

文章编号: 1674—8247(2018)04—0081—03

# 拉林铁路藏木特大桥后锚基坑边坡防护简介

权循亮<sup>1</sup> 孙 晓<sup>2</sup>

(1. 中铁九局集团有限公司, 沈阳 110000; 2. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

**摘 要:**本文以拉林铁路藏木特大桥后锚基坑边坡为研究对象,采用折线滑面法对边坡稳定性进行计算分析,根据计算结果进行锚索布置设计,最终采用以锚索地梁为主,主动防护网+被动防护网相结合的防护措施对开挖边坡进行防护。并在边坡施工过程中布设现场监测系统对边坡进行变形监测,在保证边坡稳定的同时确保了施工安全,可为类似边坡治理工程提供参考。

**关键词:**卸荷裂隙; 锚索地梁; 基坑开挖; 边坡防护; 稳定性分析

中图分类号: U213.1<sup>+</sup>3 文献标志码: A

## Slope Protection Design of Foundation pit of Zangmu Super Major bridge of Lhasa to Linzhi Railway

QUAN Xunliang<sup>1</sup> SUN Xiao<sup>2</sup>

(1. China Railway No. 9 Group Co., Ltd., Shenyang 11000, China;

2. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

81

**Abstract:** Taken foundation pit slope of Zangmu super major bridge of Lhasa - Linzhi railway as the object of study, the stability of the slope is calculated and analyzed by the method of folding line slide surface. According to the results, protection measures (anchor beam as the main, with combination of active protection net and passive protection net) are adopted to protect the excavation slope. Field monitoring system is installed during slope construction to monitor the deformation of slope, which guarantees the slope stability and construction safety. It also provides references for similar engineering projects.

**Key words:** unloading fissure; anchorage beam; foundation pit excavation; slope protection; stability analysis

### 1 工程概况

#### 1.1 藏木特大桥简介

川藏铁路拉林段藏木雅鲁藏布江特大桥位于西藏自治区山南地区加查县桑加峡谷内,藏木水电站上游约1.2 km处。桥梁位于8度地震区,设计地震加速度为0.3 g。该桥采用一跨过江方案,主跨为430 m的中承式钢管混凝土拱桥,全桥主梁为一联5跨的预应力混凝土连续梁,孔跨布置为(39+32)m连续梁+430 m

中承式钢管混凝土拱桥+(28+34)m连续梁,桥梁总长563.0 m<sup>[1-4]</sup>,藏木桥全景布置如图1所示。

#### 1.2 工程地质条件

藏木特大桥属典型高山峡谷地貌,位于雅鲁藏布江南岸(右岸),地形陡峻,自然坡度45°~55°。地表零星分布0~2 m厚碎石土层,出露基岩为花岗岩等硬质岩,灰白色,粗粒结构,块状构造,节理裂隙较发育,岩体较破碎,岩质坚硬,强风化呈碎块状,裂隙面见大量铁、锰质渲染。弱风化带呈块状,受区域构造及浅表

收稿日期: 2017-12-25

作者简介: 权循亮(1981-),男,工程师。

引文格式: 权循亮,孙晓. 拉林铁路藏木特大桥后锚基坑边坡防护设计[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(4): 81-83.

QUAN Xunliang, SUN Xiao. Slope Protection Design of Foundation pit of Zangmu Super Major bridge of Lhasa to Linzhi Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(4): 81-83.



图1 藏木特全景布置图

生改造作用影响强烈,卸荷裂隙发育,贯通性较好,强卸荷深度 8~10 m。

### 1.3 防护的必要性

藏木特大桥锚碇基础为主索、塔架缆风及后锚锚索受力结构。拱肋悬臂吊装阶段,拱肋力通过塔架传至后锚,通过后锚基础受力,确保塔架及整个缆索系统稳定。缆索吊1号后锚基坑原始地貌如图2所示。地质揭示为破碎花岗岩,强风化呈碎块,且卸荷裂隙发育。开挖后整体边坡的稳定性处于临界状态,缆索吊机和锚索系统为整个藏木特大桥施工的重要设备,为确保缆索吊机和锚索系统的使用安全,以及下方施工人员的生命安全,需对开挖山体增加防护措施。

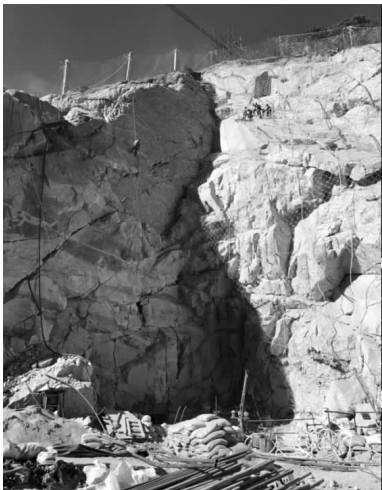


图2 藏木特大桥1号后锚基坑原始地貌图

## 2 边坡稳定性分析及检算<sup>[5-6]</sup>

卸荷裂隙层间综合摩擦角取 40°,自然边坡稳定系数  $F_s = 1.001$ ,安全系数按 1.2 考虑,则根据折线滑面法,检算得出出口推力为 528 kN,1号后锚推力计算如图3所示。

根据库伦土压力公式:

$$P = [W \sin(\alpha - \varphi)] / [\sin(\psi + \alpha - \varphi)] \quad (1)$$

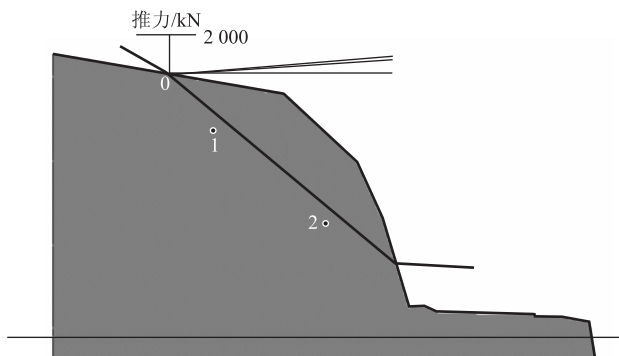


图3 1号后锚推力计算图

安全系数按 1.2 考虑,计算得出水平下滑力为 481 kN。因卸荷裂隙发育造成的下滑力大于边坡开挖的土压力,为保证整个边坡的稳定性,应将下滑力考虑为边坡不稳定的主要因素,在计算锚索终拉力时按 528 kN 考虑。

考虑采用锚索地梁加固,锚索设计锚固力:

$$P_t = F / ((\sin(\alpha + \beta) \lambda \tan \varphi + \cos(\alpha + \beta))^{[6]}) \quad (2)$$

式中: $\alpha$ ——锚索与滑动面相交处滑动面倾角,取 74°;

$\beta$ ——锚索下倾角,取 18°;

$\lambda$ ——折减系数,取 0.7;

$F_{s1}$ ——安全系数,取 2.2;

$P_t$ ——锚索设计锚固力,取 528 kN。

采用 15.2 mm 钢绞线锚索,每根钢绞线极限张拉荷载  $P_u = 259$  kN,每延米需钢绞线的根数:

$$n = F_{s1} \times P_t / P_u \quad (3)$$

求得锚索根数  $n = 6$ 。需设置排数  $S = 4$ 。

锚固体设计安全系数  $F_{s2} = 2.5$ ,孔壁对砂浆的粘结强度值  $\tau = 330$  kPa,张拉段钢材与水泥砂浆极限粘结应力  $\tau_u = 2000$  kPa,采用直径 130 mm 钻孔施工。锚固段长度需根据两种不同工况取大值。根据水泥砂浆和锚索张拉钢材粘结强度确定锚固段长度:

$$L_1 = F_{s2} \times P_t / n / \pi / d / \tau_u \quad (4)$$

得出  $L_1 = 1.73$  m。

根据锚固体和孔壁之间的抗剪强度确定锚固段长度  $L_2 = 7.36$  m。

考虑到卸荷裂隙层难以准确判断,锚索锚固段长度适当加强,按  $L_2 = 10$  m 进行施工。

## 3 采取的措施

### 3.1 边坡加固措施<sup>[2]</sup>

根据锚索的检算情况,结合现场地形,采用间距 3 m 的锚索地梁,对藏木特大桥边坡进行加固,并辅以主动防护网+被动网防护的综合加固方案<sup>[7]</sup>。

(1) 基坑开挖边坡设置锚索地梁, 锚索地梁采用 3 m 间距, 每幅锚索(杆)地梁尺寸为 0.5 m(厚)  $\times$  0.6 m(宽)  $\times$  8 m(长), 地梁采用 C35 混凝土浇筑。每幅地梁内设置 3 孔锚索(杆), 锚索(杆)沿自然坡面纵向间距 3 m。锚索钻孔直径 130 mm, 锚孔与水平方向夹角为  $18^\circ$ , 锚索长 19.5 ~ 38.0 m, 设计锚固段长度不小于 10 m, 自由段长 8 ~ 26.5 m, 张拉段长 1.5 m, 锚索采用 6 束直径 15.2 mm 高强度、低松弛钢绞线制作, 单孔锚索初始设计拉力采用 450 kN, 每孔锚索按设计拉力的 10% 进行超张拉, 锚索注浆材料选用 M35 水泥砂浆, 注浆压力不小于 0.6 MPa, 锚设置 4 孔锚索测力计, 要求测力计量程不得小于 900 kN<sup>[8]</sup>。

(2)施做完锚索地梁后,藏木特大桥拉萨端缆索吊机后锚1号基坑开挖部分挂主动防护网。

(3)开挖顶部设一排柔性被动防护网,柔性被动防护网距顶外4~5 m处,高4 m。加固后边坡断面如图4所示。

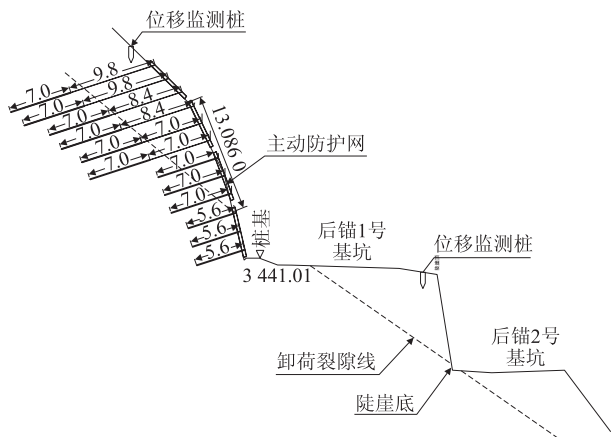


图4 加固后边坡断面图

### 3.2 边坡变形监测<sup>[3]</sup>

在进入边坡开挖施工坡面防护前,必须按设计要求将位移监测桩及时安置到位,并开始进行各项监测数据测量,以便为边坡施工提供可靠的技术支撑。

(1)监测前应编制监测实施计划,计划应包括观测人员、观测时间、观测设站、观测方法等。

(2)为消除物理误差,监测应做到 5 个固定:固定观测人员、固定仪器、固定观测时间、固定测站、固定观测方法。

(3) 观测设站至监测点距离应控制在 200 m 以内, 如地形地貌环境复杂可选择控制在 300 m 以内。

(4) 监测频率要求: 施工期观测要求监测时间应

从开始施工至竣工交验,施工期间监测暂定每 5 天观测 1 次,其中在每一级边坡开挖前后均应观测 1 次。在施工工艺、天气情况、变形量等发生变化时,应根据实际情况适当加密观测频率。

(5)观测精度要求:测点水平位移的测量精度应控制在 6 mm 以内。

## 4 结束语

藏木特大桥后锚 1 号基坑边坡,为卸荷裂隙较发育的花岗岩边坡,地形陡峭,边坡平整度差,设计施工都较为困难。采用以锚索地梁为主,主动防护网+被动网防护为辅的一个综合加固方案,很好地处理了整个边坡的稳定性问题,又解决了山顶局部掉块对下部施工人员造成安全隐患的问题。保证了工程结构安全和后期运营安全,本文可为类似边坡治理工程提供借鉴。

### 参考文献:

- [1] CECS 22:2005 岩土锚杆(索)技术规程[S].  
CECS 22:2005 Technical Specification for Ground Anchors [S].
- [2] TB 10025 - 2006 铁路路基支挡结构设计规范[S].  
TB 10025 - 2006 Code for Design on Retaining Structures of Railway Subgrade[S].
- [3] Q/CR 9230 - 2016 铁路工程沉降变形观测与评估技术规程[S].  
Q/CR 9230 - 2016 Observation and Evaluation Specification for Settlement Deformation of Railway Engineering[S].
- [4] TB 10002 - 2017 铁路桥涵设计规范[S].  
TB 10002 - 2017 Code for Design on Railway Bridge and Culvert [S].
- [5] 李海光. 新型支挡结构设计 with 工程实例[M]. 北京:人民交通出版社,2011.  
LI Hai guang. Designs and Engineering Projects of a New Retaining Structure [M]. Beijing: China Communications Press,2011.
- [6] 朱彦鹏,王秀丽,周勇. 支挡结构设计计算手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.  
ZHU Yanpeng, WANG Xiuli, ZHOU Yong. Design and Calculation Manual of Retaining Structure[M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2008.
- [7] 郑颖人. 边坡与滑坡工程治理[M]. 北京:人民交通出版社,2007.  
ZHENG Yingren. Engineering Treatment of Slope & Landslide[M]. Beijing: China Communications Press,2007.
- [8] 尹紫红. 路基及支挡结构[M]. 北京:中国电力出版社,2011.  
YIN Zihong. Subgrade and Retaining Structure[M]. Beijing: China Electric Power Press,2011.

(编辑:刘会娟 白雪)