

Analysis on the Influence of land use change in coal mining area on geological environment quality

Xiaoqing Cheng¹ Haiyan Song²

1. Shaanxi Zhongsheng Ecological Environment Consulting Service Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

2. Zhongsheng Environmental Technology Development Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

The changes in land use in coal mining areas have reshaped the surface morphology and geological structure, significantly impacting the quality of the regional geological environment. As coal resources continue to be exploited, the types of land use have shifted from farmland and forest land to industrial land and abandoned land, leading to a series of geological issues such as soil degradation, surface subsidence, and hydrological disorder. The increased risk of geological disasters due to land disturbance not only threatens the stability of ecosystems but also exacerbates the vulnerability of human settlements. Through remote sensing monitoring and GIS analysis, the spatial relationship between land use changes and geological environmental degradation can be clearly identified, providing a quantitative basis for the evolution of geological environmental quality in coal mining areas. Scientifically coordinating land development and ecological restoration projects is a key approach to improving the geological environmental quality of coal mining areas. This paper systematically analyzes the process of land use evolution in coal mining areas and its geological impact mechanisms, exploring appropriate governance strategies and management measures to provide theoretical support for the coordinated development of resource exploitation and environmental protection.

Keywords

coal mining; land use change; geological environmental quality; subsidence area; ecological restoration

煤矿区土地利用变化对地质环境质量的影响分析

程晓庆¹ 宋海燕²

1. 陕西中圣生态环境咨询服务有限公司, 中国·陕西 西安 710000

2. 中圣环境科技发展有限公司, 中国·陕西 西安 710000

摘 要

煤矿区的土地利用变化在一定程度上重塑了地表形态与地质结构, 显著影响区域地质环境质量。随着煤炭资源的持续开发, 土地利用类型由耕地、林地向工业用地和废弃地转化, 引发土壤退化、地表塌陷、水文结构紊乱等一系列地质问题。土地扰动导致的地质灾害风险上升, 不仅威胁生态系统稳定, 也加剧人居环境脆弱性。通过遥感监测与地理信息系统分析, 可清晰识别土地利用变化与地质环境退化的空间关系, 为煤矿区地质环境质量演变提供量化依据。科学调控土地开发与生态修复工程的协同推进, 是提升煤矿区地质环境质量的关键路径。本文系统分析煤矿区土地利用演变过程及其地质影响机制, 探索适宜的治理策略与管理措施, 以为资源开发与环境保护的协调发展提供理论支撑。

关键词

煤矿开采; 土地利用变化; 地质环境质量; 塌陷区; 生态修复

1 引言

煤矿区作为我国重要的能源供给区域, 长期以来承担着巨大的资源输出任务。然而高强度的采矿活动在推动区域经济发展的同时, 也对地质环境造成深刻扰动, 特别是土地利用格局的剧烈变化, 成为地质环境质量退化的重要诱因。大量耕地与林地被转化为采空区、排土场等工业用地, 形成了广泛的地表塌陷、地裂缝及水土流失现象, 对生态系统稳

定性构成挑战。随着资源枯竭区数量增加, 煤矿区土地利用的可持续性与地质环境的安全性亟需系统研究。本研究立足煤矿区典型地貌与利用格局, 分析土地变化过程对地质环境的影响路径, 构建科学评估体系, 为区域资源开发与地质安全协同管理提供数据基础与决策支持。

2 煤矿区土地利用变化的基本特征

2.1 土地利用类型的结构演变趋势

煤矿区土地利用类型呈现出由农业主导向工业主导的演变趋势。大量原本作为耕地、林地或草地的区域逐步被矿井、道路、排土场和工业设施占用, 形成明显的土地类型替

【作者简介】程晓庆(1989-), 女, 中国陕西韩城人, 本科, 工程师, 从事环境影响评价研究。

代现象。耕地面积缩减,林地破碎化加剧,生态用地比例下降,建设用和废弃地比例不断上升,导致区域土地利用结构趋于单一。与此同时,因矿产资源赋存条件不同,不同煤矿区呈现出差异化的土地利用演化路径,有的区域逐渐转为大面积工业扩张,有的则面临开发后废弃地复垦压力,土地利用结构的不稳定性和不均衡性显著提升了区域地质环境的复杂性和脆弱性。

2.2 采矿活动驱动的空间格局变化

煤矿开采直接重塑了区域土地空间格局,表现为原有自然地貌和土地斑块的割裂与重构。随着井工与露天作业的推进,集中连片的耕地被分割成不规则小块,区域景观破碎度显著上升。煤矿基础设施布局多呈带状或斑块状分布,导致地表功能区域的扩展性和连通性受到干扰。沉陷区的不断扩展也使得部分土地丧失使用价值或转变为积水区、塌陷湖,改变了原有土地格局的稳定性。这种由采矿驱动的空间结构变异,叠加地质因素干扰,使区域土地资源分配效率下降,生态恢复难度增大,对地质环境系统的调控能力形成挑战。

2.3 土地开发强度与利用方式的阶段性特征

煤矿区土地开发过程具有明显的阶段性特征,在资源初期开发阶段,土地开发强度迅速上升,以基础设施建设和井口布设为主;中期阶段则伴随着大规模煤层开采与辅助设施扩张,土地使用方式趋于多样但扰动强度更高;在后期阶段,采矿活动减缓或停滞,土地利用方式向复垦、生态修复或转型发展转变。不同阶段土地利用对地质环境的影响机制不同,早期主要是破坏性扰动,中后期则呈现结构性调整与恢复性利用的过渡状态。土地开发的周期性与矿产资源开采生命周期紧密相关,其动态演变过程反映了地质环境系统承载力的时空差异与调控瓶颈。

3 煤矿开采过程中的土地扰动机制

3.1 露天与井工开采方式对地表形态的影响

露天开采通过大规模剥离表土和岩层形成采坑,对地貌原貌造成不可逆转的破坏,形成大面积裸露地表和陡峭边坡,改变了区域原有高差与排水条件,导致水土流失频发。井工开采则主要通过采空区引起地表沉降与断裂,造成建筑物变形、道路开裂与耕地坍塌。两种开采方式均显著扰动地表形态,但空间影响方式和破坏尺度存在差异。露天开采形成显性地貌改变,便于识别和治理,井工开采则常表现为隐性破坏,易被忽视但累积效应强烈。地表形态的系统性扰动破坏了区域自然排水系统和地质结构完整性,对地质环境质量形成持续压力。

3.2 塌陷区与开采沉陷带的形成原理

采煤作业导致地下岩层失去支撑而产生垮塌,进而引发地表不同程度的沉降与裂缝,形成典型的塌陷区与沉陷带。井工采空区顶部覆岩的逐步破坏演变为垮落区、裂隙区

和曲拱区,其空间范围和沉陷程度与开采厚度、埋深及地层结构紧密相关。当覆岩结构破坏达一定程度,地表将发生连续性沉降甚至陷落,影响区域地形与土地使用功能。沉陷带常呈带状分布,具有缓慢扩展与不可预测的特性,对周边土地稳定性构成持续威胁。形成机制复杂、治理成本高、地质动态演化不稳定等特点,使沉陷区成为煤矿地质环境质量退化的集中表现区域。

3.3 排土场、矸石山等人为堆积地貌的扩展

煤炭开采过程中伴随产生大量矸石、尾矿与剥离物,这些物料经集中堆积形成排土场或矸石山,构成一种典型的人造地貌单元。这些堆积体高度大、坡度陡、结构松散,在风化、降水及重力作用下易产生滑坡、泥石流等地质灾害。矸石山占用大量土地资源,破坏地表植被,改变区域地貌轮廓,对生态与环境具有持久影响。同时,部分矸石在氧化过程中可能释放有毒有害气体或渗滤液,污染土壤与水体。由于堆积过程缺乏规范控制,常形成不规则斜坡与高陡边坡,增加稳定性风险,其空间扩展趋势显著改变土地利用边界与功能布局,成为煤矿区地质环境问题的重要源头。

4 土地利用变化与地质环境质量的时空关联分析

4.1 遥感与GIS技术在土地变化监测中的应用

遥感与地理信息系统技术为煤矿区土地利用动态监测与地质环境变化评估提供了高效工具。通过多时相卫星影像对比分析,可准确提取采矿区域土地利用类型的空间分布和演变过程,实现对采空区、塌陷区、矸石堆积区等典型地貌单元的识别。地理信息系统则可对遥感数据进行空间叠加分析,将土地变化与地质要素、地形参数、环境指数等要素联动建模,构建地质环境质量变化的空间分布模型。遥感影像分类精度的提升与地形校正算法的优化,有效提高了数据解译的准确性与地质响应分析的科学性,为区域土地规划与地质灾害预警提供了可靠的技术支撑与空间数据基础。

4.2 典型区地质环境质量指数变化特征

煤矿区不同开发阶段和空间位置的典型区域,其地质环境质量指数呈现出差异化的变化趋势。在采矿强度较大的区域,地质环境质量指数普遍偏低,表现为地表稳定性下降、水文系统紊乱、土壤结构破坏等问题加剧。随着开采年限延长和扰动范围扩大,区域地质环境系统承载能力持续减弱,地质环境质量指数呈现下降曲线。部分区域在停采后实施生态修复措施,指数出现缓慢回升,但整体仍难恢复至开采前水平。指数变化受土地利用密度、地貌类型、水系分布与人为干预强度等多因素影响,其动态特征能够较为直观地反映土地利用演化对地质环境质量的负面累积效应,为实施差异化环境管控与土地利用政策提供科学依据。

4.3 土地利用格局变化对地质环境敏感区的覆盖影响

煤矿区土地利用格局重构过程中,对地质环境敏感区

的覆盖与占用趋势日益显著,形成潜在风险区叠加效应。敏感区如断层带、地下水补给区、软弱地层发育区等原本具有一定地质稳定性要求的区域,在采矿及相关建设活动干扰下,易引发滑坡、地裂缝、沉降等地质问题。土地利用格局向工业集中与排土集中方向演化,使这些敏感区域被高强度开发活动覆盖,加剧地质结构扰动程度。空间布局的变化改变了自然应力场与水文循环系统,形成系统性地质环境压力点。格局的破碎化、功能边界模糊与用地结构不合理等问题,进一步削弱了地质环境的调节能力与自我修复机制,提升了区域地质风险等级,影响土地可持续开发能力,图1为某市废弃矿山地质环境现状及影响评价。

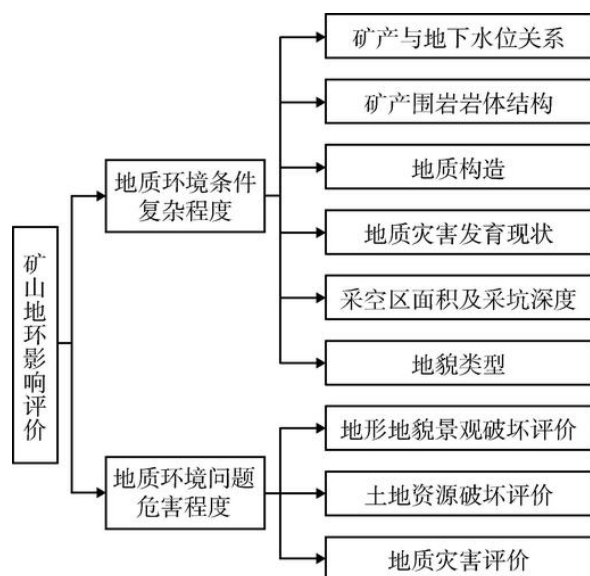


图1 某市废弃矿山地质环境现状及影响评价

5 缓解煤矿区土地利用负面效应的调控路径

5.1 采矿与土地利用统筹规划机制构建

在煤矿区开发过程中建立采矿与土地利用统筹规划机制,是缓解土地资源破坏与地质环境退化的重要基础。该机制应以资源承载力评估为前提,统筹考虑采矿空间布局与土地功能区划,形成矿产开采与土地使用之间的动态协调模式。应制定差异化利用管控标准,明确禁采区、限制区与重点保护区的划分界限,避免不合理开发侵占敏感区域。在空间管控上,应推行生态红线制度与矿区土地用途预判机制,合理规划采空区与排土区边界,实现土地利用过程中的地质环境风险最小化。规划机制还应加强部门协同与数据共享,构建覆盖资源、地质、生态多维要素的土地开发与利用调控平台,提升土地开发的规范性与环境适应性。

5.2 生态恢复工程与地质灾害治理技术融合

煤矿区生态恢复与地质灾害治理应形成协同推进机制,将工程治理与生态修复结合为一体化技术体系。在塌陷区与

排土场应采取分级治理方式,结合地质特征实施边坡加固、覆土整形与地表重构工程,恢复地表稳定性。在恢复过程中应同步引入植被重建、土壤改良与水文系统重塑措施,增强生态系统自我调节能力与抗扰动能力。在滑坡、崩塌等地质灾害频发区域,应用地质灾害自动监测系统,构建实时预警平台,推动地质风险管理数字化与智能化。工程措施与生态手段的融合可降低治理成本,提高土地功能恢复效率,形成地质安全与生态质量双重提升的复合型治理路径,为煤矿区可持续发展提供保障。

5.3 土地再利用策略对地质环境质量的修复作用

煤矿区土地再利用策略的科学实施对改善地质环境质量具有直接推动作用。再利用策略应基于土地现状评价与环境适宜性分析,制定不同类型废弃地的复垦利用路径。例如采空区可规划为生态湿地或光伏农业基地,排土场可建设生态公园或土壤修复示范区,矸石山在治理基础上可转换为林地或产业用地。通过分类分级利用方式,推动土地功能恢复与环境承载力提升的耦合发展。在再利用过程中应嵌入地质环境质量监测机制,定期评估土地利用调整对地下结构、水文系统与地表稳定性影响程度。合理引导再利用方向不仅可提升土地经济与生态价值,还能有效遏制因废弃土地闲置带来的次生地质灾害风险,实现土地可持续管理与地质环境质量同步提升。

6 结语

煤矿区土地利用变化与地质环境质量之间存在密切互动关系,土地开发方式的演进深刻改变了地质结构稳定性和生态承载能力。长期无序开采引发的塌陷、裂缝、水土流失等问题已成为制约区域发展的关键障碍,土地利用格局的不合理叠加放大了地质环境的脆弱性。在强化资源开发的同时,必须构建科学、系统、规范的土地利用与地质环境协同管理机制,以实现区域空间资源的高效利用与环境质量的根本改善。通过遥感监测、指标评估与统筹规划等技术与政策手段的融合应用,可有效提升煤矿区土地再利用水平,重建生态系统的结构稳定与功能完整,为地质环境可持续治理奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 张楠,陈胜华,孙彩霞.阳泉市煤矿区生境质量时空变化及驱动因素分析[J].测绘通报,2025,(03):27-32.
- [2] 张敏.大型露天煤矿区土地利用时空演变特征及生态影响研究[D].导师:王金满.中国地质大学(北京),2021.
- [3] 李帆,包妮沙,何军浩.草原露天煤矿区32年土地利用/覆盖及碳储量遥感变化监测[J].测绘与空间地理信息,2019,42(01):83-87.
- [4] 贾斐斐.高潜水位煤矿区土地利用景观格局变化及模拟预测[A].2016年全国土地复垦与生态修复学术研讨会论文摘要[C].中国煤炭学会煤矿土地复垦与生态修复专业委员会:2016:17.