

普通高等院校测绘课程系列规划教材

PUTONG GAODENG YUANXIAO CEHUI KECHENG XILIE GUIHUA JIAOCAI



SHUZHUA CETU JIAOCHENG

数字化测图教程

(第二版)

主审 \ 齐 华

主编 \ 刘福臻 李玉宝 余代俊



普通高等院校测绘课程系列规划教材

数字化测图教程

(第二版)

主审 齐 华

主编 刘福臻 李玉宝 余代俊



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容提要

本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阐述。全书分 10 章,先介绍了数字化测图的概念,计算机绘图基础知识,数据的采集、传输和内业的编辑,再结合 CASS 软件详细介绍了数字化的编辑方法,然后简单讲述了图幅的管理和图纸的打印,最后介绍了土地利用中的数字测图。

本书是在作者从事测绘工程专业教学和数字化测图理论与实践的基础上编写的。该书实用性很强,除可作为测绘工程专业、地理信息系统专业、土木工程专业等学生的教材外,也可供从事数字化测绘工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字化测图教程 / 刘福臻, 李玉宝, 余代俊主编.
—2 版. —成都: 西南交通大学出版社, 2016.8
普通高等院校测绘课程系列规划教材
ISBN 978-7-5643-4753-6

I. ①数… II. ①刘… ②李… ③余… III. ①数字化
测图—高等学校—教材 IV. ①P231.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 142744 号

普通高等院校测绘课程系列规划教材

数字化测图教程

(第二版)

主编 刘福臻 李玉宝 余代俊

责任编辑	柳堰龙
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	21
字 数	518 千
版 次	2016 年 8 月第 2 版
印 次	2016 年 8 月第 9 次
书 号	ISBN 978-7-5643-4753-6
定 价	44.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

普通高等院校测绘课程系列规划教材

编审委员会

编审委员会主任：黄丁发

编审委员会副主任：郑加柱 方渊明

编委会成员：（以姓氏笔画为序）

马飞虎	马玉晓	王卫红	王化光	王增武
史玉峰	叶险峰	左小清	石信喜	刘国栋
刘绍堂	刘贵明	刘福臻	吉长东	邢文战
何立恒	余代俊	张 飞	张文君	张国辉
张明华	张燕茹	李长春	李保平	杨久东
杨明强	汪金花	沙从术	肖东升	陈绍杰
林友军	青 盛	胡圣武	徐 兮	聂启祥
高德政	程海琴	蒋端波	鲁小平	满 旺
潘国兵	潘建平	潘炳玉		

第二版前言

本书第二版在第一版的基础上，根据科学技术的发展，进行了大幅的改编。特别是随着 CASS 软件的更新换代，原来第一版的 CASS 7.0 版本目前已经迅速被 CASS 9.0 取代。本书根据数字化测量的实际过程，结合理论联系实际的原则，从外业数据采集、数据传输、内业成图三个方面对全野外数字化测量和数字化成图的过程进行了阐述。介绍了数字化测图的基本概念及 Autocad 绘图的基础知识，还介绍了全站仪和 GPS 数据的采集、传输、内业编辑的过程和方法，同时结合 CASS 9.0 软件详细介绍了数字化成图内业的具体编辑方法，最后简单介绍了图幅的管理和图幅的打印。

本书第二版由刘福臻副教授（西南石油大学）、李玉宝教授（西南科技大学），余代俊副教授（成都理工大学）参加编写和修订。此外，陈德富、王琴（南方测绘仪器有限公司成都分公司）为本书的修订提供了丰富的资料，并提出了宝贵的修改意见。全书由刘福臻副教授主持修订并完成全书的统稿工作，由齐华教授担任本书主审。

本书第二版参考和引用了一些文献资料，在此向有关作者表示感谢。此外，西南交通大学出版社秦薇编辑为本书出版做了大量工作，其专业水平和敬业精神令人叹服，在此深表谢意。

第二版中出现的疏漏，请读者批评指正。

作 者
2016 年 6 月

第一版前言

伴随着 21 世纪计算机技术以及现代测绘技术的飞速发展,人造卫星、GPS、电磁波测距、遥感等高新技术在测绘领域广泛应用,使得测绘科技得到前所未有的发展,一跃而成为现代信息科学的重要组成部分之一。在数字化测量方面,全数字化测绘方法以其巨大的经济技术优势,已经基本上替代了传统的白纸测图方法,标志着数字化测量理论与实践取得了革命性进步。鉴于目前数字化测图理论与方法广阔的发展前景,本书综合了编者多年来从事数字化测量的经验,结合课堂教学的教案和讲稿,并侧重于具体工程,秉承学以致用原则,简要介绍了数字化测量的基本过程,阐述了数字化测绘成图的理论与实际操作。本书涉及数字化基本知识、计算机绘图知识、数字化数据传输、内业编辑等一系列技术理论与方法。本书内容深入而具体,不仅可作为测绘工程、地理信息系统等专业部分课程教学的必备书籍,而且对于从事数字化测绘工程的专业技术人员,也有一定的参考价值。

本书由西南石油大学的刘福臻副教授主编;西南交通大学的齐华教授、内蒙古赤峰勘察院的李永和工程师,西南石油大学的戴小军、肖东升、贾宏亮、熊俊楠、史德刚以及成都信息工程学院的段英杰等老师参加编写和修订。其中:刘福臻编写第 1、2、7、8、9、12 章,主持全书编写并完成全书统稿、定稿工作;齐华编写第 3 章和第 4 章;李永和编写第 5 章;戴小军、肖东升、贾宏亮、熊俊楠、史德刚、段英杰参加了第 6、10、11 章的编写工作。此外:南方测绘仪器有限公司成都分公司的陈德富、陈波为本书的编写提供了丰富资料;西南交通大学的范东明教授、西南科技大学的李玉宝副教授参与了本书的审阅工作,并提出了宝贵的修改意见;新都职业技术学校语文教研组的任世琴老师对全书进行了文字校对;四川省省级教改项目“测绘工程专业实践教学环节改革研究与实践”为本书出版提供部分资金支持,在此一并表示衷心感谢!

本书在编写过程中,参阅了大量文献,并引用了其中的一些资料,在此谨向有关作者表示感谢!

尽管作者在本书的写作过程中,倾注了极大的热情,付出了艰辛的劳动,但是受专业水平局限,失误在所难免。在此恳请广大读者批评指正。

刘福臻

2008 年 2 月于成都

目 录

第 1 章 数字化测图概述	1
1.1 数字化测图概念	1
1.2 数字化测图系统	3
1.3 数字化测图的优点	6
1.4 数字化测图的基本过程	7
1.5 数字化测图作业模式	10
1.6 数字化测图的发展与展望	11
第 2 章 全站仪	13
2.1 概 述	13
2.2 全站仪的操作	15
第 3 章 数据传输与数据处理	27
3.1 数据传输	27
3.2 数据编辑	31
第 4 章 CASS 9.0 地形地籍成图软件概述	43
4.1 CASS 9.0 系统简介	43
4.2 CASS 9.0 的安装	44
4.3 CASS 9.0 主界面介绍	53
4.4 文件 (F)	54
4.5 工具 (T)	75
4.6 编辑 (E)	89
4.7 显示 (V)	100
4.8 数据 (D)	104
4.9 绘图处理 (W)	114
4.10 地籍 (J)	120
4.11 土地利用 (L)	133
4.12 地物编辑 (A)	144
4.13 检查入库 (G)	155
4.14 图幅管理 (M)	163
4.15 CASS 9.0 右侧屏幕菜单	167
4.16 CASS 9.0 工具条	181

第5章 CASS 9.0 数字地形图编辑及工程应用	184
5.1 数字地形图编辑概述	184
5.2 测量数据的录入	186
5.3 CASS 9.0 编辑成图方式	187
5.4 图形编辑处理基本方法	196
5.5 数字地形图绘制方法	205
5.6 数字地形图的分幅、整饰	217
5.7 数字地形图的工程应用	219
5.8 CASS 9.0 栅格图矢量化	251
5.9 CASS 9.0 的编码	258
第6章 CASS 9.0 新功能详解	266
6.1 CASS 9.0 新增功能	266
6.2 CASS 9.0 加强功能	271
6.3 CASS 9.0 完善的符号	272
第7章 绘制地籍图	274
7.1 地籍图	274
7.2 宗地属性处理	284
7.3 绘制宗地图	285
7.4 绘制地籍表格	288
第8章 数字地图管理	294
8.1 数字地图管理概述	294
8.2 图幅管理(M)	294
第9章 数字化地形图的打印	299
9.1 CASS 9.0 打印出图的操作	299
9.2 打印	302
第10章 土地利用	303
10.1 行政区	303
10.2 村民小组	304
10.3 图斑	304
10.4 线状地类	305
10.5 零星地类	305
10.6 地类要素属性修改	305
10.7 线状地类扩面	305
10.8 线状地类检查	305
10.9 图斑叠盖检查	306
10.10 分级面积控制	306

10.11	统计土地利用面积	307
10.12	绘制境界线	307
10.13	设置图斑边界	307
10.14	取消图斑边界设置	307
10.15	图斑自动生成	308
10.16	用地界址点名	308
10.17	图斑加属性	308
10.18	搜索无属性图斑	309
10.19	图斑颜色填充	309
10.20	删除图斑颜色填充	309
10.21	图斑符号填充	309
10.22	删除图斑符号填充	309
10.23	绘制公路征地边线	309
10.24	线状用地图框	310
12.25	用地项目信息输入	313
10.26	输出勘测定界报告书	313
10.27	输出电子报盘系统	315
附录 A	地形图编辑时的常见问题及解决方法	316
附录 B	CASS 9.0 中经常使用的命令	322
参考文献		323

第1章 数字化测图概述

1.1 数字化测图概念

1.1.1 数字化测图简介

随着电子技术和计算机技术日新月异地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。将其与内外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,通常称为数字化测图(简称数字测图)或机助成图。广义的数字化测图主要包括:全野外数字化测图(或称地面数字化测图、内外一体化测图)、地图数字化成图、摄影测量和遥感数字化测图。本书主要讲解全野外数字化测图技术。

1.1.2 数字化测图的基本思想

1. 传统的地形测图(白纸测图)

传统的地形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。这一转化过程基本是在野外进行的,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;与此同时,这个转化过程还使测得的数据所能达到的精度大幅度降低。然而在信息剧增,日新月异的今天,一纸之图已难以承载诸多图形信息,加之变更、修改也极不方便,因此这种传统的地形测图已经难以适应当前经济建设与发展的需要。

2. 数字化测图

数字化测图就是要实现丰富的地形空间信息数字化和作业过程的自动化或半自动化,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,这样既能减轻劳动强度,又不会降低观测精度。

3. 数字化测图的基本过程

先采集有关的绘图信息并及时记录在数据终端(或直接传输给掌上电脑或便携机等设备),再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,然后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,并由硬盘、光盘等储存介质保存成电子地图。

数字化测图的基本过程见图 1-1。

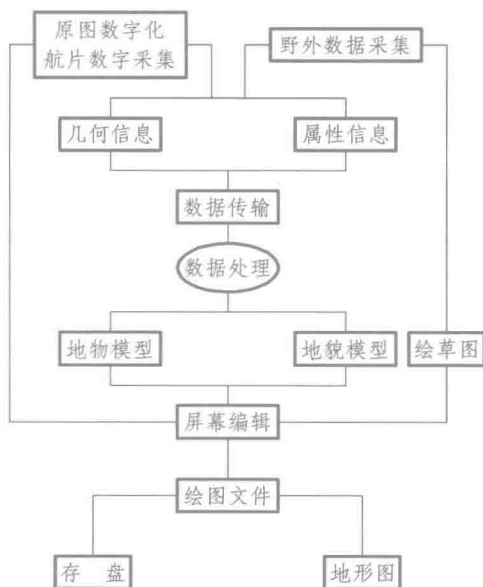


图 1-1 数字化测图的基本过程

1.1.3 数字化测图必须采集的测图信息

1. 地图图形的描述

所有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以连成线，而线可以围成面。但要准确地表示地图上点、线、面的具体内容，还要借助一些特殊符号、注记来表示。独立地物可以由地物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，而等高线则由高程值及特定的地貌符号表达。

2. 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得是什么点（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绘，一幅地形图也就生成了。

数字化测图时必须采集测图信息，包括点的定位信息、连接信息和属性信息。

进行数字化测图时不仅要测定地形点的位置（坐标），还要知道是什么点，是属于道路还是房屋，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。

3. 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，可以分为矢量数据和栅格数据两种。矢

量数据是图形的离散点坐标 (X, Y, Z) 的有序集合；栅格数据是图形像元值按矩阵形式的集合。数字化测图通常采用矢量数据格式。

1.1.4 数字化测图需要解决的问题

归纳起来，数字化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所识别。
- (2) 由计算机按照一定的要求对这些信息进行一系列处理。
- (3) 将经过处理的数据和文字信息转换成图形，由屏幕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。

1.2 数字化测图系统

1.2.1 数字化测图系统的定义

数字化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、处理、成图、绘图、管理、输出的测绘系统。

1.2.2 数字化测图系统的分类

(1) 按输入方法可区分为原图数字化成图系统、航测数字成图系统、野外数字化测图系统、综合采样（集）数字化测图系统。

(2) 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。

(3) 按输出成果内容可区分为大比例尺数字化测图系统、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。

1.2.3 数字化测图系统的组成及配置

数字化测图系统主要由数据输入、数据处理和数据输出三部分组成，如图 1-2 所示。

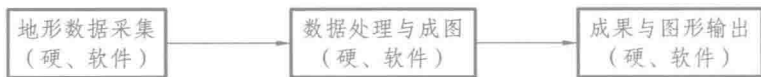


图 1-2 数字化测图系统组成

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和多种功能，应用广泛。一个完整的数字化测图系统结构如图 1-3 所示。

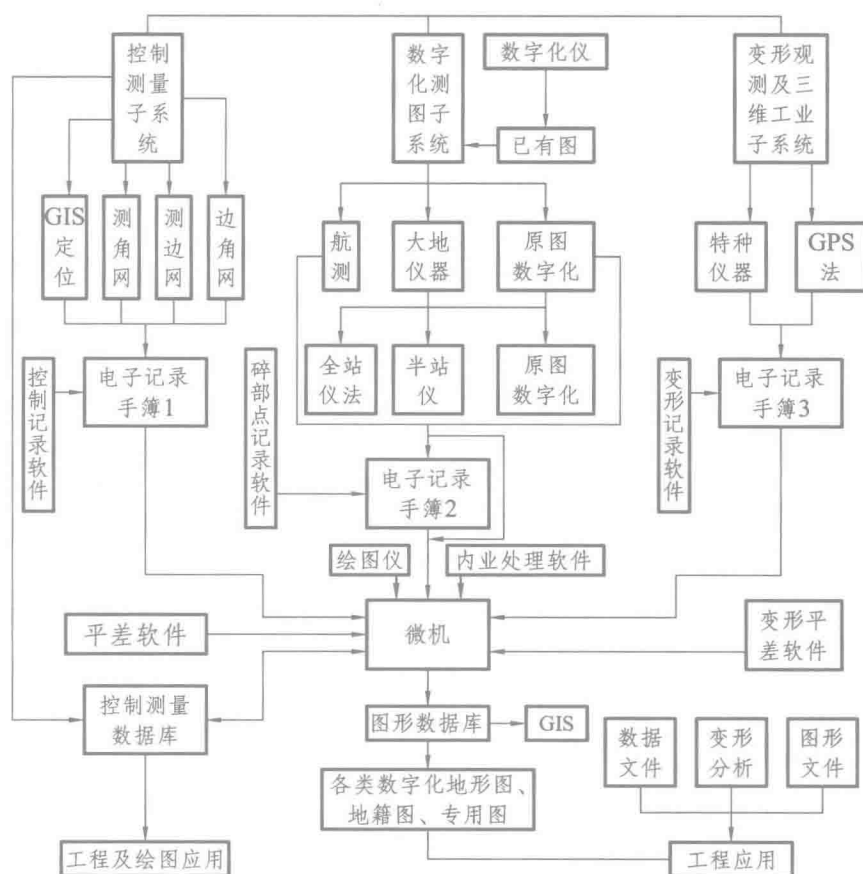
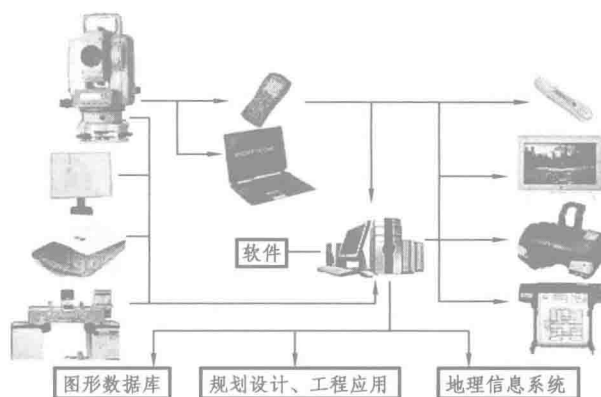


图 1-3 数字化测图系统结构

数字化测图系统所需硬件的基本配置及其连接方式如图 1-4 所示。



(a)

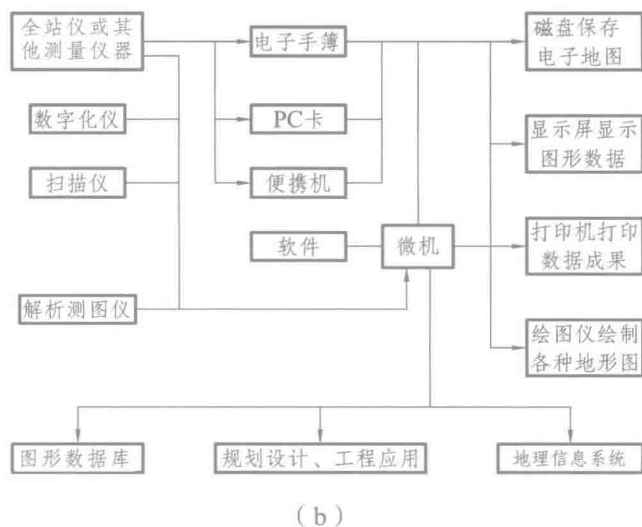


图 1-4 数字化测图系统硬件配置与连接方式

1.2.4 数字化测图系统与地理信息系统的关系

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 是在计算机软、硬件支持下的与采集、存储、管理、描述及分析地球表面与空间地理分布有关的数据的空间信息系统。它已在城市规划、管理、监测、建设和决策等方面得到了广泛运用。

现阶段, 利用基础 GIS 平台建立一个应用系统时, 通常采取以下步骤:

- (1) 周密完善的系统设计: 根据实际情况, 面向最终目标进行底层开发工作。
- (2) 面向最终目标。利用基础 GIS 进行二次开发, 使 GIS 数据得到广泛应用。
- (3) 数据的输入与更新工作。

而 GIS 数据的获取、更新、维护等工作主要由测绘行业承担。地面数字化测图就是在这种背景下发展起来的, 并日益成为获取大比例尺数字地图及城市各类地理信息系统以及为保持其现势性所进行的空间地理信息系统数据更新的主要手段。

1.2.5 数字化测图主要经历的两种模式

1. 数字测记模式

最初由外业电子手簿记录, 同时配合人工画草图和标注符号, 然后交由内业, 依据草图人工编辑图形文件, 自动成图。之后发展为测注模式不变, 但方式变化, 利用智能化的外业采集软件, 不仅记录点位, 而且记录成图的全部信息, 人工键入减少, 使测记法效率更高, 数字化测图也更加实用。

对于这种阶段下的数字测绘, GIS 数据获取只能将原有的图纸利用 GIS 或其相关软件提供的矢量化方法进行转化。这种数字化过程会由于图纸变形、设备的精度及人为因素等造成的误差而影响数据精度。传统方法作业的地形图同 GIS 的关系如下:

野外测量→内业描图→上交成果图纸→矢量化→GIS

2. 电子平板模式

在该阶段,野外现场测图,实时成图。尤其是便携机的出现,给数字化测图提供了广阔的发展空间。利用便携机现场读取仪器数据,用高分辨率的显示屏作为图板,即测即显,外业实时成图,实时编辑,纠正错误,使成图的质量与精度大大超过了白纸测图。随着商用软件的出现和不断完善,数字化测图不仅要面向测图,而且必须面向 GIS,因而出现了测图的成图数据同 GIS 交换的工具软件。以下为电子平板出现后 GIS 的数据获取方式:

野外测量→上交成图或数据盘→数据转换→GIS

这种方式使 GIS 数据获取的精度与速度大大提高。

GIS 建立后,系统的数据要具有一定的现势性,即数据要及时反映最新现实情况。数据的更新可以采用电子平板中特有的测图功能“掏出”数据。测图后再利用“掏入”进行野外补充,从而达到测图的更新,使数据保持连续性、完整性和现势性。尤其是部分商用软件,如南方 CASS、武汉中地开发的 MAPSUV,不仅按照 GIS 要求使测图与 GIS 的层次对应,而且采用公共数据变换格式,并开发研制了 GIS 前端软件,即将原始数据按 GIS 的概念进行处理,使测图系统同 GIS 方便接轨。其示意如下:

野外数字化测图→数字化测图系统→GIS 前端软件→GIS

虽然数字化测图数据采集与 GIS 数据要求有一定的差距,但随着科技的发展和测绘工作者的努力,数字化测图必将同 GIS 一道取得更大进步。

1.3 数字化测图的优点

大比例尺数字化测图极大地冲击了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,这是因为数字化测图具有以下诸多优点。

1. 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点的展绘误差和测定误差、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的影响,综合影响使地物点平面位置的测定误差图上约为 $\pm 0.59 \text{ mm}$ ($1:1000$ 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 150 m ,地形点高程测定误差也达 $\pm 0.06 \text{ m}$,而且随着竖直角增大,高程测定误差会急剧增加。

用数字化测图,测定地物点的误差在距离 450 m 内约为 $\pm 22 \text{ mm}$,测定地形点的高程误差在 450 m 内约为 $\pm 21 \text{ mm}$ 。若距离在 300 m 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 $\pm 18 \text{ mm}$ 。可见,数字化测图的精度明显高于白纸测图。

2. 便于成果更新

数字化测图的成果是将点的定位信息和绘图信息存入计算机,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,正可谓“一劳永逸”。

3. 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, 会因图纸变形而产生误差, 数字化测图的成果是以数字信息保存的, 避免了对图纸的依赖性。

4. 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; 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。

5. 成果的深加工利用

数字化测图分层存放, 可使地面信息无限存放, 不受图面负载量的限制, 从而便于成果的深加工利用, 拓宽了测绘工作的服务面, 进一步开拓了市场。比如 CASS 软件总共定义了 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。

6. 作为 GIS 的重要信息源

地理信息系统 (GIS) 具有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得到广泛应用。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量的 80%。要充分发挥 GIS 的辅助决策的功能, 就需要现势性强的地理信息资料。而数字化测图能提供现势性强的地理基础信息, 再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。因此, 一个好的数字化测图系统应该是 GIS 的一个子系统。

1.4 数字化测图的基本过程

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

数据采集主要有以下几种方法:

- GPS 法, 即通过 GPS 接收机采集野外碎部点的信息数据。
- 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。
- 数字化仪法, 即通过数字化仪在已有地图上采集信息数据。
- 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野外碎部点数据采集。

1. 野外数据采集

图 1-5 野外数据采集

原图（见图 1-6）数字化通常有两种方法：数字化仪数字化和扫描仪数字化。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，可较快地得到数字化图。

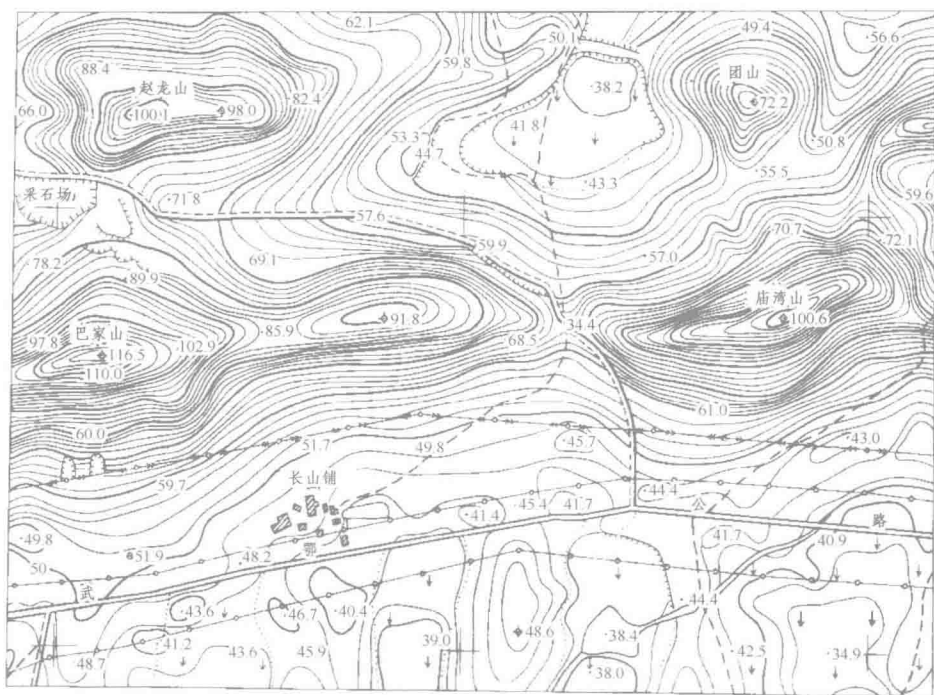


图 1-6 原图数字化采集