

Treatment Plan for Dangerous Rock and Rockfall of High Steep Slope in Railway Tunnel

Binqiang Li

China Railway 12th Bureau Group No.2 Engineering Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 310032, China

Abstract

With the increase of railway construction mileage in China, the trunk railway extends to all parts of the country. The paper is based on the engineering background of a high-speed railway tunnel cave in a mountainous area of southwest China to study the remediation measures for dangerous rockfall on the high and steep slopes of the railway tunnel cave, according to the on-site investigation and geological analysis, the distribution characteristics, formation causes and stability of dangerous rockfall were obtained, and the comprehensive treatment measures of “graded protection, active interception, passive support, and long open hole” were proposed to effectively reduce the risk of dangerous rockfall in the cave entrance, which can provide reference for similar projects.

Keywords

railway; tunnel; dangerous rock and rockfall; Internet of things

铁路隧道高陡边坡危岩落石整治方案

李斌强

中铁十二局集团第二工程有限公司, 中国·山西太原 310032

摘要

中国铁路线路建设里程不断增加, 干线铁路沿伸至全国各个地区, 论文以中国西南山区某高速铁路隧道洞口为工程背景, 研究铁路隧道洞口高陡边坡危岩落石整治措施, 根据现场调查和地质分析得到了危岩落石分布特征、形成原因以及稳定性, 提出了“分级防护、主动拦截、被动支挡、接长明洞”的综合处理措施, 有效降低洞口危岩落石风险, 可为类似工程提供参考。

关键词

铁路; 隧道; 危岩落石; 物联网

1 引言

危岩落石是影响铁路运营安全的重要因素, 在长期的风化、剥蚀和重力作用下, 落石经剥落、滚动、弹跳^[1]等方式以较大的动能冲击下部既有铁路建(构)筑物, 影响运营安全。因此在设计及施工过程中, 要结构区域地形、地貌和水文、地质情况, 深入调查高陡边坡危岩落石分布。研判对铁路线路的结构和运营安全, 务必在开通运营前处理到位, 结合物联网技术, 还需对危岩落石区进行自动监测, 并将监测数据实时传输至运营单位管理平台。

2 现场调查和地质分析

危岩落石区位于中国云贵高原中山河谷地貌区隧道进口上方, 设计明暗分界里程 D5K333+246, 洞口里程 D5K333+241, 洞口与一座 2×72T 构桥(主墩 48m)相接,

该桥 2# 台位于隧道明洞内。

2.1 地形、地貌

如图 1 所示, 工程所在地属中国云贵高原低中山侵蚀地貌, 地形连绵起伏, 陡峻, 沟壑纵横, 本段危岩落石区位于剥蚀中国中山河谷地貌区下河两岸, 河谷深切, 谷底至山顶高差 390 ~ 400m, 分两级台阶, 一级台阶高约 150m, 岸坡较为顺直, 自相然坡度 40 ~ 50°, 局部为陡坎, 坡面植被较好, 以灌木为主; 二级台阶高约 100~150m, 为三叠系茅草铺组灰岩形成的陡崖, 自然坡度近似直立, 基岩裸露, 仅节理裂隙充填土层中有个别灌木生长, 陡崖上崩塌、危岩落石发育, 对工程影响大。一、二级台阶之间有一宽缓平台, 宽度 100 ~ 200m, 前缘自然坡度 10 ~ 20°, 后缘(二级台阶底部)较陡, 20~40°左右, 主要为灰岩陡崖后退后形成的, 平台上有灰岩小型岩堆, 落石分布, 主要堆积在后缘, 较大

规模的崩塌、滑坡物质可越过前缘直达河底。由于河床狭窄，流量大（852m³），河床纵坡大，流速快，落物质被河水迅速带走，难以在河床内堆积。主要影响隧道进口及2×72T构桥大里程端范围。



图1 中国云贵高原危岩落石段落地形地貌

2.2 工程地质情况

该危岩落石属上方陡崖+下方斜坡型，陡崖为断层形成，崖面节理裂隙发育，局部形成了倒悬体，下方斜坡自然坡度40~50°，坡面堆积体以落石为主，分危岩区和落石区。

危岩区分布于D5K333+430~+545左侧120m至220m之间，对工程影响范围为D5K333+106~+356，主要为T1m（茅草铺组）弱风化灰岩，中厚层夹薄层状，直立陡崖高度约为100~120m，陡崖顶部最高距线路路肩面高程约为310m，陡崖基岩裸露，岩溶发育，陡崖面上可见溶洞及长大溶隙等。岩体层理产状为N65°~70°E/∠10°~14°SW；代表性节理为：S-N~N20°E/∠90°（卸荷、构造裂隙）、N80°W~E-W/∠90°（长大陡倾角裂隙），其余为溶蚀裂隙，危岩体类型主要以倒悬式、倾倒式、砌块式为主。经实测及估算危岩体总体积约为980m³，陡崖上危岩单体最大体积约30m³。

落石区主要分布在D5K333+200~D5K333+600斜坡坡面至沟底。斜坡顶的宽缓坡角度5~30°，相对高差约5~80m，植被全覆盖。上覆土层一般厚0~2m，下伏基岩主要为（T1f）泥质砂岩夹砂质泥岩。坡面分布灰岩、泥质砂岩孤石，体积一般在1~4m³之间，经实测及估算，坡面落石总体积约300m³。

尤其要说明的是在里程D5K333+370~D4K333+490段线路左侧50m到右侧40m范围内为岩堆体，该岩堆体堆积碎、块石土层厚约5~8m，成分主要为陡崖上方及陡崖上崩塌堆

积的灰岩、泥质砂岩碎石、块石。上方陡崖崩塌的形成主要由两组灰岩裂隙E-W/90°、S-N/90°相互切割所致。

2.3 水文地质情况

本段危岩落石区地下水不发育，地表水贫乏，地表水仅在大暴雨后有径流，雨后数日则变干，坡面未见地下水，这与坡面极陡，地下水坡降大有关。参考隧区水质类型，地表水对混凝土结构具侵蚀性，环境作用等级为H1级。

3 危岩落石整治方案

对地质判识影响范围内的倒悬体或可能发生小掉块区域的崖面设帘式网^[2]，帘式网出口处设置拦石墙，拦石墙顶部设刚性防护网，拦石墙下部适当位置设置一道被动防护网，拦石墙设置呈斜向，宜具备对落石导向分流作用；不扰动崖顶危石，崖顶裂隙采用混凝土充填密实。主要为工程措施有崖顶加固及清危（孤）石工程、陡崖帘式网防护工程、陡崖底危岩落石防护工程、洞口接长明洞、工后物联网自动化监测系统等，代表性断面工程措施布置情况如图2所示：

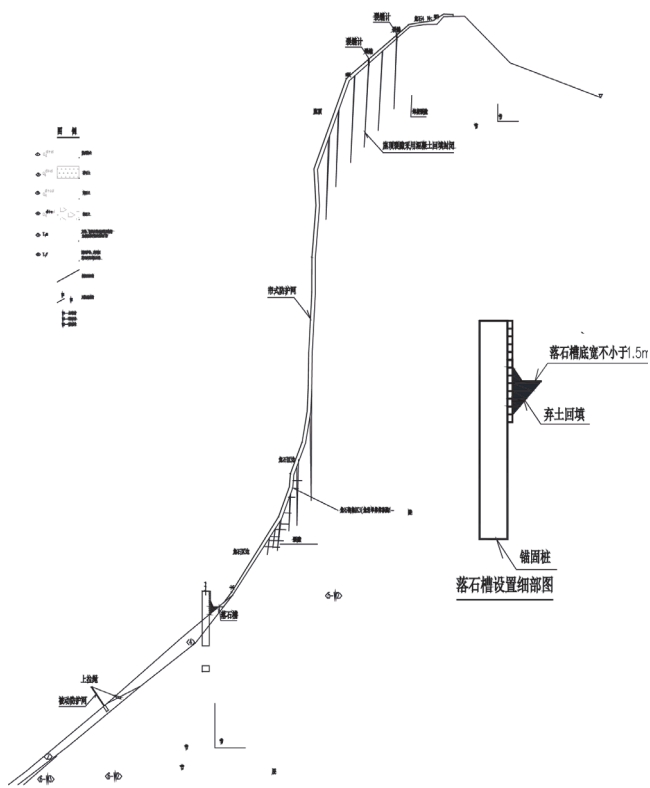


图2 代表性断面工程措施布置示意图

3.1 危石区坡面处理

清除崖顶30m范围内植被后采用C20混凝土对根部裂缝

进行封闭,防止雨水沿节理下渗。在陡崖面自上而下设置帘式防护网,采用 A、B 两排支柱支撑,形成一作业空间,支柱沿横向间距为 5m,高度为 3m,支柱基础在基岩里埋深不小于 1.5m,每排支柱顶部采用钢绳相连接,并将帘式防护网连接于支柱上,帘式防护网上部锚于崖顶外稳定基岩上。主网采用 50×60mm 网孔尺寸,主网外设置纵、横向钢绳,钢绳纵向间距 2m,横向间距 5m,两端锚于原地面稳定基岩上。

施工顺序为:坡顶施工准备—放线—AB 支柱锚杆及基础施工—支柱施工—安装支撑绳及纵向主拉绳—铺挂金属网片及缝合—安装纵向次拉绳—安装横向拉绳,受施工条件影响,主要采用蜘蛛人现场作业,于崖顶中部最佳位置安装塔吊配合施工。

3.2 落石区桩板结构支挡防护

于 K0+150 ~ K0+294 段落石区斜坡上布置桩板墙,共设 25 根锚固桩,桩截面 1.5m×2m,桩间距(中—中)均为 6m,桩长 14m,桩短边沿陡崖布置,桩身采用 C35 混凝土灌注。桩间后置挡土板,挂板高度 4.5 ~ 6m,板均采用 C35 钢筋混凝土现浇,桩与板采用 $\Phi 25$ 钢筋进行连接。桩顶设刚性防护网,桩板墙后设置落石槽,回填坡率 1:0.75,底宽不小于 1.5m。

崖底落石区仅人行通道,现场作业机具材料、土方外运、模板工程、混凝土浇筑等均需利用崖顶塔吊进行水平和垂直运输,须由专职安全人员现场指挥。

3.3 接长明洞及被动防护网拦截

为防止桩板墙以下坡面落石,接长隧道明洞^[1]9m 至 D5K333+232 处,将洞顶 10m 范围内陡坡削坡减载,并于坡顶与桩板墙间增设 3 道被动防护网^[4],分级拦截坡面危岩落石,避免影响正线运营安全。

接长明洞待隧道贯通以及 T 构桥边跨合龙后组织施工,施工中要充分调查、科学安排、精心组织,严禁坡面减载与坡下结构交叉施工,确保安全。

3.4 物联网自动监测和防护栅栏封闭

如图 3 所示,在危岩落石区沿坡面布置裂缝计并采用物联网技术实时上传至运营单位管理平台,该系统设备精度及功能应满足相应标准。于崖顶帘式网范围采用刚性防护栅栏封闭管理,为避免人为破坏,方便运营及管理单位检修。

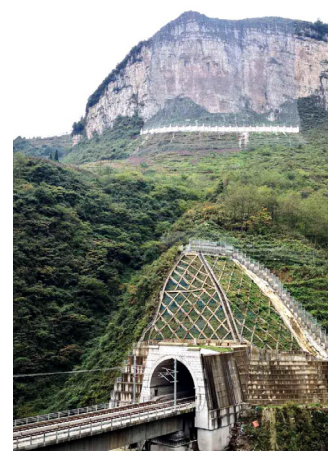


图 3 危岩落石整治后照片

4 结语

在中国西南地区高速铁路选线过程中隧道工程很难绕避所有不良地质,为确保工程结构和后期运营安全,必须对隧道洞顶坡面危岩落石进行处理,尤其高陡边坡,危岩落石安全隐患更大,加之施工场地有限、施工条件困难等原因,建议在类似工程勘察阶段采用无人机对坡面成像分析,为结构设计提供准确数据,设计阶段结合结构设防要求,对整治方案进行充分研究,做到设计方案一步到位。施工前要进行充分的现场调查,制定科学严谨的施工方 案,充分发挥现代机械装备优势,减小人工作业强度,降低安全风险。同时,建立运营期间全天候防侵入系统,利用自动监测元器件及物联网技术,对整条线路风险点进行监测,建立异常情况预警系统^[5],为高速铁路运营安全提供保障。

参考文献

- [1] 王玉锁. 高速铁路隧道洞口段危岩落石运动轨迹及冲击特性研究[J]. 学术动态, 2011(02):16-21.
- [2] 贾永明. 帘式防护网在公路地质灾害治理中的应用[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2018(03):114-116.
- [3] 王玉锁, 王涛, 周良, 等. 跨中受落石冲击的拱形护桥明洞力学响应[J]. 隧道建设(中英文), 2018(01):22-32.
- [4] 齐欣. 柔性被动拦截网结构力学性能研究[D]. 成都:西南交通大学, 2014.
- [5] 杨小军, 兰先锋, 王士杰, 等. 基于光纤技术的铁路沿线崩塌落石监测报警系统研究[J]. 中国铁路, 2012(10):57-60.