

采煤矿区绿色发展战略研究

冯英杰¹ 程方志远² 李牧¹ 杨多江¹ 蒋梦雨² 刘少敏^{2*}

1 淮河能源集团煤业公司张集煤矿 2 安徽理工大学地球与环境学院

DOI:10.12238/eep.v7i4.2045

[摘要] 在煤矿开采地区,由于采矿活动引起的水、土环境污染是一个采煤沉陷区生态恢复最为关切的问题之一,因此如何治理和恢复矿区被污染的环境成为一大难题。基于此,本文探讨了我国采煤复垦沉陷区生态建设关键问题,并对加强生态文明建设以及促进矿区绿色发展进行了研究。

[关键词] 煤矿; 复垦区; 生态修复; 绿色发展

中图分类号: TD82 **文献标识码:** A

Research on the green development strategy of Zhangji coal mine

Yingjie Feng¹ Fangzhiyuan Cheng² Mu Li¹ Duojiang Yang¹ Mengyu Jiang² Shaomin Liu^{2*}

1 Zhangji Coal Mine of Huaihe Energy Group Coal Industry Company

2 School of Earth and Environment, Anhui University of Technology

[Abstract] In coal mining areas, water and soil environmental pollution caused by mining activities is the most concerned issue for ecological restoration in coal mining subsidence areas. How to remediate and restore the polluted environment in the mining area has become a major problem. This paper discusses the key issues of ecological construction in coal mining reclamation subsidence areas in China, and the measures to strengthen the construction of ecological civilization and promote the green development of mining areas.

[Key ords] coal mines; reclamation area; ecological restoration; Green development

引言

采煤过程对植被土壤环境的破坏,生产过程废弃固废,生产废水、生活污水、淋溶废水进入沉陷区水体中,对生态环境和人体健康构成了潜在威胁。党的“二十大”报告指出,坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理,统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。因此,沉陷区水体污染治理是恢复矿区生态亟待解决的问题。生态文明的概念最早是由农业经济学家于1984年提出的。矿区生态文明就是在满足生态环境不变的前提下,进行土地复垦、矿区水处理以及相关生态修复,维护生态环境,建立可持续的采矿方式,实现绿色发展。

1 推进矿区生态文明建设,促进矿区绿色发展的思想

加强生态文明建设是提升国家安全的有效举措。中国需要提高能源利用效率,发展可再生能源,提高国家能源安全;发展循环经济,推进资源综合利用,维护水、土地、矿产资源的供给安全。加强生态系统保护和建设,加强环境治理,提高环境安全。因此需要推进矿区生态文明建设,促进矿区绿色发展。

国家领导人生态文明思想指出:“要正确处理经济发展和生态环境保护的关系,牢固树立保护环境就是保护生产力,改善生态环境就是发展生产力的理念,更加自觉地推进健康发展、循环

发展、低碳发展,决不能以牺牲环境为代价来换取一时的经济增长^[1-2]。要牢记:“比起金山银山,我们更喜欢绿水青山,绿水青山就是金山银山”^[3]。“建设生态文明,事关人民福祉,事关民族未来”^[4]。而推进矿区生态文明建设,促进矿区绿色发展是国家领导人生态文明思想的重要体现。

2 采煤复垦沉陷区生态文明建设关键问题

采煤矿区的生态系统主要是由土壤地质、地貌、植被、水及微生物等组成,在煤炭开采过程中应尽量减少对矿区地表生态的破坏。对于已经损伤的矿区地表生态,应该采取人工方法,按照自然规律,恢复其原有的生态系统^[5,6]。生态文明的一个基本目标是创造最好的土地能力,以便将来能够进行多种土地使用。在这一框架内,应规划矿场恢复,生态文明建设主要有以下关键问题:(1)矿址地貌、土壤和水文模式的长期稳定和可持续性;(2)部分或全部恢复生态系统能力,为生物区系提供生境和为人们提供服务,(3)防止周围环境的污染^[7,8]。

加强采煤矿区生态文明建设需要考虑以下几点:(1)公众健康和不能受到损害;(2)自然资源不受物理和化学变质的影响;(3)采矿后的土地用途可能具有长期可持续性;(4)社会经济影响需要最小化;(5)维护基础设施、设施和服务,以实现社会效益最大化^[9]。

3 推进矿区生态文明建设,促进矿区绿色发展战略的措施

3.1 矿区地表土壤修复技术。由于植被、养分和频繁采矿作业的损失, 矿山土壤通常被认为具有较差的生态系统稳定性。采矿作业过程中移除表层土会扰乱微生物活动和主要植被, 从而难以重建植被覆盖。在进行煤矿开采时针对矿区可能存在的问题, 可有以下治理措施:

3.1.1 土地地貌修复技术。煤矿开采对矿区耕地生态环境造成严重破坏。采矿造成的耕地沉降和水土流失导致土壤生产力退化。采矿产生大量的矿物加工废物, 主要是煤矸石。同时采矿中也会产生不少的废石, 可以针对废石加以利用, 如制作骨料、伴生矿物回收和充填塌陷区或铺设路基^[10]。

土地复垦的方式主要是分为农耕复垦、园艺复垦、林业复垦、牧业复垦^[11]。煤矸石充填复垦是矿山用地复垦的重要手段。煤矸石在沉降区回填并覆盖土壤, 以重建采矿扰动土壤, 这起到了矿物加工废物处理和采矿废料再利用的双重作用^[12]。同时在进行煤矸石填埋时还可以添加外源材料, 使填埋土壤具备不同的特性, 更好的促进植物生长, 恢复土壤生产力。比如向复垦地段添加玉米秸秆, 可以增加土壤总有机碳, 活性有机碳的含量以及根际微生物的数量和土壤酶活性^[13]。

3.1.2 土壤污染修复技术。煤矿废弃物富含黄铁矿, 经常导致酸性矿井排水。由于土壤水溶液的pH值降低, 酸性矿山废水导致重金属从垃圾场浸出到水资源中^[14]。重金属通过沥滤过程释放到环境中, 对人类、植物和动物构成严重威胁。

在解决这类问题时, 可以使用植物修复和应用覆盖物、石灰、生物固体和飞灰作为土壤调理剂。但是使用一些方法时同时会带来一些较大的影响, 比如在土壤中施用粉煤灰会带来重金属污染的风险; 土壤中施用生物固体可能导致土壤被有机污染物(杀虫剂和除草剂)污染; 施用石灰和粪肥仅适用于酸性土壤, 会增加土壤的CO₂排放量。但是生物炭因其高孔隙率、官能团、芳香特性、无机元素的存在和高比表面积而为人所知, 使其成为在污染土壤中用作土壤改良剂的合适材料。使用橄榄果肉衍生的生物炭与方解石结合可以减少Ni在土壤中的流动性^[15]。榛子壳衍生的生物炭和从枝菌根真菌的组合应用, 可以提高土壤酶活性^[16]。

同时对生物炭进行改性能够更好的使生物炭的适用范围增加。生物炭的改性可分为五种类型: 酸、碱、蒸汽、金属和胺化改性^[17]。改性生物炭在保持养分流失和减少土壤中重金属的有效性方面非常有效。如施用壳聚糖和海藻酸盐改性的生物炭显著降低了土壤酸化和土壤水溶液中Cd²⁺离子的有效性^[18]。

3.1.3 灌溉管网设备配备技术。对矿区内部灌溉水有合理且详细的灌溉管网规划, 保证矿区水资源用到合理的地方。对复垦造地进行均衡浇灌, 水源可以是煤矿开采时的清洁矿井水或者是经处理后的矿井污水。

3.2 矿区水污染修复技术。煤矿的水环境问题常见有矿井水污染、孤立岩的结构破坏、水资源损失、矿山固废淋溶产生的重金属富集、废弃矿井水等。

3.2.1 植被修复重建技术。在煤矿区进行开采时, 除了地貌被破坏的同时, 植物生态也会被毁坏。所以在修复的水体上种植一些本土植物, 将破坏掉的植物生态进行修复, 改善矿区环境。同时部分植物对水体中的重金属污染也具有一定的清除能力。植被的种植不仅完成了对水体的改善, 同时还可以改善矿区空气质量, 美化环境。

植物修复是一种所谓的“绿色”和“成本效益”技术, 其中植物物种用于通过固定或过度/积累过程对受污染的水体进行解毒。植物对有毒金属的修复可分为两种最重要的原理: (1) 植物稳定: 植物用于通过吸收根系或根际沉淀来固定根系中的污染物, 从而稳定受污染的水体免受污染物的潜在迁移^[19]; (2) 植物提取: 植物用于通过根系吸收及其在枝条和叶中的浓度从水体中去除金属污染物^[20]。植物修复过程可进一步细分为各种过程, 即物理提取、植物稳定化、植物降解、植物挥发、根降解和根过滤。

各种因素影响植物修复过程的有效性。这包括植物种类、生长速度、金属的选择性、植物免疫和物种的生长条件^[21]。

水芹对Cd、Pb有较强的吸附特性, 并且水芹还可以进行水芹-水产养殖的模式带来一定的经济价值^[22]; 春风等人通过研究表明水萝卜对Cd的富集系数很高^[23]; 而吊兰叶片和根中富集的Cu含量会随水体中Cu浓度的增加而增加, 与水体Cu浓度呈正相关^[24]。

3.2.2 微生物修复技术。重金属不能降解, 但可以从一种氧化态转化为另一种无机络合物。这种转变可以通过微生物修复方法来实现。根据其对环境 and 人类健康的影响, 生物修复是修复被有机和无机化合物污染的土壤的最可行的方法之一。该过程利用微生物或植物从环境中净化或去除有机和无机异生物质。生物修复是一种克服重金属污染的环境友好型技术解决方案。这种方法是一种可持续的修复技术, 可以矫正和重建自然水体条件。生物修复也被列为新技术新方法之一, 其科学依据来自新兴的环境友好型化学和工程概念。

土壤中的重金属以离子形式存在。亲电子的重金属在它们的外层轨道上有电子空位。当这种亲电重金属与水体中用于生物修复的微生物接触时, 存在于微生物细胞内的电子供体成分, 如糖或脂肪酸, 将电子转移到亲电重金属。因此, 重金属通过接收电子被还原成无毒且稳定的形式。

由于矿山开采而形成的酸性矿坑废水中大量的硫酸盐可通过本土的硫酸盐还原菌进行还原去除^[25]; 耐铅链霉菌可以对Pb²⁺离子进行去除^[26]; 小球藻对大部分重金属离子都具备较好的去除效果, 而且小球藻还具备一定的营养价值, 可作为养殖饲料及营养物质^[27]。

3.3 先进智能化技术的应用。

(1) 矿区智能化。矿区的智能化包括无人监测技术和智能数据处理, 可以完成井下环境要素采集、地形感知, 能够实时的将采集数据进行处理, 对比数据是否符合要求, 保证各个要素控制在一定范围内^[28]。(2) 设备先进化。随着科技水平的提升, 机械设备发展迅速, 合理采用先进的设备能够在一定程度上提高采矿效率, 并且减少过程中带来的污染因素。(3) 技术创新化。适

应采矿自动控制水平的提高,采矿模式、采矿技术及工艺都必须有创新的发展和变革。

4 结论和展望

因此在煤矿区中,若要实现矿区内生态文明和可持续绿色发展,要从不同方向入手。从科技力上来说,科技的发展带来了先进的设备、技术和工艺,合理采用有助于我们实现目标。与此同时,不仅要紧跟国家和政府的相关政策,还要由简入难,循序渐进,从健全的规划开始,完成对土壤状态的改善、土地的复垦以及矿区内水污染的治理,再通过植被的覆盖,以达到“绿水青山”的目标。让矿区实现绿色、文明和可持续发展,让其成为新时代的“金山银山”。

[参考文献]

- [1]Koner,R.;Chakravarty,D.Characterisation of Overburden Dump Materials: A Case Study from the Wardha Valley Coal Field. *Bull. Eng.Geol.Environ.*2016,75,1311–323.
- [2]Zhao Xuguang.The Dilemma of "Sports" Environmental Governance and the Transformation of the Rule of Law[J].*Shandong Social Sciences*2017,264(8):169–174.
- [3]Zhou Hongchun. New Period, New Height and New Task: Reflections on the Construction of Ecological Civilization [J].*Environmental Protection*,2017(22):16–19.
- [4]Mei Fengqiao.On the government of Ecological Civilization and Its Construction[J].*Chinese Journal of Population Resources and Environment*,2016,26(3):1–8.
- [5]Lei S G, Bian Z F. Research progress on the environment impacts from underground coal mining in arid western area of China.*Acta Ecol Sin*,2014,34(11):2837
- [6]Zhou L N, Wang Y, Zhang X, et al. Complete coverage path planning of mobile robot on abandoned mine land.*Chin J Eng*, 2020,42(9):1220
- [7]Land Rehabilitation Society of Southern Africa.Land Rehabilitation Guidelines for Surface Coal Mines;Land Rehabilitation Society of Southern Africa, Coaltech, Minerals Council of South Africa; Coaltech Research Association: Johannesburg, South Africa,2018.
- [8]Australian Government.Mines Rehabilitation—Leading Practice Sustainable Development Program. for the Mining Industry;Department of Industry, Science, Energy and Resources;Australian Government:Canberra,Australia, September 2016;
- [9]Australian Government.Mines Closure and Completion—Leading Practice Sustainable Development Program. for the Mining Industry; Department of Industry, Science, Energy and Resources; Australian Government:Canberra, Australia, October 2006.
- [10]兵兵汪.废弃矿区生态修复治理技术现状与发展[J].*智能城市应用*,2021,4(5):68–70.
- [11]蔡发飞.矿山地质灾害治理及生态环境修复探讨[J].*工*

程学研究与应用,2022,3(3):118–120.

- [12]Wen Song, Ruiping Xu, Xinju Li, Xiangyu Min, Jinning Zhang, Huizhong Zhang, Xiao Hu, Junying Li, Soil reconstruction and heavy metal pollution risk in reclaimed cultivated land with coal gangue filling in mining areas,*CATENA*,Volume 228,2023
- [13]Tao Du,Dongmei Wang,Yujie Bai,Zezhou Zhang,Optimizing the formulation of coal gangue planting substrate using wastes:The sustainability of coal mine ecological restoration, *Ecological Engineering*,Volume143,2020.
- [14]Lei,L.Q.; Song, C.A.; Xie, X.L.; Li, Y.H.; Wang, F. Acid Mine Drainage and Heavy Metal Contamination in Groundwater of Metal Sulfide Mine at Arid Territory (BS Mine, Western Australia). *Trans. Nonferrous Met. Soc.China* 2010,20,1488–493.
- [15]Turan,V.Calcite in Combination with Olive Pulp Biochar Reduces Ni Mobility in Soil and Its Distribution in Chili Plant.*Int.J.Phytoremed.*2022,24,166–76.
- [16]Turan, V. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Pistachio Husk Biochar Combination Reduces Ni Distribution in Mungbean Plant and Improves Plant Antioxidants and Soil Enzymes. *Physiol.Pantarum* 2021,173,418–29.
- [17]Qu, J.; Zhang, B.; Tong, H.; Liu, Y.; Wang, S.; Wei, S.; Wang, L.; Wang, Y.; Zhang, Y. High-Efficiency Decontamination of Pb (II) and Tetracycline in Contaminated Water Using Ball-Milled Magnetic Bone Derived Biochar.*J.Clean.Prod.*2023,385,135683.
- [18]He,X.;Nkoh,J.N.;Shi,R.Y.;Xu,R.k.Application of Chitosan– and Alginate–Modified Biochars in Promoting the Resistance to Paddy Soil Acidification and Immobilization of Soil Cadmium.*Environ.Pollut.*2022,313,120175.
- [19]Lorestani,B.;Cheraghi,M.;Yousefi, N. Phytoremediation potential of native plants growing on a heavy metals contaminated soil of copper mine in Iran.*World Acad. Sci. Eng. Technol.*2011,77,377–82.
- [20]Saxena,G.;Purchase,D.;Mulla,S.I.;Saratale,G.D.;Bharagava, R.N. Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Sites: Eco-environmental Concerns, Field Studies, Sustainability Issues, and Future Prospects.*Rev. Environ. Contam. and Toxicol.*Vol.2012019,249, 71–31.
- [21]Kanwar,V.S.;Sharma,A.;Srivastav,A.L.;Rani,L.Phytoremediation of Toxic Metals Present in Soil and Water Environment: A Critical Review.*Environ.Sci.Pollut.Res.*2020,27,44835–4860.
- 作者简介:**
冯英杰(1979—),男,汉族,山东省嘉祥县人,本科,淮南张集煤矿资源环保科环保高级主管,研究方向: 矿山生态保护与修复工程。
- 通讯作者:**
刘少敏(1972—),男,汉族,安徽宿松人,博士,安徽理工大学教授,研究方向: 矿区水环境治理。