

历史遗留废弃矿山生态修复治理研究

——以茂名市历史遗留废弃矿山为例

刘朵朵

(国地时空信息科技(北京)有限公司, 北京 100043)

[摘要] 以茂名历史遗留废弃矿山为研究对象,分析矿区现状及存在的生态问题,提出矿山生态修复技术路线,并详细介绍修复治理措施。茂名历史遗留废弃矿山主要存在地质安全隐患、土壤功能退化、生态多样性差、水土流失严重等问题。因此,相应的矿山修复治理措施主要有地质灾害防治、地形重塑、裸地近自然林营造、低效林提质增效、湿地重建、土壤复垦利用等,并提出建设矿山修复数字孪生应用平台,依托数字孪生技术创新应用,探索矿山生态修复智慧治理手段,为类似矿山生态修复治理提供参考。

[关键词] 废弃矿山;生态修复;生态问题;智慧治理;数字孪生

[中图分类号] X171.4 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 2097-2423(2024)05-0081-06

DOI: 10.19610/j.cnki.cn10-1873/tf.2024.05.012

0 前言

矿山资源的开发利用有助于国民经济的快速发展,但过度开采也容易引发植被退化、生态破坏等问题,特别是在出现大量废弃矿山的情况下,若不能及时修复治理,会引发各类地质灾害问题,对区域健康可持续发展造成不利影响^[1]。环境保护和经济发展是辩证统一、相辅相成的,建设生态文明、推动绿色低碳循环发展,不仅可以满足人民日益增长的优美生态环境需要,而且可以推动实现更高质量、更可持续、更为安全的发展,走出一条生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路^[2]。近年来,我国持续推进矿山生态修复治理工程,对恢复和改善矿山生态环境质量发挥了重要作用,矿山生态修复

成为维护区域生态安全、促进社会经济可持续发展与生态文明共同发展的重要举措^[3]。

茂名市是中国“二五”建设时期国家布局建设的老工业城市,因油页岩的开发,成为中国重要的石化产业城市,为新中国的经济作出了特殊贡献。自2013年停采后,油页岩-高岭土废弃矿区发生了大量滑坡、崩塌等地质灾害,造成了严重的土地损毁、地貌破坏和水资源破坏,引起了一系列生态退化问题。2023年5月24日,财政部、自然资源部将“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目”作为全国18个历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目之一予以公示^[4]。本文以茂名市小东江中游和鸡公河下游历史遗留废弃矿山生态修复共18个图斑92个地块为研究对象,分析现状相关要素和生态问题,提出了具体的治理措施,以期为类似矿山生态修复治理提供参考。

1 国内外废弃矿山生态修复现状

1.1 国外研究现状

工业革命以来,科学技术快速发展,各国开始对大量开发矿产资源,由此引发了一系列环境问题。20世纪初,美国、英国、德国等国家意识到矿山资源开发对土地破坏的影响,相继提出了矿区土地复垦相关政策。1939年,美国西弗吉尼亚州颁布了第一个管理采矿的法律《复垦法》,要求矿业主对开采造成的土地破坏必须恢复到原来状态。1977年,美国

[收稿日期] 2024-07-22

[作者简介] 刘朵朵(1991—),女,山西柳林县人,本科,国家注册城乡规划师、中级工程师、中级经济师。

[引用格式] 刘朵朵.历史遗留废弃矿山生态修复治理研究——以茂名市历史遗留废弃矿山为例[J].绿色矿冶,2024,40(5):81-86.

LIU Duoduo. Research on ecological restoration and management of abandoned mines left over by history——A case study of historical abandoned mines in Maoming[J]. Sustainable Mining and Metallurgy, 2024, 40(5): 81-86.

国会通过并颁布第一部全国性的土地复垦法规《露天采矿管理与复垦法》，要求土地复垦成为采矿过程的一部分^[5]。英国的《矿山采矿场法》要求开采方开采矿产资源必须有明确的复垦方案^[6]。加拿大《露天矿和采石场控制与复垦法》明确要求闭坑复垦要因地制宜，不能低于原有的生态水平。矿山修复可以通过土地平整将山地改造成公园，或者将原居民回迁此地居住，大型露天矿坑则可以改建成鱼塘或水库^[7]。

1.2 国内研究现状

我国矿区生态修复起步较晚。20世纪80年代末，随着煤炭等矿产资源大肆开采引起的环境问题逐渐显现，我国开始重视矿区的生态环境及可持续发展问题。1986年发布的《中华人民共和国矿产资源法》，明确了矿山企业开采矿产的同时应当保护环境，并对破坏的耕地、林地等土地做好复垦措施。1988年发布的《土地复垦规定》明确要求对生产建设过程中因挖损、塌陷、压占等破坏的土地，采取整治措施，使土地恢复到可供利用状态。2015年国土

资源部印发《关于印发历史遗留工矿废弃地复垦利用试点管理办法》的通知(国土资规[2015]1号)，明确规定要遵循生态优先，切实保护耕地，节约集约用地的原则，做好历史遗留工矿废弃地复垦工作^[8]。2019年自然资源部、生态环境部联合下发《加快推进露天矿山综合整治工作实施意见的函》，要求秉持“谁治理、谁受益”的原则，加快推进露天矿山生态修复工作，加大力度对露天矿山进行整治^[9]。

2 研究区概况

茂名市北靠南方丘陵山地带，南接海岸带，是中国“三区四带”国家生态安全战略格局中的重要区域，未来15年我国将以“三区四带”为核心，实施重要生态系统保护和修复重大工程^[10]。区域由于长期的矿山开采，人为地貌复杂，地形地貌条件复杂。除了露天矿外，矿区周边区域也蕴藏着丰富的油页岩资源，无法确认治理恢复责任主体，亟待进行修复。矿山生态修复图斑分布如图1所示。

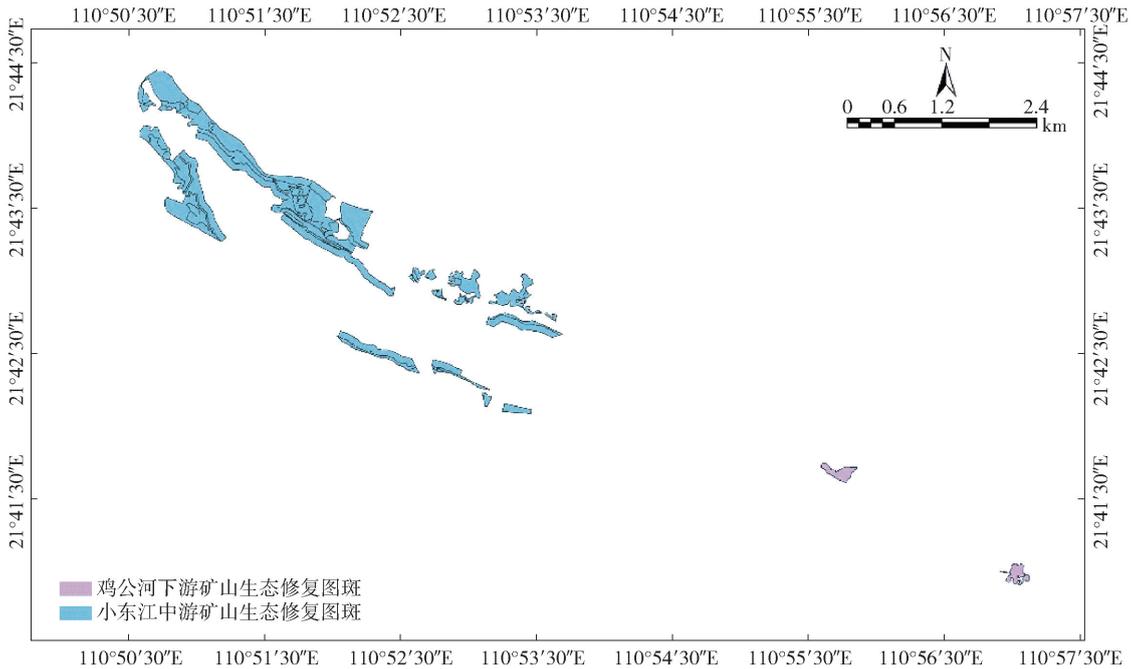


图1 矿山生态修复图斑分布图

3 矿区现状相关要素及生态问题分析

3.1 矿区现状相关要素分析

3.1.1 矿种分析

茂矿山生态修复图斑矿种主要为油页岩和高岭土。小东江上游矿山生态修复子项目为油页岩排土

场，主要是人为堆土形成的不稳定斜坡。

3.1.2 土地权属

小东江中游生态修复图斑均为国有土地，鸡公河下游生态修复图斑均为集体土地。

3.1.3 国土空间用地现状

现状用地农用地占比 88.28%，建设用地占比

10.96%,未利用地占比0.76%。农用地主要为林地、水库水面、草地和其他原地,建设用地主要为村庄和公路用地,未利用地主要为湿地和水域及水利设施用地。

3.1.4 生态保护红线

小东江中游年生态修复图斑大部分位于生态保护红线范围内,鸡公河下游生态修复图斑未涉及生态保护红线。

3.1.5 永久基本农田和城镇开发边界

研究区范围内生态修复图斑均未涉及永久基本农田和城镇开发边界。

3.2 生态问题分析

通过现场调研、测绘、物探等手段,对研究区生态环境现状进行综合分析。茂名的历史遗留废弃矿山生态问题主要包含地质安全隐患、土壤功能退化、生物多样性差和水土流失严重。

3.2.1 地质安全隐患

研究区域所在位置地势平缓,地貌单元为低矮残丘。采矿和填挖方建设,形成诸多裸露的岩土边坡、危岩体等,矿山地质环境遭到破坏,形成多处地质灾害隐患区域。

3.2.2 土壤功能退化

茂名的历史遗留废弃矿山均为露天开采,在历史采矿活动和矿山工程建设活动的影响下,矿山表土缺失,经过多年修复后,仍有多处矿坑呈地表裸露状态。由于矿山所在位置距离城区较近,矿山存在垃圾堆放、废土堆场、违规建设等不同程度的损毁和占用情况。

3.2.3 生物多样性差

矿山露天开采,使地表植被完全丧失。人工造林对矿区生态环境的改造非常有限,植被覆盖情况仍然不容乐观,大面积的桉树林和广泛分布的外来入侵物种对生态系统的贡献度很低。物种单一且植被覆盖率不高,土壤酸化未得到控制,土壤肥力较差,植被极易发生退化。

3.2.4 水土流失严重

矿区长期的采矿活动导致大部分地表裸露,破坏了土壤的机械稳定性和团聚体结构,土壤长期处于一种动态变化的不稳定状态,固结性和透水性较差,抗侵蚀能力较低,在外力的作用下,易产生水土流失。

4 生态修复技术路线

本次研究对废弃矿山相关背景、专业资料、变

迁情况以及社会经济进行全面调查,分析研究区地质、地形、地貌,矿山开采基本情况,区域生态环境现状和社会经济人文景观等内容,遵循保护优先、突出重点、科学管理和多元投入的原则,结合相关绩效目标以及规划符合性和政策符合性,通过与国土空间规划衔接,研究相关治理技术,明确相关要素保障和生态修复效益,开展生态修复空间布局,提出多种生态修复策略,保障研究区的生态环境效益(图2)。

5 生态修复治理措施

5.1 地质灾害防治

在露天矿采矿面裸露部分坑壁、旅游公路外侧靠湖段按地形设置一段格宾石笼挡土墙,同时在台阶面上设置加筋网以增加挡墙的抗倾性能,墙后弃渣分层、压实形成加筋体,最后在挡土墙顶面再设置一道被动防护网,以防治坡体上的汇水对已经有裂缝的矿坑边坡产生进一步危害,从格宾石笼挡土墙顶面开始进行堆土梯级台修整,同时还在挡土墙顶面及台阶面后缘适当位置设置混凝土截排水沟。对平整后的堆体、平台覆土0.2 m后撒播草籽。

5.2 地形重塑

对不稳定斜坡和采矿遗留的残山进行表面整形或将其整体清除,然后通过乔灌草植被种植进行边坡防护,减少水土流失。

减荷措施:主滑地段可采取挖方卸荷、拆除已有建筑物等措施。**压脚阻滑措施:**在边坡前缘抗滑地段采用堆方加重压坡角辅助措施,提高边坡的稳定性。

锚固支撑措施:根据不稳定斜坡的稳定性、剩余下滑力和岩土力学性状等因素,采取抗滑桩、抗滑锚杆、预应力锚索(桩)、锚杆挡墙或重力式挡墙等抗滑措施。

排水措施:包括在坡体内设支撑盲沟、排水隧洞等措施,并采用在边坡后缘外设置环形截水沟、坡体上设分级排水沟等措施。

5.3 裸地近自然林营建

对于现状植被覆盖度低的区域,通过乔灌草植被搭配种植的方式,提高植被覆盖率,增加植物多样性工程。

种源:按当地潜在自然植被类型确定拟建目标林型,选择各群落的建群种和灌木层优势种,作为“近自然森林”建设的种源。

苗木培育:根据种源分布地点,在果实成熟时期

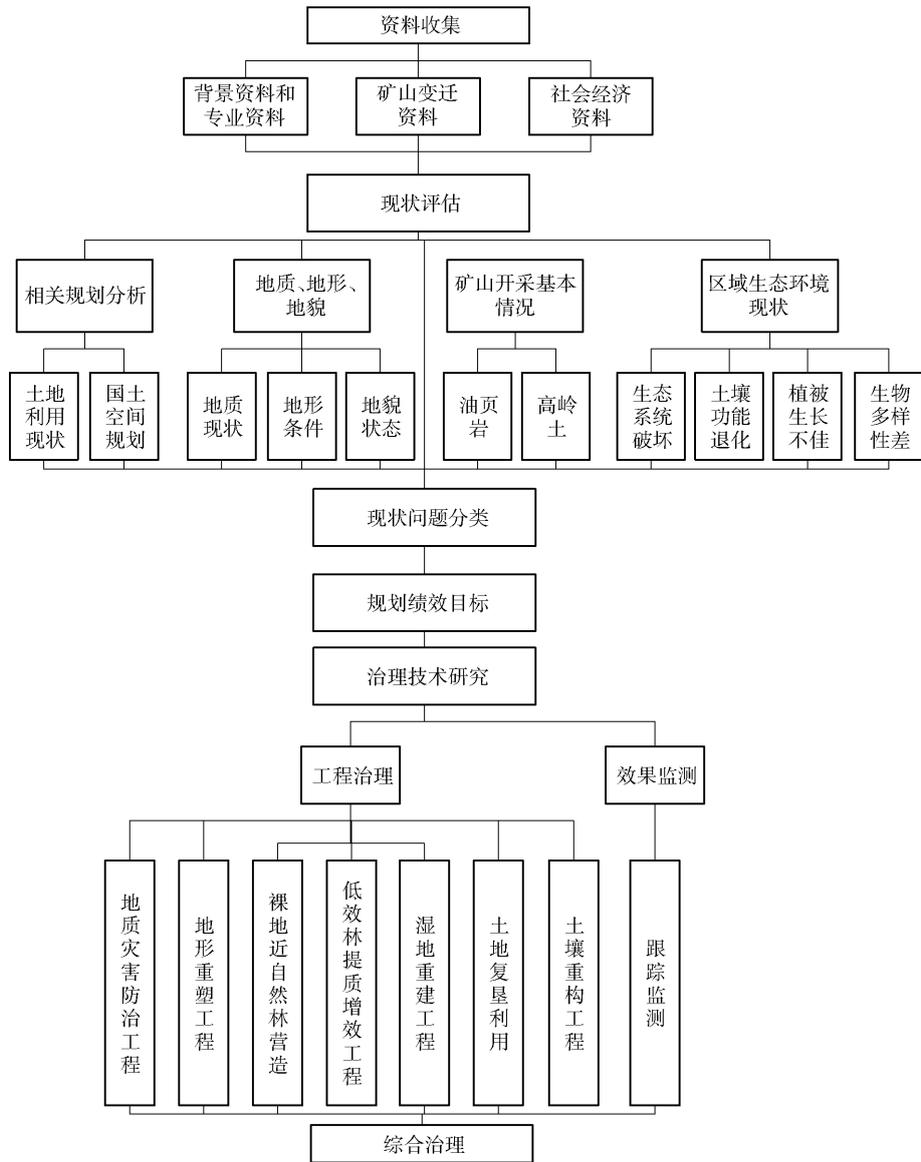


图 2 生态修复技术流程图

组织采集种子,通过苗床育种和容器育苗等技术进行苗木培育。栽种模式和种植后的管理在适当改造地形和改良土壤的情况下,采用建“复层林”、短期与长期效果结合互补的模式。

养护管理:种植后 2~3 年内,需要进行除草等一般养护,其后群落便进入自然生长过程,不需任何养护和管理。5 年左右可初具规模并达到景观效果,10~20 年即可形成“近自然”森林。

5.4 低效林提质增效

低效林提质增效是指对现状单一种植桉树林的部分区域,通过人工干预的方式,恢复或重建植被的结构、功能和多样性,丰富植被种类,提高生态系统功能。

清理不良树木:对整片以速生桉为主的区域根

据植株生长情况进行清理,去除生长不良的树木。桉树可周边 6 m 范围内,释放化感物质,如香桉烯、 α -水芹烯、1,8-桉叶素、蓝桉醇等。这些物质可通过凋落物分解进入土壤,并在土壤中不断积累,影响土壤微生物的活性。

林下清理:对林下进行全面的人工清理,清除剩余物、杂灌等,为整地、造林创造有利的条件。

微地形改造:改善部分区域的排水情况,结合宫胁造林法造林,选育乡土建群种和优势种,并且强调多种类、多层次、密植与混合,进而增加桉树林下灌木和草丛的比例。

5.5 湿地重建

根据矿区现状,通过微地形改造,开展小微湿地

工艺设计,实现生境恢复和生态景观功能提质,重点强化湿地水源涵养和净化能力,可以从源头削减农业面源污染,净化水质,提升湿地与水生态环境的景观及生物多样性,持续改善人居环境。在植物选择上,坚持生态优先,选择本土物种,通过自然或近自然植物提升水的生态品质。

5.6 土地复垦利用

对于土壤质量较差或废石渣、尾矿库区域,覆土后开展植树种草,结合矿区实际及周边环境要素,因地制宜,创造生态效益,通过喷浆植土、植被绿化、养护系统等工序,合理选择修复方法和复绿植物,推进矿山治理后多元化可持续发展,使矿山生态修复与经济社会发展相得益彰。

5.7 矿山修复数字孪生应用平台建设

依托数字孪生技术创新应用,结合物联网、大数据等技术实践,集成视频分析、语音识别、知识图谱、集群计算、分布式存储、异构数据处理、AI算法跨平台部署等多项技术,建设矿山修复数字孪生应用平台。建设内容包括矿山修复“一张蓝图”、矿山修复监测评估系统和应用支撑中心三部分。

5.7.1 矿山修复“一张蓝图”

运用“空-天-地”一体化手段获取矿山实时感知状态,通过数据融合技术实现身临其境的全景展示,通过影像解说沉浸式代入情景,了解茂名历史遗留废弃矿山的变迁。借助历史数据、实时数据和算法模型,持续进行分析预测和改善优化,多维度、多场景展示矿山生态修复工程信息、修复效果的前后对比及规划蓝图。同时,选取典型矿山区域开展示范应用,结合区域环境特征,针对性提出治理手段、工艺流程,验证并展示治理效果。

5.7.2 矿山修复监测评估系统

通过建立矿区动态监测网络、环境风险预警和修复效果综合评估体系,对土地、水源、植被等各项指标进行无损检测,利用多源遥感数据、现场监测数据和地面观测数据进行多源融合,对矿山修复工程的实施过程进行全面监测、数据分析和评估分析,以便科学地指导和完善矿山修复工程的实施。

5.7.3 应用支撑中心

应用支撑中心是矿山修复数字孪生应用平台中各种应用系统的开发、运行、集成的数字底座、技术底座和共享能力池。根据业务应用和系统管理的需求利用不同的建模技术,构建数字孪生模型库、生态环境模型库、油页岩吸附量/游离量评价模型库等,

将用户、权限、工作流、资源及接口服务统一,提供一个支持信息访问、传递以及协作的集成化环境,实现个性化业务应用的高效开发、集成、部署与管理。

6 实施效果

茂名历史遗留废弃矿山生态修复主要解决区域内存在的土地资源损毁、地质安全隐患、植被丧失和退化、生物多样性低、水土流失等主要生态问题,完成生态修复总面积超过16.5 km²,工程内容包括消除地质环境隐患点5处,修复废弃矿山(矿点)数量15个,新增林地5.7 km²,盘活土地利用面积1.0 km²;工程实施后可有效改善区域人居环境,惠及超过31万人,土地复垦利用率超过40%。

矿山生态修复增加森林和湿地面积,将极大改善区域生态质量,提高生态系统稳定性,增加生态系统碳汇效益,生物多样性得到有效保护,城市生态质量得到明显提升,同时有效改善区域的生态环境。废弃矿山场地治理和生态修复工程的实施,将有效消除地质灾害隐患,增强区域生态系统水土保持能力,大幅改善区域人居环境,进而推动地区经济发展,实现生态与经济的双赢。

此外,生态修复实施后,治理区的植被覆盖情况得到改善,营建和改造的近自然生态林在纵向和横向结构上优于单一林种的人工林,有助于提高森林的碳储存,对低效桉树纯林的改造也将带来有效的碳汇增量。

7 结束语

历史遗留矿山生态修复是改善区域生态环境的重要途径,要牢固树立山水林田湖草是生命共同体的理念,坚持生态优先和绿色发展,治理遗留废弃矿山,消除影响人民群众生产生活和可持续发展的矿山生态环境问题。本文以广东省茂名市小东江中游和鸡公河下游历史遗留废弃矿山为研究对象,针对现状生态问题提出具体的治理措施,确定矿山生态修复图斑面积和绩效目标,产生积极的生态效益、经济效益和社会效益,最终使废弃矿山变身“绿水青山”。

[参考文献]

- [1] 肖洪亮. 废弃矿山生态治理与环境修复策略探究——以敦化市生态保护修复工程为例[J]. 资源节约与环保, 2024, (5): 91-94.
- [2] 刘慧芳, 王志高, 谢金亮, 等. 历史遗留废弃矿山生态

- 修复与综合开发利用模式探讨[J]. 有色冶金节能, 2021, 37(2): 4-6, 15.
- [3] 白世强, 强真. 废弃露天矿山生态修复的问题与对策——以河南省南太行地区为例[J]. 中国国土资源经济, 2022, 35(7): 36-41.
- [4] 财政部办公厅、自然资源部办公厅. 关于组织申报2023年历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目的通知[财办资环〔2023〕1号]. http://zrzyt.hunan.gov.cn/zrzyt/xxgk/czxx/zxjgk/sblc/202310/t20231018_31700032.html.
- [5] 白中科. 美国土地复垦的法制化之路究[J]. 资源导刊, 2010(8): 44-45.
- [6] 中国国土资源报. 美国土地复垦的法制之路[N/OL]. [2010-08-09]. https://www.mnr.gov.cn/dt/zh/2011/tdfk/beijingziliao/201008/t20100809_2130556.html.
- [7] HESTER R E, HARRISON R M. Contaminated land and its reclamation[M]. Royal Society of Chemistry, 1997.
- [8] 历史遗留工矿废弃地复垦利用试点新规[N/OL]. [2015-09-09]. https://www.gov.cn/xinwen/2015-09/09/content_2927406.htm.
- [9] 李文昌. 永新县废弃矿山生态修复方向分析与项目实施绩效评价研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2023.
- [10] 未来15年我国将以“三区四带”为核心实施重要生态系统保护和修复重大工程[N/OL]. [2020-06-11]. https://www.gov.cn/xinwen/2020-06/11/content_5518735.htm.

Research on Ecological Restoration and Management of Abandoned Mines Left Over by History

——A Case Study of Historical Abandoned Mines in Maoming

LIU Duoduo

(National Time and Space Information Technology (Beijing) Co. , Ltd. , Beijing 100043, China)

Abstract: Taking the historical abandoned mine in Maoming as the research object, this paper analyzed the current situation and existing ecological problems of the mining area, put forward the technical route of mine ecological restoration, and introduced the restoration and treatment measures in detail. The abandoned mines left over from history in Maoming mainly have problems such as geological safety hazards, soil function degradation, poor ecological diversity, and serious soil erosion. Therefore, the corresponding mine restoration and management measures mainly include geological disaster prevention and control, terrain remodeling, bare land near-natural forest construction, low-efficiency forest quality and efficiency improvement, wetland reconstruction, soil reclamation and utilization, etc., and the construction of mine restoration digital twin application platform was suggested, relying on digital twin technology innovation and application, it explores the intelligent management means of mine ecological restoration, and provide reference for similar mine ecological restoration and management.

Key words: abandoned mines; ecological restoration; ecological issues; smart governance; digital twin