

# Research on the Causes and Control Countermeasures of Defect Quality of Tunnel Lining Engineering

Ruidong Li

China Railway Shanghai Engineering Bureau Group Sixth Engineering Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650500, China

## Abstract

The quality of the tunnel lining plays a vital role in ensuring the safety of the high-speed railway operation, and the shortcomings of the lining will bring adverse effects to the completion of the construction function. This paper integrates the actual situation of the project, studies the tunnel lining hole, empty, undensity defects, points out the countermeasures, according to the actual situation of the project. The scientific nature of preventive measures is tested for reference for improving the quality of tunnel lining.

## Keywords

tunnel lining; quality defect; cause analysis; preventive measures

# 研究隧道衬砌工程脱空质量的缺陷原因与防控对策

李瑞栋

中铁上海工程局集团第六工程有限公司, 中国 · 云南 昆明 650500

## 摘要

隧道衬砌的质量对保障高速铁路运行安全性有至关重要的作用, 而衬砌缺点将给构造作用的完成带来不利影响。论文综合工程项目实际情况, 研究了造成隧道衬砌空洞、脱空、不密实度缺陷的具体原因, 指出了对策, 依据工程项目实际情况运用检验了防范措施的科学性, 为改进隧道衬砌的质量给予参考。

## 关键词

隧道衬砌; 质量缺陷; 原因分析; 防范措施

## 1 引言

隧道衬砌一定要有充足的抗压强度、耐用性和必需的防渗漏性、抗冷性、抗腐蚀性。实际情况施工过程中, 衬砌的质量缺点经常发生, 必然对衬砌构造作用的完成造成不良影响。论文综合在建项目铁路隧道工程, 详细介绍了隧道衬砌普遍的缺点种类, 研究了造成衬砌普遍缺点的缘故。指出了预防隧道衬砌缺点产生的对策。

## 2 缺陷问题

依据《隧道施工质量缺陷整治指导性参考图》(2019年3月), 具体缺点分成: 脱空、二衬壁厚不够、二衬不密实度、渗漏、蜂窝网络表面、施工缝、变形缝损坏、钢筋保护层不够、漏筋、衬砌部分非构造裂纹等。

## 3 原因分析

### 3.1 二衬脱空原因分析

根据二衬脱空位置分类见表 1。

【作者简介】李瑞栋(1986-), 男, 中国山西运城人, 本科, 工程师, 从事铁路工程施工管理研究。

表 1 二衬脱空位置

	情况描述	图例
类型1	与上一板二衬混凝土搭接处拱顶脱空。	
类型2	二衬混凝土拱顶中间部位脱空。	

### 3.2 类型 1 脱空原因分析

上一板水泥混凝土端部与冲顶端口相互间有一定的间距, 在冲顶灌浆水泥混凝土流程中, 因水泥混凝土冲顶时灌浆量大, 容易在冲顶处因水泥混凝土沉积产生堵漏, 引起上一板水泥混凝土端部与冲顶端口相互间产生空腔, 在后面混凝土浇筑流程时因空腔内空气无法排出来, 引起永久空腔,

即产生脱空。

### 3.3 类型2脱空原因分析

两个冲顶端口相互间易产生脱空。原因：在冲顶灌浆水泥混凝土流程中，因水泥混凝土冲顶时灌浆量大，容易在冲顶处因水泥混凝土沉积堵漏。前后的两个冲顶端口相互间因冲顶的堵漏效用，易在冲顶端口相互间产生空腔，产生脱空。

因空腔产生，而且与带模注浆管未产生连接，则带模灌浆无法对空腔开展高效灌浆填充。

### 3.4 二衬不密实或强度不够原因分析

①下料不恰当或下料过高，引起混凝土离析。

混凝土浇筑二衬时，可以直接利用地泵将混凝土泵送至二衬台车双层混凝土浇筑窗处，混凝土浇筑窗口到水泥混凝土底端到达4m多，进而使水泥混凝土发生离析，引起矮侧墙沉降缝位置处石料较少。

②搅拌时间的不够，搅拌密实。

二衬水泥混凝土主要是借助台车子上的依附式高频振动器搅拌，在浇筑混凝土流程中无法精确的账目依附式高频振动器的频次和时间的相互关系，引起混凝土振捣时间的不够，振捣不充足，水泥混凝土密实性较弱，进而影响到混凝土的强度。

③工程施工不持续、施工现场擅自加水。

施工现场施工部署不到位，引起施工现场混凝土浇筑项目进度与拌和站供给水泥混凝土的效率不符合节奏，水泥混凝土在现场积压时间得过长，塌落度损害明显，施工现场人员擅自向混凝土搅拌机加水确保塌落度，引起混凝土水灰比发生变化，进而影响到混凝土的强度。

### 3.5 二次衬砌漏水原因分析

#### 3.5.1 纵向沉降缝漏水原因分析

①沉降缝凿毛、杂质清除不及早，造成仰拱矮侧墙与二衬接触表面水泥混凝土未有效地建立一个总体，非常容易造成衬砌产生漏水。

②纵向钢板止水带安装时钢筋搭接不密贴，附近混凝土振捣不紧密。

#### 3.5.2 环向沉降缝漏水原因分析

①环向橡胶止水带安装时钢筋搭接不密贴，附近混凝土振捣不紧密；橡胶止水带皱褶或贴未深入研究水泥混凝土内，导致防水防潮不起作用漏水。

②隧道防水板焊接加工质量差，存有焊穿状况未有效的解决、衬砌钢筋搭接时隧道防水板被戳破而没有有效的解决，直接的浇注衬砌水泥混凝土，造成二衬结束后发生漏水。

#### 3.5.3 侧墙漏水原因分析

①仰拱混凝土浇筑施工时因为模具加固不牢固，搅拌不及早或怕泄水孔损坏周围未搅拌，导致水泥混凝土不紧密，达不上抗渗等级标准。

②二衬混凝土浇筑施工时未认真落实逐窗浇注，水泥混凝土水平面流通太长，搅拌不及早，造成水泥混凝土不紧密，无法到达抗渗等级标准。

### 3.6 表面层不整平（蜂窝状表面、突起）原因

第一，表面层不整平（蜂窝状表面）。①混凝土浇筑

施工环节中存有欠振或过振的状况造成蜂窝状表面。②衬砌模具存有沾模状况，模具未及早打磨抛光清除，造成蜂窝状表面。

第二，表面层不整平（凸起）。模具部分区域存有形变凹陷状况，造成水泥混凝土表面层突起。

### 3.7 露筋原因

①精准定位建筑钢筋把控较弱，层间隔超过设定值，造成建筑钢筋露出。

②钢筋垫块安装不符合设定标准，每平方米小于4根，造成建筑钢筋露出。

### 3.8 沉降缝、建筑变形缝损坏原因

①二次衬砌环向沉降缝拱墙浇注环节中，存有搅拌盲区，与上一板沉降缝相接处存有少浆状况，造成沉降缝质量较弱。

②沉降缝部分区域粘连碎石子，造成沉降缝质量较弱。

## 4 隧道施工质量缺陷整治方案

### 4.1 二衬不密实度治理整顿

当隧道衬砌混凝土回弹及壁厚均到达设定标准，但存有水泥混凝土不密实度、有孔眼等状况时，打孔取芯证实衬砌壁厚及抗压强度是不是达到设定标准，无法达到的状况下需开展拆卸，若达到，则开展衬砌本身内部结构灌浆，以固定和密实度衬砌，提升衬砌水泥混凝土密实度和衬砌抗压强度。

### 4.2 工程施工通缝治理整顿

#### 4.2.1 缺陷严重程度判断原则

由承建多方施工现场核查确定，先选用无损检测技术，无损检测技术判断为疑似通缝的选用取芯证实；应属错判的，在问题库中清理，明确为工程施工通缝或通缝周边发生掉块、渗漏、掺杂等其他问题，施工现场依据现实状况，研究分析解决对策。

#### 4.2.2 缺陷治理整顿原则

①二衬水泥混凝土通缝因浇筑工序把控不达标导致，对表观仅有色彩差异，未发生其他问题的，并不作解决。

②二衬水泥混凝土通缝发生裂痕，建筑钢筋冷缝无发展趋势及裂痕深度 $\leq 5\text{ cm}$ 的非结构型裂痕、素冷缝位置在起拱线下列且裂痕无发展趋势及裂痕深度 $\leq 5\text{ cm}$ 的非结构型裂痕，并不作解决。

③细石混凝土地区：拱部发生通缝，则拱部范围内（ $161^\circ$ 范围）拆卸后复建；通缝坐落于侧墙时，设定骑缝锚索填缝胶解决<sup>[1]</sup>。

④钢筋混凝土地区：拱部发生通缝，则拱部范围内（ $161^\circ$ 范围）拆卸后复建；通缝坐落于侧墙时，有渗漏水时设定骑缝锚管灌浆填缝胶解决，无渗漏水时做封缝解决。

### 4.3 表层不整平（超过表层、凸起）治理整顿

第一，清理松脱的水泥砂浆块、水泥混凝土石料后研磨整平，并刷涂防水涂料渗入结晶型材质；其刷涂范围应超过表层范围最少50cm。

第二，喷漆防水涂料渗入结晶型材质时选用设备喷漆方法，困难地区也可选用人力刷涂的方法，其施工技术及打

设标准有以下几点:

①喷漆防水涂料渗入结晶型衬砌之前要清理二衬衬表面,应保证水泥混凝土衬砌表面整洁润湿,但不应该有显著的水渍。

②防水涂料渗入结晶型衬砌表面后,40 min 刚开始初凝,8 h 后刚开始粘结,这时应及时的喷洒开展保养,但不可淋水冲洗以避免活性材料的外流。保养频次不可少于3~5次/d,保养时长为3~5天。

#### 4.4 衬砌表层裂纹治理整顿

##### 4.4.1 衬砌表层裂纹判定

对裂缝宽度选用尺量或测量显微镜的方法测裂缝宽度,选用声波频率检查仪检验裂缝宽度或打孔校验,孔的直径 $\phi$ 10。

##### 4.4.2 衬砌表层裂纹缺陷治理整顿

相对于非结构型衬砌裂缝,选用沿缝凿洞注浆堵漏解决,不考量沿缝凿槽。治理整顿前应该对裂痕开展观察,裂痕发展状况平稳后,再对裂痕开展治理整顿。

①相对于总宽少于3 mm 的单一化裂痕且裂痕深层不能超过二衬设计方案壁厚25%的裂痕,选用沿缝线管灌浆堵漏解决。

②相对于总宽超过3 mm 且少于5 mm 的单一化裂痕且裂痕深层不能超过二衬设计方案壁厚25%的裂痕,选用沿缝凿洞压浆堵漏解决。

③对裂痕灌浆堵漏或嵌补后,表层涂刷环氧树脂胶全封闭。

④相对于总宽超过5 mm 或裂痕深层超过二衬设计方案壁厚的25%的裂痕,应更进一步剖析缘故后制订解决对策。

依据衬砌后回填土、空洞及围岩状况,裂缝修补均应在衬砌后填充灌浆施作后开展。裂痕有渗漏问题时,应在裂痕垂直居中部位打个穿过衬砌的集中化引流孔。

##### 4.5 露筋处理

对普通工程施工期内遗留下来的露出非构造建筑钢筋头,采用截取、拔除建筑钢筋后应用环氧树脂砂浆全封闭建筑钢筋孔。对二衬构造建筑钢筋露出和保护层壁厚不够段,需向外露建筑钢筋开展去锈防锈处理后在涂刷防碳化层(环氧树脂渗透性结晶型材料)<sup>[2]</sup>。

##### 4.6 沉降缝、建筑变形缝损坏缺陷治理整顿

在能符合隧道结构型、功能型规定,感观的质量存有缺陷的沉降缝、建筑变形缝损坏,选用下列治理整顿对策:损坏深层或总宽(一侧)不能超过10 cm 时,完全彻底凿除损坏、松脱的水泥混凝土或水泥砂浆块后研磨整平,涂刷环氧树脂渗透性结晶型材料。

##### 4.7 二衬渗漏治理整顿

点漏、面漏的注浆管安装使用方法为打孔固管,选用冲击电钻或热风枪,打孔孔径不小于3 cm,孔深约为衬砌壁厚的1/3,不能超过衬砌壁厚的1/2,普通调节在8~10 cm。

###### 4.7.1 点漏

点漏中心点注浆管应瞄准水流点布孔,安装使用注浆管时,应清理孔边水泥混凝土残屑,注浆管应紧抵孔底水流点,用填缝胶固管材质密切填充孔管缝隙,孔眼用铁抹压紧

抹平。周围注浆管在水流点周围20~30 cm 的范围内设定,安全方法与中心点注浆管一样。

###### 4.7.2 面漏

于衬砌表面查询重要渗漏点,当渗漏点无法用人眼查询时,可在上面洒干混凝土,最开始有湿渍处,即是渗漏点;专门针对渗漏点钻孔,并围绕着此孔在渗漏上面匀称布孔,孔距通常为30~50 cm;钻孔开展后,清理孔内,用填缝胶固管原料严密填充孔管空隙,随后打设环氧树脂渗透性结晶型防水材料。

###### 4.7.3 缝漏

最先沿缝凿宽6 cm,深为8 cm 之“V”型槽,槽顶部应正对着渗漏缝,凿槽后用高压清洗设备孔内,消除槽体内泥渣及脱落的混凝土垫块、残屑;依据开裂水流量多少,沿槽按一定的间隔加设注浆管,并且用填缝胶固管原料严密填充槽管空隙,并且用铁抹压紧,注浆管应紧抵渗漏缝,其间隔在开裂大、水流量大(如沉降缝)时约为60~100 cm,开裂小、水流量小时约为30~50 cm。注浆管铺设填缝胶固定不动后,其露出一部分总长度8~10 cm,便于与灌浆机器设备之管道连接。填缝胶原料应随拌随抹,每一次搅拌不可以超出1 kg 干料,针对缝漏的填缝胶固定不动管应无间断一次开展。填缝胶开展,待封缝原料稳定渗流后,应对它进行质量检测,渗漏只有从注浆管内排出,别的位置不能有渗漏问题,不然应再次填埋或选用涂刷环氧树脂胶开展弥补。待达到质量标准后,才可以开展下步工作<sup>[3]</sup>。

#### 4.8 沉降缝错台治理整顿

沉降缝错台处,选用无损检测技术等方法明确衬砌是不是存有脱空、欠厚等缺陷,若存有依照本实施方案有关治理整顿举措开展治理整顿。

在二衬薄厚、抗压强度能确保构造安全可靠的情况下,对错台明显一部分选用手拿砂轮机打磨抛光平稳,打磨抛光一部分错台量与顺坡总长度占比按不低于1:2 实行,打磨抛光后表面涂刷环氧树脂渗透性结晶型原料。

## 5 结语

确保衬砌质量,降低衬砌缺陷,是建筑界不断剖析和研究的话题。造成隧道缺陷的因素众多而繁杂,文中剖析了造成隧道衬砌空洞、脱空、不密实缺陷的关键因素,指出了安全防范措施,根据具体工程项目运用,查验了安全防范措施能有效地改进隧道衬砌质量,对确保高速铁路运营稳定存在决定性价值。

### 参考文献

- [1] 张民庆,贾大鹏,辛维克,等.铁路隧道衬砌施工缝质量控制新技术[J].铁道工程学报,2021,38(3):6.
- [2] 田忠.隧道衬砌缺陷处理工艺带模注浆与工后注浆综合工效浅析[J].建材发展导向,2020,317(16):67-68.
- [3] 霍建勋,林传年,刘喆.浅谈铁路隧道衬砌质量缺陷及质量控制思路[J].铁路工程技术与经济,2021,36(1):4.