

ICS 43.060.30  
UNSPSC 25.17.40  
CCS J 96



# 团 体 标 准

T/UNP 387—2024

## 浸没式液冷系统氢氟烯类冷却液技术规范

Technical specification for hydrofluoroalkene coolants of immersion liquid cooling systems

2024 - 12 - 19 发布

2024 - 12 - 19 实施

中国联合国采购促进会 发布



## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	1
3.1 术语、定义 .....	1
3.2 缩略语 .....	1
4 基本要求 .....	1
4.1 外观及气味 .....	1
4.2 纯度 .....	2
4.3 水分 .....	2
4.4 残留物 .....	2
4.5 游离氟离子 .....	2
4.6 颗粒物含量 .....	2
4.7 生物降解 .....	2
4.8 人体接触危害 .....	2
5 技术要求 .....	2
5.1 物理性能 .....	2
5.2 化学性能 .....	3
5.3 兼容性和可靠性 .....	3
5.4 安全性 .....	3
5.5 环境影响 .....	4
6 试验方法 .....	4
6.1 基本要求 .....	4
6.2 物理性能 .....	5
6.3 化学性能 .....	5
6.4 兼容性和可靠性 .....	6
6.5 安全性 .....	6
6.6 环境影响 .....	7
7 检验规则 .....	7
7.1 检验分类 .....	7
7.2 出厂检验 .....	7
7.3 型式检验 .....	7
7.4 判定规则 .....	7
8 标志、包装、运输和贮存 .....	8
8.1 标志 .....	8
8.2 包装 .....	8

8.3 运输 .....	8
8.4 贮存 .....	8
参考文献 .....	9

## 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。

本文件由武汉肯达科讯科技有限公司提出。

本文件由中国联合国采购促进会归口。

本文件起草单位：武汉肯达科讯科技有限公司、华中科技大学集成电路学院、武汉纺织大学化学与化工学院、武汉建鑫冶金机械有限公司、森才（武汉）科技有限公司。

本文件主要起草人：于洁、贺祖章、杨之书、张光祖、毕曙光。

## 引 言

为助力中国企业参与国际贸易,推动企业高质量发展,中国联合国采购促进会依托联合国采购体系,制定服务于国际贸易的系列标准,这些标准在国际贸易过程中发挥了越来越重要的作用,对促进贸易效率提升,减少交易成本和不确定性,确保产品质量与安全,增强消费者信心具有重要的意义。

联合国标准产品与服务分类代码(UNSPSC, United Nations Standard Products and Services Code)是联合国制定的标准,用于高效、准确地对产品和服务进行分类。在全球国际化采购中发挥着至关重要的作用,它为采购商和供应商提供了一个共同的语言和平台,促进了全球贸易的高效、有序发展。

围绕UNSPSC进行相关产品、技术和服务团体标准的制定,对助力企业融入国际采购,提升国际竞争力具有十分重要的作用和意义。

本文件采用UNSPSC分类代码由6位组成,对应原分类中的大类、中类和小类并用小数点分割。

本文件UNSPSC代码为“25.17.40”,由3段组成。其中:第1段为大类,“25”表示“车辆及其配件和零部件”,第2段为中类,“17”表示“运输部件和系统”,第3段为小类,“40”表示“发动机冷却液”。

# 浸没式液冷系统氢氟烯类冷却液技术要求和测试规范

## 1 范围

本文件规定了浸没式液冷系统氢氟烯类冷却液（以下简称“冷却液”）的基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于冷却液的研发、生产和使用。

## 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 191 包装储运图示标志
- GB/T 261 闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法
- GB/T 507 绝缘油 击穿电压测定法
- GB/T 3535 石油产品倾点测定法
- GB/T 5654 液体绝缘材料 相对电容率、介质损耗因数和直流电阻率的测量
- GB/T 11133 石油产品、润滑油和添加剂中水含量的测定 卡尔费休库仑滴定法
- GB/T 21805 化学品 藻类生长抑制试验
- GB/T 21801 化学品 快速生物降解性 呼吸计量法试验
- GB/T 21806 化学品 鱼类幼体生长试验
- GB/T 21830 化学品 溞类急性活动抑制试验
- GB/T 21854 化学品 鱼类早期生活阶段毒性试验
- GB/T 27861 化学品 鱼类急性毒性试验
- GB 30000.18 化学品分类和标签规范 第18部分：急性毒性
- NB/SH/T 0164 石油及相关产品包装、储运及交货验收规则

## 3 术语、定义和缩略语

### 3.1 术语、定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**浸没式液冷** immersion liquid cooling

一种以液体作为传热介质，将发热器件完全浸没在液体中，发热器件与液体直接接触并进行热交换的冷却技术。

注：按照热交换过程中传热介质是否存在相态变化，可分为单相液冷和相变液冷两类。

### 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

GWP：全球变暖潜能（Global Warming Potential）

ODP：臭氧破坏潜能（Ozone Depletion Potential）

## 4 基本要求

### 4.1 外观及气味

冷却液应无色、透明，无异臭。

#### 4.2 纯度

冷却液纯度应 $\geq 99\%$ 。

#### 4.3 水分

冷却液水分应 $\leq 300$  ppm。

#### 4.4 残留物

不可挥发残留物质应 $< 50$  mg/L。

#### 4.5 游离氟离子

冷却液游离氟离子应 $< 100$  ppm。

#### 4.6 颗粒物含量

冷却液中固态颗粒物含量符合以下要求：

- a) 直径 $< 0.5 \mu\text{m}$ 的颗粒不应超过 25 颗/ml；
- b) 直径为  $0.5 \mu\text{m} \sim 1 \mu\text{m}$  的颗粒不应超过 5 颗/ml；
- c) 直径为  $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$  的颗粒不应超过 3 颗/ml；
- d) 无直径超过  $50 \mu\text{m}$  的颗粒。

#### 4.7 生物降解

冷却液应具有可控的生物降解性，28天内降解率为30%~70%。

#### 4.8 人体接触危害

冷却液与人体皮肤相接触时，不对皮肤造成诸如红肿、瘙痒、疼痛以及灼伤等较为刺激性反应；不慎溅入眼睛中，不应引发眼部剧痛、红肿、视力模糊、角膜损伤等刺激性后果。

### 5 技术要求

#### 5.1 物理性能

##### 5.1.1 密度

密度应 $\leq 1$  g/cm<sup>3</sup>。

##### 5.1.2 沸点

标准大气压（101.325 kPa）下液体沸点应 $\geq 107.5$  °C。

##### 5.1.3 粘度

冷却液在室温（20 °C）下运动粘度应 $< 40$  cSt。

##### 5.1.4 倾点

冷却液在标准大气压（101.325 kPa）倾点应 $\leq -45$  °C。

##### 5.1.5 闪点

冷却液在标准大气压（101.325 kPa）的闪点（闭口）应 $> 150$  °C。

##### 5.1.6 比热容

比热容应 $> 1.1$  kJ/（kg·°C）。

### 5.1.7 溶解度

冷却液在水中的溶解度应 $<0.01\%$ 。

### 5.1.8 介电强度

初始液体介电强度应 $>24\text{KV}$ ，饱和含水状态应 $>12\text{KV}$ 。

### 5.1.9 介电常数

冷却液在与液体接触器件信号传输下介电常数应 $<2.5$ ，击穿电压应 $>30\text{kV}$ 。

### 5.1.10 体电阻系数

初始液体体电阻系数应 $>10^{12}\Omega \cdot \text{cm}$ ，饱和含水状态下应 $>10^{9}\Omega \cdot \text{cm}$ 。

### 5.1.11 热传导系数

热传导系数应 $\geq 0.06\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

## 5.2 化学性能

### 5.2.1 pH值

冷却液pH值应为 $6.0\sim 8.0$ 。

### 5.2.2 化学稳定性

5.2.2.1 冷却液应为惰性液体，不应与空气中常见的水、氧气发生化学反应。

5.2.2.2 冷却液在温度为 $-40\text{℃}\sim 150\text{℃}$ ，有氧、无氧环境下不应发生不良化学反应，成分变化率应 $<2\%$ 。

## 5.3 兼容性和可靠性

### 5.3.1 材料兼容性

5.3.1.1 冷却液应通过 6.4.1 材料兼容性测试。

5.3.1.2 冷却液不应与氟橡胶、硅橡胶、三元乙丙橡胶等常用密封材料产生化学反应，接触时材料硬度变化率应 $<\pm 5\%$ ，拉伸强度变化应 $<\pm 10\%$ 。

5.3.1.3 冷却液与聚酰亚胺、聚乙烯、聚四氟乙烯等常用电气绝缘材料接触时应不发生溶胀、开裂或降解现象，绝缘电阻变化 $<10\%$ 。

5.3.1.4 冷却液应与系统组件（如泵、管道、热交换器等）兼容，无材料降解或性能损失，组件性能变化应 $<5\%$ 。

### 5.3.2 稳定性

冷却液在使用过程中应无色透明、不变质、不分解。

### 5.3.3 使用寿命

冷却液应在3年~5年内正常使用，不变质、不分解。

## 5.4 安全性

### 5.4.1 毒性

5.4.1.1 冷却液中各组分急性毒性估计值应达到 GB 30000.18—2013 中类别 5 及以上，液体口径吞咽应 $>2000\text{mg}/\text{kg}$ （指实验动物体重），液体蒸汽应 $>20\text{mg}/\text{L}$ ，无适用危险象形图标注。

5.4.1.2 冷却液按每工作日 8 h、每工作周 40 h 计算的平均容许接触浓度应 $>100\text{ppm}$ 。

5.4.1.3 冷却液对水体毒性应较低。96 h 半数致死浓度对鱼类应 $>100\text{mg}/\text{L}$ ，48 h 半数效应剂量对水蚤应 $>100\text{mg}/\text{L}$ 。

#### 5.4.2 泄漏安全性

冷却液在液冷系统中应保持低泄漏率（每年 $<0.1\%$ ），并在系统破裂或泄漏时不应产生有毒或易燃气体。

### 5.5 环境影响

#### 5.5.1 空气污染

##### 5.5.1.1 大气污染物排放

冷却液的挥发性有机化合物含量应 $<0.1\%$ ，在使用过程中不应分解成有害气体（如氟化氢或其它氟化物）。

##### 5.5.1.2 臭氧破坏潜能

冷却液臭氧破坏潜能应为0。

##### 5.5.1.3 温室效应

冷却液的GWP应 $<100$ ，GWP宜 $<150$ 。

#### 5.5.2 土壤污染

冷却液在土壤中的移动性应低，吸附系数应 $>5000$ 。不产生持久性有机污染物。

### 6 试验方法

#### 6.1 基本要求

##### 6.1.1 外观及气味

冷却液样品置于透明玻璃容器中，用干燥的纸巾擦拭试管外壁的湿气，从轴向透视观察应无浑浊。用测试外观的试样将试管缓慢加热至沸腾，蒸汽应无异臭。

##### 6.1.2 纯度

采用分馏法。以目标沸点精馏沸程上下浮动 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 制备样品。通过气相色谱质谱检测定量分析。

##### 6.1.3 水分

按GB/T 11133的规定进行。

##### 6.1.4 残留物

采用蒸发残留物法或色谱分析。取一定量的冷却液样品，在高温下蒸发，使其液体部分完全挥发。称量残留物的质量，计算残留物含量。

##### 6.1.5 游离氟离子

采用离子选择性电极法。取一定量冷却液样品，溶解在适当的介质中。使用氟离子选择性电极测量溶液中的氟离子浓度。通过校准曲线计算出样品中的游离氟离子含量。

##### 6.1.6 颗粒物含量

采用投影法。测量颗粒物数量及直径分布，X射线法测定金属颗粒含量。

##### 6.1.7 生物降解

按GB/T 21801的规定，采用生物降解性测试法。将冷却液在特定条件下暴露于微生物环境中，测量其分解速率。

### 6.1.8 人体接触危害

采用皮肤和眼睛刺激性测试。对实验动物进行接触测试，评估冷却液对皮肤和眼睛的刺激性。记录接触后皮肤或眼睛的反应，评估潜在危害。

## 6.2 物理性能

### 6.2.1 密度

采用比重瓶法。水浴恒温加热，测试比重瓶中液体密度。

### 6.2.2 沸点

利用冷凝循环器或全浸式水银温度计（分度值 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），冷凝循环环境下，同时测量气压及稳态温度。当液体温度升高时，其蒸汽压随之增加，当液体蒸汽压与大气压相等时，开始沸腾的温度为液体沸点。

### 6.2.3 粘度

采用水浴恒温加热法。测试一定体积的液体在重力下流过标定好的玻璃毛细管粘度计的时间，液体的运动粘度即为毛细管常数与流动时间的乘积。

### 6.2.4 倾点

按GB/T 3535的规定进行。

### 6.2.5 闪点

按GB/T 261的规定，利用克利夫兰开口闪点测试仪，在设定的液体蒸发温度下，观察用火源引起试样蒸汽发生闪火（闪燃）现象，并修正至标准大气压（ $101.325\text{ kPa}$ ）下的最低温度。

### 6.2.6 比热容

利用比热容测试仪。根据比热容公式，取一定量的试样在比热容测试仪内按步骤操作测试。

### 6.2.7 溶解度

按GB/T 11133的规定进行。样品与溶剂混合，通过卡尔费休滴定法测定样品中的水分含量，计算冷却液在水中的溶解度。

### 6.2.8 介电强度

按GB/T 507的规定进行。

### 6.2.9 介电常数

按GB/T 5654的规定进行。

### 6.2.10 体电阻系数

按GB/T 5655的规定进行。

### 6.2.11 热传导系数

利用瞬态热线液体导热系数测量系统，把待测样品放到仪器的样品池中，通过外部的控温单元来控制样品池中样品的温度，把传感器（细铂丝），浸入到样品中，在 $0.8\text{ s}$ 中通过铂丝引入电流，加热铂丝和样品通过时间和温度的曲线，测试样品的热传导系数。

## 6.3 化学性能

### 6.3.1 pH值

使用精密pH计。取一定量的试样液体，将校正好的pH计电极浸没在试样中，按照仪器测试步骤读取pH值。

### 6.3.2 化学稳定性

采用加速老化测试法或热分解测试法。在高温（40℃）条件下，观察冷却液的成分变化。使用色谱或光谱技术分析分解产物。

## 6.4 兼容性和可靠性

### 6.4.1 材料兼容性

6.4.1.1 采用材料浸泡测试。将系统中使用的材料样品浸泡在冷却液中，维持一定温度和时间。经加热浸泡测试后，根据表1的测试指标进行判定。

表1 浸没式液冷冷却液兼容性评价

基材兼容性判定	分级	质量变化（绝对值）	基材兼容性判定	分级
兼容	A+级	<0.5	<0.5	澄清
	A+级	$0.5 < X \leq 1.5$	$0.5 < X \leq 1.5$	澄清
兼容 (宜谨慎选用)	A+级	$0.5 < X \leq 1.5$	$0.5 < X \leq 1.5$	澄清
	C级	$2.5 < X \leq 5$	$2.5 < X \leq 5$	澄清/浑浊
不兼容	D级	$X > 5$	$X > 5$	澄清/浑浊

6.4.1.2 采用密封件浸泡测试。将密封材料样品浸泡在冷却液中，观察密封件的尺寸变化、硬度变化和裂纹生成情况。

6.4.1.3 采用系统模拟测试。使用完整的液冷系统模型运行冷却液。评估各组件的性能变化，如泵的效率、管道的耐久性等。

6.4.1.4 采用介电强度测试或绝缘电阻测试。将绝缘材料样品浸泡在冷却液中，测量材料的介电强度或绝缘电阻。

6.4.1.5 采用色谱分析或光谱分析方式。在特定条件下对冷却液和系统材料进行反应测试，使用色谱或光谱技术分析反应产物。

### 6.4.2 稳定性和使用寿命

采用液冷机柜和气相色谱。使用1年~2年后，通过气相色谱仪测试，检测液体样品成分是否发生变化，在样机柜中观察样品成色。

## 6.5 安全性

### 6.5.1 毒性

6.5.1.1 采用毒理学检测及推断。记录实验动物在特定暴露条件下的反应，评估冷却液的毒性。

6.5.1.2 采用主要接触途径进行毒理学安全系数线性外推。根据在规定的试验条件下，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（通常以特异性靶器官反复接触毒性来表征）的最大染毒剂量，缩小一定倍数确定安全系数。

6.5.1.3 采用水生毒性测试法。藻类致死、抑制生长浓度和最大无影响浓度衡量对水生生物的毒性按照 GB/T 21805 的规定进行，溞类致死、抑制生长浓度和最大无影响浓度衡量对水生生物的毒性按照 GB/T 21830 的规定进行，鱼类致死、抑制生长浓度和最大无影响浓度衡量对水生生物的毒的按 GB/T 27861、GB/T 21854、GB/T 21806 规定进行。致死浓度、抑制生长浓度和最大无影响浓度较低的冷却液对水生生物具有较高的毒性风险，不建议使用。

### 6.5.2 泄漏安全性

采用泄漏模拟测试法。在实验室模拟冷却液泄漏的情景，观察其扩散、蒸发和燃烧情况。评估泄漏情况下的安全性。

## 6.6 环境影响

### 6.6.1 空气污染

#### 6.6.1.1 臭氧破坏潜能

采用化学分析和环境模型评估法。规定以制冷剂R11的臭氧破坏影响作为基准，取R11（一氟三氯甲烷）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。

#### 6.6.1.2 大气污染物排放

采用挥发性有机化合物分析法。在实验室测量冷却液在常温和高温下的挥发性成分，关注挥发性有机化合物的排放量。分析冷却液在使用过程中可能释放的污染物，评估其对空气质量的影响。

注：双相冷却液本身就是低沸点极易挥发性的有机物，单相冷却液也存在一定的挥发性。

#### 6.6.1.3 温室效应

采用GWP评估。根据液体蒸汽物理特性，测量对红外吸收，并按公式（1）延伸至100年加权计算。

$$GWP = \frac{\int_0^{100} (R_x \times C \times e^{-t/\tau_x}) dt}{\int_0^{100} (R_{CO_2} \times C_{CO_2}) dt} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

GWP——全球变暖潜能值；

x——目标物质；

R——辐射效率；

C——大气浓度；

t——大气寿命；

e——欧拉数。

### 6.6.2 土壤污染

采用土壤吸附和降解测试。在实验室条件下，将冷却液样品加入土壤中，观察其吸附行为和降解速度。通过分析土壤中冷却液的残留量和分解产物，评估其对土壤的污染潜力。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

冷却液的检验分为出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 冷却液的出厂检验项目为本文件第4章规定的项目。

7.2.2 每批冷却液出厂前应由厂品控部门按本文件规定的出厂检验项目逐项检验，检验合格并由质检人员签发合格证后方可出厂。

### 7.3 型式检验

冷却液的型式检验项目为第4章、第5章规定的所有检验项目，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、工艺等发生变化时；
- 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) 两年进行一次型式检验。

### 7.4 判定规则

冷却液的检验结果若有一项指标不符合本文件的要求时应进行复检。复检结果有一项指标不符合本文件要求时，则判该产品为不合格。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

- 8.1.1 标志应符合 NB/SH/T 0164—2019 中 3.1 的规定。
- 8.1.2 冷却液的包装箱上的包装储运图示标志按 GB/T 191 的规定选择使用。
- 8.1.3 冷却液的包装标志应清晰、牢固，不宜因运输条件和自然条件而褪色、变色、脱落。
- 8.1.4 销售包装上内容包括但不限于：
  - a) 产品名称；
  - b) 商品责任单位名称及地址；
  - c) 产品净含量；
  - d) 产品出厂日期（限用日期）及保质期；
  - e) 执行标准号；
  - f) 产品合格标识。

### 8.2 包装

冷却液包装箱应选择防潮、防尘、防漏等材料，保护产品不变质，便于运输和贮存。

### 8.3 运输

冷却液在运输过程中应减少冲击、日晒、雨淋及化学品的腐蚀。

### 8.4 贮存

冷却液应贮存在通风、干燥、清洁的仓库，仓库内不应有有害气体、易燃易爆物品、腐蚀性化学物品，应远离热源。

参 考 文 献

- [1] YD/T 3982—2021 数据中心液冷系统冷却液体技术要求和测试方法  
[2] YD/T 4411—2023 单相浸没式液冷数据中心测试方法
- 

全国团体标准信息平台