

团 体 标 准

T/CCTAS XXXX—XXXX

质子交换膜燃料电池冷却液

Technical requirements for proton exchange membrane fuel cell engine coolant

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2022.11.5）

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。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 II

引 言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 产品分类 5

5 技术要求及试验方法 6

 5.1 用水要求 6

 5.2 通用要求及试验方法 6

 5.3 理化性能及试验方法 6

 5.4 使用性能要求及试验方法 8

6 检验要求 9

 6.1 批的组成 9

 6.2 型式检验 9

 6.3 出厂检验 10

 6.4 取样 10

 6.5 判定规则 10

7 标志、包装、运输和贮存 10

 7.1 标志和包装 10

 7.2 运输和贮存 11

8 回收 11

附 录 A （规范性） 颗粒尺寸检测法 12

附 录 B （规范性） 热稳定性检验法 13

附 录 C （规范性） 对金属材料的影响测试检验法 14

附 录 D （规范性） 台架模拟使用腐蚀检验法 15

表 1 冷却液分类代号及型号 5

表 2 冷却液通用要求 6

表 3 乙二醇冷却液理化性能要求 6

表 4 丙二醇型冷却液理化性能要求 7

表 5 其他类型冷却液理化性能要求 8

表 6 冷却液使用性能要求 8

表 7 检验项目 10

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由潍柴动力股份有限公司提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

燃料电池有多种类型，质子交换膜燃料电池为当下燃料电池汽车的首选。质子交换膜燃料电池系统正常运行过程中产生电的同时会产生大量热，其中约95%的热量必须由冷却液带走，否则会影响电化学反应速率并影响燃料电池的寿命。

质子交换膜燃料电池系统的电压为数百伏，冷却液的电导率是影响整车系统绝缘的重要因素。传统发动机冷却液电导率高达几千 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，而质子交换膜燃料电池正常运行期间要求电导率 $<5\mu\text{S}/\text{cm}$ 。为满足质子交换膜燃料电池用冷却液，规范冷却液技术要求及试验方法，亟需制定质子交换膜燃料电池专用冷却液产品标准，保障质子交换膜燃料电池系统平稳、安全运行。

质子交换膜燃料电池冷却液

1 范围

本文件规定了质子交换膜燃料电池冷却液(以下简称冷却液)的术语和定义、产品分类、技术要求和试验方法、检验规则、标志和包装、运输和贮存、回收等。

本文件适用于质子交换膜燃料电池用二元醇型和其他类型冷却液。

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 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法

GB/T 1220 不锈钢棒

GB/T 3190-2020 变形铝及铝合金化学成分

GB/T 5231-2012 加工铜及铜合金化学牌号和化学成分

GB/T 6682-2008 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 11446.4 电子级水电阻率的测试方法

GB/T 14571.2 工业用乙二醇试验方法 第2部分:纯度和杂质的测定 气相色谱法

GB/T 20042.1-2017 质子交换膜燃料电池 第1部分:术语

GB/T 22232 化学物质的热稳定性测定 差示扫描量热法

GB/T 23436-2009 汽车风窗玻璃清洗液

GB/T 24548-2009 燃料电池电动汽车 术语

GB 29518-2013 柴油发动机氮氧化物还原剂 尿素水溶液(AUS 32)

GB 29743-2013 机动车发动机冷却液

HJ 84-2016 水质 无机阴离子(F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-})的测定 离子色谱法

NB/SH/T 0828 发动机冷却液中硅与其他元素含量的测定 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 发动机冷却液、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 0085 发动机冷却液腐蚀测定法(玻璃器皿法)

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 0164 石油产品包装、贮运及交货验收规则

3 术语和定义

GB/T 20042.1-2017、GB/T 24548-2009、GB 29743-2013标准界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

质子交换膜燃料电池冷却液 proton exchange membrane fuel cell coolant

以防冻剂、非离子型缓蚀剂等原料复配而成的，用于质子交换膜燃料电池冷却系统，具有防腐、防冻、冷却及长期低电导率等作用的功能性液体。

- 3.2
乙二醇型质子交换膜燃料电池冷却液 ethylene glycol based proton exchange membrane fuel cell coolant
以乙二醇作为防冻剂的质子交换膜燃料电池冷却液。
- 3.3
丙二醇型质子交换膜燃料电池冷却液 propylene glycol based proton exchange membrane fuel cell coolant
以1,2-丙二醇作为防冻剂的质子交换膜燃料电池冷却液。
- 3.4
其他类型质子交换膜燃料电池冷却液 other bases proton exchange membrane fuel cell coolant
以除乙二醇、1,2-丙二醇之外的原料作为防冻剂，具有特定冰点数值的质子交换膜燃料电池冷却液，直接用于质子交换膜燃料电池冷却系统。
- 3.5
质子交换膜燃料电池冷却液浓缩液 proton exchange membrane fuel cell coolant concentrate
水分质量比不大于5 %的质子交换膜燃料电池冷却液。
- 3.6
质子交换膜燃料电池冷却液稀释液 proton exchange membrane fuel cell coolant diluent
直接用于质子交换膜燃料电池冷却系统，具有特定冰点数值的质子交换膜燃料电池冷却液。
- 3.7
标注值 stated value
产品包装上明示标注的质量指标

4 产品分类

质子交换膜燃料电池冷却液按主要原材料分为乙二醇型、丙二醇型和其他类型。分类、代号及型号见表1。

表 1 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	LF-EC-I	-
	稀释液	LF-EC-II	LF-EC-II-15、LF-EC-II-20、LF-EC-II-25、LF-EC-II-30、LF-EC-II-35、LF-EC-II-40、LF-EC-II-45、LF-EC-II-50
丙二醇型	浓缩液	LF-PC-I	-
	稀释液	LF-PC-II	LF-PC-II-15、LF-PC-II-20、LF-PC-II-25、LF-PC-II-30、LF-PC-II-35、LF-PC-II-40、LF-PC-II-45、LF-PC-II-50
其他类型		LF-OC	依据冰点标注值

注：

1.表中 L、F、E、P、O、C 五个大写字母分别为“低电导率”、“燃料电池”、“乙二醇型”、“丙二醇型”、“其他类型”、“冷却液”含义词组的英文首字母。

2.I、II 分别代表燃料电池冷却液的浓缩液和稀释液。

3.15、20、25、30、35、40、45、50 八个数字分别代表燃料电池冷却液稀释液的型号。

5 技术要求及试验方法

5.1 用水要求

生产用水或对浓缩液进行稀释时，应使用实验室二级水进行稀释，按照GB/T 6682-2008中的第6章规定进行。

5.2 通用要求及试验方法

冷却液的通用要求及试验方法见表2。

表2 冷却液通用要求及试验方法

项目	要求	试验方法
外观 ^a	无沉淀及悬浮物、清亮透明液体	目测
颜色	报告值 ^b	目测
气味	无刺激性异味	嗅觉
^a 浓缩液允许有少量的沉淀，稀释后应清亮透明。 ^b 报告值：要求由供需双方协商决定。		

5.3 理化性能及试验方法

5.3.1 乙二醇型冷却液理化性能要求及试验方法见表3。

表3 乙二醇冷却液理化性能要求及试验方法

项目		要求								试验方法	
		LF-EC-I	LF-E C-II-1 5	LF-EC- II-20	LF-EC -II-25	LF-EC-I I-30	LF-EC -II-35	LF-EC-I I-40	LF-EC-I I-45		LF-EC-I I-50
电导（25℃） /μS/cm		≤1.5								GB/T 11446.4	
密度（20℃）/ （g/cm3）		1.108 ~ 1.144	≥1.03 6	≥1.044	≥1.050	≥1.055	≥1.060	≥1.065	≥1.070	≥1.076	SH/T 0068
冰 点/ （ ℃）	原液	-	≤-15.0	≤-20.0	≤-25.0	≤-30.0	≤-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	≥105. 5	≥106.0	≥106.5	≥107.0	≥107.5	≥108.0	≥108.5	≥109.0	SH/T 0089
	50%体积 稀释液	≥108.0	-								
pH 值	原液	-	6.0~8.0								SH/T 0069
	50%体积 稀释液	5.0~ 8.0	-								
颗粒尺/（μm）		≤100.0								附录A	
灰分（质量分数） /（%）		≤3.0	≤1.0				≤2.0			SH/T 0067	
氯离子含量/ （mg/kg）		≤1								HJ/T 84	
铁离子含量/ （mg/kg）		≤1								NB/SH/T 0828	

表 3（续）

项目	要求									试验方法
	LF-EC-I	LF-EC-II-15	LF-EC-II-20	LF-EC-II-25	LF-EC-II-30	LF-EC-II-35	LF-EC-II-40	LF-EC-II-45	LF-EC-II-50	
硫酸根离子含量/(mg/kg)	≤1									HJ/T 84
比热容/(kJ/kg℃)	报告值									GB/T 22232
动力粘度/(mPa·s)	报告值									GB/T 265
热稳定性/(μS/cm)	报告值									附录B
对有机涂料的影响	无影响									SH/T 0084

5.3.2 丙二醇型冷却液的理化性能要求及试验方法见表 4。

表 4 丙二醇型冷却液理化性能要求及试验方法

项目		要求									试验方法
		LF-PC-I	LF-PC-II-15	LF-PC-II-20	LF-PC-II-25	LF-PC-II-30	LF-PC-II-35	LF-PC-II-40	LF-PC-II-45	LF-PC-I-50	
其他二元醇含量(质量分数)/%		≤1	-								GB/T 14571.2
电导（25℃）/（μS/cm）		≤1.5									GB/T 11446.4
密度（20℃）/(g/cm³)		1.028 ~ 1.063	≥1.015	≥1.018	≥1.020	≥1.022	≥1.024	≥1.025	≥1.027	≥1.028	SH/T 0068
冰点/（℃）	原液	-	≤-15.0	≤-20.0	≤-25.0	≤-30.0	≤-35.0	≤-40.0	≤-45.0	≤-50.0	SH/T 0090
	50%体积 稀释液	≤-31.0	-								
沸点/（℃）	原液	≥152.0	≥102.0	≥102.5	≥103.0	≥103.5	≥104.0	≥104.5	≥105.0	≥105.5	SH/T 0089
	50%体积 稀释液	≥104.0	-								
pH 值	原液	-	6.0~8.0								SH/T 0069
	50%体积 稀释液	5.0~8.0	-								
颗粒尺/（μm）			≤100.0								附录A
灰分（质量分数）/（%）		≤3.0	≤1.0					≤1.5			SH/T 0067
氯离子含量/(mg/kg)		≤1									HJ/T 84
铁离子含量/(mg/kg)		≤1									NB/SH/T 0828
硫酸根离子含量/(mg/kg)		≤1									HJ/T 84
比热容/（kJ/kg℃）		报告值									GB/T 22232
动力粘度/（mPa•s）		报告值									GB/T 265

表 4 （续）

项目	要求									试验方法
	LF-PC -I	LF-PC -II-15	LF-PC -II-20	LF-PC -II-25	LF-PC -II-30	LF-PC -II-35	LF-PC -II-40	LF-PC -II-45	LF-PC -II-50	
热稳定性/ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	报告值									附录B
对有机涂料的影响	无影响									SH/T 0084

5.3.3 其他类型冷却液的理化要求及试验方法见表 5。

表 5 其他类型冷却液理化性能要求及试验方法

项目	要求	试验方法
电导率（25℃）/（ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）	≤ 1.5	GB/T 11446.4
沸点/（℃）	≥ 102.0	SH/T 0089
pH 值	6.0~8.0	SH/T 0069
颗粒尺寸/（ μm ）	≤ 100	附录A
灰分(质量分数)/（%）	≤ 1.0	SH/T 0067
氯含量/(mg/kg)	≤ 1	HJ/T 84
铁含量/(mg/kg)	≤ 1	NB/SH/T 0828
硫酸根离子含量/（mg/kg）	≤ 1	HJ/T 84
热稳定性/（ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）	报告值	附录B
比热容/（ $\text{kJ}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ）	报告值	GB/T 22232
动力粘度/（ $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ）	报告值	GB/T 265
对汽车有机涂料的影响	无影响	SH/T 0084

5.4 使用性能要求及试验方法

冷却液的使用性能要求及试验方法见表6。

表 6 冷却液使用性能要求及试验方法

项目		要求	测试方法
对金属材料的影响/ (88℃ $\pm$ 2℃, 336 h $\pm$ 2 h)	外观试片变化值/（mg/ 片）	3 系铝（3003） 4 系铝（4004）	± 5
		钢 304	± 5
		铜	± 5
		黄铜	± 5
	试验前后 pH 值变化率/（%）		SH/T 0069
	试验前后电导率变化率/（%）		GB/T 11446.4

表 6 （续）

项目	要求	测试方法	项目	要求
非金属材料的影响/ (88℃±2℃, 336 h±2h)	试片质量变化/（%）	硅橡胶	±5	GB/T 23436—2009 中附录 E
		氟橡胶	±5	
	硬度变化/（IRHD）	硅橡胶	±5	
		氟橡胶	±5	
	试片质量变化/ (mg/cm ³)	聚四氟乙烯树脂	±5	GB/T 23436—2009 中附录 F
		聚苯硫醚	±5	
		高密度聚乙烯	±5	
		聚丙烯树脂	±5	
	试验前后 pH 值变化率/（%）		报告值	SH/T 0069
	试验前后电导率变化率/（%）			GB/T 11446.4
台架模拟使用腐蚀 (88℃±2℃, 1064 h±2 h)	试验前后 pH 值变化率/（%）		报告值	附录 D
	试验前后电导率变化率/（%）			
	试验前后冰点值变化率/（%）			
	阳离子	铝离子、钾离子、铁离子、 镁离子、钠离子、铜离子 等	报告值	附录 D
	阴离子	甲酸根离子、乙酸根离子、 氯离子、氟离子、硫酸根 离子等		
	双极板表面微观变化/ 气密性	石墨板		
金属板				
泡沫倾向	泡沫体积/（mL）		≤50	SH/T 0066
	泡沫消失时间/（s）		≤5.0	

6 检验要求

6.1 批的组成

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批次。

6.2 型式检验

在下列情况下进行型式检验：

- a) 新产品投产或产品定型鉴定时；
- b) 转厂生产时；
- c) 原材料、工艺和设备等发生变化，可能影响产品质量时；
- d) 质量一致性检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

检验项目按表7，型式检验项目为第5章技术指标要求中的所有检验项目。

表 7 检验项目

序号	项目	型式检验	质量一致性检验	
			逐批检验	周期性检验
1	外观	●	●	●
2	颜色	●	●	●
3	气味	●	●	●
4	密度	●	●	●
5	电导率	●	●	●
6	冰点	●	●	●
7	沸点	●	●	●
8	pH 值	●	●	●
9	颗粒尺寸	●	●	●
10	灰分（质量分数）	●	-	●
11	氯离子含量	●	●	●
12	铁离子含量	●	-	●
13	硫酸根离子含量	●	-	●
14	热稳定性	●	-	●
15	比热容	●	-	●
16	动力粘度	●	-	●
17	对金属材料的影响	●	-	-
18	对非金属材料的影响	●	-	-
19	台架模拟使用腐蚀	●	-	-
20	对汽车有机涂料的影响	●	●	●
21	泡沫倾向	●	●	●
注：● 必检项目，- 不检项目。				

6.3 出厂检验

6.3.1 逐批检验

逐批检验是指每个批次质量稳定性检验，逐批检验项目按照表7执行。逐批检验项目包括：颜色、气味、密度、电导率、冰点、沸点、pH值、泡沫倾向等。

6.3.2 周期检验

周期检验不少于一年一次；型式检验2年一次，周期检验和型式检验按表7执行。

6.4 取样

取样按SH/T 0065进行，取1 L（根据实际试验项目，酌情增加取样量）作为检验和留样使用，样品保存周期2年以上。

6.5 判定规则

质量一致性检验和型式检验结果符合表2、表3、表4、表5和表6中要求，则判定该产品合格，否则判定该产品不合格。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志和包装

标志和包装按SH 0164规定进行，应包括：

- a) 产品名称及分类代号；
- b) 电导率；
- c) 冰点；
- d) 生产企业名字及地址；
- e) 生产日期及编号；
- f) 包装上应有“不可饮用”醒目标志及主要事项等。

7.2 运输和贮存

冷却液应贮存放置在阴暗、通风的地方，避免阳光直射，其运输应符合SH 0164的规范。常温避光未拆封状态下保质期2年及以上。

8 回收

按环保规定由专业机构和专业人员进行回收和无害化处理，严禁随意排放。

附 录 A
(规范性)
颗粒尺寸检测法

A.1 范围

本附录规定了用扫描电子显微镜测量燃料电池冷却液颗粒尺寸的方法。

A.2 方法概要

将处理后的样品放入电镜样品仓,通过电子扫描显微镜观察样品形貌并使用图像处理软件标注测量尺寸。

A.3 仪器与设备

A.3.1 电子扫描显微镜。

A.3.2 分析天平:感量0.01 mg。

A.3.3 真空过滤装置:适用47 mm~50 mm直径的滤膜(孔径0.8 μm ,混合纤维树脂膜)。

A.3.4 烘箱:能恒温在105 $^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内。

A.3.5 干燥器:带有干燥剂的干燥器。

A.3.6 实验室常用玻璃仪器。

A.4 试剂

水:符合GB/T 6682规定二级水标准或更高等级的要求。

A.5 分析步骤

A.5.1 样品的准备

按照GB/T 29518-2013中附录E不溶物的测试方法处理样品,去烘干恒重后的滤膜作为本电子扫描测试的样品。

A.5.2 检验仪器的工作状态

定期使用电镜标准样品检验仪器的工作状态。

A.5.3 测定

使用双面导电胶将样品固定在样品盘中,开启扫描电镜样品仓,将样品盘放入样品仓中。关闭样品仓,打开真空按钮,自动进行抽真空处理。完成后,开启高压选择20 KV,观察电子图像。调整选择放大倍率,并调整聚焦旋钮,使图像清晰。通过手动旋钮调整图像位置,观察选择较大的颗粒。保存图像,打开图像标注功能,进行图像尺寸标注。每个样品至少做三次测定。

A.6 结果计算与表示

以三次独立测定结果的最大值作为测定结果。结果保留到小数点后一位,以“ μm ”表示。

附录 B (规范性) 热稳定性检验法

B.1 范围、方法概要

本附录规定了质子交换膜燃料电池冷却液热稳定性检验方法。

根据燃料电池车辆实际运营状态，样品通过在不同温度下测试电导率，以此来判断燃料电池冷却液热稳定性性能。

B.2 仪器、材料与试剂

B.2.1 电导率测试仪：测量范围（0.0~100） $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，精度0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

B.2.2 恒温箱：具有干燥以及恒温作用的箱体。

B.2.3 烧杯：500 mL，材质：聚丙烯或聚四氟乙烯。

B.2.4 温度计：0 $^{\circ}\text{C}$ ~100 $^{\circ}\text{C}$ ，分度值为1 $^{\circ}\text{C}$ 。

B.2.5 水：符合GB/T 6682规定二级水标准或更高等级的要求。

B.3 试验步骤

B.3.1 将烧杯洗净后干燥备用。

B.3.2 参考GB/T 11446.4方法，对待测液体进行电导率（20 $^{\circ}\text{C}$ ）测试，并记录待测液体电导率，每次测量后，同时用超纯水充分清洗电导的电极测量头，用滤纸擦洗干净，同样方法反复3次。

B.3.3 记录三次电导率测试结果，取3次测量结果平均值作为测试初值。

B.3.4 取待测液体200 mL于烧杯中且密封，放入-20 $^{\circ}\text{C}$ 、0 $^{\circ}\text{C}$ 、20 $^{\circ}\text{C}$ 、40 $^{\circ}\text{C}$ 、60 $^{\circ}\text{C}$ 、80 $^{\circ}\text{C}$ 、100 $^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱，72小时后取出，放置至温度为20 $^{\circ}\text{C}$ 。

B.3.5 测量待测液体的电导率，并记录。

B.3.6 对同一试样进行重复测定3次，并记录数据，取3次测量结果的平均值作为最终测试值。

B.4 报告

报告试样电导率测量结果的初始均值与各温度下测定最终均值，作为判断燃料电池冷却液热稳定性性能。

附 录 C
(规范性)
对金属材料的影响测试检验法

C.1 范围

本附录规定了燃料电池冷却液的金属腐蚀方法。

C.2 方法概要

将燃料电池冷却液系统使用的四种典型金属加工成试片，按要求组装成2组试片束，然后分别完全浸没在500 mL~600 mL的试样中，在 $88^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下试验 $336\text{ h} \pm 2\text{ h}$ 。试验结束后取出试片，经清净处理后再次称重，以校正后的试片试验前后质量变化值评价腐蚀。

C.3 材料

C.3.1 试件

铝合金满足GB/T 3190-2008的材质要求，黄铜满足GB/T 5232-2012中H70要求，不锈钢满足GB/T 1220中材质要求。铝片3003、铝片4004、钢304、铜、黄铜片制作成 $40*25*(2\text{ mm} \sim 3.5\text{ mm})$ 方形试片，中间通孔要求直径7 mm。

C.3.2 垫圈片：绝缘聚四氟乙烯垫圈和螺杆，内径不大于7.0 mm的螺杆。

C.3.3 组片顺序：3003+4004+304+铜+黄铜。

C.4 试验步骤和要求

参照SH/T 0085的试验要求，试验液体采用原液和25%质量水的稀释液进行试验，试验液不加腐蚀离子，试验温度 $88^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，试验通气速率参照SH/T 0085标准要求。

C.5 报告

按照标准要求，报告三个样品的质量损失值平均值。

附 录 D
(规范性)
台架模拟使用腐蚀检验法

D.1 试验方法概要

根据整车厂需求搭建试验台架,模拟燃料电池冷却液实际使用状态。燃料电池冷却液在燃料电池内部封闭系统中,在 $88^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 和一定流量条件下循环 $1064\text{ h}\pm 2\text{ h}$,定期监测冷却液中的物化属性变化及离子成分,从而判断燃料电池冷却液使用性能。

D.2 仪器与设备

- D.2.1 电导率仪:量程范围 $(0.0\sim 100)\mu\text{S}/\text{cm}$,精度 $0.1\mu\text{S}/\text{cm}$ 。
- D.2.2 pH计:量程范围 $0\sim 14$,精度 0.1 。
- D.2.3 冰点仪:量程范围 $(-100\sim 0)^{\circ}\text{C}$,精度 1°C 。
- D.2.4 IC:离子色谱分析仪。
- D.2.5 ICP:电感耦合等离子体光谱仪。
- D.2.6 水:符合GB/T 6682规定二级水标准或更高等级的要求。

D.3 试验材质要求

- D.3.1 双极板:试验厂家提供。
- D.3.2 管路材质:硅胶管(食品级)和316L不锈钢管。
- D.3.3 水箱材质:聚丙烯或316L不锈钢。
- D.3.4 水泵材质:不锈钢316L或PPS。
- D.3.5 散热器:铝制散热器。
- D.3.6 传感器:304L。

D.4 试验条件

- D.4.1 系统温度: $88^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- D.4.2 管路流量: $(5\sim 10)\text{ L}/\text{min}$ 。
- D.4.3 系统运行使用: $1064\text{ h}\pm 2\text{ h}$ 。

D.5 取样

冷却液样品取样按照本文件5.1中规定进行。

D.6 试样的准备

将质子交换膜燃料电池冷却液浓缩液用去离子水稀释至体积比为1:1的试样。

D.7 试验前准备工作

- D.7.1 对硅胶管、不锈钢管、水箱、散热器、水泵、双极板等各个与冷却液接触的位置进行去离子水(可采用高温去离子水)清洗,确保无油污、杂质存在。
- D.7.2 对准备好的试样进行电导率、pH值、冰点测试并记录,取样进行离子成分分析。

D.8 实验步骤

D.8.1 搭建模拟台架，见图D.1所示，使管路、水箱、散热器、水泵、工装连接完整，电路和水路连接正确，确保系统无渗漏，试验温度、管路流量等满足要求。

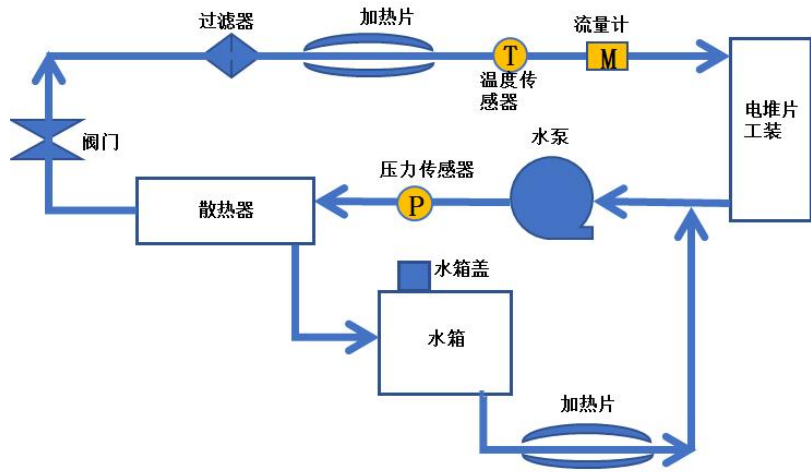


图 D.1 使用模拟检验模拟台架

- D.8.2 加注燃料电池冷却液前，使用去离子水进行系统循环，实验10小时后测试系统电导率是否 $<1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下，否则进行重复循环清洗，直至测试系统电导率小于 $1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下再进行下一步实验。
- D.8.3 上述满足后，加注准备好的试样，使冷却液在膨胀水箱液位的最大刻度处，并使用30 kPa压力盖进行密封。另外确保温度、流量满足试验条件。
- D.8.4 台架模拟使用试验正式开始并记录时间，每天固定时间点（如上午9点）进行冷却液的电导率测试，每周进行电导率、冰点和pH值参数测试并做好记录，测试持续到实验结束。
- D.8.5 532小时后，取100 mL样品进行离子成分含量分析（主要指标见表6中阴阳离子），并出具第三方检测报告；实验结束时，再取100 mL样品进行离子成分含量分析，出具报告。

D.9 报告

- 以下报告共同做为整车厂对冷却液使用性能的判断依据：
- 报告台架模拟系统中冷却液 pH 值、冰点、电导率随时间变化曲线图；
 - 报告冷却液离子析出成分及含量第三方报告；
 - 报告双极板表面微观变化，并出具第三方检测报告。