

建筑施工现场人员便携读本

测量员必读

代作鹏 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

TU198
D095

建筑施工现场人员便携读本

测量员必读

代作鹏 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 简 介

本书是《建筑施工现场人员便携读本》丛书之一，全书从当代建筑工程测量人员应该掌握的一些基本测量知识和基本操作方法入手，编入了基本测量工作和施工测量工作两大基本内容。内容主要包括：测量学基本知识、测量仪器基本介绍、测量误差基本知识、平面和高程控制测量工作的基本工作、施工控制测量、建筑施工测量、线路工程测量、变形测量以及竣工总平面图编绘等。内容覆盖面较宽，力求简单易懂，着重于指导实际工作。

本书主要供施工单位现场测量技术人员和技术工人使用，同时也可供从事一般工程测量和其他基本测量工作的技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

测量员必读/代作鹏编. —北京：中国电力出版社，
2005

(建筑施工现场人员便携读本)

ISBN 7-5083-2408-0

I. 测… II. 代… III. 建筑测量 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 019060 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: //www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

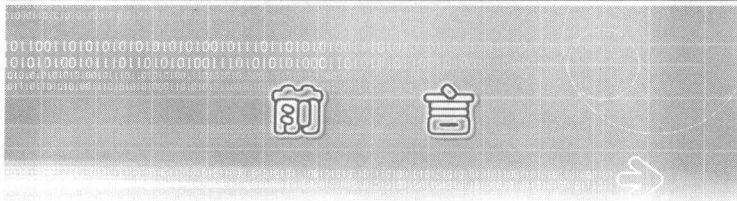
2005 年 7 月第一版 2005 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 32 开本 12 印张 265 千字

印数 0001—4000 册 定价 19.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)



改革开放以来,随着我国经济的持续、快速发展,建筑业在国民经济中的支柱产业的地位日益突出。随着城镇建设规模的日益扩大,建筑队伍不断扩大,建筑施工一线人员的管理能力、技术水平的高低,正成为施工企业谋生存求发展的关键因素之一。

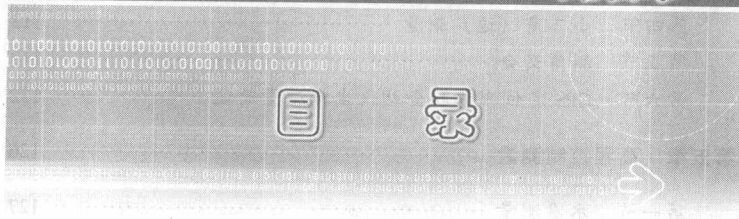
本书全面阐述建筑施工现场测量员所需要的基本知识和技能,旨在提高施工测量人员的业务能力。全书从当代建筑工程测量人员应该掌握的一些基本测量知识和基本操作方法入手,编入了基本测量工作和施工测量工作两大基本内容。主要内容包括测量学基本知识、测量仪器基本介绍、测量误差基本知识、平面和高程控制测量工作的基本工作、施工控制测量、建筑施工测量、线路工程测量、变形测量以及竣工总平面图的编绘等。内容全面系统,简明实用,有较强的针对性,供建筑施工测量人员学习和培训时使用,也可供施工现场管理人员和工程技术人员参考。

本书由代作鹏主编。在编写过程中,参考了国内外同行的有关文献和专著的相关内容,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,加之成书时间仓促,书中不足之处在所难免,敬请读者同行批评指正。

作者

2005年4月



前言

第一章 概述	1
第一节 测量学基本知识	1
第二节 施工测量概述	21
第二章 测量仪器及工具	24
第一节 经纬仪	24
第二节 水准仪及水准尺	46
第三节 钢尺及测距仪	56
第四节 全站仪	60
第五节 全球卫星定位系统 (GPS)	65
第三章 测量误差的基本知识	74
第一节 测量误差概述	74
第二节 衡量误差的标准	77
第三节 误差传播定律及应用	81
第四节 算术平均值及其中的误差	82
第四章 平面控制测量	84
第一节 水平角测量	84
第二节 距离测量及直线定向	89

第三节	导线测量	102
第四节	小三角(边)测量	113
第五节	测角交会	118
第六节	GPS 定位测量和全站仪坐标测量简述	122
第五章	高程控制测量	126
第一节	水准测量	127
第二节	三角高程测量	137
第三节	全站仪高程测量和 GPS 高程测量简述	148
第六章	大比例尺地形图测量及地形图应用	150
第一节	大比例尺地形图基本知识	150
第二节	大比例尺地形图测绘	166
第三节	地形图的应用	194
第七章	施工测量的基本工作	204
第一节	基本工作概述	204
第二节	测设的基本工作	206
第三节	测设点位的基本方法	210
第四节	激光定位仪器在施工测量中的应用	214
第八章	建筑施工控制测量	220
第一节	建筑施工控制测量概述	220
第二节	施工控制网的测设	224
第九章	建筑工程施工测量	234
第一节	土石方工程施工测量	234
第二节	建筑物的定位放线	242
第三节	基础工程施工测量	248
第四节	墙体工程施工测量	253

第五节	高层建筑施工测量	256
第六节	工业厂房施工测量	262
第七节	烟囱与塔体工程施工测量	270
第十章	线路工程测量	275
第一节	线路工程测量概述	275
第二节	中线测量	280
第三节	纵横断面图测量	283
第四节	带状地形图测量	291
第五节	曲线测设	293
第六节	道路施工测量	310
第七节	桥梁施工测量	315
第八节	隧道施工测量	327
第九节	管道施工测量	340
第十一章	建(构)筑物的变形观测	347
第一节	监测控制网的建立	347
第二节	建(构)筑物沉降观测	353
第三节	平面位移观测方法	358
第四节	建(构)筑物的倾斜观测方法	361
第五节	建(构)筑物的裂缝观测	364
第六节	基坑回弹观测	365
第七节	滑坡观测	368
第十二章	竣工总平面图编绘	371
第一节	编绘竣工总平面图的意义及依据	371
第二节	竣工总平面图的内容	372
第三节	竣工总平面图的编绘方法	373
参考文献		376

第一章

概 述

第一节 测量学基本知识

一、测量学的分类及作用

测量学是研究地球的形状、大小，以及确定地面点位的科学。最终目的是为人们了解自然和改造自然服务。它的基本内容包括测定和测设两个方面。测定是指通过各种测量工作，把地球表面的形状和大小缩小绘制成地形图，或者得到相应的数字信息，在国民经济建设的规划、设计、管理和科学研究中使用。测设则是指把图纸上设计好的建构筑物的位置在实地上标定出来，以进行施工。

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。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相片来研究地表形状和大小的测绘科学。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和航空摄影测量学。

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。

全球卫星定位系统(GPS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)(合称3S技术),代表着测绘科学高新技术发展的水平和方向。

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。随着科学技术的日益发展和测绘科技的进步,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。应用范围也会不断增大。

在国民经济和社会发展规划中测绘信息是最重要的基础信息之一,各种规划和设计以及土地地籍管理中,首先必须有地形图、地籍图或相应的数字信息。另外,在各项工农业基本建设中,从勘测设计阶段到施工竣工阶段,都需要大量的测绘工作。在国防建设中,军事测量和军事地图是现代战



争中不可缺少的重要保障，还有远程导弹、空间武器、人造卫星及航天器的发射，要保证它精确入轨，随时校正轨道和命中目标，除了需要测算出发射点和目标点的精确坐标、方位、距离外，还必须掌握地球形状大小的精确数据和有关地域的重力场资料。在科学实验方面，诸如空间科学技术的研究，地壳的形变、地震预报、灾情监视与调查等各个方面，都要应用测绘资料。即使是在国家的各级行政管理工作中，测量和地图资料也是不可缺少的重要工具。

特别在当今数字时代，提出数字地球，数字中国的宏伟设想，测绘是一项重要的基础工作，将在推进数字化地理空间框架建设中发挥越来越大的重要作用。随着测绘科学高新技术的不断发展应用，必将为各行各业提供更全面、准确、及时的测绘信息成果和技术服务。

二、测量学的发展概况

在世界上，测绘科学的发展主要是从 17 世纪初开始逐步发展起来的。17 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 40 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。20 世纪 50 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 60 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，这是测距工作的一大变革。现在，在白天或黑夜电磁波测距仪的最大测程都能达到 60km，而且精度很高，一般可达 $\pm (3 \sim 5) \text{ mm}$ 。短测程的红外线测距仪，测程为 1000m，误差也仅为毫米级。

20 世纪 40 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。现在已经发展到电子水准仪，使水准测量走向观测记录自动化。目前经纬仪的发展也到了电子经纬仪普及的时代，测量的数据可自动记录在多种数据记录载体上，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。现在把电子经纬仪和激光测距仪融为一体的全站仪已经十分普及，它使测量工作更加方便快捷，逐步成为一般测量工作最常用的仪器设备。1957 年第一颗人造地球卫星上天，1966 年开始进行人造卫星大地测量，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准确。现在已经发展到有二十四颗卫星构成的全球卫星定位系统 (GPS)，广泛应用于军事和民用方面，在测绘工作中也越来越大地发挥着不可替代的重要作用，今后，测绘科技的发展必将更加迅速。减轻测量工作强度，实现测量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。

在我国，远溯到上古时代，就有夏禹在黄河两岸治理水患的传说。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。在各个朝代测量方面都有新的内容和发展。新中国成立后，测绘事业进入一个崭新的发展阶段。党和政府一向关心重视测绘事业，1956年就成立了国家测绘总局，科学院系统成立了测量及地球物理研究所，各业务部门也纷纷设立测绘机构，培养测绘人员的各级学校也相继成立。测绘队伍飞速壮大，测绘科学技术也得到快速发展。解放以来，建成了全国绝大部分地区的大地控制网，近年来建立了全国的GPS控制网。测量完成大量不同比例尺的基本地形图，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，现在已能生产大部分的测量仪器。全站仪和GPS系统已经初步能够生产。测量技术方面，我国紧紧跟随世界最新测绘先进技术，进入测绘现代化的高速发展阶段。1992年，我国政府制定了新中国第一部《中华人民共和国测绘法》，1993年7月1日起施行，2002年又公布了修订后的《中华人民共和国测绘法》，自2002年12月1日起施行。新一代党和国家领导人对测绘工作又都有过重要指示，测绘工作进入依法工作、规范发展的新阶段。

三、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，所以要了解地球的形状和大小。地球的自然表面是不规则的，有陆地、海洋，有高山、丘陵和平原，有很大的起伏。在我国西藏与尼泊尔交界的珠穆朗玛峰高达8800多米，而在太平洋西部的马里亚纳海沟深达11000多米。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。由



于地球表面上的海洋面积约占 71%，陆地面积约占 29%。所以人们可以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。

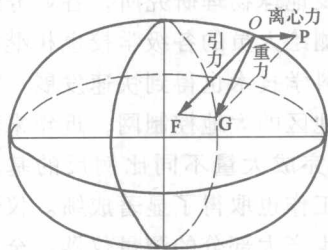


图 1-1 地球上单点的受力图

由于地球的自转运动，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。这两个力的合力称为重力，重力的方向线称为铅垂线。在图 1-1 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。这种包围着地球静止的液体表面就是水准面，所以水准面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

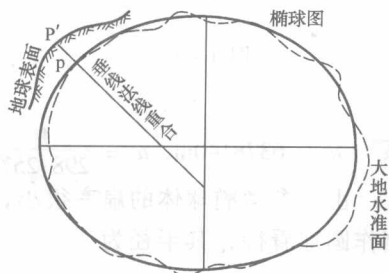


图 1-2

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,才能将观测成果换算到椭球面上。如图1-2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,这个椭球体的形状和大小与大地体很相近。在相应位置上与大地水准面的关系固定下来的这个椭球体就称为参考椭球体。

椭球体是绕椭圆的短轴NS旋转而成的(见图1-3),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

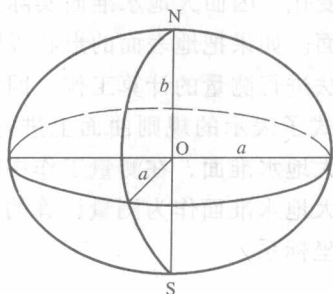


图 1-3

球体的基本元素是：长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。

我国现在利用的参考椭球体元素是：

1954 年北京坐标系

$$a = 6378245\text{m},$$

$$\alpha = \frac{1}{298.3}$$

1980 年国家大地坐标

$$\text{系 } a = 6378140\text{m}, \alpha = \frac{1}{298.257}$$

由于参考椭球体的扁率很小，在普通测量中，可把地球当作圆球看待，其半径为

$$R = \frac{1}{3}(2a + b) = 6371(\text{km})$$

当测区面积很小时，也可以用水平面代替水准面，作为局部地区小面积测量的基准面。

四、测量坐标系统和高程系统

测量工作的基本任务是确定地面上点的空间位置，确定地面点空间位置需要三个量，即确定地面点在球面上或平面上的投影位置（即地面点的坐标）和地面点到大地水准面的铅垂距离（即地面点的高程）。

1. 大地坐标系

在图 1-4 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，就是该点的子午面与起始子午面所夹的二面角；大地纬度就是通过该点的法线（与椭球面相垂直的线）与赤道面的交角。大地经度 L 和大地纬度 B 统称为大地坐标。大地经度与大地纬度是以法线为依据的，也就是

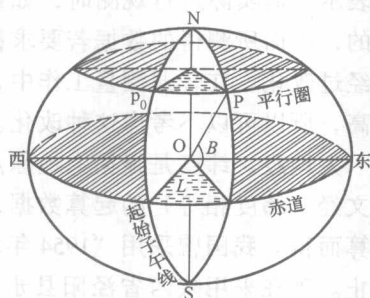


图 1-4

说，大地坐标是以参考椭球面作为基准面。

由于 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。这种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的, 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是很高, 所以可以不考虑这种改化。

大地经、纬度是根据大地原点 (该点的大地经、纬度与天文经、纬度相等) 的起算数据, 再按大地测量得到的数据推算而得。我国曾采用“1954 年北京坐标系”, 并于 1987 年废止。现在采用陕西省泾阳县永乐镇某点为国家大地原点, 由此建立新的统一坐标系, 称为“1980 年国家大地坐标系”。

2. 平面直角坐标系

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, 由于在球面上求解点与点间的相对位置关系是比较复杂的问题, 测量上, 计算和绘图最好是在平面上进行。所以在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。也就是说测量区域较小时, 可以用水平面代替球面作为投影面。这样就可以采用平面直角坐标来表示地面点在投影面