

# Control of Dangerous Rock and Rockfall at the Entrance of Linyanmiao No.3 Tunnel of Shuozhun Line

Dong Meng

Daqin Railway Co., Ltd. Shuozhou Works Section, Shanxi, Shuozhou, 036000, China

## Abstract

During the service period of the Linyanmiao No. 3 Tunnel on the Shuozhun Line, cracks developed on the front slope of the tunnel entrance, and the weathering was severe. The top front slope was not protected, and the cracks developed on the slope surface, and the weathering was severe. The slope surface was uneven, and the rock layers on the slope were easily weathered and peeled off to invade the line. In response to the above issues, the paper combines on-site survey data, analyzes the causes of the disease, and comprehensively considers factors such as the maintenance and construction environment of the operating railway, skylight restrictions, etc. The comprehensive renovation plan of "mountain hanging net+retaining wall pouring+steel corrugated plate extension open hole" is adopted for renovation, achieving the expected results.

## Keywords

tunnel; dangerous rocks and falling rocks; covering guiding protective net

# 朔准线林鄆庙 3 号隧道进口危岩落石整治

孟栋

大秦铁路股份有限公司朔州工务段, 中国·山西 朔州 036000

## 摘要

朔准线林鄆庙3号隧道服役期间, 隧道进口仰坡坡面裂隙发育, 且风化严重, 洞顶仰坡未进行防护, 坡面裂隙发育, 且风化严重, 坡面凹凸不平, 边坡岩层易风化剥落侵入线路。针对上述问题, 论文结合现场实地踏勘调查资料, 在分析病害原因基础上, 综合考虑运营铁路维修施工环境、天窗限制等因素, 采用“山体挂网+挡墙浇筑+钢波纹板接长明洞”的综合整治方案进行整治, 取得预期效果。

## 关键词

隧道; 危岩落石; 覆盖式引导防护网

## 1 引言

在现有铁路线路整治危岩落石工程中, 为确保列车运行安全, 常用洞顶仰坡挂网或接长明洞。该朔准线林鄆庙隧道进口 K213+260 隧道进口危岩落石整治工程, 在铁路施工天窗封锁线路期间, 采用山体挂网、挡墙浇筑、钢波纹板接长明洞等综合整治方案, 确保隧道接长施工和列车运行安全, 为现有铁路隧道进出口危岩落石整治积累了较多的经验。

## 2 工程概况

朔准线林鄆庙 3 号隧道位于陕西省榆林市府谷县古城镇, 为单线隧道, 起讫里程为 K213+260 至 K213+549, 全长 289m。该区是以管涔山脉为主干的构造、剥蚀山区地貌,

主山脊走向近南北, 次山脊则呈东西向展布, 隧道穿越黄土高原低中山区, 地形起伏较大, 冲沟发育, 基岩出露, 线路大部分以挖方形式通过, 隧道进口洞顶仰坡最大高度约为 48m。

## 3 病害类型及成因分析

隧道服役期间, 隧道进口 K213+260 处洞顶仰坡未进行防护, 坡面裂隙发育, 且风化严重, 坡面凹凸不平, 边坡岩层易风化剥落侵入线路, 砸伤、损毁相关设备, 威胁作业人员及铁路运输行车安全。

经现场踏勘分析认为隧道进口处岩质边坡裸露, 岩层风化严重, 节理裂隙发育, 受雨水侵蚀冲刷作用, 边坡出现剥落掉块现象。

## 4 施工方案

针对朔准线林鄆庙 3 号隧道进口仰坡坡面洞顶仰坡未进行防护, 裂隙发育, 且风化严重, 结合现场实地踏勘调查

【作者简介】孟栋 (1989-), 男, 中国山西怀仁人, 本科, 工程师, 从事铁路桥隧涵路基研究。

资料,在分析病害原因基础上,综合考虑运营铁路维修施工环境、天窗限制等因素,采用“山体挂网+挡墙浇筑+钢丝绳板接长明洞”的综合整治方案进行整治。图1为大型机械设备站位图。

#### 4.1 覆盖式引导防护网

K213+260洞顶仰坡垂直线路方向边坡清理浮土后,采用GPS-200-C覆盖式引导防护网防护,坡脚增设被动防护网PPS-200/DB-A被动防护网(柱高5m),被动防护网距隧道洞口间距不小于10m,防护网设置位置现场可根据实际地形适当调整,原则上应限制坡面岩体的进一步风化剥落破坏,并将落石控制在网内运动<sup>[1]</sup>。

##### 4.1.1 柔性防护网的施工及技术要求

主动防护系统由高抗锈蚀格栅(DO2.2/50/)与钢丝绳网(DO08300)全面积双层使用,外加钢丝绳支撑网;钢丝绳网DO08/300/4m×4m(或4m×2m)为主要受力构件,结合经过超强防腐处理的钢丝编成的SO2.2/50型格栅网(方格边长50mm)组成的双层主动防护系统。

清除坡面防护区域内威胁施工安全的浮土及浮石,对不利于施工安装和影响系统安装后正常功能发挥的局部地形(局部堆积体和凸起体等)进行适当修整;放线测量确定锚杆孔位(根据地形条件、孔间距可有0.3m的调整量),在孔间距允许调整量范围内,尽可能在低凹处选定锚杆孔位:对非低凹处或不能满足系统安装后尽可能紧贴坡面的锚杆孔一般连续悬空面积不得大于5m<sup>2</sup>,否则宜增设长度不小于0.5m的局部锚杆,该锚杆可采用直径不小于中12的带弯钩的钢筋锚杆或直径不小于2中12的双股钢绳锚杆),应在每一孔位处凿一深度不小于锚杆外露环套长度的凹坑,一般口径20cm、深20cm;安装纵横向支撑绳,张拉紧后两端各用2~4个支撑绳长度小于15m时为2个,大于30m时为4个,其间为3个绳卡与锚杆外露环套固定连接;从上向下铺挂格栅网,格栅网间重叠宽度不小于5cm,两张格栅网间

以及必要时格栅网与支撑绳间用φ1.5镀锌铁丝进行扎结,当坡度小于45°时,扎结点间距一般不得大于2m,当坡度大于45°时,扎结点间距一般不得大于1m;从上向下铺设钢绳网并缝合,缝合绳为中多钢绳,每张钢绳网均用一根长约3m(或2m)的缝合绳与四周纵横向支撑绳进行缝合并预张拉缝合绳两端各用两个绳卡与网绳进行固定连接;在边坡的运营过程中加强对钢丝网的监测,若钢丝网出现大面积脱落或者锈蚀严重而不能继续受荷,应立即采取有效措施对其进行加固甚至重新铺设钢丝网<sup>[2]</sup>。

##### 4.1.2 GPS2 柔性防护网施工质量要求

①编网、支撑绳及拉锚系统所用钢丝绳应符合GB/T8918—2006的规定,其钢丝绳强度不应低于170MPa,热镀锌强度不低于AB级。

②钢丝格栅编织用钢丝SO2.2/50应符合GB/T343—1994的规定,热镀锌等级不低于AB级,其中高强度钢丝格栅亦可采用重量不低于150g/m<sup>2</sup>的锌铝合金镀层处理;编网用两根钢丝绳交叉联接点处的固定件采用钢制卡扣,其厚度不小于2mm,并经过电镀锌处理,镀锌层厚度不小于8μm。

③交叉节点处均用卡扣固定,接头处用铝质接头套管闭合压接:不应出现遗漏,卡扣和套管表面不应有破裂和明显的损伤。

④钢丝绳交叉节点处的抗锚动拉力不应小于5kN,锚动后钢丝绳残余抗破断拉力不应小于原始最小抗破断拉力的90%。

⑤钢丝绳交叉节点处的抗脱落拉力不应小于10kN。

⑥编织成网的钢丝绳不应有断丝,脱丝的现象。

⑦网的形状平整,网绳无打结和明显扭曲现象。

⑧钢丝绳不应有明显的机械损伤和锈蚀痕迹。

⑨高强度的钢丝格栅端头应至少扭结一次,扭结处不应有裂纹。

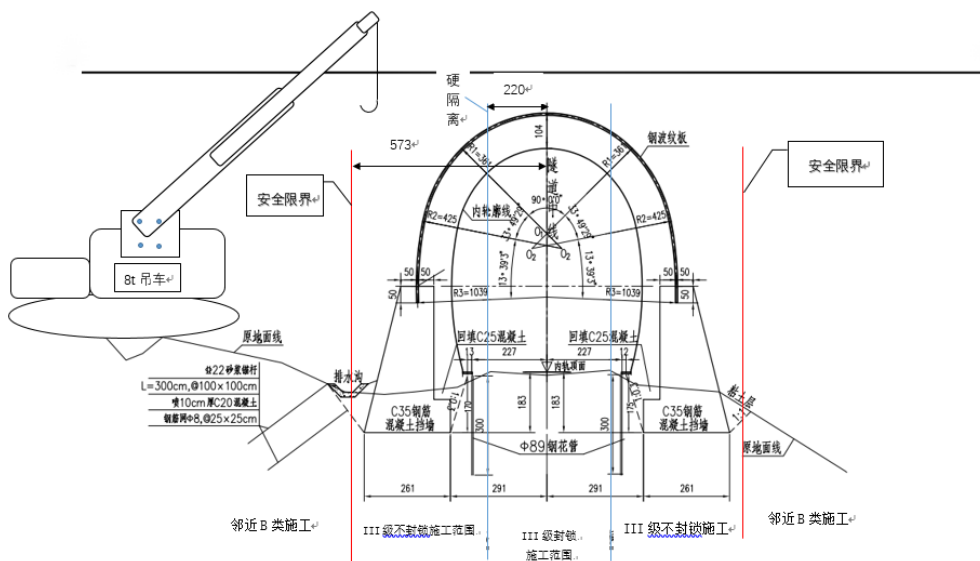


图1 大型机械设备站位图

⑩钢丝绳抗破断能力检验按 GB/T8358—2006 的规定进行。

⑪ 钢丝（绳）表面镀锌检验按 GBT2973—2006 的规定进行。

⑫ 未尽事宜，应满足相关质量要求及施工技术要求。

### 4.1.3 被动网安设施

第一，施工程序。

① 施工流程。

施工准备→坡面清理→测量放线→挖基→被动防护网安装→验收。

② 被动防护网安设施工顺序。

钢柱和锚杆基础测量定位→基坑开挖→预埋锚杆并灌注基础砼→基座安装→钢柱、上侧拉锚绳及侧拉锚绳安装→上支撑绳及底部支撑绳安装→钢绳网和格栅网安装。

第二，施工方案。

① 清理边坡。

清理岩面杂草、松散层、浮石及松动的岩石等，坡面有坑洼时，应进行嵌补。

② 测量放线。

按设计并结合实际地形对钢柱和锚杆基础进行测量定位锚杆。

③ 被动防护网安装。

A. 对覆盖层不厚的地方，当开挖至基岩而尚未达到设计深度时，则在基坑内的锚孔位置处钻凿杆孔，待锚杆插入基岩到底设计深度并注浆后才灌注基础砼。

B. 基座安装：将基座套入地脚螺栓并用螺帽拧紧。

C. 钢柱、上侧拉锚绳及侧拉锚绳安装：钢柱顺坡向上放置将钢柱底部位于基座处；挂环挂于顶端，将拉锚杆与上拉锚杆套连接并用绳卡暂时固定；后将钢柱底部插入基座中，最后插入连接螺栓并拧紧；调整好钢柱的方位，拉紧上拉锚绳并用绳卡固定；后安装侧拉锚绳，方法同上。

D. 上支撑绳及底部支撑绳安装：将支撑绳的挂环端暂固定于端柱的底部，然后沿系统走向调直支撑绳并置于基座下侧，调节减压环就位；挂环挂于端柱的顶部；第二根钢柱支撑绳固定于挂座外侧；第三根钢柱支撑绳放在挂座内侧；继续安装直到本段最后一根钢柱用绳卡暂时固定；调整减压环至正确位置，拉紧支撑绳并用绳卡固定；第二根上部支撑绳安装方法相同，安装方向相反。根据产品说明安装底部支撑绳。

E. 钢绳网和格栅网安装：钢绳网按组编号展开，格栅网铺挂在钢绳网的内侧，根据产品说明施工，具体见安装说明书<sup>[3]</sup>。

## 4.2 混凝土挡墙施工

### 4.2.1 测量放线

根据施工图纸及坐标点测放出挡土墙中心线、基础平面位置线和纵断高程线，做好平面、高程控制点。

### 4.2.2 土石方开挖

① 在开挖中，对不在同一高程的土石方开挖时，施工应按先深后浅的顺序进行。

② 开挖完成后，对原土进行夯实平整，达到设计标高。

③ 经业主验槽合格后方可进行 6% 水泥石粉渣稳定层施工和垫层施工。

④ 垫层施工完成后，应符合设计高程并按设计图纸和挡墙中线桩定出墙体轴线、基础尺寸线和钢筋控制线。

### 4.2.3 基础钢筋制作与安装

① 应按有关规定进行钢筋复验、经业主、监理见证取样检验，合格后方可使用。

② 钢筋绑扎时要仔细察看钢筋布置图纸，核对准确无误后绑扎。

③ 钢筋绑扎前应将垫层泥、水清理干净，按定好的间距，先摆放受力主筋、后放分布筋。泄水孔应及时配合安装。

④ 绑扎钢筋时一般用顺扣或八字扣，钢筋网片筋的相交点应全部绑扎外。

⑤ 在钢筋与模板之间垫好垫块，保护层厚度应符合设计要求。

### 4.2.4 基础模板

① 模板应具有足够的强度、刚度和稳定性，能承受灌注混凝土的冲击力、混凝土的侧压力。

② 模板应保证挡土墙设计形状、尺寸及位置准确，并便于拆卸，模板接缝应严密，不得漏浆、错台。

③ 轴线、模板线放线完毕，应办理好预检手续。

④ 模板支撑时，模板下口先做水平支撑，再加斜撑固定。

### 4.2.5 浇筑基础混凝土

① 混凝土浇筑前，钢筋应检验合格。模板安装牢固，缝隙平整、严密，杂物应清理干净，积水排除，并办理预检手续。

② 混凝土配合比应符合设计强度要求。

③ 混凝土浇筑时自由落差一般不大于 2m，当大于 2m 时，应用导管或溜槽输送<sup>[4]</sup>。

④ 混凝土应分层浇筑，分层厚度不宜超过 300mm。各层混凝土浇筑不得间断；应在前层混凝土振实尚未初凝前，将次层混凝土浇筑、捣实完毕。振捣次层混凝土时振捣棒应插入前层 50~100mm。

⑤ 混凝土试块按规范要求留置组数。

### 4.2.6 支立墙体模板

① 按位置线安装墙体模板，模板应支牢固，以防模板在浇筑混凝土时松动、跑模。

② 模板安装完成后，论坛检查扣件、螺栓是否牢固，模板拼缝及下口是否严密，并办理预检手续。

### 4.2.7 筑墙体混凝土

① 墙体混凝土浇筑前，在底部接茬处先均匀浇筑

15~20mm厚与墙体混凝土强度等级相同的砂浆结合层。

②混凝土应按规范规定分层浇筑,振捣密实,分层厚度不大于300mm。混凝土下料点应分散布置。墙体应连续进行浇筑,每层间隔时间不超过混凝土初凝时间。墙体混凝土施工缝宜在设计伸缩缝处。

③混凝土浇筑振捣完毕,将上口露出的钢筋加以整理,用木抹子按设计标高控制线对墙体上口进行找平。

#### 4.2.8 混凝土养生

混凝土浇筑完毕后,应在12h以内加以覆盖和浇水,浇水次数应能保持混凝土有足够的湿润状态,养护期一般不少于7d,可根据空气的湿度、温度和水泥品种及掺用的外加剂的情况,适当延长。

#### 4.2.9 模板拆除

①当混凝土强度达到的合计强度75%以上时,方可拆除侧面模板。

②首先逐段松开并拆除拉杆,一次松开长度不宜过大。不允许以猛烈的敲打和强扭等方法进行。

③逐块拆除模板,拆除时注意保护墙体防止损坏。

④将模板及支撑拆除后应维修整理,分类妥善存放。

#### 4.2.10 回填

线路前进方向左侧挡墙外回填碎石土和粘土层,粘土层厚度不小于50cm,修筑排水沟,与既有排水设施衔接,确保排水通畅。

### 4.3 钢波纹板施工

#### 4.3.1 设计要点

①波纹钢板采用Q355低合金高强度结构钢,其化学成分及力学性能符合GB/T1591的规定,钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差符合GB/T709的规定。

②波纹钢板波距175mm,波高65mm,厚度5.75mm。

③波纹板采用四面内法兰连接方式,采用10.9级高强螺栓固定。

#### 4.3.2 主要材料

①波纹钢板。

采用Q355热轧钢板制作,钢材满足现行规范要求、交通部部颁《公路涵洞通用波纹钢管(板)》(JT/T 791—2010)的要求,钢板屈服强度不应小于345MPa,抗拉强度不应小于470MPa。

②高强螺栓。

波纹钢板拼接采用高强度螺栓,以防止施工完成后的螺栓不松动。当波纹板采用搭接方式时波峰处垫圈采用平垫圈,波谷处垫圈采用凹垫圈。高强螺栓应满足GB/T 1228《钢结构用高强度大六角头螺栓》、GB/T 1229《钢结构用高强度大六角螺母》、GB/T 1230《钢结构用高强度垫圈》、

GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》的要求<sup>[9]</sup>。

③波纹板防腐。

波纹板防腐应采用高分子聚合物涂料,单面涂层厚度1.5mm。

#### 4.3.3 防腐防水技术要求

①波纹钢板运至施工现场后,仔细检查内外表面,对于表面防腐层损伤点进行清理除锈后补喷处理。

②拼装时,接缝间隙内设置密封条,密封条采用方形耐久性能较好的天然橡胶密封条或耐候密封胶密封,在密封条外边缘及螺母处刷涂环氧树脂胶。

③现场安装完毕后,在波纹板外侧与隧道所形成的空间,注防水砂浆。

根据施工过程控制、现场勘察及验证报告判定,目前整体效果良好(图2),林廓庙3号隧道进口K213+260病害整治,达到预期效果。



图2 竣工后整体效果图

## 5 结语

在铁路隧道工程中,考虑运营铁路维修施工环境、天窗限制等因素,给施工增加了一定难度。通过施工前准备,防护工程,混凝土挡墙施工,钢波纹板施工技术与过程控制,降低了施工风险,提高施工质量,确保了隧道运营安全,为类似铁路隧道施工提供良好的方案。

#### 参考文献

- [1] 汪莹鹤,李时亮,李炜,等.张吉怀铁路土峪隧道危岩落石特征及防护措施研究[J/OL].铁道标准设计:1-7[2023-05-19].
- [2] 李建旺.铁路隧道拱顶波纹板加固专项施工技术分析[J].工程机械与维修,2020(6):72-73.
- [3] 太铁施工〔2021〕-360号 中国铁路太原局集团有限公司铁路营业线施工管理实施细则[Z].
- [4] 晏才华.既有电气化铁路新增明(棚)洞、隧道接长施工关键技术及经济分析[J].工程建设与设计,2018(2):187-188.
- [5] 张崇清.钢波纹板在铁路营业线明洞接长施工中的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2020(12):253-254.