



中华人民共和国国家标准

GB 29743.3—20XX

机动车冷却液 第3部分：燃料电池汽车冷却液

Motor vehicle coolant—Part 3: Fuel cell vehicle coolant

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 产品分类 2

5 技术要求和试验方法 2

6 检验规则 5

7 标志、包装、运输和贮存 6

附录 A（规范性） 燃电冷却液电导率试验方法 7

附录 B（规范性） 燃电冷却液热力学参数试验方法 8

附录 C（规范性） 燃电冷却液静态腐蚀试验方法 10

附录 D（规范性） 燃电冷却液循环台架腐蚀试验方法 14

附录 E（规范性） 燃电冷却液与塑料材料兼容性试验方法 18

附录 F（规范性） 燃电冷却液稳定性试验方法 20

附录 G（规范性） 燃电冷却液与去离子器兼容性试验方法 21

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。

本文件是GB 29743《机动车冷却液》的第3部分。GB 29743已经发布了以下部分：

- 第1部分：燃油汽车发动机冷却液；
- 第2部分：电动汽车冷却液；
- 第3部分：燃料电池汽车冷却液。

本文件由中华人民共和国交通运输部提出并归口。

引 言

冷却液是机动车安全运行必不可少的传热介质。冷却液通过在机动车冷却系统内循环运转，起到散热、防冻及防腐等作用，从而保障机动车核心动力部件的正常动力输出。鉴于冷却液产品的重要性和特殊性，国内外标准化机构普遍重视冷却液标准规范的建立。GB 29743《机动车冷却液》旨在确立适用不同类型机动车的冷却液技术要求，由三个部分组成。

- 第1部分：燃油汽车发动机冷却液。目的在于确立适用于燃油汽车发动机冷却液的技术要求。
- 第2部分：电动汽车冷却液。目的在于确立适用于电动汽车动力电池冷却液的技术要求。
- 第3部分：燃料电池汽车冷却液。目的在于确立适用于燃料电池汽车电堆冷却液的技术要求。

机动车冷却液

第3部分：燃料电池汽车冷却液

1 范围

本文件规定了燃料电池汽车冷却液的产品分类、技术要求和试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于燃料电池汽车电堆热管理系统中，以乙二醇为防冻剂原料调配而成的燃料电池汽车冷却液的生产、检验和使用。

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/T 3190 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 3620.1 钛及钛合金牌号和化学成分
- GB/T 5231 加工铜及铜合金牌号和化学成分
- GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 15115 压铸铝合金
- GB/T 20878 不锈钢 牌号及化学成分
- GB 29518—2013 柴油发动机氮氧化物还原剂 尿素水溶液(AUS 32)
- GB 29743.2—20XX 机动车冷却液 第2部分：电动汽车冷却液
- GB/T 39937—2021 塑料制品 聚丙烯(PP)挤塑板材 要求和试验方法
- GB/T 40169—2021 超高分子量聚乙烯(PE-UHMW)和高密度聚乙烯(PE-HD)模塑板材
- JT/T 1230 机动车发动机冷却液无机阴离子测定法 离子色谱法
- NB/SH/T 0164 石油及相关产品包装、储运及交货验收规则
- NB/SH/T 0828 发动机冷却液中硅与其它元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
- SH/T 0065 发动机冷却液或防锈剂试验样品的取样及其水溶液的配制
- SH/T 0066 发动机冷却液泡沫倾向测定法（玻璃器皿法）
- SH/T 0067 发动机冷却液和防锈剂灰分含量测定法
- SH/T 0068 发动机冷却液及其浓缩液密度或相对密度测定法（密度计法）
- SH/T 0069 发动机防冻剂、防锈剂和冷却液pH值测定法
- SH/T 0084 冷却系统化学溶液对汽车上有机涂料影响的试验方法
- SH/T 0086 发动机冷却液的浓缩液中水含量测定法（卡尔·费休法）
- SH/T 0089 发动机冷却液沸点测定法
- SH/T 0090 发动机冷却液冰点测定法
- SH/T 0604 原油和石油产品密度测定法（U形振动管法）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

燃料电池汽车冷却液 fuel cell vehicle coolant

以防冻剂、缓蚀剂等原料复配而成的，用于燃料电池汽车电堆热管理系统中，具有绝缘、冷却、防腐及防冻等作用的功能性液体。

注：直接从产品原包装中取出的冷却液通常称为原液，原液既可以是冷却液浓缩液，也可以是冷却液稀释液。

3.2

浓缩液 fuel cell vehicle coolant concentrate

水分含量不大于5%，经稀释后用于燃料电池汽车电堆热管理系统的冷却液。

3.3

稀释液 fuel cell vehicle coolant predilute

直接用于燃料电池汽车电堆热管理系统，具有特定冰点数值的冷却液。

4 产品分类

4.1 燃料电池汽车冷却液（以下简称燃电冷却液）的分类、代号及型号应符合表1的规定。

表1 燃电冷却液分类、代号及型号

产品分类		代号	型号
乙二醇型	浓缩液	FCVC-I	——
	稀释液	FCVC-II	FCVC-II-35、FCVC-II-40、FCVC-II-45、FCVC-II-50

5 技术要求和试验方法

5.1 通用要求及试验方法

燃电冷却液的通用要求及试验方法应符合表2的规定。

表2 燃电冷却液通用要求及试验方法

项目	质量指标	试验方法
外观	无沉淀及悬浮物、清亮透明液体	目测
颜色	有醒目颜色或无色	目测
气味	无刺激性异味	鼻嗅

5.2 理化性能要求及试验方法

燃电冷却液的理化性能要求及试验方法应符合表3的规定。

表 3 燃电冷却液理化性能要求及试验方法

项目		质量指标					试验方法
		FCVC- I	FCVC- II - 35	FCVC- II -40	FCVC- II -45	FCVC- II -50	
密度 ^a （20.0℃） / （g/cm ³ ）		1.095～ 1.144	≥1.060	≥1.064	≥1.066	≥1.069	SH/T 0068、 SH/T 0604
冰点/℃	原液	—	≤-35.0	≤-40.0	≤-45.0	≤-50.0	SH/T 0090
	50%体积稀释液	≤-36.4	—				
沸点/℃	原液	≥163.0	≥107.5	≥108.0	≥108.5	≥109.0	SH/T 0089
	50%体积稀释液	≥108.0	—				
pH 值	原液	—	5.0～8.0				SH/T 0069
	50%体积稀释液	5.0～8.0	—				
灰分（质量分数）/%		≤2.0	≤1.0				SH/T 0067
水分（质量分数）/%		≤5.0	—				SH/T 0086
电 导 率 （25.0℃）/ （uS/cm）	原液	—	≤5				附录 A
	50%体积 稀释液	≤5	—				
导 热 系 数 （20.0℃）/ （W/m·K）	原液	—	≥0.34	≥0.32	≥0.30	≥0.28	附录 B
	50%体积 稀释液	≥0.32	—				
比 热 容 （20.0℃）/ （kJ/kg·K）	原液	—	≥3.0	≥2.9	≥2.8	≥2.7	附录 B
	50%体积 稀释液	≥2.9	—				
氯含量/（mg/kg）		≤5					JT/T 1230
硫酸盐含量（以 SO ₄ ²⁻ 计）/ （mg/kg）		≤5					JT/T 1230
铁含量/（mg/kg）		≤5					NB/SH/T 0828
不溶物/（mg/kg）		≤5					GB 29518-2013 附录 E
对汽车有机涂料的影响		无影响					SH/T 0084
^a 结果有异议时，以 SH/T 0068 方法为仲裁方法。							

5.3 使用性能要求及试验方法

燃电冷却液的使用性能要求及试验方法应符合表4的规定。

表 4 燃电冷却液使用性能要求及试验方法

项目			质量指标	试验方法
静态腐蚀 (90℃±2℃， 336 h±2 h)	质量变化/mg	黄铜	±5	附录 C
		钛	±5	
		304 不锈钢	±5	
		石墨	报告值	
		YL113 铝	±5	
		3003 铝	±5	
		4043 铝	±5	
	试后试片外观		无肉眼可见点蚀或坑蚀	
	试后溶液	电导率(25.0℃)/(uS/cm)	报告值	
循环台架腐蚀 (90℃±2℃， 1064 h±2 h)	质量变化/mg	黄铜	±10	附录 D
		钛	±10	
		304 不锈钢	±10	
		石墨	报告值	
		YL113 铝	±10	
		3003 铝	±10	
		4043 铝	±10	
	试后溶液	电导率(25.0℃)/(uS/cm)	报告值	
		铁含量/(mg/kg)	报告值	
		铜含量/(mg/kg)	报告值	
		铝含量/(mg/kg)	报告值	
橡胶材料兼容性 ^a (80℃±2℃， 168h±2 h)	三元乙丙橡胶	硬度变化/IRHD	±5	GB 29743.2— 20XX 附录 D
		体积变化率/%	±5	
		断裂拉伸强度变化率/%	±15	
		拉断伸长率变化率/%	±30	
	硅橡胶	硬度变化/IRHD	±5	
		体积变化率/%	±5	
		断裂拉伸强度变化率/%	±15	
		拉断伸长率变化率/%	±30	
塑料材料兼容性 ^a (80℃±2℃， 168h±2 h)	试片质量变化/(mg/cm ²)	聚乙烯树脂	±1.0	附录 E
		聚丙烯树脂	±1.0	
泡沫倾向 (88℃±1℃)	泡沫体积/mL		≤150	SH/T 0066
	泡沫消失时间/s		≤5.0	
热稳定性 ^a (60℃±2℃，168 h±2h)	外观		颜色无明显变化，无沉淀及悬浮物	附录 F
	试后溶液电导率(25.0℃)/(uS/cm)		≤5	

表 4 燃电冷却液使用性能要求及试验方法（续）

项目		质量指标	试验方法
低温稳定性 ^a (-20℃±2℃，24 h±2 h)	外观	颜色无明显变化，无沉淀及悬 浮物	
	试后溶液电导率（25.0℃）/（uS/cm）	≤5	
去离子器兼容性 ^b	试后溶液外观	无明显褪色	附录 G
^a 浓缩液稀释成 50%体积的溶液进行试验，稀释液直接试验。 ^b 仅适用具备醒目颜色的燃电冷却液。			

6 检验规则

6.1 检验分类

- 6.1.1 检验分为型式检验和出厂检验。
- 6.1.2 在下列情况下应进行型式检验：
- a) 新产品投产或产品定型鉴定时；
 - b) 原材料、工艺等发生较大变化，可能影响产品质量时；
 - c) 出厂检验或周期检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
 - d) 产品转厂生产时；
 - e) 通常两年进行一次型式检验，当生产工艺无变化时可延长两年。
- 6.1.3 出厂检验分为出厂批次检验和出厂周期检验。主要原材料和添加剂无变化时，每年还应至少进行两次出厂周期检验。
- 6.1.4 其他检验要求，由供需双方协商确定。

6.2 检验项目

- 6.2.1 型式检验项目为第 5 章规定的所有技术要求。
- 6.2.2 出厂批次检验项目包括外观、颜色、气味、密度、冰点、沸点、pH 值、电导率、泡沫倾向。
- 6.2.3 出厂周期检验项目包括 6.2.2 的项目以及氯含量、硫酸盐含量、水分、静态腐蚀、热稳定性、低温稳定性。
- 6.2.4 其他检验要求的项目，由供需双方协商确定。

6.3 组批

在原材料、工艺不变的条件下，每生产一釜或连续生产多釜混合均匀的产品为一个检验批次。

6.4 取样

取样应按SH/T 0065的规定进行，每批产品取样量应满足检验和留样要求，或是从包装好的产品随机抽取样品作为检验和留样用。

6.5 判定规则

出厂检验和型式检验结果符合第5章规定时，判定该批产品合格。

6.6 复检规则

如果出厂检验和型式检验结果不符合第5章要求，应从同批产品中重新抽取双倍量样品，对不合格项目进行复检，如复检结果仍不符合本文件要求，则判定该批产品为不合格。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 燃电冷却液应按 NB/SH/T 0164 的规定进行标志和包装，标志内容应包括：

- a) 产品名称；
- b) 防冻剂类型；
- c) 产品分类及冰点；
- d) 浓缩液产品使用方法；
- e) 生产日期或批号；
- f) 使用截止日期；
- g) 生产企业名称及地址等。

7.2 燃电冷却液运输应符合 NB/SH/T 0164 的规定。

7.3 燃电冷却液应贮存在阴暗、通风的地方，不应阳光直射。

附 录 A
(规范性)
燃电冷却液电导率试验方法

A.1 方法概要

量取100mL冷却液，用校准后的电导率仪测量其电导率。

A.2 仪器与材料

A.2.1 电导率仪：准确度等级不低于0.5级，具有温度自动补偿功能。配低电导率测量电极，分辨率0.01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

A.2.2 量筒：容量100mL。

A.2.3 锥形瓶：容量100mL，具塞。

A.2.4 水：应符合GB/T 6682—2008中的一级水要求。

A.3 试验步骤

A.3.1 用水彻底清洗并干燥所用的量筒及锥形瓶。

A.3.2 按照电导率仪使用说明要求，选择合适测量区间的电导率标准溶液，校准电导率仪。

A.3.3 用水充分清洗电极，滤纸擦干，再用待测冷却液样品润洗电极。

A.3.4 用量筒量取100mL冷却液倒入锥形瓶中，盖上塞子混合均匀。

A.3.5 将电极浸入锥形瓶中试样，进行电导率测定，根据电导率仪温度自动补偿功能，记录补偿到25.0℃的电导率值。重复测定两次，期间避免试样长时间暴露在空气中。

A.4 结果报告

报告重复测定两个结果的算术平均值作为试验结果，精确到0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

附录 B

(规范性)

燃电冷却液热力学参数试验方法

B.1 方法概要

采用瞬态热线法测量冷却液热力学参数。将一定量冷却液放入测量系统取样池中，连接好测量金属铂丝（热线），随后放入控温单元中。开启测量系统，瞬间电流通过金属铂丝，并加热金属铂丝和液体样品。根据液体样品的温度-时间变化曲线，测量系统经计算处理得到试样的导热系数、热扩散率和体积比热容。

B.2 仪器与材料

B.2.1 液体导热系数测量系统（瞬态热线法）：具备测量液体导热系数和热扩散系数等功能，由取样池组件（包含铂丝传感器）、主机控制器（包含微处理器）以及温度控制设备等组成。测量系统采用相应的操作软件，具备界面控制测试序列、数据采集和测试结果处理等功能。

B.2.2 量筒：容量100mL。

B.2.3 水：应符合GB/T 6682—2008中的三级水要求。

B.3 试验准备

B.3.1 用水将取样池各组件清洗干净，干燥后待用。

B.3.2 将燃电冷却液样品充分摇匀。用量筒量取约40mL样品倒入取样池，液位稍低于取样池内壁上标记线。这样既为试样加热的热膨胀预留了空间，又能确保传感器完全浸没。

B.3.3 将传感器轻轻放入取样池中，清除传感器和试样界面附近的任何气泡。气泡会引入误差，并显著降低热性能测量结果。轻敲取样池以去除任何气泡，然后将传感器拧紧至取样池上。

B.3.4 根据试验温度以及样品性质不同，取样池如果需要进行加压试验，请遵循设备制造商关于加压气体引入的说明操作。

B.4 试验步骤

B.4.1 测量系统开机后，平衡主机控制器，直到仪器显示准备完毕。

B.4.2 通过温度控制设备，设定样品测量温度20.0℃，控温稳定后开始测量。

B.4.3 通过程序设置，在每个温度点下重复进行十次热力学参数测量，记录导热系数和热扩散系数两个参数。测量结果可实时显示，并根据测量系统软件进行数据存储。

B.4.4 测量结束后，记录液体测量温度、导热系数及热扩散系数。

B.5 结果计算

液体比热容（ C_p ）按公式（B.1）计算：

$$Cp = \frac{\lambda}{1000\alpha\rho} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

Cp ——液体比热容，单位为千焦耳每千克开尔文[kJ/(kg•K)]；

注：液体比热容又称为质量比热容。

λ ——液体导热系数，单位为瓦特每米开尔文[W/(m•K)]；

α ——液体热扩散系数。单位为平方米每秒 (m²/s)；

ρ ——液体在测量温度点下的密度，单位为千克每立方米 (kg/m³)。

B.6 结果报告

B.6.1 报告样品导热系数十次重复测量值的算术平均值作为试验结果，精确到0.01W/(m•K)。

B.6.2 报告样品比热容十次重复测量值的算术平均值作为试验结果，精确到0.1kJ/(kg•K)。

附 录 C
(规范性)
燃电冷却液静态腐蚀试验方法

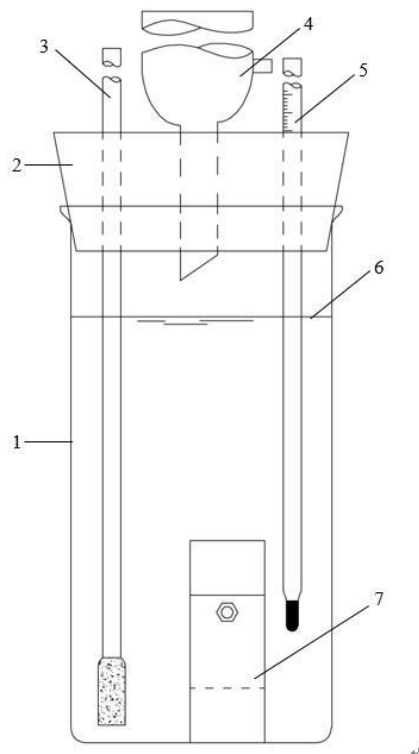
C.1 方法概要

将燃料电池汽车热管理系统使用的典型材料制成试片，打磨、清洗及称重后，按规定顺序组装成试片束。放入试验杯中，倒入750mL燃电冷却液试样，移至加热设备上，在试验温度 $90^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、空气流量 $100\text{mL}/\text{min}\pm 10\text{mL}/\text{min}$ 条件下，保持 $336\text{h}\pm 2\text{h}$ 。试验结束后，按要求分别对材料试片质量变化及燃电冷却液性能变化进行检验。

C.2 仪器与材料

C.2.1 仪器

C.2.1.1 试验杯：1000 mL，高型、无嘴、耐热玻璃制成。配橡胶塞，塞上有安装冷凝管、气体扩散管及温度计的通孔，试验组件的组装见图C.1。



标引序号说明：

- | | |
|-----------|----------|
| 1——试验杯； | 5——温度计； |
| 2——橡胶塞； | 6——试样液面； |
| 3——气体扩散管； | 7——试片束。 |
| 4——冷凝管； | |

图 C.1 试验组件的组装

- C.2.1.2 冷凝管：冷凝夹套长400 mm，直管式回流冷凝管。
- C.2.1.3 气体扩散管：耐热玻璃制成，管长220 mm、外径8 mm，末端配长30 mm、外径15 mm的砂芯玻璃扩散头。
- C.2.1.4 温度计：-20 ℃～150 ℃，分度值1 ℃，或者相同精度的仪器。
- C.2.1.5 加热设备：液体浴加热，能控温90 ℃±2 ℃，或者相同精度的仪器。
- C.2.1.6 空气流量计：能控制空气流量100 mL/min±10 mL/min。
- C.2.1.7 天平：分度值0.1 mg，最大称量不小于200 g。
- C.2.2 材料
- C.2.2.1 材料试片：应符合表C.1的规定。

表 C.1 试验用材料试片技术要求

材料名称		黄铜	钛	不锈钢	石墨	铸铝	铝合金	铝合金
执行标准		GB/T 5231	GB/T 3620.1	GB/T 20878	——	GB/T 15115	GB/T 3190	GB/T 3190
材料牌号		H70	TA1	304	双极板用	YL113	3003	4043
材料尺寸/mm	长	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	宽	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	厚	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0
其他要求		中心钻直径7.0 mm通孔						

- C.2.2.2 不锈钢支架：尺寸50.0 mm×25.0 mm×2.0 mm, 距离长边12.5 mm、短边6.5 mm处有一直径7.0 mm通孔。
- C.2.2.3 不锈钢螺栓：公称直径4.0 mm，栓长75.0 mm，配相应规格螺母及垫圈。
- C.2.2.4 绝缘套管：聚四氟乙烯材质，外径6.5 mm、壁厚1.0 mm、管长55 mm。
- C.2.2.5 绝缘垫圈：聚四氟乙烯材质，外径12.0 mm、内径7.0 mm、厚4.5 mm。
- C.2.2.6 砂纸：粒度P320防水碳化硅砂纸。

C.3 毛刷：软毛刷。试剂

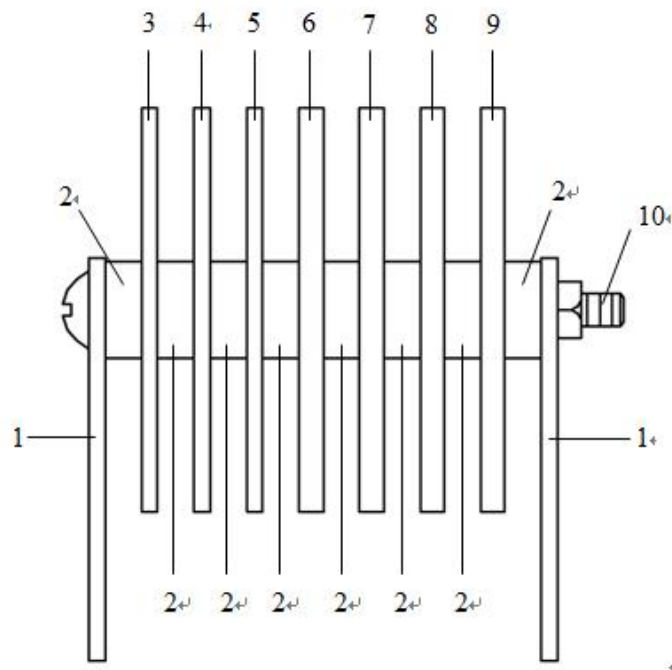
- C.3.1 无水乙醇 (C₂H₆O)：分析纯。
- C.3.2 水：应符合GB/T 6682—2008中的一级水要求。

C.4 准备工作

C.4.1 试片准备

- C.4.1.1 试片打磨：用粒度P320防水碳化硅砂纸沿与试片长边平行的方向仔细打磨，去除边缘及通孔上毛刺，直至试片表面光滑无氧化层。石墨试片不用打磨。
- C.4.1.2 试片清洗：用水冲洗打磨好的试片，然后放入盛有无水乙醇的玻璃器皿中清洗，取出后用干燥空气吹干。干燥后的试片，不应用手直接接触，可用洁净手套拿取。
- C.4.1.3 试片称重：用分析天平称量试片，称准至0.1 mg。
- C.4.1.4 试片组装：在套上绝缘套管的不锈钢螺栓上，按下列顺序依次装配：不锈钢支架、绝缘垫圈、黄铜试片、绝缘垫圈、钛试片、绝缘垫圈、不锈钢试片、绝缘垫圈、石墨试片、绝缘垫圈、铸铝试片、

绝缘垫圈、3003铝试片、绝缘垫圈、4043铝试片、绝缘垫圈、不锈钢支架。用螺帽拧紧至试片不松动，以保证试片束每一部分有良好的电接触，试片束的组装见图C.2。



标引序号说明：

- | | |
|--------------|---------------|
| 1——不锈钢支架； | 6——石墨试片； |
| 2——绝缘垫圈； | 7——YL113铸铝试片； |
| 3——H70黄铜试片； | 8——3003铝试片； |
| 4——钛试片； | 9——4043铝试片； |
| 5——304不锈钢试片； | 10——不锈钢螺栓。 |

图 C. 2 试片束组装

C. 4. 2 样品准备

燃电冷却液浓缩液稀释成50%体积的溶液进行试验，稀释液直接试验。

C. 5 试验步骤

C. 5. 1 彻底清洗并干燥试验所用的试验杯、橡胶塞、温度计、气体扩散管及冷凝管。

C. 5. 2 将组装好的三组材料试片束分别放入三个试验杯内，再分别向每个试验杯倒入750 mL冷却液试验溶液。按图C.1所示组装橡胶塞、温度计、气体扩散管和冷凝管。冷凝管末端应刚好从橡胶塞穿出。气体扩散管扩散头应距离试片束至少12.7 mm，两者不应直接接触。

C. 5. 3 将试验杯放入加热设备上，连接好冷凝水路及气路。冷却液在 $90\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、空气流量 $100\text{ mL/min}\pm 10\text{ mL/min}$ 条件下，持续试验 $336\text{ h}\pm 2\text{ h}$ 。试验期间应每天检查试验情况，以确保试验温度、空气流量及液面高度符合要求，试样因蒸发损失应及时补充水。

C. 5. 4 试验结束后，取下试验杯冷却至室温。取出材料试片束并解体，用软毛刷在自来水下轻轻刷洗每种试片，以除去表面附着物。

C. 5. 5 将上述处理后的试片，用无水乙醇清洗，干燥后称准至0.1 mg。

C.6 结果计算

试片质量变化按公式 (C.1) 计算:

$$\Delta M = (M_1 - M_2) \times 1000 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

ΔM ——试片质量变化值, 单位为毫克 (mg);

M_1 ——试验前的试片质量, 单位为克 (g);

M_2 ——试验后的试片质量, 单位为克 (g);

C.7 结果报告

报告试片质量变化, 取三组平行试验的算术平均值作为试验结果, 精确到0.1 mg。

附 录 D
(规范性)
燃电冷却液循环台架腐蚀试验方法

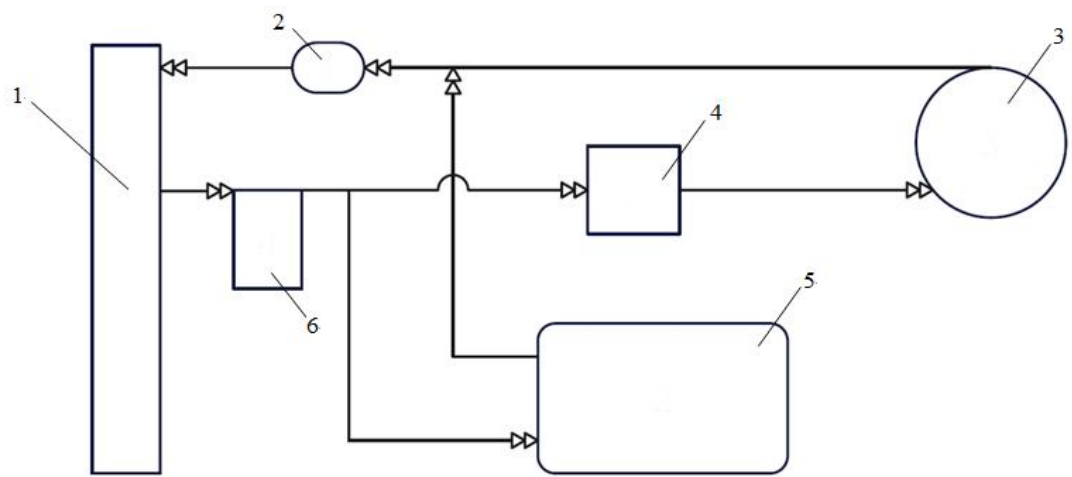
D.1 方法概要

将燃电冷却液置于由燃料电池电堆、散热器、水泵、储液罐及连接橡胶管等部件所组成的封闭试验装置中，在90 ℃和一定流量条件下循环1064 h。试验结束后，通过测量装在储液罐内电堆热管理系统所用典型材料试片的质量变化，以及检视循环系统各部件内表面状态，评价燃电冷却液腐蚀防护性能。

D.2 设备

D.2.1 循环台架

D.2.1.1 燃电冷却液循环台架试验装置主要由燃料电池电堆、散热器、水泵、储液罐及控制主机等部件组成（见图D.1）。

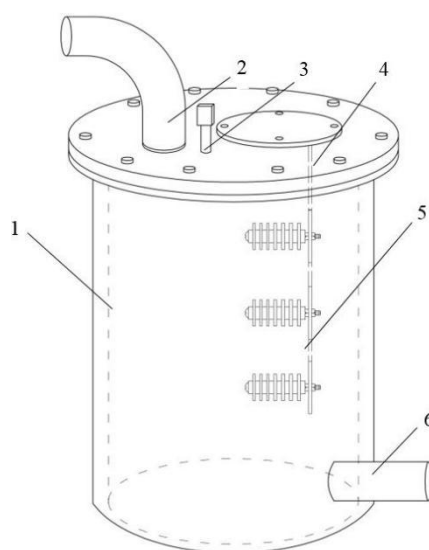


标引序号说明：

- | | |
|---------|------------|
| 1——散热器； | 4——流量计； |
| 2——观察管； | 5——燃料电池电堆； |
| 3——储液罐； | 6——水泵。 |

图 D.1 循环台架试验装置

D.2.1.2 储液罐：用于放置试验材料试片束（见图D.2），为304不锈钢材质，罐体内径约200 mm，高约300 mm。上盖部位分别装有出液口、温度传感器接口及圆形顶盖。圆形顶盖下设304不锈钢支架（长250 mm，宽20 mm，厚2 mm）。



标引序号说明:

- | | |
|-----------|---------------|
| 1——储液罐; | 4——上盖; |
| 2——出液口; | 5——不锈钢支架及试片束; |
| 3——温度传感器; | 6——进液口。 |

图 D.2 储液罐

- D.2.1.3 散热器: 铝材质, 燃料电池汽车专用散热器。
- D.2.1.4 水泵: 耐高温汽车电子水泵, 接口直径20 mm, 扬程不低于11 m, 流速不小于30 L/min。
- D.2.1.5 燃料电池电堆: 内置石墨双极板或金属双极板冷却流道。
- D.2.1.6 电导率仪: 在线电导率仪, 量程范围(0.0~100) $\mu\text{S}/\text{cm}$, 精度0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。
- D.2.1.7 橡胶管: 三元乙丙橡胶管, 内径约20 mm。
- D.2.1.8 连接管: 尼龙管路或三元乙丙橡胶管。
- D.2.1.9 其他管件及接头: 尼龙或304不锈钢材质。
- D.2.1.10 电加热器: 缠绕在储液罐外部, 功率2 kW, 周围应有保温及防烫层。
- D.2.1.11 温度传感器: 量程不低于150 $^{\circ}\text{C}$ 。
- D.2.1.12 流量传感器: 直径DN20涡轮流量计。
- D.2.1.13 压力传感器: 量程不低于200 kPa。
- D.2.1.14 控制主机: 能调节并控制所需的试验温度、流量及试验时间。
- D.2.2 天平
 - 分度值0.1 mg, 最大称量不小于200 g。

D.3 试剂和材料

- D.3.1 水: 应符合GB/T 6682—2008中的一级水要求。
- D.3.2 材料试片: 应符合表C.1要求。
- D.3.3 不锈钢螺栓: 公称直径4.0 mm, 栓长75.0 mm, 配相应规格螺母及垫圈。
- D.3.4 绝缘套管: 聚四氟乙烯材质, 外径6.5 mm、壁厚1.0 mm、管长55.0 mm。
- D.3.5 绝缘垫圈: 聚四氟乙烯材质, 外径12.0 mm、内径7.0 mm、厚4.5 mm。

D.3.6 砂纸：粒度P320防水碳化硅砂纸。

D.4 准备工作

D.4.1 循环台架准备

D.4.1.1 储液罐：将储液罐内部铁锈及结垢除去，再用水冲刷干净，用压缩空气吹干。检查储液罐及内表面状态，若有严重腐蚀区域或泄漏孔隙，则应更换新储液罐。更换罐体和上盖之间的密封圈，并将上盖用螺钉紧固。

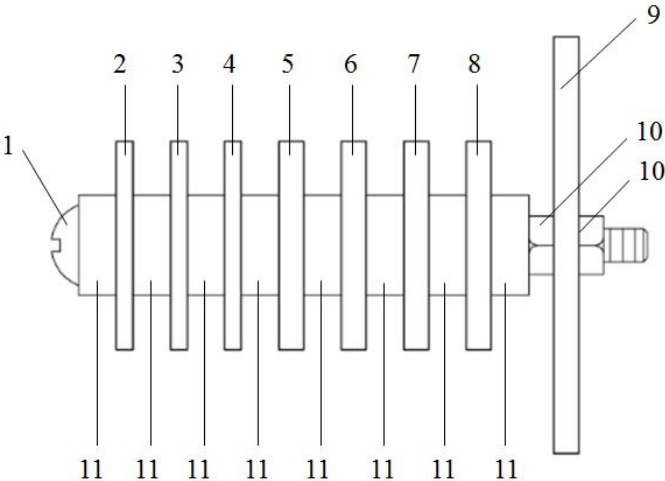
D.4.1.2 每次试验前，应更换新的散热器及橡胶管路等部件，并将各部件重新组装好。

D.4.1.3 试验装置清洗：用水加满整个系统，开启水泵及加热器，在60℃下运转20 min后停机，然后彻底放净系统中的水。

D.4.2 试片准备

D.4.2.1 将材料试片按附录C步骤分别打磨、清洗及称重。

D.4.2.2 将准备好的材料试片按顺序（见图D.3）组装成试片束，再依次装至储液罐顶盖支架上，保持试片长边呈水平方向，两端用螺母拧紧，最后将顶盖装回储液罐上。



标引序号说明：

- | | |
|---------------|-------------|
| 1——不锈钢螺栓； | 7——3003铝试片； |
| 2——H70黄铜试片； | 8——4043铝试片； |
| 3——钛试片； | 9——顶盖支架； |
| 4——304不锈钢试片； | 10——不锈钢螺母； |
| 5——石墨试片； | 11——绝缘垫圈。 |
| 6——YL113铸铝试片； | |

图 D.3 试片束组装

D.4.3 样品准备

燃电冷却液浓缩液稀释成50%体积的溶液进行试验，稀释液直接试验。

D.4.4 试验条件

D.4.4.1 燃电冷却液循环流量保持在20 L/min。

D.4.4.2 试验温度：除停机期间外，试验温度保持在 $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

D.4.4.3 试验时间：循环台架每连续运转76 h后，停机8 h，连续进行14个循环，总试验时间为1064 h。

D.5 试验步骤

D.5.1 样品加注：将燃电冷却液样品从散热器加液口注入系统。开启水泵，检查系统循环情况。室温下保持运转，观察加液口及观察管处液体流动情况，必要时补充样品，直至系统中混入的空气排除干净后停止水泵。

D.5.2 试片预浸：盖回散热器盖，试验试片浸泡在冷却液中，不开启水泵及加热情况下，静置24 h。

D.5.3 系统启动：开动水泵并加热，使系统温度上升到试验温度，检查系统各部件是否有泄漏等异常情况，监测系统压力变化情况。

D.5.4 试验运行：系统每连续运转76 h后，停机8 h。按此方式进行，每周运行152 h，连续7周，直到完成1064 h为止。停机期间，检查补液水壶液面。若液面低于低水位线，则应补充原燃电冷却液试样。

D.5.5 试验结束：系统累计运行1064 h时终止试验，放出试样，立即拆解试验试片束，并按附录C中C.5.4~C.5.5步骤清洗、称量。

D.5.6 取样分析：取出200 mL试验后的燃电冷却液试样。测定试验后燃电冷却液的电导率及元素含量。若需要，在试验进行期间也可取样分析。

D.6 结果计算

试片质量变化按公式（C.1）计算。

D.7 结果报告

D.7.1 试片质量变化取三组试验片的算术平均值作为试验结果，精确到0.1 mg。

D.7.2 报告试验后燃电冷却液的电导率、铁含量、铜含量及铝含量。

附 录 E

(规范性)

燃电冷却液与塑料材料兼容性试验方法

E.1 方法概要

将塑料试片浸入燃电冷却液中，在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下保持 $168\text{h}\pm 2\text{h}$ ，对塑料片的质量变化进行检验。

E.2 仪器、材料与试剂

- E.2.1 试验杯：耐热玻璃制成，内径约70 mm，高约90 mm，容积约350 mL，配镀锡铁皮盖。
- E.2.2 烘箱：能控温在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- E.2.3 温度计： $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，分度值 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- E.2.4 天平：分度值0.1 mg，最大称量不小于200 g。
- E.2.5 游标卡尺：分度值0.02mm。
- E.2.6 聚乙烯塑料：材质应符合GB/T 40169—2021规定的PE-HD I类高密度聚乙烯要求，试片尺寸为 $50\text{ mm}\times 20\text{ mm}\times 2\text{ mm}$ 。
- E.2.7 聚丙烯塑料：材质应符合GB/T 39937—2021规定的PP-H类1.3组聚丙烯要求，试片尺寸为 $50\text{ mm}\times 20\text{ mm}\times 2\text{ mm}$ 。
- E.2.8 无水乙醇 ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)：分析纯。

E.3 试验步骤

- E.3.1 将烘箱升温并控制在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，同时选取2个试验杯清洗干净并烘干。
- E.3.2 每种塑料各选取2片，做好标识，用乙醇清洗，滤纸吸干，绸布擦净并吹干。
- E.3.3 分别称重试片的试前质量 M_1 ，测量试片长宽厚尺寸，并计算出试片表面积 S 。
- E.3.4 将同种材质试片放入同一试验杯内，倒入300ml冷却液，试片分散在试验杯中不能有重叠，盖上杯盖，放入已恒温至 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中，保持 $168\text{h}\pm 2\text{h}$ 。
- E.3.5 取出试验杯冷却至室温。取出试片，用乙醇清洗，滤纸吸干，绸布擦净并吹干。
- E.3.6 称重试片的试后质量 M_2 。

E.4 结果计算

塑料试片质量变化 (M) 按公式 (E.1) 计算：

$$M = \frac{M_2 - M_1}{S} \times 100\% \quad (\text{E. 1})$$

式中：

M ——塑料试片的质量变化，单位为毫克每平方厘米 (mg/cm^2)；

M_1 ——塑料试片的试前质量，单位为毫克 (mg)；

M_2 ——塑料试片的试后质量，单位为毫克 (mg)；

S ——塑料试片的表面积，单位为平方厘米 (cm^2)。

E.5 结果报告

报告塑料试片质量变化，精确到 $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

附 录 F
(规范性)
燃电冷却液稳定性试验方法

F.1 方法概要

将燃电冷却液样品按规定温度保持一定时间后,观察试样外观状态,并测量其电导率,用以评价冷却液稳定性能。

F.2 仪器

- F.2.1 烘箱:能控温在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- F.2.2 低温箱:能控温在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- F.2.3 具塞广口瓶:容量125mL。
- F.2.4 量筒:100mL,分格值1mL。
- F.2.5 电导率仪:同A.2.1。

F.3 试验步骤

F.3.1 热稳定性

F.3.1.1 量取100mL燃电冷却液样品倒入洁净干燥的广口瓶中。盖好塞子,放入已恒温到 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中,保持 $168\text{h}\pm 2\text{h}$ 。

F.3.1.2 取出后冷却至室温并静置1h,观察试样有无颜色变化、沉淀或悬浮物生成等现象,并测量试样的电导率。

F.3.2 低温稳定性

F.3.2.1 量取100mL燃电冷却液样品倒入洁净干燥的广口瓶中。盖好塞子,放入已恒温到 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温箱中,保持 $24\text{h}\pm 2\text{h}$ 。

F.3.2.2 取出后恢复至室温并静置1h,观察试样有无颜色变化、沉淀或悬浮物生成等现象,并测量试样的电导率。

F.4 结果报告

报告试后试样外观及电导率。

附录 G

(规范性)

燃电冷却液与去离子器兼容性试验方法

G.1 方法概要

将燃电冷却液经过去离子器过滤后，观察样品颜色变化情况。

G.2 仪器与材料

G.2.1 去离子器：燃料电池汽车用去离子器，也可由供需双方协商确定。

G.2.2 储液水壶：容积不低于2 L。

G.2.3 电子水泵：接口20 mm，流速不低于5 L/min。

G.2.4 连接管路：硅橡胶管，内径20 mm。

G.3 试验步骤

G.3.1 将去离子器、储液水壶及电子水泵串联连接，组装成密闭循环回路系统。

G.3.2 向系统中倒入足量燃电冷却液，开启水泵循环30min后停机。

G.3.3 取出试后样品，与试前样品对照观察颜色变化情况。

G.4 结果报告

报告试样颜色变化情况。
