

文章编号: 1006—2106(2009)05—0080—04

# 隧道二次衬砌矮边墙与边拱一次灌注施工技术<sup>\*</sup>

李书静<sup>\*\*</sup>

(中国中铁股份有限公司, 北京 100055)

**摘要:** 研究目的: 在回顾隧道施工方法的基础上, 探讨隧道二次衬砌施工方法的改进与创新的必要性, 并简述通过技术创新得出的隧道二次衬砌矮边墙与边拱一次整体灌注的施工工艺及方法, 从而提高混凝土质量, 降低工程成本。

**研究结论:** 改进和创新后的铁路隧道二次衬砌施工方法, 其特点是二次衬砌整体灌注, 减少了矮边墙(小边墙)立模、灌注混凝土的工序, 基本可以解决二次衬砌外观质量差以及二次衬砌矮边墙与边墙连接处经常出现渗、漏水等质量通病问题, 可在一定程度上降低隧道的施工成本, 同样也可以在国内公路隧道施工中参考使用。但由于该施工技术是隧道施工的新技术、新方法, 还需要通过大量的类似工程实践的检验而逐步完善。

**关键词:** 隧道; 二次衬砌; 矮边墙; 整体灌注

**中图分类号:** U455.92 **文献标识码:** A

## Construction Technologies for Secondary Lining of the Low Wall and Primary Filling of the Side Arch of Tunnel

LI Shu-jing

(China Railway Group Limited Beijing 100055 China)

**Abstract:** Research purposes: Based on the review of the tunnel construction method, the discussion is made on necessities of improvement and innovation of the construction method for secondary lining of tunnel and the introduction is given to the improved construction technology and method for secondary lining of the low wall and primary filling of the side arch of tunnel for the purposes of improving the concrete quality and reducing the construction cost.

**Research conclusions:** The improved and innovative construction method for secondary lining of railway tunnel simplifies the construction procedure. The problems of bad outlook of secondary lining and water penetrating and leaking in the joint of low wall with side wall can be overcome and the tunnel construction cost can be reduced by adopting these construction technologies. These technologies also can be used in construction of highway tunnel. However, as the new technologies, these technologies need to be verified and improved in more construction practice.

**Key words:** tunnel; secondary lining; low wall; integrated filling

### 1 概述

我国铁路建设经过了 100 余年的发展历史, 建国以后, 铁路建设迅猛发展。伴随着铁路建设的发展, 我

国铁路隧道建设技术发展迅速, 施工技术方面取得了许多重大成就和创新。隧道施工方法从建国初期的矿山法施工, 到 20 世纪 80 年代以凿岩台车为代表的新奥法施工, 再到 90 年代 TBM 掘进机施工, 无不显示了

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009—03—12

<sup>\*\*</sup> 作者简介: 李书静 1963 年出生, 男, 高级工程师, 中国中铁股份有限公司玉蒙铁路工程指挥部总工程师。

科学技术的进步与创新。隧道二次衬砌同样也经历了由组合钢模板先拱后墙法施工, 逐步被模板台车全断面衬砌所取代的过程。但是, 随着科技的不断进步以及人们施工理念的不断提高, 隧道二次衬砌施工方面仍然有一些技术需要创新、改进。

我国人口众多, 目前铁路人均占有量相对较少, 铁路建设发展潜力较大。另外, 复杂的地质条件使得我国隧道设计型式也较为复杂。因此, 不断创新和改进隧道施工技术, 对隧道施工建设者, 尤其是隧道工程技术人员提出了更高的要求, 在隧道施工管理、施工技术、施工理念等方面均需要有大的改进和创新。

尤其是近几年来, 随着我国国民经济的迅速发展, 以及扩大内需、拉动国内经济增长的需要, 国家铁路基本建设的规模不断扩大, 我国每年铁路隧道施工总长度大幅增加; 同时, 由于施工理念的逐步提高, 我们对铁路隧道建设外观质量的要求也越来越高; 另一方面, 铁路建设中电气化铁路建设的比重越来越大, 对隧道的防渗、漏水的要求越来越高, 而工程造价成本趋于偏低。为了解决施工中出现的一些矛盾, 我们必须在隧道施工方法方面作一些技术改进和创新。以往隧道二次衬砌基本上都采用传统的施工方法, 即仰拱铺底超前, 然后施工矮边墙, 最后采用模板台车灌注边拱衬砌。该方法工序复杂, 且矮边墙水沟盖板台阶处线条不顺直, 跑浆、漏浆现象时有发生, 混凝土表面光洁度也不易保证, 边拱衬砌与矮边墙连接处, 错台现象严重, 且该施工缝渗、漏水问题一直以来没有得到有效解决。针对这个技术问题, 我们在施工实践中作了一些改进和创新, 将隧道矮边墙与边拱衬砌一次性整体灌注, 使之既降低了工程成本, 又有助于技术进步, 同时对二次衬砌混凝土质量有了进一步提高。本文以昆明一河口铁路玉溪—蒙自段秀山隧道二次衬砌施工方面所作的技术改进和创新进行阐述。

2 传统的施工方法

多年以来, 我国隧道二次衬砌施工基本上都是采取三步法: 第一步, 仰拱填充超前施工; 第二步, 利用组合钢模板施工矮边墙 (小边墙); 第三步, 模板台车定位, 施工边拱二次衬砌。如图 1 所示。

3 创新后的施工方法

创新后的施工方法分为 2 步, 即仰拱填充超前施工, 利用自制矮边墙底模与模板台车, 再将矮边墙 (小边墙) 与二次衬砌一次整体立模灌注, 减少了一道施工矮边墙 (小边墙) 的工序, 如图 2 所示。

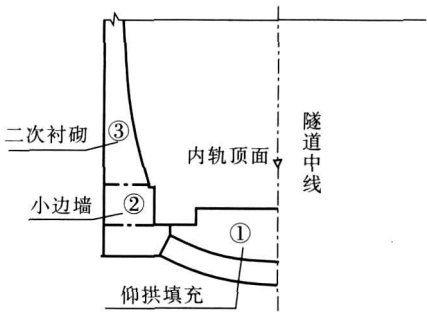


图 1 传统的施工方法示意图

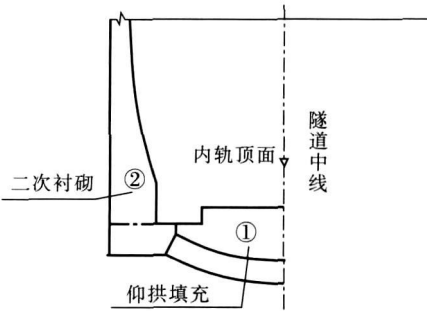


图 2 创新后的施工方法示意图

4 整体立模灌注施工的具体方法

在模板台车边模下侧, 自行设计一底模, 通过 M8 螺栓与模板台车连接, 如图 3 所示。

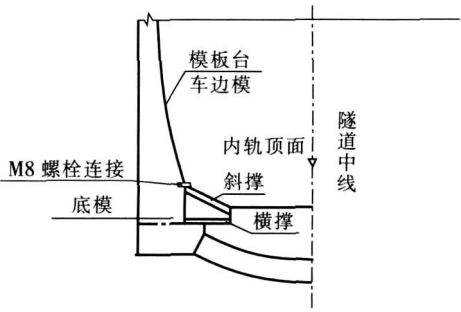


图 3 整体灌注施工图

4.1 底模设计

底模共加工 24 块, 具体设计如图 4 所示。

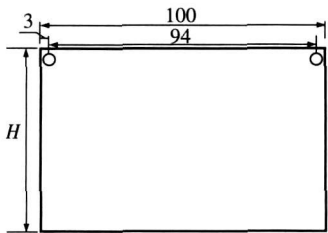


图 4 底模设计图 (单位: cm)

注: H—水沟盖板台阶至水沟底的高度

模板台车长度一般为 12 m, 底模每块长 1 m 左右, 侧各 12 块。 $\sigma = 8 \text{ mm}$ , 底模钢板厚度, 螺栓孔径为  $\phi 10$ 。

底模的其它加固设计与常规模板设计相同, 在此不再详述。

## 4.2 立模与脱模

### 4.2.1 立模

先将模板台车行走至要求位置, 然后将两侧底模与模板台车边模相连接, 纵向底模与底模之间采用常规扣件连接, 再进行模板台车定位并加固, 随后安装底模的横撑与斜撑, 最后安装端头封堵模型。

### 4.2.2 脱模

待二次衬砌混凝土达到脱模条件以后, 拆去底模的横撑与斜撑, 卸去模板台车的边模与底模的连接螺栓, 将模板台车两侧边模内收、顶模下降, 并向前行走 12 m 底模即可拆除。

## 5 施工方法优点比较

创新后的施工方法的特点就是二次衬砌整体灌注, 减少了一道施工工序, 提高了工程质量, 降低了隧道施工成本, 与传统的施工方法比较, 存在以下几个方面的优点:

(1) 减少了矮边墙 (小边墙) 立模、灌注混凝土这一道多余的工序。

(2) 消除了矮边墙 (小边墙) 与模板台车二次衬砌之间经常出现的水沟盖板台阶高低不平以及错台、跑浆、漏浆等外观质量问题。

(3) 减少了一道施工缝, 解决了该施工缝经常出现渗、漏水的质量通病。

(4) 降低了隧道施工成本。如按传统的施工方法施工, 该施工缝必须按规范要求作特殊处理, 即两侧施工缝必须增设橡胶止水带和预埋接茬钢筋, 仅这两项材料费就节省成本: 橡胶止水带  $1 \text{ m} \times 2 \times 39 \text{ 元} / \text{m} = 78 \text{ 元}$ ; 预埋接茬钢筋  $\phi 22 \quad 2 \times 0.6 \text{ m} \times 2.98 \text{ m} / \text{kg} \times 2 \times 4.3 \text{ 元} / \text{kg} = 30.75 \text{ 元}$ , 即每米隧道节省施工成本 108.75 元, 经济效益明显。

## 6 工程实例

昆明—河口铁路玉溪—蒙自段秀山隧道全长 10 302 m, 其中通过的白云岩地段占隧道总长的 80%。白云岩的最大特点是破碎、富水, 全隧日常涌水量为 15 万  $\text{m}^3$  / 日, 最大日涌水量为 23.5 万  $\text{m}^3$  / 日, 局部地段有承压水, 且该隧道远期规划为电气化铁路, 对隧道的防水要求高, 防水难度大。隧道二次衬砌设计为复合式衬砌, 左右双侧水沟设电缆槽, 双面坡排水, 断面结构型式复

杂, 施工工序多。通过改进隧道二次衬砌的施工技术, 优化施工方案, 减少施工缝, 整体灌注二次衬砌混凝土, 能对隧道二次衬砌的防水效果起到积极作用。该项改进和创新后的施工技术, 已在玉蒙铁路秀山隧道施工中实践应用, 施工效果良好。目前秀山隧道已施工完二次衬砌长 4 800 m, 水沟盖板台阶处没有出现一处渗、漏水现象, 台阶线条流畅, 无高低不平及错台现象, 已降低隧道施工成本达 52 万元以上, 且随着该隧道的继续施工, 其经济效益还会不断增加。其具体施工方法如下:

### 6.1 模板台车与底模定位

模板台车定位与传统施工方法相同, 第一步是先将模板台车顶模 (A 点) 升至设计标高及隧道中线位置; 第二步是将模板台车二侧边模升至设计高度 (B 点); 第三步是将模板台车二侧边模向外伸至设计宽度, 控制点为边模二侧下端 (C 点)。为了确保隧道净空满足设计要求, 预防由于隧道中线及施工误差的原因影响隧道净空, 施工中将隧道净空放大 5 cm; 新增加的底模上端与模板台车的边模下端通过螺栓相连, 底模下端 (C 点) 根据隧道净空的半宽控制, 本隧道 H 值取 66 cm, 如图 5 所示。

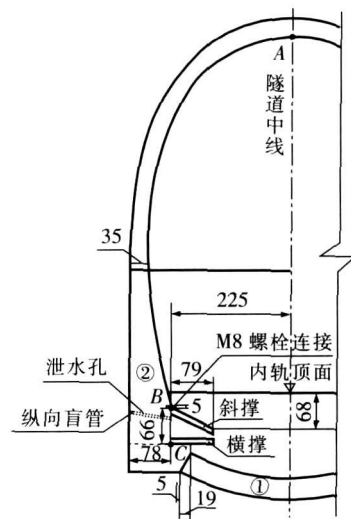


图 5 秀山隧道二次衬砌施工图 (单位: cm)

### 6.2 矮边墙底模与仰拱面接触处的技术处理

为保证模板台车定位时底模安装方便, 一要严格控制仰拱铺底混凝土顶面的平整度和标高, 不得有正误差, 允许有 2~5 mm 的负误差; 二需将模板台车边模与底模的连接螺栓孔加工成椭圆形, 使之增加了 5 mm 的可调量, 这样就能保证底模与仰拱铺底混凝土顶面接触良好, 不易出现漏浆、跑浆现象。

### 6.3 混凝土灌注及振捣方法

混凝土拌制采用洞外自动计量拌和站拌制, 混凝

土运输车运至洞内混凝土输送泵处,通过混凝土输送泵送至模板台车。由于新增加的底模是人工搬运及安装,为了减轻底模重量,降低施工难度,将新增设的附着式振捣器安装在模板台车边模下端距下边缘 20 cm 处左右两侧,每侧 5 台,型号为 ZF—Q 75 均匀分布,以解决矮边墙以及与边墙连接处的混凝土振捣问题。

#### 6.4 新、老灌注方法的混凝土质量对比

如果采用传统的二次衬砌施工方法,矮边墙则利用组合钢模立模,由于支撑力度的不均匀性,钢模易发生变形或跑模,矮边墙的台阶线往往不是一条直线,水沟盖板台阶面由于人工操作的难度大,也往往不是一个平面,模板台车定位时,边模与矮边墙不能紧密接触,易出现错台、漏浆、跑浆现象,导致二次衬砌表面光洁度不好甚至出现蜂窝麻面。即使采取凿除、修补等补救措施,但由于工艺达不到要求,混凝土表面凹凸不平现象依然存在,达不到令人满意的效果。另一方面,矮边墙与二次衬砌间的施工缝往往防水处理不好,止水带安装工艺不到位,或者止水带纵向连接不好,易经常出现渗、漏水的情况,这是隧道施工的一个通病。而对于隧道渗、漏水的治理,目前还没有十分有效的办法,往往是治理一处,另外又出现了一处,费工又费时,效果还不好。

而采用创新后的技术施工,底模与模板台车边模靠螺栓紧密连接,矮边墙与边拱一次整体灌注,脱模后的二次衬砌矮边墙与边墙连接处无漏浆、跑浆现象,隧道渗、漏水的问题得了有效解决,水沟台阶高低不平、错台现象消除,台阶线条水平顺直,二次衬砌混凝土表面光洁,经 2 m 靠尺检验,其误差在 2 mm 范围内。矮边墙底模与仰拱铺底面接触处经过上述技术处理后,同样也没有出现漏浆跑浆现象。

#### 6.5 操作控制重点及解决方法

(1) 为保证二次衬砌的防水性能,防水板焊接必

须牢固,不得有漏焊、破损现象,防水板应铺设至矮边墙处与水沟底面相平的位置。

(2) 控制好混凝土的和易性及坍落度,防止混凝土输送泵堵管,形成新的施工缝,造成二次衬砌混凝土表面出现麻面。本隧道解决方法是细骨料采用中粗砂,粗骨料采用连续级配 2~4 mm 碎石,出拌和站混凝土坍落度控制在 18 mm,进输送泵混凝土坍落度控制在 14 mm,砂率控制在 40%,水泥用量不小于 300 kg/m<sup>3</sup>。

(3) 混凝土输送泵在泵送混凝土过程中,由于输送泵的冲击作用,模板台车及底模支撑容易松动而导致模板变形,影响混凝土质量。因此在混凝土灌注过程中应有专职人员巡视,随时检查、加固支撑,以确保混凝土质量。

## 7 结论

铁路隧道二次衬砌矮边墙(小边墙)与边拱一次灌注施工技术对传统的二次衬砌施工方法进行了改进,简化了施工工序,基本可以解决二次衬砌外观质量差以及二次衬砌矮边墙与边墙连接处经常出现渗、漏水等质量通病问题,并在一定程度上降低了隧道的施工成本,在玉蒙铁路秀山隧道得到良好的工程实践。该施工技术同样也可以在国内公路隧道施工中参考使用。但由于该施工技术是隧道施工的新技术、新方法,还需要大量的类似工程实践来检验、完善。

## 参考文献:

- [1] 铁道第二勘察设计院. 新建铁路昆明至河口线玉溪至蒙自段通海(现为秀山)隧道设计图[R]. 成都:铁道第二勘察设计院, 2006
- [2] TB 10204—2002 铁路隧道施工规范[S].
- [3] TB 10210—2001 铁路混凝土与砌体工程施工规范[S].