

# 生态修复对策在崩塌地质灾害防治中的应用

陈亮<sup>1,3</sup>, 张肖雅<sup>\*2,3</sup>

(1. 河南有色岩土工程有限公司, 河南 郑州 450016; 2. 河南省有色工程勘察有限公司, 河南 郑州 450016;  
3. 河南省有色金属地质矿产局, 河南 郑州 450016)

**摘要:**山区大部分公路是削山填谷而建成的,由于建设初期生态保护意识的缺乏,致使公路沿线出现了很多裸露的高陡岩质边坡,从而导致各种地质灾害特别是崩塌、滑坡、泥石流等灾害非常发育。本文以省道302沿线(河南省林州市马安山村段)的一处崩塌地质灾害隐患点为例,在充分了解了崩塌危岩体的工程地质条件、水文地质条件、节理发育情况以及稳定性的基础上,采用生态保护修复理论,将崩塌地质灾害防治体系融入到生态景观修复规划中,完善治理区内生态系统的自我恢复能力和防护功能,从而达到防灾减灾生态景观恢复的目的。

**关键词:**崩塌危岩体;高陡岩质边坡;灾害分析;生态景观修复;林州市

**中图分类号:**P694 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2021)S1-0391-06

## Application of ecological restoration strategy in geological disaster prevention and control of collapse

CHEN Liang<sup>1,3</sup>, ZHANG Xiaoya<sup>\*2,3</sup>

(1. Henan Non-ferrous Geotechnical Engineering Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450016, China;

2. Henan Non-ferrous Engineering Investigation Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450016, China;

3. Henan Province Non-ferrous Metals Geological Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

**Abstract:** In mountainous areas, most of highways are built by cutting mountains and filling valleys. Due to the lack of ecological protection awareness at the early stage of construction, many bare high and steep rock slopes are exposed along the highways, leading to various geological disasters, especially collapses, landslides, debris flows and other disasters. In this paper, a geological hazard point of collapse along the 302 Provincial Highway (Maanshan village section, Linzhou city, Henan province) is taken as an example, with full understanding of the engineering geological conditions, hydrogeological conditions, joint development and stability of the collapse dangerous rock mass, the theory of ecological protection and restoration is adopted to integrate the geological disaster prevention and control system for collapse into ecological landscape planning, so as to improve the self-recovery ability and protection function of the ecological system in the treated area, achieving the purpose of ecological landscape restoration through disaster prevention and reduction.

**Key words:** collapse dangerous rock mass; high and steep rock slope; hazard analysis; ecological landscape restoration; Linzhou city

## 0 引言

近年来,随着经济的飞速发展与各类基础设施

的兴建,国内外涌现了大量因工程建设开挖、填埋产生的裸露高陡岩质边坡。这些裸露的岩质边坡

收稿日期:2021-05-31 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.S1.066

作者简介:陈亮,男,汉族,1987年生,工程师,长期从事地质灾害勘查、设计、施工、危险性评估、山水林田湖草治理和生态修复工作,河南省郑州市有色金属地矿科技产业园,350260930@qq.com。

通信作者:张肖雅,女,汉族,1993年生,助理工程师,硕士,从事地质灾害勘查、设计、施工、危险性评估、山水林田湖草治理和生态修复工作,河南省郑州市有色金属地矿科技产业园,2469898715@qq.com。

引用格式:陈亮,张肖雅.生态修复对策在崩塌地质灾害防治中的应用[J].钻探工程,2021,48(S1):391-396.

CHEN Liang, ZHANG Xiaoya. Application of ecological restoration strategy in geological disaster prevention and control of collapse [J]. Drilling Engineering, 2021,48(S1):391-396.

失去了天然的保护层,在自然条件下经长期的风吹日晒、雨水侵蚀等作用而发生风化,从而导致岩体间裂缝加宽变深,节理、构造发育加快,稳定性逐渐降低。若不及时对这些岩质边坡进行防护,在风、霜、雨、雪等不利因素的影响下,将加剧裂缝的发展,造成恶性循环。随时都可能会有落石、滑坡等现象发生。遇到雨季等恶劣天气时甚至还会发展成山体崩塌、泥石流等地质灾害<sup>[1]</sup>。严重破坏当地的自然景观和生态平衡,影响当地的可持续发展,威胁周围群众的生命财产安全。因此,对裸露危岩体的治理已经刻不容缓<sup>[2]</sup>。

本文以省道302沿线(东姚镇马安山村段)山体崩塌防治工程为例,根据该治理区范围内的工程地质条件、水文地质条件等地形地貌特征分析了边坡的稳定性<sup>[3]</sup>,遵循习近平总书记提出的“绿水青山就是金山银山”生态环境保护指导思想<sup>[4]</sup>,在进行崩塌地质灾害防治的同时对山体进行生态景观修复。

## 1 治理区概况

省道302沿线(东姚镇马安山村段)山体崩塌防治工程,位于林州市东姚镇马安山村东侧约500m,紧邻302省道弯道中心,如图1。地理坐标:东经114°3′12.4″—114°3′20.5″,北纬35°53′1″—35°53′18.3″之间。302省道向东可通鹤壁连接京广铁路、京港澳高速公路,向西可通林州市并通往山西省,交通十分便利。



图1 治理区位置

### 1.1 工程地质条件

治理区所在区域位于太行山东麓深大断裂带附近,主要为寒武系中统鲕状灰岩夹藻礁灰岩,属中厚层坚硬岩石地质组。但是大断裂的存在对两侧岩体产生了不利影响,使岩体节理裂隙发育程度增强,加速了岩体的风化解。使岩石表面风化严重,裂隙十分发育,该类裂隙破坏了岩体的整体稳定性,山体崩塌灾害极易发生。

治理区范围总面积为18389.58 m<sup>2</sup>,整体地形坡度约11°~26°,最高标高494 m,最低标高370 m,相对高差为124 m。治理区内道路一侧山坡,高14~16m,坡角60°~72°,山坡裸露山体在自然条件下严重风化,沿线形成了多处危岩体,如图2所示。危岩体特征如表1,这些危岩处于斜坡顶部,临空条件好,抗风化能力和岩石强度低,伴随着大量裂缝贯通,危岩体已具备产生崩塌的条件。一旦发生崩塌破坏,会危及过往行人、车辆和南侧建材厂区。

表1 危岩体特征统计表

危岩体编号	位置坐标(2000坐标)	规模(长×宽×高)/m	特征	体积/m <sup>3</sup>
W01	X=3972776.08 Y=38505074.71	3×6×5	风化程度高,节理发育,较为破碎,并且局部石块易掉落	90
W02	X=3972676.96 Y=38505041.32	6×4×4	特征描述	96
W03	X=3972635.25 Y=38504921.96	5×5×6	风化程度中等,但裂缝发育明显,上下贯通,局部石块极易掉落	150
合计				336

### 1.2 水文地质条件

治理区主要含水层为第四系孔隙含水层和基岩裂隙含水层,厚度约1.2 m。基岩裂隙含水层主要寒由武系中统鲕状灰岩夹藻礁灰岩组成,岩石风化裂隙较发育,岩溶不发育。隔水层主要是由未风化的寒武系中统鲕状灰岩夹藻礁灰岩组成。地下水动态

变化:地下水主要接受大气降水的补给,所以,雨季地下水位上升,旱季地下水位下降。通过收集安林地区相关资料,该区地下水位标高在131~149 m左右,近几年水位有所下降,治理区域地面标高在370~494 m左右。

地表水体特征:项目区属丘陵地区,地势高低不



(a)危岩体1

(b)危岩体2

(c)危岩体3

图2 危岩体照片

平,沟壑纵横,极易地表水的排泄。项目区内及近周边没有地表水。

### 1.3 稳定性分析

经现场调查,崩塌危岩体主要位于省道302(河南省林州市马安山村段)一侧山体中上部位,受裂隙和下部岩腔影响,高悬于陡岩上端和岩腔上部的危岩体经常会发生掉落,从而导致卸荷裂隙不断加宽变深,长度一般达到3~5 m,宽2~50 cm。随着时间的推移,裂隙逐渐发育切割整个危岩体,危岩极易在重力作用下脱离母体发生坠落式失稳崩塌。根据现场查看,山体处于欠稳定状态的危岩主要有3处。结构特征分别为:危岩所在山体产状 $320^{\circ}/5^{\circ}$ ,山脚

斜坡坡度 $60^{\circ}\sim 73^{\circ}$ 。岩层产状 $320^{\circ}/5^{\circ}$ ,主要发育的3组裂隙产状分别为:① $20^{\circ}/80^{\circ}$ ,② $160^{\circ}/85^{\circ}$ ,③ $260^{\circ}/65^{\circ}$ 。

根据岩体结构特征做了赤平投影分析,如图3。通过赤平图投影分析可知,危岩体被各个结构面切割成块体,结构面L2与L3组合形成产状为 $240^{\circ}/64^{\circ}$ 切割块体,方向与所在山体的坡向斜交,倾角小于坡角,但由于结构面没有贯通,结构面交线在边坡上没有出露,危岩体处于欠稳定状态。危岩体受降水、风化作用的影响,在重力等作用下易发生崩塌破坏,其破坏模式为坠落式崩塌。崩塌危岩体严重威胁到过往行人和车辆的安全。

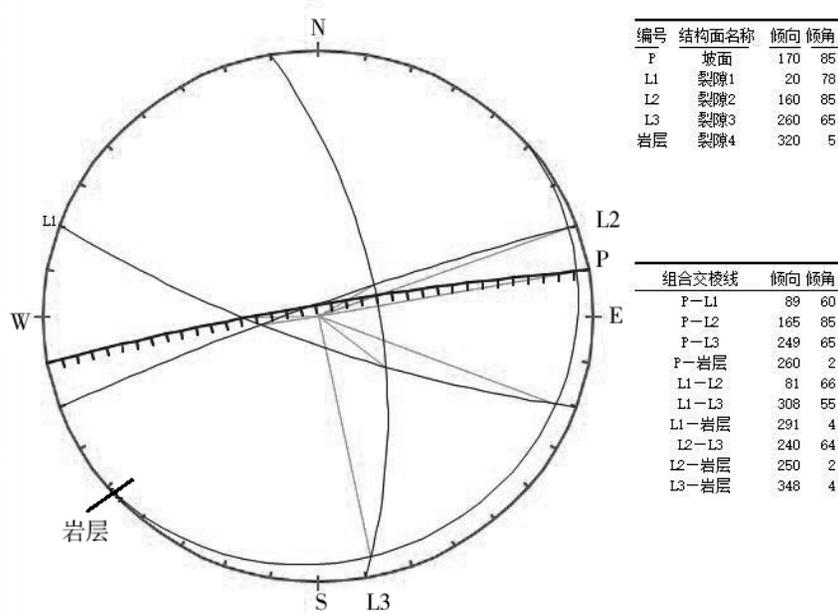


图3 项目区危岩边坡赤平投影

## 2 崩塌治理方案与生态景观恢复措施

为了深入贯彻党的十九大和习近平新时代中国特色社会主义思想,落实“山水林田湖草是一个生命共同体”的系统理念<sup>[5]</sup>,针对治理区存在的地质灾害问题,在设计中本着防灾减灾与生态景观修复统筹兼顾的原则,统筹防灾减灾、保护、维护、修复之间的关系,坚持在治理灾害的同时最大限度地保护原有的生态环境。对于不得已而破坏的部分,采取人工干预的修复措施,尽可能地恢复原有的生态平衡<sup>[6]</sup>。

根据治理区的工程地质条件和地质环境问题,为了确保治理后边坡的稳定性及修复后自然景观的协调性,本设计拟采取削坡卸载危岩体的方式将省道一侧陡直边坡和存在有危岩体的部位设计为阶梯型。另外,由于本治理区一侧道路位于一个S形弯道处,影响行车视线,经常发生交通事故。所以本工程要在治理崩塌地质灾害隐患的同时,也要应当当地交通主管部门的要求,缓和弯道。因此,在进行危岩体清理的同时需要将弯道中心部位的山体往后退,

具体设计方案根据治理区范围内道路所在位置路面与山顶之间的高差确定如下。

陡直的岩质边坡由于坡面陡峭光滑、无法留存植物生长所需要的营养物质,所以,要想进行生态修复,必须为植物的生长提供一个良好的生长条件,台阶上必须有植物赖以生存的生长基质<sup>[7]</sup>。通过搜集国内外针对此类问题的研究现状并结合本工程的特点,最终确定将治理区设计为阶梯型,如图4,即以开挖、填埋等方式将坡面修整为台阶型。本工程以路面上方第一个台阶设计高程为施工基准面,每7 m高设置一个4.5 m宽的平台,斜坡坡度根据山势从60°到70°不等,施工基准面以下平台随路面高程随坡就势,斜坡高度从0~7 m不等。修整好台阶之后,用修整台阶剩余的石材根据覆土厚度在每级台阶上砌筑挡土墙和排水沟,然后在每一级台阶上覆土、植树、种草,每级台阶靠近斜坡位置种植藤蔓类植物,当藤蔓植物长大时可以覆盖整个斜坡开采面<sup>[8]</sup>。

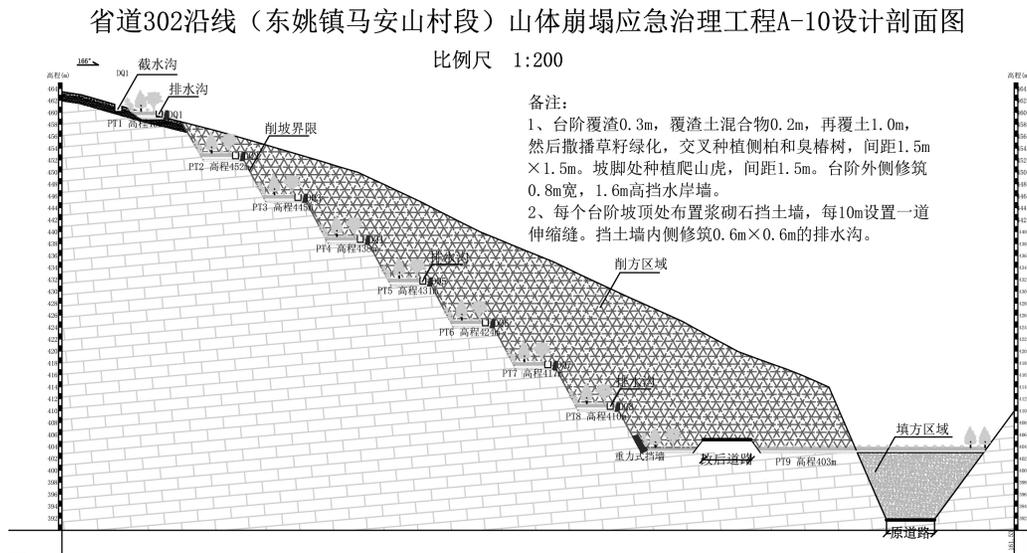


图4 局部削坡断面

### 2.1 设计要点

(1)修整台阶工程。根据台阶设计参数将山体修整为阶梯型,高于设计标高的采用爆破加切割的方式进行削坡,低于设计标高的部分用修整台阶削坡削下的废渣、石材回填至设计高程。对高陡边坡进行削坡卸载时,根据岩石坚硬程度、完整性、风化

程度、岩体基本质量等级<sup>[9]</sup>,依据《建筑边坡工程技术规范》确定安全坡角。本治理区边坡岩性为白云岩,表层1.0 m为中风化—强风化,内部岩石风化程度为微风化,按《岩石类别分级表》岩石级别为IX~X级,本治理项目除最上方PT1设计陡坎坡面倾角为60°以外,下部陡坎的坡面倾角均为70°,故省

道302沿线(东姚镇马安山村段)山体崩塌地质灾害防治区陡坎削坡设计等级均为三级削坡<sup>[10]</sup>。

(2)废渣回填工程。对削坡卸载废渣(已包含危岩清除的工作量)以及平台上高出设计标高的突出岩石进行统一清理,回填到治理区底面,并进行使用机械分层压实整平,各平台根据其测量出的剖面图进行挖方或是填方平整,使其从内到外具有一定的坡度,便于雨水外排,但是又要控制不能太陡,避免水土流失。平整后平台内侧高,外侧低,废渣回填整平坡度一般为5%,最大不超过10%。为保证后期绿化或恢复耕地植物的成活率,还应在基岩以及其他后期需要恢复林地的部位覆渣0.6 m<sup>[11]</sup>。

(3)覆土工程。为了提高整个省道302沿线(东姚镇马安山村段)山体崩塌地质灾害防治区的视觉效果,恢复生态环境,设计在废渣回填工程施工完毕后,在整理后的各个平台上植树绿化恢复成林地。根据《河南省矿山地质环境恢复治理工程勘查、设计、施工技术要求(试行)》(2014年5月)要求,植物生长必需的最低种植土层厚度应符合表2的要求,因为本次设计中的种植的植物为侧柏和臭椿树,植物类型为乔木,且在覆土的基础上已经覆渣0.3 m,故本次设计本工程恢复场地预先覆土厚度为1.0 m<sup>[12]</sup>。

表2 植物生长必需的最低种植土层厚度表

植被类型	草本	草坪	小灌	大灌	浅根	深根
	花卉	地被	木	木	乔木	乔木
土层厚度/m	0.30	0.30	0.45	0.60	0.90	1.50

(4)植物种类选择。根据当地气候特点,本工程选择了爬山虎、臭椿和侧柏进行生态绿化。臭椿属于深根性乔木,对环境的适应能力强,侧柏和爬山虎也能适应各种气候条件。这样选择易成活的深根性植物可以大大节约后期的养护和管理成本,还可以利用植被伸往深部的根系穿过平台浅层的风化层,扎根到较深处稳定的岩土层上,对上层的岩土体能起到一定的锚固作用,达到对坡体进行加固的目的<sup>[13]</sup>。

(5)台阶高度。台阶设计高度应结合所种植物的规格及生长速度来确定,台阶的高度应小于或等于植物成熟之后的高度,在此基础上尽量减少山体的剥离面积<sup>[14]</sup>。

(6)台阶宽度。为了方便施工和后期养护工作,台阶宽度应至少满足一般工程车辆行驶所需的宽度,这样平台上也可以多种几排树,有效地遮挡斜坡开采面<sup>[15]</sup>。

(7)挡土墙工程。为了防止平台在覆渣覆土后发生水土流失情况,设计在每级台阶坡顶处修建挡土墙。挡土墙类型采用浆砌石挡土墙,结合覆渣和覆土的厚度,故设计挡土墙在平整的平台上高度为1.6 m;在高度不均匀的平台上,挡土墙应随坡就势,墙顶标高应考虑到坡度,保持挡土墙顶高差不大<sup>[16]</sup>。

(8)排水工程。为了防止水土流失,保证山体免受水的侵蚀,需要在开采范围线外侧布设0.6 m×0.6 m的截水沟,沿每级平台的挡土墙内侧设置排水沟与截水沟相连。每级平台的排水沟应从中间位置处向两边设置一定的坡度,以便水能顺利地沿排水沟流出,减少坡面积水<sup>[17]</sup>。

### 3 实施效果评价

通过本工程的实施,消除了治理区内威胁过往车辆和行人生命财产安全的隐患,遏制了崩塌和滑坡等地质灾害的发生,增加了过往车辆及附近居民的安全感,防止了水土进一步的流失。

另外,通过工程施工开挖下来的废弃石块,除了本工程的治理措施中使用外,多余的石块由当地政府统一拍卖,拍卖所得的资金除了用于该工程的治理措施中之外,剩余的资金全部用于本地的美丽乡村建设,改善村容村貌,为广大村民提供一个美丽舒适的生活环境。

### 4 总结

本方法可以较好地解决崩塌地质灾害防治与生态修复问题,同时也可以处理滑坡、泥石流等类型的地质灾害问题和历史遗留的一些废弃矿山的生态修复问题。但是,本方法也有一定的局限性,当开采面很高、过陡时,或者开采面位于顺层坡地带时,将会造成较大的剥离面,势必会对山体造成二次破坏,而且修复工程量巨大。因此,当采用此方法进行生态修复时,要根据具体情况进行权衡利与弊,以便制定出的修复治理方案能达到最优化治理效果。

### 参考文献:

- [1] 罗松,郑天媛.采石场遗留石质开采面阶梯整形覆土绿化方法

- 研究[J].中国水土保持,2001(2):36-37.
- [2] 付天池,叶小舟,何宝林.某废弃矿山地质环境治理及生态修复技术研究[J].现代矿业,2020(12):230-233.
- [3] 刘自强,马洪生,牟云娟.古尔沟隧道出口崩塌危岩体灾害分析与治理[J].路基工程,2020(2):216-221.
- [4] 王战社.府谷县沿黄公路段岩质崩塌地质灾害应急治理工程设计[J].科技创新与应用,2020(33):82-83.
- [5] 刘仁伟.浅议废弃矿山生态修复技术——以友鑫砂石矿山生态修复工程为例[J].冶金工程,2020(12):149-150.
- [6] 张旭辉,王小烈,王红才,等.北京千灵山生态修复边坡稳定性研究[J].中国岩溶,2013(12):404-410.
- [7] 闫亮,李勇,何杰,等.生态修复对策在新疆天池泥石流地质灾害防治中的应用[J].自然杂志,2011(2):106-111.
- [8] 河南省国土资源厅,河南省矿山地质环境恢复治理工程勘查、设计、施工技术要求(试行)(2014)[S].
- [9] 杨永辉.废弃采石矿山环境恢复治理研究——以韩城市西塬村西矿山为例[D].西安:长安大学,2017.
- [10] 建筑边坡工程技术规范[S].
- [11] 崩塌、滑坡、泥石流监测规范[S].
- [12] 滑坡防治工程设计与施工技术规范[S].
- [13] 造林技术规程[S].
- [14] 生态公益林建设技术规范[S].
- [15] 多晓松,邓朝文,胡冲.在承德露天矿山地质环境修复治理勘查设计中的思考[J].西部探矿工程,2021(4):41-46.
- [16] 砌体结构设计规范[S].
- [17] 王屹林.吉林省长白县沿江公路S3K段崩滑体稳定性分析与防治工程研究[D].长春:吉林大学,2017.