

煤矿开采的环境地质效应及治理

查 奎

新疆维吾尔自治区地质勘查管理中心, 新疆 乌鲁木齐 830001

[摘要]煤炭资源开采过程中会改变地下岩层原有的应力平衡,产生多种环境地质效应,从水土资源、地表地貌到生物群落等各方面对原生生态环境造成多层次的破坏,并且还会影响到矿区周边群众的日常生活。开采造成的突出环境问题主要是地表大面积塌陷变形、地下水系统失衡和水体污染,还会产生滑坡崩塌等可能的地质灾害隐患。为了妥善解决此类环境地质问题,必须采取全链条治理的思想,依靠监测预警来控制风险,依靠工程修复来整治地质损伤,依靠生态重建来恢复自然禀赋,多管齐下落实综合治理措施,最大限度地减少开采带来的负面影响,稳步推进资源开发和生态保护的协同共进,使矿区走上可持续发展的道路。

[关键词]煤矿开采;环境地质效应;治理措施;可持续发展

DOI: 10.64635/ja.2026.1258

中图分类号: X141

文献标识码: A

Environmental Geological Effects and Governance of Coal Mining

Zha Kui

Xinjiang Uygur Autonomous Region Geological Exploration Management Center, Urumqi, Xinjiang 830001, China

Abstract: The exploitation of coal resources changes the original stress balance of underground rock strata and produces various environmental geological effects, causing multi-level damage to the original ecological environment in terms of water and soil resources, surface landforms, biological communities, and other aspects. It also affects the daily life of residents around mining areas. The prominent environmental problems caused by mining mainly include large-scale surface subsidence and deformation, imbalance of groundwater systems, and water pollution, as well as potential geological hazards such as landslides and collapses. To properly solve such environmental geological problems, a whole-chain governance approach should be adopted. Risk control should be achieved through monitoring and early warning, geological damage should be treated through engineering restoration, and natural ecological conditions should be restored through ecological reconstruction. Comprehensive governance measures should be implemented through multiple approaches to minimize the negative impacts of mining, steadily promote the coordinated development of resource exploitation and ecological protection, and guide mining areas toward sustainable development.

Keywords: coal mining; environmental geological effects; governance measures; sustainable development

引言

伴随着社会经济的稳步发展,煤炭作为基本性的大宗能源资源,产业开发的规模越来越大,各种矿区的采掘作业范围也不断扩大。粗放开采和高强度地下掘进不断扰动地层结构,造成各种环境地质隐患逐年增多,地表塌陷、水土流失等问题越来越严重。此类地质损伤会毁坏区域原来的生态结构,降低周边群众的生产生活品质,而且还会一直危害到地层的整体稳定和地质安全。系统研究煤矿开采引起的环境地质演变规律及其配套治理途径,可以给矿区生态修复给予理论支撑,对维持区域生态平衡,推动煤

炭产业绿色转型和行业可持续发展有着十分重要的理论和现实意义。

1 煤矿开采现状

1.1 煤矿分布情况

我国煤炭资源受地质构造演化和沉积环境的限制,煤田赋存具有地层发育规律,区域化特点,矿区分散于不同的地貌单元中,部分矿区处于山地沟壑、河谷平原、丘陵等地形区。不同的区域地层岩土结构、水系排布、原生植被条件存在着天然的差异,煤炭储藏位置有的靠近地表土层,有的深埋在多层岩层之下,很多矿区临近自然植被带

和聚居村落。各种矿区的开发建设条件千差万别,前期勘探及开采布设方案亦存在差异。

1.2 开采规模与产量

伴随着国内能源产业的持续发展,煤炭开发按照资源禀赋和产业调控的方向逐步改变开发节奏,粗放式连片采掘慢慢转变为集约有序的资源开发模式。各类矿井根据自身的资源状况确定开发布局,采掘作业不断改变地下岩层的原始受力状态,大范围的地下巷道挖掘不断地破坏地层的应力平衡。长期连续的采掘作业一层层掏空地下储煤空间,地层内部原有的支撑结构被逐渐破坏,采掘范围的不断扩大使对区域岩土、地下水系的扰动越来越深,开采量的变化直接影响到后面地质环境扰动的强度以及环境问题的速度^[1]。

1.3 开采技术发展

煤炭开采技术随着行业科研攻关的不断推进而稳步迭代,传统的手工采掘方式逐渐被机械化开采工艺所取代,各种井下掘进、回采配套工艺也在不断地优化升级。现代化开采手段可以提高资源采收率,但是高强度机械化采掘会加快地层扰动速度,不同的开采工艺对围岩的破坏程度有较大的差别。绿色开采相关技术逐步落地推广,依靠保水开采、充填开采等新型工艺弱化开采对地质环境的负向影响,相关新工艺的落地还需要配套设备与管理制度协同支撑,但是老旧开采工艺还在部分中小型矿区使用,新旧技术并存的行业状况,造成各个矿区环境地质扰动程度千差万别,加大了环境治理工作的难度,也倒逼治理方案需要结合矿区实际灵活调整。

2 环境地质效应

2.1 土地塌陷与变形

地下煤炭资源开采后,井下原有的储煤空间被岩体支撑所取代,上覆岩层在自重应力的作用下逐渐产生位移、开裂和垮落,由深部地层变形逐渐向地表传递形成塌陷坑和地面裂缝。地表土体在岩层沉降的牵拉作用下产生不均匀沉降、坡面滑移和地面开裂的现象,原有的平整耕地出现了沟壑起伏,原来的地形地貌被完全改变了。连片塌陷区破坏了土壤原有的层理结构,土层保水保肥能力逐渐降低,大面积耕地失去了原有的耕作条件,地表构筑物受到土体变形的牵拉而出现开裂破损,土地资源利用价值不断减少^[2]。

2.2 水资源污染与破坏

井下采掘作业会破坏地层内部的地下水径流通路,使原来地下水循环的路径被人为切断,浅层地下水顺着井下裂隙渗入到采掘工作面中,造成区域地下水位不断下降。

矿井生产排出的采掘废水携带岩层内部的有害物质渗入周边土壤和地表水体,有毒有害物质不断富集污染河湖和浅层地下水,地表溪流出现水量减少、水质变差的现象。

2.3 地质灾害隐患

煤炭采掘引发的地层失稳会引发滑坡、崩塌和泥石流等次生地质灾害隐患,岩层垮落产生的松散碎石堆积在边坡坡面上,在降雨冲刷的作用下很容易顺着坡面滑移形成灾害。地下空洞不断扩展造成的地表塌陷会引起周围岩土的连锁失稳,原本稳定的山体出现了内部裂隙贯通的情况,地质构造较脆弱的地方灾害发生概率大大增加。灾害隐患大多藏匿在矿区周边的村镇、耕地周围,隐蔽性很强,发育速度很慢,日常很难进行快速的排查和控制,一旦遇到极端天气就会迅速集中爆发,直接危及周边的土地和人居环境安全。

3 效应影响分析

3.1 对生态系统的影响

土地塌陷、水系破损、岩土污染从水土、植被、生物群落等各方面破坏了矿区的原生生态系统平衡,地表土体结构遭到破坏,植物根系无法牢固地扎根,大片的原生植被慢慢枯萎消失,区域地表植被覆盖率不断下降。地下水循环紊乱会影响局部水土环境,附着在原水系中生存的动植物由于失去了合适的栖息地而消失,生物多样性遭到破坏。破碎化地表地貌割裂动植物迁徙廊道,完整的生态空间被塌陷坑和裂隙所分割,矿区原有的自然生态循环链条被破坏,生态系统自我修复的能力大大降低^[3]。

3.2 对周边居民的影响

地表不均匀塌陷造成房屋墙体开裂、地基沉降等建筑损坏,居民居住安全得不到保证,部分村落因为大面积塌陷而无法再原址定居,必须进行整体搬迁安置。地下水位下降造成农户日常饮水和农田灌溉用水不足,耕地退化直接减少农户的农业产量,依靠土地进行种养的农户经济收入受到很大影响。由于受水体、土壤污染的影响,本地的农副产品品质降低,人居周边的自然环境不断变坏,各种地质灾害隐患一直环绕在居民的生活区周围,居民日常生活一直处在潜在的安全风险当中。

3.3 对区域经济的影响

由于煤炭开采导致的土地、水源等基础性生产资源枯竭,耕地退化、水源短缺影响到地方种养产业的发展,依托原生态资源的乡村文旅产业不能很好地发展。地质灾害治理、塌陷土地复垦、水体污染修复需要大量的财政资金投入,会占用地方经济建设可支配财力,搬迁安置群众也

会带来配套基建投入。矿区周边土地贬值、资源退化逐步减缓,区域涉农经济发展速度逐渐放缓,单一依靠煤炭开采的产业结构受到环境约束越来越小,不利于地方多元化经济体系的长效培育。

4 治理措施探讨

4.1 监测与预警体系

采用原位传感布设与现场定期踏勘相结合的方式形成全域化的矿区地质环境监测网络,对塌陷变形、地下水位升降、水体污染物指标开展常态化跟踪监测,得到矿区环境变化全过程信息。依靠历史地质灾害发育规律和实时监测数据来创建分级预警研判机制,根据季节降水、采掘进度等变量预测地质问题的发展趋势,按照隐患轻重分等级发出预警,并且及时把管控提示发送出去。完善信息汇总和上报程序,打通监测点位、管理部门、属地乡镇之间的信息传递渠道,提前发现并处理地质灾害隐患,从根本上减轻地质灾害突发造成的治理负担^[4]。

4.2 工程修复技术

对于已经形成的塌陷坑,采用分层回填压实的工程处理工艺,用环保填料填充地下空洞和地表凹陷区,依靠支护加固工艺加固破损边坡和开裂岩土,阻止岩层持续垮落。对受污染的地面水和地下水进行截污导流工程,阻止污染物进一步扩散渗透,依靠水体净化配套设施改善受污染水环境。用防渗加固措施修复破损的隔水层,逐步恢复地层原有的隔水能力,疏通被采掘打乱的地下水径流通道,依靠有针对性的岩土治理工程逐步修复受损的地质构造,遏制地质环境劣变态势持续蔓延。

4.3 生态重建策略

根据矿区修复地块土壤状况及本地物种习性,选择适宜的乡土植被进行分区域绿化栽种,依靠植被根系固结松散土体,逐步改善受损土壤理化性质,提高地块水土保持能力。按照原有的水系排布格局疏通淤积河道和地下水补给路径,根据实际情况因地制宜地建设小型人工湿地,利用水生植物净化受损的水体,逐步恢复区域自然水循环系统。整合闲置塌陷土地形成复合种养用地,兼顾生态修复和土地复用价值,依靠循序渐进的生态营建手段重塑矿区破碎生态空间,助力受损生态系统慢慢自主恢复。

5 治理效果评估

5.1 评估指标与方法

本文以地质构造稳定性、水土环境质量、植被恢复水平、人居改善状况四个主要方面为依托,创建起科学系统的矿区治理效果评价指标体系,对塌陷治理成效、水体修

复程度、生态复原进度等许多具体评判内容进行细化完善,从而达到对矿区修复成果全面的研判。评估工作综合采用现场实地勘测、水土样本理化检测、群众入户走访调研等多方面评价手段,横向比较矿区治理前后地质情况和生态环境的差别,纵向追踪修复地块长久动态发展规律,依照行业有关治理规范,客观评判各个修复工程的落实成果及实施状况。在保证短期整改成效的同时考虑长期生态发展潜力,避免单方面指标评价带来的片面性,从各方面保证评估结果的真实性、准确性、客观性,全面体现矿区目前的总体修复情况^[5]。

5.2 短期与长期效果

治理工程落地实施之后,短期内可以迅速控制矿区各种显性的地质安全隐患,对高危塌陷区、失稳边坡和受污染水体实施专项整治处置,有效地降低地质灾害的突发风险。切实改善周边群众居住安全环境和日常用水保障条件,及时制止受破坏的土地、水系、地表生态不断退化的情况。从长远的发展角度来讲,经过系统的岩土治理和持续的生态修复,矿区土壤结构逐渐改善,地下水循环系统趋于稳定,本土植被得以自然繁衍生长。区域生态结构不断改善,生物链条日趋完善,可复用土地资源不断扩展,促使煤炭资源开发同生态环境保护朝着协调均衡方向发展,使煤矿开采所造成的各种环境地质负效应得以长效缓解并根本改善。

5.3 可持续发展展望

矿区环境治理将朝着开采和环保相互促进、协同适配的方向稳步推进,全面推广绿色开采工艺,从源头上弱化煤炭采掘活动给区域地质、水土和生态环境带来的负面影响。持续改进常态化动态监测体系,改善数据研判及风险识别能力,全方位加强地质灾害、环境隐患的早期预警和科学治理水平。坚持资源循环利用的思想,充分发挥治理修复后的矿区闲置土地和空余空间的作用,根据当地的实际情况发展生态农业、矿山文旅等绿色新兴产业,用产业发展的收益来不断反哺日常的环境管理和生态保护工作。不断优化矿区环保管理规章制度,对煤炭开采全过程的环境控制作出详细的规定,创建起一个资源有序开采、地质良性养护、生态稳步恢复的机制,使煤炭生产区达成资源开发与生态保护深度融合、协同发展、绿色发展。

6 结语

煤矿开采引发的各种环境地质效应具有成因复杂、演化周期长的特性,受到地层状况、开采方式、气候环境诸多要素的影响,所对应的环境修复和地质治理工作总体任

务艰巨、推进时间较长。依靠常态化的地质环境动态监测体系、有针对性的岩土工程治理技术、分阶段的分区生态重建措施,可以逐步消除由于开采造成的塌陷、水土流失等地质问题,不断改善矿区受损的自然环境。后续还要继续完善配套管理制度和长效治理机制,不断改进技术路径、提高综合治理能力,逐步协调好资源开采和生态管护之间的关系,促进煤炭产业绿色转型,为矿区全域可持续发展筑牢生态基础。

[参考文献]

[1]许正平.煤矿开采水文地质条件及防治水技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(23):178-180.

[2]房小夏.煤矿地质环境恢复治理分析[J].山西焦煤科技,2025,49(2):25-27+31.

[3]王波.深部开采煤矿巷道冲击地压灾害治理技术[J].内蒙古煤炭经济,2024,(9):37-39.

[4]刘阳.煤矿地质灾害特征及防治措施研究[J].西部探矿工程,2023,35(7):181-183+186.

[5]宋雅慧.在煤矿开采中工程质量地质灾害与减灾对策研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(19):121-123.

作者简介:查奎(1993.06—),男,汉族,甘肃天祝人,本科学历,工程师,研究方向为水文地质、工程地质、环境地质。