

北京某景区崩塌灾害隐患点治理方案设计思路

赵云峰, 张涛*, 刘文清, 朱忠纪
(北京市地质工程设计研究院, 北京 101500)

摘要:山岳型风景名胜区地质灾害治理的难点在于将地质灾害隐患治理与当地自然风景相统一,既保留住景区的背景特色,又能彻底消除地质灾害的安全隐患。本文对北京怀柔某景区崩塌隐患点地质灾害特征进行了介绍,对隐患点危岩体(带)的稳定性进行了计算及评价,分析了地质灾害成因及发展趋势,最后对景区地质灾害治理的方法和思路进行了比选分析,选择了加固及避让的治理措施,摸索出经济、合理以及与景区风景相协调的治理方案,最大程度地保护了风景区的自然景观与自然资源,可以为相关地质灾害治理提供参考借鉴。

关键词:山岳型风景区;景观资源;地质灾害;崩塌;治理方法

中图分类号:P642.2 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2021)05-0096-10

Design of the treatment plan for rockfall hazards in a scenic spot in Beijing

ZHAO Yunfeng, ZHANG Tao*, LIU Wenqing, ZHU Zhongji

(Beijing Geological Engineering Design Institute, Beijing 101500, China)

Abstract: The difficulty in the treatment of geological hazards in valley type natural scenic spots lies in the harmonization of geological hazard treatment and local natural scenery, which means to eliminate the potential geological hazards while retaining the background characteristics of the scenic spot. This paper gives an introduction to the geological features of the rockfall hazards in a scenic spot in Beijing. The stability of dangerous rock mass (belt) is calculated and evaluated, with the causes and development trends of geological disasters analyzed. Finally, the methods and approaches of geological disaster treatment for the scenic spot are compared and analyzed, and the reinforcement and avoidance measures are selected. Through this paper, a treatment plan that is economical, reasonable, and compatible with the scenery is found to protect the natural landscape and natural resources in the scenic spot to the greatest extent. It can provide reference for the management of related geological disasters.

Key words: valley type natural scenic spots; landscape resources; geological hazard; collapse; treatment method

0 引言

近年来,由于气候的变化和极端天气的出现,造成山区地质灾害频发,尤其山区景区地质灾害也时有发生,给社会和人民带来较大的财产和生命损失,对景区管理也带来极大的挑战。复杂的地质背景形成绝美的自然景观,但也蕴藏着地质灾害隐患,这在众多的山岳型风景名胜区都有充分的体现。如何

做到将地质灾害隐患治理与当地自然风景相统一,一直是景区地质灾害治理思路的一个重要方向,必须结合地形地貌景观、地质构造特征、地质灾害隐患类型以及可能造成危害的范围作出一个合理的选择,既保留住景区的背景特色,又能彻底消除地质灾害的安全隐患。本文以北京某景区的地质灾害隐患点治理思路和方法进行详细分析和探讨,摸索出经

收稿日期:2020-08-24; 修回日期:2021-02-25 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.05.014

作者简介:赵云峰,男,汉族,1978年生,矿山地质环境监测研究中心主任,高级工程师,水文地质和工程地质专业,主要从事水工环专业工作,北京市密云区园林东路6号,ayun2000@126.com。

通信作者:张涛,女,汉族,1988年生,环境科学专业,硕士,主要从事矿山地质环境修复治理工作,北京市密云区园林东路6号,zhangtao_1007@126.com。

引用格式:赵云峰,张涛,刘文清,等.北京某景区崩塌灾害隐患点治理方案设计思路[J].钻探工程,2021,48(5):96-105.

ZHAO Yunfeng, ZHANG Tao, LIU Wenqing, et al. Design of the treatment plan for rockfall hazards in a scenic spot in Beijing[J]. Drilling Engineering, 2021,48(5):96-105.

济、合理、以及与景区风景相协调的治理方案,以期
为类似地质灾害治理提供参考依据^[1]。

1 景区地质灾害隐患点概述

1.1 景区概况

本景区位于怀柔区怀北镇中峪道河村及北台子
西侧、G111国道西侧一自然沟谷内。地处燕山南麓,
纬度适中,四季分明,属暖温带大陆性季风气候区,
冬夏长、春秋短。年降水量较多,在470~850 mm之
间,年内降雨分布不均,多集中在汛期(6—8月份),
占年降水量的71%~76%。景区山体属燕山山脉,
处于一条北西向山谷之中,汇水总面积约2.5 km²,景
区海拔210~630 m,相对高差200~400 m,总体呈北
西高、南东低,沟底纵坡降8°~9°,两侧山坡坡度较
陡,沟谷下部、底部植被覆盖率较高。在雨季会有溪
水明流,冬季水量极小。地下水类型主要为基岩裂
隙水和松散岩类孔隙水。基岩裂隙水赋存于山体基
岩中,松散岩类孔隙水赋存在坡洪积平台内。岩性
以燕山晚期片麻状二长花岗岩为主,岩性单一,岩体
坚硬,多呈块状,由于节理裂隙极为发育,局部岩体
较破碎,再加上坡面较陡,及长期风化剥蚀,极易形
成危岩体。

1.2 危岩体(带)类型及特征

本灾害点处于百泉山风景区门口西侧的河边西
岸,灾害点所在坡体走向近南北,坡向近正东,长度
约70 m,坡面陡立,陡壁高度约21 m,平均坡度75°~
85°,坡面下部略显平缓,平缓处植被发育。山坡陡壁
基岩裸露,岩体节理裂隙极为发育。陡壁东端坡顶
处存在危岩体,编号为WY-1,景区餐厅下方的陡壁
处存在1个危岩带,编号为WYD-1,并且在该山坡坡
脚堆积了大量崩塌堆积物。详见图1~3。其类型为
小型崩塌地质灾害。

1.2.1 危岩体(WY-1)

危岩分布高程245~248.5 m,高度2.5 m,水平
宽度3 m,沿坡面长度3 m,体积22.5 m³。山坡顶部
坡面产状131°∠27°,腰部坡面产状131°∠75°,崩塌
方向131°,其物质成分为燕山晚期片麻状二长花岗
岩。该危岩体发育2组节理:其一为外倾节理,张
开,节理面粗糙、略呈坡状起伏,产状170°∠25°,长
度2~3 m,开口缝宽2~5 mm。根据附近节理发育
程度,认为此节理自危岩体下端沿坡面向上已全部
贯通。在危岩体下端此节理已发育成“楔形缝”,缝



图1 地质灾害隐患点(河西侧)远观

Fig.1 Remote view of potential geological hazard points
(west bank of the river)



图2 危岩体(WY-1)近观

Fig.2 Close view of dangerous rock mass (WY-1)



图3 危岩带(WYD-1)及大型裂缝、塌陷岩腔近观图

Fig.3 Close view of a dangerous rock zone (WYD-1)
and large fractures and collapse cavities

开口宽 20~200 mm,经风化淋漓,充填物多已坠落。在危岩体侧面可见到此组节理,缝隙中已充满粉土、岩屑。此组节理的存在起到将坡面上的危岩体自上而下滑动的作用。其二为侧向节理,张开平直,裂隙长约 2~3 m,密度 1~2 条/m,风化淋漓后缝宽 200~250 mm,充填少量粉土、岩屑,产状 260°∠60°。此组节理的存在起到将坡面上的危岩体自左右两侧切断的作用。

该危岩体目前处于稳定状态,在暴雨或地震等诱发作用下,坡面上的危岩体可能向下滑动滚落,极易发生滑移式崩塌地质灾害^[2]。剖面图详见图 4。

1.2.2 危岩带(WYD-1)

危岩带位于景区餐厅东侧的陡壁处,整个边坡上部为浆砌石重力挡墙,中部为近直立的裸露基岩

岩壁,分布高程 231~245 m,相对高差 14 m,下部坡脚附近坡度较缓,堆积较厚坡积物,再下方为河边小路及河道。在直立的裸露基岩岩壁处,节理裂隙极为发育,坡面岩体较为破碎,形成危岩带,尤其侧向节理最为发育,向坡体内部延伸较大,坡面上常形成凹陷沟槽及大小不同的裂缝,对坡体上方附近的以坡体基岩作为基础的餐厅具有一定隐患(参见图 4)。

1.2.3 崩塌堆积物

危岩所在处的山坡下方坡脚存在崩塌堆积物,主要为大小不等的岩块及碎屑,岩块形状不一,最大达 1.5 m×2 m×0.8 m,现存堆积方量约 50 m³,堆积物已超覆到原景区小路,对景区进出游客的人身安全构成较大的危害(参见图 4)。

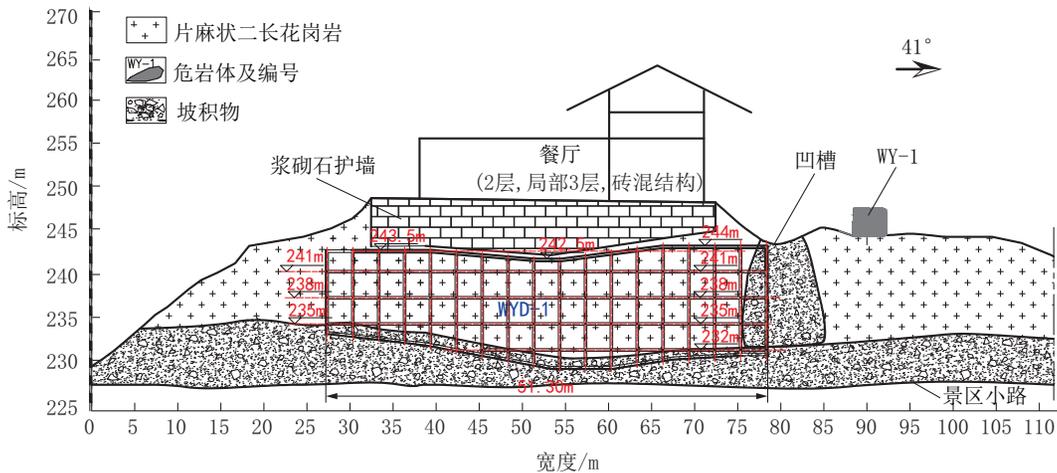


图 4 隐患点地质灾害地质剖面

Fig.4 Geological section of geological hazards

1.3 危岩体(带)稳定性评价

根据上述分析,本灾害点危岩体失稳方式均为滑移式,因此选用滑移模式进行计算。依据北京市地方标准《北京市地质灾害治理项目实施技术指南(试行)》(2015-2-10),本次采用“后缘无陡倾裂隙” (图 5)模型进行计算^[3-5]。

稳定性系数按以下公式进行计算:

$$K = \frac{(W \cos\theta - Q \sin\theta - V) \text{tg}\phi + cl}{W \sin\theta + Q \cos\theta}$$

式中: V——裂隙水压力, kN/m, $V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2$; h_w ——裂隙充水高度, m, 本次在自然工况下取裂隙深度的 1/3, 在暴雨工况下取 1/2; γ_w ——水的重度, 取

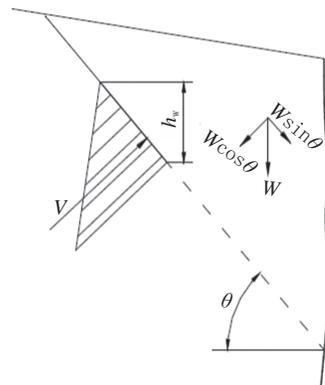


图 5 滑移式危岩稳定性计算示意(后缘无陡倾裂隙)

Fig.5 Schematic diagram for stability calculation of the sliding dangerous rock (no steep fracture at the back edge)

10 kN/m³; Q ——地震力, kN/m, $Q = \xi_e \times W$; ξ_e ——地震水平作用系数, 本区 ξ_e 取 0.038; K ——危岩稳定性系数; c ——后缘裂隙粘聚力标准值, kPa(当裂隙未贯通时, 取贯通段和未贯通段粘聚力标准值按长度加权和加权平均值, 未贯通段粘聚力标准值取岩石粘聚力标准值的 0.4 倍); l ——滑移面长度, m; φ ——后缘裂隙内摩擦角标准值(当裂隙未贯通时, 取贯通段和未贯通段内摩擦角标准值按长度加权和加权平均值, 未贯通段内摩擦角标准值取岩石内摩擦

角标准值的 0.95 倍), ($^{\circ}$); θ ——软弱结构面倾角(外倾取正, 内倾取负), ($^{\circ}$); W ——危岩体自重, kN/m。

危岩体稳定性评价结果: 危岩体在自然状态下, 稳定; 在暴雨状态下, 基本稳定; 在地震状态下, 稳定。由于景区餐厅位于危岩体上方, 在自然情况下危岩体处于稳定状态, 但在暴雨状态下, 处于基本稳定状态, 说明危岩体在长时间雨水冲刷和不断风化的情况下, 会存在一定的风险隐患。结合危岩体上方人类活动频繁, 从安全角度考虑, 需要进行治理, 消除地质灾害隐患。计算结果见表 1~3。

表 1 滑移式危岩稳定性计算结果

Table 1 Stability calculation of sliding dangerous rock

工况条件	后缘裂隙深度/ m	裂隙充水高度 h_w/m	危岩体体积 $V_i/$ ($m^3 \cdot m^{-1}$)	危岩体重度 $\gamma/$ ($kN \cdot m^{-3}$)	滑移面长度 $l/$ m	后缘裂隙粘聚力标准 值 c/kPa	后缘裂隙内摩擦角 标准值 $\varphi/$ ($^{\circ}$)	滑移面倾角 $\alpha/$ ($^{\circ}$)	危岩体自重 $W/$ ($kN \cdot m^{-1}$)	地震力 $Q/$ ($kN \cdot m^{-1}$)	裂隙水压力 $V/$ ($kN \cdot m^{-1}$)	稳定系数 K
自然	3	0.42	7.5	26.4	3	20	18	25	198	0	0.864	1.40
暴雨	3	0.63	7.5	26.7	3	18	15	25	200.25	0	1.944	1.18
地震	3	0.42	7.5	26.7	3	20	18	25	198	7.52	0.864	1.28

表 2 崩塌源物理力学参数建议值

Table 2 Suggested values of physical and mechanical parameters of the rockfall source

岩层	工况 1: 天然状态			工况 2: 饱和状态		
	重度/($kN \cdot m^{-3}$)	c/kPa	$\varphi/$ ($^{\circ}$)	重度/($kN \cdot m^{-3}$)	c/kPa	$\varphi/$ ($^{\circ}$)
片麻状二长花岗岩结构面	26.4	20	18	26.7	18	15
片麻状二长花岗岩	26.4	1500	40.7	26.7	1500	40.7

表 3 三种工况下 WY-1 危岩体稳定系数及稳定性评价结果

Table 3 Stability coefficient and stability evaluation results of WY-1 dangerous rock mass under three working conditions

工况条件	稳定系数	稳定性评价
自然状态	1.40	稳定
暴雨状态	1.18	基本稳定
地震状态	1.28	稳定

通过对景区崩塌危岩体特征的综合分析, 在陡崖上选取危岩带典型的高位危岩进行运动轨迹计算。勘查区地形条件差, 以陡崖、陡坡为主, 坡面起伏变化较小, 因此, 陡崖上危岩体破坏后的运动形式以滚动、跳跃为主。本次采用 Rockfall 软件对崩塌落石运动进行计算, 计算结果见表 4。

表 4 危岩崩落运动计算结果

Table 4 Calculation results of rockfall movement

危岩带	岩块运动特征	
WYD-1	岩块直径/m	1.0
	滑移坠落高度/m	18.1
	最大平动速度/($m \cdot s^{-1}$)	12.2
	最大转动速度/($rad \cdot s^{-1}$)	18.1
	滚石最大平动动能/kJ	108.53
	滚石最大转动动能/kJ	25.88
	滚石最大总动能/kJ	125.54
	最大弹跳高度/m	1.2
	最大运动距离/m	13.8

由表 4 可知, 本灾害点危岩带(WYD-1)坡面上的松动岩块崩落的最大总动能为 125.54 kJ, 最大弹跳高度为 1.2 m, 最大影响距离为 13.8 m。因此, 附

近的小路就在坡脚处,一旦发生危石崩落会危及到景区小路行人的安全。

2 地质灾害成因分析

隐患点地质灾害类型为滑移式崩塌,主要由3部分组成:危岩带(WYD-1)、危岩体(WY-1)、陡壁坡脚处存在少量崩塌堆积物。

2.1 崩塌成因分析

根据野外实地调查及所处地质环境分析,崩塌的形成包括内部条件和外部条件两类,内部条件包括地形地貌、地层岩性、坡体结构、高陡临空面;外部条件包括降雨、风化、地震、植被、人类工程活动等^[6]。

(1)地形地貌:崩塌多发生在坡度 $>55^\circ$ 的坡体、坡面凸凹不平的陡峻斜坡上,往往表现为前缘陡坡,后缘陡坎陡崖,具高陡临空面。另外,由于人类工程活动形成较高的陡坎或高度不大的陡崖,同样具较陡临空面,在降雨及长期风化、地震等因素下产生小型崩塌。

(2)地层岩性:勘查区岩性为花岗岩,属硬质岩,易形成较陡峻边坡。由于构造节理和卸荷裂隙发育,且前缘存在高陡临空面,在重力作用下,被卸荷裂隙及构造裂隙切割贯通,极易形成崩塌。

(3)降雨:降雨是坡体变形发展的主要因素,雨水沿岩石中的裂隙入渗,软化裂隙结构面,同时在裂隙中形成孔隙水压力,导致坡体重力加大,固结力减小,加剧岩石的变形和破坏。该区域夏季暴雨发生频繁,日最大降雨量达100 mm,降雨使坡体处于饱水状态,增加了自重,并且雨水沿裂缝渗入斜坡体,浸润了滑动面,加速了危岩体的变形滑动速度。

(4)风化:风化作用使危岩体的裂隙不断扩展,

该隐患点位于景区大门正面,秀美河流的溪畔,风景独特、景色怡人,是游客流连忘返拍照留念绝佳位置。治理方案充分考虑与景区自然风光相统一,在确保治理措施安全的同时,让山体的挺拔、岩石的凸凹曲线、以及岩壁上的灌木绿植尽量保留,让美丽的风景矗立在山水之间。不能出现治理后映入眼帘的是一面人造混凝土墙,遮避了山体的外形、岩体的自然棱角等特征,与周围的山景不相衬,与景区的宗旨不相符。

经过方案比选,结合与景区环境相协调的原则,最终选定方案二的治理思路,将边坡顶部及边坡上

并使裂隙面强度降低,随着差异风化的不断深入及淋漓作用,会逐渐形成不同程度的岩腔,最终加速危岩体的失稳,风化作用对崩塌的发生起着催化作用。

2.2 崩塌地质灾害发展趋势

崩塌危岩体发生不同形式和不同规模的变形与破坏,主要经历累进破坏阶段、滑移面贯通阶段和滑移-拉裂阶段,最后斜坡岩体沿下伏软弱结构面向坡前临空方向滑移,并使滑移体拉裂解体,导致岩体破坏形成崩塌。若隐患点地质灾害不采取彻底的治理措施,长期经过雨水冲刷、侵蚀、冻融等因素影响,坡面产生崩塌,会造成坡顶的景区餐厅发生结构损坏或坍塌,坡脚小路被掩埋,坍塌体压占河道,造成河道淤堵,直至边坡重新稳定。

3 治理方案设计思路

3.1 设计指导思想和原则^[7]

(1)治理工程遵循“安全、可靠、长效、美观、环保”的总原则。

(2)与景区环境相协调的原则。

(3)以防为主、防治结合、除害兴利的原则。

(4)要做到因地制宜,充分考虑当地的经济条件,采用合理的技术方案,使工程达到安全可靠、经济合理、美观适用。

(5)全面规划、突出重点的原则。

3.2 治理方案的确立和设计参数的选取

3.2.1 治理方案

依据隐患点不稳定岩质边坡危害可能造成的损失及其地质条件,为保持坡体稳定,控制和减轻灾害造成的损失,结合岩质边坡高度、坡度、边坡上部岩体风化、破碎、节理发育的特征,筛选出了如表5所示的2种治理方案^[8-11]。

宽缓处存在的危岩进行人工清除,减轻中、小型危岩体隐患;将危岩带采用格构锚固护坡系统进行主动防护,防治边坡危岩块崩落;对危岩体进行裂隙加固并设置双边护栏网和警示牌禁止游人靠近,防止崩塌灾害造成人员伤亡。治理方案详见图6~10。

3.2.2 设计参数选取

(1)岩土参数见表6。

(2)地震参数:区内地震烈度Ⅶ度,地震加速度 $0.15g$,设计地震分组为第二组。

(3)锚杆设计参数建议值:岩体与锚固体极限粘结强度标准值 f_{tk} 为1800 kPa(根据岩体风化程度及

表5 崩塌隐患点治理方案比选分析

Table 5 Comparison and selection of treatment schemes for potential rockfall points

方案	治理思路	优点	缺点
方案一	仅从安全角度考虑进行治疗:(1)对危岩体(WY-1)进行注浆锚杆锁定;(2)对危岩带(WYD-1)采取锚杆+钢筋网+混凝土锚喷措施进行支护;(3)对崩塌堆积物进行彻底清理	安全性高,治理比较彻底	(1)治理成本费用较高、材料人工成本较大;(2)过度治理与景点整体环境不协调
方案二	从最大限度地保护景点资源、安全合理的角度考虑进行治疗:(1)对危岩体(WY-1)采用灌浆封堵裂隙加固,并在危岩体下方坡脚至河岸位置设置双边护栏网和警示牌,禁止游人靠近;(2)对危岩带(WYD-1)采用格构锚固护坡系统进行主动防护;(3)对崩塌堆积物采取避让措施,设置双边护栏网和警示牌,禁止游人靠近	最大程度保护景点资源,与景区环境相协调;治理成本费用较少	(1)地质灾害没有彻底治理;(2)危岩体有可能会发生崩塌,但不会伤及游客和行人

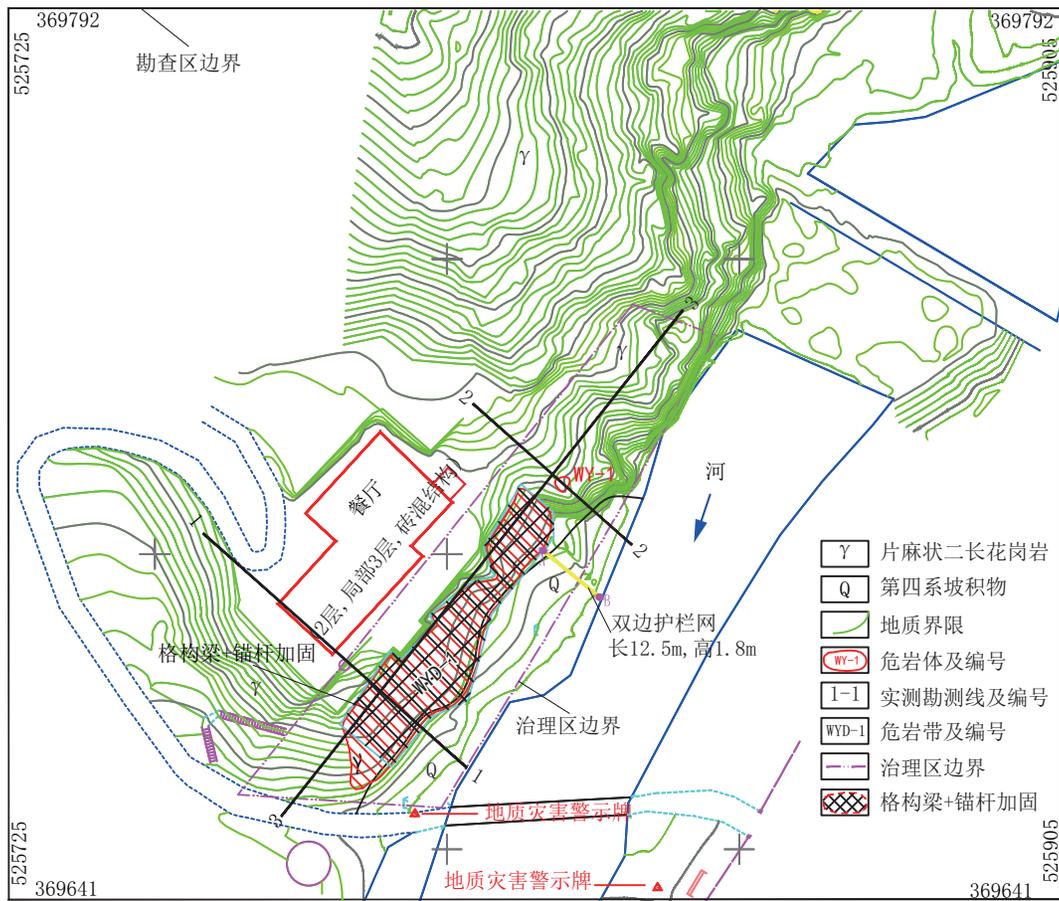


图6 崩塌隐患点治理工程平面布置

Fig.6 Layout of the treatment project for the rockfall hazard

节理裂隙发育程度进行适当调整)。

3.3 治理工程计算

依据现行规范通过理正岩土6.5计算软件中边坡稳定性分析模型进行分析计算^[12-16]。

3.3.1 格构式锚杆挡墙计算

计算结果详见表7。

锚杆设计为全长粘结型,设计长度 $L=10.5\text{ m}$,锚孔直径 $D=90\text{ mm}$,锚杆采用单根直径25 mm的HRB400钢筋,锚杆设置在格构节点上,根据地形条件,设置锚杆3~4排,共63根,锚杆倾角 $\alpha=15^\circ$ 。

锚杆头锚入格构梁内长度 $<45d$ (d 为锚杆直径)。锚杆为全孔灌浆,采用标号为P.O42.5的普通

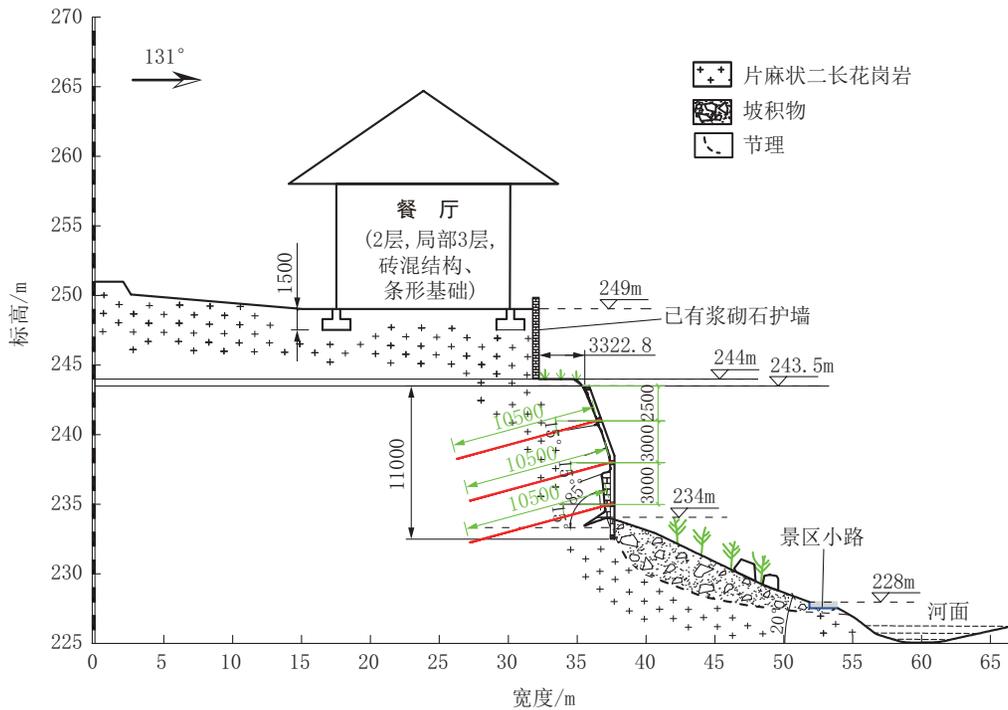


图7 危岩带治理工程纵剖面(1-1)

Fig.7 Longitudinal section of the dangerous rock zone treatment (1-1)

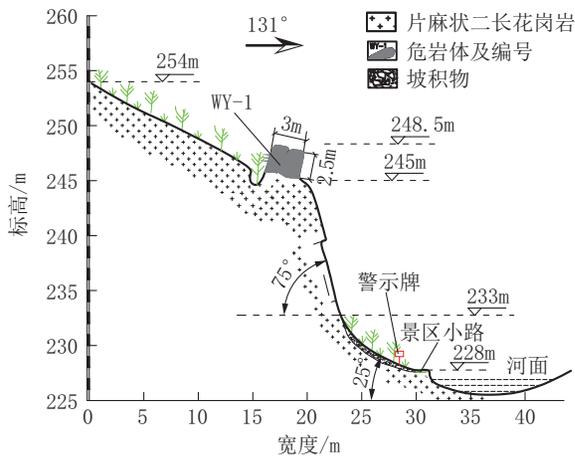


图8 危岩体治理工程纵剖面(2-2)

Fig.8 Longitudinal section of the dangerous rock zone treatment (2-2)

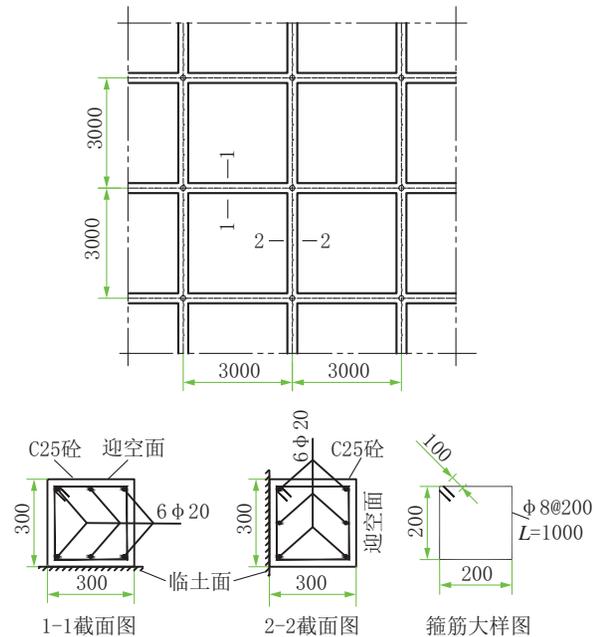


图9 格构梁及配筋示意

Fig.9 Detail drawing of the lattice beam and reinforcement

硅酸盐水泥,水灰比为0.45~0.5,强度设计为M25。

3.3.2 格构梁配筋包络结果

根据计算结果,格构梁配筋为:上部纵筋为HRB400钢筋3根(Ø20 mm);下部纵筋为HRB400钢筋3根(Ø20 mm);箍筋为HPB300钢筋Φ8@200。

梁号:1-31

跨长:3.000 m

截面: $B \times H = 0.300 \text{ m} \times 0.300 \text{ m}$

背侧纵筋:180 mm(左)、180 mm(中)、180 mm(右)

面侧纵筋:180 mm(左)、180 mm(中)、180 mm(右)

表6 岩土体物理力学参数

Table 6 Physical and mechanical parameters of rock

岩性	重度/(kN·m ⁻³)		抗压强度标准值/MPa		抗拉强度标准值/MPa		抗剪强度标准值	
	天然	饱和	天然	饱水	天然	饱水	粘聚力/MPa	内摩擦角/(°)
花岗岩	26.4	26.7	79.95	77.58	5.39	5.06	15.485	40.5
坡积物	21.0							30.0~35.0

表7 格构式锚杆挡墙锚杆计算结果

Table 7 Calculation results of the lattice bolt retaining wall

锚杆号	竖向间距/ m	入射角/(°)	自由段长 度/m	锚固段长 度/m	锚固体直 径/mm	锚杆预加 力/kN	锚杆刚度/ (MN·m ⁻¹)	筋浆强度 f _b / kPa
1	2.500	15.00	5.50	5.00	90	0.000	17.85	2100.00
2	3.000	15.00	5.50	5.00	90	0.000	17.85	2100.00
3	3.000	15.00	5.50	5.00	90	0.000	17.85	2100.00

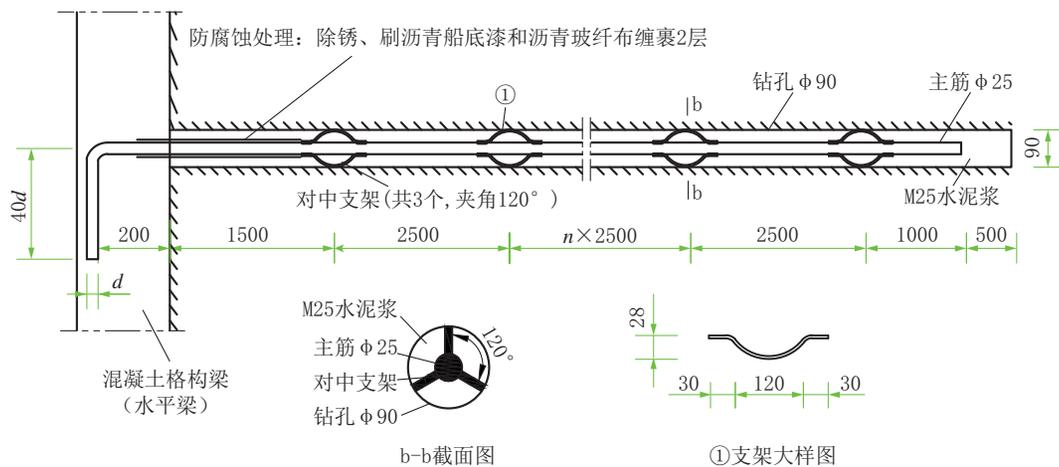


图10 格构梁锚杆结构示意图

Fig.10 Lattice beam anchor structure

mm(右)

箍筋:339 mm(左)、339 mm(中)、339 mm(右)

格构梁在坡面呈正方形布设,格构梁截面 300 mm×300 mm,采用 C25 混凝土浇筑;格构梁间距 3.0 m×3.0 m,格构节点处设置锚杆,锚杆间距为 3.0 m;格构梁底梁需全断面设在岩层上;格构梁底设垫层进行找平。

3.3.3 整体稳定验算

岩体面积:193.203 m²

结构面长度:18.572 m

坡线荷载:91.380 kN

水平地震力:188.373 kN

岩体重力:5023.286 kN

抗滑力:3381.713 kN

下滑力:188.373 kN

整体稳定验算满足要求:安全系数 $K_s=17.952 \geq 1.100$

计算结果所得边坡稳定性系数均大于规范要求稳定性系数,理论上本方案是可行的。

4 方案实施及效果

该隐患点治理方案经过专家评审后进行实施治理,通过统筹安排和精心施工,工程已于2018年竣工并通过验收,治理效果获得相关专家的高度认可,工程治理效果见图11。该隐患点的治理思路完全符合预期效果,消除了安全隐患,同时也保留了景区的特色,对类似景区治理提供了借鉴和参考。



(a) 竣工验收图 (2018年)



(b) 现状图 (2021年)

图11 工程治理效果

Fig.11 Treatment effect

5 结语

通过对本景区地质灾害隐患点的治理设计分析,在保证景区安全隐患消减的同时,必须综合考虑景区资源特点,选择合理的治理方式,既确保设计方案经济合理,可操作性强,又能最大限度保留景区旅游特色,做到与景区背景相适应。

(1)本隐患点地质灾害类型为崩塌,由3部分组成:危岩带(WYD-1)、危岩体(WY-1)、陡壁坡脚处存在少量崩塌堆积物。治理前发生过碎石滑落情况,治理后也要加强景区隐患点排查、巡查,做好景区地质灾害防治工作。

(2)综合考虑,选择以主动防护和避让为主的治理措施,既保证了游人的安全,又最大限度地保护景区旅游资源。

(3)地质灾害的防治是一个系统工程,治理工程只是在一定程度上减缓和控制地质灾害的发生,不会一劳永逸,不能因为治理工程的实施就放松警惕,汛期还是要配合群测群防系统,重点监测、及时上报,发挥治理工程的最大效益。

(4)崩塌是自然景区中最普遍、最易发的灾型,同时也要做好如滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害

隐患的预防和治理工作,需加强治理设计的方法研究和探讨,筛选出最合理、最经济的治理方案。

参考文献(References):

- [1] 刘伍,郑小体,田志君,等.旅游景区地质灾害治理工程勘查设计项目(怀柔区)勘查及治理设计报告[R].北京:北京市地质工程设计研究院,2015.
LIU Wu, ZHENG Xiaoti, TIAN Zhijun, et al. Investigation and treatment design report of geological disaster control engineering exploration and design project in tourist attractions in Huairou district[R]. Beijing: Beijing Geological Engineering Design Institute, 2015.
- [2] 刘占梅.辽宁省喀左县道虎沟山坡崩塌地质灾害防治工程设计[J].地质灾害与环境保护,2017,28(2):16-20,25.
LIU Zhanmei. Hillside collapse geological hazard management engineering design in Daohugou village Kazuo county of Liaoning province[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2017,28(2):16-20,25.
- [3] 陈晓玉,王承武.阜康市天山天池景区地质灾害防治对策研究[J].经济研究导刊,2015(19):223-224.
CHEN Xiaoyu, WANG Chengwu. Research about the prevention strategies of geological disaster of Fukang city Tianshan Tianchi Scenic Spots[J]. Economic Research Guide, 2015(19): 223-224.
- [4] 贺凯,殷跃平,冯振,等.重庆南川甑子岩-二垭岩危岩带特征及其稳定性分析[J].中国地质灾害与防治学报,2015,26(1):16-22.
HE Kai, YIN Yueping, FENG Zhen, et al. Analysis of characteristics and stability for Zengziyan-Eryayan unstable rocks belt in Nanchuan county Chongqing[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2015,26(1):16-22.
- [5] 雷晗,刘惠军,贾斌.甘孜州俄牙桐乡乡镇政府后山崩塌地质灾害治理设计[J].城市地理,2017(8):71.
LEI Han, LIU Huijun, JIA Bin. Design of geological disaster control for landslides in the back mountain of township government in Eyadong township, Ganzi prefecture[J]. City Geography, 2017(8):71.
- [6] 李晋,刘新惠,张弛,等.张家界大峡谷景区地质灾害发育规律及防治对策[J].湖南文理学院学报(自然科学版),2019,31(3):91-95.
LI Jin, LIU Xinhui, ZHANG Chi, et al. Development law and countermeasures of geological hazards in Zhangjiajie grand canyon scenic area[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science (Science and Technology), 2019,31(3):91-95.
- [7] 贺青山,龚福初,卢艺伟.湖南省矿山地质灾害的治理方案设计——以空灵寺陡崖危岩崩塌项目治理为例[J].中国金属通报,2019(2):194-195.
HE Qingshan, GONG Fuchu, LU Yiwei. Treatment plan design of mine geological hazards in Hunan province—Taking the

- collapse project of cliff dangerous rock in the empty temple as an example[J]. China Metal Bulletin, 2019(2):194-195.
- [8] 杨圣. 崩塌地质灾害治理设计分析[J]. 冶金与材料, 2019, 39(2):14-15.
YANF Sheng. Analysis on the treatment design of collapsed geological disasters [J]. Metallurgy and Materials, 2019, 39(2):14-15.
- [9] 龚林晋. 论崩塌、滑坡地质灾害的综合性工程治理方案设计[J]. 世界有色金属, 2018(1):189-190.
GONG Linjin. On the comprehensive project design of the geological disaster of collapse and landslide [J]. World Nonferrous Metals, 2018(1):189-190.
- [10] 刘伍. 北京天梯峡谷崩塌灾害及防治方案分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2016, 27(4):18-23, 43.
LIU Wu. Analysis on rockfall and its treatment in canyon of Heaven's ladder, Beijing [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2016, 27(4):18-23, 43.
- [11] 王亚军, 王亚民, 朱宏斌. 河北省平山县大柳树村崩塌地质灾害治理设计[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2009, 20(4):7-12.
WANG Yajun, WANG Yamin, ZHU Hongbin. The Designing about geological disaster of rock fall treatment work in Dalishu village of Pingshan county, Hebei province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2009, 20(4):7-12.
- [12] 曹科兵. 滑坡地质灾害治理设计探讨[J]. 智能城市, 2020, 6(12):57-58.
CAO Kebing. Discussion on treatment design of landslide geological disaster [J]. Intelligent City, 2020, 6(12):57-58.
- [13] 刘伍, 樊金桂, 郑小体, 等. 北京飞云瀑景点崩塌地质灾害分析及防治方法研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(10):9-15.
LIU Wu, FAN Jingui, ZHENG Xiaoti, et al. Analysis on collapse geological disaster in Feiyun waterfall scenic spot and the study on prevention and control methods [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(10):9-15.
- [14] 林泉, 卫星, 张琦. 万福镇崩滑塌地质灾害治理工程设计方案[J]. 科学技术创新, 2011(11):294.
LIN Quan, WEI Xing, ZHANG Qi. Design scheme of geological disaster control project for collapse and landslide in Wanfu town [J]. Scientific and Technological Innovation, 2011(11):294.
- [15] 王国良, 卢长军, 王凤山, 等. 蓟县中上元古界标准剖面景区太平寨崩塌地质灾害治理[J]. 西部探矿工程, 2017, 29(5):14-16.
WANG Guoliang, LU Changjun, WANG Fengshan, et al. Geological disaster control of Taipingzhai collapse in Jixian Middle Upper Proterozoic standard section scenic spot [J]. West-China Exploration Engineering, 2017, 29(5):14-16.
- [16] 何兴鹏. 探讨锚杆格构梁在地灾治理工程中的应用[J]. 西部资源, 2020(4):143-145.
HE Xingpeng. Discussion on the application of bolt lattice beam in geological disaster control project [J]. Western Resources, 2020(4):143-145.

(编辑 荐华)