

矿区生态修复背景下不良地质体治理成效评价研究

牛建鹏

新疆中矿智汇矿业科技有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i3.21110

[摘要] 矿区生态修复是植被恢复及景观再造的问题,也是对边坡失稳、采空塌陷、废石堆滑坡、泥石流沟道等不良地质体进行综合治理的问题。为了使治理效果评估更具目的性和可行性,在总结矿区生态修复与矿山地质环境治理的关系后,提出从地质安全、生态恢复、工程稳定性、景观协调以及管护效果等方面进行整体评估的方法。不良地质体治理的效果不应单纯用“工程结束”或者“复绿面积”的大小来衡量,而应该把灾害风险减小、坡体长期稳定、土壤-植被恢复、排水系统运作良好以及后期检查养护都考虑进去。根据近年来对一些有代表性的矿区修复研究结果,笔者认为可以采用分阶段评估、指标层次化赋权、现场检查及遥感监督、持续跟踪整改等方式进行,希望对历史遗留矿山、露天矿山以及石灰岩矿区生态修复工程竣工验收及后评估有所借鉴意义。

[关键词] 矿区生态修复;不良地质体;地质灾害治理;成效评价;矿山地质环境

中图分类号: S731.6 文献标识码: A

Research on the Effectiveness Evaluation of Unfavorable Geological Body Treatment in the Context of Mine Ecological Restoration

Jianpeng Niu

Xinjiang Zhongkuang Zhihui Mining Technology Co., Ltd.

[Abstract] Mine ecological restoration is not only a matter of vegetation recovery and landscape reconstruction, but also a systematic process involving the treatment of unfavorable geological bodies such as unstable slopes, goaf subsidence, waste-rock dump sliding and debris-flow gullies. To improve the pertinence and operability of performance evaluation, this paper builds an integrated evaluation framework composed of geological safety, ecological recovery, engineering stability, landscape coordination and maintenance performance. The study argues that the effectiveness of geological-body treatment should not be judged merely by project completion or revegetation area. Instead, risk reduction, long-term slope stability, soil-vegetation recovery, drainage operation and follow-up monitoring should be assessed together. Based on recent Chinese studies on mine restoration, the paper proposes staged evaluation, hierarchical weighting of indicators, combined field and remote-sensing verification, and dynamic feedback correction, providing a reference for acceptance and post-evaluation of abandoned mines, open-pit mines and limestone mining areas.

[Key words] Ecological restoration of mines; negative geological bodies; The treatment of geological hazards; evaluation of performance; mine geological conditions

引言

矿产资源开发虽然促进了当地工业现代化及城市化进程,但是也易造成原有的地形地貌、地下径流以及岩土体稳定性发生改变,在露天采坑、高陡边坡、排土场、采空区和沟谷堆积体密集区,生态环境恶化往往伴随有地质灾害威胁。若仅仅对这些地区进行简单的覆土、播种草籽等绿化处理而不重视不良地质体的稳定性,则表面植被恢复很容易因暴雨、冻融或是开采活动的影响而很快退化。所以,基于矿区生态修复背景下的不良地质

体治理效果评估并不是单纯对工程项目打分,而是要分析该工程是否有效减灾、增益及具有自我维持的能力。近年来有关矿山生态修复、地质环境保护以及典型矿区综合开发利用的相关研究工作也逐渐由“复绿数量”到“安全-生态-效益”的全面评估^[1]。

1 不良地质体治理与矿区生态修复的内在关系

1.1 治理对象从单一隐患转变为综合性体系。矿区不良地质体一般有危岩体、高陡边坡、滑坡体、塌陷坑、废石堆、尾矿

堆积体和易于产生泥石流松散堆积沟道等。它们既是地质灾害又是一些生态修复限制因素,在边坡坡度、截排水、挡护结构及覆土层厚度相互之间未做到合理配合情况下,即使短期内植被覆盖良好,但由于坡面冲刷、裂缝延伸以及局部滑塌也会造成再次破坏。石灰岩矿区生态修复显示,地貌改造、边坡分段、排水布置以及用地安排均需同时考虑,采用综合措施越多,其最终效果越容易实现稳定^[1]。

1.2治理目标从工程安全到生态服务。传统的地质灾害防治主要是做到“挡得住、排得走、稳得住”,而生态修复则是对土壤进行改良、植被重建、生境构建以及景观协调等方面的工作。两者并非彼此独立,在矿区内二者是串联在一起并且相互关联的一个整体。地质安全是生态恢复的前提条件,而生态恢复也可以通过根系固土作用降低水流速度并促进形成良好的小地形从而改善边坡稳定性。青海省某矿区恢复治理效果评估提出应当将治理工程实施结果、生态恢复状况以及后期管理情况纳入考量范围来进行全面评判^[2],这也就说明我们不能单纯以一个项目的完成情况来判断整个项目是否成功。

2 治理成效评价的指标体系构建

2.1地质安全指标。地质安全是评价的底线指标,主要反映治理后不良地质体危险程度降低情况。可以从边坡稳定性、裂缝发展程度、危岩清理比例、采空塌陷沉降量、排土场位移速度、截排水畅通度以及灾害隐患点减少数量进行设定。对曾经发生过滑坡、崩塌或者泥石流区域还需对比治理前后危险地段大小、受威胁人数以及暴雨条件下排水能力等。以甘肃省西成铅锌矿区为例,在未查明灾害形成原因情况下评估治理成效容易出现将短期稳定当成永久安全问题^[5]。

2.2生态恢复指标。生态恢复指标是指矿区内由无植被覆盖扰动地演替至相对稳定的生态系统过程中所涉及的内容,主要包括植被覆盖率、乡土植物比例、群落结构稳定性、土壤有机质含量、土壤厚度、坡面侵蚀程度以及生境连通性等;而一般的水源涵养区废弃矿山生态修复效益评价中认为生态恢复指标应包括生态效益、水源涵养及为该地区提供的服务功能^[3]。因此对于水源涵养区、农牧交错带或者城镇近郊矿区来说,在生态方面不能仅以绿化面积作为衡量标准,还需考虑水土保持、生态廊道建设以及后期开发利用是否便捷等因素。

2.3工程稳定性和景观协调性指标。工程稳定性用来评价所采用的技术是否合理有效,包括锚杆、锚索、挡土墙、抗滑桩、格构护坡、喷播基材、排水沟、沉砂池等设施完好情况、变形和使用状况等。而景观协调性是指修复后的地貌与周围的自然环境、土地利用类型以及人们的视觉感受相适应的程度。露天矿山地貌再造表明,削坡放坡、台阶整形和平坦面上覆土不应只考虑施工便利性,还要考虑水流方向、坡面糙率以及植物生长需要等。^[4]

3 评价方法与实施流程

3.1分阶段评估。矿区不良地质体治理效果可划分为施工完毕评估、初期运营评估以及后期运营评估三个时期,在施工完毕

评估主要检查设计的工作量、隐患消除及质量验收;初期运营评估主要检查一至两年内边坡的变化情况、排水设施及植物存活率等;后期运营评估主要是确定治理工程与自然环境是否达到基本平衡,分阶段评估有利于防止“一次性验收”弊端同时也方便发现工程措施与生态措施之间的问题。

3.2多种途径获取的数据结合使用。评估数据不能仅局限于竣工报告,还要有现场踏勘、无人机航拍、遥感影像资料、监测设备和公众意见等多种方式获得的信息。现场踏勘可以发现裂缝、渗漏、冲沟、设施损坏等问题;遥感和无人机照片可以观察植被覆盖率、地貌变化、裸露面积增加的情况;监测设备可以测量位移、沉降、降雨量、地下水位等。各种途径获得的信息相互佐证后得出的结果才更为可靠。

3.3指标赋权及等级划分。指标赋权可采用层次分析法、熵权法或专家评分与客观数据结合方法确定。因不同类型矿区分属不同区域,所以在对其评估时不能一视同仁。例如采空塌陷严重的煤矿区要加大地表变形和居民安全性所占比重;有大量的高陡边坡露天矿区要加大边坡稳定性和排水能力所占比重;位于水源涵养区的废弃矿山要加大水土保持和生态服务功能所占比重。此外对每个矿区评估结果分为优、良、中、差并指明问题所在以利于整改。

4 治理成效提升路径

4.1根据风险识别制定相应措施。在治理之前要先做好地质灾害危险性调查和生态环境基底调查,明确主要不良地质体及其产生背景以及作用对象。对于危岩体和滑坡体则要先对其进行削方减载、卸载、支挡及排水等处理;而对采空塌陷区则应采取回填、封闭、监测以及用途管制等方法;而对于废石堆和排土场则应该对其坡度进行控制、布置台阶、修建排水沟以及覆土种草等。只有使地基稳定后,方能进行下一步生态恢复工程。

4.2结合工程措施与生态措施共同作用。工程措施起到稳定和安全作用,生态措施起到表层保护及恢复功能,如果两者分开使用则会出现“硬工程突兀、绿化难以保持”,或者“绿化良好但是坡体不稳定”的现象。但是在实践中可以通过设置分级平台、生态袋、格构梁、客土喷播、乡土灌草组合以及截排水等方式,让坡面具备抵抗侵蚀能力同时还为植物根系提供良好环境。

4.3建立动态反馈机制。评估不仅仅是项目验收,而是修复工程不断完善基础,对于评估过程中发现的裸露斑块、排水淤塞、坡面冲沟、植被退化以及监测缺失等问题,要列出问题清单、责任清单和整改时限,而对于高风险不良地质体还要设定黄色、橙色、红色预警值并将监测结果与应急措施相结合。

4.4注重整体区域规划。矿区生态修复效果好坏在很大程度上取决于修复后土地能否融入周边环境之中。对于位于城区附近废弃矿山,在保障安全稳定基础上可以转化为公园、科普教育基地或者是储备用地等;对于水源涵养区及生态环境较为脆弱地方,则要以恢复森林、草地以及防止水土流失为目的;而对于

具有一定工业基础矿山,则可以采取生态修复、旅游休闲、资源再生利用等多种形式进行开发利用。综合利用不是毫无节制地开发,而是在尽可能减少风险基础上最大化发挥修复作用和社会效益。

4.5完善长效管护与评价应用。治理成效评价的价值不仅在于形成验收结论,更在于把评价结果转化为后续管护和项目优化依据。矿区修复工程完成后,应结合不同不良地质体的风险等级建立分区管护制度,对高陡边坡、排土场、采空塌陷区、泥石流沟道等重点区域设置定期巡查频次和监测项目,重点记录裂缝扩展、坡面冲刷、排水沟淤堵、挡护结构变形、植被退化和人为扰动等变化。对评价中发现的问题,应按照风险大小划分立即处置、限期整改和持续观察三类,并将整改情况纳入下一轮评价。与此同时,评价指标也应根据矿区所处自然条件和治理阶段进行动态修订,例如干旱半干旱地区应更加关注覆土保水、耐旱植物成活及风蚀控制,降雨集中地区则应突出截排水能力、沟道稳定和坡面侵蚀防治。对于仍处于沉降、蠕滑或冲刷发展阶段的区域,不宜急于给出稳定结论,而应延长观测周期,结合雨季、冻融期和生产扰动后的变化情况进行综合判断。地方主管部门、矿山企业和第三方评估机构也应明确资料移交和责任边界,保证监测点位、巡查照片、维修记录和复绿补植情况能够连续保存。必要时可将评价结果与年度治理资金、管护绩效和风险预警联动,促使责任主体持续跟踪薄弱环节。对于长期闲置或拟转型利用的矿区,还应在评价报告中提出用地适宜性、生态承载力和安全管控建议,避免修复后再次出现无序开发。通过把监测数据、现场复核和管护记录统一归档,可以形成从设计、施工、验收到运营维护的闭环管理,使不良地质体治理由一次性工程转向长期风险控制过程。这样既能提高生态修复成果的稳定性,也能为同类矿区治理方案选择、资金投入安排和后续土地利用决策提供依据。

5 结论

矿区生态修复背景下的不良地质体治理效果评估需要以安全性为前提、生态为导向以及注重后期维护,评估内容包括地质安全、生态恢复、工程稳定性、景观和谐以及后期维护情况等,评估方法要分阶段、多种途径获取信息并区别对待。对历史遗留矿山以及露天矿山来说,治理效果不是短期内能否实现绿化,而是不良地质体的风险是否在不断减少,生态环境的基础是否得到有效改善,后期的后期工作是否能够顺利进行。今后要加强矿山监测数据互通互享、制定更加详细的评价标准及落实后续评价的责任制,使矿山生态修复由单一的技术性治理转变为长效、精细化、全方位的管理。

【参考文献】

- [1]司洪涛,冯樊,王琛,等.重庆市具有代表性的石灰岩矿山生态恢复及合理利用方式探讨[J].矿业安全与环保,2025,52(6):184-193.
- [2]尘福艳,王亚红,杜玉娥,等.青海省矿山地质环境恢复治理成效评估方法研究:以青海省某矿区为例[J].中国矿业,2023,32(11):62-69.
- [3]李甫,刘俊建,葛建平,等.典型水源涵养区废弃矿山生态修复效益评价指标体系研究[J].中国矿业,2023,32(5):44-52.
- [4]翟良良,赵凯,周小龙,等.浅析露天矿山生态修复地貌重塑成效评价方法[J].地下水,2024,46(4):148-151.
- [5]胡万长.甘肃西成铅锌矿区矿山地质灾害的灾变机理及治理效果评价[J].世界有色金属,2022,(8):142-144.

作者简介:

牛建鹏(1987--),男,汉族,甘肃定西市人,本科,副高,地质矿产-生态修复(地质环境部分),主要研究方向:矿区生态现状和受损预测、矿区生态修复工程措施。