

基于 GIS 的煤炭资源遥感动态分析 ——以山西省乡宁县为例

乔玉良, 邬明权, 王 栋
(太原理工大学, 太原 030024)

摘要: 本文以多时相 TM 与 ETM 影像为数据源, 对乡宁县的煤炭资源进行了动态监测。直接采用原数据进行煤矿信息提取精度很低, 为此需要进行图像预处理。依据多元数理统计分析, 确定了探测煤炭资源的最优波段组合为 4、5、3。由于其他地物信息的干扰, 此时影像仍不能很好地反映煤矿信息, 因此需要对图像进一步做增强处理。通过对图像的主成分变换, 有效地消除了山体阴影的影响。在此基础上, 对图像进行计算机监督分类, 制作了乡宁县煤炭资源分布图。采用这种方法极大地提高了遥感图像的解译精度。利用 GIS 的叠加和统计分析, 获得了矿点的数量。通过实验, 证明了基于 GIS 的煤炭资源遥感动态监测是可行的, 而且对于环境保护和规范煤矿开采具有很好的应用价值。

关键词: GIS 遥感; 煤炭资源; 动态监测

1 引言

煤炭资源作为我国第一能源, 其可持续发展关系到国民经济和能源安全大局。目前, 煤炭工业在体制、资源、安全、环境和转产发展等方面的矛盾日益突出, 煤炭工业和一些产煤地区经济社会可持续发展面临严峻挑战。如何动态监测煤炭资源的现状及其发展趋势, 为各级领导部门和生产部门提供及时、可靠的信息服务, 提高对煤炭资源的管理力度和煤炭资源开采中的安全水平, 是科技工作人员急需解决的问题^[1]。

基于 GIS 的矿产资源遥感动态监测系统的设计与实现为矿产资源的管理和开发利用提供了新的平台, 以乡宁县为例, 针对其矿产资源的可持续发展进行了实验。

乡宁县位于山西省西南, 吕梁山南端, 临汾市西南部。地理坐标为东经 $110^{\circ}30' \sim 111^{\circ}17'$, 北纬 $35^{\circ}41' \sim 36^{\circ}10'$ 。总面积 $2\,029\text{km}^2$ 。全县由 5 镇 5 乡 186 个行政村组成, 总人口数为 21.6 万。境内矿产资源丰富, 尤其是煤炭资源得天独厚, 有“煤田之乡”的美称。其煤田面积约 $1\,600\text{km}^2$, 占总面积的 78%, 勘探储量 153 亿 t; 可开采量达

130 亿 t^[2], 是全国三大优质主焦煤基地和 100 个重点产煤县之一。全县共有 100 多座煤矿, 年产量达 1000 多万 t, 其煤炭资源在全国占有重要位置, 特别是台头矿区所产煤炭属我国三大稀缺煤种之一^[3]。

2 煤炭资源遥感动态监测分析与处理

煤炭资源的动态监测的实验主要包括矿产开发点的分布、位置、数量、矿种、开采方式; 违法开采现象; 固体废物堆放情况; 矿产开发引发的地质灾害分布与环境污染情况; 矿山土地覆盖的变化情况等, 用遥感与 GIS 集成技术进行煤炭资源的动态监测的基本思路是: 通过遥感技术实时获取工作区的影像信息, 结合地面调查资料, 通过 GIS 的分析功能进行实时的动态监测与预报。主要工作流程如图 1。

本次实验采用了研究区所在地的 1986 和 1990 的 TM、2000 的 ETM+、2004 的 SPOT 影像、乡宁县矿产资源分布及开发利用现状图、乡宁县矿产资源开发利用与保护规划图、乡宁县煤炭资源分布图、乡宁县煤矿分布图、乡宁县煤田地质图、

收稿日期: 2007-05-23 修回日期: 2008-01-05

基金项目: 山西省发改委资助项目 (晋政发 [2004] 226 号附件 4)。

作者简介: 乔玉良 (1951-), 女, 教授。发表论文 50 多篇, 主要从事遥感应用等研究。E-mail: proqiad@126.com

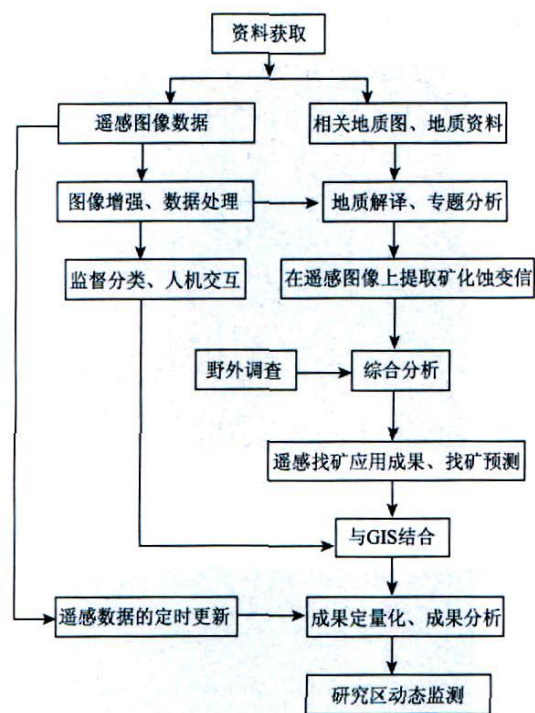


图 1 煤炭资源动态监测的技术路线

Fig 1 Technical route for coal resource dynamic monitoring

乡宁县矿产资源规划等有关地质资料。

2.1 遥感图像特征地学分析

遥感图像的解译一方面可获取一定的地物目标信息, 另一方面其结果是更高层次图像理解的基础。

由于用于成矿预测中遥感图像增强原则是尽量保证原始图像的光谱信息。因此, 在本实验中, 经过预处理的图像主要采用了线性扩展和分段线性扩展的增强方法, 如反差扩展、比值法、差值法等, 以满足目视解译和人机交互式解译等需要。

图 2、图 3 分别是乡宁县实验区 1990 年 TM, 4 5 3 波段假彩色合成图像和 2000 年的 ETM 453 波段假彩色合成图像。由于煤矿生产必然形成煤堆、煤矸石堆和运煤通道等, 这些人为地物在可见光范围的反射率与周围地物有着明显差异, 根据其特点, 利用遥感图像近红外波段, 在空间分辨率允许范围内极易确定煤矿的位置、统计煤矿的数量; 正在生产的煤矿一般来说煤和煤矸石堆的时间比较短, 辐射温度较低; 已关闭的煤矿煤堆和煤矸石堆, 因堆放时间长, 风氧化作用强烈, 氧化升温, 导致辐射温度高, 故在遥感热红外图像上已关闭井和正在生产井有明显反映, 利于确

定遥感图像是生产井还是关闭井; 一般来说, 在同一地区, 煤矸石堆和煤堆的大小及煤矿的影响范围与煤矿产量有着正相关关系^[4], 可以在遥感图像上利用这些参数确定煤矿的相对生产规模。从图像的对比上看, 我们可以明显地看出十年间煤炭开采的变化程度 (黑色部分)。

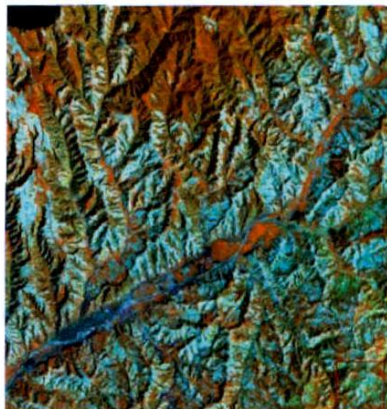


图 2 1990. 8. TM 4, 5, 3 假彩色合成图

Fig. 2 False color composition of TM image, Aug 1990

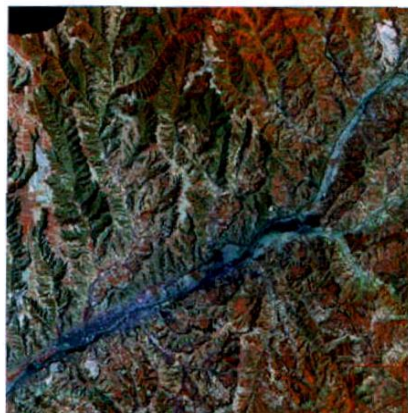


图 3 2000. 5. ETM + 4, 5, 3 假彩色合成图

Fig. 3 False color composition of ETM+ image, May 2000

2.2 遥感影像的矿化蚀变信息提取

由于矿化蚀变是在含矿热液作用下引起的原岩化学成分和物理性质的变化, 使得不同的蚀变矿物组合具有独特的光谱响应特征, 因此遥感影像的蚀变信息提取成为遥感找矿的一个重要方法^[5]。但由于受地物 (如土壤和植被等) 信息的影响, 使得对找矿有指示意义的反映岩石蚀变的遥感信息往往表现得很微弱^[6]。因此, 需要采用有效的方法来增强这种微弱的信息。

(1) 正确选区^[7]: 在研究图像处理区成矿地质背景和已知矿化地段的影像特征、波段灰度值等基础上, 确定图像增强和信息定量提取的地质区段、矿化蚀变种类;

(2) 图像掩膜: 主要是最大限度地去掉非矿地物或地质体等干扰像元, 而有针对性地保留那些与区内矿化有关的地质体图像单元;

(3) 多元数理统计分析^[8]: 主要对工作区各类地质体和岩石等地物波谱特征和遥感各波段数值进行相关分析、因子分析和聚类分析等, 为选择最佳波段 (变量) 组合奠定基础;

(4) 图像增强: 包括比值变换、主成分分析、图像分类等, 目的在于突出遥感找矿信息;

(5) 采用“掩膜+分类”方法逐步去掉各种干扰信息, 将遥感找矿信息定量准确地表示出来。

2.3 基于 GIS 的图像质量改进与识别分类

实验中, 利用 ENV I 软件中的监督分类模块的最大似然法对实验区进行了分类。实验发现, 由于山体阴影的影响, 直接采用假彩色合成影像进行分类效果不明显。因此有必要对假彩色合成影像进行增强处理, 以消除山体阴影的影响。本试验采用主成分变换。主成分变换是均方误差最小意义下的多维正交线性变换。其本质上是将被重叠的遥感数据交换到互不相关的主成分上, 从而达到减少数据总量, 消除冗余信息, 突出有效信息的目的。图 4 为原始 ETM+, 4 5 3 假彩色合成影像图, 图 5 是经主成分变换处理后的影像图, 图 6 为原始影像分类结果图, 图 7 为主成分变换后的分类结果图。从图像对比分析可以明显看出主成分变换有效消除了山体阴影对分类精度的影响^[9]。具体工作步骤如下:

的影响^[9]。具体工作步骤如下:

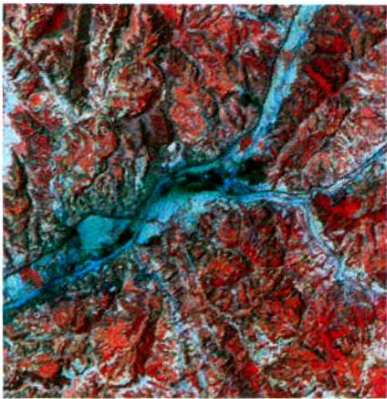


图 5 主成分变换后的融合影像

Fig. 5 Result of PCA transformation

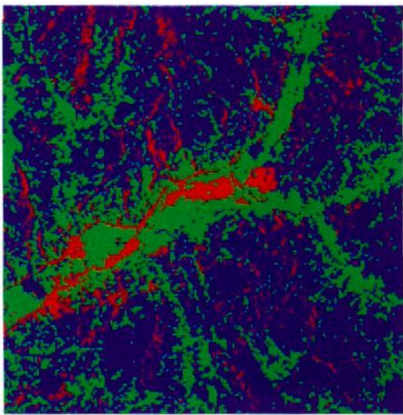


图 6 原始影像分类图

Fig. 6 Supervised classification of primitive image

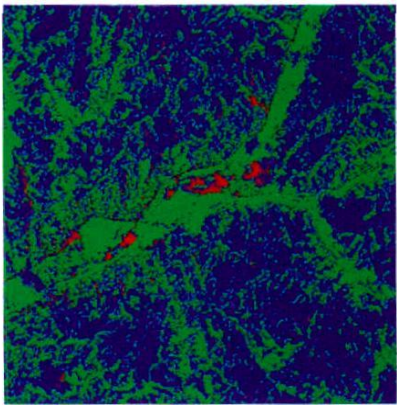


图 7 主成分变换后分类图

Fig. 7 Supervised classification after PCA transformation

(1) 图像质量改进——融合实验

采用 2000 年 5 月的 ETM+ 4 5 3 波段 (空间分辨率为 30m) 和 ETM+、Pan 波段 (空间分辨率 15m) 数据。首先利用 ENV I 空间子集功能切

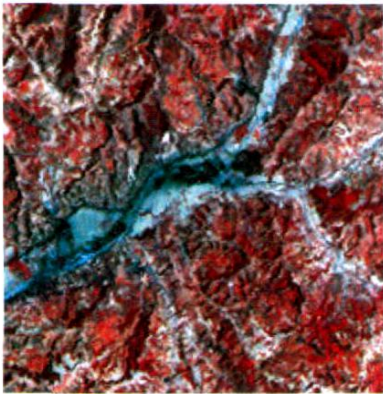


图 4 原始 ETM 假彩色合成影像

Fig. 4 False color composition of ETM image

出一块试验区 (samples= 401, lines= 391), 由于是同一景数据, 所以其配准精度完全可以控制在 0. 5 个像元之内。融合实验采用主成分变换融合方法^[10]。主成分变换利用 ENVI 的 Principal Components (主成分分析) 功能, 其中 Pan 波段需与主成分变换 1 分量做 Histogram Matching (直方图匹配)。结果如图 4 5。

(2) 分类实验

在实验中, 利用 ENVI 中的监督分类模块 (最大似然法) 对试验区进行了分类。所选实验区为一煤矿附近, 这里重点是对黑色的煤堆进行精确分类。在所选样区中红色即为露头的煤堆 (分类组图中红色的像元还包括误分的山体的阴影), 图 6 和 7 为具体分类结果图。

从图中可以明显看到: 主成分变换有效地消除了山体阴影对分类的影响。数据融合后分类精度有了大大的提高。在主成分变换后的分类图中, 山体阴影产生的红色像元已经基本被区分出来。我们利用 ENVI 软件的分​​类后处理 Class Statistics 功能对结果图进行分析处理, 绘制出像元统计表。从表 1 中可明确得出: 主成分变换在原来的基础上使分类的精度提高了数倍。

表 1 主成分变换前后影像对比结果表
Tab 1 Result of comparison before and after
PCA transformation

原始 4 5 3 波段合成影像			主成分变换后的影像	
像元数	像元所占 影像百分比	像元数	像元所占 影像百分比	
红	14217	9. 07%	2680	1. 71%
绿	44231	28. 21%	59456	37. 92%
蓝	98343	62. 72%	94655	60% 37%

表 2 解译结果与历年统计资料比较表

Tab. 2 The comparison of interpreting results and annual statistical data

时间 (年)	解译矿点 数量	统计资料 矿点数量	被破坏土地面积 (hm ²)		统计预测被破坏土地面积 (hm ²)	
			矿山及尾矿、固体 废料堆存占地	地质灾害 土地面积	矿山及尾矿、固体 废料堆存占地	地质灾害土地面积
1986	182	171	75. 33	111. 00		
1990	221	201	109. 13	131. 27	36. 31 ^{①②}	160. 47
2000	138	121	184. 40	247. 47	157. 80	200. 00
2004	115	80	125. 20	205. 47	102. 53	166. 67

注: ① 1995 年数据; ②只包括固体废料堆存占地面积

(3) GIS 动态分析

地理信息系统是以计算机为手段用于采集、存储、管理、分析、描述与地理空间分布有关数据的计算机化的空间信息系统。通过矢量化转换后的栅格数据可以利用 GIS 软件实现对栅格数据和矢量数据、矢量与矢量数据的统一管理与分析, 同时具有空间数据和非空间属性数据的获取、存储、分析和显示的功能。

本实验主要利用 GIS 软件将各种数据源融合在一起, 通过对遥感等数据源矢量化后的矢量数据管理分析数据的叠加处理和统计分析, 实现空间数据和属性数据的互相查询功能, 利用定时更新的遥感数据的对比, 获得矿区内煤炭资源的开采走势, 以对其进行动态监测^[11]; 通过拓扑叠加分析、空间分析、数理统计分析, 实现不同时间的同一矿产开发点的分布、位置、数量, 违法开采现象, 固体废物堆放情况, 矿产开采引发的地质灾害分布情况, 矿山土地覆盖的变化等的动态变化监测, 并绘制出其相关专题图件。如图 8。



图 8 乡宁县煤矿分布图

Fig 8 Coal mine distribution chart of Xiangning County
通过 GIS 的叠加和统计分析^[12], 获得最终解译结果 (表 2)。

解译结果反映出:乡宁近20年来,矿点呈先增长后减少的趋势,20世纪80年代中后期出现了私挖乱开倾向,所以矿点数量增长很快;2000年以后,政府采取合并、关闭等措施进行整顿,采矿活动受到监管,有些矿区已停采,所以数量有所回落。

随着煤炭能源基地生产建设事业的发展,乡宁县农业用地受到污染破坏,有逐渐减少的趋势。煤炭生产破坏土地主要包括两方面:一是井下开采引起的地表塌陷或露天开采剥离引起的挖损和压占;二是煤矸石露天堆放(固体废料)压占土地。由于该县无露天煤矿,故煤炭生产破坏土地只有采煤塌陷和矿山尾矿、固体废料压占两部分。

3 结语

遥感与GIS结合可以实现动态监测分析。如我们利用ENV I软件的分类统计功能,统计出矿区和煤堆所占的像元数,然后根据单位像元所代表的实地面积,即可折合成实际的面积。在GIS软件中我们可以以遥感、地图及其他的数据资料为主要数据源绘制出动态定量监测分析专题图。但也受遥感图像分辨率的影响,只能监测地上部分,地下部分颇难监测。不过,煤炭资源遥感动态监测对我国矿产资源的可持续开发与环境保护确实有重要的意义,具体体现在:

(1) 提高了煤炭资源管理和信息动态监测的科技含量。可以有效实现煤炭信息采集、传输、处理和应用的实时化、可视化和综合化,为煤炭资源管理提供先进手段和科学依据,其动态监测成果为对煤炭资源开采提供宏观决策依据。

(2) 能够有效消除煤炭开采中存在的弊端和不足,促使煤炭开采向良性方向健康发展。由于过去煤炭开采的低科技含量和无计划性,造成了煤炭开采的低利润率和盲目投资,不仅导致了资源的极大浪费,还严重地破坏了当地的环境和生态平衡。在能够对煤炭资源信息进行实时动态监测后,以前的种种弊端将会极大地消除和根治,使煤炭资源开采向着集约发展,内涵发展,高效发展和清洁发展的方向不断转化。

(3) 动态监控煤矿布局,有效减少煤矿事故的发生。据统计,大部分重、特大矿难事故都发

生在非法违法煤矿。通过遥感和GPS技术,实现对全省煤矿布局的动态监测,特别是对一些私营小煤窑的监测。从而有效地取缔非法、违法煤矿,减少煤矿事故的发生。煤矿安全水平的提高,对社会稳定和人民生活水平的提高都有十分重要的意义。

(4) 动态监测煤炭产量,实现煤炭工业的可持续发展。煤炭资源是不可再生资源,对煤炭资源的长期无序的过度开采,不仅造成了资源的极大浪费,对环境和生态平衡也造成了严重的破坏。在遥感和其他新兴技术支持下,建成的遥感动态监测信息系统可以实现煤炭资源开采的动态监测和管理。煤炭的合理开采,是煤炭工业可持续发展的关键。

(5) 通过积极发挥遥感技术在煤炭资源管理中的优势,不仅拓宽了遥感技术在煤炭资源管理中的应用领域,也为政府决策部门对煤炭工业的管理、决策和正确引导提供了科学途径。

参考文献

- [1] 王瑞龙. 21世纪能源大趋势. 北京: 煤炭出版社.
- [2] 陈毓川. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价. 北京: 地质出版社, 1999.
- [3] 乡宁县国土资源局. 乡宁县煤炭资源规划 (2001~2010).
- [4] 卞孝东. 浅谈煤矸石的组成特征及综合利用途径. 矿产保护与利用, 2007, 51~54.
- [5] 卢作祥, 范永香, 刘辅臣. 成矿规律和成矿预测学. 北京: 中国地质大学出版社, 1988.
- [6] 罗音, 舒宁. 基于信息量确定遥感图像主要波段的方法. 城市勘测, 2002, 28~33.
- [7] 杨大宏. 四川菜子地金矿地质特征及找矿前景探讨. 四川地质学报, 2000, 20(2), 110~114.
- [8] Yang W N, Zhu Z S. The theory and method of phase separation analysis of remote sensing information field of metallogenetic environment and nonmodel ore deposit prediction. In: Proceedings of the 30th International Geological Congress. VSP, International Science Publishers, The Netherlands (in press).
- [9] 韩玲, 吴汉宁, 杜子涛. 多源遥感影像数据融合方法在地学中的应用. 地球科学与环境学报, 27(3): 2005.
- [10] 何祺胜, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽. 主成分融合在干旱区盐渍地信息提取中的应用研究. 土壤通报, 2007, 848~852.

[11] 黄成毅, 邓良基, 方从刚. 城市用地遥感监测与动态变化分析——以成都市土地利用为例. 地球信息科学, 2007, 9 (2).

[12] 杨海军, 邵全琴. GIS空间分析技术在地理数据处理中的应用研究. 地球信息科学, 2007, 9 (4): 70~75.

Analysis on Coal Resources Dynamic Monitoring Based on GIS ——A Case Study of Xianning County of Shanxi Province

QIAO Yuliang, WU Mingquan, WANG Dong

(Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024 China)

Abstract Using TM and ETM image, we did a dynamic monitoring about coal resources of Xianning County. In the remote sensing image, we rely on its texture, color, contrast and shape to distinguish Geo-object. Due to its low visual effect, we should do some data preparation. Referring to multi-statistical analysis, the best band combination is 4, 5, 3. Because of other Geo-objects interference, it's far from perfect, so we should do some enhancement. Through PCA transformation, useful message is increased and influences of mountain shadow are eliminated efficiently. Then, we did the supervised classification treatment and compiled a distribution map of coal resources of Xianning. Next, we used GIS's overlap and statistical function and got the number of mines. Above all, this paper discusses the differences between mining and closed. The image reflects different intensities. The closed mines have a high bright color. This experiment proves the availability to use remote sensing to monitor coal resources. This method is economical, efficient and can be applied in environmental protection and mining.

Key words GIS, remote sensing, coal resources, dynamic monitoring



ESRI中国社区——GIS让我们在一起

自 2006 年 11 月 6 日正式推出以来, ESRI 中国社区人气不断上升, 目前已拥有近三万名注册会员, 日平均发帖量达 800 帖以上, 已经成为业界最活跃的交流社区之一。

该社区在汶川大地震发生后第一时间推出了“心系灾区”版块。该版块一经推出, 立即引起了广大 GIS 人的广泛关注与参与。这里有关于抗震救灾的最新动态, 以及大家对如何渡过这场灾难的群策群力, 还有温馨感人的祝福与鼓励等等。除此之外, “2008 ESRI 开发竞赛”、“GIS 大讲堂”、“ArcGIS Server 技术版”、“ArcEngine 技术版”等明星版块每日也吸引众多业内人士在此驻足流连。

由 ESRI 中国 (北京) 有限公司精心打造的“ESRI 中国社区”, 旨在搭建行业交流的平台, 促进广大从业者和爱好者之间的交流与学习, 同时提供一个能够使用户与 ESRI 技术工程师实现实时互动的亲密交流的渠道。欢迎大家注册访问: bbs.esrichina-bj.cn 我们期待您的宝贵意见和建议。

(ESRI CHINA (Beijing))