

省道 S211 线危岩病害的研究及处治

方正¹, 吴雄英²

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059; 2. 成都理工大学信息工程学院, 成都 610059)

摘 要: 危岩是公路工程项目中常遇到的地质灾害问题, 它常以突然性和不可预测性在瞬间失稳, 对公路的运营和公路上行驶车辆的安全造成危害, 因此对于危岩的处治极为重要。在治理过程中, 需要对公路边坡的地质情况, 危岩的发育成因, 做出较为透彻的研究。在设计过程中, 往往要根据不同的危岩类型, 给出不同的设计方案。
关键词: 长河坝; 危岩; 种类; 设计; 措施
中图分类号: P642. 21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2007) 02-0112-04

The Study and Treatment of the Unstable Rock
Imperils of the Provincial Road Line S211

FANG Zheng¹, WU Xiong-ying²

(1. College of Environment and Civil Engineering of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;
2. College of Information Engineering of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Unstable rock is a geological disaster frequently encountered in road construction. It endangers the road operating system due to its suddenness and unpredictability in collapse. Consequently, the treatment of unstable rocks is of primary importance. To control the unstable rock, a thorough study is needed as to the geological status of the road's side slope and the causes of the rock's unstableness. Varied designing plans are often demanded according to the types of the rock.
Key words: Changhe dam; unstable rock; type; design; measure

1 引 言

高陡斜坡产生了拉裂、松动变形并随时可能发生破坏, 向坡下运动的岩体, 称为危岩。危岩的失稳破坏过程也称为崩塌。危岩体本质上是岩体结构面、临空面及地面构成的稳定性较低的结构体, 是多因子耗散耦合的必然结果。一般坡度大于 55°, 高度大于 30 m 以上的斜坡, 易发生崩塌。危岩根据其成因可分为滑塌式危岩、倾倒式危岩、和坠落式危岩。危岩失稳所造成的大型崩塌发生突然, 灾害大, 问题复杂, 一般很难解决, 而小型崩塌和落石, 可采用一定方法防治处理。危岩一旦失稳对公路、铁路建设、运营以及人民的生命安全都将造成巨大的危害。而在危岩失稳的四个阶段: 初始位移阶段 碰撞阶段 滑动阶段 滚动阶段中, 要必须掌握其规律, 把握时机尽早对其进行支护, 以达到最佳效果。

2 工程及病害概况

该工程位于甘孜州境内大渡河流域, 长河坝水电站建成后, 将淹没该段公路长河坝村上游约 0.7 km 处至孔玉乡段, 全长约 30 km。为了保证水电站建成后该条线路的正常通车, 因此对该段线路进行复建。
工程区内不良地质现象, 在全路段范围内大面积分布, 其中崩塌的发育较为明显。其发育规律与地层岩性和裂隙状况密切相关, 由于本区出露的混合岩、石英闪长岩岩体都是古老的岩体, 经历过多次构造运动, 构造裂隙较发育。河流切割作

用强烈, 形成高陡斜坡, 卸荷裂隙发育, 这些结构面交切组合, 极易导致崩塌发生, 特别是复建线路高程比老路高出 100 多米, 在施工爆破中或地震等诱发因素下, 有中、陡倾坡外的长大裂隙发育地段更可能发生大型崩塌灾害。如金汤河河谷左岸距河口约 3.7 km 处于 2005 年 12 月 16 日发生大规模崩塌, 该崩塌体主要受一组倾向北西的顺坡向陡倾角贯通性结构面控制, 前缘临空, 在长期蠕变作用中应力调整尚难以维持边坡稳定, 最终迅速下滑, 将道路堵塞, 并形成一长度约 700 m 的堰塞湖(如图 1、2 所示), 形成重大安全隐患。

3 公路走廊工程地质条件简述

工程区位于四川盆地向川藏高原过渡的高山峡谷区。线路延大渡河左岸展布, 河床高程 1 500~1 700 m, 两岸山脊与河谷高差大于 500 m。区内地貌类型属于构造、侵蚀型中山地貌。受水流的强烈切割作用, 大渡河沿河两岸山势陡峻、地形复杂, 且具有河谷狭窄、水流湍急的特点。谷岸自然坡度 35~80° 不等, 河床纵坡约 6‰~7‰, 河谷断面形态呈“V”字型。出露地层包括第四系堆积物等不同成因的岩体、沉积岩、岩浆岩和变质岩, 现按由新至老的顺序叙述如下:
(1) 第四系全新统崩坡积层(Q₄^{dl+c}):
块碎石土, 主要发育于岩浆岩地层, 其成分以混合岩、闪长岩、辉绿岩等为主, 块碎石弱风化, 棱角~次棱角状。颗粒组成不均, 粒径一般 3~100 cm 不等, 最大超过 3 m, 块碎石含量相对较高, 一般为稍密~中密, 常见架空结构。

* 收稿日期: 2006-04-19
作者简介: 方正(1979-), 男, 四川省交通设计院助理工程师, 现成都理工大学硕士研究生, 主要从事岩土体稳定性及工程环境效应的研究。



图 1 金汤河“12·16 崩塌”灾害现场



图 2 崩塌形成堰塞湖

(2) 震旦系上统(Z_h):
结晶灰岩、千枚岩, 浅灰色, 薄-中厚层, 表面风化严重, 岩体较破碎, 节理裂隙发育。

(3) 太古界、元古界康定群混合岩(A_r-P_{II}):
浅灰-深灰色, 根据原岩的差别及变质程度的差异, 可分为花岗质混合岩-混合花岗岩、闪长质混合岩-混合闪长岩。混合花岗岩中原岩构造遗迹基本消失, 矿物大小, 分布较均匀, 与正常花岗岩相似, 但仍保留了各种交代结构, 矿物成分主要为斜长石、石英及黑云母等; 混合闪长岩中有不等的条痕状、条带状, 基体为闪长岩或角闪闪长岩, 脉体为花岗闪长岩或石英闪长岩, 矿物成分主要为斜长石、角闪石、次为石英、黑云母。各种混合岩类由于力学性质相近, 调查中未进行严格区分, 统称作混合岩。整体看来, 混合岩呈大块状

构造, 弱风化, 岩质坚硬, 有长大裂隙发育。在路段范围内, 混合岩为区内主要的岩性。在线路北段尚侵入有晋宁期的石英闪长岩。

该区地质构造运动强烈, 为 烈度。

4 危岩的分类及破坏模式

迄今, 不同学者对危岩的定义及专业术语理解存在较大差异, 尤其体现在崩塌、落石和危岩方面。事实上, 危岩的涵义更为全面, 崩塌是危岩失稳的瞬间行为, 而落石则是危岩失稳后的体态。目前, 按照不同的标准, 危岩分类系统多样, 但是, 从工程防治的角度按照危岩失稳类型分类更有价值, 可将危岩概化分为坠落式危岩、滑塌式危岩和倾倒式危岩 3 类, 如图所示(3~5):

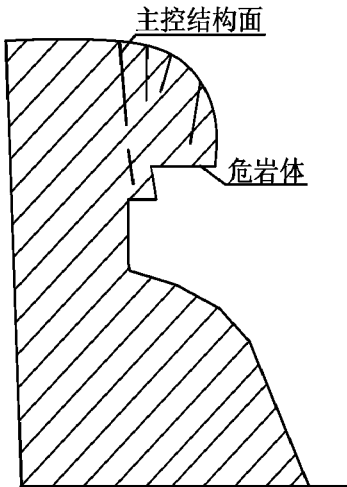


图 3 坠落式危岩

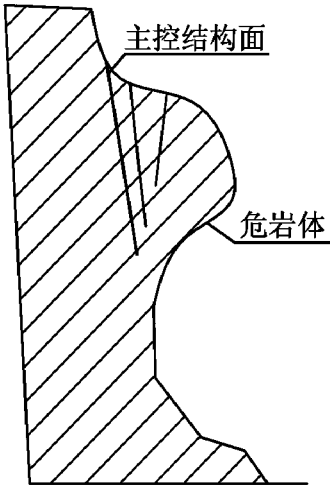


图 4 倾倒式危岩

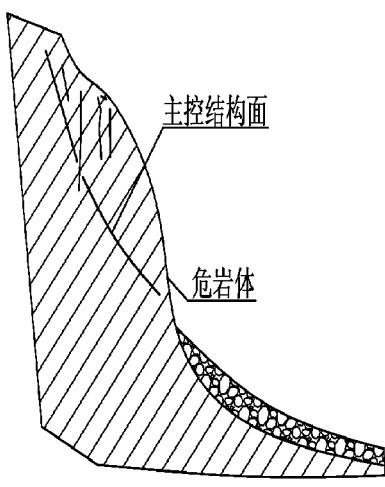


图 5 滑塌式危岩

坠落式危岩的危岩体下部受结构面切割脱离母岩, 上部及后部与母岩尚未完全脱离。危岩体底部临空, 临空的原因或者是由于危岩体下部软岩的快速风化而成岩腔, 或者是由于下部先期危岩崩落后的渐进发育, 属于主控结构面剪切滑移失稳。滑塌式危岩的危岩体后部存在与边坡倾斜一致的贯通沿着主控结构面剪切滑移失稳。倾倒式危岩的危岩体后部存在与边坡坡向一对的陡倾角贯通或断续贯通的主控结构面, 危岩体底部局部临空, 危岩体重心多数情况下出现在基座临空支点外侧, 支点为中风化岩层外缘点, 危岩体可能围绕支点对临空方向旋转倾倒破坏。

坠落式危岩的破坏机理主要体现在主控结构面的剪切破坏方面, 滑塌式危岩则是在荷载作用下主控结构面以压剪

破坏为主, 倾倒式危岩的破坏机理主要表现为主控结构面在荷载作用下的拉剪破坏。

5 危岩的防治原则

从 4 个方面考虑: 清除危岩、加固危岩、拦截落石和崩塌、遮挡结构物。

- (1) 当危岩岩块大, 数量较多时, 建筑物宜尽量避免。若避让确有困难时, 水电部门: 清除; 铁道部门: 遮挡建筑物。
- (2) 若斜坡上部可能崩落物的体积数量不大, 或危岩的数量不多, 而且其母岩的破碎程度不甚严重时, 则以全部清除为宜, 并在清除后对母岩进行适当的防护加固。
- (3) 若斜坡上部的母岩风化破碎很严重, 崩塌、落石的物

质来源丰富,崩塌规模虽不大,但可能频繁发生者,则宜根据具体情况,采用钢绳网加固或拦截建筑物,如采用拦截结构物有困难时,可考虑用遮挡结构物。

(4) 在结构物上方有悬空的危岩或巨大块体的危石时,应采用支撑、锚固、捆扎等加固措施。

(5) 对危岩与母岩间的裂隙,宜用灌浆或用压力不大的压浆加固之。

6 危岩的防治工程设计

对于边坡防治工程设计,主要有三种类型进行处理,一种是人工削方清除,称为治本方法;一种是在危岩产生破坏之前加以防护的主动措施;另外一种则是当危岩发生破坏之后的被动拦截。

6.1 人工削方清除

对于 K20+030 段,由于岩体破碎,无大岩块,可采用人工削方清除。从上向下清除,清完后的斜坡面最好呈台阶状,以利稳定。

6.2 主动防护

(1) 圆柱型锚杆加固

由于 K22+550 段危岩与母岩产生了至上而下贯通的裂隙,属于滑塌滑塌式危岩,

因此,采用锚杆加固的方法进行处理。而锚杆的极限锚固力 P_L 和锚固段长度 L_m 由下式确定:

$$P_L = \pi \cdot d \cdot L_m \cdot q_s$$

$$L_m = (K \cdot N_t) / (\pi \cdot d \cdot q_s)$$

式中: P_L ——锚杆极限锚固力; L_m ——锚固段长度; N_t ——锚杆的设计轴向拉力; q_s ——锚固体表面与周围岩土体间的粘结强度; d ——锚固体直径; K ——安全系数。

结合国内外实测结果,给出下表所示的粘结强度推荐值。如表 1 所示:

关于锚固体的安全系数 K_s 形成统一标准。如表 2 所

示:

表 1 粘结强度推荐值

岩土种类	岩土状态	q_s 值(kPa)
岩 石	泥 石	600~ 1 200
	风化岩	600~ 1 000
	软质岩	1 000~ 1 500
	硬质岩	1 000~ 1 500

表 2 锚固体的安全系数

锚杆破坏后危害程度	安全系数(K)	
	临时锚杆	永久锚杆
危害轻微、不构成公共安全问题	1.4	1.8
危害较大、但公共安全无问题	1.6	2.0
危害大、会同现公共安全问题	1.8	2.2

锚杆上覆地层厚不应小于 4 m, 以避免车辆行驶等反复荷载的影响,也是为了不致由于较高注浆压力而使上覆岩体隆起锚杆的水平和垂直间距一般不宜大于 4 m, 以避免压力集中,也不得小于 1.5 m, 以免‘群锚效应’而降低锚固力必须充分了解斜坡的地质状况,确定斜坡变形破坏的模式后,才能决定锚杆布置位置。总原则是:锚杆布置对斜坡产生最大抗力。

锚杆的安设角度,对基坑或近于直立的边坡而言,需考虑临近状况,锚固地层位置及施工方法。一般锚杆的俯角不小于 13°, 不大于 45°, 以 15~ 35° 为好。俯角愈大,则有利于抵抗侧压力的水平分力愈小,而由于垂直分力加大,会引起护壁桩向下压力增大等不良影响。此外,在可能条件下,锚杆锚固体应锚定于较好的地层中。其布置图(略)。

(2) 现在有一种称为 SNS 防护网- 主动防护。采用先进的柔软防护技术,设计、施工、使用、维修都很方便。由于该公路 K26+380 附近段岩体破碎,且地势陡峭,多发生局部崩塌、飞石等险情,因此可采用主动柔性防护网较为适宜。防护网布置简图如图 6 所示:

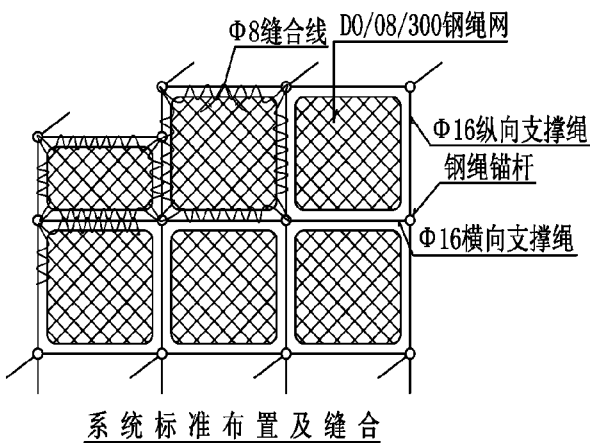
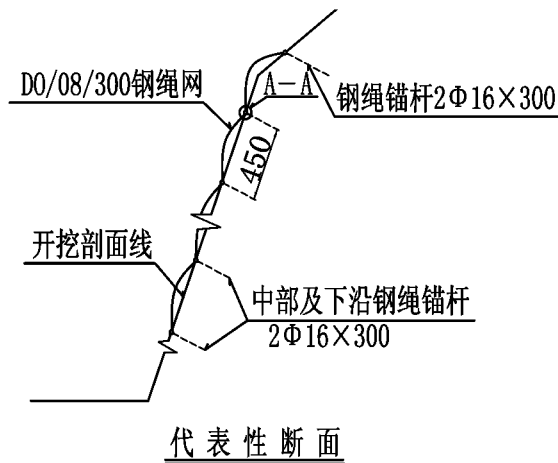


图 6 防护网布置简图

6.3 支顶与支撑

对上部探头下部悬空的危岩,若有条件设基础时,可在其下设置浆砌片石或混凝土支顶墙加固。在此条公路的索子沟大桥孔玉端可采用此项措施。如图 7 所示:

若山坡陡峻,无法用浆砌片石支顶,又不宜采用刷方清除,且危岩较坚硬、完整、节理较少,可采用钢筋混凝土柱或钢轨支撑。该公路 K20+402.68 段附近可采用支撑方案。如图 8 所示:

6.4 嵌补——浆砌片石或混凝土嵌补

由于该公路 K22+960 段斜坡岩层被节理切割,沿节理

易发生局部坍塌,在斜坡上形成深浅不同的凹陷,较深的凹陷上部突出的岩块日久可能变成危岩,或者因风化剥蚀形成凹陷可能导致上方岩体构成危岩。此类情况可采用嵌补处理。如图 8 所示:

其被动防护

针对该条公路的特点,凡是危岩规模较小且下落高度不大的情况均可采用这种处理措施。

原理:增加了落石与拦截物的作用时间,从而使冲击力减小。

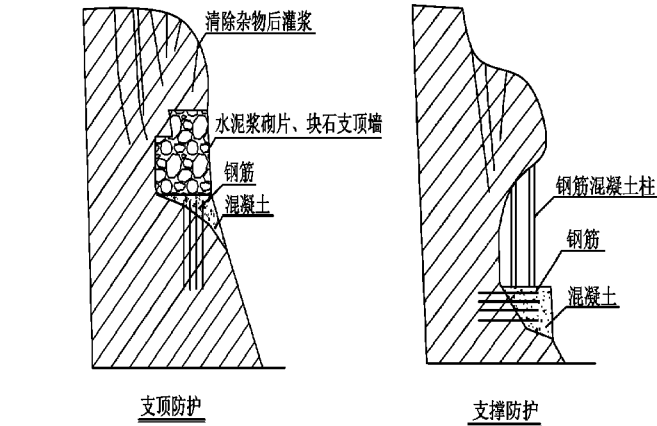


图 7 支顶防护与支撑防护

a) $F \cdot t = \Delta m V$
b) 以能量观点来设计防护网:
 $E = E_1 + E_2$
式中: E_1 —— 动能; E_2 —— 滚动能; 计算复杂, 一般设计中采用 $E = 1.2E_1$
设计过程:

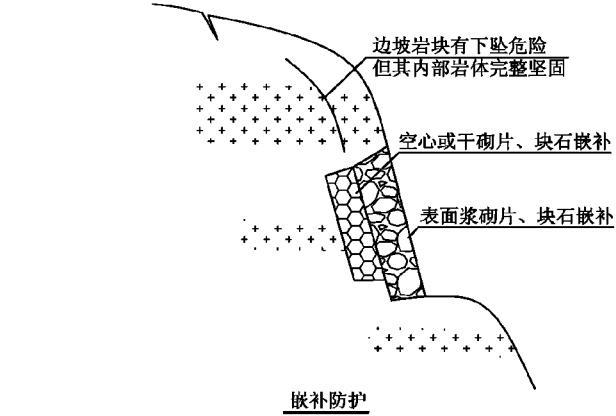


图 8 嵌补防护

针对柔性防护网的应用, 已经有多年的设计使用和试验经验其设计模式如下:
[计算 估计速度 $V = 0.8(2gh)^{1/2}$ E (能量)
模拟 Rockfall(Demo) 弹跳高度、速度、能量]
选择不同能量的防护网
布置简图如图 9 所示:

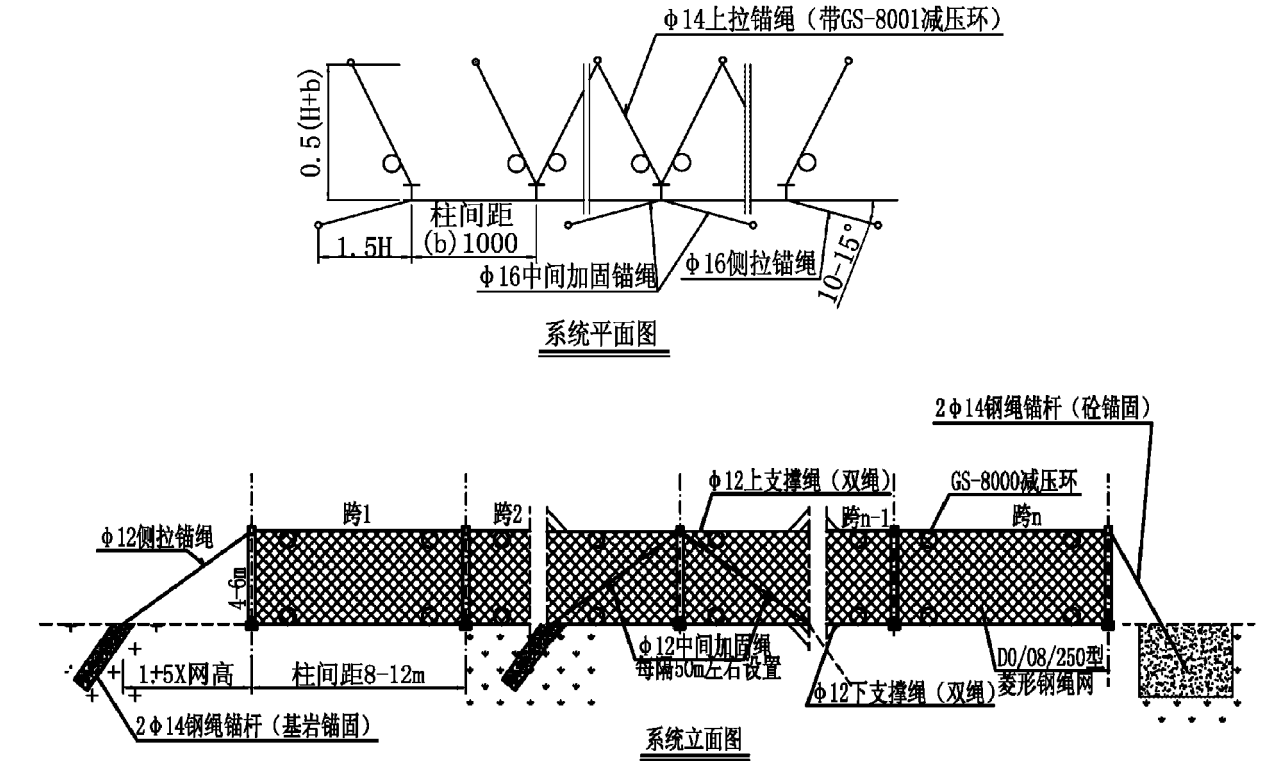


图 9 不同能量的防护网

7 结 语

在山区公路建设中, 边坡危岩是一个较为普遍的问题。在如何处治, 以及采用何种措施进行处治最为经济是十分必要的。因此, 在设计时, 应当对边坡的地质情况以及边坡危岩参考文献:

岩的成因有较为全面的分析, 然后提出相应的处治方法。在公路施工过程中, 由于边坡开挖过程中炸药的使用, 地震、气候等诸多因素, 所以很可能形成新的危岩区, 从而对公路的施工及以后运营造成危害, 因此, 对于一条公路来讲, 边坡危岩的整治不是一蹴而就的, 而是一个长期的过程。

[1] 陈洪凯, 王 蓉. 三峡库区危岩体锚固计算方法及应用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(4): 59- 62.
[2] 谭凤灵. 崩塌落石病害的防治[J]. 路基工程, 1998, (3): 114- 116.
[3] 黄洪舟, 樊鸿. SNS 边坡防治技术处治高边坡崩塌实例[J]. 西南公路, 2003, (1): 20- 22.
[4] 阳友奎, 贺咏梅, 彭伟. 崩塌落石灾害及其 SNS 柔性防护[J]. 西南公路, 2003, (1): 16- 19.