



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

数字化测图

测量工程技术专业

主编 范国雄

中国建筑工业出版社

SHUZHIZHUA

图例 (11) 目录索引

中等职业教材：东北— 主编 范国雄 副主编 田青文

ISBN 7-112-02421-4

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

数字化测图

(测量工程技术专业)

主 编 范国雄

责任主审 田青文

审 稿 梁 明 栾卫东

中等职业教育与成人教育用

2002年10月

2002年10月

1中

1中

32开

32

32开

2002年10月

ISBN 7-112-02421-4

7-112-02421-4

7-112-02421-4

7-112-02421-4

中国建筑工业出版社

http://www.ces.com.cn

http://www.china-building.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

数字化测图/范国雄主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2003

中等职业教育国家规划教材. 测量工程技术专业

ISBN 7-112-05421-4

I. 数... II. 范... III. 数字化制图-专业学校-教材 IV. P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 044240 号

本书是中等职业教育国家规划教材之一。教材力求反映当前数字测图的新技术与新方法。主要内容有: 大比例尺数字测图概述, 计算机地图制图的基础知识, 野外数据采集与处理、数据格式的转换, AutoLISP 语言基础、常用测量绘图程序编程与应用, 数字测图系统介绍等。为了理论与实践相结合, 书中提供了较多的编程实例, 供读者参考。

本书可作为中等专业学校测绘类专业学生的教材或教学参考书, 也可作为测绘生产一线的工程技术人员及有关专业的技术人员和学生的参考书。

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

数字化测图

(测量工程技术专业)

主 编 范国雄

责任主审 田青文

审 稿 梁 明 栾卫东

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 6½ 字数: 154 千字

2003 年 7 月第一版 2006 年 9 月第四次印刷

印数: 4 701—6 200 册 定价: 8.00 元

ISBN 7-112-05421-4

TU · 4745 (11035)

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>

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2002 年 10 月

ISBN 7-309-05421-4

中国地图出版社

前言

进入新世纪,经济全球化、全球信息化已成为不可阻挡的必然趋势。人类发展史将进入一个崭新的信息化时代,传统产业正经历着一场前所未有的深刻变革。当前测绘学科正开展一场以 3S (GPS、GIS、RS) 技术为代表的新技术革新,特别是 GIS 技术的发展更为迅猛,它使得测绘学科已成为整个国民经济建设的重要内容。随着经济建设的不断发展,社会对空间、地理信息的需求迅速扩大,如何及时提供准确、现势性好的大比例尺数字地图已成为测绘部门的紧迫任务。

由于计算机制图技术的飞速发展,各种先进的数据采集设备和数据处理方法的出现为大比例尺数字测图的实施提供了保障。例如由电子速测仪和电子记录手簿组成野外数据采集系统,记录的数据可直接传输给计算机,在相应的软件下进行人机交互处理,形成大比例尺地图图形数据。这种图形数据可以贮存在数据载体上,也可以用绘图仪绘图。贮存在数据载体上的数字形式的大比例尺地图就是大比例尺数字地图。现在,数字化测图技术正飞速发展,取代传统的手工白纸测图在所必然。数字测图是测绘现代化水平的标志之一,是测量专业人员必须掌握的一项测绘新技术。

本书的主要内容包括:第一章介绍大比例尺数字地图的概念、数字测图的作业过程与模式、数字测图系统的软硬件配置要求及大比例尺数字测图技术设计。第二章介绍了计算机地图制图的基本概念、坐标变换、基本图形元素绘制方法、二维图形裁剪、地图符号的自动绘制及等高线绘制方法等内容。第三章讨论了数据采集的内容与方式、碎部点测算方法、全站仪及其使用方法、数据的记录格式和信息编码及数据格式的转换等。第四章简介 AutoCAD 2000 的功能特点及二次开发环境、AutoLISP 语言基础及常用测量绘图程序编程与应用。第五章介绍了数字测图系统、CASS4.0 菜单之功能和操作及 CASS4.0 数字化成图的作业过程。

本教材是教育部 21 世纪中专规划系列教材之一。本书的编写分工为:第一、三、四、五章由东南大学范国雄编写;第二章由云南省旅游学校韦明体编写;全书由范国雄统稿。

本书受教育部委托由西安科技学院测量工程系梁明教授和长安大学地球科学与国土资源学院栾卫东副教授审稿,并由长安大学地质工程与测绘工程学院田青文教授主审。在教材的编写过程中参考了有关院校的教材,很多同行提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请各位读者批评指正。

目 录

第一章 大比例尺数字测图概述	(1)
第一节 大比例尺数字地图	(1)
第二节 大比例尺地面数字测图的作业过程与模式	(2)
第三节 数字测图系统的软硬件配置	(5)
第四节 大比例尺数字测图技术设计	(8)
第二章 计算机地图制图的基础知识	(10)
第一节 计算机地图制图的基本概念	(10)
第二节 坐标变换	(11)
第三节 直线绘制	(13)
第四节 圆、圆弧及曲线的绘制	(14)
第五节 二维图形裁剪	(15)
第六节 地图符号的自动绘制	(18)
第七节 等高线绘制	(22)
第三章 野外数据采集与处理	(28)
第一节 数据采集的内容与方式	(28)
第二节 碎部点测算方法	(29)
第三节 全站仪及其使用方法	(31)
第四节 野外采集数据的记录格式和信息编码	(43)
第五节 数据格式的转换	(45)
第四章 AutoCAD 2000 及二次开发	(48)
第一节 AutoCAD 2000 简介	(48)
第二节 AutoLISP 语言基础	(51)
第三节 常用测量绘图程序编程与应用	(63)
第五章 数字测图系统	(73)
第一节 概述	(73)
第二节 CASS4.0 菜单之功能和操作	(77)
第三节 CASS4.0 数字化成图的作业过程	(90)
附录 A CASS4.0 的野外操作简码表	(92)
附录 B 思考题参考答案	(94)
参考文献	(96)

第一章 大比例尺数字测图概述

第一节 大比例尺数字地图

一、大比例尺数字地图的概念

数字地图是指用数字形式描述地图要素的属性、定位和连接关系信息的数据集合。

数字化测图是指将地面模型以数字形式表示,经过电子计算机及相关软件编辑、处理后得到相应的数字化地形图的作业过程。实质上数字测图是一种全解析、机助测图方法。

随着社会对空间、地理信息的需求迅速扩大,大比例尺数字测图已成为测绘技术变革的一个重要内容。计算机制图技术的飞速发展,各种先进的数据采集和处理方法的出现为大比例尺数字测图提供了条件。例如由电子速测仪和电子记录手簿组成野外数据采集系统,记录的数据可直接传输给计算机,在相应的程序系统下进行人机交互处理,形成大比例尺地图图形数据。这种图形数据可以贮存在数据载体上,也可以用自动绘图仪绘图,贮存在数据载体上的数字形式的大比例尺地图就是大比例尺数字地图。

二、大比例尺数字地图的特点

由于大比例尺数字地图以数字形式贮存,因此,在实际应用中它具有快、动、层、虚、传、量等现代信息特点。“快”即通过电子计算机能实现地图图形、数据文件的快速存取;“动”就是可以实现窗口放大、动画、屏幕漫游及颜色瞬变等技术;“层”就是能按地图要素分别进行显示,如居民地层、道路层、水系层、管线层、等高线层等分别或综合显示;“虚”即可以利用虚拟现实的技术将地图立体化、动态化;“传”就是利用数据传输技术能方便、快捷地将地图传输至其他地方或用户,如利用网络或信息高速公路来进行数据传输;“量”就是可以实现图上的长度、角度及面积的自动化量测,并且数据精度基本上没有损失,只要配备相应的软件就可轻而易举地实现这些功能。与传统的白纸地图相比,它具有如下主要特点:

1. 输出成果多样化

由于数字地图是数字形式贮存的,可根据用户的需要,在一定比例尺范围内可以输出不同比例尺和不同图幅大小的地图;除基本地形图外,还可输出各种用途的专用地图。例如:地籍图、管线图、水系图、交通图、资源分布图等。

2. 点位精度高

在大比例尺地面数字测图时,碎部点一般都是采用电子速测仪直接测量其坐标,所以具有较高的点位测量精度。按目前的测量技术,地物点相对于邻近控制点的位置精度达到5cm是不困难的。另外,用自动绘图仪依据数字地图绘制图解地图,其位置精度均匀,自

动绘图仪的精度一般高于手工绘制精度。根据城市测量规范规定，常规的图解地图的精度，图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差为图上 0.5mm。按这一精度标准，在 1:500 比例尺地图上相当于地面距离为 25cm。即使提高碎部测量的精度，但手工绘图的精度也很难高于图上 0.2mm，在 1:500 比例尺地图上则相当于实地距离为 10cm。显然数字测图的精度要高于手工白纸测图。

3. 成果更新快

城市的发展加速了城市建筑物和城市结构的变化，这都需要对地图进行连续的更新。如果采用常规的方法和摄影测量的方法来更新都是很麻烦的，但采用地面数字测量方法能够克服大比例尺地图连续更新的困难，只要将地图变更的部分输入计算机，通过数据处理即可对原有的数字地图和有关的信息作相应的更新，使大比例尺地图有良好的现势性。

4. 应用范围广

大比例尺数字地图的用途十分广泛。除了具有传统纸质地图的应用外，还有以下一些用途：

建立大比例尺地图数据库。城市建设的发展，有更多的部门需要利用大比例尺地图。这些数据能够用电子数据处理系统进行管理和处理，使更多的用户共享地图数据资源，使大比例尺地图得到新的应用。

为有关的信息系统（如 GIS）提供基础数据。随着经济的发展，城市的复杂性日益增长，城市人口的密集带来住宅、交通和各种管线的迅速增加，城市各管理部门迫切要求有城市环境的综合信息系统，也就是需要建立城市地理信息系统。而城市测绘工作所提供的地图和其他测量成果资料是城市地理信息系统的基础。

尽管大比例尺数字地图具有很多优点，但是一个地区大比例尺数字地图的建立需要相当大的人力与财力的投入。另外，要实现数字地图的高效率，在仪器设备上也需要相当大的投入；人员的专业素质也有待提高。同时我们要认识到：对于一个城市、工矿企业而言，大比例尺数字地图是一种基本地图，是一种共享的信息资源。应该一次成图应满足各方面用户的需要，避免各部门为各自的目的生产专用的数字地图，从而造成人力与财力的浪费。

第二节 大比例尺地面数字测图的作业过程与模式

一、数字测图的基本作业过程

大比例尺数字测图分为三个阶段：数据采集、数据处理和地图数据的输出。

数据采集和编码是数字测图的基础，这一工作主要在外业期间完成。内业进行数据的图形处理，在人机交互方式下进行图形编辑，生成绘图文件，最后由绘图仪绘制大比例尺地图。其作业流程如图 1-1 所示。各阶段的具体作业内容有：

1. 数据采集与编码

数字测图时数据采集和编码的具体测量工作包括图根控制测量和地形碎部点的测量工作。采用电子速测仪或者是测距仪加经纬仪进行观测，用电子手簿记录观测数据或经计算后的测点坐标。这样，每一个碎部点的记录，通常有点号、观测值或坐标，另外还

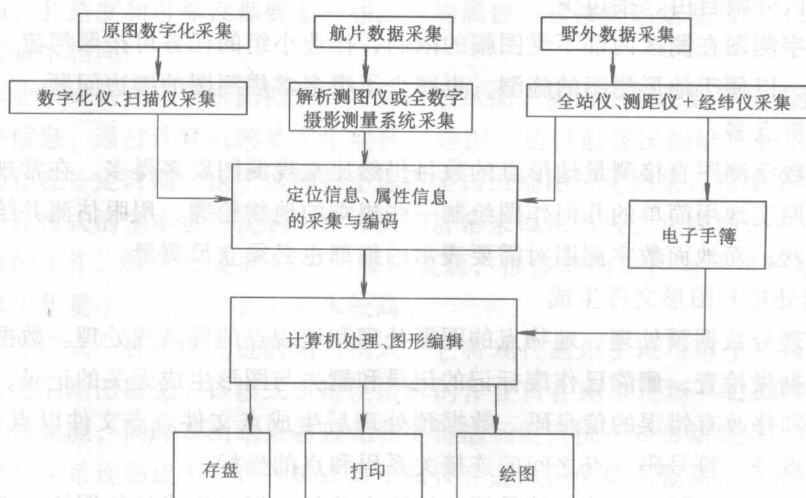


图 1-1 大比例尺数字测图的流程示意图

有与地图符号有关的符号码以及点之间的连接关系码，这些信息码以规定的数字代码表示。输入这些信息码极为重要，因为地面数字测图在计算机制图中自动绘制地图符号就是通过识别测量点的信息码执行相应的程序来完成的。信息码的输入可在地形碎部测量的同时进行，即观测每一碎部点后随即输入该点的信息码；或者是在碎部测量时绘制草图，随后按草图输入碎部点的信息码。地图上的地理名称及其他各种注记，除一部分根据信息码由计算机自动处理外，不能自动注记的需要草图上注明，在内业通过人机交互编辑进行注记。

大比例尺地面数字测图的外业工作和常规测图工作相比，具有以下不同点：

(1) 自动化程度高

常规测图在外业基本完成地形原图的绘制，地形测图的主要成果是以一定比例尺绘制在图纸或薄膜上的地形图。地形图的质量除点位精度外，往往和地形图的手工绘制有关。地面数字测图由外业完成观测，记录观测值或坐标、输入信息码，不需手工绘制地形图，这使地形测量的自动化程度得到明显的提高。

(2) 碎部测图和图根加密一体化

常规测图先完成图根加密，按坐标将控制点和图根点展绘在图纸上，然后进行地形测图；地面数字测图工作的地形测图和图根加密可同时进行，即在未知坐标的测站点上设站，利用电子手簿测站点的坐标计算功能，观测计算测站点的坐标后，就可进行碎部测量。这样就实现了碎部测图和图根加密一体化作业。

(3) 测量范围大、图根点密度小

地面数字测图主要采用极坐标法测量地形点，根据红外测距仪的观测精度，在几百米距离范围内误差均在几个厘米左右，因此在通视良好、定向边较长的情况下，地形点到测站点的距离比常规测图可以放长。同时，图根点密度比常规测图也要小得多。按现行规范规定，1:1000 数字测图的图根点密度为每平方公里 16 点，而常规白纸测图时为 50 点。

(4) 分区分幅自由、接边少

地面数字测图在测区内部不受图幅的限制，作业小组的任务可按照河流、道路等自然分界来划分，以便于地形测图的施测，也减少了很多常规测图的接边问题。

(5) 解析点多

但地面数字测图直接测量地形点的数目仍然比常规测图要多得多。在常规测图中，作业员可以对照实地用简单的几何作图绘制一些规则的地物轮廓，用眼估测并绘制细小的地物和地貌形状；而地面数字测图对需要表示的细部也必须立尺测量。

2. 数据处理和图形文件生成

数据处理分数据预处理、地物点的图形处理和地貌点的等高线处理。数据预处理是对原始记录数据做检查，删除已作废标记的记录和删去与图形生成无关的记录，补充碎部点的坐标计算和修改有错误的信息码。数据预处理后生成点文件。点文件以点为记录单元，记录内容是点号、符号码、点之间的连接关系码和点的坐标。

根据点文件形成图块文件，就是把与地物有关的点记录生成地物图块文件，与等高线有关的点记录生成等高线图块文件。

图块文件生成后可进行人机交互方式下的地图编辑。在人机交互方式下的地图编辑，主要包括删除错误的图形和不需要表示的图形，修正不合理的符号表示，增添植被、土壤等配置符号以及进行地图注记。编辑过程中，在屏幕上的图形修改会对相应的图块文件作出修改，形成新的图块文件。人机交互编辑必须根据测量的地形点和草图进行修改。在编辑中发现的问题应按地形测量规范合理解决，必要时要通过外业复测后修改。

图块文件经过人机交互编辑后形成数字地图的图形文件。

3. 地图数据的输出

地图数据的输出可以图解和数字方式进行。图解方式是用自动绘图仪绘图，数字方式是数据的贮存，图形文件转换，建立数据库等。

二、地面数字测图作业模式

采用何种数字测图作业模式，取决于仪器设备状况与软件设计思路的不同。目前国内数字测图模式主要有以下几种：

(1) 全站仪（有内存），自动记录；全站仪（无内存）+ 电子手簿，手工记录。

(2) 测距仪 + 经纬仪 + 外业记录器，手工记录。

(3) 平板仪测图 + 跟踪数字化或扫描数字化。

(4) 电子平板测图。

(5) 镜站遥控电子平板。

(6) 航片测量 + 计算机处理。

第一种模式是一种常用作业模式，为大多数图形编辑软件所支持；它自动化程度高，可以较大地提高外业工作效率。由于全站仪可以直接提供碎部点的坐标与高程，作业中主要的问题是采集地物属性与连接关系这些信息。一般应在现场对碎部点编号、确定属性与连接关系及绘制草图，以便内业图形编辑处理。这样既保证了地物属性与连接关系的正确性，又提高了工作效率。

第二种模式是一种过渡的模式，它充分发挥现有测距仪和计算机（器）（如 PC - E500、PC - 1500）的作用，运行其相应的记录程序来记录观测数据，一般是手工键入数

据。可想而知，其速度和可靠性都要差一些。地物属性与连接关系这些信息的采集与处理同第一种模式基本相同。

第三种作业模式是先用平板测图的方法测出白纸图，然后用跟踪数字化或扫描数字化方式采集有关信息，通过计算机的处理生成数字地图。从目前我国测绘行业的现状来看，这种模式还会存在一定时期。由于这种数字地图是白纸地图转化而来，精度会降低不少。

第四种作业模式的基本思想是利用计算机的屏幕来模拟图板，在现场一步完成数据采集、图形编辑的工作。其优点是现场图形编辑直观，很多地物属性与连接关系可直接处理，内业编辑工作量小。但对设备的要求较高。

第五种作业模式是目前最先进的测图模式。它将现代通讯手段与电子平板结合起来，彻底改变了传统的测图概念。该模式由持便携机的作业员在跑点现场一边指挥棱镜跑点，一边遥控全站仪观测，同时观测结果通过无线电传输到便携机，并自动展点。作业员可根据展点和点位关系现场成图。这种模式对全站仪和通讯设备要求较高，全站仪必须具有自动跟踪功能。

第六种作业模式的基本方法是用解析测图仪测量相片上地物点的坐标，通过数模转换器将测量结果传输到计算机处理，形成数字测图软件支持的数据文件，通过编辑生成数字地图。

另外，还有全数字摄影测量方法。它是近年来兴起的新技术，代替传统的解析测图仪已是大势所趋。

第三节 数字测图系统的软硬件配置

作为一个功能齐全的数字测图系统，其相应的软硬件必须满足一定的要求。硬件主要包括数据采集与输入、数据处理、图形及数据输出三大部分的硬件；软件主要是指数据传输、数据处理、图形编辑软件等。

一、数据采集与输入硬件

由于数据采集与输入的方法不同；其硬件配置可分为如下几种组合：

1. 野外直接数据采集

该种作业方法中主要硬件设备包括：全站仪、测距仪、经纬仪等。

2. 航片数据采集

在获得航片后，该种作业方法中主要硬件设备包括：解析测图仪和全数字摄影测量系统硬件等。

3. 原图数字化数据采集

在原图上进行数据采集，主要硬件设备包括：跟踪数字化仪、扫描数字化仪等。

数字化仪又称图数转换器，其功能是将图形转换成数字数据。它由操作平板、游标和接口装置构成。其工作方式是将地图固定在平板上，手扶游标，使游标中心对准图形的特征点，逐点数字化。在数字化的同时，利用菜单或计算机键盘输入图形代码。目前大比例尺地图数字化生产中，手扶跟踪数字化仪应用较为广泛。手扶跟踪数字化仪的主要技术指标是分辨率和精确度。分辨率是能分开相邻两点的最小间隔，一般为 $0.01 \sim 0.05\text{mm}$ ，精确度是量测值和实际值的符合精度，一般为 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 。

扫描仪的作用是将图形、图像快速数字化。扫描得到的是栅格数据，是每个像素的灰度或彩色值。要经过矢量化软件处理才能生成矢量化线画图。

扫描仪分滚筒式和平台式两种类型。滚筒式扫描数字化仪主要由滚筒、扫描头和 X 方向导轨组成，图纸固定在滚筒上，滚筒旋转一周，扫描头沿 X 导轨移动一个行宽，直至整幅图扫描结束，即得到原图的像元矩阵数据。平台式扫描数字化仪由平台、扫描头和 X、Y 导轨组成，图纸固定在平台上，扫描头在 X 导轨上移动，X 导轨可沿 Y 导轨方向移动，这样扫描头作逐行扫描，同样获得原图的像元矩阵数据。

图像扫描仪的主要技术指标是分辨率，一般为 300dpi (dot per inch)，有的可更高一些。

二、数据处理设备

该部分的硬件主要有电子计算机及附属设备。

作为大量数据处理与图形编辑的工具，其配置要高一些，特别是硬盘容量、内存与显存及运算速度都应要求高一些。

三、图形、数据输出设备

该部分的主要硬件设备包括：显示器、绘图仪、打印机等。绘图仪是计算机图形系统常用的图形输出设备，它可以将计算机中以数字形式表示的图形用绘图笔（或针等）绘在图纸或图膜上。绘图仪的种类很多，在幅面大小、结构形式、控制方式和接受图形数据的格式等方面有很大的差别。大比例尺计算机绘图常采用的矢量绘图仪，按其台面结构分为平台式绘图仪和滚筒式绘图仪。绘图仪的幅面大小常应用 A₁ 或 A₀ 幅面。

滚筒式绘图仪的结构比较简单，图纸贴在圆柱形滚筒上，当滚筒由伺服电机驱动作正反向旋转，图纸同步地作 X 方向移动；笔架由伺服电机驱动，在平行于滚轴线的固定导轨上作 Y 方向移动，绘图笔的起落由电磁铁驱动。这样，图纸的 X 方向移动和笔架的 Y 方向移动的组合，产生矢量绘图。

滚筒式绘图仪可以在 X 方向连续绘制长图，绘图速度快，但绘图精度低，通常用于校核绘图和低精度的绘图。

绘图仪的主要技术指标如下：

1. 精度

精度是绘图仪的主要技术指标，它主要包括重复精度、定位精度和动态精度。

重复精度是绘图仪在重复绘制曲线时反映的误差。定位精度是绘图仪绘制某一坐标点出现的定位误差，它包含重复误差。定位的系统误差可以通过软件修改 X、Y 方向的长度比得到改正。绘图仪的综合精度是定位精度和动态精度的综合，高精度绘图仪的精度在 0.02 ~ 0.1mm。

2. 速度

绘图仪的速度是指绘图头作直线运动时能达到的最高速度。和速度相联系的指标是加速度，高速的绘图仪加速度也大，这样绘图仪从低速达到最大速度所需要的时间就短，在绘短线段时也可达到很高速度。绘图仪的绘图速度一般每秒为几十毫米到几百毫米。绘图仪速度可以分级选择，可视使用的绘图笔和绘图纸调整绘图速度。

3. 步距

步距又称脉冲当量或分辨率。由绘图仪控制系统向驱动部件发出一个走步脉冲时绘图头(或滚筒)在 X、Y 方向上移动的距离,称为步距。步距一般为 0.01 ~ 0.05mm,步距越小,绘图精度越高,绘图的线条更显得光滑。

随着计算机与绘图技术的不断发展,喷墨绘图仪的使用越来越广。其工作原理与喷墨打印机相同,分辨率一般为 300dpi 以上。与传统的笔式绘图仪相比有很多优点:因为取消了抬笔、落笔等绘图的机械动作,效率大大提高;在填充、改变线宽、阴影绘制等方面也是更胜一筹。

四、数字测图软件

一个较完整的数字测图系统,其软件包括系统软件和应用软件两大部分。

系统软件包括操作系统和操作计算机所需的其他软件。

应用软件是为处理特定对象而专门设计的,如文字处理软件、数据库管理软件、计算机制图软件等。

目前在国内使用较多的计算机制图软件主要有以下种类:

1. AutoCAD

2. MicroStation PC 系统

3. 自行开发的软件系统

AutoCAD 是 Autodesk 公司研制的微机图形系统,它是一个通用的交互式软件包。从早期的 V1.0 版本发展到目前的 AutoCAD 2000 版本,作了多次重大的修改,其功能不断增强、日趋完善。AutoCAD 具有很强的图形构造、编辑显示功能,现已发展成集三维设计、真实感显示及通用数据库管理于一体的图形处理系统。AutoCAD 的另一个特点是它的开放性,它提供了标准格式文件与高级语言连接的功能。用户可以用 AutoLISP 或 C 语言编写应用程序,对其进行二次开发。AutoCAD 实际上已成为世界上最流行的计算机辅助设计软件之一,在我国也得到了极为广泛的应用。

MicroStation PC 系统是 Intergraph 公司推出的微机图形系统。在功能上,它除具有一般图形系统必备的作图、文字、尺寸、画层、编辑、画面操作、输出等功能外,还具有较强的三维造型及渲染功能,提供了与关系数据库的接口、提供参考文件,能同时支持两个屏幕显示等特点。MicroStation 采用了 Motif 标准的图形用户界面,省去了用户记忆系统命令的时间,可以更有效地利用屏幕的面积。另外, MicroStation 也提供了二次开发语言 MDL 及其开发环境。MDL 以 C 语言为基础,增加了许多图形处理库函数,并提供了事件驱动函数。因为 MicroStation 多元素的数据结构也是公开的,有利于深度的二次开发。因此, MicroStation 的应用也相当广泛。

自行开发图形软件主要有两个途径:一是以 AutoCAD 或 MicroStation 为开发平台,利用 AutoLISP 或 MDL 语言进行用户应用程序开发,以满足专业图形处理的需要。例如 CASS4.0 就是南方公司以 AutoCAD 为平台开发的地形地籍测图系统软件。另外,就是用户自行开发。一般用 C 语言来开发、构筑图形处理系统,比以 AutoCAD 或 MicroStation 为开发平台要困难得多,但也有不少优点:如可按用户要求设计相应的界面;设计合乎用户操作习惯的编辑方式;如清华山维的 EPSW 电子平版测图系统及武汉瑞得的 RDMS 测图系统等。另外,自行开发软件可享有独立的版权。

第四节 大比例尺数字测图技术设计

技术设计的目的是制定切实可行的技术方案,保证测绘产品符合技术标准和用户的要求,并获得最佳的社会效益和经济效益。

技术设计分项目设计和专业设计两大内容。项目设计是对具有完整性的测绘工序内容,且其产品可提供社会直接使用和流通的测绘项目所进行的综合性设计。

专业设计是在项目设计的基础上,按工种进行具体的技术设计,是指导作业的主要技术依据。

技术设计的依据是上级下达任务的文件或合同书、有关的法规与技术标准、生产定额、成本定额及装备标准等。技术设计的原则是从整体到局部,顾及发展,满足用户要求,重视社会效益和经济效益。广泛收集、分析与利用已有的测绘资料,积极采用新技术、新方法和新工艺。

项目设计书的主要内容包括任务概述、设计方案、计划安排和经费预算等,一般由项目负责人编写,报测绘主管部门审批。

数字测图技术设计属专业设计,按现行规范要求,数字测图技术设计主要包括一般规定、数据采集、数据处理与图形处理、地形图绘制及验收等内容。现对各项中具体写法简述如下:

一、一般规定

(1) 结合工程的特点与要求确定数字测图的方法,并确定作业中的主要工序。

(2) 选定作业规范与成图图式。

(3) 确定测区控制测量及地形测量的精度要求。

(4) 确定成果的输出形式。

(5) 选定数字测图的硬件与软件的配置标准。

二、数据采集

主要对野外测量采集数据作出下列规定:

(1) 硬件系统配置可采用自动化或半自动化采集系统。

(2) 确定数字化测图的图根控制点的密度,在开阔地区不宜小于表 1-1 的规定,城市建筑区、地形复杂及隐蔽地区应以满足测图为原则,适当加大密度。

平坦开阔地区图根点密度

表 1-1

测图比例尺	1:500	1:1000	1:2000
图根点数/km ²	64	16	4

(3) 细部点坐标测量可采用极坐标法、量距法与交会法等;细部点高程宜用三角高程测量方法测定。细部点测量可与图根控制测量同时进行。

(4) 仪器对中误差不应大于 5cm。图根点定向检核时,平面位置误差不应大于图上 0.2mm。高程较差不应大于 1/5 基本等高距。仪器高、觇牌高应量记至毫米。

(5) 采集数据时,角度读记至秒,距离读记至毫米。

(6) 采用绘草图的数字化成图系统时,应在现场完成草图绘制。

(7) 测量内容与取舍应符合相应地形测量规范与图式的要求。

(8) 数据采集所生成的文件应便于检索、修改；文件格式可自行规定，但应具有通用性，便于转换。应做好文件的备份，保证数据安全。

三、数据处理与图形处理

(1) 数据处理的成果应具有准确性、一致性、通用性。为此，设计中应对数据处理后的主要成果作出规定，一般要包括下列文件：

- 1) 原始数据文件：数据采集时生成的文件。
- 2) 图根点文件：测区内所有图根点的三维坐标。
- 3) 细部点成果文件。
- 4) 绘图信息数据文件：按地物、地貌分类分层存贮，并能统计绘图信息的数据文件。

(2) 图形处理软件将数据处理的成果转换成图形文件时，所绘制的图形应符合国家现行图式符号的要求。图形处理软件系统应具有绘制独立地物符号、线状符号、面积符号、等高线、图幅剪裁以及图廓整饰的功能。图形处理的成果应符合下列要求：

- 1) 图形文件与相关的数据文件应彼此对应，并能互相转换。
- 2) 图形文件的格式宜与国家标准统一或便于相互转换。
- 3) 图形文件应便于显示、编辑、输出。

四、地形图绘制和验收

(1) 设计中应对生成地形图图形文件和输出成果的要求作出规定，并提出检查验收的方法，规定最终应提交的成果。一般要在绘图仪上输出地形图底图。对数字化成果进行检查和验收时应提供下列成果：

- 1) 成果说明文件。
- 2) 数据采集原始数据文件。
- 3) 图根点成果文件。
- 4) 细部点成果文件。
- 5) 图形信息数据文件。
- 6) 地形图图形文件。
- 7) 地形图底图。

(2) 另外，在编写技术设计时，还要注意以下几点：

- 1) 内容要明确，文字要简练。
- 2) 采用新技术、新方法和新工艺时，要说明可行性或生产的结果以及达到的精度。
- 3) 名词、术语、公式、符号、代号和计量单位等应与有关的法规和标准一致。

思考题

1. 什么是数字地图？
2. 数字地图有哪些特点？
3. 大比例尺数字测图有哪些主要作业过程？
4. 一个完整的数字测图系统需要哪些软、硬件配置？
5. 大比例尺数字测图技术设计包括哪些主要内容？

第二章 计算机地图制图的基础知识

数字化测图过程中,数据处理、图形编辑及图形输出都必须采用计算机制图技术。所以,数字化测图与计算机制图技术是密切相关的。为了更好地掌握数字化测图技术,首先应对计算机制图技术有必要的了解。在计算机制图中,经常要对图形进行编辑;例如要对图形进行缩放、旋转、图形裁剪、曲线绘制和线条拟合等,这就涉及到相应的制图数学知识,本章主要介绍图形坐标变换、直线、曲线的绘制、二维图形裁剪、地图符号绘制、等高线绘制等基础知识。

第一节 计算机地图制图的基本概念

图是科学技术领域里的一种共同语言,是人类信息交流的载体之一。传统的手工制图方式是十分艰苦的,但随着电子计算机制图技术的迅速发展,彻底改变了这一局面。它已在普通地图制图、专题地图制图、数字高程模型、地形测图、地籍测量、GIS等领域得到广泛应用。

计算机地图制图是根据地图制图原理和地图编辑计划的要求,利用电子计算机及其输入输出装置作为制图的主要工具,通过应用数据库技术和图形的数字处理方法,实现地图信息的获取、变换、传输、识别、存储、处理和显示,最后以自动或人机交互的方式输出普通地图或专题地图。

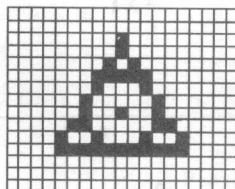
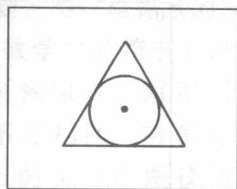
计算机地图制图方法实现的原理是基于从图形到数字的变换,经过处理,然后再由数字到图形的转换过程。地图上的图形实际上可以看成是空间的点集在一个二维平面上的投影,而平面上的任何一点可以用量 X 、 Y 表示其平面位置,用 Z 表示其属性特征(质量、数量或类型特征)。例如,一条等高线上的各点具有不同的 X 、 Y 坐标值,但有相同的 Z 值(高程)。实际上地图上的图形都可以分解成点、线、面三种图形元素,而其中点是最基本的图形元素。

在计算机地图制图中,必须将地图图形离散成计算机能够识别和处理的数据。目前表示地图图形的数据格式有矢量形式和栅格形式两种,简称矢量数据和栅格数据,如图2-1所示。

矢量数据是代表地图图形的离散点平面坐标(X , Y)的有效集合,一幅地形图(小比例尺)的矢量数据多达100~300万个坐标对。栅格数据是地图图形栅格单元(又称像元或像素)按矩阵形式的集合。一幅地图栅格数的多少,取决于图幅和栅格的大小,如果栅格的边长小于0.5mm,则一幅地形图的栅格数可达1亿个以上。

矢量数据和栅格数据可以互相转换。

计算机制图过程中,要实现由“数”变“图”或由“图”变“数”的过程,必须应用计算机图形处理技术,需要研究制图的数据结构和数据库技术,必须有相应的软硬件



矢量形式表示

栅格形式表示

图 2-1 图形的数据表示形式

设备。

一个完善的计算机制图系统是一系列计算机硬件与软件的集合。该系统不但能进行数学计算，还应能对图形数据进行编辑处理，并能把图形数据以图形形式输出。该系统的主要硬件包括数字化仪、高分辨率显示器、主机、打印机及绘图仪等组成，如图 2-2 所示。软件则应包括绘图程序、图形编辑程序、数据通讯程序及其他通用与专用程序。

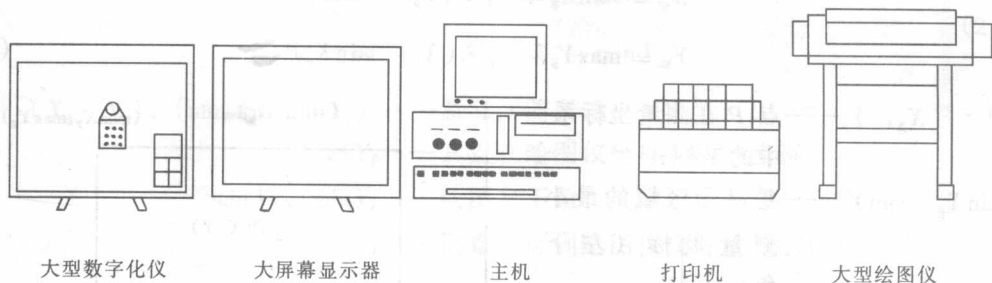


图 2-2 计算机制图系统硬件组成

第二节 坐标变换

数字测图中涉及到三个坐标系：测量坐标系、计算机屏幕坐标系及绘图仪坐标系。测量坐标系到计算机屏幕坐标系的变换和测量坐标系到绘图仪坐标系的变换，是计算机地图制图中的两个最基本的数学变换。在计算机制图中测量坐标系也称为用户坐标系，计算机屏幕坐标系和绘图仪坐标系也称为设备坐标系。

一、测量坐标系到计算机屏幕坐标系的变换

测量坐标系采用高斯—克吕格坐标系或者独立坐标系，它们都是一种平面直角坐标系，和数学中的笛卡儿坐标系基本相同，只是高斯—克吕格坐标系是以 X 轴为纵轴，用它表示南北方向， Y 轴作为横轴，表示东西方向（图 2-3a）。

计算机屏幕坐标系和笛卡儿坐标系的差别是计算机屏幕坐标系的 Y 轴向下为正，且屏幕坐标都为正值，坐标原点在屏幕的左上角（图 2-3b）。

在测量坐标系中一般是以米制为单位，从理论上讲测量坐标系中的取值范围可以是整个实数域，在实际工作它的取值往往和某一地理区域有关。在屏幕坐标系中是以屏幕点阵为单位的，它的取值范围一般只能是正整数，具体的和屏幕的分辨率有关，如对一个具有 1024×768 分辨率的显示器来讲，它的屏幕坐标的取值范围只能在 $[0 \sim 1023] \times [0 \sim 767]$ 之间。