

特长隧道自动布料模板台车整体衬砌施工技术

Construction technology for integral lining of super long tunnel with automatic formwork distribution trolley

赵海斌 卢鸿阁

Haibin Zhao Hongge Lu

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:隧道衬砌台车是隧道施工过程中实现机械化施工的重要设备,项目通过湖南五新自动布料模板台车的施工应用,总结出台车施工工艺及技术要点,并对自动布料模板台车与传统模板台车进行了技术经济效益对比,为同类大跨公路隧道提供经验参考。

Abstract: the tunnel lining trolley is an important equipment to realize mechanized construction in the process of tunnel construction. Through the construction application of Hunan Wuxin automatic distribution formwork trolley, this project summarizes the construction technology and technical points of the trolley, and compares the technical and economic benefits between the automatic distribution formwork trolley and the traditional formwork trolley, so as to provide experience reference for similar large-span highway tunnels.

关键词:隧道二衬;自动分层布料;带压入仓

Keywords: Tunnel secondary lining; Automatic layering distribution; Warehousing under pressure

DOI: 10.12346/etr.v3i4.3278

一、引言

现在广泛采取钢模板台车对隧道进行模筑施工,而传统的普通标准型衬砌台车受力结构复杂,支撑杆件众多,收立模不方便,净空小,影响车辆通行,且整体重量很大,移动起来较为笨重,且传统衬砌边墙滑槽浇筑技术混凝土不是带压入仓,混凝土易离析,只能对台车的第一、二层工作窗口浇筑,容易产生人字坡冷缝等质量问题,至少需要 3~4 人拆换管,浪费人工且施工效率低。项目部基于湖南五新隧装自动布料浇筑二衬台车进行隧道二衬施工,探讨二衬衬砌快速施工方法,为同类大跨隧道二衬施工提供经验参考。

二、工程概况

重遵扩容项目桐梓隧道位于贵州遵义桐梓县境内,设计为左、右线分离式双向六车道隧道,主洞建筑限界净宽 14.75m,净高 5m,主洞开挖平均断面面积 160m²,桐梓隧道全长 10497m,为贵州省最长三车道公路隧道,也是目前全国三车道在建高速公路第一长隧,是全线控制性工程,项目承担出口端 4.5km 施工任务,隧道设计二衬衬砌 C30 混凝土 22.53 万 m³。

三、自动布料浇筑台车设备介绍

(一)自动浇筑台车的基本结构

自动浇筑台车由模板总成、门架总成、梯子平台总成、走行机构、布料系统、电气系统等组成,台车作业长度与普通台车相同。

(二)轨道小车和对接泵管的设置

在台车最上层平台设置轨道小车,小车可以沿隧道方向前后移动,便于与预留的输送泵管连接,且小车上的对接口处设置橡胶皮碗,依靠油缸压力使之与预留泵管口可靠连接,浇筑过程中不会出现漏浆或喷射出混凝土的现象,省去传统工艺中工人利用管卡连接泵管的冗杂过程,明显提高换管效率,最大限度降低混凝土因换管时间造成的影响。此外轨道小车上设有清洗口,可以在清洗口与预留泵管连接条件下将高压风通过管路送到清洗口,将管中混凝土吹到浇筑窗口,及时将预留泵管清洗干净,一是避免混凝土的浪费;二是避免传统工艺中清洗管路的水对混凝土的影响以及清洗过程中对台车的污损;三是大大降低工人清洗管路的时间和人力。

【作者简介】赵海斌(1991~),男,汉族,海南东方人,助理工程师,本科。卢鸿阁(1995~),男,汉族,吉林通化人,助理工程师,专科。

(三)拱顶注浆兼溢浆排气孔的设置

台车拱顶预留三处注浆兼溢浆排气孔。台车模板定位加固时在预留的孔洞处设置 $\phi 42$ 钢管,将钢管顶死二衬防水层,在钢管一头(防水层侧)预留 2—3cm 的缺口。当隧道有坡度时,浇筑拱顶混凝土从低处往高处浇筑。这样设置一是避免拱顶混凝土浇筑时因气压的原因造成拱顶浇筑不满的现象;二是工人可以根据从缺口处流出混凝土浆液判断拱顶混凝土是否浇筑满;三是实现二衬带模注浆。

(四)固定溜槽的设置

台车上布置有固定溜槽,保证混凝土可以到达各个浇筑窗口。其中分别利用两套泵管直接将混凝土送至第三层(最上层)、第二层(中间层)浇筑窗口,然后在第二层浇筑窗口设置固定串筒,串筒底部设置可旋转溜槽,实现将混凝土送至第一层(最低层)浇筑窗口。浇筑过程中需要人工操作轨道小车,连接不同位置的泵管。而旋转溜槽的设置可以方便工人将溜槽转向,及时关闭窗口,减少混凝土浇筑时间。

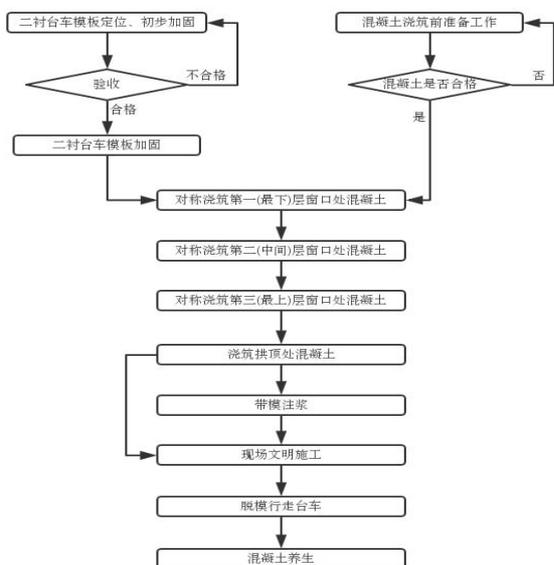
(五)浇筑窗口的设置

台车上左右两侧分别梅花形布置三排浇筑窗口,一是便于工人观察左右侧混凝土实现混凝土的对称浇筑,避免浇筑过程中混凝土的偏压对台车的影响;二是实现混凝土的分层浇筑,大大降低传统工艺中一孔浇筑到底出现“人”字冷缝的概率。

四、施工工艺及作业流程

(一)施工工艺及流程

自动布料二衬台车施工工艺流程:二衬台车模板定位加固→混凝土浇筑准备工作→浇筑混凝土→施工场地文明施工→脱模移动台车、养生→下一模二衬施工,施工工艺流程图如下。



(二)台车模板定位加固

模板定位加固前应先检查初期支护断面尺寸、钢筋、预埋件等,且模板需均匀涂刷脱模剂,验收合格后再对二衬台车模板进行定位加固。测量班需对台车中心位置、高程、边墙模板位置等进行放样,以及核对台车端头是否在同一断面。模板加固完后需及时对台车丝杆、斜撑、千斤顶等加固构件进行牢固程度检查验收,以免混凝土浇筑过程中对台车造成影响。

(三)混凝土浇筑前准备工作

混凝土浇筑前准备工作包括有前场输送泵的调试,过程中用到的高压风、高压水是否到位,附着式振捣器是否可以正常使用,如果有问题需及时处理。后场关注拌合站地材是否充足,试验员负责使用配合比的输入。开盘浇筑时,对首盘混凝土进行坍落度试验,一般二衬混凝土在有结构钢筋时坍落度为 $220\pm 20\text{mm}$,无结构钢筋时为 $200\pm 20\text{mm}$ 。

(四)浇筑混凝土

二衬混凝土浇筑按从低到高、左右对称浇筑。若隧道有坡度,浇筑拱顶时从低位置向高位置依次浇筑,以免造成混凝土对拱顶预留泵送管口的堵塞,影响后续浇筑。

1、对称浇筑第一(最下)层窗口处混凝土

①遥控控制小车上对接口与第一层左侧或右侧窗口位置对应的泵管对接,浇筑混凝土,浇筑约 60cm 高;

②遥控小车前进或后退,控制小车上对接口与第一层另一处同侧窗口位置对应的泵管对接,浇筑混凝土,浇筑约 60cm 高;

③遥控控制小车上对接口与第一层右侧或左侧窗口位置对应的泵管对接,浇筑混凝土,浇筑约 60cm 高。同时开启之前浇筑过混凝土侧的附着式振捣器,当混凝土表面无明显塌陷、有水泥浆出现、不再冒气泡时,应结束该部位振捣。

④遥控小车前进或后退,控制小车上对接口与第一层另一处同侧窗口位置对应的泵管对接,浇筑混凝土,浇筑约 60cm 高;

⑤遥控小车位置和对接口到首先浇筑的混凝土侧,重复 1、2、3、4 步骤,直至浇筑到第一层窗口处,关闭第一层浇筑窗口。

2、对称浇筑第二(中间)层窗口处混凝土

①关闭到第一层窗口处的混凝土通道,使混凝土可以直接进入第二层窗口;

②重复第一层窗口处混凝土浇筑步骤,直至混凝土浇筑到第二层窗口处,关闭第二层浇筑窗口。

3、对称浇筑第三(最上)层窗口处混凝土

遥控控制小车上对接口与第三层左侧或右侧窗口位置对应的泵管对接,剩余操作与浇筑第一层或第二层浇筑窗口处混凝土操作相同。浇筑至第三层浇筑窗口时,关闭窗口。

4、浇筑拱顶位置混凝土

①遥控控制小车上对接口与拱顶低位置预留泵管对接,开始浇筑混凝土。

②浇筑过程中,需观察浇筑口附近的溢浆孔,出现溢浆现象时,封堵第一个浇筑口,遥控控制小车上对接口至相邻的浇筑口,继续浇筑。

③重复操作直至拱顶混凝土浇筑完成。

5、带模注浆

①通过二衬台车上拱顶位置预先设置的注浆孔进行注浆。注浆时机为拱顶混凝土浇筑完成 2h 后,注浆前连接好注浆机。注浆时机不得过晚,否则注入砂浆不能很好的与浇筑混凝土结合,影响二衬混凝土受力结构。

②带模注浆应采用微膨胀性且流动性好的水泥砂浆。注浆过程中严格控制注浆压力,注浆压力应超过 1.0MPa。

③当在一个孔注浆时,其余孔兼做溢浆排气孔,当相邻孔溢浆时,更换到此溢浆孔继续注浆。注浆过程中不得跳孔注浆,避免造成注浆管堵塞、拱顶注浆效果差等现象。注浆完一个孔后,更换到前一个注浆孔继续注浆,直到注浆压力超过 1.5MPa 停止注浆。

④注浆效果检查可以通过雷达扫描等无损检测方法,对于不满足要求的地段必须进行二次注浆。

6、脱模行走台车

①混凝土拆模时的强度应符合设计要求。当设计未提出要求时,侧模应在混凝土强度达到 8MPa 以上,且其表面及棱角不因拆模而受损时,方可拆除;

②拆除模板时,应检查所有的加固构件是否已经拆除或

松力,以免强行拆模造成台车变形。

7、混凝土养生

①混凝土浇筑后,12h 内利用养护台车对混凝土进行洒水喷淋养护。操作时,不得使混凝土受到污染和损伤,养护用水与拌制用水相同;

②混凝土养护时间不宜少于 14d,洒水次数应以混凝土表面保持湿润状态为度;

③当工地昼夜气温连续 3d 低于 5℃或最低气温低于-3℃时,采取冬期施工措施;当工地昼夜平均气温高于 30℃时,应采取夏期施工措施。

四、应用效果分析

(一)混凝土节约

采用自动浇筑二衬台车施工相比传统台车中高压水洗车管导致管内混凝土不可再使用,施工过程中可以将大部分输送泵管内的混凝土利用,节约了一定的混凝土,据统计每循环可节约混凝土:1.25m³,全隧节约砼 936m³。

(二)人员数量对比

传统二衬台车施工时每模二衬混凝土浇筑需要 8 人左右,而采用自动浇筑二衬台车施工仅需要 5 人。

(三)浇筑时间对比

传统二衬台车浇筑时间在 12 小时以上,而采用自动浇筑二衬台车施工浇筑时间在 10 小时以内,按隧道二衬 3 天一模算,每环二衬可节省 2 小时,全隧单幅可节约工期 31 天。

(四)经济效益对比分析

通过对比,每板二衬(12m)在人工和混凝土方面可综合节约成本 1151.4 元。预计全隧可节约直接费用 86 万余元,具体分析见下表 1。

表 1 隧道传统台车施工与自动浇筑台车施工经济效益分析对比表

序号	工法对比项目	单位	传统工法	自动浇筑工法	备注
1	每环二衬施工长度	m	12	12	
	输送泵处	人	2	2	
	轨道小车处	人	/	1 (负责操作小车)	
2	人工费	台车其余部位	6 (过程中振捣及观察混凝土浇筑情况、观察端头模板混凝土情况、清洗泵管)	2 (过程中振捣及观察混凝土浇筑情况,观察端头模板混凝土情况)	每个人工按 250 元计算
		小计	8	5	
		工作时间	12	10	
		成本	2000	1250	
3	节约材料费	m ³	0	1.25	节约混凝土 (C30)
		元	0	-401.4 (主要是泵管中的混凝土节约)	
4	每环综合节约成本	元	0	-1151.4	

(下转第 40 页)

(5)施工过程中必须坚持“短进尺、强支护、管超前、早封闭、勤量测”的原则,控制单循环开挖进尺,单次开挖进尺不宜大于 1m,做好、做实超前工作。

七、结论

(1)桐梓隧道 4# 斜井洞口浅埋、过路段原设计帷幕注浆,CD 法开挖施工,经过项目多方比选采用搭设临时钢便桥,地表加固等措施,未对道路行车及村民通行造成影响。施工中在原开挖方式优化为了环形开挖预留核心土法,大大提高了隧道施工速度,至少比原计划工期提前了 30 天。

(2)施工中采用钢便桥过渡,洞口浅埋段进行地表注浆,

固结围岩,施工过程中采用大管棚与小导管联合超前支护预留核心土+铣挖机开挖,有效控制超欠挖,隧道掉块,降低喷混凝土的消耗,隧道开挖轮廓超挖控制在平均 12cm 之内,比传统挖机找顶平均超挖 30cm 左右,每米节约喷砼 4.32m³。经改进后的锁脚改善了施工质量,经量测数据分析隧道拱顶下沉累计值为:22.4mm,周边收敛值为:20.7mm,结构安全,为类似情况隧道施工提供了宝贵技术创新经验。比原设计方案总节约费用约 150 万元,经济效益比选见下表:

(3)随着全国基建投资加快,施工环境复杂多变性加大,今后类似隧道下穿公路、围岩软弱、破碎的情况会大幅增加,

表 5 原设计开挖方式与新开挖方式经济分析对比表

序号	对比项目	单位	原设计开挖方式	新开挖方式	备注
1	工期	月	2.5 月	1.5 月	40 米长
2	人工费	万元	150	60	按 80 人每月,每人按 7500 元\月
3	材料费	万元	180	120	原设计帷幕注浆+CD 法材料费:4.5 万\m;新工法:3 万\m.
4	综合节约成本	万元	0	-150	

通过在项目工程上的应用,积累隧道在下穿公路、围岩软弱、破碎的情况下的施工经验和相关数据。对以后类似的隧道施工起到较好的参考、借鉴作用。

参考文献

- [1] 史作璟,翁承显.地表注浆在超浅埋隧道工程中的应用研究[J].公路交通技术,2016,32(03):102-111

(上接第 28 页)

五、总结

自动布料模板台车相对于传统二衬台车施工可以进行自动布料,逐窗对称浇筑混凝土,相比传统模板台车具有节省人力,施工效率高、成本低的优势,施工的二衬混凝土强度均匀,外观质量好,目前该设备已在兰州至海口国家高速公路重庆至遵义段(贵州境)扩容工程第 T8 合同段中得到了成熟的应用,可为同类大跨隧道的二衬混凝土施工提供借鉴参

考。

参考文献

- [1] 魏奎斐,张文格,孟占勇.重载铁路隧道二次衬砌施工质量控制技术[J].施工技术,2018,47(S1):705-708.
- [2] 李志红.南干渠八标输水洞二衬自密实混凝土浇筑分析[J].水利建设与管理,2012,32(04):32-36.
- [3] 陈利,何永健.乌池坝隧道通风竖井二衬施工技术[J].华南港工,2008(03):51-53+57.