



中华人民共和国国家标准

GB/T 48023—2026

数据中心冷板式液冷系统技术规范

Technical specifications for cold plate liquid cooling system of data center

2026-07-30 发布

2027-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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 缩略语 2

5 系统组成 2

6 技术要求 3

7 测试方法 7

附录 A（规范性） 二次侧冷却液指标要求和测试方法 14

附录 B（规范性） 二次侧系统安装、保压和冲洗 15

参考文献 16

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。

本文件由全国信息技术标准化技术委员会(SAC/TC 28)提出并归口。

本文件起草单位：曙光数据基础设施创新技术(北京)股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、中国移动通信集团设计院有限公司、北京火山引擎科技有限公司、中关村协众创智信息产业促进会、深圳市艾特网能技术有限公司、新界泵业(浙江)有限公司、宁畅信息产业(北京)有限公司、国家节能中心、广东申菱环境系统股份有限公司、普洛斯普瑞数据科技(上海)有限公司、施耐德电气信息技术(中国)有限公司、超聚变数字技术股份有限公司、北京中科合盈数据科技有限公司、科华数据股份有限公司、深圳科士达科技股份有限公司、依米康科技集团股份有限公司、丹佛斯自动化技术(浙江)有限公司、卡乐电子(苏州)有限责任公司、广州高澜创新科技有限公司、南方泵业股份有限公司、北京铜牛信息科技股份有限公司、华为数字能源技术有限公司、万马科技股份有限公司、阿里云计算有限公司、长空智慧(北京)科技有限公司、烽火通信科技股份有限公司、维谛技术有限公司、常州贺斯特科技股份有限公司、三河同飞制冷股份有限公司、中国科学院过程工程研究所、北京百度网讯科技有限公司、上海必得赛数据科技有限公司、广东海悟科技有限公司、北京中航信柏润科技有限公司、深圳市共济科技股份有限公司、北京工业大学、深圳市英维克科技股份有限公司、广东岚瑞技术集团股份有限公司、重庆莹帆科技股份有限公司、江西一舟数据技术有限公司、北京科计通电子工程有限公司、唐山市芯科智能科技有限公司、联通在线信息科技有限公司、广州酷领科技有限公司、天翼云科技有限公司、纯钧新材料(深圳)有限公司、博大算力(北京)科技有限公司、惠州展固科技有限公司、四川华鲲振宇智能科技有限责任公司、中航光电科技股份有限公司、安徽易新能科技有限公司、东莞市杰创电子测控科技有限公司、清华大学、东莞市卓茂仪器有限公司、哈尔滨工业大学、兰州大学、中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院、兰州理工大学、中科赛能(北京)科技有限公司、北京通和实益电信科学技术研究所有限公司、北京亿安天下科技股份有限公司、深圳昂湃技术股份有限公司、深圳市高昱电子科技有限公司、中车信息技术有限公司、澜天(湖南)科技有限公司、中建三局第二建设安装有限公司、中通服咨询设计研究院有限公司、毫厘机电(苏州)有限公司、中讯邮电咨询设计院有限公司、广东省华创热控科技有限公司、东莞市立敏达电子科技有限公司、南京佳力图机房环境技术股份有限公司、深圳安腾创新科技有限公司、深圳业疆测控技术有限公司、合肥新沪屏蔽泵有限公司、祥博传热科技股份有限公司、爱发科东方检测技术(成都)有限公司、四川川润液压润滑设备有限公司、山东蓝想环境科技股份有限公司。

本文件主要起草人：张鹏、刘宇、徐欣、刘洪、田婷、吕天文、徐方成、许龙波、王海岩、杨绍鹏、孙地、刘荣青、刘红梅、何继盛、刘劲楠、王元月、陈皓、沈文轶、谯峤、王宏彬、韩美玲、陈志培、耿曼、赵子龙、高雷、韩义、胡曙波、王闯、邓平安、喻宗杰、王超、葛舟、罗海亮、刘交通、王耀锋、任冰、张炳华、吕东建、宋华超、万凯、周峰、温晓军、匡超、周菊香、黄强、居承宗、黄群驥、王冲、牛龙飞、张新业、郭占闯、鞠金培、樊婷、何东萍、张兴星、陈学永、齐立刚、何俭名、李辉、蔡欲元、何玉荣、赵宏晨、程琳、于庆友、陈伟、窦文思、吴宏杰、陆志军、朱小舟、李红明、肖启能、肖波、李震、叶军、冷云涛、王克勇、陈威一、贺晓、冷明全、张强、胡孝俊、蔡华、王坤亮、冯博、王侣钧、曾茂进、张果、宿惟、徐清华。

数据中心冷板式液冷系统技术规范

1 范围

本文件给出了数据中心冷板式液冷系统的系统组成,规定了技术要求,描述了对应的测试方法。
本文件适用于数据中心冷板式液冷系统的设计、制造、部署和运维。
本文件不适用于相变冷板式液冷系统。

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 8446.2 电力半导体器件用散热器 第2部分:热阻和流阻测量方法
- 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 50462 数据中心基础设施施工及验收标准
- GB 50738 通风与空调工程施工规范

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

由计算机场地(机房),其他基础设施、信息系统软硬件、信息资源(数据)和人员以及相应的规章制度组成的实体。

[来源:GB/T 32910.1—2017,2.1]

3.2

冷板 cold plate

内部设有流体通道,并利用冷却液在该流体通道内循环流动实现散热功能的腔体。

3.3

冷却液 coolant

液冷系统中吸收和传输热量的介质。

3.4

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循环的冷却液,经一个或者多个冷却回路热交换,最终将热量排至室外的系统。

3.5

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IT设备元器件的热量,并与一次侧冷却系统进行热交换的冷

却循环系统。

注：二次侧冷却系统指服务器侧循环系统，即液冷 IT 设备与冷量分配单元之间的循环系统。

3.6

一次侧冷却系统 primary side cooling system

通过冷却液在封闭管路中循环，将二次侧冷却系统传递的热量排放至室外或余热回收装置的冷却循环系统。

注：一次侧冷却系统指冷源侧循环系统，即冷量分配单元与室外冷却设备之间的循环系统。

3.7

快速接头 quick disconnect

一种用于快速连接和断开流体传输，且插头和插座都带流体截断功能的部件。

3.8

分集液器 manifold

为机柜内冷板组件提供冷却液分配及供回输送的装置。

注：包含多路分支或接口。

3.9

二次侧管路 secondary side pipeline

连接冷量分配单元和分集液器，实现冷却液定向输送的供回管路。

3.10

冷量分配单元 coolant distribution unit

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。

注：由循环泵、换热器、定压补液装置和电控装置等组成。

3.11

液冷占比 liquid cooling ratio

单机柜液冷散热量与单机柜总散热量的比值。

3.12

冷源设备 cold source equipment

一次侧冷却系统中，实现热量转移的设备组合。

注：包括循环泵、冷却塔、干冷器和制冷机组等。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CDU：冷量分配单元(Coolant Distribution Unit)

5 系统组成

冷板式液冷系统由二次侧冷却系统和一次侧冷却系统组成，见图 1。其中二次侧冷却系统由冷板组件、快速接头、分集液器、二次侧管路、CDU 和二次侧冷却液等构成；一次侧冷却系统由一次侧管路、一次侧冷却液和冷源设备等构成。

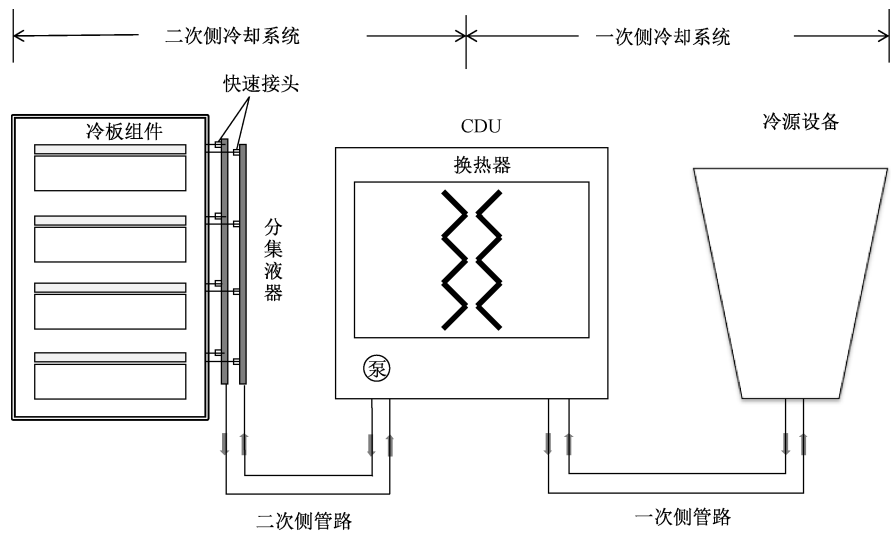


图 1 冷板式液冷系统组成

6 技术要求

6.1 通用要求

6.1.1 外观和材质

6.1.1.1 系统各设备、部件及连接管路外观应符合下列要求：

- a) 外表面无花斑、脏污或色差；
- b) 内表面光滑,无油污、裂纹或残渣；
- c) 焊接的焊缝平滑均匀,无气泡、裂纹、错口或咬边。

6.1.1.2 材质符合下列要求。

- a) 系统各设备、部件及连接管路所用材质应具备防腐性能,所有接触冷却液的材质应与冷却液兼容。
- b) 二次侧所有接触液体的金属管路和配套阀门、法兰等管件宜采用 304 不锈钢或 316 不锈钢；二次侧所有接触液体的非金属软管宜采用三元乙丙橡胶(EPDM)或聚四氟乙烯(PTFE)材质；密封件宜采用丁基橡胶或三元乙丙橡胶(EPDM)材质的 O 型圈或组合垫圈,不应采用生料带、螺纹胶等。

6.1.2 系统功能

系统功能符合下列要求：

- a) 二次侧主管路和分支管路应设置检修阀门,检修阀门的位置和数量应符合系统可靠性要求；
- b) 二次侧系统以及进入机房内的一次侧系统管路,应具备漏液检测、报警和漏液位置锁定功能；
- c) 系统二次侧、一次侧均应具备过滤功能,过滤器应支持在系统运行状态下维护和更换；二次侧过滤器精度宜不低于 50 μm ；一次侧过滤器精度宜不低于 300 μm ；
- d) 系统应设置排气和排液装置,排气和排液装置应支持在系统运行状态下维护和更换；集液盘及其排液管路向排液点的坡度宜大于或等于 0.003；
- e) 宜具备现场实时水质检测功能,宜支持在系统运行状态下维护、更换冷却液的功能。

6.1.3 系统布置

系统布置符合下列要求。

- a) CDU 布置应预留维护空间。
- b) 分布式 CDU 宜放置于机柜底部,房间级集中式 CDU 宜靠墙放置或置于独立的冷却设备间,列间级集中式 CDU 宜放置于机柜列两端。
- c) 二次侧管路宜布置在架空地板下,主管路不宜布置在机柜正上或正下方,供电、通信和网络主线路宜布置在机柜上部;当二次侧管路和供电、通信和网络主线路均布置在架空地板下时,地板下净高应大于或等于 600 mm,二次侧管路 with 供电、通信和网络主线路宜分别布置在机柜的前后通道内。

6.1.4 系统连接

系统连接宜符合下列要求。

- a) 小于或等于 DN50 口径的二次侧管路段采用焊接、法兰、卡盘或螺纹连接;大于 DN50 且小于或等于 DN80 口径的二次侧管路段采用焊接、法兰或卡盘连接;大于 DN80 口径的二次侧管路段采用焊接或法兰连接。
- b) 二次侧管路与 CDU、液冷机柜等设备之间采用软管连接。

6.2 系统关键构成

6.2.1 冷板组件

冷板组件符合下列要求:

- a) 在额定流量下,同规格冷板的流阻应保持一致,误差小于或等于 $\pm 10\%$;
- b) 耐压性按 7.7.1.2 进行测试,压降应小于或等于 2% ,且无变形或破裂。

6.2.2 快速接头

快速接头符合下列要求:

- a) 耐压性按 7.7.2.1 进行测试,插头、插座和插合状态的快速接头均应无变形和可见液滴;
- b) 密封性按 7.7.2.2 进行测试,表面应无气泡产生;
- c) 不同制造商相同规格的插头和插座宜能互换使用;
- d) 手插式快速接头宜具有明显的颜色标识。

6.2.3 分集液器

分集液器应符合下列要求:

- a) 具备均流性,各分液口最大流量与最小流量之差小于或等于各分液口流量算术平均值的 10% ;
- b) 安装快速接头后的分集液器组件耐压性按 7.7.3.2 进行测试,无变形、破裂或气泡产生。

6.2.4 CDU

CDU 符合下列要求。

- a) 耐压性按 7.7.4.1 进行测试,压降应不超过 3% ,且内部各部件及管道无变形或破裂。
- b) 应具备监测功能,监测点位符合表 1 的要求。

表 1 监测点位要求

类别	点位要求	
运行参数	应监测输入电源、露点温度、补液箱液位，一/二次侧冷却液进出温度、压力、流量和过滤器前后压力	宜监测二次侧冷却液的 pH、电导率和浊度
设备	应监测循环泵变频器和传感器状态	—

c) 应具备报警功能，报警点位符合表 2 的要求。

表 2 报警点位要求

类别	点位要求	
运行参数	应对补液箱低液位、漏液、凝露和过滤器脏堵进行报警	宜对二次侧冷却液 pH 异常、二次侧冷却液电导率异常和补液箱高液位进行报警
控制目标偏差	应对参与控制的运行参数异常进行报警	—
故障	应对一/二次侧电动调节阀执行器故障、循环泵故障、变频器故障、传感器故障、开关电源故障、异常掉电和通信故障进行报警	—

- d) 额定工况下，CDU 实际换热能力应不低于制造商提供的额定换热量的 95%。
- e) 应具备二次侧供液温度自动控制能力，稳态运行时二次侧供液温度较设定值的偏差不应超出±1℃。
- f) 二次侧流量应能实现在额定流量 30%~100%范围内的自动调节。
- g) 应具备压差或流量自动控制能力。压差控制模式下，CDU 应能自动调节供回液压差，并将压差稳定在设定值允许偏差范围内；流量控制模式下，CDU 应能自动调节供液流量，并将流量稳定在设定值允许偏差范围内。
- h) 一次侧调节流量范围应包含额定流量，电动调节阀从 0%调节至 100%的全行程运行时间应小于或等于 60 s。
- i) 应具备防凝露功能，当二次侧供液温度低于防凝露设定温度时，一次侧电动阀应迅速响应调小开度。
- j) 内置的换热器宜采用高效板式换热器，对数换热温差宜选为 2℃~8℃。

6.2.5 二次侧冷却液

应具有符合系统要求的载冷能力，以及防结垢、防腐蚀和抑菌等功能特性；宜采用乙二醇水溶液、丙二醇水溶液或其他配方水溶液，乙二醇或丙二醇的体积浓度宜不低于 20%；水质指标应结合系统特性和冷却液配方等因素综合确定，来料及运行阶段指标宜符合附录 A 的要求。废液应集中收集并进行专业回收处理。

6.2.6 一次侧冷却液

应具有符合系统要求的载冷能力，以及防结垢、防腐蚀和抑菌等功能特性，寒冷地区还应具有防冻功能，宜采用软化水、纯水或乙二醇水溶液等。

6.2.7 冷源设备

应根据数据中心选址及所在地区气象站近 20 年间极端干、湿球温度,叠加项目热岛效应导致的干球温度和湿球温度升高影响进行选型,宜采用开式冷却塔、闭式冷却塔或干冷器;当选用开式冷却塔时,宜在 CDU 与开式冷却塔之间设置板式换热器。

6.3 系统性能

6.3.1 系统供液温度及温差

系统供液温度及温差宜符合表 3 的要求。

表 3 系统供液温度及温差要求

序号	温度指标	范围
1	二次侧供液温度	(露点温度+3℃)~40℃
2	二次侧供回液温差	5℃~15℃
3	一次侧供液温度	15℃~35℃
4	一次侧供回液温差	5℃~15℃
注 1: 特殊产品根据厂家要求确定。 注 2: 露点温度指所在环境的空气露点温度。		

6.3.2 二次侧管路均流性

二次侧管路各支路流量中的最大值与最小值之差应小于或等于全部支路流量算术平均值的 10%。

6.3.3 系统换热能力

冷板式液冷系统的冷负荷计算原则如下。

- a) 同时系数应根据实际业务情况进行取值。
- b) 配电功率为冷板液冷机柜的额定配电功率。
- c) 液冷占比为单机柜液冷散热量与单机柜总散热量的比值。
- d) 冷板式液冷系统冷负荷按公式(1)计算。

$$Q=a\times\sum_{i=1}^n(b\times P_{\text{机柜},i})\dots\dots\dots(1)$$

式中:

- Q —— 冷板式液冷系统冷负荷,单位为千瓦(kW);
- n —— 机柜的总数量,单位为台;
- a —— 同时系数;
- b —— 机柜液冷占比;
- P_{机柜,i} —— 第 i 台机柜的配电功率,单位为千瓦(kW)。

冷板式液冷系统设计时应计入冷却液流经循环泵、管路和水箱温升等所产生的附加冷负荷,设备选型时系统的总负荷量宜增加 10%的附加量。

系统在额定工况下实际换热能力不应低于系统设计负荷的 95%。

6.3.4 CDU 设备

每台 CDU 设备性能均应符合 6.2.4 的要求。

6.3.5 群控逻辑

CDU 设备 $N+X$ ($X=1\sim N$) 部署时,宜设置群控管理。群控逻辑宜具备冷备和热备两种模式,切机过程供液温度变化不宜超出 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$;冷备模式应设置故障切机和轮巡切机逻辑,应结合系统可靠性要求确定触发切机的故障及其参数;热备模式宜同步主机循环泵运行频率。

7 测试方法

7.1 测试环境条件

除非另有规定,测试均在下述条件下进行:

- 温度: $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 相对湿度: $25\%\sim 75\%$;
- 大气压: $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

7.2 测试仪器准确度或精度

测试仪器准确度或精度如下:

- 温度计: $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 流量计: 0.5 级;
- 压力计: 0.2 级。

7.3 外观和材质

使用目视法对系统各设备、部件及连接管路等进行外观检查。

由材质提供商提供材质兼容性测试报告,审查测试报告正确性。

7.4 系统功能

按下列步骤进行测试:

- a) 使用目视法检查二次侧主管路和分支管路的检修阀门位置和数量;
- b) 向漏液检测绳不同定位点洒水,不少于 5 个点位,检查报警点与定位点是否一致;
- c) 系统稳定运行后,拆下过滤器,并重新安装过滤器,观察拆卸与安装过程中是否有泄漏现象;
- d) 系统稳定运行后,分别拆下排气阀和排液装置,并重新安装排气阀和排液装置,观察拆卸与安装过程中是否有泄漏现象;
- e) 检查是否安装水质检测传感器,确认是否预留冷却液加药装置接口和更换冷却液装置接口。

7.5 系统布置

按下列步骤进行测试:

- a) 使用目视法检查 CDU 布置是否留出维护空间;
- b) 根据不同 CDU 类型,使用目视法检查其放置位置;
- c) 使用目视法检查二次侧管路是否按设计要求布置。

7.6 系统连接

按下列步骤进行测试：

- 使用目视法逐段检查实际采用的连接方式；
- 确认二次侧管路与 CDU、液冷机柜等设备的边界，检查设备接口与管路之间的连接件类型。

7.7 系统关键构成检验

7.7.1 冷板组件

7.7.1.1 流阻

按 GB/T 8446.2 中规定的水冷却散热器测量系统及测试方法执行，测试条件包括供液温度、流量等，按冷板规格书参数执行。

7.7.1.2 耐压性

按下列步骤进行测试。

- 宜使用氮气作为试验介质；试验压力为最大允许工作压力，如制造商有特殊规定的，按其要求执行。
- 将冷板组件接入测试工装，见图 2。
- 以均匀的速率将被测件内部压力升至试验压力，保压 5 min，记录压降变化。
- 观察冷板是否有明显变形、破裂。

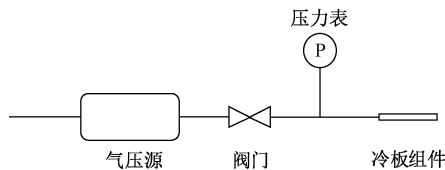


图 2 冷板组件耐压性测试示意

7.7.2 快速接头

7.7.2.1 耐压性

按下列步骤进行测试。

- 宜使用去离子水作为试验介质；试验压力为工作压力的 1.5 倍，如制造商有特殊规定的，按其要求执行。
- 分别将插头、插座和插合后的快速接头接入测试工装，见图 3。
- 以均匀的速率将被测件内部压力升至试验压力，保持 1 min。
- 目视法判断连接和断开状态下的液体快速接头是否有变形，插头和插座外表面及密封端面是否有可见液滴。

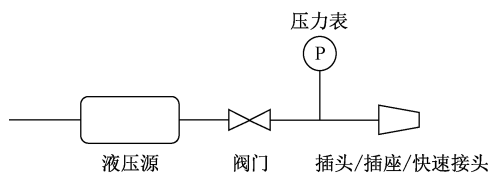


图 3 快速接头耐压性测试示意

7.7.2.2 密封性

按下列步骤进行测试。

- a) 宜使用氮气作为试验介质；试验压力为额定工作压力，如制造商有特殊规定的，按其要求执行。
- b) 分别将插头、插座和插合后的快速接头接入测试工装，并使水槽水位高于被测件最高位置至少 50 mm，见图 4。
- c) 以均匀的速率将被测件内部压力升至试验压力，保压 5 min。
- d) 观察是否有气泡产生。

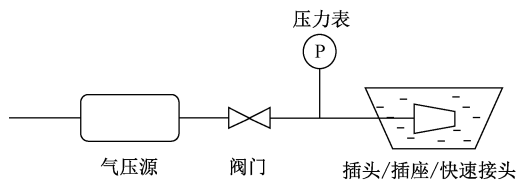


图 4 快速接头密封性测试示意

7.7.2.3 互换性

不同制造商生产的 A、B 两组相同规格的快速接头，分别随机抽取 3 对，A 组插头与 B 组插座连接、A 组插座与 B 组插头连接，每组连接、断开 10 次后，按 7.7.2.2 对被测件进行气密性试验。

7.7.2.4 颜色标识

用目视法检查快速接头是否有颜色标识。

7.7.3 分集液器

7.7.3.1 均流性

按下列步骤进行测试。

- a) 宜使用去离子水作为试验介质；试验压力为额定工作压力，如制造商有特殊规定的，按其要求执行。
- b) 使用模拟负载模拟节点流阻，分集液器按实际使用方位放置，如竖直安装。
- c) 以均匀的速率将供液压力提升至试验压力，稳定后记录每个支路的流量数据。

7.7.3.2 耐压性

按下列步骤进行测试。

- a) 宜使用氮气作为试验介质；试验压力为最大允许工作压力，如制造商有特殊规定的，按其要求执行。

- b) 将安装快速接头后的分集液器组件接入测试工装,并使水槽水位高于被测件最高位置至少 50 mm。
- c) 以均匀的速率将被测件内部压力升至试验压力,保压 5 min。
- d) 观察是否有变形或破裂,是否有气泡产生。

7.7.4 CDU

7.7.4.1 耐压性

按下列步骤进行测试:

- a) 拆卸不能耐受压力测试的器件,包括但不限于传感器、泄压阀等,对拆卸器件位置进行封堵;
- b) 清除回路内部空气,用氮气作为测试介质向 CDU 加压,测试压力为最大允许工作压力;
- c) 保持测试压力 1 h;
- d) 记录压力数值变化。

7.7.4.2 报警及点位核对

按下列步骤进行测试:

- a) 按图 5 将 CDU 连接至模拟负载测试工装台架,安装稳固;
- b) 测试用介质宜采用去离子水或制造商规定的冷却液;
- c) 检查 CDU 设备内部阀部件开闭状态是否调整到位,注入去离子水或冷却液并循环排气;
- d) 将模拟负载流阻、二次侧供液温度和二次侧供液流量调至额定值,稳定运行 5 min;
- e) 按 6.2.4 b)、c) 的要求对 CDU 的监测及报警参数进行测试,检查监测点位是否准确齐全,验证报警点位是否触发报警。

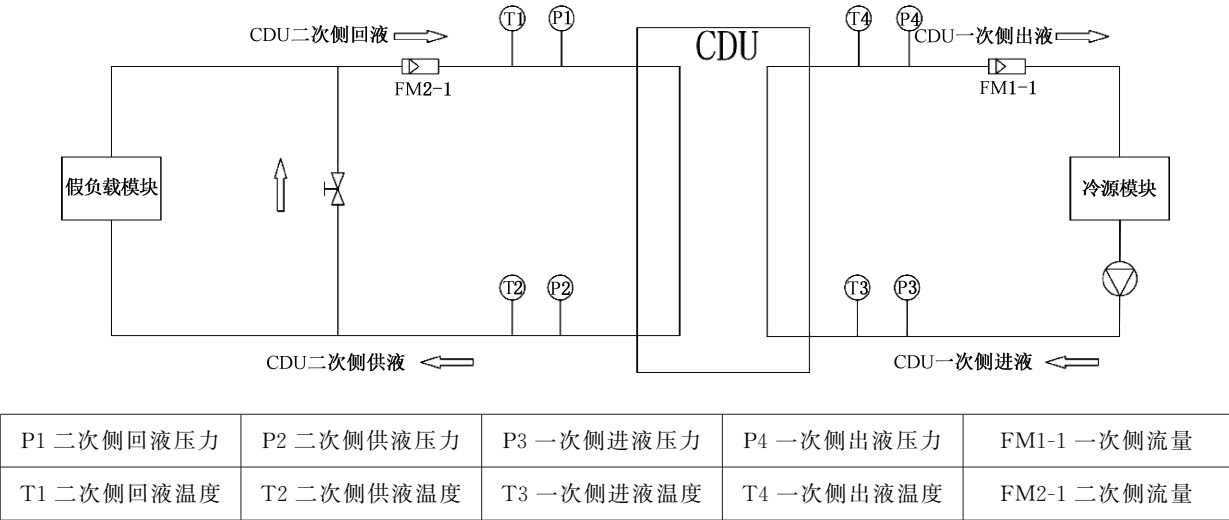


图 5 测试装置示意图

7.7.4.3 换热能力

按下列步骤进行测试。

- a) 将模拟负载调整至不低于 100% 额定换热量。
- b) CDU 按额定工况运行,待运行稳定后,记录 CDU 一次侧、二次侧的压力、流量和温度等参数,对比供液温度与设定值偏差是否符合要求。
- c) 按公式(2)计算换热功率。

$$Q = c_p \times \rho \times V \times (t_2 - t_1) / (3.6 \times 10^6) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Q ——换热量,单位为千瓦(kW)；

c_p ——二次侧冷却液供、回液平均温度下的定压比热容,单位为焦耳每千克摄氏度[J/(kg·℃)]；

ρ ——二次侧冷却液密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；

V ——二次侧体积流量,单位为立方米每小时(m³/h)；

t_2 ——二次侧回液温度,单位为摄氏度(℃)；

t_1 ——二次侧供液温度,单位为摄氏度(℃)。

7.7.4.4 二次侧供液温度控制能力

按下列步骤进行测试：

- a) 启动模拟负载使其功率达到额定功率,使 CDU 一、二次侧温度处于额定工况；
- b) 调整负载功率,使其分别处于额定功率的 100%、60% 和 30% 工况运行；
- c) 记录 CDU 在不同工况运行时的二次侧供液温度波动范围。

7.7.4.5 二次侧供液能力边界测试

按下列步骤进行测试：

- a) 启动二次侧循环泵,调节至允许运行最大频率,旁通阀关闭；
- b) 记录系统稳定后的供回液压力和流量；
- c) 调节二次侧循环泵频率至允许运行最小频率,旁通阀开度调至最大；
- d) 记录系统稳定后的供回液压力和流量。

7.7.4.6 二次侧压差自动控制能力

按下列步骤进行测试：

- a) 将 CDU 运行模式调整为“压差控制模式”；
- b) 分别设置二次侧压差为额定压差值的 100%、90% 和 80%，稳定后记录实际压差值。

7.7.4.7 二次侧流量自动控制能力

按下列步骤进行测试：

- a) 将 CDU 运行模式调整为“流量控制模式”；
- b) 分别设置二次侧流量为额定流量值的 100%、75%、50% 和 30%，稳定后记录实际流量值。

7.7.4.8 一次侧调节能力

按下列步骤进行测试。

- a) 手动模式下,分别设定调节阀的开度为 0%、25%、50%、75% 和 100%，记录阀门的实际调节开度与反馈开度。
- b) 将一次侧电动调节阀的开度调至 0%，手动设定阀门开度为 100%，记录一次侧电动调节阀开度从 0% 调节至 100% 的动作时间。
- c) 自动模式下,设定二次侧供液目标温度小于当前供液温度,检查一次侧电动调节阀开度是否增大；设定二次侧供液目标温度大于当前供液温度,检查一次侧电动调节阀开度是否减小。

7.7.4.9 防凝露功能

设定二次侧供液温度小于设定的防凝露报警温度,记录防凝露报警信息与电动阀动作。

7.7.4.10 换热器对数换热温差

由供应商提供热力计算书或型式试验报告,审查数据正确性。

7.7.5 二次侧冷却液

二次侧冷却液来料和运行指标测试方法宜按附录 A 的测试方法进行。

7.7.6 一次侧冷却液

由冷却液供应商提供测试报告,审查测试报告正确性。

7.7.7 冷源设备

如选用开式冷却塔,检查开式冷却塔与 CDU 之间是否设置板式换热器。

7.8 系统性能测试

7.8.1 一般规定

7.8.1.1 系统功能测试前应完成安装、保压和冲洗工作,具体要求按附录 B 进行;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。

7.8.1.2 系统级测试的模拟负载符合下列要求。

- a) 应提供洁净度测试报告或现场进行去离子水冲洗,冲洗后水质宜符合下列要求:
 - 电导率小于或等于 $10\ \mu\text{S}/\text{cm}(25\ ^\circ\text{C})$;
 - pH 在 $5\sim 7.5(25\ ^\circ\text{C})$ 之间;
 - 浊度小于或等于 $5\ \text{NTU}$;
 - 铜含量小于或等于 $0.5\ \text{mg}/\text{L}$;
 - 铁含量小于或等于 $0.5\ \text{mg}/\text{L}$ 。
- b) 额定流量下模拟负载阻力与设计阻力偏差不应超出 $\pm 10\%$ 。
- c) 宜配备进出压力、流量和温度的计量装置。

7.8.2 系统供液温度及温差

确认系统在额定工况下实际供液温度及温差是否符合 6.3.1 的要求。

7.8.3 二次侧管路均流性

按下列步骤进行测试:

- a) 二次侧管路阀门全开,稳定后测试并记录所有支路的流量;
- b) 最不利工况下,距离 CDU 供液口最近的阀门或者距离 CDU 回液口最近的阀门关闭 1 个,测试所有支路的流量。

7.8.4 系统换热能力

按下列步骤进行测试。

- a) 将模拟负载加载至不低于 100% 设计冷负荷,按额定工况运行。
- b) 系统运行稳定后,记录供回液温度、压力和流量。
- c) 按公式(3)计算换热功率。

$$Q_{\text{系统}} = c_p \times \rho \times \sum_{i=1}^n [V_i \times (t_{2,i} - t_{1,i})] / (3.6 \times 10^6) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $Q_{\text{系统}}$ —— 换热量,单位为千瓦(kW);
- c_p —— 二次侧冷却液供、回液平均温度下的定压比热容,单位为焦耳每千克摄氏度[J/(kg·℃)];
- ρ —— 二次侧冷却液密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- V_i —— 第*i*台CDU二次侧体积流量,单位为立方米每小时(m³/h);
- $t_{2,i}$ —— 第*i*台CDU二次侧回液温度,单位为摄氏度(℃);
- $t_{1,i}$ —— 第*i*台CDU二次侧供液温度,单位为摄氏度(℃)。

7.8.5 CDU 设备

由 CDU 设备提供商提供测试报告,审查测试报告正确性。

7.8.6 群控逻辑

7.8.6.1 冷备、热备模式切换

按下列步骤进行测试：

- a) 冷备模式下,手动将冷备模式改为热备模式,备机唤醒,记录供液温度、流量波动过程;
- b) 热备模式下,手动将热备模式改为冷备模式,运行时间长的机组转备机,记录供液温度、流量波动过程。

7.8.6.2 群控故障切机

冷备模式下,模拟触发切机的全部故障,检查是否触发切机,记录切机过程时长,并验证系统运行是否符合群控故障切机逻辑。

7.8.6.3 轮巡切机

冷备模式下, $N+X(X=1\sim N)$ 冗余配置, N 用 X 备,设置1主机、 $N-1$ 从机,主机管理轮巡时间。记录从机是否根据轮巡时间分别启机,保持 N 用 X 备运行,并启用备机。

附 录 A
(规范性)

二次侧冷却液指标要求和测试方法

二次侧冷却液的指标要求和测试方法见表 A.1。

表 A.1 二次侧冷却液指标要求和测试方法

序号	项目	单位	来料指标		运行指标		测试方法
			乙二醇或丙 二醇水溶液	其他配方 水溶液	乙二醇或丙 二醇水溶液	其他配方 水溶液	—
1	冰点	℃	<−8.9 ℃	—	<−8.9 ℃	—	SH/T 0090
2	密度(20 ℃)	g/cm ³	报告值	—	报告值	—	SH/T 0068
3	pH(25 ℃±1.5 ℃)	—	8.0~10.0(铜冷板) 8.0~9.0(铝冷板)		来料基准±1 且符合： 7.0~10.0(铜冷板) 7.0~9.0(铝冷板)		SH/T 0069 GB/T 6904
4	储备碱度	mL	报告值 ^a	—	报告值 ^a	—	SH/T 0091
5	菌落总数(微生物)	CFU/mL	≤100		≤1 000		GB/T 14643.1 GB/T 5750.12 HJ 1000
6	硫酸根	mg/L	≤10		≤50	≤20	JT/T 1230 GB/T 14642
7	氯离子	mg/L	≤5		≤25		SH/T 0621 GB/T 15453 GB/T 14642 JT/T 1230
8	总硬度	mg/L, 以碳酸钙 CaCO ₃ 计	≤20		≤100	≤50	GB/T 6909 NB/SH/T 0828
9	电导率 (25 ℃±1.5 ℃)	μS/cm	报告值 ^b		报告值 ^b		GB/T 6908 GB 29743.2
10	浊度	NTU	≤5		≤20		GB/T 15893.1
11	总铜	mg/L	—		≤5		NB/SH/T 0828
12	总铁	mg/L					NB/SH/T 0828
13	总铝	mg/L					NB/SH/T 0828
^a 储备碱度指标由供需双方协商确定。 ^b 电导率指标由供需双方协商确定。							

附 录 B

(规范性)

二次侧系统安装、保压和冲洗

B.1 施工环境

二次侧系统安装、保压和冲洗期间,施工现场应干净整洁,无明显灰尘及颗粒物。

B.2 安装工艺检查

安装完成后应进行下列工艺检查:

- a) 是否符合施工图要求;
- b) 设备安装是否固定牢靠;
- c) 管路是否安装固定架;
- d) 管路是否安装排水阀;
- e) 地板支架与管路阀柄是否存在空间占用;
- f) 管路下方是否安装集液盘,集液盘是否接入到地漏;
- g) CDU 下方是否安装集液盘,集液盘是否接入到地漏;
- h) CDU 电路进线是否接好。

B.3 保压和冲洗

B.3.1 安装工艺检查完成后,按 GB 50243 的相关规定进行二次侧管路水压试验。水压试验前宜使用空气为介质进行预试验,试验压力宜为 0.2 MPa。

B.3.2 二次侧管路水压试验通过后,应采用去离子水进行循环冲洗。冲洗时间不宜少于 24 h,冲洗后应进行水质检测。冲洗后水质宜符合下列要求:

- 电导率小于或等于 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25 $^{\circ}\text{C}$);
- pH 在 5~7.5(25 $^{\circ}\text{C}$)之间;
- 浊度小于或等于 5 NTU;
- 铜含量小于或等于 0.5 mg/L;
- 铁含量小于或等于 0.5 mg/L。

B.3.3 二次侧管路冲洗合格后接入 CDU。如 CDU 已完成出厂清洁保压,则可不作保压试验;否则应按 B.3.1 进行保压试验。CDU 设备中的安全阀、排气阀、电导率传感器和缓冲罐等不参与保压试验的设备、仪表应从系统中做隔离处理。

参 考 文 献

[1] GB/T 5750.12 生活饮用水标准检验方法 第 12 部分:微生物指标

[2] GB/T 6904 工业循环冷却水及锅炉用水中 pH 的测定

[3] GB/T 6908 锅炉用水和冷却水分析方法 电导率的测定

[4] GB/T 6909 锅炉用水和冷却水分析方法 硬度的测定

[5] GB/T 14642 工业循环冷却水及锅炉水中氟、氯、磷酸根、亚硝酸根、硝酸根和硫酸根的测定 离子色谱法

[6] GB/T 14643.1 工业循环冷却水中菌藻的测定方法 第 1 部分:黏液形成菌的测定 平皿计数法

[7] GB/T 15453 工业循环冷却水和锅炉用水中氯离子的测定

[8] GB/T 15893.1 工业循环冷却水中浊度的测定 散射光法

[9] GB 29743.2 机动车冷却液 第 2 部分:电动汽车冷却液

[10] GB/T 32910.1—2017 数据中心 资源利用 第 1 部分:术语

[11] HJ 1000 水质 细菌总数的测定 平皿计数法

[12] JT/T 1230 机动车发动机冷却液无机阴离子测定法 离子色谱法

[13] NB/SH/T 0828 发动机冷却液中硅与其它元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

[14] SH/T 0068 发动机冷却液及其浓缩液密度或相对密度测定法(密度计法)

[15] SH/T 0069 发动机防冻剂、防锈剂和冷却液 pH 值测定法

[16] SH/T 0090 发动机冷却液冰点测定法

[17] SH/T 0091 发动机冷却液和防锈剂储备碱度测定法

[18] SH/T 0621 发动机冷却液氯含量测定法
