

## 浅谈山西国土空间生态修复——以矿山生态修复为例

马晓勇,赵娜\*,刘树敏

(山西省环境科学研究院,山西太原 030024)

**摘要:**统筹做好国土空间生态修复工作是国家推进生态文明建设的战略部署,也是建设美丽山西的重要途径。山西省作为国家重要的能源基地,长时间、大规模、高强度的矿产开采对其生态环境造成严重破坏。以山西省矿山生态修复为例,阐述矿山生态修复的重要性及矿山开采对生态环境的影响,并围绕矿山生态环境调查分析、修复理念与案例、评估与指标建设等方面探讨矿山生态修复的出路。

**关键词:**国土空间;山西省;矿山;生态修复

**中图分类号:**X171.4 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-6830(2019)04-0049-05

**On the ecological restoration of geographical space in Shanxi Province——Taking mine ecological restoration as an example.**

MA Xiao-yong, ZHAO Na\*, LIU Shu-min (Shanxi Research Academy of Environmental Sciences, Taiyuan 030024, China).

*Environmental Ecology*, 2019,1(4),49~53.

**Abstract:** Overall planning for ecological restoration of geographical space is not only the strategic deployment of the state to promote the construction of ecological civilization, but also an important way to build beautiful Shanxi. As an important national energy base, the long-term, large-scale and high-intensity mining of minerals in Shanxi Province has caused serious damage to its ecological environment. Take the Ecological Restoration of mines in Shanxi Province as an example, the importance of ecological restoration of mines and the impact of mining on ecological environment are expounded. The solutions for ecological restoration of mines is discussed in terms of investigation and analysis of mine ecological environment, repair concept and case study, assessment and index construction.

**Key words:** geographical space; Shanxi Province; mine; ecological restoration

国土空间生态系统是由土地、江河、湖泊、湿地、农田、山川、森林、草原、生物和空气等多要素,按照特定空间结构组成的一个大系统。要素之间相互联系、相互作用,协同发挥生态功能,构成一定区域内的生态安全屏障<sup>[1]</sup>。国土空间生态修复是推进生态文明建设的重大举措,当前已上升为国家层面的战略部署,是统筹推进现代化建设、生态文明建设、乡村振兴和城乡融合的综合平台和重要抓手<sup>[2,3]</sup>。党的十九大报告中指出:“要提供更多优质生态产品以满足人民日益增长的优美生态环境需要”。这就要求我们要坚持生态惠民、生态利民、生态为民,全方位、全地域、全过程地开展生态文明建设,以生态优先和绿色发展为引领,统筹山水林田湖草“一体修”<sup>[4,5]</sup>,推进全省国土空间生态修复。

国土空间生态修复也是建设美丽山西的重要途径。山西作为我国高物耗、高能耗、高污染的粗放型经济模式的典型代表,长期以煤炭、化工、钢铁、水泥等为主导产业,其引发的一系列环境问题逐渐显现。近年来,山西省国土生态修复逐渐被重视起来,各项国土生态修复工程被逐步提上日

程,山西省生态修复工作必将为建设美丽中国贡献“山西方案”。

### 1 矿山生态修复的重要性

矿山开采是目前最大规模改变土地利用方式和损坏陆地生态系统的人类活动<sup>[6,7]</sup>。党的十九大报告在部署未来生态文明建设时强调要“实施重要生态系统保护和修复重大工程”;《全国矿产资源规划(2016—2020年)》<sup>[8]</sup>中提出“到2020年,开发区域生态环境不退化、环境质量不下降,矿山地质环境得到有效保护和及时治理”。

山西省是国家重要的能源基地,长时间、大规模、高强度的矿产开采,为国家贡献大量能源的同时也让其生态环境付出了沉重代价<sup>[9,10]</sup>。在矿山生态修复治理上,山西省做出了很多创新和尝试。2010

收稿日期:2019-07-16

作者简介:马晓勇(1976-),男,山西省文水县人,博士,高级工程师,主要从事生态环境保护与生态遥感方面的研究。

通讯作者:赵娜,E-mail:nku\_zhaona@126.com。

年9月环保部和国家能源局联合召开矿山生态环境恢复治理经验交流会,肯定了山西省矿山生态环境保护经验;2015年山西省经济工作会议明确指出,要加强对重点地区、重点领域环境治理和保护,特别是加快采煤沉陷区的综合治理;2019年《山西省山水林田湖草生态保护修复工程试点实施方案》顺利通过专家验收,包括矿山生态环境与地质灾害综合治理、河流水系及水生态保护修复、土地综合整治等一系列工程。因此,山西省委、省政府对山西省矿山生态修复已达成共识,更是山西人民热切期盼的工程。

## 2 矿山开采影响生态环境的主要表现

### 2.1 占用土地污染环境

矿产资源的开采利用造成破损、压占、塌陷等土地破坏约占矿区整体土地总量的30%<sup>[11]</sup>,进而导致区域土壤侵蚀、水质恶化、空气污染、植被破坏等环境问题<sup>[7,12-14]</sup>。矿山开采包括露天开采和井工开采两种方式,露天采矿剥离的地表土、井工采矿后的矿料、废石堆置及取排土场等直接破坏与压占大量土地<sup>[15,16]</sup>;井工开采导致大面积地表沉降、塌陷等,引起地表变形和植被破坏,加速土壤侵蚀和水土流失<sup>[17,18]</sup>。矿山开采造成矸石、废渣等废弃物的数量庞大且性质较为复杂,极易给周边造成环境污染问题甚至生态问题<sup>[15]</sup>。表1是针对山西某矿区土地破坏面积的统计,数据是根据山西省矿山生态环境详细调查项目结果而统计出来的。

表1 某矿区土地破坏面积的统计

Table 1 Statistics of the area of land destruction in a certain mining area

类型	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
露天采区	11.60	21.01
边坡	2.29	4.14
工业场地	15.73	28.51
矸石山/场	10.28	18.63
废弃场地	1.99	3.60
储石场	0.02	0.03
排土场	11.12	20.15
排渣场	1.15	2.09
取土场	0.08	0.15
其他	0.93	1.69
总计	55.19	100.00

### 2.2 生态系统格局变化

矿产资源在开发过程中对区域自然生态系统的影响很大,长期矿产资源的开发活动会导致自然生态系统的退化。随着矿产资源的开发,矿区交通网络逐步形成,人为活动也越来越频繁,裸地、人工表面等土地利用类型明显增加,使矿区区域生态系统格局发生明显变化,区域生态环境质量急剧下降<sup>[19,20]</sup>。

仍以山西某矿区为例(图1),可以看出2010年和2015年某矿区开采区内林地、草地、耕地面积明显减小,人工表面面积大幅度增加(主要为采矿场面积的增加);而在该矿区未开采区内林地、草地面积基本保持不变,人工表面面积增加较少。

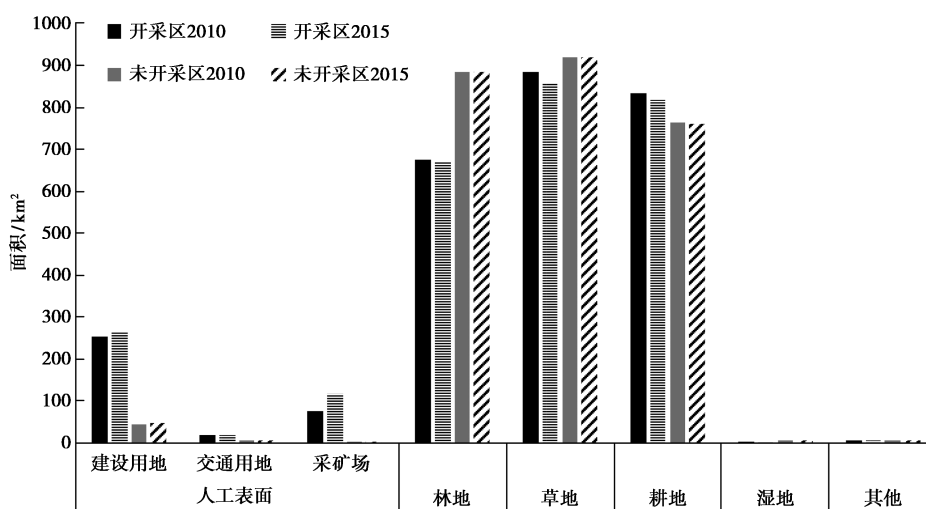


图1 某矿区开采区和未开采区土地利用类型统计图

Fig.1 Bar chart of land-use types in coal mining area and non-mining area of a certain mining area

### 3 矿山生态修复

#### 3.1 矿山生态环境详细调查

矿山生态环境详细调查是矿山生态环境全局修复的基础条件,是解决矿山各类生态环境问题的基础和制定治理方案的先决条件<sup>[21]</sup>。山西省矿

山生态环境详细调查以“全面摸清矿山生态环境状况”为目标,采用顶层设计、突出重点、统一规范、全程指导、地方执行、集成分析的形式,综合考虑技术、经济、操作的可行性,掌握多方面信息(表2),为今后矿山生态环境恢复治理工作提供数据基础。

表2 山西省矿山生态环境详细调查内容及目的

Table 2 The content and purpose of mine eco-environment detailed investigation in Shanxi Province

序号	调查方向	调查内容	调查目的
1	矿山背景信息调查	地质、地形、水文、土壤、植被、社会、经济等状况	便于区别分析不同环境背景下,矿山开采引起的生态环境状况
2	矿山基本信息调查	名称及地理位置、井田范围、矿种、服务年限、生产能力及现状、开采方式、采空区域等	分析开采矿种、年限、规模、开采方式、采空、生产现状等因素对矿山生态环境状况的影响
3	环境治理与污染源	区域及矿山大气、地表水、地下水、土壤等主要环境要素监测数据,污染源“三废”排放情况、总量控制、排污许可证执行等环保要求执行情况	了解区域环境质量状况,对比矿区环境质量,掌握矿区污染源排放状况,评估对矿山环境的影响
4	生态环境现场调查	生态敏感目标调查、生态保护措施调查、生态影响调查、典型样地调查	掌握生态敏感目标受矿山影响情况;矿区生态保护措施及生态影响情况;对比干扰区与非干扰区植被生长状况,确定干扰区植被受影响程度
5	生态遥感调查	生态系统类型分布、植被覆盖度	分析矿区土地利用、生态系统格局等状况

在此基础上,可进一步综合地形地貌、河流水系、地质构造、政治经济、人文社会等多方面因素,借鉴国内外矿山生态修复理论以及案例,“因地”找出矿山生态环境状况的症结所在,“因时”找出矿山生态环境修复的关键时机,“制宜”找出矿山生态环境修复重点区域、关键因素以及科学方法,最终确定自然修复或人工辅助修复的生态修复方案。

#### 3.2 矿山生态修复理念及案例

早期的矿山生态修复主要集中在废弃地的复垦和植被恢复方面<sup>[22-24]</sup>。随着时间推移,矿山生态修

复逐渐成为一个能够进行自我维护、运行良好的完整生态服务系统<sup>[25-27]</sup>。如今,矿山生态修复是建立以生态环境保护为核心,兼顾社会、经济、人文、历史的可持续发展区域,通过良好的生态环境带动区域经济绿色、健康、可持续发展,真正实现“绿水青山就是金山银山”的理念。

国内外针对矿山改造的成功案例很多(表3),综合其不同功能与特性,主要有生态恢复类、博物资源利用类、旅游开发类、复垦造田类、引水造湖类、垃圾处理厂类、仓储类等7种类型<sup>[28]</sup>。其中,生态恢

表3 国内外矿山生态修复案例

Table 3 Study of mine ecological restoration of domestic and foreign cases

序号	案例	改造前	生态修复成效
1	太原西山生态园 <sup>[30,31]</sup>	采场	集疗养、商贸、文化旅游等为一体的绿色产业集群
2	上海辰山植物园 <sup>[29,32]</sup>	矿坑	集科研、科普和观赏游览于一体的综合性植物园,也是华东地区规模最大的植物园
3	唐山南湖生态公园 <sup>[33,34]</sup>	沉陷区	融自然生态、历史文化和现代文化为一体的大型城市中央生态公园
4	湖北黄石国家矿山公园 <sup>[35,36]</sup>	露天采坑	集旅游、科学活动考察和研究于一体的场所,展示中国矿业文化,实现人与自然和谐共处
5	浙江绍兴东湖风景区 <sup>[37]</sup>	采石场	因地制宜、因形就势,利用原有自然环境,再加以人工修复,现成为了一处巧夺天工的大盆景
6	上海世茂深坑酒店 <sup>[38]</sup>	采石场	利用深坑的自然环境建造的一座五星级酒店,也是自然、人文、历史的集大成者
7	英国伊甸园 <sup>[39,40]</sup>	陶土采坑	有极高科研、产业和旅游价值的植物景观性主题公园
8	美国密歇根州港湾高尔夫球场 <sup>[29]</sup>	水泥场	集27洞高尔夫球场、游艇码头、酒店和私人住宅社区为一体的高端独有度假区
9	罗马尼亚盐矿主题公园 <sup>[29]</sup>	盐矿	包含博物馆、运动设施和游乐场的缤纷主题公园,被《商业内幕》评论为世界上“最酷的地下景观”

复类、旅游开发类占据矿山生态修复案例的一半以上,具有较高的参考价值,常见的形式为依据城市总体规划,在城市近中郊范围内选择类型适宜的矿山废弃地,建设矿山遗址公园、生态示范公园、环保科普公园、小游园等多种类型的景观绿地<sup>[29]</sup>。

### 3.3 矿山生态修复成效评估

随着矿山生态修复相关理论和技术研究工作逐渐成熟,目前对矿山生态修复成效评估的方法主要分为3种<sup>[41]</sup>(表4)。其中,单指标评估法多根据矿山区域特点,选取植被恢复后植物物种的组成和变化、土壤结构和养分含量等单一的生态效果指标来评价矿山生态修复<sup>[42-44]</sup>,这种方法操作简便,但只

能反映某些指标的变化程度,无法全面评价矿山生态修复的效果;综合效益评估法多采用层次分析法(AHP)建立评价指标体系进行评价<sup>[9,45]</sup>,这种方法相较于单指标评估法来说克服了多因素间无法定量描述的缺点,可以较全面、准确地反映矿山生态修复的成效,但评价指标体系多针对某一特定矿山类型或区域范围,缺乏普适性和代表性<sup>[46,47]</sup>;近年来,人们越来越关注生态修复的社会经济效益,对矿山生态修复生态效益评估的研究越来越多,即采用经济利润指标表示生态修复改善矿山生态环境质量的情况<sup>[48,49]</sup>,主要表现在防风固沙、涵养水源、土壤保持、净化环境及保护生物多样性等方面<sup>[7,50]</sup>。

表4 矿山生态修复成效评估方法的对比

Table 4 Comparison of evaluation methods for mine ecological restoration effect

评估方法	含义	优点	缺点
单指标评估	对单个指标进行定性、定量对比分析	操作简便,方便直观	只能反映矿山生态修复某一方面的成效,受指标选择的影响较大
综合效益评估	采用层次分析法(AHP),对多个指标综合分析	克服多因素间无法定量描述的缺点,较全面、准确地反映了生态修复成效	人为因素对指标的选取、权重的影响较大
生态效益评估	对生态修复工程实施前后的生态效益货币化并作对比	与经济效益相结合,综合分析生态修复的成效	目前相关研究不成熟,可参考学习的案例很少

## 4 总结

矿山生态修复作为山西省国土空间生态修复的一个重要组成部分,应依据不同矿山开采时期的技术特点和自然环境等因素,制定和调整相应的矿山生态修复方案,做到矿山开采与生态修复的一体化、同步化。矿山生态修复是一个长期的过程,目前存在的突出问题为矿山生态修复目标缺乏科学性和合理性,没有因地制宜而是直接引入其他矿山生态修复措施。矿山生态修复仍需不断发展和完善以下研究:(1)矿山生态环境详细调查是矿山生态修复的前提,进一步研究矿山生态环境详细调查监测技术,加强矿山生态环境详细调查监测标准研究,进而加快形成业务化矿山生态环境详细调查制度;(2)根据矿山实际情况,理清制约矿山自我修复的关键环境因素,促进矿区生态系统自我恢复机能的提升,并综合其不同功能与特性对矿山进行改造,实现矿山废弃地的生态修复和景观化;(3)利用3S等技术优化矿山生态修复评估方法,制定短期、中期、长期生态修复目标并进行评估,加强矿山生态修复跟踪监

测平台建设,确保矿山生态环境问题早发现、早修复!

## 参考文献

- [1] 高世昌.国土空间生态修复的理论与方法[J].中国土地,2018(8):40-43.
- [2] 焦思颖.推进生态保护修复,服务生态文明建设——访自然资源部国土空间生态修复司司长周远波[J].国土资源,2019(1):18-19.
- [3] 高世昌,苗利梅,肖文.国土空间生态修复工程的技术创新问题[J].中国土地,2018(8):32-34.
- [4] 王子墨.山水林田湖是一个生命共同体——生态文明建设系列谈之六[N].光明日报,2015-05-12.
- [5] 王夏晖,张箫,牟雪洁,等.国土空间生态修复规划编制方法探析[J].环境保护,2019(5):36-38.
- [6] 李明顺,唐绍清,张杏辉,等.金属矿山废弃地的生态恢复实践与对策[J].矿业安全与环保,2005,32(4):16-18.
- [7] 赵阳.典型矿山生态恢复效果与生态效益评价——以焦作缝山公园为例[D].焦作:河南理工大学,2017.
- [8] 全国矿产资源规划(2016—2020年)[Z].北京:国土资源部,2016.
- [9] 王伟.矿山生态环境保护与恢复治理评价指标体系的研究[D].太原:中北大学,2014.

- [10] 白中科,李晋川,王文英,等.中国山西朔安太堡大型露天煤矿退化土地生态重建研究[J].中国土地科学,2000,14(4):1-4.
- [11] 袁鹏,尚修宇,胡术刚.矿山修复治理的现状与技术[J].世界环境,2018(3):30-32.
- [12] 张东为,崔建国.金属矿山尾矿废弃地植物修复措施探讨[J].中国水土保持,2006(3):40-42.
- [13] 杨丹青.浅析矿山废弃地生态恢复治理措施[J].能源与节能,2012(7):67-68.
- [14] 刘男男,周欣荣.浅谈矿山开采的生态环境效应与其生态恢复[J].科技信息,2010(10):5.
- [15] 王宇.矿山生态环境问题及环境保护措施探讨[J].世界有色金属,2017(23):35.
- [16] 张汉军.青海省祁连山区矿山生态环境修复技术应用探讨[J].环境与发展,2018(4):194-195.
- [17] 王娟.矿山地下水与生态环境保护措施研究[J].世界有色金属,2018(7):293.
- [18] 黄玉焕.矿山开采对环境的影响及防护措施[J].冶金矿山设计与建设,2001,33(6):32-34.
- [19] 王昭.浅谈矿山开采对生态环境造成的影响及对策[J].柴达木开发研究,2013,4:37-39.
- [20] 沈刚,李香梅,赵艳.矿山植被恢复演替研究进展[J].现代矿业,2010(10):70-73.
- [21] 武强,刘宏磊,赵海卿,等.解决矿山环境问题的“九节鞭”[J].煤炭学报,2019,44(1):10-22.
- [22] 胡振琪,杨秀红,鲍艳,等.论矿区生态环境修复[J].科技导报,2005,23(1):38-41.
- [23] GRANT C, KOCH J. Decommissioning western australia's first bauxite mine: Co-evolving vegetation restoration techniques and targets[J]. Ecological Management & Restoration, 2007, 8(2): 92-105.
- [24] TISCHEW S, KIRMER A. Implementation of basic studies in the ecological restoration of surface-mined land[J]. Restoration Ecology, 2007, 15(2): 321-325.
- [25] SUDING K N, HOBBS R J. Threshold models in restoration and conservation: a developing framework[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2009, 5(5): 271-279.
- [26] JACKSON S T, HOBBS R J. Ecological restoration in the light of ecological history[J]. Science, 2009, 325(5940): 567-569.
- [27] PALMER M A, FILOSO S. Restoration of ecosystem services for environmental markets[J]. Science, 2009, 325(5940): 575-576.
- [28] 韩瑞光.大连市石灰石矿环境综合整治的可能性探讨[J].中国园林,2008(2):9-13.
- [29] 全球废弃矿山生态修复的六个经典案例赏析[OL]. [2018-08-30]. <http://www.shchuangshen.cn/newsview.aspx?id=40&lid=3>.
- [30] 刘斌.山西省煤炭地质环境治理——以“西山模式”为例[J].环球市场信息导报,2015(34):15.
- [31] 何中美.西山生态园生产经营中存在的问题及对策[J].经济师,2017(3):172.
- [32] 李瑞琪,王琴.矿山废弃地生态恢复与景观设计初探——以上海辰山植物园矿坑花园为例[J].现代园艺,2016,12(23):139-141.
- [33] 何琼,安师,李琦.基于绿色发展理念的采煤塌陷区转型机制研究——以唐山南湖生态城为例[J].价值工程,2018,37(27):71-73.
- [34] 郝卫国,沈瑾,林澎.采煤沉陷区的嬗变——唐山南湖生态公园规划建设刍议[J].新建筑,2011(3):49-54.
- [35] 程岚.工业废弃地的生态恢复与景观再生——以湖北黄石国家矿山公园为例[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [36] 田美玲,方世明.资源枯竭型城市工业遗产旅游开发——以黄石国家矿山公园为例[J/OL].资源与产业. [2019-06-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5426.td.20190610.1357.002.html>.
- [37] 廖田人从.绍兴市东湖风景区空间优化与业态创新研究[D].苏州:苏州科技大学,2018.
- [38] MARTIN JOCHMAN.深坑奇境 上海佘山世茂洲际酒店[J].室内设计与装修,2019(2):100-105.
- [39] 生态印记之英国伊甸园[J].北京农业,2014(11):38-41.
- [40] 李耀林.英国的人造伊甸园——现代设计改变荒废矿坑[J].世界环境,2003(4):23-28.
- [41] 苏晓萌,彭本荣.中国生态修复成效评估方法研究[J].环境科学与管理,2014,39(7):153-157.
- [42] HOLL K D. Long-term vegetation recovery on reclaimed coal surface mines in the eastern USA[J]. Journal of Applied Ecology, 2002, 39(6): 960-970.
- [43] CHAMBERS J C, BROWN R W, WILLIAMS B D. An evaluation of reclamation success on Idaho's phosphate mines[J]. Restoration Ecology, 1994, 2(1): 4-16.
- [44] 王腾飞.采石场生态修复技术研究与效果评价——以凉帽顶采石场为例[D].北京:中国地质大学,2017.
- [45] 夏孝东.铅锌尾矿库生态修复评价指标体系的构建及验证研究[D].兰州:兰州交通大学,2017.
- [46] 邹长新,沈渭寿,刘发民.矿山生态环境质量指标评价体系初探[J].中国矿业,2011,20(8):56-59.
- [47] 罗娟,陈守余.矿山环境质量评价指标体系及层次分析法评价[J].安全与环境工程,2005,12(1):9-12.
- [48] 李芬,李妍菁,赖玉珮.城市矿山修复生态效益评估研究[J].环境保护,2018,46(2):55-58.
- [49] 关军洪洪,郝培尧,董丽,等.矿山废弃地生态修复研究进展[J].生态科学,2017,36(2):193-200.
- [50] 潘叶,张燕.矿山废弃地生态修复效益评价研究——以南京幕府山为例[J].中国水土保持,2016,5:61-65.