

ICS 71.100.45

CCS L 60

# 团 体 标 准

T/CL XXXXX-2024

## 浸没式液冷冷却液选型要求

Selection requirements for Immersion Cooling Fluid

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国国际科技促进会 发布

# 目 次

目次.....	I
前言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语、定义和缩略语.....	4
3.1 术语和定义.....	4
3.2 缩略语.....	5
4 环境安全选型要求.....	5
4.1 毒性.....	5
4.2 环保性能要求.....	6
5 消防安全选型要求.....	6
6 物理化学稳定性型要求.....	6
6.1 高温稳定性.....	7
6.2 化学稳定性.....	8
6.3 耐久性.....	8
7 传热性能选型要求.....	8
8 电气和信号完整性性能选型要求.....	9
8.1 击穿电压.....	10
8.2 体积电阻率.....	10
8.3 介电常数.....	10
8.4 介质损耗因数.....	10
9 材料兼容性选型要求.....	10
10 其他选型参数要求.....	12
11 浸没式液冷冷却液选型要求汇总.....	12

## 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提出，

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：阿里云计算有限公司、东南大学、浙江音默森网能科技有限公司、北京化工大学、浙江巨化技术中心有限公司、中国科学院上海有机化学研究所、

本文件主要起草人：钟杨帆、张程宾、陈建峰、周黎旻、鲍处瑾、张亮亮、王树华、郑积林、雷志刚、吴鸣浩、张伟、鲍思远、郑泊远、

本文件为首次发布。

# 浸没式液冷冷却液选型要求

## 1 范围

本文件规定了数据中心浸没式液冷系统中液冷热管理材料（冷却液）的选型要求，包括使用、维护、测试等方面。

本文件适用于数据中心企业部署浸没式液冷系统或液冷热管理材料生产厂商参考。

## 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，仅所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 30000-2013	化学品分类和标签规范
GB 50150-2006	电气装置安装工程电气设备交接试验标准
GB/T 261-2021	闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法
GB/T 507-2002	绝缘油击穿电压测定法
GB/T 3535-2006	石油产品倾点测定法
GB/T 4945-2002	石油产品和润滑剂酸值和碱值测定法(颜色指示剂法)
GB/T 5654-2007	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 6540-86	石油产品颜色测定法
GB/T 7304-2014	石油产品酸值的测定 电位滴定法
GB/T 21805-2008	化学品藻类生长抑制试验
GB/T 21806-2008	化学品鱼类幼体生长试验
GB/T 21809-2008	化学品蚯蚓急性毒性试验
GB/T 21812-2008	化学品蜜蜂急性经口毒性试验
GB/T 21830-2008	化学品溞类急性活动抑制试验
GB/T 21854-2008	化学品鱼类早期生活阶段毒性试验
GB/T 24782-2009	持久性、生物累积性和毒性物质及高持久性和高生物累积性物质的判定方法
GB/T 27851-2011	化学品陆生植物生长活力试验
GB/T 27855-2011	化学品土壤微生物碳转化试验
GB/T 27861-2011	化学品鱼类急性毒性试验
GB/T 35680-2017	液体材料微波频段使用开口同轴探头的电磁参数测量方法
GBZ 2.1—2019	工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
IEC 62368-1:2023	音频/视频、信息和通信技术设备 — 第1部分：安全要求
OSHA 1910	SAFETY AND HEALTH STANDARDS FOR INDUSTRY
OSHA 1915	SAFETY AND HEALTH REGULATION FOR SHIPYARD EMPLOYMENT
OSHA 1926	SAFETY AND HEALTH REGULATION FOR CONSTRUCTION

### 3 术语、定义和缩略语

#### 3.1 术语和定义

下列术语、定义适用于本文件。

##### 3.1.1

###### 液冷 liquid cooling

一种采用液体带走发热器件热量的数据中心产品，适用于需提高计算能力、能源效率、部署密度等应用场景。

注：液冷分为接触式及非接触式液冷两种，接触式液冷是指将冷却液体与发热器件直接接触的一种液冷实现方式，包括浸没式和喷淋式液冷等具体方案。非接触式液冷是指冷却液体与发热器件不直接接触的一种液冷实现方式，包括冷板式等具体方案。

##### 3.1.2

###### 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。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。

##### 3.1.3

###### 单相液冷 single-phase liquid cooling

作为传热介质的液体在热量传递过程中仅发生温度变化，而不存在相态转变，过程中完全依靠物质的显热变化传递热量。

##### 3.1.4

###### 相变液冷 phase-change liquid cooling

作为传热介质的液体在热量传递过程中发生相态转变，依靠物质的潜热变化传递热量。

##### 3.1.5

###### 液冷机柜 liquid cooling cabinet

承载数据中心电子信息设备和冷却液，实现电子信息设备冷却的容器。

##### 3.1.6

###### 浸没液冷冷却液 Immersion fluid

用于电子设备元件的浸没液冷工作液体。

### 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

OEL	职业暴露限值	Occupational Exposure Limit
OSHA	职业安全与健康管理局	Occupational Safety and Health Administration
IARC	国际癌症研究机构	International Agency for Research on Cancer
LC50	半数致死浓度	Lethal Concentration 50%
LD50	半数致死剂量	Lethal Dose 50%
EC50	半数效应剂量	Effect Concentration 50%
NOEC	无观察效应浓度	No Observed Effect Concentration
ODP	臭氧消耗潜能值	Ozone Depletion Potential
GWP	全球变暖潜能值	Global Warming Potential
VOC	挥发性有机物	Volatile Organic Compounds
IEC	国际电工委员会	International Electrotechnical Commission
FOM	品质因子	Figure Of Merit
Dk	介电常数	Dielectric constant
Df	介质损耗因数	Dissipation Factor
ASTM	美国材料实验协会	American Society of Testing Materials

## 4 环境安全选型要求

冷却液在选型中必须对其安全性和环境影响进行评估。应力求低持久性、毒性和生物积累特性。这些标准应在冷却液的整个生命周期内加以考虑，即冷却液的运输、存储，使用、维护和回收处置。

### 4.1 毒性

- a) 人体毒性：根据 GB 30000-2013《化学品分类和标签规范》系列国家标准，冷却液所含物质应属于“非危险物质”，冷却液应属于“无需分类”的范畴，在慢性毒性吸入测试中的表现应归类为“实用无毒”物质；同时必须根据 GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》对职业暴露限值(OEL)一起考虑，以确定可能进行人体暴露的工作场所的安全性。
- b) 致癌性：必须没有已知的致癌物。化学品的致癌性列在 OSHA 标准 1910, 1915 和 1926。对于添加添加剂以增强性能的冷却液，必须遵循由国际癌症研究机构(IARC)提供的指南。该液体中任何含量大于或等于 0.1%的成分均未被确定为可能、可能或确认的人类致癌物。
- c) 水生毒性：通过测量藻类（按照 GB/T 21805-2008《化学品藻类生长抑制试验》）、溞类（按照 GB/T 21830-2008《化学品溞类急性活动抑制试验》）、鱼类（按照 GB/T 27861-2011《化学品鱼类急性毒性试验》、GB/T 21854-2008《化学品鱼类早期生活阶段毒性试验》、GB/T

21806-2008《化学品鱼类幼体生长试验》)的 LC50(致死浓度)、EC50(抑制生长浓度)和 NOEC(最大无影响浓度)衡量对水生生物的毒性。LC50/EC50/NOEC 较低的化学品对水生生物具有较高的毒性风险,不建议使用。

- d) 陆生毒性:通过测量蚯蚓(按照 GB/T 21809-2008《化学品蚯蚓急性毒性试验》)、土壤微生物(按照 GB/T 27855-2011《化学品土壤微生物碳转化试验》)、植物(按照 GB/T 27851-2011《化学品陆生植物生长活力试验》)和蜜蜂(按照 GB/T 21812-2008《化学品蜜蜂急性经口毒性试验》)的致死剂量浓度(LD50)和 NOEC(最大无影响浓度)来衡量对陆生生物的毒性。较低的化学品具有较高的毒性风险,不建议使用。
- e) 生物累积性:根据国家《新化学物质环境管理登记管理办法》中的管理方法,对未列入《中国现有化学物质名录》的物质,参照 GB/T 24782—2009 评估其生物累积性。
- f) 持久性:根据国家《新化学物质环境管理登记管理办法》中的管理方法,对未列入《中国现有化学物质名录》的物质,参照 GB/T 24782—2009 评估长期存在于环境抗光解性、化学分解和生物降解性的能力。

#### 4.2 环保性能要求

- a) 冷却液的臭氧消耗潜值(ODP)应为 0;
- b) 冷却液的全球变暖潜值(GWP) 应较低,考虑到浸没液冷系统部署都有多个影响气候的来源,必须全面考虑,而冷却液的选择是其中之一;
- c) 冷却液应不含生态环境部颁发的《有毒有害大气污染物名录》中限制使用的有机化合物(VOC)物质;
- d) 冷却液应不含生态环境部颁发的《重点管控新污染物清单》中限制使用的物质。

#### 5 消防安全选型要求

- a) 闪点(闭口):在 1 个大气压 0 海拔条件下冷却液的闪点(闭口)宜大于 150℃。在 1 个大气压 1500 米海拔条件下冷却液的闪点(闭口)宜大于 155℃。
- b) 自燃点:在 1 个大气压 0 海拔条件下冷却液的自燃点宜大于 300℃。在 1 个大气压 1500 米海拔条件下冷却液的自燃点宜大于 305℃。

#### 6 物理化学稳定性型要求

## 6.1 高温稳定性

所选冷却液应通过高温稳定性测试，详细方法如下。对于业务可靠性需求选择不同分级要求。

### 6.1.1 方法简述

浸没式液冷冷却液的高温稳定性评价采用高温加速老化试验法，在 150°C 高温、空气环境下，对材料进行模拟加速试验验证，测试材料的分子结构、酸值和氟离子等变化情况。

### 6.1.2 测试装置及仪器

回流冷凝加热装置、核磁共振仪(282MHz, 19F NMR, 或更高分辨率)、电位滴定仪(电极 i-Solvotrode Plug K 智能电极 非水相酸碱)、离子色谱仪(Dionex IonPac AS18 阴离子交换柱)、试验样品 30ml。

### 6.1.3 高温加速老化试验步骤

在空气氛围下，量取液冷热管理液体材料测试样品，加入到回流冷凝加热装置的烧瓶中。将烧瓶放入油浴中，并加热至温度 150°C（油浴温度），在此温度下保持 192 小时。或者将测试样品直接加入水热反应釜中并拧紧密封，之后，水热反应釜放入 150°C 的恒温烘箱，并保持此温度 192 小时。液冷热管理液体材料冷却至室温后，进行分子结构、酸值和氟离子的测定。

### 6.1.4 分析测试方法

核磁共振法（氟谱  $^{19}\text{F}$ -NMR）可以对含氟类材料进行定性及定量测定。在核磁管中加入待测液体样品（高温加热前、高温加热后的液冷热管理材料）（约 1mL），以  $\text{CFCl}_3$  为外标（高场为负），放入核磁共振仪中测试。通过核磁共振图谱分析样品高温加速老化试验前、后，分子中的端基和主链结构情况，监测其它分解降解的杂质峰。

### 6.1.5 酸值测定

酸值：即滴定 1g 试样到终点时所需要的碱量，以 mg KOH/g 表示。测定高温加热后的液冷热管理材料酸值，当发生争议时，以 GB/T 7304-2014 或 GB/T 4945-2002 为仲裁方法，应注意对于含氟类液冷热管理材料，所用到的稀释溶剂应为含氟类溶剂，替代甲苯和异丙醇混合溶剂。

### 6.1.6

样品处理：量取 5mL 的高温加热后液冷热管理材料样品于 50mL 塑料离心管中，加入超纯水 5mL（体积比 1:1），快速震荡 3 分钟，采用台式离心机进行离心萃取分离（离心力 10000G），分液后获得水相（a1）。样品中再次加入 5mL 的超纯水，震荡，离心后，取出水相（a2）。样品中再次加入 5mL 的超纯水，震荡，离心后，取出水相（a3），合并上述三次分离获得的水相（a1、a2、a3），得到待测水相样品。经过试验验证，材料样品中的氟离子通过三次萃取分液后，能够完全转入水相样品中。

离子色谱仪参数设置：温度：25 度；流速：1mL/min；进样量：25 $\mu$ l；检测器：电导检测器；运行时间：20 分钟。

氟离子标准工作曲线：取氟离子标准液（1000ppm）配置成 0.1ppm、0.5ppm、1ppm、2ppm、3ppm 浓度的氟离子标准溶液，分别进样，按照上述测试条件进行分析测定，绘制标准曲线。

测试流程：配置氟离子的标准曲线；打开仪器电源，按照操作手册执行至离子色谱仪稳定状态，稳定基线；按照上述的方法处理材料样品，得到待测水相样品；首先进样测试超纯水空白溶液中的氟离子浓度，然后测试水相样品中的氟离子浓度。每个样品至少进行两次平行试样测试。

材料样品中氟离子的含量按照下列方式计算：

$$X = 3*(C1 - C0)$$

式中：

X ——材料样品中氟离子的含量，单位为ppm；

C1 ——三次萃取合并水相样品中氟离子的浓度，单位为ppm；

C0 ——超纯水空白中氟离子的浓度，单位为ppm。

取两次平行样品测试结果的算术平均值作为样品中氟离子含量的测定结果。

### 6.1.7 高温稳定性评价标准

经高温加热试验及测试后，冷却液的高温稳定性推荐采用下述的测试指标进行判定，见表 1：

表1 浸没式液冷冷却液高温稳定性评价

高温稳定性判定	分级	分子结构（核磁共振法）	酸值（mg KOH/g）	氟离子浓度（ppm）
通过	A类（优秀）	位移值、峰形无变化	$\leq 0.04$	$\leq 1$
	B类（良好）	位移值、峰形无变化	$0.04 < X \leq 0.08$	$1 < X \leq 5$
	C类（及格）	位移值、峰形无变化	$< 0.08 < X \leq 0.15$	$5 < X \leq 15$
不通过	D类（不合格）	位移值或峰形有变化	$> 0.15$	$> 15$

说明：

参考标准T/CI208-2023《液冷热管理材料高温稳定性及基材兼容性测试方法》或SH/T0719、ASTM E928压差扫描量热法(PDSC)测试浸没式产品的氧化感应时间的试验方法

### 6.2 化学稳定性

冷却液应为惰性液体，不与空气中常见的水、氧气等物质发生化学反应。

### 6.3 耐久性

在 10 年的正常工作使用条件下，冷却液应满足性能规格和要求。

## 7 传热性能选型要求

由于电子设备系统的复杂性和随机性，浸没液冷系统的冷却液传热性能选型通常需要大量的计算资源和时间消耗。为了提前定量评估不同型号冷却液的热性能，建议采用品质因子（FOM）来对不同冷却液的传热性能比较：

a) 单相浸没自然对流场景：冷却液的传热性能选型比较通过以下品质因子 $FOM_1$ 来比较

$$FOM_1 = \beta^{0.25} \rho^{0.5} C_p^{0.25} \lambda^{0.75} \mu^{-0.25}$$

式中：

$\beta$ ： 热膨胀系数[1/K]

$\mu$ ： 动力粘度[N · s/m<sup>2</sup>]

$C_p$ ： 比热容[J/(kg · K)]

$\rho$ ： 液体密度[kg/m<sup>3</sup>]

$\lambda$ ： 导热系数[W/(m · K)]

- b) 单相浸没强制对流场景：冷却液的传热性能选型比较通过以下品质因子 $FOM_2$ 来比较

$$FOM_2 = \rho^{0.8} C_p^{0.4} \lambda^{0.6} \mu^{-0.4}$$

式中：

$\mu$ ： 动力粘度[N · s/m<sup>2</sup>]

$C_p$ ： 比热容[j/(kg · K)]

$\rho$ ： 液体密度[kg/m<sup>3</sup>]

$\lambda$ ： 导热系数[W/(m · K)]

- c) 两相浸没沸腾场景：冷却液的传热性能选型比较通过以下品质因子 $FOM_3$ 来比较

$$FOM_3 = \sqrt{\rho_g} h_{fg} [\sigma g (\rho_f - \rho_g)]^{0.25}$$

式中：

$\rho_g$ ： 蒸汽密度[kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_f$ ： 液体密度[kg/m<sup>3</sup>]

$h_{fg}$ ： 液体蒸发潜热[J/kg]

$\sigma$ ： 液体表面张力[N/m]

$g$ ： 重力加速度[m/s<sup>2</sup>]

说明：热膨胀系数按 DL/T 1204-2013 标准测试，动力粘度按 GB/T 265-1988 标准测试，比热容按 SY/T 7517-2010 标准测试，液体密度按 ASTM D4052-22 标准测试，导热系数按 ASTM D2717 标准测试，蒸发潜热按 ASTM E2071-21 标准测试，液体表面张力按 SY/T 5370-2018 标准测试。

对于单相浸没对流场景，冷却液的传热性能影响权重大小的排序为：动力粘度>热导率>密度>比热容，随着温度升高，动力粘度权重因子增加，而其他权重因子都降低。

## 8 电气和信号完整性性能选型要求

## 8.1 击穿电压

推荐击穿电压为 $\geq 35\text{kV}/2.5\text{mm}$ 。

## 8.2 体积电阻率

推荐体积电阻率为 $\geq 6 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

## 8.3 介电常数

对于具体应用场景，在工作温度范围（20~70℃）和工作频率范围（20MHz~40GHz）内介电常数(Dk)应 $\leq 2.2$ 。

## 8.4 介质损耗因数

对于具体应用场景，在工作温度范围（20~70℃）和工作频率范围（20MHz~40GHz）内介质损耗因素(Df)应 $\leq 0.05$ 。

## 9 材料兼容性选型要求

所选冷却液应通过材料兼容性测试。对于业务可靠性需求选择不同分级要求。

### 9.1.1 方法简述

冷却液对基材的兼容性情况评价采用加热浸泡测试法。加热浸泡法是在特定容器中盛有一定量的冷却液，并将待测的基材样品浸泡其中，在特定的温度下保持一段时间让其充分反应。待浸泡结束后，测试并记录基材样品的质量变化、体积变化和微观形貌，判断是否满足使用要求。加热浸泡法可以初步快速判定基材材料浸泡在液体中的兼容性情况。针对有特殊功能要求的部件材料，可在此方法基础上，进一步验证其拉伸强度、硬度变化等功能指标。测试温度推荐 80℃，测试时长 96 小时。

### 9.1.2 测试装置及仪器

分析天平(精度为 0.0001g)、回流冷凝加热装置、测试样品：取长方形基材样品，尺寸为(20mm $\pm$ 1mm) x (10mm $\pm$ 1mm) x (2mm $\pm$ 0.2mm)，或者取圆形材料样品（直径 20mm $\pm$ 1mm）x (2mm $\pm$ 0.2mm)。如果只有部件成品，则在成品上截取适当尺寸作为测试样品，需保证冷却液的体积至少是基材样品体积的 15 倍，且冷却液能完全浸没测试样品。

### 9.1.3 兼容性试验步骤

制作基材样品并做好标记，在空中称量试样的质量（m1），然后然后在此实验室温度下，采用静水天平装置，称量试样在蒸馏水中的质量（m2），并记录。将材料样品在无水乙醇蘸清洗干净，确保排除样品上的全部气泡。用滤纸或不起毛的纤维织物将样品擦干。（带孔隙易吸附液体的基材材料，清洗后在 40℃烘箱或自然环境下晾干，建议隔 30min 将试样称量一次，直至连续两次称量之差小于 1mg）。

测试前对样品外观形貌等进行记录。有功能性要求的材料需测试浸泡前材料的性能，例如材料的硬度，粘度，拉伸强度等。将基材样品和冷却液放入到回流冷凝加热装置的烧瓶中，进行加热浸泡试验，保持油浴温度 80℃，并加热 96 小时。或者将基材样品和冷却液放入水热反应釜中并拧紧密封，之后，水热反应釜放入 80℃ 的恒温烘箱，并保持此温度 96 小时。要求冷却液液体的体积至少是基材样品体积的 15 倍。达到加热浸泡测试时间后，从容器中取出样品，将其放置在标准实验室室温下。观察外观并记录测试后的冷却液及基材样品。使用滤纸或抽真空等方式将测试样品表面上多余液体清除掉。在 40℃ 烘箱中或恒温环境中干燥至恒重（即每隔 60min 将试样称量一次，直至连续 2 次称量之差小于 1mg 为止）。在空中称量试样的质量（ $m_3$ ），然后在此实验室温度下，采用静水天平装置，称量试样在蒸馏水中的质量（ $m_4$ ），并记录。某些有功能性要求的部件（基材），浸泡后还需要考察其功能性指标，例如材料的硬度，粘度，拉伸强度等。

#### 9.1.4 分析测试方法

根据上述测试步骤中记录的试样质量，计算基材的质量变化：

$$\Delta m(\%) = \frac{m_3 - m_1}{m_1} \times 100\%$$

计算基材的体积变化：

$$\Delta V(\%) = \frac{(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)}{(m_1 - m_2)} \times 100\%$$

式中：

$m_1$ ——样品在空气中的原始质量，单位为g；

$m_2$ ——样品在水中的原始质量，单位为g；

$m_3$ ——液体浸泡后样品在空气中的质量，单位为g；

$m_4$ ——液体浸泡后样品在水中的质量，单位为g。

#### 9.1.5 兼容性评价标准

经高温加热试验测试后，兼容性推荐采用下述的测试指标进行判定，见表 2：

表2 浸没式液冷冷却液兼容性评价

兼容性判定	分级	分子结构（核磁共振法）	质量变化（绝对值%）	体积变化（绝对值%）	冷却液情况
通过	A 级	位移值、峰形无变化	<0.5	<0.5	澄清
	A- 级	位移值、峰形无变化	0.5<X≤1.5	0.5<X≤1.5	澄清
	B 级	位移值、峰形无变化	1.5<X≤2.5	1.5<X≤2.5	澄清/浑浊
	C 级	位移值、峰形无变化	2.5<X≤5	2.5<X≤5	澄清/浑浊
不通过	D 级	位移值或峰形有变化	X>5	X>5	澄清/浑浊

说明：所选冷却液应按照标准T/CI208-2023《液冷热管理材料高温稳定性及基材兼容性测试方法》通过材料兼容性测试或者通过GB/T1690橡胶相容性试验、SH/T0085金属腐蚀试验等对相关材料进行相容性测试。具体测试最终由双方协商决定。

- a) 金属材料：电子系统中包括铜、铝、钢、银、锌、铁、锡及相关合金等；
- b) 有机材料：电子系统中包括塑料材料有聚氯乙烯、聚氨酯、聚苯乙烯、聚碳酸酯等；粘合剂有双面胶、环氧树脂、丙烯酸等；电绝缘材料有聚酰亚胺、聚氨酯、聚酰胺等。密封填料有橡胶、硅橡胶、氟橡胶、乙丙橡胶、丁基橡胶、丁腈橡胶、氯丁橡胶等；
- c) 无机非金属材料：电子系统中包括硅及氧化物、金属氧化物、碳化硅、氮化硅、碳化硼、陶瓷和玻璃等。

## 10 其他选型参数要求

- a) 颜色：色标 $\leq 0.5$ ；
- b) 倾点：为适应寒冷环境中的户外边缘场景应用，建议倾点为 $-30^{\circ}\text{C}$ 或更低。
- c) 密度：建议冷却液密度不超过为  $2000\text{kg}/\text{m}^3$ 或更低。
- d) 气味：单相浸没液冷却液应在 $<60^{\circ}\text{C}$ 的操作条件下运行大于或等于10年，具有低气味。低气味定义为相对气味小于溶于水的200ppb的正丁醇。在使用寿命范围内，冷却液不应含有或分解成已知气味的物质。对于两相流体，气味应在冷却液的操作温度下评估。

## 11 浸没式液冷冷却液选型要求汇总

表1总结了单相和两相浸没液体的所有要求。

表1 冷却液选型要求参数列表

分类	指标名称	单位	参考标准	测试标准	指标要求（单相应用）	指标要求（相变应用）
环境安全	毒性	/	GB 30000、GBZ 2.1—2019、OSHA 1910, 1915 和 1926	化学品毒性鉴定技术规范、GB/T 21805-2008、GB/T 21830-2008、GB/T 27861-2011、GB/T 21854-2008、GB/T 21806-2008、GB/T 21809-2008、GB/T 27855-2011、GB/T	参考 4.1	参考 4.1

				27851-2011、GB/T 21812-2008、GB/T 24782-2009、		
	臭氧消耗潜值 (ODP)	/	《蒙特利尔议定书》	HJ/T225-2005	0	0
	全球变暖潜值 (GWP)	/	《京都议定书》	气候变化2013-IPCC(第100年)	参考 4.2	参考 4.2
	VOC	/	《有毒有害大气污染物名录》	HJ 759—2023	参考 4.2	参考 4.2
	污染物	/	《重点管控新污染物清单》	/	参考 4.2	参考 4.2
消防安全	闪点(闭口)	℃	IEC 62368-1	GB/T 261-2021	>155℃@1500m 海拔; >150℃ @0m 海拔	NA
	自燃点	℃	IEC 62368-1	ASTM E659-78	>305℃@1500m 海拔; >300℃ @0m 海拔	NA
稳定性	高温稳定性	/	/	/	参考 6.1	参考 6.1
	化学稳定性	/	/	/	参考 6.2	参考 6.2
	耐久性	年	/	/	≥10	≥10
传热性能	FOM1 <sup>1</sup>	/	/	/	参考 7-a	NA
	FOM2 <sup>1</sup>	/	/	/	参考 7-a	NA
	FOM3 <sup>2</sup>	/	/	/	NA	参考 7-b
电气和信号完整性	介电常数 <sup>3</sup>	/	/	GB/T 35680-2017	≤2.2	≤2.2
	介质损耗因数 <sup>3</sup>	/	/	GB/T 35680-2017	≤0.05	≤0.05
	击穿电压	kV	GB50150-2006	GB/T 507-2002	≥35	≥35
	体积电阻率	Ω·cm	GB50150-2006	GB/T 5654-2007	≥6x10 <sup>12</sup>	≥6x10 <sup>12</sup>
材料	材料兼	/	/	/	参考 9	参考 9

兼容	容性					
其他	密度	Kg/m <sup>3</sup>	/	ASTM D4052	<2000	<2000
	倾点	°C	/	GB/T 3535-2006	<-30	<-30
	颜色	/	/	GB/T 6540-86	≤0.5	≤0.5
	气味	/	ASTM E544-18	ASTM E544-18	参考 10-d	参考 10-d

说明：

- 1、应用需要按照实际工作温度下的参数进行评估。
- 2、应用需要按照沸点温度下的参数进行评估。
- 3、在 20° C 到 70° C 的温度范围内必须满足本规范。频率从 20MHz 到 40GHz。