

ICS 35.180

CCS L 94

# 团体标准

T/DZJN xx—XXXX

## 液冷数据中心设计标准

Design standard for liquid cooling data centers

（征求意见稿）

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国电子节能技术协会 发布

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 ..... 2

5 液冷数据中心组成 ..... 3

6 液冷数据中心分类 ..... 3

    6.1 按照功率分类 ..... 3

    6.2 按照液冷占比分类 ..... 3

    6.3 按照供液温度分类 ..... 4

7 设计原则 ..... 4

8 建筑与结构 ..... 4

    8.1 建筑要求 ..... 4

    8.2 结构要求 ..... 5

9 制冷系统 ..... 5

    9.1 一次侧设计要求 ..... 5

    9.2 冷板式液冷二次侧设计要求 ..... 6

    9.3 浸没式液冷二次侧设计要求 ..... 7

10 电气系统 ..... 8

11 监测与控制系统 ..... 8

    11.1 一般规定 ..... 9

    11.2 一次侧系统监测与控制 ..... 9

    11.3 二次侧系统监测与控制 ..... 11

12 给排水系统 ..... 12

13 供暖与通风系统 ..... 13

    13.1 余热回收 ..... 13

    13.2 通风 ..... 13

14 布线系统 ..... 14

15 消防系统 ..... 14

16 环境与监测 ..... 14

附 录 A （资料性） 余热回收形式 ..... 15

## 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。

本文件由中国电子节能技术协会数据中心节能技术分会提出。

本文件由中国电子节能技术协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

## 引 言

随着云计算、大数据等技术的蓬勃发展，数据处理能力需求急剧增加，单机柜功率密度不断攀升。相较于风冷散热，液冷散热具有更好的解热能力，在通算中心、超算中心和智算中心中均具有广泛应用。由于冷板式液冷和浸没式液冷两种液冷散热技术商用基础较好，故本文件旨在对冷板式液冷系统和浸没式液冷系统的设计提供指导和依据，进而促进和加速冷板式和浸没式液冷技术的推广应用。

# 液冷数据中心设计标准

## 1 范围

本文件规定了单相液冷数据中心的设计要求。

本文件适用于单相冷板式液冷数据中心和浸没式液冷数据中心的新建、改建和扩建的设计。

## 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 18883 室内空气质量标准  
GB/T 29044 采暖空调系统水质  
GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范  
GB 50084 自动喷水灭火系统设计规范  
GB 50116 火灾自动报警系统设计规范  
GB 50174 数据中心设计规范  
GB 50189 公共建筑节能设计标准  
GB 50311 综合布线系统工程设计规范  
GB 50314 智能建筑设计标准  
GB 50348 安全防范工程技术标准  
GB 50370 气体灭火系统设计规范  
GB 50464 视频显示系统工程技术规范  
GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范  
GB 50898 细水雾灭火系统技术规范  
GB 51245 工业建筑节能设计统一标准  
GB 51251 建筑防烟排烟系统技术标准  
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 55036 消防设施通用规范  
GB 55037 建筑防火通用规范  
NB/T 47003.1 压力容器 第1部分：钢制焊接压力容器

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**液冷系统** liquid cooling system

由维持液冷过程持续稳定运行相关设备、部件、控制逻辑等组合而成的整体。

### 3.2

#### **液冷占比 liquid cooling proportion**

单位时间内液冷系统中通过冷却工质带走的热量与电子信息设备热负荷的比值，是衡量液冷系统功率在电子信息设备总功率中占比的重要参数。

注：液冷系统中通过冷却工质带走的热量简称液冷系统换热量。

### 3.3

#### **液冷数据中心 liquid cooling data center**

含有液冷系统且液冷占比超过10%的数据中心。

注：本标准中的液冷数据中心主要包含冷板式液冷数据中心和浸没式液冷数据中心。

### 3.4

#### **冷板式液冷数据中心 cold plate liquid cooling data center**

采用冷板以及采用冷板和风冷结合对电子信息设备进行散热的液冷数据中心。

### 3.5

#### **冷却工质 coolant**

液冷系统循环中实现热量交换的流体。

### 3.6

#### **浸没式液冷数据中心 immersion liquid cooling data center**

将电子信息设备的发热部件浸入冷却工质（3.5）实现散热的液冷数据中心。

### 3.7

#### **冷量分配单元 coolant distributed 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。

### 3.8

#### **分集水器 manifold**

#### **机柜冷却工质供回歧管 rack coolant manifold**

用于向机柜内各冷板组件分配冷却工质（3.5）的装置。

### 3.9

#### **二次侧冷却环路 secondary cooling loop**

通过冷却工质（3.5）循环将发热元件产生的热量导出的冷却环路。

注：本文件简称二次侧。

### 3.10

#### **一次侧冷却环路 primary cooling loop**

通过冷却工质（3.5）将二次侧冷却环路（3.9）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：本文件简称一次侧。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CDU 冷量分配单元 (Coolant Distributed Unit)

- PUE 电源使用效率 (Power Usage Effectiveness)
- UPS 不间断电源 (Uninterruptible Power Supply)
- WUE 水资源利用效率 (Water Usage Effectiveness)

5 液冷数据中心组成

液冷数据中心主要由建筑与结构体，制冷系统，电气系统，监测与控制系统，给排水系统，供暖与通风系统，布线系统，消防系统构成，各子系统描述如下：

- 建筑与结构体：主要由主机房及支持区等建筑场所、机柜及通道结构件等设备组成，是提供安放液冷数据中心内电子信息设备的物理载体；
- 制冷系统：主要由一次侧，二次侧和风冷辅助系统构成，用于电子信息设备及供配电等其他发热设备的散热；
- 电气系统：主要由配电柜、配电单元、母线等组成，用于液冷数据中心电力供应，保障电力的安全传输、分配与持续运行；
- 监测与控制系统：主要由动环监控设备、传感器等组成，用于液冷数据中心环境控制、运维管理等；
- 给排水系统：主要由管路及阀件组成，用于冷却工质流通；
- 供暖与通风系统：主要由热回收系统、通风系统构成，用于保障液冷数据中心稳定运行、提升能源效率，并实现余热回收利用；
- 布线系统：主要由线缆、桥架及液冷软管等组成，用于线缆管理梳理及布置；
- 消防系统：主要由消防气瓶、控制模块、消防管路等组成，用于液冷数据中心防火灭火。

6 液冷数据中心分类

6.1 按照功率分类

液冷数据中心根据机柜功率的不同，分为高密度、中密度和低密度液冷数据中心。不同密度的液冷数据中心对应的机柜功耗区间见表1。

表 1 液冷数据中心分类

| 液冷数据中心 | 机柜功率区间 (kW) |
|--------|-------------|
| 高密度    | 机柜功率>100    |
| 中密度    | 30<机柜功率≤100 |
| 低密度    | 10<机柜功率≤30  |

6.2 按照液冷占比分类

液冷占比是衡量液冷系统功率在电子信息设备总功率中占比的重要参数，液冷占比的计算见公式（1）：

$$\text{液冷占比} = \frac{P_{\text{liquid}}}{P_{\text{system}}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：  
P\_liquid——单位时间的液冷负荷，单位为瓦特（W）；  
P\_system——电子信息设备热负荷，单位为瓦特（W）。

按照数据中心液冷占比的不同进行分类见表2。

表 2 按照液冷占比的数据中心分类

| 液冷数据中心 | 液冷占比         |
|--------|--------------|
| 液冷主导型  | 液冷占比≥60%     |
| 风液均衡型  | 40%≤液冷占比<60% |
| 液冷辅助型  | 10%≤液冷占比<40% |

6.3 按照供液温度分类

按照数据中心二次侧供液温度的分类见表3。

表 3 按照供液温度的数据中心分类

| 液冷数据中心   | 二次侧供液温度         |
|----------|-----------------|
| 低温液冷数据中心 | 二次侧供液温度<32℃     |
| 中温液冷数据中心 | 32℃≤二次侧供液温度<40℃ |
| 高温液冷数据中心 | 二次侧供液温度≥40℃     |

7 设计原则

液冷数据中心应符合下列设计原则：

- a) 应根据电子信息设备采用的具体液冷散热方式确定冷却形式；
- b) 应根据实际应用场景确定数据中心的总负载、单机柜 IT 负载和机柜液冷负载或液冷占比；
- c) 应根据数据中心建设的地理位置、气候条件和二次侧的供液温度要求等因素确定一次侧的供液温度；
- d) 应根据液冷数据中心的可靠性要求确定液冷系统管路部署方式和设备冗余度。

8 建筑与结构

8.1 建筑要求

液冷数据中心的建筑要求除应符合GB 50174中第6章的规定外，同时符合下列要求：

- a) 液冷机房通道的宽度和门的尺寸应符合液冷设备和材料的运输、安装、维护需求；
- b) 液冷数据中心围护结构热工设计和节能措施应符合 GB 50189、GB 51245 和 GB 55015 的有关规定，当液冷数据中心设置于工业厂房内时，其节能设计仍需满足公共建筑节能要求；
- c) 液冷数据中心防水要求应符合 GB 55030 的有关规定，建筑防水类别应为甲类，建筑外墙及建筑屋面防水均应采用一级防水；
- d) 采用水基冷却工质的液冷机房在管路设计时应设置水电隔离及管路破损防溅装置；
- e) 机房内机柜布局应符合人员操作、运维检修等空间要求：主机房内设备搬运通道净宽不应小于 1.5m；
- f) CDU 在维修侧预留空间不应小于 1m；
- g) 液冷机柜布置宜采用“面对面、背靠背”的排列方式。“面对面”的两个液冷机柜的间距不宜小于 1.2m，同时符合运维移动机械类设备通过；“背靠背”的两个液冷机柜的间距应

符合人员检查和操作空间的尺寸，不宜小于 1.2m；机柜上方宜预留不小于 1.2m 的操作空间，以便满足电子信息设备上架或下架操作；

- h) 液冷机房当采用地板下铺设冷板液冷管路时，楼板可采用降板以符合管路铺设的要求；冷板液冷系统当采用地板下铺设二次侧管路时，地板的铺设高度不宜小于 600mm；单相浸没液冷系统当采用地板下铺设二次侧管路时，地板的铺设高度不宜小于 300mm；液冷管路应采用保温材料包覆。

## 8.2 结构要求

液冷数据中心结构符合下列要求：

- a) 液冷机柜装机密度增加，机房结构承重应符合工艺要求；同时根据不同的管线布设方案，考虑结构顶板吊挂荷载取值适当放大；
- b) 液冷数据中心主体结构宜采用大空间及大跨度柱网，以提高机房的机架安装利用率；
- c) 新建工程冷板式液冷主机房的楼板活荷载标准值不宜小于  $12\text{kN/m}^2$ ；浸没式液冷主机房的楼板活荷载标准值卧式不宜小于  $12\text{kN/m}^2$ ，立式不宜小于  $20\text{kN/m}^2$ ；
- d) 对于既有建筑改造项目，立式布置情况，针对次梁承载力计算时荷载取值可按 0.8 折减、主梁及竖向承重构件计算时荷载取值可按 0.75 折减；
- e) 冷源设备的楼板活荷载标准值不宜低于  $8\text{kN/m}^2$ ，楼板荷载应符合冷源设备的承重要求；
- f) 建筑层高应不低于 3m；
- g) 改建数据中心应根据工艺要求进行承重评估，应考虑液冷设备运输、安装荷重，以及符合液冷设备运行产生的振动影响；当改建数据中心不符合设备运行重量时，应对数据中心进行结构加固改造。

## 9 制冷系统

### 9.1 一次侧设计要求

#### 9.1.1 一般规定

液冷数据中心中液冷系统一次侧设计符合下列一般要求：

- a) 冷板式液冷系统设计应符合国家节能、环保的相关要求，并应根据算力规模、形态、设备散热量特点、所在地区气候条件等，通过技术经济比较确定具体制冷形式，同时应兼顾安全性、节能性、适用性和运维便利性；
- b) 液冷一次侧冷却系统应根据数据中心建设级别、建设规模和经济性等情况确定部署形式，对于分期建设的场景宜一次性建设一次侧冷却系统；
- c) 冷板式液冷数据中心的液冷负荷和风冷负荷应分别进行计算。其中液冷负荷的计算应根据服务器、存储设备及电源设备等采用冷板液冷技术散热的元器件功率进行计算；风冷负荷的计算除应按照 GB 50174 进行计算外，还应包含液冷系统向机房的散热负荷；
- d) 一次侧冷源应综合考虑液冷二次侧供液温度、项目所在地气象参数，项目规模、水资源条件、PUE 及 WUE 等因素确定，宜全年利用自然冷源；
- e) 在有防冻要求的地区，一次侧采用水基冷却工质时宜使用乙二醇水溶液或丙二醇水溶液；
- f) 液冷数据中心中风冷系统和水冷系统一次侧设计应符合 GB 50174 相关要求。

#### 9.1.2 设计要求

一次侧设计符合下列要求：

- a) 一次侧应采用机械冷源，自然冷源或机械与自然冷源混合制冷系统，其中自然冷源制冷系统宜采用冷却塔或干冷器等设备实现，宜提供 30℃ 以上的冷却水；  
注：机械制冷系统包括风冷冷冻水系统和水冷冷冻水系统。自然冷源制冷系统是在室外气象条件允许的情况下直接利用室外环境的冷量而不需要机械制冷的冷却过程。
- b) 一次侧冷源选择符合下列要求：
  - 1) 当选用冷却塔作为自然冷源时，宜采用闭式塔或开式塔+板换方案，不应直接使用开式冷却塔提供冷却水；
  - 2) 对于极端缺水地区、严寒地区以及WUE政策要求较高的地区，宜采用干冷器方案，为满足夏季冷却侧供水温度需求，宜在进风侧配置喷雾式直接蒸发冷却系统或湿膜式直接蒸发冷却系统；
  - 3) 对于无法全年使用自然冷源的液冷系统应配置机械补冷装置，机械补冷装置与室外散热装置通过管路及阀件等连接应采用并联形式；
  - 4) 液冷冷源和风冷冷源宜合并使用同一冷源，实现风、液制冷量的弹性可调；
  - 5) 液冷冷源设备选型应参考项目所在地极端不低于20年的室外空气计算参数。
- c) 液冷一次侧应设置物理或化学水处理设备；当项目建设规模较小时，宜采用空调系统专用并加有缓蚀剂、抑菌剂和抑泡剂等配方药剂的成品冷却工质；
- d) CDU 进水管道路应设置过滤器，过滤器精度宜不小于 80 目，并符合在线维护要求；若循环冷却水有防冻需求，应对管路采用与防冻液兼容的防腐措施；
- e) 项目建设规模较小或无新建制冷机房条件时，冷源宜采用预制集成冷源的形式；
- f) 液冷一次侧管路宜布置在地板下，并安装于冷通道区域；当条件受限时可吊顶安装；
- g) 液冷一次侧应设置定压、膨胀及脱气装置，系统管路的相对最高点应设置排气阀；
- h) 液冷一次侧室内管路部分宜布置漏液检测装置，监测位置应覆盖所有管路接头连接位置和管路本体；
- i) 液冷一次侧管路接口宜采用螺纹接口、法兰接口、快接头等形式；
- j) 冷水机组和冷却塔宜采用 N+X (X=1~N) 冗余设计；
- k) 应设置水质监测系统，当补水水质超标时，补水宜作相应的水质处理；
- l) 液冷一次侧各支路不平衡率不应高于 15%；
- m) 液冷一次侧应具有低负载运行措施，如系统旁通设计，水泵降频运行等；
- n) 液冷一次侧应设计为变流量，流量宜符合 15%~100%可调。

## 9.2 冷板式液冷系统二次侧设计要求

### 9.2.1 一般规定

二次侧设计符合下列一般要求：

- a) 在保障液冷电子信息设备用冷安全的前提下，二次侧的供液温度及供回液温差应根据电子信息设备的热设计要求确定；在缺少设计资料的情况下，供液温度不宜低于 40℃，供回液温差不宜低于 10℃；
- b) 液冷二次侧应根据数据中心建设级别、建设规模和经济性等情况确定 CDU 的部署形式，对于需要分期建设的场景优先采用分布式部署形式；
- c) 液冷系统用 CDU 的设计冷量宜考虑生命周期内的换热衰减，设计冷量宜为计算冷负荷的 105%~110%。

### 9.2.2 设计要求

二次侧设计符合下列要求：

- a) 液冷二次侧管路应为闭式系统，应设置定压、膨胀及脱气装置，系统管路的相对最高点应设排气阀；
- b) 液冷二次侧管路各并联环路阻力差额不应大于 10%；
- c) 二次侧供回水管网之间应设置旁通管和阀门，以便管道清洗和运行调节；
- d) 二次侧主管路和机柜的连接口及预留接口应采用定通径快速接头，末端关断采用不锈钢球阀形式；
- e) 二次侧主管路应设置泄水阀，经由泄水管接入就近排水点；
- f) 二次侧管路宜预留充液口，系统运行前，应给系统注液，进行二次侧管路冲洗及注液调试运行；
- g) 机柜冷却工质供回歧管与各分支管之间应实现热插拔；
- h) 液冷管路宜采用双管路或环网形式，宜布置在地板下，并安装于冷通道区域；当条件受限时可吊顶安装；
- i) 液冷管路比摩阻宜控制在 100~200Pa/m；当采用丙二醇水溶液、乙二醇水溶液为工质时，比摩阻宜控制在 50~200Pa/m；
- j) 液冷管路宜采用不锈钢材质，同时管路中管路管件、阀门等宜采用相同材质，接液材质应与冷却工质具备兼容性，同时液冷管路宜采用预制化形式；
- k) 二次侧管路和柜底部宜设置漏液检测装置，监测位置宜覆盖所有管路接头连接位置和管路本体；
- l) CDU 与二次侧管路接口宜采用螺纹接口，法兰接口，快接头等形式；
- m) 二次侧进水温度与一次侧进水温度的差值应大于 3℃；
- n) 环网管径应根据 CDU 流量以及机架数量进行选择，支路管径与 CDU 和机架分歧管接口匹配；
- o) 二次侧管路宜进行在线维护设计，管路、阀门的维护影响范围不宜超过一个机柜；
- p) 当二次侧管路较长时，在某一段或某个连接处，宜采用软连接和活套法兰连接，采用软连接吸收设计及加工时长度方向误差，采用活套法兰吸收法兰焊接时的角度误差。
- q) CDU 的用电应连接到 UPS 输出口，当市电断电发生时，CDU 中的循环动力泵、监控装置、传感器等设备应正常工作，保证机房液冷冷却回路不受断电影响；
- r) CDU 中一次侧和二次侧管路的接口应设置在机柜内部，上接管离机柜顶面宜不小于 0.1m，下接管离地面宜不小于 0.1m，并预留接管作业空间；
- s) CDU 应具有冗余设计，宜采用 CDU 设备级或水泵部件级冗余。

### 9.3 浸没式液冷系统二次侧设计要求

#### 9.3.1 一般规定

液冷换热模块的设计换热量应不低于拟采用液冷散热服务器内的器件的发热量总和，冗余不宜小于10%。

#### 9.3.2 设计要求

浸没式液冷系统二次侧设计符合下列要求：

- a) 应设置排气装置，确保系统压力稳定；
- b) 应配置具有实时在线检测冷却系统密封状态的冷却介质漏液传感器；
- c) 应使用不导电的电介质液体；
- d) 冷却工质应具有较高的清洁度，不应存在杂质和颗粒物；

- e) 冷却工质应具有良好的抗氧化性和防腐性;
- f) 管道连接应采用可靠的连接方式,如焊接、螺纹连接或法兰连接等,连接处应使用高质量的密封材料,以确保密封性和防止冷却工质泄漏;
- g) 管路接口宜使用卡盘、法兰或螺纹接口形式连接,系统管路应采用预制式设计,不宜在数据中心施工现场焊接,不应出现管路二次污染。安装前,管路内杂质颗粒度要求不大于 50  $\mu\text{m}$ ;
- h) 宜配置具有冷却工质的温度、压力、流量及液位在线监测和检测功能的控制系统;
- i) 二次侧管道及阀门等接触工质部位宜采用卫生级不锈钢或耐腐蚀铜合金,软管宜采用与冷却工质兼容的有机材料,并采用有兼容性测试报告的材料;
- j) 宜设置自动补液系统;
- k) 管路宜为环形管路或双支路,环形管路的各分支之间干管宜设置双阀;
- l) 浸没液冷机柜内部可设置多个流道提高散热效果;
- m) 浸没液冷机柜应承受一定的压力和冲击,以确保在极端情况下不会破裂或泄漏;
- n) 浸没液冷机柜内部应设置安全阀等装置,以防止因压力过高而导致的安全事故;
- o) 浸没液冷机柜应设置泄水阀,方便冷却工质更换和清洁;
- p) 可通过优化液体流量和循环方式、选择高热容量的冷却工质和改进液体的温度分布等措施,进一步提高冷却效果;
- q) 内部结构上可通过增加支撑肋、加强筋来提高局部的承载能力,可在箱体内部设置均载结构以平衡各个角落的负载;
- r) 单相液冷系统使用的液冷机柜可采用开式设计,浸没液冷机柜的设计、测试和验收应符合 NB/T 47003.1 中相关要求;
- s) 浸没式液冷系统设计压力不宜高于 1.0MPa。

## 10 电气系统

数据中心电气系统符合下列要求:

- a) 液冷数据中心用电负荷等级及供电要求,应符合 GB 50174 的有关规定;
- b) 当液冷机房制冷关键系统符合一级负荷且为不间断运行方式时,宜采用末端切换的方式:其中一路为不间断电源,不间断电源作为主电源,不间断电源宜工作在旁路运行模式,双电源自动转换开关的转换动作时间,应小于包括 CDU 控制系统、变频器在内负载连续工作所允许的最大断电时间;
- c) 当液冷机房只有一路市电时,且要求制冷关键系统符合不间断运行方式时,应采用不间断电源供电,配置外部维修旁路,不间断电源宜工作在旁路运行模式;
- d) 制冷关键系统用的不间断电源与电子信息设备用不间断电源不应共用一组系统,制冷关键系统用不间断电源的后备时间不宜低于电子信息设备用不间断电源的后备时间;
- e) 浸没液冷机柜强弱电桥架及灯具布置应避开机房内运维移动机械臂活动范围敷设;
- f) 电子信息设备或制冷关键设备互为备份所采用的线缆宜分不同颜色、并标识清楚;
- g) 机房用电设备线缆敷设宜采用上走线敷设方式,如敷设在地板下不应与液冷系统管路交叉;
- h) 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启动的方式,配套电动机的外壳防护等级应与环境相匹配。

## 11 监测与控制系统

## 11.1 一般规定

液冷数据中心的监测与控制符合下列要求：

- a) 液冷系统涉及的控制系统供电均采用两路供电，不应出现单路电源故障时控制系统掉线；
- b) 每套液冷温控系统（由存在冗余关系的液冷 CDU 组成）应进行群控，符合单台设备故障后切机或加载需求，不应出现液冷二次侧供液流量、供液温度超过设计值；
- c) 每套液冷温控系统均需接入到上位监控平台，实现远程监测；
- d) 每台液冷 CDU 应设置独立的控制系统，控制系统宜符合液冷二次侧漏水告警系统、机房内温湿度数据的接入；
- e) 所有监控设备或传感器，均有被监测对象的实时状态的监测，监测通信的中断应上报告警；
- f) 控制系统应具备故障自保持功能，应做到主要部件（泵、阀门等）保持故障前的运行状态；
- g) 控制箱/柜应采用强弱电分离，并预留 10%以上的空间；
- h) 控制箱/柜应具备通风散热能力，如有变频器、滤波器等大功率发热器件的控制箱/柜的使用环境温度应大于 45℃；
- i) 控制箱/柜内不应发生结露现象，并能防止外部溅水进入电控箱内；
- j) 控制箱/柜应有保护接地、信号屏蔽、防雷以及内部回路保险；
- k) 控制系统应具备告警分级，根据告警信息重要性依次分为一级、二级、三级告警；
- l) 控制系统应具备“本地/远程”控制权选择，以及“手动/自动”模式选择；
- m) 数据中心的环境和设备监控系统、安全防范系统、火灾自动报警系统、综合布线系统等应符合 GB 50174、GB 50314、GB 50348、GB 50116 和 GB 50464 的相关要求；
- n) 智能化系统应具备显示、记录、控制、报警、提示及趋势和能耗分析功能；
- o) 环境和设备监控系统应具备监测漏液及告警反馈的功能；
- p) 液冷系统应具备监控系统：监控系统具有对液冷系统各部件的运行状态、系统压力、液冷和温度等关键传感器实时监测的功能；浸没式液冷系统还应监测冷却工质的实时参数，包括：电导率、清洁度、含水量和液位等；
- q) 液冷系统的监控系统应自带通讯接口，通讯协议应符合数据中心监控要求，主要参数接入数据中心环境和设备监控系统；
- r) 浸没液冷系统应根据实际情况，因地制宜进行布线设计，应确保线缆穿壁密封良好，制冷剂及蒸汽不泄露，且符合设备运维和布线操作的要求，其他应符合 GB 50311 中的有关规定；
- s) 液冷数据中心环境和设备监控子系统，除符合 GB 50174 中 11.2 中的要求外，应在有足够通风的条件下使用和储存冷却工质，液冷机房区域内应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；液冷数据中心排风中的污染物浓度应符合当地法规，必要时应进行废气处理。

## 11.2 一次侧系统监测与控制

液冷数据中心的一次侧系统监测与控制符合下列要求：

- a) 液冷一次侧冷源风机、冷却水泵、喷淋泵（如有）等应采用变频控制；
- b) 液冷一次侧应设置独立的控制系统，进行一次侧运行控制，包含但不限于冷源供液温度控制、供液流量或供回压差控制、防冻控制、喷淋系统控制（如有）、轮巡及故障切机控制、故障告警等；
- c) 液冷一次侧控制系统监控数据应包括冷源供回液温度、水盘（如有）温度、水盘（如有）液位、冷却风机频率、冷却水泵频率、喷淋泵（如有）状态、电动补水及排水阀状态、水

处理设备运行参数等；

- d) 应对冷却风机和冷却水泵进行过载、过压、缺相等信息监测、告警提示；
- e) 应对冷源设备及补水定压等设备的运行状态及运行参数进行实时监测，针对故障进行报警并上传报警信息；
- f) 液冷一次侧应具备系统压力监测和自动补水功能；
- g) 一次侧冷却风机宜根据供液温度控制，供液温度设定值应根据控制优先级以及控制边界选择；
- h) 一次侧喷淋泵（如有）应设置喷淋启动/控制，采用变频喷淋泵的设备应增加喷淋泵运行频率控制，控制频率不得影响冷源散热效果；
- i) 冷源采用冷却塔时，应设置水盘温度、电导率、液位检测，补水/排水电动阀根据电导率及液位进行控制开关，水盘防冻电加热根据水盘温度控制；
- j) 控制器断电之后，系统应保持当前制冷能力，冷却风机、冷却水泵保持断电前开度或开到最大；
- k) 参与控制的传感器应具备异常告警、异常排除功能；
- l) 应具备监控点位：
  - 1) 室外冷源进风温度、相对湿度；
  - 2) 一次侧电压、电流、电功率；
  - 3) 控制柜/箱内温度；
  - 4) 冷却风机运行频率、运行状态、故障告警、启停控制等；
  - 5) 冷却水泵运行频率、运行状态、故障告警、启停控制等；
  - 6) 喷淋泵（如有）运行状态、故障报警、启停控制等；
  - 7) 冷却塔水盘（如有）水质监测、液位检测、电动补水排水阀门控制、水温、电加热控制等；
  - 8) 电动调节阀开关及开度控制；
  - 9) 定压补水及水处理设备的运行状态、故障告警、启停控制等；
  - 10) 室外管网防冻电伴热（如有）启停控制；
  - 11) 冷源供液温度、回液温度、供液流量、过滤器前后压力、水泵前后压力等；
  - 12) 与上位平台的通讯监测。
- m) 根据具体需求进行点位预留，如不少于 10%的点位预留；
- n) 应具备故障告警功能：
  - 1) 控制器断电、断电重启、通讯中断告警；
  - 2) 通讯异常告警；
  - 3) 室外极端高温、低温告警；
  - 4) 供水（如有）中断告警；
  - 5) 水盘结冰（如有）告警；
  - 6) 温度、压力、流量传感器故障告警；
  - 7) 冷却风机故障告警；
  - 8) 冷却水泵故障告警；
  - 9) 喷淋泵（如有）故障告警；
  - 10) 电动阀故障告警；
  - 11) 水盘（如有）水质超标告警；
  - 12) 水盘（如有）液位过低、过高告警；
  - 13) 过滤器压差过大告警；

- 14) 系统压力过高告警；
- 15) 定压补水及水处理设备故障告警。

### 11.3 二次侧系统监测与控制

液冷数据中心的二次侧系统监测与控制符合下列要求：

- a) 液冷 CDU 应配置独立的 PLC 控制单元，可以实现独立运行、互不干扰，控制二次侧水泵、一次侧阀门、二次侧阀门等部件，符合二次侧温度、流量要求；
- b) 液冷 CDU 可实现群控主从机设置功能，群控通讯应具有冗余功能。群控模式下，主从机可实现轮询，每一台从机都可以变为群控主机；
- c) 液冷二次侧应实现热备份和冷备份群控组网方案可选；
- d) 液冷 CDU 控制系统应支持自动控制、手动设定、报警日志、远程监控等；
- e) 液冷 CDU 定期轮巡切换或同时运行，应保证系统供水稳定性不受影响，备用系统运行状态正常后另外一台方可停机，在严重掉电情况下，故障切机应保证故障机停泵到切机泵全开的时间应小于 15s；
- f) 液冷 CDU 应包含下列监控及控制内容：
  - 1) 一次侧供液温度、一次侧供液压力、一次侧回液温度、一次侧回液压力、一次侧流量、一次侧电磁阀开度、一次侧过滤器前后压差；
  - 2) 二次侧供液温度、二次侧供液压力、二次侧回液温度、二次侧回液压力、二次侧流量、二次侧阀开度、二次侧水泵频率、二次侧系统压力、二次侧供回液压差设定值、二次侧流量设定值、二次侧进水温度设定值、二次侧过滤器前后压差、机房露点温度；
  - 3) 二次侧溶液电导率（如有）、PH值（如有）、浊度（如有），补液泵状态；
  - 4) 控制柜/箱电压、电流、电功率，控制柜/箱内温度。
- g) 液冷 CDU 可实现冷量自动调节，依据二次侧供液温度 / 回液温度，通过自动调节二次侧水泵/一次侧电动阀等手段调节系统冷量；
- h) 可根据监测压力，自动进行补液，保证系统压力在正常范围内；
- i) 控制逻辑控制符合下列要求：
  - 1) 液冷CDU水泵采用变频器变频启动及控制，在切换过程中，预停CDU的泵应降频停运，备用CDU水泵升频启动，流量波动范围应小于10%，温度波动范围为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
  - 2) 液冷CDU水泵支持压差调节、流量调节两种自动模式控制，根据设定压差、流量目标值，自动调节水泵频率，水泵达到下限频率后，仍可通过开启电动旁通阀来降低输出流量，环路的流量调节范围可实现 0%~100%；
  - 3) 液冷CDU补液泵实现自动补液，补液时可根据水泵入口压力进行补液，达到预设压力后自动停止补液；
  - 4) 液冷CDU水泵不应停机，以防造成冷却系统失效，由运维人员手动确认关机；
  - 5) 根据房间露点温度，控制二次侧供液温度，供液温度高于室内露点温度  $2^{\circ}\text{C}$  时告警。同时，当防凝露管控与制冷需求相违背时，也应告警；
  - 6) 液冷CDU设备一次侧阀门开度、水泵转速、二次侧供液温度等均需支持远程控制和机组手动控制；
  - 7) 液冷CDU所有监控参数均需支持远程上传功能；
  - 8) 液冷CDU应具备机组历史监控数据的存储和导出功能。
- j) 应具备自保持能力：
  - 1) 参与控制的传感器应具备异常告警、异常排除功能，并不得影响系统正常运行；

- 2) 控制器断电之后, 系统应能保持当前制冷能力: 水泵保持当前转速、一次侧电动阀保持当前开度或最大;
  - 3) 液冷CDU在自动运行时断电, 来电应自启动, 且配置参数与断电前保持一致。
- k) 应具备以下故障告警能力:
- 1) 液冷CDU应具备告警提示功能, 告警指示灯应设置于 CDU 前门上, 一级告警应设置声光报警;
  - 2) 泄漏告警;
  - 3) 电动二通阀故障告警;
  - 4) 传感器故障告警;
  - 5) 控制系统故障告警;
  - 6) 通讯异常告警;
  - 7) 水泵故障告警;
  - 8) 补液告警;
  - 9) 水泵出水高压、低压告警;
  - 10) 一、二次侧供、回液高温、低温告警;
  - 11) 一、二次侧供、回液压差过大、过小告警;
  - 12) 一、二次侧过滤器压差过大告警;
  - 13) 一、二次侧板换进出压差过大告警;
  - 14) 一、二次侧系统压力过高告警;
  - 15) 露点温度告警;
  - 16) 参数指标 (PH值, 电导率等) 异常告警。

## 12 给排水系统

液冷数据中心给排水系统符合下列要求:

- a) 数据中心不应有与主机房内设备无关的给排水管道穿过主机房;
- b) 数据中心的空调集中安装区应设置地面排水系统, 排水管路宜设置在空调区内, 且不应布置在电子信息设备或电气设备的正上方;
- c) 空调系统冷冻水、冷却水、液冷冷却水、补水等系统应设置相应的水质控制装置, 水质应符合 GB/T 29044 的相关规定;
- d) 主机房的加湿水质应符合加湿设备对水质的要求且应符合卫生要求, 进入主机房的给水管应加装阀门;
- e) 采用冷冻水空调系统和液冷系统的数据中心, 冷却水补水应符合数据中心等级要求, 其流量和压力应符合使用设备的要求;
- f) 为便于快速向液冷机柜补充冷却介质, 可设置供液系统: 储液罐的容量应根据需求设置, 可采用固定安装设计或移动式补液装置设计;
- g) 对于非纯水冷水介质的液冷机柜应设计排液和存储系统, 供液系统和排液系统可设计为一套共享的系统;
- h) 液冷冷却系统的冷却工质不应直接排放至下水道或室外: 冷却工质应通过专用地漏排至冷却介质收集系统, 或通过专用抽液泵收集;
- i) 主机房和辅助区设有地漏时, 应采用洁净室专用地漏或自闭式地漏, 地漏下应加设水封装置, 并应采取防止水封损坏和防溅措施;
- j) 敷设于主机房和配电房间的给排水管道应采取防渗漏和防结露措施;

- k) 室外水管阀门冬季宜采用防冻措施。

## 13 余热回收与通风系统

### 13.1 余热回收

#### 13.1.1 一般规定

液冷数据中心余热回收系统符合下列要求：

- a) 热回收系统设计时应综合考虑当地气象条件、用热需求、系统技术条件和经济等因素；
- b) 当有热负荷需求时，液冷数据中心宜采用热回收系统的设计；
- c) 宜采用热品质高的液冷系统进行热回收，应考虑热回收系统分别在运行状态和不运行状态对液冷系统的影响；
- d) 当余热回收系统与液冷系统采用直接换热时，热水介质应符合液冷系统的要求；
- e) 当液冷数据中心的负载变化较大时，余热回收系统宜设置蓄热装置调节热源与负荷之间的热平衡。保证热泵系统或用热系统的稳定性和连续性。

#### 13.1.2 热回收系统的形式

液冷数据中心热回收系统的形式符合下列要求：

- a) 热回收系统可采用多种形式，可采用回收液冷一次侧系统或二次侧系统的热量；可采用与液冷系统串联或并联的方式；可采用对余热提质利用或直接利用；
- b) 余热回收系统与液冷数据中心一次侧冷却系统串联运行，通过换热器与末端负荷侧进行热量换热，对外直接输出热水供使用；
- c) 余热回收系统与液冷数据中心一次侧冷却系统串联运行，通过热泵进行余热提质回收后为末端用户输出热水；
- d) 利用蓄热系统进行热回收，将蓄热装置设在热回收板换与热泵机组之间，对预热水进行存储，减小 IT 负载波动造成的对供热稳定性的影响。当 IT 负载热量和流量的变化时，可保证预热水输送至热泵的流量稳定，保证热泵机组稳定运行；
- e) 热回收形式具体参见附录 A。

### 13.2 通风

液冷数据中心通风符合下列要求：

- a) 数据中心配套房间根据使用功能设置供暖设施，供暖系统设计应符合 GB 50736 和 GB 50019 的有关规定；
- b) 主机房应维持正压。主机房与其他房间、走廊的压差应不小于 5Pa，与室外的静压差不宜小于 10 Pa，主机房的新风量设计应符合 GB 50174 的有关规定；
- c) 主机房空调系统循环机和新风系统应设置过滤器，过滤器的等级应综合项目地点室外空气质量、电子信息设备的运行环境空气粒子浓度综合确定；
- d) 设有新风系统的主机房，在保证室内外压差的条件下，送排风应保持平衡；
- e) 浸没液冷机房、浸没液冷维护间及冷却工质贮藏室应设置事故通风装置，并设置气体浓度探测器，与通风系统连锁。当选定液体比重大于空气时，通风系统为下排风。当选定液体比重小于空气时，通风系统为上排风。风量应大于 12 次每小时，事故补风量应与事故排风量保持平衡，排风口下缘至地板距离应小于 0.3m；
- f) 主机房和辅助区内的温度、露点温度和相对湿度应符合电子信息设备的使用要求。当电子

信息设备尚未确定时，应符合 GB 50174 的有关规定：

- g) 主机房应设置独立的送、排风系统，每小时通风频率应大于 1 次；
- h) 应设置冷却工质环境浓度检测、报警及联动控制，并制定冷却工质泄漏应急预案；
- i) 空调系统的新风量应取下列两项中的最大值：
  - 1) 按工作人员计算，每人 $40\text{m}^3/\text{h}$ ；
  - 2) 维持室内正压所需风量。
- j) 主机房空调系统用循环机组宜设置初效过滤器或中效过滤器。新风系统或全空气系统应设置初效和中效空气过滤器，也可设置亚高效空气过滤器和化学过滤装置。

## 14 布线系统

液冷数据中心布线系统符合下列要求：

- a) 数据中心内线缆布放应根据用户需求和未来发展状况进行规划和设计，并应符合 GB 50311 的相关规定；
- b) 联接设备的各种电源和信号管线应采用机房上走线的布置，信号管线保证设备间连线可以直接连接，距离最短，减少信号在传输过程中的损耗；
- c) 液冷机房内的电源布线、通讯布线、管网布线应相互隔离布置；
- d) 应采用开放式线架，并设置多层走线架。交流电缆、直流电缆、信号电缆交叉混走，各走线架用途应清晰标识；
- e) 液冷设备柜内应采用集成通道，以便线缆的管理、布设和存储。数据线和电源线宜布置在液冷设备柜上方并应集中放置在液冷设备柜背面，以便于维护和管理。同时，线缆管理不应电源线和数据线阻碍气流通道的；
- f) 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工质的挥发。与冷却工质接触的联接件、线缆外皮等应采用与冷却工质兼容的材料。

## 15 消防系统

液冷数据中消防系统符合下列要求：

- a) 液冷数据中心的消防系统应符合 GB 50174、GB 55036、GB 55037、GB 51251、GB 50370、GB 50898 和 GB 50084 的要求；
- b) 浸没式液冷数据中心中冷却工质区域的消防系统应符合冷却工质化学品安全说明书的相关规定。

## 16 环境与监测

环境与监测符合下列要求：

- a) 环境空间应符合 GB 50174 的相关规定；
- b) 主机房的空气粒子浓度，在静态或动态条件下测试，每立方米空气中小于或等于 0.5 微米的悬浮粒子数应少于 17600000 粒；
- c) 主机房和辅助区的过程测量和控制系统的金属腐蚀应满足铜每月小于 300 埃米，银小于 200 埃米；
- d) 数据中心内部可安装氢气，二氧化硫，硫化氢的气体检测装置；
- e) 数据中心应做气密性检测，确保室内的密闭。

附录 A  
(资料性)  
余热回收形式

余热回收形式具体见图A. 1至图A. 3。

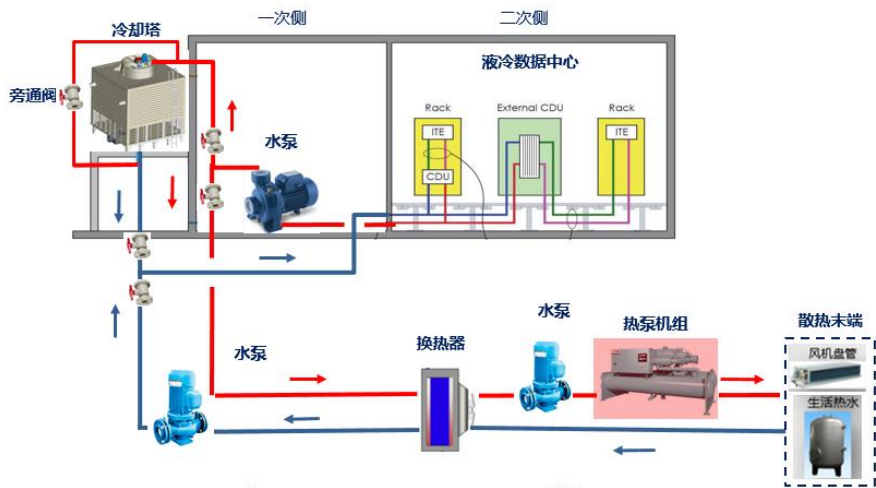


图 A. 1 余热回收系统与一次侧并联（热泵机组）系统示意图

注：图 A. 1 为余热回收系统与液冷数据中心一次侧并联运行，通过热泵进行余热提质回收后为末端用户输出热水。

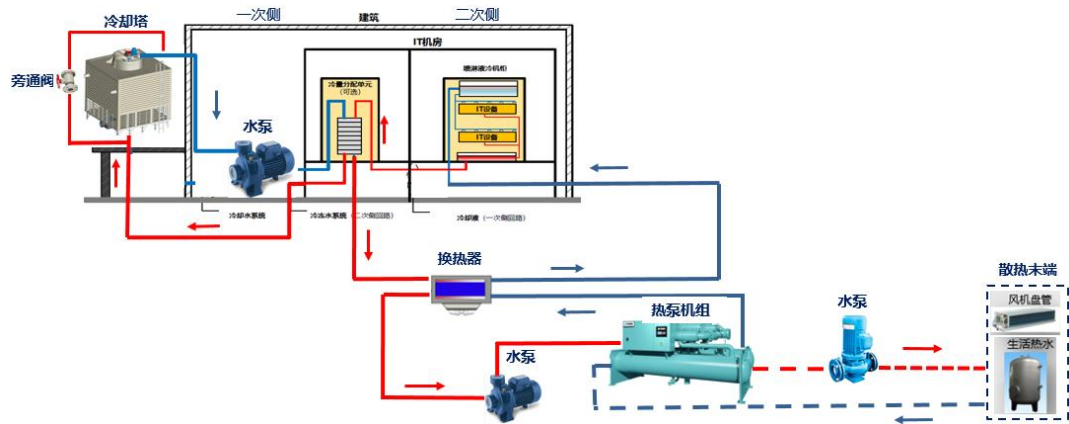


图 A. 2 余热回收系统与二次侧 CDU 串联（水源热泵机组）系统示意图

注：图A. 2为余热回收系统通过换热器与液冷数据中心二次侧CDU串联运行，通过热泵进行余热提质回收后为末端用户输出热量；

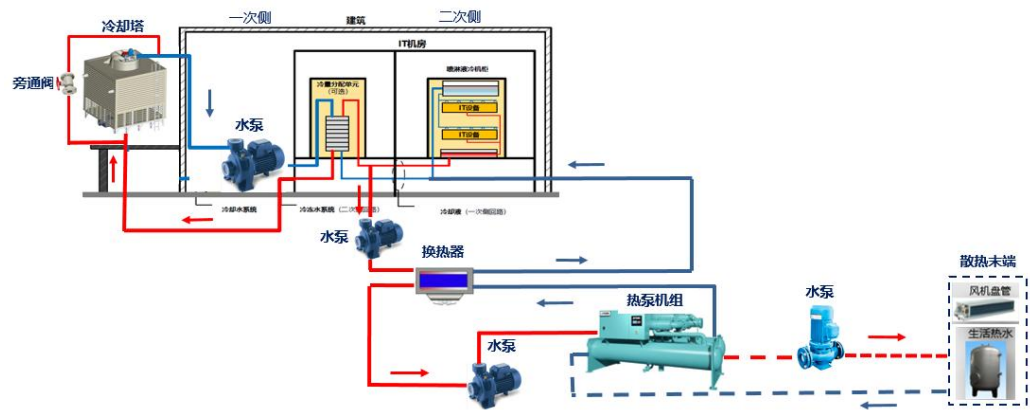


图 A. 3 余热回收系统与二次侧 CDU 并联（水源热泵机组）系统示意图

**注：**图A. 3为余热回收系统通过换热器与液冷数据中心二次侧CDU并联运行，通过热泵进行余热提质回收后为末端用户输出热量。