



“十二五”职业教育国家规划教材
教材审定委员会审定

计算机辅助矿井地质制图

(第 2 版)

主 编 王正荣 王国泰

2



煤炭工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

计算机辅助矿井地质制图

(第 2 版)

主 编	王正荣	王国泰
副主编	李北平	李振林
	刘建平	蒋 源

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机辅助矿井地质制图 / 王正荣, 王国泰主编. -- 2
版. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2016
“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978 - 7 - 5020 - 4903 - 4

I. ①计… II. ①王… ②王… III. ①矿井—地质图—
计算机制图—高等教育—教材 IV. ①TD163 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 141374 号

计算机辅助矿井地质制图 第 2 版 (“十二五”职业教育国家规划教材)

主 编 王正荣 王国泰
责任编辑 周鸿超
编 辑 郝 岩
责任校对 尤 爽
封面设计 晓 杰

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010 - 84657898 (总编室)
010 - 64018321 (发行部) 010 - 84657880 (读者服务部)
电子信箱 cciph612@126.com
网 址 www.cciph.com.cn
印 刷 虎彩印艺股份有限公司
经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 15¹/₄ 字数 360 千字
版 次 2016 年 1 月第 2 版 2016 年 1 月第 1 次印刷
社内编号 7749 定价 34.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010 - 84657880

内 容 提 要

本书分5个项目19个任务,内容包括矿井地质图识读与绘制、AutoCAD地质制图基本设置与操作、AutoCAD矿井地质制图、Cito DM矿井地质制图、MapGIS地质制图。

本书可作为高职高专院校矿山地质、煤田地质与勘查技术专业及其他煤炭地质类相关专业的教材,也可作为成人教育院校师生及广大煤矿工程技术人员的参考书。

前 言

依据国务院《关于加快发展现代职业教育的决定》(国发〔2014〕19号)、教育部《关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》(教职成〔2012〕9号)和《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》(教职成司函〔2012〕237号)要求,我们将修订后的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《计算机辅助矿井地质制图》进行了申报。经全国职业教育教材审定委员会审定,该教材被列为“十二五”职业教育国家规划教材。

本教材在编写过程中注重校企合作,有企业的4位高级工程师参与;注重改革教材内容,优化教材结构,按照“矿井地质图(手工制图)→AutoCAD(交互式半自动制图)→Cito DM(自动制图)→MapGIS(地理信息系统应用)”的基本思想与主线编写,使教材更加适合高职高专教学和生产实际,更加体现技能型人才培养特点;按照“任务驱动、项目导向”原则,实现“理实合一”和“模块化”结构;改变了教材体例,由传统体例变为任务驱动式,每一任务由“任务分析、知识学习、任务实施、技能训练”等部分组成,反映和体现了高职教学改革成果。

本教材由王正荣、王国泰任主编,李北平、李振林、刘建平、蒋源任副主编。其中课程导入、项目二由云南能源职业技术学院王正荣编写,项目一由云南省金沙矿业股份有限公司王国泰、重庆工程职业技术学院李北平编写,项目三由陕西能源职业技术学院李振林、河北能源职业技术学院刘建平编写,项目四由云南省一九八煤田地质勘探队李一波、云南省兴云煤矿龚金飞编写,项目五由云南能源职业技术学院蒋源、曲靖师范学院蒋锐编写。全书由王正荣负责统稿。

本教材在编写过程中参阅了部分同类教材和相关研究成果及网上资料,在此向被参考、引用的有关书籍的广大作者表示衷心的感谢。同时由于编者水平有限,书中可能会有错误和不妥之处,恳请有关专家和广大读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

编 者

2015年12月

目 次

课程导入.....	1
项目一 矿井地质图识读与绘制	13
任务一 井田地形地质图识读	13
任务二 矿井地质剖面图识读与绘制	20
任务三 水平地质切面图识读与绘制	27
任务四 煤层底板等高线图识读与绘制	32
任务五 煤系地层综合柱状图识读与绘制	45
项目二 AutoCAD 地质制图基本设置与操作	52
任务一 地质制图比例尺及坐标系设置	52
任务二 矿井地质图常用图元绘制	62
任务三 矿井地质图图例符号定义与使用	75
任务四 地质制图模板创建与使用	91
项目三 AutoCAD 矿井地质制图	99
任务一 原图数字化与主要巷道平面图绘制	99
任务二 矿井地质剖面图绘制	112
任务三 水平地质切面图绘制	130
任务四 煤层底板等高线图绘制	147
任务五 地层柱状图绘制及 AutoCAD 图形输出与打印	159
任务六 AutoCAD 矿井地质综合制图	173
项目四 Cito DM 矿井地质制图	183
任务一 原图矢量化与基本符号绘制	183
任务二 矿井地质图绘制	193
项目五 MapGIS 地质制图	199
任务一 扫描矢量化与误差校正	199
任务二 地质剖面图及柱状图绘制	215
参考文献	237

课程导入

一、矿井地质图

矿井（煤矿）地质图是反映矿井特征的综合性地质图件，属大比例尺地质图。它表现了井田范围内煤层的赋存状态、构造特征、开采技术条件及其变化规律，以及它们与井巷工程之间的相互关系等，是一系列综合性图件的总称。矿井地质图属地图中专题地图的工程技术类图件。

矿井地质图是煤矿建设、设计和生产必备的重要基础技术资料。从建井开始到开拓、掘进、回采，各生产阶段、各工作环节都离不开矿井地质图。

（一）地图、矿图、地质图、矿井地质图的概念及相互关系

地图是根据一定的数学法则，将地球的自然现象和社会现象通过概括和取舍，用符号缩绘在平面上所得到的图形的总称。矿图属专题地图，主要用来反映矿区地面的地物、地貌，井下地质条件和煤层产状，各种巷道，采煤工作面及其与地面建筑物之间的关系。地质图是用来表示一定区域内的地层和各类岩石的时代、产状及分布等地质信息的图件。若地质图表示的是一个煤矿矿区的地层和各类岩石的时代、产状及分布等地质信息，则为矿井地质图；矿井地质图表现的是井田范围内煤层的赋存状态、构造特征、开采技术条件及其变化规律，以及它们与井巷工程之间的相互关系。矿图的种类很多，矿井地质图就是矿图的一种，矿图属专题地图中的工程技术图，因此矿井地质图也是一种工程技术图。

（二）矿井地质图的特点及作用

1. 矿井地质图的特点

矿井地质图是为煤矿的开拓、掘进、回采服务的重要技术资料。由于大量井巷工程的揭露，编图资料的丰富程度和准确性是勘探阶段无法比拟的。矿井地质图的使用范围、服务对象、编制方法和要求、涉及的部门和联系等，与勘探阶段编绘的地质图件有着显著的差别。其特点可概括为以下6个方面：

（1）经常使用性。矿井地质图是煤矿生产各阶段，各工作环节必备的技术基础资料，是矿井日常生产用图。各种矿井地质图并非固定不变，而是要根据编录资料及时填绘，不断补充、修改、完善已有图纸。此外，随着生产的进展，还要求经常编制不同生产阶段需要的各种矿井地质图件。

（2）阶段性。煤矿生产是有阶段性的，对地质规律的认识也是循序渐进的，故矿井地质图具有阶段性的特点。不同生产阶段，由于揭露和探查程度的不同，要求编制不同范围、不同比例尺的图件，它们各自有着不同的精度要求。在一个阶段所编制的矿井地质图件只反映该生产阶段对客观地质规律的一种认识水平，也只能是对已探查和揭露程度的一个认识阶段。随着生产的持续进展，探查揭露的扩展，认识水平和图纸精度也会相应得到提高。

（3）联系性。有的矿井地质图采用了矿山测量图件等作为编图底图。因此，它与煤

田勘探工作、矿山测量工作及采掘工作均有着一定的联系。有些专门性综合图件就是矿井地质与采掘、通风安全部门结合起来编绘的，如瓦斯地质图。

(4) 综合性。矿井地质图是矿井地质资料的综合反映，但不是原始资料的堆积。各矿井由于地质条件的差异，对生产影响程度也有区别，因此矿井地质图具有针对性。不应把所有内容千篇一律地罗列在图上，应结合地质特征重点表示起主导作用的因素。

(5) 灵活性。各煤矿编绘图件的种类，除了按规程规定所必备的几种以外，还可以根据具体地质条件，编制一些专门性的图件，以满足生产的要求。也就是说图件种类可以有所差异，图幅的大小可以根据需要安排，图的比例尺可适当地灵活选择，图纸的内容可以在共性的基础上有所侧重。

(6) 预测性。在矿井地质图上，除反映已探查和揭露的各种实际资料外，还要利用综合分析成果和已掌握的一些规律，对尚未开拓开采的地段进行必要的推断，这就是对新区的预测。如根据已开拓区预测未开拓区，根据上部水平预测下部水平，根据上层煤推测下层煤，根据已采工作面预测未采工作面等。

由于地质条件的复杂性和人们认识水平的局限性，对预测部分不要绝对静止地看待，在使用矿井地质图时应避免固定地看问题，要考虑到预测部分可能出现的变化。

2. 矿井地质图在煤矿生产中的作用

矿井地质图是煤矿建设、设计和生产必备的重要基础技术资料。从建井开始到开拓、掘进、回采各生产阶段、各工作环节都离不开矿井地质图。

随着采掘机械化程度的提高、综采比例的增加、生产布局高度合理集中和生产接续性的增强，要求矿井地质工作针对即将开拓开采的块段，对地质构造、煤厚、煤质以及有关开采地质条件等做出精确全面的预测预报，这些工作要具体地反映在矿井地质图上。

随着矿井两个水平之间阶段高度的合理加大和平巷长距离带式输送机运输、大容量矿车的出现等，设计部门对地质条件探查精度要求越来越高。不但对地质构造要严密控制，而且对有关各种地质因素也要做出正确的预报，这也要通过图纸来加以体现。

随着矿井开采深度的增加，矿井改扩建和技术改造的发展，一些新的地质问题，如瓦斯、地温、地压等边缘问题的综合研究，也需要编制相应的专门性边缘地质图件。

随着煤矿企业深化改革的进展，矿山更需讲求经济效益和安全生产，因而必然要求煤矿地质工作扩大其工作领域，提高开采地质条件的定量综合分析，不断提高地质预报的质量，以适应现代化生产的要求，而这些综合分析成果如何反映在矿井地质图上也是需要深入探讨和研究的内容。

随着科学技术进步，煤炭资源的综合利用、伴生矿产的综合开采已越来越为人们所关注，这些问题也需要编绘相应的地质图件。

总之，煤炭工业向纵深方向发展离不开煤矿地质工作，而煤矿地质工作的成果又都需要通过矿井地质图件来加以表达。矿井地质图是煤矿地质工作成果的反映，是煤矿地质配合生产、服务生产的重要表现形式。

矿井地质图的主要作用可概括为以下 5 个方面：

(1) 矿井地质图是为煤矿各级业务部门组织生产、进行生产管理的工具。

(2) 矿井地质图是矿井制定开拓方案，进行采区、工作面设计和开采方案选择的基础图纸。

(3) 矿井地质图是矿井制订远景规划,安排月度、年度采掘计划和工作面衔接计划的必备图件。

(4) 矿井地质图是矿井生产地质勘探、各种工程布置及水平延深、新区开拓和进行资源勘探的基础资料。

(5) 矿井地质图是矿井储量管理、三量动态统计、采出率检测及矿井边角煤柱的处理、矿井收尾时残留储量计算的必备图纸。

(三) 矿井地质图的种类

矿井综合性地质图件是矿井地质综合分析的成果,根据《煤矿地质工作规定》规定,综合性地质图件主要包括三大类:

1. 矿区必备的综合性图件

矿区必备的综合性图件包括矿区地层综合柱状图、矿区煤系地层综合柱状图、矿区煤(岩)层对比图、矿区地形地质图或基岩地质图、矿区主要地质剖面图、矿区或区域地质构造纲要图、矿区可采煤层底板等高线图。

2. 矿井必备的综合性图件

矿井必备的综合性图件包括矿井煤系地层综合柱状图(1:1000~1:200)、矿井煤(岩)层对比图(1:500~1:200)、矿井地形地质图或基岩地质图(1:5000~1:2000)、矿井可采煤层底板等高线及储量计算图(急倾斜煤层加绘立面投影图,比例尺1:2000或1:5000)、矿井地质剖面图(1:2000或1:5000)、矿井水平地质切面图(适用于煤层倾角大于25°的多煤层矿井,比例尺1:2000或1:5000)。

3. 矿井必备的日常生产用图

矿井必备的日常生产用图包括采区煤层底板等高线图(急倾斜煤层加绘立面投影图,比例尺1:1000或1:2000)、采区水平地质切面图(单一煤层或缓倾斜煤层除外,比例尺1:1000或1:2000)、采区地质剖面图(1:1000或1:2000)。

除上述三大类必备的综合性图件外,各矿区(矿井)还可根据各自的地质条件特点,有针对性地编绘其他一些图件。从内容上看,包括反映煤层厚度变化的图件(如煤层厚度等值线图、煤厚水平切面图、煤层冲蚀分布图、火成岩吞蚀煤层分布图等);反映地质构造特征的图件(如断层等高线图、构造纲要图);反映煤层围岩特征的图件(如顶板岩性岩相分布图、煤层顶板砂泥岩比值等值线图);各种专题研究图件(如瓦斯地质图、地温地质图等)。从形式上看,主要有柱状图、垂直地质剖面图、水平地质切面图、平面投影和竖直面投影图、立体图(轴测投影图、栅状图、立体图等)。

(四) 矿井地质图的质量标准

矿井地质图的质量对煤矿生产影响很大。如依据错误的图纸进行设计和施工,将会造成工程的浪费,给安全生产带来威胁。因此,提高矿井地质图件的质量是地质、测量、采掘、设计、制图人员一项共同的任务。

矿井地质图除了应有总体的质量标准外,不同种类、不同比例尺和不同阶段所编绘的矿井地质图件应有不同的质量要求。煤矿地质技术人员在编制矿井地质图、提高质量方面做了大量的工作,积累了丰富的经验,但目前尚未形成一套统一的标准要求。制定一套符合我国国情较为统一的质量标准,是提高矿井地质图质量所必需的,这也是加强矿井地质工作技术管理需要解决的重要内容。

矿井地质编图的质量取决于对地质变化探查和揭露的程度，对地质规律判断认识的程度，以及编制方法的合理性等方面的因素。

评定矿井地质图的质量标准，主要有以下 3 个方面（其中精度和内容是主要的标准）：

1. 精度

评定矿井地质图的精度，应从地质资料的收集程度，对地质问题分析判断的合理性，以及绘图和底图的精度等进行衡量。

（1）地质资料的收集程度。检查各种与编图有关的原始地质资料，包括地面露头、老窑调查资料、各项勘探工程和井巷工程编录资料，各种有关的图表及综合性资料等是否收集整理齐备，并进行了充分利用。

（2）对地质问题分析判断的合理性。充分利用已有资料，经综合分析对获得的原始资料做出合乎规律的解释，特别是对采掘工程有直接影响的各项地质变化的控制程度做出客观的分析，并在图上加以反映，对编图范围的地质条件提出总体的规律性认识。

（3）编图和底图的精度。主要指剖面图上的高程线、平面图上的坐标方格网、各种图件的展点，勾线精度是否达到允许误差，还包括各种图件之间是否符合对应关系。

对底图的要求是平面测量底图不能放大，地质图要与测量图同比例，要采用统一的坐标系统，当遇到不同坐标系统的测量资料时必须经过检查换算后才能使用，当缩小比例拼图时要把误差压缩到最低限度，并上下地质点应有测点控制等。

2. 内容

不同种类和不同比例尺的矿井地质图件，内容要求也不相同。总的要求是既能在一定程度上反映编图的原始依据，又能反映编图阶段对地质情况认识的程度，既要达到煤矿地质工作的要求，又要满足采掘工程的需要，尽可能做到一图多用。

点、线、面三者要兼顾，要使人建立起概念，对一个矿区的地质情况有一个总体的轮廓，获得一些规律性的认识。

3. 工艺

制图的工艺应包括按统一格式要求和标准图例制图，图面设计合理，布局美观，线条均匀、粗细分明，弧线圆滑、接头吻合、曲线自然无疙瘩，墨色黑润、线段充实；符号注记齐全，符合规定要求，图面整洁；图面字体书写工整，同类项字体大小、间隔一致，排列整齐，着色准确、鲜艳。

当采用机助矿井地质制图时，工艺方面是很容易满足要求的。

二、机助矿井地质制图

（一）机助矿井地质制图的概念及特点

1. 机助矿井地质制图的概念

计算机矿井地质制图是以传统的地质制图原理为基础，利用电子计算机及其连接的输入、输出设备作为主要工具，采用数据库技术和图形数字处理方法，实现地质图信息的获取、变换、传输、识别、存储、处理、显示和绘图输出。

机助矿井地质制图首先是由机助地图制图开始的，矿井地质图实际上是地图中的一种专题图，因此机助地质制图和机助地图制图并未严格区分开来，而是统称为机助地图制

图。机助地图制图又称地图制图自动化或计算机地图制图，是一门正在迅速发展的应用技术学科。

计算机对数字形式的图形信息进行处理，然后将加工处理后的数据信息通过绘图仪以图形形式输出，这就是计算机辅助制图的基本原理。在机助制图过程中，由于计算机具有高速运算、巨大存储、智能模拟等功能，因此能代替大量手工劳动，大大加快了成图速度。

机助制图是在以电子计算机为主的软、硬件设备的支承下运行的一套有机系统，机助制图系统主要包括硬件和软件两部分。

硬件系统包括电子计算机、数字化仪、扫描仪、图形显示及编辑系统和以绘图仪为主的图形输出设备。

软件系统是用计算机程序和语言编写的各种制图程序的总称，包括计算机系统本身应具有的系统软件和各种制图应用软件。

2. 机助矿井地质制图的特点

(1) 数字地质图可以方便地应用于计算机读取、分析、管理和输入信息的各个领域(如 GIS)中的信息获取和输出。

(2) 数字地质图易于校正、编辑、更新和复制，并可方便地根据用户要求进行改编，计算机可仅取出和制作用户所需要的内容和比例尺，增强了地质图的适应性、实用性和用户的广泛性。

(3) 数字地质图存储方便，并保证了储存的不变形性，提高了地质图的使用精度。

(4) 数字地质图的容量大，它只受计算机存储器的限制，因此可以包含比一般模拟地质图多得多的信息。

(5) 增加了地质图的品种，拓宽了服务的范围，比如用电子计算机处理地质图信息，可制作常规方法难以实现的三维立体图、视觉立体图、切面图等。

(6) 传统地质制图主要是以手工完成，手工制图的质量高低，很大程度上取决于作业者的技术水平，用计算机绘图不仅减轻了作业人员的劳动强度，而且也减少了制图过程中人的主观随意性所引起的偏差。

(7) 加快了成图速度，缩短了成图周期，改进了制图工艺。

(8) 便于远程传输。数字地质图信息，能作远距离的传输和处理。

计算机矿井地质制图的目标是集矿井地质图生产与管理于一体，往地理信息系统方向发展，为管理、规划、决策等部门提供更准确、更全面的信息。计算机矿井地质制图是资源地理信息系统发展的起点，而地理信息系统又是以应用为目的的信息产业。

(二) 机助矿井地质制图的技术基础与基本原理

1. 机助矿井地质制图的技术基础

(1) 地质学及地质制图学。地质学是研究地球的物质组成情况、内部构造、外部特征、各层圈之间的相互作用和演变历史的学科。地质制图学是研究地质制图的基本理论、方法和技术的学科。地质学及地质制图学的基本理论与方法是计算机辅助矿井地质制图的主要技术基础。

(2) 计算机图形学。计算机图形学是研究如何应用计算机生成、处理和显示图形的一门学科。

(3) 数据库技术。数据库中的数据, 不仅包括反映事物数量的数值, 还包括各种非数值的信息, 如文字材料、图形图像、声音等。

在许多应用场合, 所使用的数据均有量大、需要长期保存、反复使用、许多数据要被多个不同的用户共用等特点。为了适应这些特点, 数据必须集中起来以一定的组织方式存放在计算机外存储器中, 从而能以最佳方式、最少的重复, 为多种应用服务。这样组织起来的数据就是数据库。数据库和数据管理系统合起来, 称为数据库系统。

(4) 数字图像处理。数字图像是以栅格阵列的像元数值来记录图像的。数字图像处理技术包括了对图像进行抽象、表示、变换等基础方法, 图像处理的有效方法还有图像增强与恢复、图像分割、图像匹配与识别、图像信息的压缩与编码、图像的二维与三维重建等。

(5) 多媒体技术。多媒体技术是 20 世纪 90 年代以来随着信息技术的发展而形成的一个领域。狭义的多媒体指的是文本、图像、图形动画、声音等多种可供传递的载体。多媒体的出现, 拓宽了计算机处理信息的范围, 提高了计算机处理信息的水平。

2. 机助矿井地质制图的基本原理

计算机技术之所以能够应用于矿井地质制图, 是因为矿井地质图本身是按照一定的数学法则, 经过概括, 应用特有的符号系统将地质现象及地质构造显示在平面图纸上的一种“图形—数学模型”; 同时地质现象与地质构造是遵循一定的地质规律的。地质图上所有的要素在由空间转绘到平面上之后, 仍然保持着精确的地理位置和平面位置; 而且图面上的所有呈点、线、面分布状态的要素, 都可以理解为是点的集合。既然地质图组成要素的基本单位是点, 因此可以把地质图上所有要素都转换成点的坐标 (x, y, z) , 这样就实现了地质图内容的数字化。计算机对数字形式的地质图图形信息进行处理, 然后将加工处理后的数据信息通过绘图仪以地质图图形形式输出, 就是计算机制图的全过程。在这过程中, 由于计算机具有高速运算、巨大存储、智能模拟等功能, 因此能代替大量手工劳动, 大大加快了成图速度, 使矿井地质制图自动化。

目前的机助地质制图尚有许多不完善之处, 主要受地质现象和地质构造的复杂性、用户的地质知识及专业经验、制图软件的先进性和处理能力的影响。制图方式则有半自动交互式 and 全自动两种方式。

(三) 机助矿井地质制图系统的组成与制图过程

1. 机助矿井地质制图系统的组成

一个完整的机助制图系统在组成上应包括计算机硬件系统、软件系统、图形数据、制图人员等。

1) 硬件系统

电子计算机是机助制图的关键设备, 它主要由中央处理机 (CPU)、内存储器、外存储器, 以及输入、输出设备组成。

(1) 图形输入设备可分为向量型图形输入设备和光栅扫描型图形输入设备两种。

向量型图形输入设备采用跟踪轨迹, 记录坐标点的方法输入图形。主要输入的数据形式为直线或折线构成的图形所形成的图形学数据。常用的向量型图形输入设备有数字化仪、鼠标器、光笔等。

光栅扫描型图形输入设备采用逐行扫描, 按一定密度采样的方式输入图形, 主要的输

入数据形式为一幅由亮度值构成的像素矩阵——图像。这类设备常采用自动扫描输入方式，输入迅速而方便。但它所获得的图像数据必须转换为图形数据，才能被 CAD 和各子系统使用。这种转换即所谓的矢量化转换过程，是一种图形识别的过程。常用的光栅扫描型图形输入设备有扫描仪和摄像机等。

①键盘。键盘有 ASC II 编码键、命令控制键和功能键，可实现图形操作的某一特定功能，主要用来进行字符的输入。

②鼠标。鼠标器是一种手持滚动设备，有 2~4 个开关按钮，下面是两个互相垂直的轮子，或是一个球。当轮子或球滚动时，带动两个数字转换装置，产生出滚动距离的 x ， y 移动值。开关则用于位置的选择。鼠标器的一个重要特征是只有当轮子滚动时才会产生数值变化，即鼠标器只能输入轮子的滚动值，而不能像数字化板那样输入位置值。因此，鼠标器不能用来输入图纸，而主要用于指挥屏幕上的光标。鼠标器有机械式鼠标和光电式鼠标之分，目前光电式鼠标已得到普及。

③坐标数字化仪。数字化仪由一块平板和一个探头组成。它按工作原理的不同而分为电磁式、机械式、超声波式等多种。

机械式坐标数字化仪如图 0-1 所示，导轨和测头沿两个方向移动，带动光栅轮移动，产生光电信号，从而得到两点相对距离的坐标数。

超声波式坐标数字化仪利用 x ， y 方向的超声波传感器和拾取坐标点的笔尖上的超声波发生器，通过记录超声波到 x ， y 边的最小时间换算出两点间的距离。

全电子式坐标数字化仪也称图形数字化仪（简称数字化仪），是将图形数据进行转换后输入计算机的重要图形输入设备。数字化仪由数字化板、定标器及控制电路组成，如图 0-2 所示。数字化板一般厚度约为 2 cm，其表面平整光滑，表面下的平板之中嵌入了一组互相垂直的规则导线网格（即 x ， y 导线栅格阵列），构成了一个具有高分解度的矩阵（一个精细坐标系）。作业时将图纸固定在数字化板上的有效范围内，若采集图形中某一点的位置，只要将定标器上的十字丝对准该点，并操作定标器上相应的按键，便可测定和记录下该点在数字化板上的坐标，经转换可得到该点的图形坐标。

由于数字化仪几何精度低，数字化速度慢，作业劳动强度较大，易疲劳，目前在生产实际中的应用越来越少。

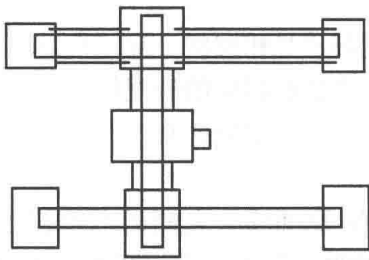


图 0-1 机械式坐标数字化仪

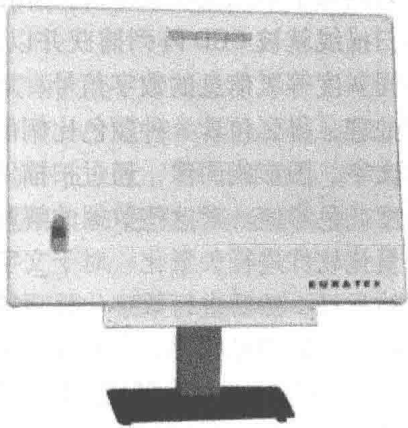


图 0-2 全电子式坐标数字化仪

三维数字化仪是通过一定的方法将 3D 物体的表面结构（线框）输入到计算机，形成计算机内的 3D 线框图模型，直接用于真实感显示。它能够自动地将 3D 物体的表面形状以及色彩的信息输入到计算机中。

④光笔。光笔是一种手持检测光的设备。它的外形像一支笔，笔尖是一组透镜。在透镜的聚焦处是光导纤维，连入光电二极管。光线由透镜进入，通过光导纤维，由光电二极管转换为电信号，整形后为电脉冲。光笔上的按钮则控制电脉冲是否被输出。光笔的工作过程和数字化板类似。光笔将荧光屏当作图形平板，屏上的像素矩阵能够发光。当光笔所指处的像素被激活，像素发出的光就被转换为脉冲信号，这个脉冲信号与扫描时序进行比较后，便得出光笔所指位置的方位信号。光笔存在不少缺点，光笔的分辨率与灵敏度受诸多因素影响，且光笔对于荧光屏上不发光区域无法检测，而且使用者长期凝视荧屏，会感到眼睛疲劳。

⑤触摸屏。触摸屏利用手指等对屏幕的触摸位置进行定位，主要有以下 2 种：

电阻式和电容式触摸屏是利用两涂层间的电阻和电容的变化确定触摸位置。

红外线式触摸屏是利用红外线发生和接收装置检测光线的遮挡情况从而发生电平变化，或通过测量投射屏幕两边的阴影范围确定手指位置。

⑥图形扫描仪。扫描仪的功能是把图像划分成成千上万个点，变成一个点阵图，然后给每个点编码，得到它们的灰度值或者色彩编码值。也就是说，把图像通过光电部件变换为一个数字信息的阵列，使其可以存入计算机并进行处理。通过扫描仪可以把整幅的图形或文字材料，如图形（包括线划地形图）、黑白或彩色图像（包括遥感和航测照片）、报刊或书籍上的文章等，快速地输入计算机，以栅格图形文件形式保存，通过专用的图形图像软件进行矢量化处理，将栅格数据转换为矢量数据，可供 CAD、GIS 等使用。

扫描仪种类较多，目前主要应用的是电荷耦合传感器（CCD）阵列构成的光电扫描仪。CCD 阵列式扫描仪主要由驱动滚筒、激光源和传感器阵列组成，基本工作原理是用激光源经过光学系统照射原稿，使扫描线区被照亮，同时反射光反射到 CCD 阵列，CCD 阵列将每一个像素的反射光进行数字化，使其成为 8 bit 的灰度值。CCD 感光阵列装置被分成数千个小单元，每个单元里积聚着一个小电荷，这个电荷会根据反射光落在单元里的多少而发生变化，在一个极短暂的时间内，以百万分之一秒的速度完成测量后，扫描仪从传感器阵列的每个单元里收集电荷，并将它们转换成数字信号，扫描仪把数据组织成扫描线，这些扫描线就被 CCD 阵列捕获并以数据形式存入计算机。对黑白图像，扫描仪可产生包含不同灰度等级信息的数字信号；对于彩色图像，一般是用 3 种颜色（红、绿、蓝）分别进行处理，得到包含 3 种颜色比例信息的结果。

对于文字、图形或图像，通过扫描仪获取的数据形式是相同的，都是扫描区域内每个像素的灰度或色彩值。对这些数据的解释需要专门的算法和相应的处理程序。如对于线划图可用矢量化软件进行矢量化，对于文字与表格可进行文字识别，对于航片可通过专用软件进行立体重现，然后进行数字化处理等。

目前扫描仪的型号很多，如图 0-3 所示为 Eagle Evolution 大幅面工程扫描仪外形。扫描幅面可达 137.2 cm × 无限长，扫描介质可以是透明或非透明类，图纸类型可为纸张、相纸、硫酸纸、薄膜胶片等，扫描厚度可达 15 mm，分辨率可达 2400 dpi。对于普通扫描仪，扫描幅面一般为 A4 幅面，分辨率一般为 300 ~ 2400 dpi。

此外,常用的输入装置还有手写板、语音录入设备等。

(2) 图形输出设备是以纸、胶片、塑料薄膜等物质为介质,输出人眼可视并能长期保存的图形的计算机外部设备。图形输出设备也可分为向量型和光栅扫描型两大类。向量型设备的作图机构随着图形的输出而移动并成像。光栅扫描型设备的作图机构按光栅矩阵扫描整张图面,并按输出内容对图面成像。

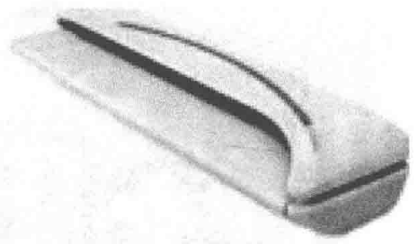


图 0-3 Eagle Evolution 扫描仪外貌

①显示器有随机扫描显示器、存储管式显示器、光栅扫描显示器、液晶显示器、等离子显示器等,目前广泛使用光栅扫描显示器、液晶显示器、等离子显示器等。

②打印机有喷墨打印机、激光打印机、针式打印机等。

喷墨打印机用喷墨头将 3~4 种不同色的墨水喷射在打印纸上而印出图案。喷墨头中含有 4 组细小的喷嘴,分别喷射红、黄、蓝、黑四色。控制电脉冲加在压电传感器上,产生压力,将由泵打入口的墨水喷出。一个附加的空气喷头对墨水滴加速,并保持其飞行的稳定性,以每秒数米的速度射向打印纸面。彩色的形成靠不同墨水点迹混合,可产生高达 15625 种不同深浅和色彩的图像。喷墨打印机的分辨率达 150 dpi 以上,可印出漂亮的彩色图片。

激光打印机以其高质量的打印效果、快捷的打印速度,在图形输出设备中独占鳌头。激光打印机的机械结构十分复杂,主要部分有墨粉、感光鼓(或称硒鼓)、显影辊、初级高压电晕放电线等,均装在一个可以取下的盒子中。打印开始时,鼓外表面被均匀充上负电荷,此步称为鼓的初始化,每当打印机要打一个黑点时,它将一个细小的激光二极管点亮,激光二极管发出的激光经过一系列反射后到达鼓上的有机光敏材料上,使该点变成导体,打印机就在鼓上留下一个无法看见的带 -100 V 电压的像点。接着是显影过程,即让硒鼓上已感光的部分沾上墨粉,得到可见像点,打印机使用的墨粉主要成分是黑色塑料粉末,内含微小的铁粉,使得墨粉能被磁铁吸引,这样墨粉就能在磁铁控制下移动。经过显影,鼓上 -100 V 的不可见像点变成了可见的黑色墨粉点。接着,硒鼓与打印纸接触,纸上产生正电荷,将鼓上带有负电的墨粉紧紧吸引,而在纸上得到一个墨粉黑点。为在纸上得到牢固的图像,必须熔化像点,迫使熔化后的墨粉进入纸的纤维之中,至此,打印过程完毕。

③绘图机按结构不同可以分为平板式和滚筒式两大类。

平板式绘图机将图纸固定在平板上。平板上方有一 y 方向的导轨,电机驱动笔架沿导轨可作 y 方向的移动。 y 方向的导轨架在 x 方向的导轨之上,因此可由 x 方向电机驱动 y 方向导轨带动笔架,沿着 x 方向导轨移动。这样笔架上的笔就可按照输出量作二维方向的移动和绘图。

滚筒式绘图机笔架的 y 方向移动方式与平板式相同,而 x 方向的移动则由滚筒的旋转完成。滚筒式绘图机比平板式绘图机价格便宜,占地面积小,但精度稍差,只能接受一种大小的图纸,而且在绘图过程中对图面监视困难。

目前普遍使用的是自动绘图机,它是图形输出的主要设备,它是在计算机控制下,按照一定的指令自动将计算机处理好的数字信息转换为图形的自动化设备,因此自动绘图机

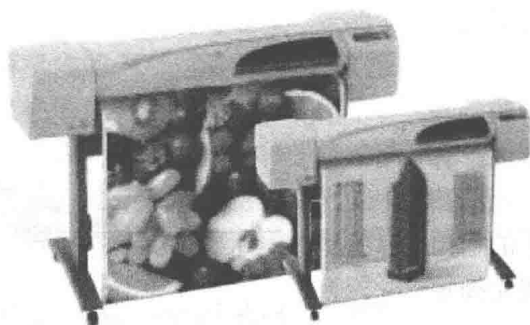


图 0-4 喷墨自动绘图仪外貌

也称数控绘图机。

图 0-4 所示是目前地质制图领域普遍使用的绘图仪。

2) 软件系统

机助制图软件是用计算机程序和语言编写的各种制图程序的总称。机助制图软件由两部分组成：一部分是计算机系统本身具有的软件；另一部分是机助制图系统应具有的各种应用软件。

(1) 计算机系统软件是指管理、使用计算机的程序总称。它是计算机系统不可缺少的重要组成部分，包括操作系统、汇编程序、编译程序以及各种服务性程序。

操作系统是用户与计算机之间的接口，用户可以通过操作系统使用计算机。操作系统的主要功能包含管理中央处理机、内存、外部设备和信息，控制作业的运行等，通常由控制管理、作业管理和数据管理三部分程序组成。

汇编程序是一种翻译程序，它的功能是把用符号表示的低级程序语言，翻译成计算机所能接受的语言程序。

编译程序的功能是把面向过程的语言（如 ALGOL、COBOL、FORTRAN、PL/I）写的源程序，翻译转换成面向计算机的代码。这种代码还可能经过汇编程序或装配程序进一步加工得出目标程序，交给计算机使用。

服务程序是用于维护和使用计算机，以及生成目标程序的程序，包括监督管理程序、诊断故障程序、输入输出程序等。

(2) 机助制图系统应用软件包括绘图软件包、图形显示软件包、图形编辑软件包等。

绘图软件包包括应用软件、功能软件和基本软件。应用软件是能实现绘制各种图形的程序。功能软件是由许多用以执行不同操作的子程序组成。基本软件是指驱动自动绘图机基本动作的子程序和绘制图形基本符号的各种子程序。绘图系统的所有输出都要通过基本软件，即应用软件直接调用基本软件，或者通过功能软件调用。

图形显示软件包是与计算机图形显示有关的软件，主要指图像语言翻译程序及有关的子程序。它包括图形的输入、输出，图形的几何变换（放大、缩小、平移和开窗等），以及图形数据结构的存取和检索等。

图形编辑软件包是在联机编辑中，为实现图形编辑的各种要求（图形的增删、变换、概括等）而设计的一组程序。

3) 图形数据

图形数据是机助地质制图的基础，制图数据的来源主要有野外（井下）现场外业采集、室内的原图数字化内业采集及航片数据采集等。在绘制图形之前，一般应对外业数据进行处理，提取对绘图有用的各种信息，对其进行计算和整理，再按照规定的数据结构存储，建立起适合绘图、编辑处理并与 GIS（地理信息系统）接轨的图形数据库。

4) 制图人员

人（用户）是机助地质制图系统的关键，整个制图系统的软、硬件设备都是在人的干预下运行的，离开了人，整个系统将处于无法运行或紊乱的状态。机助地质制图系统是

一个复杂的有机整体，它的运行、操作与维护需要具备一定的计算机和地质专业知识的专业人员进行。

2. 机助矿井地质制图的基本过程

计算机地质制图，其过程与使用的硬件和软件、数据源以及图形输出的目的、要求有关。但不论制作什么类型的地质图，只要是使用计算机进行地质制图，就必然包括数据准备、数据处理和图形输出与保存三个基本阶段。

(1) 数据准备阶段。这一阶段与常规的手工地质制图有相似之处，如根据编图要求搜集和分析整理野外、井下资料，规定投影方式和比例尺，确定图形内容和表示方法等。此外，由于机助地质制图本身的特点而有一系列特殊要求，如确定原图资料的数字化方法，进行数字化前的准备工作，包括将原图资料复制在变形小的材料上制成数字化底图，标绘数字化的内容，确定数字化的控制点，设计图形内容的数字编码系统，研究数据处理和图形绘制的程序设计和自动绘图工艺等。

图形数字化，是实现从图形或图像到数字的转化过程。图形数字化的目的是提供便于计算机存储、识别和处理的数据文件。其数据的表示方式有用跟踪数字化方法所采集的矢量方式和用扫描数字化方法采集的栅格方式两种。在对图形内容各要素进行数字化的同时，为便于计算机识别、检索、处理。必须对不同要素的符号加以编码。因此在数字化前，必须首先根据原图内容建立不同制图目标的特征编码表。通常地物特征码同地物的平面直角坐标一起存储。

由于计算机自动制图系统功能和编图资料的差异，编辑准备工作也不尽一致。

(2) 数据处理阶段。此阶段是指从获取图形数据之后到图形输出之前的阶段，即将数字文件变成绘图文件的整个加工过程。

机助地质制图数据的处理内容和处理方法，因制图种类、要求和数据的组织形式、设备特性及使用软件等不同而不同。

数据处理的主要内容包括对数据的预处理（即对数字化后的数据进行检查、纠正，统一坐标原点，进行比例尺转换、不同资料的归类合并等，使其规格化，并重新生成“净化”文件）和为了实现图形输出而进行的计算机处理（包括图形数学基础的建立、不同投影转换、数据的选取和概括、各种符号的绘制、注记等）两个方面。

(3) 图形输出与保存阶段。此阶段是指将计算机处理后的数据转换成图形形式的过程。图形的输出方式，可以根据数据的不同来源、格式，不同的图形特点和使用要求，分别采用矢量绘图机绘图、栅格绘图机绘图、高分辨率的大屏幕显示或照相复制、计算机输出缩微胶片等形式，最后将图形以文件方式存盘。

(四) 机助矿井地质制图的发展过程与发展趋势

1. 机助矿井地质制图的发展过程

从20世纪50年代开始，电子计算机技术引入地图学领域，经过理论探讨、应用试验、设备研制和软件发展，形成了地图学中一门新的制作地图的应用技术分支学科，即计算机地图制图学。

利用计算机制作地质图是几十年来地质工作者追求的目标。在20世纪80年代初，国际地图制图协会举办了多次机助制图培训班，机助制图技术开始在我国起步，并很快取得了一些成果。经过近二十年的发展，我国有了一些比较成熟的计算机辅助制图软件，如中