

# 大跨径隧道衬砌施工质量控制新技术

## New technology of lining construction quality control for long span tunnel

杨 赢 陈焱焱

Ying Yang Yaoyao Chen

中交一公局第四工程有限公司 广西 南宁 530033

The Fourth Engineering Co Ltd ofCCCC First Engineering Co Ltd Nanning Guangxi 530033

**摘 要:**为解决隧道二次衬砌背后脱空、混凝土厚度不够、强度差、施工缝开裂掉块、蜂窝麻面等施工质量问题,依托中交一公局第四工程有限公司在建的桐梓隧道工程项目,对二次衬砌(以下简称二衬)施工过程中所使用到的新技术进行了简单的概述,其中以二衬台车分层逐窗浇筑、磁焊枪固定防水板、台车安装止轨器和夹轨器,用以固定台车、钢模堵头等一系列先进的施工措施,使得二衬施工质量大幅提升,为隧道建设今及后的运营提供安全保障。

**Abstract:** in order to solve the construction quality problems such as void behind the secondary lining, insufficient concrete thickness, poor strength, construction joint cracking, honeycomb and pockmarked surface, relying on the Tongzi tunnel project under construction by the Fourth Engineering Co., Ltd. of CCCC First Highway Engineering Co., Ltd., this paper gives a brief overview of the new technologies used in the construction process of the secondary lining (hereinafter referred to as the secondary lining) A series of advanced construction measures, such as pouring by layers and windows, fixing waterproof board with magnetic welding gun, installing rail stopper and rail clamp on trolley, fixing trolley and steel mold plug, have greatly improved the construction quality of secondary lining and provided safety guarantee for tunnel construction and future operation.

**关键词:**隧道工程;二次衬砌施工质量;电磁焊枪;分成逐窗浇筑。

**Keywords:** Tunnel Engineering; Construction quality of secondary lining; Electromagnetic welding gun; Pouring by window

**DOI:** 10.12346/etr.v3i4.3302

### 一、引言

面对隧道出现的质量问题,必须要有针对性的工装工艺改进和技术创新。在隧道施工中会出现各种质量缺陷问题,例如由于测量不准确导致初支面超(欠)挖从而使二次衬砌厚度过大(不足);防水层的铺设不规范,使得二衬背后存在空洞;台车与上版已达拆模条件的混凝土搭接不到位,施工缝结合部位混凝土漏浆,导致混凝土离析、产生蜂窝麻面等外观质量。

### 二、工程概况及二次衬砌的作用

桐梓隧道为分离式三车道,全长 10.491km 的大跨径隧道,出口端承担了 4.494km 的施工任务,该项目承建的主洞围岩主要有 III、IV、V 级,其中 III 级:694m, 占总长:15.5%, IV 级:3060m, 占总长:68.5%, V 级:715m, 占总长:16%。隧道围岩以灰岩,泥质灰岩为主。隧道横穿地质复杂,煤层采空区,高瓦斯、高地应力、岩溶等特殊情况都存在,并穿越 3 条断层破碎带,全隧均为岩溶隧道施工,施工时存在突水、突泥,溶洞、暗河等不良地质。因此,必须对进行二次衬砌。

### 三、影响二次衬砌质量的主要因素

(1) 蜂窝麻面和不密实掉块。在施工时,由于对混凝土塌落度的管理控制能力较差,施工过程中部分混凝土出现离析现象,浇筑时飞溅在模板上的混凝土首先达到初凝,与后浇筑的混凝土出现分层,然后脱模时发生掉落;或者在浇筑时振捣不规范,现场振捣时存在漏振或过振现象,使得粗细集料分布不均匀;再就是二衬台车在使用后未对模板进行打磨处理,使得原有的残留物仍然存在模板上。这些情况都会导致在浇筑完混凝土之后出现表面不光滑,二衬外观质量较差等问题。

(2) 土工布、防水板铺设不规范从而使二衬背后存在空洞。在挂土工布、防水板时,未对初支面进行凿毛(表面外露钢筋头、初支凹凸不平处)处理,使得防水层铺设表面不平整,在打混凝土时出现空洞现象;防水板搭接不规范(规定不小于 10cm),后期会出现渗漏水现象。

振捣不均匀导致强度不均匀。在浇筑混凝土时未进行分层逐窗浇筑,亦未在浇筑时采用振捣或振捣不均匀等都会导

**【作者简介】**杨赢(1998~),男,汉族,贵州人,本科。陈焱焱(1997~),男,苗族,重庆人,本科。

致混凝土后期强度不均匀,局部回弹不满足要求。

(3) 原材比例使用不适当,混凝土强度不均匀,表观质量较差。主要体现在混凝土原材配合比不恰当,粗细骨料比例不协调,导致出现外观质量差,表面不平整。

(4) 绑扎钢筋时未绑紧,导致浇筑混凝土振捣出现钢筋偏移,后期钢筋间距检测不合格;或者绑扎结束后未使用混凝土垫块,导致钢筋保护层厚度不满足要求。

(5) 开挖爆破时未控制超欠挖情况,导致二衬厚度过大或侵入设计轮廓线等施工质量问题。

(6) 测量放样不准确,导致开挖轮廓线与设计轮廓线偏差过大,二衬出现整体沿中心线往一侧偏移。

## 四、需要解决的问题

如何确保隧道衬砌厚度;如何大幅降低隧道拱顶脱空的概率;如何提升隧道衬砌混凝土密实度;如何改善二衬外观质量;如何保证热熔垫片数量及间距,使得防水板间能无缝搭接;如何精准测量,使得断面始终在设计轮廓线附近。

## 五、二次衬砌质量控制新技术

### (一) 开挖断面控制新技术

引进了三臂凿岩台车等先进智能开挖设备,可结合实际施工的地质环境,运用它在施工机械配置高、工序作业时间短、超欠挖控制准、钻孔速度快、施工环境好以及安全性能强等多方面的技术特点,使得隧道成洞质量高,大大降低了开挖成本。

### (二) 初喷面平整度控制新技术

该隧道工程开挖理念采用新奥法施工,初期支护采用定制工字钢、钢筋网片、连接筋、系统锚杆再加上混凝土湿喷工艺来提高初支面平整度,并充分发挥围岩的自承载能力,并在施工过程中,加以监控量测,对隧道的动态变化进行实时调整。

### (三) 仰供超欠挖控制新技术

对仰供超欠挖建立一个完整的管理体制。在开挖仰供过程中,让队伍人员定期对每版仰供进行断面扫描,若出现异常数据及时给现场技术员反馈,现场技术员根据实际情况进行相应安排,若超挖则浇筑与设计同种强度的混凝土作为垫层,再继续施工;若欠挖,当场与开挖队伍协调,安排挖机适当刨挖,以满足施工规范和设计要求。

### (四) 仰供钢筋间距控制新技术

在围岩较差地段,应该设置仰供钢筋用以提高混凝土的承载力。但是在绑扎钢筋时,由于绑扎不紧,在浇筑混凝土时因振捣导致钢筋错位,从而出现与二衬搭接时钢筋间距不满足规范要求。因此,考虑到后期多方面质量问题,本项目引入

了钢筋卡具,更加精确的控制了钢筋间距。

### (五) 防水层质量现场管理控制

改变传统防水板不紧贴初支面的施工理念,使防水板紧贴初支平面,这样有效的避免了拱部混凝土浇筑过程中因部分防水板翘曲而引起的混凝土脱空或不密实情况。在实际焊接过程中,由技术员现场报检,对其焊接宽度应进行丈量,不宜小于10cm,实际施工按12cm控制。

### (六) 仰供弧形控制新技术

在隧道施工过程中采用自行式液压栈桥及弧形模板来提高施工效率,确保仰拱施工的弧形质量,仰拱及填充分开浇筑,确保结构受力完整。

### (七) 采用新型防水板铺挂台车

本项目引进防水板铺挂一体机进行防水板、土工布的铺设,台车满足长度为6m及6m以下所有规格的防水布及土工布半自动铺设,土工布、防水板铺设平整度得到有效提升。

### (八) 施工缝管理控制

在两版二衬的施工缝之间应设置止水带,而端头混凝土容易出现裂缝、掉块,采用“L”形中埋式橡胶止水带,使得台车关模时实现零搭接,有效防止了端头混凝土出现错台现象。同时也有有效的防止了施工缝结合部位出现漏浆,大大降低了由于漏浆导致混凝土离析、蜂窝麻面不密实产生的掉块风险。

### (九) 养护新技术

在初期支护变形稳定后施工的二次衬砌混凝土,脱模时抗压强度应不小于2.5MPa,抗拉强度不小于0.5MPa。拆模后应及时采用养护台车进行二次衬砌养护,保证混凝土强度,养护时间不应小于14天。

## 六、现场质量管理提升

### (一) 仰供施工

(1) 仰供开挖时,必须要求队伍测量人员进行断面扫描,然后将数据反馈给当班技术人员,若断面异常,则立即整改。

(2) 钢筋由钢筋加工厂集中加工仰拱弧形钢筋,使得仰拱钢筋对应隧道仰拱弧线,结合混凝土垫块、层距定位骨架技术保证仰拱钢筋层间距、保护层厚度满足设计规范要求。

(3) 仰供与仰供填充必须分开浇筑,待仰供混凝土达到终凝时方可继续施工仰供填充,且每版仰供必须让技术员进行收面报检,若填充面不平整,要求队伍必须进行二次收面处理。

### (二) 防水层施工

(1) 施工前必须进行初支面凿毛处理,外露钢筋头用切割机切掉,防止刮坏土工布、防水板,从而降低防水效果。

(2) 在二衬施工前,现场技术人员应随时跟踪,看防水板、土工布的铺挂是否平整顺直,采用尺量的方法,测量防水板搭接宽度是否满足要求,环向排水管是否使用定位贴条,土工布有无反包瓦斯排放管和纵向排水管。

### (三) 二衬钢筋施工

钢筋施工时应采用“L”型钢筋作为定位筋,用以控制主筋之间的间距满足要求。在焊接时,必须满足规范要求,单面焊不小于 10d,双面焊不小于 5d,在焊接时必须满焊,现场技术人员必须管控到位。在钢筋外层使用混凝土垫块,用以保证钢筋保护层的合格率。

### (四) 二次衬砌平整度及外观质量控制

二衬关模之前,现场人员先对台车模板进行外观检查,若有异物应及时清理。在浇筑时必须对混凝土进行适当振捣处理,防止混凝土出现离析,在拆模后出现蜂窝麻面和掉块现象。

现场技术人员应建立一个完善的管理控制体系,做好现场最原始的记录表以及相关资料并存档,将二次衬砌作业关键工序作为管控重点,进行实名制管理,该方法具有可追溯

性,能强化现场主要人员的质量意识和责任意识。

## 七、结论与建议

由于断面扫描仪无法做到全面扫描,初支侵入限界现象仍未彻底解决,建议在有条件的情况下采用三维激光扫描仪进行隧道初支全方位扫描,及时处理侵限部位,进一步提升二衬厚度合格率。在二衬台车上使用钢模堵头,有效的防止在浇筑混凝土时发生爆模现象。在台车轨道上设置安装止轨器和夹轨器,能有效防止二次衬砌在浇筑混凝土时发生位移,从而影响二衬质量。二衬施工先进器具、先进工艺的应用能够进一步提高二衬施工质量。例如,使用混凝土垫块用以提高二衬钢筋保护层合格率、横向排水盲管定位等额外增加了定位钢筋数量,应尽快调研出台与隧道机械化施工相配套及质量达标提升的相关措施。

### 参考文献

- [1] 乔衡.公路隧道施工常见的质量缺陷及预防措施[J].中国电子商务,2012.
- [2] 交通运输部公路局.《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020)人民交通出版社,2020.

(上接第 84 页)

术,对隧道工程存在的各种安全事故进行模拟,可以有针对性的编写项目安全管理措施。通过 BIM 可视化技术,不仅可以让施工人员熟悉施工工艺和施工标准,规范操作行为,减少事故发生的概率。还可以通过视频模拟事故发生时的状态,让施工人员身临其境的感受到事故危险性,帮助施工人员掌握有效的逃生技能和逃生路线,减少事故发生时的响应时间,降低事故的伤害和损失。

## 八、BIM 技术在隧道项目沟通协调的应用

BIM 技术的推广利用极大地改变了各部门之间的协调水平偏低,这一现状。以桐梓隧道为例,项目基于 BIM 建立健全了 4D-BIM 施工过程管理系统,涵盖项目安全、质量、进度、资料管理。

(1)4D-BIM 平台共享有技术方案、交底、质检资料、机械信息、超前预报、监控量测级试验检测等相关资料供项目员工阅览下载。

(2)4D-BIM 平台可通过模型颜色区分显示月度施工计划及月度完成情况,并生成进度报告,管理项目施工进度,便于施工组织调整。

(3)BIM 平台电子沙盘版面可对隧道模型就行预览,实现隧道可视化施工交底。

通过统一的项目管理平台,在平台内进行施工数据的及时调用与查阅,使得整个隧道工程施工过程严格根据科学数据进行,同时实现了施工数据的有效集成,便于进行分析和归纳,使得隧道工程施工过程中的各部门之间协调发展,因此 BIM 技术可实现施工过程中不同部门间多方面协同工作,高效地推动了隧道工程施工进展。

## 九、结束语

BIM 技术在隧道工程中的应用表明,该技术已成为隧道工程施工过程中的一项重要技术,极大的推动项目的信息化管理。在本工程的应用中,BIM 技术主要发挥了数据采集、场站优化布置、三维可视化交底等的作用,在项目的总体管理中,仍存在许多可开发利用的空间。在隧道工程施工中充分利用好 BIM 技术,能够有效的缩短工期、节约成本、提高施工质量、强化安全管理,推动整个工程向利好的方面发展。

### 参考文献

- [1] 刘思佳,张拥军,刘德金,宋宸,王观群.BIM 理念下装配式地铁车站施工信息化研究.低温建筑技术,2019(11):111-114.
- [2] 谭佩.BIM 信息可视化技术在基坑工程中的应用.广州大学,2016.
- [3] 刘钧祥.BIM 技术在铁路隧道工程中的应用研究.国防交通工程与技术,2018(07):70-73.