

铁矿地质环境现状及矿山恢复治理措施的系统分析

——以新疆新源县苏洛铁矿为例

孔维英

新疆维吾尔自治区地质局昌吉地质大队, 新疆 昌吉 831100

[摘要]新疆新源县苏洛铁矿在近年开发强度持续提升的背景下,其周边地区的地质与生态系统已出现不同程度的退化趋势,尤以无序采矿造成的地表扰动与植被破坏最为显著。为了实现生态恢复与地质安全的双重目标,亟须引入系统性、可操作的修复策略。以该矿区为研究核心,文章围绕 2022 年至 2025 年间的政策框架与野外调查资料,对地质环境受损现状进行了归纳分析,挖掘其形成机理。在实证基础之上,治理方案被构建,其核心路径涵盖地形重塑、土体稳定与生态结构恢复三方面,通过引入回填压实、覆土复绿等工程手段,同时配套污染防控与生态监测措施,提升整体恢复质量。本研究在矿山治理技术层面具有推广价值,为新疆地区生态脆弱型矿区提供了具有现实意义的参考依据。

[关键词]苏洛铁矿; 矿区治理; 地质环境现状; 地貌修复; 治理措施

DOI: 10.33142/ec.v8i5.16637

中图分类号: TD235

文献标识码: A

Systematic Analysis of the Current Geological Environment of Iron Mines and Measures for Mine Restoration and Management —Taking the Suluo Iron Mine in Xinyuan County, Xinjiang as an Example

KONG Weiyang

Changji Geological Brigade, Geological Bureau, Xinjiang Uyghur Autonomous Region, Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: Against the backdrop of continuous increase in development intensity in recent years, the geological and ecological systems in the surrounding areas of Suluo Iron Mine in Xinyuan County, Xinjiang have shown varying degrees of degradation, especially the surface disturbance and vegetation damage caused by disorderly mining. In order to achieve the dual goals of ecological restoration and geological security, it is urgent to introduce systematic and actionable restoration strategies. Taking the mining area as the research core, this article summarizes and analyzes the current situation of geological environment damage based on the policy framework and field survey data from 2022 to 2025, and explores its formation mechanism. On the basis of empirical evidence, a governance plan has been constructed, which covers the core path of terrain reshaping, soil stability, and ecological structure restoration. By introducing engineering methods such as backfilling and compaction, soil cover and greening, and supporting pollution prevention and ecological monitoring measures, the overall restoration quality has been improved. This study has promotional value in the field of mining management technology and provides practical reference for ecologically fragile mining areas in Xinjiang.

Keywords: Suluo iron mine; mining area governance; geological environment current situation; geomorphic restoration; governance measures

引言

资源开采活动虽在区域经济体系中扮演重要角色,但其对地表环境的持续侵蚀与生态系统稳定性的削弱亦日益明显。新源县苏洛铁矿作为典型的富铁矿分布区,自投产以来在工业产值与就业岗位增长方面产生了积极影响,然而其开发过程中暴露出的问题同样值得高度警惕。特别是在规划不完善与监管薄弱阶段,矿体开采超越许可范围、草地与山体遭到严重干扰,使地质生态功能遭遇长时间压制。坑壁崩塌、土层流失、水体受扰等现象反复出现,已对生态安全构成潜在威胁。随着生态文明理念不断深化,矿山整治逐步从被动响应转为主动修复。2023 年,伊犁州依照中央环保督察反馈意见,对苏洛铁矿违法采矿造成的环境损害进行专项审查,并制定系统治理任务,提出明

确时限与责任主体。针对生态极度敏感的阿热勒托别区域,该项修复工程的启动不仅是政策落实的体现,也意味着对生态恢复机制实效性的全新考验。

1 治理区基本概况

1.1 地理位置与交通条件

苏洛铁矿治理区位于新疆伊犁哈萨克自治州新源县城东北方向约 25 公里处,行政区隶属新源县阿热勒托别镇,地处伊犁河谷东部、阿吾拉勒山东段南麓中山区,地理坐标为 CGCS2000 坐标系 28 带。区域交通便捷,218 国道穿越阿热勒托别镇并距矿区仅 10 公里,为矿石运输、施工机械调配及人员进出提供良好条件(如图 1 所示)。通过 218 国道可西行至则克台镇、新源县城和伊宁市,形成较为完善的矿区交通通道系统。

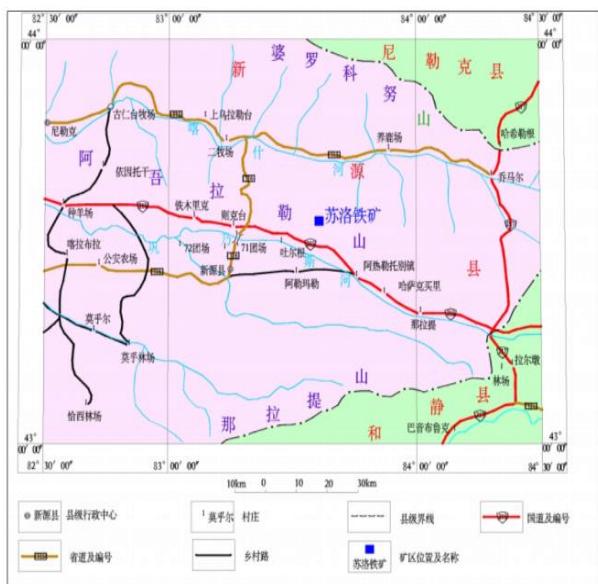


图1 治理区交通位置图

治理区范围主要包括两个部分：一为矿区采坑破坏区域，面积 275955m²；二为矿区北侧开采遗留高陡边坡区域，面积 18245m²，总计 294200m²。根据 2008 年新疆维吾尔自治区国土资源厅颁发的采矿许可证，苏洛铁矿区范围由六个拐点圈定，开采标高+1963m~+1738m，总面积为 0.7848km²。

1.2 矿区社会经济与土地利用情况

苏洛铁矿隶属于新源县鑫源矿业开发有限责任公司，所在地阿勒托别镇总面积达 897.7km²，辖 6 个行政村及 1 个农场，总人口约 3.4 万人，由哈萨克、汉、维吾尔等多个民族组成，产业结构以矿产、农牧产品加工业为支柱，近年来非公经济实体发展活跃，具备一定经济活力。镇内活畜、农副产品、粮油及乳品加工四大专业市场已初具规模，对矿业及相关产业发展提供了产业配套和消费基础。

矿区所处地块为国有土地，产权明确，未涉及耕地及基本农田保护区。根据 2020 年国土空间生态修复处公示数据，治理区土地类型以中-高覆盖度天然牧草地为主，占比超过 95%。地表植被发育良好，覆盖率超过 40%，主要植物群落包括新疆早熟禾、风毛菊、线叶嵩草等草本植物，属荒漠草原生态系统，植被对土壤保持作用明显。土壤类型以黑钙土为主，表层厚度 0.5~2m，有机质含量中等偏上，pH 值呈弱碱性，具备一定的生态恢复潜力。

矿山为生产矿山，建设期及生产期定员约 130 人，原矿年产能达 60 万吨，设计服务年限 17.55 年，矿山总投资达 1.28 亿元，年销售收入约 1.17 亿元，年税后利润可达 2100 余万元。饮用水取自吐尔拱萨伊河，生产用水来自矿井中段涌水，基本可满足矿山正常运转需要。矿区周边 5 公里范围内无常住居民，仅有夏季牧民放牧活动，人类干扰度较低，具备实施生态修复的基础条件。

2 地质环境基础条件

2.1 自然地理环境

苏洛铁矿所在区域位于伊犁河谷东部的阿吾拉勒山东段南麓中山区，地形总体呈南高北低态势，海拔在 1844~1999m 之间，相对高差超过 150m，山体浑圆、坡度较大，地表切割明显，坡度多在 25°~55° 之间，地形条件复杂但具有较高的自然景观和生态功能价值^[1]。地表覆盖物主要为第四系风积物和冲洪积物，厚度 0.5~2m 之间，为区域植被提供了基础生境。

区域属典型的大陆性山区河谷气候，年均气温为 8.9℃，极端低温达 -27.6℃，极端高温可达 39.8℃。年均降水量为 494.5mm，降水主要集中在 4 月至 9 月，占全年降水量的 68% 以上，蒸发量显著高于降水，年平均蒸发量达 1343mm。冻土期为每年 11 月至次年 3 月，冻土深度可达 86cm，最大积雪厚度 66cm，气候条件对土壤和植被的恢复形成挑战。

水文方面，矿区北部约 1500m 处流经吐尔拱萨伊河，属区域主要地表水体之一，流量季节性强，源自大气降水与雪融水，供矿区及牧民生活、生产用水；同时，矿区东部洛苏萨伊小溪亦常年有水，为周边生态系统的重要补水来源。地下水主要为基岩裂隙水，埋深在 90~117m 之间，涌水量适中，矿化度为 0.32g/L，水化学类型为 HCO₃-Ca·Mg 型，整体水质较好。

生态方面，治理区植被覆盖度较高，以荒漠草原类草本植物为主，常见有新疆早熟禾、鸭茅、风毛菊、红景天等，部分阴坡区域可见高山柳、小檗、锦鸡儿等灌丛，植被结构较单一，生态脆弱。土壤为典型的黑钙土，质地以黏壤土为主，表层含有机质丰富，有良好的水分保持性和肥力基础。动物区系主要为鼠类、旱獭等小型动物，偶见猛禽飞过，区域无明显的珍稀保护物种栖息活动。

2.2 地质构造与地层情况

治理区地层以石炭系阿克沙克组和泥盆系坎苏组为主。阿克沙克组地层岩性以安山岩、玄武质安山岩、英安岩为主，广泛出露于矿区北部；坎苏组则以片岩、板岩等变质岩系为主，出露于南部，与上覆火山岩接触带形成明显的断裂带。矿区内构造活动强烈，以断裂构造为主，其中 F1-1 断裂为区域主要构造带，走向 295°，为压性逆断层，控制了矿体的分布与地质环境的稳定性。

治理区岩浆活动较弱，仅在矿区南部有石英斑岩脉分布，岩体出露不明显。第四系堆积物广泛分布于低洼沟谷区域，主要为风积粉土和冲洪积砂砾石，覆盖厚度不均，为地质环境治理提供了回填与覆土材料的可能^[2]。地震资料显示，治理区地震动峰值加速度为 0.20g，属地震基本烈度Ⅷ度地区，区域构造活动相对频繁，地壳稳定性被划为“次不稳定区”，对地质灾害监测与防护提出了更高要求。

地下水类型以基岩裂隙水为主,补给来源为大气降水与地表渗透,水位埋深较大,单位涌水量不高,水质良好但资源有限。矿井设计利用矿井自然涌水作为生产用水,日最大涌水量约为 150m^3 ,矿井水全部回收使用,无废水外排,地表水与地下水基本处于平衡状态。

3 治理区地质环境问题分析

3.1 地形地貌破坏问题

自 2012 年起,苏洛铁矿的露天开采活动已对周围地形地貌产生了显著影响。现存的采坑编号为 CK1,坑口长度为 750m,宽度变化范围从 90~260m 不等,最大深度可达 40m,总占地面积为 152600m^2 ,估算采坑体积超过 120 万 m^3 。原生态山体遭到严重破坏,地表结构遭到破碎,坡度陡峭,植被完全消失,原有的地貌格局受到显著干扰,导致区域景观的连贯性丧失。在采坑形成后,回填与整治措施未能及时实施,造成了多个坑壁裸露,斜坡角度过大,土石松散,部分区域甚至发生了局部小型坍塌,给施工、运输及周边道路安全带来较大隐患。土地原有的利用功能已经丧失,不能继续用于放牧或农业用途,造成了土地资源的浪费。同时,地形的破坏改变了坡面水流的路径,加剧了水土流失的风险,对生态系统的稳定性产生了深远影响。

3.2 生态环境破坏问题

矿区地处生态功能区 III-2-37 哈尔克他乌-那拉提山水源涵养与生物多样性保护带,原本脆弱的生态系统在露天开采的过程中受到了严重损害。机械扰动、土壤剥离、爆破等作业造成了大量植被丧失及土壤扰动,原本的荒漠草原型植物被完全清除,草地的覆盖度从 40%以上急剧下降至几乎裸露的状态。加上干旱气候与高蒸发条件,生态系统的自我修复能力受到限制,恢复周期较长。采矿作业所产生的扬尘及固体废弃物,对周围植被的生长也产生了负面影响。植物群落遭到破坏后,动物活动范围受限,生态链断裂,进而导致生态系统整体功能的损失。治理区内水土流失加剧,原本稳定的地表植被失去对雨水的截留作用,进一步加剧了泥沙淤积、河道侵蚀等次生生态问题。

3.3 安全隐患与地质灾害问题

矿区现存的采坑,因其坑壁陡峭且缺乏支护结构,存在较高的滑坡与坍塌风险,尤其在夏季降水集中的雨季,强降雨容易导致岩土边坡的失稳。开采过程中形成的断裂带加剧了地形的应力集中,部分区域的岩石松散,一旦受到扰动,便可能引发崩塌等地质灾害^[3]。目前,矿坑边缘已作为矿山运输道路使用,部分道路紧邻坑壁,存在交通安全隐患。如果不进行及时治理,降雨、冻融以及重载车辆的作用将加速坑壁的破坏,严重威胁人员及设备的安全。根据治理区震动峰值加速度 0.20g 及烈度 VIII 度的地震区划,区域内可能会发生中强度地震诱发的地质灾害,因此,治理工作迫在眉睫。

3.4 周边环境及人为活动影响

尽管阿热勒托别镇常住人口较少,但周边乡镇经济活动频繁,特别是在农牧业与矿产开采方面,交通运输及生产建设活动频繁。采矿作业的影响不仅限于开采区域,也通过道路、设备堆场、废渣堆放区向外扩展,逐渐扩大了破坏范围。矿区北部的沙拉穷库尔铁矿及西南部的式可布台铁矿,近年来也有采矿或停工的迹象,矿区周围的人类活动趋于集中,对区域生态系统的连通性构成威胁。治理区虽然未被划入自然保护区,但其所处的生态功能区地位重要,因此治理时需要特别注重生态连续性,避免出现“斑块化”的现象。

4 治理与生态修复措施

4.1 治理原则与目标

在苏洛铁矿地质环境的治理工作中,遵循了“稳定边坡、恢复地貌、重建生态、预防灾害”的总体原则,目标明确:恢复采坑地形、减少地质灾害隐患、重建生态系统。治理工程重点强调生态优先、恢复原貌、分区治理与因地制宜的治理理念,确保治理措施能够与区域的自然地形、气候条件、土地利用方式及生态特征紧密契合。治理目标具体包括:全面回填并整平违法采坑区域,恢复自然地貌;通过分层压实与覆土措施提升地表稳定性,降低地质灾害风险;通过播种与植物群落重建工程,恢复区域草地生态系统,实现土地的生产与生态功能复原;最终,确保通过防尘施工、信息公示等措施,达到“施工零扰动、生态恢复可持续”的治理效果。

4.2 回填与整平技术路径

治理区域总面积为 294200m^2 ,采坑回填量为 366890m^3 。施工将严格按照“进占法”操作原则,自深至浅、自下而上进行回填工作,合理控制坡度与平台宽度,防止形成新的地质隐患。具体技术路径如下:废渣石将作为主要回填材料,调运自矿区东南部距治理区 0.2~0.8 公里处的堆场,运输与摊铺作业将通过 20 吨自卸车与 2m^3 挖掘机配合进行,每层填筑厚度将严格控制在 1m 以内。分层压实将采用机械自重碾压方式,确保压实系数不低于 0.80,以保证地基稳固。回填完成后,当设计高程达标,表层 0.8m 将覆盖表土。表土来自矿区生活区、初选厂、道路等区域,储备量约 70370m^3 ,未发生质变,土壤具备良好耕植条件。表土覆盖后,场地将统一整平,整平精度控制在 $\pm 20\text{cm}$ 以内。治理区域的坡度设计已合理调整,北东向坡度为 $+9^\circ$,北东-南南向坡度分别为 -11° 、 -22° ,所有坡面将经过台阶化处理,与周边地形自然过渡,避免形成高陡边坡与雨水冲刷沟槽。最终,整体地形单元符合地质环境治理要求。

4.3 生态修复与植被恢复策略

在地形恢复工作完成后,生态修复将重点实施草地植被群落重建、土壤稳定性提升与地表生态功能恢复。生态修复将依照“适地适草、混播重建、自然演替辅助”的原

则,结合人工播种与自然恢复相结合的方式推进^[4]。草种的选择将根据原始植被类型,优先选用耐旱、固土、早生的乡土物种,混播包括新疆早熟禾与鸭茅,播种比例为1:1。草种将保证粒饱满、发芽率不低于80%,播撒后覆盖细土并适度压实,以确保较高的成苗率。草种养护周期设定为2~3年,预计在此期间可以初步恢复原有植被景观,5年后区域生态系统将能够自我维持。为了进一步提升生态恢复效果,配套措施将包括:设置工程说明牌与生态保护警示标识,以增强公众参与感;加强治理区周边灌木的天然恢复,推动生态斑块间的连通性;必要时,设置临时围栏以防大型动物的破坏,确保早期草本植物的生长。

4.4 施工组织与环境保护措施

为确保治理工程的安全、高效、环保实施,施工全过程将严格遵守标准化与清洁化作业要求,特别在扬尘控制、施工扰动与废料管理等方面加强组织与监管。具体措施包括:施工现场将设置洒水车,随作业机械同步降尘;废石堆取料与运输过程中,将采用喷淋与篷布覆盖措施,以防扬尘外逸;施工路线与区域边界将严格规范,确保机械作业不会超范围扩散,施工场地的压实影响范围得到有效控制;剩余废石、未用表土等材料堆放场地将设置坡度与排水设施,避免次生地质灾害的发生。全程的影像资料将进行采集,施工前、中、后将在定点定角度进行拍摄,记录治理效果,为未来类似工程提供影像样本。

5 结语

苏洛铁矿治理区是新疆新源县典型的资源型生态破

坏区域,矿产资源开发与生态保护之间的矛盾愈发突出。本文结合2022—2025年的政策背景与现场勘查数据,分析了采坑地貌破坏、生态系统退化、地质灾害风险及人为干扰等问题,并在此基础上提出了“地貌恢复—结构稳定—生态修复”三步走的综合治理方案。通过拉料回填、分层压实、覆土整平与人工播种等技术措施,不仅修复了采坑地形,还重建了草原生态系统功能,配套完善了施工组织与防护机制,成功实现了从单一地质恢复到系统生态重构的转变。今后,应持续开展治理效果监测,重点关注植被恢复与地质稳定情况,并将治理经验逐步推广至更多矿区,以推动新疆矿山地质环境恢复治理工作系统化、科学化与长效化发展。

[参考文献]

- [1]谭睿,魏志恒,温士苇,等.智慧矿山的数据治理体系和应用场景研究[J].煤炭科技,2025,46(1):28-33.
 - [2]马壮,王晨雨.废弃矿山生态修复治理措施研究——以吴田山矿区为例[J].环境生态学,2025,7(3):129-135.
 - [3]马妍,吴欣宜,崔碧莹,等.“双碳”背景下矿山生态修复的推动与科学传播[J].环境教育,2025(3):48-51.
 - [4]闫丹丹.水工环地质工作在废弃矿山地质环境恢复治理中应用研究[J].四川地质学报,2025,45(1):111-115.
- 作者简介:孔维英(1987.2—),毕业院校:中国地质大学(北京),所学专业:地质工程专业,就单位职务:项目负责,当前就单位名称:新疆维吾尔自治区地质局昌吉地质大队,职称级别:工程师。