

中国电子装备技术开发协会

《数据中心液冷系统用管路及组件通用技术要求》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1.任务来源

团体标准《数据中心液冷系统用管路及组件通用技术要求》由中国电子装备技术开发协会于2025年12月份批准立项，计划编号：2025-112T-CAEE号。本团体标准由北京中标华耀标准技术发展有限公司提出，主要起草单位XXX、XXX、XXX。

2.编制背景及目标

2.1 编制背景

随着“双碳”目标的推进和算力需求的爆发式增长，数据中心能耗问题日益凸显，液冷技术因其高效散热能力成为行业主流解决方案。然而，当前数据中心液冷系统用管路及组件（如不锈钢波纹管、金属软管）缺乏专用的技术标准。现有标准（如GB/T 14525）主要针对工业通用场景，未充分考虑数据中心液冷系统对高清洁度（防止微堵塞）、长寿命疲劳（7×24小时运行）、电气连续性（防静电/漏电）及特定冷却液兼容性的特殊要求。这导致市场上产品质量参差不齐，存在漏液风险高、清洁度不达标、寿命无法保证等隐患，严重制约了液冷数据中心的规模化安全应用。为此，亟须制定专用技术规范以填补空白。

2.2 编制目标

统一技术内涵：明确数据中心液冷管路及组件的术语定义，厘清其与普通工业软管在性能指标上的本质区别。

量化核心指标：确立可检测的关键性能指标，包括清洁度等级（不低于ISO 4406 16/14/11）、压力疲劳寿命（ $\geq 100,000$ 次）、气密性（泄漏率 $\leq 1 \times 10^{-8}$ Pa·m³/s）及电气连续性（直流电阻 $\leq 0.1 \Omega$ ），确保系统长期可靠运行。

完善试验体系：构建针对数据中心工况的专项试验方法（如高低温循环耐温性、特定冷却液相容性、洁净室清洗检测），解决功能“测不了、测不准”难题。

引导产业应用：规范产品分类、材料选型及标记规则，为数据中心建设方、

设备制造商提供明确的选型与验收依据，推动液冷技术高质量发展。

3、工作过程

（一）成立编制小组

2025年12月，北京中标华耀标准技术发展有限公司编制组搜集、整理了国内外关于数据中心液冷技术、流体连接件相关的技术现状、标准体系及应用案例。重点调研了冷板式与浸没式液冷系统中管路组件在“清洁度控制、疲劳寿命、介质兼容性”等方面的痛点，梳理出标准缺口，确定了本标准的主要条款框架。

（二）成立编制小组

2025年12月，由北京中标华耀标准技术发展有限公司牵头，与各起草单位共同组建标准编制小组，召开了标准编制小组内部启动会议。会议制定了详细的工作计划、编写大纲，明确了任务分工及各阶段进度，并于2025年X月完成了《数据中心液冷系统用管路及组件通用技术要求》标准草案初稿。

（三）标准立项

2025年12月，中国电子装备技术开发协会对报送的该标准立项申请进行专家质询后，同意将本标准列入标准制定计划，《数据中心液冷系统用管路及组件通用技术要求》正式立项。

二、标准编制原则和主要内容

1. 标准制定原则

（1）编制原则：本文件的制定符合 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》的规范性要求，标准中有关内容以相关法律法规、政策文件、国家行业标准为主要依据，结合本团体发展现状，参考相关标准，形成本标准草案。

（2）先进性原则：充分吸纳数据中心液冷领域的最新技术成果，指标设定适度超前，以满足未来高密度算力集群的需求。

（3）适用性原则：兼顾冷板式、浸没式等多种液冷技术路线，覆盖不同工作压力（ ≤ 2.5 MPa）和温度范围（ $-40^{\circ}\text{C} \sim +120^{\circ}\text{C}$ ），确保标准的广泛适用性。

（4）可操作性原则：试验方法具体明确，检测设备通用性强，判定规则清晰，便于生产企业和第三方检测机构执行。

2. 标准主要技术内容

本标准规定了数据中心液冷系统用不锈钢波纹管及金属软管总成的分类与标记、材料要求、结构与尺寸、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

适用范围：适用于工作压力不大于 2.5 MPa、工作温度范围为-40℃~+120℃的数据中心液冷系统金属软管组件。

核心指标：

- (1) 清洁度：出厂产品清洁度等级应不低于 ISO 4406 16/14/11 级。
- (2) 疲劳寿命：0~额定压力循环次数 $\geq 100,000$ 次无失效。
- (3) 气密性：氦质谱检漏泄漏率 $\leq 1 \times 10^{-8}$ Pa·m³/s。
- (4) 电气连续性：直流电阻 $\leq 0.1 \Omega$ ，防止静电积聚。
- (5) 耐温性：-40℃~+120℃循环 5 次无渗漏。

3. 标准解决的主要问题

本团体标准主要解决数据中心液冷管路组件标准缺失及技术指标针对性不强的问题：

填补清洁度标准空白：现行通用标准未对液冷系统微小的颗粒污染做出严格限制，本标准引入 ISO 4406 分级及附录 A 专用检测方法，防止微通道堵塞。

强化长效可靠性：针对数据中心 7×24 小时不间断运行特点，大幅提高压力疲劳寿命指标（ ≥ 10 万次），并增加高低温循环耐温性测试。

明确电气安全要求：新增电气连续性指标，消除液冷系统因流体摩擦产生静电带来的安全隐患。

规范介质兼容性：针对不同冷却液（水、乙二醇、氟化液等）明确密封件和管材的选材要求及老化测试方法。

三、主要章节内容框架

第四章 分类与标记	规定按结构形式（单层/多层、编织/缠绕）分类，统一包含通径、压力、材质、标准号的标记规则。
第五章 材料要求	明确波纹管（304/316L 等）、网套、密封件（体积变化率、硬度变化）及焊接材料的选型依据和处理工艺。

第六章 结构与尺寸	规定基本结构组成，细化内径、长度、弯曲半径等关键尺寸公差，强调内壁焊缝平整度（ $Ra \leq 0.4 \mu m$ ）。
第七章 技术要求	量化静液压强度、爆破压力、气密性、疲劳寿命、电气连续性、耐温性及清洁度等核心性能指标。
第八章 试验方法	对应第7章指标，详细描述氦质谱检漏、压力疲劳、微欧计测量、高低温循环及清洁度冲洗计数的具体操作步骤。
第九章 检验规则	界定出厂检验（全检外观、尺寸、强度、气密、清洁度）与型式检验（全项目）的条件及判定准则。
第十章 标志、包装、运输和贮存	规定永久性激光打标内容、防尘封堵包装要求及贮存保质期（不超过2年）。
附录 A 清洁度检测	（规范性）详细规定管路组件清洁度的冲洗、取样、颗粒计数及等级判定方法。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利。

五、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

本标准无相关国际标准。

六、在标准体系中的位置，与现行相关法律法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准属于团体标准，与现行法律法规、规章和政策以及有关基础和相关标准不矛盾。

七、其他应予说明的事项

无