

团体标准

T/CI XXX-2024

电子氟化液生物毒性安全技术要求和测试规范

Safety technical requirements and test specifications for biological
toxicity of electronic fluorinated liquids
(征求意见稿)

2024-X-X发布

2024-X-X实施

中国国际科技促进会 发布

中国国际科技促进会(CIAPST)是1988年经中华人民共和国国务院科技领导小组批准而成立的全国性社会团体。制定团体标准、开展标准国际化和推动团体标准实施,是中国国际科技促进会的工作内容之一。任何团体和个人,均可提出制、修订中国国际科技促进会团体标准的建议并参与有关工作。

中国国际科技促进会标准按《中国国际科技促进会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国国际科技促进会征求意见稿经向社会公开征求意见,并得到参加审定会议的80%以上的专家、成员的投票赞同,方可作为中国国际科技促进会标准予以发布。

在本标准实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料寄给中国国际科技促进会标准化工作委员会,以便修订时参考。

任何团体和个人,均可对本标准征求意见稿提出意见和建议,牵头起草单位联系方式:
weixinzhang@hust.edu.cn

中国国际科技促进会

地址:北京市海淀区中关村东路89号恒兴大厦13F

邮政编码:100190

电话:010-62652520 传真:010-62652520

网址: <http://www.ciapst.org>

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。

本文件由中国国际科技促进会标准化工作委员会提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：华中科技大学、武汉三氟新材料科技有限公司、山东华氟化工有限责任公司。

本文件主要起草人：曹元成、张炜鑫、高旭、赖波、郭娟、陈晓军。

本标准首次发布。

电子氟化液生物毒性技术要求和测试方法

1 范围

本标准规定了电子氟化液的术语和定义、技术要求、测试方法等内容。

本标准适用于电子氟化液的性能要求和测试方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 6283-2008 化工产品中水分含量的测定 卡尔·费休法（通用方法）

GB/T 19466.4 差示扫描量热法(DSC) 第4部分 比热容的测定

GB/T 10297-2015 非金属固体材料导热系数的测定 热线法

GB/T 1690-2010 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法

GB/T 507-2002 绝缘油介电强度测试法

GB/T 6368-2008 表面活性剂 水溶液pH值的测定 电位法

GB/T 7484-1987 水质 氟化物的测定 离子选择电极法

GB/T 21605-2008 化学品 急性吸入毒性试验方法

GB/T 21609-2008 化学品 急性眼刺激性/腐蚀性试验方法

GB/T 21604-2008 化学品 急性皮肤刺激性/腐蚀性试验方法

GB/T 261-2021 闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电子氟化液 Electronic Fluorinated Liquids

碳氟类冷却液（以下简称“冷却液”）是一种高稳定性全氟液态物质，具有高介电常数、理想的化学惰性、优良的导热性能，以及系统相容性。

3.2

缩略语

以下缩略语适用于本文件。

GWP 全球变暖潜质 Global Warming Potential

4 技术要求

4.1 基本要求

4.1.1 外观及气味要求

按照5.1.2规定的方法测试，冷却液外观要求无色、透明；冷却液气味要求无异臭。

4.1.2 纯度要求

按照5.1.3规定的方法测试，冷却液的主要物质含量 $>95\%$ 。

4.1.3 水分

按照5.1.4规定的方法测试，冷却液的水分含量 $<30\text{ ppm(m/m)}$ 。

4.1.4 不可挥发残留物

冷却液体的不可挥发残留物，按照5.1.5规定的方法测试，要求液体中不可挥发物质含量 $<50\text{mg/L}$ 。

4.2 热物理性能要求

4.2.1 粘度要求

按照5.2.1规定的方法测试，室温及最低使用温度下冷却液运动粘度 $<50\text{ cSt}$ 。

4.2.2 比热容要求

按5.2.2规定的方法测试，冷却液的比热容 $>1030\text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ 。

4.2.3 热传导系数要求

按5.2.3规定的方法测试，室温及最低使用温度下冷却液热传导系数 $>0.031\text{ W/m} \cdot \text{k}$ 。

4.3 兼容性和可靠性要求

4.3.1 材料兼容性要求

按5.3.1规定的方法测试，对与冷却液长期接触的部件材料样品（包括但不限于金属、塑料等），要求在测试条件下体积变化率不超过 $\pm 5\%$ 。

4.3.2 信号兼容性要求

按照5.3.2规定的方法测试，要求在 $90^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ 下、与液体接触器件信号传输频率为 1KHz 时，冷却液介电常数 <2.5 。

4.3.3 介电强度

介电强度按照5.3.3规定的方法测试，要求初始液体（产品出厂状态）介电强度

>24KV，饱和含水状态>12KV。

4.3.4 长期稳定性要求

对累计运行1000h后的浸没式液冷服务器，随机抽取其中的冷却液样品，与未经使用的同型号冷却液样品组成对比样品，分别对这两份液体样品按下表1进行测试，对比分析，判断冷却液的长期可靠性。

表 1 冷却液长期稳定性

项目	项目内容	可靠性评价标准	测试方法
外观	溶液颜色	使用前后均无色透明澄清	5.1.2
物性参数	水含量 (ppm)	变化率≤20%	5.1.4
	粘度 (cSt)	变化率≤20%	5.2.1
	介电常数	变化率≤20%	5.3.2
	击穿电压 (kV)	变化率≤20%	5.3.3
	pH	变化率≤20%	5.3.4
	氟离子	使用前后均不能检出	5.3.5
液体成分	不可挥发残留物 (ppm)	≤50	5.1.5
	颗粒物	使用前后均符合清洁度要求	5.3.6
	成分分析	使用后无新增成分	5.1.3

使用后的冷却液的各项物性参数均满足本标准4所规定的技术要求，冷却液物性参数无显著变化，冷却液中未发现异常新增成分，则判定冷却液满足长期使用要求。

4.3.5 清洁度及使用寿命要求

- 清洁度：以颗粒物含量及直径分布进行评估，颗粒物按照5.3.6规定的方法测试，要求：<0.5 μm颗粒不超过25颗/ml；0.5~1 μm颗粒不超过5颗/ml；1~3 μm颗粒不超过3颗/ml；没有直径超过50 μm颗粒。
- 使用寿命：按照4.3.4的方法取样测试，当使用过的冷却液物性参数发生显著变化、不再符合长期稳定性要求时，即判定已达到使用寿命。

4.4 安全性要求

4.4.1 毒性要求

- 急性毒性要求：按照5.4.1规定的方法测试，冷却液中各组分急性吸入LC₅₀>2000mg/m³，依据急性毒性分级标准（GB/T 21605-2008 表 C.6）判定冷却液急性吸入毒性为低毒。
- 慢性毒性要求：按照5.4.1规定的方法测试，在试验条件下，用现有的技术手段或检测指标未观察到任何与受试样品有关的毒性作用的最大染毒剂量。
- 其它毒性要求：按照5.4.1规定的方法测试，冷却液要求无皮肤刺激性，无眼刺激性/腐蚀性。

4.4.2 闪点要求

按照5.4.2规定的方法测试，冷却液各组分要求无闪点。

4.5 环境要求

4.5.1 臭氧破坏能力要求

按照5.5.1规定的方法测试，冷却液的ODP=0。

4.5.2 温室效应要求

按照5.5.2规定的方法测试，冷却液及其挥发GWP<1000。

5 测试方法

5.1 试验前检查

5.1.1 产品说明书检查

产品说明书应至少包含下列内容：

- a) 产品简述；
- b) 产品特性；
- c) 产品特点；
- d) 储存要求；
- e) 使用及维护说明、注意事项；
- f) 制造单位名称、详细地址、邮编和电话。

5.1.2 外观及气味检查

常温下取15 ml冷却液加入到25 ml比色管内，用干燥的玻璃擦拭布擦干比色管外壁附着的湿气，采用人工目测在灯光下从轴向透视观察冷却液有无浑浊、有无颜色。

将比色管内冷却液缓慢加热到稍有沸腾状态，采用人工嗅辨法检测冷却液蒸汽有无异臭。

5.1.3 纯度测试

通过气相色谱质谱（GC/MS）定量分析法测试冷却液的纯度，采用分馏法以冷却液沸点分馏沸程±5℃制备样品，分馏法使用设备需为精密分馏仪。

5.1.4 水分测试

冷却液水分测试方法参考《GB/T 6283-2008 化工产品中水分含量的测定 卡尔·费休法（通用方法）》，采用水分测定仪进行测定。

5.1.5 不可挥发残留物测试

冷却液体的不可挥发残留物测试，采用重量法进行，取足量液体于坩埚中，在指定温度完全烘干，并经干燥冷却后称重。

5.2 热物理性能测试

5.2.1 密度测试

冷却液密度测试方法参考GB/T 4472-2011第4.3.3的规定进行。

5.2.2 粘度测试

冷却液的粘度测试采用粘度计直接测定，在室温下，水浴恒温加热，测试一定体积的冷却液在重力下流过标定好的玻璃毛细管粘度计的时间，冷却液的运动粘度即为毛细管常数与流动时间的乘积。

5.2.3 比热容测试

冷却液比热容按《GB/T 19466.4 差示扫描量热法(DSC) 第4部分 比热容的测定》进行

5.2.4 热传导系数测试

冷却液导热系数按《GB/T 10297-2015非金属固体材料导热系数的测定热线法》进行

5.2.5 汽化潜热测试

冷却液汽化潜热采用差示扫描量热法，在等压（压力等于饱和蒸气压）下测定一定量液体蒸发所需的能量，并由此算出蒸发热。

5.3 兼容性和可靠性要求

5.3.1 材料兼容性测试

冷却液材料相容性测试，试样与浸没式数据中心系统中冷却液所接触到的材质相同，包括但不限于金属、塑料等。

取一定质量大小的材料试样，根据材料使用环境做如下模拟测试处理：

a) 对单相浸没式液冷系统所使用的材料，用密封容器装一定量的冷却液，浸泡试验样品，在高温烘箱中80℃下放置14天。按照GB/T 1690-2010第7.1的方法对模拟测试完成后的试样进行处理。

b) 对双相浸没式液冷所使用的材料，利用索氏提取器，加热冷却液至冷凝回流，不断浸没冲刷并萃取待测样品48小时。按照GB/T 1690-2010第7.1的方法对模拟测试完成后的试样进行处理。

按照GB/T 1690-2010第7.3的方法，测定模拟测试处理前后试样的体积变化率，取多个试样的平均值作为试验结果。

5.3.2 信号兼容性测试

冷却液的信号兼容性测试方法参考GB/T 5654-2007步骤A的规定进行，在规定温度（一般为 $90^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ）下，测量试验池中施加于液体浸没的两电极之间的交变电压产生的电容值，与以空气为介质的试验池电容量的比值。

5.3.3 介电强度测试

冷却液的介电强度参照《GB/T 507-2002 绝缘油介电强度测试法》进行，在球形电极

水平轴心间距为 $2.5\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 的试样杯中，测量液体中发生恒定电弧放电的电压，多次测量取平均值，并通过击穿后搅拌确保实验结果无明显差异。

5.3.4 水溶液 pH 测试

参考《GB/T 6368-2008 表面活性剂 水溶液pH值的测定 电位法》，使用pH计测定冷却液1%水溶液的pH值。

5.3.5 游离氟离子测试

以水萃取冷却液中所含的游离氟离子，参考《GB/T 7484-1987水质 氟化物的测定 离子选择电极法》进行氟离子含量的测定。

5.3.6 颗粒物测试

采用投影法测量颗粒物数量及直径分布，主要设备为液体颗粒度检测仪。

5.4 安全性测试

5.4.1 生物毒性测试

冷却液的急性吸入毒性测试方法参照GB/T 21605-2008，受试物为成年健康小鼠，采用静式染毒，一次限量法。将实验动物放在一定体积的密闭容器（染毒柜）内，加入一定量的受试样品，并使其挥发，造成试验需要的受试样品浓度的空气。

冷却液的急性皮肤刺激性/腐蚀性测试方法参照GB/T 21604-2008，受试动物为成年家兔，采用直接涂抹方式观察。将实验动物背部两侧毛剃掉，取一定量受试样品直接涂在皮肤上，分别观察受试部位的皮肤反应。

冷却液的急性眼刺激性/腐蚀性测试方法参照GB/T 21609-2008，受试动物为健康家兔，采用直接滴入方式观察。清洗实验动物眼睛后，取一定量受试样品滴于实验动物眼睛角侧，对眼睛进行观察。

5.4.2 闪点测试

冷却液的闪点测试方法参考GB/T 261-2021的规定进行。

5.5 环境要求

5.5.1 臭氧破坏能力要求

冷却液的ODP测试方法规定以R11（一氟三氯甲烷）的臭氧破坏影响作为基准，取R11的ODP值为1，其他物质的ODP为相对于R11臭氧破坏能力的比值。

1冷却液的GWP测试方法采用红外线吸收检测仪进行测试。根据液体蒸汽物理特性，量测对红外线吸收，并按公式（1）延伸至 100 年加权计算，其中x=目标物质，R=辐射效率，C=大气浓度，t=大气寿命。

$$GWP_x = \frac{\int_0^{100} R_x C_{x_0} e^{-t/\tau_x} dt}{\int_0^{100} R_{CO_2} C_{CO_2}(t) dt} \dots\dots\dots(2)$$
