

# 盾尾刷密封性能实验设计

王炜颢

身份证号码: 310104198602254412

**摘要:** 本篇论文中介绍了一种利用试验平台进行盾构机盾尾刷的密封性能的实验,可以测试不同土压、不同盾尾间隙、不同推进速度下的盾尾刷密封性能。目前比较常用的盾尾刷种类为钢丝刷和钢板刷两种,不同的施工工况对盾尾刷的选用完全不同。目前市场也缺乏盾尾刷的制造标准和检验标准,包括盾尾油脂的性能指标。通过本实验方案可以比较简便且快速地对盾尾刷的性能有一种量化的评估。从而对盾构机在设计制造时对盾尾刷的选择起到辅助指导作用。

**关键词:** 盾构机; 盾尾刷; 密封性能; 盾尾油脂; 盾尾间隙

## Experimental design of shield tail brush sealing performance

Weihaio Wang

ID No.: 310104198602254412

**Abstract:** This paper introduces a test of the test platform for shield machine shield tail brush sealing performance, can test the sealing performance of different soil pressure, different shield tail clearance, different propulsion speed. At present, the more commonly used shield tail brush types for steel wire brush and steel plate brush two kinds, different construction conditions for the selection of shield tail brush is completely different. At present, the market also lacks the manufacturing standards and inspection standards of shield tail brush, including the performance indicators of shield tail oil. The evaluation of the performance of shield tail brush can be easily and quickly. Thus, the shield machine plays an auxiliary role in the selection of the shield tail brush in the design and manufacture.

**Keywords:** Shield machine; Shield tail brush; Sealing performance; Shield tail oil; Shield tail clearance

### 引言:

当今采用盾构法施工的地下通道或隧道结构的施工掘进设备绝大部分都用盾尾刷形式的盾尾密封结构来防止泥水进入到掘进设备和隧道内。虽然目前使用盾尾刷的种类为钢丝刷和钢板刷两种,但是盾尾刷的生产厂家比较多,盾尾刷的制造材料、外形尺寸、钢丝密度,钢板层数等设计要求也没有同一标准。而且不同的施工工况和施工方法对盾尾刷的要求会完全不同。如若盾尾刷在盾构设计制造时选型不符合施工条件,那在实际施工时会导致一系列严重事故,甚至隧道报废。所以盾尾刷的设计选型对于保障实际地下施工至关重要。结合本公司自身的施工现状,本试验主要测试0-6bar压力下和20-80mm盾尾间隙下的各种类型盾尾刷的密封性能。

### 一、实验原理介绍

实验中的盾尾刷必须保证将钢丝用手涂的盾尾油脂

填满,盾尾钢丝刷本身可以承受一定的前穿油脂压力记为 $p_{后穿}$ ,即每个油脂舱间的最大压力差记为 $p_{背压}$ 。

各舱油脂压力呈递增关系,若以行业常规的3道盾尾刷布置为例,第二舱油脂压力为 $p_2$ , $p_2$ 的最大承受压力记为 $p_{背压}$ ,此时第一油脂舱压力记为 $p_1$ 最大能够加压至 $2 * p_{背压}$ ,只要保证 $p_1$ 大于模拟的土压 $p_{土}$ ,就可以实现测试盾尾钢丝刷的密封性能。

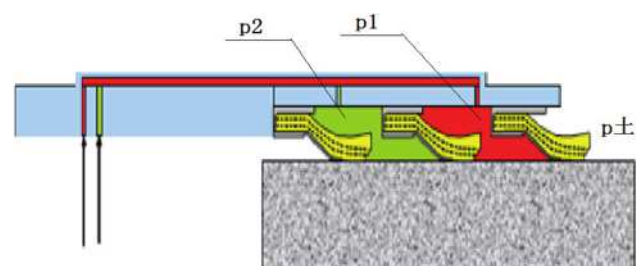


图 1

## 二、实验平台结构简介

本实验平台原理如图2所示：由箱体（3）、前后封板（4）装配后模拟了盾构机的盾尾外壳体钢板。盾尾刷则安装在垂直升降机构（2）的上，可以模拟盾尾间隙的变化，在实验时可以自由设定。水平移动装置（6）用来模拟盾构机实际推进时的推进速度并可以在实验时自由设定。水压模拟罐（1）模拟了外界土体压力，可以自由设定。盾尾油脂系统5往盾尾刷之间的空腔内注入盾尾油脂，该装置安装了外置式行程传感器，可以精确计量盾尾油脂的消耗量。

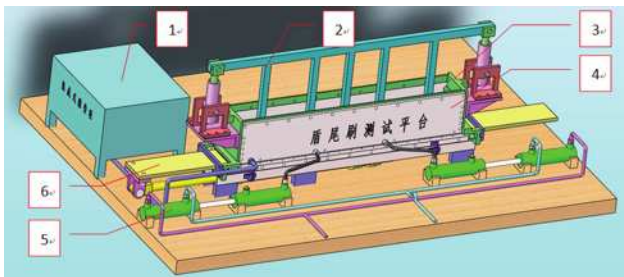


图2

## 三、实验流程

盾尾刷实验流程主要分为：1）单把盾尾刷抗土压试验（静态）、2）三道盾尾刷抗土压试验（静态）、3）推进状态下三道盾尾刷的压力和油脂消耗试验（动态）三个小实验。这三个实验前一个实验都会产生后一个实验的参数设定已出，所以对于测试一种刚刚拿到手的盾尾刷，必须按照1-2-3的实验顺序进行测试。



图3

### 1) 单把盾尾刷抗土压试验

选用不同种类的盾尾钢丝刷，在不同的盾尾间隙下进行盾尾刷密封性能试验。利用盾尾油脂进行加压，经过保压后，检测不同盾尾刷的盾尾油脂往前渗漏和往后渗漏的极限压力。

(1) 按照试验准备流程进行准备工作，安装2把盾尾刷，设置好盾尾间隙，打满第一仓油脂，并排出空气。

(2) 对第一仓油脂进行加压，加压到0.5bar后关闭注脂球阀进行保压。

(3) 如不泄漏（5分钟压降<5%），增加0.5bar重复

以上步骤，直到油脂压力保不住泄压。

(4) 等待第一仓油脂向土压仓泄压，并稳定，记录稳定后的压力A（盾尾刷在该盾尾间隙下的前穿压力）。

(5) 确保通向土压仓的管路球阀全部关闭。

(6) 对第一仓油脂继续加压，直到土压仓和第一仓油脂的压力都为A时，增加0.5bar，关闭注脂球阀进行保压。

(7) 如不泄漏（5分钟压降<5%），增加0.5bar重复以上步骤，直到油脂压力保不住泄压。

(8) 等待第一仓油脂向土压仓泄压，并稳定，记录稳定后的压力B（盾尾刷在该盾尾间隙下的后穿压力）。

(9) 记录试验数据。

### 2) 三道盾尾刷抗土压试验

同时安装3道盾尾钢丝刷，根据实验1测试得到的后穿压力为依据，模拟实际的土压力传递关系。利用盾尾油脂分别对第一仓和第二仓油脂仓进行加压，同时在土压仓模拟不同的土压力；检测在不同的盾尾间隙、不同土压条件下的每一仓油脂的压力，得到三道盾尾刷可以抵抗的极限土压力。

(1) 在不同形式的盾尾刷密封性能测试的试验基础上（保持当前盾尾刷类型和盾尾间隙不变），先打开泄压口，降低油脂压力到0bar。

(2) 打开试验装置侧板，清除土压仓内的油脂。

(3) 清除后，重新安装装置侧板，并注意过程中保证密封未损坏。

(4) 打开第一和第二仓的油脂泄压阀，然后进行注脂，排出空气，油脂仓基本充满时关闭泄压球阀。

(5) 打开土压仓通行扩容加压罐的管路球阀。

(6) 对第一仓进行加压到Abar（盾尾刷在该盾尾间隙下的前穿压力）、对第二仓油脂进行加压到Bbar（盾尾刷在该盾尾间隙下的后穿压力）。

(7) 对土压仓进行加压到A-0.5bar。

(8) 观察最后一道盾尾刷后的摄像头影像。

(9) 逐步调节油脂仓压力和土压仓压力，以0.5bar为单位逐步交替提升第一油脂仓压力和土压仓压力。

(10) 注意在过程中不断加注油脂，并保持两油脂仓的压力在实验要求的压力。

(11) 直到第一仓油脂压力提高到2Bbar，土压仓压力达到2B-0.5bar，试验结束。

(12) 过程不断观察摄像头记录不会泄漏的最高压力。

(13) 记录过程中的数据。

### 3) 推进状态下三道盾尾刷的压力和油脂消耗试验

同时安装3道盾尾钢丝刷,通过注脂缸检测不同盾尾间隙、不同土压、不同推进速度下油脂消耗量。调整第一仓和第二仓中的油脂压力,保证泥水仓的压力始终小于第一仓的油脂压力,同时通过平移油缸模拟不同的推进速度,检测注脂缸的行程,最终测量油脂消耗量。

(1)在完成多道盾尾刷密封性能试验后(保持当前盾尾刷类型和盾尾间隙不变),打开泄压球阀把土压仓压力和油脂仓压力都降低到0。

(2)打开装置,清理土压仓和土压扩容压力罐的盾尾油脂。

(3)检查各位置密封,确保密封无损坏后,重新安装侧板和扩容压力罐,并保持扩容压力罐球阀打开。

(4)按照多道盾尾刷密封性能试验的步骤将土压仓压力设定到2bar,第一仓油脂2.5bar,第二仓油脂Bbar(盾尾刷在该盾尾间隙下的后穿压力)。

(5)开启模拟推进油缸动作,将推进速度设定到20mm/min,保持推进速度5分钟并计时。

(6)注意在过程中不断加注油脂,并保持两油脂仓的压力在实验要求的压力。

(7)5分钟后停止推进,并保持各仓油脂压力不变。

(8)读取油脂注入油缸在5分钟内的行程,并计算出油脂重量kg。

(9)按照(5)~(8)的步骤设定推进速度40mm/min、80mm/min进行试验,记录行程和重量。

(10)收回模拟推进油缸到初始位置,重新设定土压仓压力到4bar、5bar、6bar(根据静态试验结果)。

(11)重复(5)~(9)的步骤分别在4bar、5bar、6bar进行试验。

(12)注意过程中如果消耗的油脂量超过2个油脂加注油缸的总量,需要清理土压仓和扩容罐的油脂。

(13)记录每次试验的结果。

## 四、实验总结

按照该实验进行实验后,可以对需要进行评估和测试的盾尾刷形成一个量化的评价标准,由于本文主要介绍实验的流程的设计以及篇幅限制,对实验的数据就不做详细介绍。经过该实验方案对各类不同规格的盾尾刷进行了测试,对实验获得的结论进行简单介绍:

### (1) 盾尾刷长度

长度对盾尾钢丝刷的承压能力影响不大,但是与设计的盾尾间隙大小有关,盾尾间隙越大,要求盾尾刷长度越长;

### (2) 盾尾刷厚度

钢丝主要用于储存盾尾油脂,并在压紧后起到迷宫密封的作用。钢丝刷的厚度对盾尾钢丝刷的承压能力影响较大,厚度越厚,饱和度越大,表明钢丝数量越多,承压能力越大;

### (3) 前保护板形式

前保护板主要对钢丝起到支撑作用,阻止钢丝在受到压力后的变形的移位。前保护板形式对盾尾钢丝刷的承压能力影响较大,二层钢板形式的盾尾钢丝刷,其承压能力大于一层钢板形式。

## 参考文献:

- [1]单辉祖《材料力学》高等教育出版社,2004.8
- [2]濮良贵,纪名刚《机械设计》高等教育出版社,2013.5
- [3]于永泗,齐民《机械工程材料》大连理工大学出版社,2006.1
- [4]汪琪,李钧《机械设计计算》中国致公出版社,1998.5
- [5]哈尔滨工业大学理论力学教研室《理论力学》高等教育出版社,2002.8
- [6]陈大先《机械设计手册》化学工业出版社,2007.11
- [7]王积伟,章宏甲,黄谊《液压传动》机械工业出版社,2009.3