

高等学校教材

城市建设

陈秀忠 编

测量



Urban Construction Surveying

测绘出版社

高等学校教材

城市建设测量

Urban Construction Surveying

陈秀忠 编

测绘出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书是研究和解决城市建设工程在规划、设计、施工、运营管理等阶段进行测量所遇到的理论、方法和实践等方面的问题。全书共分 10 章,第 1~3 章为规划阶段的测量工作,包括城市控制测量、定线和拨地测量;第 4~5 章为设计阶段的测量工作,包括地形图修测、专用地形图测绘、线路测量;第 6~8 章为施工阶段的测量工作,包括工业与民用建筑施工测量、道路与桥梁工程施工测量、城市地下工程施工测量;第 9 章为运营管理中的竣工测量;第 10 章为建筑物变形观测。

本书可作为高等院校测绘工程、道路桥梁、城市建设、地理信息等专业的本科教材,也可作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

城市建设测量/陈秀忠编. —北京:测绘出版社,

2008.12

ISBN 978-7-5030-1889-3

I. 城… II. 陈… III. 城市建设—建筑测量—高等学校—教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 178910 号

责任编辑 田 力

封面设计 李 伟

出版发行 **测 绘 出 版 社**

社 址 北京西城区复外三里河路 50 号

电 话 010—68512386 68531609

印 刷 北京市通州次渠印刷厂

成品规格 184mm×260mm

字 数 300 千字

版 次 2008 年 12 月第 1 版

印 数 0001—2000

邮政编码 100045

网 址 [www. sinomaps. com](http://www.sinomaps.com)

经 销 新华书店

印 张 12

印 次 2008 年 12 月第 1 次印刷

定 价 23.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-1889-3

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

前 言

随着我国城市化进程的推进和数字化城市管理模式的提出,与之密切相关的测绘工程专业人才培养课程体系也需要与之适应,以利于培养服务“城市规划、城市建设、城市管理”的应用型高级测绘人才。

城市建设测量是研究和解决城市建设工程在规划、设计、施工及运营管理等阶段所进行的测量工作理论、方法和具体应用。城市测量成果是城市规划必需的重要基础资料;城市测量技术是城市建设科学技术体系的重要组成部分;城市测量工作是城市管理的重要手段。

本书按城市建设的3个阶段顺序编写,紧密结合现代城市建设实际和当前测绘新技术的应用,内容涵盖城市建设中的主要测绘工作,尽量以实际工程问题为研究对象。全书共分10章,第1章至第3章为规划阶段的测量工作,包括城市控制测量、定线和拨地测量;第4章至第5章为设计阶段的测量工作,包括地形图修测、专用地形图测绘、线路测量;第6章至第8章为施工阶段的测量工作,包括工业与民用建筑施工测量、道路与桥梁工程施工测量、城市地下工程施工测量;第9章为运营管理中的竣工测量;第10章为建筑物变形观测。

本书是为城市建设测量课程而编写的讲义,并在测绘工程专业和地理信息专业教学中使用了两届,效果良好。在听取了相关教师和测绘生产人员意见的基础上,对内容进行了修改和增删。

由于作者水平有限,加之有关城市建设测量的参考文献不多,所以难免存在缺陷和不足,希望本书能起到抛砖引玉促进城市建设测量发展的效果。

为了便于教师教学和学生复习,我们将本书制成了Power Point 2003格式的电子教案,并免费为读者提供,作者邮箱为:chenxiuzhong@126.com。在使用过程中有何建议和意见请发电子邮件给我们,我们将根据读者的建议进行修改和改进,并及时予以反馈。

在编写过程中王晏民教授和杜明义教授给予了大力支持和帮助,在此表示感谢。

编 者

2008年10月

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1-1 城市测量在城市规划建设中的作用和地位	1
§ 1-2 城市测量的内容与特点	3
§ 1-3 城市测量技术发展的现状与方向	8
第二章 城市控制测量	16
§ 2-1 概 述	16
§ 2-2 城市平面控制网的技术设计	18
§ 2-3 城市高程控制测量	25
第三章 城市规划道路定线测量和拨地测量	30
§ 3-1 概 述	30
§ 3-2 测设的基本内容与方法	31
§ 3-3 极坐标和直角坐标法测设点位的精度估算	39
§ 3-4 定线、拨地测量的计算公式与算例	41
§ 3-5 规划道路定线测量	48
§ 3-6 建筑用地界桩的拨定测量	57
§ 3-7 定线拨地校核测量及建筑物验线测量	63
第四章 城市地形图修测与专用地形图测绘	66
§ 4-1 概 述	66
§ 4-2 地形图在城市建设中的作用	67
§ 4-3 城市地形图修测的原则与方法	69
§ 4-4 专用地形图测绘的特点	71
§ 4-5 数字地形图的修测	73
§ 4-6 工程控制测量	75
§ 4-7 专用地形图的分幅和图根点的展绘	81
§ 4-8 线路工程地形图的测绘	84
§ 4-9 厂区扩建工程专用地形图的测绘	86
§ 4-10 桥、隧工程专用地形图的测绘	88
第五章 线路测量	92
§ 5-1 线路测量与线路工程建设	92
§ 5-2 线路中线的直线测量	95

§ 5-3	管线工程中线测量	100
§ 5-4	圆曲线参数及其测设	101
§ 5-5	缓和曲线参数及其测设	105
§ 5-6	线路断面测量	112
第六章	工业与民用建筑施工测量	120
§ 6-1	概 述	120
§ 6-2	建筑场地施工控制测量	121
§ 6-3	民用建筑施工中的测量工作	124
§ 6-4	工业建筑工程施工中的测量工作	127
§ 6-5	场地平整测量	130
第七章	道路与桥梁工程施工测量	134
§ 7-1	道路工程施工测量的准备工作	134
§ 7-2	道路工程施工测量	135
§ 7-3	桥梁工程施工测量	140
§ 7-4	匝道定位测量	146
第八章	城市地下工程施工测量	152
§ 8-1	管道工程施工测量	152
§ 8-2	隧道工程施工测量	158
第九章	竣工测量	164
§ 9-1	城市地面工程的竣工测量	164
§ 9-2	城市地下管线工程竣工测量	169
第十章	建筑物变形观测	177
§ 10-1	概 述	177
§ 10-2	建筑物的沉降观测	178
§ 10-3	建筑物的水平位移观测	181
§ 10-4	建筑物的倾斜观测与裂缝观测	183
参考文献		185

第一章 绪 论

§ 1-1 城市测量在城市规划建设中的作用和地位

根据《中华人民共和国城市规划法》，城市包括按行政建制设立的市和镇。城市是商品经济发展到一定阶段的必然产物，是非农业人口大量集中的社会经济实体。现代城市是日益扩展的各种现代经济活动中心，除了拥有便利而广阔的商品市场和劳动市场外，还拥有现代化的工业、交通运输业和服务业。它通过其强有力的政权机构，雄厚的经济实力和各种先进设施来取得对其他地区的联系和主导地位，从而成为一个地区乃至一个国家的政治、经济、文化中心。

城市规划是确保城市科学、合理、有序地建设发展的基本前提，这一认识是长期以来在城市建设与发展实践中获得的经验和总结。城市规划的重要性已经为社会各界所认识。

人类在长期的生产和生活实践中深刻体会到，无论是新城市的兴建还是旧城市的改建、扩建，都必须首先制订城市规划，没有规划就不可能有条不紊地进行城市建设，就不可能建成一个功能协调、布局合理、环境优美、生态健全的文明城市。概括地说，城市规划是一定时期内城市发展的目标和计划，是城市建设的综合部署。总体规划的内容是多方面的，如：确定城市的性质、规模和发展方向；划分城市用地功能分区，合理调整城市布局；布置城市道路系统和车站、机场、港口码头等交通运输设施；选择大型工厂和公共建筑的地址；配置住宅和商业服务业、文化、教育、体育、卫生等生活服务设施；制定各种地下管线、公共交通和园林绿化规划；改造旧城和安排近期建设项目，综合协调人防、抗震、防洪和环境保护等方面的规划要求；制定城市供水、排污处理、能源供应、邮电通信与广播电视的规划；综合布置农、林、牧、副、渔和蔬菜副食品生产基地及水利设施等。对于上述内容，规划时都要编写详尽的文字说明文件和绘制多种项目的规划图。

测绘是了解自然、改造自然的重要手段，测绘工作是我国国民经济建设中一项基础性、前期和超前期性的工作，它直接关系着建设规划的科学性、工程的质量和预期效益的实现，是社会主义现代化建设不可缺少的一项重要工作。测绘又是一项艰苦的、光荣的事业，常被人们誉为建设的尖兵，无论在经济建设、国防建设，还是在科学研究等方面，测绘工作都发挥着重要的作用。测绘是以数据、线划图、影像图等多种形式的数字产品和纸质产品，为各行各业提供必不可少的信息服务和科学依据，为国民经济建设和社会发展适时提供准确的测绘保障。

《中国大百科全书·测量学》对“城市测量”的定义是为城市建设的规划设计、施工和经营管理等进行的测量工作，包括城市控制测量、城市地形图测绘、各专题图的编绘、兴建市政工程时的施工放样以及重要建筑物的变形观测等。

城市测量是城市规划建设的重要环节与先行基础工作，它为城市规划、市政工程、建筑设计与施工、城市管理、土地开发利用、灾害预防、科学研究等方面提供各种测绘资料，不断满足现代化城市建设发展的需要。城市总体规划、详细规划和城市各项工程建设都离不开城市测量工作。城市各种基本比例尺现状地形图是城市建设各个阶段的重要基础资料，一般城市总

体规划、厂址选择、确定区域位置和进行方案比较等选用 1:10 000 或 1:5 000 地形图。在编制城市郊区规划图时,多采用 1:25 000 或 1:50 000 地形图,而城市详细规划、运营管理、工程项目的初步设计与施工图设计等一般选用 1:2 000~1:500 的地形图。

城市规划要付诸实施,就要将图上规划设计的位置正确地标定到实地,城市规划道路定线测量和建筑用地界址的拨定测量是城市规划阶段测量工作的主要内容。城市规划道路定线测量对于城市详细规划、各种市政工程定线和建筑用地界址拨定不仅是重要的依据,而且具有控制作用。建筑用地界址拨定测量是根据规划要求在实地确定建筑用地边界,并以其界桩作为建筑物施工放线的控制依据,它是详细规划实施的具体化。

市政工程测量和工业与民用建筑工程测量,是直接为建设工程项目的设计和施工服务的,为设计提供必要的基础资料,为施工确定建筑物和构筑物的空间位置。其内容涉及面很广,包括道路、桥梁、隧道、管线、索道等的兴建,江河湖泊整治、堤防修筑、水库渠道等水利设施的建设,车站、港口码头、机场、大型厂矿与公共建筑等的兴建,尤其是近 10 年来,高速公路(包括高架道路)和大型立交桥的建设逐年增多,对缓解城市交通拥挤的状况起了很大的作用。对于上述各项建设工程,从勘测、设计、施工到竣工验收,每一阶段都需要测绘工作提供基础资料和测绘保障。

各项建设工程竣工之后,还要及时地把各种地面上的新增建筑物和构筑物补测到地形图上,以保持地形图的现势性,更好地为今后城市在建设和管理等方面提供服务。

城市的给水、排水、煤气、热力、供电、通信、工业管道以及人防等地下工程设施,是城市生产、生活、工作和战备必不可少的物质基础。我国一些大城市,地下管线和人防通道纵横交错、密如蛛网。完整、准确的地下工程竣工图是城市规划、设计、施工和管理工作中必不可少的基础资料。现实情况表明,许多城市由于地下工程的数量不清、情况不明,给城市规划建设造成很大困难,因施工盲目挖掘,各种事故时有发生。为了提高科学管理的水平,要求各地下管线施工单位应按国家基本建设程序的规定,测绘各专业地下管线竣工图,由各城市测绘单位负责绘制 1:2 000~1:500 综合地下管线带状图或分幅图,同样,也必须测绘 1:500 或 1:1 000 地下人防工程分幅图,为城市规划、设计、施工和管理提供必要的依据和测绘保障。

在施工过程中和运营管理阶段,对于一些高层、超高层和大型建筑物,为了检查施工质量、确保建筑物安全和为建筑结构及地基基础研究提供资料,还要进行沉降、位移、倾斜、裂缝、挠度、日照、风振等变形观测。一些城市因地下水长期超量开采,致使城市地面出现不均匀下沉,进行周期性的城市地面沉降观测,也是城市测量的任务之一。

加强城市土地的管理已是当务之急,为充分利用土地,发挥土地潜力,做到合理使用,也为了税负和产权管理,特别是弄清土地现状而进行的地籍测量,是土地管理最基础的工作,也是城市测量的重要内容之一。根据城市基本图编绘和印刷出版的《城市总体规划图集》、《城市综合地图集》、《城市国土资源图集》、《城市历史地图集》、《城市交通图集》、《城市农业图集》、《城市气候图集》、《城市商业图集》、《城市人口图集》等专业图集或图册,以及公开出版的《城市街道图》、《城市交通图》、《城市旅游图》、《城市鸟瞰图》、《城市行车指南图》等各种专题图,为繁荣城市经济、满足各行各业的需要作出了贡献,也为各部门领导层进行科学决策和管理提供了重要的基础信息资料。

城市测量还在不断地拓宽服务面,近景摄影测量在工业、建筑、生物、考古、医学、体育及高速动态物体等方面有着广泛的应用。遥感技术为城市测绘和规划建设提供了新的手段和方

法,已被应用于城市规划、地形测量、农业调查、土壤植被分类、国土资源和矿产地质勘测、交通和气象预报、灾害预防、环境污染等方面。三维激光扫描技术在城市古建筑保护、大型结构安装校正等方面,凸显出高科技的优势。

综上所述,城市测绘工作在城市规划、设计、施工、竣工和管理等各个阶段都承担着大量、繁重的先行基础工作,为各行各业提供重要的基础资料和科学依据,它在城市建设、发展、保护等方面都有着不可磨灭的贡献,在城市规划建设中具有重要的作用和特殊的地位。

§ 1-2 城市测量的内容与特点

城市是先进生产力集聚地和社会财富创造的重要基地,为城市规划、建设和管理提供测绘服务及测绘保障的城市测量工作,不仅任务繁重、内容丰富,而且具有自身的要求和特点,按其测量工作的层次概述如下:

一、城市平面控制测量

城市平面控制测量是为城市规划、建设和管理服务的,它是超前期的测绘信息工程,是城市测量的重要环节和内容,是城市测量的重要基础工作之一,没有城市控制测量工作,就无法进行城市的其他测绘工作。

城市平面控制网的布设,一般应遵循从整体到局部的布网原则。首级网应一次性全面布设,加密网视城市建设的主次缓急,可分批分期局部布设。具备条件的城市,亦可布全面网。平面控制网测量方法的选择,应因地制宜,可采用三角测量、GPS 测量或导线测量的方法来建立。平面控制网的建立应力求做到技术先进、经济合理、确保质量、长期适用。城市平面控制网等级的划分,依次为二、三、四等,一、二级小三角,或一、二、三级导线。各等级平面控制网,根据城市的规模均可作为首级控制。

城市平面控制网具有以下一些特点:

(一)控制点的点位精度要求比较高

城市平面控制网的基本精度是以满足城市最大比例尺测图、解析法细部坐标测量和一般市政工程施工放样的需要为依据。这些测量工作对四等以下控制点的点位精度,依测图比例尺不同有 5~10 cm 的要求。对于四等点,因是基本控制点,一般不直接用于测图或施工放样,而是作为下级网的骨干,应具有较长的使用年限和必要的精度储备,它不随比例尺而异,而采用一种精度指标。因此,《城市测量规范》(以下简称《规范》)关于城市平面控制网的基本精度规格作了如下规定:

(1)四等网中最弱相邻点的点位中误差不得超过 ± 5 cm;

(2)四等以下网中最弱点的点位中误差(相对于起算点),对于 1:500 比例尺测图区不得超过 ± 5 cm,对于小于 1:500 比例尺测图区不得超过 ± 10 cm。

(二)控制点的密度要大,边长应较短

城市平面控制网是城市大比例尺测图和城市工程测量的基础,它不仅要在基本精度方面满足它们的需要,而且也要在密度方面满足它们的需要。控制网的精度是随着边的长短和测角、测距的精度而异,控制点的密度又与边长有关;城市大气透明度较差、高楼大厦林立、道路交通频繁等因素影响控制点通视;同时考虑到加密、扩展和使用施测的方便,以及控制点破坏

丢失严重等情况,因此,要求城市控制点的密度要大,边长应较短。四等网的平均边长由过去的 2.5 km 缩短为 2 km 就是基于以上因素的考虑。

(三)投影长度变形值要小

在城市大比例尺测图和市政工程施工放样中,为了在使用控制点的数据时不进行任何改算,要求控制点间按坐标反算的长度和实地测量的长度之比(称为投影长度比)接近于 1,《规范》规定投影(包括高斯投影和高程归化)中误差不得超过 $\pm 2.5 \text{ cm/km}$ 的原则。因此,各城市可根据地理位置和平均高程等具体情况按下例次序来选择坐标系统:(1)统一坐标系统;(2)抵偿坐标系统;(3)任意带坐标系统;(4)假定坐标系统(对于面积很小的城镇而言)。

(四)控制层次要少

城市平面控制网的等级不宜太多,因为每加密一次,精度便受到一定程度的损失,控制层次少,对提高精度有利。因此,城市平面控制网的布设可以打破逐级布网、逐级控制的传统做法,具备条件的城市可以布设全面网,也可越级布网。

二、城市高程控制测量

城市高程控制测量在城市规划建设中与平面控制测量具有同等重要的作用,是城市基本建设中一项很重要的基础工作。

城市高程控制测量一般采用水准测量和三角高程测量。水准测量的等级分为二、三、四等城市高程控制测量(特大城市或有特殊要求者,按国家规范可布设一等水准网),是城市大比例尺测图、城市工程测量和城市地面沉降观测的基本控制。三角高程测量又分电磁波测距三角高程测量和经纬仪三角高程测量。三角高程测量主要用于丘陵、山地的高程控制和平面控制网点的高程测定,电磁波三角高程测量在丘陵地区可代替三、四等水准测量。各等水准网根据城市的规模均可作为首级高程控制。

城市高程控制网的布设范围应与城市平面控制网的布设范围相适应。布网采用由高到低逐级控制的原则,首级网应布设成闭合环线,加密网可布设成附合路线、结点网和闭合环。城市高程控制网具有如下特点:

(一)应采用国家统一高程系统

新中国成立前,我国的高程系统比较混乱,如大连、大沽、坎门、吴淞(上海、江苏、浙江又各异)、珠江等高程系统;新中国成立后,有的城市采用了国家黄海高程系统,也有些继续沿用旧有高程系统。为了统一高程基准,提高测绘成果的经济效益,做到一测多用,同时为了满足跨地区的水利工程与线路工程建设的需要,高程系统必须统一。《规范》规定城市高程控制网的高程系统应采用现行国家统一的高程系统,过去采用 1956 年黄海高程系统,现在采用 1985 国家高程基准,并且规定暂时建立或沿用的地方高程系统,应争取条件归算到国家统一高程系统上来。

(二)城市首级控制网一般为独立网

在大城市及有地面沉降或有条件的城市,应建立基岩水准标石作为地方水准原点(该城市高程基准),一般城市可选择—个较为稳固并便于长期保存的国家水准点作为城市水准网的起算点,便于城市根据需要进行复测或与国家水准点进行联测,以满足和适应城市规划建设的要求。

(三)应有足够的精度和密度

为了满足城市大比例尺测图、城市一般工程测量、地面沉降观测和城市管理的需要,城市

高程控制网必须要有足够的精度和密度。《规范》规定,城市首级水准网等级的选择应根据城市面积的大小、城市的远景规划、水准路线的长短而定。各等级水准网中最弱点的高程中误差(相对于起算点)不得超过 $\pm 2\text{ cm}$ 。为了使用和加密方便,水准点应有较大的密度,《规范》规定水准点间距离(测段长度),在建筑区为 $1\sim 2\text{ km}$,在其他地区为 $2\sim 4\text{ km}$ 。

三、城市地形测量

城市地形测量是城市测绘的重要内容,城市各种比例尺地形图是城市建设规划、市政工程、工业及民用建筑设计及施工中的重要依据,是城市管理与编制各种专题图的基础资料。

城市基本图比例尺系列为 $1:500$ 、 $1:1\,000$ 、 $1:2\,000$ 、 $1:5\,000$ 和 $1:10\,000$,测图比例尺的选择可根据城市的大小和不同阶段的用途而定。各种比例尺地形图除直接施测(包括人工白纸测图、机助成图和航测成图)外,还可以利用较大比例尺地形图缩编成图。地形图的基本精度规格,不论采用何种成图方法,均使用同一标准。地物点平面精度以地物点相对于邻近图根点的点位中误差不得超过图上 $\pm 0.5\text{ mm}$;邻近地物点间距中误差不得超过图上 $\pm 0.4\text{ mm}$ 。山地(不包括山城建筑区)、高山地与设站施测困难的旧街坊内部,其精度要求按上述规定放宽 0.5 倍。地形图的高程精度,建筑区、平坦地区的铺装地面和一般地面的高程注记点相对于邻近图根点的高程,分别不得超过 $\pm 0.07\text{ m}$ 和 $\pm 0.15\text{ m}$;其余地区根据地形类别的不同,按等高线插求点相对于邻近图根点的高程中误差来衡量,平地、丘陵地、山地、高山地分别不得超过 $1/3$ 、 $1/2$ 、 $2/3$ 等高距。

城市地形测量可采用模拟法白纸测图、数字化测图以及摄影测量等方法。城市地形测量的内容主要包括图根控制测量、测图前的准备工作、测站点的测定、地形图的测绘、地物地貌的测绘与表示、地形图的拼接与检查以及地形图的修测等。

城市地形测量具有如下特点:

(一)应用面广

城市基本图不是为某项工程设计测绘的专用图,而是为城市建设的各个阶段、政府各部门、各行各业服务的公用图,应用面很广。为了一测多用,它要包含丰富的内容,多种多样的信息,因此图面荷载量是很大的。

(二)比例尺成系列化

城市基本图为了满足城市建设各个阶段和不同区域的需要,仅有一两种比例尺地形图是不够用的,其比例尺应是系列化的。如大城市城区需测 $1:500$ 比例尺图;中、小城市最大比例尺图可为 $1:1\,000$ 的;规划市区范围测 $1:2\,000$ 比例尺图;而在整个城市境界内可测 $1:5\,000$ 或 $1:10\,000$ 比例尺图,这样就形成了 $1:10\,000\sim 1:500$ 比例尺系列。比例尺决定了图幅的大小、图面表达的详细程度、地物地貌的精度等,采用系列化比例尺,可方便城市建设各阶段、各部门的需要。

(三)精度要求较高

由于城市基本图应用面很广,它不但在内容上要基本满足各方面的需要,而且在精度上也要满足绝大多数用图单位的要求。尤其是近几年来,地籍测量对界址点的精度提出了颇高的要求。为了满足修测和用图解法进行测量的需要,基本图还应留有一定的精度储备,故《规范》规定的地物点平面精度和高程注记点精度比起其他部门的工程测量规范规定的要高一些。

(四)图幅一般采用正方形或矩形分幅

根据城市规划、设计、施工和管理等用图的特点和习惯,城市基本图的图幅一般采用城市地方坐标系统正方形或矩形分幅,而不采用国际分幅(即梯形分幅)。只有在与国家控制网相连接的大城市,对属于国家基本比例尺地形图的 1:5 000 或 1:10 000 比例尺图,应另编绘一套国际分幅地形图,以便于国家统一使用。

(五)现势性要求高

由于城市建设迅速发展,城市规模有所扩大,新增的建筑物、构筑物 and 地貌发生着日新月异的变化,从而造成地形图不符合实地现状的情况,所以,城市测绘单位应不断地及时进行修测,保持基本图的现势性,以满足城市规划建设不断发展的需要。

四、城市航空摄影测量

城市航空摄影测量是进行城市各种比例尺地形测图的重要手段和先进方法,特别适用于大面积的城市测图。该方法具有很多优点:速度快、效率高、地物点的点位精度均匀、信息丰富、地形逼真,同时可以生产线划图、影像图、线划影像图等多样化地形图。随着测绘新技术的应用,航测数字化成图将逐步代替模拟法和解析法测图,成为最有希望、最富有竞争力的测图手段。

随着测绘科技的发展,航测成图最大比例尺由过去的 1:1 000 发展为现在的 1:500。航测成图方法也由主要采用综合法、精测测图法,发展到数字化测图。我国自主研发的全数字测图系统——武汉适普公司研制的 VirtuoZo 系统和中国测绘科学研究院研制的 JX-4 系统,其技术水平已达到世界领先。其生产的 4D(DEM——数字高程模型,DOM——数字正射影像图,DLG——数字线划图,DRG——数字栅格图)数字系列产品,满足了城市规划、建设和管理的需要。

城市航空摄影测量具有如下特点:

(一)航测成图比例尺大,航摄像片比例尺也相应比较大

城市航测大比例尺成图有 1:500,1:1 000 和 1:2 000,成图比例尺比较大。为确保成图质量,要求航摄比例尺根据测区地形、布点方案和仪器装备等情况,不得超过成图比例尺的 4~6 倍。

(二)航测成图精度要求较高

城市航测成图的精度规格与人工白纸测图采用同一标准。成图精度决定了成图方法,为确保平面精度能达到规范要求,航摄前宜进行地面布标,并采用全野外布点、综合法测图应对建筑物进行投影差和房檐改正。平坦地区为保证高程精度,应采用综合法测图。

五、城市工程测量

城市工程测量是城市测绘工作的重要内容,它直接为城市规划、市政工程和建筑工程的设计、施工、竣工及管理提供必要依据和测绘保障,是拓宽测绘服务领域的重要方面。

城市工程测量基本作业方法一般分解析法和图解法两种。解析法具有精度高、不受通视与地物条件的限制、能再次成图或测设,当地物被毁仍能准确测出位置,以及便于科学管理等优越性,是图解法不可比拟的。解析法还为机助成图和测绘数据库的建立奠定了良好的基础。

城市工程测量的内容,主要包括城市规划道路定线测量和拨地测量、工程测图、市政工程

测量、地下管线与地下人防工程竣工测量等。

城市工程测量具有如下特点:

(一)服务面广、内容繁杂、技术要求各异

城市工程测量是直接为城市各项工程和工程建设的各个阶段提供测绘服务的,它的服务面很广,遍及工业、农业、能源、交通、水利、旅游等。从平地、丘陵、山地到水域,从地面、地下到空间,从普通工程到特殊、精密工程,均为城市工程测量的内容。因工程种类不同(如道路、桥梁、隧道等),对测绘的技术要求也不一样。

(二)要根据城市的特点来进行作业

城市道路交通相当频繁,工程建设任务多而分散,因此作为城市工程测量基本控制的各级导线点和工程控制点的选理,应便于作业,能长期保存,并十分注意交通安全。闹市区应在夜间作业,增加夜间观测设备;在一般道路上作业也应避开交通高峰时间,并均应设立安全标志。

(三)特别强调保证质量和提高效率

城市工程测量一般任务急、时间紧、接触的数据多、技术要求复杂、作业环境比较乱,有时甚至边设计边施工,测完就要用。因此,测量工作的质量和效率,直接关系到工程的质量、进度和经济效益,这就要求作业人员在作业中精心仔细、加强校核、确保交出的成果准确无误。

(四)工程测图要求按建设阶段不同区别对待

工程设计阶段,测图的平面坐标系统和高程系统、图幅分幅、比例尺、测绘内容和精度要求,可根据工程性质、测区大小而定,测图比例尺可大于 $1:500$,以满足工程设计需要为准。但竣工阶段测绘总平面图或现状图,当测区面积较大,应按城市基本图的各项要求进行施测。

六、城市地图制图

城市地图制图包括城市基本地形图和其他图种的绘图、编绘和制印。

绘图有原图着墨、映绘、清绘和刻绘几种。一般实测原图应进行着墨,但如只作映绘使用,图面规整清晰的可不进行着墨。编绘原图应进行清绘或刻绘。各种比例尺地形图的绘制,均应符合国家测绘局颁布的现行相应比例尺地形图图式和《规范》的规定。其他图种的绘制,应按设计书的要求实施。

编绘是在实测大比例尺地形图的基础上,编制成较小比例尺的地形图,或根据需要以城市基本图为基础,编制成各种公开图、专题图或图集等。编绘作业数学基础的展绘精度、资料转绘和各要素的绘制精度,必须符合相应比例尺地形图测量规范或编绘规范的规定。

制印是地图制图过程的最后一个环节,也是整个测绘工作的最后一道工序。快速复制有重氮晒图、静电复印和水洗蓝图等方法;对于印量大的地图,应采用平版印刷,平版印刷主要包括复照、翻版、修版、晒版、打样和胶印等工艺流程。不论采取何种制印方法,原图和复制图均应符合《规范》规定的质量标准。

随着计算机地图制图技术的发展,伴随着数字测图技术的普及,城市地图制图方法也发生了很大变化,不仅效率高、速度快,而且美观。

城市地图制图具有以下特点:

(一)比例尺种类多

城市地图系列的比例尺种类多,其内容和表现形式亦多种多样。城市实测地形图比例尺有 $1:500$ 、 $1:1\,000$ 、 $1:2\,000$ 、 $1:5\,000$ 和 $1:10\,000$;编绘的地图有 $1:25\,000$ 、 $1:50\,000$,

1:100 000,编绘的公开图、专题图或图集品种就更多,它们以各种不同的形式表现其需要的信息内容。每个城市无需各种比例尺和图种都齐全,可根据城市的规模和实际需要来进行选择。

(二)比例尺大、图幅多、精度高、现势性强

城市1:2 000~1:500地形图比例尺大、图幅多,要求精度高、现势性强,每幅图的用量虽不大且不均衡,但要求供图快,因此宜采用快速复制方法供图。城市1:5 000和1:10 000地形图图幅较少,内容相对稳定一些,使用时间较长,可根据需要采用平版印刷。

(三)适于编制各种专题图等

城市是一个地区的政治、经济、文化和科技的中心,为了促进经济、文化、旅游等事业的发展,可以编制和印刷各种公开图、专题图和图集等。如行政区域图、街道图、交通图、旅游图、邮政图、震害图、规划图集、农业图集、气候图集、国土资源图集、环境图集、历史图集等。

(四)城市实测大比例尺地形图具有密级性

城市中因有一些国防、军事要地,有一些重要的国家经济、科研部门和政府、军事机关等保密单位,在实测大比例尺地形图时,某些部门往往拒测。在编制各种公开图和图集时,对其中保密单位应进行技术性处理或不予标示。

§ 1-3 城市测量技术发展的现状与方向

近十几年来测绘科技的飞速发展,使城市测量技术发生了显著和深刻的变化,其主要原因:一是随着我国社会的进步和发展,新城市不断涌现和老城市逐渐扩展、更新,对城市测量提出了新任务、新课题和新要求,同时,城市测量的服务范围越来越广,也促进了城市测量技术的发展;二是世界现代科学技术在高新技术领域取得了惊人的成就,特别是电子计算机、微电子技术、激光技术、遥感技术和空间技术的发展与应用,以及测绘科技本身的进步,为城市测量提供了新的工具和测量手段,推动了城市测量技术的发展;三是十几年来,测绘主管部门对城市测绘队伍的建设、人才的培训、标准的制定、装备的改善和管理的加强,都给予了积极的关心与指导,做了许多有益的工作,有力地促进我国城市测量事业的进步与发展。

随着测绘科技向高新科技方向发展,今后城市测量技术的发展趋势是测量数据的自动采集、自动处理,以及数据的科学存储、管理和应用,建立专用或通用数据库(或信息系统),还有如全球定位系统(GPS)、遥感(RS)等新技术的开发应用。

下面就城市测量技术发展现状和方向的主要方面作一概略的介绍:

一、先进的地面测量仪器在城市测量中的应用

(一)光电测距仪

光电测距仪的飞速发展和应用给城市测量带来了巨大的变化。改变了城市控制网的传统布网方法,三角网逐步被三边网、边角网、测距导线网所代替;导线测量(包括各等级、工程和图根导线)中的钢尺量距逐步被测距仪测边所代替;三、四等水准测量将逐步被电磁波测距三角高程测量所代替;电子速测仪为细部测量提供了理想的仪器;具有自动跟踪和连续显示功能的测距仪大大简化了施工放样测量工作;免棱镜测距仪解决了测量员难以攀登和无法到达的测量点的测距工作。光电测距仪在城市测量工作中的广泛应用,不仅提高了测量的精度和工效,而且降低了成本、减轻了劳动强度、提高了外业工作安全性。

(二)精密光电测距仪

精密光电测距仪的应用逐步代替了传统的基线丈量,为精密工程控制网的建立、大型超高层建筑物的变形观测、地壳形变监测等城市精密工程测量提供了可靠的工具。近几年出现的典型精密光电测距仪的技术规格如表 1-1 所示。其中,ME3000 采用高频调制“可变光路法”测相,自动补偿进行气象改正。ME5000 采用的高频调制不再是脉冲的,而是连续形式简化测定调制频率的方法,通过测量气象要素进行改正,优于自动补偿,而且仪器的自动化程度更高了。LDM2 利用红光和蓝光所测距离的差值计算大气折光的影响并进行改正,从而减少了测距的比例误差。欧洲原子核研究中心,曾用此仪器建立大型正负电子对撞机的平面控制网,其对撞机的地下环长达 27 km,测量结果仪器达到的相对精度为 0.9×10^{-7} ,控制网的 95% 置信椭圆的长半轴小于 1.5 mm。

表 1-1 精密光电测距仪的技术规格

仪 器 名 称	测 程/km	标 称 精 度 $\pm (a^{\text{mm}} + b \times 10^{-6})$	备 注
Mekometer ME3000	3.0	0.3	
ME5000	5.0	$0.2 \pm (0.2 \sim 0.1)$	采用 He-Ne 激光器
Geomenson CR204	10.0	$0.1 \pm (0.1 \sim 1.0)$	
Tetrameter LDM2	20.0	$0.1 + 0.1$	双色激光测距仪

近几年来,我国一些高校及科研生产部门也陆续引进少量的 ME3000、ME5000 用于高精度的测距。中芬测绘科技合作建立的北京长阳标准长度基线场,是采用维塞拉干涉仪精密丈量的基线场,精度达 10^{-7} ,是我国第一个精密测距仪检定场。

(三)电子经纬仪

电子经纬仪的出现是地面测量技术进步的标志之一。电子经纬仪的测角精度与精密光学经纬仪相当,但它与光学经纬仪相比具有以下突出的优点:

- (1)野外测量结果自动记录在电子手簿里,减少了读数的误差和记录的粗差,提高了测量精度和工效;
- (2)利用电子经纬仪中的微处理器,通过传感器可以自动地改正轴系误差,提高测量精度;
- (3)距离归化、高差和坐标计算均可在仪器上直接完成,减轻了内业计算工作量;
- (4)角度测量时自动扫描整个度盘,并取平均值作为测量结果,从而消除了度盘的分划误差和偏心差。

由于电子经纬仪具有的特点,从而提高了工作效率和作业精度,减轻了野外作业人员的劳动强度,并为测量工作的自动化和半自动化创造了条件。

(四)全站仪

全站仪的出现和应用为地面测量的自动化打下基础。全站仪是集电磁波测距、电子测角、微处理器为一体的测量仪器系统,全站仪可以利用电子手簿把野外测量结果自动记录下来,通过接口设备传输到计算机,利用“人机交互”方式进行测量数据的自动采集和处理。还可以把由微机控制的跟踪设备加到全站仪上,对一系列目标(棱镜)自动测量,即所谓的“测量机器人”,如 Leica TCA2003 测量机器人(见图 1-1),它采用双探测器读数,实现动态测角,进一步消除度盘分划误差,测角精度可达 $\pm 0.5''$,距离测量采用 50MHz 高频测尺,增加了测频线路,在测距时,同时测定红外光波的频率,计算瞬时波长,保证了测尺准确性,从而提高了测距精

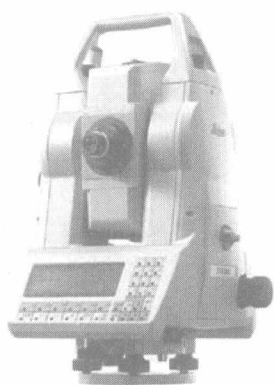


图 1-1

度,也免去了仪器检验中乘常数的测定,测距精度可达 $\pm(1\text{ mm} + 1 \times 10^{-6})$;仪器内装 32 位微处理器,仪器操作系统及应用程序全部计算机化,用户可根据需要自行装卸仪器系统文件和程序;机载应用程序开发语言——GeoBasic 支持用户在 PC 机上用类 Visual Basic 的 GeoBasic 语言开发和仿真全站仪用机载应用程序,通过 WorkBench 装载到 TCA2003 全站仪,满足用户外业测量控制的特殊需求;该全站仪可自动跟踪棱镜,自动识别目标,进行自动测量。

全站仪的应用,实现了野外测量数据的自动采集,为测图向数字化、自动化方向发展开辟了道路。利用传输的接口把全站型仪器野外采集的数据终端与电子计算机、绘图仪连接起来,配备数据处理软件和绘图软件系统,实现了测图自动化即机助成图系统。国内目前市场上比较成熟的大比例尺数字测图软件有两类,一类是在 AutoCAD 平台上开发的,如广州南方测绘公司开发的 CASS 系列,广州开思公司开发的 SCS 系列,北京威远图公司开发的 SV300 等。另一类则是在自主平台上研制的,如清华山维 EPS2003,中地数码公司研制的 MapSuv,北京超图研发的 SuperMap Survey 等。这些数字测图软件适用于小面积的地形测量、地籍测量和工程图的测绘。这种内外业一体化的成图系统,省时省力,精确简捷,数据采集一测多用,已成为当今测绘界瞩目的新技术设备,它为地面测量自动化和建立测绘数据信息库打下了基础。

(五)几何水准测量仪

几何水准测量仪器向自动化、数字化方向发展。水准仪的发展首先是从微倾式水准仪到自动安平水准仪,之后,随着数字电子学的发展,1990 年以来,瑞士徕卡、德国蔡司和日本拓普康等公司相继推出不同类型的电子水准仪。它们都以具有补偿装置的光学自动安平水准仪为基础,视准光束一部分通过一般光路,仍可进行光学读数,另一部分经过分光镜转折到 CCD 行阵传感器的像平面上,通过图像处理,实现电子读数,如图 1-2 所示。

电子水准仪采用条纹编码标尺和电子影像处理原理,用 CCD 行阵代替人的肉眼,将望远镜像面上的标尺成像转换成数字信息,可自动进行读数记录、各项限差的计算,实现了作业的一体化、自动化和数字化。

威特公司于 1990 年首先研制出数字水准仪 NA2000,蔡司公司于 1994 年研制出数字水准仪 DiNi10/20,蔡司公司最新推出的 DiNi12 数字水准仪(见图 1-3),其技术指标如表 1-2 所示。

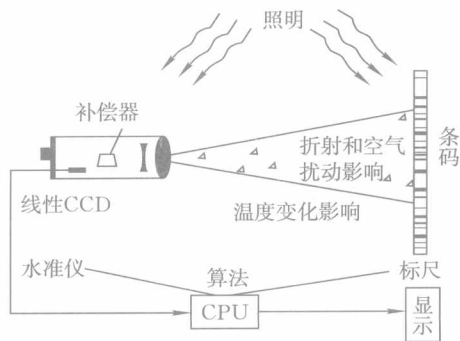


图 1-2



图 1-3

表 1-2 DiNi12 数字水准仪技术指标

仪 器	每公里往返测精度/mm	测量范围/m	补偿范围/(′)	安平精度/(″)	最短视距/m
DiNi12	0.3	1.5~100	±15	±0.2	0.8

(六)数字测图技术

数字测图技术改变了传统的测图模式。数字测图技术是基于测绘学理论和计算机辅助设计技术而形成的一种全解析机助地形图测绘技术。数字测图技术的产生使地形图测绘技术产生了质的飞跃,可以说是地形测量方法的技术革命。

与传统的模拟测图方法比较,数字测图技术具有以下优点:工作效率高,解析地形数据精度高,地形图容易更新,成果容易保存,一测多图(测绘 1 : 500 地形图,就可以很容易地编绘出其他大比例尺地形图)。

数字测图技术作为现代化地形测量手段,在测绘领域的应用越来越广泛。随着地理信息系统(GIS)技术的发展与普及,数字测图技术作为 GIS 前端数据采集方法,其作用也日益明显,数字测图技术已经不再是一门单纯的自动化地图生产技术,而将在空间信息服务领域发挥巨大的作用。

(七)三维激光扫描技术

三维激光扫描技术是近年来发展的一门新兴技术,自 20 世纪末该技术在长距离观测中的成功应用,使得对其在高大复杂建筑物的应用研究成为可能,这是继 GPS 之后的又一项测绘技术新突破。该技术通过高速激光扫描测量的方法,以点云的形式获取物体或地形表面的阵列式几何图像数据,从而快速、大量地采集空间点位信息,为快速建立物体的三维影像模型提供了一种全新的技术手段。

三维激光扫描仪(见图 1-4)可主动发射激光,同时接收自“自然物表面”反射的信号进行测距,针对每一扫描点可测得测站至扫描点的斜距。三维激光扫描仪通过数据采集获得测距观测值 S ,精密时钟控制编码器同步测量每个激光脉冲横向扫描角度观测值 α 和纵向扫描角度观测值 θ 。地面三维激光扫描测量一般使用仪器内部坐标系统, X 轴在横向扫描面内, Y 轴在横向扫描面内与 X 轴垂直, Z 轴与横向扫描面垂直。



图 1-4

三维激光扫描技术又称“实景复制技术”,它可以深入到任何复杂的现场环境中进行扫描操作,并直接将各种实体的三维数据完整地采集到电脑中,进而快速重构出目标的三维模型及线、面、体、空间等各种制图数据。同时,它所采集的点云数据还可以进行各种后处理工作,如测绘、计量、分析、仿真、模拟、展示、监测、虚拟现实等。所有采集的三维点云数据及三维建模