

DOI: 10.20035/j.issn.1671-2668.2024.03.028

引用格式: 陈英军, 王芳, 陈正. 现役隧道涌水突泥病害应急抢险处置技术[J]. 公路与汽运, 2024, 40(3): 135-137+142.

Citation: CHEN Yingjun, WANG Fang, CHEN Zheng. Emergency rescue and treatment technology for the water inrush and mud burst of active tunnels[J]. Highways & Automotive Applications, 2024, 40(3): 135-137+142.

现役隧道涌水突泥病害应急抢险处置技术*

陈英军, 王芳, 陈正

(四川路桥建设集团股份有限公司, 四川 成都 610041)

摘要: 随着时间的推移, 既有运营隧道病害逐渐显现, 而目前对突发性、灾害性较强的二次衬砌垮塌涌水突泥病害的处置技术研究较少。文中以沪蓉(上海—成都)高速公路广安—邻水段华蓥山隧道塌方涌水突泥病害处置为依托, 制定架立 I18 mm 临时钢支撑、增加泄水孔排水并加强观测的应急抢险处置方案, 概述该处置方案的工艺流程及施工技术要点。

关键词: 隧道; 涌水突泥; 钢支撑; 病害处置

中图分类号: U457.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2024)03-0135-03

由于山区地理环境的特殊性, 加上建设标准和施工技术的限制, 一些早期建设的隧道出现渗漏、衬砌开裂、仰拱断裂和隆起等病害^[1-5], 如果不及时进行有效处理, 隧道稳定性和正常运营将受到严重影响, 甚至可能引发安全事故。中国西南山区的地质环境独特, 岩溶发育且富含地下水, 高速公路建设中隧道占很大比例。尽管在施工期间采取了一系列设备改进和工艺提升措施, 如分窗入模、控制欠挖、带模注浆和集中振捣等, 但隧道衬砌背后脱空、不密实等问题及裂缝、掉块和渗漏水等病害仍然经常发生, 对行车安全构成严重威胁^[6-8]。目前衬砌病害整治措施包括增设套衬、拱部整体拆换、局部拆换、聚合物修补砂浆充填、波纹板加固、碳纤维布补强、钢带加锚杆加固和衬砌内注浆等^[9], 技术较成熟。但对突发性、灾害性较强的二次衬砌垮塌涌水突泥的处置技术研究较少, 没有形成较好的经过实践检验的应急抢险施工方案。现役高速公路隧道涌水突泥病害具有突发性, 也具有短暂性稳定的特点, 在发生大范围涌水突泥后应抓住时机及时采取应急处置措施, 并加强对病害段落的监控量测, 排除衬砌坍塌或继续塌落风险。本文研究现役高速公路隧道涌水突泥突发病害应急抢险处置技术。

1 依托工程概况

沪蓉(上海—成都)高速公路广安—邻水段华蓥

山隧道为分离式特长隧道, 长 4 705.95 m, 于 2000 年 12 月建成通车。2020 年 9 月 22—23 日专项检查发现 5# 加宽带范围(YK35+162—1222)水量明显减少, 主洞泄水孔已无明水, 且加宽带渗漏水情况受降雨影响明显, 隧道存在塌方涌水突泥风险。

2 处置技术方案

2.1 工艺原理

针对隧道拱顶衬砌掉块风险段落采取临时应急处置措施, 排除衬砌继续塌落风险。为充分利用现有衬砌支撑能力, 降低施工风险, 缩短施工工期, 经综合技术、经济比选, 制定架立临时钢支撑(见图 1)、增加泄水孔排水并加强观测的处置方案。拱墙处置采用临时钢支撑, 即环向架设工字钢, 工字钢焊接在植筋上, 通过角钢纵向连接, 工字钢钢架落底于电缆沟顶面并垫槽钢。根据现场渗漏水情况, 在边墙既有泄水孔周围加密泄水孔, 降低衬砌背后地下水位, 并疏通既有泄水孔。钢拱架安装时在墙角施作砂浆锚杆(见图 2), 环向设置植筋加固, 拱顶设置加强钢筋网片(见图 3), 增强工字钢临时支撑与原衬砌的受力协同作用。同时清除涌水突泥过程中产生的堆积在路面和电缆沟上的大量石块、泥沙、水, 保证附属设施的正常运行; 对衬砌裂缝进行嵌补处置, 对原二次衬砌表面进行人工清理和凿毛, 便于后期实施永久处置措施; 为保证应急抢险作业安全,

* 基金项目: 四川省交通科技项目(2022-ZL-11)

增设围岩变形监测点。

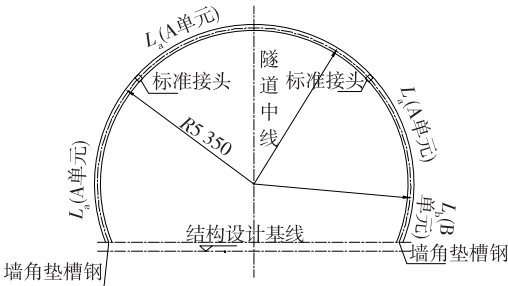


图 1 工字钢临时支撑结构示意图(单位:m)

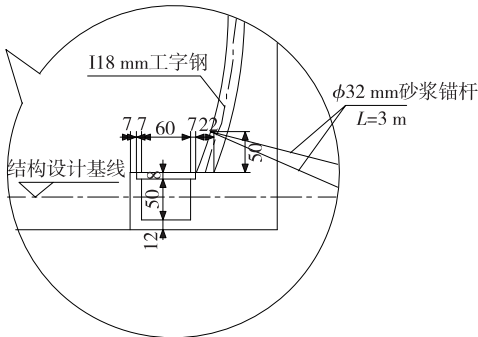


图 2 锚杆位置示意图(单位:m)

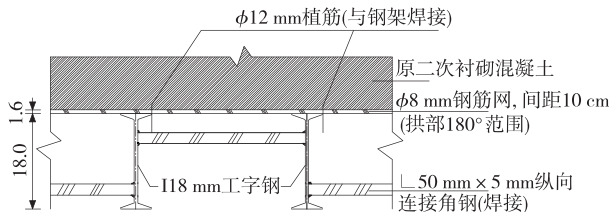


图 3 拱顶钢筋网片示意图(单位:m)

2.2 工艺流程及操作要求

处置方案的工艺流程见图 4,所用材料见表 1。

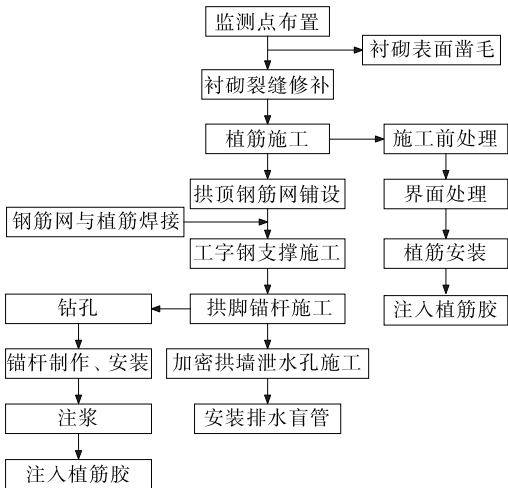


图 4 处置方案工艺流程

表 1 主要材料设备

材料及规格		用量
I18 mm 工字钢		每榀质量 566.78 kg
φ32 mm 砂浆锚杆		墙脚两侧各 2 根,单根长 3.0 m
HPB300 钢筋	φ8 mm 钢筋网	拱部 180°范围,单根环向长度 17.1 m
		环向排距 1.0 m,每榀 20 根,每根长 20.0 cm
HRB400 钢筋	φ12 mm 植筋	每孔深 15.0 cm
	φ16 mm 钻孔槽钢	—
角钢		连接临时钢支撑
槽钢植筋	φ22 mm 植筋	纵向间距 50.0 cm,每榀 4 根,每根长 30.0 cm
	φ28 mm 钻孔植筋胶	—
其他材料		连接件、接头板、裂缝修补胶等

2.2.1 监测点布设

为保证隧道处置期间人员安全,根据围岩情况并按照规范要求设置监测点,实时监测结构变化。

2.2.2 衬砌裂缝修补

对衬砌裂缝进行嵌补处置,并对原二次衬砌表面进行人工清理和凿毛,便于后期实施永久处置措施。

2.2.3 植筋施工

在工字钢架设位置钻 16 mm 孔,纵向间距为 0.5 m,环向间距为 1.0 m,孔深 15.0 cm,然后进行 12 mm 植筋施工,长度为 20.0 cm,并灌注强力植筋胶。工序如下:

(1) 施工前处理。施工前,清除原结构表面灰尘、水泥浆、污垢、油污及涂料,清理抹灰面和其他装饰表面。进行混凝土构件处理时,去除风化、剥落、蜂窝、麻面及腐蚀等缺陷,直至揭示出骨料的新表面。工程规模较小时,可通过人工清理来完成。工程规模较大或对表面处理均匀性有严格要求时,推荐使用高压水射流进行清理,确保表面处理质量和均匀性。清洁作业按照 GB 50550—2010《建筑结构加固工程施工质量验收规范》附录 C 的规定执行。

(2) 界面处理。根据胶黏剂操作指南,基础物质的表层温度必须满足要求。若胶黏剂说明书未列出具体温度要求,则必须保证其温度不低于 15 ℃。此外,孔内面层的含水率应严格遵循胶黏剂说明书

的规定。若孔内表层湿度过高,无法满足说明书对含水率的要求,则应选择适合在高湿度环境下使用的胶黏剂。在完成放线和钢筋位置探测后,精准标定植筋位置。完成植筋孔洞钻探后,先用钢丝刷清理孔洞,确保孔洞内部清洁,然后使用洁净无油的压缩空气或吹气筒清除孔内粉尘。这个清洁过程至少须重复 3 次,确保孔洞内部粉尘被彻底清除。必要时,可以用洁净的棉纱轻轻蘸取少量工业丙酮仔细清洁孔壁。在植筋工程进行期间,每天检查孔壁的干燥度,确保其没有任何裂缝或其他局部损伤。

(3) 植筋工程施工。1) 选择自动搅拌注射筒包装的胶黏剂时,须考虑产品的包装硬度。为避免胶黏剂在运输和贮存过程中受损或变质,建议将其放置在硬质容器中。植筋过程中按说明书进行操作,并进行试操作以检验植筋效果。如果结果显示胶不均匀,应弃用并改进搅拌方式,以免影响植筋质量。植筋胶现场配制在无尘室内完成,配比要符合说明书的要求。根据环境温度确定每次搅拌数量,采用中低速搅拌器进行搅拌。合格的胶液颜色应均匀一致,没有结块和气泡。在胶液搅拌和使用过程中,防止灰尘、油污、水分等杂质混入,确保胶液质量。合理安排植筋作业,并在规定时间内完成,保证胶液的性能和植筋质量。2) 胶黏剂的灌注应不阻碍孔洞内的空气排出,同时严格控制胶黏剂灌注量,保证钢筋植入后只有少量胶液溢出,确保胶黏剂既不浪费,又能满足工程需要。钢筋不能直接插入胶桶。3) 植筋胶黏剂注入后,迅速插入钢筋,始终按一个方向旋转并推入,确保其深度符合要求。整个操作过程应迅速完成,确保植筋胶的黏性。植筋作业期间,胶黏剂注入至完成的时间须符合产品说明书的要求。4) 植筋完成后,调整钢筋与孔壁间的空隙,确保间隙均匀。在胶黏剂达到规定固化时间前,保持植入的钢筋处于静止状态,避免扰动,确保植筋质量和稳定性。

2.2.4 拱顶钢筋网铺设

植筋达到一定强度后,在拱部 180° 范围铺设 $\phi 8$ mm 钢筋网,网格间距为 $10.0\text{ cm} \times 10.0\text{ cm}$ 。钢筋网与植筋焊接牢固,密贴二次衬砌表面。

2.2.5 工字钢支撑施工

环向架设 I18 mm 工字钢(纵向间距 50.0 cm),工字钢焊接在 $\phi 12$ mm 植筋上,通过 $\angle 50\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 角钢纵向连接。在每榀钢架拱脚设置 4 根 3.0 m 长 $\phi 32$ mm 砂浆锚杆,左右各 2 根。

工字钢钢架在加工厂按设计半径增大 5.0 cm ,用型钢弯曲机弯制,并焊接接头板、垫板。加工成单元后,运到使用地点在洞内组拼,按设计位置架设。采用专用支架或简易台车施作工字钢临时支撑。

工字钢钢架落底于电缆沟顶面并垫 25a 槽钢,槽钢通过植筋固定在电缆沟内侧壁顶部。拱脚两榀钢架之间槽钢处钻 $\phi 28\text{ mm}$ 孔,横向间距 12.0 cm ,孔深 25.0 cm ,植入 $\phi 22\text{ mm}$ 钢筋,长度 30.0 cm ,并灌注强力植筋胶。

2.2.6 拱脚锚杆施工

工字钢钢架拼装完成后,在钢架两侧电缆沟顶部对称施作砂浆锚杆,在电缆沟顶部按与工字钢钢架表面垂直方向施作。流程如下:

(1) 钻孔。使用潜孔钻机成孔并控制倾角和孔径。成孔后,对孔深、孔径和倾角进行检查,检查合格方可进行下一道工序。

(2) 锚杆制作与安装。确认钢筋合格后,按照设计制作杆件,并加焊定位支架。安装锚杆之前,进行隐蔽工程检查并记录检查结果。

(3) 注浆。严格按设计配比制浆,不能随意调整,确保浆液的各项性能符合要求。选用的水泥应纯净无杂质,不得使用质量不合格的水泥。采用注浆管注浆,在孔口放置止浆塞和排气管。注浆过程中,一边注浆一边慢慢将浆管拉出,浆液溢出后方可停止注浆。完成注浆 0.5 h 后再进行一次补浆。如果出现严重的渗浆情况,须补浆 2~3 次,确保浆液填充充分。

2.2.7 加密拱墙泄水孔施工

根据现场渗漏水情况在边墙既有泄水孔周围利用钻孔设备加密泄水孔,孔径 200.0 mm ,向上倾斜 3° ,降低衬砌背后地下水位,同时疏通既有泄水孔。

泄水孔施作时充分利用原有泄水孔,按设计尺寸对原有泄水孔进行加深。泄水孔钻孔、清孔完成后,在孔内安装 1.5 m 长排水盲管,孔口处填充透水无纺布,长度 25.0 cm 。

3 结语

本文结合华蓥山隧道现状,考虑到充分利用现有衬砌支撑能力,降低施工风险,缩短施工工期,制定架立 I18 mm 临时钢支撑、增加泄水孔排水并加强观测的涌水突泥应急抢险处置方案,并优化节点工艺,明确施工技术要点,为后续永久性支撑施工提

(下转第 142 页)