

植物光谱效应在尾矿生态恢复评价中的应用

李娜¹, 杨锋杰¹, 吕建升²

(1. 山东科技大学地球信息科学与工程学院, 青岛 266510; 2. 同济大学土木工程学院, 上海 200433)

摘要: 利用遥感数据计算植被指数, 反演出叶绿素含量和物种数量, 可以作为受污染地区生态恢复效果的评价指标, 但是传统的宽波段遥感数据由于受非植被信息的影响, 计算出的植被指数精度不高。本文采用高光谱遥感数据计算植被指数, 进而反演叶绿素含量和物种数量, 对云南个旧锡矿尾矿的生态恢复效果进行评价。与传统方法相比, 高光谱数据能去除干扰信息的影响, 提高计算精度。

关键词: 光谱效应; 生态恢复; 高光谱遥感; 植被指数

中图分类号: TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2007)02-0075-03

0 引言

作为矿山污染控制的一个重要手段, 生态恢复不仅是国际生态环境研究领域的热点问题, 也是我国当前生态环境保护所面临的紧迫任务。植物恢复是生态恢复中最常用的一种方法, 即利用植物的富集和运移能力来去除土壤中的重金属^[1]。植物恢复的效果可以用生物量来评价, 而生物量又可以由植被指数计算出。高光谱遥感为植被指数的计算提供了一种新的途径^[2]。传统的多光谱植被遥感采用遥感数据(如 TM)衍生出各种植被指数, 精度不高, 原因是宽波段遥感数据中混有相当比例的非植物光谱(如土壤背景等), 致使生物量与植被指数的关系不太紧密^[3]。而这种非植物光谱在高光谱遥感数据中通过光谱分析技术可以得到抑制, 提高了精度^[4]。刘圣伟等利用高光谱遥感数据提取德兴铜矿植被污染信息, 收到了较好的效果^[5]。本文以云南个旧锡矿尾矿区生态恢复为例, 研究了利用高光谱遥感数据评价生态恢复效果的一种方法。

1 研究区概况

个旧市位于红河哈尼族、彝族自治州的中部, 也是自治州的所在地, 地处云贵高原的南端。个旧锡矿是我国最大的以锡为主, 包含锡、铜、铅、锌的有色金属矿区。矿产资源经过多年开采, 创造了巨大的物质财富, 推动了个旧矿山城市的形成、发展和繁荣, 但同时也给矿山及周边环境带来负面影响和危害。

尾矿区污染最严重的就是土壤重金属污染, 因为这种污染是一个不可逆过程。大量的研究发现, 有些特殊的植物在生理代谢过程中能吸收富集和积累重金属, 可以利用这些植物来修复重金属污染的土壤, 此修复技术对环境扰动少, 在去除土壤重金属的同时还可以在一定程度降低污染土壤周围大气和水体中的污染物水平, 更重要的是该项技术和其它修复技术相比, 费用较低, 适合在发展中国家采用。

根据矿产资源开发对矿山环境的影响及整治示范研究成果, 选择在矿区广泛生长的青蒿和肾蕨作为恢复植物^[6]。

2 生态恢复效果评价原理

根据土壤重金属污染的危害性, 以及人们所关注的主要生态环境问题, 评价指标中着重考虑的是对地表植物的胁迫作用, 包括植物个体光合作用能力及植物种群的数量^[1]。植物体光合作用的能力可以用叶绿素的含量来衡量, 而叶绿素的含量和种群数量都可以通过植被指数来计算。

Blackburn(1998)提出用特定色素简单比值指数来估算叶绿素含量^[7], 特定色素的简单比值指数能很好地反映植被光合作用的能力以及植被种群的数量:

$$\text{叶绿素 } a = R_{800}/R_{680} \quad (1)$$

$$\text{叶绿素 } b = R_{800}/R_{635} \quad (2)$$

$$\text{叶绿素总量} = \text{叶绿素 } a + \text{叶绿素 } b \quad (3)$$

式中, R_{800} 、 R_{680} 及 R_{635} 分别表示波长为 800 nm、680 nm、635 nm 时的反射率。

可见光红波段(R)与近红外波段(NIR)的反射率比值是植被长势、丰度的度量方法之一^[8]。

$$\text{比值植被指数} = R_{\text{NIR}}/R_{\text{R}} \quad (4)$$

式中, R_{NIR} 表示 760 ~ 850 nm 范围内的反射率的平均值; R_{R} 表示 650 ~ 670 nm 范围内反射率的平均值。

通过高光谱遥感数据计算叶绿素总量和比值植被指数, 可用来估计植物的光合作用能力以及生物量, 检验采用青蒿、肾蕨两种植物进行生态恢复的效果。

3 生态恢复效果评价方法

3.1 数据采集

本次野外光谱测试所用的仪器是美国分析光谱设备公司(Analytical Spectral Device Inc.)生产的型号为 FieldSpec FR 的便携式分光辐射光谱仪。覆盖的波长范围为 0.35 ~ 2.5 μm , 波长精度 ± 1 nm, 光谱的分辨率在 350 ~ 1 000 nm 内大约为 3.5 nm, 在更长波长内为 10 ~ 12 nm。采样间隔为: 可见光到近红外 1.4 nm, 在 1 000 nm 之外为 2 nm。光谱平均次数最高为 31 800 次。RS 2 数据采集分析软件包包含数据采集和分析功能, 能在 6 s 内调整好仪器的内部参数, 包括暗电流漂移锁定及彩色/黑白屏幕选择等。野外采集的数据用 ASD ViewSpec Pro 软件进行处理。

在植被生长的旺盛期, 植物体内叶绿素含量比较稳定。本试验于 2005 年 6 月和 2006 年 7 月对研究区(卡房、促进矿、牛屎坡)的青蒿、肾蕨分别进行波谱采集。为了使数据有代表性, 在每一个区域内采集不同地点同种植物的波谱曲线。流程如图 1 所示。

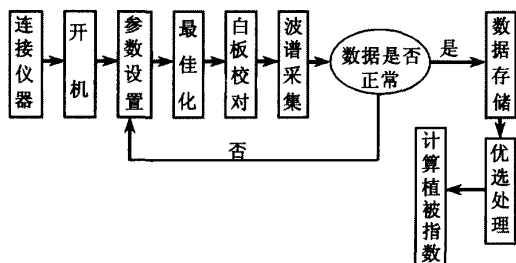


图1 野外波谱采集流程

3.2 数据处理分析

根据每个区域内在不同点采集的同种植物的波谱曲线求出平均波谱曲线, 作为本区域此种植物的波谱曲线。将卡房、促进矿及牛屎坡 3 地青蒿和肾蕨在 2005、2006 年的波谱曲线在 ASD ViewSpec Pro 中以文本格式输出, 导入 Matlab, 编写代码得到如图 1 所示的波谱曲线图。

2 ~ 4 所示的波谱曲线图。

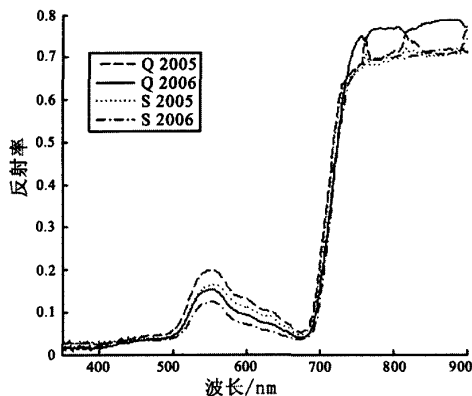


图2 卡房青蒿(Q)、肾蕨(S)波谱曲线

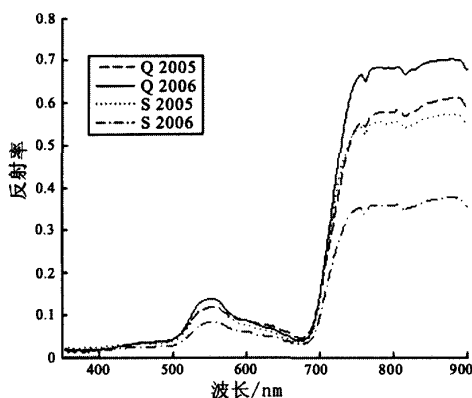


图3 促进矿青蒿(Q)、肾蕨(S)波谱曲线

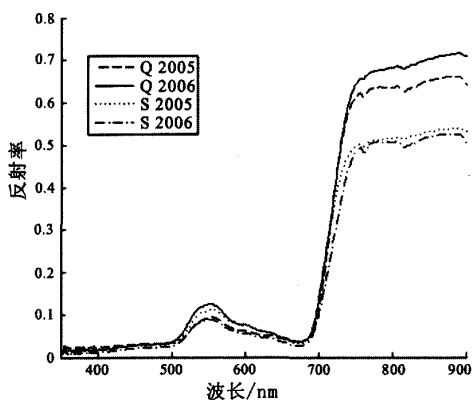


图4 牛屎坡青蒿(Q)、肾蕨(S)波谱曲线

由式(1)、(2)、(4)分别计算青蒿和肾蕨的叶绿素含量和比值植被指数, 结果见表 1、表 2。

表1 2005、2006 年 3 地青蒿叶绿素含量和比值植被指数

	2005 年			2006 年		
	卡房	促进矿	牛屎坡	卡房	促进矿	牛屎坡
叶绿素 a	12.491	12.867	17.483	17.837	17.050	17.947
叶绿素 b	7.12	8.155	11.523	10.803	10.492	11.965
比值植被指数	10.848	11.115	15.781	15.958	15.455	16.659

	2005 年			2006 年		
	卡房	促进矿	牛屎坡	卡房	促进矿	牛屎坡
叶绿素 a	13.132	11.867	16.308	17.475	15.333	14.333
叶绿素 b	7.909	7.739	12.471	12.709	9.517	8.897
比值植被指数	12.052	10.788	15.900	17.500	14.500	13.231

3.3 生态恢复评价

计算结果显示,从 2005 年到 2006 年,卡房、促进矿及牛屎坡 3 个地区青蒿体内叶绿素含量明显增加,比值植被指数增大;肾蕨体内的叶绿素含量和比值植被指数在卡房和促进矿增加,在牛屎坡地区减小。说明研究区内青蒿长势较好,生态恢复比较成功;肾蕨在卡房、促进矿长势较好,生态恢复效果明显,而在牛屎坡却不尽如人意。

4 结论

特定色素简单比值指数和比值植被指数能很好地反映植被光合作用的能力以及植被种群的数量,进而能反映生态恢复的程度。传统的多光谱遥感数据混有非植被波谱,因此衍生出的指数精度不高,高光谱遥感数据能克服这个缺点,计算出的指数能达到较高的精度。

本文利用高光谱遥感数据计算分析了个旧锡矿

区内两种主要植被的生长情况,对尾矿生态恢复的效果进行了评价。结果表明,青蒿是合适的恢复植物,在整个矿区内生长茂密,生态恢复效果显著;肾蕨在大部分地区生长较好,但是在牛屎坡却长势不佳,在以后的研究中应采取其它手段或者选择新的植被进行生态恢复。

参考文献

[1] 周启星,宋玉芳,等. 污染土壤修复原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2004.

[2] 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.

[3] 方秀琴,张万昌,刘三超. 黑河流域叶面积指数的遥感估算[J]. 国土资源遥感,2004,(1):27-31.

[4] 浦瑞良,宫 鹏,等. 高光谱遥感及其应用[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

[5] 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.

[6] 王 洁. 个旧矿区环境污染遥感调查及生态恢复研究[D]. 青岛:山东科技大学,2006.

[7] Blackburn G A. Quantifying Chlorophylls and Carotenoids at Leaf and Canopy Scales: an Evaluation of Some Hyperspectral Approaches[J]. Remote Sens. Environ., 1998,66:273-285.

[8] 赵英时,等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.

THE APPLICATION OF PLANT SPECTRAL EFFECTS TO THE ESTIMATION OF MINE TAILING ECOLOGICAL RESTORATION

LI Na¹, YANG Feng-jie¹, Lü Jian-sheng²

(1. College of Geo-info Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China; 2. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The chlorophyll and the amount of vegetation derived from the Vegetation Index can be used to estimate the effect of ecological restoration. The traditional remote sensing data is not precise enough due to the influence of non-vegetation information. In this paper, Vegetation Index is calculated from hyperspectral remote sensing data and is used to estimate the effect in the tailing of Gejiu tin mine. Compared with the traditional method, the hyperspectral data can improve the precision by removing the non-vegetation information.

Key words: Spectral characteristics; Ecological restoration; Hyperspectral remote sensing; Vegetation index

第一作者简介: 李 娜(1981-),女,硕士研究生,从事摄影测量与遥感方面的研究。

(责任编辑: 李 瑜)