

# T/ATNT

## 易县轨道无损检测协会团体标准

T/ATNT XXXX—202X (R0)

### 金属材料超声检测用耦合剂性能检测方法

Test methods for performance parameter of couplant  
for metallic materials ultrasonic testing

(征求意见稿)

(本稿完成时间: 2023-06-19)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

易县轨道无损检测协会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 通用要求 .....	8
5 外观 .....	9
6 颜色 .....	9
7 气味 .....	10
8 密度 .....	10
9 黏度 .....	11
10 挥发性及残留物 .....	12
11 声速 .....	14
12 声衰减 .....	15
13 声阻抗 .....	17
14 接触角 .....	17
15 摩擦系数 .....	19
16 凝点 .....	20
17 闪点 .....	21
18 pH 值 .....	23
19 腐蚀性 .....	24
附录 A (资料性) 色卡图 .....	26
附录 B (资料性) (18~28) °C 纯水密度表 .....	27
附录 C (资料性) (18~28) °C 水黏度表 .....	28
附录 D (资料性) 水的声速、声阻抗、声衰减 .....	29
附录 E (资料性) 试辊技术要求 .....	30
附录 F (资料性) 腐蚀试片结构、安装及评级 .....	31
参考文献 .....	34

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由易县轨道无损检测协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

# 金属材料超声检测用耦合剂性能检测方法

警示：使用本文件的人员应有正规实验室工作的实践经验。本文件的使用可能涉及某些有危险的材料、设备和操作，本文件并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

## 1 范围

本文件描述了耦合剂的外观、颜色、气味、密度、黏度、挥发性及残留物、声速、声衰减、声阻抗、接触角、摩擦系数、凝点、闪点、pH 值、腐蚀性等指标的检测方法，包括检测的基本原理、设备要求、样品及检测程序、结果计算、检测报告和检测的精密度。

本文件适用于直接用于金属材料超声检测的液态耦合剂。对于需要稀释后用于超声检测的耦合剂，应在经稀释后采用本文件的方法检测。

## 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/T 443—1989	L-AN 全损耗系统用油
GB/T 679	化学试剂 乙醇(95%)
GB 1922—2006	油漆及清洗用溶剂油
GB/T 4472—2011	化工产品密度、相对密度的测定
GB/T 5208—2008	闪点的测定 快速平衡闭杯法
GB/T 5266—2006	声学水声材料纵波声速和衰减系数的测量脉冲管法
GB/T 5698—2001	颜色术语
GB/T 6379.1—2004	测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第1部分： 总则与定义
GB/T 6682	分析实验室用水规格和试验方法
GB/T 8170	数值修约规则与极限数值的表示和判定
GB/T 9724	化学试剂 pH 值测定通则
GB/T 10094—2009	正态分布分位数与变异系数的置信限
GB/T 11165	实验室 pH 计
GB/T 12604.1—2020	无损检测 术语 超声检测
GB/T 12807	实验室玻璃仪器 分度吸量管
GB/T 12808	实验室玻璃仪器 单标线吸量管
GB/T 14666—2003	分析化学术语
GB/T 15261—2008	超声仿组织材料声学特性的测量方法

GB/T 15357—2014	表面活性剂和洗涤剂 旋转粘度计测定液体产品的粘度和流动性质
GB/T 15724	实验室玻璃仪器 烧杯
GB/T 17754—2012	摩擦学术语
GB/T 20737—2006	无损检测 通用术语和定义
GB/T 21775—2008	闪点的测定 闭杯平衡法
GB/T 26497	电子天平
GB/T 30447—2013	纳米薄膜接触角测量方法
GB/T 30693—2014	塑料薄膜与水接触角的测量
GB/T 31229—2014	热重法测定挥发速率的试验方法
GB/T 36086—2018	纳米技术 纳米粉体接触角测量 Washburn 动态压力法
JJF 1101	环境试验设备温度、湿度参数校准规范
JJG 1002	旋转黏度计检定规程
JJG 1036	电子天平检定规程
JJG 119	实验室 pH(酸度)计检定规程
JJG 196	常用玻璃量器检定规程
JJG 999-2018	称量式数显液体密度计检定规程
JY/T 0453	教学用玻璃仪器 称量瓶
SH/T 0190—1992	液体润滑剂摩擦系数测定法(MM-200 法)
YY/T 0282	注射针
YY/T 0299—2022	医用超声耦合剂

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**无损检测** non-destructive testing  
NDT

以不损害预期实用性和可用性的方式来检查材料或零部件的技术方法的开发和应用,其目的是为了:探测、定位、测量和评定伤;评价完整性、性质和构成;测量几何特性。

[来源: GB/T 20737—2006, 2.20]

#### 3.2

**超声波** ultrasonic wave  
频率超过人耳听觉范围(大于20kHz)的声波。  
[来源: GB/T 12604.1—2020, 3.2.1]

#### 3.3

**超声检测** ultrasonic testing  
UT

使超声波在工件中传播，通过监测穿透信号（穿透技术）或从不连续、其它表面反射、折射、衍射的信号（脉冲回波技术），对工件缺陷、几何特性、组织结构和力学性能变化进行测量、表征和特定应用性评价。

## 3.4

**耦合剂** couplant

**耦合介质** couplant medium

施加于探头和检测面之间以改善声能传递的介质，如水、甘油或油等。

[来源：GB/T 12604.1-2020, 6.3.3]

## 3.5

**声速** sound velocity

**传播速度** velocity of propagation

声波在材料中沿传播方向行进的相速度或群速度。

[来源：GB/T 12604.1-2020, 4.2.19]

## 3.6

**纵波声速** longitudinal wave velocity

**c**

声学材料中纵波的传播速度，单位为米每秒（m/s）。

[来源：GB/T 5266-2006, 3.3]

## 3.7

**声阻抗** acoustical impedance

给定材料中声压与质点振动速度的比值。

[来源：GB/T 12604.1-2020, 4.4.7]

注：在具有理想弹性的材料中，对于平面纵波，等同于声速与密度的乘积。

## 3.8

**衰减** attenuation

**声衰减** sound attenuation

超声波在介质中传播时由于吸收和散射所引起的声压降低。

[来源：GB/T 12604.1—2020, 4.3.1]

## 3.9

**声衰减系数** attenuation coefficient

**衰减系数**

**$\alpha$**

与材料性能、波长和波型有关的，用来表示每单位传播距离衰减量的系数。

[来源：GB/T 12604.1—2020, 4.3.2]

纵波在声学材料中传播单位长度内声压幅值衰减的奈培数，单位为奈培每米（Np/m）。

注：1 Np=8.686dB

[来源：GB/T 5266—2006, 3.4]

## 3.10

**声衰减系数斜率** slope of attenuation coefficient

声衰减系数随频率的变化率。

单位：分贝每厘米兆赫兹，dB/(cm·MHz)。

[来源：GB/T 15261—2008, 3.3]

## 3.11

**探头** probe

通常由一个或多个换能器组成的用以发射或接收或者既发射又接收超声波的电-声转换器件。

[来源：GB/T 12604.1—2020, 5.2.1]

## 3.12

**换能器** transducer

探头中实现电能换成超声能并逆向转换功能的元件。

[来源：GB/T 12604.1—2020, 4.1.1]

## 3.13

**近场点** near field point

声束轴线上声压达到最后一个极大值点的位置。

[来源：GB/T 12604.1—2020, 4.2.9]

## 3.14

**近场长度** near field length

换能器到近场点之间的距离。

[来源：GB/T 12604.1—2020, 4.2.10]

## 3.15

**声速轴线** beam axis

通过远场中不同距离处声压极大值点的直线。

[来源：GB/T 12604.1—2020, 4.2.3]

## 3.16

**色卡** color chip

表示一定颜色的标准样品卡。

[来源：GB/T 5698—2001, 5.21]

## 3.17

**色卡图** color chart

按顺序排列在一张图上的色卡。

[来源：GB/T 5698—2001, 5.22]

## 3.18

**色卡图册** color atlas

根据特定的色度系列所编排的颜色图。

[来源：GB/T 5698—2001, 5.23]

## 3.19

**冷色** cool color

给予凉爽感觉的颜色。

[来源：GB/T 5698—2001, 5.47]

## 3.20

**暖色** warm color

给予暖和感觉的颜色。

[来源：GB/T 5698—2001, 5.48]

## 3.21

**正常色觉** normal color vision

颜色辨别能力正常的色觉。

[来源：GB/T 5698—2001， 5.62]

### 3. 22

**pH 值** pH value

溶液中氢离子活度的负对数值。

[来源：GB/T 14666—2003， 2.1.44]

### 3. 23

**活度** activity

溶液中物质的有效浓度。

[来源：GB/T 14666—2003， 3.1.2]

### 3. 24

**密度** density

质量除以体积。

[来源：GB/T 4472—2011， 3.1]

### 3. 25

**浮子** float

称量式数显液体密度计中具有—定体积与质量，用于浸没于被测液体中感受浮力的部件。

[来源：JJG 999—2018， 3.2]

### 3. 26

**中值** middle value

在一组数值中居于中间位置的数值。一半的数值比中值大，另一半的数值比中值小。

示例：7.5， 6.1， 7.8三个数的中值是7.5。

注1：统计学中称为“样本中位数”、“中位数”或“0.5分位数”，稳健的统计技术中简称为中位值。

### 3. 27

**动力黏度** dynamic viscosity

$\eta$

液体在—定剪切应力下，—液层与另—液层做相对流动时内摩擦力的量度，其值为加于流动液体的剪切应力和剪切速率之比，以帕斯卡秒（Pa·s）或毫帕斯卡秒（mPa·s）为单位，用牛顿方程式表示为：

$$\eta = \frac{\tau}{D}$$

式中：

$\eta$ ——动力黏度；

$\tau$ ——液体的剪切应力；

$D$ ——液体的剪切速率。

注：动力黏度单位也使用牛顿秒每平方米（N·s/m<sup>2</sup>）、毫牛顿秒每平方米（mN·s/m<sup>2</sup>）和泊（P）、厘泊（cP）。1 mN·s/m<sup>2</sup>=1 mPa·s=1 cP。

### 3. 28

**表观黏度** apparent viscosity

$\eta_a$

非牛顿型液体在—定的剪切应力和剪切速率下流动时的内摩擦特定，其数值是剪切速率的函数，取决于仪器中样品的热滞后和流变滞后。

[来源：GB/T 15357—2014， 3.2]

### 3. 29

**牛顿型液体** newtonian liquids

在所有剪切速率下，都显示恒定黏度的液体。

[来源：GB/T 15357—2014，3.3]

### 3.30

**非牛顿型液体** non-newtonian liquids

随剪切速率的变化乃至剪切时间不同，其黏度会发生变化的液体。

[来源：GB/T 15357—2014，3.4]

### 3.31

**随时间而变化的黏度** time-dependment viscosity

在等温可逆条件下，在恒定的剪切速率下，表观黏度随时间变化。

[来源：GB/T 15357—2014，3.13]

### 3.32

**挥发性** volatility

固体或液体物质在常温下挥发为气体的趋势。

[来源：GB/T 31229—2014，3.2]

### 3.33

**挥发速率** volatility rate

固体或液体物质在某温度下变成气体的速率。测试结果是以单位时间的挥发量来表示。

[来源：GB/T 31229—2014，3.3]

### 3.34

**精密度** precision

在规定条件下，独立测试结果间的一致程度。

[来源：GB/T 6379.1—2004，3.12]

### 3.35

**重复性** repeatability

在重复性条件下的精密度。

[来源：GB/T 6379.1—2004，3.13]

### 3.36

**重复性条件** repeatability conditions

在同一实验室，由同一操作员使用相同的设备，按相同的测试方法，在短时间内对同一被测对象相互独立进行的测试条件。

[来源：GB/T 6379.1—2004，3.14]

### 3.37

**再现性** reproducibility

在再现性条件下的精密度。

[来源：GB/T 6379.1—2004，3.17]

### 3.38

**再现性条件** reproducibility conditions

在不同的实验室，由不同的操作员使用不同设备，按相同的测试方法，对同一被测对象相互独立进行的测试条件。

[来源：GB/T 6379.1—2004，3.18]

### 3.39

**变异系数** coefficient of variation

CV

标准偏差除以非零的均值。

[来源：GB/T 10094—2009，3.1.2]

注1：变异系数通常用百分数表示。

注2：不赞成使用以前的术语“相对标准差”。

### 3.40

**残留物** residue

在规定的条件下，耦合剂样品经干燥后所剩余物质的质量分数。

### 3.41

**润湿** wetting

固体表面上一种液体取代另一种液体或气体的过程。

[来源：GB/T 36086—2018，3.1.1]

### 3.42

**闪点** flash point

在规定的试验条件下，用规定的方法测试时，利用测试火焰能使试验样品的蒸气瞬间点燃，且火焰蔓延到整个液体表面，并被校正至101.3kPa大气压下的试验样品的最低温度。

[来源：GB/T 5208—2008，3.1]

在规定的试验条件下，点火源使得试验样品的蒸气发生燃烧并在液体表面蔓延，此时校正至101.3kPa大气压下，试验样品的最低闪火温度。

[来源：GB/T 21775—2008，3.1]

### 3.43

**(静态)接触角** (static) contact angle

$\theta$

液体在固体表面形成液滴并达到平衡时，在气、液、固三相交点处作气液界面的切线，该切线与固液交界线之间的夹角。

[来源：GB/T 30693—2014，3.4]

液滴在固体表面达到平衡后，从固/液/气三相交界点处作气/液界面的切线，此切线穿过液体与固/液交界线之间的夹角。

[来源：GB/T 36086—2018，3.12]

气、液、固三相交界处的气-液界面和固-液界面切线之间的夹角。符号记为 $\theta$ ，单位为度(°)。

[来源：GB/T 30447-2013，3.1]

### 3.44

**凝点** solidification point

液体试样在规定的条件下冷却至其发生可逆物态转变(如：结晶转变为晶体，凝结为固态的非晶物质，发生气泡或泡沫化，固化或失去流动性等)，然后使样品升温，样品逆向转变恢复为液体的最低温度。

### 3.45

**摩擦** friction

在力作用下物体相互接触表面之间发生的切向相对运动或有运动趋势时，出现阻碍该运动行为并且伴随着机械能量损耗的现象和过程。

[来源：GB/T17754—2012，2.2]

### 3.46

**摩擦副** rubbing pair; tribopair

专指由两个相对运动又相互作用摩擦学元素构成的最小的系统。

注1：作为摩擦副的物体互称为对摩副。

[来源：GB/T17754—2012，4.4]

### 3.47

载荷 load

N

施加在相互接触物体上且垂直于接触表面的外力。

[来源：GB/T17754—2012，3.31]

### 3.48

摩擦力 friction force

F

在摩擦[表]面上发生的切向阻力。

注1：有相对运动时的摩擦力称动摩擦力，尚未发生相对运动时的摩擦力称静摩擦力。

注1：由静摩擦转为动摩擦之前瞬间的摩擦力称为最大静摩擦力。

[来源：GB/T17754—2012，4.16]

### 3.49

摩擦力矩 frictional moment

M

在转动摩擦副中，转动体在周向上受到的摩擦力F与转动体有效半径的乘积。

[来源：GB/T17754—2012，4.38]

### 3.50

摩擦系数 frictional coefficient

$\mu$

一组摩擦副之间的摩擦力F与法向力N之比。

[来源：GB/T17754—2012，4.18]

## 4 通用要求

### 4.1 样品管理

4.1.1 取样、检测过程中使用的器皿，应采用烧瓶、烧杯、称量吸移管、玻璃棒等玻璃仪器，并经清洗、干燥。

4.1.2 在取样、检测过程中，样品应避免晃动、摆动、摇动等不当操作，且不宜长时间闲置，以防止耦合剂挥发或引入气泡、混入异物等而导致检测结果无效。

4.1.3 如无法及时检测样品，应确保样品检测前保存在其原先条件下，并记录保存时间。样品可保存在密闭的玻璃、样品原包装材料或塑料容器或瓶内，禁止使用金属容器保存样品。

### 4.2 基础设施和环境

4.2.1 应配备设备基本要求的地基和电源。电源电压宜控制在 $\pm 2\%$ ，宜有检测仪器的专用地线，接地电阻 $\leq 3\Omega$ ，接地导线不小于 $6\text{mm}^2$ 。

4.2.2 检测设施环境应无振动、无腐蚀性气体、无粉尘、无外来干扰（如风影响闪点）、无味、无磁场等，避免不良环境造成检测结果无效。

4.2.3 环境温度应控制在 $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ 。

4.2.4 环境湿度应控制在30%RH~80%RH。

4.3 多次检测结果的平均值应进行修约，修约方法执行GB/T 8170。

4.4 检测人员应经过安全培训和检测技术培训，持证上岗。

## 5 外观

### 5.1 基本原理

在一定的照度下，通过观察确定透明器皿内耦合剂是否存在不利于超声检测的缺陷。

### 5.2 仪器和环境

500mL透明烧杯，不高于10倍的放大镜，不低于500Lx（勒克斯）的漫射日光或尽可能接近日光的日照光环境。

### 5.3 操作步骤

取500mL耦合剂至500mL透明烧杯，避免晃动、摆动、摇动等引入气泡，静置至少30min。

在要求的环境光线下，用肉眼（正常视力，或经矫正至正常视力）或使用放大镜直接观察。可以用白纸做后衬。

外观缺陷可包括但不限于沉淀、气泡、杂质、异物、固体颗粒、色泽不均匀、悬浮物、分层、霉变等。由于晃动、摆动、摇动等使耦合剂产生的气泡不列为外观缺陷。

应拍照记录外观缺陷。

### 5.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 外观检测结果为“无外观缺陷”或“有×××外观缺陷”；
- c) 外观缺陷照片；
- d) 如果存在外观缺陷应提示：对于外观存在缺陷的耦合剂，不宜进行其它性能指标的检测。

### 5.5 精密度

没有可普遍接受的方法来测定本方法的精密度。

## 6 颜色

### 6.1 基本原理

在一定的照度下，通过观察透明器皿内耦合剂颜色并与标准颜色卡对比确定耦合剂颜色。

### 6.2 仪器和环境

500mL透明烧杯。

标准色卡或色卡图或色卡图册。

不低于500Lx（勒克斯）的漫射日光或尽可能接近日光的日照光环境。

### 6.3 操作步骤

将耦合剂盛在500mL透明烧杯，在要求的环境光线下，用肉眼（正常色觉）观察并与标准色卡对比确定耦合剂的颜色，可以用白纸做后衬。颜色可用修饰语，如偏红、鲜红、浅红等。

应对颜色检测拍照记录。常见的颜色参见附录A。

### 6.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 颜色检测结果为“无色”或“×××色”，如“孔雀蓝色”；
- c) 耦合剂彩色照片。

## 6.5 精密度

没有可普遍接受的方法来测定本方法的精密度。

## 7 气味

### 7.1 基本原理

通过嗅觉确定耦合剂是否有异味。

### 7.2 仪器和环境

500mL透明烧杯。

检测环境无其它干扰嗅觉的物质（如食品、酒精、机油等）。

### 7.3 操作步骤

取500mL耦合剂至500mL透明烧杯，用一只手将烧杯口举至鼻子前下方并与鼻子距200mm左右，用另一只手在烧杯口上方轻轻扇动，使挥发的耦合剂气体飘到鼻孔，同时闭嘴用鼻深吸气感觉耦合剂气味。

**禁止把鼻子凑到烧杯口去闻气体。**

耦合剂应为无异味的液体，异味可包括但不限于霉味、刺激性气味、臭味等。

### 7.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 气味检测结果为：“无异味”或“有异味”或“有×××气味”。

### 7.5 精密度

没有可普遍接受的方法来测定本方法的精密度。

## 8 密度

### 8.1 基本原理

根据阿基米德原理，在空气中和耦合剂中分别测量一定体积、一定质量浮子的质量，由两个质量计算并显示出耦合剂密度。

### 8.2 仪器和环境

#### 8.2.1 称量式数显液体密度计

密度计按照JJG 999进行校准，且应不低于1.0级。

#### 8.2.2 温度计

温度计的分度值不低于0.1℃。

#### 8.2.3 烧杯

烧杯的容积应根据密度计浮子的体积确定，烧杯应满足GB/T 15724。

### 8.3 操作步骤

8.3.1 测量耦合剂密度前应采用满足 GB/T 6682 的实验室用水对密度计进行核查确认，按照本“操作步骤”的后续条款测量水的密度，测量值与水的标准密度值的相对误差不超过 2%。（18~35）℃纯水密度参见附录 B）。

8.3.2 将烧杯清洗干净并干燥。

8.3.3 取耦合剂至烧杯中，静置至少 30min。

8.3.4 测量耦合剂的温度。

8.3.5 按照密度计规定的程序称量挂钩（吊丝）的质量、浮子在空气中的质量及浮子在耦合剂中的质量，直接读出耦合剂的密度。宜监控挂钩和浮子在空气中的质量，测量允许误差应控制在 $\pm 0.005\text{g}$ 。

8.3.6 至少平行测定两次，如果两次测定结果之差小于等于  $0.006\text{g/cm}^3$ ，则以两次平行测定值的算术平均值为测定结果。

8.3.7 如果两次平行测定结果之差超过  $0.006\text{g/cm}^3$ ，则应进行第三个平行的测定。如果三个平行测定结果的极差小于或等于  $0.007\text{g/cm}^3$ ，则以三次平行测定值的算术平均值为测定结果。如果三次平行测定结果之差超过  $0.007\text{g/cm}^3$ ，则以三次平行测定结果的中值作为测定结果。

8.3.8 测定结果应修约至  $0.001\text{g/cm}^3$ 。修约后的测定结果可转换计量单位为  $\text{kg/m}^3$ 。

### 8.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

a) 本标准编号；

b) 密度测定结果、耦合剂温度。如： $0.998\text{g/cm}^3$ （18.2℃）或 $998\text{kg/m}^3$ （18.2℃）。

### 8.5 精密度

在重复性条件下测得的两次独立的测定结果的绝对值差不大于 $0.006\text{g/cm}^3$ ，以大于 $0.006\text{g/cm}^3$ 的情况不超过5%为前提。

## 9 黏度

### 9.1 基本原理

圆柱形或圆盘形的转子在液体中以恒定速率旋转，测量旋转转子的摩擦扭矩，结合转速、转子类型计算出黏度值。

### 9.2 仪器

#### 9.2.1 旋转黏度计

黏度计应选用NDJ系列旋转黏度计，按照JJG 1002进行校准，C级或优于C级，测量范围 $0.1\text{mPa}\cdot\text{s} \sim 60000\text{mPa}\cdot\text{s}$

#### 9.2.2 温度计

温度计的分度值不低于 $0.1^\circ\text{C}$

#### 9.2.3 烧杯

满足GB/T 15724标准的500mL高型烧杯。

注：烧杯的大小影响测定黏度的实际值，应注意确保使用容器大小的前后一致性。

### 9.3 操作步骤

9.3.1 测量耦合剂黏度前应采用满足 GB/T 6682 的实验室用水对黏度计进行核查确认。按照本“操作步骤”的后续条款测量水的黏度，测量条件为：0#转子，60r/min，40 秒。测量值与标准值的相对误差不应超过 10%。（18~28）℃水标准黏度值见表 C。

9.3.2 烧杯、转子应清洗干净并干燥。

9.3.3 取 450mL~500mL 耦合剂至烧杯中，在检测环境中静置至少 30min 后测量黏度值。

9.3.4 慢速将转子插入烧杯中，并使耦合剂达到液位标记，应稳定 5min 后检测。

9.3.5 转子、转速和时间选择

9.3.5.1 按照耦合剂产品标准中规定的转子、转速和时间。

9.3.5.2 如果产品标准没有具体规定，优先选择小量程的转子，优先选择高转速，优先选择设备（说明书）推荐的所选转子、转速的时间。

9.3.5.3 黏度测定值应在所选转子、转速对应满量程的 40%~90%，不能大于满量程的 95%，不能小于满量程的 20%。

9.3.6 测量黏度值的同时测量耦合剂的温度。

9.3.7 连续检测，直至最后三次读数结果一致，将最后一次结果作为检测结果。

9.3.8 必要时，采用恒温槽检测不同温度下的黏度。

9.3.9 黏度测定结果应按照如下要求进行修约：

—测定值 < 10 mPa·s，结果应修约至 0.01 mPa·s；

—测定值 ≥ 10 mPa·s，结果应修约至 0.1 mPa·s；

—测定值 ≥ 100 mPa·s，结果应修约至 1 mPa·s。

### 9.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

a) 本标准编号；

b) 黏度测定结果、转子、转速、时间、耦合剂温度。如：8.18 mPa·s（0#转子、60r/min、40秒、18.2℃）。

### 9.5 精密度

在再现性条件下连续测量测得的测定结果的变异系数不大于30%，以大于30%的情况不超过5%为前提。

## 10 挥发性及残留物

### 10.1 基本原理

规定体积的耦合剂和纯水在规定的器皿、温度、气压和时间条件下干燥，通过测量计算耦合剂和纯水干燥质量损失，用两者损失质量之比作为耦合剂相对于水的挥发性度量。

规定体积的耦合剂和纯水在规定的器皿、温度、气压和时间条件下干燥，通过测量计算10mL单位质量耦合剂挥发后残留物的质量作为耦合剂残留物的度量。

## 10.2 仪器

### 10.2.1 分析天平

满足GB/T 26497标准的电子天平，分度值小于等于0.001g，按照JJG 1036进行校准且不低于“III级”。

### 10.2.2 干燥箱

干燥温度70°C±2°C，并按照JJF 1101对温度进行校准。

### 10.2.3 移液管

满足GB/T 12807或GB/T 12808的10mL移液管，且JJG 196进行校准。

### 10.2.4 称量瓶

称量瓶外形尺寸为 $\phi 40\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，且应满足JY/T 0453要求。

## 10.3 操作步骤

10.3.1 将移液管、称量瓶清洗干净并干燥。

10.3.2 用分析天平称量瓶（带盖子）质量  $m_0$  两次，两次测量结果差应在 $\pm 0.003\text{g}$  内。应监控称量瓶的质量，在再现性条件下测量的两次结果差应在 $\pm 0.006\text{g}$  内。

10.3.3 用 10mL 移液管取 10mL 耦合剂至称量瓶中，并用分析天平称量瓶（带盖子）质量  $m_1$ 。

10.3.4 将盛有耦合剂不带盖子的称量瓶在 70°C±2°C 的干燥箱中常压干燥 60min。

10.3.5 将称量瓶从干燥箱中取出并立即盖上原盖子（不能混淆盖子），自然降温至环境温度。

10.3.6 用分析天平称量耦合剂挥发后称量瓶（带原盖子）质量  $m_2$ 。

10.3.7 耦合剂一个样品的挥发量  $\delta_c$  为： $\delta_c = (m_1 - m_2)$ 。

10.3.8 同时测定两个耦合剂样品，计算两个样品测定值的算术平均值  $\delta'_c$ 。

10.3.9 同时测定两个满足 GB/T 6682 的实验室用水的挥发量  $\delta_w$ 。计算两个水样品挥发量测定值的标准偏差、算术平均值  $\delta'_w$  及变异系数 CV。

10.3.10 如果水挥发量的变异系数 CV 超过 5%，则应重新取样重新按照 10.3.1 至 10.3.9 执行。

10.3.11 如果水挥发量的变异系数 CV 不超过 5%，则耦合剂的相对挥发性按下列公式计算：

$$V_c = \frac{\delta'_c}{\delta'_w}$$

式中：

$V_c$  ——耦合剂相对挥发性；

$\delta'_c$  ——两个耦合剂样品挥发量平均值，单位为克（g）；

$\delta'_w$  ——两个水样品挥发量平均值，单位为克（g）。

10.3.12 带盖称量  $m_2$  后，称量瓶不带盖在干燥箱中继续干燥，干燥温度可根据耦合剂的挥发性确定，温度可升温到不高于 150°C，常压干燥 1h~4h，使挥发物全部挥发。取出称量瓶并盖盖，冷却到室温后称量带盖质量  $m_3$ 。残留物按下列公式计算：

$$R = \frac{m_3 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100\%$$

式中：

$R$  ——耦合剂残留物，单位为%；

$m_0$  ——空称量瓶（带盖子）质量，单位为克（g）；

$m_1$  ——10mL耦合剂和称量瓶（带盖子）质量，单位为克（g）；

$m_3$  ——完全干燥后称量瓶带盖质量，单位为克（g）；

10.3.13 残留物检测可以和挥发性检测分开进行，可以选择其它干燥工艺参数，试验温度的选择应保证耦合剂不被碳化。

10.3.14 耦合剂相对挥发性用  $V_c: 1$  表示，测定结果应修约至 0.01:1；残留物测量结果应修约至 0.1%。

## 10.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 耦合剂相对挥发性测定结果及挥发检测条件，包括干燥温度、时间、气压。如：1.58:1（70℃，60min，常压）。
- c) 耦合剂残留物测量结果及干燥条件，包括干燥温度、时间、气压。如：2.0%（70℃，60min，常压，120℃，60min，常压）。

## 10.5 精密度

在重复性条件下测得的两次独立的耦合剂挥发量变异系数不大于8.6%，以大于8.6%的情况不超过5%为前提。

在重复性条件下测得的两次独立的耦合剂残留物之差不大于0.7%，以大于0.7%的情况不超过5%为前提。

## 11 声速

### 11.1 基本原理

将耦合剂注入装有发射换能器和接收换能器的测试槽中，两个换能器声束轴线同轴。根据脉冲信号在耦合剂中的传播时间和声程求得耦合剂的声速。

### 11.2 仪器

#### 11.2.1 液体声速测量仪

配备有测试槽、换能器、电子测量设备。电子测量设备由发射器、接收器、A/D转换、微处理器、显示器等组成。

电子测量设备频率范围宜在0.5MHz~10MHz，振幅变化应不超过±1%。

探头为0°探头，探头换能器晶片直径大于厚度的10倍，工作频率宜在0.5MHz~10MHz，宜优先选择1MHz，也可选用常规检测用频率。发射和接收探头间距可固定、可调节间距，且两个声速轴线重合。

测试槽尺寸应足够大，横向尺寸大于晶片直径的两倍，纵向尺寸不小于10个波长，以保证测试槽壁的反射波不影响对直达脉冲的测量。

发射探头固定，接收探头可在声束轴线移动并可测量移动距离。

### 11.2.2 温度计

温度计的分度值不低于0.1℃。

### 11.3 操作步骤

11.3.1 根据探头换能器的直径、频率和耦合剂的声速估计值计算近场长度  $N$ 。

11.3.2 将耦合剂注入测试槽中，静置 30min 以上，使耦合剂与探头充分浸润且不附气泡。

11.3.3 按照仪器设置检测参数，以获得该耦合剂便于识别的波峰或波谷的脉冲波波型，并固定参数。

11.3.4 测量测试槽中耦合剂的温度。

11.3.5 缓慢将接收探头与发射探头间距调至间距最小，避免耦合剂中引入气泡。发射并采集接收信号，选择用于计算声速的波峰或波谷，确定该波峰或波谷对应的时间  $T_0$ ，为初始波峰或波谷时间。

11.3.6 缓慢将接收探头与发射探头间距调至间距最接近  $N$  的距离，并避免耦合剂中引入气泡。发射并采集接收信号，选择和  $T_0$  对应的同一个波峰或波谷，继续调整间距使探头位于声轴上声压最高点，此时间距为  $d$ ，确定该间距的波峰或波谷对应的时间  $T_1$ 。

11.3.7 通过下列公式计算声速：

$$c = \frac{d}{T_1 - T_0} \times 1000$$

式中：

$d$  ——声程，单位为mm；

$T_0$  ——初始波峰或波谷时间，单位为微秒（us）；

$T_1$  ——声程声程处波峰或波谷时间，单位为微秒（us）；

$c$  ——耦合剂声速，单位为米每秒（m/s）。

11.3.8 用平行两个样品的声速的平均值作为检测结果，检测结果应修约至 1 m/s。

11.3.9 应采用满足标准 GB/T 6682 的实验室用水对声速测定仪进行核查，测量水的声速不超过标称值的 4%，（16~28）℃水的声速见表 D.1。核查频次可根据检测工作量确定。一般情况下，每月核查一次。

### 11.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

a) 本标准编号；

b) 声速检测结果、耦合剂温度及探头频率。如：1491 m/s（18.2℃，0°探头1MHz）。

### 11.5 精密度

在重复性条件下测得的两次独立的测定结果的CV不大于2.6%，以大于2.6%的情况不超过5%为前提。

## 12 声衰减

### 12.1 基本原理

测试槽中发射换能器和接收换能器固定在一定间距位置，且两个换能器声束轴线同轴。分别将蒸馏水和耦合剂注入测试槽，相同的测量条件下分别测量两者接收信号，根据接受信号幅度的差异求得耦合剂的声衰减系数。

## 12.2 仪器

### 12.2.1 液体声速测量仪

配备有测试槽、换能器、电子测量设备。电子测量设备由发射器、接收器、A/D转换、微处理器、显示器等组成。

电子测量设备频率范围宜在2.5MHz~10MHz，振幅变化应不超过±1%。

探头为0°探头，探头换能器晶片直径大于厚度的10倍，工作频率宜在2.5MHz~10MHz，宜优先选择2.5MHz，也可选用常规检测用频率。发射和接收探头间距可固定、可调节间距，且两个声速轴线重合。

测试槽尺寸应足够大，横向尺寸大于晶片直径的两倍，纵向尺寸不小于10个波长，以保证测试槽壁的反射波不影响对直达脉冲的测量。

### 12.2.2 温度计

温度计的分度值不低于0.1℃。

## 12.3 操作步骤

12.3.1 固定接收探头、发射探头，两者声束轴线同轴，间距  $d$  大于 10cm。

12.3.2 将满足 GB/T 6682 的实验室用水和耦合剂置于检测环境中相同位置静置一定时间，使检测前两者温度相同。将水或耦合剂注入测试槽后应静置一定时间，使水或耦合剂与换能器充分浸润且不附气泡。

12.3.3 将水注入测试槽中后，按照仪器设置检测参数，以获得便于识别的波峰或波谷的脉冲波波型，并固定参数。

12.3.4 分别测量平行两个水样品接受信号的波峰或波谷电压，每个样品连续测量 11 次，11 次测量的时间间隔控制在 3s~5s。每个样品测量 11 次电压的 CV 值应不超过 1%。如果两个平行样品的平均电压值 CV 不超过 1%，则以两个水样品测量电压平均值的平均值作为水的接受信号电压  $A_w$ 。

12.3.5 分别测量平行两个耦合剂样品接受信号的电压（和测量水用同一个波峰或波谷），每个样品连续测量 11 次，11 次测量的时间间隔控制在 3s~5s。每个样品测量 11 次电压的 CV 值应不超过 1%。如果两个平行样品的平均电压值 CV 不超过 1%，以两个耦合剂样品测量电压平均值的平均值作为耦合剂的接受信号电压  $A_c$ 。

12.3.6 通过下列公式计算耦合剂的声衰减系数：

$$\alpha_c = \frac{20}{d} \lg\left(\frac{A_c}{A_w}\right) + \alpha_w$$

式中：

$\alpha_c$  ——耦合剂声衰减系数，单位为分贝每厘米（dB/cm）；

$d$  ——接收探头、发射探头距离，单位为厘米（cm）；

$A_w$  ——水的脉冲信号波峰或波谷电压，单位为伏特（V）；

$A_c$  ——耦合剂的脉冲信号波峰或波谷电压，单位为伏特（V）；

$\alpha_w$  ——实验室用水声衰减系数，单位为分贝每厘米（dB/cm）。

12.3.7 实验室用水的声衰减（ $\alpha_w/f^2$ ）见表 D.1。水温（23±5）℃，水温（23±5）℃、探头频率  $f=2.5\text{MHz}$  时， $\alpha_w=0.014\text{ dB/cm}$ 。

12.3.8 测定结果应修约至 0.01 dB/cm，如果测量结果 ≤ 0.04 dB/cm，则报告 ≤ 0.04 dB/cm。

## 12.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 声衰减测定结果、耦合剂温度及探头频率。如：0.06 dB/cm（18.2℃，0°探头1MHz）。

## 12.5 精密度

在再现性条件下测得的两次独立的测定结果的差不大于0.04，以大于0.02情况不超过5%为前提。

## 13 声阻抗

### 13.1 基本原理

根据声阻抗的定义，测量耦合剂的密度和声速，耦合剂的密度和声速的乘积为耦合剂的声阻抗。

### 13.2 仪器

本标准规定的测量耦合剂密度和声速的仪器。

### 13.3 操作步骤

13.3.1 测量密度用样品和测量声速样品，应在相同的环境中静置一定时间，确保测量耦合剂密度和声速时样品具有相同的温度。

13.3.2 根据本标准的规定测量耦合剂的密度  $\rho$ 。

13.3.3 根据本标准的规定测量耦合剂的声速  $c$ 。

13.3.4 根据下列公式声阻抗  $Z$ ：

$$Z = \rho \times c$$

式中：

$Z$ ——声阻抗，单位为千克每平方米每秒（ $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ）。

$\rho$ ——耦合剂密度，单位为千克每立方米（ $\text{kg/m}^3$ ）。

$c$ ——耦合剂声速，单位为米每秒（ $\text{m/s}$ ）。

13.3.5 测定结果应修约至  $0.01 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ 。

13.3.6 在采用满足标准 GB/T 6682 的实验室用水对声速、密度测定仪进行核查时，计算水的声阻抗，水声阻抗不超过标称值的 4.5%，（16~28）℃水的声阻抗见表 D.1。核查频次可根据检测工作量确定。一般情况下，每月核查一次。

### 13.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 声阻抗测定结果、耦合剂温度及探头频率。如： $1.48 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ （20.0℃，0°探头1MHz）。

### 13.5 精密度

在再现性条件下测得的两次独立的测定结果的相对偏差不大于5.6%，以大于5.6%情况不超过5%为前提。

## 14 接触角

## 14.1 基本原理

通过注射器将耦合剂滴在特定的金属材料平面表面上，在一定的时间内液滴达到平衡，通过显微镜、相机获得静态液滴的外形图像，运用特定的数学模型（如液滴视为球、椭球或圆锥的一部分），通过特定的参数（如宽、高、弧线）拟合计算出静态接触角。

## 14.2 仪器

### 14.2.1 接触角测量仪

配备显微镜、相机、载物台、注射器支架的接触角测量仪，测定范围 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ，测量分辨率不低于 $0.1^{\circ}$ 。

### 14.2.2 金属样板

金属样板几何尺寸为 $50\text{mm}\times 20\text{mm}\times 3\text{mm}$ ， $50\text{mm}\times 20\text{mm}$ 表面应无腐蚀斑，并经过200目~240目砂纸或纱布磨削。磨好的金属片用苯/酒精洗涤，用苯/酒精浸过的脱脂棉擦拭。清洗干净后用冷风吹干。清洗、吹干过程中不得与手接触。

### 14.2.3 注射器

满足YY/T 0282要求，针头直径小于等于 $0.5\text{mm}$ 。

## 14.3 操作步骤

14.3.1 将耦合剂吸入注射器中，确保足够的液滴，一般情况下吸入 $0.5\text{mL}$ 。然后将注射器安装在支架上。

14.3.2 调试显微镜使注射器针聚焦，调试支架使注射器针尖位于相机视场的左右中心。

14.3.3 将清洗干净的金属样板置于显微镜载物台。调节载物台的位置，使注射器针位于金属样板的宽度中心线。调节载物台高度和注射器支架，使金属样板上表面置于相机视场水平中心，注射器针距样本的间距适度，在注射器中液滴跌落在金属样板上时与注射器针恰好分离。

14.3.4 微调注射器，使第一滴液滴落在样板上。估计液滴的平衡时间。微调相机焦距，使液固界面线清晰并清晰可见液滴液固界面为界的镜面像，三相交界处清晰。

14.3.5 微调注射器，使第二滴液滴落在样板上，在估计的平衡时间到达时拍照。微调注射器，使第三滴液滴落在样板上，在估计的平衡时间到达时拍照。左右平移载物台，使三滴液滴的间距应足够大，其间距不下于液固界面线的1倍。

14.3.6 通过图像分析计算第二滴和第三滴的左右接触角，4个角度的平均值为耦合剂的接触角。

14.3.7 接触角修约至 $1^{\circ}$ 。

## 14.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 金属样板的材料及接触角。如： $59^{\circ}$ （钢轨U75V）。

## 14.5 精密度

在重复性条件下测得的两次独立的测定结果的CV不大于10%，以大于10%的情况不超过5%为前提。

## 15 摩擦系数

### 15.1 基本原理

在试验机上安装一对钢制试辊，在两个试辊接触面间加入耦合剂，两个试辊在滚动滑动复合摩擦条件下转动，通过对试辊施加负荷而得到摩擦扭矩，进而计算出耦合剂的摩擦系数。

### 15.2 设备

#### 15.2.1 试验机

满足SH/T 0190标准的MM-200磨损或摩擦试验机，耦合剂盒恒温范围-50℃~50℃。控温精度：±2℃，温度分辨率0.1℃。能够动态记录、保存载荷、扭矩，并能够显示、记录载荷、扭矩的时间曲线。

#### 15.2.2 试辊

试验机上下试辊为圆环状，技术要求详见附录E。

#### 15.2.3 耗材

1000目金相砂纸。

分析纯酒精或分析纯石油醚或溶剂油（符合GB 1922中的190号）。

实验室用水（符合GB/T 6682）。

机械油（符合GB/T 443中的N32号）

标定油（符合GB/T 443中的N22号）

### 15.3 操作步骤

#### 15.3.1 前期准备

15.3.1.1 采用新试辊时，需用金相砂纸在试验机低速条件下对上、下试辊研磨 5min，再在 196N(20kgf) 负荷下，用机械油为润滑剂磨合 30min 后方可正式做试验。

15.3.1.2 试验前和试验后应用石油醚、酒精或溶剂油等清洗上、下试辊并用自然风或冷风干燥。

15.3.1.3 试验时，应确保下试辊浸入耦合剂至少 3mm。

15.3.1.4 试验条件：上辊 180r/min，下辊 200r/min。

15.3.1.5 设定耦合剂摩擦系数试验温度。

#### 15.3.2 摩擦系数测定

15.3.2.1 耦合剂温度没有达到试验温度时启动电机，并施加 98N(10kgf)，直至耦合剂温度达到试验温度。

15.3.2.2 逐步施加载荷，3min 内载荷加至 1960N(200kgf)，并保持 20 秒后卸载。

15.3.2.3 计算保持载荷 20 秒内 12 秒至 15 秒期间平均扭矩  $M$ 。

15.3.2.4 按照下列公式耦合剂摩擦系数：

$$\mu = \frac{M}{F \cdot R}$$

式中：

$\mu$  ——摩擦系数；

$M$  —— 扭矩, 单位为牛顿米 ( $N \cdot m$ );

$F$  —— 载荷, 单位为牛顿 ( $N$ );

$R$  —— 试辊半径, 单位为米 ( $m$ );

15.3.2.5 以连续两次加载至 1960N(200kgf)测定的摩擦系数平均值作为耦合剂摩擦系数的检测结果。

### 15.3.3 相对摩擦系数

15.3.3.1 以相同的程序测试 20°C 实验室用水的摩擦系数, 其两次加载平均扭矩为  $M_{水}$ ;

15.3.3.2 以相同的程序测试设定温度耦合剂摩擦系数, 其两次加载平均扭矩为  $M_c$ 。

15.3.3.3 按照写公式计算耦合剂相对于水的摩擦系数:

$$\mu_{rel} = \mu_c : \mu_{水} = M_c : M_{水}$$

式中:

$\mu_{rel}$  —— 耦合剂相对于水的摩擦系数;

$\mu_c$  —— 耦合剂摩擦系数;

$\mu_{水}$  —— 实验室用水摩擦系数;

$M_c$  —— 耦合剂测试平均扭矩, 单位为牛顿米 ( $N \cdot m$ );

$M_{水}$  —— 20°C 实验室用水测试平均扭矩, 单位为牛顿米 ( $N \cdot m$ )。

15.3.4 摩擦系数测定结果应修约至 0.001, 相对摩擦系数修约至 0.1:1。

## 15.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容:

a) 本标准编号;

b) 摩擦系数测定结果及测试条件, 应优先报告相对摩擦系数。如: (18.2°C)。温度、转速、试辊直径,

## 15.5 精密度

没有可普遍接受的方法来测定本方法的精密度。

## 16 凝点

### 16.1 基本原理

将液体耦合剂样品装在规定的试管中, 并冷却至发生可逆物态转变, 然后升温, 样品逆向物态转变恢复液体的温度作为耦合剂的凝点。

### 16.2 仪器

凝点测定仪由低温槽、控温系统、试样管和套管、支架组成的凝点测定仪, 其配置应满足如下要求:

a) 低温槽温度测量范围 -65°C~10°C, 控温精度:  $\pm 1^\circ\text{C}$ , 温度分辨率 0.1°C。

b) 试管为圆底、透明、石英玻璃管, 高 160mm $\pm$ 10mm, 内径 20mm $\pm$ 1mm, 距试管底部 30mm 处外壁上有一可以识别的环形标线。

c) 套管为圆底、透明、石英玻璃管, 高 130mm $\pm$ 10mm, 内径 40mm $\pm$ 2mm, 能够将试管垂直固定在套管中间位置。

- d) 温度计测量范围-80℃~30℃，温度分辨率 0.1℃，温度计测试点能够固定在试管标线下方 15mm±2mm 中心位置。
- e) 能够用于测试前套管组件的固定支架、测试中套管组件低温槽冷浴室的固定支架和试样物态恢复过程中观察、并使套管组件倾斜 45° 的支架。

### 16.3 操作步骤

16.3.1 将试管和套管清洗干净并干燥。

16.3.2 设置估计的凝点温度和低温槽控温温度，低温槽控温温度宜比估计凝点温度低至少 10℃。

16.3.3 取耦合剂至试管并达试管标线，并防止耦合剂在取样过程挥发。为快速获得样品的凝点，仅在估测凝点范围时允许在套管中注入酒精。将试管装入套管，安装温度计，再将套管组件安装在低温槽冷浴支架上。

16.3.4 当样品温度低于凝点温度 5℃时，观察样品是否物态转变。如果没有发生物态转变，应继续降温，直至发现样品物态转变。可以根据重新估计的凝点重新设置低温槽控温点。在降温过程中，如果-50℃没有发生物态转变，则直接报告检测结果为“凝点<-50℃”

16.3.5 当观察样品发生物态转变时，应停止降温，并将套管组件取出冷浴室。将套管组件固定在支架上且套管倾斜 45°，放置在室温环境中，观察样品物态可逆转变。物态可逆转变结束的最低温度作为凝点。在凝点温度，45° 倾斜套管中的耦合剂完全恢复为自然倾斜液态。

16.3.6 可对样品物态逆转变过程进行录像，记录转变过程和温度的变化过程，以更准确地确定凝点。也可自动记录温度曲线，根据曲线拐点确定凝点。

16.3.7 平行做两个样品的凝点，以两次结果的平均值作为检测结果，测定结果应修约至 1℃。

16.3.8 应采用满足标准 GB/T 6682 的实验室用水对凝点测定仪进行核查，测量水的凝点在 4℃±2℃时，凝点测定仪工作正常。核查频次可根据检测工作量确定。一般情况下，每月核查一次。

### 16.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 凝点测定结果。如：-12℃。

### 16.5 精密度

在重复性条件下测得的两次独立的测定结果的绝对值差不大于 2℃，以大于 2℃ 情况不超过 5% 为前提。

## 17 闪点

### 17.1 基本原理

将规定体积的耦合剂样品注入保持在预计闪点温度下的试验杯中，经过规定的时间后，点火并观察有无闪燃出现，在不同的温度点用新取的样品继续试验，直到测出闪点并达到规定的灵敏度。

### 17.2 仪器、试剂和材料

#### 17.2.1 闪点仪

应满足GB/T 5208标准的规定并按照该标准的规定每年采用标准物质校准。闪点测量范围0°C~80°C, 控温精度±0.5°C, 环境大气压测量分度不大于0.1kPa。

### 17.2.2 试剂

根据耦合剂的特点选择试剂, 用来清除前次试验残留在试样杯和盖子上的耦合剂的合适溶剂, 如水、酒精、汽油、石油醚等。

### 17.2.3 称量瓶

符合标准JY/T 0453容积至少30mL的容量瓶。

### 17.2.4 校验液体

一系列有证标准物质 (CRM) 和/或二级工作标准 (SWS)。

## 17.3 操作步骤

17.3.1 测量过程应严格按照设备安全操作规程操作。同时, 应确保避免风对安全、检测结果的影响。

17.3.2 清洗试验杯。清洗注射器并干燥注射器。

17.3.3 启动闪点仪, 设置闪点估计温度和测试温度 ( $t_0$ ), 耦合剂测试温度恒温时间 60s。

17.3.4 将耦合剂从密封包装中取出约 30mL 注入称量瓶并加盖防止耦合剂挥发。

17.3.5 用注射器从称量瓶中取出 2mL 耦合剂, 闪点仪到达测试温度并根据提示小心地注入试验杯加料孔。并根据闪点仪提示启动点火拉杆。闪点仪自动确定是否闪火。

17.3.6 如果  $t_0$  温度不闪火, 则提升闪点温度和测试温度 5°C, 在 ( $t_0+5$ ) °C 下测试。如果提升温度后不闪火, 则再继续提升 5°C 测试。最高提升到 80°C 仍不闪火, 则报告闪点 >80°C。

17.3.7 如果  $t_0$  温度闪火, 则降低闪点温度和测试温度 5°C, 在 ( $t_0-5$ ) °C 下测试。如果降低温度后仍闪火, 则再继续降低 5°C 测试。如果 0°C 仍不闪火, 则报告闪点 <0°C。

17.3.8 在测得第 1 个闪火温度和第 1 个不闪火温度后, 在两个温度之间升高或降低 1°C 继续测试, 以测得闪火最低温度和不闪火最高温度, 两温度相差 1°C。

17.3.9 重复在最低闪火温度和不闪火最高温度测量各 1 次。如果不闪火温度仍不闪火, 而闪火温度仍闪火, 则将该闪火温度为耦合剂的闪点  $T_0$ 。

17.3.10 测定的闪点温度按照下列公式计算修正为标准大气压 101.3kPa 下的闪点  $T_c$ :

$$T_c = T_0 + 0.25(101.3 - P)$$

式中:

$T_c$ ——标准大气压下耦合剂的闪点, 单位为摄氏度 (°C);

$T_0$ ——环境大气压下测得的耦合剂闪点, 单位为摄氏度 (°C);

$P$ ——环境大气压, 单位为千帕 (kPa);

0.25——常数, 单位为摄氏度每千帕 (°C/kPa);

101.3——标准大气压, 单位千帕 (kPa)。

注: 当大气压力在98.0kPa~104.7kPa范围内时, 上式为精确修正, 超出此范围也可以使用。

17.3.11 对同一种耦合剂闪点的测试过程中, 每次测试都应在试验杯注入新耦合剂, 每次测试完成后应将试验杯擦拭或清洗干净, 避免相互影响。耦合剂闪点测试完成后, 应及时采用溶剂清洗干净试验杯。

17.3.12 应采用满足标准 GB/T 679 且含量 $\geq 99.7\%$ 的无水乙醇（分析纯）对闪点仪进行核查，测量无水乙醇的闪点在  $12^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  时，闪点仪工作正常。每天开始工作前应对闪点仪核查一次，必要时再次进行核查。

17.3.13 测定结果应修约至  $1^{\circ}\text{C}$ 。

#### 17.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 闪点测定结果。如： $53^{\circ}\text{C}$ 。

#### 17.5 精密度

在再现性条件下测得的两次独立的测定结果的绝对值差不大于  $5^{\circ}\text{C}$ ，以大于  $5^{\circ}\text{C}$  的情况不超过  $5\%$  为前提。

### 18 pH 值

#### 18.1 基本原理

用实验室 pH 计（酸度计）测定耦合剂的 pH 值。

#### 18.2 仪器

##### 18.2.1 酸度计

酸度计应满足 GB/T 11165 要求，并按照 JJG 119 进行校准，酸度计应不低于 0.02 级。

##### 18.2.2 pH 试纸

精密或广泛 pH 试纸，测量范围应覆盖  $4\text{pH} \sim 10\text{pH}$ 。

##### 18.2.3 温度计

温度计的分度值不低于  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

##### 18.2.4 称量瓶

高型称量瓶外形尺寸为  $\varnothing 30\text{mm} \times 60\text{mm}$ ，且应满足 JY/T 0453 要求。

#### 18.3 操作步骤

18.3.1 宜先用 pH 试纸检测耦合剂的 pH 值的参考值。

18.3.2 根据耦合剂的参考值，选择标准缓冲溶液对酸度计进行校准。至少采用单点校准，校准点和 pH 试纸检测值尽量接近。采用双点校准时，则校准点应该选择高于和低于 pH 试纸的检测值且尽量接近。校准时，pH 值读数至少稳定 1min。标准缓冲溶液的 pH 值及配置方法，执行 GB/T 9724。

18.3.3 将约 20mL 耦合剂装入清洁干燥后的称量瓶中。用酸度计检测称量瓶中的耦合剂 pH 值。同时，用温度计测量耦合剂的温度，可根据酸度计的功能对检测值进行自动补偿，测得的 pH 值读数至少稳定 1min。

18.3.4 用 pH 单位表示测量结果。

18.3.5 至少平行测定两次，如果两次测定结果之差小于等于 0.1，则以两次平行测定值的算术平均值

为测定结果。

18.3.6 如果两次平行测定结果之差超过 0.1，则应进行第三个平行的测定。如果三个平行测定结果的极差小于或等于 0.12，则以三次平行测定值的算术平均值为测定结果。如果三次平行测定结果之差超过 0.12，则以三次平行测定结果的中值作为测定结果。

18.3.7 测定结果应修约至 0.1pH。

#### 18.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) pH值测定结果、耦合剂温度。如：7.6pH（18.2℃）。

#### 18.5 精密度

在重复性条件下测得的两次独立的测定结果的绝对值差不大于0.1pH单位，以大于0.1pH单位的情况不超过5%为前提。

### 19 腐蚀性

#### 19.1 基本原理

将一块已经磨光好的金属试片浸没在一定体积的耦合剂中，并将其在一定的温度下常压干燥箱一定时间。干燥周期结束后，将金属片在水中用棉花轻轻擦去耦合剂。根据金属片表面的颜色、腐蚀斑、腐蚀痕迹确定耦合剂的腐蚀性级别。

#### 19.2 仪器

##### 19.2.1 金属试片

金属试片推荐采用钢轨材料U75V，可以根据需要选择材料。金属试片的结构应满足附图F.1的要求。

##### 19.2.2 干燥箱

干燥温度 $80^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，并按照JJF 1101对温度进行校准。

##### 19.2.3 称量瓶

称量瓶外形尺寸为 $\varnothing 30\text{mm}\times 60\text{mm}$ ，且应满足JY/T 0453要求。

##### 19.2.4 其它

脱脂棉、砂纸或砂布（80目、120目、200目/240目）、苯或酒精、冷风机、瓷蒸发皿、镊子。

#### 19.3 操作步骤

19.3.1 金属试片的两个面用砂纸或砂布磨光且无明显的机加工痕迹，然后用 200 目~240 目砂纸或砂布磨至光滑明亮且无前序磨光时留下的痕迹。磨好的金属片用镊子夹持于瓷蒸发皿中用苯/酒精洗涤，用苯/酒精浸过的脱脂棉擦拭。清洗干净后用冷风吹干。清洗、吹干过程中不得与手接触。

19.3.2 取约 20mL 耦合剂至称量瓶中。将金属试片尽量垂直放置称量瓶中，耦合剂应浸没金属试片高度的 2/3，称量瓶加盖，参见附图 F.2。

19.3.3 将称量瓶在  $80^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  的干燥箱中常压干燥 2h。

19.3.4 干燥周期结束后常温冷却。然后将金属片在水中用棉花轻轻擦去耦合剂。清洗干净后用冷风吹干。清洗、吹干过程中不得与手接触。

19.3.5 根据金属试片表面的颜色、腐蚀斑、腐蚀痕迹确定耦合剂的腐蚀性级别。金属试片双面观察，以腐蚀严重的面定级。耦合剂腐蚀性分级及说明见附表 F.1。

19.3.6 可以根据需求确定金属试片的材料及腐蚀条件。

#### 19.4 检测报告

检测报告至少应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 金属试片的材料
- c) 腐蚀试验条件，包括干燥温度、时间、气压。
- d) 评级级别。

##### 示例

2级（钢轨U75V，80℃，2h，常压）

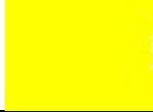
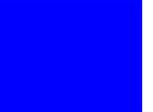
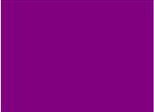
#### 19.5 精密度

在一次抗腐蚀试验中，一个金属试片双面腐蚀性级别差异不超过1级。在复现性条件下，同一种耦合剂腐蚀性级别差异不超过1级。

附录 A  
(资料性)  
色卡图

耦合剂常用颜色参见表 A.1。

表A.1 耦合剂常用颜色

红 	红黄 	黄 	黄绿 	绿 
绿蓝 	蓝 	蓝紫 	紫 	紫红 
<p>注 1：根据参考文献[1-2]指定的五种主色、五种中间色，查询 10 种颜色的 RGB，再通过计算机的 RGB 设置截图获取。</p> <p>注 2：更多颜色参见参考文献[3-4]。</p>				

附 录 B  
(资料性)  
(18~28) °C纯水密度表

(18~28) °C纯水密度见表B.1。

表B.1 (18~28) °C纯水密度表 (不含空气)

$t_{90}$ °C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	g/cm <sup>3</sup>
18	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
	598	580	561	542	523	505	485	466	447	427	
19	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
	408	388	369	349	320	309	288	268	248	227	
20	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
	207	186	165	144	123	102	081	060	038	017	
21	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
	995	973	951	929	907	885	863	841	818	796	
22	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
	773	750	727	704	681	658	635	612	588	564	
23	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
	541	517	493	469	445	421	397	372	348	323	
24	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
	299	274	249	224	199	174	149	124	098	073	
25	0.997	0.997	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996
	047	021	996	970	944	918	891	865	839	812	
26	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996
	786	759	732	706	679	652	624	597	570	543	
27	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996
	515	488	460	432	404	376	348	320	292	264	
28	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.995	0.995
	235	207	178	150	121	092	063	034	005	976	
注：摘自 JJG 999—2018。											

附 录 C  
(资料性)  
(18~28) °C水黏度表

水 (18~28) °C黏度表见表C.1。

表C.1 水 (18~28) °C黏度表

温度 $t$ °C	动力黏度 $\eta_a$ mPa·s
18	1.0559
19	1.0299
20	1.0050
21	0.9810
22	0.9579
23	0.9358
24	0.9142
25	0.8937
26	0.8737
27	0.8545
28	0.8340

注 1: 摘自参考文献[5]。  
注 2: 介于两个温度之间可用插值法计算。  
注 3: 介于两个温度之间可用  $\eta_a = -0.50\ln(t) + 0.2502$  计算。

附 录 D  
(资料性)  
水的声速、声阻抗、声衰减

蒸馏水或去离子水的声速、声阻抗见表D.1。

表D.1 蒸馏水或去离子水的声速、声阻抗、声衰减

温度 $T$ °C	密度 $\rho$ $10^3 \text{ kg/m}^3$	声速 $c$ m/s	声阻抗 $Z$ $10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$	声衰减 $\alpha_w/f^2$ $10^{-4} \text{ dB}/(\text{cm} \cdot \text{MHz}^2)$
15	999.103	1466.25	1.4649	25.5
18	998.598	1476.35	1.4743	-
19	998.408	1479.55	1.4772	-
20	998.207	1482.66	1.4800	22.0
21	997.995	1485.69	1.4827	-
22	997.773	1488.63	1.4853	-
23	997.541	1491.50	1.4878	-
24	997.299	1494.29	1.4903	-
25	997.047	1497.00	1.4926	-
26	996.786	1499.64	1.4948	-
27	996.515	1502.20	1.4970	-
28	996.235	1504.68	1.4990	-
30	995.649	1509.44	1.5029	17.3

注 1：密度摘自 JJG 999—2018。  
注 2：声速摘自 GB/T 15261—2008。  
注 3：声阻抗为密度和声速的乘积。  
注 3：声衰减摘自 YY/T 0299—2022。  
注 3：15°C~30°C范围，声衰减用公式  $\alpha_w/f^2 = -11.8\ln(T) + 57.45$  计算。

附录 E  
(规范性)  
试辊技术要求

试验机上、下试辊应采用Gr15材料加工，硬度 $\geq 58\text{HRC}$ ，经退磁处理。试辊的结构见图E.1，图中未注倒角为R0.5。

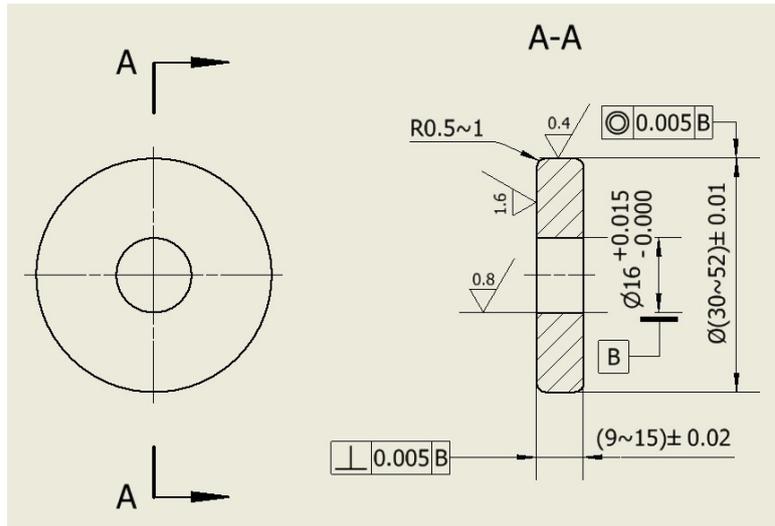


图 E.1 试辊结构图

附录 F  
(规范性)  
腐蚀试片结构、安装及评级

F.1 金属试片结构

耦合剂腐蚀性测试用金属试片的结构图见图F.1。

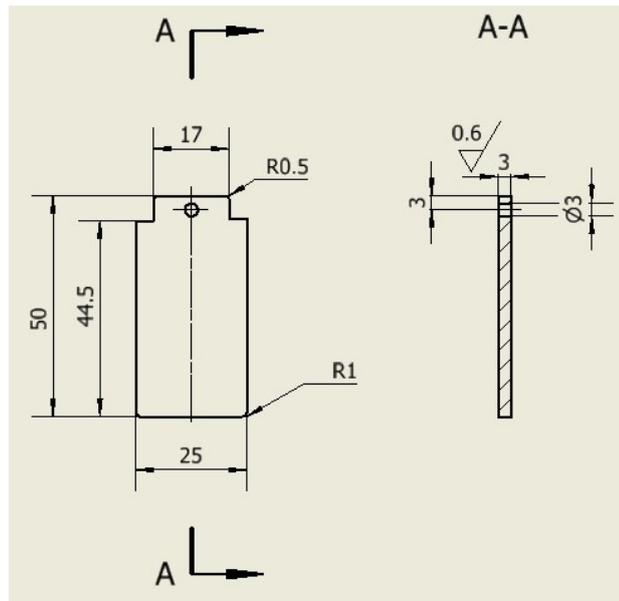


图 F.1 金属试片结构图

F.2 腐蚀试片安装方式

耦合剂腐蚀性测试用金属试片的安装方式见示意图见图F.2。



标引序号说明：

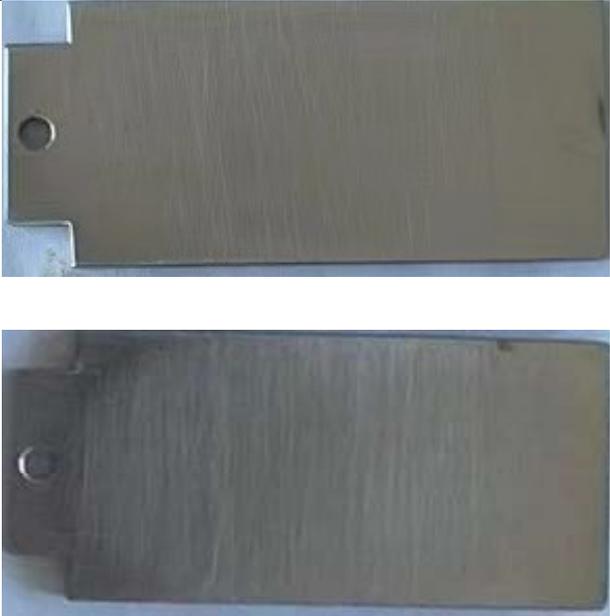
- 1——称量瓶
- 2——金属试片
- 3——耦合剂

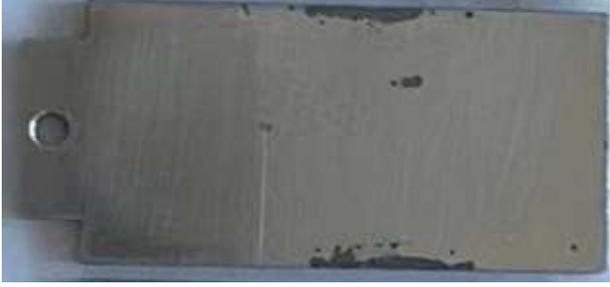
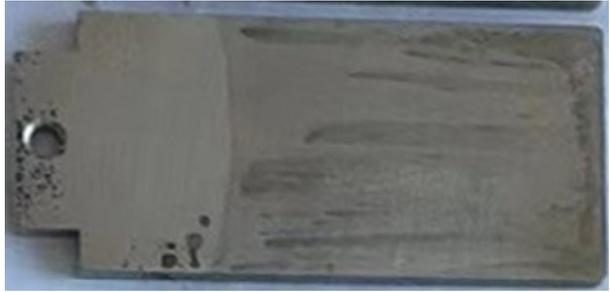
图 F.2 金属试片的安装方式示意图

## F.3 腐蚀性分级

耦合剂腐蚀性分级及级别说明见表F.1

表 F.1 腐蚀性分级及级别说明

级别	说明	实例
0	金属原色	
1	浸入耦合液和未浸入耦合液区域存在轻度颜色差异, 无腐蚀斑点。	
2	浸入耦合液和未浸入耦合液区域存在轻度颜色差异, 出现腐蚀斑点, 腐蚀斑点不超过 5 个。	
3	腐蚀斑超过 5 个和/或存在未超过 10mm 腐蚀痕迹线。	

级别	说明	实例
4	存在不超过 3 条超过 10mm 腐蚀痕迹线。	
5	腐蚀痕迹线迹形成面, 腐蚀痕迹面未超过腐蚀面的 50%。	
6	腐蚀痕迹线迹形成面, 腐蚀痕迹面占腐蚀面的 50%~90%。	 
7	腐蚀痕迹线迹形成面, 腐蚀痕迹面超过腐蚀面的 90%。	

参 考 文 献

- [1] GB/T 15608—2006 中国颜色体系
  - [2] GB/T 21898—2008 纺织品颜色表示方法
  - [3] GSB 16-2062-2007 中国颜色体系标准样册
  - [4] 尹泳龙主编，《中国颜色名称》，地质出版社，北京，1997年，ISBN：978-7-1160-2490-8
  - [5] 李成华，倪玲英，张洋洋主编，《工程流体力学实验》，中国石油出版社，东营，2015年，ISBN 978-7-5636-4924-2。
-