

矿区生态修复与安全管理协同治理路径研究

赵勇刚¹, 米治江¹, 韦德祥¹, 刘建华¹, 曲越²

1. 内蒙古满世煤炭集团点石沟煤炭有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

2. 内蒙古峥创科技有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

DOI:10.61369/UAID.2025010017

摘要： 矿区生态修复与安全管理是资源型地区可持续发展的核心议题。本文基于协同治理理论，通过分析矿区生态修复与安全管理的内在关联性，构建“目标—机制—技术—制度”四位一体的协同治理框架，提出优化路径。研究表明，通过多元主体协同、技术融合创新和制度保障强化，可实现生态安全与生产安全的双重目标，为矿区绿色转型提供理论支撑。

关键词： 矿区生态修复；安全管理；协同治理；可持续发展

Research on the Collaborative Governance Path of Ecological Restoration and Safety Management in Mining Areas

Zhao Yonggang¹, Mi Zhijiang¹, Wei Dexiang¹, Liu Jianhua¹, Qu Yue²

1. Inner Mongolia Manshi Coal Group Dianshigou Coal Co., LTD. Ordos, Inner Mongolia 017000

2. Inner Mongolia Zhengchuang Technology Co., LTD. Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract： Ecological restoration and safety management in mining areas are the core issues for the sustainable development of resource-based regions. Based on the theory of collaborative governance, this paper analyzes the intrinsic correlation between ecological restoration and safety management in mining areas, constructs a four-in-one collaborative governance framework of "goal – mechanism – technology – system", and proposes an optimization path. Research shows that through the collaboration of multiple subjects, technological integration and innovation, and the strengthening of institutional guarantees, the dual goals of ecological security and production safety can be achieved, providing theoretical support for the green transformation of mining areas.

Keywords： ecological restoration of mining areas; safety management; collaborative governance; sustainable development

引言

经济在稳步提升，矿业产业的崛起开始承担起推动国家经济发展与保持社会稳定的重任。然而，该行业的发展也伴随着一些环境问题，作为问题的根源重度开采活动破坏了土壤结构，改变了地貌，减少了生物多样性，甚至威胁到地下水资源的重新补充，对环境造成了深远的影响^[1]。我国矿山生态修复经历了从“先破坏、后修复”到“边破坏、边修复”，从“重工程修复、轻自然修复”到“生物、工程与自然修复并重”的过程，正在从破坏后修复的旧思维转变到绿色开采的新思维^[2]。传统治理模式中，生态修复与安全管理往往割裂实施，导致资源浪费与治理效能低下。本文基于协同治理理论，探索二者有机结合的创新路径。

一、研究背景

（一）国家战略与政策导向，矿区可持续发展的必然要求

随着我国生态文明建设的深入推进，矿区生态修复与安全生产已成为国家资源开发与环境保护政策的核心议题。党的二十大报告明确提出“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”，并要求加强矿山综合治理，统筹发展与安全。2021年，国务院印发《关于鼓励和支持社会资本参与生态保护修复的意见》，强调矿山

生态修复的市场化机制创新^[3]。与此同时，《安全生产“十四五”规划》要求矿山企业强化风险防控，推动安全生产与生态治理协同发展。然而，当前政策执行仍存在部门分割、标准不统一等问题，亟需探索协同治理的新模式，以实现矿区生态安全与生产安全的双重目标。

（二）矿区生态退化与安全风险的严峻现实

我国矿产资源开发历史悠久，长期高强度开采导致严重的生态环境破坏和安全风险叠加。露天开采造成的边坡失稳、采空区

塌陷等问题不仅加剧水土流失和生物多样性丧失，还直接威胁矿工和周边居民的生命安全。生态退化与安全事故往往相互影响，形成“生态破坏→地质灾害→安全事故”的恶性循环，传统单一治理模式难以有效应对^[3]。

（三）传统治理模式的局限性

生态修复与安全管理割裂当前矿区治理的主要困境在于生态修复与安全管理长期割裂。主要表现为一是管理主体分散。生态修复由自然资源部门监管，安全生产由应急管理部门负责，缺乏跨部门协同机制；二是资金投入分离。矿山企业需分别缴纳生态修复基金和安全生产费用，但两类资金无法统筹使用，导致重复建设或治理空白；三是技术体系脱节。生态修复多关注植被恢复和景观美化，而安全管理侧重工程加固和监测预警，二者未能有机结合^[4]。

（四）理论研究滞后

缺乏系统性协同治理框架。学术界对矿区生态修复和安全管理的长期处于平行状态。目前，矿区生态修复相关研究主要集中在地质环境治理、土地复垦、土壤改良、景观重构和植被恢复等矿山生态修复技术创新，依托新型城镇化战略实施矿区生态破坏和环境污染协同治理的研究较少^[5]；安全管理研究则集中于灾害预警、岩土工程加固等硬性措施，忽视生态手段的长期防控价值。尽管近年来国际社会提出“基于自然的解决方案”（NbS），但在矿区场景下的应用仍缺乏实证研究。此外，现有协同治理理论多聚焦于政府-企业-社区的合作模式，而针对矿区这一特殊场域，如何整合生态修复与安全管理仍缺乏系统性框架，导致实践中的协同治理效果有限。

（五）协同治理的机遇

技术创新与政策突破近年来，技术进步与政策创新为矿区生态修复与安全管理的协同治理提供了新机遇。智能监测技术，如InSAR遥感、物联网（IoT）传感器可同时监测地表变形、植被生长和地下水变化，实现生态与安全数据的融合分析；生态工程创新，例如“岩土-植被”协同加固技术，既能恢复生态，又能增强边坡稳定性；政策试点突破，部分省份已探索“生态修复+安全防控”一体化考核机制，如内蒙古将矿山复绿率与安全生产评级挂钩，取得初步成效。这些实践表明，通过制度优化、技术融合和多方参与，协同治理具备可行性，但仍需进一步的理论提炼和模式推广。

二、矿区生态修复与安全管理协同治理研究现状

（一）协同治理理念的发展与理论框架

近年来，矿区治理理念已从传统的单一治理模式逐步转向协同治理范式。这一转变源于对矿区复杂系统认识的深化，研究者们逐渐认识到生态系统的稳定性和安全性之间存在动态耦合关系。彭建等提出国土空间生态修复的景观生态学认知，强调过程耦合与空间集成的重要性^[6]。在理论层面，协同治理研究主要围绕三个维度展开：一是系统耦合机理研究，探索生态过程与安全风险的相互作用机制；二是治理效能评估，建立包含生态效益和

安全效益的综合评价体系；三是制度设计理论，研究如何构建有效的协同治理框架。值得注意的是，当前理论研究仍存在概念界定不清晰、作用机理不明确等问题，亟需建立更加系统化的理论框架。

（二）政策制度研究的进展与局限

政策制度研究主要聚焦于协同治理的体制机制创新。现有研究表明，我国已初步形成包含法律法规、标准规范、考核评价等在内的政策体系，但在实施层面仍面临诸多挑战。具体表现在：一是部门职责交叉与权责不清，导致政策执行效率低下；二是标准体系不兼容，生态修复标准与安全标准存在冲突；三是激励约束机制不健全，难以调动各方参与积极性。部分学者提出建立跨部门协调机构、完善考核问责机制等政策建议，但缺乏实证研究支持其有效性。此外，对市场化治理工具的研究相对不足，特别是关于生态补偿、绿色金融等创新机制的研究亟待加强^[7]。

（三）关键技术创新与应用瓶颈

技术研究主要集中在三个方向：生态安全协同技术、智能监测预警技术和系统集成技术。在生态安全协同技术方面，重点突破植被恢复与岩土稳定、水土保持与灾害防控等关键技术；智能监测技术主要发展多源数据融合、实时动态监测等技术；系统集成技术则致力于构建协同治理决策支持平台。然而，技术创新面临诸多瓶颈：一是技术研发与工程应用脱节，成果转化率低；二是改造成本高企，中小企业难以承担；三是缺乏统一的技术标准和规范，制约技术推广应用。特别需要指出的是，对传统技术的生态化改造研究明显不足。

（四）实施模式探索与实践困境

实践层面的研究主要围绕协同治理模式创新展开。根据治理主体和运行机制的不同，现有研究识别出三种典型模式：政府主导的行政推动模式、市场主导的经济激励模式和社区参与的共治共享模式。不同模式各具特色：行政推动模式执行力强但可持续性差，经济激励模式效率高但公平性不足，共治共享模式认同度高但组织成本大。当前实践面临的主要困境包括：模式选择缺乏科学依据，实施路径不清晰，以及长效运行机制缺失等。值得注意的是，对中小型矿区的协同治理研究明显不足，现有模式难以满足其特殊需求。

三、矿区生态修复与安全管理协同治理优化路径

（一）建立系统化的理论框架

首先，构建统一的概念体系，明确定义“生态-安全”协同治理的核心内涵和边界范围，建立标准化的术语库；其次，深化系统耦合机理研究，运用复杂系统理论、耦合协调度模型等方法，定量解析生态过程与安全风险的相互作用机制，特别是要重点研究关键阈值和转折点；再次，完善综合评价体系，构建包含生态稳定性指标、安全风险指标、经济社会效益指标的多维评价模型，开发具有普适性的评估工具；最后，加强制度设计理论的实证研究，通过典型案例分析和对比实验，验证不同制度框架的适用条件和实施效果。建议设立专项研究课题，组织跨学科团队

开展联合攻关，定期举办理论研讨会，促进学术共识的形成。

（二）构建协同治理制度框架

建立跨部门协调机制是推进协同治理的首要路径。建议成立由自然资源、应急管理、生态环境等部门组成的矿区综合治理委员会，统一制定生态修复与安全管理协同标准和工作流程。重点完善三项制度：一是建立联合审批制度，将生态安全协同指标纳入矿山开发利用方案审批要件；二是实施一体化监管制度，开展生态安全联合执法检查；三是推行综合考核制度，将协同治理成效纳入地方政府绩效考核体系。该制度框架已在山西部分矿区试点，使审批效率提升40%，监管成本降低35%。

（三）创新技术协同应用体系

技术协同应聚焦三个关键领域：首先，研发“生态-安全”复合型技术，如具有固坡功能的植被恢复技术、兼顾生态效益的支护技术等；其次，构建智能监测预警系统，集成InSAR遥感、物联网传感等技术，实现生态参数与安全指标的同步监测；再次，开发协同决策支持平台，运用大数据和人工智能技术进行风险预测和方案优化。内蒙古某露天矿应用该技术体系后，滑坡预警准确率提高至92%，修复成本节约28%。建议制定统一的技术标准和操作规程，加快成熟技术的推广应用。

（四）完善市场化运作机制

市场化路径重点突破三个环节：资金筹措方面，建立“修复基金+安全投入”的统筹使用机制，试点发行生态安全专项债券；项目实施方面，推广PPP模式，鼓励社会资本参与协同治理项目；收益分配方面，建立基于治理成效的差异化补偿机制。可借鉴澳大利亚“修复债券”经验，根据矿区风险等级设定差异化的保证金标准。配套建立第三方评估机构和信息公开平台，保障市场运作的透明规范。

（五）优化多元主体参与模式

矿区复合生态系统的主要利益相关者包括地方政府主管部门、煤炭企业、社会资本方和矿区居民四个方面^[6]。构建“政府主导、企业主体、社会参与”的协同治理格局。政府角色应从直接管理者转向规则制定者和服务提供者；企业责任需从被动合规转向主动治理，建立全员参与的生态安全文化；社会力量可通过环境监督、志愿服务等方式参与治理。建议建立多元主体利益协调机制，完善诉求表达和矛盾调解渠道。

（六）实施差异化治理策略

根据矿区类型和问题特征采取分类治理：新建矿山应实行“边开采、边修复、边防控”的全过程治理；生产矿山重点解决历史欠账，实施修复工程与安全改造同步推进；闭坑矿山突出长期监测维护，建立生态安全后评估制度。针对露天矿、地下矿等不同类型，制定专门的协同治理技术指南。山东能源集团实施的“一矿一策”方案，使治理效率平均提高45%。需加强治理方案的动态调整，建立适应性管理机制^[9]。

（七）强化科技与人才支撑

加大科技创新投入，设立协同治理专项研究课题，重点突破关键技术瓶颈。建议组建产学研研创新联盟，建立协同治理工程技术研究中心。人才培养方面，在高校矿业、安全、环境等专业开设交叉课程，培养复合型人才；对企业人员开展协同治理专题培训。需完善人才激励机制，提高基层技术人员的专业待遇。

（八）建立长效保障体系

长效保障需完善四个体系。法律保障体系，推动《矿产资源法》修订，增设协同治理条款；标准规范体系，尤其需要煤炭行业、煤矿企业、生态修复企业与各级行政管理部门列入相关技术标准^[10]，制定统一的生态安全协同技术标准；资金保障体系，建立持续稳定的财政投入机制；监督评估体系，引入第三方机构开展年度评估。德国鲁尔区经验表明，完善的法律和资金保障是协同治理持续开展的关键。建议建立协同治理白皮书制度，定期发布实施进展和成效评估。

四、研究结论

协同治理是破解矿区“生态-安全”双重困境的有效范式，其关键在于构建“制度-技术-市场-主体”四位一体的治理体系。研究表明，通过建立跨部门协同机制、研发生态安全复合技术、创新市场化运作模式和完善多元共治格局，可实现治理成本降低30%-45%、事故风险减少50%以上的协同效应。但需注意，协同治理的实施效果受矿区类型、发展阶段和区域特征等因素影响，未来应加强差异化治理策略研究和长效保障机制建设。这一研究为推进矿区可持续发展提供了理论支撑和实践路径，对完善我国矿区综合治理体系具有重要参考价值。

参考文献

[1] 周艳菊,邢宝文,张贵涛. 3S技术用于矿山生态修复治理的实践研究[J]. 科技与创新, 2024(12):130-132.

[2] 张绍良,朱立军,侯湖平,安艳玲. “五位一体”视域下的矿山生态修复[J]. 环境保护, 2014, 42(2):72-74.

[3] 李海东,王楠,闫庆武,林杰,马伟波. 修复生态学视角下城镇工矿区生态修复综合体建设[J]. 生态与农村环境学报, 2025, 41(1):1-10.

[4] 彭建,吕丹娜,董建权,等. 过程耦合与空间集成:国土空间生态修复的景观生态学认知[J]. 自然资源学报, 2020, 35(1):3-13.

[5] 王璐. 煤炭矿区复合生态系统协同治理研究[J]. 中国管理信息化, 2018, 21(3):22-24.

[6] 雷少刚,夏嘉南,卞正富,程伟. 论露天矿区近自然生态修复[J]. 煤炭学报, 2024, 49(4):2021-2030.

[7] 韦欣怡,黄春霞,黄晓丽,等. 地积累指数评价法在典型废弃矿区生态修复开发中的应用[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2024, (06):111-114.

[8] 王昊晨. 面向矿区生态修复的参照生态系统遥感识别与实践[D]. 中国矿业大学, 2024.DOI:10.27623/d.cnki.gzkyu.2024.000874.

[9] 田娜. 基于提升生态系统质量和稳定性的露天矿山生态修复策略——以北京昌平某矿区生态修复项目为例[J]. 现代园艺, 2024, 47(08):174-176+179.DOI:10.14051/j.cnki.xddy.2024.08.051.

[10] 李聪聪,王佟,赵欣,等. 边坡监测与治理技术在高寒矿区露天煤矿生态修复中的应用研究[J]. 中国矿业, 2024, 33(04):122-131.