



绿色 / 安全 / 节能
Green/Security/Energy

第三届数据中心冷却节能与 新技术应用发展高峰论坛

总结报告

2020年8月·中国郑州

论坛组织机构

|| 主办单位 ||

中国建筑科学研究院有限公司

暖通空调产业技术创新联盟 CAHVAC

|| 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

CDCC& 中数智慧信息技术研究院

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

广东省邮电规划设计院有限公司

中通服咨询设计研究院有限公司

西安工程大学

国家建筑工程技术研究中心

|| 特邀协办 ||

新疆华奕新能源科技有限公司

|| 支持单位 ||

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

中国建筑节能协会暖通空调专业委员会

中国建筑节能协会地源热泵专业委员会

河南省土木建筑学会暖通空调专业委员会

河南省制冷学会空调热泵专业委员会

郑州市暖通空调节能学会

|| 支持媒体 ||

i 传媒

DTDATA

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 CAHVAC

序 言

2020 年第三届数据中心冷却节能高峰论坛 8 月 5~7 日在河南郑州顺利召开，本届论坛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、CDCC& 中数智慧信息技术研究院、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、广东省邮电规划设计院有限公司、中通服咨询设计研究院有限公司、西安工程大学、国家建筑工程技术研究中心、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等单位的大力支持，在此深表感谢！

会议期间，结合新基建形势下数据中心冷却节能与新技术应用发展，与会专家学者围绕数据中心冷却节能技术发展趋势、前沿技术、设计与运维管理等方向进行分享，共同探讨交流 5G、新基建形势下数据中心冷却节能技术的发展趋势与未来。

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、总结展望四个方面进行了梳理和总结，供行业同仁参考。

第三届数据中心冷却节能高峰论坛组委会

2020 年 8 月 17 日

目 录

第一章 会议概况

05

1.1 会议概况

1.2 参会概况

第二章 发展与政策

12

2.1 数据中心发展现状

2.2 数据中心发展规模

2.3 数据中心相关政策

第三章 技术热点与应用

21

3.1 冷源系统

3.2 输配系统

3.3 末端系统

3.4 自控系统

3.5 综合热点技术

第四章 总结与展望

29

4.1 总结

4.2 展望

附表：2020 年第三届数据中心冷却节能高峰论坛主讲目录

31

第一章 会议概况

1.1 会议概况

2020年8月5日至7日，“第三届数据中心冷却节能与新技术应用发展高峰论坛”在河南郑州黄河迎宾馆成功召开。来自国内外高校、行业协会、科研院所、设计院、数据中心运营商以及空调企业等数百名代表汇集于此，就数据中心绿色、安全运行、制冷能耗降低等方面进行了深入交流。

本次论坛由中国建筑科学研究院和暖通空调产业技术创新联盟共同主办，中讯邮电设计院等作为协办单位。论坛主题为“绿色、安全、节能”，具体包括主题论坛、论坛对话和项目参观三部分内容。

2020年8月5~7日，由中国建筑科学研究院有限公司、暖通空调产业技术创新

联盟主办，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、CDCC&中数智慧信息技术研究院、上海邮电设计咨询研究院有限公司、中国建筑设计研究院有限公司、中通服咨询设计研究院有限公司、西安工程大学、国家建筑工程技术研究中心协办的第三届数据中心冷却节能高峰论坛在河南郑州隆重召开，本届论坛以“绿色 安全 节能”为主题，聚焦5G/新基建形势下数据中心冷却节能发展趋势，来自行业学/协会、通信运营商、IDC建设单位、科研院所、高等院校、设计、施工、运维企业以及设备厂商代表数百人与会交流。

图1 高峰论坛



绿 / 色 / 安 / 全 / 节 / 能

第三届数据中心冷却节能与新技术应用发展高峰论坛

本次论坛由中国建筑科学研究院和暖通空调产业技术创新联盟共同主办，中讯邮电设计院等作为协办单位。论坛主题为“绿色、安全、节能”，具体包括主题论坛、论坛对话和项目参观三部分内容。

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专业总工、建筑环境与能源研究院院长徐伟，全国工程勘察设计大师、中国联通网络技术研究院 / 中讯邮电咨询设计研究院总工程师孔力，河南省土木建筑学会 / 河南省制冷学会副理事长、河南应用技术职业学院校长范晓伟发表了致辞。

图 2 论坛开幕式



图 3 徐伟理事长致辞

徐伟理事长首先对与会嘉宾的到来和相关各方的支持表示衷心的感谢，他指出数据中心作为网络基础设施的主要载体正为各行各业科技创新和技术应用提供保障，为数字经济的发展、我国经济的转型升级发挥着重



要的作用。这次疫情是一场危机，我们要勇于在危机中抓住新机，在变革中开创新局。我国政府在今年3月召开的中共中央政治局常务委员会会议提出，要加快5G网络、数据中心等新型基础设施的进度、推动智慧时代到来。我们相信在国家政策推动下——“新基建”将成为我国经济走出疫情冲击的强大动力。

孔力总工程师指出，我国数据中心正在高速发展，云中心、我们的云边缘、我们的用户、企业的应用会大规模的增长，目前我们数据中心的建设大概不到三百万架。从国际来看，美国占比40%，中国占比8%，比日本和英国略高。借新基建东风，国家也在调整数据中心的建设结构和建筑规模，优化数据中心布局提升空间。新基建大门已经打开，让我们乘着新基建的东风破浪，勇创辉煌。

图4 孔力总工程师致辞



图5 范晓伟副理事长致辞

范晓伟理事长表示，党的十九大报告指出，到2035年，我国要跻身于世界创新型国家前列，暖通空调及其相关领域也是全球科技创新的重要高地，信息、健康、能源、材料等领域的交叉融合及产业创新都离不开暖通空调学科的突破发展和基础研究的支撑。今天，我们正处于百年未有之大变局时代，我们期待也相信，广大空调领域专家，学者和朋友们能勇于承担重大创新、变革方向及为信息技术领域的发展发挥作用，不断创造出有利于人类文明和社会进步的重大成果。

结合新基建形势下数据中心冷却节能与新技术应用发展，中国联通、中国电信、中国移动所属设计院、中国建筑设计研究院、华为技术有限公司、CDCC&中数智慧信息



暖通空调产业技术创新联盟

China Innovation Alliance for Heating Ventilation & Air-Conditioning

颁发数据中心专委会理事证书



图 6 联盟领导为理事颁发证书



河南省土木建筑学会暖通空调专委会主任委员 李红霞

河南省制冷学会空调热泵专委会主任委员 王其庆

中国联通集团公司项目主管 杨猛



河南移动基建办总经理 苏勇

河南联通网络部副总经理 方东

青海联通基建办总经理 周光浩



广东联通基建办主任 龚新祥

河南联通基建办副总经理 宋彦峰

中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司总工程师 蔡明辉



中讯邮电咨询设计院数据中心设计院院长 臧志宏

中国建筑西北设计研究院有限公司暖通总工 周敏

新疆华安新能源科技有限公司董事长 周理

图 7 出席开幕式的部分地方学会、
通信运营商、支持企业嘉宾代表

技术研究院以及清华大学、湖南大学、西安工程大学等国内知名专家学者围绕数据中心冷却节能技术发展趋势、前沿技术、设计与运维管理等方向进行分享，共同探讨交流 5G、新基建形势下数据中心冷却节能技术的发展趋势与未来。

此外，大会现场展示了业内优秀企业的创新、节能类产品和解决方案。两天的会议议程内容丰富，会场气氛融洽，嘉宾们互相启迪、共话发展，为数据中心行业发展注入新的活力。

总结报告

绿 / 色 / 安 / 全 / 节 / 能

第三届数据中心冷却节能与新技术应用发展高峰论坛



图 8 圆桌论坛



图 9 中国联通中原数据基地参观



图 10 CAHVAC 数据中心专委会工作会议



图 11 麦融高科欢迎晚宴、元亨科技提供精美的抽奖礼品

图 12 与会嘉宾在展位参观交流



绿 / 色 / 安 / 全 / 节 / 能

第三届数据中心冷却节能与新技术应用发展高峰论坛



华信咨询设计研究院有限公司副院长 马德



CDCC&中数智慧信息技术研究院副院长 罗志刚



绿能新风环境科技(北京)有限公司总经理 杭娜



华信咨询设计研究院有限公司建筑研究所所长 高景



南京天加环境科技有限公司系统方案高级经理 赵凌骁



中国移动通信集团设计院有限公司研究咨询总监 裴小军



青岛海尔空调电子有限公司方案研究院数据中心总监 刘明



广东省电信规划设计院有限公司设计师 吴学渊



长沙麦融高科股份有限公司DC事业部总经理 杨志新



湖南大学教授 张泉



西安工程大学教授 黄翔



东南大学教授 陈振乾



中国电信股份有限公司上海分公司网络部副总监 钟志麒



新疆华实新能源科技有限公司技术经理 严锦程



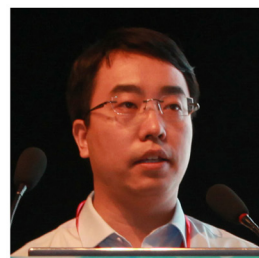
华信咨询设计研究院有限公司数据中心研究院副总监 明亮



华中科技大学教授 邵双全



斯必克冷却技术中国区销售总监 杨隼



美的中央空调系统解决方案高级工程师 李元阳



北京节能降耗研究院研究咨询副所长 王升



华为数据中心产品规划总监 明亮



北京英沅特能源技术有限公司副总经理 朱聚



曙光节能技术(北京)有限公司副总经理 姚隼

图 13 主题论坛报告嘉宾

1.2 参会概况

本届论坛注册人数 658 人，来自科研院所、高校、设计院、通信运营商、设备厂家等 300 多家单位，企业分类如图 15。

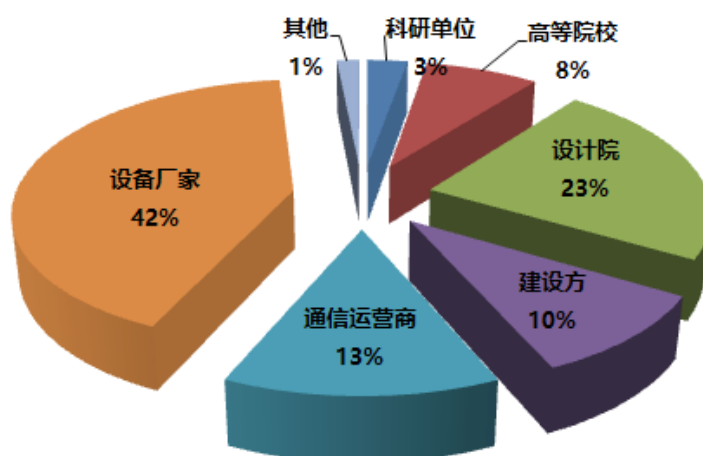


图 15 参会科研院所、设计院、设备厂家等企业比例

参展单位包括科研院所、设计院、设备厂家 22 家，其中分类比例见图 16。

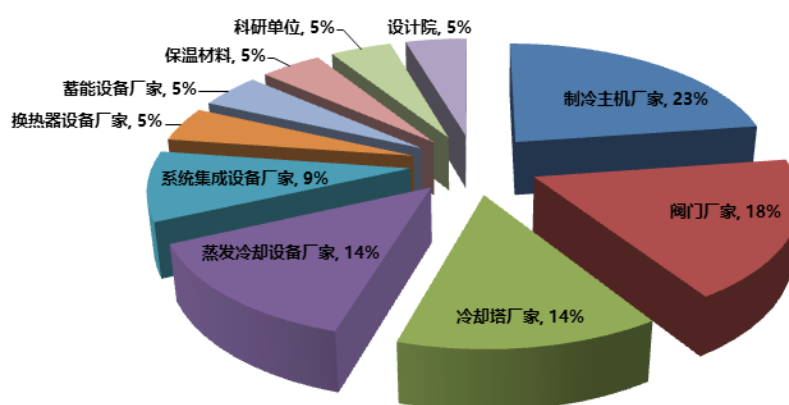


图 16 会议参展科研院所、设计院、设备厂家等分类比例

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，建设发展速度放缓，区域分布主要在经济大国和人口大国，2020 年第二季度的数据显示，超大规模数据中心服务商分布中，美国占比 38%、中国占比 9%、日本占比 6%。可以看出未来发展的核心在亚太区，亚太区最主要的发展区域在中国。

2019 年中国数据中心的规模是 227 万架，如果在此基础上追上美国水平，我们大还有概 500 万机架左右的上升空间，意味着我国经济转型和社会管理对于现社会发展的整个数据机架有一个庞大的需求体量。目前中国发展最好的是“京三角”、“珠三角”和“长三角”，这三个地方近占了中国 60% 的市场。

全球数据中心能源使用量 2005 年为 153TWh（太瓦时），占全球用电量的 1.1. ~ 1.5%，从 2000 年 ~ 2005 年数据中心的能源使用量在原有基础上增长了 90%，而从 2010 年 ~ 2014 年仅增长了 4%，增速平缓。

2.1.2 国内发展现状

从发展区域来看，国家部委先后发布数据中心建设相关的指导意见，从2013年1月到2020年4月，从“十二五”至“十三五”规划，在北京、上海、深圳、杭州陆续发布相关文件严格控制数据中心建设，且对节能减排提出更高要求，对PUE值的要求也更加严苛。

就国家区域发展而言，经济越发达地区，新增机柜数越多。华东、华北、华南三个区域的三年内规划新增总机柜数均冲击50万架，位居区域排名三甲，北上广深及周边区域继续领跑全国。就数据中心行业而言，第三方数据中心规划增量最多。规划新增机柜总数120+万架，占比超过50%；互联网企业和运营商分别位居第二和第三名。

从投资情况看，截止2020年已开工建设的部分大体量数据中心：山东济南的中国移动（济南）数据中心建设规模1.6万机架，总投资36亿元；重庆两江中国电信两江腾龙数据中心建设规模7000机架，总投资13亿元；河北正定常山云数据中心建设规模2.4万机架，总投资50亿元；浙江嘉兴长三角·平湖润泽国际信息港建设规模10万机架，总投资130亿元。

从数据中心能耗指标情况看，2019年2月12日，工信部、国家机关事务管理局、国家能源局《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》工信部联节〔2019〕24号指出：到2022年，数据中心能耗基本可比国际先进水平，新建大型、超大型数据中心的电能使用效率达到1.4以下。北京要求新建数据中心PUE小于1.4。上海要求新建数据中心PUE小于1.3。深圳对于PUE值为1.35~1.4（含1.35）的数据中心，新增能源消费量可给予实际替代量10%及以下的支持；对于PUE值为1.30~1.35（含1.30）的数据中心，新增能源消费量可给予实际替代量20%及以下的支持；对于PUE值为1.25~1.30（含1.25）的数据中心，新增能源消费量可给予实际替代量30%及以下的支持；对于PUE值低于1.25的数据中心，新增能源消费量可给予实际替代量40%以上的支持。

2.2 数据中心发展规模

目前，我国规模以上数据中心 1844 个。其中，超大型数据中心共计 36 个，机架规模达到 28.3 万架；大型数据中心共计 166 个，机架规模达到 54.5 万架；大型、超大型数据中心的规模增速达 68%。据 CDCC 的统计研究分析，至 2022 年底，全国范围内，机柜数超过 2000 架的数据中心规划新增单体项目总数约 300 个，规划新增机柜总数约 220+ 万架。

2020 年 4 月，国家发改委关于“新基建”的概念作出了权威解读。“新型基础设施”是以新发展理念为引领，以技术创新为驱动，以信息网络为基础，面向高质量发展需要，提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系。新型基础设施中的信息基础设施主要是基于新一代信息技术演化生成的基础设施，比如，以 5G、物联网、工业互联网、卫星互联网为代表的通信网络基础设施，以人工智能、云计算、区块链等为代表的新技术基础设施，以数据中心、智能计算中心为代表的算力基础设施等。

2.3 数据中心相关政策

2.3.1 相关国家政策

(1) 方案规划

◎ 2020 年 7 月，工信部发布的《工业互联网专项工作组 2020 年工作计划》也是确定在今年 12 月之前建成国家工业互联网大数据中心，引导各地建设一批工业互联网大数据分中心。

◎ 2019 年 6 月，发改委印发《高效机房行动方案》，绿色高效制冷产品市场占有率提高 20%，实现年节电约 1000 亿千瓦时。到 2030 年，大型公共建筑制冷能效提升 30%。

◎ 2017 年 7 月，工信部开展绿色数据中心试点工作，《国家绿色数据中心试点评价指标体系》。

◎ 2017 年 1 月，工信部发布《大数据产业发展规划（2016 – 2020 年）》。

◎ 2016 年 12 月，国务院印发《“十三五”国家信息化规划的通知》新建 PUE < 1.5，云计算数据中心 PUE < 1.4。

◎ 2016 年 11 月，国务院印发《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》。

(2) 指导意见

◎ 2019 年 2 月，《关于工业大数据发展的指导意见》工业和信息化部 国家机关事务管理局 国家能源局 《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》（工信部节〔2019〕24 号），强调到 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

2.3.1 相关国家政策

的电能使用效率值达到 1.4 以下，高能耗老旧设备基本淘汰，水资源利用效率和清洁能源应用比例大幅提升，废旧电器电子产品得到有效回收利用。力争通过改造既有大型、超大型数据中心电能使用效率值不高于 1.8。提到鼓励在自有场所建设自然冷源、自有系统余热回收利用或可再生能源发电等清洁能源利用系统。

◎ 2017 年 7 月，工信部：《三部委关于加强绿色数据中心建设的指导意见》，加快先进适用绿色技术产品推广应用。

◎ 2017 年 4 月，工业和信息化部《关于加强“十三五”信息通信业节能减排工作的指导意见》（工信部节〔2017〕77 号），强调到 2020 年新建大型、超大型数据中心的能耗效率（PUE）值达到 1.4 以下。明确推广绿色智能服务器、自然冷源、余热利用、分布式供能等先进技术和产品的应用，以及现有老旧数据中心节能改造典型应用，加快绿色数据中心建设。

◎ 2015 年 7 月，《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》。

◎ 2015 年 1 月，《国务院关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》。

◎ 2013 年 4 月，工业和信息化部《关于进一步加强通信业节能减排工作的指导意见》：新建 PUE < 1.5，改造 PUE < 2.0。

◎ 2013 年 1 月，工业和信息化部 发展改革委 国土资源部 电监会 能源局联合发布《关于数据中心建设布局的指导意见》（工信部联通〔2013〕13 号），为贯彻落实国务院节能减排“十二五”规划，对满足布局导向要求，PUE 在 1.5 以下的新建数据中心，以及整合、改造和升级达到相关标准要求（暂定 PUE 降低到 2.0 以下）的已建

2.3.1 相关国家政策

数据中心，在电力设施建设、电力供应及服务等方面给予重点支持；支持其参加大用户直供电试点。

（3）标准规范

◎《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2015）中 4.2.1 有可利用的废热或工业余热的区域，热源宜采用废热或工业余热。

◎《数据中心设计规范》（GB50174-2017）中 7.4.10 数据中心空调系统设计时，应分别计算自然冷却和余热回收的经济效益，并应采用经济效益最大的节能设计方案。

（4）会议报告

◎ 2020 年 5 月，政府工作报告，加强新型基础设施建设，发展新一代信息网络，拓展 5G 应用，建设充电桩，推广新能源汽车，激发新消费需求、助力产业升级。

◎ 2020 年 3 月，中央政治局常委会召开会议，提出加快 5G、大数据中心等新型基础设施建设进度。

◎ 2020 年 2 月，中央统筹推进新冠肺炎疫情防控和经济社会发展工作部署会议，一些传统行业受冲击较大，而智能制造、无人配送、在线消费、医疗健康等新型产业展现出强大成长潜力；要以此为契机，改造提升传统产业，培育壮大新兴产业。

◎ 2020 年 2 月，中央政治局会议，加大试剂、药品、疫苗研发支持力度，推动生物医药、医疗设备、5G 网络、工业互联网等加快发展。

◎ 2020 年 2 月，中央全面深化改革委员会第十二次会议，基础设施是经济社会发展的重要支撑，要以整体优化、协同融合为导向，统筹存量和增量、传统和新型基础设施发展，打造集约高效、经济适用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系。

2.3.1 相关国家政策

◎ 2020 年 1 月，国务院常务会议，大力发展先进制造业，出台信息网络等新型基础设施投资支持政策，推进智能、绿色制造。

◎ 2019 年 12 月，中央经济工作会议，引导资金投向供需共同受益、具有乘数效应的先进制造、民生建设、基础设施短板等领域，促进产业和消费“双升级”。加强战略性、网络型基础设施建设；

◎ 2019 年 3 月，2019 年国务院政府工作报告，加大城际交通、物流、市政、灾害防治、民用和通用航空等基础设施投资力度，加强新一代信息基础设施建设。

◎ 2018 年 12 月，中央经济工作会议，加快 5G 商用步伐，加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设。

◎ 2018 年 5 月，习近平在向中国国际大数据产业博览会的致辞中指出，建设网络强国、数字中国、智慧社会，全面实施国家大数据战略，助力中国经济从高速增长转向高质量发展。

◎ 2017 年 12 月，习近平在中共中央政治局第二次集体学习时强调“实施国家大数据战略加快建设数字中国”。

◎ 2014 年 3 月，大数据首次写入中国中央政府工作报告。

2.3.2 相关地方政策

(1) 北京

◎ 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。

◎ 2018 年 9 月，北京市人民政府办公厅关于印发市发展改革委等部门制定的《北京市新增产业的禁止和限制目录（2018 年版）》的通知（京改办发〔2018〕35 号），北京全市范围内禁止新建和扩建互联网数据服务中的数据中心（PUE 值在 1.4 以下的云计算数据中心除外）；禁止新建和扩建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）。

(2) 上海

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）》：新建 PUE < 1.3，改造 PUE < 1.4。

(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。

2.3.2 相关地方政策

（4）广东省

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。

（5）杭州

2020 年 4 月，杭州市发经济和信息化局、发展和改革委员会《关于杭州市数据中心优化布局建设的意见》，新建数据中心 PUE（能源使用效率）值不高于 1.4，改造后的数据中心 PUE 值不高于 1.6。

... ..

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，数据中心领域相关各方也在不断探索，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 冷源系统

3.1.1 磁悬浮冷水机组在数据中心的应用

通过磁悬浮轴承和高速永磁电机同步结合，消除轴承由于机械接触产生的摩擦损失，使压缩机能够以极高的转速运行，最大程度缩小了叶轮尺寸，突破多机头设计更简单可行，高效磁悬浮技术系统设计，提高 SCOP 使 PUE 降到更低。

磁悬浮冷水机组在数据中心应用的技术特点主要：①磁悬浮电机运行频变范围大，机调能力强，全年高效运行；②压缩机驱动轴处于悬浮状态，消除机械接触摩擦损失，减少运动部件、油路系统故障发生，磁悬浮机组可采用多机头冗余设计，可靠性提高；③压缩机无油润滑避免了润滑油造成的传热系数及制冷系统性能的下降；④磁悬浮机组可在部分负荷或者超低冷却水温中高效运行，可以保证数据中心系统在机械制冷和自然冷却模式的平滑切换；⑤磁悬浮机组变频控制实现快速重启加载，机组最快可实现 0 秒延时重启，180 秒达到满载，大大减少断电重启时间；⑥磁悬浮离心机采用永磁同步电机和磁悬浮技术，机组运行噪音超低。

3.1.2 压缩机辅助驱动回热热管自然冷却

数据中心冷却系统是能耗最大的辅助系统，其能耗主要是冷源能耗以及冷却介质输配能耗，而多级热传递是能量损失的根源，将制冷系统与自然冷却紧密结合构建高效高可靠性数据中心冷却系统，是降低数据中心冷却能耗的一种重要解决方案。

基于压缩机（气泵）辅助驱动的蒸汽压缩主动制冷与回路热管自然冷却于一体的复合冷却系统，在室外温度高于机房冷却温度时，压缩机高压比运行，主动为机房 IT 设备制取冷量；而在室外温度低于机房冷却温度时，运行于回路热管模式，利用室外冷源实现自然冷却；当重力输运冷媒动力不足时，压缩机小压比运行，作为气泵提供辅助动力。

通过测试上述系统，实验结果表明：①在不能完全去冷机的情况下，将蒸汽压缩制冷与回路热管结合是一种高效的冷却方案，减少传热环节，降低传热温差的不可逆损失，是提高冷却系统效率并提高自然冷却时间的最可行的系统；②系统结构简单，采用压缩机（气泵）的方式可以补充重力作为驱动力的不足，并可避免液泵由于冷媒相变产生的气蚀，可靠性大为提高；③直接采用相变冷媒（CO₂, R134a, R22 等）作为冷却介质，相变传热过程温度不变，相同制冷量情况下所需流量仅为水（5℃温度）的 1/9 左右，而粘度仅为水的 1/5 ~ 1/15，输配能耗大大降低；④转子压缩机、涡旋压缩机和磁悬浮离心压缩机三种压缩机的均可运行于小压缩比工况，实现气泵 / 压缩机的双工况，全年运行能效（AEER）可以达到 9.5 以上（以北京气象条件和末端采用背板为例），为中小型数据中心提供了高效节能的冷却系统方案，有助于整个数据中心 PUE 达到 1.2 以下。

3.1.3 蒸发冷却在数据中心的应用

蒸发冷却是一种利用自然环境中湿空气的干湿球温度差（干空气能），依靠水蒸发而从周围湿空气中吸收汽化潜热的原理，达到使水和空气温度降低目的的绿色可再生能源新技术。蒸发冷却过程受自然界大气湿球温度和水温影响较大，是高效的自然冷却。

蒸发冷却技术可从技术形式和产出介质进行分类，按照技术形式分为直接蒸发冷却和间接蒸发冷却；按产出介质（获得冷量）形式分为风侧蒸发冷却和水侧蒸发冷却技术。利用蒸发冷却原理还可用于冷凝器的散热，实现氟侧蒸发冷却。

目前，数据中心常见的蒸发冷却空调系统有：直接蒸发冷却全空气系统、间接蒸发冷却全空气系统、蒸发冷却与机械制冷联合全空气系统、蒸发冷却空气－水系统、蒸发冷凝式散热空调系统等。主要蒸发冷却空调设备有：间接蒸发冷却空气处理机组、间接蒸发冷却冷水机组等。

蒸发冷却技术的主要优势体现在节电、节水，且便于实现模块化、预制化和产品化，蒸发冷却通过智能控制保持新风、间接 / 直接蒸发制冷、冷冻 / 冷却水 / 直接式制冷之间 AI 控制和切换的多经济制冷模式；比传统空调节能 30%–70% 左右；可达 1.08 ~ 1.25 超低 PUE 值；室内保持恒温恒湿状态。蒸发冷却技术的发展方向是与液冷技术、热管技术和氟泵技术等有机地结合，从而满足不同气候条件下数据中心自然冷源的最大限度利用。

3.1.4 冷却塔在数据中心的应用

对于数据中心的耗能，空调系统平均占数据中心总能耗的 40%，冷却塔设备又是空调系统的重要组成部分，在制冷循环过程中发挥着很关键的作用。在设计设备选型时，应以当地极限（最大）湿球温度值设定，确保数据中心在极端高温下安全运行。

在系统循环过程中，冷却塔出水温度（冷凝温度）每降低 1℃，主机压缩机轴功率可降低约 3 ~ 5%。系统在较低负荷运行时可通过降低风机转速和多开启冷却塔实现节能最大化，在全年运行中延长免费冷却时间来降低空调系统能耗和数据中心 PUE 值。

3.1.5 换热器在数据中心的应用

如何让板式换热器设备在数据中心降低 PUE 值，确保免费自然冷却运行时间增加，就需要提高换热器的换热能力。充分利用传热面积、减小换热器体积和质量、减小换热器阻力、减小换热器动力消耗、使换热器能在极小的温差下工作，钎焊型的板式换热技术逐步得到推广应用。

针对不同数据中心对“冷”系统的不同需求，换热器设备行业也在不断的突破和创新，由过去的换热器演变成今天的换热机组，它集成了板式换热器、循环泵、排气除污装置、定压补水装置、补水泵、温度计、压力表、各种传感器、管路和阀门及工控于一体成套的区域供热控制设备，并加装了补水系统、定压系统、排气除污、水处理系统、变频流量控制系统、热量计及网络通讯控制系统，以实现不同工况、不同条件需求的功能配置，可实现换热器领域的模块化集成，灵活运用到数据中心。

3.1.6 蓄冷罐设备（开式）安全设计优化保障

水冷系统在数据中心的应用仍是主流系统，随着数据中心项目数量增多，结合地方用能政策削峰填谷项目数量也逐渐增加，开式蓄冷设备在项目运行中面临安全保障的问题。

结合蓄冷罐在项目运用已出现的安全状况，需要考虑做安全优化设计，予以抗震模拟与应力计算，在设计罐体时必须考虑罐体负压方面，根据负压模拟设置呼吸阀及防爆阀；通过抗震计算获取罐体壁厚后，还应根据抗震模拟情况针对罐体水压进行罐体加固；为防止罐体底部渗漏，在进行底部应力设计模拟后制定相应施工工艺。

3.1.7 相变储能与热管的协同换热

数据中心在应急情形、调峰填谷、减小运行费用的条件下，都需要冷储能。目前常用的系统大部分是显热蓄冷，其蓄水罐体积较大、存在冷损失、初投资较大、斜温层等，而相变储能系统的相变潜热大、温度差稳定，有机的相变材料也存在导热系数小的局限性。多管的相变储能模块的储 / 放能特性和热管换热特性的实验和模拟研究表明，储能系统的放能过程和小于热管所需的冷量；在此基础上，进行了温度、导热系数等参数对储放能过程的性能分析；在大热量需求的热管条件下，进行相变蓄冷模块和热管换热模块之间的平衡优化设计，提升相变储能模块在数据中心的应用潜力。

3.2 输配系统

3.2.1 阀门在数据中心的作用

在数据中心供冷系统的整个运行当中，制冷循环风、水系统输配过程经常会出现故障，风 / 水阀卡死、信号故障、水利失调、阀门误开 / 关等都是存在问题。针对阀门上述故障应从几个方面考虑；密封垫环材质良好、密封槽相配、填料密封件结合面紧实、阀座与阀板接触密封面精准、簧弹性符合要求、摆正修正或更新阀杆螺母、阀杆锥面硬度强，这样对阀门有效使用和延缓寿命。

3.3 末端系统

3.3.1 复合热沉环路热管在数据中心的应用

复合热沉环路热管系统是一种新的散热结构，以平板式环路热管系统为基础，复合高导热率热沉材料，起到热扩散器的作用，将其与 LHP 系统的平板型蒸发器结合于一体，贴合在芯片上共同用以散热。其原理将芯片产生的热量由热沉材料快速传导出来，同时热沉材料将热点的高热量横向地传递到芯片表面温度较低的区域，以达到均热目的，再通过环路热管系统的循环将热扩散器传导来的热量带走。

3.3.2 相变液冷在数据中心的应用

液冷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。液冷服务器是将液体注入服务器，通过冷热交换带走服务器的散热的一种服务器。

液冷技术可按介质、原理、系统模式进行分类，按照冷媒形式分为水冷和冷媒冷却，对冷媒要求绝缘、无燃点、低密度、低粘度，具备良好的化学 / 物理稳定性，具备良好的电磁传导性和电信号高速传输；按照原理分为温差换热（利用显热），相变换热（利用潜热）；按照系统模式分为直接式冷却（浸没式液冷），间接式冷却（冷板式液冷）。

液冷技术可带走更多热量，同体积液体带走热量是同体积空气 3000 倍；温度传递更快：液体导热能力是空气 25 倍；噪音品质更好：同等散热水平时，噪音比风冷噪音降低 15 ~ 30dBA；耗电节能更省：液冷系统比风冷系统节电 30-40%；节省更多空间：单机柜功率密度极大提升，液冷机柜可以节省空间 80%。

相变浸没刀片式设计的技术路线，对未来机架式数据中心高效节能提供方向，产品形态引导液冷技术向相变浸没式发展。

3.4 自控系统

数据中心的自动控制系统包括冷站系统、安防系统、动环集成及基础设施管理系统（DCFIM）等，通过 DCFIM 对数据中心配电柜、机房末端、漏水监测、室内环境监控、冷站管理等综合控制。利用最强大的集成架构出众多匹配的基础设施，在控制上要具有足够开放性，可以接入各种动力设备和仪器仪表。在信息领域，层层系统集成，将设施管理和资产管理及数据业务相联系。

3.5 综合热点技术

3.5.1 余热回用在数据中心的应用

在高能耗数据中心寻找节能空间，是数据中心从业者不断探索的方向。数据中心全年供冷，余热资源丰富，采用合理的技术手段回收这部分余热资源，用以冬季供暖或提供生活热水，可以提高能源综合利用率，实现节能。

热风余热直接利用，风冷系统冷凝余热用于房间供暖和生活热水使用；水源热泵主机与冷水机组并联，通过回收余热给建筑供热，水源热泵直接利用数据中心冷冻水（冷却水），二次间接换热余热利用。

3.5.2 模块化集成冷站在数据中心的应用

数据中心冷站模块化的设计主要常由冷源、输配系统、蓄冷系统、末端精密空调及其辅机辅件等组成。时时热点监测，对潜在的热点进行预测，这些需要通过控制器对机房内部环境智能监控，与冷源机器联动，实现按需供冷。实现以模块化冷源系统为单元，对机柜、电源、冷源综合利用可视可控，自动优化运行。

模块化冷源系统主要由高效冷源机组、高效变频输配系统、自然冷却板换、水力平衡装置、定压排气除污装置、机房能源管理系统等于一体集成，形式上以模块化集装箱或模块化机房为主。

管路和电气均由厂内完成箱内试压、集成；在现场完成模块间拼接及外部管路、外部接线，以及控制系统调试等。

可以实现对多台并联冷机在全工况、全工作区域进行最优能效分区，得到不同负荷率的最优运行台数；基于短时间步长数据中心空调系统动态仿真模型，模拟室内环境动态变化、暖通设备控制调节、水系统模型与群控系统实时交互等动态过程；实现不同控制策略下，数据中心系统全年能耗的评估。

第四章 总结与展望

4.1 总结

提升节能理念。在设计阶段向电力系统优化迈进，从全生命周期上，加强运维、资质及培训管理。

正确认识 PUE 值。服务器功耗和泄漏功率增加，导致转化效率下降，从而引起能耗增加。PUE 取值科学、理性对待，建设高效的基础设施系统，提升能量转化效率。

加强政策引导。加快建立相关数据中心余热回收利用标准、节能评估机制，组织评选数据中心余热回收应用典型案例、树立标杆，推动场景化技术应用。

鼓励研发创新。推动低温余热利用技术创新应用，鼓励研发创新机构与数据中心企业开展余热回收研究合作，推动多方合作，在适合条件下探索区域性供热站模式，利用数据中心余热解决周边区域供热，增加数据中心盈利模式。

4.2 展望

5G时代到来，互联网从过去“人与人”的连接进化为“万物互联”，5G 基建、特高压、城际和高铁、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能、工业互联网已进入快速建设和发展时期，数据量将迎来新一轮爆发性增长，数据中心的价值和需求将再次提升。从2020年开始，中国的数据中心会迎来新一轮的投资热潮，开启下一个十年的“黄金发展期”。

为实现数据中心整体发展更精益求精，数据中心全生命周期建设未来要实现“规建维优”：制冷颗粒度、IT 密度、机房大小从规划选择实现最优；机组数量、微模块数量、主流密度设计适配；工程产品化、暖通集成化、供配电建设相互融合；智能运维；AI 加持、IT 联动优调；充分挖掘 PUE 节能潜力。在制冷空间上追求从制冷到智冷、从制冷到冷电融合、从制冷工程到系统集成。

随着人工智能、云计算、大数据、5G 等新技术的迅猛发展，边缘化、小型化的数据中心会逐渐涌现并承担重要角色，市场会呈现出大型化数据中心和小型化边缘计算环境并存的发展局面。弹性调配、全模块化部署、预制模块化等将会不断的演进和突破。

附表：2020 年第三届数据中心冷却节能高峰论坛主讲目录

- 01 《数据中心冷却的思考》
钟志鲲 | 中国电信股份有限公司上海分公司网络部副总工
- 02 《新基建形势下蒸发冷却在数据中心的应用》
严锦程 | 新疆华奕新能源科技有限公司技术部经理
- 03 《数据中心空调设计机遇与挑战》
程 序 | 中讯邮电咨询设计院有限公司数据中心研究院副总工
- 04 《数据中心空调机房整体高效解决方案》
李元阳 | 美的中央空调系统解决方案高级工程师
- 05 《高效模块化集成冷站在数据中心的应用》
王 升 | 珠海格力电器股份有限公司建筑环境与节能研究院
高效机房所所长
- 06 《华为大型数据中心制冷演进》
明 亮 | 华为数据中心产品规划总监
- 07 《中国数据中心市场与技术路线解析》
罗志刚 | 中数智慧信息技术研究院副院长
- 08 《新型蒸发冷却空调机组在数据中心的应用及案例解析》
杭 娜 | 绿能新风环境科技（北京）有限公司总经理
- 09 《新基建数据中心冷却技术应用及展望》
高 景 | 华信咨询设计研究院有限公司建筑研究院所长
- 10 《磁悬浮技术在数据中心的应用效益》
赵凌骁 | 南京天加环境科技有限公司系统方案部高级经理
- 11 《数据中心余热回收应用方案研究》
姜小军 | 中国移动通信集团设计院有限公司研究咨询总监

12 《高效数据中心专用冷源》
刘 闯 | 青岛海尔空调电子有限公司方案研究院数据中心总监

13 《新形势下制冷架构的组建》
吴学渊 | 广东省电信规划设计院有限公司设计师

14 《5G 时代冷却节能技术与应用》
杨志新 | 长沙麦融高科股份有限公司 IDC 事业部总经理

15 《压缩机辅助回路热管自然冷却系统研究》
邵双全 | 华中科技大学教授

16 《数据中心节能之关键设备—冷却塔应用》
杨 隼 | 斯必克冷却技术中国区销售总监

17 《相变储能和背板热管协同换热的性能研究》
张 泉 | 湖南大学教授

18 《开式蓄冷罐的抗震模拟与应力的计算》
朱 絮 | 北京英沣特能源技术有限公司副总经理

19 《数据中心蒸发冷却系统的性能评价》
黄 翔 | 西安工程大学教授

20 《数据中心液冷技术研究与应用》
姚 勇 | 曙光节能技术（北京）有限公司副总经理

21 《复合热沉环路热管数据中心冷却的传热性能研究》
陈振乾 | 东南大学教授

注：《第三届数据中心冷却节能与新技术应用发展高峰论坛总结报告》
内容及数据均来源于此次高峰论坛。

论坛合作伙伴



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



CDCC&中数智慧信息技术研究院



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研究院有限公司



中通服咨询设计研究院有限公司



西安工程大学



国家建筑工程技术研究中心



湖南省邮电规划设计院有限公司



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



青岛海尔空调电子有限公司



珠海格力电器股份有限公司



绿能新风环境科技（北京）有限公司



南京天加环境科技有限公司



长沙麦融高科股份有限公司



斯必克（广州）冷却技术有限公司



北京英津特能源技术有限公司



翱途能源科技（无锡）有限公司



麦克维尔中央空调有限公司



上海艾克森集团有限公司



湖南元亨科技股份有限公司



曙光节能技术（北京）有限公司



澳蓝（福建）实业有限公司



广州览讯科技开发有限公司



盖雷（北京）流体系统科技有限公司



赢胜节能集团



浙江班尼戈流体控制有限公司



沃茨（上海）管理有限公司



上海冠龙阀门机械股份有限公司



建科环能（北京）科技有限公司



i传媒



德通数据



中国暖通空调网



建筑环境与能源