

建筑环境与能源

Building Environment & Energy

2021
9

月刊
总第 47 期

主办：中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院

本期导读

06 | 新闻直通车 | News Express |

徐伟院长走进焦点访谈，“双碳”大戏在暖通行业揭幕

CAHVAC与REHVA第四次签署合作备忘录

《中国高效空调制冷机房发展研究报告（2021）》编撰第二次工作会召开

《高效空调制冷机房评价标准》第三次工作会顺利召开

第三届全国高效机房系统建设与运维论坛（2021）在重庆召开

30 | 热点聚焦 | Spotlight |

建筑领域碳达峰、碳中和的实施路径

42 | 案例赏析 | Cases |

山西某分布式冷热电三联供系统的经济运行分析

热力二次系统改造及水力平衡浅析



建筑环境与能源微信公众号

Haier

海尔智家

海尔物联网高效机房解决方案 引领机房能效进入6.5⁺时代


E+物联云平台



智家
Haier

下载海尔智家APP
定制您的智慧生活



全生命周期
—更节能—



智能高效管理
—更省心—



远程云诊断
—更可靠—

为建筑赋能
为世界节能

江亿院士：建筑零碳运行 在2050年前后能实现

中国工程院院士、清华大学建筑节能研究中心主任江亿教授日前表示，建筑碳排放有四个部分，在居民做饭、用电、取暖之外，还有空调制冷排放。但通过技术革命，我们一定能够实现建筑零碳运行。

电池会是未来最宝贵的储能调节资源

江亿介绍，建筑运行碳排放分为四大部分，首先是直接碳排放，即楼内居民在生活过程中烧煤、烧气带来的直接二氧化碳排放。第二部分是用电，2019年建筑运行相关用电量为1.9万亿千瓦时，折合二氧化碳排放11亿吨。第三部分是北方城市冬季供热，将热电厂生产所发生的全部费用按生产电力和热力产品时分别所消耗的标准煤量的比值进行分摊，大约占全国总二氧化碳排放的22%。此外，建筑还涉及空调制冷排放，制冷剂排放对温室效应的作用值是远大于二氧化碳的。

江亿表示，将燃煤、燃油、燃气的能源结构变为水电、风电、光电、核电、生物质能等零碳能源，彻底摆脱对化石能源的依赖，实现能源安全和可持续发展是彻底改变我国能源结构、解决我国能源问题、实现碳中和的根本途径。

但如何与电力部门共同实现零碳电力是下一步面临的最大问题。“不用电是不可能的，但是首先要提高效率，减少用电需求。”建筑部门也应该主动做贡献，零碳电力发展面临的两大困难，一是空间在哪儿，风电、光电安装需要空间，建筑屋顶实际是一个非常好的资源，应该好好加以利用，开发屋顶光伏发电；另一个问题在于，发展风电、光电是电源侧跟用电负荷二者的匹配，灯一关，电厂就得少发电，二者要保持平衡。但风电、光电不能人为控制，就得对用电侧进行相应的调节，在这方面，建筑能起到很大的作用，尤其将来全面推广电动车，电池会是未来最宝贵的储能调节的资源。

而电动车充电方式，也将改变。不再像现在插上就充，而是一位一桩，即停即插，只有在电富余时才会给车充电，用它来帮助削峰填谷，从而有效消纳建筑自身的光伏，这就是建筑的柔性供电，也叫“光储直柔”。

所以建筑在电力零碳化的革命中，不是简单地承担一个消费者的角色，而是成为生产者、消费者、储能和调节者“三位一体”，承担更大作用。

低碳社会热量会越来越珍贵

江亿描述了一个低碳的未来。随着低碳社会的发展，热量会越来越珍贵。“因为以前是燃料烧火提供热量，再把热量变成电，热在前面，电在末端。推行零碳后，电在前面，风电、光电、核电、水电都是电，热在末端，于是热的珍贵性就凸显出来了。”而这个时候，大规模跨季节储热在经济上、低碳发展上等各方面变得可行，可以把全年的余热收集起来，变废为宝，实现零碳。由于有了储能装置，储热会比储电更便宜。“综合起来，也会有很好的经济效益，所以现在到考虑大发展、大规模跨季节储热的时候了。”

他表示，通过技术革命，在2050年前后将实现建筑零碳运行，“而且很重要的一点是，推广零碳并不是给自己增加障碍和成本，反而会促进新的大量相关技术的发展进步，从而实现可持续发展。”

江亿最后说：“可持续发展是人类最终该走的路，因此应该用积极态度实现双碳，而不是等着、拖着、靠着看。”

本刊编辑部





建筑环境与能源

(月刊)

主办单位

中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院

支持单位

暖通空调产业技术创新联盟
中国建筑学会暖通空调分会
中国制冷学会空调热泵专业委员会
中国建筑节能协会暖通空调专业委员会
中国建筑节能协会地源热泵专业委员会

编辑出版

《建筑环境与能源》编辑部
2021年第9期(总第47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 隼
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



建筑环境与能源公众号



CAHVAC 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 |

“近零能耗建筑技术体系及关键技术开发”10个课题通过绩效评价
基于BIM的绿色建筑运营管理系统融合技术”通过示范工程验收与综合绩效评价
既有城市住区功能提升与改造技术课题绩效评价会顺利召开
中国建筑科学研究院与中国铁路设计集团签署战略合作协议
徐伟院长走进焦点访谈“双碳”大戏在暖通行业揭幕
张寅平 路宾等荣获2020年度北京市科学技术进步一等奖
CAHVAC与REHVA第四次签署合作备忘录
《中国高效空调制冷机房发展研究报告(2021)》编撰第二次工作会召开
《高效空调制冷机房评价标准》第三次工作会顺利召开
第三届全国高效机房系统建设与运维论坛(2021)在重庆召开

11 | 行业新闻 | Industry News |

住建部重磅发布最新版绿色建筑标识
财政部继续安排资金对河北农村地区清洁取暖运营给予补助
住建部: 2020年新增地源热泵建筑应用面积1734万平米
2035年全国地热能发电装机容量比2020年翻两番
发改委: 23亿元支持节能减碳项目建设
北京积极推广绿色建筑、装配式建筑、超低能耗建筑
张家口积极开展“冬病夏治”工作 提升供热服务质量
天津市《零碳建筑认定和评价指南》2021年9月1日起实施
邢台: 鼓励利用清洁能源、可再生能源和工业余热
山西绿色建筑占比73.7%, 给建筑业添“绿”提“能”
内蒙古上半年新增绿色建筑1576万平方米
上海明确零碳园区、社区如何进行碳排放核算、评定
《湖南省绿色建筑发展条例》10月起施行
天加热能: 世界先进的低温发电研发制造基地正式启用
大金牵手中海战略合作, 助力革新低碳办公新环境
克莱门特再次助力海康威视杭州成都两地数据中心建设
开利中国助力广州万博中央商务区分布式能源站建设 等



智能控制阀

尺寸：DN15-DN150

- 集成多种控制模式，一阀多用
- 精准监测，实时读数
- 高流通能力，节能环保
- Modbus RTU+蓝牙（可选）通讯，能量尽在掌握



W-SCBV-16Q 系列



W-SCBV-20T 系列



网址：www.watts.cn
服务热线：4000708760

WATTS®

SINCE 1874

CONTENTS



徐伟院长走进焦点访谈 “双碳”大戏在暖通行业揭幕



CAHVAC 与 REHVA 第四次签署合作备忘录



第三届全国高效机房系统建设与运维论坛（2021）在重庆召开



《中国高效空调制冷机房发展研究报告（2021）》
编撰第二次工作会议召开



CECS《高效空调制冷机房评价标准》第三次工作会
顺利召开

27 | 国际新闻 | International News |

美国中央空调和空气源热泵 2021 年 7 月份出货量
热泵可满足 90% 的全球供暖需求，且比燃气炉碳排放更低
为欧洲净零排放，波兰决定发展核能以替代煤电
DNV 预测 2050 年全球还“剩”有多少煤电装机？
欧洲电力批发市场价格创纪录，冬天还会更高
太阳能光伏国际贸易呈双向性
天然气价格暴涨英国重启煤电

30 | 热点聚焦 | Spotlight |



建筑领域碳达峰、碳中和的实施路径

32 | 聚焦政策 | Policy |

关于深化生态保护补偿制度改革的意见（节选）
雄安新区绿色建筑高质量发展的指导意见
上海市住房发展“十四五”规划
重庆市“碳惠通”生态产品价值实现平台管理办法（试行）

42 | 案例赏析 | Cases |

山西某分布式冷热电三联供系统的经济运行分析
热力二次系统改造及水力平衡浅析

48 | 技术交流 | Technical communication |

基于阀门网络的单热源枝状管网可靠性分区设计
采用毛细管辐射系统的围护结构热工性能研究
基于谐波反应法的大空间建筑分层空调非稳态辐射热转移负荷计算方法研究
济南农村太阳能-空气能复合供热系统仿真模拟



曼瑞德@舒适家

曼瑞德供暖系统

变频分段燃气采暖热水炉

变频燃烧 • 家庭采暖 • 生活热水



变频风机



地暖系统



3C认证



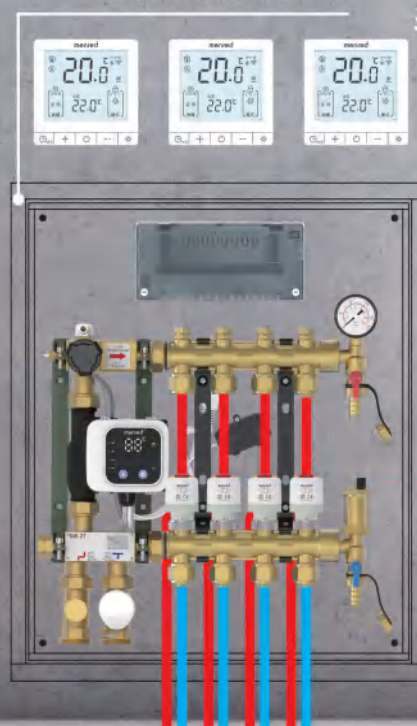
沐浴用水

变功率恒定生活热水

分段变频燃烧彻底解决
夏季生活热水过热



地暖系统解决方案



地暖专用管道



100% 进口原材料
梅尔克马菲生产线
MEILE PE-RT
三层耐热聚乙烯管

100% 德国原装进口
北欧化工原材料
MEILE PE-Xa
五层阻氧交联聚乙烯管



WWW.MENRED.COM

荣誉见证

- 参编国家标准19项，新风标准26项
- 绿建标准2项 暖通标准14项
- 净水标准13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38项
 - 著作权版权52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)
-



冷暖水智

“十三五”国家重点研发计划项目“近零能耗建筑技术体系及关键技术开发”10个课题通过专家组绩效评价

8月24日至25日，由中国建筑科学研究院有限公司牵头的“十三五”国家重点研发计划项目“近零能耗建筑技术体系及关键技术开发”课题绩效评价会议在北京召开。

公司科技标准部副主任常卫华代表项目牵头单位致辞，对绩效评价专家和项目组成员表示感谢。项目负责人、公司环能科技党委书记、董事长徐伟汇报了项目总体情况、项目背景、课题设置与项目关键成果等内容。10位课题负责人对考核指标完成情

况、创新点、主要成果及应用情况进行详细汇报。绩效评价专家听取课题汇报后，逐一进行评价和打分，10个课题均完成任务指标，通过验收。

徐伟总结表示，感谢各位专家对项目实施的关注和指导，各课题要继续对照项目任务书考核指标和专家意见，对成果进行高度凝练和提升，为项目验收做好准备。本项目研究成果将直接服务于我国下一阶段建筑节能标准全面提升，对超低能耗、近零能耗建筑的全面铺开、助推



建筑领域实现“双碳”目标具有重要意义，进一步推动建筑业向低碳绿色转型升级，引领我国建筑节能减排产业向高质量、规模化、可持续发展。

“十三五”国家重点研发计划课题“基于BIM的绿色建筑运营管理系统融合技术”通过示范工程验收与综合绩效评价

9月2日至3日，由中国建筑科学研究院有限公司牵头承担的“十三五”国家重点研发计划课题“基于BIM的绿色建筑运营管理系统融合技术”顺利通过示范工程验收和课题综合绩效评价。课题隶属于“十三五”国家重点研发计划项目“基于BIM的绿色建筑运营优化关键技术研发”，由上海市建筑科学研究院有限公司、中科院建筑设计研究院有限公司等多家单位共同参与。

会上，课题负责人、公司研究员姜立对课题主要成果、考

核指标完成情况、成果应用和示范工程情况进行详细汇报。评审专家对研究成果给予肯定，一致同意通过验收。本课题面向基于BIM的绿色建筑运营管理应用需求，重点研究绿色建筑运营阶段多源异构数据融合与多系统集成技术，研发基于BIM的绿色建筑运营管理系统和平台，可为物业管理单位提供切实可行的运维管理工具和管理方法。相关软件研究成果已在北京、上海、江苏、深圳等地5项办公及商业综合体上开展应用，示范面积

79.68万平方米。通过示范应用，达到了“室内环境用户满意度高于75%，能耗比《民用建筑能耗标准》（GB/T51161-2016）同气候区同类建筑能耗的约束值降低30%以上”的实际应用效果。



“十三五”国家重点研发计划项目“既有城市住区功能提升与改造技术”课题绩效评价会顺利召开

8月27日,中国建筑科学研究院有限公司组织召开了“十三五”国家重点研发计划项目“既有城区住区功能提升与改造技术”6个课题绩效评价会议。公司党委委员、副总经理、项目负责人王清勤,公司科技标准部副主任张靖岩,以及项目管理办公室、课题承担单位和参与单位研究人员参加会议。

会议成立了由“十三五”绿色建筑及建筑工业化重点专项总体专家组专家、中国工程院院士

刘加平为组长,上海市建筑科学研究院(集团)有限公司教授级高工江燕和中国城市规划学会副理事长何兴华为副组长的绩效评价专家组。专家组听取了课题承担单位的详细汇报,审阅了课题绩效自评报告、课题科技报告、成果资料等绩效评价相关材料,形成了6个课题的绩效评价专家组意见。专家一致认为,所有课题均完成了任务书规定的各项研究内容和考核指标,达到了预期目标,通过课题绩效评价。

中国建筑科学研究院与中国铁路设计集团签署战略合作协议

9月14日,中国建筑科学研究院有限公司与中国铁路设计集团有限公司(以下简称“中国铁设”)在天津签署战略合作协议。公司党委副书记、总经理许杰峰,外部董事刘辉,中国铁设党委书记、董事长刘为群,党委副书记、总经理方天滨出席签约仪式。公司党委委员、副总经理李军与中国铁设工会主席李龄代表双方签署协议。

根据协议,双方将在轨道交

通工程数字化平台和软件研发应用,在交通规划、轨道交通、地铁上盖、高铁站片区及配套项目等方向,以及行业科技标准等众多领域展开合作,实现优势互补,共赢发展。

中国铁设生产经营中心、发展部、科技部、城交事业部、建筑院、机环院等相关部门负责人,公司科技标准部、企业发展部及相关二级单位代表参加签约仪式。



《西藏自治区绿色建筑评价标准》与《西藏自治区民用建筑节能技术规程》召开编制工作启动会

9月2日,《西藏自治区绿色建筑评价标准》与《西藏自治区民用建筑节能技术规程》编制工作启动会在拉萨顺利召开。会议由西藏自治区住房和城乡建设厅组织。中国建筑科学研究院有限公司与西安建筑科技大学、西藏自治区建筑勘察设计院相关负责人代表主审单位出席会议。

《西藏自治区绿色建筑评价标准》的修订将依据《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019,在可再生能源利用、传承地域建筑文化、选择适用技术与材料等方面突出西藏特色,引导西藏自治区扬长避短、因地制宜地建设高质量绿色建筑,满足人民群众对美好生活的需求。《西藏自治区民用建筑节能技术规程》的制定将充分根据西藏的气候特点、自然条件、经济水平、文化传统、发展现状,提出适用于西藏不同区域的建筑节能技术、节能材料、节能设计方法、节能施工和验收办法等,为西藏自治区的民用建筑节能工作提供切实可行的、实用的、全面的指导。

两个标准的编制和实施,有效促进西藏自治区加强生态保护、保障和改善民生、发展特色产业、助力实现“双碳”目标,让群众过上更加美好的生活,推动新时代西藏的高质量发展。



张寅平 路宾等荣获 2020 年度北京市科学技术进步一等奖

9月25日,2020年度北京市科学技术奖揭晓。CAHVAC理事、中国建筑学会暖通空调分会理事、清华大学建筑环境检测中心实验室主任张寅平教授,CAHVAC副理事长、中国建筑学会暖通空调分会理事长、中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院副院长路宾等完成的《建筑室内空气质量测评控关键技术和应用》项目荣获2020年度北京市科学技术进步一等奖。

响应“健康中国”战略,该项目建立了基于释放量和释放特性参数的室内VOC源头测-评-控技术和标准体系,发明了空气净化设备净化性能测-评-控系列方法与设备,建立了室内空气污染防治设计评价和运行评价指标和技术体系,为破解以往建筑工程室内空气质量不能防患于未然的难题提供了科技支撑,推动了我国健康建筑和绿色建筑的发展。

项目成果被推广应用于10余项国家重点工程,在建筑和净化器企业应用后,近3年直接经济效益逾11亿元,经济效益和社会效益显著,应用前景广阔。



徐伟院长走进焦点访谈 “双碳”大戏在暖通行业揭幕

2021年8月24日,央视新闻《焦点访谈》播出《能耗超低,建筑变绿》专题,近年来,国家陆续颁布支持超低能耗建筑建设的有关政策,推动建筑节能迈向超低能耗、近零能耗,已然成为建筑领域实现“双碳”目标的重头戏。

住建部下一步将通过制定强制性标准不断提高建筑节能水平,并在适宜气候区,全面强制推动超低能耗建筑。同时,通过制定《城乡建设领域碳达峰实施方案》,统筹推进节能减排工作,为我国实现双碳目标做出贡献。

中国建筑科学研究院建筑环境与能源研究院院长徐伟表示:建筑运行碳排放占国家总碳排放的20%左右,如果计算隐含碳排放,大概近四成。为实现建筑碳达峰碳中和,关键措施就是推动新建建筑尽快实现超低能耗建筑。在北方以采暖为主的住宅里,如果实现超低能耗建筑,比现在实行的节能标准大致要降低50%以上。它不是单纯节能,实际上是在舒适度满足较高的情况下提升了节能。现在,我国的超低能

耗建筑已经来到了一个新的起点上。这是因为我国已经承诺,力争在2030年前二氧化碳排放达到峰值2060年前排放的二氧化碳,要采取多种方式全部抵消掉,这就是碳中和。

要实现这两个目标,意味着我们未来的生产、生活方式都要发生深刻的变化。建筑领域在总碳排放量中占到了不小的比例。以取暖为例,大多数集中供暖消耗的直接就是煤炭。而用空调降温,所用的电力资源大多数也都是依靠煤电等化石能源。因此,建筑领域如何实施减排也成为了一个重要课题。

显然,要让更多人主动选择超低能耗建筑,除了技术和市场之外,还需要大家来了解这种技术,也需要相关政策的指导和支持。现在,在碳达峰、碳中和的总目标指引之下,各地正在从支持超低能耗建筑着手积极制定相关的目标。北京、上海、河北等地也从资金奖励、容积率奖励、支持商品房开发等多种方式鼓励超低节能建筑的开发建设。未来,将会有更多的人住进既舒适又节能的高品质住宅。



CAHVAC 与 REHVA 第四次签署合作备忘录

2021年9月17日，暖通空调产业技术创新联盟（CAHVAC）与欧洲暖通空调学会（REHVA）第四次签署合作备忘录签字仪式在线举行。CAHVAC 徐伟理事长和 REHVA 主席 Frank Hovorka、候任主席 Catalin Lungu 等双方代表 10 余人参加了签约仪式。

徐伟理事长在致辞中表示“欧洲暖通空调学会作为欧洲建筑节能领域最具影响力的学会组织，在建筑节能、低能耗建筑等领域研究都走在世界的前列，中国作为世界最大的建筑市场，暖通空调产业技术创新联盟与欧洲暖通空调学会的合作将对全球的暖通空调行业产生重大的影响。”Hovorka 主席致辞“双方



合作在过去 10 年中取得了巨大的成功，希望通过此次续签合作备忘录，基于能源效益和碳中和方面的共同目标，继续在两地分享知识和传播经验。”

双方达成协议将加强信息的交流与共享，支持人员的交流与互访，推动相关技术委员会和学

组的合作，加强暖通空调相关技术的交流与共享，共同举办或资助相关教育和培训活动，强化相关标准的宣传与推广，促进中国标准、欧洲标准、国际标准之间的协调与衔接，共同举办国际性学术会议和展会，强化双边组织和成员的合作关系。

《中国高效空调制冷机房发展研究报告（2021）》编撰第二次工作会召开

2021年9月24日，由中国建筑科学研究院有限公司主编的《中国高效空调制冷机房发展研究报告（2021）》（以下简称《报告》）编撰第二次工作会议在重庆召开，编制组成员 40 余人出席了会议。

公司建筑环境与能源研究

院徐伟院长代表主编单位对各编委对编制工作的支持和辛苦付出表示感谢，对初稿的成果予以肯定，并提出要保质保量，结合当下国内外发展趋势和工程界、产业界、科研界的形势统筹梳理，使报告能够给行业起到指导作用。

路宾副院长介绍了《报告》初稿的总体框架、技术深度、章节连贯性、编写进度、任务分工及后续完善工作。各章节负责人分别介绍了每个章节的编写内容、章节特点及存在问题。编委们在会上都踊跃发言、各抒己见、热烈讨论，为《报告》的进一步修改提供了许多建设性宝贵意见。

最后，会上成立了由主编单位和各章节负责人组成的统筹小组，该小组将对《报告》整体框架进行梳理、调整和补充完善，并按时间节点和任务分工，有序推动《报告》的编制工作。



《高效空调制冷机房评价标准》第三次工作会顺利召开

2021年9月24日，由建科环能科技有限公司负责编制的中国工程建设标准化协会标准《高效空调制冷机房评价标准》第三次工作会议在重庆召开。来自科研院所、设计院、高校、企业等40余人出席了会议。

经过前两次会议的讨论，标准的框架、评价指标已基本确定，本次会议主要针对指标值的确定方法以及指标值的确定两方面进行探讨。环能科技曹勇研究员代表标准编制组对主控项指标“冷源系统全年能效比”、“冷水机组全年能耗比例”的全国案例调研情况、指标值确定方法及指标值具体情况进行了介绍。指标的确定方法综合了实际项目调研、专家访问等方式，同时为验



证指标值的合理性，编制组利用现行标准的指标值进行了反推，其结果与调研结果基本一致。会上各位专家对“冷水机组全年能耗比例”在严寒及寒冷地区机房的适用性进行了热烈的讨论，同时部分专家针对辅助项的内容提

出了自己的意见。

最后，环能科技路宾副总经理对各参会代表的建言献策表示感谢，并明确了标准接下来在进行细节修改的同时开始征求意见工作，力争年底完成标准报批。

第三届全国高效机房系统建设与运维论坛（2021）在重庆召开

2021年9月24-26日，由中国建筑科学研究院有限公司、暖通空调产业技术创新联盟主办，美的楼宇科技协办的“第三届全国高效机房系统建设与运维论坛（2021）”在重庆市顺利召开。受疫情影响，本次会议以现场和线上直播相结合的方式举行。来自科研院所、高等院校、设计单位、建设单位、运维企业、房地产企业、咨询公司等高效机房领域专家及代表300余人参加了会议。

本届论坛聚焦“双碳目标下 高效机房发展”。各位行业专家与业内同仁们围绕这一主题，在科技前沿，分享最新的技术成果和产品，分析解读国家战略政策及导向，交流行业技术发展的趋势和需求热点，为行业健

康有序发展建言献策。（详见本期“热点聚焦”栏目）

在“碳达峰、碳中和”大背景下，促进建筑减排和绿色发展，对实现我国减碳目标具有重要意义，而采用科技创新手段提高制

冷系统能效，是促进相关产业完成低碳转型的关键。当前高效机房系统建设与运维已为行业所重视，相信在大家的共同努力下，我国的绿色高效制冷事业一定能够取得新的突破。



行业新闻

IndustryNews

财政部继续安排资金对河北农村地区清洁取暖运营给予补助

近日，财政部在答复全国政协委员《关于加大对河北大气污染防治资金支持力度的提案》时表示，自2020年起，该部专门安排资金对河北农村地区清洁取暖运营给予适当补助，并督促地方财政部门重点向农村困难群众倾斜，确保农村居民用得起、用得好，安全温暖清洁过冬。河北省可将相关资金统筹用于建立健全清洁取暖运行补贴长效机制。

函中表示，中央财政高度重视大气污染防治工作，一直将河北省作为重点支持地区。“十三五”期间，共安排河北省大气污染防治资金近300亿元，约占全国该项资金总额的三分之一，充分体现了重点倾斜。资金重点支持开展北方地区冬季清洁取暖、燃煤锅炉及工业炉窑综合整治等工作。2021年，中央财政继续加大对河北省大气污染防治资金的支持力度。还提到，河北省承德市和秦皇岛市已被纳入2021年北方地区冬季清洁取暖项目支持范围。在第一批试点改造工作中，保定市改造任务中已经包含雄安新区所辖范围，中央财政已安排相应资金。因此河北省全域现均被纳入中央财政北方地区冬季清洁取暖支持范围。

住建部重磅发布最新版绿色建筑标识

按照《绿色建筑标识管理办法》（建标规〔2021〕1号）要求，住建部进一步完善了绿色建筑标识证书式样，增加了标牌式样，并于近日在官网上进行发布。绿色建筑标识由牡丹花叶、长城、星级和中国绿色建筑中英文构成，体现中国绿色建筑最大限度实现人与自然和谐共生。绿色建筑标识式样除用于绿色建筑标识制作外，不得用做其他用途。

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。星级由低至高分为一星级、二星级和三星级3个级别。其中，住建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。省级住建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

地市级住建部门开展本地区一星级绿色建筑认定和标识授予工作。



住建部：2020年新增地源热泵建筑应用面积1734万平方米

日前，住建部官网发布了《住房城乡建设部：建筑能效稳步提升绿色建筑跨越式发展》一文，文章从：提高建筑节能水平；开展绿色建筑创建行动；加强绿色建筑标识管理；持续推进既有居住建筑节能改造；持续开展公共建筑节能改造；可再生能源建筑应用规模不断扩大；深入开展北方地区清洁取暖工作七方面对过去几年全国住建领域所取得的成绩。

“十三五”期间，全国累计

完成既有居住建筑节能改造面积5.14亿平方米。截至2020年底，全国累计23724个建筑项目获得绿色建筑设计评价标识，建筑面积达24.33亿平方米。2020年，全国各省（区、市）完成公共建筑能耗统计72579栋，能源审计1394栋，能耗公示12733栋，能耗监测3117栋。新增太阳能光热应用面积4.44亿平方米，浅层地热能建筑应用面积1734万平方米，太阳能光电建筑应用装机容量716兆瓦。

发改委：23 亿元支持 节能减碳项目建设

日前，根据《污染治理和节能减碳中央预算内投资专项管理办法》（发改环资规〔2021〕655号）规定，国家发展改革委下达中央预算内投资23亿元，支持重点行业领域节能减碳改造、产业园区能源利用优化项目、减碳技术创新示范、城乡建设低碳转型、资源再生减碳以及海水淡化等重点项目，助力实现碳达峰、碳中和目标。

本次投资计划坚持“一钱多用”，优先向京津冀地区、长江经济带、黄河流域、粤港澳大湾区、国家生态文明试验区等重点区域倾斜，引导带动社会资本参与节能减碳项目建设，促进能源节约，提高能源利用效率，降低二氧化碳排放量，推进海水淡化规模化利用。

北京：积极推广绿色建筑、装配式建筑、超低能耗建筑

日前，北京市政府召开常务会议，研究民用建筑节能减碳工作方案和市“十四五”时期民用建筑绿色发展规划时指出，持续推进民用建筑节能减碳、绿色发展。

会议强调，要强化科技支撑，积极推广绿色建筑、装配式建筑、超低能耗建筑，推进公共建筑节能改造等工作，提高建筑节能设计水平，促进降低成本、提高效能。要强化市场化机制作用，完善资金支持政策，以政府有效投资引导撬动更多社会资本投入。

2035 年全国地热能发电装机容量比 2020 年翻两番

国家能源局等多个部门近日发布的《关于促进地热能开发利用的若干意见》明确，到2025年，各地基本建立起完善规范的地热能开发利用管理流程，全国地热能开发利用信息统计和监测体系基本完善，地热能供暖（制

冷）面积比2020年增加50%，在资源条件好的地区建设一批地热能发电示范项目，全国地热能发电装机容量比2020年翻一番；到2035年，地热能供暖（制冷）面积及地热能发电装机容量力争比2025年翻一番。

张家口积极开展“冬病夏治”工作 提升供热服务质量

河北省张家口市近日印发《关于加快推进全市供热行业“冬病夏治”工作的通知》，充分利用夏秋供热间歇期全面开展供热“冬病夏治”工作。相关负责人表示，此举旨在提高2021年采暖季尤其是冬奥会和残奥会期间城镇供热保障能力，进一步提升供热服务质量。

据了解，围绕上个采暖季供热系统、用户投诉、网络舆情等渠道发现的问题，张家口市供热管理部门重点开展检修维护供热设施、改造老旧管网、解决群众合理诉求、提升供热服务等

工作，确保2021年采暖季供热设施安全平稳运行，切实为群众办实事、解难事、保温暖。

相关负责人表示，张家口市同时将供热“冬病夏治”工作纳入城市管理工作绩效评价内容，作为今年重点督导的工作内容，每月进行调度，对进展缓慢的县（区）进行重点督导，全力推进供热“冬病夏治”工作顺利开展。据统计，截至目前，张家口市已整改完成供热问题集中的小区11个，改造供热老旧管网16.8公里，排查整治换热站259座。

天津市《零碳建筑认定和评价指南》2021 年 9 月 1 日起实施

近日，天津市低碳发展研究中心组织编制的《零碳建筑认定和评价指南》团体标准正式发布，自2021年9月1日起实施。这是天津市首个低碳团体标准。

《零碳建筑认定和评价指南》的制定填补了国家建筑领域中零碳建筑标准的空白，助力建筑从绿色建筑、超低能耗建筑、近零碳建筑进一步向“零碳建筑”迈进。《食品制造企业温室气体排放核算和报告指南》完善了国家工业企业温室气体排放核算与报告指南中的行业类别，不仅对食品行业的降碳工作具有指导作用，更是提高了行业碳核查等基础数据收集的准确性。

据了解，《零碳建筑认定和评价指南》中的控制指标和碳排放量核算是零碳建筑认定的主要依据。控制指标包括建筑室内环境参数和能效指标两个方面，目的是在保证建筑使用功能的前提下尽可能降低建筑用能需求。碳排放核算是对建筑碳排放的量化，鼓励通过可再生能源的利用抵消建筑用能，以实现建筑的零碳排放。《食品制造企业温室气体排放核算和报告指南》中的主要技术内容为温室气体排放核算步骤与方法，明确了食品行业特有的过程排放和污水处理系统排放的源和计算方法。

邢台：鼓励利用清洁能源、可再生能源和工业余热

日前从邢台市相关部门获悉，《邢台市城市供热条例》（以下简称《条例》）将于9月1日实施，《条例》填补了邢台在供热立法上的空白。《条例》规范了规划与建设、供热与用热、设施维护与管理、应急管理和法律责任，鼓励利用清洁能源、可再生能源和工业余热发展供热事业，推广先进、节能、环保的供热用热新技术、新工艺。规定了热源单位排放污染物的应当符合国家和地方污染物排放标准，不得以环保限制排放指标或电量指标等为由，停止或限制对外提供供热热源。

《条例》明确，市、县级人

民政府应当按照城市供热规划预留热源、热网、换热站等供热设施的建设用地或空间，并适时进行建设，以符合改善环境、节约能源和提高供热质量的要求；明确了新建建筑或未接入集中供热的既有建筑，应采用清洁能源供热方式供热，并逐步纳入统一的集中供热范围。针对供热设施维护责任划分不明的问题，《条例》规定，分区段明确划分热源单位、供热单位和居民热用户对供热用热设施的维护管理责任；供热单位与非居民热用户的维护管理责任由双方合同约定；城市供热设施的维护管理费用按照产权归属，由所有权人承担。

山西绿色建筑占比 73.7%，给建筑业添“绿”提“能”

近日，山西省住建厅新闻发言人张学锋在新闻发布会上表示，目前，山西省已经累计完成农村危房改造 66.87 万户，新建建筑能效提升了 30%，绿色建筑面积占新建建筑面积比例达 73.7%，建筑领域绿色发展底色更加突出。下一步，山西将深入实施城市更新行动，统筹推进城镇老旧小区改造、

海绵城市建设等工作，进一步提升城市品质；全面推进乡村建设，提升农房品质；加快建筑业高质量发展步伐，积极培育骨干企业，形成领军企业引领带动，专业企业协同发展的产业格局，培育星级绿色建筑、超低能耗建筑等绿色建筑创新项目，不断提升建筑节能和绿色建筑水平。

内蒙古上半年新增绿色建筑 1576 万平方米

内蒙古自治区住建厅近日透露，2021 年上半年，全区通过施工图审查的绿色建筑项目共 868 项、1576.14 万平方米，面积同比增长 17%，取得绿色建筑评价标识的项目共 3 项、36.79 万平方米。相关负责人表示，下一步，内蒙古住建厅将进一步加强组织领导，健全政策措施和考核落实办法，将绿色建筑发展纳入各盟市重要工作日程，推动工作

落实和年度经济社会发展规划。鼓励各盟市扩大绿色建筑实施范围，提高星级绿色建筑标准和水平，对取得一、二、星级绿色建筑评价标识的项目分别减免城市配套费 50%、70%、100%，获评一星级绿色建筑项目税前工程造价增加 0.3%，二星级增加 0.7%，三星级增加 1.0%，确保年内城镇竣工的绿色建筑占新建建筑竣工面积比例达到 55%。

太原：将做好清洁取暖补贴政策延续工作 鼓励分布式供暖方式

《太原市空气质量巩固提升 2021 年行动计划》显示，太原市研究完善“煤改电”“煤改气”配套政策和措施，做好清洁取暖补贴政策延续和宣传，防止散煤复烧。《行动计划》提出，持续巩固拓展燃料结构替代成果。有关部门组织开展清洁供暖“回头看”，对“十三五”期间清洁取暖改造工作进行全面排查。不能稳定运行、可能存在散煤复烧的，各县（市、区）制定整改方案，于采暖季前完成整改。

太原市将拓展清洁供暖覆盖范围，推进“三县一市”农村清洁供暖改造，采暖季前完成改造工作，确保全市清洁供暖覆盖率达到 90% 以上。已完成清洁供暖改造的区域，各县（市、区）组织划定“禁煤区”，并发布通告。继续实施洁净燃料替代。对暂不具备“煤改电”“煤改气”的农村偏远地区，推广洁净煤替代散煤，实现洁净煤替代全覆盖。将清洁取暖与城乡基础设施建设、乡村振兴工作有机结合，清洁取暖优先采取热电联产、符合低氮燃烧标准的独立燃气供热锅炉等热源，鼓励分布式供暖方式。



黑龙江：扩大智慧供暖 试点 支持清洁能源供暖

日前，黑龙江省生态环境厅印发《省生态环境厅贯彻落实国家和我省“十四五”规划纲要主要目标任务工作方案》（以下简称《工作方案》），《工作方案》指出，落实国家2030年前碳排放达峰行动方案要求，大力发展可再生能源，降低碳排放强度。

《工作方案》提出，推进哈尔滨新区煤改气试点建设，提高火电、钢铁等重点行业超低排放水平，基本消除重度及以上污染天气。实施散煤污染治理“三重一改”攻坚行动，重点地区散煤使用量削减50%，哈尔滨市主城区建成区基本实现散煤清零。推进清洁取暖，逐步扩大智慧供暖试点，支持利用生物质、地热、干热岩等清洁能源供暖。《工作方案》还提出，推动节能环保、清洁能源等绿色环保产业成为新支柱产业。健全自然保护地体系，加强178个国家级自然保护地建设等。



上海明确零碳园区、社区如何进行碳排放核算、评定

日前，上海市生态环境局制定了《上海市低碳示范创建工作方案》，提出“十四五”期间，在全市范围内创建完成一批高质量的低碳发展实践区和低碳社区，并明确各类低碳示范创建的碳排放核算领域以及核算方法。其中，低碳发展

实践区建筑碳排放核算包括区域内单体建筑面积5000平方米及以上的各类公共建筑、产业设施、能源中心等能源活动产生的碳排放。低碳社区建筑碳排放核算包括社区内部公共建筑和居住建筑用电、用气产生的碳排放。

山东省打造全国首个“零碳”供暖城市

近日，山东省政府新闻办举行新闻发布会，解读《落实“六稳”“六保”促进高质量发展政策清单（第四批）》。据介绍，在支持新能源发展方面，此次政策包有5条内容，聚焦海上风电基地建设、核能供暖、分布式光伏规模化开发、氢能产业发展等，制定激励性政策，创新促进新能源发展的体制机制。

在核能供暖方面，依托海阳核电一期工程，建成全国首个核能供暖商用示范工程，为周边70万平方米居民提供核能清洁供热，建成投运以来，两个供暖季均保

持安全、稳定、高效运行，实现了多方共赢。目前，正加快推进二期工程建设，力争今年供暖季前建成，实现海阳城区450万平方米区域核能供暖“全覆盖”，打造全国首个“零碳”供暖城市。本次政策包提出的整合胶东半岛地区热力资源，在具备条件的地区优先采用核能供暖，参照不高于“煤改气”“煤改电”清洁供暖补贴标准，制定符合地方实际的核能供暖等支持政策，将有助于进一步推进跨区域核能供暖示范应用，推动胶东半岛具备条件的地区逐步实现核能清洁供暖。

新疆2025年装配式建筑占比将达30%

新疆自治区住建厅日前发布消息称，“十四五”期间，全区将进一步加快装配式建筑发展步伐，到2025年，装配式建筑占新建建筑面积比例将达到30%，为我国实现碳达峰和碳中和目标作出积极贡献。

为推动装配式建筑发展，“十三五”期间，自治区相继出台支持装配式建筑发展的有关政策和措施，2017年率先在乌鲁木齐市、克拉玛依市等地推广，2019年又扩大至伊宁市、喀什市等9个重点城市。截至2020年年末，全区装配式

建筑占新建建筑面积比例达到10.4%。

据介绍，“十四五”期间，自治区将进一步加快装配式建筑发展，加快产业发展、人才培养等，加快培育产业基地，推动产业链整合，实现集聚发展，培育一批龙头企业。同时，针对装配式建筑人才短缺问题，积极与高校合作，设置与装配式建筑相关的课程和专业，引入人才技术，壮大本土企业，打造一批装配式建筑产业基地和示范项目，不断提高自治区装配式建筑产业化发展水平。

安徽芜湖多举措推动绿色低碳发展

安徽省芜湖市住建局日前透露，今年年初以来，芜湖市积极贯彻落实绿色发展理念，推动绿色低碳发展，取得成效。上半年，全市民用建筑竣工面积 297.51 万平方米，其中，绿色建筑面积 285.94 万平方米，超额完成省、市两级政府要求的竣工面积绿色建筑占比不低于 65% 的目标。并大力发展装配式建筑。1 ~ 7 月，全市房屋竣工总建筑面积 400.7 万平方米，其中，装配式建筑竣工面积 79.11 万平方米。

在建筑节能监管方面，今年 1 ~ 7 月，完成既有居住建

筑节能改造 12.62 万平方米，既有公共建筑节能改造 3.55 万平方米。同时，积极运用信息化平台开展能耗统计和分析工作，并逐步推行合同能源管理模式参与能耗监管工作。芜湖市还以推广应用太阳能光热建筑一体化应用为工作重点，大力推动太阳能、地源热泵技术在建筑工程中的应用。在全国第二批可再生能源建筑应用试点城市创建期间，全市共建成示范项目 45 个，推广应用面积 874 万平方米。今年 1 ~ 7 月，全市可再生能源建筑应用面积达 79.86 万平方米。

《湖南省绿色建筑发展条例》10 月起施行

9 月 14 日，《湖南省绿色建筑发展条例》宣贯潇湘行启动仪式在长沙举行，将在全省集中宣贯，进一步推进建筑行业转型发展。《湖南省绿色建筑发展条例》将于今年 10 月 1 日起施行。该《条例》最大亮点是对绿色建筑实施范围、等级目标提出了具体要求，即：国土空间规划确定的城镇开发边界范围内新建民用

建筑，应当按照基本级以上标准建设；建筑面积 3000 平方米以上的政府投资或者以政府投资为主的公共建筑，以及其他建筑面积 2 万平方米以上的公共建筑，应当采用装配式建筑方式或者其他绿色建造方式，并按照一星级以上标准建设。鼓励其他公共建筑和居住建筑按照一星级以上标准建设。

江苏：开展工业绿色低碳微电网建设，鼓励工厂、园区发展高效热泵

近日，江苏省印发省“十四五”制造业高质量发展规划的通知。其中提到，加快重点行业降碳。围绕钢铁、石化化工、建材等重点行业，研究制定碳达峰实施方案，利用原料替代、过程削减和末端处理等手段，减少工业生产过程中的温室气体排放，开展碳捕集、利用、封存技术研发和示范应用。优化能源消

费结构，严格控制能耗强度，以化石能源为重点合理控制能源消费总量，削减煤炭消费量，提高光伏、风电等可再生能源消费比重。开展工业绿色低碳微电网建设，鼓励工厂、园区发展厂房光伏、分布式风电、多元储能、高效热泵、余热余压利用、智慧能源管控系统等，推进多能高效互补利用。

重点研发计划“高密度城市中建筑综合能源系统的智能管理技术研发”项目启动

近日，由香港理工大学、上海交通大学、丹麦技术大学、美的暖通与楼宇事业部共同参与承担的国家重点研发计划“中国-丹麦政府间国际科技合作”重点专项“高密度城市中建筑综合能源系统的智能管理技术研发”项目启动会暨实施方案论证会于线上召开。

中方项目负责人香港理工大学肖赋教授，从高密度城市发展现状出发，指出了全球高密度城市普遍存在的高能耗、高排放及供需能源不平衡等问题。同时就项目整体研究目标、关键技术、研究内容、预期成果、项目管理、研究进展进行了汇报。丹方项目负责人丹麦技术大学 Henrik Madsen 教授，简述了其应用数学领域的背景和丹麦的能源发展规划，并介绍了基于灰盒模型的能源系统建模方法及其在实时控制、系统集成和数据融合等方面的应用。子项目负责人上海交通大学杜志敏教授，介绍了其在暖通空调系统故障诊断与风险评估、基于 AI 算法的优化控制方面的研究与应用。子项目负责人美的暖通与楼宇事业部李元阳博士及团队，介绍了 KONG-XXBrain 云平台、超高效智能环控系统、大数据分析平台、系统动态仿真平台等研究成果及其在美的总部大楼的应用效果。

与会其他项目专家成员分别汇报了各自课题的具体实施方案和研究进展。项目指导委员会结合各自领域研究经验，对项目实施过程中可能会遇到的问题以及可以进一步提升的内容提出了建设性意见和建议。

成都持续推进既有公共建筑节能改造

近日获悉，成都市建筑节能设计标准自2018年起全面提升，同时严格执行省、市民用建筑节能设计标准，抓好民用建筑工程施工图设计和审查质量常规性检查及建筑科技专项检查，督促责任主体落实建筑节能设计标准。

近年来，成都市通过完善建筑节能政策体系，严格执行建筑节能设计标准，持续推进既有公共建筑的节能化改造，积极推动公共建筑能耗监测工作，不断推进建筑节能工作，助力住房和城乡建设领域实现碳达峰、碳中和。

据成都市住房和城乡建设局相关负责人介绍，主要从公共建筑项目的围护结构热工设计、供暖通风与空气调节设计、给水排水设计等6个方面，抓好大型公共建筑节能设计论证。同时制定2018~2020年公共建筑节能改造计划，将公共建筑节能改造目标纳入全市能源“双控”目标考核体系。截至目前，已完成46万平方米。接下来，成都市将继续推进既有公共建筑节能改造，力争在全省形成效应，推动全省公共建筑节能改造工作迈上新台阶。



关于控制副产三氟甲烷排放的管理要求通知

9月15日起，HFC-23不得直接排放，《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案》于9月15日对我国正式生效。自生效之日起，我国须履行《基加利修正案》关于控制副产三氟甲烷（HFC-23）排放的管理要求。

据生态环境部网站消息，为进一步明确HFC-23履约要求，确保实现履约目标，排放规定明确：一、自2021年9月15日起，二氟一氯甲烷（HCFC-22）或氢氟碳化物（HFCs）生产过程中副产的HFC-23不得直接排放。二、除作为原料用途和受控用途使用外，副产HFC-23应采用《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》缔约方大会核准的销毁技术尽可能销毁处置。三、企业应建立HFC-23副产设

施及销毁处置设施运行台账，对HFC-23产生量、销毁量、储存量、使用量、销售量等进行监测和计量，并按有关规定报送数据，具体规定将另行发布。四、企业应加强HFC-23排放管理，配套HFC-23存储设施（设备）或采用其他措施，避免在销毁处置设施出现停车等紧急情况时向大气直接排放HFC-23。当HFC-23回收、存储和销毁设施无法正常运行时，应停止相应HCFC-22或HFCs的生产，防止HFC-23直接排放。五、企业应加强装置、设备的维护管理，防止HFC-23泄漏和排放，并接受生态环境主管部门的检查。六、鼓励企业开展生产技术革新和升级改造，降低HFC-23副产率，开发推广将HFC-23作为原料用途的资源化利用技术。



双辽市开展农村危房节能改造

近日获悉，针对东北地区高寒等特点，双辽市在农村危房改造过程中，特别注重保温节能和防震效果。为提高房屋节能性，入户门均采用防寒防盗保温门，外窗采用单框双玻塑钢窗，增强了围护结构的保温隔热性能和主体结构的抗震性能。

为确保农村危房改造工作有序开展，双辽市建立了上下联动、齐抓共管的工作机制，成立了由市政府主要负责同志任组长的农

村危房改造领导小组，负责统筹推进，建立了“1+3”工作机制，确保改造对象身份精准、房屋安全级别鉴定精准、改造数量精准。

危房不住人，住人无危房。双辽市在开展农村危房改造过程中，严格执行“拆旧建新”的原则，即必须先拆旧后建新，不允许出现中间环节，避免贫困户回流至危房中居住，在全面核验工作中，针对建新未拆旧情况细致梳理，防患于未然。

山东优选绿色建筑教育体验基地 加强绿色建筑教育宣传

日前，山东省住建厅下发通知，要求加强绿色建筑体验式教育宣传工作，推动“我为群众办实事”实践活动落地落实。根据通知，各市主管部门将优选绿色建筑教育体验基地，应在项目业主或管理单位自愿基础上，从本市范围内获得二星级及以上运行标识的绿色建筑及已竣工验收的超低能耗建筑、装配式建筑、绿色智慧住区、绿色生态示范区等项目中择优确定。对列为体验基地的项目，各市主管部门应指导其建立固定的教育体验场所和完善的运营管理制度，配备相应的设施设备和体验区域，并辅助实物、视频、模型、图片展示及VR（虚拟现实）沉浸式体验等手段，使参观群众置身其中体验绿色建筑技术作用和效果。

各市主管部门要以体验基地为依托，进一步加强绿色建筑体验式教育宣传，并与节能宣传周、低碳日等活动相结合，有计划地组织机关、企事业单位、科研机构工作人员、在校学生及广大居民赴体验基地参观体验，宣传绿色建筑、建筑节能与装配式建筑先进技术产品，宣传绿色建筑节约资源、健康宜居、环境友好等优势，普及各类绿色设施使用知识，积极倡导行为节能。各体验基地要向社会公布开放时间、预约方式等，并做好社会公众参观体验的接待工作；要坚持公益性属性，不得向参观群众变相收取费用或强制搭车消费；要认真落实疫情防控各项措施要求，确保体验活动安全开展。

看舟山共同富裕的“绿色密码”

近日获悉，浙江省舟山市定海区已确立“1个机制+9大路径”的净零碳乡村建设路线图，对可再生能源利用、水资源循环利用、生活垃圾处理等提出了清晰路径。建立以定海区新建村民宿项目为示范，该项目沿山而建，古朴静谧。通过科学选择建筑朝向和门窗位置，民宿尽可能实现被动式采暖通风，减少能耗。

追求“净零碳”梦想的小

山村、借海风之力输送清洁能源的“风车王国”正积极探索乡村建设高质量发展的“绿色方案”，以行动探索乡村建设的净零碳之路。

按照浙江省有关部署，建设美丽宜居乡村联动共同富裕、发展绿色低碳循环产业已是下一步重点任务。舟山群岛正一步一个脚印，以可感知的方式，用“绿色密码”开启通往共同富裕的大门。



陕西 2549 个老旧小区 已开工改造

截至8月底，陕西省城镇老旧小区改造已开工2549个，开工率达70.38%，惠及27.61万户居民。这是从陕西省政府新闻办近日举行的“凝心聚力高质量发展谱写追赶超越新篇章”系列新闻发布会第十一场发布会上了解到的。

据介绍，近年来，陕西省深入开展棚改项目三年攻坚行动，棚户区改造稳步推进。截至8月底，全省棚户区改造新开工7102套，棚改基本建成1.759万套，发放租赁补贴3.5136万户，完成投资152.25亿元，“住得进、稳得住、有尊严”基本实现。

陕西省住建厅把城市体检作为实施城市更新的路径，在住房和城乡建设部明确的65项体检指标的基础上，从营商环境、对外开放、生态城市等方面增补14项指标，推荐西安市、延安市列入国家样本体检城市。同时，进一步探索城市管理新方法、新路子，使城市成为人民群众高品质生活的空间。截至8月底，全省城市生活垃圾无害化处理率达到99.93%，城市污水处理率达到96.79%，省级以上园林城市实现全覆盖，园林县城覆盖率达到97%。



克莱门特再次助力海康威视杭州成都两地数据中心建设

杭州海康威视数字技术股份有限公司是国内首屈一指的安防产品及行业解决方案提供商，随着业务不断增大，海康威视先后在多地建设了自己的数据中心，基于对克莱门特产品的信任，海康威视杭州、成都新建的两个数据中心依然采用克莱门特机房精密空调。

在数据中心基础建设方面，空调制冷系统是重要的环节之一，空调系统的选配直接关系到数据中心运行的安全可靠，空调系统选配有考虑的最重要的两个因素是安全可靠和节能环保。两个地区所有的微模块共选用了48台克莱门特风冷变频行间空调，16台风冷型房间级空调，机房空调的送回风方式也充分考虑机房的特点选择最优的气流组织方式，空调室外机的摆放在保证充分散热的前提下保持整齐美观，另外，这种空调系统还具有初投资成本低、安装周期短，运行维护成本低等优点。



天加热能：世界先进的低温发电研发制造基地正式启用

9月22日，主题为“开启新征程 实现新跨越”2021年重大产业项目集中竣工投产（栖霞板块）暨天加热能基地启用仪式隆重揭幕，作为南京市亿元以上“四新”（新基建、新消费、新产业、新都市）行动重点项目和先进制造业项目的典型代表，南京天加热能技术有限公司新基地也于当天启用，标志着我国最大的低温发电研发制造基地正式竣工投产。

天加热能执行总裁王强介绍，天加热能基地是集智能化、人性化、绿色环保于一体的大型ORC低温发电研发和制造基地，同时，全球第二大地热发电公司EXERGY的大型换热器以及关键系统部件集成生产线也建于此。

基地主要建设有生产厂房、研发综合楼、测试中心等，总建筑面积约7万平方米，总投资20亿元，是目前中国最大的低温发电研发制造基地。

新基地生产的ORC低温余热发电系统，除在地热发电、生物质能发电等可再生能源领域有较大优势外，还广泛应用于冶金、化工、建材等高能耗行业的余热回收发电，可将废弃的低品位热能转化为高品质的电能，综合潜力无限。从天加业务板块来说，天加热能事业版图的开辟与加固，将推动公司从现有的中央空调业务为主，走向“环境处理与热能利用”并重的“双驱”发展之路。



大金牵手中海战略合作，助力革新低碳办公新环境

成都中海 officezip 是中海商业推出的新型共享办公模式，致力于深化办公和科技的结合，持续创造无限想象的办公体验，成为兼顾低碳节能和健康舒适的“未来办公室实验室”。项目建筑面积为9800m²，是新型共享办公模式的综合空间，其中1楼为商铺，会议室以及路演厅，2~3楼为共享办公区域，4楼同为办公区域和健身房瑜伽室。

作为这样一栋高标准的新建办公楼宇，面对国家节能政策

要求，如何打造低碳环保的综合性建筑？全球疫情反复的当下，如何提升办公环境的空气健康舒适度，满足所有人对自我健康的重视，成为了中海商业与大金合作的契机。大金作为空气领域的专家，同样倡导节能降耗的意识，提倡绿色健康的管理。此次与中海达成战略合作，大金以提供智能联动的中央空调以及新风产品，打造全新的空气解决方案模式并协助进行设备的能源管理，共同打造共享型低碳办公新环境。

开利中国助力广州万博中央商务区分布式能源站建设

近日，开利中国三度携手华电集团，为广州万博中央商务区分布式能源站（以下简称“广州万博能源站”）提供 15 台鼎酷® 19XR 高效双级压缩离心式冷水机组。广州万博能源站是积极融入粤港澳大湾区生态文明建设的标志性项目，也是开利中国迄今为止参与的重量级能源站项目。它配备了多项先进的创新工艺，为 160 万平方米商务综合体集中提供冷、热、电等能源服务。其中要求暖通空调系统的冷冻水进出口温差为 10°C（13/3°C），这对于使用水为载冷剂的项目存在

不小的挑战。

该产品采用经动态模拟技术优化的新型双级压缩机配合中间经济器设计，同时应用新型高效传热管并配置全新一代 SmartVu™ 智能控制系统，制冷效率高且运行范围宽广，机组平均能效超出节能产品能效要求 4% 以上。此外，该项目的超低温出水配合大温差水系统设计也大幅降低了管网铺设的成本和冷冻水的输送能耗。要知道，在能源站项目中，冷冻水的长距离输送能耗通常占到系统能耗的 20% 以上。



助力文化新地标，麦克维尔机组服务潜山中诺恒太城

杭州海康威视数字技术股份有限公司是国内首屈一指的安防产品及行业解决方案提供商，随着业务不断增大，海康威视先后在多地建设了自己的数据中心，基于对克莱门特产品的信任，海康威视杭州、成都新建的两个数据中心依然采用克莱门特机房精密空调。

在数据中心基础建设方面，空调制冷系统是重要的环节之一，空调系统的选配直接关系到数据中心运行的安全可靠，空调系统选配有考虑的最重要

的两个因素是安全可靠和节能环保。两个地区所有的微模块共选用了 48 台克莱门特风冷变频行间空调，16 台风冷型房间级空调，机房空调的送回风方式也充分考虑机房的特点选择

格瑞德集团与完达山签订千万元净化工程合同

2021 年 7 月份，在格瑞德集团哈尔滨分公司和洁净空调工程公司共同努力下与完达山集团顺利签订净化工程合同，与北大荒农垦集团正式建立合作关系。此项目主要包括净化实验室、净化工程以及洁净车间净化产品，总合同额近千万元，洁净度级别为十万级和万级，这也是集团签订的首个乳品类千万净化工程合同，具有里程碑式的意义。

自 2020 年 5 月份起洁净空调工程公司首次接触该项目，近 14 家公司参与此次项目，竞争激烈，技术人员在疫情屡次复发的情况下积极与甲方沟通交流，以服务客户为宗旨，设计团队对参观走廊、清洁通道、检修马道、人流通道、样品传送等装饰布局流程方面都进行了特殊的设计，以及洁净板材的选用、管道的布置、洁净地面的铺设在实用和美观方面都进行了充分考虑，甲方对公司的设计技术能力给予了充分的肯定和褒奖。



最优的气流组织方式，空调室外机的摆放在保证充分散热的前提下保持整齐美观，另外，这种空调系统还具有初投资成本低、安装周期短，运行维护成本低等优点。

同方瑞风服务全国首个国际健康驿站，为抗击新冠疫情再立新功

近日，同方瑞风签下广州国际健康驿站建设项目，该项目选址在白云区钟落潭镇 105 国道广从公路段以南，总建筑面积约为 25 万平方米，拟设置 5000 张床位。同方瑞风将为项目的平疫结合型负压病区定制全套智能通风设备。

为响应广州国际健康驿站“安全、舒适、智慧”的设计理念，并满足“平疫结合”的使用需求，同方瑞风为该项目中的发热门诊、综合门诊与负压手术室等防疫核心区域量身定制平疫结合型负压病区通风空调系统及其成套设备，既可实现病房内压差控制，提升室内空气品质，确保隔离人员居住的舒适度，还可通过精确的气流组织管理，阻止病毒扩散，避免交叉感染。

同方瑞风平疫结合型负压病区通风空调系统，包括数字化直膨式净化新风机组、四管制直流变频风冷直膨机组、数字化净化型离心风机箱（排风）、变风量模块及智能控制系统等，具有系统新风量、排风量均可根据需要进行大范围调节；直流变频制冷技术与冷凝热无级回收利用技术；先进的风量在线测量技术和风量调节等技术特点。



美埃科技顺利过会，将在上交所科创板上市

9月1日，美埃（中国）环境科技股份有限公司首发申请获上交所上市委员会通过，将于上交所科创板上市。据招股书显示，美埃科技拟募集资金 71354.13 万元，此次募集的资金将用于生产扩能、研发平台、补充流动资金等项目。据了解，美埃科技主要从事空气净化产品、大气环境治理产品的研发、生产和销售，公司产品主要应用于洁净室空气净化、室内空气量化等级品质优化、大气污染排放治理三大领域。

洁净室空气净化业务主要为下游半导体、生物制药和食品等领域企业提供过滤器产品，根据

不同行业对细颗粒物和灰尘清洁程度的不同为其提供风机过滤单元及高效过滤器产品。同时，对半导体的气态污染物提供去除技术。而室内空气量化等级品质优化业务则主要针对医疗机构、大型商用楼宇、公共场所、家居环境等场景，为其提供初中效过滤器、静电过滤器及空气净化器产品。值得一提的是，美埃科技的产品不只是简单的室内空气净化。



荏原高效离心热泵助力清洁供暖，服务郑东新区科学谷数字小镇

郑州郑东新区科学谷数字小镇是河南省 2020 年度头号重点工程，聚焦大数据主导产业，是河南省科技创新能力升级的重要载体。数字小镇是集办公、商业、展览馆、住宅公寓于一体的大型综合体工程。建设方深知提高能源利用率，降低能源消耗量，是实现碳中和的重要途径。在能源站的选择上多番考量，最终选定荏原高效冷水（热泵）机组为“数字小镇”提供冷热服务。

数字小镇综合能源供冷供热项目是目前全国最大的采用中深层地埋管+浅层地埋管清洁能源供冷供热的示范项目。在绿化带内建设 30 孔中深层地埋管，在人工湖底布置 4992 孔浅层地埋管，将地下的（冷）热能导出，再通过荏原 11 台高效冷水（热泵）机组，为 37 万 m^2 和 86 万 m^2 的建筑分别提供

冷、热服务。该技术具有取热不取水、绿色环保、系统能效高等特点，可彻底实现“零碳排放”。荏原冷水（热泵）机组在该项目中表现优异，在中深层无干扰换热工况、浅层地热源工况及冬季最不利工况等多种工况下均能高效利用地热，稳定的为数字小镇提供冷暖服务。



海信磁悬浮变频离心机服务湖南高速公路集团

近日，海信磁悬浮变频离心机便服务了湖南高速公路集团。湖南省高速公路集团有限公司是经湖南省人民政府批准设立的功能类国有控股公司，是湖南省省属资产规模最大的国有骨干企业。为了满足员工正常工作需要，确保集团公司2号办公楼夏季避暑制冷效果，湖南高速集团进行中央空调采购。此外，湖南高速集团还对于节能性提出了较高要求，需要中央空调机组COP大

于6.6，IPLV大于9.3。

海信磁悬浮变频离心机组具备双一级能效，高效节能，满足了湖南省高速公路集团对于项目的需要。机组采用磁悬浮轴承技术，无机械摩擦；整机无润滑油，维护便捷；高效直驱，无传动损失；双级压缩，补气增焐；液冷变频技术，稳定高效，谐波失真率<5%；电机自发电技术，双重断电保护；信控云平台控制技术，智能便利。

客户信赖，麦克维尔再次服务武汉生物制品公司

武汉生物制品研究所有限责任公司其四价流感疫苗生产建设项目，项目总投资5亿元，总建筑面积36000平方米，包括流感疫苗原液生产车间、预充剂型分包装车间和西林瓶剂型分包装车间。该流感疫苗生产车间空调和工艺冷却空调采用了麦克维尔冷源方案，共采用4台离心式冷水机组、2台单螺杆式冰蓄冷机组和2台单螺杆式冷水机组。

作为疫苗生产车间，冷源稳定性是首先考虑的因素；疫苗生产车间全年生产不停机，需要冷水机组长期稳定运行，为生产线提供恒定的工艺冷却水。此外，从经济角度考虑，充分考虑节能

要求，空调能效一定要高，满足一级能效的要求。麦克维尔拥有完善的产品线，推出的变频+定频，离心+螺杆的方案，来满足用户车间不同负荷的变化，精准应对负荷需求。

同时，针对节能方面，麦克维尔离心机组和螺杆机组均采用一级能效配置，结合变频技术，保证机组全年运行的低能耗，再搭配冰蓄冷机组，利用低谷电蓄冰，降低客户的运行费用。冷水机组冷凝器设置端盖式胶球清洗装置，长期有效地降低冷凝器的污垢热阻，保证机组长期运行，高效换热，且无需现场安装，不占用机组外机房空间。



天加中央空调成功服务南医大二附院迈皋桥新院区

日前，南医大二附院迈皋桥新院区投入使用，新院区建筑面积近7万平方米，建设投入9.87亿元，在医疗领域拥有绝对优势的天加，凭借出色的产品，在医院领域再树新标，成功服务南医大二附院迈皋桥新院区。根据项目需求，天加为其提供了磁悬浮机组、高效离心式冷水机、新风深度除湿机组、手术室专用机组等设备，为医院提供绿色节能的全场景解决方案。

医用领域的中央空调项目对中央空调系统的稳定性、可靠性以及噪音等方面要求更高。项目选用的天加高效离心式冷水机组采用双级压缩+补气增焐技术，系统效率比单级提升近6%，配合天加自制的壳管换热器，机组运行稳定可靠，独有的可旋转扩压机构SRD专利技术，保证了低负荷时机组的高效运行，运行无喘振。

医院属于特殊工作场所，需要全天候运行。因此，医院对设备的节能性要求较高。而SMARDT磁悬浮冷水机组无油、多机头、变频调节等特点可以大幅度提升空调系统中主机的能效，在部分负荷时发挥最大的节能优势，保证设备的高质量、高效率和高可靠性。

佳力图获评国家工信部 专精特新小巨人企业

近日，国家工信部公布第三批 2930 家专精特新“小巨人”企业，南京佳力图机房环境技术股份有限公司凭借精细化管理体系、高质量的产品及服务、显著的创新能力和发展优势被工信部评定为国家级专精特新“小巨人”企业。

南京佳力图机房环境技术股份有限公司（股票代码：603912）是精密环境控制领域的探路者和技术传播者，作为国家级高新技术企业、江苏省博士后创新实践基地，参与起草了相关的国家标准和行业标准，并获得多项国家发明专利。公司自成立以来，一直致力于精密空调、冷水机组、智能监控等产品的研究、设计、制造和应用，并为客户提供精密环境一体化解决方案，在同行业内保持先进水平。

此次入选工业和信息化部第三批专精特新“小巨人”企业公示名单，标志着公司在技术、产品、服务及未来发展前景上得到了充分肯定，佳力图将持续保持初心，继续秉承“制造佳品，凝聚力量，奋发图强”的精神，为产业的升级发展做出最大贡献。



LG 中央空调服务西咸国际文创小镇

西咸国际文创小镇位于西咸新区沣东新城文教六路，占地约 45 亩，总建面约 12 万平。依托西咸新区国家“双创”示范基地，将引入文化、教育、互联网、数字经济等新兴产业。西咸国际文创小镇定位为国际化高尚功能办公区，办公空间划分及其精细，每一层划分为 4~8 个不同区域的办公单元。不同的区域需要独立运行、控制，方便电费的分户计量，以便于向后出租使用。

针对该项目需求以及建筑特点，设计采用 LG MULTI V S 系列大容量侧出风直流变频多

联机系统，每个办公分区采用韩国原装进口的 MULTI V S 系列 12 匹外机，就近放置于室外机平台，不仅可以满足其使用要求，空调的耗电量计费非常清晰，向后出租或出售非常方便。该款多联机，结构紧凑，占地空间小，相比顶出风的多联机，室外机占地面积减小 40%，有效扩大室内的使用空间。同时室外机和室内机间的管路长度短，制冷制热衰减减小，因此空调的效果非常好，空调机组运行的效率高，有效节省空调的使用费用。



天加 GHP 燃气多联机助力呼市天然气“下乡”

随着北方地区清洁取暖工作的深入开展，农村地区实施清洁能源改造，气网正逐渐成为农村公共基础设施的重要组成部分。尽管如此，较高的使用成本让广大农村居民难以在“煤改气”后用气用得放心，提高农村居民用气“性价比”成为亟待解决的问题。具备高能效比的天加 GHP 燃气多联机则为该难题提供了一种解决方案。

近日，天加成功签约呼和浩特市回民区煤改气项目，项目设备总金额超过 3000 万元。据了解，该项目每年供暖期为 6 个月，冬季平均室外工况

为 -16℃，设计全年运行费为 22 元/平方米。项目完成后将为呼和浩特市回民区 2499 户家庭供暖带来便捷。其中，呼和浩特市回民区攸攸板镇厂汉板村供暖面积 13 万平方米，设置 10 座集中换热站，总热量 14.48 兆瓦；呼和浩特市回民区攸攸板镇坝口子村供暖面积 12 万平方米，设置 7 座集中换热站，总热量 13.08 兆瓦。通过节能高效的技术和产品，天加不断助力中国的能源结构优化，天加 GHP 燃气多联机将赋能乡村清洁能源建设，进一步提升广大农村居民的生活质量。

医疗领域实力彰显，天加服务西安唐城医院

日前，从西安区域市场了解到，凭借雄厚的技术实力以及丰富的医院项目经验，天加成功服务西安唐城医院，助力医疗保障体系建设，再添地方医院项目新样板。

唐城医院在2021年5月份正式启用新建综合大楼的基础上，再次拓展规划建设布局，于西安市经开区草滩七路新建经开院区，为了更好的满足新建院区系统环境舒适度的高要求，天加螺杆机产品获得项目方青睐，目

前，天加2台满液式地源热泵螺杆机组、1台水冷螺杆机组设备已陆续到场入驻，将迎来设备的试运行阶段。

随着西安市及陕西各地级市进一步的发展、医疗保障体系的进一步完善，新建医院项目、疾控中心、乡镇卫生服务中心等项目层出不穷，天加在陕西区域市场也将继续立足优势领域，把握好突破增长的机会，进一步在工程项目上提升市场影响力。



国祥空调成功中标惠州北站项目

惠州北站位于广东省惠州市惠城区北部，为京港高速铁路、广汕铁路和广惠城际铁路的枢纽站，是惠州市境内在建的最大综

合交通枢纽工程。惠州北站设计规模为建筑总面积5万平方米，站场7台16线，设计可同时容纳4500人候车。

国祥提供的空调机组采用一体化结构设计，集传统水冷冷水机组、冷却塔、冷却水泵、冷冻水泵、定压补水装置等功能于一体；应用高效蒸发冷凝式技术，省去冷却水系统中间换热环节，机组冷凝温度较传统水冷机组直降4~5℃，制冷能效可提高12%以上，节能显著；机组可直接安装于屋顶或室外合适场地，无需专用机房；集成式冷站设计，现场仅需连接冷冻水管及电源，即可投入运行。



希望深蓝再次智造节能减排国之重器

日前，全球目光再次聚焦希望深蓝中央空调，随着单体91MW乏汽热泵顺利发货，希望深蓝中央空调再次打破溴化锂单体热泵制热量世界纪录，原纪录是由深蓝自己保持的单体73MW。该机组高11米、宽7.8米、长12米，运行总重量达300吨。此台庞然大物分拆后分体运输，到达用户现场后再行合体组装。91MW热泵用户为内蒙古地区某电厂，加上此次供货，已连续安装使用四台希望深蓝乏汽热泵，回收发电机组的乏汽余热。全部运行后，增大了电厂供热量，较好的承担了城市供热的社会义务，大幅降低电厂的供热成本，同时每年可节省标煤达6万吨。

希望深蓝开发的电厂乏汽余热供暖系统是一种替代传统燃煤供暖，清洁、高效、集约利用余热资源，符合节能减排、绿色环保理念的全新清洁供热模式，在有集中供暖刚性需求的广大北方地区具有普遍推广价值。希望深蓝不仅一次次刷新着溴化锂中央空调单体规模，成立二十多年来，始终聚焦中央空调核心业务，组织专家团队刻苦攻关，不断实现技术创新、产品升级和工艺完善，最大限度确保产品的先进性、可靠性、稳定性。



| 荏原空调喜获晶澳科技五千万超级大单

在碳减排大背景下，全球光伏产业蓬勃发展，市场规模提升，行业集中度高，晶澳科技作为光伏全产业链的发展风向标。荏原凭借可靠的产品和先进的技术赢得五千万超级大单，将助推晶澳科技尽早打通全产业链，加速推进曲靖市打造成为世界的光伏之都。

根据客户现场环境和工艺需求，荏原为曲靖晶澳年产20GW单晶硅棒和切片项目，提

供80台大型CXW闭式塔用于为单晶炉和空压机提供温度稳定、水质洁净的循环水，彻底消除设备水垢、降低维护成本、提高生产效率；22台大型CDW开式冷却塔，用于给空调机房配套，为生产办公场所提供温度适宜的惬意环境。荏原冷热（中国）一直将节水低噪作为冷却塔的开发方向，面向行业提供优质可靠的产品，促进光伏行业高质量发展。

| CLIVET 服务温州上海世界外国语学校

作为一家专注于提供供暖、空调、空气净化以及生活用水定制化解决方案的综合性企业，CLIVET致力于持续为消费者提供最佳的意式舒适生活体验。近期，CLIVET成功服务温州上海世界外国语学校，为广大学子和教学工作人员打造了舒适环保的学习环境，该项目已于今年九月份投入使用。

温州上海世界外国语学校总用地面积97.67亩，总投资约3.9亿元，位于浙南科技城

南核心区。CLIVET为该项目打造了国际顶级环绕气流空调解决方案及设备，总制冷量约2600kW。CLIVET机组应用了高效风机，让新风迅速充满房屋畅享新鲜空气，一机多联，全屋共享。机组应用广泛，可灵活满足不同应用场所的需求。机组达到国家一级能效，变频运行更节能高效；采用内部吸音、双直流变频风机等技术，为师生打造静音、无干扰的学习环境。

| 三菱重工海尔助力

深圳市龙华区人民医院

深圳市龙华新区人民医院位于龙华建设东路，是集医疗、教学、科研、预防保健于一体的公立综合性三级医院。项目负责团队在初期就充分考虑到了该项目的特殊性。在医疗空间，特别是手术室、ICU病房等区域，除了对温度和湿度控制有严格的要求，还对空气洁净度有较高要求。为了给病人、医护人员提供舒适的就医环境和工作环境，空调系统必须满足舒适性要求。

此外，医院空调系统在通风和过滤上也存在特殊要求，还需要噪声等方面进行严格控制。最终项目方选择了三菱重工海尔智能楼宇空调方案，该方案满足了项目方在经济性、环境适用性等方面的要求，很好地解决了医院项目痛点。所用机组搭载了行业最前沿的热除菌技术，可利用56℃高温高湿环境实现对空气的高效消杀，有效去除细菌、霉菌、病毒等，效率高达99%，长效洁净，满足医院安全洁净的空气要求。

| 莱恩空气源热泵助力绿色农业升级

传统大棚采暖采用燃煤炉、采暖炉等设备，不仅能耗高、污染大，且温度不能持续保持。因此，急需一种创新的工艺设备，应对大棚供暖，空气源热泵具有高效节能、环保安全等优势，正好符合大棚种植产业转型升级的需求，逐渐受到用户的青睐。

今年，贵州某新建20万平方米大棚葡萄种植基地面临采暖方案设计难题，基地负责人通过走访，了解到空气源热泵在大棚种植供暖表现不俗，不仅低温条



件下运行稳定，综合下来供暖费用也大大降低，甲方经过实地考察和多方对比，最终选择莱恩为其设计的50台空气源热泵机组供暖方案。

和传统燃煤锅炉相比，空气能热泵使用时不用煤等燃料，制热时没有明火产生，不仅节约了

煤等自然资源，减少了废气排放，还杜绝了火灾、爆炸、中毒等安全事故的发生。同时空气能热泵的智能化程度非常高，用户只要在使用时设置好，热泵就会根据设置自动工作，为建筑提供24小时采暖服务，整个过程无须任何人工维护。

天加助力长春城市新地标

日前，龙翔国际商务中心 A 区成功封顶，高度达 238.15 米，也一举成为长春市的第一高楼。天加凭借优质的产品和完善的系统解决方案，成功成为其暖通系统供应商，该项目占地面积约 19 万平方米。包含 13 个建筑体和 1 座总部大楼。商务中心集娱乐、餐饮、购物、演艺广场及地标性建筑、核心商业、行政及办公、展览展示、高端公寓于一体，真正打造多态融合的一站式综合性高端商业广场。

温湿适宜的环境是影响商务空间品质的重要因素之一。龙翔国际商务中心 A 区共 53 层，高、

低层对空气环境有不同的需求。天加针对性地为龙翔国际商务中心提供多联机设备 4000 余套以及风机盘管 8000 余套。由于商务中心各区域使用功能多样化，对空调设备的要求亦各不相同，天加为其量身选型设计，低噪音、高效节能系列的产品，既满足客户使用需求，也为实现双碳目标贡献了一份力量。龙翔国际商务中心的建设不仅是一个城市的新地标，更是带动周边区域协同发展的强劲引擎。该项目正式投入使用后，也将快速提升区域竞争力和影响力，增强长春新区对高端人才和高端资本的吸引力。



奥利凯空调入驻辽宁工会大厦

近日，奥利凯空调再获用户青睐，为辽宁工会大厦提供低环温空气源热泵（冷水）机组。辽宁工会大厦位于沈阳市皇姑区崇山东路，是一家三星级涉外宾馆，距沈阳北站 1 公里，距桃仙机场 30 公里，并设有商场、商务中心、酒吧、康乐中心等配套服务设施。

奥利凯低环温空气源热泵（冷水）机组采用国际知名品牌涡旋喷气增焐压缩机，配合喷气增焐技术、高效过冷却器、高效换热器，构成新型的喷气增焐系统，增强低温环境下制热能力，

在低环境温度下制热稳定可靠运行，使机组在低温下制热效果大幅提升。

机组还采用获得发明专利的温湿度智能除霜技术，通过检测多变量，精确判断结霜情况，智能选择

科龙中央空调赋能黑龙江省内高速公路收费站

近期，科龙中央空调以变频风管机成功服务黑龙江省内多个高速公路收费站，为收费站工作人员打造舒适、健康、洁净的工作环境。截至目前，科龙中央空调已成功帮助超 50 家收费站提升工作环境，凭借着优质的产品和高效的性能获得了客户的一致认可。

交通体系不断完善，高速公路里程不断增加，车辆通行更加频繁，收费站内温度受环境影响大，空气不流通且循环缓慢，科龙中央空调设计人员经过多次实地勘察和沟通，为收费站量身打造了绿色清洁、快速冷暖的解决方案。该项目采用了科龙一拖一变频风管机，机组具有智能双清洁功能，能够减少空气中细菌、病毒的积累；精巧的机身可以在收费站狭小的空间轻松安装，全新设计的离心风扇运转更为稳定可靠。





双良节能携手烟台市机关事务管理局共同打造零碳公共机构

近日，双良节能与烟台市机关事务管理局在烟台市人民政府礼堂签署《烟台市零碳低碳公共机构建设合作框架协议》。双方将助力烟台市新旧动能转换重大工程和生态建设，推动公共机构综合能效提升，切实发挥公共机构在节能减排方面的示范带头作用。

今年6月，国家机关事务管理局、国家发展和改革委员会联合印发了《“十四五”公共机构节约能源资源工作规划》要求，2025年公共机构相比2020年，要完成单位建筑面积能耗下降5%、人均综合能耗下降6%，人均用水量下降6%，单位建筑面积碳排放下降7%的节能减排目标。此次合作，目标是为落实烟台市公共机构“十四五”节能规划，打造“零碳”公共机构建设示范典型，为全市公共机构实现“碳达峰、碳中和”提供示范。双方将充分发挥平台、资金、产品、技术方面的优势，通过合同能源管理的模式完成烟台市公共机构综合能效提升面积不少于300万平方米，降低综合能耗7.2万吨标准煤以上，减少二氧化碳排放18.8万吨以上。

长虹中央空调中标2021山西省临汾市“煤改电”工程

近日，山西省临汾市2021年冬季清洁取暖工程（煤改电）建设项目最新采购中标结果公示，长虹中央空调依托优质的产品质量、雄厚的企业实力，顺利中标临汾市翼城县2021年度冬季清洁取暖改造项目六标段、十二标段冬季清洁取暖设备改造项目，将为当地居民提供后续的清洁采暖服务。

此次中标，彰显了长虹中央空调在清洁取暖进程的实力和口碑，接下来，长虹中央空调也将进一步助力山西清洁采暖服务，让越来越多的百姓过上节能环保、清洁安全、健康舒适的取暖生活，也为打赢蓝天保卫战，实现“碳达峰”、“碳中和”目标做出自己的贡献。

LG中央空调服务平度金融商务中心

平度金融商务中心地处山东省平度市南部新区核心区域，是平度市政府倾力打造成集时尚购物中心、高档商务写字楼和精品住宅为一体的高端商业综合体。项目总建设面积约18万平方米，主体采用玻璃幕墙全覆盖，凸显现代时尚感。设计高度为110m，建设完成后将成为平度市目前最高的建筑，也将成为平度新的地标。

商务中心综合楼1-3层建筑功能为商业，4-22层建筑功能为办公。朝向、太阳辐射角度和时长、玻璃幕墙等因素对建筑负荷影响较大；会议室、培训室等房间短时间人流量大，因此，办公场所空调经济性方案设计需要

考虑，根据建筑对空调的需求，该项目最终采用LG全直流变频多联机MULTI V 5 MVS机组和暗藏式风管机。

MULTI V 5 MVS是LG第五代全直流变频多联机，其采用原装进口LG自主品牌的高效率压缩机，采用智能负荷控制技术，使得机组具有超高的能源效率。另外，项目距海边较近，海风的盐腐蚀较为严重。该机组特殊防腐涂层的黑色热交换器，耐腐蚀性强，可有效延长室外机寿命。同时，机组压缩机底部设置了油位传感器，时时感知压缩机内部的油位水平，可有效提升机组的效率，并且可以保护压缩机始终处于良好的运行环境中。



国际资讯 International News

热泵可满足 90% 的全球 供暖需求，且比燃气炉碳 排放更低

据 IEA 国际能源署调查统计：2019 年，有近 2000 万户家庭购买了热泵。在北美、欧洲和北亚等所有主要供暖市场，热泵增长都很明显！尽管热泵在许多国家已成为新建房屋中最常见的技术，但它们仅满足全球建筑供暖需求的 5%。由于 SDS 要求 2030 年热泵的份额增加两倍，因此需要进一步的政策支持和创新，以降低前期采购和安装成本，消除翻新的市场壁垒，并提高能源性能和制冷剂替代品。

2010-2030 年可持续发展背景下选定地区购买热泵供暖和热水生产的家庭比例可见，热泵广泛应用于新建房屋，与过去一样，热泵目前仅满足一小部分住宅供热需求（2019 年约为 5%），而基于化石燃料的传统电力技术占 2019 年全球能源销售额的四分之三。在许多国家，热泵在所有供热技术中的市场份额最高。例如，在美国，新建建筑的热泵销售份额在单户住宅中超过 40%，在新建多户住宅中接近 50%。欧盟市场正在迅速扩张，2018 年约有 130 万户家庭购买了热泵（自 2015 年以来年均增长 12%）。法国、意大利和西班牙占欧盟所有销售额的一半，而瑞典、爱沙尼亚、芬兰和挪威的普及率最高，每年每 1000 户家庭销售超过 25 台热泵。

美国中央空调和空气源热泵 2021 年 7 月份出货量

2021 年 9 月 10 日，美国空调供热制冷协会 AHRI 发布美国 2021 年 7 月份中央空调和空气源热泵共出货 952,323 台，同比下降 5.7%，去年同期出货数据为 1,010,414 台。中央空调出货为 615,860 台，同比下降 8.8%，去年同期出货数据为 675,373 台。空气源热泵出货为 336,463 台，同比增长 0.4%，去年同期出货数据为 335,041 台。

2021 年 前 7 个 月，美国中央空调和空气能热泵累计出货 6,282,749 台，同比增长 14.5%，去年出货数据为 5,486,285 台。中央空调出货为 3,892,236 台，同比增长 10.2%，去年同期出货数据为 3,531,470 台。空气能热泵累计出货为 2,390,513 台，同比增长 22.3%，去年同期出货数据为 1,954,815 台。

为欧洲净零排放，波兰决定发展核能以替代煤电

据英国金融时报报道，为了摆脱波兰经济对煤炭的依赖，波兰政府计划在 2033 年前建造第一座核电站。到 2043 年，计划还将有 5 座核电站建成。波兰的核计划是欧盟各国在调整经济和能源系统以适应欧盟雄心勃勃的气候目标时面临的严峻选择的一个例子。上个月欧盟委员会制定了全面计划，以确保欧盟在 2030 年之前将温室气体排放量从 1990 年的水平削减 55%；到 2050 年希望实现净零排放。

然而，即使在欧盟去年将 2030 年减排目标从 50% 提高到 55% 之前，波兰的能源生产结构看起来也不可持续。欧盟碳排放

许可证价格的上涨给波兰急需煤炭的能源公司带来了巨大压力。银行越来越不愿意向涉及煤炭的公司提供贷款。

为了应对欧盟的压力，波兰政府正剥离国有能源公司的燃煤资产，让它们专注于绿色能源。波兰将花费 1300 亿兹罗提（280 亿欧元）用于海上风电项目，还将为新的核电计划投入 1500 亿兹罗提。按照规划，煤炭在波兰发电中的份额将从去年的近 70% 降至 2030 年的 37%，2040 年将降至 11%。到 2040 年，波兰新的核电站预计将占波兰电力生产的 16%，在保证电力系统稳定性方面发挥关键作用。



DNV 预测 2050 年全球还“剩”有多少煤电装机？

挪威船级社（Det Norske Veritas, DNV）日前发布 2021 年版 Energy Transition Outlook（能源转型展望）。

报告对于 2050 年全球各类发电技术的装机容量做了预测。以煤电为例，2019 年全球装机为 2096 吉瓦；2020-2050 年期间将有 1007 吉瓦的煤电装机退役，但仍是会新建 490 吉瓦（其中 2020-

2030 年新建 410 吉瓦），因此到 2050 年全球煤电装机仍达 1580 吉瓦，仅比 2019 年下降 25%。DNV 预测 2050 年全球燃气电厂装机为 1486 吉瓦（比 2019 年下降 22%）、燃油发电装机 178 吉瓦（比 2019 年下降 46%）、核电装机 396 吉瓦（与 2019 年持平）。

DNV 预计 2020-2050 年期间，可再生能源发电装机将继续

迅速发展：水电 2050 年全球装机为 2217 吉瓦，比 2019 年增长 70%；太阳能+储能 2050 年全球装机为 3852 吉瓦，比 2019 年增长 428 倍；光伏 2050 年全球装机为 7597 吉瓦，比 2019 年增长 12 倍；陆上风电 2050 年装机为 4150 吉瓦，比 2019 年增长 6 倍；海上风电 2050 年装机为 1748 吉瓦，比 2019 年增长 60 倍。



欧洲电力批发市场价格创纪录，冬天还会更高

据路透社近日报道，由于亚洲经济复苏导致相关煤炭和天然气价格飙升，加上较高的碳价、油价和不利于本地可再生能源的气候等多种因素的综合作用，欧洲电力批发市场价格近几周来创纪录上涨，而且不太可能在年底前缓解，这意味着欧洲消费者将迎来一个昂贵的取暖季节。两周前，基准的欧盟电力合同（德国 Cal 2022 基本负荷电力合同）创下了每兆瓦时 97.25 欧元（115.09 美元）的新合同记录，而法国电力合同则打破了每兆瓦时 100.4 欧元的记录。交易员和分析师表示，展望第四季度和即将到来的冬季，近期和远期的天然气都面临紧张的供应基本面，几乎所有

的天气和燃料市场指标都是看涨的。

欧盟碳基准合约目前为每吨 62.4 欧元，接近历史新高。由于发电商试图避免高企的天然气价格，煤炭发电需求正在上升。由于燃煤电厂的二氧化碳排放量是天然气电厂的两倍，这反过来又导致了更多的碳排放交易需求和更高的碳价。欧洲用于发电的动力煤价格处于 12 年来的最高水

平，而亚洲处于 13 年来的最高水平。

但是，欧洲电力市场至少有一个有利因素，即主要电力出口国法国的核电可用性，应该会让电力工程师们舒口气。目前法国 9 月份的核电机组的可用容量在 45GW 到 47 吉瓦之间，约占装机总量的 73-75%，比五年平均值高出 6 到 7 吉瓦。11 月和 12 月的法国核电的可用率应接近 90%。

September 10, 2021
8:25 PM CST
Last Updated 6 days ago

Energy

Analysis: Expensive winter ahead as Europe's power prices surge

4 minute read

By Vera Eckert and Susanna Twidale, Forrest Crellin



太阳能光伏国际贸易呈双向性

国际可再生能源署（IRENA）发表报告，报告揭示了太阳能光伏供应链在过去二十年中是如何日益全球化的。2005 年光伏相关的贸易约 1110 亿美元，而 2019 年光伏相关的货物的贸易总额高于 3000 亿美元，约占世界制成品贸易的 1%。光伏贸易在 2005 年至 2019 年间以每年 7.4% 的速度快速增长，而整体工业制成品贸易的年增长率为 4.2%。

太阳能光伏供应链的全球一体化性质也体现在国家间的双向贸易中，前 10 名出口商也是重要的进口商。2017 年至 2019 年间，10 大出口国合计平均占这些商品出口总值的 82% 左右，占进口总额的 70% 左右，对于特定的太阳能光伏产品，双

向贸易也很普遍。例如，2017-2019 年期间，中国平均占世界光伏产品出口价值的 36% 左右，占世界进口价值的 16%。日本是这些光伏相关产品的第 4 大出口国和进口国。美国是太阳能光伏价值链上的另一个主要货物贸易国，是光伏产品的第 9 大货物出口国，占世界出口的 4.4%；同时是第 2 大进口国，同期占世界进口的 13.2%。2017 年至 2019 年间，美国平均占世界光伏产品出口的 7% 左右、进口的 7%。

最近的实证研究结果表明，在过去几十年中，全球一体化的供应链在降低太阳能光伏成本方面发挥了关键作用，并使太阳能光伏和其他可再生技术更经济实惠。

新能源比例跃升 拉美经济增添“绿色”动力

拉美拥有充沛的水资源、太阳能、风能及生物质能源，这些可再生能源如果实现大规模开发，发电潜力可以达到整个拉美地区 2050 年电力需求量的 22 倍以上。

拉美多国政府已将清洁能源开发作为后疫情时代优化本国能源结构、实现经济复苏的重要动力。

由于传统能源资源短缺及石油危机给本国经济带来的严重影响，巴西从 20 世纪 70 年代便开始积极致力于生物燃料、风能等新能源的开发利用，并在近半个世纪的努力后，一跃成为世界领先的新能源利用大国。

作为全球乙醇燃料第二大生产国和最大出口国，巴西是世界上第一个生物燃料达到可持续利用的国家，也是生物燃料方面的领导者之一。

近年来，在国家相关政策的鼓励下，巴西多家科研机构 and 高等院校从事生物柴油方面的技术研究，已逐步在巴西全国 20 多个州建立了生物柴油技术开发网络。巴西还积极扩大添加生物柴油的加油站网络体系，目前仅巴西国家石油公司就有近 4000 家加油站出售更加清洁环保的生物柴油。



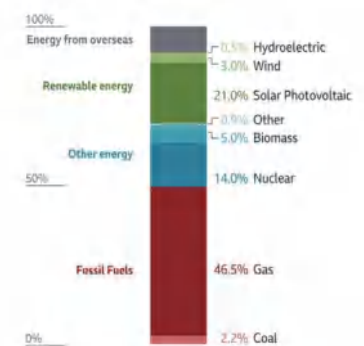
天然气价格暴涨英国重启煤电

据 BBC 报道，英国温暖的秋季天气意味着风电场发电量较低，而近来飞涨的价格使得天然气发电的成本过高。在整个欧洲，天然气短缺和亚洲需求增加导致天然气成本升至历史最高水平。为了满足电力需求，英国上周启动了一直处于待命状态的西伯顿 A 煤电厂，周一当天煤炭提供了 3% 的电力；周二煤电比例回到英国发电量的 2.2%。英国国家电网 ESO 的发言人表示，8 月中旬英国曾无煤运行，但从那时之后，每天都会依赖一些煤电。

2020 年，煤电占英国电力结构的 1.6%；而 5 年前这一比例曾高达 25%。英国政府和国家电网都承诺到 2024 年完全淘汰煤电，以减少碳排放。然而，当煤电的经济竞争性高于天然气时，煤电厂仍然会被启动。

推动煤炭使用向化石燃料转变的智囊团 Ember 的电力分析师戴夫·琼斯（Dave Jones）表示，应正确看待煤炭使用的暂时小幅上升。我们正在经历一个逐年减少对煤炭依赖的过程，未来几年更高的天然气价格可能有助于加速从天然气向可再生能源的转变。

National Grid energy intake



Source: National Grid. Data as per 2:00pm 07/09/2021

建筑领域 碳达峰、碳中和的实施路径

背景

目前,全球已经有 54 个国家实现碳达峰,二氧化碳排放量约 342 亿吨,大多国家已在 1990 年前完成达峰,按照《联合国气候变化框架公约》,这些国家到 2050 年可实现碳中和。中国目前二氧化碳排放量约 98 亿吨,占比全球 28.7%,二氧化碳排放年均增长是世界平均增长值的 2 倍,这意味着这些国家从碳达峰到碳中需要 30 年的时间,而我国要用 60 年的时间才可完成,摆在我们国家面前的任务十分艰巨。

2021 年 4 月,习近平总书记主持中央政治局第二十九次集体学习会议中强调,“十四五”时期,我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。要支持绿色低碳技术创新

成果转化,支持绿色技术创新。实现碳达峰、碳中和是我国向世界作出的庄严承诺,也是一场广泛而深刻的经济社会变革,绝不是轻轻松松就能实现的。各级党委和政府要拿出抓铁有痕、踏石留印的劲头,明确时间表、路线图、施工图,推动经济社会发展建立在资源高效利用和绿色低碳发展的基础之上。

明确城乡建设领域 “双碳”边界

碳排放,是人类生产经营活动过程中向外界排放温室气体(二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟碳化物和六氟化硫等)的过程。碳达峰从广义来说,是指某一个时点,二氧化碳的排放不再增长达到峰值,之后逐步回落。根据世界资源研究所的介绍,碳达峰是一个过程,即碳排放首先进入平台期并可以在一定范围内波动,之后进入平稳下降阶段。

城乡建设领域实现碳达峰

主要通过建造、运行、市政的边界划分,其中还有与工业、农业、交通相交叉的农业建筑、工业厂房、附属办公建筑、宿舍、交通枢纽等,这些能耗都需要从农业、工业、交通中划到建筑领域。

了解城乡建设领域 碳排放量现状

根据国家住房和城乡建设部戚仁广博士在第三届全国高效机房系统建设与运维论坛会议上公布的数据^[1],截止 2019 年全国建筑面积 651 亿平方米,建筑领域用能超过 10 亿吨标煤,二氧化碳排放 22.9 亿吨标煤。2020 年,建筑用能 11 亿吨标煤,二氧化碳排放 23.5 亿吨。经过这 10 年增长速度,建筑面积增长比例 32%,建筑用能增长 82%,二氧化碳排放增长 69%,提供数据可以说明建筑用能刚性很强,建筑节能工作起到了很重要的减排作用。

接下来将按照城镇住宅公建、农村住宅、集中采暖和建筑

业五个模块对城乡建设领域用能和二氧化碳排放进行任务分解：①二氧化碳排放由高到低依次为：公共建筑碳排放占比30%，北方采暖碳排放占比26%农村住宅碳排放占比23%，城镇住宅碳排放占比21%。②单位建筑用能由高到低依次为：公共建筑单位建筑面积碳排放为 $48\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ ，北方供暖碳排放强度为 $36\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ ，农村住宅单位建筑面积的碳排放强度为 $23\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ ，城镇住宅单位建筑面积的碳排放强度为 $16\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ 。在这里需要说明的是，农村住宅和城镇住宅单位平方米的一次能耗强度相差不大，但农村住宅由于电气化水平低，燃煤比例高，所以单位平方米的碳排放强度高于城镇住宅。

城乡建设领域碳达峰目标峰值分析

在分析城乡建设领域碳达峰目标峰值之前，我们首先要搞清楚中国未来建筑领域建筑面积的增长趋势，众所周知，建筑面积越大，建筑能耗就越高，二氧化碳排放量就越大。我们根据建筑类型和历史发展趋势设定了中长期基准参数，最后得出分项结论是城镇住宅到2042年二氧化碳排放达到峰值，公共建筑到2040年达峰，农村住宅现在已

经达峰且呈下降趋势，集中供热未来发展趋势将会增长一倍达到230多亿 m^3 。

根据数据预测，未来中国的建筑面积二氧化碳在2038年出现峰值，约844亿 m^3 。结合2019年数据显示的650亿 m^3 ，这意味着未来中国的建筑总面积再增长不会超过200亿 m^3 。接下来，我国将会加大既有建筑节能改造、被动式超低能耗建筑、近零能耗建筑、零能耗建筑等进行设计、施工和建造，加大规模进快一步实现碳中和。

城乡建设领域碳达峰任务测算

根据国家生态环境部对各领域预测，2024年工业领域二氧化碳排放将达峰值，2031建筑领域年二氧化碳排放将达峰值，2028年交通领域二氧化碳排放将达峰值，2015年农业领域二氧化碳排放已经达到峰值，2027年电力领域二氧化碳排放将达峰值。

需要从城乡建设领域基础情景和总量控制情景进行测算：

一方面，通过城乡建设领域基础情景与我国用能水平及未来经济发展趋势接近的英国、德国、法国、意大利、日本等国的对标，可以预测城乡建设领域在2040年建筑用能达到17.5亿标

煤峰值，自然情景下二氧化碳排放放在2038年达到33亿吨标煤峰值；

另一方面，从总量控制情景进行测算，已知2020年用能为11亿吨标煤，可推测到2030年用能控制在14亿吨标煤以内，二氧化碳排放总量控制在30.5亿吨标煤，按照2038年自然情景二氧化碳排放33亿吨标煤，那就需要人为控制因素在2030年前二氧化碳排放控制在27.5亿吨标煤内，可见还需减少7亿吨标煤，任务十分艰巨。

结语

城乡建设领域要在2030年实现碳达峰2060年实现碳中和，必须要进行能源结构的调整 and 转型，将基础能源结构逐渐转变成成为以可再生能源为基础的零碳能源，通过改变源侧供给、简化输送过程、提效末端用能、提高多元服务方式，加大建筑光电、建筑低能耗、建筑蓄能、建筑柔性用电等模式，加大零碳能源系统的发展与研究。

[1] 资料来源：第三届全国高效机房系统建设与运维论坛

本刊编辑 崔艳梅



中共中央办公厅 国务院办公厅印发 《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》（节选）

新华社北京9月12日电 近日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》，并发出通知，要求各地区各部门结合实际认真贯彻落实。

《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》全文如下。

生态环境是关系党的使命宗旨的重大政治问题，也是关系民生的重大社会问题。生态保护补偿制度作为生态文明制度的重要组成部分，是落实生态保护权责、调动各方参与生态保护积极性、推进生态文明建设的重要手段。为深入贯彻习近平生态文明思想，进一步深化生态保护补偿制度改革，加快生态文明制度体系建设，现提出如下意见。

一、总体要求

（一）指导思想。以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全会精神，坚持稳中求进工作总基调，立足新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局，践行绿水青山就是金山银山理念，完善生态文明领域统筹协调机制，加快健全有效市场和有为政府更好结合、分类补偿与综合补偿统筹兼顾、纵向补偿与横向补偿协调推进、强化激励与硬化约束协同发力的生态保护补偿制度，推动全社会形成尊重自然、顺应自然、保护自然的思想共识和行动自觉，做好碳达峰、碳中和工作，加快推动绿色低碳发展，促进经济社会发展全面绿色转型，建设人与自然和谐共生的现代化，为维护国家生态安全、奠定中华民族永续发展的生态环境基础提供坚实有力的制度保障。

（二）工作原则

——系统推进，政策协同。坚持和加强党的全面领导，统筹谋划、全面推进生态保护补偿制度及相关领域改革，加强各项制度的衔接配套。按照生态系统的整体性、系统性及其内在规律，完善生态保护补偿机制，促进对生态环境的整体保护。

——政府主导，各方参与。充分发挥政府开展生态保护补偿、落实生态保护责任的主导作用，积极引导社会各方参与，推进市场化、多元化补偿实践。逐步完善政府有力主导、社会有序参与、市场有效调节的生态保护补偿体制机制。

——强化激励，硬化约束。加快推进法治建设，运用法律手段规范生态保护补偿行为。清晰界定各方权利义务，实现受益与补偿相对应、享受补偿权利与履行保护义务相匹配。健全考评机制，依法依规加大奖惩力度、严肃责任追究。

（三）改革目标。到2025年，与经济社会发展状况相适应的生态保护补偿制度基本完备。以生态保护成本为主要依据的分类补偿制度日益健全，以提升公共服务保障能力为基本取向的综合补偿制度不断完善，以受益者付费原则为基础的市场化、多元化补偿格局初步形成，全社会参与生态保护的积极性显著增强，生态保护者和受益者良性互动的局面基本形成。到2035年，适应新时代生态文明建设要求的生态保护补偿制度基本定型。

二、聚焦重要生态环境要素，完善分类补偿制度

健全以生态环境要素为实施对象的分类补偿制度，综合考虑生态保护地区经济社会发展状况、生态保护成效等因素确定补偿水平，对不同要素的生态保护成本予以适度补偿。

（一）建立健全分类补偿制度。加强水生生物资源养护、健全公益林补偿标准动态调整机制。完善天然林保护制度、完善湿地生态保护补偿机制、完善以绿色生态为导向的农业生态治理补贴制度、完善耕地保护补偿机制、落实好草原生态保护奖补政策、研究将退化和沙化草原列入禁牧范围等。（节选）

（二）逐步探索统筹保护模式。生态保护地区所在地政府要在保障对生态环境要素相关权利人的分类补偿政策落实到位的前提下，结合生态空间中并存的多元生态环境要素系统谋划，依法稳步推进不同渠道生态保护补偿资金统筹使用，以灵活有效的方式一体化推进生态保护补偿工作，提高生态保护整体效益。有关部门要加强沟通协调，避免重复补偿。

三、围绕国家生态安全重点，健全综合补偿制度

坚持生态保护补偿力度与财政能力相匹配、与推进基本公共服务均等化相衔接，按照生态空间功能，实施纵横结合的综合补偿制度，促进生态受益地区与保护地区利益共享。

（一）加大纵向补偿力度。结合中央财力状况

逐步增加重点生态功能区转移支付规模。中央预算内投资对重点生态功能区基础设施和基本公共服务设施建设予以倾斜。继续对生态脆弱脱贫地区给予生态保护补偿,保持对原深度贫困地区支持力度不减。(节选)

(二)突出纵向补偿重点。对青藏高原、南水北调水源地等生态功能重要性突出地区,在重点生态功能区转移支付测算中通过提高转移支付系数、加计生态环保支出等方式加大支持力度,推动其基本公共服务保障能力居于同等财力水平地区前列。建立健全以国家公园为主体的自然保护地体系生态保护补偿机制,根据自然保护地规模和管护成效加大保护补偿力度。(节选)

(三)改进纵向补偿办法。根据生态效益外溢性、生态功能重要性、生态环境敏感性和脆弱性等特点,在重点生态功能区转移支付中实施差异化补偿。引入生态保护红线作为相关转移支付分配因素,加大对生态保护红线覆盖比例较高地区支持力度。探索建立补偿资金与破坏生态环境相关产业逆向关联机制,对生态功能重要地区发展破坏生态环境相关产业的,适当减少补偿资金规模。研究通过农业转移人口市民化奖励资金对吸纳生态移民较多地区给予补偿,引导资源环境承载压力较大的生态功能重要地区人口逐步有序向外转移。继续推进生态综合补偿试点工作。

(四)健全横向补偿机制。巩固跨省流域横向生态保护补偿机制试点成果,总结推广成熟经验。鼓励地方加快重点流域跨省上下游横向生态保护补偿机制建设,开展跨区域联防联控。推动建立长江、黄河全流域横向生态保护补偿机制,支持沿线省(自治区、直辖市)在干流及重要支流自主建立省际和省内横向生态保护补偿机制。对生态功能特别重要的跨省和跨地市重点流域横向生态保护补偿,中央财政和省级财政分别给予引导支持。鼓励地方探索大气等其他生态环境要素横向生态保护补偿方式,通过对口协作、产业转移、人才培养、共建园区、购买生态产品和服务等方式,促进受益地区与生态保护地区良性互动。

四、发挥市场机制作用,加快推进多元化补偿

合理界定生态环境权利,按照受益者付费的原则,通过市场化、多元化方式,促进生态保护者利益得到有效补偿,激发全社会参与生态保护积极性。

(一)完善市场交易机制。加快自然资源统一确权登记,建立归属清晰、权责明确、保护严格、流转顺畅、监管有效的自然资源资产产权制度,完

善反映市场供求和资源稀缺程度、体现生态价值和代际补偿的自然资源资产有偿使用制度,对履行自然资源资产保护义务的权利主体给予合理补偿。在合理科学控制总量的前提下,建立用水权、排污权、碳排放权初始分配制度。健全以国家温室气体自愿减排交易机制为基础的碳排放权抵消机制,将具有生态、社会等多种效益的林业、可再生能源、甲烷利用等领域温室气体自愿减排项目纳入全国碳排放权交易市场。(节选)

(二)拓展市场化融资渠道。研究发展基于水权、排污权、碳排放权等各类资源环境权益的融资工具,建立绿色股票指数,发展碳排放权期货交易。扩大绿色金融改革创新试验区试点范围,把生态保护补偿融资机制与模式创新作为重要试点内容。推广生态产业链金融模式。鼓励银行业金融机构提供符合绿色项目融资特点的绿色信贷服务。鼓励符合条件的非金融企业和机构发行绿色债券。鼓励保险机构开发创新绿色保险产品参与生态保护补偿。

(三)探索多样化补偿方式。支持生态功能重要地区开展生态环保教育培训,引导发展特色产业、扩大绿色产品生产。加快发展生态农业和循环农业。推进生态环境导向的开发模式项目试点。鼓励地方将污染防治、生态系统保护修复等工程与生态产业发展有机融合,完善居民参与方式,建立持续性惠益分享机制。建立健全自然保护地控制区经营性项目特许经营管理制度。探索危险废物跨区域转移处置补偿机制。

五、完善相关领域配套措施,增强改革协同

加快相关领域制度建设和体制机制改革,为深化生态保护补偿制度改革提供更加可靠的法治保障、政策支持和技术支撑。

(一)加快推进法治建设。落实环境保护法、长江保护法以及水、森林、草原、海洋、渔业等方面法律法规。加快研究制定生态保护补偿条例,明确生态受益者和生态保护者权利义务关系。开展生态保护补偿、重要流域及其他生态功能区相关法律法规立法研究,加快黄河保护立法进程。鼓励和引导地方结合本地实际出台生态保护补偿相关法规规章或规范性文件。加强执法检查,营造依法履行生态保护义务的法治氛围。

(二)完善生态环境监测体系。加快构建统一的自然资源调查监测体系,开展自然资源分等定级和全民所有自然资源资产清查。健全统一的生态环境监测网络,优化全国重要水体、重点区域、重点生态功能区和生态保护红线等国家生态环境监测点位布局,提升自动监测预警能力,加快完善生态保

护补偿监测支撑体系,推动开展全国生态质量监测评估。建立生态保护补偿统计指标体系和信息发布制度。

(三)发挥财税政策调节功能。发挥资源税、环境保护税等生态环境保护相关税费以及土地、矿产、海洋等自然资源资产收益管理制度的调节作用。继续推进水资源税改革。落实节能环保、新能源、生态建设等相关领域的税收优惠政策。逐步探索对预算支出开展生态环保方面的评估。实施政府绿色采购政策,建立绿色采购引导机制,加大绿色产品采购力度,支持绿色技术创新和绿色建材、绿色建筑发展。

(四)完善相关配套政策措施。建立占用补偿、损害赔偿与保护补偿协同推进的生态环境保护机制。建立健全依法建设占用各类自然生态空间的占用补偿制度。逐步建立统一的绿色产品评价标准、绿色产品认证及标识体系,健全地理标志保护制度。建立和完善绿色电力生产、消费证书制度。大力实施生物多样性保护重大工程。有效防控野生动物造成的危害,依法对因法律规定保护的野生动物造成的

人员伤亡、农作物或其他财产损失开展野生动物致害补偿。积极推进生态保护、环境治理和气候变化等领域的国际交流与合作,开展生态保护补偿有关技术方法等联合研究。

六、树牢生态保护责任意识,强化激励约束

健全生态保护考评体系,加强考评结果运用,严格生态环境损害责任追究,推动各方落实主体责任,切实履行各自义务。

(一)落实主体责任。(略)

(二)健全考评机制。(略)

(三)强化监督问责。(略)

各地区各有关部门要充分认识深化生态保护补偿制度改革的重要意义,深入贯彻习近平生态文明思想,把思想和行动统一到党中央、国务院决策部署上来,增强“四个意识”、坚定“四个自信”、做到“两个维护”,主动谋划,精心组织,扎实推进生态文明各项制度建设,切实将制度优势转化为治理效能,努力开创天更蓝、山更绿、水更清的美丽中国建设新局面。

关于印发《雄安新区绿色建筑高质量发展的指导意见》的通知(节选)

为深入贯彻落实党中央、国务院对《河北雄安新区规划纲要》《河北雄安新区总体规划(2018—2035年)》的批复精神,高质量建设绿色生态宜居新城区,加快推动雄安新区绿色智慧新城建设,推进绿色建筑在更广范围、更深程度、更高水平上实现高质量发展,现提出如下意见。

一、总体要求

(一)指导思想。以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,深入学习贯彻落实党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中全会精神,全面贯彻习近平生态文明思想,紧紧围绕“把雄安新区建设成绿色智慧新城,建成国际一流、绿色、现代、智慧城市”的目标,坚定不移贯彻新发展理念,坚持世界眼光、国际标准、中国特色、高点定位,全方位全过程推行绿色规划设计、绿色建造、绿色运维、绿色生活,着力降低建筑能源资源消耗与碳排放,积极应对气候变化,助力碳达峰和碳中和目标实现,打造高质量绿色生态宜居新城区典范。

(二)基本原则

——高点定位,标准先行。(略)

——以人为本,品质提升。(略)

——系统观念,示范先行。(略)

——创新驱动,市场推进。(略)

(三)主要目标

按照“绿色、智能、创新”要求,高质量推动雄安新区绿色建筑全面发展,推广新型绿色建造方式,促进绿色建材应用,建立绿色建筑高质量发展长效管理和市场机制,实现城乡融合,促进绿色建筑发展从“节能—零能—正能”到“全寿命期脱碳”的系统升级,形成“单体—街坊—社区—城区—城市”的绿色建筑创新性递进推广模式,高质量建成绿色智慧新城。

到2022年,绿色建筑高质量发展机制初步形成,试点示范项目取得显著进展。到2025年,高品质绿色建筑全面推广,绿色社区全面创建,建成一批标志性项目,绿色建筑高质量发展长效机制逐步完善,绿色建筑高质量发展格局基本形成。到2035年,绿色建筑高质量发展样板全面实现,建筑碳减排水平快速提升,人民群众生产生活空间品质优良,形成绿色生活方式,树立国际领先绿色低碳智慧典范,

绿色生态宜居新城区蓝图全面形成。

二、推动绿色建筑全方位高质量发展

(一) 全面推广绿色建筑。贯彻落实《河北雄安新区总体规划(2018—2035年)》，雄安新区规划范围内城镇新建建筑(含民用建筑、工业建筑)全面执行国家、省及新区绿色建筑标准，实现100%执行绿色建筑标准。鼓励农村新建建筑参照绿色建筑相关标准建设绿色农房。

(二) 规模化推广高星级绿色建筑。雄安新区规划范围内城镇新建民用建筑和工业建筑全面执行二星级及以上绿色建筑标准，新建政府投资及大型公共建筑全面执行三星级绿色建筑标准，启动区、起步区等重点片区新建建筑力争达到国际领先水平。鼓励有条件的重点片区按照绿色生态城区标准开展绿色低碳生态城区建设示范。鼓励有条件的特色小镇按照绿色小城镇标准开展绿色小城镇建设示范。到2025年，集中连片建成高质量绿色建筑，绿色生态宜居新城区蓝图初步形成。

(三) 大力提升新建建筑能效水平。雄安新区城镇新建民用建筑在严格执行现行建筑节能强制性标准的基础上，鼓励在“一主五辅”区域内大力推广超低能耗建筑、近零能耗建筑和零能耗建筑(以下统称“近零能耗建筑”)，发展零碳建筑。到2025年，建成一批近零能耗示范工程，实现全区建筑能耗强度低于全国平均水平，建筑，能源消费水平接轨或者达到现阶段发达国家水平。

(四) 高品质推动“绿色建筑+”融合发展。大力支持绿色建筑与近零能耗建筑、零碳建筑、健康建筑、智慧建筑、装配式建筑等“绿色建筑+”融合发展。高标准推动绿色学校、绿色医院、绿色商场、绿色办公、绿色住宅、绿色工业建筑等不同示范场景建设。全面推广信息技术、智能技术、可再生能源等新技术与绿色建筑融合应用，促进“绿色化、信息化、智能化、工业化”融合发展。推进建筑师负责制，强化系统化集成设计，推动建筑技术与艺术、科技、健康与人文融合发展。

(五) 探索开展绿色城市建设试点。制定雄安新区绿色街坊、绿色社区、绿色生态城区建设导则和评价标准，研究实施机制和保障措施。在新建片区和组团范围内全面开展绿色街坊、绿色社区、绿色生态城区创建行动，重点从低碳高效的市政设施、安全便捷的出行环境、活力宜人的邻里空间、健康舒适的绿色建筑，完善便捷的公共服务、智慧精细的治理模式、绿色低碳的社会人文等方面进行建设。通过科学统筹规划、低碳有序建设、创新精细管理等手段，打造绿色低碳、幸福宜居、健康舒适的绿

色样板。到2025年，实现新建绿色街坊、绿色社区全覆盖，并创新性递进推进绿色城(片)区、绿色城市创建示范。

(六) 积极推进既有建筑绿色化改造。按照新区三县提升改造规划，结合清洁取暖、老旧小区改造、雨污分流、海绵城市建设等，有序推进既有居住建筑绿色化改造，推广将建筑节能改造、环境整治、基础设施、公共服务设施和建筑使用功能提升改造统筹推进综合改造模式，改造后的居住建筑全面达到一星级及以上既有建筑绿色改造标准。加快推进公共建筑绿色化改造，推广应用优化控制系统等低成本技术，提高采暖空调系统和电气系统能效，积极开展外围护结构改造，扩大可再生能源应用，改造后的公共建筑全面达到二星级及以上既有建筑绿色改造标准。引导建立新型改造投融资模式，吸引社会资本介入，推动形成绿色改造内生动力。到2025年，建成一批既有建筑绿色化改造示范项目。

三、加快推进工程建设全过程绿色建造

(一) 大力推进绿色建造示范工程创建行动。结合国家和新区绿色建造技术导则，开展绿色建造示范工程创建行动，鼓励新建房屋建筑和市政基础设施工程推广绿色化、工业化、信息化、集约化和产业化新型建造方式。加强全过程绿色统筹，强化技术创新和集成，实施精细化设计和施工，实现全过程绿色效益最大化。到2025年，打造一批绿色建造系统化应用场景，建立形成新区绿色建造的技术体系、管理体系、实施体系和评价体系。

(二) 大力推广装配式建造。大力发展钢结构建筑，鼓励工业建筑、医院、学校等公共建筑优先采用钢结构，积极推进钢结构住宅和农房建设。在工业建筑、低层公共建筑和住宅及平改坡等工程中积极推广使用现代木结构。鼓励全面推广应用预制内隔墙、预制楼梯板、预制楼板、市政预制构件，不断提升通用部(构)件工厂化标准化生产水平，推动形成绿色建造完整产业链，推动智能建造和建筑工业化协同发展。到2025年，建成一批高质量高水平的装配式建造的绿色建筑示范项目。

(三) 全面推动信息技术集成应用。在新建房屋建筑和市政基础设施工程中全面推广BIM等技术在新型建筑工业化全寿命期的一体化集成应用，推进BIM报建审批、施工图审查、竣工验收、运行维护模式，并与城市信息模型(CIM)平台的融通联动，提高建筑行业全产业链资源配置效率。积极推动5G、物联网、智能建造等信息技术在建筑中集成应用，开展“5G+智慧工地”试点示范、智能光伏应用示范，提升建造信息化水平。

(四) 加快推广绿色建造技术。全面推进建筑、结构、机电、装饰等多专业绿色协同设计, 实现建造全过程一体化绿色统筹。推行建筑全装修和成品交房, 推广管线分离、一体化装修技术, 推广集成化、数字化和模块化建筑部品。落实绿色施工管理要求, 推进施工现场垃圾减量化与资源化循环利用。研究推广建造过程碳排放准确监测与核查关键技术, 推进碳排放数据公开透明化。

(五) 全面推广新型组织管理模式。在新区重点片区全面推广工程总承包、全过程工程咨询、建筑师负责制等集约化组织管理模式, 健全配套的发包承包、造价管理等制度, 促进设计、生产、施工深度融合, 提高建造集约化水平。

四、积极推广绿色建筑技术应用和示范引领

(一) 快速提升可再生能源应用水平。在中低层住宅、酒店、学校建筑中积极推广太阳能光热一体化技术; 大力发展光伏瓦等建材型 BIPV 光伏技术在城镇建筑中一体化应用, 支持有条件的建筑开展分布式光伏开发应用试点; 鼓励采用地热资源、再生水源及余热等热泵技术, 解决建筑采暖等用能需求; 加强智能电网建设, 鼓励新建项目采用光储直柔技术, 提高建筑电气化应用水平。鼓励政府投资的办公和公益性建筑、保障性住房和大型公共建筑等优先应用可再生能源。到 2025 年, 建成一批利用可再生能源的零碳建筑示范项目, 并实施可再生能源应用评估调整优化新区可再生能源建筑应用系列政策、标准、产业等, 尽早实现建筑领域的碳达峰和碳中和。

(二) 不断提升绿色建材应用质量和水平。政府投资和使用财政性资金的新建工程全面采用绿色建材, 引导和鼓励市场投资项目积极使用绿色建材。推进结构基础和装饰装修材料全面使用绿色建材, 显著提高新建建筑中高强钢筋、高性能混凝土等大宗重点材料绿色建材应用比例。制定新区建材推广和淘汰目录, 实施绿色建材认证制度。建立新区绿色建材采信机制和采信应用数据库, 利用大数据、区块链等技术完善新区大宗建材集采服务平台信息化管理, 构建绿色建材选用、监督管理和质量追溯机制。推进绿色建材提供碳足迹指标, 加强应用情况评估, 不断提升绿色建材应用和管理水平。到 2025 年, 新建建筑绿色建材应用比例达到 70% 以上。

(三) 奋力打造绿色建筑“雄安示范”。开展零碳建筑技术示范, 综合应用财政奖励、绿色金融等激励手段, 推动新建学校、医院、办公、居住等项目开展零碳建筑示范, 形成适用于新区的零碳建筑技术体系。开展绿色建造与绿色建材应用示范,

优选在新建政府投资建设项目集成应用绿色建造技术和绿色建材, 争创国家绿色建造试点示范。推进绿色低碳健康宜居示范区建设, 在重点片区等新建片区以创建绿色街坊、社区为基础, 打造可达性强、服务精准、功能复合、开放安全、舒适便捷的绿色低碳健康宜居示范区, 争创国家绿色生态城区、绿色城市试点示范。

五、加强绿色建筑技术和产业支撑

(一) 加快政策法规和标准体系建设。推动《雄安新区绿色建筑条例》立法, 建立健全相关配套政策, 形成促进绿色建筑高质量发展的法治环境。积极开展标准制修订工作, 将绿色建筑基本要求纳入工程建设强制规范, 提高绿色建筑底线控制水平, 实现绿色建筑普及推广。对标国际先进水平, 结合新区建设, 全面制修订雄安新区绿色建筑设计、建造、建材、验收、运行、检测、评价等工程建设标准 and 产品标准, 推动新区绿色建筑管理体系建设, 实现绿色建筑设计、施工和运行全过程管理。到 2025 年, 形成一套具有世界眼光、中国特色、新区特点的绿色建筑建设、运营和管理的标准体系。

(二) 规划碳达峰实施路径。贯彻落实国家应对气候变化和碳减排战略部署, 研究制定新区建筑领域碳达峰碳中和实施路径、能源消费总量控制和碳排放总量控制及强度双控目标方案, 探索研究建立建筑行业低碳发展、建筑碳排放报告、核查以及碳交易等工作机制, 推动建筑领域进入碳交易平台。建立建筑规划、设计、建设、运行、改造低碳标准及技术、产业体系。

(三) 大力培育绿色建筑产业。做大做强绿色建筑规划设计、绿色建造、绿色运维管理、检测认证、公信服务、绿色建筑科技服务业、绿色金融、绿色建筑商贸和会展业等绿色建筑产业链网。加快绿色建筑科技创新成果转化, 打造绿色建筑产业协同创新平台, 加快推动绿色建筑人居环境创新中心、绿色建筑展示中心等平台建设。到 2025 年, 聚集一批高端智库等科技服务企业, 培育一批绿色产业领域总部平台型产业, 引领新区绿色建筑技术和产业发展, 形成具有新区特色、较强辐射力、生态效益高的绿色建筑产业体系。

(四) 推进创新交流。积极发挥国家、省、新区相关协会、学会作用, 在绿色建筑全产业链条构建等方面形成资源共享、合作共赢、市场氛围更活跃的态势。利用国家、省和新区绿色建筑专家库、绿色建筑人居环境创新中心、绿色建筑展示中心等平台, 定期组织技术培训或讲座, 大力培养和引进相关专业管理人才, 实施绿色建筑人才资格认证与

奖励制度，推动形成新区绿色建筑创新能力建设长效机制。举办新区绿色建筑国际论坛，深化国际合作与交流互动，充分吸纳先进国际经验，不断拓宽绿色建筑国际合作的领域和范围。

六、加强绿色建筑全过程管控

（一）强化立项用地管控。自然资源和规划主管部门在出具地块规划条件时，要将绿色建筑等级、能耗和碳排放指标、可再生能源应用、绿色建材、绿色建造等要求纳入规划条件，并写入国有建设用地使用权出让合同或国有土地划拨决定书。项目设计方案需达到规划条件要求后，方可出具设计方案审查意见。建设单位申请可行性研究报告批准时，明确绿色建筑等级、技术以及节能减排和可再生能源应用等内容。

（二）加强建设过程管控。制定绿色建筑施工设计图审查要点、绿色建筑验收指南。建设、设计、施工、监理等各方严格落实质量主体责任，按照相关法律法规及标准规范等要求落实绿色建筑质量。建筑师责任制单位或审图机构要依据绿色建筑施工图审查要点，结合数字化审图平台对方案设计和施工图设计的绿色建筑专篇进行审核。建设单位要按照绿色建筑验收指南组织进行竣工验收。建设主管部门要强化绿色建筑监督管理，把好交付验收关。

（三）推进绿色建筑运维管理。落实所有权人、使用权人的绿色建筑运维主体责任。依托雄安新区

智慧城市CIM平台建设，应用建筑信息（BIM模型），推广“物联网+”在建筑运行中的应用，实现建筑物理环境、用能监控、能耗统计等可视化管理，指导建筑精细化运营。探索建立绿色建筑性能评价制度及建筑物性能质量检查制度，开展定期检查。推行绿色物业管理模式，建立绿色建筑使用者监督、评价和反馈机制，不断提升绿色建筑运维水平。

（四）加强绿色建筑标识管理。落实国家、省绿色建筑标识管理办法要求，开展绿色建筑标识管理，鼓励新建和改造的绿色建设单位、运营单位申请绿色建筑标识。建立新区绿色建筑专家库，引入绿色建筑第三方服务机制，为新区绿色建筑发展提供智库支持。

（五）严控公共建筑用能水平。制定新区公共建筑能耗定额标准，建立公共建筑能源监控、能耗统计、能源审计和公示制度，对超过能耗标准约束值的建筑，实施惩罚性措施。推广合同能源管理模式，强化能耗限额差异化和精细化管理，提升建筑能效

七、保障措施（略）

抄送：新区建设指挥部办公室，容东片区指挥部、容西片区指挥部、咎岗片区指挥部、启动区指挥部、起步区指挥部。

河北雄安新区党工委管委会党政办公室
2021年8月30日印发

上海市人民政府办公厅

关于印发《上海市住房发展“十四五”规划》的通知

沪府办发〔2021〕19号

各区人民政府，市政府各委、办、局：

经市政府同意，现将《上海市住房发展“十四五”规划》印发给你们，请认真按照执行。

上海市人民政府办公厅
2021年7月26日

上海市住房发展“十四五”规划（节选）

根据《上海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》等，制定本规划。

一、“十三五”期间发展成果

- （一）住房租赁体系加快构建（略）
- （二）房地产市场调控总体符合预期（略）
- （三）住房保障受益群体有序扩大（略）

（四）既有住房居住条件持续改善（略）

以城市更新理念有序推进旧区改造，积极开展各类旧住房修缮改造，房屋功能和居住环境有效提升。修订《上海市历史风貌区和优秀历史建筑保护条例》，制定《上海市房屋使用安全管理办法》。推进农民相对集中居住，实施农村低收入户危旧房

改造。加快推进既有多层住宅加装电梯。实施各类旧住房更新改造 5300 余万平方米,受益居民 90 余万户;中心城区二级旧里以下房屋改造 281 万平方米;实施各类保留保护里弄房屋修缮改造 250 万平方米;既有多层住宅加装电梯累计通过居民意愿征询 1703 幢。

(五) 住宅小区综合治理深入推进

(六) 住房公积金制度作用有效发挥

(七) 新建住宅建设品质稳步提升

扎实推进装配式建筑发展,公共租赁住房项目全部采用全装修方式。以绿色建筑专项规划为指导,新建住宅实现全面执行绿色建筑标准的目标。进一步加强新建住宅交付使用管理,积极推进交付领域“一网通办”。不断提升住宅配套建设监管水平,大型居住社区配套项目建设全面加强。(节选)

二、发展形势

一是住房发展环境发生新变化。二是住房政策体系聚焦新任务。三是住房供应优化肩负新使命。四是住房需求状况呈现新特征。五是住房治理领域面临新要求。(节选)

三、指导思想、基本原则和发展目标

(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,深入贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中全会精神,全面落实习近平总书记考察上海重要讲话精神,深入践行“人民城市人民建,人民城市为人民”重要理念,以解决好超大城市住房突出问题为核心,以供给侧结构性改革、居住品质提升为主线,稳中求进、稳中提质、稳中增效,推进住房从高速发展向高质量发展转变。坚持“房子是用来住的、不是用来炒的”定位,坚持租购并举的住房发展方向,完善住房市场体系和住房保障体系,以居住为主、以普通住房为主、以市民(新市民)、青年人为主,优化保障类租赁住房、保障类产权住房、市场类租赁住房、市场类产权住房“四位一体”的租购并举住房制度体系,实现更高质量、更有效率、更加公平、更可持续、更为安全的住房发展,不断满足人民群众日益增长的美好居住生活需要。

(二) 基本原则

——坚持民生为本。

——坚持租购并举。

——坚持布局优化。

——坚持精细治理。

——坚持品质发展。

(三) 发展目标

1. 总体目标

以住有宜居为目标,不断完善多主体供给、多渠道保障、租购并举的住房制度,筑牢住房民生保障底线,加强住房的精准供给、制度供给、服务供给和品质供给,进一步满足多层次、功能性、品质化的居住需求,让人民群众在居住方面有更多的获得感、幸福感和安全感,更好服务人民城市建设。

2. 重点任务

持续构建住房租赁体系。(略)

深入改善居民居住环境。(略)

着力保持房地产市场平稳健康发展。(略)

更加优化住房空间布局。(略)

不断健全住房保障体系。(略)

显著提升住房质量与安全管理水平。提高住房建设管理精细化水平,推进绿色建筑与装配式建筑融合发展。完善社区配套建设与运营管理,加快公共服务补短板。建立健全房屋使用安全常态监管机制。推进农村低收入户危旧房改造。

推进住房领域数字化转型。加快完善房管信息系统集成平台功能。加快推动住宅小区智能感知设备、智能配送设施等新型基础设施建设,推动物业服务线上线下融合发展。不断丰富数字化应用场景,继续完善城市网格化管理平台中的群租整治场景、住宅修缮监管场景和历史建筑保护场景。加快开发建设廉租房供后管理场景以及房屋安全隐患排查整治场景。

四、主要任务

(一) 坚持租购并举,构建住房租赁体系(略)

(二) 聚焦精准施策,保持房地产市场平稳健康发展(略)

(三) 深化城市更新,改善既有住房居住条件(略)

(四) 服务住房民生,提升住房保障水平(略)

(五) 提升治理效能,增强住宅小区宜居性(略)

(六) 强化科技驱动,提高住房整体品质

1. 深入实施住宅建设精细化管理

落实建设单位首要责任。健全从材料源头、过程验收到竣工交付全过程的质量责任落实机制。建立健全建设单位质量管理体系,明确项目质量责任主体。建立覆盖建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位、监理单位责任主体的评价标准及应用体系。

加强住宅建设监管。健全住宅建设质量检查监督机制,完善住宅配套建设监管体系,协调推进住宅配套项目建设。研究城市基础设施配套费标准动态调整机制。强化交付使用管理。

2. 全面提升住宅工程质量水平

强化源头质量控制，进一步完善标准、规范，优化房屋设计及屋顶装饰性构架设计。重视建筑材料质量控制，将建筑材料的检查、验收贯穿整个施工阶段。

实施住宅建筑安全监测。建立灾害保险和专项检测资金制度，落实住宅工程质量潜在缺陷保险制度，支持保险公司委托的风险管理机构，对住宅工程项目实施全过程质量风险管理。

以装配式建筑、建筑信息模型（BIM）技术为抓手，推动绿色、循环、低碳的住宅建设，形成从设计到施工全过程绿色管理。加强工程建设全生命

周期、全要素节能，推动超低能耗建筑标准化、规模化、系列化。积极培育绿色住宅建筑示范项目，稳步推进装配式建筑示范住宅小区建设。探索建立住宅建筑运行能耗限额管理机制，引导既有住宅效能提升，促进既有住宅绿色化改造。

3. 积极优化大型居住社区配套服务（略）

（七）致力提质增效，发挥住房公积金支持效应（略）

（八）夯实保障措施，推进住房规划全面实施（略）

重庆市生态环境局关于印发《重庆市“碳惠通”生态产品价值实现平台管理办法（试行）》的通知

市政办发〔2019〕39号

各区县（自治县）生态环境局，重庆高新区、万盛经开区生态环境局，两江新区分局：

为贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰、碳中和的重要决策部署和中央办公厅、国务院办公厅联合印发的《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》，加快推动绿色低碳发展，重庆市生态环境局牵头开展了“碳惠通”生态产品价值实现平台建设，为规范平台建设运行及监督管理，制定了重庆市“碳惠通”生态产品价值实现平台管理办法（试行），经市生态环境局2021年第7次局务会审议通过，现予以印发实施。

重庆市生态环境局

2021年9月14日

重庆市“碳惠通”生态产品价值实现平台管理办法（试行）

第一章 总则

第一条 为贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰、碳中和的重要决策部署和建立健全生态产品价值实现机制的意见，加快建立政府主导、企业和社会各界参与、市场化运作、可持续的生态产品价值实现平台，结合本市实际，制定本办法。

第二条 重庆市“碳惠通”生态产品价值实现平台（以下简称“碳惠通”平台）的建设运行及监督管理，适用本办法。

第三条 重庆市生态环境局是“碳惠通”平台的主管部门，依据本办法负责“碳惠通”平台建设的组织实施、综合协调与监督管理。

第四条 重庆市生态环境局通过公开竞争比选确定“碳惠通”平台建设的运营主体（以下简称“运营主体”），负责“碳惠通”平台建设和市场化运营管理。

第五条 重庆碳排放权交易中心（以下简称“交易中心”）为“碳惠通”项目自愿减排量（以下简

称“CQ CER”）交易提供交易场所、交易设施，以及提供资金结算、信息发布等服务，按照有关规定组织交易活动，对交易行为进行监督管理。

第六条 国内外机构、企业、团体和个人可按相关规定参与“碳惠通”平台的相关活动，并在运营平台申请开设登记簿账户。

第二章 “碳惠通”方法学、项目及减排量管理

第七条 本办法所称的“碳惠通”方法学、“碳惠通”项目以及CQ CER备案，均遵循自愿、公开、公平、公正和诚信的原则。用于交易的CQ CER基于具体自愿减排项目，并具备真实性、可测量性和额外性。

第八条 中国境内注册的企业可依据本办法向重庆市生态环境局申请“碳惠通”方法学、“碳惠通”项目及CQ CER备案。

第九条 “碳惠通”方法学是指用于确定“碳惠通”项目基准线、论证额外性、计算减排量、制定监测计划等的方法指南。

对符合要求的“碳惠通”方法学,开发者可向重庆市生态环境局申请备案,备案时需提交以下材料:

- (一) 备案申请函和备案表(附件1、附件2);
- (二) 编制说明(附件3);
- (三) 该方法学所依托项目的设计文件。

第十条 “碳惠通”项目包括非水可再生能源、绿色建筑、交通领域的二氧化碳减排,森林碳汇、农林领域的甲烷减少及利用,垃圾填埋处理及污水处理等方式的甲烷利用等项目,以及根据“十四五”重庆市应对气候变化工作实际,重庆市生态环境局允许抵消的其他温室气体减排项目。项目应当同时满足以下要求:

- (一) 项目投入运行的时间应于2014年6月19日之后;
- (二) 项目减排量应产生于2016年1月1日之后;
- (三) 项目全部减排量原则上均应产生在重庆市行政区域内。

第十一条 “碳惠通”项目及CQCER应采用经重庆市生态环境局备案的方法学,并由联合国清洁发展机制执行理事会指定经营实体和经国家应对气候变化主管部门批准的审定与核证机构(兼)(以下简称“审定核证机构”)审定或核证。

第十二条 申请备案的“碳惠通”项目在申请前应由审定核证机构审定,并出具项目审定报告。项目审定报告主要包括以下内容:

- (一) 项目审定程序及步骤;
- (二) 项目额外性、减排量测算的合规性和准确性;
- (三) 项目审定的主要结论。

第十三条 申请“碳惠通”项目备案需向市生态环境局提交以下材料:

- (一) 备案申请函和申请表(附件4和附件5);
- (二) 项目概况说明;
- (三) 企业营业执照复印件;
- (四) 法规要求的项目备案及环评审批文件或其他相关主管部门审批的文件;
- (五) 项目设计文件;
- (六) 项目审定报告。

第十四条 经备案的“碳惠通”项目产生CQCER后,申请方在向重庆市生态环境局申请CQCER备案前,应由审定核证机构核证,并出具核证报告。核证报告主要包括以下内容:

- (一) 核证程序及步骤;
- (二) 监测计划执行情况;
- (三) 核证的主要结论。

第十五条 申请方向重庆市生态环境局申请CQCER备案需提交以下材料:

- (一) 备案申请函和申请表(附件6和附件7);
- (二) 监测报告;
- (三) 核证报告。

第十六条 重庆市生态环境局接到“碳惠通”方法学、“碳惠通”项目、CQCER备案申请材料后,根据工作需要组织技术评估,评估时间不超过30个工作日。

第十七条 重庆市生态环境局根据技术评估意见对符合要求的“碳惠通”方法学、“碳惠通”项目、CQCER予以备案,运营主体在“碳惠通”平台上进行登记管理。

第十八条 CQCER与国家核证自愿减排量(CCER)不得重复申报。

第三章 “碳惠通”减排量抵消管理

第十九条 纳入重庆市碳排放权交易市场的配额管理单位使用CQCER进行履约时,需向重庆市生态环境局提出履约抵消申请(附件8),由重庆市生态环境局对符合履约相关规定的履约抵消申请予以确认,将履约信息交由运营主体对相应CQCER予以注销。

1吨CQCER抵消1吨二氧化碳排放量,单位以“吨二氧化碳当量(tCO₂e)”计。

第二十条 配额管理单位购买CQCER进行履约的,使用比例按照重庆市碳排放权交易相关规定执行。

第二十一条 鼓励政府机关、企事业单位、社会团体自愿购买CQCER,实施碳中和。

第二十二条 CQCER交易按照重庆市碳排放权交易相关规定执行。

第四章 “碳惠通”低碳场景建设

第二十三条 运营主体负责制定低碳场景评价规范,根据工作需要组织专家对低碳场景评价规范进行评估,并在运营平台上对外公布。

第二十四条 鼓励国内企事业单位、团体、协会等社会组织参与“碳惠通”低碳场景创建工作。

第二十五条 低碳场景创建申请方应按照评价规范要求创建,并向运营主体提交重庆“碳惠通”低碳场景创建申请表(附件9)。运营主体可委托第三方机构对低碳场景创建进行评价,将达到评价规范要求的低碳场景纳入运营平台。纳入运营平台的低碳场景单位应配合做好数据采集等场景管理工作。

第二十六条 运营主体负责采集管理低碳场景内公众授权的低碳行为数据,通过运营平台换算成碳积分并发放至个人账户。

第二十七条 公众持有的碳积分可在运营平台上兑换“碳普惠”商品或服务。已兑换普惠商品或服务的碳积分由运营主体在运营平台上予以注销。

第五章 监督与管理

第二十八条 运营主体应建立信息披露制度，定期公布“碳惠通”方法学、“碳惠通”项目、CQ CER、CQ CER 成交量和成交金额等信息；公布低碳场景创建及积分兑换情况；公布低碳场景评价规范制定情况等。

交易中心应定期将 CQ CER 成交信息提供至市生态环境局，成交信息包括交易品种名称、交易品种代码、成交量、成交价。

第二十九条 对积极参与重庆市“碳惠通”平台建设工作的政府机关、企事业单位及社会团体，在开展气候投融资工作等方面予以优先考虑。

第三十条 对未履行本办法规定职责，玩忽职守、滥用职权、利用职务便利牟取不正当利益，或者泄露有关单位和个人的商业秘密的，按规定移交相关部门处理。

第三十一条 任何单位和个人有权向重庆市生态环境局举报评估论证、交易管理等过程中存在的违法违规行为。

第六章 附则

第三十二条 本办法下列用语的含义：

（一）“碳惠通”平台：是指构建以“碳惠通”为品牌，涵盖碳履约、碳中和、碳普惠的生态产品价值实现路径，即：通过开发重庆市行政区域内自愿减排项目（林业碳汇、垃圾焚烧、可再生能源等），探索建立生态产品进入重庆市碳排放权交易市场，丰富配额管理单位履约方式的“碳履约”市场机制；探索建立以大型会议及活动、政府机关和企事业单位为载体，以 CQ CER 抵消为主要方式的“碳中和”实现机制；探索建立个人广泛参与，促进减少温室气体排放的行为所产生的量化减排量及获益的“碳普惠”机制。

（二）国家温室气体核证自愿减排量（CCER）：

是指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。

（三）碳履约：是指纳入重庆碳排放权交易市场的配额管理单位在规定时间内向主管部门提交与上年度核定的温室气体排放量相等的配额、CQ CER 或 CCER 等其他国家允许的产品，以完成其配额清缴义务。

（四）碳普惠：是指利用 CQ CER 或 CCER 等其他国家允许的产品机制，通过社会广泛参与自愿温室气体减排行为，依据特定的方法学可以获得碳信用的制度，包含碳普惠行为的确定、碳普惠行为产生的减排量的量化及获益等环节。

（五）碳中和：通过获取相应数量 CQ CER 或 CCER 等其他国家允许的产品的减排量额度，抵消以特定的方法学计算得到的大型活动组织者实施大型活动、企事业单位及社会团体在生产或生活活动、个人在生活活动中产生的温室气体排放量，最终实现温室气体排放量净增长为零的情形。

（六）联合国清洁发展机制（CDM）：是《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）第三次缔约方大会（COP3）提出的《京都议定书》中引入的一种灵活履约机制，其目的在于协助非附件 1 中缔约方国家实现可持续性发展和促进达成《公约》的最终目标，同时协助附件 1 中缔约方国家履行量化的排放限制和排放减少的承诺。

（七）指定经营实体（DOE）：是由联合国执行理事会（EB）指定的有资质的机构，主要负责对 CDM 注册前进行项目合格性审定，以及对 CDM 项目签发前进行减排量监测的核查和核证。

第三十三条 本办法中所提及项目设计文件、项目审定报告、减排量核证报告及监测报告等按照国家温室气体自愿减排项目相关文件要求进行编制。

第三十四条 本办法自 2021 年 10 月 14 日起施行。
附件：（略）



山西某分布式冷热电三联供系统的经济运行分析

太原智博热电工程设计有限公司 赵晨宏 枚军 李静

〔摘要〕针对分布式冷热电三联供系统，从经济性出发，对不同的发电功率进行对比，通过三联供系统热负荷占比确定系统适用条件。计算结果表明，三联供系统满负荷运行时有较好的经济性。三联供系统发电功率的选择是决定系统投资回收期长短，天然气价格和电价对于三联供系统有较大的影响。

〔关键词〕分布式冷热电三联供；以电定热；地源热泵；天然气价格；电价；经济效益

1 引言

我国北方大部分城市集中供热覆盖率达 90% 以上，但还有部分区域处在集中供热范围之外，形成供热孤岛，只能采用电制热或燃气制热来解决用热问题，造成运行费用太高，一次能源浪费的情况。

燃气分布式供能系统是指利用天然气为燃料，通过冷热电三联供等方式实现能源的梯级利用，综合能源利用效率在 70% 以上，并在负荷中心就近实现能源供应的现代能源供应方式，是天然气高效利用的重要方式，能够有效的降低燃气供热的运行费用。

本文以山西某需要配置冷热电三联供系统的实际运行的科研办公楼作为研究对象，分析其经济性因素，得出了一些有价值的结论。

2 三联供系统方案

2.1 冷热电负荷

本文研究对象为北方某城市的一座科研办公楼，该办公楼共 9 层，建筑面积约 2.88 万 m^2 ，冬夏两季有空调需求，其空调供应方式为风机盘管加独立新风系统，其水系统采用两管制。电负荷包括办公用电、照明用电、科研用电以及空调系统用电。

以往的研究发现，用户的冷热电负荷对于冷热电系统的配置和效率有较大的影响^[1]，因此本文首先计算出办公楼冬夏季典型日冷热电负荷，并通过对办公

楼的用电设备进行统计得到其一年典型日的电负荷，见图 1。

2.2 系统的配置及运行策略

本项目办公楼采用冷热电三联供系统，其冷热负荷的设备选择均要满足最大的冷热负荷，而发电功率的选择是难点，而热电厂通常为“以热定电”，这是因为目前我国电量冗余严重，供热不足所造成的，而本项目为节约投资，减少运行费用，拟采用“以电定热”模式。

本项目基本用电负荷为 345kW，根据三联供机组装机容量，选择两台发电功率 160kW 的发电机组。

本项目采用余热回收装置回收烟气余热，产生的热水与缸套水一起驱动吸收式制冷机或供应采暖负荷。电力负荷根据发电机发电功率提供，不足部分由大电网补充，不足的冷热负荷由地源热泵提供，各设备供热供冷负荷见表 1。

冷热电三联供系统基本流程见图 2。

表 1 科研办公楼逐时负荷

	总负荷 /kW	装机容量 /kW				总装机容量 /kW
		三联供	数量	地源热泵	数量	
热负荷	1991	219.1	2	610	4	2878.2
冷负荷	2434	146.9		601		2697.8
电负荷	341	160		—		320

注：1、三联供仅供基本用电负荷，不足负荷采用市政电网；
2、冬天制热工况空气源热泵只运行三台。

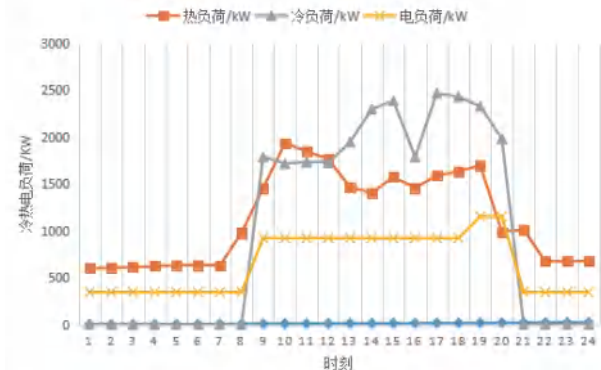


图 1 科研办公楼逐时负荷

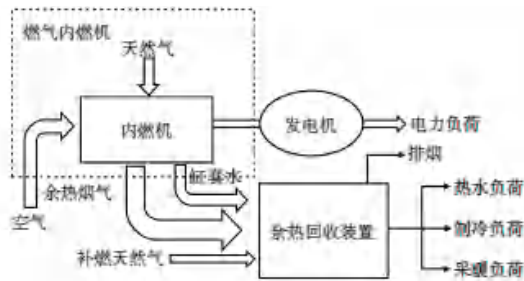


图 2 冷热电三联供流程图

3 分析计算方法

采取的评价指标为静态投资回收期，而从一定程度上讲，静态投资回收期在 10 年以内是比较有吸引力的。

3.1 工程造价

系统分为工艺系统、电气系统、控制系统，总工程费用约为 400 万元，施工及安装、土建费用共约 560 万元，其他费用为 120 万元，因此总造价为 1080 万元。

3.2 运行费用

本项目夏季制冷天数为 120 天，三联供机组全功率运行，不足部分由地源热泵补足，因此办公楼晚上不需要制冷，因此夏季冷负荷按一天 12h 运行计算。

冬季供暖天数为 151 天，三联供机组全功率运行，不足部分由地源热泵补足，因此办公楼晚上不办公，按防冻负荷进行计算。

根据当地市场价格，本项目冷价按 10 元 /m²/月核算，公共建筑供热价格为 39 元 /m²，电价按 0.75 元 /kWh 核算，气价按 3.2 元 /m³ 核算。

经计算，夏季运行费用为 64.3 万元，收入（包括电费用及空调收费）为 149.8 万元，利润 85.5 万元，冬季运行费用为 141.3 万元，收入（包括电费用及供热收费）为 199.3 万元，利润 57.9 万元。

3.3 投资回收期

由上述分析得出，本项目年运行费用为 205.6 万元，年收入为 349.0 万元，年利润为 143.4 万元，项目总造价为 1080 万元，因此本项目静态回收期为 7.53 年。

4 计算结果分析

通过上节分析可得出，三联供机组在制冷季及采暖季全负荷运行时，其经济效益较为可观，同时，如果项目基本用电负荷较大或附近有较大的、稳定的用电单位，系统的发电功率增大，其经济效益会有一定的增长^[2]。

为明确不同的发电功率下项目的经济性，本文通过调整发电机发电功率（假设用电基本负荷）计算整个项目投资、利润及投资回收期，计算结果见图。

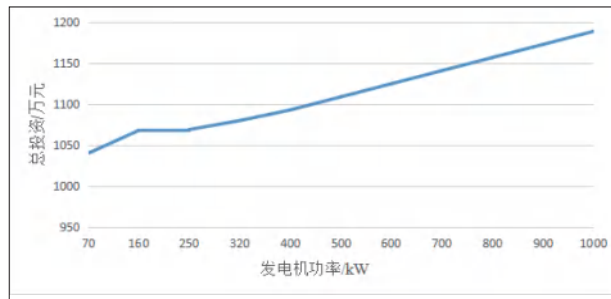


图3 不同发电功率下的投资

图3是不同发电功率下的投资，因为三联供机组造价较高，因此随着发电功率的增加，三联供机组增大，投资增加。

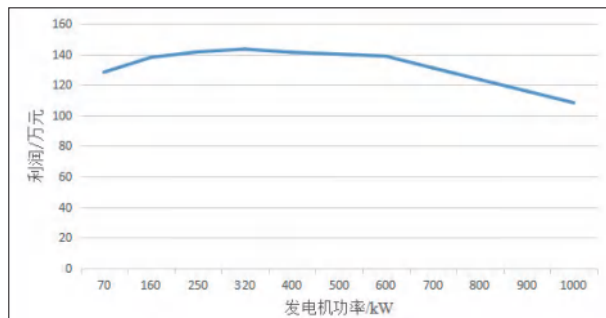


图4 不同发电功率下的利润

图4是不同发电功率下的利润，因三联供机组除发电外，其余热作为冷热源供夏季制冷、冬季制热，因此其能源利用率较高，经济效益较好，但随着其发电功率的增加，余热也随之增加，当余热超过基本负荷时，其经济效益反而下降，本项目中，因晚上供热只有防冻负荷，为 400kW，而发电机功率为 400kW 时，其余热可达 550kW，因此超出的 150kW 不能利用，造成能源浪费；当发电机功率达到 700kW 时，其制冷负荷超过基本制冷负荷，使夏季制冷时部分余热外排，能源利用率降低，利润下降。

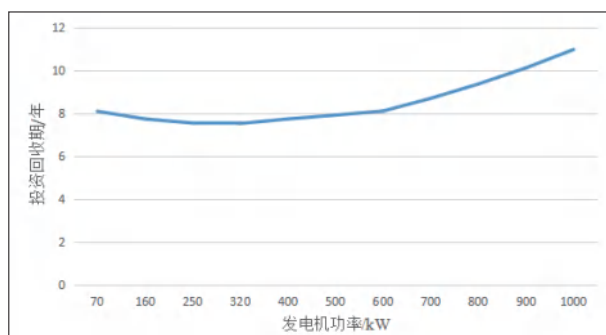


图5 不同发电功率下的投资回收期

图5为不同发电功率下的投资回收期，当发电功率小于 400kW 时，三联供机组全负荷运行，最大程度的减少能源浪费，达到经济效益最大化，此时投资回收期为 7.5 年。

5 影响因素分析

由于冷热电三联供机组及地源热泵机组效率在科技发展到一定程度时不会发生太大的变化，因此如果选定机组容量，其能源消耗量基本能维持稳定，变化不大，但是其经济性却受能源价格的影响较大，因此本文考虑了一定价格区间内不同发电功率的三联供系统的经济性。

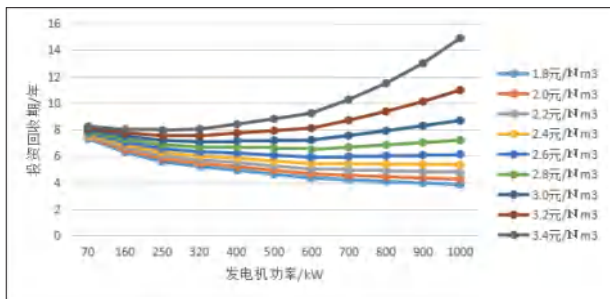


图6 不同发电功率下投资回收期随气价的变动

5.1 天然气价格对三联供系统经济性的影响

图6为当电价为0.75元/kWh时,随天然气价格的变化,不同发电功率的三联供系统的投资回收期,当气价小于2.6元/Nm³时,随三联供机组发电功率增大减少投资回收期,即当气价较低时,三联供机组的经济效益更为明显;当气价超过2.6元/Nm³时,随着三联供机组功率的增加,经济效益急剧下降,因此,机组应接合当气价来谨慎选择。

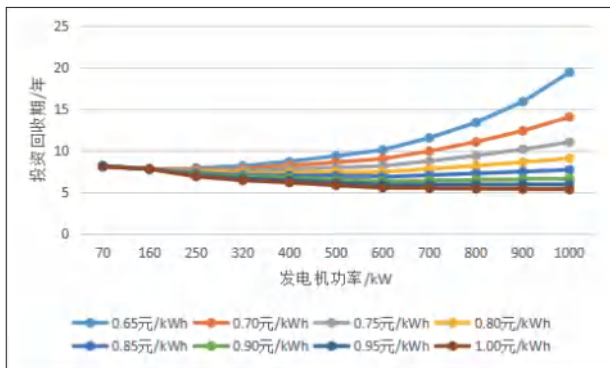


图7 不同发电功率下投资回收期随电价的变动

5.2 电价对三联供系统经济性的影响

图7为当气价为3.2元/Nm³时,随电价的变化,不同发电功率的三联供系统的投资回收期,当电价小于0.85元/kWh时,随三联供机组发电功率增大投资回收期增加,即当电价较低时,三联供机组的发电收入小于能源的损耗带来的经济损失,经济效益较差;

当电价超过0.85元/kWh时,随着三联供机组功率的增加,经济效益增加,投资回收期缩短,即发电机功率较大时,虽然能源利用率较低,但因电价较高,发电收入增加,因此,在电价较高的地区可适当加大机组的选型。

6 结论

本文从冷热电三联供系统出发,分析了不同发电功率下三联供系统的经济性,计算结果表明,当建筑热电比较大,发电机无法全功率运行时,其经济效益较差,不建议选择,如果建筑有较为稳定且较大的用电负荷时,其经济性较强,并可得出以下结论:

随着三联供系统的增大,对于一定的冷热电负荷,其经济性存在一个最佳值,即保证三联供系统满负荷运行的情况下,减少甚至消除其余热的外排。

天然气价格和电价对三联供系统的经济性有较大的影响,当天然气价格升高或电价降低时,三联供系统的经济性会变差,反之,当天然气价格降低或电价升高时,其经济性会提高,但可以通过选择合理的发电机容量来使得这两个因素对三联供系统的影响变小。

总之,在实际工程中,要根据工程的具体情况,对建筑的冷、热、电负荷做出较为准确的估计,并考虑三种负荷之间的匹配,尤其是用电基本负荷。只有从能源利用率及项目经济性出发,才能准确的确定系统的配置。

参考文献

- [1] Mario A, Basulto Ernst, Jose'A.Perrella balestieri, Influences of thermal and electric load fluctuations in the cogeneration attractiveness [J]. Applied Thermal Engineering, 2006, 26:1500 ~ 1505.
- [2] 魏会东, 吴静怡, 王如竹. 楼宇级冷热电联产系统的应用分析. [J] 建筑科学 2007, 23 (2): 31 ~ 36.
- [3] Hui Li, Lin Fu, Kecheng Geng, et al. Energy utilization evaluation of CCHP systems [J]. Energy and Buildings, 2006, 38:253 ~ 257.



热力二次系统改造及水力平衡浅析

太原市市政工程设计研究院 王国伟 许晓红

〔摘要〕以某热力二次系统改造及水力平衡为工程背景，以解决用户高能耗且供热效果不佳为目的，主要通过更换换热站设备，进行二次管网流量、热力平衡，不仅解决用户冷热不均的问题，同时降低能耗。改造后，节电率 57.23%，节热率 12.39%，节能效果显著。

〔关键词〕供热；循环泵；供热调节；水力平衡

截止到 2018 年末，全国城市集中供热面积达 87.8 亿平方米，管道长度达 37.11 万公里^[1]。目前集中供热大多采用热电联产的方式，一次网与二次网间接换热，大多数运行是一次网根据二次网的供热量需求来调节一次网的参数。我国供暖运行平均输配效率不到 80%，因此集中供热节能改造中最根本的是二次系统的节能^[2,3]。二次系统节能改造包括换热站、二次网和末端用户的节能改造。

1 系统改造内容

二次系统节能改造的技术关键在于供热系统的优化配置。即换热器、循环泵、管道管径、阀门规格、阀门类型、入口装置、用户室内采暖系统的优化配置。

换热站内优化配置：根据实际运行参数进行专业化计算，并优化站内配置，改造包括二次网循环水泵、换热器、过滤器、止回阀等的改造。

二次管网的节能改造：经专业化水力计算校核二次网循环管网管径与配置，降低二次网循环压降并调节管网的水力平衡。

室内供热系统一般维持不变，但必须排查如下问题：散热器与地暖混供，为满足装修外观要求的不合理改装，单元立管三管同程系统，采暖系统供暖最大高度超出水泵扬程，未配置高低区直连系统，双管异程水平系统但散热器没有配置阀门，单管水平串联系统但无跨越管，地热管间距过大，单元立管上散热器与地热混供，单元为地暖用户但楼梯间为散热器系统。

资金允许时配置自控系统：最高级控制系统是用户室内到换热站检查、控制；次高级为用户、用户单元管到换热站的检查、控制；最低级别为根据室内温度控制热力站供热量。

2 工程概况

太原市某热力站于 2012 年建成投运，站内设地暖高区、地暖低区两套系统。地暖高区为小区高区系统 10.4 万 m² 供暖面积，站内安装两台循环泵（型号：KQW300/525-90/6，参数：Q=600m³/h，H=38m，P=90kW），变频控制；地暖低区为小区低区系统 11.3 万 m² 供暖

面积，站内安装三台循环泵（型号：KQW250/370-90/4，参数：Q=500m³/h，H=44m，P=90kW），变频控制。小区共有 6 栋高层住宅楼，实际供热面积 21.7 万 m²。

3 改造方案

3.1 改造原因

热力站自投运以来，耗电耗水指标较高，运行成本居高不下，供热效果不理想。用户为新建的高层住宅小区，采用地板辐射采暖方式，小区新建的供热庭院管网采用架空敷设方式建在地下车库内。究其原因，该小区为城中村开发建设，小区采暖设施的建设没有详细的基础资料，供热庭院管网的设计建设存在不合理之处，部分供热管道的管径偏小，热力站地暖低区出口管径为 DN400，庭院网实际管径为 DN300；地暖高区出口管径为 DN350，庭院网实际管径为 DN250；导致管网的运行阻力较大，管网的阻力与循环泵的选型不匹配，出现了严重的水力失调，引起了近远端冷热不均。

3.2 改造思路

组织技术人员认真分析运行参数，现场绘制小区庭院管网图纸，采用水力计算软件对现状管网进行校核设计。利用流量计和精密测压装置测量计算管网的阻力，利用电流表测量循环运行电流，分析水泵的用功率和无功功率，为循环泵选型和管网改造收集资料。

从改善运行工况入手，制定出改造技术措施：

（1）重新校核二次管网管径，对不合理之处进行改造，消除管网水力失调的主要影响。

（2）加大二次网主干线的供回水温差，减小循环水泵流量，降低管网损失。

（3）在用户各热力入口加装平衡阀，便于水力平衡调节。

（4）拆除热力站循环水泵出口止回阀及二次网过滤器，减小站内阻力损失。

（5）根据运行期实际测量数据和改造后的设计参数，重新选择热力站循环水泵，确保循环泵高效低

耗工作,实现节能。

3.3 调节步骤

本工程先采用的比例调节,再进行回水温度的微调^[4]。

步骤一:阀门检查

检查热力站和管网阀门,保证所有阀门都处于打开状态。

步骤二:站内调试

循环泵运行要配合管网调试,首次粗调采用从近到远的调节方式,循环泵根据采暖面积,按照理论最大运行流量确定。

(1) 地暖低区循环泵变频 48Hz,运行流量 380m³/h,水泵进出口压差:0.57/0.45MPa,二次网供回水压差 0.55/0.46MPa;

水泵扬程 12m,二次网压差 9m。

(2) 地暖高区循环泵变频 48Hz,运行流量 310m³/h,水泵进出口压差:0.97/0.81MPa,二次网供回水压差 0.94/0.83MPa;

水泵扬程 16m,二次网压差 11m。

步骤三:管网调试

管网调节主要是调节每个单元的调节阀门,使每个单元达到流量平衡,最后再根据每个单元的回水温度调节管网的流量从而再达到热平衡。管网分为三次调节:流量粗调节、流量精细调节、热量平衡调节。

(1) 流量粗调节

第一次调节好循环泵后,测量循环泵的流量 G1,每个单位按照理论计算热负荷分配流量。由远及近的调节,远端采取 0.9 的流量系数,中间采取 0.95 的流量系数,近端采取 1 的流量系数,流量不足的阀门全开,并根据供回水压力分析其阻力过大的原因,达到粗调节的目的。

(2) 流量精细调节

经过第一次的粗调节以后整个管网的水力平衡性能较好,整个调节过程是一个关阀门的过程,管网的阻力增加,循环泵的流量减小,扬程增加。所以需要重新测量水泵的流量 G2,每个单元的流量经过第一次的测量可以按照阻力大小进行排序,确定最不利环路。第二次调节按照比例调节方法进行精细调节,第二次调节全网按照分配流量的 95% 进行,单元间的水力工况达到理论的平衡。

第二次调节已经是微量的调节,和第一次测量调节后的数据相比变化不大。具体调节方法见比例调节方法。

(3) 热量平衡调节

虽然经过了两次流量调节,流量分配已经达到了平衡,但因为每个单元所处的建筑物中的位置不同,

单元井中管网水力平衡不同、报停面积不同、以及人为的干预等。流量平衡不等同于热量平衡,故最终要达到的效果是热量平衡。此次调节采用回水温度平衡法,根据每个单元的总回水温度进行调节,使回水温度与站内回水温度不大于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

经过三次平衡后,降低水泵流量,根据运行经验找到最佳的运行工况。本系统最终地暖低区循环流量 280m³/h,地暖高区循环流量 260m³/h 运行。节能改造调试完成后经过一个采暖季的反应,与改造前相比,过热的已经正常运行,不热的用户已经热了起来。达到了热力平衡运行的要求,既节约了电能也节约了热能。

表 1 改造前后参数比较

序号	名称	改造前	改造后
1	高区循环泵型号	KQW300/525-90/6 (一用一备)	NIS150-125-250/22SWH (一台)
2	高区循环泵参数	Q=600m ³ /h, H=38m, P=90kW	Q=200m ³ /h, H=24m, P=22kW
3	高区运行频率	40Hz (一台)	40Hz (一台)
4	高区二次网流量	360m ³ /h	260m ³ /h
5	高区供回水压力	1.02/0.85MPa	0.92/0.83MPa
6	高区供回水温度	47/38℃	45/34℃
7	低区循环泵型号	KQW250/370-90/4 (两用一备)	NIS150-125-250/22SWH (一台)
8	低区循环泵参数	Q=500m ³ /h, H=44m, P=90kW	Q=200m ³ /h, H=24m, P=22kW
9	低区运行频率	38Hz (两台)	40Hz (一台)
10	低区二次网流量	580m ³ /h	280m ³ /h
11	低区供回水压力	0.71/0.46MPa	0.53/0.45MPa
12	低区供回水温度	46/38℃	45/34℃

3.4 节能效果

改造前后,地暖低区节热为 6448.63GJ/采暖季,单位面积节热 0.062GJ/(采暖季·m²),节热率为 15.5%;地暖高区节热为 3842.63GJ/采暖季,单位面积节热 0.034GJ/(采暖季·m²),节热率为 9.52%。地暖低区和地暖高区总节热为 10291.26GJ/采暖季,单位面积节热 0.0474GJ/(采暖季·m²),节热率为 12.39%,该站总节约热费 20.58 万元/采暖季(热费按照 20 元/GJ 计算)。

改造前后两个采暖季比较,改造前采暖期耗电量为 345038 kWh,单位面积电耗为 1.59 kWh/m²。改造后采暖期耗电量为 147562kWh,单位面积电耗为 0.68 kWh/m²,节电量为 197476kWh,单位面积节电 0.91kWh/m²,节电率为 57.23%,该站总节约电费

13.35 万元 / 采暖季 (电费按照 0.676 元 / kWh 计算)。

4 结论

(1) 全面梳理热力二次系统是系统节能的根本,也是系统达到设计状态和理想运行的关键。

(2) “大流量、小温差运行”是水力不平衡最直接的表现,通过节能改造使系统达到“小流量、大温差运行”状态。

(3) “小流量,大温差运行”和循环泵运行处于高效区运行,是减少电耗的有力措施。

(4) 采用参考流量的比例调节法和参考流量的回水温度调节法,调节速度快,调节过程不受系统运行惰性的影响,大大缩减了传统比例调节和回水温度调节的时间。

(5) 通过节能改造,整个系统的节电量和节热量明显,改造的投资回收期大概在 2-3 年。

参考文献

- [1] 清华大学建筑节能中心,中国建筑节能年度发展研究报告 2019[M]. 中国建筑工业出版社, 2019.
- [2] 李胜利、陈泽信、孔令强. 换热站循环水泵的节能改造 [J]. 电机与控制, 2017, 05: 50-52.
- [3] 李书营、王秀清、李建龙. 换热机组二次流量偏大的原因分析及解决方案 [J]. 科技创新与应用, 2016, 17: 108.
- [4] 贺平、孙刚、王飞. 供热工程. 第四版 [M]. 中国建筑工业出版社, 2009.12.

(上接 57 页)

参考文献

- [1] 隋学敏, 张旭, 韩星. 户式地板辐射采暖 + 新风系统冬季工况运行性能与分析 [J]. 流体机械, 2009, 37(03): 53-55+5.
- [2] 陶红霞, 翁文兵, 刘峰. 毛细管辐射空调系统简介及设计要点分析 [J]. 建筑节能, 2009, 37(09): 29-31.
- [3] PASCHKIS V, BAKER H D. A method for determining unsteady-state heat transfer by means of an electrical analogy [J]. ASME Trans, 1942, 64(2): 105-112.
- [4] 张诚. 混凝土辐射供冷非稳态传热简化模型构建及相关研究 [D]. 天津大学, 2010.
- [5] 吴洁. 毛细管辐射空调系统负荷计算及结露问题的研究 [D]. 山东建筑大学, 2014.
- [6] 赵加宁. 低温热水采暖末端装置 [M]. 中国建筑工业出版社, 2011.
- [7] Mikeska T, Svendsen S. Study of thermal performance of capillary micro tubes integrated into the building

- sandwich element made of high performance concrete[J]. Applied Thermal Engineering, 2013, 52(2): 576-584.
- [8] Peeters L, Beausoleil-Morrison I, Novoselac A. Internal convective heat transfer modeling: Critical review and discussion of experimentally derived correlations[J]. Energy & Buildings, 2011, 43(9): 2227-2239.
- [9] ASHRAE. ASHRAE handbook: HVAC systems and equipment (SI): chapter 6 Panel heating and cooling [M]. Atlanta, GA, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc, 2008: 3-4.
- [10] 民用建筑供暖通风及空气调节设计规范: GB50376-2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 17-19.
- [11] 辐射供暖供冷技术规程: JGJ142-2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012: 44.
- [12] 王赞. 毛细管辐射空调末端供冷性能的数值模拟及实验研究 [D]. 南华大学, 2016.

第二十二届全国通风技术学术年会 (2021)

为更好地总结和交流近年来“通风与健康”相关科研成果和实践经验,促进暖通空调专业技术应用的发展,兹定于 2021 年 10 月 20-22 日在西安市召开“第二十二届全国通风技术学术年会(2021)”,欢迎从事本领域的高等院校、科研机构、设计单位、设备生产制造企业等单位的有关专家、学者、技术人员参会。现将相关事项说明如下:

一、会议主题: 通风与健康

二、会议内容

- 通风与空气质量
- 通风与健康效应
- 通风与疾病传播
- 通风与热舒适、热环境
- 通风与低碳、节能
- 通风模拟、监测与评价技术

● 通风相关政策、法规与标准

● 通风与健康问题多学科交叉研究

三、会议时间、地点

会议时间: 2021 年 10 月 21-22 日

会议地点: 西安世纪金源大饭店 (陕西省西安市新城区东高新技术开发区建工路 19 号)

四、联系方式

代表参会: 李月华 136 0136 7269

邵晓亮 158 1035 7818

企业参会: 马晓钧 182 0112 2718

李 炜 136 8155 5746

何远嘉 186 1178 6335

基于阀门网络的单热源枝状管网可靠性分区设计

哈尔滨工业大学建筑学院 寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室 毛丁 王芃 王威 倪龙

[摘要] 自可靠性概念提出以来,如何提高区域供热系统的可靠性以有效节约能源并提高经济效益,已成为了学者们的研究热点。本文以单热源枝状管网为研究对象,通过引入可靠性分区的概念来建立阀门网络以及枝状管线模型,随后改变管线模型中可靠性分区的数量、热负荷及长度分布以研究可靠性变化情况,并在此基础上提出了单热源枝状管网的可靠性设计规则。枝状管线中某可靠性分区的失效后果要比其下游侧的可靠性分区的失效后果更为严重,其设计规则的核心在于通过降低具有严重失效后果的可靠性分区故障概率,保证靠近热源的可信度分区中含有较多的热负荷及较少的故障元件。最后以某单热源枝状管网可靠性分区设计为例,验证了所提出的设计规则的有效性。

[关键词] 区域供热;可靠性评估;可靠性分区;阀门网络;枝状管线

0 引言

近年来,我国供热技术得到了快速发展^[1],区域热网已经成为寒冷地区保障人民正常生活和工业稳定生产的重要基础设施之一^[2,3]。但相应的其失效概率也随着热网服役年限的增加而增大,例如天津热电有限公司的部分热网在服役了30年后,仅在2016-2017年的供暖期内就发生了32起事故^[4]。热网可靠性必然影响着未来的维护成本和能源消耗,对热网的可靠性进行评估和优化已经成为了一个紧迫的研究课题^[5]。

供热可靠性概念最早出现于1960年^[6],随后大批学者开始对其进行研究。邹平华统计了黑龙江省12家供热企业2002—2006年的故障数据,其中管道故障的比例高达55.6%^[7]。Hlebnikov统计了爱沙尼亚Tallinn热网1997—2008年的故障数据,表明管道故障次数要远大于其余部件^[8]。Rimkevicius对立陶宛的部分供热管道失效数据进行了统计分析,发现当管道的使用年限超过30年时其损坏频率将大幅增加^[9]。Sharapov的研究表明随着运行年限的增加,供热管道的故障率先保持不变后下降,最后缓慢增加^[10]。Žutautaitė引入统计分析数据确定了管道失效概率与压力、壁厚及服役时间的相关性^[11]。以上研究表明,大部分热网事故均是由不可避免的元件故障所触发的,且最脆弱的元件是管道,其失效概率与使用寿命之间的关系最为密切。

为了更准确地评价供热可靠性,学者们从多个角度建立了评价指标。其中蔡启林将供热系统视为月不可修系统,提出年综合评价指标公式^[12]。战泰文提出用失效频谱系数来对年度可靠性指标进行修正^[13]。Myrefelt根据故障后末端用户热特性的变化提出了一个系统功能可用性指标^[14]。Stennikov提出采用用户无故障概率和可用性来评价采暖期室内温

度波动概率^[15]。Babiarz着重于热网的运行状态,采用半马尔可夫方法来描述系统变化与时间之间的关系以及系统热负荷的可变性,并采用这些参数来评估供热可靠性^[16]。Shan分析了不同室外温度下供热系统的功能可靠性(热功率和室内温度),表明随着室外温度的升高,供热系统的可靠性呈阶梯增长^[17]。

经文献调研后发现该研究领域内仍存在一些空白:1) 现有的设计及优化流程中通常只关注功能和经济方面^[18-19,20,21],没有系统地考虑过可靠性的概念。2) 在供热可靠性研究领域,元件的故障率及系统的可靠性评估越来越受学者们重视,但很少有涉及到可靠性改进措施的量化研究。3) 作为能够直接隔离故障的元件^[22-24],如何合理设置阀门以有效提高热网可靠性应引起重视。本文以单热源枝状管网为研究对象,探索了能够提高管网可靠性的一些设计规则:1) 引入可靠性分区概念并改进可靠性评估模型;2) 建立枝状管线模型,在将离散不规则的参数规则化之后,研究该模型可靠度的影响因素;3) 基于阀门、可靠性分区以及可靠性之间的关系,推导单热源枝状管网的可靠性设计规则,并以某热网为例验证其有效性。

1 可靠性评价方法

1.1 可靠性评估模型及前提假设

作为一个闭式循环系统,热网内通常包含着大量的元件,其中任何元件发生故障都要通过及时关闭一定数量的阀门来进行维修,此时必然会带来隔离区域内热用户的热量停供。根据热网运行维护特点,构建可靠性评价模型:

首先基于恒定失效率模型对元件进行假设[]: 1) 元件故障是一个独立事件; 2) 元件故障属于小概率随机事件,任两个元件同时发生故障的概率较单一元件故障概率小3个数量级; 3) 元件故障概率遵从

泊松分布；4) 元件的故障流参数在一个供暖期内呈一稳定值；

其次，为简化可靠性评价模型，对热网做如下假设：1) 不可修复系统，且管网内的故障元件仅包括管道(将管道附件等效为一定长度的管段)和阀门；2) 以设计工况的运行参数覆盖供暖期，各元件的故障都发生在设计条件下；3) 热网只有完好和故障两种状态；4) 公平供热，即忽略末端用户的功能属性，当发生故障时仅考虑热网的拓扑结构，并关闭一组最接近故障点的阀门来隔离故障。

令完好状态 ξ 和第 i 个元部件故障时造成的事故状态 i 的概率分别为 $P_{\xi}(t)$ 及 $P_{ki}(t)$ ，若管网共有 N 个元部件，考虑马尔科夫链理论有：

$$P_{\xi}(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^N \omega_i t\right) \quad (1)$$

$$P_{ki}(t) = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^N \omega_i} \left(1 - \exp\left(-\sum_{i=1}^N \omega_i t\right)\right) \quad (2)$$

式中：

ω_i —第 i 个元部件的故障流参数， a^{-1} ；

t —元部件的工作时间，本文中为采暖期时间， a ；

将热源在某一故障状态下导致停供的热负荷记为 ΔQ_i ，则所有状态下热源供热量与状态概率积的总和即为系统的供热量期望 Q 。随后，定义热网可靠度为：

$$R = \frac{Q}{Q_0} = \frac{P_{\xi}(t)Q_0 + \sum_{i=1}^N P_{ki}(t)(Q_0 - \Delta Q_i)}{Q_0} \\ = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N \Delta Q_i \omega_i}{Q_0 \sum_{i=1}^N \omega_i} \left(1 - \exp\left(-\sum_{i=1}^N \omega_i t\right)\right) \quad (3)$$

式中： R —无事故工作概率指标；

Q_0 —热网完好状态下的设计热负荷，MW；

该模型反映了热网热负荷分布、故障及维修特点，但其仍存在一定局限：需对每个元件的故障状态进行分析，过程复杂；多数相邻元件的故障影响相同，分析过程重复；对某个元件进行可靠性调整时可能会影响其余拓扑连接，调整不当反而会降低热网可靠度。这些局限使得该模型并不适合直接用于热网的可靠性设计，需在此模型的基础上进行改进。

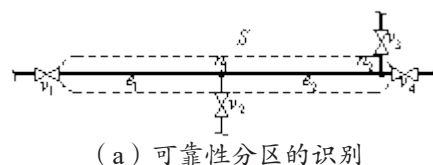
1.2 基于阀门网络的可靠性评估模型

管网中阀门分布越密集，其他元件的故障影响越小，但阀门也是一类故障元件，其数量增多带来的管网故障概率也相应变大。考虑到阀门的两面性，本节提出一种阀门网络及其可靠性评估模型。

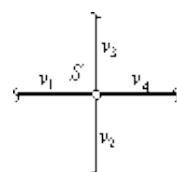
1.2.1 可靠性分区及阀门网络

可靠性分区是指故障发生时通过一组最小阀门

所隔离出的热量停供区域，该区域内的元件在可靠性范畴内为串联关系，其中任一元件发生故障所造成的停供量均相同，如图 1(a) 中 $\{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ 围合的区域 $\{e_1, e_2\}$ 构成一个可靠性分区。随后将可靠性分区虚拟化为点，阀门虚拟化为边，并确保原始热流方向不变，如图 1(b) 所示，热网便转化为由阀门和可靠性分区组成的阀门网络。



(a) 可靠性分区的识别



(b) 阀门网络结构

图 1 阀门网络构建过程

1.2.2 基于阀门网络的可靠性评估模型

阀门网络的实际供热量期望 Q 可分为两类，即阀门与可靠性分区内任一元件故障时的实际供热量 Q_v 、 Q_s ，式 (3) 可转化为：

$$R = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \Delta Q_{s_i} \omega_{p_i} l_{s_i} + \sum_{i=1}^{N_v} \Delta Q_{v_i} \omega_{v_i}}{Q_0 \sum_{i=1}^N \omega_i} \left(1 - \exp\left(-\sum_{i=1}^N \omega_i t\right)\right) \quad (4)$$

式中： ΔQ_{s_i} 、 ΔQ_{v_i} —第 i 个可靠性分区、阀门故障时的系统停供量，MW；

N_s 、 N_v —可靠性分区、阀门数量；

l_{s_i} —第 i 个可靠性分区包含的管道长度， a^{-1} ；

ω_p —管道故障流参数， $(km \cdot a)^{-1}$ ；

ω_v —阀门故障流参数， a ；

根据热网的结构特点可给出图 2 所示的故障元件与可靠度之间的关系图，可看出阀门除了作为故障元件直接影响热网的可靠性外，还作为隔离元件通过控制可靠性分区的数量及属性（包含的热负荷及管道长度）间接影响热网的可靠性。因此可通过调整阀门来改变可靠性分区的数量及属性，从而研究热网的可靠性并探索可靠性设计规则。



图 2 故障元件（可靠性分区及阀门）与热网可靠度的关系

2 枝状管线模型可靠性评估模型

单热源枝状管网可看作由多条枝状管线所组成的多层复杂网络, 本节建立了枝状管线模型以代表单热源枝状管网的结构特征, 并根据式(4)对其可靠性进行评估。

2.1 枝状管线模型

如图3所示建立枝状管线模型, 定义模型总长为 L , 总热负荷为 Q , 阀门数量 N_v 为 v ($v \geq 1$)。从热源出口至管线末端将各阀门依次编号为 $v_1, v_2, \dots, v_v$, 其中为了能够及时地将该管线与其上游干线隔离开, 位于热源出口的阀门 v_1 为必须设置的阀门。可靠性分区数量 N_s 与阀门数量 N_v 相同, 将其依次编号为 $S_1, S_2, \dots, S_v$ 。

此外, 定义每个可靠性分区中包含的所有管道长度之和为该可靠性分区的长度, 依次为 $l_1, l_2, \dots, l_v$ 。而每个可靠性分区要么直接连接, 要么通过下级分支管线而间接连接多个末端用户, 对于这两种连接方式均将其连接的多个末端用户热负荷之和定义为该可靠性分区的热负荷, 依次为 $q_1, q_2, \dots, q_v$ 。



图3 枝状管线模型

2.2 枝状管线模型可靠性分区特性及其可靠性评估

由(4)可知, 管网可靠性与参数 t 、 ω_p 、 ω_v 、 L 、 Q 、 v 、 q_i 及 l_i ($i=1, 2, \dots, N_v$)有关。其中, t 作为一个全局影响参数, 本文将其设置为固定值 $0.5a$ 。另外根据文献[26]选取 $\omega_p=0.06 \text{ (km}\cdot\text{a)}^{-1}$ 及 $\omega_v=0.009 \text{ a}^{-1}$ 。对剩余参数进行以下设置:

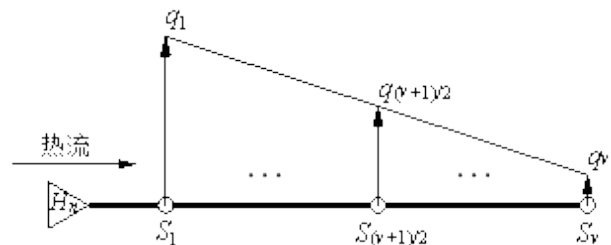
由于可靠性分区的个数与阀门个数相等, 因此可直接改变 v 的值来研究热网可靠度变化情况。此外, 由于使用两个数组 $\{q_1, q_2, \dots, q_v\}$ 和 $\{l_1, l_2, \dots, l_v\}$ 来表示每个可靠性分区的属性, 若每次改变两个数组中的某个值来进行研究, 不仅步骤繁琐且对于研究可靠性设计规则意义不大。因此假设每个可靠性分区属性只与其位置编号 i 有关, 两者之间满足一定的函数关系(式(5))。通过改变函数关系来整体地改变可靠性分区的属性分布, 从而研究可靠性变化情况。

$$\begin{cases} q_i = f(i)Q; & l_i = g(i)L \\ \sum_{i=1}^v q_i = Q; & \sum_{i=1}^v l_i = L \\ q_i > 0; & l_i > 0 \end{cases} \quad (5)$$

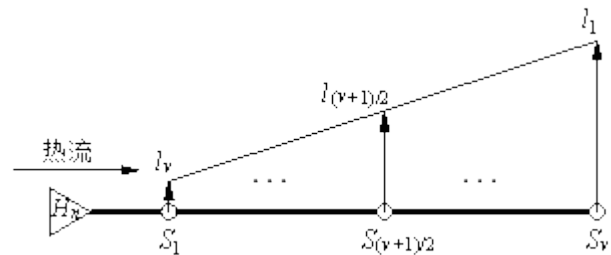
将式(5)代入到式(4)中可得到枝状管线的可靠度 R_B 为:

$$R_B = 1 - \frac{\omega_p L \sum_{i=1}^v \left(f(i) \sum_{j=1}^i g(j) \right) + \omega_v \left(\sum_{i=1}^v (i+1) f(i) - f(v) \right)}{\omega_p L + \omega_v v} \quad (6)$$

此外, 为了设定 $f(i)$ 与 $g(i)$ 的形式, 对式(6)中及进行初步分析, 结果表明当 $f(i)$ 递减而 $g(i)$ 递增时 R_B 较大, 因此我们假设 $f(i)$ 与 $g(i)$ 均为线性函数(式(7)), 这意味着管线上可靠性分区的属性从热源出口至末端成线性分布(图4, 以 q_i 线性递减而 l_i 线性递增为例)。



(a) q_i 线性递减



(b) l_i 线性递增

图4 枝状管线模型中 q_i 与 l_i 的线性增减分布
(以奇数阀门为例, 偶数阀门情况类似不再展示)

$$\begin{cases} f(i) = ai + \frac{2-v(v+1)a}{2v}, \\ g_i(i) = bi + \frac{2-v(v+1)b}{2v}, \\ -\frac{2}{v(v-1)} < a, b < \frac{2}{v(v-1)} \end{cases} \quad (7)$$

式中 a 与 b 分别代表 q_i 与 l_i 的线性分布程度, 如 $a>0$ 与 $b>0$ 表示 q_i 与 l_i 服从线性增长分布, 其值越大, 线性增长趋势越大。通过改变 a 、 b 大小即可研究枝状管线可靠度与可靠性分区属性之间的关系。

3 可靠性分区设计规则

本章在上述评估模型的基础上, 通过合理假设可靠性分区数量及其属性分布, 研究枝状管线模型的可靠度变化情况, 并根据阀门与各参数之间的关系推导单热源枝状管网的可靠性设计规则。

3.1.1 枝状管线模型中的可靠性分区个数

枝状管网的供热半径普遍较小, 设置管线模型总长度 L 的取值范围为1~13km。阀门均匀分布以使

每个可靠性分区的属性相同。根据文献 [27], 输配管线中两个阀门之间的间距应为 1km, 并基于 L 的范围, 令可靠性分区数量范围为 $N_s=1-13$ 。枝状管线模型可靠度及其增量随可靠性分区数量的变化曲线分别如图 5、图 6 所示。

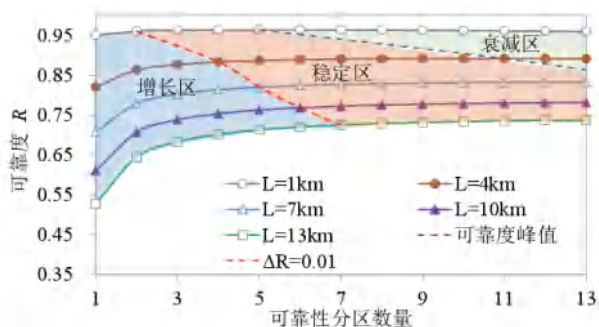


图 5 枝状管线模型可靠度随可靠性分区数量变化曲线

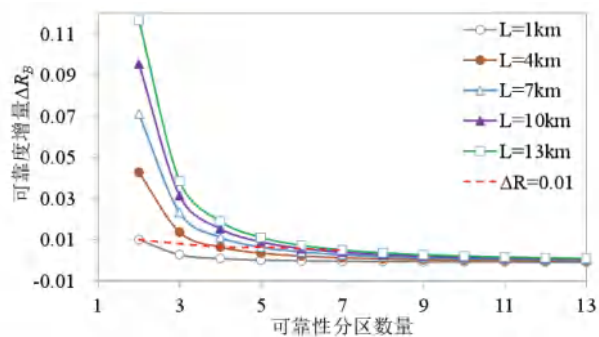


图 6 枝状管线模型可靠度增量随可靠性分区数量变化曲线

由上图可知, 该模型的可靠度随可靠性分区数量的增加先增长至一定的峰值后又缓慢下降, 这主要是因为具有高密度阀门分布的热网中, 少量高概率、高危区域被划分为多个小概率、低危区域, 能有效增大系统的实际供热量期望。然而当阀门数量增大到一定值时, 继续增加阀门所带来的可靠度将被阀门自身故障所引起的不可靠度抵消, 此时继续增设阀门将不再提高热网的可靠度。当可靠性增量 ΔR_B 下降至 0.01 时, 我们认为该模型的可靠性趋于稳定, 此时可将图 5 划分为三个区域: 可靠性增长区、稳定区、衰减区。

3.1.2 枝状管线模型中的可靠性分区属性

令 $L=9\text{km}$ 及 $v=9$, 并根据式 (5) 计算出 a 、 b 范围均为 $[-0.066, 0.066]$ 。由式 (6)、(7) 可得到枝状管线模型可靠度随可靠性分区属性的变化曲线如图 7 所示。

由该图可知, 在 a 和 b 的范围内可靠度的最大差值为 $\Delta R_B=0.26$, 可靠性分区属性对枝状管线可靠

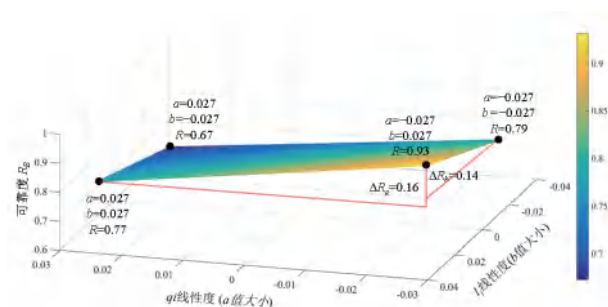


图 7 枝状管线模型可靠性随可靠性分区属性分布变化曲线

度影响较大。当 a 较小而 b 较大时管线可靠度较高, 这意味着从热源出口到管线末端的各可靠性分区热负荷及长度应分别遵循递增和递减的线性分布, 且增减程度越大可靠度越高。这主要是由于枝状管线中的热流为单向流, 某可靠性分区故障时的隔离区域不包括其上游侧, 即任一可靠性分区失效后的关断区域均要大于其下游可靠性分区的失效关断区, 因此应向管线上游侧的可靠性分区内投入更多的热负荷和更少的故障元件。此外, 当 a 或 b 固定时, 管线可靠度将与另一个参数之间呈固定斜率的线性递增或递减的关系。且由于 a 和 b 的值范围相同, 图中“平行四边形”两侧边的高度差 (即可靠度差) 可用于比较 a 、 b 对枝状管线模型可靠性的影响程度。通过计算可知 $\Delta R_B(a)=0.16$ 、 $\Delta R_B(b)=0.14$, 因此得出结论为 a 值, 即可靠性分区的热负荷分布趋势对可靠度影响稍大。

3.1.3 枝状管线可靠性设计分区规则

根据上述分析可推演出单热源枝状管网可靠性设计规则:

首先, 根据每条实际枝状管线参数建立类似于图 5 的可靠性变化曲线, 并将阀门数量控制在增长区内。

其次, 由于管道长度和用户热负荷均是离散值, 且阀门通常只安装在节点附近, 这些严格属性分布要求往往在热网中无法同时满足。故应优先使可靠性分区热负荷从热源出口到管线末端呈递减分布。同时以提高可靠性为目的的阀门应设置在各个连有下属分支管线的节点出口侧, 以确保每个阀门上游侧的可靠性段包含更多的热负荷和更少的元件。

3.1.4 案例分析

选取图 8 所示某单热源枝状管网为例进行上述设计规则的验证, 对于只连接一个用户的枝状管线, 除了检修时的充、放水需求外不再需要安装其余阀门来划分可靠性分区, 因此本例仅需对枝状干线进行可靠性设计。该干线总长 $L=2.93\text{ km}$, 总热负荷为 103.37 MW , 各节点的热负荷及各管道长度如表 1 所

示, 根据图 5 选定阀门个数 $N_v=3$ (包含热源出口的固定阀门), 随后设置三种设计方案以进行比较:

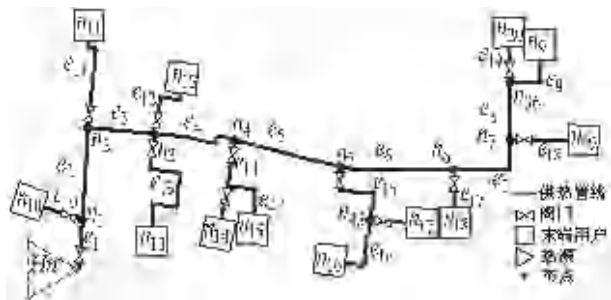


图 8 某市单热源枝状管网

方案一: 根据 3.1.1, 设置阀门 v_2 、 v_3 如图 9(a) 所示, 优先保证可靠性分区热负荷递减, 而长度近似均匀分布;

方案二: 设置阀门 v_2' 、 v_3' 如图 9(b) 所示, 每个可靠性分区的热负荷及长度均呈递减分布;

方案三: 设置阀门 v_2'' 、 v_3'' 如图 9(c) 所示, 每个可靠性分区的热负荷及长度均呈递增分布;

上述三种方案中各可靠性分区的热负荷及长度大小如图 10 所示, 根据式 (4) 分别计算出其管网可靠度为 $R_{B1}=0.92$ 、 $R_{B2}=0.88$ 及 $R_{B3}=0.87$, 方案一相比于其余方案, 可靠度分别提高了 4.5%、5.7%, 因此采用上节所述规则进行枝状管网的可靠性设计是有效的。

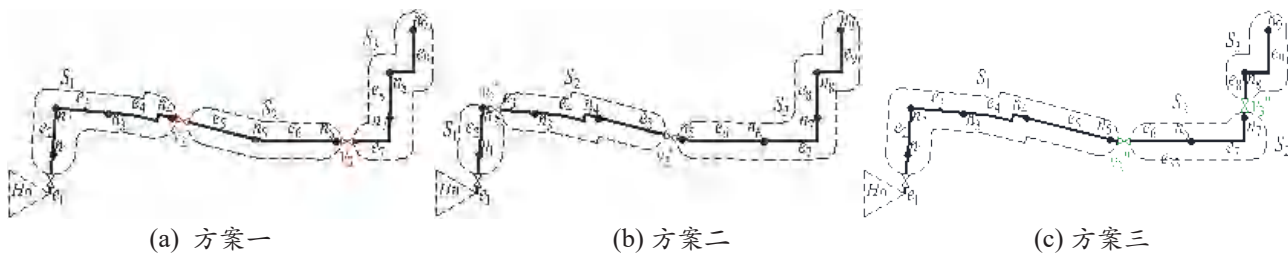


图 9 算例管网枝状干线阀门布置示意图

表 1 算例管网枝状管线各节点热负荷及各管道长度

节点	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9
热负荷 (MW)	6.35	1.39	20.99	16.01	14.96	14.31	10.68	17.40	1.28
管段	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7	e_8	e_9
长度 (km)	0.21	0.24	0.28	0.34	0.45	0.42	0.4	0.24	0.35

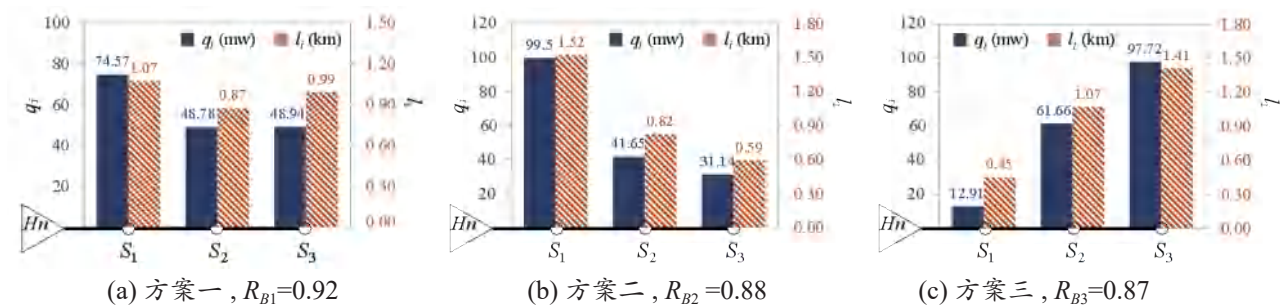


图 10 算例管网枝状干线可靠性分区属性分布图

4 结论

本文在划分可靠性分区后, 建立了基于阀门网络的枝状管线可靠性评估模型, 随后通过分析可靠性分区的数量及属性与可靠性之间的关系, 提出了单热源枝状管网的可靠性分区设计规则, 最后以某单热源枝状热网为例验证其有效性。主要结论如下:

(1) 通过将热网转化为阀门网络, 不仅可将各元件的故障分析转化为由一组元件组成的各可靠性分区的故障分析, 从而简化可靠性评估步骤, 并且还可以更快速地将热网中需要改进可靠性的元件定位到某一个区域内, 从而有效的制定一些如增加阀门数量或改变阀门位置分布的改进措施。

(2) 根据阀门、可靠性分区和可靠性之间的关系及热网的结构特点, 提出了对于单热源枝状管网的可靠性设计规则, 其核心在于尽可能减少每个故障元件对其余结构的影响, 并在不容易发生故障的区域投入更多的热负荷。

(3) 根据本文提出的可靠性设计规则, 对某单热源枝状管网进行了可靠性改进, 其可靠度提高了 4.5%-5.7%。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 年度数据. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.
- [2] Werner S. International review of district heating and

- cooling[J]. *Energy*, 2017, 137: 617-631.
- [3] Rezaie B, Rosen M A. District heating and cooling: Review of technology and potential enhancements[J]. *Applied energy*, 2012, 93: 2-10.
- [4] 中国城镇供热协会. 统计数据. <http://www.china-heating.org.cn/>.
- [5] Badami M, Fonti A, Carpignano A, et al. Design of district heating networks through an integrated thermo-fluid dynamics and reliability modelling approach[J]. *Energy*, 2018, 144: 826-838.
- [6] Ionin A A. Reliability of heat network system. Moscow, USSR: Strojizdat; 1960 [俄罗斯].
- [7] 邹平华, 雷翠红, 王威, 白秀梅, 杨进. 黑龙江省热网故障调研与分析 [J]. *区域供热*, 2008(05): 15-20.
- [8] Hlebnikov A, Volkova A, Dzuba O, et al. Damages of the Tallinn district heating networks and indicative parameters for an estimation of the networks general condition[J]. *Environmental and Climate Technologies*, 2010, 5(1): 49-55.
- [9] Rimkevicius S, Kaliatka A, Valincius M, et al. Development of approach for reliability assessment of pipeline network systems[J]. *Applied energy*, 2012, 94: 22-33.
- [10] Sharapov V I, Orlov M E, Kunin M V. Reliability analysis of the combined district heating systems[J]. *Thermal Engineering*, 2015, 62(14): 1012-1016.
- [11] Dundulis G, Valinčius M, Rimkevičius S, et al. Risk and reliability assessment of the district heating network methodology with case study[J]. *Risk, reliability and safety: innovating theory and practice: proceedings of ESREL 2016, Glasgow, Scotland, 25-29 September 2016/editors Lesley Walls, Matthew Revie, Tim Bedford. London: CRC Press (Taylor & Francis group), 2017, 2017.*
- [12] 蔡启林, 刘施玲. 供热系统可靠性综合评价指标探讨 [J]. *煤气与热力*, 1993(03): 46-51.
- [13] 战泰文, 邹平华. 供热系统可靠性探讨及事故流参数的确定 [J]. *煤气与热力*, 1998(04): 50-53.
- [14] Myrefelt S. Functional Availability of HVAC Systems[J]. *International Journal of Ventilation*, 2008, 7(1): 89-98.
- [15] Stennikov V A, Iakimetc E E. Optimal planning of heat supply systems in urban areas[J]. *Energy*, 2016, 110: 157-165.
- [16] Babiarz B, Blokus-Roszkowska A. Probabilistic model of district heating operation process in changeable external conditions[J]. *Energy and Buildings*, 2015, 103: 159-165.
- [17] Shan X, Wang P, Lu W. The reliability and availability evaluation of repairable district heating networks under changeable external conditions[J]. *Applied Energy*, 2017, 203: 686-695.
- [18] Mertz T, Serra S, Henon A, et al. A MINLP optimization of the configuration and the design of a district heating network: Academic study cases[J]. *Energy*, 2016, 117: 450-464.
- [19] Gabillet P. Energy supply and urban planning projects: Analysing tensions around district heating provision in a French eco-district[J]. *Energy Policy*, 2015, 78: 189-197.
- [20] Haikarainen C, Pettersson F, Saxén H. A model for structural and operational optimization of distributed energy systems[J]. *Applied thermal engineering*, 2014, 70(1): 211-218.
- [21] Bordin C, Gordini A, Vigo D. An optimization approach for district heating strategic network design[J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 252(1): 296-307.
- [22] Kaliatka A, Vaišnoras M, Valinčius M. Modelling of valve induced water hammer phenomena in a district heating system[J]. *Computers & Fluids*, 2014, 94: 30-36.
- [23] Muniak D P. A new methodology to determine the pre-setting of the control valve in a heating installation. A general model[J]. *Applied energy*, 2014, 135: 35-42.
- [24] 战泰文, 邹平华. 放水阀和放气阀的装置及其对热网可靠性的影响 [J]. *暖通空调*, 1998(5): 51-53.
- [25] Smith D J. Reliability, maintainability and risk: practical methods for engineers[M]. Butterworth-Heinemann, 2017.
- [26] 何锦锦. 基于模型热网的无事故工作概率指标限值研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2019.
- [27] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇供热管网设计规范. CJJ 34-2010[S]. 北京 (中国): 中国建筑工业出版社, 2011.

采用毛细管辐射系统的围护结构热工性能研究

上海市建筑科学研究院 侯佳煜 南京师范大学 鹿世化

[摘要] 毛细管辐射空调系统因其具有舒适、节能等特点,近年来在民用住宅中得到日益广泛的应用。本文根据采用毛细管辐射系统的空调房间毛细管敷设情况建立毛细管顶板的换热量分配比例所对应的数学模型,通过实测室内热环境的各项参数,分别计算了供暖房间和非供暖房间与毛细管层的换热量,从而得到该模型的分配比例,并通过实验对所建立的模型进行了验证。当毛细管辐射系统运行时,毛细管供水温度保持恒定,毛细管层与供暖侧和非供暖侧的换热量增大,毛细管顶板换热量分配比迅速增大,之后趋于稳定;当室内温度达到控制系统设定温度时,毛细管顶板换热量分配比逐渐减小。该模型可对毛细管所在围护结构的热工性能进行评估。

[关键词] 毛细管辐射;围护结构;换热量分配比

0 引言

我国夏热冬冷地区常见的供暖方式包括分体式空调、壁挂式锅炉、热风扇等,但这些常规供暖方式存在很多问题,例如北方地区供暖配损耗大;分体式空调的送风温度较高且有吹风感,热量不易下沉导致温差较大,从而使热舒适性较差。近年来,辐射采暖呈现出强劲的发展趋势。辐射采暖系统已广泛用于餐饮、商场、体育场等公共建筑中,并迅速扩展到个人住宅和商业高端住宅领域。辐射采暖系统应用于跨度较大和低窗户的建筑物较多^[1]。

毛细管辐射采用的是一种新型低温热水辐射加热方法。它源于仿生学原理,模拟天然静脉和人体血管运输结构。但是该系统的不同之处在于它是由外径为 3.8~4.3mm 的毛细管和相应的集管组成。供水温度可以低至 28℃,从而可以提高热泵系统的加热效率,达到节省能量的目的。它具有舒适性高、无噪音、健康安全、布局方便、能耗低等优点^[2]。因此,毛细管辐射供暖系统在系统舒适度和能量效率方面具有很大的潜在应用。

毛细管管席的换热过程与围护结构的蓄热和放热相关,由于建筑围护结构的热惰性,使得该换热过程成为非稳态。Paschkis 等人建立了墙体传热热阻热容(RC)模型,并推导出以热阻热容表征的热传递矩阵方程式^[3]。张诚推出了毛细管吊顶方式毛细管的 RC 简化模型^[4]。吴洁提出了传统空调的负荷计算方法用于辐射空调负荷计算并不能体现该空调方式的优点^[5]。根据前人的研究发现,毛细管所在围护结构的热工性能的研究具有很大的应用价值,因此,本文建立了基于稳态条件的毛细管顶板换热量分配比例模型。通过试验收集上下相邻分户的空气温度、毛细管所在围护结构的内外表面温度、毛细管管层的温度以及辐射顶板与上下相邻用户热交换的热流密度,研究冬季正常供暖工况下相邻用

户的温度变化趋势和毛细管与相邻分户间换热量分配比例的变化规律。

1 围护结构换热量分配比例模型

1.1 模型建立

研究的民用住宅均采用毛细管顶棚辐射的方式供暖,将毛细管所在顶板的辐射热交换视为一个有内热源或内冷源的一维换热问题,毛细管供回水温度具有周期性和对称性的特点,选取其中一组毛细管管席,探究毛细管辐射顶板与供暖室内环境和与相邻非供暖用户室内环境的换热量。

建立毛细管辐射顶板的换热量分配比例表达式如下:

$$\frac{q_d}{q_u} = \frac{q_c + q_r}{q_u} \quad (1)$$

式中:

q_d 为毛细管与供暖房间内环境的热交换量, W/m^2 ;

q_u 为毛细管与分户楼板相邻房间内环境的热交换量, W/m^2 ;

q_c 为毛细管承担的供暖房间内对流换热量, W/m^2 ;

q_r 为毛细管承担的供暖房间内辐射换热量, W/m^2 。

在建立毛细管顶板的换热量分配比例表达式时,正常供暖分户室内的换热量 q_d 包括供暖室内空气的自然对流换热和室内其他非辐射面墙壁的辐射换热;毛细管与顶板相邻分户换热量主要考虑毛细管承担顶板相邻分户房间内空气对流的换热量^[3]。

1.2 换热量的计算

毛细管顶棚辐射与室内环境的换热量包括对流换热和辐射换热,整个换热过程的热阻模型如图 1 所示。

对流换热系数的影响因素较多,在实际工程应用领域,可近似地认为对流换热受毛细管顶板表面温度和对应的室内空气温度的影响很大^[6]。实际工程中通常使用由公式^[7]得到的自然对流换热系数来

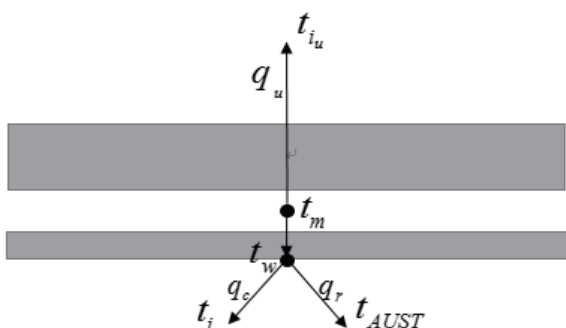


图1 毛细管顶板换热热阻模型

计算自然对流换热热量^[8]。本文采用ASHRAE经验公式^[9]，该公式可用于计算毛细管顶板供暖辐射面与室内环境的自然对流换热热量。将经验公式简化后为：

$$q_c = 1.78 |t_w - t_i|^{0.32} (|t_w - t_i|) \quad (2)$$

式中：

q_c 为毛细管与供暖房间的对流换热热量， W/m^2 ；

t_w 为毛细管顶板的壁面温度， $^{\circ}C$ ；

t_i 为室内空气的干球温度， $^{\circ}C$ 。

辐射换热系数公式为：

$$h_r = 5 \times 10^{-8} [(t_w + 27315)^2 + (t_{AUST} + 27315)^2] \cdot [(t_w + 27315) + (t_{AUST} + 27315)] \quad (3)$$

式中：

h_r 为辐射换热系数， $W/m^2 \cdot K$ ；

t_w 为毛细管顶板的壁面温度， $^{\circ}C$ ；

t_{Aust} 为非辐射面的平均温度， $^{\circ}C$ 。

毛细管顶板的辐射壁面可视为温度面分布均匀，忽略各点间的温差，则毛细管顶板辐射面与供暖室内环境的辐射换热热量的公式为：

$$q_r = h_r (t_{AUST} - t_w) \quad (4)$$

式中：

q_r 为毛细管承担的相应供暖用户房间内辐射换热热量， W/m^2 ；

t_{Aust} 为非辐射面的平均温度， $^{\circ}C$ 。

综合公式3~4，得到毛细管顶板与供暖房间内的辐射换热热量和总换热热量分别为：

$$q_r = 5 \times 10^{-8} [(t_w + 273.15)^4 - (t_{AUST} + 273.15)^4] \quad (5)$$

$$q_d = q_r + 1.78 |t_w - t_i|^{0.32} (|t_w - t_i|) \quad (6)$$

对于毛细管管壁外围护结构的散热量和楼板相邻用户室内的换热热量的公式为：

$$q_u = \frac{t_m - t_{i_u}}{\sum_{i=1}^n \delta_i / \lambda_i + 1/h_c} \quad (7)$$

式中：

t_m 为毛细管管壁的温度， $^{\circ}C$ ；

δ_i 为分户楼板材料的厚度， m ；

λ_i 为分户楼板材料的导热率， $W/m \cdot K$ ；

q_u 为毛细管承担楼板相邻用户室内的换热量 W/m^2 ；

h_c 为楼板相邻用户上表面与空气的对流换热系数，根据手册^[10]，通常取 $12 W/m^2 \cdot K$ ；

t_{i_u} 为楼板相邻用户的室内空气温度， $^{\circ}C$ 。

2 围护结构热工性能的实验研究

为验证本文所建模型的准确性，并获得冬季工况下毛细管与供暖用户和非供暖用户的换热量分配比例，选取南京某小区2#楼404和504用户上下相邻的卧室，对毛细管所敷设的分户楼板热工性能进行分析。实验的测试参数包括毛细管层温度、室内外空气温度、内壁面温度等，以及毛细管和所在分户楼板分别向室内外传递的热流密度。实验测试按照规程^[11]进行，在系统运行3个工作日后，开始采集并记录各测点的数值。

2.1 测试方案

选取分户404的卧室，将用户侧毛细管辐射系统打开，新风系统关闭，分户405的用户侧的空调系统均不开启，为获得毛细管所在分户楼板与供暖侧和非供暖侧的换热量，使用2个尺寸为 $100mm \times 2.5mm \times 100mm$ 热阻式热流传感器进行测量，并用导热硅脂将传感器粘贴在毛细管两侧。为获得毛细管层和分户楼板上表面与下表面的温度数据，将18个K型热电偶布置在毛细管层、分户楼板壁面的相邻位置上，另外，使用温湿度自动记录仪采集上下相邻房间的温度数据，并用2台数据采集仪分别对热电偶和热流传感器的数据进行记录，时间间隔为30min，分别记录该时段的平均值。

温度布点位置应远离热水集管、窗缝、门缝等部位，且不能受到送风的影响，因此将新风系统关闭。为测得较准确的毛细管、分户楼板壁面温度，采用面积平均法将毛细管顶板等分为6个面积相同的区域，在每个区域的中间位置布置热电偶测点，将6个热电偶测点温度的平均值设为计算值，如图2所示。热流传感器布置在分户楼板内中心位置处的毛细管壁面，如图3所示。

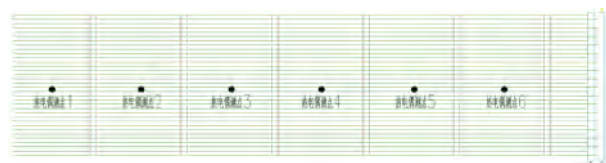


图2 热电偶布置俯视示意图

2.2 实验结果分析

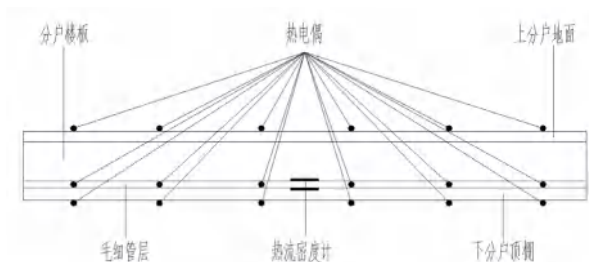


图3 热流传感器和热电偶剖面图

由于建筑围护结构的材料具有一定的热惰性，因此待系统稳定后，采集数据并进行分析。在系统正常运行的状态下，采集冬季供暖的实验数据，详细讨论冬季供暖用户与非供暖用户的室内温度分布和所对应的热交换量。

供暖用户室内温度和非供暖用户室内温度的变化如图4和图5。

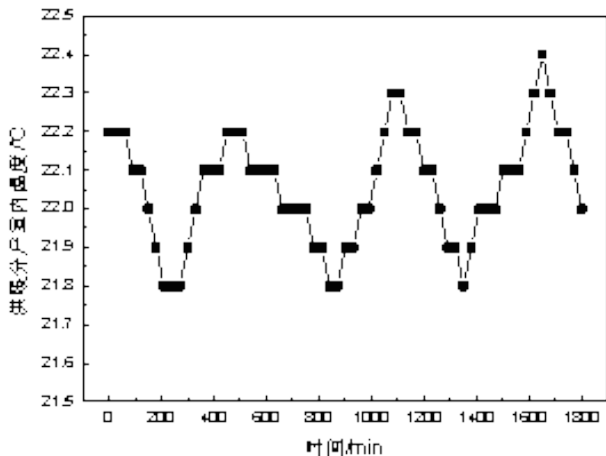


图4 供暖室内温度图

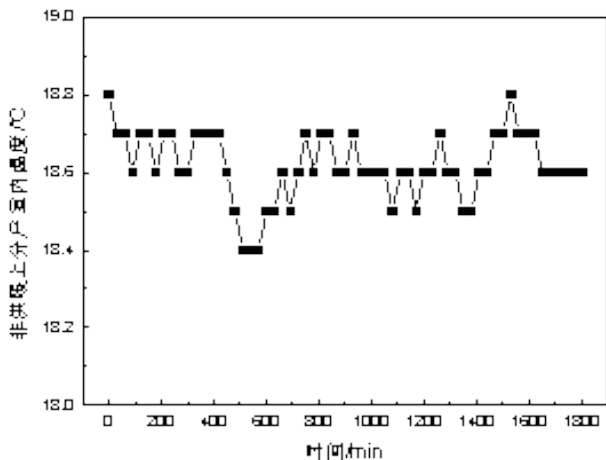


图5 非供暖室内温度图

从图4和图5可以看出，供暖分户室内的温度变化幅度大于非供暖室内的温度；供暖室内温度在21.8到22.4之间且变化趋势在不断发生变化，这是

由于毛细管敷设在顶板的供暖侧抹灰厚度较小，热阻小，而非供暖侧保温厚度大，热阻大，所以非供暖用户的受影响较小，供暖室内温度相比传统分体式空调变化的速度比较缓慢且无吹风感，从而提高了室内环境的热舒适度。

毛细管顶板辐射面和毛细管层的温度变化如图6和图7。

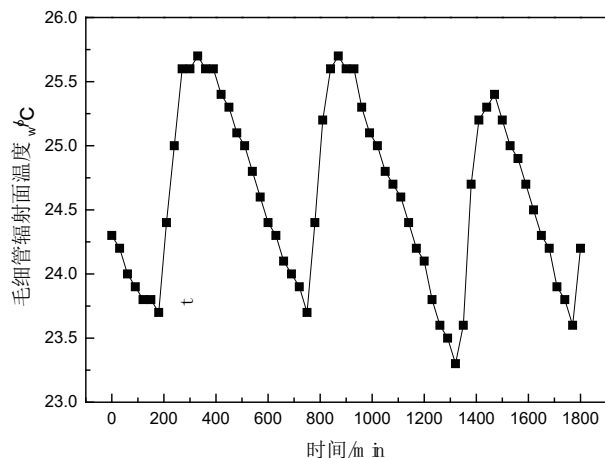


图6 毛细管顶板辐射面温度变化图

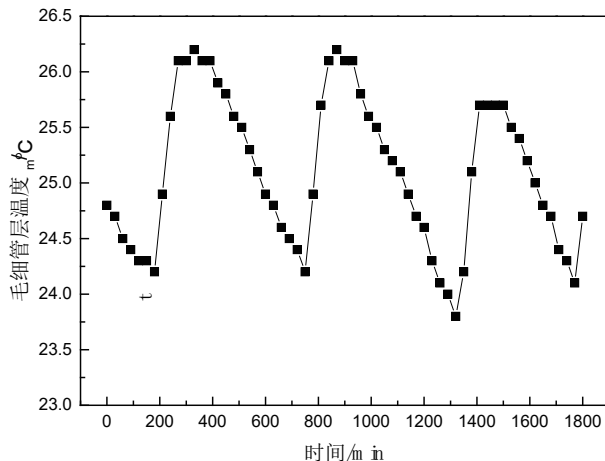


图7 毛细管层温度变化图

从图6和图7可以看出，毛细管层温度和辐射面的温度波动比较明显，这是由于室内温度达到自动监测系统设定温度，停止供水，毛细管管中水温度的降低，且温差不超过3℃。

毛细管层温度和辐射面的温度波动形状趋于一致，这是由于抹灰厚度较小且导热性能较好。

毛细管承担供暖室内的换热量如图8所示。

从图8可以看出，毛细管承担供暖室内的对流换热量和辐射换热量的变化趋势均与毛细管层的温度变化趋势相似，辐射供暖的50%以上的热量是通过辐射的方式与供暖室内进行热交换。

用实验中毛细管层上表面和下表面所采集的热

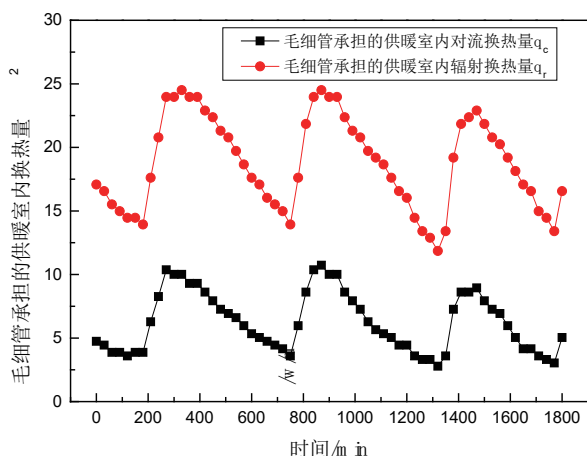


图8 毛细管承担供暖室内的换热量变化图

流密度值来验证毛细管所在顶板热量比例模型的准确性。实验中各测点采集的数据包括供暖室内温度、非供暖分户室内温度、毛细管层温度、毛细管所在楼板上表面与下表面的温度，将以上数据带入式8和式9中，即可算出系统运行对应周期内顶板换热比例模型中的热流密度值，再将计算值与实验所测的实时热流密度相对比，计算值与实验值的对比关系如图9所示。

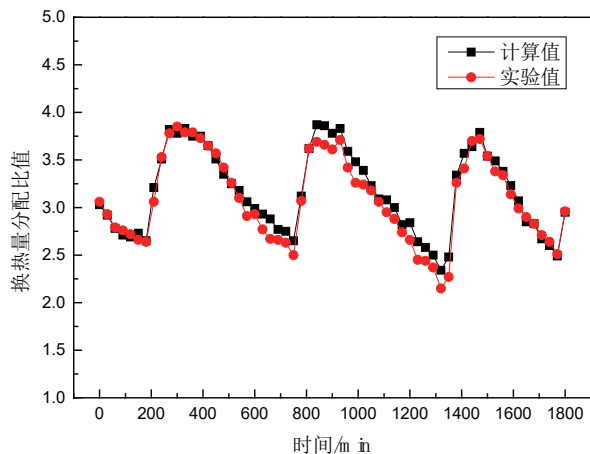


图9 换热量分配比计算值和实验值对比图

根据图9可知：毛细管层的温度高于上下侧供暖与非供暖室内空气温度并放热，而由热流传感器采集到的热流量数据体现出了毛细管顶板的一维换热过程。同一时间内，毛细管顶板与供暖室内的换热量远高于毛细管顶板与非供暖室内的换热量，供水的温度升高时，换热量均增加，辐射面的抹灰厚度较小、导热性能好，供暖室内的得热量较多，而另一侧的内围护结构厚度大，且毛细管层的上侧敷设了保温层，热阻较大，从而阻隔了毛细管层热量的传递，使得非供暖室内的得热量较少。毛细管的

换热量和用户的系统运行状态密切相关，供暖系统的毛细管供水时，工质的温度保持恒定，开始阶段的换热量上升并且达到平稳阶段，毛细管层与供暖侧和非供暖侧的换热量增大且供暖侧的换热量大于非供暖侧的换热量；当室内温度达到监测控制系统所设定温度时，毛细管停止供水，为满足与室内热交换，管内的水温降低，与非供暖室内的换热量变化幅度不大，毛细管顶板换热量分配比逐渐减小；当室内温度低于监测控制系统所设定温度，毛细管恢复供水。

从毛细管层与毛细管所在楼板上下表面热流密度计算值和实验值的对比图来看，与毛细管层温度的变化相似，模型的热流密度计算值大于实测值，从图9可以看出，换热分配比模型的计算值和实测值具有较高的吻合度，且存在一定的模型误差，分配比例模型的计算值与实测值的平均误差为2.8%，最大误差为8.7%，在工程应用中，误差处于可接受的范围内^[12]。

在分析以上毛细管顶板的换热过程中，发现毛细管顶板的换热量与稳态工况下的换热量基本相同。从而验证了毛细管所在围护结构热量的积蓄和释放并不影响整体的换热效果。

3 结论

本文基于非稳态传热热阻热容RC简化模型，建立了毛细管顶板换热量分配比稳态模型，以既有民用住宅的用户侧辐射系统为研究对象，进行了实验研究，测试了供暖分户和非供暖的室内温度和毛细管层换热量的分配比，从而对建立的模型进行了验证，结论总结如下。

(1) 毛细管的换热量和系统的运行状态密切相关。系统运行时，毛细管供水温度保持恒定，毛细管层与供暖侧和非供暖侧的换热量增大，与供暖侧的换热量大于非供暖侧的换热量；当室内温度达到控制系统设定温度，毛细管停止供水，管内的水温逐渐降低，毛细管与两侧用户的换热量逐渐降低，毛细管顶板换热量分配比也逐渐减小，当室内温度低于监测控制系统设定温度，毛细管恢复供水。

(2) 冬季采用毛细管辐射系统的用户室内温度较为平稳，能够很好的满足室内环境的热舒适。当系统运行72小时后，毛细管与供暖侧和非供暖侧换热的分配比例的计算值和实验值十分接近，从而证明了本文所建立模型的合理性，该模型可对毛细管所在围护结构热工性进行评价，对采用毛细管辐射系统的建筑能耗计算提供依据。

(下转47页)

基于谐波反应法的大空间建筑分层空调非稳态辐射热转移负荷计算方法研究

苗宇峰¹ 黄晨¹ 俞玲² 吕留根³ 乔梁¹ 王昕¹

1. 上海理工大学环境与建筑学院 2. 上海怡置咨询管理有限公司 3. 嘉兴学院建筑工程学院

[摘要] 大空间建筑常采用分层空调, 分层空调负荷是确定空调系统向室内提供冷量的依据, 同时也是评估分层空调整体能量的关键。其中, 辐射热转移负荷的计算是确定分层空调负荷的难点。目前, 辐射热转移负荷计算方法主要是稳态计算, 不符合现代对非稳态负荷计算的要求。因此, 本文根据谐波反应法以辐射热转移量及辐射热转移负荷为研究对象, 建立了一种非稳态辐射热转移负荷计算方法。本文采用一假想典型大空间建筑作为案例计算三种不同建筑类型下的非稳态辐射热转移负荷, 当建筑类型由轻型建筑变为重型建筑时, 辐射热转移负荷均值下降了 5.32%, 辐射热转移负荷峰值下降了 16.16%。

[关键词] 大空间; 分层空调; 谐波反应法; 辐射热转移负荷

0 引言

大空间建筑分层空调下, 室内热环境的特点就是室内空气垂直温度分层、梯度明显^[1-2]; 非空调区无论是内壁面温度还是空气温度要远远高出空调区的温度, 因此非空调区会通过不同形式向下部空调区传递热量, 进而在空调区形成负荷。大空间建筑分层空调负荷在空调区常规空调负荷的基础上增加了辐射热转移负荷和对流热转移负荷^[3-5], 这两部分负荷就是体现非空调区进入空调区的负荷。

现在动态空调负荷的计算方法有冷负荷系数法、热平衡法、辐射时间序列法、谐波反应法等^[6-8]。吕留根^[9]基于辐射时间序列法提出了大空间分层空调辐射转移负荷动态计算方法, 然后以下送中回的大空间实验房为研究对象通过 2 个实验工况对该方法进行验证, 研究结果表明空调区辐射转移热平均相对误差最大为 5.29%, 辐射转移负荷平均相对误差最大为 6.77%。谐波反应法则是将室外的周期性扰量展开成傅里叶级数形式, 利用房间围护结构的衰减系数和延迟时间, 以此来计算全室空调的动态冷负荷^[10]。本文将借鉴谐波反应法计算全室空调负荷的原理, 建立大空间分层空调非稳态辐射热转移负荷理论计算模型, 应用谐波反应法于分层空调辐射热转移负荷的计算。所建模型首先计算出因室外周期性扰量作用下的围护结构内壁面逐时温度, 计算时利用谐波反应法考虑围护结构蓄热特性; 然后根据逐时内壁面温度计算非空调区各个壁面对空调区各个壁面之间的逐时壁面辐射热转移量, 同时根据透过非空调区外窗的逐时太阳辐射强度, 计算得到逐时太阳辐射热转移量, 逐时壁面辐射热转移量和逐时太阳辐射热转移量之和便可以得到非空调对空

调区各壁面的逐时辐射热转移量; 最后以逐时辐射热转移量为扰量, 根据空调区各壁面的放热衰减和延迟特性, 利用谐波反应法将空调区的 5 个壁面叠加计算非稳态非空调区向空调区的辐射热转移负荷。

1 逐时辐射热转移量计算

1) 拟合逐时室外空气综合温度 $t_{Z,\tau}$

利用室外空气综合温度逐时变化数据, 拟合成傅里叶级数形式:

$$t_{Z,\tau} = t_{Z,p} + \sum_{n=1}^m \Delta t_{Z,n} \cos(\omega_n \tau - \phi_n) \quad (1)$$

式中:

$t_{Z,\tau}$ ——计算日逐时室外空气综合温度, °C;

$t_{Z,p}$ ——计算日室外空气综合温度的平均值, °C;

$\Delta t_{Z,n}$ ——第 n 阶室外空气综合温度变化波幅, °C;

ω_n ——第 n 阶室外空气综合温度变化的频率, °/h 或 rad/h;

ϕ_n ——第 n 阶室外空气综合温度变化的初相位, ° 或 rad。

2) 计算逐时内壁面温度 $\theta_{N,\tau}$

该逐时内壁面温度 $\theta_{N,\tau}$ 可分解为内壁面平均温度 $\theta_{N,p}$ 以及内壁面温度波动值 $\Delta\theta_{N,\tau}$, 围护结构内壁面平均温度 $\theta_{N,p}$ 按式 (2) 计算获得:

$$\theta_{N,p} = t_{Z,p} - (t_{Z,p} - t_{N,p}) \times \frac{\frac{1}{\alpha_w} + \sum_{k=1}^K \frac{\delta_k}{\lambda_k}}{\frac{1}{\alpha_w} + \sum_{k=1}^K \frac{\delta_k}{\lambda_k} + \frac{1}{\alpha_N}} \quad (2)$$

式中:

$\theta_{N,p}$ ——内壁面平均温度, °C;

$t_{Z,p}$ ——计算日室外空气综合温度的平均值, °C;

$t_{N,p}$ ——室内空气平均温度, °C;

α_w 、 α_N ——分别为围护结构外表面、内表面传

热系数, $W/(m^2 \cdot K)$;

δ_k —— 围护结构第 k 层材料的厚度, m ;

λ_k —— 围护结构第 k 层材料的导热系数, $W/(m \cdot K)$;

K —— 围护结构材料层数;

内壁面温度波动值 $\Delta\theta_{N,\tau}$ 是围护结构在各阶扰量作用下的频率响应, 可按式 (3) 计算获得:

$$\Delta\theta_{N,\tau} = \sum_{n=1}^m \frac{\Delta t_{Z,n}}{v_n} \cos(\omega_n \tau - \phi_n - \varepsilon_n) \quad (3)$$

式中:

$\Delta\theta_{N,\tau}$ —— 内壁面温度在 τ 时刻的波动值, $^{\circ}C$;

v_n 、 ε_n —— 分别为围护结构对 n 阶室外空气综合温度扰量的传热衰减度和传热延迟时间, $^{\circ}$ 或 rad ;

将内壁面平均温度 $\theta_{N,p}$ 以及内壁面温度波动值 $\Delta\theta_{N,\tau}$ 相加, 就能得到逐时的内壁面温度 $\theta_{N,\tau}$:

$$\theta_{N,\tau} = \theta_{N,p} + \Delta\theta_{N,\tau} \quad (4)$$

式中:

$\theta_{N,\tau}$ —— τ 时刻的内壁面温度, $^{\circ}C$ 。

3) 计算逐时的辐射热转移量 $Q_{R,j,\tau}$

该逐时辐射热转移量 $Q_{R,j,\tau}$ 可分解为逐时壁面辐射热转移量 $Q_{WR,j,\tau}$ 和逐时太阳辐射热转移量 $Q_{SR,j,\tau}$ 。

采用 Gebhart 辐射模型建立非空调区与空调区壁面间的辐射换热模型, 由于非空调区与空调区各有 5 个壁面, 故一共有 10 个壁面, 所以共有 1010 个 Gebhart 吸收系数, 则 Gebhart 吸收系数矩阵按式 (5) 计算:

$$G = -[\varphi(I - \varepsilon) - I]^{-1}[\varphi\varepsilon] \quad (5)$$

式中:

G —— 10×10 的 Gebhart 吸收系数矩阵;

φ —— 10×10 的角系数矩阵;

ε —— 10×10 的壁面发射率对角矩阵;

I —— 10×10 的单位矩阵。

由此通过 Gebhart 辐射模型计算非空调区各壁面对空调区 j 壁面的总壁面辐射热转移量:

$$Q_{WR,j,\tau} = \sigma \sum_{i=1}^N \varepsilon_i G_{i,j} (T_{i,\tau}^4 - T_{j,\tau}^4) S_i \quad (6)$$

式中:

$Q_{WR,j,\tau}$ —— τ 时刻非空调区各壁面对空调区 j 壁面的壁面总辐射热转移量, W ;

σ —— 斯蒂芬 - 波尔兹曼常数, $5.67 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$;

ε_i —— 非空调区 i 壁面发射率;

$G_{i,j}$ —— 非空调区 i 壁面对空调区 j 壁面的 Gebhart 吸收系数, 可以通过矩阵 (5) 求得;

$T_{i,\tau}$ 、 $T_{j,\tau}$ —— 分别为 τ 时刻非空调区 i 壁面和空调区 j 壁面的热力学温度, K ;

S_i —— 非空调区 i 壁面的面积, m^2 ;

N —— 非空调区划分的壁面数量。

同时, 太阳辐射透过非空调区各外窗对空调区 j 壁面的逐时总太阳辐射热转移量由式 (7) 计算:

$$Q_{SR,j,\tau} = \rho_j \sum_{k=1}^{N'} X_{k,j} S_k J_{k,\tau} \quad (7)$$

式中:

$Q_{SR,j,\tau}$ —— τ 时刻太阳辐射透过非空调区各外窗对空调区 j 壁面的逐时总太阳辐射热转移量, 单位 W ;

ρ_j —— 空调区壁面 j 的太阳辐射吸收系数;

$X_{k,j}$ —— 非空调区 k 外窗对空调区 j 壁面的角系数;

S_k —— 非空调区 k 外窗面积, m^2 ;

$J_{k,\tau}$ —— τ 时刻透过非空调区 k 外窗的太阳辐射照度, W/m^2 ;

N' —— 非空调区外窗数量。

为此, 总辐射热转移量由上述逐时总壁面辐射热转移量 $Q_{WR,j,\tau}$ 和逐时总太阳辐射热转移量 $Q_{SR,j,\tau}$ 相加得到:

$$Q_{R,j,\tau} = Q_{WR,j,\tau} + Q_{SR,j,\tau} \quad (8)$$

式中:

$Q_{R,j,\tau}$ —— τ 时刻整个非空调区对空调区 j 壁面的逐时总辐射热转移量, W 。

2 非稳态辐射热转移负荷计算

1) 拟合逐时辐射热转移量 $Q_{R,j,\tau}$

将辐射热转移量的逐时变化拟合成傅里叶级数形式:

$$Q_{R,j,\tau} = Q_{R,j,p} + \sum_{n=1}^m \Delta Q_{R,j,n} \cos(\omega_{R,j,n} \tau - \phi_{R,j,n}) \quad (9)$$

式中:

$Q_{R,j,\tau}$ —— τ 时刻整个非空调区对空调区 j 壁面的逐时总辐射热转移量, W ;

$Q_{R,j,p}$ —— 空调区 j 壁面逐时辐射热转移量的平均值, W ;

$\Delta Q_{R,j,n}$ —— 空调区 j 壁面第 n 阶辐射热转移量变化波幅, W ;

$\omega_{R,j,n}$ —— 空调区 j 壁面第 n 阶辐射热转移量变化的频率, $^{\circ}/h$ 或 rad/h ;

$\phi_{R,j,n}$ —— 空调区 j 壁面第 n 阶辐射热转移量变化的初相位, $^{\circ}$ 或 rad 。

2) 计算非稳态辐射热转移负荷 $CLQ_{R,\tau}$

逐时辐射热转移量中的稳定部分直接形成稳定的辐射热转移负荷, 即逐时辐射热转移量的平均值; 而不稳定部分由于围护结构的放热衰减与延迟形成不稳定的辐射热转移负荷, 所以非稳态辐射热转移负荷如式 (10) 所示:

$$CLQ_{R,\tau} = \sum_{j=1}^M (Q_{R,j,p} + CL\tilde{Q}_{R,j,\tau}) \quad (10)$$

式中:

$CLQ_{R,\tau}$ —— τ 时刻分层空调非稳态辐射热转移负荷, W;

$Q_{R,j,p}$ —— 空调区 j 壁面逐时辐射热转移量的平均值, W;

$CL\tilde{Q}_{R,j,\tau}$ —— 空调区 j 壁面辐射热转移负荷的波动值, W;

M —— 空调区划分的壁面数量。

辐射热转移负荷的波动值 $CL\tilde{Q}_{R,j,\tau}$ 由式 (11) 计算可得:

$$CL\tilde{Q}_{R,j,\tau} = \sum_{n=1}^m \frac{\Delta Q_{R,j,n}}{v_{f,j,n}} \cos(\omega_{R,j,n}\tau - \phi_{R,j,n} - \varepsilon_{f,j,n}) \quad (11)$$

式中:

$CL\tilde{Q}_{R,j,\tau}$ —— 空调区 j 壁面辐射热转移负荷的波动值, 单位 W;

$v_{f,j,n}$ 、 $\varepsilon_{f,j,n}$ —— 分别是空调区 j 壁面对 n 阶辐射热扰量的放热衰减度和相位延迟时间, 单位 ° 或 rad;

因此大空间建筑分层空调的非稳态辐射热转移负荷 $CLQ_{R,\tau}$ 按式 (12) 计算可得:

$$CLQ_{R,\tau} = \sum_{j=1}^M \left(Q_{R,j,p} + \sum_{n=1}^m \frac{\Delta Q_{R,j,n}}{v_{f,j,n}} \cos(\omega_{R,j,n}\tau - \phi_{R,j,n} - \varepsilon_{f,j,n}) \right) \quad (12)$$

式中:

$CLQ_{R,\tau}$ —— τ 时刻非稳态辐射热转移负荷, W。

3 案例分析

3.1 计算对象概况

本案例计算的是一假想典型大空间建筑, 认为外窗是多组并行排列, 将其近似看作与大空间建筑

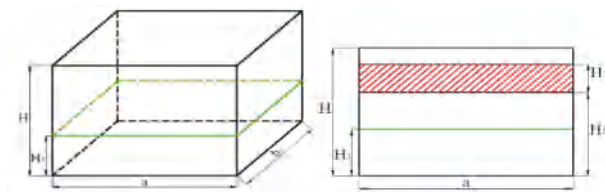


图1 大空间建筑典型结构示意图

长度相等的采光带, 其结构示意图如图1所示。

本案例计算选取上海夏季工况, 其气象参数如表1所示^[1], 外表面放热系数为 $18.18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,

表1 气象参数

气象参数	单位	值
空调区设计温度	°C	26
室外计算干球温度	°C	34.4
室外计算日平均温度	°C	30.8
室外平均风速	m/s	3.1

内表面放热系数为 $8.72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 建筑物的南北墙边长为 20m, 东西墙边长为 20m, 高度为 12m, 分层高度为 4.8m。建筑物的南北向设置外窗, 非空调区南墙和北墙的窗户底标高为 7m, 窗户高度为 2m。不同建筑类型下围护结构热工参数如表2所示。窗的传热系数为 $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 表面发射率为 0.94, 遮阳系数取 0.9。

3.2 结果分析

为了计算围护结构的内表面温度, 首先要计算各朝向的逐时室外空气综合温度, 如图2所示为该案例的逐时室外空气综合温度。将室外空气综合温度逐时变化数据拟合成傅里叶级数形式, 然后根据外围护结构的传热衰减度和传热延迟时间计算得到逐时内表面温度, 如图3所示为轻型建筑的逐时非空调区内表面温度。

如图4所示为使用非稳态辐射热转移负荷计算方法得到的三种建筑类型辐射热转移量和辐射热转移负荷。其中轻型建筑的总放热衰减度为 1.3, 总放热延迟时间为 1.1h; 中型建筑的总放热衰减度为 1.6, 总放热延迟时间为 2.5h; 重型建筑的总放热衰减度为 2.0, 总放热延迟时间为 3.0h。其中总放热衰减度指的是整个分层空调非空调区向空调区的辐射转移热量与辐射热转移负荷波幅的比值, 空调区的辐射热转移负荷对辐射转移得热的相位滞后为总放热延迟时间。

如图5所示为三种建筑类型的辐射热转移负荷均值与峰值图。其中轻型、中型和重型建筑的辐射热转移负荷均值分别为 15630W、14819W、14799W, 辐射热转移负荷的峰值分别为 19263W、16337W、16150W。当其它条件不变时, 建筑类型

表2 不同建筑类型下围护结构热工参数

建筑类型	围护结构	传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)	传热衰减度	传热延迟时间 (h)	放热衰减度	放热延迟时间 (h)	内表面发射率	太阳辐射吸收系数
轻型建筑	外墙	2.37	6.32	5.2	1.14	1.5	0.89	0.75
	屋面	1.36	11.63	5.4	1.42	0.8	0.89	0.9
	地板	3.13	4.35	4.1	1.39	1.0	0.89	0.75
中型建筑	外墙	2.03	15.29	9.31	1.57	2.8	0.89	0.75
	屋面	0.9	26.68	9.0	1.39	0.6	0.89	0.9
	地板	2.72	6.4	5.3	1.68	2.2	0.89	0.75
重型建筑	外墙	0.81	71.25	13.2	1.98	2.9	0.89	0.75
	屋面	0.63	70.15	12.2	1.25	1.8	0.89	0.9
	地板	1.65	10.89	5.6	2.03	3.0	0.89	0.75

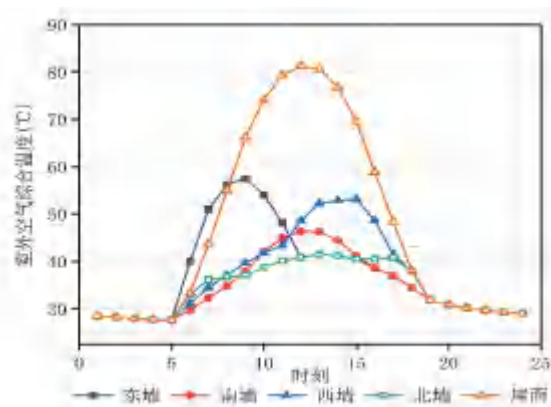


图2 逐时室外空气综合温度

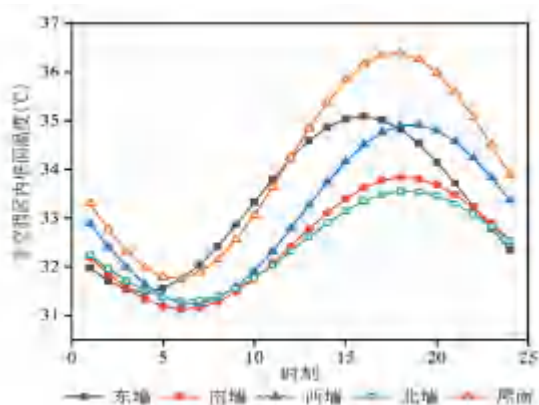


图3 轻型建筑的逐时非空调区内壁面温度

由轻型建筑变为重型建筑，辐射热转移负荷均值下降了5.32%，辐射热转移负荷峰值下降了16.16%。可以看出轻型、中型和重型建筑的辐射热转移负荷的均值变化不大，其中轻型建筑的负荷峰值最大，重型建筑的负荷峰值最小，这主要是轻型建筑与中型建筑许多热工参数差异不是很大，而重型建筑的衰减度和延迟时间都要显著大于轻型建筑。

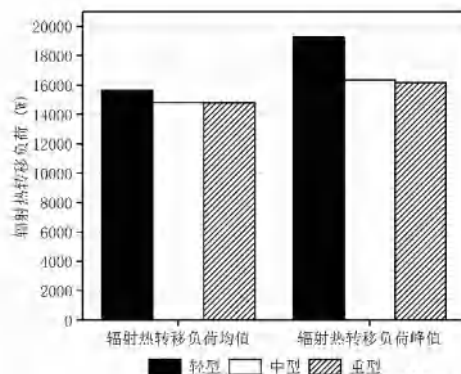


图5 三种建筑类型的辐射热转移负荷均值与峰值

4 结论

本文根据谐波反应法以辐射热转移量及辐射热转移负荷为研究对象，建立了一种非稳态辐射热转移负荷计算方法。该方法根据逐时的内壁面温度求解得到逐时的辐射热转移量。将逐时辐射热转移量作为辐射热转移负荷计算的扰量，对其进行拟合得到扰量的波幅与初相位，由此根据谐波反应法得到逐时辐射热转移负荷。

利用该方法计算本方案例中假想典型大空间建筑的非稳态辐射热转移量和辐射热转移负荷，发现轻型建筑的总放热衰减度为1.3，总放热延迟时间为1.1h；中型建筑的总放热衰减度为1.6，总放热延迟时间为2.5h；重型建筑的总放热衰减度为2.0，总放热延迟时间为3.0h。建筑类型由轻型建筑变为重型建筑，辐射热转移负荷均值下降了5.32%，辐射热转移负荷峰值下降了16.16%。

参考文献

- [1] 黄晨, 李美玲, 邹志军, 等. 大空间建筑室内热环境现场实测及能耗分析[J]. 暖通空调, 2000, 30(6):52-55.

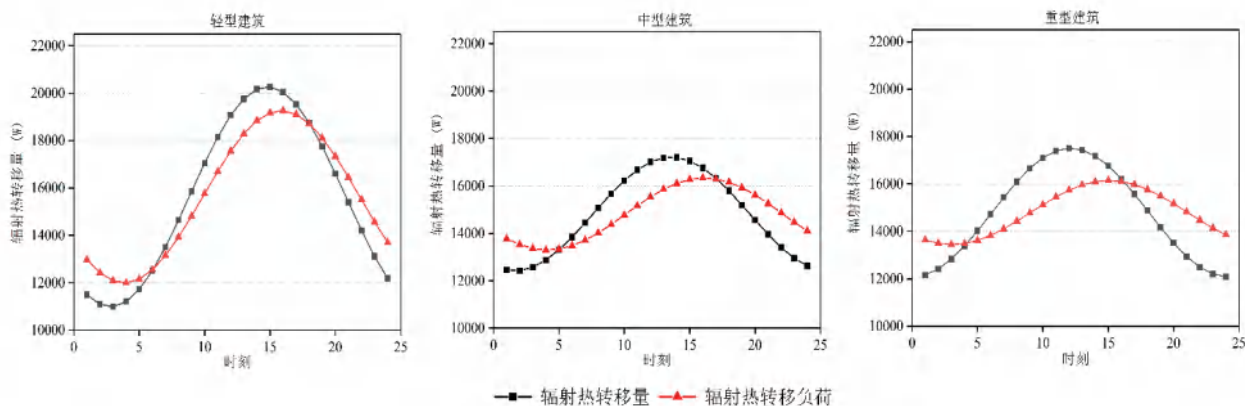


图4 三种建筑类型辐射热转移量和辐射热转移负荷的逐时变化

[2] Chen Huang, Zhijun Zou, et al. Measurements of indoor thermal environment and energy analysis in a large space building in typical seasons [J]. Building and Environment, 2007, 42: 1869-1877.

[3] 刘洋. 基于 BG 模型大空间下送风分层空调负荷研究 [D]. 上海: 上海理工大学, 2017.

[4] 吴照, 黄晨, 王丽慧. 大空间分层空调热转移负荷特性分析 [J]. 发电空调, 2008, 29(5):5-8.

[5] Haidong Wang, et al. On the calculation of heat migration in thermally stratified environment of large space building with sidewall nozzle air-supply [J]. Building and Environment, 2019, 147:221-230.

[6] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993:1717-1723.

[7] 孙德宇, 徐伟. 空调冷负荷计算方法发展状况研究 [J]. 建筑科学, 2011, 27(12):109-113.

[8] 陈友明. 空调冷负荷计算方法的发展现状与挑战 [J]. 暖通空调, 2017, 47(3):1-7.

[9] 吕留根. 大空间建筑分层空调辐射转移负荷计算方法研究 [D]. 上海: 上海理工大学, 2015.

[10] 赵荣义, 范存养, 薛殿华等. 空气调节 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009:36-46.

[11] 中国电子工程设计院. 空气调节设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017:21.

(下转至 67 页)

参考文献

[1] 康玉东. 寒冷地区村镇住宅建筑太阳能采暖系统研究 [D]. 济南, 山东建筑大学, 2011.

[2] 刘寅. 太阳能—空气复合热源热泵系统性能研究 [D]. 西安, 西安建筑科技大学, 2010.

[3] 陈景. 太阳能热水和热泵复合热源的辐射供暖系统的优化设计研究 [D]. 东南大学, 2015.

[4] 李元哲. 空气源热泵在建筑节能中的应用 [J]. 建设科技, 2010(4):76-79.

[5] 太阳能供热采暖工程技术规范:GB50495-2009[M]. 中国建筑工业出版社, 2009.

[6] 郑瑞澄, 韩爱兴. 我国太阳能供热采暖技术现状与发展 [J]. 建设科技, 2013(1):12-16.

[7] 西安建筑科技大学. 西安市可再生能源在建筑中

规模化应用可行性研究报告 [R], 2005.

[8] 李德坚, 唐轩, 殷志强, 郑瑞澄, 张裕明, 李乃光. 温室太阳能供暖 [J]. 太阳能学报, 2002, 23(5):557-563.

[9] Ibrahim Dincer. Refrigeration systems and applications [M]. West Sussex, England: John Wiley and Sons, 2003.

[10] 饶荣水, 谷波, 周泽, 申建军, 孔波. 寒冷地区用空气源热泵技术进展 [J]. 建筑热能通风空, 2005, 24(4):24-28.

[11] 王如竹, 张川, 翟晓强. 关于住宅用空气源热泵空调、供暖与热水设计要素的思考 [J]. 制冷技术, 2014(1):32-41.

[12] C.P. Underwood, M. Royapoor, B. Sturm. Parametric modelling of domestic air-source heat pumps, Energy and Buildings, Volume 139 (578-589)



济南农村太阳能-空气能复合供热系统仿真模拟

山东建大建筑规划设计研究院 赵娣 董伟伟 杜红梅 张国凯

[摘要] 目前农村地区难以实现集中供热的主要原因在于农村建筑分布分散、距离城镇较远、敷设公共管道难度较大等因素。本文以一个典型民宅为研究对象,利用 DeST 计算不同用能模式下民宅建筑供暖季的逐时负荷,并利用 TRNSYS 软件搭建仿真模型,运用该模型模拟不同用能模式下系统效率及能耗,并通过对比得出系统在类型 A 负荷形式下运行的系统 cop、集热器集热效率和太阳能保证率均比较高,故若采用太阳能辅助供热则不适用于白天外出务工晚上才有采暖需求的用户使用。

[关键词] 太阳能;空气源热泵;复合系统;TRNSYS

1 引言

十三五期间,加强农村基础设施建设,改善农村人居环境已成为山东省农村建设的工作重点。山东农村建筑具有规模小,居住分散等特点,不适宜采用集中供热系统。目前山东农村住宅的供暖设备多为户用小型烟煤锅炉或燃煤炉,采暖效率低,环境污染严重^[1]。为缓解环境污染,利用太阳能、空气能等可再生能源对农村这种分散建筑供暖意义深远^[2,3]。近几年,太阳能采暖技术发展迅速,但该技术难以长期、连续、稳定提供热能^[4-8]。空气源热泵采暖技术虽然也实现了大面积推广,但存在低温情况下系统化霜频繁,导致能效较低运行费用高的情况^[9-12]。因此复合能源供热在农村有广泛的应用空间。

2 济南地区太阳能和空气能的利用潜力

山东在太阳能资源分布上大部分处于Ⅲ类资源一般区,小部分处于Ⅱ类资源较富区,年太阳总辐射值在 4542 MJ/(m²·a) 至 5527 MJ/(m²·a) 之间,年平均日照小时数在 2200h 至 2800h 之间。以济南为例,利用 TRNSYS 对济南地区设定倾斜角为 45° 的平板集热器的日太阳辐射量模拟情况如图 2.1 所示。

由图 2.1 可知,济南地区供暖季倾斜面太阳能集热器日总辐射量波动较大,大致在 0~16000kJ/dm²,济南地区属于太阳能资源一般区,平均日太阳辐射量整理如表 2.2 所示。而从全国气候分区来看,济南地处寒冷地区,运用 trnsys 可输出济南全年室外干球温度和露点温度,济南地区采暖季各月的平均温度整理如表 2-1 所示。

从表 2.1 可知,济南地区单位集热器面积整个供暖期的平均集热量为 1047.19MJ,即 290kWh,随着集热器面积的增加,在济南农村地区运用太阳能供暖节能潜力巨大;同时,济南地区供暖期室外平均温度在 -1.6~8.8 之间波动,在本文第四章的模拟中可知,在此室外环境下,空气源热泵运行系统 cop 在 2.20~2.33 之间,系统效率尚为可观。

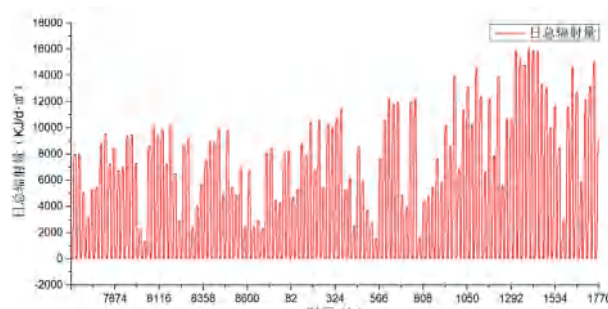


图 2.1 济南地区供暖季倾斜面集热器日总辐射量年变化曲线图

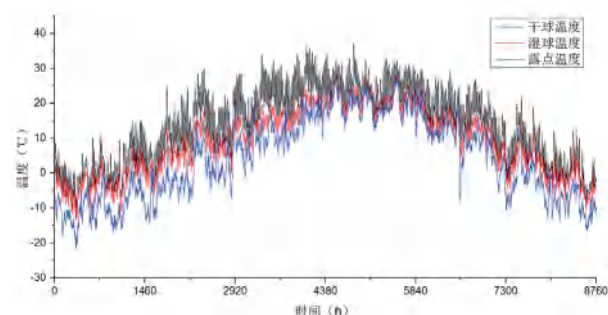


图 2.2 济南市室外温度气象参数

表 2.1 济南地区采暖季室外气象参数

月份	采暖时长(天)	平均温度(°C)	平均日太阳辐射照量(MJ/m²·d)
11	16	7	7.92
12	31	0.2	6.5
1	31	-1.6	7.55
2	28	2.4	10.29
3	15	8.8	13.12

3 负荷计算及系统建模

3.1 建筑概况

本文选取山东省济南市某农村的一栋二层住宅为研究对象,该建筑从全国气候区划分上位于寒冷地区,同时还处于太阳能资源分布资源一般区。该住宅建于 2006 年,上下两层,总面积 220m²,建筑层高 3.6m,普通砖混结构,外墙为 240mm,无外墙保温,单层玻璃铝合金外窗,南向窗墙比:43%,

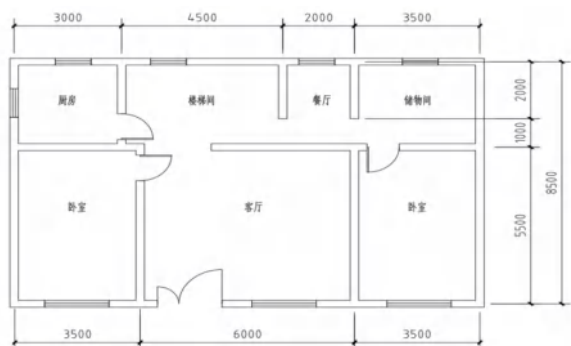


图 3.1 农宅底层平面图

北向窗墙比: 24%, 东向窗墙比: 9%, 西向窗墙比: 13%。底层平面图如图 3.1 所示。

3.2 能耗模拟

综合山东农村地区的人员结构、建筑结构以及人员着装特点等, 给出的农村采暖室内设计参考值主要功能房间温度为 18℃, 辅助功能房间温度 15℃。本课题只研究复合系统采暖情况, 故负荷计算设置起止时间为当年 11 月 15 日至次年 3 月 15 日。本文将农村居民人员在室情况分为两种:

(1) 家中无外出务工人员, 家庭经济条件尚可, 对室内舒适度要求较高, 需全天持续供暖。

(2) 家庭成员白天需要外出务工, 晚上正常下班回家, 故空调只在工作日的晚上 18 点至次日早上 8 点工作, 周末二十四小时工作, 建筑负荷仅需计算该时间段内即可。

两种情况的人员在室率、照明和设备使用率如表 3-1 所示。

本文采用 DeST-h 对该建筑整个供暖季的逐时负荷进行模拟, 根据上述两种空调使用情况设置供暖系统的采暖季起止日期, 每天空调的运行情况, 人均新风量等参数, 并根据实际情况对建筑的围护结构、通风情况及窗墙比等进行设置, 最后选用住宅分析功能对整个建筑采暖季的逐时负荷进行模拟计算。模拟得到整个供暖季中两种不同运行模式下的负荷, 如图 3.2 和 3.3 所示。

由图 3.2 类型 A 的供暖季空调逐时负荷可

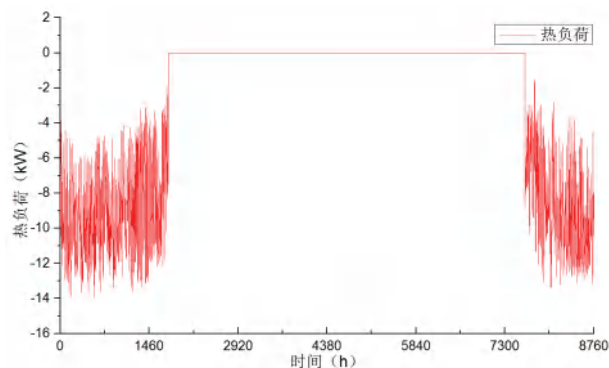


图 3.2 类型 A 供暖季空调逐时负荷

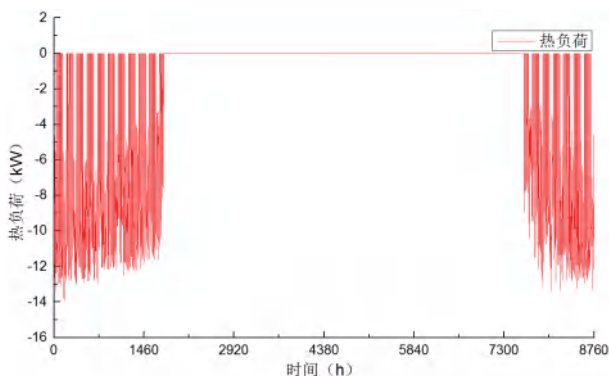


图 3.3 类型 B 供暖季空调逐时负荷

type682 和 type9, 热泵侧温差控制器 type2b, 方程编辑器 Equa 和在线输出仪 type65, 太阳能集热器模块 type1b, 集热器侧循环水泵 type3b, 集热器侧缓冲水箱 type4b 和集热器侧温差控制器 type2b, 为了将两个独立的系统进行连接, 系统中还加设部件板式换热器 type5a。主要设备选型如表 3-2 所示。

表 3-2 串联式太阳能空气能复合系统主要设备选型表

名称	规格型号	数量
空气源热泵	制热量: 16kW 制热功率: 4.6kW 制冷量: 13kW 制冷功率: 4.2kW	1
水箱	1m × 2m × 1m	1
循环水泵	流量: 3500kg/h; 扬程: 20mH ₂ O	2
太阳能集热器	40m ²	40
集热器侧缓冲水箱	1m × 0.5m × 1m	1
集热器侧循环水泵	流量: 1500kg/h; 扬程: 20mH ₂ O	2
板式换热器	换热面积 2m ²	1

表 3-1 建筑内部参数设置

时间	人员在室率		照明使用率		设备使用率	
	类型 A	类型 B	类型 A	类型 B	类型 A	类型 B
0-6 点	1	1	0.1	0.1	0.05	0.05
6-8 点	1	0.8	0.2	0.2	0.2	0.2
8-12 点	0.6	0.1	0.2	0.1	0.2	0.05
12-13 点	1	0.1	0.3	0.1	0.3	0.05
13-18 点	0.6	0.1	0.2	0.1	0.2	0.05
18-22 点	1	1	1	1	1	1
22-24 点	1	1	0.1	0.1	0.05	0.05

根据上述选型结果对 trnsys 中部件的参数进行设置, 串联式太阳能空气能复合系统平台搭建如图 3.4 所示。

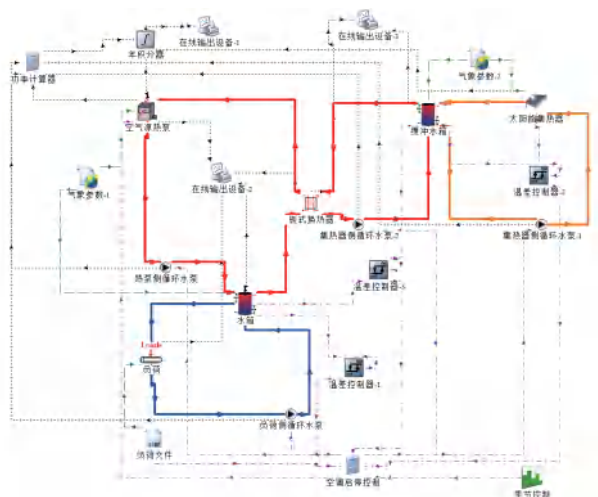


图 3.4 串联式太阳能空气能复合系统动态仿真模拟图

系统运行过程: 空气源热泵直接通过负荷侧水箱给建筑供热, 太阳能集热器通过提升热泵回水温度参与建筑供热。由于要综合考虑太阳能辐射与室外空气参数的变化对系统的影响, 因此复合系统的控制方法比单一系统的控制略为复杂些, 系统主要涉及如下几种控制方法:

(A) 负荷控制。此类控制与单一空气源热泵相同, 该控制通过模块 Equa 实现, 控制公式为 $gt(abs(load),0)$, 即当负荷 $load>0$ 时, 该模块输出控制信号 1, 表示启动信号; 当负荷 $load<0$ 时, 该模块输出控制信号 0, 表示停止信号。

(B) 季节控制。该控制主要针对集热器侧的两个循环水泵, 控制信号的设置如图 3.4 所示。即只有在采暖季时太阳能集热器侧循环水泵开始, 集热器开始工作, 而非采暖季会采取一定的措施, 如

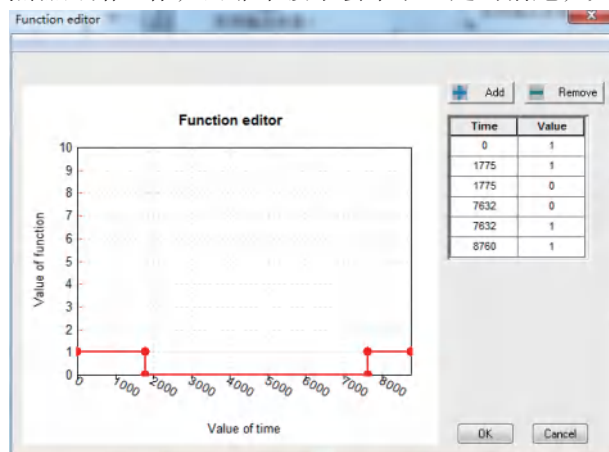


图 3.4 季节控制信号

加盖遮阳布等对集热器进行保护或如若建筑有生活热水需求可提供生活热水。

(C) 温差控制。通过温差控制器 type2b 实现, 控制器的数学模型如上述的式 3.1 所示。

$$T_H - T_L \geq \Delta T1 \text{ 输出信号 1}$$

$$T_H - T_L < \Delta T2 \text{ 输出信号 2} \quad (3.1)$$

4 太阳能及空气能复合供热系统模拟及比较

4.1 类型 A 负荷形式下的模拟

该负荷形式属于全天二十四小时均运行状态, 在天气晴朗太阳辐射强度较好的白天, 会出现集热器单独供热的运行模式, 在夜晚或是阴雨天气下使用该系统会出现空气源热泵单独供热的运行模式, 而在普通情况下的白天, 则是两热源同时给建筑供热。该系统模拟结果如图 4.1 和 4.2 所示。

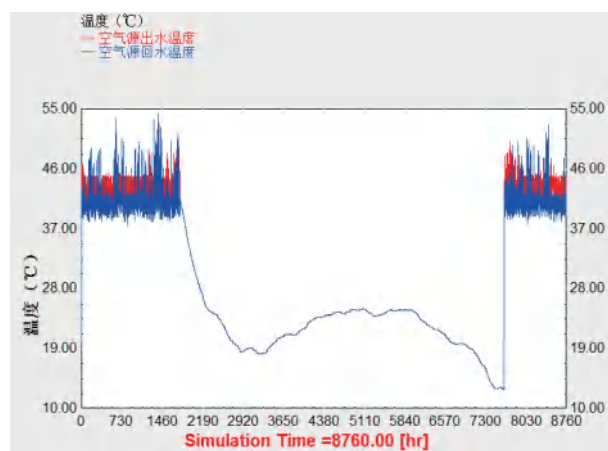


图 4.1 空气源热泵逐时进出口水温

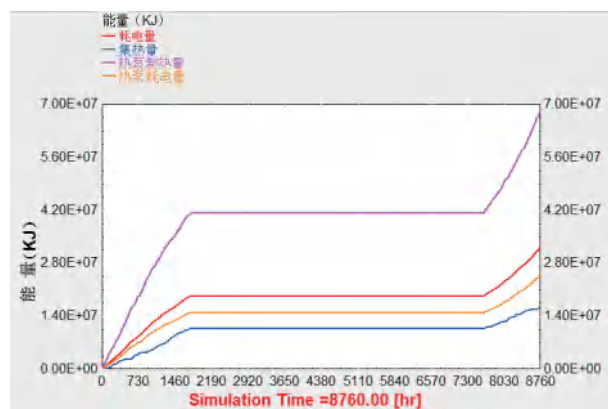


图 4.2 系统累计供热量和能耗

本系统在类型 A 的负荷形式下运行, 正常热泵开启的状态下, 空气源热泵的出口温度多集中在 40℃ 至 45℃ 之间, 但从图 4.1 中可以看出, 在太阳辐射照度特别强的情况下, 集热器系统通过板式换热器可以将空气源热泵的回水温度提升至 45℃, 在这种情况下, 由于热泵本身的自我保护, 空气源热泵停止运行, 故此时空气源热泵的进出口水温保持

不变,还有一种情况,经板式换热器的提温,空气源热泵的回水得到一定的提升,但是并未到达空气源热泵设定的保护温度,则此时,空气源热泵会在一个较高的进口水温的基础上进行加热,空气源热泵的出口水温便会高于设定的 45°C 。但就整体而言,系统的供水水温的个别极值点也并未超过 55°C ,故并不会对室内舒适度造成很大的影响。该系统运行过程中,整个供暖季的热泵累计制热量为 $6.8 \times 10^7 \text{kJ}$,即 18890kWh ,太阳能集热器累计集热量 $1.63 \times 10^7 \text{kJ}$,即 4530kWh ,系统累计消耗功率 $3.2 \times 10^7 \text{kJ}$,即 8890kWh ,其中,热泵机组耗电量 $2.46 \times 10^7 \text{kJ}$,即 6830kWh 。集热器单元的运行数据和热泵单元的运行数据分别如表 4-1 和 4-2 所示。

从表 4-1 可以看出,太阳能保证率的高低与单位面积集热器集热量成正相关的关系,且在串联系统中,集热器系统并不作为直接热源给建筑供热,故集热器实际集热量的多少还与用户所需总负荷相关,例如 3 月份单位面积集热器的集热量高达 $406 \text{MJ} \cdot \text{月}$,太阳能保证率也高达 30%,在济南这一太阳能资源一般丰富区的城市,且考虑到初投资的原因,本系统中太阳能集热器仅按系统总负荷的 20% 进行选取,故这一太阳能保证率相当高,但其集热器效率却只有 33%,为各个月份中的最低值,其主要原因一是该月份用户所需总负荷较少,在此种太阳能保证率的前提下集热器的实际集热量有限;二是集热器侧循环水泵 -1 的启停直接影响集热器的集热量,而此水泵又受到温差控制和负荷控制的制约,温差控制中又设置了最高熔断温度 60°C ,故

虽然三月份单位面积集热器集热量较高,但由于负荷和控制的影响导致集热器侧循环水泵 -1 在一定情况下会停止运行,从而集热器停止集热,导致系统实际集热量下降。由于上述两点原因导致集热器的实际集热量较低,而三月份中集热器的理论单位面积集热器集热量较高,所以在建筑供暖中,若不考虑生活热水的负荷,集热器效率会较低。整个供暖季对于太阳能集热器系统系统单元,集热器效率为 40%,系统的集热效率相对较低;太阳能保证率为 20.88%,符合规范中太阳能保证率 10%~30% 的规定,也符合参考的按建筑负荷 20% 来确定集热器面积的原则。

4.2 类型 B 负荷形式下的模拟

类型 B 负荷形式针对白天外出务工人员,系统开启时间为晚 18 点至早 8 点,为工作日的晚上 18 点至第二天早上 8 点和周末的全天。该负荷形式下的系统运行主要集中在太阳辐射强度较弱或为零的傍晚、夜晚及清晨,白天较强的太阳辐射得不到较好的应用,加之本系统考虑到若蓄热水箱完全满足建筑蓄热的要求,则所需体积过大等问题,未完全考虑蓄热,夜晚运行时多为单一空气源热泵系统供热。系统模拟结果如图 4.3 和 4.4 所示。

本系统在类型 B 的负荷形式下运行,正常热泵开启的状态下,热泵的出口温度大都还是集中在 40°C 至 45°C 之间,图 4.3 可以看出,个别时间点仍为太阳能系统单独供热模式,即空气源热泵供回水水温相等,这是由于:一、该系统傍晚 18 点开启,虽然系统水箱在设置时未完全考虑到蓄热,但

表 4-1 集热器单元运行数据分析表

月份	用户所需总负荷 /MJ	单位面积集热器集热量 /MJ·月	集热器实际集热量 /MJ	集热器效率	太阳能保证率
11	8726	237.6	1701	37%	19.49%
12	22904	201.6	3464	43%	15.12%
1	23892	234	4015	43%	17.80%
2	19229	288	4474	39%	23.27%
3	9013	406	2680	33%	29.73%
年	83764		16334	40%	20.88%

表 4-2 热泵单元运行数据分析表

月份	用户所需总负荷 /MJ	热泵制热量 /MJ	水泵功率 /kWh	热泵功率 /kWh	系统总功率 /kWh	系统 cop
11	8726	7201	214	703	917	2.70
12	22904	19598	514	2014	2528	2.53
1	23892	19970	505	2016	2521	2.64
2	19229	14869	474	1523	1997	2.69
3	9013	6589	255	651	906	2.84
年	83764	68227	1963	6906	8868	2.65

仍有不完全蓄热能力,此时水箱中水-温较高,热泵不运行;二、该负荷形式下周末仍是全天运行状

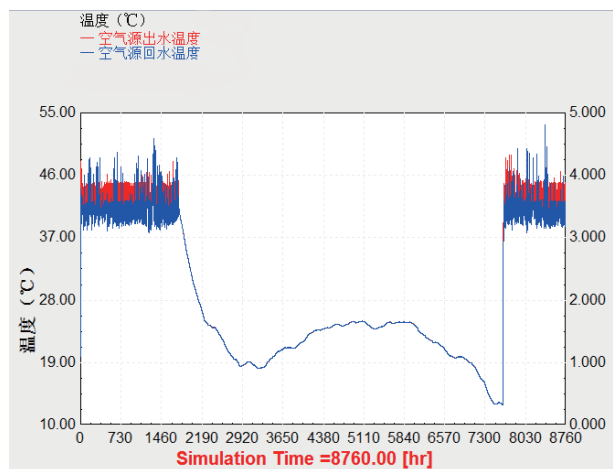


图 4.3 空气源热泵逐时进出口水温

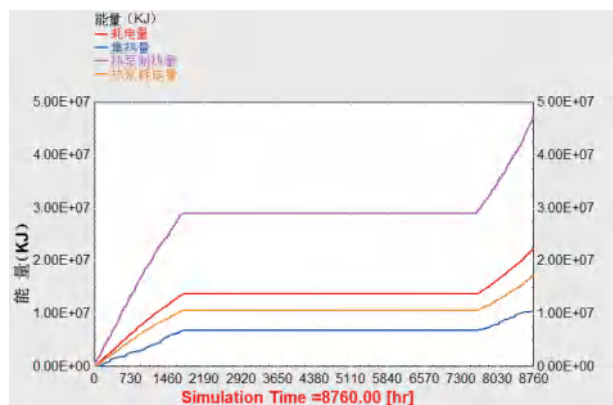


图 4.4 系统累计供热量和能耗

态,即周末的白天,太阳辐射照度强,建筑负荷较小的情况下,集热器系统可完全保证系统供热。在类型 B 的负荷形式下,大多数时间处于夜晚太阳辐射照度为零或较弱的状态,空气源热泵在该系统中作用明显,从图 4.4 可以看出,运行过程中,累计制热量为 $4.7 \times 10^7 \text{ kJ}$,即 13258kWh,集热器累计集热量 $1.04 \times 10^7 \text{ kJ}$,即 2906kWh,系统累计消耗功率 $2.25 \times 10^7 \text{ kJ}$,即 6257kWh,其中,热泵机组耗电量 $1.74 \times 10^7 \text{ kJ}$,即 4839kWh。集热器单元的运行数据和热泵单元的运行数据分别如表 4-3 和 4-4 所示。

表 4-3 中可知,在该负荷形式下太阳能保证率仅为 19%,这是由于本负荷类型针对的系统开启时间大都集中在太阳辐射照度较弱的时间段,由式 3.12 所示,集热器的实际集热量较少,而单位面积集热量和集热器的面积保持不变,所以集热器效率仅为 25%;相比于类型 A 负荷形式,系统运行时间减少了 37.5%,但由于系统效率的降低,系统总功率仅下降 29%。

5 结论

本文运用 DeST 软件对农村居民不同用能模式下的负荷进行计算,然后运用 trnsys 对本文提出的系统建立仿真模型,模拟结果如下:

(1) 在类型 A 负荷形式下的系统 cop、集热器集热效率和太阳能保证率均比较高,分别为 2.65,40% 和 20.88%。

(2) 采用太阳能辅助供热的采暖系统,由于对太阳能的利用效率较低,不适用于白天外出务工晚上才有采暖需求的用户使用。

(上接 62 页)

表 4-3 集热器单元运行数据分析表

月份	用户所需总负荷 /MJ	单位面积集热器集热量 /MJ·月	集热器实际集热量 /MJ	集热器效率	太阳能保证率
11	5850	237.6	1114	23%	19.04%
12	15592	201.6	2333	29%	14.96%
1	16200	234	2816	30%	17.38%
2	13263	288	2753	24%	20.76%
3	6222	406	1447	18%	23.26%
年	57127		10463	25%	19.08%

表 4-4 热泵单元运行数据分析表

月份	用户所需总负荷 /MJ	热泵制热量 /MJ	水泵功率 /kWh	热泵功率 /kWh	系统总功率 /kWh	系统 cop
11	8726	7201	214	703	917	2.70
12	22904	19598	514	2014	2528	2.53
1	23892	19970	505	2016	2521	2.64
2	19229	14869	474	1523	1997	2.69
3	9013	6589	255	651	906	2.84
年	83764	68227	1963	6906	8868	2.65



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。

请您完整填写以下信息

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



杂志微信 beaebjb



公众号 CAHVAC

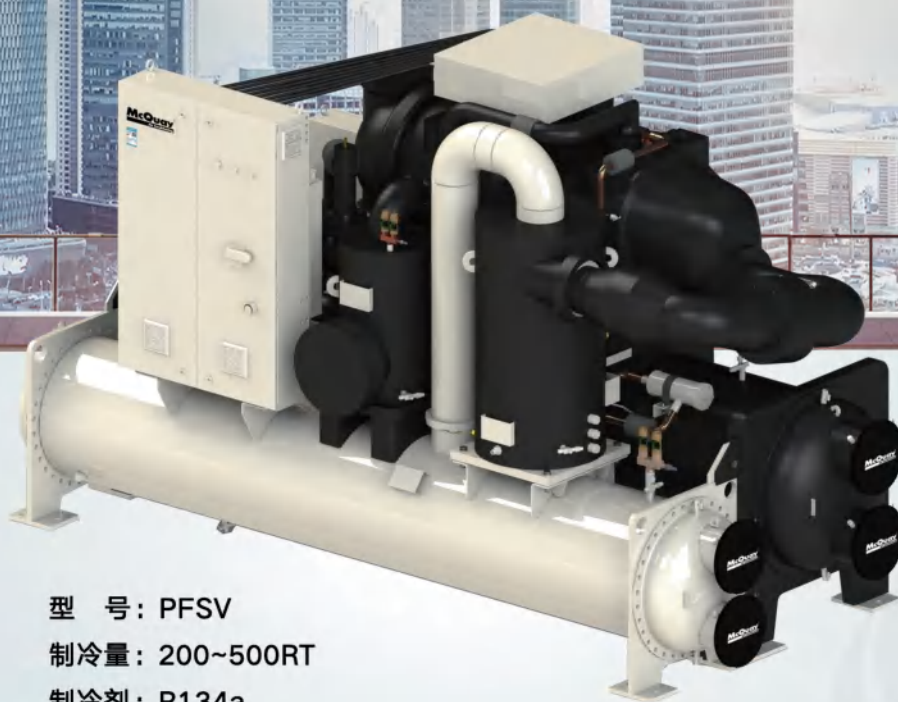


麦克维尔官方微信



麦克维尔官方网站

超高效变频单螺杆式冷水机组



型 号：PFSV

制冷量：200~500RT

制冷剂：R134a

6.8 COP (GB)
9.5 IPLV (GB)

COP&IPLV远超国标一级能效要求

4% COP提升

采用专利技术的闪蒸式经济器

最低12℃冷却水进水启动
满足过渡季节制冷需求

满足过渡季节制冷需求

最低2℃冷水出水运行
满足过渡季节制冷需求

无需添加乙二醇防冻液

注：1.以上冷量根据GB/T 18430.1-2007而定：冷水出水温度7℃，冷冻水水流量0.172m³/(h.kW)；冷却水进水温度30℃，冷却水水流量0.215m³/(h.kW)；
蒸发器水侧污垢系数为0.0180m²·℃/kW；冷凝器水侧污垢系数为0.0440m²·℃/kW。

2.闪蒸式经济器专利号：ZL201510739755.8。

美的中央空调绿色高效机房 系统解决方案供应商



高效主机



优化系统



智能控制



智慧运维



扫美的服务 享美的生活

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

地址：广东省佛山市顺德区北滘镇美的大道6号美的总部大楼B座26楼

突破科技·成就梦想

Technology Inspires The Possibilities

MIDEA.COM.CN | 4008899315