

建筑环境 与能源

Building Environment & Energy

2020

7

月刊
总第 34 期

主办：中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院

建筑环境
与能源

总第 34 期

2020 年 7 月

本期导读

06 | 新闻直通车 | News Express |

住建部科技计划项目“北方地区清洁取暖技术适用性评价体系研究”顺利验收

《高效制冷机房系统应用技术规程》编制组成立暨第一次工作会召开

超低能耗建筑“落户”2022 北京冬奥延庆赛区

《自然气候变化》科学杂志发表称 今年全球碳排放量将减少约 7%

20 | 热点聚焦 | Spotlight |

CAHVAC 暖通大讲堂第二季“绿色暖通与健康建筑”回顾（下）

35 | 案例赏析 | Cases |

武汉光谷科技会展中心空调设计

高海拔地区供暖设计案例分析

能源塔热泵系统供暖运行分析



建筑环境与能源微信公众号

技术先锋

SMARTD 无油磁悬浮冷水机组



V系列 大冷量水冷磁悬浮机组

制冷量：700-3200RT

- COP：9.385 NPLV：20.357 (1400RT 冷冻水温15-20°C)
- 出水温度4-20°C可调
- 搭载“Pony Express”技术，最低2%负荷稳定运行



E系列间接式蒸发冷磁悬浮机组

制冷量：60-300RT

- 国际先进间接式蒸发冷，高节能，低耗水
- 大幅降低冷凝器结垢腐蚀风险
- 可配置IDE自然冷却模块



因地制宜 推动南方供暖高效环保发展

目前，我国南方很多城市居民还是使用空调和电暖器来度过寒冬，这种模式严重浪费了电力资源，增加了能源的消耗，还加重了居民的负担，在安全方面更是隐患多多。为了在取暖方面也达到节能减排的效果，目前市场上各种取暖新科技不断涌现，供暖企业也是根据需求积极开发新思路新产品。

早在 2015 年的采暖季，住建部就曾回应：提倡“南方地区”科学地选择适宜采暖方式，采用分散、局部的供热方式，解决个性化采暖需求。根据“南方地区”气候情况、建筑保温情况、人的居住习惯等，以及考虑到采暖期短、负荷小、波动大等供热特点，如用热泵式分体空调器、燃气壁挂炉、电采暖等分户独立供热方式，地源热泵、水源热泵、太阳能辅助等局部供热方式。

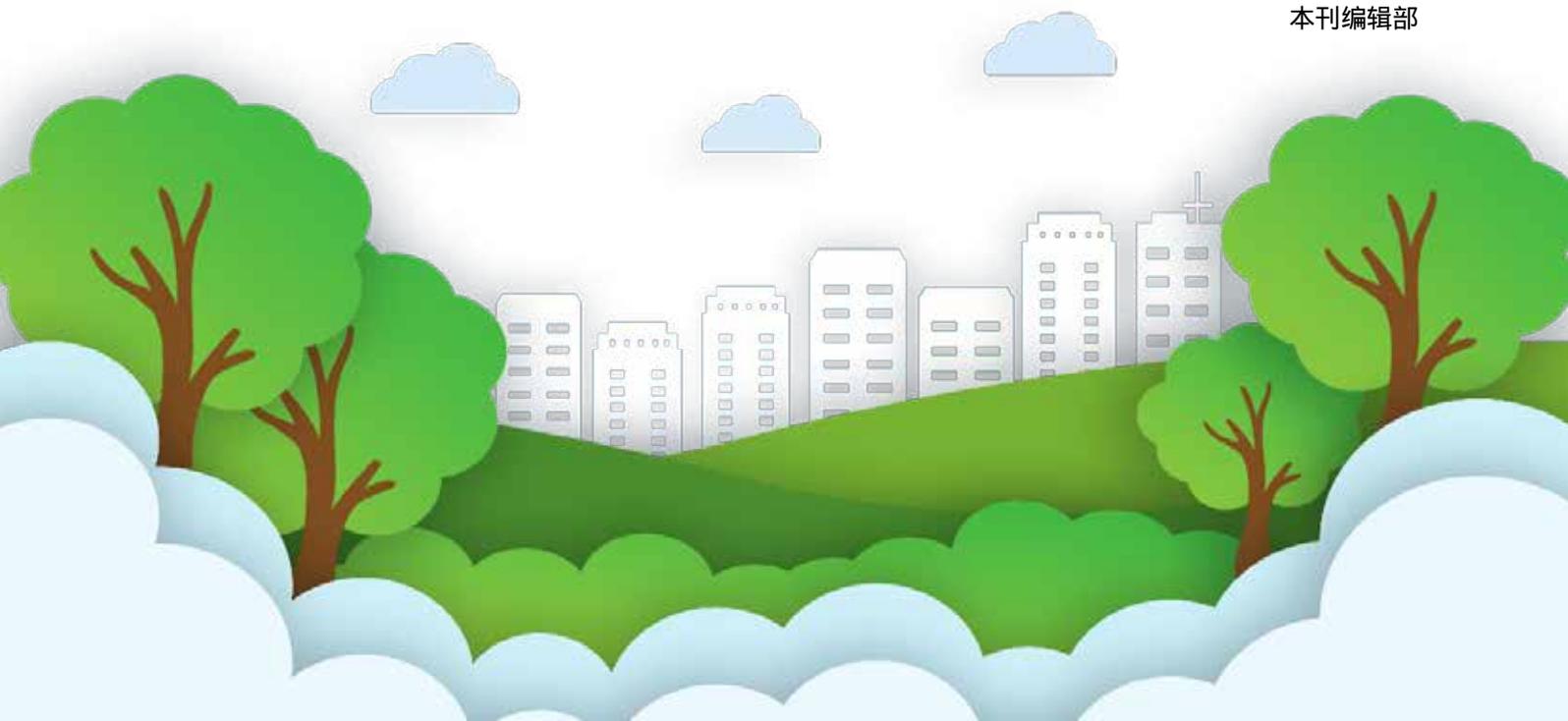
为了响应国家节能减排的号召，清洁能源目前已成为市场上主要的取暖材料，供暖企业不断研发创新，供暖市场百花齐放。如今北方地区成千上万的锅炉被拆毁，取而代之的是以燃气为燃料的公共供暖系统，空气质量明显上升。

新型取暖设备不断涌现，使供暖市场看起来前途一片光明，但是数据显示，供暖市场一直处于亏损的状态。主要是因为供热单位的上游能源价格居高不下，而暖气是输送过程中损耗比较突出的，造成了投入和产出的比例失调，也是目前供暖市场一大痛点。

随着科技的发展，传统的供热方式和互联网技术也在逐渐结合起来，未来很有可能会把供暖系统和其它智能化的设备连接在一起，形成以物联网管理系统为主的智能小区、智能楼宇等，采用科学化的手段来对供暖系统进行管控，达到既满足居民需求，又高效环保的理想状态。

近年来，我国已有一批供热企业已开始积极探索智慧供热，包括华为、阿里等互联网技术公司也已纷纷入局。随着科技的发展，未来南方供暖“花样”也会更多。未来，节能、性价比高的供暖设备，将会是南方供暖市场的“主流”。现在南方集体供暖还在规划、筹备当中，部分南方地区已经先行测试了。希望环保、节能、性价比高的集中供暖，能早日在湿冷的南方地区普及开来。

本刊编辑部





建筑环境与能源

(月刊)

主办单位

中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院

支持单位

暖通空调产业技术创新联盟
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

编辑出版

《建筑环境与能源》编辑部
2020年第7期(总第34期)
(每月10日出版)

顾问委员会

主任 郎四维
委员 江 亿 | 吴德绳 | 龙惟定
马最良 | 徐华东 | 罗 英

编辑委员会

主任委员 徐 伟
副主任委员 路 宾
委员 (按姓氏笔画排序)
于晓明 | 方国昌 | 龙恩深 | 田 琦 | 由世俊
伍小亭 | 刘 鸣 | 刘燕敏 | 寿炜炜 | 李先庭
李永安 | 肖 武 | 邹 瑜 | 张子平 | 张建忠
金丽娜 | 徐宏庆 | 黄世山 | 董重成 | 端木琳
潘云钢

编辑部

主 编 徐 伟
副 主 编 路 宾
执行主编 王东青
责任编辑 李 炜 | 崔艳梅
校 对 才 隽
美 编 周 林

地址：北京市北三环东路30号
邮编：100013
电话：010-6469 3285
传真：010-6469 3286
邮箱：beaebjb@163.com



建筑环境与能源微信公众号



CAHVAC 微信公众号

版权声明：凡在本刊发表的原创作品版权属于编辑部所有，其他报刊、网站或个人如需转载，须经本刊同意，并注明出处。



目录

CONTENTS

06 | 新闻直通车 | News Express |

中国建研院环能院党委举办第一期“环能院大讲堂”
住建部科技计划项目“北方地区清洁取暖技术适用性评价体系研究”顺利验收
中国建研院建筑设计院承接北京医院改造项目
“十三五”国家重点研发计划项目完成课题绩效预评价等

09 | 行业新闻 | Industry News |

上海住建委“薄抹灰外墙外保温系统”即将退出市场”
北京发布《居住建筑节能设计标准》等25项地方标准
超低能耗建筑“落户”2022北京冬奥延庆赛区
天津累计完成农村危房改造逾4万户
河北省出台25条措施加强被动式超低能耗建筑工程质量管理
2025年底河北省建筑能耗碳排放力争减少近10万吨
重庆全面推进城镇老旧小区改造
2020年黑龙江省“秸秆燃料”生产能力全国居首
大连市已有绿色建筑面积1801万平方米
山东投入25.6亿元改造老旧小区
2020年淄博市冬季清洁取暖实施方案
2020年山西推动建设领域企业技术创新
广西今年全区新建绿色建筑占比要达50%
大型清洁供暖大温差项目落地河北石家庄等

18 | 国际资讯 | International News |

西班牙能源公司支持热泵发展
IEA：欧盟2020能源政策审查
今年全球碳排放量或将减少7%
英国CDP报告指责空调公司没有创新
Covid-19测试了欧盟的弹性和清洁能源转型

NET.Pro(2020)热湿型新风机
热湿交换芯技术 / 国家十三五项目
国标 GB/T 21087-2007



有CCC认证的新风净化机!



风量范围
150-350m³/h



热湿交换芯
可水洗



德国风机



PM2.5

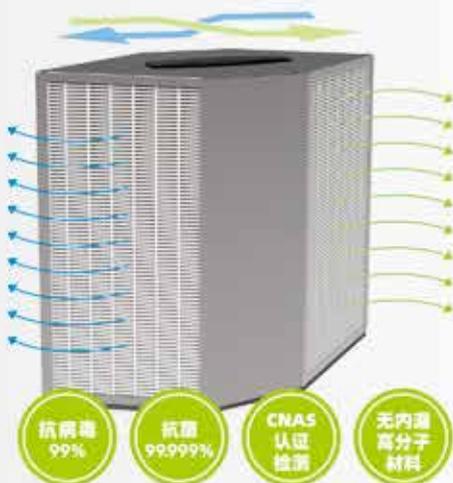
H13高效过滤



智能控制



静音



美国 DAIS 膜芯全热交换芯

病毒颗粒直径: 70-200nm 细菌颗粒直径: 300-2000nm
告别纸芯 | 抗菌 | 无孔膜 | 零漏风 | 防止交叉感染



美国陶氏



免更换



可水洗



抗霉菌



抗冻



20年验证

- 抗病毒 99%
- 抗菌 99.999%
- CNAS 认证检测
- 无内漏 高分子材料



冷·暖·风·水·智

国家课题:

- 十二五课题: 实现更高建筑节能目标的可再生能源高效应用关键技术研究
- 十三五课题: “建筑节能技术体系及关键技术开发”

国家及行业标准起草单位:

- 《被动式超低能耗绿色建筑技术导则》
- 《建筑节能技术标准》(2019年9月实施)

- GB 31459-2015 《家用和类似用途电器设备用温度控制系统的的功能要求》
- GB 50189-2015 《公共建筑节能设计标准》
- GB/T 14295 《空气过滤器》
- GB/T 13554 《高效空气过滤器》
- GB/T 6165 《高效空气过滤器性能试验方法 效率和阻力》
- GB/T 21087 《新风空气-空气能量回收装置》
- GB/T 16803 《供暖、通风、空调、净化设备术语》
- GB/T 19232 《风机盘管机组》

- 《通风系统用空气净化装置》
- 《住宅新风系统技术规范》
- 《低速送风独立新风空调设备》
- 《送风冷却独立新风空调设备》
- 《新风净化机》
- 《中小学新风净化系统技术规范》
- 《中小学教室空气质量监测与评价标准》
- 《新风空调设备通用技术条件》
- 《新风空调设备分类与符号》



CONTENTS



中国建研院环能院党委举办第一期
“环能院大讲堂”



开利中国为杭州奥体场馆提供可持续解决方案



格力中央空调再添新实力样板，中标
华中面积最大主会场



“寓医于乐”，麦克维尔空调中标
福建省儿童

20 | 热点聚焦 | Spotlight |



CAHVAC 暖通大讲堂第二季“绿色暖通与健康建筑”回顾（下）

26 | 聚焦政策 | Policy |

- 国务院办公厅关于全面推进城镇老旧小区改造工作的指导意见（节选）
- 国家能源局关于印发《2020年能源工作指导意见》的通知
- 住建部等部门关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见（节选）
- 关于印发《河北省被动式超低能耗建筑后评估导则》的通知
- 关于印发《关于加强被动式超低能耗建筑工程质量管理的若干措施》的通知

35 | 案例赏析 | Cases |

- 武汉光谷科技会展中心空调设计
- 高海拔地区供暖设计案例分析
- 能源塔热泵系统供暖运行分析

47 | 技术交流 | Technical communication |

- 数据中心静压层高度对不同地板送风方式的影响研究
- 风道结构对数据中心气流组织影响的实验验证
- 变频空调器制冷效率提升潜力分析
- 兰州某数据中心空调设计及自然冷源应用分析

格力冷水机组 全面实现永磁同步变频化

格力中央空调始终坚持节能创新，不断实现技术突破，将大功率永磁同步变频技术应用于离心式冷水机组，攻破技术壁垒，实现磁悬浮变频技术国产化，全面实现从多联式风冷冷（热）水机组、模块式风冷冷（热）水机组到风冷螺杆机组、水冷螺杆机组、离心式冷水机组的永磁同步变频化。

全系列搭载永磁同步电机



高效
行业原创大功率高速永磁同步电机，最高效率达98.2%



低损
永磁体转子，无励磁系统损失，发热量小，电机损耗小



可靠
H级电机，绝缘等级高，可靠性强

全直流变频户式风冷冷（热）水机组（分体式）

GMV6人工智脑多联机

永磁同步变频风冷螺杆机组

永磁同步变频离心机

永磁同步变频水冷螺杆机组

全直流变频模块式风冷冷（热）水机组

全直流变频户式风冷冷（热）水机组（整体式）



新闻直通车 NewsExpress

中国建研院环能院党委举办第一期“环能院大讲堂”

8月7日下午，中国建研院环能院党委举办第一期“环能院大讲堂”活动，本期大讲堂邀请泰和泰律师事务所高级合伙人张凌律师，以“科技型企业改制的热点问题”为主题，进行专题授课。环能院全体中层干部、党支部书记和委员等60余人参会。

专题授课结合环能院科研改制示范行动，从新一轮国企改革的背景、国企改制的历程和科技型企业改制的热点问题三个方面展开，重点从国企改革的顶层设计、分类改革、完善现代企业制度、国有资产管理体制改革、混合所有制、国有资产监督管理、中国企业发展历程、国企改革历程等内容进行具体阐述。

改革发展与每个人都密不可分，通过本次专题讲座，环能院广大干部职工对国企改革的目标、核

心及过程中的问题有了进一步了解，也更深入地认识到环能院科改示范行动的重要意义。



住建部科技计划项目“北方地区清洁取暖技术适用性评价体系研究”顺利验收

2020年8月7日，由中国建研院有限公司环能科技、住房和城乡建设部科技与产业化发展中心（以下简称“住建部科技中心”）共同承担的住建部科技计划项目“北方地区清洁取暖技术适用性评价体系研究”验收会议在北京召开。

会议成立了验收专家委员会，由北京建筑大学教授李德英担任主任。结合北方清洁取暖实践应用，构建符合国情的北方地区清洁取暖技术适用性评价体系；创造性地提出了“清洁供暖指数（CHI）”，

完成的《北方地区清洁供暖技术适用性评价技术导则》和《清洁供暖评价标准》。

该标准体系适用于北方地区清洁取暖项目和试点城市评价，可操作性强，应用广泛，为我国北方地区开展清洁取暖评价工作奠定了基础，为清洁取暖技术路径制定、项目示范、技术评价和城市考核等多方面提供评价支撑，并与大气质量评价体系相接轨，对推动北方地区清洁取暖技术高效应用和良性发展具有重要实际意义。

中国工程建设标准化协会标准《高效制冷机房系统应用技术规程》编制组成立暨第一次工作会议顺利召开

2020年6月9日，由中国建筑科学研究院有限公司主编的《高效制冷机房系统应用技术规程》（以下称《规程》）编制组成立暨第一次工作会议通过网络视频会议形式召开。《规程》归口管理中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专委会宋波秘书长、中国建筑科学研究院有限公司环能院邹瑜副院长及编制组成员共计57人出席了会议。

启动会中，邹瑜副院长代表主编单位致欢迎词并强调了《规程》编制要与国外对标，提高科学性和先进性，同时高效制冷机房设计指标的确定要体现高标准和合理性。宋波秘书长指出《规程》的重要性在于政策引导和市场需求，希望编制组成员认真学习党中央关于高效利用能源的引导文件，学习国内外相关标准。

在随后的第一次工作会中，《规程》主编中国建筑科学研究院环能院宋业辉主任介绍了编制背景、任务来源、编制原则、规范大纲、主要技术重点及难点和前期筹备工作。《规程》顾问组专家天津市建筑设计院伍小亭总工程师建议《规程》的编制首先要明确使用对象以及高效制冷机房的定义，并对设计、自动控制系统以及调适与验收等章节的具体问题进行了剖析。随后编制组成员各抒己见，对《规程》定位、适用范围、技术深入程度等方面进行了热烈讨论，初步形成了标准框架。

《规程》以制冷机房整体能效为目标，建立操作性和先进性相结合的闭环设计流程和方法，形成贯穿设计、施工、验收以及运行维护等全过程技术标准内容。《规程》将有助于更好地指导



相关人员开展高效制冷机房的建设、推广和应用，对于公共建筑能效提升具有重要意义。

中国建研院建筑设计院承接北京医院改造项目

2020年8月5日，建筑设计院与北京医院达成协议，承接北京医院发热、肠道门诊及传染病负压隔离病房改造设计任务，为中国建筑科学研究院有限公司开拓医疗建筑设计市场再添新绩。

随着我国国内新冠肺炎疫情好转，北京医院积极响应北京市政府号召，本着“宁可备而不用，不可用而不备”的原则，对发热病房、肠道病房和负压隔离病房改造，医疗流线的重新规划设计，原有

结构加固设计以及电梯增建等工作，尤其对原发热门诊进行较大改造。

北京医院的原有院区建造年代较早，后经几次增建、改造、翻修。此次中标这一防控、治疗传染性疾病的医疗类建筑的改造设计项目，面临资料残缺、设备运行情况不清、设计工作不能影响医院正常医疗秩序诸多等困难和挑战，也意味着难得的市场机遇。

“十三五”国家重点研发计划项目 “工业化建筑检测与评价关键技术” 完成课题绩效预评价

中国建筑科学研究院牵头承担、检测中心具体负责的“十三五”国家重点研发计划项目“工业化建筑检测与评价关键技术”，执行期将于今年年底结束。7月7日至30日，检测中心以视频会议结合现场会议的方式，分别组织召开了该项目下设10项课题的绩效预评价会。

专家组通过听取汇报、审阅报告、质询讨论，提出了存在的不足以及进一步完善的意见建议，并对课题进行预评分。项目负责人根据专家意见，对有关课题进一步完善研究内容、凝练提升成果等提出了具体要求。

本次课题绩效预评价会的召开，对于全面推进课题正式绩效评价具有重要意义，为最终项目整体顺利通过绩效评价打下了良好基础。

《装配式建筑绿色建造评价标准》编制组 成立暨第一次工作会议顺利召开

2020年8月7日，由中国建筑科学研究院有限公司主编的中国工程建设标准化协会标准《装配式建筑绿色建造评价标准》编制组成立暨第一次工作会议在北京召开。

中国工程建设标准化协会副秘书长张弛，住房和城乡建设部科技与产业化发展中心处长武振、北京市住房和城乡建设科技促进中心高级工程师赵晓敏及公司科技标准部副研究员张森、建筑设计院副院长孙建超出席会议。公司及住房和城乡建设部科技与产业化发展中心等20家编制单位的专家及代表参会。会议由建筑设计院设计一院副院长赵彦革主持。

张弛介绍了疫情期间CECS标准化协会工作情况及标准发展前景，并对标准编制工作提出要求。张森作为归口管理单位代表，表示将严格按照协会的要求，坚

持高层次、高水平、高质量地推进标准编制工作如期完成。孙建超代表主编单位感谢协会的信任和支持，提出将认真贯彻落实协会标准编制要求，严格进度管控，保质保量完成编制任务，进一步引导现有装配式建筑向绿色、环保、舒适、健康的方向发展。武振通过线上连线的方式参加了本次会议，充分肯定了标准的选题和内容，并对其发展方向给出建议。

赵晓敏指出，标准应做到高点定位、指导行业发展；标准编制细节应做到全过程评定，充分体现绿色建造方式；提出希望京津冀、长三角、珠三角等各大经济区协同推进装配式建筑绿色建造，提高标准的普适性。

会议宣布编制组成立，并对《标准》的框架、研究内容及编制组分工和工作计划进行了讨论和确定。



《住宅建筑卫生安全技术标准》启动编制工作

2020年8月10日，中国工程建设标准化协会标准《住宅建筑卫生安全技术标准》编制组成立暨第一次工作会议在北京召开。

该标准由中国建筑科学研究院主编，中国中建设计集团有限

公司、北京市建筑设计研究院等多家单位参编。中国工程建设标准化协会副总工程师褚波，中国工程建设标准化协会绿色建筑与生态城区分会秘书长助理韦雅云等20余人参加了会议。

会上，编制组专家分享交流了各自在住宅卫生安全和居住区防疫方面的经验和思路，深入探讨了标准大纲和适用范围，讨论确定了编制分工，并提出编制进度计划及下一步工作内容。

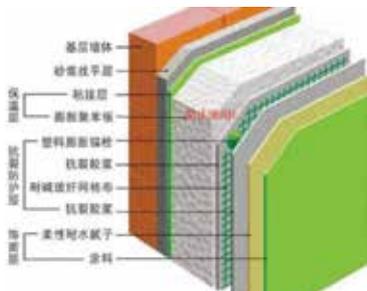
行业新闻 IndustryNews

上海住建委“薄抹灰外墙外保温系统”即将退出市场

6月28日，上海市住建委网站公布《上海市禁止或者限制生产和使用的用于建设工程的材料目录（第五批）（征求意见稿）》，薄抹灰外墙外保温系统即将退出上海市场。

本次目录涉及外墙外保温共四条，其中影响最大的是第一条：施工现场采用胶结剂或锚栓以及两种方式组合的施工工艺外墙外保温系统（保温装饰复合板除外），禁止在新建、改建、扩建的建筑工程外墙外侧作为主体保温系统设计使用。

也就是除了保温装饰复合板外，剩下的传统外墙薄抹灰保温系统都将被排除在外，除了JGJ144-2019上列举的EPS（聚苯板）、XPS（挤塑板）、PUR（硬泡聚氨酯板）、PIR（聚异氰脲酸酯板）薄抹灰外墙外保温系统，还有没收录的PF（酚醛）、岩棉板/条、发泡陶瓷、发泡水泥等等保温材料的薄抹灰外墙外保温系统，这种享誉世界近70年的建筑保温形式终于在上海寿终正寝。



（图片来源：腾讯网）

北京发布《居住建筑节能设计标准》等25项地方标准

日前，北京市发布25项地方标准。其中，首次制定标准20项、修订标准5项；按照涉及领域分，城市管理与公共服务标准9项、工程建设标准9项、农业标准3项、环保标准2项、资源节约与利用标准1项、服务业标准1项。

据了解，此次发布的25项地方标准中，有为提高居住建筑节能质量的《居住建筑节能设计标准》。《居住建筑节能设计标准》以世界同类气候地区居住建筑节能设计先进水平为目标，全国率先将居住建筑节能率由75%提升至80%以

上，进一步提高北京市居住建筑节能设计水平。为支撑北京市海绵城市建设，《海绵城市建设设计标准》和《海绵城市规划编制与评估标准》也同期发布。《海绵城市建设设计标准》强调海绵城市系统化治理思路，要求在海绵城市建设设计中应注重连片化效应，提倡自然和人工排水系统相结合，合理布局海绵城市相关设施，以保护文物和历史风貌为前提，结合街区有机更新、危房改造、房屋修缮、水电改造、环境整治等，统一协调、同步实施治理。

超低能耗建筑“落户”2022北京冬奥延庆赛区

北京2022年冬奥会延庆赛区核心区，延庆冬奥村及延庆山地新闻中心项目正在紧张建设。被动式超低能耗建筑得到充分应用，将在投入使用后大幅降低场地后期运营能耗。

近日，踏入延庆山地新闻中心建设现场，建筑主体结构已经基本完成，二次结构砌筑、外幕墙装修等工程正在紧张有

序推进中。在工程建设过程中，各类超低能耗工程技术被运用于建筑主体。

作为冬奥配套项目，辉煌假日度假区（酒店及酒庄）于2018年完成了节能绿色改造。经过对照明系统、锅炉系统、围护结构、节水器具、自控系统等节能改造，节能效果比改造前提高了20.2%。

天津累计完成农村危房改造逾4万户

近期，按照住建部明确的“三最”（住房最危险、经济最贫困、农户解决最基本）原则，经多次排查摸底和研判，确定到2020年天津市农村危房改造总体任务约4万户。

截至目前，该市已累计完成五保户、低保户、困难残疾人户、因灾倒损户、其他贫困户改造4.02万户，告别危房，

告别冬冷夏热雨天漏，住上梦想暖心房。

此外，天津市结合危房改造积极推动节能改造、抗震改造和风貌提升。充分利用冬季清洁取暖试点城市的中央财政奖补资金，对达到示范标准的改造房屋给予每户最高1万元奖补资金。

河北省出台 25 条措施加强被动式超低能耗建筑工程质量管理

7月10日，河北省住房和城乡建设厅印发《关于加强被动式超低能耗建筑工程质量管理的若干措施》，提出强化项目入口管理、突出性能化设计、严格售前展示、实行全装修交房等要求，以进一步完善被动式超低能耗建筑工程质量管理体系，引导被动式超低能耗建筑产业高质量发展。

此次提出的 25 条措施，从“入口”到“出口”，“入口”包括源头管理阶段、设计审图阶段、施工准备阶段，共有 9 项措施，明确了被动式超低能耗建筑工程项目审批阶段

各监管部门职责，突出工程功能化设计，明确施工图涵盖内容和施工图审查重点内容，规定项目施工前应组织专项设计评价、要加强工人培训等。“出口”包括验收评价、销售交付、后评估 3 个阶段，共有 7 条措施。据了解，河北省通过政策支持、完善标准等措施，被动房超低能耗建筑建设取得较快发展，到目前，全省累计建设超低能耗建筑项目 84 个、建筑面积 368.6 万平方米，其中竣工项目 24 个、56.7 万平方米，在建项目 60 个、311.96 万平方米。

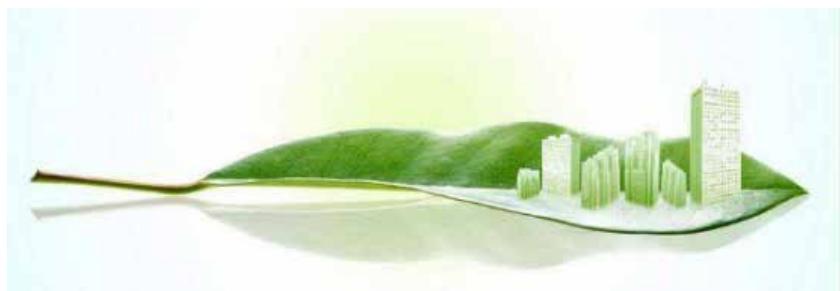
2025 年底河北省建筑能耗碳排放力争减少近 10 万吨

近日从河北省发改委获悉，“十三五”以来，河北省持续加大被动式超低能耗建筑推广力度，节能减排取得显著成效。

据悉，河北省是全国最早推广被动式超低能耗建筑的省份。经过多年探索，河北省被动式超低能耗建筑的示范规模逐步扩大，到 2019 年底累计建设项目 67 个、316.5 万平方米，其中竣工 22 个、55.5 万平方米，建筑规模全国领先，根据测算，河北省公共建筑、居住建筑被动房节能率分别达到 92.7%、

89.1%，与现行建筑节能标准相比，每万平方米年节能量分别为 133 吨标准煤、35 吨标准煤。项目全部投运后，年可实现节能约 1.65 万吨标准煤，减少二氧化碳排放 3.36 万吨。

预计，按照《河北省被动式超低能耗建筑产业发展专项规划（2020-2025 年）》，到 2025 年底，河北省被动式超低能耗建筑建设项目面积将达到 900 万平方米以上，年可实现节能量近 5 万吨标准煤，减少二氧化碳排放近 10 万吨。



重庆全面推进城镇老旧小区改造

日前，重庆市印发了《重庆市全面推进城镇老旧小区改造和社区服务提升专项行动方案》（简称方案），就老旧小区改造范围、改造内容等作出规定。

根据方案，城镇老旧小区改造和社区服务提升实施范围为 2000 年以前建成的，房屋失养失修失管、市政配套设施不完善、社会服务设施不健全、居民改造意愿强烈的，位于城市及县城（中心城区）的住宅小区（含独栋住宅楼）和社区。

重庆市将在基本完成 2019 年度已启动 1100 万平方米改造提升任务的同时，力争 2020 年再启动 3000 万平方米。到 2022 年，形成更加完善的长效工作机制和制度政策体系，按照“实施一批、谋划一批、储备一批”的原则，有计划持续滚动推进全市 1.02 亿平方米改造提升任务全面实施。

2020 年黑龙江省“秸秆燃料”生产能力全国居首

为深入开展秸秆替代散煤行动，近日，全省农村清洁取暖技术装备展示宣传周在哈尔滨市农村能源示范基地启动。

截止到目前，黑龙江已建设不同规模的秸秆压块站 1300 处，秸秆固化成型燃料年生产能力达到 600 万吨左右，居全国首位，安装户用生物质炉具 12 万台，建设秸秆直燃锅炉供热项目 46 处。

在“农村清洁取暖技术装备展”上重点展览展示农村生物质取暖、生物质供热锅炉和炉具等，省内外 25 家清洁能源装备制造生产经营企业参展，现场展示各类设备 100 多台套。

大连市已有绿色建筑面积 1801 万平方米

自 2019 年 8 月 1 日起，为加快推进居住建筑 75% 节能标准的实施，印发《关于执行住房和城乡建设部行业标准 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准（JGJ26-2018）的通知》，大连行政区域内新立项的居住建筑执行此标准，实现新建居住建筑节能 75% 目标。

为深入贯彻落实《辽宁省绿色建筑条例》，出台《大连市人民政府办公室关于贯彻落实 辽宁省绿色建筑条例 的实施意见》（大政办发〔2019〕69 号），下发《关于印发 2019 年度绿色建筑工作绩效考评办法 的通知》（大住建发〔2019〕33 号），要求各级政府及市直各有关部门完善工作机制，强化施工图检查

和施工现场检查。

自 2019 年 7 月 1 日起，中山区、西岗区、沙河口区、甘井子区及高新区所有新建民用建筑项目全面执行二星级及以上绿色建筑评价标准，有效提升大连市绿色建筑水平。截至 2019 年底，全市已有绿色建筑面积 1801.73 万平方米，其中 2019 年新增绿色建筑面积 302 万平方米，与全市当年新建建筑面积比例达到 100%，超额完成省政府提出的 90% 考核指标；共有 40 个项目获得绿色建筑设计标志，其中二星级项目 12 个、一星级项目 22 个、三星级项目 6 个；3 个项目获得运营标志，其中二星级项目 1 个、一星级项目 2 个。

山东投入 25.6 亿元改造老旧小区

近日，山东省级财政多渠道筹集 2020 年资金 25.6 亿元，支持全省（不含青岛）改造城镇老旧小区 4476 万平方米，惠及居民 47.5 万户。这是山东省有关部门发布的消息。

据介绍，山东为吸引更多社会资本参与老旧小区改造，今年确定 50 个中央和省级项目，启动了老旧小区改造“4+N”筹资模式试点。“4”即创新老旧小区 4 种改造方式和筹资模式：一是大片区统筹平衡模式，把一个或多个老旧小区与相邻的旧城区、棚户区、旧厂区等项目捆绑统筹，生成老旧片区改造项目，实现自我平衡；二是跨片区组合平衡模式，将拟改造的老旧小区与其不相邻的城市建设或改造项目组合，以

项目收益弥补老旧小区改造支出，实现资金平衡；三是小区内自求平衡模式，在有条件的老旧小区内新建、改扩建用于公共服务的经营性设施，以未来产生的收益平衡老旧小区改造支出；四是政府引导的多元化投入改造模式，充分发挥财政资金引导作用，通过投资补助、项目资本金注入、贷款贴息等方式，带动专营单位、小区居民、原产权单位等出资，撬动银行机构、基金公司、民间资本跟进投入，统筹政策资源，拓宽资金渠道。在此基础上，鼓励各地结合实际探索“N”种模式，引入企业参与老旧小区改造，吸引社会资本参与社区服务设施改造建设和运营等。

2020 年淄博市冬季 清洁取暖实施方案

近日，《淄博市 2020 年冬季清洁取暖实施方案》明确，按照国家四部委批准的清洁取暖试点城市实施方案要求，2020 年全市完成 12.45 万户清洁取暖改造任务，实现平原地区清洁取暖基本全覆盖。

用户侧能效提升方面，2020 年年底完成农房能效提升 2.82 万户、城区建筑能效提升 141.4 万平方米，有效降低用户取暖能耗，提升取暖效果。

在补贴政策方面，对列入 2020 年冬季清洁取暖改造任务的用戶和项目，继续按照淄博市 2017 年、2018 年、2019 年清洁取暖实施方案明确的补贴政策执行。

2020 年山西推动 建设领域企业技术创新

近日，在山西省住房和城乡建设厅出台住房和城乡建设领域企业技术创新发展工作方案。

根据方案，山西省全面推动大型建筑业企业（营业收入和资产总额达到 8 亿元及以上）和规模以上供热、供水、供气生产供应企业（营业收入 2000 万元及以上）等重点企业开展技术创新活动，着力培育一批以科技创新为核心竞争力的科技领军型企业。

鼓励企业围绕工程建设信息化、绿色化、工业化、高质量发展要求，采用高效节能的新技术、新材料、新工艺和新设备，综合运用绿色建筑、超低能耗等技术，加大建筑业 10 项新技术应用，实施一批绿色建筑创新项目。

陕西省棚户区改造 新开工 1 万余套 占年度计划的 70.57%

7月21日，陕西省住房和城乡建设厅召开2020年上半年全省住房保障工作点评会。截至6月底，陕西省棚户区改造新开工1.0585万套，占年度计划的70.57%；棚改基本建成0.6463万套，占年度计划的85.01%；发放租赁补贴3.0229万户，占目标任务的76.97%，总体进展好于去年同期，保障性安居工程完成投资63.68亿元。

今年上半年，陕西省住

房和城乡建设厅会同有关部门认真审核各地项目计划，确定2020年棚改新开工计划1.68万套。并进一步加强棚改资金支持及管理，积极向国家争取棚改专项债296亿元，重点支持棚改续建项目，会同省发改委、省财政厅下达棚改基础配套资金9.9288亿元。下半年，全省住房保障部门将坚持问题导向，紧盯年度计划，确保完成目标。

福州今年装配式建筑开工面积达 218 万平方米

近日，福建省福州市城乡建设局透露，今年年初至今，福州全市装配式建筑共开工项目38个、面积218万平方米，走在全省前列。

据悉，福州将推进装配式建筑建设作为实现建筑业转型升级、城市建设绿色发展的重要抓手，积极推动装配式建筑项目开工，健全产业链条，提升装配式建筑品质。自出台《关于加快推进建筑产业现代化工作有关事项

的通知》和《关于加快发展装配式建筑的实施意见》以来，福州装配式建筑开工面积连续3年位列全省第一。

福州市城乡建设局大力推动装配式建筑产业基地落地，目前有装配式混凝土结构产业基地6个，其中国家级示范基地3个，设计产能达105万立方米/年；装配式钢结构产业基地7个，其中国家级示范基地1个，设计产能达36万吨/年。

大型清洁供暖大温差 项目落地河北石家庄

近日，由国家电投东方能源热力公司投资建设的清洁供暖大温差供热项目落地河北省石家庄市，并进入设备吊装关键阶段。该项目为国内最大装机容量及最大单机补燃型机组，今冬采暖季，省会市民将可享受到大温差机组提供的清洁取暖，供热质量进一步提高。

2019年至2020年采暖季结束后，根据石家庄市供热规划，决定在新华区投资2.17亿元建设清洁供暖大温差改造项目。

项目建设过程中，该公司创新应用补燃型大温差机组这一能源领域新技术，建设1座中继能源站和16台57.2兆瓦机组，设备选型、工艺系统设计、管网布置与管道敷设等方面，全部采用节能、环保的材料和工艺。当前正在进行设备吊装、设备基础整体浇筑等工作，整体工程预计于9月30日完工。项目建成投产后，供热面积达2024万平方米，将为新华区267家热用户提供供热服务。

广西今年全区新建绿色建筑占比要达 50%

日前，从广西壮族自治区住房和城乡建设厅召开的2020年全区建筑节能与建设科技工作会议暨民用建筑能耗统计培训视频会议获悉，今年全区将全面推动绿色建筑高质量发展，确保到2020年底，全区城镇绿色建筑占新建建筑面积比重达到50%。

据介绍，2019年，广西绿

色建筑发展取得显著成效，全区新增绿色建筑面积2538.06万平方米，绿色建筑占新建建筑比例达到49.15%，同比提高了约28个百分点；全区城镇新建建筑全面执行节能强制性标准，新建节能建筑面积5163.61万平方米，折合节能量约88.44万吨标准煤。全区14个设区市均已建立公共建筑能耗监测平台，

265栋公共建筑纳入省级能耗监测平台进行动态监测，覆盖建筑面积约647万平方米。

今年全区将加快推进建筑节能提质增效，《居住建筑节能65%设计标准》《公共建筑节能65%设计标准》已正式实施，全区城镇新建建筑由节能50%强制性标准提升至节能65%强制性标准。

贵州城镇老旧小区改造项目提速提效

近日，贵州省全面开展工程建设项目审批制度改革工作领导小组办公室印发的《贵州省城镇老旧小区改造项目审批指导意见（试行）》提出，要精简城镇老旧小区改造项目立项、用地、规划、施工、验收等审批手续，优化申报材料，压缩审批时限，提高审批效率，扎实推进全省城镇老旧小区改造。

意见明确了城镇老旧小区改造范围及内容，并将城镇老旧小区改造主要分为基础类改造、完善类改造、提升类改造3类。其中，基础类改造总审批时限不超过15个工作日、完善类改造不超过18个工作日、提升类不超过23个工作日。

据了解，2020年贵州省共有305个小区纳入改造计划，涉及5.96万户城镇居民。意见提出，要优化招投标程序，对建设内容明确、技术方案成熟的项目，建议采用工程总承包方式。要采用清单管理，改造清单包，自选项目，勾选符合实情的组合改造清单。要实施“清单制+告知承诺制”。要改革施工图审查，取消城镇老旧小区基础类、完善类及提升类改造项目施工图设计文件审查，实行勘察单位、设计单位和勘察人员质量终身责任制。要简化电梯加装审批手续。要完善城镇老旧小区改造工程消防技术标准，执行现行国家工程建设消防技术标准。要将城镇老旧小区改造项目审批纳入工程建设项目审批系统，实现统一审批流程、统一数据平台、统一审批管理体系、统一监管方式。

青海省老旧小区改造力争10月底前全部开工

日前从青海省住建厅获悉，今年上半年，青海省城镇老旧小区新开工项目180个19448户，涉及改造面积152.6万平方米，其他项目正在办理项目手续等前期工作，力争10月底前，今年下达的老旧小区改造项目全部开工。

今年，青海省全力推进老旧小区改造工作，省住建厅会同省发改委、省财政厅等部门联合印发《关于下达全省2020年城镇老旧小区改造计划的通知》，共落实城镇保障性安居工程中央补助资金16.66亿元，

其中，城镇老旧小区改造补助资金11.9亿元。此外，落实城镇老旧小区改造省级补助资金2.5亿元。

为确保老旧小区改造有力有序，省住房和城乡建设厅将进一步拓宽思路，引导各地通过项目打捆等方式创造条件，探索通过发行老旧小区专项债券方式加大资金筹集力度，全面提升改善老旧小区和周边环境。积极配合发改委、财政部门加大专项债券的发行力度，力争符合发行条件的项目资金有保障。

青海开展城镇供热“冬病夏治”工作

为补齐供热管理短板、提升供热保障能力，青海省住建厅早安排、早部署，利用夏秋季供热间歇期有利时节，开展城镇供热“冬病夏治”工作，为今冬明春城镇供热夯实基础，让责任落实更到位、让问题整改更彻底、让供热保障更有力。要求各地城镇供热主管部门以人民为中心，坚持问题导向，全面开展“冬病夏治”工作，重点围绕本地区上个采暖季存在的突出问题、难点问题，进行全面排查梳理。压实城镇供热（物业）企业供热主体责任，制订工作方案，切实推动供热主要问题有效解决。

针对供热设施跑冒滴漏、管道堵塞严重、热用户室内温度不达标、供热系统不稳定、热源得不到保障等问题进行排查，建立问题台账，细化整改内容和措施，将工作落实到具

体责任单位、责任人，强化过程管理，确保整改落实到位，不将问题带入今冬供热采暖期。严格落实国家供热“先立后破”要求，严格执行国家和青海省设计、施工、验收备案规定，避免影响今冬明春正常供热。在城镇热电联产集中供热规划区和城镇既有集中供热覆盖范围内，新建建筑供热实行并网入网管理。

进一步强化城镇天然气保供责任，督促城镇燃气经营企业加快与上游供气企业和下游城镇供热（物业）企业签订年度供用气合同，落实“以供定需”、“以气定改”要求，实行年度天然气用户发展计划管理，督促城镇供热（物业）企业做好天然气、煤炭等能源储备、应急准备工作，保障冬季群众采暖需求。

格力中央空调再添新实力样板，中标华中面积最大主会场

继长沙马栏山视频文创园能源站之后，格力中央空调再斩获长沙国际会议中心项目，为我国大型公共建筑节能降耗、保驾护航。长沙国际会议中心位于长沙高铁新城，总建筑面积达17万平方米，地上三层，地下一层，主体钢结构总用钢量超北京鸟巢。这座对标G20峰会杭州馆、上合峰会青岛国际会议中心等地标项目而规划建设的高端会议中心，建成后将成为长沙又一地标性建筑，同时也将是我国华中地区面积最大的主会场。

值得一提的是，具有“长沙名片”之称的国内一流综合性场馆——长沙国际会展中心使用的同样是格力中央空调。展馆共采用了4台2000RT的格力高压离心机组和146台格力组合式空调机组，总冷量高达28136KW！由于国际会展中心也坐落在长沙高铁新城，两“中心”的距离只有一路之隔，形成联动，加之格力中央空调高效环保地强势助力，实现了会议展览与城市的有机结合，为湖南两型社会建设注入了“绿色动力”。



开利中国为杭州奥体场馆提供可持续解决方案

日前，开利空调销售服务（上海）有限公司被选为2022年杭州亚运会奥体中心主体育场及奥体三馆等一系列项目的供应商。合同包括奥体中心主体育场的高效水源热泵主机、末端和群控项目，以及奥体三馆的全部新风机组末端设备。开利中国隶属开利公司（NYSE: CARR），是全球创新型暖通空调、冷冻、消防、安全和楼宇自动化技术的杰出供应商。

第19届亚洲运动会将于2022年9月10日至25日在中国浙江省杭州市举行。奥体中心主体育场将举办杭州亚运会的开、闭幕式，同时也是田径主赛场。客户要求空调系统方案须满足住房和城乡建设部公布的“绿色建筑”三星级标准，以确保实现高效节能。在2015年，开利就已经为该场馆提供了高能效的30XW水源热泵机组，高稳定性的39G组合式空气处理机组以及数百台42CE风机盘管，加上开利高匹配性的群控系统，展现了超强的节能运行控制能力。在此次招标中，开利再一次被选为奥体三馆的设备供应商。



色建筑”三星级标准，以确保实现高效节能。在2015年，开利就已经为该场馆提供了高能效的30XW水源热泵机组，高稳定性的39G组合式空气处理机组以及数百台42CE风机盘管，加上开利高匹配性的群控系统，展现了超强的节能运行控制能力。在此次招标中，开利再一次被选为奥体三馆的设备供应商。

美的中央空调中标武汉地铁16号线（汉南线） 全线13个站点

美的中央空调近日传来捷报，凭借着高效节能稳定可靠的核心技术，在众多竞标品牌中脱颖而出，美的中央空调再次中标轨道交通项目，助力如火如荼的城市复苏。据悉，美的中央空调为武汉地铁16号线（汉南线）全线13个站点共提供MDVS多联机组2600匹，末端设备64套。

此次中标的美的MDVS多联机组，搭载“MAi全变频准二级压缩技术”，被双院士鉴定为国际领先，突破行业技术瓶颈，带来多联式空调系统的全方位优化和更新，实现多联机产品在节能、



舒适、智能三大领域的全面升级，并创造出行业多项技术第一，拥有4+1的强大技术优势，4即为超高能效、超低温制热、行业最大组合容量、智能清洁与GPRS定位，1为跨界灵感的精美外观，是美的中央空调的拳头产品。此次中标武汉地铁16号线，更有着里程碑式的意义，助力疫情过后的武汉焕发出新的生机。

“寓医于乐”，麦克维尔空调中标福建省儿童

近日，麦克维尔 153 台组合式空气处理机组成功进驻福建省儿童医院（区域儿童医学中心），该项目是福建省百个“重中之重”项目之一，总建筑面积 22.69 万平方米，总投资 27.76 亿元，规划床位 1000 张。该项目按照三甲医院标准建设，包括门急诊楼、住院楼、医技楼、科研教学楼、医学中心等，是一座集医疗、预防、保健、康复、科研、教学于一体，具有国际水平的现代化儿童医院。

由于医院规模较大、科室众多、系统设计复杂，对于系统的新风处理机节能性有很高的要求。同时，儿童医院洁净病房对于空气处理机组及其过滤系统有更严格的要求，不仅要求具备稳定的空气净化功能和温湿度精确控制，还要有效



控制细菌滋生，避免空调设备对室内空气造成“二次污染”，对于空调设备可靠性要求较高。麦克维尔凭借着过硬的产品品质和系统解决方案赢得了该项目，此前已成功服务众多妇幼保健院，包括福建省妇幼保健院、福州市儿童医院、内蒙古妇幼保健院、呼和浩特妇幼保健院、江苏省妇幼保健院、太原妇幼医院、上海儿童医院、深圳妇幼保健院等。

健康加码，海信中央空调全健康空气研究中心成立

7月7日，“海信中央空调全健康空气研究中心”成立大会暨 5G 全健康中央空调托幼机构空气品质监控与改善课题研究研讨会在广州隆重举行。该研究中心由青岛海信日立空调系统有限公司与广东省室内环境卫生行业协会共同发起筹建。

海信的 5G 全健康中央空调自 2019 年 9 月份正式上市以来，以其在健康技术以及在智慧控制领域的领先性，迅速成为第 4 代 5G 智慧中央空调的领跑者。可以看到，海信 5G 全健康中央空调，目前已经落地 265 个城市，走进 5619 个用户家庭，在第 4 代产品中的占有率超过 70%，也是 2020 年截至目前销售额过亿单品。



托幼机构的室内空气质量，看来已经成为每个家庭都需要关心的问题，而且从长远来看，这也关系着我们祖国的未来。此外本次会议还就 5G 全健康中央空调托幼机构空气品质监控与改善研究进行了更加深入的探讨，并正式启动该研究课题。会议期间钟南山院士隔空发来寄语，表达了海信中央空调全健康空气研究中心成立的热切祝贺以及对其未来发展深切期待与厚望。

科龙中央空调山西垣曲县六标段

近日，科龙商空旗下空气源热泵热风机成功中标。科龙商空作为海信集团旗下品牌，在数次投标过程中，以过硬的产品质量和品牌实力强势中标！

本次中标地为山西运城垣曲县，“国家绿色能源示范县”、“国家两基工作先进地区”、革命老区，辖区年均气温 13.5℃，年均降水量 631 毫米，无霜期 230 天，素有“十里不同天”的说法。全县下辖 11 个乡镇、188 个行政村、1277 个自然村，总人口 23.5 万。垣曲县煤改电总量 4800 户，共 15 个标段，科龙中央空调本次中标垣曲县六标段，预计 2020 年 10 月 15 日前完成安装，10 月 30 日前，工程全部完成安装调试工作！

此前，科龙中央空调已先后斩获山东济宁煤改电项目、河北河北省邯郸市峰矿区、河北省邯郸市魏县、河北省邯郸市成安县、河北省邯郸市大名县、河北省邯郸市广平县、河北省邯郸市曲周县煤改电项目！垣曲县项目为 2020 年 4 月份至今，科龙中央空调全国范围内第 8 次中标！也是 2020 年，山西省煤改电首标。



盾安中央空调再添一项国际先进成果

日前，中国工业机械联合会在广州市组织召开关于轨道交通车站空调系统的科技成果鉴定会。为解决我国轨道交通车站环控运行能耗高，环控水平低的行业难题，盾安环境携手广州地铁集团，共同发起科研攻关，成立轨道交通地下车站高效环控系统建设与能效保持关键技术研究团队，于2019年在广州市轨道交通车站14#线嘉禾望岗站成功进行示范，并首次在行业内推出全新的轨道交通车站高效环控及能效保持系统。该示范车站环控系统设备由2台螺杆冷水机组、10台空调机组、2台冷却塔、3台冷冻水泵、3台冷却水泵、2台小新风机、3台回排风机组成，该配置适用于典型的城市轨道交通车站。

鉴定委员会权威专家一行考察了现场，听取了汇报，审查了相关资料，经国家压缩机制冷设备质量监督检验中心检测，车站环控系统能效比4.32，鉴定委员会认为，该项目成果达到国际先进水平，具有推广应用价值，有显著的经济和社会效益。该项目的研发与落地，标志着我国地铁通风空调系统节能运行进入一个新的阶段，进一步推动我国制冷领域能效等级提升，为我国节能减排绿色事业做出贡献，为保护自然资源、生态环境起到积极作用。



海尔磁悬浮成功中标华西爱琴海购物公园

近日，海尔磁悬浮中央空调凭借高效节能、稳定可靠、智能操控等诸多优势成功中标内江爱琴海购物公园，为其打造“都市的假日中心”保驾护航。四川内江传化广场爱琴海购物公园总建筑面积约14万平方米，是一个具有商业活力和消费魅力的体验型购物中心，同时也是连接内江老城区与高铁站的必经之路。

建成后爱琴海购物公园将成为“都市的假日中心”，由于该项目属于新建项目，项目方对设

备运行的安全性、稳定性、节能性等要求极高。在了解到项目方需求后，海尔中央空调反复与项目方沟通，多次修改解决方案，并邀请项目方负责人对多地的样板工程进行实地考察。

通过项目方考察，不仅亲身感受了海尔磁悬浮中央空调节能稳定、静音运行、智慧控制等强大功能，更在考察结束后于众多国外品牌竞争中，选择了海尔。目前，海尔通过差异化的解决方案，磁悬浮中央空调已在全球八大行业树立了3000+样板工程。



顿汉布什再次助力隆基集团布局嘉兴

近期，隆基集团嘉兴生产基地落建，顿汉布什一如既往提供了中央空调设备支持。作为全球生产规模最大的单晶硅产品制造商，隆基集团总部和硅片事业部总部均位于陕西西安，并以西安为中心进行产业布局和优化，包括宁夏银川和中宁、江苏无锡、云南楚雄、保山和丽江等地，而作为长期合作伙伴，顿汉布什足迹也遍及隆基集团各大生产基地。

隆基集团在嘉兴投资建设年产5GW单晶组件项目，投资金额约22亿元。项目建设地点为

嘉兴秀洲高新技术产业开发区内，计划2020年开始逐步投产。隆基集团嘉兴工厂的建设投产符合公司未来产能规划的战略需要，可以有效提升单晶组件的产能，进一步提高单晶市场份额。

由于行业特殊性，单晶硅棒/硅片生产工厂对空调机组的温度要求极为苛刻，为此顿汉布什根据客户需求提供了数台离心机和螺杆机，以供工厂所需。自2010年，顿汉布什首次与隆基集团合作以来，十年间，顿汉布什几乎参与了隆基集团所有海内外生产基地的建设。

海林节能服务南京新城大厦节能改造项目

近期，海林节能助力南京新城大厦完成节能改造项目，创建节约型机关。整体改造完成后，新城大厦综合节能率提升 15%，成为绿色机关标准示范样板、党政机关单位创建学习的标杆。新城大厦地处南京奥体中心，是中心区建筑群中最重要的部分，新城大厦市级机关集中办公区建筑面积 26 万平方米，入驻机关单位 30 余家。

新城大厦积极响应国家公共机构节能建设的一系列政策措施，从大厦全局、全区域高度，推进节能改造工程。整体改造项目包括数据机房空调改造、供配电系统智能化控制、照明系统改造、食堂灶具改造、能耗分类分项计量、中央空调智能控制系统更新、综合能源管理平台运行等



7 大节能技改分项落地落实。

海林节能凭借在国内暖通自控领域 21 年的探索和引领，以及先进的技术和优质的产品，成为改造项目暖通自控设备供应商，为新城大厦安装部署了 HL7031 系列无线 LoRa 温控器、

HL8102 系列比例积分型温控器及网关等产品。实时监测控制室内温度，保持舒适健康的环境，有效降低能源消耗，使中央空调系统实现节能高效运行，项目现已完成竣工验收，进入正常运行阶段。

元亨冷却塔服务全球唯一悬浮于深坑之上的“欢乐王国”

近日，“大王山—湘江欢乐城”开园，元亨以节能节水、静音环保、高效可靠的冷却技术助力“冰雪乐园”。湘江欢乐城，位于湖南长沙市岳麓区潭州大道，总占地约 1.6 平方千米，总建筑面积约 50 万平方米，涵盖欢乐雪域、欢乐水寨、欢乐海洋、欢乐天街、湘江女神公园、桐溪湖和欢乐广场等景点，是湖南省首个世界级特大旅游综合体、“两型”建设标杆及文旅产业龙头、世界上唯一悬浮于深坑之上的“欢乐王国”。

如此复杂巨大的项目工程，还要能够体验“冰火两重天”，欢乐雪域对于工艺要求十分严格需要常年供冷，而欢乐水寨有全年热水的需求，需要具有高效、



节能、节水、低噪、稳定等优异性能的产品。元亨节能节水型冷却塔因其高效、节能、可靠的性能，绿色先进的产品技术在众多竞品中脱颖而出，最终成功中标。

未来，元亨将会持续发力，以更突出的产品优势和优质服务，为更多用户提供专业化、定制化的解决方案，服务应用于更多的领域。

国际资讯 International News

西班牙能源公司支持热泵发展

西班牙空调设备制造商协会 AFEC 将与西班牙的电力供应商合作，推广热泵。

据西班牙电力公司协会 AELEC 说，在冠状病毒封锁之后，西班牙的经济复苏必须考虑在之前所作的承诺，并努力实现《欧洲绿色协议》和《国家能源和气候综合计划》(PNIEC) 中的规定目标。

AELEC 代表西班牙供应商 EDP、Endesa、Iberdrola、Naturism 和 Viesgo。

该协定将包括联合协作项目、分享协同作用和信息，以及热泵的联合分析、研究、传播和推广行动。

非洲经合组织总干事兼秘书长 Pilar Bud í 说，“热泵是脱碳政策的关键，同时有助于实现欧洲在能源效率、利用可再生能源和减少二氧化碳排放方面的目标。这项技术还在系统电气化和逐步减少化石燃料的使用方面发挥着重要作用，有助于可持续性”。

AELEC 总干事 Paloma Sevilla 强调，“高能耗部门的电气化对于实现能源过渡的目标至关重要。热泵的引入将使我们能够提高能源效率，同时不忘这种劳力密集的活动将通过创造高质量的就业机会促进经济复苏”。

IEA：欧盟 2020 能源政策审查

在过去五年中，欧盟（EU）在完善电力和天然气的内部市场，促进能源效率行动，可再生能源部署，减少温室气体（GHG）排放以及增强碳价信号等方面取得了重大进展。2019 年，欧盟提出了《欧洲绿色协议》（EGD），这是未来五年各行各业的 50 项行动计划，旨在使欧盟经济在 2050 年之前实现气候中和。

国际能源机构（IEA）对欧盟能源和气候政策的深入评估了过去五年中取得的进展，并回顾了欧盟经济复苏和气候中和的背景下促进能源部门行动的机会。

结合欧洲复苏计划和欧盟预算，EGD 是欧盟利用短期和长期



行动来实现欧盟经济的清洁，弹性和公正复苏的绝佳框架。EGD 有潜力在未来五年内快速进行长期脱碳所需的投资和技术进步，以逐步缓解减排工作。最后并非最不重要的一点是，EGD 是一个机会，它可以在促进工业转型，在技术的共同框架内，在 2030 年之后的整个欧盟范围内，跨欧盟和跨部门实现具有成本效益，安全且有指导性的过渡，以提高欧盟政策的一致性。

今年全球碳排放量 将减少约 7%

据新加坡《联合早报》报道，英国研究人员日前在科学杂志《自然气候变化》上发表论文称，如果今年内各国继续限制人员流动，二氧化碳排放量将减少约 7%。

据了解，该论文按照不同领域进行了分析，并将今年 4 月 7 日迄今全球 CO₂ 减排量最大日，与上年的平均值进行比较，发现占排放总量两成左右的海陆交通领域的减排幅度平均锐降了 36%，这说明减少人员流动可对节能减排做出贡献。

根据该论文的统计，今年迄今为止，全球电力领域的排放量减少了 7.4%、产业减少 19%、航空减少 60%。论文指出，如果全球推进经济活动重启，排放量在一定程度上的反弹不可避免，但只要想办法，反弹幅度就能压低。比如，采用远程方式居家办公可以减少工作人员的通勤次数，进而减少使用交通工具，从而能够减少排放温室气体。

然而，气候变化分析机构 Carbon Brief 指出，根据去年底联合国环境规划署（UNEP）的报告，要达成《巴黎协定》中提出的“全球平均气温仅比工业革命前高 1.5 °C”的目标，2030 年之前，全球需要每年减排 7.6%。也就是说，此次英国研究人员预测的减排幅度需要再保持 10 年，“这种大幅减排的情况很难持续 10 年”。

Carbon Brief 在其网站上撰文表示：“如果仍按照以往的做法，排放量的减少只是暂时性的，转向实质零排放的步伐依然会十分缓慢。”

英国 CDP 报告指责空调公司没有创新

一份新的报告声称，领先的空调和冰箱制造商被指控未能创新或使最新技术广泛应用。

这份报告来自英国的 CDP，这是一家非盈利性慈善机构，负责管理投资者、公司、城市、州和地区的全球信息披露系统，以管理其对环境的影响。

CDP 对包括大金、特灵、三星、松下和伊莱克斯在内的 18 家公司的制冷业务效率、排放和低碳创新进行了排名。报告称，该公司发现，公司总体上没有创新或使用最新技术，平均 2.2% 的销售额用于研发，这远远低于资本货物平均 3.5% 的水平。

特灵科技、LG 电子和三菱电机在气候相关指标方面领跑制冷行业，中国制造商志高和印度 Blue Star 公司落后。

这份名为“酷毙了”的报告：哪些冷却企业准备好迎接低碳转型？，声称大多数公司的可持续创新只能带来增量的效率提升，并指出 60% 的专利申请集中在压缩机设计上，而压缩机设计本质上是增量的。

产品效率也有很大的差异，分析表明，在最低能源性

能标准和最佳可利用技术之间的差距平均为 58%。

展望未来，它声称只有四家公司制定了到 2050 年在整个价值链中减少排放的目标。日立和三菱电气的目标是减少 80%，而大金工业和伊莱克斯的目标是实现净零排放。

CDP 投资者研究部主管 Carole Ferguson 说：“令人震惊的是，有多少公司在与气候相关的机遇指标上得分很低，这表明作为一个集团，几乎没有或根本没有什么有意义的创新。”。“这是由他们的研发支出、专利申请和资本支出/销售比率等财务指标支撑的。”

基加利冷却效率计划（K-CEP）的执行董事 Jess Brown 评论说：“冷却行业公司知道他们需要逐步淘汰和减少高污染的 F- 气体，以遵守基加利修正案。同时，提高冷却技术的能源效率也带来了更大的减排机会。

“这份报告揭示了已经在进行的商业领导，但同时也表明，如果世界上最大的制冷行业公司要为应对气候危机做出适当的、急需的贡献，他们还可以做更多的工作。”

Covid-19 测试了欧盟的弹性和清洁能源转型

到 2020 年，由于 Covid-19 健康危机，欧盟面临着 7-10% 的经济下滑。危机持续的时间越长，对经济（包括能源行业）的影响就越大。维护能源安全至关重要，因为能源部门对于公民和经济的健康至关重要，需要继续运转。欧盟能源部门的物理弹性很强，但是其财务弹性却承受着巨大压力。

在航空，公路运输和工业活动急剧减少的情况下，欧盟能源部门的能源需求和供应下降，CO2 排放量和空气污染水平降低。

2020 年第一季度，欧盟的煤炭需求下降了 20%，可再生能源的比例达到了历史最高水平，其中煤炭，天然气和核能的发电量有所下降。整个 2020 年，欧盟的能源需求预计将比 2019 年的水平低 10%，这将是 2008 至 2009 年金融危机期间下降的两倍。2020 年第一季度，欧盟与能源有关的 CO2 排放量与 2019 年同期相比下降了 8%。

尽管这些趋势可以使欧盟实现其 2020 年可再生能源和能源效率的目标，但不应因此而自满。与 2019 年相比，2020 年可再生能源投资将下降三分之一，这对于欧盟来说将是历史性的下降，尤其是太阳能光伏发电量下降 50%。

在全球商品价格非常低的支撑下，排放和能源使用的反弹预计将很高。能源部门生产和使用占欧盟温室气体排放量的 75%，因此需要努力减轻整个经济领域的反弹，包括建筑物热力供应，工业和运输领域。



热点
聚焦

Spotlight

CAHVAC 绿色暖通与健康建筑 暖通大讲堂

CAHVAC 暖通大讲堂 | 第二季“绿色 暖通与健康建筑”主题直播活动回顾 (下)

本刊编辑部

2020年4月22日~7月15日，历经近两个月的时间，CAHVAC 暖通大讲堂第二季顺利收官，本季共邀请到了25位国内暖通空调领域知名专家、学者及企业代表，他们分别从绿色

建筑中的暖通空调设计、绿色健康人居环境、从热舒适理论看室内环境发展方向、蒸发冷却技术创新应用及发展、空调清洗行业现状及发展、近零能耗建筑性能分析以及建筑能耗模拟在绿色暖

通设计中的应用和煤改电产品中的应用等等业界关心的问题进行了多方位、深层次的分享和交流。现将本季大讲堂的内容做一精彩回顾，以飨读者。



第 7 期 《蒸发冷却技术创新应用探讨》

主讲嘉宾：何华明

澳蓝（福建）实业有限公司总工程师。长期从事中央空调制冷设备、空气处理设备、空气源热泵及蒸发式冷气机的研发、生产和应用工作。先后参与国家科

技部重点研发子课题 1 项、省级科研课题 4 项、参编国家标准 2 项及行业标准 1 项，获得 6 项发明专利，21 项实用新型专利。

特邀主持：黄翔

西安工程大学二级教授。CAHVAC 理事，中国制冷学会空调热泵专业委员会委员。中国蒸发冷却通风空调技术领域学科技术带头人之一。结合我国西北地区气候条件的特征开展了利用干

空气可再生能源的蒸发冷却通风空调技术的研究。主持和承担国家重点研发计划课题、国家自然科学基金项目、地方政府项目、企事业单位委托科研项目 30 余项。



摘要：

蒸发冷却技术被称为零费用制冷技术，在电力、轨道交通、数据中心以及民用建筑等领域得到了广泛的应用，对制冷空调技术可持续发展和节能减排起着重要的作用。报告对行业关心的直接蒸发冷却、露点间接蒸发冷却及行业标准规范进行了详细讲解，还就敦煌机场附属楼、阿拉山口综合保税区汽车展厅等工程实例及蒸发冷却国家标准规范进行了重点说明。

第 8 期 《中深层地埋管供热技术应用研究》

主讲嘉宾：李骥

中国建筑科学研究院环能院热泵与蓄能研究中心副主任，高级工程师，博士。中国建筑节能协会地源热泵专业委员会副秘书长。主要研究以区域能源规划与设计、建筑能耗与环境模拟、公共建筑能效提升、低能耗建筑优化分析以及暖通空调系统设计等工作。参与了“十一五”、“十二五”及“十三五”国家科技攻关多项课题和《蓄冷空调技术规程》、《地

源热泵系统工程技术规范》、《区域供冷供热系统应用技术规程》、《既有建筑绿色化改造实施指南》等多项国家标准和行业规范的编制。参与了中新天津生态城、青岛海泉湾、长沙滨江 B 能源站、贵阳中天未来方舟、雁栖湖会议中心等近百个项目的区域能源规划、可行性研究、方案制定以及能源站设计工作。



特邀嘉宾：张建忠

南京市建筑设计研究院有限公司副总经理，暖通总工程师，教授级高级工程师。CAHVAC 副理事长，中国制冷学会空调热泵专业委员会副主任委员。先后主持完成“吹吸式通风特性研究”、“空气源热泵型冷热水机组应用及其空调系统特性研究”等科研课题。负

责完成数十项重大项目暖通空调专业设计以及多项可再生能源应用项目工程设计。主编完成“江苏省地源热泵系统工程技术规程”，参编《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇》等多项国家标准和行业规范。



摘要：

地热能是清洁、经济、可持续利用的能源，科学开发利用地热能建筑供热可以实现经济、社会和环境三方效益的协调统一，对我国调整能源结构、防治污染具有十分重要的意义。报告中从清洁供暖技术的行业背景、中深层地源热泵系统技术发展、国内研究进展及典型应用项目等几个方面进行了分享。在建筑能耗持续增加和更高的节能要求下，供暖既要满足采暖地区的居民刚性需求，还要减少对环境的影响，中深层地埋管供热技术作为一种热泵供暖新技术，对实现建筑高效清洁供暖具有重要意义，但还需要加强中深层地埋管换热特性持续研究、系统优化设计及运行研究、相关标准制定及普及工作的完善。

在建筑能耗持续增加和更高的节能要求下，供暖既要满足采暖地区的居民刚性需求，还要减少对环境的影响，中深层地埋管供热技术作为一种热泵供暖新技术，对实现建筑高效清洁供暖具有重要意义。



第 9 期 《空调通风系统“动态消毒”防疫措施》



主讲嘉宾：钟喜生

爱芯环保科技(厦门)股份有限公司董事长，教授级高工。

曾先后负责完成两项科技部立项空气净化技术创新项目。

主讲嘉宾：赵文成

中国中元国际工程有限公司暖通专业副总工，教授级高工。CAHVAC 理事，中国制冷学会空调热泵专业委员会委员。从事暖通空调设计工作 30 余年，主持设计了北京朝阳医院、苏州大学第二附属医院、第七届

花博会主场馆工程、福建医科大学第二附属医院、世界种子大会五星级酒店项目等多个项目，参与编写了《中央空调节能及自控系统设计》等多本行业著作。

特邀主持：赵士怀

福建省建筑科学研究院原院长、顾问总工。CAHVAC 顾问，中国建筑学会暖通空调分会名誉理事。长期从事暖通空调、建筑节能、绿色建

筑科研、检测、设计、咨询等工作。主持和参加多项地方和国家建筑节能设计标准的编制以及省部级科研项目。



摘要：

在炎热的夏季如何安全合理地使用空调通风系统，防止疫情通过空调通风系统传播，现已成为社会各界关注的重点。针对当前疫情防控重点，报告从通风空调系统的防疫要求、空气消毒技术分析与防疫措施，并结合医院场所、大型公共场所以及地下人居环境等典型应用场所的环境特点和空调通风系统设计特点，深入探讨了持续有效的除菌消毒防疫措施以及整体空气治理的综合治理方案。同时结合《综合医院建筑设计规范》和《中央空调节能及自控系统设计》，重点就“静电驻极”空气净化消毒过滤器和传统过滤器进行了对比分析，并就该技术在医疗建筑中的应用进行了深入阐述。



第 10 期 《煤改电产品的技术及应用》

主讲嘉宾：张竣业

安徽安泽电工有限公司总经理。在煤改电领域、明装电采暖领域、电地暖领域及储热

式电采暖炉领域有较深的研究及深厚的应用实践。曾参编多项国家和行业标准，

特邀主持：董重成

哈尔滨工业大学教授。CAHVAC 供暖专委会主任委员，中国建筑学会暖通空调分会理事，建设部城镇供热专家组专家。主持和参加国际合作、国

家、省、部科研课题 30 余项，担任多项国家科技支撑计划重大课题。主编和参编教材、论著及手册 9 部，主编参编国家、行业标准 33 部、专利 8 项。



摘要：

电采暖作为一种健康舒适环保的采暖方式，经过多年技术研究和大量应用，已在清洁取暖工程中占据着重要一环。报告结合国家清洁取暖政策、煤改痛点、农村煤改电特点和电供暖技术选择及大量的煤改电应用场景进行了详细讲解，还就农村学校、村委办公室、福利卫生院、蔬菜种植大棚等农村特殊场所的供暖需求特点进行了重点分析。

第 11 期 《近零能耗建筑性能分析和疫情背景下的反思》



主讲嘉宾：于震

中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院高性能建筑设计研究中心主任，绿色建筑设计研究中心副主任，研究员，博士。CAHVAC 青年委员会副主任委

员。主要研究方向为低能耗建筑与智能建筑。参与编写了国家标准《近零能耗建筑技术标准》等 11 部标准，主持和参与四十余项近零或超低能耗建筑项目。

特邀主持：刘鸣

新疆维吾尔自治区建筑设计研究院党委书记，院副总工程师，教授级高级工程师。CAHVAC 供暖专业委员会副主任委员，中国建筑学会暖通空调分会理事。负

责设计了新疆“幸福堡”、新疆昌吉州人民医院门诊内科综合病房楼等多项重大项目设计。参与承担了国家十二五重点科技项目以及多个国家级规范和标准编制。



摘要：

超低、近零能耗建筑作为国内外建筑行业发展的热点，除了可以大幅降低建筑能源消耗、减小环境足迹外，同时也能营造出更加舒适、健康、安全的室内环境。报告对近零能耗建筑技术体系和能耗控制指标做了详细解读。近零能耗建筑作为我国建筑节能未来发展的重要方向，随着国家标准出台和各地示范工程和支持政策的陆续推出，未来几年将迎来快速发展阶段。



第 12 期 《建筑能耗模拟在绿色暖通设计中的应用》



主讲嘉宾：刘保宾

鸿业科技人居环境事业部总监，从事暖通相关软件研发十余年，先后带领团队完成暖通空调负荷计算、防排烟计算、全年负荷计算及能耗分析、建筑风环境

模拟分析、建筑采光模拟分析等计算类产品开发，十三五国家重点研发项目“建筑全性能仿真平台内核开发”子课题成员。

特邀主持：李百公

深圳华森建筑与工程设计顾问有限公司暖通执行总工程师



摘要：

随着计算机技术的发展以及建筑绿色节能设计的需要，建筑能耗模拟越来越重要，报告对建筑能耗模拟计算方法进行剖析，总结相关影响因素，以便对建筑能耗模拟分析软件更好地理解、更高效地使用。建筑能耗模拟的计算精确度对于整个建筑节能来说至关重要，在我国有更广阔的发展空间和很大的发展潜力。



国务院办公厅关于全面推进 城镇老旧小区改造工作的指导意见（节选）

国办发〔2020〕23号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

城镇老旧小区改造是重大民生工程和发展工程，对满足人民群众美好生活需要、推动惠民生扩内需、推进城市更新和开发建设方式转型、促进经济高质量发展具有十分重要的意义。为全面推进城镇老旧小区改造工作，经国务院同意，现提出以下意见：

一、总体要求

（一）指导思想。以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全会精神，按照党中央、国务院决策部署，坚持以人民为中心的发展思想，坚持新发展理念，按照高质量发展要求，大力改造提升城镇老旧小区，改善居民居住条件，推动构建“纵向到底、横向到边、共建共治共享”的社区治理体系，让人民群众生活更方便、更舒心、更美好。

（二）基本原则。

- 坚持以人为本，把握改造重点。（略）
- 坚持因地制宜，做到精准施策。（略）
- 坚持居民自愿，调动各方参与。（略）
- 坚持保护优先，注重历史传承。（略）
- 坚持建管并重，加强长效管理。（略）

（三）工作目标。2020年新开工改造城镇老旧小区3.9万个，涉及居民近700万户；到2022年，基本形成城镇老旧小区改造制度框架、政策体系和工作机制；到“十四五”期末，结合各地实际，力争基本完成2000年底前建成的需改造城镇老旧小区改造任务。

二、明确改造任务

（一）明确改造对象范围。城镇老旧小区是指城市或县城（城关镇）建成年代较早、失养失修失管、市政配套设施不完善、社区服务设施不健全、居民改造意愿强烈的住宅小区（含单栋住宅楼）。各地要结合实际，合理界定本地区改造对象范围，重点改造2000年底前建成的老旧小区。

（二）合理确定改造内容。城镇老旧小区改造内容可分为基础类、完善类、提升类3类。

1. 基础类。为满足居民安全需要和基本生活需求的内容，主要是市政配套基础设施改造提升以及小区内建筑物屋面、外墙、楼梯等公共部位维修等。其中，改造提升市政配套基础设施包括改造提升小

区内部及与小区联系的供水、排水、供电、弱电、道路、供气、供热、消防、安防、生活垃圾分类、移动通信等基础设施，以及光纤入户、架空线规整（入地）等。

2. 完善类。为满足居民生活便利需要和改善型生活需求的内容，主要是环境及配套设施改造建设、小区内建筑节能改造、有条件的楼栋加装电梯等。其中，改造建设环境及配套设施包括拆除违法建设，整治小区及周边绿化、照明等环境，改造或建设小区及周边适老设施、无障碍设施、停车库（场）、电动自行车及汽车充电设施、智能快件箱、智能信包箱、文化休闲设施、体育健身设施、物业用房等配套设施。

3. 提升类。为丰富社区服务供给、提升居民生活品质、立足小区及周边实际条件积极推进的内容，主要是公共服务设施配套建设及其智慧化改造，包括改造或建设小区及周边的社区综合服务设施、卫生服务站等公共卫生设施、幼儿园等教育设施、周界防护等智能感知设施，以及养老、托育、助餐、家政保洁、便民市场、便利店、邮政快递末端综合服务站等社区专项服务设施。

各地可因地制宜确定改造内容清单、标准和支持政策。

（三）编制专项改造规划和计划。各地要进一步摸清既有城镇老旧小区底数，建立项目储备库。区分轻重缓急，切实评估财政承受能力，科学编制城镇老旧小区改造规划和年度改造计划，不得盲目举债铺摊子。建立激励机制，优先对居民改造意愿强、参与积极性高的小区（包括移交政府安置的军队离休退休干部住宅小区）实施改造。养老、文化、教育、卫生、托育、体育、邮政快递、社会治安等有关方面涉及城镇老旧小区的各类设施增设或改造计划，以及电力、通信、供水、排水、供气、供热等专业经营单位的相关管线改造计划，应主动与城镇老旧小区改造规划和计划有效对接，同步推进实施。国

有企事业单位、军队所属城镇老旧小区按属地原则纳入地方改造规划和计划统一组织实施。

三、建立健全组织实施机制

- (一) 建立统筹协调机制。(略)
- (二) 健全动员居民参与机制。(略)
- (三) 建立改造项目推进机制。(略)
- (四) 完善小区长效管理机制。(略)

四、建立改造资金政府与居民、社会力量合理共担机制

(一) 合理落实居民出资责任。按照谁受益、谁出资原则,积极推动居民出资参与改造,可通过直接出资、使用(补建、续筹)住宅专项维修资金、让渡小区公共收益等方式落实。研究住宅专项维修资金用于城镇老旧小区改造的办法。支持小区居民提取住房公积金,用于加装电梯等自住住房改造。鼓励居民通过捐资捐物、投工投劳等支持改造。鼓励有需要的居民结合小区改造进行户内改造或装饰装修、家电更新。

(二) 加大政府支持力度。将城镇老旧小区改造纳入保障性安居工程,中央给予资金补助,按照“保基本”的原则,重点支持基础类改造内容。中央财政资金重点支持改造2000年底前建成的老旧小区,可以适当支持2000年后建成的老旧小区,但需要限定年限和比例。省级人民政府要相应做好资金支持。市县人民政府对城镇老旧小区改造给予资金支持,可以纳入国有住房出售收入存量资金使用范围;要统筹涉及住宅小区的各类资金用于城镇老旧小区改造,提高资金使用效率。支持各地通过发行地方政府专项债券筹措改造资金。

(三) 持续提升金融服务力度和质效。支持城镇老旧小区改造规模化实施运营主体采取市场化方式,运用公司信用类债券、项目收益票据等进行债券融资,但不得承担政府融资职能,杜绝新增地方政府隐性债务。国家开发银行、农业发展银行结合各自职能定位和业务范围,按照市场化、法治化原则,依法合规加大对城镇老旧小区改造的信贷支持力度。商业银行加大产品和服务创新力度,在风险可控、商业可持续前提下,依法合规对实施城镇老旧小区改造的企业和项目提供信贷支持。

(四) 推动社会力量参与。鼓励原产权单位对已移交地方的原职工住宅小区改造给予资金等支持。公产权单位应出资参与改造。引导专业经营单位履行社会责任,出资参与小区改造中相关管线设施设备的改造提升;改造后专营设施设备的产权可依

照法定程序移交给专业经营单位,由其负责后续维护管理。通过政府采购、新增设施有偿使用、落实资产权益等方式,吸引各类专业机构等社会力量投资参与各类需改造设施的设计、改造、运营。支持规范各类企业以政府和社会资本合作模式参与改造。支持以“平台+创业单元”方式发展养老、托育、家政等社区服务新业态。

(五) 落实税费减免政策。专业经营单位参与政府统一组织的城镇老旧小区改造,对其取得所有权的设施设备配套资产改造所发生的费用,可以作为该设施设备的计税基础,按规定计提折旧并在企业所得税前扣除;所发生的维护管理费用,可按规定计入企业当期费用税前扣除。在城镇老旧小区改造中,为社区提供养老、托育、家政等服务的机构,提供养老、托育、家政服务取得的收入免征增值税,并减按90%计入所得税应纳税所得额;用于提供社区养老、托育、家政服务的房产、土地,可按现行规定免征契税、房产税、城镇土地使用税和城市基础设施配套费、不动产登记费等。

五、完善配套政策

- (一) 加快改造项目审批。(略)
- (二) 完善适应改造需要的标准体系。(略)
- (三) 建立存量资源整合利用机制。(略)
- (四) 明确土地支持政策。(略)

六、强化组织保障

- (一) 明确部门职责。(略)
- (二) 落实地方责任。(略)
- (三) 做好宣传引导。(略)

国务院办公厅
2020年7月10日



国家能源局关于印发《2020年能源工作指导意见》的通知

为全面落实党中央、国务院的决策部署，扎实做好“六稳”工作，落实好“六保”任务，在常态化疫情防控中做好能源发展改革工作，保障能源安全，推动能源高质量发展，国家能源局研究制定了《2020年能源工作指导意见》，现予以发布。

附件

2020年能源工作指导意见（节选）

2020年是全面建成小康社会和“十三五”规划收官之年，也是为“十四五”良好开局打下坚实基础的关键之年。为深入贯彻落实党中央、国务院关于统筹做好新冠肺炎疫情防控和社会发展的决策部署，顺应国内外发展环境和形势变化，妥善应对面临的问题和挑战，在常态化疫情防控中做好能源发展改革工作，保障能源安全，推动能源高质量发展，制定本指导意见。

一、总体要求

（一）指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，坚持稳中求进工作总基调，深入践行新发展理念，遵循“四个革命、一个合作”能源安全新战略，坚决贯彻落实党中央、国务院决策部署，紧紧围绕“六稳”工作和“六保”任务，着力加强煤电油气产供储销衔接，保持能源产业链和供应链稳定；着力加大补短板、强弱项力度，提升能源安全底线保障能力；着力深化改革、扩大开放，增强创新驱动能力，培育壮大新产业新业态新模式，持续推动能源发展质量、效率和动力变革，为全面建成小康社会和建设现代化经济体系提供坚强能源保障。

（二）主要目标

2020年主要预期目标如下：

能源消费。全国能源消费总量不超过50亿吨标准煤。煤炭消费比重下降到57.5%左右

供应保障。石油产量约1.93亿吨，天然气产量约1810亿立方米，非化石能源发电装机达到9亿千瓦左右。

质量效率。能源系统效率和风电、光伏发电等清洁能源利用率进一步提高。西部地区具备条件的煤电机组年底前完成超低排放改造。

惠民利民。新增清洁取暖面积15亿平方米左右，

新增电能替代电量1500亿千瓦时左右，电能占终端能源消费比重达到27%左右。光伏扶贫等能源扶贫工程持续推进，完成“三区三州”和抵边村寨农网改造升级。

改革创新。深入推进电力现货市场连续结算试运行，具备条件的地区正式运行。电网主辅分离改革进一步深化。完善油气勘查开采管理体制，健全油气管网运营机制。能源革命试点深入推进。稳妥有序推进能源关键技术装备攻关，推动储能、氢能技术进步与产业发展。

（三）政策取向

二、全力以赴，做好疫情防控能源供应保障（略）

三、多措并举，增强油气安全保障能力（略）

四、深化供给侧结构性改革，不断提升能源发展质量（略）

五、壮大清洁能源产业，推进能源结构转型

持续发展非化石能源。落实《关于2020年风电、光伏项目建设有关事项的通知》，保持风电、光伏发电合理规模和发展节奏。有序推进集中式风电、光伏和海上风电建设，加快中东部和南方地区分布式光伏、分散式风电发展。积极推进风电、光伏发电平价上网。积极稳妥发展水电，启动雅砻江、黄河上游、乌江及红水河等水电规划调整，加快龙头水库建设。安全发展核电，稳妥推进项目建设和核能综合利用等。

提高清洁能源利用水平。明确2020年各省（区、市）可再生能源电力消纳责任权重。鼓励可再生能源就近开发利用，进一步提高利用率。完善流域水电综合监测体系，开展重点流域水能利用情况预测

预警。继续落实好保障核电安全消纳暂行办法，促进核电满发多发。

专栏三：水电、核电重大工程

在建水电项目：金沙江乌东德，白鹤滩，雅砻江两河口，大渡河双江口等水电站。

前期工作水电项目：金沙江旭龙等水电站。

在建核电项目：高温气冷堆示范工程 红沿河（5、6号），福清（5、6号），田湾（5、6号），防城港红沙（3、4号），漳州（1、2号），惠州（1、2号）等。

六、突出重点，强化能源民生服务保障

助力打赢脱贫攻坚战。坚决落实能源行业扶贫责任，大力支持贫困地区能源资源开发，促进资源优势尽快转化为经济发展优势。狠抓民生工程，集中力量推进“三区三州”、抵边村寨农村电网改造攻坚，确保上半年完成。加强对农村电网建设的监测评价，提高农村电力服务水平。配合国务院扶贫办做好光伏扶贫“收口”工作，开展集中式光伏电站验收评估。

稳妥推进北方地区清洁取暖。提前部署2020-2021年取暖季清洁取暖工作，统筹能源供应和配套设施建设，明确各地年度目标任务和实施进度，确保按期完成。坚持“以气定改、先立后破”，压实

地方政府和企业责任，稳步推进北方重点地区“煤改气”工作。量力而行、尽力而为，因地制宜选择清洁供暖技术路线，支持发展背压式热电联产供暖，积极推动风电、地热能、生物质能技术应用。研究完善清洁取暖支持政策，建立健全长效机制。探索推动分户计量供热，加强建筑保暖和节能，营造节约用能社会新风尚。

降低社会用能成本。落实阶段性降电价政策，采取“支持性两部制电价”，降低企业用电成本。阶段性降低非居民用气成本，以基准门站价格为基础适当下浮。加快推广北京、上海等地“获得电力”典型经验，持续优化我国用电营商环境。

七、促创新补短板，培育增强新动能（略）

八、完善能源治理体系，提高治理效能（略）

九、加强能源国际合作，拓展开放发展新空间（略）

各省（区、市）能源主管部门和有关能源企业，要依据本指导意见，结合本地区和企业的实际情况，采取有力有效措施，全力抓好各项任务落实，推动能源高质量发展，为全面建成小康社会提供稳定可靠的能源保障。

住房和城乡建设部等部门关于推动 智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见（节选）

建市〔2020〕60号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团住房和城乡建设厅（委、管委、局）、发展改革委、科技厅（局）、工业和信息化厅（局）、人力资源社会保障厅（局）、生态环境厅（局）、交通运输厅（局、委）、水利厅（局）、市场监管局，北京市规划和自然资源委，国家税务总局各省、自治区、直辖市和计划单列市税务局，各银保监局，各地区铁路监督管理局，民航各地区管理局：

建筑业是国民经济的支柱产业，为我国经济持续健康发展提供了有力支撑。但建筑业生产方式仍然比较粗放，与高质量发展要求相比还有很大差距。为推进建筑工业化、数字化、智能化升级，加快建造方式转变，推动建筑业高质量发展，制定本指导意见。

一、指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全

会精神，增强“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，坚持稳中求进工作总基调，坚持新发展理念，坚持以供给侧结构性改革为主线，围绕建筑业高质量发展总体目标，以大力发展建筑工业化为载体，以数字化、智能化升级为动力，创新突破相关核心技术，加大智能建造在工程建设各环节应用，形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系，提升工程质量安全、效益和品质，有效拉动内需，培育国民经济新的增长点，实现建筑业转型升级和

持续健康发展。

二、基本原则

市场主导，政府引导。（略）

立足当前，着眼长远。（略）

节能环保，绿色发展。（略）

自主研发，开放合作。（略）

三、发展目标

到 2025 年，我国智能建造与建筑工业化协同发展的政策体系和产业体系基本建立，建筑工业化、数字化、智能化水平显著提高，建筑产业互联网平台初步建立，产业基础、技术装备、科技创新能力以及建筑安全质量水平全面提升，劳动生产率明显提高，能源资源消耗及污染排放大幅下降，环境保护效应显著。推动形成一批智能建造龙头企业，引领并带动广大中小企业向智能建造转型升级，打造“中国建造”升级版。

到 2035 年，我国智能建造与建筑工业化协同发展取得显著进展，企业创新能力大幅提升，产业整体优势明显增强，“中国建造”核心竞争力世界领先，建筑工业化全面实现，迈入智能建造世界强国行列。

四、重点任务

（一）加快建筑工业化升级。

大力发展装配式建筑，推动建立以标准部品为基础的专业化、规模化、信息化生产体系。加快推动新一代信息技术与建筑工业化技术协同发展，在建造全过程加大建筑信息模型（BIM）、互联网、物联网、大数据、云计算、移动通信、人工智能、区块链等新技术的集成与创新应用。大力推进先进制造设备、智能设备及智慧工地相关装备的研发、制造和推广应用，提升各类施工机具的性能和效率，提高机械化施工程度。加快传感器、高速移动通讯、无线射频、近场通讯及二维码识别等建筑物联网技术应用，提升数据资源利用水平和信息服务能力。加快打造建筑产业互联网平台，推广应用钢结构构件智能制造生产线和预制混凝土构件智能生产线。

（二）加强技术创新。

加强技术攻关，推动智能建造和建筑工业化基础共性技术和关键核心技术研发、转移扩散和商业化应用，加快突破部品部件现代工艺制造、智能控制和优化、新型传感感知、工程质量检测监测、数据采集与分析、故障诊断与维护、专用软件等一批核心技术。探索具备人机协调、自然交互、自主学习功能的建筑机器人批量应用。研发自主知识产权

的系统性软件与数据平台、集成建造平台。推进工业互联网平台在建筑领域的融合应用，建设建筑产业互联网平台，开发面向建筑领域的应用程序。加快智能建造科技成果转化应用，培育一批技术创新中心、重点实验室等科技创新基地。围绕数字设计、智能生产、智能施工，构建先进适用的智能建造及建筑工业化标准体系，开展基础共性标准、关键技术标准、行业应用标准研究。

（三）提升信息化水平。

推进数字化设计体系建设，统筹建筑结构、机电设备、部品部件、装配施工、装饰装修，推行一体化集成设计。积极应用自主可控的 BIM 技术，加快构建数字设计基础平台和集成系统，实现设计、工艺、制造协同。加快部品部件生产数字化、智能化升级，推广应用数字化技术、系统集成技术、智能化装备和建筑机器人，实现少人甚至无人工厂。加快人机智能交互、智能物流管理、增材制造等技术和智能装备的应用。以钢筋制作安装、模具安拆、混凝土浇筑、钢构件下料焊接、隔墙板和集成厨卫加工等工厂生产关键环节为重点，推进工艺流程数字化和建筑机器人应用。以企业资源计划（ERP）平台为基础，进一步推动向生产管理子系统的延伸，实现工厂生产的信息化管理。推动在材料配送、钢筋加工、喷涂、铺贴地砖、安装隔墙板、高空焊接等现场施工环节，加强建筑机器人和智能控制造楼机等一体化施工设备的应用。

（四）培育产业体系。

探索适用于智能建造与建筑工业化协同发展的新型组织方式、流程和管理模式。加快培育具有智能建造系统解决方案能力的工程总承包企业，统筹建造活动全产业链，推动企业以多种形式紧密合作、协同创新，逐步形成以工程总承包企业为核心、相关领先企业深度参与的开放型产业体系。鼓励企业建立工程总承包项目多方协同智能建造工作平台，强化智能建造上下游协同工作，形成涵盖设计、生产、施工、技术服务的产业链。

（五）积极推行绿色建造。

实行工程建设项目全生命周期内的绿色建造，以节约资源、保护环境为核心，通过智能建造与建筑工业化协同发展，提高资源利用效率，减少建筑垃圾的产生，大幅降低能耗、物耗和水耗水平。推动建立建筑业绿色供应链，推行循环生产方式，提高建筑垃圾的综合利用水平。加大先进节能环保技术、工艺和装备的研发力度，提高能效水平，加快淘汰落后装备设备和技术，促进建筑业绿色改造升级。

（六）开放拓展应用场景。

加强智能建造及建筑工业化应用场景建设，推动科技成果转化、重大产品集成创新和示范应用。发挥重点项目以及大型项目示范引领作用，加大应用推广力度，拓宽各类技术的应用范围，初步形成集研发设计、数据训练、中试应用、科技金融于一体的综合应用模式。发挥龙头企业示范引领作用，在装配式建筑工厂打造“机器人”应用场景，推动建立智能建造基地。梳理已经成熟应用的智能建造相关技术，定期发布成熟技术目录，并在基础条件较好、需求迫切的地区，率先推广应用。

（七）创新行业监管与服务模式。

推动各地加快研发适用于政府服务和决策的信息系统，探索建立大数据辅助科学决策和市场监管的机制，完善数字化成果交付、审查和存档管理体系。通过融合遥感信息、城市多维地理信息、建筑及地上地下设施的BIM、城市感知信息等多源信息，探索建立表达和管理城市三维空间全要素的城市信息模型（CIM）基础平台。建立健全与智能建造相适应的工程质量、安全监管模式与机制。引导大型总

承包企业采购平台向行业电子商务平台转型，实现与供应链上下游企业间的互联互通，提高供应链协同水平。

五、保障措施（略）

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家发展和改革委员会
中华人民共和国科学技术部
中华人民共和国工业和信息化部
中华人民共和国人力资源和社会保障部
中华人民共和国生态环境部
中华人民共和国交通运输部
中华人民共和国水利部
国家税务总局
国家市场监督管理总局
中国银行保险监督管理委员会
国家铁路局
中国民用航空局
2020年7月3日

关于印发《河北省被动式超低能耗建筑后评估导则》的通知

冀建节科〔2020〕2号

各市（含定州、辛集市）住房和城乡建设局（建设局），雄安新区管委会规划建设局：

为完善河北省被动式超低能耗建筑评价体系，规范被动式超低能耗建筑使用后评估工作，促进河北省被动式超低能耗建筑高质量发展，河北厅制定了《河北省被动式超低能耗建筑后评估导则》，现予印发，请遵照执行。

河北省住房和城乡建设厅

2020年7月10日

附件

河北省被动式超低能耗建筑后评估导则（节选）

前言

党的十八大将生态文明建设纳入“五位一体”发展总布局。国务院、国家发改委、住房城乡建设部相继颁布政策对绿色建筑及超低能耗建筑的发展提出要求。河北省地方性法规《河北省促进绿色建筑发展条例》地方性法规对超低能耗建筑建设作出了明确规定。2020年2月22日河北省政府党组会议强调“各地各部门要深入学习贯彻习近平生态文明思想，积极践行新发展理念，把握高质量发展要求，

坚持生态优先、绿色发展，按照政府引导、市场主导、因地制宜、产业联动原则，加大政策支持力度，与专项规划有效衔接，加快河北省被动式超低能耗建筑产业发展。”

河北省于2020年1月份出台了“河北省被动式超低能耗建筑产业发展专项规划（2020~2025年）”。被动式超低能耗建筑产业规模不断扩大，为了落实“专项规划”要求和促进被动式超低能耗建筑高质量发展，完善河北省被动式超低能耗建筑评价机制和评价体系，对项目效果进行科学评估，指导被动

式超低能耗建筑技术的持续进步，编制河北省被动式超低能耗建筑后评估导则。

本导则包含评估内容、评估标准、评估程序和评估结论等内容，分为总则、技术依据和评估条件、评估报告、评估内容和计算方法、评估结论、评估程序六章。

希望从事评估咨询服务的广大技术人员，以本导则为依据，正确领会被动式超低能耗建筑后评估的方法和意义，为河北省超低能耗建筑的高质量可持续发展做出贡献。

第一章 总则

1. 为了完善河北省被动式超低能耗建筑评价机制和评价体系，规范被动式超低能耗建筑使用后评估技术工作，促进河北省被动式超低能耗建筑项目的高质量健康发展，制定被动式超低能耗建筑后评估导则。

2. 被动式超低能耗建筑后评估是指项目使用1年后，通过标准规定的检测和监测技术手段，采集运行数据，通过标准化折算，与设计数据进行对比分析，判断被动式超低能耗建筑运行使用效果与设计目标的相符性，并给出完善建议的行为。

3. 开展被动式超低能耗建筑后评估应坚持科学、公正、客观的原则。

4. 本导则适用于河北省被动式超低能耗建筑的使用后评估。

第二章 技术依据和评估条件

5. 被动式超低能耗建筑项目后评估依据下列现行技术标准：

(1) 河北省《被动式超低能耗居住建筑节能设计标准》DB13(J)/T 273；

(2) 《被动式超低能耗公共建筑节能设计标准》DB13(J)/T 263；

(3) 《被动式低能耗建筑施工及验收规程》DB13(J)/T 238；

(4) 《被动式超低能耗建筑评价标准》DB13(J)/T 8323；

(5) 《被动式超低能耗建筑节能检测标准》DB13(J)/T 8324；

(6) 其他相关国家、行业、地方技术标准。

6. 被动式超低能耗建筑的后评估工作应在项目投入正常使用一年后，且使用率达到60%以上时进行。

第三章 评估报告（略）

7. 受委托方应在合同约定的时间内完成项目后评估工作，并向委托方出具项目后评估报告。

8. 项目后评估报告应包含项目基本概况、评估依据、评估分析、评估结论及建议，当有其他问题需要说明时，可增加其他需说明问题项。

9. 项目基本概况应包含建设单位、设计单位、施工单位、项目规模、开竣工时间、使用运行时间、使用率等内容。

10. 评估依据。包含技术标准、技术资料、检测报告等内容。

11. 评估分析应包含室内环境监测数据、能耗数据等实际运行数据与设计目标的对比分析等内容。

12. 评估结论及建议。评估结论应明确项目运行数据与设计要求是否相符。

第四章 评估内容和计算方法（略）

第五章 评估结论（略）

21. 当室内噪声和能耗实测值与设计值（设计修正值）的正偏差，不大于设计值（设计修正值）的10%时，可评估为实际与设计相符。

22. 当室内噪声和能耗实测值与设计值（设计修正值）的正偏差，大于设计值（设计修正值）的10%时，评估为实际与设计不符。

23. 当实际与设计不符时，应根据实测的围护结构热工性能、新风热回收效率、新风机组安装后的噪声结合实际使用情况，综合分析产生差别的原因，并给出改善建议。

第六章 评估程序（略）

24. 建设单位（或与业主共同）委托第三方专业评估机构进行后评估，第三方评价机构，现场确认项目使用率和使用时间和使用条件。

25. 当满足后评估条件时，建设单位（或由其委托相关服务机构）组织相应资料。

26. 第三方专业评估机构对资料进行形式审查。形式审查是对资料的完整性等进行审查。

27. 资料数据不足以支撑后评估工作的开展时，第三方专业评估机构通知建设单位在规定时间内补充完善相关证明材料。

28. 形式审查通过后，由专业评估机构开展后评估工作，专业评估机构应严格按照本导则第四章、第五章、第六章的技术要求进行分析评估，并出具后评估报告。

29. 专业评估机构应及时对项目后评估结果在信息平台发布。

关于印发《关于加强被动式超低能耗建筑工程质量管理的若干措施》的通知

冀建质安〔2020〕6号

各市（含定州、辛集市）住房和城乡建设局（建设局、住房保障和房产管理局）、城市管理综合行政执法局、行政审批局，雄安新区管委会规划建设局、综合执法局、公共服务局：

近年来，河北省被动式超低能耗建筑产业呈现出快速发展的态势，但也出现了建设单位虚假宣传、施工图设计深度不够、施工行为不规范、业主装修破坏保温结构等问题。为进一步完善管理机制、加强建设过程监管，确保建设工程质量，引导被动式超低能耗建筑产业高质量发展，结合河北省实际情况，河北厅制定了《关于加强被动式超低能耗建筑工程质量管理的若干措施》（以下简称《若干措施》），现印发给你们。同时，提出如下要求，请一并遵照执行。

一、严格履行行业监管职责

各地住房城乡建设主管部门要充分认识发展被动式超低能耗建筑的重要性，建立健全工程建设全过程管理机制，切实履行行业监管责任。要整合内部行政资源，加强被动式超低能耗建筑设计、施工、监理、质量监督、验收交付等各环节的管理。要各负其责，层层把关，监督工程建设各方责任主体严格落实《若干措施》，切实提高被动式超低能耗建筑建设质量。

二、全面加大宣传培训力度

附件

关于加强被动式超低能耗建筑工程质量管理的若干措施（节选）

一、强化项目入口管理。建设单位取得土地使用权后，在报送工程设计方案审查时，应一并提交被动式超低能耗建筑建设的申请和建设标准，受理部门按照程序交同级住房城乡建设主管部门认定。住房城乡建设主管部门予以认定后，应严格监督项目建设过程中被动式超低能耗建筑相关标准的执行情况。

二、加强专业技术支撑。建设单位缺乏被动式超低能耗建筑建设经验和技术的，应聘请专业

要充分发挥技术服务与咨询指导作用，建立被动式超低能耗建筑专家库，在设计评价、施工评价和后评估环节充分发挥专家决策咨询作用。要适时组织开展被动式超低能耗建筑工程质量技术宣贯和培训，提高从业人员技术和管理水平。通过报纸、电视、电台和网络等多种渠道，积极宣传被动式超低能耗建筑优势、法律法规、政策措施、典型案例和先进经验，增强公众对被动式超低能耗建筑和相关技术、产品的认知度和接受度，营造良好氛围。

三、加强在建工程项目管理

目前正在建设的被动式超低能耗建筑项目，以现有工程施工形象进度为界限，对已经完成施工的部分要开展专项检查，达不到被动式超低能耗建筑相关标准要求的要督促整改；对尚未施工的部分要严格按照《若干措施》规定进行监管。鼓励在建项目采用菜单式装修服务，力争实现全装修验收和交付。

附件：关于加强被动式超低能耗建筑工程质量管理的若干措施

河北省住房和城乡建设厅

2020年7月10日

技术服务机构，为项目全建设周期质量管理提供技术咨询服务。技术服务机构应具备被动式超低能耗建筑相应业绩。被动式超低能耗建筑设计和施工应采用建筑信息模型（BIM）技术。

三、突出性能化设计。建筑方案设计应以气候特征为引导进行性能化设计，根据标准规定的室内环境参数和能效指标要求，利用能耗模拟计算软件等工具，根据建筑和设备的关键参数对建筑负荷及能耗影响进行敏感性分析。在模拟计算基础上，结

合建筑全寿命周期的经济效益分析，优化选取技术措施和性能参数，确定建筑设计方案。

四、确保施工图设计深度。施工图设计应清晰标注建筑气密层位置，绘制专用节点详图，明确细部做法及要求，相关专业的的设计应包含节能专篇，确保能效指标、室内环境设计参数、围护结构做法及参数、新风设备参数、能源系统及运行方式等内容的设计深度。

五、严格施工图审查把关。施工图审查机构要严格按照被动式超低能耗建筑设计标准和政策规定进行全文审查，确保设计依据正确，设计内容符合节能标准，重点审查保温构造和气密性措施是否完备、新风系统热回收方式及效率等内容。

六、实行专项设计评价。项目施工前，由市、县住房城乡建设主管部门组织评审专家及相关单位进行评价，或在住房城乡建设主管部门监督指导下，由建设单位委托第三方评价机构进行评价。设计评价重点审查节能设计专篇内容、能耗模拟分析报告、外围护结构的断热桥节点详图、气密层位置，以及居住建筑的能耗、气密性、室内环境、围护结构热工性能、通风系统等指标，公共建筑的相对节能率、气密性、室内环境、围护结构热工性能、通风系统等指标。评价不合格的，当地住房城乡建设主管部门应责令相关责任主体限期整改并重新组织评价。

七、强化专项设计交底。（略）

八、加强工人岗前培训。（略）

九、编制施工专项方案。施工单位应根据工程特点、施工难点和质量控制重点，编制专项施工方案，对热桥处理、气密性保障等关键环节制定详细的施工工艺和质量保证措施，并进行现场实际操作示范。专项方案应合规、科学、先进、合理，有针对性和可操作性。监理单位应根据专项施工方案编制被动式超低能耗建筑专项监理细则，制订相应的质量管控措施。

十、强化现场公示制度。（略）

十一、严格设计变更管理。（略）

十二、确保材料设备质量。（略）

十三、坚持施工样板引路。（略）

十四、实施全程内部监督。（略）

十五、开展工地开放日活动。（略）

十六、强化日常质量监管。市、县住房城乡建设主管部门应加强对被动式超低能耗建筑的日常监管，尤其是对墙体节能、门窗节能、屋面节能、楼地面节能等影响热工性能和气密性隐蔽工程施工过程的监督检查，严格节能材料抽查抽测。对违反被动式超低能耗建筑相关标准要求的建设、设计、施工、

监理等责任主体和相关责任人记录不良行为，情节严重的，实施信用惩戒。

十七、加强工程质量检测。建设单位应委托有相应资质的检测机构对建筑节能和室内环境影响较大的参数进行专项检测，主要包含建筑围护结构气密性检测、围护结构热工缺陷检测、围护结构主体部位传热系数检测、新风热回收装置检测、室内噪声检测及室内空气环境质量检测，并出具检测报告，作为竣工验收的重要依据。

十八、严格工程竣工验收。项目完工后，市、县住房城乡建设主管部门应组织评审专家及相关单位进行施工评价，或在住房城乡建设主管部门监督指导下，由建设单位委托第三方评价机构进行评价。施工评价应涵盖被动式超低能耗建筑整体实施情况及效果，主要材料、部品质量，施工过程关键节点质量控制情况等内容，且应现场核实外保温施工节点、外门窗安装节点、高效热回收新风系统安装、防热桥及气密性处理措施等工程施工情况。施工评价结果作为住房城乡建设主管部门监督竣工验收的基础资料，通过施工评价和竣工验收的可评定为被动式超低能耗建筑。住房城乡建设主管部门应强化对工程竣工验收的监督管理，严格竣工验收程序，验收不合格的，严禁交付使用。

十九、严格售前展示告知。（略）

二十、加强预售资金监管。（略）

二十一、实行全装修交房。被动式超低能耗建筑项目应全装修竣工交付。公共建筑和商品房项目的前厅、楼梯间、走廊等公共区域应全装修到位，对业主专有部分，应通过提供菜单式装修服务，满足业主差异性需求。（节选）

二十二、严格交付使用管理。（略）

二十三、实行后评估制度。政府投资、享受政府奖励激励政策的被动式超低能耗建筑项目，在项目投入正常使用满一年且使用率达到60%以上后，应进行使用效果后评估。后评估工作应在项目所在地住房城乡建设主管部门监督下，由建设单位委托第三方评价机构实施。对后评估结论为工程实际与设计不相符的项目，当地住房城乡建设主管部门应责令相关责任主体限期整改，对拒不整改的，应依据相关规定对责任单位或责任人记录不良行为，情节严重的，实施信用惩戒。

二十四、强化主管部门责任。（略）

二十五、加大违规处罚力度。（略）

武汉光谷科技会展中心空调设计

中南建筑设计院股份有限公司 黄亮 李斌 宋涛 李严

摘要：论述了本工程的空调冷热源设计，空调水系统和空调风系统的设计。经技术经济分析，空调冷源采用冰蓄冷空调系统，探讨了冰蓄冷系统的设计及运行策略，对今后的工程设计具有一定的指导意义。

关键词：冰蓄冷 空调 高大空间 经济性分析

1、工程概况

武汉光谷科技会展中心位于湖北省武汉市东湖高新区，集展览、会议及办公等多功能为一体，其地下1层，主要功能为车库，设备用房及临时展厅；地上共3层，一层和二层为展区及前厅，三层为宴会厅、多功能厅及会议室；一层和二层之间、二层和三层之间均设有夹层，主要功能为办公和设备用房。该建筑总面积约9.5万平方米，总高度为40.7米。

2、空调系统设计

2.1 当地市政条件

本工程所在地的市政条件较好，附近有市政热网，光谷热电厂可提供0.8MPa的蒸汽；自来水管、燃气管及电力需求均可接入，其中蒸汽价格约每吨230元，电价约每度1.0元。光谷地区对采用蓄冷空调系统的电价可以执行峰谷时段优惠政策：在电网低谷段（00:00～8:00）电价约每度0.41元，电网高峰段（10:00～12:00，18:00～22:00）电价约每度1.55元，其它电网平峰段电价约每度0.86元。

2.2 空调冷热负荷及系统形式

经计算，展厅及其前厅夏季空调逐项逐时最大

冷负荷为9090kW，冬季热负荷为5000kW；三层宴会厅、多功能厅及会议室夏季空调逐项逐时最大冷负荷为3420kW，冬季热负荷为2000kW；办公及附属用房夏季空调逐项逐时最大冷负荷为780kW，冬季热负荷为420kW。

展厅及宴会厅、会议室等是高大空间，采用集中式水-空气系统，设计日总冷负荷为109000kW·h；办公及附属用房，考虑到使用、管理的灵活性，采用热泵型变制冷剂流量多联机空调系统。

2.3 空调冷热源方案

根据该建筑使用功能及使用特点、建筑所在地的现状条件及其能源条件，本工程中央空调系统冬季利用市政蒸汽管网，采用板式汽-水换热机组供热，共设置3台换热机组，每台换热机组的换热量为2600kW。冬季供热时，由市政热网供给的蒸汽减压至0.4MPa通过换热机组换热后为空调末端提供热水，供回水水温60/45。

夏季空调冷负荷大，装机容量和耗电量大，运行费用高，需对空调冷源进行方案比选。本工程比较合适的空调冷源方式有以下三种：方案A：采用常规的离心式冷水机组供冷；方案B：采用双工况离心式冷水机组+分量冰蓄冷的方式供冷；方案C：

表一 方案A 常规冷源主要设备配置及投资

序号	名称	型号规格	数量(台)	满负荷运行耗电总功率(kW)	单价/总价(万元)	备注
1A	离心式冷水机组	制冷量:3150kW; 冷冻水温:12/7 电功率:589kW 冷冻水量:544m ³ /h 冷却水:644m ³ /h	4	2356kW	165/660	
2A	冷冻水泵	流量:590m ³ /h 扬程:35mH ₂ O 功率:110kW	5	440kW	6/30	一台备用
3A	冷却水泵	流量:710m ³ /h 扬程:30mH ₂ O 功率:110kW	5	440kW	6/30	一台备用
4A	冷却塔	流量:800m ³ /h 功率:30kW	4	120kW	32/128	
小计				3356	848	

表二 方案 B 冰蓄冷冷源主要设备配置及投资

序号	名称	型号规格	数量(台)	满负荷运行耗电总功率(KW)	单价/总价(万元)	备注
1B	双工况离心式冷水机组	空调工况： 制冷量：2460kW 冷冻水温：12/7 电功率：460kW 冷冻水量：453m ³ /h 冷却水：518m ³ /h 蓄冰工况： 制冷量：1740kW 冷冻水温：-2/-5.6 电功率：395kW 冷冻水量：453m ³ /h 冷却水：383m ³ /h	4	1840kW	150/600	
2B	水-水板式换热器	换热量：3400KW 一次侧水温： 3.5/10.5 二次侧水温：6/13	4	0	15/60	
3B	乙二醇循环水泵	流量：498m ³ /h 扬程：35mH ₂ O 功率：90kW	5	360kW	5/25	一台备用
4B	冷冻水泵	流量：486m ³ /h 扬程：34mH ₂ O 功率：75kW	5	300kW	4/20	一台备用
5B	冷却水泵	流量：570m ³ /h 扬程：30mH ₂ O 功率 75kW	5	300kW	4/20	一台备用
6B	冷却塔	流量 600m ³ /h 功率 22kW	4	88kW	24/96	
7B	蓄冰罐	蓄冰量：12970kW.h	4	0	150/600	
8B	乙二醇溶液				20	
小计				2888	1441	

采用离心式冷水机组+蒸汽型溴化锂机组方式供冷。方案 C 采用的是复合冷源，当停电时，溴化锂机组可以继续工作，承担部分冷负荷；由于当地电力稳定，而蒸汽价格较高，溴化锂机组与离心式冷水机组相比具有初投资高，占地面积大，运行费用高的缺点，故方案 C 与方案 A 相比不具备优势，因此只需比选方案 A 和方案 B。

2.3.1 初投资分析

根据空调冷负荷及负荷使用特征，方案 A、B 空调系统的主要设备配置及投资如下表一和二所示，表中所列举的部分仅为二种不同冷源形式的主要差别。

采用冰蓄冷技术的方案 B 主要设备初投资比方案 A 多 600 万元，但方案 B 配电容量比方案 A 低，变压器、高低压配电柜、电缆和高可靠性费的投资均会减少，相关电力配套费用节省约 80 万元；并且方案 B 采用大温空调系统，可减小空调水管管径，空调水管及其保温、阀门、支吊架等材料的初投资也会减少，相关材料及其安装的费用节省约 140 万元。综合可知，采用冰蓄冷技术的方案 B 的总初投资比方案 A 多约 380 万元。

2.3.2 运行费用分析

根据武汉室外气象资料，结合展厅、宴会厅及会议室等房间人员密度大的特点，本工程夏季空调起止时间约为 5 月 1 日 ~ 10 月 30 日，共计 5 个月，每个月按有 12 天需要提供空调，每天空调开启的时间按 13 个小时计算，则每个空调季供冷的时间共有 60 天，共计 780 小时。根据负荷计算结果，整个空调季所需的总制冷量为 654000kW.h。空调系统在 (75% ~ 100%) 空调负荷率下运行的运行频数取 46.2%，(50% ~ 75%) 空调负荷率下运行频数取 23.0%，(25% ~ 50%) 空调负荷率下运行频数取 15.4%，(0% ~ 25%) 空调负荷率下运行频数取 15.4%。经计算，方案 A 采用常规冷水机组系统，夏季空调运行费用约 200 万元；方案 B 采用冰蓄冷系统，夏季空调运行费用约 140 万元，方案 B 每年空调季运行费用比方案 A 低 60 万元。

综上所述，采用冰蓄冷技术的方案 B 总初投资比方案 A 多 380 万元，但每年运行费用可以节省 60 万元，静态投资回收期约 6.3 年。且蓄冷空调系统具有平衡电网昼夜峰谷负荷，提高电力输配效率的优点，是国家政策大力推广的一项节能措施，在国家政策的支持下，电价若得到更大优惠，则冰蓄冷空调的运行成本将更低，投资回收期也将进一步缩

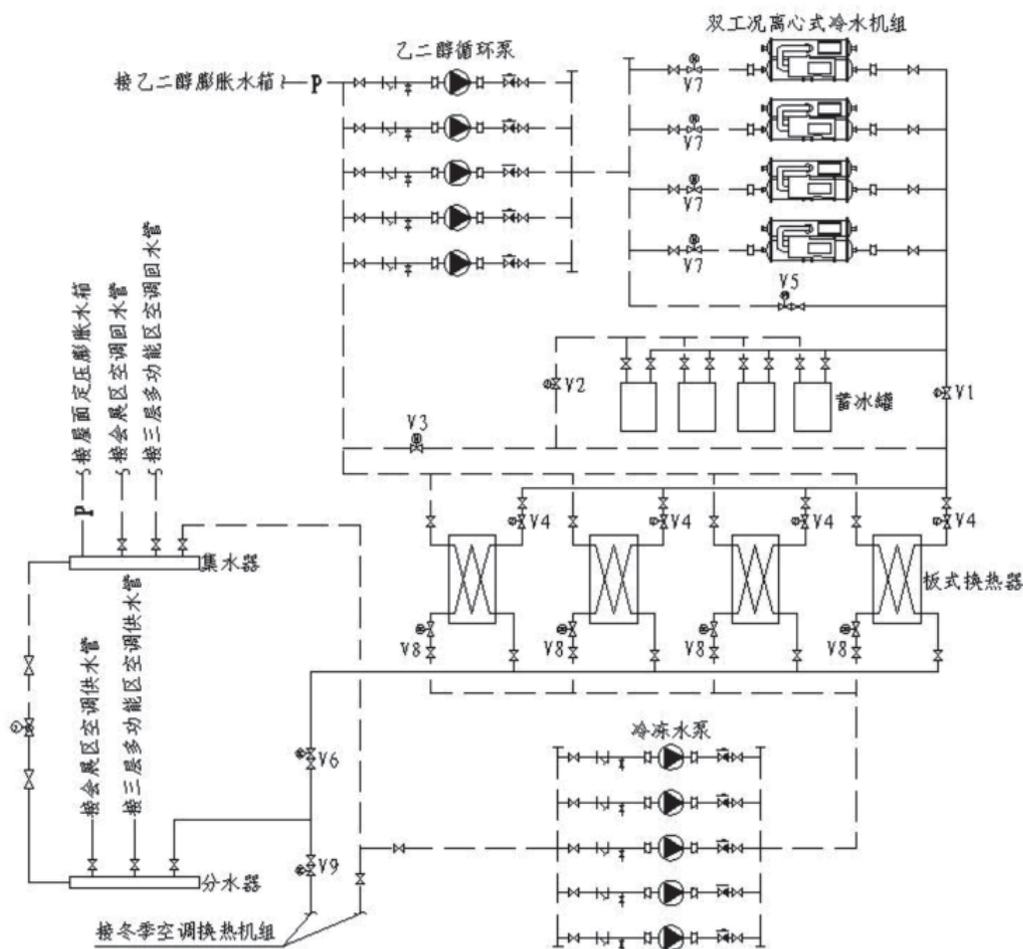


图1 冰蓄冷系统流程图

短。

经过综合论证后本工程冷源采用冰蓄冷空调系统。

2.4 空调冷源设备配置

本工程展厅、宴会厅、多功能厅等房间，夏季采用双工况离心式冷水机组+分量冰蓄冷的方式供冷，采用4台双工况冷水机组，每台机组设计工况的制冷量为2460kW，蓄冰工况制冷量为1740kW；采用4台板式换热器为空调末端提供冷冻水，每台换热器的换热量为3400kW。

2.5 冰蓄冷系统

2.5.1 系统设计

本工程采用部分蓄冷方式，蓄冷系统采用主机上游串联系统，融冰方式采用内融冰，采用浓度为25%（质量比）的乙二醇水溶液作为载冷剂。蓄冰量计算公式为^[1]：

$$Q_s = n_1 \times c_f \times q_c$$

式中： Q_s —蓄冰装置的有效容量（kW·h）；

n_1 —夜间制冷机组在制冰工况下运行的小时数（h）；

c_f —制冷机组制冰时制冷能力的变化率；

q_c —制冷机组标定制冷量（kW）；

经计算，本工程总蓄冷量为51880kW·h，蓄冰装置选用4台蓄冰罐，单台蓄冷量12970kW·h，蓄冰盘管采用高分子复合材料，保温采用厚度100mm的聚氨酯整体发泡工艺。与末端冷冻水换热的乙二醇溶液在盘管内循环，内融冰盘管在融冰时，冰环由内向外融化，以保持稳定的载冷剂出口温度。

蓄冰工况乙二醇供回水温度-2.0 / -5.5℃，主机直供时乙二醇供回水温度5 / 11℃，联合供冷或蓄冰盘管单独供冷时乙二醇供回水温度4 / 11℃。夏季空调末端供回水水温6 / 13℃；白天冷却水供回水温度32 / 37℃，夜间蓄冰时冷却水供水温度

30。

冰蓄冷系统相应配套设置板式热交换器、空调侧循环水泵、乙二醇水溶液循环泵、冷却塔、冷却水泵、乙二醇水溶液膨胀箱、乙二醇水溶液补液箱、乙二醇水溶液补液泵。冷水机组、乙二醇水溶液循环泵、冷却塔、冷却水泵一一对应配置，循环水泵采用变频水泵。冰蓄冷系统有四种运行方式，分别是主机制冰、融冰单独供冷、主机制冷+融冰联合供冷、主机单独供冷(此工况使用不多,保留此功能);通过对相应设备及阀门启闭的控制实现上述四种运行模式的切换。蓄冰系统流程图详图1所示:

2.5.2 冰蓄冷系统运行策略探讨

冰蓄冷系统夏季在夜间电价低谷时(0:00~8:00)开启主机制冰蓄冷,白天根据空调负荷大小采用蓄冰盘管单独供冷或主机制冷+融冰联合供冷。冰蓄冷系统运行的基本策略是在保证系统供冷需求的前提下,尽可能使用蓄冰罐融冰供冷。当空调负荷较大,蓄冰量供冷不足时,采用联合供冷的方式,在电价平时段开启制冷主机制冷进行补充。本工程冰蓄冷系统在100%、75%、50%、25%典型负荷时的运行模式如图2-图5所示:

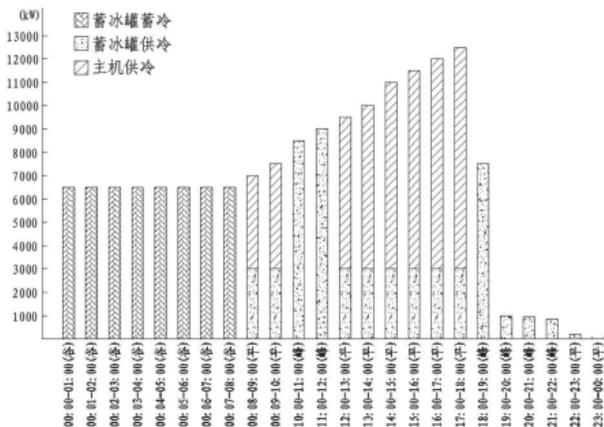


图2 蓄冷空调设计日 100% 负荷运行策略

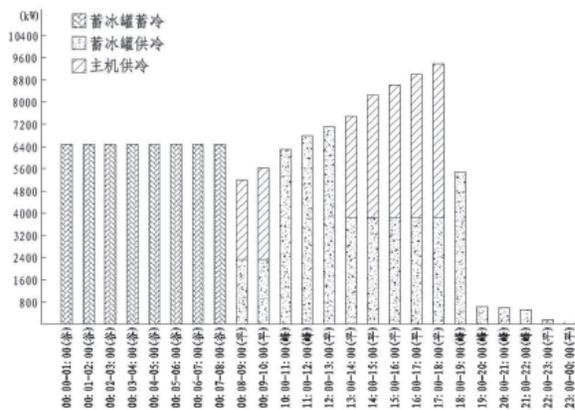


图3 蓄冷空调设计日 75% 负荷运行策略

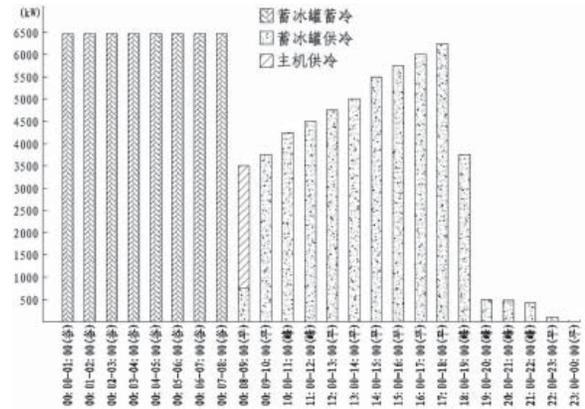


图4 蓄冷空调设计日 50% 负荷运行策略

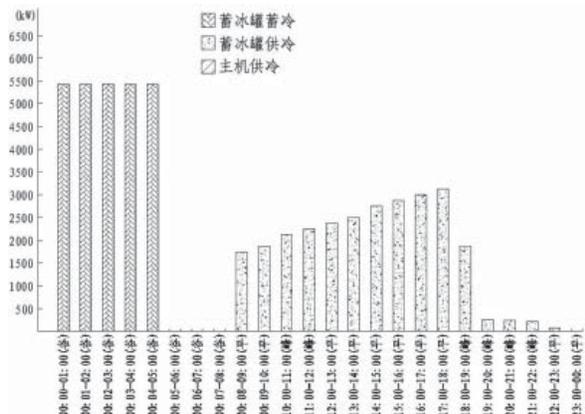


图5 蓄冷空调设计日 25% 负荷运行策略

冰蓄冷自控系统能够根据空调负荷预测、电价政策、大楼空调负荷特征,优化控制蓄冰量的大小、融冰速率及时段、主机运行时间及时段等,使整个蓄冰系统经济性最佳。当空调负荷率在50%以上时,冰蓄冷系统夜间满负荷蓄冰,白天采用主机制冷+融冰联合供冷的方式供冷;当空调负荷率在50%以下,例如仅三层宴会厅及会议室等部分房间使用空调或者在夏初夏末等时段新风负荷较小时,此时空调负荷相对较低,冰蓄冷系统在夜间根据需求部分蓄冰,白天制冷主机不运行,仅采用蓄冰盘管融冰的方式供冷,可以大幅度降低空调系统的运行费用。

2.6 空调末端设计

2.6.1 空调水系统

空调水系统采用一次泵变流量两管制系统,空调水系统共分为两个环路,展厅为一个环路;3层宴会厅、多功能厅等用房为一个环路。空调循环水泵按冬夏季分设水泵,水泵均采用变频控制,并在分集水器间设置电动压差旁通调节阀;利用膨胀水箱定压,空调末端循环水泵定压水箱位于屋面。

(下转 42 页)

高海拔地区供暖设计案例分析

淄博市建筑设计研究院 王仰慧 孙彦兵 卢智慧 张超

摘要：应重视海拔高度对锅炉燃烧效率影响，对高海拔地区锅炉容量进行校核计算。本文以西宁某小区供暖设计及系统初运行出现的问题为例，对供暖系统初运行出现问题的诊断剖析，得出供暖用户室内温度不达标的主要原因是设计者未考虑高海拔地区大气状况对燃气燃烧的显著影响，仍按平原地区设计方法选型热源，以致热源出力严重不足。作者结合当地大气压力、含氧量等参数，利用理论分析方法，对选型锅炉高海拔地区排烟热损失、气体不完全燃烧热损失和热效率等进行了分析，得出了锅炉实际运行热效率的分析值，此方法可借鉴于任一高海拔地区的热源设计选型。

关键词：热水供暖 供暖设计 热源设计 高原燃气锅炉

0 引言

供暖系统通常由热源、热网和热用户三部分组成，其运行、节能和环保效果主要取决于供暖设计的优劣。供暖设计应视不同地域、不同用途等特点采用适宜的节能环保技术和产品满足不同供暖用户的需求。我国北方地区幅员辽阔，地域及气候的较大差别，供暖设计不可能千篇一律。

青海省省会西宁位于北纬 $36^{\circ}43'$ ，东经 $101^{\circ}45'$ ，属于严寒B区。但是西宁地处青藏高原，海拔2295m，显著的海拔高差对燃料燃烧影响巨大，如果供暖热源设计套搬平原地区的设计思路，将导致供暖系统的不良运行。

本文通过对西宁某小区供暖系统初次运行过程中出现的问题进行分析，说明供暖设计须考虑不同海拔高度对热源效率的影响，以及供暖系统诊断的方法和步骤，为高海拔地区供暖设计提供借鉴。

1. 工程概况及设计参数

该工程位于西宁市西川南路3号（红楼修理厂东邻），小区地势南高北低，高差10m，从北到南设有1#、2#、3#和4#高层住宅楼，分别为16、17、18和20层居住建筑，总建筑面积约99000m²，所有户型面积均大于120m²，小区总平面图如图1所示。

西宁地区冬季供暖室外计算温度 -11.4°C ，冬季通风室外计算温度 -7.4°C ，冬季室外平均风速 1.3m/s ，冬季室外大气压力 $774.4\text{hPa}^{[1]}$ 。

该工程为住宅小区，供暖室内设计温度选取起居室和卧室为 18°C ，卫生间为 20°C ，厨房为 15°C 。

2. 供暖设计

采用稳定传热计算方法，得到小区供暖总计算热负荷为5234kW。根据设计规范，并结合工程实际情况，采用小区独立热源集中热水散热器供暖系统形式，设计包括用户系统、小区供暖外网和小区热源3部分。

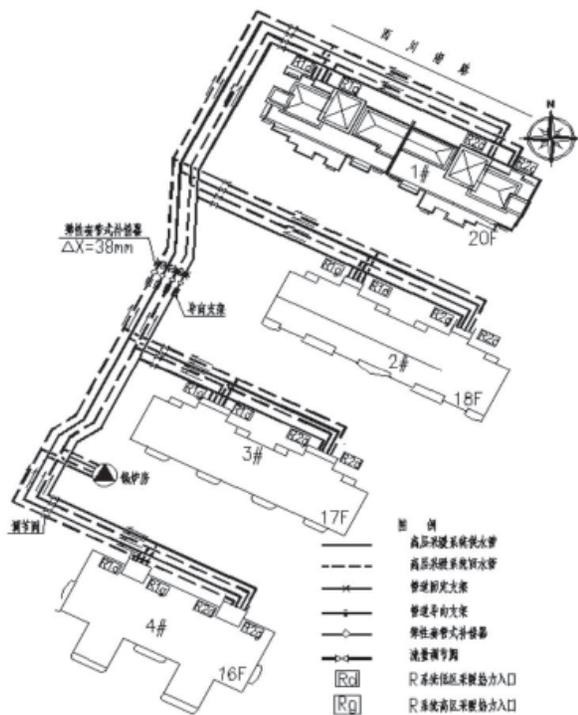
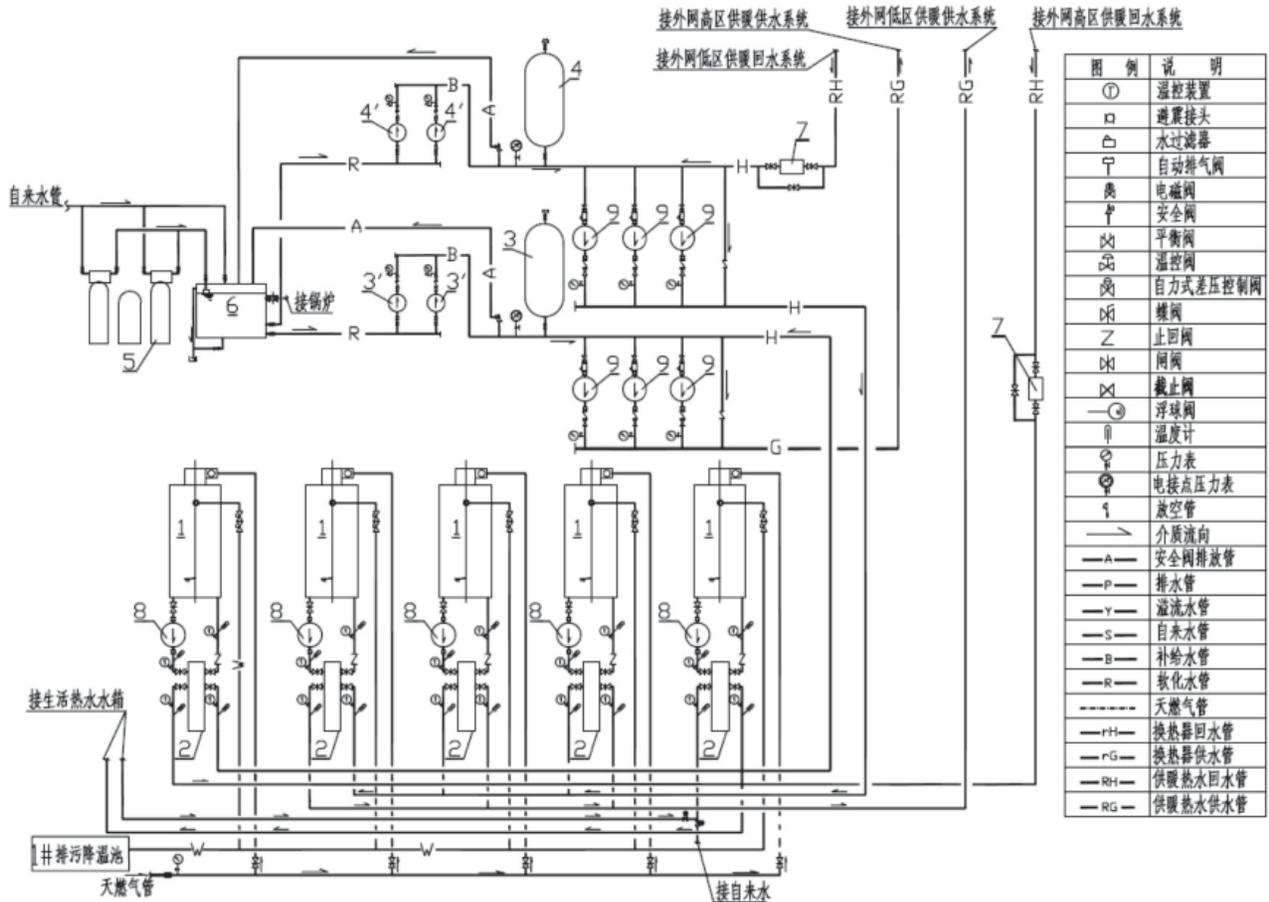


图1 小区及室外热力管道平面图

考虑散热器承压和系统水力失调等因素，用户系统以10层为界进行供暖区域的划分，10层以下（含10层）为低区，总建筑面积56000m²，供暖计算热负荷为2702kW；10层以上为高区，总建筑面积43000m²，供暖计算热负荷为2532kW。户内系统入户装置设于供暖管井内，包括超声波热表、锁闭阀、



1 热水锅炉 2 板式换热器 3 高区落地式膨胀水箱 4 低区落地式膨胀水箱
5 FLECK 组合软化水装置 6 软化水箱 7 卧式直通除污器 8 内循环泵 9 热水循环泵
图 2 锅炉房系统流程图

锁闭调节阀、Y形过滤器等。户内系统采用埋地单管跨越式系统，采用铜铝复合散热器，并设三通温控调节阀，管材为 De32 的 RPAP5 对接焊式铝塑复合管，垫层内无接头。

针对建筑供暖高低分区，室外管网相应采用高区和低区两个供暖系统，系统分支处设有流量调节阀，系统平面布置详见图 1。

考虑节能环保政策，以及负荷的灵活调节和备用性等因素，热源选用 4 台 1.4MW 常压燃气热水锅炉加 4 台板式换热器系统形式，即 4 台锅炉分别和相应板式换热器组成 4 个独立的一次网系统，4 台板式换热器两两组对作为热源与热用户组成二次网高、低区供暖系统。一次网系统设计供回水温度为 90 /70，二次网系统设计供回水温度为 80 /60。此外，另设置 1 台相同容量和型号的常压燃气热水锅炉以满足小区生活热水需求。热源设于 3#、4# 楼之间，其系统及设备编号详见图 2。

3. 系统问题及其诊断

供热系统初调节完成后，在不同室外温度下现场测试：初始运行参数高低区一次侧供回水温度均为 88 /70，与设计相近；二次侧测试结果：供回水温度、供回水流量、天然气流量、室温随室外温度的变化情况，如表 1 所示。从表 1 可以明显看出，供暖设计不能满足建筑物热负荷的需要，室内温度达不到设计值。

专家组按照以下步骤对系统进行了诊断分析：

1) 根据现场温度和流量测试数据，经计算锅炉实际热效率 η_s 仅为 75%，与平原地区的能效测试热效率 $\eta_L=92%$ 相差甚远。

2) 虽然二次网供回水温差大于设计值，但室温不能满足要求，专家组首先考虑系统存在较大气阻问题，为此，采取了逐户清理户内系统过滤器、散

表1 供热运行初期现场测试数据

日期	室外温度 /	高区室内温度 /	低区室内温度 /	高区供回水温度 /	低区供回水温度 /	高区供回水流量 / (m ³ /h)	低区供回水流量 / (m ³ /h)	高区燃气流量 / (m ³ /h)	低区燃气流量 / (m ³ /h)
10月15日	-5	18	18	80/60	76/55	66.4	69.8	116	128
10月20日	-7	18	18	80/59	75/54	69.8	75.8	128	139
10月25日	-8	18	17	80/58	74/52	71.8	76	138	146
10月30日	-8	18	17	80/58	74/52	71.8	76	138	146
11月5日	-10	17	16	80/57	72/49	72.7	72.7	146	146
11月10日	-11	17	15	80/56	71/47	69.7	69.7	146	146
11月15日	-12	16	14	80/55	70/45	66.9	66.9	146	146

热器手动跑风连续放气,并确保系统立管顶端自动排气阀正常等措施后,高区住户室内温度逐渐上升到18℃以上,但低区住户室内温度只提高到15℃,仍不能满足设计要求。

3)通过对供暖设计的散热器面积和片数、供暖管径、板式换热器面积、燃烧器与锅炉的匹配和锅炉房通风换气量等内容进行核算后,专家组得出了该设计以上内容计算及选型正确合理的结论。

4)专家组继而在考虑海拔高度对锅炉燃烧效率影响的前提下,对锅炉容量进行了核算,得出低区热源锅炉供热能力不能满足低区供热需求的结论,原因是设计师照搬了平原地区热源的设计思路,未考虑高原地区海拔高度对燃气燃烧效果的影响。因热源设备已安装完毕,更换或增加锅炉已不现实,专家组最终将承担生活热水供应的燃气锅炉和板式换热器系统并入低区供暖系统,生活热水改用由集中太阳能和分户电热水器提供,如此整改调试,低区住户室内温度达到了18℃以上。

4. 锅炉容量理论核算

热源为普通燃气锅炉,其平原地区的能效测试热效率 $\eta_L=92\%$,和平原地区相比,高海拔地区大气压力、密度以及空气含氧量随海拔高度降低,如表2所示,此因素将直接影响燃料燃烧的工况,导致锅炉排烟热损失 q_{2L} 、气体不完全燃烧热损失 q_{3L} 增大,热效率的降低,在供暖热源设计时,如不加以考虑,仍按平原地区的思路选用标准状态下设计生产的锅炉,必然致使整个供暖系统不能正常运行。

表2 大气压力、空气密度、含氧量随海拔高度的正常分布情况

高度 /m	压强 /Pa	空气密度 / (kg/m ³)	含氧量 /(kg/m ³)
0	101325	1.292	0.260
3000	70661	0.892	0.206
4000	62395	0.802	0.186
5000	54929	0.719	0.166

一方面,根据甲烷完全燃烧化学反应方程式

$\text{CH}_4+2\text{O}_2=\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$ (1)1 kmol的甲烷完全燃烧需要2 kmol的氧气。如果忽略其他成分,考虑

天然气只包含甲烷,根据锅炉平原地区能效测试数据,理论空气量为 V^0 时,平原地区气体不完全燃烧热损失 $q_{3L}=0$,即供氧量为 $0.008125V^0\text{kmol}$ 时, $0.0040625V^0\text{kmol}$ 甲烷达到完全燃烧,但西宁地区海拔高度2295m,根据表2线性内插法,如供应理论空气量 V^0 ,供氧量仅为 $0.0068341V^0\text{kmol}$,如其他条件不变,只能使 $0.00341705V^0\text{kmol}$ 甲烷完全燃烧,如此,将会有 $0.00084375V^0\text{kmol}$ 的甲烷因缺氧不能燃烧,高海拔地区锅炉气体不完全燃烧热损失 q_{3H} 为15.89%,此时,如考虑高原因素计算和选配燃烧器,将使 q_{3H} 问题有所缓解。

另一方面,根据锅炉平原地区能效测试数据,平原地区锅炉排烟热损失 q_{2L} 为5.77%,其正比于排烟温度和排烟容积,假设保持排烟温度平原和西宁地区不变,高海拔低气压将造成烟气体积的增大,其增长倍数为 p_0/p_H (即平原地区大气压/高海拔地区大气压),因此,高海拔地区锅炉排烟热损失 q_{2H} 为7.51%,此时,如考虑高原因素计算和选配燃烧器,增加内置风机的风量和风压,将使 q_{2H} 问题更趋严重,因此可能存在一个合理的风量和风压,以使 q_{2H} 与 q_{3H} 之和最小。

如果其他热损失不变,则西宁地区锅炉热效率的下降值 $\Delta\eta=q_{2H}+q_{3H}-q_{2L}-q_{3L}=17.63\%$,锅炉热效率 $\eta_H=92\%$ 。如此,假设燃料额定耗量为 m ,低位发热量为 Q_{dw} ,平原地区单台热效率为92%,额定供热量为1.4MW,西宁地区燃料额定耗量仍为 m ,低位发热量仍为 Q_{dw} ,但热效率为74.37%,则单台锅炉出力仅为1.132MW。

以92%作为燃气锅炉海平面基准热效率,按照以上分析思路,针对不同海拔地区大气压力和含氧量的不同,图3给出了不同海拔地区燃气锅炉的热效率。

此外,根据文献^[2],西宁地区燃气燃烧速度是平原地区燃烧速度的0.58倍,燃烧时间是平原地区燃烧时间的1.3倍,燃烧速度的降低和燃烧时间的延长意味着烟气在炉内的滞留时间缩短,从而造成化学不完全燃烧热损失 q_3 进一步增大,热效率进一

步降低，锅炉出力更加不足。

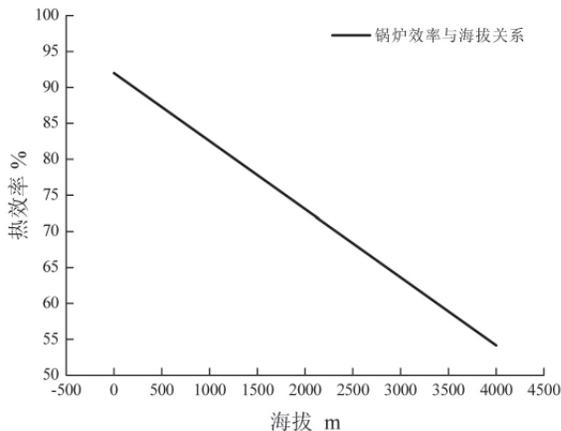


图3 锅炉效率与海拔关系图

高区和低区热负荷分别为 2532kW 和 2702kW，按照以上分析，两台锅炉并联运行，额定供热量约为 2.264MW，均不能满足高低区用户的供暖需求，尤其低区用户，高区用户室内温度之所以最终能够达到设计要求，可能与锅炉平原地区热效率 92% 被高估或用户计算热负荷计算偏大所致，但锅炉性能将随运行时间有所下降，本文估计若干供暖季后，高区系统供暖效果也将会不如人意。

5. 结论

本文对西宁某小区供暖系统的供暖设计进行了介绍，对供暖系统初运行过程中出现的问题进行了诊断，对普通燃气锅炉用于高海拔地区供暖系统热源容量选型问题进行了理论分析，得出以下结论：

1) 我国地域辽阔，随着地区海拔高度的增加，大气压力、含氧量等参数下降，因此，燃料燃烧工况与用户海拔高度息息相关，普通燃气锅炉用于高海拔地区供暖系统热源时，须高度重视海拔高度对锅炉燃烧效率影响，应参照海拔高度和锅炉相关参数，仔细核算对高海拔地区锅炉出力。

2) 高海拔地区供暖系统热源选型时，还可考虑选用定制锅炉和燃烧器，如加大炉膛容积、加大燃烧器内配风机的风量和风压，但也应仔细核算，以使定制后 q_2 与 q_3 之和最小。

参考文献

- [1] 中国建筑科学研究院. 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范: GB50736-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012: 170
- [2] 陈善军. 高原地区小型燃气(油)锅炉设计探讨[J]. 研究与开发, 1004-8774 (200702-13-04): 13~17

(上接 38 页)

2.6.2 空调风系统

本工程一层、二层展厅长 170 米，宽 55 米，一层层高 15 米，二层层高 13 米，空调采用大风量空调机组 + 低速风道系统，在两侧沿长度方向设置球形喷口侧送风，集中下回风。三层层高 8.3 米，多功能厅和会议室等房间采用大风量空调机组 + 低速风道系统，设置旋流风口顶送风，顶回风，并设置新风换气空调机，以进行热回收，排风量按略小于新风量取值。展厅、多功能厅、宴会厅等房间空调器在过渡季节采用全新风运行对房间进行通风换气，以降低空调能耗。

通风及防排烟系统按相关规范要求进行设计，本文不再详述。

2.7 压缩空气系统设计

根据需求，本工程在每个展位设置压缩空气接口，其最大总用气量约 $21\text{m}^3/\text{min}$ 。空气压缩机位于地下一层空压机机房内，共设置 3 台风冷螺杆式空

气压缩机，每台空压机的排气量为 $7.1\text{m}^3/\text{min}$ ，排气压力为 0.8MPa；压缩空气通过室内管沟送至每个用气点，在每个用气点均设有 0.6MPa 和 0.3MPa 的快速接头。

3. 结束语

光谷科技会展中心现已建成投入使用，空调系统运行状态良好。根据项目特点，本工程空调系统通过技术经济分析采用了冰蓄冷空调技术，有效降低了空调装机容量，均衡了电量峰谷负荷，提高了能源利用率，产生了良好的社会效应和经济效应，对今后的工程设计具有一定的指导意义。冰蓄冷空调也是国家积极推广应用的技术之一，在峰谷电价的配套政策下，冰蓄冷空调系统在中央空调领域将有很好的发展空间。

参考文献

- [1] 陆耀庆主编, 实用供热空调设计手册(第二版), 北京: 中国建筑工业出版社, 2008

能源塔热泵系统供暖运行分析

河北工程大学 王千元 张子平 罗景辉 李子邝

摘要：能源塔热泵系统应用于北方供暖具有很好的适用性，本文通过测试空气进口干球温度、空气含湿量、载冷剂进口温度等，计算能源塔侧载冷剂换热量，并对收集和计算的数据进行分析，找出影响其换热的因素；通过对室外空气温度测量、机组制热量及能效比 COP 的计算，分析室外空气温度对机组制热量及 COP 的影响。为能源塔热泵技术在北方地区的应用推广提供参考。

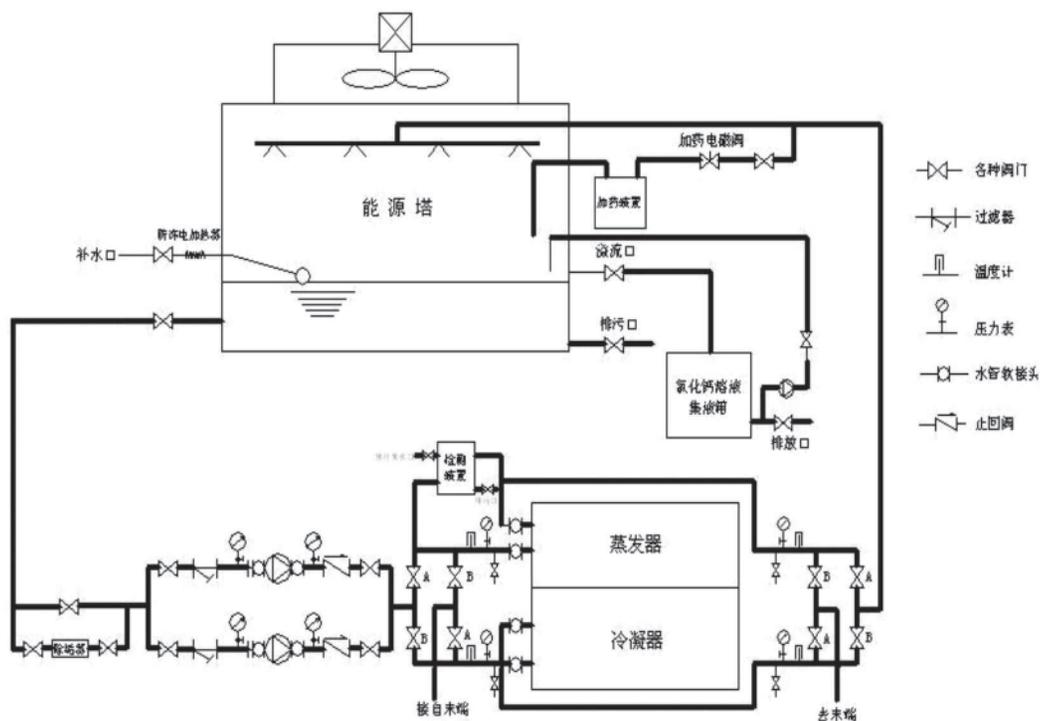
关键字：能源塔热泵 载冷剂 干球温度 湿球温度 制热量

为了改善空气质量，政府在北方供热热源改造中大力推广煤改气、煤改电，无论是煤改气还是煤改电都存在一定的局限性。改造过程中空气源热泵因其系统简单、节能性较好、初投资较低，得到普遍推广和应用。但是空气源热泵冬天存在严重的结霜问题，需要做融霜处理，使其能效降低。能源塔热泵系统是一种新型的供暖方式，它结合了空气源热泵和水源热泵的优点，在热泵机组的基础上增加了空气中的热量提取装置，利用能源塔提取空气中的热量，很好的解决了空气源热泵的结霜问题，也保证了热泵低温热源的稳定性，降低了机组的蒸发温度，提高了系统的效率。冬天环境湿球温度 -15 以上的地区具有很好的适应性，是北方地区很好的

供热热源。

1 能源塔系统

能源塔热泵系统以通过空气进入能源塔为低温热源，在塔内发生显热和潜热的热量交换。能源塔热泵系统通过能源塔和热泵机组联合作用，制冷制热。冬季，能源塔使用浓度约为 20% 的氯化钙为载冷剂，与低温的空气进行显热和潜热的热量交换，吸收的热量作为热泵的低温热源，通过热泵技术转移到高温热源，制备 $40-45$ 的热水。夏季，因为能源塔的特殊设计，可作为高效率的冷却塔使用，通过载冷剂把热量转移到室外空气中，达到制冷的目



机组制冷运行时，阀门A关闭，阀门B打开；机组制热运行时，阀门A打开，阀门B关闭。

图 1 能源塔系统图

表 1 湿球温度影响表

温度参数 ()	显示数									
空气干球	5.8	5.8	6.0	5.8	6.2	6.0	6.0	6.0	6.2	5.8
空气湿球	1.16	1.43	1.61	1.97	2.21	2.44	2.69	2.91	3.17	3.44
能源塔载冷剂进口	-3.8	-3.7	-3.9	-4.1	-4.0	-4.2	-4.1	-3.8	-3.9	-4.2
能源塔载冷剂出口	-1.2	-1.2	-1.1	-1.3	-1.1	-1.1	-1.3	-1.2	-1.2	-1.3

表 2 能源塔载冷剂进口温度影响表

温度参数 ()	显示数									
空气干球	6.2	6.0	6.0	5.8	5.8	6.0	6.2	5.6	6.2	5.8
空气湿球	2.4	2.2	2.6	2.4	2.4	2.6	2.6	2.4	2.4	2.2
能源塔载冷剂进口	-10.1	-8.9	-8.0	-7.2	-6.1	-5.1	-3.8	-2.0	-1.8	-1.0
能源塔载冷剂出口	-1.2	-1.2	-1.1	-1.3	-1.1	-1.1	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1

表 3 空气干球温度影响表

参数	显示数									
空气干球温度 ()	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
空气含湿量 (kg/kg)	0.0041	0.0043	0.0039	0.0038	0.0042	0.0043	0.0039	0.0041	0.0040	0.0040
能源塔载冷剂进口温度 ()	-3.8	-3.7	-3.9	-4.1	-4.0	-4.2	-4.1	-3.8	-3.9	-4.2
能源塔载冷剂出口温度 ()	-1.2	-1.2	-1.1	-1.3	-1.1	-1.1	-1.3	-1.2	-1.2	-1.3

的。能源塔热泵技术在长江以南相对湿度较高、缺水的地区或者由于地理位置限制，无法打井、埋管的地区使用广泛，北方邯郸等地区目前还未普及。

为了分析能源塔热泵系统的运行情况，笔者对邯郸某节能改造的公寓小区能源塔热泵系统进行了实际测试。该小区改造后使用能源塔集中供热，在此期间，能源塔运行过程中比较平稳。图 1 为能源塔热泵系统图。

2 系统运行监测

2.1 工程概况

该改造小区为河北邯郸市临漳县某小区公寓，该建筑朝向为正北方向，建筑面积为 48000 平方米，总住户 320 户，共 5 栋住宅楼，高 25.2 米，6 层。建筑内末端方式为地暖，以能源塔系统作为供暖热源。该改造小区从 2017 年 12 月份开始供暖，制冷剂采用 R-22，采用的载冷剂溶液浓度为 20% 的氯化钙，密度为 1180kg/m³。

2.2 检测仪器

能源塔热泵机组自带监测系统，可检测到的运行参数为：环境干球温度、机组蒸发器进出水温度、冷凝器出水温度、进水温度、蒸发温度、冷凝温度压缩机负载等。对于本课题研究而言，缺乏的参数为：载冷剂流量、载冷剂进出能源塔的温度、机组冷凝器侧循环水流量、空气的湿球温度。以下是对仪器的介绍。

载冷剂流量和循环水流量采用手持式超声波流量计 SLDTUF-2000H，该系列超声波流量计利用了低电压、多脉冲时差原理，采用高精度和超稳定的

双平衡信号差分发射、差分接收数字检测技术来测量顺流和逆流方向的声波传输时间，根据时差计算出流速。外形尺寸：210*90*30mm，重量仅为 0.5kg，体积重量小，方便携带。测量管径 16-6000mm，可以再测流量的同时检测出其流速、温度等并且该流量计冲满电后可连续测量 12 小时，方便收集测量数据。

空气进出口干球温度、湿球温度的测量仪器为 DHM2 型机械通风干湿表，DHM2 型机械通风干湿表主要是由两只相同的水银温度和一个通风器组成，结构简单，工艺性强，易学易用。主要适用于测定空气的温度和相对湿度，产品特长是适合野外操作，是测量温度和湿度的二等测量标准。它测量空气湿度时能在 -10C-45 的环境下正常工作，湿度测量范围是 10%RH-100%RH，温度表刻度的最小分度值为 0.2 。

2.3 检测过程及结果

该改造小区载冷剂管道为高密度聚乙烯 PE 管，管径规格为 DE400。选择能源塔进塔合适直管段进行测量。每一分钟读数并记录，测得三组数，计算得到三组数的平均值为能源塔侧载冷剂流量，计算结果为 114.41kg/s。

蒸发器循环水管道为螺旋钢管，管径规格为 DN250，无衬里。选择蒸发器进出水合适直管段进行测量读数，每隔一分钟记录测试结果，记录得到三组数据，并求其平均值为蒸发器侧流量。

DHM2 型机械通风干湿表在能源塔进口附近开始测量空气的进口干球温度和湿球温度，研究空气进口干湿球温度对换热的影响。待水银温度线稳定下来后读数记录。

测试数据如表 1 ~ 3 所示

3 影响能源塔热泵系统换热的因素

在冬季能源塔系统运行的过程中，影响其换热的因素很多，主要因素为：环境温度、空气含湿量、空气流量、载冷剂流量、载冷剂进口温度和其塔内的填料种类及形式等。为方便本课题研究，可以近似的认为空气稳定流动、载冷剂流量不变。在此基础上，笔者对空气含湿量 d 、载冷剂进口温度 T 、空气进口干球温度 t_g 进行研究。

3.1 空气进口温度的影响

为了找到空气进口温度对能源塔系统换热造成的影响，笔者对收集的数据整理为表 3，其中载冷剂进口温度基本相近和湿球温度基本相同的数据，对比环境温度的不同。然后，测出载冷剂流量为 114.41kg/s ，根据以下公式 2-1 求出能源塔载冷剂侧换热量。

$$G=cm(T-t) \quad (2-1)$$

式中， G 为能源塔载冷剂侧换热量， m 为能源塔载冷剂侧流量， T 为能源塔载冷剂进口温度， t 为能源塔载冷剂出口温度。

选取以下工况整理分析： $d=0.004\text{kg/kg}$ ， $T=-6$ 。经整理绘制如下图 2

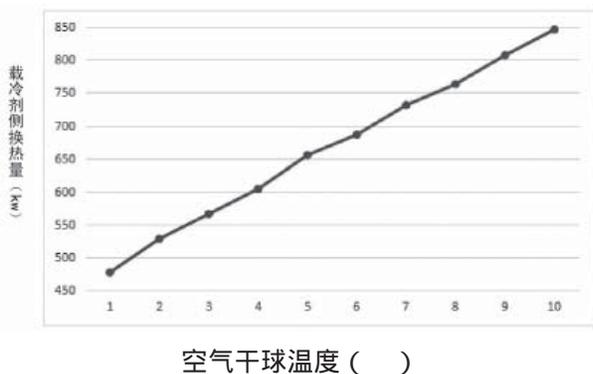


图 2 空气干球温度和载冷剂换热量的关系

由图 2 发现，能源塔载冷剂侧换热量在含湿量及载冷剂进口温度一定的情况下，会因空气干球温度的提升而逐渐变大。原因：空气进口温度变大，载冷剂进口温度一定时，空气温度与载冷剂进口温度温差变大，载冷剂容易获得更多显热，又因为其含湿量也一定，则能源塔侧换热量主要源于显热的换热量。

3.2 载冷剂进口温度的影响

为了找到载冷剂进口温度对能源塔系统换热造成的影响，测试数据如表 2，在环境干球温度和环境湿球温度一定，载冷剂进口温度的不同时，对比能源塔载冷剂侧换热量的变化量，计算过程同上。

使用以下工况进行对比分析： $t_g=6$ ，湿球温度 $t_s=2.6$ 。得到下图 3 结果。

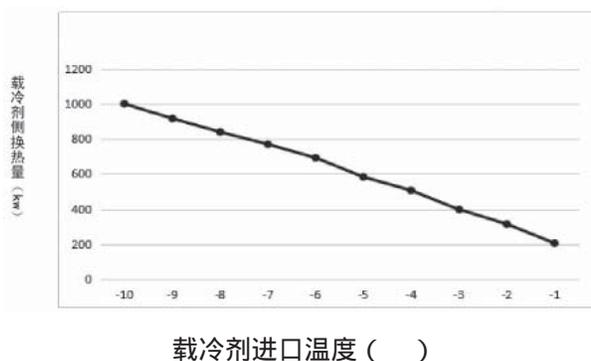


图 3 载冷剂进口温度和载冷剂换热量的关系

在图 3 中可以发现，载冷剂侧换热量在空气干球温度和湿球温度一定的情况下，会因载冷剂进口温度的变大逐渐减小。其变化曲线接近直线，呈一次性关系。发生这样变化的原因：1、进入能源塔的空气温度和载冷剂进口的温差变小，这是显热换热量的减小；2、载冷剂溶液的边界层水蒸气分压力变大，主流空气侧的水蒸气分压力不变，导致边界层水蒸汽与主流空气水蒸汽分压差减小，潜热换热量也随之减小。

3.3 湿球温度的影响

为了找到湿球温度对能源塔系统换热造成的影响，笔者在整理的的数据中制成表 1，找到环境温度和载冷剂进口温度一定，湿球温度的不同时，在载冷剂侧换热量的变化。计算过程如上。

在工况 $t_1=5$ ， $T=-4$ 时，得到结果如下图 4

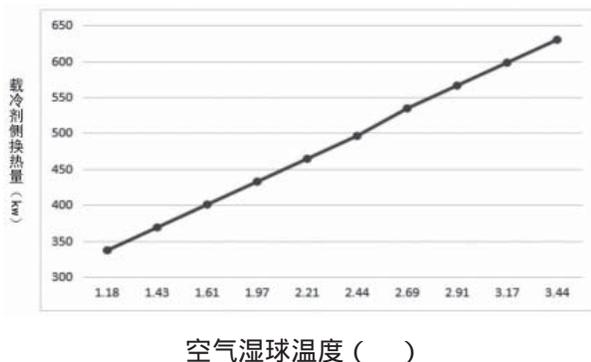


图 4 载冷剂进口温度和空气湿球温度的关系

在图 4 中可以发现，载冷剂侧换热量在一定的空气干球温度和载冷剂进口温度下，其换热量会因

空气湿球温度的升高而变大。原因：含湿量随空气湿球温度升高而变大，空气边界层水蒸气分压力和载冷剂边界层水蒸气分压力的压差变大，使的载冷剂获得更多的潜热量。

4 热泵机组运行分析

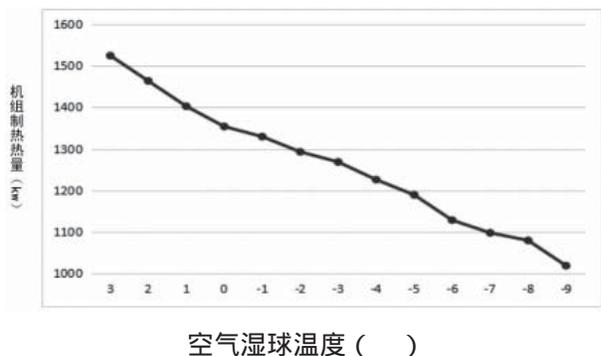
4.1 环境温度对热泵机组制热量影响分析

计算机组制热量公式 3-1

$$Q=c_1m_1(T_1-T_2) \quad (3-1)$$

式中， c_1 为循环水的比热容， m_1 为循环水的质量流量， T_1-T_2 为机组供回水温差。

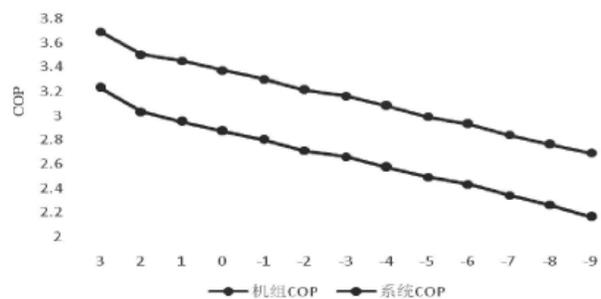
在环境温度一定时，对收集的数据进行计算整理，绘制出热泵机组出水温度为 43 时，机组制热量和湿球温度的关系图 5，由图 5 可以发现机组制热量随着环境湿球温度变大而变大，当湿球温度到达 -9 时，热泵机组



空气湿球温度 ()

图 5 (a) 机组制热量和空气湿球温度的关系

制热量只达到湿球温度为 3 的 68%。通过机组的数据监测及整理分析，机组的制热量基本只受环境湿球温度影响，空气干球温度对制热量影响很小。



空气湿球温度 ()

图 5 (b) 机组及系统 COP 和空气湿球温度的关系

4.2 环境温度对热泵机组 COP 的影响

机组出水温度 43 时，热泵机组 COP 和系统 COP 与湿球温度的关系如图 6，由图 6 中发现热泵

机组 COP 和系统 COP 都会随着环境湿球温度的升高而变大，空气干球温度对其 COP 影响很小。湿球温度为 -9 时，机组的 COP 能达到 2.8，系统的 COP 能达到 2.2。

5 结论

在一定空气湿度与载冷剂进口温度下，源塔载冷剂侧换热热量随空气干球温度提升而变大；在一定空气干球温度和载冷剂进口温度下，源塔载冷剂侧换热热量随空气含湿量升高而变大；在一定的空气和湿球温度下，源塔载冷剂侧换热热量随载冷剂进口温度的增大而增大。同时，环境湿球温度影响着机组制热量和其 COP 的高低，湿球温度为 -9 时，机组的 COP 能达到 2.8，系统的 COP 能达到 2.2。能源塔热泵系统在性能上好于空气源热泵，适合在邯郸地区应用推广。

参考文献

- [1] 郭杰,袁芳芳,赵友宝. 能源消耗现状研究评述. 经济师,2014,(10):137-139.
- [2] 李念平,张鼎,成剑林,贺志明,陈琦. 热源塔热泵空调系统经济性分析 [J]. 深圳大学学报(理工版),2015,04:404.410.
- [3] 彭金梅,罗会龙,崔国民,李超,刘显瑞,热泵技术应用现状及发展动向 [J]. 昆明理工大学学报(自然科学版),2012,05:54-59.
- [4] 李金洋,能源塔热泵系统在天津地区的供暖适用性研究 [D]. 天津:天津大学,2015.
- [5] 戚飞,张新力,于江,李丽琼,等. 能源塔热泵系统及其应用简介 [J]. 智能建筑与城市信息,2013,07:83-8.



数据中心静压层高度对不同地板送风方式的影响研究

南京师范大学 张萌 张忠斌 胡雨 姚喻晨 黄虎

摘要：随着数据中心发热量增大，空调系统及其气流分布要求也越来越高。通过架空地板静压层优化数据中心气流分布的目标是改进气流均匀性，解决数据中心局部过热的问题。本文选择数据中心的四列机柜子模块作为考察样本进行分析，采用 CFD 方法分别研究 6 种静压层高度（0.2m、0.4m、0.6m、0.8m、1m 和 1.2m）对 3 种地板送风方式的气流分布和局部热点的影响。3 种地板送风方式分别为开放通道、热通道封闭、冷通道封闭。然后，本文系统地阐述了三种性能考核指标，供应/回流热指数（SHI/RHI），回流冷却指数（RCI）和回流温度指数（RTI），并通过三种性能指标把数据中心内各个机柜的过冷或过热的程度和气流组织的特性体现出来，以此衡量数据中心的热环境。通常，适当增加地板高度可有效地提高冷却效果和气流均匀性，但当高度增加一定程度时作用不再显著。本文根据不同静压层高度和送风方式组合的 18 种情况，可得到不同结构形式数据中心，地板架空层高度的推荐范围，并通过实测试验进行验证。

关键词：静压层高度 数据中心 CFD 试验验证 通道封闭

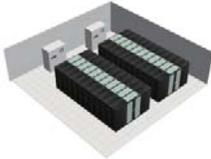
0 引言

如今的数据中心在保持可靠安全地运行的前提下，正逐渐地追求高效与低成本。因此，节省运营费用中最重要的一环之一便是减少 IT 服务器和冷却系统电能的消耗。数据中心能源消耗的急剧增长已经成为了国家层面的问题。在过去 10 年中，数据中心的能源消耗每 4 年翻一番。IT 服务器发热量的急剧增加导致冷却系统产生的能量增加到大约数据中心的能耗的 40%。数据中心内高热流密度设备多，单位面积散热量大，设备全年全天候运行且对环境温度有较严格的要求等给冷却系统提出严峻的考验。因此，减少冷却系统的能源消耗便是数据中心节能的关键问题。在冷却系统产生足够冷量的前提下，改善气流组织可以有效地提高冷气流对 IT 服务器的冷却效率，减少数据中心产生局部过热。

1 过程

数据中心产生局部过热现象的最主要原因就是气流组织不合理，因此，本文旨在通过改善气流组织来提高冷气流的利用率、减少局部过热问题和降低数据中心能源的消耗。目前，在数据中心建设方案中，机架“面对面，背对背”的摆放形式已经成为业界共识，架空地板下送风、上回风被广泛采用。改善气流组织的关键是要优化地板下静压层内的流场，而对地板下静压层的压力分布及流场形成的影响因素，主要包括：机房空调的位置及送风速度、静压层的高度与地板的送风方式。本文选择数据中心的四列机柜子模块作为考察样本，怎么来的根据 18 种设计方案进行对比分析，例如，增加静压层的高度，冷通道封闭，热通道封闭等。这些条件

表 1

机柜尺寸	冷通道	热通道	穿孔地板尺寸	地板穿孔率
600mm × 1100mm × 2000mm	1200mm	1200mm	600mm × 600mm	50%
				
开放通道	冷通道封闭	热通道封闭		

组成不同结构形式的数据中心通过计算流体力学 (CFD) 进行模拟。基于数据中心热环境评价指标, 对模拟结果进行对比分析, 并通过实测试验进行验证。

2 方法

2.1 机房设计

本文设计 2 种变量因素, 即静压层高度与地板送风方式。静压层高度有 6 种分别为 0.2m、0.4m、0.6m、0.8m、1m 和 1.2m; 地板送风方式有 3 种分别为开放通道、冷通道封闭、热通道封闭。设计数据中心机房是研究众多数据中心问题的关键环节, 通常按照国际标准 TIA-942 进行设计。此外, 设计数据中心的布局目的是使空气能够冷却, 混合, 再循环, 分布合理等要求。本文在选取 4 列机柜作为研究子模块的前提下, 对数据中心机房进行模拟设计。由于本文设计采用地板下送风、上走线方式, 地板支架忽略不计, 可以认为地板下没有障碍物。设计如下: (见表 1)

2.2 模拟设计

2.2.1 数值求解

本文通过数值模拟的方法, 以 0.2m 作为静压层高度的变化步长, 以 3 种地板送风方式作为变量, 2 大因素互相组合形成 18 种模型进行数值模拟。所得的模拟结果根据评价指标进行判断, 筛选出不同结构形式下, 地板架空层高度的推荐范围。

2.2.2 物理数学模型

由于数据中心空气流动属于低速流动且室内空气满足 Boussinesq 假设, 故认为数据中心空气可视作不可压缩流体, 忽略由流体粘性力做功引起的耗散热, 且流体密度的变化仅对动量方程中的浮升力产生影响, 除浮升力项以外其他密度均为常数。所以选用针对高雷诺数的湍流计算模型标准 - 模型。数值模拟基于连续性方程、动量方程、能量方程、湍动能方程和湍动能耗散率方程。

IT 服务器的布局按 ASHRAE TC 9.9 中的建议应用, 大多数数据中心的平均功率密度为 2-5 kW / rack, 且大多数情况下机架内的 IT 服务器并未满置, 基于现实在本文中的机柜的布置为 2kW / rack, 每个标准机柜由 20 个服务器(1U)组成, 每个服务器(1U)配置如表。为了模拟方便, 将机柜内 20 个服务器分成 4 个模块, 每个模块有 5 个服务器, 平均分配散热量。

	电量	发热量	型号
1 个 IT 服务器	100	97	450W*600D
20 个 IT 服务器	2000	1940	

2.2.3 边界条件设定

数据中心内各壁面、架空地板及机柜面板、内隔板均设置为绝热, 多孔地板的边界条件设置为多孔阶跃模型; 门、窗、墙壁密封性良好, 不考虑外界传热对数据中心的影响; 忽略数据中心内部各个传热表面的热辐射; 数据中心内冷负荷主要来自于服务器散热, 照明冷负荷相对很小, 忽略这部分散热。另外, 一般情况下, 机房空调的送风温度都小于等于 20。随着送风温度的降低, 机柜的冷却效果越好, 但能耗会随之增加。因此, 数据中心机房送风参数, 静压箱进口温度为 18, 两台空调送风总量 5m³/s。

3 结果

3.1 热环境评价指标

考虑到数据中心自身的特殊性, 它对于安全性的要求非常高, 安全性比节能更重要。因此在建设、运行的过程中, 必须首先保障数据中心的安全性, 其次考虑数据中心制冷系统的节能效果。因此, 所得的静压层高度对三种地板送风方式的影响结果, 还需参考评价指标进一步分析。在数据中心热工环境评价指标中, 有美国 ASHRAE TC 9.9 是根据机柜入风口空气温湿度衡量空气冷却散热设备的数据中心热环境质量。但是根据 ASHRAE TC 9.9 评价的结果不能反映单个机柜“不健康的程度”, 本文系统地阐述了三种性能考核指标, 供应/回流热指数(SHI / RHI), 回流冷却指数(RCI)和回流温度指数(RTI)。为什么好, 说明原因。

	$SHI = \frac{\delta Q}{Q + \delta Q}$	$RHI = \frac{Q}{Q + \delta Q}$
意义	$\delta Q = \sum_j \sum_i m'_{i,j} C_p (T'_{n,i,j} - T_{ref})$ Q 为冷气流从地板送风口到服务器机柜进风口出所吸收的热量	
	$Q = \sum_j \sum_i m'_{i,j} C_p (T'_{out,i,j} - (T'_n)_{i,j})$ Q 为冷气流在机柜中用于冷却服务器所损失的冷量	
关系	SHI+RHI=1	
结果	越趋近于 0, 表明机柜平均入口温度越接近空调送风温度	越趋近于 1, 表明冷热气流混合越少, 送风冷却效率越高

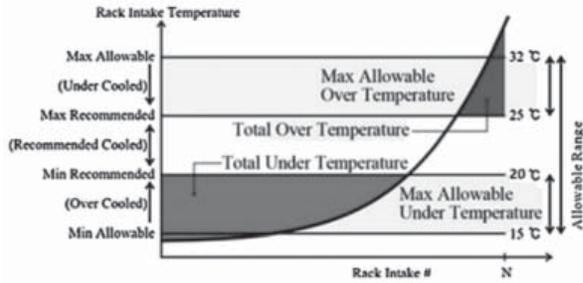
3.1.1 SHI 与 RHI

Supply heat index(SHI) 是基于服务器进风温度来设定的指标, 反映冷通道内送风在进入 IT 服务器之前与周围热空气掺混的程度。Return heat index(RHI) 反映热通道内回风在进入空调机组前与周围冷空气

的掺混程度。

3.1.2 RCI

Rock cooling index 适用于评估机柜被冷却的效率以及机柜所处的环境是否健康。该指标与最高允许温度，最高推荐温度，最低允许温度，最低推荐温度有关。根据 ASHRAE TC.9.9 建议的温度范围如图所示。



如果进气温度超过最高推荐温度，出现过热情况，则过热总量为所有进入机柜内过热温度之和；类似地，当进气温度低于最低推荐温度时，出现过冷情况，过冷总量为所有进入机柜内过冷温度之和。相对应地，RCI 也有两个部分组成，RCI_{HI} 与 RCI_{LO}，分别用来衡量过热与过冷情况下的机柜冷却情况。RCI_{HI} 与 RCI_{LO} 的定义如下：

$$RCI_{HI} = \left(1 - \frac{\text{Total over temperature}}{\text{Max allowable over temperature}}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\sum (T_i - T_{\max-rec})_{T_i > T_{\max-rec}}}{n \times (T_{\max-all} - T_{\max-rec})}\right) \times 100\% \quad (1)$$

$$RCI_{LO} = \left(1 - \frac{\text{Total under temperature}}{\text{Max allowable under temperature}}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\sum (T_{\min-rec} - T_i)_{T_i < T_{\min-rec}}}{n \times (T_{\min-rec} - T_{\min-all})}\right) \times 100\% \quad (2)$$

从公式可知 RCI 的值在 0% 到 100% 的范围内波动，若 RCI_{HI} 达到 100%，则表示机柜不产生过热温度；若结果越偏离 100%，则表示机柜处于最高允许温度以上的概率越大。类似地，RCI_{LO} 同样如此。在此基础上将 RCI 指数分级，具体情况见下表。

Rate	RCI
Ideal	100%
Good	96%
Acceptable	91-95%
Poor	90%

3.1.3 RTI

对于 RCI 可以通过增加数据中心制冷系统的风量或降低制冷气流的温度来改善 RCI_{HI}，然而无法判断气流的流动与分布情况。Return temperature index 是用于表征机柜的气流组织的能量特性，判断机柜是否存在空气短路或再循环。因此 RTI 指标与

热气流返回的温度和冷却系统提供的冷却气流温度有关。其定义为：

$$RTI = \frac{T_r - T_s}{\Delta T_e} \times 100\% \quad (3)$$

T_r 为热气流返回温度，K

T_s 为冷却系统提供冷却气流温度，K

ΔT_e 为机柜进风与出风温度差，K

根据气流的分布情况将 RTI 指标的分级，如下：

Type	RTI
Ideal	100%
Re-circulation	>100%
By-pass	<100%

Rate	RTI
Ideal	100%
良好	100% ± 5%
不令人满意	100% ± 30%

3.2 模拟结果 (见表 2)

3.3 评价结果

	SHI	RHI	RCI _{HI}	RCI _{LO}	RTI
1#	0.31	0.69	85.6%	100.0%	85.7%
2#	0.30	0.70	86.0%	100.0%	86.2%
3#	0.26	0.74	90.7%	97.4%	87.1%
4#	0.28	0.72	97.2%	89.6%	86.5%
5#	0.25	0.75	100.0%	81.2%	86.9%
6#	0.21	0.79	100.0%	73.0%	88.4%
7#	0.12	0.88	85.3%	89.1%	112.2%
8#	0.14	0.86	92.4%	87.5%	106.5%
9#	0.14	0.86	100.0%	86.7%	102.1%
10#	0.15	0.85	100.0%	81.6%	101.3%
11#	0.14	0.86	100.0%	72.4%	100.7%
12#	0.13	0.88	100.0%	58.2%	100.1%
13#	0.21	0.79	93.2%	87.6%	102.4%
14#	0.19	0.81	99.5%	79.1%	110.1%
15#	0.20	0.80	100.0%	75.3%	100.0%
16#	0.19	0.81	100.0%	68.4%	100.3%
17#	0.17	0.83	100.0%	61.8%	100.0%
18#	0.20	0.80	100.0%	51.3%	100.1%

4 结果分析

4.1 指标分析

为了客观地评价数据中心的热环境与气流组织，本文采用温度场与评价指标结合的方式来分析。CFD 模拟的结果展现了数据中心热环境的温度分布。评价指标的结果显示了气流组织的情况。

在相同地板送风方式下，随着静压层的增加，数据中心内的局部热点与评价指标 SHI、RCI_{LO} 逐渐

表 2

模型参数	服务器温度分布	垂直截面温度场	模型参数	服务器温度分布	截面温度场
01# 开放通道 静压层高度为 0.2m			02# 开放通道 静压层高度为 0.4m		
03# 开放通道 静压层高度为 0.6m			04# 开放通道 静压层高度为 0.8m		
05# 开放通道 静压层高度为 1.0m			06# 开放通道 静压层高度为 1.2m		
07# 冷通道封闭 静压层高度为 0.2m			08# 冷通道封闭 静压层高度为 0.4m		
09# 冷通道封闭 静压层高度为 0.6m			10# 冷通道封闭 静压层高度为 0.8m		
11# 冷通道封闭 静压层高度为 1.0m			12# 冷通道封闭 静压层高度为 1.2m		
13# 热通道封闭 静压层高度为 0.2m			14# 热通道封闭 静压层高度为 0.4m		
15# 热通道封闭 静压层高度为 0.6m			16# 热通道封闭 静压层高度为 0.8m		
17# 热通道封闭 静压层高度为 1.0m			18# 热通道封闭 静压层高度为 1.2m		

减少,评价指标 RHI、RCI_{hi}、RTI 逐渐增大。这是由于静压层高度的增加减少了送风系统动压和气流振动,使得气流组织更加合理。例如 9#,冷通道封闭,静压层高度为 0.6m,RCI_{hi} 为 100%,RHI 为 0.86,RCI_{lo} 为 86.7%,RTI 为 102.1%。即使,RCI_{lo} 为 86.7%,仍有 13.3% 的情况处于过冷状态;且 RTI 大于 100%,处于气流再循环的状态下,但 RCI_{hi} 为 100%,无过热情况,满足数据中心安全运行的要求。且当 RCI_{hi} 达到 100% 之后,随着高度的增加,其他指标无明显变化,由于层高的限制,静压层的高度不宜无限增加。由此,可以得出在全开放形式的推荐高度为 1.0m-1.2m;类似地,冷通道封闭的形式中得推荐静压层高度为 0.6m-0.8m;热通道封闭的推荐高度为 0.4m-0.6m。再对比分析。

另外,从以上分析可知,RCI_{HI} 比其他任何指标都更重要。如果 RCI_{HI} 标准是不符合要求的,则即使其他标准要求可满足,其总体评价也是不可接受的。

4.2 实测验证

本文通过模拟得出 3 种地板送风方式下较为合理且值得推荐的静压层高度,其中全开放形式下的静压层推荐范围为 1.0-1.2m,实测预选取静压层高度为 1.0m 的;冷通道封闭形式下的推荐静压层范围为 0.6-0.8m,实测选取 0.6m 静压层高度的数据中心;热通道封闭形式下的推荐静压层范围为 0.4m-0.6m,实测选取 0.6m 静压层高度的数据中心。根据模拟中数据中心的布置结构寻找到了较为相似的南京市某数据中心机房并对其进行实测。

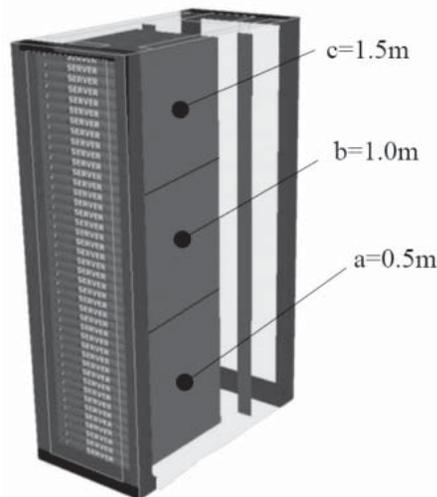
4.2.1 测量方法

实测过程中对 2 个特征区域的温度进行测量:机柜送风处、机柜出风处。在测量机柜的送风与出风处时,测点以对称形式布置,且将机柜一送出风面等分成 a、b、c 三份(a=0.5m,b=1.0m,c=1.5m),取其中点测量,每个测点测量三次,每次间隔 10s,取平均值得到机柜出入口送风参数。由于实测的数据中心为对称布置,故实测只需要测量单侧一列机柜的温度即可。并与模拟结果进行对比。如图:

(a)为全开放,静压层为 1m 的模拟实测对比图;
(b)为冷通道封闭,静压层为 0.6m 的模拟实测对比图;
(c)为热通道封闭,静压层为 0.6m 的模拟实测对比图。实测与模拟的对象均为数据中心内机柜单侧进风温度。(见表 3)

从图中各列机柜对比来看,实测数据的总体趋势和模拟值相同,实测值和模拟值各点的温度值基本吻合。总体来讲,实测值整体偏高一些,这是由

于实际机房中冷通道封闭处的缝隙有一定渗漏,加之机柜、机架等设施的传热问题,导致实测温度略高于模拟值。



5 结论

数据中心冷却系统的目的是使数据中心可以安全高效地运行,同时希望能够节约能源。为此本文研究了静压层高度和地板送风方式对数据中心热环境和气流组织的影响,得到如下结论:

根据模拟与实测的结果,全开放形式下的静压层推荐范围为 1.0-1.2m;冷通道封闭形式下的推荐静压层范围为 0.6-0.8m;热通道封闭形式下的推荐静压层范围为 0.4m-0.6m。

在相同静压层高度下,

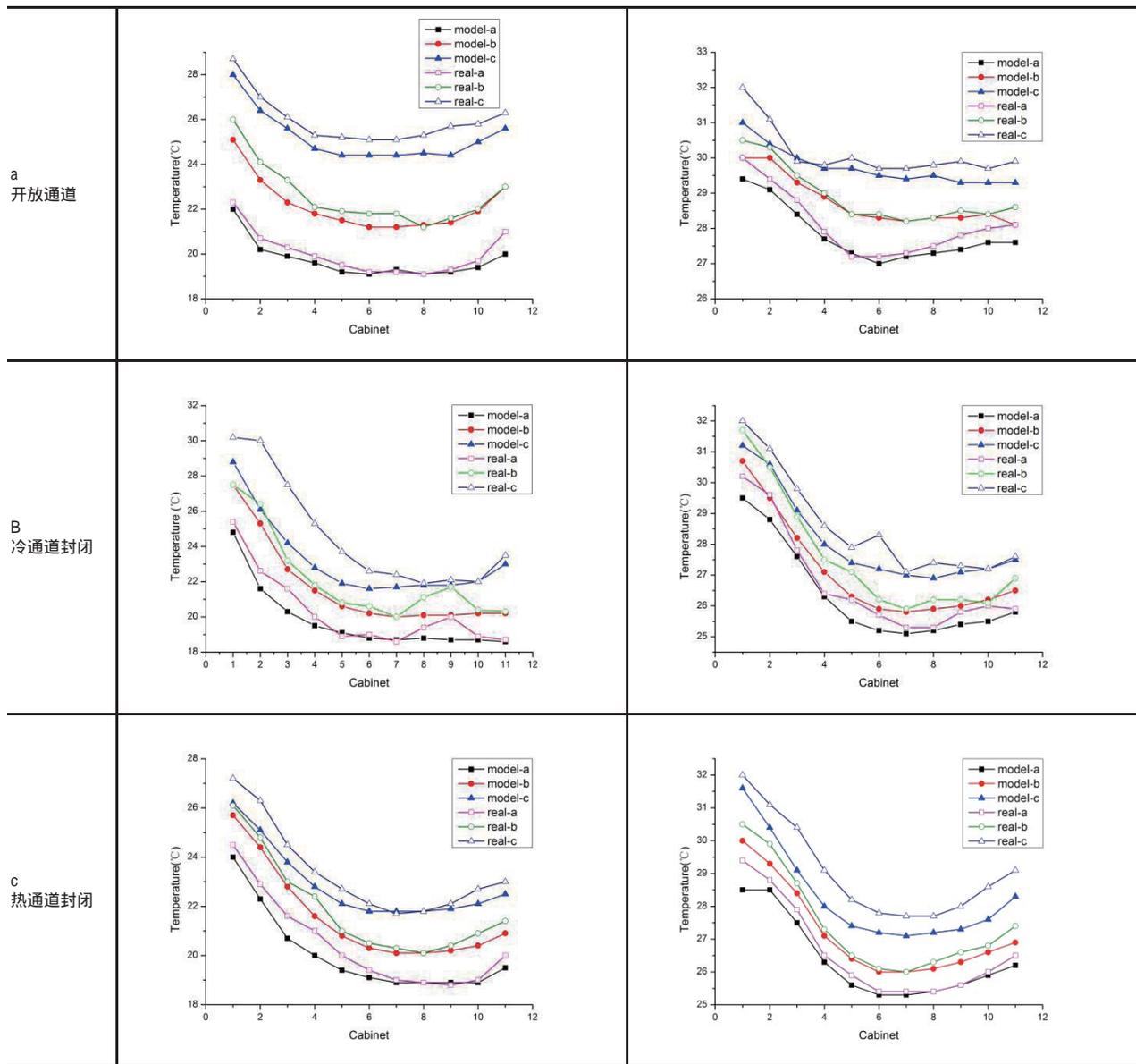
在评价数据中心热环境时,4 个评价指标(RCI、RTI、RHI/SHI)是有优先级的,RCI_{HI} 比其他任何指标都更重要。如果 RCI_{HI} 标准是不符合要求的,则即使其他标准要求可满足,其总体评价也是不可接受的。

在本文研究中可知升高静压层高度可以提高气流组织质量,改善数据中心热环境。基于此点,可以在以后的研究中加入另一项参数穿孔地板的穿孔率,两者结合可以更加全面与整体地分析出对数据中心热环境影响的因素。

参考文献

- [1] 《2016-2017 年中国 IDC 产业发展研究报告》
- [2] Energy Logic:Reducing Data Center Energy Consumption by Creating Savings that Cascade Across Systems
- [3] From Chip to Cooling Tower Data Center Modeling:

表 3



Chip Leakage Power and Its Impact on Cooling Infrastructure Energy Efficiency

- [4] An experimental and theoretical investigation of the extent of bypass air within data centres employing aisle containment, and its impact on power consumption
- [5] Numerical investigation for performance indices and categorical designs of a fan-assisted data center cooling system
- [6] Experimental investigations of thermal managements solutions in data centers buildings for different arrangements of cold aisles containments
- [7] Simplified model for desired airflow rate in

underfloor air distribution (UFAD) systems

- [8] Evaluation of air distribution system 's airflow performance for cooling energy savings in high-density data centers
- [9] An experimental and theoretical investigation of the extent of bypass air within data centres employing aisle containment, and its impact on power consumption
- [10] Experimental investigations of thermal managements solutions in data centers buildings for different arrangements of cold aisles containments
- [11] CFD investigations of data centers ' thermal

(下转 58 页)

风道结构对数据中心气流组织影响的试验验证

南京师范大学能源与机械工程学院 胡雨 张萌 张忠斌 姚喻晨 黄虎

摘要：为研究数据中心合理的气流组织，使服务器运行环境更加安全可靠，本文在第一部分数值设计基础上，以数据中心奇数列子模块为实测对象，通过机柜前门送风速度及温度两个关键参数的对比，改变地板穿孔率和挡板角度，来验证包含最优模型在内的6组模型。实测与模拟速度相对误差最大17%，温度相对误差最大5%，实测与模拟的速度场、温度场吻合。结合该数据中心热流密度与能耗水平，改变机房冷却系统送风温度工况条件，对比分析各送风温度工况下的实测温度场，并采用回风温度指数（RTI）评价指标加以评析，得出合理送风温度范围，推荐值在16~19℃，为地板下送风型数据中心的设计提供参考。

关键词：数据中心 风道结构 试验验证 送风温度 回风温度指数（RTI）

0 引言

随着大数据时代到来，数据中心建设已进入高速发展时期，机房热密度日益增大，数据中心耗能日益增加。数据中心机房是典型的高密度耗能电子设备集成区，随着其数量与规模的增长，数据中心的能耗越来越不容忽视^[1-2]。研究表明，数据中心冷却系统的能耗通常占总能耗的45%左右^[3]。有效利用能量，提升数据中心冷却系统能效水平，是数据中心领域普遍面临的关键问题^[4]。数据中心热环境品质不仅对数据设备的安全运行至关重要，还直接关系到冷却系统能耗，是整个数据中心换热体系性能的综合体现^[5]。

本文对依据第一部分最优模型（静压层高度0.6m，地板穿孔率20%，挡板角度15°）建造的数据中心（以下简称实测数据中心）进行实测研究，主要针对地板出风速度、温度，机柜前送风速度、温度，机柜后出风速度、温度等重要参数进行验证，对比实测与模拟的速度场、温度场是否一致；然后结合能耗情况，改变冷却系统送风温度再进行多组实测，对比各组气流组织及整体热环境的变化，以期得到最优模型对应数据中心合理的送风温度范围，有效避免局部热点的产生，并为数据中心的设计建造提供参考。

1 实测数据中心奇数列子模块基本情况

如本文第一部分图1所示，实测数据中心奇数列子模块长10974mm，宽7300mm，高2500mm（不含地板高度），分布3列机柜，每列由11个机柜构成，单个机柜的尺寸为600mm×1100mm×2000mm。每列机柜末端的两台机柜用于放置其他用电设备，

所以每列实际有9个服务器机柜。2列机柜前门之间以及前门与房间内墙之间的送风通道为冷通道，2列机柜后门之间以及后门与另一子模块的机柜后门之间的排风通道为热通道（两个模块间的通道已隔断，图中未显示）。空调机组的两个送风口尺寸为471mm×350mm，两个回风口尺寸为475mm×350mm。三维模型如图1所示。

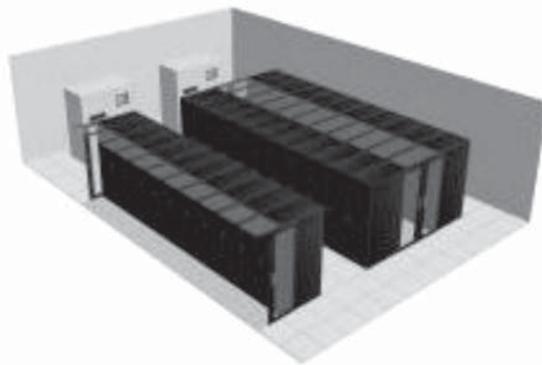


图1 奇数列子模块三维视图

2 测量内容及仪器仪表选择

为了验证优化结果的准确性，并为进一步工况调节提供数据参考，实测过程中对4个特征区域的温度、速度进行测量：穿孔地板出风口、机柜前门送风处、机柜后门出风处、空调机组回风口。气流组织测量与研究的具体内容如下：

风速的测量：采用Testo416风速计。该仪器配备固定式16mm直径叶轮探头，连接伸缩手柄，最长890mm。它可测量速度、直接显示风量，仅需输入管道截面积即可精确计算多点及时间段平均风量。

温度的测量：采用 Testo425 热敏风速仪。该仪器固定连接热敏风速探头，带伸缩式手柄，同时可直接测量温度与风速。此外，此热敏风速仪还能随意切换至当前的温度读数，它带有多点和时间段平均值计算功能，能够计算出风量、风速和温度的平均值。

考虑到机房内各测点出风速度均不超过 5m/s、同一立面同一水平高度上温差小等特点，选择以上两款仪器对此类微小风速和小温差场合进行测量，较高的精度可以减小测量误差。

3 测点布置

模型的 CFD 优化设计简化了繁杂的数据中心实际设计过程^[6]。但模型是基于多种特定假设建立的，实际运行时，机房内温度变化是否如模拟结果一致，都需要进一步试验验证。

对于机柜进出风温度和速度的测量，国内外专家学者做过不少研究，但在测点的布置上大都相似，多以对称形式布置，根据热流密度不同，测点密集程度有所调整^[7-11]。本文试验选择在机柜正面和机柜背面上、中、下位置布置，测点的垂直高度（Z 方向）分别为 Z=500mm，Z=1000mm，Z=1500mm（从架空地板表面算起），部分服务器带有散热风机，为避免机架中散热风机的气流对测试数据的影响，在测试时，测量点与柜门相距 100mm。同样，每个测点测量三次，每次间隔 10s，取平均值得到机柜出入口送风参数。

4 测试结果与数据分析

在所有测量数据中，冷、热通道内的各项参数需要着重研究，因为冷通道内的温度工况是对冷量分布最直观的反映，而热通道内的气流环境可以较好地检验冷量利用情况，预测局部热点产生区域^[12-13]。因此本文通过各列机柜前门进风温度和速度的比较对本文第一部分模型进行验证，在变温度工况进行对比时，选取各列机柜后门出风的温度参数加以分析。

4.1 变地板穿孔率和挡板角度数据中心的实测对比分析

数据中心静压层高度以最优模型的 600mm 为基准，改变地板穿孔率和挡板角度两个几何因素，对包含最优模型在内的 6 组典型几何结构（表 1）进行实测，同最优模型进行对比验证。

表 1 各风道结构几何尺寸

编号	静压层高度	地板穿孔率	挡板角度
	600mm	40%	/
	600mm	50%	/
	600mm	60%	/
	600mm	20%	0°
	600mm	20%	15°
	600mm	20%	30°

鉴于 A 列机柜中存在空置的情况，导致模拟和实测有出入，同时对共用冷通道的 B 列机柜气流组织产生影响，因此主要考虑 C 列机柜的进风温度和速度。从第一部分数值设计的模拟分析结果可知，同列机柜中间及偏后位置孔板送风较稳定均匀，故选定 C 列 7# 机柜作为验证对象，对 7# 机柜前门 Z=500mm、Z=1000mm、Z=1500mm 高度各参数进行测量，模拟、试验结果见图 2、图 3。

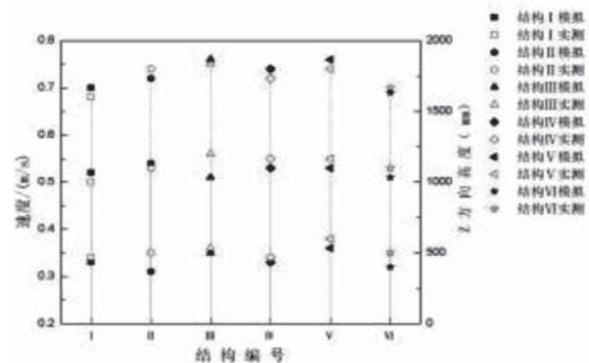


图 2 各风道结构 C 列 7# 送风速度对比

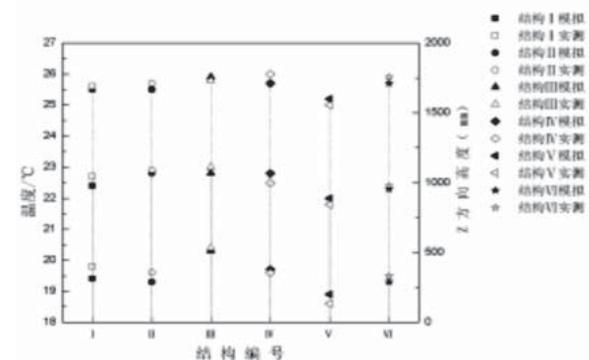
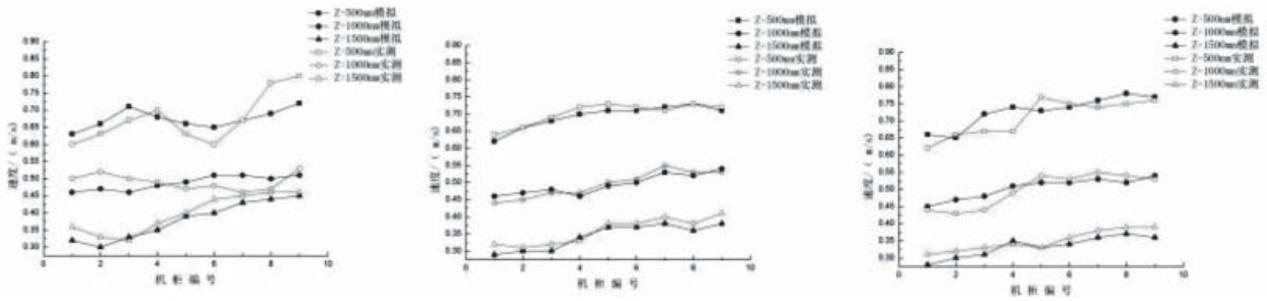


图 3 各风道结构 C 列 7# 送风温度对比

从各风道结构的实测、模拟数据对比结果来看，实测与模拟速度相对误差最大 17%，温度相对误差最大 5%，未出现明显偏差的测点，实测与模拟结果吻合程度较高，模拟结果可靠。对比 6 组风道结构的测试结果，1 号风道结构的各测点速度、温度最优。下文以 1 号风道结构作为实测数据中心研究对象，进一步对其速度场、温度场及变送风温度工况的适应性进行实测分析。

4.2 实测数据中心速度场实测分析

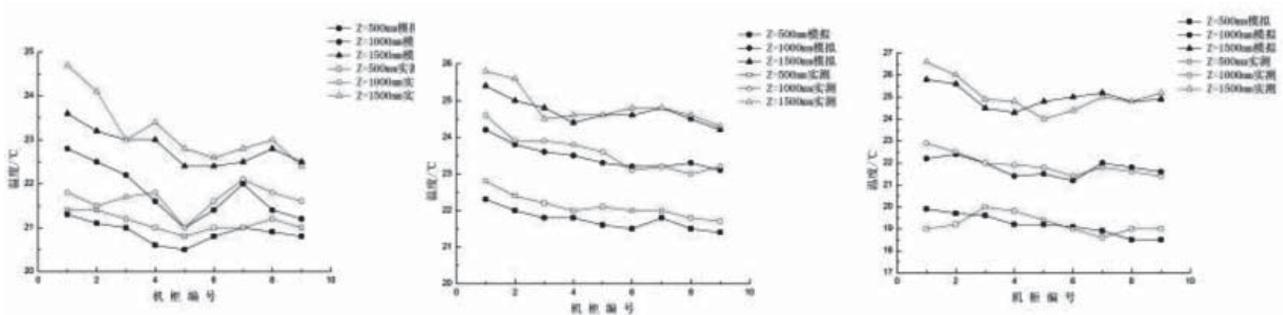


(a)A 列机柜前门各测点速度

(b)B 列机柜前门各测点速度

(c)C 列机柜前门各测点速度

图4 各列机柜前门进风速度的比较



(a)A 列机柜前门各测点温度

(b)B 列机柜前门各测点温度

(c)C 列机柜前门各测点温度

图5 各列机柜前门进风温度的比较

从图4分析各列机柜前门进风方向的气流速度，同一水平高度上气流速度差值（由低到高）分别为：A列0.17m/s、0.10m/s、0.16m/s；B列0.11m/s、0.09m/s、0.12m/s；C列0.12m/s、0.10m/s、0.11m/s；最大差值不超过0.17m/s。三列机柜对比分析，B、C两列机柜各水平高度上气流走向的一致性更佳，气流组织更稳定。靠近冷却系统送风口的机柜进风速度普遍略小于远离送风口的机柜（下文直接将冷却系统送风口简称送风口；靠近送风口的机柜简称近端机柜；远离送风口的机柜简称远端机柜），这是由于沿着送风方向气流动压减小，静压增大，孔板出风量随之增加，因此近端出风量较小。

竖直方向上，Z=500mm高度上的速度最高，最大值达0.80m/s，其次是Z=1000mm，Z=1500mm时风速很小，最小的测量值仅0.31m/s，可见随着高度的变大，风速逐渐变小，这主要是因为该数据中心采用地板下送风，距离送风口越近，风速越大，随着送风距离的增加，气流速度逐渐衰减。另外，A列机柜Z=1000mm高度的实测值在前一段走势与模拟值有较大偏差，是由空置机架引起，实测过程中，此处没有放置服务器，也没有因此而增设挡板，导致气流直接穿过机柜前、后门的网孔直接到达热通

道，该部分气流对机柜中部到上部的气流流速测量造成一定影响，所以实测值与模拟值有偏差。

4.3 实测数据中心温度场实测分析

图5为各列机柜前门进风温度的对比，实测数据的总体趋势和模拟值相同，实测值和模拟值各点的温度值基本吻合。总体来讲，实测值整体偏高一些，这是由于实际机房中冷通道封闭处的缝隙有一定渗漏，加之机柜、机架等设施的传热问题，导致实测温度略高于模拟值。图5(a)中，2#机柜Z=1000mm高度的实测送风温度明显低于模拟值约1℃，是因为实测时2#机柜中部有一排机架空置，导致中部Z=1000mm处的温度测量与模拟值有较大出入，同时，2#机柜下方的冷气流上升到中部也对两侧（1#和3#）机柜的温度测量有一定影响。在靠近送风口的1#机柜附近，送风温度较高，根据上文速度场的分析可知，这同样是由于靠近空调机组的地方动压较大而静压较小导致；另一方面，该处靠近冷却系统回风口，高温回风也对1#机柜的温度有一定影响。

分析单列机柜的温度折线图可知：随着高度增加，服务器获得的冷量减少，位于机柜顶部的服务器进风口处空气温度较高，处于最不利位置，由于浮升力的作用，热空气呈向上运动的趋势，加之回

表 3 不同送风温度下的机柜后门出风温度对比

冷却系统 送风 参数	A 列机柜出风截面实测温度场	B 列机柜出风截面实测温度场	C 列机柜出风截面实测温度场
16 送风			
18 送风			
20 送风			

风口的水平高度与机柜高度接近，下部服务器排出的热流会向上堆积，造成机柜出风界面上部温度要高于下部。综合三列机柜来看，Z=1500mm 最高温度与 Z=500mm 最低温度跨度达 7.6 。

在每个测量高度平面，进风温度基本保持一致，从表 2 中可以看出，水平高度上最小水平温差 0.6 ，最大温差跨度不超过 2.6 。三列机柜的每个水平高度上温度走势大致相同，每列中间位置和远离送风口的末端位置送风温度相对较低，近冷却系统的位置送风温度相对较高，可见同列机柜中间及偏后位置地板格栅送风量稳定均匀，可在中间偏后的机柜上放置大功率服务器。

表 2 各水平高度最大温差

	A 列机柜	B 列机柜	C 列机柜
MAX(TZ=500mm)	0.6	1.1	1.4
MAX(TZ=1000mm)	0.8	1.6	1.5
MAX(TZ=1500mm)	2.3	1.5	2.6

注：MAX(TZ=xmm) 表示 Z=xmm 水平方向上温差最大值

4.4 实测数据中心变送风温度工况实测分析

在 18 送风温度下，本文还对三列机柜整体温度分布情况进行了实测，发现各列机柜总体温度趋势一致，随着垂直高度增加，温度逐渐上升，但 B、C 两列机柜顶端温度略高，尤其靠近送风口一侧的机柜，局部区域温度将近 35 ，不利于服务器运行，且有产生局部热点的趋势。因此，在后续测量中，调节冷却系统送风温度，对机柜后门的出风温度进行多组实测，主要目的是在不出现局部热点、机柜内热环境稳定、各服务器正常运行的情况下，通过

测量得出该数据中心冷却系统合理送风温度范围，使冷量得到充分利用。

鉴于在 18 送风温度下数据中心整体温度稳定，且并未出现局部热点，参考 Hassan^[14] 对送风温度的选取，本文选取 18 上下各 2 作为温度变化步长，即 16 、 18 、 20 的送风温度进行测试，观测气流组织及温度分布的变化，得出最适送风温度范围。保证其他参数不变的情况下，改变数据中心冷却系统送风温度，主要选取机柜背面距离柜门 100mm 的垂直截面的温度场进行对比，分析不同送风温度对气流组织及热环境的影响，各立面温度场对比见表 3。

结合表 3 看出，冷却系统送风温度 16 时，A、B、C 三列机柜整体出风温度在 21 ~30 之间，从地板出风至 Z=1500mm 高度区间内，温度基本不超过 29 ，冷量利用充分，各列机柜出风温度均匀，气流组织合理。

送风温度 18 时，机柜整体出风温度在 23 ~31 ，冷量利用较好，另外，根据云图可以直观看到，B 列机柜近端有产生局部热点趋势，由于送风温度相对较低，所以在近端并未真正产生局部热点，虽不影响服务器运行，但日常维护检测需多加注意。

送风温度 20 时，Z=1500mm 高度的温度测量普遍超过 32 ，机柜背面的热通道内出现大面积出风温度在 32 以上的情况，各列机柜上方有多处明显出现局部热点，且 Z=1500mm 高度的送风温度有多处达到 25 。如果送风温度超过 25 ，通常假定服务器过热^[15]。鉴于 20 送风情况下温度分布不利于服务器散热，因此不建议设置此送风温度。

表4 B列机柜1~9# 机柜 RTI 值

送风工况	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#
16	96.1%	94.6%	92.0%	100.3%	95.5%	97.6%	97.0%	100.8%	99.2%
18	92.7%	83.8%	94.3%	108.4%	84.9%	95.9%	92.1%	107.4%	89.3%
20	95.3%	86.4%	91.2%	119.4%	84.3%	94.2%	89.6%	115.5%	84.6%

考虑到数据中心自身的特殊性，它对于安全性的要求非常高，安全性比效率更重要。因此在建设、使用的过程中，必须首先保障数据中心的安全性，三种送风温度工况下的机房热工环境优劣，还需参考评价指标进一步分析。

美国ASHRAE TC 9.9^[16]根据机柜入风口空气温湿度衡量空气冷却散热设备的数据中心热环境质量。但是ASHRAE TC 9.9的结果不能反映单个机柜“不健康的程度”，即不便于分析单个机柜局部过热等情况。

本文采用Herrlin提出的回风温度指数RTI (return temperature index)^[17]来分析三种送风温度下的服务器运行情况。回风温度指数是冷却系统与IT设备的平均进排风温差之比，用于表征某个机柜的气流组织的能量特性。通过RTI能够有效判断机柜是否处于空气短路或者空气再循环的状态。RTI大于100%说明存在气流再循环现象，等于100%为理想情况，小于100%说明存在气流短路现象。

回风温度指数的计算公式如式(1)所示：

$$RTI = [T_{RETURN} - T_{SUPPLY}] / T_{EQUIPMENT} \times 100\% \quad (1)$$

T_{RETURN} ：机房回风温度；

T_{SUPPLY} ：地板送风温度；

$T_{EQUIPMENT}$ ：IT设备机柜在进出口空气的温差；

RTI：回风温度指数。

结合实测与模拟的情况来看，B列机柜顶部温度相对偏高，出现局部热点的可能性更大，所以选取B列机柜计算其RTI，结果如下表。

从RTI数据可知，大部分机柜的RTI值都小于100%，说明冷通道封闭的风道几何结构对数据中心而言，可以有效避免气流再循环。对比三种送风温度工况，16的RTI值最接近理想值100%，平均差值最小，其次是18送风工况，再次是20送风工况。可见16送风工况下服务器运行的热工环境最佳，18送风工况下的能耗较少，服务器运行环境的整体温度相比16送风时略高，但在可接受范围内，这与前面对比温度场得出的结论一致。为验证该数据中心可接受送风温度上限，本文还对19送风温度工况进行了测量，通过对机柜后门出风温度场的测量及RTI评估，发现19送风温度工况下，数据中心整体热环境与18送风时相差不大，仍在可接受范围，故认为送风温度上限为19。

综上所述，送风温度的变化对气流组织的稳定有一定的影响，送风温度提高，机柜平均出风温度随之提高。送风温度不合理，会使机柜热环境产生波动，不合理的送风温度会影响机组冷量的充分利用、产生局部热点等问题。送风温度在16~19时，机房整体环境温度符合数据中心设计规范的推荐值^[23]，服务器运行环境的温度相对较低，避免了局部热点的产生，热工环境良好；20的送风情况由于局部热点较多，便不再纳入考虑。结合以上分析，该数据中心推荐送风温度在16~19范围内。

5 结论

本文第一部分应用CFD数值模拟方法设计出最优的地板下送风数据中心几何结构，第二部分通过改变地板穿孔率和挡板角度，着重验证包含最优模型在内的6组风道结构，实测与模拟速度相对误差最大17%，温度相对误差最大5%，速度场、温度场吻合程度较高。在此基础上，结合数据中心实际能耗现状，调节冷却系统送风温度观测气流组织的变化，得出最适送风温度区间，使数据中心气流组织与温度分布更合理，避免冷量浪费，主要结论如下：

通过对比实测与模拟中各列机柜前门进风温度和速度这两个关键参数，实验验证了第一部分模拟优化风道结构的正确性，为地板下送风型数据中心的设计提供参考。

在变送风温度工况下，对该数据中心奇数列子模块的实测分析显示：结合该数据中心热流密度与能耗水平来看，在16~19送风温度区间内，机房热工环境良好；在优先考虑服务器安全性的前提下，建议采用16送风，在优先考虑数据中心节能降耗的前提下，建议采用19送风，对于一般数据中心，送风温度可在16~19之间选取。

送风温度变化会对数据中心热环境及气流组织产生一定的影响，但同时机组能耗情况也会有所变动。本文中采用回风温度指数RTI加以评价数据中心的热工环境，虽然能够反映各机柜温度分布不均匀程度，但还不能全面地分析该温度分布差异对整个机房换热性能的影响，后续研究可以将送风温度与数据中心能耗变化及气流组织的多项评价指标综合考虑，通过数值模拟得出最佳送风温度与最优能

耗的结合点。

参考文献

- [1] 张海南, 邵双全, 田长青. 数据中心自然冷却技术研究进展 [J]. 制冷学报, 2016, 37(4):46-57.
- [2] 吕继祥, 王铁军, 赵丽, 等. 基于自然冷却技术应用的数据中心空调节能分析 [J]. 制冷学报, 2016, 37(3):113-118.
- [3] Meijer G I. Cooling energy-hungry data centers[J]. Science, 2010, 328(5976):318-319.
- [4] Capozzoli A, Serale G, Liuzzo L, et al. Thermal Metrics for Data Centers: A Critical Review [J]. Energy Procedia, 2014, 6212401:391-4002014.
- [5] 田浩, 李震, 刘晓华, 等. 数据中心热环境评价指标研究 [J]. 制冷学报, 2012, 33(5):5-9.
- [6] 张忠斌, 黄虎, 杜垲, 等. 隔板装置对恒温水箱的性能影响分析 (2) 试验验证 [J]. 太阳能学报, 2016, 37(3):651-657.
- [7] 原世杰, 鹿世化. 基于热环境评价指标的数据中心气流组织模拟研究 [J]. 暖通空调, 2016, 46(1):66-72.
- [8] Shrivastava S, Sammakia B, Schmidt R, et al. Comparative Analysis of Different Data Center Airflow Management Configurations[C]// ASME 2005 Pacific Rim Technical Conference and Exhibition on Integration and Packaging of MEMS, NEMS, and Electronic Systems collocated with the ASME 2005 Heat Transfer Summer Conference. 2005:329-336.
- [9] Ham S W, Park J S, Jeong J W. Optimum supply air temperature ranges of various air-side economizers in a modular data center[J]. Applied Thermal Engineering, 2015, 77(77):163-179.

- [10] Nada S A, Attia A M A, Elfeky K E. Experimental study of solving thermal heterogeneity problem of data center servers[J]. Applied Thermal Engineering, 2016, 109:466-474.
- [11] Ni J, Bai X. A review of air conditioning energy performance in data centers[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2017, 67:625-640.
- [12] Nada S A, Elfeky K E. Experimental investigations of thermal managements solutions in data centers buildings for different arrangements of cold aisles containments[J]. Journal of Building Engineering, 2016, 5:41-49.
- [13] Wang C H, Tsui Y Y, Wang C C. On cold-aisle containment of a container datacenter[J]. Applied Thermal Engineering, 2016, 112:133-142.
- [14] Hassan N M S, Khan M M K, Rasul M G. Temperature Monitoring and CFD Analysis of Data Centre [J]. Procedia Engineering, 2013, 56(6):551-559.
- [15] Wu K. A Comparative Study of Various High Density Data Center Cooling Technologies[J]. Graduate School Stony Brook University Stony Brook Ny, 2008.
- [16] ASHRAE T C. 9.9 (2011) Thermal guidelines for data processing environments-expanded data center classes and usage guidance[L]. Whitepaper prepared by ASHRAE technical committee (TC),2011,9.
- [17] Herrlin M K. Improved data center energy efficiency and thermal performance by advanced airflow analysis [C]//Digital Power Forum,2007:10-12.
- [18] 电子信息系统机房设计规范 GB50174-2008.

(上接 52 页)

performance for different configurations of CRACs units and aisles separation

- [12] Numerical investigation and parametric study for thermal and energy management enhancements in data

centers' building

- [13] Effect of CRAC units layout on thermal management of data center



变频空调器制冷效率提升潜力分析

清华大学 崔梦迪 王宝龙^A 丁连锐 石文星 李先庭

摘要：变频空调器具有随负荷变化调节运行频率的节能优势，对其实际运行状态下能量利用情况的分析研究亟需开展。本文基于实验数据对变频空调器在不同运行状态下的性能进行了焓分析，以明确季节性节能提升方向。在此基础上，对蒸发器的内外侧热阻进行了分离，以明确换热强化目标。结果表明：低频运行时，蒸发器是变频空调器主要的不可逆损失部件，并且管内侧热阻是主要的热阻部分。

关键词：变频空调器 低频运行 焓分析 不可逆损失 蒸发器 热阻

0 引言

随着生活水平日益提升，居民对室内环境控制需求的快速增长。目前我国已成为房间空调器生产和消费大国。在节能减排大背景下，空调器变频技术快速发展，其可随室内外环境变化调节运行频率，具有较大的节能优势。如何进一步提高变频空调器的能效已成为制冷空调领域的重要研究课题。

依据热力学第二定律，对制冷系统进行不可逆损失分析是探明系统能量利用薄弱环节的有效方法，以此法对房间空调器进行的分析研究表明，压缩机和换热器是额定工况下不可逆损失的最主要部件^[1]。同时，空调器多采用翅片管换热器，其管外侧（空气侧）热阻是换热器热阻的主要部分^[2]。统计数据表明，办公室变频空调器全年约有90%时间内处在50%负荷率以下^[3]，这是考虑到间歇运行模式下启动后快速降温的需求，使得空调器的选型容量远大于稳态运行时的制冷量需求所造成。在实际低频运行中，空调器内制冷剂流量下降，影响换热器传热效率，使得系统能效比并不随制冷量下降而持续上升。这表明，变频空调器的不可逆损失情况及换热器热阻分布将随运行频率的改变而有所不同，前述针对其额定工况下的分析研究并不能反映实际运行状况。为分析变频空调器季节性能效提升潜力，亟需研究其实际运行状态下的能量利用情况。

本文采用制冷系统焓分析及蒸发器内外侧热阻分离的方法，对变频空调器不同运行频率下的实测数据进行分析，得出变频空调器不同运行频率下各部件焓损失以及低频运行下蒸发器内外侧热阻分布，以指明变频空调器能量利用的薄弱环节。

1 制冷系统焓分析方法

1.1 焓分析方法

焓是以热力学第二定律为依据，衡量能量的“质”的重要物理量，广泛应用于制冷、热泵、动力、

冶金、化工等涉及热功转换系统的分析，其主要目的在于直观表述出系统整体及各部件的能量利用情况以评价系统的能效提升潜力，并指出其能量利用的薄弱环节，进而为提高系统能效指明方向。

焓分析的具体方法为：由式（1）焓平衡关系分析系统整体及各部件的能量利用，并得出各部件焓损失和式（2）系统焓效率。

入口焓 + 外界输入焓 = 出口焓 + 对外输出焓 + 焓损失

$$\text{焓效率} = \frac{\text{对外输出焓}}{\text{外界输入焓}} = 1 - \frac{\text{焓损失}}{\text{外界输入焓}} \quad (2)$$

1.2 制冷系统焓分析

1.2.1 系统整体焓分析

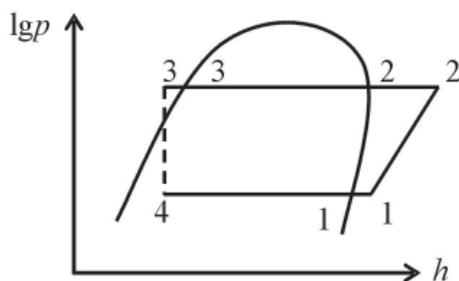


图1 蒸汽压缩式制冷循环 lgp-h 图

变频空调器多应用蒸气压缩式制冷循环，主要由压缩机、冷凝器、节流装置、蒸发器及连接管路组成，其热力循环过程如图1所示。其中，1-2为压缩机进行的压缩过程，为整个系统提供外界输入焓，同时因非等熵压缩、散热及电机损耗等产生一定的焓损失；2-3为冷凝器内的冷凝过程，由于有限温差传热产生焓损失；3-4为节流装置处的节流过程，因节流的不可逆性产生焓损失；4-1'为蒸发器内的蒸发过程，为空调房间提供冷量焓（对外输出焓），同时因有限温差传热产生焓损失；连接管路等部件

由于阻力损失、漏热损失产生焓损失。

对变频空调器的实际运行状态进行焓分析时，做出如下假设：

1 制冷剂处于稳定流动状态，且忽略动、位能变化的影响；

2 不考虑除压缩机外的其他耗电部件对系统焓效率的影响；

3 取环境态为焓分析的参考状态。

对于整个系统，有如下焓平衡关系：

$$\frac{P}{M_r} = ex_{q_0} + \pi_{12} + \pi_{23} + \pi_{34} + \pi_{41} + \pi_{oth} \quad (3)$$

1.2.2 各环节焓分析

采用式(1)焓平衡关系对系统各环节进行分析，为简洁描述，以压缩机为例详述分析过程，其余各环节分析结果汇总于表1。

表1 制冷系统焓分析计算公式

名称	计算式	相对值
冷量焓	$ex_{q_0} = \left(\frac{T_0}{T_i} - 1\right)(h_1 - h_4)$	$\frac{ex_{q_0}}{P/M_r} \times 100\%$
压缩机焓损失	$\pi_{12} = \frac{P}{M_r} - (h_2 - h_1) + T_0(s_2 - s_1)$	$\frac{\pi_{12}}{P/M_r} \times 100\%$
冷凝器焓损失	$\pi_{23} = h_2 - h_3 - T_0(s_2 - s_3)$	$\frac{\pi_{23}}{P/M_r} \times 100\%$
节流焓损失	$\pi_{34} = T_0(s_4 - s_3)$	$\frac{\pi_{34}}{P/M_r} \times 100\%$
蒸发器焓损失	$\pi_{41} = T_0 \left(1 - \frac{T_0}{T_i}\right)(s_1 - s_4)$	$\frac{\pi_{41}}{P/M_r} \times 100\%$
管路等焓损失	$\pi_{oth} = \frac{P}{M_r} - ex_{q_0}$	$\frac{\pi_{oth}}{P/M_r} \times 100\%$

压缩机内，外界输入焓为电功率P，此部分焓为制冷剂压缩过程输入功，同时经电机、压缩机产生一定的损耗，其焓平衡方程为

$$ex_1 + \frac{P}{M_r} = ex_2 + \pi_{12} \quad (4)$$

$$\pi_{12} = \frac{P}{M_r} - (h_2 - h_1) + T_0(s_2 - s_1) \quad (5)$$

2 蒸发器内外侧热阻分离方法

2.1 翅片管换热器热阻构成

变频空调器的蒸发器多用翅片管换热器，其常见形式为：制冷剂在管内侧流动，空气在管外侧与管壁及延伸出的翅片换热。故翅片管换热器的热阻主要由管内侧热阻、管壁热阻、污垢热阻、接触热阻和管外侧热阻构成。具体表达如下

$$\pi_{12} = \frac{P}{M_r} - (h_2 - h_1) + T_0(s_2 - s_1) \quad (6)$$

2.2 热阻分离方法

2.2.1 热阻分离的基本思路与假设

为得到蒸发器热阻的分布情况，需对各部分热阻分别分析。考虑到实际运行过程中，蒸发器管内侧制冷剂处于两相流态，其流型沿程变化，且在运行频率改变时，制冷剂流量变化会影响各支路制冷剂分配与管内侧对流换热系数，故通过测试的方法获得管内侧热阻是困难的。相对而言，空气侧热阻的获得较为简单，且在实际运行中，若风机转速不变，则空气侧对流换热系数基本不变。同时，若已知制冷量及制冷剂状态，总热阻也可获得。因此，通过总热阻、空气侧热阻、管壁热阻及接触热阻以及式(6)的关系可实现蒸发器的热阻分离。

对变频空调器的蒸发器进行热阻分离时，做出以下假设：

1 变频空调器用蒸发器多采用胀管工艺，忽略管壁与翅片间的接触热阻；

2 相对于管内侧热阻与管外侧热阻，管壁热阻较小，忽略管壁热阻在总热阻中的比重；

3 测试采用新的变频空调器，忽略蒸发器的污垢热阻；

4 测试中保持蒸发器侧风机转速不变，认为变频运行下管外侧热阻基本不变。

2.2.2 总热阻计算

由实测的制冷量、蒸发器进出口制冷剂状态参数及空气状态参数，采用2排管管翅式换热器法计算蒸发器的总热阻^[4]，如式(7)~(8)所示。

$$\varepsilon = \frac{1}{C^*} [1 - (1 + C^* K^2) \exp(-2KC^*)] \quad (7)$$

$$K = 1 - \exp\left(-\frac{NTU}{2}\right) \quad (8)$$

$$R_{tot} = \frac{1}{NTU \cdot C_{air}}$$

2.2.3 空气侧热阻计算

目前空调器用蒸发器多采用开缝式翅片管换热器，以强化空气侧换热效果。Du and Wang 提出了精度较高的实验关联式^[5]，如式(9)~(10)所示。

$$j = 5.98 (Re_{dc})^{s_1} \left(\frac{F_s}{d_c}\right)^{s_2} N^{s_3} \left(\frac{S_w}{S_h}\right)^{s_4} \left(\frac{P_r}{P_l}\right)^{0.804} \quad (9)$$

$$U_o = \frac{j \rho V_c c_p}{Pr^{2/3}} \quad (10)$$

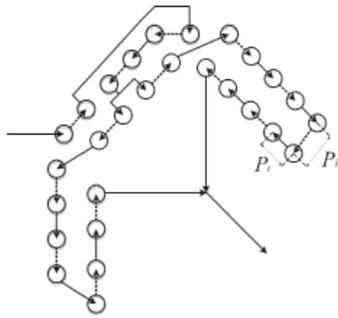


图2 管路结构

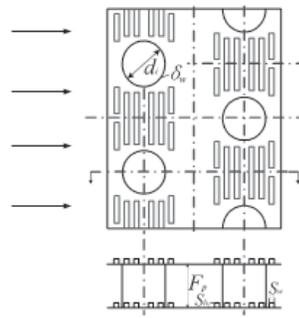


图3 翅片结构

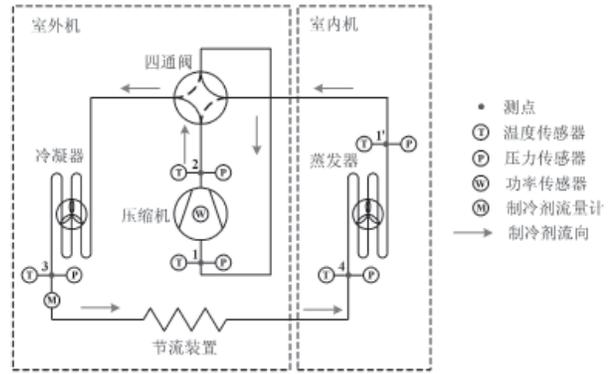


图4 测试点布置

表2 变频空调器运行状态

项目 / 测点		单位	测试值				
室外空气干 / 湿球温度			30/23				
室内空气干 / 湿球温度			27/19				
蒸发器外空气流量		$m^3 \cdot h^{-1}$	315				
运行频率		Hz	15	20	25	30	45
压缩机电耗		W	132	194	259	330	599
制冷量		W	1025	1282	1555	1783	2551
制冷剂流量		$kg \cdot h^{-1}$	21.78	26.78	32.73	37.45	59.14
1	吸气压力	MPa	1.221	1.15	1.121	1.077	1.077
	吸气温度		20.5	20.4	19.0	18.2	10.6
	吸气比焓	$kJ \cdot kg^{-1}$	419.63	422.64	421.51	422.14	416.95
	吸气比焓	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	1.83	1.85	1.85	1.85	1.83
2	排气压力	MPa	2.138	2.234	2.313	2.401	2.858
	排气温度		51.8	57.6	60.1	64.1	68.3
	排气比焓	$kJ \cdot kg^{-1}$	451.32	456.91	458.49	462.06	459.22
	排气比焓	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	1.89	1.90	1.90	1.91	1.89
3	冷凝器出口压力	MPa	2.136	2.231	2.307	2.393	2.839
	冷凝器出口温度		30.5	30.5	30.7	30.8	37.2
	冷凝器出口比焓	$kJ \cdot kg^{-1}$	250.28	250.34	250.49	250.75	261.72
	冷凝器出口比焓	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	1.24	1.24	1.24	1.24	1.27
4	蒸发器入口压力	MPa	1.226	1.162	1.141	1.107	1.165
	蒸发器入口温度		14.1	12.3	11.6	10.6	12.3
	蒸发器入口比焓	$kJ \cdot kg^{-1}$	250.28	250.34	250.49	250.75	261.72
	蒸发器入口比焓	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	1.24	1.24	1.24	1.25	1.28
1'	蒸发器出口压力	MPa	1.217	1.147	1.12	1.077	1.091
	蒸发器出口温度		13.9	11.9	11.1	9.8	10.2
	蒸发器出口比焓	$kJ \cdot kg^{-1}$	433.91	435.57	434.80	434.99	426.20
	蒸发器出口比焓	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	1.88	1.89	1.89	1.90	1.87

为得出空气侧热阻，还需计算翅片管换热器的翅片效率。通常，在平片基础上开缝将使翅片效率有所减小，即开缝片的翅片效率小于等面积平片的翅片效率。陶文铨等^[6]研究表明，当在0.5~0.75范围内时，开缝式翅片的翅片效率比等面积平片低5%~15%。为得出实际的翅片效率，需先计算等面积平片的翅片效率。

采用 Wang et al. 提出的连续平片风冷换热器实验关联式^[7]计算空气侧对流换热系数

$$j_e = 0.086 Re_{d_c}^{P_3} N^{P_4} \left(\frac{F_p}{d_c}\right)^{P_5} \left(\frac{F_p}{D_h}\right)^{P_6} \left(\frac{F_p}{P_t}\right)^{-0.93} \quad (11)$$

$$U_{oe} = \frac{j_e \rho V_c c_p}{Pr^{2/3}} \quad (12)$$

进一步地，求出等面积平片的翅片效率

$$\eta_{fe} = \frac{\tanh(m^* r_c \Phi)}{m^* r_c \Phi} \quad (13)$$

在等面积平片翅片效率的基础上进行修正，得出开缝式翅片的翅片效率及表面效率

$$\eta_f = \eta_{fe} \cdot (1-c) \quad (14)$$

$$\eta_o = 1 - \frac{A_f}{A_o} (1-\eta_f) \quad (15)$$

由式(10)及式(15)得出空气侧热阻

$$R_{air} = \frac{1}{\eta_o U_o A_o} \quad (16)$$

2.2.4 制冷剂侧热阻计算

由总热阻式(8)及空气侧热阻式(16)得出管内侧热阻,完成热阻分离

$$R_{ref} = R_{tot} - R_{air} \quad (17)$$

3 变频空调器测试

3.1 测试方法

变频空调器实际运行测试在空气焓差实验室进行,被测空调器为一台型号为KFR-26G/BP3DN1Y-TA100(81)热泵型变速房间空调器,其蒸发器为开缝型翅片管式换热器,管路结构及翅片结构如图2、图3所示。采用“功率传感器+温度传感器+压力传感器”(WTP)方案进行测试,即通过测试压缩机功率、各测点制冷剂温度及压力、系统循环制冷剂流量、室内外空气干湿球温度、蒸发器侧风量等参数,得出其实际运行状态。具体测点布置如图4所示。

3.2 测试数据

按照3.1所述测试方案进行测试,对测试数据进行误差修正及热力学第一定律分析计算后,得出变频空调器不同频率下的运行状态,如表2所示。

4 结果与讨论

4.1 焓分析结果

依据3.2中KFR-26G/BP3DN1Y-TA100(81)热泵型变速房间空调器实测数据结果,采用1.2中所述方法对其进行焓分析计算,结果如图5及图6所示。由此可知,在室外干/湿球温度30/23的定工况条件下,系统焓损失及各部件焓损失随压缩机运行频率而改变。

就数量层面而言,系统总输入焓以及压缩机、冷凝器、蒸发器与节流装置的焓损失随运行频率降低而减小。这是因为制冷量随运行频率降低而减小,系统所需输入焓(压缩机输入功)减小,同时,系统工作压比减小,使压缩机与节流装置的不可逆损失减小,蒸发器与冷凝器的换热量及传热温差减小,使换热器的传热不可逆损失减小。

就相对值层面而言,随运行频率降低,蒸发器

焓损失占比逐渐增加,与频率较高时压缩机与冷凝器焓损失占比较大的情况不同,在低频或极低频运行条件下,蒸发器焓损失成为系统焓损失的主要部分。这是因为低频运行条件下,制冷剂循环流量减小影响蒸发器制冷剂分配和传热效率,使得运行频率降低带给蒸发器不可逆损失减小的改善程度减弱,从而使蒸发器不可逆损失在系统中逐渐凸显。此影响同样发生在冷凝器中,但分析计算表明,随运行频率降低,冷凝器不可逆损失减小的程度大于蒸发器,这是由于冷凝器空气侧流量较大,气态制冷剂分配较为均匀,因此管内侧制冷剂流量减小对传热效果恶化的影响程度低于蒸发器。

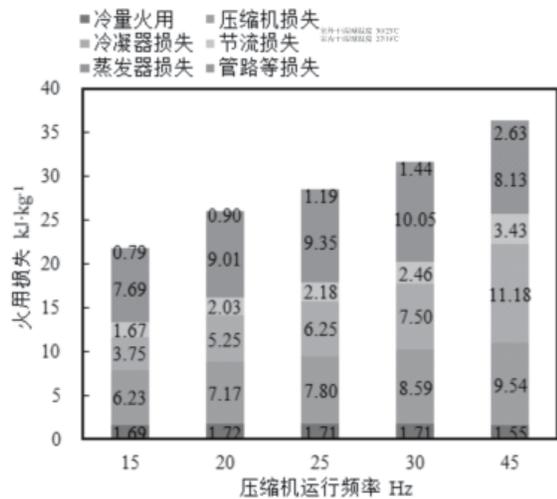


图5 不同运行频率下各部件焓损失分布

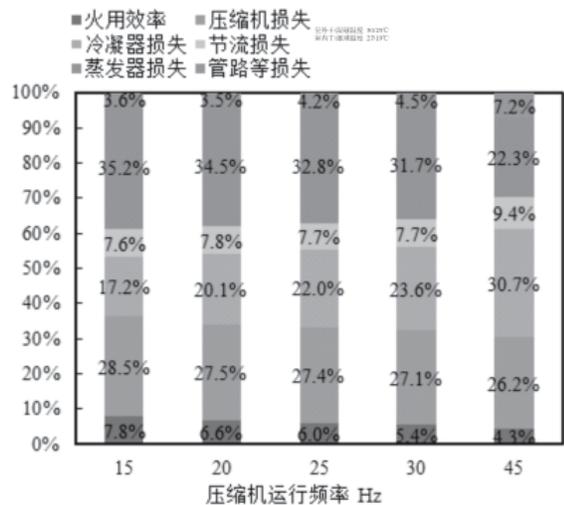


图6 不同运行频率下各部件焓损失占比

4.2 热阻分离结果

依据3.2中KFR-26G/BP3DN1Y-TA100(81)热泵型变速房间空调器实测数据结果,采用2.2中所述

方法对蒸发器进行热阻分离, 计算结果如图 7 及图 8 所示。结果表明, 在 20Hz 以下的低频运行条件下, 蒸发器热阻分布状况随运行频率或运行工况变化而有所不同, 但热阻主要分布在制冷剂侧。其中, 空气侧热阻保持 $2.295\text{K}\cdot\text{kW}^{-1}$ 不变, 而制冷剂侧热阻在 $2.581\sim 4.503\text{K}\cdot\text{kW}^{-1}$ 范围内变化, 且热阻占比在 $52.9\%\sim 66.2\%$ 范围内变化, 在热阻分布中占主要部分。

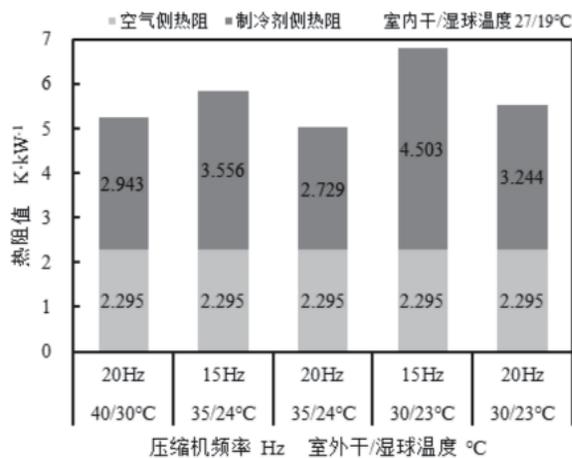


图 7 低频运行下蒸发器内外侧热阻分布

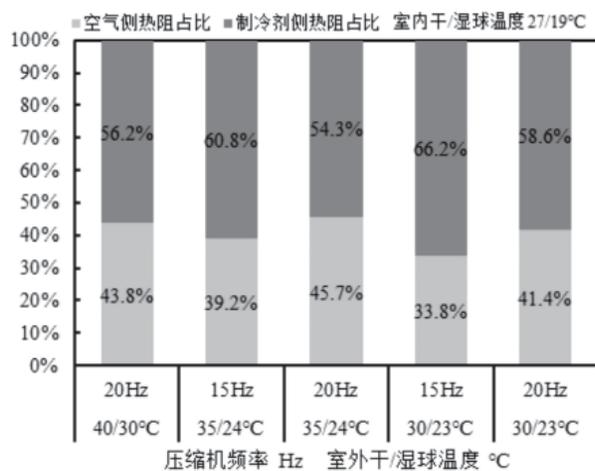


图 8 低频运行下蒸发器内外侧热阻占比

空气侧热阻保持不变是由于在实测中控制蒸发器外侧空气平均流速保持 $315\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ 左右, 空气侧雷诺数基本不变, 进而使空气侧对流换热系数及热阻维持恒定。而在低频运行下热阻主要分布在制冷剂侧, 这似乎与“板翅式换热器的热阻主要部分在空气侧”的“常识”并不相符。因此需关注低负荷率、低转速下空调器的蒸发器热阻分布, 进而为传热强化提供依据。

5 结论

(1) 在一定工况下, 变频空调器的不可逆损失随运行频率改变而发生变化, 随运行频率降低, 蒸发器不可逆损失占比逐渐增加, 在低频或极低频运行条件下成为系统不可逆损失的主要部分。

(2) 变频空调器的蒸发器热阻分布随运行频率及运行工况改变而发生变化, 随运行频率降低或室内外温差减小, 蒸发器管内热阻占比逐渐增加, 在低频或极低频运行条件下超过管外侧热阻占比, 成为蒸发器热阻的主要部分。

符号说明

A —换热面积, m^2	π —焓损失, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
c —翅片效率修正因子	ρ —空气密度, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
c_p —空气比热容, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	Ω —焓损失相对值
C —热容, $\text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}$	下角标
C^* —两侧流体热容比	12—压缩过程
ex —焓, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	23—冷凝过程
h —制冷剂比焓, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	34—节流过程
j —传热因子	41'—蒸发过程
M_r —制冷剂流量, $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$	air —空气
NTU —传热单元数	con —接触
P —压缩机输入电功率, kW	dir —污垢
Pr —空气普朗特数	e —等面积平片
R —热阻, $\text{K}\cdot\text{kW}^{-1}$	i —换热器内部, 房间内部
s —制冷剂比熵, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	k —导热
T —温度, K	oth —管路等其他部件
U —对流换热系数, $\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	o —换热器外部, 房间外部
ϵ —换热器效能	q_0 —冷量
η —肋面效率	ref —制冷剂
η_{ex} —焓效率	tot —整体
η_f —翅片效率	

参考文献

- [1] 郭进军, 何雅玲, 陶文铨. 空气源制冷/热泵系统的分析[J]. 暖通空调, 2002, 2(5): 17-22.
- [2] 何雅玲, 楚攀, 谢涛. 纵向涡发生器在管翅式换热器中的应用及优化[J]. 化工学报, 2012, 63(3): 746-760.
- [3] Y. Murakami, H. Kitaura, K. Matsukawa, et al. High Efficiency Inverter Scroll Compressors[C]. International Compressor Engineering Conference at Purdue, 2016: 1081 page 1-6.

(下转 66 页)

兰州某数据中心空调设计及自然冷源应用分析

江苏省邮电规划设计院 张娴 戴新强 李翔

摘要：介绍了兰州某数据中心空调冷源选择设计和自然冷源应用分析，通过对冷却塔免费制冷节能性分析，得出不同温度区间自然供冷率大小。结果表明，在兰州这样的寒冷干燥地区采用冷却塔自然供冷，节能减排潜力巨大。

关键词：数据中心 自然供冷率 节能减排

1、引言

近年来，随着信息化和城市化的迅猛发展，数据中心的规模和数量都不断地扩大。数据机房有着高负荷、需全年供冷的特点，是能源消耗量巨大的建筑之一^[1]。节能减排作为我国的一项基本国策已经推进十多年了^[2]，各行各业围绕这项基本国策开展了各项研究和实践工作，数据中心作为能耗巨头成为行业内研究节能的重要领域。

数据中心一年四季都需要制冷，在过渡季节和冬季，室外温度较低时，自然界存在着丰富的冷源，如何利用这些大自然的天然冷源将数据机房内的热量带走是机房空调系统节能减排的重要议题。本文结合兰州一数据中心空调应用的典型案例，分析其冷源方案选择和自然冷源利用的节能经济性。

2、项目概况

该项目位于甘肃兰州新区，属寒冷地区。通信机房楼一期总建筑面积 16522.4m²，建筑高度：33.0m；生产辅助用房总建筑面积约 7375m²，建筑高度：19.0m。通信机房楼一期地上 6 层，一层为营业厅，二层~五层数据机房，六层通信机。生产辅助用房为地上 2 层，主要包括空调水冷机房、柴油发电机房、高低压配电房等。通信机房楼一期最大总冷负荷约为 8940kW，其中 1.1 期 5375kW，1.2 期 3565kW，冷负荷指标为 541W/m²。

机房室内设计参数：开机时，主机房温度 23±1℃，相对湿度 40%~55%，辅助区温度 18~28℃，相对湿度 35%~75%；停机时，主机房温度为 5~35℃，相对湿度 40%~70%，辅助区温度 5~35℃，相对湿度 20%~80%。

3、空调设计分析

本项目数据机房制冷系统终期建设原则：“冷

水机组+板式换热器+冷却塔”系统。根据负荷计算该项目总冷负荷 8940kW，终期配置 3 台（2 用 1 备）制冷量 1300RT（4572kW）水冷高压离心式冷水机组。为充分利用冬季以及过渡季节室外冷源，系统配置水-水板式换热器，板式换热器和冷水机组串联形式运行。在室外低温时段，全部或部分冷水机组将停止工作，由水-水板式换热器替代其进行制冷，热量通过冷却塔散出。研究表明，随着供水温度升高 2℃，系统自然供冷节能率能够提高 20%~30%^[3]。为提高机组运行效率以及自然冷却技术的使用时间，本次空调冷冻水系统温度设置为 10/16℃ 高温水。

考虑建设初期机架设备少，设备负荷小，而离心式冷水机组在冷量低于额定冷量的 15% 时运行不稳定会出现喘振现象，所以另外配置 2 台 200RT（709kW）自然冷却型风冷冷水机组。自然冷却型风冷冷水机组在过渡季节和冬季可以充分利用室外空气可再生能源，从低温空气中得到免费的冷量，减少压缩机耗电，并且风冷机组无耗水特点特别适合兰州这样水资源宝贵的地区，是一种可靠、高效、节能的供冷方式。

该项目主要设备配置表见表 1。

表 1 主要设备配置表

名称	设备参数	数量
高压水离心式冷水机组	制冷量：4571kW，输入功率：720kW，冷冻水侧温度：10/16℃，冷却水侧温度：37/32 摄氏度，COP:6.35	3 台（2 用 1 备）
冷冻水泵	G=740m ³ /h，H=42m，N=110kW	3 台（2 用 1 备）
冷却水泵	G=820m ³ /h，H=35m，N=110kW	3 台（2 用 1 备）
冷却塔	夏季进出水温度：38/32℃，冬季进出水温度：15/9℃，消耗功率：30x2kW	3 台（2 用 1 备）

4、自然冷源与常规空调制冷对比分析

4.1 冷却塔免费供冷系统切换温度的确定

本项目冷冻水供回水温度为 10/16℃，板式换热器一次侧和二次侧水温差为 1℃，即冷却塔出水温

度小于 15 时，系统即可进入联合供冷模式，冷却塔出水温度小于 9 时，系统即可进入完全自然供冷模式。而冷却塔的出水温度和当地室外湿球温度密切相关，兰州市典型参考年全年室外湿球温度见图 1。冷却塔出水温度越接近室外湿球温度，冷却塔免费供冷的时间越长，运行费用越节省。冷却塔出水温度的理论极限值为当地室外的湿球温度，但当冷却塔水温接近室外湿球温度时，两者的焓差越小，传热越慢，需要冷却塔的换热面积越大，冷却塔体积也越大，设备的购置费和土建成本增加^[4]。综合考虑冷却塔免费供冷时长、初投资，土建成本，本项目冷却塔出水温度与室外空气湿球温度的冷幅高定为 3。即当室外湿球温度小于 12 时，系统进入冷却塔和制冷主机联合制冷模式，当室外湿球温度小于 6 时，系统进入冷却塔免费供冷模式。

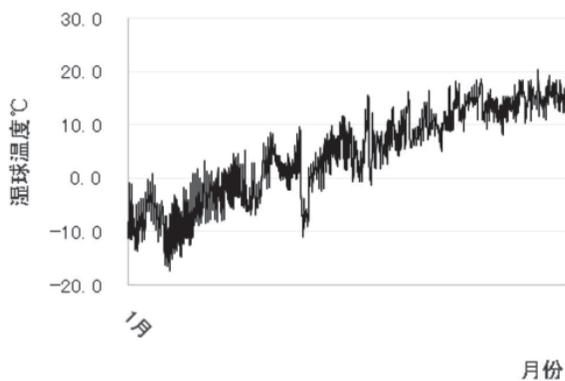


图 1 兰州市典型参考年全年室外湿球温度

4.2 免费制冷节能性分析

文献^[4]中提出自然供冷率 (RFC, ratio of free cooling)，用来评价冷却塔自然供冷空调系统的节能潜力，其定义方程式为：

$$RFC = \frac{Q_{FC}}{Q_{tot}} \times 100\%$$

式中， Q_{FC} 为自然供冷提供的冷量， Q_{tot} 为整个空调系统的总负荷。

文献^[3]中提出，在联合供冷模式，室外湿球温度越接近下限温度，即越接近 6 时，冷却塔自然供冷承担的负荷越多，冷水主机承担的负荷越小，因此有：

$$RFC = \frac{12 - T_{wb}}{6} \times 100\% (6 \leq T_{wb} \leq 12)$$

式中， T_{wb} 为室外湿球温度。

因此有：

$$Q_{FC} = RFC \times Q_{tot} = \frac{12 - T_{wb}}{6} \times 100\% \times Q_{tot}$$

根据兰州市典型参考年逐时气象参数统计表，以及上文中冷却塔免费供冷系统切换温度的确定，可统计出，冷却塔自然供冷、冷却塔和制冷主机联合制冷、制冷主机单独制冷的工作时长，见图 2。并计算出兰州市不同温度区间的自然供冷率见图 3。

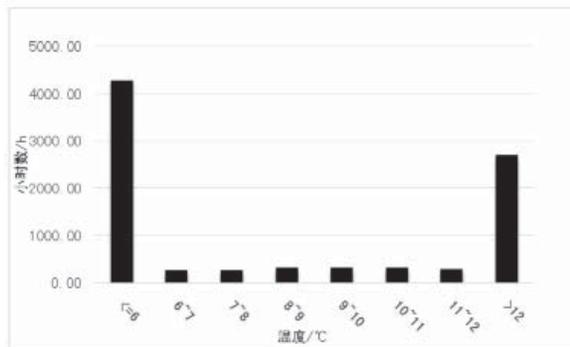


图 2 不同温度区间供冷小时数

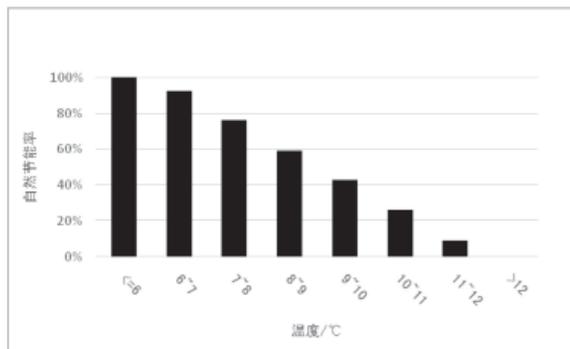
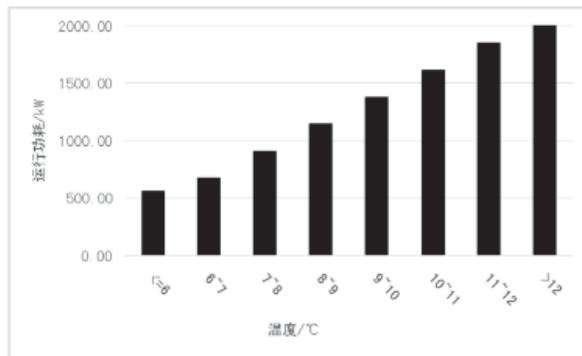


图 3 不同温度区间自然供冷率

根据不同温度区间的自然供冷率和供冷小时数，可以计算出不同温度区间冷却塔能够提供的免费自然供冷量和需要制冷主机提供的供冷量，再根据制冷主机的性能参数，可以简化的计算出本项目的全年总能耗见图 4。



经上统计，在满足负荷运行条件下，采用制冷主机 + 板换 + 冷却塔自然供冷系统和常规只采用制

冷主机制冷系统运行比较见表 2。

表 2 冷却塔自然制冷和常规空调制冷运行比较

	全年耗电量 kW.h	运行费用 / 万元	标煤消耗量 / 吨	CO ₂ 排放量 / 吨
常规制冷系统	17520000	876	6044.4	15836.3
带自然制冷系统	10081845.2	504.1	3478.2	9113
统计差值	7438154.8	371.9	2566.2	9723.3

从表 2 中可以看出,采用冷却塔自然制冷和常规空调制冷相比,每年可以节省运行费用 371.9 万元,节约标煤消耗量 2566.2 吨,CO₂ 减排量 9723.3 吨。

5、结语

1) 大中型数据中心因其终期机架设备负荷大,制冷主机基本上都是选择高压离心式水冷主机,而在建设初期往往机架数较少,设备负荷较小,离心式水冷主机在低负荷时运行有喘振的缺点,这给设备选型带来困难,本项目结合自身负荷和兰州的气候特点,在初期选择配置 2 台 200 冷吨(709kW)自然冷却型风冷冷水机组,通过制冷机组大小机型的组合,满足数据中心实际的建设情况。

2) 冷却塔自然供冷切换温度和当地室外湿球温度紧密相关,本项目综合考虑冷却塔的设备初投资、土建成本,将冷却塔出水温度与室外空气湿球温度的冷幅高定为 3。

3) 根据兰州市典型参考年全年室外湿球温度和

冷却塔自然供冷切换温度,计算本项目不同温度区间的自然供冷率,可得在兰州这样的寒冷干燥地区,数据中心使用冷却塔自然供冷系统,节能减排潜力巨大。

参考文献

- [1] 折建利,黄翔,刘恺磊,等.冷却塔自然供冷系统在兰州某数据中心应用的测试分析[J].暖通空调,2016,46(10):18-22
- [2] 朱少华.数据中心制冷系统的节能冷却模式与应用[J].节能技术,2014,3(12):1-3
- [3] 曾晓庆.电子厂房自然供冷空调系统应用的优化与其区域适应性研究[D].上海:上海交通大学,2014:35-41
- [4] 陈磊,印霖.某数据中心免费供冷系统与常规空调系统经济性比较[J].暖通空调,2016,46(10):42-44
- [5] 刘培俊,晋欣桥,肖晓坤等.管内融冰式冰蓄冷空调系统的动态仿真[J].能源技术,2004,25(5):210-213
- [6] 吕继祥.基于自然冷源的数据中心空调系统节能与经济性研究[D].合肥:合肥工业大学,2016:31-39
- [7] 何克青,晋欣桥,颜健等.电子厂房空调系统自然供冷率及节能分析[J].建筑热能通风空调,2011(12):58-61
- [8] 季阿敏,刘玮,李杰.冷却塔供冷节能技术应用研究[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2009,25(2):214-217

(上接 63 页)

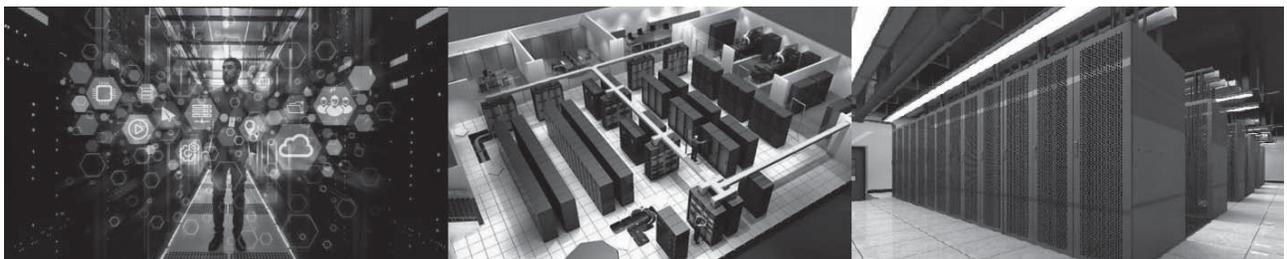
[4] ESDU.Effectiveness-NTU relationship for design and performance evaluation of two-stream heat exchangers.Engineering Science Data Unit 86018 with amendment-A[M].1991.7 92-197, ESDU International plc, London.

[5] Y. J. Du, C. C. Wang. An experimental study of the airside performance of the super slit fin-and-tube heat exchangers[J].International Journal of Heat and Mass

Transfer, 2000,43:4475-4482.

[6] W. Q.Tao, S. S. Lue. Numerical Method for calculation of slotted-fin efficiency in dry conditions[J]. Numerical Heat Transfer, Part A: Applications, 1994, 26:351-362.

[7] C. C. Wang, K. U. Chi. Heat transfer and friction characteristics of plain fin-and-tube heat exchangers: part 2: correlation[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2000, 43:2692-2700.



会议活动

2020年第三届数据中心冷却节能高峰论坛会议通知

2020年8月5~7日,以“绿色安全 节能”为主题的“第三届数据中心冷却节能高峰论坛”在河南郑州召开,论坛汇集国内知名专家学者,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。

2020年第二届绿色高效机房系统建设与运维论坛会议通知

第二届绿色高效机房系统建设与运维论坛将于9月3~5日在山东省烟台市举行。

论坛聚集行业发展趋势、高效机房设计、设备选型优化、自动化控制策略、施工建设、调试运维、检测认证等多议题技术交流。

同期召开“CECS《高效空调制冷机房系统评价标准》启动会暨第一次工作会议”。





杂志免费索阅表

本刊由中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院主办，暖通空调产业技术创新联盟、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支持。栏目范围：建筑环境、建筑能源、空调、热泵、通风、净化、供暖、计算机模拟。填此表格免费获取《建筑环境与能源》杂志一期。

请您完整填以下信息			
姓 名		先生 / 女士	
部 门		职 务	
单位名称		邮 箱	
通讯地址			
联系电话		传 真	
手 机		电子邮箱	
您对本刊物有哪些建议或意见？			
<hr/> <hr/>			

编辑部联系方式：

地址：北京市北三环东路 30 号
 中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院
 节能示范楼 208 室
 邮编：100013
 邮箱：beaebjb@163.com
 电话：010-64693285

聚焦建筑环境与能源 推动行业科技进步与发展





Since 1894

DCLCDM

磁悬浮变频离心式冷水机组

制冷量：100-1400RT

COP: 7.25 IPLV: 12.4

使用寿命
20年+

节能率
40%

节约机房面积
1/3

机组特点 UNIT CHARACTERISTICS

- 卓越的运行效率和可靠性，性能持续无衰减
- 体积小、重量轻、噪音低
- 使用绿色环保HFC-134A制冷剂
- 数字变频技术，启动电流小，对电网无冲击
- DB-VISION云平台，实现远程监控和联网群控

顿汉布什 享誉世界的空调专家
Dunham-Bush, Your Comfort specialist!

美的中央空调绿色高效机房 系统解决方案供应商



高效主机



优化系统



智能控制



智慧运维



扫美的服务 享美的生活

广东美的暖通设备有限公司 | 电话: 0757-26338511 | 邮编: 528311

地址: 广东省佛山市顺德区北滘镇美的大道6号美的总部大楼B座26楼

突破科技·成就梦想

Technology Inspires The Possibilities

MIDEA.COM.CN | 4008899315