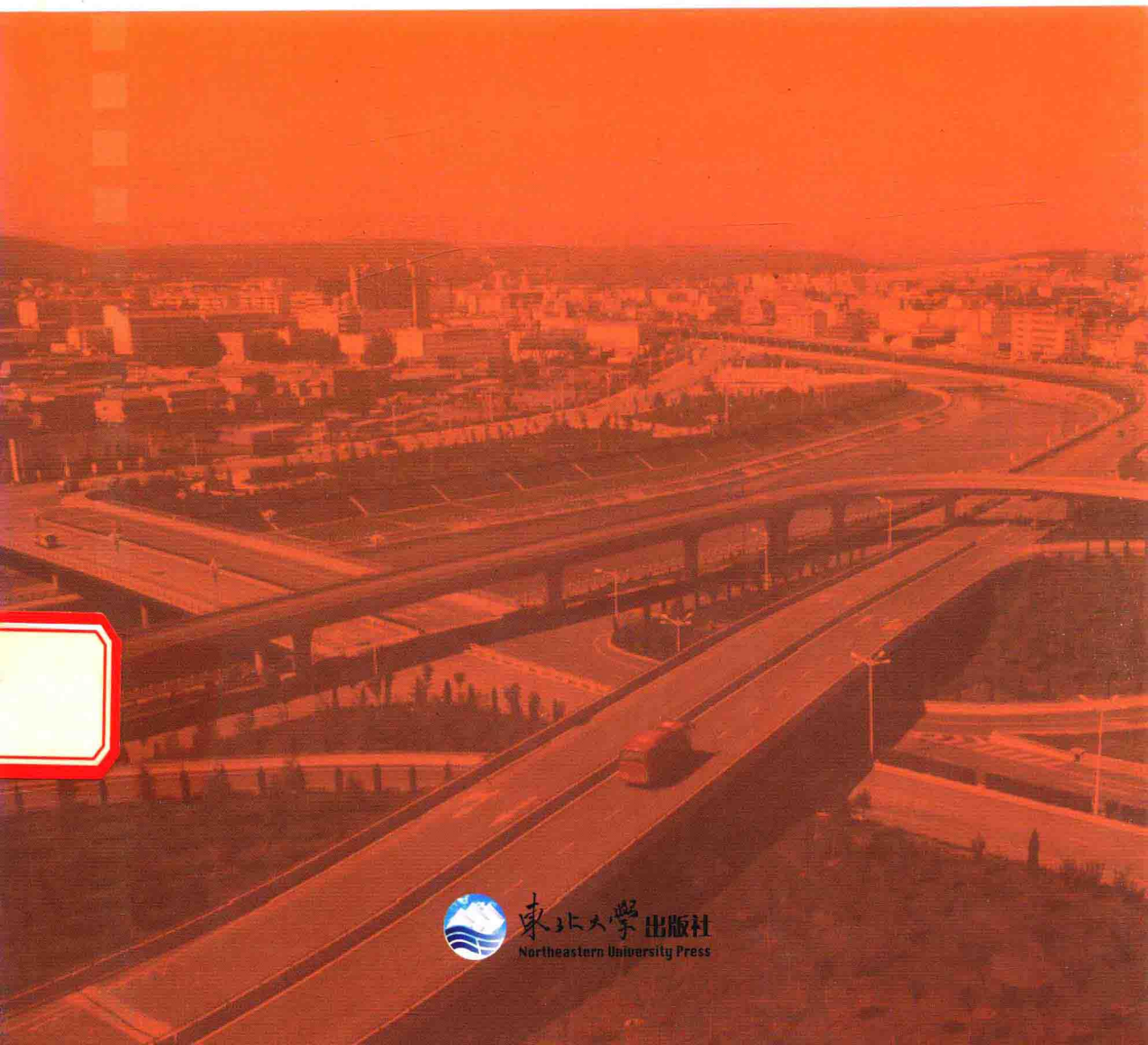


高职高专测绘专业规划教材

数字化测图技术

SHUZHUA CETU JISHU

主编 孙艳崇 王占武
主审 吴文波



东北大学出版社
Northeastern University Press

高职高专测绘专业规划教材

数字化测图技术

主 编 孙艳崇 王占武

副主编 谭立萍 杨学锋 王春波

佟 彪 高小六

主 审 吴文波

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 孙艳崇 王占武 2013

图书在版编目 (CIP) 数据

数字化测图技术 / 孙艳崇, 王占武主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2013. 2
高职高专测绘专业规划教材
ISBN 978-7-5517-0287-4

I. ①数… II. ①孙…②王… III. ①数字化测图—高等职业教育—教材 IV. ①P231.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 029187 号

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路3号巷11号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress. com

http: // www. neupress. com

印刷者: 沈阳市池陆广告印刷有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 9

字 数: 231 千字

出版时间: 2013 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2013 年 2 月第 1 次印刷

策划编辑: 刘宗玉

责任编辑: 刘 莹

封面设计: 刘江扬

责任校对: 北 辰

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0287-4

定 价: 26.00 元

序

辽宁省交通高等专科学校工程测量技术专业自 1995 年创办以来，为社会培养了大批工程测量技术专业人才。为了进一步适应交通行业发展的需求，在深入调研的基础上，从 1999 年开始，我系进行了面向测绘现场的教育教学改革，将工程测量技术专业特色定位为“精测量、懂施工、会管理”。2005 年，工程测量技术专业被辽宁省教育厅确定为示范专业。

高等职业教育专业教学改革和建设的核心是课程改革和建设。课程改革和建设的重点是教学内容的改革和建设，教材建设是第一位的，要充分体现应用性、先进性和实践性，兼顾现场技能应用与技术更新培养，使教学内容与测绘现场和专业技术发展接轨。正是出于上述考虑，我系工程测量技术专业教师及有关工程技术专家，在辽宁省教育厅对接产业群项目资助下，编写了这套专业规划教材。

这套规划教材的出版是这一课程改革和建设思想探索与实践的成果，是全体专业教师、工程技术专家、一线技术人员共同劳动的结晶，同时也为今后进行更深入的课程改革和建设，打下了很好的基础。

这套规划教材适用于工程测量技术专业，也可供相关专业选用，希望这套规划教材能被更多的院校采用，供大家借鉴，并提出宝贵意见，使其推广、发挥更大作用。

辽宁省交通高等专科学校测绘系工程测量教研室

2013 年 1 月

前 言

本书是作者在多年从事数字化测绘理论与实践教学、研究的基础上编写的，注重理论与应用并重，实用性强。因此，本书除作为测绘工程、地理信息系统等专业学生在掌握了测量学基础理论后学习“数字化测图”专业课程的教材外，也可供从事数字化测绘工作的专业技术人员参考。

《数字化测图技术》以大比例尺数字测图为主线，突出理论知识的应用和对学生职业技能及创新能力的培养，通过优化课程内容、强化基本技能的途径着力提高学生综合能力。本书阐述了全野外数字化测图（地面数字测图）和地形图数字化的基本原理、基本理论及应用方法，并详细地介绍了数字测图系统的硬件设备——全站仪——和 GPS-RTK 的测量原理与数据采集方法，以及 CASS 地形地籍成图系统数据处理和成图方法等。

全书根据理论联系实际的原则，从野外数据采集、数据传输、内业编辑三个方面对全野外数字化测量和数字化图的绘制进行了详细阐述。全书共分为 7 章，分别是数字测图概述、野外数据采集、内业成图、数字成果的检查与验收、电子平板测图、地图数字化、数字地形图的应用。

本书由孙艳崇，王占武主编，由吴文波教授主审。由于编者水平所限，书中难免存在问题和不足，还望读者不吝赐教。

编 者

2012 年 12 月

目 录

1 数字测图概述	1
1.1 数字测图概述	1
1.2 数字测图系统的组成	4
1.3 数字地图的种类	6
1.4 数字测图的基本过程	8
1.5 数字测图作业模式	13
1.6 数字测图的优点	15
1.7 数字测图的发展与展望	16
习 题	19
2 野外数据采集	20
2.1 图根控制测量	20
2.2 测记法野外数据采集模式概述	21
2.3 全站仪及其在数据采集中的应用	21
2.4 GPS-RTK 及其在数据采集中的应用	34
习 题	53
3 内业成图	54
3.1 南方 CASS 简介	54
3.2 全站仪数据传输	55
3.3 CASS 内业成图的几种方式	58
3.4 绘制等高线	68
3.5 图形编辑	75
3.6 图形分幅	78
3.7 图幅整饰	79
习 题	80

4 数字成果的检查与验收	81
4.1 检查验收的含义	81
4.2 检查验收的规定与实施	81
4.3 检查验收的内容	82
4.4 检查验收的质量评定	84
4.5 数字测绘产品验收报告	86
习 题	86
5 电子平板测图	87
5.1 电子平板简介	87
5.2 电子平板测图准备工作	87
5.3 电子平板测图基本步骤 (CASS 软件进行电子平板测图实例)	89
5.4 镜站电子平板测图	93
5.5 电子平板野外作业注意事项	94
习 题	95
6 地图数字化	96
6.1 数字化仪与扫描仪	96
6.2 绘图仪	98
6.3 手扶跟踪数字化法	100
6.4 扫描屏幕数字化法	102
6.5 地形图数字化的编辑	107
6.6 数字化地形图质量控制	109
习 题	109
7 数字地形图的应用	110
7.1 概 述	110
7.2 数字地图在工程中的应用	111
7.3 数字地图在 GIS 中的应用	130
7.4 数字地图在其他方面的应用	131
习 题	134
参考文献	135

1 数字测图概述

人们日常看到的地图是以纸张、布或其他可见真实大小的物体为载体的，地图内容是绘制或印制在这些载体上。而数字地图是存储在计算机的硬盘、软盘或磁带等介质上的，地图内容是通过数字来表示的，需要通过专用的计算机软件对这些数字进行显示、读取、检索、分析。在数字地图上可以表示的信息量远大于普通地图，广义的数字测图主要包括全野外数字测图（或称地面数字测图）、地图数字化成图、摄影测量和遥感数字测图；狭义的数字测图指全野外数字测图。本书主要介绍全野外数字测图技术及地图数字化成图的相关知识。

1.1 数字测图概述

我国最早的有历史记载的地图测绘可以追溯到汉代。湖南长沙马王堆三号汉墓出土的一批具有重要历史价值的珍贵文物中就有两幅地图，这是我国目前发现的最早的地图。我国地图的测绘开始于18世纪初期，除新疆及西藏部分外，各省测量全部完工，编纂成图集，取名为《皇舆全览图》。这是我国历史上首次全国规模天文、大地、地形测量工作的结晶，是中国测绘史上的一个重要里程碑。

传统的地形测量是用仪器在野外测量角度、距离、高差，并经过计算、处理，通过一定的方法，将所测的地物、地形点展绘到图纸上，再经过加工、处理，最终绘制成地形图，即将观测值（数值）用图解的方法转化为图形。随着电子技术和计算机技术日新月异的发展及其在测绘领域的广泛应用，20世纪80年代产生了电子速测仪、电子数据终端，并逐步构成了野外数据采集系统，将其与内业机助制图系统结合，形成了一套从野外数据采集到内业制图全过程的、数字化和自动化的测量制图系统，通常称作数字化测图系统（简称数字测图系统）或机助成图系统。

数字测图的成果主要是数字地图，数字地图是纸制地图的数字存在和数字表现形式，是在一定坐标系统内具有确定的坐标和属性的地面要素与现象的离散数据，是能够被计算机识别的、可存储的、有序的集合，是以地图数据库为基础，以数字形式存储在计算机外储存器上，可以在电子屏幕上显示的地图。

1.1.1 地形表达的方法

人们生活在地球上并与地球表面处处发生联系：建筑师在地表设计、构筑楼房；地质学家研究地表结构；地质生态学家想了解地表形态和地物形成的过程；测绘工作者则对地形起伏进行各种测量，并用各种方式（如地图和正射影像图等）描述地形。尽管专业领域

不同,研究的侧重点各异,但所有的工作都希望能用一种既方便又准确的方法来表达实际地表现象。

人类在很早以前就开始想办法来描述自己所熟悉的地表现象,绘图是最古老的一种,但仅是很粗略地反映所见到的地形景观,但这些信息反映的主要是对象的形态特征和色彩特征,定量的描述则非常有限。

另外一种古老而有效并一直沿用至今的精确表达地表现象的方式是地图。地图对人类社会发展的作用如同语言和文字对社会发展的作用一样,具有不言而喻的重要性。地图是记录和传达关于自然世界、社会和人文的位置与空间特性信息最卓越的工具。早期地图用半符号、半写景的方法来表示地形,实现了在各种二维介质平面上对实际的三维地形表面的表示和描述。现代地图按照一定的数学法则,运用符号系统,概括地将地面上各种自然和社会现象表示在平面上。地图具有三个基本的特性:数学法则性、制图综合性和内容符号性。现代地图的最大优点在于具有可量测性。

在各种地图中,用来准确描述地貌形态的是等高线地图。用等高线来表达地形表面起伏可追溯到18世纪,它的方便性和直观性使得人们认为在制图学的历史上等高线是一项最重要的发明。在等高线地形图上,所有的地形信息都正交地投影在水平面上,用线划或符号表示成比例缩小后的地物,而地物高度和地形起伏的信息则有选择地用等高线表达。

20世纪60年代初,随着空间科学的发展,遥感技术逐渐兴起。70年代美国地球资源卫星上天后,遥感技术获得了极为广泛的应用。在遥感技术中,除了使用对可见光摄影的框幅式黑白摄影机,还使用彩色或彩红外摄影机、全景摄影机、红外扫描仪、雷达、CCD推扫式行扫描仪和矩阵数字摄影机等,它们能提供比原先黑白相片更丰富的影像信息。与各种线划图形相比,影像无疑具有更大的优点,如细节丰富、成像快速、直观逼真等,因此,摄影术一出现,就被广泛地用于记录人们生活的这个世界。1849年出现了利用地面摄影相片进行地形图的编绘,而航空摄影由于周期短、覆盖面广、现势性强而被广泛采用。利用多张具有一定重叠度的像片还能重建实际地形的立体模型,并可以精确地进行三维定位。

从本质上讲,地图是对客观存在的特征和变化规则的一种科学的概括与抽象。对于地图中最典型也是最重要的地形图而言,由于其描述的客观世界是丰富多彩、千姿百态的三维空间实体,其二维空间的表达与所表示的三维现实世界之间有着不可逾越的鸿沟。因此,地图学者们一直致力于地形图的立体表示,试图寻求一种既符合人们的视觉生理习惯,又能恢复真实世界的表示方法。在此过程中,先后出现了写景法、地貌晕翁法、地貌晕渲法、分层设色法等,但由于这些方法缺乏严密的数学理论和绘制复杂等而使其受到了很大局限。

20世纪中叶后,伴随着计算机科学、现代数学和计算机图形学等的发展,各种数字的地形表达方式也得到迅猛的发展。电子计算机为自然科学的发展提供了进行严密计算和快速演绎的工具。使用计算机和计算机技术是当今信息时代的一个重要标志,其在测绘方面的应用使得测绘学科逐步朝着数字化与自动化、实时处理与多用途的方向发展。计算机技术在很大程度上改变了地图制图的生产方式,同时也改变着地图产品的样式和用图概念。借助于数字地形表达,现实世界的三维特征得到充分而真实的再现。

总之,数字地形表达的方式可以分为两大类,即数学描述和图像描述。使用傅立叶级

数和多项式来描述地形是常用的数学描述方法。规则格网、不规则格网、等高线、剖面图等则是图像描述的常用方式。

1.1.2 数字测图的基本思想

传统的地形测图（白纸测图）实质上是将测得的观测值（数值）用图解的方法转化为图形。这一转化过程几乎都是在野外实现的，即使是原图的室内整饰一般也要在测区驻地完成，因此劳动强度较大；这个转化过程将使测得的数据所达到的精度大幅度降低，特别是在信息剧增、建设日新月异的今天，一纸之图已难载诸多图形信息，变更、修改也极不方便，实在难以适应当前经济建设的需要。

数字测图就是要实现丰富的地形信息和地理信息的数字化与作业过程的自动化，它希望尽可能缩短野外测图时间，减轻野外劳动强度，将大部分作业内容安排在室内完成。与此同时，将大量手工作业转化为电子计算机控制下的机械操作，这样不仅能减轻劳动强度，而且不会降低观测精度。

数字测图的基本思想是将地面上的地形和地理要素（或称模拟量）转换为数字量，然后由电子计算机对其进行处理，得到内容丰富的电子地图。需要时，由图形输出设备（如显示器、绘图仪）输出地形图或各种专题图图形。其基本过程是：

- ① 采集有关的绘图信息，并及时记录在数据终端（或直接传输给便携机）；
- ② 在室内通过数据接口将采集的数据传输给电子计算机，并由计算机对数据进行处理，再经过人机交互的屏幕编辑，形成绘图数据文件；
- ③ 由计算机控制绘图仪自动绘制所需的地形图，最终由磁盘、磁带等储存介质保存电子地图。

1.1.3 数字地图图形的描述

一切地图图形都可以分解为点、线、面三种图形要素，其中点是最基本的图形要素。这是因为一组有序的点可连成线，而线可以围成面。但要准确地表示地图图形上点、线、面的具体内容，还要借助一些特殊符号、注记来表示。独立地物可以由定位点及其符号表示，线状地物、面状地物由各种线划、符号或注记表示，等高线由高程值表达其意义。

测量的基本工作是测定点位。传统方法是用仪器测得点的三维坐标，或者测量水平角、竖直角及距离来确定点位，然后绘图员按照坐标（或角度与距离）将点展绘到图纸上。跑尺员根据实际地形向绘图员报告测的是什么点（如房角点），这个（房角）点应该与哪个（房角）点连接等，绘图员则当场依据展绘的点位，按照图式符号将地物（房屋）描绘出来，这样一点一点地测和绘，一幅地形图就生成了。

数字测图是经过计算机软件自动处理（自动计算、自动识别、自动连接、自动调用图式符号等），自动绘出所测的地形图。因此，数字测图时，必须采集绘图信息，它包括点的定位信息、连接信息和属性信息。测绘定位信息也称为点位信息，是用仪器在外业测量中测得的，最终以 $X, Y, Z (H)$ 表示的三维坐标。点号在测图系统中是唯一的，根据它可以提取点位坐标。连接信息是指测点的连接关系，它包括连接点号和连接线型，据此可将相关的点连接成一个地物，上述两种信息统称为图形信息，又称为几何信息。以此可以绘制房屋、道路、河流、地类界、等高线等图形。

属性信息又称为非几何信息,包括定性信息和定量信息。属性的定性信息用来描述地图图形要素的分类或对地图图形要素进行标名,一般用拟定的特征码(或称地形编码)和文字表示。有了特征码,就知道它是什么点,对应的图式是什么。属性的定量信息是说明地图要素的性质、特征或强度的,例如面积、楼层、人口、产量、流速等,一般用数字表示。

进行数字测图时,不仅要测定地形点的位置(坐标),还要知道是什么点,是道路还是房屋,当场记下该测点的编码和连接信息,显示成图时,利用测图系统中的图式符号库,只要知道编码,就可以从库中调出与该编码对应的图式符号成图。

1.1.4 地图图形的数据格式

地图图形要素按照数据获取和成图方法不同,可区分为矢量数据和栅格数据两种数据格式。矢量数据是图形的离散点坐标(X, Y)的有序集合;栅格数据是图形像元值按照矩阵形式的集合。由野外采集的数据、解析测图仪获得的数据和手扶跟踪数字化仪采集的数据是矢量数据,由扫描仪和遥感获得的数据是栅格数据。矢量格式的地形图和栅格格式的地形图的数据量差别较大;矢量地形图的数据量与比例尺、地物密度有关,一幅1:1000的矢量地形图的数据多则可达几十万甚至上百万个坐标对;栅格地形图的数据量同图幅的大小和地物密度有关,一幅地形图(50cm×50cm)的栅格数据,随着栅格单元(像元)的边长不同(一般小于0.02mm)而各异,通常达上亿个像元点。故一幅地图图形的栅格数据量一般情况下比矢量数据量大得多。

矢量数据结构是人们最熟悉的图形表达形式,从测定地形特征点位置到线划地形图中各类地物的表示和设计用图,都是利用矢量数据。计算机辅助设计(CAD)、图形处理及网络分析,也都是利用矢量数据和矢量算法。因此,数字测图通常采用矢量数据结构和画矢量图。若采集的数据是栅格数据,必须将其转换为矢量数据;由计算机控制输出的矢量图形不仅美观,而且更新方便,在实际应用中非常广泛。

1.1.5 数字测图需要解决的问题

归纳起来,数字测图所要解决的问题是:

- ① 使采集的图形信息和属性信息为计算机识别;
- ② 由计算机按照一定的要求对这些信息进行一系列的处理;
- ③ 将经过处理的数据和文字信息转换成图形,由屏幕输出或绘图仪输出各种所需的图形;
- ④ 按照一定的要求自动实现图形数据的应用问题。

能自动地绘制地图图形是数字测图的首要任务,但这只是最基本的任务。数字测图还要解决电子地图应用问题,尤其要使数字测图成果满足地理信息系统(GIS)的需要。数字测图的最终目的是实现测图与设计和管理一体化、自动化。

1.2 数字测图系统的组成

数字测图系统是以计算机为核心,在外连输入、输出设备和软件的支持下,对地形空

间数据进行采集、输入、成图、处理、绘图、输出、管理的测绘系统（见图 1-1）。

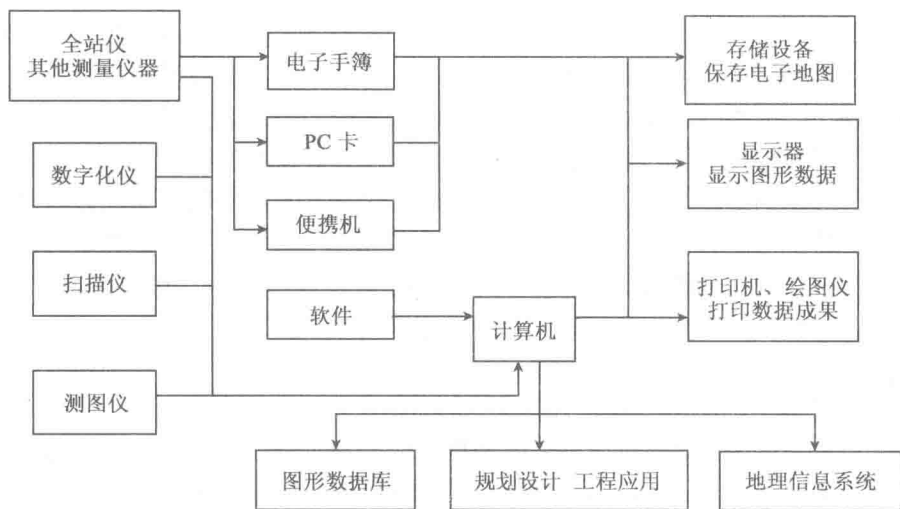


图 1-1 数字测图系统框图

根据系统硬件配置、工作方式、数据输入方法、输出成果内容不同，可产生多种数字测图系统。按照输入方法，可区分为原图数字化数字成图系统、航测数字成图系统、野外数字测图系统、综合采样（集）数字测图系统；按照硬件配置，可区分为全站仪配合电子手簿测图系统、电子平板测图系统等；按照输出成果内容，可区分为大比例尺数字测图系统、地形地籍测图系统、地下管线测图系统、房地产测量管理系统、城市规划成图管理系统等。不同的时期、不同的应用部门，如水利、物探、石油等科研院校，也研制了众多的自动成图系统。

目前，大多数数字化测图系统内容丰富，具有多种数据采集方法、多种功能和多种应用范围，能输出多种图形和数据资料。数字测图系统由一系列硬件和软件组成。用于野外采集数据的硬件设备有全站式或半站式电子速测仪；用于室内输入的设备有数字化仪、扫描仪、解析测图仪等；电子手簿、PC 卡用于记录数据；用于室内输出的设备主要有磁盘、显示器、打印机和数控绘图仪等；便携机或微机是数字测图系统的硬件控制设备，既用于数据处理，又用于数据采集和成果输出。最基本的软件设备有系统软件和应用软件。应用软件主要包括控制测量计算软件、数据采集和传输软件、数据处理软件、图形编辑软件、等高线自动绘制软件及信息应用软件等。随着计算机的袖珍化和软件功能的内外业一体化，内外业设备已经没有明显的界限，就一般而言，主要由以下几部分组成。

1.2.1 地面测量仪器

地面测量仪器是获取地面信息的基本设备，它包括电子速测仪（全站仪）、电子（或光学）经纬仪、测距仪和 GPS 等。目前，一些传输的机助成图系统都适用于各种地面测量仪器进行采集，如 CASS 系统设有速测仪、经纬仪加测距仪、视距、量距等各种采集模式，能充分地利用现有的仪器设备。

1.2.2 电子计算机

电子计算机是进行数据采集、储存、处理的基本设备。机助成图一般包括两部分,即外业数据采集的计算机和内业数据处理所用计算机。外业数据采集所用的计算机要求计算机袖珍化,便于野外携带和使用,常用 PC-1500 和 PC-E500 及便携机。内业处理所用的计算机一般采用微型计算机,要求计算机有足够的储存容量和运算速度。计算机主要用于数据的传输、数据的编辑,是数字测图的重要部件之一。随着测绘数据的数量、质量要求越来越高,计算机的配置也逐步提高,一般 CPU 主频在 2.0GHz 以上,硬盘的容量达上百千兆字节已经很常见。性能越高的计算机用于编辑数据效率越高,对于影像数据的处理,特别是卫片的处理,要求其性能更优,一般内存达到 2~4GB 甚至更高。

1.2.3 图形输入设备

用于将地图几何图形转换为数据的专用设备称为图形输入设备。常用的图形输入设备有数字化仪,它能将各种形式的图像信息输入计算机中。扫描仪主要是把图像划分成若干个点,变成一个点阵图,而后给每个点编码,得到它们的灰度值或者色彩编码值,从而将图像通过光电部件转换为一个数字信息的阵列输入计算机。数字化仪的类型按照不同指标或性能,有如下不同的分类。

- ① 按照自动化程度,分为手扶跟踪式、半自动跟踪式和自动扫描式。
- ② 按照数据格式,分为矢量式和栅格式。
- ③ 按照坐标系,分为直角坐标式和极坐标。
- ④ 按照数字化台面形状,分为平台式和滚筒式。

目前,通常指的数字化仪都是指手扶跟踪式直角坐标数字化仪,由于手扶跟踪数字化仪操作简单、价格低,其图形输入的精度能够满足地图精度的要求,因此,这种类型的数字化仪在机助成图中被广泛使用。半自动跟踪数字化仪精度高、速度快,但价格昂贵,尚未得到普及应用;自动扫描数字化仪(也称为扫描仪)虽然速度快,但由于其精度和矢量化等问题,在精度要求较高的大比例尺成图方面,还有待进一步研究。

1.2.4 图形输出设备

实施制图数据到图形的设备称为图形输出设备,主要有打印机、图形显示器和绘图仪等。打印机具有图形输出速度快的特点,虽然打印的图形不精致,但能为制图人员提供概略的样图,以供检查。图形显示器通常把它归属于计算机设备,而不是一个单独的图形输出设备。自动绘图仪的种类很多,功能各异,没有严格的分类标准,有喷墨式、激光式。

绘图仪是将计算机的输出信息以图形的形式输出的设备,绘图仪作为计算机的外围设备,是数字测图系统中不可缺少的一种输出设备。

1.3 数字地图的种类

数字地图是以数字形式存储在磁盘、磁带、光盘等介质上的矢量图形数据,是地理信息的抽象或数学模型;数字地图是一组地理空间数据的集合,即按照一定的地理框架组合

的、带有确定坐标和属性标志的、描述地理要素和现象的离散数据。按照包含信息不同,可分为数字线划图、数字高程模型、数字正射影像图、数字栅格图4种。

1.3.1 数字线划地图

数字线划地图(Digital Line Graphic,简称DLG)是与现有线划基本一致的各地图要素的矢量数据集,且保存各要素间的空间关系和相关的属性信息。在数字测图中,最为常见的产品是数字线划地图,外业测绘最终成果一般就是DLG。该产品较全面地描述地表现象,目视效果与同比例尺一致,但色彩更为丰富。本产品满足各种空间分析要求,可随机地进行数据选取和显示,与其他信息叠加,可进行空间分析、决策。其中,部分地形核心要素可作为数字正射影像地形图中的线划地形要素。

数字线划地图是一种更为方便的放大、漫游、查询、检查、量测、叠加地图。其数据量小,便于分层,能快速地生成专题地图,所以也称作矢量专题信息。此数据能满足地理信息系统进行各种空间分析要求,视为带有智能的数据。可随机地进行数据选取和显示,与其他几种产品叠加,便于分析、决策。数字线划地图的技术特征为地图地理内容、分幅、投影、精度、坐标系统与同比例尺地形图一致。图形输出为矢量格式,任意缩放均不变形。

1.3.2 数字高程模型

数字高程模型(Digital Elevation Model,简称DEM)是在地图投影平面上规则格网点的平面坐标(X,Y)和高程(Z)的数据集。DEM的水平间隔应随着地貌类型的不同而改变。为控制地表形态,可配套提供离散高程点数据。数字高程模型的格网间隔(数据点密度)与其同比例尺地形图高程精度相适配,并形成有规则的格网系统。根据不同的高程精度,可分为不同类型产品。为完整反映地表形态,可配套提供离散高程点数据。DEM应用可转换为等高线图、透视图、断面图和专题图等各种图解产品,或者按照用户的需求计算出体积、空间距离、表面覆盖面积、派生任意等高距的等高线、地表坡度等信息的工程数据和统计数据。本产品可与其他专题数据叠加,进行地理分析与工程应用,同时它还可作为生产数字正射影像图的控制数据。

数字高程模型的技术特征为模型化的高程数据、元数据。地图分幅、投影、精度、坐标系统、与同比例尺地形图一致。地理空间实质是三维的,但人们往往在二维地理空间上描述并分析地面特性的空间分布,如专题图大多是平面地图。数字地面模型是对某一种或多种地面特性空间分布的数字描述,叠加在二维地理空间上的一维或多维地面特性向量空间,是地理信息系统空间数据库的某类实体或所有这些实体的总和。数字地面模型的本质共性是二维地理空间定位和数字描述。数字高程模型是对地球表面地形地貌的一种离散的数字表达,是表示区域D上的三维向量有限序列。

1.3.3 数字正射影像图

数字正射影像图(Digital Orthophoto Map,简称DOM)是对航空(或航天)相片进行数字微分纠正和镶嵌,按照一定图幅范围裁剪生成的数字正射影像集。它是同时具有地图几何精度和影像特征的图像。DOM具有精度高、信息丰富、直观逼真、获取快捷等优点,

可作为地图分析背景控制信息，也可从中提取自然资源和社会经济发展的历史信息或最新信息，为防治灾害和公共设施规划建设规划等应用提供可靠依据；还可从中提取和派生新的信息，实现地图的修测更新。评价其他数据的精度、现实性和完整性都很优良。

该图的技术特征为数字正射影像，地图分幅、投影、精度、坐标系统、与同比例尺地形图一致，图像分辨率为输入大于 400dpi，输出大于 250dpi。由于 DOM 是数字的，在计算机上可局部开发放大，具有良好的判读性能、量测性能和管理性能等，如用农村土地发证、指认宗界地界比并数字化其点位坐标、土地利用调查等。DOM 可作为独立的背景层与地名注名，图廓线公里格，公里格网及其他要素层复合，制作各种专题图。

1.3.4 数字栅格地图

数字栅格地图 (Digital Raster Graphic, 简称 DRG) 是根据现有纸质、胶片等地形图，经过扫描和几何纠正及色彩校正后，形成在内容、几何精度和色彩上与地形图保持一致的栅格数据集。

地图经过扫描、几何纠正、图像处理及数据压缩处理，彩色地图应经色彩校正，使各幅图像的色彩基本一致。数字栅格地图在内容、几何精度和色彩上与同等比例尺地形图一致。本产品是模拟产品向数字产品过渡的产品，可作为背景参照图像和其他空间信息相关参考与分析。可用于数字线划地图的数据采集、评价和更新，还可与数字正射影像图、数字高程模型等数据集成，派生出新的信息，制作新的地图。

数字栅格地图的技术特征为地图地理内容、外观视觉式样与同比例尺地形图一样，平面坐标系统以 1980 西安坐标系大地为基准；地图投影采用高斯-克吕格投影；高程系统采用 1985 国家高程基准。图像分辨率为输入大于 400dpi，输出大于 250dpi。DRG 可作为背景用于数据参照或修测拟合其他地理相关信息，使用于数字线划图的数据采集、评价和更新，还可与数字正射影像图、数字高程模型等数据信息集成使用。派生出新的可视信息，从而提取、更新地图数据，绘制纸质地图。

1.4 数字测图的基本过程

数字测图的作业过程与使用的设备和软件、数据源及图形输出的目的有关。但不论是测绘地形图，还是制作种类繁多的专题图、行业管理用图，只要是测绘数字图，都必须包括数据采集、数据处理和图形输出三个基本阶段。

1.4.1 数据采集

地形图、航空航天遥感相片、图形数据或影像数据、统计资料、野外测量数据或地理调查资料等，都可以作为数字测图的信息源。数据资料可以通过键盘或转储的方法输入计算机；图形和图像资料一定要通过图数转换装置转换成计算机能够识别和处理的数据。

数据采集主要有如下几种方法：

- ① GPS 法，即通过 GPS 接收机采集野外碎部点的信息数据；
- ② 航测法，即通过航空摄影测量和遥感手段采集地形点的信息数据；
- ③ 数字化仪法，即通过数字化仪在已有地图上采集信息数据；

④ 大地测量仪器法, 即通过全站仪、测距仪、经纬仪等大地测量仪器实现碎部点野外数据采集。

目前, 我国主要采用数字化仪法、航测法和大地测量仪器法采集数据。前两者主要是室内作业采集数据, 大地测量仪器法是野外采集数据。

1.4.1.1 野外数据采集

野外常规数据采集是工程测量中, 尤其是工程中比例尺测图获取数据信息的主要方法。而采集数据的方法随着野外作业的方法和使用的仪器设备不同, 可以分为下面 3 种形式。

(1) 普通地形图测图方法

使用普通的测量仪器, 如经纬仪、平板仪和水准仪等, 将外业观测成果人工记录于手簿中, 再进行内业数据的处理, 然后输入到计算机内。

(2) 使用测距经纬仪和电子手簿方法

用测距经纬仪进行外业观测距离、水平方向和天顶距等, 用电子手簿在野外进行观测数据的记录及必要的计算并将成果储存。内业处理时, 再用电子手簿中的观测数据或经过处理后的成果输入计算机中。

(3) 野外使用全站仪方法

用全站仪进行外业观测, 测量数据自动存入仪器的数据终端, 然后将数据终端通过接口设备输入到计算机。采用这种方法则从外业观测到内业处理直至成果输出整个流程实现自动化。

大比例尺地面数字测图与传统白纸测图相比, 有如下特点。

① 白纸测图通常是在外业直接成图, 除在 1:500 的地形图上对主要建筑物轮廓点注记外, 其余碎部点坐标是不保留的。外业工作除观测数据外, 地形图的现场绘制、清绘占地形测量占很大的比例。数字测图在外业是记录观测数据或计算的坐标。在记录中, 点的编号和特征码是不可缺少的信息, 特征码的记录可在观测时输入记录器或在内业根据草图输入。数字测图对于数据记录有一定的格式, 这种格式应被数字测图软件所识别, 能和数据库的建立统一起来。

② 数字测图中, 电子手簿应具有测站点坐标计算功能, 可以自由设站。同时, 测距仪在几百米距离内测距精度较高, 可达 1 厘米。因此, 一般来说, 地图图根点的密度相对于白纸测图的要求可减少。碎部测量时, 可较多采用自由设站的方法建立测站点。

③ 碎部测量时, 不受图幅边界的限制, 外业不再分幅作业, 内业图形生成时由软件根据图幅分幅表及坐标范围自动进行分幅和接边处理。

④ 白纸测图是在图根加密后进行碎部测量。数字测图的碎部测量既可在图根控制加密后进行, 也可和图根控制的观测同时进行, 然后在内业计算图根点坐标后, 再进行碎部点坐标计算。

⑤ 数字测图由数控绘图机绘制地形图, 所有的地形轮廓转点都要有坐标才能绘出地物的轮廓点来。必须表示的细部地貌也要按照实测地貌点才能绘出。因此, 数字测图直接测量地形点的数目比白纸测图要多。

1.4.1.2 原图数字化采集

不论从哪种比例尺的地形图上采集数字高程模型数据, 最基本的问题都是对地形图要

素（如等高线）进行数字化处理，如手扶跟踪数字化或者半自动扫描数字化，再用某种数据建模方法内插数字高程模型。而关于地形图要素的数字化处理，特别是半自动扫描数字化技术，已经很成熟，并已成为地图数字化的主流。

（1）手扶跟踪数字化

将地图平放在数字化仪的台面上，用一个带十字丝的游标，手扶跟踪等高线或其他地物符号，按照等时间间隔或等距离间隔的数据流模式记录平面坐标，或由人工按键控制平面坐标的记录，高程则需要由人工从键盘输入。这种方法的优点是所获取的向量形式的数据在计算机中比较容易处理；缺点是速度慢、人工劳动强度大。

（2）扫描数字化或称屏幕数字化

利用平台式扫描仪或滚筒式扫描仪将地图扫描得到栅格形式的地图数据，即一组阵列式排列的灰度数据（数字影像）。将栅格数据转换成矢量数据，可以充分利用图像处理的先进技术进行曲线自动跟踪和注记符号的自动识别等，因此，效率很高。目前，主要采用半自动化跟踪的方法，即先由计算机自动跟踪和识别，当出现错误或计算机无法完成的时候，再进行人工干预，这样既可减轻人工劳动强度，又能使处理软件简单易实现。国内已有许多优秀的半自动矢量软件，如 GeoScan 等。数字化后的等高线数据通过一定的处理，如粗差的剔除、高程点的内插、高程特征的生成等，便可产生最终的数字高程模型数据。

（3）航片数据采集

以航片、卫片作为数据源，在解析测图仪或立体量测仪上，利用软件来采集地特征点、特征线，形成数字地图（见图 1-2），这种方法的作业效率高，但生产周期长，在大范围测绘中常用。涉及数字高程模型数据采集的摄影测量采样方法包括等高线法、规则格网点法、选择采样点、渐进采样法、剖面法、混合采样法等，这些方法可以是人机交互的或自动化的。

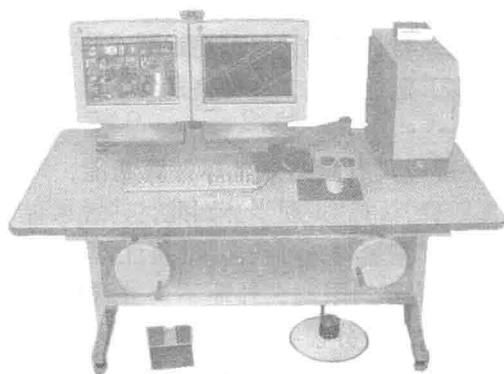


图 1-2 摄影工作站航片采集数据

① 沿等高线采样。在地形复杂及陡峭地区，可采用沿等高线跟踪的方式进行数据采集；在平坦地区，则不宜采用此方式。沿等高线采样可以按照等距离间隔记录数据或按照等时间间隔记录数据。采用等时间间隔记录数据时，由于等高线曲率大的地方跟踪的速度较慢，因而采集的点较密集；而在曲线较平直的地方跟踪速度较快，采集的点较稀疏，故只要选择恰当的时间间隔，所记录的数据既能很好地描述地形，又不会有太多的数据冗