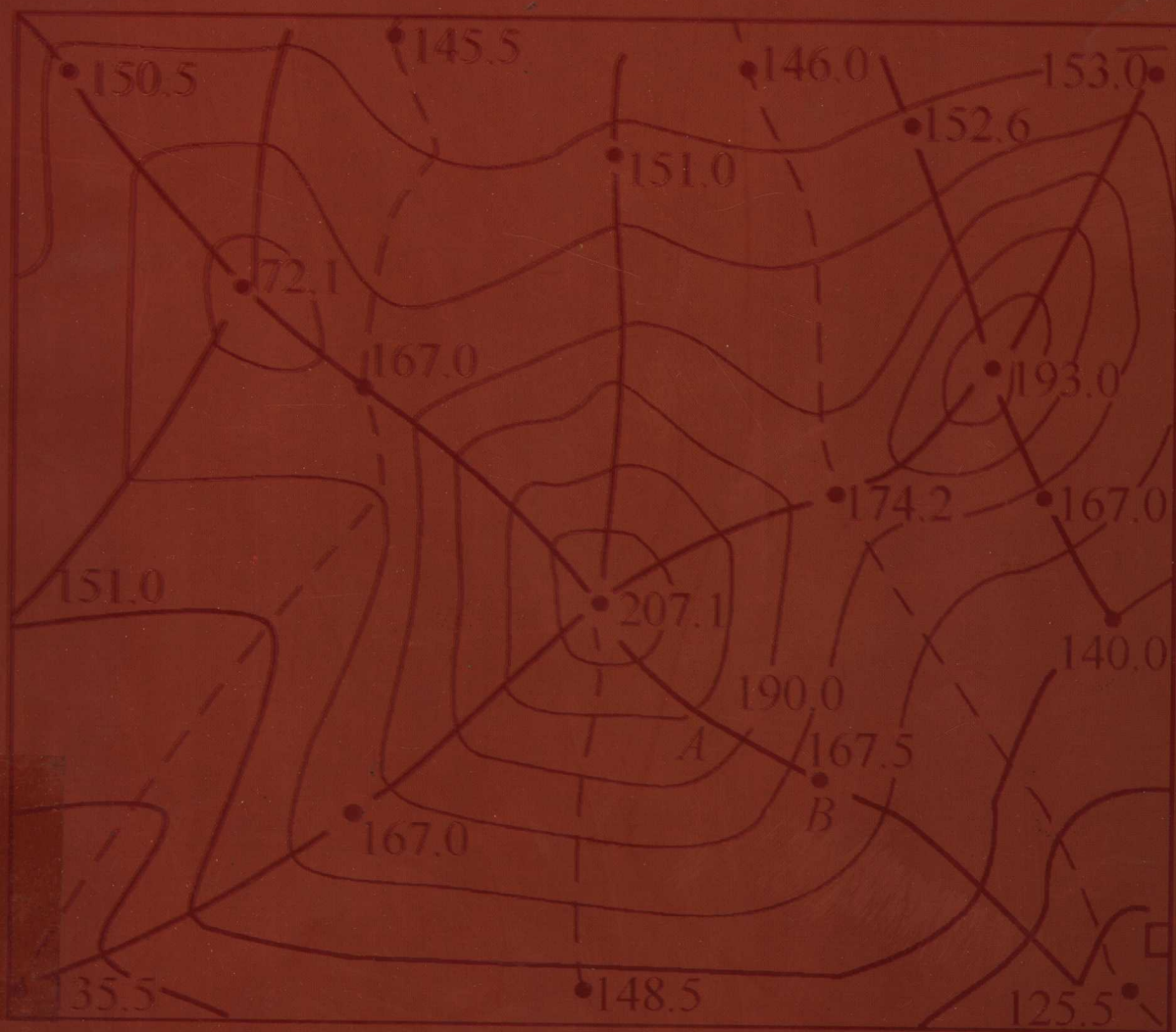


城镇地形图测绘与施工测量

3 • 张万方 主编 • 曹立 刘文谷 副主编



中国建筑工业出版社

城镇地形图测绘与施工测量

张万方 主 编
曹 立 刘文谷 副主编

中国建筑工程出版社

图书在版编目(CIP)数据

城镇地形图测绘与施工测量/张万方主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

ISBN 7 - 112 - 07941 - 1

I. 城... II. 张... III. ①城镇—地形测量②城镇—地形测图 IV. P217

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 151616 号

城镇地形图测绘与施工测量

张万方 主 编

曹 立 刘文谷 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天成排版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16¼ 字数: 390 千字

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-112-07941-1

(13895)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

测量学是自然科学的一部分，是为人类认识与改造自然服务的，它研究的对象是地球的形状与大小以及地表点位信息的确定。本书内容包括：测量学概述；测量学基本知识；水准仪及高程测量；经纬仪及角度测量；距离测量；小地区控制测量；大比例尺地形图测绘；地形图绘制；地形图的识读与应用；测绘原理及主要工作；线路施工测量；建筑施工测量；地籍测绘；测绘学新发展简介以及测绘法规等。全书可供广大城镇测绘技术人员、城镇规划和测量专业大中专院校师生学习参考。

* * *

责任编辑：王莉慧 吴宇江

责任设计：赵 力

责任校对：刘 梅 李志瑛

编 著 名 单

主 编：张万方

副 主 编：曹 立 刘文谷

编写人员：张伟富 郭拴群 张月华

前 言

适应我国城镇建设的飞速发展,为满足广大尤其是基层测绘技术人员的实际工作需要,作者结合掌握的理论知识和多年实践工作的经验,编辑成书,以与广大读者共享。

本书以实用性、知识性、系统性为宗旨,以服务读者、学有所获、开卷有益为目标,以基层测绘技术人员为读者对象,力争以有限的篇幅,传递尽可能多的信息与知识。

该书以国家最新标准和规范为准,以新知识、新技术、新方法、新设备为主线,以深入浅出的语言,尽可能多地汇集了有关的技术规定和指标。

针对基层测绘人员的需要和特点,本书全面而简明地阐述了测绘基本知识、仪器使用与保养、地形图测绘、地籍测绘、城镇地形的测绘与建筑、线路测量基本知识、具体施测方法、相关测绘法规等内容。在内容及深度取舍方面,以必备、实用为主;在表述方面力争深入浅出、图文并茂、形象直观;在语言上力求层次清楚、语句简练。

该书是一部较理想的城镇基层测绘技术人员的学习用书、教学用书、培训用书、答疑解惑的参考书。本书也可作为城镇测量、城镇规划专业大中专师生参考书。

本书在编撰过程中,查阅、参考了大量的书刊、规范、资料,使编者开阔了视野、增长了知识,受益匪浅。对这些书刊的作者,谨在此表示诚挚的敬意与谢意!同时,本书在编写和出版过程中得到了重庆都会城市规划设计研究院有限公司的大力支持,在此也表示由衷的感谢!重庆都会的李素娟、李会贤、刘亚婷、赵玉民同志在成书过程中也付出了很多辛劳,在此一并致谢!

由于编者水平有限,书中难免有错误和欠妥之处,敬请读者批评指正!

编 者

2005年11月

目 录

第一章 测量学概述	1	6.4 电子计算器在测量中的应用	80
1.1 测量学的基本概念	1	第七章 大比例尺地形图测绘	88
1.2 测量学的作用	2	7.1 地形图的成图过程及原理	88
1.3 中国测量学发展简史	3	7.2 平板仪的构造与使用方法	91
第二章 测量学基本知识	6	7.3 平板仪的检验与校正	92
2.1 测量的坐标系统	6	7.4 平板仪测图前的准备	95
2.2 测量的高程系统	7	7.5 平板仪图解测站	98
2.3 测量中的计量单位	7	7.6 平板仪的测站整置与观测	99
2.4 地图比例尺及精度	8	7.7 地物与地貌的测绘	104
2.5 地形图的分幅和编号	10	7.8 地形测图的结束工作和检查验收	112
第三章 水准仪及高程测量	15	第八章 地形图绘制	114
3.1 高程测量概述	15	8.1 绘图工具及材料	114
3.2 水准测量原理	16	8.2 绘图笔的使用和维护	117
3.3 水准仪及其检验校正	18	8.3 制图字体	125
3.4 测量仪器使用须知	26	8.4 地形图清绘	130
3.5 图根水准测量	27	8.5 地形图缩放及复制	139
3.6 影响水准测量精度的因素	32	第九章 地形图的识读与应用	148
第四章 经纬仪及角度测量	36	9.1 基本概念	148
4.1 角度测量的概念	36	9.2 地形图符号	150
4.2 经纬仪的使用及其检校	37	9.3 地形图的识读	155
4.3 水平角观测	42	9.4 地形图的应用	157
4.4 垂直角观测	47	9.5 求积仪及其应用	164
4.5 角度测量的误差及削减	49	第十章 测设原理及主要工作	167
第五章 距离测量	52	10.1 测设基本原理	167
5.1 距离测量概述	52	10.2 中线测设	171
5.2 距离测量仪器和工具	54	10.3 圆曲线测设	172
5.3 钢尺量距	55	10.4 纵断面图测绘	175
5.4 视距测量	59	10.5 横断面图测绘	177
5.5 距离测量的误差及削减	61	10.6 带状地形图测绘	178
第六章 小地区控制测量	64	第十一章 线路施工测量	180
6.1 控制测量概述	64	11.1 道路工程施工测量	180
6.2 平面控制测量	65	11.2 桥涵工程施工测量	182
6.3 高程控制测量	76	11.3 管道工程施工测量	184

11.4 渠道工程测量	186	14.4 地理信息系统(GIS)	224
第十二章 建筑施工测量	188	14.5 地面测量仪器的发展	225
12.1 概述	188	14.6 大比例尺数字化测图	226
12.2 施工测量准备	189	附录 测绘法规	227
12.3 施工控制测量	191	附录1 中华人民共和国测绘法	227
12.4 建筑物的定位与放线	193	附录2 测绘资质管理规定	233
12.5 施工过程中的测量工作	195	附录3 测绘质量监督管理办法	236
12.6 建筑物的竣工测量与变形观测 ...	198	附录4 测绘生产质量管理规定 (国家测绘局1997年7月 22日发布)	239
第十三章 地籍测绘	201	附录5 中华人民共和国测绘 成果管理规定	241
13.1 地籍测绘的内容	201	附录6 关于汇交测绘成果目录和 副本的实施办法	244
13.2 技术设计和底图	203	附录7 中华人民共和国测量 标志保护条例	246
13.3 土地权属界的划分	205	附录8 测量技术规范和图式简介	248
13.4 界址点测定	208	附录9 测绘生产的成本定额和 测绘产品价格	249
13.5 面积测算	210		
13.6 地籍资料调查	212		
13.7 地籍图和地籍簿册	216		
第十四章 测绘新技术简介	219		
14.1 航空摄影测量	219		
14.2 遥感技术(RS)在测量中的应用 ...	221		
14.3 全球定位系统(GPS)	222		

第一章 测量学概述

测量学是自然科学的一部分，是为人类认识与改造自然服务的，它研究的对象是地球的形状与大小以及地表点位信息的确定。本章主要介绍测量学的内容、任务及分类。

1.1 测量学的基本概念

1.1.1 测量学定义

测量学是研究地球的形状、大小，以及确定地面(空中、地表、地下和海洋)物体的空间位置，并将这些空间位置信息进行处理、存储、管理、应用的科学。

主要内容：一是通过测定地面点的位置、高程，地物的特征、类别、形态与分布，地理名称以及其他资料，显示地表的自然、经济、社会等要素，反映到图纸上，形成各种地图等资料；二是将设计好的建筑物、构筑物等在地面上标定出来。测量广泛地应用于陆地、海洋、空间的各个领域，对国土规划、经济建设、国防建设、国家管理和人民生活都有重要作用，是国家建设中一项先行性、基础性工作。

1.1.2 测量学的分类

随着社会生产的发展和科学的进步，测量学涉及的范围越来越广泛，内容越来越丰富。现代测量，按其内容、对象和目的，一般分为：大地测量、地形测量、工程测量、地籍测绘、地图制图五大类。

(1) 大地测量

研究地球表面广大区域甚至整个地球的形状、大小与参照体定位问题、探讨地球重力场的理论、技术和方法。通过三角测量、导线测量、水准测量、天文测量、重力测量、卫星大地测量和各种计算手段，建立国家或地区等级大地控制网，精确测定地面上各控制点的坐标、高程和重力。大地测量为地形测量和大型工程测量提供基本的水平控制和高程控制，为空间科学技术和军事活动提供精确的点位坐标、距离、方位及地球重力场资料，为研究地球形状及大小、地壳变形及地震预报等科学问题提供重要数据依据。

(2) 地形测量

研究的对象是小区域地球表面的形状、大小。如果将小面积范围投影到球面上，由于地球的半径很大，可以把这块投影球面当作平面看待，而不考虑地球曲率，把这一小面积的地形和地物加以测量并将结果用文字、数字和一定的符号绘到图纸上，这种技术和方法称为地形测量，又叫普通测量。

用地形测量手段，按一定比例尺，依据测图的规范要求，用规定的图式符号注记，将地面上的地形及有关数据、信息展绘于图纸上的图面称为地形图。

我国地形图基本比例尺规定为：1:1万、1:2.5万、1:5万、1:10万、1:25万、1:50万、1:100万7种。其中1:5万至1:1万比例尺地形图，主要是通过实地测量成

图。1:10万比例尺及以上均为编绘完成。1:5000、1:2000、1:1000、1:500、1:200大比例尺地形图,多属各种工程规划、建设的用图,均为实地测量成图。

(3) 工程测量

为满足城市建设、农田规划、水利、道路、厂矿、电力等部门的需要,在勘测设计、施工放样、工程营运、管理各阶段以及其他特殊需要进行的各种测量工作。使用经纬仪、水准仪、平板仪,通过测量、计算工作,把实地地形缩绘到图纸上,叫测定;与此相反,将设计图上工程建筑物的位置、各部位的互相关系以及设计的点、线、面及高度,精确地标定到实地,叫施工测量或放线、放样;工程中或竣工后所进行的变形观测,叫变形测量或变形监测。

(4) 地籍测绘

测定并调查土地及其附属物的数量、质量、位置、权属和利用现状等基本状况的测绘工作,为土地管理与国土开发提供法律依据及基础资料。其主要内容包括:建立地籍测量控制网;地籍碎部测量;权属界址点联测;面积计算;绘制地籍图件(地籍分幅图、宗地图等);成果检查验收等。1986年国务院决定在全国建立土地管理系统,并于同年颁布了《中华人民共和国土地管理法》,为我国加强土地管理、土地保护、土地开发提供了法律依据。根据国务院对地籍测量的分工和2002年修订通过的《中华人民共和国测绘法》可知:国务院测绘行政主管部门会同国务院土地行政主管部门编制全国地籍测绘规划,县级以上地方人民政府测绘行政主管部门会同同级土地行政主管部门编制本行政区域的地籍测绘规划,县级以上人民政府测绘行政主管部门按照地籍测绘规划,组织管理地籍测绘。

(5) 地图制图

通过对地图编绘、地图整饰及地图制印来制作地图,一般把地图分为普通地图和专题地图。普通地图包括前述国家基本比例尺系列中属于编绘完成的地形图,以及世界、全国、省区或地区的各种一览图。专题图则是简化一般内容而突出某些专题要素或特殊内容的图,如旅游图、交通图等。随着社会经济的发展,专题图的品种日趋繁多。

本书以普通测量的基本知识技术为主,并介绍工程测量和地籍测量的一般方法。

1.2 测量学的作用

人类从原始社会后期,就在生产劳动、部落间交往和战争中逐步学会使用测量手段来了解和利用周围的自然环境,以使自己的活动能获得尽可能好的效果。随着社会的发展,测量在经济建设、军事活动、国家管理、文化教育和科学研究等各个方面都得到广泛的应用,测量本身也有较大发展。现代社会,测量工作在各个国家已具有日益重要的地位和作用。

1.2.1 在国民经济和社会发展规划中,测量信息是重要的基础信息之一

例如,以地形图为基础,补充农业专题调查资料编制各种专题图,从中可以了解到各类土地利用的现状,土地变化趋势,农田开发建设的水、土、气候等条件,农田和林地、牧地及工业、交通、城镇建设的关系等情况,这些都是农业规划的依据。城镇规划、村规划等各种规划首先要有规划区的地形图。

1.2.2 在各种工程建设中,测量是一项重要的工作

有精确的测量成果和地形图,才能保证工程的选址、选线,并设计经济合理的方案。一公里选线的出入,可以影响大量建设投资的节约和浪费以及建成后长期使用的经济效益。农田干渠选址一米的高低变化可使受益面积有很大增减。水库大坝坝址的选定和坝高一米的升降可使淹没面积有很大变动,以致影响若干村镇的搬迁。这一公里、一米之差,往往在实地踏勘时不易发现,但在精确的测量成果中不难找到依据。不仅如此,在工程建设的各个阶段都需要充分的测量来保证质量。在施工中,要通过放样测量把已确定的设计精确地落实到地上,这对于工程的质量起着相当关键的作用。竣工测量资料则是工程交付使用后进行妥善管理的很重要图件。对于大型工程建筑,在使用期间定期进行监测,及时发现建筑物的变形和移位,以便采取措施,防止重大事故发生,更是不可忽视的环节。

1.2.3 在军事活动中,测量和地图的作用

特别是现代大规模的诸兵种协同作战,精确的测绘成果成图更是不可缺少的重要保障。至于远程导弹、空间武器、人造卫星或航天器的发射,要保证它精确入轨,随时校正轨道和命中目标,除了应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。

1.2.4 测量工作在发展地球科学和空间科学等现代科学方面的重要作用

地表形态和地面重力的许多重要变化,有些来源于地壳和它的板块构造的运动,有些来源于地球大气圈、生物圈各种因素的影响和变化。因此,通过对地表形态和地面重力的变化进行分析研究,可以探索地球内部的构造及其变化;通过对地表形态变迁的分析研究,可以追溯各个历史时期地球大气圈、生物圈各种因素的变化。许多地球科学新理论的建立,往往是地球物理学者和测量学者共同努力的结果。对空间科学技术的发展来说,测量是不可缺少的基础,同时,空间科学技术的发展也反过来为测量科学技术提供新的手段和新的发展领域。

各种地图在人们的日常生活和社会活动中的作用也越来越大。如交通图备受司机的青睐;旅游图已成为度假、旅游不可缺少的必备之物,等等。

1.3 中国测量学发展简史

1.3.1 源远流长的古代测量

中国是世界文明古国,测绘科学也发展很早。据传早在公元前 21 世纪的夏禹治水时期就使用过“准、绳、规、距”等测量工具。公元前 7 世纪左右,即战国时期,管仲在他所著《管子》一书中已收集 27 幅地图。公元前 4 世纪左右,我国人民利用磁石制成世界上最早的定向工具“司南”。公元前 130 年,西汉初期的《地形图》与《驻军图》已于 1973 年长沙马王堆三号汉墓中出土,为目前所发现的我国最早的地图。

东汉张衡创造了“浑天仪”和“候风地动仪”,著有《浑天仪图注》与《灵宪》等书,为天文测量和地震监测做出了贡献。魏晋时期的刘徽发明了“重差术”;西晋的裴秀提出了绘制地图的六条原则,并绘制了《禹贡地域图》18 幅;唐代贾耽曾编制《海内华夷图》等。9 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。唐代名僧一行(本名张遂)主持进行了大规模的天文测量,第一次应用弧度测量的方法,测定了地球的形状

和大小,也是世界上第一次子午线弧长测量。北宋时的沈括在他的《梦溪笔谈》中记载了磁偏角的现象,比哥伦布对磁偏角的发现早 400 年;他还绘制了《天下州县图》,使用水平尺、罗盘仪进行地形测量。到了元代,在郭守敬主持下,进行大规模天文测量,并提出了水准测量的海拔高程概念。清代初年,在进行大地测量的基础上开展全国测图,于 1708 年完成《皇舆全图》。

中国古代测量科学的成就,是中华民族值得自豪的光辉历史。

1.3.2 旧中国的测量回顾

1903 年清政府在北京设立军咨府,其第四厅下设京师陆军测地局,主管陆地测量,并在各省设立分局。但到清政府覆灭前,测图工作只进行了河北河间府、保定府及山东、河南、安徽等省及小部分地区 1:2.5 万比例尺测图。

辛亥革命后,南京临时政府在参谋本部设陆地测量总局,政府迁至北京后,改为陆军测量局,主管军事测量业务,完成全国 1:2.5 万和 1:5 万地形图约 4000 幅,并在清明两代“全国舆图”的基础上,完成 1:10 万和 1:20 万调查图约 3883 幅,并在浙江、湖北、广东三省部分实施三角测量。但由于人才和经费缺乏,技术方法不统一,测图大多质量很差,既没有统一的地图投影方法,又没有统一的高程测量基准,邻省之间的地图不能相拼接。

1928 年,南京国民党政府在参谋本部改设陆地测量总局,各省分设陆地测量局。继续改编和测制 1:5 万地形图,主要在东南沿海数省,约占全国面积的 1/6。抗日战争爆发后,测绘业务开展很少,也没有统一的测量基准和技术标准,成果成图大部分质量粗劣。

1.3.3 建国后测量学的发展

中华人民共和国建立后,党和政府十分重视测绘事业的发展。中央军委 1950 年建立军委测绘局,陆续组建大地、地形、计算、航测、制图各个事业的测量部队。军委测绘局建立后,立即承担了国防建设和国家经济建设所急需的测绘保障工作。1952 年改为总参谋部测绘局,正式开展全国性基本测绘,陆续建立起各种大地测量基准。1953 年建立了两个天文基本点,以后又确定了“1954 年北京坐标系”和“1956 年黄海高程系”及青岛水准原点。地形图施测大部分采用航测法,比例尺为 1:2.5 万和 1:5 万,主要范围在东部,为当时国防、经济建设的重点地区,及时提供了测绘保障。

新中国建立后,各经济部门的测绘力量,随工农业的大发展迅速组建。地质部、水利部、铁道部、城建部门的测绘力量,迅速形成生产能力,为西部地区基本测绘和地质勘探,为长江、黄河等大江大河的规划和大型水利工程建设,为新铁路的修建,为大中城市的规划和建设,提供了测绘保障。

随着国家建设的迅速发展和测绘事业的逐步扩大,1956 年国务院成立国家测绘总局(现并入国土资源部),加强对测绘事业的领导和对政府各部门测绘业务的指导,并抽调总参测绘局部分队伍,接收地质部测绘局,形成一支具有相当规模、技术力量较强、装备良好的基本测绘队伍,中国测绘事业发展的基本体制逐步形成。国家测绘总局归口管理全国测绘业务,总参测绘局负责军事系统测绘的指导和管理。

为了使各种基本测绘作业标准更好地适合中国国情,国家工商行政管理局测绘局形成了一系列完整的统一的基本测绘技术标准和技术规程,提高了测绘成果的质量和应

价值。

为加强测绘人才、测绘科技的发展，1953年中国人民解放军测绘学校升格为测绘学院，1956年成立武汉测绘学院，1986年改为武汉测绘科技大学(现并入武汉大学)，并组建了郑州测绘学校，为测绘事业培养了大批的高中级人才。测绘科学研究，特别是新技术的研究应用方面有较大进展。科研机构形成国家测绘局科研所，1994年改为中国测绘科学研究院，以及军测科研所、中科院地理所及各省测绘研究所的科研体系。

建国后的测绘事业发展，虽然在“文化大革命”中受到严重冲击和破坏，但在1973年经周恩来总理批示决定重建国家测绘总局后，各省测绘局相继建立，并迅速形成生产能力。

建国后测绘事业在极薄弱的基础上起步，经过艰苦奋斗，取得较大成就。统一了全国的坐标系统、高程系统，建立了全国大地控制网、水准控制网；测制了全国的1:5万地形图，完成全面平原地带的1:1万地形图；在各大中小城市及县城测制了1:500至1:2000地形图；完成了各种挂图、行政图及专题图。测量工作已成为国民经济建设的先行和保障。

随着改革开放、经济建设的发展，测绘事业必将得到更快、更大的发展。

第二章 测量学基本知识

2.1 测量的坐标系统

2.1.1 地球的形状及大小

古人曾对地球有许多设想，公元前 6 世纪毕达哥拉斯首创地圆说；纪元前 2 世纪爱拉托斯芬开始量测地球之大小，并制作地图；但是，直到 1519 至 1522 年间麦哲伦探险队绕地球一周后，地球是圆的才得以公认。随着科学的发展，科学工作者进行了大量的精密测量工作，发现地球是个近似圆球的椭球，测量上把它命名为椭球体，并精确地测定了这个椭球体的大小。

在地球表面上海洋的面积占 71%，陆地的面积只占 29%。如果我们设想地球表面是一个静止的海水面，并且这个海水面能具备下列特性：此海水面与平均海水面相吻合，面上各点沿垂直于重力的方向穿过陆地，不断延伸，包围地球形成闭合曲面，这个曲面在测量上称作大地水准面。这个大地水准面所包围的球体，测量上称作大地体。我们用大地体来形容地球是比较形象的。但是，由于地球的密度不均匀，造成地面各点重力方向没有规律，因而大地水准面是个极不规则的曲面，不能直接用来测图。

为解决这个问题，目前世界各国测量工作都选用一个与大地体非常接近的参考椭球体来衡量地球的大小和形状，在参考椭球体上进行测量工作。如图 2-1 所示。

大地坐标是建立在参考椭球体数学模型上，采用不同的参考椭球体、不同定位方式和不同的地理位置，建立的坐标系也不同。世界各国根据本国的具体情况，采用不同的坐标系统。

2.1.2 我国的大地坐标系

1949 年前，我国没有统一的坐标系统，所进行的测量工作采用各自建立的坐标基准，造成各省地形图无法拼接，且精度不高。中华人民共和国建立后，及时统一了大地坐标系统。

建国初期，因经济建设、国防建设特别是测图的需要，急需有一个统一的、比较符合中国情况的大地坐标系。由于当时全国大地测量成果太少，建立中国独立大地坐标系统的条件还不具备，因此，引进了苏联坐标系，1954 年通过东北传算过来，并建立了“1954 年北京坐标系”，采用了苏联 1942 年克拉索夫斯基椭球作为参考椭球。“1954 年北京坐标系”建立后，一直使用至今。

在此基准上我国进行了广大地区的大地测量，但测量结果证明，“1954 年北京坐标

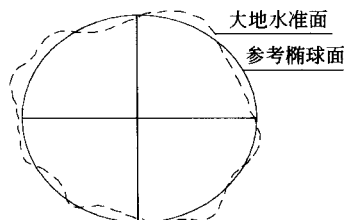


图 2-1

系”采用的参考椭球及其定位与中国大地水准面的符合不很理想，参考椭球面普遍低于大地水准面。此外，20 世纪 60 年代末以后，国际上利用卫星大地测量技术，得到了当时最佳拟合于全球大地水准面的椭球。因此，我国采用国际大地测量学与地球物理学联合会第十六届大会 1975 年推荐的新椭球参数，并按照与中国全国范围大地水准面的最佳拟合条件进行椭球定位，建立了“1980 年西安坐标系”，新坐标系正在逐步运用。

国家统一坐标系是基础测量的依据，1 : 1 万的更小比例尺地形图均需采用。当测图面积较小，仅测重于村、镇的范围时，可以采用独立坐标系。

2.2 测量的高程系统

由于大地水准面是一个不规则的曲面，它无法确定其精确位置。现在，测量上都是用中等海面来代替大地水准面，并作为高程的起算面。

确定平均海面，就是在验潮站长期地、有规则地观测记录变动着的海水面的高度，取其平均海面作为高程零点，并设有一个静止的海水面通过高程零点，且处于保持与重力方向垂直。这个穿过陆地而形成的封闭曲面，测量称为中等海面。图 2-2 所示。

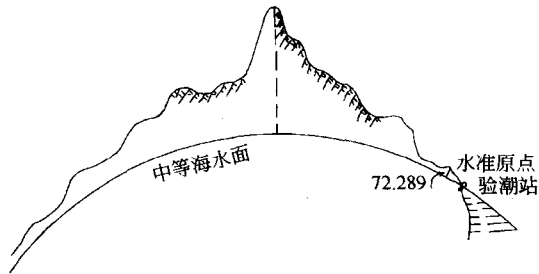


图 2-2

建国后，我国从 1950 年至 1956 年间，在青岛验潮站不断地用精密水准联测水准

原点至黄海平均海水面的高程，5 年来得出水准原点至黄海平均海水面的高程平均值为 72.289m，以此水准原点建立了高程系统，即“1956 年黄海高程系”。推算出的这个平均海面就是我国的中等海面，我国的“1956 年黄海高程系”是以黄海中等海面起算的高程系统。20 几年来这个高程系统引测到了全国各角落，为国家的经济建设、国防建设发挥了作用。

我国目前采用的高程基准为 1987 年颁布命名的“1985 国家高程基准(National Vertical Datum 1985)”，它以青岛验潮站 1952 年—1979 年验潮资料计算确定的平均海面作为基准面的高程基准。水准原点位于青岛观象山，它由 1 个原点 5 个附点构成水准原点网，在“1985 国家高程基准”中水准原点的高程为 72.2604m。

2.3 测量中的计量单位

我国丈量长度的单位有公制和市制两种，测量中采用的是公制。常用计量单位如下：

2.3.1 长度单位：长度单位是 m。

1 米(m)=10 分米(dm)=100 厘米(cm)=1000 毫米(mm)

1 公里(km)=1000 米(m)

1 市尺=10 市寸=100 市分=1000 市厘

1 米(m)=3 市尺

1 公里(km)=2 市里

2.3.2 面积单位, 面积单位是平方米(m²), 大面积用公亩(a)、公顷(ha)。

1 公顷(ha)=100 公亩(a)=1000m²

1 公顷(ha)=15 市亩

1 市亩=6000 市尺²

1 市亩=6 $\frac{2}{3}$ 公亩(a)

1 平方公里(km²)=100 公顷(ha)=1500 市亩

1 市亩=666.7m²

2.3.3 角度单位, 测量上常用的角度单位为 60 等分制的度。

1 圆周角=360°(度)

1°=60'(分)

1'=60"(秒)

国际上还有 100 等分制(新度)

1 圆周角=400g(新度)

1g=100'(新分)

1'=100"(新秒)

2.3.4 角度和弧度关系, 在公式推导中有时也用弧度表示角度的大小。一弧度是弧长等于半径所对的圆心角的大小。以 ρ 代表一弧度的角, 它和度、分、秒的变换关系如下:

$$\rho^\circ = 57.2958^\circ \approx 57.30^\circ \quad \rho' = 3437.75' \approx 3438' \quad \rho = 206265''$$

2.4 地图比例尺及精度

2.4.1 比例尺的意义

地面点的平面坐标及地形元素多数是按一定的比例关系表示在图上的。图上的直线长度与其对应的实地水平距离之比, 叫图的比例尺。比例尺的大小视测图的需要而定, 比例尺越大, 此图包含的地面面积越小; 比例尺越小, 此图包含的地面面积越大。

若已知地形图的比例尺, 则根据图上的长度, 可以求出相应直线的实地水平距离; 反之, 根据直线的水平距离, 可以求出图上相应直线的长度。图比例尺分为数字比例尺和图示比例尺。

2.4.2 数字比例尺

数字比例尺是用数字表示的比例尺, 通常表示为: 1/m。地形图常用的数字比例尺有 1/500、1/1000、1/2000、……1/1000000, 它们有时也表示为: 1:500、1:1000、1:2000、1:1000000。一般称 1:500、1:1000、1:2000、1:5000 为大比例尺图, 1:10000 到 1:50000 为中比例尺图, 1:100000 以上的比例尺为小比例尺图。

若已知图上比例尺, 就可以根据图上直线的长度, 求出相应地面上直线的水平距离, 反之也可以根据地面上直线的水平距离, 求出相应的图上长度。

例如: 在 1:5000 的图上量得某两点的长度 l 为 52.4mm, 则实地两点的水平距离 L 为: $L=l \times M$, $M=5000$, $l=52.4\text{mm}$ 即: $L=52.4 \times 5000=262\text{m}$

再如: 进行 1:2000 比例尺测图时, 测得实地某两点的水平距离 57.3m, 则图上的长度为: $l=L/M$, $M=2000$, $L=57.3\text{m}$ 即 $l=57.3/2000=28.6\text{mm}$

2.4.3 图示比例尺

应用数字比例尺进行地面水平距离和图上长度的换算, 有时不方便, 所以, 在中、小比例尺的地图上都绘有图示比例尺。图示比例尺是将比例尺用图解的方法表示在图上。应用图示比例尺, 一方面便于量取和换算, 一方面也可以基本上改正图纸伸缩变形引起的

误差。

图示比例尺一般有直线比例尺和复比例尺两种。

(1) 直线比例尺

利用线段长度表示的比例尺，称为直线比例尺。

直线比例尺是在平行的直线上，按一定间隔将它分成若干相等的线段，每一线段为比例尺的基本单位，将最左边的一个基本单位再分成 10 个等分的小段，每一小段是 $1/10$ 个基本单位。然后根据数字比例尺计算出每个基本单位的实地水平距离和 $1/10$ 基本单位的实地水平距离，分别注记在相应的等分点上。如 $1:10000$ 比例尺地形图的直线比例尺。如图 2-3 所示。

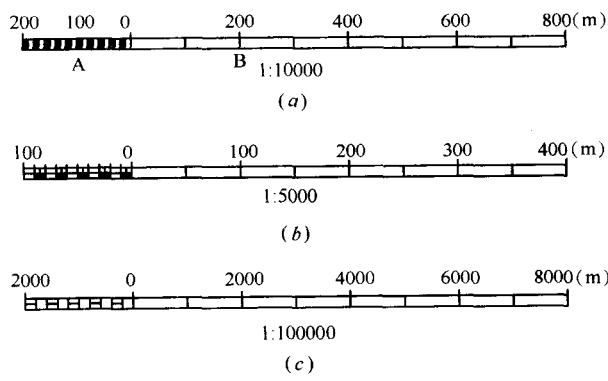


图 2-3 直线比例尺

实际应用时，若在 $1:10000$ 比例尺地形图上量得长度为 45.0mm 的直线线段，可在直线比例尺上由 0 表示的左右两端读数之和得知实际的水平距离。即在 0 线右侧读 400m，0 线左侧读 50m，45.0mm 对应的实际水平距离为 450m。

(2) 复比例尺

直线比例尺只能精确到 0.1 个基本单位，要想更精确的直接量到 0.01 个基本单位，以提高量测和表示的精度，就需要采用复比例尺。

复比例尺是以一条平行直线为底线，按一定间隔将直线等分成若干相等的线段，作为基本长度单位，过这些等分点作底线的垂线，再按一定间隔作底线的平行线，使它们与垂线相交。将尺左端的一个基本长度单位的上、下两平行线再分成 10 等分，每一等分为 0.1 个基本长度单位，并使上下两平行线的小等分点错开一个小格，用斜线将它们分别连接起来，如图 2-4(a)所示，将 AOB 放大可以看出，图 2-4(b)AB 为 0.1 个基本长度单位，

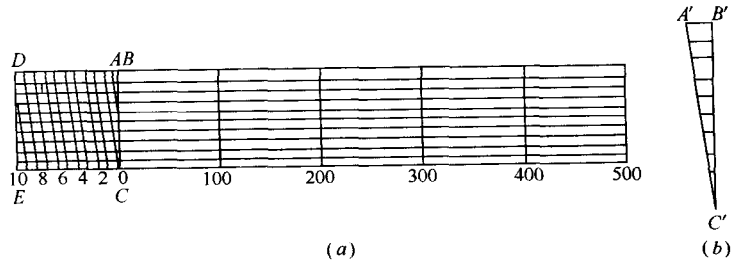


图 2-4