全国高职高专工程测量技术专业规划教材

数字测图

卢满堂 主编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn

全国高职高专工程测量技术专业规划教材

数字测图

卢满堂 主编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本教材为适应高职高专工程测量专业教学需要而编写。教材根据职业教育的特点，注重实用性和针对性，内有大量生产中的实例，供学生学习时参考。

全书共有6章，主要内容包括：数字测图概述、野外数据采集、内业编辑成图和数字地形图在工程中的应用。同时简单介绍了CASS电子平板作业和地形图老图数字化。附录是数字测图的实习指导。

本书可作为高职高专测绘工程专业的教材，也可作为各类工程专业的测量学基础教材。对于从事测绘工作的技术人员，可作为培训教材或自学参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

数字测图/卢满堂主编. —北京：中国电力出版社，2007
全国高职高专工程测量技术专业规划教材
ISBN 978-7-5083-5490-3

Ⅰ. 数… Ⅱ. 卢… Ⅲ. 数字化制图-高等学校：技术学校-教材 Ⅳ. P283.7

中国版本图书馆CIP数据核字（2007）第055198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
责任编辑：王晓蕾 责任印制：陈焊彬 责任校对：蔺淑艳
航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售
2007年8月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm 1/16·10.5印张·253千字
定价：22.00元

敬告读者
本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换
版权专有 翻印必究
本社购书热线电话（010-88386685）

前　言

随着光电技术的应用和计算机的普及与发展，测绘技术方法和手段也发生了根本性的转变，特别是全站型电子速测仪、RTK 等先进测量仪器的广泛应用，使数字测图技术得到了突飞猛进的发展，新技术、新方法、新设备的大量涌现，使数字测图的知识内涵不断深化。为适应高职高专工程测量专业数字测图课程的需要，我们编写了该教材。

本教材遵循高职高专教学特点，在反映新技术、优化知识结构、突出应用能力、强化技能训练等方面都做了大量工作。特别是一线测绘单位为本教材提供了数字测图中的案例分析，更加突出了教材的实用性。

本教材的编写依据有《1∶500，1∶1000，1∶2000 地形图数字化规范》（GB/T 17160—1997）、《1∶500，1∶1000，1∶2000 外业数字测图技术规程》（GB/T 14912—2005）、《1∶500，1∶1000，1∶2000 地形图图式》（GB/T 7929—1995）等。这些规范和标准以及绘图软件都在随着时间的推移在不断的修改、补充和完善。所以本教材中的各种指标和参数一般不能作为工程中的规范直接应用。

参加教材编写人员不仅有多年的教学经验，也有丰富的测绘实践经验。编写人员及分工：王启亮（第 1 章、附录），陶红星（第 2 章），卢满堂（第 3 章），黎晶晶（第 4 章），崔建彪（第 5 章），高小六（第 6 章）。全书由卢满堂主编和统稿，高小六、陶红星、崔建彪副主编，太原理工大学刘洪福教授和葛永慧教授主审。

本教材在编写过程中得到了山西省测绘协会许运良理事、南方测绘公司宁国杰经理的指导和帮助，山西水利职业技术学院测绘教研室全体老师也对本教材的编写提供了宝贵意见，在此一并致谢！

由于作者水平有限，加之时间仓促，希望使用本书的广大师生和技术人员，对书中存在的缺点和错误给以批评指正。

编者

目　录

前言
第 1 章　数字测图概述 …… 1
1.1　数字测图及系统构成 …… 1
1.2　数字测图的作业过程 …… 4
1.3　数字测图的作业模式 …… 6
1.4　数字测图的特点 …… 8
1.5　本课程的内容与学习要求 …… 10
小结 …… 11
习题 …… 12
第 2 章　野外数据采集 …… 13
2.1　野外数据采集模式概述 …… 13
2.2　碎部点坐标测算方法及数学原理 …… 13
2.3　数据编码 …… 19
2.4　全站仪及其在数据采集中的应用 …… 25
2.5　测记模式的野外作业 …… 34
2.6　RTK 及其在数据采集中的应用 …… 40
小结 …… 49
习题 …… 50
第 3 章　内业成图 …… 51
3.1　概述 …… 51
3.2　CASS6.0 软件简介 …… 52
3.3　CASS6.0 的主界面 …… 53
3.4　CASS6.0 作图演示 …… 63
3.5　其他测图软件介绍 …… 74
3.6　数字地形图的质量检查与验收 …… 88
小结 …… 92
习题 …… 92
第 4 章　CASS 电子平板作业简介 …… 94
4.1　概述 …… 94
4.2　准备工作 …… 94
4.3　电子平板测图过程 …… 95
4.4　平板测图时的注意事项 …… 106
小结 …… 106
习题 …… 107

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第 5 章　地形图数字化 …… 108
5.1　概述 …… 108
5.2　地形图手扶跟踪数字化 …… 109
5.3　地形图扫描屏幕数字化 …… 112
5.4　摄影测量简介 …… 119
5.5　遥感技术简介 …… 124
小结 …… 129
习题 …… 130
第 6 章　数字地形图的应用 …… 131
6.1　概述 …… 131
6.2　数字地形图在工程中的应用 …… 131
6.3　数字地图在 GIS 中的应用 …… 148
6.4　数字地图在其他方面的应用 …… 150
小结 …… 158
习题 …… 158
附录　数字测图集中实习指导书 …… 159
参考文献 …… 162

第1章　数字测图概述

本章主要介绍了数字测图的基本知识，包括数字测图概念、数字测图系统等。数字测图的作业过程和作业模式是本章的重点内容。本章还阐述了数字测图的特点和学习本课程的目的、方法及要求。

1.1　数字测图及系统构成

1.1.1　数字测图的概念

20世纪是人类科学技术发展的世纪，电子技术、计算机技术、通信技术的飞速发展，导致了人类生存与生活方式的改变，而且，也越来越清晰地向人类预示着一个新时代——信息时代的到来。信息时代的特征就是数字化，也可以反过来说，数字化技术是信息时代的平台。数字化是实现信息采集、存储、处理、传输和再现的关键。随着电子技术和计算机技术日新月异的发展，测绘行业也发生了一次根本性的技术变革。20世纪80年代产生的电子速测仪、电子数据终端使野外数据采集摆脱了许多不利因素的影响，精度大大提高，并且向自动化方向发展。计算机技术的发展又使内业机助制图成为可能，并形成了一套从野外数据采集到内业制图全过程、一体化的测量制图系统，人们通常称该系统为数字测图或机助成图系统。

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。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数字化、作业过程的自动化或半自动化。它希望尽可能缩短野外测图时间，减轻野外劳动强度，而将大部分作业内容安排到室内去完成。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。将模拟量转换为数字这一过程通常称为数据采集。目前，数据采集方法主要有野外地面数据采集法、航片数据采集法、原图数字化法。数字测图的基本思想与过程如图1-1所示。数字测图就是通过采集有关的绘图信息并记录在数据终端（或直接传输给便携机），然后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。最后由计算机控制绘图仪自动绘制所需的地形图，最终由磁盘、磁带等贮存介质保存电子地图。数字测图的生产成品虽仍然是以提供图解地形图为主，但它却是以数字形式保存着地形模型及地理

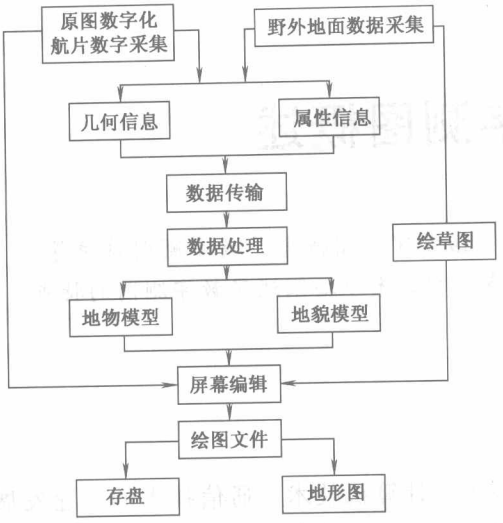

图 1-1　数字测图基本过程

信息。

1.1.3　数字测图系统

数字测图系统是以计算机为核心，在外连输入、输出设备硬件和软件的支持下，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。数字测图系统主要由数据输入、数据处理和数据输出 3 部分组成，如图 1-2 所示。

围绕这三部分，由于硬件配置、工作方式、数据输出方法、输出成果内容的不同，可产生多种数字测图系统。按输入方法不同可区分为：原图数字化数字成图系统、航测数字成图系统、野外数字测图系统和综合采样（集）数字测图系统。按硬件配置可区分为：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。

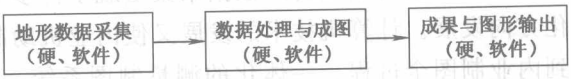

图 1-2　数字测图系统

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，具有多种功能和多种应用范围，能输出多种图形和数据资料，其结构如图 1-3 所示。数字测图系统需要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

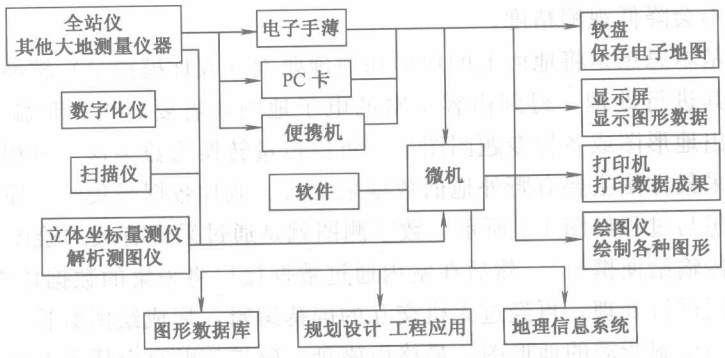

图 1-3　广义数字测图系统

软件、绘图软件及信息应用软件等。

1.1.4　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、注记符号。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，或者测得水平角、竖直角及距离来确定点位，然后绘图员按坐标（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图式符号将地物（房屋）描绘出来。就这样一点一点地测和绘，一幅地形图也就生成了。

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。

定位信息亦称点位信息，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。上述两种信息合称为图形信息，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。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。

1.1.5　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的不同，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矩阵形式的集合，对应的图形表示法如图 1-4 所示。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。据估计，一幅 1∶1000 的一般密度的平面图只有几千个点的坐标对，一幅 1∶10000 的地形图矢量数据多则可达几十万甚至上百万个的坐标对。矢量数据量与比例尺、地物密度有关。而一幅（50cm×50cm）

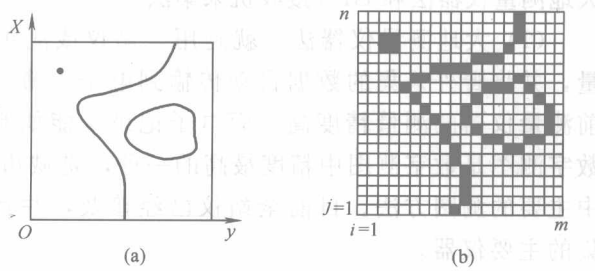

图 1-4　地图图形的数据格式

（a）矢量数据结构；（b）栅格数据格式

的栅格数据，随栅格单元（像元）的连长（一般<0.02cm）而不同，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要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以及设计用图，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，应用非常广泛。

1.1.6 数字测图需要解决的问题

（1）使采集的图形信息和属性信息为计算机所识别。

（2）由计算机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图形。

（4）按照一定的要求自动实现图形数据的应用问题。

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、设计和管理一体化、自动化。

1.2 数字测图的作业过程

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。

1.2.1 数据采集

地形图、航空航天遥感像片、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. 野外测量数据采集

野外测量数据采集是使用测量仪器直接在野外进行数据采集。根据所用仪器的不同分为大地测量仪器法和 GPS 接收机采集法。

（1）大地测量仪器法。就是用全站仪或测距仪、经纬仪等大地测量仪器进行实地测量，并将野外采集的数据自动传输到电子手簿、磁卡或便携机，现场自动记录。由于目前测量仪器的测量精度高，而电子记录又能如实地记录和处理，无精度损失，所以地面数字测图是数字测图中精度最高的一种，是城市地区的大比例尺（特别是 1∶500）测图中主要的测图方法。目前全站仪已经普及，并且功能越来越强大，已经成为野外数据采集的主要仪器。

（2）GPS 接收机采集法。是通过 GPS 接收机采集野外碎部点的信息数据。特别是 20 世纪 90 年代出现的载波相位差分技术，又称 RTK（Real Time Kinemtic）实时动态定位技术，这种测量模式是位于基准站（已知的基准点）的 GPS 接收机通过数据链将其观测值及基准站坐标信息一起发给流动站的 GPS 接收机。流动站不仅接收来自参考站（基准站）的数据，

还直接接收 GPS 卫星发射的观测数据，组成相位差分观测值，并实时处理，能够实时提供测点在指定坐标系的三维坐标成果，在 20km 测程内可达到厘米级的测量精度。实时差分观测时间短，移动站与基准站不用通视，并能实时给出定位坐标，所以是外业数据采集的主要手段之一。目前，随着 RTK 技术的不断完善，制造工艺不断创新，价格更加低廉，重量和体积更加轻小，已越来越多地被应用在开阔地区的地面数字测图中。

2. 原图数字化采集

为了充分利用已有的测绘成果，可以利用原图（已测绘的模拟图）在室内采集数据。这种数据采集方法常称为原图数字化。原图数字化通常有两种方法：数字化仪数字化和扫描仪数字化。

（1）用数字化仪可对原图的地形特征点逐点进行数据采集（与野外测图类似），对曲线采用手扶跟踪数字化。用数字化仪数字化得到的数字化图的精度一般低于原图，加上使用数字化仪数字化时，作业员的眼睛易疲劳，效率低，这种数字化法逐渐被扫描矢量数字化取代。

（2）用扫描仪数字化时，仪器沿 x 方向扫描，沿 y 方向走纸，图在扫描仪上走一遍，就将图形（含图像）数字化。扫描数字化速度很快（一幅图不超过几分钟），但此时获得的是栅格数据。1995 年以前将栅格数据转化为矢量数据效率很低（比手扶跟踪数字化慢）。此后，我国研制出几套实用的矢量化软件，使矢量化的速度大幅度提高。目前，我国主要采用扫描矢量化来数字化原图，再对原图进行修测，可较快地得到数字图。

3. 航片数字采集

就是利用测区的航空摄影测量获得的立体像对，在解析测图仪上或在经过改装的立体量测仪上采集地形特征点，自动转换成为数字信息。这种方法工作量小，是我国测绘基本图的主要方法。但由于精度原因，在大比例尺（如 1∶500）测图中受到一定限制，今后该法将逐渐被在计算机上直接显示立体的全数字摄影测量系统所取代。

1.2.2　数据处理

实际上，数字测图的全过程都是在进行数据处理，但这里讲的数据处理阶段是指在数据采集以后到图形输出之前对图形数据的各种处理。数据处理主要包括数据传输、数据预处理、数据转换、数据计算、图形生成、图形编辑与整饰、图形信息的管理与应用等。数据预处理包括坐标变换、各种数据资料的匹配、测图比例尺的统一、不同结构数据的转换等。数据转换内容很多，如将野外采集到的带简码的数据文件或无码数据文件转换为带绘图编码的数据文件，供自动绘图使用；将 Auto CAD 的图形数据文件转换为 GIS 的交换文件等。数据计算主要是针对地貌关系的。当数据输入到计算机后，为建立数字地面模型绘制等高线，需要进行插值模型建立、插值计算、等高线光滑处理三个过程的工作。在计算过程中，需要给计算机输入必要的数据，如插值等高距、光滑的拟合步距等。必要时需对插值模型进行修改，其余的工作都由计算机自动完成。数据计算还包括对房屋类呈直角拐弯的地物进行误差调整，消除非直角化误差等。

经过数据处理后，可产生平面图形数据文件和数字地面模型文件。要想得到一幅规范的地形图，还要对数据处理后产生的“原始”图形进行修改、编辑、整理；还需要加上汉字注记、高程注记，并填充各种面状地物符号；还要进行测区图形拼接、图形分幅和图廓整饰等。数据处理还包括对图形信息的全息保存、管理、使用等。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

数据处理是数字测图的关键阶段。在数据处理时，既有对图形数据进行交互处理，也有批处理。数字测图系统的优劣取决于数据处理的功能。

1.2.3 成果输出

经过数据处理以后，即可得到数字地图，也就是形成一个图形文件，由磁盘或磁带作永久性保存。也可以将数字地图转换成地理信息系统所需要的图形格式，用于建立和更新GIS图形数据库。输出图形是数字测图的主要目的，通过对屋的控制，可以编制和输出各种专题地图（包括平面图、地籍图、地形图、管网图、带状图、规划图等），以满足不同用户的需要。可采用矢量绘图仪、栅格绘图仪、图形显示器、缩微系统等绘制或显示地形图图形。为了使用方便，往往需要用绘图仪或打印机将图形或数据资料输出。在用绘图仪输出图形时，还可按层来控制线划的粗细或颜色，绘制美观、实用的图形。如果以产生出版原图为目的，可采用带有光学绘图头或刻针（刀）的平台矢量绘图仪，它们可以产生带有线划、符号、文字等高质量的地图图形。

1.3 数字测图的作业模式

由于软件设计作者思路不同、使用的设备不同，数字测图有不同的作业模式。归纳起来可区分为两大作业模式，即数字测记模式（简称测记式）和电子平板测绘模式（简称电子平板）。数字测记模式就是用全站仪（或普通测量仪器）在野外测量地形特征点的点位，用电子手簿（或PC卡）记录测点的几何信息及其属性信息，或配合草图到室内将测量数据由电子手簿传输到计算机，经人机交互编辑成图。测记式外业设备轻便，操作方便，野外作业时间短。由于是“盲式”作业，对于较复杂的地形，通常要绘制草图。电子平板测绘模式就是“全站仪＋便携机＋相应测图软件”实施外业测图的模式。这种模式将便携机的屏幕模拟测板在野外直接测图，可及时发现并纠正测量错误，外业工作完成，图也就出来了，实现了内外业一体化。

从实际作业来看，数字测图的作业模式是多种多样的。不同软件支配不同的作业模式，一种软件也可支配多种测图模式。由于用户的设备不同，要求不同，作业习惯不同，细分目前我国数字测图作业模式大致有如下几种：

（1）“全站仪＋电子手簿”测图模式。

（2）“普通经纬仪＋电子手簿”测图模式。

（3）“平板仪测图＋数字化仪”数字测图模式。

（4）旧图数字化成图模式。

（5）测站电子平板测图模式。

（6）镜站遥控电子平板测图模式。

（7）航测像片量测成图模式。

各种作业模式的硬件连接方式和数据传输方式如图1-5所示。

第一种作业模式是测记式，为绝大部分软件所支持。该模式使用电子手簿自动记录观测数据，作业自动化程度较高，可以较大地提高外业工作的效率。在采用这种作业模式的主要问题是地物属性和连接关系的采集。由于全站仪的采用，测站和镜站的距离可以拉得很远，因而测站上就很难看到所测点的属性和与其他点的连接关系。属性和连接关系输入不正确，会给后期的图形编辑工作带来极大的困难。解决的方法之一是使用对讲机加强测站与立镜

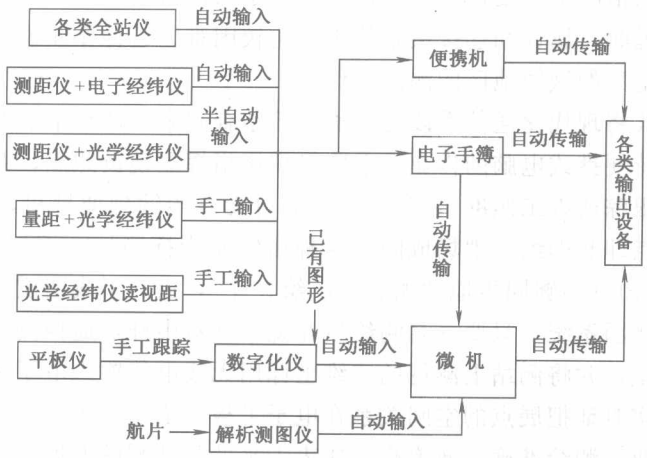

图 1-5　数字测图的几种模式

(尺) 点之间的联系，以保证测点编码（简码）输入的正确性。另一种解决方法是，测站电子手簿只记录定位数据（坐标和高程），在内业编辑时用“引导文件”导入属性和连接关系。这样，既保证了数据的可靠性，又大幅度地提高了测站工作的效率，可以说是一种较理想的作业模式。

第二种作业模式适合暂时还没有条件购买全站仪的用户，它采用手工键入观测数据到电子手簿，其他与第一种作业模式相同。由于用手工键入数据，其数据的可靠性和工作效率显然都存在一定的问题。所以，目前已基本无人采用。

第三种作业模式也几乎被所有的数字测图软件所支持。该模式的基本做法是先用平板测图方法测出白纸图，可不清绘，然后在室内用数字化仪将白纸图转为数字地图。就我国的基本国情和目前测绘行业的现状（设备条件、技术力量）而言，平板测图仍然被大部分测绘单位所钟爱，而某些工程项目却又需要数字地图（例如用计算机作城市规划等），这时可采用这种折中的作业模式。然而，这种作业模式所得到的数字地图的精度较低，特别是用于地籍管理等精度要求较高的工作时，精度问题就突出了。对于测绘数字地籍图，可以用第一种作业模式测量界址点，用平板仪测绘房屋、道路等平面图（不清绘），再用数字化仪将平面图数字化加绘到界址点展点图（数字图）上，即可得到实用的数字地籍图。

第四种作业模式是我国早期（20 世纪 80 年代末 90 年代初）的数字测图的主要作业模式。由于大多数城市都有精度较高、现势性较好的地形图，要制作多功能的数字地图时，这些地形图是很好的数据源。1987～1997 年主要用手扶跟踪数字化仪数字化旧图。近年来随着扫描矢量化软件的成熟，扫描仪逐渐取代数字化仪数字化旧图。先用扫描仪扫描得到栅格图形，再用扫描矢量化软件将栅格图形转换成矢量图形。这一扫描矢量化作业模式，不仅速度快，劳动强度小，而且精度几乎没有损失。

第五种作业模式即电子平板，它的基本思想是用计算机屏幕来模拟图板，用软件中内置的功能来模拟铅笔、直线笔、曲线笔，完成曲线光滑、符号绘制、线型生成等工作。具体作业时，将便携机移至野外，现测现画，不需要作业人员记忆和输入数据编码。这种模式的突出特点是现场完成绝大部分工作，因而不易漏测，在测图时观念上也不需大的改变。这种作业模式对设备要求较高，起码要求每个作业小组配备一台档次较高的便携机，但在作业环境

较差（如有风沙）的情况下，便携机容易损坏。由于点位数据和连接关系都在测站采集，当测站、镜站距离较远时，属性和连接关系的录入比较困难。这种作业模式适合条件较好的测绘单位，用于房屋密集的城镇地区的测区工作。

第六种作业模式将现代化通信手段与电子平板结合起来，从根本上改变了传统的测图作业概念。该模式由持便携式电脑的作业员在跑点现场指挥立镜员跑点，并发出指令遥控驱动全站仪观测（自动跟踪或人工照准），观测结果通过无线传输到便携机，并在屏幕上自动展点。作业员根据展点即测即绘，现场成图。这种由镜站指挥测站，不仅能够“走到、看到、绘到”，不易漏测；而且能够同步地“测、量、绘、注”，提高了成图质量。镜站遥控电子平板作业可形成单人测图系统，只要一名测绘员在镜站立对中杆，遥控测站上带伺服马达的全站仪瞄准镜站反光镜，并将测站上测得的三维坐标用无线电传输入电子平板仪并展点和注记高程，绘图员迅速实时地把展点的空间关系在电子平板上描述（表示）出来。这种作业模式现已实现无编码作业，测绘准确，效率高，代表未来的野外测图发展方向。但该测图模式由于需要数据传输的通信设备，需高档便携机及带伺服马达的全站仪（非单人测图时可用一般的全站仪），设备较贵。

第七种作业模式的基本方法是：用解析测图仪或经过改造的立体坐标量测仪量测像片点的坐标，并将量测结果传送至计算机，形成数字化测图软件能支持的数据文件。经验证明，这种作业模式能极大地减少外业工作量，对于平坦地区的数字化测图显然是一种可行的方法。然而，由于受航测方法本身的局限和精度方面的限制，这种作业模式对于大比例尺成图来说其应用范围会受到一定的限制。该作业模式会逐渐被全数字摄像测量所取代。

1.4 数字测图的特点

数字测图的特点主要表现在以下几个方面。

1. 测图作业实现自动化和智能化

传统测图作业方式主要是建立在野外落后的测量手段、复杂的测量程式、沉重的经济负担和内业大量低效的手工计算及作图方式之上，几乎所有的过程基本上都由人工参与完成。数字测图则使手工作业向自动化、系统化作业方向发展，数据采集、记录、计算、处理、制图等几个作业单元有机结合实现内外业一体化，整个作业过程由计算机自动处理，传统意义上的内、外业界线已不再明显。到目前为止，电脑型全站仪配合丰富的应用软件，向全能型和智能化方向发展。

2. 测图的精度高

传统的测图技术以光学仪器和视距测量方法为基础，地物点平面位置的误差受解析图根点的测量误差、展绘误差，测定地物点的视距误差、方向误差，地形图上地物点的刺点误差等综合影响；而且控制测量采用从整体到局部、逐级布设的方式，等级和环节过多，使最终成果造成了一定的精度损失，在不同程度上限制了地形图的精度。数字测图则不然。当采用内外业一体化成图模式作业时，全部碎部点均用全站仪测量，避免了传统测图方法中影响地形图精度的各种中间环节，控制层次也相对减少，所以数字测图的精度明显高于白纸测图。

3. 测图作业劳动强度小

传统测图作业时，地形原图必须在野外绘制，工作繁琐，效率低下，费时费力。而当采

用全站仪观测碎部点时，观测范围不受视距的限制，碎部点观测可以在很大范围内进行，从而减少了搬站工作量。另外，电子测量仪器配合电子记录手簿使用，可省却记录工作，快捷、方便、准确，在不同程度上减轻了测绘工作者的劳动强度。

4. 图形实现数字化

用计算机存储单元保存的数字地形图，存储了图中具有特定含义的数字、文字、符号等各类数据信息，可方便地传输、处理和供多用户共享。数字图形不仅可以自动提取点位坐标、两点距离、方位以及地块面积等，还可以供工程、规划、计算机辅助设计和供地理信息系统建库使用。数字地形图的管理节省空间，操作方便。

5. 便于地形图内容的更新与修补

数字测图的成果是以点的定位信息和图形信息存入计算机的。一般数字测图软件都具有“图形编辑”功能，例如“增加”、“删除”、“修改”等，其调用、显示和进行图形处理都十分方便，而且这些功能都能充分满足地形图修测和补测的要求。当实地有变化时，只需输入变化信息的坐标、代码，经过编辑处理，很快便可以得到更新的图形，从而可以确保成果的可靠性和现势性。因此利用这些功能进行原有数字地形图的更新十分方便。

6. 避免图纸伸缩引起各种误差

表示在纸质图纸上的地形图信息随着时间的推移，当图纸出现变形时就会产生变形误差。而数字测图的成果以数字信息存储，避免了对图纸的依赖性。

7. 可以多种形式输出成果

计算机与显示器、打印机联机时，可以显示或打印各种需要的资料信息；与绘图仪联机，可以绘制出各种比例尺的地形图、专题图，以满足不同用户的需要。

8. 便于成果的深加工利用

数字测图分层存放，可使地面信息无限增加，不受图面负载量的限制。同时便于成果的深加工利用，拓宽测绘工作的服务面，开拓市场。例如测图软件中将房屋、电力线、铁路、植被、道路、水系、地貌等均存于不同的层中，通过关闭层、打开层等操作来提取相关信息，便可方便地得到所需的测区各类专题图、综合图，如路网图、电网图、管线图、地貌图等。

9. 便于保存与管理

数字测图的最终产品是以数字形式存贮于计算机的存贮介质上，仅占很少的空间。一般情况下，一张 1.4MB 的小磁盘能存放 2～8 幅地形图，一张 650MB 的光盘能存放 1000 多幅地形图。这与传统测图技术得到的纸质地形图相比是极其优越的。另外，数字测图产品也没有纸质地形图产品保存过程中的霉烂、变形等问题。数字地图产品易于复制，这不仅给保存的安全性提供了可靠的保证，管理起来也十分方便，目前，已有不少专用软件实现数字图形的计算机管理。

10. 易于发布和实现远程传输

对于传统意义上的地形图，实时发布和异地远程传输是难以实现的。然而，对于数字地形图产品，随着网络技术和通信技术的不断发展，以及网上图形发布系统的逐步完善，通过计算机网络实现地形图产品的实时发布和异地远程传输已经成为可能。

11. 可作为 GIS 的重要信息源

地理信息系统（GIS）以其方便的信息查询检索功能、空间分析功能以及辅助决策功

能，在国民经济、办公自动化及人们日常生活中都有广泛的应用。然而，要建立一个GIS，花在数据采集上的时间和精力约占整个工作的80%。GIS要发挥辅助决策的功能，需要现势性强的地理信息资料。数字测图能提供现势性强的地理基础信息，经过一定的格式转换，其成果即可直接进入GIS的数据库，并能以最快的速度更新GIS数据库中的内容。一个好的数字测图系统应该是GIS的一个子系统。

以上较详细地介绍了数字测图技术的优点。然而，任何事物都是一分为二的，数字测图技术在带来优越性的同时，也不可避免地存在一些缺陷，主要是费用、人员和系统可靠性等方面的问题。在费用方面，一个不容争议的事实是数字测图比传统测图的费用高，这主要体现在设备（包括软件）费用和人力成本两个方面。数字测图技术对测绘工作者的素质提出了新的要求，最基本的要求是必须具备操作基本测绘仪器、操作计算机和使用应用软件的能力。另外，如同运行在计算机上的其他系统一样，数字测图系统的可靠性也受到诸多因素的限制，问题的关键还在于数字测图系统中的一些相对微小的缺陷也可能需要训练有素的专家才能解决。这些问题和缺陷都是目前数字测图实践中难以回避的。当然，随着数字测图技术与设备的不断完善以及测绘工作者技术水平的不断提高，这些问题肯定会逐步得到解决。

1.5 本课程的内容与学习要求

1.5.1 本课程的特点和主要内容

1. 本课程的特点

数字测图是测绘工程专业一门重要的专业技术基础课。书中介绍了数字测图的基本理论、原则和方法，其中重点突出了数字测图的实际作业方法。数字测图包括地面数字测图、老图数字化和数字摄影测量等方法，而每一种方法都包含有地形数据的采集、数据处理和成图、成果和图形输出等作业过程。由于数字测图采用的硬件和软件的差别，其数据采集的方法也不相同。地面数字测图的地形数据采集主要利用全站仪、GPS等测量仪器在野外获取，地图数字化和数字摄影测量等方法的地形数据采集主要是在室内利用手扶数字化仪、扫描数字化仪等在纸质地形图、航测像片、遥感像片上采集数据。同样，由于采用的硬件和软件的差别，数据处理和成图方法、成果和图形输出的形式都有差别。为了掌握数字测图操作的全部过程，本书仅重点介绍地面数字测图和地图数字化，而对航空摄影测量和遥感成图只简单地介绍其基本概念。

2. 本课程的主要内容

本书以数字测图的外、内业工作为主线，阐述了数字测图和地图数字化的基本原理、基本理论以及应用。内容包括数字测图的基本方法、数字测图系统、数字测图的作业过程、数字地形图野外数据采集、运用南方测绘仪器公司的CASS6.0成图软件进行内业编辑成图、威远图SV300R2002测图的标准化软件和清华山维EPSW2003全息测绘系统成图软件、地形图数字化、航空摄影测量及遥感成图简介、数字地形图的应用等。

地面数字测图是利用全站仪及其他测量仪器在野外进行数字化地形数据采集，在成图软件的支持下，通过计算机加工处理获得数字地形图的方法。其实质是一种全解析机助测图方法。地面数字测图的成果是可供计算机处理、远距离传输、多方共享的以数字形式存储的计算机存储介质上的数字地形图，或通过数控绘图仪输出的以图纸为载体的地形图。

数字测图使地形图测绘实现了数字化、自动化，改变了传统的手工作业模式。地面数字测图与传统的图解法测图相比，具有自动化程度高、精度高、不受图幅限制、便于使用管理等特点。数字地形信息也是建立地理信息系统的基础信息。目前，数字测图技术已取代了传统的白纸测图方法，地面数字测图已成为获取大比例尺数字地形图、各类地理信息以及为保持其现势性所进行的空间数据更新的主要方法。

1.5.2　本课程与其他课程的关系和学习要求

1. 本课程与其他课程的关系

数字测图是一门实践性非常强的综合性课程，不仅有自身的理论、原则、作业方法及步骤，而且还与其他课程，如测量学基础、地形测量学、计算机应用基础、CAD 技术、控制测量、地籍测量、数据库原理与技术等有着密切的联系，涉及到这些课程中相关基本知识，如图根控制测量、碎部测量、地形图的绘制方法、地形图图式符号的应用、全站仪和 GPS 等测量仪器的综合应用。

2. 学习本课程的主要目的

学习大比例尺数字测图的原理和方法，掌握全站仪数字测图和地图数字化的全过程，掌握处理测量数据的基本理论和方法，在工程建设中能正确应用数字地图完成规划、设计和施工各阶段中的量测、计算和绘图等工作。

3. 学习本课程的方法

要学好数字测图，必须重视理论联系实际的学习方法。在学习过程中，除课堂上认真听讲、学习理论知识外，还要参加与理论教学对应的实验课和教学实习。在掌握课堂讲授内容的同时，认真完成每一次实验课的实验内容，以巩固和验证所学理论。课后要求按思考题与习题的内容加深对基本概念和理论的理解，要自始至终完成各项学习任务。在条件允许的情况下，应使用指导教师提供的数字测图技术多媒体进行学习，在指导教师的安排下组织开展一些与本课程相关的专题参观或调查，了解新理论、新技术、新设备在本学科中的应用。

在本课程的学习过程中，应注重实际操作能力的培养。教学实习是巩固和深化课堂所学知识的一个系统的实践环节，是理论知识和实验技能的综合运用，因此掌握数字测图的基本理论、基本知识、基本技能，建立地形数据的采集、数据处理和成图、成果和图形输出的完整概念是非常必要的。

在完成课堂实验课和教学实习后，必须加强本课程综合应用能力的培养。在指导教师的组织安排下，按生产现场的作业要求拟订实践任务或组织参加教学生产实习，将大比例尺数字测图中地形数据的采集、数据处理和成果、成果和图形输出等环节的操作过程衔接起来，掌握每一个环节的作业方法和步骤，完成大比例尺数字测图作业的全过程。通过理论联系实际的综合训练，培养分析问题和解决问题的能力以及实际动手能力，为今后从事测绘工作打下良好基础。

小　结

数字测图是地形测图的主要手段之一，其作业过程有数据采集、数据处理和图形输出三个基本阶段。学习数字测图就必须掌握这三个阶段的工作。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com