



昆明冶金高等专科学校
KUNMING METALLURGY COLLEGE

国家示范性高职院校建设项目成果教材

高职院校测绘类专业工学结合教材

数字测图

SHUZI CETU

郭昆林 主编



测绘出版社

国家示范性高职院校建设项目成果教材
高职院校测绘类专业工学结合教材

数 字 测 图

郭昆林 主编

测 绘 出 版 社

· 北京 ·

© 郭昆林 2011

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

随着现代测绘仪器的普及、计算机地图制图技术的发展,数字测图技术已经取代了传统的手工测图,成为大比例尺地图生产的主要方法。本书是与生产单位的专家合作编写的一本内容全面、技术适用、符合高等职业教育改革方向的专业教材。全书以数字测图工程项目作业流程为主线编排教学内容,阐述基本理论和基本方法,培养学生的实际动手能力。从认识数字测图、数字测图测前准备、图根控制测量、野外数据采集、内业计算机成图、地图数字化、数字测图技术设计与检查验收、数字地形图的应用等八个方面阐述了数字测图的基本原理和作业方法。本书优化了知识结构,突出了能力培养和技能训练的职业教育特点。学生通过对本书的学习,能参与完成数字测图生产任务,并能解决在工作中出现的技术问题。

本书为高职高专院校测绘工程专业和地理信息系统专业的教材,也可作为采矿工程、地质工程、交通工程、水利工程、电力工程等相关专业及工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字测图/郭昆林主编. —北京:测绘出版社, 2011.1(2016.6 重印)

高职院校测绘类专业工学结合教材

ISBN 978-7-5030-2176-3

I. ①数… II. ①郭… III. ①数字化制图—高等学校:技术学校—教材 IV. ①P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 251409 号

责任编辑	万茜婷	封面设计	李 伟	责任校对	董玉珍	李 艳	责任印制	陈 超
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543956(发行部)			
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609(门市部)			
邮政编码	100045				010—68531363(编辑部)			
电子信箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.sinomaps.com			
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司			经 销	新华书店			
成品规格	184mm×260mm							
印 张	10.5			字 数	260 千字			
版 次	2011 年 1 月第 1 版			印 次	2016 年 6 月第 4 次印刷			
印 数	4001—5000			定 价	30.00 元			

书 号 ISBN 978-7-5030-2176-3

本书如有印装质量问题,请与我社联系调换。

高职院校测绘类专业工学结合教材

编审委员会

主 任：赵文亮

副 主 任：张东明 赵俊三 侯至群

委 员：吕翠华 王 鹏 徐宇飞 李 明

陈艳平 陈秀萍 钟高飞 肖建虹

郭昆林 陈国平 李云晋

前言

随着现代测绘技术的飞速发展,作为现代测绘技术基础的数字测图技术也呈现出日新月异的变化。以现代测绘仪器设备、计算机应用软件为主体的数字测图技术广泛应用于测绘生产,正逐步取代传统的白纸测图,因此纸质图也就成了数字地图的一种输出形式。数字测图新技术、新方法的大量涌现,使得数字测图课程的知识内涵不断深化。以工程项目为主线、培养技术应用能力为目标,侧重基本理论和基本方法的阐述,是高职高专教材关注的重点。

数字测图是测绘工程、地理信息应用等专业一门重要的技术基础课。本书是与生产单位的专家合作编写的一本内容全面、技术适用、符合高等职业教育改革方向的专业教材。全书以数字测图工程项目作业流程为主线编排教学内容,阐述基本理论和基本方法,培养学生的实际动手能力。从认识数字测图、数字测图测前准备、图根控制测量、野外数据采集、内业计算机成图、地图数字化、数字测图技术设计与检查验收、数字地形图的应用等八个方面阐述了数字测图的基本原理和作业方法。本书优化了知识结构,突出了能力培养和技能训练的职业教育特点。学生通过本书的学习,能完成数字测图生产任务,并能解决在工作中出现的技术问题。

本书编写的主要技术依据有《国家基本比例尺地图图式 第一部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》(GB/T 20257.1—2007)、《1:500、1:1000、1:2000 地形图要素分类与代码》(GB 14804—93)、《1:500、1:1000、1:2000 地形图数字化规范》(GB/T 17160—1997)、《大比例尺地形图机助制图规范》(GB 14912—94)等。鉴于各种技术标准、规范和应用软件随技术的发展和时间的推移而不断完善,本书中所列的各种指标和参数仅供参考,不建议作为规范直接应用。

本书由昆明冶金高等专科学校郭昆林、内蒙古自治区煤田地质局 109 勘探队赵俊义确定编写大纲和整体结构。参加编写的人员有昆明冶金高等专科学校吕翠华、太自刚、马娟、张伟红、葛俊洁、欧阳慧、刘光伟和李明,云南地质工程第二勘察院潘尔仁、云南省测绘工程院乔忠诚等。具体的编写分工如下:单元一由吕翠华编写;单元二由欧阳慧编写;单元三由张伟红编写;单元四由太自刚编写;单元五由郭昆林编写;单元六由葛俊洁编写;单元七任务一由李明编写,任务二由乔忠诚、刘光伟编写;单元八任务一至任务四及任务六由马娟编写,任务五由潘尔仁编写。全书由郭昆林主编和统稿,陈国平、吕翠华、赵俊义参加了部分单元的校校工作。

全书由云南省测绘局测绘产品质量监督检验站教授级高工倪津主审,他对本书提出了宝贵的修改意见,昆明冶金高等专科学校赵文亮教授、张东明教授、徐宇飞副教授等也对本书提供了许多意见和建议,在此对各位专家表示衷心感谢。在编写过程中参阅了大量的书籍和文献资料,在此一并对这些参考书籍和文献资料的作者表示感谢!

由于编者水平有限,书中不妥和错漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

单元一 认识数字测图	1
任务一 职业岗位分析	1
任务二 认识数字地图	5
任务三 认识数字测图	7
单元小结	11
思考与练习题	11
单元二 数字测图测前准备	12
任务一 数字测图常用仪器设备	12
任务二 常用数字测图软件	24
任务三 数字测图作业模式	31
单元小结	37
思考与练习题	38
单元三 图根控制测量	39
任务一 全站仪导线的布设和施测	39
任务二 图根控制测量常用作业方法	42
任务三 导线平差	44
单元小结	52
思考与练习题	52
单元四 野外数据采集	54
任务一 全站仪野外数据采集	54
任务二 南方 RTK 野外数据采集方法	61
任务三 其他仪器野外数据采集	67
任务四 数字测图野外数据采集与编码设计	68
单元小结	70
思考与练习题	70
单元五 内业计算机成图	71
任务一 认识计算机地图制图	71
任务二 认识 Visual LISP 二次开发语言	77
任务三 数字成图软件界面设计	93
任务四 基于 AutoCAD 的点状符号库的建立	100

任务五 基于 AutoCAD 的线型符号库的建立	104
任务六 基于 AutoCAD 的面状符号库的建立	106
任务七 网格法绘制等高线	110
任务八 三角网法绘制等高线	114
单元小结	121
思考与练习题	121
单元六 地图数字化	122
任务一 地图扫描矢量化	122
任务二 手扶跟踪数字化	128
单元小结	134
思考与练习题	134
单元七 数字测图技术设计与检查验收	135
任务一 大比例尺数字测图技术设计	135
任务二 大比例尺数字地形图的质量检查与验收	137
单元小结	141
思考与练习题	141
单元八 数字地形图的应用	142
任务一 地形图要素的属性查询	142
任务二 纵横断面图的绘制	145
任务三 三角网法计算挖填方量	148
任务四 方格网法计算挖填方量	151
任务五 两期间挖填方量计算	153
任务六 由图面信息生成数据文件	156
单元小结	158
思考与练习题	158
参考文献	159
附录 南方平差易文件格式介绍	160

单元一 认识数字测图

[单元概述]

本单元先对数字测图的职业岗位进行了分析,使学生了解典型的数字测图工作任务、作业方法与工作特点,以及从事该岗位应该具备的知识、技能和素质要求;然后介绍了本门课程的地位与作用,学习本门课程的方法和建议,并重点介绍了数字地图的概念与特点、数字测图技术的发展现状等。

[学习目标]

通过本单元的学习,了解目前数字测图常用的几种方法,数字测图的工作任务、内容及特点,理解数字地图的基本概念与特点及数字测图技术的发展现状。

任务一 职业岗位分析

测绘是为国民经济、社会发展及国家各个部门提供地理信息保障,并为各项工程顺利实施提供技术、信息和决策支持的基础性行业。以计算机和网络技术为支撑,以“3S”技术(全球卫星定位系统 GPS、地理信息系统 GIS 和遥感 RS 技术)为代表的测绘新技术正广泛应用于科研和生产,测绘产业已进入数字化、信息化时代。大比例尺地形图测绘是测绘、公路、建筑、水电、城乡规划、国土资源调查、矿山等行业的一项基础性、日常性测绘工作,随着现代测绘仪器的发展及计算机的普及,地形图的成图方法已实现了由传统的白纸成图向数字测图的转变。

一、岗位描述及典型工作任务

目前,数字测图方法可概括为三种:利用全站仪、全球卫星定位系统(Global Positioning System, GPS)或其他测量仪器进行野外数字测图;利用手扶跟踪数字化仪或扫描仪对纸质地形图的数字化;利用航测、遥感像片进行数字测图。前者是野外采集数据,后两者主要是室内作业采集数据。利用上述技术将采集到的地形数据传输到计算机,由数字成图软件进行数据处理,经过图形生成、编辑、整饰,生成数字地图。

(一)纸质图数字化

将已有的纸质图通过数字化仪或扫描仪完成数字化录入工作,这种方法所获得的数字地图受原图精度及数字化过程中所产生的各种误差的影响,其精度要比原图的精度低,而且它所反映的只是白纸成图时地表的各种地物地貌,不能保证图纸的现势性,因而常需要进行修、补测。

(二)摄影测量和遥感成图

摄影测量和遥感成图是利用航片和卫片,通过 JX-4 等全数字摄影测量系统及专业软件处理,获得数字地图的一种方法。

该方法适用于较大范围测图,成图速度快,效率高,成本低,受气候与季节的影响相对较

小,是大范围数字测图的一个重要发展方向。

(三)数字测图

数字测图通过野外数据采集、数据处理、图形生成和编辑进行数字地图生产,也称为地面数字测图。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,最后为用图人员提供晒蓝图纸。数字测图则自动记录、自动展点连线,并向用图者提供可处理的数字地图,实现了测图过程的自动化。数字测图具有效率高,劳动强度小,错误(读错、记错、展错)几率小,获得的地形图精确、美观、规范等特点。

本书主要面向野外数字测图和地图数字化这两个数字测图职业岗位,重点介绍数字测图作业人员所应具备的知识和技能。

在数字测图职业领域中,其典型作业任务主要有:编写数字地形图测绘的技术设计;根据设计要求布设首级平面控制;使用测量仪器,在首级控制基础上,利用导线测量、交会方法进行图根控制测量;用三、四等水准补充首级高程控制,用三角高程测量等方法进行图根高程控制测量;用数字测图方法进行外业数据采集及内业成图;进行成果的检查评定;进行技术总结;根据数字地形图绘制纵横断面图,计算填挖方量等。

二、数字测图工作特点

数字测图不同于传统的手工图解法测图,下面分别介绍数字测图的外业和内业工作特点。

(一)外业工作的特点

数字测图常用自动化程度较高的全站仪等测绘新仪器,内业使用数字成图软件,与传统手工测图相比,具有以下显著的特点。

1. 自动化程度高

手工图解法在外业就基本完成了地形图的绘制,外业工作内容较多、手工记录、手工计算、自动化程度低、劳动强度大。而数字化测图在外业主要完成数据采集,测图工作主要在内业完成,加上数字化测图采用先进的电子仪器自动记录、自动计算、自动存储,自动化程度高,劳动强度较小。

2. 作业效率高

手工图解法测图必须严格遵循“先控制后碎部”的原则。而数字测图则允许图根控制和碎部测量同时进行,即采用“一步测量法”,即使在未知点上设站也可以采用“自由设站”方法,利用电子手簿的计算功能进行测图工作。这样便于同时大面积展开测图工作,提高作业效率。

3. 测站覆盖范围大

手工图解法测图由于受到测距精度和成图方法的限制,测站点的测量范围较小。而数字化测图采用全站仪能同时自动地测定角度和边长,所以一般用“极坐标法”测定地形碎部点。由于全站仪具有很高的测距精度,因此在通视良好、定向边较长的情况下,可以放宽测站点到碎部点间的距离,扩大测站点的覆盖范围。

4. 工作范围易于划分

手工图解法测图是以图板为工具,以图幅为单元组织测量。数字测图的外业一般没有图幅的概念,而是以自然界线(河流、道路等)来划分作业组的工作范围。这样便可自然地组织施测工作,更为重要的是可以减少地物接边问题带来的麻烦。

5. 对测点依赖性强

手工图解法测图的外业工作可以较多地融入人的经验,如线状地物的转折和地形起伏方面,可以利用人的观察和判断来减少碎部点个数。数字测图则不然,它完全依赖所观测的点数。因此,一般情况下,数字化测图比常规测图需要较多的观测点数和较好的点位分布。

6. 对记录要求高

数字测图所获得的有关地物、地貌的数字信息,无法显示图形信息及其相互关系,直观性较差;对于一些有关实体的属性(如地理名称、房屋结构与用途等)也无法在野外注记。因此,碎部点记录要准确记录测点点号、连线关系与地物属性信息。在复杂测区,通常采用野外绘制草图和地物属性注记的方法进行内业注记、图形及相对关系的检查。

7. 测量精度高

数字测图一般采用全站仪、GPS-RTK 进行碎部点数据采集,由于采用光电测距技术,距离测量精度高,因此碎部点测量具有较高的精度。

(二)内业工作的特点

数字测图内业工作主要依靠计算机及成图软件,其内业工作与手工图解法测图方法相比也具有显著的特点。

1. 成图速度快

手工图解法测图的内业工作主要是利用三角尺、圆规等工具,手工对外业绘制的白纸图进行清绘、整饰、拼接,相对数字化测图,内业处理速度较慢,劳动强度高。而数字测图在内业工作中充分利用现代技术手段,利用计算机和地形图成图软件对野外测量采集的数据与地形信息进行处理,提高了内业成图的速度,缩短了成图周期。

2. 绘制图形规范

手工图解法测图内业处理是手工绘制地形图的点、线、符号,进行文字注记,显然线条难以均匀,绘制的符号难以规范,文字注记即手写字体更难以规范化。而数字测图的内业处理使用的绘图软件,能够使绘制的地形图的点、线、符号、文字注记等规范美观,符合国家地形图的成图规范。

3. 成图精度高

手工图解法测图的内业处理,不仅难以做到点、线、符号和文字注记等地形图图面信息的规范化,而且会造成点位精度的损失,降低地形图的质量。而数字测图的内业处理依据外业测量的点位信息和地形的属性信息进行图形编辑,可以利用软件的功能对量取的几何图形进行精确的绘制,精度上无损失,成图的精度高。

4. 分幅、接边方便

手工图解法测图一般是先分幅,然后逐幅测量,图幅接边不方便,相对数字测图精度低。而数字测图内业工作首先是图形编辑,将编辑好的图形按测区合成一体,然后统一进行地形图的分幅,使地形图分幅方便、规范、精度高。

5. 易于修改和更新

手工图解法测图方法的内业处理结果体现在图纸上,发现错误必须擦掉,重新绘制,修改很不方便。而数字测图内业处理是将处理结果储存在磁盘上,图形编辑中出现的问题易于修改和更新。

6. 对外业记录依赖性强

手工图解法测图是在外业中完成地形图的绘制,绘图员可以边观察地形,边绘图、注记,内业只进行加工处理。而数字测图的内业处理是根据外业测量的地形信息进行图形编辑、地物属性注记的,如果外业采集的地形信息不全面,内业处理就比较困难。因此,数字测图内业完成后,一般要输出到图纸上,到野外检查、核对。

7. 对绘图人员要求高

手工图解法测图的内业处理只是在外业成图的基础上进行整饰、清绘,技术要求相对较低。而数字测图内业工作是借助计算机和成图软件完成图形编辑,要求作业人员必须熟练掌握计算机操作和绘图软件的使用,技术含量高。

三、职业能力及素质要求

大比例尺数字地形图测绘工作所应具备的职业能力有:首先通过操作全站仪使用多种采集方式完成图根控制测量、碎部测量工作,其次利用测量专业软件进行数字地形图绘制,最后进行数字测图成果检查,成果合格后将其应用在具体建设工程中。具体要求如下。

- (1)能进行图根控制测量,使用测量软件完成图根控制测量数据处理。
- (2)掌握野外碎部点数据采集的常用仪器及相应的采集方法。
- (3)掌握大比例尺数字地形图测绘的基本理论和方法。
- (4)能熟练运用一种地形地籍成图软件(如南方 CASS)绘制大比例尺数字地形图。
- (5)掌握等高线自动追踪的基本理论,能根据高程点数据文件熟练生成等高线,并结合实地地形修改等高线。
- (6)能进行纸质图扫描矢量化。
- (7)掌握大比例尺数字地形图在工程中的应用,掌握填挖方计算的基本原理和计算方法。
- (8)掌握数字测图成果检查验收的方法。
- (9)掌握数字测图项目的技术设计报告和技术总结报告的编写方法。

四、课程的地位与作用

数字测图是测绘工程专业一门重要的专业基础课,是一门理论和实践相结合的课程。通过本课程的学习,要使学生掌握数字地形图测绘的基本理论、基本知识和基本技能,能独立进行大比例尺数字地形图的测绘。

五、课程的学习方法

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、地形绘图、计算机应用基础、CAD 技术、控制测量、地籍测量和数据库原理与技术等有着密切的联系,涉及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。要学好数字测图,必须重视理论联系实际。

在学习过程中,除在课堂上认真学习理论知识外,还要参加与理论教学对应的实验课的教学实习。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。课后要求按思考与练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,可使用指导教师提供的数字测图多媒体课件进行学习,并在指导教师的安排下,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,以及建立地形数据采集、数据处理与成图、成果与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采集、数据处理与成图、成果与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及实际动手能力,为今后从事测绘工作打下良好基础。

职业能力训练

训练一:查阅相关资料,进一步了解国内外数字测图技术的发展现状及发展趋势。

训练目标:培养学习者判断、选择、整合、获取和使用信息的能力及自学能力。

操作提示:

- (1)利用百度、谷歌等网络搜索引擎查阅资料。
- (2)通过电子期刊或杂志查阅相关文献。
- (3)查阅数字测图相关书籍等。

任务二 认识数字地图

一、数字地图

数字地图(digital map)是指以数字形式存储在磁盘、磁带、光盘等介质上的地图。通常我们所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、光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。数字地图上可以表示的信息量远大于普通地图。

数字地图可以非常方便地对地图内容进行组合、拼接,形成新的地图,可输出任意比例尺的地图,易于修改,也可方便与卫星影像、航空像片等其他信息源结合使用,还可以利用数字地图记录的信息派生新的数据。例如,地图上等高线表示地貌形态,但非专业人员很难看懂,利用数字地图的等高线和高程点可以生成数字高程模型(digital elevation model, DEM),将地表起伏以数字形式表现出来,可以直观立体地表现地貌形态。这是普通地形图不可能达到的表现效果。

在人类所接触到的信息中约有 80% 与地理位置和空间分布有关。因此,因特网(Internet)

和地理信息系统等现代信息技术的发展,对空间信息服务软件和提供服务的方式方法的要求也越来越高。运用空间信息技术的工具和手段可以为监测全球变化和区域可持续发展服务,也可以为社会各阶层服务。作为全球变化与区域可持续发展获取时空变化信息的技术方法,空间信息技术为政府部门提供决策支持、为普通大众提供日常信息服务的功能,越来越引起人们的重视,“数字地球”应运而生。

二、数字地图的特点

传统手工图解法测图的主要产品是纸质地形图,而数字测图的主要产品是数字地图。数字地图具有以下主要优点。

1. 便于成果更新

数字地图是以点、线、面的定位信息和属性信息存入计算机的,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”。

2. 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。数字地图以数字信息保存,不会因时间的推移而产生误差。

3. 便于传输和处理,并可供多用户同时使用

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,当对绘图精度要求不高时,可打印图形。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。

4. 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(其优点是纸质图无法与之相比的),不受图面负载量的限制,便于成果的深加工利用,从而拓宽测绘工作的服务范围。比如 CASS 软件中共定义 26 个层(用户还可根据需要在定义新层),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测区内的各类专题图、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、房地产图及各种管理用图和工程用图。

5. 便于建立地图数据库和地理信息系统

地理信息系统(geographic information system, GIS)具有方便的空间信息查询检索功能、空间分析功能及辅助决策功能,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 GIS,花在数据采集上的时间、精力及费用约占整个工作的 80%,且 GIS 要发挥辅助决策功能,需要现势性强的信息地理资料。数字测图能提供现势性强的基础地理信息,经过格式转换,其成果即可直接导入 GIS 数据库,对 GIS 数据库进行更新。一个好的数字测图系统应该是 GIS 的一个数据采集子系统。

6. 便于成果的使用

数字地图可以方便地传输到 AutoCAD 等软件系统中,能自动提取点位坐标、线段长度、直线方位和地块面积等有关信息,以便工程设计部门进行计算机辅助设计。

总之,数字地图从本质上打破了纸质地形图的种种局限,赋予地形图以新的生命力,提高

了地形图的自身价值,扩大了地形图的应用范围,改变了地形图使用的方式。

职业能力训练

训练一:给定一幅数字地形图,识读该地形图包含哪些地物要素,按图层分别提取同类地物信息并生成独立的图形文件。

训练目标:通过训练,培养学习者识读地形图的能力,以及对数字地形图的简单应用和处理能力。

操作提示:

(1)熟悉《国家基本比例尺地形图图式 第一部分:1:500 1:1 000 1:2 000 地形图图式》(GB/T 20257.1—2007)。

(2)利用 AutoCAD 中按图层批量选择对象的功能提取同类地物信息。

任务三 认识数字测图

一、数字测图

(一)数字测图的概念

数字测图是以计算机为核心,在外连输入输出设备及软硬件的支持下,通过计算机对地形空间数据进行处理得到数字地图,需要时也可用数控绘图仪绘制所需的地形图或各种专题地图。广义的数字测图又称为计算机成图,主要包括:地面数字测图、地图数字化成图、航测数字测图、计算机地图辅助制图。在实际工作中,大比例尺数字化测图主要指地面数字测图,也称野外数字测图。

(二)数字测图的基本思想

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,得到内容丰富的数字地图,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。将模拟量转换为数字量这一过程通常称为数据采集(地图数字化)。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。

(三)数字测图图形信息的采集和输入

各种数字测图系统必须首先获取图形信息,地形图的图形信息包括所有与成图有关的资料,如测量控制点资料、解析点坐标、各种地物的位置和符号、各种地貌的形状、各种注记等。对于图形信息,常用的采集和输入方式有以下几种。

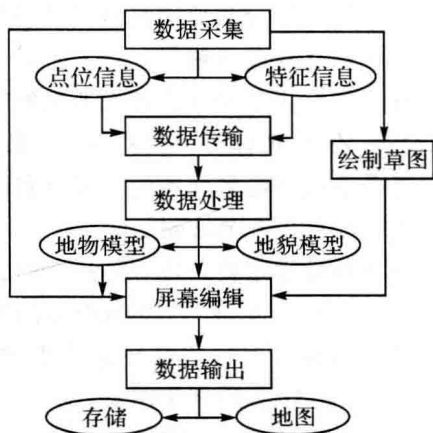


图 1-1 数字测图的基本思想与过程

1. 地面测量仪器数据采集输入

应用全站仪或其他测量仪器在野外对成图信息直接进行采集。采集的数据载体为全站仪的存储器和存储卡,如全站仪 SET2000 所配备的相应的存储器和存储卡,也可以是电子手簿,如 GRE3、GRE4 等,还可以是各种袖珍计算机及便携机,如 PCE-500 等。采集的数据可通过接口电缆直接传入计算机中。

2. 人机对话键盘输入

对于测量成果资料、文字注记资料等,可以通过人机对话方式由键盘输入计算机中。

3. 数字化仪输入

应用数字化仪对收集的已有地形图的图形资料进行数字化,也是图形信息获取的一个重要途径。数字化仪主要以矢量数据形式输入各类实体的图形数据,即只要输入实体的坐标。

4. 扫描仪输入

对已经清绘过的地形图,可以利用扫描仪进行图形输入,用专业软件把扫描获得的栅格数据转换为矢量数据,从中提取图形的点、线、面信息,然后再进行编辑处理。

5. 航测仪器联机输入

利用大比例尺航摄像片,在航测仪器上建立地面立体模型,通过接口把航测仪器上量测所得的数据直接输入计算机;也可以利用数字摄影测量系统直接得到测区的数字模型,再经过计算机图像处理得到数字地形图及数字地面模型(digital terrain model,DTM)。

6. 由存储介质输入

对于已存入磁盘、磁带、光盘中的图形信息,可通过相应的读取设备进行读取,作为图形信息的一个来源。

(四)图形信息的符号注记

地形图图面上的符号和注记在手工制图中是一项繁重的工作。计算机成图不需要逐个绘制符号,而只需先把各种符号按地形图图式的规定预先做好,并按地形编码系统建立符号库,存放在计算机中。使用时,只需按位置调用相应的符号,使其出现在图上指定的位置。这样进行符号注记,快速简便。

地形图符号分为比例符号、非比例符号及半比例符号三种。这些符号的处理方法如下。

1. 比例符号的绘制

比例符号主要是一些较大地物的轮廓线,依比例缩小后,图形保持与地面实物相似,如房屋、道路、桥梁、河流等。这些符号一般是由图形元素的点、直线段、曲线段等组合而成,因而可以通过获取这些图形元素的特征点利用绘图软件绘制。

2. 非比例符号的绘制

非比例符号主要是指一些独立的、面积较小但具有重要意义或不可忽视的地物,如测量控制点、水井、界址点等。非比例符号的特点是仅表示该地物中心点(或底边中心点)的位置,而不代表其大小。对这些符号的处理,可先按照图式标准将符号做好存放于符号库中,在成图时,按其位置调用,绘制于图上。

3. 半比例符号的绘制

半比例符号在图上主要是指一些线状地物,如长条地物、围墙、斜坡、境界等。这些符号的特点是在长度上依比例。在处理这些符号时,可对每一个线状地物符号编制一个子程序,需要时,调用这些子程序,只需输入该线状地物转折处的特征点,即可由程序绘出该线状地物。

4. 符号的面填充

地面的植被、土质等按照图式规定绘制一定的代表性符号均匀分布在图上该范围内,这种绘图作业可由绘图软件的“面填充”功能来完成。

5. 说明注记

图上的说明注记分为数字注记、字母注记和汉字注记三种。数字注记和字母注记一般为绘图程序中所固有的,注记比较方便;对于汉字注记,可先建立矢量汉字库,根据汉字特征码进行注记,对于汉化的 AutoCAD 软件,则可直接进行汉字注记。

二、数字测图的发展与展望

(一)数字测图的发展

传统的测图手段是利用测量仪器对地球表面局部区域内的各种地物、地貌特征点的空间位置进行测定,并以一定的比例尺按图示符号将其绘制在图纸上,也称手工图解法测图。在测图过程中,数字的精度由于刺点、绘图及图纸伸缩变形等因素的影响会有较大的降低,而且存在工序多、劳动强度大、质量管理难等问题。特别是在当今的信息时代,纸质地形图已难承载过多的图形信息,图纸更新也极为不便,难以适应信息时代经济建设的需要。

随着科学技术的进步和计算机技术的迅猛发展及其向各个领域的渗透,以及电子全站仪和 GPS-RTK 等先进测量仪器和技术的广泛应用,数字测图技术得到了突飞猛进的发展,并以高自动化、全数字化、高精度的显著优势逐步取代了传统的手工图解法测图的方法。

数字测图实质上是一种全解析机助测图方法,在地形测绘发展过程中它是一次根本性的技术变革,这种变革主要体现在:手工图解法测图的最终目的是地形图,图纸是地形信息的唯一载体;数字测图地形信息的载体是计算机的存储介质(磁盘或光盘),其提交的成果是可供计算机处理、远距离传输、多方共享的数字地形图数据文件,通过数控绘图仪可输出数字地形图。另外,利用数字地图可以生成电子地图和数字地面模型,以数学描述和图像描述的数字地形表达方式,可实现对客观世界的三维描述。更具深远意义的是:数字地形信息作为地理空间数据的基本信息之一,已成为地理信息系统的重要组成部分。大比例尺数字地图可分为正射影像图(digital orthophoto map, DOM)、数字地面模型(DEM)、数字线划图(digital line graphic, DLG)和数字栅格图(digital raster graphic, DRG),即“4D”产品,一般经过逻辑与几何拼接处理后可以直接入库。

数字化成图是由制图自动化开始的。20 世纪 50 年代美国国防制图局开始研究制图自动化问题,这一研究同时推动了制图自动化配套设备的研制 and 开发。20 世纪 70 年代初,制图自动化已形成规模,美国、加拿大及欧洲各国在相关重要部门都建立了自动制图系统。当时的自动制图系统主要包括数字化仪、扫描仪、计算机及显示系统四个部分。其成图过程是:将地形图数字化,再由绘图仪在透明塑料片上回放地形图,并与原始地形图叠置以修正错误。现在,地图数字化已经成为极为普通的数字化和自动成图的方法。

在 20 世纪 80 年代,摄影测量经历了模拟法、解析法,发展为今天的数字摄影测量。数字摄影测量把摄影所获得的影像进行航片扫描得到数字化影像,由计算机进行处理,从而提供数字地形图或专用地形图、数字地面模型等各种数字化产品。

大比例尺地面数字测图是 20 世纪 70 年代电子速测仪(电磁波测距仪或光电测距仪)问世后发展起来的,80 年代初全站型电子速测仪的迅猛发展加速了数字测图的研究和应用。我国

从 1983 年开始开展数字测图的研究工作。目前,数字测图技术在国内已趋成熟,它已作为主要的成图方法取代了传统的手工图解法测图。其发展过程大体上可分为两个阶段。

第一阶段主要利用全站仪采集数据,电子手簿记录,同时人工绘制标注测点点号的草图,到室内将测量数据直接由记录器传输到计算机,再由人工按草图编辑图形文件,并输入计算机自动成图,经人机交互编辑修改,最终生成数字地形图,由绘图仪绘制地形图。从数字发展的初级阶段,人们看到了数字测图自动成图的美好前景。

第二阶段仍采用野外测记模式,但成图软件有了实质性的进展。一是开发了智能化的外业数据采集软件;二是计算机成图软件能直接对接收的地形信息数据进行处理。目前,国内利用全站仪配合便携式计算机或掌上电脑,以及直接利用全站仪进行大比例尺地面测图的方法已得到了广泛应用。

20 世纪 90 年代出现了 GPS 区域差分技术,又称 GPS-RTK(real time kinematic)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的数据,还直接接收 GPS 卫星发射的观测数据,从而组成相位差分观测值进行实时处理,能够实时提供测点在指定坐标系的三维坐标成果,在 20 km 测程内可达到厘米级的测量精度。实时差分观测时间短,并能实时给出定位坐标。可以预料,随着 RTK 技术的不断完善和更轻小型、价格更低廉的 RTK 模式 GPS 接收机的出现,GPS 数字测图系统将在开阔地区成为地面数字测图的主要方法。

(二)数字测图的展望

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较好,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。另外,在推广数字测图的过程中,一定要更新观念,应充分认识数字测图的优点。数字测图必须突破“图”的概念来理解数字信息,“图”只是在需要时由软件根据“数据”生成出来的一种产品形式。

今后数字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,自动将经处理的三维坐标形式的数据,用无线电传输进电子平板,并展点和注记高程。这种自动化测图系统,解决了当今困扰人们的编码困难和编码机内处理麻烦的问题,成为今后数字测图的主要系统。

职业能力训练

训练一:自己设计几种测量符号的“数字”存储形式,在 AutoCAD 软件中利用 AutoLISP 语言读出所设计的“数字”,绘制出对应的符号。

训练目标:通过训练,掌握 AutoCAD 软件绘制测量符号的方法,以及利用 AutoLISP 语言绘制测绘符号的方法。

操作提示:

(1)熟悉《国家基本比例尺地形图图式 第一部分:1:500 1:1 000 1:2 000 地形图图式》(GB/T 20257.1—2007)。