



西安工程大学 · 蒸发冷却团队

第三十二届国际制冷、空调、供暖、通风及食品冷冻加工展览会 (2021)

绿色数据中心冷却技术应用论坛

我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用现状与发展趋势

西安工程大学

黄翔 教授

2021.4.8



目录

CONTENTS

01

数据中心发展背景

02

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用形式

03

我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

04

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的发展趋势

05

总结与展望

1. 数据中心发展背景——新基建带来的机遇与挑战



2020年，**数据中心**首次被中央政府列为“**新基建**”加快建设的基础设施条目。云计算、大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术快速发展，呈现爆炸式增长，预计2022年，中国IDC业务市场规模**同比增长28.8%**，数据中心的建设将进入新一轮爆发期。

1. 数据中心发展背景——PUE的高压态势

数据中心戏称“**能耗巨兽**”，北上广等重点地区均制定了严格的数据中心能耗控制指标。

国家

工信部等三部门联合印发《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》

能耗要求：提出到2022年，数据中心平均能耗基本达到国际先进水平；新建大型、超大型数据中心**PUE值达到1.4以下**；改造使既有大型、超大型数据中心**PUE值不高于1.8**。

具体措施：**绿色设计，绿色技术创新推广（间接蒸发冷却等）**

地方

北京市政府颁布政策要求北京市全市范围内禁止新建和扩建**PUE值在1.4以下**的数据中心。

上海市相关部门指出新建互联网数据中心**PUE值严格控制在1.3以下**，改建互联网数据中心**PUE值严格控制在1.4以下**。

广东省工信厅发布的《广东省5G基站和数据中心总体布局规划(2021—2025年)》，**优先支持新建、改扩建：PUE \leq 1.25；支持新建、改扩建：1.25 \leq PUE \leq 1.35；严控改建，禁止新建、扩建：1.35 \leq PUE \leq 1.5；禁止新建、改扩建：PUE $>$ 1.5。**

深圳市相关部门指出，**PUE值1.4以上的数据中心不享有能源消费的支持**；而**PUE值低于1.25**的数据中心则可享受能源消费量40%以上的支持。

1. 数据中心发展背景——节能政策的引导

上海市数据中心节能技术目录（第一批）

蓄冷技术	蓄冷调峰	水蓄冷技术、相变储能材料等	3
蒸发冷却	少量增加免费供冷	间接蒸发空调、模块化间接蒸发冷却机组等	3
光伏	少量光伏提供可再生能源	分布式光伏发电技术	3
水处理	电磁波循环冷却水处理	工业循环冷却水处理技术	3

2020年8月26日，上海经信委《上海市产业绿贷支持绿色新基建（数据中心）发展指导意见》通知，蒸发冷却式冷水机组和间接蒸发空调、模块化间接蒸发冷却机组均榜上有名。

国家绿色数据中心先进适用技术产品目录（2020）

二〇二〇年十月

5	蒸发冷却式冷水机组	新建数据中心/在用数据中心改造	通过蒸发冷却和闭式冷却水塔相结合的方式，充分利用空气流动及水的蒸发潜热冷却压缩机冷却剂，实现对自然冷源的充分利用。	1.能效比（COP）：≥15； 2.与传统的水冷式冷水机组相比，可以节电15%以上，节水50%以上； 3.与风冷式冷水机组相比，节能35%以上。	预计未来5年其市场占有率将达到30亿元。	广东中菱环境系统股份有限公司、新疆华奕新能源科技有限公司、深圳昂信科技股份有限公司、广州粤华德工业有限公司	某数据中心： 节能量：104MWh； 节水量：40824m ³ ； 补水量：0.8m ³ /h。	不适用于：缺水场合、相对湿度较大地区。
11	间接蒸发冷却技术及机组	新建数据中心	利用湿球温度低于干球温度的原理，通过非直接接触式换热器将经过加湿预冷的室外空气的冷量传递给数据中心内部较高温度的回风，实现风冷和蒸发冷却相结合，从自然环境中获取冷量的目的。	年综合能效比可大于15。	预计未来5年市场规模达到10%-20%。	深圳市英维克科技股份有限公司、深圳昂信科技股份有限公司、依米康科技集团股份有限公司、华为技术有限公司	某数据中心： 建设规模：占地2000m ² ，机柜数量480个； 节能量：28%。	

2020年10月，为加快绿色数据中心先进适用技术推广应用，推动数据中心节能与绿色发展水平持续提升，工业和信息化部近日印发《国家绿色数据中心先进适用技术产品目录（2020）》，目录涉及能源、资源利用效率提升，可再生能源利用、分布式供能等多个领域60余项技术产品。其中**蒸发冷却式冷水机组、间接蒸发冷却技术及机组等多项蒸发冷却相关技术**被列为国家绿色数据中心先进适用技术。

1. 数据中心发展背景——冷通道或机柜进风区域温度的提高

技术发展

室内机房环境要求

对冷源温度的要求

《数据中心设计规范》GB50174-2017的规定

冷通道或机柜进风区域的温度	18~27°C
冷通道或机柜进风区域的相对湿度和露点温度	露点温度宜为5.5°C~15°C，相对湿度不宜大于60%

芯片材料升级换代

机柜级、芯片级空调冷却方式的变化

空调制冷方式的变革



送风区温度
26°C

回水与送风
1~3°C温差

回水温度
23~25°C

供回水
5°C温差

供水温度
18~20°C

板式换热器
1~2°C温差

蒸发冷却出水
温度
16~19°C

1. 数据中心发展背景——自然冷源的充分利用

自然冷源较多

1、西北内陆干旱和半干旱气候区，暖湿气流难以到达，干旱少雨，蒸发潜力大，有丰富的**干空气能**。

2、新疆、内蒙分别拥有全国发电容量最大的**太阳能**、**风能**发电设施。



气温较低

1、西部大部分地区年平均气温都较低，内蒙、新疆年平均气温在0-9℃之间，这些地区全年平均**气温低**。

2、西北、西南等地区的一个重要特点是环境湿球温度低。



电力资源丰富

1、“疆电外送”累计外送电量1736亿千瓦时，相当外送标煤5555万吨，带动经济效益超过2000亿元。

2、蒙西电网**新能源发电量**单日超过2亿千瓦时，占比达到全网实时发电出力的46.77%



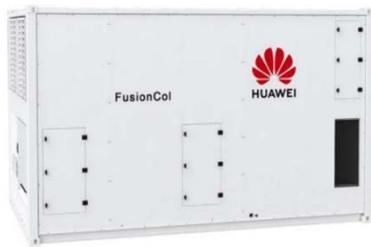
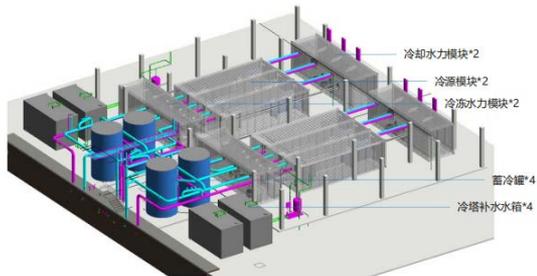
电价地价较低

1、**内蒙、宁夏**等地脱硫煤标杆电价在0.25元/kwh左右。

2、工业**地价低于**全国平均水平的三个大区，从高到低依次：西北地区、西南地区、东北地区。

选址

1. 数据中心发展背景——数据中心发展趋势



集装箱式间接蒸发冷却空调机组



微模块机柜



标准化，模块化贯穿整个数据中心



小型数据中心集成化、产品化

蒸发冷却技术顺应了当前数据中心**模块化、集成化、产品化**的发展趋势，工厂的**预制化**，实现快速交付，满足数据中心快速建设的需求。目前已在数据中心得到广泛应用，也会成为未来“新基建”数据中心空调系统的发展方向之一。

目录

CONTENTS

01

数据中心发展背景

02

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用形式

03

我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

04

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的发展趋势

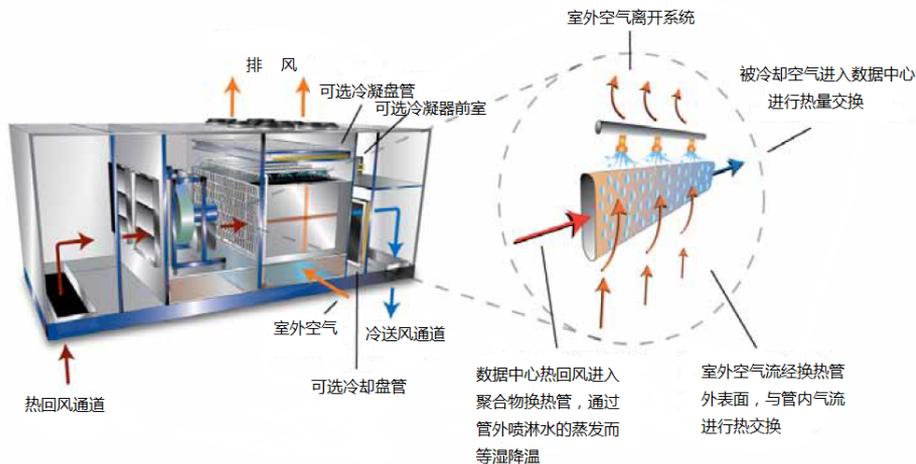
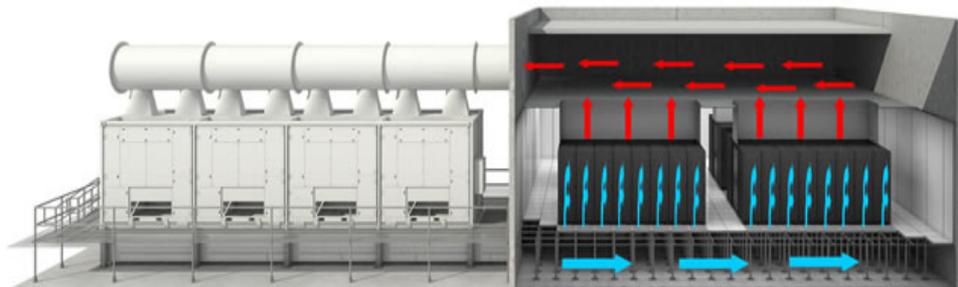
05

总结与展望

2.间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用

风侧间接蒸发冷却空调系统形式

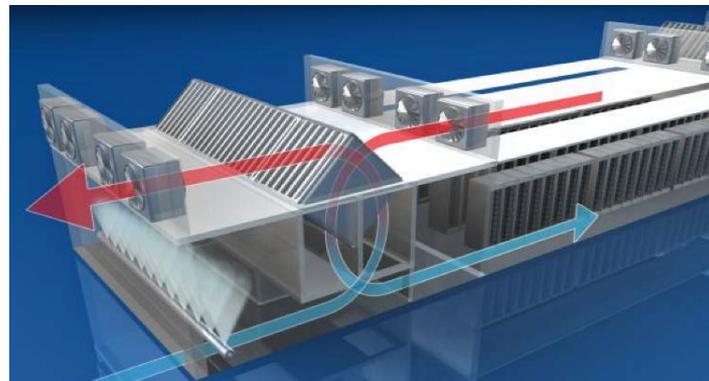
通过在室外空气侧喷水，水在室外空气侧的换热器壁上蒸发冷却，从而冷却数据机房循环风侧的温度。



风侧间接蒸发冷却空调系统

2.间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用

风侧间接蒸发冷却空调系统原理

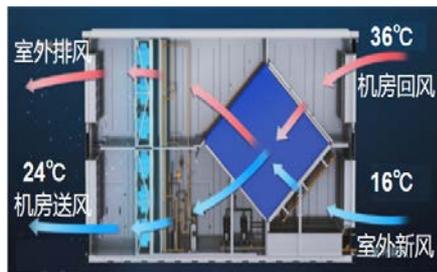


- 产出空气（一次空气/室内）与工作空气（二次空气/室外）间接接触，仅进行显热交换，不进行质交换
- 间接蒸发冷却极限为**工作空气（二次空气/室外）的湿球温度**
- **一次空气（室内循环）：等湿冷却**
- **二次空气（室外循环）：增焓加湿**

2. 间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用

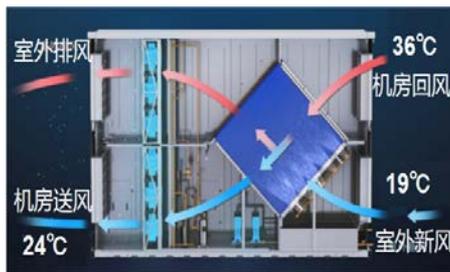
风侧间接蒸发冷却空调系统运行模式

干模式



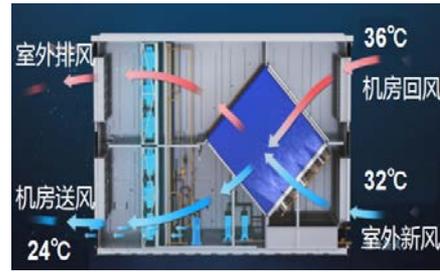
(环境空气干球温度 $\leq 16^\circ\text{C}$)

湿模式



(环境空气干球温度 $> 16^\circ\text{C}$ 、
环境空气湿球温度 $< 18^\circ\text{C}$)

混合模式



(环境空气湿球温度 $\geq 18^\circ\text{C}$)

干模式环境空气干球温度 $\leq 16^\circ\text{C}$ 确定计算过程:

间接蒸发冷却空调-空换热器在干工况下一般能达到60%的换热效率。

$$\eta = \frac{t_{g1}' - t_{g2}'}{t_{g1}' - t_{g1}}$$

式中: η_{IEC} ——间接蒸发冷却器的换热效率;
 t_{g1}' ——室外二次空气的干球温度, $^\circ\text{C}$;
 t_{g1} ——间接蒸发冷却器室内侧回风温度, $^\circ\text{C}$;
 t_{g2}' ——间接蒸发冷却器室内侧送风温度, $^\circ\text{C}$ 。

将设定值 $\eta_{IEC} \leq 60\%$, $t_{g1}' = 36^\circ\text{C}$, $t_{g2}' = 24^\circ\text{C}$,
带入下式, 求 t_{g1}'

$$60\% \geq \frac{36 - 24}{36 - t_{g1}'}$$

求得 $t_{g1}' \leq 16^\circ\text{C}$, 故可知在室外空气干球温度
小于等于 16°C 时, 间接蒸发冷却空调开启干模式。

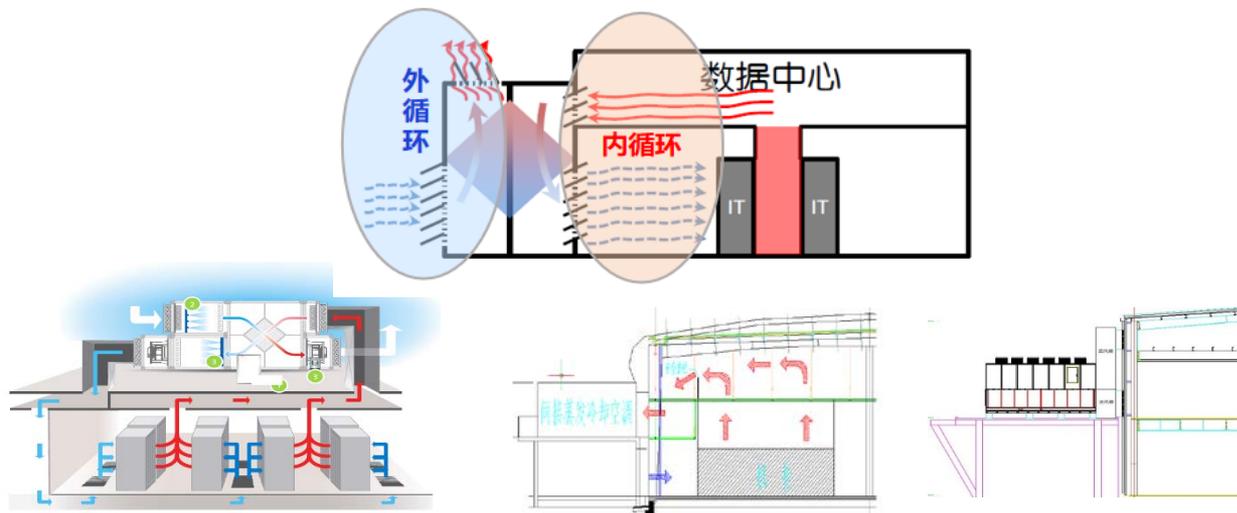
湿模式更节能:

湿模式一般能达到70%的换热效率相比干模式效率更高,
只要在不结冰的前提下, 环境空气湿球温度 $< 18^\circ\text{C}$ 时, 尽可能的使用湿模式, 可大大提高间接蒸发冷却空调的能效。

2.间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用

风侧间接蒸发冷却空调系统特点

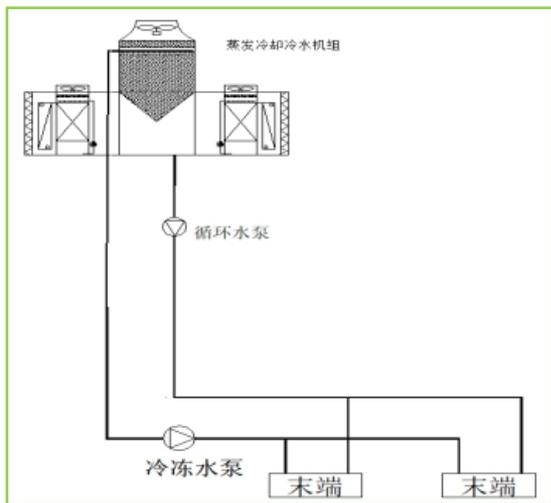
- ✓ 组成：**内、外循环**（空气侧内外循环、水侧内外循环），保证机房洁净度要求；
- ✓ 耦合的换热器形式（板翅式、管式、板管式等）；
- ✓ 系统形式简单，可实现**模块化、预制化、产品化**，**安装形式多样**，使得安装快捷方便；
- ✓ 由于蒸发冷却受室外气象条件的制约很大，因此间接蒸发冷却与机械制冷联合是一种互补的节能措施。



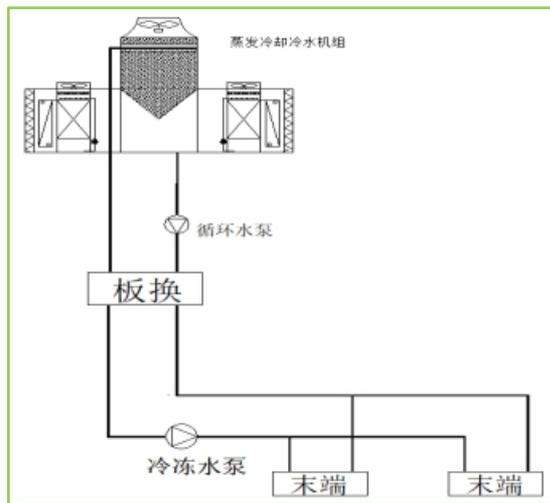
2.间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用

水侧蒸发冷却空调系统形式

蒸发冷却冷水机组系统形式：蒸发冷却冷水机组供冷系统中的关键设备是**蒸发冷却冷水机组**，根据原理不同可分为三类：表冷式间接—直接蒸发冷却冷水机组、管式间接—直接蒸发冷却冷水机组、蒸发冷却—机械制冷联合运行冷水机组。目前蒸发冷却冷水机组间接供冷系统相对成熟。



蒸发冷却冷水机组直接供冷系统

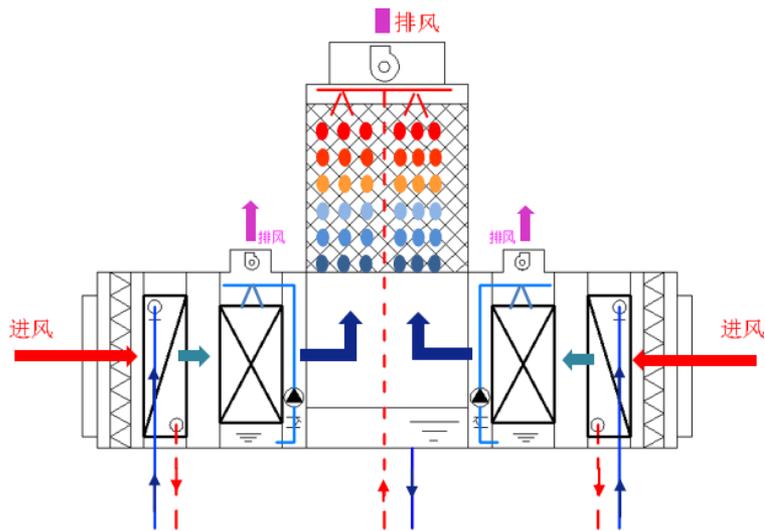


蒸发冷却冷水机组间接供冷系统

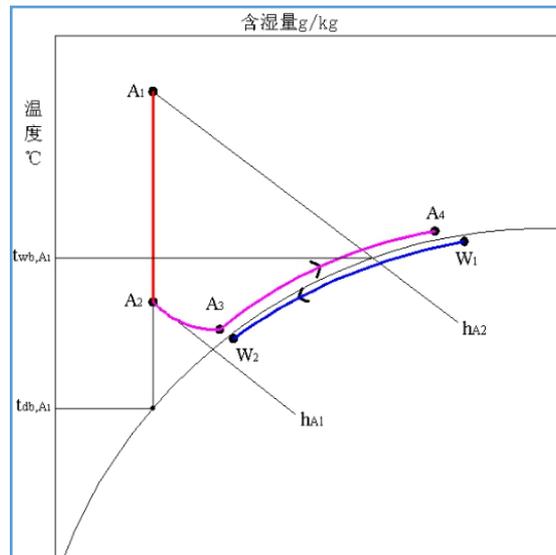
2.间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用

水侧蒸发冷却空调系统原理

间接蒸发式冷却冷水机组利用空气的干湿球温度差，输出高温冷水，以得到较低的供冷温度（亚湿球温度）和较大的供冷量。



蒸发冷却段工作原理（两级预冷）



关键技术：内外冷强化复合换热技术
核心换热器：立管间接蒸发冷却器 表冷器

2.间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用

水侧蒸发冷却空调系统特点

- ① 适用于大型数据中心，在干燥地区使用节能效果较佳；
- ② 夏季极端气温，空调制冷主机无宕机风险（水侧、风侧复合蒸发冷却工况）；
- ③ 冬季极端气温，空调系统无结冰风险（乙二醇自由冷却工况）；
- ④ 空调能效较高，全年自然冷却时间长，运行费用较低；
- ⑤ 系统相对集中，便于维护；
- ⑥ 不影响末端空调形式，可适应不同功耗的机架。



某数据中心蒸发冷却空气—水空调系统节能效果显著

目录

CONTENTS

01

数据中心发展背景

02

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用形式

03

我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

04

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的发展趋势

05

总结与展望

3.我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

风侧间接蒸发冷却技术应用案例

(1) 腾讯清远某数据中心



间接蒸发冷空调等T-block技术，实现像乐高搭积木一样快速建设的同时，进一步提升自动化高效运营。

额定制冷量 260kW

制冷量补充形式 DX补充

补充制冷量 230kW

数量 36套

2017年，腾讯数据中心大规模布局环一线城市，河北怀来、江苏仪征、广东清远等地，开展第四代数据中心技术T-block的大规模规划、建设，作为腾讯新基建实践的重要技术成果，PUE1.2x，最低可低至1.1x。

3.我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

风侧间接蒸发冷却技术应用案例

(2) 腾讯贵安山洞某数据中心



腾讯贵安某数据中心是国内首个将核心设备部署在山洞隧道内的数据中心，未来将被用于存储腾讯最核心的大数据。

作为腾讯新基建重点项目之一，贵安数据中心以安全和环保著称。

在安全方面，贵安数据中心**利用山体与外界实现天然物理隔离，可以在内部设备不间断运行的情况下抵御短时超高压冲击**，确保隧道内数据全时防护与可用，是国内第一个特高防护等级商用数据中心。

贵安数据中心创新使用**间接蒸发换热+冷水蒸发预冷技术**，在90%时间充分利用当地优良气候环境自然散热，是业内PUE水平最优的数据中心之一。

3.我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

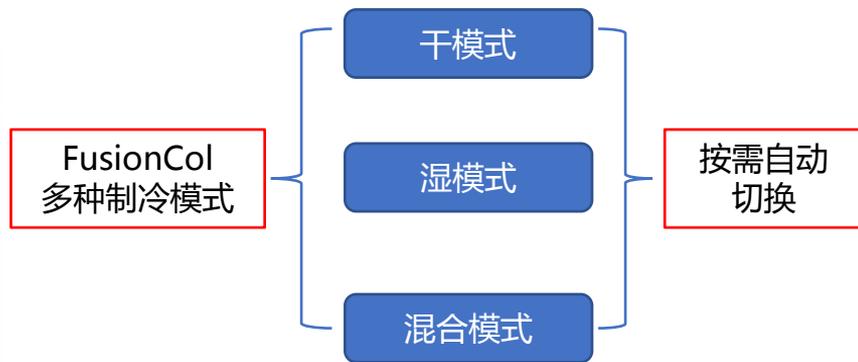
风侧间接蒸发冷却技术应用案例

(3) 华为数据中心（临沂大数据中心）



华为临沂大数据中心位于山东省临沂市沃尔沃路与合肥路交会处沂蒙云谷内，是辐射鲁南地区和苏北经济圈的云计算大数据中心。

华为临沂大数据中心项目总投资15亿元，占地95亩，总建筑面积13315平方米，设有标准化模块机房6所，可承载服务器机柜1000台、服务器1万余个，一期部署380个机柜。达到国际T3+级数据中心标准，**是华为全球首例采用间接蒸发冷却技术的数据中心，PUE值低于1.25。**



3.我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

风侧间接蒸发冷却技术应用案例

(4) 华为数据中心 (乌兰察布北方云数据中心)



项目背景	
项目规模	一期/二期均为8MW,1000+机柜/ (三期共24MW)
功率密度	8KW/柜
项目应用	公有云 & 华为私有云
华为方案	
由5层共300+个预制模块箱体堆叠, 含96个IT设备箱	
2~5层应用, 每层14套220kw AHU, 共计56套	
客户价值	
15天所有箱体就位, 4个月完成全部安装, 缩短TTM50%+	
年均PUE低至1.15, 数据中心年省电费12.2%	

乌兰察布市与华为合作建设的乌兰察布云数据中心, 致力打造成华北大区云计算产业支撑中心、全国乃至全球云服务业务承接中心、全国云服务业务备份中心。

3.我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

水侧间接蒸发冷却技术应用案例

(1) 乌鲁木齐开发区某联通数据中心



乌鲁木齐市开发区某核心机房
建设地点：乌鲁木齐市开发区
地上5层建筑，总建筑面积10738.2m²，建筑高度23.3m
单层建筑面积均为2147.64 m²、层高4.8m
最大可布置1500+架机柜
1层主要为高低压配电室、电力电池室及预留大机房
机房2至4层规划区域为品字形
主要为电力室、小机房及大机房

第1期项目
(2楼传输机房、2楼通信机房和4楼IDC机房)
总负荷2767kw



全年主导冷源
16台 (N+4冗余)
232KW、40m³/h、19KW

辅助和备份冷源
44台 (N+4、N+2冗余)
80KW、16000m³/h

3.我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

水侧间接蒸发冷却技术应用案例

(2) 中国联通一带一路新疆某数据中心



中国联通一带一路新疆某数据中心空调系统采用空气—水蒸发冷却系统

项目终期规模：

- 1.总冷负荷约：15000kW;
- 2.290kW蒸发冷却冷水机组132台；
- 3.140kW内冷式蒸发冷却空调机组104台；
- 4.相较于传统冷冻水系统全年节省电费790.26万元。

3.我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

水侧间接蒸发冷却技术应用案例

(2) 中国联通一带一路新疆某数据中心



项目一期

全年主导冷源

33台制冷量为 230kW 的复合乙二醇自然冷却的管式间接蒸发冷却冷水机组

备份冷源

26台140kW制冷量的内冷式蒸发冷却空调机组

26台制冷量为140kW的机房专用高温冷冻水空调机组为末端的集中式蒸发冷却空调系统

全年可实现**100%自然冷却**，进一步提高了系统的节能型、安全性和可维护性，**年均设计制冷系数为0.10。**

目录

CONTENTS

01

数据中心发展背景

02

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用形式

03

我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

04

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的发展趋势

05

总结与展望

4.发展趋势——节电方面

评价指标

电能利用效率PUE：衡量数据中心基础设施能源利用效率的综合指标。

$$PUE = \frac{P_{Total}}{P_{IT}}$$

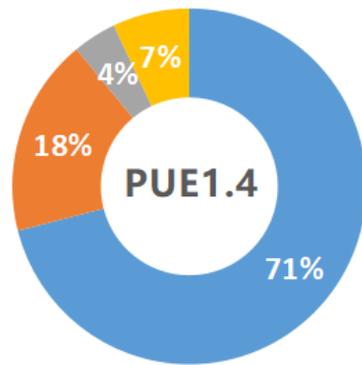
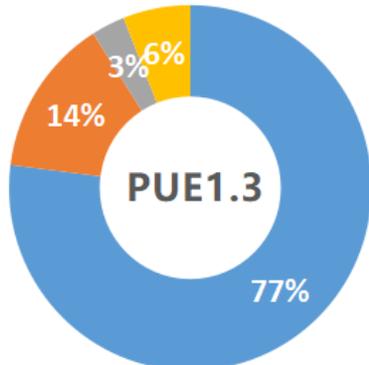
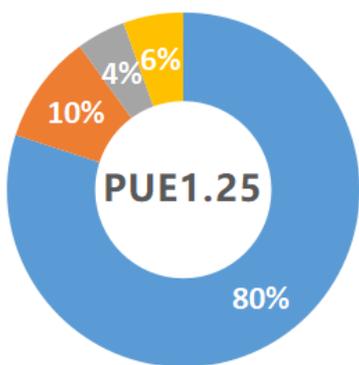
P_{Total} —数据中心总耗电, 单位为kw·h;

P_{IT} —数据中心IT设备耗电,单位为kw·h。

数据中心总耗电与数据中心IT设备耗电的比值。比值越小表示数据中心的能源利用率越高, 该数据中心越符合低碳、节能的标准。

数据中心耗电主要由IT设备耗电、空调耗电、供配电耗电、照明等其他耗电组成, 年PUE值1.25~1.4时各耗电占比如下:

提高数据中心空调系统的能效, 可有效降低PUE值



■ IT设备 ■ 空调冷源 ■ 空调末端 ■ 其他 (电源+照明+配电)

4.发展趋势——节电方面

蒸发冷却节电优势所在

蒸发冷却空调主要耗电设备



机械制冷空调主要耗电设备

节电优势：蒸发冷却空调设备配电功率小于传统压缩机制冷空调配电功率，可节省空调系统引发的电气投资，同时系统运行费用、维护费用低。

节能效果：减少压缩机空调配比量甚至不使用压缩机，机组能效比（COP）高达10，相比传统压缩机制冷空调（COP为3）可节能70%左右。

因地制宜的合理采用蒸发冷却技术为数据中心进行降温，可大幅延长自然冷却在数据中心使用时长，有效减少压缩机制冷配比甚至100%去除，实现数据中心安全、节能、绿色运行的要求。

4.发展趋势——节电方面

风侧蒸发冷却空调系统节电效益

以数据中心用间接蒸发冷却空调机组和常规风冷精密空调作对比分析，通过节电率来评价风侧蒸发冷却空调系统的节电效益。



取风冷精密空调机组标称工况下的功耗乘以8760h作为风冷精密空调机组标称年运行总耗电量，则间接蒸发冷却空调机组节电率 η_p 的计算式为：

节电率

$$\eta_p = \frac{Q_a - Q_e}{Q_a}$$

式中 Q_a ——风冷精密空调机组标称年总耗电量，KW·h；
 Q_e ——间接蒸发冷却空调机组年总耗电量， KW·h。

节电率对于数据中心的选址具有重要的指导意义！

4.发展趋势——节电方面

风侧蒸发冷却空调系统节电效益

样本城市间接蒸发冷却空调机组节电率

样本城市	间接蒸发冷却空调 机组年总耗电量 / (kW·h)	风冷机组标称年 总耗电量 / (kW·h)	节电率 / %
呼伦贝尔	100760	253865	60.3
哈尔滨	92762	253865	63.5
乌兰察布	122854	253865	51.6
西宁	160902	253865	36.6
中卫	119039	253865	53.1
北京	102198	253865	59.7
上海	122331	253865	51.8
重庆	134950	253865	46.8
福州	134058	253865	47.2
海口	167301	253865	34.1
贵阳	129351	253865	49.0
普洱	131090	253865	48.4

蒸发冷却空调的节电率大小与工程应用地区的气象参数密切相关。

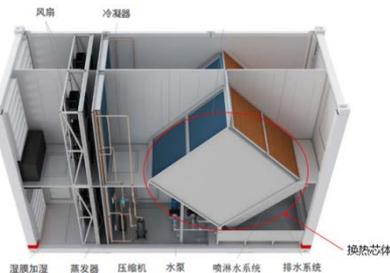
通过节电率可以确定采用蒸发冷却空调机组节能性较优的地区，有利于确定采用间接蒸发冷却空调机组的项目地址。在样本城市中，哈尔滨和呼伦贝尔的节电率相对较高，比较适合用间接蒸发冷却空调机组。

3.存在的主要问题——节电方面

◆ 设备补冷满载配置，额外增加系统能耗

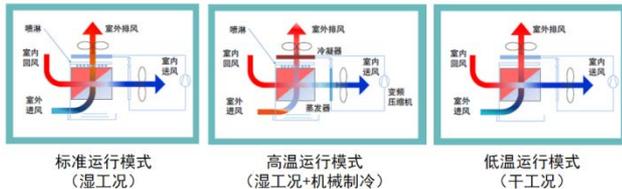
大多数蒸发冷却与机械制冷联合的空调系统，为满足数据中心全年的安全可靠运行，在前期设计的时候一般会将机械制冷补冷按照100%设计，后期若不合理运行则会额外增加系统的能耗，达不到节电的目的。

不同地区，设备补冷应该如何合理配置？



◆ 运行模式与最优的切换点不匹配，运维管理不规范，节能效果不显著

数据中心蒸发冷却空调系统的运行模式是根据室外气象参数的变化而自由切换的，因此其节能效果取决于系统高效的控制策略，以及后期规范化的运维管理。这也是目前比较欠缺的环节。



运行模式的最优切换点该在何处？

4.发展趋势——节水方面

蒸发冷却设备的水使用效率 WUE_{EC} ：

评价数据中心蒸发冷却设备水资源使用效率指标。

$$WUE_{EC} = \frac{W_M}{P_{IT}} = \frac{W_{\text{补水}} + W_{\text{加湿}} + W_{\text{其他}}}{P_{IT}}$$

WUE_{EC} —蒸发冷却设备的水使用效率，单位L/KWh；

W_M ——全年数据中心蒸发冷却设备耗水量，单位L；

P_{IT} ——IT设备全年耗电量，单位KWh。

全年数据中心蒸发冷却设备消耗的总水量与IT设备耗电量的比值。 WUE_{EC} 越接近于0表示一个数据中心蒸发冷却设备的节水程度越高。

数据中心蒸发冷却设备的耗水量组成：

- $W_{\text{补水}}$:全年蒸发冷却空调系统蒸发、排污、风吹飘逸所需的补水量
- $W_{\text{加湿}}$:全年IT机房加湿水量(湿膜加湿或喷雾加湿)
- $W_{\text{其他}}$:全年蒸发冷却空调系统泄露、清洗等水量

4.发展趋势——节水方面

间接蒸发冷却设备耗水量



立管式间接蒸发冷却器换热管内落水图

间接蒸发冷却耗水量的计算公式为：

$$W = 1.1 \left(1 + \frac{1}{R-1} \right) \left(1 + 3.8 \frac{A_r}{\eta_{IEC}} \right) \frac{Q}{r}$$

- W ——耗水量，单位为kg/s；
 Q ——间接蒸发冷却器制冷量，单位为kW；
 R ——循环水浓缩倍率，一般为2~4；
 r ——水的汽化潜热值；
1.1 ——富裕系数；
 η_{IEC} ——间接蒸发冷却效率。

在不同的循环水量、不同处理风量下，间接蒸发冷却器的耗水量近似按比例变化，通过实际工程测试，当处理每**10000m³/h**风量时，管式间接蒸发冷却器耗水量约为**15~40kg/h**；板翅式间接蒸发冷却器耗水量约为**45~55kg/h**。

4.发展趋势——节水方面

不同空调方案水资源使用效率对比

方案	单位	间接蒸发冷却全空气系统	蒸发冷却空气—水空调系统	风冷冷冻水空调系统	离心式冷冻水空调系统
IT负荷	kw	10000	10000	10000	10000
供水温度	℃	—	12-20	12-20	12-20
冷源主要设备配置		间接蒸发冷却空调机组 (机械辅冷)	蒸发冷却冷水机组、蒸发冷却空调机组、循环水泵	风冷冷冻水空调主机、循环水泵	水冷冷冻水空调主机、循环水泵、开式冷却塔
运行特点		系统全年运行根据室外气候变化进行切换,充分利用自然冷源	适应全年工况.在夏季室外湿球温度较高时,末端需切换至“新风运行模式”	系统全年运行无需切换,但夏季室外温度较高时,制冷主机有宕机风险	系统在冬季需切换至“板换自然冷源模式”,且冬季冷却塔有结冰风险,运维难度较大
水质要求		较高	较高	较低	一般
水质处理成本		50	50	15	30
空调系统年耗电量	万kwh	718	1076	2243	1314
年耗水量	万吨	5.5	21.18	2.20	33.35
WUE	L/kwh	0.63	2.40	0.25	3.80

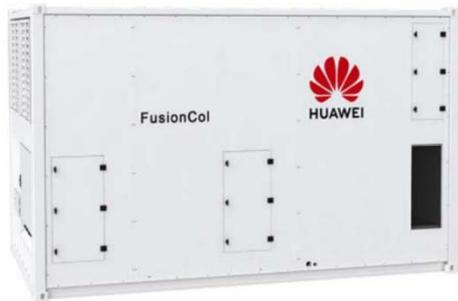
注：以新疆地区的数据中心为例。

4.发展趋势——节地方面

蒸发冷却空调设备模块化集成设计

数据中心用蒸发冷却空调设备

风侧蒸发冷却空调



集装箱式间接蒸发冷却空调机组

水侧蒸发冷却空调



一体化蒸发冷却高效集成冷站

◆ 模块化

间接蒸发冷却和机械制冷不同功能段协同耦合，采用模块化的设计理念，一体式的结构，运输方便，安装快速。



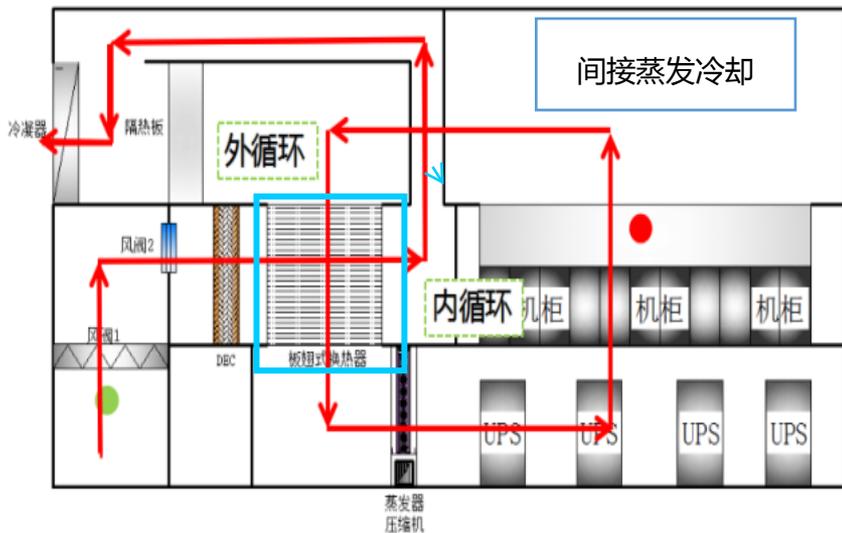
为高能耗、寸土寸金的数据中心空调系统提供新思路、新方法、新设备。

◆ 集成化

将空调系统多功能组件模块化集成，其结构紧凑，减少空调设备的占地面积，无需专门冷冻机房，可室外安装。

4.发展趋势——节地方面

蒸发冷却器与建筑结构紧密结合



蒸发冷却器与建筑物土建结构紧密结合，空调系统与建筑物融为一体，利用建筑结构作为风道，这样可大大节约空调设备占据的机房空间。

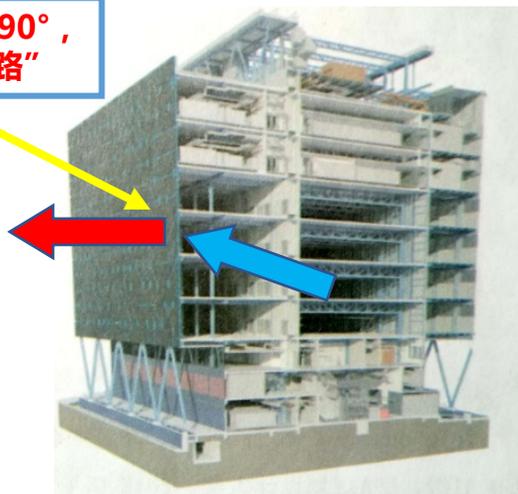
3.发展趋势——节地方面

间接蒸发冷却空调AHU与建筑结构密切结合



进风和排风形成 90° ，
避免气流“短路”

- ◆ 岔流进风
- ◆ 间接自然冷却设备安装在2-7层的建筑西面的构筑台上



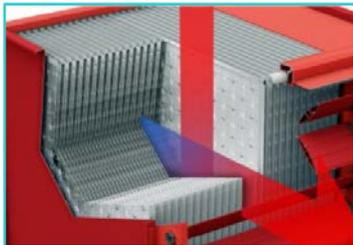
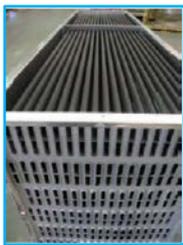
间接蒸发冷却空调AHU应用于高层的数据中心，打破传统的只能应用于大平层和低层数据中心的设计理念，拓宽了间接蒸发冷却空调AHU的应用场景，节约了数据中心建筑的占地面积。

4.发展趋势——节地方面

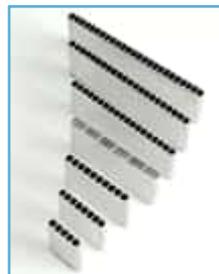
高效紧凑型间接蒸发冷却器的开发与防尘（防堵）



管式



板翅式



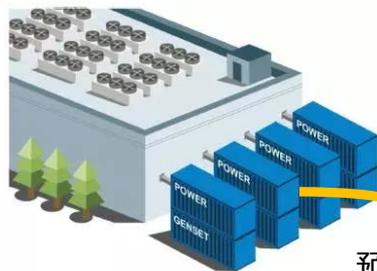
微通道

蒸发冷却器结构越来越紧凑

目前数据中心用间接蒸发冷却空调机组为了提高换热效率，减少机组的占地面积，主要采用**高效且结构紧凑型的间接蒸发冷却器**。从结构形式比较大的**管式**、到现在的**板翅式**、将来会朝着**微通道**的方向发展，然而蒸发冷却器的结构越紧凑，对空气的品质要求就会越来越高，因此，为了防止微通道紧凑型换热器堵塞，必须对空气进行过滤处理，这样才能避免换热芯体堵塞的风险，从而提高机组的运行效率。

4.发展趋势——节地方面

预制化、模块化、产品化、去工程化（“四化”）



预制化



模块化

目录

CONTENTS

01

数据中心发展背景

02

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的应用形式

03

我国数据中心间接蒸发冷却空调技术的应用案例

04

间接蒸发冷却空调技术在数据中心的发展趋势

05

总结与展望

5.总 结

1

注重优化制冷空调设备的结构尺寸，采用模块化高度集成的设计理念，实现数据中心制冷空调技术的预制化、产品化，同时将自然冷却技术与其他制冷技术、可再生能源技术更好结合进而更好的地迎合数据中心高速发展、快速建设的需求。

2

加强数据中心相关先进适用冷却空调技术标准的制定，既要提出对不同形式的空调产品高质量要求，又要在系统设计和运行维护方面进行引导，实现数据中心制冷空调系统高效的运行。

3

应当因地制宜的在“一带一路”沿线国家做出适用性分析，将蒸发冷却空调产品与系统方案推向世界，助力构建绿色数据中心，加快“新基建”数据中心的建设步伐，为实现“碳达峰”、“碳中和”的“双碳”目标助力。

● 5.展 望



美国英特尔（Intel）公司总裁帕特·盖尔辛格（Gelsinger）曾预言：“今后全球通讯行业乃至整个电子信息产业发展的瓶颈不是大规模集成技术，而是散热技术。它不仅影响到电子信息技术，而且将影响整个世界的经济”。



西安工程大学 · 蒸发冷却团队

Thanks !



蒸发冷却空调