

# 露天矿区植被受损监测与评估研究进展

张光胜, 李长春

河南理工大学测绘国土与信息工程学院, 焦作 454003

**摘要** 加强露天矿区植被受损监测与评估, 可为矿区环境恢复和治理提供信息支撑。为总结露天矿区植被受损监测与评估的研究方法, 将国内的相关研究分为基于遥感技术提取地表覆盖信息和分析受损植被的光谱特征、提取植被生理生化参数对矿区植被进行监测2个阶段; 将国外的相关研究分为从受损植被的微观、宏观、受损植被的光谱特征和计算植被指数入手进行矿区植被监测3个阶段。在总结国内外研究方法的基础上, 对矿区植被监测研究方面存在的问题、未来研究的工作思路进行了归纳和展望。

**关键词** 露天矿区; 植被受损; 环境监测

**中图分类号** P901

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.15.012

## Monitoring and Assessment of the Damaged Vegetation in the Opencast Mine Area

ZHANG Guangsheng, LI Changchun

School of Surveying & Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China

**Abstract** An information support can be provided for the mine environmental recovery and management by monitoring and evaluation of the opencast mine area vegetation damage. This paper reviews the methodologies concerning the vegetation damage monitoring and evaluation in opencast mine area. The studies in China cover two main aspects: the surface coverage information extraction based on the remote sensing technology and the analysis of damaged vegetation spectral characteristics, focusing on vegetation physiological and biochemical parameters for monitoring the mining area of vegetation; the studies abroad include three aspects: the mining area vegetation monitoring for microscopic and macroscopic vegetation damages, the spectral characteristics and the calculation of the vegetation damaged vegetation index. The future work on the problems of mining area and vegetation monitoring is discussed.

**Keywords** opencast mine area; vegetation damage; environmental monitoring

煤炭作为中国的主要消耗能源, 在国民经济发展中起着举足轻重的作用。而且, 随着中国经济的快速发展, 对煤炭的需求也日益增加, 煤矿企业得到迅速发展壮大。同时, 煤炭开采引发一系列生态环境问题, 并且已经成为制约矿区可持续发展乃至区域生态安全的重大隐患。与井工开采相比, 露天煤矿开采具有生产效率高和生产成本低的特点, 为中国

的经济发展作出了不可磨灭的贡献。然而, 露天煤矿开采对区域生态环境的改变更大, 破坏更严重。露天煤矿的矿场建设、表土和岩层的剥离以及废弃土石的堆放等都会造成植被的破坏, 减少矿区的植被覆盖度。植被的破坏和植被覆盖度的减少直接破坏了矿区及其临近地区的其他生物生存条件, 导致生物量减少, 生态系统结构受损, 功能及稳定性下降。

收稿日期: 2013-11-18; 修回日期: 2014-04-21

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAJ23B04-2); 河南省基础与前沿技术研究计划项目(112300410282); 河南理工大学博士基金项目(B2012-025)

作者简介: 张光胜, 副教授, 研究方向为摄影测量与遥感, 电子信箱: yzb@hpu.edu.cn; 李长春(通信作者), 副教授, 研究方向为遥感与图像处理, 电子信箱: lichangchun610@126.com

引用格式: 张光胜, 李长春. 露天矿区植被受损监测与评估研究进展[J]. 科技导报, 2014, 32(15): 80-83.

而且地面植被覆盖度的急剧降低,导致地表径流和地表的粗糙度减少和改变,直接加剧水土流失和土地沙化、干化。特别是中国的大型露天煤矿多数处于干旱、半干旱的生态脆弱区,露天煤矿的开采直接破坏了土地资源,导致植被减少,植被减少又会加剧水土流失、土壤沙化,进而又带来其他的环境问题,形成恶性循环。

露天煤矿大规模开采引发的一些生态与环境问题,严重影响区域经济的可持续发展。因此,在大力发展煤炭生产的同时如何加强环境监测和治理一直是煤炭企业发展规划中不可或缺的一个重要内容。加强露天煤矿开采区环境监测与评估,可以为矿区环境恢复和治理提供信息支撑,对于促进矿区经济和环境协调发展具有重要意义。本文综述国内外矿区植被受损监测的研究方法和进展。

## 1 矿区植被受损监测的研究方法

### 1.1 国内研究方法进展

国内对于露天矿区植被受损监测和评估方面的研究分为两个阶段。

第一阶段为利用遥感技术,通过提取地表覆盖信息,对矿区植被进行监测。基于遥感的矿区植被监测主要应用于大面积的宏观生态环境监测和评价。吴炳方等<sup>[1]</sup>选择具有代表性的5个露天矿区,利用RS(remote sensing)和GIS(geographic information system)相结合的方法,对生态脆弱区1997—2002年间生态环境进行动态监测。侯湖平等<sup>[2]</sup>利用RS和GIS分析方法以及生态景观指标分析方法,对矿区景观格局和生态环境质量进行监测和分析。魏信等<sup>[3]</sup>利用生态环境状况指数对研究区生态环境进行监测与评价。毕如田等<sup>[4]</sup>利用Landsat TM数据,通过对地物光谱特征进行深入分析,设计了不同地物特征提取模型,提取了区域植被高覆盖区、低覆盖区、剥离堆垫区、采煤运煤区及边坡区等不同地物信息,为露天矿区生态环境动态监测和科学管理提供了准确的数据支持。李琳等<sup>[5]</sup>以平朔露天煤矿区为例,采用3个时相的TM数据,提取不同时相的矿区植被覆盖度信息并进行分析,结果表明,在矿区近20年的采矿活动和土地复垦过程中,矿区植被覆盖度变化非常剧烈。胡振琪等<sup>[6]</sup>基于多时相TM数据,利用决策树和BP神经网络相结合的方法,对霍林河矿区1987—2003年间草地沙化信息进行提取,分析了该地区煤炭开发对周围草地沙化的影响。陈华丽等<sup>[7]</sup>采用多时相Landsat遥感影像数据,基于决策树方法对影像进行分类,定量分析了矿区生态环境的动态变化情况。王广军等<sup>[8]</sup>以霍林河露天煤矿区为例,利用决策树和BP神经网络方法,提取区域草地荒漠化信息,并对研究区16年来的荒漠化情况进行分析。

第二阶段为利用高光谱技术,通过分析受损植被的光谱特征和提取植被生理生化参数,对煤矿开采区植被受损程度进行监测和评估。迟光宇等<sup>[9]</sup>研究了利用植物光谱效应进行环境污染监测的原理,阐述了受污染植物光谱信息的提取方

法,论述了植物光谱效应在植被污染遥感监测中的应用情况,提出今后高光谱遥感在植被受损监测方面需要进一步解决的问题。刘圣伟等<sup>[10]</sup>通过计算受损植被光谱的最大吸收深度,分析植被受损程度。杨可明等<sup>[11]</sup>分析了植被指数、“红边”光学参数以及导数光谱技术在植被监测中的应用原理。卢霞等<sup>[12,13]</sup>基于高光谱遥感数据,应用指数法、回归统计法和基于光谱位置变量方法,提取植被光谱的“红边”位置,估算矿区植被生物量和叶绿素浓度,并分析植被的重金属胁迫进行。

### 1.2 国外研究方法进展

国外在露天矿区植被受损监测和评估方面的研究可分为3个阶段。

第一阶段重点从受损植被的微观方面,主要针对植被受周围粉尘的影响,在实验室进行植被生理变化研究。George<sup>[14]</sup>采用多时相和多分辨率遥感影像,从光谱角度表征粉尘对植物影响的光谱曲线,从而确定粉尘对植被的影响。Brandt<sup>[15,16]</sup>通过研究粉尘类型和降尘速率对不同物种的影响,发现粉尘类型和降尘速率阻碍槭树的生长,而对鹅掌楸属的生长却有促进作用。Hirano等<sup>[17]</sup>研究了煤尘对叶片气孔和叶片生理的影响,结果显示,煤尘在有光的条件下堵塞气孔,而在较暗的条件下不堵塞气孔,而且煤尘的粒径越小,堵塞效果越明显。Nanos等<sup>[18]</sup>研究了惰性粉尘对橄榄生化参数的影响,结果显示,粉尘会导致植被叶片的干物质含量增加,叶绿素含量减少,而且粉尘会造成光合速率和量子产率减少,使植被的叶片蒸腾速率减小,叶面内部CO<sub>2</sub>浓度保持不变,叶面温度增加。Naidoo等<sup>[19]</sup>研究后发现煤尘显著减少了植被的CO<sub>2</sub>交换和光合效率。

第二阶段主要是从宏观方面,利用遥感技术对矿区植被的受损状况进行监测和评估。Rasim等<sup>[20]</sup>利用两景不同时相的Landsat遥感影像对矿区植被受损状况进行分类,分析分类后植被的变化情况,采用该方法对加拿大埃德蒙顿北部某矿区的植被变化情况和受损状况进行评定,结果显示,2001年该矿区的自然植被覆盖面积比1992年减少了8.64%;同时采用1990—2002年的多时相NOAA-AVHRR遥感影像,计算归一化差异植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)、气温和太阳总辐射等关键资源指标,结果显示随着矿业开发强度增大,区域内的植被覆盖度出现了小幅下降趋势。Erener等<sup>[21]</sup>利用多时相TM影像,基于遥感技术对矿区生态环境进行动态监测,通过计算简化比值植被指数、简单比值植被指数、NDVI等对矿区植被状况进行监测,定量分析了矿区生态环境的动态变化情况。

第三阶段是利用高光谱遥感技术,通过研究受损植被的光谱特征和植被指数,研究煤矿开采对植被的影响。Peterson等<sup>[22]</sup>基于航空成像光谱仪,利用多元逐步线性回归方法,对森林冠层中氮和木质素含量进行监测,并对森林生产力 and 营养成分转化进行预测。Holer等<sup>[23]</sup>通过分析受损植被的光谱特征,发现受损叶簇的红边位置比正常植被叶子向短波方向偏

移 5 nm, 即所谓的蓝移, 并且发现蓝移与重金属含量偏高有关, 这种在光谱上表现出的细微变化, 可以作为监测植被状况的指标。Wolfgang 等<sup>[24]</sup>利用高光谱数据计算植被的红边位置, 通过提取反射特征以及采用植被光谱曲线导数分析技术, 分析露天煤矿区因采煤活动引起的植被受损状况。Kenneth<sup>[25]</sup>利用多光谱和高光谱数据, 通过计算干旱地区稀疏植被的宽波段和窄波段 NDVI 值, 监测该区域的植被覆盖度, 结果表明, 利用多光谱和高光谱数据组成的线性混合模型, NDVI 的估算精度大大提高, 同时说明了高光谱数据结合其他遥感数据监测稀疏植被覆盖度的可行性。

## 2 露天矿区植被受损监测与评估方面存在的问题

国内外学者在露天矿区植被受损监测与评估方面开展了大量的研究工作, 并且取得了丰硕的研究成果。但目前该领域的研究还存在一些问题。

1) 目前研究仅局限于对植被受损程度的监测, 没有进一步探究植被受损的具体原因和分析植被受损的影响因子, 导致难以准确把握植被受损过程中不同外界因素对植被受损的作用程度, 以及无法准确制定合理高效的治理和保护策略。

2) 现有研究大多只是把环境遥感中的方法简单应用于露天矿区, 没有顾及矿区地物的特点和光谱特征, 没有针对矿区的植被生长状况采用合理的植被信息提取模型。而且到目前为止, 针对干旱荒漠区露天煤矿开采对生态环境的影响方面的研究还很少。

## 3 展望

以干旱荒漠区的露天煤矿开采区为研究区域, 研究利用遥感数据, 针对干旱荒漠区露天煤矿开采区域植被信息提取方法, 基于 GIS 空间分析、相关性分析和统计分析等方法, 开展干旱荒漠区露天煤矿开采对植被的扰动监测研究, 评估植被的受损程度, 并深入探究植被受损的原因, 可为露天煤矿开采过程的环境监测和管理提供科学依据, 也可为干旱荒漠区稀疏植被受损监测与评估提供借鉴。

1) 利用遥感图像提取植被覆盖度的算法研究。研究常用的基于遥感图像的植被覆盖度提取算法。针对干旱区植被稀疏的特点, 重点研究干旱区植被覆盖度提取算法。

2) 基于 RS 和 GIS 的植被受损评估与分析。利用遥感图像提取研究区多年的植被覆盖度, 结合 GIS 技术, 分别分析不同等级植被覆盖度空间变化特征、覆盖面积变化趋势、覆盖面积随时间变化趋势, 区域植被覆盖度随时间变化趋势和不同区域植被覆盖度变化趋势等; 对不同等级植被受损面积、受损程度和受损速度进行评估和分析; 同时分析植被受损因子和受损原因。

## 4 结论

基于露天矿区的遥感数据和地面实测数据, 利用 RS 和

GIS 技术, 可对露天矿区的植被覆盖度变化与植被受损进行评估和分析。植被的受损评估包括微观和宏观两个方面, 仅仅从植被覆盖度的时间和空间的动态变化特征入手, 对区域的植被覆盖度变化与植被受损进行评估与分析, 显然还不够完备。为了更深入认识植被受损过程, 今后需要在露天矿区设立长期野外观测站, 针对不同类型的植被进行模拟试验与研究, 对植被受损的生理变化过程进行观测, 从微观机理方面对植被受损过程和程度进行研究。

## 参考文献 (References)

- [1] 吴炳方, 李苗苗, 颜长珍, 等. 生态环境典型治理区 5 年期遥感动态监测[J]. 遥感学报, 2005, 9(1): 32-38.  
Wu Bingfang, Li Miaomiao, Yan Changzhen, et al. Environment monitoring over 1997—2002 with remote sensing in 5 national environmental project sites[J]. Journal of Remote Sensing, 2005, 9(1): 32-38.
- [2] 侯湖平, 张绍良, 闫艳, 等. 基于 RS、GIS 的矿区生态景观修复研究—以徐州市城北煤矿区为例[J]. 中国土地科学, 2009, 23(8): 62-67.  
Hou Huping, Zhang Shaoliang, Yan Yan, et al. Study on ecological landscape restoration in mining areas based on RS and GIS: A case of Xuzhou northern coal mining area[J]. China Land Science, 2009, 23(8): 62-67.
- [3] 魏信, 乔玉良, 王鹏. 自然生态环境遥感动态监测与 GIS 分析评价—以山西/煤田之乡的乡宁矿区为例[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(6): 111-118.  
Wei Xin, Qiao Yuliang, Wang Peng. Dynamic monitoring of ecological environment based on remote sensing and GIS: Taking Xiangning County Shanxi Province as an example[J]. Journal of Geoinformation Science, 2009, 11(6): 111-118.
- [4] 毕如田, 白中科. 基于遥感影像的露天煤矿区土地特征信息及分类研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 77-82.  
Bi Rutian, Bai Zhongke. Land characteristic information and classification in opencast coal mine based on remote sensing images[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(2): 77-82.
- [5] 李琳, 袁春, 周伟, 等. 平朔露天矿区土地利用/覆盖变化分析[J]. 资源与产业, 2007, 9(3): 5-9.  
Li Lin, Yuan Chun, Zhou Wei, et al. Analysis on land using/covering change in pingshuo coal openpit mine[J]. Resources and Industries, 2007, 9(3): 5-9.
- [6] 胡振琪, 杨玲, 王广军, 等. 草原露天矿区草地沙化的遥感分析——以霍林河矿区为例[J]. 中国矿业大学学报, 2005, 34(1): 6-10.  
Hu Zhenqi, Yang Ling, Wang Guangjun, et al. Research on desertification of grassland in prairie coalmine based on remote sensing data: Case study of Huolinhe coalmine[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2005, 34(1): 6-10.
- [7] 陈华丽, 陈刚, 李敬兰, 等. 湖北大冶矿区生态环境动态遥感监测[J]. 资源科学, 2004, 26(5): 133-137.  
Chen Huali, Chen Gang, Li Jinglan, et al. RS based ecological environmental dynamic monitoring in mining area[J]. Resources Science, 2004, 26(5): 133-137.
- [8] 王广军, 付梅臣, 张继超. 草原露天矿区草地荒漠化遥感分析与治理对策——以霍林河露天煤矿区为例[J]. 中国矿业大学学报, 2007, 36(1): 42-48.  
Wang Guangjun, Fu Meichen, Zhang Jichao. Analysis of grassland

- desertification in open cast coal mines based on remote sensing and its countermeasures: An example from Huolinhe open cast coal mine[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2007, 36(1): 42-48.
- [9] 迟光宇, 刘新会, 刘素红, 等. 环境污染监测中的植物光谱效应研究[J]. 环境科学与技术, 2005, 28(S1): 16-19.  
Chi Guangyu, Liu Xinhui, Liu Suhong, et al. Spectral characteristics of vegetation in environment pollution monitoring[J]. Environmental Science and Technology, 2004(1): 6-10.
- [10] 刘圣伟, 甘甫平, 王润生. 用卫星高光谱数据提取德兴铜矿区植被污染信息[J]. 国土资源遥感, 2004(1): 6-10.  
Liu Shenwei, Gan Puping, Wang Runsheng. The application of hyperion data to extracting contamination information of vegetation in the dexing copper mine Jiangxi Province China[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2004(1): 6-10.
- [11] 杨可明, 郭达志, 陈云浩. 高光谱植被遥感数据光谱特征分析[J]. 计算机工程与应用, 2006(31): 213-215.  
Guo Keming, Guo Dazhi, Chen Yunhao. Analysis of vegetation spectral features based on hyperspectral imaging data[J]. Computer Engineering and Application, 2006(31): 213-215.
- [12] 卢霞, 刘少峰, 郑礼全. 矿区植被重金属胁迫高光谱分辨率数据分析[J]. 测绘科学, 2007, 32(2): 111-113.  
Lu Xia, Liu Shaofeng, Zheng Liqun. High spectral resolution data applied to identify plant stress response to heavy metal in mine site[J]. Science of Surveying and Mapping, 2007, 32(2): 111-113.
- [13] 卢霞. 矿区植被物化参数高光谱遥感估算研究[J]. 地理与地理信息科学, 2010(5): 37-40.  
Lu Xia. Quantitative estimation of biophysical and biochemical parameters under damaged ecological environment in mining area[J]. Geography and Geoinformation Science, 2010(5): 37-40.
- [14] Nanos G D, Ilias I F. Effects of inert dust on olive (*Olea europaea* L.) leaf physiological parameters[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2007, 14(3): 212-214.
- [15] Brandt C J, Rhoades R W. Effects of limestone dust accumulation on composition of a forest community[J]. Environmental Pollution, 1972, 3(3): 217-225.
- [16] Brandt C J, Rhoades R W. Effects of limestone dust accumulation on lateral growth of forest trees[J]. Environmental Pollution, 1973, 4(3): 207-213.
- [17] Hirano T, Kiyota M, Aiga I. Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants[J]. Environmental Pollution, 1995, 89(3): 255-261.
- [18] Nanos G D, Ilias I F. Effects of inert dust on olive (*Olea europaea* L.) leaf physiological parameters[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2007, 14(3): 212-214.
- [19] Naidoo G, Naidoo Y. Coal dust pollution effects on wetland tree species in richards bay, South Africa[J]. Wetlands Ecology and Management, 2005, 13(5): 509-515.
- [20] Rasim L, Fytas K, Chen J, et al. Remote sensing of vegetation health for reclaimed areas of seytomer opencast coal mine Assessing land coverchange resulting from large surface mining development[J]. Applied Earth Observation and Geoinformation, 2005(1): 193-199.
- [21] Erenner A. Remote sensing of vegetation health for reclaimed areas of seytomer opencast coal mine[J]. International Journal of Coal Geology, 2010, 28(1): 20-26.
- [22] Peterson D L, Aber J D, Matson P A, et al. Remote sensing of forest canopy and leaf biochemical content[J]. Remote Sens Environ, 1988, 24(1): 85-108.
- [23] Horler D H N, Dockray M, Barber J. The red edge of plant leaf reflectance[J]. International Journal of Remote Sensing, 1983, 4(2): 273-288.
- [24] Wolfgang B, Rosangela S, Edgar P, et al. Advanced imaging techniques for study of plant growth in coal mining area[J]. Trends in Plant Science, 2013, 3: 13-18.
- [25] Kenneth M. Hyperspectral mixture modeling for quantifying sparse vegetation cover in arid environments[J]. Remote Sensing of Environment, 2000, 72: 360-374.

(责任编辑 王媛媛)

## ·学术动态·



中国科学技术协会

## 第12届全国博士生学术年会在昆明开幕

2014年5月23日,第12届全国博士生学术年会在昆明隆重开幕。中国科协副主席、书记处书记陈章良,云南省人民政府副省长高峰,中国科协荣誉委员、中国科学院院士杨乐,中国科学院院士高松、张肇西、武向平、薛其坤、丁奎岭等出席开幕式暨大会特邀报告会。中国科协常委会青年工作专门委员会部分委员,年会特邀的学科领域专家,以及来自全国高校和科研院所、云南省高校的近700名博士生代表参加开幕式暨大会特邀报告会。中国科协副主席、中国科协常委会青年工作专门委员会副主任冯长根主持开幕式暨大会特邀报告会。

本届全国博士生由中国科协常委会青年工作专门委员会、中国科协组织人事部主办,云南省科协、中国科协学会服务中心承办,中国物理学会、中国化学会、中国生物物理学会、中国计算机学会、云南大学协办,历时3天,与会博士生围绕科技前沿问题和云南省主导产业发展需要,分物理学、化学与化工、现代生物技术、计算机科学与技术等4个专题开展学术交流。

全国博士生学术年会是面向高年级在读博士生的高层次学术会议,2002年由科协常委会青年工作专门委员会倡议设立,每年举办1次,之前已先后在深圳、苏州、乌鲁木齐、西安、长春、重庆、绍兴、呼和浩特、长沙、济南、成都举办了11届,共2300余名博士生参加学术交流,230多位院士、专家到会点评指导,举办了6场人才推介会。此次博士生学术年会是博士生学术年会举办以来首次列作中国科协年会专项活动。博士生学术年会的成功举办,为提升博士生的科研和创新创业能力,深化学科交叉融合,拓宽就业创业渠道,促进青年科技人才成长,提供了有效平台,发挥了积极作用。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35096/n10225918/15659166.html>。