

高等院校测绘工程系列教材

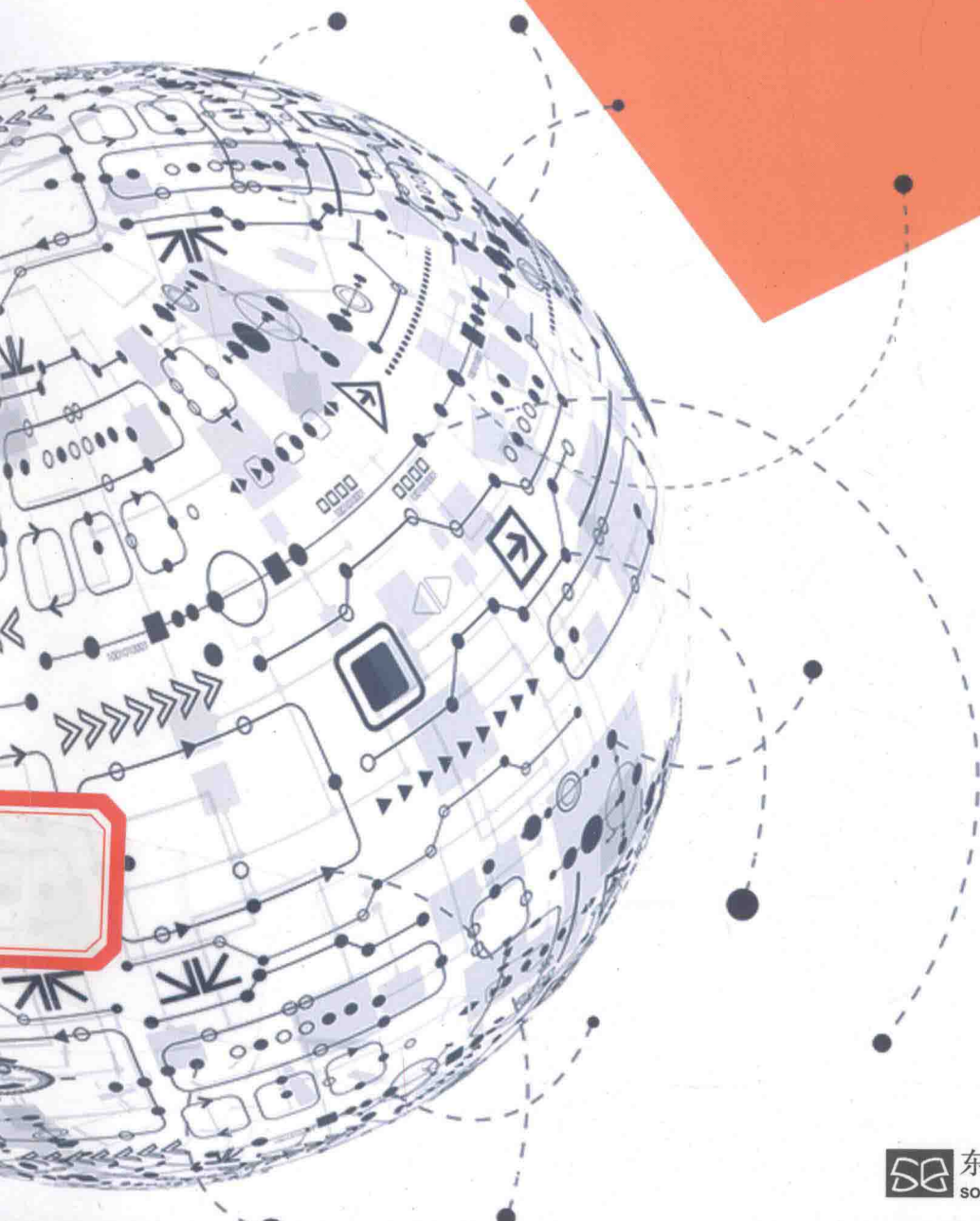
数字测图技术

Technology of Digital Mapping

范国雄·主编

张宏斌 姚先锋 王军 王磊·编著

胡伍生·主审



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

高等院校测绘工程系列教材

数字测图技术

范国雄 主编

张宏斌 姚先锋 王 军 王 磊 编著

胡伍生 主审



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

内 容 提 要

本教材主要用于测绘专业本科生数字测图教学与实践指导,其主要内容有:数字测图概述,计算机地图制图基础知识,数据采集方法、数据分类与编码,常用数字测图系统介绍,数字测图系统二次开发,地形图矢量化,数字地图质量检查与验收等。为了提高实践技能,书中配有较多的编程实例,供读者参考。

本书可作为测绘类本科生的教材或参考书,也可作为测绘工程技术人员及相关专业读者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字测图技术/范国雄主编. —南京:东南大学出版社, 2016. 10

ISBN 978-7-5641-6763-9

I. ①数… II. ①范… 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 231783 号

书 名:数字测图技术

主 编:范国雄

编 著:张宏斌 姚先锋 王 军 王 磊

主 审:胡伍生

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号 邮 编:210096

网 址:<http://www.seupress.com>

出 版 人:江建中

印 刷:兴化印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:15 字数:365 千

版 次:2016 年 10 月第 1 版

印 次:2016 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-6763-9

定 价:58.00 元

经 销:全国各地新华书店

发行热线:025-83790519 83791830

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买东大版图书如有印装质量问题,请直接与营销部
联系(电话或传真:025-83791830)

前 言

《数字测图技术》是测绘专业的专业基础课。本教材主要用于测绘专业本科生教学与实践指导。

数字测图技术日新月异,发展迅速,3S(GPS、RS、GIS)技术被广泛地应用,地形图测绘技术已经发生了根本的变化,正在朝着数字化、自动化、信息化和智能化方向飞速发展。随着社会对空间地理信息的需求迅速扩大,测绘地理信息的成果应用范围愈来愈广泛。数字地图是数字测绘成果的重要组成部分,数字测图技术是测绘生产技术的重要分支,为了适应这个发展趋势,测绘专业开设《数字测图技术》课程是非常有必要的。

教材内容安排上,以地形测量、CAD制图为先修课程,以本科生应掌握的数字测图基本知识、基本技能为主线,精心组织,具体安排如下:第1章大比例尺数字测图概述,内容包括数字地图的分类、特点、数字测图方法、数字测图系统的软硬件配置、数字化测图现状与展望和大比例尺数字测图技术设计等。第2章计算机地图制图基础知识,介绍了计算机地图制图基本概念、坐标系统与变换、基本图形(直线、圆)绘制方法、地图符号自动绘制、等高线绘制及图形绘制实现方法等内容。第3章数据采集与处理,内容包括数据采集方法、内容与要求;讨论了全站仪与RTK数据采集方法与要求,碎部点测算方法、数据编码、图形信息组织与处理等。第4章数字测图系统操作与使用,介绍 AutoCAD Map 3D、MicroStation 系统和 CASS 系统数字测图功能和操作。第5章数字测图软件开发,介绍了数字测图系统开发方法,基于 Visual LISP、VBA、ObjectARX 及 C# 的 Autocad 开发技术。第6章地形图数字化,介绍了图形扫描与图像处理、图形定向数字化原理、地图栅格数据处理与数字化。第7章数字地图测绘成果检查、验收,介绍数字地图质量检查的规定、质量元素和质量等级评定方法。

本书所引用的规范和计算标准符合国家和行业的最新标准。

本书由东南大学交通学院测绘工程系范国雄、张宏斌、王军、王磊及江苏测绘地理信息局培训中心姚先锋共同编写。第1章、第4章、第5章、第6章由范国雄编写;第2章由张宏斌编写;第3章由王军、王磊编写,第7章由姚先锋编写;全书最后由范国雄主编和统稿。

全书由东南大学博士生导师胡伍生教授主审,提出了很好的指导性建议与修改意

见。本书在编写过程中,参考了兄弟院校的相关教材,参考了相关软件的使用说明书,在此表示衷心感谢。

测绘科学技术发展迅速,数字测图方法更新很快,编者水平有限,书中会有不妥和错漏之处,恳请使用本教材的广大教师、学生和读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

感谢东南大学交通学院、教务处、国家自然科学基金项目(插值条件下 DEM 误差的空间自相关模型研究 41471373)对本教材出版的大力支持。

编 者

2016 年 4 月 28 日

目 录

1 大比例尺数字测图概述	1
1.1 大比例尺数字地图	1
1.2 大比例尺数字测图的作业方法与流程	5
1.3 数字测图系统的软硬件配置	7
1.4 数字化测图现状与展望.....	11
1.5 大比例尺数字测图技术设计.....	14
思考题与习题	22
2 计算机地图制图基础知识.....	23
2.1 计算机地图制图的基本概念.....	23
2.2 坐标变换.....	24
2.3 直线绘制.....	25
2.4 圆、圆弧及曲线的绘制	27
2.5 二维图形裁剪.....	30
2.6 地图符号的自动绘制.....	32
2.7 等高线自动绘制.....	37
2.8 图形绘制实现方法.....	43
思考题与习题	48
3 数据采集与处理.....	49
3.1 数据采集的内容与要求.....	49
3.2 外业数据采集.....	51
3.3 碎部点测算方法.....	64
3.4 地形图要素信息编码.....	68
3.5 图形信息组织与管理.....	72
思考题与习题	74

4	数字测图系统操作与使用	75
4.1	AutoCAD Map 3D	75
4.2	MicroStation 系统	83
4.3	CASS 成图系统	90
	思考题与习题	116
5	数字测图软件开发	117
5.1	数字测图软件开发概述	117
5.2	Visual LISP 开发技术	120
5.3	常用测量绘图程序编程与应用	143
5.4	Visual LISP 环境使用	163
5.5	VBA 开发技术简介	168
5.6	ObjectARX 开发技术	170
5.7	.NET 开发技术	179
	思考题与习题	186
6	地形图数字化	187
6.1	概述	187
6.2	地图扫描与图像处理	187
6.3	栅格图像数字化	195
	思考题与习题	200
7	数字地图测绘成果检查、验收	201
7.1	概述	201
7.2	大比例尺数字地形图质量检查与验收	204
7.3	成果质量检验、检查报告编制	211
	思考题与习题	212
	附录 A “野外地形数据采集及成图”专业技术设计书样例	213
	附录 B 数字测图实验指导	224
	B1 交互绘图模块开发	224
	B2 全站仪数据采集及格式转换	225
	B3 LISP 语言测量绘图编程	226
	B4 CASS 测图软件使用	227
	B5 CASS 野外操作简码表	228
	参考文献	231

1 大比例尺数字测图概述

本章主要介绍数字地图的基本知识,包括数字地图概念、分类;数字测图的作业方法与流程,数字测图系统的软硬件配置,数字化测图现状与展望及数字测图项目技术设计要点等内容。

1.1 大比例尺数字地图

1.1.1 大比例尺数字地图的概念

按照现代地图学观点,我们可以这么认为:“地图是根据一定的数学法则将地球(或其他星体)上的自然和社会现象,通过制图综合所形成的信息,运用符号系统缩绘到平面上的图形,并传递它们的数量和质量,在时间和空间上的分布和发展变化。”^[1]

随着科学技术与制图工艺的飞速发展,地图的含义也不断拓展,表现形式更加丰富,特别是计算机制图技术的应用,使得数字地图应运而生。数字地图是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。数字地图经过可视化处理后可以在电子屏幕上显示成为电子地图,它是数字地图的一种表现形式。

大比例尺地图通常指 $1:500 \sim 1:10\,000$ 比例尺地图,相应的数字地图即可称为大比例尺数字地图。

1.1.2 大比例尺数字地图的特点

数字地图内容是以数字形式贮存,因此它具有快、动、层、虚、传、量等现代信息特点。从生产与使用的角度来看,数字地图具有如下主要特点:

1) 生产效率高

与传统白纸测图方法比较,数字测图生产效率大大提高。在外业数据采集阶段,数字测图方法避免了大量繁琐的手工记录、计算、检核等工作,全站仪采集的数据与信息可以按照文件的形式直接传输到计算机进行处理与编辑成图。特别是大面积航测法数字测图,劳动强度更小,生产效率更高。

2) 点位精度高

数字地图点位精度高反映在测量精度和使用上两方面。

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 5 cm 是不困难的。

在计算机上使用数字地图(矢量图)时,可以获取保持原始精度的碎部点数据,而与比例

尺无关,也不需要考虑图纸伸缩的问题。

3) 成果更新快

数字地图的最终成果是图形数据文件和地形图数据库,其更新时,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。所以数字地图的更新比纸质地图更方便有效、更迅速快捷。

4) 信息获取自动化

数字地图包含的信息内容越来越多,除与空间位置有关的信息外,还可以利用内外数据库的方式附载更多的信息。例如房屋,其权属、面积、高度、建筑材料、时间等相关信息都可以用数据库的方式来组织管理,从而实现信息获取、统计自动化。

5) 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。

6) 应用范围广

在国家经济建设、国防和科研的各个领域,数字地图是重要的基础地理信息资源。大比例尺数字地图除了具有传统纸质地图的应用外,还为建立大比例尺地图数据库和位置有关的信息系统(如GIS)提供基础数据。特别是智慧城市的建设,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数字地图和其他数字测绘成果资料是城市地理信息系统的基础,所以,数字地图的应用将更加广泛。

1.1.3 数字地形图分类

数字地形图按照国家标准(GB/T 17278—2009)划分,可以按照产品类别、数据结构和空间范围来进行分类。

按照产品类别数字地图可以分为基本产品和非基本产品两大类。基本产品是符合相应测绘标准规范的国家基本比例尺数字地形图,如1:500、1:2 000、1:10 000、1:50 000、1:250 000、1:1 000 000等比例尺数字地图。非基本产品是指其他比例尺数字地形图,内容包括地形图主要要素,表现形式可以是复合图像或渲染图。

数字地形图按空间范围分为标准图幅和非标准图幅两大类。标准图幅指按照GB/T 13989标准分幅的图幅,非标准分幅是指按照需求进行的分幅,如行政区域、自然区域和其他区域的分幅。

数字地形图按数据结构分为矢量式、栅格式和矢栅混合式三大类。使用较广的矢量式数字地图有数字高程模型、数字线划地图、数字栅格地图和矢栅混合的数字正射影像图等。

1) 数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)

DEM是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型。

它是在特定投影平面上规则的空间水平间隔的高程值矩阵,如图1-1所示。DEM的水平间隔应随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。

DEM可以采用航空摄影测量法、矢量数据生成法和机载激光雷达测量方法来建立与



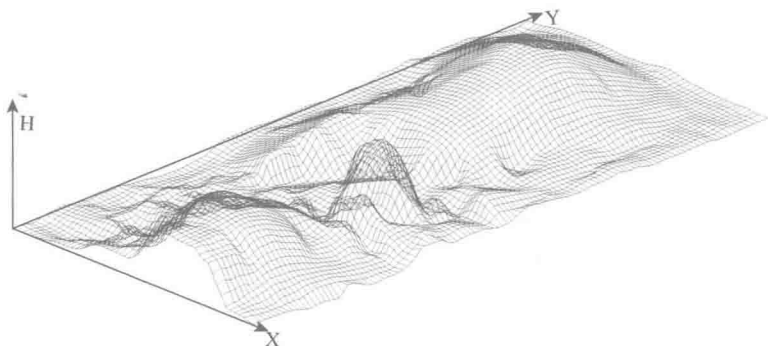


图 1-1 数字高程模型示图

生成。

DEM 应用可转换为等高线图、透视图、断面图以及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、表面覆盖面积等工程数据和统计数据。

2) 数字正射影像图 (Digital Orthophoto Map, DOM)

DOM 是利用经扫描处理的数字化的航空相片和高分辨率卫星遥感图像数据,对逐像元进行几何改正和镶嵌,并叠加部分矢量要素和注记,按一定图幅范围裁剪生成的数字正射影像集,如图 1-2 所示。



图 1-2 数字正射影像图示图

DOM 可采用航空摄影测量法和卫星遥感测量法制作生成。

它是同时具有地图几何精度和影像特征的图像。数字正射影像图具有精度高、信息丰富、直观真实、获取快捷等优点,可作为背景控制信息,评价其他数据的精度、现实性和完整性都很优良;可从中提取数字城市所需要的各种类别的海量地理信息、自然资源信息和社会

经济发展信息,为城市现代化建设、防治灾害和公共城市建设规划各种调查和管理等提供可靠依据;还可从中提取和派生新的信息,实现地图的修测更新。

3) 数字栅格地图(Digital Raster Graphic, DRG)

DRG 是各种比例尺的纸质地形图和各种专业使用的彩图的数字化产品,如图 1-3 所示,就是某幅图经扫描、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文件。可以较为方便地进行放大、漫游查询等。

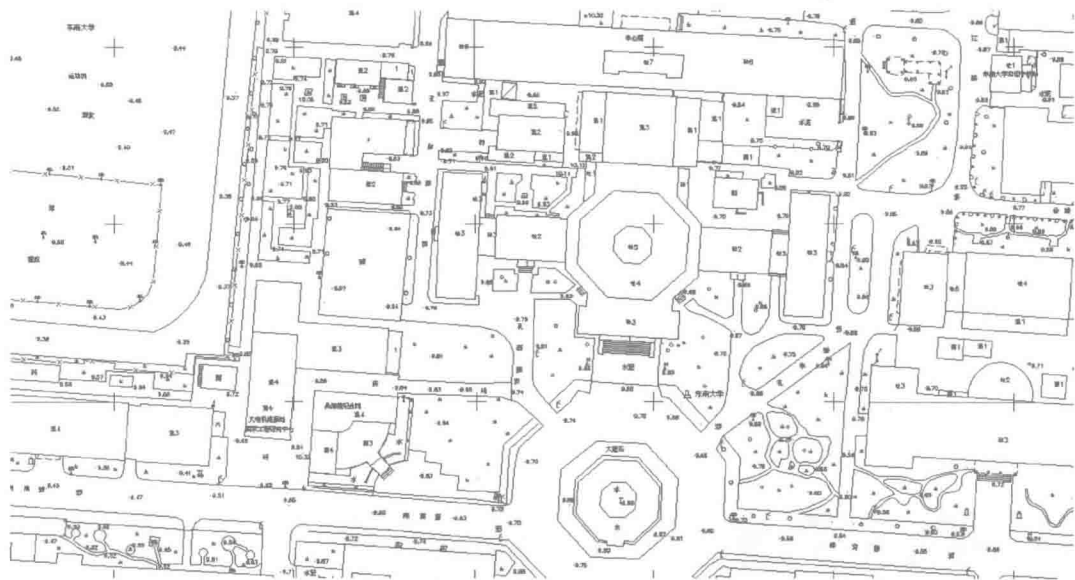


图 1-3 数字栅格图示例

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(DLG)的数据采集、评价和更新,还可与数字正射影像图(DOM)、数字高程模型(DEM)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。

DRG 可采用航空摄影测量法、卫星遥感测量法和原图扫描法制作生成。

4) 数字线划地图(Digital Line Graphic, DLG)

DLG 是以点、线、面形式或地图特定图形符号形式,表达地形要素的地理信息矢量数据集,是一种更为方便的放大、漫游、查询、检查、量测、叠加的地图。其数据量小,便于分层,能快速地生成专题地图,如图 1-4 所示。

数字线划地图可以采用全野外数据采集法、航空摄影测量法、模拟地形图数字化法来生成。

DLG 是地表上各种地理空间信息的位置矢量表示和属性性质集成,并对各种地理要素进行严格的分层和拓扑关系建立,最终以数据库的形式加以组织,因此具备编码、编辑、查询、检索、统计、分析等功能,是建立各种地理信息系统的数据源。它是 4D 产品的核心,是 4D 产品中最重要、最实用的产品。它在工程建设的规划与施工设计、土地使用规划与控制、交通规划与建设、城市建设管理、环境工程与大气污染监测、自然灾害的监测估计、自然资源

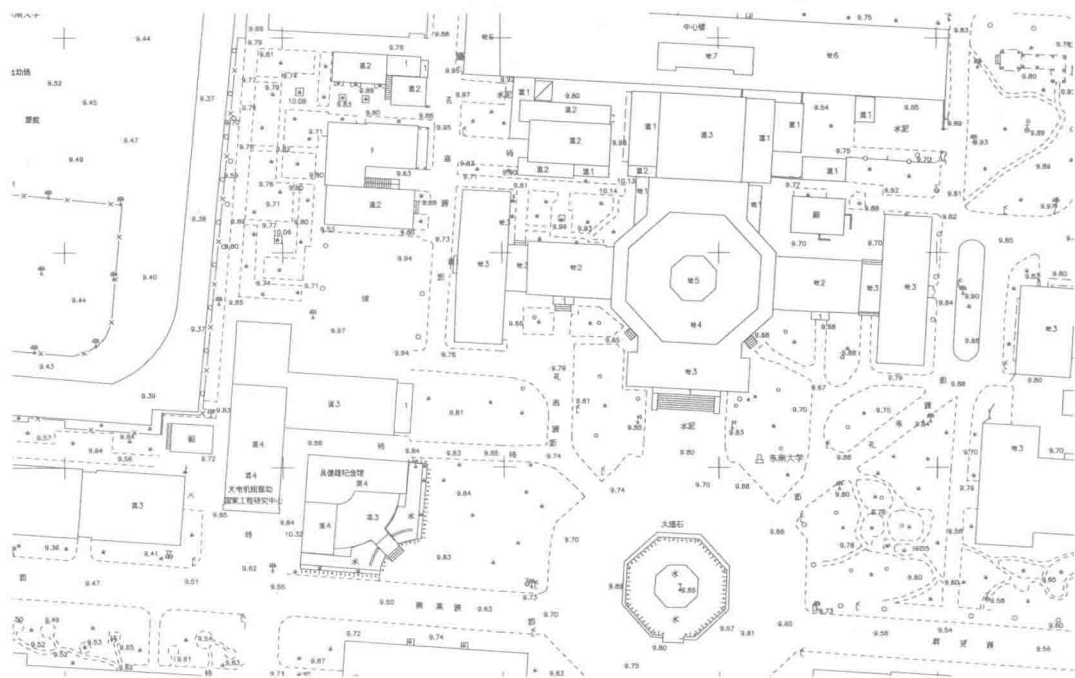


图 1-4 数字线划图示意图

调查和公共事业服务等领域有着广泛的应用。

1.2 大比例尺数字测图的作业方法与流程

1.2.1 数字测图的基本作业方法

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。大比例尺地面数字测图的外业工作和传统测图工作相比,具有自动化程度高、碎部测图和图根加密一体化、测站测量范围大、图根点密度小、解析碎部点多、分区分幅自由、接边少等众多优点。

目前,数字测图的主要方法有全野外数据采集数字测图、航空摄影测量(含遥感测量)数字测图及原图数字化测图等,如图 1-5 所示。

1.2.2 数字测图的基本作业流程

大比例尺数字测图项目的实施,其作业流程一般可分为以下几个阶段:项目技术设计、测区控制测量、数据采集、数据处理、质量检查和地图数据的输出。

数字测图技术设计的主要目的是根据项目要求,确定测图方法,明确成果的坐标系统、高程基准、时间系统、投影方法、技术等级和精度指标,形成能指导作业的技术设计书。测区基本控制与图根控制的主要任务是实地建立平面与高程控制系统,为数据采集和相片控制

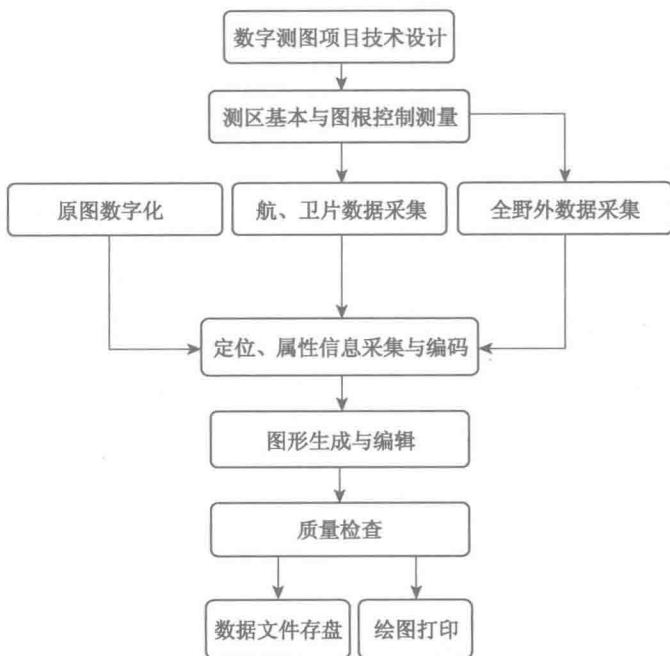


图 1-5 大比例尺数字测图方法与流程示意图

提供基础。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。质量检查的任务是根据规范与测区技术要求进行相应环节的质量检查,保证数字地图的质量可靠。最后由绘图仪绘制大比例尺地图,其作业阶段划分如图 1-5 所示,各阶段的主要作业内容有:

1) 技术设计(分项)的主要内容

(1) 主要说明任务的来源、目的、任务量、测区范围和作业内容、行政隶属以及完成期限等任务基本情况。

(2) 说明与测绘作业有关的作业区自然地理概况。

(3) 已有资料情况。说明已有资料的数量、形式、主要质量情况和评价、说明已有资料利用的可能性和利用方案等。

(4) 所引用的标准、规范或其他技术文件。

(5) 成果(或产品)主要技术指标和规格。

一般包括成果类型及形式、坐标系统、高程基准、时间系统、比例尺、分带、投影方法、分幅编号及其空间单元、数据基本内容、数据格式、数据精度以及其他技术指标等。

(6) 设计方案

其主要内容包括:硬件与软件环境、作业的技术路线或流程、作业方法与技术要求、生产过程中的质量控制和产品质量检查、数据安全与备份、上交和归档成果、有关附录等。

2) 测区基本控制与图根控制测量

测区基本控制测量主要是完成四等以下平面与高程控制测量系统的建立工作,其作业方法有 GPS 测量、导线测量、交会测量和极坐标(引点)法等。精度要求是:四等以下各级基

础平面控制测量的最弱点相对于起算点点位中误差不大于 5 cm;四等以下各级基础高程控制测量的最弱点相对于起算点高程中误差不大于 2 cm;1:500 测图时图根控制点相对于图根起算点的点位中误差不大于 5 cm,1:1 000、1:2 000 时不大于 10 cm,图根控制点高程中误差不大于测图比例尺基本等高距的 1/10。

3) 数据采集与编码

数字测图时数据采集和编码的主要工作是地形碎部点的测量。

地形碎部点的测量工作是获得碎部点数据文件、碎部点之间的连接关系和点的属性。这样,每一个碎部点的记录,通常有点号、观测值、坐标与高程、连接关系及属性。连接关系及属性一般是用编码来完成,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。

4) 数据处理和图形文件生成与编辑

数据预处理是对原始记录数据作检查,删除已作废除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。数据预处理后生成碎部点文件。

根据碎部点数据文件,在数字测图软件的支撑下形成图块文件。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。

5) 质量检查

主要任务是完成作业的过程检查和最终检查,检查的内容包括数学基础、平面和高程精度、接边精度、属性精度、逻辑一致性、整饰质量和附件质量检查等。

6) 地图数据的输出

地图数据的输出可以通过图解和数字方式进行。图解方式是用自动绘图仪绘图,数字方式是通过数据的贮存,建立数据库,最后按项目要求提供数字测图成果。

1.3 数字测图系统的软硬件配置

为满足数字测图各阶段的工作需要,数字测图系统软硬件必须满足一定的要求。数字测图所需的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。

1.3.1 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、GPS(RTK)、测距仪、经纬仪及激光雷达和三维激光扫描设备等。

2) 航片、卫片数据采集

在获得航片和卫片后,该种作业方法中采用的主要硬件设备包括解析测图仪、计算机与

外围设备等。

图 1-6 所示为 VirtuoZo 数字摄影测量工作站,它是一个全数字摄影测量系统,是一个以影像匹配技术为核心、系统功能强大、先进综合的空间地理数据通用生产平台,可以提供自动空中三角测量到测绘各种比例尺地形图的全套整体作业流程解决方案。

该系统的硬件包括计算机、显示器、专业立体图形卡、3D 立体眼镜和手轮脚盘等。

3) 原图数字化数据采集

在原图上进行数据采集,需要的硬件设备包括:数字化仪、扫描仪等。

图 1-7 为常见的电子感应板式手扶跟踪数字化仪,图 1-8 为滚筒式扫描仪(富士 Celsis 6250)。



图 1-6 VirtuoZo 数字摄影测量工作站



图 1-7 手扶跟踪数字化仪

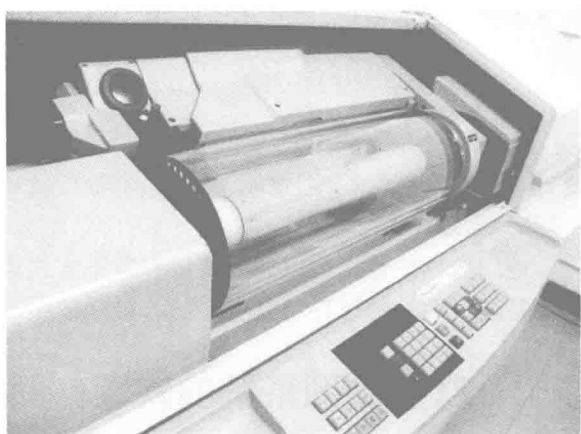


图 1-8 扫描仪

电磁感应式数字化仪的工作原理和同步感应器相似,利用游标线圈和栅格阵列的电磁耦合,通过鉴相方式,实现模(位移量)→数(坐标值)转换。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。

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 $0.01 \sim 0.05 \text{ mm}$,精确度是测量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。

扫描仪的工作原理是将光学图像传送到光电转换器(CCD,电荷耦合器)中变为模拟电信号,又将模拟电信号经 A/D(Analog/Digital,模拟量/数字量)变换器变换成为数字电信号,最后通过计算机接口送至计算机中,形成扫描图像数字文件。

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,其扫描方法是將图纸固定在滚筒上,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,它的扫描方法是將图纸固定在平台上,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(dpi, dot per inch,每英寸的像素点数)。

1.3.2 数据处理硬件设备

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。

1.3.3 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。

数控绘图仪是将计算机中以数字形式表示的图形元素用绘图笔(或刻针等)绘在图纸或图膜上的生产设备。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。图 1-9 为平台式绘图仪,图 1-10 为滚筒式绘图仪,目前生产中主要采用滚筒式绘图仪。

滚筒式绘图仪的结构比较简单,图纸贴在圆柱形滚筒上,滚筒由伺服电机驱动作正反向旋转,图纸同步的做 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做 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,绘图速度高,但绘图精度低,通常用于校核绘图和低精度的绘图。

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 300 dpi 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

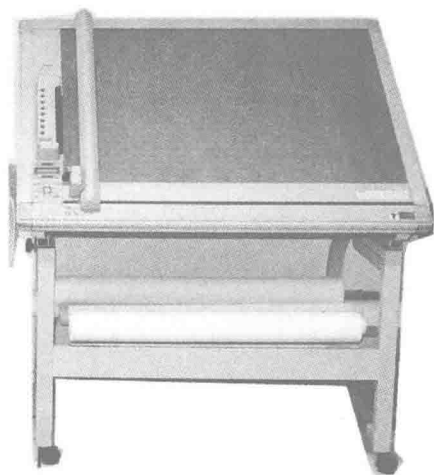


图 1-9 平台式绘图仪

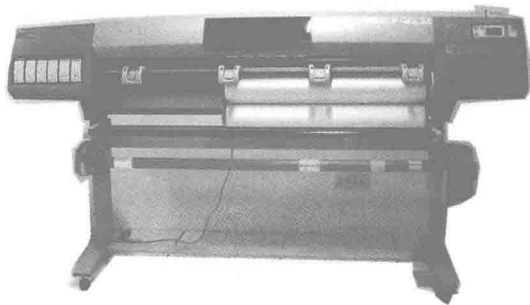


图 1-10 滚筒式绘图仪

等方面也更胜一筹。

绘图仪的主要技术指标包括精度、速度、步距和幅面大小。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 $0.1\sim 0.02\text{ mm}$ 。绘图仪的速度是指绘图头做直线运动时能达到的最高速度。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(或滚动)在 X 、 Y 方向上移动的距离,称为步距。步距一般为 $0.05\sim 0.01\text{ mm}$,步距越小,绘图精度越高,绘图的线条显得光滑。绘图幅面大小是绘图仪的一个重要技术指标,一般大幅面的绘图仪(A1 以上),制造技术要求高,价格昂贵,但绘图效率高,能满足特殊工程需求。

1.3.4 数字测图软件

数字测图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,如 Windows、UNIX 操作系统、Linux 操作系统等。

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 AutoCAD(map 3D)、MicroStation、CASS 测图系统、EPSW 测图系统等。

1) AutoCAD(map 3D)

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。特别是 Autodesk Map 3D,其构建在 AutoCAD 软件上,具备 AutoCAD 所有功能,同时拓展了 GIS 方面的功能——空间数据的管理,可以创建、维护、分析和有效沟通包含在多个 Autodesk Map 图形和相关外部数据中的地图制图信息,满足地图制作人员和 GIS 专业人员的设计需求。因此,Autodesk Map 3D 可以用作 GIS 的前端数据采集软件,它在数字测绘中具有广泛的应用前景。

2) MicroStation

MicroStation 系统是 Bentley 公司推出的微机图形处理系统。主要应用于工程项目的 2D 图纸设计、3D 建模设计和渲染及动画设计等。

现在较新的版本有 V8i 等软件版本,在功能上,它除了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,还提供了与关系数据库的接口、提供参考文件,同时支持两个屏幕显示,提供了多种二次开发语言,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。另外,该系统具有良好的组织结构的工作流程,数据安全,其标准图形文件为 DGN 格式,与 DWG 格式无缝兼容,因此,MicroStation 的应用也相当广泛,在地籍测量、土地规划管理部门都有较广泛的应用。

3) CASS 测图系统

CASS 测图系统是广东南方数码科技有限公司以 AutoCAD 为平台二次开发的地形地