

## 盾构隧道联络通道洞门复合管片修复技术

谢致清<sup>1</sup> 李向红<sup>2</sup>

1 苏州轨道交通市域一号线有限公司, 江苏 苏州 215000

2 中亿丰建设集团股份有限公司, 江苏 苏州 215000

**[摘要]** 现有的管片堵漏技术为直接用快硬水泥浆封堵后, 在其中埋入注胶管, 后注入聚氨酯堵漏。该方法起效快速, 但施工质量差, 无法长时间抵御外部水压, 后续维护成本高。文中介绍了一种盾构隧道联络通道洞门复合管片的堵漏修复技术, 用于机械法施工的盾构隧道联络通道专用复合管片的修复, 这种修复方法能够在狭小环境中精准定位管片渗流路径, 缩小管片内覆钢板背部裂缝, 且能够满足地铁隧道长时间运营的耐久性要求, 能够为后续类似项目提供参考。

**[关键词]** 盾构隧道; 复合管片; 修复; 机械法; 联络通道

DOI: 10.33142/sca.v7i2.11271

中图分类号: U455

文献标识码: A

## Repair Technology of Composite Pipe Segments at the Entrance of Shield Tunnel Connecting Passages

XIE Zhiqing<sup>1</sup>, LI Xianghong<sup>2</sup>

1 Suzhou Rail Transit Line 1 Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215000, China

2 ZYF Construction Group Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215000, China

**Abstract:** The existing pipe plugging technology is to directly seal with fast hardening cement slurry, embed a rubber injection pipe in it, and then inject polyurethane for plugging. This method works quickly, but the construction quality is poor and cannot withstand external water pressure for a long time, resulting in high maintenance costs. The article introduces a leakage sealing and repair technology for composite pipe segments at the entrance of shield tunnel connecting passages, which is used for the repair of special composite pipe segments for shield tunnel connecting passages in mechanical construction. This repair method can accurately locate the seepage path of the pipe segments in a narrow environment, reduce the cracks on the back of the steel plate inside the pipe segments, and meet the durability requirements of long-term operation of subway tunnels, which can provide reference for similar projects in the future.

**Keywords:** shield tunnel; composite pipe segments; repair; mechanical method; contacting passages

### 引言

城市轨道交通设计使用寿命通常为 100 年, 管片作为盾构隧道最主要的受力构件, 其结构安全是隧道长时间安全运营的最基本保障。常见的管片结构损伤有错台、渗漏水、拼缝不严、混凝土开裂、钢筋锈蚀等<sup>[1]</sup>。其中, 开裂对管片的结构损伤最大, 造成的后果也最为严重。盾构管片的裂缝可形成于其生产、运输、拼装、运营的全生命阶段。生产过程中可能因混凝土配合比不佳、温度控制不合理导致混凝土干缩裂缝; 运输和拼装过程中可能因物体碰撞产生裂缝; 运营过程中则可能因内外部腐蚀、列车振动或过火产生裂缝<sup>[2]</sup>。裂缝的产生起初并不起眼, 但经长时间发展或受环境突变影响扩大后, 可能对隧道安全会产生严重影响<sup>[3]</sup>。

盾构隧道联络通道洞门复合管片, 是一种专用于机械法联络通道施工的管片结构 (以下简称复合管片)。实际施工中, 联络通道洞门处采用 6 块或 8 块复合管片组成, 如图 1 所示。

为便于掘进机刀盘切削, 复合管片由内覆钢板的普通

钢筋混凝土和待切削的玻璃纤维筋混凝土部分组成<sup>[4]</sup>。内覆钢板通过密布的抗剪器镶嵌于混凝土管片的内弧面, 其主要作用有: ①将多块洞门管片通过内覆钢板焊接连成一个整体, 提高洞门的稳定性; ②作为始发、接收密封结构的一部分, 用于焊接密封套筒。

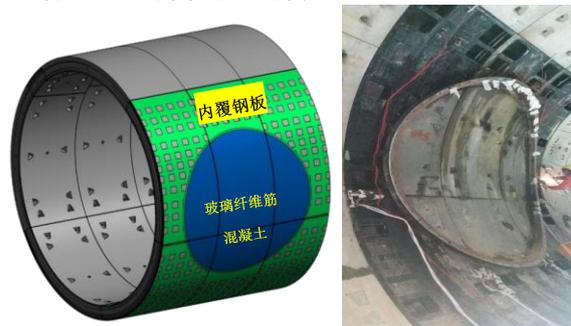


图 1 联络通道复合管片

### 1 密封结构渗漏风险分析

联络通道常设置在隧道最低点位置, 外部水土压力大。联络通道施工过程中, 原有的洞门管片将被切削破碎, 此

时水土压力将直接作用在密封结构上。因此,联络通道外洞门密封结构是保证联络通道施工安全的基础,如在施工过程中出现密封结构损伤,将会导致外部水土涌入主隧道中,造成重大安全事故。

### 1.1 风险点排查

在始发端,隧道内密封结构由①洞门管片、②套筒结构以及③掘进机三部分组成。①洞门管片和②套筒结构之间通过④焊接连接,②套筒结构和③掘进机之间则依靠⑤钢丝刷连接。如图2所示。

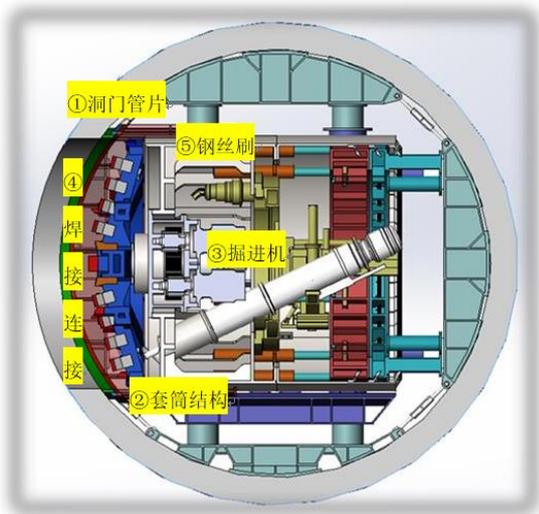


图2 始发端密封结构

接收端隧道内密封结构则只有①洞门管片和②套筒结构。①洞门管片和②套筒结构之间同样通过④焊接连接。如图3所示。

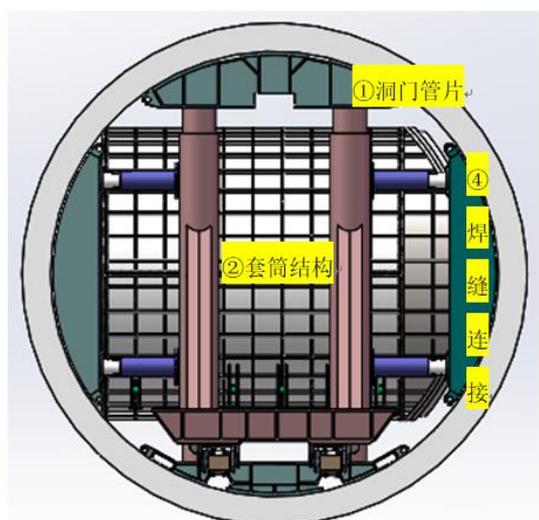


图3 接收端密封结构

上述①~③构件和④~⑤连接形式中,②和③为工厂精加工产品,结构严密性很强,基本不存在渗漏水风险;④为现场焊接结构,可通过现代化探伤手段检测其焊接质

量,及时修补;⑤作为套筒结构的一部分,可以通过注入密封油脂保证其不透水性。①洞门管片内覆钢板与其后部的混凝土脱开产生裂缝,这些裂缝存在于内覆钢板背部,很难被探测与修复,在密封结构中失效风险最大。

### 1.2 复合管片裂缝生成机理分析

复合管片质量问题可能发生于生产、运输、拼装和联络通道施工过程中。导致内覆钢板与混凝土管片脱开的主要原因有:①内覆钢板加工时,钢板残余应力未完全释放,或抗剪器数量不足、焊接质量不佳;②管片生产时,振捣不充分,混凝土与内覆钢板间存在空隙;③成品管片运输时,发生大的振动或磕碰;④管片拼装时,顶推油缸力度过大造成局部应力过大;⑤焊接洞门密封结构时,温度过高导致内覆钢板背部混凝土开裂。

通常在联络通道洞门密封结构焊接完成后,会进行试压试验,压力通常为隧道外部水土压力的1.5倍,以检测密封腔体的可靠性。因上述情况出现管片开裂导致渗漏水的问题,将在试压试验中集中暴露。如复合管片存在缺陷,则在试压后,内覆钢板与后部混凝土管片的缝隙会被水压撑开,且因其产生了塑性变形,无法完全恢复原状。

### 2 复合管片修复总体思路

要达到良好的修复效果,首先应该找到管片内覆钢板背部的渗流路径。找到渗流路径后应限制其渗流通道的宽度,再将其一端封闭,向内注入流动性好的密封堵漏材料,带堵漏材料从另一端溢出后,说明裂缝已填补密实,待材料养护硬化,达到强度要求后,修复工作即完成。

修复工作完成后,可再进行试压试验,验证修复后复合管片的可靠性,如依然出现渗漏水,则重复修复过程,直到试压时不出现渗漏水现象,腔体内能长时间保持压力恒定为止。

由于试压时掘进机已就位,密封套筒结构已经牢牢焊接在洞门管片上,如出现管片渗漏水问题,无法移除现有装备进行修复,作业空间十分狭小。且渗漏水点通常为复合管片与内覆钢板接缝处,渗流路径被内覆钢板遮挡,无法用肉眼识别。因此如何利用小型化工具和高性能材料对联络通道洞门复合管片进行裂缝修复,以确保施工安全,是工程成败的关键问题。

### 3 复合管片修复技术

#### 3.1 渗流路径定位技术

管片渗漏水点出现于内覆钢板边缘和螺栓孔位置,由于渗流路径上的内覆钢板已与后部混凝土脱开,此时以硬物敲击内覆钢板时会出现空鼓声,因此渗流路径定位工具直接选择施工现场常用的小锤、钢筋头。以管片渗漏水点为起点在其周边敲击内覆钢板,通过空鼓声逐步倒推找到源头,可以实现渗流路径的定位。

#### 3.2 空隙压缩补强技术

找到内覆钢板后部的渗流路径后,在钢板对应位置安

装分体式千斤顶,千斤顶后部支撑在联络通道施工装备上,作为临时的反力体系。千斤顶前部伸出顶住钢板并人工施加顶力,使内覆钢板与背部管片间的缝隙缩小。

缝隙缩小后,利用磁力钻在内覆钢板上开孔,再利用电锤在后部的混凝土管片上开孔,孔深通常为植筋直径的10倍。开孔完成后使用毛刷和鼓风机进行清孔作业,防止孔内有水泥碎屑等杂物残留,影响植筋的拉结效力。清孔完成后在孔中注满植筋胶,后缓慢插入植筋,保证孔内填充密实无孔隙。待植筋胶凝固后将植筋另一头以螺栓紧固或焊接的方式固定在内覆钢板上,完成植筋。植筋完成后方可拆卸千斤顶,转换受力体系。

### 3.3 空隙注胶堵漏技术

植筋完成后,保证了内覆钢板与后部混凝土管片的粘接力及其本身的抗变形能力。但原有的渗水通道仍然存在。因此需对钢板后方空鼓处及其周边进行注胶堵漏。注胶材料需选用无收缩性、耐久性强且具有较高强度的环氧树脂材料。注胶须遵循先下后上,先四周后中间的原则。注胶以压力控制为主,过大的注胶压力可能会破坏植筋,或压碎混凝土管片。压力过小则会导致浆液流动不畅,无法在钢板后填充密实。注胶完成后需根据使用材料的要求进行养护。

## 4 结论

近年来,机械法联络通道掘进技术的应用,具有安全、高效、经济、机械化程度高等优点。但由于机械法施工前并未处理隧道周边土体,洞门破除后地下水压力进入始发套筒,如套筒与管片的连接不密封,或复合管片的钢板与后部的混凝土管片结合不紧密,极有可能形成漏水点,危及整个主隧道的安全。

本技术能够在极小空间内利用小型机械设备,创新采用植筋+注胶修补技术,对复合管片内覆钢板和混凝土管片之间的渗水通道进行修复,确保了联络通道掘进期间不漏水,大大减少了后续施工的风险,增加了隧道的整体稳定性,具有良好的经济效益和社会效益。

### [参考文献]

- [1]CHEN J S,MO H H. Numerical study on crack problems in segments of shield tunnel using finite element method [J].Tunnelling and Underground Space Technology,2009,24(1):91.
- [2]于晓东. 地铁混凝土盾构管片裂缝防治技术研究进展[J]. 混凝土世界,2022(6):32-37.
- [3]卢杨. 城市地铁区间隧道盾构管片破损修复及病害防治关键技术应用[J]. 四川建筑,2023,43(3):99-101.
- [4]刘龙,罗仕恒,王世君等. 机械法联络通道特殊衬砌环钢管片结构设计分析[J]. 浙江建筑,2022,39(3):39-41.
- [5]贺蕾铭,邓非凡,贾鹏. 在建盾构隧道突发管片破损病害成因分析及治理措施研究[J]. 现代隧道技术,2022,59(1):225-231.
- [6]刘恒伏. 填海区联络通道受损管片修复防水防腐体系[J]. 工程技术研究,2021,6(11):112-113.
- [7]柳献,张雨蒙,王如路. 地铁盾构隧道衬砌结构变形及破坏探讨[J]. 土木工程学报,2020,53(5):118-128.
- [8]竺维彬,鞠世健. 盾构隧道管片开裂的原因及相应对策[J]. 现代隧道技术,2003(1):21-25.

作者简介:谢致清(1990.2—),女,南京工程学院,机械设计制造及其自动化(城市轨道交通),苏州市域轨道交通有限公司,开发投资部副部长,中级职称。