测量计算中应用。测量上用的平面直角坐标的原点有时是假设的。

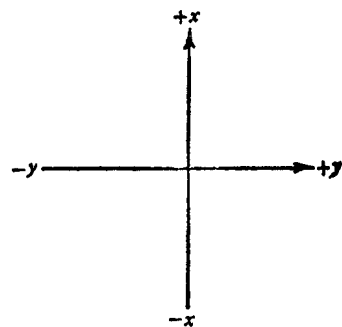


图 2-7

四、高斯-克吕格坐标的轴系

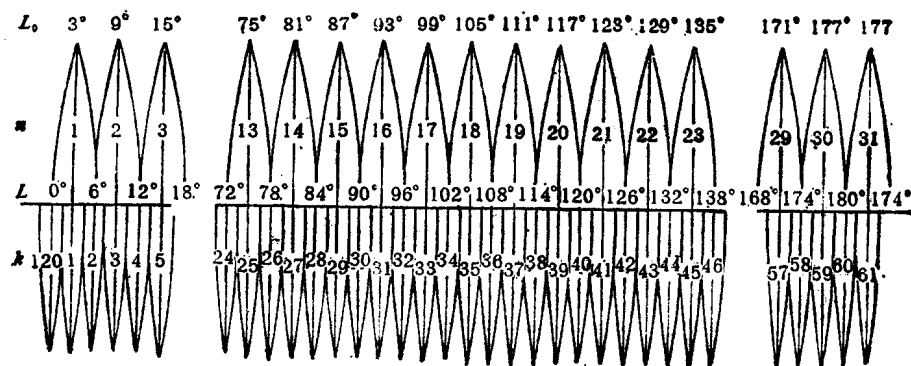


图 2-8

当测区范围较小,把地球表面的一部分当作平面看待,所测得地面点的位置或一系列点子所构成的图形,可直接用相似而缩小的方法描绘到平面上去。如果测区范围较大,就不能把地球很大一块地表面当作平面看待,必须采用适当的投影方法来解决这个问题。投影方法有多种,测量工作中通常采用的是高斯投影[●]。这里只讲它与大地坐标的联系。为简单起见,把地球作为一个圆球看待,设想把一个平面卷成一个横圆柱,把它套在圆球外面,使横圆柱的轴心通过圆球的中心,把圆球面上一根子午线与横圆柱相切,即这条子午线与横圆柱重合,通常称它为“中央子午线”或称“轴子午线”。因为这种投影方法把地球分成若干范围不大的带进行投影,带的宽度一般分为经差 6° 、 3° 和 1.5° 等几种,简称为

● 其基本概念将在本书§15-2中介绍。