

# GIS在矿产资源开发状况遥感动态监测中的应用

刘琼, 聂洪峰, 吕杰堂, 洪顺英, 周英杰  
(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

**摘要:** 为建立全国性的矿产资源开发状况数据库系统,以山西省晋城市和江西省崇义县矿产资源开发状况遥感动态监测成果为基础,通过GIS强大的空间数据管理功能,对所收集的数据进行管理,建立了具有浏览编辑、查询检索、统计分析、动态监测等特点的空间数据库系统。本文就建立这一数据库系统的技术方法、设计思路、系统组成和GIS的应用等方面进行了阐述。

**关键词:** GIS; 数据库; 矿产资源; 遥感; 监测; SDE; ORACLE

**中图分类号:** P 208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2005)01-0061-05

## 0 引言

遥感可以使矿产资源无序开采现象暴露无疑,而在遥感动态监测基础上利用GIS手段建立矿产资源数据库系统,则可以在进行遥感动态监测的同时,更有序地管理和合理利用各种矿山数据,同时方便进行更大范围的矿产资源动态监测工作,提供易于使用的、直观的数字成果,服务于矿产资源开发的监督、管理与决策部门。本次研究以山西省晋城市和江西省赣州市崇义县矿区为试点,探讨GIS在矿产资源开发状况遥感动态监测中的应用。

## 1 研究内容与技术方法

研究内容主要包括数据库的设计与建设、信息系统设计与开发、WebGIS及虚拟现实。其主要技术方法如下:

- (1) 采用 ORACLE9i 为数据库平台,进行相关数据编码、数据存储;
- (2) 基于 ArcSDE 的空间数据存储方法;
- (3) 海量遥感数据的压缩存储;
- (4) 基于 VB 6 和 MapObjects 控件的信息系统实现;
- (5) 基于 ArcIMS 的 WebGIS 在矿山监测工作中的应用;
- (6) DEM 和矿山虚拟现实的制作。

技术流程如图 1 所示。

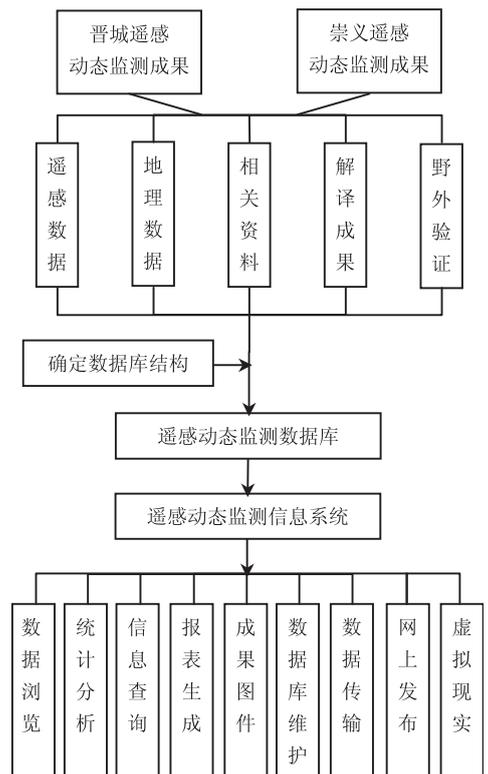


图 1 系统设计技术流程

## 2 数据收集和整理

### 2.1 基础地理数据

基础地理数据分两类,一类是各种比例尺地形

图资料,另一类是数字高程模型。其中地形图主要用于图像纠正、制做数据库地理底图和数字高程模型生成。地形图的处理一般先进行扫描后再通过几何精纠然后矢量化,在本次研究中,采用 1:1 万地形图扫描矢量化方法来形成数字高程模型,而数字高程模型主要用途是进行卫星影像数据的正射纠正和三维地形图制作。

基础地理数据的处理流程如图 2 所示,但是在处理过程中还需要进行一些剪断、拼接、文件转换和重建拓扑等操作。

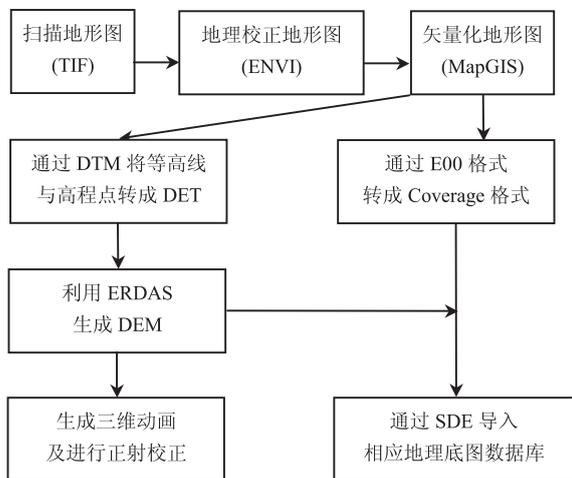


图 2 基础地理数据的处理流程

## 2.2 遥感数据

遥感监测使用 Quickbird、SPOT-5 和 TM/ETM<sup>+</sup> 等数据,其中 Quickbird 是分辨率最高的卫星数据,也是此次监测所使用的主要数据源,其目的是用于监测矿点地表的特征及变化情况,确定矿点的开发经营情况,并结合其它数据,确定矿点开发信息;SPOT-5 数据则主要是利用其全色波段数据(空间分辨率 2.5 m)和多光谱数据(空间分辨率 10 m)来确定一些较大规模矿点的开发信息;TM/ETM<sup>+</sup> 则主要用于了解工作区地表覆盖情况,编制工作区周边植被及土地利用变化图。

影像数据压缩入库前,要先进行图像预处理、图像校正和图像融合,达到易于解译和浏览无误的目的后,再进行压缩入库操作。大面积、多时相的遥感数据是海量的,所以对影像数据必须进行压缩处理,此次研究采用了目前较为流行的基于小波算法的金字塔式压缩方法(MrSID、ECW)进行压缩。压缩后影像数据刷新率明显提高,影像信息损失极少。DEM 压缩入库后保证了像素值(高程值)不变,其它影像入库后保证灰度值不变。

## 2.3 解译成果及其它资料

监测区内矿山开发信息是在 ERDAS 软件平台上进行解译,按不同的解译内容形成 ArcInfo 格式文件,通过 SDE 导入到矿山数据库中,结合采矿证等矿山信息,对解译结果进行编码。

遥感解译成果主要包括:①矿点开发信息。在遥感解译结果的基础上,采用面向对象方法,以矿点为对象建立数据库,属性表包括采矿范围、采矿许可证号、矿产种类、矿山建筑及尾矿等内容,并以其中的采矿许可证为主键,把其它解译内容的采矿许可证字段作为外键关联到矿点数据库中;②矿山环境特征。主要包括堆煤场用地、尾矿库、采石场用地、塌陷坑、地面沉降区、地裂缝和滑坡等矿山用地或者由采矿引起的地质灾害。

其它资料主要包括:①野外验证资料。指观察点的位置、野外描述及野外数码相片,这些资料主要是用来验证遥感解译的正确性及帮助更好的解译。对野外资料主要是采取表格化的格式来进行入库管理,把野外资料信息归纳成观察点号、观察点位置及座标、观察点现场描述和照片 4 类信息,从而通过 ORACLE 用表格来存储。②与矿山开发有关的其它资料,如收集的当地矿管部门提供的文档及多媒体数据等,按矿区导入到 ORACLE 数据库中。

## 3 矿山监测数据库设计与建设

地理信息系统数据库是地理信息系统的核心,具有以下特点:

- (1)具有空间特征,即数据都有坐标;
- (2)具有空间关系即拓扑关系特征;
- (3)非结构化特征,数据纪录长度是不定的;
- (4)分类编码特征,通过采用一定标准的编码对纪录进行分类。此次研究中分别将基础地理数据、遥感数据、解译成果及其它数据分别建立 4 个子库。

矿山监测数据库主要作用有:①为了有效管理试点区矿山监测的成果数据,并为在全国范围内进一步开展矿山监测工作服务;②为矿产资源开发状况信息系统提供数据源,是信息系统的数据库。数据库根据需求分析进行了结构、物理和关系等方面的设计,建库流程包括数据库方案、数据组织关系、数据库表与字段设计、安全性设计、矢量数据存储、影像数据存储及其它相关数据存储和实体关系建立。其中,为了统一信息存储的格式,方便信息表达和查询工作,建立数据字典及字段命名及编码原

则是至关重要的一步;同时,以矿点信息总表的采矿证号字段为主键,其它信息的采矿证号为外键来建立各个实体之间的一对多关系。所有数据的存储主要通过 SDE 导入或者直接入库。

为了满足处理大量复杂数据及海量数据的需要,满足信息系统及网络发布的要求,矿山监测数据库选择了 ORACLE 为数据存储平台,同时采用了 SDE 技术来实现空间数据与传统数据库系统平台的接口问题,从而实现空间数据的存储和应用开发。服务器端采用 ArcGIS、ArcSDE 与 ORACLE 结合进行数据入库和管理,客户端则采用自行开发的矿产资源开发状况信息系统来访问,整体上构成了一个 C/S 结构。

## 4 GIS 系统设计与开发

矿产资源开发状况信息系统是基于 VB 6 和 MO 控件建立的,该信息系统用于及时了解矿山的开发状况,达到动态监测矿山开采状况的目的。它是在矿山监测数据库的基础上进行的二次开发,系统主要依赖于已建立的空间数据库。以试点区为例,分别将各类数据先后进行格式转换、误差校正及投影变换等处理入库以后,就可以在信息系统平台上进行各项操作。

### 4.1 系统设计

建立信息系统是适应数据库建设的需要,该系统是基于 Windows 环境独立运行的数据库管理信息系统应用软件,能够完成对矿产开发状况遥感动态监测的信息化管理,具有浏览编辑、查询检索、数据库链接维护和统计分析等功能。信息系统设计则是在分析数据库结构和数据对象之间的相互关系后,基于数据信息的特征和矿产资源开发的动态监测要求所确定的。信息系统所管理的数据包括遥感图像、矿点动态变化信息和其它相关的地理信息。遥感图像是监测矿点开发状况的基础,地理数据既可用于遥感图像处理,也可用于结果图形的矢量显示,系统设计均考虑到这些数据之间的相互关系。

考虑到数据的组成特点,信息系统的总体实现是利用 VB 6 编程语言,结合 MO 控件开发出系统的用户界面和相应功能模块,实现对矿山工作区的有效监测,而本次研究的工作重点就是尝试如何管理 2 个试验矿区的相关矢量、影像及其它数据,并实现相应功能。系统不仅可以对本机上空间数据进行访问,还可以通过 SDE 实现对服务器端空间数据库的

访问。

MO 控件包含 5 大类超过 46 个可编程对象,为开发者提供了强大的 GIS 与制图功能。所以系统具体实现则主要是通过调用 MO 控件、Legend 控件及 VB 一些通用控件(例如 Treeview、SSTab、ToolBar 等),设计了各种属性、事件、方法和 20 余个窗体、模块、类模块和资源文件。经过不断调试,设置各种容错处理,将遥感影像和解译数据与其它数据有机结合,从而实现所有功能,达到动态监测效果。系统主界面沿用了 MO 示例中一些成熟的设计,采用 Windows GDI 界面,简单明了,布局合理。主要由系统菜单栏、系统工具栏、显示区、树状图、图层列表、子工具栏和信息栏组成,其中树状图可以对矿点按行政区划或者矿点种类进行快速选择;子工具栏可以对图层进行开关显示、显示矿区相应报告、DEM 和照片等,如图 3 所示。



图 3 系统主界面

### 4.2 系统功能

根据系统设计及使用需求,主要功能如下:

(1) 浏览编辑。主要实现基本 GIS 常用功能,包括加载、浏览、显示信息、注记、绘图编辑及打印等。

(2) 查询分析。①属性查询:通过 SQL 表达式生成器对试点区内符合一定条件的矿点、灾害等任意信息进行查询,由此我们可以计算试点区某种矿产的产量及某种灾害的面积等;通过多期数据的对比,可以得知产量和面积变化,也可以得知试点区矿点关、停、增的个数及位置,还可以得到一些无证开采矿点的信息,而这正是此次研究所要达到的目的之一,动态监测的效果也能由此得以体现;②空间查询:主要是通过手工勾画一些点线面图形来针对某一图层进行空间检索,MO 提供的空间查询方法有 16 种之多。通过这项功能可以查询出一定区域内矿点个数,某个(些)灾害所影响矿区范围等;③重点

查询：主要是针对矿山开发状况而制定的越界开采，一证多井等查询，而这两者正是目前矿山开采中最为严重和棘手的问题。前者主要是通过判别解译矿点和矿山范围有无开采证号来识别，后者则通过矿点与矿山范围图层之间的叠加分析来计算一个合法开采区内的开采矿点数目是否大于或者等于 2。

以上几种查询均可以将查询结果闪烁显示并将相应属性检索出来，随后可以进行统计计算，并将查询结果进行文件输出或者打印。

(3)数据库链接维护。主要包括调用 ORCALE 进行数据库维护，通过 SDE 实现数据库链接等。

### 4.3 WebGIS 与虚拟现实

Internet 的飞速发展使信息资源的国际化、共享化和大众化越来越明显，实现矿山监测信息的网络发布，可以在得到信息资源共享的同时，加大对非法开采及乱采滥挖等现象的监督。WebGIS 克服了传统遥感手段将成果信息图纸化、磁带化、光盘化和数据库化等缺点，使信息成果网络化、共享化和国际化。本次研究在数据库建设和信息系统开发之后，也进行了 WebGIS 实现的一些探索。在 ArcIMS 基础上通过将 4 个子库相互结合发布，使得客户端可以方便快捷地了解试点区矿山开采状况，从而达到对其监督管理的目的。

虚拟现实需要经过 3 个步骤，首先，将试点区等高线和高程控制点利用插值法生成 DEM；然后将影像数据进行正射校正；最后利用 ERDAS 的 Virtual GIS 模块进行矿山开采区的虚拟现实模拟，并生成三维动画飞行文件，在信息系统中可以调用。通过对试点区的虚拟现实模拟，再调以相关遥感解译成果，可以使用户对其地形、地貌和矿区信息等要素更直观、生动和形象地了解，空中对其进行动态观测和分析可以使决策者一目了然。

### 4.4 研究成果

(1)基于 SDE 与 ORACLE 平台，C/S 浏览结构的矿山监测空间数据库的整体格架，为以后在全国范围内更好的工作打下坚实的基础；

(2)形成了一套有效的影像数据与矢量数据建库的工作方法及技术流程，并对影像数据的压缩方法进行了研究；

(3)基于 VB 和 MO 建立的信息系统可以对矿山数据库进行访问，满足动态监测的需要；

(4)WebGIS 与虚拟现实的实现。

以晋城试点区为例，通过遥感数据的多期多时相动态监测解译结果和 GIS 统计分析，可以得到统

计表 1。

表 1 晋城试点区 2003 年矿山开发状况统计

属性	个数	占地面积/km <sup>2</sup>
开采煤矿	112	1.906
关闭煤矿	401	2.632
铁矿	234	0.007
石灰岩矿	77	0.475
砖场(粘土矿)	32	0.697
尾矿(煤矸石)	84	1.355
堆煤场	147	1.515
塌陷坑	393	0.057
地面沉陷	73	1.460
地裂缝	10	3.629 最长 596.8 m,最短 20 m

从表 1 可以看出，在经过治理整顿以后，共有 401 个小煤矿得以关闭；同时，在新一期遥感数据中，发现大批铁矿正在关停中，这些与野外踏勘结果相一致，而在 GIS 平台上将这些结果进行查询浏览，配以实地照片和相关资料，更是一目了然。

数据库完整、有效地保存了矿山开发状况遥感动态监测所积累的资料，提高了矿山数据的有效利用率，方便了数据管理和应用，增加了数据的安全性。信息系统则可以通过多期数据对比，动态体现矿区变化特征，更方便快捷地帮助决策者了解矿区的开发状况，第一时间为其提供资料，并提出相应建议。

## 5 结语

研究表明，对遥感解译成果进行数据库管理及信息系统实现是可行的，它使遥感信息更加直观，管理更加完善，信息更新更加简便，是遥感监测的有效扩充，弥补了纯粹遥感监测方面的不足，使遥感成为矿产资源开发状况动态监测的一种切实可行的和有效的手段，这也是 RS 技术与 GIS 及 GPS 技术相结合的必然产物。因此，很有必要把遥感监测和 GIS 作为监督管理的重要手段，并作为一项工作制度固定下来。每年有针对性地选择重点地区、重点矿区和重点矿种进行定期监测和应急监测，同时根据监测情况进行执法。下一步工作应该配合矿产资源管理，结合采矿权管理信息系统，进行数据实时更新，体现动态监测，建立完善的全国矿产开发监测体系，实现更全面的整合资源，与电子政务融为一体，为相应职能部门提供高质量基础数据和决策支持，GIS 将在矿产资源开发状况遥感动态监测中发挥更大作用。

参考文献

[1] 洪顺英. 矿产资源开发状况遥感动态监测数据库系统[D]. 硕士学位论文,2004.

[2] 王晓红,等. 高分辨率卫星数据在矿山开发状况及环境监测中

的应用效果比较[J]. 国土资源遥感,2004,(1):15-18.

[3] 戴刚毅,鲍征宇,张锦章. 基于 GIS 的矿山空间数据库的建立[J]. 物探化探计算技术,2000,(1):78-81.

## THE APPLICATION OF GIS TO THE REMOTE SENSING DYNAMIC MONITORING OF MINE EXPLOITATION

LIU Qiong, NIE Hong - feng, LÜ Jie - tang, HONG Shun - ying, ZHOU Ying - jie  
(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, china)

**Abstract:** In order to build the database system of countrywide mine exploitation conditions, the authors chose remote sensing dynamic monitoring results of the mine exploitation conditions in such areas as Jincheng City in Shanxi Province and Chongyi County in Jiangxi Province as the basis, managed the collected data by the spatial managing function of GIS, and built a spatial database system with the functions of browsing, editing, querying, searching, statistic analysis and dynamic monitoring. This paper expounds the technical method, designing thought, system component for building the database system and the application of GIS in this system.

**Key words:** GIS; Database; Mine; Remote Sensing; Monitoring; SDE; ORACLE

第一作者简介: 刘 琼(1973 - ),男,工程师,主要从事 GIS 和遥感应用研究工作。

(责任编辑: 肖继春)

=====  
(上接第 36 页)

[3] Cheng J, Greiner R, Kelly J, et al. Learning Bayesian Networks from Data: an Information - Theory Based Approach[J]. The Artificial Intelligence Journal, 2002, 137(1):43-90.

[4] Keinosuke Fukunaga, Thomas F Krile. Calculation of Bayes recognition error for two multivariate Gaussian distributions [J]. IEEE Transactions on computers, 1969,18:220-229.

[5] 周颜军,王双成,王 辉. 基于贝叶斯网络的分类器研究[J]. 东北师大学报自然科学版,2003, 35(2):21-27.

[6] 史忠植. 知识发现[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[7] Fayyad U M, Irani K B. Multi - interval discretization of continuous - valued attributes for classification learning[A]. In Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence [C]. pages San Mateo, CA, Morgan Kaufmann, 1993, 1022 - 1027.

[8] 包振强,等. 专家知识库粗集建模中基于熵的数据离散化[J]. 数学的实践与认识,2003,33(8):61-65.

## THE APPLICATION OF THE BAYESIAN NETWORK METHOD TO AIRBORNE DATA CLASSIFICATION

DAI Qin<sup>1</sup>, MA Jian - wen<sup>1</sup>, CHEN Xue<sup>1,2</sup>, LIU Jian - ming<sup>1</sup>, WANG Er - he<sup>3</sup>

(1. Laboratory of Remote Sensing Sciences, Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China; 2. School of Geology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Airborne Remote Sensing Center, Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** In this paper, the technical procedures and data analysis in using Bayesian network to process airborne data are described. The result shows that the Bayesian network method has three advantages. First, both the prior probability and features are used to establish the probability estimation weighing relations shown in associated probability chart; Second, the linkage of the directed acyclic graph (DAG) and classes can clearly show the relations between independence vectors (bands) and classes; Third, according to the contribution degree of three inputted bands quantitatively shown in associated probabilities for each class, the prior probability can be revised. The study results suggest that Bayesian network is likely to become a new practical method for remote sensing data processing.

**Key words:** Airborne Data; Bayesian network; Classification

第一作者简介: 戴 芹(1978 - ),女,中国科学院遥感应用研究所博士研究生,主要研究方向为遥感信息处理与应用。

(责任编辑: 刁淑娟)