

矿山工业场地生态治理修复研究

——以某铜矿为例

吴 华 朱 柱 徐冬冬

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘 要] 某铜矿工业场地因电动轮频繁出入, 粉尘弥漫, 环境脏乱, 对整体矿区生态环境造成了较大的污染, 亟需开展生态治理与修复。结合现场条件和地质特征, 采用场地整理工程、截排水工程、土壤改良工程和生态修复工程等对工业场地开展生态治理修复。治理修复成效显著, 对类似的工业场地生态治理修复工程具有一定的参考意义。

[关键词] 工业场地; 植被恢复; 生态修复; 铜矿; 场地整理; 土壤改良; 截水排水

[中图分类号] X171.4 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1008-5122(2022)03-0086-04

DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.03.019

0 前言

矿山工业场地与矿山的地面生产系统紧密联系, 是根据矿山的采矿工艺、矿石运输和地面加工等使用要求, 结合地形、地貌、地质、水文、气象、矿区地质环境等自然条件, 按照安全卫生和环境保护等有关规定, 与地面生产系统经统一规划布置而形成的综合体, 承担着地面生产的辅助功能^[1]。

某铜矿地处我国南方某铜业开采大省, 经过多年开发建设, 已跻身世界先进铜矿山行列。该铜矿工业场地位于采厂运矿道路中段, 是采厂内电动轮机械维修保养及司乘人员临时办公及休息区域, 主要承担采区机修维护与部分行政服务功能。日常生活中作为电动轮高频进出入库的区域, 工业场地内晴天时粉尘弥漫, 雨天时雨水冲洗路面导致现场环境脏乱, 对整体矿区生态环境造成了较大的污染。为了切实改善工业场地的生态环境现状, 落实区域划分的功能发挥, 提高整体美观度并及时遏制生态环境的持续破坏, 铜矿计划开展生态治理修复工程。目标是通过治理修复实现场地内边坡结构稳定、清

污分流设施完好、土壤土质良好可满足植物生长需求、植被恢复具有生物多样性, 兼顾园林绿化美化效果, 实现景观提升。

1 场地现状

由于本项目铜矿工业场地土体酸化, 含有大量重金属, 营养物质匮乏, 场地植被稀少, 水土流失严重。邻近排土场的局部区域存在地裂缝、坍塌等地质灾害情况, 边坡坡面上堆存有大量的废石, 且临近运矿道路边坡较为陡峭。场地内分布有大型冲沟, 地面压实度较大, 不存在植物存活的土壤基质。

根据该工业场地的土壤采样检测情况, 以及分析铜矿内及矿区周围环境、地理、地貌、气候、气象、水文地质、周边植物分布现状, 土壤酸性、重金属、营养元素、微生物指标等生态治理恢复要素, 发现工业场地内存在的极端酸性及产酸问题、重金属毒性、严重贫瘠和产酸微生物比例过高问题是限制植物定居生长的4个主要土壤问题。

2 生态治理修复设计

根据该工业场地现场条件和地质条件特征, 对临近运矿道路外侧的岩质边坡、工业场地内的平台及土质边坡分别采用“消灾除险+挂网喷播”与“原位土壤改良+直接植被”技术进行边坡与场地整治和生态修复。同时, 在场地内的道路两侧和电动轮停车场两侧建设土质挡墙作为隔离带, 发挥功能区域的作用。为提高工业场地的整体美感度, 对治理区域进行景观提升设计和建设。

[收稿日期] 2022-01-20

[作者简介] 吴华(1989—), 女, 辽宁锦州人, 硕士, 工程师, 主要从事生态工程技术管理工作。

[引用格式] 吴华, 朱柱, 徐冬冬. 矿山工业场地生态治理修复研究——以某铜矿为例[J]. 有色冶金节能, 2022, 38(3): 86-89, 94.

具体工程设计包括场地整理工程、截排水工程、土壤改良工程和生态修复工程等4个分项工程。

2.1 场地整理工程

场地整理与其功能区域划分及现场实际相符合。在确保场地内边坡结构安全稳定的前提下,兼顾地形地貌的稳定性与景观性,依山就势开展地型重塑,实现场地整理。根据铜矿矿区地质、水文、气象、气候及植物资源等自然环境条件,结合场地排水需要,就近取土覆土,通过掘高补低和清坡修整提高边坡稳定性,以达到消灾除险的治理目标。实施过程中,尽可能减少土石方工程人为扰动而引发的边坡安全隐患。

场地内侧的裸露土质边坡以柔性防护为主,辅以工程措施,采用借助锚钉固定的柔性铁丝网进行防护。对于临近运矿道路外侧的岩质边坡,进行危岩体清理和削坡减荷,确保边坡的稳定性。场地内功能区的整理则是在其边界处采用粘土分层压实的方式修筑土质挡墙,起隔离缓冲作用。场地东南侧的积水坑回填平整,以协调场地整体环境。

2.2 截排水工程

在场地整理重塑地形的同时,因势利导、合理有序地设计导水、排水工程,分流水源,实现场地内的清污分流,并且能充分满足场地内生态修复前期控制水土流失的需要。

根据场地内边坡的坡质、坡度、高度、汇水面积等因素,因地制宜地设置截、排水沟等排水设施。根据暴雨期间的水流观察,选择地质条件较好的地段进行沟渠走向设计,构造坡顶及平台内截水、排水及坡面导水的纵横排水沟网络系统,逐层有序截水和排水,控制边坡水蚀及水土流失。工程设计过程中,充分考虑截、排水沟的防冲和防淤要求,并通过改变沟渠的设置方向调整水流速度。

坡顶设置截水沟,将坡顶以外的地表水从截水沟街排出边坡外。结合地形和地质条件,在分级边坡上方沿等高线设置截水沟拦截地表径流,在坡脚设置边沟排水,在坡面根据地形设置纵向排水沟引流排水,在平台设置截水沟将坡面汇水及地下水截、疏排出。

对于截水沟尺寸的设计,要根据场地的地形图计算汇水面积,然后按20年一遇洪水设计截水沟流量,并按50年一遇洪水进行校核。永久水沟的设计排水流量采用小流域面积计算。截水沟横断面根据设计频率暴雨坡面最大流量进行计算设计。

2.3 土壤改良工程

受场地空间及客土成本的限制,本项目土壤改良主要采用原位基质改良工艺。改良方案是依照原位土壤的检测结果,在完成场地整理所覆盖的种植表土上采用复合基质拌合以硫还原菌为主的微生物菌剂进行改良,以改变土壤酸性条件,调整土壤pH值,进而增加土壤有机质含量,降低土壤重金属活性,达到固化、稳定化的目的^[2]。同时,对土壤改良开展前期酸化预测和全过程酸化控制,营造有益微生物生长的适宜环境,实现有益微生物对土壤的持续改良。

结合铜矿工业场地现有的功能分区,针对公路外侧的土质边坡酸性较强的问题,设计采用“控酸抑酸+增加营养结构”的方式进行土壤改良。而其他区域因土壤酸碱度适中,仅需通过“增加营养结构”措施改良土壤。合理添加拌和可快速调节土壤pH值的生石灰、草木灰等碱性物质或生物菌有机材料来改变氧化还原环境,从而抑制产酸微生物生长,是控酸抑酸的主要手段。而增加营养结构主要通过施加土壤修复剂来实现。土壤修复剂主要由有机肥、生物菌有机材料和无机肥等修复材料组成,其具体用量和配比需要根据土壤改良方案设计前各功能分区的土壤检测与分析结果进行现场调整,并采取浅层隔离及多次补给的方式进行改良。此外,还需通过施加一些有机或无机肥料来提高P、N等营养元素的含量。改良后的土壤在后期维护过程中仍要定期进行采样观察,避免返酸现象的发生。

2.4 生态修复工程

生态治理修复的关键是经过土壤改良后在生态恢复条件成熟时,及时对修复完成的土地进行植被恢复,构建乔灌草立体植被体系。因工业场地的土地被压占,原始植被遭到损毁,因此开展植被恢复先期,应筛选适宜的先锋植物进行修复,在中后期,筛选适宜的适生植物作为长期生态修复对象,进而建立起稳定的植被系统^[3]。

在植被恢复的过程中,为了使修复后的生态景观与周边环境融为一体,种植品种的选择应以当地品种优先为原则,依据所在矿区原有气象气候条件、植被类型、地形条件等,分别选择速生且抗逆性强的耐阴性乔灌木作为先锋造林树种,起到迅速固土蓄水、遮荫防晒、改良土壤的作用。选择固氮能力强且有利于改良土壤的草籽作为恢复草种,起到快速建坪、增加土壤肥力的作用。通常,适宜作为先锋造林

的树种主要有马尾松、胡枝子、盐肤木、紫穗槐等,适宜的恢复草种以豆科草类为主,主要选择大叶草、狗牙根等。植被成活3个月后,可酌情在孔隙处补播耐性植物,确保实现短期植被与长期植被的自然演替。在种植模式上,采用种、播相结合,形成先锋植物、长期定居植物、短期植物、四季植物更替的人工群落系统,实行草灌相结合。

为了确保种植的乔、灌、草植被能够顺利成林,在完成栽植及播种后,应从浇水、施肥、病虫害防治、补种等方面,制定详细的植物抚育技术方案与灾害防治措施,并落实执行,如定期检查成活率、培土、加施石灰及土壤改良基质、发现死株即行补植等。植物成活且经历过1个完整的生活周期后可不再需要人工抚育,逐步实现由人工到自然的演替。

本项目通过对该工业场地的修整及土壤改良,为生态修复工程提供了较为适宜的场地环境。结合该工业场地的生产及管理功能需要,生态修复工程以植被恢复工程为主,兼顾景观工程及附属工程。

2.4.1 植被恢复工程

本项目植被恢复工程区域范围涉及临近运矿道路外侧的岩质高陡边坡区域和工业场地内的平台及

土质边坡区域。根据该项目生态修复整体设计方案,分别采用“挂网客土喷播”与“直接植被种植”方式进行植被恢复。

2.4.1.1 岩质高陡边坡

针对临近运矿道路外侧开采面的高陡岩质边坡,进行挂网客土喷播植被恢复。该区域岩质边坡坡面高度约20 m,最大坡面高度约27.2 m,坡度约 48° ,恢复面积约 $10\ 156.75\text{ m}^2$ 。

挂网客土喷播主要是将用于坡面植被恢复的灌草种子经催芽后与保水剂、黏合剂、肥料、基质纤维及水等按一定比例搅拌混合,再通过专用的喷播机械根据设计厚度分2~3次喷射到挂有柔性铁丝网的裸露岩质坡面上,形成均匀且较稳定的基质覆盖层(图1)。覆盖层中,由保水剂形成的半透明保湿表层,大大减少了基质水分的蒸发,为种子发芽提供了水分、养分和阴蔽条件;而通过黏合剂粘合达到一定物理强度的基质纤维具有吸水保湿和提供养分的作用,可实现遇风不吹失、遇降雨或浇水不冲走,并有抗旱、固种、保苗的效果。而植被恢复后,发达的根系可通过基材深入岩体的节理和裂隙中,能达到永久固坡和美化环境的双重目的。本项目设计采用

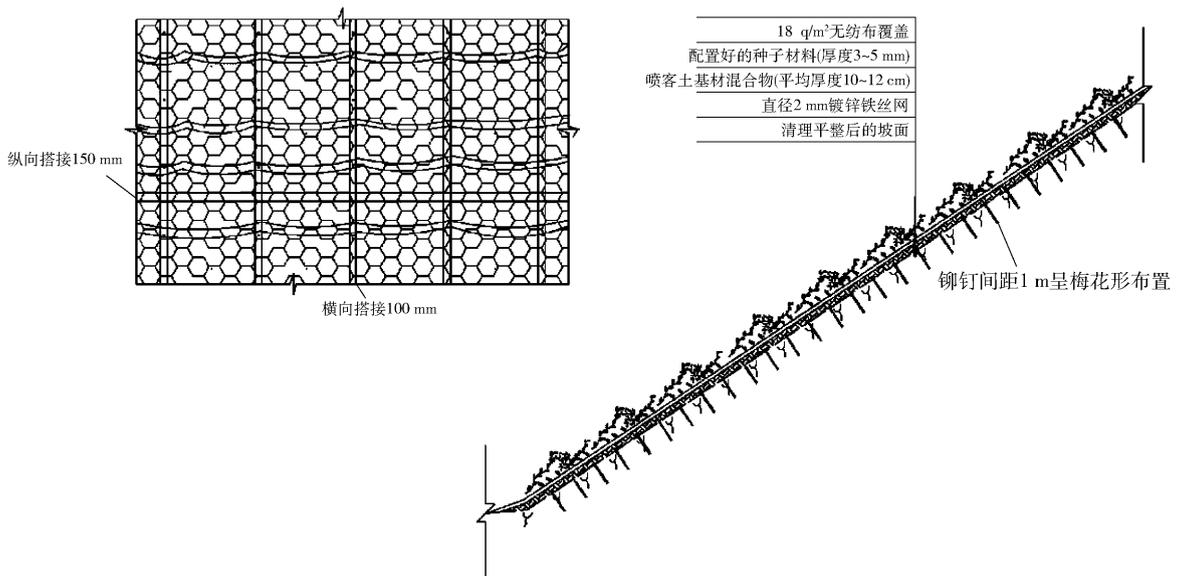


图1 挂网客土喷播示意图

灌木种子与草本植物种子混合喷播方式恢复植被。

2.4.1.2 工业场地内的平台及土质边坡

针对工业场地内的平台区域和土质边坡区域,采用直接植被种植进行恢复。该区域坡面地质结构较为稳定,经过场地整理与土壤改良后,达到了植物成活的基本环境要求,可采用直接植被种植的方式

进行恢复,恢复面积约 $33\ 843.25\text{ m}^2$ 。设计采用乔灌木植物营养袋苗种植与草籽撒播相结合方式恢复植被。

2.4.2 景观工程

在该工业场地生态修复的过程中,生态功能与水土保持是居于首位的功能性需求,然而工业场地

规模大、坡面较为平顺,是天然的造景“画布”。因此,在通过直接植被种植技术保证植被恢复效果的前提下,因地制宜地选用造景植物通过科学的植物配置,利用植物的季相性打造景观工程。注重常绿植物与落叶植物搭配,绿色植物与彩叶植物搭配,规模化种植观赏性植物,突出植物的季相特征,有利于工业场地园林景观的打造,避免了以往生态复绿景观性单一的不足,有利于实现工业场地的景观园林化。

结合该工业场地实际情况,利用植物生态位特征,合理布置所选乔、灌、草等不同类型植物的种植位置,适度增加植物种类,形成复层混交的植物群落结构,并将大叶女贞、樟树、红叶石楠、紫薇等观赏性强的树种作为骨干树种开展规模化种植,形成片植型植物景观,实现三季有花、四季常绿、季相特色突



图2 工业场地生态修复前后对比

4 结论

矿山工业场地因各矿山生产性质、规模、开采方式、产品类别以及建设条件的不同,在地面布置、场地组成、场地功能与用途等方面均有所差异。某铜矿的工业场地承担着机修与行政功能,也是露天矿山中工业场地中的一类典型代表。通过某铜矿工业场地生态治理修复工程的成功实施,可以发现这一类工程场地生态修复设计的关键点在于:

1) 承担机修维护功能的工业场地因电动轮进出频繁,除了环境有较程度的扬尘污染外,也是交通隐患高位区。因此该类场地开展生态修复首要是确保场地周边边坡结构稳定、壤土覆盖,截排水系统引流合理、沟渠畅通,确保无水流冲刷及积水洼涝。其次,为确保场地内的交通安全,尽可能要视野开阔,因此植被恢复时以矮灌木为主,适当点缀高杆乔木,避免影响行车视野。

2) 由于工业场地通常属于生产区域,整体生态

出的自然景观。

2.4.3 附属工程

由于该工业场地车辆及人员流动量非常大,特别是电动轮出入频繁,存在一定的安全风险。因此在场地生态治理修复完成后,应在场区出入口处设置场地标识牌,以起到告示作用。

3 生态修复效果

铜矿工业场地生态治理修复工程实施完工4个月,经现场踏勘发现边坡稳定、清污分流设施完好,场地内土壤pH值达到5~7、植树生物多样性达到7种以上,整体具有美观及园林绿化效果,植被覆盖度保持90%以上,且植物成活率保持90%以上,实现了景观提升目标。该工业场地生态修复前后对照情况如图2所示。

环境较粗犷,植被恢复养护不可能如园林景观般精细。因此在开展生态修复设计时所选用的恢复植被需具有较强的抗耐性,特别是对及污染性气体,如SO₂、NO₂等,具有较强的吸附能力,兼顾恢复植被的物种多样性。

3) 工业场地生态修复设计的植被选择要具有成坪快及免维护的特点,减少人工抚育养护,并兼具景观效果,尽可能实现与周边整体环境的融合。

[参考文献]

- [1] 傅能武,张春. 某露天矿山采矿工业场地边坡滑坡治理[J]. 现代矿业,2021,37(10):111-112.
- [2] 黄金,王慧娟,汪江萍,等. 废弃矿区生态修复技术分析[J]. 世界有色金属,2019,(19):235-236.
- [3] 占幼鸿. 浅谈有色金属矿业废弃地的生态恢复[J]. 矿冶,2018,27(2):96-100.

(下转第94页)

2021(8):132-135.

- [8] 李莉,李海霞,田巍,等.中卫市城镇污水再生利用现状及潜力分析[J].水利发展研究,2021,21(8):15-19.
- [9] 张柳青.污水处理项目经济评价研究[J].产业创新研究,2021(15):67-68,78.

- [10] 杨力滢,任毅,谭建涛.广东省PPP项目物有所值评价优化及对策——以L市村级生活污水处理PPP项目为例[J].顺德职业技术学院学报,2021,19(3):22-27,46.

Analysis on Economic Benefits from Acquisition of a Water Treatment Company

JIANG Wei-hua, LIU Yu-ning

Abstract: An environmental protection enterprise was selected as a sample to comprehensively analyze the financial return from acquisition of a 10 billion CNY water treatment company; the changes in operating indicators and industrial influence brought by acquiring water assets were introduced; a comparison of input-output financial data was made between a water treatment project and a PPP construction project. Compared with investing in a PPP project, acquisition of a water treatment company can produce higher gross profit, higher profit margin and higher profit over the same period, but slightly lower sales revenue and longer payback period.

Key words: acquisition investment; PPP investment; water treatment; environmental protection enterprise

(上接第89页)

Study on Ecological Restoration of Mine Industrial Site ——A Case Study of A Copper Mine

WU Hua, ZHU Zhu, XU Dong-dong

Abstract: Due to the frequent access of electric wheels, the dust in a copper mine industrial site is diffuse and the environment is dirty, which has caused great pollution to the ecological environment of the whole mining area. It is urgent to carry out ecological management and restoration. Based on the site conditions and geological characteristics, the ecological treatment and restoration of industrial sites are carried out by site consolidation engineering, drainage engineering, soil improvement engineering and ecological restoration engineering. The remediation effect is remarkable, which has certain reference significance for similar industrial site ecological remediation projects.

Key words: industrial site; vegetation restoration; ecological restoration; copper; site arrangement; soil improvement; water interception and drainage