

矿区生态修复中崩塌滑坡灾害链识别与治理路径研究

牛建鹏

新疆中矿智汇矿业科技有限公司 新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐 830000

【摘要】：矿区生态修复不只是一个简单的绿化行为，而是一种对于采矿造成的采动扰动、边坡失稳、水土流失以及植被退化等一系列问题进行综合防治的过程。崩塌、滑坡往往是在降雨入渗、开挖卸荷、排土场堆载及采空区变形等因素作用下彼此诱发的结果，从而造成由隐患产生发展直至生态环境恶化的灾害链。本文以矿区生态修复为背景，探讨崩塌滑坡灾害链的认识方法、主要环节以及对策措施，从调查监测出发，到链式阻断为止，再到生态恢复为目的，希望对矿区地质安全及生态改善起到一定借鉴意义。

【关键词】：矿区生态修复；崩塌滑坡；灾害链识别；边坡治理；生态恢复

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.079

引言

矿产资源开发虽然为地方经济发展及工程项目建设提供物质基础，但是同时也改变了原有的地形地貌、地层岩性以及水文地质条件。露天采场高陡边坡、排土场疏松堆积体、废弃矿坑汇水区和公路路堑边坡等是崩塌、滑坡易发地段。如果生态修复仅仅停留在简单客土喷播、植被栽植或绿化处理上，则修复效果很容易受到大雨或者局部失稳影响而遭到破坏。因此，在进行矿区生态治理时应把“安全稳定”置于“生态重建”之前，在生态恢复过程中要充分考虑地质灾害问题并将其纳入到生态修复规划、施工与后期管理中。〔1〕

1 矿区崩塌滑坡灾害链的形成机理

矿区崩塌滑坡灾害链本质是由于采矿导致地质环境受到破坏，在外界因素影响下逐渐放大的过程。采场开挖减弱坡脚支撑力，产生临空面和卸荷裂隙；排土场不断堆积使坡体内力发生变化；地下采空区塌陷也可能带动地面裂缝发展。当这种结构上的改变与其他因素如暴雨、冻融、地震或人为二次扰动相结合后，坡体会先发生裂缝扩大、小面积坠落以及小规模滑动，之后发展成大规模滑坡、泥石流冲刷或者河道堵塞等现象。已有学者以网络模型为例说明矿区地质灾害链存在多种起因、相互关联及结果扩散的特点，在防治上不应仅仅对某一类灾害进行治理，而应当找出不同灾害之间联系以及控制点

从生态修复的角度来看，崩塌滑坡并非是地质问题的终点，而是生态退化的开始。边坡失稳会对已经恢复植被造成破坏，增大裸露岩土面积；滑塌物质进入沟道会使沟床抬高、改变水流汇集方向以及在下游产生新的侵蚀、淤积隐患；坡体内出现裂隙也会改变降雨下渗途径，从而影响根区水分状况以及

土壤保水性能。因此，矿区灾害链包括“开采活动诱发—坡体失稳—水土流失—植被受损—次生灾害”的一系列过程，在生态修复过程中如果不进行连贯考虑，则无法确定应先做什么工作。

2 灾害链识别的技术要点

（1）要进行分区分类调查。对于采场边坡、排土场、工业广场切坡、废弃硐口、采空塌陷区以及沟道出口等地段，要调查其坡高、坡角、岩性组合、结构面产状、地下水出露、植物覆盖情况及历史变形迹象等；对于已经发生崩塌体、滑坡体或不稳定斜坡，要特别注意观察裂缝、错台、鼓胀、落石堆积以及排水不良等先兆征兆现象。调查成果不可以简单地罗列成一份隐患清单，还要分析各个隐患点之间是否具有上下级关系或者坡面-沟道、采坑-排土场之间的关联性，形成一条条灾害链路图。〔2〕

（2）应建立监测预警以及动态识别的方法。高寒矿区、露天煤矿、高陡岩质边坡等处，坡体变形一般由多种原因造成。边坡监测与治理技术对高寒矿区露天煤矿生态修复的应用表明，位移监测、裂缝监测、雨量监测以及边坡工程治理相结合可以提升生态修复区的安全管理水平。而在实际操作过程中，则可以利用无人机航测、三维激光扫描、GNSS 位移监测、倾角计、裂缝计以及雨量站等设备建立“宏观巡查-重点监测-阈值报警”的方法，在监测过程中发现坡体位移加快、裂缝贯通、地下水位升高时要立即分析是否会对下游沟道造成堵塞、排土场发生滑移或者恢复植被受到破坏等问题，而不能仅停留在一个点上进行报警。

（3）应当将生态敏感性作为识别指标。传统的地质灾害

【作者简介】姓名：牛建鹏；性别：男；民族：汉，出生年份：1987年；籍贯：甘肃定西市；学历：本科；职称：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。

调查侧重稳定性评价,而矿区生态系统恢复则注重恢复之后的坡面能否长期稳定。对于土层薄、坡陡、汇水集中以及植被恢复难度大的地方,虽然短期内相对安全,但也应该认为是灾害链易损点。比如客土喷播坡面、格构梁间的植被地区、排土场平台边缘以及截排水系统的出口等处,在发生冲刷或者淤积时都会导致修复层脱落。所以灾害链识别还要考虑另外两个问题:哪些地方可能发生滑动,滑动之后会对什么造成影响,生态修复的效果又会受到何种损害。

3 矿区生态修复中的治理路径

(1) 进行源头减载及坡体稳定化处理。对于高陡边坡以及危岩体,依据岩体完整性、节理裂隙发育程度以及坡脚影响范围,可采用削坡卸载、危岩清理、锚杆锚索、主动防护网、抗滑挡墙以及坡脚支护等方法;而对于排土场和平缓堆积体,则需限制堆置高度和平缓坡度,做好分层平台和排水设施,必要时加设抗滑桩或挡土构筑物。地质灾害防治技术在矿山生态环境建设中应用表明,矿山生态环境建设必须同时考虑削坡整形、截排水、支挡加固和绿化植被相结合才既有利于安全又有利于生态环境保护^[3]。

所以,治理设计不能把工程措施当成生态措施的一个部分,在此基础上进行生态恢复是不现实的。

(2) 加强水流路径引导及沟道断链。降雨入渗以及坡面汇流是崩塌滑坡链式发展的诱因,在矿山生态恢复过程中要重点做好截水沟、排水沟、跌水、沉砂池、消力池等设施的建设工作,让坡顶来水、平台汇水以及沟道水流各得其所,不能让水流冲刷坡脚或进入裂缝中。对于有可能有滑塌物质流入沟道的地方,可以设置拦挡坝、导流槽以及清淤通道,以避免局部滑塌发展成为沟道阻塞、泥石流冲刷或者下游淤积等问题的发生。水流治理的核心就是让水流沿着安全路径缓慢释放、分散和消能。

(3) 促进工程治理与生态修复相结合。边坡基本稳定后,根据坡度、岩土性质以及水文情况确定不同的生态修复方法,在缓坡平台上可以进行覆土平整、乔灌木配置及乡土植物群落构建;在陡坡上可以用挂网喷播、生态袋、植生槽、格构护坡与藤灌相结合的方法;而在排土场上可采用分层整形、土壤改良以及排水控制提高植被成活率等手段。生态措施的作用既是为了美化环境更是为了使植物根系固定土壤、植物茎叶阻挡雨水冲刷以及植物覆盖地面减少表面径流从而达到防止浅层侵蚀的目的。如果工程支护与生态修复相脱离,则会造成前者出现硬质裸露面而后者缺乏良好生长环境;唯有两者同时开展才有可能达到保障地质安全的同时也改善生态环境的效果。

4 治理路径的实施保障

(1) 要形成多方协作的工作体制。崩塌滑坡灾害链防治工作涉及到工程地质学、水文学、生态学、测量学、采矿学以及安全科学等众多领域,单个单位很难全面认识整个链条的风险。在工程建设过程中要以地质勘查为首,生态设计其次,施工管理和监控预警并重。(2) 要注意资料成果的连贯性。无人机照片、地质剖面图、监测曲线、工程变更及植被恢复等都要完整保存,以便日后检查及追责时查阅。(3) 要根据不同矿山性质采取不同的治理措施。金属矿山、煤矿、采石场及废弃矿坑的边坡状况、污染程度和生态修复能力都不相同,不能一概而论。只有把灾害链识别结果变成分区设计图、工程量清单以及管护责任表,治理途径才是可行的。

从技术流程来看,可以将矿区划分为重点防控区、综合治理区、生态恢复区以及长期管护区。重点防控区主要是指高陡边坡、危岩体、排土场边缘以及沟道汇水口等地方,在这些地方应当首先布置监测站点以及应急道路;综合治理区通常是既有稳定性又有生态环境退化的问题,因此要同时进行削坡、支挡、排水、覆土及植被重建等工作;对于生态恢复区而言其主要危险源较少,主要工作是对土壤进行改良、合理搭配植被种类并保证景观完整性;而长期管护区主要是日常巡检、补种树木、排水保养以及复查工作等。这样划分可以使有限的资金集中投入到最需要的地方。

从评价标准来看,也要从单纯绿化率过渡到“稳定性—生态性—持续性”的全方位评估。稳定性方面的因素可以是坡体位移速度、裂缝变化量、支护结构完好程度以及排水系统的通畅情况;生态性的方面可以是植被覆盖率、乡土植物的比例、土壤有机物含量以及坡面侵蚀程度;而持续性就可以考察养护频率、预警反应的速度、隐患处理闭合率及遇到特殊气候条件后的恢复力等。只有当这些评价标准能涵盖灾害链的发生、发展和受影响的过程时,才能防止表面复绿的现象发生。工程完工之后,在雨季来临之前还要进行一次专门检查。^[4]

5 典型场景下的治理策略优化

对于露天采场高陡岩质边坡,主要工作是危岩判断、坡面卸载及落石拦截等。由于这类边坡一般较高,岩体中存在较多结构面,仅仅进行表面绿化不能对内部结构面控制失稳起作用,在处理上要首先根据地质编录及三维扫描确定危岩体范围,然后实施清危、锚固、柔性防护网以及平台排水相结合的方式。生态修复可从相对稳定的平台、坡脚缓坡以及格构单元开始逐步进行,植物种类宜选用耐旱、耐瘠薄、根系发达的地方性灌木或草地,不宜在还未稳固的陡峭岩壁上过分追求美观性。

对排土场及废石堆放区,治理主要是控制堆体形状以及内部水分。排土场物料比较疏松、粒径大小悬殊,在大雨情况下易产生浅层滑坡、坡脚冲刷以及泥化流失等现象。治理要进行分台阶放坡、整平平台、坡脚防护和设置截排水沟等措施,减少堆体坡度和渗流压力;还要进行分层覆土、改良土壤和草灌相结合以增强坡面抵御侵蚀的能力。如果排土场下方有居民区、公路、河流或者已经恢复植被的地方,则需要在坡脚布置拦挡和沉砂设备,将滑塌物以及带沙水流局限在一定范围之内。

对于废弃矿坑以及采空塌陷影响地区,在治理上主要针对地下变形对地上修复的长期作用进行分析。废弃矿坑一般有积水、陡峭边缘以及杂乱堆砌物,采空区往往会有地面裂缝、凹陷盆地或者局部塌陷。这些地方进行生态修复不能急于求成盲目进行大规模覆土造景,而应该首先确定采空范围、塌陷方向以及地下水位高低,在此基础上进行回填、封堵、边坡修整等措施。而对于还在不断下沉的土地,则可以采用低干预、易维护的方法进行植被恢复,并且要设立观察口,等到地面不再继续下陷之后再继续进行较高强度的景观及生态建设。^[5]

6 从灾害链识别到治理闭环的转化

灾害链识别的目标并不是为了进行风险描述,而是服务于治理决策,在实际操作中可以采用“链条识别—节点排序—措施匹配—效果反馈”的方式进行。即:以调查和监测结果为基础绘制灾害链示意图,明确触发源、传导途径以及可能受到影响的对象;然后根据危险性、暴露度和生态敏感性的高低给各

个节点排序,找出需要优先解决的问题;接着针对不同的节点选择合适的方法进行工程技术上的干预、生态环境方面的修复以及日常管理等;最后利用监测数据及实地考察评估治理成效并及时跟进出现的新问题如新的裂缝、冲沟或者是植被恢复不良等情况进行修正和完善这一循环可以使静态的设计变成一个持续改进的过程。

矿区生态修复中灾害链管理要达到目标是风险节点判断正确、对策组合合理以及投入费用较低。对于低风险区过多硬化会缩小生态恢复范围而对高风险区仅进行绿化又会带来安全问题。因此,在高风险节点使用一定刚性和柔性防护措施,在中等风险地段加强排水及坡面抗蚀,在低风险地段尽量采取自然恢复并辅以适量近自然植被建设即可。这样既可以防止崩塌与滑坡发生又不会给矿区生态环境造成二次破坏。

7 结语

矿区生态修复中崩塌滑坡灾害链识别是以点带面到整体思路转变,在采动影响下,坡体失稳、水流冲刷以及生态系统退化不是各自独立发生,而是有空间上的关联性和时间上的连贯性,在此基础上进行防治工作要以调查监测为依据,明确诱发因素、传递途径以及受体;以工程加固为条件,阻止失稳和水流蔓延;以生态环境恢复为目的,恢复稳固、可持续的坡地环境;以持续管控为依托,保证治理效果的安全及生态价值。将地质灾害防治与生态修复结合起来是矿区生态修复走向安全、稳定、韧性的重要途径。

参考文献:

- [1] 杨敏.矿区地质灾害链网络模型构建及防治对策研究[J].能源与环保,2024,46(5):121-126+132.
- [2] 李聪聪,王佟,赵欣,等.边坡监测与治理技术在高寒矿区露天煤矿生态修复中的应用研究[J].中国矿业,2024,33(4):122-131.
- [3] 樊彬,童杰,吴代敏.地质灾害治理技术在矿山生态修复中的运用[J].四川地质学报,2024(03):137-143+155.
- [4] 李立晔.基于生态修复技术的矿山地质灾害危险性评估方法[J].世界有色金属,2024,(20):101-103.
- [5] 任小凯,李守能,许思益,等.废弃矿山地质灾害生态修复的研究[J].西部探矿工程,2024,36(6):1-3+8.