社　区　规　范

数据中心机房液冷系统安装部署及测试规范
(版本 V1.0)
Specification for Installation, Deployment and Testing of Liquid Cooling Systems in Data Center Equipment Room
(Version 1.0)

作者：

黄焕文、韩义、张凯、李健、李宝宇、李权旭、梁东旭、曹钰，华为数字能源技术有限公司

张骁、覃祚桂、蔡治平、王曼、周镇新、邓小东、李鹏堃，华为技术有限公司

谷长城，京东云计算有限公司

田婷，北京抖音信息服务有限公司

樊昆，万国数据服务有限公司

杨琲，常州罗盘星检测科技有限公司

李亚军，软通动力信息技术（集团）股份有限公司

全球计算联盟 Open AI Infra 社区

开放规范许可证（类型 B）

本许可证是本开放规范（本规范）贡献者与其使用者之间的法律协议。一旦使用本规范，即视为同意遵守本许可证条款。若不同意遵守本许可证，请勿使用本规范，否则可能构成侵权。若文档以压缩包（如“zip”文件）形式分发且包含本许可证，则该压缩包中的所有文件均受本许可证约束，除非另有明确排除条款。

1．定义

1.1　本许可证：是指本开放规范许可证(类型B)。除全球计算联盟外，其他主体无权对本许可证进行修改。

1.2　本规范：是指在本许可证下许可的设计材料或数字代码等信息，不论其置于任何载体上或以任何方式表达，例如示意图、机械图纸、流程图及说明性文字、电路或电路板布线图、集成电路布图设计（包括拓扑图/掩模作品）、元器件排列图及其他说明材料等。

1.3　符合产品：是指完全符合本规范中就对应产品形态所规定的所有规范性要求的产品。

1.4　贡献者：是指以明示或默示方式签署贡献者许可协议（类型 B），并参与开发本规范的主体。

1.5　被许可方：是指遵守本许可证，并实施(a)使用、复制、修改或分发本规范中的任一行为，或实施(b)制造或委托他人制造或分发硬件中任一行为的主体。

1.6　分发：是指通过任何媒介向第三方传输、发布、提供或以其他方式传递本规范的行为。

1.7　修改：是指对本规范进行改造、改编、翻译、组合等。

2. 知识产权许可和不诉承诺

2.1　著作权许可：在被许可方遵守本许可证所有条款和条件，特别是条款2.2的前提下，每个贡献者根据《贡献者许可协议（类型B）》授予被许可方永久的、全球性的、非独占的、免费的、免版税的著作权许可，以复制、创作衍生作品、公开展示、公开演示、再许可及分发本规范及其修改， 但仅限用于全球计算联盟的开放规范项目。

2.2 著作权许可条件

在遵从以下条件的前提下，被许可方才可以在任何媒介中复制、分发本规范和/或其修改：

2.2.1　被许可方必须向本规范的接收者提供本许可证的副本；

2.2.2　被许可方必须保留本规范的所有著作权、集成电路布图设计专有权、专利、商标及归属声明，但与本规范任何部分均无关的除外；

2.2.3　如被许可方对本规范进行修改并分发，被许可方必须向全球计算联盟提供修改说明及贡献修改后的文件。

3. 其他

3.1　除上述第2条许可条款之外，本许可证不提供任何其他知识产权的授权。

3.2　免责声明：许可方按“原样”提供本规范，不提供任何明示或默示的担保，包括但不限于任何所有权、不侵权、质量合格、适销性、特定用途及适用性的担保。被许可方应自行对自身使用、复制、修改、分发本规范及其修改或制造、使用、销售、许诺销售、进口基于上述文件开发的产品的适当性进行判断，并全权承担与之相关的所有风险，以及行使本许可证授予被许可方的权利相关的其他所有风险。

3.3　责任限制：在任何情况下，无论基于任何法律依据，全球计算联盟及任何贡献者均不对被许可方因使用、复制、修改、分发规范及其修改或其中的贡献或制造、使用、销售、许诺销售、基于上述文件开发的产品而引发的任何损害，包括但不限于利润损失或任何形式的间接、附带、特殊或后果性损害赔偿责任，无论是基于违约、侵权（包括疏忽）或其他原因，也无论被损害方是否已被告知该等损害的可能性。

4. 通用条款

4.1　如果被许可方违反本许可证，则被许可方基于本许可证所获得的所有许可和承诺将自动终止，被许可方应立即删除并停止使用本规范及其修改。本许可证终止后，第3.2、3.3款继续有效。如被许可方基于本许可证所获得的许可和承诺按本款规定终止的，不影响从被许可方处取得副本或权利的下游接收者在本许可证下的授权。

4.2　法律适用：本许可证适用中国法律。

版本变更日志

版本号	版本描述	贡献者
V1.0	首版	如上

目 次

开放规范许可证（类型 B） 1
版本变更日志 2
数据中心机房液冷系统安装部署及测试规范 6
1 范围 6
2 规范性引用文件 6
3 术语和定义 7
3.1 数据中心 data center 7
3.2 液冷 liquid cooling 7
3.3 冷板式液冷系统 cold plate liquid cooling system 7
3.4 二次侧冷却系统 secondary side cooling system 7
3.5 冷却液 liquid cooling medium 8
3.6 冷量分配单元 coolant distribution unit（CDU） 8
3.7 二次侧管路 secondary side pipeline 8
4 数据中心机房环境要求 8
4.1 温湿度要求 8
4.2 洁净度要求 8
4.3 火源热源要求 9
5 来料要求 9
5.1 来料一般性运输要求 9
5.2 来料一般性储存要求 9
5.3 冷却液接触部件材质 9
5.3.1 金属材料 10
5.3.2 非金属材料 10
5.3.3 密封方式 10
5.3.4 非“推荐”材料 10
5.4 CDU 要求 11
5.4.1 CDU 气密性检测 11
5.4.2 CDU 出厂泄压阀检验 11
5.4.3 出厂前清洗 11
5.4.4 充氮保护 11

5.5 冷却液要求 11
5.6 二次管路要求 12
5.6.1 去工程化实施 12
5.6.2 管路工勘匹配 12
5.6.3 管路管径及壁厚要求 12
5.6.4 表面粗糙度 12
5.6.5 表面处理 12
6 安装及部署要求 12
6.1 机房布局一般性原则 12
6.1.1 机房净高 12
6.1.2 冷热通道净宽 13
6.1.3 CDU 配置 13
6.1.4 二次侧系统供液温度 13
6.2 管路布局一般性原则 13
6.2.1 管路设计 13
6.2.2 管路支架要求 15
6.2.3 管道标签 15
6.2.4 环路连接软管的选用 16
6.2.5 阀门的选用 16
6.2.6 水力平衡 17
6.2.7 系统排水 17
6.2.8 系统排气 17
6.2.9 漏水检测 17
6.3 设备安装要求 17
6.3.1 二次侧管网安装要求 17
6.3.2 漏水监控系统 18
6.4 保压要求 18
6.4.1 气压试验要求 18
6.4.2 水压试验要求 18
6.5 假负载要求 19
6.6 冲洗要求 19
6.6.1 二次侧管网冲洗要求 19
6.6.2 二次管路冲洗 19
6.6.3 二次管路与设备联合冲洗 20

6.6.4 冲洗后去离子水取样检测 20
6.6.5 其他注意事项 21
6.7 冷却液充注后检查 21
7 测试规范及验收建议 21
7.1 系统稳定性测试 21
7.2 系统功能项目测试 23
7.3 故障注入测试 24

数据中心机房液冷系统安装部署及测试规范

1 范围

本文件面向人工智能数据中心（AIDC）场景，项目针对数据中心机房冷板式液冷系统的安装部署及测试，涉及范围：

1) 规范的工序，包括来料、现场安装、现场部署、现场清洁、现场测试、交付验收等。
2) 规范的对象，包括二次侧系统相关的CDU、二次侧主管路、二次侧主管路到manifold之间的支管等。

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 50174 数据中心设计规范

GB 50236 现场设备、工业管道施工及验收规范

GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范

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 50316 工业金属管道设计规范

GB 50462 数据中心基础设施施工及验收标准

GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范

GB 50944 防静电工程施工与质量验收规范

GB 50981 建筑机电工程抗震设计规范

GB 55002 建筑与市政工程抗震通用规范

GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范

GB 55030 建筑与市政工程防水通用规范

GB/T 11547 塑料耐液体化学试剂性能的测定

GB/T 13927 工业阀门 压力试验

GB/T 14832 标准弹性体材料与液压液体的相容性

GB/T 29044 采暖空调系统水质

GB/T 29743 机动车冷却液 第 1 部分 燃油汽车发动机冷却测试

GB/T 39714 塑料 聚四氟乙烯（PTFE）半成品

YD 5083 电信设备抗地震性能检测规范

T/CI 208 液冷热管理材料高温稳定性及基材兼容性测试方法

T/CECS 1722-2024 数据中心液冷系统技术规程

BJ93 环境空气颗粒物（PM10 和 PM2.5）采样器技术要求及检测方法

1907/2006/EC REACH 法规

2002/95/EC 关于在电气电子设备中限制使用某些有害物质的指令

2002/96/EC 关于报废电子电气设备指令

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，包括主机房区、辅助区、支持区和行政管理区等。

3.2 **液冷** liquid cooling

采用液体带走发热器件热量的冷却技术。分为直接接触式与间接接触式。

3.3 **冷板式液冷系统** cold plate liquid cooling system

通过冷板将IT设备元器件的热量传递给封闭在循环管道中的冷却液，通过一个或者多个冷却回路热交换传递，最终将热量排至室外的系统。

3.4 **二次侧冷却系统** secondary side cooling system

通过冷却液在封闭管路中循环，吸收服务器发热元件的热量，并与一次侧冷却系统进行热交换的冷却循环系统。

3.5 **冷却液** liquid cooling medium

液冷系统中用于直接或间接冷却电子信息设备的液态冷却工质。

3.6 **冷量分配单元** coolant distribution unit（CDU）

液冷系统中用于分配冷却液的装置，可由循环泵、换热器、过滤器、变频器、控制器、仪表或传感器、连接管路与阀门等部件组成。

3.7 **二次侧管路** secondary side pipeline

包含供液管路、回液管路及配套组件，分别形成闭合回路，实现各机柜冷却液的均匀分配。

4 数据中心机房环境要求

4.1 温湿度要求

1) 机房内应保证机房温湿度可控，详细要求如表：

冷通道或机柜进风区域的温度	宜 18℃～30℃
冷通道或机柜进风区域的相对湿度和露点温度	露点温度宜-9℃～15℃，同时相对湿度宜小于 60%
主机房区环境温度和相对湿度（停机时）	5℃～45℃，8%～80%

2) 环境内任何地方不应出现结露现象。

3) 可支持工作温度：5℃～40℃，工作湿度：8% RH～90% RH（无冷凝）。

4) 机房最大温度变化率：20℃（36˚F）/小时、5℃（9˚F）/15分钟。

5) 机房最大湿度变化率：20%/小时。

4.2 洁净度要求

1) 如果机房尚未完工，设备已提前入场，则机房需做好除尘工作，除尘清洁包含机房各角落及设备底板下，确保清洁无死角。
2) 机房不满足环境防尘要求时，需进行整改，提高环境洁净度，同时各组件应做好防尘措施。不满足防尘环境要求可能会产生菌落和藻类，污染管壁和设备。
3) 二次管道安装及冲洗、首次充注冷却液期间，机房环境符合《GB 50174 数据中心设计规范》要求（每立方米空气中粒径大于或等于0.5μm的悬浮粒子数应少于17,600,000粒）。

4) 液冷二次侧系统施工期间，宜对机房粒子浓度进行7*24H实时监测，并远程可实时监控，粒子浓度超标上报告警。
5) 机柜、节点注气和保压：空压机开始打压前必须检查入气口是否已经安装过滤器，并检查确认环境已达成ISO 14644-1 Class8要求才能开始注气保压。

4.3 火源热源要求

液冷机房二次管路安装期间及交付后，禁止现场焊接、切割、动火等行为。

5 来料要求

5.1 来料一般性运输要求

1) 运输时应尽量选择路况好的公路运输或者海运。运输过程中不可过度颠簸和倾斜。
2) 使用叉车将机组箱子从车上卸下，叉车叉臂需插入预留的进叉孔，保证平稳移动。
3) 小心移动机组，避免任何撞击或者跌落等造成设备损坏。
4) 运输途中如果存在大于20mm的缝隙，请在设备滚轮经过处加垫1mm以上厚度的钢板。

5.2 来料一般性储存要求

1) 各设备来料时均需采用纸箱、木箱等包装，设备应固定在栈板上，防止晃动、碰撞、损坏。
2) 机组在未安装前须放在干燥、防雨、防火并且周围无腐蚀性介质的场所。
3) 避免机组受脏物、雨、雪的浸蚀及动物的破坏，并注意不可破坏机组表面的保护薄膜。
4) 夏天切不可将机组置于烈日下曝晒。
5) 机组禁止堆放。
6) 长期存储时，不要变更阀门状态，请勿开启排气阀针阀（不能排放管路内氮气），建议安装前采用内窥镜审视内部是否有腐蚀、长藻等。

5.3 冷却液接触部件材质

液冷二次侧系统冷却液接触部件包括管路、阀门、CDU 等。

液冷二次侧系统内介质为特殊冷却液体，与冷却液体接触的设备材料均需满足工质兼容性要求，并按照如下测试要求和判定标准进行冷却液兼容性相关测试，并提供测试报告。

详细测试可参考 GCC 标准《冷板式液冷过流材料兼容性要求和测试方法》。

5.3.1 金属材料

禁用：碳钢、锌、铝；

推荐（免测试，需提供第三方材料检测报告)：符合 GB/T 2087 标准的 304 不锈钢、316 不锈钢、符合 GB/T 12230 标准的 CF8 和 CF8M 系列不锈钢、TU1 纯铜、TU2 纯铜。

5.3.2 非金属材料

禁用：PA66（尼龙 66)；

推荐（免测试，需提供第三方材料检测报告)：推荐 PTFE（满足 GB/T 39714)

涉及兼容性测试的非金属材料包括但不限于：蝶阀密封圈、排气阀密封圈、泄水阀密封圈、管道过滤器密封、管道法兰垫片等。

5.3.3 密封方式

对接面需靠密封圈实现密封，不允许使用螺纹+密封胶的形式。二次管路系统中（包括 CDU）不允许出现生料带。

5.3.4 非〝推荐〞材料

对于不是上述“推荐”的材料，应按照以下国标测试要求和判定标准进行测试；每一个测试项需在报告中给出是否通过结论。

1) 弹性体材料（不含机柜与二次侧管路软管）兼容性：测试参考《GB/T 14832 标准弹性体材料与液压液体的相容性》。测试条件：100℃ 168h浸泡。判据：GB/T 14832 附录C，《表C.1 允许的性能变化（ECI）的指导性指标》中判据执行：最大体积溶胀20%；最大体积收缩-5%；硬度变化±10 IRHD；最大拉伸强度变化率-50%；最大拉断伸长率变化率-50%。
2) 塑胶材料兼容性：测试参考《GB/T 11547 塑料 耐液体化学试剂性能的测定》。测试条件：70℃ 168h 浸泡。判据：质量变化率在±5%以内；拉伸强度和冲击强度变化率在25%以内。
3) 金属材料兼容性：测试参考《GB/T 29743机动车冷却液 第1部分：燃油汽车发动机冷却测试》的“5.3 使用性能”；测试条件按照“玻璃器皿腐蚀”项目进行。判据按照“玻璃器皿腐蚀”的各种材料质量变化要求执行，液冷系统中金属材料优先推荐采用表中材料，如非表中材料，判据依据紫铜要求执行。
4) 碳化硅、石墨材料兼容性：测试参照《T/CI 208液冷热管理材料高温稳定性及基材兼容性测试方法》。测试条件为：80℃ 96h 浸泡。判据：以兼容B级及以上要求执行，质量变化（绝对值%）≤2.5%；体积变化（绝对值%）≤2.5%。

5) 材料兼容性测试必须选用系统中实际使用厂商的工质液进行测试（同一厂商的20%乙二醇和25%乙二醇牌号测试结果互认）。

5.4 CDU 要求

5.4.1 CDU 气密性检测

CDU 总装生产需通过氮气完成气密性检测，包括一次侧、二次侧系统，气密性检测时应关闭泄压阀等支路。

5.4.2 CDU 出厂泄压阀检验

CDU 出厂除了完成功能检验，还应完成泄压阀检验，确保泄压阀动作可靠。

5.4.3 出厂前清洗

CDU出厂前二次侧管路系统需采用纯水冲洗，并用不高于50μm（270目以上）的滤网过滤，清洗完成后指标满足表格要求，整机冲洗后需烘干：

项目	单位	纯水清洗后冷却液指标
pH	-	6.5~8
电导率	μs/cm	< 10
浊度	NTU	< 10

5.4.4 充氮保护

CDU出厂时应已充注氮气保护，压力建议0.4MPa ~ 0.6MPa，设备到场安装时须检测气压确认机组是否有泄漏。

5.5 冷却液要求

1) 选择冷却液应依据冷却液的使用场景、热工要求、系统功能、冷却液与接触组件的材料兼容性等。
2) 冷却液的物理、化学性质相关的参数应依据换热要求、系统中的材料、冷却液的工作温度等确定。
3) 当液冷系统用冷侧选用水基冷却液、乙二醇水溶液、丙二醇水溶液时，冷却液的初始参数宜参照GCC标准《二醇基冷板式液冷冷却液技术要求和测试方法》、《冷板式冷却液技术要求和测试方法（适用于去离子水型）》。

5.6 二次管路要求

5.6.1 去工程化实施

管路要求采用工厂预制化方式，在工厂内完成所有管道模组的焊接加工、酸洗钝化、清洗烘干、密闭性测试、洁净度测试及合格品包装等工作，每批次产品均应提供质检员签字确认和出厂质检合格证。工程现场只允许进行管道组装及相关清洗工作，不得在机房内动火焊接。

预制的液冷二次侧管路宜符合设计图纸并做好编号。预制好的液冷二次侧管路在运输、安装的过程中应小心轻放，应保证运输的安全性及稳定性，避免因运输造成管道的破坏，造成现场安装及后续运行风险。

5.6.2 管路工勘匹配

预制管路前应完成现场实地工勘，根据机房内模块布置复核现场与图纸是否一致；根据机房实际工勘结果和设计图纸中的二次管路设计方案宜进行BIM建模，对二次侧管网设计、拆分，并完成各子单元深化设计。管路与阀门的设计应便于检修维护，应充分考虑阀门手柄开合的操作空间，应与其他管路、墙体、地板支架等无干涉。

5.6.3 管路管径及壁厚要求

宜满足以下要求且并不低于DIN11850标准要求

公称直径（mm）	≤DN20	DN25~DN150	DN200~DN250
管道厚度（mm）	≥1.5	≥2.0	≥3.0

5.6.4 表面粗糙度

要求管路内壁表面光洁度高，金属特性稳定，表面的粗糙度Ra不宜大于0.8μm。

5.6.5 表面处理

预制化管路应包含酸洗钝化、超声波清洗、探伤检测、烘干密封、压力测试等工艺流程，确保管路外表面及内壁无腐蚀、无黄锈、无内壁拉伤起砂等。

6 安装及部署要求

6.1 机房布局一般性原则

6.1.1 机房净高

通道与设备之间的维护距离除应符合现行国家标准《GB 50174 数据中心设计规范》的有关规定外，还应符合下列规定：

数据中心采用液冷系统时，机房区梁下净空高度要求和建议值如表，包括风侧采用近端制冷和远端制冷两种方式。

场景	梁下净高建议值	备注
风冷采用近端制冷	≥5m	
风冷采用远端制冷	≥6m	增加顶部回风通道

其中远端制冷机房净高建议值推导参考GCC《AIDC基础设施规范》。

6.1.2 冷热通道净宽

为满足机柜搬运，冷通道的净宽不宜小于2.4m，热通道的净宽不宜小于1.8m，立柱在通道中时，立柱对面的机柜与立柱的净距不应小于0.6m。

6.1.3 CDU 配置

CDU数量采用N+X台配置，其中1＜N≤4，1≤X≤N。建议N=2或3、X=1，需满足Tier IV等高标准的机房需X=N。

当冷板式液冷系统选用集中式CDU时， CDU宜置于液冷机柜列的端部或置于独立的冷却设备区，为了提高二次侧供液均匀性，CDU宜对称布局。

当冷板式液冷系统选用分布式CDU时，CDU宜置于液冷机柜的底部。

6.1.4 二次侧系统供液温度

二次侧系统冷却液设计供液温度需在机房露点温度以上，宜为20℃～40℃，避免IT设备凝露。

6.2 管路布局一般性原则

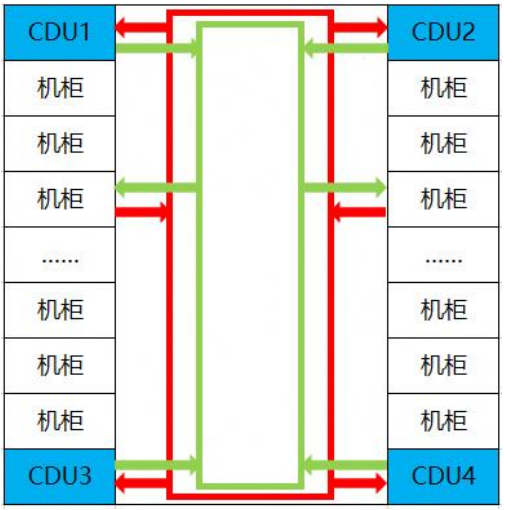
6.2.1 管路设计

6.2.1.1 地板下敷设

二次侧管路位于架空地板下敷设时，根据实际部署及运维需要进行仿真设计。地板的架空高度综合考量维护空间便利性、地板送风作为静压箱压降两个方面后可参考下表尺寸：

主管路管径	架空地板高度	建议架空地板高度
≤DN200mm	≥0.9m	≥1.0m
＞DN200mm	≥1.0m	≥1.2m

二次侧管路应采用环网布局，建议单个模块即独立一个环网，占地面积、敏捷交付、运维简易等均有优势，且适配高密场景应用。为了统一布局并便于安装及维护，建议CDU供液管路作为内环网，CDU回液管路作为外环网，如图：



管路环网布局示意图

管路进出CDU机柜路径：接环网支路末端的软管从地板下方通过地板孔及机柜底部开孔进入CDU机柜内部，将预留的管路接头与CDU柜内接头通过卡箍或法兰连接。

管路进出液冷柜路径：液冷机柜从后部进出管，接环网支路末端的软管从地板下方通过地板孔及机柜底部开孔进入机柜内部，将预留的管路接头与液冷机柜内接头通过卡箍连接。

6.2.1.2 机房顶部敷设

当二次管路部署于机房顶部空间时，应通过仿真设置合理环路管道吊挂高度、综合管线排布。

管路不宜敷设在液冷机柜的正上方，当管路受空间限制不得不敷设在液冷机柜正上方时，应设置防漏液装置，并做好漏液检测措施，同时应为阀门、流量计等留出维护空间。

6.2.1.3 管径选择

二次管道流速管控应根据水力计算确定，要求各种尺寸管路流速≤6m/s。

基于性能和成本，既要求有效抑制管路中颗粒沉积，又可平衡压降提升导致的能耗增加、湍流噪声等问题，二次侧管路流速推荐值如表，管径根据流速核算得出：

公称直径	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN70	DN80	DN100	DN150	≥DN200
连接分集液器的支管路流速m/s	1	1.2	1.2	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	/	/
二次侧主管路、连接CDU的支管路流速m/s	0.8	0.8	1	1	1.2	1.5	1.5	2	2.5	3

6.2.1.4 管路保温

冷源侧管路宜保温，如包裹保温棉，实现工质液防冻并避免管路系统凝露；

用冷侧因控制工质温度在露点温度以上，管路一般无需保温。

保温材料的保温热阻宜不小于0.68m^2・K/W，阻燃等级不小于B1。

6.2.2 管路支架要求

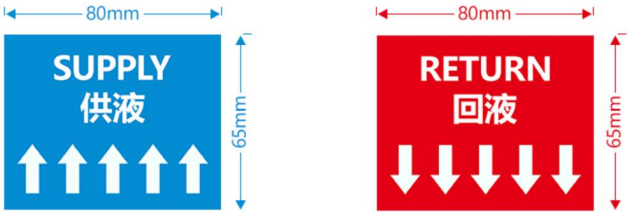
供应商需同时交付管路地面安装用的支架、卡码、管路螺栓、膨胀螺栓等辅料（可根据要求自行设计后评审即可），管路及支架可安装的空间限制为：在机柜底座范围外，避免跟底座干涉。管路与支架连接位置需增加橡胶垫或套透明PVC管防滑，管道支架材质为镀锌U型槽钢，并配套不锈钢U型卡。

管道支架按国标图集05R417-1《室内管道支吊架》安装，固定在结构上的支吊架应不影响结构安全，支吊架间距应不超过下表规定：

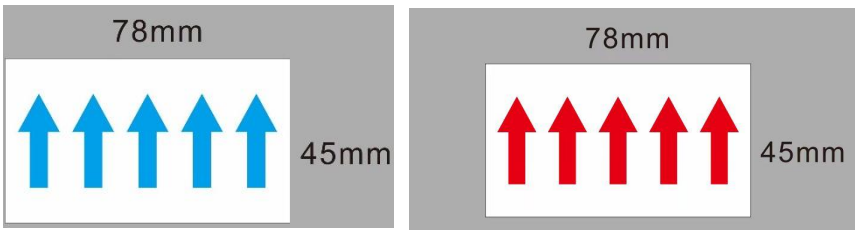
公称直径 (mm)	20	25	32	50	80	100	125	150	200
支架最大间距 (m)	2.5	3.0	4.0	5.0	6.5	6.5	7.5	7.5	9.0

6.2.3 管道标签

供回水管道标签大小参考 60×80mm，文字与英文分两行，橡胶软管标签大小参考 78×45mm。



供回水管道标签



供回水橡胶软管标签

6.2.4 环路连接软管的选用

与水、乙二醇及水混合液、丙二醇及水混合液及其它常规冷却液完全适配兼容，可持续使用在高低温转换的环境中，对含有轻微腐蚀性的流体等具有较长的使用寿命和极高的安全系数，稳定性极好，高绝缘、耐磨、抗老化、长寿命。

所使用的橡胶软管需符合GCC《二次侧管路工艺规范》要求。

6.2.5 阀门的选用

机柜分支关断阀、主管路分段阀以及主分支关断阀（蝶阀、球阀、分段法兰）阀体、阀板、阀球材质均采用SUS304不锈钢或以上材质，密封材质采用EPDM、FEP、PTFE、FKM，承压≥1.0MPa。安装方式应根据设计要求采用法兰、卡箍等形式连接，端面密封。卡箍连接宜采用高压卡箍。不允许螺纹安装，禁止使用黄铜、生料带、螺纹密封胶等易腐易堵的密封方式及辅料。

1) 机柜分支关断阀：机柜分支应设置采用全通径三片式焊接或快装球阀，或者采用自封式互锁型球阀。确保机柜可单独隔离，进行检修和维护。
2) CDU分支关断阀： CDU支路供回水口应设置手动蝶阀，确保CDU可单独隔离，进行检修和维护。
3) 环网分段阀：考虑单点故障对系统可靠性影响，环形管网应采用阀门分成若干独立段，确保局部管段检修或发生故障时，其他管段能正常运行，不间断供液。
4) 环网分段法兰：考虑工厂预制现场组装需求，管网段与段之间、支路与CDU、机架歧管之间通过快装卡盘或者法兰连接。
5) 软连接：当管网较长时，应在某一段或多段连接处设置带编织层金属软连接，用于吸收二次管网加工和安装过程中产生的轴向和径向偏差。

阀门安装前应由阀门厂家进行壳体试验和密封试验，合格后方准使用，阀门需要全检。预制工厂按照《GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范》执行复检。

6.2.6 水力平衡

二次侧管路设计需考虑机柜流量均匀，接入同一组管路相同规格的液冷机柜，最大流量和最小流量之间的不平衡率控制在 10%以内，且满足所有机柜设计散热流量需求。

对于同一个模块接入不同类型服务器机柜，常用调节水力平衡的方法是在主管路与机柜支管路之间布置平衡阀。

对于一个机房中，多模块并联场景，模块之间的水力不平衡问题解决，可参考环网主管路和模块支管路之间布置平衡阀。

6.2.7 系统排水

用冷侧的冷却液管路应分段设置最低点排液装置，应能实现管路系统完全排液。

排污（水）口等应配置排水阀，采用 SUS304 不锈钢材质，排水阀口径不应小于 DN10。宜采用焊接或卡盘连接，禁止采用螺纹连接。保留足够的检修空间，方便维护。

机房应设计冷却液汇聚点，冷却液收集后统一回收处理，避免污染环境。

6.2.8 系统排气

应在管路系统最高点设置排气阀等排气装置，且为了方便排气装置维护，宜在管路系统与排气装置之间设置手动隔离阀。排气阀主体采用 SUS304 不锈钢材质，需采用 O 形密封圈或组合密封圈密封，不允许采用生胶带或螺纹胶密封。

保留足够的检修空间，方便维护。

6.2.9 漏水检测

二次侧管路在机房顶部或地板下敷设时，管路底部按需设置集水盘，集水盘需采用支持分段预制且可实现定向排水，集水盘宜设置不小于千分之一坡度，内部需沿管路路由全部铺设米级定位式漏水告警绳，定位式漏水告警绳敷设应覆盖二次侧管路及阀门。漏水绳上需安装定位标识，漏水检测的告警信号应可接入机房动环管理系统，当出现漏液告警时可将发生泄漏的物理位置定位到某个主管路。

6.3 设备安装要求

6.3.1 二次侧管网安装要求

1) 组装原则：先根据图纸排序编号，按顺序先找到每根物料并放置在机房对应位置。再根据顺序依次组装。

2) 物料拆包装过程中不能污染接管界面,管路两端及球阀端部的防尘盖必须在安装此段时才能拆除，并应迅速完成对接，减少管路内部的污染。
3) 二次侧管网安装过程中，应保持机房内安装环境洁净度，不宜进行交叉施工，尤其禁止会导致粉尘污染的施工工序，防止管路二次污染。
4) 安装前检查法兰密封面，法兰垫片有无损伤，脏污。
5) 单根管阀门的旋转方向要朝向一致；螺丝穿孔方向要朝向一致。
6) 阀门手柄旋转过程中不要与地板支腿以及其他管线干涉。
7) 所有法兰螺栓、重型卡箍螺栓以及螺纹连接的地方必须按照规范进行力矩锁紧，如法兰螺栓，快装卡箍等。
8) 管路连接时宜配置软管段用于减少管道连接间的位置偏差，并降低连接应力。

6.3.2 漏水监控系统

漏水监控系统可设置漏水检测绳，设置漏水检测绳的位置应搭载集水盘一起使用。
系统漏液检测要求应满足GCC《冷板液冷系统智能运维技术规范》。

6.4 保压要求

气压、水压试验可二选一，主要参考标准《GB/T 13927 工业阀门 压力试验》。

6.4.1 气压试验要求

在充注氮气前，确保皮管、压力表等工具已彻底清洁，避免造成机组管路系统污染。
二次侧管网系统的气压试验步骤如下：

1) 将管路中所有阀门打开，避免有部分管路没参与测试。
2) 在试验压力下（按600kPa执行），稳压60min，压力降低不大于20kPa为合格；
3) 稳压后降低至工作压力（按400kPa执行），60min内压力不得下降。

6.4.2 水压试验要求

管道系统安装完毕，外观检查合格后，应按设计要求进行水压试验。当设计无要求时，应符合下列规定，二次侧管网系统的水压试验步骤如下：

1) 将管路中所有阀门打开，避免有部分管路没参与测试。
2) 在试验压力下（按600kPa执行），稳压60min，压力降低不大于20kPa为合格；
3) 稳压后降低至工作压力（按400kPa执行），60min内压力不得下降，且外观检查无渗漏；
4) 工作压力（按400kPa执行）稳压24h，外观无渗漏为合格。

6.5 假负载要求

1) 假负载接触冷却液的部分，应选用与冷却液兼容性良好的材料，测试后应对冷却液取样检测，各项参数满足要求。
2) 假负载应设置绝缘保护、接地、过载保护、短路保护、过流保护等安全措施。
3) 假负载出厂前应管控洁净度，并在假负载冷却液出口端加装不高于50μm（270目以上，建议300目）精度的过滤网，避免杂质异物进入管路、CDU等设备。
4) 假负载在出厂前应完成纯水冲洗，且采用不高于50μm（270目以上，建议300目）精度的过滤网过滤后，管路内部内窥镜检查管壁干净无锈蚀、无杂质，过滤器杂质要求如表：

指标名称	指标	测试方法&测试标准
过滤器杂质	用无尘布擦拭，过滤器及无尘布均无污渍、无可见颗粒物	目测

清洗后水质检测清洁度判据参考GCC标准《冷板式冷却液技术要求和测试方法（适用于去离子水型）》。

5) 假负载清洗后要充分烘干，避免运输途中或现场保存期间管路返锈；建议假负载出厂充注0.4MPa～0.6MPa氮气保护。

6.6 冲洗要求

6.6.1 二次侧管网冲洗要求

1) 二次侧管路冲洗合格标准：水压试验后对管道进行冲洗，清洗后水质检测清洁度判据参考GCC标准《冷板式冷却液技术要求和测试方法（适用于去离子水型）》，满足要求后即可排水注液。
2) 检查冲洗范围内管路各阀门开关状态、相关管件安装是否齐全，各末端支路是否短接；
3) 试压所需工器具都已准备齐套，需单独配置外置循环泵及过滤器，循环泵的规格参数满足冲洗要求；
4) 冲洗试验建议采用纯水为介质，温度应在5℃~65℃之间。
5) 循环冲洗水质进行采样送至检测机构进行检测，须水质检测报告中所有介质参数满足设计要求。
6) 冲洗过程应做好CDU组件隔离防护。
7) 如水质仪表单独安装于环网上，建议冲洗过程做好水质仪表隔离防护，避免污染导致传感器失效。

6.6.2 二次管路冲洗

去离子水采用成品去离子水，去离子水满足《GB/T 11446.1 电子级水》EW-IV 标准。

二次管路冲洗主管路循环流速≥2m/s，管道内循环水单次冲洗总时长不低于 24h（期间每 6h 可以临停查看并冲洗过滤网）。清洗时建议机房空调开启，并自动控温，清洗过程循环水温不超过 65℃，冲

洗过程中对所有阀门有序开合一次。

冲洗 24 小时后，检查并冲洗干净过滤网内的杂质，将二次管路中的水排空。重复以上冲洗动作，直到冲洗后过滤器上无可见的颗粒物，打开环路管道低处泄水阀取水样进行关键指标检测。排水时需连接氮气或洁净空气，防止管道内进入未处理的空气造成二次污染。

关键指标要求：管路清洗后去离子水水质 pH=6.5~8，电导率≤10μS/cm，浊度≤10NTU（冲洗前后电导率误差≤2μS/cm），过滤器上无肉眼可见颗粒物，支路管口内侧用无尘布擦拭检查无油污、无杂质，紫光灯照射无油污反光。

二次管路冲洗流速与水泵选择参考表

干管管径	循环流速	理论循环流量	循环水泵配置	循环水泵数量
DN100	2m/s	60 m^3/h	Q=60m^3/h，H=25m，P≤7.5kW	1
DN125	2m/s	93 m^3/h	Q=50m^3/h，H=25m，P≤15kW	2
DN150	2m/s	134 m^3/h	Q=75m^3/h，H=25m，P≤15kW	2
DN200	2m/s	238 m^3/h	Q=150m^3/h，H=25m，P≤22kW	2

6.6.3 二次管路与设备联合冲洗

1) 二次管路冲洗满足水质指标后，连接CDU进行CDU和二次管路联合冲洗24小时。冲洗24小时后，检查并冲洗干净过滤网内的杂质，将二次管路中的水排空。重复以上冲洗动作，直到冲洗后过滤器上无可见的颗粒物，在CDU的Y型过滤器在线取水样进行关键指标检测。
2) 关键指标要求：管路清洗后去离子水水质pH=6.5~8，电导率≤10μS/cm，浊度≤10NTU，过滤器上无肉眼可见颗粒物，支路管口内侧用无尘布擦拭检查无油污、无杂质，紫光灯照射无油污反光。
3) CDU与二次管路联合冲洗后需保证二次管路系统内去离子水循环流动，保证二次管路内不产生细菌。禁止出现12小时以上长时间水体无循环情况。
4) 单独安装在环网上的水质仪表，建议在管路冲洗满足水质指标后方可接入系统。

6.6.4 冲洗后去离子水取样检测

1) 通过成品去离子水洗干净后，现场采用无菌取样瓶取样500mL冲洗后去离子水封存。
2) 样品送至第三方检测机构进行化学成分检测，水质检测清洁度判据参考GCC标准《冷板式冷却液技术要求和测试方法（适用于去离子水型）》。
3) 冲洗完成后输出二次管路系统冲洗报告，包括：二次管路冲洗合格报告、CDU冲洗合格报告、CDU和二次管路联合冲洗合格报告、水质第三方检测报告。

6.6.5 其他注意事项

1) 第三方假负载测试完成后，为避免滋生细菌，二次管路系统需重新进行去离子水冲洗，冲洗合格后排水加注冷却液，CDU轮巡开机进行小循环带载。本期不上线的液冷机柜二次管路对应的球阀关闭，液冷机柜软管需返厂二次清洗烘干防止产生细菌，满足洁净度要求后现场二次安装，软管口采用卡盘盖板密封。
2) 不允许添加任何离子去改变pH值，不允许通过反渗透装置人为降低短期离子浓度，去离子水应采用成品去离子水，满足《GB/T 11446.1电子级水》EW-Ⅳ要求；
3) 如果涉及假负载测试，假负载需进行内窥镜全量检测，本身去离子水冲洗满足洁净度标准后，方可接入系统。第三方假负载测试结束后需将水排净，重新注去离子水进行CDU+二次管路冲洗24h以上，冲洗后检查CDU过滤器和去离子水指标，检验标准同上。
4) CDU+管路环网系统冲洗后，宜在7天内完成冷却液充注，避免系统滋生菌落；如果预计未能在7天内完成冷却液充注，建议采用工质液冲洗，或在冲洗过程中添加杀菌剂与缓蚀剂药剂，具体可加入的药剂综合专业水处理厂家、该项目使用的冷却液厂家意见。

6.7 冷却液充注后检查

液冷系统首次注入冷却液后，宜进行至少 6 小时的试循环、过滤，并完成系统排气；6 小时过滤后应检查滤网，滤网有脏堵则应更换滤网再进行 2 小时的过滤；排气过程中发生冷却液损耗则应再次补充冷却液。

7 测试规范及验收建议

本规范主要针对工程现场系统测试及验收，系统测试宜包括功能测试、运行逻辑测试、故障注入测试。

验收方：系统验收应由施工方发起，参与方包括验收方、管理公司、监理等。

7.1 系统稳定性测试

系统稳定性测试考察的是整个系统的温控关键能力，测试项目参考如下表格：

序号	系统稳定性测试项目	测试步骤、参数记录	合格标准
1	25%负载率	1、一次侧冷源正常运行供冷，冷冻水泵控制压差参考设计值；一次侧、二次侧冷却液按设计要求。 2、CDU 自动运行且二次侧供液温度设定为本项目额定设计值。 3、二次侧接入相应比例功率假负载。	1、系统稳定，CDU 二次侧供液温度波动≤ ± 1℃。 2、一次侧冷源系统供液压力宜≥ 2.5bar，一次侧冷源供液温度波动≤ ± 1℃。
2	50%负载率	1、一次侧冷源正常运行供冷，冷冻水泵控制压差参考设计值；一次侧、二次侧冷却液按设计要求。 2、CDU 自动运行且二次侧供液温度设定为本项目额定设计值。 3、二次侧接入相应比例功率假负载。	1、系统稳定，CDU 二次侧供液温度波动≤ ± 1℃。 2、一次侧冷源系统供液压力宜≥ 2.5bar，一次侧冷源供液温度波动≤ ± 1℃。
3	75%负载率	1、一次侧冷源正常运行供冷，冷冻水泵控制压差参考设计值；一次侧、二次侧冷却液按设计要求。 2、CDU 自动运行且二次侧供液温度设定为本项目额定设计值。 3、二次侧接入相应比例功率假负载。	1、系统稳定，CDU 二次侧供液温度波动≤ ± 1℃。 2、一次侧冷源系统供液压力宜≥ 2.5bar，一次侧冷源供液温度波动≤ ± 1℃。
4	100% 负载率	1、一次侧冷源正常运行供冷，冷冻水泵控制压差参考设计值；一次侧、二次侧冷却液按设计要求。 2、CDU 自动运行且二次侧供液温度设定为本项目额定设计值。 3、二次侧接入相应比例功率假负载。	1、系统稳定，CDU 二次侧供液温度波动≤ ± 1℃。 2、一次侧冷源系统供液压力宜≥ 2.5bar，一次侧冷源供液温度波动≤ ± 1℃。

7.2 系统功能项目测试

系统功能测试考察的是二次侧系统的基本功能，测试项目参考如下表格:

序号	功能测试项目	测试步骤	合格标准
1	补液功能	1、CDU 自动模式正常开机运行。 2、补液箱确定有加入液体且机组无缺液告警, 观察补液泵是否运行并确定补液 （可观察补液箱液面或外置工质桶液面）。 3、补液至设定压力后补液泵自动停止补液。	1、补液泵可自动开启进行补液。 2、循环泵前压力达到设定压力后补液泵自动停止。
2	储液箱缺液告警	1、机组正常运行。 2、手动排空储液箱工质至液位过低告警产生。 3、重新补充要求的工质。	1、出现液位过低告警。 2、重新添加工质后告警消除。
3	掉电记忆及来电自启功能	1、CDU 正常运行。 2、记录 CDU 当前运行主要参数 (泵转速、阀门开度）。 3、断开主备路开关，1min 后恢复主备路供电。	断电后有掉电记忆功能，主要参数与掉电前保持一致，泵转速偏差 10%以内。
4	双路切换	1、CDU 正常运行。 2、断开主路开关。 3、恢复主路供电。	1、供电切换至备路, 机组正常运行。 2、备路供电切回主路，机组正常运行。

7.3 故障注入测试

故障注入测试考察系统应对常见故障的处理方案，能否正常告警，测试项目参考如下表格：

序号	故障注入测试项目	测试步骤	合格标准
1	温湿度传感器故障	1、机组正常运行。 2、断开温湿度传感器，记录各测点温湿度测量值和机组相应告警状态。 3、恢复温湿度传感器，记录各测点温湿度测量值和机组告警状态。	1、断开温湿度传感器后有相应告警，告警传感器和实际传感器名称一致，机组正常工作。 2、断开任一温湿度传感器都不会导致其他温湿度传感器出现异常，机组正常工作。
2	水阀故障告警	1、机组正常运行。 2、分别断开一次侧和二次侧水阀执行器接线，记录机组告警状态。 3、依次恢复线缆故障，记录机组告警状态。	水阀线缆故障后有水阀故障告警，故障恢复后告警自动消除。
3	掉电告警	1、机组正常运行。 2、断开主路电源输入，机组应上报主路掉电告警，并自动切换到备路运行。 3、恢复主路电源输入，主路掉电告警自动消除，并自动切换到主路运行。 4、断开备路电源输入，机组应上报备路掉电告警	1、主路掉电会上报主路掉电告警，并自动切换到备路运行。 2、主路恢复供电后告警自动消除，并自动切换到主路运行。 3、备路掉电上报备路掉电告警。
4	漏液传感器告警	1、机组正常运行，通过湿抹布敷在设备底部积水盘处，触发漏液传感器。 2、将湿抹布拿开，使漏液传感器处于干燥状态。	漏液传感器可报系统漏液告警。
5	过滤器脏堵告警	1、设备运行稳定后，通过校准一次侧过滤器前后的压力传感器至前后压差大于一次侧压差脏堵告警值。 2、恢复一次侧过滤器前后的压力校准值。 3、设备运行稳定后，通过校准二次侧过滤器前后的压力传感器，使过滤器前后压差大于二次侧过滤器脏堵告警值。 4、恢复二次侧过滤器前后的压力校准值。	1、报一次侧过滤器堵塞告警。 2、一次侧过滤器堵塞告警清除。 3、报二次侧过滤器堵塞告警。 4、二次侧过滤器堵塞告警清除。
6	二次侧供液高温告警	1、机组正常运行，通过校准二次侧供液温度传感器使供液温度高于二次侧供液高温告警阈值。 2、恢复二次侧供液温度传感器校准值。	1、机组报二次侧供液高温告警。 2、二次侧供液高温告警清除，机组运行正常。

7	温度传感器故障告警	1、机组正常运行依次断开一次侧进液温度传感器、一次侧出液温度传感器、二次侧回液温度传感器，二次侧供液温度传感器。 2、依次恢复温度传感器故障	1、断开任一温度传感器后有相应告警，告警传感器和实际传感器名称一致，断开任一温度传感器不会导致其他传感器异常。 2、机组相应告警状态清除，机组正常工作。
8	压力传感器故障告警	1、机组正常运行依次断开一次侧进液压力传感器、一次侧出液压力传感器、二次侧回液压力传感器，二次侧供液压力传感器。 2、依次恢复压力传感器故障。	1、断开任一压力传感器后有相应告警，告警传感器和实际传感器名称一致，断开任一压力传感器不会导致其他传感器异常。 2、机组相应告警状态清除，机组正常工作。
9	DCIM 测试-监控状态核对	1、动环监控数据包配置检查（各温度/压力传感器，水泵、水阀、补液箱液位等状态、机组运行模式等）。 2、设备告警的动环监控配置检查。	1、设备本地控制屏状态与动环/DCIM 上状态一致。 2、设备本地控制屏及动环/DCIM 上都显示。
10	群控备机故障	1、100%负载，机组正常运行，热备设置，记录二次侧供液温度、二次侧供回液压差或供液流量。 2、其中一台运行机断开主、备路供电开关，观察群控其它运行机组二次侧供液温度、二次侧供回液压差或供液流量。 3、恢复机组主、备路供电开关。	1、故障机组停机时，其它正常机组可自动控制，控制目标（二次侧供液温度、二次侧供回液压差或供液流量）重新达到稳定状态时间≤3min。 2、故障机组恢复运行，群控机组控制目标（二次侧供液温度、二次侧供回液压差或供液流量）重新达到稳定状态时间≤3min。
11	各水质传感器故障告警	1、机组正常运行依次断开一次侧、二次侧水质传感器（pH、电导率、浊度等，不配置则不涉及）。 2、依次恢复水质传感器故障	1、断开任一水质传感器后有相应告警，告警传感器和实际传感器名称一致，断开任一水质传感器不会导致其他传感器异常。 2、机组相应告警状态清除，机组正常工作。