

采煤对山西省的环境影响及其生态修复策略

张成梁^{1,2,3}, 袁元和⁴, 刘士余⁵, 吕 皎²

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 山西省林业科学研究院, 太原 030012; 3. 山西绿宝园林设计研究所, 太原 030012; 4. 山西大地复垦环保工程技术有限公司, 太原 030001; 5. 江西农业大学, 南昌 330045)

摘 要:在对全国产煤最多的山西省煤矿区环境受损的现状和类型进行全面调查分析后, 得出采煤对山西环境的影响是多方面的, 危害是严重的, 并结合实例对其进行成因剖析。在充分调研的基础上, 针对山西省的实际, 从政策和技术 2 个层面提出了山西省煤矿区生态修复的策略。

关键词:煤矿区; 环境受损; 生态修复

中图分类号: X171.1; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0139-04

Ecological Restoration Strategy for the Damage and Effects of Coal Mining on Environment in Shanxi Province

ZHANG Cheng-liang^{1,2,3}, YUAN Yuan-he⁴, LIU Shi-yu⁵, Lü Jiao²

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Shanxi Academy of Forestry Science, Taiyuan 030012, China; 3. Institute of Lubao Gardening in Shanxi Province, Taiyuan 030012; 4. Shanxi Dadi Reclamation Environmental Protection Engineering Design Company Ltd., Taiyuan 030001, China; 5. Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Through a comprehensive investigation and analysis of the status and types of the environmental damage in the nation's largest coal mine production area Shanxi province, it indicates that coal mining cause many environmental problems and serious hazard in Shanxi province. Also the cause is analyzed with specific examples. On the basis of full investigation, the ecological restoration strategies are recommended at actual policy and technical levels in Shanxi province.

Key words: coal mining area; environmental damage; ecological restoration

煤炭是我国最主要的一次性能源, 占一次性能源使用量的 75% 左右, 而且这种能源结构在相当长的时间内不会改变^[1-2]。山西省因为其煤炭资源分布地区广大, 煤种齐全, 煤质优良, 开采条件好, 成为中国最主要的煤炭生产基地之一。丰富的煤炭资源决定了山西省的产业结构即以煤炭开采及其煤炭粗加工为主的能源工业做为支柱产业, 同时也决定了山西省在全国经济建设中的重要地位。2004 年全省煤炭产量 4.96 亿 t, 占全国产量 19.7 亿 t 的 26.32%; 外调出省煤炭 35 654 万 t, 占全国省际净外调量的 75% 左右; 煤炭出口 3 929.57 万 t, 占全国煤炭出口总量的 46%, 均居全国第一^[3]。煤炭资源的开发对我国经济建设和社会发展起到了重要的支撑作用, 煤炭工业在国民经济发展中占有重要的地位。然而, 煤炭资源的开采在给人类带来了巨大好处的同时也给人类赖以生存的环境带来了危害, 引发了一系列的生态环境问题。矿区已成为典型的、严重受损生态系统。山西省目前探明的含煤面积达 6.2 万 km², 约占全省土地面积的 40%。采煤已成为山西省最大的环境损害因素, 煤炭资源的长时期大规模开采对生态环境造成了极大影响。山西省在

1949—2004 年的 55 a 间, 累计生产原煤约 80 亿 t, 累计破坏土地面积约 1 150 km², 累计耗损地下水 80 亿 t, 导致山西省的环境污染位居全国首位。矿区环境恶化, 土地极度退化, 水源恶化, 使本来就干旱的这一地区土壤水更加恶化, 植被退化, 导致大面积土地因采矿荒漠化或潜在荒漠化。因此预防和治理煤矿区的土地退化, 已成为煤矿产区的当务之急。矿区生态环境综合治理已迫在眉睫。如何做到资源开发与环境整治并举, 实现区域经济的持续发展, 是山西省乃至全国当前面临的紧迫问题。在分析山西省采煤对环境、生产以及人民生活影响的基础上, 针对山西省煤矿区主要的生态环境问题, 从政策和技术 2 个层面提出具体的治理方法和技术措施, 包括矿井水和废弃物的资源化、污染土地的修复、植被的恢复, 水土流失以及国家相关政策、法规和制度的建立等。

1 研究区概况

山西省位于华北平原西侧的黄土高原东部, 北与风蚀荒漠化严重的内蒙古地区衔接, 西隔黄河与陕西省相望, 东南以太行山与河北和河南为界。山西省土地总面积 156 806.05 km², 占全国总土地面积的 1.634%。整体地貌

收稿日期: 2007-03-18

基金项目: 山西省重大科技攻关项目 (2006031099-01-06); 山西国阳新能股份有限公司项目

作者简介: 张成梁 (1964—), 男, 研究员, 在读博士, 主要从事水土保持及矿区生态修复研究。E-mail: duyongji1202@yahoo.com.cn

通信作者: 刘士余。

是一个有黄土覆盖且起伏较大的山地高原。山西省位于中纬度内陆高原地带,属大陆性季风气候区。北部为温带半干旱气候;中部为暖温带半干旱气候;南部为暖温带半湿润气候。年平均气温 $3.7\sim 13.8^{\circ}\text{C}$,年降水大部分地区介于 $400\sim 650\text{ mm}$ 。植被类型有针叶林、阔叶林、针阔叶混交林、灌丛、灌草丛、草原、草甸和栽培植被。

2 煤矿区的主要生态环境问题

2.1 煤矿区土地退化方式和类型

不同的开采方式和地理条件,采煤会形成对土地不同的破坏形式。通过对山西省主要煤炭产区生产方式和土地破坏情况的调查,将矿区退化立地类型和成因列表 1。

表 1 矿区土地破坏类型划分

分类	破坏土地面积/ hm^2	立地类型	成因	特点及利用方向	主要发生地区
井工开采区	111377	积水垂直沉陷区	平坦或盆地地区的井工开采	沉陷深度 $3.5\sim 7.2\text{ m}$,可能形成季节性积水或永久性积水;多发生在潜水位较高的平原或盆地。可用作水产或灌溉	长治、晋城平坦潜水位高的地区
		轻度不积水沉陷区	山地丘陵区的井工开采	塌陷明显,裂缝宽度小于 10 cm ,分布稀疏,间距超过 50 m ,出现裂缝后每年填缝加工整治后,土地能正常利用	全省各地岩质坚硬的山区
		中度不积水沉陷区	山地丘陵区的井工开采	地表出现轻度塌陷,塌陷最大深度部超过 50 cm ,裂缝宽度在 $10\sim 30\text{ cm}$,间距在 $50\sim 30\text{ m}$,土地耕作受到一定影响,经过及时整治加工后耕地基本上还可以利用,但产量稍有影响	全省各地
		重度不积水沉陷区	山地丘陵区的井工开采	地表呈现明显塌陷,塌陷深度大于 50 cm ,裂缝宽度在 30 cm 以上,间距小于 30 m ,并伴有垂直位移,形成明显的阶梯状裂缝和塌陷,土地利用受到严重影响,农业减产十分明显。宜改作林业用地	全省各地岩质疏松的山地或黄土母质地区
		开挖及弃土弃渣区	建设初期井口开挖	地表扰动剧烈,发生在井口开挖区,原地貌遭到彻底破坏。重构土壤后用作林业	全省各地
露天开采区	2304	建筑区	生活和生产区建设	生活建设区和生产建设区及其配套设施建设区,原地貌彻底改变,受人为影响很大。在植被恢复过程及随后的时间内除受到自然条件的影响外还受到人为干扰。修复后用于农牧业	平朔露天煤矿区
		开挖区及弃土弃渣区	露天开采剥离表层土岩体	剥离原来地表,对地表扰动剧烈,使原地貌彻底破坏	平朔露天煤矿区
废弃物区	1514	垃圾场	生活和生产过程产生	成分复杂,对环境造成很大污染,影响景观	全省各地
		煤矸石堆积区	开采排出或洗选煤排出	煤矸石,煤,碎木等混合物,基本没有任何供植物生长的条件和因素。多数煤矸石山发生不同程度的自燃,有大量有毒有害气体	全省各地
		挖掘物堆积区	露天开采及井工开采初期剥离表层土岩体	剥离原来地表重新堆积,对原来土岩体的层性彻底扰动破坏	全省各地

表 1 结果显示,煤炭生产过程中对土地破坏的主要类型为:井工方法开采地下煤层形成的采空区,形成地表塌陷;露天开采剥离覆岩土层取煤,对地表的挖损,直接破坏表土和植被;矸石和其它固体废弃物堆放,压占土地破坏植被。

2.2 塌陷危害

采空塌陷是一个世界性问题,特别是在我国和发展中国家尤为突出。1949—2002 年全国累计采空塌陷面积超过 70 万 hm^2 ,仅 2000 年新增采空塌陷面积 3 万 hm^2 。采空塌陷的最新测算,我国平均塌陷系数为 $0.24\text{ hm}^2/\text{万 t}$ (网上资料),山西省平均塌陷系数为 $0.01\sim 0.4\text{ hm}^2/\text{万 t}$,平均 $0.18\text{ hm}^2/\text{万 t}$ ^[4]。测算直接损失系数为 $1\sim 1.5\text{ 元/t}$,累计直接经济损失超过 500 亿元,2002 年直接经济损失达 20 亿元。按

重点矿区人口计算,人均采空塌陷面积为 $1.86\text{ hm}^2/\text{万 t}$,人均房屋破坏面积为 4.5 m^2 。其灾难性后果已逐渐被人们所认识并日臻增加紧迫感。

2.2.1 对土地利用的影响

地表塌陷是山西省土地破坏的主要类型,防治采空区塌陷,有利于维持稳定健康的矿区生态环境。含煤面积 62 000 km^2 ,占总面积的 39.5% 。截止 2004 年因采煤导致土地荒漠化或潜在荒漠化土地面积 1 152 km^2 ,占全省总面积的 0.73% 。按照国民经济发展规划对山西各煤矿的开采计划测算^[5-7],预计到 2010 年土地破坏面积将达到 1 854 km^2 ,占全省总面积的 1.18% 。全国重点煤矿平均采空塌陷约占含煤面积的 10% (网上资料)。据此推算山西省未来将有 6 200

km²的土地遭到塌陷破坏。

地表塌陷首先对耕地造成严重影响。以国有大型煤矿为例,万吨塌陷面积平均为1 800 m²,其中耕地万吨塌陷面积667 m²。1949—2004年,破坏耕地累计达到47 629 hm²,预计到2010年,万吨塌陷面积将为1 867 m²。到2010年将有50 441 hm²的耕地受到采煤影响,其中9 281 hm²的耕地农业生产将受到严重影响,甚至无法耕种不得不改作林地、牧地或其它用地。

从表2可以看出,山西省煤矿以井工开采为主,煤炭生产破坏的土地以地表塌陷最多,约为97%。露天挖损目前只有平朔煤炭公司2个煤矿,所占比例很小,约为2%,其余1%是煤矸石和其它固体废弃物压占破坏。

表2 山西煤矿区1949—2004年的土地破坏情况

破坏方式	破坏土地 类型	破坏土地 面积/hm ²	被破坏土地 类型比例/%
井采塌陷	耕地	47575.5	41.3
	非耕地	15666.5	13.6
	荒地	48151.5	41.8
露天采剥离	非耕地	2304.0	2.0
固废堆放侵占	荒地	1514.0	1.3
总破坏面积		115195.0	

2.2.2 对生产生活的影响

塌陷区不仅使当地村民的房屋受损、耕地破坏、道路变形,地表塌陷还危及生产、生活和人民生命安全,并诱发山体滑坡、泥石流和地震等一系列地质灾害,甚至造成人员伤亡等事故。1997年,大同发生采空区塌陷37起,9人丧生,也曾因大面积采空区塌陷造成3.8级地震,8人死亡。2006年8月14日阳泉煤业集团三矿大陷梁发生滑坡,面积达1.5 km²,307国道开挖的凹槽路段和设施被毁,运送煤矸石的索道支架位移17 m。2006年太旧高速公路寿阳段发生沉降,致使高速公路通行中断数月。塌陷还会导致地下煤层自燃。地表裂缝给井下火区提供了充足的氧气,使火势加大,火区蔓延,顶板承压减弱,地裂缝加宽、加长,形成“地裂缝—火区—地表裂隙”的恶性循环。

2.2.3 对地下水资源的影响

目前煤矿的生产技术条件,地下采煤的同时损耗大量的地下水。山西省多年平均数据为每生产1 t原煤,从矿井中排出0.87 t地下水,加上洗选用水,每吨煤平均耗损水资源1 t,即吨煤吨水。建国后55 a时间累计耗损水80亿t。采煤塌陷引起的地表沉降和裂缝在一定程度上改变了地表径流方向和汇水条件。部分地表水沿裂缝渗入地下,沿上覆岩层采动裂缝渗入采空区或深部岩层,使矿区地表水减少,潜水干枯,地下水位降低。部分上覆岩层中的含水层也遭到严重破坏。地表水通过采动裂缝渗入地下的同时,地表污水也随之进入地下含水层,从而污染地下水源;地下水通过采动裂缝进入采空区时,又受到采煤污染;矿井水通过排水系统排放到地表水系中又使地表水系受到污染,因而矿区水环境不断恶化。而水环境的恶化又将进一步导致整个生态环境的进一步恶化。开采过程中,地下水以渗、滴、淋、溃多种方式涌入矿坑,为便于生产煤矿工人将矿坑水排出,这又造成

了地表水加速向地下水转化,地下储水结构破坏,导致河流及泉水干涸,地下水资源枯竭。煤矸石等固体废弃物的物理化学变化过程释放的有害重金属等造成的水源污染。

2.3 固体废弃物危害

固体废弃物主要是煤矸石和剥离土石方。煤矸石是一种与煤伴生的可燃性岩石,形成于聚煤盆地煤层沉积的过程,是成煤物质和其他物质相结合而形成^[8]。煤矸石在煤的采掘和煤的洗选过程中,均有排出。煤的品种、产地不同,煤矸石排出率也不同,平均约占开采量的20%。我国目前煤矸石的综合利用率为30%~40%^[9-10]。大量煤矸石不断堆积,形成矸石山。据统计,全国有煤矸石山1 900座,储有38×10⁸ t煤矸石^[4],占地约2万hm²^[11]。煤矸石的大量堆积,不仅占压土地,破坏景观,而且矸石自燃时放出SO₂, H₂S, CO, CO₂和氮氧化物等有害气体,并伴有大量烟尘,有时引发坍塌、泥石流等地质灾害,对矿区大气环境造成严重污染,危及矿区的生态安全和人类健康^[12-13],此外,矸石雨淋后,又会污染周围土壤和水体,影响矿区人民的生产和生活。

废弃物的数量决定土地破坏面积。调查显示,在山西省国有大型煤矿无洗煤设施的矿井排矸率为3%~10%,平均为6%;有洗选设施的矿井排矸率为15%~22%,平均18%;县(市)营煤矿的排矸率为10%~15%;乡镇和私营小煤矿的排矸率小于10%,甚至有的矿井在井下用煤矸石填充采空区而没有排矸。目前国有大型煤矿的洗精煤约占原煤产量的25%~30%。

虽然存矸量与土地破坏面积直接相关,但不同的堆放方式,可以影响破坏面积。据调查,单位面积存矸量的多少与其堆放形式密切相关。平地起堆的排矸场存矸量大约为30万t/hm²,即333 m²/万t。山区顺坡堆放的山谷排矸场存矸量一般为每公顷45~90万t,最多可达225~300万t。山西省除潞安和长治地区的煤矿有平地起堆的排矸场以外,多数是山谷排矸场,国有大型矿一般煤矸石占地为110~220 m²/万t;县(市)中性矿为220~330 m²/万t;乡镇等小型煤矿为500~1 428 m²/万t。

煤矸石除少量被利用外,大多堆积成山。煤矸石废弃地的复垦、生态修复不仅是合理利用土地资源的需要,更是环境保护的要求。煤矸石山的生态环境构建受多种因素的制约,自然当属最难解决的一个。煤矸石的自燃还导致其他危害,如爆炸。20世纪80年代以来我国发生煤矸石引起灾害50多起,导致100多人死亡^[14]。2006年8月14日阳泉煤业集团正在治理的280煤矸石山在连降2 d暴雨后发生爆炸,引发刚覆盖的黄土形成泥流,将坡下的多间民房冲毁。煤矸石爆炸已经是我国煤矿常见的地质灾害,给矿区人民的生产和生活造成了极大的伤害和财产损失。据不完全统计,我国每年发生的煤矸石山爆炸事件所造成的损失高达数亿元。

3 煤矿退化土地生态恢复策略

矿区生态建设已有很多研究,有很多实践,取得了一些成绩。但对矿区生态构建的理论和技术的还远没有得到解决。采矿业对矿区环境的破坏是不可否认的,但并不意味着这是对生态永久的破坏,无法解决^[15]。成功经验证明,通过合理

的整治和复垦规划,这种损害是可以恢复的。当然,矿区废弃地的生态修复与构建是一项系统工程,需要政策和技术的共同支撑。技术层面上要吸引采矿、地质、农学、林学、水土保持学、土壤学、生态学、地学、环境保护学及管理等多学科专家联合攻关,更需要全社会各部门、周边居民的积极支持和热情参与。

3.1 增强管理者的环境意识,加大居民的参与程度

各级政府的政策、协调经济发展和环境保护的意识,是保护矿区土地资源和维护矿区生态系统健康的关键。应尽快制订绿色GDP考核指标体系,激励地方政府树立可持续发展的政绩观。而当地居民的参与和认识程度关系到生态恢复的可持续性。因此,防治矿区荒漠化、搞好生态重建需要法制与管理的约束和保证,也需要群众生态保护和可持续发展意识的提高。

3.2 加快立法,建立生态补偿机制

参照大多数发达国家对矿产基地实行产业援助的惯例,国家应建立资源开采、开发的生态补偿机制。让污染者付费,利用者补偿,开发者保护,破坏者恢复,并将此机制尽快纳入法制化轨道。山西地处黄土高原,属水资源贫乏区。而采矿对矿区补给量有限的溪流、潜水井、蓄水池等小型地面水体有显著影响,使之断流或干枯。设立水资源等生态补偿基金,征收生态补偿费用于生态保护和资源开发。

3.3 加大采空区的治理力度,防治并重

长期以来,我国比较重视塌陷土地复垦而忽视对采空区的治理,这种治标不治本的做法使煤矿采空区潜在的危害性增大。老煤炭矿区城市的地下,采空区几乎遍及整个区域,成为潜伏的陷阱。采空区的大量存在提高了经济社会发展成本,已经成为煤炭城市可持续发展的制约因素。应按“政府主导,预防为主,引发者赔偿,综合治理”的采空塌陷防治新模式,把其治理重心从塌陷的“事后处理”前移到对采空区的治理和预防塌陷上来。

3.4 从源头考虑,树立预复垦和清洁生产理念

从开采源头、生产过程和采后治理的一系列过程中,考虑矿业生产和环境保护的关系。从开采方式上,应用煤矿绿色开采技术,最大限度减少塌陷、煤矸石占地、水污染和大气污染^[16]。改变矿区土地稳沉后再进行复垦的思想和“先破坏、后治理”的传统模式,推广动态预复垦技术,科学确定与把握动态预复垦时机,科学运用土壤重构关键技术,实现采矿—复垦一体化。

3.5 将矿区恢复为具有多重效益区域

一些生产实践证明,多数的治理是重治理,轻管护;重前期,轻后期。导致多数治理效益没有可持续性。因此,在进行矿区治理时,想象力和设计应超出被动治理的技术范畴,使矿区恢复后的服务功能具有多样性、价值含义具有特定性,创造出具有经济、文化、科学、教育等多重效益的景观,使其价值体现在娱乐、环境、休闲等构成高品质生活的无形资产上^[17]。把矿区恢复和经济开发、旅游开发和文化建设结合起来。具体可以考虑把废弃矿区改建成公园、科普旅游区、墓地陵园等。

3.6 开发生态恢复技术体系

依据危害程度将破坏区进行分类,将废弃物最大限度资源化,积极探索矿区治理的新模式和新方法,做到矿区多目标,全方位的修复和利用。依据矿区生态重建的理论,合理规划,科学制定生态恢复技术措施,实现破坏土地的恢复和重建。对于已经退化的土地,根据其成因、地理位置、地貌特点科学合理划分立地类型,并选择特异植物种和微生物,建立符合不同立地类型的矿区特异种质资源选育、收集、扩繁基地,以供实际恢复工程使用。对不同类型的生态示范工程中,根据每个立地类型的特点选择与之匹配的物种,并按照生物学和生态学特性进行空间的合理配置和实时调控。

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] 胡振琪,等.采煤沉陷地的土地资源管理与复垦[M].北京:煤炭工业出版社,1996.
- [3] 张成梁.山西采煤造成的土地荒漠化及趋势分析[J].中国水土保持科学,2006,4(5):40-43.
- [4] 李章大,周秋兰.矿山尾矿和煤矸石是资源,重新开发前景广阔[J].中国工程科学,2004,6(9):20-22.
- [5] 何万龙.山区开采沉陷与采动损害[M].北京:中国科学技术出版社,2003.
- [6] 何万龙.煤矿地表移动数据处理系统SDY[J].山西矿业学院学报,1993,11(3):230-240.
- [7] He W L, Kang J R. Data processing system on observation and prediction of deformation in coal mining subsidence[M]//VI International FIG Symposium on Deformation Measurements, baniff, Alberta, 1993:2-6.
- [8] 冷发光.煤矸石综合利用的研究与应用现状[J].四川建筑科学研究,2000,26(2):44-46.
- [9] 高荣久,胡振琪.煤矿区固体废弃物—煤矸石的最佳利用途径[J].辽宁工程技术大学学报,2002,21(6):824-826.
- [10] 李鹏波.煤矸石山景观重建及景观评价研究[D].北京:中国矿业大学,2006.
- [11] 谢宏全,张光灿.煤矸石山对生态环境影响及治理对策[J].北京工业职业技术学院学报,2002,1(3):27-30.
- [12] 许丽,周新澄,王冬梅.煤矸石废弃地复垦研究进展[J].中国水土保持科学,2005,3(3):117-122.
- [13] 于广才,刘永彬.煤矸石山自燃污染对周围居民健康影响探讨[J].中国自然医学杂志,2004,6(4):265-265.
- [14] 黄文章.煤矸石山自燃发火机理及防止技术研究[D].重庆:重庆大学,2004.
- [15] 梁留科,常江.德国煤矿区景观生态重建/土地复垦及对中国的启示[J].经济地理,2002,22(6):711-715.
- [16] 钱鸣高,许家林,缪协兴.煤矿绿色开采技术[J].中国矿业大学学报,2003,32(4):343-348.
- [17] Susan Wessman, ASLA. 采后土地利用:想象力与设计的作用[J].中国土地科学,2000,14(4):8-12.