

# T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/CIEP XXXX—XXXX

## 数据中心液冷系统技术规范

Data center liquid cooling system technical specification

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业环保促进会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本要求 .....	2
5 设计要求 .....	2
6 技术要求 .....	5
7 安装与验收 .....	5
8 管控要求 .....	5
9 安全要求 .....	6
10 运维要求 .....	6

## 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。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 数据中心液冷系统技术规范

## 1 范围

本标准涵盖数据中心各种形式液冷系统及其配套装置的基本要求、设计要求、技术要求、安装与验收、管控要求、安全要求、运维要求。

本标准适用于数据中心液冷系统的设计、施工、运维等环节的技术指导。

## 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 5024 建筑给水排水设计规范
- GB/T 7307 55° 非密封管螺纹
- GB/T 18883 室内空气质量标准
- GB/T 29044 采暖空调系统水质
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50084 建筑电气工程施工质量验收规范
- GB 50169 工业企业总平面设计规范
- GB 50171 石油化工业企业设计防火规范
- GB 50174—2017 电子信息系统机房设计规范
- GB 50231 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范
- GB 50235 工业金属管道工程施工规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50311 综合布线系统工程设计规范
- GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- GB 50370 建筑结构荷载规范
- GB 50462 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范
- GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50898 高耸结构设计规范
- GB 50981 建筑机电工程抗震设计规范
- GB 51251 建筑防腐蚀设计规范
- GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
- YD 5098—2005 通信局(站)防雷与接地工程设计规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**数据中心 data center**

为集中放置的电子信息技术设备提供运行环境的建筑场所，可以是一栋或几栋建筑物，也可以是一栋建筑物的一部分，包括主机房、辅助区、支持区和行政管理区等。

### 3.2

**冷却液 liquid cooling medium/coolant**

采用液冷技术的冷却系统中采用的冷却工质。

### 3.3

#### 液冷 liquid cooling

一种采用液体带走器件热量的冷却技术，器件通常包括芯片、内存条、卡等。

### 3.4

#### 冷板式液冷 cold plate liquid cooling

通过冷板（通常为铜铝等导热金属构成的封闭腔体）将发热器件的热量间接传递给封闭在循环管路中的冷却液体，通过冷却液体将热量带走的一种实现形式。

### 3.5

#### 浸没式液冷 Immersion liquid cooling

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。

### 3.6

#### 喷淋式液冷 spray liquid cooling

面向芯片级器件精准喷淋、直接接触式的液冷技术，冷却液可通过重力或系统压力直接喷洒至IT设备的发热器件或与之连接的固体导热材料上，并与之进行热交换实现对IT设备的热管理。在热交换的工作过程中，IT设备内冷却液的自由液面低于被冷却的发热器件或与之连接的固体导热材料，系统通过IT设备外部的换热单元对冷却液换热并循环使用。

## 4 基本要求

### 4.1 液冷系统分类如下：

- 根据冷却接触方式，分为接触式和非接触式液冷两种。
- 根据冷却原理，分为冷板式液冷、浸没式液冷和喷淋式液冷三种。

### 4.2 喷淋和冷板式液冷系统的服务器设备需要适配，适配后服务器设备的性能应不受影响。

### 4.3 浸没式液冷系统的服务器设备需要改造或者定制化设计。

### 4.4 对于接触式液冷，液体不应影响服务器设备的信号完整性和电源接触产生影响。对于非接触式液冷，漏液后液体不应影响服务器设备组件产生影响，服务器设备应有防护措施，应有漏液检测和漏液隔离措施。

## 5 设计要求

### 5.1 一般要求

液冷系统设计应满足GB 50174和GB 55015的规定。

### 5.2 布局设置

采用液冷系统的机房区，其通道与设备之间的距离除应符合GB 50174 的有关规定外，还应符合下列规定：

- 用于搬运设备的通道宜设置2条，搬运通道的净宽应根据机柜、设备的外观尺寸确定，搬运通道的净宽不宜小于1.5 m。
- 机房区需采用可移动、可升高式机械手进行设备维护时，通道的净宽应根据可移动底座的尺寸确定，通道的净宽不宜小于1.5 m；通道的高度应根据机械手的活动尺寸确定，通道的净高不宜低于3.2 m。
- 机房区梁下至完成面的净空高度不宜小于3.6 m。

### 5.3 设计参数

#### 5.3.1 液冷系统的冷源、室外散热设备选型，其气象依据应采用20年极端干、湿球温度。

#### 5.3.2 采用浸没式液冷系统的数据中心，其液冷机柜的设计冷却液供、回液温度应根据柜内电子信息设备的最大发热量、电子信息设备本身的热设计、冷却液的物性参数、机柜内的流场设计确定。

#### 5.3.3 采用冷板式液冷系统的数据中心，冷板的设计冷却液供液温度应根据电子信息设备的最大发热

量、电子信息设备本身的热设计、冷却液的物性参数、冷板内的流场设计确定。

5.3.4 采用冷板式液冷系统的数据中心，冷板的设计冷却液供液温度应考虑冷板、冷却液管路与电子信息设备之间的冷桥，应避免电子信息设备局部结露。

5.3.5 采用冷板式液冷的电气信息设备区的设计温度应区分冷、热通道，冷通道的环境温度、相对湿度应执行 GB 50174—2017 中附录 A 的规定。

5.3.6 采用浸没式液冷的电子信息设备区的设计温、相对湿度应满足人员舒适性要求，温度宜为 18~30℃、相对湿度宜为 30%~70%。

## 5.4 建筑结构

5.4.1 数据中心建筑平面和空间设计应首先满足液冷机柜、液冷系统的工艺要求，并宜兼容风冷机柜、风冷系统的工艺。

5.4.2 数据中心结构设计除了应符合 GB 50174 的相关规定，还应根据液冷电子信息设备、液冷机柜的工艺布局、重量、搬运荷载、附属管路等参数核算楼板的整体荷载、局部荷载、吊挂荷载及物流通道的荷载。

5.4.3 液冷机柜区应满足：

- 防水等级应为 GB 55030 的 I 级；
- 地面材料应平整宜耐磨，高度偏差不宜超过  $\pm 3 \text{ mm/mm}^2$ ；
- 楼板或地面应采取防潮、防水漫溢、防液体渗漏等措施，并宜设置专用回收与排液措施。
- 物流通道需要做坡道时，其倾斜角应小于等于  $10^\circ$
- 设置管沟与冷却液收集装置时，不应阻碍人员、物料、移动机械臂的通行；
- 不宜设置外窗。设有外窗时，应有措施避免阳光直射。

## 5.5 冷却设备

5.5.1 液冷系统的室外散热设备选型宜综合考量气象条件、水资源情况等。

5.5.2 液冷系统的室外散热设备选型宜计及换热衰减，其单机的冷量宜为设计冷量的 1.05~1.1 倍。

5.5.3 冷板式液冷系统应根据电子信息设备的热设计、可靠性要求确定液冷和风冷的相对比例；风冷系统的设备选型应以风冷器件的设计进风温度为依据；液冷相关设备（例如冷板、冷水机组，CDU、Manifold、散热器、冷却塔、热交换器、连接管路，快速接头等）的选型应以液冷器件的热设计为依据。

## 5.6 冷却系统与空调系统

5.6.1 液冷系统的室外散热设备选型宜根据系统可靠性要求采用 N+X (X=0~N) 冗余设计。

5.6.2 冷却系统宜采用不间断供冷措施，不间断供冷时间宜与电池的不间断供电时间相同。

## 5.7 冷却液

5.7.1 冷却液应根据使用场景、热工性能、设备需求、冷却效率、系统类型、系统功能、可靠性要求、环境污染方面等进行选择。

5.7.2 非绝缘性液体介质（或可溶解离子性物质的液体介质，如去离子水）一般较绝缘性介质具有较高的比热和导热系数，可以用于非接触式液冷应用，可选介质主要包括水基溶液，包括：

- 1) 去离子水；
- 2) 乙二醇+水；
- 3) 丙二醇+水；
- 4) 甲醇/乙醇+水。

5.7.3 具备绝缘性和对离子型导电物质的不溶性的液体可以用于对泄漏安全性要求较高的间接式液冷应用，但更适于液体介质直接与元器件接触的应用如浸没式和喷淋式，以及液体泄漏或维护过程中有可能和器件接触的应用。典型绝缘性液体介质包括：

- a) 脂肪族化合物，或称脂肪类碳氢化物，主要包括石油烃基或异链烷烃基，如一般的矿物油等；
- b) 硅酮类物质，硅酮类物质包括二甲基硅氧烷和甲基硅氧烷，也就是通常所说的硅油；
- c) 化合物，主要以氟取代相应碳链氢原子的有机化合物或聚合物，包括全氟烷烃、全氟氨、氢氟醚、全氟酮、氢氟烃等。

5.7.4 应具有良好的热力学性能(包括同类物质中相对较高导热系数、高液体比热值、低粘度，及相变

应用要求具备较高汽化潜热值)。

## 5.8 供暖系统与通风系统

- 5.8.1 供暖系统与通风系统应符合 GB 50019、GB 50736 中相关要求。
- 5.8.2 需要供暖的区域宜优先利用液冷系统的余热回收。
- 5.8.3 冷却液储存区的采暖温度设计值应考虑冷却液的倾点，采暖设计温度宜高于冷却液的倾点 15℃。
- 5.8.4 当数据中心的电气房间采用热水型散热器供暖时，散热器的安装位置不宜靠近电气设备，供暖水管宜短直，宜尽量减少接头和阀门。
- 5.8.5 液冷系统采用的冷却液可挥发时，应设置强制通风设施。宜定期检测空气质量，检测项宜包含冷却液蒸汽浓度及其可能的分解产物的浓度。
- 5.8.6 冷却液储存区的环境相对湿度宜为 30%~70%，温度宜高于冷却液的倾点 15℃以上；冷却液的储存区不应放置酸、碱类物质。

## 5.9 给排水系统

- 5.9.1 宜根据 CDU 及冷却水管路、冷却液管路的布置设置防水、排水、排液和冷却液收集措施。
- 5.9.2 采用冷板式液冷系统时，配电列头柜的下方宜设置防水措施，以防止冷却水或冷却液喷溅至列头柜内。
- 5.9.3 数据中心的电子信息设备区不应布置无关的给排水管道，相关的给排水管道不应布置在电子信息设备的上方，相关的给排水管道接入电子信息设备区之前应设置隔离阀。
- 5.9.4 冷却液不应直接排放至排水系统，应为冷却液设置专用的收集系统，收集系统的面层宜作防渗处理。不同种类的冷却液不应共用收集系统。
- 5.9.5 CDU 冷源侧（一次侧）的水质除应符合 GB/T 29044 的要求，应根据 CDU 内配置的换热器类型、材质、流道确定水质指标要求，并应根据水质要求设置相应的水处理系统。
- 5.9.6 采用冷板式液冷系统时，CDU 冷源侧（一次侧）的金属应根据一次侧的冷却介质进行处理。
- 5.9.7 当数据中心采用冷板式液冷系统、CDU 用冷侧（二次侧）采用了去离子水、乙二醇溶液或丙二醇溶液时，其水质应根据冷板换热器的材质、流道与 CDU 内配置的换热器类型、材质、流道确定指标要求，并应根据运行可用性要求添加缓蚀剂与杀菌剂。

## 5.10 电气系统

- 5.10.1 用冷侧（二次侧）的循环泵、冷源侧（一次侧）的室外散热设备、循环泵应采用不间断电源供电，冷却系统的控制系统及其自动化仪表应采用不间断电源供电。
- 5.10.2 液冷系统中的冷却设备的配套电动机宜采用软启动器或变频器启动的方式；配套电动机的外壳防护等级应与环境相匹配。

## 5.11 消防系统

- 5.11.1 消防系统设计与实施除应符合 GB 50016、GB 51251、GB 50370、GB 50898、GB 50084 和 GB 50174 的要求外，还应符合数据中心建设所在地的地方消防规范。
- 5.11.2 采用浸没式液冷系统且冷却液“可燃”时，电子信息设备区宜设置气体灭火系统或高压细水雾灭火系统；采用浸没式液冷系统且冷却液“不燃”时，电子信息设备区宜设置预作用自动喷水灭火系统。
- 5.11.3 采用冷板式液冷系统时，其通道封闭材料的燃烧性能等级应不低于 B1 级。
- 5.11.4 管线穿防火分区处宜采用防火套管或其他防火措施。
- 5.11.5 宜在电子信息设备区的邻近房间设置洗眼器。

## 5.12 布线工程

- 5.12.1 布线系统应符合 GB 50311 和 GB 50174、GB 50981 和 GB 55002 的相关规定。
- 5.12.2 采用浸没式液冷系统时，线缆穿过液冷机柜处应设置密封措施以降低冷却液的挥发。与冷却液接触的联接件、线缆外皮等应采用与冷却液兼容的材料。
- 5.12.3 采用浸没式液冷系统且有铜缆浸没在冷却液中时，应提前测试铜缆系统的特性阻抗。

### 5.13 监控系统

应根据可靠性要求配置液冷系统的监控系统，监控系统的可靠性等级应与液冷系统的可靠性等级保持一致。

## 6 技术要求

### 6.1 冷却技术要求

6.1.1 一次侧冷却回路参考相关国家标准。

6.1.2 二次侧冷却回路的硬件主要由耐腐蚀合金，如铜合金和不锈钢等材料组成，软管通常由与冷却液体兼容的有机材料组成。

### 6.2 管路技术要求

6.2.1 管路接口宜采用螺纹接口、法兰接口、快接头等形式。

6.2.2 管径设计应参考 GB/T 7307 的要求。

6.2.3 管内液体流速宜在 1.5 m/s—2.1 m/s。

## 7 安装与验收

7.1.1 数据中心液冷系统的安装应满足 GB 50462、GB 50231、GB 50235、GB 50171、GB 50462、GB 50169 等相关要求。

7.1.2 数据中心液冷系统的验收应符合 GB 50462、GB 50174、GB 50300、GB 5024 的相关规定。

## 8 管控要求

### 8.1 一般要求

8.1.1 管控系统应符合现行国家标准的相关规定，使用标准的通讯协议。

8.1.2 管控系统应对液冷设备的运行状态、能耗、报警进行监控，液冷设备的通讯协议应满足监控系统的要求；监测和控制液冷设备内冷却液温度、流量、压力、液位、漏液等运行参数，当参数偏离设定值>10%时，应报警并记录。

8.1.3 液冷数据中心内可能发生冷却液泄漏的设备和管道应设置漏液检测和报警装置，宜通过液位、压力等参数检测冷却液的泄漏；注/排液设备的运行状态应纳入监控系统。

### 8.2 浸没腔体

对于浸没式液冷服务器系统，浸没腔体子系统的监控对象为气相区的压力、温度，以及液相区的温度、液位，确保各参数在预设范围内。一旦参数偏离设定值时，应有报警、记录以及应急处理措施。

### 8.3 监控对象

冷却的监控对象应包括：

- a) 冷却的压力；
- b) 温度及流量，包括室外侧、室内侧及系统管路；
- c) 浸没腔体的功耗；
- d) 冷却子系统的漏液状态。

### 8.4 供冷量

冷却的供冷量应可调节，并与浸没腔体的发热量动态匹配，及时响应，以节省能耗。一旦各监控参数偏离设定值时，应有报警、记录以及应急处理措施。

### 8.5 有害物质

机房必须在有足够通风的条件下使用和储存冷却液，液冷机房区域内必须监测空气中对应的物质浓度，其浓度不应超过该类物质的职业接触限值，且空气中总挥发性有机物(TVOCs)浓度应低于GB/T 18883中规定的限值；当挥发性有机物浓度超过限值时应加大新风量将浓度维持在限值以下并报警；新风量应取下列三项中的最大值：

- a) 按工作人员计算，每人 40 m<sup>3</sup>/h；
- b) 维持室内正压所需风量；
- c) 主机房区域还应满足按换气次数计算，新风量不小于每小时 6 次。

## 8.6 故障检测

系统应对系统漏液、液冷运行故障情况进行监控。

## 9 安全要求

### 9.1 配电安全

9.1.1 供配电应按照 GB 50052 执行。

9.1.2 数据中心用电负荷等级及供电要求应根据机房的等级，按 GB 50052 执行。供配电系统应为电子信息系统的可扩展性预留备用容量。

9.1.3 散热系统如冷源、液冷主机、冷却水泵、补水泵等宜采用不间断电源供电。

9.1.4 辅助设备如空调设备、新风机组、风机等可采用市电直供，并应设置备用电源。

9.1.5 防雷与接地应符合 GB 50057、GB 50343 的要求。

### 9.2 电气安全

9.2.1 断开控制板和电源的连接线，强制闭合所有的接触器。绝缘电阻值冷态应不低于 2 MΩ，热态不低于 0.5 MΩ。

9.2.2 机组接地端子与机组电源的输入端的泄露电流不大于 10 mA。

9.2.3 室内外机防雷要求应符合 YD 5098—2005 中 C 级的要求。

9.2.4 浪涌保护装置至少能承受电压脉冲 10/700 μs、5 kV 和电流脉冲 8/20 μs、5 kA 的冲击。

### 9.3 消防安全

9.3.1 数据中心液冷系统防火和灭火设计应符合 GB 50016 的要求，在消防方式的选择上还应符合冷却液的化学品安全说明书的要求。

9.3.2 液冷数据中心内存放或使用冷却液及冷却液管道经过的区域宜设置独立的冷却液排液系统，对泄漏的冷却液进行收集，冷却液禁止直接排放。

9.3.3 当机房存在排水、排冷却液共用排放系统时，排放系统中应设有防止受污染的废水直接外排的措施。

## 10 运维要求

### 10.1 一般要求

10.1.1 应定期对液冷系统进行维护，包括定期清洁器件管路、定期检查冷却剂、检查密封性、备份系统数据、校准系统等。

10.1.2 液冷系统的维护需要考虑对液冷关键部件（如 CDU、泵等）进行定期维护，检查关键部件的运行状态，并制定合理的维修及更换计划。如针对可能发生故障的设备进行停机检修和更换等。

10.1.3 液冷系统需要做到单个液冷机柜可维护，液冷机柜之间、液冷机柜和其它机柜间的维护动作不能发生相互影响。

10.1.4 液冷系统需要定期检查，针对冷却液体的挥发、泄露等进行补充，以便满足设备维护要求。

10.1.5 对冷却液体应该进行适当的处理，以避免腐蚀，微生物生长，结垢等常见问题，从而降低冷却效率降低及系统停机的风险。

10.1.6 液冷系统需要对水循环系统（冷却水，冷冻水，二次侧专业循环水）进行定期的水质监测，但

产生水质超标等情况时，需要采取对应的处置措施（补液、换冷却液等）。

10.1.7 液冷系统循环工质需要考虑环保要求，按照环保法规要求进行液体运输、存放、使用、废弃。

## 10.2 个体防护

10.2.1 在进行液冷机房运维的过程中，具体操作注意事项及防护要求应遵循液冷数据中心运维手册相关规定。

10.2.2 在进行液冷数据中心运维的过程中应采取必要的职业健康防护措施，操作人员应佩戴必要的个人防护装备。

## 10.3 液体处理

10.3.1 在液冷机房建设完成交付后，投入使用前，应制定相应的冷却液泄漏应急处置程序，并在程序中规定冷却液的收集、回收、废弃处理方式，严禁直接排放至下水道或环境中。

10.3.2 机房使用过程中应尽量防止冷却液溢出，轻度溢出可以使用惰性材料吸收，并用清洁剂清洁残留液体；对大量的溢出、泄露的冷却液进行围液处理，并用泵抽回预定容器中。

## 10.4 设备清洗

根据冷却液特性，选择合适清洗液进行电子信息设备清洗。清洗后的废液收集至专门的容器内，并按规定的程序处理。严禁直接把废液排至下水道或环境中。

## 10.5 液体补充

10.5.1 根据运维手册，对储液箱的液面情况进行观察。当液面低于指定刻度，或液位传感器已触发低液位告警时，根据实际情况进行液体补充作业。

10.5.2 补充冷却液前，核实该液冷机柜的冷却液种类、型号，严禁混用不同种类、型号的冷却液。

10.5.3 根据系统功能设计及现场情况，选择手动补液或通过补液系统进行补液。补液程序严格遵守操作文档。