

废弃矿山综合利用的系统认知与路径优化——基于要素禀赋差异的理论视角

吴家龙¹, 李红举², 王凯³, 苏少青¹, 姜岩⁴, 罗郢⁵, 余洋^{5,6}

(1. 广东省土地开发整治中心, 广东 广州 510635; 2. 自然资源部国土整治中心, 北京 100035; 3. 浙江万维空间信息技术有限公司, 浙江 杭州 310052; 4. 黑龙江省自然资源生态保护修复监测中心, 黑龙江 哈尔滨 150030; 5. 中国地质环境监测院, 北京 100081; 6. 自然资源部矿山生态效应与系统修复重点实验室, 北京 100081)

摘要: 废弃矿山综合利用是提升资源利用率, 促进高质量发展的重要议题, 通过系统认知矿山综合利用要素构成、禀赋及其驱动机制, 为促进废弃矿山综合利用优化提升提供理论基础和研究思路。通过采用文献综述法和归纳演绎法, 梳理了我国矿山综合利用的演进、政策、内涵, 结合国内外实例, 阐释了矿山综合利用的驱动机制和作用机理; 分析了废弃矿山综合利用的要素及其禀赋差异; 梳理矿山综合利用业务逻辑和关键环节, 提出了基于“类型划分-问题识别-潜力评估-运行机制设计-政策创新”的矿山综合利用优化路径。

关键词: 废弃矿山; 综合利用; 认知; 要素; 路径

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2025.02.016

中图分类号: TD989; P967 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2025)02-0109-12

引用格式: 吴家龙, 李红举, 王凯, 等. 废弃矿山综合利用的系统认知与路径优化——基于要素禀赋差异的理论视角[J]. 矿产综合利用, 2025, 46(2): 109-120.

WU Jialong, LI Hongju, WANG Kai, et al. Systematic cognition and path optimization of comprehensive utilization of abandoned mines —— based on the theoretical perspective of factor endowment differences[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2025, 46(2): 109-120.

截至2018年, 我国共有各类废弃矿山约9.9万座^[1], 全国矿山开采占用损毁土地约360多万hm², 其中历史遗留矿山约220多万hm², 高昂的复垦和修复费用令国家财政倍感压力。废弃矿山是指因政策变动、资源开采完毕、非法采矿叫停或矿产品品位不高等原因废弃而形成的人为遗迹, 包括裸露的采矿岩石、矿洞、废石(土、渣)、废弃的建筑、厂房、设备等^[2]。管护不当会产生生态环境、地质灾害等问题, 不仅影响区域生态安全和人身安全, 还会造成资源闲置浪费,

对区域协调可持续发展和自然资源高效率利用的潜在威胁也日趋增强。废弃矿山虽表面上被废弃, 但实际上其资源也能再被开发利用。对废弃矿山进行生态修复与利用不仅能够解决其生态环境问题, 而且有助于盘活矿山废弃地土地利用价值, 推动产业发展, 构筑区域新的区域经济增长极, 促进当地经济的二次增长, 实现社会、经济、文化、生态效益的有机统一^[3]。

目前, 矿山生态修复研究涉及复垦复绿、防滑护坡、矿山二次资源回收利用工程技术^[4-8]研

收稿日期: 2022-11-01

基金项目: 广东省自然资源生态修复专项“广东省金属矿山生态修复技术规范研究”(GDTDZZ2022106); “广东省全域土地综合整治技术规范研究”(GDTDZZ2022105); “社会资本参与生态保护修复的激励和制度创新研究”(GDTDZZ2022107)。

作者简介: 吴家龙(1989-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事土地综合整治与生态修复方面研究。

通信作者: 罗郢(1966-), 女, 教授级高级工程师, 主要从事自然资源综合利用方面研究。

发、规划设计^[9-10]、利用模式^[11]、利用评价^[12-13]等领域,大多集中于矿山市场化推进方面^[14-18]。然而,废弃矿山综合利用的终极目标是利用,核心要义是综合,即多措并举、综合施策,不等同于简单的复垦复绿、矿产资源的二次利用,而是一项涉及政策、用途管制、规划、产业、生态等众多要素的系统工程。社会资本的逐利特性决定了废弃矿山必须具备足够的可利用价值,即废弃矿山的利用价值是资本参与的根本前提,而利用社会资本参与矿山生态修复仅是废弃矿山综合利用的末端,若忽视废弃矿山价值转化和高效利用直接谈矿山生态修复市场化则容易陷入舍本逐末的误区。究其原因,对废弃矿山模糊和片面的认知是制约其高效利用的重要因素,故废弃矿山生态修复市场化的首要任务在于系统全面认识矿山资源的禀赋条件,综合施策、深入挖掘废弃矿山潜在价值,以资源高效利用赋能高质量发展。国际学术研究成果及各国实践经验表明,若仅从生态修复或者如何吸引社会资本角度探讨废弃矿山综合利用问题,对废弃矿山综合利用的要素、禀赋等缺乏系统认知,就会对面诸如废弃矿山资源闲置、投入-产出失衡、维护运营无法保障等严峻挑战。

近年来,我国作出了一系列废弃矿山综合利用的工作部署,全国各地积极探索废弃矿山生态修复市场化、废弃矿山综合利用模式,成效显著^①。废弃矿山综合利用的推进受矿山资源丰度、可利用程度、地理区位、用途管制和政策等多种因素制约,成功案例的特殊性难以满足废弃矿山综合利用的普适性需求。因此,未来废弃矿山生态修复研究应关注矿山所在区域矿山综合利用助推高质量发展的现实需求,着眼于废弃矿山综合利用的影响要素、资源禀赋差异、区域协同发展、路径选择等系统认知的重要科学命题。基于此,本文在系统梳理国内外文献资料的基础上,回顾了废弃矿山生态修复的发展历程、政策演进、理论基础和内涵延伸,结合典型案例,系统分析废弃矿山综合利用的影响因素,提出废弃矿山综合利用路径优化的重点和发展方向,以期科学合理利用废弃矿山资源服务区域高质量发展提供理论参考和研究借鉴。

1 废弃矿山综合利用的研究进展

1.1 发展历程和政策演进

20世纪30年代,发达国家开始重视废弃矿山生态修复研究和实践,大多是结合土地复垦实施^[4]。美国通过颁布《露天采矿管理与恢复(复垦)法》,以保障煤矿山的合理开采和复垦,尤为重视恢复到破坏前的面貌,不强调农用;德国注重采矿过程中最大限度地减少对生态环境的破坏,后期复垦不是简单的平整土地或者植被恢复,而是整体考虑生态环境的变化和群众对环境品质的需求;澳大利亚则更加注重矿山复垦技术及相关设备的研发与推广应用。此外,英国、法国在矿山生态修复方面也均有较为深入的研究和成功案例。

我国的废弃矿山生态修复始于20世纪50年代末,直到1989年《土地复垦规定》颁布,与采矿相关的破坏土地修复工作才受到社会各界的日益关注(见表1)。2005年,国务院印发《关于全面整顿和规范矿产资源开发秩序的通知》,鼓励探索废弃矿山环境治理和生态修复市场化运作的创新机制;2009年发布的《矿山地质环境保护规定》提出,国家鼓励企业、社会团体或者个人投资,对已关闭或者废弃矿山地质环境进行治理恢复^[16],开启了废弃矿山生态修复市场化探索;随后《土地复垦条例》(2011年)、《土地复垦条例实施办法》(2012年发布,2019年修正)等法规的发布,又将废弃矿山生态修复工作提到新的历史高度。党的十九大提出构建“政府为主导-企业为主体-社会组织和公众共同参与”的矿山生态环境治理体系;2019年中共中央国务院印发的《关于统筹推进自然资源资产产权制度改革的指导意见》明确提出,在“谁修复、谁受益”的原则下,可通过转让一定的自然资源资产使用权等激励政策,鼓励投资主体/生态修复主体等社会公众积极参与废弃矿山生态修复。同年,自然资源部印发《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》,首次明确了采用赋予和保障修复/投资主体土地权益或投资收益、盘活存量矿地资源、流转使用耕地复垦指标、合理规范使用废弃

① 《社会资本参与国土空间生态修复案例(第一批)》(自然资生态修复函(2020)52号) https://zrzyj.sxxx.gov.cn/xqj/scxgjtj/gzdt/bjdt/202012/t20201201_3578825.html。

矿山土石料等方式，较为全面地推出了以市场化方式推进废弃矿山生态修复的一系列激励政策措施，以促进废弃矿山综合利用。2022年9月中央全面深化改革委员会第二十七次会议审议通过了

《关于全面加强资源节约工作的意见》，指出节约资源是我国的基本国策，是维护国家资源安全、推进生态文明建设和高质量发展的重大任务之一。

表1 我国矿山生态修复发展演变历程

Table 1 Evolution of mine ecological restoration in China

时间	对象目标	阶段特征	主要政策
1989年以前 (萌芽阶段)	造林造田, 改善环境、维护矿区安全	受限于社会、经济和技术, 处于零星、分散、小规模、低水平状态	以各矿区自发实践为主
1989—2019年 (发展阶段)	对矿山损毁土地进行复垦复绿, 初步探索建立矿山生态修复市场化制度机制	由“谁损毁、谁复垦”拓展转变为“谁损毁、谁复垦、谁投资、谁受益”; 激励措施逐渐明确	《土地复垦规定》《国务院关于全面整顿和规范矿产资源开发秩序的通知》《土地复垦条例》《土地复垦条例实施办法》《矿山地质环境保护规定》《关于加快建设绿色矿山的实施意见》等
2019年至今 (综合发展阶段)	较为全面的提出了以市场化方式推进矿山生态修复的一系列激励政策措施	社会投资主体以获得资源使用权或者资本投入资金收益回报等方式, 参与矿山生态修复与综合利用, 各地涌现出一批模式多样的矿山修复与利用的典型案列	《关于统筹推进自然资源资产产权制度改革的指导意见》《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》等

目前, 河北、安徽、辽宁、新疆、宁夏、江西、甘肃、陕西、贵州、重庆、云南、黑龙江、山东等省份也相继出台了落实《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》的政策文

件^[16], 各地从不同层面进行细化和补充(见表2), 鼓励并支持和引导社会资本以参与、合作、特许经营等多种模式开展废弃矿山生态保护修复市场化工作。

表2 我国和部分省份矿山生态修复有关政策设计

Table 2 Relevant policy design of mine utilization in China and some provinces

发文主体	名称	主要政策
中共中央 国务院	《关于统筹推进自然资源资产产权制度改革的指导意见》	为鼓励和引导公众参与矿山生态修复工作, 基于“谁修复、谁受益”原则, 在满足一定条件的情况下, 允许社会投资主体获得一定期限的自然资源资产使用权等
自然资源部	《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》	赋予和保障修复/投资主体后续土地使用权或投资收益、盘活存量矿地资源、矿山存量建设用地修复后的腾退指标或耕地复垦指标在一定范围内流转使用, 合理规范使用历史遗留露天开采类矿山修复工程中的废弃矿山土石料等
广东省委 广东省人民政府	《中共广东省委 广东省人民政府关于全面推进自然资源高水平保护高效率利用的意见》	生态保护修复主体可依法依规取得一定份额的自然资源资产使用权, 支持设立市场化运作的生态保护修复基金; 推进矿产资源开发整合和综合利用
山东省自然资源厅等部门	《关于印发山东省矿山生态修复实施管理办法的通知》(鲁自然资规〔2021〕2号)	投资主体有权获得有偿调剂收益; 生产类矿山依法取得的存量建设用地和历史遗留矿山废弃建设用地复垦为耕地的, 按照有关规定, 节余的建设用地指标可在全省范围内流转使用等
黑龙江省自然资源厅	《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的实施意见》	突出规划引领拓宽实施路径; 鼓励和支持对矿山进行修复和综合性利用; 建立“差别化”供地机制; 切实盘活矿山存量建设用地; 规范利用废弃矿山土石料等
贵州省自然资源厅	《贵州省探索利用市场化方式推进矿山生态修复实施办法》	利用矿山修复后的土地发展非永久性附属设施, 在一定条件下, 允许其用地不征收(收回)、不转用, 按现土地用途管理; 利用矿山修复后的国有建设用地发展教育、科研等产业, 鼓励土地使用者有偿取得土地使用权等
江西省自然资源厅	《江西省关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的实施办法》(赣自然资规〔2020〕1号)	差别化供应土地; 盘活存量用地; 土石料综合利用等

1.2 内涵延伸与实践探索

在目标内涵层面, 废弃矿山生态修复目标已由最初的“改善环境、维护矿区安全”扩展为主动服务于生态文明建设^[19]、美丽中国^[19]、粮食安全^[20]、乡村振兴^[21]、脱贫攻坚^[22-23]、碳达峰碳中

和^[24-26]、共同富裕^[27]等战略实施, 丰富了废弃矿山生态修复内涵, 引领了矿山综合利用的发展方向。

国外基于矿种的不同, 将废弃矿山开发为公园+美术馆(法国)、酒窖(摩尔多瓦)、植物园(英国)、音乐厅(匈牙利)、地下湖景区(奥

地利)、自然保护区(比利时),并积极利用废弃矿山开发地下空间,如地质公园、矿山博物馆、低下研究设施、深地质处置库近场试验点(捷克)^[28]。我国废弃矿山生态修复已由初期的植被恢复、防滑护坡转变为“生态+”模式。张进德^[1]将废弃矿山综合利用方向归纳为农业用地、建设用地、生态景观和自然封育4种模式。方星等^[4]则将其细分为林草地、耕地、湿地、建设用地和矿山公园等类型。李超等^[3]基于废弃矿山旅

游资源开发和景观营造视角,将废弃矿山综合利用方向总结为遗迹保护、应景改造、资源再利用和文化导入等,具体模式有地质公园、矿山公园^[11]、湿地公园、风景园林、矿山游乐场和特色文化展览等^[3]。近年来,我国各地积极探索市场化运作、科学性修复、开发式治理,摸索出一系列社会资本参与生态保护修复的新模式、新做法、新路径,涌现出一批具有借鉴意义和推广价值的典型案例(见表3)^[29]。

表3 我国部分典型废弃矿山利用情况^②
Table 3 Utilization of some typical abandoned mines in China

名称	矿山类型	利用方向
江西省寻乌县稀土矿山	稀土矿	生态+光伏、生态+扶贫、生态+旅游
湖南省娄底市冷水江锑煤矿	煤矿	生态观光+矿业文化+地质研学+红色教育
河南省三门峡市小秦岭国家级自然保护区	金矿	自然保护区,生态+教育、生态+旅游
重庆市渝北铜锣山矿山公园	石灰岩	矿山公园,生态+旅游、生态+康养、生态+科普
安徽省淮北市绿金湖湿地公园	煤矿	城市湖景公园,生态+旅游、生态+文化
浙江德清县洛舍镇东衡村 ^[30-31]	采石场	垦造水田,生态+产业
上海洲际世茂仙境酒店 ^[4]	采石场	酒店,生态+产业
湖北黄石国家矿山公园 ^[4]	金属矿	矿山公园,生态+旅游、生态+文化
广东茂名油页岩矿山公园 ^[32-33]	油页岩矿	城市湖景公园,生态+旅游、生态+文化
广东梅州客天下酒店	采石场	酒店,生态+产业、生态+旅游、生态+文化
江苏徐州潘安湖矿区湿地公园 ^[4]	煤矿	湿地公园,生态+旅游、生态+文化

1.3 驱动机制与需求取向

矿山综合利用过程受矿山资源、开发技术水平、市场需求及政策制度等多维度、多因素的共同驱动,本质上是一种内部资源禀赋、外部宏观环境和相关利益主体微观决策交互作用形成的矿山利用方式转变现象(见图1)。矿山资源、开发技术水平、市场需求和政策制度等条件直接决定了废弃矿山可综合利用程度。政府部门、集体组织、投资主体、生态修复主体和使用人等参与者构成了废弃矿山综合利用的利益主体。受快速工业化、城镇化驱动下的高强度的国土开发活动的影响,非农建设对土地资源的需求旺盛,人地矛盾日益尖锐。因此,在现代经济市场体系下,不断发展起来的新型产业经营主体,受比较利益驱使,其发展矛头迅速转向具有更高“投入-产出”性价比的废弃矿山综合利用领域。主体决策围绕废弃矿山生态环境、生命财产安全、资源利用、发展空间、经济、等领域相关问题,主动服务于自

然资源高效率利用高水平保护、乡村振兴、碳达峰碳中和、共同富裕、高质量发展等国家发展战略和人民群众重大关切,多措并举,综合施策^[34],以政策制度创新驱动废弃矿山综合利用向“更为安全、更可持续、更加公平、更有效率、更高质量”^[35]的新发展理念下资源保护利用的方向发展。

2 废弃矿山综合利用的理论基础

废弃矿山综合利用工作伊始,专业的理论研究较为匮乏。初期的矿山开发、利用、复垦工作中,学者们主要围绕资源稀缺性、资源循环利用等方面,总结提出了适用于废弃矿山生态修复的基础理论,主要有“资源-资产-资本”理论^[36]、可持续发展理论^[37]、“两山”理论^[38]等,用于指导废弃矿山的二次开发、利用和复垦等业务。传统的废弃矿山治理或生态修复注重和强调地质环境治理、防滑护坡、污染物扩散防治等方面,而废弃矿山综合利用是一项系统工程,既有公共产品属

② 部分来源于《中国生态修复典型案例集》(2021年11月)。

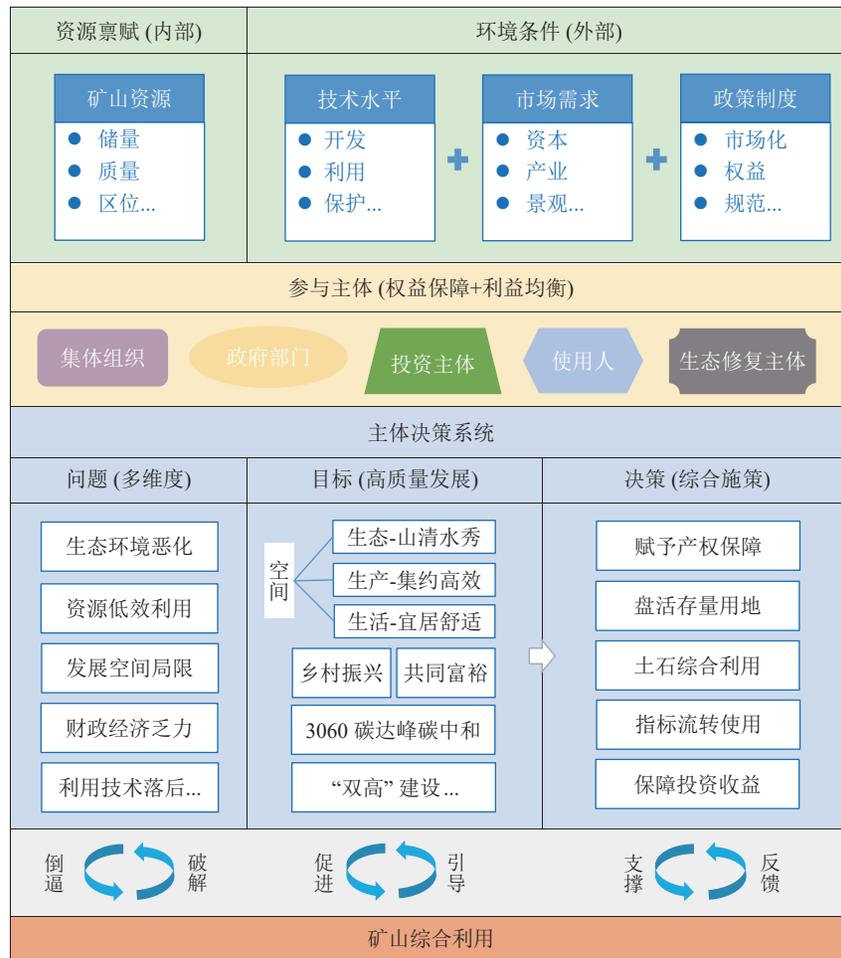


图1 废弃矿山综合利用的驱动机制与作用机理

Fig.1 Driving and action mechanism of comprehensive utilization of abandoned mines

性，也有经济、空间和社会属性。新时期，面向建设美丽中国、乡村振兴、共同富裕、碳达峰碳中和、自然资源高水平保护高效率利用、人与自然和谐共生等高质量发展现实需求，从废弃矿山综合利用的内涵和需求出发，系统总结基于属性、功能和利用层面的废弃矿山综合利用基础理

论，梳理二者的内涵关联，以丰富的理论指导废弃矿山综合利用实践（见表4），显得尤为必要。

(1) 属性类：核心理论是要素禀赋理论^[39]，辅助理论有区位理论、空间规划理论、产权理论、空间结构理论^[39]、“山水林田湖草是生命共同体”理论等。矿山属性在于诸如矿产资源、品位和

表4 废弃矿山的基础理论与综合利用的内涵关联

Table 4 Connotative relationship between basic theories and comprehensive utilization of abandoned mines

类别	基础理论		理论内涵	与矿山综合利用的关联
	核心理论	辅助理论		
属性类	要素禀赋理论	区位理论、辐射理论、梯度理论、“山水林田湖草是生命共同体”理论、空间规划理论、空间结构理论、产权理论	各事物的区位不是相互孤立的，而是相互联系的，每一种区位的选择必然引起连锁反应，进而影响整体的结构和功能	矿山开采阶段就应充分考虑后续的综合利用需求，而矿山的地理区位是其关键
功能类	可持续发展理论	区域经济发展理论、资源优化配置理论、平衡发展理论、景观生态学理论、区域经济一体化理论、两山理论“资源-资产-资本”理论、用途管制理论	资源的分配在时间和空间上均应体现出一种公平关系和合理性，以达到最佳的综合效益	矿山的综合利用应基于自然环境的承载力为限
利用类	需求—供给理论	系统理论、全生命周期理论、不可逆过程理论、区域产业结构变动导向理论、人地耦合理论	生产与消费的对立关系，需求反映商品价格与需求量的关系；供给反映商品价格与供给量的关系	矿山综合利用应是基于废弃矿山综合价值，由市场需求和供给关系决定的自发活动，全面考虑其在区域内的作用

区位等要素，准确辨识矿产数量、质量和区位等条件，是系统认知其禀赋条件的重要途径。

(2) 功能类：核心理论是可持续发展理论^[37]，辅助理论包括区域经济理论^[39]、资源优化配置理论、景观生态学理论、区域经济一体化理论、“绿水青山就是金山银山”理论等。废弃矿山的功能是其依托剩余矿产、土地、生物和文化等资源要素，通过人们有意识的保护与利用活动，以满足人们对资源、空间、生态产品、文化教育、休憩放松等日常需求的综合表征。该类理论与废弃矿山综合利用实践相结合，可为区域生态环境条件改善、经济持续高质量发展提供重要参考。

(3) 利用类：核心理论是需求-供给理论，辅助理论包括“资源-资产-资本”理论^[36]、用途管制理论、系统理论、全寿命周期理论、不可逆过程理论、区域产业结构变动导向理论、人地耦合理论等。市场化推进、资源化利用、价值转化、可持续发展等领域均属于废弃矿山利用的范畴，而利用的核心在于价值及其能否为人类社会提供产品和服务。该类理论可为驱动废弃矿山资源价值转化、市场化推进、系统修复受损生态系统、促进资源科学配置和节约高效利用系列实践提供指导。

3 废弃矿山综合利用的系统认知

3.1 伦理溯源

“人法地，地法天，天法道，道法自然”源于老子的《道德经》，阐释了人类对待自然要顺势顺其自然，人与自然和谐共生，尽量保持生态系统原真性的哲学思想和生存原则。纵观历史，随着人类生产力的发展和提高，人与自然的关系也在变化。人类对待自然的态度由早期的“敬畏自然”逐渐向现今的“征服自然”进行了根本性转变，对自然资源开发利用的范围和规模逐渐增大。同时，自然资源不是天生为人类服务的，人类对矿产资源的利用应当有序有节，取之有时，用之有度，这是人类与自然相处之道。

随着我国推动矿山损毁土地复垦和破坏生态修复实践的不断推进，人们对废弃矿山资源利用的原则逐步发生变化：从《土地复垦规定》（1988年）的“谁破坏，谁复垦”到《地质灾害防治条例》（2005年）的“谁引发，谁治理”；从

《矿山地质环境保护规定》（2009年）的“谁开发谁保护，谁破坏谁治理，谁投资谁受益”到《土地复垦条例》（2011年）的“谁损毁，谁复垦”“谁投资，谁受益”，再到《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》（2019年）的“谁破坏、谁治理，谁修复、谁受益”原则，均体现了利用与保护、权利与义务、投资与收益的统一。从伦理角度来讲，废弃矿山综合利用活动的本质是偿还历史欠账、缓解人矿矛盾、修复人矿关系裂痕、维系人与自然和谐共生的过程，以维护矿山资源在时间和空间上供人类持续发展的公义。

3.2 要素认知

影响废弃矿山综合利用的影响因素众多，结合其内部属性、外部条件及政策设计，对要素进行梳理分析和归类，探索从属性、空间等维度将废弃矿山综合利用要素（不限于表中所示）进行分类（见表5）。变量要素的数量、质量、类别、状态及其相互联系，共同构成废弃矿山资源可利用条件。值得注意的是，在一定条件下，某些要素对于废弃矿山综合利用可能是决定性的，如矿山的地理区位、利用技术及政策等。通过对表3案例中废弃矿山地理位置进行测量发现，其核心区域大多位于城市所属辖区或者周边，道路通达度较高，可为前期工程设施进场作业、中期的产业入住和后期的市民访游提供便利。对于借助资源回收利用为主要驱动力，或者利用难度大的矿山，掌握废弃矿产资源化、复垦或修复等工程技术对于矿山利用主体则至关重要。此外，生态保护红线、耕地保护红线等用途管制政策制度，也是影响废弃矿山能否实施综合利用的关键要素。

表5 废弃矿山资源要素分类
Table 5 Schematic of resource endowment of abandoned mines

类别	变量要素
属性	矿产品类型、废石（矿产）储量
空间	区位、道路通达度、地类
效益	生态效益、经济效益、社会效益
社会	公众意愿、公众参与、社会关注程度、权益、产权、产业、市场
功能	矿产品、生态本底、生态系统服务、景观、文化、娱乐
安全	生态安全、人身安全、财产安全
技术	资源回收利用、开采、提炼、浓缩
政策	规划、用途管制、产品交易、指标流通、指标交易、资金投入

3.3 禀赋差异

借鉴国内外废弃矿山综合利用理论与实践成果，总结得出影响矿山综合利用的要素包括政策设计、矿产价值、区位（道路通达度）、空间规划（地类）、利用技术水平、生态安全、人身安全、市场（需求）^[19]、产业、生态环境、公众意愿、公众参与^[40]、周边景观（生态本底）、用途管制要求等。以上要素的数量、质量、状态等内容信息如同“纹路”“节点”，共同构成了废弃矿山综合利用的“指纹（fingerprint）”，即每个矿山具有其独特的“指纹”（见图2），共同表征了废弃矿山间的禀赋差异。废弃矿山综合利用影响要素的多样性及其“指纹”的独特性，启示着开展废弃矿山综合利用模式研究的必要性，统筹考虑各要素，量化各要素信息数据，建立基于要素信息的废弃矿山综合利用潜力信息数据库，构建综合评估指标体系和模型，为落实“一矿一策”，推动废弃矿山综合利用适应性管理提供决策依据。

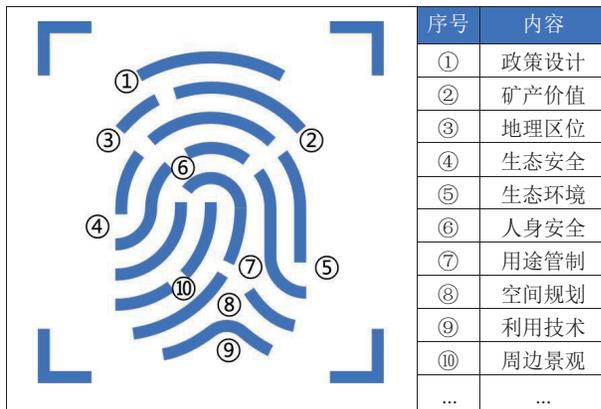


图2 多元要素构成的废弃矿山综合利用“指纹”示意
Fig.2 "Fingerprint" of comprehensive utilization of mines composed of multiple elements

3.4 协调适应

“益农则农、宜建则建、宜水则水、遗留则留”是矿山生态修复的基本原则，也是系统理论和可持续发展理论的具体表征。立足服务生态文明、自然资源高效率利用高水平保护、乡村振兴、城乡融合发展、共同富裕等战略目标，聚焦当地实际发展需求，探索废弃矿山综合利用赋能高质量发展的新路径，这就要求废弃矿山综合利用活动要因地制宜，统筹考虑资源、区域、地形、经济、产业、人文等条件，厘清人-地、投入-回报、产业-市场、产业-区位、政策-产业、利用-保护、经济-生态、经济-产业“三生”空间、“安

全-生态-景观”之间的权衡或协同关系，制定具有针对性的“一矿一策”式方案，实现废弃矿山综合利用“战略-需求-认知-目标-方式-成效”全逻辑链条的协调与适应。

4 废弃矿山综合利用的路径优化

4.1 类型划分

调查摸底是市场化推进废弃矿山生态修复的前期基础工作，《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》明确指出，地方各级自然资源主管部门要据实调查矿区土地利用现状、权属、合法性，有序开展废弃矿山生态修复（见图3）。鉴于此，应以调查结果为依据，充分考虑生态系统的完整性、结构和功能，从利用程度、利用方向、利用方式等方面综合考虑，按照相关规划中关于矿区用途、利用方向、原则、方式等要求，对废弃矿山进行分类定级，科学构建矿山综合利用分类体系，明细其类型、分区^[1,41]、利用方式及范围，厘清矿山空间形态、权属及利用状态等综合信息的获取途径和量化技术路径，为精准施策、高效推进废弃矿山综合利用奠定工作基础。

4.2 问题识别

当前，废弃矿山生态修复工作大多关注于水土流失、污染物扩散、生物多样性降低等生态环境问题，对修复后的管护措施和可持续利用的考量较为缺乏。废弃矿山综合利用受制于资源禀赋的内生性因素和产业发展、经济条件、政策制度等外生性因素，因此，应从“三生空间”、产业需求、现有产业结构、产能、市场活力、资源价值转化、政策设计等瓶颈问题的识别入手，开展废弃矿山综合利用问题的多维诊断，重点探讨政府部门、集体组织、投资主体、生态修复主体、使用人等参与者科学有效破解废弃矿山综合利用难题的协同作用机理和实现路径。此外，基于人地耦合理论的人-矿关系问题识别等也应列为未来废弃矿山综合利用研究领域的内容和方向之一。

4.3 潜力评估

潜力评估是开展废弃矿山综合利用的基础工作和前提条件。目前国家和地方尚未发布废弃矿山综合利用潜力评估相关的标准规范，可按照交易指标收益、租金、碳指标等进行价值评估。薛盈杉等^[13]基于资源生产水平、资源利用水平、科技水平、经济效益、生态效益等指标，开展了废

弃矿山开发利用水平综合评价研究。首先,开展废弃矿山综合利用评价技术研究,制定涵盖废弃矿山资源价值各要素在内的废弃矿山综合利用评价指标体系。其次,根据废弃矿山综合利用评价指标体系,对废弃矿山资源价值可利用潜力进行准确评估,侧重于实际价值核算。最后,根据废弃矿山资源价值可利用潜力和可行性分析,对存量废弃矿山进行分级划定,制定不同利用潜力水平的矿山综合利用计划,明确利用的方向、类型、时序安排、资金来源、预期收益等。受政策、资源禀赋、地类、区位、利用技术等综合因素的影响,废弃矿山条件不一,难以全部得到社会资本的“青睐”。如废弃矿山综合利用的潜力综合评价未达到社会资本投资的期望值,可再根据相关规划、矿山管理、生态修复政策文件要求,结合区域生态安全和实际发展需求,最终决定针对这部分矿山应采取的策略和措施,包括政府资金兜底、出台更加优惠的政策、采用保护和自然恢复等。值得注意的是,废弃矿山综合利用的技术难点包括通用型的评价指标体系构建和指标的定量测度。未来应加快研制废弃矿山综合利用潜力评估相关的潜力、价值评估的标准规范,为产权交易、社会资本参与、项目实施、投入-产出测算等提供依据。

4.4 业务运行

目前,废弃矿山综合利用以地方探索为主,尚未形成成熟的业务运行机制。薛亚洲^[34]从矿产资源高效利用的角度出发,提出应构建基于“调查评价-技术进步-示范引领-建立标准-监测监管-激励约束”的矿产资源综合利用长效运行机制。笔者认为,未来应基于行政部门主导、社会公众参与、工程项目实施、市场需求驱动等维度,制定政策机制,协调平衡各方利益,系统布局工程项目,依法保障参与主体权益,探索建立废弃矿山综合利用业务运行机制。值得注意的是,观念陈旧、利用模式单一仍是目前废弃矿山综合利用的困境之一。一方面,要结合矿区及周边的发展需求,从传统的“自上而下”“政府兜底”式做法,向“自下而上”“市场运行”的转变;从资源回收、复绿、造湖、垦田等单一模式转变为立足区域优势和支持政策,探索形成设计精细、多措并举、多重效益凸现的综合性利用模式。另一方面,借鉴国内外实证案例,从规划设计、组织实施、资金筹措、

项目管理、社会参与、指标生产和权益保障等方面入手,系统开展废弃矿山综合利用范式研究。

4.5 政策创新

政策创新是废弃矿山综合利用的根本性保障。急需从以下几个方面开展改革与创新:

(1) 强化规划引领。目前的废弃矿山综合利用大多源于地方探索性实践,缺乏系统的规划引导,需要增强在规划层面保障废弃矿山综合利用实施的必要性。一是建议在省级、市级层面,继续增加废弃矿山综合利用在国土空间规划、国土空间生态修复规划、重要生态系统保护和修复重大工程总体规划中的考量,明确其目标、方向、用途、原则、方法等内容要求;二是建议在县级、镇级层面的国土空间规划中明确废弃矿区内各类空间用地的规模、结构、布局和时序,衔接村庄规划,将各项目标任务落实到具体地块。

(2) 衔接用途管制。“统一行使国土空间用途管制与生态保护修复”是自然资源职责之一,也是国土空间规划落地实施的重要依据。废弃矿山综合利用业务需主动对接国土空间用途管制制度,严格落实“三区三线”管控要求,全域、全要素、全流程、全生命周期对接矿地建设、生态保护修复农地转用等项目,在此基础上探索依据规划调整永久基本农田、优化农村建设用地布局、优化生态空间布局等,拓展建设用地新的发展空间,实现“资源开发-矿地利用-生态保护”的协调统一。

(3) 创新项目管理。建立基于全要素、全流程的废弃矿山综合利用项目创新管理制度。以各级国土空间规划、国土空间生态修复规划、重要生态系统保护和修复重大工程规划等规划和相关标准要求为依据,坚持问题和目标双导向,确定废弃矿山综合利用的任务和重点项目,明确指导思想、目标、任务及立项条件,构建涵盖“调查核实-规划设计-项目实施-验收评价-管理保护”的项目管理流程;废弃矿山综合利用本质上是一项事关社会公众共同利益的公共产品服务,公共产品属于人民群众所有,其管理决策理应公众参与^[40]。可借鉴全域土地综合整治、山水林田湖草沙一体化保护和修复工程等工程项目的组织模式,统筹废弃矿山综合利用业务部门主责主业,建立由多部门参与的协同联动工作机制;精简项目审批流程,鼓励项目打包立项,探索基于区块链技术的

国土空间生态修复信息化监管系统^[42]，规范项目有序实施的同时保障工作程序的灵活高效。

(4) 权益保障。利用废弃工矿地建设用地空间腾退、建设用地指标奖励、产业入驻租金，是当前废弃矿山综合利用吸引社会资本投入的关键。受疫情时代经济下行压力、鼓励和支持措施不明确、交易机制和回报机制不健全等不利因素影响，加大了投资主体、生态修复主体、使用人、集体组织等矿山综合利用相关主体获益的不确定性。一方面，应加快研究和起草自然资源市

场化综合利用权益保护的相关法律法规，从法律层面增强参与主体有合法权益受到保护的安全感；另一方面，应基于国家和部门自然资源资产产权制度改革、废弃矿山生态修复市场化等相关文件精神，鼓励和引导各地针对自身实际，对上述文件要求进一步细化，加强废弃矿山综合利用与自然资源资产产权制度、生态产品价值实现机制、生态保护补偿机制等改革协同，统筹必要投入与合理回报，实现社会资本“进得去、出的来、有收益”。

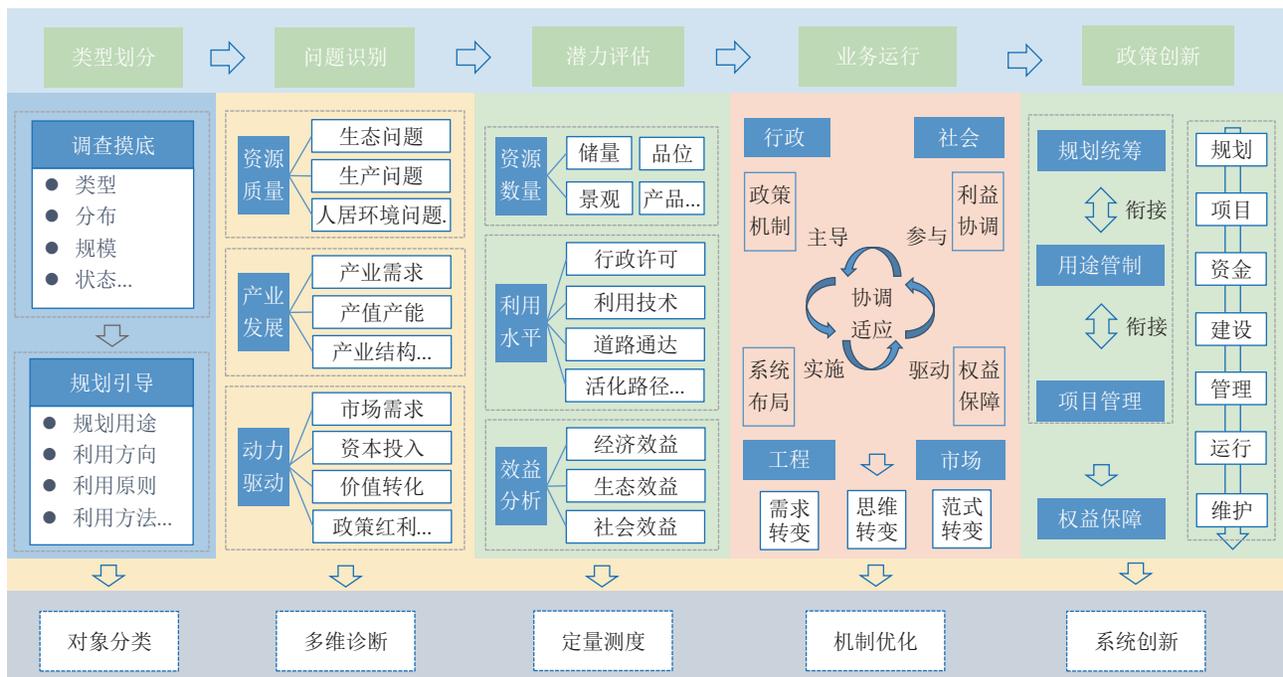


图3 废弃矿山综合利用路径设计示意

Fig.3 Schematic for comprehensive utilization path design of abandoned mines

5 结论与讨论

本文立足我国废弃矿山综合利用的演进、政策、内涵、国外主要做法和国内典型省份的实证案例和政策措施，阐释了废弃矿山综合利用的驱动机制和作用机理；分析了废弃矿山综合利用的要素及其禀赋差异，通过废弃矿山综合利用业务逻辑和关键技术环节梳理，提出了基于“类型划分-问题识别-潜力评估-运行机制设计-政策创新”的废弃矿山综合利用优化路径。废弃矿山综合利用在提升资源高效利用、盘活区域经济、促进高质量发展方面已然成为全社会共识。然而，废弃矿山综合利用是一项系统工程，仍面临着一定的理论滞后、理念陈旧、认知模糊、技术不足等问

题，相关政策制度研究尚处于探索阶段，仍然任重而道远。未来应善于运用废弃矿山综合利用相关理论，从要素搭配、产业发展、权益保障、政策创新、社会协同等方面，探索废弃矿山综合利用技术和政策制度创新，共同推动废弃矿山综合利用向更为安全、更可持续、更有效率、更高质量的方向前进。

参考文献：

[1] 张进德, 郝富瑞. 我国废弃矿山生态修复研究[J]. 生态学报, 2020, 40(21):7921-7930.
 ZHANG J D, CHI F R. Study on ecological restoration of abandoned mines in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(21):7921-7930.

- [2] 陈廷方, 崔鹏, 刘岁海, 等. 矿产资源开发与泥石流灾害及其防治对策[J]. *工程地质学报*, 2005, 13(2):179-182.
CHEN T F, CUI P, LIU S H, et al. Anthropogenic debris flow disasters and mitigation countermeasures in mineral resources exploitation in China[J]. *Journal of Engineering Geology*, 2005, 13(2):179-182.
- [3] 李超, 阎长虹, 郭书兰, 等. 江苏省废弃矿山旅游资源开发利用探析[J]. *地质论评*, 2021, 67(4):1147-1156.
LI C, YAN C H, GUO S L, et al. Exploitation and utilization of tourism resources in abandoned mines in Jiangsu Province[J]. *Geological Review*, 2021, 67(4):1147-1156.
- [4] 方星, 许权辉, 胡映, 等. 矿山生态修复理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2020.
FANG X, XU Q H, HU Y, et al. Theory and practice of mine ecological restoration[M]. Beijing: Geology Press, 2020.
- [5] 胡月, 丁凤, 刘韬, 等. 黄金矿山尾矿综合利用技术研究与应用新进展[J]. *黄金*, 2013, 34(8):75-77.
HU Y, DING F, LIU T, et al. Study of comprehensive utilization technology of gold tailings and its new progress of application[J]. *Gold*, 2013, 34(8):75-77.
- [6] 王虎, 秦香伟, 曲刚民, 等. 某矿山采矿废石综合利用[J]. *黄金*, 2019, 40(12):65-68.
WANG H, QIN X W, QU G M, et al. Comprehensive utilization of mining waste rock in a mine[J]. *Gold*, 2019, 40(12):65-68.
- [7] 张以河, 胡攀, 张娜, 等. 铁矿废石及尾矿资源综合利用与绿色矿山建设[J]. *资源与产业*, 2019, 21(3):1-13.
ZHANG Y H, HU P, ZHANG N, et al. Comprehensive use of iron ore wastes and tailings and green mine construction[J]. *Resources & Industries*, 2019, 21(3):1-13.
- [8] 刘玉林, 刘长淼, 刘红召, 等. 我国矿山尾矿利用技术及开发利用建议[J]. *矿产保护与利用*, 2018(6):140-144+150.
LIU Y L, LIU C M, LIU H Z, et al. Utilization technology of mine tailings in China and exploitation suggestions[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2018(6):140-144+150.
- [9] 伍锡梅, 康胤, 肖华杰, 等. 废弃矿山水生态的弹性塑造——邯郸市紫山公园设计实践[J]. *中国园林*, 2021, 37(6):105-110.
WU X M, KANG Y, XIAO H J, et al. Elastic shaping of water ecology in abandoned mine—the design practice of Zishan Park in Handan City[J]. *Chinese Gardens*, 2021, 37(6):105-110.
- [10] 李梦露, 何舸, 王成坤. 新时期国土空间矿山生态修复规划研究: 以南宁市为例[J]. *中国矿业*, 2021, 30(7):71-77.
LI M L, HE K, WANG C K. Research on mines ecological restoration plan of territorial spatial in the new period: a case of Nanning city[J]. *China Mining Magazine*, 2021, 30(7):71-77.
- [11] 陈振萌, 陈宏伟, 韦峰. 平顶山工业遗产与矿山公园再利用模式初探[J]. *南方建筑*, 2020(5):44-49.
CHEN Z Y, CHEN H W, WEI F. Preliminary exploration of the re-use of Pingdingshan industrial heritage buildings based on a mine parks model[J]. *South Architecture*, 2020(5):44-49.
- [12] 李得立, 曾小波, 魏友华, 等. 矿山企业矿产资源开发利用水平评价方法——以湖南省金矿矿山为例[J]. *矿产综合利用*, 2019(5):22-27.
LI D L, ZENG X B, WEI Y H, et al. Evaluation method of mineral exploration level for mine enterprise-taking Hunan province gold mine enterprise as an example[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2019(5):22-27.
- [13] 薛盈杉, 张军军, 曾小波. 基于 AHP-熵权法的金属矿山开发利用水平综合评价研究[J]. *矿产综合利用*, 2021(4): 66-72+58.
XUE Y S, ZHANG J J, ZENG X B. Multipurpose evaluation of exploitation and utilization level of metal mines based on AHP and entropy weight method[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2019(5): 22-27.
- [14] 汪霄, 李曼. 民间资本参与废弃矿山治理与开发的研究[J]. *矿业研究与开发*, 2013, 33(5):125-128.
WANG X, LI M. Research on private capital participating in restoration and development of abandoned mine[J]. *Mining Research and Development*, 2013, 33(5):125-128.
- [15] 钟天明. 利用市场化多元化方式推进国土空间生态修复探讨[J]. *浙江国土资源*, 2020(12):19-21.
ZHONG T M. Discussion on promoting ecological restoration of land space by means of marketization and diversification[J]. *Zhejiang Land & Resource*, 2020(12):19-21.
- [16] 刘向敏, 余振国, 杜越天. 矿山生态修复市场化方式实践进展与深化路径研究[J]. *中国煤炭*, 2021, 47(12):66-72.
LIU X M, YU Z G, DU Y T. Research on practice progress and deepening path of market-oriented mode of mine ecological restoration[J]. *China Coal*, 2021, 47(12):66-72.
- [17] 张璐, 褚俊民. “市场+”模式下矿业废弃地生态转型路径探索——以天津市蓟州区矿山综合治理为例[J]. *天津大学学报(社会科学版)*, 2021, 23(4):362-369.
ZHANG L, CHU J M. Paths of post-mining ecological transformation under the “Market+” model-Taking the restoration project of abandoned quarries in Tianjin Jizhou as an example[J]. *Journal of Tianjin University (Social Sciences)*, 2021, 23(4):362-369.
- [18] 王旭东, 尹峰. 废弃矿山市场化生态修复实践与探索——以安徽省为例[J]. *中国国土资源经济*, 2021, 34(8):57-63.
WANG X D, YIN F. Practice and exploration of market-oriented ecological restoration of abandoned mines-A case study of Anhui province[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2021, 34(8):57-63.
- [19] 柳晓娟, 侯华丽, 孙映祥, 等. 关于中国绿色矿业内涵与实现路径的思考[J]. *矿业研究与开发*, 2021, 41(10):180-186.
LIU X J, HOU H L, SUN Y X, et al. Thinking about the connotation and realization path for green mining in China[J]. *Mining Research and Development*, 2021, 41(10):180-186.
- [20] 胡振琪. 矿山复垦土壤重构的理论与方法[J]. *煤炭学报*,

- 2022, 47(7):2499-2515.
- HU Z Q. Theory and method of soil reconstruction of reclaimed mined land[J]. *Journal of China Coal Society*, 2022, 47(7):2499-2515.
- [21] 傅连珍, 袁国华. 贵州省矿产资源开发助力乡村振兴的思考[J]. *中国国土资源经济*, 2020, 33(2):61-65+70.
- FU L Z, YUAN G H. Thoughts on the development of mineral resources in Guizhou province to help rural revitalization[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2020, 33(2):61-65+70.
- [22] 汪冰, 余振国, 李闽. 地质公园矿山公园建设助推脱贫攻坚效益评估[J]. *中国国土资源经济*, 2018, 31(11):21-25+31.
- WANG B, YU Z G, LI M. Benefit evaluation on the construction of Geo-Park and mine park promotes poverty alleviation[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2018, 31(11):21-25+31.
- [23] 袁国华, 苏子龙, 贾立斌. 赣南地区创新自然资源扶贫工作思考[J]. *中国国土资源经济*, 2018, 31(11):15-20.
- YUAN G H, SU Z L, JIA L B. Thoughts on innovation of poverty alleviation through natural resources in south Jiangxi[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2018, 31(11):15-20.
- [24] 林卫星, 张莞涛, 刘奇, 等. “双碳”目标下矿产资源开发布局思考[J]. *矿业研究与开发*, 2022, 42(6):153-159.
- LI W X, ZHANG Y T, LIU Q, et al. Thoughts on the layout of mineral resources development under carbon peak and carbon neutrality goals[J]. *Mining Research and Development*, 2022, 42(6):153-159.
- [25] 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 Z F, YU H C, HAN X T. Solutions to mine ecological restoration under the context of carbon[J]. *Journal of China Coal Society*, 2022, 47(1):449-459.
- [26] 何振嘉, 罗林涛, 杜宜春, 等. 碳中和背景下矿区生态修复减排增汇实现对策[J]. *矿产综合利用*, 2022(2):9-14+56.
- HE Z J, LUO L T, DU Y C, et al. Countermeasures to realize ecological restoration and emission reduction and increase of sinks in mining areas under the background of carbon neutrality[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2022(2):9-14+56.
- [27] 吴家龙, 苏少青. 共同富裕目标下的全域土地综合整治路径[J]. *中国土地*, 2021(12):37-39.
- WU J L, SU S Q. Comprehensive land consolidation path under the goal of common prosperity[J]. *China Land*, 2021(12):37-39.
- [28] 戴佳铃, 李晓昭, 陈家康, 等. 废弃矿山地下空间开发利用典型模式探究[J]. *地下空间与工程学报*, 2021, 17(1):28-40.
- DAI J L, LI X Z, CHEN J K, et al. Study on the renewal of underground space in abandoned mines: development paradigms towards sustainability[J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2021, 17(1):28-40.
- [29] 杜鸣, 刘雄. 绍兴市矿地综合利用的实践与思考[J]. *浙江国土资源*, 2020(1):38-42.
- DU M, LIU X. Practice and thinking on the comprehensive utilization of mining areas in Shaoxing city[J]. *Zhejiang Land & Resource*, 2020(1):38-42.
- [30] 吴家龙, 苏梦园, 苏少青, 等. 全域土地综合整治资金筹措路径探析——基于资源要素的视角[J]. *中国国土资源经济*, 2022, 35(8):69-75.
- WU J L, SU M Y, SU S Q, et al. An analysis of the paths to raise funds for comprehensive land consolidation-based on the perspective of resource elements[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2022, 35(8):69-75.
- [31] 董祚继. 采矿废弃地如何“由废变宝”?——浙江省德清县废弃矿地综合利用工作情况调研[J]. *中国土地*, 2016(3):29-31.
- DONG Z J. How does the mining wasteland "turn waste into treasure"? - Investigation on comprehensive utilization of abandoned mineral lands in Deqing county, Zhejiang province[J]. *China Land*, 2016(3):29-31.
- [32] 吴家龙, 杨远光, 张亚平, 等. 国土空间生态修复范例评选的实践探索——以广东省为例[J]. *中国国土资源经济*, 2021, 34(9):55-66.
- WU J L, YANG Y G, ZHANG Y P, et al. Practical exploration on the selection of examples of territorial ecological Restoration-Taking Guangdong province as an example[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2021, 34(9):55-66.
- [33] 吴家龙, 苏少青, 宁晓锋, 等. 国土空间生态修复实践与思考——以广东省为例[J]. *土壤通报*, 2020, 51(4):807-815.
- WU J L, SU S Q, NING X F, et al. Practice and thought on land spatial ecological restoration: A case study of Guangdong province[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2020, 51(4):807-815.
- [34] 薛亚洲. 加强矿产资源综合利用, 提升资源利用效率和保障能力[J]. *中国国土资源经济* 2021, 34(11): 1.
- XUE Y Z. Strengthen the comprehensive utilization of mineral resources, improve the efficiency of resource utilization and guarantee ability[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2021, 34(11): 1.
- [35] 王伟, 欧阳鹏, 衣霄翔, 等. 面向国土空间规划的知识生产: 属性取向、范式转型与学科集群构建[J]. *规划师*, 2022, 38(7):5-15.
- WANG W, OUYANG P, YI X X, et al. Knowledge production for territorial space planning: attribute orientation, paradigm transformation and discipline cluster construction[J]. *Planner*, 2022, 38(7):5-15.
- [36] 蒋正举, 刘金平. “资源—资产—资本”视角下矿山废弃地价值实现路径研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(11):157-163.
- JIANG Z J, LIU J P. Research on value realization of

abandoned mine lands under the perspective of "Esource-asset-capital"[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(11):157-163.

[37] 唐秀美, 蔡玉梅, 刘玉, 等. 可持续发展视角下自然资源综合利用效益评估方法与实证[J]. *自然资源学报*, 2022, 37(9):2418-2428.

TANG X M, CAI Y M, LIU Y, et al. The evaluation of natural resources comprehensive utilization benefits from the perspective of sustainable development[J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(9):2418-2428.

[38] 张春萍. 基于“两山”理论的矿山公园旅游经济开发[J]. *矿业研究与开发*, 2020, 40(10):191-192.

ZHANG C P. Tourism economic development of mine park based on the theory of "Two mountains"[J]. *Mining Research and Development*, 2020, 40(10):191-192.

[39] 高洪深. 区域经济学(第五版)[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2019.

GAO H S. Regional economics (Fifth edition)[M]. Beijing:

China Renmin University Press, 2019.

[40] 沙金龙, 许飞, 张文新. 构建我国废弃矿山生态修复公众参与机制研究[J]. *中国矿业*, 2022, 31(3):49-53.

SHA J L, XU F, ZHANG W X. Study on constructing public participation mechanism for ecological restoration of abandoned mines in China[J]. *China Mining Magazine*, 2022, 31(3):49-53.

[41] 傅伯杰, 刘国华, 欧阳志云. 中国生态区划研究[M]. 北京: 科学出版社, 2013.

FU B J, LIU G H, OUYANG Z Y. Study on ecological zoning in China[M]. Beijing: Science Press, 2013.

[42] 吴家龙, 苏梦园, 邓婷, 等. 区块链技术在国土空间生态修复中的应用构想[J]. *中国国土资源经济*, 2022, 35(10):67-74.

WU J L, SU M Y, DENG T, et al. Application conception of blockchain technology in land and spatial ecological restoration[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2022, 35(10):67-74.

Systematic Cognition and Path Optimization of Comprehensive Utilization of Abandoned Mines —— Based on the Theoretical Perspective of Factor Endowment Differences

WU Jialong¹, LI Hongju², WANG Kai³, SU Shaoqing¹, JIANG Yan⁴, LUO Yun⁵, YU Yang^{5,6}
(1.Land Development and Reclamation Center of Guangdong Province, Guangzhou 510635, Guangdong, China; 2.Ministry of Natural Resources National Land Consolidation and Rehabilitation Center, Beijing 100035, China; 3.Zhejiang Wanwei Spatial Information Technology Co., Ltd., Hangzhou 310052, Zhejiang, China; 4.Natural Resources Ecological Protection and Restoration Monitoring Center of Heilongjiang Province, Harbin 150030, Heilongjiang, China; 5.China Institute of Geo-environmental Monitoring, Beijing 100081, China; 6.Key Laboratory of Mine Ecological Effects and System Restoration, Ministry of Natural Resources, Beijing 100081, China)

Abstract: Comprehensive utilization of abandoned mines is an important issue to improve resource utilization and promote high-quality development. By systematically recognizing the composition, endowment and driving mechanism of comprehensive utilization of mines, it provides theoretical basis and research ideas for promoting the optimization and improvement of comprehensive utilization of abandoned mines. This paper adopted the method of literature review, induction and deduction, combs the evolution, policy and connotation of comprehensive utilization of mines in China, and explained the driving mechanism and action mechanism of comprehensive utilization of mines in combination with empirical examples at home and abroad. The factors of comprehensive utilization of abandoned mines and their endowment differences were analyzed. The business logic and key technical links of comprehensive utilization of mines were sorted out, and the optimization path of comprehensive utilization of mines based on "type division - problem identification - potential evaluation - operation mechanism design - policy innovation" was proposed.

Keywords: Abandoned mines; Comprehensive utilization; Cognition; Essential factor; Route