

# 强透水地层下更换盾尾密封刷技术

李勇成, 张志鹏

(中国石油天然气管道建设项目经理部, 北京 100101)

**摘要:**阐述了盾构机盾尾密封刷的破损机理,并总结了川气东送武汉盾构工程中在强透水地层下更换盾尾密封刷的实际工程经验,对于预防密封刷失效及隧道施工中更换密封刷有一定的借鉴意义。

**关键词:**隧道施工;盾构;盾尾密封刷;强透水地层

**中图分类号:**U455 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)04-0080-02

## 1 盾尾密封刷及其破损机理概述

盾尾密封刷是为了防止周围地层的砂土、地下水、背后注入浆液、开挖面上的泥水、泥土从盾尾间隙流入盾构机而设置的封装措施,一般采用多层钢丝刷,并在钢丝刷间的空隙处加压注入密封油脂作为填充以增加密封效果,如图1所示。

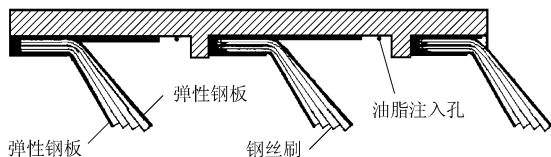


图1 盾尾密封刷构造示意图

在实际盾构施工中,经常会出现密封刷的密封效果减弱的情况,分析其形成原因主要有以下几点。

(1)密封油脂注入量不足。当密封油脂的注入量小于消耗量时,地下水及砂土、泥浆等会进入钢丝刷内部和各层密封刷之间的空隙,造成盾尾渗漏并增大密封刷和环片间的摩擦导致密封刷磨损加剧。

(2)盾构机调整姿态过猛。盾构机以小半径转弯致使环片过度挤压密封刷,造成密封刷产生塑性变形、局部加剧磨损、甚至折断弹性钢板。

(3)环片背部破损水泥块或其他硬质异物进入密封刷间空隙,加剧弹性钢板磨损甚至导致钢板折断。

(4)隧道距离太长。长距离盾构掘进中,密封刷在长时间与环片摩擦中损坏失效。

盾构机盾尾密封刷是保证盾构机与外部地层隔离的一道非常重要的屏障,一旦密封刷由于破损严重而丧失密封作用,将导致盾构隧道直接与地层连通,盾尾会发生漏水涌砂,在严重的情况下甚至会导

致地下水涌入淹没隧道,造成人员财产的损失并导致整个工程失败。因此,盾构施工中加强对密封刷的检查并及时更换破损密封刷非常关键。

## 2 工程概况

川气东送武汉盾构隧道全长1910 m,采用德国海瑞克公司直径3080 mm的AVND3000AH泥水平衡盾构机施工。该隧道前900 m均为细砂、粉砂和少量中粗砂,粒径在0.25~0.075 mm的砂粒占50%~95%,渗透率系数 $10^{-4} \leq K \leq 10^0$ 之间,属于中强透水性地层。在隧道掘进到700多米的时候盾尾发生严重漏水漏砂情况,每天要花费大量的时间和人力排水清砂,极大地影响了施工进度。经过研究后发现为密封刷局部失效所致,为了保证工程顺利进行,我们决定更换最内层盾尾密封刷。

## 3 更换密封刷的技术方案和施工内容

在隧道施工中更换密封刷要先将最内层密封刷裸露于盾尾,这样实际上盾构机暂时只靠剩余的两道部分失效的密封刷隔绝地下水,而且该处地层有强透水性,地下水压达0.3 MPa,保证密封刷更换施工中的盾尾封水是整个方案中的重中之重,因此我们采取如下技术方案在充分考虑到施工安全的前提下实现了在628~629环更换最内层密封刷。

(1)从推进624环时开始加大注浆量,按照正常注浆量的150%背填注浆(3.5 m<sup>3</sup>每环),并适当加水玻璃以缩短凝固时间,以保证在盾尾后部形成一个相对密封稳固的地段。

(2)推进到627环时改为紧贴盾尾环片背注改性泥浆(膨润土和水泥配比为2:3),既达到环片背

收稿日期:2008-02-27

作者简介:李勇成(1972-),男(满族),河北廊坊人,中国石油天然气管道建设项目经理部高级工程师,工业与民用建筑专业,从事项目管理,北京市朝阳区安立路80号马哥罗大厦1808,guandaoju@163.com。

部填充效果又防止因停机时间过长浆液凝固造成的盾壳“抱死”现象。同时在盾尾壳体预留的注浆孔注浆改性泥浆,既保证盾壳不会被地层抱死又起到一定的封水作用。环片拼装情况如图 2 所示。

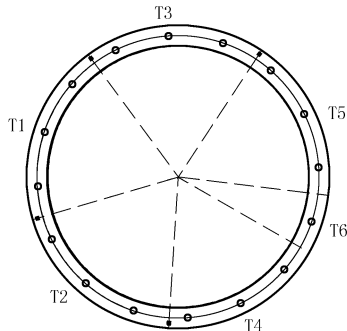


图 2 环片拼装示意图

(3) 由于盾尾漏砂现象主要集中在 3 号油缸(推进油缸共有 8 个)和 4 号油缸之间的部位,初步确定密封刷主要破损范围即为 3 号和 4 号油缸间,因此第 628 环将封顶 K 块(T6)拼装于 3 号油缸位置。拼装时封顶 K 块不安装纵向插销以便于拆卸。

(4) 用钢尺从环片与盾壳间间隙测量从刚拼装好的环片最外侧到最内侧密封刷保护钢板间距为 250 mm。密切关注推进油缸行程,继续推进(此时停止背填注浆)250 mm 停止。保持大部分油缸受力以防止盾构机倒退,拆除 3 号油缸位置的封顶 K 块,此时可以看到密封刷部分保护钢板露出而还没有彻底脱离环片。观察密封刷外部破损情况并详细记录,发现密封刷破损情况基本符合之前的推测。

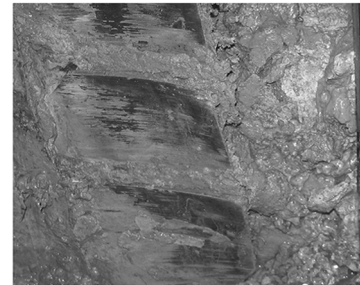
(5) 将封顶 K 块安装回去后继续推进 150 mm,缓慢拆除封顶 K 块,发现密封刷已全部露出且没有漏水情况。继续拆除相邻的 T4 块,用提前准备好的气割和砂轮机清除破损密封刷,焊接新的密封刷到盾壳上,涂抹足量密封油脂后将 T4 块拼装复位。再拆除 T5 块,更换破损密封刷后拼装复位。

(6) 更换密封刷时发现在靠近 4 号油缸处部分密封刷不便焊接。将封顶 K 块安装复位,推进完成后拼装 629 环,将封顶 K 块拼装于 4 号油缸位置,按照之前的步骤拆除相关环片,更换密封刷后拼装复位。

#### 4 更换新密封刷之后的效果

在完成密封刷的更换后,彻底解决了盾尾漏水涌砂现象,见图 3。通过上述方法,我们又检查了其他部位的密封刷并更换破损失效的密封刷,掘进进度由更换前的 6 m/天提升到平均 15 m/天,最高记

录单日掘进达 26.4 m,并且连续刷新该直径盾构的单日掘进记录,大大地缩短了工期,减少了施工成本。



更换前



更换后

图 3 更换新密封刷前后的效果对比图

#### 5 结语

(1) 本次密封刷更换中发现的密封刷破损形式有:弹性钢板磨损过大甚至整片折断、在弹性钢板较为完整的情况下钢丝刷大量磨损甚至局部脱落、密封刷间隙充满砂土和混凝土块而失去封水效果等。这些破损形式都符合对其破损机理的分析,因此,通过控制盾构姿态、加强油脂注入监控等手段完全可以延长密封刷的使用寿命,以达到工程需要。

(2) 由于这台盾构机的拼装器行程受限,所以只能勉强更换第一道密封刷。在盾构机选型时,应该考虑管片拼装机具有足够的行程及回转扭矩,实现更换多道密封刷并能将拆除的环片还原。

(3) 通过这种工法可以较容易地实现盾尾密封刷的安全更换,为盾构施工尤其是长距离盾构施工解决盾尾密封刷失效问题提供了成熟的参考实例。

#### 参考文献:

- [1] 张凤祥,傅德明,杨国祥,项兆池. 盾构隧道施工手册[M]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [2] 刘玮,马升雁. 泥水平衡盾构机盾尾渗漏原因分析及预防措施[J]. 广东土木与建筑,2006,(4).
- [3] 杜建华,彭彦彬,杜立峰,屈彦玲. 盾构掘进施工中盾构机盾尾密封更换关键技术研究[J]. 铁道建设,2007,(3).
- [4] 吴秀国. 长距离隧道施工过程洞内修复盾尾刷技术[J]. 广州建筑,2006,(4).