

## 附件

# 《国家通信业节能技术产品应用指南与案例（2021）》之二 ——绿色数据中心高效冷却及配套技术产品

## （一）10 千伏交流输入的直流不间断电源系统和高弹性冷却技术——高弹性冷却技术

### 1. 适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### 2. 技术原理及工艺

阿里云高弹性冷却技术是将定制的空调盘管墙和风扇墙模块置于服务器机柜后部，采用大盘管精确温控方案，根据业务需求统一制冷、控制，将冷却设备的软件、硬件与服务器配合。以整个包间为池化，满足机柜功率的高弹性需求和高功率风冷机柜的散热需求，消除热点，能耗较传统冷冻水精密空调降低 70%。工作原理如图 1 所示。

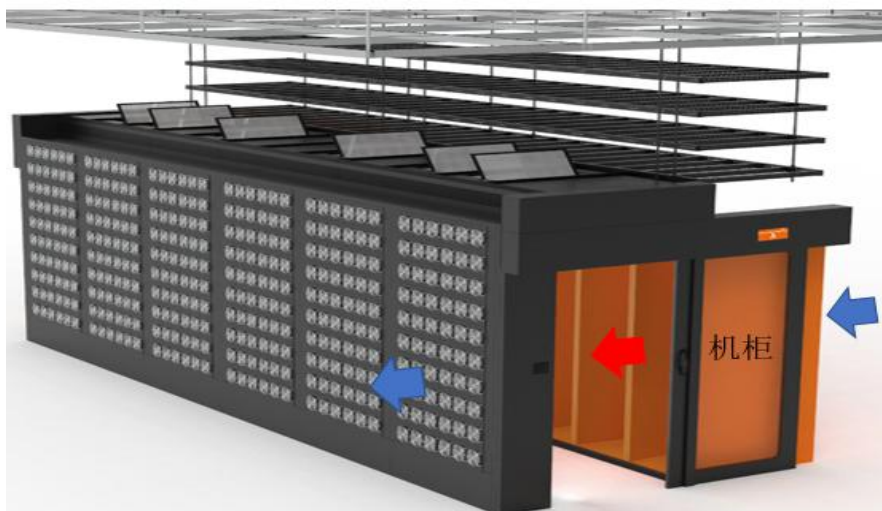


图 1 工作原理图

### 3. 技术指标

- (1) 单机柜冷却能力  $\geq 30$  千瓦。
- (2) 能耗：局部 PUE 指标 (pPUE)  $\leq 0.02$ 。

### 4. 技术功能特性

- (1) 满足机柜功率的高弹性需求，弹性范围：10 ~ 30 千瓦。
- (2) 能耗较传统冷冻水精密空调降低 70%。
- (3) 减少空调用电，提高 IT 产出约 4%。
- (4) 消除机房局部热点。
- (5) 全预置化，施工周期短。

### 5. 应用案例

阿里巴巴华东某云计算数据中心项目，技术提供单位为阿里云计算有限公司。

#### (1) 用户情况简单说明

整楼为新建项目，全楼共有 6 个 IT 机房，其中一个 IT 机房采用高弹性冷却技术方案进行灰度落地。

#### (2) 实施内容及周期

在该机房的设计中，取消了服务器包间的冷冻水精密空调，直接采用阿里云高弹性冷却技术部署在整个机房中。实施过程为 2 个月。

#### (3) 节能减排效果及投资回收期

该案例规模为 1 个包间，共有 180 个机柜，高弹性冷却技术的空调末端 pPUE  $\leq 0.02$ ，与传统冷冻水精密空调末端比降低 70%。单项目年节电 100 万千瓦时。

该技术可减少的空调用电可用来提高 IT 产出约 4%，同时替代了机房原有的机电设备和吊顶等配置，总初投资与传统方案持平。

## 6. 未来推广前景

预计未来 5 年市场占有率可达到 20%。

## (二) 绿色低碳数据中心系列节能技术——“冰川”相变冷却系统

### 1. 适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### 2. 技术原理及工艺

该系统首次将无油概念引入到数据机房空调系统层面，以气泵、液泵、蒸发冷凝器和并联末端为硬件基础，加以 AI 智能控制，灵活满足数据中心的制冷需求。根据室外机型式可分为蒸发冷型“冰川”相变系统、风冷型“冰川”相变系统、集中水冷型“冰川”相变系统等。以蒸发冷型为例，工作原理图如图 2 所示。

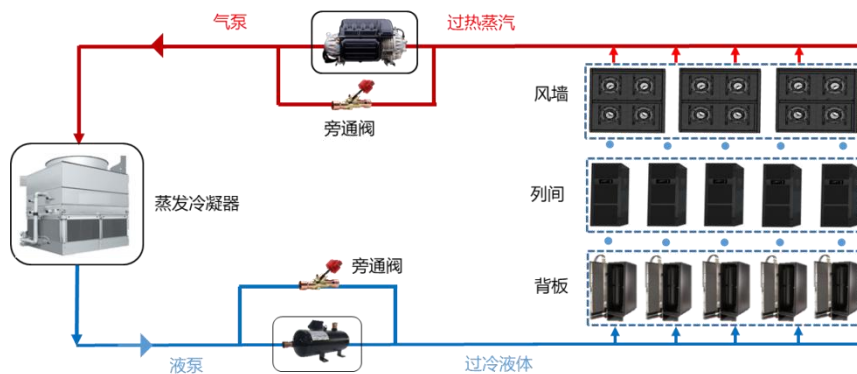


图 2 工作原理图

### 3.技术指标

(1) 峰值制冷负载系数 (CLF) 比主流方案大幅降低, 同等供电容量出柜率提升 20%。

(2) 年均 CLF 可达 0.035。

(3) 政策适应性, 极宽气候适用范围, 满足全国不同地域电能使用效率 (PUE) (深圳 1.25 以下、北京 1.15 以下) 和容积率 (建筑适用性) 政策要求。

(4) 风墙、列间、背板、房间空调等末端灵活选择, 兼容液冷方案, 支持单柜功率密度 30 千瓦以上。

### 4.技术功能特性

(1) 首次将无油压缩机应用到系统层级, 单系统制冷容量可覆盖 100~3000 千瓦, 因无回油的制约, 部署场景不受高差、管长等约束。

(2) 无中间换热环节, 最大限度简化换热过程, 确保高能效。

(3) 室内形式多样, 可为风墙、列间空调、机柜背板、房间空调等, 可实现就近冷却, 并兼容液冷, 具有强适应性。

### 5.应用案例

保定某云计算数据中心项目, 技术提供单位为北京百度网讯科技有限公司。

(1) 用户情况简单说明

保定某新建数据中心为提升出柜率、降低 PUE, 采用蒸发冷型“冰川”相变系统。

(2) 实施内容及周期

新建 6+1 套“冰川”相变系统，单系统制冷量为 350 千瓦。现场安装调试周期 1 个月。

### （3）节能减排效果及投资回收期

采用“冰川”相变系统后，设备故障率为 0，已安全运行 1 年，CLF 年均值 0.05，较传统制冷系统，年节电 272 万千瓦时，电费按 0.5 元/千瓦时，年节约费用 136 万元，因“冰川”系统峰值 CLF 大幅降低，使得数据中心资源利用率提升 20%，考虑单千瓦 IT 设备对应的机电造价，“冰川”的 Capax 与传统制冷系统持平。每 200 个机柜，采用“冰川”相变系统 10 年 TCO 降低 1360 万元。

## 6.未来推广前景

预计未来 3 年市场占有率可达到 30%~40%。

## （三）数据中心持续供冷与削峰填谷相耦合的水蓄冷产品

### 1.适用范围

适用于新建数据中心。

### 2.技术原理及工艺

水温  $> 4^{\circ}\text{C}$  时，水的密度随温度升高而减小，通过密度差可以实现冷热水的稳定分层，达到良好的蓄、放冷效果。

在数据中心运行初期，利用主机冗余，在谷电时间内进行蓄冷，设备在用电高峰期进行供冷。

当设备液位变化时，可调节布水器进行上下移动。当流量变化时，圆盘孔径进行调节，工作原理如图 3 所示。



图3 自调节型高效水储能设备

### 3.技术指标

- (1) 空调系统节能率：20%~30%。
- (2) 可调节布水器适应液位及流量变化。
- (3) 弗劳德数 $\leq 1$ ；雷诺数 $\leq 850$ ；斜温层厚度 $< 1$ 米。
- (4) 温度控制精度： $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；冷量控制精度： $\pm 1\%$ 。
- (5) 设备放冷效率：90%~95%。

### 4.技术功能特性

#### (1) 蓄能设备的高效性

当蓄能设备的液位发生变化时，利用可调节布水器调节布水器高度，保障数据中心的安全性。

此外，本产品可根据不同流量来调节布水板孔径大小，达到最优的布水效果，适应数据中心全周期的使用。

#### (2) 蓄能设备的多用性

本产品提供数据中心所需的应急冷量的同时，将冷却水所需补水量的1/2存储到蓄冷罐，保证数据中心系统的安

全性和稳定性，降低项目补水储水投资。该部分补水量常规工况下用于冷冻水使用，补水工况下用于冷却水补水。

此外，在数据中心运行初期，本产品利用应急供冷储罐的冗余进行移峰填谷，提高了项目初期系统运行的节能性和稳定性，为用户节省了运行费用。

## **5.应用案例**

某数据中心项目，技术提供单位为北京环渤高科能源技术有限公司。

### **(1) 用户情况简单说明**

本项目安装了 IDC 业务服务器 1446 个服务器机柜（含 3 千瓦、4 千瓦、6 千瓦和 8 千瓦）。为了保证数据中心安全性以及数据中心的节能率，加设了自调节型高效水蓄冷设备。

### **(2) 实施内容及周期**

本项目选用 2 台自调节型高效水蓄冷设备以及配套系统，设备参数：直径 6 米，液位高 25 米，蓄冷罐总高 27.2 米，蓄水量 735 立方米，供回水温度 14~19℃。实施周期 4 个月。

### **(3) 节能减排效果及投资回收期**

本项目设计冷负荷 9600 冷吨，数据中心机架分期上架，前期负荷低时，蓄冷罐和主机交替运行，可以有效避免主机低负荷运行发生喘振。本数据中心空调系统联合自然冷却系统，利用自调节型高效水蓄冷设备按照蓄放冷策略使用，数据中心年节电 38.27 万千瓦时，年节省费用约为 49.83 万元。投资回收期 3 年左右。

## **6.未来推广前景**

预计未来 5 年市场占有率增长 100% 以上。

#### （四）喷淋液冷边缘计算工作站

##### 1. 适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

##### 2. 技术原理及工艺

喷淋液冷系统主要由冷却塔、冷水机组、液冷冷却液分配单元（CDU）、液冷喷淋机柜构成。工作过程为：低温冷却液送入服务器精准喷淋芯片等发热单元带走热量，喷淋后的高温冷却液返回液冷 CDU 与冷却水换热处理为低温冷却液后再次进入服务器喷淋，冷却液全程无相变。液冷 CDU 的冷却水由冷却塔和冷却水机组提供。工作原理如图 4 所示。

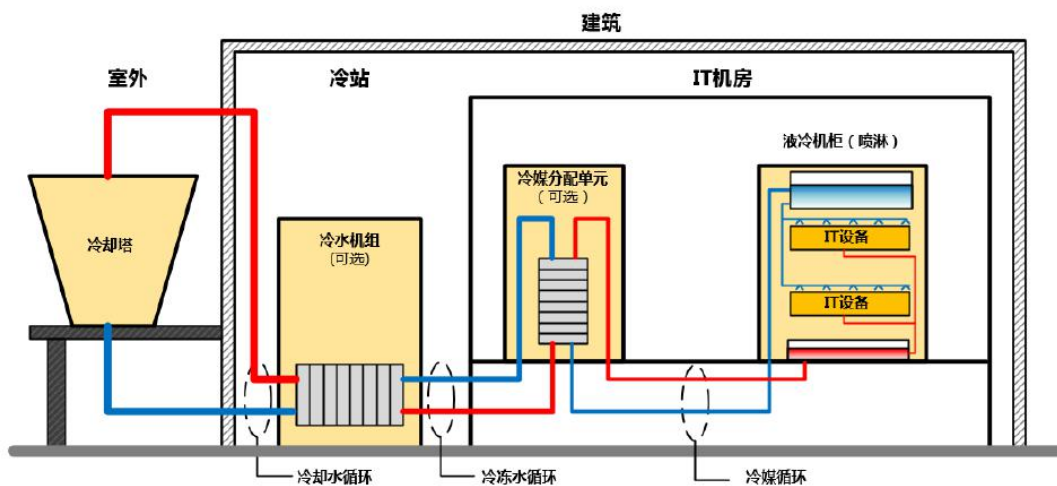


图 4 喷淋液冷系统工作原理图

##### 3. 技术指标

- （1）年均电能使用效率（PUE）值低于 1.1。
- （2）单机架功率集成高达 56 千瓦以上。



(3) 2U 标准机架式喷淋液冷服务器功率密度可达 2 千瓦以上。

(4) CPU 芯片温升 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 。

(5) GPU 芯片温升 $\leq 35^{\circ}\text{C}$ 。

#### 4. 技术功能特性

(1) 省电：PUE $\leq 1.1$ ，电费节约 50%以上，机房空间节省 75%~90%。

(2) 高密度：喷淋液冷机柜单体机柜的功率密度最高可达 56 千瓦。

(3) 安全稳定、适用性强：服务器拆除了风扇，芯片运行不再受风扇振动影响，冷却液覆盖服务器内元器件表面，有效隔离空气，设备对外部环境要求低，安全性、稳定性、适用性更高。

(4) 造价低：相较于传统风冷数据中心，同容量的喷淋液冷数据中心整体造价更低，投资回报周期更短。

#### 5. 应用案例

上海某大数据试验场项目，技术提供单位为广东合一新材料研究院有限公司。

(1) 用户情况简单说明

上海某大数据试验场项目引进的喷淋液冷产品为独立集装箱结构，分为 IT 室和液冷热交换冷却室。IT 室容纳 12 个机架，每个机架配备 10 台服务器，单机架总功率 32 千瓦，总功率 384 千瓦。该项目在上海地区实现了数据中心整体 PUE 值低至 1.07 的节能效果。

## （2）实施内容及周期

以集装箱为机房，在集装箱内安装喷淋液冷数据中心，将总功率为 384 千瓦的服务器平均分配至 12 个机架内，以 3 个集装箱装载。整体坐落于空地上，平整放置，无须特殊机房设计。实施周期 3 个月。

## （3）节能减排效果及投资回收期

项目建设完成后，投入实际运行 1 年，与同等规模的传统风冷数据中心进行比对，年节电 196.22 万千瓦时。投资回收期 25 个月。

## 6. 未来推广前景

预计未来 5 年市场占有率可达到 10%。

## （五）基于液/气双通道及室外蒸发冷却的高效数据中心冷却系统——液/气双通道精准高效制冷技术

### 1. 适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### 2. 技术原理及工艺

将服务器内部高发热部件与低发热部件的散热通道区分，实现双通道精准制冷。针对高发热部件采用液体冷却，以冷却水为冷源与进出服务器冷却溶液直接换热，实现完全自然冷却；针对低发热部件采用空气冷却。解决了传统制冷系统因统一采用低温冷源制冷造成的制冷系统能效低的问题，同时可提高单机柜功率至 25 千瓦以上。工作原理如图 5

所示。

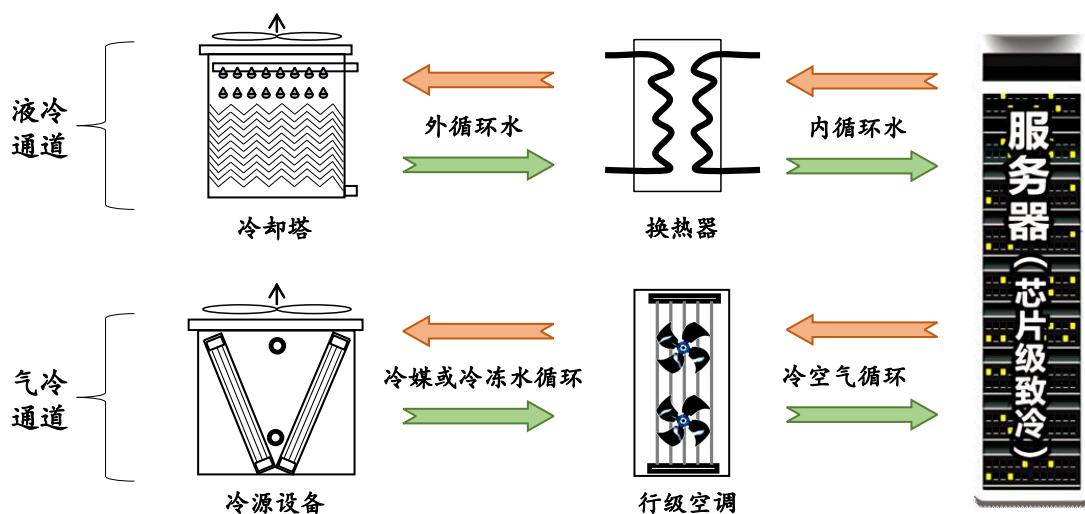


图 5 工作原理图

### 3.技术指标

- (1) 机房电能使用效率 (PUE) < 1.15。
- (2) 服务器 CPU 温度  $\leq 65^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 单机架装机容量  $\geq 25$  千瓦。

### 4.技术功能特性

(1) 双通道冷却，针对不同发热特性部件散热，提升整体冷却效率 40%。

(2) 液体直接冷却高发热部件，解决高热度的局部热点问题，提供单机柜装机容量。

(3) 输配管网双环路均流设计，流量标准偏差控制在 1.5% 以内。

(4) 服务器进液温度  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ，全国范围内全年自然冷却时间占比超过 90%，高温高湿地区同样可建设高效机房。

### 5.应用案例

广州某液冷试商用项目，技术提供单位为广东申菱环境系统股份有限公司。

#### (1) 用户情况简单说明

广州属于亚热带地区，全年平均温度高，传统机房 PUE 大于 1.5，不满足绿色节能发展需求。本项目建设 45 千瓦液/气双通道精准高效制冷技术 2 套，验证广州地区数据中心 PUE 低于 1.2 的制冷系统。

#### (2) 实施内容及周期

利用冷却塔作为冷源的液冷散热通道，利用冷冻水行级空调的气冷散热通道。实施周期 3 个月。

#### (3) 节能减排效果及投资回收期

与 PUE 为 2.0 的传统数据中心对比，本项目采用液/气双通道精准高效制冷技术，整体 PUE 低于 1.15，机房建设 14 架 6 千瓦液冷服务器机架，年节电 62.5 万千瓦时，年节电率 42.5%，实现广州地区数据中心 PUE 不高于 1.15。投资回收期 2 年。

### **6.未来推广前景**

预计未来 5 年市场占有率可达到 10%以上。

## **(六) 节能节水型冷却塔**

### **1.适用范围**

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### **2.技术原理及工艺**

冷却塔是利用水和空气接触，通过水的蒸发散热降温的一种设备。工作原理如图 6 所示。

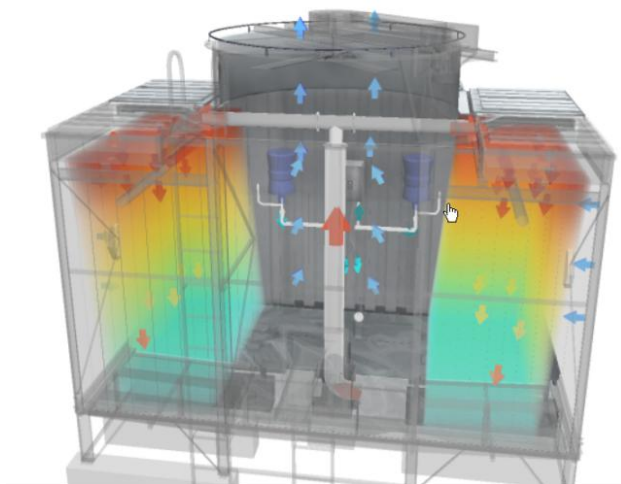


图 6 工作原理图

### 3.技术指标

- (1) 耗电比 $\leq 0.030$  千瓦/（立方米/小时）。
- (2) 漂水率 $< 0.010\%$ 。

### 4.技术功能特性

#### (1) 免费制冷

在冬季及过渡季节，当湿球温度低于 $4^{\circ}\text{C}$ 时，可完全采用冷却塔进行免费制冷；湿球温度在 $4\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间时，可利用冷却塔在部分时段进行免费制冷。其余季节，开动制冷机和冷却塔进行制冷。

(2) 采用自动化流水线生产，性能稳定可控。

(3) 结构优化、智能群控。

### 5.应用案例

某数据中心项目，技术提供单位为湖南元亨科技股份有限公司。

### (1) 用户情况简单说明

某数据中心一期工程共 3000 个机架，投资 3 亿元，冷却水流量为 3200 立方米/小时。

### (2) 实施内容及周期

配置 4 台冷却水量 800 立方米/小时的元亨节能节水冷却塔处理冷却水总流量为 3200 立方米/小时。实施周期从 2017 年 1 月开始安装到 2017 年 5 月安装调试完毕。

### (3) 节能减排效果及投资回收期

项目投入运行后，相较于一般的冷却塔，配电量由 30 千瓦下降至 22 千瓦，漂水率由 0.05% 下降至 0.010% 以下，按照 93% 的负荷率计算，年节电 26.1 万千瓦时，年节水 1.1 万吨。投资回收期 4 年。

## 6. 未来推广前景

预计未来 5 年，中国数据中心冷却塔的市场规模将增长至 8 亿元/年。

## (七) 浸入式散热数据中心

### 1. 适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### 2. 技术原理及工艺

在发热源的核心位置形成一个能够定向流动的湍流，加速散热材料的流动，从而快速地将热量从发热源核心位置带走。在发热源核心位置以外的区域，依靠材料自身性能就可

实现散热材料的自然流动，快速与外界进行热交换，解决传统的数据中心散热效率差的问题，同时实现耗电量下降、电子元件寿命延长、噪音降低等效果。工作原理如图 7 所示。

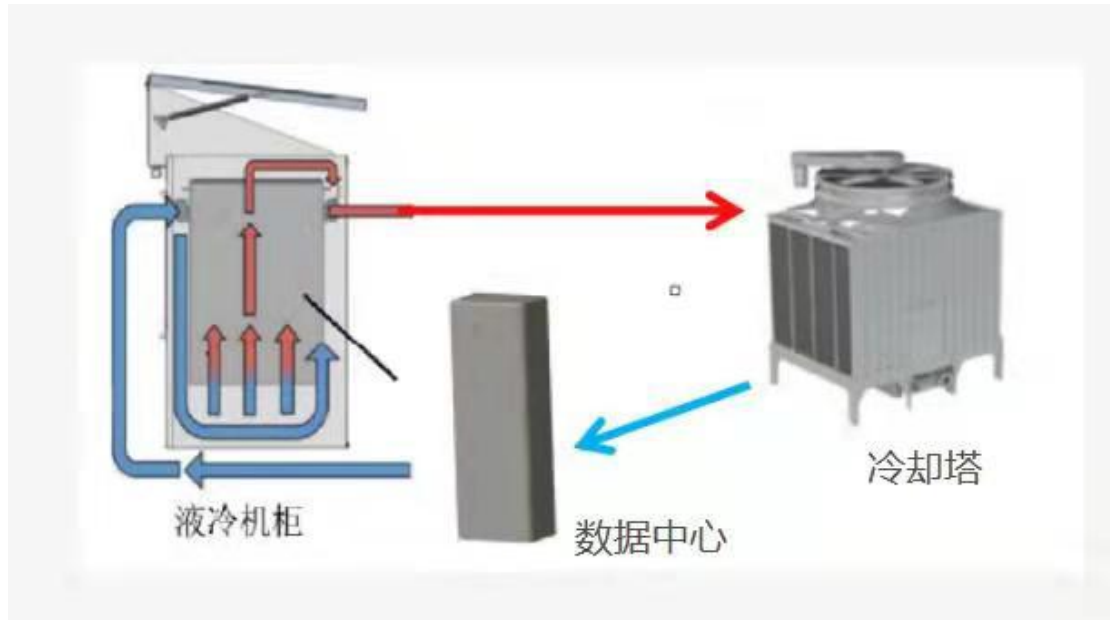


图 7 工作原理图

### 3.技术指标

- (1) 系统年均电能使用效率 (PUE) 最低可达到 1.02。
- (2) 单机柜可用 IT 功率密度: 5~50 千瓦。

### 4.技术功能特性

(1) 数据中心整体散热效率最大可提升 35%，数据传输稳定性同比提升近 2 倍。

(2) 浸没式散热设计，提高对电子元器件的保护，维护间隔时间变长，维护次数减少，大幅降低电子元器件的损耗，延长使用寿命，提高安全性。

(3) 耗电量最多可减少 30%，大幅降低数据中心的运行成本。

(4) 降低噪音，基本实现无噪音。

## 5.应用案例

某数据中心项目，技术提供单位为兰洋（宁波）科技有限公司。

### (1) 用户情况简单说明

某数据中心 IT 负载约 500 千瓦，工业电价 0.7 元/千瓦时。原采用风冷散热方案的 PUE 为 1.8，一年需要的电费 551.9 万元。

### (2) 实施内容及周期

采用 10 台浸入式散热数据中心产品，并定制无须散热硬件的服务器，替换原有风冷散热设备。实施周期 12 个月。

### (3) 节能减排效果及投资回收期

采用浸入式散热产品，理想状态下年节电 341.65 万千瓦时。投资回收期为 2~3 年。

## 6.未来推广前景

预计未来 5 年，在小型浸没液冷数据中心市场占有率可达到 60%。

## (八) 浸没式交变脉冲电磁波法循环冷却水处理技术

### 1.适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### 2.技术原理及工艺

本技术基本原理是运用特定频率范围的交变脉冲电磁



波，处理循环冷却水以达到控制结垢、腐蚀和微生物的效果。

系统设备由水处理模块、水质在线自动监测模块及远程代维模块三部分组成。电磁波发射器在集水池安装，不破坏设备本体。多参数水质在线监测，并联锁自动排放阀组。智能运行、远程监控，无须专人值守。工艺系统如图 8 所示。

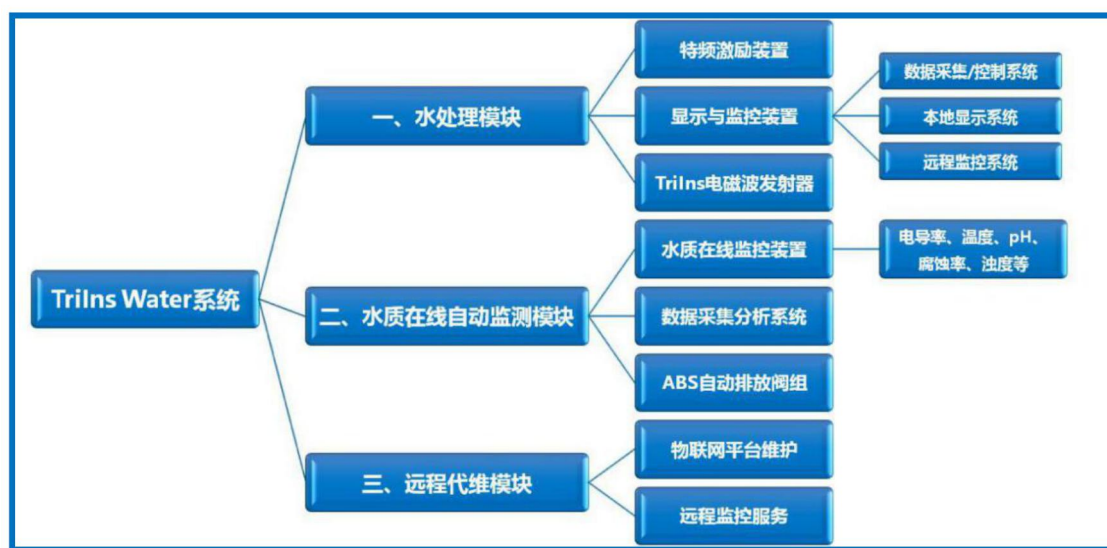


图 8 工艺系统图

### 3. 技术指标

- (1) 结垢控制：冷凝器冷却水侧换热面无明显硬垢。
- (2) 腐蚀控制：循环冷却水中的总铁含量  $\leq 1$  毫克/升。
- (3) 微生物控制：循环冷却水系统异养菌总数  $\leq 1 \times 10^4$  细菌群落总数/毫升，冷却塔浸没于冷却水部分的藻类得到有效控制。

### 4. 技术功能特性

- (1) 结垢、腐蚀及微生物全面综合控制。
- (2) 绿色环保。化学药剂零添加，不产生任何化学药剂代谢物，无化学药剂刺激性气味挥发，无污染环境的废水

排放，无额外污染物引入及排放，无危废生成，排污水可回收用作保洁或绿化等用水。

(3) 安装改造简便。系统采用外挂式安装，不会对设备本体造成任何伤害。系统运维高度智能化，设备管理工作量极少。

(4) 数字化在线技术。包含远程监控系统、水质在线监控，能够在线、实时、动态的掌握系统运行信息，及时提供故障告警和措施咨询。

(5) 大幅提升管理水平，业主和政府管理工作量小。

(6) 经济效益显著，节能、节水、节药剂费，综合费用是化学药剂法的 30%。

## 5.应用案例

某数据中心循环冷却水处理项目，技术提供单位为**上海莫秋环境技术有限公司**。

### (1) 用户情况简单说明

某数据中心配备 12 台空调冷水机组，单台制冷量 800 冷吨，对应 1 台独立的方形逆流式冷却塔，单塔流量 575 立方米/小时。系统存在严重结垢问题；浓缩倍数 (COC) 低，浪费水资源。

### (2) 实施内容及周期

采用浸没式交变脉冲电磁波法循环冷却水处理技术，取代原有的化学药剂处理法。实施周期 1 周。

### (3) 节能减排效果及投资回收期

改造完成后，单套系统年节电 8.29 万千瓦时；年节水 1.5 万吨；药剂费年节省约 8.0 万元；年节省人工费约 3.0 万元。投资回收期小于 2 年。

## **6.未来推广前景**

预计未来 5 年，大型数据中心的市场占有率可达到 30%。

## **(九) IT 设备直接浸没式液冷技术——数据中心用 DLC 浸没式液冷技术**

### **1.适用范围**

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### **2.技术原理及工艺**

通过将 IT 设备浸没在冷却液里，IT 设备将热量直接传递给冷却液，冷却液吸收热量后通过液冷主机与水循环系统换热，水循环系统将热量带到外部换热设备并散发到空气中，即完成一次液冷系统的散热循环。数据中心使用浸没式液冷技术，平均电能使用效率（PUE）值可达到 1.1。工作原理如图 9 所示。

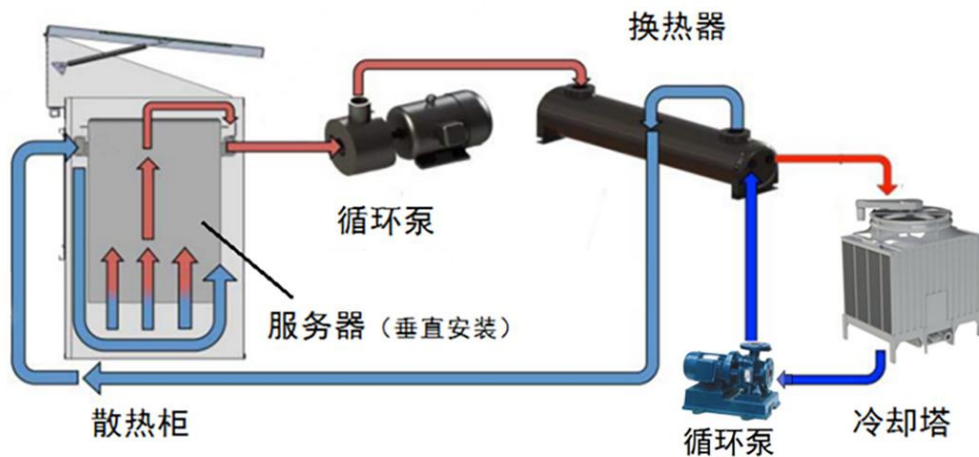


图9 工作原理图

### 3.技术指标

(1) 采用 IT 设备浸没式液冷方案，系统年均 PUE 低至 1.1；制冷系统可节能 80%~95%，IT 设备能耗可降低 10%~20%。

(2) 冷却液运行温度在 30~55℃ 之间，单机柜功率密度最大可达到 200 千瓦，满足高性能计算服务器的散热需求。

(3) 机柜运行噪声在 42 分贝以内。

(4) 冷却液具有 MSDS 说明书，不含有害组分，不作为危险品管理。

### 4.技术功能特性

(1) 数据中心的 PUE 值可达 1.1，制冷因子 CLF（制冷设备耗电/IT 设备耗电）为 0.05~0.1。

(2) 冷却液导热率是空气的 6 倍，单位体积热容量是空气的 1000 倍；单机柜功率密度最大可达到 200 千瓦，运行流体温度场稳定。

(3) 服务器和交换机无须风扇，液冷机柜的运行噪音低，实测噪声值在 42 分贝内。

(4) 全浸没式设计，避免灰尘、腐蚀性空气对服务器的腐蚀，并可避免静电困扰，提高服务器的可靠性和运行寿命，降低日常维护费用和停机维护造成的损失。

## 5.应用案例

上海某数据中心应用项目，提供技术单位为**深圳绿色云图科技有限公司**。

### (1) 用户情况简单说明

该项目部署 504 个液冷机柜，单个机柜功率为 11 千瓦，IT 规模约 5544 千瓦，液冷系统的冷源由 3 台冷却塔组成。

### (2) 实施内容及周期

机房服务器冷却方式采用直接浸没式液冷技术和浸没式液冷机柜，完全采用冷却水自然冷却，不再需要制冷主机和末端空调风机。实施周期 5 个月。

### (3) 节能减排效果及投资回收期

相较年平均 PUE 1.4 的传统节能技术数据中心机房，浸没式液冷机房年平均 PUE 可达 1.15，液冷方案年节电 728 万千瓦时。投资回收期 18 个月。

## 6.未来推广前景

预计未来 5 年，直接浸没式液冷技术市场占有率可达到 8%。

## (十) 数据中心空调系统智慧节能控制技术——空调节能控制柜

### 1. 适用范围

适用于在用数据中心改造。

### 2. 技术原理及工艺

采用变频调速技术和设备自适应的运行方式，对风机、压缩机进行调速，使制冷量与热负荷相匹配，在满足制冷需求的前提下，降低压缩机与风机的转速，提高空调制冷效率，节电 30% 以上。工作原理如图 10 所示。

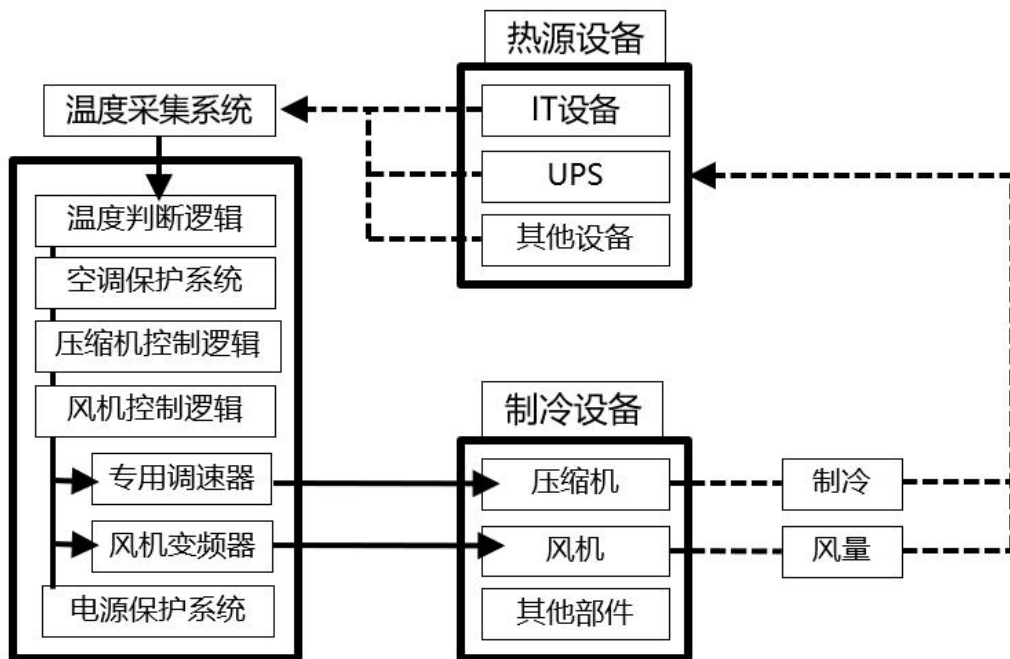


图 10 工作原理图

### 3. 技术指标

(1) 空调节能率（包括压缩机和风机） $\geq 30\%$ 。

(2) 空调设备负载率：80%以下。

(3) 输入电压：380 ± 15%伏。

(4) 调速频率：35~50 赫兹。

#### **4.技术功能特性**

(1) 节能和原模式双运行，可靠性高。

(2) 独立研发的回油控制技术，解决回油不足问题。

(3) 压缩机起停次数减少一半以上，延长使用寿命。

(4) 标准化，改造简单，施工周期短。

(5) 空调节节能率 ≥ 30%。

#### **5.应用案例**

某运营商机房节能项目，技术提供单位为**深圳市共济科技股份有限公司**。

(1) 用户情况简单说明

某集团 IDC 机房内配置了 5 台定频空调，总制冷量 225 千瓦，运行负荷约 65%，运行良好，无热点现象。

(2) 实施内容及周期

每台空调加装一个节能控制柜。施工周期为 4 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期

节电率达 31.55%，年节电 14.43 万千瓦时，投资回收期为 1.26 年。

#### **6.未来推广前景**

预计未来 5 年市场占有率可达到 35%。

## (十一) 智能变频及多联蒸发冷集成冷源技术

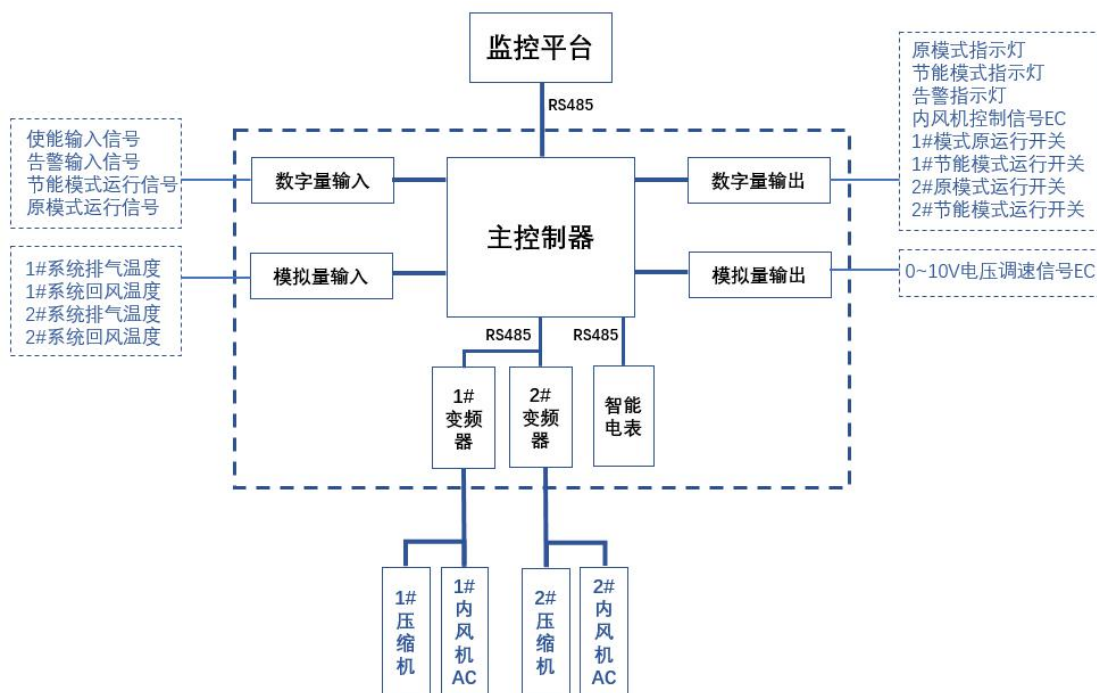
### ——智能变频柜

#### 1.适用范围

适用于在用数据中心改造。

#### 2.技术原理及工艺

将智能变频柜增加在精密空调压缩机、室内风机供电，使其采集室内的温度信号，根据蒸气压缩式制冷理论循环热力计算结果输出相应控制信号控制压缩机、室内风机的工作频率，进而达到降低能耗的目的。工作原理如图 11 所示。



#### 3.技术指标

- (1) 整体(包括压缩机和风机)年节能率可达到 30%。
- (2) 空调实际能效比 (EER) 可提升到 3.3 以上。



#### 4.技术功能特性

(1) 智能变频技术：在精密空调压缩机、室内风机供电前端增加智能变频柜，智能变频柜采集室内的温度信号，根据蒸气压缩式制冷理论循环热力计算结果输出相应控制信号控制压缩机、室内风机工作频率，进而达到降低能耗的目的。

(2) 谐波处理技术：智能变频柜配置 PFC 模块，对谐波进行处理，减少设备发热及振荡等无效功行为，将提高功率因素，提高系统电压稳定率、降低设备故障率、减少负载发热、延长设备的使用寿命、降低系统的出错率、节约电能、保证生产的稳定和质量提升。处理后电压谐波  $< 5\%$ ，电流谐波  $< 10\%$ 。

#### 5.应用案例

杭州某数据中心项目，技术提供单位为**深圳市英维克科技股份有限公司**。

##### (1) 用户情况简单说明

此项目位于杭州市，多个楼的精密空调使用时间长，能效下降，需要进行节能改造。

##### (2) 实施内容及周期

该项目安装智能变频柜对杭州某数据中心 4 个楼 180 台精密空调进行节能改造。实施周期 3 个月。

##### (3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，节能效果显著，年均节能率 30%，年节电 1245 万千瓦时。投资回收期 1 年。

## **6.未来推广前景**

此技术主要针对直膨式定频机房空调改造，预计未来5年市场占有率可达到10%。

### **（十二）数据中心高效液冷技术及其基础设施产品**

#### **——浸没液冷换热模块**

##### **1.适用范围**

适用于新建数据中心及在用数据中心节能改造。

##### **2.技术原理及工艺**

采用浸没式相变液冷技术，以绝缘低沸点环保冷却介质为循环介质，介质与电子器件直接接触，在IT设备中吸热汽化，将热量由IT设备传递到浸没液冷换热模块中完成冷却循环，并配备完善的监控和运维系统，解决了风冷数据中心制冷功耗高的问题，极大提升设备部署密度和系统稳定性。工作原理如图12所示。

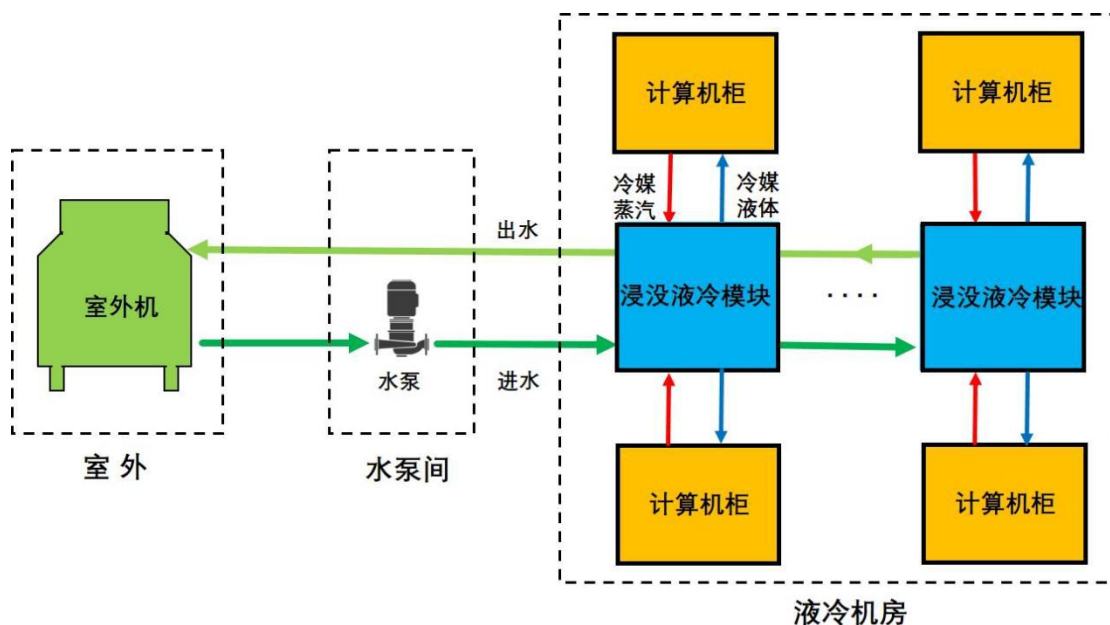


图 12 工作原理图

### 3. 技术指标

- (1) 电能使用效率 (PUE) < 1.2。
- (2) 单机柜部署密度 > 100 千瓦。

### 4. 技术功能特性

(1) 基于浸没蒸发加近端冷凝的两级壳体全密封微动力液体循环冷却系统架构，实现完全自然冷却。

(2) 无风扇设计，一次性解决全部元器件的散热问题。机房内噪声可控制在 45 分贝以下。

(3) 超高部署密度，单机柜部署密度 > 100 千瓦。

(4) 芯片级微纳复合结构强化沸腾换热技术的应用，确保了计算机系统中主要芯片的核心温度均低于 80°C，提高了系统可靠性；解除了芯片热设计的温度制约，充分释放了芯片的性能潜力。

(5) 全系统模块化部署，施工周期短。

## 5.应用案例

北京某数据中心项目，基础设施部分技术提供单位为曙光数据基础设施创新技术（北京）股份有限公司。

### （1）用户情况简单说明

北京某单位需建设数据中心项目。

### （2）实施内容及周期

采用浸没式相变液冷技术建设的液冷数据中心。实施周期6个月。

### （3）节能减排效果及投资回收期

建设完成后，相较于传统风冷数据中心，冷却系统的能耗明显降低，与制冷系统相比节能60%~90%；芯片核心温度可降低20~30℃，性能可提升10%~30%，可最大化利用计算能力，单位算力的投资成本降低10%~25%。投资回收期3年。

## 6.未来推广前景

预计未来5年市场占有率可达到50%。

## （十三）直接蒸发式预冷却加（除）湿技术——机房湿膜加（除）湿技术

### 1.适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### 2.技术原理及工艺

机房湿膜加（除）湿机是由风机模块、湿膜加湿机模块、

冷凝除湿模块、冷凝水收集模块、空气过滤模块、水过滤模块、水箱及水路模块及智能控制系统组成。

加湿模式时，机房内的干热空气在风机牵引下通过多孔亲水湿膜，与湿膜上的循环水充分接触，进行热交换，被加湿、冷却和净化后，形成湿润的冷空气进入机房，并给机房带来额外的冷量。除湿模式时，通过风机将机房内相对湿润的空气牵引通过换热器，将其中的水蒸汽冷凝，实现除湿。工作原理如图 13 所示。

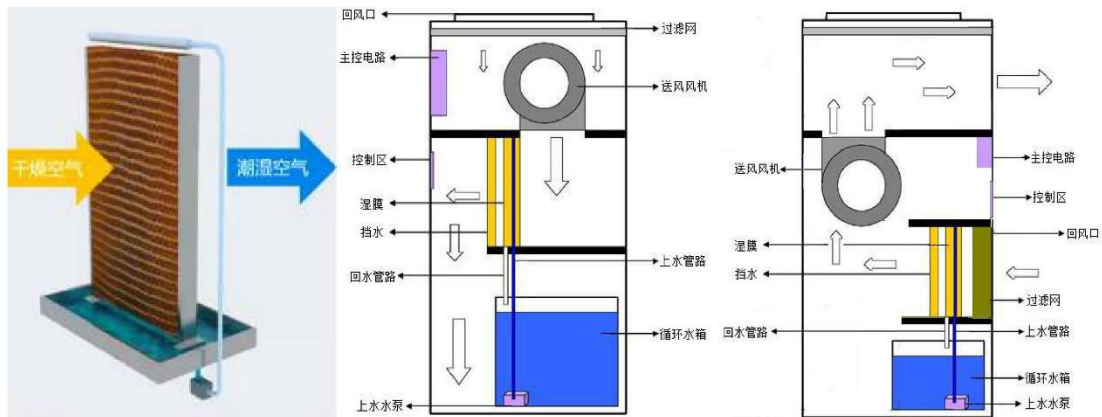


图 13 工作原理图

### 3.技术指标

- (1) 加湿量 (千克/小时): 10/15/20/30。
- (2) 除湿量 (千克/小时): 5/7.5/10/15。
- (3) 输入功率 (千瓦): 加湿工况: 0.5/0.9/1.5/2.5; 除湿工况: 1.7/2.5/3.0/4.5。
- (4) 加湿系统: 循环水湿膜加湿。
- (5) 除湿系统: 制冷除湿。

#### **4.技术功能特性**

(1) 加湿速度快，能耗低，与传统红外加湿和电极加湿技术相比，节能率可达 90%以上。

(2) 干燥的热空气通过湿膜降温净化后，可给机房带来额外的冷量，对机房发热设备实现辅助降温作用。

(3) 湿膜加湿机采用循环水泵进行封闭循环水加湿，节水效果明显。

(4) 湿膜具有抑菌、阻燃等特性，更加安全、可靠。

(5) 湿膜可反复清洗，更换简单、更换成本低、运行维护成本低。

#### **5.应用案例**

浙江某数据中心新建机房项目，技术提供单位为四川斯普信信息技术有限公司。

##### **(1) 用户情况简单说明**

该项目为新建项目，要求的产品主要性能指标为：上送风前回风、固定式自动型，加湿量 20 千克/小时（进风 24℃，40%），除湿量 5.24 千克/小时（进风 28℃，70%）

##### **(2) 实施内容及周期**

应用湿膜加（除）湿机 60 台。实施周期 4 个月。

##### **(3) 节能减排效果及投资回收期**

项目建成后，机房湿度得到了稳定控制，且设备耗电量低，年节电 158.9 万千瓦时。投资回收期 1.05 年。

#### **6.未来推广前景**

预计在未来 5 年内实现推广量 10000 台。

## (十四) 数据中心循环冷却水节能技术

### 1.适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### 2.技术原理及工艺

该技术由工业互联网云技术构建冷却水智控系统。通过在线监测分析水质，使用算法判断冷却水各种离子的结垢指数和腐蚀倾向，自动控制水处理化学品的加药，保持循环冷却水水质稳定，防止结垢、腐蚀和沉积等问题发生，降低冷却塔和制冷机传热热阻，减少系统运行能耗。并提供制冷系统的用水分析功能，科学管理水平衡以节约用水。工作原理如图 14 所示。

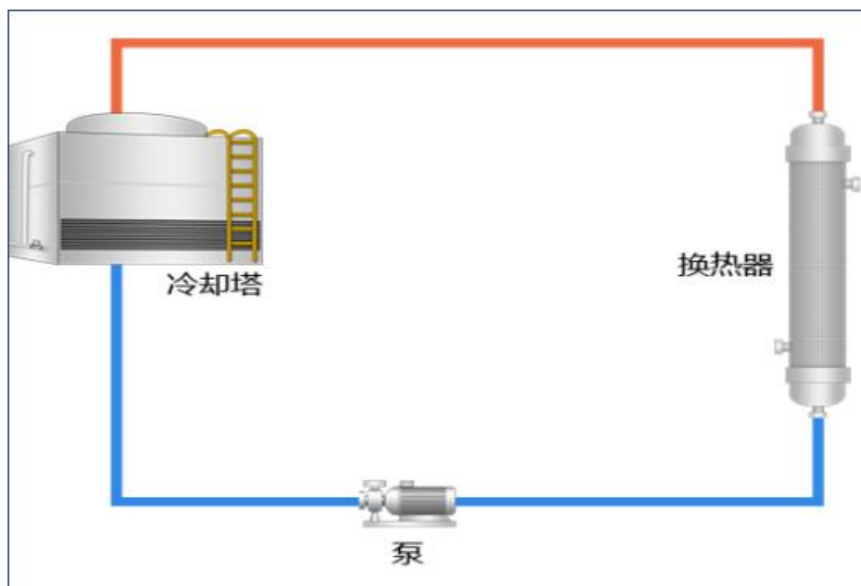


图 14 工作原理图

### 3.技术指标

- (1) 水耗降低 8%。
- (2) 整站能耗降低 5%~10%。

(3) 节约水处理化学品消耗量 20%以上。

(4) 减少水处理运维工作 50%以上。

#### **4.技术功能特性**

(1) 协同上云，利用网络便捷地获取计算、存储、数据、应用等各种服务资源，实现信息的互联互通。

(2) 结垢腐蚀智慧化控制，在线采集水质数据，分析系统腐蚀结垢趋势及水质状态，动态调整加药，改善系统水质。

(3) 循环冷却系统数字孪生，实现用水平衡、用药平衡、负荷平衡，降低水耗、能耗。

(4) 减少设备表面结垢沉积，降低污垢热阻，提高换热效率，降低能耗 10%，减少设备维修和维护工作。

#### **5.应用案例**

某数据中心循环水系统改造示范项目，技术提供单位为天津鲲飞环保科技有限公司。

##### **(1) 用户情况简单说明**

某数据中心内机柜密度高、发热量大，引发水质等问题导致制冷系统的冷却水和冷冻水发生腐蚀，制冷设备运行安全受到威胁，并导致系统运行能耗增加。

##### **(2) 实施内容及周期**

安装智能化水处理设备和水智控管理软件，替代原有传统水处理技术产品。实施周期 5 个月。

##### **(3) 节能减排效果及投资回收期**

本项目实施后，相较于原有传统水处理技术，数据中心



循环冷却水节能技术明显改善系统水质，避免结垢、腐蚀、微生物污染等问题；降低设备故障率 50%以上；同时结合系统的数字模型，实现对水耗、能耗的实时监管、分析和诊断，可实现水耗降低 8%、能耗降低 10%，年节水总量 830 吨，年节电 132.17 万千瓦时以上的效果。投资回收期 1.5 年。

## **6.未来推广前景**

预计未来 3 年市场占有率可达到 20%。

## **(十五) 智能喷雾系统**

### **1.适用范围**

适用于数据中心的空调节节能技术改造。

### **2.技术原理及工艺**

理论情况下，空调冷凝温度每降低 1°C，能效比（EER）约可提高 3%~5%。智能喷雾系统通过雾化器的高速离心作用将水形成“平行水雾”覆盖到空调冷凝器进风侧，从而大幅提高了空调冷凝器的换热效率、降低了压缩机的负载、增加了蒸发器的制冷量，进而提升了机组制冷效率，且有效解决了空调在高温季节出力不足、宕机和高压报警现象。雾化器如图 15 所示。



图 15 雾化器

### 3.技术指标（雾化器技术指标）

- （1）电机转速：6000~15000 转/分。
- （2）雾化直径：500~1800 毫米。
- （3）雾化水量：5~60 升/小时。
- （4）额定功率：36 瓦。
- （5）电源：24 伏，直流。
- （6）雾粒：自动智能调整。
- （7）缺水保护：缺水停止运转。
- （8）雾化盘：多层雾化。

### 4.技术功能特性

- （1）水雾与室外机平行覆盖，均匀分布，蒸发效率高。
- （2）根据空调的工况变化智能配置合适水量。
- （3）根据水量的变化自动分层雾化，并智能调整雾化电机的转速，保持水雾雾粒稳定，使水雾的蒸发效率适合空调室外机的冷却要求。
- （4）根据空调室外机的外形规格调整雾化器的水雾面积，并可以恒定转速进行工作。

### 5.应用案例

某通讯运营商数据机房项目，技术提供单位为天来节能科技（上海）有限公司。

#### （1）用户情况简单说明

某数据中心 11 台空调机组，压缩机数量为 20 个，每台机组制冷量约 72 千瓦，每台机组制冷功率约 26 千瓦，总制冷功率约 286 千瓦。

#### （2）实施内容及周期

安装 20 套智能喷雾技术产品。实施周期 10 天。

#### （3）节能减排效果及投资回收期

综合节能率约 19%，使用季节空调的节电量约为 13.83 万千瓦时。智能喷雾系统自身用电、用水约占所节约总电费的 8%左右，每度电按 0.8 元计算，每年可节省电费约 10.17 万。本项目智能喷雾系统改造投资费用为 13.33 万元，投资回收期小于 24 个月。

### **6.未来推广前景**

预计未来 5 年内，国内市场规模（进行雾化节能改造的空调）将达到 10000 台，尤其在老旧风冷空调的数据中心改造中有较大的推广潜力。

## **（十六）数据中心冷却用高效通风机**

### **1.适用范围**

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### **2.技术原理及工艺**

通过叶轮流场优化、电机效率提升、智能调整转速技术的应用，使风机能耗降低 30%以上，绿色环保，与常规风机组相比，节能 30%以上。工作原理如图 16 所示。

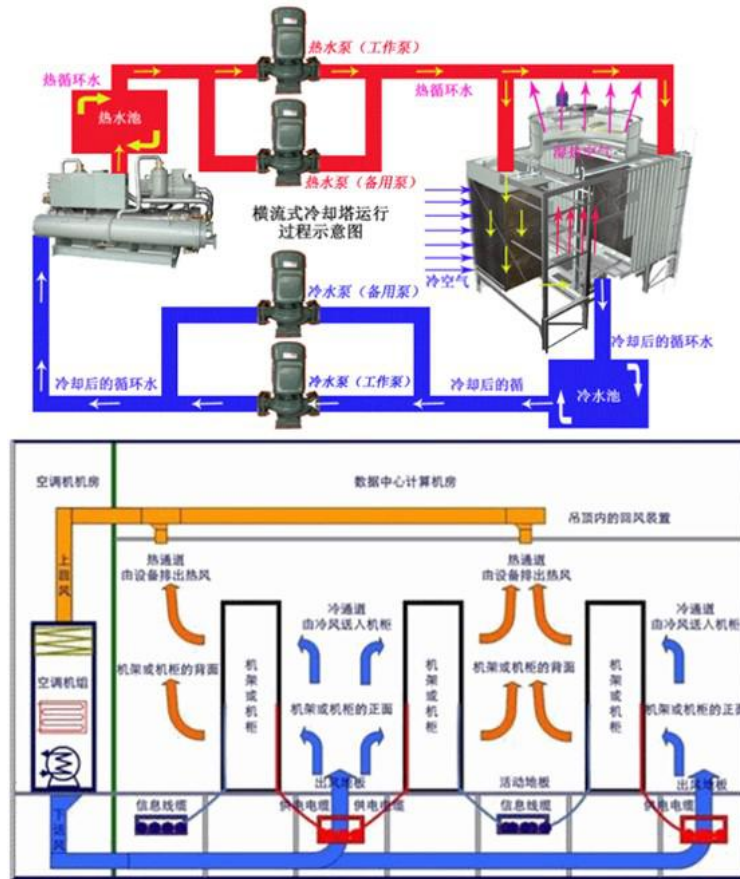


图 16 工作原理图

### 3.技术指标

(1) 通风机效率高于国家 1 级能效，高于常规风机 15% 以上。

(2) 比 A 声级  $\leq 35$  分贝。

### 4.技术功能特性

(1) 采用优化叶片，整体优化流场，风机效率达到国家 1 级能效，效率高于常规风机 15% 以上，最高效率超过 90%。

(2) 采用永磁电机，电机效率高达 85%~92%，达到 IE4

能效等级，电机在较宽的载荷和转速范围内保持高效率，比常规电机效率高 10%左右。

(3) 根据工况采用智能电子控制的方式调整转速，有效避免了其他传统电机与调速装置在使用过程中产生的电磁噪声和整流噪声，降低风机噪声 3~5 分贝。

(4) 叶轮流场优化、电机效率提升、智能调整转速技术的应用，使风机能耗降低 30%以上，绿色环保，与常规风机组相比，节能 30%以上。

## **5.应用案例**

北京某数据中心项目配套冷却用高效通风机，技术提供单位为**威海克莱特菲尔风机股份有限公司**。

### **(1) 用户情况简单说明**

北京某数据中心项目室外机组安装了 10 台通风机，设备故障率高，耗能大，通风机每小时耗电量 7.1 千瓦时。

### **(2) 实施内容及周期**

利用高效冷却通风机替代原有传统通风机。实施周期 2 个月。

### **(3) 节能减排效果及投资回收期**

改造完成后，目前已经正常运行 5 年，相较于原有通风冷却风机，设备故障率明显降低，按照每台风机每小时能耗 5.5 千瓦时，每台风机年节电约 7200 千瓦时，达到绿色节能的需求。投资回收期 1.5 年。

## **6.未来推广前景**

预计未来 5 年市场占有率可达到 30%以上。

## (十七) 高效环保型氟化冷却液

### 1.适用范围

适用于新建数据中心及在用数据中心改造。

### 2.技术原理及工艺

将 IT 设备的电子元件连同设备完全浸没在氟化冷却液中，通过氟化冷却液吸热蒸发、循环冷凝或直接与外界循环换热，实现相变或单相冷却，制冷效率极高，系统电能使用效率（PUE） $< 1.1$ ，且服务器部署密度大幅提升，极大优化服务器运行环境，延长设备寿命，节能环保。工作原理如图 17 所示。

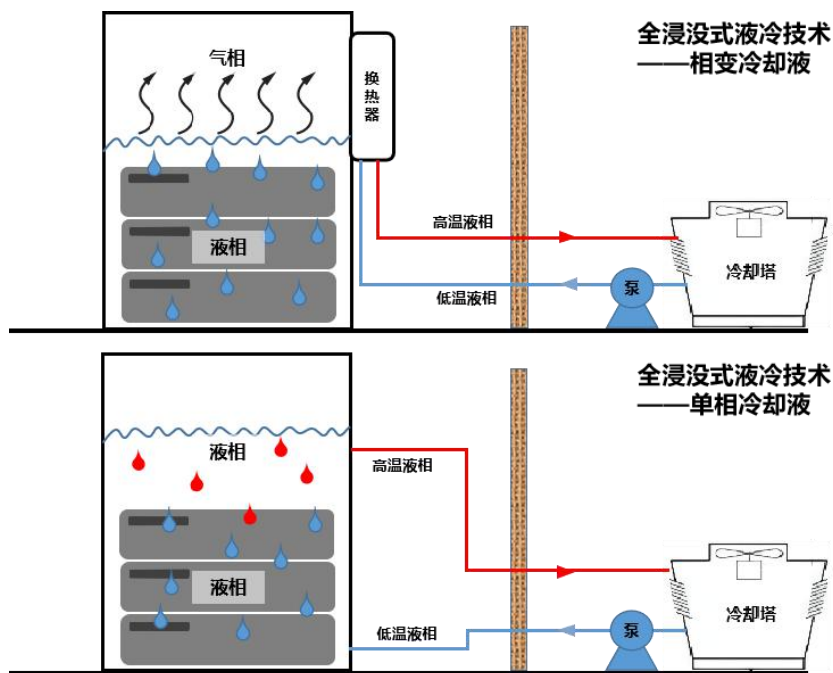


图 17 工作原理图

### 3.技术指标

(1) 无闪点；全球变暖潜值（GWP） $< 150$ ，臭氧消耗潜能值（ODP）值为 0。

- (2) 沸点：相变型冷却液  $< 60$ ；单相型冷却液  $> 110$ 。
- (3) 介电强度绝缘耐度千伏（间距 2.54 毫米） $\geq 30$ 。
- (4) 相对介电常数（1 千赫兹） $\leq 2$ 。

#### 4. 技术功能特性

(1) 比热容大，散热效率高，可提高 IT 设备功率密度，有效节约占地面积和用电量。

(2) 介电常数低，不影响高速信号传输的完整性，材料兼容性好，适合服务器等元器件长期浸泡。

(3) 优化服务器的运行环境，有效提高服务器的可靠性和运行寿命。

(4) 超低温室气体效应（GWP  $< 150$ ），且 ODP 值为 0，无闪点、不可燃，安全环保。

#### 5. 应用案例

浙江某地新建浸没式数据机房项目，冷却介质提供单位为浙江诺亚氟化工有限公司。

##### (1) 用户情况简单说明

浙江某地新建浸没式数据机房项目，占地面积约 18 平方米，投资额 180 万元。配置浸没式液冷数据交换机系统，可用空间 334U，总计算功率 60 千瓦。

##### (2) 实施内容及周期

在浙江某地变电站打造浙江首台 PUE 低于 1.04 的浸没式液冷机房。实施周期自 2018 年 10 月至 2020 年 10 月，历时 2 年。

##### (3) 节能减排效果及投资回收期

该数据中心 PUE < 1.04; 对比同规模常规风冷数据中心：年节电 235469 千瓦时，节省电费约 23.5 万元；另外采用氟化液冷装置，可节约 65% 占地面积；缩短 70% 建造时间。投资回收期 2.5 年。

## **6. 未来推广前景**

预计未来 5 年市场占有率可达到 15%。