

基于测绘勘察数据的矿山生态修复分区规划研究

关利进 满昌 董红伟

天津华北地质勘查总院有限公司

DOI:10.32629/eep.v8i11.2974

[摘要] 本文着眼矿山生态修复精准化、科学化需求,探寻基于测绘勘察数据的分区规划办法。通过整合地形形态、土壤属性、水文态势、植被覆盖度等多维度测绘勘探数据,搭建“数据采集—指标体系构建—分区评价—规划方案制定”的完整技术架构。把某废弃矿山当作实证研究对象,利用GIS空间分析技术以及层次分析法,不过核心学术观点始终不变,拟定针对性修复策略。测绘勘察数据为矿山生态修复分区给予了精确的量化支持,这种分区规划方法可以切实提高修复方案的科学性与实操性。

[关键词] 测绘勘察数据; 矿山生态修复; 分区规划; GIS空间分析; 层次分析法

中图分类号: TD167 文献标识码: A

Study on Ecological Restoration Zoning Planning of Mine Based on Surveying and Mapping Data

Lijin Guan Chang Man Hongwei Dong

Tianjin North China Geological Exploration Bureau

[Abstract] This study addresses the precision and scientific requirements for mine ecological restoration by exploring a zoning planning approach based on surveying and mapping data. By integrating multidimensional surveying and mapping data—including topographic morphology, soil properties, hydrological conditions, and vegetation coverage—the research establishes a comprehensive technical framework encompassing "data collection, indicator system construction, zoning evaluation, and planning scheme formulation." Using a specific abandoned mine as a case study, the study employs GIS spatial analysis technology and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to develop targeted restoration strategies while maintaining core academic principles. The surveying and mapping data provides precise quantitative support for mine ecological restoration zoning, enabling this planning method to significantly enhance the scientific rigor and practical applicability of restoration plans.

[Key words] Surveying and mapping data, Mine ecological restoration, Zoning planning, GIS, Spatial analysis, Analytic hierarchy process

引言

矿山开采活动造成的地形损坏、土壤污染、植被退化、水土流失等生态状况,已然成为限制区域生态安全与可持续发展的关键阻碍。生态修复分区规划作为矿山生态治理的基础与关键,其合理性直接影响修复成效与资源利用效能。传统分区规划普遍借助经验判断与单一数据,存在分区精确程度低、针对性缺乏等毛病,难以契合复杂矿山生态系统的修复要求。测绘勘察技术的迅猛进步,让获取地形、土壤、水文等多维度精确数据成为可能,为分区规划的量化与精准化筑牢根基。关于基于测绘勘察数据的矿山生态修复分区的研究尚需进一步拓展,尚未构建起成熟的技术框架与实践模式。本文汇聚多源测绘勘测数据,搭配空间剖析与量化评定方法,搭建科学的分区规划架构,借助实证探究检验方法的可行性,为矿山生态修复提供精确的技术支持。

1 矿山生态修复分区规划的理论基础与测绘勘察数据类型

矿山生态修复分区规划依托生态系统稳定性、景观生态学、可持续发展等理论,主要目的是按照矿山不同区域的生态受损状况、自然条件和修复潜能,划分功能不同的修复单元,落实“因地制宜、分类施策”的修复原则。生态系统稳定性理论着重表明修复要契合生态系统自身演变规律,首要修复关键生态节点;景观生态学聚焦于生态板块、廊道的合理布局,促使生态功能与景观价值同步增进。

测绘勘测数据是分区规划的核心数据支撑,其种类涵盖矿山生态系统的关键要素,地形地貌数据借助无人机航测、激光雷达测绘等手段采集,涵盖数字高程模型、坡度、坡向、地形破碎度等参数,展现矿山地形的完整性与稳定性,是判定水土流失风

险和修复难易程度的关键参考。土壤质量数据借助野外采样以及实验室检验得到,包含土壤pH值、重金属含量、有机质含量、土壤质地等指标,直接展现土壤污染状况与肥力高低,判定植被恢复的可能性^[1]。水文特征数据包含地下水埋深、地表径流分布、水源涵养能力等,经由水文监测与遥感解译得以获取,会影响到修复植物的挑选以及水资源调控策略。

2 基于测绘勘察数据的矿山生态修复分区规划技术框架构建

打造“数据采集与预处理—评价指标体系构建—分区评价模型建立—修复分区划分—规划方案制定”的完整技术格局,实现分区规划的精确性与科学性。

在数据采集和初步处理阶段,施行“多技术融合、多源数据互补”的采集策略。地形地貌数据依靠无人机航测得到高分辨率DEM,联合LiDAR技术增强地形细节的捕捉精准度,运用ArcGIS软件开展坡度、坡向、地形破碎度等衍生指标的提取;土壤质量数据采用网格布点的方式进行野外样本收集,每个采样点依据0-20cm、20-40cm的深度实施分层采样,借助实验室检测来分析土壤pH值、重金属含量、有机质含量等指标;水文数据借助设置水文监测站点采集地表径流与地下水动态信息,结合遥感影像解析水源涵养功能区;植被覆盖数据借助Sentinel-2遥感影像算出NDVI指数,联合实地植被样方调查来校验数据精度。

评价指标体系建设遵照科学性、系统性、可操作性、针对性原则。从生态受损状况、自然恢复潜能、社会经济限制三个维度挑选指标,组建多层次评价指标体系^[2]。生态受损程度这一维度包含地形破碎度、土壤重金属污染指数、植被覆盖度、水土流失强度等指标,对矿山生态系统受损状况予以量化;自然修复潜力维度包括坡度、土壤肥效、水文态势、气候适宜程度等指标,体现区域自然条件对生态修复的支持能力;社会经济约束范畴包含交通可达性、土地利用规划、修复资金保障等指标,考量修复实施的可行性与经济性,运用层次分析法来明确各指标的权重,其中生态受损程度的权重为最高值,自然修复潜力权重排第二,社会经济约束的权重设定为0.2,彰显生态优先的修复理念。

分区评价模型借助“综合指数法+GIS空间叠加分析”相结合的办法。针对各评价指标实施标准化处理工作,去除量纲差别,运用极值法把指标值转变为0-1之间的标准化数值;按照指标权重计得各评价单元的综合指数,综合指数 $=\sum$;运用ArcGIS软件对综合指数实施空间插值与分级运算。结合自然断点法将矿山区域划分成高优先级修复区、中优先级修复区、低优先级修复区以及生态保护区四类修复单元,实现分区空间可视化展示。

3 实证研究:某废弃矿山生态修复分区规划实践

以我国北方某废弃煤矿为实例,证实基于测绘勘察数据的分区规划方法的可行性与有效性。该矿山拥有长达30年的开采历史,总面积大概是8.2km²,开采造成地形破碎不堪、土壤重金属污染程度严重、植被覆盖率不足15%,存在着严重的水土流失以及地质灾害方面的隐患,迫切需要开展生态修复工作。

3.1 测绘勘察数据采集与预处理

运用无人机航空测量技术采集矿山利用2000高分辨率DEM,利用LiDAR技术增添地形细节,获取坡度、坡向、地形破碎度等参数,所得结果表明矿山地形破碎度平均数值为0.62,坡度超过25°的区域占比达到38%,主要聚集在原采矿区与排土场^[3]。土壤取样设置32个采样点位,按层采集64份土壤样本,测定结果表明,土壤中重金属铅、镉含量比《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准》(GB 15618-2018)筛选值分别超出了1.8-4.2倍、2.3-5.1倍,土壤有机质的含量普遍在1%以下,土壤的肥沃度极低。水文数据借助设置8个水文监测站,持续监测3个月得到地表径流与地下水埋深数据,联合遥感解译判定矿山北部属于水源涵养功能区,地下水埋藏深度较浅,而南部的地下水埋深超过5m,水资源短缺。植被覆盖数据借助Sentinel-2遥感影像算出NDVI指数,配合实地调研,判定矿山当下植被主要为耐旱草本,聚集在矿山边缘区域,核心开采区几乎没有植被覆盖。

3.2 评价指标体系与分区评价

结合该矿山生态特性,搭建具有针对性的评价指标体系,生态受损程度维度选定地形破碎度、土壤重金属污染指数、植被覆盖度、水土流失强度4项指标;自然修复潜力维度选定坡度、土壤有机质的含量、地下水埋藏深度、气候适宜状况4项指标;社会经济约束维度选定交通可达性、土地利用规划、修复资金保障三项指标^[3]。利用层次分析法来明确各指标的权重,其中土壤重金属污染指数的权重处于最高水平,地形破碎度和植被覆盖度的权重皆为0.15,坡度与地下水埋深的权重分别为0.1,其余指标的权重依据重要性依次分派。

运用综合指数法算出各评价单元的综合指数,利用ArcGIS空间叠加分析得出矿山生态修复综合评价结果。按照自然断点法把综合指数划分成四个等级:当综合指数大于等于0.7时定义为高优先级修复区,0.处于0.5至0.7范围的为中优先级修复区,0.3-0.5区间的为低优先级修复区域,等于或低于0.3归属生态保护区。分区分析结果表明,高优先级修复区面积为1.9km²,在矿山总面积中占比23.2%,主要集中在原采矿区、排土场以及重金属污染核心区,此区域生态遭受的破坏程度最深,地形零乱破碎、土壤污染问题凸显,迫切需要采用工程举措与生物手段相结合的修复办法;中优先级修复区域面积达2.7km²,所占比例为32.9%,多聚集在采矿区边沿和轻度水土流失区域,生态遭受破坏的程度处于中等水平,具备一定的自然恢复潜力;低优先级修复区域面积达2.3km²,所占比例达28.1%,处在矿山的外围地带,地形比较平缓,土壤污染程度不高,以自然修复作为主导、人工辅助修复作为补充;生态保护区区域面积达1.3km²,占据比例为15.8%,其范围主要涵盖矿山北部水源涵养区以及现有植被的集中地带,以实施保护为主要策略,杜绝人为侵扰。

3.3 分区修复规划方案制定

结合各类修复分区的生态特点与修复要求,提出差异化的修复规划举措。高优先级修复区域运用“工程修复+生物修复”的综合方式:首先借助地形整治工程平复破碎地形,建造挡土墙

及排水设施,抵御水土流失与地质灾害;运用土壤淋洗、客土改良等手段治理重金属污染土壤,增强土壤肥力;挑选具备耐旱、耐贫瘠特性且重金属富集能力出色的植物开展植被重建工作,创建乔灌草复合植被架构,构建生态监测站点,即时追踪土壤质量和植被生长情形,动态调控修复策略。

中优先级修复地段施行“人工辅助+自然恢复”的修复办法:针对坡度较陡区域实施局部地形整治,修筑简易排水装置;运用有机肥料改善土壤状况,栽植乡土先锋植物,加快植被复原;打造生态廊道,贯通高优先级修复区与生态保护区,增强生态系统连通性。低优先级修复区域着重依靠自然恢复,削减人为干涉,仅在关键点位种植本地乡土植被,设立围栏守护现有植被,推动生态系统自然演进,生态保护区全面杜绝一切开发建设行为,增进水源涵养与植被保育,构建生态监测体系,维持生态系统的稳定性。

在分区整治修复的基础之上,综合规划矿山生态景观与产业转变,结合修复后的分区布局,营造生态休闲地带、科普教育地带与特色农业地带:在低优先级修复区跟生态保护区交界地带建造生态休闲步道与观景平台,推进生态旅游;在中优先级修复地段设立矿山生态科普陈列馆,呈现矿山修复进程与生态保护常识;在土壤条件优越的低优先级别的修复地区开展特色林果业与生态农业活动,达成生态效益与经济效益的同步提高。

4 分区规划实施保障与效果评估

4.1 实施保障措施

矿山生态修复分区规划的切实推行需要从技术、资金、管理等多层面构筑保障架构。技术保障范畴,设立由测绘勘察、生态修复、景观规划等领域专家组成的技术班子,为规划落实提供全程技术辅佐;搭建动态监测架构,借助无人机遥感、地面监测站等手段,实时跟进各分区修复状况与生态变动,即时优化修复规划^[4]。在资金保障层面,搭建“政府主导、企业主体、社会参与”的多样化资金投入体制,政府强化财政专项资金扶持,监督矿山企业落实生态修复义务,激励社会资本借助PPP模式、生态补偿等途径参与修复工程。管理保障范畴,厘清各部门与修复主体的任务分工,搭建完备修复项目管理规程与考核办法;强化宣传引导,提升公众生态保护认知,激励公众参与修复监督与后续管护。

4.2 修复效果评估

修复效果评定运用“短期监测+长期跟踪”的模式,从生态、经济、社会三个层面搭建评估指标体系。生态效益评估包含植被覆盖程度、土壤质量状况、水土流失管控率、生物多样性情

况等指标,借助遥感监测与实地调研相融合的途径收集数据;经济效益评估涉及生态旅游所得、特色农业生产值、修复成本回收时段等指标;社会效益评估包含公众满意程度、就业带动人数规模、生态保护意识提高等指标。

实证矿山修复项目执行2年后的短期评估结论显示,高优先级修复区植被覆盖程度从不到5%提升至35%,土壤重金属含量平均降低30%,水土流失遏制率达80%;中优先级修复区植被覆盖程度提高至45%,土壤肥沃状况明显改观;生态保护区水源涵养功能增强15%,生物多样性出现一定增长,长期跟进评估安排历时10年,着重聚焦生态系统稳定性与可持续性,为后续修复项目的优化供给凭据^[5]。评估成果显示,按照测绘勘察数据的分区规划举措可有效增进修复效果,达成生态系统的精准修护与良好发展。

5 总结

本文搭建了依托测绘勘察数据的矿山生态修复分区规划技术架构,借助数据收集与前期处理、评估指标体系搭建、分区评估模型创建、修复分区划定与规划策略拟定,实现了矿山生态修复的精准化与合理化。实际研究证实,此框架可高效判别矿山不同区域的生态损害程度与修复潜能,所拟定的差异化修复策略极大提高了修复成效。分区规划的推行要从技术、资金、管理等层面搭建保障架构,借助多维度成效评估保障修复目标达成。本研究为矿山生态修复提供了新的技术路径与实践参考,对推动矿山生态环境综合治理、实现区域生态安全与可持续发展具有重要意义。未来需持续优化技术方法,加强跨区域实践应用,进一步提升矿山生态修复分区规划的科学性与实用性。

【参考文献】

- [1]关润东,和璇,邹昂.基于生态产品价值的国土空间规划路径研究[J].经纬天地,2023(3):45-47.
- [2]杨阳,陈晓璐,周一凡,等.黄河源园区水生态功能一二级分区[J].水生态学杂志,2023,44(2):1-9.
- [3]张珍肖.石家庄市GNSS高程虚拟分区拟合原理研究[J].河北地质,2024(3):34-37.
- [4]赵昌龙,吴琦.基于综合危险性指数法的光明区地质灾害易发性和危险性分区评价[J].河南科技,2023,42(18):107-111.
- [5]谭慧君.无人机倾斜摄影在西南片区宕口整治中的应用[J].现代测绘,2023,46(S01):45-48.

作者简介:

关利进(1987--),男,汉族,河北唐山人,本科,中级,研究方向:测绘勘察,工程地质。