

复杂交互软岩输水隧洞衬砌防渗漏施工技术研究

涂婷婷, 高夫杰, 赵飞

(四川港航建设工程有限公司, 四川 成都 610041)

摘要: 由于隧道拱顶的特殊位置, 施工中不可避免地存在衬砌拱顶与混凝土初支面不密贴, 产生脱空、空洞等现象。本文针对此问题, 以台车为载体进行拱顶带模注浆(防渗), 注浆管提前预留, 注浆管套筒内通过安装、拆卸螺杆头, 实现注浆孔的及时封闭与开孔; 依托台车钢模侧肋安装定型化端模结构, 端模两水平端夹固中埋式止水带实现防渗漏。实现了衬砌混凝土终凝后、拆模前及时二次注浆, 通过高灌浆压力可充分密实衬砌腔体, 将传统的隧道衬砌缺陷从后期修复变为早期预防, 改善了衬砌混凝土的整体力学状况, 解决了隧道拱顶空洞、开裂、脱落及渗水的问题, 为我国的水利及隧道建设保驾护航。

关键词: 隧洞; 衬砌; 拱顶; 渗漏; 二次注浆

中图分类号: TV52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0143—03

由于隧洞衬砌拱顶位置的特殊性, 施工中不可避免地出现衬砌拱顶与混凝土初支面不密贴, 产生脱空、空洞等现象^[1~3]。

由于衬砌缺陷的存在, 改变了衬砌的应力状态, 实际应力可能超出设计应力, 这会使衬砌的应力状况恶化。在外部不利因素的作用下, 衬砌破损和渗漏的可能性会增加^[4~5]。在实践中, 二次注浆可以基本解决衬砌缺陷, 但仍存在一些不足, 主要是由于注浆管预留固定的不牢靠, 注浆管和排气管易堵塞, 灌浆压力虽然较高, 但仍有个别部位不密实^[6~8]。另外, 由于端模处围岩不平整导致组装的端模不能完全闭合, 并不能维持灌浆压力。因此, 如果从端模挡板和防水板之间的缝隙中流出注浆液, 则注浆结束。此时由于平整度和灌浆路径问题, 仍不能保证空腔被填满^[9~12]。

为此, 本文以台车为载体进行拱顶带模注浆(防渗), 将相关技术应用于实际工程, 总结了工程施工技术和经验, 为类似工程施工提供借鉴及参考。

1 技术特点

(1) 本技术施工方便可靠, 注浆管带模注浆可在衬砌施工完混凝土终凝后、拆模前开展二次注浆, 通过高灌浆压力可充分密实衬砌腔体, 将传统的隧道衬砌缺陷从后期修复变为早期预防。

(2) 技术针对性强, 工序严格。可以保证衬砌混凝土具有较高的抗渗固结强度, 确保衬砌和岩体紧密固结, 抗渗效果显著。

(3) 该技术的注浆装置结构简单, 施工方便。只要严格控制操作工序, 就能达到应有的效果, 满足隧道

的防渗漏要求, 不需要其他起重设备的辅助、大型注浆设备和特殊注浆材料, 并且它是在衬砌施工间隙同时进行的, 不影响衬砌施工和整体工期。

(4) 由于组合式端模板的特殊结构, 可以在端模的钢制部件的上下连接之间固定嵌入止水带, 省去了安装止水带加固夹的麻烦, 省去了止水带和竖立钢筋, 大大提高了施工速度, 减少了渗漏通道, 衬砌施工缝的防水效果大大增强。

2 适用范围

该技术适用于衬砌混凝土的二次注浆, 可用于复交互软岩和岩层破裂抗渗要求高的衬砌混凝土施工, 也可作为类似的混凝土工程的参考。

3 工艺原理

如图1, 以台车为载体进行隧洞衬砌拱顶防渗漏注浆(二次注浆), 在衬板台车的顶部模板上设置注浆孔, 中间排气孔和端模排气孔, 在开孔处提前预留安装注浆管、排气管顶住防水板, 注浆管与台车模板连接处, 采用螺纹套筒、固定法兰定位法兰实现与模板微损定位连接, 且提高连接处的防渗漏效果。注浆管顶部为槽头开口, 槽头为内径小一号的螺纹套筒结构, 套筒内通过安装、拆卸螺杆头, 实现注浆孔的及时封闭与开孔。依托台车钢模侧肋安装定型化端模结构。端模分为上、下联, 采用固定连杆、螺杆实现端模上联、下联与台车钢模侧肋三者的整体快速连接, 上、下联端模交接处均带有水平端, 两水平端夹固中埋式止水带实现防渗漏。预留注浆管上连接套管及注浆管开展二次注浆, 如果注浆压力

超过 1.0MPa 且没有出浆，则更换注浆孔，直到注浆达到要求为止。在对每个注浆孔完成注浆且端模混凝土饱满之后，基本完成注浆。

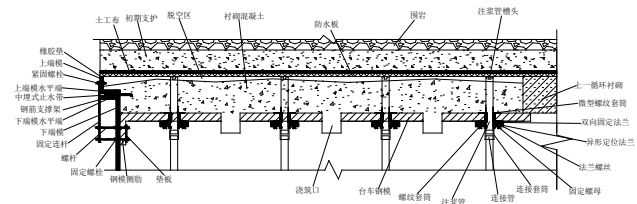


图 1 输水隧洞衬砌防渗注浆（二次注浆）结构示意图

4 施工工艺流程及操作要点

4.1 施工工艺流程

施工工艺流程如图 2 所示。

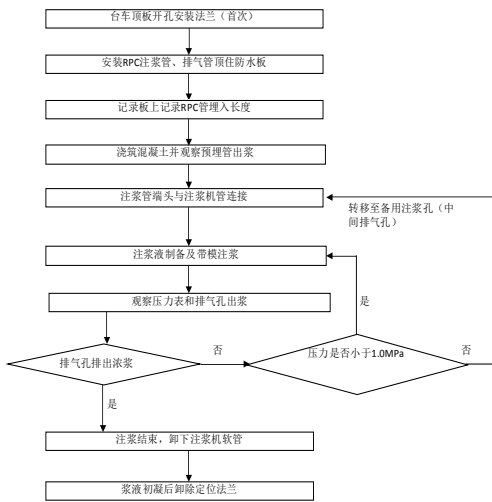


图 2 复杂交互岩输水隧洞衬砌防渗漏施工工艺流程图

4.2 操作要点

4.2.1 施工准备

在主注浆孔上连接带有压力表和快速接头的注浆接头，注浆管（带注浆管槽头，如图 3）、预制固定法兰、定位法兰（如图 4）、封孔螺杆（配合注浆管槽头）、螺纹套筒等定位固定构件。

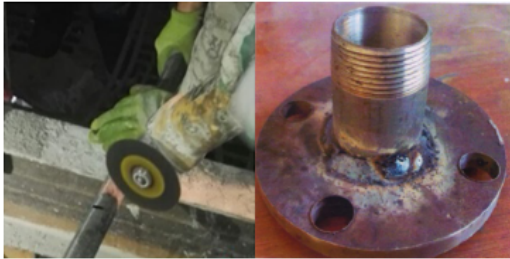


图 3 注浆管切割

图 4 注浆管定位法兰

4.2.2 端头模板安装

（1）在衬砌浇筑之前，将组合端头模板的下联与模板台车侧肋通过钢模固定螺栓连接到一起。

（2）然后安装中埋式止水带。

（3）安装端头模板钢制部分上联，并通过连接杆将组合式端头模板上、下两联联合为整体，并保证止水带预留槽处无缝隙。

（4）循序渐进完成整个断面的端头模板安装工作。

4.2.3 台车顶模开孔

衬砌台车的顶部开孔，每一循环衬砌设置三个孔，如图 5，依次为注浆孔、中间排气孔、端模排气孔。



图 5 台车顶模注浆孔位置

4.2.4 RPC 注浆管安装及衬砌厚度记录

注浆管的安装过程如图 6~ 图 9 所示。将 RPC 注浆管从固定法兰孔穿入，上端紧贴防水板，记录穿入的 RPC 管长度 L_1 ，固定法兰和台车模板厚度 L_0 ，定位法兰厚度和长度之和 L_2 （通常 $L_2=1\text{cm}+5\text{cm}=6\text{cm}$ ），RPC 注浆管伸出定位法兰套管长度 L_3 ，并且 $L_1+L_2+L_3$ 的总和为 RPC 管的预留总长度 L_4 。拱顶衬砌的厚度 L 是埋入 RPC 管的净长度： $L=L_4-L_3-L_2-L_0$ 。



图 6 焊接注浆孔固定法兰 图 7 法兰及注浆连接接头安装



图 8 固定 RPC 注浆管

图 9 连接压力表及注浆软管

4.2.5 充填砂浆制备

计算材料配合比及每块板的物料、水量,并使用专用的盛水器具。具体参数如表1所示:

表1 二次注浆砂浆制备参数

检测项目	参数值
凝结时间	初凝
	3.5
流动度/mm	终凝
	5.5
	出机
	410
	30min
	350
	90min
	330
抗压强度/Mpa	1d
	25
	28d
	72
抗折强度/Mpa	1d
	5.8
	28d
	16.7
粘结强度/Mpa	1d
	1.1
	28d
	2.3
抗渗性能	28d
	P12
收缩率/%	28d
	0.02
塑性膨胀率/%	3h
	0.03

4.2.6 注浆

(1) 将浆料倒入储浆箱后,将注浆管放在排水沟的边缘,启动注浆泵,将管体内的所有水全部挤出后,停止注浆泵。

(2) 将注浆管提升,并将其与注浆接头连接。

(3) 启动注浆。记录注浆总量、注浆开始时间和结束时间。

(4) 在注浆过程中,观察台车压力表和端模的出浆情况。如果在端模弧的最高点有漏浆,请先停止注浆泵,并及时封堵,然后继续注浆,直至端头的浆料密度与制浆机中的密度一致为止。转到下一个灌浆孔,依此类推。

(5) 灌浆过程中,如果注浆压力表超过 1.0MPa,则进入下一个灌浆孔。

(6) 结束注浆。完成每个孔的注浆,并且端模最高处的浆料密度与制浆桶中的密度相同,从而完成了注浆。

5 效益分析

5.1 技术效益

注浆管与台车模板连接处,采用微型螺纹套筒、固定法兰、定位法兰实现模板微损定位连接,且提高连接口的防渗漏效果。依托台车钢模侧肋安装定型化端模结构。端模分为上端模、下端模,采用固定连杆、螺杆实现上端模、下端模与台车钢模侧肋三者的整体快速连接,上、下端模交接处均带有水平端,两水平端夹固中埋式止水带实现防渗漏。

5.2 经济效益

普通的二次注浆技术一般需要重复灌浆 2~3 次,大

大增加了施工成本,后期的注浆不能通过带模灌浆进行,灌浆压力也不能过高,否则可能导致衬砌开裂。与传统的二次注浆方法相比,本技术的使用不需要其他起重升降设备、大型注浆设备和特殊的注浆材料。只需遵循操作严格的过程控制即可达到预期的效果,并满足隧道防渗漏的要求。

5.3 社会效益

本技术的施工方便可靠,将传统的隧道衬砌腔缺陷从后期修复改为早期预防,及时纠正和改进,彻底解决了隧道空洞脱落、渗漏水的问题,提高了隧道工程的质量,提高了衬砌对复杂和复杂交互软岩等地质风险的抵抗力,减少运营时隧道的衬砌渗漏风险,具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 巩江峰,朱勇.从施工工艺和防排水效果反思铁路隧道的防排水设计[J].铁道标准设计,2018,62(04):145-150.
- [2] 王吉成.隧道二次衬砌混凝土顶拱带模回填注浆施工技术[J].四川水力发电,2018,37(06):8-10.
- [3] 雷璇.隧道二衬带模注浆施工技术应用[J].工程技术研究,2018(02):111-112.
- [4] 刘世杰.隧道二次衬砌拱顶背后脱空预防技术措施[J].中外建筑,2018(07):256-257.
- [5] 李荣鑫,王柏松,闫艳辉,盖琛,张豪祺.二次衬砌模板台车设计研究及信息化系统[J].建筑机械化,2019,40(08):14-17.
- [6] 刘威威.隧道拱顶带模注浆施工工艺研究[J].河北建筑工程学院学报,2017,35(01):28-33.
- [7] 张保川.东茗隧道衬砌带模注浆施工技术分析[J].浙江水利水电学院学报,2020,32(03):46-50.
- [8] 李森.高速公路隧道二衬混凝土防脱空带模注浆施工技术[J].居舍,2019(29):36-37.
- [9] 廖建东.带模注浆技术在蒙华铁路大围山隧道二次衬砌施工中的应用[J].四川建筑,2020,40(03):214-216+219.
- [10] 邹青.隧道二衬带模注浆施工技术及质量控制浅析[J].城市建设理论研究(电子版),2018(30):122-123.
- [11] 谭祥国.一种隧道RPC注浆管的预制生产[J].河南科技,2019(26):87-89.
- [12] 李建.隧道二次衬砌带模注浆施工工艺控制及经验总结[J].科学技术创新,2018(16):117-118.