

# 硃石山边坡 SNS 主动柔性防护系统综合治理技术

罗 伟

(河南省地质矿产勘查开发局第四地质探矿队,河南 郑州 450001)

**摘 要:**介绍了 310 国道硃石山边坡采用 SNS 主动柔性防护系统的工程实例,提出了该系统的设计方案及施工工艺。综合治理实践表明,SNS 主动柔性防护技术具有可靠、安全和施工简便、速度快、投资小、环保等优点。

**关键词:**SNS 主动柔性防护;边坡治理;综合治理

**中图分类号:**U418.5<sup>+</sup>2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)01-0073-04

**Technology of Comprehensive Treatment with SNS Active Flexible Protective System in Xiashishan Slope/LUO Wei**  
(No.4 Geological Exploration Party, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 450001, China)

**Abstract:** The paper introduced the engineering case of slope treatment with SNS active flexible protective system in Xiashishan slope by National Highway 310 and described the design plan and construction technology of the system. The practice of comprehensive treatment showed that the SNS active flexible protective system has the advantages of reliability, safety, easy operation, fast-speed, less investment and environmental protection.

**Key words:** SNS active flexible protection; slope treatment; comprehensive treatment

## 1 概述

拟治理的边坡在 310 国道的陕县硃石段,来往车辆频繁。该边坡时有发生岩块坠落和崩塌现象,2008 年 7 月因硃石山边坡巨石滚落造成一辆轿车被砸、当场 2 人死亡 1 人重伤的恶性事故,地方公路部门经济损失严重。2008 年 10 月,受三门峡市公路局的委托,我单位承担了该边坡的勘查治理施工任务,并提交了几个治理方案。由于不能中断通行以及施工安全保障、经济性的综合考虑,经过有关专家、技术人员的充分论证,最终选择局部边坡采用 SNS(Safety Netting System)主动柔性防护系统为主的综合治理方案。SNS 主动柔性防护系统在豫西山区道路属于首次使用,且豫西山区边坡地质条件几近类似,通过该工程的实施,为今后该地区的推广起到了示范作用。

该边坡属人工开挖形成的岩质高边坡,边坡高度在 11.6~41.9 m 之间,坡度 48°~90°,边坡段全长约 440 m,位于半径 140 m 弯道上;边坡岩土体为强风化鲕状灰岩、泥页岩、砂岩及碎石坡积物。受地质构造运动影响,岩体受到强烈挤压,裂隙、节理发育,形成破碎的危岩体,诱发的主要地质灾害种类为危岩坠落和崩塌。

## 2 场区工程地质条件评价

### 2.1 边坡地层

硃石高边坡大致可分为 3 个地质区段。

I 区段:岩性主要为鲕状灰岩,坡向在 286°~296°之间,坡角在 64°~72°之间,裂隙很发育,以竖向裂隙为主。竖向裂隙走向为 298°,倾角近 90°,裸露裂隙宽度多在 1~20 cm,最大可达 50 cm;水平裂隙走向 26°,倾角 19°~24°,裸露裂隙宽度多在 0.5~5 cm,裂隙内有石英脉充填。由于节理纵横交错,形成 X 型岩块,受雨水冲刷,裂隙充填的胶结物流失,在振动、应力平衡破坏的情况下,易造成危岩坠落和崩塌灾害。

II 区段:为挤压破碎的褶皱带,下部岩性主要为互层的泥页岩和砂岩,上部有少量破碎的灰岩,坡向在 282°~298°,坡角在 70°~90°。泥页岩产状 215°~230°∠12°~37°,砂岩产状 205°∠18°,灰岩产状 192°∠37°。块石的体积较小,受振动和风化作用,岩体呈小体积剥蚀坠落,形成落石和崩塌。

III 区段:下部为坡积物碎石体边坡,岩性主要为灰岩,坡向在 200°~289°之间,坡角在 48°~88°之间,灰岩产状 215°∠25°。裂隙内有少量粘土充填,胶结性差,易形成碎落或坡面溜坍;上部为顺层砂岩和钙质结核层,受雨水冲刷,在自重压力下岩块易发

收稿日期:2011-07-11;修回日期:2011-11-03

作者简介:罗伟(1972-),男(汉族),河南信阳人,河南省地质矿产勘查开发局第四地质探矿队工程师,勘查技术与管理专业,从事钻探工程、岩土工程、勘查施工及技术管理工作,河南省郑州市科学大道 81 号,lw970401@126.com。

生坡面溜坍。

310国道硤石山高边坡段完全具备了崩塌、落石形成的条件:边坡坡度大,节理发育,构造面凌空且倾角较陡,雨水冲刷裂隙等因素。

## 2.2 边坡稳定性分析

采用SNS主动柔性防护系统治理区的危石主要为软硬相间的砂岩、页岩互层,在长期风化及雨水冲刷作用下,页岩风化较快而先脱落,使位于上方而风化较慢的危石悬空重叠在上方,在这种情况下,危石的稳定与否取决于裂隙面的抗剪强度。设下块危石的宽度为 $a$ ,高度为 $d$ ,悬臂长 $b$ ,岩体容重为 $r$ ,则拉应力为:

$$\sigma = \frac{radb^2/2}{ad^2/6} = 3rb^2/d \quad (1)$$

$$F_s = R_t/\sigma \quad (2)$$

式中: $F_s$ ——危岩的安全系数; $R_t$ ——岩石的抗拉强度。

一般情况下,完整的岩石具有较大的抗拉强度,悬臂较小时尚不致使其坠落。但是当产生最大弯矩附近的岩石中有裂隙面或有裂纹时,岩石的抗拉强度将大大减低,将导致在这个面上发生破坏而发生块石坠落。

式(1)表示上一块岩石能自己稳定,对下一块无影响的情况。如必须考虑上一块岩石的影响,计算时可根据具体情况适当加大 $d$ 值后再验算。

根据现场情况,利用式(2)计算出危岩的安全系数 $F_s$ 在0.95~1.05之间,处于极限稳定状态。

## 3 治理方案

本次边坡以防治崩塌、落石为主,根据该边坡岩体特征、破坏形式及经济性等方面综合考虑,建议边坡局部区域采用SNS主动柔性防护系统为主的治理方案:

(1)适当挖方削坡并清理危石,降低边坡高度与坡度,做二级阶梯式边坡;

(2)采用SNS主动柔性防护系统,即一种钢丝绳网为主要构件,用于拦截坡面崩塌、落石的柔性拦截遮挡结构,采取主动覆盖形式对崩塌落石进行防治;

(3)在边坡底部和二级平台上设截水沟,并做好边坡排水措施,防止水冲刷破碎岩石裂隙;

(4)对局部坡面、坡脚临空面采取嵌补支撑加固措施,即采用浆砌片石、现浇混凝土结构填补和支撑悬空的危岩。

综上所述,我们依据安全性,从技术上可行性、经济上合理性及施工难度等方面考虑,分段采用不同的治理方案,具体如下:

I区段主要采用清理危岩、在坡脚增设浆砌石护墙的方法进行治理。即先把破碎、松动的岩体清除;一些大块岩体虽已悬空而不易清除的,采用嵌补支撑措施,在坡脚增设浆砌石护墙来填补和支撑悬空的危岩;对裂隙较大及裂隙充填物冲刷、流失严重区域采用灌注砂浆措施进行充填。

II区段主要采用清理危岩、局部放坡及SNS主动柔性防护系统的方法进行治理。即适当挖方削坡并清理危石,降低边坡高度与坡度,修整已有二级阶梯式边坡;在边坡底部及二级平台上设截水沟和防护栏,利用有利位置将截水沟汇水排至路基以外,截水沟宽1~1.5m;最后在该区段增设SNS主动柔性防护系统。

III区段主要采用清理危岩、放坡、部分区域采用SNS主动柔性防护系统的方法进行治理。即适当挖方削坡并清理危石,降低边坡高度与坡度,做二级阶梯式边坡,坡比控制在1:0.5左右,台阶宽约5m。

在二级平台上设截水沟,利用有利位置将截水沟汇水排至路基以外,截水沟宽约1~1.5m,详见图1。

## 4 施工技术

### 4.1 施工顺序及工艺

清除危岩、锚杆定位、钻凿锚杆孔、锚杆锚固、纵横向支撑绳安装、格栅网与钢丝绳缝合张拉。

### 4.2 SNS主动柔性防护系统布置和选型

主动防护系统的柔性网与危石或坡面间依靠锚杆来实现力的传递,因此,锚固设计极为重要。一般条件下,系统布置时,对于危石分片集中分布的坡面,可分片布置,而对危石分散随机分布的坡面,宜将系统连续布置。对于局部的特大危石或危石堆,在系统连续布置的基础上,可采用相应加强锚固措施予以局部加强。

根据该工程岩性特征,用 $\varnothing 16$ mm纵向支撑和横向支撑绳与 $4.5\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ (实际施工中可根据地形条件在 $4.2 \sim 4.8\text{ m}$ 之间作适当调整选用)正方形模式布置的锚杆相联结,支撑绳构成的每个 $4.5\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ 网格内铺设一张 $4\text{ m} \times 4\text{ m}$ 的D0/08/300型( $\varnothing 8\text{ mm}$ 、网孔间距300mm)钢绳网,并在两个网格内并排铺设2张S0/2.2/50/2.4 $\text{ m} \times 9.2\text{ m}$ 格栅网(网孔间距50mm),每张钢绳网与四周支撑间用

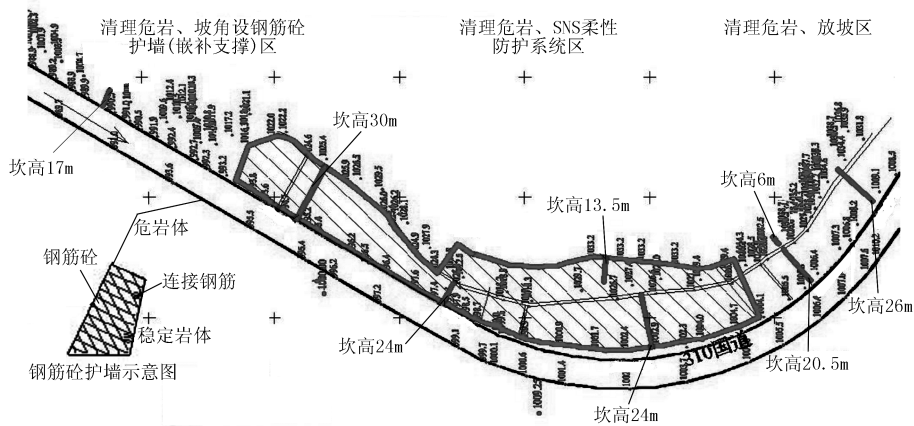


图1 施工治理平面示意图

Ø8 mm 缝合绳联结,并进行张拉,使柔性防护系统对坡面施以一定的预紧压力。从而提高表层土体的稳定性,以防止崩塌落石的发生。同时,在钢绳网下铺设小网孔的 S0/2.2/50 型格栅网,以防止小尺寸岩块的塌落。由于Ⅲ区段坡面危石块径较大(大部分超过 30 cm),在Ⅱ区段坡面落石块径虽然大部分小于 30 cm,但数量较多;并且坡面还存在很多小粒危石。因此应采用带钢丝绳网的主动防护系统,网内还应增加一层格栅网。详见图 2。

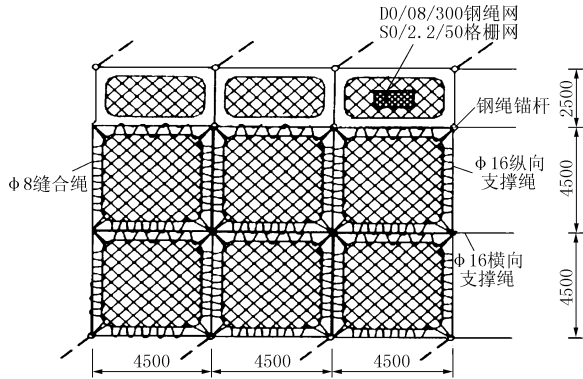


图2 SNS 主动柔性防护系统图

### 4.3 施工参数及质量控制

#### 4.3.1 锚杆施工

##### 4.3.1.1 锚杆参数

根据边坡地质岩体特征和地质勘察数据,设计锚杆长度为 2.5 ~ 6.0 m,孔径 < 45 mm,锚杆间距 > 4.5 m,带钢丝绳网系统上沿锚杆的设计抗拔力 < 50 kN,其余锚杆设计抗拔力 < 30 kN;顶部采用长度 < 3.0 m 的钢丝绳锚杆锚固处理,锚杆向上倾斜 10°,最下一排锚杆距坡脚平均 4.0 m 左右。

##### 4.3.1.2 定位成孔

预先对坡面防护区域的浮土、浮石进行清除,从防护区域下沿中部开始向上和两侧放线测量确定锚

杆孔位,采用气腿式风钻成孔,按设计深度钻凿锚杆孔并清除孔内粉尘进行清孔,孔深应比设计锚杆长 50 mm 以上,孔径 < 45 mm;当受岩体限制时,构成每根锚杆的两股钢绳可分别锚入 2 个孔径 < 35 mm 的锚孔内,形成人字形锚杆,两股钢绳间夹角为 15° ~ 30°,以达到同样的锚固效果。

##### 4.3.1.3 注浆锚固

清孔完毕并插入锚杆,锚杆必须置于钻孔中心位置后方可灌浆。应采用标号不低于 M20 水泥砂浆,灰砂比 1: (1 ~ 1.2)、水灰比 0.45 ~ 0.5,注浆压力 < 0.4 MPa,水泥采用 42.5 普通硅酸盐水泥,优先选用粒径 < 3 mm 的中细砂,以确保浆液饱满。为防止注浆体发生体缩,应掺入适量微膨胀早强剂。在施行下一道工序前,注浆体养护时间 < 3 天。根据边坡岩石性质,锚杆与注浆体容许粘结强度为 0.12 MPa,极限粘结强度为 0.35 MPa。

#### 4.3.2 挂网施工要求

(1) 安装纵横向支撑绳,张拉紧后两端各用 2 ~ 4 个绳卡与锚杆外露环套固定连接。

(2) 从上向下铺挂格栅网,格栅网间重叠宽度 < 5 cm,两张格栅网的缝合,格栅网与支撑绳间用 Ø1.2 mm 铁丝按 1 m 间距进行扎结。

(3) 从上向下铺设钢绳网缝合,缝合绳为 Ø8 mm 钢绳,每张钢绳网均用一根长约 31 m (或 27 m) 的缝合绳与四周支撑绳进行缝合并预张拉,缝合绳的两端各用 2 个绳卡进行固定连接。

#### 4.4 浆砌石护墙

采用清理危岩、在坡脚增设浆砌石护墙的方法进行治理。即先把破碎、松动的岩体清除;一些大块岩体虽已悬空而不易清除的,采用嵌补支撑措施:在坡脚增设浆砌石护墙来填补和支撑悬空的危岩;对裂隙较大及裂隙充填物冲刷、流失严重区域采用灌

注砂浆措施进行充填。

I区段一些大块岩体已悬空,在重力或过往车辆震动情况下有失稳形成落石的可能,因此在坡面、坡脚临空面处采取坡脚增设浆砌石护墙的加固措施。

采用浆砌石护墙时,浆砌石一律采用座浆砌筑的方法。采用M10浆砌块石结构,毛石强度 $< MU40$ ,安全等级为二级,施工控制质量为B级。底层先铺5cm左右的稠砂浆后,再安放底部块石。两层块石尽量错缝搭砌,不留有通缝、干缝,每两层块石初步找平一次。接缝以塞入碎石的砂浆填补,浆要饱满。砌体灰缝宽度 $>2$ cm。面石尾石留有足够的长度,使其与填心石联结坚固。

#### 4.5 截水沟

在二级平台适当位置设截水沟,截水沟采用梯形截面,断面尺寸为:上宽为1.5m,下底宽为0.6m,高为0.6m,两侧坡度均为1:0.75。截水沟采用浆砌片石砌筑,M10砂浆抹面。

#### 4.6 绿色工程

为美化治理区周边环境,在Ⅲ区和其它局部区域进行绿化,进行植被固土,防止水土流失,碎石失稳。

治理前后的效果如图3、4所示。

### 5 质量检验

#### 5.1 注浆体的质量

被检验的注浆体一般应在施工现场提取,也可按施工时的配比来制作试件,在现场环境下养护28天,其抗压强度不应小于设计要求。砂浆锚杆注浆的密实度宜使用无损伤检验的方法进行检验。



图3 治理前情况

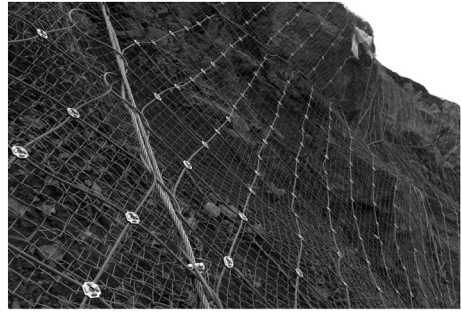


图3 治理后情况

#### 5.2 锚杆的锚固力

对于端头锚固式和摩擦式锚杆应做拉拔试验,当被检测锚杆的锚固力符合下式条件时说明锚杆质量合格。当锚杆的抗拔力不符合要求时,要采用加密锚杆的方法予以补强。

$$T_{an} \geq T_d$$

$$T_{amin} \geq 0.9T_d$$

式中: $T_{an}$ ——同批 $n$ 组试件抗拔力的平均值,kN;  
 $T_d$ ——锚杆的设计锚固力,kN; $T_{amin}$ ——同批 $n$ 组试件抗拔力的最小值,kN

### 6 结语

(1)本次治理方案针对性的优化选用了SNS主动柔性防护技术,工程造价仅为挂网喷锚等技术的1/4,受到甲方好评。

(2)通过近2年的使用和验证,该工程效果优良,危岩孤石被固定,植被大幅度覆盖,为今后该地区类似工程提供了可靠的施工经验。

(3)现行国家技术经济政策,要求我们岩土工作者,作到技术先进,经济合理,确保工程质量,提高经济效益。本工程的实践表明,有许多工程方面的问题,要在不断创新、不断改进、再实践中不断应用推广。

#### 参考文献:

- [1] GB 50330-2002,建筑边坡工程技术规范[S].
- [2] JTGF 801-2004,公路工程质量检验评定标准[S].
- [3] JT/T 528-2004,公路边坡柔性防护系统构件[S].
- [4] 梁炯均.锚固与注浆技术手册[M].北京:中国电力出版社,1999.
- [5] 郑颖人,等.边坡与滑坡工程治理[M].北京:人民交通出版社,2010.

欢迎赐稿、欢迎刊登广告、欢迎加入理事会!