

# 团 体 标 准

T/CESA 1249.3—2023

## 服务器及存储设备用液冷装置技术规范 第 3 部分：冷量分配单元

Technical specification for the liquid cooled components in server and storage  
equipment - Part3: coolant distribution unit

2023-10-31 发布

2023-10-31 实施

中国电子工业标准化技术协会 发布





版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构，除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

## 目 次

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 前 言 .....                 | III |
| 引 言 .....                 | IV  |
| 1 范围 .....                | 1   |
| 2 规范性引用文件 .....           | 1   |
| 3 术语和定义 .....             | 1   |
| 4 缩略语 .....               | 3   |
| 5 概述 .....                | 3   |
| 6 技术要求 .....              | 5   |
| 7 试验方法 .....              | 10  |
| 8 质量评定程序 .....            | 18  |
| 9 标志、包装、运输、贮存 .....       | 19  |
| 附 录 A（资料性） CDU 规格标识 ..... | 21  |
| 附 录 B（规范性） 故障的分类与判据 ..... | 22  |

## 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。

本文件是T/CESA 1249《服务器及存储设备用液冷装置技术规范》的第3部分。T/CESA 1249已经发布了以下部分。

- 第1部分：冷板；
- 第2部分：连接系统；
- 第3部分：冷量分配单元；
- 第4部分：监控系统。

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。

本文件由中国电子工业标准化技术协会开放计算工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：浪潮电子信息产业股份有限公司、广东申菱环境系统股份有限公司、上海柯垓冷却技术有限公司、北京空间飞行器总体设计部、中国电子技术标准化研究院、英特尔（中国）有限公司、新华三技术有限公司、宁畅信息产业（北京）有限公司、联想（北京）信息技术有限公司、深圳市英维克科技股份有限公司、比赫电气（太仓）有限公司、中移动信息技术有限公司、中国工商银行股份有限公司数据中心、京东云计算有限公司、中航光电科技股份有限公司、热控科技（深圳）有限公司、中国移动通信集团有限公司研究院、超聚变数字技术有限公司、天翼云科技有限公司、中国质量认证中心、中国计量科学研究院、之江实验室、山东兴能热能科技有限公司、上海哔哩哔哩科技有限公司、飞腾信息技术有限公司、中国民航信息网络股份有限公司、中国银行股份有限公司信息科技部、中国建设银行股份有限公司运营数据中心、中国农业银行股份有限公司数据中心北京分部、交通银行股份有限公司办公室、兴业银行股份有限公司数据中心、中国太平洋保险（集团）股份有限公司、人保信息科技有限公司、泰康保险集团股份有限公司、中国太平保险集团有限责任公司科技运营部、湖南省农村信用社联合社信息科技部、上海银行股份有限公司金融科技部、江西银行股份有限公司信息科技部、九江银行股份有限公司、广发证券股份有限公司、海通证券股份有限公司数据中心。

本文件主要起草人：李金波、崔瑞男、来幼花、魏浏、王亚龙、麦新有、赵洪江、陈海、张展新、周绍荣、陈立波、孔全磊、王海岩、韩学磊、司晓霞、刘雪娇、韩忍、黄强、刘宇、徐侃、周界创、朱俊、白欣璐、郭杰、赵帅、鲁璐、宋桂香、齐园、李圣义、高从文、刘玲、郗卓宁、俞晓静、温鑫、吴卫、蔡岳霖、王贵林、蔡艳召、董玉山、刘荣华、佘娇容、覃杰、熊星、张治洲、苏丽、杨志华、陈凯、沈庆飞、张伟、曾令仿、杨宝、张麒麟、钱涛、严彦、陈彪、叶琴、李雪松、李巍伟、李君杰、甘政兵、张琦、苑博、涂文芸、赵永旭、黄旭晨、韩日辉、林曦、张文若、黎锦康、张冲、黄建坤、于胜辉、马浩然、吴华晖、周维、朱俊杰、孙明昊、陈科、张武龙、罗恒、曹绍勇、黄科瀚、王朝阳、桂跃。

## 引 言

为挖掘数据中心的节能减排潜力,IT基础设施对液冷技术的应用已成为发展趋势。液冷装置的设计、工艺及质量直接影响液冷效率,成本及可靠性,为了保证液冷技术在数据中心的推广应用,促进液冷技术的快速发展,制定液冷装置标准成为首要任务。T/CESA 1249是指导液冷装置设计、生产、评测的基础性和通用性标准,旨在确立普遍适用的液冷装置统一规范,拟由四个部分构成:

第1部分:冷板。目的在于为服务器及存储设备用单相冷板式液冷系统中的冷板规定产品规范。

第2部分:连接系统。目的在于为单相冷板式液冷系统中的连接系统规定产品规范。

第3部分:冷量分配单元。目的在于为单相冷板式液冷系统中冷量分配单元的标定规则,同时对冷量分配单元规定产品规范。

第4部分:监控系统。目的在于对冷板式液冷系统中液冷监控系统规定产品规范。

# 服务器及存储设备用液冷装置技术规范 第3部分：冷量分配单元

## 1 范围

本文件规定了液冷系统中服务器及存储设备用冷量分配单元的尺寸和结构、维护、材质、密封方式、部件、接口、人机安全、功能、性能、可靠性、环境适应性、电磁兼容性、噪声的技术要求，描述了对应的试验方法、质量评定程序以及标志、包装、运输和贮存等。

本文件适用于服务器及存储设备用冷量分配单元的设计、制造和评测。冷量分配单元的采购和运维可参照使用。

## 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 191 包装储运图示标志

GB/T 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法

GB/T 2423.16 环境试验 第2部分：试验方法 试验J和导则：长霉

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则

GB/T 5271.14 信息技术 词汇 第14部分：可靠性、可维护性与可用性

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 11547 塑料 耐液体化学试剂性能的测定

GB/T 17248.2 声学 机器和设备发射的噪声 在一个反射面上方可忽略环境修正的近似自由场测定工作位置和其他指定位置的发射声压级

GB 17625.1 电磁兼容 限值 第1部分：谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16\text{A}$ ）

GB/T 17625.8 电磁兼容 限值 每相输入电流大于16A小于等于75A连接到公用低压系统的设备产生的谐波电流限值

GB/T 17799.1 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度

GB/T 17799.3 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验

GB/T 37079 设备可靠性 可靠性评估方法

## 3 术语和定义

T/CESA 1249.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**冷量分配单元** coolant distribution unit

用于实现液冷系统的二次侧冷却环路驱动、稳压和自动配流，同时实现一二次侧循环系统热量交换、物理隔离等功能的单元。

注：冷量分配单元可具备温度、流量、压力实时监控，防凝露控制等功能。

[来源：T/CESA 1249.1—2023，3.6]

### 3.2

**机架式冷量分配单元 rack type coolant distribution unit**

插入机柜中，按机柜内机架尺寸限定外形尺寸的冷量分配单元产品。

### 3.3

**机柜式冷量分配单元 cabinet type coolant distribution unit**

独立设置，并入机柜排中或安装至数据中心设备间的冷量分配单元产品。

### 3.4

**冷站式冷量分配单元 station type coolant distribution unit**

不受机柜尺寸限制，安装至数据中心换热站中的冷量分配单元产品。

### 3.5

**额定换热能力 rated heat transfer capacity**

在规定额定换热条件下，冷量分配单元出厂标定的换热能力。

### 3.6

**试验压力 test pressure**

冷量分配单元出厂测试时保压试验采用的压力。

### 3.7

**试验假负载 dummy load for test**

冷量分配单元换热试验采用的模拟IT设备产热的装置。

### 3.8

**冷却工质 coolant**

液冷系统循环中实现热量交换的流体。

[来源：T/CESA 1249.1—2023，3.2]

### 3.9

### 一次侧冷却环路 primary cooling loop

通过冷却工质将二次侧冷却环路导出的热量传递至室外环境或通过热回收系统回收利用的冷却环路。

注：一次侧冷却环路由冷量分配单元、环路冷却工质供回歧管、冷源等构成。其中冷源优选干冷器或者冷却塔等经济冷却装置。

[来源：T/CESA 1249—2023，3.10]

## 3.10

### 二次侧冷却环路 secondary cooling loop

通过冷却工质循环将发热元件产生的热量导出的冷却环路。

注：二次侧冷却环路由冷板组件、机柜冷却工质供回歧管、环路冷却工质供回歧管、冷量分配单元等构成。

[来源：T/CESA 1249—2023，3.9]

## 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)

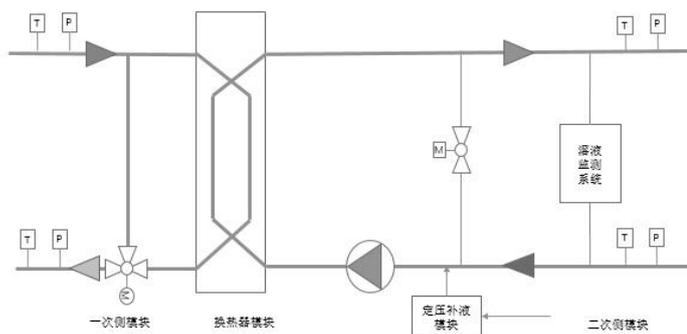
ATS 自动转换开关 (Automatic Transfer Switching Equipment)

## 5 概述

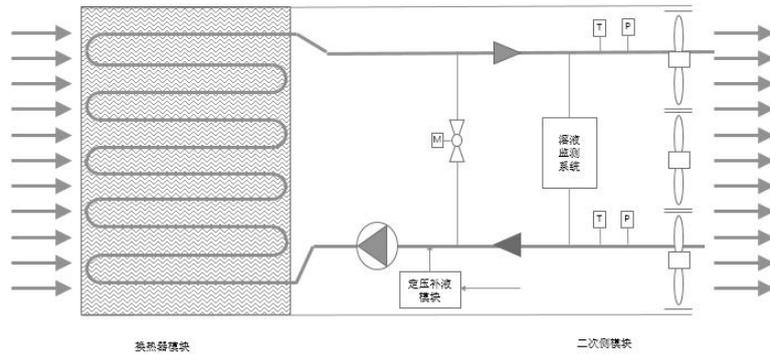
### 5.1 CDU 构成

CDU由一次侧模块、二次侧模块、换热器模块、定压补液模块、驱动模块和控制模块构成。

根据冷侧换热介质形态，分为液液式换热CDU和风液式换热CDU，图1给出了两种CDU的系统示意图。



a) 液液式换热 CDU



b) 风液式换热CDU

图 1 CDU 系统示意图

## 5.2 一次侧模块

液液式换热CDU的一次侧模块由设备配套管路、电动调节阀、过滤器和手动阀门组成，接入一次侧冷却环路，管理一侧冷却工质进出CDU，通过调整流经CDU冷却工质的流量，控制二次侧冷却环路供液温度。

风液式换热CDU由风扇和风道结构件组成，通过风扇调速，调整流经CDU风量，控制二次侧冷却环路供液温度。

## 5.3 二次侧模块

二次侧模块是CDU向服务器或存储设备输出冷却工质，实现换热能力部件的总和，由设备配套管路、循环泵、旁通阀、过滤器和定压补液模块组成，二次侧模块与二次侧冷却环路连接，通过变频驱动的水泵，克服连接系统和冷板组件的阻力，实现服务器或存储设备的热量向CDU的迁移。

## 5.4 换热器模块

实现一次侧冷却环路和二次侧冷却环路间的换热，通常采用下列形式：

- a) 风液式换热CDU采用管片式、管带式或平行流式换热器；
- b) 液液式换热CDU采用钎焊板片式、可拆板片式、管壳式、绕管式或螺旋板式等。

## 5.5 定压补液模块

用于平抑冷却工质损耗、冷却工质热胀冷缩、泵输出波动引起二次侧冷却环路压力波动的模块，包含缓冲罐、补液泵、储水箱、配套管路和阀门等，通过缓冲罐中的气体缓冲和补液模块的冷却工质补入，稳定二次侧冷却环路内部工作压力。

## 5.6 驱动模块

驱动CDU运转的电气组件，为CDU提供双路切换、电力驱动、电路保护和接地防护功能，由ATS、继电器、空开、熔断器、开关电源、变频器、端子和线缆等构成。

## 5.7 控制模块

构成CDU系统运行数据采集、控制策略执行、系统告警和数据上报的软硬件总和，包含控制器、交互部件、传感器和运行在控制器内的程序固件。

## 6 技术要求

### 6.1 一般要求

#### 6.1.1 尺寸和结构

CDU的尺寸和结构符合下列要求：

- a) 机架式 CDU 尺寸应符合与液冷机柜的适配性，CDU 尺寸应与机柜内部空间匹配，并符合：
  - 1) 液液式换热CDU高度不宜大于6U（266.7 mm），风液式换热CDU高度不宜大于10U（444.5 mm）；
  - 2) 深度不应超出液冷机柜且不影响一次侧、二次侧接管和开关门；
  - 3) 宽度应符合抽拉要求；
- b) 对于机柜式 CDU，CDU 采用入列式安装的，尺寸应与数据机房机柜整体尺寸匹配，最大宽度不宜超过 1200 mm，深度方向宜与机柜一致；
- c) 冷站式 CDU 为工厂预制化生产，尺寸和结构应符合道路运输、场地内搬运和吊装要求。

#### 6.1.2 维护

CDU维护符合下列要求：

- a) 并入机柜排中的 CDU 应采用前后维护方式，独立放置的 CDU 维护面应结合设备部署空间设置，操作阀件应符合在线维护条件，维护部件应便于观察、操作和维护；
- b) 机柜式 CDU 接口管应设置在 CDU 内部，并预留接管作业空间；
- c) 具备在线维护条件的 CDU 主管路上的传感器、安全阀、排气阀和定压补液分支出口，宜设置球阀或针阀后再接入传感器；
- d) 机柜式 CDU 和冷站式 CDU 的过滤器应具备在线维护条件。

#### 6.1.3 材质要求

CDU材质符合下列要求：

- a) 与冷却工质接触的部件应与冷却工质相容，经相容性试验后，表面无溶解老化或明显腐蚀现象；
- b) 非金属部件应具有抗霉菌能力，经霉菌试验后，表面无霉菌生长或为分散、稀少和局限的霉菌产生；
- c) 隔热材料性能应符合 GB/T 4272 的规定。

#### 6.1.4 密封方式

二次侧模块管路密封应采用 O 型密封圈或密封垫圈方式，不应使用生料带和螺纹密封胶，不宜使用金属端面密封结构。

### 6.1.5 部件要求

#### 6.1.5.1 部件选用

CDU部件选用符合下列要求：

- a) 调节阀选用符合下列要求：
  - 1) 阀门的最大关闭压差值应大于所在环路可能出现的最大压差值；
  - 2) 可调比率不应低于50:1，且不应出现气蚀现象；
  - 3) 电动调节阀执行器应支持手动操作并具有阀位反馈功能；
  - 4) 电动调节阀执行器外壳防护等级应大于IP54；
- b) 换热风扇系统应具备调速功能，支持调速范围不小于30%~100%；
- c) 换热器选择时，液液式换热 CDU 应具有5%的换热裕量，风液式换热 CDU 应具有10%的换热裕量；
- d) 二次侧模块循环泵应符合下列要求：
  - 1) 选取长寿命泵，机架式CDU的循环泵L10寿命不低于30000 h，机柜式CDU的循环泵L10寿命不低于50000 h；
  - 2) 具备防水接线盒或其它防水接线方式，外壳应具备接地回路或端子。

#### 6.1.5.2 部件设置

CDU部件设置符合下列要求：

- a) 风液式换热 CDU 的风扇宜满足 N+X 设置，X 不宜小于1；
- b) 二次侧模块的循环泵宜采用 N+X 设置，其中 N 为符合额定性能的水泵数量，数量不应大于3，X 为备用水泵数量，数量不宜大于2；
- c) 二次侧模块的循环泵出口应设置止回阀；
- d) 循环泵驱动系统应采用每套泵独立设置；
- e) CDU 内部换热器不宜大于两台，宜采用并联设置；
- f) 一次侧模块应设置保温材料，保温材料应符合允许工作温度条件下不凝露；
- g) 一次侧模块宜设置过滤器，过滤器孔隙不宜大于 200 μm；
- h) 二次侧模块应设置过滤器，过滤器孔隙不宜大于 50 μm；
- i) CDU 一次侧模块或二次侧模块管路上翻部分高处应设置自动排气阀；
- j) 应设置膨胀罐和泄压阀；
- k) 机柜式 CDU 内部应设置系统补液泵，储液箱，储液箱应具有视液管、液位传感器和溢流排液口，宜设置储液箱补液泵；
- l) 机架式 CDU 可不设置补液泵、储液箱，由外置补液工装实现补液；
- m) CDU 宜设置泵保护旁通回流回路；
- n) 二次侧模块应设置安全阀，安全阀开启压力应按不大于工作压力的 1.15 倍选取；
- o) CDU 采用变频驱动方式或直流调压驱动方式等调速方式；
- p) 液液式CDU一次侧阀权度不应低于0.25。

## 6.2 接口

CDU接口符合下列要求：

- a) 一次侧、二次侧接口连接形式和要求应符合表 1 的规定。

表 1 接口连接形式和要求

| 接口管径    | 最大工作压力 (MPa) | 推荐接口形式 |
|---------|--------------|--------|
| DN65 以下 | $\leq 1.6$   | 卫生级卡箍  |
| DN65 以上 | $\leq 1.6$   | 法兰     |
|         | $\leq 1$     | 卫生级卡箍  |

- b) CDU 二次侧模块应设置取液口；  
c) 漏液收集盘排液口、溢流排液口应具备接入数据中心废液管的接口。

## 6.3 人机安全

CDU人机安全符合下列要求：

- a) CDU 外壳应预留接地端子；  
b) CDU 机壳和用电部件应接地，接地电阻应小于  $1 \Omega$ ；  
c) 接线端子不应有金属裸露；  
d) 可接触的旋转部件，应设置防护罩，间隙不大于  $4 \text{ mm}$ 。

## 6.4 功能

CDU具备下列功能要求：

- a) 应具备人机交互功能，人机交互界面内容应清晰，交互流畅；  
b) 应具备供液温度自动控制功能；  
c) 应具备供液压差、流量自动控制功能；  
d) 应具备漏水监测功能，以针对 CDU 内部漏水告警；  
e) 应具备二次侧防凝露功能，识别凝露风险，自动调高二次侧冷却环路供液温度；  
f) 应具备群组联机功能，并支持冷备、热备模式运行；  
g) 应具备可屏蔽的断电自启功能，设备断电后再次上电，运行数据不丢失，并可自主恢复至原状态；  
h) 使用泵和备用泵应具备定时切换功能，轮换中应保持系统压力及流量稳定；  
i) 应支持双路供电，并具备调整主供电回路功能；  
j) 应具备定压补液功能、二次侧冷却环路压力低于设定压力，可自动补充溶液至环路；  
k) 应具备短路保护，过载保护，接地保护和缺相保护功能，安装位置位于室外的 CDU 应具备防雷保护能力；  
l) 应具备告警功能，告警宜区分故障、风险、提示三级，宜具备历史告警记录功能；  
m) 应具备 Modbus 协议读取运行数据功能，数据包含但不限于设备运行状态、历史告警记录、一次侧供液温度，一次侧供回液压差，一次侧阀门开度，二次侧供液温度，二次侧供回液压差，二次侧供液流量，二次侧供液压力，机房温度、湿度，储水箱液位，水泵反馈频率，调节阀开度、一次侧过滤器压差，一次侧流量，一次侧回液温度，二次侧过滤器压差，二次侧系统压力，

二次侧回液温度，变频器温度，水泵运行电流，水泵功耗、冷却工质电导率等；

n) 宜设置溶液监测功能，监测内容至少包含二次侧冷却工质电导率。

## 6.5 性能

### 6.5.1 密封性

CDU的密封性符合下列要求：

- a) 机柜式CDU和冷站式CDU的设计压力应不低于1 MPa，机架式CDU的设计压力应不低于0.7 MPa；
- b) CDU在1倍（不含1倍）~1.5倍（不含1.5倍）工作压力下应无液体泄漏，无变形；
- c) CDU在1.5倍工作压力下应无液体泄漏。

### 6.5.2 热性能

CDU应基于使用方工况进行热性能标定；当使用方工况不指定时，分别按照表2和表3对风液式换热CDU和液液式换热CDU进行热性能标定。

表2 风液式换热 CDU 热性能标定条件

| 一次侧冷却环工况   |           |           | 二次侧冷却环工况  |           |      |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| 大气压<br>kPa | 试验温度<br>℃ | 相对湿度<br>% | 供液温度<br>℃ | 回液温度<br>℃ | 冷却工质 |
| 101.325    | 25        | 50        | 40        | 50        | 去离子水 |

表3 液液式换热 CDU 热性能标定条件

| 一次侧冷却环工况  |      | 二次侧冷却环工况  |           |      |
|-----------|------|-----------|-----------|------|
| 供液温度<br>℃ | 冷却工质 | 供液温度<br>℃ | 回液温度<br>℃ | 冷却工质 |
| 35        | 去离子水 | 40        | 50        | 去离子水 |

### 6.5.3 流通阻力

液液式换热CDU应基于使用方工况，对一次侧冷却环路中冷却工质流经CDU的部分进行流通阻力标定；当使用方工况不指定时，按照表4进行流通阻力标定。

表4 CDU 流通阻力标定条件

| 供液温度<br>℃ | 二次侧冷却工质 |
|-----------|---------|
| 40        | 去离子水    |

### 6.5.4 泵送能力

CDU的泵送能力符合下列要求：

- a) CDU 额定泵送流量应不大于水泵许用曲线末端流量的 90 %；

- b) CDU 应基于使用方工况进行冷却工质泵送能力标定；当使用方工况不指定时，按照表 5 进行泵送能力标定。

表 5 CDU 泵送能力标定条件

|           |         |
|-----------|---------|
| 供液温度<br>℃ | 二次侧冷却工质 |
| 40        | 去离子水    |

## 6.6 可靠性

可靠性符合下列要求：

- a) 机架式 CDU 整体寿命不应低于 10 年；  
b) 机柜式 CDU 和冷站式 CDU 整机寿命不应低于 10 年。

## 6.7 环境适应性

### 6.7.1 气候环境适应性

气候环境适应性应符合表6的规定。

表 6 气候环境适应性

| 气候环境 |    | 参数             |
|------|----|----------------|
| 温度   | 工作 | 5 ℃~45 ℃       |
|      | 贮存 | -40 ℃~75 ℃     |
| 相对湿度 | 工作 | 10%~90% (无冷凝)  |
|      | 贮存 | 10%~93% (无冷凝)  |
| 大气压  |    | 86 kPa~106 kPa |

### 6.7.2 机械环境适应性

CDU的机械环境适应性应符合下列要求：

- a) 机架式 CDU 振动适应性应符合表 7 规定：

表 7 振动适应性要求

| 振动类型 | 频率                | PSD                     | 初始激励加速度   | 持续时间   | 振动方向    |
|------|-------------------|-------------------------|-----------|--------|---------|
| 随机振动 | 5 Hz              | 0.01 g <sup>2</sup> /Hz | 3.13 grms | 10 min | X、Y、Z方向 |
|      | 20 Hz             | 0.02 g <sup>2</sup> /Hz |           |        |         |
|      | 20 Hz ~<br>500 Hz | 0.02 g <sup>2</sup> /Hz |           |        |         |

- b) CDU 包装条件下应符合 200 mm 底面跌落设备防护要求。

## 6.8 电磁兼容性

CDU的电磁兼容性应符合下列要求：

- a) 抗扰度符合 GB/T 17799.1 的规定;
- b) 无线电骚扰符合 GB/T 17799.3 的规定;
- c) 输入电流小于等于 16A 的产品, 谐波电流符合 GB 17625.1 中 A 类设备的规定;
- d) 输入电流大于 16A 的产品, 谐波电流符合 GB/T 17625.8 中的规定。

## 6.9 噪声要求

液液式换热 CDU 在额定工作状态下, 其声压级平均值应不大于 65 dBA。

## 7 试验方法

### 7.1 试验环境

除另有规定外, 试验均在下列测试用标准大气条件下进行:

- 温度: 15 °C~35 °C;
- 相对湿度: 25 %~75 %;
- 大气压: 86 kPa~106 kPa。

### 7.2 一般性检查

#### 7.2.1 尺寸和结构检查

CDU 尺寸和结构的检查按照下列步骤进行:

- a) 通过米尺测量机架式 CDU 的高度, 与液冷机柜进行适配, 检查管路, 装入和抽出 CDU, 检查是否符合 6.1.1 a) 的要求;
- b) 通过米尺测量机柜式 CDU 尺寸, 进行入列适配, 检查是否符合 6.1.1 b) 的要求;
- c) 冷站式 CDU 进行运输、场地内搬运和吊装评估, 检查是否符合 6.1.1 c) 的要求。

#### 7.2.2 可维护检查

CDU 维护的检查按照下列步骤进行:

- a) 对 CDU 使用中需操作阀件进行操作测试, 检查是否符合 6.1.2 a) 的要求;
- b) 对机柜式 CDU 接口进行管道接入测试, 检查是否符合 6.1.2 b) 的要求;
- c) 通过目视检查 CDU 分支出口, 检查是否符合 6.1.2 c) 的要求;
- d) 对机柜式 CDU 和冷站式 CDU 的过滤器在线维护测试, 检查是否符合 6.1.2 d) 的要求。

#### 7.2.3 材料选用检查

##### 7.2.3.1 相容性试验

对与冷却工质接触的 CDU 模块或部件进行相容性试验。

取尺寸不小于 150 mm×100 mm 的试验样品进行试验, 试验样品具有可替代性, 即其表面处理与实际 CDU 模块或部件表面处理一致, 对于小于试验样品尺寸的 CDU 部件或零件可直接进行试验。

将试样浸泡在试验冷却工质中,通过检查试样在浸泡前、后性能的变化判断试样材质与试验液体的相容性,塑料材质的试验方法按照GB/T 11547进行,橡胶材质的试验方法按照GB/T 1690进行;检查试验结果是否符合6.1.3 a)的要求。

### 7.2.3.2 霉菌试验

取尺寸不小于150 mm×100 mm的试验样品进行试验,试验样品具有可替代性,即其表面处理与实际CDU模块或部件表面处理一致,对于小于试验样品尺寸的CDU部件或零件可直接进行试验。

霉菌试验按照GB/T 2423.16进行,试验霉菌为GB/T 2423.16中规定的试验菌种的混合悬浮液,试验周期为28 d;试验后检查试验结果是否符合6.1.3 b)的要求。

### 7.2.3.3 隔热材料性能检查

隔热材料性能由供应商提供标准符合性材料。

### 7.2.4 密封方式检查

通过目视法检查 CDU 的密封方式,检查是否符合 6.1.4 的要求。

### 7.2.5 部件检查

#### 7.2.5.1 部件选用检查

CDU部件的检查按照下列步骤进行:

- a) 核对由供应商提供的调节阀部件产品资料,检查各参数是否包含并符合 6.1.5.1 a) 的要求;
- b) 核对由供应商提供的换热风扇产品资料,检查调节范围参数是否符合 6.1.5.1 b) 的要求;
- c) 核对由供应商提供的换热器产品资料,换热量裕值与需求换热量的比是否符合 6.1.5.1 c) 要求;
- d) 核对由供应商提供的循环泵产品资料,检查循环泵的使用寿命是否符合 6.1.5.1 d) 的要求。

#### 7.2.5.2 部件设置检查

CDU部件设置的检查按照下列步骤进行:

- a) 通过目视法检查风液式换热 CDU 的风扇数量是否符合 6.1.5.2 a) 的要求;
- b) 通过目视法检查二次侧模块的循环泵数量是否符合 6.1.5.2 b) 的要求;
- c) 通过目视法检查二次侧模块止回阀是否符合 6.1.5.2 c) 的要求;
- d) 通过目视法检查循环泵驱动系统是否符合 6.1.5.2 d) 的要求;
- e) 通过目视法检查 CDU 内部换热器设置是否符合 6.1.5.2 e) 的要求;
- f) 通过目视法检查液液式 CDU 一次侧保温材料设置是否符合 6.1.5.2 f) 的要求;
- g) 通过对比法,将一次侧滤网和 200  $\mu\text{m}$  标准滤网对比,检查是否符合 6.1.5.2 g) 的要求;
- h) 通过对比法,将二次侧滤网和 50  $\mu\text{m}$  标准滤网对比,检查是否符合 6.1.5.2 h) 的要求;
- i) 通过目视法检查管路上翻部分自动排气阀设置是否符合 6.1.5.2 i) 的要求;
- j) 通过目视法检查膨胀罐设置是否符合 6.1.5.2 j) 的要求;

- k) 通过目视法检查机柜式 CDU 内部部件设置是否符合 6.1.5.2 k) 的要求;
- l) 通过目视法检查机架式 CDU 补液工装设置是否符合 6.1.5.2 l) 的要求;
- m) 通过目视法检查 CDU 泵保护旁通回流回路的设置是否符合 6.1.5.2 m) 的要求;
- n) 通过目视法检查二次侧模块安全阀设置, 检查安全阀选型参数是否符合 6.1.5.2 n) 的要求;
- o) 通过目视法检查 CDU 水泵驱动方式, 调速方式是否符合 6.1.5.2 o) 的要求; 。
- p) 计算液液式 CDU 一次侧阀权度是否符合 6.1.5.2 p) 的要求; 其中阀权度按如下方式计算:

$$H = \frac{\Delta p}{\Delta p + \Delta p_s} \dots \dots \dots (1)$$

式中:

- H—阀权度;
- $\Delta p$ —阀门全开时压降, 单位为千帕 (kPa);
- $\Delta p_s$ —阀门全开时机组系统压降, 单位为千帕 (kPa) 。

### 7.3 接口检查

CDU接口检查按照下列步骤进行:

- a) 通过目视法检查一次侧、二次侧接口的连接形式, 并查看是否符合 6.2 a) 的要求;
- b) 通过目视法检查取液口的设置是否符合 6.2 b) 的要求;
- c) 通过目视法检查漏液收集盘排液口和溢流排液口是否具有接入数据中心废液管的接口。

### 7.4 人机安全检查

CDU接地检查按照下列步骤进行:

- a) 通过目视法检查 CDU 是否具有接地端子;
- b) 通过安规测试仪测量 CDU 的接地电阻值, 检查电阻值是否符合 6.3b) 的要求;
- c) 通过目视法检查接线端子是否符合 6.3 c) 的要求;
- d) 通过目视法检查 CDU 旋转部件, 是否具备防护罩, 并用尺子测量防护罩孔隙是否符合 6.3 d) 的要求。

### 7.5 功能检查

CDU功能检查按照下列步骤进行:

- a) 在人机交互界面进行操作, 查看界面呈现的内容是否符合 6.4 a) 的要求;
- b) 在人机交互界面设置供液温度, 观察 CDU 是否能按设置温度调整供液温度;
- c) 在人机交互界面设置供液压差、供液流量, 观察 CDU 是否能按设置调整供液压差、供液温度;
- d) 模拟漏水, 观察 CDU 是否能触发漏水告警;
- e) 向 CDU 吹湿热蒸汽, 观察 CDU 是否能自动调高二次侧环路供液温度;
- f) 将 CDU 接入测试系统, 切换冷备、热备模式, 检查 CDU 是否能正常运行;
- g) 人机交互界面开启断电自启功能, 设备断电后再次上电, 检查 CDU 是否能自主恢复至原状态, 运行数据是否丢失; 人机交互界面关闭断电自启功能, 设备断电后再次上电, 检查 CDU 能否启动, 运行数据是否丢失;
- h) 人机交互界面设置水泵切换时间, 观察水泵是否能完成轮切;
- i) 断开任意一路供电, 检查 CDU 是否运行中断;

- j) 排出二次侧冷却环路溶液,使其压力低于设定压力,检查 CDU 能否自动补充溶液至二次侧冷却环路;
- k) 接入断路模拟 CDU 内部短路,闭合断路器,检查 CDU 是否动作保护;管路短接,模拟 CDU 水泵过载运行,检查 CDU 是否告警并保护;模拟 CDU 输入缺相,检查 CDU 是否告警并保护;检查安装于室外的 CDU 是否具备防浪涌保护器;
- l) 通过模拟故障检查告警功能,模拟类型包含所有告警,读取发生的告警,检查是否符合 6.4 l) 的要求;
- m) 模拟故障发生,检查 CDU 是否能触发告警,是否具有故障分级,是否能查看历史告警记录;
- n) 通过 CDU 通信接口,读取数据,查看所读取数据是否符合 6.4 n) 的要求;
- o) 检查是否能在人机交互界面查看到冷却工质电导率数据,并检查是否能通过 CDU 通信接口读取。

## 7.6 性能试验

### 7.6.1 密封性试验

CDU密封试验按照下列步骤进行。

a) CDU 密封试验按下列步骤任意一条执行:

- 1) 使用水压试压设备,使 CDU 内部压力达到工作压力要求,保持 6 h,试验过程中 CDU 各接口处无可见漏液,压力数值变化为 $\pm 10\%$ 。
- 2) 使用气压试压设备,使 CDU 内部压力达到工作压力要求,皂泡法或氮氢法或卤素法检查 CDU 内各接口无漏气,保持 6 h,压力数值变化为 $\pm 3\%$ 。

b) CDU 耐压试验按下列步骤执行:

- 1) 使用水压试压设备,分别按 1.1、1.2、1.3、1.4 倍设定保压压力,每个点保压 15 min,检验 CDU 是否符合 6.5.1 b) 中的要求。
- 2) 使用水压试压设备,使 CDU 内部压力为工作压力 1.5 倍工作压力,保压时间不低于 15 s,检验 CDU 是否符合 6.5.1 c) 中的要求。

### 7.6.2 热性能试验

CDU热性能试验按照下列步骤进行。

a) 试验准备:

- 1) 准备 CDU 热性能试验装置一套,包含一次侧装置和二次侧装置;一次侧装置包含循环水泵、冷源、流量计、控制阀、压力传感器、温度传感器和连接管路等;二次侧装置包含流量计、控制阀、压力传感器、温度传感器、试验假负载和连接管路等;
- 2) 冷源额定制冷能力不小于受试部件换热量的 1.5 倍,并具有冷量 10%~100%平稳调节能力,供液温度波动小于 1℃,流量波动不小于 3%;
- 3) 试验假负载额定产热能力不小于受试部件换热量的 1.5 倍,并具有热功率检测能力,精度不小于 1%。

b) 试验装置搭建:

按图 2 搭建 CDU 热性能试验装置。

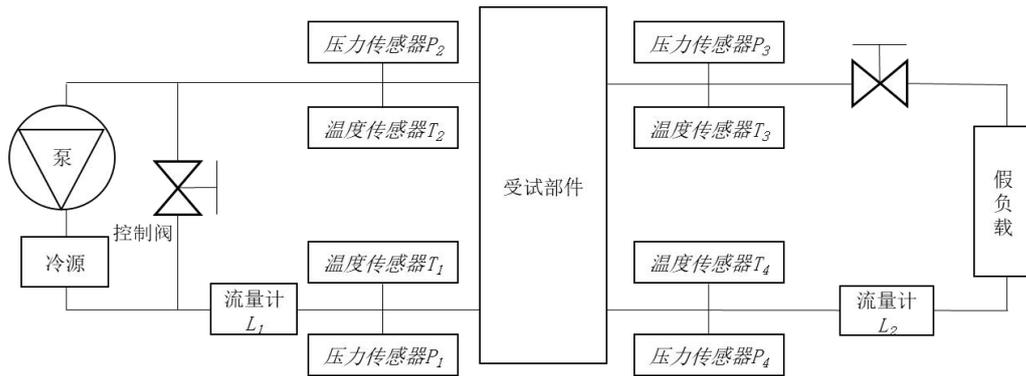


图 2 热性能试验装置搭建示意

c) 试验步骤:

- 1) 将 CDU 连接到换热性能试验装置;
- 2) 启动换热性能试验装置, 设置一次侧供水温度与供水流量;
- 3) 启动 CDU, 设置 CDU 的供水流量;
- 4) 分段加载试验假负载热量, 直到试验假负载产热量达到试验要求;
- 5) 保持试验假负载热量, 等待装置运行稳定;
- 6) 稳定运行后 10 min, 每 30 s 按表 8 记录数据。

表 8 热性能试验记录

| 序号  | 一次侧   | 一次侧   | 一次侧   | 二次侧   | 二次侧   | 二次    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 供水温度  | 回水温度  | 流量    | 供水温度  | 回水温度  | 侧流量   |
|     | °C    | °C    | L/min | °C    | °C    | L/min |
| 1   | $T_1$ | $T_2$ | $L_1$ | $T_4$ | $T_3$ | $L_2$ |
| 2   |       |       |       |       |       |       |
| ... |       |       |       |       |       |       |
| 39  |       |       |       |       |       |       |
| 40  |       |       |       |       |       |       |

d) 标定结果

检测温度  $T_1$  是否小于标定条件中二次侧冷却环路工况供液温度, 判定换热能力是否达标。

7.6.3 流通阻力试验

CDU 流通阻力按照下列步骤进行。

a) 试验准备:

准备流通阻力试验装置一套, 包含循环水泵、流量计、控制阀、压力传感器、温度传感器和连接管路等, 循环泵的额定流量值不小于试验流量的 1.5 倍, 循环泵可调速控制。

b) 试验装置搭建:

按图 3 搭建试验系统, 流量计前后直管段长度符合流量计安装要求, 距离受试产品供回液口的直径不大于接口管直径的 5 倍,  $P_1$  和  $P_2$  为两个取压点压力值, 两个取压点高度一致。

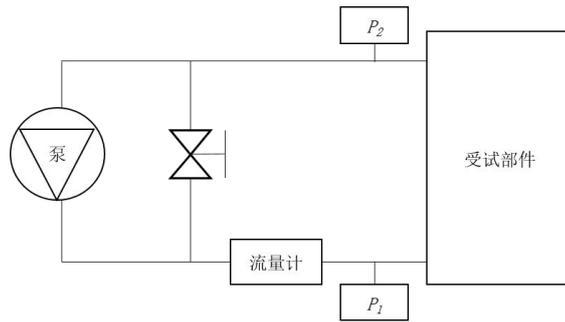


图3 流通阻力试验装置搭建示意

## c) 试验步骤:

- 1) 将受试部件接入试验平台，将阀门开至最大开度状态；
- 2) 启动流通阻力试验装置，并按照试验需求调节流通阻力试验装置冷却工质流量  $q$ ，待测试结果稳定后，记录受试部件进出口的压力值  $P_1$  和  $P_2$ ；
- 3) 按照试验需求调节流通阻力试验装置冷却工质流量  $q$ ，分别记录不同流量工况下受试部件进出口的压力值。

## d) 标定结果:

依据测试结果，依据式（2）计算受试部件在一定的供液流量范围内的流阻值，图4给出了流通阻力曲线示意。

$$\Delta P = P_1 - P_2 \dots \dots \dots (2)$$

式中:

- $\Delta P$ ——流经受试部件的流阻值，单位为千帕（kPa）；  
 $P_1$ ——受试部件进口压力值，单位为千帕（kPa）；  
 $P_2$ ——受试部件出口压力值，单位为千帕（kPa）。

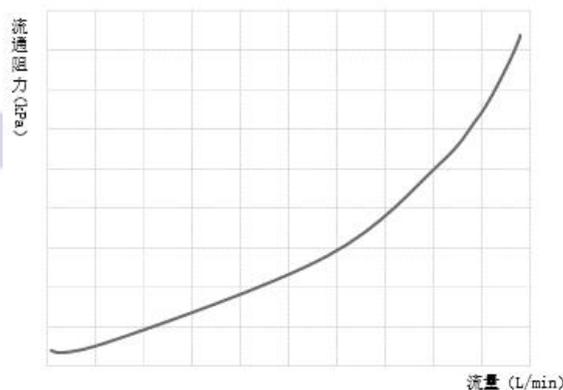


图4 流通阻力曲线示意

## 7.6.4 CDU 冷却工质泵送能力试验

CDU冷却工质泵送能力试验按照下列步骤进行。

## a) 试验准备:

- 1) 准备泵送能力试验装置一套，包含流量计、控制阀、压力传感器、温度传感器、试验假负载和连接管路等；
- 2) 试验假负载额定产热能力不小于受试部件换热量的1.5倍，并具有热功率检测能力，精度

不小于 1 %。

b) 试验装置搭建:

按图 5 搭建试验装置, 流量计前后直管段长度符合流量计安装要求, 距离受试部件供回液口的直径不大于接口管直径的 5 倍,  $P_1$  和  $P_2$  为两个取压点压力值, 两个取压点高度一致。

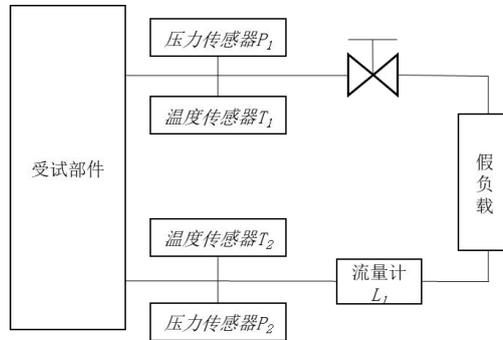


图 5 工质泵送能力试验装置搭建示意

c) 试验步骤:

- 1) 将 CDU 连接到泵送能力试验装置;
- 2) 启动泵送能力试验装置热负载, 将 CDU 水泵转速调至最大工作频率;
- 3) 等待冷却工质温度升至指定温度, 调节热负载, 保持冷却工质温度恒定;
- 4) 调节调节阀, 改变测试管路阻力至 CDU 流量至最大许用流量, 记录流量值  $q$ , 压力值  $P_1$  和  $P_2$ , 并计算压差值  $\Delta P$ ;
- 5) 逐步调整调节阀,  $\Delta P$  按每次增加 10 kPa, 记录二次侧流量值;
- 6) 逐渐调节阀门至关闭, 流量为 0;
- 7) 将二次侧水泵转速调至最小工作频率;
- 8) 调节调节阀, 改变测试管道水阻力至压差传感器为 30 kPa, 记录流量  $q$ ;
- 9) 关小调节阀,  $\Delta P$  差值按每次增加 10 kPa, 记录二次侧流量值;
- 10) 逐渐调节阀门至关闭, 流量为 0。

d) 试验结果:

依据测试结果, 依据式 (3) 计算受试部件在一定的供液流量范围内的压差值, 图 6 给出了工质泵送能力曲线示意。

$$\Delta P = P_1 - P_2 \dots \dots \dots (3)$$

式中:

$\Delta P$ ——流经受试部件的流阻值, 单位为千帕 (kPa);

$P_1$ ——受试部件进口压力值, 单位为千帕 (kPa);

$P_2$ ——受试部件出口压力值, 单位为千帕 (kPa)。

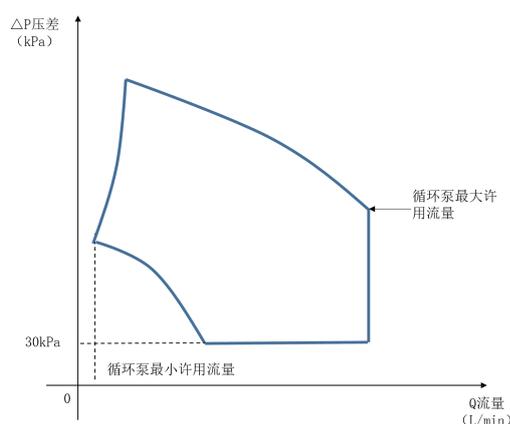


图6 冷却工质泵送能力曲线示意

## 7.7 可靠性评估

CDU 可靠性评估按照 GB/T 37079 进行。

## 7.8 环境适应性试验

### 7.8.1 气候环境适应性试验

#### 7.8.1.1 温度下限试验

在测试用标准大气条件下，将 CDU 二次侧短接，开机运行，并处于 5℃ 的低温环境内，运行 5 h。试验后检查 CDU 各功能是否运行正常，是否发生告警；

将 CDU（不含冷却工质）放进 -40℃ 的低温环境内持续 72 h。在恒定温度暴露结束后，将试验环境的空气温度调节至室温，直至试件温度恢复至室温，检查 CDU 各功能是否正常，是否有泄漏。

#### 7.8.1.2 温度上限试验

在测试用标准大气条件下，将 CDU 二次侧短接，开机运行，处于 45℃ 的高温环境内，运行 5 h。试验后检查 CDU 各功能是否运行正常，是否发生告警；

对于贮存温度上限试验，将 CDU（不含冷却工质）放进 75℃ 的高温环境内持续 72 h。在恒定温度暴露结束后，将试验环境的空气温度调节至室温，检查 CDU 各功能是否正常。

### 7.8.2 机械环境适应性试验

#### 7.8.2.1 振动试验

将机架式 CDU 放置在在振动试验机的测试平台上，按照表 7 要求在 X、Y、Z 三轴上分别设置总均方根加速度为 3.13 grms，测试 10 min。振动试验完成后，检查 CDU 各功能是否正常，是否发生泄露。

#### 7.8.2.2 跌落试验

对CDU进行初始检测，将CDU处于准备运输状态，按GB/T 4857.2的规定进行预处理4 h。

将CDU按GB/T 4857.5的要求和6.7.2b)的规定值进行跌落，跌落要求为底面一次。试验后按产品标准的规定检查包装件的损坏情况，检查CDU各功能是否正常，是否发生泄露。

## 7.9 电磁兼容性试验

CDU的电磁兼容性按照下列步骤进行：

- a) 抗扰度按 GB/T 17799.1 的规定进行；
- b) 无线电骚扰按 GB/Z 17625.14 的规定进行；
- c) 输入电流小于或等于 16A 的产品，谐波电流应符合 GB 17625.1 中的规定进行；
- d) 输入电流大于 16A 的产品，谐波电流应符合 GB/T 17625.8 中的规定进行。

## 7.10 噪声试验

在测量点距离CDU水平1.5 m、高度1.5 m的条件下按照GB/T 17248.2进行。

## 8 质量评定程序

### 8.1 一般规定

CDU产品在设计中应按照本标准要求对部件选型和整机设计进行评估。

产品在设计定型、生产定型时和生产过程中应按本部分和产品标准的规定检验。

### 8.2 检验分类

本文件规定的检验分为定型检验和质量一致性检验。

检验项目应符合表7的规定。产品标准中有检验项目时，应插入至表7的相应位置。

表 7 检验项目

| 检验项目  | 技术要求<br>章条号 | 试验方法<br>章条号 | 设计评估 | 定型检验 | 质量一致性检验 |      |
|-------|-------------|-------------|------|------|---------|------|
|       |             |             |      |      | 出厂检验    | 抽样检验 |
| 尺寸和结构 | 6.1.1       | 7.2.1       | ○    | ○    | —       | ○    |
| 运维    | 6.1.2       | 7.2.2       | ○    | ○    | —       | —    |
| 材质    | 6.1.3       | 7.2.3       | ○    | ○    | —       | ○    |
| 密封方式  | 6.1.4       | 7.2.4       | ○    | ○    | —       | ○    |
| 部件    | 6.1.5       | 7.2.5       | ○    | ○    | —       | ○    |
| 接口    | 6.2         | 7.3         | ○    | ○    | —       | ○    |
| 人机安全  | 6.3         | 7.4         | ○    | ○    | ○       | ○    |
| 功能    | 6.4         | 7.5         | ○    | ○    | ○       | ○    |
| 性能    | 6.5         | 7.6         | ○    | ○    | #       | ○    |
| 可靠性   | 6.6         | 7.7         | ○    | ○    | —       | ○    |
| 环境适应性 | 6.7         | 7.8         | ○    | ○    | —       | ○    |

|       |     |      |   |   |   |   |
|-------|-----|------|---|---|---|---|
| 电磁兼容性 | 6.8 | 7.9  | ○ | ○ | — | ○ |
| 噪声    | 6.9 | 7.10 | ○ | ○ | — | ○ |

注：“○”表示检验项目，“—”表示不检验项目，“#”表示可选检验项目。

### 8.3 定型检验

8.3.1 产品在定型时应通过定型检验。

8.3.2 定型检验由产品制造单位的质量检验部门或由产品制造单位指定的通过由产品制造单位主管部门认可的检测机构进行。

8.3.3 定型检验中检验项目的样品数量为2件。

8.3.4 定型检验中的各试验项目故障的判定和计入方法见附录B。试验中出现故障或某项通不过时，应停止试验，查明故障原因，提出故障分析报告，重新进行该项试验。若在以后的试验中再次出现故障或某项通不过时，在查明故障原因，排除故障，提出故障分析报告后，应重新进行定型检验。

8.3.5 检验后要提交定型检验报告。

### 8.4 质量一致性检验

#### 8.4.1 出厂检验

CDU出厂前应逐台进行检验，检验项目和试验方法应符合表7的规定。

#### 8.4.2 抽样检验

抽样检验应符合下列规定：

- a) 必要时设备进行抽样检验，从出厂检验合格的产品中抽样，检验项目和试验方法符合表7的规定；
- b) 抽样方法按 GB/T 2828.1 执行。逐批检验的抽检项目、批量、抽样方案、检查水平及合格质量水平等由制造厂质量检验部门确定。

## 9 标志、包装、运输、贮存

### 9.1 标志

9.1.1 每台产品明显部位应有耐久性铭牌，铭牌应包括下列内容：

- 产品名称和型号；
- 制造商名称；
- 主要技术参数，包括额定电压、相数、频率、额定换热量、额定流量、额定水力输出、额定功率、最大电流、CDU最大工作压力、重量；
- 出厂编号；
- 制造日期。

9.1.2 产品上应有标明运行状态的控制开关、水泵和旋钮等旋动方向标志，并在适当位置附上电路图。

9.1.3 阀门应标明常开或常闭状态，管道主要进出口应有明显的名称和介质流向标识。

9.1.4 包装标志、包装箱标志应包括下列内容：

- 产品名称、规格型号，CDU规格标识宜符合附录A的要求；
- 制造厂名称；
- 质量（毛重、净重）；
- 外形尺寸：（长×宽×高）cm；
- “小心轻放”、“不可倒置”、“防潮”和“堆放层数”等储运注意事项，标志应符合GB/T 6388和GB/T 191的规定。

9.2 包装

9.2.1 产品包装前应进行清洁处理，管道内应进行烘干并充注干燥氮气，压力宜为0.01MPa~0.03MPa。

9.2.2 产品应外套塑料袋或防潮纸并固定在箱内。

9.2.3 每台产品应随附下列技术文件：

- a) 产品合格证；
- b) 产品说明书；
- c) 装箱清单。

9.3 运输

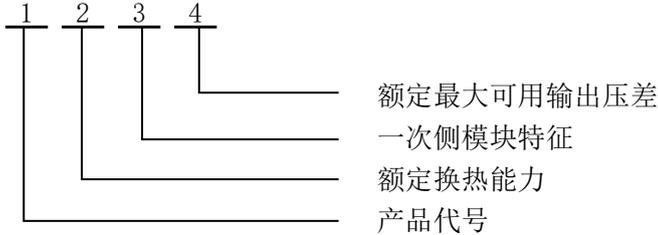
产品运输过程中不应碰撞、倾斜、雨雪淋袭。

9.4 贮存

产品应贮存在干燥通风良好的仓库中，贮存温度应符合表6的规定。

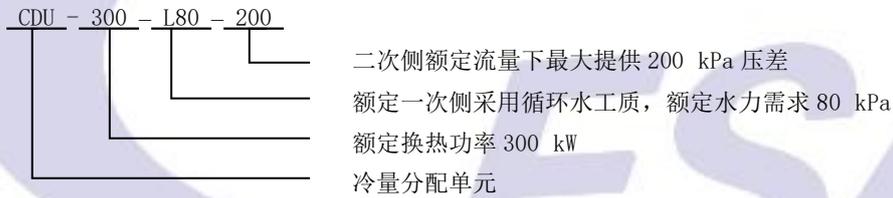
附录 A  
(资料性)  
CDU 规格标识

CDU按测试结果标识规格；CDU规格由下列部分组成：

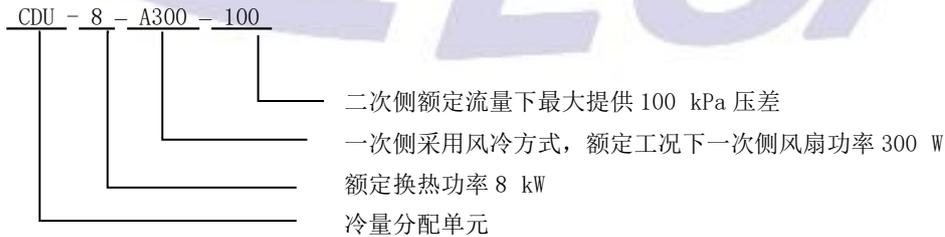


- 产品代号：默认为CDU；（分项编号）
- 额定换热能力：性能测试的产品额定换热能力，额定换热能力应按满足换热器裕量要求前提下，向下圆整；
- 一次侧模块特征：冷侧系统冷却方式和需求特征，由2个号段组成，第一号段为字母，表示一次侧系统采用的冷却方式，A代表一次侧冷源采用风冷方式，L代表循环水冷却方式；第二号段为数字，采用风冷方式时，数字表示风扇功率需求，单位为W，采用液冷方案时，表示一次侧额定水力需求，单位为kPa；
- 额定最大可用输出压差：额定工况下二次侧最大输出压差，单位为kPa。

示例1：



示例2：



**附 录 B**  
**(规范性)**  
**故障的分类与判据**

**B.1 故障定义和解释**

按GB/T 5271.14规定的故障定义，出现以下情况之任何一种均解释为故障：

- a) 试验样品在规定条件下，出现了一个或几个性能参数不能保持在规定值的上下限之间；
- b) 试验样品在规定应力范围内工作时，出现了机械零件、结构件的损坏和卡死，或出现了元器件的失效或断裂，而使试验样品不能完成其规定的功能。

**B.2 故障分类**

故障类型分为关联性故障（简称：关联故障）和非关联性故障（简称：非关联故障）。

关联故障是试验样品预期会出现的故障，通常都是由产品本身条件引起的。它是在解释试验结果和计算可靠性特征值时应要计入的故障。

非关联故障则是试验样品出现非预期的故障，这类故障不是由试验样品本身条件引起的，而是由试验要求之外的条件引起的。非关联故障在解释试验结果和计算可靠性特征值时不计入，但在试验中做记录，以便于分析和判断。

**B.3 关联故障判据**

关联故障判据如下：

- a) 应经更换元器件、零部件才能排除的故障；
- b) 损耗件（如电池等）在其寿命周期内发生的故障；
- c) 需要对接插件、电缆进行修整，以消除短路和接触不良，方可排除的故障；
- d) 在试验过程中需要重新烧写固件才能排除的故障；
- e) 出现造成测试和维护使用人员的不安全或危险或造成试验样品和设备严重损坏而必须立即中止试验的故障。一旦出现此类故障，应立即做出拒收判定；
- f) 程序的偶然停运或运行失常，但无需做任何维修和调整，再经启动就能恢复正常。这种偶然的跳动故障，凡积累达三次者（指同一试验样品），计为一次关联故障，不足三次者均做非关联故障处理；
- g) 不是同一因素引起而同时发生两个以上的关联故障，则应如数计入。如果是同一因素引起的，则只计一次；
- h) 承担试验的检验单位，根据故障情况和分析结果，有资格认定某种故障为关联故障。

**B.4 非关联故障判据**

非关联故障判据如下：

- a) 从属性故障

由于试验样品中某一元器件、零部件失效或出现设备故障而直接引起试验样品另一相关元器件或零部件的失效而造成的，或者由于试验条件已经超出规定的范围（如突然断电、电网电压的频率的变化、温湿度变化、严重的机械环境和干扰等）而造成的故障。

b) 误用性故障

由于操作人员的过失而造成的故障，如安装不当，施加了超过规定的应力条件，或者按产品标准的规定允许调整的部件没有得到正确的调节而造成的故障。

c) 诱发性故障

在检修期间，因为维修人员的过失而造成的故障。

承担试验的检验单位，根据事故情况和分析结果，有资格认定某种故障为非关联故障。

