

# 国内外矿山生态修复案例对山西实践路径的启示

郭睿

山西省社会科学院（山西省人民政府发展研究中心），中国·山西 太原 030000

**摘要：**山西省作为我国煤炭资源核心产区，长期高强度矿业开发累积了大量历史遗留废弃矿山，地表塌陷、土壤重金属污染、水源涵养功能退化等问题突出，已成为制约黄河流域生态安全与山西高质量转型的关键障碍。本文系统剖析澳大利亚、德国鲁尔区、美国等国际典型案例，以及国内山东青岛、浙江湖州、内蒙古鄂尔多斯等实践经验，从制度构建、技术创新、资金保障、价值转化四个维度提炼核心启示。针对山西矿山修复中技术适配性不足、资金缺口大、制度标准不健全等现实困境，提出差异化优化路径，为山西实现历史遗留矿山“清零”目标与生态产品价值转化提供可操作的实践方案。

**关键词：**矿山生态修复；国内外案例；经验借鉴；山西；黄河流域

## Implications of Domestic and International Mine Ecological Restoration Cases for Shanxi's Practical Path

Guo Rui

Shanxi Academy of Social Sciences (Shanxi Provincial People's Government Development Research Center), China Shanxi Taiyuan 030000

**Abstract:** As a core coal resource-producing region in China, Shanxi Province has accumulated a large number of historically left-over abandoned mines due to long-term high-intensity mining development. Prominent problems such as surface subsidence, soil heavy metal pollution, and degradation of water conservation functions have become key obstacles restricting the ecological security of the Yellow River Basin and the high-quality transformation of Shanxi. This paper systematically analyzes typical international cases, including those from Australia, the Ruhr District of Germany, and the United States, as well as practical experiences from domestic regions such as Qingdao (Shandong Province), Huzhou (Zhejiang Province), and Ordos (Inner Mongolia Autonomous Region). Core insights are summarized from four dimensions: institutional construction, technological innovation, fund guarantee, and value transformation. In response to the practical dilemmas in Shanxi's mine restoration, such as insufficient technical adaptability, large funding gaps, and incomplete institutional standards, differentiated optimization paths are proposed. This study provides an operable practical scheme for Shanxi to achieve the goal of "clearing up" historically left-over mines and realizing the value transformation of ecological products.

**Keywords:** Mine ecological restoration; Domestic and international cases; Experience reference; Shanxi; Yellow River Basin

## 0 引言

山西煤炭产量连续数十年占全国 25% 以上，为国家能源安全提供了战略支撑。针对矿山生态修复历史欠账多、地质环境脆弱、治理恢复难度大等问题，山西完善政策体制机制，推动项目落地，但仍有大量矿山存在地质灾害隐患，直接威胁黄河流域水土流失治理成效。

2024 年，山西忻州黄河“几字弯”、朔州“三北”工程重点区两大项目入选国家历史遗留废弃矿山生态修复示范工程，标志山西矿山修复进入规模化、标准化新阶段。在此背景下，系统借鉴国内外先进案例经验，破解山西修

复技术、资金、制度瓶颈，对推动资源型地区生态转型具有重要现实意义。

## 1 国际矿山生态修复典型案例及核心经验

### 1.1 澳大利亚：全生命周期监管与技术适配模式

澳大利亚“全周期管控 + 技术适配”模式成效显著。制度层面，依托《环境保护与生物多样性保护法》推行“矿山环境计划（MEP）”，要求企业勘探阶段即提交含修复目标、技术路径、资金的方案，经政府与第三方联合审批。项目按总投资缴纳复垦保证金，达标返还、未达标扣用，倒逼“开发即担责”；技术上，针对干旱贫瘠环境，

研发生物炭土壤改良与本土植物育苗技术,并建立量化指标的国家技术标准。监管采用“政府巡查+第三方评估+公众监督”三元机制,政府查合规,第三方季评效果,公众通过平台查进度,形成闭环。其“责任前置、技术本土、多元共治”经验对资源型地区修复具有重要参考价值。

## 1.2 德国鲁尔区:工业遗产活化与生态补偿融合模式

德国鲁尔区以“生态修复+产业转型”融合模式,实现“工业锈带”向“生态宜居区”蜕变。依托 RAG 矿业公司主体,实施“矿区生态再造”,多特蒙德矿坑变身人工湖,开发水上项目,带动周边年增收。同步建“跨区域协调委员会”统筹规划,避免重复建设。公众深度参与,社区听证会优化设计,志愿者投身植被养护与监测,降成本、强认同。其“遗产活化促转型、多元资金强保障、公众共建增韧性”经验,为工矿区生态修复提供范式。

## 1.3 美国:法律约束与市场激励并重模式

美国以《地表采矿控制与复垦法案》(SMCRA)为核心,构建“刚柔并济”修复机制。法律刚性约束,强制企业申领“复垦许可”,违者罚款或吊销采矿权。同步设立“复垦信托基金”,专项修复历史遗留矿。资金保障双重兜底,要求企业缴专项保证金,并向“修复债券池”按吨注资,企业无力修复时,先动保证金、再补债券池,化解资金风险。市场柔性激励,推行“生态系统服务付费”,企业修复建碳汇林,核证指标可于加州碳市场交易。另予“修复抵税”,投入可抵部分企业所得税,激活市场主体动力。其“法律强约束、资金多层次、市场促参与”模式,为市场化修复提供典型样本。

# 2 国内矿山生态修复典型案例及实践经验

## 2.1 山东青岛:石材矿山边坡治理与景观再造模式

青岛通过技术创新与模式探索,实现生态与景观双提升。针对“边坡陡、土壤缺”难题,研发“锚杆格构+客土喷播+植被混配”复合技术,锚杆固定边坡,喷射腐殖土、有机肥、保水剂复合基质,混播黑松、紫穗槐、狗牙根,形成“乔灌草”立体植被。创新推行“修复+公园”,莱西废矿改造为生态公园,配健身步道等吸引游客,实现生态投入良性循环。出台《矿山生态修复管理办法》,明确“谁开采谁修复”,提前达标企业获土地出让金部分返还,激发修复动力。其“技术攻坚、模式融合、政策激励”经验,为北方石材区修复提供实践样本。

## 2.2 浙江湖州:“生态+产业”价值转化模式

湖州创新“修复+文旅”“修复+农业”双路径,安

吉废矿打造探险乐园,开发攀岩、滑索项目,德清重金属矿经“生物炭+蚯蚓堆肥”改良,变身杨梅果园。资金机制“政府引导、企业主导”,设立专项基金,社会资本项目获 30% 补助;通过特许经营授予 30 年收益权,安吉项目社会资本占 75%。价值转化上,建立“生态产品认证体系”,并开发碳汇项目。其“产业融合破题、多元筹资赋能、认证增值提质”经验,为生态产品价值实现提供鲜活样本。

## 2.3 内蒙古鄂尔多斯:生产矿山“边采边复”绿色矿业模式

鄂尔多斯作为我国煤炭主产区,核心在于制度约束与技术适配。制度层面,出台《矿山地质环境治理恢复基金管理办法》,要求企业按销售收入提取修复基金,专款专用。神东矿区推行“剥离—采矿—复垦”同步机制,周期缩短 50%;技术上,针对干旱少水,推广“滴灌节水+乡土植被”,选沙棘等耐旱植物,配智能化滴灌系统。复垦土地发展 20 万亩牧草,形成“修复—养殖—增收”链条。监管采用“卫星遥感+现场核查”,季度遥感监测、年度 2 次现场核查,未达标企业扣减基金返还比例,倒逼责任落实。其“同步推进、技术适配、严管促效”模式,为干旱矿区修复提供范例。

# 3 山西矿山生态修复现状与核心困境

## 3.1 修复工作进展

在国家“山水林田湖草沙一体化保护修复”及山西“能源革命”战略推动下,山西矿山生态修复进入系统推进阶段。政策体系逐步完善,出台《山西省矿山地质环境保护条例》《山西省国土空间生态修复规划(2021—2035 年)》等文件,明确“谁开发谁保护、谁破坏谁治理”原则,并建立“历史遗留矿山”政府兜底修复机制。督促全省矿山企业自主缴存生态修复基金和土地复垦费用,专款用于矿山生态修复治理。积极争取国家奖补资金 20.3 亿元,预算投入 43.36 亿元,实施历史遗留矿山生态修复治理项目。投资 20.8 亿元实施了包括京津冀周边及汾渭平原重点城市和黄河流域重点地区历史遗留矿山生态修复治理项目,完成修复治理历史遗留矿山 2400 多个图斑,治理面积 6700 多公顷。积极开展临汾、大同、忻州、朔州历史遗留废弃矿山示范工程,黄河流域涉及的朔州、临汾、运城三市历史遗留废弃矿山将实现“清零”技术创新探索推进。

## 3.2 核心困境

历史遗留矿山责任主体缺失,修复资金“无源可溯”。财政资金支撑能力有限,社会资金投入积极性未得到充分

激发, 现有资金规模难以契合大规模矿山修复需求, 资金问题已成为制约矿山生态修复进程的关键瓶颈。历史遗留矿山数量庞大, 矿山生态环境修复基金覆盖不足。

技术适配性不足, 修复效果“短期易、长期难”。针对大面积采空区引发的地面塌陷和地裂缝, 传统注浆加固、回填等技术成本高昂, 且难以精准控制修复效果, 针对深层复杂采空区结构的修复缺乏有效手段。修复高陡边坡的崩塌、滑坡隐患, 生态防护与工程治理结合的技术尚不成熟。植被难以在恶劣坡面立地条件下存活, 导致防护工程耐久性不足。

修复与区域发展协同不足, 可持续性受限。矿区多属经济欠发达地区, 修复后土地利用方向单一, 缺乏与农业、文旅等产业的融合。

监测管理与责任落实机制不完善。监测体系缺位, 全区矿山企业未开展地质环境自主监测, 缺乏完整有效的监测管理体系; 监管与协同机制不畅, 生态修复缺乏明确法律支撑与监管运行机制, 土地复垦等工作推进无约束、无指导。条块管理导致职责分散, 存在信息壁垒, 协同管理效能不足; 企业主体责任落实难激励约束机制缺失, 企业“重开发、轻治理”现象突出, 部分企业因经营不善丧失修复能力, 进一步加剧历史遗留问题。

## 4 国内外案例对山西的借鉴启示与优化路径

### 4.1 健全制度体系, 强化全生命周期监管

完善法律法规与标准体系。明确企业“边开采边修复”法定责任, 将修复方案作为采矿许可审批前置条件, 要求生产矿山按销售收入提取修复基金。结合山西区域特征制定地方标准, 晋西边坡治理需采用“锚杆格构+乡土灌木”技术, 矿区土壤重金属修复后需达到《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准》。建立“修复—评价—管护”全流程规范, 统一量化指标。

创新保证金与监管机制。按矿山生态敏感性差异化设定保证金标准, 保证金由第三方机构监管, 修复达标后分期返还, 确保后期管护质量。构建“政府+第三方+公众”监管体系, 自然资源部门每季度开展现场核查, 第三方机构每年进行生态效益评估, 搭建“山西矿山修复信息平台”, 公开修复方案、资金使用、监测数据, 鼓励公众参与监督。

### 4.2 集成修复技术, 提升复杂场地治理能力

研发区域适配性技术。针对山西不同区域矿山特点, 分类突破技术瓶颈。在晋西开发“锚杆格构+生物炭改良+沙棘种植”复合技术, 降低滑坡风险与修复成本; 在大

同矿区推广“生物炭+蚯蚓堆肥”技术, 利用蚯蚓活动改善土壤结构, 配合本土植物, 提升土壤修复稳定性; 在晋北推广智能化滴灌系统, 结合雨水集蓄设施, 提升植被成活率。

构建技术支撑与转化平台。整合高校科研资源, 扩建“矿山生态修复山西省重点实验室”, 集中攻关土壤改良、耐旱植物培育等关键技术; 建立“山西矿山修复技术库”, 收录国内外先进技术, 为不同区域提供“技术清单+实施方案”; 推动科研机构与修复企业合作, 建设技术中试基地, 加速科研成果落地。

### 4.3 创新资金机制, 激发社会资本活力

强化财政保障与资金统筹。设立省级矿山修复专项基金, 对忻州、朔州等国家示范项目给予配套支持; 统筹黄河流域、海河流域修复资金, 打破县域行政壁垒, 集中用于重大项目; 建立资金使用绩效评价制度, 将修复后的生态效益与下年度资金分配挂钩, 确保资金高效使用。

拓展市场化融资渠道。落实社会资本参与政策, 推行“特许经营+收益分成”模式。对参与修复的企业, 给予土地出让金返还、修复投入税收抵扣优惠; 开发“修复+文旅”“修复+碳汇”盈利项目, 打造工业遗产旅游集群, 对接全国碳汇交易市场; 鼓励金融机构开发“矿山修复贷”, 对优质项目提供政府贴息。

### 4.4 推动价值转化, 构建可持续发展机制

培育多元生态产业。整合矿山遗址、煤矸石山等资源, 打造“矿山工业遗产旅游带”, 开发矿井体验、矸石艺术装置等项目; 在修复后的平缓土地发展有机种植, 配套建设农产品加工基地, 通过“矿山修复生态产品”认证, 实现溢价销售; 在晋北固沙区发展牧草种植与生态养殖, 打造“修复—养殖—加工”产业链, 带动农民增收。

完善价值转化保障。建立山西矿山修复生态产品价值核算体系, 量化修复带来的碳汇增量、水土保持、生物多样性提升等生态效益, 为跨区域生态补偿提供依据; 推动建立黄河流域生态补偿机制, 争取下游河南、山东等省份对山西矿山修复的横向补偿; 简化碳汇项目核证流程, 设立省级碳汇交易服务平台, 降低企业交易成本, 激发参与积极性。

### 参考文献:

[1] 郭锋, 李阔. 山西黄河流域生态保护和高质量发展工作会强调推进采煤沉陷区和矿山生态修复治理[J]. 华北自然资源, 2025,(02):5.

[2] 杨永均, Peter Erskine, 陈浮等. 澳大利亚矿

山生态修复制度及其改革与启示[J]. 国土资源情报, 2020,(02):43-48.

[3] 李玲. 鲁尔区工业废弃地再利用规划研究[D]. 中国矿业大学, 2014.

[4] 王美仙, 贺然, 董丽等. 美国矿山废弃地生态修复案例研究[J]. 建筑与文化, 2015,(12):99-101.

[5] 龚西征. 两山引领政府主导社会参与全域推进生态修复拓展高质量发展新空间——湖州市露天废弃矿山生态修复实践[J]. 浙江国土资源, 2019,(08):16-21.

[6] 潘志龙. 关于废弃矿山生态修复工作的几点思考——以湖州市废弃矿山生态修复为例[J]. 浙江国土资源, 2023,(01):28-30.

[7] 谷铮. 鄂尔多斯市露天煤矿排土场巨菌草生长特性

及丰产技术研究[D]. 内蒙古农业大学, 2024.

[8] 商宇. 鄂尔多斯露天矿区排土场植被特征及土壤理化性质分析[D]. 内蒙古农业大学, 2024.

[9] 薛建英. 山西两矿山生态修复项目成功入选 2024 国家示范工程将获 6 亿元中央财政资金支持[J]. 华北自然资源, 2024,(03):4.

[10] 贾梦旋, 王金满, 李禹凝等. 基于自然解决方案的矿山生态修复研究进展[J]. 煤炭科学技术, 2024,52(08):209-221.

作者简介: 郭睿 (1991.07-), 女, 汉族, 山西省太原市人, 职称: 研究实习员, 硕士研究生, 研究方向: 生态经济与绿色发展。