绿色矿山建设背景下非金属露天矿山采矿终了效果管控制度研究——以山东省济宁市为例*

陈芝聪[1],卢方欣[1],蔡图[2],薄怀志[3,4],孙小银[5,6],李伟[1],李东杰[1]

(1.济宁市规划设计研究院, 山东 济宁市 272000;
2.济宁市不动产登记中心, 山东 济宁市 272000;
3.山东省鲁南地质工程勘察院(山东省地质矿产勘查开发局第二地质大队), 山东 济宁市 272000;
4.自然资源部采煤沉陷区综合治理工程技术创新中心, 山东 济宁市 272000;
5.曲阜师范大学 地理与旅游学院, 山东 日照市 276826;
6.南四湖湿地生态与环境保护山东省高校重点实验室, 山东 日照市 276826)

摘要:绿色矿山建设是矿业领域生态文明建设的核心抓手。在全面推进绿色矿山建设的背景下,探索可复制、可推广的制度化管理模式具有重要的理论和实践意义。采用制度借鉴和类比推理相结合的方法,剖析了非金属露天矿山采矿终了效果管控制度的核心内涵,系统分析了该管控制度的构建逻辑、实施路径与制度优势。研究结果表明:采矿终了效果管控制度弥补了矿产资源纵向管理传导体系中中间监管层次缺失的短板,通过以生态修复与土地再利用的终极状态为导向,系统指导矿山开采与修复全过程,推动矿山治理模式由后期治理向源头管控转变,标志着我国矿山治理范式实现了从被动响应到主动规划的根本性变革;借鉴国土空间控制性详细规划编制、实施及管理思路,创新性地提出构建专门针对矿山开采与修复全过程的采矿终了效果控制规划,为自然资源主管部门指导矿山各类方案编制提供管理依据与技术支撑;采用"一矿一策"方法研究济宁市不同类型非金属露天矿山的采矿终了效果,可有效指导矿业权科学配置、资源有序开采,促进矿山资源资产价值转化,协调资源开发与生态保护的关系,有力推动济宁市绿色矿山高质量建设发展。采矿终了效果管控制度可为全国范围内全面推进绿色矿山建设、助力构建美丽中国提供理论参考与实践借鉴。

关键词:绿色矿山建设;采矿终了效果管控;源头管控;矿山开采与修复;控制性详细规划

中图分类号:TD87;X322 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-2763(2026)07-0173-12

Research on the Mining Completion Effect Control System for Nonmetallic Open-Pit Mines Under the Background of Green Mine Construction: A Case Study of Jining City, Shandong Province

Chen Zhicong[1], *Lu Fangxin*[1], *Cai Tu*[2], *Bo Huaizhi*[3,4], *Sun Xiaoyin*[5,6], *Li Wei*[1], *Li Dongjie*[1]

(1.Jining Planning Design & Research Institute, Jining, Shandong 272000, China;
2.Jining Real Estate Registration Center, Jining, Shandong 272000, China;
3.Shandong Provincial Lunan Geology and Exploration Institute (Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources No.2 Geological Brigade), Jining, Shandong 272000, China;
4.Technology Innovation Center of Restoration and Reclamation in Mining Induced Subsidence Land, Ministry of Natural Resources, Jining, Shandong 272000, China;
5.College of Geography and Tourism, Qufu Normal University, Rizhao, Shandong 276826, China;
6.Key Laboratory of Lake Nansi Wetland Ecological and Environmental Protection in Shandong Province, Rizhao, Shandong 276826, China)

Abstract: The construction of green mines is the core focus of ecological civilization construction in the mining industry. Against

* **收稿日期**:2025-06-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(42471332);山东省重点研发计划(重大科技创新工程)资助项目(2020CXGC011403)

作者简介:陈芝聪(1990—),男,山东济宁人,硕士,工程师,主要从事国土空间规划、矿山开采与生态修复等方面的研究工作。E-mail:czc193466@163.com

通信作者:孙小银(1978—),男,重庆开县人,博士,教授,主要从事流域污染生态过程与生态修复、矿山开采过程与生态修复关系方面的研究。E-mail:xiaoyin_sun@qfnu.edu.cn

the backdrop of comprehensively promoting green mine construction, exploring a replicable and scalable institutionalized management model holds significant theoretical and practical implications. By using a combination of institutional reference and analogical reasoning, the core connotation of the control system for the mining completion effect of non-metallic open-pit mines was analyzed, and the construction logic, implementation pathway, and institutional advantages of this control system were systematically analyzed. The research findings indicate that the mining completion effect control system fills the gap of missing intermediate supervisory levels within the vertical management transmission system of mineral resources. By orienting toward the ultimate state of ecological restoration and land reuse, it systematically guides the entire process of mining and restoration, driving the transformation of mine governance from post-treatment to source control. This marks a fundamental paradigm shift in China's mine governance from passive response to proactive planning. Drawing on the formulation, implementation, and management approaches of regulatory detailed planning in territorial spatial planning, this study innovatively proposes the establishment of a mining completion effect control plan specifically targeting the entire process of mining and restoration. This provides a management basis and technical support for natural resources authorities to guide the compilation of various mine-related plans. Adopting a "one mine, one policy" approach to study the mining completion effects of different types of nonmetallic open-pit mines in Jining City can effectively guide the scientific allocation of mining rights and orderly resource extraction, promote the transformation of mine resource asset values, coordinate the relationship between resource development and ecological protection, and strongly propel the high-quality development of green mine construction in Jining. The mining completion effect control system can provide theoretical reference and practical lessons for the nationwide advancement of green mine construction and contribute to building a beautiful China.

Key words: Green mine construction, Mining completion effect control, Source control, Mine exploitation and restoration, Regulatory detailed planning

0 引言

矿产资源是经济社会发展的重要物质基础[1],随着我国城镇化进程的快速推进,砂石料、装饰石材等建筑石料的需求持续增长,非金属露天矿山开发规模不断增大。然而,大规模非金属露天矿山开采引发了土地损毁、地质灾害、水生态环境破坏及景观不协调等一系列生态环境问题[2]。

绿色矿山是指在矿产资源开发全过程中建设"五化"(矿区环境生态化、开采方式科学化、资源利用高效化、管理信息数字化、矿区社区和谐化)矿山[3],核心目标是实现资源效益、经济效益、社会效益与生态效益的协调统一。国外绿色矿山研究主要聚焦于环保法规政策体系构建与国际标准认证等领域[4-5]。例如,澳大利亚设立了"矿山关闭基金"制度;英国政府将矿产资源开发的环境保护划分为准入管理、监督管理和土地复垦三个阶段;美国、德国等国家构建了完善的矿山生态修复系统服务价值评估标准。我国绿色矿山建设经过近 20 年的发展,先后经历了地方探索、试点示范、加快建设、全面建设 4 个阶段,绿色矿山已逐步成为统筹推进矿业高质量发展与生态高水平保护的重要实践载体[6]。

在此过程中,国内外学者从多个维度开展了绿色矿山建设研究:一是系统研究矿山生态修复的基本原理与技术体系,构建了矿山环境综合治理模式框架[7-9];二是探索"双碳"目标约束下的矿山生态修复创新路径[10];三是开展绿色矿山建设政策实施效果评估,提出构建多元主体参与的绿色矿山建设共同体[11-12];四是围绕绿色矿山建设评价指标体系,深入解析各评价指标的内涵与关联[13-14];五是推进智能化绿色矿山研究,将绿色、安全、智能、高效理念深度融入矿山生产全流程[15-16]。随着中国特色社会主义进入新时代,绿色矿山建设的内涵不断拓展,从最初的生产工艺环保、闭坑复垦复绿,逐步延伸至矿区环境生态化的系统构建,推动生态成本转化为竞争优势,实现"经济-环境-社会"三重价值统一,朝着"开矿一处,造福一方"的目标迈进[17]。

然而,当前绿色矿山建设仍存在明显不足:现有研究对矿山开采设计、生态修复效果与未来土地利用三者的协同机制研究较为薄弱。且已有成果多侧重于理论重要性阐述,缺乏可操作的制度设计与实施路径研究。例如,余星涤等[18]提出矿山资源勘查开发应"以始为终",在矿山建设初期要合理规划矿山未来用途;鞠建华[19]建议矿山开采应实现从末端治理方式向源头管控模式转变,通过科学规划设计确保矿山与周边环境长期协调。

2021 年 10 月,山东省自然资源厅等 9 部门联合发文,提出探索实施采矿终了效果管控制度,全面提升矿山生态修复治理效果[20]。2022 年 12 月,山东省自然资源厅等 13 部门进一步明确要求,"践行

绿色发展理念,对拟设露天开采砂石类矿山探索实施采矿终了效果管控制度,统筹管控资源开发与闭坑后矿区生态修复、土地再利用"[21]。基于上述研究背景与实践需求,本研究深入剖析非金属露天矿山采矿终了效果管控制度的核心内涵,系统分析该制度的构建逻辑、实施路径与制度优势,并以济宁市典型非金属露天矿山为例开展实践验证,旨在为全国范围内全面推进绿色矿山建设、助力构建美丽中国提供理论参考与实践借鉴。

1 非金属露天矿山采矿终了效果管控制度内涵

采矿终了效果管控制度的核心管控对象为建筑用砂石、石材、水泥用灰岩等非金属露天矿山。在绿色矿山建设已成为矿业可持续发展核心战略的时代背景下,非金属露天矿山采矿终了效果(以下简称采矿终了效果)理念以矿山开采结束后的生态修复及土地再利用等终极状态为导向,系统指导矿山开采与生态修复的全流程,贯穿矿山开采与生态环境修复的全生命周期。作为绿色矿山建设的核心理论创新,采矿终了效果通过构建资源开发、环境保护与经济发展的协同治理框架,实现多目标动态协同平衡。在资源开发维度,其采用"以终定始"的逆向规划逻辑,统筹资源储量评估与开采时序优化设计,有效避免掠夺式开发导致的资源浪费;在环境保护层面,该理念突破传统末端治理思维,在矿山规划阶段前置嵌入生态修复目标,通过科学划定矿业权边界、优化开采工艺参数,最大限度地降低开采活动对地质结构与生态系统的扰动强度,保障矿山开发与周边生态环境的长期协调,推动矿山治理模式从末端治理向源头管控转型;在经济发展方面,其倡导资源价值延伸与产业结构优化升级,通过闭坑后矿山土地功能重构与新型产业导入,实现从单一资源开采向循环经济模式的转型。

2 采矿终了效果管控制度的理论逻辑及实施路径

2.1 构建采矿终了效果管控制度的理论逻辑

采矿终了效果管控制度可行性聚焦于矿产资源规划体系中源头管控机制的理论基础构建,旨在解决矿权设置、矿山开采与生态修复的前置性规划问题[22]。

我国现行规划体系由发展规划、专项规划、区域规划和国土空间规划组成,构建了以发展规划为统领,国土空间规划为基础,专项规划为支撑的功能互补、统一衔接的国家规划体系[23-24]。其中,矿产资源规划作为专项规划的重要组成部分,承担着矿产资源开发利用与保护的专项调控职能[25]。国土空间规划体系采用"五级三类"架构,其纵向实施传导机制具有层级性与系统性特征[26-27]。具体而言,宏观层面的国土空间总体规划将发展目标、空间布局等战略要求,逐级传导至中观层面的控制性详细规划。控制性详细规划作为承上启下的关键环节,负责将总体规划的宏观管控要求转化为具体的地块建设管控指标(如土地性质、容积率、建筑密度等),实现规划编制、管理与土地开发建设的有机衔接[28]。微观层面的修建性详细规划以控制性详细规划为依据,针对具体建设项目制定建筑与工程设施的详细设计方案,直接指导施工建设[29]。这种层级传导机制保障了国土空间规划从宏观战略到微观实施的精准落地,既维护了规划实施的连贯性与有效性,又将分散、短视的地块开发纳入城市整体发展的框架,保障城市发展的整体利益和长远利益。

反观矿产资源规划体系,其纵向实施传导过程中存在明显的结构断层。宏观层面的矿产资源总体规划、专项规划,与微观层面的矿产资源开发利用方案、矿区生态修复方案等具体实施方案之间,缺乏中观尺度的有效衔接。这种衔接缺失导致矿山企业在编制具体实施方案时,难以准确理解和落实地方政府在生态保护和高质量发展方面的政策要求,造成矿山源头管控机制失效。矿山源头管控机制的失效进一步导致矿产资源规划体系纵向传导不畅,管理部门难以对矿山开采与生态修复的最终效果进行有效统筹管控,最终引发资源浪费、生态破坏等问题。国土空间规划与矿产资源规划纵向实施传导体系如图1所示。

借鉴国土空间规划体系纵向传导管控制度的实践经验,将矿山企业编制的矿产资源开发利用方案、生态修复方案等具体实施方案,类比为国土空间规划体系中的修建性详细规划。在此基础上,本研究创新性地提出在矿产规划体系中引入"采矿终了效果控制规划"这一中观衔接层次。作为中观层面的关键衔接环节,该规划可有效填补宏观规划与微观实施方案之间的管控空白,实现规划要求从宏观到微观的有序传递。采矿终了效果控制规划是地方政

府依据矿产资源总体规划及国土空间总体规划,对矿山开采与生态修复的终了形态作出的法定管控要求,其核心功能是通过前置性管控降低矿山开发对周边区域的负面外部性,实现土地利用综合效益的最大化。完善后的矿产资源规划纵向实施传导体系如图 2 所示。

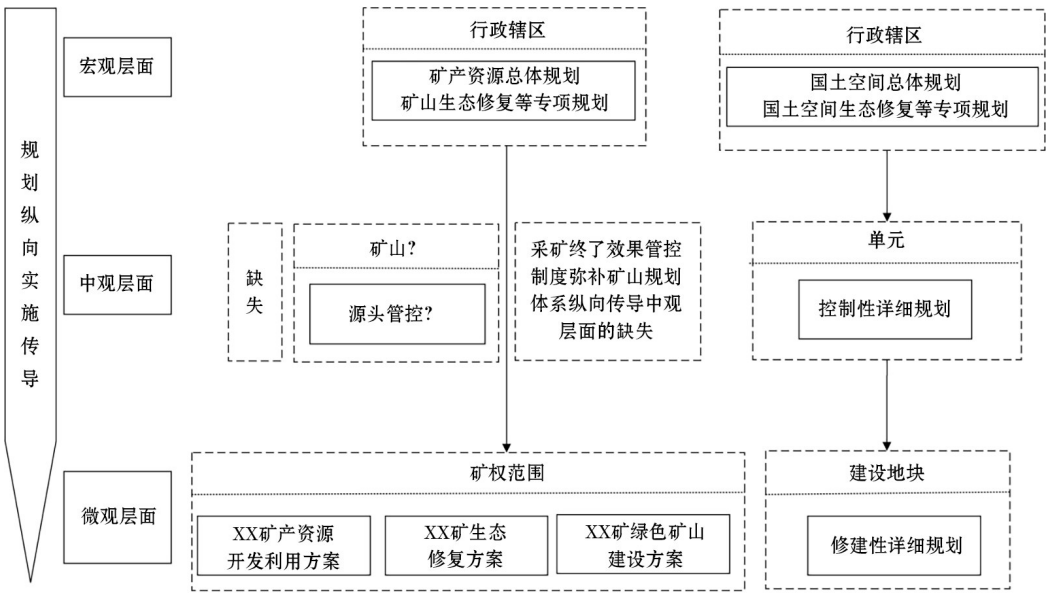


图 1 国土空间规划与矿产资源规划纵向实施传导体系

Fig.1 Vertical implementation transmission system of territorial spatial planning and mineral resources planning



图 2 完善后的矿产资源规划纵向实施传导体系

Fig.2 Optimized vertical implementation transmission system for mineral resources planning

2.2 实施路径

采矿终了效果控制规划作为衔接矿产资源总体规划与矿山开发利用方案、生态修复等方案的中观层面规划,其核心是将生态修复与闭坑后土地再利用目标前置,以终了修复效果与未来土地利用方向引导后续各类方案编制,避免矿业权设置不合理,消除各方案间的内容矛盾与衔接不畅等问题。基于此,采矿终了效果控制规划的具体实施路径如下。

(1) 现状分析。系统梳理矿山区位条件、交通资源、人文地理、水文气象、矿山资源储量、环境地质条件、永久基本农田、生态保护红线等核心要素,摸清矿山底图底数,形成规划“一张图”。

(2) 规划梳理。全面落实国土空间总体规划、矿产资源总体规划、国土空间生态修复规划等上位

规划要求,明确矿区闭坑后该区域的总体定位和发展目标,统筹谋划矿区闭坑后土地资源的可持续利用。

(3) 矿山开发利用管控。结合矿山开采终了状态总体定位、安全生产与生态修复目标,统筹资源储量分布、开采接续条件等因素,科学划定开采区与修复区,明确开采模式、开采标高、开采断面、终了边坡角等管控指标,采用三维可视化建模技术模拟预期采矿终了效果。

(4) 产业策划。结合矿山终了状态因地制宜开展功能策划,明确产业培育的方向与类型,植入适配的特色产业。

(5) 国土空间用地布局。依据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》,结合开发利用控制方案,统筹划定城镇空间、农业空间、生态空间;以实际用途或规划主导功能为分类依据,科学确定终了状态各类空间的性质与规模,优化区域国土空间用地布局。

(6) 生态修复管控。结合开发利用控制方案、产业发展规划与用地布局,制定针对性生态修复措施,明确边坡治理、植被配置、道路系统、景观风貌等管控要求。

(7) 管控图则。综合上述管控内容,构建管控指标,涵盖矿权边界、开采分区、开采标高、开采方式、终了用地布局、修复方式等核心指标,形成"一张图"全域全流程管控。

3 采矿终了效果管控制度的优势

采矿终了效果管控制度是指在矿产资源开发项目启动阶段,政府系统性制定矿山远期规划,前置统筹矿权划定、出让管理、矿山建设方案编制等关键环节;通过统筹协调资源开发、生态保护与土地利用等多元主体利益的诉求,确保闭坑后矿区生态功能有效恢复、土地资源合理配置,最终实现矿业可持续发展的目标。该制度通过前置性规划设计,为矿业可持续发展提供了系统性解决方案,标志着我国矿山治理范式从被动响应向主动规划的根本性转变。

3.1 综合考虑生态修复与土地利用需求,优化采矿权范围

采矿终了效果理念强调在矿权划定阶段,综合考量闭坑后的生态修复需求与土地利用方向,以"以终为始"为原则,科学划定采矿权范围,避免采矿权边界落于山顶或山腰,从源头降低开采与修复难度[30-31]。通过山体整平、生态修复、景观再造等措施,闭坑后可形成整体连片的优质耕地、林地或建设用地,实现土地资源可利用面积与综合效益最大化。

3.2 以采矿终了效果为目标开展前期研究,增强采矿权出让合同前瞻性

根据《矿业权网上交易规则》[32],矿业权出让合同需涵盖拐点坐标、面积、资源储量等关键信息,并明确资源开发利用、动态管理及环境保护等要求。在此背景下,采矿终了效果理念要求政府管理人员以采矿终了效果为目标导向,针对拟出让矿山开展"一矿一策"的前期研究工作。在制定出让条件时,统筹兼顾政府、企业与公众多方利益,使采矿权出让合同内容更具前瞻性与系统性,从源头保障矿山开发走绿色可持续发展道路,助力绿色矿山建设目标的实现。

3.3 发挥顶层设计引领作用,指导矿山实施方案编制

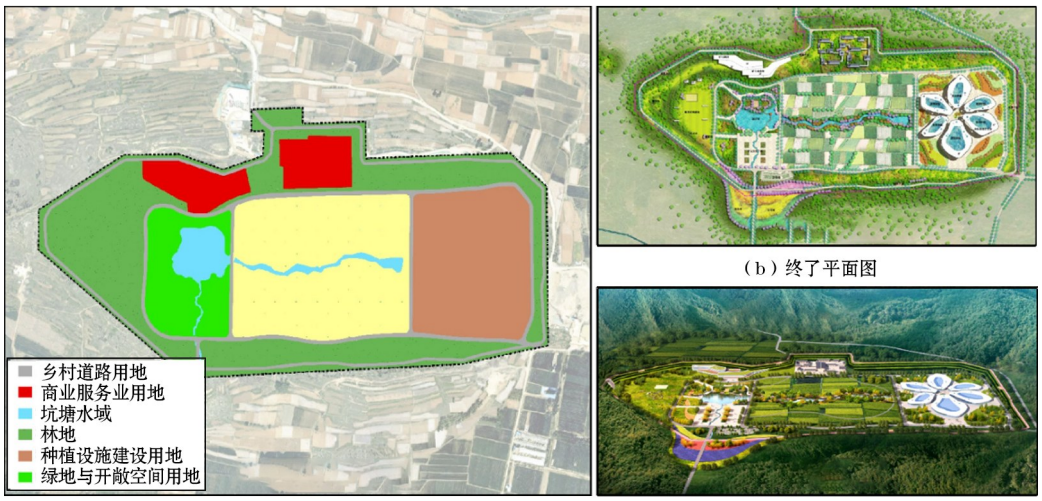
根据现有法律法规,矿山建设需向不同管理部门提交矿产资源开发利用方案、生态修复方案、环境影响评价报告、水土保持方案等技术文件,这些方案分别由自然资源、生态环境、水利等部门负责审核管理[33]。但由于缺乏统一的顶层设计与技术融合要求,各方案间常出现衔接不畅、内容不协调甚至相互矛盾的问题。采矿终了效果理念可有效发挥顶层设计引领作用,要求在矿山建设前期对各类方案进行统一规划与技术融合,打破部门壁垒。

4 采矿终了效果管控制度在山东济宁市的实践

济宁市位于山东省西南部,素以"孔孟之乡、运河之都、文化济宁"著称。济宁市是典型的资源型城市,境内已发现各类矿产 36 种,全市现有持证矿山 85 家,其中煤矿企业 45 家,非金属露天矿山 29 家。近年来,济宁市深入学习贯彻习近平生态文明思想,聚焦黄河流域生态保护和高质量发展战略,坚持生态优先、绿色发展理念,积极探索采矿终了效果管控制度,成功走出了一条具有济宁特色的矿业高质量发展之路。

4.1 重塑矿山终了空间形态,提升矿山资源资产价值

对于具备独特区位优势和丰富文旅价值的矿山(如曲阜市柴山矿),通过编制采矿终了效果控制规划,在系统分析矿区紧邻尼山胜境的区位优势及周边文化景观特征的基础上,提出了“柴山意境,康旅休闲”的矿山终了功能定位。结合该功能定位塑造适配的地形地貌,并在土地利用规划中落实相应用地布局(见图 3(a)),统筹谋划矿山闭坑后生态修复与土地再利用新模式,该实践有效实现了矿山资源资产价值的提升与转化(见图 3(b)与图 3(c))。



(a) 土地利用规划

(b) 终了平面图

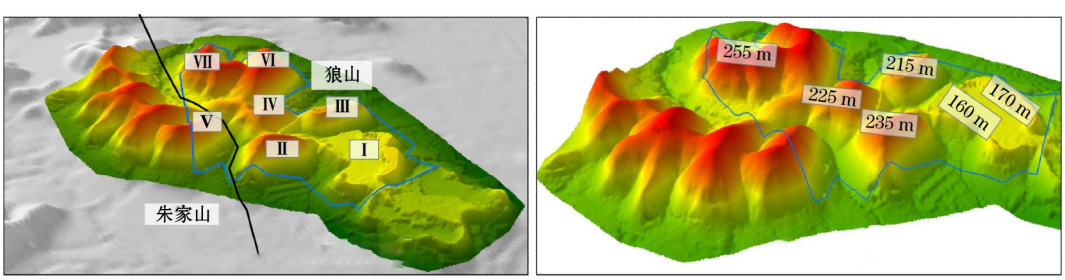
(c) 终了鸟瞰图

图 3 柴山矿土地利用规划及采矿终了效果生态修复

Fig.3 Land use planning and ecological restoration of mining completion effect of Chaishan Mine

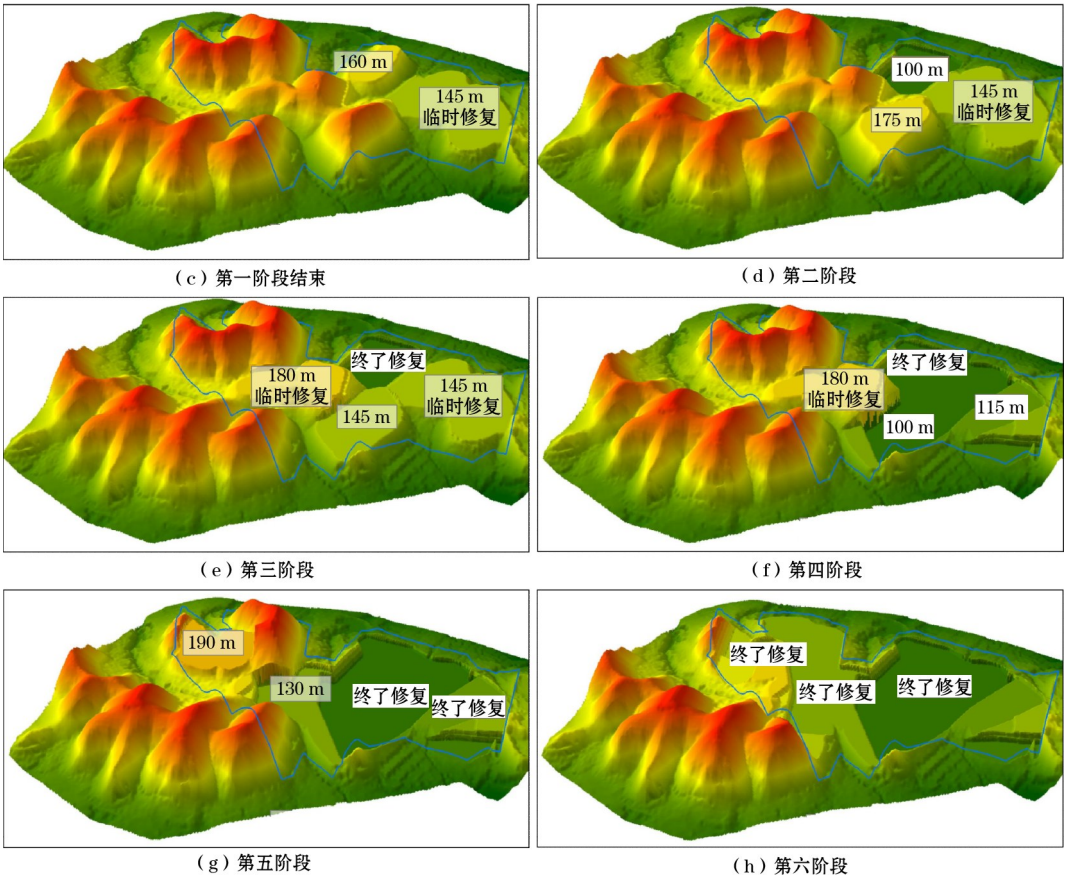
4.2 统筹大型矿区开采与修复时序,推进矿山绿色发展

朱家山-狼山矿等大型矿区普遍存在开采裸露面范围广、生产周期跨度大、生态环境影响显著等突出难题(见图 4(a))。基于采矿终了效果控制规划的系统思维,统筹协调整体采矿终了效果与局部开采施工的协同关系,构建交替开采、分区修复的动态时序调控方案,在最小生态裸露面约束下实现经济效益与生态效益的有机统一。各阶段具体实施流程如下:项目第一阶段启动时(见图 4(b)),Ⅰ号山头高程 175 m,Ⅲ号山头开展削顶作业,初始高程为 215 m;第一阶段结束后(见图 4(c)),Ⅰ号山头开采至 145 m,并开展实时阶段性临时修复工作,Ⅲ号山头开采至 160 m;第二阶段施工期间(见图 4(d)),Ⅲ号山头开采到 100 m 后开展终了修复,同步对Ⅱ号山头实施剥离作业并开采至 175 m;第三阶段施工期间(见图 4(e)),Ⅱ号山头开采至 145 m,Ⅳ号山头开采至 180 m 后,依次开展临时修复治理;第四阶段施工期间(见图 4(f)),Ⅱ号、Ⅰ号山头相继完成终了开采并实施终了修复;第五阶段施工期间(见图 4(g)),Ⅳ号山头完成终了开采并实施终了修复,Ⅶ号山头开采至 190 m;第六阶段施工结束后(见图 4(h)),Ⅶ号、Ⅵ号与Ⅴ号山头全部完成开采作业及终了修复。该方案通过科学化时序排布与空间分区管控,将矿区最大裸露面严格控制在两个山头范围以内,构建“开采-修复”动态平衡机制,最大限度降低各施工阶段对生态环境扰动的影响。该系统化的开采规划模式,可为大型复杂矿区的绿色可持续发展提供可靠的技术参考。



(a) 朱家山-狼山周边地形地貌

(b) 第一阶段开始



(c) 第一阶段结束　(d) 第二阶段

(e) 第三阶段　(f) 第四阶段

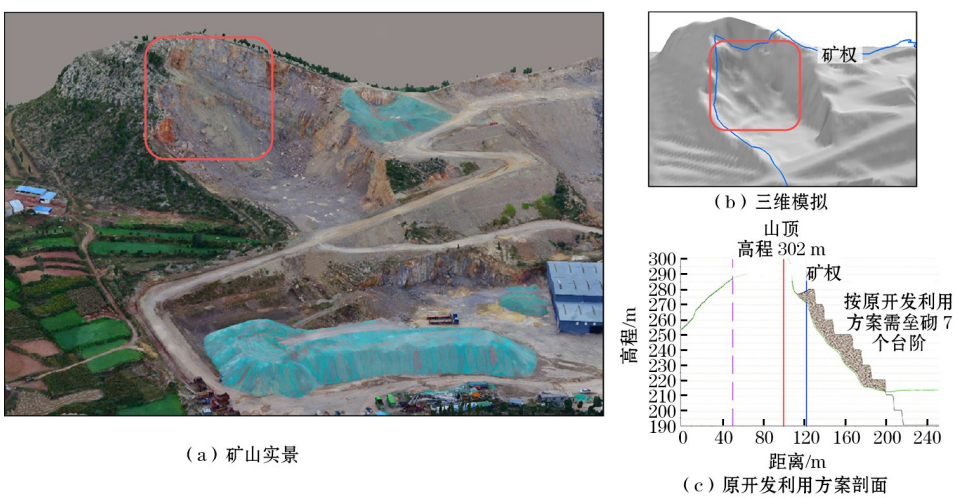
(g) 第五阶段　(h) 第六阶段

图 4　朱家山-狼山开采与修复时序三维模拟

Fig.4　3D simulation of mining and restoration time sequence for the Zhujiashan-Langshan mining area

4.3　基于多情景模拟分析,解决历史遗留矿山问题

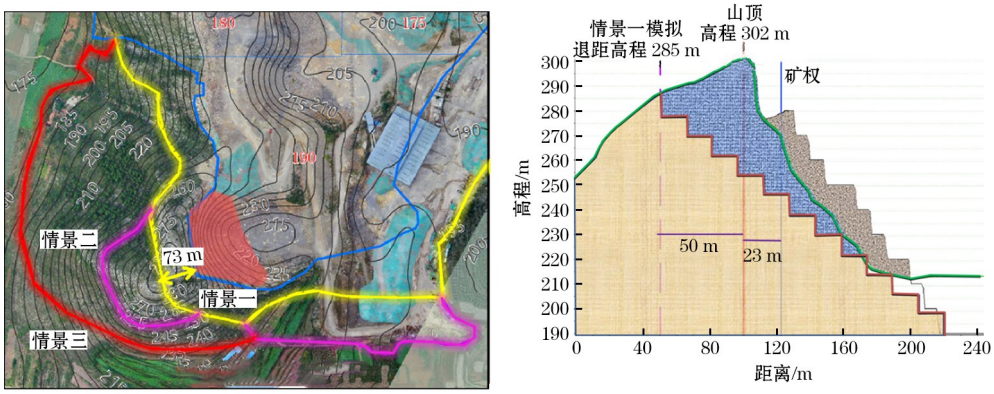
为解决历史遗留矿山治理过程中的矿权边界优化难题,以泗水县马头山矿为研究对象,重点针对高陡边坡矿坑对应的矿业权边界不合理这一典型问题开展优化研究(见图 5)。依托采矿终了效果控制规划体系,综合考虑地质安全、生态修复、公益林占用等多重管控因素,构建多情景采矿权边界模拟方案(见图 6),通过横向对比遴选最优化方案(见表 1)。相较于原开发利用方案提出的 7 个台阶垒砌方案,优化后的采矿权边界方案有效解决了终期平台地貌与周边自然地貌不协调的问题,为矿区历史遗留高陡边坡治理提供了科学可行的技术路径。



(a) 矿山实景　(b) 三维模拟　(c) 原开发利用方案剖面

图 5　马头矿采矿权边界局部图

Fig.5　Partial maps of mining right boundary in Matou mining area



(a) 多情景模拟方案示意　　(b) 情景一模拟方案剖面图

图 6　马头矿不同情景下采矿权边界模拟图

Fig.6　Simulation maps of mining right boundary under multiple scenarios in Matou mining area

表 1　不同情景下采矿权边界优化情况

Table 1　Optimization situations of mining right boundary under multiple scenarios

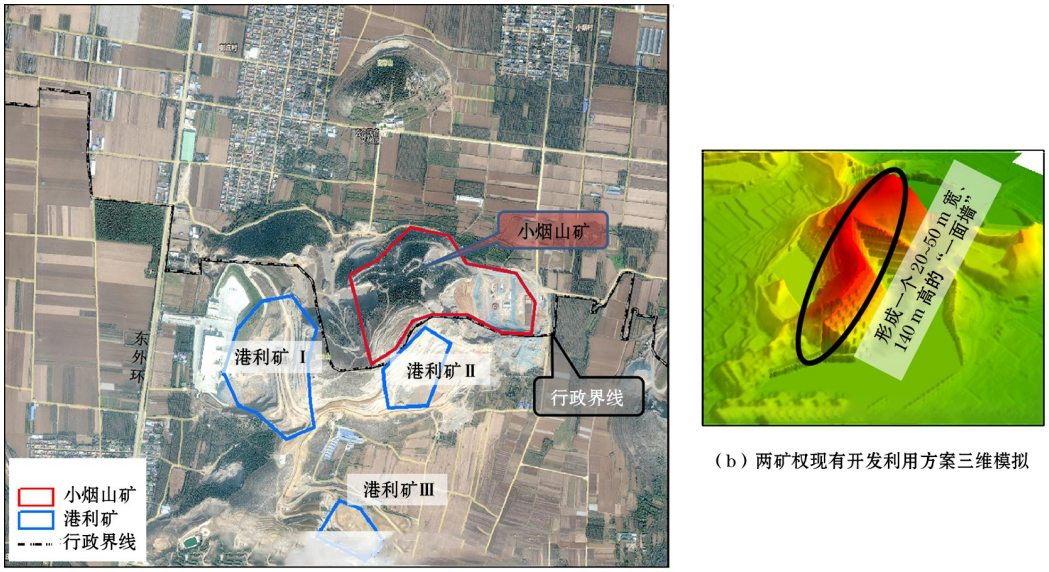
情景类型	策略	成效	政策制约	效果
情景一	为修复历史遗留采坑,模拟得出需沿着原始矿权向外扩 73 m,边界最高处的高度约 285 m(山顶高程 302 m)。	解决垒台问题	无	中
情景二	依托现有管控政策,以优化生态修复效果为导向,包围整个裸露的山头并沿着等高线 255 m 划分,减少边坡形成。	修复裸露的山头;沿着等高线划分,减少边坡台阶形成。	无	较好
情景三	兼顾资源最大利用与最优修复效果,适度扩大矿权范围,边界衔接至永久基本农田控制线。	与周边更加衔接,但会破坏原始植被。	占用省级公益林,需占一补二。	好

4.4　三维可视化矿山开发利用方案,展现矿山开采终了形态

针对同一山体存在多个采矿权重叠的问题,开展矿权整合研究具有重要的现实意义。以曲阜市小烟山矿和邹城市港利矿为研究案例,受原有行政界限的客观制约,两矿权的最近距离不足 50 m。基于三维可视化技术,对小烟山矿和港利矿的现有开发利用方案进行模拟推演,若沿用原有方案施工,矿区在开采终了后,将形成宽度介于 20～50 m、高度达 140 m 的"一面墙"式地貌形态(见图 7)。不仅存在显著的地质安全隐患,还会严重制约矿区后续生态修复效果。政府部门以盘龙山采矿终了效果控制规划研究为基础,结合区域永久基本农田、现状地形地貌、林地等现状条件,衔接矿产资源总体规划、国土空间总体规划等要求,统筹考虑矿区土地资源可持续利用需求,科学划定整合后采矿权范围,明确开采标高、终了坡面角等核心管控指标,并根据土地功能分区原则,合理划分耕地区、林地区和产业区。矿业权整合优化后,既显著提升资源利用效率,又保障了矿区在开采终了阶段能够实现最佳的生态、安全与经济综合效益(见图 8)。

4.5　提前谋划新设矿山采矿终了效果,助力更加科学出让采矿权

针对政府计划出让的采矿权,以曲阜市八宝山矿为典型案例,通过提前编制该矿采矿终了效果控制规划,提前对拟设采矿权范围内的耕地办理农转用手续,对涉及的林地按规定办理建设项目占用林地申请,有力支撑了矿山净矿出让工作的落地实施。八宝山矿采用露天凹陷式开采模式,该区域最低侵蚀基准面标高为+71.61 m。矿区的最低标高位于该基准面之下,闭坑后将出现积水现象。经规划梳理发现,尼山世界文明论坛配套提水工程(未来计划从泗河提水补充尼山水库)的提水路线紧邻矿区,因此,为实现区域资源的统筹利用,规划将闭坑的矿坑定位为调蓄水池,可与该项目进行统筹协调。为有效规避矿山开采结束后该区域的安全隐患,差异化设置台阶数据:规划设定积水区(+70 m)以上的终了台阶高度为 7.5 m,积水区以下的终了台阶高度为 15 m。研究最终明确将八宝山矿山采矿终了效果管控规划约束性指标纳入采矿权出让合同,要求矿山企业需依据约束指标编制矿产资源开发利用方案、矿区生态修复方案。八宝山矿开采前、开采后的地形地貌模拟及终了生态修复效果如图 9 所示。

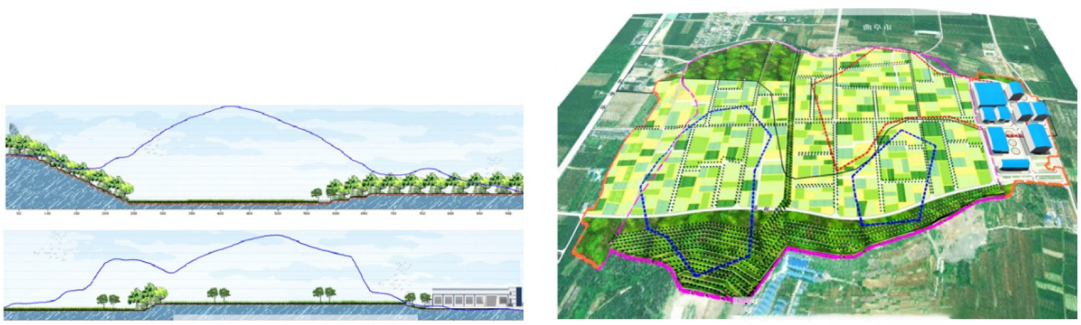


（a）小烟山矿、港利矿采矿权分布

（b）两矿权现有开发利用方案三维模拟

图 7　小烟山矿、港利矿现有开发利用方案三维可视化图

Fig.7　3D visualization of current development and utilization plan for Xiaoyanshan mine and Gangli mine

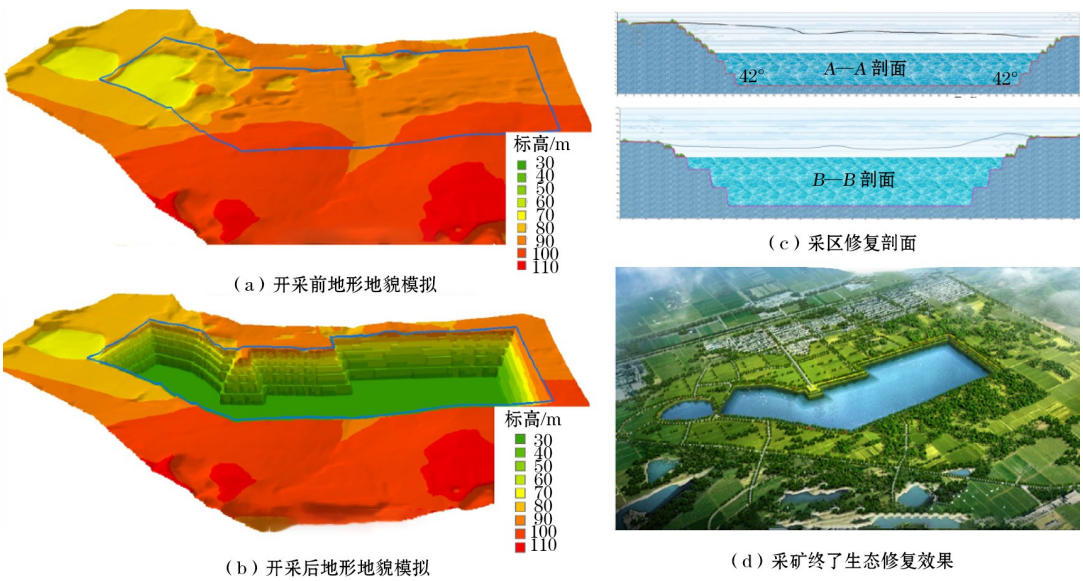


（a）控制规划生态修复剖面

（b）控制规划生态修复效果

图 8　小烟山矿、港利矿整合后采矿终了效果生态修复

Fig.8　Ecological restoration of mining completion effect after integration of Xiaoyanshan mine and Gangli mine



（a）开采前地形地貌模拟

（c）采区修复剖面

（b）开采后地形地貌模拟

（d）采矿终了生态修复效果

图 9　八宝山矿开采前、开采后地形地貌模拟及终了生态修复效果

Fig.9　Terrain and landform simulation before and after mining and final ecological restoration effect

5 结论与讨论

5.1 结论

在全面推进绿色矿山建设背景下,本研究系统剖析了采矿终了效果管控制度的内涵,分析了该管控制度的构建理论逻辑、实施路径及其制度优势,并选取济宁市典型矿山案例进行研究,主要结论如下。

(1) 采矿终了效果管控制度弥补了矿产资源纵向实施传导过程中中间层次缺失短板,保障矿产资源总体规划要求从宏观到微观有序落实。该制度秉承"以终定始"的规划逻辑,以矿山闭坑后生态修复与土地再利用的终极状态为导向,系统指导矿山开采与修复全过程,推动矿山治理模式由传统末端治理向全流程源头管控转变,标志着我国矿山治理范式完成了从被动响应到主动规划的根本性变革。

(2) 采矿终了效果管控规划是落实终了效果管控制度的核心实施载体。该规划借鉴国土空间规划体系中控制性详细规划编制思路,新增了控制层面的管控手段,打破了矿产资源总体规划直接指导矿产资源开发利用方案、生态修复方案的传统模式。重在深化国土空间总体规划、矿山资源总体规划、国土空间生态修复规划等管控要求,统筹协调近期矿山开采与长远土地利用的关系,明确矿山开发利用与生态修复总体定位和目标,谋划了从过去到未来全生命周期的矿山开采与修复管控模式。通过采矿终了效果管控规划,向上承接矿产资源总体规划、国土空间总体规划目标,向下为自然资源主管部门指导矿山方案编制提供理论依据和技术支撑。

(3) 采用"一矿一策"模式开展济宁市各类非金属露天矿山采矿终了效果管控研究。该模式不仅可指导矿业权的科学配置和资源的有序开发,还将生态修复治理需求与未来土地利用规划提前纳入考量范围,从而实现矿产资源开发与生态环境保护的有效协调,有力助推济宁市绿色矿山建设的高质量发展。

5.2 讨论

(1) 搭建数字化智慧监管平台,推进矿山精细化管理。未来可将矿山采矿终了效果管控规划、矿山开发利用方案、生态修复方案核心指标统一纳入矿山"数模监管"平台。综合运用遥感监测、无人机航拍、三维建模等技术,通过多源、多时段地理信息数据叠加分析的方式,构建矿山精细化管理机制,实现对超层越界开采、资源储量变化、生态修复治理情况、开采施工合规性的日常监管,确保采矿终了管控目标实现。

(2) 坚持因地制宜原则,落实"一矿一策"差异化效果管控。对于新设露天矿山,采矿终了效果管控制度的引入具有天然的适配性,可在矿山建设前融入管控目标与要求,为后续规范开采及生态修复筑牢基础。对于生产露天矿山,为了符合控制规划的管控要求,往往需对现有采矿权范围、开采时序或开采方式进行调整。目前,此类调整需严格遵循行政审批流程,逐级上报至原矿业权审批机关审批,存在申报材料繁杂、审批部门众多、办理周期漫长等问题。未来可针对采矿权依据采矿终了效果控制规划调整采矿权的情形,可精简报批要件,简化审批程序。通过构建更为高效、便捷的审批机制,既能满足采矿终了效果管控的刚性要求,又可降低对生产矿山企业运营的干扰。

在今后启动矿产开采项目时,政府不仅要充分考量矿山开采对生态环境、周边居民和其他产业的影响,更需前瞻性统筹矿山闭坑后的土地再利用,实现矿山开发全周期前置谋划,从根本上避免废弃矿山生态治理遗留问题,推动绿色矿山建设真正融入生态文明建设大局。

参考文献(References):

[1] 王安建,高芯蕊.中国能源与重要矿产资源需求展望[J].中国科学院院刊,2020,35(3):338-344.
Wang Anjian, Gao Xinrui. China's energy and important mineral resources demand perspective [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2020,35(3):338-344.

[2] 夏冬,邵国梁,李小光,等.河北省责任主体灭失矿山迹地生态修复现状、存在问题及修复对策[J].金属矿山,2024(6):1-13.
Xia Dong, Shao Guoliang, Li Xiaoguang, et al. Current situation, existing problems and restoration countermeasures of ecological restoration of mine sites lost by responsible subjects in Hebei Province[J]. Metal Mine,2024(6):1-13.

[3] 郭冬艳,强海洋,陈丽新.绿色矿山背景下非金属露天矿山"横切"式开采模式探讨[J].中国矿业,2025,34(1):102-106.
Guo Dongyan, Qiang Haiyang, Chen Lixin. Exploring the "cross cutting" mining model of non-metallic open-pit mines under the background of green mines[J]. China Mining Magazine,2025,34(1):102-106.

[4] Deng Jiushuai, Peng Suping, Wang Liang, et al. Interpretation of green mine evaluation index [M]. Singapore:Springer Nature,2022.

[5] Wang Yong, Peng Suping, Wang Liang. Guidelines for green mine construction and management[M]. Singapore: Springer Nature,2023.

[6] 时金玲,孙映祥.绿色矿山建设与实践案例[J].中国矿业,2025,34(3):73-82.
Shi Jinling, Sun Yingxiang. Construction and practice cases of green mines in China[J]. China Mining Magazine,2025,34(3):73-82.

[7] 武强,刘宏磊,陈奇,等.矿山环境修复治理模式理论与实践[J].煤炭学报,2017,42(5):1085-1092.
Wu Qiang, Liu Honglei, Chen Qi, et al. Theoretical study of mine geo-environmental restoration model and its application[J]. Journal of China Coal Society,2017,42(5):1085-1092.

[8] 李海东,胡国长,燕守广.矿区生态修复目标与模式研究[J].生态与农村环境学报,2022,38(8):963-971.
Li Haidong, Hu Guochang, Yan Shouguang. Target and modes of ecological restoration in mining areas[J]. Journal of Ecology and Rural Environment,2022,38(8):963-971.

[9] 侯金武,余洋.试论科学推进矿山生态修复[J].矿业安全与环保,2023,50(6):1-6.
Hou Jinwu, Yu Yang. Discourse on scientific advancements in mining ecological restoration [J]. Mining Safety & Environmental Protection,2023,50(6):1-6.

[10] 卞正富,于昊辰,韩晓彤.碳中和目标背景下矿山生态修复的路径选择[J].煤炭学报,2022,47(1):449-459.
Bian Zhengfu, Yu Haochen, Han Xiaotong. Solutions to mine ecological restoration under the context of carbon[J]. Journal of China Coal Society,2022,47(1):449-459.

[11] 孟文文,李鹏,李颂.我国绿色矿山建设制度规范体系及发展趋势研究[J].中国矿业,2024,33(12):154-162.
Meng Wenwen, Li Peng, Li Song. Research on institutional and standard system and development trend of green mine construction in China[J]. China Mining Magazine,2024,33(12):154-162.

[12] 贾扬蕾,许礼刚,郭翔.基于前景理论的绿色矿山多主体协同建设研究[J].黄金科学技术,2025,33(3):671-682.
Jia Yanglei, Xu Ligang, Guo Xiang. Research on multi-agent collaborative construction of green mines based on prospect theory[J]. Gold Science and Technology,2025,33(3):671-682.

[13] 陈丽新,余海洋,杨繁,等.国家级绿色矿山建设评价指标解析[J].中国矿业,2024,33(5):72-79.
Chen Lixin, Yu Haiyang, Yang Fan, et al. Analysis of evaluation indicators for national green mine construction [J]. China Mining Magazine,2024,33(5):72-79.

[14] 李杏茹,禚传源,赵祺彬,等.基于标准比较的我国绿色矿山建设国际化水平与质量提升[J].矿业研究与开发,2023,43(4):224-232.
Li Xingru, Zhou Chuanyuan, Zhao Qibin, et al. Study on the internationalization level and quality improvement of China's green mine construction based on standards comparison[J]. Mining Research and Development,2023,43(4):224-232.

[15] 鞠建华,韩见,鞠方略.中国智能矿山发展趋势与路径分析[J].中国矿业,2023,32(5):1-7.
Ju Jianhua, Han Jian, Ju Fanglue. Development trend and path analysis of intelligent mines in China[J]. China Mining Magazine,2023,32(5):1-7.

[16] 江鹤,程德强,乙夫迪,等.新一代信息技术在智能矿山中的研究与应用综述[J].工矿自动化,2024,50(11):1-16.
Jiang He, Cheng Deqiang, Yi Fudi, et al. Overview of research and applications of new generation information technologies in intelligent mines [J]. Journal of Mine Automation,2024,50(11):1-16.

[17] 陈智毅,詹天仪,狄德海,等.习近平生态文明思想的厦门实践:筼筜湖生态修复治理的经验与启示[J].中国国土资源经济,2025,38(1):4-12.
Chen Zhiyi, Zhan Tianyi, Di Dehai, et al. Xiamen practice of Xi Jinping Thought on ecological conservation-experience and enlightenments of lake ecological restoration and management in Yundang lake [J]. Natural Resource Economics of China,2025,38(1):4-12.

[18] 余星涤,刘丽,朱红,等.探索矿产资源勘查开发空间保障新路径[N].中国自然资源报,2023-04-07.
Yu Xingdi, Liu Li, Zhu Hong, et al. Exploring a new path for spatial guarantee of mineral resource exploration and development[N]. China Natural Resources News,2023-04-07.

[19] 鞠建华.绿色发展引领中国矿业进入新发展阶段[J].中国矿业,2021,30(1):1-4.
Ju Jianhua. Green development leads China's mining industry into a new stage of development[J]. China Mining Magazine,2021,30(1):1-4.

[20] 山东省自然资源厅(山东林业局).关于规范砂石采矿权出让提高砂石资源供给能力的指导意见(鲁自然资字〔2021〕170号).山东省自然资源厅(山东林业局)[EB/OL].(2021-10-11)[2025-06-21].http://dnr.shandong.gov.cn/zwgk_324/xxgkml/ywdt/tzgg_29303/202110/t20211020_3752647.html.

[21] 山东省自然资源厅(山东林业局).关于加强矿产资源勘查开发促进矿业绿色高质量发展的若干意见(鲁自然资字〔2022〕174号)[EB/OL].(2023-01-17)[2025-06-21].http://dnr.shandong.gov.cn/zwgk_324/xxgkml/ywdt/tzgg_29303/202301/t20230117_4223500.html.

[22] 白中科,杨侨,白甲林.论绿色矿山建设的源头管控与过程监管[J].中国矿业,2018,27(8):75-79.
Bai Zhongke, Yang Qiao, Bai Jialin. Discussions of source control and process supervision for green mine construction [J]. China Mining Magazine,2018,27(8):75-79.

[23] 许景权.国家规划体系与国土空间规划体系的关系研究[J].规划师,2020,36(23):50-56.
Xu Jingquan. Research on the interaction between national planning system and national territory spatial planning system[J]. Planners,2020,36(23):50-56.

[24] 黄征学.国家规划体系的演进历程与融合对策[J].改革,2020(4):65-73.

Huang Zhengxue. The evolution and integration strategies of national planning system[J]. Reform,2020(4):65-73.

[25] 郭凤典,吴巧生,胡远群,等.矿产资源规划体系研究[J].中国人口·资源与环境,2001(4):49-51.
Guo Fengdian, Wu Qiaosheng, Hu Yuanqun, et al, Study on mineral planning system[J]. China Population Resources and Environment,2001(4):49-51.

[26] 赵垚,叶强,谭春华,等.新时期国土空间安全背景下的空间规划系统思考[J].自然资源学报,2021,36(9):2394-2404.
Zhao Yao, Ye Qiang, Tan Chunhua, et al. Thoughts on space planning system under the background of national territorial space security in the New Period[J]. Journal of Natural Resources,2021,36(9):2394-2404.

[27] 周敏,林凯旋,王勇.基于全链条治理的国土空间规划传导体系及路径[J].自然资源学报,2022,37(8):1975-1987.
Zhou Min, Lin Kaixuan, Wang Yong. Research on transmission system and path of territorial spatial planning based on full chain governance[J]. Journal of Natural Resources,2022,37(8):1975-1987.

[28] 林坚,武婷,张叶笑,等.统一国土空间用途管制制度的思考[J].自然资源学报,2019,34(10):2200-2208.
Lin Jian, Wu Ting, Zhang Yexiao, et al. Thoughts on unifying the regulation of territorial space use[J]. Journal of Natural Resources,2019,34(10):2200-2208.

[29] 张伟娟.从悖论走向创新:浅谈修建性详细规划对规划条件的核定作用[J].规划师,2012,28(增刊 2):159-163.
Zhang Weijuan. From paradox to innovation: discussion on the construction of detailed planning to planning conditions approved action[J]. Planners,2012,28(Suppl.2):159-163.

[30] 任辉.划定矿区范围政策和管理工作的思考与建议[J].中国矿业,2023,32(1):47-51.
Ren Hui. Thoughts and suggestions on the policy and management of delineation of mining area[J]. China Mining Magazine,2023,32(1):47-51.

[31] 曾凌云.坚持以系统观念优化配置矿业权[N].中国自然资源报,2023-04-07.
Zeng Lingyun. Adhere to the concept of system to optimize the allocation of mining rights[N]. China Natural Resources News,2023-04-07.

[32] 中华人民共和国自然资源部.自然资源部关于印发矿业权出让交易规则的通知(自然资规〔2023〕1 号)[EB/OL].(2023-01-03)[2025-06-21]. http://f. m. mnr. gov. cn/202301/t20230109_2772390.html.

[33] 侯华丽,柳晓娟,董煜.从规划设计源头确保矿山“绿色”基因的相关思考[J].中国国土资源经济,2020,33(12):4-9.
Hou Huali, Liu Xiaojuan, Dong Yu. Thinking on ensuring the mine's “green” gene from the source of planning and design[J]. Natural Resource Economics of China,2020,33(12):4-9.