

T/CAEE

团 体 标 准

T/CAEE XXX—2026

数据中心液冷系统用管路及组件通用 技术要求

General technical requirements for piping and components used in liquid cooling
systems of data centers

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国电子装备技术开发协会 发布

目 次

前 言.....	错误！未定义书签。
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	4
4 分类与标记.....	4
5 材料要求.....	5
6 结构与尺寸.....	5
7 技术要求.....	6
7.1 一般性能.....	6
7.2 清洁度.....	6
7.3 环境适应性.....	6
8 试验方法.....	6
8.1 通则.....	6
8.2 静液压强度试验.....	6
8.3 爆破压力试验.....	6
8.4 气密性试验.....	6
8.5 压力疲劳试验.....	6
8.6 电气连续性试验.....	6
8.7 耐温性试验.....	6
8.8 清洁度检测.....	6
9 检验规则.....	7
9.1 检验分类.....	7
9.2 出厂检验.....	7
9.3 型式检验.....	7
9.4 判定规则.....	7
10 标志、包装、运输和贮存.....	7
10.1 标志.....	7
10.2 包装.....	7
10.3 运输和贮存.....	7
附录 A（规范性） 管路组件清洁度检测方法及其等级判定.....	8

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。

本文件由中国电子装备技术开发协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

数据中心液冷系统用管路及组件通用技术要求

1 范围

本文件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。

本文件适用于数据中心液冷系统（包括冷板式、浸没式等）中工作压力不大于2.5 MPa、工作温度范围为-40℃~+120℃的金属软管组件。其他工况可参照执行。

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 1220 不锈钢棒

GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带

GB/T 14525 波纹金属软管通用技术条件

GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准

ISO 4406 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号

JB/T 4730.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

3 术语和定义

GB/T 14525界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

不锈钢波纹管 stainless steel bellows

由不锈钢板材或管材经液压或机械成型制成的，具有一个或多个波纹的弹性元件。

3.2

金属软管 metal hose assembly

由不锈钢波纹管、网套（增强层）及接头焊接或装配而成的柔性连接总成。

3.3

清洁度等级 cleanliness class

单位体积液体中固体颗粒污染物的数量等级，按ISO 4406规定表示。

4 分类与标记

4.1 分类

产品按结构形式分为：

- a) 单层波纹管；
- b) 多层波纹管；

- c) 编织网套金属软管；
- d) 缠绕网套金属软管。

4.2 标记

产品标记由名称、结构代号、公称通径、工作压力、材质代号、标准编号组成。

示例：公称通径DN25，工作压力1.6MPa，316L材质编织网套金属软管，标记为：金属软管 DN25-1.6-316L-W T/XXX XXXX—2026。

5 材料要求

5.1 波纹管本体

波纹管材料应采用奥氏体不锈钢，牌号及性能应符合GB/T 1220或GB/T 3280的规定。

水性冷却液（水、乙二醇溶液）环境推荐选用06Cr19Ni10（304）及以上牌号。

含氯离子环境或氟化液/矿物油介质环境应选用022Cr17Ni12Mo2（316L）及以上牌号。

波纹管成型后应进行固溶处理，晶间腐蚀敏感性试验应符合GB/T 14525的规定。

5.2 网套材料

网套钢丝材质应与波纹管电位匹配或采取绝缘措施，抗拉强度不小于波纹管母材。表面应进行钝化处理，无锈蚀。

5.3 密封材料

密封件（O型圈、垫片）材料应与工作介质相容。在指定冷却液中浸泡（温度×时间）后，其体积变化率应在-5%~+10%之间，硬度变化不超过±5 Shore A。

注：常见介质推荐材质见编制说明。

5.4 焊接材料

焊接填充材料应与母材化学成分相匹配，保护气体纯度不低于99.99%。

6 结构与尺寸

6.1 基本结构

金属软管应由波纹管、网套和接头组成，连接方式宜采用自动氩弧焊或激光焊。

6.2 尺寸公差

公称通径、长度、波距、波高等尺寸公差应符合表1规定。未注公差按GB/T 14525执行。

表1关键尺寸公差

项目	公称通径 DN	允许偏差
内径	≤25	±0.2 mm
	>25	±0.5 mm
总长度	所有	±5 mm 或 ±1%（取大值）
最小弯曲半径	所有	符合设计要求，且≤6 倍外径

6.3 表面质量

波纹管内外表面应光滑，无裂纹、折叠、结疤等缺陷。

焊缝应均匀，无未熔合、气孔、夹渣。内壁焊缝余高应打磨平整，必要时进行电解抛光，表面粗糙度Ra≤0.4 μm。

网套编织应均匀，无断丝、跳丝。

7 技术要求

7.1 一般性能

金属软管的一般性能应符合表2规定。

表 2 一般性能要求

序号	项目	要求	试验方法
1	静液压强度	1.5 倍工作压力，保压 5min，无渗漏、无变形	8.2
2	爆破压力	≥4 倍工作压力	8.3
3	气密性	氦质谱检漏，泄漏率 $\leq 1 \times 10^{-8}$ Pa·m ³ /s	8.4
4	压力疲劳寿命	0~额定压力，循环≥100,000 次，无失效	8.5
5	电气连续性	直流电阻 $\leq 0.1 \Omega$	8.6
6	耐温性	-40℃~+120℃循环 5 次，无渗漏	8.7

7.2 清洁度

出厂产品清洁度等级应不低于ISO 4406 16/14/11级（或双方协议等级）。检测方法按附录A执行。

7.3 环境适应性

盐雾试验按GB/T 14525规定执行，中性盐雾试验48h后，表面应无红锈。

耐介质老化试验要求密封件在最高工作温度的冷却液中浸泡168h后，其性能仍满足5.3条的要求。

8 试验方法

8.1 通则

除本文件另有规定外，试验方法均按GB/T 14525的规定执行。

8.2 静液压强度试验

按GB/T 14525中6.3规定执行，试验介质为水或指定冷却液。

8.3 爆破压力试验

按GB/T 14525中6.4规定执行。

8.4 气密性试验

采用氦质谱检漏仪，抽真空至 10^{-3} Pa，充入氦气至工作压力，检测泄漏率。

8.5 压力疲劳试验

试验频率0.5Hz~2Hz，波形为正弦波。记录循环次数直至失效或达到规定次数。

8.6 电气连续性试验

使用微欧计测量软管两端接头间的直流电阻。

8.7 耐温性试验

将金属软管组件置于-40℃低温环境中保持2h，然后转移至+120℃高温环境中保持2h，此为一个循环。连续进行5次循环后，检查组件有无渗漏、裂纹或其他功能性损坏。

8.8 清洁度检测

按附录A规定的方法进行冲洗、取样和颗粒计数。

9 检验规则

9.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

9.2 出厂检验

每根软管均应进行出厂检验，项目包括：

- a) 外观；
- b) 尺寸；
- c) 静液压强度；
- d) 气密性；
- e) 清洁度。

9.3 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制鉴定；
- b) 材料、工艺发生重大变更；
- c) 正常生产每年进行一次。

型式检验项目为本文件第7章规定的全部项目。

9.4 判定规则

出厂检验项目中，任一项不合格则判该产品不合格。

型式检验中，若有两项及以上不合格，则判该批次不合格。

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 标志

每根软管应在接头或网套上设置永久性标志（如激光打标），内容包括：

- a) 规格；
- b) 压力等级；
- c) 流向箭头；
- d) 生产日期；
- e) 批次号（或二维码）。

10.2 包装

两端管口应采用防尘帽封堵，确保内部清洁。

包装应能有效防止软管在运输中发生弯折、挤压变形。

10.3 运输和贮存

运输过程中应避免剧烈碰撞。

产品应贮存于干燥、通风、无腐蚀性气体的库房内，保质期不超过2年。

附录 A
(规范性)
管路组件清洁度检测方法及其等级判定

A.1 原理

通过特定流量的洁净溶剂冲洗管路内部，收集冲洗液中的颗粒物，利用自动颗粒计数器测定颗粒数量，对照ISO 4406标准判定等级。

A.2 试剂与设备

清洗溶剂：异丙醇或指定兼容溶剂（洁净度优于被测等级2级）。

设备：自动颗粒计数器（精度 $\geq 1\ \mu\text{m}$ ）、滤膜装置、超声波清洗机。

A.3 步骤

预处理：去除端口封堵，在外环境洁净室（不低于ISO Class 8）操作。

冲洗：以20 L/min流量冲洗内部，持续时间不少于3 min，收集后段冲洗液100 mL。

检测：使用颗粒计数器对样品进行检测，记录 $>4\ \mu\text{m}(c)$ ， $>6\ \mu\text{m}(c)$ ， $>14\ \mu\text{m}(c)$ 的颗粒数。

计算：按ISO 4406公式计算污染度等级代码。

A.4 判定

清洁度等级判定依据ISO 4406标准。将A.3步骤中测得的 $>4\ \mu\text{m}(c)$ ， $>6\ \mu\text{m}(c)$ ， $>14\ \mu\text{m}(c)$ 三个尺寸范围的颗粒数，分别对照ISO 4406规定的污染度等级代码表，得到对应的三个代码。若实测得到的三个代码值均不高于本文件7.2条或协议中规定的相应代码值（如16/14/11），则判定该管路组件的清洁度等级合格。
