

# 高光谱遥感在煤矿区的应用探讨

\*  
郑辉

(兖州煤业股份有限公司, 山东 邹城 273500)

**摘要:**高光谱遥感在煤矿区具有广泛的应用潜力,在总结高光谱遥感技术发展及其应用现状的基础上,结合煤矿区资源环境特点,对数据获取、先验知识与光谱模型研建、定量模型建立、信息处理方法、精度评价等问题进行了分析,为应用高光谱遥感在煤矿区资源集约利用、生态环境保护、区域持续发展等方面的系统应用提供了技术和方法支持。

**关键词:**高光谱遥感,煤矿区,定量反演,遥感分类

中图分类号:P407.8

文献标识码:A

## 0 引言

近十年来,高光谱遥感作为一种新的、发展潜力巨大的遥感技术得到了快速发展,它与合成孔径雷达(SAR)、激光雷达(LIDAR)被视为21世纪最具发展潜力的遥感信息获取技术<sup>[1-4]</sup>。高光谱遥感信息获取技术已经形成地面、航空和卫星同步发展的格局,光谱分辨率不断提高。在地面:已有多种实用的地物光谱仪,并建立了针对不同对象、不同区域、不同时相的地物光谱数据库,作为信息处理的基础和参照;在航空:国外如AVIRIS, CERIS, HYPERION等高光谱遥感信息都已经得到了广泛应用,国内也在863项目的支持下设计了MAIS, OMIS, PHI等传感器,并在不同区域获取了相关的试验数据,初步取得一些应用。可以预言,在未来一段时间内,高光谱遥感信息获取技术将继续快速发展。

高光谱遥感信息因其对地物光谱特征的精细表达和描述方面的优越性,在光谱分析和数据处理技术支持下,能够提取关于目标构成、状态、异常方面的精细信息,达到目标识别、类别细分、状态诊断、异常提取等目的,从而满足不同领域的应用需求。高光谱遥感已在植被、农业、海洋、地质、城市等领域得到了一些应用<sup>[5]</sup>,在资源环境问题显著的煤矿区必然具有广泛的应用前景。因此该文在简单介绍高光

谱遥感应用现状的基础上,重点对高光谱遥感在煤矿区的应用现状、发展方向以及若干关键技术进行探讨,以期的高光谱遥感技术在煤矿区的应用提供技术和方法储备,服务于煤矿区资源环境保护与可持续发展的实现。

## 1 高光谱遥感在煤矿区的应用方向

煤矿区是以矿物开采、加工为主导产业发展起来,从而使人口聚集在一起的特殊社区,是一种特定地理范围内的社会群体所在的区域,具有空间的有限性和不连续性,如同村落、乡镇、城市一样,并有其自身的特点。工矿区具有空间功能、集聚功能、联接功能和传播功能,其属性包括社会性、地域性、体系性和互动性。当前我国煤矿区普遍存在严重的生态环境问题,而高光谱遥感则有望在监测、分析和解决这些问题中提供有效的技术支持<sup>[6-10]</sup>(图1)。

(1) 矿区大气污染。一方面,大气污染直接影响空气中微粒分布与构成,从而影响电磁波在空气中的传输,利用特定波段可以实现对大气污染成分的直接分析。另一方面,空气污染影响植被生长,在特定波长对植被光谱特性产生影响,因此通过对植被光谱特征的定量诊断与分析可以反推大气污染。

(2) 地表和地下水污染。矿区固体废弃物、液态污染物和空气污染直接影响区域地表和地下水资

\* 收稿日期:2008-05-01;修订日期:2008-06-06;编辑:陶卫卫

作者简介:郑辉(1971-),男,山东济宁人,工程师,主要从事矿山测量及“三下”采煤与开采沉降技术工作。

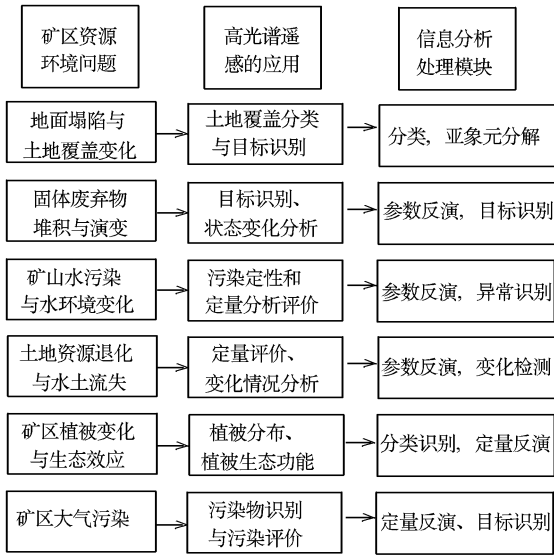


图1 高光谱遥感在煤矿区的主要应用方向与要求的信息分析处理功能

源,导致严重的水污染。水环境监测分析与水体污染定量分析、水质参数提取等是高光谱应用的优势方向,因此高光谱遥感将在矿区水环境监测分析方面发挥重要作用。

(3)土地退化与水土流失。由于塌陷、堆积、挖损等原因,矿区土地利用、土地覆盖处在剧烈变化之中,高光谱遥感不仅可以应用于土地利用、土地覆盖精细分类与分析,更重要的是可以应用高光谱遥感提供的精细光谱信息对土壤特征进行定量、定谱分析,反演土壤特性、土地肥力等指标,实现土壤特性变化与土地退化的定量分析。

(4)矿山地质灾害。各种矿山地质灾害往往伴随着特定的前兆因子,通过高光谱遥感定量反演这些因子参数有望为灾害预报、防灾减灾提供支持。

(5)矸石山与固体废弃物污染分析。矸石山和其他固体废弃物堆积进而引发大气污染、土壤污染等方面的问题,加强矸石山特性监测分析是矿山生态环境保护的重要方向,高光谱遥感在这一方向也具有较大的应用潜力。

(6)矿区植被与生态分析。植被在区域生态环境系统中发挥着极其重要的作用,将高光谱遥感技术应用于矿区植被监测、分析、诊断,能够定性、定量地加强矿区生态环境建设,为优化矿区生态环境提供支持。

(7)矿山土地复垦与生态恢复评价。近年来,随着矿山土地复垦、生态重建等工作的实施,矿区废

弃土地恢复利用得到了很好的开展,利用高光谱遥感技术可以综合对复垦土壤、复垦区植被等进行定量分析,为合理评价生态治理效果提供支持。

## 2 高光谱遥感在煤矿区的应用现状

### 2.1 地表要素精细光谱特征提取与识别

矿区各种地面要素的空间位置形态、物理化学特性随时间推进处在不断变化之中。对其研究既可以从区域的视角开展综合研究,如土地覆盖变化研究,又可以从地面某一要素的角度开展分析,如塌陷地扩展、建设用地扩展、植被覆盖变化等。为了提高要素提取与识别的精度,可以充分应用高光谱遥感具有的精细光谱表达优势,通过光谱诊断特征、识别特征、高光谱分类等提取地表构成要素,特别是对于一些利用传统多光谱图像难以区分的要素、同一大类下不同小类要素的识别等,高光谱遥感有望解决传统遥感信息源存在的不足。

### 2.2 土地利用及土地覆盖变化监测

土地利用、土地覆盖变化是工矿区陆面演变的重要、关键内容。高光谱遥感的应用将有助于提高变化检测的精度,一方面实现类别细分,加强对变化类型的定性定量描述,对变化类别进行精确划分,另一方面通过混合象元分解可以将分类精度推进到亚象元级,提高土地利用、土地覆盖分类精度,这些方面都可以充分发挥高光谱遥感信息的优越性。

### 2.3 矿区生态环境污染分析

矿区存在着严重的环境污染与生态损害,在地下开采矿区,采矿导致地面塌陷,在一些矿区还可能形成地面积水区,同时由于矿山生产污染、矸石山等的影 响,使得矿区土地污染、土壤侵蚀、水环境污染、固体废弃物(矸石山)堆积等问题都相当严重;在露天开采矿区,由于表土层的剥离、运输和堆积,导致区域土地生态系统紊乱、植被损害、土壤侵蚀、水土流失等问题非常严重。如何定量反演污染状态参数、合理评价矿山污染并分析其时空变化规律,高光谱遥感信息无疑是最有效的信息源。特别是目前高光谱遥感在水污染评价、水土流失评价、固体废弃物监测等方面都已得到一定应用,可为其煤矿区生态环境治理研究提供有力的借鉴。

### 2.4 地面理化参数反演

当前对煤矿区土地利用的研究,目前主要是从

空间分布、陆面覆被、典型问题等展开,而进一步的研究则必然需要将陆面演变、陆面参数与陆面生态过程、气候过程等相结合,以分析土地利用、土地覆盖变化对区域生态系统、微气候系统等的影 响,拓展研究的深度和广度。在这一过程中,如何反演有关物理和化学参数是一个重要问题,而反演生物、物理与化学参数则是高光谱遥感较为成熟的应用领域之一,特别是基于统计回归建立陆面参数与光谱信号之间的转换模型,具有广泛的应用前景。

## 2.5 矿区土地损害分析与恢复评价

作为人地交互和人类活动最为剧烈的界面,矿区土地生态系统集中承载着区域复杂的人类活动、资源开采、环境变化、区域发展过程,土地生态系统演变是矿区资源环境变化的集中反映。充分应用高光谱遥感信息在对土地覆盖类型、土壤理化特性、土地利用变化等方面提供的信息,可以对矿区土地损害、退化、污染进行动态分析,并对土地恢复治理效果进行评价,是煤矿区高光谱遥感应用的重要方向。

## 2.6 工矿城市环境分析与制图

遥感制图是遥感应用的重要方向。高光谱遥感信息处理方法与遥感制图工具相结合,可以生成针对不同需要的专题地图,如矿业城市生态环境专题图、城市生态环境质量图等,随着高光谱遥感在城市应用的深入,基于高光谱遥感的工矿城市生态环境分析、遥感制图等方面的应用工作也将得到进一步发展。

# 3 高光谱遥感应用中的关键问题

尽管高光谱遥感有其突出优势,在煤矿区具有广泛的应用潜力,但相关应用研究目前仍处在探索和发展之中,实际案例还比较少,还有许多问题待解决。这里对主要的问题进行探讨。

## 3.1 高光谱遥感数据获取

当前推进高光谱遥感应用面临的首要问题是数据源,目前的应用仍以航空高光谱遥感信息源为主,如国外的 AVIRIS 和国内的 OMIS, PHI 等,而卫星高光谱遥感信息源还比较少。对于典型区域的研究来看,航空获取高光谱数据成本较高。因此针对煤矿区研究的需求,如何获取高光谱遥感数据是一个重要的必须解决的问题,这首先有赖于卫星高光谱遥感信息源的提供。由于我国计划发射的环境与灾害

小卫星中有专门的高光谱遥感传感器,因此这一问题有望得到解决。另一方面,当前可侧重采用地物光谱仪进行地物光谱测试与分析方面的研究工作,建立光谱数据库,研究有关算法等,为今后的应用奠定基础。

## 3.2 煤矿区典型地物与现象的诊断特征

将高光谱遥感应用于煤矿区资源环境研究,首先应针对研究对象的特点,对其遥感信息机理和特征进行分析,以地面实测光谱曲线为基础,研究其高光谱遥感诊断与识别特征。如何获取矿区典型地物或过程的光谱曲线,并对相应光谱曲线进行统计分析以提取诊断特征是当前研究的主要内容。

## 3.3 矿山高光谱遥感应用的定量遥感模型

参数反演是高光谱遥感矿区应用的重要方向之一。在建立各种诊断特征的基础上,不仅要能够定性予以识别和判断,而且要能够定量地反演相关的参数。目前遥感参数反演的主要方法是获取地物光谱曲线与待反演参数的实测值,通过统计分析、回归、拟合等途径建立光谱特征与待反演特征之间的关联模型,从而实现参数的反演。在这些统计模型的基础上,是否有可能结合当前定量遥感领域的研究,建立一些适合矿区应用的定量遥感模型,是一个需要进一步研究的问题。

## 3.4 高光谱遥感信息处理方法

将高光谱遥感信息应用于煤矿区时,常规高光谱遥感信息处理方法无疑可以得到有效应用。同时,还需要针对矿区应用的特点,开展一些特色项目的信息处理方法研究:一方面是已有算法的试验与分析,如通过导数光谱分析试图发现最有效的导数运算,通过对各种光谱特征指标的分析选择最有效的指标,对各种分类算法进行比较选择最有效的分类算法,通过不同降维方法选择对矿区最有效的波段组合、独立成分分析的应用、正交子空间投影的应用等;另一方面要结合当前高光谱遥感信息处理发展的前沿,研究和探索一些新算法的应用,以矿区为研究试验区域,发展一些新的信息处理方法,并开发相应的专业应用模块(图2)。

## 3.5 典型应用与精度分析评价

随着遥感信息应用深度和广度的发展,遥感技术应用已从最初的是否能用,发展到应用效果如何阶段,即如何评价遥感应用的精度、如何提高遥感应

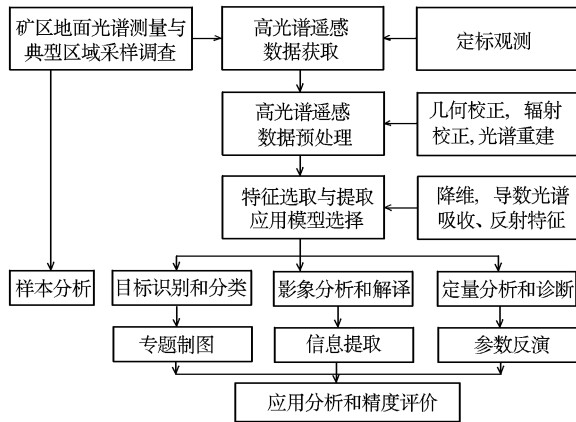


图2 煤矿区高光谱遥感应用的信息处理流程与主要信息处理模块

用的精度,开展煤矿区高光谱遥感应用研究时,需要对应用精度、效果进行全面分析评价。

## 4 结论与展望

作为21世纪最具发展前景的遥感技术,高光谱遥感因其在精细光谱分辨率,光谱—图像一体化表达等方面具有明显的优越性,在农业、资源、环境、生态、地质、海洋等不同领域得到了广泛应用。煤矿区作为一种不同背景、不同要素相互作用形成的复杂区域,面临着严重的生态环境问题和资源集约利用需求,高光谱遥感则有望在这一方面发挥重要作用,

具有广泛的应用潜力。随着矿山企业对遥感技术重视程度的增加、数字矿山和矿山信息化的推进以及高光谱遥感信息获取技术发展和获取成本的降低,高光谱遥感必将在煤矿区资源集约利用、生态环境保护、区域持续发展等方面发展重要作用。

## 参考文献:

- [1] 张良培,张德福. 高光谱遥感[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2005.
- [2] 杜培军,陈云浩. 遥感科学与进展[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 2007.
- [3] 童庆禧,张兵,郑兰芬. 高光谱遥感原理、技术与应用[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [4] 浦瑞良,宫鹏. 高光谱遥感及其应用[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [5] 钱乐祥,泮学芹,赵芊. 中国高光谱成像遥感应用研究进展[J]. 国土资源遥感, 2004, (2): 1-6.
- [6] 甘甫平,王润生. 遥感岩矿信息提取基础与技术方法研究[M]. 北京:地质出版社, 2004.
- [7] 李海涛,张继贤,王静. 成像光谱技术及其在土地动态监测中的应用[J]. 中国土地科学, 2002, 16(3): 36-40.
- [8] 马毅,张杰. 中国海洋航空高光谱遥感应用研究进展[J]. 海洋科学进展, 2002, 20(4): 94-98.
- [9] 尹德涛,南忠仁,金成洙. 矿区生态研究的现状及发展趋势[J]. 地理科学, 2004, 24(2): 38-44.
- [10] 张国良,卞正富. 矿区环境与土地复垦[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 1997.

# Study on Application of Hyperspectral Remote - Sensing Technology in Coal Mining Areas

ZHENG Hui

(Yanzhou Coal Industry Limited Corporation, Shandong Zoucheng 273500, China)

**Abstract:** Hyperspectral remote sensing technology in the coal mining area has a wide range of application potentiality. On the basis of summarizing present condition and development of hyperspectral remote sensing technology, combining with resource environmental characteristics, data acquisition, prior knowledge and establishment of spectral model and quantitative model, information processing methods and evaluation of the accuracy are analyzed in this paper. It will provide technical and method support for application of resources utilization, environment protection and regional sustainable development by using hyperspectral remote sensing system in coal mining areas.

**Key words:** Hyperspectral remote - sensing; coal mining area; quantitative inversion; remote - sensing classification