

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2016.04.04

北京天梯峡谷崩塌灾害及防治方案分析

刘 伍

(北京市地质工程设计研究院,北京 100050)

摘要: 天梯峡谷内岩石节理裂隙极为发育,岩块破碎,多处形成松动岩块,两侧岩壁陡立,形成大面积危岩带。峡谷内空间狭小,地形复杂,谷底纵坡降达 25°,景区道路自峡谷谷底经过,危岩带对过往游人构成极大威胁,经多方案比选分析,最终选择了被动柔性网防治方案。

关键词: 山谷型自然风景区;峡谷地貌;崩塌地质灾害;危岩带;治理方法

中图分类号: P642.21

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2016)04-0018-06

Analysis on rockfall and its treatment in the canyon of Heaven's ladder, Beijing

LIU Wu

(Beijing Geological Engineering Design Institute, Beijing 100050, China)

Abstract: The joints and fissures of the rock cliffs are very well development and rock crushing in the canyon of heaven's ladder, formed loose rockmass at the multi-positions, the cliffs on both sides are steep, formed widespread dangerous rockbelt. Not only the space is narrow, but also the complex terrain in the canyon, the longitudinal grade of the canyon's bottom is upto 25°, The scenic road go through by the canyon's bottom, The dangerous rockbelt will be pose a great threat to past visitors, Through comparison analysis of various schemes, finally, the treatment method of the flexible passive network be chosen.

Keywords: valley type natural scenic spot; canyon landform; rockfall geological hazard; dangerous rockbelt; treatment method

0 引言

山谷型自然风景区幽静、纯美、怡人的风景,让人留恋忘返,但由于特殊的地质背景及长期的风化剥蚀作用,往往会存在一定的地质灾害或潜在地质灾害,为了保护游人安全,景区地质灾害调查、评价及治理工作便应运而生。每个景区内的地形地势条件及开发建设程度对地质灾害治理方法的选择影响较大,当景区内没有大路,只有崎岖简易小路,且灾害点距景区入口较远(达几公里)时,治理工程所需的材料、设备均靠人工运输,成本剧增,再加上灾害

治理点附近的地形较为复杂,势必会对灾害点的治理工作影响较大,本文就是针对这样一个实例进行阐述、分析及研究。

1 崩塌灾害基本特征

1.1 景区概况

幽谷神潭风景区位于北京市云蒙山附近,景区处于一条近东西向山谷内,山谷总体呈东高西低,沟底纵坡降约 9°,天梯峡谷是其中的一个小型峡谷,位于该景区主沟上游北侧附近,峡谷距景区出口约 3 km,整个景区在谷底仅有一条简易崎岖小路。

收稿日期: 2016-05-25; 修订日期: 2016-06-12

基金项目: 北京市旅游发展委采购项目: 旅游景区地质灾害治理工程勘查设计项目(怀柔区)^[1](BJJQ-2015-026)

作者简介: 刘 伍(1965-),男,高级工程师,主要从事岩土工程勘察、设计及地灾治理工作。E-mail: liuwu1832@163.com

1.2 危岩带组成及规模

本灾害点位于天梯峡谷内,峡谷东西长约 270 m,谷底窄小,下段宽度不足 10 m,中段宽不足 20 m;两侧坡体近于直立,局部反倾,两侧坡体高 20 ~ 50 m;谷底纵坡降约 25°,整个谷底堆积着大量崩塌堆积岩块。根据“姬广义,汪洋,孙永华^[1-2]研究成果”,本风景区完全处于云蒙山岩浆杂岩体内,岩石成分为燕山晚期片麻状二长花岗岩。

本灾害点处于峡谷中段北坡,此段谷内略显宽阔,但两侧山坡上部仍呈陡立状,陡壁高约 40 ~ 50 m,陡壁节理裂隙极为发育,存在大量松动岩块,

形成危岩带,危岩带顶界高程 570 ~ 585 m,底界高程 541 ~ 553 m,相对高差 29 ~ 35 m,危岩带沿坡面长度约 40 m,沿坡面面积约 1500 m²,北坡陡壁坡面产状 195°∠76°~81°,坡面岩块崩塌方向 195°;陡壁以下坡体较缓,坡体表面产状 195°∠35°~40°,堆积松散坡积物,厚度 2.0 ~ 3.6 m;坡积物堆积区树木极为茂盛,此段谷底呈“V”字形,谷底堆积大量崩塌岩块,且树木茂盛,景区小路自峡谷下端入口,沿谷底上行,至此危岩带下方附近后,小路在坡积物缓坡上“之字形”穿行,而后转向南翻越山脊,再次进入景区主沟(图 1)。

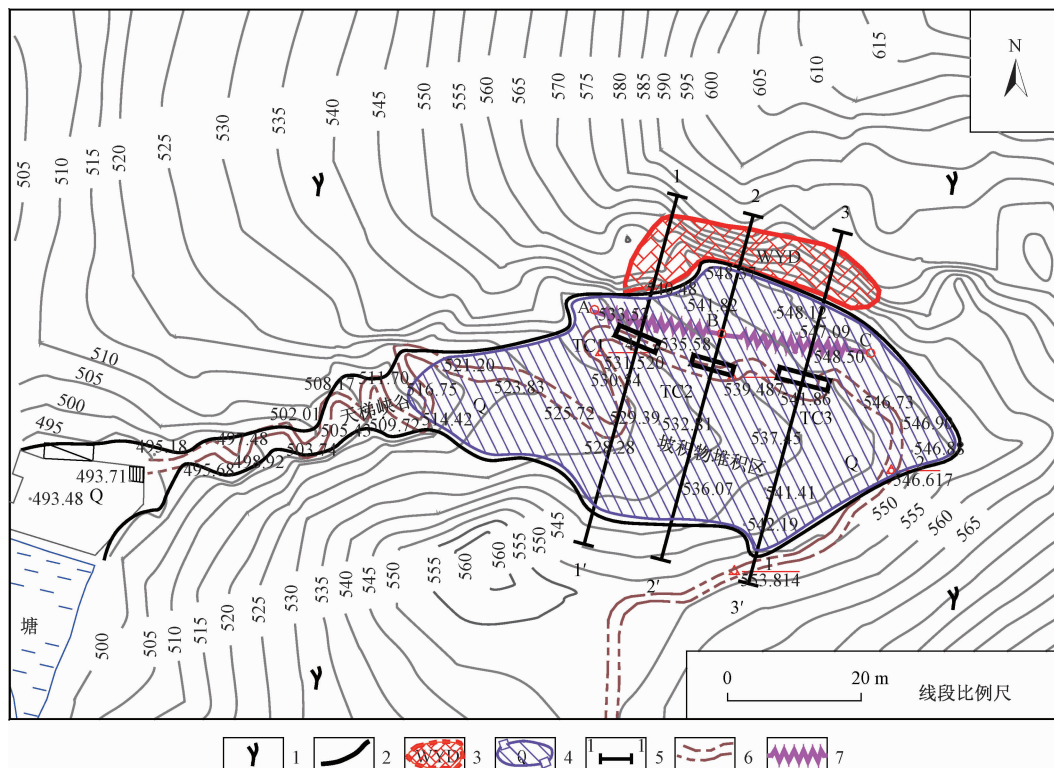


图 1 崩塌地质灾害勘查及治理设计工程地质简图

Fig. 1 Geological diagram about collapse geological disasters investigation and treatment engineering

1—片麻状二长花岗岩; 2—地质界线; 3—危岩带及编号; 4—坡积物堆积区;
5—实测勘测线及编号; 6—景区小路; 7—设计被动防护网位置。

1.3 危岩带结构特征及破坏模式

(1) 危岩带结构特征

危岩带节理裂隙极为发育,主要有 3 组:

①外倾节理:产状 220°~225°∠65°~80°,平直,极为发育,6~8 条/m,长度 5~10 m;②内倾节理:产状 34°~37°∠55°~65°,平直,发育一般,1~2 条/m,长度较短,1~2 m;③侧向节理:产状 100°∠55°,平直,极为发育,3~5 条/m,长度 5~10 m,局部密集发育,经风化后形成深陷沟槽或巨大裂缝。

(2) 危岩带表面松动岩块崩塌破坏模式

由于 3 组密集节理的存在,在风化作用持续影响下,造成危岩带表层岩块愈加破碎,形成大量松动岩块及凌空岩块,大部分尺寸小于 1.0 m × 0.70 m × 0.50 m,估算体积约 50 m³,在暴雨或地震等诱发作用下,危岩带上的松动及凌空岩块可能向下滑动滚落,形成崩塌地质灾害。经现场调查,确认危岩带破碎岩块向坡体内的影响深度 1~2 m。

由于松动岩块所在的位置、岩块形状、三维空间

的节理裂隙状态及与稳固基岩的接触关系不同,会出现滑移式、倾倒式、坠落式^[3-4]等多种崩落方式。

1.4 崩塌堆积物及其特征

在危岩带下方的宽缓坡积物表面及谷底可见到崩塌堆积岩块,大小不等、形状不一,一般砾径在 30 ~ 50 cm,最大砾径达 200 ~ 300 cm,现存堆积体积约 100 m³。

1.5 松散坡积物及其特征

在危岩带陡壁下方的宽缓坡面部位堆积着较厚松散坡积物,沿坡面东西向分布长度约 80 m,在 3 条地质勘测剖面位置的坡积物顶界标高为 541 ~ 553 m,坡积物向谷底延伸,完全覆盖峡谷谷底。该

坡积物的存在对北坡危岩带的治理具有较大影响,因此,对此区段的坡积物进行了必要的调查测绘,并采用高密度电法探测及配合槽探揭露,探测结果为:1-1'剖面,坡积物厚度 2.01 ~ 4.43 m;2-2'剖面,厚度 0.74 ~ 4.36 m;3-3'剖面,厚度 1.63 ~ 4.35 m。

坡积物成分主要为岩块、碎石、粉土,其中岩块 30% ~ 40%,岩块粒径一般 50 cm × 30 cm × 20 cm,最大 100 cm × 60 cm × 30 cm;碎石 40% ~ 10%,碎石粒径一般 20 cm × 10 cm × 2 cm,粉土 30% ~ 50%,原岩成分为片麻状二长花岗岩。湿-稍湿,结构松散-稍密。具体见图 2(a、b、c、d)。

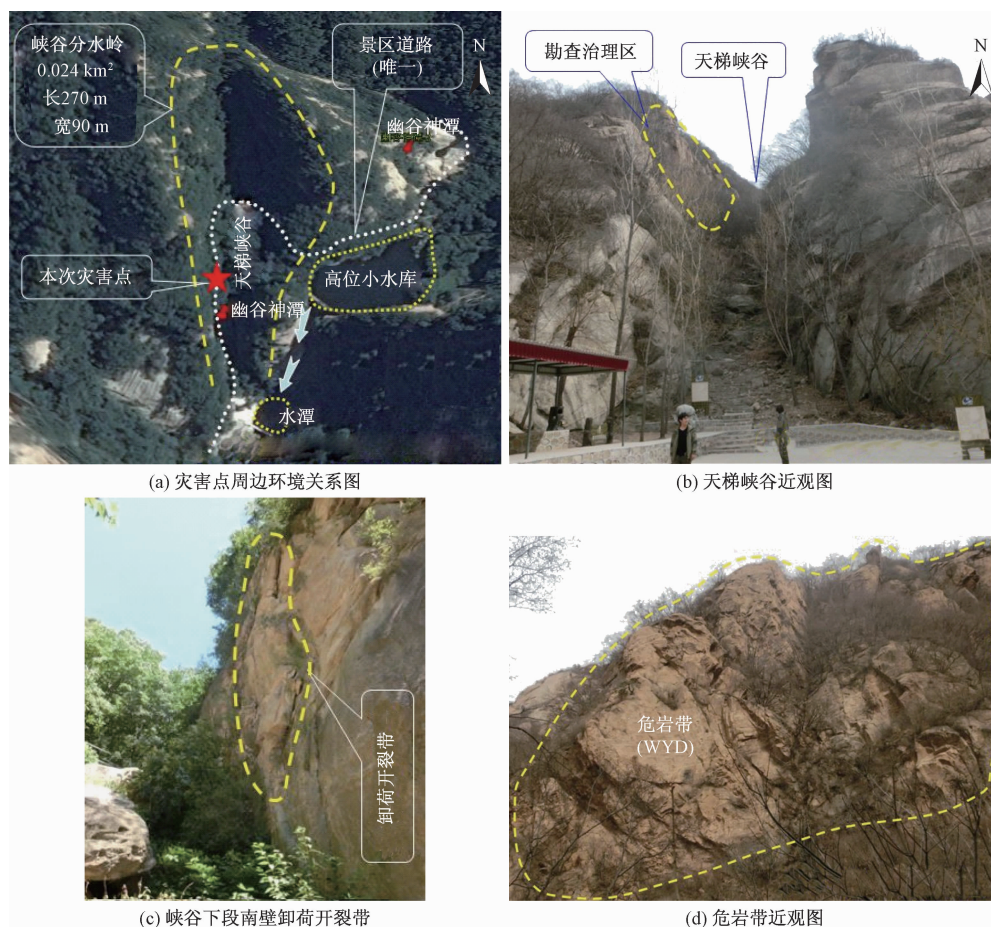


图 2 天梯峡谷灾害点:危岩带

Fig. 2 Geological hazard point for the canyon of heaven's ladder: dangerous rockbelt

2 危岩带治理方案比选分析

危岩带所在坡体岩石整体性较好,不存在坡体整体稳定性破坏隐患,但危岩带表面松动岩块影响深度约 1 ~ 2 m,危岩带的最大隐患主要是密集节理裂隙切割后形成的松动岩块,在暴雨、地震等瞬时力作用下,

可能导致崩塌坠落,对景区小路及过往游人构成威胁,需要对其进行治理。

2.1 治理方案比选分析

天梯峡谷内空间狭窄,地形复杂,几乎没有布设防治工程的位置,治理难度较大。治理方案比选分析见表 1。

表 1 危岩带治理方案比选分析简表

Table 1 Compare and analysis table for dangerous rockbelt treatment method

方案	治理方案概要	优点	缺点
方案 1	对危岩带挂主动防护网 ^[5-7] 。	直接治理,效果最好。	危岩带下方为坡积物堆积区,坡积物厚度大,平均达 2.0 m(0.74~4.36 m),且较松散,坡度较陡,达 35°~39°,树木较密,脚手架很难搭设,施工风险很大。
方案 2	在现有小路上方附近设置“抗滑桩+桩顶钢筋混凝土挡墙”。	①拦挡工程施工占用空间较小;②对坡积物有加固作用。	①基岩内人工挖桩施工难度较大;②施工材料及设备较多,均须采用人工运输,成本较高;③桩顶挡墙高度 2~4 m,太高。
方案 3	在现有小路上方附近设置“柔性被动网” ^[8-9] 。	①对危岩带崩落岩块拦挡效果较好,安全性高。②利用现有茂密植被减缓落石的冲击。	①采用潜孔锤钻机施工锚杆,钻机沉重,需要将钻机拆解、人工搬运、再拼装;②搬运被动网等相关材料。

2.2 治理方案的选定

经对比分析,并与景区负责人及有关部门沟通,最终采用了被动治理措施。即,在现有小路北侧附近位置(小路上方 3~6 m)设置柔性被动防护网^[8-9],以防犯危岩带表面的松动岩块崩落,可能滚落冲击至景区小路,伤害过往游人。

3 崩塌岩块运动速度估算

分别对 3 个勘测剖面进行落石运动轨迹分析及冲击动能计算,崩落岩块直径按 1.0 m 考虑,质量为 1381.6 kg,被动网拟设在小路上方 3~6 m 的 A-B-C 点连线位置。

根据专著《崩塌与落石》(胡厚田,1989 年)^[10]及专著《危岩防治原理》(陈洪凯,2006 年)^[11]中所提供的崩塌落石运动计算公式进行估算。(图 3、表 2)。

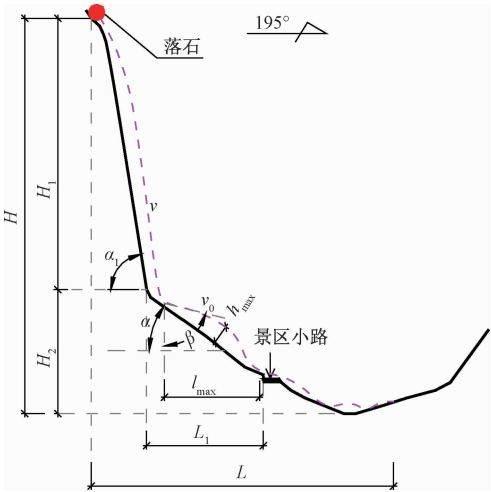


图 3 危岩崩塌落石计算简图

Fig.3 The calculation diagram for rock fall

表 2 危岩坠落运动计算基本参数一览表

Table 2 The list of calculation basic parameter for the dangerous rock falling movement

计算剖面	1-1'	2-2'	3-3'
理想化落石直径/m	1.0	1.0	1.0
岩石密度 $\rho / (\text{kN}/\text{m}^3)$	26.4	26.4	26.4
危岩带坡面坡度 α_1	78.4°	81°	76°
危岩带下方坡面坡度 α	39°	36°	36°
危岩带坡面高度 H_1/m	31	35	31
危岩带下方坡面高度 H_2/m	11.8	16.0	14.6
斜坡面顶端至小路斜距 L_1/m	16~20	16~20	16~20
拟设被动网位置	在小路上方(3~6 m)处设置		

注:理想化崩落岩块直径按较大块体考虑。

3.1 反射切线瞬时分速度 v_0 计算^[10]

$$v = \sqrt{2gH_1}$$
$$v_0 = (1 - \lambda) v \cos(\alpha_1 - \alpha)$$

式中: v ——落石与斜坡面初次碰撞时的速度/(m/s);
 v_0 ——落石与斜坡面第一次碰撞后的反射速度/(m/s);
 g ——重力加速度/(m/s²),取 10 m/s²;
 H_1 ——危岩体高度/m;
 λ ——瞬时摩擦系数,查表取 0.4;
 α_1 ——危岩带坡面坡度/(°);
 α ——危岩带下方坡面坡度/(°)。

3.2 落石在水平方向对斜坡面的最大偏离 $l_{\max}$ 计算^[10]

$$l_{\max} = \frac{v_0^2 (\tan \alpha - \cot \beta)^2}{2g \tan \alpha (1 + \cot^2 \beta)}$$
$$\beta = \frac{200 + 2\alpha(1 - \frac{\alpha}{45^\circ})}{\sqrt[3]{v_0}}$$

式中: $l_{\max}$ ——落石在水平方向对斜坡面的最大偏

离/m;

ν_0 ——落石与斜坡面第一次碰撞后的反射速度/(m/s);

α ——危岩带下方坡面坡度/(°);

β ——落石反射速度 ν_0 的方向与纵坐标轴间的夹角/(°)。

3.3 落石在垂直方向对斜坡面的最大偏离 $h_{\max}$ 计算^[10]

$$h_{\max} = \frac{v^2 \cdot (\tan\alpha - \cot\beta)^2}{2g(1 + \cot^2\beta)}$$

式中: $h_{\max}$ ——落石在垂直方向对斜坡面的最大偏离/m;

ν ——落石与坡面初次碰撞时的速度/(m/s);

α ——危岩带下方坡面坡度/(°);

β ——落石反射速度 ν_0 的方向与纵坐标轴间的夹角/(°);

g ——重力加速度/(m/s²),取 10 m/s²。

3.4 落石冲击能 E 计算^[11]

$$E = 0.6 m \nu_0^2$$

$$m_{\max} = \rho v_{\max}$$

式中: E ——落石的撞击能/kJ;

m ——落石质量/kg;

ν_0 ——落石与坡面第一次碰撞后的反射速度/(m/s);

$m_{\max}$ ——预计最大落石的质量/kg,取 1381.6 kg;

ρ ——落石密度,取 2.64 g/cm³;

$v_{\max}$ ——预计最大落石的体积,取 0.5233 m³。

经过计算,从危岩带上缘至下缘不同位置掉落的岩块,其崩落运动结果:崩落岩块的水平运动距离为 35 ~ 40 m,已完全覆盖景区小路,坠落高度为 42.8 ~ 51 m,拟在小路上方附近(3 ~ 6 m)设置被动网,落石运动到此处时的最大总动能为 221.65 ~ 253.35 kJ,落石弹跳高度为 0.839 ~ 3.49 m。计算结果见表 3、图 4。

表 3 危岩坠落运动计算结果一览表

Table 3 The list of calculation results for the dangerous

rock falling movement

计算剖面	1-1'	2-2'	3-3'
落石坠落最大高度 H /m	42.8	51.0	45.6
落石坠落最大水平距离 L /m	40	39	35
拦网 落石冲击动能/kJ	253.35	245.75	221.65
位置 落石弹跳高度/m	1.513	3.492	0.839

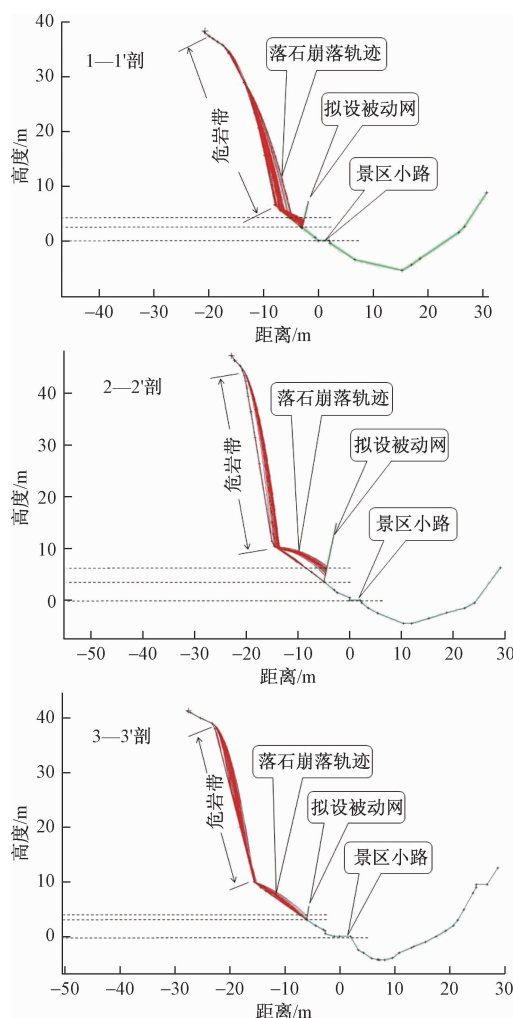


图 4 危岩崩落运动轨迹计算剖面图

Fig. 4 The section about motion trail calculation of rockmass collapsing

4 柔性被动网设计结果

根据上述相关计算,及《铁路沿线斜坡柔性安全防护网》(TB/T3089—2004)^[12]中的相关要求,对本危岩带采用柔性被动网治理,其设计参数为:RX-050型,防护最高能级为 500 kJ,20 号工字钢钢柱,D0/08/200 钢丝绳网,SO/2.2/50 格栅网,被动防护网设计长度 45 m,网高 5.0 m,柱间距 9.0 m,防护面积 225 m²。

钢柱基座为 B 类锚固,混凝土基座尺寸为 0.8 m × 1.0 m × 1.5 m(深),上/下拉(侧拉)钢绳锚杆锚入基岩深度 ≥ 2 m,采用 2Φ16 钢绳(50 kN),孔径 ≥ 70 mm,M30 水泥砂浆或纯水泥浆锚固。见图 1、图 5、图 6。

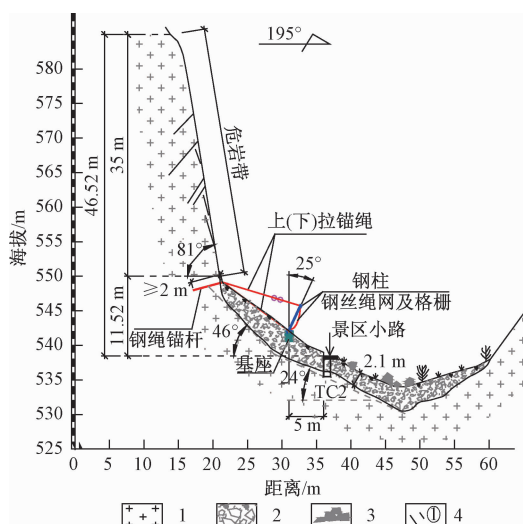


图5 采用柔性被动网治理剖面图(2-2')

Fig.5 The section by using the flexible passive network treatment(2-2')

1—片麻状二长花岗岩;2—坡积物;3—崩塌堆积物;4—节理及编号。

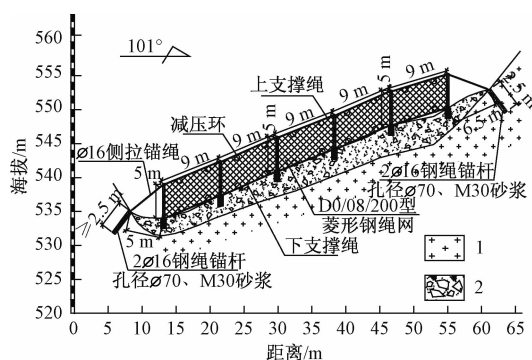


图6 危岩带:采用柔性被动网治理立面图

Fig.6 The dangerous rockbelt: the section by using the flexible passive network treatment

1—片麻状二长花岗岩;2—坡积物。

5 结论与建议

5.1 结论

(1) 天梯峡谷谷底狭窄,两侧坡体陡立,局部反倾,节理裂隙极为发育,峡谷两侧陡壁面上多处存在松动岩块及卸荷开裂带,形成危岩带,给过往游人构成极大威胁。

(2) 笔者认为,峡谷内空间狭小,谷底纵坡降大,地形复杂,采用柔性被动网治理措施,既极大的减小了治理工程难度,又给予过往游人最大程度的安全保护,在现有条件下是较为合理的治理措施。

5.2 建议

(1) 整个天梯峡谷广范发育危岩带,鉴于本次工作

任务要求,仅对峡谷内北侧壁的最大一处危岩带进行勘查及治理,因此,有必要对天梯峡谷及其附近区域进行全面系统勘查,分析对整个峡谷进行彻底治理的可行性。

(2) 封闭天梯峡谷,不再作为游人过往的通道,另选其他可行的道路方案。

参考文献:

- [1] 刘伍,郑小体,田志军,等. 旅游景区地质灾害治理工程勘查设计项目(怀柔区)勘查设计报告[R]. 2015.
- LIU Wu, ZHENG Xiaoti, TIAN Zhijun, et al. The investigation and treatment design report about the investigation and treatment design projects of tourism scenic area geological disaste (Huairou District) [R]. 2015.
- [2] 姬广义,汪洋,孙永华. 北京云蒙山岩浆杂岩体的岩石学和构造变形特征[J]. 北京地质, 2004, 16(3): 1-11.
- JI Guangyi, WANG Yang, SUN Yonghua. Petrological characteristics and structural deformation of Yunmeng Shan magmatic complex, Beijing[J]. Beijing Geology, 2004, 16(3): 1-11.
- [3] 贺凯,殷跃平,冯振,等. 重庆南川甄子岩-二坝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 Yuepin, 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.
- [4] 刘连刚,韦京莲,叶超,等. 北京地质灾害[M]. 北京:中国大地出版社, 2008: 1-194.
- LIU Liangang, WEI Jinglian, YE Chao, et al. Geological hazards in Beijing [M]. Beijing: China's Large Geological Press, 2008: 1-194.
- [5] 汪敏,石少卿,阳友奎. 边坡主动防护系统加固力简化计算方法研究[J]. 公路交通科技, 2011, 28(5): 12-17.
- WANG Min, SHI Shaoqing, YANG Youkui. Research on simplified calculation method of reinforcement force of slope active protection system [J]. Journal of Highway and Transportation and Development, 2011, 28(5): 12-17.

(下转第43页)