

# 山西省王庄煤矿生态恢复模式研究

王庆林, 朱宗泽, 张永领

(河南理工大学 测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000)

**摘 要:** 煤炭开采导致矿区土地覆被类型、土地利用结构、区域水循环等发生显著变化, 其系统修复一直是一个日益受到高度重视的问题。基于山西省王庄煤矿的采煤沉陷和废弃物压占土地等主要生态环境问题, 集成并优化了立体种植/养殖模式、物质循环利用模式、矿区废弃地林灌草模式和村庄废弃地“林果- 畜禽”模式等 4 种生态恢复模式; 最后在典型样区内对立体种植/养殖模式进行了经济、社会和生态效益的示范性评价, 效果良好。

**关键词:** 王庄煤矿; 生态恢复; 采煤沉陷区; 煤研石; 废弃地

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0265-03

## Research on Ecological Restoration Modes of Wangzhuang Coal Mine in Shanxi Province

WANG Qing-lin, ZHU Zong-ze, ZHANG Yong-lin

(College of Surveying & Land Information Engineering, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China)

**Abstract:** It is well known that coal mining has led to a lot of changes, such as land cover types change, land-use structure change, regional hydrologic cycle change, and so on. So, recovering or rebuilding its original ecological system function is an increasingly high priority issue. Based on two major ecological and environmental problems of Wangzhuang Coal Mine in Shanxi province, this research intergrades and optimizes four restoration modes, including three-dimensional cultivation or breeding mode, material recycling mode, forest-shrub-grass ecological model in mining wasteland, forestry and fruit-livestock and poultry mode in wasteland originally used for village. In the end, three benefits of the three-dimensional cultivation or breeding mode have evaluated in a typical sample area. And the result is good and obvious.

**Key words:** Wangzhuang Coal Mine; ecologic restoration; coal mining depressed area; coal gangue; wasteland

矿区生态系统都是对原有农林生态系统进行一定程度破坏之后建立起来的, 由于其在建设和过程中农林植被绝大部分被破坏, 才导致了生态系统平衡失调、人类生存环境恶化, 需要一定程度的修复或重建才能适宜人们生活或居住<sup>[1-2]</sup>。自 20 世纪 30 年代, 西欧及北美各国已经开始在矿区的植被恢复方面进行深入研究<sup>[3-4]</sup>; 80 年代始, 澳大利亚、新西兰等着重强调废矿地的恢复和治理<sup>[5-6]</sup>。

自 20 世纪 90 年代, 我国才开始对矿山废弃地复垦及有毒有害物质污染后的植被修复研究<sup>[7-8]</sup>。由于大部分煤矿系统具有基本相似的生态破坏和环境污染问题及其产生机理<sup>[9]</sup>, 所以寻求区域适宜的、又对其它地区有一定借鉴意义的环境整治或治理模式就成为恢复煤矿脆弱生态系统的必要方法之一<sup>[10]</sup>。本

研究就是以自然、社会、经济复合生态系统理论为指导, 在深刻辨识研究区所面临的主要生态与环境问题的基础上, 提出了适合于山西省王庄煤矿的土地系统生态恢复模式。该研究不仅为王庄煤矿生态恢复工作的开展提供科学依据, 也力争为全国其它矿区生态恢复工作提供借鉴。

## 1 研究区概况及生态环境问题

### 1.1 研究区概况

王庄煤矿建于 1958 年, 正式投产于 1966 年 12 月, 经过两次改扩建, 2008 年实际生产能力接近 750 万 t/a; 现有井田南北长 11 km, 东西宽 4.6 km, 面积 51 km<sup>2</sup>。由于王庄煤矿地处上党盆地中部, 属巨厚冲积层高潜水位矿区。随着煤炭资源的持续开采, 从

收稿日期: 2010-06-19

资助项目: 河南省软科学研究资助项目 (082400440750)

作者简介: 王庆林 (1957-), 男, 河南温县人, 副教授, 主要从事矿山测量和矿区塌陷治理等研究工作。E-mail: wql@hpu.edu.cn

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

而引发了一系列生态破坏和环境污染问题,如果不加强治理与恢复,将严重影响矿区的可持续发展。

1.2 生态环境问题辨析

王庄煤矿的开采主要引起两方面的生态与环境问题:一是采煤沉陷,二是废弃物压占土地,主要包括矸石山压占土地和电厂的粉煤灰堆放占地。

1.2.1 采煤沉陷 王庄煤矿属冲积层矿区,冲击层厚度达 300~ 400 m。煤层开采后,上覆岩层整体下沉,采空区上方的地表出现变形和沉陷。因上覆岩层下沉速度较快,下沉区域较为集中,深度从边缘向中心部逐渐加深,最深处一般为采出煤层厚度的 60%~ 70%,一般为 1 m 左右,最深可达 2.5 m。另外,王

庄煤矿属于高潜水位矿区,地表沉陷后,埋藏不深的浅层地下水露出地表,或地面流水线遭到破坏,地表水汇集到沉陷盆地中部,形成常年积水或季节性积水。据实地勘察,常年积水面积约 1/5,季节性积水面积约 1/4。总之,至少有一半的沉陷耕地会大幅度的减产或绝产,农业生产受到极大影响。

截至 2008 年底,王庄煤矿采煤已造成的沉陷土地面积约 1 409.52 hm<sup>2</sup>,其中经过治理,成效较为显著的面积为 263.63 hm<sup>2</sup>,另外 1 145.89 hm<sup>2</sup>的沉陷土地没有进行治理或治理成效不明显,其沉陷程度和所占比例见表 1。据预测,到 2010 年底矿区沉陷地将超过 1 450 hm<sup>2</sup>,治理任务十分艰巨。

表 1 2008 年底王庄煤矿采煤沉陷地面积

类 别	项 目	耕 地	季节性积水	常年性积水	合 计
稳定沉陷地	面积/ hm <sup>2</sup>	539.90	48.10	27.35	615.35
	占沉陷地比例/ %	47.12	4.20	2.39	53.70
不稳定沉陷地	面积/ hm <sup>2</sup>	465.77	34.23	30.54	530.54
	占沉陷地比例/ %	40.65	2.99	2.67	46.30
合 计	面积/ hm <sup>2</sup>	1005.67	82.33	57.89	1 145.89
	占沉陷地比例/ %	87.76	7.18	5.06	100.00

1.2.2 废弃物压占土地 在采煤和煤洗选加工过程中产生的煤矸石是王庄煤矿主要的采矿废弃物,每年接近 70 万 t,约占煤炭产量的 10%。目前共有 4 座矸石场:旧矸石山、西矸石山、西风井矸石山及新排矸系统。其中前三者分别占地 4.30 hm<sup>2</sup>、6.00 hm<sup>2</sup>、1.50 hm<sup>2</sup>,新排矸系统矸石直接排入东古村北部山沟,不再平地起堆,也不再占用耕地,占地面积约 7 hm<sup>2</sup>。2008 年底累计矸石存放量为 563 万 t,占地面积 18.80 hm<sup>2</sup>;如果只是增加生产量而不增加消耗量,预计到 2010 年将新增占地 7.40 hm<sup>2</sup>。虽然近年来的治理力度和效果较好,但造成自然环境的污染、不同程度的危害人体健康还在所难免。

煤电集团坑口电厂排放的粉煤灰、废渣等也压占了大量的土地。截止到 2008 年底粉煤灰堆放占地 2.13 hm<sup>2</sup>,据预测至 2010 年底其占地将达到 2.60 hm<sup>2</sup>。另外,截止到 2008 年底,矿区由于煤炭开采沉陷引起的搬迁村庄个数已达 12 个,占地面积约 13.00 hm<sup>2</sup>。矿区主要废弃地及其所占面积及 2010 年的预测数值见表 2。由此可见,其村庄废弃地的治理与利用也是矿区环境整治工作重点之一。

表 2 2008 年底及 2010 年底王庄煤矿废弃地面积 hm<sup>2</sup>

时间	矸石占地	废渣及粉煤灰占地	村庄废弃地
2008 年	18.8	2.13	13.0
2010 年	7.4	0.50	2.0
合计	26.2	2.63	15.0

2 生态恢复与重建模式配置

针对煤矿存在的主要生态与环境问题,本研究以生态学和生态经济学原理为指导,实施现代集约型生态农业的技术体系,以期达到土地整治与利用的效果。

2.1 立体种植/养殖模式

此类模式包括设施农业建设模式和农渔禽生态利用模式两种。前者一般是在距离居民集聚区较近的非积水稳定沉陷区,借助人工建筑的设施,以可调控的技术手段,实施生产要素的全方位调控,为农业生物生长提供良好的环境条件,实现高产、高效的现代农业生产方式,如小拱棚、大拱棚或地膜覆盖栽培蔬菜和食用菌种植等。后者则强调充分利用沉陷区形成有积水的优势,根据多层次的生物种群的生活规律和食性以及它们所处的生态位不同,利用生物间“互利共生”的关系,按照生态学的食物链原理,实现农-渔-禽综合经营的生态农业模式,如水岸种植耐湿经济作物、水面养鸭、水下养鱼。依据实地考察结果,此两种立体土地恢复模式的适宜区面积可以接近 350 hm<sup>2</sup>,约相当于急需治理沉陷地面积的 30%。

2.2 物质循环利用模式

亦称充填恢复模式,包括煤矸石和粉煤灰充填,不仅可以把煤矸石和粉煤灰变废为宝,亦可以使沉陷地得以治理,适宜区域主要是沉陷程度较小的稳定沉陷区。利用煤矸石作为沉陷区土地的充填材料,既可

使采煤破坏的土地得到恢复,又可减少矸石堆放占地,消除矸石山对环境的污染。电厂发电要排放大量的粉煤灰,如仅仅堆弃在自然界中,不仅压占大片土地,而且污染环境。若能利用沉陷区形成的巨大容积来解决粉煤灰堆放问题,则不仅可化解两害(沉陷区、粉煤灰),而且对三方(电厂、煤矿、农民)都有利。根据实地考察,这种充填恢复模式的适宜区面积可以达到  $520 \text{ hm}^2$ , 超过急需治理沉陷区面积的 45%。

### 2.3 矿区废弃地林灌草模式

王庄煤矿是一个老矿区,在长期的生产过程中产生了一些难以治理的废弃地,如排土场、粉煤灰堆场、尾矿坝等。它们是一种极端裸地,土壤表土常常缺失、植被稀少。排到地面的矿井水渗入土壤后,也可能引起其 pH 值过低,危害陆生植物及微生物的生存等。这一切均可造成矿区水体、土壤和大气的严重污染,进而引发一系列经济、社会、生态等方面的问题。因此,在此类区域内主要利用生物恢复技术,采用林灌草种植相结合的方式改善植被状况。此模式在此矿区有较广的适宜区域,总面积约  $15 \text{ hm}^2$ , 约占现有矿区废弃地的 70%。

### 2.4 村庄废弃地“林果-畜禽”模式

由于采煤沉陷的影响,导致一些村民住房和基础设施遭受不同程度的破坏,地面、屋顶、墙体出现裂缝或整个建(构)筑物发生倾斜、变形等,导致村民不得不整体搬迁。这种村庄废弃遗址的复垦,要根据地面下沉深度,采取简单的充填式或非充填式复垦技术和必要的整平措施,将其恢复为具有可耕种能力的土地。由于该类型区复垦后的土壤肥力较差,土地生产能力较弱,可以选择栽种对土壤条件要求不高、生命力强的林木,并在林地或果园内放养一些经济动物,以野生取食为主,辅以必要的人工饲养。研究表明,禽畜的粪便返回土壤,明显提高了土壤肥力。因此这种模式对于采煤沉陷地复垦后的土地而言,既能增加土壤肥力,又带来可观的经济效益,同时也可以保护和美化环境。这种模式适合绝大部分村庄废弃地。

## 3 模式效益评价

为说明问题,本研究 2007 年、2008 年以矿区内的—块沉陷地为例进行效益评价示范。该沉陷区位于屯留县上村镇东司徒村,面积接近  $50 \text{ hm}^2$ , 其原始土地类型有非积水稳定沉陷区和季节性积水沉陷区,各约占 75% 和 25%。其原土地利用方式以粗放式粮食耕作占绝对优势,现在的土地恢复模式是立体种植/养殖模式。

### 3.1 沉陷区经济效益评价

沉陷区治理后土地利用率将由原来的 55% 提高到 95%; 治理后耕地  $28.10 \text{ hm}^2$ , 蔬菜用地  $9.36 \text{ hm}^2$ , 鱼塘用地  $10.04 \text{ hm}^2$ 。按照发展高产高效生态农业的思路,种植品种以采摘相配套的果蔬品种和粮食作物为主,同时发展多种经营。按生态恢复规划方案,单位面积平均投资 6 万元/ $\text{hm}^2$ , 共计投资 300 万元。根据上村镇 2007 年和 2008 年工农业生产统计数据,以小麦、苹果套种为例,每年平均比治理前多增 6 000 元/ $\text{hm}^2$ ; 种植大棚蔬菜,年收益约 27 000 元/ $\text{hm}^2$ , 鱼塘年收益达 18 000 元/ $\text{hm}^2$ , 预计 5 a 内就可将全部投资收回。

### 3.2 沉陷区社会效益评价

方案实施后,有效土地增加近  $20 \text{ hm}^2$ , 约占沉陷地总面积的 40%。不仅满足了沉陷区居民的耕地需求,据估算粮食年产量达 3.0 万 kg, 彻底改变了沉陷区内吃粮难的问题。另外,该方案实施预计将动用 7 万个劳工日,可解决近 1 500 人的劳动就业问题,基本消除了沉陷区内剩余劳动力的就业难问题,矿区和农民的关系得到了极大改善。

### 3.3 沉陷区生态效益评价

矿区沉陷造成原有生态系统失调,自然景观破坏,水土流失加剧。通过应用立体种植/养殖模式的实施,区内太阳能、水、地形等自然要素将得到最充分的利用,耕地、淡水、粮食作物、经济作物、水生生物等农业自然资源得到合理的开发和利用。可以预言,区域内生态系统各组成要素更加相互适应、相互协调,最终将形成一个较为稳定、良性、高效循环的生态系统。

由上可知,本实施方案的经济效益、社会效益和生态效益均较为明显。因此,至少本研究所提出的立体种植/养殖模式在研究区域内有较强的适宜性。

## 4 结论

基于山西省王庄煤矿的主要生态与环境问题,本研究重点筛选了 4 种主要生态恢复模式,并对立体种植/养殖模式在典型样区内进行了经济、社会和生态效益评价。据此,初步得出如下三点结论。

(1) 采煤沉陷面积增大和大量废弃地的不断产生是王庄煤矿的主要生态和环境问题。

(2) 实施立体种植/养殖模式、物质循环利用模式、矿区废弃地林灌草模式和村庄废弃地“林果-畜禽”模式等 4 种模式是解决王庄煤矿现今主要生态和环境问题的重要途径之一。

(3) 立体种植/养殖模式在研究区有较强的适宜性,而且经济效益、社会效益和生态效益明显。

(下转第 272 页)

内各元素均具有自相关性,其中 Mo 元素块基比最大为 40.5%,仍具有中等自相关性,说明研究区内各养分元素的变异受自然因素的影响较大。

将 pH 值对各元素有效性的影响,一同作为指标筛选的判断依据,避免了只考虑元素全量丰缺度造成的指标选择偏差。同时应用地理信息系统与数学模型相结合的方法,对表层土壤肥力质量进行评价,使得量化的评价过程更加直观,评价结果更加客观和具有参考价值。

将松嫩平原南部表层土壤肥力质量划分为 3 个等别,肥力丰富等占研究区面积的 19.19%,肥力适量等占 64.56%,肥力缺乏等占 16.25%。

#### 参考文献:

- [1] 刘占锋,傅伯杰,刘国华,等.土壤质量与土壤质量指标及其评价[J].生态学报,2006,26(3):901-913.
- [2] 颜雄,张杨珠,刘晶.土壤肥力质量评价的研究进展[J].

湖南农业科学,2008(5):82-85.

- [3] 赵颖丽,吴克宁,黄勤,等.乡级土壤有效态元素空间变异特征及质量评价[J].农业工程学报,2008,24(1):48-52.
- [4] 王宗明,张柏,宋开山,等.松嫩平原土地利用变化对区域生态系统服务价值的影响研究[J].中国人口·资源与环境,2008,18(1):149-154.
- [5] 中国地质调查局.《多目标区域地球化学调查规范(1:250000)》(DD2005-01)[S].北京:中国地质调查局,2005:3-19.
- [6] 李亮亮,依艳丽,凌国鑫,等.地统计学在土壤空间变异研究中的应用[J].土壤通报,2005,36(2):265-268.
- [7] 陈彦,吕新.基于 GIS 和地统计学的土壤养分空间变异特征研究[J].中国农学通报,2005,21(7):289-405.
- [8] 中国地质调查局.《土地质量地球化学评价技术要求(试行)》(DD2007-XX)[S].北京:中国地质调查局,2007:8-10.
- [9] 贾士靖,杨广林.创业农场农田土壤肥力评价[J].农业系统科学与综合研究,2003,19(2):142-144.

(上接第 264 页)

### 3.5 充分发挥媒体宣传监督作用,提高公众耕地保护意识

当今社会,报纸、电视和网络等媒体的力量变得越来越强大,任何社会事件,当媒体介入之后,在引起公众高度关注的同时而得以快速解决。在城镇过程中的耕地保护问题应该成为媒体关注的重点,各级土地行政主管部门应该定期将本行政辖区内的耕地违法案件的查处情况向媒体公布,同时通过媒体向全社会宣传我国实行耕地保护政策的重要性和迫切性,使公众形成“保护耕地就是保护我们的生命线”的共识。发挥群众的监督作用,走全民保护耕地的路线。

#### 参考文献:

- [1] 郗静,曹明明,雷敏.城市经济发展与耕地保护规模研究:以西安市为例[J].西北大学学报:自然科学版,2009,39(2):298-302.
- [2] 王万茂,韩桐魁.土地利用规划学[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [3] 秦明周.耕地保护制度、绩效与案例[M].北京:科学出版社,2009.
- [4] 周新记,黎伟,李阳阳.从城市建设征用土地看农民权益的保护[J].法制与社会,2009(19):290.
- [5] 陈多长.中国现行土地管理体制:制度缺陷与改革思路[J].特区经济,2004(8):28-30.
- [6] 《国土资源部关于开展 2009 年度土地卫片执法检查工作的通知》(国土资发[2010]15 号)

(上接第 267 页)

#### 参考文献:

- [1] 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):238-244.
- [2] 魏忠义,王秋兵.大型煤矸石山植被重建的土壤限制性因子分析[J].水土保持研究,2009,16(1):179-182.
- [3] Bai Zhongke, Shi Guangrong, Zhao Jinkui. Revegetation of mine soil on surface mine in loess area[C]//International symposium on soil, Human and environment interaction. Beijing: China Science & Technology Press, 1998:103-108.
- [4] 卞正富.国内外煤矿区土地复垦研究综述[J].中国土地科学,2000,14(1):7-11.

- [5] Baker P. Some aspects of rehabilitation at South Blackwater[J]. The Australian coal Journal, 1993,41:17-25.
- [6] Baker D. A methodology for integration materials balance and land reclamation[J]. International Journal of Shape Modeling, 1996,10:143-146.
- [7] 王志宏,李爱国.矿山废弃地生态恢复基质改良研究[J].中国矿业,2005,14(3):22-23,27.
- [8] 卞正富,许家林,雷少刚.论矿山生态建设[J].煤炭学报,2007,32(1):13-19.
- [9] 胡振琪.煤矿山复垦土壤剖面重构的基本原理与方法[J].煤炭学报,1997,22(6):617-622.
- [10] 赵陟峰,郭建斌,景峰,等.山西葛锦煤矿区废弃地植被恢复与重建技术[J].水土保持研究,2009,16(2):92-100.