

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

数据中心液冷系统工程施工与验收规范

Specification for construction and acceptance of data center liquid cooling system
engineering

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 施工管理 2

 4.3 施工现场管理 2

5 施工准备 3

 5.1 技术准备 3

 5.2 现场准备 3

 5.3 材料与设备准备 3

6 设备与材料 3

 6.1 一般规定 3

 6.2 管路材料 3

 6.3 液冷设备 3

 6.4 冷却液 3

7 管路系统施工 4

 7.1 一般规定 4

 7.2 管道预制 4

 7.3 管道安装 4

 7.4 管道连接 4

 7.5 管道试验与冲洗 4

 7.6 保冷与标识 4

8 液冷设备安装 5

 8.1 一般规定 5

 8.2 冷却液分配单元（CDU）安装 5

 8.3 液冷机柜安装 5

 8.4 泵与阀门安装 5

9 电气与控制系统施工 5

 9.1 一般规定 5

 9.2 供配电系统 5

 9.3 控制系统 5

 9.4 漏液检测系统 5

10 安全与环境保护 6

 10.1 施工安全 6

 10.2 消防安全 6

 10.3 环境保护 6

11 系统调试与测试	6
11.1 一般规定	6
11.2 调试准备	6
11.3 单机调试	6
11.4 系统联调	6
11.5 性能测试	7
12 工程验收	7
12.1 一般规定	7
12.2 验收条件	7
12.3 验收内容	7
12.4 验收资料	7
12.5 验收结论	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。

本文件由之江实验室提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

数据中心液冷系统工程施工与验收规范

1 范围

本文件规定了数据中心液冷系统工程施工与验收的术语和定义、基本规定、施工准备、设备与材料、管路系统施工、液冷设备安装、电气与控制系统施工、安全与环境保护、系统调试与测试、工程验收等要求。

本文件适用于新建、改建和扩建的数据中心液冷系统工程的施工及验收。

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 50169—2016 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范
- GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范
- GB 50231—2009 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50235—2010 工业金属管道工程施工规范
- GB 50236—2011 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
- GB 50275—2010 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
- GB 50300—2013 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50370—2005 气体灭火系统设计规范
- GB 50462—2024 数据中心基础设施施工及验收标准
- GB 50898—2013 细水雾灭火系统技术规范
- GB 50738 通风与空调工程施工规范
- GB 51251—2017 建筑防烟排烟系统技术标准
- GB 55037—2022 建筑防火通用规范
- YD/T 3979—2021 数据中心浸没式液冷服务器系统技术要求和测试方法
- YD/T 3980—2021 数据中心冷板式液冷服务器系统技术要求和测试方法
- YD/T 4024—2022 数据中心液冷服务器系统总体技术要求和测试方法
- YD/T 6358—2025 冷板式液冷数据中心技术要求

3 术语和定义

YD/T 4024—2022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直接接触式液冷 direct-contact liquid cooling

采用绝缘液体与发热器件直接接触进行冷却，液体吸热后经换热装置将热量传递给冷却系统；直接接触式液冷包括浸没式液冷和喷淋式液冷。

3.2

间接接触式液冷 indirect-contact liquid cooling

液体通过换热器与器件间接接触，依靠液体在冷板级换热器内流动或蒸发吸收热量，并通过另一换热器将热量传递给冷却系统；间接接触式液冷通常指冷板式液冷。

3.3

液冷机柜 liquid cooling rack / liquid cooling tank

采用液冷技术的机柜，往往包含电子信息设备、快速接头、冷却液分配装置、冷却液集液装置、漏液检测、仪表与传感器等。

3.4

冷却液分配单元 coolant distribution unit (CDU)

用于二次侧冷却液与一次侧冷源之间的热交换，为二次侧冷却液提供循环驱动，并具备温度、压力和流量调节功能的装置。

3.5

一次侧 primary side

冷却系统中从冷源（如冷水机组、冷却塔、干冷器等）至冷却液分配单元（CDU）之间的循环回路。

3.6

二次侧 secondary side

冷却系统中从冷却液分配单元（CDU）至液冷机柜及电子信息设备之间的循环回路。

3.7

冷却液 coolant

用于液冷系统中传递热量的工作液体。

3.8

快速接头 quick coupling

用于液冷管路及设备之间快速连接和断开的接头，应具有自密封和防误操作功能。

3.9

漏液检测 leak detection

用于监测可能发生冷却液泄漏的区域并发出报警信号的装置或系统。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 数据中心液冷系统工程的施工与验收应符合本文件外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

4.1.2 数据中心液冷系统工程的施工应遵循近期建设规模与远期发展规划协调一致的原则。

4.1.3 液冷系统工程施工前应具备完整的施工图设计文件及技术资料，并应经过会审和设计交底。

4.1.4 施工单位应具有相应的施工资质，并应建立完善的质量管理体系、安全管理体系和环境管理体系。

4.1.5 液冷系统工程中采用的工程技术文件、合同文件对工程质量的要求不应低于本文件的规定。

4.2 施工管理

4.2.1 液冷系统工程施工应编制专项施工方案，并应经监理单位或建设单位审批后方可实施。

4.2.2 施工过程中应做好施工记录、隐蔽工程验收记录、材料进场检验记录等质量记录文件。

4.2.3 施工过程中变更设计或材料代用，应取得设计单位的书面同意文件。

4.2.4 液冷系统工程施工宜采用建筑信息模型（BIM）技术进行管线综合和施工模拟。

4.3 施工现场管理

- 4.3.1 施工现场应保持整洁，施工区域与非施工区域应有明显的隔离措施。
- 4.3.2 液冷系统施工区域的温度、湿度和洁净度应满足设备安装和管路施工的要求。
- 4.3.3 施工现场应配备必要的消防设施和应急处理设备。

5 施工准备

5.1 技术准备

- 5.1.1 施工前应熟悉设计文件及相关标准规范，明确施工技术要求和质量验收标准。
- 5.1.2 应编制施工组织设计和专项施工方案，内容应包括工程概况、施工部署、施工进度计划、主要施工方法、质量保证措施、安全保证措施、应急预案等。
- 5.1.3 应对施工人员进行技术交底和安全交底，并形成书面记录。

5.2 现场准备

- 5.2.1 施工现场应具备水通、电通、路通、场地平整条件。
- 5.2.2 施工用临时设施（材料堆放区、加工区、设备临时存放区等）应按施工组织设计的要求布置。
- 5.2.3 施工用电源、水源应满足施工需求，并应符合相关安全规定。

5.3 材料与设备准备

- 5.3.1 进场的材料与设备应符合设计要求和国家现行有关标准的规定，并应具有质量合格证明文件。
- 5.3.2 材料与设备进场后应按规定进行进场检验，检验合格后方可使用。
- 5.3.3 管材、管件、阀门、密封件等应按品种、规格、批次分别存放，并应采取防尘、防潮、防锈蚀措施。
- 5.3.4 冷却液应存放在阴凉、通风、干燥的场所，远离火源和热源，并应符合相关安全规定。

6 设备与材料

6.1 一般规定

液冷系统及液冷设备的技术要求应符合设计要求，并应符合YD/T 3979—2021、YD/T 3980—2021、YD/T 4024—2022、YD/T 6358—2025的有关规定。

液冷系统关键设备和材料应进行进场复验，复验合格后方可使用。

6.2 管路材料

- 6.2.1 液冷二次侧管路宜采用 304 或 316 不锈钢管道。不锈钢管的材质、规格和性能应符合设计要求及相关标准的规定。
- 6.2.2 一次侧管路可采用不锈钢管、铜管或符合设计要求的其他管材。
- 6.2.3 管件的材质应与管道材质相匹配，密封材料应与冷却液相容。
- 6.2.4 管道采用预制时，预制过程应包含酸洗钝化、清洗、探伤检测、烘干密封、压力测试等工艺。

6.3 液冷设备

- 6.3.1 冷却液分配单元（CDU）的技术性能应符合设计要求，其流量、扬程、换热能力等参数应满足系统需求。
- 6.3.2 液冷机柜的结构、强度和密封性能应符合设计要求及相关标准的规定。
- 6.3.3 快速接头的材质、密封性能和插拔寿命应符合设计要求，并应具备防误操作功能。
- 6.3.4 泵、阀门、过滤器、仪表等设备的规格和性能应符合设计要求，并应有产品合格证及检测报告。

6.4 冷却液

- 6.4.1 冷却液的品种、规格和性能应符合设计要求。
- 6.4.2 冷却液的技术要求应包括但不限于以下内容：运动黏度、导热系数、比热容、密度、电导率（适用于水基冷却液）、pH 值（适用于水基冷却液）、冰点（适用于水基冷却液）、击穿电压（适用于直接

接触式)、介电常数(适用于直接接触式)、闪点、材料兼容性等。

6.4.3 冷却液的检验规则、标志、包装、运输及贮存应符合相关标准的规定。

7 管路系统施工

7.1 一般规定

7.1.1 液冷系统管路的施工应符合 GB 50235—2010 的有关规定。

7.1.2 管道的焊接应符合 GB 50236—2011 的规定。

7.1.3 管道安装前应核对管道材质、规格、型号与设计文件的一致性。

7.1.4 管道安装应按照先干管后支管、先大管后小管的顺序进行。

7.2 管道预制

7.2.1 液冷系统管道宜采用工厂预制、现场组装的方式施工。

7.2.2 管道预制应在清洁、干燥的环境中进行,预制完成后应对管口进行封堵保护。

7.2.3 预制管段应按系统编号标识,妥善存放和运输。

7.3 管道安装

7.3.1 分段组装的管路,应预先摆放到实际安装位置,确保管路接口与 CDU 及液冷机柜的接口对齐。

7.3.2 管路的敷设路径应与地板支脚、机柜支撑架、地板下走线槽、集水盘、集液槽等无碰撞。

7.3.3 安装过程中应确保分段阀门处于关闭状态,避免引入异物。

7.3.4 管道安装的坡度、坡向应符合设计要求,并应有利于排气和排液。

7.3.5 管道支架、吊架的安装位置、间距和型式应符合设计要求,支架与管道接触应紧密、牢固。

7.3.6 管道穿越楼板、墙体处应设置套管,套管与管道之间的间隙应采用柔性防火材料封堵。

7.3.7 不锈钢管道安装时,应采取防止电化学腐蚀的措施,不同金属材质的管道连接时应使用绝缘垫片或绝缘接头。

7.4 管道连接

7.4.1 不锈钢管道应采用氩弧焊或卡压连接,焊接工艺应符合相关标准的规定。

7.4.2 管道焊缝应进行外观检查,必要时进行无损检测,检测比例应符合设计要求。

7.4.3 法兰连接应使用符合设计要求的垫片和紧固件,紧固力矩应均匀适度。

7.4.4 快速接头的安装应确保连接到位,并应有防松脱措施。

7.5 管道试验与冲洗

7.5.1 一次侧管路的安装、冲洗、调试和验收应符合 GB 50462、GB 50738、GB 50242 和 GB 50243 的相关规定。二次侧管路水压试验按 GB 50243 的相关规定进行。水压试验前宜使用空气为介质进行预试验,试验压力宜为 0.2MPa。

7.5.2 压力试验应分级缓慢升压,升压过程中应对各连接部位和焊缝进行检漏检查;发现泄漏时,应泄压并处理合格后重新试验。

7.5.3 管道系统压力试验合格后,应进行冲洗。冲洗应采用去离子水或符合设计要求的冲洗介质,冲洗时间应根据系统规模及洁净度要求确定,且不宜少于 24 h。对于采用非水介电冷却液的系统(如浸没式、喷淋式液冷系统),冲洗介质及干燥、置换工艺应符合设计要求。

7.5.4 冲洗应持续至冲洗介质水质符合设计要求为止,冲洗过程中应监测冲洗介质的电导率、pH 值及颗粒物含量等指标。

7.5.5 冲洗完成后,应将系统内残液排净,并采取必要的防锈蚀和防污染措施。

7.6 保冷与标识

7.6.1 液冷管道应根据设计要求进行保冷处理,保冷材料的厚度和性能应符合设计要求。

7.6.2 保冷层应连续、完整,接缝应严密,不得有冷桥产生。

7.6.3 管道及阀门应有明确的标识,标识内容应包括介质名称、流向等。

8 液冷设备安装

8.1 一般规定

- 8.1.1 液冷设备的安装应符合设计文件、设备技术文件及 GB 50231—2009 的有关规定。
- 8.1.2 设备安装前应对设备基础进行验收，基础的尺寸、位置、标高、强度等应符合设计要求。
- 8.1.3 设备开箱检验应在建设单位、监理单位和施工单位共同参与下进行，并形成开箱检验记录。

8.2 冷却液分配单元（CDU）安装

- 8.2.1 CDU 的安装位置应符合设计要求，并应便于操作、维护和检修。
- 8.2.2 CDU 安装时应采取减振措施，运行时振动和噪声应符合设计要求。
- 8.2.3 CDU 的一次侧进出口和二次侧进出口应按标识正确连接，不得接反。
- 8.2.4 CDU 的电气接线应符合设计要求及相关电气规范的规定。

8.3 液冷机柜安装

- 8.3.1 液冷机柜应按设计位置就位，机柜的水平度和垂直度应符合设备技术文件的要求。
- 8.3.2 液冷机柜安装前应对安装区域进行清洁，确保无灰尘、杂物。
- 8.3.3 机柜就位后应进行固定，固定方式应符合设计要求。
- 8.3.4 机柜内液冷管路及接头的安装应牢固、密封，安装完成后应进行检漏测试。
- 8.3.5 安装液冷机柜前，应确认单个液冷节点内部的残余压力已泄放至环境压力，并应做好接口防护；确需保持一定正压以防污染的，其残余压力限值应符合设备技术文件的规定。
- 8.3.6 现场需要检查冷板散热器的气密性，检查顺序宜按设备技术文件的规定执行。
- 8.3.7 注入冷却液之前，应单独对整柜再次进行气密性检测。

8.4 泵与阀门安装

- 8.4.1 泵的安装应符合 GB 50275—2010 的规定。
- 8.4.2 泵的进出口管道连接时不得强力对口，管道重量不得由泵承受。
- 8.4.3 阀门的安装位置、方向和高度应符合设计要求，并应便于操作和检修。
- 8.4.4 电动阀门安装前应进行通电试验，确认动作正常。

9 电气与控制系统施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 液冷系统的电气施工应符合国家现行电气工程施工及验收规范的有关规定。
- 9.1.2 液冷系统的接地应符合 GB 50169—2016 的规定。

9.2 供配电系统

- 9.2.1 液冷系统的供配电应满足设备运行要求，电源质量应符合设备技术文件的规定。
- 9.2.2 配电线路的敷设应符合设计要求，电缆桥架、线槽的安装应规范、牢固。
- 9.2.3 液冷系统的重要设备（如 CDU、泵等）宜采用双路供电。

9.3 控制系统

- 9.3.1 液冷系统的控制系统应能实现冷却液温度、流量、压力等参数的监测与控制。
- 9.3.2 传感器、执行器、控制器等的安装位置和方式应符合设计要求。
- 9.3.3 控制系统的信号线路应与动力线路分开敷设，并采取屏蔽和抗干扰措施。
- 9.3.4 控制系统应具备本地控制和远程控制功能，并应设置必要的报警和保护功能。

9.4 漏液检测系统

- 9.4.1 液冷系统应设置漏液检测系统，漏液检测传感器的安装位置应覆盖可能发生泄漏的区域。
- 9.4.2 漏液检测系统应具备声光报警功能，并将报警信号上传至监控系统。

9.4.3 集液盘应接入地漏或设有专门的集液排放设施。

10 安全与环境保护

10.1 施工安全

- 10.1.1 液冷系统工程施工应遵守国家有关安全生产的法律法规和标准规范。
- 10.1.2 施工现场应设置明显的安全警示标志，危险区域应有防护措施。
- 10.1.3 高处作业、临时用电、动火作业等特殊作业应办理审批手续，并采取相应的安全措施。
- 10.1.4 施工人员应按规定佩戴劳动防护用品。

10.2 消防安全

- 10.2.1 液冷系统的消防设计应符合 GB 55037—2022 的规定。
- 10.2.2 液冷系统区域的消防系统应符合 GB 50370—2005、GB 50898—2013 等相关标准的规定。
- 10.2.3 液冷系统区域的防烟排烟系统应符合 GB 51251—2017 的规定。
- 10.2.4 浸没式液冷机房（液冷槽区域）等可能发生冷却液挥发或泄漏的区域，应设置事故排风系统，并应符合相关标准的规定。
- 10.2.5 施工现场应配备相应的消防器材，并保持消防通道畅通。

10.3 环境保护

- 10.3.1 施工过程中应采取有效措施控制扬尘、噪声和废弃物的排放。
- 10.3.2 冷却液的运输、储存和使用应防止泄漏，废弃冷却液应按相关规定进行回收处理。
- 10.3.3 管道冲洗产生的废水应经过处理达到排放标准后方可排放。

11 系统调试与测试

11.1 一般规定

- 11.1.1 液冷系统安装完成后，应进行系统调试与测试。
- 11.1.2 调试与测试应在施工单位自检合格的基础上，由建设单位组织，监理单位、设计单位和设备供应商共同参加。
- 11.1.3 调试与测试前应编制调试方案，内容应包括调试项目、调试方法、技术指标、安全措施等。

11.2 调试准备

- 11.2.1 调试前应确认系统安装已完成，管路系统压力试验和冲洗已合格。
- 11.2.2 应检查系统内冷却液的液位、温度、浓度（如适用）等参数是否符合要求。
- 11.2.3 应检查电气系统、控制系统、漏液检测系统等接线和功能是否正常。
- 11.2.4 应确认所有阀门处于正确的开关状态。
- 11.2.5 系统充液后应进行排气，确认系统内无气阻后方可进行后续调试。

11.3 单机调试

- 11.3.1 应对泵、CDU 等单台设备分别进行调试，检查设备的启动、运行、停止等功能是否正常。
- 11.3.2 单机调试时应检查设备的运行参数（电流、电压、转速、振动、噪声等）是否符合设备技术文件的要求。
- 11.3.3 单机调试合格后，方可进行系统联调。

11.4 系统联调

- 11.4.1 系统联调应在单机调试全部合格后进行。
- 11.4.2 系统联调应验证冷却液流量、温度控制精度等参数。温度控制精度宜为 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 。
- 11.4.3 系统联调应验证控制系统各项功能，包括参数设定、自动调节、报警和保护等。
- 11.4.4 系统联调应验证漏液检测系统的灵敏度和可靠性。

11.5 性能测试

11.5.1 液冷系统应进行连续运行 72 h 的满载运行测试。

11.5.2 性能测试应包括但不限于以下内容：

- a) 冷却液流量和压力；
- b) 供液温度和回液温度；
- c) 设备运行温度；
- d) 系统能效（PUE）；
- e) 系统密封性。

11.5.3 在满载运行测试条件下，冷板式液冷系统的 PUE 值宜不大于 1.25，浸没式液冷系统的 PUE 值宜不大于 1.15。

12 工程验收

12.1 一般规定

12.1.1 液冷系统工程交付验收应符合 GB 50462—2024、GB 50300—2013 的有关规定。

12.1.2 液冷系统工程的验收应按检验批验收、分项工程验收、分部工程验收和单位工程（竣工验收）的顺序进行，并应符合 GB 50300—2013 的有关规定。

12.1.3 验收时应检查工程质量，核实工程资料，确认工程质量符合设计文件和标准规范的要求。

12.2 验收条件

12.2.1 液冷系统工程竣工验收应在下列条件全部满足后进行：

- a) 全部施工内容已完成；
- b) 系统调试与测试已完成并合格；
- c) 施工资料已整理完毕；
- d) 施工单位已提交竣工申请报告。

12.2.2 验收前施工单位应完成自检，并提交自检报告。

12.3 验收内容

12.3.1 液冷系统工程验收应包括以下内容：

- a) 管路系统安装质量；
- b) 液冷设备安装质量；
- c) 电气与控制系统安装质量；
- d) 系统密封性；
- e) 系统功能与性能；
- f) 安全与防护设施；
- g) 工程资料完整性。

12.3.2 管路系统验收应检查管道材质、规格、连接方式、支架安装、保冷、标识等是否符合设计和规范要求。

12.3.3 设备安装验收应检查设备的型号、规格、安装位置、水平度、垂直度、固定方式等是否符合要求。

12.3.4 系统密封性验收应以压力试验记录和运行期间的泄漏检查结果为依据。

12.3.5 系统功能验收应以系统联调及性能测试结果为依据。

12.4 验收资料

12.4.1 液冷系统工程验收应提交以下资料：

- a) 设计文件及设计变更文件；
- b) 设备与材料进场检验记录及质量证明文件；
- c) 隐蔽工程验收记录；
- d) 管道压力试验及冲洗记录；

- e) 系统调试与测试报告;
- f) 竣工图;
- g) 操作与维护手册;
- h) 其他相关技术资料。

12.5 验收结论

- 12.5.1 验收结论分为合格和不合格。
 - 12.5.2 所有验收项目均符合设计文件和本文件规定时，应判定为合格。
 - 12.5.3 存在不符合项时，应进行整改；整改完成后重新验收，直至全部合格。
 - 12.5.4 验收合格后，应形成工程竣工验收报告，由参验各方签字确认。
-