

# 团体标准

T/DZJN 81—2022

## 数据中心蒸发冷却水质标准

Water quality standard for evaporative cooling of data centers

2022 - 03 - 15 发布

2022 - 05 - 01 实施

中国电子节能技术协会 发布



目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和符号 ..... 2

    3.1 术语 ..... 2

    3.2 符号 ..... 4

4 水质要求 ..... 4

    4.1 一般规定 ..... 4

    4.2 蒸发冷却系统水质要求与管理 ..... 5

    4.3 蒸发冷凝循环冷却水水质要求 ..... 7

5 水处理方案 ..... 7

    5.1 一般要求 ..... 7

    5.2 补充水处理方案 ..... 7

    5.3 旁流水处理方案 ..... 7

    5.4 清洗方案 ..... 8

    5.5 物化综合方案 ..... 8

    5.6 排污方案 ..... 8

6 检验 ..... 8

    6.1 取样 ..... 8

    6.2 检测及方法 ..... 8

    6.3 水质判断 ..... 10

    6.4 排污要求 ..... 10

参 考 文 献 ..... 11

条 文 说 明 ..... 13

## 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这些专利的责任。

本文件由中国电子节能技术协会数据中心节能技术委员会提出。

本文件由中国电子节能技术协会归口。

本文件主要起草单位：西安工程大学、上海赛一环保设备有限公司、中国电子节能技术协会数据中心节能技术委员会。

本文件参与起草单位：北京电信规划设计院有限公司、中国移动通信集团设计院有限公司、银海洁环保科技（北京）有限公司、中通服咨询设计研究院有限公司、华信咨询设计研究院有限公司、哈尔滨市汇科能电气有限公司、广东省电信规划设计院有限公司、纳尔科（中国）环保技术服务有限公司、北京中睿水研环保科技有限公司、北京中航信柏润科技有限公司、广东申菱环境系统股份有限公司、中国公路工程咨询集团有限公司城市建筑设计分公司、北京领智信通节能技术研究院。

本文件主要起草人：黄翔、韩柏平、朱胜利、吕天文、贾峻、吕青、章明歆、王桂坤、高景、丁锐、田振武、吴学渊、吴任国、严政、薛宁静、邓乃章、邢立华、于晓宇、王智华、来幼花、陈喆、马明珠。

# 数据中心蒸发冷却水质标准

## 1 范围

本文件规定了数据中心蒸发冷却水质相关的术语和定义、水质要求、水处理方案及检验方法。

本文件适用于以水为制冷工质的直接蒸发冷却、间接蒸发冷却或多级蒸发冷却的复合式间接蒸发冷却空调机组及冷水机组。

为实现数据中心蒸发冷却空调开式水系统和闭式水系统运行维护的规范性、安全性和及时性，确保电子信息设备运行环境的稳定可靠，制订本文件。

数据中心蒸发冷却水质标准除应符合本文件外，尚应符合国家现行有关文件的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 6904 工业循环冷却水及锅炉用水中pH的测定

GB/T 6908 锅炉用水和冷却水分析方法 电导率的测定

GB/T 6909 锅炉用水和冷却水分析方法 硬度的测定

GB/T 6913 锅炉用水和冷却水分析方法 磷酸盐的测定

GB/T 12149 工业循环冷却水和锅炉用水中硅的测定

GB/T 13689 工业循环冷却水和锅炉用水中铜的测定

GB/T 14424 工业循环冷却水中余氯的测定

GB/T 14427 锅炉用水和冷却水分析方法 铁的测定

GB/T 15451 工业循环冷却水总碱及酚酞碱度的测定

GB/T 15452 工业循环冷却水中钙、镁离子的测定

GB/T 15453 工业循环冷却水和锅炉用水中氯离子的测定

GB/T 15893.1 工业循环冷却水中浊度的测定 散射光法

GB/T 25147 工业设备化学清洗中金属腐蚀率及腐蚀总量的测试方法 重量法

GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准

GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范

JGJ 342 蒸发冷却制冷系统工程技术规程

HJ 536 水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法

HJ 828 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法

HG/T 4207 工业循环冷却水异养菌菌数测定 平皿计数法

HG/T 4323 循环冷却水中军团菌的检测与计数

### 3 术语和符号

#### 3.1 术语

##### 3.1.1

**蒸发水量** amount of evaporation

在冷却过程中，由于蒸发而逸入大气的水量，单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

##### 3.1.2

**排污水量** amount of blowdown

在确定的浓缩倍数条件下，需要从循环冷却水系统中排放的水量，单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

##### 3.1.3

**飞溅水量** amount of drift

在冷却过程中，由于飞溅（包括滴落、风吹和渗漏）而损失的水量，单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

##### 3.1.4

**补充水量** amount of makeup water

指补充循环冷却水系统运行过程中损失的水量，又称为补水量，单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

##### 3.1.5

**浓缩倍数** cycle of concentration

循环冷却水中某物质的浓度与补充水中同一物质浓度的比值。

##### 3.1.6

**循环冷却水系统** recirculating cooling water system

以水作为制冷工质，并循环运行的一种给水系统，一般由换热设备、冷却设备、水处理设施、水泵、管道及其他有关设施组成。

##### 3.1.7

**直接蒸发冷却水系统** cooling water system for direct-evaporative cooling

通过水的蒸发来冷却空气并加湿空气的冷却水系统。

##### 3.1.8

**间接蒸发循环冷却水系统** circulating water system for indirect-evaporative cooling

通过水的蒸发来冷却空气（二次空气或称为工作空气），空气（一次空气或称为产出空气）在被冷却时未被加湿的循环冷却水系统。

## 3.1.9

**蒸发冷凝循环冷却水系统** circulating water system for evaporative condensation cooling

冷却水通过喷淋装置直接与冷凝器接触，通过水的蒸发来冷却制冷剂的循环冷却水系统。

## 3.1.10

**阻垢** scaling inhibition

抑制或延缓结垢类物质在循环冷却水系统内的形成和生长过程。

## 3.1.11

**缓蚀** corrosion inhibition

抑制或延缓金属在循环冷却水系统内被腐蚀的过程。

## 3.1.12

**生物黏泥** slime

微生物及其分泌的黏液与其他有机和无机杂质混合在一起的黏浊物质。

## 3.1.13

**生物黏泥量** slime content

用生物过滤网法测定的循环冷却水所含生物黏泥体积，单位为 mL/m<sup>3</sup>。

## 3.1.14

**黏附速率** adhesion rate

换热器单位传热面上每月的污垢增长量，单位为 mg/(cm<sup>2</sup>·月)。

## 3.1.15

**易溶盐沉积物** soluble salt deposit

易溶盐沉积物是蒸发冷却空调设备换热芯体表面由易溶性无机盐组成的沉积物。

## 3.1.16

**腐蚀率** corrosion rate

以金属腐蚀失重而算得的每年平均腐蚀深度，单位为 mm/a。

## 3.1.17

**旁流水** side stream

从循环冷却水系统中分流并经处理后，再返回系统的那部分水。

### 3.2 符号

$Q_e$ ——蒸发水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ;  
 $Q_b$ ——排污水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ;  
 $Q_d$ ——飞溅水量 (包括滴落、风吹和渗漏) ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ;  
 $Q_m$ ——补充水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ;  
 $N$ ——浓缩倍数;  
 $Q_r$ ——(循环)冷却水水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ;  
 $Q_{si}$ ——旁流处理水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) 。

## 4 水质要求

### 4.1 一般规定

#### 4.1.1 补充水水质

补充水水质应符合表1的规定。

表 1 蒸发冷却空调设备补充水水质要求

| 序号 | 检测项目                          | 单位                      | 直接蒸发冷却水系统  | 间接蒸发循环冷却水系统                    | 蒸发冷却冷水机组开式冷却水系统                | 蒸发冷却冷水机组闭式冷却水系统 |
|----|-------------------------------|-------------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| 1  | 浊度                            | NTU                     | $\leq 3$   | $\leq 5$                       | $\leq 5$                       | $\leq 5$        |
| 2  | pH 值 (25℃)                    | -                       | 6.5~8.5    | 6.5~8.5                        | 6.5~8.5                        | 6.5~9.5         |
| 3  | 电导率 (25℃)                     | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 不限定*A      | 不限定*A                          | 不限定*A                          | 不限定             |
| 4  | 钙硬度<br>(以 $\text{CaCO}_3$ 计)  | $\text{mg}/\text{L}$    | 不限定        | 不限定;<br>再生水 $\leq 250$         | 不限定;<br>再生水 $\leq 250$         | 不限定             |
| 5  | 总硬度<br>(以 $\text{CaCO}_3$ 计)  | $\text{mg}/\text{L}$    | 不限定*B      | 不限定*C                          | 不限定*C                          | 不限定             |
| 6  | 总碱度<br>(以 $\text{CaCO}_3$ 计)  | $\text{mg}/\text{L}$    | 不限定        | 不限定                            | 不限定                            | 不限定             |
| 7  | 总铁                            | $\text{mg}/\text{L}$    | $\leq 0.3$ | $\leq 0.5$                     | $\leq 0.5$                     | $\leq 0.5$      |
| 8  | 氯离子 ( $\text{Cl}^-$ )         | $\text{mg}/\text{L}$    | $\leq 100$ | $\leq 150$ ;<br>再生水 $\leq 250$ | $\leq 150$ ;<br>再生水 $\leq 250$ | $\leq 250$      |
| 9  | 氨氮 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) | $\text{mg}/\text{L}$    | $\leq 0.5$ | $\leq 5$                       | $\leq 5$                       | -               |
| 10 | COD                           | $\text{mg}/\text{L}$    | $\leq 3$   | $\leq 30$                      | $\leq 30$                      | -               |
| 11 | 细菌总数                          | CFU/mL                  | $\leq 100$ | $\leq 1000$                    | $\leq 1000$                    | -               |

注:

\*A 电导率大于  $750\mu\text{S}/\text{cm}$  的水质应降低浓缩倍数预期 (值)。

\*B 总硬度 $\leq 142\text{ mg}/\text{L}$  属于软水 (如长江、松花江、珠江等水质), 可直接使用。

\*C 总硬度 $\geq 178\text{ mg}/\text{L}$  时, 应降低浓缩倍数预期 (值) 或经预先软化后使用。

- a) 直接蒸发冷却水系统补充水应采用生活饮用水；
- b) 间接蒸发循环冷却水系统补充水可采用再生水；
- c) 蒸发冷却冷水机组开式冷却水系统补充水可采用再生水。

#### 4.1.2 设计浓缩倍数

浓缩倍数用于表示水浓缩的程度。间接蒸发冷却空调设备循环水的浓缩倍数不应小于3.0。浓缩倍数可按下式计算：

$$N = Q_m / (Q_b + Q_d)$$

式中：N —— 浓缩倍数；

$Q_m$  —— 补充水量 ( $m^3/h$ )；

$Q_b$  —— 排污水量 ( $m^3/h$ )；

$Q_d$  —— 飞溅水量 (包括滴落、风吹和渗漏) ( $m^3/h$ )。

#### 4.2 蒸发冷却系统水质要求与管理

##### 4.2.1 一般要求

蒸发冷却系统水质应符合表2的规定，检测项目2和4不宜单独作为判定依据，应采用综合判断指标。

表2 蒸发冷却空调设备冷却水水质要求

| 序号 | 检测项目                  | 单位         | 直接蒸发冷却水系统限值 | 间接蒸发循环冷却水系统限值 | 蒸发冷却冷水机组开式冷却水系统限值 | 蒸发冷却冷水机组闭式冷却水系统限值 |
|----|-----------------------|------------|-------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 浊度                    | NTU        | $\leq 3$    | $\leq 10$     | $\leq 10$         | $\leq 10$         |
| 2  | pH 值 (25℃)            | -          | 7.0~9.5     | 7.0~9.5       | 7.0~9.5           | 7.5~10            |
| 3  | 电导率 (25℃)             | $\mu S/cm$ | 不限定*D       | 不限定*D         | 不限定*D             | -                 |
| 4  | 钙硬度+总碱度(以 $CaCO_3$ 计) | mg/L       | $\leq 1100$ | $\leq 1100$   | $\leq 1100$       | -                 |
| 5  | 总铁                    | mg/L       | $\leq 1.0$  | $\leq 1.0$    | $\leq 1.0$        | $\leq 1.0$        |
| 6  | 氯离子 ( $Cl^-$ )        | mg/L       | $\leq 300$  | $\leq 500$    | $\leq 500$        | $\leq 250$        |
| 7  | 硅酸 (以 $SiO_2$ 计)      | mg/L       | $\leq 150$  | $\leq 150$    | $\leq 150$        | -                 |
| 8  | 氨氮 ( $NH_3-N$ )       | mg/L       | $\leq 1.0$  | $\leq 10$     | $\leq 10$         | -                 |
| 9  | $COD_{Cr}$            | mg/L       | $\leq 5$    | $\leq 100$    | $\leq 100$        | -                 |
| 10 | 细菌总数                  | CFU/mL     | $\leq 100$  | $\leq 100000$ | $\leq 100000$     | -                 |
| 11 | 总磷 (以 P 计)            | mg/L       | -           | 0.5           | 0.5               | 0.5               |

注：

\*D：通过电导率控制排污（电导率在线监测与排污水量应联锁控制）。

#### 4.2.2 水质综合判断指标

综合判断指标宜采用碳酸钙饱和度指数（LSI）、稳定指数（RSI）和 Puckorius 结垢指数（PSI），同时满足  $LSI = 0.75 \pm 0.25$ ， $RSI = 6.0 \pm 0.5$ ， $PSI = 6.0 \pm 0.5$  为宜。碳酸钙饱和度指数（LSI）、稳定指数（RSI）和 Puckorius 结垢指数（PSI）按下式计算：

$$LSI = pH - pH_s$$

$$RSI = 2pH_s - pH$$

$$PSI = 2pH_s - pH_{eq}$$

式中： $pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$

$A = 0.1 \lg [\text{TDS}] - 0.1$ ，溶解性总固体因数；

$B = pK_2 - pK_s = 2.596 - 0.0256T$ ，温度因数；

$C = \lg [\text{钙硬度}] - 0.4$ ，钙硬度因数；

$D = \lg [\text{M-碱度}]$ ，总碱度因数。

$pH_{eq} = 1.465 \lg [\text{M-碱度}] + 4.54$ ，循环水的平衡 pH 值。

$pH$  = 循环水的实际 pH 值。

#### 4.2.3 蒸发冷却空调设备水质管理

水质不能满足要求时，应采取相应的水处理措施。

- 预防水垢沉积，应采取第五章水处理方案中提及的水处理措施，并通过在线电导率控制排污（电导率在线监测与排污水量联锁控制）；
- 预防藻类滋生，应阻止阳光直射水系统并定期投加灭藻药剂，宜定期干燥、清理涉水部件；
- 预防腐蚀，应避免水垢、污垢和黏泥沉积，宜设置缓蚀措施；
- 直接蒸发冷却空调设备水系统不宜采用有挥发性物质的设施，不宜添加挥发性阻垢剂、缓蚀剂和杀菌剂等化学药品；
- 直接蒸发冷却空调设备冷却水水质管理应设置军团菌处置预案；
- 蒸发冷却冷水机组闭式冷却水系统不宜补充软化水、去离子水，应采取控制腐蚀和微生物滋生的措施。

#### 4.2.4 蒸发冷却空调设备（喷淋塔）腐蚀防护与停机维护

蒸发冷却空调设备（喷淋塔）腐蚀防护与停机维护应包括四方面要求：设备例行检查的要求、化学品的使用要求、停机期间的维护要求以及数据机房不间断供冷的要求。

### 4.3 蒸发冷凝循环冷却水水质要求

蒸发冷凝循环冷却水系统运行水质标准宜符合表 3 的规定。

表 3 蒸发冷凝循环冷却水系统运行水质标准

| 序号 | 检测项目                      | 单 位                     | 初始运行允许值    | 正常运行允许值    |
|----|---------------------------|-------------------------|------------|------------|
| 1  | 浊度                        | NTU                     | $\leq 20$  | $\leq 20$  |
| 2  | pH 值 (25℃)                | -                       | 8.0~8.5    | 8.0~9.0    |
| 3  | 电导率 (25℃)                 | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | $\geq 150$ | $\geq 150$ |
| 4  | 钙硬度 (以 $\text{CaCO}_3$ 计) | $\text{mg}/\text{L}$    | 100~300    | 100~500    |
| 5  | 总碱度 (以 $\text{CaCO}_3$ 计) | $\text{mg}/\text{L}$    | 100~300    | 100~500    |
| 6  | 氯离子 ( $\text{Cl}^-$ )     | $\text{mg}/\text{L}$    | $\leq 250$ | $\leq 500$ |

注:

- 其他未见指标按《工业循环冷却水处理设计规范》GB/T 50050 执行;
- 初始运行允许值是针对蒸发式冷凝器冷凝排管或箱体板采用热浸镀锌材料的工况;
- 细菌总数不宜大于  $1 \times 10^5 \text{CFU} / \text{mL}$ ;
- 本表只规定了最低允许值,电导率的实际运行数值,应由水处理公司及蒸发式冷凝器生产厂家根据补充水水质及实际工况确定。

## 5 水处理方案

### 5.1 一般要求

蒸发冷却空调设备水质处理方案,应结合数据中心水平衡方案和各水处理工艺情况,经技术经济比较确定。设计方案应包括下列内容:

- 补充水来源、水量和水质;
- 设计浓缩倍数、循环冷却水处理方法所需要的控制条件;
- 补充水处理方案;
- 旁流水处理方案;
- 清洗方案;
- 物化综合方案;
- 排污方案。

### 5.2 补充水处理方案

补充水总硬度 $\geq 178 \text{mg}/\text{L}$ 时,应降低浓缩倍数预期(值)或经预先软化后使用。

### 5.3 旁流水处理方案

旁流水处理方案是一种综合处理冷却水的解决方案,它以循环冷却水处理的总体效果为目标,并不针对补充水的某一项或几项指标进行预先处理。

## 5.4 清洗方案

除了日常水处理方案外,蒸发冷却空调系统水质处理还应具备对已经出现结垢的换热芯体进行补救性清洗的预案,清洗可分为物理清洗和化学清洗。

## 5.5 物化综合方案

当补充水水质和冷却水水质不能满足用户要求时,宜采用物理化学综合处理方案。

## 5.6 排污方案

排污方案是一种针对系统排污水、排泥、补充水处理过程中的排水(如树脂反洗产生的浓盐水)、旁流水处理过程中的排水排垢、清洗和预膜处理过程中的排水等进行处理,并达到排污要求的解决方案。

# 6 检验

## 6.1 取样

### 6.1.1 取样点

6.1.1.1 冷却水取样点宜设置于冷却水回水端。

6.1.1.2 补充水取样点宜设置于补充水总管上。

6.1.1.3 水系统外排水取样点宜设置于排水总管上。

6.1.1.4 旁流处理取样点宜设置于旁流处理设备出水端。

### 6.1.2 取样要求

6.1.2.1 一般检测项目的采样容器可用无色硬质玻璃瓶或聚乙烯塑料瓶,在使用前应将其洗涤干净。玻璃瓶可用洗液浸泡,再依次用自来水和蒸馏水洗净;聚乙烯瓶可用10%的盐酸溶液浸泡,再依次用自来水和蒸馏水洗净。

6.1.2.2 测定水质化学需氧量应使用专用贮样容器,无机项目的贮样容器可选用高密度聚乙烯或硬质玻璃器皿。

6.1.2.3 采集补充水水样时,应先放水数分钟,使积留在取样水管中的杂质及陈旧水排净,然后取样。

6.1.2.4 取样器的安装和取样点的布置应根据系统工况、水质监督的要求(或试验要求)进行设计、制造、安装和布置,以保证采集的水样有充分代表性。

6.1.2.5 补充水、冷却水的取样管道及阀门等涉水部件,应采用不锈钢等耐腐蚀性材料制造。

6.1.2.6 采集冷却水水样前应冲洗有关取样管道,并适当延长冲洗时间。冲洗后应间隔10分钟方可取样,以保证采集的水样有充分代表性。

## 6.2 检测及方法

### 6.2.1 常规/非常规检测

常规检测宜在使用现场化验室进行,非常规检测宜由水处理公司或委托第三方检测机构进行。

### 6.2.2 常规检测项目

应根据补充水水质和冷却水水质要求确定,宜符合表4的规定。

表 4 常规检测项目

| 序号 | 检测项目                   | 蒸发冷却开式<br>冷却水系统 | 蒸发冷却闭式<br>冷却水系统 | 蒸发冷凝循环<br>冷却水系统 |
|----|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1  | 浊度                     | 宜在线监测或每天 1 次    | 宜在线监测或每天 1 次    | 宜在线监测或每天 1 次    |
| 2  | pH 值 (25℃)             | 在线监测或每天 1 次     | 在线监测或每天 1 次     | 在线监测或每天 1 次     |
| 3  | 电导率 (25℃)              | 在线监测或每天 1 次     | 在线监测或每天 1 次     | 在线监测或每天 1 次     |
| 4  | 钙硬度                    | 每天 1 次          | 每周 1 次或抽检       | 每天 1 次          |
| 5  | 总硬度                    | 每天 1 次          | 每周 1 次或抽检       | 每天 1 次          |
| 6  | 总碱度                    | 每天 1 次          | 每周 1 次或抽检       | 每天 1 次          |
| 7  | 总铁                     | 每月 1 次          | 每月 1 次          | 每月 1 次          |
| 8  | 氯离子 (Cl <sup>-</sup> ) | 每天 1 次          | 每周 1 次或抽检       | 每天 1 次          |
| 9  | 余氯                     | 视处理方式而定         | 视处理方式而定         | 视处理方式而定         |
| 10 | 细菌总数                   | 每月 1 次          | 每月 1 次          | 每月 1 次          |

## 6.2.3 非常规检测项目

应根据补充水水质和冷却水水质要求确定，宜符合表 5 的规定。

表 5 非常规检测项目

| 序号 | 检测项目                       | 蒸发冷却开式<br>冷却水系统 | 蒸发冷却闭式<br>冷却水系统 | 蒸发冷凝循环<br>冷却水系统 |
|----|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1  | 药剂浓度                       | 视处理方式而定         | 视处理方式而定         | 视处理方式而定         |
| 2  | 硅酸 (以 SiO <sub>2</sub> 计)  | 每季度 1 次         | 每季度 1 次         | 每季度 1 次         |
| 3  | 总铜 *①                      | 每月 1 次          | 每月 1 次          | 每月 1 次          |
| 4  | 腐蚀率                        | 每季度 1 次         | 每季度 1 次         | 每季度 1 次         |
| 5  | 生物黏泥量                      | 每月 1 次          | 每年 1 次          | 每月 1 次          |
| 6  | 黏附速率                       | 每年 1 次          | 每年 1 次          | 每年 1 次          |
| 7  | 垢层或腐蚀产物成分                  | 设备大修时           | 设备大修时           | 设备大修时           |
| 8  | 氨氮 (NH <sub>3</sub> -N) *② | 抽检              | 抽检              | 抽检              |
| 9  | COD <sub>Cr</sub> *③       | 抽检              | 抽检              | 抽检              |
| 10 | 军团菌                        | 抽检              | 抽检              | 抽检              |

注：

- a) ①仅对含有铜材质的冷却水系统进行检测；
- b) ②仅对有氨泄漏可能或使用再生水作为补充水的冷却水系统进行检测；
- c) ③仅对使用再生水作为补充水的循环冷却水系统进行检测。

#### 6.2.4 水质检测方法

水质检测应定期进行，检测方法宜符合表6所列标准的规定。

表 6 水质检测方法

| 序号 | 检测项目                     | 检测方法          | 方法来源         |
|----|--------------------------|---------------|--------------|
| 1  | 浊度                       | 散射光法          | GB/T 15893.1 |
| 2  | pH 值（25℃）                | 玻璃电极法         | GB/T 6904    |
| 3  | 电导率（25℃）                 | 电极法           | GB/T 6908    |
| 4  | 钙硬度                      | EDTA 滴定法      | GB/T 15452   |
| 5  | 总硬度                      | 滴定法           | GB/T 6909    |
| 6  | 总碱度                      | 滴定法           | GB/T 15451   |
| 7  | 总铁                       | 1,10-菲啰啉分光光度法 | GB/T 14427   |
| 8  | 氯离子（Cl <sup>-</sup> ）    | 硝酸银滴定法        | GB/T 15453   |
| 9  | 余氯                       | DPD 分光光度法     | GB/T 14424   |
| 10 | 硅酸（以 SiO <sub>2</sub> 计） | 分光光度法         | GB/T 12149   |
| 11 | 总铜                       | 分光光度法         | GB/T 13689   |
| 12 | 氨氮（NH <sub>3</sub> -N）   | 水杨酸分光光度法      | HJ 536       |
| 13 | COD <sub>Cr</sub>        | 重铬酸盐法         | HJ 828       |
| 14 | 细菌总数                     | 平皿计数法         | HG/T 4207    |
| 15 | 军团菌                      | 平皿计数法         | HG/T 4323    |

注：

- a) 腐蚀率的测试方法宜符合《工业设备化学清洗中金属腐蚀率及腐蚀总量的测试方法 重量法》GB/T 25147 的规定；
- b) 总磷的检测方法宜符合《锅炉用水和冷却水分析方法磷酸盐的测定》GB/T 6913 的规定。

#### 6.3 水质判断

当数据中心蒸发冷却系统水质的检测项目均符合本文件规定时，可判断该系统的水质达标。

#### 6.4 排污要求

当蒸发冷却空调设备水系统排水直接排入城镇下水道时，如检测的排水水质超过《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962的规定值，应作深度处理，符合标准后排放。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 5750.2 生活饮用水标准检验方法 水样的采集与保存
- [2] GB/T 11911 水质 铁、锰的测定 火焰原子吸收分光光度法
- [3] 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
- [4] GB 50015 建筑给水排水设计标准
- [5] GB/T 50102 工业循环水冷却设计规范
- [6] GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- [7] GB/T 51188 建筑与工业给水排水系统安全评价标准
- [8] T/DZJN 10 数据中心蒸发冷却空调技术规范
- [9] T/CECS 646 制冷系统蒸发式冷凝器循环冷却水电化学处理工程技术规程

## 本 标 准 用 词 说 明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中国电子节能技术协会团体标准

# 数据中心蒸发冷却水质标准

Water quality standard for evaporative cooling of data centers

T/DZJN 81—2022

条文说明

目 次

1 范围 ..... 15

3 术语和符号 ..... 15

    3.1 术语 ..... 15

4 水质要求 ..... 16

    4.1 一般规定 ..... 16

    4.2 蒸发冷却系统水质要求与管理 ..... 20

5 水处理方案 ..... 22

    5.2 补充水处理方案 ..... 22

    5.3 旁流水处理方案 ..... 22

    5.4 清洗方案 ..... 23

    5.5 物化综合方案 ..... 23

    5.6 排污方案 ..... 23

6 检验 ..... 23

    6.3 水质判断 ..... 23

    6.4 排污要求 ..... 24

## 1 范围

本文件的编制紧密结合了数据中心特殊环境下水处理的要求、直接或间接蒸发冷却水质的特点以及目前水处理技术的现状，既充分体现了技术先进性又综合考虑了经济合理性（包括PUE和WUE等指标控制要求），以实现“把传统技术用好，把新技术用对”。

## 3 术语和符号

### 3.1 术语

#### 3.1.1 蒸发水量

指冷却水在冷却过程中，由于蒸发而逸入大气的水量，用  $Q_e$  表示。一般认为这部分水是不含溶解盐的，是气态的纯水，即水蒸气。

与风冷散热、水冷散热不同，蒸发冷除了有显热散热外，最主要的是利用水的汽化潜热散热。数据中心蒸发冷却空调设备（能够实现数据中心冷却系统中冷却空气、制取冷水等功能，包括蒸发冷却空调机组和间接蒸发式冷水机组，以及采用蒸发式冷凝器作为辅助冷源的空调机组或冷水机组）利用了水的汽化潜热值（0℃，2500kJ/kg）远远大于冷水机组水冷式冷凝器温差传热的显热值（水的比热值为 4.18kJ/(kg·℃)），因此在带走相同热量的情况下，蒸发冷却空调设备总的蒸发水量（kg）比冷水机组水冷式冷却塔的蒸发水量（kg）要少，且所需的总（循环）冷却水水量要比冷水机组水冷式冷却塔的（循环）冷却水水量小。

蒸发水量  $Q_e$  (m³/h) 可按下式计算：

$$Q_e = Q_r \cdot C_p \cdot \Delta t / \gamma$$

式中  $C_p$  —— 水的热容量（比热），kJ/(kg·℃)；

$\Delta t$  —— 喷淋塔进出水温差，℃；

$\gamma$  —— 水的汽化潜热，kJ/kg。

与传统冷水机组水冷式冷却塔相比，蒸发冷却空调设备的单个机组保有水量小，水系统的 pH 缓冲能力小； $Q_r/V$ （循环水量/保有水量）很大，因此会造成浓缩倍数增长快、水质变化快，最终导致蒸发冷却空调设备的循环水结垢控制难度较大。

#### 3.1.7 直接蒸发冷却水系统

直接蒸发冷却水系统全称直接蒸发冷却空调设备冷却水系统，旧称直接蒸发冷却循环水系统，又称为蒸发冷却直冷开式循环冷却水系统。

另参见，对表 1 注释的解读（a）；对表 1 和表 2 中水质检测项目的解读：浊度、氨氮、COD、细菌总数； 4.2.3 蒸发冷却空调设备水质管理； 5.2 补充水处理方案。

#### 3.1.8 间接蒸发循环冷却水系统

间接蒸发循环冷却水系统全称间接蒸发冷却空调设备循环冷却水系统，又简称间接蒸发冷却循环水系统，也称为蒸发冷却间冷开式循环冷却水系统。

间接蒸发循环冷却水系统是一种利用二次空气与水直接接触，通过热湿交换降低二次空气干球温度，且二次空气通过间接蒸发冷却器（IEC）将一次空气冷却处理的循环水系统。间接蒸发冷却器都有两个互不相通的空气通道。数据中心的一次空气是指回风被冷却后送入机房供冷的空气，也称为产出空气或“一次风”。二次空气是指新风与水接触使其蒸发从而降低换热器表面温度以冷却一次空气的辅助空气，也称为工作空气或“二次风”。

### 3.1.15 易溶盐沉积物

易溶盐沉积物在蒸发冷却空调设备换热芯体表面沉积物中占比很高,这与蒸发冷却水系统运行的特点有关。使用软化水的蒸发冷却空调设备,经分析,垢样的主要成分是易溶性无机盐,特别是在间歇运行时段(干湿工况交替运行时)。换热芯体易溶盐沉积物的分布情况是,在布水不均匀或存在水飞溅处,易溶盐沉积物比布水均匀处多很多。

## 4 水质要求

### 4.1 一般规定

#### 4.1.1 补充水水质

#### 对表 1 注释的解读

**\*A 电导率大于 750 $\mu$ S/cm 的水质应降低浓缩倍数预期(值)。**

详见对表 1 和表 2 中水质检测项目的解读:③电导率。

**\*B 总硬度 $\leq$ 142 mg/L 属于软水(如长江、松花江、珠江等水质),可直接使用。**

长江干流总硬度均值 116,属于软水;长江支流中沱江、乌江硬度大于 142 但小于 178,也不属于硬水(干流、支流长江水不需要软化)。

珠江水系包括西江、北江(软水)和东江(软水):

西江是珠江水系的主体,其主源为南盘江,发源于云南的马雄山。南盘江(总硬度 209,属于硬水)与北盘江汇合后称为红水河。红水河向东流至广西石龙与北面的柳江(软水)汇合后称为黔江(总硬度 108,属于软水)。黔江在广西桂平与从西南方向流来的郁江(软水)汇合后成为浔江(总硬度 109,属于软水)。浔江流至广西梧州与从西北流来的桂江(软水)汇合后才称为西江(总硬度 93,属于软水)。

北江上源为浚水,发源于江西省信丰县,浚水在广东韶关与武水汇合后称为北江。

东江上源为寻乌水,发源于江西省寻乌县,在东莞市石龙附近流入珠江。

补充水总硬度 $\geq$ 178 mg/L 并且碱度较高时,宜经预先软化后使用。

**\*C 总硬度 $\geq$ 178 mg/L 时,应降低浓缩倍数预期(值)或经预先软化后使用。**

对于补充水总硬度大于 178mg/L 的水质,还应根据总碱度、溶解性总固体和 pH 值等指标综合预判结垢趋势与浓缩倍数。数据中心选择补充水软化处理方案时,可采用钠型离子交换树脂法(去除硬度)并用氯化钠对树脂进行再生(使用钠型离子交换树脂进行离子置换、降低硬度时,补充水溶解性总固体 TDS 变化不大)。

#### (a) 直接蒸发冷却水系统补充水应采用生活饮用水

直接蒸发冷却空调设备产出空气和冷却水是直接接触的。从数据机房空调空气质量以及卫生、安全和防疫的角度看,补充水水质指标中浊度、有机物、微生物和消毒等方面的要求应与《生活饮用水卫生标准》GB 5749 保持一致。同时,系统应定期对集水盘进行必要的清洗和检查,进行定期排污、干燥,以保证系统的清洁与效率。

#### (b) 间接蒸发循环冷却水系统补充水可采用再生水

表 1 中再生水的水质控制指标主要参考了 GB 50050-2007 表 6.1.3 规定的部分数据(2017 版 COD  $\leq$ 60mg/L 尚无运行实践结论)。当水资源缺乏,利用再生水作为补充水时,再生水的原水应符合《建筑中水设计标准》GB 50336-2018、《建筑给水排水与节水通用规范》GB 55020-2021、《城镇污水再生利用工程设计规范》GB 50335-2016 和《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962-2015 等标准、规范的规定。医疗污水、放射性废水、生物污染废水、重金属及其他有毒有害物质超标的排水不得作为再生水的原水。再生水水质满足表 1 控制指标要求,方可利用。雨水回用作为补充水时,雨水水质应符合《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB 50400-2016、《建筑给水排水与节水通用规范》GB

55020-2021 等规范的规定。传染病医院的雨水、含有重金属污染和化学污染等地表污染严重的场地雨水不得回用。雨水收集处理后的水质满足表 1 控制指标要求，方可利用。

(c) 蒸发冷却冷水机组开式冷却水系统补充水可采用再生水。条文说明同上。

### 对表 1 和表 2 中水质检测项目的解读

① 浊度：即水的浑浊程度，是水中不溶性悬浮物质和胶体物质所致。浊度是光度法测定的，单位是 NTU（散射浊度）。一般悬浮物粒径大于  $0.1\mu\text{m}$ ，而胶体粒径在  $1\text{nm}\sim 0.1\mu\text{m}$  范围。补充水进入蒸发冷却水中后，由于被不断蒸发浓缩，故水中的悬浮物增多、浊度升高。冷却水在喷淋塔内把空气中的尘埃洗涤下来并带入水中，形成悬浮物。此外，冷却水系统中生成的腐蚀产物、微生物繁衍生成的黏泥都会成为悬浮物。这些生成的悬浮物大部分沉积在喷淋塔集水盘的底部，它们可以通过排污被带出冷却水系统，还有一部分悬浮物则悬浮在冷却水中，使水的浊度增加。悬浮物和胶体还会沉积在换热设备的换热芯体上，降低水冷却的效果。浊度高会引起污垢沉积和垢下腐蚀，要求越低越好。悬浮物和浊度可以通过过滤、除污和抑制微生物滋生等措施来控制。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中浊度 $\leq 3\text{NTU}$ ；直接蒸发冷却空调补充水和冷却水限值都是浊度 $\leq 3\text{NTU}$ ；即直接蒸发冷却用水不宜采用回收再循环方式，不应采用过滤等方式降低浊度，而加大排污水量（即靠补充水维持浊度值）是保障用水卫生、安全的方案。截污处污物的累积有利于微生物繁殖、产生卫生隐患，而新增的消毒药剂又带来另一个安全隐患。从数据机房空气质量以及防疫要求角度看，保障直接蒸发冷却空调设备产出空气的卫生和安全最为重要。

再生水标准中浊度 $\leq 5\text{NTU}$ ；以往标准对间接蒸发冷却空调补充水限值浊度 $\leq 3\text{NTU}$ ，冷却水限值浊度 $\leq 5\text{NTU}$ ，已不符合数据中心行业的实际情况和环保要求，限制了水处理方案的优选。将浊度等于  $5\text{NTU}$  的再生水作为补充水时，如果维持补充水的限值浊度 $\leq 3\text{NTU}$ ，就需预先过滤补充水来降低浊度。补充水流量大时，不仅有占地面积问题，还有过滤器一用一备的翻倍成本，并且循环冷却水系统仍然需要安装过滤器以去除浊度增量。在补充水预处理与循环水旁流处理的选择上，显然应选择后者。

《蒸发冷却制冷系统工程技术规程》JGJ 342-2014 第 3.3.13 款要求：在机组入口处应设置过滤器或除污器，这一规定在实际工程实践中难以实现目的。因为机组入口主管道（或总供水管）安装过滤器时（一般为筛网式），明显增加了水头损失；如果要求过滤器过滤精度高（截留粒径小），则反洗会很频繁；如果对过滤精度要求放宽，则过滤除污作用有限。实际上，目前最合理的降低浊度方案是在循环水管路中旁流安装传统的多介质（如石英砂）过滤器。间接蒸发冷却补充水浊度限值 $\leq 5\text{NTU}$ ；间接蒸发冷却循环水应控制浊度 $\leq 10\text{NTU}$ 。

② pH 值（ $25^{\circ}\text{C}$ ）：蒸发冷却空调水系统的 pH 值由补充水水质、水处理方案、浓缩倍数等因素决定（应配置在线 pH 传感器用于监控水质稳定）。补充水进入冷却水系统中后，水中游离态二氧化碳（碳酸分子）和半结合态二氧化碳（碳酸氢根）在水与空气接触过程中逸入大气而散失，故冷却水的 pH 值逐渐上升，直到冷却水中的  $\text{CO}_2$  与大气中的  $\text{CO}_2$  达到平衡为止。此时的 pH 值称为冷却水的自然平衡 pH 值，即  $\text{pH}_{\text{eq}}$ 。冷却水的自然平衡 pH 值通常在 8.5~9.3 之间。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中，pH 限值是 6.5~8.5；再生水标准中 pH 限值是 6.0~9.0；直接蒸发和间接蒸发冷却水 pH 限值是 7.0~9.5。

③ 电导率：电导率是表示水溶液传导电流能力的参数（单位： $\mu\text{S}/\text{cm}$ ），反映水中溶解盐含量的高低，是蒸发冷却水质管理过程中的一个重要指标。不同地域补充水的电导率数值相差很大（从 150 到  $1500\mu\text{S}/\text{cm}$ ），即使电导率相同，但对电导率有贡献的矿物质离子种类不同，结垢和腐蚀倾向就不一定相同。本标准不对电导率进行规定（给电导率设定限值，在水质不同的地区解读时，容易产生误导）。在具体的数据中心项目中，在给定蒸发冷却空调、补充水水质及环境因素条件下，控制蒸发冷却空调设备水系统运行的电导率指标许用值，应由水处理公司及设备厂家按实际确定（应配置在线电导率传感器用于监控浓缩倍数、确保水质稳定）。

对于高盐高碱地区水质，应采取预先除盐等措施将补充水电导率控制在 400、600 或 750 以下。降低电导率的传统工艺包括蒸馏法、电渗析法、阴阳离子树脂交换法、纳滤和 RO 反渗透法。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中电导率没有规定限值；但规定了溶解性总固体 TDS（Total Dissolved Solids）限值，通常 TDS 测定采用重量法，操作复杂。缺少电导率数据时，可按照  $\text{TDS}/\text{电导率}=0.5\sim0.7$  估算。

再生水标准中也没有规定电导率限值；蒸发冷却空调设备水处理过程中可根据补充水的电导率值和要求的浓缩倍数来设定排污水的电导率值。

④ 钙硬度：硬度是水垢问题中最重要的角色。补充水进入蒸发冷却空调设备水系统中后，随着蒸发，冷却水被浓缩，循环冷却水的硬度和碱度会升高。当补充水被浓缩到  $N$  倍时，循环冷却水的钙硬度和总碱度均相应增加，理论上，达到补充水钙硬度和总碱度的  $N$  倍，从而使冷却水的结垢倾向增大。

以往标准将补充水钙硬度划分为 $\leq 80$ （直接蒸发）、 $\leq 100$ （间接蒸发）、 $\leq 120$ （间冷开式）三种，这一划分比较粗略、不够严谨。

⑤ 总硬度：《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中规定总硬度 $\leq 450\text{mg/L}$ ；世界各国的饮用水标准中都是规定总硬度，而不是钙硬度。水质总硬度的公开资料比较容易获得（生活饮用水水质全分析数据表中很容易找到总硬度的数据）；蒸发冷却的补充水水质指标，用总硬度指标比钙硬度指标更加科学和合理。因为浓缩后一般关注钙硬度，但补充水是否需要预先软化则应根据总硬度大小（用钠型离子交换树脂去除硬度时，钙、镁离子都参与置换）。我国再生水标准中规定了钙硬度 $\leq 250\text{mg/L}$ ，则对应的总硬度更大，一般会超过 300；总硬度 150~300 属于适度硬水，大于 300 属于高硬水。

总硬度 $\leq 142$  属于软水；总硬度 $\geq 178$  时应根据总碱度等指标综合预判结垢趋势，降低浓缩倍数预期（值）或预先软化后使用。

本标准中总硬度限值出现了两个值：142 和 178，而不是 150 和 200，原因如下，142  $\text{mg/L}$  是 8 个德国度，是国际上普遍认可的软水划分线。10 $\text{mg/L}$  的  $\text{CaO}$  是 1 个德国度，即硬度 1 度，相当于 17.8 $\text{mg/L}$  的  $\text{CaCO}_3$ ，178 $\text{mg/L}$  是 10 个德国度。因为黄河水总硬度均值 228，水质较硬，但丰水期时可能总硬度在 190。如果总硬度限值定在 200，容易产生误导。

钠型离子交换树脂软水器一般要求进水总硬度低于 6 毫克当量/升，即 300 $\text{mg/L}$ 。进水总硬度高于 8 毫克当量/升（400 $\text{mg/L}$ ）的软水器需要专门定制。

⑥ 总碱度：总碱度高于 200  $\text{mg/L}$ （并且硬度也高）的城市，在中国工业发达地区并不多，主要分布在河南、山东和山西省。这些城市水的总碱度高，加酸是工程应用上降低总碱度的通常办法，但用户会担心安全问题。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中总碱度指标没有规定；限定总碱度指标会增加数据中心机房现场管理难度。

钙硬度+总碱度 $\leq 1100\text{mg/L}$ ，作为一项独特的循环冷却水综合指标，是国内循环水防垢处理的经验积累，被经常使用，结合使用其他指标可以科学地控制水垢沉淀。这一指标的应用可以降低对补充水水质的苛刻要求以及补充水预处理的预算。

⑦ 总铁：蒸发冷却空调设备冷却水系统中的总铁主要来自于系统腐蚀和补充水。补充水中铁浓度很低时，总铁的含量及趋势是监测系统腐蚀情况的重要指标。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中总铁 $\leq 0.3\text{mg/L}$ ；再生水标准中总铁 $\leq 0.5\text{mg/L}$ ；直接蒸发和间接蒸发冷却水应控制总铁 $\leq 1.0\text{mg/L}$ 。

⑧ 氯离子（ $\text{Cl}^-$ ）：天然的地表水中氯离子浓度大多不超过 100 $\text{mg/L}$ ，但流经含氯盐矿的地下水或沿海地区氯离子浓度会超过 150 $\text{mg/L}$ 。降低氯离子的传统工艺包括蒸馏法和 RO 反渗透等。预先降低氯离子的水处理成本通常很高。氯离子浓度高时不锈钢会腐蚀，是一个常识，在水质稳定处理过程中必须控制氯离子的浓度。根据以往的经验，对于数据中心的间接蒸发循环冷却水应控制在 500  $\text{mg/L}$  以内，而是否控制在 300  $\text{mg/L}$  以内则应根据蒸发冷却空调内部与水接触的材料材质决定。氯离子在冷却水与

补充水中的浓度比值也常作为浓缩倍数使用（系统中投加氯系杀菌剂会影响浓缩倍数的实际值）。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中氯化物 $\leq 250\text{mg/L}$ ；再生水标准中氯离子 $\leq 250\text{mg/L}$ ；直接蒸发冷却水系统补充水限值氯离子 $\leq 100\text{mg/L}$ ，直接蒸发冷却水应控制氯离子 $\leq 300\text{mg/L}$ ；间接蒸发冷却水系统补充水限值氯离子 $\leq 150\text{mg/L}$ ，间接蒸发冷却水应控制氯离子 $\leq 500\text{mg/L}$ 。

⑨ 硅酸（以  $\text{SiO}_2$  计）：为防止蒸发冷却空调水系统中形成难溶的硅酸盐垢，应控制水中硅酸含量。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中这一指标没有规定；再生水标准中这一指标也没有规定；直接蒸发和间接蒸发冷却水应控制在 $\leq 150\text{mg/L}$ 。

⑩ 氨氮：氨氮是污水处理常用的水质测试指标。针对直接蒸发和间接蒸发冷却水系统应分别制定限值。水中以游离氨（ $\text{NH}_3$ ）和铵离子（ $\text{NH}_4^+$ ）形式存在的氮叫做氨氮。氨氮是水体中微生物的营养素，可导致水富营养化现象产生，比如藻类（水体中主要耗氧污染物）的泛滥。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中氨氮 $\leq 0.5\text{mg/L}$ ；再生水标准中氨氮 $\leq 5\text{mg/L}$ ；直接蒸发冷却水应控制氨氮 $\leq 1.0\text{mg/L}$ ；间接蒸发冷却水应控制氨氮 $\leq 10\text{mg/L}$ 。

⑪ COD：COD 是污水处理常用的水质测试指标。针对直接蒸发和间接蒸发冷却水系统应分别制定限值。它是表示水中有机物多少的一个指标。有机物是水体中微生物的营养素，有机物含量增多将导致细菌大量繁殖，容易产生黏泥沉淀、垢下腐蚀等一系列情况。

《生活饮用水卫生标准》GB 5749 中 COD $\leq 3\text{mg/L}$ ；再生水限值 COD $\leq 30\text{mg/L}$ ；直接蒸发冷却水应控制 COD $\leq 5\text{mg/L}$ ；间接蒸发冷却水应控制 COD $\leq 100\text{mg/L}$ 。

⑫ 菌落总数/细菌总数/异养菌总数：微生物（细菌、真菌和藻类）在蒸发冷却空调设备水系统中的大量滋生会形成大量黏泥沉积，降低蒸发冷却换热机组的冷却效果和换热效率，同时还对换热芯体造成严重的垢下腐蚀。微生物对蒸发冷却空调设备水系统的危害，比水垢和腐蚀更为严重，因此控制微生物的危害是首要的。在循环冷却水中，异养菌的生长繁殖最快，产生黏液危害大，数量最多，基本代表了水中全部细菌的数量，所以检测时，常以异养菌的数量代表细菌总数。间接蒸发冷却水应控制细菌总数不大于  $100000\text{CFU/mL}$ ；直接蒸发冷却水应控制细菌总数不大于  $100\text{CFU/mL}$ ，即与《生活饮用水卫生标准》GB 5749 一致。

#### 4.1.2 设计浓缩倍数

设计浓缩倍数需要综合很多因素（水源水质、水量，各种处理方法的技术经济比较）。根据传统冷水机组工程设计资料统计，开式冷却水系统水容积（指系统内所有水容积的总和）一般小于循环冷却水小时流量的  $1/3$ 。国内实际运行经验表明，这个指标能够保障系统安全运行。蒸发冷却空调机组水循环独立，完全依靠集水盘的储水量，水容积小、保有水量小，储水量明显过低，这一情况常常在项目设计阶段被忽视，会增加后期运营维护时水处理的难度。数据中心应在做可行性研究和设计时提前了解该项目补充水水质，通过水质信息，预估浓缩倍数  $N$ 、根据所需蒸发水量  $Q_e$ 、排污水量  $Q_b$ 、补充水量  $Q_m$  和系统水容积（保有水量） $V$  的安全范围，确定水平衡方案。

根据水量平衡：

$$Q_m = Q_e + Q_b + Q_d$$

根据物质平衡：

$$\text{【补充水中钾离子的浓度】} \times Q_m = \text{【冷却水中钾离子的浓度】} \times (Q_b + Q_d)$$

根据浓缩倍数定义：

通常以冷却水和补充水中钾离子（或氯离子）含量的比值来测算  $N$  值。

$$N = \text{【冷却水中钾离子的浓度】} / \text{【补充水中钾离子的浓度】}$$

所以浓缩倍数也可通过计算水量后获得，即  $N = Q_m / (Q_b + Q_d)$

关于浓缩倍数的经验设计值：补充水水质越软，需要的浓缩倍数越高。对东南沿海区域（福建、广西、珠江三角洲流域地区），补充水的硬度、碱度都较低，补充水的腐蚀性较强，系统一般运行的浓缩

倍数较高；而对长江流域地区，系统一般可以运行到 3~5 倍左右的浓缩倍数。再生水设计浓缩倍数推荐值是 2。

为保障系统正常运行，蒸发冷却设备循环冷却水的泄水排污应采用在线电导率控制的方式（定时排污不可为；连续排污容易被误解。《蒸发冷却制冷系统工程技术规程》JGJ 342-2014 第 3.3.14 款要求：连续或定时泄水排污），一般设计泄水量（包括排污水量和飞溅水量）等于蒸发水量的 50%~100%，实际运行时可根据当地水质情况减少排污水量、补充水量。

$$\text{泄水量 } (Q_b + Q_d) = Q_e / (N - 1)$$

当浓缩倍数等于 3 时，泄水量等于蒸发水量的 50%；当浓缩倍数等于 2 时，泄水量等于蒸发水量。

很多蒸发冷却空调机组的标配集水盘储水量小于其小时蒸发水量，而实践经验上，每小时蒸发  $1\text{m}^3$  水，集水盘应至少储备  $1.9\text{m}^3$  水，以保障水系统水质安全运行（标准编制组慎重地提出此保有水量设计数据）。因此在项目设计阶段，需要根据估算的开式系统水容积（保有水量），对集水盘（连体或远置贮水槽）提出扩容要求，即非标或定制要求。保有水量达不到要求或不具备远置贮水槽设置条件的，在多台间接蒸发冷却空调机组喷淋塔并联使用时，应设置水平平衡管。既可增加保有水量，又能方便水质的集中处理和水平衡管理，也可降低控制浓缩倍数的难度。

## 4.2 蒸发冷却系统水质要求与管理

### 4.2.1 一般要求

#### 对表 2 注释的解读

\*D：通过电导率控制排污（电导率在线监测与排污水量应联锁控制）。详见对表 1 和表 2 中水质检测项目的解读：③电导率。

### 4.2.2 水质综合判断指标

碳酸钙的溶度积  $K_s=4.8 \times 10^{-9}$ （25℃）

碳酸盐的一级、二级电离常数  $K_1=4.45 \times 10^{-7}$ （25℃） $K_2=4.69 \times 10^{-11}$ （25℃）

$B = \text{p}K_2 - \text{p}K_s$ ；

温度  $T < 20^\circ\text{C}$  时， $B=2.596 - 0.0256T$ ；

$20^\circ\text{C} \leq T < 30^\circ\text{C}$  时， $B=2.512 - 0.0212T$ 。

### 4.2.3 蒸发冷却空调设备水质管理

蒸发冷却空调设备单台机组冷却水量一般比较小、集水盘储水量也比较小。控制水垢沉积最简单易行的办法是自动排污，可以通过设定电导率值自动控制排污（电导率在线监测与排污水量联锁控制）。蒸发冷却技术最为适用的中国中西部地区，湿度低、降水量小、缺水，且水的硬度和硅酸盐偏高，而节约用水需要提高浓缩倍数，水处理难度和成本是增加的，应经技术经济比较确定水处理方案（在可研阶段分析论证技术先进性和经济合理性后确定方案）。

对于直接蒸发冷却空调机组，自动排污是最简单的处理方案，配合定期干燥填料和集水盘控制藻类和细菌滋生，在水资源允许情况下最为经济可靠。若水资源不允许，则应采用旁流水处理方案。

间接蒸发冷却系统相对于传统冷水机组，具有单机组保有水量小、机组数量众多、水系统的 pH 缓冲能力小、冷却水浓缩倍数变化大等特点。在蒸发冷却水系统管理体制中，应引入自动化设备及数字化的辅助管理手段。通过智能化的在线仪表、传感器等，实现关键水质指标在线实时监控，在线反馈旁流水处理运行情况，提高系统精细化管理水平，降低系统运行中的风险。

蒸发冷却冷水机组闭式冷却水不与大气接触，间接传热过程中没有水的蒸发（浓缩倍数约等于 1）。水温一般比较低，不会发生碳酸盐和硅酸盐连续结垢问题，腐蚀和微生物控制是水质管理的主要目标，因此不宜补充软化水、去离子水（对于地下水或补充水硬度比较高的地区，采用软化水和去离子水时，

应投加缓蚀剂控制系统腐蚀)。

#### 4.2.4 蒸发冷却空调设备(喷淋塔)腐蚀防护与停机维护

##### 4.2.4.1 设备例行检查的要求

对热浸镀锌材料应定期检查瑕疵和腐蚀而成的“白锈”情况:白锈较轻微时,应用干布擦去锈迹;中度到重度的白锈可用硬毛刷来清除,不能用钢丝刷。在清除白锈后必须检查产生白锈部位的镀层厚度,以确保保留有足够的镀锌层保护钢基;在极端的情况下,当出现严重的白色沉积物或红锈(已损害镀件的使用寿命)时,则必须重镀或按相关标准规定的方法做局部修补。

喷淋塔的面板及集水盘、风筒等组件应定期检查聚集的污物并且清洗干净。

##### 4.2.4.2 化学品的使用要求

- 1、化学品必须和结构件(热浸镀锌材料和玻璃钢)及所有用到的材料(PVC、丁基橡胶等)兼容。
- 2、抑制腐蚀和结垢的化学品应通过在线的自动加药装置投加到冷却水中,以防止局部化学品浓度过高而引起腐蚀。化学品加药点宜放在供水泵的吸水口处,而不应大剂量地直接投入到喷淋塔集水盘内。
- 3、生物控制

生物控制需要有别于防垢和缓蚀处理的化学方式。建议对所有喷淋塔进行生物消杀处理,包括那些不需要控制水垢和腐蚀的水质。当喷淋塔系统充满水后,首次启用并且正常运行时,极力推荐生物消杀处理来控制微生物滋生。液体杀生剂可以稀释后直接加入集水盘中;固体杀生剂应通过贮料/加料容器投加到集水盘中。

##### 4.2.4.3 停机期间的维护要求

为达到停机期间生物污染的危害最小化,如停机超过3天,应将系统内全部(包括喷淋塔、系统管路、热交换器等)的水排空。待重新开始运行时,应清理掉喷淋塔内所有的污物,包括树叶和灰尘,并将系统重新充满新鲜的水。当打开供水泵而喷淋塔风机尚未启动时,可以实施以下两种消杀处理程序之一:

- 1、再次使用停机前使用过的杀生剂。杀生剂浓度应保持一段时间,以使系统处于一个较好的生物控制状态,之后才可启动喷淋塔。

2、检查冷却水 pH 值,将其调节至 6.5~7.5(作为杀菌剂,次氯酸  $\text{HClO}$  的杀生效率比次氯酸根  $\text{ClO}^-$  要高 20 倍;在  $\text{pH}=5.0$  时,次氯酸的电离度最小,故杀菌效果好;在  $\text{pH}=7.5$  时,水中次氯酸  $\text{HClO}$  的浓度与次氯酸根  $\text{ClO}^-$  的浓度几乎相等。一般来说,以氯为主的微生物控制方案的 pH 值范围以 6.5~7.5 为最佳。 $\text{pH}<6.5$  时,虽然能提高氯的杀菌能力,但循环冷却水系统中金属腐蚀速度会加剧)后加入适量的次氯酸钠,GB/T 50050 标准中 3.5.2 条款要求,投加方式、投加量应符合下列规定:次氯酸钠或液氯(北京市已经禁用液氯)宜采用连续投加,也可采用冲击投加。连续投加时,宜控制循环冷却水中余氯为 0.1~0.5mg/L;冲击投加时,宜每天投加 1~3 次,每次投加时间宜控制水中余氯 0.5~1.0mg/L,保持 2~3h。

如果在停机期间不能排空系统内的水,可加一个带阀门的旁通,使系统(包括集水盘)的冷却水可以循环起来。在经过长时间停机(超过3天)后,系统重新启动前要参照上述两条消杀处理程序之一。

##### 4.2.4.4 数据机房不间断供冷的要求

保障数据中心安全稳定、不间断运行是最重要的运维工作。蒸发冷却空调设备停机维护时应保障不间断供冷的要求,确保数据机房电子信息设备运行环境的安全、稳定、可靠。

## 5 水处理方案

### 5.2 补充水处理方案

如果预先软化补充水,很大程度上,可以避免或减轻无机难溶结垢物的问题,但软化工艺无法去除原水中的溶解性总固体(TDS)、悬浮物以及水中的微生物。运维过程中,由于现场运维人员对软化设备管理经验不足,容易出现软水器出水硬度超标,甚至出现软水器再生不到位等情况,影响蒸发冷却系统结垢控制。

对于要求控制补充水中氯离子含量的换热机组或换热芯体,应补充纯水或按所需比例混合纯水,纯水宜采用RO反渗透工艺制取。

数据机房的补充水软化处理方案中,采用投加石灰或加酸的方案不适用于数据中心的环境管理;高硬度水质地区用户普遍可以接受全自动钠型离子交换树脂法(去除硬度);若需进一步去除补充水硬度和含盐量宜采用纯水工艺,使用RO反渗透纯水作为补充水,可以更好地缓解无机难溶结垢物和易溶盐沉积物的问题。特别是对于不具备软化设备运行维护能力的现场,采用RO水作为补充水,可以大大降低冷却水系统结垢风险。但是使用RO水作为补充水,仍有微生物滋生的可能(空气中有孢子)。另外,RO反渗透系统应根据不同水质情况采用适当的维护方案,如预处理(杀菌、多介质过滤、软化)、日常化学阻垢处理和微生物控制、定期膜清洗等。

直接蒸发冷却(DEC)空调设备,通过设定电导率值自动控制排污(电导率在线监测与排污水量连锁控制)或一直长流水是最简单的处理方案,但鉴于中西部地区干旱缺水的现实,用户可能不接受冷却水的浪费。与湿膜方式相比,水不回收的喷雾式直接蒸发冷却空调设备,遇到的问题是喷嘴堵塞周期太短,未来解决结垢问题的出路在于喷雾用水的彻底纯水化。

使用自来水或软化水作为补充水,运行的风险点在蒸发冷却水系统内;而使用RO反渗透水,其风险点在RO反渗透系统,即在蒸发冷却水系统外。RO反渗透系统的良好维护成为蒸发冷却水系统的关键。从最佳实践角度来看,冷却水补充水使用RO反渗透水(去离子水)更符合换热设备安全高效运行的要求。

### 5.3 旁流水处理方案

蒸发冷却水系统在运行过程中由于受到污染(包括由空气带入灰尘、粉尘等悬浮物以及由于换热设备带入的其他杂质等),会使水质不断恶化;另外,由于循环冷却水的浓缩作用也会引起水中某一项或几项成分超标。在此情况下,必须分流出部分冷却水进行旁流处理,以控制循环冷却水水质指标在允许范围内。

旁流水处理还可以降低对补充水的水质要求,减少补充水量和排污水量,因而对节约水源、减少环境污染具有重要意义。

旁流水处理包括混凝、沉淀、过滤、软化、除盐、阻垢缓蚀、微生物控制等内容。

根据数据中心的运行特点、环境情况和对其它污染因素的分析,目前物理法旁流水处理的主要方式是通过多介质过滤器的筛滤和吸附作用去除悬浮物、降低浊度。旁流处理水量 $Q_{si}$ 宜为(循环)冷却水水量 $Q_r$ 的1%~5%(对于多沙尘地区或空气灰尘指数偏高地区可适当提高到7%)。

电化学法旁流处理系统通过降低结垢因子防止结垢,通过转化水中某些离子生成强氧化性物质来抑制和杀灭微生物,通过水质平衡抑制腐蚀。电化学处理技术是一种新型的冷却水水质稳定技术,无需投加化学品来阻止结垢、抑制腐蚀和杀菌灭藻。电化学处理循环冷却水时,仅需要处理一部分循环冷却水就可以实现对常见问题的控制,通常采用旁流方式安装,旁流处理水量应根据冷却水水量和补充水水质确定。

循环冷却水中某些矿物质离子在电化学处理过程中,分别在阴极和阳极发生电化学或化学反应。阴极的反应产物起到降低碳酸盐硬度的目的,从而实现对循环冷却水中结垢倾向的控制;阳极的氧化产物则起到抑制和杀灭微生物的作用,从而控制微生物黏泥的产生;同时电化学设备通过控制矿物质平衡实

现腐蚀控制。通过电化学反应和设备自动清垢过程，实现对循环冷却水中结垢、腐蚀和微生物的控制。

#### 化学加药法

化学药剂包括：阻垢缓蚀剂、分散剂、杀菌剂/消毒剂、洗涤剂、黏泥剥离剂等。

采用化学药剂处理的主要作用是控制水垢、微生物黏泥等的形成，以尽可能保持换热芯体的换热效率和布水的均匀性。蒸发冷却空调设备循环水常用阻垢分散剂及杀菌剂等。阻垢分散剂的主要作用是阻止水中结垢类物质在设备表面沉积。一般认为，阻垢分散剂起阻垢的作用是因为它对水中金属离子有螯合作用，对微晶有吸附分散作用或晶格畸变作用。

杀菌剂（又称杀生剂）的作用是阻止微生物及藻类的生长繁殖，减少生物黏泥在设备表面沉积。杀菌剂通过破坏微生物细胞结构，干扰新陈代谢等达到杀菌目的。杀菌剂分为氧化性和非氧化性两大类，根据设备材质和运行工况选用适宜的杀菌剂，以合适的投加方式和投加量，达到有效控制微生物滋生和降低设备材质腐蚀风险的目的。

在使用化学药剂的过程中，应根据制定的化学药剂方案，采用在线实时监控加药设备，实施精准加药和控制，以保证化学药剂处理的效果。

### 5.4 清洗方案

蒸发冷却空调设备运行一段时间后，由于各种原因（诸如空气中灰尘等物质的存在），在换热芯体换热面及周围形成沉积影响芯体的换热效率，这种现象是无法避免的。蒸发冷却空调系统水质处理除了防止设备结垢、腐蚀及菌藻类物质的产生外，还应对已出现结垢的换热芯体进行补救性清洗，清洗可分为物理清洗和化学清洗。这可与常规的初始运行阶段的“清洗和预膜”程序结合起来。“清洗和预膜”程序宜按人工清扫、水清洗、化学清洗、预膜处理的顺序进行。清洗方案应包括不应损坏换热器件的措施（例如，防止物理损伤、腐蚀、镀膜层破坏等）。有些树脂涂层、高分子涂层的间接蒸发冷却换热芯体，如果没有保护措施，其表面平整度等被损坏后，水膜的亲水性和均匀性会受到影响，从而影响换热效率。

### 5.5 物化综合方案

仅对补充水水质或冷却水水质进行处理，但不能满足用户要求时，补充水预处理和冷却水旁流处理都是必要的。

物化综合法涉及的设备包括在线清洗设备、过滤设备、变频阻垢设备、软化设备、膜处理装置、电化学装置和化学加药装置，可实现对蒸发冷却空调设备水系统中结垢、腐蚀和微生物的多方位控制。

### 5.6 排污方案

蒸发冷却空调设备水系统的排污水量  $Q_b$  可按下列公式计算：

$$Q_b = \frac{Q_e}{N-1} - Q_d$$

$Q_d$  按蒸发冷却空调设备厂商的推荐值；缺乏资料时，按  $Q_e$  的 0.02-0.05%。

## 6 检验

### 6.3 水质判断

控制水质指标的最终目的是控制蒸发冷却系统中换热设备的结垢、腐蚀和微生物滋生，确保数据中心运行的稳定高效。

常规检测项目是为了及时发现冷却水水质的异常变化，以便采取应对措施。表 4 中各项目均与冷却水的水质变化趋势密切相关。通过数据的变化，可反映出冷却水系统的结垢、腐蚀及运行情况。蒸发冷

却系统水处理主要目标是净化水质、控制系统结垢问题。冷却水应检测和控制的项目有浊度、pH 值、电导率、钙硬度、总碱度、总铁、氯离子、余氯和细菌总数，其他检测项目可作参考。

由于蒸发冷却水质变化快，在取样与化验的过程中，会出现时间差。取样周期较长的情况下，获得的水质数据不一定有代表性，往往对指导水质控制产生偏差。要达到良好的处理目标，应提高在线监测的能力或人工监测的频率。

#### 6.4 排污要求

《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962-2015 中规定氯化物 A 级标准为 500 mg/L，补充水的氯离子浓度偏高地区浓缩倍数应严格控制。污水排入城镇下水道水质标准也规定了溶解性总固体排放标准 $\leq 1500$  mg/L，则可估算电导率排放标准 $\leq 3000$   $\mu$ S/cm。

## T/DZJN 81-2022 《数据中心蒸发冷却水质标准》团体标准

### 第 1 号修改单

本修改于 2022 年 9 月 27 日起实施。

---

本标准修改如下：

- 1、页码：第 23 页
- 2、条款：5.5 物化综合方案
- 3、原文：

物化综合法涉及的设备包括在线清洗设备、过滤设备、**变频阻垢设备**、软化设备、膜处理装置、电化学装置和化学加药装置，可实现对蒸发冷却空调设备水系统中结垢、腐蚀和微生物的多方位控制。

- 4、修改：

物化综合法涉及的设备包括在线清洗设备、过滤设备、变频（包括变频电脉冲）阻垢设备、软化设备、膜处理装置、电化学装置和化学加药装置，可实现对蒸发冷却空调设备水系统中结垢、腐蚀和微生物的多方位控制。

---

注：标准文本中修改内容用红色字体标出。

2022 年 9 月 26 日

全国团体标准信息平台