

# 钢管锚筋桩在隧道仰拱缺陷修复二衬加固中的应用

侯圆, 罗贵, 唐诚, 李培

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

**摘要:**结合渝蓉高速龙泉山1~4#隧道仰拱缺陷修复工程,分析了仰拱破除时二次衬砌结构加固的重要性,介绍了钢管锚筋桩在公路隧道仰拱缺陷修复二次衬砌结构加固中的应用,该加固技术安全性高、加固效果好、施工速度快。

**关键词:**隧道仰拱;缺陷修复;二次衬砌;钢管锚筋桩;渝蓉高速公路

**中图分类号:**U455;U454;U457+.3

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2018)03-0038-02

## 1 工程概述

渝蓉高速公路四川段是四川省高速公路网布局规划中23个出川通道之一,是直接连接成渝经济双核路程最短、线路最优、技术标准最高的高速公路。项目总长约175 km,其中资阳段约154 km,成都段约21 km。该项目技术标准采用双向六车道,路基宽33.5 m,设计速度为120 km/h,隧道设计速度为100 km/h,设置桥梁224座(其中特大桥2座/12 252 m),桥路比为19.06%;隧道4座(8 430 m),隧占比为3.78%;互通式立交14座。

复工时经检测单位采用地质雷达和钻孔取芯检测,4条隧道存在不同程度的缺陷,其缺陷主要为二次衬砌裂缝、二次衬砌施工缝错台、电缆沟盖板破损、二次衬砌钢筋保护层厚度不够、裂缝渗水钙化、仰拱未施做或厚度不足、洞渣回填。其中仰拱及仰拱回填缺陷长度达6 009 m,缺陷占比为71.28%。

## 2 结构分析

隧道仰拱是为改善上部支护结构受力条件而设置在隧道底部的反向拱形结构,是隧道结构的主要组成部分之一,其作用是将隧道上部四周的围岩压力和路面荷载通过隧道二次衬砌和仰拱有效地传递到地下,而且还有效地抵抗隧道下部地层传来的反力。

仰拱破除前,隧道已经过开挖、临时支护、永久支护三个应力阶段,隧道停工2 a多时间,隧道应力场已经趋于稳定平衡。仰拱破除后二次衬砌结构边墙脚悬空,周边围岩在仰拱破除后应力场重新分布,特别是围岩在水的作用下会加剧仰

拱破除后的应力分布,二次衬砌结构可能会在局部位置受到应力集中而剪切破坏,可能会出现二次衬砌结构脱空、开裂、破损掉块等新病害。

## 3 处置方案

国内对不拆除仰拱及仰拱回填的二次衬砌结构加固通常采用增加截面、型钢内衬、粘贴钢板(带)、粘贴碳纤维复合材料和锚杆(索)、水泥注浆、化学灌浆等加固方式,以上加固方式主要针对二次衬砌结构开裂、渗水、墙背后空洞、衬砌厚度不足、钢筋保护层厚度不足、施工缝错台等缺陷,通过采取以上处置措施,基本上都能够达到加固补强、堵漏和提高耐久性的要求。

渝蓉高速公路龙泉山隧道因施工和停工后长期无人管理等原因造成隧道缺陷多、范围广,仰拱及仰拱回填缺陷需破除后重新施做。为了保证仰拱及仰拱回填破除后二次衬砌结构的稳定性和安全性,充分利用二次衬砌结构自身承受围岩应力的能力,避免加固施工与后续工作产生交叉干扰和占用后续工作面,采用钢管锚筋桩对二次衬砌结构边墙脚进行加固,以达到加固围岩和二次衬砌结构的目的,抵消二次衬砌结构自重和围岩的作用力,保护二次衬砌结构不产生新的病害。钢管锚筋桩布置情况见图1。

## 4 施工过程

### 4.1 二衬钢筋混凝土钻孔

钻机底座用膨胀螺栓与二衬钢筋混凝土结构固定牢固,接通水源,安装 $\varphi 90$ 钻头。钻孔深度超过二衬厚度,钻孔纵向间距为50 cm。

### 4.2 围岩钻孔

钻孔采用潜孔钻,按照电动钻孔取芯机已完

收稿日期:2018-05-10

成的孔位定位,用角度尺对钻杆角度进行复核后

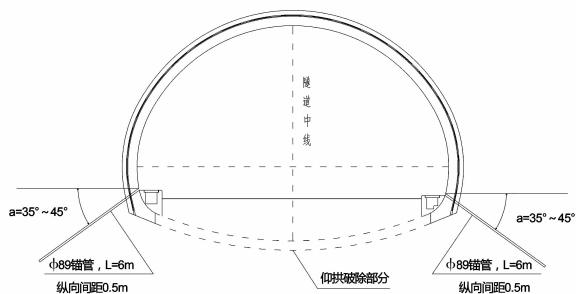


图 1 钢管锚筋桩布置示意图(虚线为仰拱破除)

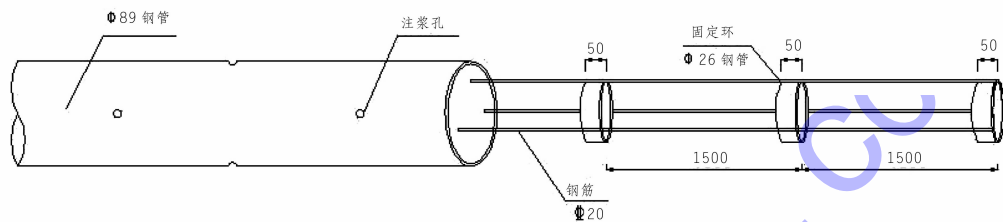


图 2 钢管锚筋桩结构图

#### 4.4 清孔与验孔

钻孔完成后,使用高压风清孔,孔内应干净、无石屑与石粉,清孔完成后,及时组织对孔径、孔深、角度进行验收,验收合格后进入下一道工序。

#### 4.5 钢管锚筋桩的安装

钻孔验收合格后,使用简易自行式安装台车安装钢管锚筋桩。钢管安装过程中遇阻力时重新清孔或在钢管尾部加垫板施加外力安装,钢管安装完成后,将  $\varphi 20$  PVC 注浆管一端与锚筋束一起插入钢管中,注浆管的出口初始位置距孔底端 30 cm。

#### 4.6 注浆封孔

连接注浆管路,启动注浆泵将搅拌好的 M20 水泥砂浆注入钻孔内,水泥砂浆自孔底向外灌注,注浆压力为 0.5 MPa,孔口连续溢浆后停止灌浆,安装止浆塞防止水泥砂浆溢出,水泥砂浆固化 45 min 后拆除止浆塞,水泥砂浆达到设计强度后用砂轮机切除露出孔外的钢管和锚筋。

#### 4.7 监控量测

##### 4.7.1 顶拱下沉观测

仰拱破除前,在每一个拆除段顶拱植入  $\varphi 10$  钢筋,钢筋外露 2 cm。使用全电子水准仪和电子水准尺观测,对比开挖前后的测量数据,计算顶拱下沉量。

钻孔。在钻孔过程中,观察围岩地质情况并对钻孔角度勤复核。若遇围岩松动破碎时,应采用跟进套管的钻进技术;如遇坍孔,应立即停钻,回填水泥砂浆后重新钻孔。

#### 4.3 钢管锚筋桩的制作

钢管采用  $\varphi 89$  无缝钢管,管壁按 30 cm 间距、梅花形布置  $\varphi 10 \sim 16$  注浆孔。锚筋桩钢筋为  $3\varphi 20$  螺纹钢,固定环采用  $\varphi 26 \times 4$  mm 短管节,节长 3 ~ 5 cm 并与主筋焊接,间距按 1.5 m 布置,长度  $L = 6$  m。钢管锚筋桩结构见图 2。

#### 4.7.2 收敛观测

收敛观测点布置于二次衬砌边墙墙脚,每一个拆除段布置 2 组,在边墙墙脚钻孔埋设  $\varphi 22$  水泥砂浆锚杆,砂浆终凝后在锚杆上焊接收敛测点。仰拱破除前先采用收敛仪测量一组数据,记录收敛仪初始读数和弹簧拉力。仰拱破除后按监测频率监测,在弹簧拉力与第一次读数一致时读取收敛仪读数,与原始读数进行对比并确定二衬结构向内收敛的数值和累计收敛数值。

### 5 质量控制

#### 5.1 事前控制

制定完整的质量保证计划和施工方案,编制详细的技术交底,进行相关质量培训;钢管及钢筋进场时必须有出厂材质合格证明书,且产品批号、型号、规格、生产厂家等标识清楚,钢管和钢筋堆放场应防潮、防雨、防锈蚀,原材到场经见证取样试验合格后方可使用。

#### 5.2 事中控制

所有操作人员、现场管理人员持证上岗,严格执行“三检制”,钢管外壁注浆孔采用机械钻孔,钢管接长时采用 V 型坡口焊接;钻孔孔位按照设计图纸放样,钻孔过程中对钻孔角度勤复核,钻孔完成后对钻孔方位、孔深、孔径进行验收;M20 水

(下转第 91 页)

筋,应反复检查其形状、长度和数量。检查图纸中的标注内容是否存在遗漏、错误、前后不一致等。最后重点检查钢筋弯曲设计表中各类直径钢筋的使用量。

②每套钢筋车间图应增设小组成员进行互检环节。按自检中要求的内容再次检查。互检有助于提高图纸质量,更容易检查出绘图者本身不易发现的遗漏及错误。

③选择对工程施工及工程绘图具有丰富经验的人担任小组牵头人,在钢筋车间图定版之前进行上报前最后一次严格把关,通过比对、分析钢筋车间图及钢筋号表,根据自身经验快速发现并解决图内不合理之处,优化布筋方式,将更多的原材使用到工程中,提高余料的再次利用,降低废料的长度及数量。

(8)设置常驻工程师方的车间图绘制代表,及时澄清工程师有疑问的地方,尽快帮助工程师理解钢筋车间图的设计思路,减少不合理的批复意见,提高钢筋车间图的批复率。

(9)在国际工程中,钢筋车间图是承包商根据工程师提供的钢筋设计图自行绘制的、用于实际施工的车间图。在满足设计要求的情况下,钢

泥砂浆严格按照设计配合比进行制浆,灌浆压力为0.5 MPa,注浆饱满。

### 5.3 事后控制

按施工时间和空间对成品进行分批分段质量验收,按抽检频率进行拉拔实验,对不符合质量验收规范要求的成品进行返工,及时进行质量工作总结,分析原因、解决问题,提高成品验收一次合格率。

## 6 结语

隧道仰拱及仰拱回填缺陷大部分是由施工质量不合格和设计缺陷造成的,国内通常采用灌浆、锚杆(锚管)注浆或拆除重建进行修复。拆除重建时采用钢管锚筋桩对二次衬砌结构进行加固,能有效避免仰拱及仰拱回填破除时振动对二次衬砌结构的影响,能有效抵消二次衬砌结构自重和围岩应力的作用,维持二次衬砌结构的安全性和稳定性,避免二次衬砌结构出现墙背脱空、开裂、掉块等二次病害,钢管锚筋桩无外露结构,不影响

筋车间图将精确地反映结构内部所有不同直径、不同长度的钢筋。若长度为12 m的原材钢筋经加工后完全使用到结构中则没有任何浪费;但是,为了满足设计要求,实际工程中往往使用大量小于12 m且长短不一的钢筋,这些钢筋加工后必然产生各种长度的余料钢筋,一部分余料钢筋可被再次加工使用到主体结构中,而另一部分则成为无法再次使用的废料。

## 4 结语

提高钢筋利用率就是为了大量使用原材钢筋,并且将更多的余料钢筋再次利用起来,而钢筋车间图正好是反映这些细节内容的工具。因此,在钢筋车间图设计阶段,需要制定相应措施控制各个环节,依托整个机制相互配合,共同起到提高钢筋车间图图纸质量的作用,进而提高钢筋利用率。

### 作者简介:

杨传飞(1988-),男,四川南充人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术及管理工

石从富(1990-),男,贵州黔南人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

二衬结构的外观形状,施工快速,有利于提高隧道结构的耐久性,在隧道仰拱及仰拱回填拆除重建二次衬砌结构加固工程中具有推广和借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] JTG B01—2014,公路工程技术标准[S].
- [2] JTG D70—2004,公路隧道设计规范[S].
- [3] JTG F60—2009,公路隧道施工技术规范[S].
- [4] JTG F80/1—2004,公路工程质量检验评定标准[S].
- [5] 关宝树.隧道工程施工要点集[M].北京:人民交通出版社,2003.

### 作者简介:

侯圆(1985-),男,四川成都人,工程师,从事工程项目施工技术及管理工

罗贵(1982-),男,云南楚雄人,助理工程师,从事工程项目施工技术及管理工

唐诚(1990-),男,四川中江人,助理工程师,从事工程项目施工技术及管理工

李培(1992-),男,四川成都人,助理工程师,从事工程项目施工技术及管理工

(责任编辑:李燕辉)