

西渝高铁观面山隧道出口危岩落石整治技术与实践探究

周 润 章福生

中国铁路成都局集团有限公司达州工务段 四川 达州 635000

摘 要：西渝高铁作为我国重要的交通基础设施，其建设过程中的危岩落石整治工作关乎线路安全与运营稳定。本文围绕西渝高铁安康至重庆段观面山隧道出口危岩落石整治展开，详细阐述地质状况、危岩发育特征，深入分析各类整治工程措施，探讨施工关键要点及注意事项，旨在为高铁危岩落石整治提供全面的技术参考与实践经验借鉴。

关键词：危岩落石整治；主动网加固；回腔嵌补与节理裂隙填充；锚索式加固；被动防护网设置

1 工程概况与地质背景

1.1 工程概况

西渝高铁安康至重庆段观面山隧道出口位于NDZK44+760-NZK45+350，线路采用隧道、桥梁形式穿越。该区域属川东岭谷低山丘陵区，地形为单面坡，海拔在245-686米之间，地形起伏较大，给工程建设与危岩落石整治带来较大难度。

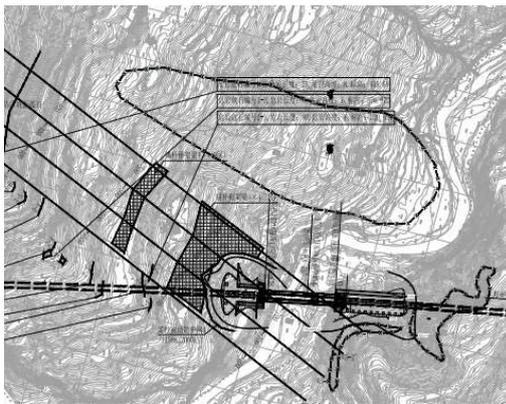


图1 工程位置



图2 大量危岩

1.2 地质概况

地层岩性复杂多样，地表覆盖第四系全新统冲洪积粉质黏土、粗圆砾土，坡残积粉质黏土、碎石土，滑坡堆积粉质黏土；下伏基岩为泥岩夹砂岩，强风化带呈碎石状结构，弱风化层岩体较完整。不同岩性的差异风化以及复杂的地质构造，致使节理裂隙发育，为危岩落石的形成提供了地质条件。泥岩抗风化能力较弱，易形成凹腔，而砂岩相对较硬，在差异风化作用下，岩体破碎、开裂，增加了危岩落石的潜在风险^[1]。

2 危岩落石发育特征

通过详细的现场调查，共发现多个危岩点，分布于隧道左右两侧及洞口正上方等位置。这些危岩点成因多样，主要由砂岩、泥岩风化卸荷形成。部分危岩岩体开裂破碎严重，底部悬空，如位于隧道左侧的1-1号危岩，岩体开裂破碎，底裂悬空，距洞口高差约70米，平距约15米。



图3 1-1号危岩

其地质评价显示为泥质砂岩、砂岩风化、卸荷形成的陡坎状，层理近水平，节理较发育，代表性节理有N5°W90°、N44°E90°，节理间距一般0.4-0.8米，多为微张-张开型，部分有黏土充填。从分布位置来看，洞口正上方的危岩点由于高差大、距离近，一旦发生落石，对隧道洞口及桥梁工程的威胁极大。

如2-3号危岩位于洞口正上方，高90米，平距20米，长25米，高15-18米，强风化岩体，悬空且破碎，坡比1:0.6。其上部人工堆积条石增加了危岩的不稳定性，下部形成倒岩腔，在风化和重力作用下，随时可能发生崩塌、滚落，严重危及下方工程安全。



图3 2-3号危岩

3 危岩落石整治工程措施

本项目方案由铁路运维单位、设计单位、咨询单位合作制定。综合近年来铁路运营中发生的多起危岩落石崩塌案例，本工程采用动态调整的思路，随着工程进度的推进，依据当时当地的具体情况动态调整措施，优化方案，确保方案动态贴合工程变化^[2]。整治方向采用主动防护加固与被动防护拦截相结合。

3.1 清除危岩

对于影响隧道洞口及桥梁工程安全的孤石、浮石，采用人工或小型机械解小后清除。选择该措施是基于这些孤石、浮石稳定性差，在自然风化、重力及施工振动等因素影响下，极易滚落，直接威胁下方施工人员、设备及新建工程的安全。人工或小型机械解小清除方式操作灵活，能精准处理危岩，减少对周边岩体的扰动。在施工前，于危岩点下方适当位置设置双层钢管竹排架或被动防护网等临时防护措施，确保下方人员、设备及新建工程安全。

以1-1号危岩为例，施工时先对其下方区域进行防护，然后人工使用风镐等工具将危岩破碎分解，再通过吊运设备将破碎后的石块运至弃渣场，严禁弃置于原坡面，避免形成新的安全隐患。

经统计，清除危岩措施在本工程的29处危岩点整治中均有应用，使用频次高。是最彻底的解决方案。

3.2 主动网加固

在清除坡面浮石及突出倒悬危岩后，对危岩区采用主动防护网加固。选择主动网加固，是因为主动防护网能与坡面紧密贴合，通过锚杆将网固定在稳定基岩上，对危岩形成主动约束，限制危岩的进一步松动和位移。主动防护系统规格根据不同危岩点情况选择等。锚杆总长度应大于2米且打入稳定基岩不小于2米，坡面四周处加密锚杆，确保主动网与坡面密贴。

在1-2号危岩加固中，选用4F-150-P型主动防护系统，施工人员按照设计要求钻孔，插入锚杆并注浆固定，然后铺设主动网，将其与锚杆连接牢固，使主动网能有效约束危岩，防止其进一步松动、滚落。

主动网加固措施在本工程的12处危岩点整治中使用占比约41%，主要针对岩体破碎、有潜在滑落风险的危岩区域^[3]。

3.3 回腔嵌补与节理裂隙填充

对于存在凹腔和节理裂隙的危岩，采用C30素混凝土原位嵌补凹腔，嵌补混凝土底部置于稳定基岩上，地形坡度较大时开挖小台阶。对节理裂隙采用M30水泥砂浆进行填充。

这是由于凹腔和节理裂隙的存在会削弱岩体的整体性和稳定性，雨水等容易渗入，进一步侵蚀岩体，加速危岩的形成。通过嵌补和填充，能够增强岩体的连续性和强度，提高其稳定性。

在2-5号危岩整治中，先对凹腔进行清理，将松动石块清除，然后支设模板，浇筑C30素混凝土进行嵌补。同时，对节理裂隙进行高压注浆填充，增强岩体的整体性和稳定性。

回腔嵌补与节理裂隙填充措施在5处危岩点整治中应用，主要针对危岩有明显凹腔和较大节理裂隙的情况。

3.4 锚索式加固

选择锚索式加固，是因为对于一些体积较大、位置较高且稳定性极差的危岩，普通的防护措施难以满足要求。锚索可以深入稳定岩体内部，通过强大的拉力将危岩与稳定岩体紧密连接为一个整体，有效抵抗危岩的下滑力和倾覆力。

基于此，本工程部分危岩采用锚索式加固，锚索采用15.2米高强度、低松弛钢绞线制作，自由段长度10米，锚固段长10米，张拉段长1.5米，锚索钻孔直径130毫米，钻孔与水平方向夹角为20°。钻孔注浆采用M35水泥砂浆，并掺入25%水泥重量的粉煤灰，注浆压力不小于0.5MPa，设计拉力为346kN，按设计拉力的15%进行超张拉锁定。

在7号危岩加固中，根据设计定位钻孔，将锚索插入孔内，然后进行注浆，待浆液凝固达到设计强度后，进行张拉锁定，通过锚索的拉力将危岩与稳定岩体紧密连接，提高危岩的稳定性。

锚索式加固措施在2处危岩点整治中使用，主要针对大型、高陡且稳定性差的危岩。

3.5 被动防护网设置

工程在部分595米高程范围设置一道柔性被动防护网，防护能级2000kJ，长165米，高5.0米。被动防护网能够有效拦截滚落的危岩，即使部分危岩突破主动防护措施，被动防护网也能起到最后的防护作用，保障线路安全。

该区域危岩分布范围较广，且部分危岩难以完全清除或加固，被动防护网可覆盖较大面积，提供可靠的防护。被动防护网设置措施在2处区域应用，主要用于危岩

分布较集中且难以全面整治的地段。

3.6 锚杆框架梁内喷混植生护坡

在VD2K45 + 221.6 - DZK45 + 315.1段观面山隧道出口仰坡272 - 307米高程范围内采用锚杆框架梁内喷混植生护坡。锚杆框架梁增强了坡面岩体的稳定性,通过锚杆将框架梁与稳定岩体相连,限制坡面岩体的位移;喷混植生既能防护坡面,防止坡面风化、剥落,又能绿化环境,实现生态保护。

该区域仰坡存在一定的稳定性问题,且处于隧道出口附近,对环境美观有一定要求,因此采用这种综合防护措施。锚杆框架梁内喷混植生护坡措施在1处区域使用,主要用于隧道出口仰坡的防护与生态修复。

4 施工要点与注意事项

4.1 施工前准备

施工单位应根据设计方案编制全面系统的专项施工组织方案,涵盖爆破、安全防护、材料运输便道、施工辅助设施、安全应急预案等内容,并按相关规定审批。

在现场调查中,若发现危岩点分布位置或发育特征与设计不符,应立即通知建设、设计单位进行核实处理。

如发现施工过程中可能危机的相关构筑物,应提前进行保护,以免工程推进过程中对其产生破坏。

4.2 施工顺序

危岩加固防护施工工序与洞口其余工程施工工序应统筹协调。

如对既有设施有影响,及时通知相关单位。然后依次进行危岩清除、加固等工作,施工完成后经质量检验合格后方可交付。

4.3 安全管理

清除的危岩落石及时清理运至弃渣场,严禁弃置于原坡面以免形成人工溜坍体。加强施工现场监测,若发现异常情况,如岩体变形加剧、出现新的裂缝等,立即停止施工,采取应急预案并上报处理。

总结

本工程项目通过铁路运维单位、设计单位、咨询单位合作,采用动态调整跟进的思路,以主动防护加固与被动防护拦截相结合的方针,多种工程措施并举,有效消除了危岩落石隐患,保障了西渝高铁工程在观面山隧道出口的安全建设与后续运营。为类似高铁危岩落石整治工程提供了成功范例。

参考文献

- [1]张宏. 宝台山隧道进出口危岩落石防治措施研究[J]. 铁路技术创新,2022(5):6-11.
- [2]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]. 铁道标准设计,2023,67(11):126-133.
- [3]任玉鹏. 花山岭隧道进出口落石特征及防治研究[J]. 铁路技术创新,2022(5):12-15.