

文章编号:1006—2106(2004)03—0085—04

# 岩质高边坡综合治理施工技术

陈德中\*

(中铁十八局集团第一工程有限公司,河北 涿州 072750)

**摘要:** 阐述了对岩质高边坡失稳的巨大危害必须高度重视,治理时应充分考虑各方面因素,采取综合措施进行防护治理。同时结合工程实例分析了岩质高边坡失稳的成因,并对采用边坡分级、减缓坡率、增加排水设施及预应力锚索框架加固、护面墙、柔性防护网防护等综合治理措施的具体方案及施工注意事项进行了详细介绍。

**关键词:** 岩质;高边坡;失稳;危害巨大;综合治理

**中图分类号:** U416 **文献标识码:** A

## 1 概述

在各种工程建设中因高边坡失稳而导致的滑坡事故已屡见不鲜,造成了较大的经济损失和人身伤亡。另一方面对一些存在潜在失稳可能的高边坡如不及时采取稳妥的工程防护措施进行彻底有效的治理,即使工程已经建成,也将留下巨大的安全隐患,在长期的营运期间在地震、风雨及地表或地下水侵蚀、各种人为甚至是该工程项目正常运行产生的各种震动、侵蚀等外界因素的作用下,其有限的稳定体系将进一步遭到破坏,一旦失稳必将造成更加惨重的损失,同时治理难度也将大大提高,从而严重影响工程项目使用功能的正常发挥。因此,在工程建设中应高度重视对高边坡的防护,以确保施工期及营运期的安全。导致岩质高边坡失稳的原因是多方面的,除人为扰动、风雨及地下水侵蚀等外部因素外,岩体结构是决定岩质高边坡稳定性和可能失稳模式最直接和最重要的因素。同时高边坡的防护治理通常耗资巨大,施工技术要求高、难度大、工期相对较长。因此,在对高边坡防护治理时应充分考虑各方面因素采取诸如缓坡卸荷、增加排水设施、预应力锚索加固等综合的工程措施。

湟(源)倒(淌河)一级公路 K11+320~K11+560 段左侧岩质高边坡,位于青海省湟源县日月乡境内,边坡总长 240 m。属高中山剥蚀地貌,海拔 2 810~2 930 m 之间,原设计为一级边坡(即一坡到顶),坡率 1:0.25,最大高差约 40 m,未采取防护措施,边坡走向 NNW~

SSE,倾向西。山体表层覆盖第四系腐植土和碎石类土,边坡开挖后及周围主要出露强~弱风化加理东期花岗岩。其中深层风化较弱,表层风化较强,节理发育,主要节理有三组,其产状分别为: $N12\sim40^\circ\text{ENW}\angle23\sim85^\circ$ 、 $N55\sim58^\circ\text{ENW}\angle40\sim84^\circ$ 、 $N60\sim65^\circ\text{WNE}\angle72\sim76^\circ$ 。其中  $N12\sim40^\circ\text{ENW}\angle23\sim85^\circ$  一组节理倾向与边坡倾向基本一致,在边坡开挖过程中发生了数次规模不等的滑塌。同时在边坡顶部出现一道宽约 10~30 cm 的裂缝,与边坡走向基本一致,经监测发现该裂缝有进一步发展的迹象。因此,必须对该段高边坡及时进行防护治理,以防止诱发更大的滑坡灾害,确保施工期及营运期的安全。

## 2 滑坡成因分析

**2.1** 原设计存在一定的缺陷,边坡未分级仅为一级边坡,使坡顶至坡脚高差过大,加之坡率过大,从而造成应力过于集中,同时未采取任何防护措施。

**2.2** 边坡开挖切掉了原有的山脚,使山体岩石失去了支撑体,破坏了其原有的稳定体系,同时为岩体滑移提供了临空面。

**2.3** 岩体结构不利于边坡的稳定。岩石风化较强,节理发育,特别是  $N12\sim40^\circ\text{ENW}\angle23\sim85^\circ$  这一组节理使岩体形成了一系列倾向与边坡倾向基本一致的结构面,这是形成滑坡的最主要地质基础,当作用于该结构面上部岩体的滑移力大于其抗滑阻力时,即可产生滑移。

**2.4** 岩质高边坡的开挖必然要进行爆破作业,尽管采

\* 收稿日期 2004—04—02 陈德中 高级工程师 男 1967 年出生

用了预留保护层、预裂爆破等控制爆破技术,但总会対岩体造成一定的扰动,使岩石裂隙进一步发育,更加发育的裂隙还使其更多的表水下渗并进入构造面间的软弱夹层,进一步软化了软弱夹层,大大降低了结构面上的抗滑阻力。

### 3 治理方案

为了确保边坡长期稳定,消除安全隐患,采取边坡分级、缓坡坡率、增加排水设施及采用预应力锚索框架加固、护面墙、柔性防护网防护等综合治理措施。总结为一句话即“分级、缓坡卸荷、排水、固脚、束腰、戴帽”。同时,由于边坡加固的时机也是影响边坡稳定的重要因素,因此为防止在施工期间诱发新的滑塌而危及施工安全,采取暂不清理滑坡体及边坡前期开挖形成的弃碴,保持其现有的有限的稳定体系,按照自上而下,分段逐级边坡加固的原则进行,上一级未完成防护下一级尽可能不进行开挖,在开挖过程中采取多批次,小药量弱爆破开挖,尽可能减少对岩体的扰动。

#### 3.1 边坡分级、缓坡卸荷

按每级高度 10 m 的原则进行分级,共分为七级。各级间设 2 m 宽的平台。将坡率适当减缓,其中第一级坡率为 1:0.5;第二、三级坡率为 1:1;第四级及其以上各级坡率为 1:1~1:1.8。以分散应力、减载降荷并彻底消除坡顶裂缝这一巨大的安全隐患。

#### 3.2 增加排水设施

在距坡口线 5~15 m 处设坡顶截排水沟,自高边坡最高处分别向两端排水,顺山坡而下接入坡底公路排水沟。各级平台设排水沟,左端与坡顶截排水沟连通。

#### 3.3 护面墙防护

由于一级边坡岩体为弱风化较为完整,稳定性较好,因此一级边坡采用 M10 浆砌片石护面墙防护。墙高 10 m,墙面坡率 1:0.5,底宽 1.5 m,顶宽 0.4 m,墙底埋深 1.0 m 至完整基岩面,基底外高内低,坡率 1:5。护面墙每 10 m 设一道宽 2 cm 的沥青麻筋伸缩缝。在距墙顶 4 m、8 m 处的墙后壁设两宽 0.5 m 的道耳墙。在墙面上按 4×4 m 的间距呈梅花状设置  $\phi 200$  的 PCV 管排水孔。

#### 3.4 预应力锚索框架加固

第二、三级边坡为强风化,裂隙发育,最危险的 N12~40° E NW  $\angle 23\sim 85^\circ$  节理组正处于这一区域,因此为分散坡脚应力,防止最危险的潜在破裂面发生滑塌,

第二、三级边坡采用预应力锚索框架加固。单片框架宽 10 m,斜高 14.4 m,设三道横梁,斜距 4.7 m,两道竖肋,间距 5 m,在节点处设三排共 6 孔锚索。

##### 3.4.1 预应力锚索

锚索孔钻孔直径 110 mm,倾角 28°,每孔锚索由 5 根  $\phi 15.24$ ,强度级别 1 860 N/mm<sup>2</sup>,低松弛预应力钢绞线组成,全长 20 m,分为内锚段,张拉段和外锚段,其中内锚段长 10 m,锚索具体结构及尺寸见图 1 所示。采用 M 30 水泥砂浆锚固。

选用 42.5 R 普通硅酸盐水泥,灰砂比 1:1,水灰比 0.37,UNF 高效减水剂掺量 0.8%,EAE 膨胀剂掺量 8%。锚具选用 QM15-5 型圆形锚具,锚索设计张拉荷载 500 kN,锁定荷载不低于 450 kN。张拉完成后切除锚具外多余钢绞线,张拉段灌注 1:1 水泥砂浆,外锚头采用 C25 细石混凝土封闭,以防止因雨水长期浸入而造成锚索及锚具的锈蚀。

##### 3.4.2 框架

框架采用 C25 现浇混凝土,横梁及竖肋均为正方形截面,边长 500 mm。受力主筋为  $\phi 22$  螺纹钢筋,箍筋为  $\phi 8$  圆钢。

##### 3.4.3 框架填充

锚索张拉后框架内采用 M10 浆砌片石填充。

#### 3.5 柔性防护网防护

四级及其以上边坡部分岩体结构呈块状镶嵌结构和碎石状压碎结构,大部分表层为结构松散的堆积层和 0.3~1.0 m 厚的腐植土。但由于坡度较缓(坡度 1:1~1:1.8)不会发生大规模的滑塌。因此,四级以上边坡及开挖坡口线以外 9 m 范围内采用柔性防护网防护,以防止因地表水冲刷及破碎岩体的再风化引发小的滑塌。

柔性防护网由锚杆、纵横向支撑钢绳、钢绳网及格栅网两层网片组成。锚杆孔钻孔直径  $\phi 45$  mm,垂直于坡面。锚杆采用  $\phi 28$  钢筋或 52—30 型自钻式锚杆(自钻式锚杆用于岩体过于破碎而无法成孔时),长 8~15 m,在坡面上按 4.5×4.5 m 的间距呈正方形布置,采用 M20 水泥砂浆锚固。纵横向支撑绳采用  $\phi 16$  三维稀钎高强度钢丝绳,两端采用钢绳卡与锚杆外露环套连接。钢绳网采用 4×4 m 的 D0-08-300 型三维稀钎钢绳网,四周用  $\phi 8$  钢绳与支撑绳缝合连接,在钢绳网下铺设 S0-2.2-50 型三维稀钎格栅网。详见图 2 所示。

### 4 主要工艺流程及注意事项

#### 4.1 工艺流程

##### 4.1.1 预应力锚索框架分片施工,每片框架施工工艺流程

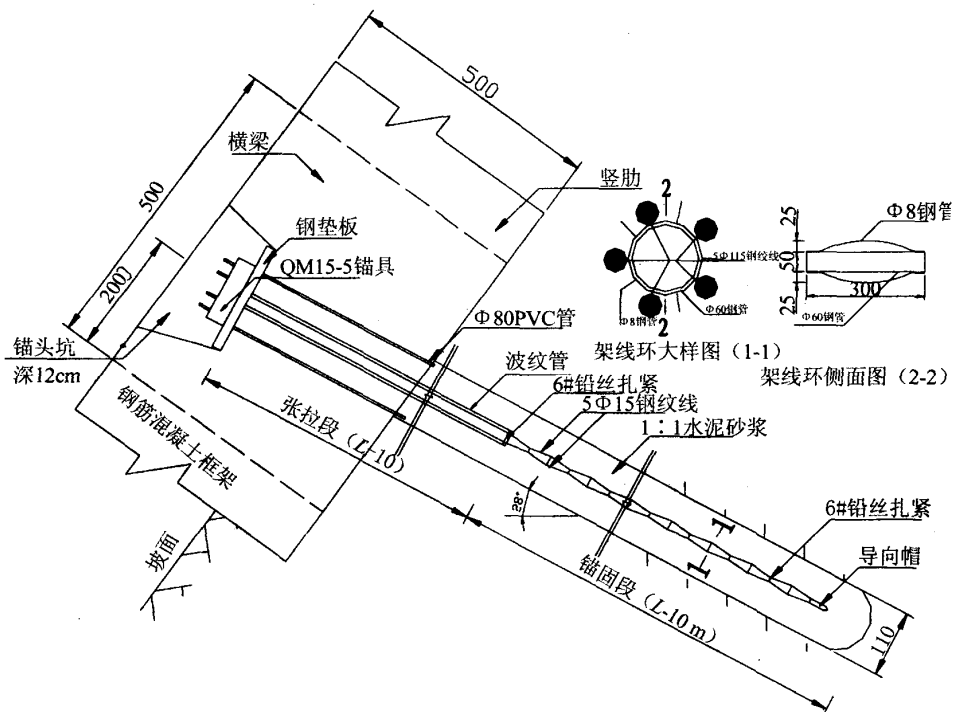


图 1 预应力锚索结构图

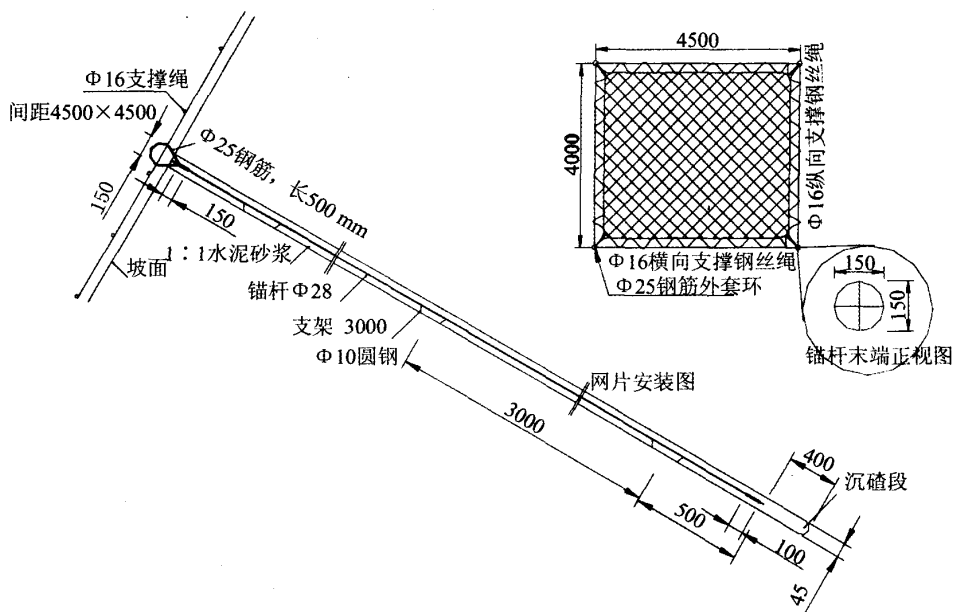


图 2 锚杆结构图

程为:测放孔位→钻孔→清孔→锚索制安→锚固注浆→框架钢筋及锚垫板制安→模板安装→混凝土浇筑→混凝土养护→张拉锁定→张拉段封闭注浆→封闭外锚头→框架内浆砌片石填充

**4.1.2 柔性防护网施工**随着刷坡的进行自上而下按矩形分单元进行,每个单元大小根据施工进度确定。每单元工艺流程为:测放孔位→钻孔→注浆→锚杆制安→

铺设格栅网→纵横支撑绳安装→钢绳网安装→支撑绳张紧。

## 4.2 注意事项

**4.2.1** 锚索孔位允许偏差 10 cm, 倾角允许偏差 $\pm 2^\circ$ 。考虑孔内沉渣影响钻孔深度超过锚索长度 0.5 m, 即实际钻孔深 20.5 m, 以确保锚索锚固长度。钻孔禁止带水

钻进,以避免因施工恶化边坡岩体工程地质条件。若因石质破碎成孔困难,可采取固壁灌浆处理,灌浆 36 h 后重新钻孔。

**4.2.2** 钻孔完成后必须采用高压风(风压 0.2~0.4 MPa)将孔内岩粉或地下水清除干净,以免降低水泥砂浆与孔壁的粘结强度。在注浆前再清孔一次。

**4.2.3** 锚索用钢绞线要求必须顺直、无死弯、无损伤。下料采用砂轮切割机切割,禁止使用电、气焊切割。下料长度=20 m(设计长度)+2.0 m(工作长度)=22 m。锚索编束前必须对钢绞线除锈、除油污。张拉段外套  $\phi 60$  mm 波纹管,其内端用铁丝扎紧并用防水胶布缠封,外端伸出孔外,以防止锚固注浆时砂浆进入而影响张拉精度。

**4.2.4** 锚索锚固注浆采用从孔底到孔口的返浆式注浆,注浆压力 0.25 MPa,注浆可一次性注至孔口,也可暂时只注锚固段待张拉后再对张拉段进行封闭注浆,但最小有效锚固长度不得低于 10.5 m。

**4.2.5** 每片框架混凝土必须整体浇筑,一次性完成。在浇筑时选择不同施工时段制作混凝土强度监控试块,每片框架不少于 3 组,与框架混凝土同条件养护。

**4.2.6** 张拉设备在张拉前必须进行标定,当锚固砂浆达到设计强度,框架混凝土强度最小不低于设计强度的 90 %后方可进行张拉。锚索张拉分 5 级进行,每级荷载分别为设计荷载的 0.1、0.25、0.5、0.75、1.0 倍,前 4 级每级加载完成后持荷时间不少于 2 min,最后一级不少于 5 min。同时量测记录每级钢绞线伸长值,与该级

理论伸长值进行对比,如误差超过  $\pm 6\%$  则必须停止张拉,待查清原因并解决问题后再继续张拉。

**4.2.7** 框架混凝土浇筑前及填充浆砌片石砌筑前,必须将坡面上的浮土、浮石清除干净,以确保框架混凝土、浆砌片石与岩体紧密结合。

**4.2.8** 锚杆安装后禁止敲击,养护 48 h 后方可安装支撑绳。

**4.2.9** 格栅网间重叠宽度不小于 10 cm。

## 5 结束语

(1)该段高边坡经采取以上综合整治措施,在施工过程中未发生滑塌,保证了施工期间的安全。加固完成后经过近 6 个月的定期观测(采用 TOPCON-JTS602 型全站仪观测,在每级坡顶各设 3 个固定观测点,每 10 d 一次),未发现变形、滑移迹象、说明该高边坡已经稳定,达到了预期效果,可以保证营运期的安全。

(2)四级及其以上边坡采用柔性防护网防护,可在网与坡面之间培土植草,长成后的草皮可有效减弱甚至消除地表水对坡面覆盖层腐植土冲刷,达到网草结合进一步增强对边坡的防护,具有良好的水土保持、绿色环保效果。同时采用该防护网还有工艺简单,施工方便快捷的优点。

(3)在高边坡施工中应加强对其稳定性的监测,早发现,早治理,预防为主。同时应综合考虑治理效果、施工能力、环保、经济等各方面因素,采取综合工程治理措施。


# CONSTRUCTION TECHNIQUE FOR TREATMENT OF HIGH ROCK SIDE-SLOPE

CHEN De-zhong

The First Engineering Co. Ltd. of the Eighteenth Engineering Group Co. of Chinese Railway

**Abstract:** This paper describes the serious harmfulness caused by instability of high rock side-slope, puts forward that all factors should be considered when taking prevention measures for comprehensive treatment, analyses causes for the instability of high rock side-slope, gives an introduction to the treatment measures in details, such as adopting classification of side-slope, adding drainage facilities and prestressed anchor cable frame and building surface protection wall and soft protection net, and proposes the construction precautions based on an example of construction.

**Key words:** rock; high side-slope; instability; harm; comprehensive treatment

作者: [陈德中](#)  
作者单位: [中铁十八局集团第一工程有限公司, 河北, 涿州, 072750](#)  
刊名: [铁道工程学报](#)   
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)  
年, 卷(期): 2004 (3)  
被引用次数: 7次

引证文献(7条)

1. [唐瑜, 胡云明, 潘燕芳, 曾勇](#) [坪头水电站闸首左岸危岩体防护研究与设计](#)[期刊论文]-[大坝与安全](#) 2011 (3)  
2. [马周全](#) [钢管微型桩极限抗滑力的工程实例分析](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2012 (9)  
3. [马惠民, 吴红刚](#) [山区高速公路高边坡病害防治实践](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2011 (7)  
4. [叶四桥, 唐红梅, 祝辉](#) [基于落石运动特性分析的拦石网设计理念](#)[期刊论文]-[岩土工程学报](#) 2007 (4)  
5. [姚裕春](#) [支护时序对开挖边坡稳定性影响分析](#)[期刊论文]-[高速铁路技术](#) 2013 (4)  
6. [苏胜忠](#) [边坡工程勘察中崩塌落石运动模式及轨迹分析](#)[期刊论文]-[工程地质学报](#) 2011 (4)  
7. [叶四桥, 陈洪凯](#) [公路高切坡施工过程及防治技术体系](#)[期刊论文]-[公路](#) 2009 (12)

引用本文格式: [陈德中](#) [岩质高边坡综合治理施工技术](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2004 (3)