

中国交通运输协会团体标准

盾尾密封油脂

Shield tail sealing grease

(征求意见稿)

编制说明

2024-08

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

根据中国交通运输协会发布的“2022 年度第二批团体标准项目立项的公告”（中交协秘字〔2022〕33 号）要求，由山东大学、济南市交通工程质量与安全中心、中国矿业大学、济南大学、深地科学与工程云龙湖实验室、中交一公局第三工程有限公司、中铁上海工程局集团市政环保工程有限公司、济南市济阳区公路事业发展中心、南昌轨道交通集团有限公司作为起草单位，负责本标准的编制工作。

主要起草人：李树忱、袁超、万泽恩、冯现大、赵世森、庞京春、张涛、郭延峰、詹涛、艾振喜、孙东晓、毛超军、梅晓君、张晓霞、吴招锋、单生彪。

二、制订标准的必要性和意义

近年来，我国城市地铁建设进入高峰期，在建里程大幅增长。随着盾构隧道建设的大规模开展，因盾尾密封失效带来的安全问题逐渐凸显。盾尾密封系统是保障盾构掘进的重要安全防护系统，主要依靠密封油脂和盾尾刷性能形成的高压屏障进行密封。一旦盾尾密封失效会造成注浆压力不足、地表沉降加大等危害，严重时甚至会引发隧道坍塌等重大安全事故。因此，盾尾密封体系的可靠性对于盾构安全掘进具有重要意义。随着盾尾密封油脂产品将大规模应用，其品质和质量制约着工程建设安全和对地下水的环境的影响，现阶段诸如油脂质量良莠不齐、缺乏相关的标准和试验规范、理论研究较少，亟需建立盾尾密封油脂性能检测标准。本标准的制订，是为了规范城市轨道交通建设盾构隧道施工过程中盾尾密封油脂材料的品质选择、用量用法和施工规范，保障盾尾密封系统的安全可靠。本标准的建立可充分发挥起草单位在科研领域及施工领域的优势，最大程度保障地铁建设快速掘进与施工安全，推动国内盾构隧道工程的安全施工、地下空间开发利用以及高质量发展战略目标实现，形成新的产业格局和经济增长点，实现经济和社会效益的共赢。

三、主要工作过程

本标准通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验检测结果及使用单位反馈信息，确定标准编制方向。经中国交通运输协会立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，

进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

目前暂无盾尾密封产品相关国家和地方标准，施工仍以经验为主。21世纪初EFNARC提出的行业标准《软土和硬岩中机械化隧道掘进（TBM）专用产品的使用规范和指南》，与近年来城市地层复杂环境下的盾构施工技术及产品性能要求不匹配，无法适应当下的施工要求，因此亟需制定盾尾密封油脂性能检测标准。本标准制订的基本原则是以现有研究工作为基础，结合工程施工研究，针对盾尾密封油脂的特点进行定义、描述和规范。

本标准编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术标准：

- 1.GB/T13477.2《建筑密封材料试验方法》（第二部分）密度的测定
- 2.GB/T269《润滑脂和石油脂锥入度测定法》
- 3.EFNARC 2001《Specification and Guidelines for the use of specialist products for Soft Ground Tunnelling》
- 4.GB/T13477.6《建筑密封材料试验方法》（第六部分）流动性的测定
- 5.ASTM D1092《润滑脂表观粘度测量的标准试验方法》
- 6.ASTM D972《润滑脂和润滑油蒸发损失的标准试验方法》
- 7.GB/T261《闪点的测定》
- 8.ASTM D4049《润滑脂耐水喷洒性试验方法》
- 9.GB/T7326-87《润滑脂铜片腐蚀试验法》
- 10.UL 94《设备和器具部件塑料材料燃烧测试标准》
- 11.GB/T14682-2006《建筑密封材料术语》
12. SH/T 0229 固体和半固体石油产品取样法

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1 范围

本文件规定了盾尾密封油脂的技术要求、检测方法以及标志、包装、运输和贮存。本文件适用于盾构机掘进过程中盾尾密封油脂的生产、检验与使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T13477.2建筑密封材料试验方法（第二部分）密度的测定

GB/T13477.6建筑密封材料试验方法（第六部分）流动性的测定

GB/T14682-2006建筑密封材料术语

GB/T261闪点的测定

GB/T269润滑脂和石油脂锥入度测定法

GB/T7326-87润滑脂铜片腐蚀试验法

SH/T 0229固体和半固体石油产品取样法

3 术语

3.1

盾尾密封油脂 shield tail grease

一种地下工程盾构法施工盾构机盾尾刷间所注入的能起到密封防水、润滑、防锈的密封材料。

3.2

盾尾密封油脂密度 shield tail grease density

在温度25℃时，单位体积下盾尾密封油脂的质量。

注：盾尾密封油脂密度的单位为千克每立方米（kg/m³），引用GB/T14682-2006。

3.3

锥入度 penetration

在规定的时间内、温度和负荷等条件下，一个标准物体、圆锥体或针刺入试验部分的深度。

注：锥入度的单位为0.1mm，引用GB/T269。

3.4

抗水压密封性 anti water pressure sealing performance

盾尾密封油脂密封油脂腔保护盾壳内部不受外部水、注浆浆液或其他流体侵入的性能。

3.5

粘附性 adhesion

盾尾密封油脂对于金属的粘附性能表征。

3.6

下垂度 slump

规定条件下将盾尾密封油脂注入规定尺寸的模具中，在一定温度下以垂直和水平的位置保持规定时间，测出试样流出模具端部的长度。

注：引用GB/T14682-2006。

3.7

可泵性 pumpability

以在25℃，1.0Mpa气压下，盾尾密封油脂利用油脂泵泵入盾尾的程度。

3.8

蒸发损失率 evaporation loss rate

盾尾密封油脂在高温下的蒸发损失程度。

3.9

闪点 flash point

在标准试验条件下，油脂在加热蒸发后接触火焰后而产生短促闪火时的最低温度。

注：引用GB/T261。

3.10

抗水冲失性 water loss resistance

盾尾密封油脂抵抗水冲失的性能。

3.11

腐蚀性 corrosiveness

盾尾密封油脂对金属部件可能存在的化学腐蚀性能。

3.12

耐燃性 flame resistance

盾尾密封油脂抵抗和延缓燃烧的性能。

3.13

抗离析 anti segregation

盾尾密封油脂在4500r/min离心机转速下保持5min的稳定性能。

3.14

盾尾最大水压力 maximum water pressure at the tail of the shield

盾构机尾部结构所处隧道断面最大水压力

4 技术指标

4.1 性能指标

盾尾密封油脂产品性能应满足附表1所示：

表1 盾尾密封油脂性能要求

序号	项目	指标要求		
1	外观	粘稠状带纤维的均匀膏状物		
2	颜色	乳白色或米黄色		
3	气味	无明显刺激性气味		
4	密度 (25°C), g/cm ³	1.3±0.05		
5	锥入度 (25°C), 0.1mm	210-255		
5	抗水压密封性 (水压测试, 8bar, 25°C), min	1.0mm筛网	密封时间	>5min
		0.5mm筛网	密封时间	>5min
6	粘附性测试 (2min), mm	≤30		
7	下垂度 (70°C), mm	≤2		
8	可泵性 (25°C), g/min	5-40		
9	蒸发损失率	≤2%		
10	闪点, °C	>150		
11	抗水冲失性 (276kPa±7kPa, 5min)	<5%		
12	腐蚀性 (100±1°C, 24h)	无腐蚀		
13	抗离析 (4000r/min, 5min)	产品稳定, 无析油现象		
14	耐燃性 (min)	<8		

4.2 质量分级

盾尾密封油脂质量优劣等级划分如下表2所示。

表2 盾尾密封油脂质量优劣分级表

分级 指标	优	良

密度, g/cm ³ (25°C)		1.3±0.05	
锥入度, 0.1mm (25°C)		210-235	235-255
阻燃性, min		≤5	5~8
闪点, °C		≥250	150-250
粘附性, mm (20°C)		≤30	
抗 水压密 封性	盾尾最大水压力: 0≤P≤0.5Mpa (水压测试, 0.8MPa, 25°C)	1mm筛网 密封时 间>5min	0.5mm筛网 密封时间>5min
	盾尾最大水压力: 0.5<P≤1.0Mpa (水压测试, 1.3MPa, 25°C)	1mm筛网 密封时 间>5min	0.5mm筛网 密封时间>5min
	盾尾最大水压力: 1.0<P≤1.5Mpa (水压测试, 1.8MPa, 25°C)	1mm筛网 密封时 间>5min	0.5mm筛网 密封时间>5min

5 检测方法

5.1 外观的测定

取样100g于透明玻璃容器中, 在25°C和非阳光直射下目测即可。

5.2 气味的测定

取样100g于初始无气味密封瓶子中, 静置后由测试者对气味做出评估。

5.3 密度的测定

按GB/T13477.2的规定。

5.4 锥入度的测定

按GB/T269的规定。

5.5 下垂度的测定

按GB/T13477.6的规定。

5.6 闪点的测定

按GB/T 261的规定。

5.7 腐蚀性的测定

按GB7326-87的规定。

5.8 抗水压密封性的测定

5.8.1 仪器设备

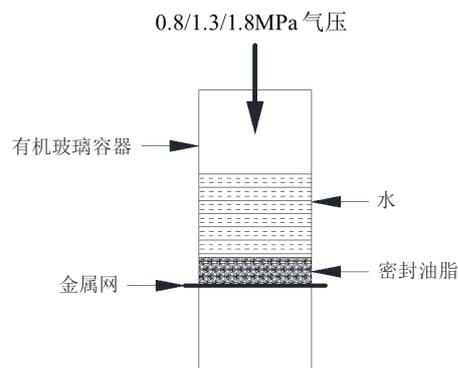
5.8.1.1 加压泵：可提供最大气压为1.5MPa；

5.8.1.2 有机玻璃桶（也可选金属质容器）；直径为50mm，厚度15mm；

5.8.1.3 金属网：规格为0.5mm或者1mm；

5.8.1.4 计时器；

5.8.1.5 烧杯：500mL。



密封性试验示意图

5.8.2 试验步骤

5.8.2.1 首先采用孔径1mm的金属网，放在设备底部相应的位置固定。

5.8.2.2 在金属网上均匀涂抹2.5cm厚的盾尾密封油脂。

5.8.2.3 然后在有机玻璃桶内（即油脂上方）加水至满，并加上端盖密封。

5.8.2.4 最后利用加压泵开始向容器内加压，稳定在预设气压（0.8/1.3/1.8MPa），并记录初始时间 t_0 。

5.8.2.5 观察容器下方是否漏水，记录开始漏水的时间 t_1 。

5.8.2.6 比较密封油脂的密封时间是否大于5min，如果大于5min说明该油脂密封性良好；如果小于5min则重新采用孔径为0.5mm金属网进行上述试验流程1~5。记录相应的初始时间 T_0 及开始漏水时间 T_1 。

5.8.2.7 再次比较该密封油脂的密封时间是否大于5min，如果大于5min说明该油脂密封性中等；如果小于5min说明该密封油脂的密封性能较差。

5.9 泵送性的测定

5.9.1 仪器设备

5.9.1.1 盾尾密封油脂手动加料器；

5.9.1.2 毛细管流变仪；

5.9.1.3 控温装置；

5.9.1.4 电子秤。

5.9.2 操作步骤

5.9.2.1 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48 h，其中标准试验条件为温度 (25 ± 2) °C；

5.9.2.2 使用带有推拉活塞的盾尾密封油脂手动加料器从油脂桶中取出一定质量的盾尾密封油脂待用；

5.9.2.3 启动毛细管流变仪，通过控制机械传动单元将压料杆从料筒中提出，然后将手动加料器的下端对准料筒的上端，手动推加料器的活塞，将盾尾密封油脂推入料筒中；

5.9.2.4 开启控温装置，设定温度为 (25 ± 0.1) °C，启动手动加载，将压料杆放下至料筒中物料的上表面，排除料筒内的气体，直到有连续的物料通过毛细管挤出为止；

5.9.2.5 然后设定压料杆的压力为1MPa，物料在 (25 ± 0.1) °C下保持 120 min，启动自动加载，开始试验；

5.9.2.6 从0MPa开始逐渐加压，当加压到 (1 ± 0.01) MPa 时，该设备开始自动计时，此后压力一直保持 (1 ± 0.01) MPa，直到试验结束；

5.9.2.7 试验过程中，每隔1min取1次流经毛细管的盾尾密封油脂称重，记录数值。每次试验至少取3次，并取平均值，即可得到在该测试条件下的盾尾密封油脂泵送性测试值。

5.10 粘附性

通过粘附性试验得到盾尾密封油脂对金属表面粘附性指标

5.10.1 仪器设备

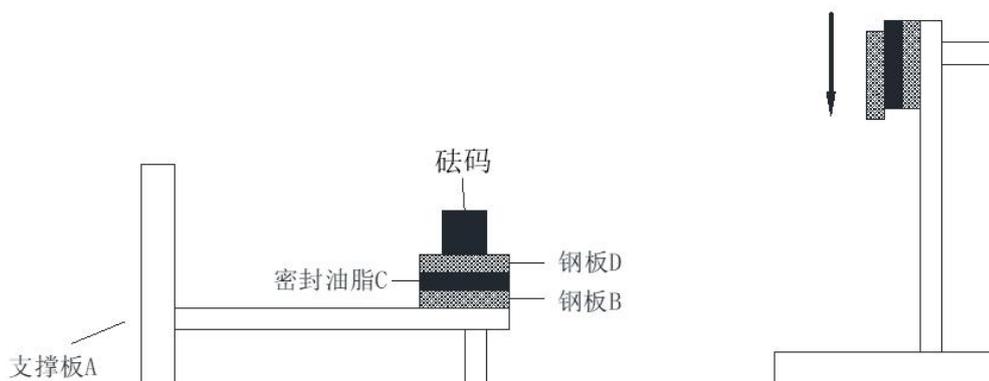
5.10.1.1 钢板两块 $(50\times 50\times 5\text{mm})$ ，重量100g；

5.10.1.2 支撑架；

5.10.1.3 2公斤的砝码；

5.10.1.4 游标卡尺，精度0.1mm；

5.10.1.5 秒表。



粘附性试验示意图（图左为水平位置，图右为垂直位置）

5.10.2 测试过程

5.10.2.1 首先将支撑板A水平放置在试验台上，并在其右端铺设钢板B，将其固定在支撑板A上；

5.10.2.2 然后将盾尾密封油脂均匀涂抹在钢板B上2cm厚即可；

5.10.2.3 用钢板D覆盖在盾尾油脂上，与支撑板A上的钢板B对齐，并将2公斤铁块放在钢板D上，将其压实，持续2min；

5.10.2.4 当时间达到2min后，将重2公斤的铁块取走，并将支撑板提升到垂直位置如图所示；

5.10.2.5 利用游标卡尺测量1min后钢板D向下的垂直移动距离，记为 l_1 。

5.10.2.6 重复以上步骤2次，分别记读数 l_2 、 l_3 ，最后取其平均数记为 l 。

5.11 蒸发损失性

本方法可以用于测定盾尾密封油脂的蒸发损失性。其方法简单描述为将蒸发器里的油脂试样置于规定温度的恒温浴中，以 $2.58 \pm 0.02 \text{g/min}$ 的速率供应 30°C 热空气通过试样表面22h。根据试样失重计算蒸发损失。

5.11.1 仪器设备

5.11.1.1 蒸发器；

5.11.1.2 空气供给系统；

5.11.1.3 油浴；

5.11.1.4 温度计；

5.11.1.5 流量计；经矫正得转子流量计，于15~30℃以2.58±0.02g/min的速率供应空气。

5.11.2 操作过程

5.11.2.1 称重洗净的试样杯和罩子精确至1mg。取掉罩子，将脂杯填满盾尾密封油脂，操作中应小心，以防空气混入，用直边刮刀使盾尾密封油脂与油脂杯边缘相平，并用干净的棉纱擦掉留在边缘的油脂，把罩子紧密的拧到油脂杯上而不要触动以刮平的表面。称量组合件并记录试样的净重，精确至1mg。

5.11.2.2 盖上盖子（不装罩子和试样杯），将蒸发器浸入恒温浴中使其达到试样温度（控制在±0.5℃）。在开始试验前，让蒸发器在恒温浴中至少保持30min,在此期间，使干净的空气以规定的速度2.58±0.02g/min（在标准温度和标准压力下为2L/min）流过蒸发器，空气流速通过转子流量计指示。然后取掉盖子，把称量过的罩子和油脂杯拧上，再盖上盖子，上紧三个滚花的顶盖，封严螺丝以防空气从盖下泄露。干净的空气通过蒸发器22h±5min。

5.11.2.3 在22h结束后，从蒸发器上取下组合在一起的试样杯和罩子，冷却至室温，然后称重并记录样品净重，精确至1mg。

5.11.3 结果计算

试样的蒸发损失率以 F 来表示，按下式计算：

$$F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%$$

其中，F——试样的蒸发损失率，%；

M₁——试验前试样的重量，g；

M₂——试验后试样的重量，g；抗水冲失性

5.12 抗水冲失性

本方法用于测试在规定的试验条件下盾尾密封油脂在水冲作用下附着在金属表面的能力。可简要描述为将待测油脂涂抹在不锈钢上，并在规定的测试温度和压力下喷水，5min 后以留在测试板上油脂残存量来衡量其抗水冲失性的能力。

5.12.1 仪器设备

5.12.1.1 不锈钢测试板；

5.12.1.2 用于涂抹于测试面板的盾构油脂夹具；

5.12.1.3 喷水装置；

5.12.1.4 温度计，可测温 $38^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，以此决定水冲装置喷水嘴水流的温度；

5.12.1.5 电子秤：精度 0.1g；

5.12.1.6 抹刀；

5.12.1.7 烘箱。

5.12.2 操作过程

5.12.2.1 将一个干净的测试板称重，记录为 W_1 。

5.12.2.2 采用金属夹具并使用抹刀涂抹大约 $0.8\text{mm}\pm 0.005\text{mm}$ 厚的油脂层，清除测试面板凸起部分以外的任何油脂，重新称重并记录为 W_2 。

5.12.2.3 向水箱中加入适量的自来水，盖上加热器，将水温调至 $38^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。当水温达到 $38^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 时，循环 2-3 分钟以达到温度平衡。使用旁路阀调整调压泵的压力至 $276\text{kPa}\pm 7\text{kPa}$ ，旁路阀必须在仪表前方而不是在喷嘴与仪表之间。然后关闭马达。

5.12.2.4 将测试面板水平且居中放置于冲水喷嘴下方。启动电机，在面板上喷水 5 分钟。

5.12.2.5 关闭电机，停止淋喷，并将面板移开，除去面板凸起部分以及面板边缘和底部的多余油脂。并将面板水平放置在 $66^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干 1h。

5.12.2.6 将测试面板从烘箱中取出，冷却，重新称量面板质量，并记录为 W_3 。

5.12.2.7 每次试验后用水冲洗油层，并擦去面板表面的残存油脂，将喷嘴拆卸并洗净。

5.12.3 结果计算

按照下式可得到盾尾密封油脂的水雾冲失率 P：

$$P = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

其中，P——盾尾密封油脂水雾冲失率；

W_1 ——测试面板初始质量；

W_2 ——喷水前测试面板与油脂的质量；

W_3 ——喷水后测试面板与残存的油脂的质量。

5.13 抗离析

5.13.1 试验仪器

5.13.1.1 离心机；

5.13.1.2 试管，量程 20mL；

5.13.1.3 称量天平；

5.13.1.4 勺子、镊子；

5.13.1.5 烧杯。

5.13.2 操作过程

5.13.2.1 使用称量天平称取一定质量的油脂放置于烧杯内，然后将油脂样品制样分批装入离心机专用试管内，每支试管装入容积的 3/4；

5.13.2.2 开启离心机，进行空转测试。空转测试正常后，关闭电源，打开样品仓，将载有样品的试管对称放置在样品仓试管孔里。

5.13.2.2 将离心机参数设定为 4000r/min，时间为 5min。开启电源，进行离心测试；

5.13.2.4 离心测试结束后，关闭电源，打开样品仓盖子。取出样品仓里面的样品，观察离心效果，若油脂未出现分层离析现象，则证明油脂产品稳定性较好。

5.14 耐燃性

5.14.1 仪器设备

5.14.1.1 固定台，将试件、燃具固定的试验台；

5.14.1.2 燃具，甲烷灯；

5.14.1.3 标尺；

5.14.1.4 计时器；

5.14.1.5 马克笔。

5.14.2 操作过程

5.14.2.1 试样制备，取适量盾尾密封油脂做成片状试件，要求边沿光滑、表面干净，密度均匀；（试件具体尺寸：长×宽：125±5mm×13.0±0.5mm，厚度取 3mm~13mm 均可，此处选取 10mm），需同时准备三个试件，测试前在室温下放置 48h；

5.14.2.2 将试件固定在固定台上，一端固定，一端自由，从自由一端起，在试件的 25mm 和 100mm 处用马克笔做标记；

5.14.2.3 利用燃具将试件从自由一端开始燃烧，控制燃具中甲烷流量为 105ml/min；

5.14.2.4 利用燃具将盾尾密封油脂试件燃烧至 25mm 标记处，移走燃具；

5.14.2.5 开始计时，当火焰燃烧至 25mm 处开始计时，如果火焰烧至 100mm 之前停燃则记下停燃时所用的时间，如果火焰烧至 100mm 处没有停燃，则记下烧至 100mm 处所用的时间；

5.14.2.6 将三个试件所得的结果取平均数作为该盾尾密封油脂的阻燃性指标。

6 检验规则

6.1 出厂检验

出场检验项目为4.1规定的技术要求。

6.2 型式检验

型式检验项目为第4章全部技术要求。有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1) 正式生产后，如材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 2) 正常生产时，一年至少进行一次检验；
- 3) 产品停产半年以上恢复生产时；
- 4) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 5) 合同规定时。

6.3 组批

原材料、工艺不变的条件下，品种、规格、生产日期相同的产品视为同一批产品。

6.4 抽样及留样

抽样按SH/T 0229进行，抽样以批为单位，每一批取样量不少于10kg，每一批样品充分混匀，并分为两份，一份按规定的项目进行试验，另一份密封保存至保质期止，以备有疑问时提交复检或仲裁。

6.5 判断规则

所检项目全部合格，判断该批产品合格。若出现不合格项，可自同批产品中双倍量抽样进行复检，复检仍有不合格项，判断该批产品不合格。

7 标志、包装、运输与贮存

7.1 标志

包装上应标记产品的名称、型号、公司名称、地址、电话、生产批号、注册商标、净含量、注意事项、使用说明。

7.2 包装

包装采用铁桶，具体规格由双方协商确定。

7.3 运输

必须轻放轻卸，保持外包装无损，避免剧烈碰撞和热晒雨淋。

7.4 贮存

盾尾密封油脂应该贮存在温度不高于38℃的干燥阴凉通风处，避免暴晒，不得倒放。

六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准采用的国际标准为 21 世纪初 EFNARC 提出的行业标准《软土和硬岩中机械化隧道掘进（TBM）专用产品的使用规范和指南》（英文名为 *Specification and Guidelines for the use of specialist products for Soft Ground Tunnelling*），与近年来城市地层复杂环境下的盾构施工技术与产品性能要求不匹配，已经无法适应当下的施工要求，因此亟需制定盾尾密封油脂性能检测标准。

八、作为推荐性标准建议及其理由

本标准起草单位是由科研高校、施工单位、研发单位等构成的项目团队，在盾构隧道工程领域有着丰富的科研实力与施工经验。依托济南地铁、青岛地铁、长春地铁、济南穿黄隧道等十余个城市轨道交通建设工程，研发了盾尾密封油脂，解决了盾构掘进过程面临的盾尾密封相关难题。同时团队具有完备的试验条件，完全能够支撑盾尾密封产品性能测试，满足标准建立的可行性要求。目前城市轨道交通建设盾构用盾尾密封产品无相关标准。无行业/领域地方标准体系框架。亟需结合我国轨道交通发展规模、发展阶段、自身定位、功能特色等进行油脂分级分类，评估指标应具有易获取、可量化、代表性强、来源可靠等要求，为市场监管提供依据。本标准的建立对我国地铁建设起到把控作用，结合区域经济建设，带动相关行业发展。标准化后的盾尾密封产品将带来巨大的经济效益和市场竞争能力，成为助力区域经济发展的强力引擎。

九、贯彻标准的措施建议

(1) 精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的隧道建设、监理、设计、施工等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确盾尾密封油脂的材料性能要求、施工工艺、检测方法、质量监督等方面的具体要求，指导盾构隧道安全施工的实施，有效推动贯标工作的开展及落实。

(2) 组织相关人员到施工现场开展试验和操作培训，直观对比不同盾尾密封油脂的工程应用效果及具体施工工艺；

(3) 定期组织科研、生产、应用、检验各环节人员进行技术交流，不断对盾尾密封油脂进行改进，保持技术领先、性能优化、价格合理。

十、其他应说明的事项

暂无。