

## 成果与方法

# 遥感与 GIS 技术在苍山矿山开采 动态监测中的应用研究

曹洪松, 宋宝国, 陈玉成, 石建, 邓先睿

(山东省国土测绘院, 山东 济南 250013)

**摘要:**利用 SPOT, QUICKBIRD 卫星数据, 以苍山地区矿山开采监测为试点, 通过融合、校正、图像处理, 得到高清晰度 1:1 万 ~ 1:5 000 正射遥感图像; 通过解译和野外踏勘, 建立矿山遥感解译标志; 运用 MapInfo 等 GIS 信息系统软件, 建立其全息数据库, 通过人机交互和目视解译, 对矿山开采图斑及其变化信息分层矢量化提取, 结合野外调查, 对研究区所有矿山开采属性等在数据库平台上进行分类统计分析, 为各级国土资源管理部门对矿产资源开发秩序监督管理提供及时、准确、全面的有用信息, 有效地提高了基层矿产资源执法监管效果, 是山东省整顿、规范矿业秩序的创新。

**关键词:**卫星数据; 遥感; 矿山监测; 山东苍山

**中图分类号:** TD171; P237; P208 **文献标识码:** A

## 0 引言

苍山地处鲁西地块之南部, 成矿地质条件优越, 境内发现矿产 20 余种, 目前获得采矿权的矿山有 63 处。矿种主要有铁、石膏、硅石 (石英砂等)、石灰岩、粘土、页岩、矿泉水等。

国务院下发《关于全面整顿和规范矿产资源开发秩序工作的通知》后, 山东省委、省政府及时制定了《山东省整顿和规范矿产资源开发秩序工作实施方案》。为配合这项工作, 确定在苍山地区设立矿山开采遥感监测试点。利用遥感技术先进、面广、时效性强的特点, 为矿产资源监管提供科学、可靠的信息。通过近 1 年的试验证明, 利用卫星遥感手段, 实时获取矿业活动重点地区的地面开采信息, 结合地理信息数据库技术, 可有效提高矿政管理的效率。该项目是遥感技术 (RS) 与 GIS 用于矿政管理的探索, 可为其他地区矿山开采监测管理提供经验和技術流程。

## 1 遥感数据预处理

### 1.1 数据源选择

基于矿山监测对时效性的要求, 选择法国斯波特 (SPOT) 和美国快鸟 (QUICKBIRD) 相结合的遥感卫星数据, SPOT 以 2.5 m 全色数据和 10 m 多光谱数据为主要数据源, 重点区域或全区结合使用 QUICKBIRD 卫星数据 (空间分辨率为 0.61 m, 多光谱 2.44 m) 影像进行遥感监测。遥感影像要求信息量丰富、影像纹理清晰, 云量不超过 10%, 重要区域没有云雾影响。收集监测区 1:5 万地形图 (要求矢量数据和 DRG 2 种形式)、1:1 万比例尺地形图 (要求 DRG 形式) 和已登记矿山的范围的属性 (以数据、图形或矢量形式收集)。

### 1.2 内业处理要求

单时相全色影像纠正中误差不超过 2 个像素。全色与多光谱数据配准中误差不超过 1 个像素, 图像几何精校正采用 2 次多项式坐标拟合, 并采用 3 次卷积法进行重采样, 融合图像和 2 个时相的几何均方误差 (RMS) 小于一个像素。行政区界线和有关界线与遥感影像套合后, 满足 1:1 万比例尺地形

收稿日期: 2007-04-23; 修订日期: 2007-06-11; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 曹洪松 (1962-), 男, 山东冠县人, 高级工程师, 主要从事遥感地质工作。

山东省国土测绘院, 山东省苍山地区矿山开采卫星遥感调查与动态监测报告, 2007 年。

图精度要求,行政辖区界线、矿山开采范围线与遥感影像套合后,要求线的走向与相关地物协调一致。套合界线原则上与明显地物点位置较差的中误差,有明显地物地区不超过图上 0.3 mm,影像判读复杂区不超过 1 mm。

### 1.3 多源遥感图像处理

遥感图像处理包括图像融合、几何校正、颜色调配、增强处理及其镶嵌接边、坐标转换等。图像融合可以充分利用多源数据的互补性获取更加丰富的有用、可靠信息,使遥感信息得到最大限度的应用。本次实验研究根据监测任务选用多源、多时相与多分辨率遥感数据 (SPOT 5, QUICKBIRD 影像),对图像进行纠正、增强等处理,选取最佳波段组合的多光谱影像,与高分辨率全色影像进行融合,产生具有丰富空间信息和光谱信息的融合影像。首先利用符合精度要求的 1:1 万的地理基础图件,对 SPOT 5 和 QUICKBIRD 全色数据进行几何校正,再将两者多光谱数据与校正后的影像配准、融合,制作模拟真彩色 1:1 万和 1:5000 卫星影像专题图。同时数据保留于数据库中。图像正射校正以研究区 1:1 万或 1:5000 DRG/LUDRG 为参考,在 ERDAS MAGN 系统内应用共线方程进行,地形数据采用同比例尺的数字地面模型。

## 2 矿山开采信息提取

### 2.1 遥感资料分析

矿山调查及动态监测采用法国 SPOT 5 号卫星数字图像为基底信息源,能够较清晰的反映开采区的基本现状,采用清晰度更高的 QUICKBIRD 卫星数字图像作为采矿地区、地下开采区的详细调查解译,能够较准确的判读出更多解译目标,加之各种专题图及人文资料的信息叠加、复合可以全面满足监测的需求。

### 2.2 遥感解译

遥感解译主要包括图像分析、变化信息发现 (建立解译标志)、变化信息提取、内业预处理等。数据库建设同步,信息提取、内业解译、图斑表示等工作在数据库中进行。

### 2.3 矿山资源开采信息的表示与发现

按国土资源部门提供的矿山采矿权登记数据库

资料进行收集整理,以矿种或位置 (乡镇) 按序编排,以不漏掉矿山为原则,从西向东,从北往南进行列表。按矿山采矿权登记表,以实际拐点坐标准确标绘 1:1 万专题图上。以符号或相应图形色表示矿山类型,并将顺序号标注在采矿点图框的右上方,此项工作需仔细认真,这是已有采矿权实际材料图。然后将这些已知矿山信息全部录入到基于 MapInfo 的 GIS 数据库中,并通过库文件打印在 1:1 万遥感影像专题图件上。

### 2.4 建立解译标志

对于高分辨率遥感图像,一般采用直接解译标志就可满足要求,可以清楚地观察丰富的矿山图斑结构信息,对于其属性,间接解译标志也很需用。如:矿山开采往往伴随着植被破坏、山体开掘、道路修建、矿井设施 (为地下开采主信息)、矿渣 (石) 堆积等的出现,可以设法提取含有这类地物形状特征及其空间关系的特征,作为识别的依据。其中道路的新旧程度、现场有否运输设备斑点可作为矿山在采与否的判别标志 (表 1)。建立解译标志须遵循从

表 1 苍山地区矿山快鸟融合真彩色图像遥感解译标志

矿种	开采类型	影像解译标志
铁矿	露天	露天采坑色调呈黑灰、土灰、土黄色,或它们的过渡色,颜色中心深、边部淡。图斑边界清晰,采坑影像明晰易辨,矿坑条带状分布。在矿山采矿附近、外围有选矿厂和矿渣堆,呈不规则多边形图斑。矿区道路影纹明显呈浅亮色,道路清晰往往表示正在开采, (下同)。植被被破坏,不同于背景色
玻璃用石英砂岩	露天	色调呈乳白粉色斑纹或呈淡浅亮色影纹斑块。形状呈不规则的多边形图斑组合。有明显的道路连通其间。附近一般有浅白色或淡红色矿山收集场或亮白色选矿厂及选矿设施图斑
石膏矿	地下	图斑色调呈亮白色,局部有淡黄色和红色的斑块和斑点。形状呈矩形图斑。周边道路发达,外围一般为绿色农田。其图斑内有星点状暗红点,一般为井架平台斑点
建筑用石料	露天	影像呈深灰、浅亮色条带或斑块,或蓝灰色、浅亮混合斑块,或灰色的暗黑色窄条带夹杂浅白色块。图斑形状呈不规则的多边形。有供运输车辆通行的清晰的、亮白色道路延伸。周边有选矿厂浅亮色调图斑存在。或有矿石收集场堆积物影像。植被被破坏影像明显
砖瓦用粘土	露天	色调呈褐灰、土黄、淡灰组合色调但以浅灰色为主色调。形状为上述几种色调的不规则图斑。边界不清晰。人工活动迹象明显,与其连接的道路清晰
页岩	露天	色调呈灰、灰白色的条带斑块,不规则分布,背景色有灰色、黄绿色。形状呈条带状地貌陡坎特征,顺等高线分布

山东省国土测绘院,矿山开采动态遥感技术监测规程 (征求意见稿), 2007 年。

已知到未知和逻辑推理的原则。将各种已登记的矿山按照其登记范围标注在处理好的卫星图像上,按矿种建立直接和间接解译标志并入数据库<sup>[1]</sup>。

### 2.5 变化图斑提取

通过差值法或计算机(非)监督分类法等方法,初步判识变化信息。采用人机交互解译等方式对变化信息综合分析并进行解译辨识,然后确定各类图斑信息。首先根据差异图像快速发现已经存在矿山开采变化信息的区域位置;其次在光谱特征变异图像上初步判断是否变化、变化异常类型等;然后追索其清晰的图像边缘,用折线勾绘变化图斑的边界,用多边形闭合图斑目标。并填写“矿山解译调查表”。

### 2.6 变化图斑表示

将采集好的变化图斑数据在 GIS 平台软件 Map NFO 下进行整理,基本肯定的变化图斑用大红色表示,可疑的变化图斑用粉红色表示,图斑编号以县级行政区为单位,从左到右,自上而下的顺序编号,具体编码是 4 位行政区号 + 轮次码 + 6 位图幅号 + 2 位图斑编号,利用 GIS 软件自动计算图斑面积、座标,对影像图和矢量数据配准整饰,叠合打印,为外业调查做好准备。

### 2.7 野外调查与矿山分类

野外调查主要验证各种矿山图斑的属性。“疑似矿山图斑”经野外查证后称为“矿山图斑”。苍山地区遥感监测矿山分 2 大类:一类是登记矿山(再按矿种分类);一类是矿山图斑:分在采、越界、停采几种类型,每一类再按矿种细分。工作中以内业处理和内业判读解译为主,以外业调查验证为辅。外业调查前需拟定调查线路,统一观察标准。遥感监测矿山图斑状况野外核查分类判断原则见表 2。外业调查前需配发统一的外业调查记录表(根据需要统一设计)。野外调查内容原则上是所有内业提取的有关信息,特别是内业无法确定或需要调查确认属性的信息,应逐个进行实际“是否开采”的调查,实地核对监测信息图斑的准确性、属性(类型、范围等),补充调查监测遗漏图斑或信息,确保监测精度。

### 2.8 内业修改

依据调查结果需要对变化图斑进行内业修正,确保内外业成果一致。该步骤在 GIS 平台软件 Map NFO 下进行,内容包括修改判断错误的图斑范

围及属性信息,剔除伪图斑,为建立变化信息数据库做好数据整理。

表 2 遥感解译矿山图斑状况核查分类判断原则

矿山分类	野外判断原则
在采矿山图斑	调查时现场见到开采人员、设备、工具等。有新采好的矿石堆积,且通往采场的专用道上载重轮胎印痕清晰;或采掘面和采掘场地同时痕迹新鲜,同时有新鲜的载重运输工具轮胎痕迹
停采矿山图斑	没有新近开采面开采场地痕迹,没有近期载重运输工具遗留的痕迹。通向开采场地的道路破旧或有植被发育
越界在采矿山	分布在登记矿山采坑外围,形态上或空间上有一定的延续性和接近性。调查时现场观察到有近期(几天内)开采痕迹或正在开采

### 2.9 执法部门核查确认

国土资源执法部门依据遥感解译与野外调查提供的第一手监测信息资料,即登记矿山、矿山图斑,组织进行现场核查,对矿山调查图斑的真伪、属性等进行确认,核实许可证号、非法开采类型等,填写部门意见,并反馈调查监测单位,录入信息数据库中。

### 2.10 计算机成图和统计汇总

计算机成图包括制作多种比例尺遥感影像图及矿山开采遥感监测专题图等。原则上选择当前的、数据分辨率较高的、整体效果较好的作为背景影像,其整体色彩尽可能模拟自然真彩色。图件命名以县级行政区为制作单位的图件,文件名称为主城区或县(区、市)名称。统计汇总工作一般为属性统计,表格录入前的外业调查表应保证完整、准确,符合填写与入库要求。

数据库中每处矿山的属性表内容有 40 余种,主要有: D 号、编号、登记情况、许可证号、申请人、地址、矿山名称、所属乡镇、起始经纬度、开采主矿种、其他主矿种、设计规模、开采类型、采矿方法、开采现状、区域坐标、拐点坐标、采深上下限、矿区面积、法定代表人、有效期限、有效期起止时间、影像特征、验证情况、所属行政区、执法检查、矿山类型(登记矿山、矿山)、非法类型(在采、停采、越界、其他)、照片编号、调查时间、调查人等。限于统计表格实际大小所限,优先统计打印重要属性信息,或分表统计。

### 3 同步建立动态监测数据库

利用 Map NFO GIS 等软件,由资料收集开始就同步建立矿山开采信息数据库,数据库包含矢量、卫星影像、照片和元数据等所有有关信息。系统平台

采用地理信息系统平台软件 Map NFO;系统功能模块包括数据输入模块、处理模块、数据查询模块、空间分析模块和数据输出模块

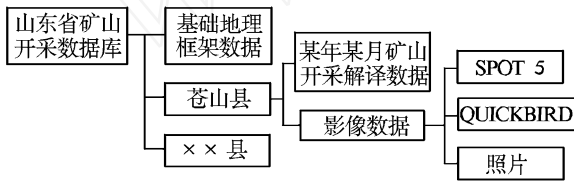
### 3.1 数据库设计

(1)数据库设计原则:实用性原则、规范化原则和成本效益优化原则。

(2)主要技术指标:数据库内容(包含矢量、卫星影像、照片和元数据等)、数据格式(矢量为 Map-NFO tab格式;影像为 Geotif格式;照片为 BMP或 JPEG格式)、数学基础(投影为高斯-克吕格投影;大地坐标为 1980西安坐标系)。数据组织:数据库空间数据按地市或县区组织,以县区为单位,分层进行存储和管理。数据包括影像数据、解译数据、基础地理框架数据、元数据,其中解译数据、基础地理框架数据合并为全省范围的数据库,影像数据按县区裁切(考虑文件大小)。

(3)数据存储目录结构及命名规则

数据存储目录结构见图 1。



影像文件命名规则:“地区名称+卫星类型+时相+分幅号”。例如“苍山县 SPOT 050615-4-1”(4-1表示 4幅中的第 1幅);解译矢量文件命名规则:“时相+层名”,例如:0506开采矿山图斑。

(4)数据库采用的有关标准和规范。

(5)数据库分层及数据库属性项、属性表结构。

数据库分层。数据库属性项、属性表结构:基础数据库包括公路层,铁路层,水系层,地貌层,居民地,境界线,省、市、县、乡,山顶点、其他层,公里格网和整饰(包括图框、图例等,无属性)。矿山开采监测数据库:矿山(图斑)包括登记矿山、矿山在采图斑、停采图斑(含越界图斑)等。属性表:有 40余项内容,登记情况分为登记、未登记;矿山类型项分为越界在采、在采、停采等;开采类型分为露天、地下。矿渣堆积、其他(选厂、收购场等)。代码表(略)。

(6)元数据:元数据是对各数据库的描述和定义,包括数据集、标识信息、数据质量、数据源和处理

说明、数据内容摘要、空间参照系统、数据分发信息及其他相关信息。建立矢量数据库和影像数据库。

### 3.2 数据库实施

对基础地理框架数据库进行整理。对各种影像进行编码整理,按要求命名,建立元数据表,通过 Map NFO 软件将遥感影像与基础地理框架数据库配准。以基础数据库和影像数据库为基底,按照分层及属性项要求,数字化、编辑监测成果,包括图形和文字属性,建立监测数据库。将解译标志遥感影像、照片通过 Map NFO 配准入库,按目录要求存储。建立解译标志及图片库与解译数据库链接。

## 4 矿山开采情况统计分析

登记矿山“是否越界开采”和“未登记在采”的矿山图斑是矿山开采调查监测的重点内容,这是整顿和规范矿产资源开发秩序工作需要的基础信息。各种成果统计均在数据库中进行。在查询属性栏输入需要查询的名词指令,如“在采矿山图斑”、“建筑用石料矿”+“在采”的等,就可以自动生成列表,并统计出数目。一般实际工作中统计下列报表上报有关部门使用:各矿种在采矿山图斑(无证)属性统计表;各矿种越界(在采)矿山图斑属性统计表;各矿种停采矿山图斑属性统计表。

通过遥感监测、调查结果显示,苍山县境内各类在采、停采、越界、登记图斑与矿种类型见表 3,所有在采、停采矿山图斑位置分布见图 2(截至 2007 年 4 月)。

表 3 苍山县矿山分类统计

主矿种	登记矿山	矿山图斑		
	持证矿山	越界图斑	在采图斑	停采图斑
铁矿	14			56
石膏矿	11	(2)*		
石英砂岩	8	2	9	34
石料石材	27	9	45	391
粘土	2	1		8
矿泉水	1			
建筑河砂			3	5
页岩			1	21
合计	63	12(14)	58	515

\* 是在登记采矿边界外侧几十米附近有“采井采场”的图斑。

## 5 结语

通过 SPOT和快鸟 2种卫星图像矿山开采动态



图 2 苍山县在采与停采矿山图斑空间位置示意图  
遥感调查与动态监测实践, SPOT 卫星基本上可以较全面的监测到实验地区绝大部分采矿图斑情况, 技术可靠, 定位精度好, 采矿图斑边界位置准确, 卫星

数据取得方便快捷, 图像色差小, 处理方便, 即使放大到 1:1 万比例尺也很清晰; 快鸟数据分辨率更高, 有助于更小规模的采矿图斑的发现, 放大到 1:5000 甚至 1:2000 比例尺, 清晰度仍然很好。快鸟卫片可以监测到几乎全部矿山图斑信息。

卫星遥感监测技术, 是山东省重要矿山开采区矿山开采动态监督管理“快速反映机制”的一项重要手段, 利用卫星遥感技术监测矿产资源, 不仅能全面、准确、快速地反映出矿山开采情况, 而且有效地提高了基层矿产资源执法监管实际能力, 解决了违法采矿点隐密, 基层矿管队伍不足、难以管理, 遥感技术结合 GIS 技术, 可对长效矿山监测监督管理机制提供有力的技术支撑。

**参考文献:**

[1] 邹敏. 遥感与 GIS 技术在龙口市土地利用调查中的应用研究 [J]. 山东国土资源, 2006, 22 (6-7): 123-125.

## Study on Application of Remote Sensing and GIS Technologies in Dynamic Monitoring in Cangshan Mine Exploration

CAO Hong - song, SONG Bao - guo, CHEN Yu - cheng, SHI Jian, DENG Xian - rui  
(Shandong Surveying and Mapping Institute of Land and Resources, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** By using SPOT and QUICKBIRD satellite data, regarding mining monitoring spots in Cangshan mines as selected points, through melting, correction and image conduction, orthographic remote - sensing projection with the scale of 1:10000 ~ 1:5000 with high precision have been gained. Through interpretation and field survey, remote - sensing interpretation symbol of mines are set up. By using MapInfo and GIS softwares, full - information database is set up. Through interactive and visual interpretation, mining and variation information are vectorized and extracted. Combining with field survey, mining attributes of all mines in studying areas are classified and analyzed on the database platform. These will provide correct, full and useful information for arranging and monitoring exploration of mineral resources, and promote monitoring effect.

**Key words:** Satellite data; remote - sensing; mine monitoring; Cangshan in Shandong province

### 济南市长清区对土地开发整理项目进行专项审计

为确保国家投资土地开发整理项目工程的资金合理使用, 2007 年 6 月中旬, 济南市长清区国土资源局聘请审计等有关部门对孝里洼、孝里岚岭、万德长城、张夏土门、平安赵庄、双泉精品工程土地整理工程进行了历时半个月的专项审计。通过查施工合同、了解土地整理前的情况、计算复核工程量、套用定额和对资金运行情况进行详查, 认定这 6 个项目共利用国家专项资金 2960 万元, 开发整理土地 1193.33 公顷, 新增耕地面积 166.67 公顷, 整个项目资金使用合理, 项目成本各项费用支出符合规定的开支范围、标准和制度, 无转移截流侵占项目资金等情况, 做到了专帐专人管理、专款专用。(魏文林, 孙家伟)