

黄土区大型露天矿农业用地格局演变分析

张前进^{1,3}, 白中科^{2*}, 郝晋珉¹, 范锦龙⁴, 赵景逵³

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094; 2. 中国地质大学土地科学技术系, 北京 100083;

3. 山西农业大学资源环境学院, 太谷 030801; 4. 国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘要: 在矿区废弃地的恢复中, 格局变化的研究将对矿区生态系统的变化起着至关重要的作用。其中, 农业用地格局演变的过程及覆被类型的变化, 对矿区的生态安全、耕地保护及土地资源可持续利用具有重要的现实意义。该文以山西平朔矿区为例, 基于 GIS 平台, 在分析矿区土地动态变化的基础上, 运用景观生态学理论与方法, 对平朔矿区景观动态变化过程、特征及覆被类型的变化进行了研究, 特别对矿区农用地的变化做了重要分析, 结果表明: 大型露天矿区生态系统景观动态变化过程包括生态破坏过程的景观变化(土地挖损、土地压占、土地占用)和生态重建过程的景观变化(地貌重塑、土壤重构、植被重建); 经过 20 年的人工控制的生态重建后, 矿区土地利用空间格局由以旱地—疏林地格局演变为以林地—建设用地为主的重建生态格局; 矿区生态重建已经改变了原脆弱生态系统的生态环境, 其中农业用地增加了 50%, 但由于管理制度等原因, 复垦的农用地目前大部分尚不能转换为耕地使用。

关键词: 黄土区; 露天矿; 农业用地; 格局演变

中图分类号: TD824. 8; F301. 24

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)11-0098-06

张前进, 白中科, 郝晋珉, 等. 黄土区大型露天矿农业用地格局演变分析[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 98-103.

Zhang Qianjin, Bai Zhongke, Hao Jinmin, et al. Pattern succession analysis of agricultural land converted from large open-cast mine in loess areas[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(11): 98-103. (in Chinese with English abstract)

0 引言

纵观国内外矿区土地复垦与生态重建的研究历史, 特别是近 20 年来的研究进展, 诸多专家、学者主要从采矿学、测量学、岩土力学、水土保持学、土壤学和植物营养学、植物生理学、植物生态学、林木培育学等角度, 进行了矿区土地复垦与生态重建的基础理论、方法和技术的研究。同时结合国家环保部门、国土资源部门和水利部门的要求, 作了相关的矿区环境影响评价、矿区土地复垦规划设计和矿区水土保持规划设计等。这些研究的内容及成果, 为景观生态学在矿区土地复垦上的应用提供了基础性的数据和资料。

随着对受人为破坏污染地区的生态恢复与重建的关注, 景观生态学在矿区土地复垦和生态重建的研究与应用也日益成为研究的热点。国外在废弃矿区的生态管理、生态重建和复垦地生态系统的演替等方面进行了研究, 根据采矿迹地的不同位置、形状、自然特点等, 赋予整治过的采矿迹地不同的使用功能, 开发为新的景观功能区^[1]。加拿大生态学家 John. M. Gung 以生态学原理、系统动力学方法、生物学和生物工程技术及生态管理手段, 对 Sudbury 工业污染区进行恢复和重建研究^[2]。国内学者龙花楼、李强等专家分别对采矿迹地的景观生态规划和景观建设等方面进行了研究^[3-6]。

尽管如此, 中国对现有复垦工艺的适应性、生物复

垦对复垦区域土壤的影响过程以及复垦区域生态系统的稳定性、与邻近地区景观的协调一致性等方面均缺乏深入的研究, 尤其在大型露天矿区, 运用景观生态学原理, 以矿区原生态系统、极度退化生态系统和重建生态系统三个阶段变化为主线, 较为系统地研究矿区生态系统的动态演变过程、主要景观要素(地貌、土壤、植被)的变化特征以及农业用地格局演变的研究报道很少。

1 研究区概况与研究方法

1.1 地理位置与自然条件

平朔矿区位于山西省北部的朔州市境内, 与号称黄土高原“黑三角”的世界特大型煤田——神府东胜煤田相连, 地理坐标: E112°45'58"~110°53', N39°3'45"~39°58'29", 如图 1 所示。

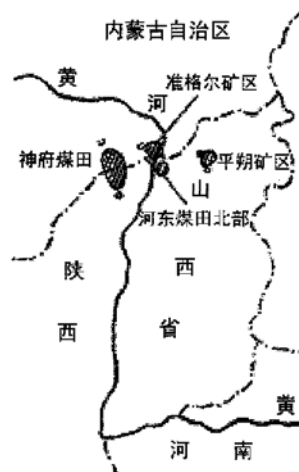


图 1 平朔矿区地理位置示意图

Fig. 1 Schematic drawing of the geographical position of Pingshuo mine

收稿日期: 2006-03-06 修订日期: 2006-05-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40071077, 40471132)

作者简介: 张前进(1969-), 男, 山西怀仁人, 副教授, 博士生, 主要从事土地利用规划、生态重建和景观生态学研究。北京 中国农业大学资源与环境学院, 100094。Email: zhangqianjin@126.com

*通讯作者: 白中科, 教授, 博士生导师, 北京 中国地质大学土地科学技术系, 100083。Email: baizk@cugb.edu.cn

平朔矿区属典型的温带半干旱大陆性季风气候区, 年平均降雨量为 428.2~449.0 mm, 降水集中分布在 7、8、9 三个月, 占全年总降水量的 75%。年蒸发量 1786.6~2598.0 mm, 超过降水量的 4 倍。矿区年平均气温 4.8~7.8℃, 极端最高温度为 37.9℃, 极端最低温度为 -32.4℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的年积温为 2200~2500℃, 日温差为 18~25℃, 年最高、最低温差可达 61.8℃。矿区年平均风速为 2.5~4.2 m/s, 最大风速 20 m/s, 阵风最大为 24 m/s, 年平均 8 级以上大风日数在 35 d 以上, 最多可达 47 d, 这是产生风蚀的外因, 风沙日数 29 d。矿区地处丘陵缓坡区, 植被类型属干草原, 土壤为栗钙土与栗褐土的过渡带。

1.2 总体布局

平朔矿区总面积 380 km², 保有地质储量 112.21 亿 t。矿区特大型露天矿 3 个, 分别是安太堡露天煤矿 (ATB 矿), 服务年限 92 年 (1985~2077 年); 安家岭露天矿 (AJL 矿), 服务年限 97 年 (1998~2095 年), 东露天矿 (D 矿), 服务年限 75 年 (2006~2080)。由中国自主设计的露、井联采工艺, 2005 年在安家岭矿实现。另外, 本区还有井矿 13 个。全区规划建设总规模为 9350 万 t/a。

综上所述, 平朔矿区是一个对环境改变反应敏感、维持自身稳定的可塑性较小的脆弱生态环境系统, 属黄土丘陵——强烈侵蚀生态脆弱系统。在如此脆弱生态区, 又进行如此大规模的露天煤炭开采, 将会导致矿区生态景观的根本性变化, 给重建新的矿区景观提出了新的难题。

1.3 研究方法

1) 采用统计分析、现场调查、室内分析和趋势外推相结合的方法, 调查各排土场破坏与复垦时间, 反映矿区的土壤质量演变过程和土地利用覆盖变化规律, 如表 1 所示。

表 1 矿区测试的主要因子及方法

Table 1 Main factors and methods for mining area testing	
主要因子	调查或测试方法
排土地貌特征	查询采矿设计书及现场查证
地貌 岩土剥离、堆垫量	查询采矿设计书及现场统计及趋势外推
海拔、坡向、坡位、坡型	查询排土场工程进展图及现场观测
植被 复垦植被群落种类、时间	访谈, 历史资料查证、年轮测定
复垦植被群落特征	常规生态学调查方法(样方调查)*
原土壤状况	查阅平鲁区土壤志
土壤厚度及有效土层厚度	野外测量
地表物质组成及质地	野外调查、甲种比重计法
非均匀沉降	野外定点观察、测量
土壤 容重	环刀法
土体构型	土壤剖面形态观测法
有机质、全氮、碱解氮、速效磷	常规土壤理化性质分析方法**

注: * 样方调查面积: 样查时, 乔木采用 10 m×10 m 样方; 灌木采用 4 m×4 m 样方; 草灌群落采用 1 m×1 m 样方。粗查时, 根据实际情况作适当调整。

** 常规土壤理化性质分析方法: 有机质采用重铬酸钾—外加热法; 全氮采用半微量开氏法; 碱解氮采用碱解扩散法; 速效磷采用 0.5N 碳酸氢钠—比色法; 速效钾采用火焰光度法。

2) 采用 Arcview 3.3 和 Mapgis 作为 GIS 平台, 其中 Mapgis 主要用于复垦规划图、土地利用现状图的图件的输入、图件编辑, 将进行矢量化好的土地复垦图和土地利用现状图转为 Arcview 3.3 进行分析的 SHP 格式; 在 Arcview 3.3 软件下, 将不同时期的土地利用情况以及矿区调查和监测资料输入相关的属性中去, 从而完成了原地貌和复垦后土地利用现状数据库, 应用 Arcview 地理信息系统的空间叠加功能, 将原地貌与复垦后的土地利用现状图叠加进行土地利用变化分析, 分析土地利用面积的变化和土地利用类型的转化方向。

2 矿区景观动态变化研究

矿区景观动态变化与矿区工程开发与设计密切相关。本矿区工程开发与设计类似于美国西部露天矿, 采用单斗挖掘机—卡车运输的采排工艺, 所用机械是目前中国露天矿中现代化程度最高的。生产过程主要由土岩剥离作业系统和毛煤作业系统构成。其中, 土岩剥离作业系统与矿区景观演变有直接关系。

土岩剥离作业系统即矿田上部松散物、黄土和岩石剥离采用单斗挖掘机, 由自卸卡车运输至排土场。其过程包括穿孔爆破、土岩剥离、土岩运输、土岩排弃等, 留在排弃平台上的部分土岩, 采用功率为 415 kW 覆带推土机排的排弃方式。对外排土场采用扇形推进, 先下部后上部, 多平台多弃点同时排弃。对内排土场采用由下向上发展, 排弃台阶全部形成后, 与采掘工作面同步推进^[7]。

在上述景观动态变化因子诱导下, 大型露天矿区景观发生了剧烈变化, 其动态变化过程包括生态破坏过程的景观动态变化和生态重建过程的景观动态变化。其中, 生态破坏过程的景观动态变化包括土地挖损过程、土地压占过程和土地占用过程; 生态重建过程包括地貌重塑过程、土壤重构过程和植被重建过程。现以安太堡矿和安家岭矿为例, 具体分析其景观变化的诱导因子和过程。

2.1 生态破坏过程的景观动态变化

2.1.1 土地挖损过程

1) 土地挖损的时空顺序

挖损时空顺序主要决定于剥采顺序。根据 AJL 矿矿田几何形状、地质条件、开采工艺和开采接续等因素, 该矿分为首采区、二采区和三采区。

开采年限: 首采区 1997~2018 年; 二采区 2019~2058 年; 三采区 2059~2093 年。挖损的时空顺序如表 2 所示。

移交生产后挖损景观空间推进轮廓: 露煤最低标高 1238 m, 露煤长度 1200 m (4# 煤顶底), 露煤宽度 9 m, 采煤工作面 2 个, 剥离工作面 12 个。

2) 土地挖损的数量、类型

根据 AJL 矿生产前 20 年排弃计划和矿区所在的平鲁县 1990 年土地利用现状图量算可知, 至 2010 年剥离岩土约 90250.9 万 m³, 其中土占 28.5%, 岩占 72.5%。挖损土地 690.0 hm², 其中旱耕地占 57.7%, 疏林地占

4.0%, 如表3所示。

表2 安家岭露天矿土地挖损的时空顺序预测

Table 2 Forecast for spatio-temporal sequence of land-excavating in Anjialing mine

年度	挖损方向	挖损推进距离/m	地表挖损宽度/m	坑底挖损宽度/m	挖损深度/m
1998~ 2001	W→E	330	1300~ 1800	90~ 1100	150~ 200
2002~ 2006	扇形转向	1720			
2007~ 2019	S→N	5330			
合计		7380			

表3 安家岭露天矿土地挖损的数量和类型

Table 3 Types and quantity of excavated lands in Anjialing mine

		1998~ 2005	1998~ 2010	1998~ 2019
地下岩土剥离 /万 m ³	岩石	32540.7	64511.8	117288.0
	黄土	16170.1	25739.1	45140.2
	合计	48710.8	90250.9	162428.2
地表土地消失 /hm ²	旱耕地	272.9	398.0	701.0
	疏林地	0	26.9	60.0
	荒草地	51.7	58.5	63.4
	其它未利用地	155.1	183.3	352.3
	居民点	16.3	23.3	23.3
	合计	496.0	690.0	1200.0

3) 土地挖损的程度

1998~ 2019年间, AJL矿共剥离岩土162428.2万m³, 挖损土地1200.0hm²。其岩土剥离速率和土地挖损速率是黄土区中小型露天矿的百余倍^[10]。

2.1.2 土地压占过程

1) 土地压占的时空顺序

根据单斗挖掘机-卡车开采剥离工艺, 卡车经矿上道路将剥离岩土运至排土场的排土台阶高处翻卸, 然后用推土机推排, 逐渐向其周围扩大, 并尽量采用扇形排弃, 先下部后上部, 多台阶多排弃点同时排弃。AJL矿剥离排弃计划外排土场主要设计参数如表4。排土场各台阶面形成年度如表5。

表4 安家岭露天矿外排土场主要参数

Table 4 Main parameters of occupied dumping site in Anjialing mine

参数名称	西排土场	东排土场	合计
占地总面积/hm ²	250	202	452
标准台阶高度/m		20	
台阶坡面角/(°)		35	
最终稳定坡面角/(°)		20	
最小工作平台宽度/m		80	
最终排弃标高/m	1430~ 1455		
排弃服务年限	1998~ 2005		
松散系数	初始 1.15, 最终 1.12		

表5 外排土场各台阶面形成年度

Table 5 Years in which platforms formed in occupied dumping site

年份	西排土场	东排土场
1999	1295, 1315	
2000	1335	
2001		1295, 1315, 1335
2002	1355, 1375, 1395, 1415	1355
2003		1375
2004		1395
2005		1415, 1435

2) 土地压占的数量、类型

AJL矿外排土场的土地压占数量及类型如表6所示。1998~ 2001年, 排土场范围内共压占土地452hm², 原地貌农田景观完全消失。其中, 压占耕地38.34%; 压占疏林地4.2%; 压占荒草地及其他未利用地57.46%。

表6 安家岭露天矿外排土场的土地压占数量和类型

Table 6 Types and quantity of occupied land in occupied dumping site in Anjialing mine

压占类型	土地压占面积/hm ²	比例/%	岩土排弃总量/万 m ³
旱耕地	173.3	38.34	
疏林地	19.0	4.20	
荒草地	108.3	57.46	16033.02
其它未利用地	151.4		
居民点	0	0	
合计	452.0	100	

3) 土地压占的程度

土地压占使原地貌景观在3~ 5年内完全丧失生产力, 同时又形成新的地貌景观, 即排土场景观。此种新形成的土地属典型的人工堆垫地貌景观, 其坡度、坡向、坡型、地表物质组成、土壤、植被等景观要素发生巨大的变化, 并产生与原地貌景观相异的特殊的问题, 如水土流失、非均一沉降、土壤严重压实、土壤贫瘠化等复合型的土壤退化问题, 如果不及时采取针对性的措施, 不仅土地生产力得不到恢复, 而且会导致滑坡、泥石流等地质灾害, 变成极度退化生态系统。

2.1.3 土地占用过程

土地占用过程中景观变化不像土地挖损、压占过程的景观变化剧烈。其时空变化特征表现为: 3~ 5年内完成采矿部、维修部、选煤场、洗煤场、储煤仓、污水处理场、供水站、供电站、排水沟、自动化装煤站、综合办公大楼等主体工程的修建; 空间上变化仅限于一般的土地平整, 部分工程设施可能需要降低地面或抬高地面, 但垂直高度变化一般不超过10m。

因此, 土地占用过程的景观变化只是由原来的农业用地变为矿山企业的工业场地, 土地资源仍然在发挥着使用价值, 这部分土地只存在着“扰动”而不存在破坏^[8]。

2.2 生态重建过程的景观动态变化

2.2.1 地貌重塑过程

由生态破坏过程中的土地利用可知, 露天开采将压占大量的原地貌, 它不仅是土地利用形式的变化, 还是形成一种新的排土场地貌景观。国外地貌重塑的要求是恢复采矿前景观^[1], 而中国是要求尽可能地恢复为农田, 所以地貌重塑的关键是提高土壤质量, 因此根据本地的自然资源条件(丰富的黄土)以及矿区的经济条件, 在地貌重塑的过程中, 应严格按照耕地和水土保持的标准重塑地貌, 从而尽量消除对植被恢复有影响的生存性限制因子, 降低后期生物复垦过程中的投资。

根据平朔矿区实际情况, 基底上铺大石块, 然后再土石混排, 形成土石混堆的基底, 加强了排弃物的紧密度, 经过安太堡矿的实践表明^[9], 在半干旱区露天矿采取这种排弃方法可行。等到排弃到标高后, 在其上面覆盖 1~ 1.5 m 厚的黄土状物质。排土场的基本结构形成。

2.2.2 土壤重构过程

排土场平台达到标高后, 平整后覆土 1~ 1.5 m, 尽量用黄土、少碾压, 此类母质厚度以可做旱地用为标准, 经测定, 此类覆土层仅有机质养分较少, 质地良好。所以在某些情况下, 复垦初期的“土壤”并不是严格意义上的土壤, 真正具有较高生产力的土壤, 是在人工措施定向培肥条件下, 重构物料与区域气候、生物、地形和时间等成土因素相互作用, 经过风化、淋溶、淀积、分解、合成、迁移、富集等基本成土过程而逐渐形成的。

2.2.3 植被重建过程中的土壤质量变化

植被重建是土壤质量的保证, 平朔矿区废弃地共试种植物 91 种, 其中草本植物 20 种, 灌木植物 15 种, 乔木植物 21 种, 作物和果树 18 种, 药用植物 17 种。由于矿区废弃地生境极差, 加之矿区所在地气候干旱无霜期短, 风蚀、水蚀并重, 致使试种植物的生长状况表现不一, 其中, 生长基本上不受限制能正常生长的有 30 种; 生长状况部分受限制尚可正常生长的有 27 种; 生长状况受较大限制的不能正常生长的有 15 种; 生长状况受极大限制不能生长的有 19 种^[10]。

根据筛选出的先锋植物种和排土场的立地类型, 分别进行了废弃地和边坡植物的草、灌、乔不同模式的配置, 经过植被重建后的土壤微环境得到改善, 土壤肥力提高。有机质增加 0.7~ 1.7 倍, 速效磷增加 2.6~ 3.4 倍, 其它养分也有不同程度的增加, 土壤质量基本达到或超过原地貌耕地的水平。如表 7 所示。

表 7 不同时期土壤养分对比

Table 7 Comparison of soil nutrients in different phases

指标	原地貌农田	新排土场	复垦 10 年
有机质/g · kg ⁻¹	7.96	1.15	13.53
全 N/g · kg ⁻¹	0.83	0.10	0.92
碱解 N/mg · kg ⁻¹	44.20	11.03	53.50
速效 K/mg · kg ⁻¹	113.20	77.00	137.03
速效 P/mg · kg ⁻¹	4.43	2.76	11.37
pH 值	8.01	8.42	7.97

3 矿区农业用地格局演变与分析

通过对平朔矿区生态破坏过程和生态重建过程的景观变化分析可知, 大型露天矿区景观格局演变与森林景观、城市景观、湿地景观等演变^[11-13]的特征迥然不同, 表现为空间快速移动性、景观要素的易变性、景观持续的阶段性。土地利用格局由原地貌以旱地—疏林地等格局演变为以林地—建设用地为主的重建生态格局, 如图 2 和图 3 所示。

土壤质量是决定土地对某种利用方式适应性的因子^[14], 是区分土地适宜性级别的诊断特征。以 ATB 矿为例分析矿区农业用地格局演变。

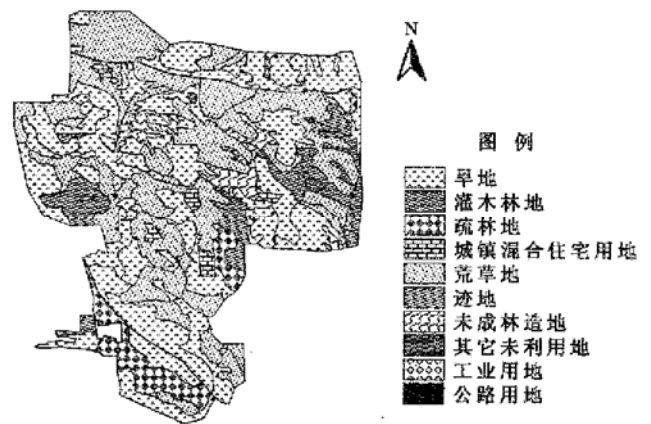


图 2 安太堡矿原地貌土地利用景观分布图(1985)
Fig. 2 Landscape distribution of original physiognomy land use in Antaibao mine(1985)

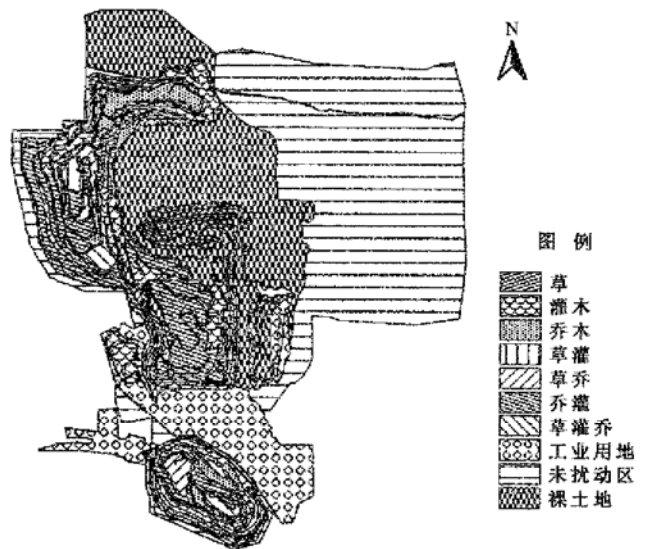


图 3 安太堡矿复垦土地植被类型景观分布图(2005)
Fig. 3 Landscape distribution of vegetation type after restoration in Antaibao mine(2005)

3.1 采矿前后农用地数量变化

1985 年旱地面积最大, 在 20 年间, 旱地面积急剧下降, 除征用未开垦地区保留着部分旱地外, 矿区上的

旱地全部消失,增加最多的是林地。说明矿区在人工开采强烈的扰动下,原地貌的旱地数量骤然下降,经过土地复垦和生态重建后,林地和牧地面积大量增加(如表8)。

但由于矿区废弃地质量较差,首先必须通过林草措施控制水土流失,经过ATB矿试验表明^[9],排土场的土地质量不仅可以作为农田使用,而且粮食作物的产量还高于原地貌。因此,前期林牧用地比例占主体;部分通过林牧改良的土地虽然可以转变成耕地,但由于社会、经济及产权等原因,目前大部分复垦土地尚不能转变成耕地。

表8 土地利用/土地覆盖结构

Table 8 Structure of land use/land cover

类 型	1985年		2005年	
	面积 /hm ²	占总面积 比例/%	面积 /hm ²	占总面积 比例/%
旱 地	1426.01	44.21	546.71	16.95
有林地	0	0	492.52	15.27
灌木林地	35.89	1.11	364.38	11.30
未成林造林地	102.85	3.18	40.38	1.25
疏林地	184.22	5.71	204.52	6.34
迹 地	234.67	7.28	146.80	4.55
荒草地	1174.88	36.42	374.51	11.61
人工草地	0	0	19.27	0.60
城镇混合住宅	47.64	1.48	0	0
公路用地	7.64	0.24	6.35	0.20
工业用地	7.66	0.24	331.25	10.27
采矿地	0	0	406.17	12.59
裸土地	0	0	413.38	12.82
其它未利用地	4.17	0.13	1.48	0.05
合 计	3225.62	100	3225.62	100

3.2 矿区复垦地土地生产力提高方法

待复垦土地存在的主要问题概括起来有:非均匀沉降;土壤侵蚀;水分亏缺;地力贫瘠等^[15]。解决这些问题的关键和核心是保持水土、调控水肥和改善生境。首先从工程复垦角度进行合理的地貌重塑和土体再造,消除对植被恢复有影响的生存性限制因子;再从生物复垦角度进行必要的水土保持和生土熟化,缓解对土地生产力提高有影响的且靠工程复垦无法解决的限制因子。

在工程复垦的基础上,通过配比不同类型岩土,发挥先锋植物穿插、切割、挤压、缠绕作用,加速岩石风化成土速度,此技术可将废弃地复垦成高于原地貌生产力的林业用地和牧业用地。将人工平衡施肥和生物加速风化有效结合起来,可使生土熟化速度和耕地恢复期由8年缩短到3~5年。

4 结 论

矿区土地利用空间格局变化是人工控制下的生态破坏和生态重建过程,经过20年的土地复垦后,由原地貌以旱地—疏林地等格局演变为以林地—建设用地为主的重建生态格局;矿区生态重建改变了原脆弱生态系统的生态环境,土壤质量和土地生产力基本达到或超过原地貌的土壤质量和土地生产力,具备了作为农业用地

的土壤基础,但由于管理制度等原因,复垦的土地目前大部分尚不能转换为耕地使用。

5 讨 论

按照国家“告补平衡”的要求,矿区土地复垦最终将大部分的废弃地复垦为可以利用的耕地,但从矿区土地覆被的情况来看,矿区复垦土地基本覆盖物都是林地和牧地,而没有实现转为耕地的目标,首先从土地质量的变化可以看出安太堡矿区复垦20年的土地基本达到或超过原地貌耕地的土壤肥力水平,而土壤质量是决定土地对某种利用方式适应性的因子,是区分土地适宜性级别的诊断特征,由此判断矿区复垦地达到耕地质量的要求,没有转化为耕地的原因不是土地复垦技术的原因。

从驱动力的角度分析来看,主要有以下几方面原因:市场不能直接指导土地利用;农产品价值价格问题;农林业的管理、经营问题;矿区复垦地的土地产权问题以及政府的监控力度不够。由于这些驱动力的不足,使矿区复垦土地不能发挥最大潜力。

因此,根据矿区景观变化情况、进行矿区重建生态系统的开发利用时,应关注如下问题:

1) 对土地复垦与生态重建进行技术经济评价,建立以信息系统为平台的动态监控体系,保证矿区土地复垦与复垦土地的再利用。

2) 此种脆弱生态矿区重建生态系统逐渐要交还农民进行开发和利用,但必须进行科学规划、适度开发,避免农民无序开发利用,发生二次退化。在调整矿区土地利用结构时,必须有保护性耕作技术体系做支撑。

3) 实现矿区土地可持续利用,并不是对现有矿区生态系统的小修小补,而是彻底改变了原有生态系统的利用方式和生产方式。其实现过程按循环经济的利用方式,加强立法和社会参与的力度^[16],不仅需要政府的倡导和强势推进,更需要全社会的共同参与,因为只有在全社会价值观念转变以及政府和人民良性互动的基础上,才可能以最小的成本,通过信息公开和社会公众的广泛监督,实现以整个社会福利为最终目标的矿区生态系统。

[参 考 文 献]

- [1] Hutt R F, Bradshaw A. Ecology of Post-Mining Landscapes[J]. Restoration Ecology, 2001, 9(4): 339- 340.
- [2] John M. Gung. Restoration and Recovery of an Industrial Region, Edwards Inc[J]. Ann Arbor, MI, 1995: 1- 217.
- [3] 龙花楼. 采矿迹地景观生态重建的理论和实践[J]. 地理科学进展, 1997, 16(4): 68- 74.
- [4] 李强, 慈龙骏. 神府东胜矿区景观生态异质性分析与景观生态建设[J]. 干旱区资源环境, 1996, 10(2): 62- 68.
- [5] 张树礼, 曹江营, 连 恺, 等. 黑岱沟露天煤矿排土场果园景观生态建设研究[J]. 内蒙古环境保护, 2000, 12(2): 26- 29.
- [6] 黄义雄. 厦门海沧采石废弃地景观生态重建探究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2002, 18(1): 112- 115.
- [7] 白中科, 王文英, 李晋川, 等. 黄土区大型露天煤矿剧烈扰动土地生态重建研究[J]. 应用生态学报, 1998, 4(6): 621- 626.

- [8] 杨忠义,白中科,张前进,等. 矿区生态破坏阶段的土地利用/覆被变化研究——以平朔安家岭矿为例[J]. 山西农业大学学报, 2003, 23(4): 367- 369.
- [9] 李晋川,白中科. 露天煤矿土地复垦与生态重建[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 152- 160.
- [10] 张前进,白中科,李晋川,等. 矿区生态重建过程中的土地利用/覆被变化[J]. 山西农业大学学报, 2004, 24(2): 143- 147.
- [11] 蒋文伟,姜志林,刘安兴,等. 浙江安吉山森林景观空间格局动态分析[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(2): 150- 153.
- [12] 杨英宝,江 南,苏伟忠. 南京城市景观空间格局的变化分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版) 2004, 28(6): 39- 42.
- [13] 郭跃东,何 岩,张明祥,等. 洮儿河中下游流域湿地景观演变及驱动力分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 118- 121.
- [14] 卞正富. 矿区开采沉陷农用土地质量空间变化研究[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(2): 213- 218.
- [15] 白中科,赵景逵,段永红,等. 工矿区土地复垦与生态重建[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 93- 110.
- [16] 李中才,王丽娟. 浅析构建矿区资源的循环经济模式[J]. 矿业工程, 2006, 3(4): 11- 12.

Pattern succession analysis of agricultural land converted converted from large opencast mine in loess areas

Zhang Qianjin^{1,3}, Bai Zhongke^{2*}, Hao Jinmin¹, Fan Jinglong⁴, Zhaojingkui³

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Department of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. College of Resources and Environmental Sciences, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China;

4. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: In restoring abandoned mining area, patterns change research is important to ecosystems change. Patterns succession process of agricultural land and land cover types change delivered important practical signification for farmland protection, sustainable use of land resource and ecological safety of mining ecosystems. A case study was conducted on mining area in Pingshuo, Shangxi province. Based on GIS platform and land use change analysis in mining area, using landscape ecology theory and method, landscape dynamic change process, characteristics and land cover types change were investigated. The analysis of agricultural land use change was emphasized. Results show that landscape change process of large opencast mine ecosystem can be divided as two phases. The first phase is landscape change in ecological damage, including land excavating, piling and occupying. The second phase is landscape change in ecological restoration, which includes the reconstruction of landforms, soil and vegetation. After 20 years of ecological reconstruction under human control, land use patterns has been transformed from dry land-woodland dominated patterns to woodland-construction land dominated patterns. Furthermore, ecological reconstruction has improved the ecological conditions of mining area and agricultural land, and agricultural land area has increased by 50%. But now it has not been used entirely for plantation because of some management system.

Key words: loess area; opencast mine; agricultural land; pattern succession