

# 王庄煤矿生态恢复模式研究

杨志如

(山西潞安矿业(集团)有限责任公司,山西襄垣 046204)

**摘要:**基于山西省王庄煤矿采煤塌陷和废弃物压占土地等主要环境问题和矿区生态条件,提出了生态恢复模式设计主要包括平面结构、垂直结构、食物链网、时间节律和工程措施等五项内容,并在此基础上优化集成了立体共生、设施农业、物质循环、农林鱼禽系统、旅游景观开发、科普园区设计等六种生态恢复模式;最后在典型塌陷区进行了经济、社会和生态效益的示范性评价,结果良好。这一切均为建设生态矿区、和谐矿区提供了理论依据。

**关键词:**王庄煤矿;生态恢复;模式设计;采煤塌陷

中图分类号:X171.4

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2014)01-0013-06

## STUDY ON ECOLOGICAL RESTORATION MODELS OF WANGZHUANG COAL MINE

YANG Zhi-ru

(Shanxi Lu'an Mineral Industry (Group) Limited Cooperation, Xiangyuan 046204, China)

**Abstract:** Based on two major environmental problems and current ecological condition of Wangzhuang Coal Mine in Shanxi province, there should be five aspects in the course of model design, including plane structure design, vertical structure design, food wet design, time rhythm design and engineering measures design. At the same time, this research intergrades and optimizes six restoration models, including three-dimensional symbiosis model, facility installation agriculture model, material recycling model, agriculture-forestry or fish-livestock system model, landscape exploitation model, and scientific garden design model. 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. All provide a theoretical basis for the construction of both ecological and harmonious mining area.

**KeyWords:** Wangzhuang Coal Mine; ecological restoration; model design; mining subsidence

煤炭作为我国的主要能源,其开发、加工和利用在促进社会经济发展的同时,也不可避免地带来了一系列环境问题,如区域性土地生态破坏、大气环境污染等,进而危及到人类的正常生产活动和生存空间。同时,矿区生态系统都是对原有农或林生态系统进行一定程度破坏之后建立起来的,由于其在生产和建设过程中农或林植被绝大部分被改变,才导致了生态平衡失调、环境结构损毁,

需要一定程度的修复或恢复才能适宜人们生产和生活<sup>[1]</sup>。自上世纪30年代,欧美国家就已经开始在矿区植被恢复方面进行了探索性研究<sup>[2]</sup>;80年代中期,澳大利亚和新西兰等国家也开始强化矿区废弃地的修复和治理<sup>[3]</sup>;而我国到90年代,才开始对矿山废弃地复垦及植被修复进行了初步探讨<sup>[4]</sup>。由于大部分煤矿生态系统具有基本类似的生态破坏和环境污染特征<sup>[5,6]</sup>,寻求区域适宜的、又对其它区域有一定借鉴意义的生态恢复模式就成为煤矿区脆弱生态系统的必要方法之一<sup>[7]</sup>。因此,本研究

试图以自然、社会、经济复合生态系统理论为指导,结合研究区煤炭资源开发与利用现状,在深刻辨识所面临生态问题及其产生机制的基础上,本着“整体、协同、循环、再生”的生态学基本原则<sup>[8]</sup>,提出了适合山西省王庄煤矿的生态恢复模式,以期改善当前面临的生态环境问题、促进矿区可持续发展。

## 1 煤矿环境现状调查及生态治理

王庄煤矿是潞安矿业集团主要生产矿之一,现有井田南北长 11 km,东西宽 4.6 km,面积 51 hm<sup>2</sup>。王庄矿井始建于 1958 年,1966 年 12 月正式投产。现有 3 个竖井,一对斜井,年设计能力为 120 万 t。

### 1.1 生态环境现状调查

目前,王庄煤矿全部矿井投产,煤炭产量已达设计年生产水平,随着煤炭资源的持续开采,大量的土地资源遭到破坏,引发了一系列生态破坏和环境污染,从而严重影响了矿区的可持续发展。王庄煤矿土地破坏形式主要有两种:一是采煤塌陷,二是废弃物压占。

(1)采煤塌陷 截至到 2010 年底,王庄煤矿采煤已造成的塌陷土地面积约为 1409.52 hm<sup>2</sup>,除 1.57 hm<sup>2</sup> 为园地外,其余全部为可耕地,目前对塌陷土地没有进行治理,主要进行赔偿,平均每年每公顷赔偿约 3000 元,已赔偿 422.86 万元。其中,稳定塌陷地面积为 592.00 hm<sup>2</sup>,占塌陷地总面积的 42%,其中塌陷耕地面积为 539.90 hm<sup>2</sup>,占稳定塌陷面积的 91.2%,常年积水面积 27.35 hm<sup>2</sup>,占稳定塌陷面积的 4.62%,季节性积水面积占 48.10 hm<sup>2</sup>,占稳定塌陷面积的 8.13%;不稳定塌陷地面积为 517.52 hm<sup>2</sup>,占塌陷地总面积的 58%,其中塌陷耕地面积为 465.77 hm<sup>2</sup>,占不稳定塌陷面积的 90%,常年积水面积占 30.54 hm<sup>2</sup>,占不稳定塌陷面积的 6.56%,季节性积水面积占 34.23 hm<sup>2</sup>,占不稳定塌陷面积的 7.35%。

(2)废弃物压占 采煤过程中和煤的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,王庄煤矿每年产矸石约为 70 万 t,占煤炭产量约 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,旧矸石山占地 4.30 hm<sup>2</sup>,西矸石山占地 6.00 hm<sup>2</sup>,西风井矸石山占地 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 7hm<sup>2</sup>。王庄煤矿目前累计矸石存放量为 563 万 t,占地面积 18.80 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 生态恢复工作现状及不足

(1)生态恢复工作现状:煤炭开采引起地表塌陷、矸石山及粉煤灰等废弃物的堆放,给生态环境带来了严重危害,地表塌陷造成大量耕地变成坡地,部分农田被淹,水土和养分流失严重,土壤肥力下降,农林作物不能正常生长。另外,地表塌陷还引起房屋、道路、排灌沟渠等地面建筑设施被破坏,这些都严重影响了当地居民的生活和生产,使矿农关系紧张。本着“谁破坏,谁复垦”的原则和中央有关“占用耕地与开发复垦挂钩”的精神,长治市国土资源局、潞安集团相继成立了土地复垦科,来加强矿区的生态恢复与土地复垦工作,也取得了一定成绩。

王庄煤矿属井工开采,其生态恢复的重点在于采煤塌陷地、堆放的矸石山、塌陷区迁村遗址以及坑口电厂排放的粉煤灰灰场的治理。王庄煤矿属于旧煤矿,生态恢复工作起步较晚,目前的生态恢复工作主要是借鉴其它煤矿的生态恢复经验,边摸索边实践,基本上是采取工程治理措施,即根据塌陷地的不同情况,采取“一疏(开挖排水沟)、二平(挖高垫低,科学平整)、三改造(挖深垫浅)”的治理措施。当前的工程治理模式可分为充填模式与非充填模式。其中,充填模式主要是利用煤矸石、粉煤灰等固体废弃物回填开采塌陷区,治理后的土地除部分作为农业用地外,大部分作为建设用地;非充填模式主要是根据塌陷区的自然条件和土地破坏情况,因地制宜采取整治措施恢复煤炭开采破坏的土地,如削高垫低平整沉陷坡地造地、塌陷地挖深垫浅模式和疏排塌陷区积水综合治理等。

(2)生态恢复工作之不足:尽管近年来,王庄煤矿开展了相关研究,取得了不错成绩,但是从当前土地生态恢复的发展趋势看,明显存在不足,因为当前研究的重点侧重于工程治理,手段单一,科技含量低,治理后的土地生产力大多数达不到预期目标,效益不明显。

归纳起来,王庄煤矿生态恢复治理工作主要存在以下两点不足:(1)生态恢复偏重于基本途径。首先,从现代农业意义上讲,当前的生态恢复

工作仅仅是为土地的耕作创造了条件,而不是为农业的高产高效利用建造一个操作平台,使其能够根据市场的需求调整种植结构。其次,对塌陷地采取的工程治理手段比较单一,要么采取充填工程措施,要么采取非充填工程措施,而不是将二者有机地结合起来。最后,已完成的生态恢复治理工程多是某单一用途的治理,作物种植用地或者建设用地,而不是将矿区作为一个复杂的系统,对破坏的土地进行系统设计,综合整治和多层次的开发利用。(2)生态恢复模式选择不科学,人为因素过大。矿区生态恢复是一个复杂的系统工程,涉及到农业、林业、渔业、土地经济学、环境科学、区域规划等诸多学科理论,并肩负着可持续发展、生态重建和协调矿产资源开发的重任,因此实施前必须进行可行性研究,提出多个生态恢复方案,从中选择最佳的生态恢复模式,使其投资最小、效益最大。而如今只是把生态恢复当作一项施工工程,对矿区生态恢复模式的选择不够重视,人为因素过大,而不是从科学的角度去考虑整个矿区的生态恢复。

## 2 生态恢复模式

鉴于王庄煤矿采取工程治理模式存在的很多不足之处,其生态恢复工作拟以生态学和生态经济学原理为指导对采矿破坏土地进行治理,并实施现代集约型生态农业的技术体系,它不仅整治了采煤废弃的土地,恢复、改善了生态环境,而且还克服了工程治理模式起点低,科技含量低等缺点。

### 2.1 模式设计

王庄煤矿地处黄河中下游,区内水资源丰富,日照充足,气温适中,土壤大部分属砂浆黑土,北方大部分地区存在的木本植物、禾本植物、草本植物、水生植物在这里都能很好的生长。王庄煤矿生态恢复模式设计就是设计以人工建造的生物群落为主的生态系统的各种结构,主要包括系统的平面结构设计、垂直结构设计、食物链网设计、时间节律设计以及工程措施设计。

(1)平面结构设计:生态恢复模式的平面设计就是在一定的区域内,确定各种生物种群以及各产业所占的比例和分布区域,以达到水平空间内各种资源(特别是土地资源)的最佳利用和各生物群及产业关系的协调互补。生态恢复模式的平面

设计是生态恢复模式设计的基础,其塌陷地稳沉后,一般在中部形成一低洼盆地,中部易积水,在设计平面结构时,可将塌陷区分为深水区、浅水区和荒滩区,深水区 and 浅水区发展渔业和养殖业,种植水生植物,荒滩区通过工程措施,变为良田,种植小麦、玉米等农作物。

(2)垂直结构设计:生态恢复模式的垂直设计就是利用生态位和生物共生原理,将生态适应性不同的生物群体组成合理的复合型生态系统,使其对环境资源特别是空间的利用最充分、最合理。生态恢复模式的垂直空间结构具有比较突出的优势,首先,由于空间的多层次性,使资源利用更加充分,克服了常规农业的资源浪费现象;其次,由于多层次的生物种群的合理组合,利用了生物间“互利共生”的关系,使其能获得较好的效益。垂直结构分地上和地下两部分。

(3)食物链网设计:生物在长期演化和适应过程中,不仅建立了相互制约的食物链关系,而且还形成了独特的生活习性和分级利用自然界所提供的各种物质。正因为如此,才使有限的空间养育众多的生物种类,并保持相对稳定状态,研究设计合理的食物链结构,直接关系到恢复土地生产力的高低和经济效益的大小。如对煤矸石、粉煤灰等充填治理的土地来说,存在多种有害元素,在食物链设计中如果不采取措施,必将影响治理区的环境和人类的健康,因此在生态恢复中还应尽量减少有害物质沿食物链转移。

(4)时间节律设计:根据各种资源的时间节律,设计出能有效利用资源的合理格局或功能节律,使资源转化率最高。生态恢复模式的时间设计主要包括两方面的内容:一是掌握当地各种作物种群对环境资源需求的变化规律,进行生态类型合理匹配,穿插衔接,采取轮作、套种、合理茬口等措施,使其对环境资源的需求尽量与环境资源变化曲线吻合,减少各生态类型种群交替的空隙,以延长资源的利用时间;二是通过环境控制延长资源的转化时间。如早熟品种的培育、温室蔬菜、温室(塑料大棚)养鱼等。

(5)工程措施设计:生态恢复模式的平面、垂直、食物链及时间设计完成后,根据其设计要求应进行工程设计,因地制宜地选择生态恢复技术途径和工程方法,生态恢复工程尽量与煤矿生产相结合,适当保留开采沉陷形成的水域,以减少工程



量,充分利用粉煤灰、矸石等工业废物进行充填治理,并采取可行措施防止发生二次污染。

## 2.2 模式类型

根据王庄煤矿的气候特点、土壤特点、植被覆盖情况、地表移动规律、塌陷地特征、当地农民的耕作习惯以及当地农副产品的消费结构,按照以上原理,根据实地调研和试验,提出以下六种模式类型。

(1)立体共生模式:一种根据各生物种群的生物学、生态学特性和生物之间的互利共生关系而合理组合的集约化生态农业恢复模式。该系统能使处于同一环境系统中的各生物种群各得其所,相得益彰,更高效地利用太阳能、水分、矿物质等营养元素,并建立一个空间上多层次、时间上多序列的产业结构,从而获得较高的经济益和生态效益。目前,王庄煤矿主要有三种模式:①农作物的间作、套作和轮作模式;②农林、农果之间的间作模式;③立体种养模式。

(2)设施农业模式:王庄煤矿距离长治市区较近,交通便利,存在就近的技术优势和市场条件,因此设施农业可以作为其一种重要模式。设施农业是利用现代工程技术手段和工业化生产方式,利用人工建筑设施,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。其不但能大幅度提高农业产量,实现高产高效,而且能调整农产品产出时间,实现均衡上市,还可以控制生产环境和生产过程,在实现少污染或无污染方面具备优势,向无公害方向发展,增强市场竞争力。

(3)物质循环模式:其内容主要是利用农田中的粮食、作物秸秆和废弃菜叶作为家禽和家畜的饲料,家禽和家畜的粪便作为有机肥施加在农田中提高农田的肥力,达到对废物的循环和多级利用,有条件还可生产食用菌对禽畜粪便作进一步的利用。这种模式将种植业和养殖业紧密联系起来,种植业和养殖业的产品经过加工这个环节,进一步提高了经济效益,而且在加工过程中产生的各种废弃物,也在整个系统中进一循环利用,从而增加了系统组分结构的复杂性,使整个系统对矿区资源的利用更加充分。

(4)农林鱼禽系统模式:该模式是充分利用塌陷形成积水的优势,根据水生生物的生活规律和

食性以及它们所处的生态位,按照生态学的食物链原理,实现农-渔-禽-畜综合经营的生态农业模式。系统中的农作物和青饲料,可作为鸡、猪、牛等养殖动物的饲料;养殖动物的粪便等废弃物,可供养鱼或作为其它水产养殖业的饵料,并可直接施入农田,经微生物分解而成为农作物或饲料作物的肥料;食用菌生产中的菌渣及培养床的废弃物,可用于喂养禽畜动物、鱼以及作为农田作物的肥料,由此形成物质的多级循环利用。

(5)旅游景观开发模式:王庄煤矿目前共有旧矸石山、西矸石山、西风井矸石山及新排矸系统四座矸石山,占地面积达 18.80 hm<sup>2</sup>,由于多年的矸石排放,在其周围形成较大矸石山,而且这些大型矸石山离居民点较近,如果不进行治理则对煤矿周边的生态环境造成污染,可以通过对矸石山内部进行灭火处理,并在外部进行阶地化,在坡面修建阶地,覆盖土壤,栽种树木进行矸石山绿化。在此基础上建设集休闲、娱乐为一体,以生态绿化为主,建立生态园林区,形成不同地段,各具特色园林景观,以改善居民点的生态环境。

(6)科普园区设计模式:王庄煤矿是潞安集团的大型矿井,开采历史悠久,为潞安集团以及国民经济做出了重要贡献,矿山基础设施、档案文献以及地质标本保存完好,这些古老的井架、矿山建筑和文献资料等都颇具历史价值。矿山关闭后可以通过建立矿业博物馆或者举办展览会的形式,通过图片展板、文字展板、模型、投影等各种展示手段,将这些历史性的矿山建筑物与工程构筑物提供给游人参观。

## 3 模式效益评价

结合王庄煤矿内的一块塌陷地进行探索性试验研究。该塌陷地位于苗桥乡境内,永淮公路南侧,紧靠河北省,位于黄水寨村,东部与河北省相邻,西部与黄菜园自然村相邻,南部与运粮河相邻,北部紧靠永淮公路,面积 119.2 hm<sup>2</sup>。该区塌陷前为旱地,地势平坦,采煤后地表形成大面积的下沉盆地,原有平整的耕地变为斜坡状耕地,再加上地表变形,整个地表凸凹不平,影响耕作。盆地平底部分因标高低于地表潜水位,形成常年积水,即使在旱季,积水也在 0.3m 以上,雨季时由于排水不畅积水深度达 1m 以上,造成塌陷区大面积坡地被淹,农作物被淹死、减产或绝产,土壤盐渍化和

沼泽化严重。塌陷区共涉及人口 2354 人,塌陷前人均耕地  $0.127\text{hm}^2$ ,因采煤导致人均耕地下降,目前人均耕地仅  $0.03\text{hm}^2$ ,吃粮难和就业困难是两大重要社会问题。

### 3.1 实验区概况及评价

本塌陷区内有共有以下几种土地类型:①常年积水稳定塌陷地,位于塌陷区中北部,黄菜园自然村东部,王引河南部,属于下沉盆地中央地带,积水深度  $0.1\sim 0.4\text{m}$  之间,面积共  $2.99\text{hm}^2$ 。②季节性积水稳定塌陷地,位于下沉盆地中央地带周围,塌陷区东北部靠近王引河部分有小片季节性积水地带,面积共  $9.46\text{hm}^2$ 。③非积水稳定塌陷地,塌陷盆地外围地带,面积  $40.46\text{hm}^2$ 。④非塌陷耕地,位于塌陷区南部,主要分布在通往小黄楼村民点田间道的南侧,以及北部塌陷地外围的部分土地,面积共  $66.29\text{hm}^2$ 。

依据适宜性评价方法,得出区域评价结果如下:①常年积水稳定塌陷地。因该塌陷区常年积水,北部紧靠王引河,水源丰富,积水主要由地下潜水、雨水汇集而成,加上附近无工业,水质良好,已不适宜作物种植,适合于发展养鱼、栽藕、家禽家畜养殖,但水位较浅,需要挖深。②季节性积水稳定塌陷地。该塌陷地由于地表塌陷,地面高低不平,雨季时易积水,土壤的成土结构发生不同程度的变化,由于该区域土壤为体壤淤土,湿雨季节土壤变湿呈沼泽状,干旱季节土壤呈板结状,该塌陷地利用难度最大,既不太适宜于作物种植、林果种植和蔬菜种植,又不太适宜于水产养殖。③非积水稳定塌陷地。该塌陷地是治理区内面积最大的塌陷地,土壤的结构基本没有发生较大变化,地下水资源丰富,主要问题是地表凸凹不平,地面坡度较大,有不同程度的水土流失,原有道路、水利设施受到不同程度的破坏,耕作不太方便,由于地表不积水,该区域已不适宜于进行水产养殖和家禽家畜养殖,适宜于进行农作物种植、林果种植和蔬菜种植。④非塌陷耕地。该地块由于是非塌陷地,土壤肥力相对较高,地下水丰富,适宜于农作物种植、林果种植、粮果种植和蔬菜种植,主要问题是土地不够十分平整,水利设施不配套,造成雨季时排水不畅,农业受到一定程度的影响。

### 3.2 模式设计

根据综合分析,塌陷区内宜采取立体共生和

物质循环两种模式。塌陷区总体布局是将整个塌陷区分为三大类和四大区,三大类是:以种植为主类、以养殖为主类和种养结合类,四大区是农作物种植区、蔬菜种植区、农果套种区和基塘区。

考虑到塌陷区的气候特点、土壤特点、植被覆盖情况、地表移动规律、塌陷地特征、当地农民的耕作习惯、生物种群、农作物、林木、果树、禽畜等生物种群之间的搭配情况以及当地的经济水平、农副产品的消费结构,综合控制和协调以上自然因素和社会因素,进行塌陷区内的各种结构设计,其结构如下:

(1)塌陷区平面结构设计 塌陷区北部常年积水区域和季节性积水区域主要通过挖深垫浅的方式建造标准渔塘,挖出的土通过推土机使农田抬高进行作物种植、栽种果树或蔬菜种植,开挖的渔塘进行水产养殖,在非积水塌陷地和南部的农田内通过配套进行作物种植,适当发展粮果间作。在靠近黄菜园和小黄楼自然村的地方预留出建设用地作为养殖场用地,发展家禽家畜养殖。在塌陷区总面积  $119.2\text{hm}^2$  中,耕地作物面积  $68.10\text{hm}^2$ ,渔塘面积共  $25.12\text{hm}^2$ ;养殖场用地面积  $1.50\text{hm}^2$ ,道路用地面积  $3.28\text{hm}^2$ ,菜地面积  $16.03\text{hm}^2$ ,园地面积(不包括粮果套种)  $2.5\text{hm}^2$ 。

(2)塌陷区垂直结构设计 塌陷区垂直结构分地上和地下二部分。地上部分主要是作物种植区,为了充分利用地上空间,作物种植区采取立体种植类型,采用轮作、间作的方式种植,在塌陷区的耕地上种植果树和粮食作物,大豆和玉米套种、粮食和棉花套种等方式。地下部分主要是指建造的渔塘,在垂直的空间上采用立体养殖,上层放养鳞鱼中层草鱼下层鲤鱼。

(3)塌陷区食物链网设计 按照前面所述的食物链结构设计方法,食物链结构如下:作物种植区内的粮食和经济作物除被人消费外,其余的作为饲料供养给鱼类和家禽家畜,用来为人提供丰富的肉蛋等农副产品,家禽家畜等产生的粪便和鱼塘内的水生植物供鱼类消费,鱼塘的塘泥返回到农田内供农作物消费,从而使塌陷区有限空间内众多的生物种类保持稳定的状态并达到最大的经济和环境效益。

(4)塌陷区时间节律设计 根据塌陷区内各种资源的时间节律、各种作物种群对环境资源的

需求变化规律,以及农副产品的需求规律,安排塌陷区生物的时间结构,对粮食经济作物种植来说,由于受作物本身对环境及其内在的生长期限制,其时间安排和当地的种植时间基本一致;蔬菜种植可采取大棚和地膜的方式来控制环境,为矿区提供新鲜的蔬菜;对于渔业养殖,采取轮捕轮放,在一次放足鱼苗的基础上,一年中分批将达到规格的鱼捕出,同时再补放一部分鱼苗,使鱼塘饲养期间保持合理的鱼量,对环境的利用达到最优;对于禽畜养殖,要安排这些肉蛋产品的供应量在春节、中秋节、元旦、国庆节等几个重要节假日期间达到最大,争取对环境的利用程度达到最强,获得更大的经济效益。

### 3.3 效益评价

(1)经济效益评价:塌陷区治理后土地利用将由原来的 55%提高到 95%以上,土地垦殖率由原来的 45%提高到 70%以上。按生态恢复规划方案,共计投资 690 万元,单元土地投资 5.79 万元/hm<sup>2</sup>,治理后耕地 68.10 hm<sup>2</sup>,蔬菜用地 16.03 hm<sup>2</sup>,鱼塘用地 25.12 hm<sup>2</sup>。根据苗桥乡工农业生产情况统计数据,粮食生产以夏收小麦、秋收玉米为例,每公顷产可增 4 500~6 000kg,效益可净增 1 500~2 250 元;以小麦、苹果套种为例,比净粮食作物多增 600~800 元;种植大棚蔬菜,年收益 2.4~3.75 万元/hm<sup>2</sup>,鱼塘年收益达 3 000 多元。治理后,塌陷区年总收入达 227.50 万元,预计 5 年就可将投资收回。

(2)社会效益评价:方案实施后,已经累计增加耕地 30 km<sup>2</sup>,占塌陷地的 56%。治理后区内农田道路、水利、电力设施和环境景观工程配套,塌陷地得到显著平整,极大地改善了项目区农业生产条件,提高了土地利用率和农业生产效率,据估算粮食年产达 6.13 万 kg,彻底改变了塌陷区内吃粮难的问题。同时,该方案动用了 15 万个劳工日,可以解决近 300 人的劳动就业问题,基本消除了塌陷区内剩余劳动力的就业难问题,矿区和农区关系得到极大改善。

(3)生态效益评价矿区:塌陷造成原有生态系统失调,自然景观破坏、水土流失加剧。通过应用立体共生恢复模式和物质循环模式的实施,区内地形、水、太阳能灯自然要素得到了较为充分利用,农业生态环境得到极大改善,区内形成了经济合理的物质能量流。

由上可知,本方案实施的经济效益、社会效益和生态效益均较明显。

## 4 主要结论

(1)采煤塌陷和废弃物压占是潞安集团王庄煤矿的主要现时环境问题。

(2)生态恢复模式设计应该主要包括平面结构、垂直结构、食物链网、时间节律和工程措施等 5 项内容。

(3)立体共生、设施农业、物质循环、农林鱼禽生态、旅游景观开发、科普园区设计等六种生态模式是王庄煤矿现时适用恢复模式。

(4)典型塌陷区实施的立体共生模式和物质循环模式的示范性效益评价结果良好。

## 参考文献

- [1] 魏忠义,王秋兵.大型煤研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.
- [2] Bai Zhongke, Shi Guangrong, Zhao Jinkui. International symposium on soil, Human and environment interaction [M]. Beijing: China technology press, 1998. 103-108.
- [3] Baker D. A methodology for integration materials balance and land reclamation [J]. International journal of shape modeling, 1996, 10: 143-146.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 胡振琪.土地复垦与生态重建[M].徐州:中国矿业大学出版社,2008:106-111.
- [7] 王庆林,朱宗泽,张永领.山西省王庄煤矿生态恢复模式研究[J].2010,17(5):265-267.
- [8] 任海,彭少麟.恢复生态学导论[M].北京:科学出版社,2001:107-110.