



推荐阅读:

[我国土地复垦与生态修复 30 年:回顾、反思与展望](#)

[我国采煤沉陷区治理实践与对策分析](#)

[中国煤炭资源高效清洁利用路径研究](#)

[水煤浆制备与应用技术及发展展望](#)

[我国煤基活性炭的应用现状及发展趋势](#)

[煤矿矿井水资源化综合利用体系与技术创新](#)

[现代煤化工废水处理研究进展及展望](#)

[煤气化废水处理技术研究进展](#)

[低阶煤热解关键技术问题分析及研究进展](#)

[煤加氢热解及热解焦气化特性试验研究](#)

[煤炭地下气化理论与技术研究进展](#)

矿区土地复垦与生态修复研究进展专题

【编者按】党的十八大以来,国家把生态文明建设放在突出地位,其中,“绿水青山就是金山银山理念”作为核心理念和基本原则全面贯彻到生态文明建设的各项制度之中。煤炭作为我国的主体能源,在为国民经济发展提供重要能源保障的同时,也引发了挖损、塌陷、压占、污染等土地与生态环境问题,并带来崩塌、滑坡、泥石流、植被退化、区域生态环境恶化与村庄搬迁等系列影响,生态环境问题及社会矛盾比较突出。根据中国地质调查局 2016 年度《全国矿山地质环境调查报告》,截至 2015 年,已复垦治理采矿损毁土地约 86 万 hm^2 (1 290 万亩),仍有 214 万 hm^2 (3 210 万亩) 未复垦。其中,塌陷区面积 56 万 hm^2 (840 万亩),采矿场损毁土地 122 万 hm^2 (1 830 万亩),固体废弃物堆放损毁土地 36 万 hm^2 (540 万亩)。土地复垦与生态修复不仅能有效再利用因采矿而破坏的土地,而且有利于生态环境的恢复和改善,是实现矿区经济绿色发展的必经之路。自 1989 年 1 月 1 日《土地复垦规定》颁布后的 20 年里,我国主要对东部高潜水位矿区进行了大量复垦技术研究和实践。近 10 年来在西部采煤沉陷地治理的研究得到重视,并取得飞速发展。尽管我国的土地复垦与生态修复工作取得了诸多成效,但矿山土地复垦与生态修复率仅 20% 左右,绿色矿山的建设任重而道远。为进一步推进煤炭资源开发过程中的生态环境保护与恢复治理,推动矿山土地复垦与生态修复新技术、新成果的转化应用,《煤炭科学技术》在本期策划出版了“矿区土地复垦与生态修复研究进展”专题,特邀中国矿业大学胡振琪教授和浙江大学肖武研究员担任专题主编,经过严格的审稿、编校,刊登论文 18 篇。专题内容涉及煤炭工业绿色发展理论思考、区域生态安全格局分析与生态环境损伤评价、采煤沉陷地监测与预测、矿山固体废弃物治理、土壤与植被恢复等方面的研究成果,研究区涵盖了西部生态脆弱矿区、黄土高原矿区、东部高潜水位矿区。衷心感谢各位专家学者为专题撰稿,特别感谢胡振琪教授和肖武研究员给予的帮助和支持!



移动扫码阅读

胡振琪,肖武.关于煤炭工业绿色发展战略的若干思考:基于生态修复视角[J].煤炭科学技术,2020,48(4):35-42. doi:10.13199/j.cnki.est.2020.04.002

HU Zhenqi, XIAO Wu. Some thoughts on green development strategy of coal industry: from aspects of ecological restoration[J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(4): 35-42. doi:10.13199/j.cnki.est.2020.04.002

关于煤炭工业绿色发展战略的若干思考 ——基于生态修复视角

胡振琪^{1,2},肖武³

(1.中国矿业大学 环境与测绘学院,江苏 徐州 221116;2.中国矿业大学(北京) 土地复垦与生态重建研究所,北京 100083;
3.浙江大学 公共管理学院,浙江 杭州 310058)

摘要:煤炭工业正面临着前所未有的环境压力。在生态文明建设、绿色发展已经成为国家战略的新形势下,作为我国主要能源的煤炭工业一定要走绿色发展的道路。从煤炭开采对环境影响的不可避免性和严峻性以及国家绿色发展战略要求的紧迫性等方面阐述了煤炭工业绿色发展的必要性和紧迫性。从主动履行生态修复义务、全生命周期生态修复、开采与环境保护协同发展、边采边复、差异化治理、清洁循环利用和创新发展等方面提出了煤炭工业绿色发展战略的几点思考。认为主动履行生态修复义务是绿色矿山建设的前提,贯穿地质勘探、矿山设计、矿山生产、闭矿 4 个阶段的煤炭资源开发全生命周期生态修复是实现整体保护系统修复的基础,采复一体化与差异化的治理战略是确保绿色矿山高效建设的保障,清洁利用与创新发展是绿色矿山建设与可持续发展的动力。建议将企业主动履行生态修复和实施绿色开采作为衡量矿山是否是绿色矿山的 2 大核心指标;全生命周期生态修复、边采边复和差异化治理作为绿色发展的核心战略;以协同发展、创新发展作为绿色发展的核心理念。

收稿日期:2020-02-05;责任编辑:代艳玲

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41771542)

作者简介:胡振琪(1963—),男,安徽五河人,教授,博士生导师。E-mail:huzq1963@163.com

在矿山设计与生产计划中增加生态修复与绿色开采内容作为当前绿色发展迫切要解决的问题。

关键词:煤炭工业;土地复垦;生态修复;绿色开采;绿色矿山;边采边复

中图分类号:TD88

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2020)04-0035-08

Some thoughts on green development strategy of coal industry: from aspects of ecological restoration

HU Zhenqi^{1,2}, XIAO Wu³

(1.School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2.Institute of Ecological Restoration and Land Reclamation, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China;

3.School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: The coal industry is facing unprecedented environmental pressure. The construction of ecological civilization and green development have become the national strategy, therefore, the coal industry, as the main energy resource in China, must take the road of green and sustainable development inevitably. This paper expounds the necessity and urgency of the green development of coal industry from the aspects of the inevitability and severity of the impact of coal mining on the environment and the urgency of the national green development strategy. Some thoughts on the green development strategy of coal industry was proposed, which are fulfilling the obligation of ecological restoration, green mining, full life cycle ecological restoration, coordinated development of mining and environmental protection, concurrent mining and reclamation, differential treatment, clean recycling and innovative development. To fulfill the obligation of ecological restoration is the premise of green mine construction; the ecological restoration of coal resources development in the whole life cycle through the four stages of geological exploration, mine design, mine production and mine closure is the basis for the restoration of the overall protection and systematic restoration; the management strategy of differentiation of reclamation treatment and concurrent mining reclamation is the guarantee of efficient construction of green mines; and clean utilization and innovative development are the driving force of green mine construction and sustainable development. We proposed that coal enterprises should take the initiative to implement ecological restoration and green mining as the two core indicators to measure whether a mine is a green mine. The core strategy of green development is full life cycle ecological restoration, concurrent mining and reclamation and differential governance, and the core idea of green development is collaborative development and innovative development. It is an urgent problem to increase the content of ecological restoration and green mining in mine design and planning.

Key words: coal industry; land reclamation; ecological restoration; green mining; green mine; concurrent mining and reclamation

0 引 言

煤炭是我国的主体能源,“富煤、贫油、少气”的特点决定了煤炭在我国能源工业中占据重要地位。新中国成立70年来,我国煤炭产量由新中国成立之初的0.32亿t,增至2018年的36.8亿t,净增114倍,目前,我国煤炭生产和消费都约占全球的50%。煤炭供给由严重短缺转变为产能总体富余、供需基本平衡。然而,煤炭工业在为国民经济发展提供重要能源保障的同时,也对生态环境造成了一定程度的损伤^[1],比如露天开采表土剥离与回覆过程中导致的土地资源和植物资源损毁与景观破坏,地下含水层破坏等,井工开采导致的地面塌陷^[2-3],开采过程中产生的废矿石等固体废弃物、工业废水等,煤炭资源在利用的过程中也会带来CO₂与SO₂排放,造成气候变暖与酸雨等情况^[4]。许多矿山在环境保护法规日益严格的情况下,停产整顿甚至关闭时有发生,煤炭工业面临着前所未有的环境压力。

党的十八大以来,国家已经把生态文明建设放

在突出地位,“绿色发展”成为国家的五大发展理念之一。习近平总书记也高度重视生态环境保护,指出:“像保护眼睛一样保护生态环境,像对待生命一样对待生态环境”,“绿水青山就是金山银山”,“全面推动绿色发展乃是生态文明建设的治本之策”。在当前我国的经济已经转变为高质量发展的新形势下,煤炭工业的发展也必然要走绿色发展的道路,煤炭工业必须要转型升级。发达国家已进入以低碳化为特征的第3次能源变革,煤炭在一次能源消费中仅占10%~30%,而中国以煤为主的能源生产和消费结构长期不会改变。传统煤炭行业往往只注重研究煤炭开采的科学技术问题,而很少考虑煤炭利用、生态环境等领域的问题^[5]。实质上,煤炭资源的开发与利用造成的生态破坏、环境负效应对煤炭产业形成了重大冲击和挑战。真正造成煤炭环境污染的不是煤炭本身,而是没有按照绿色生态、洁净、低碳的方式开发利用好煤炭。煤炭革命必须改变目前上下游脱节的发展模式,树立开发利用一体化的理念,必须进行煤炭开发、利用整个技术产业链的革命。

2008年,国务院批准实施《全国矿产资源规划(2008—2015年)》,在国家层面上首次提出建设绿色矿山、发展绿色矿业的总体要求,制定了“大力推进绿色矿山建设,到2020年绿色矿山格局基本建立”的总体目标。为此,在全国矿业界,尤其是矿山企业正在迅速掀起一场“实践科学发展观,建设绿色矿山,发展绿色矿业”的社会热潮^[6]。目前,国家级绿色矿山试点单位以煤炭、有色金属为主,两者合计占到64%。绿色矿山的建设主要集中在绿色矿山建设的评价与指标体系构建方面,黄敬军等^[7]以“合法采矿、高效利用、科学开采、清洁生产、规范管理、安全生产、内外和谐、生态重建”32字标准,构建了包含24个指标的评价体系。有学者^[8]从人口、经济、社会和环境4个方面考虑,将绿色矿山建设评价体系分为总体层、系统层和评价指标层3个等级,构建了28项具体评价指标来全面反映绿色矿山建设的水平。尽管对绿色矿山、绿色发展提出的评价指标众多,但笔者认为,煤炭工业绿色发展的关键是矿山生态修复,它是主要矛盾,有的发达国家就通过“reclamation”(生态环境修复)来实现矿山的绿色发展(如美国采矿管理与修复法),可见,矿山生态修复是衡量煤炭工业绿色发展的核心。

对于煤炭行业来说,我国煤炭地质条件复杂,瓦斯含量高,开采难度大,煤炭开发对生态环境影响较大,由此引发的水资源破坏、瓦斯排放、煤矸石堆存、地表沉陷等环境问题及社会矛盾比较突出,绿色矿山的建设任重而道远。通过梳理国内煤炭工业绿色矿山建设的现状,可以看出近年来在很多方面进行了有益探索与实践,比如:邢东煤矿在煤矸石不升井、深井巷道支护、噪声治理、矿井水处理及循环利用、塌陷区治理和地面工业广场布置优化及绿化等方面取得了良好的效果^[9]。准格尔露天矿通过应用多项绿色开采技术,增强了开采扰动正效应,减弱了开采扰动负效应,矿山正向着绿色、协调、可持续发展的方向发展^[10]。绿色发展具有“低消耗、高效率、低废弃”的模式和特征,从传统的治理到现代的变革构成了煤炭绿色发展的丰富内涵。尽管目前我国煤炭行业绿色发展已经取得较大的进步,但是近年来煤矿区生态环境问题仍然突出,有的问题还发生在大型国有矿山,甚至是绿色矿山,直接影响着矿山的生存发展。因此,笔者试图对我国煤炭工业绿色发展战略,特别是煤炭生产中的生态环境问题与战略进行研究,以期促进煤炭工业的绿色与可持续发展。

1 煤炭工业绿色发展的必要性和紧迫性

1.1 煤炭开采对生态环境影响的不可避免性

实现煤炭工业的绿色发展,首先必须正确认识煤炭工业绿色发展的必要性和紧迫性。煤炭资源都是深埋于地下,是经过长期地质作用形成的宝藏,其开发利用不可避免地要破坏原有的地质岩层和改变原有的应力状况,造成煤层上覆岩土层的直接挖损或移动变形,进而影响地表的生态环境,如地表塌陷、耕地损失、建(构)筑物破坏、植被破坏等,还引发水土流失、山体滑坡、泥石流等次生地质灾害。尽管充填开采^[11]、条带开采^[12]、离层注浆减沉^[13]等一些减轻地表损伤的绿色开采技术逐步研制出来,但许多绿色开采技术大都是特殊的开采技术,在开采效率、开采成本等方面与目前主力开采技术相比缺乏优势。因此,地下煤炭资源的开采将不可避免地带来生态环境的影响。正如“有得必有失”的古训一样,当人类从大自然获取煤炭资源这一宝藏的同时,也会给人类带来生态环境损伤的负面影响,必须要正确认识其影响的不可避免性。

1.2 煤炭开采对生态环境影响的严峻性

煤炭占我国一次能源生产和消费的60%~70%,我国产煤量约为世界煤炭产量的一半,且分布广,与耕地、生态敏感区高度重合,特别是在过去10多年高强度煤炭开采之后,对生态环境的影响十分严峻。据不完全统计,井工采煤导致的地表沉陷达150余万公顷,每年还以7万hm²的速度递增^[14],露天矿每年挖损5000hm²以上,每年产生的7亿t煤矸石还压占大量土地和污染环境。煤炭开采已经造成东部地区大量耕地的损失,还造成大量村庄和基础设施的破坏,导致区域人居环境的变化。根据有关研究,约10.8%的保有煤炭资源与耕地资源高度重合,将造成1333万hm²耕地的损毁^[15]。西部已经是我国煤炭生产的主战场,约占全国煤炭产量的60%以上,由于西部生态脆弱,煤炭开采可能加剧生态恶化^[16]。近年来,由于环境问题导致的矿山停产或要求关闭的事件逐渐增多,如由于草原生态破坏受到环保等部门督查,霍林河露天矿、神华宝日希勒露天矿于2018年和2017年分别被要求整改或停产,山东省南四湖省级自然保护区的15个矿山要求限期退出等,煤矿区生态环境面临巨大的压力。

1.3 国家绿色发展战略的紧迫性

根据国家绿色发展战略的要求,环境法规和监管日益严格,先后颁布了新的环保法、大气、水、土壤污染防治条例。由于我国经济发展方式总体粗放,产

业结构和布局仍不尽合理,污染物排放总量较高,土壤作为大部分污染物的最终受体,其环境质量受到显著影响,大气与水体污染现象也格外愈发严重,逐步引起了各方重视。2013年国务院印发《大气污染防治行动计划》,2年之后《水污染防治行动计划》(简称《水十条》)也正式颁布,国务院2017年颁布《土壤污染防治行动计划》(简称《土十条》),对今后一个时期我国土壤污染、水污染、空气污染的防治工作做出了全面战略部署。这些文件从治理目标、责任主体、治理措施、监管方案等进行了明确的规定,体现了国家层面对生态环境治理的要求。

2015年1月1日生效的新的《环境保护法》加大了违法处罚力度,还新增了环境税,如每吨矿山固体废物征收5元/t等。环境督查和巡查日益频繁和规范化,绿色矿山建设标准颁布实施。特别是2017年祁连山事件以来,国家和各个省(市)都出台文件,要求与自然保护区重叠的采矿权限期退出,导致许多矿山面临关闭。国家正在进行国土空间规划,正在划定生态红线,直接关系到许多矿山的命运。在去产能、资源枯竭、生态红线内采矿权退出等多重压力下,许多矿山面临关闭,关闭后矿山生态环境修复的任务也十分艰巨。国家如此高规格、高压地地进行环境保护,目的就是倒逼企业进一步重视矿区环境问题,主动履行修复环境的义务,加大矿山技术革新和环境保护投入,真正实现造福国家和人民。因此,煤炭工业处于转型升级的关键时期,必须要走绿色发展的道路。

2 煤炭工业绿色发展战略思考

2.1 主动履行生态修复义务,实施绿色开采的战略

国际上绿色矿山建设比较好的国家,其矿山企业都是主动履行生态修复的义务。尽管我国的有关法规也要求“谁破坏、谁复垦”,但30多年来,企业主动复垦治理的案例较少。除了监管机制还需完善外,主要原因是矿山企业对环境保护、绿色发展的认识存在偏差:往往把环境保护工作就当成了绿化工作,而且主要是工业广场和矿山生活区的绿化美化。对开采产生的生态损害,主动生态修复少,彻底解决开采带来的生态环境问题少。因此,矿山企业应该从国家绿色发展的战略高度重视矿山的绿色发展,应该从矿山生存与否的角度认识绿色矿山建设,主动、自觉地进行矿区生态修复和绿色矿山建设,并贯穿到矿山生产的每个环节中。谢和平等^[17]指出:“煤炭需要重新自我认识、自我变革,主动适应国家高质量发展的趋势,满足人们对美好生活的环

境要求,迎接世界能源发展变革的挑战,进行一场打破常规的自我变革,全面实现绿色生态开采、清洁低碳利用。”

绿色矿山建设是以资源合理利用、节能减排、保护生态环境和促进矿地和谐为主要目标。实施的标志不仅是按照“绿色矿山建设标准”来评判或是否有“绿色矿山”的牌匾,而重点看2大标志:①矿山生产计划中是否有矿山生态修复的任务和计划,是否有明确的矿山生态损毁对象和动态修复目标,是否每年都在主动实施矿山生态修复;②是否采取了绿色开采的措施减轻或避免生态损害。第1个标志要求企业对本企业的生态损害特征和动态变化有监测诊断措施和报告,有每年实施的修复治理工程和下一年生态修复治理工程计划,有明确的修复治理资金和预算。第2个标志要求有明确的减轻生态损害目标和绿色开采方案,如保水开采方案、井下充填方案、条带开采方案、离层注浆方案、矸石井下处理与充填方案等。建议将这2个标志作为衡量是否是绿色矿山的核心指标。只要主动履行生态修复义务,实施绿色开采,才有可能成为绿色矿山。

2.2 煤炭资源开发全生命周期的生态修复战略

煤炭资源开发全生命周期的生态修复战略主要包括地质勘探、矿山设计、矿山生产、闭矿4个阶段的生态修复。

1)地质勘探阶段的生态修复。勘探阶段的生态修复主要是对勘探过程中可能产生的生态影响有明确的预判,采取减少生态损害的同时,及时进行生态修复。同时,采用绿色勘探的理念,转变矿业经济开发决策模式,革新经济可采计算和决策方法,在计算经济可采储量的同时,也计算考虑环境容量和环境成本的绿色储量。通过将开采后可能带来的土地破坏与生态系统服务受损等成本纳入到开采成本中,在勘探阶段即考虑区域环境承载力,科学界定保有储量、可采储量、可采经济储量以及考虑生态环境容纳的可采资源分布,为后续开采方案、开采计划的制定提供科学依据。

2)矿山设计阶段的生态修复。矿山设计是矿山建设与生产的关键,是源头上实施生态修复的关键。但目前矿山设计阶段的生态修复比较缺乏。矿山设计往往是煤炭的开发利用方案,对不同开采方案的生态损害分析较少,更缺乏修复方案。矿山地质环境保护与复垦方案往往与矿山设计不同步,融合性较差。因此,应该将生态修复理念和方法融入矿山设计,将生态修复作为矿山开采设计的一部分。建议在矿山设计方案的评审中,将没有考虑生态减

损与修复的矿山设计不容许通过审查。矿山设计中要编制边开采边修复方案,进行井上下治理措施的对比分析,对一个矿山要明确只采取地表修复措施

的区域、仅采取井下绿色开采措施的区域和井上下同时采取措施的(图1),明确全部开采、局部开采和实施保护性不开采的区域。

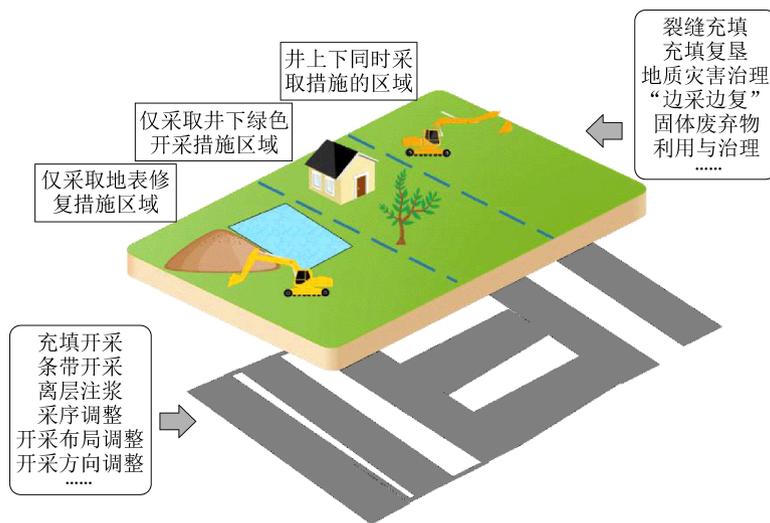


图1 考虑生态保护与修复的矿山设计方案示意

Fig.1 Schematic diagram of mine design scheme considering ecological protection and restoration

3) 矿山生产阶段的生态修复。生产阶段的生态修复是矿山绿色建设的关键,其基本要求是边开采边修复,将生态修复纳入生产计划和预算,全生产过程考虑固废减排、矿井水的处理与利用、地表减损的绿色开采、地表生态环境动态修复等。应建立矿山生态环境的监测诊断体系和年度报告制度、生态修复年度计划制度和年度考核验收制度。应充分考虑生态损毁的动态与静态、显性与隐伏、近期与未来的变化,要制定考虑最终损毁情况下动态复垦修复计划,分期分批逐步实现预期的生态修复目标。要将产业发展纳入生态修复方案中,促进生态修复的经济效益最大化。矿山企业负责人一定要摒弃过去只考虑井下煤炭开采,而忽略生态修复和环境保护的做法,将矿山生态修复作为日常工作之一去对待。因此,矿山生产阶段的生态修复是检验一个矿山是否是绿色矿山的试金石。从生产计划、每日调度会、月度季度进展、年度总结等各个实际生产活动中,检查是否真正有生态修复和环境保护工作和工程,就可以检验出该矿山是否真正践行绿色发展战略。

4) 闭矿阶段的生态修复。闭矿阶段的生态修复应在全面诊断存在问题的基础上,制定完整的修复方案、关闭矿山资源再利用计划和产业发展计划。该阶段要求监测诊断的全面性和精准性、修复方案的系统性和可操作性,再利用计划与产业发展的前瞻性和实效性。尽管闭矿阶段的生态修复是在闭矿之后进行的一项全面彻底的修复治理工作,但要做好这项工作,需要在关闭前的一段时期就提前做好

闭矿规划,其中闭矿后的剩余矿山资源(含厂房、地下空间等)再利用、产业转型和生态修复是规划的重要内容。矿山关闭的生态修复需要保证在矿山生产与损毁后土地上最后留下的结构体是稳定的,构建一个生物多样性和稳定的环境来确保自然恢复与可持续性,且最终的土地利用能最优化并与周围地区自然地理与生态环境相协调与适应。总而言之,需要考虑地方的需求与特点,最小化矿山关闭带来的社会与经济影响。

2.3 煤炭开采与生态环境保护协同发展战略

同经济发展与环境保护的矛盾一样,煤炭开采与生态环境保护也是一对矛盾。煤炭开采与生态环境保护协同发展战略要求正视煤炭开采带来的生态损害,要科学评估生态影响的有限性、可控性及区域的生态环境承载力,通过评估煤炭开采+生态修复后的生态环境状况,评估煤炭开采的可行性。要从协同发展理念出发,探讨通过生态修复使矿山生态环境优于或等于采矿前的生态环境状况。要把矿山生态修复当成是平衡采矿与环境的桥梁和保障。通过科学的矿山生态修复实现煤炭开采与环境保护的双赢、区域经济发展与生态环境保护的双赢。近年来,许多煤矿与自然保护区重叠,一刀切地要求关闭矿山、退出矿业权的呼声很高,为此,笔者认为应该“一矿一策”地科学论证其生态影响和修复的可行性,对确实影响较小、修复后可以达到或优于原有生态功能的,应该容许二者的双赢发展。近年来,笔者对山东南四湖省级自然保护区内煤炭开采与生态环

境保护的协同问题进行了研究,发现采煤沉陷对南四湖湿地的影响有限,容易修复,且对增加蓄水量有正面影响,因此,建议在该区域进行煤炭开采与生态环境保护协同发展的试验(详细研究成果将另文发表)。

2.4 采复一体化(边采边复)战略

要摒弃原有的“先破坏、后治理”的理念,实施边开采边修复(简称“边采边复”)的绿色发展战略。针对煤矿开采过程中导致的生态环境损伤问题,与采矿过程紧密结合,采取多种措施,使生态环境损伤减轻和同步治理,即边开采边修复,使其达到可供利用并与当地生态系统协调的状态。煤矿区生态环境“边采边复”是基于“源头和过程控制”的理念,而不是传统的“末端治理”理念,其特点是在采矿过程中,同步(时)治理。“边采边复”概念中的“复”既包含狭隘的“复垦(复耕)”,也包含 Ecological Restoration 中的“修复”的概念,其核心目的是为了及时恢复治理损伤的生态环境,缓解煤炭资源开发利用与环境保护之间的矛盾,确保矿业活动朝着可持续、循环与绿色的方向发展。因此,“边开采边复垦(广义的复垦)”、“边开采边修复”、“边开采边治理”都是一个意思,都可简称“边采边复”或“边采边治”^[18],是一种成本低、效益高的方法。对于露天开采,总是要剥离上覆岩土层和堆放剥离物,边采边复战略就是实施剥离-采矿-回填-生态修复一体化,即采矿修复一体化。对于东部高潜水位井工煤矿,就是要在精准预计生态损毁的基础上,超前动态地实施生态修复工程,其关键为修复时机、修复标高和动态施工工艺,有关研究表明,采用边采边复技术对采煤沉陷进行治理,可多恢复土地 10%~40%^[19]。边采边复战略的实施,除了矿山企业推动以外,还涉及到地方政府、土地权属人等多方协调问题,以及土地临时使用、复垦后返还等土地政策和管理机制,因此,也需要从法律法规和监管政策上予以革新。

2.5 差异化治理战略

我国地域辽阔,煤炭资源分布广泛,地理位置差异较大,尤其是不同地质采矿条件、不同煤种、不同开采方式,要求采取的绿色发展战略和生态修复措施不同,必须实施差异化的战略。东部与西部、南方与北方、平原矿区与山地矿区采矿后损毁的形式、表征及影响程度都不同,生态修复治理措施应当差别化。差别化治理要求因地制宜地采用适宜的治理措施,实现符合当地生态系统的治理目标,应“宜农则农、宜林则林、宜渔则渔、宜草则草、宜建则建”。比如:中国东部高潜水位煤矿区面临的主要问题是采

煤沉陷导致的耕地损失与粮食安全问题;蒙东草原区主要需要防范大范围露天开采导致的草地减少和草原植被退化现象;晋陕蒙区域属于黄土高原与毛乌素沙漠的交界区域,露-井联采导致的挖损与沉陷以及产生的滑坡与水土流失等次生灾害是治理与修复的重点;西南山地煤矿区开采导致的水田受损退化为旱地以及崩塌滑坡等灾害值得警惕。此外,在修复治理的土壤重构技术、植被恢复技术等方面也应有差异化。

2.6 清洁利用、循环经济战略

煤是化石能源,其燃烧、发电等利用过程中不可避免地造成大气、水和土壤的污染,因此,煤的清洁、循环利用一直是煤炭工业发展的重要方向和战略。国家能源局发布的《煤炭工业发展“十三五”规划》明确表示,对于煤炭清洁开发利用,将从清洁生产和高效利用 2 个方面进行部署与安排。打造生态文明矿区要坚持整体布局、节约高效、环境友好和以报答本的原则,最终达到污染物排放最小化、废弃物资源化和无害化,实现矿区经济与生态环境的协调发展。矿区不仅是原材料的生产基地,更应该增强其区域产业结构的可持续与抗风险能力,统筹矿区综合利用项目及相关产业建设布局,提升循环经济园区建设水平。在煤炭生产的各个环节要做到废物的减量化、无害化和资源化,发展循环经济。在煤炭的利用环节要加大清洁高效利用技术的研究和实施,注重对煤的附加产品的开发与利用,增加煤炭资源附加值。近年来,不少矿山企业在清洁利用与循环经济发展方向上进行了探索与实践,比如山西大同煤矿集团塔山循环经济工业园区,建成了以一座年产煤炭 1 500 万 t 的大型煤矿为基础,一个煤矿、八个工厂、一条铁路的循环经济发展模式,经济效益和生态效益十分显著^[20]。

2.7 创新发展战略

创新是发展的动力,煤炭工业绿色发展是一个新的战略,需要理念创新、理论创新、方法创新、技术创新、工程创新和制度创新。在理念创新方面要从安全、高效,转变到绿色、智能;在理论方法创新方面要从顺应自然、学习自然的角度,创新仿自然修复理论与方法;在技术创新方面要加强绿色开采、生态修复技术、清洁利用的创新;在制度创新方面需要完善绿色矿山发展和矿区生态修复的监管机制,制订可操作的政策和标准。进一步落实矿山生态修复纳入开采许可制度,借鉴国外“基金+保证金”的矿山生态修复资金筹措和保障机制,探讨适合我国矿区生态修复的资金制度,进一步健全相关的法规、配套制

度和技术标准。在绿色发展中,应把生态保护与修复当成重中之重的工作,重点推动采煤沉陷区和排矸场综合治理,大力发展煤矿清洁生产和循环经济,提高煤矸石、矿井水、煤层气(煤矿瓦斯)等资源综合利用水平,加强新材料、新技术与新方法与矿区生态修复技术的融合。

3 结 语

煤炭工业的绿色发展贯穿于勘探、开发、利用的全产业链。当前,我国环境承载能力已经达到或接近上限,随着人民群众对美好生态环境的需求越来越迫切,在全面推进能源生产和消费革命的高质量经济发展新时代,煤炭工业必须走绿色发展的道路。全面推进绿色生态开采、清洁低碳利用,尽早实现近零生态环境影响。将绿色生态的理念与实践贯穿于矿产资源开发利用的全过程,体现了对自然的尊重、对矿产资源的珍惜、对景观生态的保护。建设绿色矿山、发展绿色矿业是生态文明建设核心理念在矿业领域中的具体实践,也是煤炭行业推进生态文明建设的立足点和发展方向。因此,绿色矿山的建设不是简单地矿山复垦和绿化,而是一项复杂的系统工程,有着深刻的内涵和实质内容。绿色矿山是从地质勘探、矿山设计与建设和采选加工,到矿山闭坑后的生态环境恢复重建的全过程,按科学、低耗、高效、安全、环保的方式合理开发利用煤炭资源,实现矿山资源开发与生态环境保护协调发展。国内外形势都要求煤炭工业必须走绿色发展的道路,必须实施主动、全生命周期生态修复、绿色开采、采复一体、差异化治理、资源环境协同、清洁利用与循环经济等战略,必须靠创新驱动。在实施绿色发展战略中,要把生态环境修复贯穿全过程,将企业主动履行生态修复和实施绿色开采作为衡量矿山是否是绿色矿山的核心指标,并建立相应的机制和配套政策。只有建立和完善绿色发展的相关政策、机制和可操作、易考核的指标,才能真正推动煤炭工业的绿色发展。

参考文献(References):

- [1] 胡振琪.我国土地复垦与生态修复30年:回顾、反思与展望[J].煤炭科学技术,2019,47(1):25-35.
HU Zhenqi.The 30 years' land reclamation and ecological restoration in China:review, rethinking and prospect[J].Coal Science and Technology, 2019,47(1):25-35.
- [2] 胡振琪,肖武,王培俊,等.试论井工煤矿边开采边复垦技术[J].煤炭学报,2013,38(2):301-307.
HU Zhenqi, XIAO Wu, WANG Peijun, et al. Concurrent mining and reclamation for underground coal mining[J]. Journal of China Coal Society, 2013, 38(2): 301-307.
- [3] 肖武,胡振琪,张建勇,等.无人机遥感在矿区监测与土地复垦中的应用前景[J].中国矿业,2017,26(6):71-78.
XIAO Wu, HU Zhenqi, ZHANG Jianyong, et al. The status and prospect of UAV remote sensing in mine monitoring and land reclamation[J]. China Mining Magazine, 2017, 26(6): 71-78.
- [4] 胡振琪,张光灿,毕银丽,等.煤矸石山刺槐林分生产力及生态效应的研究[J].生态学报,2002,22(5):621-628.
HU Zhenqi, ZHANG Guangcan, BI Yinli, et al. Stand productivity and ecological effects of black locust in a coal waste pile[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(5): 621-628.
- [5] 谢和平,王金华,王国法,等.煤炭革命新理念与煤炭科技发展构想[J].煤炭学报,2018,43(5):1187-1197.
XIE Heping, WANG Jinhua, WANG Guofa, et al. New ideas of coal revolution and layout of coal science and technology development[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(5): 1187-1197.
- [6] 乔繁盛,栗欣.推进绿色矿山建设工作之浅见[J].中国矿业,2010,19(10):59-62.
QIAO Fansheng, LI Xin. The superficial opinions on promote building work of the green mine [J]. China Mining Magazine, 2010, 19(10): 59-62.
- [7] 黄敬军,倪嘉曾,赵永忠,等.绿色矿山创建标准及考评指标研究[J].中国矿业,2008,17(7):36-39.
HUANG Jingjun, NI Jiazeng, ZHAO Yongzhong, et al. Study on green mine construction standard and its check and evaluation index [J]. China Mining Magazine, 2008, 17(7): 36-39.
- [8] 张德明,贾晓晴,乔繁盛,等.绿色矿山评价指标体系的初步探讨[J].再生资源与循环经济,2010,3(12):11-13.
ZHANG Deming, JIA Xiaoping, QIAO Fansheng, et al. Study on the index evaluation systems of green mines [J]. Recyclable Resources and Cyclular Economy, 2010, 3(12): 11-13.
- [9] 王社平,刘建功,祁泽民,等.邢东煤矿绿色矿山建设集成技术[J].煤炭科学技术,2009,37(11):125-128.
WANG Sheping, LIU Jianguo, QI Zemin, et al. Integrated technology of green mine construction in Xingdong Mine [J]. Coal Science and Technology, 2009, 37(11): 125-128.
- [10] 杨汉宏,王金金,翟正江,等.准格尔矿区露天矿开采扰动效应评价[J].煤炭科学技术,2018,46(5):87-92,119.
YANG Hanhong, WANG Jinjin, ZHAI Zhengjiang, et al. Evaluation in disturbance effect of open-pit mine in Jungar Mining Area[J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(5): 87-92, 119.
- [11] 胡炳南.我国煤矿充填开采技术及其发展趋势[J].煤炭科学技术,2012,40(11):1-5,18.
HU Bingnan. Backfill mining technology and development tendency in China coal mine [J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(11): 1-5, 18.
- [12] 张吉雄,缪协兴,茅献彪,等.建筑物下条带开采煤柱矸石置换开采的研究[J].岩石力学与工程学报,2007,26(S1):2687-2693.
ZHANG Jixiong, MIAO Xiexing, MAO Xianbiao, et al. Research on waste substitution extraction of strip extraction coal-pillar mining [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,

- 2007,26(S1):2687-2693.
- [13] 郭增长,王金庄. 离层注浆减沉效果的评价方法及误差分析[J]. 中国矿业大学学报,2002,31(4):57-60.
GUO Zengzhang, WANG Jinzhuang. Methods of estimating surface subsidence-reducing effect by separated-bed grouting and their precision [J]. Journal of China University of Mining & Technology,2002,31(4):57-60.
- [14] 肖武,陈佳乐,胡振琪,等. 高潜水位采煤沉陷地构建平原水库可行性分析与实践[J]. 煤炭科学技术,2017,45(7):184-189.
XIAO Wu, CHEN Jiale, HU Zhenqi, *et al.* Feasibility analysis and practice of constructing plain reservoirs in high underground water mining subsidence area [J]. Coal Science and Technology, 2017,45(7):184-189.
- [15] 胡振琪,李晶,赵艳玲. 矿产与粮食复合主产区环境质量和粮食安全的问题、成因与对策[J]. 科技导报,2006,24(3):21-24.
HU Zhenqi, LI Jing, ZHAO Yanling. Problems, reasons and countermeasures for environmental quality and food safety in the overlapped areas of crop and mineral production [J]. Science & Technology Review,2006,24(3):21-24.
- [16] 胡振琪,龙精华,王新静. 论煤矿区生态环境的自修复、自然修复和人工修复[J]. 煤炭学报,2014,39(8):1751-1757.
HU Zhenqi, LONG Jinghua, WANG Xinjing. Self-healing, natural restoration and artificial restoration of ecological environment for coal mining [J]. Journal of China Coal Society,2014,39(8):1751-1757.
- [17] 谢和平,王金华,姜鹏飞,等. 煤炭科学开采新理念与技术变革研究[J]. 中国工程科学,2015,17(9):36-41.
XIE Heping, WANG Jinhua, JIANG Pengfei, *et al.* New concepts and technology evolutions in scientific coal mining [J]. Engineering Science,2015,17(9):36-41.
- [18] 胡振琪,肖武,赵艳玲. 再论煤矿区生态环境“边采边复”[J]. 煤炭学报,2020,45(1):351-359.
HU Zhenqi, XIAO Wu, ZHAO Yanling. Re-discussion on coal mine eco-environment concurrent mining and reclamation [J]. Journal of China Coal Society,2020,45(1):351-359.
- [19] 胡振琪,肖武. 矿山土地复垦的新理念与新技术:边采边复[J]. 煤炭科学技术,2013,41(9):178-181.
HU Zhenqi, XIAO Wu. New idea and new technology of mine land reclamation; concurrent mining and reclamation [J]. Coal Science and Technology,2013,41(9):178-181.
- [20] 张洪潮,王亚丽. 山西省低碳型煤炭产业集群模式研究[J]. 煤炭经济研究,2011,31(11):13-17.
ZHANG Hongchao, WANG Yali. Study on the mode of low carbon coal industry cluster in Shanxi Province [J]. Coal Economic Research,2011,31(11):13-17.