

第 5 届

低碳节能 智慧运维

全国数据中心冷却节能高峰论坛

THE 5TH CHINA DATA CENTER COOLING SUMMIT 2022

总结报告



公众号



视频号

2022年9月

组织机构

|| 主办单位 ||

中国建筑科学研究院有限公司 中通服咨询设计研究院有限公司
暖通空调产业技术创新联盟 CAHVAC

|| 特邀协办 ||

新疆华奕新能源科技有限公司 美的楼宇科技

|| 协办单位 ||

中讯邮电咨询设计院有限公司	华信咨询设计研究院有限公司
湖南大学	中国移动通信集团设计院有限公司
中国建筑设计研究院有限公司	上海邮电设计咨询研究院有限公司
广东省电信规划设计院有限公司	西安工程大学
东南大学	南京师范大学

|| 支持单位 ||

江苏省制冷学会	江苏省土木建筑学会暖通空调热动力专业委员会
江苏省通信学会通信能源专业委员会	中国建筑节能协会暖通空调分会
中国建筑学会暖通空调分会	中国制冷学会空调热泵专业委员会

|| 支持媒体 ||

i 传媒 V 客传媒 艾肯网 中国暖通空调网 建筑环境与能源

CAHVAC 秘书处

电话: 010-64517224 64693285

邮箱: chvac2008@sina.com

地址: 北京市朝阳区北三环东路 30 号

中国建筑科学研究院建筑环境与能源研究院

网站: 中国暖通空调网 www.chinahvac.com.cn



公众号



视频号

序 言

2022 年 7 月 29~30 日，第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛在江苏南京顺利召开，本届论坛由中国建筑科学研究院有限公司、中通服咨询设计研究院有限公司、暖通空调产业技术创新联盟主办，同时得到了中讯邮电咨询设计院有限公司、华信咨询设计研究院有限公司、湖南大学、中国移动通信集团设计院有限公司、中国建筑设计研究院有限公司、上海邮电设计咨询研究院有限公司、广东省电信规划设计院有限公司、西安工程大学、东南大学、南京师范大学、新疆华奕新能源科技有限公司、广东美的暖通设备有限公司、珠海格力电器股份有限公司、青岛海尔空调电子有限公司、南京天加环境科技有限公司、丹佛斯（上海）有限公司、威乐（中国）水泵系统有限公司等单位的大力支持，在此深表感谢！

本届论坛与会嘉宾深度探讨数据中心运营及低碳技术、产品应用、未来发展趋势，会议聚焦“双碳”、“东数西算”背景下，数据中心冷却节能行业面临的新机遇和新挑战，相信未来我国数据中心建设将持续健康稳步向更高质量发展。

会后，组委会对会议情况进行了分析，并结合专家报告从数据中心发展与政策、技术热点与应用、工程案例、空调能耗调研与数据分析、总结展望等六个方面进行了梳理和总结，供行业同仁参考！

论坛组委会

2022 年 9 月

目录

05

第一章 会议概况

- 1.1 会议概况
- 1.2 参会概况
- 1.3 会议碳中和

第二章 发展与政策

- 2.1 数据中心发展现状
- 2.2 数据中心政策梳理
- 2.3 各地 PUE 政策要求

13

第三章 技术热点与应用

- 3.1 磁悬浮技术的应用效益
- 3.2 节能板换和主机串并联的技术应用
- 3.3 高效水系统技术
- 3.4 高效氟系统技术
- 3.5 氟多联机技术应用
- 3.6 蒸发冷却技术
- 3.7 高效水泵技术应用
- 3.8 液冷技术
- 3.9 智慧能源站
- 3.10 预制冷站技术
- 3.11 自适应的控制技术
- 3.12 余热回收技术

22

第四章 工程案例

- 4.1 雄安城市计算中心
- 4.2 深圳联通某数据中心
- 4.3 中国移动（铁岭）清河工业化数据中心
- 4.4 国家电网宁波北仑单相浸没式液冷数据机房
- 4.5 数据中心空调系统的全链条智能控制服务方案
- 4.6 上海青浦腾讯数据中心
- 4.7 数据中心高效模块化集成冷站
- 4.8 深圳互盟数据交换中心
- 4.9 北京电信瀛海数据中心
- 4.10 海南电信凤翔数据中心
- 4.11 深圳某云数据中心
- 4.12 中通服系列案例

38

第五章 空调能耗调研与数据分析

- 5.1 空调能耗数据调研
- 5.2 运行工况数据分析
- 5.3 运行温度数据分析
- 5.4 空调 PUE 因子分析
- 5.5 空调设备能耗综合分析

55

第六章 总结与展望

- 6.1 总结
- 6.2 展望

60

附表：2022 年第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛主讲目录

第一章 会议概况

1.1 会议概况

本届论坛以“低碳节能 智慧运维”为主题，通过线下会议与线上视频直播相结合的方式进行交流，来自国内行业学 / 协会、通信运营商、IDC 建设单位、科研院所、高校、设计、施工、运维企业以及设备厂商代表 700 余名代表参会，会议通过 CAHVAC 视频号、科研云、寇享学术等平台直播，在线参与观众 33000 人次。

本届论坛主要包括大会论坛、圆桌论坛、项目参观、展览展示等内容，三十余位业界

专家就数据中心研究成果、前沿技术、工程实践、运维管理、风险防控、故障应急及结合“双碳”目标的热点议题等进行了精彩交流与分享。

论坛开幕式由 CAHVAC 王东青秘书长主持。全国工程勘察设计大师、CAHVAC 理事长、中国建筑科学研究院建筑环境与能源研究院院长徐伟，中通服咨询设计研究院有限公司党委副书记、副总经理朱强，江苏省制冷学会理事长、南京市建筑设计研究院

高峰论坛

低碳节能 智慧运维

第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛

THE 5TH CHINA DATA CENTER COOLING SUMMIT 2022

主办单位 | 中国建筑科学研究院有限公司 中通服咨询设计研究院有限公司 暖通空调产业技术创新联盟
特邀协办 | 新疆华奕新能源科技有限公司 美的楼宇科技

2022年7月29~30日 · 江苏南京



有限公司副总经理张建忠发表了致辞。

在 CAHVAC 副理事长、数据中心专委会主任委员、中讯邮电咨询设计院有限公司教授级高工李红霞和 CAHVAC 数据中心专委会副主任委员、湖南大学教授、博导张泉主持的论坛环节，中国电信集团资深专家、原基建处处长、中通服供应链专家龚建中分享《中国电信绿色数据中心发展策略》、新疆华奕新能源科技有限公司技术总监严锦程分享《间接蒸发冷却技术节能应用及分析》、美的楼宇科技水机产品公司企划专家刘凯分享《美的绿色低碳数据中心解决方案》、中通服咨询设计研究院有限公司机电事业部总经理戴新强分享《“东数西算”暨双碳建设背景下全国典型数据中心运营状况调研与分析》、丹佛斯气候方案事业部系统技术高级经理张乐平《助力碳中和 丹佛斯高效冷热解决方案驱动数据中心未来》、华信咨询设计研究院有限公司副院长马德分享《通信枢纽中心空调升级改造工程实践》。

论坛开幕式



徐伟理事长致辞

在 CAHVAC 数据中心专委会常务委员、华信咨询设计研究院有限公司技术专家夏春华和 CAHVAC 数据中心专委会委员、中通服咨询设计研究院有限公司数据中心总工程师王克勇主持的论坛环节，中讯邮电咨询设计研究院有限公司注册公用设备工程师张飞分享《风侧蒸发冷却在中国联通数据中心的應用研究》、海尔中央空调数据中心行业技术总监陈树栋分享《海尔中央空调数据



中心全场景解决方案》、雄安云网科技有限公司 CTO 袁晓东分享《雄安城市计算中心项目在双碳政策指引下的探索》、威乐中国高级技术支持工程师薛峥分享《数据中心行业高效水泵解决方案》、中国联通深圳分公司 IDC 运营高级专家陈琼环《南方高温高湿环境下数据中心节能案例分享》、澳蓝(福建)实业有限公司总工助理郭改英分享《碳中和背景下数据中心用蒸发冷却技术发展路线》、昆山台佳机电有限公司副总裁何辉分享《自



朱强副总经理致辞



张建忠理事长致辞

然冷却双冷高效技术在数据中心的应用》、珠海格力电器股份有限公司建筑环境与节能研究院暖通研究所所长陈旭峰分享《数据中心冷却系统低碳路径探讨》、中国建筑科学研究院有限公司智云中心主任曹勇分享《数据驱动自适应控制技术在数据中心研究应用》。

在 CAHVAC 数据中心专委会常务委员、中国建筑设计研究院有限公司智能工程

论坛开幕式



中心副总工程师劳逸民和 CAHVAC 数据中心专委会常务委员、中国移动通信集团设计院有限公司咨询设计总监罗海亮的论坛主持环节，阿里云基础设施高级专家严瀚分享《数据中心制冷节能技术演进液冷技术发展趋势》、北京英沣特能源技术有限公司数据中心首席专家乐海林分享《数据中心空调系统全链条智能控制服务方案》、湖南大学教授 / 博导张泉分享《数据中心余热利用节能潜力分析》、中国移动通信集团设计院有限公司高级咨询设计师姜宇光分享《预制冷站技术在数据中心的应用探讨》、南京天加环境科技有限公司市场技术支持中心总监赵凌骁《磁悬浮技术在数据中心领域应用案例分享》、广东省电信规划设计院有限公司高级设计主管吴学渊分享《数据中心水冷系统节能板换和主机串并联研究》、南京佳力图机房环境技术股份有限公司一体化解决方案总监陈胜朋分享《风液结合、多维降碳—佳力图绿色数据解决方案》、上海邮电设计咨询研究院有限公司主任工程师谢静分享《数据中心绿色低碳设计运维实践》、华信咨询设计研究院有限公司工程师郭志成分享《“东数西算”超大型金融数据中心解决方案》。

大会圆桌论坛由 CAHVAC 数据中心专委会副主任委员罗志刚主持，邀请到了中国电信集团云计算专业资深专家 / 内蒙古信息园高级主管崔智勇、中国联合网络通信集

团有限公司总部网络部项目主管王蕾、中国移动通信集团江苏有限公司规划技术部项目主管谢柯、新疆华奕新能源科技有限公司技术总监严锦程与众嘉宾共同围绕“‘东数西算’背景下数据中心冷却节能面临的机遇和挑战”这一对话主题探讨当前行业新形势下的新发展、新方向，各位专家深层次多方面剖析了数据中心系统节能高效发展路径，分析未来行业发展趋势，为推进数据中心助力“双碳”目标的应用与建设提供新思路，现场交流互动积极热烈，得到了在场代表的积极反馈。

为倡导低碳举办论坛的理念，本届论坛在筹备、举办和收尾阶段尽可能实施控制其温室气体排放行动，并通过购买碳配额的方式抵消论坛举办过程中实际产生的温室气体排放量，获得中国质量认证中心（CQC）碳中和认证。

中通服咨询设计研究院有限公司数据中心工程院院长助理、双碳行业中心主任丁卫科介绍了《第五届全国数据冷却节能高峰论坛碳中和实施方案》。本届论坛碳中和活动全过程由中通服咨询设计研究院有限公司、南京佳力图机房环境技术股份有限公司和东南大学承办。

会后，与会代表参观了中国电信南京（吉山）云计算中心，是江苏地区现有最大的数据中心，同时也获评了国家绿色数据中心。

The 5th China Data Center Cooling Summit 2022
第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛



圆桌论坛



颁发碳中和证书



与会嘉宾在展位参观交流



参观中国电信南京（吉山）云计算中心



The 5th China Data Center Cooling Summit 2022
第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛



主题论坛报告嘉宾



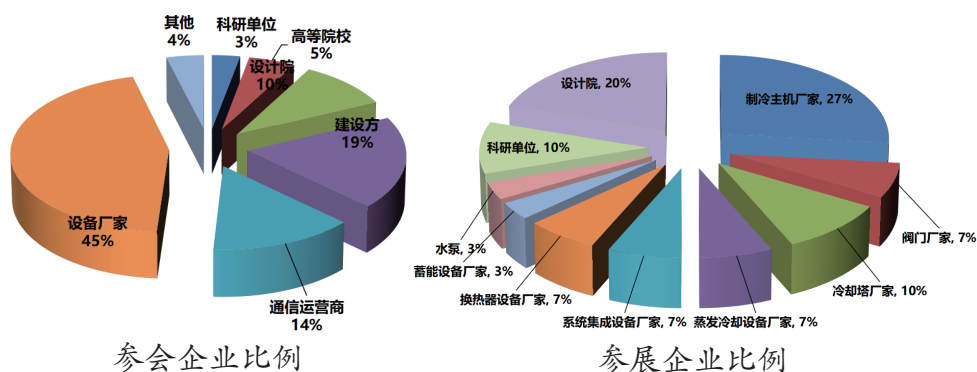
颁发论坛特别贡献奖、贡献奖

10 / 低 / 碳 / 节 / 能 / 智 / 慧 / 运 / 维

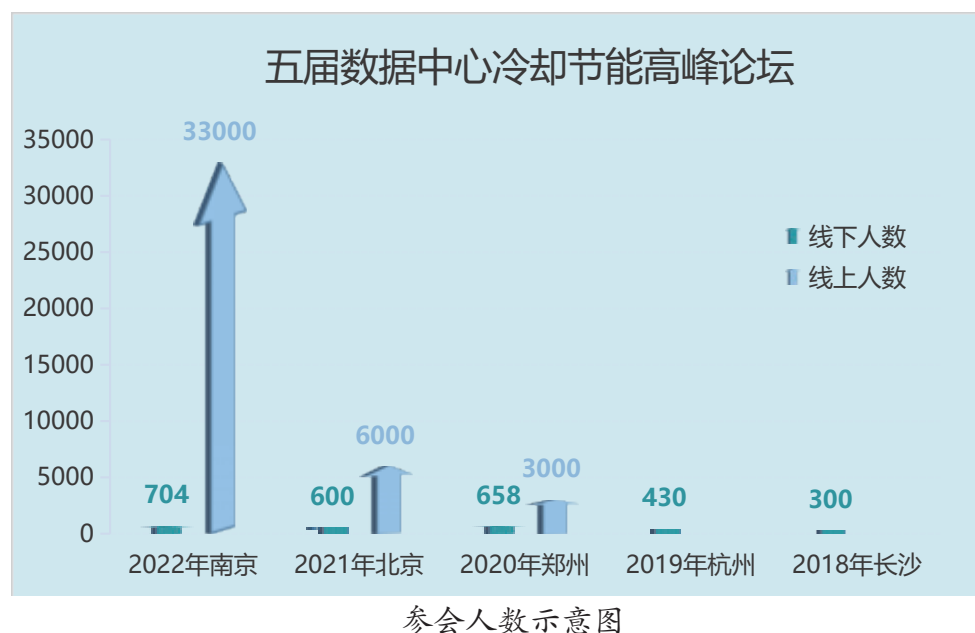
总结报告

1.2 参会概况

第五届数据中心冷却节能高峰论坛共有参加科研院所、设计院、设备厂家等 300 多家企业，参会人数约 704 人。共有参展单位科研院所、设计院、设备厂家 30 家。



自 2018 年第一届数据中心冷却节能高峰论坛举办至今，历时五届，来自上百家企业的近 3000 人注册参会，线上参会代表近达 42000 人，分别比去年增长 17% 和 4.5 倍。



1.3 会议碳中和

本届论坛参考 2019 年 6 月发布的《大型活动“碳中和”实施指南（试行）》中，“碳中和”实施流程，核算地理、时间和设施边界，梳理排放类型，在会议筹备、举办和收尾阶段尽可能实施控制其温室气体排放行动，并确保控排行动的有效性，规定大型活动组织者需要先控排和减排，再实现碳中和。

在举办大型活动中可以考虑采取会议场地交通便利化，会议场地周边配套全等活动场地碳减排；设置公共饮水装置，按需供应践行光盘行动等餐饮碳减排；酒店靠近公共交通枢纽，减少一次性物品的使用，空调系统设置不低于 26℃ 等酒店住宿碳减排；推行低碳办公，倡导低碳出行，强化废弃物回收利用管理等论坛碳减排措施。

论坛通过购买用于抵消的碳配额、碳信用或（和）碳汇量大于等于大型活动的三个阶段（筹备、举行和收尾阶段）实际产生的所有的温室气体排放量，即界定为该大型活动实现了全部碳中和。

碳足迹计算器



微信扫一扫进行登记

碳中和践行者

您于2022年7月28日至2022年7月30日参加第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛期间共产生温室气体32.57千克二氧化碳当量，组委会已统一购买并注销“贵州龙里马郎坡风电场项目”产生的经核证的中国核证自愿减排量（CCER）完成抵消（项目备案号：0134），感谢您为建设绿色生态和应对气候变化做出的贡献！

证书编号：TZH20220021

签发单位：
第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛组委会

碳中和承办单位：
中通服务设计研究院有限公司
南京佳力图机房环境技术股份有限公司
东南大学

碳中和证书

CERTIFICATE OF CARBON NEUTRALITY
CQC-CN-A-2022-0009

本证书声明：
This is to verify that:

第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛
THE 5TH CHINA DATA CENTER COOLING SUMMIT 2022

中国质量认证中心依据温室气体核算与核证程序，对以下活动产生的温室气体排放进行了核算和核证。

中国质量认证中心认为：
CQC here confirms that:

- 第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛于2022年7月28日至2022年7月30日在江苏省南京市江宁区龙里马郎坡风电场21号风电场发电量为1877吨二氧化碳当量。
- 上述排放量通过购买并注销“贵州龙里马郎坡风电场项目”产生的经核证的中国核证自愿减排量（CCER）完成抵消（项目备案号：0134）。
- 上述排放量通过购买并注销“贵州龙里马郎坡风电场项目”产生的经核证的中国核证自愿减排量（CCER）完成抵消（项目备案号：0134）。
- 第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛温室气体排放和中和过程符合《大型活动碳中和实施指南（试行）》的要求。
- 该活动的温室气体排放核算与核证符合《中国质量认证中心碳中和实施指南（试行）》的要求。
- 该活动的温室气体排放核算与核证符合《中国质量认证中心碳中和实施指南（试行）》的要求。

签发：谢肇煦
中国质量认证中心
CHINA QUALITY CERTIFICATION CENTRE

碳中和证书

第二章 发展与政策

2.1 数据中心发展现状

2.1.1 国际发展现状

从全球数据中心总体情况来看，近几年数据中心行业虽受新冠疫情和经济衰退的影响，数字经济仍呈现增长发展的态势，数据存储、分析、处理需求的爆发式增长，推动数据中心产业规模不断扩大。而受不同区域间政治、经济、社会发展各不相同的影响，数据中心产业发展也存在差异。

美国权威市场研究机构 Synergy Research Group 的 2021 年最终数据显示，2021 年全球数据中心 IT 硬件和软件支出年增 10%，全球数据中心基础设施设备（包括云和非云硬件及软件）总收入为 1850 亿美元，其中公有云基础设施占总收入的 47%。这一数据可明显说明，公共云服务提供商的需求不断增加，几乎占数据中心设备所有支出的一半。在服务器细分市场，公共云服务提供商的需求量现已远远超过企业的需求量。



2.1.2 国内发展现状

在“双碳”目标下，全社会能源结构转型，数据中心行业的降耗增效问题已成为焦点，降低数据中心能耗对“双碳”战略的实现有着重要意义。今年处于十四五开局的关键阶段，我国将向第二个百年奋斗目标进军、开启全面建设社会主义现代化国家新征程，在复杂国际环境对中国云计算技术路线的一定影响下，双循环发展格局将加速企业数字化转型，为云计算带来巨大的机遇。2021年，按照单机架功率2.5kW计算，我国数据中心机架数达到520万架，大型规模以上机架数量在420万架，较2020年同比增长30~36%。收入方面，全球平稳增长，我国维持较高增速，我国市场收入达到1500亿元，近三年年均复合增速达到30.69%。新基建释放内需的加速建设，在十四五期间可形成超过10万亿的大市场，这将带来巨大的信息化机会，也带来巨大挑战，我们应加快储备能力直面挑战，拓展通信运营商基建、业务范围和能力，凸显云计算重要性，形成更加开放和多元化的竞争格局。

我国数据中心产业政策不断完善，全面推动数据中心低碳高质、协同创新发展，在创新发展方面，提出数据中心发展“四高三协同”目标。在产业布局方面，构建全国一体化大数据中心及“东数西算”工程推动各地区数据中心产业协同发展。在绿色低碳方面，颁布多项政策对数据中心PUE、绿色低碳等级进行规范和约束，促进数据中心绿色低碳发展，政策要求越来越细化，各地政策出台的越来越密集，PUE的指标要求不断提高。

2.2 数据中心政策梳理

近年来，在中国大数据中心行业受到各级政府的高度重视和国家产业政策的重点支持。国家陆续出台了多项政策，“新基建”、“东数西算”等这些密集政策的出台为大数据中心行业的发展提供了明确、广阔的市场前景，为企业提供了良好的生产经营环境。

2.2.1 推动数据中心绿色高质量发展

2022 年 1 月，国家发展改革委等部门发布的《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求推动数据中心和 5G 等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》，提出到 2025 年，数据中心和 5G 基本形成绿色集约的一体化运行格局。数据中心运行电能利用效率和可再生能源利用率明显提升，全国新建大型、超大型数据中心平均电能利用效率降到 1.3 以下，国家枢纽节点进一步降到 1.25 以下，绿色低碳等级达到 4A 级以上。全国数据中心整体利用率明显提升，西部数据中心利用率由 30% 提高到 50% 以上，东西部算力供需更为均衡。5G 基站能效提升 20% 以上。数据中心、5G 能耗动态监测机制基本形成，综合产出测算体系和统计方法基本健全。在数据中心、5G 实现绿色高质量发展基础上，全面支撑各行业特别是传统高耗能行业的数字化转型升级，助力实现碳达峰总体目标，为实现碳中和奠定坚实基础。

2.2.2 数据中心能效限定值及能效等级标准的实施

随着国家在战略上，“新基建”、“低碳”战略的两手抓，一方面，数据中心的建设突飞猛进，我国现有涉及数据中心资源能源利用、能效 / 能耗评价、节能评价、绿色数据中心评价的国家标准、地方标准、行业标准和规范性文件超过 20 项，由国家市场监管总局（国家标准化管理委员会）发布的《数据中心能效限定值及能效等级》GB40879-2021 今年 11 月 1 日起在全国范围强制实施。

2.2.3 “东数西算”工程

2021年5月24日，国家发改委等四部委印发关于《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》要求，统筹围绕国家重大区域发展战略，根据能源结构、产业布局、市场发展、气候环境等，首次提出了“东数西算”工程。

东数西算工程要把东部的数据传到西部，利用西部数据中心的算力，提升算力效率和能源效率。“东数西算”工程设立八大枢纽十个集群，八大枢纽包括京津冀、长三角、粤港澳、成渝四个东数枢纽，内蒙古、宁夏、甘肃、贵州四个西算枢纽。其中，东部枢纽主要围绕工业互联网、金融证券灾害预警、远程医疗、视频通信、人工智能推理等应用场景，西部枢纽围绕在后台加工、离线分析、存储设备等应用场景。

十个集群分别是东部京津冀枢纽张家口集群的怀来县、张北县、宣化区两县一区；长三角枢纽芜湖集群的鸠江区、戈江区、无为市，长三角生态绿色一体化发展示范区集群的上海市青浦区、苏州市吴江区、嘉兴市嘉善县；粤港澳枢纽韶关集群的韶关高新区。西部内蒙古枢纽和林格尔集群的和林格尔新区和集宁大数据产业园；宁夏枢纽中卫集群的中卫工业园西部云基地；甘肃枢纽庆阳集群的庆阳西峰数据信息产业聚集区；贵州枢纽贵安集群的贵安新区贵安电子信息产业园；成渝枢纽天府集群的成都市双流区、郫都区、简阳市，重庆集群的重庆市两江新区水土新城、西部（重庆）科学城璧山片区、重庆经济技术开发区。这十个集群发挥标准大型机架、超大型数据中心的集聚性建设，高速数据传输网络、减少绕转时延，合理网络结算机制、传输成本降低，配套可再生能源电站、直供大用户、保障能源、助力双碳目标的作用。带动运营商网络、电信增值、IDC和CDN信息通信，互联网梯队、传统软件、信息安全和大数据等基础软件，芯片、服务器、配电节能和运维IT设备制造，绿色能源供给及土建工程的产业链。

“东数西算”工程是双碳目标的其中一个环节一个部分，因为双碳目标不仅要在冷源上节能，还要提高可再生能源的应用比例，在输电上减少输送能耗和能源转换能耗，其中“东数西算”的一方面就是

减少了能源的运输，就是减少了西电东输。另一方面在全国对八大枢纽对 PUE 有了更高的要求，从气候角度看，以整个社会能耗为例，对于夏热冬暖地区，如广州市用电高峰期空调能耗占到整个广州市社会能耗的 60%，所以空调系统的节能已经成为大家非常关注的一个热点。

2.2.4 新基建建设

2020 年 3 月 4 日，中共中央政治局常务委员会召开会议，提出“加快 5G 网络、数据中心等新型基础设施建设进度”，未来几年内，我国数据中心建设将迎来新一轮的快速发展。随着各个行业信息化发展的不断深入和信息量的爆炸式增长以及“新基建”概念的提出，数据中心建设呈现快速增长趋势，运营商、互联网企业、金融、政府、制造业等各个行业都在规划、建设和改造各自的数据中心。

2.2.5 降低 PUE 指标

随着新基建、东数西算、双碳、能源消费双控等战略的落地实施，2017 年工信部发布《关于加强“十三五”信息通信业节能减排工作的指导意见》中提到 2020 年，数据中心 PUE 达到 1.4 以下；2019 年工信部、国管局和国家能源局发布《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》中提到 2022 年，PUE 达到 1.4 以下，改造使电能使用效率值不高于 1.8；2021 年工信部发布《新型数据中心三年行动计划（2021-2023）》中提到 2021 年底，新建数据中心 PUE 降低到 1.35 以下，到 2023 年底降低到 1.3 以下，严寒和寒冷地区力争降低到 1.25 以下；同年工信部、国管局和国家能源局发布《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求推动数据中心和 5G 等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》中提到 2025 年，全国新建数据中心 PUE 降到 1.3 以下，国家枢纽节点进一步降到 1.25 以下；今年工信部、发改委、财政部等六部门联合发布《工业能效提升行动计划》中提到 2025 年，新建大型、超大型数据中心 PUE 优于 1.3。通过上述国家政策的出台可以看到对数据中心 PUE 指标控制更加严格，多数地区要求 PUE 做到 1.3 及 1.25，甚至 1.2 及 1.15 以下。

2.3 各地 PUE 政策要求

随着政策的推进，各地政府将制定更加严格的政策，数据中心审批流程将更加严谨，监督手段将更加完善。据统计，当前存量数据中心的 PUE 平均值在 1.6 到 1.7，新设计数据中心 PUE 平均值 1.35 到 1.39 之间。数据中心行业面临严峻挑战，面临审批难，面临升级改造，面临关停风险。我们迎来了数据中心产业升级的时代。

2.3.1 北京

◎ 2021 年 7 月，北京市发展和改革委员会发布关于《进一步加强数据中心项目节能审查若干规定》，规定指出新建、扩建数据中心，年能源消费量小于 1 万吨标准煤（电力按等价值计算，下同）的项目 PUE 值不应高于 1.3；年能源消费量大于等于 1 万吨标准煤且小于 2 万吨标准煤的项目，PUE 值不应高于 1.25；年能源消费量大于等于 2 万吨标准煤且小于 3 万吨标准煤的项目，PUE 值不应高于 1.2；年能源消费量大于等于 3 万吨标准煤的项目，PUE 值不应高于 1.15。

◎ 2021 年 2 月初，北京发改委对 11 家能效超标数据中心现场下达《节能监察建议书》，明确了行业标准及各数据中心实际用能效率情况。

◎ 2020 年 6 月，北京经济与信息化局为落实《北京市加快新型基础设施建设行动方案（2020-2022 年）》，开始了对京津冀区域数据中心新建项目的需求摸底调查。

◎ 2019 年，北京市颁布《北京市数据中心能效限额标准》DB11/T 1139-2019，要求数据中心 PUE 值低于 1.3。新建的数据中心 PUE 值要求低于 1.3，原有的数据中心要进行节能改造，改造完成后，PUE 值需达到 1.4 以下。

◎ 2018 年 9 月，北京市发布《北京市新增产业的禁止和限制目录（2018 年版）》，明确规定全市禁止新建和扩建互联网数据服务、信息处理和存储支持服务中的数据中心，PUE 值在 1.4 以下的云计算数据中心除外；中心城区全面禁止新建和扩建数据中心。与 2015 年版的限制目录相比，对数据中心的的要求进一步提高。

2.3.2 上海

◎ 2021 年 4 月，上海市经济和信息化委员会发布《上海市数据中心建设导则（2021 版）》导则明确上海建设数据中心，投入运行后，PUE（综合）第一年不应高于 1.4，第二年不应高于 1.3。

◎ 2021 年期间，《推进上海生活数字化转型构建高品质数字生活行动方案（2021—2023 年）》和《推进上海经济数字化转型赋能高质量发展行动方案（2021—2023 年）》近日发布。方案指出，上海将大力探索经济数字化“四量”转型示范路径，着力推动经济存量增效、增量创新、流量赋能、质量引领，打造转型发展的全新动能。到 2023 年，将上海打造成为世界级的创新型产业集聚区、数字经济与实体经济融合发展示范区、经济数字化转型生态建设引领区，成为数字经济国际创新合作典范之城。具体实现目标包括：数字新基建能力保持全国领先，全球信息枢纽城市基本建成，关键核心技术创新和智能产品转化力度全面增强，在集成电路、人工智能、工业软件等领域集中突破 100+ 关键技术、形成 100+ 标准化算法产品、培育 100+ 智能硬件产品。引育 100+ 新生代互联网企业和数字经济龙头企业。

◎ 2018 年 11 月，《上海市推进新一代信息基础设施建设助力提升城市能级和核心竞争力三年行动计划（2018—2020 年）》中新建 PUE < 1.3，改造 PUE < 1.4。

◎ 2017 年 3 月，上海市发布《上海市节能和应对气候变化“十三五”规划》，指出要严格控制新建数据中心，确有必要建设的，必须确保绿色节能。在此基础上，上海市还从多个方面对能源管理和节能减排的重点工作予以推进。

2.3.3 深圳

◎ 2019 年 4 月，深圳市发展和改革委员会《关于数据中心节能审查有关事项的通知》，PUE 为 1.35 ~ 1.40（含 1.35）的数据中心新增能源消耗费可给予实际替代量的 10% 及以下支持，PUE 1.30 ~ 1.35, 20% 及以下支持，PUE 为 1.25 ~ 1.30, 30% 及以下支持；PUE 低于 1.25, 40% 以上支持。

◎ 2019 年 4 月《深圳市发展和改革委员会关于数据中心节能审查有关事项的通知》新建数据中心 PUE 小于 1.25 的，新增能源消费量可给予实际替代量 40% 以上的支持。

2.3.4 山西省

◎ 山西省建设一体化大数据中心体系，根据《关于加快构建全省一体化大数据中心协同创新体系的实施意见》，山西省依托太原都市圈资源集聚优势，建设省级核心枢纽节点，进而形成“1+3+N”一体化大数据中心体系，服务全省经济社会发展。山西省将在太原、大同等市打造各具特色的数据中心集聚区。在此过程中，结合太原都市圈总体规划，在太原布局综合型数据中心集聚区，推进山西核心大数据中心、国家超级计算太原中心建设。

2.3.5 安徽省

◎ “十四五”期间，安徽省将实施“新基建+”行动，系统布局、加快建设新型基础设施，优化提升功能配置，夯实数字化转型基础支撑能力。

◎ 安徽将充分整合利用现有资源，有序发展规模适中、集约绿色的数据中心，加快改造升级效益差、能耗高的小散数据中心。同时，积极参与长三角地区数据中心和存算资源协同布局，建设全国一体化大数据中心体系长三角枢纽节点。

◎ “十四五”期间，安徽省将加快推进国家健康医疗大数据（中部）中心、长三角（合肥）数字科技中心、合肥华云信创云数据中心等一大批重点项目建设。此外，积极创建国家超算中心，加快推进合肥超算中心建设，打造集计算服务、交叉研究、产业创新为一体的重大科技基础设施和公共服务平台。

2.3.6 广东省

◎ 2021 年 8 月，《广东省数据要素市场化配置改革行动方案》发布，《方案》提出，加快推进“一中心多节点”的省市一体化政务大数据中心建设。推动粤港澳大湾区数据有序流通。建设粤港澳大湾区大数据中心。完善人口、法人、空间地理、电子证照等基础数据库，丰富信用、金融、医疗、交通、生态、市场监管、文化旅游、社会救助、投资项目等主题数据库。加强城市视频监控及物联感知数据管理，构建物联网公共数据共享服务体系。

◎ 2021 年 4 月，广东省能源局发布《明确全省数据中心能耗保障相关要求》，其中布局规划指出广东省 2022 年规划建设数据中心标准机柜（标准机柜指折算为 2.5kW 机柜）47 万个，2025 年 100 万个，“十四五”期间 PUE 值需降至 1.3 以下，提高全省数据中心整体能效水平。

◎ 2021 年 2 月，广东省试行将数据中心行业纳入碳交易体系，发放碳排放配额。

◎ 2020 年 6 月 9 日印发《广东省 5G 基站和数据中心总体布局规划（2021-2025 年）》：到 2022 年底，上架率达到 65% 以上，规划建设在用折合标准机架数累计约 47 万个。到 2025 年底，上架率达到 75% 以上，规划建设在用折合标准机架数累计约 100 万个。



第三章 技术热点与应用

如何在高能耗数据中心寻找更节能的空间，数据中心从业者也在不断探索，如何在数据中心全年合理供冷，冷源、输配和末端系统最优匹配运行，余热高效回收，实现能源综合利用率最高，这是此次峰会论坛热议的焦点。

3.1 磁悬浮技术的应用效益

磁悬浮冷水机组的节能主要源于本身的变频系统、高效永磁同步电机的无降频衰减、无油无衰减和多压缩机调节工况适配能力，其中压缩机的数量调节是磁悬浮离心压缩机独有的调节功能，他可解决大部分离心机运行工况的问题，可依靠台数调节实现流量压比的自适应。

多压缩机设计的离心机系统，低负荷运行时可以通过关闭压缩机的形式获得较好的运行工况，避免喘振现象；另，多压缩机的冷水主机系统可以获得更好的备份性。磁悬浮轴承和高速永磁同步电机的结合，使得压缩机能够以极高的转速运行，最大程度缩小了叶轮尺寸。这一突破使得多机头设计变得简单可行。

通过某企业的研发和技术创新，为了适应低负载调试和负荷震荡，在磁悬浮离心机基础上并联一台小压缩机，可把均衡负载的调节控制做到极致。在季度变化的过程中机组能效可以提高，可解决数据中心调试阶段极低负载低压比启动问题。

3.2 节能板换和主机串并联的技术应用

板换与主机系统可并联、可串联，对不同地区不同应用场景的数据中心制冷效果将有所不同，更进一步研究板换与主机串、并联在数据中心的技术应用。

1. 板换与主机串、并联

板换与主机并联：当冷却水进水温度低于冷冻水的出水温度的时候，直接过板换自然冷却模式；当冷却水进水温度高于冷冻水的出水温度的时候，采用机械制冷模式。

板换与主机串联：除与并联模式相同的两种模式外，还有就是中间环节的混合预冷段，冷却水进水温度高于冷冻水出水温度，但低于冷冻水进水温度，这时需要进行预冷，需要冷却水板换通过与主机进行冷凝热交换的过程。

如果对混合模式的单一变量进行分析，可知，冷水机组的蒸发温度和冷凝温度同时升高对主机能效的降低和增加数值基本一致，即从温度角度分析，制冷主机基本不存在节能问题；从综合变量分析，同时升高冷冻水和冷却水进水温度对 COP 基本无影响。但板换的预冷对主机的制冷量有直接的影响，由于冷冻水和冷却水温度双双提升，导致冷水机组的制冷能力基本不变。

2. 技术应用分析

从温度角度分析，冷水机组的蒸发温度和冷凝温度同时升高对主机能效的降低和增加数值基本一致，因此从温度角度分析，串联系统与并联系统总体节能效果相当。从数据中心全生命周期角度分析，并联系统的优点：在某些场景运行逻辑简单、投资小、运行费用低，且施工运维简单；串联系统的优点：串联系统尽管 COP 值变化不大，但是通过板换预冷降低制冷量，可以降低主机的制冷功率。

串、并联方案的选择关键在于中温段的时长和湿球温度的高低。在我国东北和西北严寒地区，其低温时间段持续较长，中温段时间较短，采用串联系统不仅使得初投资增加，且回收期较长；在我国华北和华南地区，中温段时间持续较长，采用串联模式节能效果更加明显，若以 4 年投资回收期为界限，在全国范围内西北地区以乌鲁木齐为代表和东北地区以哈尔滨为代表城市建议采用并联模式，其他地区建议采用串联模式，可实现最大限度减少系统投资，降低总拥有成本。

3.3 高效水系统技术

高效水系统的技术路径包括核心设备优化选型、管网阻力 / 水力平衡 / 优化、运行能耗仿真复核、精准计量智能控制、BIM 三维建模等。

基于暖通系统运行原理的节能策略算法，进行主机负荷调节与群控无缝控制；智能加减机及前瞻性控制；基于最优效率的多机组负荷优化分配；基于负荷巡航的出水温度自适应调节；基于负荷预测的冷冻流量最佳控制；水泵最优效率优选组合控制；冷却塔最低出水温度趋近控制；冷却水系统最佳效率寻优节能控制；AHU 节能优化控制；基于能量平衡的水阀水力平衡控制；智能风水联动控制提高系统整体能效；系统低负荷智能控制；日程设定及 SSTO 最佳启停控制；过渡季节节能优化控制。

通过自学习的最佳寻优，根据室外气象变化控制出水温度。一方面优化冷冻水温，适当提高冷冻水温，提高主机 COP，延长自然冷时间；末端选型优化，适应冷冻水变温供水；风水联动控制，保证用冷需求同时能耗最低。另一方面优化冷却水温，尽量降低冷却水温，提高主机 COP；冷却塔选型优化，降低冷却水逼近度；智能寻优控制，用最小功率获得较低冷却水温。

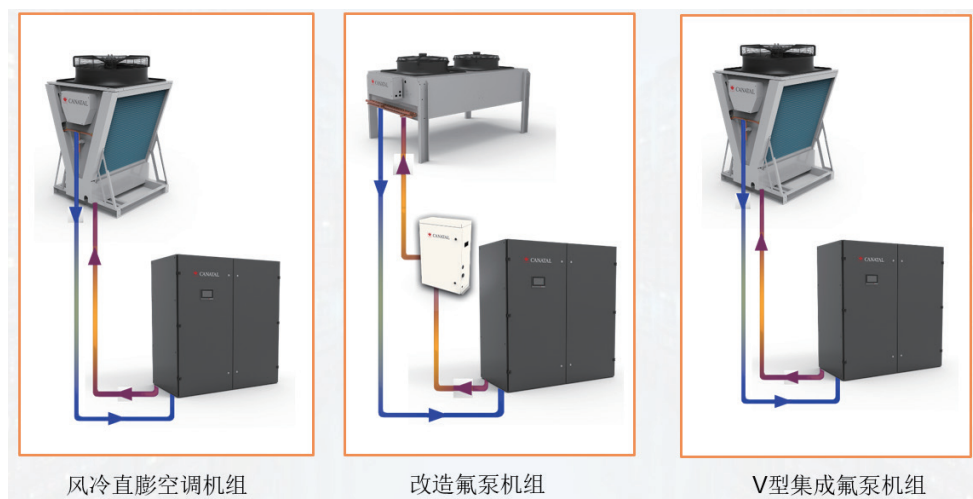
通过三维 BIM 建模指导施工，解决原二维施工图上看不到的问题，减少部分管线长度和弯头数量；将管线之间及管线结构之间碰撞问题尽早的反馈出来大幅度提高施工的生产效率；提前判断安装空间及位置能否满足要求，保证自控传感器的顺利安装，为后续精确的数据采集提供保障。

进行精细化调试对冷水机组、水泵、冷却塔、配套设备等单机设备的调试；电动阀门、传感器、控制系统等控制系统的调试；水力平衡调试、热平衡校核；系统运行调试、运营调试，系统联调。

3.4 高效氟系统技术

氟系统解决方案，氟系统是最传统也是最有生命力的方案，随着技术的进步和节能要求的提高，直膨机组也在不断的迭代和进步。主要体现在两个方面，分别是设备能效的提升和自然冷源的利用。采用变频技术和优化设计，在室内 24℃回风室外 35℃散热工况下，我们的机房空调满载效率达到 3.85，在 80% 负载工况下，效率高达 4.49，比过去 10 年前提升了 50% 以上。氟泵空调的应用，使得数据中心利用自然冷源更加灵活，综合能效得到极大的提升。氟泵空调无论是改造项目，还是新建项目，都可以灵活部署和替换，采用 V 型冷凝器集成氟泵模块，占地面积小，散热效率高，扩大了其应用场景。

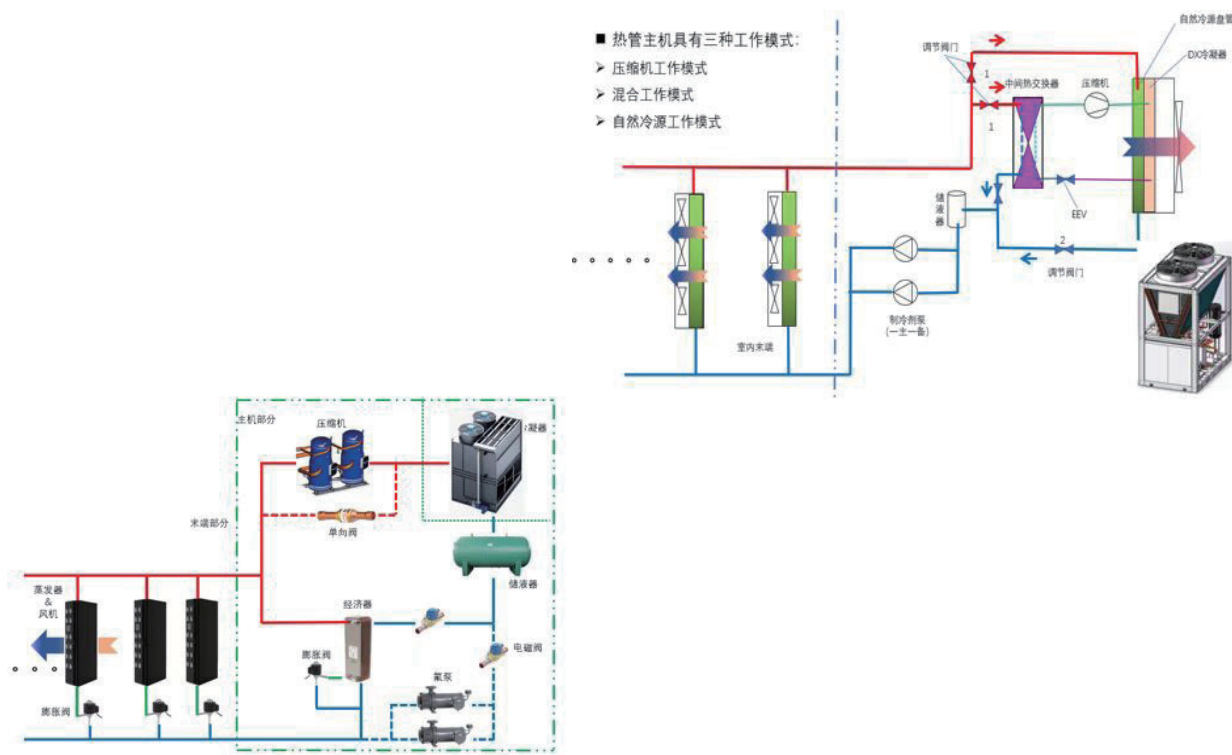
为了实现更大规模，更节能的氟系统解决方案，热管多联系统的室内外机都可并联灵活部署，采用变频技术使设备更高效。直膨多联的系统的室外冷源制冷独立、内外机直连，减少中间换热环节，进一步提升制冷效率，并可配置蒸发冷凝模块，制冷效率更高，自然冷源时长更大。



3.5 氟多联机技术应用

为了实现更大规模，更节能的数据中心氟系统技术应用，企业推出了热管多联 VRH 和直膨多联 VRX 的系统解决方案。VRH 设备室外冷源制冷独立、热管多联，室内、外机都可以并联，灵活部署。采用变频技术，热备更高效。VRX 内、外机直连，减少中间换热环节，进一步提升制冷效率，并可配置蒸发冷凝模块，制冷效率更高，自然冷源时长更大。氟系统解决方案，模块化结构，部署灵活，尤其是存量的直膨空调数据中心改造具有较高的匹配型。

VRH 多联热管设备实现室外冷源独立制冷、热管多联；内机和外机都可以灵活并联布置；变频技术可提升部分负荷，更高效换热；末端采用背板、列间等多样形式可解决高密发热。VRX 直膨多联设备可减少换热环节，进一步提升效率；室外机单盘管设计可更减小风阻；配置蒸发冷凝高效散热模块，高效率制冷，自然冷源时长更长。



3.6 蒸发冷却技术

3.6.1 蒸发冷却技术综述

一、蒸发冷却技术分类

1. 技术形式

蒸发冷却从技术的形式上可以分为三类，直接蒸发冷却、间接蒸发冷却和间接复合直接蒸发冷却。其中，直接蒸发冷却技术是指空气与水直接接触进行热湿交换，产出介质与工作介质之间既存在热交换又存在质交换，以获取冷风或冷水的技术；间接蒸发冷却技术是指产出介质（空气或水）与工作介质（空气或水）间接接触，仅进行显热交换而不进行质交换，以获取冷风或冷水的技术；间接复合直接蒸发冷却是通过间接蒸发复合直接蒸发的多级蒸发冷却过程，以获取低于湿球温度的冷风或冷水。

2. 湿球温度

单级直接蒸发冷却、单级间接蒸发冷却对于空气和水的降温的能力要求在湿球温度以上，而间接复合直接蒸发冷却是通过间接与直接蒸发冷却的负荷，可以把出风、出水温度降低到湿球温度以下，换言之就是降更低的冷源，为数据中心实现最长的自然冷却。

3. 载冷介质

从产出的载冷介质的不同，可以分为风侧蒸发冷却技术和水侧蒸发冷却技术。实际上直接蒸发冷却最简单的风侧蒸发冷却就是直接蒸发冷却新风机组，水侧蒸发冷却就是利用冷却塔设备产出冷水。

二、蒸发冷却技术应用

1. 冷却塔直接蒸发冷却

用冷却塔进行直接蒸发冷却，把散热温度降低到湿球温度，用间接复合直接蒸发冷却，把室外的散热温度降低到亚湿球温度，获得更低温度的散热条件，让散热将会变得更容易，同时可以获得更节能的系统，实现最长自然冷却。

2. 间接蒸发冷却冷水机组

针对于传统大型数据中心的改造，可采用水冷式冷冻水系统，那么基于这些系统的改造方案，实际上改造方案非常简单，利用间接蒸发冷却冷水机组，替代传统冷却塔后可延长自然冷却的时间，降低能耗。

3. 新建数据中心蒸发冷却技术的应用

在极端湿球温度 $\leq 27^{\circ}\text{C}$ 的地区，通过间接蒸发冷却冷水与间接蒸发冷却冷风的联合实现全年自由供冷。在极端湿性温度 $> 27^{\circ}\text{C}$ 度的更多地区，通过间接蒸发冷却与传统制冷技术进行串、并联复合模式，达到全年的节能降温供冷需求。

4. 蒸发冷却水系统高效末端技术应用

对于数据中心的蒸发冷却水系统高效末端技术的应用，可采用高效末端、双盘管末端和液气双通道末端系统，其中高效末端通过提高供水温度，延长自然冷却时长，减少甚至完全去除机械制冷补冷，大大提高末端换热效率；双盘管末端通过末端双盘管补冷，充分利用自然冷却实现部分地区补冷；液气双通道是与新型冷却末端如液冷、液气双通道等复合使用，供水温度可达 30°C 甚至 35°C ，以此大幅延长自然冷却时长，减少甚至完全去除机械制冷补冷。通过上述方式可实现对能量实现梯级的利用，实现全年节能应用的模式。

5. 蒸发冷却 + 技术应用

对于数据中心可采用蒸发冷却技术 + 机械制冷技术、热管技术 + 氟泵技术 + 蒸发冷却水氟换热技术、液冷技术 + 蒸发冷却技术的综合空调系统。其中间接蒸发冷却水氟换热节能技术就是采用间接复合直接蒸发冷却技术，充分降低冷凝器所处环境温度；冷凝换热所需冷量既有显热交换，又有蒸发冷却潜热交换，更低的冷凝温度提高压缩机能效比，以使空调系统节能运行。

3.6.2 风侧蒸发冷却技术

数据中心空调系统应根据当地的气候条件，充分利用自然冷源，选择合适的空调形式，风侧间接蒸发冷却空调在很多气候条件区域具有比较大的节能优势。风侧间接蒸发冷却空调系统最近几年才开始大规模建设，因此一些工程细节还需不断优化，如补冷量、补冷形式、室外排风有无竖井、室内气流组织、补水量、补水水质、节水节电模块、远程启动模块、室外钢平台、竖井保温工艺等。

1. 有组织排风和无组织排风

无组织排风就是没有排风竖井，一般针对 1-2 层或 3 层的数据中心，AHU 机组布置在楼的外侧或屋顶，不占用建筑面积；3 层的数据中心 AHU 机组一般布置在 1 层外地面或 3 层屋面。通过对无组织排风数值的模拟，分析可得在屋面中间区域约比外部区域高 2-3℃，需增加补冷量；在屋面和地面空调排风建议增设导流板，减少气流组织干扰；屋顶可竖直向上，地面斜向上 45°（优于 30°）；在屋顶 AHU 设置架高进风层，增加进风面积；在屋顶 DX 空调架高，避免排风被 AHU 进风卷吸，影响 AHU 运行；2 层平台散热效果较差时，建议布置电池室等散热量较小的空调。

有组织排风就是设置排风竖井，一般针对 3 层或 4 层级以上的数据中心，通过对有组织排风数值的模拟，分析可优化三层排风（顶层）建议增设导流板将排风排至屋面楼板以上，否则容易引起进排风混流；保证必要的进排风面积，优化排风竖井位置（放置设备之间影响维护，放置设备外侧需增设面积）；排风竖井不含顶盖（类似烟囱）排风效果比较好，但需做好防雨排水和设置检修门。

2. 对于数据中心内部的气流组织一般采用封闭热通道和弥散送风

当 AHU 空调送回风温度比较高，一般采用封闭热通道的气流组织形式，此时室内可以采用弥漫送风封闭热通道或者地板下送风封闭热通道的气流组织形式，这种方式在架空地板、层高及初投资等方面比较有优势较优；当采用弥漫送风，空调设备间隔墙可以采用孔板或者送风百叶的形式。

风侧蒸发冷却空调是一种节能环保和可持续发展的空调技术，风侧蒸发冷却空调在北方应用相对较多，节能优势显著；南方应用相对较少，主要受出柜率等因素的限制，随着 PUE 要求越来越严格，东拓南进趋势明显。

3.6.3 间接蒸发冷水塔

内冷式间接蒸发冷水塔设备集成内冷式间接蒸发冷却器、高效填料、热湿交换、三维均匀布水、变流量均匀布水、智能水质检测处理和智能群控等多项关键技术，具有高效节能、运行稳定、防冻结、低噪音和模块化等特点。

1. 内冷式间接蒸发冷却塔

内冷式间接蒸发冷却塔的运行模式分为高温模式、低温模式以及超低温运行模式。高温运行模式主要在夏季不开预冷灌，空气经过滤后直接送入填料塔，凭借水在填料塔表面的蒸发吸热，然后吸热后的空气经顶部的变频风机墙排出，这种模式下的功耗与冷却塔相当；低温运行模式下开启设备的间接蒸发遇冷段空气的干球温度和湿球温度被同时降低后送入填料塔，充分利用自然冷源降低了进入设备的空气、湿球温度填料它功能段的蒸发冷却效率更高，空气与水的热量交换更加充分，且还具备水箱加热功能，防止冬季冻结；超低温运行模式主要适用于在严寒、寒冷地区的冬季，使用乙二醇盘管与室外的低温空气进行换热，充分利用了自然冷源，有效防止了冬季冻结问题。

2. 外冷式间接蒸发冷水塔

外冷式间接蒸发冷水塔，主要采用冷水盘管预冷，适用于用户回水温度低于室外环境参数的制冷系统，节能率在 70% 以上；复合式间接蒸发冷水塔主要采用多级间接蒸发预冷，适用于湿热地区，能够制得温度更低的高温冷水，也就是间接蒸发冷却壳体与冷水盘管共同预冷，特别适用于湿热地区，节能率在 80% 以上；露点式间接蒸发冷水塔，主要是采用露点间接蒸发冷却器预冷，特别适用于湿热地区，能够制得温度更低的高温冷水，冷却器预冷的效果更好，节能率在 85% 以上。

3. 间接蒸发与机械制冷耦合系统

间接蒸发与机械制冷耦合系统主要对数据中心内部的高温回风进行冷却，特别适用于空气品质优等以下的地区，且屋顶、侧墙或地面结构设计允许预留场所，特别适用于严寒和寒冷地区的数据中心，匹配高效低阻的间接蒸发冷却换热器，采用高效直流无刷 EC 无蜗壳风机墙；一次能量搬运，一次能量交换，功耗低，COP 高，充分利用室外干空气能，有传热温差，使用时间长。

3.6.4 间接蒸发冷却空调机组

1. 节能型间接蒸发冷却空调机组

节能型间接蒸发冷却空调机组是以空气的干球温度和湿球温度之差换热驱动势，功能段组件包含间接蒸发冷却器、机械压缩辅助制冷系统、过滤水喷淋系统、送风机、排风机，还有循环水以及智能控制系统。通过室外的的工作气流进入湿通道后与喷淋水直接接触，吸收干通道的热量，后排经过顶部的排风机排出，这种模式下能同时能够带走冷凝器的热量，相比传统的风冷模式冷却效果更好；另一端数据中心内部的高温回风在进入干通道以后将热量传递给湿通道，温度降低后送入数据中心设备经顶部排风，根据实际需要，选择同侧或异侧的进出。适合用于湿热地区。

露点间接蒸发冷却空调机组，是采用露点间接蒸发冷却器，以空气的干球温度和露点温度之差为驱动势，增大了蒸发冷却的换热驱动势，且减少了二次风量以及二次风机的能耗；室外的的工作气流在进入湿通道前经多级的间接蒸发冷却，它的干球温度和湿球温度被同时降低，并且湿通道内部采用了独特的淋水技术，淋水均匀，保证整个换热器的换热效果。

2. 间接蒸发冷却空调一体机

间接蒸发冷却空调一体机集成了间接蒸发、变频制冷，还有三维均匀布水以及水质检测、智能群控及双路供电等多项关键技术，它是将间接蒸发冷却技术与制冷技术相结合，改变了传统的结构，设备的宽度小，效率高，标准制冷量是 86kW，可实现侧面排风，适用于有阳台的数据中心制冷系统，设备可多个模块组合安装方便。

3. 直接蒸发与机械制冷系统及智能网络组合系统

直接蒸发与机械制冷系统及智能网络组合系统适用于室外空气品质优质的地区，系统包括过滤段、翅片式蒸发器(表冷段)、直接蒸发段、风机段等，利用直接蒸发冷却技术对新风进行降温，不足部分采用机械系统辅冷，并且采用 PLC 智能控制，标准 RS485 接口，可实现远程监控，具有过滤报警，温湿度自动调节，风机变频控制等功能。其中直接蒸发的蒸发效率可以高达 90% 以上，节能率超过 80%，优点在于采用一次能量搬运，无能量交换，功耗低，COP 高达 47，充分利用干空气能，无传热温差，使用时间长。

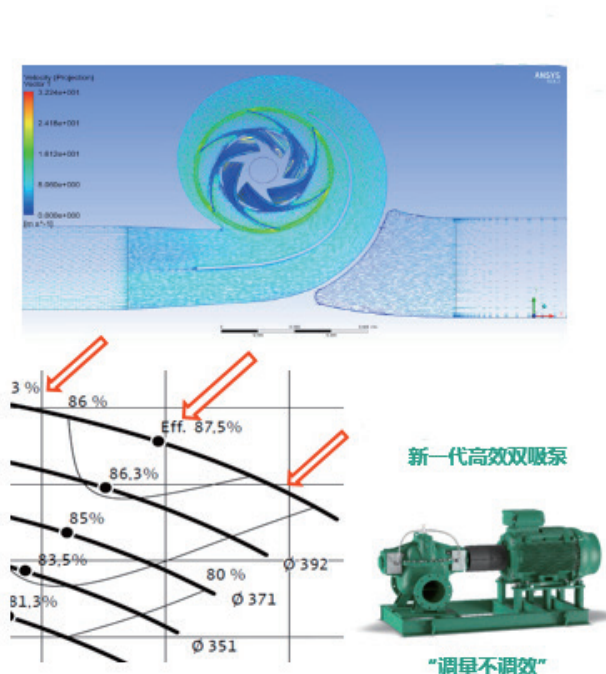
3.7 高效水泵技术应用

水泵是输送液体或使液体增压的机械设备。它将原动机的机械能或其他外部能量传送给液体，使液体能量增加，水泵作为传统的能耗大户，又作为数据中心中冷量输送系统的重要环节，在数据中心行业应用的多样化以及高效化越来越备受关注。水泵在数据中心中可实现泵头高效、电动机高效及科学的智能控制，在运行过程中实现稳定性高、快速响应和维修量少简单，降低进水压力对泵体汽蚀，在控制方面实现状态联网，对系统运行进行分析预判优化运行。

水泵的耗电量约占总空调系统耗电量的 20% ~ 30%，故节约低负载时水系统的输送能量意义重大。

从高效水泵到智能泵再到智能机组到控制系统，采用高效水泵以及尽可能让系统运行在高效区间，增加使用专业变频控制等措施，提高水系统的输送效率，降低运行能耗，从而降低数据中心的整体 PUE 值，实现数据中心的节能绿色可持续发展。

水泵设计及制造技术在升级 高效、低汽蚀、稳定、智能



3.8 液冷技术

液冷技术是使用液体取代空气作为冷媒，为发热部件进行换热，带走热量的技术。液冷技术按冷却介质与电子元器件是否接触可分为直接接触式液冷技术和间接接触式液冷技术。目前常用的液冷技术为单相浸没式液冷技术、单相喷淋式液冷技术和冷板式液冷技术。按照冷却液又分为氟化液和油类冷却液，氟化液又分为单相和两相，总体来说氟化液具有沸点低，密度大，成本高的特点，氟化液使用中有消耗，省电不省钱，经济成本性差，优点是粘度小，无闪点，易清洗；而油基冷却液具有成本低，密度小，闪点高的优点，经济性更为符合 IDC 和 EDC 的场景，缺点是粘度相对大，清洗相对复杂。

可通过浸没式液冷技术、喷淋式液冷技术、水冷冷板式液冷技术、非水冷板式液冷技术的原理及适用性进行分析：

1. 冷板式液冷（氟剂）试点应用，其原理是将服务器发热元件（CPU/GPU/DIMM 等）贴近冷板，利用冷板中流动的介质带走热量，工作介质可以选择去离子水、水溶液、氟化液等。液冷服务器安装于机架，并设置风冷空调辅助制冷，风冷负责液冷冷板无法覆盖的部件，风冷空调散热占比 10% ~ 30%。

2. 浸没式液冷（氟剂）试点应用，其原理是将服务器完全浸没在非导电性工作介质中，工作介质与功耗器件直接接触换热，通过工作介质的循环流动或蒸发冷凝带走热量，介质采用氟化液等。

3. 喷淋式液冷（油剂）试点应用，其原理是将服务器完全浸没在非导电性工作介质中，工作介质与功耗器件直接接触换热，通过工作介质的循环流动或蒸发冷凝带走热量，介质采用矿物油、硅油等。

4. 浸没式液冷储能（油剂、磷酸铁锂电池组）试点应用，其原理是将锂电池簇整体浸没于冷却油中，通过冷却油循环冷却使不同区域电芯的温差保持在 2℃ 以内，从源头降低电芯热失控的风险，延长锂电池的循环寿命，提高电芯放电效率，将锂电池簇与空气完全隔离，从物理上彻底解决安全问题，锂电池不起火、不燃烧、不爆炸。

3.9 智慧能源站

相较于传统冷水机房式系统智慧能源站可凭借熟练的产业化工人、利用标准化的生产体系，通过过程控制对最终成品进行质量把控，从而降低总体累积误差，为实现高能效提供硬件基础性保障；其次，由于冷源的 PUE 因子是由冷机、水泵、风机等功耗决定的，而不同配套产品在能效上以及设备运行模式的协调性上存在差异，所以传统方式冷源的 PUE 某个产品的供应商无法对结果负责。而集成化的智慧能源站恰能发挥单一责任主体的优势，可以独立对制冷机房的 PUE 负责，配合 INTE2 控制系统，做到全天候即时高效运行。

智慧能源站系统能够实现低 PUE 采用磁悬浮技术、双冷复合自然冷却技术和一体化变频技术及智能化控制系统。

1. 磁悬浮技术，通过共用换热器设计有效拓宽压缩机的高效运行区间。

2. 双冷复合自然冷却技术，间接蒸发冷却的复合自然冷却技术与机械制冷技术的完美结合，将冷却水温与环境湿球温度的逼近度全年 $< 3^{\circ}\text{C}$ 。复合自然冷却系统节能就是通过利用磁悬浮压缩机配合自然蒸发冷却的方式，大幅提高自然冷却模式的切换温度，延长了自然冷却的工作时长，从而获得了进一步改善 PUE 表现的巨大潜力，实现机械制冷、联合制冷、完全自然冷模式无缝衔接和自主切换。三个模式的衔接与切换取决于对湿球温度的范围，当湿球温度 $> 15^{\circ}\text{C}$ 时，机组按正常变工况模式运行；当湿球温度介于 10°C 与 15°C 之间时，开启联合制冷模式，此时回水先由蒸发冷却系统进行降温预冷，承担一部分系统冷负荷，使机械制冷进入部分负荷状态，随着湿球温度的不断降低，自然冷却部分承担的负荷逐渐增多，磁悬浮进入低负载更高效运行状态，在联合制冷阶段凭借免费的自然空气冷源与极高的磁悬浮部分负荷 COP 之间的“强强联手”，以极低能耗满足了供冷需求；当湿球温度低于 10°C 时，系统将进入完全自然冷却阶段实现自然冷。

3. 一体化变频技术及智能化控制系统，单机组机房集成为一体式机组，多台一体式机组加智慧集控系统组成大型机房，每台一体式机组自带控制系统可以独立运行；压缩机、水泵、风机全变频解耦运行。

3.10 预制冷站技术

在数据中心传统冷站的建设过程中存在施工工期长、施工质量参差不齐、施工现场动火动电的安全隐患，也给现场带来大量的环境污染，对后期替换对现网运行的设备影响也很大，部分施工材料的现场加工损耗浪费大，总包、厂家等多方施工配合难度大，自控不到位导致系统运维难度大，设备的分散布置、系统管路分散安装导致冷站的占地面积大。

因此，为更好解决以上传统制冷站痛点问题，有必要通过预制冷站技术实现缩短工期、去工程化、产品化、降低成本的目标，预制冷站可更好的应用与发展。预制冷站分为装配式冷站和集成式冷站，装配式冷站集泵组模块、水处理模块、集成管路模块为一体；集成式冷站又分为一体化集成冷站和模块化集装箱冷站，模块化集装箱冷站包括集装箱水力、冷源、水分配模块。通过预制装配式冷站可实现空调冷源系统各个部件完全工厂预制、现场简单连接。预制集成式冷站通常以集装箱的形式在工厂预制好，相比装配式冷站，集成度更高；采用方式灵活，有采用多种独立冷站集装箱模块连接的形式、也有采用所有冷源设备部件集成一体的形式。

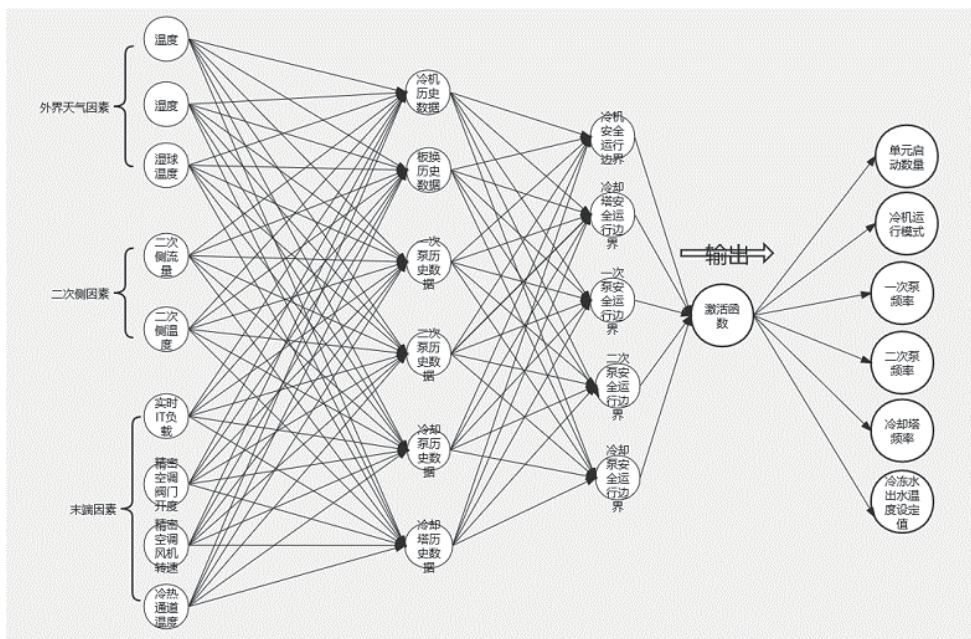
预制冷站技术需要适合的场景适用。对于已建成的数据中心更适用于局部扩容改造，室外场地空间或屋面空间足够，且冷源系统自成系统；对于新建的数据中心，适用于规模和制冷负荷不大，且冷机台数量不超过 8 台的场景，预制装配式冷站和预制集成式冷站的制冷负荷宜不超过 5000RT 和 3500RT。

3.11 自适应的控制技术

对于数据中心的精细化运维非常重要的手段是数据驱动的自适应控制技术，关键技术路线从运行节能理论算法和运维智能应用技术两个方面解决。

运行节能理论算法，通过对历史数据负荷特征识别与处理，基于负荷特征的多控制参数优化；综合考虑负荷率和室外温度，对数据离散化处理，将数据按照组距进行分类，挖掘关联规则；对实时的不同负荷区段的各设备控制参数和环境参数迭代更新，通过两种周期性采用 prophet 算法和非线性采用 SVR 算法组合形成最终的预测模型，预测系统未来时刻负荷，实现空调系统自适应预测多参数优化控制，实现了多参数的统一调控，实现了时间维度的预测控制，充分利用了建筑大数据，利用算法实现无人值守控制，具有控制高效、运行节能等明显优势。

运维智能应用技术区别于传统的设备顺序调控设计方法，基于行为树的自控系统设计方法，这对于多设备耦合系统具有极好的适配性，建立基于边缘计算的自适应无人值守控制框架，通过无人值守控制硬件技术、低代码软件开发技术、BIM 三维可视化技术；实现数据驱动的自适应预测无人值守控制系统，并可对比并对比和传统 PID 控制。



3.12 余热回收技术

常见的数据中心余热回收技术有吸收式制冷、第五代区域能源技术、热泵等。根据热回收过程中余热是否被转化为其他形式的能量可将余热回收技术分为直接利用型和间接利用型，热泵、换热器、热管、锅炉是典型的通过传递或升级余热品位的直接余热回收技术。根据取热点的不同还可将余热回收技术分为风侧余热回收技术和水侧余热回收技术。

风侧余热回收技术常采用空气侧省煤器，其运行原理是将省煤器安装于数据中心冷却系统的回风侧，吸收回风中的余热，通过降低回风温度来提高冷却系统的效率并节省能源。空气侧省煤器可利用室外冷空气制冷，降低在温度适宜和寒冷天气时的机械制冷能耗，从而达到降低制冷能耗和改善室内空气质量的双重效果。根据研究表明，当组合使用空气侧省煤器和水侧省煤器时系统将具有更高的节能潜力。

目前国内外对于水侧余热利用技术的研究主要集中于吸收式制冷与第五代区域能源网络。

吸收式制冷的原理是利用某些具有特殊性质的工质，通过一种物质对另一种物质的吸收和释放，产生物质的状态变化，从而伴随吸热和放热过程，具有无运动部件、低振动、低噪音的优点。常见的应用方式是采用溴化

锂-水、水-氨、硅胶-水等天然工质作为制冷剂，利用电厂高温废热和数据中心高品位余热作为吸收式制冷机组的驱动能源，满足数据中心机房的冷却需求。

第五代区域能源网络技术连接了城市内各种类型的建筑物，它可以集中工厂、电厂以及其它分散的城市废热源所产生的热量，并在集中供热网络中加以重新利用。第五代区域集中供热网络又被称为双向低温供热制冷网络（BLTN），由单根冷热管组成，并根据网络中的用户侧冷热需求，将换热流体按有利方向进行循环，其环网中水温可低至5-35℃，更有利于低品位余热的引入，同时能够满足末端用户的供热和制冷需求。目前第五代区域能源网络技术在数据中心余热回收中的应用方式主要是通过热泵提升数据中心余热的温度水平，再由供热网络接入末端用热建筑群，为提高区域电网电能的清洁性，部分区域网络还接入了风力发电、光伏发电等技术，致力于将数据中心园区向零碳方向推进。

对于数据中心，可基于数据中心和末端用户的动态负荷，在机房冷却系统中耦合余热回收系统，并在系统中加入柔性储能手段，基于峰谷电价、运行费用、系统能耗等多目标优化设计匹配，通过上述余热利用方式实现对数据中心余热的有效应用。

第四章 工程案例

4.1 雄安城市计算中心

一、项目概况

雄安城市数据中心项目占地面积 3 万 m²，建设总规模近 4 万 m²，终期可提供约 3620 个机柜（不含超算机柜）。其中，一期云资源池部署 1970 台服务器、可提供 7 万核 vCPU、42PB 云存储，机密系统机柜约 576 个机柜，IDC 约 1483 个机柜，网络机柜约 78 个机柜，超算系统 2PB、终期可平滑扩容至 10PB 峰值计算能力（约 24 个机柜）。

二、技术特点

雄安城市数据中心是国内首创景观化隐蔽式城市计算中心。首例园林化生态机房大厅，集产、研、展为一体的复合机房大厅；能源站供冷、余热回收、多级制冷保障的综合能源系统，实现 PUE<1.1；探索雄安地区浅层地热利用新模式；集智慧工地 +DCIM+ 运维大数据池 + 人工智能技术的智能运营维护服务体系；边云超网一体化城市计算体系，构建“一超、两中、多边缘”雄安城市计算体系。

1. 采用能源站、备份电制冷以及间接冷却塔和蓄冷罐三重冷源保障，保证本项目不间断供冷的高安全性和高可靠性。

2. 采用梯次电源工业保障，第一梯次采用变电站的多重市电，第二梯次采用高效燃气轮发电和光伏发电，第三梯次采用中压 AC 直转通信 DC 电源系统 + 储能磷酸铁锂电池为数据中心重要负荷供电。

3. 智能化运营体系，建设 DCIM、CIM 及运维大数据池，引入 AI、大数据分析手段，实现集约管理、智能运营、随身工作，实现资源、调度、监控、告警、故障、人员进出的一体化管理，提升服务质量与效率。配置了高压配电室巡检机器人、服务器机房现场巡检机器人、制冷系统冷源控制机器人、物业接待机器人等。

本工程案例由雄安云网科技有限公司提供。



雄安城市数据中心
全景图

4.2 深圳联通某数据中心

一、项目概况

深圳的数据中心地处广东沿海地区，气候特征属“冬暖夏热”，夏季室外平均干球温度 32.2℃，平均湿球温度 27.8℃。深圳市全年 8760h 中，湿球温度低于 17℃的时间为 2243h，仅占全年总时长的 25.6%，可利用自然冷却时间短。深圳联通某数据中心于 2019 年 11 月份投产，机柜数 1000+ 架，通过创新实践，依靠运营手段，实现全年 PUE 值低于 1.230 的优秀成绩。

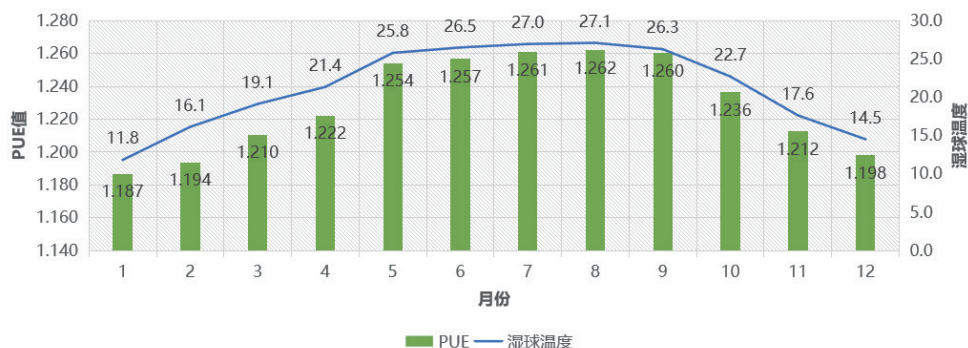
二、技术特点

1. 该项目通过应用节能、节水、低碳等技术产品及先进管理方法建设、运营绿色数据中心，实现能源效率最大化和环境影响最小化。在节能创新中持续应用各项节能技术，分析总结不同气候条件、不同系统架构、不同电量结构数据中心的最佳节能实践。

2. 对标分析，对比节能优秀数据中心的电量结构及各设备的 PUE 影响因子，为制定空调节能策略提供数据支撑。

3. 通过对标，将节能重点放在冷水主机、末端空调及水泵等空调系统设备上，针对不同的机房制定不同的节能策略，并在持续的节能实践中检验、优化、调整策略。

本工程案例由中国联通深圳分公司提供。



2021 年深圳联通某数据中心水冷冷冻水空调数据中心 PUE 趋势图

4.3 中国移动（铁岭）清河工业化数据中心

一、项目概况

中国移动（铁岭）清河工业化数据中心一期规模 352 架，是中国移动辽宁省公司联合清河发电厂建设，由中国移动设计院做为 EPC 总承包方打造的新型工业化数据中心。

二、技术特点

该项目在建设模式、产品创新、绿色低碳等方面具有多项技术应用。

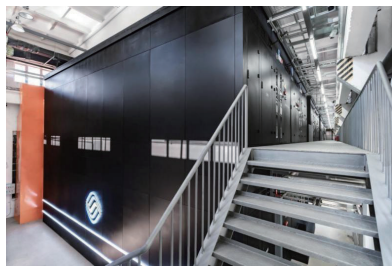
1. 采用中国移动工业化数据中心整体解决方案，通过采用工业化数据中心建设模式，实现建造“去工程化”，基于方案标准化、生产预制化、管理平台化、建造装配化、运维智能化的工业化融合建造技术，有效缩短建设周期、控制建设成本、提高建设质量。

2. 采用中国移动自主研发的双层双联微模块产品，该产品采用标准化、模块化、预制装配化设计，首创双层双联产品架构，填补微模块在高大建筑空间应用的国内外空白。产品具有快速部署、安装便利，弹性扩容、容量翻倍，标准模块，安全可靠，智能管控、高效节能等特点。双层结构较单层装机效率提升约 66%，建设周期较传统数据中心节省 12 个月。

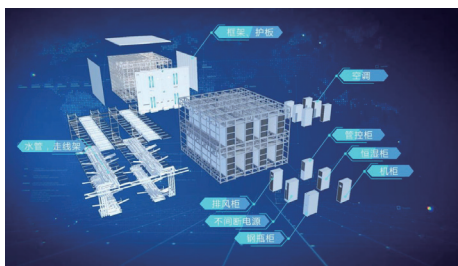
3. 采用综合绿色自然冷却空调方案，高效利用自然冷源提高节能效率，助力“0 碳”目标实现。本项目空调采用间接蒸发冷却 + 直接膨胀制冷一体化机组，可将三种运行模式（干工况模式、湿工况模式、联合模式）和室外条件智能适配，实现对自然冷源的高效利用，由此可大幅提升空调系统节能效率，机组全年平均能效比 ≥ 8 。

该项目利用电厂的闲置老旧厂房，应用 EPC 工程总承包的建设模式，通过总包方对设计、施工以及微模块产品采购、安装的强大整合能力，快速建设部署工业化数据中心，是“高能耗厂房变数据中心，新产品助力绿色化转型”的典型案列。

本工程案例由中国移动通信集团设计院有限公司提供。



内景图



双层双联微模块产品模型图



外景图

4.4 国家电网宁波北仑单相浸没式液冷数据机房

一、项目概况

国家电网宁波北仑单相浸没式液冷数据机房，机房建造于国家电网宁波北仑高塘变电站，采用模块化液冷机房部署方式，外置冷却塔系统散热。机房总容量 334U、总功率 100kW，占地约 18m²。项目实施方杭州云酷智能科技有限公司是由多学科领域专家领衔的国内领先的液冷科技企业。

项目采用浸没式液冷技术，以及高度集成化的设计理念，将原有数据中心的配电、控制、散热、消防等子系统集成于一体，将传统数据中心工程产品化，无需土建装修，即布即用，可露天堆叠部署，节约用地，移动便捷，还可实现计算集群的模块化部署和按需扩容，有效降低投资造价。

建成后的宁波北仑单相浸没式液冷数据机房可满足 AI 算法计算、机器学习、图像处理、科学计算和工程计算等业务对基础设施的需求。

二、技术特点

该机房主打“节能”，秉承“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念。

经北京信通院检测，该数据中心 PUE < 1.1。对比同规模常规风冷数据中心，经计算（液冷 PUE 按 1.1 计，风冷 PUE 按 1.8 计，IT 设备使用率按 80% 计，电力折标系数按 310gce/kW·h 计），可节约 65% 占地面积，缩短 70% 建造时间，节约电 490560 kW·h/年，折节标煤 152.07 吨/年，减少碳排放 489.09 吨/年；后续若采用余热回收技术，将数据中心产生热能进行高效回收，向周边地区提供热水，还可减少因供热产生的碳排放约 215.38 吨。

该项目是宁波北仑高塘变多站合一示范建设工程项目的重要组成部分，有效突破了新数字时代下制约数据中心建设的高能耗瓶颈，引领了数据中心“绿色革命”技术创新，后续将在其他变电站推广应用。

本工程案例由杭州云酷智能科技有限公司提供。



国家电网宁波北仑
单相浸没式液冷示意图

4.5 数据中心空调系统的全链条智能控制服务方案

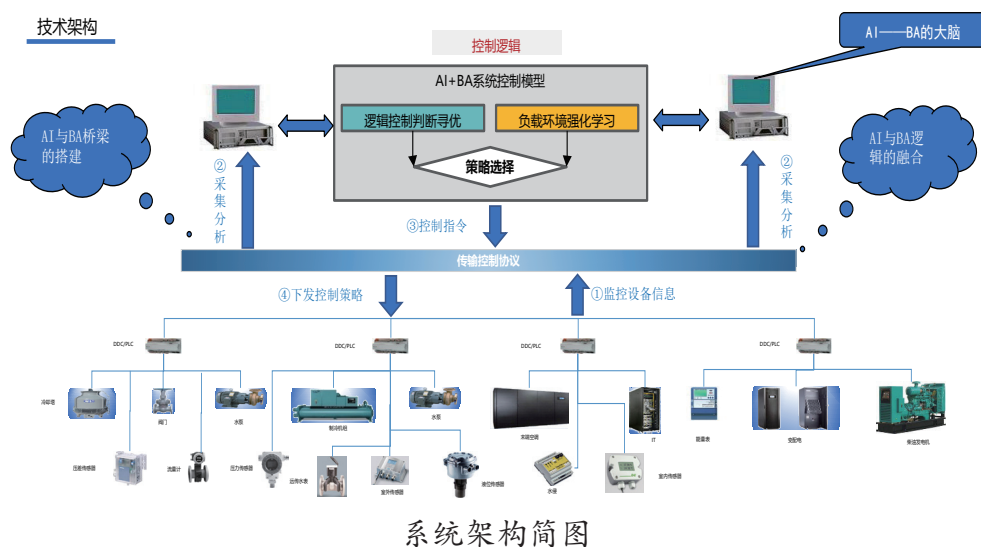
一、项目概况

数据中心空调系统的全链条智能控制服务方案，主要体现在将末端机房区域的温湿度纳入到空调控制系统中，提出数据中心“5R”气流控制解决方案，来控制机房的气流流动的微平衡；针对数据中心冷源运营的安全性，提出了数据中心冷源控制的标准化实施方案（标准点表、标准逻辑、标准文档、标准示意、标准页面）；针对数据中心冷源运营的节能性，提出了冷源智能控制的阶梯寻优方案（单体寻优、组合寻优、跨界寻优、风水联动寻优、全设备寻优）；将数据中心BA控制系统和AI控制系统进行了深度的融合，使得所有系统数据具备统一的筛选、计算、处理逻辑，保障数据中心高效节能四个方面。

二、应用情况

通过数据中心全链条智能控制系统，能实现数据中心如下的运营效果：

1. 高水温和高供回水温差：通过控制末端空调气流的平衡性，充分利用末端精密空调冗余性，达到运营过程中的高水温和高供回水温差。
2. 高效能：系统可实现根据不同负载、不同工况的自动调节和运行寻优，使整个空调系统达到最佳运行状态，提高系统整体的运行效率。
3. 高自然冷源利用时长：系统模型结合实际运行数据和室外气候条件，可准确分析出自然冷源利用条件，通过条件指令控制系统自然



冷源切换运行，最大程度利用自然冷源启用时长。

4. 高可靠性：预测并校核各项安全指标，设备、系统的运行要求以及相关参数范围和阈值等。自动屏蔽并提示不安全运行因素，实现可预见性和主动性空调维护和故障诊断。

5. 高智能化：本系统基于人工智能（AI）及楼宇设备管理系统搭建数据中心全局节能控制系统，依托并实现物联网、大数据、人工智能等先进技术的融合，将数据中心运行状态整体数字化，进而实现可视、可监、可控的一体化智能管理。

三、运行效果

1. 控制：实现空调冷源系统 AI 和 BA 全自动控制和切换。

2. 冷机 COP：由额定工况提升 10% ~ 20%。

3. 空调系统运行效率 EER：由额定工况提升 10% ~ 15%。

4. 数据中心整体节能率：2% ~ 4%。

四、产品的创新点

1. 解决了末端气流控制难点，提出了“5R”的气流控制手段。

2. 解决了冷源 BA 控制的难点，提出了“5S”的标准化逻辑解决方案，优化了数据中心自动运行的安全逻辑。

3. 实现了空调冷源系统 AI 和 BA 的自动控制和切换，两者之间互相耦合，互相促进。

4. 重新定义了数据中心运营过程中的节能场景，提出了“5L”层级的阶梯寻优方案，做到了运营的高效节能。

本工程案例由北京英沣特能源技术有限公司提供。



某项目的 BA 控制页面



某项目的 BA 和 AI 结合控制页面

4.6 上海青浦腾讯数据中心

一、项目概况

上海青浦腾讯数据中心位于上海市青浦区，机架数量 4000 余台，单机架设计负荷 8 ~ 12kW。机房配电采用一路市电加一路高压直流组成的双路电源配电。机房空气处理采用定制化的定向冷却机柜加分布式空气处理单元。

二、系统应用

该项目冷却系统原理如下图所示，为 2N 架构，选用海尔中央空调与贵州绿云科技合作研发的集成式物联高效冷站。设计冷冻水供回水温为 22/27℃，单冷站额定制冷量 875kW。两套集成冷站联合供冷且互为备份，采用磁悬浮离心冷水机组 + 自然冷源双供冷模式供冷。

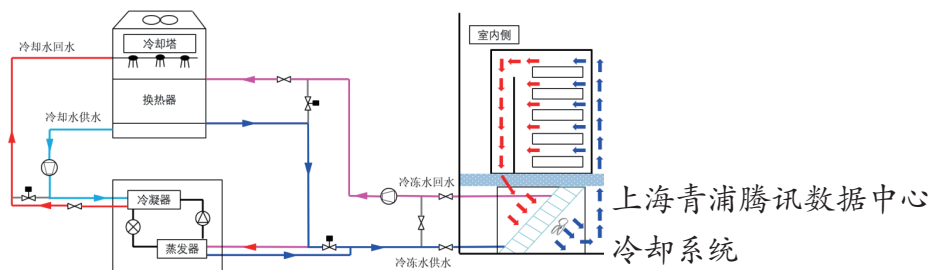
三、运行效果

通过对该数据中心机房在 2018 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日期间数据进行分析。

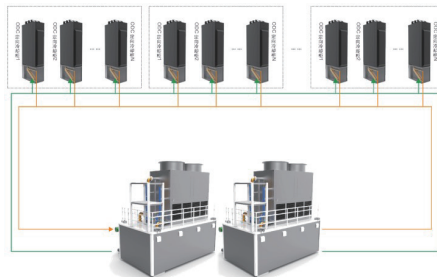
统计全年耗电量、冷却系统总耗电量，可以得出数据中心年能源效率（PUE）为 1.23，全年综合性能系数（GCOP）为 6.95。

$$\text{PUE} = \frac{\sum_1^{12} E_{DC}}{\sum_1^{12} E_{IT}} = 1.23$$

$$\text{GCOP} = \frac{\sum_1^{12} (E_{DC} - E_{CS})}{\sum_1^{12} E_{CS}} = \frac{\sum_1^{12} (E_{DC} - E_{CS})}{\sum_1^{12} (E_{CT} + E_{CP} + E_{PP} + E_{AHU})} = 6.95$$



双冷源互为备份



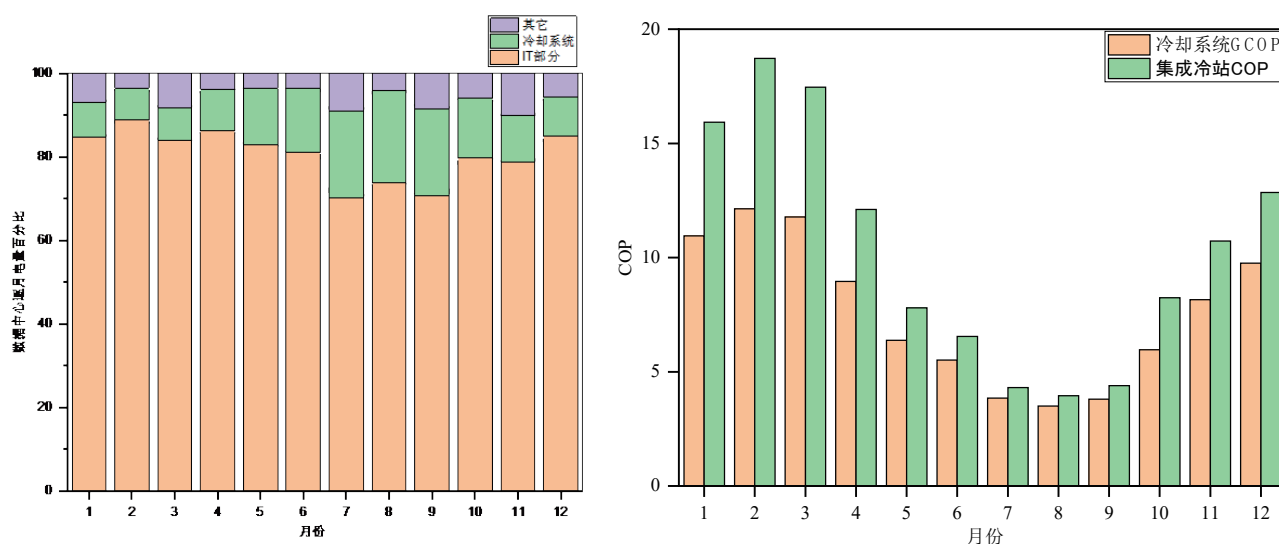
通过环境湿球温度高于 19℃ 时刻（机械制冷与自然冷却切换点）的数据，计算磁悬浮压缩机在较高温度时刻的年运行性能系数（ACOP）：

$$ACOP = \frac{\sum_1^{12} (E_{DC} - E_{CS})}{\sum_1^{12} E_{CP}} = 10.90$$

四、技术特点

腾讯上海青浦数据中心（103# 扩容机房）采用集成冷站和机柜级冷却方式（冷冻水 22℃），其中集成冷站将高效磁悬浮离心冷水机组、冷却塔、冷却水泵、冷冻水泵等进行集成匹配与工厂化预制及调试，可实现主机制冷与自然冷却两种运行模式，具有集成化、标准化、模块化的突出优点。同时，磁悬浮机组无油无摩擦运转、高效能、小体积、低噪声等特点有着传统机组无法比拟的优势，非常适用于解决目前数据中心高散热、整体布局紧凑与空调能耗过高的困境。同时，磁悬浮离心机组的无油特性尤其适合数据中心冷却、温湿度独立控制系统等超低压比的应用，彻底杜绝了传统机器在低压比下的回油问题，具有高可靠性。

本工程案例由丹弗斯（上海）投资有限公司提供。



4.7 数据中心高效模块化集成冷站

一、工程概况

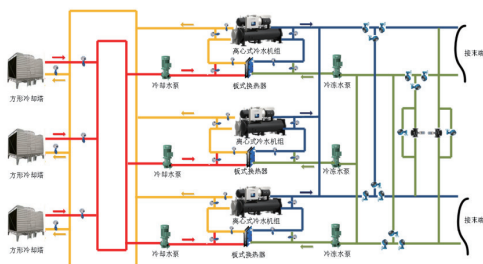
数据中心高效模块化集成冷站，采用全变频高效节能技术、机械制冷与自然冷源联合供冷、精准适配节能运行策略、快速部署模块式设计、系统冗余设计、环形管网、电气架构冗余、无扰动强弱电等设计，高气密性检测及自动化焊接等工艺方法，实现系统 EER > 5.5，整机 100% 厂内预制，工程周期缩短 70%，实现全年无间断运行、安全可靠。

二、应用情况

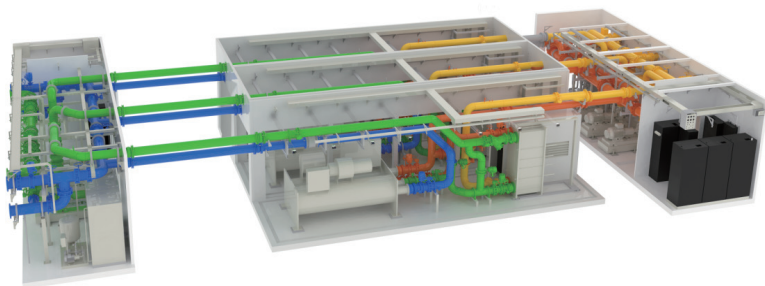
产品广泛应用于数据中心的新建和改造。东莞某新建数据中心项目，建设规模 1000 个机柜，总制冷量 4500RT，要求全年无间断制冷并能充分将利用自然冷源，设计为撬装式模块，现场拼装。单套冷站系统配置 3×750RT 离心机 +3 台板式换热器 +3 台冷冻泵 +3 套冷却泵 +3 台冷却塔，项目共 2 套冷站系统。采用模块化预制预装技术、管道焊接与装配可靠性控制技术、高可靠性的冗余架构系统技术、自然冷源液冷及高效换热技术、模块化简易拼装技术等先进技术，保证了该项目数据中心集成冷站落地安装的高质量和交付周期要求，有效保障了数据机房的全年 24h 高可靠运行。

三、运行效果

2020 年 6 月运行至今，机组运行稳定可靠，机组适应性高，系统运行节能，运行成本及维护费用较低。机组功能完善，操作简便，维护方便，机房环境良好。年运行能耗测算约 1895kWh，总制冷量测算约 13860kWh。冷站系统设计能效 EER 超 5.5，冷站全年性能系数 ACOP 达 7.3，以此测算 PUE 达到 1.25，数据中心可达到优秀水平。



系统方案



模块式冷站产品效果图

四、特点及创新点

1. 高效节能

(1) 专为数据中心设计的高温工况高效永磁同步变频离心机组，应用高速永磁同步电机直驱双级压缩技术、研制“小压比”离心压缩机，实现机械效率、电机效率、压缩机绝热效率的全面提升。

(2) 系统全工况性能设计实现，提出并应用了冷机高水温控制技术、多冷机联调技术、协调变频控制技术，确保模块化冷冻站的整体设计能效 EER 达到 5.0 以上；提出电制冷 - 免费冷源联合供冷等多种冷源技术，在过渡季节以及冬季时，通过免费制冷及联合供冷的优化控制，实现更高的能效水平。

(3) 基于动态仿真测试平台，设计阶段可提供各类设备模型、在不同控制策略下进行全年能耗仿真，可对空调方案进行准确的全年能耗模拟，全面优化系统设计方案并优选最佳方案。

2. 快速交付

(1) 设计采用整体快速部署的冷站模块式设计方法，提出一种无跨箱作业工序模块分解方法，所有模块之间完全解耦，实现所有工序的 100% 厂内预制，工程现场“近零”施工。

(2) 通过参数化设计平台进行快速管网、线缆设计布局，及线下自动化焊接工艺制造方法，提升设计效率及生产效率，产品整体 3 个月可交付，工程周期缩短 70%。

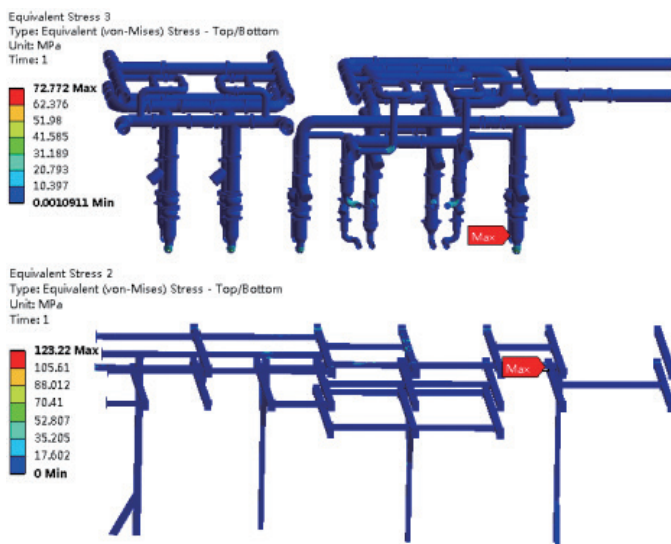
3. 可靠运行

(1) 提出系统冗余设计、环形管网设计满足单点维护，确保环路的两端分配输配介质的均匀度，环管一端或支路故障时，另一端可以无障碍运行，极大提升了设备故障场景下的系统运行刚度。

(2) 强弱电系统架构冗余、无扰动强弱电、干湿区分离等设计，提高设备供电系统的可靠性，实现机组全年无间断运行，确保系统供冷安全可靠。

(3) 提出管路分层布置方案、笼式加固型系统化支架设计，满足了整机吊装、运输、满水运行工况下的结构强度，有效控制了结构变形。

本工程案例由珠海格力电器股份有限公司提供。



结构强度仿真

4.8 深圳互盟数据交换中心

一、项目概况

深圳互盟数据交换中心按照国家 A 级数据中心标准建设，打造 10 层超高数据中心，其总面积 3 万 m²，可容纳机柜 4200 个，单机柜功率 5~15kW。

二、应用情况

暖通系统，充分利用水侧自然冷却技术，采用 5 台 1200RT 海尔磁悬浮冷水机组 + 自然冷却系统 + 间接蒸发冷却塔解决方案，全年自然冷却时间达到 2244h，助力 PUE 小于 1.25，满足深圳地区超高能评要求。

三、运行效果

1. 高效节能：采用磁悬浮冷机比普通变频离心机节能 25% 以上，PPUE 降低 0.025，采用间接蒸发冷却塔，冷却出水温度近露点温度，冷机运行效率更高，且全年自然冷却时间可延长 1/3；

2. 运行稳定可靠：磁悬浮 0 摩擦无油直驱运行，故障少，且双机头配置，机组冗余度高，运行更加稳定可靠；

3. 维保工作量小费用低：无油路系统每年不需要换油，不需进行复杂的油路保养，维保人员劳动强度及专业性要求低，5 台机组每年可节省 15 万维保费用；

4. 启动加载性能优：意外断电来电后 1min 即可完成启动，并在 2min 加载到断电前运行状态；启动电流仅 2A，对电网上的变压器等冲击小；

5. 机房环境优：正常使用中，机房环境噪音 < 80dBA，0 振动，给运维人员创造一个良好的机房环境。

四、特点及创新点

采用常规冷冻水型系统，技术成熟可靠安全等级高，结合高效磁悬浮技术以及间接蒸发冷却塔技术，是数据中心全年 PUE < 1.25。

采用磁悬浮技术增加的投资可通过节能节保等在 2 年内全部回收。

本工程案例由青岛海尔空调电子有限公司提供。



建筑和机房示意图

4.9 北京电信瀛海数据中心

一、工程概况

北京电信瀛海数据中心地面主体建筑共 5 层，地下 3 层，约 24 个机房模块，其中 4 层、5 层均为封闭冷通道送风，精密空调顶部设置有回风风管。数据中心采用离心式冷水机组 + 房间级冷冻水精密空调末端的形式给机房内服务器降温，改造前 4~5 层房间 IT 设备运行总负荷约 3150kW，机柜数量 1155 个，年用电电费 820 万元。

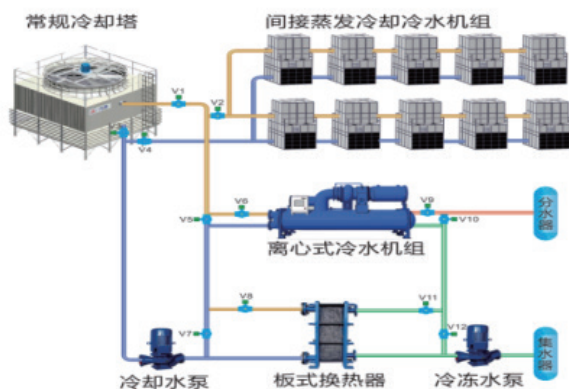
二、应用情况

本次改造方案是在屋面设置 10 台制冷量为 350KW 的间接蒸发冷却冷水机组。将蒸发冷却冷水机组替代原有冷却塔运行，通过两级蒸发过程，有效增大换热面积，可实现低于室外湿球温度 2~3℃ 的亚湿球温度出水，在北京地区可增加自然冷却时长 2500h 以上。当蒸发冷却冷水机组与原有机械制冷系统复合运行时，更低的冷却水温度可有效提高压缩机能效比，从而实现系统全年节能运行。

三、运行效果

项目已顺利通过合肥通用机电产品检测院检测，测试结果为系统年节能量为 $653 \times 104 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，年平均 WUE 为 $0.65 \text{ L/kW} \cdot \text{h}$ ，体现了显著的节能、节水效果。

项目经过中国制冷空调工业协会组织的科学技术成果鉴定，鉴定结果为：项目成果整体上达到国际先进水平，其中在系统自然冷却利用时长、间接蒸发冷却冷水系统复合机房联合运行控制方面达到国际领先水平，具有推广应用价值，同意通过鉴定。



间接蒸发冷却冷水
系统示意图

四、特点及创新点

(1) 瀛海数据中心应用的间接蒸发冷水项目是该技术在华北地区首次大规模应用，同时也是国内首个间接蒸发冷水技术复合机械制冷联合制冷案例。

(2) 采用蒸发冷却冷水机组替代原有冷却塔运行，通过两级蒸发过程，有效增大换热面积，可实现低于室外湿球温度 2~3℃ 的亚湿球温度出水，即蒸发冷却冷水机组出水温度可较常规冷却塔出水温度低 6~9℃，在北京地区可增加自然冷却时长 2500h 以上。当蒸发冷却冷水机组与原有机械制冷系统复合运行时，更低的冷却水温度可有效提高压缩机能效比，从而实现系统全年节能运行

(3) 非寒冷季节采用内冷式间接蒸发冷却器相结合的方式用以预冷进入填料塔的工作空气，降低机组出水温度。

(4) 内冷式间接蒸发冷却器采用立管式，在沙尘天气下也具有优良的换热性能，同时具备优良的防结垢性能，减小机组维护量。

(5) 机组结构设计满足快速排水需求，在应对极端低温天气时，实现迅速排水，避免结冰。

本工程案例由新疆华奕新能源科技有限公司提供。



项目应用现场

4.10 海南电信凤翔数据中心

一、工程概况

海南电信凤翔数据中心原空调系统全部为风冷冷媒精密空调，气流组织形式为地板下送风，风冷模块设置在屋面。改造前共设置 316 个机架，设计 IT 负载为 1068.8kW，上架率为 48.2%，空调系统年平均制冷因子为 0.672，年平均 PUE 值在 1.78，同时夏季高温时，容易出现空调停机保护，为机房安全运营带来风险。

二、应用情况

改造方案采用一台 400kW 的间接蒸发冷却一体化集成冷站作为冷源对现有机房空调系统进行改造，室内新增 20 台高效冷冻水末端。集成冷站间由间接蒸发冷却冷水机组、压缩机冷水主机、水泵等设备，在机房侧将现有精密空调更换为高温冷冻水精密空调末端给机房进行制冷，冷冻水系统设计供回水温度为 17/23℃，末端送风温度为 25℃，满足电信机房服务器散热要求，通过间接蒸发冷却技术应用，可实现项目约 1200h 自然冷却应用，新建间接蒸发冷却冷水系统不考虑备份冗余，原空调不拆除，与新建空调系统进行联动控制，实现机房空调系统 2N 备份，在提高机房安全供冷的基础上，实现最大程度节能。

三、运行效果

年均节能率可达 63% 以上，平均每年节省电费 78.56 万元。

四、特点及创新点

1. 本集成冷站充分利用内冷式间接蒸发冷却冷水机组的有效空间，将冷量转换输送的水处理间和输配间与冷水机组融为一体，充分改善了常规“山”字形冷水机组的外观。

2. 本集成冷站通过将蒸发冷却冷水机组与输配间一体化集成，产出冷水可直接供给到末端，使现场施工简单化，便于缩短施工周期、减少施工成本。

3. 本集成冷站间接段采用内冷式的立管间接蒸发冷却，间接蒸发效率较高，从而降低出水温度，同时，完全解决了常规外冷式间接冬季结冰问题，扩大了机组应用范围，全生命周期运维更加便利。

4. 本集成冷站间接蒸发冷却段与直接蒸发冷却段可实现独立控制，有利于提高机组全年运行的能效比。

5. 本集成冷站立管式间接蒸发冷却段因其水流常年冲刷立管内壁，故立管内壁无结垢现象，立管与立管之间间距较大，避免室外脏堵情况产生。

6. 本集成冷站立管段与直接蒸发冷却段之间、立管段风机与填料段风机之间留有检修空间，冷站内部设有 LED 灯照明，方便冷站的检修与维护。

本工程案例由新疆华奕新能源科技有限公司提供。



项目应用现场

4.11 深圳某云数据中心

一、项目概况

深圳某云数据中心项目，建设标准参照国家标准《数据中心设计规范》GB50174-2017 中规定的 A 级机房标准，同时兼顾金融数据中心的要求。其中 1 号楼建设规模为总机架数约 1000 个，每个模块的机房均设计了 N+1 套间接蒸发冷却空调系统，内置辅助机械制冷，热通道封闭，侧墙百叶弥漫送风上回风的气流方式。

所选机型是欧怡系列间接蒸发冷却机组，单台制冷量 250kW。

二、技术特点

本次改造项目是把原有设备生产厂房改造为数据中心使用，要求达到深圳地区机房建筑需求，同时具备节电、节水多种节能选择。

项目最大挑战是解决楼层层高的问题，因为传统数据中心建设用房普遍净高在 5m~6m，而本次项目大楼净高只有 4.5m，且有很多交叉的承重梁，承重梁下的净高只有 3.6m 以下，对应配至的间接蒸发冷却设备需要做到 3.4m 以下（包含送回风管及基础）。其次解决间接蒸发冷却设备室外侧气流组织问题，因为该数据中心属于多层结构，受空间结构限制，间接蒸发冷却设备室外循环风需要同侧解决，排风和新风容易产生短路。

项目采用 EKIE 系列间接蒸冷空调机组，是一种极智利用自然冷源的中大型数据机房冷却设备，运用蒸发冷、变频、自然冷却、智能控制等多种创新技术结合，同时兼顾了数据中心节能和洁净的技术要求。

具有运用间接蒸发冷、自然冷却、变频技术，节能效率高达 60%，PUE 值低至于 1.1 以下高效绿色特点；采用一体化设计，一体式喷淋，无室外机方便安装，有节水、节电模式自动调节更简单的创新；高强度发泡板铝合金结构，整体防腐、防风尘、防冻设计安全可靠思路；适用地面、屋顶、多层安装等不同进出风方式多种场景范围；可工程产品化，调试工厂化的快速部署，可减少 70% 工程量等特点。

本工程案例由广东欧科空调制冷有限公司提供。



建筑结构布局示意图



间接蒸冷空调机组示意图

4.12 中通服系列案例

一、南京电信吉山数据中心 EPC 工程建设项目

南京电信吉山数据中心总用地 186 亩，总建筑面积 31 万 m²，其中机房面积 25 万 m²，机架数约计 33000 个机架。

A 区 4#、5# 机楼（每栋约 2 万 m²）、B 区 1# 机楼（约 4 万 m²）均采用 EPC 总包模式（其中 A 区 4#、5# 机楼百度和腾讯各整租单栋建筑，工艺均采用定制化，且主要为高功耗机柜）。

园区均按高层数据中心规划，江苏电信最早实施的高层数据机房，电信集团第一个 BIM 设计 - 施工 - 运维一体化集成应用的项目。2021 年度获得国家新型数据中心（大型数据中心），2021 年度获得国家绿色数据中心，2020 年 12 月通过 Uptime M&O 运维管理认证。



项目鸟瞰图

二、中国移动（福建福州）EPC 工程建设项目

本项目用地面积 185 亩，总建筑面积约 21 万 m²，其中一期规模 11.3 万 m²。项目由中通服咨询设计研究院有限公司与中建海峡建设发展有限公司共同承接，工期土建 14 个月、机房 6 个月。

项目亮点：勘察、设计、施工紧密配合，BIM 全过程应用，大幅度提升工程进度，相比传统模式节省工期 5 个月。建筑上大跨柱设计，电池室设立夹层，提升上架率，单机柜占地面积 5.62m²/个；多种节能技术应用：高水温、大温差、多种末端形式结合，变频技术应用。

管理创新：① 全专业设计总包：基于三维正向设计，提交 BIM 可视化施工图设计成果；② 全过程工程管理：现场派驻项目经理进行工程管理，应用 BIM 施工管理平台开展数字建造；③ 全生命周期智慧运维：基于 BIM 运维管理平台，提升运营管理效益。



项目全景图

4.12 中通服系列案例

三、印度尼西亚 Cyber-CS 总包 Y 项目

本项目为 Google 东南亚最大的数据中心，设计等级为 T3，一期投资 1200 万美元，用电总容量为 24MW。



项目外观图

四、苏州电信太湖国际信息中心机电项目

本项目建设用地 80 亩，总规划建筑面积约 11 万 m²，规划 4 栋机楼、1 栋变电站、1 栋动力中心、1 栋后勤用房。

公司承接了苏州太湖国际信息中心整个园区的设计以及 4、5# 机楼机电 EPC 总承包项目，可提供机架约 3000 架，单机架平均功耗 7kW；涵盖电气、暖通、机柜、智能化以及装修等多个子系统；项目参照《数据中心设计规范》（GB50174-2017）A 级、中国电信商用数据中心星级评定标准（2018 版）中五星级标准进行设计；PUE 值达 1.25，为国内同类数据中心领先水平。2021 年度获得国家绿色数据中心。

项目亮点：热管压缩制冷一体化节能主机为国内首次规模应用，相比普通制冷系统节能 70%；240V 直流供电系统，相比传统 UPS 供电系统建设成本下降 15%，运营成本降低 50%；智能小母线末端配电，在做到整洁美观的同时提升上架率 5%；弹性 DC 整体框架系统，标准部件预制化，安装简单，工期缩短 50%；全过程 BIM 技术管理，有效指导了设计及施工，减少返工约 60%；为探索低碳、高效的数据中心建设提供了新的方向。



鸟瞰图

第五章 空调能耗调研与数据分析

5.1 空调能耗数据调研

中通服咨询设计研究院有限公司通过对华北、华东、西南、华东、西北、华南地区的七个典型数据中心的空调系统能耗及运行数据进行采集，通过空间和时间维度更好的诠释当前数据中心的运行效果。

通过对不同气候区域且运行周期均在十年以上的数据中心进行空调能耗调研，见表 5-1 可知，空调系统主要采用冷水机组 + 板换 + 冷却塔、风冷氟泵和热管多连三种形式，其中在温和地区和夏热冬冷地区采用冷水机组 + 板换 + 冷却塔系统的负载率较高，在同类型的空调系统形式上，华北地区的冷机 COP 值偏高，系统能效 EER 也相对偏高。华南地区冷机 COP 值和系统能效 EER 从表 5-1 显示相对较低，是因数据采集时是夏季，不能利用自然冷源，这也是导致冷机 COP 值和系统能效 EER 偏低的原因。

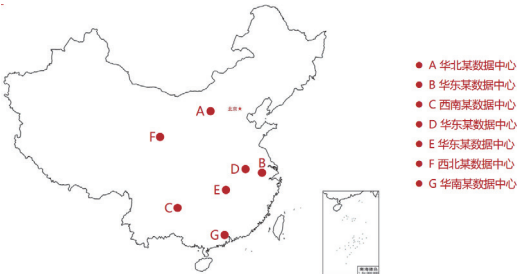


图 5-1 空调能耗数据
采集地区示意图

表 5-1 典型数据中心空调能耗调研数据

项目	地区	负载率	空调系统形式	冷冻水供回水温度/℃	冷却水供回水温度/℃	主机COP	系统能效比EER	各空调设备能耗占比			
								主机	末端	冷却塔	水泵
A	华北	53.9%	冷水机组+板换+冷却塔	13.1/17.9	25.8/31.1	8.01	4.11	52.36%	29.44%	4.41%	13.79%
B	华东	40.2%	冷水机组+板换+冷却塔	13.1/17.2	28.6/32.2	7.18	3.48	53.53%	24.40%	9.68%	12.39%
C	西南	86.9%	冷水机组+板换+冷却塔	9.4/15.2	25.1/30	7.07	4.40	63.31%	22.04%	3.24%	11.41%
D	华东	76.0%	冷水机组+板换+冷却塔	12/15.7	32.6/37	6.12	4.33	62.39%	24.72%	3.96%	8.93%
E	华东	50.3%	风冷氟泵	/	/	1.79	1.61	90.30%	9.70%	/	/
F	西北	20.0%	热管多联	/	/	2.02	1.84	91.05%	8.95%	/	/
G	华南	31.3%	冷水机组+板换+冷却塔	13.8/17.6	31.8/36.5	5.96	3.27	49.82%	25.63%	8.86%	15.69%

5.2 运行工况数据分析

通过采集华北、华东、西北、和华东地区典型数据中心的冷水机组、冷却塔和水泵运行数据，将冷水机组运行工况、冷却塔逼近度及水泵运行效率的实际值、理论值和设计值进行对比研究。

通过冷水机组在数据中心运行工况分析图 5-2 可知，所调研的四个项目冷水机组实际运行能效均高于设计工况下能效，原因主要为变频冷水机组处于部分负载率下运行，且冷却水温度比设计工况低；冷水机组实际运行能效低于同等条件下厂家提供的理论能效，说明冷水机组未能充分发挥部分负荷下的节能潜力。

通过冷却塔在数据中心运行工况分析图 5-3 可知，冷却塔逼近度与冷却塔的选型有关，是根据最不利工况以及冬季设计工况进行选型的，相比实际运行工况冷却塔换热面积较大，理论上实际运行逼近度应接近设计值或小于设计值，但根据实际调研结果只有一组调研数据小于设计值。

通过水泵在数据中心运行工况分析图 5-4 可知，冷冻水泵整体运行效率高于冷却水泵，现场调研时发现冷却水杂质较多，推测冷却水质对水泵效率造成了较大的影响。在流量与设计值差别较大时，实际工况点远离高效区，水泵效率下降严重。

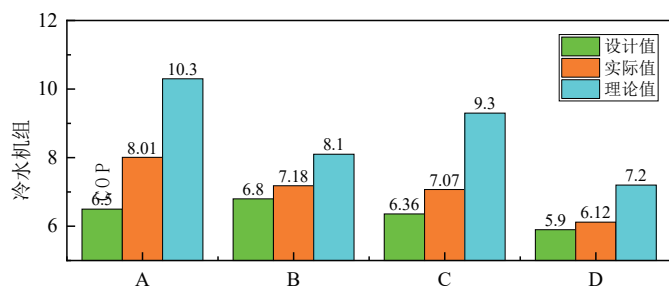


图 5-2 冷水机组在数据中心运行工况分析图

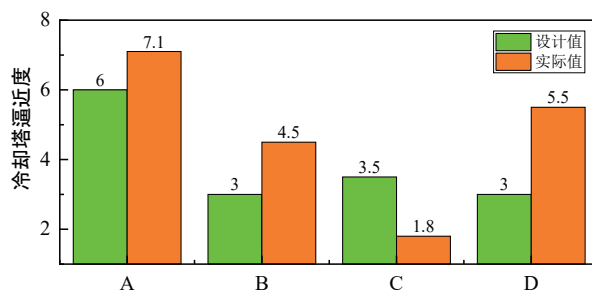


图 5-3 冷却塔在数据中心运行工况分析图

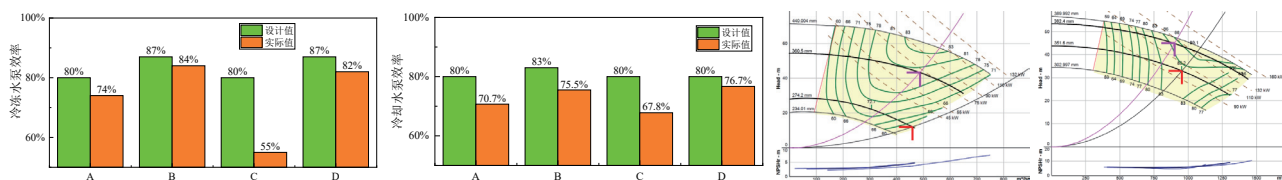


图 5-4 水泵在数据中心运行工况分析图

5.3 运行温度数据分析

通过采集华北、华东、西北、和华东地区典型数据中心的冷冻、冷却水系统的水温和机房空调末端送、回风温度的实际数据，将实际值与设计值进行对比研究。

通过冷冻水温分析图 5-5 可知，冷冻水温整体上均高于设计工况，原因在于部分项目设计时运行水温较低，运维时结合负载及末端情况，适当提高了冷冻水温度，这也是促进冷机效率提升的因素之一；冷冻水供回水温差多数低于设计温差，导致水泵流量高于对应工况下的测算值，对水泵能耗有一定影响。

通过冷却水温分析图 5-6 可知，冷却水温整体上均低于设计工况，与负载率、室外环境温度、冷却塔选型及运行年限直接相关。

采集典型数据中心机房空调末端送回温度，系统由房间级精密空调 + 地板下送风上回风 + 封闭冷通道组合形式。

通过机房送回温度图 5-7 可知，实际送、回风温度低于设计值，不同项目的实际送回风温差为 3.4℃ ~ 7.7℃，偏离设计的 10℃ 温差，造成末端空调运行时间较长，实际运行中应提高回风温度设定值，减少末端空调的能耗；另部分项目负载率较低时，机房实际回风温度与设计值相差较大。

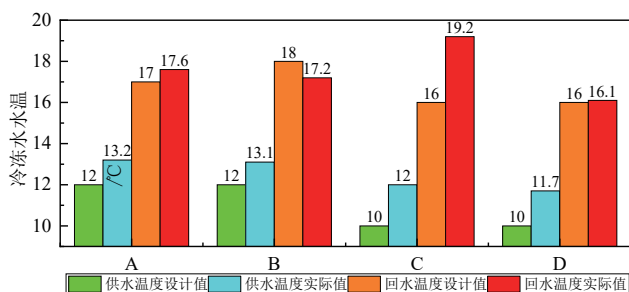


图 5-5 冷冻水温分析图

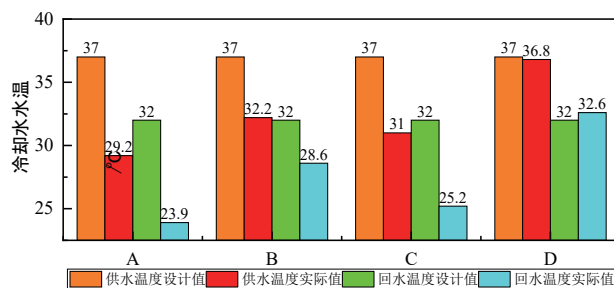


图 5-6 冷却水温分析图

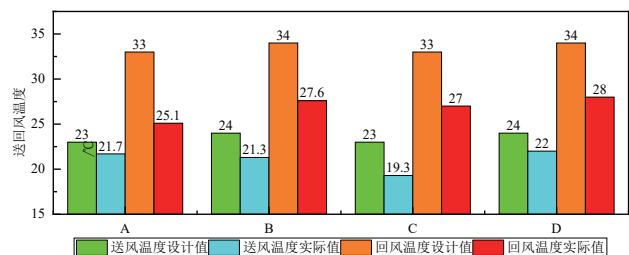


图 5-7 机房送回温度分析图

5.4 空调 PUE 因子分析

通过采集华北、华东、西北、和华东地区的典型数据中心空调运行数据，对冷水机组 + 板换 + 冷却塔系统的不同负载率下空调 PUE 因子的设计值和实际值的偏离情况进行对比研究。

通过空调 PUE 因子分析图 5-8 可知，空调 PUE 因子实际数值与设计值均有偏差，且实际数值均高于设计值，偏离幅度在 6.21%~22.13% 之间；另偏离度较小的项目负载率相对较高，空调末端送回风温差较大。

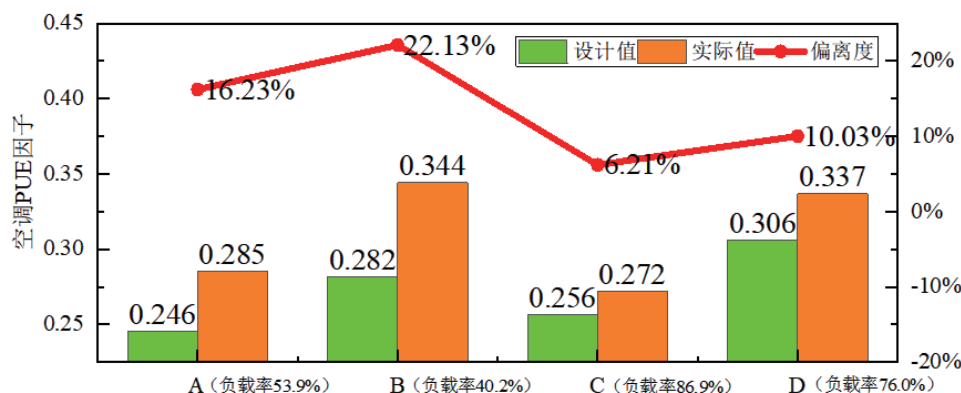


图 5-8 空调 PUE 因子分析图

5.5 空调设备能耗综合分析

针对典型数据中心制冷系统的冷水主机、冷却塔、水泵和末端设备进行数据采集，对比研究负载率在小于 30%、30% ~ 50%、50% ~ 70%、70% ~ 100% 四个区间的变化。

通过空调设备能耗综合分析图 5-9 可知，各空调设备能耗占比在不同负载率下，冷水主机随着负载率提高能耗占比增加，冷却塔、水泵和末端随着负载率提高能耗占比减小；空调末端能耗占比在低负荷时相对较高。

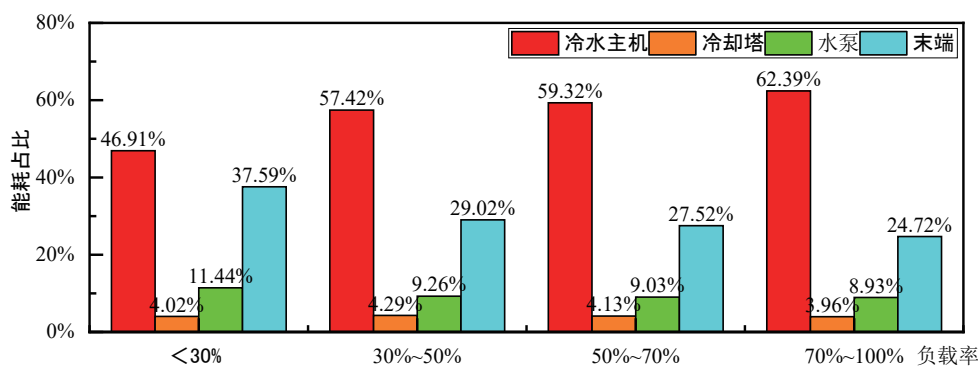


图 5-9 空调设备能耗综合分析图

第六章 总结与展望

6.1 总结

回顾 2021 年数据中心的发展历程，双碳战略是数据中心产业发展和数据中心建设的首要任务，新建数据中心面临着地方性的 PUE 政策要求，旧数据中心面临着算力与能效提升压力，这对数据中心积极探索节能降碳路径带来更多的可能性。

通过精准的 PUE 预测能力，对未能实现预期的能耗控制目标和未在最优运行策略下运行系统进行优化；优化冷机、水泵、冷塔等供冷系统，优化机组运行台数，有效利用变频技术，提升整个系统运行的安全性、高效性及节能性；关注水系统水质对系统的影响，提高换热器换热效果，降低水泵的运行能耗；利用 AI 技术打造智能运维平台，实现系统节能 + 运行节能，从而降低系统运行变化对 PUE 的影响。

本届论坛邀请国内知名专家、学者、优秀企业代表以及科研技术负责人聚焦 5G 时代行业热点，汇聚数据中心各领域优势资源，推动我国数据中心产业发展能够再上新台阶，为支撑数字经济和国家经济低碳转型发展提供新动能。



6.2 展望

对数字经济、数字化、云计算、算力等等在数据中心的未来展望，可以看到产业在向前进步，在现阶段人工智能技术引领的创新时代，在数据中心的规划设计里面应用模拟和人工智能技术对于数字化转型提供技术支撑，通过边缘计算服务，以模块化方式快速交付，做好智能化、智慧化的客户体验，建设真正意义上的绿色、低碳甚至零碳的数据中心。通过数字孪生更加促进数字世界和实体世界的融合，在更多的场景上能够真正应用到 AI 的技术、人工智能，解决运营中的难点和痛点。

在过去，数据中心的发展是追求速度，追求效率，而在未来，数据中心的发展将要追求低碳，追求品质服务，追求可持续发展，随着社会的发展将更加科技化、数字化，而数据中心的多维融合产业则要用更加绿色、更加经济高效的服务于民众。30·60 双碳目标的提出，对数据中心的冷却节能带来更多的机遇，同时也将面临各种挑战。



附表：第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛主讲目录

- 01 《中国电信绿色数据中心发展策略》
龚建中 | 中国电信集团资深专家、原基建处处长、中通服供应链专家
- 02 《间接蒸发冷却技术节能应用及分析》
严锦程 | 新疆华奕新能源科技有限公司技术总监
- 03 《美的绿色低碳数据中心解决方案》
刘 凯 | 美的楼宇科技水机产品公司企划专家
- 04 《“东数西算”暨双碳建设背景下全国典型数据中心运营状况调研与分析》
戴新强 | 中通服咨询设计研究院有限公司机电事业部总经理
- 05 《助力碳中和 丹佛斯高效冷热解决方案驱动数据中心未来》
张乐平 | 丹佛斯气候方案事业部系统技术高级经理
- 06 《通信枢纽中心空调升级改造工程实践》
马 德 | 华信咨询设计研究院有限公司副院长
- 07 《风侧蒸发冷却在中国联通数据中心的应用研究》
张 飞 | 中讯邮电咨询设计研究院有限公司注册公用设备工程师
- 08 《海尔中央空调数据中心全场景解决方案》
陈树栋 | 海尔中央空调数据中心行业技术总监
- 09 《雄安城市计算中心项目在双碳政策指引下的探索分享》
袁晓东 | 雄安云网科技有限公司 CTO
- 10 《数据中心行业高效水泵解决方案》
薛 峥 | 威乐中国高级技术支持工程师
- 11 《南方高温高湿环境下数据中心节能案例分享》
陈琼环 | 中国联通深圳分公司 IDC 运营高级专家
- 12 《碳中和背景下数据中心用蒸发冷却技术发展路线》
郭改英 | 澳蓝（福建）实业有限公司总工助理
- 13 《自然冷却双冷高效技术在数据中心的应用》
何 辉 | 昆山台佳机电有限公司副总裁

- 14 《数据中心冷却系统低碳路径探讨》
陈旭峰 | 珠海格力电器股份有限公司建筑环境与节能研究院暖通研究所所长
- 15 《数据驱动自适应控制技术在数据中心研究应用》
曹 勇 | 中国建筑科学研究院有限公司智云中心主任
- 16 《数据中心制冷节能技术演进液冷技术发展趋势》
严 瀚 | 阿里云基础设施高级专家
- 17 《数据中心空调系统全链条智能控制服务方案》
乐海林 | 北京英沣特能源技术有限公司数据中心首席专家
- 18 《数据中心余热利用节能潜力分析》
张 泉 | 湖南大学教授 / 博导
- 19 《预制冷站技术在数据中心的应用探讨》
姜宇光 | 中国移动通信集团设计院有限公司高级咨询设计师
- 20 《磁悬浮技术在数据中心领域应用案例分享》
赵凌骁 | 南京天加环境科技有限公司市场技术支持中心总监
- 21 《数据中心水冷系统节能板换和主机串并联研究》
吴学渊 | 广东省电信规划设计院有限公司高级设计主管
- 22 《风液结合、多维降碳—佳力图绿色数据解决方案》
陈胜朋 | 南京佳力图机房环境技术股份有限公司一体化解决方案总监
- 23 《数据中心绿色低碳设计运维实践》
谢 静 | 上海邮电设计咨询研究院有限公司主任工程师
- 24 《“东数西算”超大型金融数据中心解决方案》
郭志成 | 华信咨询设计研究院有限公司工程师
- 25 《第五届全国数据冷却节能高峰论坛碳中和实施方案》
丁卫科 | 中通服咨询设计研究院有限公司数据中心工程院院长助理
双碳行业中心主任

注：《第五届全国数据中心冷却节能高峰论坛总结报告》内容及数据均来源于此次高峰论坛。

本届论坛得到以下单位的大力支持 在此表示感谢!

主办单位



特邀协办



协办单位



合作伙伴



支持媒体



第六届全国数据中心冷却节能 高峰论坛

2023 年相约广东韶关！

