

盾尾密封油脂性能评价方法研究

严振林, 郭京波

(石家庄铁道大学 机械工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要: 针对盾构施工的日益普及, 盾尾密封油脂在盾构隧道建设中需求不断增大的背景, 分析了盾尾油脂密封原理, 概括了施工中所用盾尾油脂类型及其性能要求, 研究了盾尾油脂的耐水压密封性、挥发性和泵送性测试方法, 为进一步规范盾尾油脂性能评价标准提供了参考。

关键词: 盾构; 盾尾油脂; 盾尾密封; 性能

中图分类号: U455.43 U454 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2010)04-0091-04

0 引言

盾构施工是城市轨道交通隧道施工的主要方法, 盾尾密封油脂是盾构施工中密封防水的主要材料。在盾构机掘进过程中, 因盾壳和管片外壁之间存在间隙, 为了防止盾壳外部水和泥砂等进入盾构内, 必须对盾尾和管片间隙进行密封处理。密封盾尾刷与管片之间存在摩擦, 摩擦力过大容易损坏盾尾装置, 需要在盾尾密封刷之间填充密封油脂, 以减小管片与盾尾刷之间的摩擦力。盾尾密封在盾构施工中起着重要的作用, 而盾尾密封的好坏取决于盾尾密封油脂的性能, 它直接影响着施工的质量和安全。目前, 国内尚无关于盾尾油脂性能评价的标准, 因此寻找一种科学合理的盾尾油脂性能评价方法是十分必要的。

1 盾尾油脂密封原理

早期的盾尾密封曾经采用过橡胶密封件, 其密封方法是将整圈的橡胶密封件安装在盾尾钢板上, 依靠管片和盾壳将其压紧止水^[1]。此种密封方法对橡胶件的耐磨性要求很高, 并且磨损后不容易更换, 所以随着盾构机的发展逐渐被淘汰。

目前, 绝大多数的盾构机都采用在多道钢丝刷之间填充密封油脂的盾尾密封方式, 一般每道钢丝刷由弹簧钢片、钢丝和尾端钢板构成, 如图 1 所示。在盾构掘进时, 通过注脂系统向盾尾钢丝刷之间注入油脂, 借助油脂的挤压力填充密封钢丝刷内部及钢丝刷间的空隙, 增强钢丝刷的密封性能, 从而使盾尾形成一道牢固的密封层, 防止泥水和土砂渗入。盾尾密封油脂不仅可以有效地保护盾尾、隔绝泥浆, 保证盾构的顺利推进; 同时对盾尾钢结构有防锈、防蚀和减少磨损的效果^[2-3]。

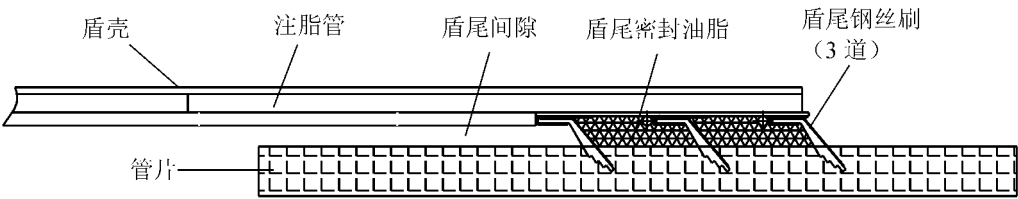


图 1 盾尾密封原理

2 盾尾密封油脂类型及其性能要求

2.1 手涂型密封油脂

手涂型盾尾密封油脂是一种耐磨保护型油脂, 盾构机始发时, 在工作井内通过人工进行盾尾密封刷

的涂抹,使其充满钢丝刷内部空间。防止盾构机始发时地下水、泥浆及同步注浆材料的流入。由于手涂型密封油脂是在管片拼装前填充盾尾刷之间的,为防止涂抹完后下坠和流动,油脂要有高粘度和高稠度特性。另外,在盾构机工作井内对盾尾钢丝刷进行涂抹,可能在井内同时进行焊接等其它作业,为避免火星引起油脂的燃烧,手涂型盾尾密封油脂还必须具备难燃烧。

2 2 泵送型密封油脂

泵送型盾尾密封油脂是在盾构机掘进过程中连续注入的消耗型油脂,其密封性能直接决定着整个盾构施工的安全。泵送型盾尾密封油脂不仅要具备良好的填充性,很好地填充盾尾刷内部及其空腔,防止水和浆液的渗入,同时还必须具备减小管片和盾尾刷之间摩擦的能力。因此,泵送型盾尾密封油脂一般需要有以下几种性能:一定的稠度;较小的挥发性;良好的耐水压密封性;良好的可泵送型,保证在注脂泵的压力下能顺畅地泵送至盾尾;良好的抗水性、抗水冲击性;良好的抗磨性和润滑性,以减小盾尾摩擦力,减少盾尾刷的磨损;良好的延展性,保证在注入盾尾后能快速填满所有空隙;无毒、无腐蚀性,可降解。

以北京中亿博安科技有限公司生产的 TSG 型盾尾密封油脂为例,说明盾尾油脂应具备的性能,见表 1。

表 1 TSG 型盾尾密封油脂性能指标

序号	项目	测试条件	指标
1	密度 (g /cm ³)	25 ℃	1.3±0.10
2	外观	—	均匀带纤维膏状物
3	耐水压密封性	25 ℃、3.5 MPa 水压 (试验压力)	无漏水
4	挥发性 (%)	80±2 ℃, 5 h	≤ 2
5	燃点 (℃)	—	≥ 250
6	泵送性 (g /m in)	25 ℃, 压力 1 MPa	≥ 42
7	稠度 (1/10mm)	23±2 ℃,	220~ 250
8	下垂值 (mm)	50±2 ℃, 5 h	0
9	抗水冲击性 (%)	0.02 MPa 冲 20 min	0
10	金属腐蚀性	—	无变色、无腐蚀
11	生物降解	—	可降解

在盾尾油脂各项性能指标中,以耐水压密封性和泵送性最为重要^[4]。耐水压密封性直接关系到整个施工安全,如果油脂的耐水压密封性能达不到要求,在盾构机掘进到富水层或注浆压力较大时,将可能发生水或浆液穿透盾尾密封刷进入到盾构机内部,从而带来地面沉降和其它安全问题。泵送性是衡量油脂能否顺利被油脂泵送到盾尾的一个重要指标,泵送性不好,可能堵塞注脂管或者造成泵送压力过大,严重时可能引起盾尾密封失效。

3 盾尾油脂性能评价方法

在对盾尾油脂进行性能测试之前,将油脂在标准试验条件下放置 24 h,其中标准试验条件为温度 25±2 ℃,相对湿度为 (50±5)%。

3 1 耐水压密封性

耐水压密封性测试试验是将被检验盾尾油脂置于一定水压下,保持一定时间,检测该水压下油脂是否渗漏。

耐水压密封试验装置由承压筒、密封法兰、O 型密封圈、压力表、20 目金属网片以及加压装置等构成,如图 2 所示。其中承压筒高度为 120 mm,内径为 50 mm,其底部开设多个小直径泄水孔。密封法兰上装有压力表、进水阀以及加压管路等。承压筒底部放置多道金属网片,金属网片的直径要略大于承压筒内径。其中加压设备可选用液压系统来完成,也可以选用机械设备来实现。

试验方法。首先把 2 层金属网片放置于承压筒底部,然后在金属网片上部放入厚度为 5 mm 盾尾密封油脂,并把油脂夯实,以便排出油脂内部气泡,保持密封油脂与承压筒内壁之间的良好接触,盖上承压筒上部法兰;拧紧法兰和承压筒之间的螺栓,打开排气阀,通过进水管向承压筒中注水,直到排气阀中有水溢出为止,在注水过程中尽量使水流缓慢,以保证设备中的气体全部被排出;关闭排气阀,然后通过加压

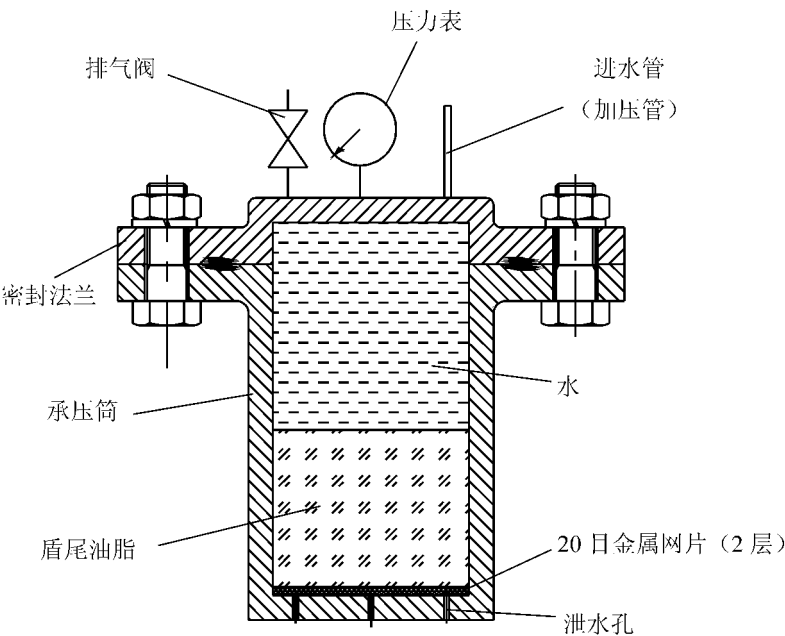


图 2 盾尾密封油脂耐水压密封试验装置

管对油脂进行加压。当压力表显示预定压力时, 停止加压, 在该压力下保持一定时间, 观察泄水孔处是否有油脂溢出。一般在 3.5 MPa 的压力使承压筒下保持 60 min 后既可观察, 如果泄水孔处有水滴下, 表明该盾尾油脂的耐水压性能差; 如果泄水孔处没有水滴, 或者只有少量的油液滴下, 表明该盾尾油脂的耐水压性能良好。

3.2 挥发性

取盾尾密封油脂 20 ± 5 g 填入恒重的玻璃培养皿 (深 12 mm, 内径 65 mm) 内, 用刮刀嵌实展平后称量 (精度至 0.001 g), 制备三个试验样品。将样品放入 80 ± 2 °C 烘箱内 5 h, 取出放入干燥器内冷却 30 min, 再次称重, 按 (1) 式计算挥发率^[5]。

$$M = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

(1)

式中, M 为挥发率; M_1 为加热前培养皿和盾尾油脂的质量 (g); M_2 为加热后培养皿和盾尾油脂的质量 (g); M_0 为培养皿质量 (g)。试验结果取三个盾尾油脂样品的算术平均值, 精确至 0.1%。

3.3 泵送性

泵送性是盾尾密封油脂很重要的性能指标之一。一些盾尾密封油脂在指标中只注明“可用中号黄油枪打出”来表示其泵送性, 而没有进行定量表示, 显然不能恰当地表达油脂的泵送性^[1]。泵送性可按标准 NF60139 进行测试, 即盾尾油脂在 25 °C 时, 1 MPa 的压力下通过一定毛细管时的流量, 以 g/min 表示, 毛细管的管径不一样, 测定的值就有很大的区别 (具体测试方法可参照标准 NF60139)。

关于盾尾密封油脂的其它性能试验方法, 可以参照 GB/T 13477《建筑密封材料实验方法》和 ASTM D4049 的标准进行测试。

4 结语

目前, 我国大陆地区共有 24 个城市正在进行城市轨道交通前期规划、设计、筹备和建设等工作。根据国务院 81 号文件, 上海、广州、杭州、南京、哈尔滨等地编制了地铁近期建设计划, 如上海市到 2015 年计划修建 500 km, 北京市到 2015 年计划修建 460 km。随着我国经济的发展, 掀起了轨道交通建设的高潮, 给轨道交通事业及相关行业带来了前所未有的挑战和发展机会。另外, 大直径盾构法公路隧道、水工隧道、电力隧道以及城市共同沟施工中使用的小直径盾构法也日益增多。因此, 盾构法施工是未来软土隧道施工的主流, 而盾尾密封油脂是盾构施工中密封防水的主要材料, 目前, 在国内还未见《盾尾密封油脂》

的相关标准,因此,盾尾密封油脂性能评定标准、油脂材料技术标准以及材料的检验和使用标准等相关文件的制定,将势在必行。

参 考 文 献

[1]朱祖熹. 盾构法隧道的盾尾防水密封与盾尾密封油脂[J]. 中国建筑防水, 2009(7): 2-6
[2]钱建华, 张宏伟. 盾构掘进机钢丝刷型盾尾的密封油脂: 中国, 200510023635. 4[P]. 2005-08-17.
[3]刘延鹏. 一种盾构掘进机的盾尾密封油脂: 中国, 200610126873. 2[P]. 2006-09-08
[4]白传航. 盾尾密封脂的泵送性和抗水密封性[J]. 合成润滑材料, 2007, 34(2): 23-24
[5]全国轻质与装饰装修建筑材料标准委员会. 建筑材料标准汇编(密封材料)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2005

Discussions on Property Evaluation of Shield Tail Grease

Yan Zhenlin, Guo Jingbo

(School of Mechanical Engineering of Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract Based on the current situation, i.e. increasing popularity of shield tunnel and the increasing need for shield tail grease, the article analyses the theory of sealing with shield tail grease, making a summary of the classification and properties of shield tail grease used in tunnel construction, focusing on discussion of the properties trial of water proofing, volatility and transportation of the shield tail grease, which may provide a reference for standardization of the performance evaluation of shield tail grease

Key words shield, shield tail grease, shield tail sealing, property

(上接第 14 页)

Vortex Shedding-induced Vibration and its Mitigation of Two-rib Bluff Body with Rectangular Shape

Lu Fangxia, Zhao Lin, Guo Zengwei, Ge Yaojun

(State Key Laboratory for Disaster Reduction in Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract In wind tunnel test, arch ribs with two-rib rectangular shape of long-span arch bridges are prone to large vortex-induced vibration (VIV). Based on analyzing the distribution of the arch rib surface aerodynamic pressure, the relationship between the pressures distribution and the periodic vortex-induced force is gained by POD method and the mechanism of the local vortex excited aerodynamic loading is initially revealed. Taking Lupu arch bridge and Zhaoqing Xijiang grand arch bridge as technical examples, with the help of aerodynamic characteristics of pressures distribution around rib surface, especially the dominant vortex excited areas determined by surface pressure measurement tests about two-dimensional sectional model, this paper proposed control measures for the rib section significantly reducing amplitude of vortex-induced vibration, and mitigation effects were successfully re-illustrated. Finally, the vortex related aerodynamic vibration characteristics, damping effect, the three-dimensional gradient effect and the effect of the combined effects of mass distribution were further investigated utilizing full aeroelastic bridge model. Some conclusions are reached that the solution of suspension plate just at the place of upper and lower arch rib or fully covering plate can both sharply reduce amplitude of vortex-induced vibration and increase onset wind speed of lock-in region. VIV suppression effects should be re-examined combined with three-dimensional full aero-elastic model.

Key words two-rib rectangular shape bluff body; long span arch bridge; steel box arch rib; vortex-excite resonance; vibration control