

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 40 期

2021 年 1-2 月

本期导读

- 06 | 新闻直通车 | News Express |
中国建研院环能科技谋划科改、创新发展
中国建研院助力 2022 北京冬奥会
第五届“海尔磁悬浮杯”绿色设计与节能运营大赛颁奖典礼召开
国家发改委谈如何实现碳达峰
欧洲净零碳排放
- 30 | 热点聚焦 | Spotlight |
碳达峰、碳中和行动
- 47 | 案例赏析 | Cases |
寒冷地区办公建筑节能改造方案研究
多台定速水泵并联设计及运行几点问题的分析



建筑环境与能源微信公众号

冰潜系列 阵列式机房空调



高效节能
PPUE达到1.008



节省空间
出柜率提升18.2%



地板下安装
永无“水患之忧”



工厂预制
安装效率提升90%+



N+N备份
无需额外增加空调



和美的服务 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

暖通空调行业聚焦碳中和

碳中和是指通过植树造林、节能减排等形式，以抵消自身产生的二氧化碳排放量，实现二氧化碳“零排放”。碳中和是为了应对全球气候变暖而提出的解决方式。作为影响碳中和目标实现的关键因素之一，占据公共建筑建筑物能耗 50%~60% 的中央空调系统，其节能降耗显然已成为关系国计民生的大事。

能效升级

在“碳中和”的大背景下，高能耗、寿命短的暖通空调设备与国家提倡的绿色高效趋势背道而驰，积极推广更加节能的高能效暖通空调产品势在必行。

令人欣喜的是，暖通空调行业较早认识到了形势的变化，在产品和技术层面，围绕“碳中和”这个主旋律做了很多尝试和努力，不断推出高效节能、低碳环保的新产品，加快了行业产品结构性的调整。中国建筑科学研究院环能院院长徐伟总工表示：“建筑碳中和对暖通空调行业的影响是多方面的，最直观的表现为四点：系统节能向低碳、零碳暖通空调系统转变，空调设备能效将大幅更快速度提升，建筑对制冷设备能效的要求分容量不分形式，制冷机房要从单机约束变为机房系统能效。”

离心机和水冷螺杆机的变频化趋势越来越明显、磁悬浮的应用越来越普遍、热泵两联供系统得到越来越多的认可、高效机房系统朝着绿色高效智慧化发展，都是最好的体现。

技术创新

产品和技术创新是暖通空调系统节能高效的基础。从医疗卫生、文体教育到工业地产、能源材料等领域，暖通空调行业服务的领域范围极为广泛，涉及到人类生活的方方面面，因此差异化领域必将面对需求多样的客户。然而，对于任何一个项目而言，产品的高效性必然是排在第一位的，“碳中和”的目标政策驱动使暖通行业对新技术新方案的需求也越来越大。所幸，从设备高效到系统高效，整个暖通空调行业已经走上了高效发展之路上。



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
2021年第1-2期(总第40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 | 胡月波
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 |

中国建研院环能科技谋划科改、创新发展
中国建研院助力 2022 北京冬奥会
2020 海尔中央空调高效机房生态推广联盟论坛顺利召开
第五届“海尔磁悬浮杯”绿色设计与节能运营大赛颁奖典礼召开
2020 年度全国绿色建筑创新奖拟授奖项目公示 等

11 | 行业新闻 | Industry News |

北方地区清洁取暖面积已达 116 亿平方米
住房和城乡建设部提出 2021 年工作八大重点
巩固北方地区清洁供暖成果
国家发改委谈如何实现碳达峰
央行向绿色发展领域倾斜
上海市推进超低能耗建筑发展
吉林开展电清洁取暖教育示范县试点选拔
河北首个供冷供热装配式智慧能源站正式投运
沧州市绿色建筑、超低能耗建筑新政
合肥经开区全面推进建筑节能与绿色建筑再上新台阶 等

24 | 国际资讯 | International News |

比利时调查显示低 GWP 制冷剂的培训缺乏
在美国和加拿大健康建筑是业主首选
爱尔兰政府将提供 1400 万欧元用于节能建筑设计
美国国会通过氢氟碳化合物逐步削减法案
到 2050 年欧洲在可再生能源方面预计节省 3630 亿欧元
2020 年欧洲从可再生能源获得的电力首次超过化石燃料
欧洲净零碳排放
英国《能源白皮书》核心要点报道
荷兰团队有效验证光伏 + 光热蓄能供暖系统可行性 等

曼瑞德供暖系统

menred

曼瑞德@舒适家

燃气采暖热水炉

采暖+生活热水·智能触屏

All1.RC场景全联供控制器
无线控制

新定义“全联供”系统
组合创新 集成标准化



WWW.MENRED.COM

荣誉见证

- 参编国家标准19项，新风标准19项
- 绿建标准2项 暖通标准13项
- 净水标准8项 智能标准1项
- 荣获官方知识产权保护281项

- 其中：- 计算机软件著作权23项
- 著作权版权33项
- 中国发明专利26项
例：(专利号20140159444.X)
(专利号20140158307.4)

- 中国实用新型专利100项
例：(专利号201420191864.1)
(专利号201420197523.5)
- 国际专利3项
例：(注册号9481006)

- 红点奖2项、金点奖1项
- 高新技术企业4家
(含旗下分公司)
-



冷暖风水智

CONTENTS



中国建研院助力 2022 北京冬奥会



2020 海尔中央空调高效机房
生态推广联盟论坛



国家发改委谈如何实现碳达峰



瑞士零能耗住宅小区 Eulachhof 的启示

30 | 热点聚焦 | Spotlight |



碳达峰、碳中和行动

34 | 聚焦政策 | Policy |

住房和城乡建设部办公厅关于开展绿色建筑试点工作的函
住房和城乡建设部关于印发绿色建筑标识管理办法的通知
碳排放权交易管理办法（试行）公布并实施
陕西省住建厅《关于设区城市新建建筑执行绿色建筑标准的通知》
关于《上海市构建市场导向的绿色技术创新体系实施方案》的通知
关于《深圳市工程建设领域绿色创新发展专项资金管理办法》的通知

47 | 案例赏析 | Cases |

重庆地区地表水源热泵示范项目能效分析与评价
寒冷地区办公建筑节能改造方案研究
多台定速水泵并联设计及运行几点问题的分析

60 | 技术交流 | Technical communication |

R134a 和 R407c 管内沸腾换热的数值模拟
一种基于 RCA 和 TOPSIS 理论的相变材料选择方法及其在应用
住宅微正压通风冬季运行效果模拟研究
大型商场内不同人群热舒适研究
严寒地区某绿色建筑双源热泵系统运行性能分析及优化建议

87 | 会议活动 | Events |

2021 年全国暖通空调模拟学术年会征文通知



China International Trade Fair for Heating, Ventilation,
Air-Conditioning, Sanitation & Home Comfort System
中国国际供热通风空调、卫浴及舒适家居系统展览会

2021年5月12至14日

中国·北京

中国国际展览中心(新馆)

中国供热展

清洁 舒适 创新 多元



Follow us on WeChat
扫描关注官方微信

Contact 查询

CIEC GL events (Beijing) International
Exhibition Co Ltd
中展智奥(北京)国际展览有限公司
Tel电话: +86 10 8460 0666 / 67 / 68
Fax传真: +86 10 8460 0669
info@ishc-cihe.com

Messe Frankfurt (Shanghai) Co Ltd
法兰克福展览(上海)有限公司
Tel电话: +86 400 613 8585
Direct line直线: +86 21 6160 8577
Fax传真: +86 21 6168 0778
info@ishc-cihe.com



messe frankfurt



新闻直通车

NewsExpress

中国建研院环能科技谋划科改、创新发展



2021年1月20日，中国建研院环能科技（环能院）召开2020年度工作交流会暨表彰会。中国建研院党委书记、董事长王俊莅临大会指导，各职能相关负责人应邀出席了会议。

中国建研院环能科技董事长徐伟代表环能科技领导班子做了2020年度工作报告。徐伟董事长从经营、科研、质检、市场开拓、人才培养、国际合作、党建工作及企业管理等方面对环能科技一年来所做的工作进行全面的梳理，特别是针对疫情防控工作、科改示范行动进行了总结，指出了2020年存在

的问题并提出了2021年的工作设想。最后，王俊董事长做了重要讲话和指示，从人才培养、经济效益、科技创新三个方面对环能科技2020年所取得的收获

与成绩给予充分肯定，对环能科技全体员工一年来的辛勤付出表示衷心感谢，并对环能科技的发展提出四点建议：一是持续深化改革，充分利用政策平台做好科改示范工作；二是做好发展规划，以“十四五”规划为契机，把控好未来发展方向，争做市场细分领域冠军；三是加强核心竞争力

的培育，积极培养行业领军人才，加大力度实现科技成果转化；四是强化党建引领，推动党建与业务工作深度融合，谋求高质量发展。

2021年中国建研院环能科技将继续以党的十九大和十九届五中全会精神和中央经济工作会精神为指导，紧紧围绕公司“十四五”规划和“科改示范行动”实施方案，聚焦主责主业。用足利好政策，真抓实干，谋划科改新篇；统筹多方资源，创新发展，开启新的征程。



中国建研院助力 2022 北京冬奥会

1月18日，习近平总书记在考察冬奥会、冬残奥会筹办工作。

中国建研院就是助力北京2022年冬奥会的积极参与者。中国建研院所属建研科技先后完成了冬奥会跳台滑雪比赛中心的风洞试验和风振计算，研究了国家速滑馆单层索网结构形式在风荷载作用下的性能及圆管对幕墙局部的荷载影响。中国建研院所属设计院承担了冬奥会崇礼赛区

配套项目，根据地形特点及功能需求，化整为零、依山就势开展设计。中国建研院所属环能科技积极推进冬奥会场馆服务的智能化、节能化和舒适性，承担了国家速滑馆的室内温度、湿度、风速场模拟，冰面换热模拟和声学设计；参与了北京市冰上项目训练基地地源热泵系统自适应无人值守控制，在保证负荷、温度、湿度等不同区域、不同功能需求控制要求的前提下，利用地源热

泵系统实现“按需供能”、“一键启停、自适应控制”、“低谷蓄能、峰段释能”、“多能互补”、“节费增效”，满足该项目地源热泵系统的高效稳定运行；投身国家游泳中心冬奥会冰壶场馆改造项目，提供专业的光学指导。

习近平总书记在考察时强调：“这次来，看到大家尽心尽力，筹办工作进展顺利，训练备战效果明显，我感到很欣慰，我对办好这一届盛会充满信心。”



习近平总书记考察北京2022年冬奥会建设项目



中国建研院所属建研科技设计延庆冬奥村外立面幕墙项目



中国建研院所属建研科技完成冬奥会跳台滑雪比赛中心等项目



中国建研院所属设计院承担冬奥会崇礼赛区配套项目



中国建研院所属环能科技承担了国家速滑馆室内环境设计项目



中国建研院所属环能科技投身国家游泳中心冬奥会冰壶场馆改造项目

2020 海尔中央空调高效机房生态推广联盟论坛顺利召开



12月25日，由暖通空调产业技术创新联盟联合海尔中央空调共同发起的“2020 海尔中央空调高效机房生态推广联盟论坛”在厦门顺利召开，论坛吸引了

二百余位专家、学者、行业精英代表、生态合作伙伴等共同出席。

暖通空调产业技术创新联盟理事长、中国建筑科学研究院环能院院长徐伟、海尔空气产业

副总经理付松辉、广州市设计院总工屈国伦、福建省建筑科学研究院高工杨淑波等领导、专家做大会发言。



徐伟院长表示，近几年，在国家绿色节能等宏观政策引导下，磁悬浮中央空调行业迎来了发展高峰，作为行业首推磁悬浮中央空调的海尔，再次做出表率，从使用场景切入升级用户全流程服务体验。海尔空气产业副总经理付松辉在致辞中表

示，践行“碳中和”绿色高效发展，海尔中央空调将重点建设磁悬浮高效机房场景生态，与生态伙伴共创绿色高效节能生态圈。

《中国建筑节能年度发展研究报告》数据也显示，建筑的运行能耗排在整体碳排放中占比较大，因此为建筑减排，



是助力“碳中和”目标实现的重要因素。海尔中央空调通过搭建全生命周期物联平台，携手各生态合作伙伴共同努力，互联互通共创共赢，成立行业首个高效机房生态推广联盟，从而开启了全新的物联生态时代！

第五届“海尔磁悬浮杯”绿色设计与节能运营大赛颁奖典礼召开

2020年12月25日，由暖通空调产业技术创新联盟、海尔中央空调共同主办的第五届海尔“磁悬浮杯”绿色设计与节能运营大赛颁奖盛典成功举办。

本届大赛以“绿色设计赢未来”为主题，历时九个月，覆盖全国四大赛区，累计参赛作品3500余份。由17位国家级专业评委通过对申报项目的技术创新性、行业代表性、节能性和运行使用情况为标准进行评估，最终评选出节能运营奖5项；绿色设计组金、银、铜、先锋、优秀奖69项；学生组50项（含指导老师11项）。

创办于2016年的海尔“磁悬浮杯”大赛，是中央空调产业聚焦中大型建筑节能运营的



大赛，面向全国广大设计院设计师、节能服务公司、物业管理公司征集作品，在关注产品与方案设计本身，由注重节能运营效果评估，迅速受到暖通专家和设计师的关注和广泛参与，进一步扩大行业细分领域，如超高层商业建筑、工业

生产企业等，定制全流程节能解决方案。海尔“磁悬浮杯”大赛在践行绿色建筑可持续发展的同时，为暖通领域的设计师与学生提供了一个展示自我的舞台。未来，更将携手共同开拓进取，为建筑赋能，为世界节能！



颁发节能运营组
设计运营卓越奖、先锋奖和优秀奖



颁发绿色设计组金奖

村镇低成本清洁能源供暖及蓄热技术研究项目总结会顺利召开

2021年1月21日，国家重点研发计划“村镇低成本清洁能源供暖及蓄热技术研究”项目2020年度总结会顺利召开。由中国建筑科学研究院有限公司作为项目牵头单位，还有参与的中国农村技术开发中心、天津商业大学、北京工业大学、中国建筑节能协会等单位约100人参加此次会议。

首先，建筑环境与能源研究院副院长邹喻介绍了出席本次会议的领导和专家，并对项目工作的大力支持表示由衷的感谢。其次，中国建筑科学研究院有限公

司科技标准部科研主管朱娟花讲话，提出项目推进要以“绩效四问”为指导、对照绩效评价的管理要求认真执行；基于疫情的不确定性，做好应急预案；加强课题间交流，将一体化组织实施贯穿到项目执行中。最后，项目负责人李忠做总结发言，提出项目内部应加强沟通与合作，取长补短，共同努力，全面落实整改专家提出的意见，加强项目顶层设计，有效提升预期成果的显示度。

会后，项目组成员学习并讨



论了专项管理团队和专家组提出的意见及建议，明确了在课题间沟通协作、加强成果凝练与总结、经费执行与应急预案调整等方面的工作重点。至此，本次会议圆满结束。

2020 年度全国绿色建筑创新奖拟授奖项目公示

近日，住房和城乡建设部公布2020年度全国绿色建筑创新奖拟授奖项目名单。

为推动绿色建筑创新，促进绿色建筑高质量发展，根据

《全国绿色建筑创新奖管理办法》，住房和城乡建设部组织开展了2020年度全国绿色建筑创新奖评审工作。中国建研院建科环能拟授中德生态园技术

展示中心项目一等奖、高碑店市列车新城住宅小区一期项目二等奖、中国红岛国际会议展览中心项目三等奖。

序号	拟授奖等级	项目名称	项目所在地	主要完成单位	主要完成人
13	一等奖	中德生态园技术展示中心	山东省	中国建筑科学研究院有限公司、中德生态园被动房建筑科技有限公司、中国建筑节能协会、荣华建设集团有限公司、青岛市建筑节能与产业化发展中心、建科环能科技有限公司	徐伟、胥小龙、孙峙峰、黄冬、刘磊、黄锦、刘洋、吴景山、于震、于永刚、张晓东、岳永兴、韩飞、聂建卫、刘欢、何海东、付宇、宋斌磊、刘斌、梁艳
19	二等奖	高碑店市列车新城住宅小区一期项目	河北省	中国建筑科学研究院有限公司、高碑店市中誉房地产开发有限公司、河北奥润顺达窗业有限公司、建科环能科技有限公司	于震、高彩凤、吴剑林、王长明、汪寅、潘玉亮、彭莉、马文生、陈梦源、邓滨涛、郭强、赵宝、徐荣晋、叶冬青、崔志强、谭婧玮、田甄、刘伟、田振、范振发
54	三等奖	中国红岛国际会议展览中心	山东省	建科环能科技有限公司、青岛国信建设投资有限公司、青岛市建筑节能与产业化发展中心、中国建筑节能协会、公信检测(山东)有限公司、中国建筑科学研究院有限公司	吴景山、何海东、刘欢、杨春华、李翔、李晓蓉、李佃亮、辛兆锋、马鹏真、胥小龙、付宇、尹海涛、胡晓杰、杨晓峰、刘登龙、陈桥、杨远程、李福、李效禹、马晴

行业新闻 IndustryNews

北方地区清洁取暖面积 已达 116 亿平方米

12月21日，国务院新闻办公室发布《新时代的中国能源发展》白皮书中提到，北方地区清洁取暖取得明显进展，截至2019年底，北方地区清洁取暖面积达116亿平方米，比2016年增加51亿平方米。

截至2019年底，北方地区清洁取暖率达55%，比2016年提高21%。北方农村地区清洁取暖率约31%，比2016年提高21.6%；北方农村地区累计完成散煤替代约2300万户，其中京津冀及周边地区、汾渭平原累计完成散煤清洁化替代约1800万户。

白皮书要求，推进北方农村地区冬季清洁取暖工作关系广大人民群众生活，是重大民生工程、民心工程；以保障北方地区广大群众温暖过冬、减少大气污染为立足点，在北方农村地区因地制宜开展清洁取暖。按照企业为主、政府推动、居民可承受的方针，稳妥推进“煤改气”“煤改电”，支持利用清洁生物质燃料、地热能、太阳能供暖以及热泵技术应用。白皮书建议，制定财政、价格等支持政策，积极推进北方地区冬季清洁取暖，促进大气环境质量改善。大力推进天然气热电冷联供的供能方式，推进分布式可再生能源发展，推行终端用能领域多能协同和能源综合梯级利用。

住房和城乡建设部提出 2021 年工作八大重点

12月21日，全国住房和城乡建设工作会议在京召开。会议深入学习贯彻习近平总书记关于住房和城乡建设工作的重要指示批示精神，贯彻落实党的十九届五中全会和中央经济工作会议精神，总结2020年和“十三五”住房和城乡建设工作，分析面临的形势和问题，提出2021年工作总体要求和重点任务。住房和城乡建设部党组书记、部长王蒙徽作工作报告。

会议提出2021年重点抓好八个方面工作：一是全力实施城市更新行动，推动城市高质量发展；二是稳妥实施房地产长效机制方案，促进房地产市场平稳健康发展；三是大力发展租赁住房，解决好大城市住房突出问题；四是加大城市治理力度，推进韧性城市建设；

五是实施乡村建设行动，提升乡村建设水平；全面开展乡村建设评价工作；六是加快发展“中国建造”，推动建筑产业转型升级；推进改革创新，加强法规标准体系建设；八是加强党的全面领导，打造高素质干部队伍。

会议号召，全国住房和城乡建设系统要更加紧密地团结在以习近平总书记为核心的党中央周围，进一步增强“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，以更加昂扬的斗志、更加坚定的信心和更加扎实的工作，努力开创住房和城乡建设事业高质量发展新局面，实现“十四五”开好局、起好步，为全面建设社会主义现代化国家作出新的更大贡献，以优异成绩庆祝建党100周年。



巩固北方地区清洁供暖成果

2021年1月20日，财政部党组书记、部长刘昆在全国财政工作会议上的讲话上指出2021年财政工作的主要任务，其中包括坚持资金投入同污染防治攻坚任务相匹配，大力推动绿色发展。

习近平总书记强调，2021年经济工作要围绕构建新发展格局来展开。我们要积极发挥

财政职能作用，紧紧扭住供给侧结构性改革这条主线，注重需求侧管理，推动构建新发展格局迈好第一步，见到新气象。

刘昆指出，要加强污染防治，巩固北方地区冬季清洁取暖试点成果。推动重点行业结构调整，支持优化能源结构，增加可再生、清洁能源供给。研究碳减排相关税收问题。

国家发改委谈如何实现碳达峰

1月19日上午，国家发展改革委举行1月份“碳达峰碳中和”新闻发布会。

2020年中央经济工作会议明确将做好碳达峰、碳中和工作确定为2021年八大重点任务之一。国家发改委将围绕实现碳达峰、碳中和的中长期目标，制定并实施相关保障措施。

实现碳达峰、碳中和中长期目标，既是我国积极应对气候变化、推动构建人类命运共同体的责任担当，也是我国贯

彻新发展理念、推动高质量发展的必然要求。国家发展改革委将坚决贯彻落实党中央、国务院决策部署，抓紧研究出台相关政策措施，积极推动经济绿色低碳转型和可持续发展。



央行向绿色发展领域倾斜

近日，举行2021年中国人民银行工作会议提出，“落实碳达峰、碳中和重大决策部署，完善绿色金融政策框架和激励机制”。而此前举行的央行货币政策委员会2020年第四季度例会，首次提及“促进实现碳达峰、碳中和为目标完善绿色金融体系”。

可见，绿色金融越来越受到重视。近年来，中国绿色金融发展较快，其中绿色信贷位居全球第一。2020年三季度末，本外币绿色贷款余额11.55万亿元，比年初增长16.3%。未来应通过

建立政策激励约束体系，完善信息披露制度，促进更多传统信贷转“绿”。

绿色信贷余额不断提升，首批参投国家绿色发展基金的上海银行，去年7月发布了《绿色金融行动方案》，设立200亿元专项信贷额度，将绿色金融服务范围进一步延伸，构建“绿色金融+”服务体系，将生态环境产业、基础设施绿色升级、绿色消费、绿色贸易、新能源汽车、物流运输等纳入服务范围。

上海市推进超低能耗建筑发展

近日，上海市住房城乡建设管理委、规划资源局制定并发布《关于推进超低能耗建筑发展的实施意见》，大力推进上海市超低能耗建筑发展。

2025年前完工超低能耗建筑项目50万 m^2 ，形成系统的超低能耗建筑政策和技术体系，打造一批超低能耗建筑示范项目。实现超低能耗建筑向

标准化、规模化、系列化方向发展。

符合相关要求的超低能耗建筑示范项目财政补贴每平方米补贴300元；超低能耗建筑项目外墙面积可不计入容积率，但其建筑面积最高不超过总计容建筑面积的3%；鼓励改建的超低能耗建筑，同样享受相关优惠政策。

吉林开展电清洁取暖教育示范县试点选拔

日前，吉林省财政厅、能源局、教育厅联合发布《关于组织申报2021年电清洁取暖教育示范县试点城市的通知》，入围的试点城市（市、县、区）将开展阶段性（预计3—5年）示范县试点工作，省级财政对入围试点城市将给予定额补助，原则上每个市（州）支持1200万元，每个县（市）支持800万元。

通知明确所称电清洁取暖包括：直热式电能清洁取暖和蓄热式电能清洁取暖。其中，直热式电能清洁取暖包括：采用电热膜、发热电缆、电散热器等终端供暖；蓄热式电能清洁取暖：包括采用水蓄热、固体蓄热、相变蓄热供暖等。

《方案》明确电清洁取暖教育示范县必须满足以下条件：市（州）级改造电清洁供暖面积原则上不低于6万 m^2 、县（市）级改造电清洁供暖面积原则上不低于4万 m^2 ，5所学校以上；试点项目总投资市（州）级原则上不低于2400万元，县（市）级原则上不低于1600万元；为保证标准化建设，各地须按高初中、小学（城镇）、“村小”、幼儿园选取一类学校进行整体推进改造，原则上不可混合打包改造，每个市县每年只能报一个类别项目。



青海清洁取暖奖补资金优先支持学校和医院

为推动三江源地区清洁取暖重点任务等相关工作，当前青海省财政厅、青海省能源局已共同制定印发了《青海省清洁取暖省级奖补资金管理办法》（以下简称《办法》）。《办法》明确，奖补对象以三江源清洁取暖实施范围内的市州政府为主，兼顾其他清洁取暖工作实施较好的市州政府。各市州政府统筹奖补资金专项用于清洁取暖相关工作，优先用于支持非清洁能源取暖改造为清洁能源取暖的公益类项目，包括但不限于学校、医院、图书馆、博物馆、体育馆、办公楼等公共建筑清洁取暖设施、清洁供热管网及相关配套设施改造。

奖补资金采取以下方式分配：一是根据地区因素和年初确定的工作任务，按预算规模的50%分配下达；二是根据省能源局年度工作任务核查结果，按预算规模的50%给予地区奖补。

根据此前发布的《青海省冬季清洁取暖实施方案》，2017年底，青海全省城市及城镇现状采暖规模为20512万平方米，其中清洁取暖面积14076万平方米，2019~2021年青海省共安排改造清洁采暖面积2952万平方米，清洁改造完成后清洁采暖规模为17028万平方米，城市及城镇清洁供暖率总体将达到83.01%，估算投资为32.49亿元。

《办法》明确，青海省财政厅将负责年度奖补资金预算安排，依据省能源局提出的资金分配计划下达资金，会同省能源局开展奖补资金使用情况监督检查及绩效评价等工作。省能源局负责会同各市州政府确定年度工作任务，制定核查相关工作制度；设定绩效目标，组织开展资金绩效评价等相关工作；对各市州年度目标任务完成情况核查，并依确定的年度工作任务、核查结果和绩效评价结果等研究提出资金分配计划。

健康建筑纳入地方立法建议

2021年1月26日，深圳市人大常委会办公厅发布关于《深圳经济特区绿色建筑条例（草案征求意见稿）》公开征求意见的公告，将健康建筑纳入了特区绿建发展条例，拓展绿色建筑高质量发展的内涵，为我国健康建筑的推广实施发挥了表率作用。

《草案征求意见稿》聚焦以人为本，提升建筑健康性能。在疫情防控常态化背景下，人们对建筑环境的健康性能越发关注，深圳率先出台《深圳经济特区健康条例》，明确提出了健康深圳

建设要求，把人民健康放在优先发展战略地位，将健康融入所有政策。《草案征求意见稿》继续贯彻这一思路，创新将“健康建筑”单列一节加以强调。

重点明确政府相关部门责任分工，改变目前推广少、散、慢的问题，强化建筑设计和运营全过程中建筑物理性能、环境舒适性、健身设施和健身场所、全年龄段人文关怀、心理健康、物业服务管理等方面的全面提升，营造健康环境，完善健康保障，发展健康产业，提升居民健康水平。

中国首个《主动式建筑评价标准》开始实施

近日，中国建筑学会批准了《主动式建筑评价标准》为中国建筑学会标准，编号为T/ASC 14-2020，自2020年12月20日起实施。

Active House是指在建筑的设计、施工、使用的全寿命周期内，在关注能源和保护环境的前提下，以建筑的健康性和舒适性为核心，以实现人的良好生活（well-being）为目标的一种建筑理念。目前在全球56个国家，按照Active House建筑理念设计建造了众多示范性建筑已建立在不同气候带，不同地域的示范性建筑。

《标准》在充分吸纳国际主动式建筑Active House先进理念及其标准的基础上，结合我国国情构建了包括“主动性、舒适、能源、环境”的评价指标体系，并采用了“控制项+评分项+优选项”的评价方法，保留了国际标准中适合中国国情的积极内核，并结合中国的各种实际情况，创造性地进行了大胆的必要的修正。

能源问题日益显著的今日地球，需要我们共同努力，以科学长远的目光，以绿色清新的明日地球家园为愿景，谨慎发展。我国作为人口大国、能耗大国、建筑大国，如何打造绿色适宜的人居环境，是中国面临的问题，也是全球的问题。

《标准》的编制和实施，将有助于推动主动式建筑在我国的推广应用，必将对推动绿色人居在我国的发展，起到里程碑的意义。

河北首个供冷供热装配式智慧能源站正式投运

日前，河北省首个以装配式智慧能源站模式实现的供冷供热项目在邢台市宁晋县正式投用。

该项目所采用的装配式智慧能源站模式由国网河北综合能源服务有限公司与河北省建筑科学研究院共同研发。该模式以电能替代传统能源消耗，通过装配式水力模块+空气源热泵冷热机组，将传统的中央空调系统，改造为全变频空气源热泵，不仅环保节能，还将原本需要施工45天才能实现功能的传统中央空调冷热源站，升级为21天即可完工的装配式智慧能源站，节约了50%以上的施工时间。

装配式智慧能源站模式将智慧控制设备整合在封闭式机组中，机组内管路全部采用镀锌管和铜材质，经过对核心部件的严格测试，确保整机性能优良可靠，设备使用寿命可提高40%以上。该模式不仅占地空间小、节省材料、绿色环保，而且通过物联网、大数据、云计算及移动互联等技术应用，在不降低感官体验的基础上，实现供冷供热设备的季节自动切换、能源和温度供应实时调整、运行过程全程监控、性能数据远程评估等功能，具有降低成本、维护简单、安全智能等特点。



沧州市绿色建筑、超低能耗建筑新政

近日，沧州市住房和城乡建设局印发关于《沧州市绿色建筑专项规划》（2020-2025年）的通知，为更好贯彻落实《河北省促进绿色建筑发展条例》《河北省绿色建筑专项规划编制导则》等法规及文件，加快沧州市绿色建筑健康发展。

规划目标到2025年，全市新建民用建筑按基本级以上绿色建筑标准进行建设的面积占比达到100%；按一星级以上绿色建筑标准进行建设的面积占比达到40%，中心城区达到50%；鼓励引导新建民用建筑按二星级以上

绿色建筑标准进行建设，建设示范项目4个（星级按照《绿色建筑评价标准》（DB13(J)/T 8352-2020）确定）。

规划目标到2025年，全市超低能耗建筑开工建设面积累计达到80万平方米，中心城区达到20万平方米。高新区、渤海新区超低能耗建筑面积占新建建筑面积比例达到30%。对于采用被动式超低能耗建筑方式建设的项目，因墙体保温等技术增加的建筑面积，按其地上建筑面积9%以内给予奖励，奖励的建筑面积不计入项目容积率核算。

合肥经开区全面推进建筑节能与绿色建筑再上新台阶

近日获悉，2020年新建民用建筑开工面积为143.8万平方米，全部按照绿色建筑标准执行，新建建筑设计、施工标准执行率达到100%。通过提升门窗隔热性能、对热工参数进行限制、对主动采暖和全空调系统建筑提高节能率等措施，实施建筑节能提效。继续推广太阳能热水、太阳能光伏、地源热泵、空气能等可再生能源建筑应用。开展建筑节能工作监督活动，强化建筑节能施工管控，对建筑材料是否符合要求、节能材料是否进行见证检测、施工方案审批执行情况等进行严格把关，对不符合要求的节能工程限期整改。

2020年绿色建筑新开工面积为143.8万平方米，开工比例为100%，新建公共建筑暨居住建筑均按照绿色建筑标准实施。绿色建筑竣工面积76.79万平方

米，占新建民用建筑竣工面积比例达到54%。绿色建筑按照要求纳入规划审批、设计审查、施工验收等工程建设全过程管理。在规划审查阶段，严格按照城乡规划部门要求的绿色建筑等级和技术指标进行审批。

今年以来，合肥市经开区认真落实“创新、协调、绿色、开发”发展理念，进一步贯彻《合肥市绿色建筑发展条例》，通过强化政府引导和扶持，加快推广适宜技术、规范市场建设，持续推进建筑领域节能减排和绿色建筑发展。



福州市完成“十三五”公共建筑节能改造目标

近日获悉，福州市已完成360万平方米公共建筑节能改造的“十三五”目标。“十三五”期间，绿色建筑已由单体绿色建筑示范转向区域化示范推广，建筑节能也从新建建筑全面达标拓展到既有公共建筑节能改造和能效提升。

作为示范项目，市中心福建设会堂节能改造完成，除了照明系统升级、空调“变频”，还有围护结构、热水系统及能耗监测系统的“加法”。通过合理优化，该项目的改造节能量就有59.1万千瓦时，综合节能率为27.5%。

更绿色更节能的“标签”已“贴”进福州越来越多的公共建筑中。“2020年，福州市城镇新建建筑中绿色建筑比重超90%，完成了60万平方米公共建筑节能改造，平均节能率达22.5%，圆满完成‘十三五’360万平方米公共建筑节能改造目标。”市城乡建设局相关负责人说，作为“2019数字福州”项目，市级公共建筑能耗监测平台也通过了可研评审。平台可实现建筑能耗实时监测、能耗分析及大数据研究等功能，进一步提升建筑节能监管能力。

“十四五”期间，“绿色步伐”还要走得更快更稳。福州将出台地方适宜绿色建筑技术指南与产品目录，强化自然通风、自然采光、立面遮阳、雨水利用、立体绿化、能源监测等适宜技术应用，形成居住建筑、公共建筑各有侧重的绿色技术应用路径。同时，形成绿色建筑、绿色城区、绿色城市交融的完整绿色建设体系。

河北打造居民小区供暖监控“一张网”

目前，河北省供热监管信息平台显示，河北160个集中供暖的县（市、区）共安装了156978个室温采集装置，在线监测的居民小区有21970个，覆盖率已达90%。

近年来河北省推进城镇供热智能化建设，建立省级供热监管信息平台，实现河北省主要热源、热力站和居民小区室温的在线监测，实时采集城镇居民小区室温数据，主动发现和解决室温偏低的情况，提高城镇供热安全性、可靠性和舒适性。

河北省住房和城乡建设厅城

市燃气热力服务中心一级调研员徐京杰表示，借助河北省供热监管信息平台，可对全河北省热源生产、热能输送、热用户室温情况进行全面监测，及时发现供热薄弱环节，进行指挥调度。结合气温走势与历史大数据分析，预判未来一周热源负荷率情况，对热源不足情况进行预警。采暖季结束后，可进一步分析采暖季运行及投诉处置数据，筛选出问题较多、投诉较集中的热网设施和居民小区，纳入“冬病夏治”工作内容，形成工作闭环，稳步提升供热服务质量。

聊城印发关于绿色建筑、装配式、超低能耗的实施意见

近日，聊城市住房和城乡建设局、发展改革局、自然资源和规划局、财政局、城管局、行政审批局、工业和信息化局、生态环境局、市场监管局、科技局等部门联合印发《关于印发绿色建筑创建行动方案的通知》、《山东省绿色建筑促进办法》等政策文件。

政策文件结合聊城市实际，提出大力发展绿色建筑、装配式建筑、低能耗建筑等实施意见。其中，新建公共租赁住房、棚户区改造安置住房和政府投资工程全面实施装配式建筑（装配率不低于50%），其他社会投资新建民用建筑项目中装配式建筑面积占比2021年市辖区不低于35%，

县（市）不低于25%。2022—2025年，每年的装配式建筑面积占比分别增加5个百分点，到2025年市辖区和县（市）分别达到55%和45%。发展低能耗建筑，实行居住建筑75%、公共建筑72%的节能设计标准基础上，进一步提升门窗、分户墙、楼板等重点部位节能要求，大力发展低能耗建筑，并积极推进被动式超低能耗建筑试点建设。

对高星级绿色建筑项目取降低预售资金监管留存比例的激励措施，其中二星级绿色建筑项目在预售资金监管规定留存比例基础上降低3%，三星级绿色建筑项目在预售资金监管规定留存比例基础上降低5%。



广州市新竣工绿色建筑面积占新建建筑比例已达到 74%

近日，在 2020 粤港澳大湾区绿色建筑分享论坛上，广州市楼宇经济促进会秘书长包紫洋认为，楼宇建筑与经济高度结合，未来楼宇经济的发展将更加倡导绿色、健康、人文、共享等理念。

去年 11 月，为推动区内健康建筑的发展，广州市发布了《广州健康建筑设计导向试行》，从规划、建筑、暖通、给排水、电气、室内智能化和景观等八个专

业领域为健康建筑和绿色建筑制订了标准和导向。

随着时代的发展以及国家政策的引导下，绿色建筑的数量已逐渐成为一座城市可持续发展能力的名片。作为国家重要的中心城市、拥有国家级 CBD 珠江新城的广州已走在前列。据了解，2019 年，广州全市新竣工绿色建筑面积占新建建筑比例已达到 74%。

山东省健康住宅开发建设技术导则已印发实施

近日获悉，山东省住房和城乡建设厅组织山东省建设发展研究院等单位编制的《山东省健康住宅开发建设技术导则》JD14-055-2020 于 2021 年 1 月 1 日起实施。

该导则创新性提出兼顾疫情防控，探索居家医养相结合新模式。这是国内首个由政府部门推出的健康住宅开发建设技术导则，首次将应对疫情的相关内容纳入住宅建设中。

《导则》中介绍，健康住宅在满足住宅建设基本要素的基础

上，为居住者提供更加健康的环境、设施和服务，保障居住者生理、心理、老龄化和卫生防疫等多层次健康需求，通过空间布局、功能设施预留或安装，满足安全、卫生等要求，适应居民生活规律和生活习惯，建设功能复合、持续利用、和谐健康的新型住宅。

《导则》并非强制标准，但对推动山东省健康住宅发展具有指导意义，适用于全装修交付的新建住宅，同时既有住宅改造也可参照执行。

西藏发布建筑业发展“十四五”规划

近日，西藏自治区发布了建筑业发展“十四五”规划。规划提出，到 2025 年，全区城镇每年新开工装配式建筑占当年新建建筑的比例达到 30% 以上，其中边境地区装配式建筑比例达 70% 以上，设区城市政府投资新开工保障性住房、教育、医疗、办公综合楼项目采用装配式建筑比例不低于 35%；到 2025 年，当年城镇新建建筑中绿色建筑面积占比达到 60% 以上，新建建筑绿色建材应用比例达到 50% 以上，绿色建材产

品区内市场占有率达 70% 以上。

截至 2019 年底，全区绿色建筑面积占城镇新建建筑面积比重为 35%；城镇新建建筑节能强制标准执行率达到 100%；政府投资或使用财政资金的项目、各类示范性项目绿色建筑标准执行率达到 100%；新建房地产项目绿色建筑标准执行率达到 70%；绿色建材在新建建筑中应用比例达到 80% 以上；政府机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测覆盖率达到 80%。

河南 2020 年改造城镇老旧小区 76 万户

近日，河南城镇老旧小区改造工作新闻发布会上，河南省住房和城乡建设厅副厅长郭风春说，作为重要民生实事，河南全省 18 个省辖市此前均制定出台了本地城镇老旧小区改造标准，为城镇老旧小区改造提供了技术支持和保障。

2020 年，河南全省完成了城镇老旧小区改造 76 万户，超额完成了河南省政府下达的目标 50 万户的民生实事工作目标任务。此外，2020 年，河南积极引导社会各方参与，多渠道筹集改造资金，实现资金投入的多元性。当年，共争取到国家城镇老旧小区改造补助资金 96.2 亿元，资金规模居全国首位。地方财政资金安排了补助资金 23.2 亿元。

郭风春介绍说，下一阶段，河南将把老旧小区改造与城市更新有机结合起来，推动老城区连片改造，加快改善城市人居环境，促进城市高质量发展。针对城镇老旧小区普遍存在的规模小、分布散、空间乱、公共服务设施难以配套、实施物业管理难度大等问题，河南不少地方结合完整社区建设，积极进行探索创新，实施连片改造的片区改造模式。如郑州市打破“小区问题小区解决”的思维模式，结合规模化社区建设，通过相邻小区联动改造，整合利用公共资源，实现连片改造；鹤壁市按照“合小并大、合乱并整、合块并片”的原则，整合零散楼院，拆除小区间围墙隔阂，实现资源、空间、设施共享。

福建 2020 年绿色建筑与建筑节能工作进展

近日，福建省住房和城乡建设厅进行了“十三五”工作总体和“十四五”工作开展情况进行通报。

“十三五”以来，福建省大力推广绿色建筑，建立健全绿色建筑地方标准体系和管理机制，累计建成绿色建筑面积 1.78 亿平方米，2020 年全省城镇新建建筑中绿色建筑面积占比达 77.78%。规范绿色建筑评价标识管理，累计获得绿色建筑标识项目 408 个、标识面积 5321 万平方米，其中二星级标识项目 136 个、三星级标识项目 19 个。推进城镇新建建筑能效提升，居住建筑和公共建筑节能设计标准分别从节能 50%、60%

提升到节能 65%、70%，城镇建筑中执行节能标准建筑面积累计达 88617 万平方米。完成福州、厦门等 2 个国家公共建筑节能改造重点城市建设任务，完成集美大学、福建师范大学等 2 个国家和 9 个省级公共建筑节能改造示范高校建设任务，实施合同能源管理（EMC）示范项目 87 个，累计完成公共建筑节能改造面积 871 万平方米，每年可节约标准煤 5.4 万吨，减少 CO2 排放 13.3 万吨。实现对高校、酒店、办公等建筑在线能耗监测 754 栋、监测面积 1333 万平方米。推行绿色建材产品认证共有 65 个。累计推广可再生能源应用建筑面积 730 万平

方米。推动实施绿色建筑、装配式建筑等 BIM 试点项目 699 个。

下一步“十四五”规划深入开展绿色建筑创建行动，加强财政、金融、规划、建设等政策支持，推动新建建筑全面实施绿色建筑标准，提高绿色建筑在城镇新建建筑中的比例，提高政府投资项目和大型公共建筑绿色等级，持续推动建筑节能能效提升，试点开展超低能耗、近零能耗建筑建设，建立绿色住宅使用者监督机制，完善绿色建筑标识管理制度，推行绿色建材产品认证制度，推动住房城乡建设高质量发展超越。

日本三菱建成零能耗办公大楼

近日，日本三菱电机公司在神奈川县镰仓市的研究所区域内建成一座新的办公大楼，通过结合自发电与节能设备实现能源消耗实际为



零。该大楼已获得第三方机构的零能耗“ZEB”认证。

据称，建筑面积达 3300 ~ 9900 平米的中等规模大楼以上获得该认证在日本尚属首例。投资额为约 40 亿日元（约合人民币 2.5 亿元），约 260 名员工将在此工作，进行约 1 年时间的验证。

公大楼共 4 层，在屋顶和各层的屋檐设置了约 1200 块太阳能电池板，自动控制空调和照明以实现优先利用自然通风和采光，能耗较同规模的大楼削减了 63.5%。楼内还设有升降梯和食堂等能耗较高的设备，维持作为办公大楼的便利性。

（资料来源：共同社）

格力中央空调入驻中南大学湘雅医院科学教研楼

日前，格力中央空调成功进场中南大学湘雅医院科学教研楼，并已进入调试运行阶段。据了解，中南大学湘雅医院创办于 1906 年，是国家卫生健康委员会直管的三级甲等综合医院，是我国重要的临床诊疗、医学教育与科技创新中心，在复旦大学医院管理中心发布的《2019 年中国医院排行榜》中，名列第 13 位。是中国知名度最高、综合实力最强的顶尖医院之一。

该科学教研楼总投资 5.85 亿，规划占地面积 16590 平米，是湖南省第一个将教育建筑与实验建筑合一的项目，其教学科研设施都是国际水准要求。格力中央空调作为行业的领军品牌，凭借贴近用户需求，专业科研技术，打造全系医院专用暖通空调设备，满足其教学与实验设备运行需求。

丹佛斯组成全新气候方案事业部



近日，丹佛斯集团宣布调整组织结构，将供热和制冷事业部合并组建丹佛斯气候方案事业部（Danfoss Climate Solutions）。借助全新的气候方案事业部，丹佛斯将进一步加大对于绿色议程的投入，以增强公司在有吸引力的全球市场的竞争力。

当下，世界各地对气候变化议题关注越来越高。通过将供暖和制冷事业部合并为丹佛斯气候方案事业部，丹佛斯持续投资于未来，帮助客户和合作伙伴积极采取行动，以缓解气候变化所产生的影响，构建更绿色的未来世界。

丹佛斯气候方案事业部为工业、建筑环境和全食品链提供可持续高能效的解决方案，是上述领域的行业领导企业。气候方案事业部将充分发掘和利用全球气候议程以及《巴黎协定》、“欧盟绿色协议”目标所呈现出的机会，加速推动业务的增长。借助新的丹佛斯气候方案事业部，公司将进一步加强对创新和产品应用的关注，成为客户和合作伙伴更强大更可靠的技术伙伴。

丹佛斯中国气候方案事业部于2021年1月1日正式组建，由施俊先生出任事业部负责人。在过去的4年中，丹佛斯秉承“在中国，为中国”的战略，制冷和供热两大业务板块都取得了两位数的年增长。这两个事业部在中国的合力发展打下了坚实的基础。

广州地铁集团和美的集团获评智能环控及云平台

随着我国城市轨道交通技术水平的发展与成熟，越来越多的大、中型城市兴起轨道交通建设的热潮。在此背景下，如何降低地铁这一“耗能大户”的通风空调系统运行能耗，成为了国内地铁行业研究的重点。

1月5日，广州地铁集团、美的集团暖通与楼宇联合举办的超高效智能环控系统智慧运维云平台关键技术科技成果评估会在广州举行。评估会由中国制冷学会组织，组建由中国工程院院士领衔的行业专家团，经过项目报告、专家质询、讨论决议等，评估委员会专家一致认定：超高效智能环控系统智慧运维云平台创新成果突出，总体达到国际领先水平。这意味着，广州地铁和美的暖通与楼宇联合承担的“十三五”国家重点研发计划课题“复杂环境下城轨车站设备及系统能力保持技术”子任务“超高效智能环控系统智慧运维云平台关键技术”取得重大成果，



其落地应用势将引领轨道交通行业新一轮节能减排技术变革，助力智慧绿色交通目标的早日实现。

该课题项目2017年由广州地铁集团与美的集团联合成立，在广州地铁白江、新塘、嘉禾望岗、车陂南示范站点经验总结基础上，从系统设计、设备研发、制造施工、检验监测、运维评估五大维度重新构建建设管理流程，在行业内开创性的从系统递进整合的角度，先后提出机房能效比，环控空调系统能效比等多个重要能效判定指标，同时，项目研究团队打破专业壁垒，首次实现了多专业融合的智能环控系统设计与建设模式。

大金空调获世茂集团战略供应商“十年合作奖”

2020年，世茂集团第四届战略供应商大会如期召开，大金空调受邀前往大会现场，并在会上获得“十年合作奖”荣誉奖项。自2010年与世茂集团合作以来，大金一直坚持提供创新先进的产品和优质全面的服务，此次奖项的颁发也表明了世茂集团愿与大金空调同心聚力，共同开创美好未来的美好愿景。

大金空调与世茂集团结缘源于2008年的“楼王”豪宅项目“世茂滨江花园”，在合作中，大金空调彰显了不俗的产品实力，之后大金空调开始源源不断地将最新的空调产品与革新技术提供



给世茂集团，为世茂旗下众多地产楼盘提供了千家万户温暖的保障，并开拓了绍兴、福州、南京、北京等城市项目的合作版图，一个个耳熟能详的地产楼盘“世茂·西山龙胤”“世茂外滩新城”从此用上了大金独家的VRV空调系统产品，也开启了大金与世茂长达十年的战略合作。

丹佛斯宣布在华投资建设 全球制冷研发测试中心

1月6日，丹佛斯集团宣布将在天津市武清区投资建设“丹佛斯全球制冷研发测试中心”。新测试中心将于明年年内落成，主要致力于制冷空调压缩机的变频技术、热泵应用以及环保制冷剂替代方案的研究和测试工作。届时，这一装备了行业顶尖技术的测试平台将为丹佛斯全球的商用压缩机客户提供专业的技术服务，尤其是在绿色环保制冷剂制冷产品的开发领域提供高水平支持。

新测试中心对丹佛斯全球研发布局以及制冷行业的绿色发展将产生重要影响。建成后，该中心将大幅提升公司的创新能力，为制冷产品开发和长期技术储备提供强有力的硬件支持，并进一步巩固公司在全球制冷行业的领导地位。

“丹佛斯全球制冷研发测试中心项目的启动，得益于天津市尤其是武清区政府的大力支持，”丹佛斯中国区总裁徐阳说道。“中国是丹佛斯第二家乡市场，近年来随着我们不断加大在中国市场的研发投入，中国已经成为丹佛斯全球研发版图最重要的基地之一。我们期待在双方的共同努力下，武清将成为丹佛斯全球商用压缩机研发、生产领域的桥头堡。”



江森自控推出全新约克空气处理机组

近日，全球智慧和可持续建筑领导者江森自控发布约克 YTM 空气处理机组（简称“约克 YTM”），标志着约克空气处理机组将以更为细分的产品线布局，全面满足多元化、个性化的市场需求。

约克空气处理机组一直致力于为大众提供健康、舒适和安全的室内环境，凭借标准型、紧凑型、定制型到高级定制型等多款机型，形成覆盖基础应用、价值应用、高端应用三个层次的强大产品布局。作为定制型空气处理机组，约克 YTM 可选功能段多，选型灵活度较高，在性能与价格方面衔接起约克 YSM 定制型空气处理机组与约克 YCM 紧凑型空气处理机组，填补二者之间的市场跨度。

作为约克空气处理机组家族新成员，约克 YTM 在湿度、悬浮颗粒以及微生物、分子污染等



室内空气控制参数上，约克 YTM 配置的功能段均能有效覆盖。其可通过二氧化钛杀菌段、UV 灯段和静电除尘过滤等功能高效杀菌，从而达到空气净化的效果，同时独特的微模数设计，使得约克 YTM 在同应用和功能段组合的前提下，实现更紧凑的箱体尺寸，从而提高箱体利用率，带来更精细化的风量范围。

此外，约克 YTM 箱体采用全新专利结构设计，确保箱体性能的优异性，保障机组的安全稳定运行。约克 YTM 以优异的产品性能还通过 AHRI 认证和欧标 EN1886 的测试要求，可广泛应用于酒店、学校、办公楼、复杂商业等价值应用领域。

奥利凯空调入驻格恩医药平度产业园

山东格恩医药平度产业园项目由山东格恩医药科技公司投资7亿元设立，为青岛市2020年重点项目之一。该项目位于平度市经济技术开发区，将建成打造为集中药饮片、中药制剂、生物制剂等三个板块于一体的高标准医药基地。日前，奥利凯直膨式风冷冷（热）风机组成功入驻该产业园，为其药品实验室和生产车间进行空气处理。

医药产品与人体健康息息相关，药品的研发实验、生产环境都需要具备精准的温度控制和空气调节。奥利凯直膨式风冷冷（热）风机组是一种综合性空气处理产品，采用室内机和室外机分体结构，通过铜管管路连接室



内和室外机组，可供选择冷量范围广，适用制冷、制热多种工况，对于大冷量范围可以选择多个模块组装。室内机结构移位灵活，而室外机无需换位置，还广泛用于商用写字楼、高档住宅、餐馆、医院、银行、商场等领域，具有系统组成简单、室内设计灵活、易于控制、造价低等优势。

天加进驻贵州铜仁五星级酒店

近日，天加成功斩获贵州铜仁异国印象酒店项目，并在短时间内顺利到达现场并完成交付，得到用户的高度认可，同时也再一次验证了天加产品竞争力进一步的提升。

酒店对于中央空调系统的舒适、安静、健康、高效都有极高的要求，天加依靠强大的技术实力，持续为酒店客户提供优异的冷暖解决方案，以出色的产品性能和优质的服务赢得客户赞赏。此次服务铜仁异国印象酒店，天加综合考量了本次项目的需求，结合自身优势，为贵州铜仁异国印象大酒店项目量身定制了满液式螺杆机组和末端等系统解决方案，满足客户对出水温度的要求，以及为酒店客人创造健康安全的舒适环境。据悉天加满液式螺杆机组采用国际知名压缩机，超高效双侧强化换热管，在提高换热效率的同时能够实时优化系统运行，适应宽范围的运行工况。

近年来，天加在酒店项目上业绩颇丰，斩获异国印象酒店。与此同时，受疫情的影响，酒店项目方对环境的洁净度也是非常重视，正是基于天加在净化市场的优势以及市场中广受青睐。此次异国印象酒店的成功入驻，进一步彰显了天加产品卓越的品质和强大的技术研发实力，也为天加在酒店行业样板工程上锦上添花，为后续天加在酒店市场持续发力奠定基础。



董明珠担任国际标准化技术委员会主席

据珠海市场监管局消息，格力电器董事长兼总裁董明珠将担任国际标准化组织制冷和空气调节技术委员会制冷压缩机的实验和评定分委会（ISO/TC 86/SC 4）主席，并根据《ISO/TC 导则》和《参加国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）国际标准化活动管理办法》的有关规定履行国际标委会主席职责，积极在国际舞台上贡献“中国智慧”和“珠海智慧”。

这是珠海市标准化工作者

第一次担任国际标准化技术委员会主席的职位，董明珠是名副其实的“第一人”。此番任职不仅展现了格力电器在标准化建设领域的突出成绩，也展现了珠海深入开展标准国际化创新型城市示范建设的重大成果，更体现了中国智慧和制造智慧在国际舞台上日益提升的影响力和话语权。

据了解，近年来在董明珠的带领下，格力电器已成为全球制冷压缩机领域的佼佼者。

海尔物联多联机再次助力河北雄安

雄安商务服务中心座落于雄安新区容东片区，是雄安新区首个标志性城市建筑群，也是雄安新区首批率先开工建设重点项目，项目建成后有力补充雄安新区近期急需的各项商务服务配套功能，对新区建设发展具有重要示范意义。

雄安商务服务中心把高标准高质量贯穿项目建设全过程和各环节，精益求精，打造超低能耗示范园区。因此项目方在中央空调设备的选择上一样秉承着绿色节能理念，坚持建筑绿色低碳循环发展。海尔中央空调以高效节能、智慧物联等优势一举中标雄安商务服务中心项目，为其提供了物联多联机中央空调+磁悬浮中央空调的空气解决方案，获得项目方青睐，树立行业标杆，服务千年大计。

雄安商务服务中心还全面推动绿色建筑，坚持低碳循环发展，推广绿色低碳的生产生活方式和城市建设运营模式，海尔物联多联机采用直流变频柔性涡旋高压腔压缩机，高效运行，稳定可靠；及先进的180°正弦波无位置传感器矢量控制技术，配合无级变频直流电机，大大降低机组能耗；同时，海尔物联多联机革新智能时代控制方式，采用E+云服务系统，实现物联集控，做到故障报警、能耗报表、故障预警等；还具有开放物联，分户计费、智慧空气定制、智慧楼宇等，实现机组智慧运行，助力雄安商务服务中心，打造智慧雄安。



天加助力贵州医疗系统发展

近日，天加凭借在医疗系统集成方案领域多年积累的经验，成功携手贵州普安县人民医院，为其打造洁净安全的室内环境。舒适健康的环境和节能降耗是医院项目设计的重点，医院在采购暖通设备时，有严格的考量标准和质量监管标准。该项目采用了天加3台满液式螺杆机组、13台模块机、1500台净化风柜、舒适型风柜、舒适型风盘等末端设备。目前普安县人民医院项目主机设备已提前运输就位。

与以往不同，疫后新建的医院更加注重净化功能。医疗关乎民生，而医院内聚集了大量病患，身体较弱，因此在选择中央空调时，室内空气净化是其考虑的重要一环。据悉，贵州普安县人民医院新院区占地面积约140亩，预计投资7.3亿元，目前新院区即将投入使用，天加为其提供的解决方案通过系统及设备的定制化设计，保障系统的节能、稳定运行，创造了良好舒适的就医环境，届时全院医疗条件将得到整体改善，实现“三级”医院的目标。



顿汉布什推动医药行业绿色生产

药品安全关系着人民群众的医疗效果和生命安全，已然成为全社会关注的焦点，药品生产存储过程中的温湿度条件对于药品的质量保障至关重要，因而制药行业对中央空调系统的要求十分精细。近期，服务天地药业乌杨产业园的顿汉布什离心机组与螺杆机组已就位，并完成安装调试，即刻正式运行。将有效解决了药品生产存储过程中的温湿度精准控制难题。

作为知名药企，天地药业以企业为主体、市场为导向，积极将产学研相结合。目前，投资15亿元建设的乌杨医药产业园项目进展顺利，建成后，将实现19种药品的产业化生产。制药厂对中央空调的噪音程度、

洁净等级、运行成本、密封等级均有较高的要求，需要将一定空间范围内细菌等污染物排除。制药车间空调系统设计的基本原则是确保药品的质量，提高药品的可靠性，同时降低制药企业初期的投资成本和后期的运转成本。

面对医药行业空调能耗高、除湿效果差、人工维护成本高的用户痛点，顿汉布什配备离心机和螺杆机搭配的方案，帮助医药企业定制匹配其需求的中央空调机组组合。不但可以大幅度提高制药的效率，可以减少或避免制药车间药品的污染和交叉污染，而且还能为制药提供一个无菌、安全、绿色的环境。

ALKKT 中标千万级项目

2021年1月，ALKKT-FEDDERS品牌凭借优异的产品品质和专业的技术服务，成功中标千万级国内大型海水源热泵养殖基地项目，迎来新年开门红。日前，所有机组已保质保量按期完成交付，并进入到安装调试阶段，春节前后将投入使用。

随着国际新冠肺炎疫情的蔓延，国内食品供给的

应急保障功能及今后的战略储备功能凸显。ALKKT-FEDDERS品牌海水源热泵机组是针对海水养殖用户进行专属设计的产品，机组采用超强耐腐蚀构造，延长设备使用寿命，增加设备运行的稳定性，整体减少后期维护成本，为养殖用户增产增收、降低进口食品安全风险提供坚实保障。



同方人环“集成式核酸检测实验室”紧急驰援黑龙江

入冬以来，多地疫情反扑，病毒传播方式趋于复杂化、多样化。黑龙江省多地零星散发和局部聚集性疫情不断出现，全省已进入紧急状态，急需加快核酸检测速度，抑制新冠病毒的继续扩散。疫情防控刻不容缓，同方人环极速响应，一批“集成式核酸检测实验室”紧急驰援黑龙江省，全力助力当地新冠核酸检测筛查。

从1月22日凌晨接到黑龙江省疾控中心的确定需求，公司在72小时内完成6组检测基地即12套双舱集成式核酸检测实验室的生产、运输，一

路风雪兼程，于1月25日凌晨陆续抵达黑龙江，同期抵达的还有同方人环向黑龙江省疾控中心捐赠的10万只核酸提取试剂，为抗击疫情筑造起坚强堡垒。1月26日上午，黑龙江省级领导及哈尔滨市级各领导亲自到现场视察工作，对同方人环“集成式核酸检测实验室”及快速的响应速度给予了高度赞扬，并对同方人环的捐赠表



示由衷感谢。

面对重大突发事件，同方人环在中核集团的领导下始终肩负企业使命，勇往直前，不懈努力。“抗击新冠疫情”这场没有硝烟的战争必将取得最终胜利。

江森自控连续十年蝉联“中国杰出雇主”

日前，杰出雇主调研机构（Top Employers Institute）揭晓“中国杰出雇主2021”榜单。全球智慧和可持续建筑领导者江森自控再获殊荣，连续第十年蝉联“中国杰出雇主”。

在数字化浪潮下，江森自控于2020年发布了OpenBlue数字化平台，构建了面向未来的智慧建筑蓝图。作为全球智慧和可持续建筑领导者，江森自控以建筑领域135年的经验沉淀为发展基础，以开放的姿态拥抱数字化，打造生态圈，为员工提供行业内顶尖的研发氛围和具有前瞻性的战略眼界，在不断强化技术输出的同时，也深化员工个体的全方位成长。

2020年初新冠疫情暴发后，江森自控第一时间驰援抗疫一线，为泰康同济（武汉）医院紧急改造方舱，上海市同济医院发热门诊隔离区安装远程会诊系统等。对于员工，从



远程办公政策的响应与实施，到复工后工作场所安全性的保障，从防疫物资的筹措与发放，到“未来办公”理念的落地执行，江森自控全力保障每一位员工的安全与健康。与此同时，通过员工关怀与人才保有计划，江森自控继续努力为员工提供持续创造价值、实现自我的机会。

从招聘人才开始，江森自控便注重吸纳多元背景人才，

为企业注入更多活力和新鲜血液。在江森自控中国团队中，年龄在25岁-45岁的员工占比超过80%，本科及以上学历的员工占比近80%，服务公司五年以上的员工占比近60%。人才始终是可持续发展的战略性资产，江森自控仍将持续投入、吸引并培养优秀人才，从而打造集专业性、活力与责任感于一身的优秀团队，并为员工提供个人成长和职业发展的机会。

盾安荣获“工程建设开通贡献单位”

1月28日，深圳地铁建设三期二阶段设备项目总结暨表彰大会顺利召开。作为深圳地铁6号线空调设备主要供应单位的盾安荣获“三期二阶段工程建设开通贡献单位”称号。在该工程中，盾安为深圳地铁6号线提供高效降膜水冷螺杆机组及相关系统配件，中标金额近1500万元。此前，盾安为该项目高效降膜螺杆机组供货时，就曾获得“2018年度优秀设备供应商”称号。

深圳地铁6号线（Shenzhen Metro Line 6），是中国广东省深圳市境内的一条地铁线路，于2020年8月18日正式开通运营。地铁6号线全长37.6km，设车站20座，起于深圳北站，经龙华、石岩、光明至终点松岗，是联系核心城区与中部综合组团、西部高新组团的城市组团快线。这条地铁的建成对于深圳市的交通出行和地铁网的完善，都起到了非

常重要的意义。

早在2017年项目初期设计阶段，针对深圳地铁6号线对“节能环保”、“智能健康”及“低噪声”等方面的高水平要求，盾安在系统解决方案中集成了“高效冷凝”、“一级能效”、“降膜蒸发”等差异化的产品及领先技术，提供的节能方案及集成服务得到了业主及行业专家的一致认可，从众多优秀竞争品牌中脱颖而出，成为深圳地铁6号线一期、二期制冷设备集成供货商。整体项目阶段，盾安轨道交通相关技术人员以铁三角团队服务意识，针对客户需求，在原有高效螺杆基础上，对普通降膜蒸发器进行了优化，使其换热效率得到提高，机组能效等级达到一级，凭借在轨交行业优异的差异化定制服务、领先的技术水平及完善的系统解决方案得到了甲方及业主的高度认可。

大金空调再获2020ECCJ日本节能大奖

近日，2020年度“ECCJ日本节能大奖”评选名单公布，大金再获“日本节能中心会长奖”。日本节能中心颁发的ECCJ日本节能大奖创办于1990年，始终致力于全方位的推动节能事业的发展，在日本享有极高声誉，是当前大型项目集采、普通消费者日常选购家电产品时的重要参考依据。

今年大金第20年入选，通过优异的节能性产品、服务解决方案，实现对政府项目、大型楼宇、中小型商户等不同形态综合体建筑的能源管理，无疑已经成为了大金集团在“环

境愿景2050”下不断推进节能环保解决方案的重要组成部分。在实现“环境愿景2050”的过程中，大金在能源、环境、空气、空间等领域寻找产品、解决方案和空气价值三者的联系，共创节能新价值。此次的发节能大奖评选中，大金带有能源回收功能的新风换气设备（VAH250HS）产品解决方案和多个服务解决方案受到日本节能中心的认可和肯定。

ECCJ日本节能大奖的屡次上榜，是大金在课题攻克和方案推进上的有力成绩。

德国欧文托普品牌全面焕新升级

质量是企业发展的灵魂，创新是企业成长的源动力。作为专注于楼宇建筑供暖、空调、给排水领域流体控制及系统解决方案的百年德国品牌，欧文托普自2016年全球更新LOGO后，历经五年积淀，集团品牌再次重装焕新、全面升级。

此次欧文托普新品牌形象由“标识”和英文“oventrop”字母结合而成，诠释了新时代下欧文托普品牌形象的“模块化”、“智能化”的同时，传承了oventrop的百年历史特色。另外，品牌还从形、色、字等方面优化升级，色调从灰色变化为欧文托普特有的青蓝色，鲜明的色彩令品牌形象更加年轻化、个性化、现代化。

对于欧文托普来说，此次品牌的全面升级，是对市场的战略调整，也是自身发展的必经之路。欧文托普一直以来都保持着对市场敏锐的洞察力与行动力，积极应对市场所给予的挑战。同时紧跟时代步伐，用数字化和创新模式，确保集团发展与时俱进，将赋予其更为创新的理念和丰富的内涵，并以高品质的产品及服务向市场进一步诠释欧文托普是提供高效供暖，制冷和卫生清洁饮用水的安全可靠的合作伙伴，欧文托普将持续为全球提供更有情怀、更有价值的产品与服务。



国际资讯 International News

比利时调查显示低 GWP 制冷剂的培训缺乏

在近期比利时的一份新报告称,尽管欧洲的含氟气体(F-gas)法规正在迅速淘汰氢氟碳化合物制冷剂,但只有 3.5% 至 7% 的含氟气体认证人员接受了有关替代品的培训。欧洲制冷和空调承包商机构 AREA 认为,在最新的含氟气体法规(517/2014)生效 6 年后,如此低的数字为 AREA 要求对替代制冷剂进行强制认证的呼吁提供了“明显的事实依据”。

低 GWP 时代是氟化学品的转型,其一是全球监管法规不断升级,其二是低 GWP 制冷剂解决方案也能够满足客户的综合需求。

这些数据来自一项在 AREA 会员中进行的调查,该调查的对象是获得含氟气体认证制冷、空调和热泵人员,包括 18 个欧盟国家或地区的 344,692 名、英国 52300 名、土耳其 32000 名和挪威的 4804 名。

氨气的培训率最高,为 7%,紧随其后的是二氧化碳 6.9%。根据设备的小型或大型,碳氢化合物的得分分别为 6.2% 和 5.3%。最后,只有 3.5% 的含氟气体认证人员接受了氢氟烯烃的培训。

AREA 及其会员单位一直担心缺乏合格的培训人员,长期以来一直认为,含氟气体法规应包括对替代制冷剂的强制性培训和认证。环保团体加入了对当前含氟气体法规的审查,他们认为缺乏培训是应用低 GWP 技术的障碍。

在美国和加拿大健康建筑是业主首选

近日,对美国和加拿大的 800 多个建筑决策者进行的独立调查显示,已经明显转向增加对健康建筑的投资。

江森自控发起的调查也显示,尽管在新冠病毒大流行期间建筑使用率较低,但很少有客户能够减少建筑物的运行,这凸显了对提供灵活性的技术的需求。

调查证实,所调查的公司里有 90% 拥有专用于健康建筑计划的资源。建筑业主正在努力平衡员工健康与成本支出、增加收入和可持续性目标之间的优先级。研究表明,公司在

健康、清洁空气和静心等方面的投资有所增加。80% 的受访者表示,在新冠肺炎大流行期间及之后,保护建筑居住者的健康和安全非常重要。76% 的设施管理人员表示,节约能源成本非常重要,他们指出节约能源成本是投资的主要动力。建筑物约占全社会总能源消耗的 40%,占由能源使用产生的温室气体排放量的 36%。虽然研究表明 57% 的公司计划在未来十年内,至少在一个设施中实现净零碳或正能源状态,但目前每年只有 1% 的建筑物进行节能改造。

爱尔兰政府将提供 1400 万欧元用于节能建筑设计

近日获悉,爱尔兰政府将对节能建筑项目补贴 1400 万欧元资金,重点用于供暖、供冷和制冷。补贴对象是处于设计阶段的新建或既有建筑等基本建设项目。为了获得补贴,参与者必须遵循爱尔兰可持续能源署的卓越节能设计(EXEED)标准,并将能效纳入其项目的设计中,重点用于供暖、供冷、制冷、空气压缩和业务流程等能源应用。

该补助对规划中的任何规模或复杂性的公共和私人组织的投资项目开放。建筑是二氧化碳排放的主要来源,因此,要实现气候目标,我们需要在

建筑设计、建造和运维等方面进行创新,以实现最佳的能源效率。爱尔兰可持续能源署卓越节能设计补贴计划支持设计师和建筑商将节能作为其建筑和改造的核心。这既有环境意义,也有经济意义。”环境、气候和通讯部长埃蒙·赖恩说。

爱尔兰可持续能源署的卓越节能设计确保在建筑最早设计阶段考虑能源效率。爱尔兰可持续能源署通过卓越节能设计支持了 135 个项目,新建建筑平均减排了 46% 的 CO₂,改造项目平均减排了 14% 的 CO₂。



美国国会通过氢氟碳化合物逐步削减法案

近日，美国国会通过了一项逐步削减 HFC 制冷剂法案，使其与《基加利修正案》保持一致。

2020 年《美国创新和制造法》和其他可持续能源措施纳入到美国 9000 亿美元的大流行

救助计划。

这份长达 5,593 页的庞大文件，由美国对照《蒙特利尔议定书》和《基加利修正案》完成，该修正案要求发达国家到 2036 年将削减 85%。

到 2050 年欧洲在可再生能源方面预计节省 3630 亿欧元

通过丹麦和德国大学的学者们计算，如果现在开始加大可再生能源系统的安装，到 2050 年欧洲可以节省 3630 亿欧元的能源转型成本。

丹麦奥胡斯大学 (Aarhus University) 和德国卡尔斯鲁厄理工学院 (Karlsruhe Institute of Technology) 的工作人员表示，从欧洲到本世纪中叶最多只能排放 33Gt 的碳排放为出发点，目前最便宜的方法是尽早安装太阳能和风能。

这些学者以欧洲能源系统为基础，以每小时为单位，采用了两种方法，方法一是“晚而快”（推迟且快速安装的模式），方法二是“慢而稳”（现在就安装，慢慢推进的模式），以五年为周期，模拟了从今年到 2050 年的碳排放。学者们发现，如果政策制定者现在采取行动，对能源、供暖和交通进行脱碳处理的成本会更低。研究人员发现，延迟采取行动将消耗掉 33Gt 的碳，本该在 2040 年实现的净零排放量将会推迟十年实现，这意味着在“晚而快”的能源转型模式中，10 年的廉价技术成本所带来的好处将被忽略。

从现在开始到 2025 年，每

年新增 30GW 的太阳能发电能力，这一“慢而稳”的脱碳方案将花费 7.875 万亿欧元。根据发表在《自然通讯》上的《欧洲能源系统早期脱碳回报》一文，浪费宝贵的时间和碳排放将导致 8.238 万亿欧元的损失。

根据所建议的“慢而稳”的方法，从 2025–2030 年，欧洲每年新增太阳能发电量将增至 60GW，2030–35 年间达到 100GW/ 年的峰值，在接下来的五年内，这一数字将回落至 67GW，2040–45GW 将反弹至每年 75GW，2045–2050 年期间，每年新增太阳能发电量将达到 73GW。

学者们根据他们对欧洲 33Gt 碳排放量的估计，在 2018 年至 2050 年期间，全世界最多可排放 800Gt 二氧化碳，将全球变暖限制在最高 1.75 摄氏度的可能性高于 66%。在此基础上，扣除 2018 年和去年的已知排放量，人均碳排放量计算结果将使欧洲 2020–2050 年的碳排放量达到 48Gt。研究人员认为，将历史排放水平考虑在内，将促使欧洲大陆制定更为雄心勃勃的碳排放目标，从而达到 33Gt 的排放上限。

2020 年欧洲从可再生能源获得的电力首次超过化石燃料

据 CNN 报道称，气候问题智库 Ember 的一份年度报告显示，在过去的 2020 年，欧洲从可再生能源获得的电力，首次超过化石燃料。

据报道，该报告自 2015 年以来一直在跟踪欧盟的电力行业。报告发现，去年可再生能源提供了 38% 的电力，而化石燃料提供了 37% 的电力。这一转变发生在风能和太阳能等其他能源在欧盟崛起之际。报告显示，自 2015 年以来，这两个来源的发电量几乎翻了一番，截至去年占欧盟国家发电量的五分之一。这也解释了去年欧洲煤炭发电量下降了 20%、只占发电量的 13% 的原因。

Ember 的高级电力分析师、该报告的主要作者戴夫·琼斯 (Dave Jones) 在一份声明中表示，风能和太阳能的快速增长迫使煤炭产量下降，但这只是一个开始，欧洲正依赖风能和太阳能，以确保到 2030 年不仅淘汰燃煤发电，而且淘汰天然气发电，并满足电动汽车等不断增长的电力需求。

2020 年的诸多新冠疫情封锁措施导致全球电力需求减少。报告称，2020 年欧洲需求下降 4%，新冠肺炎趋势对可再生能源的增长没有影响。报告指出，自 2015 年以来，欧洲的电力排放量出现了历史性的下降，清洁程度提高了 29%。值得一提的是，上个月，欧盟承诺到 2030 年将温室气体排放量在 1990 年的基础上减少 55%。在美国，可再生能源的消耗量近年来超过了煤炭。去年 5 月，可再生能源的消耗量自 1885 年以来首次超过煤炭。

美国制定储能发展路线 降低储热成本

近日，美国能源部（DOE）发布《储能大挑战路线图》报告，重点探讨了双向电力储能技术，化学储能和热储能技术，灵活性电源和可控负荷三个不同的储能技术方向。根据报告，美国计划实现2030年美国本土制造能够满足美国所有市场需求的储能技术，并达到“本地创新，本地制造，全球部署”的终极目标。

报告指出，储热系统主要通过显热、潜热（相变）、热化学等三种可能的方式存储和回收热量，可以进一步分为高温应用（主要用于发电）和低温应用（主要用于住宅或商业建筑或工业加工）。在以上三种储热技术路线中，热化学技术因储热密度高而备受关注，在降低储热系统的占地面积和资金成本方面具有较大的发展潜力，但在现阶段，优化技术的可行性方案主要还是针对显热储热和相变储热。

在制造成本方面，必须降低能够承受严苛工况的先进材料和部件的制造成本，特别是用于保存和输送传热介质的密封材料。以镍或钴为基础的高强度合金的适当创新，可以降低目前用这些材料建造系统的高昂成本，但其中面临的主要挑战是要降低合金的材料成本，改进零件的制造，提高供应链发展水平，或者推广使用低成本的陶瓷材料。

在制造过程方面，高温蓄热还需要提高制造工艺，以提高部件的抗腐蚀和侵蚀能力。在实际应用中，特别是对于高表面积和窄直径的管道，涂层和包层可以通过就地涂敷工艺和积极维护等方法进一步提高耐用性。

英国《能源白皮书》核心要点报道

根据 CarbonBrief 报道，英国政府日前发布了能源白皮书，题目是“Powering our Net Zero Future”（为零碳未来提供动力），阐述了英国政府在能源领域的议程及其在应对气候变化方面的作用。这份文件是英国13年来的第一份能源白皮书，应对 Covid-19 疫情后的绿色复苏，并为2050年实现净零排放设定路线图。商务部长阿洛克·夏尔马（Alok Sharma）将这份文件描述为“我们从依赖化石燃料转向清洁能源的决定性和永久性转变”。

英国能源政策白皮书提出了能源转型的规划，为人们提供公平的待遇，推动绿色复苏，在未来10年支持多达22万个就业岗位。白皮书重申，到2030年停止销售新的汽油和柴油汽车，新建40吉瓦的新海上风电，以及为英国居民提供30亿英镑的家庭能效改善资金。

英国能源白皮书最重要的新声明是确认英国将从2021年1月1日起拥有本国的排放交易体系（UK ETS），以取代目前的欧盟的碳交易市场。白皮书称之为“世界上第一个净零碳排放限额和交易市场”，从第

一天起，允许的排放上限将比欧盟体系降低5%。

英国能源白皮书的另一个重大的声明，也是最受媒体关注的是对核能的立场。白皮书表示，随着英国大部分核电站在未来10年内退役，“我们的分析表明，2050年低成本、低排放的电力系统将需要 Hinkley

能源白皮书的核心是承诺大幅提升电气化水平，包括“在20世纪30年代实现压倒性的脱碳电力系统”，并宣布将逐步淘汰煤电的日期从2025年提前到2024年。

白皮书提出到20世纪30年代中期，所有新安装的供暖系统都将是低碳的，强调电动热泵、氢气、绿色气体和区域供热是可选的技术。考虑到这些替代技术方案，政府正在就是否适合从2025年起完全停止在新住宅使用天然气进行咨询，转而采用清洁的替代方案。白皮书重申了到2028年将热泵安装量从每年3万台增加到60万台的目标。为此，政府将启动一项新的清洁供热补助金，鼓励家庭从化石燃料取暖改为热泵，具体细节预计明年出台。

欧洲净零碳排放

近日，McKinsey & Company 发布《欧洲净零碳排放—脱碳路径及社会经济可能的影响》引发热议，欧盟委会宣布的《欧盟绿色协议》的27个成员国批准，欧盟将承诺到2050年实现净零碳排放，中期目标是到2030年将温室气体排放量与1990年水平相比减少55%。

2017年，欧盟27个国家的碳排放量为3.9Gt二氧化碳当量，包括0.3Gt二氧化碳当量的负碳排放，虽然欧盟的碳排放仅占全球的7%，但为实现气候中和和应对气候变化将产生重大影响。

鼓励各国采取大胆脱碳行动，开启低碳技术应用和降低成本的良性循环。

荷兰团队有效验证光伏 + 光热蓄能供暖系统可行性

近日据外媒报道，由代尔夫特理工大学（TU Delft）领导的一个科学家和企业联盟组织已在荷兰北部的一个小镇打造了一个光伏 + 光热（PVT）供暖系统试点，在不接入外部热源的情况下，从技术和经济两个层面验证光伏光热互补采暖系统的可行性。

据悉，该试点项目的测试场景名为“绿色村庄”，主要由半独立式房屋和排屋组成，整个供暖系统综合了光伏、光热、地下蓄冷/热、热泵等多种能源技术，其屋顶的PVT系统既可发电也可供暖。该供暖网络还配备了管道、泵和阀门等部件，以确保来自热网和PVT阵列的热量得到最佳利用，在夏季将所有来自PVT阵列的剩余热量储存在地下蓄能系统中，作为冬季供能的主要来源。

项目研究团队表示，通过该项目，目前已有合理方法计算系统中所需的PVT的确切数量，以及蓄热和供热所需的温度水平，同时项目还测试了如何能使所有设备单元一起稳定地工作。针对项目测试的应用



场景，每年的热需求约为10000千瓦时，首选配置是每栋房子安装6块PVT组合板。

该项研究认为，光伏光热互补采暖系统可以满足房屋一年四季的热量供应，太阳能板产生的电力足以驱动热泵，不需要额外补充天然气能源。这类系统的初始投资可能比较大，但在系统部署完成后，无须更多的资金投入，每年费用仅有维护成本。未来几年内，光伏光热太阳能互补采暖系统将比燃气或其他大多数的替代能源都要便宜。

国际主要碳城市的启动标志

根据国际经验，碳市场投入运行标志碳市场相关法律法规、标准履约期的确定。

欧盟2003年出台《2003年排放交易指令》，2005年1月1日起启动实施；新西兰2008年出台《气候变化响应（碳排交易）修正案2008》，2008年1月1日起启动实施；美国加州2008年出台《加州应对气候变化规划》，2013年1月1日起启动实施；韩国2012年出台《温室气体排放配额分配与交易法》，2015年1月1日起启动实施。

“作为全球最大的碳市场，中国全国碳市场正式投入运行是近一年来最激动人心的消息之一。中国碳市场2019–2020配额分配方案的发布标志着2225家发电企业自2019年1月1日起的碳排放直接纳入全国碳市场管控，第一个履约清缴周期期待于2021年内完成，”美国环保协会北京代表处首席代表张建宇说。“全国碳市场在进一步促进减排和降低相关成本的同时将在全社会范围内形成碳价信号，为整个社会的低碳转型奠定坚实的基础。全国碳市场还将成为助力中国实现‘2030年前碳达峰、2060年前碳中和’承诺的有力抓手。”

国际储热发展创新展望

近日，IRENA发布《创新展望：热能存储》，综合分析了储热发展的现存阻碍并提出了一些可行措施来促进储热技术的应用。

报告指出，当前，阻碍储热技术在能源系统中应用的主要障碍存在于以下几个方面：储热的市场竞争力还不够、社会大众和公共部门以及工业用户都缺少对储热技术的认知、关于未来能源系统到底将如何发展还存在不确

定性、不同的能源体系和牵涉不同的能源部门导致政策方面的冲突以及规划制定方面的不足。

报告建议，要推动储热技术的应用可以采取以下措施：加大对储热技术研发的投入，其研发力度应该与其在促进供热、发电、制冷脱碳等方面的潜力相匹配；利用资本活动来建立市场认知，增强用户信心，提升技术成熟度；取消化石燃料补贴，引入碳价格，提高低碳供暖系统的竞争力；鼓

励使用峰谷分时电价，以刺激需求侧的灵活性，帮助用户节约支出，提高可再生能源的利用率；在电力辅助服务市场中，尽量对参与市场的不同技术类型保持中立，克服电池储能可能出现的问题，为储热项目业主或者运营商提供额外补偿收益；对储热项目的开发和部署，需要长远的眼光，相关部门可采取措施来降低投资者对此类项目的投资风险。

瑞士零能耗住宅小区 Eulachhof 的启示

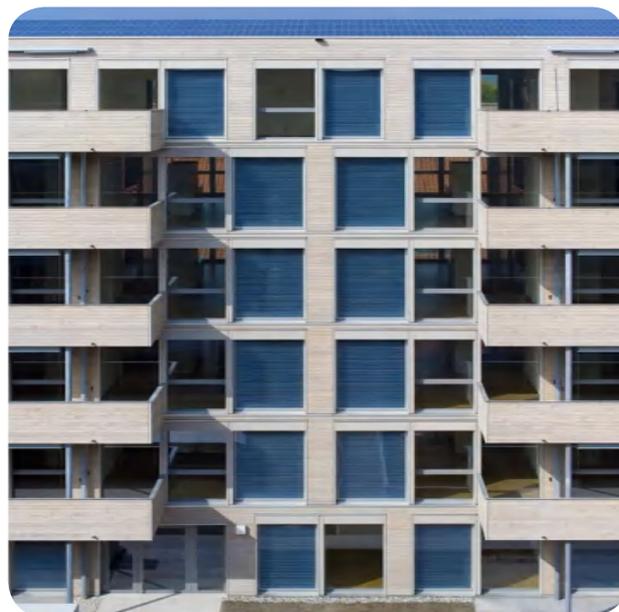
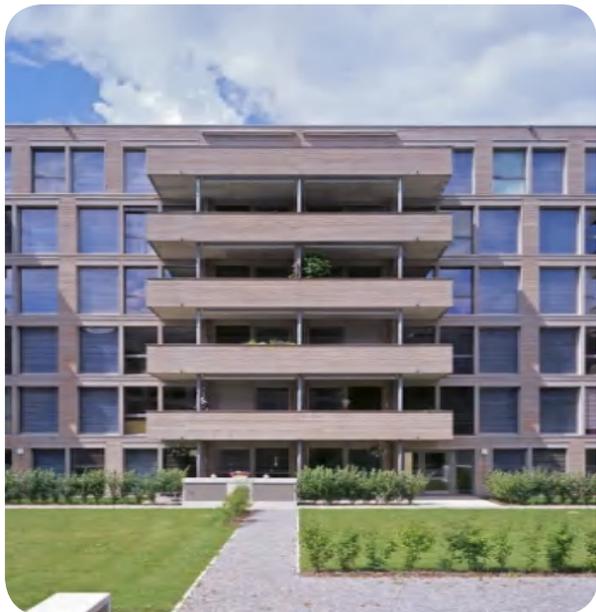
瑞士是世界上最富裕的国家之一，同时还是生态环境最好和居民幸福指数最高的国家之一。瑞士在绿色城镇化、复合农业、环境治理与资源的再生利用等方面，实现了经济效益、社会效益、生态效益的多赢。其科技驱动绿色发展、节能减排的做法值得我们借鉴。

苏黎世联邦理工学院开发的“2000瓦社区”模式是一种符合能源政策的社区模型。为了降低碳排放且维持社区的持续发展，瑞士的众多社区已将“建

成2000瓦社区”列为首要解决措施。目前这类建筑均由私营开发商兴建。据调查，每个“2000瓦社区”都能因地制宜。伯尔尼的Stöckacker Süd区就采用太阳能板和热泵供暖和热水；而卢塞恩的Rösslimatt区则是利用当地四森林湖（也称卢塞恩湖）的远程热能中心供热。

“Eulachhof”住宅开发项目位于索洛图温市中心区的前苏尔寿工业区，这是瑞士第一个投入使用的零耗能建筑，同时也是“2000瓦社区”之一。Eulachhof

具有坚固的混凝土结构。外墙由高度隔热的预制木质构件制成。南部外墙的百分之六十覆盖有三层隔热玻璃和专门开发的带有储热功能的太阳能玻璃。Eulachhof除了对废气和废水中的热量进行系统利用外，还利用建筑物南立面实现良好的被动式太阳能收集。屋顶太阳能电池产生的电力能够满足热泵和通风系统的年度需求。算下来，全年平均的能量总供给与总需求相当，总能耗是零。



世界建筑设计公司 100 强榜单正式发布

近日，英国权威建筑杂志《Building Design》2021 世界建筑设计公司 100 强榜单（WA100）正式发布。此次 2021 年度 WA100 是该榜单的第 28 次发布。《Building Design》杂志创立于 1970 年，自 1994 年以来，该杂志每年都会邀请全球知名建筑设计公司参与调查，基于建筑设计公司雇佣的建筑师人数、营业额等多维度数据进行综合及分项排名，并邀请受访企业围绕行业现状及未来发展等主题发表观点，从而评估和预测行业发展趋势。

据 2021 年 WA100 榜单显示，美国 Gensler 与日建设计再次蝉联第一名与第二名。本次上榜的中国建筑设计公司共 13 家（多为港资事务所），其中，3 家为中国大陆建筑设计企业：华建集团，第 19 位，较 2020 年上升 7 位，516 名建筑师，6-7 亿美金年收入；CCDI 悉地国际，

第 21 位，较 2020 年新上榜时的 65 位上升了 44 位，487 名建筑师，4-5 亿美金年收入；上海天华，第 51 位，2021 年新上榜，211 名建筑师，2.7-2.8 亿美金年收入，三家设计公司排名优异，正彰显了中国大陆设计品牌不断崛起，以强劲势头跻身国际排名前列。欧美日系事务所的排名基本上波澜不惊，Zaha, SOM, KPF, MVRDV 等老牌欧美事务所近几年的缺席已成常态。

除了公司排名，榜单也透露出其他的信息。拥有最多上榜公司的国家分别是美国（15 家）、英国（14 家）、中国（13 家）。日本、澳大利亚、菲律宾、加拿大分别拥有 5 家，并列第 4。在此榜单涵盖的公司中，按建筑师人均为公司获取收益排名，前 5 的单位依次是 Sweco、上海天华、华建集团、Page、悉地国际。

《2020 年全球建筑行业形势报告》公布

《2020 年全球建筑行业形势报告》为全球建筑联盟编制的年度报告之一，对 2020 年建筑行业的发展情况进行总结，新冠疫情对建筑行业的影响进行分析，和下一年度建筑行业的发展方向与趋势进行预测。

《2020 年全球建筑行业形势报告》中，健康与福祉、净零能耗建筑、材料与循环经济、基于自然的解决方案、冷却策略的恢复力与适应力被列为五大重点方向。

全球建筑联盟在 2015 年第二十一届联合国气候变化大会成立，是一家专注于全球低碳和能源成果推动、可持续政策制定、绿色建筑推广、有效价值链转型，推动国家自主贡献执行的非政府组织，共有包括国家政府机构，非政府组织、研究机构、私营企业等 154 个成员。全球建筑联盟总部位于肯尼亚内罗毕，秘书处设立于联合国环境规划署。

澳大利亚公司研发金属合金相变材料固体储热砖

近期，澳大利亚纽卡斯尔大学衍生公司 MGA Thermal 结合两者技术优势，研发了一种名为“混溶间隙合金”的新型材料，将金属基相变材料制成砖块等固定形状的蓄热单元用于热能存储，有效提高蓄热能力。

MGA 的储热砖由两部分组成：拥有高导电性的基体以及由一系列以粒子形式分散在基体上的金属合金组成的相变材料，这部分粒子材料在加热和冷却时可以释放和存储能量，从固体转变为液体。当可再生能源电力充入砖块时，储热装利用砖块基体保持固定形状，让粒子融化并储存

能量，然后冷却和释放能量，由传热设备收集和存储，供后续使用。

MGA 业务发展主管 Arden Jarrett 表示，“这些砖块能够以热能形式存储大量的能量，适用于多种用途领域，例如热电站转换、离网储能、电网级储能、工业余热利用、光热电站热能存储、商业和住宅供热等等。”这些蓄热单元可以像积木一样堆叠和组合，可以灵活增加或减少，以满足供热或发电的不同需求。纽卡斯尔大学教授 Erich Kisi 表示，MGA 储热砖的成本仅为同等体积的传统锂电池的十分之

一，且存储的能量相同。

据悉，2020 年 7 月份，MGA Thermal 公司获得了澳大利亚联邦工业创新和科学部 495000 澳元的资助，该笔资金将用于在新南威尔士州纽卡斯尔建设一座试点生产工厂，该项目计划于今年下半年投入运行，旨在大规模生产出具备价格竞争力的、可应用于大型商业化项目的储热模块。



热点
聚焦

Spotlight



碳达峰、碳中和行动

2021年是“十四五”的开局之年，习近平主席在2020年9月和12月两次表态，做出中国二氧化碳排放2030年前达到峰值、2060年前实现碳中和的郑重承诺。这是《巴黎协定》签

订之后，中国首次承诺提高自主贡献力度。

对中国而言，减排任务分解速度加快，同时也迎来了前所未有的发展空间，积极践行新发展理念，建设生态文明、谱写美丽

中国，实现净碳排放和应对气候变化进程，在现代化高质量发展和碳中和目标的共同影响下多方面协同发展，将助推全球实现碳中和时间提前，对全球应对气候变化工作起到关键性作用。

碳达峰 碳中和 | 世界各国在行动

世界资源研究所（WRI）认为，碳排放达峰并不单指碳排放量在某个时间点达到峰值，而是一个过程，即碳排放首先进入平台期并可能在一定范围内波动，然后进入平稳下降阶

段。碳排放达峰是碳排放量由增转降的历史拐点，标志着碳排放与经济发展实现脱钩。碳排放达峰的目标包括达峰时间和峰值。一般而言，碳排放峰值指在所讨论的时间周期内，

一个经济体温室气体（主要是二氧化碳）的最高排放量值。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第四次评估报告中将峰值定义为“在排放量降低之前达到的最高值”^[1]。

一、世界主要国家碳排放达峰情况

目前全球已经有 54 个国家的碳排放实现达峰，占全球碳排放总量的 40%。1990 年、2000 年、2010 年和 2020 年碳排放达峰国家的数量分别为 18、31、50 和 54 个，其中大部分属于发达国家。这些国家占当时全球碳排放量的比例分别为 21%、18%、36% 和 40%。2020 年，排名前五位的碳排放国家中，美国、俄罗斯、日本、巴西、印度尼西亚、德国、加拿大、韩国、英国和法国已经实现碳排放达峰。中国、马绍尔群岛、墨西哥、新加坡等国家承诺在 2030 年以前实现达峰。届时全球将有 58 个国家实现碳排放达峰，占全球碳排放量的 60%。

二、世界主要经济体碳排放峰值

美国碳排放峰值出现于 2007 年，比欧盟的德国、英国和法国以及东欧成员国晚 15 年以上。碳排放峰值为 74.16 亿吨二氧化碳当量，人均排放量为 24.46 吨二氧化碳当量，比欧盟人均水平高出 138%。美国主要的碳排放源为能源活动。碳排放达峰时，美国能源活动的碳排放量占比为 84.69%；而农业、工业生产过程和废物管理占比较低，分别为 7.97%、5.31% 和 2.03%。由于能源市场上价格便宜的天然气发电逐渐取代燃煤发电，碳排放达峰后，美国能源活动和工业生产过程的碳排放量占比呈下降趋势。

欧盟是应对全球气候变

化、减少温室气体排放行动的有力倡导者。因严格的气候政策和经济发展，欧盟 27 国作为整体早在 1990 年就实现了碳排放达峰，但各成员国出现碳排放峰值的时间横跨 20 年，德国等 9 个成员国碳排放峰值出现于 1990 年，其余 18 个成员国碳排放峰值分别出现于 1991—2008 年^[2]。欧盟碳排放峰值为 48.54 亿吨二氧化碳当量，人均碳排放量为 10.28 吨二氧化碳当量，主要的碳排放源为能源活动（含能源工业，交通，制造业等）。1990 年碳排放达峰时，欧盟能源活动的碳排放量占碳排放总量的 76.94%，其次是农业（10.24%）和工业生产过程（9.24%），废物管理占比较低（3.59%）。1990—2018 年间，由于欧盟工业生产过程和废物管理的碳排放量降幅相对较高，能源活动和农业的碳排放量占比略有升高。

日本碳排放峰值出现于 2013 年，碳排放峰值为 14.08 亿吨二氧化碳当量，人均排放量为 11.17 吨二氧化碳当量，低于欧盟人均水平的 8.66%。日本的主要碳排放源同样为能源活动，碳排放达峰时，占碳排放总量的比例高达 89.58%，而工业生产过程、农业和废物管理的碳排放量占比分别为 6.36%、2.47% 和 1.59%。达峰后，能源活动造成的碳排放量占比略有下降，得益于日本严格的垃圾回收政策，废物管理造成的碳排放量持续降低。

俄罗斯碳排放峰值出现于 1990 年，碳排放峰值为 31.88

亿吨二氧化碳当量，人均排放量为 21.58 吨二氧化碳当量。2010 年之后，随俄罗斯经济逐渐复苏，碳排放量有所回升，但仍然远低于 1990 年水平。

巴西于 2012 年实现碳排放达峰，碳排放峰值为 10.28 亿吨二氧化碳当量，人均排放量仅 5.17 吨二氧化碳当量。2014 年和 2016 年，受巴西世界和里约奥运会影响，碳排放量有所回升，总体仍低于 2012 年。

英国早在 1991 年即实现碳排放达峰，碳排放峰值为 8.07 亿吨二氧化碳当量，人均排放量 14.05 吨二氧化碳当量，之后碳排放量持续降低，至 2018 年碳排放总量仅为 4.66 亿吨二氧化碳当量，相较于 1991 年下降了 42.26%。

印度尼西亚、加拿大、韩国分别在 2015 年、2007 年和 2013 年实现碳排放达峰，碳排放峰值分别为 9.07 亿吨、7.42 亿吨和 6.97 亿吨二氧化碳当量，人均排放量分别为 3.66 吨、22.56 吨和 13.82 吨二氧化碳当量，之后进入平台期。

碳排放峰值和人均排放量是衡量一个地区应对气候变化的关键指标，欧盟、美国、日本能源活动碳排放量占碳排放峰值总量的 76.94%、84.69% 和 89.58%。

中国是世界碳排放量最高的国家，人均碳排放量虽远低于美国、欧盟、日本等经济体碳排放达峰时的水平，但已超过欧盟目前人均碳排放量，表明我国碳排放空间有限^[1]。

碳达峰 碳中和 | 中国在行动

中国积极实施应对气候变化国家战略，采取调整产业结构、优化能源结构、节能提高能效，推进碳市场建设，增加森林碳汇等一系列措施。

“十三五”期间中国应对气候变化工作取得显著成效。

一、温室气体排放得到有效控制

截止 2020 年底，碳排强度比较 2015 年下降 18.2%，较 2005 年下降 48.1%，提前完成了中国向国际社会承诺的 2020 年目标。

二、重点领连节能工作进展顺利

中国规模以上企业单位工业增加值能耗相当于节能 4.8 亿吨标准煤，节约能源成本约 4000 亿元。中国绿色建筑惠及 2100 多万户居民，占城镇新建民用建筑比例达 60%。

三、可再生能源快速发展

“十三五”以来，总装机稳步上升，可再生能源装机年均以 12% 速度增长，新增装机容量年度占比 50%，成为能源转型的重要组成部分。截止

2019 年新能源装机在可再生能源总装机达到 55.2%，常规水电和抽水蓄能稳步发展截止去年，年底水电总装机在可再生能源总装机容量达到 44.8%。

四、主动适应气候变化进展

在 28 个城市开展了气候适应城市试点工作。开展了三批共六个省区 81 个城市低碳省市试点建设，强化应对气候变化和生态环境保护工作统筹协调。完成了全国应对气候变化工作机构改革和职能调整。

碳达峰 碳中和 | 企业在行动

中核集团在水电、风电、光伏、地热、生物质能等非核清洁能源产业规模不断扩大，新疆阿尔塔什水利枢纽工程下闸蓄水，河南五岳抽水蓄能电站正式开工建设。2019 年，中核集团实现非核清洁能源上网电最 127.05 亿千瓦时，相当于减排二氧化碳 1025.22 万吨，造林 3.51 万公顷。

中国石油在 2020 年 11 月 11 日为首个碳中和林的大庆油田马鞍山碳中和林揭牌。预计栽植乔木 2.126 万株，分两期完成，用于大庆油田铁人王进

喜纪念馆运营的碳中和。

中国海油全资子公司中海石油气电集团有限责任公司与壳牌东方贸易公司在 6 月 21 日签署采购两船碳中和液化天然气资源购销协议，首次为中国大陆引进碳中和 LNG 资源。据估算，这两船碳中和 LNG 用于发电后，可满足近 30 万户家庭一年的清洁用电需求。

国建能源集团全力推动绿色矿山、绿色工厂建设，强化污染防控治理。推动能源低碳转型，目前已累计种植乔木 1793.4 万株、灌木 1.37 亿穴，

累计形成森林面积 7656.6 公顷（约 11.5 万亩）。

中国建研院把超低、近零、零能耗建筑作为未来“2025——2035——2050”建筑节能发展的目标逐步形成行业共识，未来建筑实验室将会在“2030 碳达峰、2060 碳中和”的节能减排工作中起到更加重要的技术支撑作用。在供给侧加快实现清洁低碳方面，国家电投已经实现了水光互补发电，将不稳定的太阳能发电变成了稳定的电力输出，从青藏高原源源不断的送往中原大地^[2]。

碳达峰 碳中和 | 建筑行业在行动

根据 IEA 数据 2018 年中国碳排放约为 100 亿吨二氧化碳，其中建筑运行碳排放约为 21 亿吨二氧化碳，占比 21%，建筑材料和建造碳排放约为 18 亿吨二氧化碳，占比 18%，从数据可见，中国同美国、日本等发达国家来讲，建筑运行碳排放占比较低，而建筑材料和建造碳排放占比较高^[3]。

全国在建筑领域如何实现深度减排，会对我国应对气候变化目标的实现有很重要的影响。碳中和目标下建筑碳排放情景要从四个方面考虑，建筑能效加速、建筑产能加速、建筑电气化脱碳加速、碳汇及固碳等负碳技术^[4]。

建筑能效加速主要对建筑进行能效提升，要分地区和不同类型建筑强制执行建筑节能标准，逐步将建筑提升至近零能耗建筑，执行《建筑节能与可再生能源适用技术规范》；配合现阶段的老旧小区改造开展对 2000 年前建造的 200 亿平方米既有建筑进行节能改造；结合北方地区的清洁取暖工作，对农村建筑改造提效。在建筑

产能加速方面，充分应用可再生能源这一重要场景，替代化石能源，利用太阳能光电和光热、风能、地热能等来供应需求，生产用能，发挥建筑产能提升的贡献。在建筑电气化和电力脱碳方面，随着市场的发展带动生产企业规模化经济效应，能够进一步提高电气化供暖（冷）、生活热水能效等级，提高可再生能源利用率，更智能设备加上电力供给的弹性价格，降低电气化的全生命周期成本。

中国建研院环能院院长徐伟总工在建筑碳中和对暖通空调的行业影响问题上提出，对于暖通行业的建筑系统节能要逐步向低碳暖通空调系统转变；提升暖通空调设备能效；针对建筑设计须碳排放计算，进行碳排的约束设计；对于制冷设备能效要求分容量而不分形式；对于制冷机房要从单机约束变为机房系统提效；暖通空调企业也要向低碳零碳转型^[5]。

近期，为实现“碳中和”目标，中国经济将会结构性变革。机遇与挑战并存，2050 年左右，中国非化石能源比重占

一次能源消费比重将达到 80% 左右，产业调整、资产重估必然是艰巨的挑战，同时也将诞生新的发展机会。

全球经济的绿色发展，需要依赖发展方式的根本性转变。中国率先发起经济领域深度低碳转型的行动倡导，生产方式、消费方式、商业模式等将发生脱胎换骨的变化，中国的“碳中和”生态文明发展目标必将助推世界经济绿色发展^[6]。

[1] 数据来源：经济合作与发展组织（OECD）。

[2] 资料来源：人民网 环保。

[3] 数据来源：欧洲环境署（EEA）。

[4] 资料来源：中国建筑节能协会 中国建筑能耗研究报告（2020）。

[5] 资料来源：海尔中央空调高效机房生态推广联盟论坛 中国建研院环能院院长徐伟总工论坛发言。

[6] 资料来源：人民网 人民日报海外版。

本刊编辑 崔艳梅



住房和城乡建设部办公厅关于开展绿色建造试点工作的函

建办质函〔2020〕677号

湖南、广东、江苏省住房和城乡建设厅：

为落实《国务院办公厅关于促进建筑业持续健康发展的意见》（国办发〔2017〕19号）、《国务院办公厅转发住房城乡建设部关于完善质量保障体系提升建筑工程品质指导意见的通知》（国办函〔2019〕92号）精神，推进绿色建造工作，促进建筑业转型升级和城乡建设绿色发展，经研究，决定在湖南省、广东省深圳市、江苏省常州市开展绿色建造试点工作。

请你们按照《绿色建造试点工作方案》要求，认真组织试点地区做好绿色建造试点工作，加强督促指导、跟踪评估，及时总结可复制可推广的经验，确保试点工作取得成效。

附件：绿色建造试点工作方案

住房和城乡建设部办公厅
2020年12月31日

附件

绿色建造试点工作方案

绿色建造是采用绿色化、工业化、信息化、集约化和产业化的新型建造方式，提供优质生态的建筑产品，满足人民美好生活需要的工程建造活动。为贯彻党中央、国务院有关工作部署，落实《国务院办公厅关于促进建筑业持续健康发展的意见》（国办发〔2017〕19号）、《国务院办公厅转发住房城乡建设部关于完善质量保障体系提升建筑工程品质指导意见的通知》（国办函〔2019〕92号）要求，推进绿色建造工作，促进形成绿色生产生活方式，推动建筑业转型升级和城乡建设绿色发展，制定以下试点工作方案。

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，坚持以人民为中心，坚持新发展理念，落实“适用、经济、绿色、美观”建筑方针，积极开展绿色建造试点工作，提高工程建设资源利用效率，减少环境影响，提升建筑品质，努力推动建筑业转型升级和核心竞争力提升。

（二）基本原则。

政府引导，市场推动。发挥政府策划引导和政策支持作用，同时发挥市场配置资源的决定性作用，形成有利市场环境，激发企业推进绿色建造的内在

动力。

目标引领，创新驱动。明确试点工作目标，针对实施过程中遇到的问题，深化体制机制改革，充分发挥创新的支撑作用，通过科技创新和组织管理创新，提升绿色建造能力。

因地制宜，注重实效。根据各地气候、环境、经济、建材等特点和建筑业发展水平，探索适应本地区情况的绿色建造方式和管理模式。

统筹协调，稳步推进。坚持系统观念，对策划、设计、生产、施工等环节进行筹划协调，对生态、品质、安全、效率、成本、人文等要素进行统筹平衡，尽力而为、量力而行，逐步形成建筑业全要素的绿色建造发展模式。

（三）工作目标。

试点地区选取房屋建筑和市政基础设施工程项目，在策划、建设等过程中开展绿色建造试点，通过积极探索，到2023年底形成可复制推广的绿色建造技术体系、管理体系、实施体系和评价体系，为全国其他地区推行绿色建造奠定基础。

二、试点范围

综合考虑试点工作需要和有关地区经济发展、技术水平、产业基础等因素，确定在湖南省、广东省深圳市、江苏省常州市开展试点工作。

试点地区可采用“点面结合”的方式，建立推

广机制，将试点项目的先进经验和成果做法及时在本地区推广，扩大试点影响。

三、试点任务

试点地区要根据本方案要求，重点做好以下工作：

（一）选取试点项目。每个试点地区应在房屋建筑和市政基础设施工程中选取不少于10个项目开展绿色建造试点工作，试点项目在结构类型、性质用途等方面应具有代表性和广泛性，可包含一定比例的城市更新和存量住房改造提升工程。

（二）开展项目绿色策划统筹。试点地区应指导试点项目开展绿色策划，通过绿色设计、绿色建材选用、绿色生产、绿色施工、绿色交付的一体化绿色统筹，推进精益化建造，有效实现全过程绿色效益最大化。

（三）推进建筑垃圾减量化。试点地区应按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》有关要求，贯彻落实《关于推进建筑垃圾减量化的指导意见》和施工现场建筑垃圾减量化指导手册、图册，指导和督促试点项目实现施工现场建筑垃圾减量化目标，提升建造绿色化水平。

（四）推动信息技术集成应用。试点地区应大力推动BIM技术在试点项目设计、生产、施工阶段的集成应用，以5G、物联网、区块链、人工智能等技术为支撑，推动智慧工地建设和建筑机器人等智能装备设备应用，实现工程质量可追溯，提高工程质量和效率，提升建造信息化水平。

（五）推广工程标准化设计。试点地区应完善模数协调、构件选型等标准，统筹建立本地区标准部品构件库。引导试点项目采用少规格、多组合设计方法，推进住宅、公共建筑和工业建筑的模块化设计，实现标准化和多样化的统一，提升建造工业化水平。

（六）采用新型组织管理模式。试点地区应指导试点项目采用工程总承包、全过程工程咨询等集约化组织管理模式，健全配套的发包承包、施工许可、质量安全监管、造价管理、竣工验收等制度，促进设计、生产、施工深度融合，提高建造集约化水平。

（七）引导建立建筑产业互联网平台。试点地区应引导大型企业建立建筑产业互联网平台，实现数据采集、数据交互和信息共享，深入挖掘数据价值，提高资源配置效率，提升产业链现代化水平。鼓励试点地区开展绿色建造产业集群培育，整合形成绿色建造产业链。

试点地区可在上述试点任务基础上，结合实际

进一步细化和增加试点任务。

四、实施步骤

（一）部署启动阶段（2021年1月—2021年3月）。

试点地区组织制定实施方案，明确具体工作目标、路径、实施主体、进度和保障措施等。成立试点工作小组，遴选试点项目并组织专家评审，确定试点项目。

（二）组织实施阶段（2021年4月—2023年9月）。

试点项目采用绿色建造模式进行建设，试点地区组织实施全过程指导跟踪评估，及时总结阶段性经验。

（三）总结评估阶段（2023年10月—2023年12月）。

试点地区总结试点工作的成熟做法和先进经验，建立完善技术体系和管理体系。编制完善相应的技术标准和科学合理的评价标准，提出推进绿色建造政策建议。

五、保障措施

（一）加强组织领导。试点地区住房和城乡建设主管部门要高度重视试点工作，制定实施方案，完善工作机制，精心组织实施。要加强对试点工作的指导和管理，组织本地区技术力量形成有效支撑，扎实推进试点工作，确保取得成效。

（二）完善标准体系。试点地区住房和城乡建设主管部门要提出完善绿色建造技术标准体系以及调整完善计价依据体系的方案，并组织编制工程量计算和计价规范等，为绿色建造实施提供依据。

（三）提供政策支持。试点地区住房和城乡建设主管部门要积极协调相关部门对试点项目给予财政资金奖励、优惠金融服务、土地优先转让等支持政策，加快试点项目审批效率。在相关评优评奖中优先考虑试点项目。

（四）严格过程管控。试点地区住房和城乡建设主管部门要在试点项目的策划、设计、施工等阶段严格管控，加强试点项目质量安全管理，推动试点工作按照既定进度和目标有效实施。

（五）做好跟踪评估。试点地区住房和城乡建设主管部门要从策划阶段开始加强对项目全过程的动态跟踪，及时评估试点工作开展成效，总结可复制可推广经验。

住房和城乡建设部关于印发绿色建筑标识管理办法的通知

各省、自治区、直辖市住房和城乡建设厅（委、管委），新疆生产建设兵团住房和城乡建设局：

为规范绿色建筑标识管理，推动绿色建筑高质量发展，我部制定了《绿色建筑标识管理办法》。现印发给你们，请结合实际认真贯彻执行。

住房和城乡建设部

2021年1月8日

绿色建筑标识管理办法

第一章 总则

第一条 为规范绿色建筑标识管理，促进绿色建筑高质量发展，根据《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》和《国民经济和社会发展的第十三个五年（2016 - 2020年）规划纲要》《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》要求，制定本办法。

第二条 本办法所称绿色建筑标识，是指表示绿色建筑星级并载有性能指标的信息标志，包括标牌和证书。绿色建筑标识由住房和城乡建设部统一式样，证书由授予部门制作，标牌由申请单位根据不同应用场景按照制作指南自行制作。

第三条 绿色建筑标识授予范围为符合绿色建筑星级标准的工业与民用建筑。

第四条 绿色建筑标识星级由低至高分为一星级、二星级和三星级3个级别。

第五条 住房和城乡建设部负责制定完善绿色建筑标识制度，指导监督地方绿色建筑标识工作，认定三星级绿色建筑并授予标识。省级住房和城乡建设部门负责本地区绿色建筑标识工作，认定二星级绿色建筑并授予标识，组织地市级住房和城乡建设部门开展本地区一星级绿色建筑认定和标识授予工作。

第六条 绿色建筑三星级标识认定统一采用国家标准，二星级、一星级标识认定可采用国家标准或与国家标准相对应的地方标准。新建民用建筑采用《绿色建筑评价标准》GB/T50378，工业建筑采用《绿色工业建筑评价标准》GB/T50878，既有建筑改造采用《既有建筑绿色改造评价标准》GB/T51141。

第七条 省级住房和城乡建设部门制定的绿色建筑评价标准，可细化国家标准要求，补充国家标准中创新项的开放性条款，不应调整国家标准评价要

素和指标权重。

第八条 住房和城乡建设部门应建立绿色建筑专家库。专家应熟悉绿色建筑标准，了解掌握工程规划、设计、施工等相关技术要求，具有良好的职业道德，具有副高级及以上技术职称或取得相关专业执业资格。

第二章 申报和审查程序

第九条 申报绿色建筑标识遵循自愿原则，绿色建筑标识认定应科学、公开、公平、公正。

第十条 绿色建筑标识认定需经申报、推荐、审查、公示、公布等环节，审查包括形式审查和专家审查。

第十一条 绿色建筑标识申报应由项目建设单位、运营单位或业主单位提出，鼓励设计、施工和咨询等相关单位共同参与申报。申报绿色建筑标识的项目应具备以下条件：

（一）按照《绿色建筑评价标准》等相关国家标准或相应的地方标准进行设计、施工、运营、改造；

（二）已通过建设工程竣工验收并完成备案。

第十二条 申报单位应按下列要求，提供申报材料，并对材料的真实性、准确性和完整性负责。申报材料应包括以下内容：

（一）绿色建筑标识申报书和自评报告；

（二）项目立项审批等相关文件；

（三）申报单位简介、资质证书、统一社会信用代码证等；

（四）与标识认定相关的图纸、报告、计算书、图片、视频等技术文件；

（五）每年上报主要绿色性能指标运行数据的承诺函。

第十三条 三星级绿色建筑项目应由省级住房和城乡建设部门负责组织推荐，并报住房和城乡建设

部。二星级和一星级绿色建筑推荐规则由省级住房和城乡建设部门制定。

第十四条 住房和城乡建设部门应对申报推荐绿色建筑标识项目进行形式审查,主要审查以下内容:

- (一) 申报单位和项目是否具备申报条件;
- (二) 申报材料是否齐全、完整、有效。形式

审查期间可要求申报单位补充一次材料。

第十五条 住房和城乡建设部门在形式审查后,应组织专家审查,按照绿色建筑评价标准审查绿色建筑性能,确定绿色建筑等级。对于审查中无法确定的项目技术内容,可组织专家进行现场核查。

第十六条 审查结束后,住房和城乡建设部门应在门户网站进行公示。公示内容包括项目所在地、类型、名称、申报单位、绿色建筑星级和关键技术指标等。公示期不少于7个工作日。对公示项目的署名书面意见必须核实情况并处理异议。

第十七条 对于公示无异议的项目,住房和城乡建设部门应印发公告,并授予证书。

第十八条 绿色建筑标识证书编号由地区编号、星级、建筑类型、年份和当年认定项目序号组成,中间用“-”连接。地区编号按照行政区划排序,从北京01编号到新疆31,新疆生产建设兵团编号32。建筑类型代号分别为公共建筑P、住宅建筑R、工业建筑I、混合功能建筑M。例如,北京2020年认定的第1个3星级公共建筑项目,证书编号为NO.01-3-P-2020-1。

第十九条 住房和城乡建设部负责建立完善绿色建筑标识管理信息系统,三星级绿色建筑项目应通过系统申报、推荐、审查。省级和地市级住房和城乡建设部门可依据管理权限登录绿色建筑标识管理信息系统并开展绿色建筑标识认定工作,不通过系统认定的二星级、一星级项目应及时将认定信息上报至系统。

第三章 标识管理

第二十条 住房和城乡建设部门应加强绿色建筑标识认定工作权力运行制约监督机制建设,科学设计工作流程和监管方式,明确管理责任事项和监督措施,切实防控廉政风险。

第二十一条 获得绿色建筑标识的项目运营单位或业主,应强化绿色建筑运行管理,加强运行指标与申报绿色建筑星级指标比对,每年将年度运行主要指标上报绿色建筑标识管理信息系统。

第二十二条 住房和城乡建设部门发现获得绿色建筑标识项目存在以下任一问题,应提出限期整改要求,整改期限不超过2年:

- (一) 项目低于已认定绿色建筑星级;
- (二) 项目主要性能低于绿色建筑标识证书的指标;
- (三) 利用绿色建筑标识进行虚假宣传;
- (四) 连续两年以上不如实上报主要指标数据。

第二十三条 住房和城乡建设部门发现获得绿色建筑标识项目存在以下任一问题,应撤销绿色建筑标识,并收回标牌和证书:

- (一) 整改期限内未完成整改;
- (二) 伪造技术资料和数据获得绿色建筑标识;
- (三) 发生重大安全事故。

第二十四条 地方住房和城乡建设部门采用不符合本办法第六条要求的地方标准开展认定的,住房和城乡建设部将责令限期整改。到期整改不到位的,将通报批评并撤销以该地方标准认定的全部绿色建筑标识。

第二十五条 参与绿色建筑标识认定的专家应坚持公平公正,回避与自己有连带关系的申报项目。对违反评审规定和评审标准的,视情节计入个人信用记录,并从专家库中清除。

第二十六条 项目建设单位或使用者对认定结果有异议的,可依法申请行政复议或者提起行政诉讼。

第四章 附则

第二十七条 本办法由住房和城乡建设部负责解释。

第二十八条 本办法自2021年6月1日起施行。《建设部关于印发绿色建筑评价标识管理办法(试行)的通知》(建科〔2007〕206号)、《住房和城乡建设部关于推进一、二星级绿色建筑评价标识工作的通知》(建科〔2009〕1097号)、《住房和城乡建设部办公厅关于绿色建筑评价标识管理有关工作的通知》(建办科〔2015〕53号)、《住房和城乡建设部关于进一步规范绿色建筑评价管理工作的通知》(建科〔2017〕238号)同时废止。



碳排放权交易管理办法（试行）公布并实施

《碳排放权交易管理办法（试行）》已于2020年12月25日由生态环境部部务会议审议通过，现予公布，自2021年2月1日起施行。

生态环境部部长 黄润秋
2020年12月31日

碳排放权交易管理办法（试行）（节选）

第一章 总则

第一条 为落实党中央、国务院关于建设全国碳排放权交易市场的决策部署，在应对气候变化和促进绿色低碳发展中充分发挥市场机制作用，推动温室气体减排，规范全国碳排放权交易及相关活动，根据国家有关温室气体排放控制的要求，制定本办法。

第二条 本办法适用于全国碳排放权交易及相关活动，包括碳排放配额分配和清缴，碳排放权登记、交易、结算，温室气体排放报告与核查等活动，以及对前述活动的监督管理。

第三条 全国碳排放权交易及相关活动应当坚持市场导向、循序渐进、公平公开和诚实守信的原则。

第四条 生态环境部按照国家有关规定建设全国碳排放权交易市场。

全国碳排放权交易市场覆盖的温室气体种类和行业范围，由生态环境部拟订，按程序报批后实施，并向社会公开。

第五条 生态环境部按照国家有关规定，组织建立全国碳排放权注册登记机构和全国碳排放权交易机构，组织建设全国碳排放权注册登记系统和全国碳排放权交易系统。

全国碳排放权注册登记机构通过全国碳排放权注册登记系统，记录碳排放配额的持有、变更、清缴、注销等信息，并提供结算服务。全国碳排放权注册登记系统记录的信息是判断碳排放配额归属的最终依据。

全国碳排放权交易机构负责组织开展全国碳排放权集中统一交易。

全国碳排放权注册登记机构和全国碳排放权交易机构应当定期向生态环境部报告全国碳排放权登记、交易、结算等机构和机构运行有关情况，以及应当报告的其他重大事项，并保证全国碳排放权注册登记系统和全国碳排放权交易系统安全稳定可靠运行。

第六条 生态环境部负责制定全国碳排放权交易及相关活动的技术规范，加强对地方碳排放配额分配、温室气体排放报告与核查的监督管理，并会同国务院其他有关部门对全国碳排放权交易及相关活动进行监督管理和指导。

省级生态环境主管部门负责在本行政区域内组织开展碳排放配额分配和清缴、温室气体排放报告的核查等相关活动，并进行监督管理。

设区的市级生态环境主管部门负责配合省级生态环境主管部门落实相关具体工作，并根据本办法有关规定实施监督管理。

第七条 全国碳排放权注册登记机构和全国碳排放权交易机构及其工作人员，应当遵守全国碳排放权交易及相关活动的技术规范，并遵守国家其他有关主管部门关于交易监管的规定。

第二章 温室气体重点排放单位

第八条 温室气体排放单位符合下列条件的，应当列入温室气体重点排放单位（以下简称重点排放单位）名录：

- （一）属于全国碳排放权交易市场覆盖行业；
- （二）年度温室气体排放量达到2.6万吨二氧化碳当量。

第九条 省级生态环境主管部门应当按照生态环境部的有关规定，确定本行政区域重点排放单位名录，向生态环境部报告，并向社会公开。

第十条 重点排放单位应当控制温室气体排放，报告碳排放数据，清缴碳排放配额，公开交易及相关活动信息，并接受生态环境主管部门的监督管理。

第十一条 存在下列情形之一的，确定名录的省级生态环境主管部门应当将相关温室气体排放单位从重点排放单位名录中移出：

- （一）连续二年温室气体排放未达到2.6万吨二氧化碳当量的；
- （二）因停业、关闭或者其他原因不再从事生

产经营活动，因而不排放温室气体的。

第十二条 温室气体排放单位申请纳入重点排放单位名录的，确定名录的省级生态环境主管部门应当进行核实；经核实符合本办法第八条规定条件的，应当将其纳入重点排放单位名录。

第十三条 纳入全国碳排放权交易市场的重点排放单位，不再参与地方碳排放权交易试点市场。

第三章 分配与登记

第十四条 生态环境部根据国家温室气体排放控制要求，综合考虑经济增长、产业结构调整、能源结构优化、大气污染物排放协同控制等因素，制定碳排放配额总量确定与分配方案。

省级生态环境主管部门应当根据生态环境部制定的碳排放配额总量确定与分配方案，向本行政区域内的重点排放单位分配规定年度的碳排放配额。

第十五条 碳排放配额分配以免费分配为主，可以根据国家有关要求适时引入有偿分配。

第十六条 省级生态环境主管部门确定碳排放配额后，应当书面通知重点排放单位。

重点排放单位对分配的碳排放配额有异议的，可以自接到通知之日起七个工作日内，向分配配额的省级生态环境主管部门申请复核；省级生态环境主管部门应当自接到复核申请之日起十个工作日内，作出复核决定。

第十七条 重点排放单位应当在全国碳排放权注册登记系统开立账户，进行相关业务操作。

第十八条 重点排放单位发生合并、分立等情形需要变更单位名称、碳排放配额等事项的，应当报经所在地省级生态环境主管部门审核后，向全国碳排放权注册登记机构申请变更登记。全国碳排放权注册登记机构应当通过全国碳排放权注册登记系统进行变更登记，并向社会公开。

第十九条 国家鼓励重点排放单位、机构和个人，出于减少温室气体排放等公益目的自愿注销其所持有的碳排放配额。

自愿注销的碳排放配额，在国家碳排放配额总量中予以等量核减，不再进行分配、登记或者交易。相关注销情况应当向社会公开。

第四章 排放交易

第二十条 全国碳排放权交易市场的交易产品为碳排放配额，生态环境部可以根据国家有关规定适时增加其他交易产品。

第二十一条 重点排放单位以及符合国家有关交

易规则的机构和个人，是全国碳排放权交易市场的交易主体。

第二十二条 碳排放权交易应当通过全国碳排放权交易系统进行，可以采取协议转让、单向竞价或者其他方式符合规定的方式。

全国碳排放权交易机构应当按照生态环境部有关规定，采取有效措施，发挥全国碳排放权交易市场引导温室气体减排的作用，防止过度投机的交易行为，维护市场健康发展。

第二十三条 全国碳排放权注册登记机构应当根据全国碳排放权交易机构提供的成交结果，通过全国碳排放权注册登记系统为交易主体及时更新相关信息。

第二十四条 全国碳排放权注册登记机构和全国碳排放权交易机构应当按照国家有关规定，实现数据及时、准确、安全交换。

第五章 排放核查与配额清缴

第二十五条 重点排放单位应当根据生态环境部制定的温室气体排放核算与报告技术规范，编制该单位上一年度的温室气体排放报告，载明排放量，并于每年3月31日前报生产经营场所所在地的省级生态环境主管部门。排放报告所涉数据的原始记录和管理台账应当至少保存五年。（节选）

第二十六条 省级生态环境主管部门应当组织开展对重点排放单位温室气体排放报告的核查，并将核查结果告知重点排放单位。核查结果应当作为重点排放单位碳排放配额清缴依据。

省级生态环境主管部门可以通过政府购买服务的方式委托技术服务机构提供核查服务。技术服务机构应当对提交的核查结果的真实性、完整性和准确性负责。

第二十七条 重点排放单位对核查结果有异议的，可以自被告知核查结果之日起七个工作日内，向组织核查的省级生态环境主管部门申请复核；省级生态环境主管部门应当自接到复核申请之日起十个工作日内，作出复核决定。

第二十八条 重点排放单位应当在生态环境部规定的时限内，向分配配额的省级生态环境主管部门清缴上年度的碳排放配额。清缴量应当大于等于省级生态环境主管部门核查结果确认的该单位上年度温室气体实际排放量。

第二十九条 重点排放单位每年可以使用国家核证自愿减排量抵销碳排放配额的清缴，抵销比例不得超过应清缴碳排放配额的5%。相关规定由生态环

境部另行制定。

用于抵销的国家核证自愿减排量，不得来自纳入全国碳排放权交易市场配额管理的减排项目。

第六章 监督管理

第三十条 上级生态环境主管部门应当加强对下级生态环境主管部门的重点排放单位名录确定、全国碳排放权交易及相关活动情况的监督检查和指导。

第三十一条 设区的市级以上地方生态环境主管部门根据对重点排放单位温室气体排放报告的核查结果，确定监督检查重点和频次。（节选）

第三十二条 生态环境部和省级生态环境主管部门，应当按照职责分工，定期公开重点排放单位年度碳排放配额清缴情况等信息。

第三十三条 略

第三十四条 略

第三十五条 略

第三十六条 略

第七章 罚则

第三十七条 生态环境部、省级生态环境主管部门、设区的市级生态环境主管部门的有关工作人员，在全国碳排放权交易及相关活动的监督管理中滥用职权、玩忽职守、徇私舞弊的，由其上级行政机关或者监察机关责令改正，并依法给予处分。

第三十八条 全国碳排放权注册登记机构和全国碳排放权交易机构及其工作人员违反本办法规定，

有下列行为之一的，由生态环境部依法给予处分，并向社会公开处理结果：

（一）利用职务便利谋取不正当利益的；

（二）有其他滥用职权、玩忽职守、徇私舞弊行为的。（节选）

第三十九条 略

第四十条 略

第四十一条 略

第八章 附则

第四十二条 本办法中下列用语的含义：

（一）温室气体：是指大气中吸收和重新放出红外辐射的自然和人为的气态成分，包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）。

（二）碳排放：是指煤炭、石油、天然气等化石能源燃烧活动和工业生产过程以及土地利用变化与林业等活动产生的温室气体排放，也包括因使用外购的电力和热力等所导致的温室气体排放。

（三）碳排放权：是指分配给重点排放单位的规定时期内的碳排放额度。

（四）国家核证自愿减排量：是指对我国境内可再生能源、林业碳汇、甲烷利用等项目的温室气体减排效果进行量化核证，并在国家温室气体自愿减排交易注册登记系统中登记的温室气体减排量。

第四十三条 本办法自2021年2月1日起施行。



关于设区城市新建建筑执行绿色建筑标准的通知

陕建科发〔2020〕16号

各设区市、杨凌示范区、西咸新区、韩城市住建局，各有关单位：

为进一步加快和推动绿色建筑健康可持续发展，根据《陕西省民用建筑节能条例》和《陕西省绿色建筑创建行动实施方案》（陕建发〔2020〕1127号）规定要求，2021年起，设区城市新建建筑全面按照绿色建筑标准设计、建设，现将有关事项通知如下：

一、建筑工程可行性研究、规划、设计、建设，应当对绿色建筑技术措施进行充分论证，提出建筑节能设计与施工要求。设区城市新建建筑，应严格执行绿色建筑标准，按照绿色建筑基本级及以上等级进行设计、建设；建筑面积2万 m^2 以上的政府投资公益性建筑和大型公共建筑，应达到一星级及以上等级。

二、建设单位在进行项目咨询、设计招标或者委托设计、施工时，应当明确绿色建筑的等级以及相关指标要求，不得以任何理由要求设计单位降低绿色建筑标准进行设计；对绿色建筑质量负责，并承担相关质量保证责任。

三、设计单位应当按照绿色建筑标准进行设计，明确建筑材料、筑构配件和设备的技术指标要求以及采取的绿色技术措施等内容，在设计文件中明确绿色建筑设计专篇，承担绿色建筑设计责任。建设单位在建筑节能设计要求的未按照规定明确绿色建筑相关内容时，设计单位不得商定项目建筑工程设计任务。

四、施工图审查机构应当审核施工图设计文件是否符合绿色建筑标准，是否落实建筑节能审查意见；不符合绿色建筑标准或者未落实建筑节能审查

意见的，不得出具施工图审查合格书。自2021年3月1日起，对建筑工程设计文件施工图审查时，应当对绿色建筑技术措施进行审查。

五、施工单位应当根据经审查合格的施工图设计文件和绿色建筑标准，编制绿色施工方案并组织实施，对建筑工程绿色技术措施工程施工质量负责。

六、监理单位应当根据经审查合格的施工图设计文件和绿色建筑标准，结合绿色施工方案，编制绿色建筑监理实施细则并实施监理。

七、设区市住房和城乡建设部门，依据《陕西省民用建筑节能条例》和《陕西省绿色建筑创建行动实施方案》等规定要求，加强对绿色建筑项目建设的管理，将绿色建筑内容要求纳入基本建设程序管理，确保新建建筑按照绿色建筑标准设计、建设。

八、建筑节能行政主管部门应当根据本地区发展实际，制定绿色建筑发展规划，确定各类建筑工程的绿色建筑等级要求；对涉及立项、规划、设计、建设等环节的有关事项，要及时书面告知同级各相关部门。

陕西省住房和城乡建设厅
2020年12月21日



关于印发《上海市构建市场导向的绿色技术创新体系实施方案》的通知

沪发改环资〔2020〕132号

市经济信息化委、市商务委、市教委、市财政局、市人力资源社会保障局、市规划资源局、市生态环境局、市住房城乡建设管理委、市农业农村委、市水务局、市市场监管局、市地方金融监管局、市国资委、市绿化市容局、市税务局、市知识产权局、人民银行上海总部、上海银保监局、上海证监局、上海证券交易所、市推进科技创新中心建设办、长三角一体化发展示范区执委会，各区发展改革委、科委（科经委）：

《上海市构建市场导向的绿色技术创新体系实施方案》已经市政府同意，现印发给你们，请遵照执行。

上海市发展和改革委员会

上海市科学技术委员会

2020年12月21日

上海市构建市场导向的绿色技术创新体系实施方案（节选）

为落实国家发展改革委、科技部《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》（发改环资〔2019〕689号），发挥好市场机制在绿色技术创新和绿色产业发展中的导向作用，全面提升本市绿色创新策源能力，持续推动生态文明建设和高质量发展，制定本实施方案。

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、三中全会和五中全会精神，紧紧围绕建设令人向往的创新之城、人文之城、生态之城，以持续增强科技创新水平，提升资源利用效率和生态环境品质为目标，坚持“加大投入”和“激发需求”双轮驱动，加快构建企业为主体、产学研深度融合、基础设施和服务体系完备、资源配置高效、成果转化顺畅的绿色技术创新体系，推动上海成为绿色发展领域学术新思想、科学新发现、技术新发明、产业新方向、发展新理念的重要策源地，为上海、长三角乃至全国生态文明建设和高质量发展提供绿色科技支撑，为全球环境治理贡献上海智慧。

（二）基本原则

——坚持绿色理念。贯彻人与自然和谐共生的理念，对标国际最高标准、最好水平，不断提升城市绿色发展目标和内涵，引导绿色技术创新和绿色产业发展方向。

——坚持市场导向。充分发挥市场在绿色技术创新及资源配置中的决定性作用。充分发挥企业在绿色技术研发、成果转化、示范应用和产业化中主体作用，推进“产学研金介”深度融合、协同创新。

——坚持完善机制。加快科技体制改革，创新政府对绿色技术创新的管理方式，以人才为要，注重激发活力，清除政策落地障碍，形成良好绿色科技成果转化环境。

——坚持开放合作。面向全球、面向未来，积极参与全球环境治理，加强绿色技术创新国际国内交流合作。在更广领域、更大范围、更高层次集聚配置创新资源和要素，推动先进技术“引进来”，促进本地企业“走出去”，形成更加融通的绿色技术交流合作格局。

（三）发展目标

到2022年，基本建成市场导向的绿色技术创新体系。

——绿色技术创新主体进一步壮大。形成一批绿色技术创新龙头骨干企业和绿色技术创新企业；高校、科研院所绿色技术人才激励、流动机制进一步完善；“产学研金介”深度融合，在资源节约、环境治理等领域形成若干专业特点鲜明的绿色发展联盟。

——绿色技术创新引导机制更加健全。绿色技术创新研发投入持续提高；绿色技术标准、绿色采购制度、绿色产品评价制度引导作用更加凸显。

——绿色技术转移转化市场更有活力。人才、

资金、知识等各类要素资源向绿色技术创新领域有效集聚，绿色技术银行平台功能更加完善；建设张江国家自主创新示范区、G60 科创走廊等绿色技术创新策源地，打造长三角生态绿色一体化发展示范区、临港新片区、崇明世界级生态岛等绿色技术创新综合示范区。

——绿色技术创新环境更趋完善。绿色技术创新法治、政策、融资环境充分优化；绿色技术创新国际国内合作务实深入，形成若干具有区域和行业影响力的绿色技术创新论坛、宣传品牌。

二、重点任务

（一）培育壮大绿色技术创新主体

1. 强化企业的绿色技术创新主体地位。按照国家部署开展绿色技术企业认定工作，积极推动本地企业参与国家绿色技术创新“十百千”行动，落实国家对绿色技术创新认定企业的支持政策。支持绿色技术企业承担“上海市战略性新兴产业专项”等相关项目，市级财政资金支持的非基础性绿色技术研发项目、市场导向明确的绿色技术创新项目都必须要有企业参与，市科技计划项目支持的绿色技术研发项目由企业牵头承担的比例不少于 60%。

2. 激发高校、科研院所绿色技术创新活力。（节选）

3. 推进“产学研金介”深度融合。支持龙头企业、骨干企业整合高校、科研院所、金融资本、中介机构，依法依规在资源节约、环境治理等领域建立专业绿色技术创新联盟，在绿色技术路线图编制、专利共享和成果转化等方面发挥作用，形成集群竞争优势。更大力度实施绿色技术领域产学研合作协同育人项目。鼓励和规范人才流动，支持和鼓励高校、科研院所等事业单位聘用在专业技术岗位上的科技人员按国家和本市有关政策，在保留所在事业单位人事关系的基础上，以离岗创业、兼职创新、在职创办企业、受单位选派到企业工作或参与项目合作等方式，开展绿色技术的科技成果研发和转化活动。高校、科研院所按国家有关政策通过设置流动性岗位，引进企业人员兼职从事科研，不受兼职取酬限制，可以担任绿色技术创新课题或项目牵头人，组建科研团队。

4. 加强绿色技术创新基地平台建设。争创绿色技术领域国家工程研究中心、国家技术创新中心、国家制造业创新中心、国家科技资源共享服务平台、国家野外科学观测研究站等创新基地平台。围绕长江河口湿地、重要水源涵养区、超大城市生态治理、长三角环境防治、全球气候变化与海洋等方向建设

野外科学观测研究站，持续开展长期稳定科学观测与研究，充分发挥示范应用和科学普及作用。加强高校相关领域的学科建设，推动高等院校、科研院所、国有企业以及政府支持建设的各类绿色技术创新基地平台向社会开放共享，主动发布绿色技术研发成果并持续动态更新。市级科技计划项目向绿色技术创新基地平台倾斜。

5. 打造世界一流的绿色技术创新策源地。以张江国家自主创新示范区、G60 科创走廊为核心，聚焦材料、环境、能源等基础科学领域，战略性布局一批关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术研发项目，加快燃气轮机与航空发动机、商用压水堆和第四代核电等技术研发，提升绿色技术创新策源能力；完善本市新能源智能汽车产业“1+2+X”、节能环保产业“4+X”、高端能源装备产业“2+X”空间布局，着力提升新能源智能汽车、节能环保、高端能源装备等绿色产业技术水平和竞争力。积极引进国内外最顶尖企业、高校、科研院所入驻，形成绿色技术人才高地，打造世界一流的绿色技术创新策源地。

（二）强化绿色技术创新的导向机制

1. 加强绿色技术创新方向引导。认真贯彻执行国家绿色产业指导目录、绿色技术推广目录、绿色技术与装备淘汰目录，不定期发布上海市绿色技术推广目录，引导绿色技术和产业发展方向。结合本市科技创新中心建设，围绕苏州河环境综合整治、太湖流域水环境综合治理、滴水湖富营养化防治等典型领域，以及节能环保、清洁生产、清洁能源、城市绿色发展、大气污染治理、污水污泥处理、土壤修复、固体废弃物综合利用、绿色港口、生态农业、应对气候变化、有毒有害原料（产品）替代品等重点领域，布局一批研发项目，突破关键材料、仪器设备、核心工艺、工业控制装置的技术瓶颈，推动研制一批具有自主知识产权、达到国际先进水平的关键核心绿色技术，切实提升原始创新能力。

2. 强化绿色技术标准引领。制定实施绿色技术标准制修订专项计划，推动上海市绿色建筑评价、建筑节能设计、绿色公路技术等标准的制（修）订工作，定期评估更新。鼓励社会团体制订技术指标高于国家标准的团体标准，鼓励政府有关部门积极采信团体标准，共同提升绿色技术标准水平。严格贯彻产品能效、水效、能耗限额、碳排放、污染物排放等强制性标准，推动企业进行绿色技术创新、采用绿色技术进行升级改造。

3. 推广绿色采购、绿色评价认证和 ESG 披露。依法开展绿色产品政府采购，落实绿色采购制度，

对于未列入品目清单的产品类别，鼓励采购人综合考虑节能、节水、环保、循环、低碳、再生等因素，参考相关国家标准、行业标准或团体标准，在采购需求中提出相关绿色采购要求。政府投资的基础设施、民生设施项目要优先采购利用绿色技术及产品。鼓励国有企业、其他企业自主开展绿色采购。遴选市场急需、具有实用价值、开发基础较好的共性关键绿色技术，政府以招标采购等方式购买技术，通过发布公告等形式向社会免费推广应用。大力推进绿色制造体系，在2020年建成100个绿色工厂、20个绿色园区，开发100项绿色产品，打造10条绿色供应链的基础上，逐步开展市级绿色工厂、绿色园区创建工作。积极开展第三方认证，加强认证结果采信，推动认证机构对认证结果承担连带责任。在上海证券交易所深化开展ESG（环境、社会和公司治理）报告披露制度，逐步推广至所有上市公司。

（三）推进绿色技术创新成果转化示范应用

1. 完善绿色技术转移转化市场交易体系。充分发挥绿色技术银行、国家技术转移东部中心、上海技术交易所等研发与转化功能型平台功能，融合绿色发展领域企业、高校、科研院所、科技服务机构、金融机构等多方资源，加快绿色技术转移转化。对标国际标准，加强绿色技术分类、筛选、评价、认证等相关研究，提高绿色技术转移转化效率。积极支持通过交易市场对接成交的技术项目落地，形成“技术+金融+应用”的绿色技术示范推广模式。加强绿色技术交易中介机构能力建设，培育一批绿色技术创新第三方检测、评价、认证等中介服务机构和专业人才。

2. 完善绿色技术创新成果转化机制。完善首台（套）重大技术装备保险补偿政策措施，支持首台（套）绿色技术创新装备示范应用。继续实施重点新材料首批次应用保险补偿机制，运用市场化手段促进重点新材料推广应用。鼓励科技履约贷优先支持绿色发展领域科技型小微企业。支持企业、高校、科研机构等建立绿色技术创新项目孵化器、创新创业基地。采取政府购买服务等方式，健全绿色技术创新公共服务平台，扶持初创企业和成果转化。

3. 积极推动绿色技术创新综合示范。发挥好长三角生态绿色一体化发展示范区引领示范作用，围绕绿色技术创新、绿色技术成果转移转化、生态价值实现、绿色金融等方面开展体制机制创新和综合示范。在临港新片区、崇明世界级生态岛、上海化工区，以及本市低碳发展实践区、绿色生态城区等重点区域，聚焦清洁高效能源、绿色健康建筑、低碳智慧交通、生态安全农业、河湖综合治理、土壤

生态修复、废弃物循环利用等领域，以政府引导、企业配套、金融参与的形式开展绿色技术示范工程，鼓励和支持有条件的园区以“园中园”的形式开展绿色技术创新转移转化示范，打造国内外领先的绿色园区。

（四）优化绿色技术创新环境

1. 强化绿色技术知识产权保护与服务。强化绿色技术研发、示范、推广、应用、产业化各环节知识产权保护，按照国家部署开展打击侵犯绿色技术知识产权行为专项行动、探索推进建立绿色技术知识产权审查“快速通道”、建立绿色技术侵权行为信息记录信用制度、完善绿色技术知识产权统计监测。

2. 加强绿色技术创新金融支持。支持长三角生态绿色一体化发展示范区在绿色金融创新方面先行先试，建立绿色金融支持政策超市，依托上海信易贷综合服务平台等，充分共享企业环保信用信息，更好引导绿色金融投向。鼓励商业银行加大对绿色技术创新示范项目的信贷支持。推动符合条件的绿色技术创新企业通过上海证券交易所、上海股权托管交易中心等多层次资本市场挂牌上市、发行绿色债券。支持上海技术交易所、上海环境能源交易所立足自身定位，围绕绿色技术创新、碳排放等方面为企业提供服务。发挥好国家科技成果转化引导基金、国家绿色发展基金的引领带动作用，支持绿色技术领域专业股权投资基金发展，引导各类天使投资、创业投资基金等支持绿色技术创新成果转化。支持保险机构创新针对绿色技术创新企业的产品和服务。鼓励市中小微企业政策性融资担保基金为符合政策导向的中小微绿色技术创新企业提供融资担保支持。

3. 推动全社会开展绿色技术创新。组织开展中国创新挑战赛（上海）暨长三角国际创新挑战赛绿色技术专场、上海化工区“SCIP+”绿色化学工业创新创业大赛等活动，对获奖单位和个人给予奖励。推进绿色技术众创，建立一批绿色技术众创空间，符合条件的绿色科技企业孵化器、众创空间可享受免征房产税、城镇土地使用税、增值税等优惠政策。引导高校科研人员创办绿色技术创新企业，鼓励企业、科研机构建立绿色技术创新激励机制，提高员工的绿色创新意识。通过全国“双创”周、全国节能宣传周、六五环境日、全国低碳日、市民低碳行动等平台加强绿色技术创新宣传，引导各类媒体加大宣传力度。

（五）深化绿色技术创新对外开放与国际合作
深化与世界知识产权组织、联合国环境署等国

际组织的交流合作，加强高校、科研机构与国际组织合建绿色技术研发推广机构，依托上海合作组织、“一带一路”绿色联盟，构建绿色领域国际合作网络，积极参与全球环境治理；加强国际间绿色技术信息共享、标准互认、政策互惠等，融入全球绿色技术创新体系，加速绿色技术创新资源在国际间的流动；支持国际机构在上海、上海企事业单位在海外建立国际绿色示范园区、示范基地等创新载体，探索国际绿色技术转移转化的便利机制；通过绿色技术银行高峰论坛等国际交流平台，积极传播绿色技术创新理念和成果，为落实联合国2030年可持续发展议程贡献上海智慧。

三、保障措施

(一) 加强组织领导。市发展改革委、市科委牵头建立绿色技术创新部门间协调机制，整合优势资源，明确责任分工。各部门、单位明确落实方案和具体举措，加大投入力度，推动各项任务措施有效落实。

(二) 强化评价考核。加强绿色技术创新政策评估与绩效评价，建立绿色技术创新评价体系，将绿色技术创新成果、推广应用情况等纳入创新驱动发展、高质量发展评价考核内容。

(三) 加强示范引领。发挥绿色技术创新综合示范区、绿色技术工程研究中心、绿色技术创新中心、绿色企业技术中心等作用，探索绿色技术创新与绿色管理制度协同发力的有效模式，及时总结可复制推广的做法和成功经验，发挥示范带动作用。

关于《深圳市工程建设领域绿色创新发展专项资金管理办法》的通知

各有关单位：

《深圳市工程建设领域绿色创新发展专项资金管理办法》已经市政府同意，现予印发，请认真贯彻执行。

特此通知。

深圳市住房和城乡建设局

深圳市财政局

2021年1月7日

深圳市工程建设领域绿色创新发展专项资金管理办法（节选）

第一章 总则

第一条 为促进我市工程建设领域高质量、可持续发展，加强和规范工程建设领域绿色创新发展专项资金管理，提高财政资金使用效益，根据《中华人民共和国预算法》《深圳市市级财政专项资金管理办法》等有关规定，制定本办法。

第二条 本办法所称的工程建设领域绿色创新发展专项资金（以下简称专项资金）是指由市级财政预算安排，用于支持我市工程建设领域绿色创新事业发展的专项资金。

第三条 专项资金的管理和使用坚持公开、公平、公正原则，实行专家评审、社会公示、科学决策、绩效管理，年度预算规模实行总额控制。

第二章 职责与分工

第四条 市住房和城乡建设部门的职责：（略）

第五条 市财政部门的职责：（略）

第六条 审计及其他有关部门按其职责对专项资金的管理和使用活动依法依规进行监督、检查和审计。

第七条 专项资金使用单位的责任：（略）

第八条 第三方专业机构根据市住房和城乡建设部门委托开展项目评审核查、验收评审、绩效评价、审计等事务性工作。受委托的第三方专业机构应当按约履责，按规定做好相关信息的安全管理和保密工作。

第三章 资金使用

第九条 专项资金的支持范围：

(一) 建筑节能与绿色建筑。包括绿色建筑、既有建筑节能及绿色化改造、采用合同能源管理模式的公共机构节能改造、超低能耗建筑、可再生能

源建筑应用、绿色建材应用、预拌混凝土和预拌砂浆绿色生产等示范项目，绿色建筑创新奖励。

(二) 智能建造与装配式建筑。包括装配式建筑、绿色建造、智能建造、建筑工业化等示范项目，装配式建筑产业基地奖励。

(三) 建筑废弃物减排与综合利用。包括建筑废弃物减排与综合利用示范项目、建筑废弃物综合利用产品应用。

(四) 建筑信息化技术应用。包括建筑信息模型(BIM)技术应用、数字化技术建筑应用等示范项目。

(五) 宜居城市。包括绿色生态城区、宜居社区、绿色物业、智慧小区等示范项目，宜居环境范例奖励。

(六) 工程建设标准化。包括优秀工程建设标准编制，工程建设先进标准对标示范项目。

(七) 建设科技。包括工程建设领域的科技计划、新技术应用示范项目，国际国内重要建设科技成果奖励。

(八) 工程建设领域绿色创新发展技术与服务。包括本条第一至七项所列举范围的由社会第三方组织开展的课题研究、标识评价、产品与技术认定等事项。

(九) 经市政府批准由专项资金支持的其他范围。

第十条 专项资金按照项目组织实施要求和项目特点，实行以下支持方式：

(一) 资助方式。申报单位先行投入资金、完成项目建设并取得预期成果，市住房和城乡建设部门组织对申报项目投入费用或绿色创新绩效进行审计或评估后，按相应比例或等级给予财政资金资助。

(二) 奖励方式。对申报项目达到的领先水平或获得的重要荣誉称号，经审核通过后，给予定额财政资金奖励。

(三) 市政府批准的其他方式。

第十一条 第九条第一项绿色建筑创新奖励、第二项装配式建筑产业基地奖励、第五项宜居环境范例奖励、第七项国际国内重要建设科技成果奖励等实行奖励方式，第九条第九项按市政府批准的支持方式实行，其他项目实行资助方式。

第十二条 政府投资项目不在支持范围之内。

对于资助项目，同一项目原则上只能选择第九条采用资助方式的项目范围中的一项予以资助。

对于奖励项目，同一项目原则上只能选择第九条采用奖励方式的项目范围中的一项予以奖励。

第十三条 市住房和城乡建设部门根据专项资金支持领域和重点工作，牵头制定实施细则或操作规程。

实施细则或操作规程主要规定支持对象、申报条件、支持标准等内容。

第四章 项目申报和审核

第十四条 市住房和城乡建设部门依据本办法在统一的信息平台发布申报指南，明确项目申报具体要求。

第十五条 申报单位应当符合以下基本条件：

(一) 申报单位为在中国国内注册、具备独立法人资格的企事业单位或其他社会组织；

(二) 申报单位具备健全的财务核算和管理体系，必须正常经营满1年以上。

第十六条 申报单位应当按照以下基本要求进行专项资金申报：

(一) 申报单位应当按照市住房和城乡建设部门发布的申报指南提出申请；

(二) 除另有规定外，申报单位原则上不得以同一事项重复申报或多头申报市级财政专项资金；

(三) 申报单位应当对申报材料的真实性、完整性、合法性、有效性负责，不得弄虚作假、套取、骗取专项资金；

(四) 申报单位应当在项目完成竣工验收、成果认定、获得批准、获奖等之日起3年内申请专项资金。

第十七条 申报项目必须符合国家和工程建筑行业发展方向，项目成果应当在深圳市实施，能够促进工程建设领域绿色创新发展，具有较好的社会、环境和经济效益。申报第九条第二项装配式建筑产业基地奖励、第八项工程建设领域绿色创新发展技术与服务的，申报单位注册地必须在深圳市。

第十八条 市住房和城乡建设部门组织对申报项目进行形式审查、专家评审、项目核查等，提出拟扶持项目名单，并向相关行政职能部门征求意见。

第十九条 拟扶持项目名单经征求相关行政职能部门意见无异议的，向社会公示，公示时间不少于5个工作日，公示内容包括但不限于项目单位、项目名称、资助金额等。经公示无异议和经核查异议不成立的项目，由市住房和城乡建设部门纳入拟资助项目库。

第二十条 资助项目原则上实行合同管理，由申报单位与市住房和城乡建设部门签订资助协议。

第五章 预算编制和资金拨付

第二十一条 市住房和城乡建设部门对拟资助项目库中的项目进行分类筛选、择优排序，按照预算管理要求编制中期财政规划和年度资金预算。

(下转 74 页)

重庆地区地表水源热泵示范项目 能效分析与评价

北京建筑大学 王欣 李德英

摘要：本文以重庆地区7个地表水源热泵系统工程为案例，对地表水源热泵系统制冷和制热能效比进行分析与评价，为典型项目提高能效提出解决方案。结果表明：重庆地表水源热泵系统制冷（热）期间，在满足室内温湿度要求的前提下，冬、夏季机组 COP 分布在 4.2-5、4.8-6.1 范围内；系统 EER 在 2.3-3.9、2.7-4.2 之间。江水比湖、河水更适宜作冷热源，夏季机组 COP、系统 EER 均明显高于冬季。平均常规能源替代量为 924.1 吨/年，CO₂、SO₂、粉尘减排量分别为 2278.7 吨/年、18.2 吨/年、9.1 吨/年，平均静态投资回收期为 5.9 年，地表水源热泵寿命周期一般为 20 年，有明显的经济效益。根据《可再生能源建筑应用工程评价标准》中的评分细则多数系统 EER 处于 2 级以下，冬季热源侧换热温差普遍偏小，应模拟变工况运行能耗，以最优换热温差运行。

关键词：重庆地区 地表水源热泵 性能系数 能效比 静态回收期

0 引言

重庆地区商业化建筑密集，有冬季采暖期短、负荷小、采暖负荷波动大，夏季冷量需求高的特点，因此住建部提倡因地制宜，采用地表水源热泵分散局部供暖、制冷^[1]。2015年重庆发布可再生能源应用热泵系统补贴政策，对于采用可再生能源的空调按额定制冷量补贴 800 元/kW，生活热水按额定制热量补贴 900 元/kW^[2]。重庆充分利用其大面积的长江、嘉陵江作为廉价的冷热源，两江水质除含沙量不达标，其他指标均满足水源热泵机组要求^[3]。林勇豹等人指出重庆江水水量、水温等参数满足水源热泵要求，指出江水源热泵在技术、经济、环保的可行性^[4]。冷艳峰等人针对重庆大剧院江水源热泵的取水系统及空调冷热水系统进行测试，分析工程经济社会环境效益，为后续公共建筑采用江水源热泵奠定基础^[5]。卢军等人实测重庆5个地表水源热泵项目冬季供暖运行工况，指出各个热泵机组制热 COP、系统能效比，以及较空气源热泵、锅炉供暖的节能量^[6]。谢厚礼等人对重庆夏季典型工况进行能效比分析，总结出与传统空调对比节能情况^[7]。

近年来，不少学者针对某个地表水源热泵工程进行供暖或制冷单一季度工况研究，缺少对热泵系统冬、夏季全年实际运行的测试及总结分析。而系统能效比评价方法是以制冷工况为基础，并结合地表水源热泵冬、夏季皆使用特点，最佳评价方案为制冷、制热性能都考虑在内^[8]。本文结合重庆地区7个工程实例对其进行能效分析及评价，针对典型项目为其提高能效提出具体方案及解决措施。

1 评价方法

1.1 室内应用效果评价

水源热泵不仅要节能，还要以舒适性为目的满足室内温湿度设计要求，因此首先要对室内实际应用效果进行测评。测试人员在冬季供暖期间内采用 AZ8829 温湿度自动记录仪，随机选取典型房间进行室内外温湿度测试，并通过计算室内温度保证率评价室内应用效果，计算方法：

$$PPS = \frac{N_{ps}}{N_{pt}} \quad (1)$$

式中 PPS 为室内温度保证率； N_{pt} 为总的测点数量； N_{ps} 为满足要求的测点数量。

1.2 机组性能系数评价

热泵机组性能通过测试水源侧、空调侧进出口水温、流量以及机组输入功率，计算机组性能系数：

$$COP = \frac{Q}{N_i} \quad (2)$$

式中 COP 为热泵机组制冷（热）性能系数； Q 为测试期间机组的平均制冷（热）量，kW； N_i 为测试期间机组的平均输入功率，kW。

通过计算 COP 得到机组性能随负荷变化的关系曲线，从中可以看出随负荷变化机组的实际调节能力。

1.3 系统能效比评价

影响热泵系统能效的主要因素为取水温度、热源侧换热温差。通过测试系统水源侧、空调侧进出

口温度、流量以及系统总输入功率，计算求得系统能效比：

$$EER = \frac{Q_s}{N_i + \sum N_j} \quad [10] \quad (3)$$

式中 EER 为热泵系统的制冷（热）能效比； Q_s 为系统测试期间的总制冷（热）量，kW·h； N_i 为系统测试期间，热泵机组所消耗的电量，kW·h； N_j 为系统测试期间，水泵所消耗的电量，kW·h。

通过计算求得 EER，可以看出系统运行情况及性能，对整个水源热泵系统运行的可靠性、稳定性以及随负荷变化的调节能力作出测评。根据徐伟等人在《可再生能源建筑应用工程评价标准》中的研究，将热泵系统性能划分为 3 个级别，具体热泵系统性能级别划分如表 1。

表 1 水源热泵系统性能级别划分

工况	1 级		2 级		3 级	
制热性能系数	EERw	3.5	3.5 > EERw	3.0	3.0 > EERw	2.6
制冷能效比	EERs	3.9	3.9 > EERs	3.4	3.4 > EERs	3.0

1.4 节能性评价

按《可再生能源建筑应用示范项目测评导则》规定，根据系统运行记录及测试结果，计算出地表水源热泵系统供暖、制冷季能耗量，热泵供暖与常规燃煤锅炉房能耗比较；制冷与常规冷水机组能耗相比，生活热水能耗与燃油锅炉作对比。计算地表水源系统节能量，需将热泵系统以及常规采暖、制冷系统年耗电量换算成一次能源（电能与一次能源转换率取 0.31）。

1.5 环保性评价

地表水源热泵系统相对于常规制冷（热）系统一次能源煤的节能量，折算成 CO_2 、 SO_2 、粉尘的减排量作为环保性测评指标。

$$Q_{CO_2} = 2.47Q_{bm} \quad [10] \quad (4)$$

式中 Q_{CO_2} 为 CO_2 减排量（t/年）； Q_{bm} 为标准煤节能量（t/年）；2.47 为标准煤 CO_2 排放因子。

$$Q_{SO_2} = 0.02Q_{bm} \quad [10] \quad (5)$$

式中 Q_{SO_2} 为 SO_2 减排量（t/年）；0.02 为标准煤 SO_2 排放因子。

$$Q_{FC} = 0.01Q_{bm} \quad [10] \quad (6)$$

式中 Q_{FC} 为粉尘减排量（t/年）；0.01 为标准煤粉尘排放因子。

1.6 经济性评价

根据水源热泵系统初投资、运行能耗费用、维护费用等增量成本及系统节能量，简单地计算静态

回收期，评估项目的经济效益。

$$\text{静态回收期} = \frac{\text{项目的增量投资成本}}{\text{项目实施后每年节约的费用}}$$

综合以上 6 项评价指标对重庆地区 7 个地表水源热泵工程项目进行供暖、制冷全年监测，就 6 项指标逐一进行数据处理及分析。

2 地表水源热泵实测结果与分析

2.1 工程项目

测试人员在 2009-2015 年对江水源热泵 7 个项目的供暖、制冷工况进行实地测试，其中 YZ、DZ 项目采用湖水源热泵系统；CBD(1)、(2)、FLCBD、QJ 项目采用江水源热泵系统，分别采用长江、嘉陵江和乌江水作为冷热源；XSMD 项目采用梅江河水源热泵系统供暖、制冷。测试内容主要包括：室内外温湿度、水源侧进出水温度、冷（热）水供水回水温度、热水流量、水源侧水泵功率、机组及系统的输入功率。

2.2 室内、外应用效果

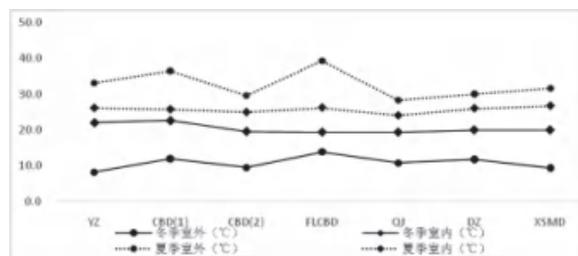


图 1 冬、夏季室内外平均温度

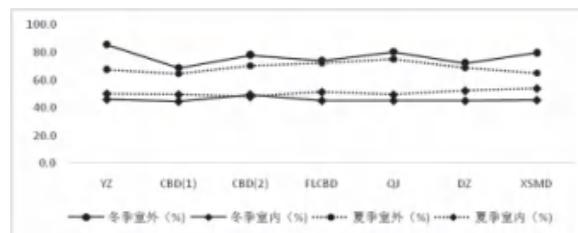


图 2 冬、夏季室内外平均相对湿度

从图 1、图 2 可以看出重庆在 12~2 月份、7~9 月份测试期间室外温度变化范围分别为 8~13、29~40，平均温度分别为 10.7、32.7；室外相对湿度范围分别为 70~85%、65~75%，平均湿度分别为 76.9%、69.1%。测试房间在采暖季、制冷季测试期间室内温度保持在 19.6~26 之间，冬、夏季平均温度分别为 20.4、25.7；室内相对湿度在 45~52% 范围内，冬、夏季平均相对湿度为 45.8%、50.7%。参照文献^[12]室内温度应为 20~26，相对湿度在

表 2 地表水源热泵冬季供暖机组性能系数 COP

项目	机组型号	负荷率	热水供水温度 (°C)	热水流量 (m ³ /h)	水源测进水温度 (°C)	水源测出水温度 (°C)	水源侧换热温差 (°C)	运行机组 COP	额定机组 COP
YZ	CVHG670-8GW047BB	52.5%	43.7	454.6	7.7	6.3	1.4	4.4	5.7
CBD(1)	CDHG-1750	35.1%	34.9	759.0	11.0	9.5	1.5	4.2	5.9
CBD(2)	CDHG-2150	43.1%	41.9	1211.0	12.8	7.9	4.9	5.0	5.8
FLCBD	LTMLH(R)-440	78.1%	40.4	212.0	14.0	11.2	2.8	4.3	4.7
QJ	LSBLGR-3650EMG	57.1%	40.5	540.0	11.2	9.7	1.5	4.8	5.8
DZ	LSGRM1200	73.5%	45.0	160.0	11.0	6.0	5.0	4.8	5.3
XSMD	WPS260.2B	48.2%	46.2	115.19	7	5.8	1.2	4.6	4.5

表 3 地表水源热泵夏季制冷机组性能系数 COP

项目	机组型号	负荷率	冷冻水供水温度 (°C)	冷冻水流量 (m ³ /h)	水源测进水温度 (°C)	水源测出水温度 (°C)	水源侧换热温差 (°C)	运行机组 COP	额定机组 COP
YZ	CVHG670-8GW047BB	59.4%	6.9	397.4	31.8	37.2	5.4	4.0	5.7
CBD(1)	CDHG-1750	98.0%	6.3	1051.0	27.0	33.0	6.0	6.1	6.1
CBD(2)	CDHG-2150	56.0%	5.2	1070.0	24.1	31.4	7.3	4.9	6.4
FLCBD	LTMLH(R)-440	62.1%	7.2	188.0	28.3	31.8	3.5	5.6	6.0
QJ	LSBLGR-3650EMG	68.3%	7.0	329.0	25.2	30.2	5.0	4.9	6.0
DZ	LSGRM1200	89.9%	7.0	185.2	28.0	34.0	6.0	5.7	6.3
XSMD	WPS260.2B	62.3%	7.1	144.7	27.8	34.3	6.5	4.8	5.6

30~70% 范围内, 上述测试房间 100% 达到设计要求, 地表水源热泵系统可满足室内温湿度控制需求。

2.3 机组性能系数实测结果及评价

根据表 2、3 可以看出采用湖水、河水作为冷热源的 YZ、DZ 和 XSMD 项目, 冬季供暖期间水源侧进出口平均温度均比以江水为热源的其他项目水源侧进出口温度低, 且空调侧热水供回水温整体高于江水作为热源的项目, 因此以湖水、河水作为热源的机组 COP 普遍比江水源热泵机组 COP 偏低。同样, 在夏季制冷期间 YZ、DZ、XSMD 项目较其他江水源热泵项目相比, 冷源侧进出口水温普遍较高, 空调侧冷冻水供回水温整体略低, 以致于热泵机组 COP 略低。

综上, 由于江水作为冷热源温度优于湖水和河水, 则江水源热泵机组性能系数较高, 更适合作为重庆地区地表水源热泵系统的冷热源。根据以上各个项目实测结果分析机组 COP 影响因素, 并针对典型项目提出优化方案、改进措施。卢军等人通过建立 DeST 模型对建筑群全年逐时空调负荷进行模拟, 编写 C# 语言的区域系统性能分析软件^[13], 指出水源热泵机组 COP 不仅受空调侧供水温度、空调侧流量、江水侧出水温度以及江水侧流量的影响, 还与负荷率有紧密相关性^[14]。冬、夏季水源热泵机组性能系数 COP 与负荷率情况如图 3 所示。

如图 3 所示, 重庆 7 个地表水源热泵系统工程项目机组 COP 冬季采暖期都在 4.2~5 范围内; 夏季制冷期间大多工程项目在 4.8~6.1 之间, 只有 YZ 项目机组 COP 仅为 4.0。

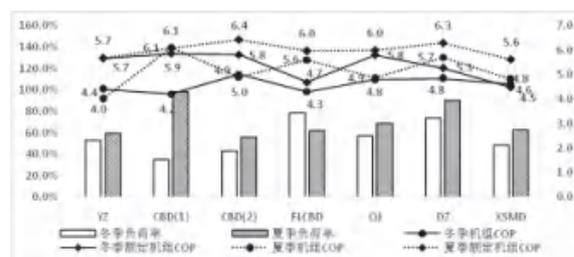


图 3 地表水源热泵机组 COP 与负荷率对比情况

YZ 项目在冬、夏季全年供暖、制冷期间负荷率均不到 60%, 而机组额定 COP 高达 5.7, 因此机组选型过大是导致机组全年 COP 不高的主要原因。且夏季制冷期间湖水源侧进、出水温度过高达到 31.8、37.2, 是造成夏季制冷热泵机组 COP 过低的另一重要因素。冷冻水供回水平均温差太小仅为 3.3, 空调侧流量过大, 在机组蒸发吸热量几乎不变的情况下, 蒸发器供水温度固定, 则蒸发器回水水温相应降低, 导致蒸发器供回水平均水温降低, 能耗增多, 因而机组能效偏低。

CBD(1) 项目热泵机组冬季额定 COP 高达 5.9, 而实际 COP 仅为 4.2, 主要原因是冬季供暖负荷率仅为 35%。夏季制冷期间近满负荷运行, 机组 COP 随之近额定机组 COP 为 6.1。根据冬季建筑热负荷进行机组设计选型, 采用冰蓄冷技术辅助夏季制冷, 将大大提高机组利用率。

CBD(2)、QJ 和 XSMD 项目冬、夏季建筑负荷率均在 50%~60% 之间, 负荷率偏低导致机组 COP 普遍不高在 4.6~5.0 范围内, 说明设计阶段建筑负荷量偏大, 机组选型偏大, 应通过 DeST 等模拟软件分析空调动态负荷, 考虑部分负荷情况下的机组与

表 4 地表水源热泵冬季供暖系统能效比 EER

项目	水源测进水温度 (°C)	取水换热温差 (°C)	热水供水温度 (°C)	热水回水温度 (°C)	热水流量 (m³/h)	系统耗电量 (kw·h)	系统制热量 (kw·h)	系统 EER
YZ	7.7	1.3	43.7	41.1	486.7	6073.4	13968.9	2.3
CBD(1)	11.0	1.5	34.9	32.5	759.0	7175.9	22245.3	3.1
CBD(2)	12.8	4.9	42.7	40.2	1211.0	7291.9	25521.8	3.5
FLCBD	14.0	2.8	40.4	35.3	212.0	3332.1	13128.4	3.9
QJ	11.2	1.5	40.5	37.3	540.0	5307.2	18522.0	3.5
DZ	11.0	5	45.0	40.0	160.0	241.3	11211.6	3.8
XSMD	7.0	1.2	46.2	42.9	115.2	1165.0	5755.0	3.8

表 5 地表水源热泵夏季制冷系统能效比 EER

项目	水源测进水温度 (°C)	取水换热温差 (°C)	冷冻水供水平均温度 (°C)	冷冻水回水平均温度 (°C)	冷冻水流量 (m³/h)	系统耗电量 (kw·h)	系统制冷量 (kw·h)	系统 EER
YZ	31.8	5.2	6.9	10.2	547.4	5852.3	15801.2	2.7
CBD(1)	26.8	4.6	6.3	11.2	1051.0	17592.2	63331.8	3.6
CBD(2)	24.1	7.3	5.2	8.6	1070.0	8189.2	25386.6	3.1
FLCBD	28.3	3.5	7.2	11.6	188.0	1683.1	5773.2	3.4
QJ	25.2	5.0	7.0	12.0	329.0	3272.8	12436.5	3.8
DZ	28.0	6.0	7.0	12.0	185.4	2094.6	8839.2	4.2
XSMD	27.8	6.5	7.1	10.7	144.7	976.5	3825.7	3.9

建筑负荷的匹配关系^[15]。根据 [16] 中 IPLV 的计算方法，通过计算部分负荷性能系数选择合理的热泵机组，负荷率宜达到机组额定值 80% 以上。其中 CBD(2) 项目热源侧换热温差略高为 4.9，在取水温度一定情况下，经过换热机组蒸发器实际出水水温略低，机组蒸发温度降低，导致能耗过大，因此可以合理降低热源侧换热温差来提高机组实际 COP。

FLCBD 和 DZ 项目机组运行良好，冬、夏季机组 COP 分别为 4.5、5.7 左右，接近于机组额定 COP 值，负荷率在 70%~80% 以上，机组运行稳定、高效、节能。

总体来看，重庆 7 个地表水源热泵项目机组运行 COP 冬季采暖在 4.2~5 范围内，平均值为 4.6；夏季制冷期间大多项目在 4.8~6.1 之间，平均值为 5.1。机组运行效果较好，冬夏对比来看，夏季机组性能系数明显高于冬季。

2.4 系统能效比实测结果及评价

由表 4、表 5 实测结果得到重庆 7 个地表水源热泵运行全年系统能效比 EER，并通过图 4 可以分析系统能效比与其影响因素取水水温、取水换热温差的具体情况。

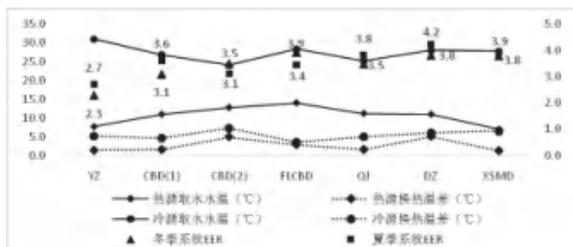


图 4 地表水源热泵冬、夏季系统能效比对比
从图 4 可以看出 7 个地表水源热泵工程项目冬、

夏季平均取水水温分别为 10.7、27.4；冷、热源平均换热温差分别为 5.4、2.6；冬、夏季系统能效比分别在 2.3~3.9、2.7~4.2 范围内，其中 YZ 项目冬夏季系统能效比最低。根据表 1 热泵系统能效比评级细则可以得到，YZ 工况不足 3 级要求，只有 DZ 和 XSMD 系统性能系数达到 1 级，其他项目系统均处于 2 级。

YZ 项目冬季系统 EER 仅为 2.3，以湖水作为冷热源致使取水水温冬季过低仅为 7.7，夏季过高超过 30，且热源换热温差仅为 1.3。热源取水水温过低，令热泵蒸发器侧热源水实际出水温度降低，机组蒸发温度较低，机组能耗较高；换热温差太小，热源水流量增大，致使江水取水及输送能耗升高，二者综合决定系统总能耗增高，系统总制热能效 COP 较小。建议通过建立水源热泵机组变工况运行能效模型，在模拟建筑群逐时负荷基础上，针对不同换热温差，分析讨论水源热泵取水侧系统性能，优化设计最优换热温差。

DZ 项目热泵系统制热、制冷性能均较高，系统处于稳定、节能运行状态。

CBD(2) 项目冷源取水水温较低为 24.1，有利于提高系统能效比，而实际系统制冷 EER 仅为 3.1，分析其主要原因是冷源换热温差高达 7.3，致使冷凝器实际出水水温过高，机组能耗增加。

其他项目冬季热源换热温差普遍较小，则热水流量较大，取水能耗、输送能耗必然增高，同时输送管道管径大，增加增量投资。

从整体来看，7 个地表水源热泵系统夏季能效性能系数整体比冬季高，冬季热源换热温差均较小，增加系统总能耗，且增加输送管道投资，应对各个项目模拟变工况运行能耗，依据热泵取水侧系统性

表 6 地表水源热泵系统全年节能量及回收期

项目	实施量 (万 m ²)	全年常规能源替代量 (t 标煤)	CO ₂ 减排量 (t/年)	SO ₂ 减排量 (t/年)	粉尘减排量 (t/年)	年节约费用 (万元/年)	静态回收期 (年)
YZ	6.8	213	526.1	4.2	2.1	45.1	8.8
CBD(1)	9.8	1502	3710	30	15	152.9	3.1
CBD(2)	164.5	3532	8722.8	70.6	35.3	362.6	4.3
FLCBD	4.9	245.3	605.8	4.9	2.5	19.1	10.2
QJ	29.5	629.7	1555.3	12.6	6.3	68	6.4
DZ	3.1	144	330.4	1.1	0.2	30.5	2.7
XSMMD	5.6	202.6	500.4	4.1	2	62.2	5.8

能与不同换热温差之间的具体关系,求得最优换热温差。

2.5 系统节能性、环保性、经济性评价

对地表水源热泵与常规能源供热、制冷进行节能减排量及回收期计算汇总如表 6 所示。

从表 6 总体来看,与常规制热(冷)系统相比,地表水源热泵节能量、温室及污染气体减排量、经济效益显著。重庆 7 个典型工程项目年平均常规能源替代量为 924.1 吨/年,折算成 CO₂、SO₂、粉尘减排量分别为 2278.7 吨/年、18.2 吨/年、9.1 吨/年,平均静态投资回收期为 5.9 年,地表水源热泵寿命周期一般为 20 年,说明地表水源热泵系统在重庆有明显的经济效益,且系统运行均稳定。

3 结论

3.1 重庆地表水源热泵系统在冬季供暖、夏季制冷期间,室内温、湿度满足设计要求,全年实际应用效果良好。

3.2 江水相比湖水、河水更适宜作地表水源热泵系统的冷热源,其机组 COP 更高。机组全年运行效果较好,夏季机组 COP 明显高于冬季。针对 CBD(1)项目为提高机组利用率,机组选型应参照冬季热负荷,夏季制冷附加冰蓄冷技术。机组负荷率较低的项目以 DeST 等模拟空调动态负荷软件对机组合理选型,机组负荷率宜达到额定值 80% 以上,系统实测负荷率宜达到系统额定设计值 60% 以上。

3.3 地表水源热泵系统 EER 夏季整体比冬季高,冬季热源侧换热温差普遍较小,不仅增加系统总能耗,而且输送管道投资增高,应对各个项目进行变工况运行能耗模拟,按照热泵热源侧系统性能与不同换热温差之间的具体关系,得出最优换热温差,使系统 EER 达到最佳。

3.4 地表水源热泵在节能量、温室及污染气体减排量、经济效益方面与常规制热(冷)系统相比效果显著。平均静态投资回收期为 5.9 年,地表水源热泵系统在回收期后有 10 余年的经济净赚期。

参考文献

- [1] 住房城乡建设部:南方供暖应因地制宜[J].城市规划通讯,2013(3).
- [2] 重庆专项补助可再生能源建筑项目[J].重庆建筑,2008(2):27-27.
- [3] 王勇,顾铭,肖益民,等.长江水源热泵开式与闭式实验对比分析[J].土木建筑与环境工程,2009,31(2):126-130.
- [4] 林勇豹,王勇.开式江水源热泵系统在重庆地区的适用性分析[J].制冷与空调:四川,2013(3):221-225.
- [5] 冷艳锋,赵辉,张元,等.重庆大剧院江水源热泵项目[J].建设科技,2010(18):64-67.
- [6] 卢军,黄俊杰,廖兴中.重庆地区地表水地源热泵系统冬季供暖工程应用[J].暖通空调,2013,43(6):75-77.
- [7] 谢厚礼,刘宪英,冷艳锋,等.重庆地区地表水地源热泵的应用及建议[J].暖通空调,2011,41(6):58-61.
- [8] 彭飞,姜继周,张明圣.水源热泵机组能效标准制定中的几个关键问题[J].制冷与空调,2010(4):5-9.
- [9] 可再生能源蓄能技术在低能耗建筑的应用课题组.中国地源热泵发展研究报告.2013[M].中国建筑工业出版社,2013.
- [10] 徐伟,孙峙峰,何涛,等.《可再生能源建筑应用示范项目测评导则》解读——检测程序·测评标准·测试方法[J].建设科技,2009(16):40-45.
- [11] 徐伟,何涛,郭梁雨.科学测评可再生能源建筑应用——国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》编制[J].建设科技,2010(12):22-23.
- [12] 徐伟,张时聪,陈曦,等.国外暖通空调设计规范及编制机构介绍[J].暖通空调,2012,42(7):61-66.
- [13] 程丽莉.区域复合供能系统中江水源热泵系统的节能优化研究[D].重庆大学,2015.
- [14] 侯宝生.重庆某地表水源热泵系统冬季运行特性及节能调控优化研究[D].重庆大学,2015.
- [15] 周一芳,周邦宁.空调冷源的部分负荷性能系数计算分析[J].暖通空调,2002,32(6):101-103.
- [16] 中国制冷空调工业协会.美国空调与制冷学会标准[M].机械工业出版社,1999.

寒冷地区办公建筑节能改造方案研究

山东建筑大学 楚广明
山东省交通规划设计院 田顺 李智

摘要：办公建筑是公共建筑的重要组成部分，其能耗在公共建筑能耗中所占的比例逐步增高。本文在对寒冷地区办公建筑进行能耗调研的基础上，以《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015 提供的公共建筑模型作为分析基准，通过 DeST 模拟，研究了济南地区办公建筑的节能潜力，并以既定模型的收益投资比（SIR）及节能率为评价指标，确定最优节能改造方案，为寒冷地区既有公共建筑节能改造工作提供参考。

关键词：办公建筑；DeST 模拟；节能潜力；收益投资比

0 引言

随着国家建筑节能标准要求的提高，新建建筑能耗不断降低，而大量的既有非节能建筑，其能耗居高不下。据统计，目前大型公共建筑面积约占城镇建筑面积的 4%，但却消耗了建筑能耗的 22%。我国大型公共建筑单位建筑面积耗电量为住宅的 5~15 倍，是建筑能源消耗的高密度领域。对能耗较高的既有公共建筑进行节能改造，降低其能耗，成为建筑节能工作的重要内容。

办公建筑是公共建筑的主要组成部分，其能耗在公共建筑能耗中所占的比例正逐步增高。本文旨在通过工程调研与计算机模拟相结合的方法，研究寒冷地区办公建筑的节能潜力及改造方案，为寒冷地区既有公共建筑节能改造工作提供参考。

1 寒冷地区办公建筑节能潜力

本文的研究思路是：选取某办公楼作为典型建筑建立计算机模型，利用建筑能耗模拟软件 DeST 进行能耗模拟，并以《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015 提供的公共建筑模型作为参照，通过更改典型建筑的一项或几项参数，模拟其采用节能措施改造后的能耗，与原始典型建筑能耗进行对比，计算节能率，得到该地区办公建筑的节能潜力。

1.1 山东省办公建筑能耗现状

山东省地处我国东部沿海，属于寒冷地区。通过对全省百余栋办公建筑的夏季空调、冬季供暖、通风、照明、生活热水、电梯、办公设备等所使用的所有能耗进行调查，并将所有的终端能源按一定折算系数转化为等效电，计算出办公建筑全年综合电耗作为建筑能耗指标，最终得到调研统计结果，

见图 1。

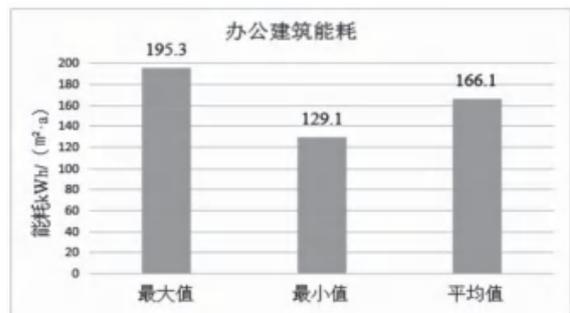


图 1 办公建筑能耗

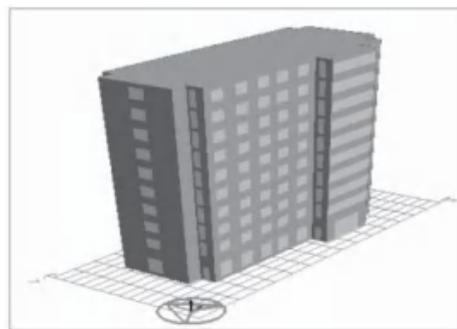


图 2 某办公楼模型

调研的所有样本建筑中，能耗最大值为 195.3kWh/(m²·a)，最小值为 129.1kWh/(m²·a)，平均值为 166.1kWh/(m²·a)，各样本的标准差为 53.2。

1.2 典型建筑

在调研的基础上，选取样本中某办公楼为典型建筑进行建模。该办公楼位于济南市，建成于 2006 年，总建筑面积 9800m²，共 10 层，主要功能为办公室与会议室。建筑朝向坐北朝南，窗墙比为东向 0.24，西向 0.25，南向 0.40，北向 0.37，外窗为透

明中空玻璃,无外遮阳设施,其围护结构参数见表1。

表1 典型建筑热工性能参数

名称	主体构造做法 mm	传热系数 W/(m ² ·K)
屋顶	聚氨酯防水涂料(3mm)	0.55
	二毡三油(3mm)	
	水泥砂浆(20mm)	
	细石混凝土(35mm)	
	钢筋混凝土楼板(180mm)	
外墙	水泥砂浆(20mm)	0.86
	240厚粘土实心砖	
	石灰砂浆(20mm)	
外窗	普通中空玻璃(6+12A+6)	2.7
地面	水泥砂浆抹面(20mm)	周边 0.45
	混凝土(100mm)	非周边 0.23

依据该建筑围护结构参数建立DeST计算模型,见图2。

该办公楼供暖热源采用市政热网,夏季空调冷源为两台螺杆式冷水机组(COP为4.0),末端形式为风机盘管+独立新风系统,每年供冷期为6月1日至8月31日,供暖周期为11月15日至次年3月15日。

室内的人均占有面积、照明功率密度、设备功率密度及新风量等参数设置见表2;照明系统启停时间、设备运行时间、人员作息时间及使用率按《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015提供的典型公共建筑模型设置。

表2 办公楼各房间热扰参数设置

房间类型	人均占有面积(m ² /人)	照明功率密度 W/m ²	设备功率密度 W/m ²	新风量 m ³ /(人·h)
办公室	4	11	20	30
会议室	2.5	11	5	30
门厅	20	11	-	10
走廊	50	5	-	-

各项参数设定后,利用DeST计算得到该办公楼的全年能耗统计,如表3所示。

表3 办公楼各项能耗模拟值及所占比例

能耗项	模拟值 kWh/(m ² ·a)	所占比例 %
总能耗	178.10	100%
供暖空调能耗	71.24	40%
照明能耗	49.69	27.9%
设备能耗	45.41	25.5%
其他	11.75	6.6%

从各项能耗占比来看,该建筑物供暖空调能耗占比最高,其次是照明能耗、设备能耗。

1.3 建筑节能潜力

将典型建筑的围护结构热工性能参数提升至《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015规定的最低限值,即屋面、外墙、外窗的传热系数分别降低至0.45W/(m²·K)、0.50W/(m²·K)、2.4W/(m²·K),将冷水机组的COP提升至5.1,照明功率密度降至9W/m²,设备功率密度降至15W/m²,得到的节能量

与节能率见表4。

表4 办公楼节能量与节能率统计

名称	节能量 kWh/(m ² ·a)	节能率 %
屋顶	1.64	0.92%
外墙	4.11	4.31%
外窗	8.05	2.52%
冷水机组	6.93	3.89%
照明及设备	20.39	11.45%

从计算结果可以看出,提升围护结构的热工性能达到新标准,整个建筑的能耗至少可降低7.75%;冷水机组COP提高21.5%,可节能3.89%;照明及设备功率密度降低22.6%,可带来11.45%的节能率。

2 节能改造经济性分析

2.1 节能改造经济性分析方法

建筑改造作为一项社会经济活动,在注重节能效果的同时还需兼顾投资成本。以某个特定节能率作为节能目标,可以选择不同的改造方案,各个方案所采用的技术措施各不相同,花费的经济资本也相差较大。适宜的节能改造方案,能够获得满意的经济效益。对于不同的改造项目,只有选择合适的经济性分析方法,才能获得理想的结果,得到最优的改造方案。

本文以单一节能措施的收益投资比SIR(saving to investment ratio)和节能方案的节能率作为分析指标,可以直接从物理意义上建立投资增量与节能量、节能率的关系,较为直观的表达投资增量和产生的节能量之间的关系。

$$SIR = S / I$$

式中,S——节能量,kWh;

I——实施某项节能措施所需花费的投资成本,元;

SIR——单位投资成本所获得的年节能量,kWh/元。

SIR值越大,则表明单位投资成本下可获得节能量越多,达到同一节能目标时,所需的投资越少,经济效益较好。

该方法的第一步是分析目标建筑可采取的所有节能措施,并计算各项节能措施所需的投资成本。第二步是以目标建筑为基准模型,计算各项节能措施用于基准模型改造所产生的节能量和所花费的投资成本,并算出SIR值。然后将各节能措施的SIR值从大到小进行排序,将SIR最大的节能措施用于基准模型,得到一个“节能模型”,并在此基础上将SIR排第二的节能措施用于“节能模型”,依次进行,直到所有的措施实施完毕,得到节能率和投

表 5 典型办公建筑节能改造措施清单与 SIR 值

措施	代号	节能量 (kWh/a)	节能率	成本 (元)	SIR(kWh / 元)
1 外墙 20mmESP 板	外墙 -20E	21252.73	2.54%	57131	0.372
2 外墙 30mmESP 板	外墙 -30E	35478.35	4.24%	85696	0.414
3 外墙 20mmXSP 板	外墙 -20X	24348.60	2.91%	63907	0.381
4 外墙 30mmXSP 板	外墙 -30X	38734.67	4.63%	95860	0.405
5 屋顶 20mmESP 板	屋顶 -20	4952.39	0.60%	5577	0.828
6 屋顶 30mmESP 板	屋顶 -30	8116.20	0.97%	8324	0.975
7 Low-e 中空玻璃窗 (6Low-e+12A+6)	窗户 -1	30958.70	3.70%	239990	0.129
8 惰性气体 + 镀 Low-e 膜窗 (6Low-e+9A+6)	窗户 -2	31962.77	3.82%	266356	0.120
9 镀膜热反射玻璃窗 (6+12A+6)	窗户 -3	30205.65	3.61%	197418	0.153
10 冷水机组 COP4.7	冷机 -1	29452.60	3.52%	170440	0.174
11 冷水机组 COP5.1	冷机 -2	31688.78	3.81%	188624	0.168
12 冷水机组 COP5.5	冷机 -3	34383.31	4.14%	208384	0.165

注：基准模型冷水机组参数：额定制冷量 349KW，COP=3.7，2 台。

资成本的动态曲线。

2.2 典型建筑节能措施的经济性分析

基于上述分析，以上面的典型办公建筑作为基准模型，分析可对该模型采取的节能措施，并计算 SIR 值及投资回收期。

该办公建筑可采取的节能措施有：1) 外墙加设 20mmESP 板外保温层；2) 外墙加设 30mmESP 板外保温层；3) 外墙加设 20mmXSP 板外保温层；4) 外墙加设 30mmXSP 板外保温层；5) 屋顶加设 20mmESP 板保温层；6) 屋顶加设 30mmESP 板保温层；7) 将窗户改造为 Low-e 中空玻璃窗 (6Low-e+12A+6)；8) 将窗户改造为惰性气体 + 镀 Low-e 膜窗 (6Low-e+9A+6)；9) 将窗户改造为镀膜热反射玻璃窗 (6+12A+6)；10) 更换高效率冷水机组 COP4.7；10) 更换高效率冷水机组 COP5.1；10) 更换高效率冷水机组 COP5.5；如表 5。

计算之前，首先需要得到不同节能措施需花费的成本，包括原料费、人工费和机械使用费等。EPS 板和 XPS 板 2 种保温材料的成本分别为 340、590 元 / m²；Low-e 中空玻璃窗 (6Low-e+12A+6)、惰性气体 + 镀 Low-e 膜窗 (6Low-e+9A+6)、镀膜热反射玻璃窗 (6+12A+6) 这 3 种玻璃的成本分别为 120、195 和 68 元 / m²。

依据节能改造经济性分析方法，获得该模型条件下达到某节能率的最小投资增长率曲线，如图 3。

由表 5 及图 3 可知，采用该分析方法对既定模型进行节能改造，将各措施的 SIR 从大到小进行排列后，依次实施各项节能措施后可得到最优方案节能率为 11.21%，投资回收期为 4.93a。具体方案为：屋顶加设 30mmESP 板保温层、外墙加设 30mmESP 板外保温层、更换 COP4.7 高效率冷水机组、将窗户改造为镀膜热反射玻璃窗 (6+12A+6)；从计算结

果来看，屋顶投资收益比较大，其次是外墙、冷水机组，外窗的投资收益比较小；从节能率大小来看，外墙加设 30mmESP 板外保温层带来的节能率最大，为 4.63%，其次是更换 COP5.5 高效率冷水机组，为 4.14%，将窗户改造为惰性气体 + 镀 Low-e 膜窗 (6Low-e+9A+6)，为 3.82%，屋顶加设 20mmESP 板保温层的节能率最小，为 0.60%。对屋顶进行改造的收益投资比最大，但是产生的节能量较小；更换高效冷水机组和对外墙加设保温层可产生的节能量较大，节能效果明显，且收益投资比较大，投资回收期较短，经济效益好；对外窗进行改造，将原有外窗更换为高性能的窗户也能够带来较大节能量，但成本也比较高，收益投资比最小。

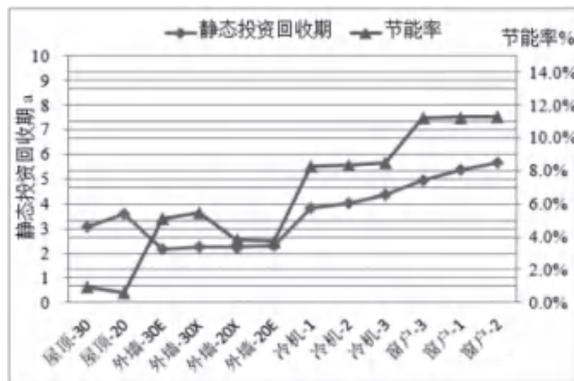


图 3 节能率与静态投资回收期对照图

3 结论

(1) 通过调研得到了山东地区办公建筑的能耗状况，能耗最大值为 195.3kWh/(m² a)，最小值为 129.1kWh/(m² a)，平均值为 166.1kWh/(m² a)。

(2) 以《公共建筑节能设计标准》GB50189-

(下转 59 页)

多台定速水泵并联设计及运行几点问题的分析

山东省建筑设计研究院有限公司 刘波 霍亭
哈尔滨工业大学 方修睦

摘要：阐述了笔者在工程实践与阅读相关文献中发现的多台定速水泵并联设计及运行中存在的几个问题，通过理论分析找出了出现这些问题的原因，并提供了解决这些问题的方法，以期能为并联水泵设计及运行提供参考。

关键词：定速水泵 并联 效率 超载

0 引言

在供暖空调管网系统中，设计师一般将最大负荷工况当做设计工况，而在实际运行时，大多数情况下管网系统在低于设计工况负荷下运行。为了降低管网系统输配能耗，这就存在一个管网系统调节流量的问题。一般可以通过设计变频水泵变频调节或者并联多台水泵增减水泵运行台数来调节管网系统流量。管网系统水泵并联运行，一方面可以增加系统的流量，另一方面可以通过改变运行水泵的台数调节系统流量^[1]。虽然变频水泵通过变频调速调节流量应用日益广泛，但设计多台定速水泵并联通过增减水泵调节流量的方法在实际工程中依然占有很大比例，其在运行流量调节中存在的问题也凸显出来。在本文中，作者针对定速水泵并联的几点问题进行分析探讨，以期能为并联水泵设计及运行提供参考。

1 水泵并联形式

1.1 完全并联

完全并联表示水泵性能曲线完全相同的水泵并联。绘制完全并联水泵流量-扬程特性曲线时，只需要保证所有水泵扬程相同，将每台水泵的流量-扬程特性曲线的流量叠加即可。如图1所示。曲线1、2分别代表1台水泵和2台水泵完全并联时流量-扬程特性曲线，其中，长度 $AB=BC$ 。

1.2 局部并联

局部并联又称为不完全并联。两台水泵性能曲线不同的水泵并联，在水泵的流量-扬程特性曲线上，只要两台水泵有共同的扬程工况点（流量工况点不加限制），两台水泵就有局部并联的可能性。图2为两台水泵局部并联示意图，曲线1、2、1+2分别代表1号水泵、2号水泵和两泵局部并联管网

的流量-扬程特性曲线。由图2可以看出，两台水泵都有 H_1 、 H_2 之间的扬程工况点。所以，当水泵扬程处于 H_1 、 H_2 之间时，两台水泵处于局部并联状态。绘制局部并联流量-扬程曲线时，两台水泵扬程相同，流量为工作扬程下各自水泵对应流量的相加值，图中， $DC+DB=DA$ 。同理，当多台水泵满足局部并联条件时，以此类推，便可绘制出多台水泵局部并联的流量-扬程特性曲线图。一般局部并联设计只并联两台水泵^[3-4]。

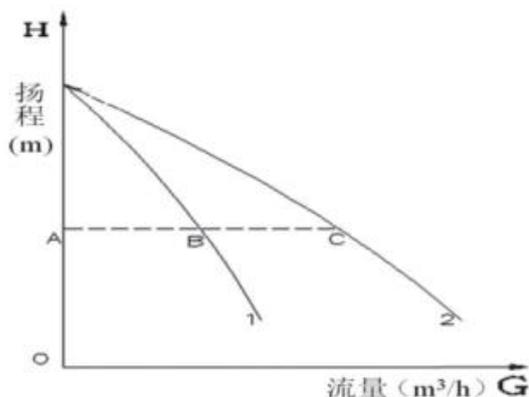


图1 两台水泵完全并联示意图

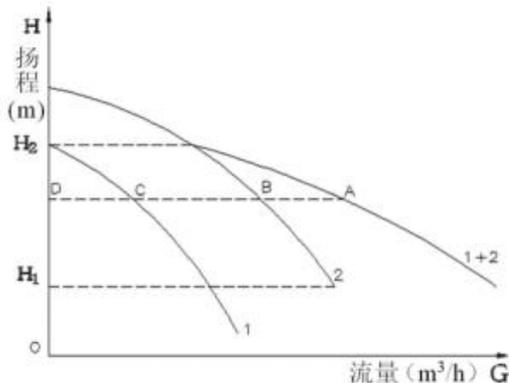


图2 两台水泵局部并联示意图

1.3 不能并联

当两台水泵扬程相差过大时，大扬程水泵的最小扬程大于小扬程水泵的最大扬程，在这种情况下，两台水泵如果并联，不能形成并联工作。如图3所示，曲线1、2分别代表1号水泵、2号水泵流量-扬程特性曲线。此时如果两泵并联，由于两个水泵没有共同的扬程工况点，1号水泵处于空转状态。因此，工程实际中，应该严格杜绝不能并联这种工况。

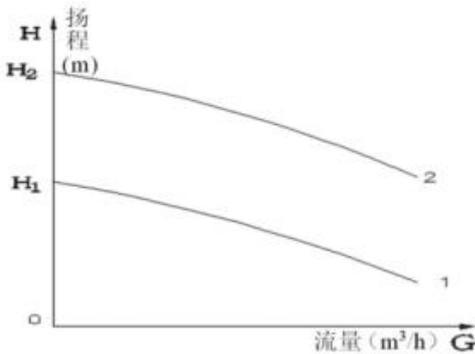


图3 两台水泵不能并联示意图

2 水泵完全并联

2.1 水泵完全并联存在的问题

目前管网系统的水泵并联设计大多采用完全并联方式。但是，一些学者指出，虽然采取了水泵完全并联方式，该方式还是存在一些问题。比较典型的两个问题是：(1)运行调节时(增减运行水泵台数)水泵运行工况点变到低效率区域，不利于水泵节能，有时还有烧坏电机的危险；(2)水泵并联台数越多，其流量增加量越少。

2.1.1 运行调节过程中效率降低问题的分析

文献[5]指出，当管网特性曲线不变时，逐渐增加并联水泵台数，水泵效率会逐渐降低。文献[5]中水泵有三种运行工况，各工况运行参数如表1所示。由表1可知，单泵运行时，水泵效率最高，依次增加完全并联水泵台数，并联运行中的每台水泵的效率逐渐降低。定性绘制图4多台水泵完全并联性能曲线，可以很容易看出水泵效率下降的原因，图中主次纵坐标分别表示水泵扬程和效率。图中曲线1、曲线2和曲线3分别为分别为单台水泵、两台水泵完全并联和三台水泵完全并联的流量-扬程曲线，曲线I代表管网特性曲线，曲线II代表水泵的流量-效率曲线。文献[6]指出，水泵的额定流量是指水泵在最高效率下对应的流量，工程师设计时应尽量让设计流量等于额定流量，从而达到节能的目的。

的。针对文献[5]中的情形，管网初始设计工况为单泵运行工况，设计状态点对应图4中A点，水泵效率为 η_A 。后期管网流量增大又增加一台完全并联水泵，管网系统状态点为B点，每台水泵对应状态点为C点，水泵效率为 η_C 。当三台水泵完全并联运行时，管网系统状态点为D点，单台水泵对应状态点为F点，水泵效率为 η_F 。在流量-效率曲线上， $\eta_A > \eta_C > \eta_F$ 。同时也不难看出，由于初始设计时流量对应的效率最高，逐渐增加水泵并联台数，单台水泵运行流量减小了，流量对应的效率也降低了，不利于节能。

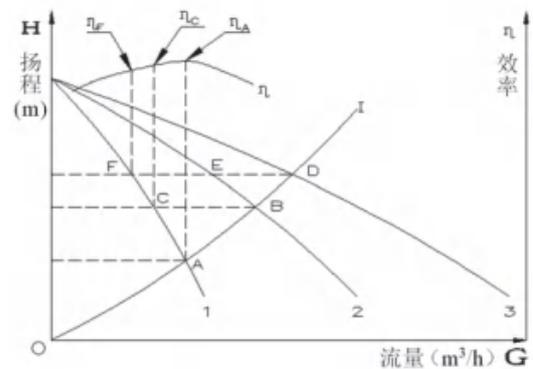


图4 多台水泵完全并联性能曲线图

还有学者指出，运行调节中，减少完全并联系统中运行水泵台数，水泵运行状态也会发生偏移，效率也会降低，并且有烧毁电机的危险^[7-9]。以图5为例，假设管网系统设计工况点为D点，则每台水泵设计工况点为F点，水泵效率为 η_F ，此时每台水泵都运行在高效率区。如果管网不变，关闭一台水泵，管网系统工作点变化到B点，每台水泵运行工作点为C点，水泵效率为 η_C ；继续关闭一台水泵，管网以及水泵的工作点会变为A点，此时水泵效率为 η_A ，工作点远远偏离水泵高效率区域，并且单台水泵流量增大，有超载烧坏电机的危险。其原因在于：初始设计时流量对应的效率最高，逐渐减少水泵并联台数，单台水泵实际流量增加了，流量对应的效率反而降低了，而流量对应的功率增加了。

对比图4和图5不难看出，水泵的初始设计工况设计流量等于额定流量，水泵效率最高，不管增加还是减少完全并联水泵的台数，其效率都会降低。如果要增加并联运行水泵台数，则水泵效率会降低，其实质是管网系统水流量大，管网的阻力变大，水泵的扬程也变大，对应的每台水泵流量降低，偏离了最高效率点；反之，如果要减少并联运行水泵台数，水泵效率同样会降低，这种情况的实质是管网系统水流量减小，管网阻力变小，水泵扬程也变小，对

表 1 循环水泵并联运行参数对比表

工作状况	系统流量 (m ³ /h)	单泵流量 (m ³ /h)	系统阻力 (mH ₂ O)	轴功率 (KW)	效率 (%)
单泵	236.4	236.4	25.0	20.7	78.3
双泵	246.4	123.2	27.3	30.1	64.3
三泵	250.6	83.5	28.1	35.0	53.2

应的每台水泵的流量增大,同样偏离了最高效率点。

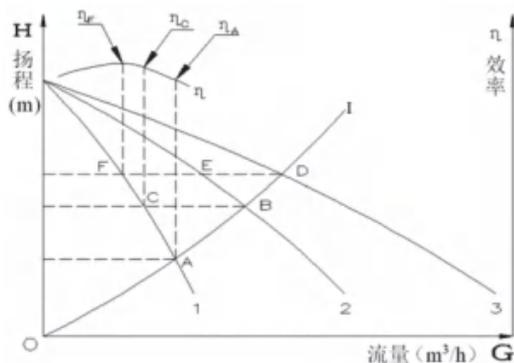


图 5 多台水泵完全并联性能曲线

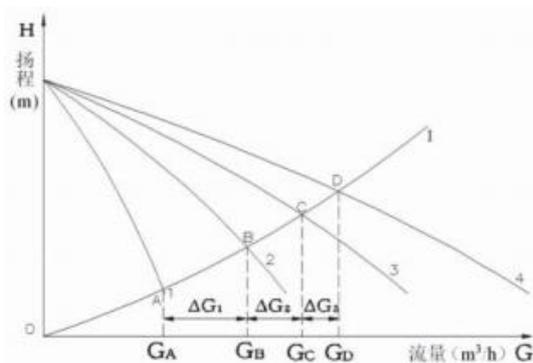


图 6 多泵水泵完全并联示意图

2.1.2 增加并联水泵台数与流量增加关系的分析

文献 [10] 指出当 N 台水泵完全并联运行时, 并联后的流量并不是单台水泵在同一管网系统中流量的 N 倍, 管网系统流量的增加量随着并联台数增加会越来越小。而文献 [11] 指出“对于既定管网, 如果企图通过增加水泵台数的方法来获取系统流量的提高, 显然是不合理的。”如图 6 所示, 曲线 1、2、3 和 4 分别代表一台水泵、两台水泵完全并联、三台水泵完全并联和四台水泵完全并联流量-扬程特性曲线, 曲线 代表管网特性曲线。单泵运行时, 管网系统状态点为 A 点, 对应流量为 G_A ; 两泵完全并联时, 管网系统状态点为 B 点, 对应流量为 G_B , 相对于单泵运行增加流量为 G_1 ; 三泵完全并联时, 管网系统状态点为 C 点, 对应流量为 G_C , 相对于两泵完全并联运行增加流量为 G_2 ; 四泵完全并联时, 管网系统状态点为 D 点, 对应流量为 G_D , 相对于三泵完全并联增加流量为 G_3 。从图中可以看出,

$G_1 > G_2 > G_3$ 。以此类推, 随着并联台数的增加, 每增加一台水泵管网系统增加的流量值越来越小。同时, 由表 1 也可以看出, 双泵并联比单泵运行流量增加了 $10.0\text{m}^3/\text{h}$, 而三泵并联只比双泵并联增加了 $4.2\text{m}^3/\text{h}$, 流量增加速度越来越小。

2.2 多台水泵完全并联设计方法探讨

2.2.1 多台水泵完全并联设计步骤

对于某个管网系统, 通常情况下, 系统的最大负荷工况即为设计工况。对于暖通设计工程师, 不管是单台水泵系统还是多台水泵并联系统, 总是期望所选水泵在设计工况效率最高, 从而达到节能的目的。按照这一思路, 多台水泵完全并联设计思路应该如此: 假设管网系统设计的总流量为 $4G_0$, 在此流量下管网系统阻力为 H_0 。以图 7 中为例, 曲线 1~ 曲线 4 分别代表 1 台水泵、2 台水泵完全并联、3 台水泵完全并联和 4 台水泵完全并联流量-扬程特性曲线, 曲线 为管网特性曲线。当管网系统配置 4 台水泵时, 每台水泵的设计流量应该为 G_0 , 设计扬程为 H_0 , 同时流量 G_0 和扬程 H_0 对应的工作点在高效率区, 即图中 D 点为管网系统设计工作点, G 点为每台水泵工作点。以此类推, 当管网系统设计流量为 G , 阻力为 H , 系统配置水泵为 N 台时, 则每台水泵的设计流量为 G/N , 设计扬程为 H , 流量 G/N 和扬程 H 对应的工作点在高效率区。只要按照这一思路设计, 不管几台相同型号水泵并联运行, 单台水泵都在设计点工作, 水泵效率最高; 设计者可以按照自己设计要求确定并联水泵台数和每台水泵的设计工作点, 来达到管网系统需要的流量和扬程, 并不存在水泵并联台数过多而系统流量增加有限这一问题 [12]。

2.2.2 非常规多台水泵完全并联设计原因分析

对于图 4 和图 6 中所述的情况, 笔者认为是没有对管网系统的设计工况搞清楚。如果已经知道管网的设计流量、阻力, 按照前述多台水泵完全并联设计方法, 可以很容易选出合适的水泵满足管网的流量、阻力要求, 而且每台水泵都在高效率区工作。图 4 和图 6 中无不是把单台水泵运行时的水泵额定流量作为管网的设计流量, 既然设计流量确定了, 不知为何还要再增加并联水泵台数, 于理说不通。笔者认为仅有一种情况使用此方法: 初期设计管网用一台泵满足设计要求, 后来由于服务区域变大,

管网设计流量增加,想通过增加并联水泵台数的方法来增加管网流量。对于这种情况,增加并联水泵台数,每台水泵效率肯定降低,增加台数越多,流量增加越不明显,水泵效率降低也更多,此种方法需谨慎采用。如果的确想采用此种方法,建议认真计算校核满足经济性尚可采用。

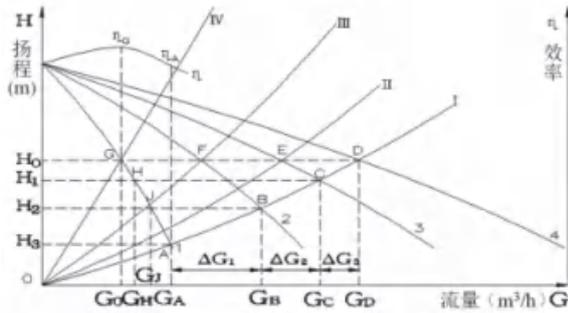


图7 多台水泵并联设计及超载防护示意图

2.3 多台型号相同水泵超载问题

2.3.1 超载问题的原因

管网系统采取水泵并联的一个重要原因是便于在部分负荷工况下减少运行水泵台数,以达到节能的目的。但是,在部分负荷工况下,如果不采取相应的措施,水泵有超载的危险。以图7为例,按照上述方法设计多台水泵并联系统,管网系统的设计工况点为D点,流量 $G_D=4G_0$,单台水泵工况点为G点。当系统负荷变为部分负荷工况时,在管网不变的情况下,减少一台并联水泵,管网系统的状态点为C点,对应单台水泵状态点为H点,此时运行流量 G_H 大于额定流量 G_0 ,水泵处于超负荷运行状态,这对水泵安全运行是一个隐患。同时可以发现,减少并联水泵台数越多,每个水泵运行流量偏离额定流量越远,当只有一台水泵运行时,水泵运行状态点为A点,已经远远偏离水泵正常运行状态。

2.3.2 避免超载的措施

水泵超载容易烧坏电机,有必要设法将部分负荷工况下每台水泵的运行状态点控制在额定状态点。一般情况下,在每台水泵出口安装限流止回阀便可以解决这一问题。限流止回阀的作用是当关闭一台水泵时,仍然在运行的水泵上的限流止回阀自动关小,增大阻力,减小系统流量,防止超载现象的发生^[11]。其原理见图7,其中曲线、曲线、曲线和曲线分别代表4条不同的管网特性曲线:设计工况下,4台水泵同时运行,每台水泵处于高效率区运行;关闭一台水泵,仍然在运行的水泵上的限流止回阀自动关小,增大阻力,管网特性曲线变为曲

线,水泵依然处于高效率区运行;再关闭一台水泵,管网特性曲线变为曲线,水泵仍旧处于高效率区运行;继续关闭一台水泵,运行水泵依然处于高效率区。此类方法虽然采取了节流措施有耗能的缺点,但保证了水泵处于高效率区工作,而且杜绝了水泵超载烧坏电机的情况,还是值得肯定的。此外,也可以通过时时监测的方法来防止水泵超载。一般情况下,当水泵运行流量超过额定流量时,水泵的功率与流量、扬程存在一一对应关系,可以监测水泵的功率或流量或扬程,当功率或流量超过最高限定值或扬程低于最低限定值,连锁关闭水泵。

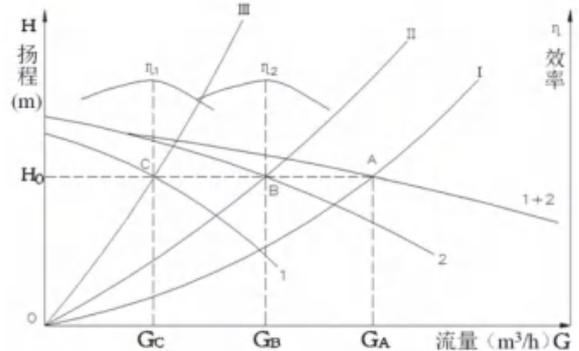


图8 水泵局部并联设计示意图

3 局部并联分析

常规设计中,一大一小的水泵并联设计是应该杜绝的,但当两台水泵满足局部并联设计时,也不一定完全否定一大一小并联设计。有时由于特殊原因,冷水机组设计的并不是相同型号大小,例如两个冷水机组,一大一小,此时水泵也必须配套设计一大一小才能达到节能目的。低负荷时候开启小冷水机组和对应的小水泵,中等负荷时候开启大冷水机组和大水泵,设计负荷情况下开启全部的冷水机组和水泵。关于此种情况下的水泵系统设计,为分析方便,绘制图8所示水泵局部并联设计示意图,图中曲线1、曲线2和曲线1+2分别代表小泵流量-扬程特性曲线、大泵流量-扬程特性曲线和两台泵并联时流量-扬程特性曲线。曲线₁和曲线₂分别代表小泵和大泵的流量-效率曲线。管网特性曲线为局部并联设计时,假设管网的设计流量为 G_A 、设计阻力为 H_0 ,大冷水机组、小冷水机组设计流量分别为 G_B 、 G_C 。那么大泵的额定流量应该为 G_B 、额定扬程为 H_0 ,小泵的额定流量应该为 G_C 、额定扬程为 H_0 ,此时设计工况下的每台水泵的效率最高,由于两台水泵扬程相同,并不存在小泵空转的情况。

当然,由于管网是按照最大负荷设计,当部分负荷工况时候,例如只有大泵和冷水机组运行时,如果不采取措施会出现流量偏大,电机超载现象。此时需要采取上文所述加限流止回阀等节流措施,将管网特性曲线调节成曲线形式,大泵的工作状态点仍然在额定状态点上。

4 结论

4.1 两台水泵并联存在三种情形(1)完全并联;(2)局部并联;(3)不能并联。其中不能并联的情形小泵处于空转状态,需要严格杜绝。

4.2 并联水泵中每台水泵只在其设计工况处于高效率区,增加或者减少并联水泵台数,水泵的效率都会降低,减少并联水泵台数甚至会导致电机超载,烧毁电机。(1)建议每台并联水泵安装限流止回阀,减少并联水泵台数时,阀门起到限制流量增大的作用,防止水泵流量过大,电机超载;(2)对于后期设计中,增大服务区域进而需要增加管网流量的情况,不建议采取单纯的并联水泵增大流量的方法,一是水泵效率肯定会降低,再者是流量增加并不明显。

4.3 多台水泵完全并联设计时,先确定管网的设计流量和阻力,然后确定并联水泵的台数,最后水泵的设计流量即为管网的设计流量除以水泵台数,水泵的扬程即为管网阻力。

4.4 水泵一大一小并联设计不应该完全否定,当两台水泵满足局部并联设计情况时,可以考虑采取此类设计方式。

参考文献:

[1] 符永正,吴克启,蔡亚桥.水泵并联变台数运行的有关问题分析[J].水泵技术,2005(3):41-43.

[2] 陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2008:1178-1179.

[3] (瑞典)Robert Petitjean等著.杨国荣,胡仰耆,魏炜,方伟译.全面水力平衡暖通空调系统设计与应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2007:52-53.

[4] 吴飞,崔彦枫,李祥立,邹平华.水泵性能曲线方程研究[J].暖通空调,2006,36(10):63-66.

[5] 游旻昱,李德英.循环水泵曲线拟合及其应用研究,全国暖通空调制冷2002年学术年会论文集.2002.

[6] 董哲生.空调水系统阻力计算及水泵选型若干问题[J].暖通空调,2006,36(9):45-47.

[7] 符永正.水泵并联运行的流量增量及相关问题分析[J].暖通空调,2004,34(11):83-85.

[8] 元玉栋.循环水泵选择设计中相关问题的分析[J].2005年山东省制冷空调学术年会.

[9] 崔卫滨,毛金尧,魏远娟.泵并联运行流量增量的影响因素与并联运行设计的初探[J].广东化工,2014,41(1):138-142.

[10] 沈明华.多台水泵并联运行与水泵最佳效率点的合理选择[J].中国土木工程学会水工业分会第四届理事会第一次会议论文集,2002年.

[11] 陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2008:1179-1180.

[12] 许淑惠,严颖等.水泵并联选型及节能运行相关问题探讨[J].北京建筑工程学院学报,2008(06):01-04.

[13] 符永正,刘万岭.限流止回阀的工作原理及应用[J].阀门,2005(02):36-37.

(上接54页)

2015提供的公共建筑模型作为参照,分析了济南市某办公建筑的节能潜力。通过提升围护结构性能,将带来7.75%的节能率;提高冷水机组的能效,可节能3.89%;对照明进行优化,使用高效率的设备,可节能11.45%。

(3)以单一节能措施的收益投资比SIR值和节能率为评价指标,对目标建筑进行了经济性分析,得到了最优节能改造方案,其节能率为11.21%,投资回收期为4.93a。各节能措施中,投资收益比从大

到小分别为屋顶、外墙、冷水机组、外窗。

参考文献:

[1] 清华大学建筑节能研究中心.《中国建筑节能年度发展研究报告2014》[M].中国建筑工业出版社.2014:43-48.

[2] 孙诗冰,王俊领.墙体节能改造保温层厚度的优化研究[J].节能技术,2008-3:219-221.

[3] 王伟,董春娇.高校教学楼能耗现状分析和节能措施研究[J].建筑节能,2013-8:58-66.

R134a 和 R407c 管内沸腾换热的数值模拟

辽宁科技大学 材料与冶金学院 刘邓 李晓明
中国科学院大学 工程热物理所 武广龙

摘要：利用有限容积法，针对纯制冷剂 R134a 和非共沸混合制冷剂 R407c，在水平管和 U 型管组合的物理模型内沸腾换热过程进行数值模拟，得到了温度、速度、干度及换热系数的分布，并分析了管内工质的流速和热流密度的变化对沸腾换热系数的影响。此外，还对 R134a 在 U 型回转式弯头的水平光滑管内的沸腾换热进行非稳态的数值模拟，可以清晰地观察到气泡的产生、跃离、生长和破碎的气液两相流型变化，并且模拟结果与 Baker 流型图也较吻合。

关键词：气液两相流 沸腾传热 数值模拟

0 引言

在 80 年代，科学界确认氟氯烃 (CFC) 是引起臭氧破坏和温室效应的有害物质之一。淘汰了 R11、R12、R113、R114 等普遍使用的 CFC 类制冷剂，即使 R22 等 HCFC 类对环境的污染破坏影响相对较小一些，最终也将被禁止使用。所以，研究并开发环保的新型制冷剂在制冷领域内是一个重要的研究课题。R134a 是第一个被提出来的非臭氧破坏物质 (ODP=0)，具有较好的热物理性质，其温室效应潜能值 (GWP) 很低，不易燃，无毒，在冰箱、冷柜、汽车空调等制冷设备中已经开始使用。R407c 具有清洁性、低毒性和不燃性等特点，尤其不破坏臭氧层 (ODP=0)，是目前使用较多的中高温环保制冷剂。所以研究制冷剂 R134a 和 R407c 的换热特性对今后的制冷领域有着重要作用。

随着在社会生产力提高的同时，也开始引起人们对研究气液两相流的注意。郭雷^[1]等着重研究在竖直矩形的细通道内水的沸腾换热情况；欧阳新萍^[2]等在水平管外 R404a 和 R407c 的沸腾换热进行了实验研究；李静^[3]模拟研究的是在竖直圆管内的沸腾换热；吴晓敏^[4]等对 CO₂/丙烷混合工质在水平管内的沸腾换热进行分析。而本文选用的是将水平管和 U 型管两者组合起来的物理模型，针对纯制冷剂 R134a 和非共沸混合制冷剂 R407c 在带有翅片的光滑管内沸腾换热过程进行数值模拟，并进行对比分析。此外，还对在 U 型回转式弯头的水平光滑管内的沸腾换热过程单独做非稳态的数值模拟，以此观察气液两相流的流型变化，并与 Baker 流型图做了对比。

1 数值模拟的模型

1.1 物理模型及参数

图 1.1 为模拟用的水平弯管的示意图。其中管直径 D 为 25 mm，壁厚 δ 为 0.5 mm，管长 L 为 12.89 m。选取 R134a 和 R407c 两种工质。由于本文重点研究的是制冷剂在管内的流动换热，所以创建几何模型时，忽略管壁，只是针对管内区域划分网格，然后进行了相关网格的独立性检验，最后得到了符合条件的计算网格。本文采用固定热流密度 (30 kW/m²) 的方法，对管壁使用壁面边界条件，并且为 0.5 m/s 的入口流速，自由出流的出口流速。

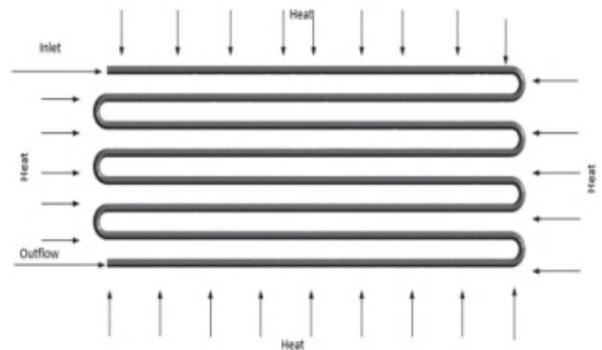


图 1.1 水平弯管示意图

非稳态模拟采用的边界条件与稳态模拟相同。此外，利用软件 Refprop8.0 计算分别得到了 R134a 和 R407c 的热物性参数，分别如表 1.1 和表 1.2 所示。

1.2 数学模型

控制方程可以表示成如下的通用形式^[5]：

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \text{div}(\rho U\phi) = \text{div}(\Gamma_{\phi} \text{grad}\phi) + S_{\phi} \quad (1)$$

式中 ϕ 为通用变量； Γ_{ϕ} 为广义扩散系数； S_{ϕ} 为

* 国家自然科学基金 (No.51206074)

广义源项。

表 1.1 R134a 的热物性参数

R134a	液体	气体
分子量 /kg/(kg·mol)	102.031	
密度 /kg/m ³	1258.6	20.525
定压比热容 /J/(kg·K)	1374.4	930.8
导热系数 /W/(m·K)	0.08792	0.01276
粘度 /kg/(m·s)	0.00024159	0.00001146
标准状态焓 /J/(kg·mol)	21796882.53	41196036.56
表面张力 /N/m	0.01015	
汽化潜热 /kJ/kg	215	
参考温度 /K	283.15	

表 1.2 R407c 的热物性参数

R407c	液体	气体
分子量 /kg/(kg·mol)	86.204	
密度 /kg/m ³	1198.7	33.079
定压比热容 /J/(kg·K)	1455.6	1059.8
泡点温度 /K	283.15	—
露点温度 /K	—	289.02
导热系数 /W/(m·K)	0.091316	0.013532
粘度 /kg/(m·s)	0.00018606	0.000011908
标准状态焓 /J/(kg·mol)	18479551.48	35916034.56
表面张力 /N/m	0.00913	
汽化潜热 /kJ/kg	202.27	
参考温度 /K	283.15	

制冷剂液体在管内蒸发时，流体被加热达到所在压力下的饱和温度以后，会从液相变为气相，所以两相间必然会有质量传递。质量传递过程采用 De Schepper 等^[6]提出来的方程，不同相之间的质量源项如下：

当 $T_{liq} \geq T_{sat}$ 时，制冷剂液体蒸发

$$\text{液相: } \dot{m}_{liq} = -0.1\alpha_{liq}\rho_{liq} \left| \frac{T_{liq} - T_{sat}}{T_{sat}} \right| \quad (2)$$

$$\text{气相: } \dot{m}_{vap} = 0.1\alpha_{liq}\rho_{liq} \left| \frac{T_{liq} - T_{sat}}{T_{sat}} \right| \quad (3)$$

气液两相间的能量传递是伴随着质量传递过程进行的，蒸发过程中能量源项的计算公式为：

$$S_E = -0.1\alpha_{liq}\rho_{liq} \left| \frac{T_{liq} - T_{sat}}{T_{sat}} \right| \Delta H \quad (4)$$

其中， T_{sat} 为蒸发温度； T_{liq} 为制冷剂液相的温度； α_{liq} 为液相容积率； α_{vap} 为气相容积率； ρ_{liq} 为制冷剂液相密度； \dot{m}_{liq} 为单位时间单位体积内向液相传递的质量， \dot{m}_{vap} 为单位时间单位体积内向气相传递的质量； ΔH 为汽化潜热。以上模型公式针对的是纯制冷剂工质，而对于混合制冷剂工质，拟采用 Lee 模型^[7]定义不同相之间的质量传递：

$$\text{液相: } \dot{m}_{liq} = \begin{cases} \tau\alpha_{vap}\rho_{vap}(T_d - T_{vap}) / T_d, & T_{vap} \leq T_d \\ 0, & T_{vap} > T_d \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{气相: } \dot{m}_{vap} = \begin{cases} \tau_v\alpha_{liq}\rho_{liq}(T_{liq} - T_b) / T_b, & T_{liq} \leq T_b \\ 0, & T_{liq} > T_b \end{cases} \quad (6)$$

制冷剂在蒸发过程中，气液两相间的能量传递与纯制冷剂工质的能量源项的计算公式类似：

$$S_E = \dot{m}_{vap}\Delta H \quad (7)$$

其中， T_b 为泡点温度； T_d 为露点温度； τ_l 为液相的时间松弛系数， τ_v 为气相的时间松弛系数，建议取值为 0.1^[7]。

2 数值模拟结果及分析

2.1 R134a 非稳态模拟结果分析

管内沸腾换热的两相体积分数分布如图 2.1 所示，其中液相的体积分数用红色表示，气相的体积分数用蓝色表示。气弹状流、细泡状流、波状流和分层流的两相流特定流型能在图中很明显的展现出来。分析：液体在进入刚管内时被加热，所以换热管开始部分并没有气泡，只能观察到液相。首先被加热到饱和温度的液体开始蒸发，在这些部分首先开始形成气泡，受重力影响会逐渐上升到管子顶部，随着细泡状流的形成，一系列其他两相流流型也开始逐渐发展。液相的速度小于气相的速度，当气相的数量逐渐增加时，管内的两相流动也变得愈发混乱。

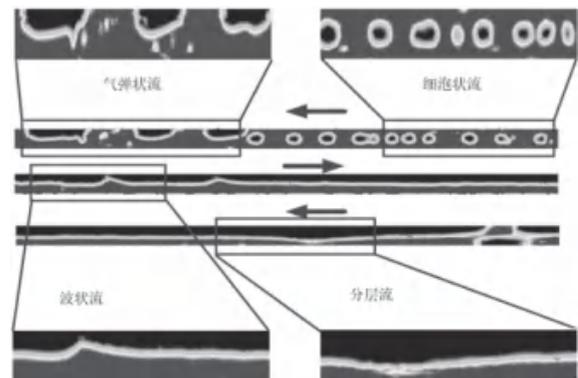


图 2.1 管内沸腾换热的两相体积分数分布

当液体继续向管内流入时，气相的体积分数和速度都会增加，也会观察到气弹状流型。气弹状流区域的混乱程度比细泡状流和气塞状流的混乱程度大，但其两相交界面曲率与后两者相比较会变缓和。第二管道后部，第三和四管道分别出现了出现气弹状、波状流和分层流流型。许多采用水平管件的换热器的设计必须用 180° 弯头（回转型弯头）。由于回转型弯头的出现，气相在管道弯头处会重新分

布,如图 2.2 (a) 所示。在一些绝热弯头处,还可能出现气相的再冷凝现象。两相的温度场如图 2.2 (b) 所示,液体在管内加热,当达到沸点 283.15 K 时,液体开始蒸发,气相逐渐形成。就如图 2.2 (b) 所示,累积的气相由于过热其温度有所上升,然而由于液体的替换流动和气相在管顶部,所以只是壁温有所上升。气液两相的速度分布具有明显的差别如图 2.2 (c) 所示。而且,气相速度往往大于液相速度,速度的差别导致了气弹状流和波状流的形成和发展。



(a) 液相体积分数 (b) 温度场 (c) 速度场

图 2.2 气液两相在管内的沸腾换热过程

在上述对非稳态模拟结果分析的基础之上,本文利用相关的相应的流型图与模拟得到的结果进行对比。图 2.3 为在管道中心界面上选取的流型不同的 6 个点,与目前使用较多的 Baker 流型图较为吻合,如图 2.4 所示。

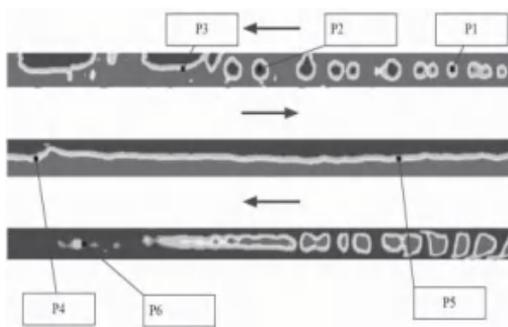


图 2.3 选取的 6 个不同流型点

2.2 R134a 稳态模拟结果分析

由于换热管较长,故选取具有特征的截面。如图 2.5 所示可以看出,当换热管管壁为恒定的热流密度时,R134a 从换热管入口流动到出口进行沸腾换热,管壁温度高于工质的温度,工质被加热,其温度逐渐升高,近壁面处的工质温度高于工质中心

部分的温度,故温度与温度梯度沿管热管壁面的法线方向逐渐逐渐减小。

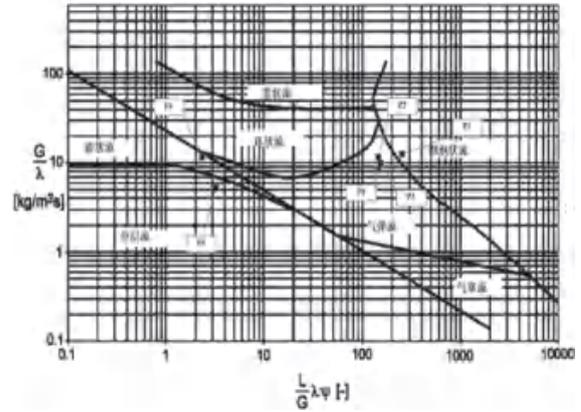


图 2.4 Baker 流型图^[8]

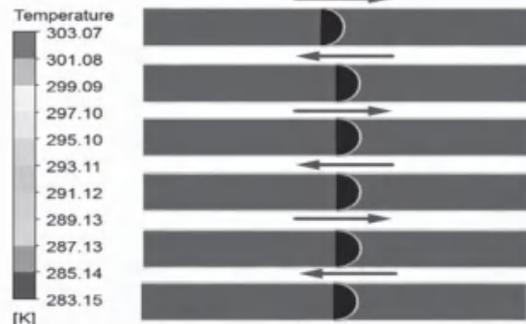


图 2.5 R134a 在截面上的温度场分布

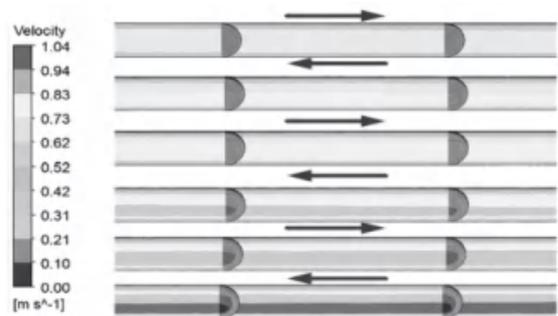


图 2.6 R134a 在截面上的速度场分布

如图 2.6 所示,R134a 从换热管入口流动到出口进行沸腾换热时,在入口速度一定的情况下,由于受管壁加热的作用,工质由粘性系数相对较高的液相制冷剂逐渐沸腾转化为粘性系数相对较低的气相制冷剂,工质的沿程阻力也相应地逐渐减小,而且,在同一压力梯度下,蒸汽的密度较小,速度较大。在沿壁面法线方向,由于壁面处是首先发生沸腾换热的地方,传质阻力影响比较明显,阻力沿法线方向起初较大,但逐渐减小。在边界层内出现很明显的速度梯度变化现象,即中心部分流速大,壁面附

近流速相对较小，故出现沿管长方向 R134a 速度逐渐增大的现象。

图 2.7 为 R134a 在截面上的含气率分布。由于管道的几何的对称性，气体的体积分数的分布因此也具有很好的对称性。R134a 从换热管入口流动到出口时，在加热作用下，壁温升高迅速，当获得能够沸腾的过热度时，管内开始产生气泡，同时气泡的数量越来越多，故气相体积分数也逐渐增大。在刚刚开始沸腾时，同一截面上，由于浮力和拽曳力等外力，壁面上产生的气泡从壁面脱跃离，逐渐进入到主流中，故贴近管壁面处含气率比管中心部分较高。随着沸腾换热过程的停止，大部分液相都转化为气相。此外，从图中可以看出，在弯头部位，其截面的体积含气率往往比其前后的截面含气率较低，出现气相再冷凝的现象。

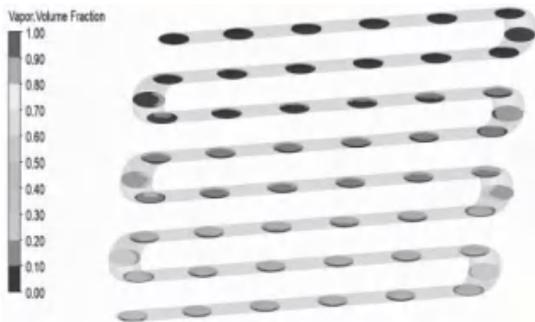


图 2.7 R134a 在截面上的含气率分布

本文截取典型区域的图像来展示管壁面上的换热系数分布情况如图 2.8 所示。由于工质在进口时已经处于饱和状态，所以直接就开始饱和沸腾，没有了过冷沸腾阶段。饱和沸腾换热时，由于管道上壁面的液相体积率远小于气相，随着换热系数的降低，换热过程逐渐减弱。



图 2.8 R134a 的局部换热系数分布

2.3 R407c 模拟结果分析

如图 2.9 所示，当换热管管壁为恒定的热流密度时，R407c 从换热管入口流动到出口沸腾换热时，

管壁温度高于工质的温度，工质被加热，其温度逐渐升高，近壁面处的工质温度高于工质中心部分的温度，故换热管中心区的温度分布较为均匀，出现温度与温度梯度沿管热管壁面的法线方向逐渐减小的现象。

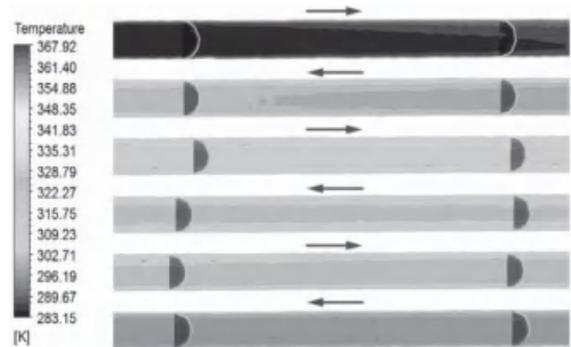


图 2.9 R407c 在截面上的温度分布

如图 2.10 所示，R407c 从换热管入口流动到出口进行沸腾换热时，在入口速度一定的情况下，由于管壁的加热作用，工质受热开始发生沸腾，由液相向气相开始转变，气相体积分数逐渐增大；在管长方向上，速度也随之逐渐增大。在沿管径方向，管壁受加热作用温度迅速上升，壁面处的液体工质首先出现气泡，自然其处的传质阻力的影响比较明显，但是沿管径方向逐渐减小，导致了中心部分流速大，壁面附近流速相对较小，故出现沿管长方向 R407c 速度逐渐增大的现象。

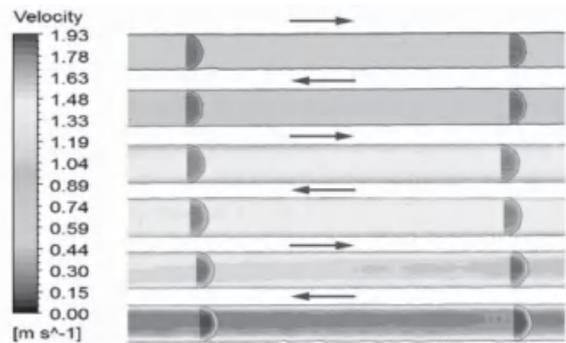


图 2.10 R407c 在截面上的速度分布

图 2.11 为 R407c 的截面含气率分布。由于管道的几何的对称性，除弯头部分外，气体的体积分数的分布也具有很好的对称性。R407c 从换热管入口流动到出口时，在加热作用下，壁温升高迅速，当获得能够沸腾的过热度时，管内开始产生气泡，同时气泡的数量越来越多，故气相体积分数也逐渐增大。在沸腾开始阶段，同一截面上，气泡在壁面上

产生,在各种力的作用下,从壁面跃离,变大,逐渐进入到主流中,故贴近管壁面处含气率比管中心部分较高。随着沸腾换热过程的停止,大部分液相都转化为气相。此外,与图 2.7 相比较,可以看出,由于流速增加,液体的替代作用增强,相似横截面含气率分布的截面出现的位置向后延迟出现。在弯头部分,两相会重新分布并且会有一定的再冷凝现象。

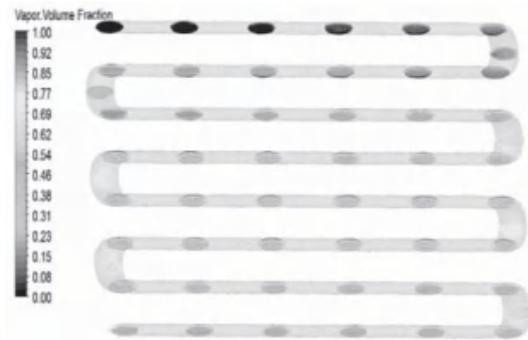


图 2.11 R407c 在截面上的含气率分布

图 2.12 是模拟得到的 R407c 的局部换热系数沿管长方向上的分布和变化情况。由于换热管细长,所以本文只是截取典型区域的图像来展示管壁面上的换热系数分布情况。由于工质在进口时已经处于饱和状态,所以直接就开始饱和沸腾,没有了过冷沸腾阶段。饱和沸腾换热时,由于管道上壁面的液相体积率远小于气相,随着换热系数的降低,换热过程逐渐减弱。

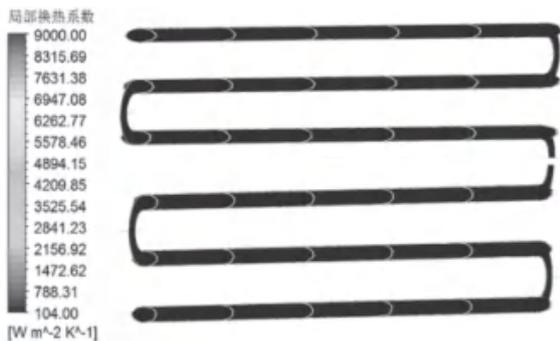


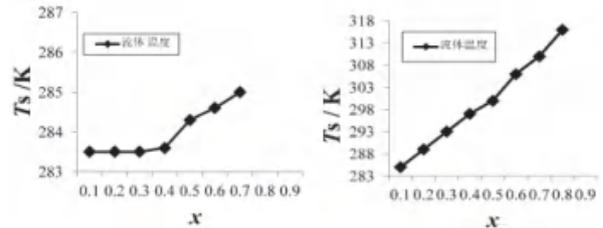
图 2.12 R407c 的局部换热系数分布

2.4 R134a 和 R407c 沸腾换热特性的对比分析

2.4.1 R134a 和 R407c 在管内沸腾换热的温度分布

图 2.13 中为制冷剂 R134a 和 R407c 温度随干度的变化情况。从 (a) 可以看出,在发生沸腾后流体的温度并不是保持不变,而是有一定的升高,大约有 2 K,这是由于此时传热的热量大部分用于补

充制冷剂发生相变时所需要的潜热。虽然理论上讲,流体发生相变时温度保持不变,但是此结果与文献 [8] 的结果有较好的吻合。从图 (b) 可以看出,随着干度的增加,流体温度也逐渐增加,由于混合制冷剂 R407c 的非共沸的特性使其与纯制冷剂相比具有非等温特性,所以其温度增加的幅度要远大于同条件下的 R134a 的升温。

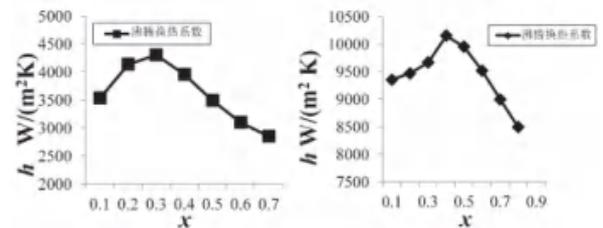


(a) R134a (b) R407c

图 2.13 制冷剂的温度随干度的变化情况

2.4.2 R134a 和 R407c 的沸腾换热系数对比

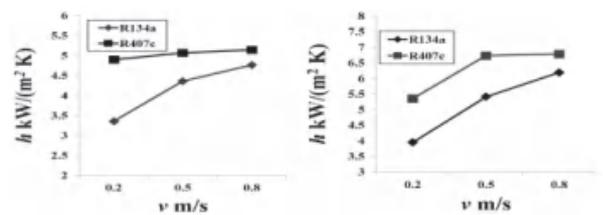
如图 2.14 所示,R134a 和 R407c 随着干度的增加沸腾换热系数先增加后减小。



(a) R134a (b) R407c

图 2.14 制冷剂的沸腾换热系数随干度的变化情况

对比分析图 2.15 (a)、(b) 得,R407c 的平均沸腾换热系数大于 R134a 的平均沸腾换热系数。



(a) $q=15 \text{ kW/m}^2$ (b) $q=20 \text{ kW/m}^2$

图 2.15 制冷剂在不同流速下的平均沸腾换热系数

2.4.3 不同的流速与沸腾换热系数的关系

随着制冷剂流速的增加,由于气泡沿壁面滑移速度逐渐变快,使得气泡从壁面跃离,故平均沸腾换热系数随着制冷剂流速的增加而增加,如图 2.16 所示。

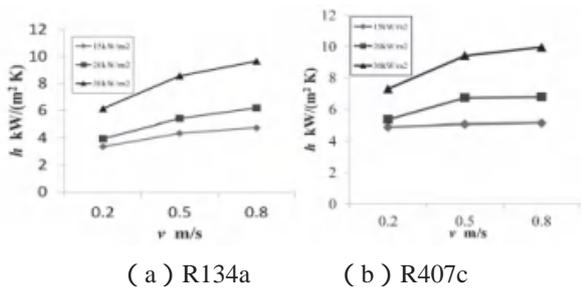


图 2.16 制冷剂在不同流速下的沸腾换热系数

3.4.4 不同的热流密度与沸腾换热系数的关系
在泡状沸腾时，热流密度对换热的影响要大一些，使得沸腾换热系数增大，故出现沸腾换热系数会随着热流密度的增加而增加的现象，如图 2.17 所示。

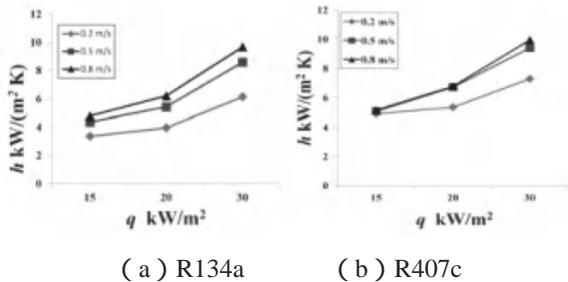


图 2.17 制冷剂在不同热流密度下的沸腾换热系数

3 结论

本文对 R134a 和 R407c 在水平光滑管内的沸腾换热过程进行数值模拟。结果表明：

(1) 由于水平光滑管内除弯头部分的横截面的对称性，使得 R134a 的速度、干度及温度分布也具有对称性。沿流动方向，工质的温度逐渐升高，从非稳态模拟结果中可以看出气泡数量逐渐增加，并且不断脱离壁面、生长、破碎进入主流区。壁面边界层内，由于粘性，速度由 0 沿管径方向逐渐增加到主流速度，而速度梯度则与之相反。在管弯头部分，

由非稳态模拟结果可以看出，气相和液相会重新分布，而且还可能会伴有气相的再冷凝现象。

(2) 另外，混合制冷剂 R407c 的非共沸的特性使其与纯制冷剂相比具有非等温特性。

(3) 当制冷剂流速或热流密度增大时，换热管内的沸腾换热系数也会增加。

(4) 将 R134a 在非稳态条件下的模拟结果与 Baker 流型图进行了验证，两者结果比较吻合，模拟计算满足了一定的合理性，为进一步模型优化提供了理论依据。

参考文献：

- [1] 郭雷, 张树生, 程林. R134a 竖直矩形细通道内谁沸腾换热的数值模拟 [J]. 热能动力工程, 2011,(1):31-35.
- [2] 欧阳新萍, 刘超, 林梦. R404A 和 R407C 在水平强化管外的凝结换热实验研究 [J]. 制冷学报, 2015,(4):72-77.
- [3] 李静. 三维竖直圆管内流动沸腾的数值模拟 [J]. 广东化工, 2011, 38(3): 75-76.
- [4] 吴晓敏, 魏兆福, 莫少嘉, 等. CO₂/ 丙烷混合工质管内流动沸腾换热的数值模拟 [J]. 工程热物理学报, 2011, (6):1019-1022.
- [5] 陶文栓. 数值传热学 [M]. 第 2 版. 西安: 西安交通大学出版社, 2001:5.
- [6] De Schepper S C K, Heynderickx G J, Marin G B. Modeling the evaporation of a hydrocarbon feedstock in the convection section of a steam cracker[J]. Computers & Chemical Engineering, 2009, 33(1): 122~132.
- [7] Lee W H. Pressure iteration scheme for two-phase flow modeling[J]. Multiphase Transport: Fundamentals, Reactor Safety, Applications, 1980: 407-432.
- [8] De Schepper S C K, Heynderickx G J, Marin G B. CFD modeling of all gas-liquid and vapor-liquid flow regimes predicted by the Baker chart[J]. Chemical Engineering Journal, 2008, 138(1): 349-357.



一种基于 RCA 和 TOPSIS 理论的相变材料选择方法及其应用

天津大学环境科学与工程学院 杨昆 朱能 常琛

摘要：电采暖与相变蓄热集成的供暖方式不仅能够缓解燃煤锅炉供暖带来的环境污染问题，同时具有使用方便、灵活性强以及对电力起到“削峰填谷”的作用。在电采暖集成相变蓄热的供暖系统中，相变材料的选择对系统性能的影响起着至关重要的作用。为特定的应用选择合适的相变材料是一个复杂的过程，需要考虑多种参数，为优化相变材料的选择，提高系统性能，本文提出了一种基于序关系分析法(RCA)和 TOPSIS 理论的相变材料选择方法并进行了案例分析。研究结果表明，本文提出的方法是一种简单、实用以及有效的相变材料选择方法，针对本文提出的案例，Ba(OH)₂·8H₂O 是综合性能最优的相变材料。

关键词：电采暖 相变蓄热 序关系分析法 (RCA) TOPSIS

0 引言

近年来，持续性的重污染天气在全国多处多次发生，而冬季燃煤供暖是造成污染天气的重要原因之一^[1]。面对日益严重的环境问题，从国家到地方纷纷出台了相关的大气污染防治规划，其中，能源结构调整是缓解环境问题的重要举措，作为替代燃煤供暖的措施中，“煤改气”和“煤改电”在各地得到了不同程度的发展，但是，由于中国天然气资源匮乏限制了“煤改气”的发展，与此相比，电采暖与相变蓄热集成的供暖系统有以下优点：(1)减少能源的浪费：充分利用“弃风”、“弃电”将其转化为热能储存起来；(2)经济性：能够有效利用低谷电，不仅对电力起到“削峰填谷”的作用，同时提高了系统的经济性；(3)环保性：电采暖(地/空气源热泵、电锅炉等)与燃煤、燃气锅炉供暖相比具有较好的环境性能。鉴于此，对电采暖与相变蓄热集成的供暖方式的研究具有重要意义，其中，相变蓄热装置的性能是影响整个系统运行的关键，而合适的相变蓄热材料在提高相变蓄热装置的性能上扮演着十分重要的角色，因此，通过一种简单有效的方法在众多备选材料中选择针对特定项目的最优相变材料是系统成功运行的前提。

相变材料的选择是一个复杂的过程，需要综合考虑各方面的因素，通常情况下，选择各方面都最优的相变材料是相当困难的，一般是综合考虑相变材料各方面的性能后做出的折衷的选择。目前，针对相变材料选择方法的研究比较少，主要包括 Ashby 方法，多目标评价法等。其中，Ashby 方法受对比参数的限制通常用在相变材料的初选阶段^[2]。而多目标评价方法应用较多，主要包括 AHP^[3]、TOP

SIS^[4]、VIKOR^[5]、COPRAS^[6]等。但是，上述文献在综合评价相变材料时，只考虑了相变材料的部分特性，缺乏对相变材料的综合性能的评价研究，本文在前人研究的基础上，建立了相变材料的综合评价指标体系，设计了一种基于 RCA 和 TOPSIS 理论的相变材料选择方法，为相变材料的优化选择提供参考。

1 研究方法

1.1 权重确定方法：序关系分析法 (RCA)

序关系分析法(rank correlation analysis, RCA)是东北大学郭亚军教授通过对层次分析法(AHP)进行改进而提出来的，具有过程清晰明确，方法简单实用，同时无需判断矩阵和一致性检验，能够简化计算过程的优点^[7,8]。RCA 的主要步骤可表示为：

(1) 确定序关系

假设相变蓄热材料选择的方案集为： $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ，用于综合评价相变蓄热材料属性的指标集为： $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ 。若指标 x_i 相对于某评价目标的重要程度不劣于 x_j 时，则表示为 $x_i \succ x_j$ ，若指标 x_1, x_2, \dots, x_m 相对于某评价目标具有关系式： $x_i \succ x_l \succ \dots \succ x_k \succ \dots \succ x_m$ ($i, l, \dots, k = 1, 2, \dots, m$)，则称评价指标 x_1, x_2, \dots, x_m 按“ \succ ”确定了序关系。

(2) 确定相邻评价指标间的重要程度

相邻评价指标间的重要程度可用下式表示：

$$r_k = \frac{x_{k-1}}{x_k}, k = m, m-1, m-2, \dots, 3, 2 \quad (1)$$

式中， r_k 表示相邻指标的相对重要程度，其取值可参照表 1。

表 1. 相对重要程度 r_k 赋值参考

r_k	备注
1.0	指标 x_{k-1} 与指标 x_k 重要
1.2	指标 x_{k-1} 比指标 x_k 稍微重要
1.4	指标 x_{k-1} 比指标 x_k 明显重要
1.6	指标 x_{k-1} 比指标 x_k 强烈重要
1.8	指标 x_{k-1} 比指标 x_k 极端重要
1.1,1.3,1.5,1.7	相对重要度介于上述范围之间

(3) 确定权重

根据序关系和评价指标间的相对重要度，权重系数可通过下式计算：

$$\omega_m = \left(1 + \sum_{k=2}^m \prod_{i=k}^m r_i \right)^{-1} \quad (2)$$

$$\omega_{k-1} = r_k \omega_k \quad (3)$$

式中， ω_k 是第 k 个评价指标的权重。

1.2 相变材料的优化选择方法：TOPSIS 方法

TOPSIS (Techniques for order preference by similarity to ideal solutions) 是有限方案多目标决策分析中常用的一种科学方法，其评价的基本原理是：首先，根据评价指标体系的初始值得到决策矩阵；其次，参照决策矩阵，找出两个方案，即：最理想方案和最不理想方案，并分别定义它们为正理想解和负理想解它们的属性值是对各个指标的最极端组合，也就是将每个方案的最优属性值和最差属性值分别集中到正理想解和负理想解中去；最后，分别计算各方案与最理想方案之间的正向欧氏距离以及与最不理想方案间的负向欧氏距离，最后以各方案与最理想、最不理想方案之间的贴近度来判断各方案的优劣 [6, 9]。

TOPSIS 方法的具体评价步骤可参考文献 [4]。

表 2 相变材料预选清单

类别	名称 / 化学式	序号
石蜡	n-Hentriacontane(C ₃₁ H ₆₄)	M1
	n-Dotriacontane (C ₃₂ H ₆₆)	M2
	n-Tritriacontane (C ₃₃ H ₆₈)	M3
	n-Tetraatriacontane (C ₃₄ H ₇₀)	M4
脂肪酸	硬脂酸 (CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH)	M5
结晶水和盐	Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O	M6
共晶化合物	LiNO ₃ (14%)-MgNO ₃ ·6H ₂ O (86%)	M7
	Urea (82%)+LiNO ₃ (18%)	M8

2 案例及相变材料

以电采暖集成相变蓄热为供暖系统，散热器为末端形式，供水温度为 65 左右为例，应用上述方法为其选择合适的相变蓄热材料。相变材料的相变

温度应与供水温度相近，以相变温度为唯一初选条件，列举了可供选择的相变材料如表 2 所示。

3 综合评价指标体系

相变材料的选择应综合考虑相变材料的热力学性能、物理性能、动力学性能、化学性能以及经济性能。相变蓄热材料选择的综合评价指标体系如表 3 所示。

表 3 相变材料选择评价指标

目标层	属性层	指标层	性质	属性	
为集成相变蓄热装置的供暖系统选择合理的相变材料	热力学性能	相变潜热 (L)	c		
		导热系数 (k)	c		
		比热 (C _p)	c		
	物理学性能	密度 (ρ)	c		
		体积变化 (V)	f	▼	
		蒸汽压力 (VP)	f	▼	
	动力学性能	过冷度 (SC)	f	▼	
		相分离 (PS)	f	▼	
	化学性能	可循环性 (R)	f		
		毒性 (T)	f	▼	
		可燃性 (F)	f	▼	
	经济性能		成本 (C)	c	▼

注：性质，c= 定量参数，f= 定性参数； = 效益型指标，▼ = 成本型指标

4 分析与讨论

4.1 权重

根据项目的实际情况和专家的意见，应用 1.1 部分介绍的权重确定方法，可得评价指标的权重如图 1 所示。

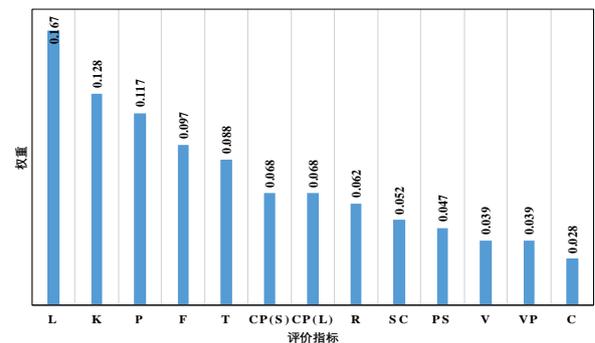


图 1 评价指标间的权重

由图 1 可得：在电采暖集成相变蓄热的供暖系统中，相变潜热占有最大的权重，其次为了保证较好的传热和较少的占地面积，相变材料的导热系数要大和密度要尽量较大。同时，应用于供暖系统中，

材料的安全性也比较重要，主要是可燃性和毒性。本文中给定的权重，主要目的是展示方法的应用，在实际应用中，决策者应根据项目具体情况给出不同参数的权重值。

4.2 评价指标

从表 2 可知，相变材料的评价指标既有定量指标也有定性指标，因此在对相变材料进行综合评价的过程中，需要对这一定性的评价指标进行量化。

对于相变定性指标的量化，可根据有机相变材料、结晶水和盐及混合相变材料的特性以及实际情况，由专家评议确定。可将定性指标分成 11 个等级，然后按照表 4 给出的赋值标准给出不同相变材料的对应参数的评定值。相变材料定性指标的模糊性描述和定量指标的具体数值分别如表 5 和表 6 所示。

表 4 定性指标定量化标准^[10]

定性参数的描述	评定值
异常低 (EXL)	0.045
极低 (EL)	0.135
非常低 (VL)	0.255
低 (L)	0.335
平均水平以下 (BA)	0.410
平均水平 (A)	0.500
平均水平以上 (AA)	0.590
高 (H)	0.665
非常高 (VH)	0.745
极高 (EH)	0.865
异常高 (EXH)	0.955

表 5 相变材料定性评价指标的模糊性描述

表 6 相变材料的定量指标^[11-14]

相变材料	T_m ()	H(kJ/kg)	k (W/m · K)	ρ (kg/m ³)	$C_p(l)$ (kJ/kg K)	$C_p(s)$ (kJ/kg K)	C(¥/m ³)
M1	67.9	242	0.2	808	2.00	3.00	4307
M2	69.4	266	0.2	809	2.00	3.00	4307
M3	71.4	256	0.2	810	2.00	3.00	4307
M4	75.9	269	0.2	811	2.00	3.00	4307
M5	70.9	210.8	0.172	848	2.20	1.60	3302
M6	78	280	1.26	2180	2.44	1.34	4039
M7	72	180	0.7	1713	2.9	2.38	6872
M8	76	218	0.85	1438	2.02	1.77	8145

表 7 评价指标规范化结果

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
H	0.353	0.388	0.373	0.392	0.307	0.408	0.263	0.318
k	0.116	0.116	0.116	0.116	0.099	0.729	0.405	0.492
ρ	0.223	0.224	0.224	0.224	0.234	0.602	0.473	0.397
$C_p(l)$	0.319	0.319	0.319	0.319	0.351	0.389	0.463	0.322
$C_p(s)$	0.428	0.428	0.428	0.428	0.228	0.191	0.339	0.252
C	0.365	0.365	0.365	0.365	0.476	0.389	0.229	0.193
V	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325	0.397	0.397	0.397
VP	0.398	0.398	0.398	0.398	0.303	0.303	0.303	0.303
SC	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.146	0.163	0.217
PS	0.424	0.424	0.424	0.424	0.424	0.163	0.163	0.216
R	0.413	0.413	0.413	0.413	0.413	0.186	0.186	0.277
T	0.276	0.276	0.276	0.276	0.827	0.056	0.056	0.074
F	0.266	0.266	0.266	0.266	0.266	0.528	0.528	0.300

序号	相变材料 (PCM)	相变材料的定性参数							
		V	VP	SC	PS	R	T	F	
1	M1	BA	VL	VL	VL	VH	EL	H	
2	M2	BA	VL	VL	VL	VH	EL	H	
3	M3	BA	VL	VL	VL	VH	EL	H	
4	M4	BA	VL	VL	VL	VH	EL	H	
5	M5	BA	L	VL	VL	VH	EXL	H	
6	M6	L	L	VH	H	L	H	L	
7	M7	L	L	H	H	L	H	L	
8	M8	L	L	A	A	A	A	AA	

根据公式 $c_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$ (效益型指标) 和

$$c_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (1/x_{ij})^2}}$$
 (成本型指标) 可将相变材料的评价

指标参数规范化。评价指标的规范化结果如表 7 所示。

4.3 TOPSIS 分析

通过分析，TOPSIS 的分析结果如表 8 所示，备选的相变蓄热材料可根据 K_i^+ 进行排序，在本文中，相变蓄热材料的优选顺序为：M6>M8>M7>M4>M2>M3>M1>M5。所以，针对本文的案例，通过分析综合性能最优的相变蓄热材料为 Ba(OH)₂·8H₂O。

5 结论

表 8 TOPSIS 分析结果

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Z_j^+	Z_j^-
L	0.059	0.065	0.062	0.066	0.051	0.068	0.044	0.053	0.068	0.044
k	0.015	0.015	0.015	0.015	0.013	0.093	0.052	0.063	0.093	0.013
ρ	0.026	0.026	0.026	0.026	0.027	0.070	0.055	0.046	0.070	0.026
$C_p(l)$	0.022	0.022	0.022	0.022	0.024	0.026	0.031	0.022	0.031	0.022
$C_p(s)$	0.029	0.029	0.029	0.029	0.016	0.013	0.023	0.017	0.029	0.013
C	0.010	0.010	0.010	0.010	0.013	0.011	0.006	0.005	0.005	0.013
V	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.015	0.015	0.015	0.013	0.015
VP	0.016	0.016	0.016	0.016	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.016
SC	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.008	0.008	0.011	0.008	0.022
PS	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.008	0.008	0.010	0.008	0.020
R	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.012	0.012	0.017	0.026	0.012
T	0.024	0.024	0.024	0.024	0.073	0.005	0.005	0.007	0.005	0.073
F	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.051	0.051	0.029	0.026	0.051
d_i^+	0.095	0.095	0.095	0.095	0.118	0.034	0.059	0.046		
d_i^-	0.061	0.063	0.062	0.063	0.031	0.119	0.087	0.091		
K_i^+	0.390	0.397	0.394	0.399	0.206	0.776	0.598	0.666		

电采暖集成相变蓄热的供暖方式是一种优越的采暖形式，具有较好的能源性、环保性和经济性。

通过建立相变材料的综合评价指标体系，可以全面的评价相变蓄热材料，得到更合理的评价结果。

序关系分析法（RCA）确定权重可根据项目的实际情况充分体现专家和决策者的意愿，过程清晰、明确，方法简单。

基于序关系分析法（RCA）和 TOPSIS 理论的相变材料优选方法是一种简单、有效以及实用的方法；针对文中案例， $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 是综合性能的最优的相变蓄热材料。

参考文献

- [1] Yang X, Teng F. The air quality co-benefit of coal control strategy in China. Resources Conservation & Recycling. 2016.
- [2] Ashby MF. Chapter 4 - Material Property Charts. Materials Selection in Mechanical Design (Fourth Edition). Oxford: Butterworth-Heinemann; 2011. p.57-96.
- [3] Socaciu L, Giurgiu O, Banyai D, Simion M. PCM Selection Using AHP Method to Maintain Thermal Comfort of the Vehicle Occupants. Energy Procedia. 2016;85:489-97.
- [4] Rathod MK, Kanzaria HV. A methodological concept for phase change material selection based on multiple criteria decision analysis with and without fuzzy environment. Materials & Design. 2011;32:3578-85.
- [5] Girubha RJ, Vinodh S. Application of fuzzy VIKOR and environmental impact analysis for material selection of an automotive component. Materials & Design. 2012;37:478-86.

[6] Mousavi-Nasab SH, Sotoudeh-Anvari A. A comprehensive MCDM-based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems. Materials & Design. 2017;121:237-53.

[7] 王学军, 郭亚军, 兰天. 构造一致性判断矩阵的序关系分析法. 东北大学学报(自然科学版). 2006;27:115-8.

[8] 陈陌, 郭亚军, 于振明. 改进型序关系分析法及其应用. 系统管理学报. 2011;20:352-5.

[9] 闫哲敏. 供电企业人力资源绩效评价模型研究: 天津大学; 2016.

[10] Rao RV. Decision Making in Manufacturing Environment Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods: Springer London; 2013.

[11] Jankowski NR, McCluskey FP. A review of phase change materials for vehicle component thermal buffering. Applied Energy. 2014;113:1525-61.

[12] Pereira da Cunha J, Eames P. Thermal energy storage for low and medium temperature applications using phase change materials – A review. Applied Energy. 2016;177:227-38.

[13] Sharma A, Tyagi VV, Chen CR, Buddhi D. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009;13:318-45.

[14] Yuan Y, Zhang N, Tao W, Cao X, He Y. Fatty acids as phase change materials: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014;29:482-98.

住宅微正压通风冬季运行效果模拟研究

河南理工大学 刘琳 刘靖

中国建筑科学研究院有限公司 曲凯阳 刘月莉 袁涛 陈海波

摘要：随着人们生活水平的提高和住宅节能技术的广泛推行，人们对于建筑室内通风方式和效果的要求越来越高，而小户型住房由于其面积较小、平面布局不利于通风换气的原因，急需一种合理的通风方式以获得最佳的通风效果。文章以北京某典型小户型住房为研究对象，选用窗式通风器进行通风换气，利用CFD数值分析模拟软件对通风换气效果进行分析。研究了3种不同工况下的温度场、速度场、CO₂浓度场和空气龄，结果表明机械式窗式通风器能够改善经济型住房的通风效果，此结果可为经济型住房相关的建筑节能、室内热环境及空气品质的改善提供参考数据。

关键词：经济性住房 微正压通风 机械式窗式通风器 CFD数值模拟 空气品质

0 引言

随着社会的发展与人们生活水平的不断提高，室内空气品质与建筑节能已经引起了政府和广大科研人员的重视。室内空气品质对人的健康和舒适至关重要，为保证室内空气品质必须有通风措施。尤其在空间较小的室内，不仅要追求美观和舒适，更要追求健康。而只有保证了整个室内环境的空气清洁，才能做到真正的环保和健康^[1]。冬季，由于室内外温差过大，大部分家庭会采取闭窗措施以维持室内温度。若闭窗时间过长，则会带来空气质量变差，二氧化碳浓度逐渐增高，有异味等不利于人生活的居住环境，严重影响人们的身体健康及生活质量。若开窗通风，则因为室内外气压差过大致使通风量大，室外冷空气迅速进入，造成室内温度迅速降低，供暖负担加重，不利于资源的节约，甚至会引起暖气管损坏，而且容易给人带来不适感。虽然这种方式通风量大，通风效果好，但综合来讲，负面效应多大于正面作用。

窗式通风器是利用自然通风原理的一种换气方式，是附加在门窗或幕墙用于通风位置上的一种被动式装置^[2]。作用是替代传统的开窗通风方式进行空气交换。与开窗通风相比窗式通风器可以在供暖季降低室内热能损失，无需人员频繁的开关门窗便可达到通风换气目的，让室内的空气持续不断地循环，从而保证了室内空气的新鲜。近些年来在居住建筑中得到了越来越多的应用。

卜震等^[3]通过实际居住条件下的室内通风环境测试分析，得出不同季节空调运行和门窗状态对室内通风环境影响显著。王国建等通过对冬季北方地区住宅建筑通风方式对比研究^[4]，得出对于一般住宅建筑，自然进机械排通风方式是相对最优选择。郑萍通过自然通风对室内空气质量影响的研究^[5]表明住宅自然通风房间室外的温差越大，房间内的温度分布越不均匀。但是近年来，北方冬季雾霾天气较为严重，现有文献对于冬季雾霾天气室内微正压的研究较少，而且并未提出具体的通风方案。

本文对冬季机械窗式通风器在小户型住房中的



图1 研究对象户型

应用效果进行研究,通过 CFD 技术对住宅室内速度场、温度场、二氧化碳浓度分布及空气龄进行数值模拟计算,为下一步工作奠定了理论基础。模拟结果对微正压通风室内空气品质的评价及指导室内新风节能具有重要参考价值。模拟分析得出了通风方案的效果,提出合理的通风建议,为建筑室内热环境和空气品质提供参考数据,为居住者提供一个健康舒适的室内环境。

1 研究对象

以北京地区某经济性住房(其 2~18 层平面布置见图 1)的典型户型为研究对象。典型户型由 1 间客厅、1 间卧室、1 间厨房和 1 个卫生间组成。户型总面积为 46.9 平方米。具体参数如表 1 所示。

表 1 户型的面积参数 (m²)

项目指标	客厅	卧室	厨房	卫生间	户型总面积
面积	22.8	13.7	6.8	3.6	46.9

2 模型建立及计算

2.1 物理模型

室内环境比较复杂,为计算方便,住宅进行简化处理,根据经济型住房的实际尺寸用 CFD 前处理器 ANSYS ICEM CFD 建立模型。不同时间段室内人员所处位置会发生变化,白天人们长时间处于客厅及厨房等公共区域,而夜晚大部分时间在卧室^[6],因此建立白天和夜晚的简化模型并计算,简化模型见图 3。计算中所选用的机械式窗式通风器型号相同,尺寸均为 1.2m×0.05m,模型中窗式通风器设置于阳台和卧室的窗户下部距地面 0.9m 高的位置。动力排风机位于厨房内排风道上部,最上方距离房顶 0.4m,尺寸为 0.25m×0.25m。内部热源为设置在各房间内的散热器,散热器尺寸根据各房间具体情况计算确定。

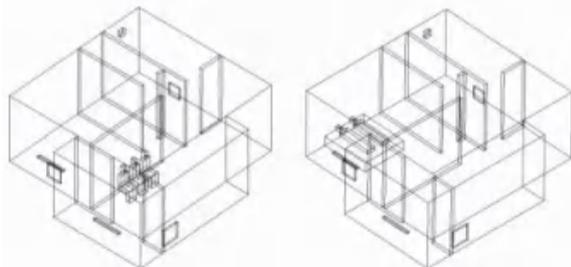


图 2 简化后的模型(白天、夜晚)

2.2 数学模型

在模拟时需要对室内空气流动进行适当的假设:常温、低速、不可压缩流体流动,但需考虑气体的粘性;空气流动属于自然对流、强迫对流都存在的混合对流湍流流动;当空气温度变化较小时,可视为空气流动满足 Boussinesq 假设,认为空气密度的变化只对浮升力产生影响。不考虑漏风,认为模拟房间气密性良好。冬季不考虑太阳辐射以及房间内部各表面的辐射换热影响,固体壁面上满足无滑移条件,在计算模型中不考虑。

根据以上假设,此计算所用基本方程可以分为连续方程、动量方程、能量方程、组分方程。流体动力学控制方程可以统一归纳为控制方程的通用形式:用来表示四个基本的控制方程中的变量,则四个控制方程均可以写成如下式所示的通用控制形式,式中三个符号的具体形式如表 2 所示。

$$\frac{\partial (\rho\phi)}{\partial t} + \text{div}(\rho u\phi) = \text{div}(\Gamma \text{grad}\phi) + s$$

式中:为流体密度,kg/m³;φ为通用变量,可以代表 u、v、w、T 等求解变量;为广义扩散系数;s 为广义源项。

表 2 通用控制方程中各符号的具体形式

方程 \ 符号	φ		S
连续方程	1	0	0
动量方程	u _i	μ	$-\frac{\partial p}{\partial x_i}$
能量方程	T	$\frac{k}{c}$	S _T
组分方程	c _s	D _s ρ	S _s

2.3 网格划分及计算

用 CFD 前处理器 ANSYS ICEM CFD 划分网格,对房间网格的划分采用了非结构体混合网格,为提高精度,在热源附近和风口附近做了网格加密处理。而后利用模拟软件 ANSYS FLUENT 进行模拟计算,采用 SIMPLE 算法, SIMPLE 算法的基本思想是:对于给定的压力场(它可以是假定的值,也可以是上一次迭代计算所得到的结果)求解离散化的动量方程,由此得到速度场,但这样得到的速度场一般不满足连续方程,因此,必须对给定的压力场加以修正。根据与修正后的压力场相对应的速度场能够满足连续方程的修正原则,把由动量方程的离散形式所规定的压力与速度的关系代入连续方程的离散形式,得到压力修正值方程,从而得出压力修正值,进而求得速度修正值。然后检查速度场是否收敛,若不收敛,用修正后的压力值作为给定的压力场,开始下一层次的计算;如此反复,直到获得收敛解^[7]。

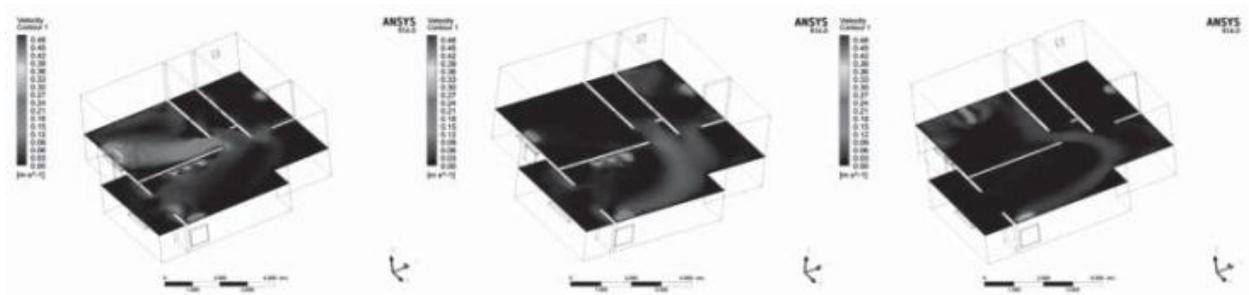


图 3 01、02、03 工况 Z=1.2 处 XY 平面的速度分布云图

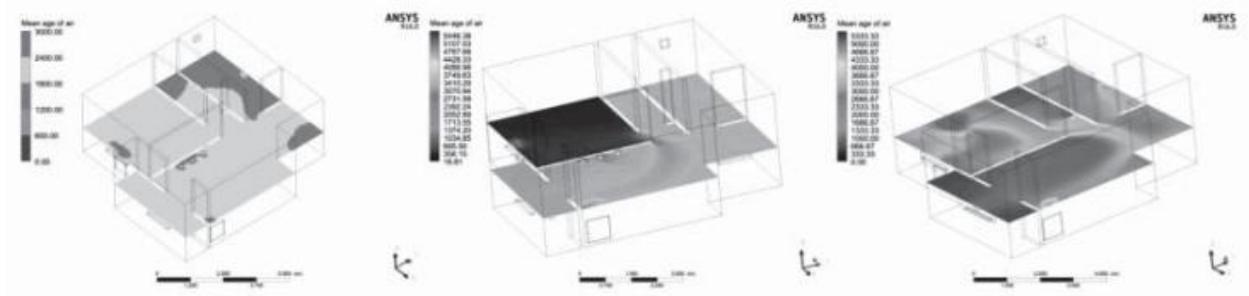


图 4 01、02、03 工况 Z=1.2 处 XY 平面的空气龄分布云图

2.4 模拟工况

建筑围护结构各部位的传热系数参照北京市 2012 年居住建筑节能设计标准^[8]中的规定选取，通风量为人均新风量 $30\text{m}^3/\text{p}\cdot\text{h}$ ，房间总通风量按照每户 2.5 人（两个大人一个小孩）确定；根据北京地区冬季通风的要求，选用北京地区室外通风计算温度 -3.6 作为通风时的计算温度，通风器作为机械进风入口，排风口设为自由出口；根据北方冬季天气污染现状，初始条件设置为室内外 CO_2 质量分数均为 0.0004，假设室内污染源只有人员呼吸产生的 CO_2 ，在人体模型头部逐一截取 $0.04\text{m} \times 0.04\text{m}$ 的人体 CO_2 呼吸面，呼出 CO_2 速度为 0.107m/s ^[9]。

为了比较不同通风形式对室内环境的影响，本次模拟进行了多个工况的计算，并采用稳态计算方法进行求解，工况对比方案见表 3。

表 3 模拟工况

编号	模拟工况	客厅通风器风速 V_1	卧室通风器风速 V_2
01	卧室、客厅通风器同时打开	0.5m/s	0.5m/s
02	客厅通风器打开	0.5m/s	0
03	卧室通风器打开	0	0.5m/s

3 数值模拟结果与分析

3.1 速度场模拟分析

图 3 分别为 01、02、03 工况下 1.2m 高度处的速度云图。从矢量图可以看出，三种不同工况的模

拟计算结果，室内风速没有较大变化，在 1.2m 高度处空气流通顺畅，且风速小于 0.1m/s ，无吹风感，均满足室内风速控制要求。而散热器上方的风速较大，是由于散热器上方的热空气形成强烈的自然对流，同时与新进入的冷空气混合，在卧室中心上方形成小范围的气流循环，同时在客厅与卧室连接处形成涡流，扰动附近空气相对快速流通，进而影响客厅内部空气循环。

3.2 空气龄的模拟分析

空气龄是指房间内某点处空气在房间内已经滞留的时间，反映了室内空气的新鲜程度，是评价室内空气品质的重要指标，可以用来综合衡量房间的通风换气效果。

从图 4 的空气龄云图中，01 工况卧室与客厅同时通风时，卧室与客厅的空气龄差距较大，而 02 工况虽然是客厅单独通风，但由于其进风速度较高，且客厅面积较大，空气流动较为顺畅，空气龄有小幅度上升，但在合理范围内。完全满足 GB/T50378-2014《绿色建筑评价标准》不低于 2 次/h 的自然通风换气次数要求^[10]。03 工况卧室单独通风，客厅与卧室的空气龄有所升高，主要原因是卧室为方形且面积较小，容易形成涡流，通风换气效果不佳。

3.3 温度场模拟分析

图 5 为 01、02、03 工况下垂直方向 1.2m 高度

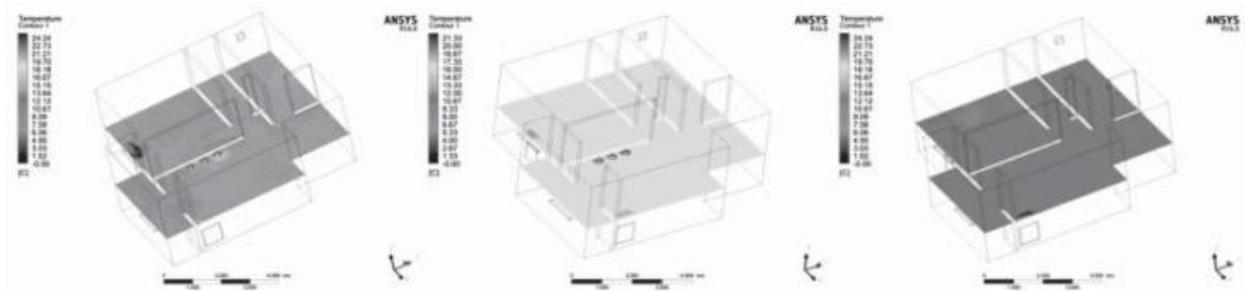


图 5 01、02、03 工况 Z=1.2 处 XY 平面的温度分布云图

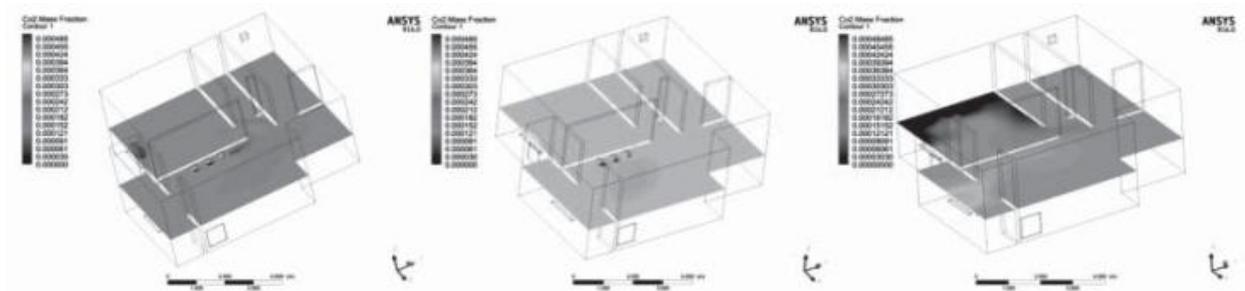


图 6 01、02、03 工况 Z=1.2 处 XY 平面的 CO2 分布云图

处的温度云图,从温度云图可以看出,三种不同工况的模拟计算结果,室内温度没有较大变化,1.2m 高度处温度范围在 18 -20 之间。室外冷空气对室内温度的影响满足室内环境控制要求。

3.4 CO₂ 浓度场的模拟分析

室内 CO₂ 浓度是反映空气质量的一个重要指标,常用来表征室内新鲜空气多少或通风程度强弱,同时也间接地反映了室内可能存在的其他有毒有害污染物的聚集浓度水平^[11]。图 6 是三种工况下,CO₂ 浓度分布云图,由于重力沉降作用,下部空间气体质量浓度较大,上部空间气体质量浓度较小,人员周围瞬时的 CO₂ 浓度相对较高,这是由于人员呼出 CO₂ 引起的,但能迅速稀释。新风通过通风器进入室内,造成室内空气流动加强,从而稀释了室内 CO₂ 浓度。三种工况下 CO₂ 浓度均在标准^[12]之下,01、02 工况下,CO₂ 浓度分布较为均匀,03 工况卧室单独通风,卧室的 CO₂ 浓度有所升高,主要原因是卧室为方形且面积较小,容易形成涡流,通风换气效果不佳。

4 分析与讨论

在室内保持微正压的情况下,以低微风速向室内送风,送风区内没有较大的空气流动;在微弱的

压差作用下,冷风慢慢弥漫到房间的底部区域,由散热器附近的热空气在密度差的作用下向上浮升,冷空气与热空气混合,再以自然对流的形式向上慢慢升起。在房间垂直方向上形成温度梯度,温度呈层状分布。在人员活动区域,室内温度基本处于 18 附近,无较大波动。由于室内无大的空气流动,污染物在人员停留区不会横向扩散,而被上升的气流直接携带到上部的非工作人员活动区。

风速直接作用于室内空气环境,对人体产生重要作用,是衡量人体热舒适性的重要指标,室内的风速的大小可以影响人体与室内热环境的热平衡状态。室内速度场模拟结果显示,室内风速较高区域处于客厅和卧室的散热器上方、客厅与卧室门口附件的上方以及厨房上方。对于人员活动区域,室内风速均在 0.1m/s 以下,人员活动区域处于气流组织回流区,不存在吹风感,满足室内气流组织设计要求。冷空气进入室内后,有明显的下沉现象,随后和散热器附近热空气混合,形成新鲜空气均匀分配到房间各个位置。

但由于卧室为方形且面积较小,容易形成涡流,导致卧室单独通风时,通风换气效果不佳。客厅散热器与客厅通风器距离较远,冷空气没有及时加热。

为了使房间热舒适性更佳,可以考虑把客厅处的散热器分为两部分,其中一部分设置在阳台的通风器下方,这样可以使得进入房间的冷空气更早些

以预热。两部分散热器设置和热量的分配还需后期计算研究。

为排除涡流现象和夜间噪声问题,后期可以根据对通风器进行智能设计,包括夜间模式和进风角度等,使室内空气及时流通、减少其噪音但保证其热舒适性和空气品质。

通风器可以依据室内CO₂浓度的检测结果来对通风器进行调节和控制,避免新风量不足而引起室内空气品质下降、以及新风量过高造成室内热舒适性降低空调采暖能耗增加的问题,从而达到满足室内空气品质和建筑节能的目的。

5 结论

与常规的住宅通风方式不同,微正压通风是一种新型的通风方式。通过对住宅房间的速度场、温度场、CO₂浓度场、空气龄进行的数值模拟分析,可以得出:冬季雾霾天气,室内保持微正压,利用机械式窗式通风器对经济型住房通风换气是可行的,新鲜空气能够均匀分配到各个房间,风速场、空气龄、温度场、CO₂浓度满足室内空气品质要求。对于涡流现象和夜间噪声问题须进一步研究。

参考文献:

[1] 邱伟华,邓宁,吴国勇,等.应用CFD技术分析室内空气品质[J].柳州师专学报,2015,30(6):115-119.

[2] 李炎锋.高层办公建筑自然通风方案效果测试及优化分析[J].建筑科学,2017-2,33(2):60

[3] 卜震,辛晶晶,郑竺凌.实际居住条件下的室内通风环境测试分析[J].建筑科学,2015,(10):139-145.

[4] 王国建,李庆平,陈辰,胡颐衡.冬季北方地区住宅建筑通风方式对比研究[J].建筑热能通风空调,2014,(02):87-89.

[5] 郑萍.自然通风对室内空气质量影响的研究[D].重庆大学,2006.

[6] 程凯文,钱付平,鲁进利,等.住宅新风机风量对室内流场影响的数值模拟[J].建筑科学,2017,33(2):89-95.

[7] 唐家鹏.ANSYS FLUENT16.0 超级学习手册[M].人民邮电出版社.2016.51

[8] 北京市建筑设计研究院.DB11/891-2012 居住建筑节能设计标准[S].北京:北京市城乡规划标准化办公室,2012

[9] Improving Indoor Environmental Quality and Energy Performance of California K-12 Schools,D-2.2d-Final CFD Analysis and Documentation Report. Architectural Energy Corporation. 2004:3-12P

[10] GB/T50378-2014,绿色建筑评价标准[S].

[11] 诸葛阳,卢雅林,宋潞云,等.南京高校室内冬季热舒适性和IAQ调查研究[J].建筑热能通风空调,2016,35(6):42-45.

[12] GB/T 18883-2002《室内空气质量标准》[S].

(上接 46 页)

第二十二条 市财政部门对中期财政规划和年度资金预算进行审核,纳入市住房和城乡建设部门部门预算并按程序报批。

第二十三条 市财政部门按照市人大批准后的专项资金年度预算,下达专项资金指标。

第二十四条 市住房和城乡建设部门根据资助项目的运行情况及实施进度,采取一次性或分期拨付方式办理拨款手续,具体按照相关配套文件执行。

第二十五条 市住房和城乡建设部门应当严格按照市财政部门下达的专项资金预算执行,不得擅自调整、变更。如确需调整、变更的,按预算管理相关规定办理。

第六章 绩效管理

第二十六条 资金使用单位应当按绩效管理有关规定开展绩效自评。

第二十七条 市住房和城乡建设部门应当对项目实施和资金使用情况开展绩效评价,评价结果作为编制以后年度专项资金预算和审查受资助单位再次申请

专项资金的参考依据。

第二十八条 市财政部门负责对专项资金的重点项目进行绩效评价或再评价。有关绩效评价结果作为安排下年度预算的重要依据。

第二十九条 市住房和城乡建设部门发现与原定绩效目标发生偏离等情形的,应当及时采取督促整改、停止后续资金拨付、追回专项资金等处理措施,提高专项资金使用效益,确保专项资金使用安全。

第七章 监督管理(略)

第八章 附则

第三十五条 专项资金的管理费用按照有关规定列入年度部门预算安排。

第三十六条 本办法由市住房和城乡建设部门和市财政部门负责解释。

第三十七条 本办法自2021年2月1日起施行,有效期5年。《深圳市建筑节能发展专项资金管理办法》(深建规〔2018〕6号)同时废止。

大型商场内不同人群热舒适研究

青岛理工大学 王海英 刘璐 边春晓 管宏宇

摘要: 本文对青岛市某大型商场公共区域内的顾客与工作人员以问卷形式进行调研,调研内容包括服装热阻、主观情绪、热感觉、热舒适感、热期望等。通过结果分析,得出在同一环境、同一时间段内,活动强度大致相同的顾客与工作人员两类人群的热感觉、热舒适性以及热期望存在明显差异。造成差异的原因有以下几点:两类人群服装热阻差异较大;两类人群在商场内已停留时间和预期停留时间不同;两类人群的主观情绪不同。由此得出,该商场公共区域内的环境参数设置不能同时满足顾客与工作人员的热舒适要求。

关键词: 热感觉 热舒适 热期望

0 背景

随着社会经济的不断发展,大型公共建筑日渐增多,为人们进行各类活动提供了便捷的场所。现代化大型商场集购物、餐饮、娱乐、休闲、健身等功能于一体,是很多顾客经常光临的场所,同时也是商场内工作人员的工作场所,人员流动性较高,构成较为复杂,针对此类环境开展研究,不仅可以改善商场内部人员的热舒适性,还可以避免空调能耗的浪费。因此对此,不少学者开展了相关的现场研究。唐鸣放等在冬、夏季节对位于重庆市的4座大型商场进行了环境实测分析,得出冬季商场内普遍偏热,降低了人的舒适感,有些大型商场出现室内温度冬季高于夏季的倒置现象^[1]。李利文等以广州某大型综合商场为研究对象,采用问卷调查和现场测试相结合的方式,对商场冬季室内热舒适性进行了调查研究,得出该商场冬季室内实测热中性温度和满意度热舒适温度范围均明显高于根据PMV计算得到的室内热中性温度和满意度热舒适温度范围^[2]。牛润萍等对位于沈阳的3个商场内热环境的人体热感觉进行调查,利用统计学方法得出沈阳市商场室内的中性温度为18.9,舒适范围为16.6~21.3,并分析了室内热舒适设计参数对空调能耗的影响^[3]。王焯等对兰州某超市进行了热舒适问卷调查和现场实测,得出热舒适投票结果与PMV-PPD评价指标的计算结果不一致的结论^[4]。以上研究分析表明,在不同地区开展的商场热环境调查,均发现其内部的舒适性与标准或相关模型预测的不完全一致。冬季偏热或夏季偏冷的热环境不仅降低了热环境的舒适性、人员的满意性,更造成了极大的能源浪费。

以上研究以上提到的研究针对商场内所有人群,没有区分顾客和内部工作人员的不同。顾客和工作人员在商场内停留的时间不同,主观目的也不一样,

而根据现有热舒适理论,这些因素都有可能造成两类人群热舒适感的差异^[5]。针对此,本文在青岛地区某大型综合商场开展相关调研,分别对顾客人群和工作人员进行调查,探讨他们各自对热环境的感受和不同需求。

1 调研方式

本次调研在冬季12月份进行,对象为青岛市某大型综合商场地下二层。该层内同时存在着消费者与工作人员两种类型的人群,活动方式以站立和行走为主,活动强度大致相同,约为1.4~2.0met。调研方式为:随机选取该层内的闲散人群、导购人员、保洁人员、维修人员等进行问卷调查,调查内容包括个人基本信息(性别、年龄、常住地等)、着装情况、主观情绪、热感觉、热舒适感、热期望等。同时实时测量并记录区域内的空气温度、相对湿度、风速等参数。根据问卷结果,对两类人群进行对比,分析不同类型活动人员热感觉与热舒适感之间的联系。调研共发放问卷300份,其中工作人员120份,104份有效;顾客180份,154份有效。有效问卷合计258份。

2 调研数据

2.1 环境参数

调研过程中,利用testo174H温湿度记录仪测试室内外空气温度与相对湿度;利用Kanomax6004手持式数字风速仪测试室内外风速,记录结果如表1所示。

通过表1可知,同一楼层温度分布情况较不均匀,最大温差高达8.7,大部分区域温度处于23.6左右。

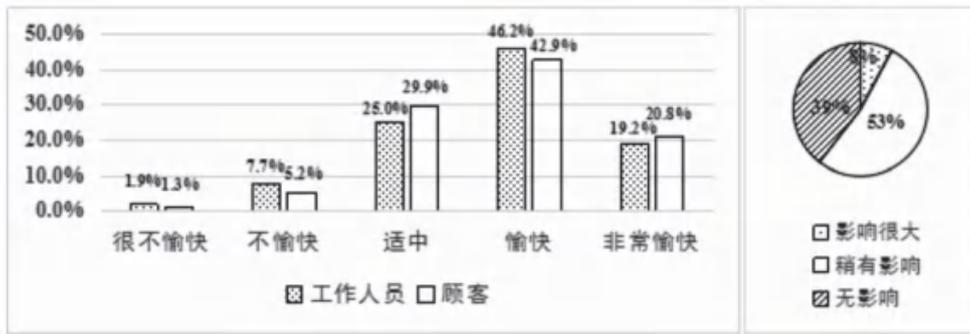


图 1 情绪状况统计图

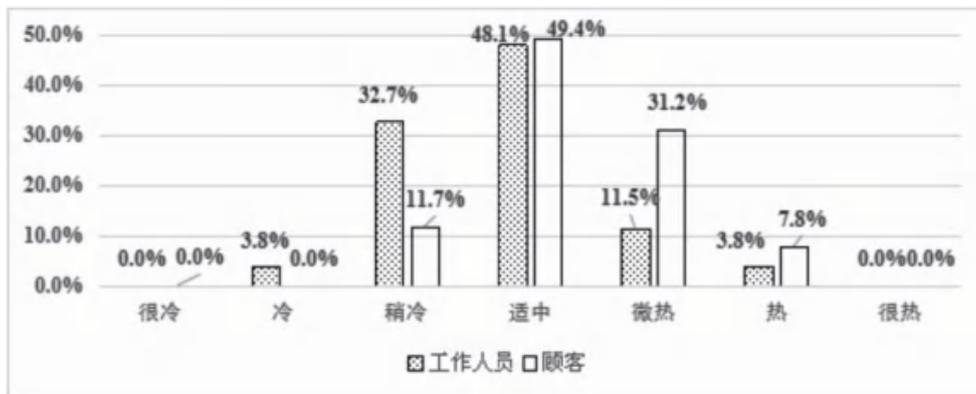


图 2 热感觉统计图

表 1 室内外环境参数统计表

环境参数	最小值	最大值	平均值	标准差
室内空气温度 (°C)	19.2	27.9	23.60	1.9970
室内相对湿度 (%)	28.8	47.8	34.87	3.5750
室内风速 (m/s)	0	0.35	0.12	0.0779
室外空气温度 (°C)	2.4	5.2	2.35	0.2601
室外相对湿度 (%)	20.5	40.8	29.07	4.3368
室外风速 (m/s)	0	0.27	0.08	0.0747

2.2 人员基本情况

由于该季节非旅游旺季,可认为商场中的顾客与工作人员均常住青岛,已较好的适应青岛的气候条件。在调研人群中,顾客性别比例为女性占 69%,男性占 31%;工作人员中女性占 67%,男性占 33%,与顾客基本一致。年龄基本呈正态分布,20~30 岁的青年人群比例最高,在顾客和工作人员中分别占 68.7% 和 55.8%,而低于 20 岁和大于 30 岁的人群占比例较低,顾客和工作人员的比例分别为 31.3% 和 44.2%。对问卷内容有更好的理解并合理填写。

2.3 服装热阻

根据调研当天的气温,在问卷中列出了可能的服装种类,让被调查人员勾选服装搭配。服装热阻

由表 2^[6] 和公式 1-1 计算:

表 2 常见单件服装热阻值

服装种类	服装热阻	服装种类	服装热阻
短内裤	0.04	长袖厚毛衣	0.36
短袖T恤	0.08	长袖薄连衣裙	0.47
半身短裙	0.14	薄外套	0.2
半身长裙	0.16	厚外套	0.4
长袖内衣	0.2	薄长裤	0.24
长内裤	0.15	厚长裤	0.28
短运动袜	0.02	针织衫	0.27
连裤袜	0.02	鞋子	0.04

$$I_{cl} = 0.82I_{cli} \quad (1-1)$$

式中: I_{cl} —被试者整套服装的热阻值, clo;

I_{cli} —被试者第 i 件服装的热阻值, clo。

由问卷结果看出,服装的组合方式因人而异,各不相同;工作人员服装搭配根据服务区域和品牌的不同要求,一般统一着装,以薄外套、薄外裤、T恤等为主,服装热阻整体偏低,绝大多数服装热阻小于 1.1clo;而顾客的服装搭配以厚外套、厚毛衣、厚外裤等居多,服装热阻整体较高,基本集中在 0.8~1.4clo 之间,有些甚至大于 1.4clo。主要因为调研季节为冬季,顾客在室外时穿着较厚的服装,到商场内后温度较高,但大部分顾客不方便更换或脱掉外衣。

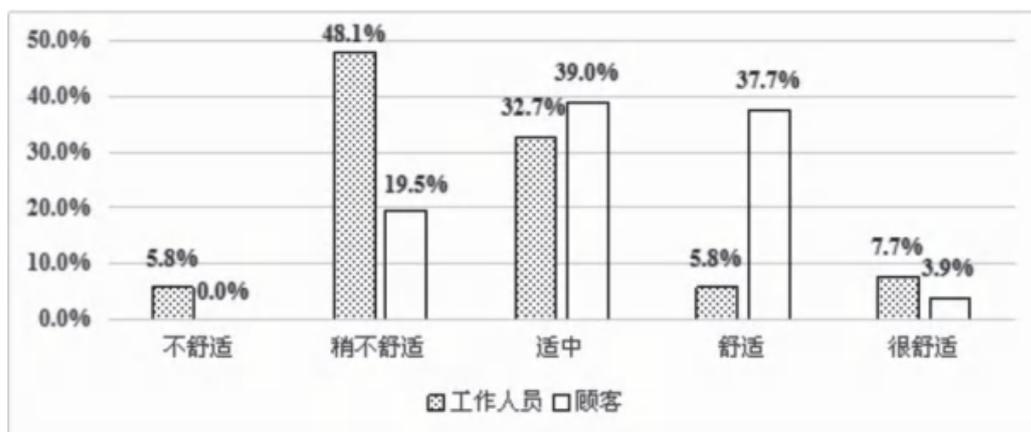


图3 热舒适统计图

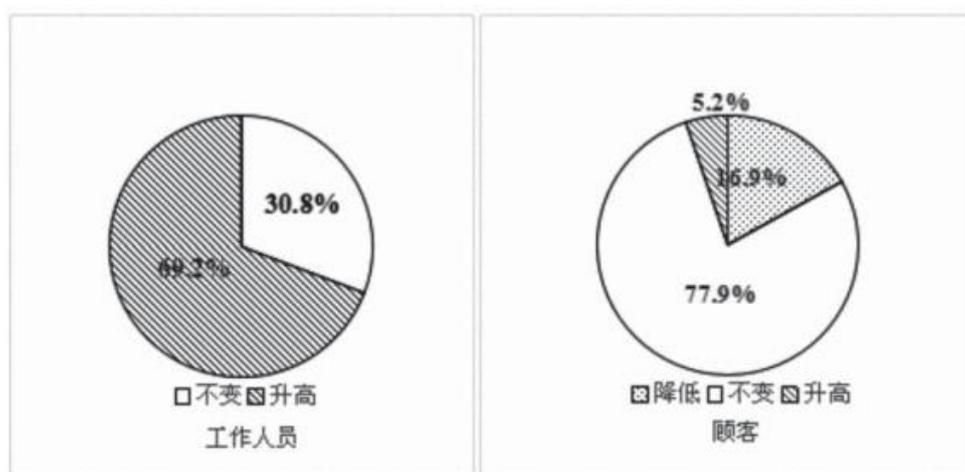


图4 热期望统计图

2.4 主观情绪

考虑到顾客与工作人员主观情绪不同,问卷对人员的主观情绪进行了调查,结果见图1。因商场是一个相对轻松的环境,选择心情“适中”“愉快”的顾客与工作人员分别占71.2%和72.8%,而选择“很不愉快”与“非常愉快”人员比例很小。对于主观情绪对热感觉的影响,选择“稍有影响”的人员占53%,选择“影响很大”的人员占39%,而选择无影响的人员只占8%。

2.5 热感觉、热舒适与热期望

顾客与工作人员的热感觉与热舒适感的调查情况如图2、图3所示:

由图可以看出,顾客与工作人员的热感觉投票分布不同。热感觉投票为“适中”的工作人员与顾客占比最大,分别占48.1%和49.4%;有32.7%

的工作人员感觉“稍冷”,而相反有31.2%的顾客感觉“稍热”,而认为“冷”“很冷”“热”“很热”的人员比例很低。对于热舒适感,32.7%的工作人员和39%的顾客认为适中;认为“稍不舒适”的工作人员占比较大,共占48.1%;37.7%的顾客认为“舒适”,而仅有5.8%的工作人员认为“舒适”;感到“很舒适”和“不舒适”的工作人员比例很低。不论是顾客还是工作人员,热感觉和热舒适投票的分布都呈现一定的一致性。

对于顾客与工作人员的热期望统计见图4:

由以上数据看出,工作人员与顾客的热期望投票差异很大。69.2%的工作人员希望环境温度升高,没有工作人员希望环境温度降低;而77.9%的顾客认为温度可以不变,另有16.9%的顾客希望环境温度降低。可以看出,两类人群的热期望几乎完全相反。这和两类人群的热感觉投票有关,工作人员感觉偏冷的比例高于顾客,因而工作人员中期

望变暖的比例也高。顾客中感觉微热和热的比例近40%，但期望降低温度的比例仅17%左右，说明在冬季顾客偏好偏暖一些的环境。

3 结果分析

在同一环境下、同一时间段内，活动强度大致相同的两类人群（工作人员与顾客）的热感觉投票、热舒适性以及热期望存在着较大的差异。造成差异的原因有以下几点：

服装热阻不同。通过增减衣服来适应环境温度的变化，是人们通过自发行为实现热舒适调节的一种便捷、有效的方式。工作人员受工作限制，工作时间有一定的着装要求，服装搭配多以轻便、不影响操作为主，着装相对轻薄一些，因而热感觉投票偏低的比例较高，选择“不舒适”的比例也高，期望变暖的比例高；而顾客受室外低温天气的影响，着装较多，到达室内后部分人员即使适当减少衣物，服装热阻整体也高，因而热感觉投票舒适及偏暖比例高于工作人群。

停留时间不同。调研结果显示，工作人员长期停留在商场内的工作地点，每天工作时间不低于8小时，长时间停留在稳定环境下，对环境的期望值偏高；而顾客在商场公共区域内停留的时间非常短，一般不超过5个小时，从室外冷环境进入室内热环境，这种动态的变化本身是有益于改善热感觉和舒适性。

主观感受不同。工作人员在商场内停留以工作为目的，受工作的限制，不会过于放松，而这种心理也会影响热感觉投票；而顾客以休闲娱乐为目的，心情较轻松愉悦，因此即使大部分人感到偏热，

感到舒适的比例也较高。主观情绪的差异一定程度上也会造成热感觉与热舒适感的差异⁷。

综上所述，在商场同一环境中，顾客和工作人员两类人群的热舒适性是不同的。人员着装、停留时间和目的的不同，使他们对热环境的需求也是不同的。在商场内部热环境的设计和调控中应考虑这一差异性，并采取一定的措施，以满足两类人群的需求。

参考文献

- [1] 唐鸣放, 李竟涛. 重庆商场热环境实测调查分析. 建筑节能. 2008.11.P29~30.
- [2] 李利文, 闫军威, 周璇, 冯家亮. 夏热冬暖地区商场冬季室内热舒适研究. 暖通空调. 2015年第45卷第6期.P76~81.
- [3] 牛润萍, 张培红, 陈其针. 沈阳商场冬季室内热舒适性与设计参数优化. 人类工效学. 2007年12月第13卷第4期.P45~47.
- [4] 王焯, 张金萍, 朱琨. 兰州市某超市夏季室内空气质量及热舒适性研究. 安全与环境学报. 2008年4月第8卷第2期.
- [5] Hoof, van, J., Mazej, M., & Hensen, J. L. M. (2010). Thermal comfort: research and practice. *Frontiers in Bioscience*, 15(2), 765-788. DOI: 10.2741/3645
- [6] 陈城. 夏热冬暖地区综合商场功能区冬季热舒适性研究. 华南理工大学硕士学位论文. 2016年.
- [7] Thomas Parkinson and Richard de Dear. Thermal pleasure in built environments: Physiology of alliesthesia. *BUILDING RESEARCH & INFORMATION* 2015 Vol. 43, No. 3, 288-301, <http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2015.989662>



严寒地区某绿色建筑双源热泵系统运行性能分析及优化建议

沈阳建筑大学 刘馨 李宗翰 冯国会 吴玥 黄凯良
青岛绿城建筑设计有限公司 刘树林

摘要：绿色建筑可再生能源系统应用广泛，实际效果却存在不匹配的问题。本文针对严寒地区某绿色建筑双源（地源、空气源）热泵系统一个供冷季和两个连续供暖季的不同运行模式进行实测，重点分析了采暖季不同运行模式下热泵系统能效比，对该双源热泵系统的性能匹配度做出评价。分析结果表明，当2017年空气源热泵未启动时，系统供热量相比2016年下降了40%，机组COP降低了22%，系统COP下降了27%。并且系统运行实测值相较于设计值的匹配度，低于2016年供暖季采用双源热泵系统运行时的匹配度。

关键词：绿色办公建筑 双源热泵 运行模式 运行特性分析 匹配度

0 引言

地源热泵技术作为一种清洁能源，在绿色建筑中广泛应用。近年来，地源热泵经历了产业发展高潮后，部分地源热泵项目运行的弊端渐渐显现了出来^{[1][2][3][4]}：系统所需耗能量的评估不充分，施工技术不完善，机组维护困难或故障难以修复等问题，造成系统实际运行中能效降低，制约了地源热泵的发展。附加新能源对系统进行改造显得十分必要。

目前，研究人员对地源热泵系统的运行特性和优化方案等方面投入研究颇多。刘玉峰^[5]通过对地源侧和负荷侧出水温升、室外温度变化范围的研究分析出冬季和夏季机组和系统COP，并提出冬季和夏季的高效运行方式；李先庭^[6]通过分析我国热泵技术应用过程中存在的问题，提出了实现冬夏季均高效运行的柔性热泵系统思想，并得出柔性热泵系统可以解决传统空气源热泵、地埋管地源热泵等系统应用过程中存在的问题的结论；曾召田^[7]通过研究地源热泵的3种运行状况及管壁温度变化特性，分析了运行模式对地埋管热交换性能的影响规律，指出地源热泵间歇运行模式有利于土壤温度场的恢复，从而提高地埋管换热器与其周围土壤的热交换率。西安建筑科技大学的刘雄将单一的空气源热泵和土壤源热泵结合在一起，该系统可以根据当地实际情况和室外空气温度的变化，灵活地调整系统的工作模式，系统能够分别在单级压缩土壤源热泵+单级压缩空气源热泵，复合热源热泵+单级压缩空气源热泵，复合热源热泵+单级压缩土壤源热泵+单级压缩空气源热泵，单级压缩土壤源热泵+复合热源热泵+单级压缩空气源热泵四种运行模式下

运行。给出了不同回灌量下，两个地区的典型建筑在四种运行模式下的温度分界点，依据该温度分界点可进行热泵运行模式的切换。赵双龙^[10]通过能耗监测系统和地温监测系统的实测数据，分析了地源热泵系统运行特性。通过分析机组进出口水温、能耗量、COP、水系统输能比以及土壤温度变化规律，发现该工程存在土壤热堆积、系统运行效率降低等问题。孙婉^[11]通过监测地源热泵系统运行参数，研究了地温变化对地源热泵系统运行效率的影响，随着土壤温度升高，地源侧进出水温差降幅为0.87，机组性能系数和系统换热效率均下降。

通过大量学者的潜心研究，地源热泵系统的性能逐步提升，而双源热泵系统对单一地源热泵系统的能效提升作用也值得关注，本文通过对比采暖季单双源热泵系统的实际能效，分析不同运行模式下能源系统的实用性，从而获得双源热泵系统的匹配程度，为可再生能源系统在绿色建筑中能源耦合提供一些优化建议。

1 工程概况

1.1 建筑概况

该绿色办公建筑位于我国严寒地区，共三层；其中地上两层，地下一层，地下一层设有下沉庭院。建筑高度为15.15m，总面积1600.71m²。

1.2 能源系统概况

建筑冷热负荷由地下一层热泵机房提供，冬季热负荷为25kW，采用低温水辐射采暖；夏季冷负荷35kW，采用风机盘管加新风系统。热泵机房内设

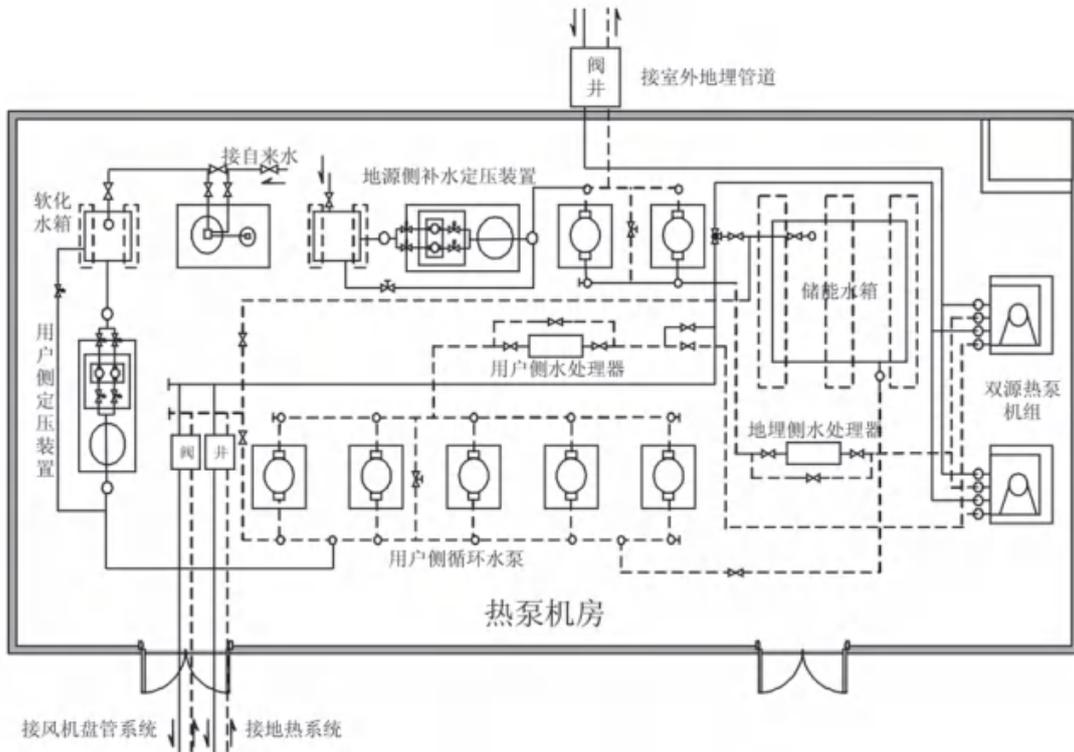


图1 热泵机房设备布置及管线示意图

备布置及管线示意图见图1，机房主要设备选型见表1。

表1 双源热泵机房主要设备

设备	选型	台数
地源热泵机组 (大机组)	夏季制冷量 17.5kW, 冬季制热量 12.5kW	1
双源热泵机组	夏季制冷量 38kW, 冬季制热量 30kW	1
用户侧变频循环水泵	流量 1.9m ³ /h, 扬程 23m, 功率 0.75kW	3
地理侧变频循环水泵	流量 8.4m ³ /h, 扬程 24m, 功率 2.2kW	2
用户侧补水泵	流量 0.2m ³ /h, 扬程 16m, 功率 0.24kW, 一用一备	2

其中，地源热泵系统制热工况下供水温度设定值为45℃，回水温度设定值为40℃，用户侧额定流量为7.2m³/h。制冷工况下用户侧供水温度设定值为30℃，回水温度设定值为25℃，用户额定流量为5.6m³/h。

2 数据采集及处理方法

为保证测试结果相对准确，本文测试方法参照GB/T 50801-2013《可再生能源建筑应用工程评价标准》^[16]和《建筑性能参数标准化测试流程》^[17]对双源热泵系统连续两个供暖季和一个供冷季进行监测。

2.1 测试内容及周期

从2016年11月15日~2018年3月15日对双源热泵机组、系统进行连续测试。整体的测试内容及测量仪器见图2。地源侧供回水温度、用户侧供回水温度每10min记录一次。热泵运行特性需要采集长期的监测数据来分析^{[14][15]}，处理数据时需要选择数据稳定的时间段，并且剔除明显无效的数据。

2.2 数据处理

采集的实验数据通过下列公式计算，可以分别得到机组、系统的能效比和机组制热/冷量：

热泵机组能效比^[19]：

$$COP = \frac{Q_E}{W_C} \quad (2-1)$$

式中： Q_E —热泵机组的换热量，kW；

W_C —压缩机的输入功率，kW；

热泵系统能效比^[19]：

$$COP_{系统} = \frac{Q_E}{W_C + W_P} \quad (2-2)$$

式中： W_P —循环水泵的输入功率，kW；

热泵机组的制热量^[19]：

$$Q_E = mC_p(t_{out} - t_{in}) \quad (2-3)$$

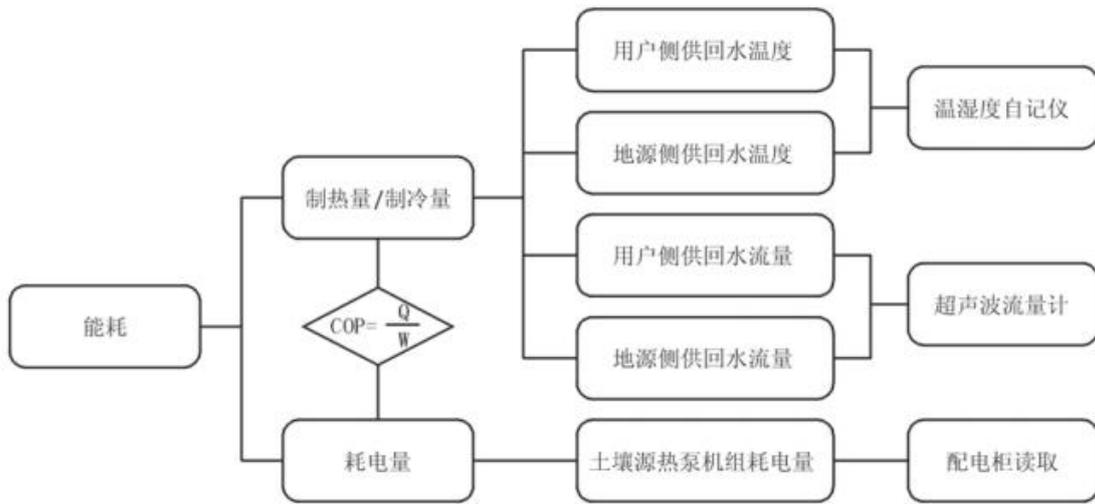


图2 测试内容及测量仪器

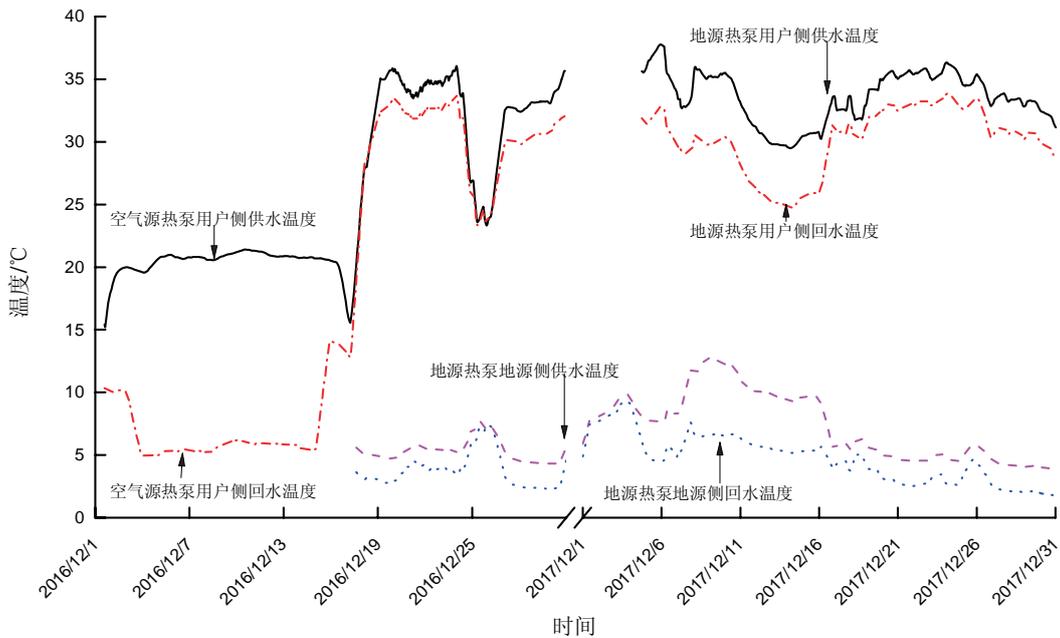


图3 2016、2017年12月地源侧供回水温度

式中： m —循环水的质量流量，kg/s；
 C_p —水的比热容，kJ/(kg·K)；
 t_{out} 、 t_{in} —地埋管换热器中循环水的进、出口温度，K。

数据的均方差计算公式为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (2-4)$$

式中： μ ——该组数据的平均值；

N ——该组数据的个数；

根据均方差公式，本文为了描述两组数据与设计值的匹配情况，定义匹配度的计算公式，即当 $\mu = x_{\text{设计}}$ 时，该组数据与设计值匹配度 σ' 的计算公式为：

$$\sigma' = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x_{\text{设计}})^2} \quad (2-5)$$

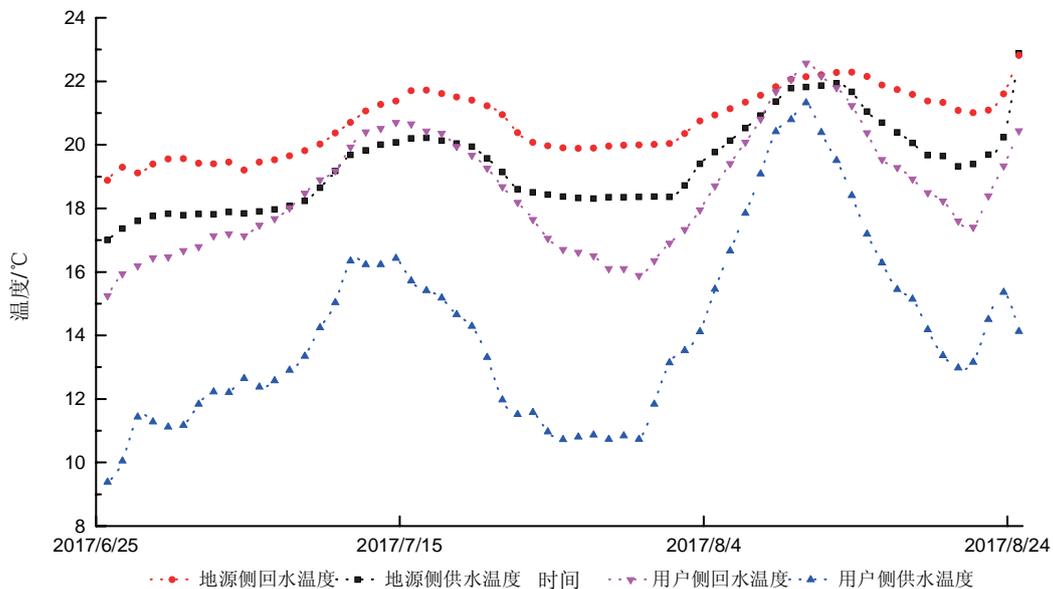


图 4 2017 年供冷季用户侧地源侧供回水温度

3 系统运行特性分析

为了能突出 2016 年和 2017 年供暖季热泵运行的特性，本文从监测的数据中选取较为全面的数据进行分析。因此在剔除了无效数据后，选取 2016 年和 2017 年典型月和 2017 年整个供冷季的数据进行分析。

3.1 机组地源侧、用户侧进出水温度

2016 年、2017 年供暖季和 2017 年供冷季的地源侧和用户侧的水温变化规律如下图所示。

机组地源侧和用户侧进出水平均温度见表 2：

表 2 机组地源侧、用户侧进出水温度平均值

时间段	地源侧供水	地源侧回水	用户侧供水	用户侧回水
冬季 (2016/2017)	5.54/7.26	2.97/4.65	32.43/33.54	30.52/30.28
冬季 (设计值)	6	3	45	40
夏季 (2017)	14.33	18.43	19.12	20.26
夏季 (设计值)	7	12	30	25

结合图 3 可以看出，2016 年冬季地源侧供回水温度在设计值之间波动，2016 年 12 月 1 日 -12 月 17 日，开启空气源热泵对建筑进行供热，此时地源热泵系统关闭。2016 年供暖季期间供回水温差在 2.6 左右波动，基本满足设计值。但是由于用户侧流量偏大，造成了用户侧供回水温差小于设计值。

2017 年冬季供回水温度在供暖季开始时温度较高为 7.06 和 6.94，但在运行一段时间之后，地

源侧进出水温度逐渐下降。2017 年供暖季，地源侧供回水温度分别下降至 3.78 和 1.65。说明在经历 2017 年夏季热泵供冷之后，地温有所上升，所以在供暖季开始时，供回水温度较高。随着热泵系统持续运行，地源侧的冷量不断的堆积，加上严寒地区冬季室外气温较低，热泵系统地源侧的供水温度逐渐降低。地源侧供回水温度的降低增加了热泵系统的耗电量，降低了系统的能效。

从图 4 中可以看出，夏季地源侧供回水温度高于设计值，温差在 6 附近波动。用户侧供回水温度低于设计值，温差在 2 附近波动，说明该建筑热工性能较好，热泵在制冷工况下负荷率较低。

2017 年供暖季，地源侧供回水平均温度为 7.26 和 4.65。整体温度高于 2016 年供暖季地源侧供回水温度 5.54 和 2.97。说明在经过了一个供冷季后，地温得到了明显的恢复。并且在 2017 年供暖季前期，热泵系统的供热量也维持在较高水平。但是随着系统运行，地温的不断降低，导致地埋管换热量降低，热泵系统的运行效率，进而无法向室内提供足够的热量。当系统出现停机的情况时，地源侧的供水温度会有所升高，所以建议在单独运行地源热泵时，采用间歇运行的方式。

从两个供暖季的数据对比来看，由于 2016 年供暖季由于采用双源热泵系统运行，保证了地源侧供水温度稳定，机组的运行状态较为稳定。2017 年在地源热泵单独运行的情况下，地源侧供水温度下降较快。本文根据实测的地源侧供水温度分别计算了

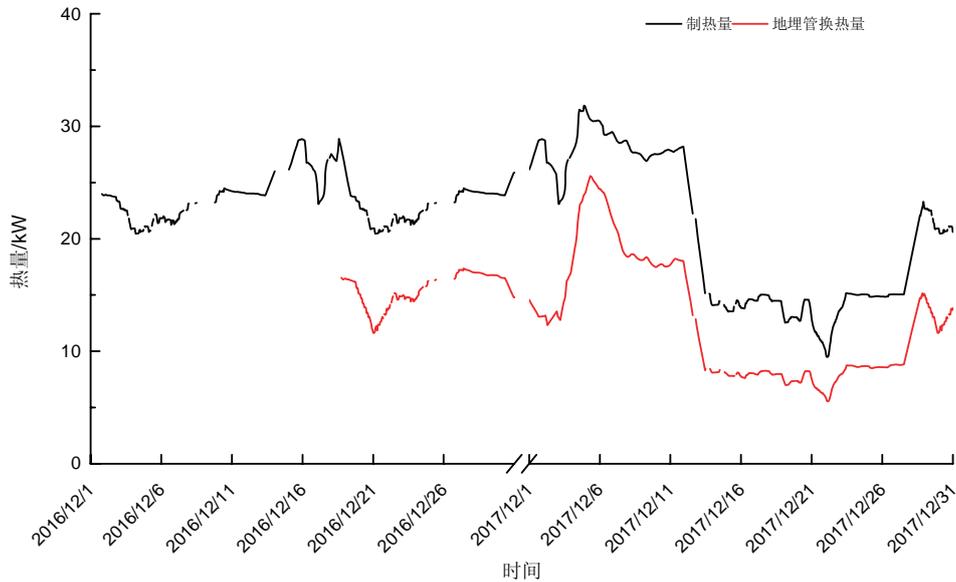


图5 冬季热泵系统制热量与地理管换热量

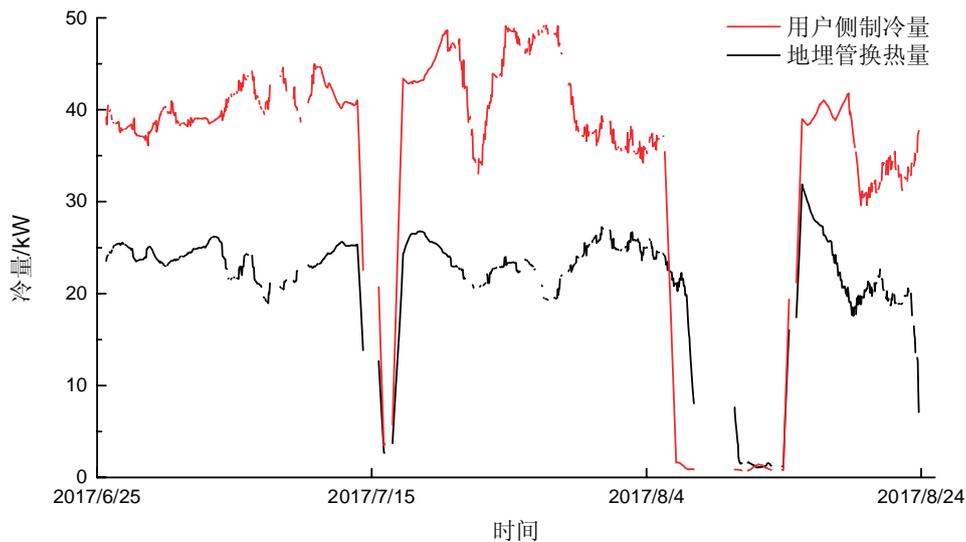


图6 夏季地源热泵系统制冷量与地理管换热量

均方差和匹配度 σ ，2016、2017年采暖季均方差分别为1.0和2.8，说明采用双源热泵模式运行时，地源侧供水温度离散度较小。2016、2017年供暖季匹配度分别为1.10和3.08。说明在采用双源热泵系统运行时，地源侧供水温度与设计值匹配度较高。地源热泵系统单独运行时匹配度低，会影响地源热泵系统的运行效率。

3.2 机组制热/制冷量与地理管换热量

机组的制热(冷)量与地理管之间的换热量能直观的反映出机组和地理管的换热能力。测试期间

测得供暖工况时地源侧和用户侧流量分别为7.2m³/h和8m³/h，空气源热泵用户侧流量；制冷工况时地源侧和用户侧流量分别为5.18m³/h和1.57m³/h。冬夏季热泵系统的制热量、制冷量和地下换热量如下图所示：

机组制热(冷)量和地理管换热量的平均值见表3：

表3 系统制热(冷)量和地理管换热量平均值 kW

时间段	地理管换热量	机组制热(冷)量
冬季(2016年/2017年)	16.83/12.41	26.34/20.85
夏季	22.10	42.21

结合图5可以看出，2016年冬季与2017年冬

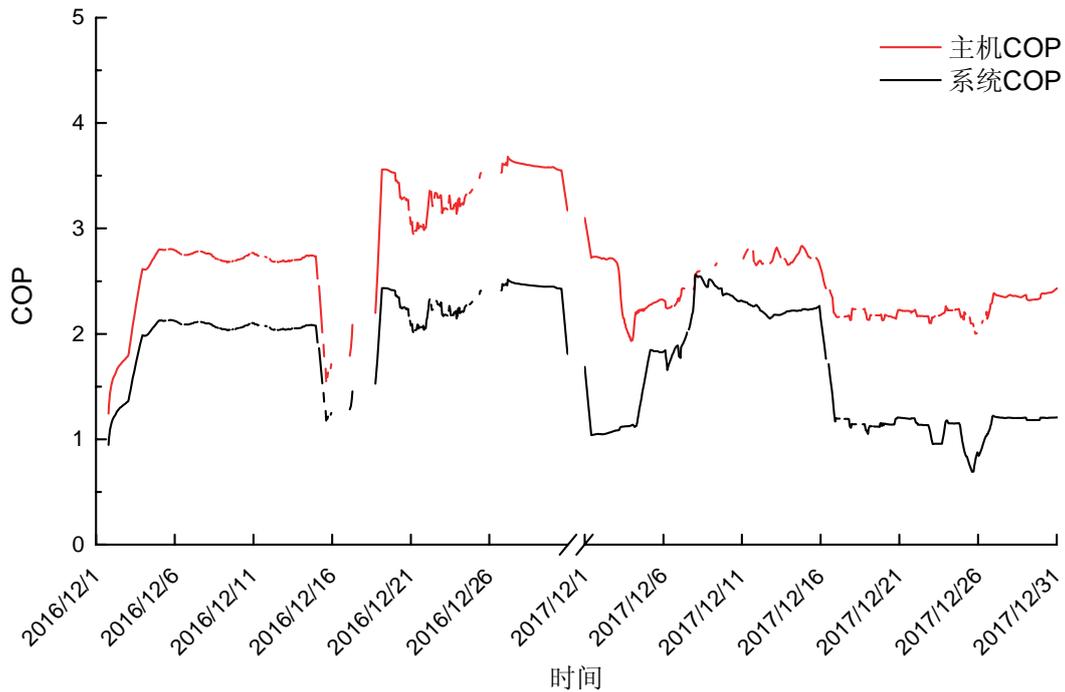


图7 冬季热泵机组 COP 和系统 COP

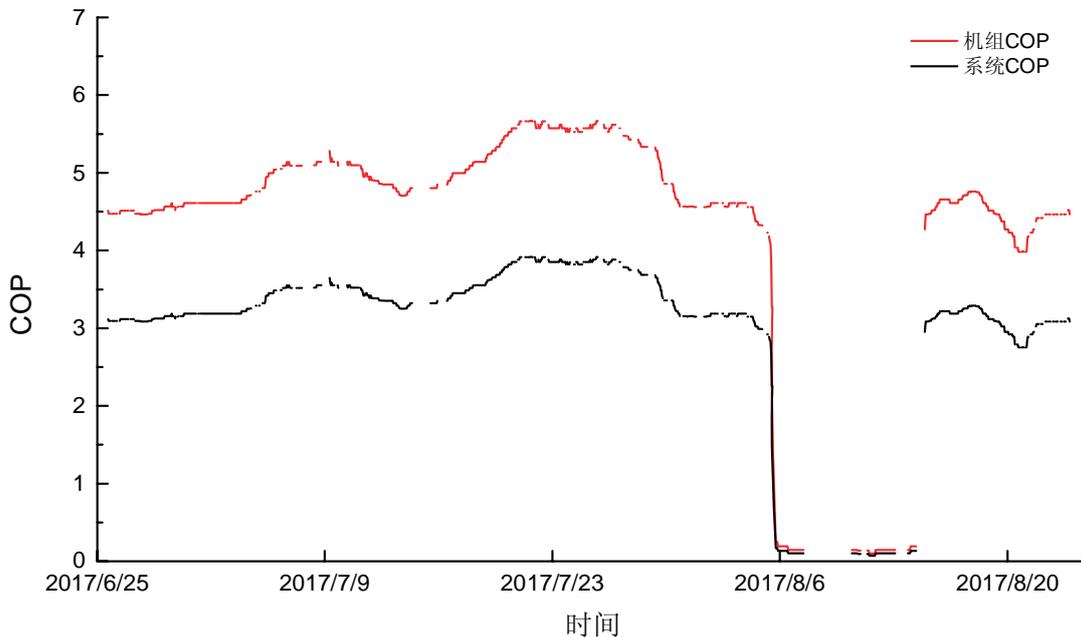


图8 夏季热泵机组 COP 和系统 COP

季供暖季热泵系统运行情况较差。相较于2016年供暖季双源热泵运行时，2017年供暖季地源热泵单独运行时地理管平均换热量下降了38.7%，平均制热量下降了26.4%。并且2017年供暖季供热量没有达到设计值的要求。机组COP下降了22%，系统COP下降了27%，机组制热能力变差。

根据实测数据计算的制热量，对比建筑的设计热负荷计算了均方差和匹配度。2016、2017年供暖季制热量均方差分别为5.94和8.26，说明了在采用双源热泵系统运行模式时，系统制热情况比采用地源热泵单独运行模式稳定。2016、2017供暖季制热量与设计负荷匹配度分别6.31和9.14，说明相较于于

设计值来说,采用双源热泵系统运行模式与设计情况更为接近。

3.3 热泵机组 COP 和系统 COP

冬季和夏季热泵机组 COP 和系统 COP 平均值见表 4。

表 4 冬季夏季热泵机组 COP 和系统 COP 平均值

时间段	机组 COP	系统 COP
冬季 (2016 年/2017 年)	3/2.6	2.3/1.8
夏季	4.6	3

结合表 4、图 7 和图 8 可以看出,2016 年供暖季双源热泵机组运行时,机组平均 COP 为 3.0,系统平均 COP 为 2.3,2017 年供暖季地源热泵机组单独运行时机组平均 COP 为 2.6,系统平均 COP 为 1.8。相较于 2016 年供暖季,机组 COP 下降了 22%,系统 COP 下降了 27%,机组制热能力变差。主要原因与前文所提到的地源侧供水温度下降有关。

夏季的机组 COP 比规定值 4.3 略高,系统 COP 比常规的空调机组系统 COP 高,热泵机组的制热性能较好。对于热泵机组夏季制冷性能好于冬季制热性能的情况,主要原因是夏季冷负荷小于冬季热负荷,造成地埋管处冷堆积,这有利于夏季机组的运行而不利于冬季机组运行。

4 机组运行优化建议

结合实测数据分析的该热泵系统的运行特性,提出以下几点优化建议:

双源热泵系统运行时,系统整体运行效率较高。因此,应根据实际情况,增加空气源热泵与地源热泵联合运行的时间。

地源热泵系统单独运行时,地源侧供水温度较低,且呈不断降低的趋势。因此在地源热泵系统的运行策略方面,建议在保证该绿色办公建筑安全运行的条件下,使用间歇运行的方式,或者使用室温控制法,当室温达到 18℃ 时,地源热泵系统停止运行。使地温得到一定程度的恢复,从而保持地源热泵系统较高的运行效率。

从计算出的地源侧供水温度和制热量的匹配度来说,双源热泵系统运行效果均高于地源热泵系统单独运行时的效果,供暖季采用双源热泵运行的模式,能够更为设计值,可以有效的提高系统制热量和 COP,并且能够有效的促进节能减排。

供冷季地源热泵系统运行较为平稳,热泵机组 COP 和系统 COP 维持在一个较高的水平,但是机组启停较为频繁。可以通过减小机组用户侧供水流量

来减少启停情况的发生。

5 结论

本文根据实测的数据,分析了双源热泵系统运行模式和地源热泵系统运行模式下地源侧供回水温度的变化,分别计算了两种运行模式下的制热量和 COP,可以得到以下结论:

(1) 地源热泵系统夏季运行工况良好,系统运行各项指标与设计较为符合。该段时间内机组有频繁启停情况的发生,可以通过减小机组用户侧供水流量来减少启停情况的发生。

(2) 地源热泵单独运行时,地源侧供回水平均温度为 7.26℃ 和 4.65℃。虽然整体水平较高,但是波动很大。采用该种运行模式运行到供暖季后期时,地源侧供回水温度降低至 3.78℃ 和 1.65℃。说明在经过了一个供冷季后,地温得到了明显的恢复。并且在地温较高的时段内,热泵系统的供热量也维持在较高水平。但是随着系统运行,地温的不断降低,导致地埋管换热热量降低,热泵系统的运行效率,进而无法向室内提供足够的热量。建议采用间歇运行的方式运行,或者使用室温控制法,当室温达到 18℃ 时,地源热泵系统停止运行。使地温得到一定程度的恢复,从而保持地源热泵系统较高的运行效率。

(3) 相较于双源热泵系统的运行模式,地源热泵单独运行模式下地埋管平均换热量下降了 38.7%,平均制热量下降了 26.4%。并且在供暖季后期,地源热泵单独运行模式下供热量没有达到设计值的要求。机组 COP 下降了 22%,系统 COP 下降了 27%,机组制热能力变差。可以通过采用双源热泵的运行模式,提高系统的供热量和 COP。

(4) 本文计算了两个供暖季实测值与设计值的匹配度,2016、2017 供暖季地源侧供水温度匹配度分别为 1.10 和 3.08,制热量的匹配度分别为 6.31 和 9.14。从这两个方面都可以看出,采用双源热泵系统运行与设计值的匹配度要比地源热泵单独运行时高,系统性能也高于地源热泵系统单独运行。针对该双源热泵系统,将会进行持续的监测,并对以上提出的优化方式进行验证。

参考文献

- [1] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 [M]. 中国建筑工业出版社, 2014.
- [2] 徐伟. 中国地源热泵技术发展展望 [J]. 建筑科学, 2013, 29(10): 26-33.
- [3] 杨树彪, 周念清. 中国地源热泵发展历程分析 [J].

上海国土资源, 2017,3(38):57-61.

[4] P Fleuchaus,P Blum. Damage event analysis of vertical ground source heat pump systems in Germany [J].Geothermal Energy,2017,5(1):10.

[5] 刘玉峰. 寒冷地区地源热泵系统冬季运行特性分析 [J]. 制冷技术, 2017,45(12):80-83.

[6] 李先庭. 实现冬夏季均高效运行的新型热泵系统 -- 柔性热泵系统 [J]. 暖通空调, 2016,46(12):1-7.

[7] 曾召田. 运行模式对地埋管换热器热交换性能的影响试验 [J]. 可再生能源, 2016,34(5):737-744.

[8] 高媛. 基于冷热源辅助的地源热泵系统仿真及运行控制策略研究 [D]. 山东: 山东建筑大学, 2017.

[9] 张长兴. 负荷侧回水温度控制在地源热泵供热中的应用研究 [J]. 制冷学报, 2014,35(5):19-24.

[10] 赵双龙. 重庆某办公楼地源热泵系统运行特性 [J]. 暖通空调, 2017,47(2):113-116.

[11] 孙婉. 地源热泵夏季运行地温场变化特性试验研究 [J]. 同济大学学报(自然科学版), 2016,44(7):1101-1106.

[12] 严磊, 胡平放. 武汉市地源热泵示范项目测评研究分析 [J]. 建筑科学, 2014,30(12):25-29.

[13] 潘登, 茅靳丰. 土壤源热泵在地下工程中空调工况运行实验研究 [J]. 太阳能学报, 2017,38(10):2785-2791.

[14] 张智铭. 办公建筑土壤源热泵系统节能运行策略研究 [D]. 天津: 天津大学, 2015.

[15] Linhua Zhang, Huixing Fang. Energy-saving analysis of ground source heat pump combined with floor radiant air conditioning system [M]. 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC2017, 19-22.

[16] 《可再生能源建筑应用工程评价标准》 [S]. GB/T 50801-2013.

[17] 《建筑热环境测试方法标准》 [S]. JGJT 347-2014.

[18] 杨灵艳, 钱城. 土壤源热泵系统能效提升要素分析 [J]. 建筑节能, 2016,44(304):1-4.

[19] 《公共建筑节能设计标准》 [S]. GB50189-2005.



会议活动

2021 年全国暖通空调模拟学术年会 征文通知

计算机模拟技术在暖通空调领域应用广泛，所发挥的作用日益重要。根据学会工作计划安排，定于2021年4月在西安市召开“2021年全国暖通空调模拟学术年会”。本次年会由长安大学协办，旨在总结和交流模拟技术在暖通空调领域应用的科研成果和实践经验，以促进暖通空调专业技术应用的发展。欢迎从事本领域的科研、设计、高等院校、设备生产制造商及相关企事业单位的有关专家、学者、技术人员投稿并与会。现将相关事项说明如下：

一、征文范围

建筑能耗预测评估	CFD 技术与应用
建筑节能模拟及应用	BIM 技术与工程应用
设备系统模拟分析	小区热环境模拟
供热、空调系统控制仿真与应用	人体行为与热舒适模拟
大数据分析及应用	采光、遮阳、日照、通风等模拟分析

二、征文要求

1. 征文范围内或与之相关的未曾公开发表的论文；论文主题、方法、结论应简洁，突出重点；篇幅一般不超过10页。
2. Word软件录入，规格A4，标题用二号宋体加粗（居中排），题目下为单位和作者署名（占一行，用四号楷体，居中排），正文用五号宋体。
3. 请务必注明通讯地址、邮编、联系电话、电子邮箱。

三、时间安排

请于2021年3月10日前将论文全文（Word格式）发至 cchvacbs@163.com。

1. 2021年3月10日~2021年3月17日：论文评审；
2. 2021年3月20日发出评审意见通知；
3. 论文将由《建筑环境与能源》杂志印刷会议论文集。

四、会议安排

1. 会议时间：2021年4月
2. 会议地点：中国·西安

五、联系方式

1. 论文投稿邮箱：cchvacbs@163.com
钱明杨 010-6278 9761/137 1876 5998 孙德宇 158 1029 6496
2. 会议筹备咨询
李 炜 010-6469 3285/136 8155 5746 何远嘉 186 1178 6335



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？

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



CR 中国制冷展 2021 | CHINA REFRIGERATION 2021

CRH 2021

制冷·空调·暖通
HVAC&R



第三十二届国际制冷、空调、供暖、通风及食品冷冻加工展览会

THE 32ND INTERNATIONAL EXHIBITION FOR REFRIGERATION, AIR-CONDITIONING, HEATING AND VENTILATION, FROZEN FOOD PROCESSING, PACKAGING AND STORAGE

强基固本 质量优先

内外协同 低碳发展

2021年4月7日至9日

APR 7-9, 2021

上海新国际博览中心

SHANGHAI NEW INTERNATIONAL EXPO CENTRE



主办:  中国国际贸易促进委员会北京市分会



中国制冷学会



中国制冷空调工业协会



上海市制冷学会



上海冷冻空调行业协会

承办:  北京国际展览中心有限公司

电话: 010-64934668-611/610

传真: 010-64938558

网址: www.cr-expo.com

邮箱: xuelongyun@biec.com.cn

kanglu@biec.com.cn



官方网站



官方微信

咨询热线: 400-666-3703

海尔中央空调 数据中心空气系统 节能解决方案



解决方案：

大中型数据中心

海尔磁悬浮中央空调+精密冷冻水末端



优化现有技术，提高数据中心能源利用效率

机房内精密空调

- 最佳的数据中心整体节能解决方案



机房外磁悬浮机组

- 更有自然冷等机组模式，提高制冷效率



下载海尔智家APP
定制您的智慧生活

功能特点：

> 高效节能

主机采用磁悬浮压缩机技术及变频控制技术，低运行成本，节能高达50%

> 稳定可靠

压缩机无油运转，无机械摩擦，降低系统故障率及维护费用

> 智能控制

云服务控制中心，提供节能管理、智能维保、故障预警、远程监控等智能化服务