

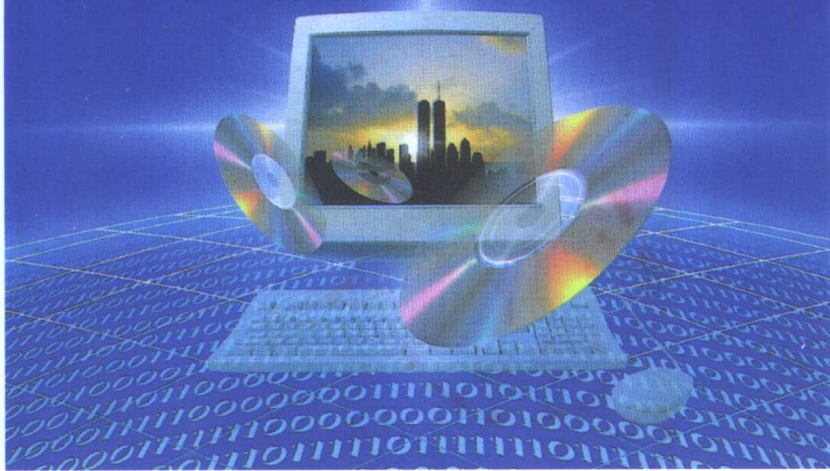
0 1 1 0

测绘科技专著出版基金资助项目

数字测图

(内外业一体化)

杨晓明 王军德 时东玉 编著



测绘科技专著出版基金资助项目

数字测图

(内外业一体化)

杨晓明 王军德 时东玉 编著

测绘出版社

• 北京 •

内 容 简 介

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、内外业一体化测图)、地图数字化成图、摄影测量和遥感数字测图。狭义的数字测图是指全野外数字测图。

本书主要介绍全野外数字测图,并对该系统的硬软件作了较详细的讲述。全书共分六章。其主要内容包括:数字测图概述,数字测图系统的硬件设备,数字测图外业,CASS 3.0 测图系统的使用,EPsw 98 电子平板测图系统的使用,SCS 遥控电子平板系统简介。

本书可供普通中等专业学校工程测量、航空摄影测量、地籍测量等专业使用,亦可供测绘部门高等职业教育及大专院校非测绘专业使用,同时可供测绘技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字测图:内外业一体化/杨晓明,王军德,时东玉
编著. —北京:测绘出版社,2001.9
ISBN 7-5030-0974-8

I. 数… II. ①杨…②王…③时… III. 地图编
绘-数字测量法 IV. P204

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 47685 号

测绘出版社出版

社址:北京宣武区白纸坊西街 3 号 邮编:100054

E-mail: ccph@public.bta.net.cn

三河市艺苑印刷厂印刷·新华书店经销

2001 年 9 月第 1 版·2001 年 9 月第 1 次印刷

开本:210×297·印张:16

字数:480 千字·印数:0001—3000

定价:38.00 元

前 言

随着测绘仪器的更新和测绘技术、计算机技术的发展,传统的测图技术逐渐被数字测图技术所取代。为适应当前测绘职业教育的需要,特编写本书。本书注重系统性和实践性,对野外数字测图(内外业一体化)系统的软硬件作了详细地介绍。

全书分六章。第一章对野外数字测图的基本思想、系统配置、作业基本过程及作业模式等作了简要的阐述;第二章详细地介绍了数字测图系统的硬件设备及数据通信的基本概念;第三章系统地介绍了外业数据采集及其相关问题;第四章详细地介绍了CASS 3.0测图系统内业操作;第五章详细地介绍了EPSW电子平板的使用;第六章简介了SCS遥控电子平板系统。为了方便读者的理解与操作,收录了附录一至附录六,作为本书的补充内容。为了方便教学,每章都给出了习题与思考题。

本书是在郑州测绘学校内部教材《数字化测图》(杨晓明、李骏元、郭学林编写)的基础上,经过六个轮次的使用,不断地总结教学经验,调研各种野外数字测图系统,依据较新的测图软件,由杨晓明、王军德、时东玉编写而成。第一、第二、第三、第六章主要由杨晓明编写,第四章主要由时东玉、王军德编写,第五章及第二章的第七节数据通信由王军德编写。另外,广州开思创力科贸公司的总经理黄伟明为第六章提供资料,付翔讲师为扫描仪和绘图仪的使用撰稿。本书由杨晓明负责总体规划,制定编写细目及统稿。

由于编者水平有限,书中缺点和不足之处在所难免,恳切希望广大读者在使用过程中提出意见并谅解。

编 者

2000年1月10日

目 录

第一章 数字测图概述	(1)
§ 1-1 数字测图概念	(1)
§ 1-2 数字测图系统	(3)
§ 1-3 数字测图的优点	(4)
§ 1-4 数字测图的基本过程	(5)
§ 1-5 数字测图作业模式	(7)
§ 1-6 数字测图的发展与展望	(9)
第二章 数字测图系统的硬件设备	(12)
§ 2-1 电子计算机简介	(12)
§ 2-2 全站仪的结构及其测量原理	(16)
§ 2-3 拓普康 GTS-211D 全站仪的使用	(20)
§ 2-4 SET 系列全站型电子速测仪的使用	(29)
§ 2-5 电子速测仪的检校	(39)
§ 2-6 电子手簿	(41)
§ 2-7 数字化仪与扫描仪	(45)
§ 2-8 数控绘图仪	(50)
§ 2-9 数据通信	(54)
第三章 数字测图外业	(63)
§ 3-1 碎部点坐标测算方法及数学原理	(63)
§ 3-2 数据编码	(70)
§ 3-3 野外数据采集	(77)
§ 3-4 NFSB 电子手簿的使用	(85)
第四章 CASS 3.0 测图系统的使用	(96)
§ 4-1 CASS 3.0 系统简介	(96)
§ 4-2 平面图绘制的基本方法	(102)
§ 4-3 注记与编辑	(109)
§ 4-4 数字地形图绘制	(122)
§ 4-5 数字地籍成果绘制	(130)
§ 4-6 CASS 电子平板	(137)
§ 4-7 CASS 3.0 测图软件的其它功能	(141)
第五章 EPSW 98 电子平板测图系统的使用	(150)
§ 5-1 EPSW 98 系统简介	(150)
§ 5-2 测量前的作业准备	(152)
§ 5-3 图根控制测量	(159)
§ 5-4 碎部测量	(163)
§ 5-5 图式符号的绘制	(169)

§ 5-6 数模等高线绘制	(175)
§ 5-7 图形编辑	(181)
§ 5-8 成果的绘制与交换	(189)
第六章 SCS 遥控电子平板系统简介	(199)
§ 6-1 SCS for GIS 2000 的特点	(199)
§ 6-2 SCS for GIS 2000 数字成图简介	(200)
附录一:Windows 的基本概念及基本操作	(207)
附录二:CASS 3.0 的部分文件结构	(214)
附录三:CASS 3.0 数据交换文件格式	(217)
附录四:CASS 3.0 的常用外设配置	(230)
附录五:用绘图仪或打印机出图	(240)
附录六:HP 750C 喷墨绘图仪介质装入	(246)
主要参考文献	(249)

第一章 数字测图概述

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,并逐步地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、实现数字化和自动化的测量制图系统,人们通常称为数字化测图(简称数字测图)或机助成图。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、内外一体化测图)、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。

§ 1-1 数字测图概念

一、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;再则,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数字化和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及时记录在数据终端(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。数字测图虽然生产成品仍然以提供图解地形图为主,但是它以数字形式保存着地形模型及地理信息。

二、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

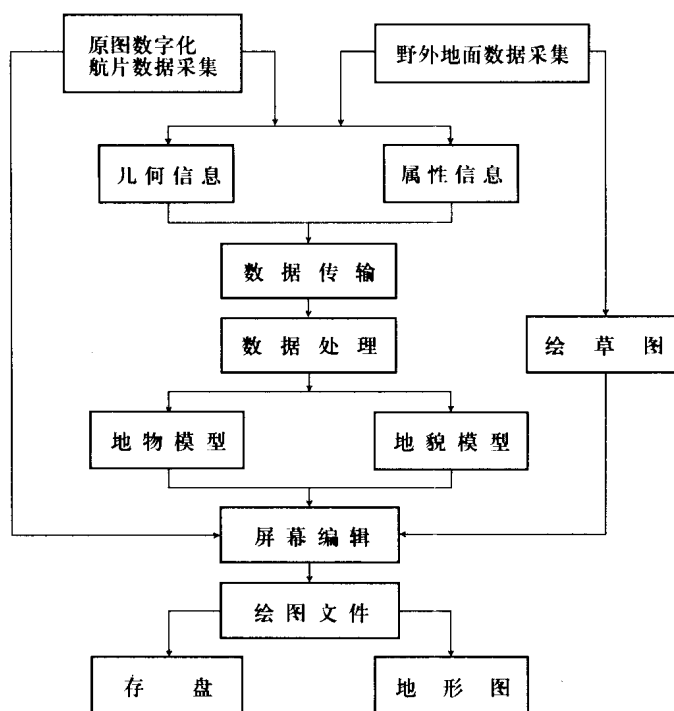


图 1-1

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。

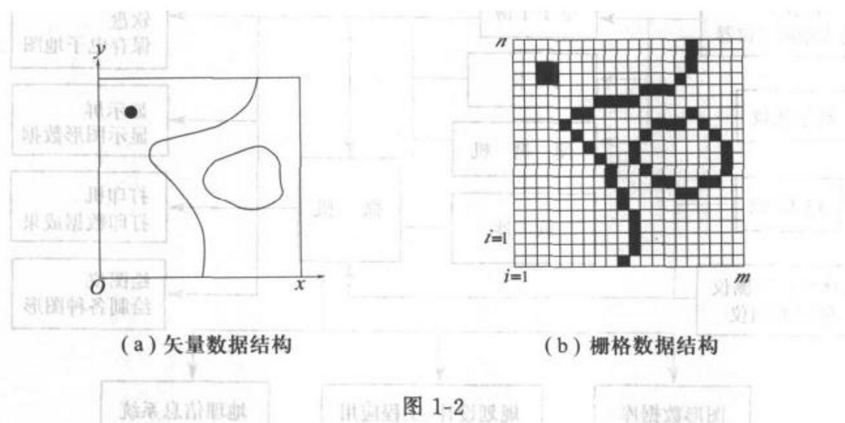
属性信息又称为非几何信息,包括定性信息和定量信息。属性的定性信息用来描述地图图形要素的分类或对地图图形要素进行标名,一般用拟定的特征码(或称地形编码)和文字表示。有了特征码就知道它是什么点,对应的图式是什么。属性的定量信息是说明地图要素的性质、特征或强度的,例如面积、楼层、人口、产量、流速等,一般用数字表示。

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,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。

三、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 1-2 所示。由野外采集的数据、由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。而一幅地形图 $(50 \times 50 \text{ cm})$ 的栅格数据,随栅格单元(像元)的边长(一般 $< 0.02 \text{ mm}$)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。再则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。



四、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

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、数据输出和数据输出三部分组成，如图 1-3。

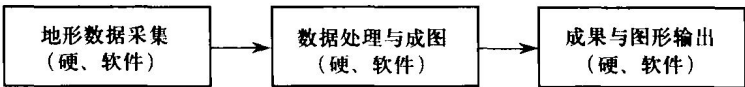


图 1-3

围绕这三部分，由于硬件配置、工作方式、数据输入方法、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，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 1-4。数字测图系统需有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

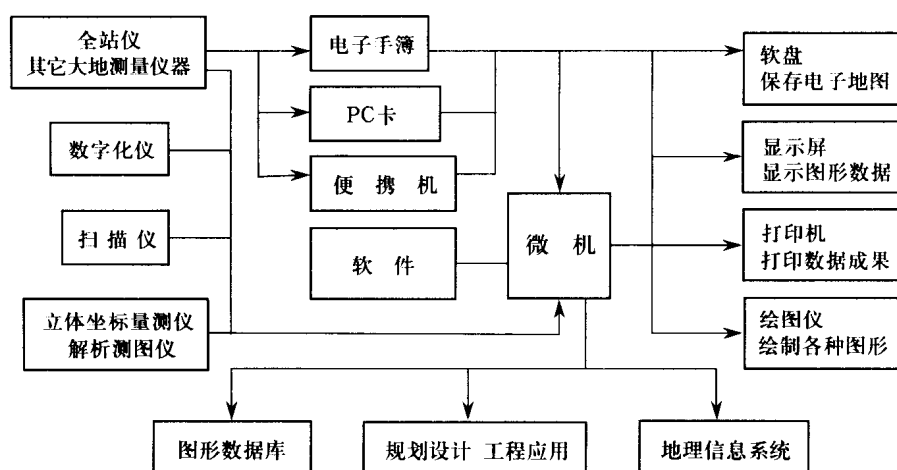


图 1-4

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、绘图软件及信息应用软件等。

§ 1-3 数字测图的优点

大比例尺数字测图有力地冲击着传统的平板仪或经纬仪的白纸测图方法，大有取代白纸测图之势，这是因为数字测图具有诸多的优点。

1. 测图用图自动化

传统测图方式主要是手工作业，外业测量人工记录，人工绘制地形图，在图上人工量算所需要的坐标、距离和面积等等。数字测图则使野外测量自动记录，自动解算，使内业数据自动处理，自动成图，自动绘图，并向用图者提供可处理的数字地（形）图软盘，用户可自动提取图数信息。

2. 图形数字化

用软盘保存的数字地（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。数字地图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 CAD（计算机辅助设计）使用和供 GIS（地理信息系统）建库使用。数字地图的管理，即节省空间，操作又十分方便。

3. 点位精度高

传统的经纬仪配合小平板、半圆仪白纸测图，地物点平面位置的误差主要受解析图根的测定误差和展绘误差、测定地物点的视距误差、方向误差、地形图上的地物点的刺点误差等影响，综合影响使地物点平面位置的测定误差图上约为 $\pm 0.5\text{mm}$ （1:1000 比例尺），主要误差源为视距误差和刺点误差。经纬仪视距高程法测定地形点高程时，即使在较平坦地区（ $0^\circ \sim 6^\circ$ ），视距为 150m，地形点高程测定误差也达 $\pm 0.06\text{m}$ ，而且随着倾斜角的增大，高程测定误差会急剧增加。

用全站仪采集数据，测定地物点的误差在 450m 内约为 $\pm 22\text{mm}$ ，测定地形点的高程误差在 450m 内约为 $\pm 21\text{mm}$ ，若距离在 300mm 以内，则测定地物点误差约为 $\pm 15\text{mm}$ ，测定地形点的高程误差约为 $\pm 18\text{mm}$ 。在数字测图中，野外采集的数据的精度毫无损失，也与图的比例尺无关。数字测图的高精度为地籍测量、管网测量、房产测量、工程规划设计等工作提供了保证。

4. 便于成果更新

数字测图的成果是以点的定位信息和属性信息存入计算机，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,从而可以确保地面的可靠性和现势性,数字测图可谓“一劳永逸”。

5. 避免因图纸伸缩带来的各种误差

表示在图纸上的地图信息随着时间的推移,会因图纸的变形而产生误差。数字测图的成果以数字信息保存,避免了对图纸的依赖性。

6. 能以各种形式输出成果

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,如用打印机可打印数据表格,当对绘图精度要求不高时,可用打印机打印图形。计算机与绘图仪联机,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。

7. 方便成果的深加工利用

数字测图分层存放,可使地面信息无限存放(这是模拟图无法比拟的优点),不受图面负载量的限制,从而便于成果的深加工利用,拓宽测绘工作的服务面,开拓市场。比如CASS软件中共定义26个层(用户还可根据需要定义新层),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内各类专题图、综合图,如路网图、电网图、管线图、地形图等。又如在数字地籍图的基础上,可以综合相关内容,补充加工成不同用户所需要的城市规划用图、城市建设用图、房地产图以及各种管理用图和工程用图。

8. 可作为GIS的重要信息源

地理信息系统(GIS)具有方便的空间信息查询检索功能、空间分析功能以及辅助决策功能,这些功能在国民经济、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,并更新GIS的数据库。一个好的数字测图系统应该是GIS的一个子系统。

§ 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。

一、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 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. 野外数据采集

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（尤其是 1:500 的）测图中主要的测图方法。

2. 原图数字化采集

为了充分利用测绘成果，可以利用原图（已测绘的模拟图）在室内采集数据。这种数据采集方式常称为原图数字化。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。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仪数字化取代。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，可较快的得到数字图。

3. 航片数据采集

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。这种方法工作量轻，采集速度快，是我国测绘基本图的主要方法。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。

二、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、图比例尺的统一、不同结构数据的转换等等。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 AutoCAD 的图形数据文件转换为 GIS 的交换文件。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参数，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，还要对数据处理后生成的“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。

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。

三、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，通过对层的控制，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。

§ 1-5 数字测图作业模式

由于软件设计者思路不同,使用的设备不同,数字测图有不同的作业模式。归纳而言,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+数字化仪数字化测图模式;
- 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。

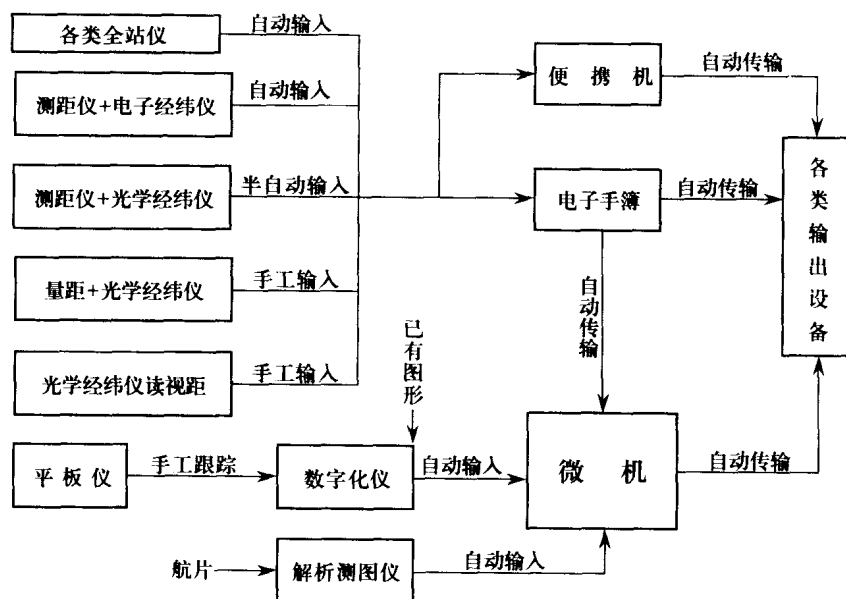


图 1-5

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时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它点的连接关系。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（尺）点之间的联系，以保证测点编码（简码）输入的正确性。也可以为采集系统配置一个袖珍绘图仪（A3/A4）现场按坐标实时展点绘草图。解决的方法之二，将属性和连接关系的采集移到镜站用手工草图来完成，测站电子手簿只记录定位数据（坐标），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外业工作的效率，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，其它与第一种作业模式相同。由于用手工键入数据，其数据可靠性和工作效率显然都存在一定的问題。然而，由于它对仪器设备的要求较低，也有一些单位仍在采用。

第三种作业模式也几乎被所有的数字测图软件所支持。该模式的基本作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），这时可采用这种折衷方式的作业模式。然而，这种作业模式所得到的数字地图的精度较低，特别是数字地图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装绘到界址点展点图（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（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，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，且也可不需要作业人员记忆输入数据编码。这种模式的突出优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、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图工作。

第六种作业模式将现代化通讯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。由于由镜站指挥测站，能够“走到、看到、绘到”，不易漏测；能够同步地“测、量、绘、注”，以提高成图质量。镜站遥控电子平板作业模式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仪上描述（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数据传输的通讯设备，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坐标，并将量测结果传送到计算机，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影测量所取代。

§ 1-6 数字测图的发展与展望

数字测图首先是由机助地图制图（亦称自动化制图、机助制图）开始的。机助地图制图技术酝酿于20世纪50年代。1950年第一台能显示简单图形的图形显示器作为美国麻省理工学院旋风1号计算机的附件问世。1958年美国Calcomp公司将联机的数字记录仪发展为滚筒式绘图机，Greber公司把数控机床发展成平台式绘图仪。50年代末，数控绘图仪首先在美国出现，于此同时出现了第二、第三代电子计算机，从而促进了机助制图的研究和发展，很快就形成了一种“从图上采集数据进行自动制图”的系统。1964年第一次在数控绘图仪上绘出了地图。1965—1970年第一批计算机地图制图系统开始运行，用模拟手工制图的方法绘制了一些地图产品。1970—1980年，在新技术条件下，对机助制图的理论和应用问题，如地图图形的数字表示和数学描述、地图资料的数字化和数据处理方法、地图数据库、制图综合和图形输出等方面的问题进行了深入的研究，许多国家建立了硬软件结合的交互式计算机地图制图系统，进一步推动了地理信息的发展。80年代进入推广应用阶段，各种类型的地图数据库和地理信息系统相继建立起来，计算机地图制图，尤其是机助专题地图制图得到了极大的发展和广泛的应用。70年代末和80年代初自动制图主要包括数字化仪、扫描仪、计算机及显示系统四个部分，数字化仪数字化成图成为主要的自动成图方法。

20世纪50年代末，航空摄影测量都是使用立体测图仪及机械连动坐标绘图仪，采用模拟法测图原理，利用航测像对测绘出线划地形图。到60年代就有了解析测图仪，它是由精密立体坐标仪、电子计算机和数控绘图仪3个主要部分组成，将模拟测图创新为解析测图，其成果依然是图解地形图。威特（Wild）公司生成的BC2、BC3，欧波同（Opton）公司的P2、P3等都是后来生产的先进的解析测图仪，我国也研制和生产了解析测图仪。后来在解析测图仪直接量测并自动解算测图点坐标的基础上，再键入相关信息，经过人机交互的编辑工作，由计算机处理，便可生成数字地形图。80年代初，为了满足数字测图的需要，我国在生产、使用解析测图仪的同时，对原有模拟立体测图仪和立体坐标量测仪，逐渐地改装成数字测图仪。将量测的模拟信息经编码器转换为数字信息，由计算机接受并处理，最终输出数字地形图。80年代末、90年代初，又出现了全数字摄影测量系统。我国武汉测绘科技大学张祖勋教授主持研制出了具有世界先进水平的全数字摄影测量系统。全数字摄影测量系统大致作业过程：将影像扫描数字化，利用立体观测系统观测立体模型（计算机视觉），利用系统提供的一系列进行量测的软件——扫描数据处理、测量数据管理、数字定向、立体显示、地物采集、自动提取（或交互采集）DTM（数字地面模型）、自动生成正射影像等软件（其中利用了影像相关技术、核线影像匹配技术）使量测过程自动化。全数字摄影测量系统在我国迅速推广和普及，目前已基本上取代了解析摄影测量。

大比例尺地面数字测图，是20世纪70年代在轻小型、自动化、多功能的电子速测仪问世后，在机助地图制图系统的基础上发展起来的。80年代全站型电子速测仪（电子速测仪+电子记录器，简称全站仪）的迅猛发展，加速了数字测图的研究与应用。我国从80年代初开始开展大比例尺数字测图的研究与实践，有的偏重于城市大比例尺平面图的自动测绘；有的则着眼于城市及其郊区大比例尺地形图的自动测绘；有的侧重于数据采集的编码研究；有的侧重于自动化仪器的开发。现已开发出数十套从数据采集到图形编辑功能较完善的数字化测图系统。有人预测：在我国平板仪测图的时代将要结束，数字化测图

将取代白纸测图。

我国开发大比例尺数字化测图系统研究和实验,主要经历了四个阶段。80年代初至1987年为第一阶段,该阶段主要是引进外国大比例尺测图系统的应用与开发及探讨研究阶段。这一阶段参加研究的人员和单位都比较少,人们对大比例尺地面数字测图的认识还模糊不清,属于探讨阶段。受当时测图系统硬件(包括计算机及其绘图设备、电子速测仪、电子手簿等)和软件(计算机语言、系统软件)的限制,所研究的大比例尺数字测图系统还不成熟。该阶段我国研制的数字化测图系统的代表作是北京市测绘院研制的“DGJ大比例尺工程图机助成图系统”。1988—1991年为第二阶段,在这短短的四年时间,国内开展大比例尺数字化测图研究的单位由前一阶段两三家猛增到几十家,参加研究人员也是前一时期的几十倍甚至上百倍,并举办了种类多样的培训班、研讨会、学习班等,活跃了这一研究课题的学术空气,大大推动了我国大比例尺数字化测图的发展。这一时期先后研制成功了数十套大比例尺数字化测图系统,并都或多或少地在生产中得到了推广和应用:如武汉测绘科技大学与上海市测绘院等单位研制的“DJH大比例尺数字测图系统”、清华大学土木系推出的“GAMAP机助成图系统”、解放军测绘学院的“综合采样数字地籍(形)测量系统”等。但由于忽略了我国城镇农村地形地物本身的多样性和复杂性以及用户的接受能力,给推广应用工作带来了许多意想不到的困难。1991—1997年为总结、优化和应用推广阶段。随着大范围数字化测图在生产和推广中出现的许多实际问题,人们不得不回头来重新考虑原来的设计思想和作业方法,研制出一套既能适合各种地形地物,又简单易学,易于被用户接受的数字化测图系统。这期间又有人提出了一些新的数字化测图方法,如野外数字装图法、“电子平板”法、测算法、多种编码方案采集法等。开发的比较受用户欢迎的数字化测图系统主要有:南方测绘仪器公司的“CASS南方内外业一体化成图系统”、武汉瑞得公司的“RDMS数字测图系统”、清华山维公司的“EPSW电子平板测图系统”等。“八五”期间我国建立了四川、陕西、黑龙江、北京、上海、广东、湖北等七个数字化测绘生产示范基地。其间在我国南方、沿海以及内陆部分经济发达地区,已较普遍应用数字化测图手段测绘地形图、地籍图。从1997年后为数字测图技术全面成熟阶段。数字测图系统已跳出“测图”框框,向测图与设计一体化、自动化和数据采集与数据管理一体化、自动化发展,使数字测图系统成为GIS(地理信息系统)的一个子系统。南方测绘仪器公司推出的“CASS 3.0地形地籍成图软件”,武汉瑞得公司推出的“RDMS 4.0数字测图系统”,清华山维公司推出的“EPSW98电子平板测绘图软件”,广州开思创力公司推出的“SCSG 2000成图软件”,是这一阶段的代表作。这些功能强大、操作简单、各有特色的成图软件促进了我国地面数字测图蓬勃发展。期间在我国还推出了几套操作简单、快速的扫描矢量化软件,使原图数字化成图摆脱了手扶跟踪之苦。另外,全数字摄影测量在各省测绘局的测绘院相继开展,各省都在开始建立1:10万乃至1:1万的地理信息系统。我国测绘事业开始进入数字测图时代。

我国地面数字测图系统可分为三种类型:国外现成的机助成图系统;国内直接利用AutoCAD系统开发的成图系统;结合我国的实际情况,针对测绘专业特点自行研究、设计的机助成图系统。对于直接引进国外的数字成图系统,都必须投入大量精力进行二次开发工作。国外的机助成图系统除价格昂贵并要求有与之相适应的硬件配置外,更大的局限性在于它们一般与我国的测量作业方法和规范、图式符号、汉字注记等不相适应,因此很难得到推广。对于直接利用AutoCAD平台进行图形编辑的系统,由于AutoCAD具有丰富的非常成熟的图形处理、图形编辑功能,软件研制人员可以此为基础,较轻快地推出具有使用方便、扩充性强、接口丰富的测图系统,目前以AutoCAD为平台开发的测图软件很多。国内一些技术实力雄厚的单位,结合我国的国情和测绘专业数字成图的特点,推出完全自主版本的机助成图系统。这类系统的图形处理编辑时数据处理速度快,不仅操作简单,而且接近我国实际作业模式。但完全自主开发的测图软件,开发速度慢,成本高,维护更新较困难。

目前要在我国全面实现数字测图还有许多困难,主要问题是资金问题、人才问题和观念问题,而不是技术问题。进口仪器(全站仪和自动绘图仪等)价格昂贵,使测绘成本提高。我国测绘技术人员对传

统测绘技术掌握得很好，但由于缺少进修机会，很多测绘技术人员对数字测图技术很陌生，数字测图产品的使用与管理更缺乏人才。今后我国数字测绘教育和测绘技术人员数字测图技术的培训任务很重。另外在推广数字化测图过程中，一定要更新观念。数字化测图毕竟与图解测图有着本质的区别，不能受平板仪测量中某些传统观念的约束。例如，方格网在平板仪测量时是一切点位的基础，而在数字测图中，任何点位都是与方格网无关的，可以根本不需展绘方格网，展绘了也只是一般的符号，仅供使用者使用。又如测定碎部点时，有些方法（如对称点法）在图解测图时是不能引用的，但在数字化测图中却可广泛使用而提高工作效率。不能仅仅拿数字化测图的某一项指标（如野外测量速度）与传统的白纸测图相比，应该全面进行比较，应充分认识数字化测图的优点。数字测图必须突破“图”的概念，而突出“数”的概念，测量数据一定要全息保存。测量数据应全社会共享，也就是说测绘、规划、土地、房产、市政等部门应协调共同开展数字测图工作。

为了规范和促进数字化测图技术的发展，国家测绘局委托其下属的测绘标准化研究所先后制订了适应我国大比例尺数字化测图的规范和图式，计有《大比例尺地形图机助制图规范》、《1:500、1:1000、1:2000 地形图要素分类与代码》、《1:500、1:1000、1:2000 地形图图式》和《1:500、1:1000、1:2000 大比例尺野外数字测图数据记录格式标准》等，经国家有关部门审批后，现已在全国颁布执行。上述规范规定了野外测图的技术要求，使数字测图生产规范化；规定了统一的地形图要素分类（共分九大类）与编码（采用线性四位编码法），以便实现现有各数字化测图系统的数据转换和同一数据接口。

为使数字化测图技术普及，必须使系统的配套价格降下来。目前一套进口系统价格在 20 万元以上，使得国内很多单位无力接受，且进口系统多不适合中国国情。根本出路还是测绘仪器和软件国产化。近几年来我国的测绘仪器研究有了突破的进展，现已能批量生产全站仪和 GPS 接收机（包括 RTK）。若配置国产仪器和我国开发的软件，数字化测绘系统全套价格可在 10 万元之内。另外，用图单位关心的是地形特征点的坐标及其精度，至于是否绘出地图已不像过去传统的手工白纸测图那么迫切了，因为一张数字化软盘比纸上静态线划图的用处更大，精度更高。因此，一定意义上像绘图仪、数字化仪和扫描仪，并非各个单位都需要，完全可以采取借用或租用的方法，这样数字化测图的硬件费用就更低了。

今后数字化测图软件的发展方向应该是一种无点号、无编码的镜站电子平板测图系统。测站上的仪器照准镜站反光镜后，自动将经处理的以三维坐标形式的数据，用无线电传输输入电子平板，并展点和注记高程。由于测量员就在镜站，熟悉现场情况，因此就可以迅速实时地把展点的空间关系在电子平板仪上描述（表示）出来。这种自动化测图系统，走出了当今困扰我们的编码困难和编码机内处理麻烦的圈子，可能成为今后数字化测图的主要系统。今后数字化测图软件介面一定很友好，操作很简单，一学就会。

习题与思考题（一）

1. 什么是数字测图？
2. 什么是矢量数据？什么是栅格数据？
3. 简述数字测图的基本成图过程。
4. 数字测图需解决哪些问题？
5. 数据采集的绘图信息有哪些？
6. 数字测图的硬件设备有哪些？各自的作用是什么？
7. 数字测图有哪些优点？
8. 数字测图大致有哪几种作业模式？
9. 电子平板测图系统主要由哪几部分组成？
10. 简述全站仪+电子手簿的作业过程。
11. 目前我国数据采集方法主要有哪几种？