

# 地理信息系统在煤炭生产中的应用研究

## —— 煤矿地质测量信息系统(CMGIS)的开发

党安荣

丁华

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

(中国煤田地质总局航测遥感局 西安 710054)

**摘要** 应用地理信息系统理论、技术和方法, 针对煤炭生产管理中的地质测量问题, 研究开发了煤矿地质测量信息系统(CMGIS)。在分析 CMGIS 系统目标的基础上, 确立了符合煤炭生产管理实际需要的系统硬件配置和逻辑结构, 着重论述了 CMGIS 的软件组成及系统功能。CMGIS 较其它应用系统具有较强的图形功能, 能较好地解决煤矿地质测量成图问题。

**关键词** 地理信息系统, 煤炭生产, 煤矿地质测量

煤炭是我国的主要能源之一, 占我国能源年消耗总量的 70% 以上<sup>[1]</sup>。煤矿是煤炭的主要生产场所, 由于行业的特殊性, 煤矿生产一直处于技术水平较低, 特别是大量的统计、规划及制图工作等都是手工作业, 这不仅需要大量人力物力, 增加煤炭生产成本, 而且很不适应现代化的发展水平, 因此, 煤炭生产管理全方位的现代化建设势在必行。地理信息系统(GIS)是本世纪 60 年代以来迅速发展的高新技术, 是管理和分析空间数据的计算机系统, 已广泛应用于资源和环境诸多领域, 取得了显著的经济效益和社会效益<sup>[1-3]</sup>。如何应用 GIS 的理论、技术和方法解决煤炭生产中的问题, 已有不少学者进行了探讨<sup>[4-6]</sup>, CMGIS 则属于自行开发的中国煤炭 GIS。

### 1 系统目标分析

开发 CMGIS 的主要目的是要把“煤炭工业三阶段”(煤田地质勘探、矿井建设、采煤生产)的资料处理、图件编制等工作, 用计算机系统来完成。因此, 深入剖析三阶段的主要工作任务, 就明确了该系统的开发目标。

煤田地质勘探是煤炭生产的基础工作, 承担着煤炭找矿、普查、详查、精查等程度不同的 4 个阶段的任务, 其工作成果包括文字报告、数据报表及相应的图件, 这是国家煤炭基地及矿井建设最基本的依据。这一阶段应该提供的图件有: 煤田地质图、地质剖面图、钻孔柱状图、综合柱状图、煤岩层对比图、底板等高线图、储量计算图等。图件的编制过程, 实质上是专家们对勘探资料收集、整理和分析的过程, 目的是将勘探成果以直观

收稿日期: 1995 年 5 月 29 日; 收到修改稿日期: 1995 年 9 月 25 日

1) 李德仁. 论地理信息系统的发现状况及趋势. CGISA 会议论文选编, 1994, 1—18.

的图形来表达, 供建矿及采掘使用。通过编图, 可以进一步认识煤层埋藏状况, 亦可分析断裂构造带、岩溶陷落区等对煤炭生产有重大影响的地质现象, 从而指导矿井设计及采掘生产。

煤矿建设包括建矿决策、井巷设计、建井施工三个阶段。一个煤矿能否上马, 当然要受控于国家总体方针及宏观规划, 但更主要的是取决于待建矿的客观条件, 包括地质构造、煤炭储量、煤质优劣及自然环境、社会经济、生产生活条件等。因此, 必须根据勘探报告进行构造分析、煤层分析、储量计算、煤质评价、开采综合分析、投入产出效益分析等, 提出分析报告, 编制分析图件, 给决策部门提供科学依据。井巷设计是由专业设计单位来完成。建井施工阶段, 必须做到边施工、边测量、边支护, 因为需将测量结果及支护记录编制成相应的图件, 包括竖井井筒断面图、斜井井筒断面图、竖井井筒地质素描图、斜井井筒地质素描图、大巷素描图、巷道素描图、石门素描图等。这些图件是井巷的档案资料, 对以后的采煤生产、井巷维护等有重要意义。

进入采煤生产阶段, 巷道测量及工作面采掘测量都必须按时进行, 以便统计煤炭三量、随时编制“采掘工程平面图”, 该图是煤炭生产过程中非常重要的图种, 是矿务局及煤矿进行生产规划管理的重要手段, 并最终成为煤矿生产的重要档案资料。与此同时, 煤层损失量计算图、矿井涌水量图、矿井充水性图等系列图件都必须编制。

上述分析可知, CMGIS 必须以数据库为核心且具有很强的图形功能和一定的分析功能, 才能有效地管理煤矿地质测量数据, 生成相应的图件, 提供分析结果。

## 2 系统硬件配置

系统硬件配置必须考虑两个原则, 一是充分满足需要, 二是尽量降低费用, 做到经济实用<sup>[7]</sup>。根据上文分析的系统目标、微机的性能价格比、煤炭行业的实际情况及计算机发展微机化的趋势, 我们选择微机为基本硬件平台, 提出下述系统硬件配置:

主机: PC386 及更高档次的原装机或兼容机, 内存大于 2MB, 配有协处理器。系统以 PC386 为起点, 可以充分利用原有微机资源, 但从处理速度及应用效果考虑, 当然是档次越高越好。

外设: 主要是输入 / 输出设备。

输入设备: 考虑到使用的广泛性及性能价格比, 建议配置矢量数字化仪, 品牌及型号可在 Calcomp、Summagraphics、Houston 系列中选择, 根据矿图尺寸, 最好是 A<sub>0</sub> 或 A<sub>1</sub> 幅面。另外, 根据用户实力, 可选配大幅面平板扫描仪, 以便提高数字化速度及精度。键盘、鼠标等操作设备及磁带机、磁盘机等存贮设备, 实质上也是输入设备的一部分。

输出设备: 打印机用于数据报表输出是必不可少的, 图形输出则必须用绘图机。常用的是矢量笔式平台绘图仪, 幅面最好是 A<sub>0</sub> 或 A<sub>1</sub>, 品牌有 Calcomp、Roland、HP 系列等。目前, 喷墨绘图仪、静电绘图仪比较流行, 但价格昂贵, 输出线划质量亦不够理想。此外, 显示设备及存贮设备也可看作是输出设备。

当然, 磁带机、磁盘机、图形大屏幕等, 都是选配设备, 用户可根据条件而定。

### 3 系统逻辑结构

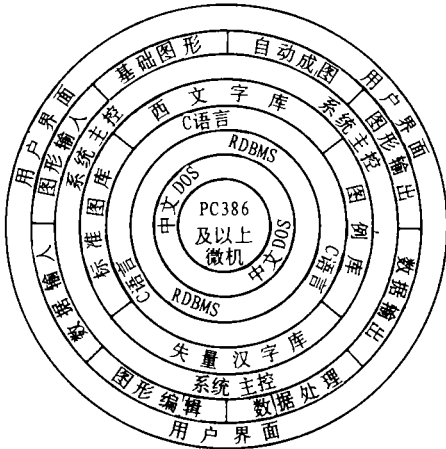


图1 系统逻辑结构

Fig.1 Logical structure of CMGIS

逻辑结构设计对于应用系统开发是至关重要的。在确定了系统硬件平台前提下，选择哪类操作系统做为开发和应用环境，应用什么样的软件平台，借助何种开发工具或编程语言，如何管理图形及数据，如何实现系统目标，这都是系统逻辑结构设计任务。逻辑结构是否合理，直接关系到所开发系统的实用性、安全性及生命力。依据系统目标及用户环境，设计如图1所示的系统逻辑结构，该系统是在中文操作系统(UCDOS)环境下，以关系数据库管理系统(RDBMS— Foxbase / Foxpro)为核心，选用功能强、效率高、模块化好、结构灵活的C语言进行开发，并

将总目标分割成若干功能模块编程，使得该系统结构简单清晰。

### 4 系统软件组成

软件编制是应用系统开发的主体。依据系统总目标及具体任务，科学地分解归类、进行功能模块式编程，这是软件开发的有效途径<sup>[8]</sup>。按照系统的总体设计，广泛听取用户意见，以软件工程思想为指导，并从编程处理的方便性出发，将CMGIS的软件设计为如图2所示的10个模块，每一模块又是由若干一级子模块和二级子模块组成的。

**系统主控模块** 由用户界面、图形环境及程序管理等子模块组成，通过友好的界面引导用户进入图形及数据环境，并灵活选择应用各功能模块来完成所需要的操作和任务。

**数据库模块** 包括数据库、图例库、标准图库、西文字库、汉字库等子模块，主要是借助RDBMS对图形数据及属性数据进行管理。

**图形输入模块** 由设备初始化、图形数据转换、视屏操作等子模块组成，主要是完成图/数转换过程中的一系列操作。

**数据输入模块** 该模块比较简单，主要是通过直观的电子表格，方便用户输入各种数据、并存入相应的数据库。

**基础图形模块** 包括点、线、面、注记及符号等若干基本图形子模块和一系列具体图形生成二级子模块；主要是通过生成各种基础图形、有机组合成复杂的地图要素。

**自动成图模块** 根据矿图自动成图需要及实现的可能性，按要素类型分若干子模块，但以图种面向用户，以便于用户直接利用勘探及测量数据自动编制相应的矿图。

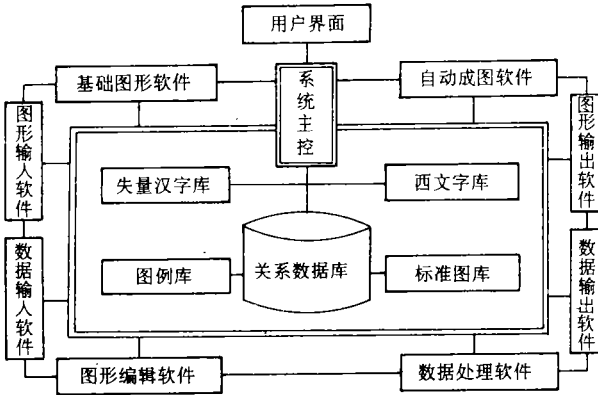


图2 系统软件组成

Fig.2 Software modules of CMGIS

**图形编辑模块** 包括单要素编辑、多要素编辑、符号化处理、要素量测等一级子模块和旋转、移动、修改、变换等一系列二级子模块，实现对图形进行人机交互编辑。

**数据处理模块** 针对建矿决策分析及采掘生产中统计分析的需要，设计了地质分析、煤层分析、煤质分析、综合评价等子模块。

**图形输出模块** 由图形输出预处理、设备初始化、数据图形转换控制等子模块组成，实现数字图形的多介质多品种输出。

**数据输出模块** 包括数据统计、表格生成等子模块，实现勘探及测量成果的报表输出。

## 5 系统功能设计

系统功能设计是系统软件设计的具体化<sup>[9]</sup>。依据系统目标及系统软件结构，设计的系统功能如图3所示。

**图形输入功能** 各种矿图及矿区地形图、地理图是CMGIS的重要数据源，如何将这此图形资料输入系统是该功能所要解决的。CMGIS不但可以数字化高精度正规图，对于草绘图或变形较大的纸图，亦可借助系统自动纠正功能达到精确输入。对于其它数字图形产品亦可转换利用。

**数据输入功能** 为了将大量地质测量数据直观、灵活、方便、快速地输入CMGIS，我们设计了与煤矿地质测量台帐对应的电子表格界面，可以友好地引导录入人员完成数据采集，同时还可接收全站仪等电子手薄数据。

**基础图形功能** CMGIS将复杂的地图内容分解归纳为8大类若干小类，每小类根据其已知条件差别以不同方式实现，编制相应的软件模块，灵活应用这些基础模块，并有机组合便可获得理想的任意地图要素。

**自动成图功能** 根据煤矿生产管理需要及煤矿地质测量成果，以图幅为单位最大限度地自动生成若干常用矿图，是该功能的任务。CMGIS能够自动生成的矿图有：采掘

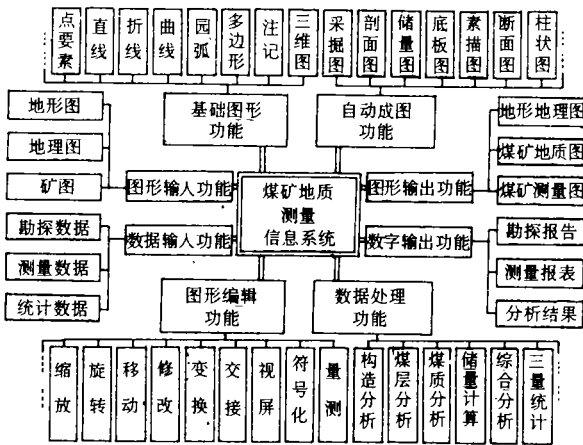


图 3 系统功能设计

Fig.3 Function design of CMGIS

工程平面图、煤层底板等高线图、储量计算图、损失量计算图、井筒断面图、煤岩层对比图、地层柱状图、地质剖面图等主要图种。

**图形编辑功能** 依据制图学原则，从实际应用需要出发，考虑操作的方便快捷，使该功能可完成单要素及多要素编辑、要素变换处理、图幅接边、线状及面状符号化、要素量测及视屏切换等。

**数据处理功能** 针对建矿决策研究及采掘生产统计，对地质勘探及采掘测量数据进行相应的分析处理，如煤层分析、煤质分析、构造分析、综合评价、储量计算、三量统计等。

**图形输出功能** CMGIS 可实现相邻图幅拼接输出，可对图幅任意开窗分割输出；能将图幅全要素一次彩色输出，也能选择性输出部分要素；可按图幅比例等大输出，亦可按任意比例输出；灵活方便，可充分满足用户需求。

**数字输出功能** CMGIS 不仅可以对数据分析及统计运算结果按规范要求的表格形式打印输出，而且可按勘探报告编写的统一提纲输出相应的文字报告，极大地方便了生产管理。

## 6 系统专业特点

属于 GIS 应用系统的 CMGIS，不但具有 GIS 的普遍特性，更具有针对煤矿地质测量的专业特点。

**表格式数据采集** 根据煤矿地质测量资料多是具有统一格式的台帐这一特点，系统结合数据库结构，设计了灵活多样的电子表格界面用于数据库操作，使单调乏味的数据录入工作变得丰富有趣。

**独特的自动成图** CMGIS 的重要目标之一，就是及时准确地处理煤矿地质测量资

料、编制种类繁多的矿图, 为此而开发的自动成图功能, 可以在极少的人为干预下, 自动生成常用的各种矿图。

**完整的图例库** 依据部颁标准《煤矿地质测量图例》及 CMGIS 系统结构所开发的煤矿地质测量图例库, 具有内容完整、应用方便、可动态更新等特点, 能够满足各类矿图及各种比例尺图形的数字化和自动成图, 保证了系统图形的规范性、高质量和高精度。

**丰富的标准图** 在 GIS 应用系统中建立标准图库, 是 CMGIS 的特色之一。系统根据煤矿生产管理的需要, 选择了 25 种重要矿图形成了 CMGIS 的有机组成部分之一——标准矿图库, 各标准图的内容及其表示都是规范的, 为用户提供了应用标准。

**便捷的查询分析** CMGIS 能够实现快速井上下对照查询, 以及井巷掘进、工作面回采等精确量测, 还可以实时进行储量计算、三量统计及煤层分析等, 极大地方便了煤矿生产的规划及管理。

**理想的系统配置** CMGIS 系统结构简单、硬件配置灵活、软件环境要求低、适合于煤炭系统的广大用户。特别是可以充分利用现有的计算机资源, 无需煤矿企业更多的投入, 是煤矿较为理想的选择。当然, 对于有条件的单位, 采用系统高配置, 可收到更好的效果。

## 7 系统应用效果

CMGIS 的阶段成果已在全国十多个大型矿务局及煤矿推广应用, 其中有大同矿务局、西山矿务局、阳泉矿务局、潞安矿务局、峰峰矿务局、淮北矿务局、盘江矿务局、韩城矿务局等, 这些部门已基本完成了原始资料的录入, 同时结合现阶段的煤炭采掘及地质测量工作, 进行了相应的统计、分析及制图, 特别是将大量的手工制图工作所取代, 节省了人力物力, 并提高了效率, 因而受到了用户普遍的好评, 认为 CMGIS 功能齐全、操作方便, 是煤炭生产管理的有力手段。

同时, 通过生产实践检验, 我们发现该系统在自动成图种类、数据处理方法及空间分析等方面, 还需要进一步改进和开发, 此外, 随着计算机及系统软件的迅速发展, CMGIS 的运行环境、操作系统等都有必要更新。该系统将随着用户需求和技术发展, 不断改进和完善。

## 参 考 文 献

- [1] 管海晏. 煤炭工业遥感. 中国遥感进展. 万国学术出版社, 1992, 406—410.
- [2] 黄杏元, 汤勤. 地理信息系统概论. 高等教育出版社, 1990.
- [3] Goodchild M. F., Science of Geographic Information. IJGIS, 1992, 6(1).
- [4] 郭达志, 余兆平. 地理信息系统在矿山的应用. 测绘学报, 1989, 18(4).
- [5] 张大顺, 郑世书等. 地理信息系统技术及其在煤矿水害预测中的应用. 中国矿业大学出版社, 1994.
- [6] R. K. Asabere, S. Durucan, et al. Application of Geographic Information Systems for the Management of Mineral Resources in Developing Countries. ASPRS /ACSM /RT 92 Technical Papers, Washington D. C., August 3—8, 1992, 331—340.

[7] 金廷赞. 计算机图形学. 浙江大学出版社, 1991.

[8] 张海藩. 软件工程导论. 清华大学出版社, 1993.

### 作 者 简 介

党安荣, 男, 1964年生。1985年毕业于陕西师范大学地理系, 1988年获地图学与遥感专业硕士学位, 同时分配到中国煤田地质局航测遥感计算中心, 从事图形CAD及GIS应用研究, 1994年考取中国科学院遥感应用研究所GIS专业博士研究生。已发表论文15篇。

## A Study on GIS Application in Coal Mining

Dang Anrong

*(Institute of Remote Sensing Application, CAS)*

Ding Hua

*(Aerophotogrammetry & Remote Sensing Bureau of China Coal)*

**Abstract** Using the theory, technique and method of Geographic Information System (GIS), this paper studies the development of Coal Mine Geology and Survey Information System (CMGIS) in order to solve problems of Coal Mining. Based upon analysing on the main objective of CMGIS, the authors discuss the hardware configuration and logical structure of CMGIS at first. Then, the software modules of CMGIS are designed, and the concrete functions of CMGIS are developed. Compared to other application information system, CMGIS has the complete graphics function, especially the auto-mapping module can be used to compile many kinds of coal mine map automatically. Later, the application effectness of CMGIS is summerized, and the existing problems of CMGIS are stated. The improving aspects and the optimal direction of CMGIS are pointed out at the end of the article.

**Key words** Geographic information system, Coal mining, Coal mine geology and survey