

板集矿区生态恢复规划研究*

徐琳瑜, 赵彦伟, 刘桂友, 苏美蓉
(北京师范大学 环境学院, 北京 100875)

摘 要:无论是矿井式采矿还是露天采矿, 煤矿开发必然引起区域地形、地貌的变化, 造成采空塌陷, 从而对生态系统施加不确定的影响。在煤矿开采项目设计阶段, 对矿区土地进行生态恢复规划, 可最大程度降低这种影响。论文以板集煤矿开发项目为例, 在对矿区生态影响预测的基础上, 设计了一套预防性、治理性、复垦土地利用和生态环境监测一体化生态恢复规划方案, 以期实现对煤矿开发生态影响的全过程控制。

关键词:生态恢复; 规划; 煤矿; 板集

中图分类号: X171.4 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2008)05-0152-04

Ecological Restoration Planning of Banji Coal Mining

XU Lin yu, ZHAO Yan wei, LIU Gui you, SU Mei rong
(School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Both pit mine and strip mine will change the landform or the physiognomy of the coal mining area. It can also cause the subsiding of the land, which affects the ecosystem badly. Hence, the ecological restoration planning of coal mining is very important during the designing phase, which can minimize these effects at the further level. In this paper, an integrative ecological restoration planning is proceeded with Banji coal mining as a case, based on the forecast of the ecological affection in the coal mining area. The plan includes the preventive projects, the renovating projects, the remedying projects, the reclaiming projects, and ecological inspecting projects. The ecological affection control during the whole periods of coal mining is expected to realize by the plan.

Key words: ecological restoration; planning; coal mining; Banji

随着国民经济的持续快速发展, 能源需求量剧增, 能源问题已经影响到国民经济的健康发展。因此加快煤炭资源开发, 对促进社会经济的良性发展具有重要的意义。但无论是露天采矿还是矿井采矿, 均会带来矿区景观异质性的破坏、生态过程的中断、生态系统稳定性受损等生态问题。其中矿井式采矿往往引起区域地形、地貌的变化, 造成采空塌陷, 引起地表水文、土壤及地表植被覆盖状态的变化, 从而对生态系统施加不确定的影响。据相关统计, 全国煤炭开采历年形成的沉陷区已达 $0.4 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 平均每年形成沉陷土地 $15\,000 \sim 20\,000 \text{ hm}^2$, 其中耕地占 30%^[1]。安徽省利辛县板集煤矿是矿井式开发, 根据板集矿井开发项目可行性研究报告(2005), 其采空塌陷面积将达 28 km^2 , 再加上交通等基础设施的建设, 会对区域生态系统施加一定程度的影响, 进而影响到区域的可持续发展。在这种背景下, 板集煤矿在开发设计阶段便开展生态恢复规划, 不仅可探索出一条皖北地区煤矿生态恢复的新方法与途径, 也有利于推动我国生态修复工作的深入开展。基于上述事实, 论文提出一套预防性、治理性、复垦土地利用和生态环境监测一体化生态恢复规划方案, 并在板集煤矿的矿井式开发项目中进行应用。

1 煤矿区生态恢复规划研究进展

国际恢复生态学会(Society for Ecological Restoration)曾针对生态恢复提出 3 个定义: ①生态恢复是修复被人类损害的原生生态系统的多样性及动态过程; ②生态恢复是维持生态系统健康及更新过程; ③生态恢复是帮助研究生态整合性的恢复和管理过程^[2]。而矿区生态恢复就是要根据矿区生态破坏状况, 以生态学和生态经济学原理为指导, 以保护、恢复和改善矿区生态环境、实现煤炭资源开发与环境承载力相协调为重点, 以矿区经济建设、社会建设和环境建设为主要对象, 以改善和提高矿区居民的生活质量为目的。通过矿区污染综合治理, 沉陷土地复垦造田, 煤矸石的资源化利用, 以及景观建设和环境绿化, 来恢复矿区自然生态系统的完整性, 实现矿区资源开发与生态建设协调发展。

半个世纪前, 国外就加强了对矿区废弃地, 尤其是煤矿废弃地的恢复工作。早在 1969 年, 英国政府就要求矿主开矿时必须同时制定生态恢复及管理计划, 并制定了生态恢复的衡量标准; 日本 1952 年就制定了《临时煤矿灾害复垦法》, 美国 1970 年以来的矿区生态恢复率在 70% 左右, 并于 1977 年颁布了《露天

* 收稿日期: 2008-01-11
基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)课题(2005CB724204); 国家自然科学基金项目(40501022)
作者简介: 徐琳瑜(1976-), 女, 副教授, 辽宁抚顺人, 主要从事环境规划、评价与管理, 城市生态过程的研究。E-mail: xly@bnu.edu.cn

采矿管理与复垦法》(SMCRA); 德国政府也做了详尽的研究与规划, 到 1996 年, 采矿破坏的土地已经完成生态恢复的比率为 53.5%^[3]。总体上看, 国外环境保护先进国家, 如德国、英国、澳大利亚与美国、日本等已经形成比较完善修复的程序与修复技术体系, 在法律、法规与相关经济政策的推动下, 生态修复开展迅速。我国大规模的矿区生态恢复开展较晚, 1988 年《土地复垦规定》的颁布, 标志着中国土地生态恢复里程碑式进步, 从而推动了我国大规模生态修复工作的开展。但与国外有关国家相比, 在我国系统的开展矿区生态恢复规划还处于刚起步阶段, 且很少有在煤矿项目设计阶段便开展生态恢复规划的先例。煤矿开发项目一般仅在环境影响评价中研究煤矿矸石造成的环境污染的治理及煤矸石的利用、采煤塌陷地的治理、采煤废弃土地复垦等^[4-6], 且规划方案多数仅考虑治理性方案。

2 板集矿井开发生态破坏分析与预测

板集煤矿位于安徽省利辛县、颍上县和阜阳市交界处, 行政区划隶属利辛县胡集镇管辖。煤矿所在区域为淮海冲积平原, 地势自西向东南倾斜, 坡降约为万分之一左右。区内农业生产比较发达, 人工开挖的农灌沟渠纵横交错, 分布在平坦的河间平原上。根据《国投新集能源股份有限公司新集矿区总体规划》(2004), 板集矿井工业场地布置在井田东部, 利辛县胡集镇的牛老庄、晏庄和赵庄之间。工业场地布置有主井、副井和风井 3 个井筒, 按照建筑物功能划分为生产区、辅助生产区、场前区和储运区。生产区位于场地的中部, 选煤厂位于场地的西北部, 辅助生产区位于场地的东部, 矿井水净化厂及污水处理站位于辅助生产区的北侧, 储运区位于场地的西侧, 储煤厂位于场地的西北侧, 矿井临时矸石

堆场位于工业场地北侧, 场前区位于场地南部。板集矿井工业场地占地面积 42.81 hm², 绿化系数 25%。选煤厂布置在工业场地的西北部, 与矿井生产系统合理衔接。临时矸石堆场布置在工业场地北侧, 占地 3.0 hm²。

板集矿井开发可能造成的主要生态环境问题包括大气、水体与声环境等常规性污染, 还会引发耕地资源占用, 植被破坏, 地表塌陷等生态破坏。生态恢复规划需重点针对地表塌陷和水土流失等生态问题。

2.1 地表塌陷影响预测

板集煤田开采导致的地表塌陷会对煤田区域及范围内的居民点、学校、公路、铁路、沟河、河堤等产生影响。根据国家相关标准, 塌陷区内距塌陷边界超过 200 m 范围破坏等级就达到严重破坏等级, 因此, 在板集煤田地表下沉深度在 0.5 m 以上区域的建筑物均受到严重破坏, 影响范围达 19.5 km²。

2.2 土地利用变化分析

随着矿井的建设, 井田范围内的土地利用将发生很大变化。在塌陷深度大于 2 m 的部分区域将可能形成常年积水, 积水面积随着塌陷面积的不断增大而不断变化。现有土地利用系统中耕地、城乡居民点和通用地等将不断减少, 水域面积和塌陷废弃地将不断增加。

板集煤田首采区塌陷影响面积约 650 hm², 其中积水面积(塌陷深度超过 2 m 的地段)约为 200 hm², 积水区内耕地面积约为 143 hm², 基本农田数量约为 129 hm²。首采区服务年限为 3 a(5 煤层开采结束), 每年影响基本农田约 43 hm²。

全井田开采结束后, 地表塌陷总影响面积约 2 797 hm², 其中积水面积(塌陷深度超过 2 m 的地段)约为 1 602 hm², 积水区内耕地面积约为 1 141 hm², 基本农田约为 1 026 hm²。

表 1 地表塌陷影响面积预测结果 km²

项 目	塌陷影响 总面积	不同下沉深度					
		0~ 2 m	2~ 4 m	4~ 6 m	6~ 8 m	8~ 10 m	> 10 m
全井田	27.97	11.95	2.33	3.19	6.43	2.99	1.08
首采区	6.50	4.50	1.00	1.00			

资料来源: 煤炭工业部合肥设计研究院,《国投新集能源股份有限公司板集矿井及选煤厂环境影响评价报告书》, 2005.4

3 板集矿区生态恢复规划

3.1 生态恢复规划设计

板集矿区生态恢复规划按矿井开发建设期、开采期、封矿期进行预防性和治理性生态恢复规划, 重点开展矿区塌陷预防与恢复规划, 水土保持方案, 煤矸地堆场恢复方案等; 并通过土地利用规划方案重点解决土地复垦类型结构优化问题。规划的范围主要是井田面积 30 km² 的范围, 重点规划区是未来形成塌陷的约 28 km² 的范围, 同时, 煤田开采会对地表水体及地下水产生影 响, 考虑到水体的流动性特征, 有关地表及地下水修复的问题可根据研究需要适当扩展。同时关注工业区(永久与临时占地)、交通道路两侧的一定范围。生态恢复规划的时间以煤矿开采完毕形成稳定塌陷来确定规划的时间。矿井的服务年限为 48 a, 整个矿井形成生产前的建设期为 40 个月, 考虑采区开采结束到形成稳定的塌陷具有滞后性(根据调查, 约为 15 a), 且修复后形成相对稳定的生态系统需要一定的时限, 规划期限向服务年限末顺

延 15 a, 则整个规划时间范围为 66 年 4 个月, 按 67 a 规划, 但后续生态监测的时间适当往后顺延。

3.2 预防性生态恢复规划

3.2.1 矿区塌陷预防方案

板集矿井开发项目拟采用倾斜长壁为主的综合机械化开采工艺, 顶板管理采用全部垮落法。这种方式的劣势在于塌陷较多。为减小塌陷区的塌陷深度, 最有效的方法是采用充填法取代目前全部冒落法管理顶板的开采方法, 这样既可以减少覆岩的破坏高度, 又可以显著地减少地表的移动和变形值。根据实测资料, 采用水砂充填地表下沉系数为 0.1~0.3 的塌陷区, 采用风力充填地表下沉系数为 0.3~0.4 的塌陷区。采用充填法开采管理顶板的开采方法时, 所用的充填材料主要是河砂、卵石、井下矸石、山砂、碎石等, 这种技术相对成熟, 但成本较大。目前还不能全部采用充填法实施开采, 因此规划板集矿井后期采用充填法开采, 可显著减轻地面设施的破坏程度, 减少塌陷, 最大限度地保护基本农田, 维持陆生生态环境的稳定性, 减轻生态修复工作的强度。

3.2.2 矿区水土保持方案

(1) 水土保持总体策略。工程完工后, 所设计的塌陷预防方案若能充分发挥效益, 则挖损面得到有效治理, 整个建

设区的水土流失强度低于原生的水土流失强度。此时, 可通过生态系统的改建, 使项目周围地区生态环境质量改善, 服务功能得到加强。具体策略见图 1。

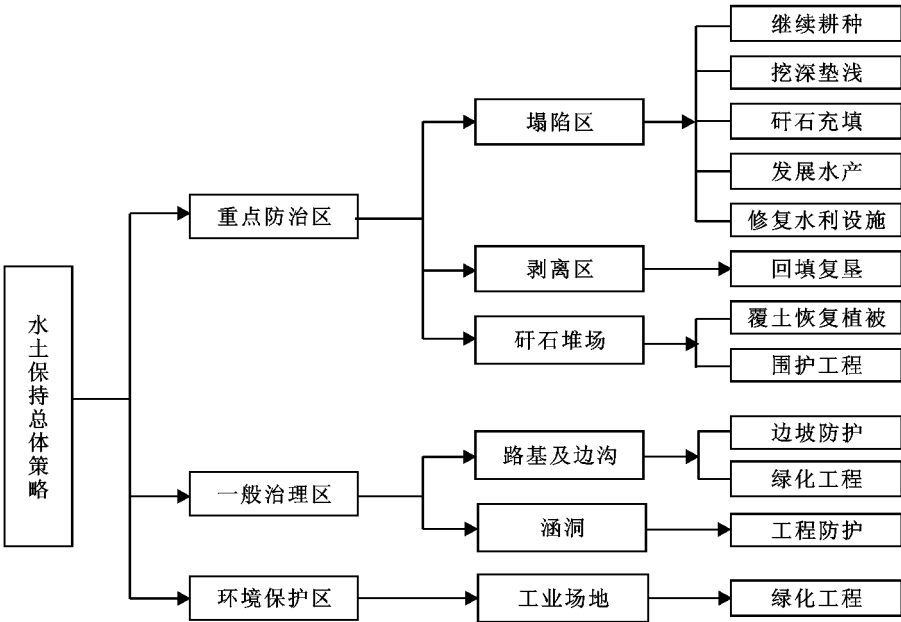


图 1 板集矿区水土保持总体策略

(2) 水土保持分区方案。板集矿井开发建设期水土流失较轻, 但在开采期由于地表塌陷将可能产生一定的水土流失。结合项目布局及水土流失特征, 板集矿区水土保持分区可分为重点防治区、一般治理区与环境保护区。

重点防治区: 包括塌陷区、水陆交错区、临时堆矸场等容易造成水土流失的区域, 这些区域侵蚀较为严重。对于塌陷区 2~ 4 m 水域, 就地挖深垫浅, 造出田地以利耕种; 对水陆交错区, 可设计植被过滤带, 既可以防止水土流失, 又可以营造景观效应, 提高生物生存条件; 而对于临时堆矸场, 为防止堆积体在暴雨条件下被冲刷而产生滑塌, 应增加矸石坡面长度, 平时对矸石堆场表面洒水, 抑制扬尘的同时逐步堆实。

一般治理区: 主要为铁路专用线和场外的路基、边沟、桥涵两侧沟渠等, 这些区域的侵蚀也会比较严重。铁路专用线及公路沿线两侧需进行绿化; 矿井场外公路应设排水沟, 可采用 75# 浆砌片石护坡, 并在边沟两侧进行绿化; 对于路基防护, 可先将坡面进行整治, 再覆盖 0.3 m 厚的表土, 选用生长快的低矮匍匐型草种对土质坡面实施直接播种; 对于桥涵防护, 可采取妥善的基坑出土转运与堆置措施, 施工完毕后清除草袋围堰, 将施工中产生的废浆出土及时回填并分层夯实, 恢复河道、河岸; 对桥涵锥体、锥体垂裙及涵洞出口两侧沟床边坡垂裙采用干砌片石、浆砌片石防护, 并妥善处置桥梁墩台钻孔灌注桩施工中护壁泥浆废液。

环境保护区: 主要指水土流失较轻的区域, 主要为矿井的工业场地、装车站和水源井等。工业场地建成后的场地利用系统系数为 62%, 该部分均被构筑物或水泥覆盖, 水土流失轻微, 裸露土壤较少, 采取绿化措施即可完成保护。

3.3 治理性生态恢复规划

3.3.1 煤矸石堆场恢复方案

对国内外煤矸石堆场恢复技术进行比选^[7-9], 结合周边

矿区复垦的调查实践, 采用客土与植物修复相结合的方法实施综合修复。这里植物指绿肥植物, 这种植物在土壤微生物的作用下, 可以释放养分, 合成一定数量的腐殖质, 从而改善土壤理化性质, 且可增加土壤有机质和氮、磷、钾等营养成分, 还有防止水土流失的功能。但其缺陷是如果土地过于贫瘠, 植物生长会比较缓慢, 改良效果比较差, 达到原始状态的时间会比较漫长, 因此, 在种植此类作物前, 可以先采用客土法对其进行适当的改良, 从而促进快速的恢复。

3.3.2 塌陷区生态恢复方案

综合利用煤矸石与粉煤灰等, 整理土地资源, 以生态农业为基本的修复模式。对于塌陷未积水区, 可采取“推高填低”的方法进行整治, 该区域的耕地可维持继续耕种。对于塌陷积水区, 可采取挖深垫浅、围网养鱼、网箱养鱼、种植水生植物以及水禽养殖等多种形式。除此之外, 对缺水地区, 可将深水区改造成水库或蓄水池; 对城镇郊区或居民较多的工矿区, 可将沉陷积水区改造成水上公园; 距电厂较近时, 可利用沉陷积水区域作为贮灰场, 必要时采取保护水体不受污染的措施。

3.4 矿区复垦土地利用规划

板集矿区农产品尤其是蔬菜、水产品需求量大。与矿区相邻接的较大范围区域因煤炭开采耕地大面积沉陷, 部分地方人均耕地仅 0.006 8 hm²。当地农民已自发开挖了一些鱼塘, 他们对复垦后的耕作制度和养殖技术缺少经验。根据土地利用现状和复垦利用的可能性, 复垦后土地利用方向包括养猪场、养鸡场、养鱼池、粮食作物、林果园、饲料地及服务用地等 7 类。取后 5 类土地利用方式为方案, 需投资 4 805.3 万元, 解决就业人数 2 909 人, 土方工程量 2.28 × 10⁷ m³, 挖填均衡, 年纯收入最大值为 2 930 万元, 以复利 $i = 10\%$ 计算, 投资回收期 5.2 a, 此方案的优点是将沉陷地充分开发利

用于粮食、林果种植和水产养殖,土方工程量均衡,充分利用了区内资金和资源条件。存在的问题是解决就业的人数少、人均收入低。即使这样,同未受沉陷影响的农村相比,效益也是可以的。

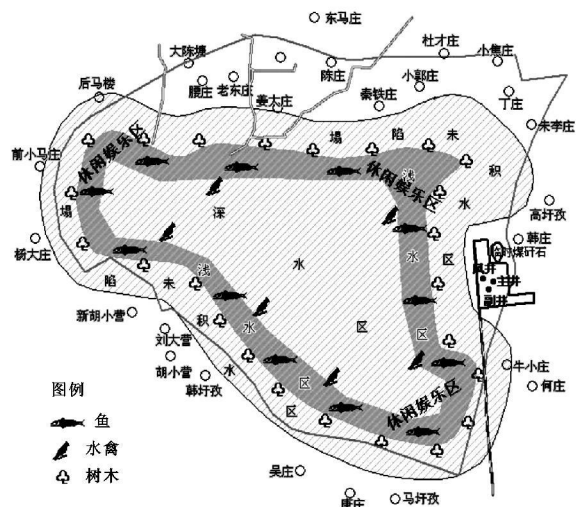


图2 板集煤矿生态恢复规划方案示意图

3.5 生态监测方案

为了解板集矿区项目建设对区域环境影响的变化趋势,了解项目生态修复规划方案实施的效果,需分别对项目施工期、运行期及运行后期进行生态监测。监测内容包括水环境监测、大气环境质量监测、环境噪声监测、地表形态变化监测、土壤监测和生物与生态监测。各项监测均对井田范围内主要道路、苏沟、采区边缘村落设置观测点,对矿区生态环境变化情况进行动态观测并及时分析,避免造成房屋、道路的功能性破坏与财产损失。

3.6 矿区生态恢复方案费用效益分析

对生态恢复规划方案进行费用效益分析,是量化表征恢复方案的可达性、合理性、效用性的重要手段,也是评价矿区生态恢复方案是否合理的依据之一。考虑到生态恢复规划实施后,可获得更高的生态系统服务,因此利用生态系统服务功能价值评估方法对板集矿区生态恢复效益估算,并与方案实施所需费用进行比较。费用效益评估仅针对使生态服务功能发生变化比较大的沉陷地恢复规划方案(即治理性生态修复规划方案)。矿区沉陷地生态恢复规划方案的效益可从两个方面体现,一方面,通过对比生态恢复规划方案自身的费用与效益,来计算方案的绝对效益(表2);另一方面,将方案实施后与矿区开发前的生态系统服务功能价值进行比较,来获得生态恢复规划方案的相对效益(表3)。

4 结 论

板集矿区生态恢复规划在矿井开发设计阶段便开展,并分别针对矿区在建设期、开采期、封矿期的生态环境问题进行恢复性和治理性生态恢复规划,可有效达到项目全过程生态保护的目的。复垦土地利用规划可为板集矿区农业发展和当地居民生活环境改善服务。规划还设计了项目建设全过程的生态监测方案,为生态恢复规划的实施提供保障。板

表2 板集矿区生态恢复土地利用方案的费用-效益

					万元
矿区复垦土地 利用类型	费用	效益			净效益
		自然价值	经济价值	社会价值	
生态农业	848.6	276	389	129	758
生态渔业	387.9	521	857	300	1661
植被缓冲带	2545.8	8602	9256	0	17752
蓄水池	484.9	421	582	0	983
休闲娱乐	1939.7	0	720	1700	2340
总 计	6207.0	9820	11803	2128	23495

表3 板集矿区生态恢复方案实施后与
矿区开发前效益比较

矿区复垦土地 利用类型	矿区开发 前效益	恢复方案实 施后效益	相对效益
生态农业	2021	793	- 1228
生态渔业	0	1677	1677
植被缓冲带	1625	17857	16232
蓄水池	0	1003	1003
休闲娱乐	0	2420	2420
总 计	3646	23751	20105

集矿区生态恢复规划费用效益分析结果表明,生态规划方案实施后可获净效益为 23 495 万元,而与矿区开发前(即未破坏前)相比,相对效益为 20 105 万元,远高于生态恢复方案实施所需费用 6 207 万元。总体来讲,板集矿区生态恢复规划研究不仅可探索出一条皖北地区煤矿生态恢复的新方法与途径,也有利于推动我国生态修复工作的深入开展。

参考文献:

- [1] 范英宏, 陆兆华, 程建龙, 等. 中国煤矿区主要生态环境问题及生态重建技术[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 2144-2152.
- [2] 李凤, 陈法阳. 生态恢复与可持续发展[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 187-189.
- [3] 李洪远. 生态恢复的原理与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 207-249.
- [4] 陈永奇. 煤矿塌陷区利用矸石进行土地复垦的实践[J]. 煤矿环境保护, 2000, 14(2): 25-27.
- [5] 陈龙乾, 郭达志, 许善宽, 等. 兖州矿区采煤塌陷地状况与综合治理途径研究[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 504-508.
- [6] 刘志玲, 王占岐. 淮北市采煤塌陷区的土地复垦[J]. 资源开发与市场, 2004, 20(3): 216-217.
- [7] 王国强, 赵华宏, 吴道祥, 等. 两淮矿区煤矸石的卫生填埋与生态恢复[J]. 煤炭学报, 2001, 26(4): 428-431.
- [8] 何青林, 吕武昌. 绿化矸石山, 改善矿山生态[J]. 煤矿环境保护, 2001, 15(6): 59-60.
- [9] 谢宏全, 张光灿. 煤矸石山对生态环境的影响及治理对策[J]. 北京工业职业技术学院学报, 2002, 1(3): 27-30, 62.