

建筑环境 能源

Building Environment & Energy

2020
6

月刊
总第 33 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 |

国际标准化组织 ISO/TC 274/WG 2 第 13 次工作组会议顺利召开

中国建研院与中国节能签署战略合作协议

推动建筑节能 业内积极探索产建建筑技术发展路线

欧洲能源和环境合作组织 (EPEE) 表示“可持续制冷是复苏之路”

24 | 热点聚焦 | Spotlight |

CAHVAC 暖通大讲堂第二季“绿色暖通与健康建筑”回顾 (上)

36 | 案例赏析 | Cases |

双压冷凝双压蒸发空气源热泵系统的开发与研究

太阳能-空气源复合热泵室外换热器数值模拟与分析



建筑环境与能源微信公众号

气度决定高度

百年荏原，再献扛鼎力作

跨界型



RTBF高效离心式冷水机组

- ◆ 制冷量范围200~1500USRt
- ◆ COP:7.25
- ◆ HFC245fa环保冷媒



RTGC离心式冷水（热泵）机组

- ◆ 全系列达到国家一级能效等级
- ◆ R134a环保冷媒

蓄冰

制冷

热泵

“十四五”规划明确 大数据中心建设大有可为

在国家大力发展新基建的浪潮下，数据中心等算力基础设施建设成为重中之重。最新发布的“十四五规划”明确提出系统布局新型基础设施，加快第五代移动通信、工业互联网、大数据中心等建设。

在政策红利和数字经济加速发展双重刺激下，数据中心新基建迎来了前所未有的发展机遇。在这场如火如荼的数据中心新基建中，运营商作为中坚力量，纷纷加快布局新型智能数据中心，云边协同能力筑牢数字经济底座。

现如今，大数据正在改变各国综合国力，成为重塑未来国际战略格局的变量。从中央到地方、从政府到企业，数据中心新基建被提升到前所未有的战略高度。

在“十四五规划”中，大数据中心建设与5G、工业互联网一同被提及，成为未来国家战略中的一个重要衡量指标。从本质上说，大数据中心为应对5G、人工智能、工业互联网的大数据需求而生，构成了新基建的“基础”。

本刊编辑部





建筑环境与能源

(月刊)

主办单位

中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院

支持单位

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

编辑出版

《建筑环境与能源》编辑部
2020年第6期(总第33期)
(每月10日出版)

顾问委员会

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

编辑委员会

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

编辑部

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

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



建筑环境与能源微信公众号



CAHVAC 微信公众号

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



目录 CONTENTS

06 | 新闻直通车 | News Express |

国际标准化组织 ISO/TC 274/WG 2 第 13 次工作组会议顺利召开
《建筑供热供冷系统能效检测验证标准》编制组成立暨第 1 次工作会议召开
《建筑室内照明设计标准》GB50034 顺利通过审查
中国建研院与中国节能签署战略合作协议等

11 | 行业新闻 | Industry News |

国家能源局:2020 年清洁能源利用率将进一步提高
推动建筑节能 业内积极探索产能建筑技术发展路线
内蒙古今年一季度绿色建筑总面积达到 714.85 万平方米
山东绿色建筑发展“路线图”划定
黑龙江绿色建筑推广比例超六成
广东省“十三五”期间新增绿色建筑面积 3.69 亿平方米
湖南省力推浅层地热能建筑规模化应用试点
河南清洁能源利用提前完成“十三五”规划任务
中国人寿与国家电投将联合成立清洁能源基金规模约 80 亿
甘肃省 2020 年累计清洁取暖改造 100 万户
宁波市新建绿色建筑面积超 1.1 亿平方米
阜阳市积极推进建筑节能、绿色建筑及装配式建筑发展
石家庄市启动供热设施“冬病夏治百日攻坚”等

23 | 国际资讯 | International News |

美国中央空调和空气源热泵 2020 年上半年出货量
美国环保局将空调使用的 A2L 制冷剂列入清单
欧洲能源和环境合作组织(EPEE)表示“可持续制冷是复苏之路”
联合国环境署:清洁能源比以往更值得投资

LET THE BUILDING BREATHE FREELY / 让建筑自由呼吸



麦克维尔官方微信 麦克维尔官方网站

McQuay
International

点亮绿色城市节能梦想

麦克维尔全系列风冷螺杆机组

医疗建筑

四管制冷热一体机系列MHS-SQ3

数据中心

自然冷却系列Free Cooling

公共建筑

超高效领航者系列MHS-PR3

工业厂房

变频系列MCS-MV3

商业建筑

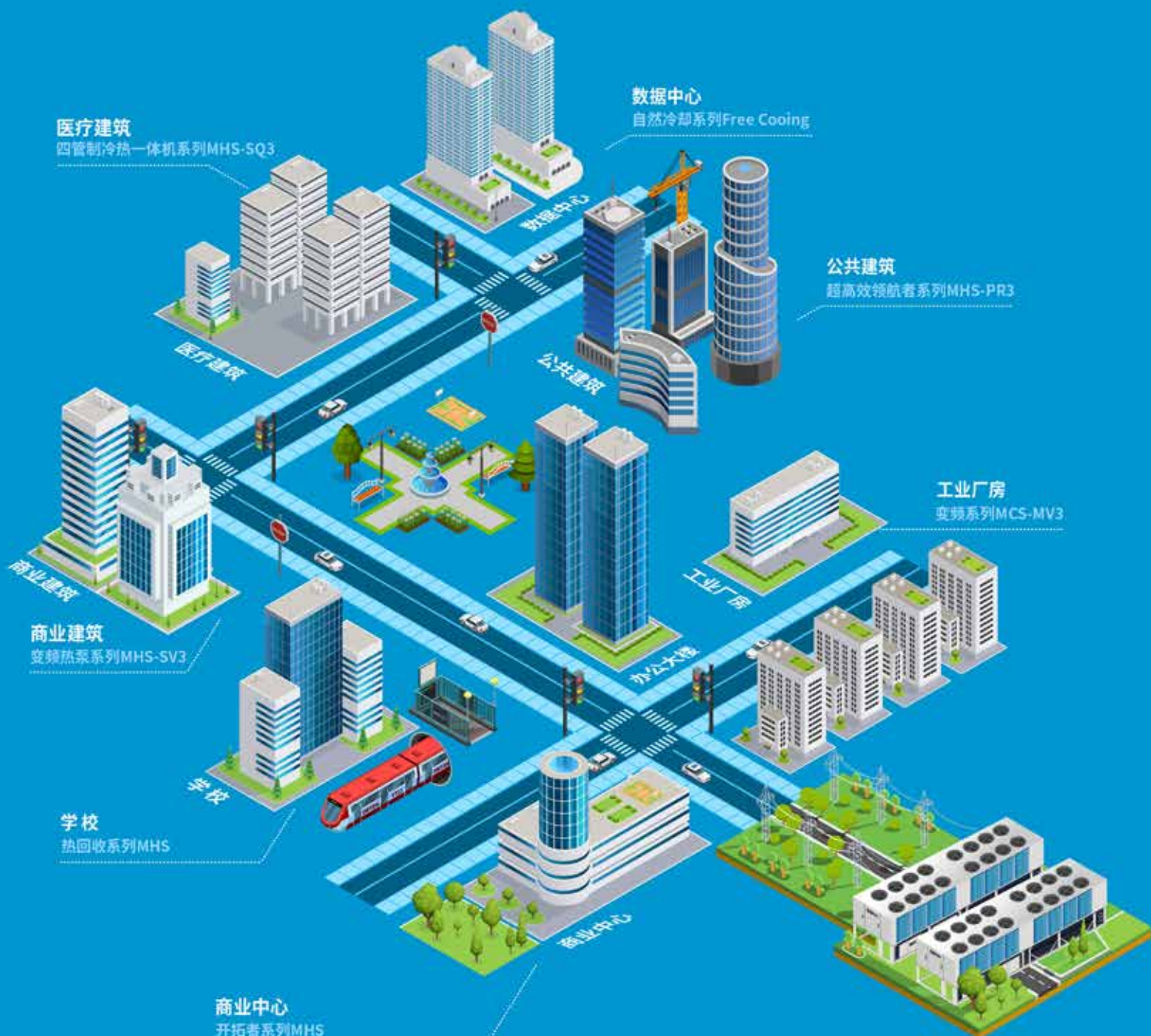
变频热泵系列MHS-SV3

学校

热回收系列MHS

商业中心

开拓者系列MHS



C CONTENTS



国家标准《建筑室内照明设计标准》
GB50034 顺利通过审查



中国建筑科学研究院中标
“中新天津生态城智慧城市 CIM 平台及应用
建设项目”



中国建筑科学研究院两项目获
“2019 中国医疗建筑设计年度优秀项目”



中国建筑科学研究院与中国节能签署战
略合作协议

24 | 热点聚焦 | Spotlight |



CAHVAC 暖通大讲堂第二季“绿色暖通与健康建筑”回顾（上）

29 | 聚焦政策 | Policy |

- 关于印发《山东省住宅专项维修资金管理办法的》通知
- 关于重庆市 2020 年度绿色建筑与建筑节能配套能力建设项目计划的通知
- 关于印发《河北省村庄建筑导则》等四个技术指导文件的通知
- 四川省关于实施《绿色建筑评价标准》的通知
- 关于印发《保定市绿色建筑专项规划》(2020-2025 年)的通知

36 | 案例赏析 | Cases |

- 马尾综合体育馆暖通空调设计
- 合肥职业技术学院体育馆暖通空调设计
- 武汉某写字楼地源热泵系统设计与实施

48 | 技术交流 | Technical communication |

- 双压冷凝双压蒸发空气源热泵系统的开发与研究
- 平板型太阳能集热器性能研究分析
- 光伏一体化太阳能热泵热水器的实时变容量控制研究
- 一种瓦片式太阳能聚集器设计及性能研究
- 太阳能 - 空气源复合热泵室外换热器数值模拟与分析

NET.Pro(2020)热湿型新风机

热湿交换芯技术 / 国家十三五项目

国标 GB/T 21087-2007



有CCC认证的新风净化机!



风量范围
150-350m³/h



热湿交换芯
可水洗



德国风机



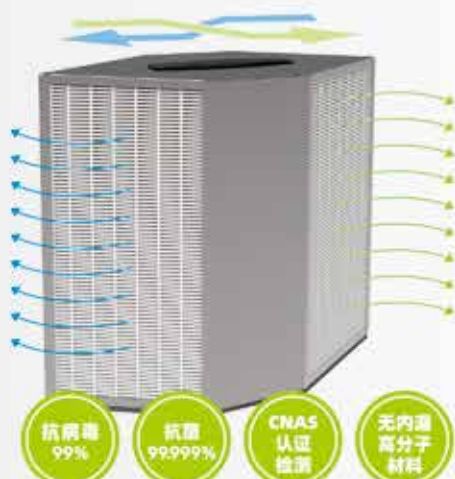
H13高效过滤



智能控制



静音



美国 DAIS 膜芯全热交换芯

病毒颗粒直径: 70-200nm 细菌颗粒直径: 300-2000nm

告别纸芯 | 抗菌 | 无孔膜 | 零漏风 | 防止交叉感染



美国陶氏



免更换



可水洗



抗潮湿



抗冻



20年验证

抗菌率
99%

抗菌
99.999%

CNAS
认证
检测

无内漏
高分子
材料



冷·暖·水·管

国家课题:

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

国家及行业标准起草单位:

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

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

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



ISO/TC 274/WG 2 第 13 次工作组会议顺利召开

2020 年 6 月 8 日，国际标准化组织 ISO/TC 274/WG 2（第二工作组）第 13 次工作会议通过 Zoom 网络平台顺利召开。TC 274 技术委员会主席 de Visser Ad、秘书长 Gomille Juliane 以及来自中、英、法、德、意、日、荷、瑞士、瑞典等 9 个国家的技术专家共计 19 人参加了本次会议。会议由工作组召集人中国建筑科学研究院有限公司环能院光环境与照明研究中心主任王书晓研究员主持。

王书晓作为标准编制工作项目负责人与各位参会专家共同回顾了国际标准《光与照明——照明系统调试方法》ISO TS 21274 标准的编制历程和重点内容，并对 TC 274 技术委员会主席以及各国技术专家在标准编制过程中给予的支持和帮助表示感谢。该标准已于 2019 年 12 月通过 DTS 投票，预计最晚将于 2020 年 8 月前正式发布实施。

随后，与会专家重点讨论了 WG 2 工作组未来工作计划，确定近期将启动照明系统调试应用技术报告（Technical Report）的编制工作，为 ISO TS 21274 实施提供技术支撑，为照明系统调试工作的开展提供指导，并由王书晓作为项目负责人；同时，将针对既有照明系统改造、照明系统的再调适（Recommissioning of lighting system）开展相关标准化工作。

最后，TC274 主席 de Visser Ad、秘书长 Gomille Juliane 及与会专家对召集人王书晓研究员在过去 4 年中积极推动照明系统调试标准化工作的付出表示感谢，并确定下一次工作会议于 2020 年 10 月通过网络平台召开，并拟针对技术报告大纲及主要内容进行讨论。

行业标准《建筑供热供冷系统能效检测验证标准》编制组成立暨第一次工作会议顺利召开

根据《认监委关于下达 2019 年认证认可行业标准制（修）订计划项目的通知》的要求，由中国建筑科学研究院有限公司负责制定的行业标准《建筑供热供冷系统能效检测验证标准》（计划编号 2019RB015）编制组成立暨第一次工作会议于 2020 年 6 月 11 日以网络会议形式成功召开。

国家市场监督管理总局认可检测司技术处娄丹处长、傅斌友博士，主编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邹瑜副院

长、曹勇研究员，以及来自各科研院所、高等院校、企业共 22 人参加了本次会议。

标准制定编制组成立会议由张婧主持。邹瑜副院长代表主编单位致欢迎辞，对主管部门、标准参编单位及编制组成员给予的大力支持表示感谢，并强调了标准制定的重要性。娄丹处长代表标准主管单位发表重要讲话，对标准的编制过程中涉及到的主要环节、可能的重大事项调整等进行了要求，同时对标准的实施成效寄予了厚望。

随后，张婧宣读了标准编制组成员名单。

标准制定编制组第一次工作会议由曹勇研究员主持，并代表主编单位就标准立项背景、标准大纲、重点内容、任务分工以及进度安排作了详细介绍。与会代表对标准制定的重点和难点、专题研究、关键指标等内容进行了深入讨论。

傅斌友博士代表主管单位对标准的制定提出

要求：严格执国标《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》GB/T 1.1-2020 中对标准编制结构、起草规则等的规定。

最后，曹勇研究员向参会代表再次表示感谢，并进一步强调了标准制定工作的紧迫性，对编制组提出了要求。编制组专家均表示将全力支持配合标准编制工作，助力标准工作顺利开展。

国家标准《建筑室内照明设计标准》GB50034 顺利通过审查

2020年5月22日，由中国建筑科学研究院有限公司会同相关单位编制的工程建设国家标准《建筑室内照明设计标准（送审稿）》审查会通过网络平台顺利召开。来自主管部门、科研院所、设计单位、企业等审查专家及编制组成员30余人参加了会议。会议由住房和城乡建设部建筑环境与节能标准化技术委员会主持，中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院邹瑜副院长致辞，成立了以戴德慈教授级高工为组长，王勇教授级高工为副组长的审查专家组。

住房和城乡建设部标准定额研究所刘彬副处长出席本次会议，并代表对标准审查工作提出了具体要求。邹瑜副院长对于与会专家给予本标准编制工作的支持和帮助表示感谢，并要求编制组按照审查意见对标准进行完善，确保标准的科学性、先进性和可操作性。

中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院赵建平研究员向审查专家介绍了《标准》的编制过程、主要工作及重点技术内容。《标准》是在原《建筑照明设计标准》（GB 50034—2013）基础上，参考国内外相关标准，经广泛调研、经过了大量的实验验证，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上进行了修订。

审查专家组对标准送审稿逐章、逐条进行了认



真细致地审查和热烈地讨论，一致同意《标准》通过审查，认为《标准》注重新技术、新产品的应用，提高了照明产品效能指标，降低了照明功率密度限值，增加了优先利用天然光、提高照明舒适度等健康照明相关技术内容，符合当前照明技术发展趋势，科学合理，依据充分、准确可靠、可操作性强，具有一定的创新性和前瞻性。

《标准》将进一步提高照明节能设计水平，对创造良好光环境，促进绿色与健康照明发展具有重要意义。

“十三五”国家重点研发计划项目“既有公共建筑综合性能提升与改造关键技术”课题绩效评价会顺利召开

6月28日至29日，中国建筑科学研究院组织召开了“十三五”国家重点研发计划项目“既有公共建筑综合性能提升与改造关键技术”所属9个课题绩效评价会议。本次会议采用在线视频会议方式召开。公司党委书记、董事长王俊，公司副总经理王清勤、尹波，以及课题承担单位和课题参与单位研究人员共80余人参加会议。

王清勤代表项目承担单位致辞，并为国家“十四五”科技规划献言献策。

本次会议成立了以“十三五”绿建专项总体专家组的工程院院士江亿为组长、教授级高工郝军为副组长的专家组团队，王俊总结发言感谢各位专家。

中国建筑科学研究院中标 “中新天津生态城智慧城市 CIM 平台及应用建设项目”

2020年6月15日，中国建筑科学研究院有限公司与易智瑞信息技术有限公司联合中标“中新天津生态城智慧城市 CIM 平台及应用建设项目”，此项目由公司建研科技所属北京构力科技有限公司和天津分院负责执行和交付。

中新天津生态城是中国、新加坡两国政府战略合作项目，生态城的建设以“生态+智慧”双轮驱动，展现了中新两国政府应对全球气候变化、加强环境保护、节约资源和能源的决心，为资源节约型、环境友好型社会的建设提供积极的探讨和典型示范。经过“十二五”的发展，一个“资源节约型、环境友好型”的生态城市已经在新生态城初步展现，并在国内外形成了良好的示范效应。“十三五”期间，生态城继续拓宽中新合作领域，同时在生态城实现城市数据跨部门、跨专业的智慧应用。

按《国务院办公厅关于全面开展工程建设项目



审批制度改革的实施意见》（国办发〔2019〕11号）的工作要求，该项目的建设，以城市的信息数据为基础，建立起三维城市空间模型和城市信息的有机综合体，将传统静态的数字城市升级为可感知、动态在线、虚实交互的数字城市，为城市科学管理和精细化管理提供了数据基础，是智慧城市的重要组成部分。

中国建筑科学研究院两项目获 “2019 中国医疗建筑设计年度优秀项目”

2020年6月11日，第四届中国医院建设匠心奖之“2019中国医疗建筑设计年度优秀项目”获奖作品名单公布，中国建筑科学研究院有限公司承担设计的深圳市慢性病防治院改扩建工程、泰康（南京）国际医学中心两个项目获得年度优秀项目奖。

深圳市慢性病防治院改扩建工程由公司建筑设计和深圳分公司承担方案设计和施工图设计，该工程在原有深圳市慢性病防治院的场址上改扩建，项目面积31017.5平方米。如何合理布置功能与流线成为设计的核心，经过项目组成员多次讨论，最终呈现出内外人流分区明确、相互不受干扰的流线，并且运用内部园林体系将功能与外形完美结合在一起。评审组点评该项目的亮点为合理组织内外人流、兼顾经济性与适用性合理组织功能、采用“参与式园林”设计和实验室“共享模块”。

泰康（南京）国际医学中心由建筑设计院承担施工图设计，该项目面积为17.65万平方米，以高端科学教研医院为目标，拟建成一所特色鲜明、功能齐全、布局合理、理念先进、设施现代、技术领先的智能化、医教研一体化的三级医院。因项目地块被群山环绕为一块凹地，项目组成员本着尊重自



然的原则，避免大量土方浪费，减少对自然景观的破坏，最终呈现出建筑沉浸在山体之中，被群山环绕，保留城市视觉通廊与绿袖。评审组点评该项目的的设计在因地制宜、顺应自然、湖光山色、自然采光、分期连通性、整体运营效率方面具有突出表现。

中国建筑科学研究院有限公司党委书记、董事长王俊调研环能院党建和改革发展工作

5月28日,中国建筑科学研究院有限公司党委书记、董事长王俊调研环能院及所在基层党建联系点环能院第三党支部党建改革发展工作。环能院领导班子成员、职能部门负责人、第三党支部党员参加调研座谈。

座谈会上,王俊听取了环能院统筹推进疫情防控和有序复工复产、基层示范党支部创建、“科改示范行动”等情况汇报,与参会人员进行深入交流,对环能院进一步抓好党建和改革发展工作提出了四点要求:一是要加强政策宣贯,把党中央、国资委

党委和公司党委的有关政策研究透彻、传达到位,统一干部职工思想认识。二是要坚持党建与改革发展同步部署、同步推进,充分发挥基层示范党支部的示范引领作用,发扬优良传统,拓宽工作思路,促进党建与生产经营深度融合。三是要大胆探索,摸着石头过河,抓住改革先机,以市场化机制推进“科改示范行动”。四是要促进科技成果转化,以市场为导向,坚持质量第一、效益优先,推动高质量发展。

公司党群工作部、企业发展部有关人员陪同调研。



中国建筑科学研究院公司召开 BIM 工程项目软件成果研讨会

6月30日,中国建筑科学研究院召开 BIM 工程项目软件成果研讨会。党委书记、董事长王俊,总经理、党委副书记许杰峰,总会计师徐震,副总经理王清勤、李军参加研讨会,相关职能部门负责人,建研科技领导班子成员、相关项目负责人、项目研发团队等共 29 人参加了会议。

会上,科技部标准部主任黄世敏详细介绍了项目背景、立项历程、总体目标及组织进展,并明确了下一步工作计划。建研科技副总裁马恩成对项目实施方案与技术路线进行详细汇报,项目研发团队对研发成果进行现场演示并进行了成果研讨。王俊作总结讲话并提出任务目标、保护防范、市场推广三方面要求。

与会项目人员及研发团队深刻意识到,要切实增强紧迫感和危机感,认真学习中央一系列重大政策举措,全面把握国企改革的新部署新要求,聚焦



主业,做强实业,同时,要以“抓重点、补短板、强弱项”为主线,在关键领域下大功夫,集合精锐力量尽早取得突破,不断增强公司的竞争力、创新力、控制力、影响力和抗风险能力。

中国建筑科学研究院与中国节能签署战略合作协议

6月28日上午,中国建筑科学研究院有限公司与中国节能环保集团有限公司(以下简称“中国节能”)战略合作协议签约仪式在公司科研大楼举行。公司党委书记、董事长王俊和中国节能党委书记、董事长宋鑫分别代表合作双方签署了战略合作协议。

公司总经理、党委副书记许杰峰、总会计师徐震、副总经理李军,中国节能总经理、党委副书记余红辉、总会计师解国光、副总经理刘大军及双方相关部门、单位的领导出席了本次签约仪式。

中国节能是以节能环保为主业的中央企业,是我国节能环保健康领域专业最全、规模最大、综合实力最强的产业集团和行业公认的领军企业。根据协议,双方将充分发挥各自的优势,在党建引领、市场开拓、科技研发、产业资本运作、推动“走出去”等方面展开全方位合作。本次战略合作协议的签署,

标志着双方建立了长期稳定、全面合作、共同发展的战略合作伙伴关系。

签约期间,双方一同参观了公司展厅和近零能耗示范楼,并就进一步深化战略合作关系进行了深入交流。



国家标准《既有建筑改造绿色评价标准》修订编制组成立暨第一次工作会议召开

2020年6月30日,国家标准《既有建筑改造绿色评价标准》GB/T51141-2015(以下简称“《标准》”)修订编制组成立暨第一次工作会议于以视频形式召开。《标准》的修订工作由公司会同有关单位开展。

住房和城乡建设部标准定额司巡视员倪江波、副司长王玮、处长林岚岚,标准定额研究所副处长刘彬,住房和城乡建设部建筑环境与节能标准化技术委员会秘书张婧,主编单位、公司副总经理王清勤、科技标准部副主任姜波,以及《标准》编制组专家和秘书组成员近30人参加会议。

王清勤代表《标准》主编单位致辞,《标准》

修订编制组正式成立,召开编制组第一次工作会议,会上介绍了《标准》修订的前期准备工作情况、修订思路、框架和任务分工、进度计划及下一步工作安排等。

《标准》的修订将借鉴国家标准《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019的先进理念,并与其相互协调配合,分别引导既有建筑改造和新建建筑的绿色发展,共同构成我国绿色建筑领域的基础标准。《标准》修订后将有助于全面落实国家有关既有建筑绿色改造政策落地实施,促进既有建筑绿色改造高质量发展。

行业新闻 IndustryNews

国家卫健委：定期对空调 冷凝水盘进行清洁消毒

6月19日，国务院联防联控机制就《低风险地区夏季重点地区重点单位重点场所新冠肺炎疫情常态化防控相关防护指南》（以下简称《指南》）有关情况举行发布会。中国疾控中心环境所所长施小明提醒，要加强对空调冷凝水、冷却水的卫生管理。表冷器等部位长时间容易孳生微生物，要定期对冷凝水盘进行清洁和消毒。”

据了解，此版《指南》和上一版相比增加了关于中央空调系统使用的指导意见。全空气空调系统由原来要求全部关闭回风，调整为尽可能减小回风，增大新风量。强调对冷却塔等进行清洗，保持新风口清洁，定期对送风口等设备和部件进行清洗、消毒或更换。

国家能源局：2020年清洁能源利用率将进一步提高

6月22日，国家能源局发布《2020年能源工作指导意见》（以下简称“意见”）。

《意见》对2020年的能源工作作出指导，总体上坚持以清洁低碳为发展目标，2020年煤炭消费比重降到57.5%左右，清洁能源利用率进一步提高，电能占终端能源消费比重将达27%左右，新增清洁取暖面积15亿平方米左右。

推动建筑节能 业内积极探索产能建筑发展

近日，《产能建筑群技术路线及技术经济可行性研究》课题开题研讨会举办。课题首批参与单位与专家深入交流有关于沟通课题规划、研究方向、研究重点、研究范围等。建筑能耗占社会消费总能耗的30%~50%，能源紧缺、环境污染逐渐成为影响世界可持续发展的重大问题。现阶段我国正处在积极推动超低能耗、近零能耗建筑的发展道路上。而产能建筑则可最大程度降低能源消耗、充分利用自然资源与周围环境和谐共生，并实现让建筑生产、存储、分配能源的最高目标。

《产能建筑群技术路线及技术经济可行性研究》课题牵头申报单位为甘肃中安瑞科科技有限公司，研究工作主要由甘肃中安瑞科科技有限公司和中国建筑科学研究院有限公司

承担。首批共同合作参与课题研究的单位共有五家：甘肃中安瑞科科技有限公司、中国建筑科学研究院有限公司、中信建筑设计研究总院有限公司、中国能源建设集团南方投资有限公司、国安瑞（北京）科技有限公司，本次均参加了课题开题研讨会。课题目前已经完成前期准备工作，主要研究单位也已开展相应的研究工作。

课题目标围绕我国实现产能建筑群的适应性技术分析，可行性技术经济方案；不同建筑业态构成的建筑群实现产能建筑的技术要求；不同气候下产能建筑群的技术路线；产能建筑群，能源生产、存贮、输配、应用的能源微网的相关关键技术要求和技术路线。据悉，本次课题结束后，将进入样板和示范项目阶段。

北京大兴国际机场：地源热泵供冷系统首次启动运行

近日，北京大兴国际机场4座供冷站同时投入运行，标志着北京大兴国际机场首个完整供冷季正式启动。大兴机场供冷系统采用了冰蓄冷、地源热泵等技术，具有可再生能源使用率高、系统复杂、设备高效的特点。大兴机场航站楼吊顶、地面辐射供冷以及辐射供冷技术结合冰蓄冷工艺给增加亮点，可有效降低航站楼供冷能耗，提升旅客舒适度。

为保证大兴机场供冷系统运行安全平稳，技术人员开展了空载运行、输送系统联调、水力平衡调试、制冷站单站运行等一系列调试工作。针对地源热泵系统开展了单调、联调以及试供试调。

据了解，大兴机场地源热泵工程一共建设2个能源站，共安装8台地源热泵机组。同时，为增大地源热泵供能面积，大兴机场还分别在1号能源站和2号能源站配套安装了5套锅炉烟气余热回收热泵和1套冰蓄冷设备，加大设备运行期间对多种再生能源的综合利用。根据测算，大兴机场地源热泵系统每年能提取浅层地热能56.36万吉焦(GJ)，实现大兴机场公共区域近250万平方米办公场地的供热和制冷，节省天然气1735.89立方米，相当于21078吨标准煤，可减少碳排放1.58万吨以上，是真正意义上的绿色节能空调系统。

辽宁筹措资金 25.3 亿元支持老旧小区改造

今年以来，辽宁多措并举推进老旧小区改造。截至目前，全省已筹措资金 25.3 亿元，着力支持全省 894 个小区、6708 栋楼进行提升改造，惠及居民 35.8 万户。

据了解，辽宁已将加快老旧小区综合提升改造纳入 2020 年重点任务中，并将其纳入专项债券的支持范围。辽宁探索建立居民合理负担、专业经营单位投资、市场化运作的多方

筹资机制，引入社会资本参与老旧小区改造。同时，对全省老旧小区进行全面调查摸底，建立老旧小区改造项目库，为总体谋划推进老旧小区改造奠定基础。

此外，辽宁还积极建立资金监管机制，做好老旧小区改造资金的审计、检查、绩效评价等工作，确保市、县改造计划与财政承受能力相匹配，提高资金使用效率。

内蒙古今年一季度绿色建筑总面积达到 714.85 万平方米

2020 年一季度全区共有 286 个项目按照绿色建筑要求进行设计建造，建筑面积达到 714.85 万平方米，同比增长 45%，其中有 26 个项目、251.35 万平方米取得了绿色建筑评价标识，涵盖居住建筑、公共建筑。其中，呼和浩特市绿色建筑面积超过了 190 万平方米，居全区首位；通辽市、赤峰市和包头市市绿色建筑面积均超过了 100 万平方米；兴安盟、乌兰察布市、鄂尔多斯市、巴彦淖尔市、锡林郭勒盟和满洲里市的绿色建筑面积与去年同期相比均有所提高。

下一步，内蒙古自治区住房和城乡建设厅将继续大力推动



绿色建筑发展，认真贯彻落实《内蒙古自治区民用建筑节能与绿色建筑发展条例》和《2020 年全区绿色建筑发展行动计划》的要求，根据各地疫情防控形势，积极推动复工复产，进一步加大政策统筹和推进落实力度，促进我区绿色建筑规模化发展，确保 2020 年绿色建筑占新建建筑的比例达到 50% 以上。

安徽三项工程建设地方标准将施行

5 月 29 日上午，省住房和城乡建设厅组织召开了《住宅设计标准》、《高层钢结构住宅技术规程》、《居住建筑节能设计标准》等 3 项安徽省工程建设地方标准发布宣贯会。标准定额处王晓魁处长发布 3 项标准信息，概括介绍了 3 项

标准的编制背景、主要内容特点以及下一步贯彻实施要求。

新标准将于 6 月 25 日起施行，旨在提升我省住宅建设水平，届时，老百姓对于居住质量、居住功能、居住环境等需求将进一步得到保障。

山东绿色建筑发展“路线图”划定

近年来，绿色建筑以为人们提供健康、适用、高效的使用空间，最大限度地实现人与自然的和谐共生，受到越来越多关注。为规范绿色建筑发展专项规划（以下简称“专项规划”）编制工作，指导和推进山东省绿色建筑发展和城乡建设高质量发展，促进资源节约利用，推进生态文明建设，山东省近日制定绿色建筑发展专项规划编制技术导则（试行）。

据介绍，绿色建筑发展包含绿色建筑、装配式建筑、超低能耗建筑和既有建筑等的可持续、高质量发展。山东省住建厅专业人士指出，专项规划的编制应遵循“因地制宜、协同发展、适度超前、有序推进，统筹兼顾、突出重点”的原则，坚持“被动技术优先、主动技术优化”的发展理念，综合考虑各类绿色建筑技术的协调发展。应依据相关法律、法规和国土空间总体规划等，在充分调查研究基础上，结合规划区域的气候、环境、能源、经济及产业发展等特点，合理确定绿色建筑发展的总体目标、发展定位、技术路线和规划控制要求等，妥善处理近期与远期、局部与整体的关系。

此外，绿色建筑发展近期建设规划应合理确定绿色建筑发展重点区域，并结合该区域自然环境条件和经济发展水平，确定新建民用建筑中绿色建筑等级、各星级绿色建筑比例、装配式建筑比例、装配式建筑装配率低限要求和超低能耗建筑比例等建设要求。明确近期绿色建筑发展重点任务 and 重点项目等，制定近期建设项目库，明确绿色建筑发展控制要求。

黑龙江绿色建筑推广比例超六成

近日，从黑龙江省住房和城乡建设厅获悉，该省大力推广绿色建筑，新建绿色建筑面积大幅提升。2019年推广绿色建筑设计面积占新建建筑面积比重达64%以上，首次超过比重达50%的全国平均目标要求。

据悉，黑龙江省“绿色建筑”起步较早，2012年建成了首例严寒地区三星级绿色建筑。2018年，出台了《黑龙江省绿色建筑行动实施方案》，提出到2020年全省绿色建筑推广目标为50%，2019年全省13个市（地）或市政府或相关部门联合，都出台了绿色建筑具体工作方案，制定了本地区发展目标和政策措施。2018年推广绿色建筑设计面积560万平方米，占新建建筑面积比重约为18%，比2017年提升7%。2019年推广绿色建筑

设计面积1756万平方米，占新建建筑面积比重达64%以上。

据省住建厅相关负责人介绍，星级“绿色建筑”虽然增加了建设成本，但实施全装修，节约时间、人力、装修成本；同时提高安全耐久性。星级“绿色建筑”还将大幅提高健康舒适度，室内主要空气污染物的浓度明显降低，选用的装饰装修材料质量明显提升，水质、声环境、光环境、室内热湿环境明显改善。节约建筑材料，材料使用效率提升且可再循环利用，优先选用绿色建材。该负责人还表示，下一步，将加大顶层设计，制定政策法规，加快推进黑龙江省建筑节能和“绿色建筑”立法，加大推广“绿色建筑”，不断提升人居环境质量，促进行业绿色高质量发展。

2020年—河北建成全国首座装配式清水混凝土公共建筑

6月11日，在石家庄市槐安路395号院内，一座新型建筑拔地而起，这就是装配式清水混凝土实验楼示范项目。该建筑地下一层、地上六层，总建筑面积9587.58平方米，采用装配式建造技术与清水混凝土融合技术，建筑外部和内部基本不做装修，最大限度的践行低碳环保的绿色建筑理念，是我国首栋装配式清水混凝土建筑。

河北装配率最高的装配式混凝土结构公共建筑创新结构装饰一体化模式突破三大关键技术：一是装配式清水混凝土框架结构体系建造技术；二是围护结构与保温隔热装修一体化墙板；三是

基于BIM的全生命周期管理技术。



广东省“十三五”期间新增绿色建筑面积3.69亿平方米

6月23日，广东省2020年建筑领域节能宣传月启动仪式在广州知识城举行，从现场获悉，“十三五”期间全省城镇新增绿色建筑面积3.69亿平方米，城镇绿色建筑占新建建筑比例逐年递增，在2019年达到58%，超额完成年度目标任务。其中，高星级绿色建筑面积连续两年保持60%以上的高速增长，广州、深圳、佛山、珠海等地已建成高星级绿色建筑发展聚集区。

同时，绿色建筑政策法规和标准体系建设取得较大进展。

《广东省绿色建筑条例》正式列为2020年省人大地方立法计划，立法工作驶上快车道，而且一批绿色建筑的标准正在编制中，今年内将出台《广东省绿色建筑设计规范》，《广东省绿色建筑评价标准》《广东省绿色建筑施工及验收规范》等也在加快制定中。另外，装配式建筑在节材方面具有优势，“十三五”以来，广东已建立3个装配式建筑示范城市、81个产业基地、27个省级示范项目，累计新建装配式建筑面积超过5100万平方米。



湖南省力推浅层地热能建筑规模化应用试点

据悉,湖南省住建厅正与省发改委、省财政厅、省自然资源厅等厅局抓紧起草文件,拟在全省大力推进浅层地热能建筑规模化应用试点工作,从今年持续至2022年。

国家已将地热能应用纳入《可再生能源法》。我省浅层(地下15米至200米埋深)地热能资源丰富,是储量大、分布广、清洁环保、稳定可靠的可再生能源,但开发利用力度还比较小。数据显示,截至2018年底,全省利用浅层地热能供暖制冷的建筑面积仅1300万平方米。

湖南省住房和城乡建设厅巡视员高东山介绍,大力发展湖南

省具有资源优势和应用基础的浅层地热能,是有效降低建筑能耗、缓解能源供需矛盾的重要手段。根据试点方案鼓励浅层地热能资源丰富、应用基础条件较好的地区,按照“片区+园区+特色小镇+重大单体项目”相结合的思路,规模化、成片化实施浅层地热能建筑应用试点。依托有实力的科研院所建立浅层地热能开发利用研发中心,组建产、学、研、用一体化的新能源建筑应用技术联盟。加快建立技术标准体系,采取合同能源管理、区域能源系统特许经营等市场化推广机制,着力培育浅层地热能新型市场主体。

2020年海南出台13条措施推进装配式建筑发展

近日,海南省人民政府办公厅印发《关于加快推进装配式建筑发展的通知》,从政策监管机制、产能布局、科技创新引导、容积率奖励、监督与问责等方面就如何推进装配式建筑发展作出了具体规定。

通知共涉及政策措施13条。其中提出,到2022年年底,各市县年度商品住宅实施计划项目中,采用装配式方式建造的比例应不低于80%。经申请并由省住房和城乡建设厅审核确定达到国家装配式建筑评价标准的项目,可适当增加该项目年度商品住宅计划指标。

通知鼓励图书馆、展览馆、工业厂房及机场、铁路、公路、港口等客运场站,办公楼、写

字楼、学校、医院、停车楼和单体面积超过2万平方米等公共建筑以及抗震设防烈度8度区内的超高层建筑等优先采用钢结构装配式方式建造。鼓励农村危房改造、社区活动中心(室)、警务室等适宜标准化、模块化的建设项目采用装配式方式建造。通知明确,对符合容积率奖励政策的在建或已建项目可在项目所在地的该企业其他项目中兑现容积率奖励指标。



河南清洁能源利用提前完成“十三五”规划任务

6月19日,从在郑州召开的河南省清洁能源利用和发展座谈会上获悉,全省清洁能源利用和发展再提速,提前一年超额完成“十三五”规划任务。

从总体上看,2019年,河南省风能、太阳能资源开发有序推进,生物质能资源开发利用取得了积极的进展,地热能开发利用规模进一步扩大,当年完成2500余万平方米供暖制冷任务。根据河南省“十三五”规划,“十三五”末要完成清洁能源制冷供暖任务8200万平方米,截至2019年,“十三五”期间已经完成8900万平方米,提前一年超额完成了“十三五”规划任务。

与此同时,2019年,河南省可再生能源发电量374亿千瓦时,同比增长了18%。其中风电发电量88亿千瓦时,同比增长54%;光伏发电量达到102亿千瓦时,同比增长21.5%;生物质发电量达到39亿千瓦时,同比增长23.8%;水电发电量达到145亿千瓦时,同比增长0.7%。全省通过持续加强配套电网工程建设、优化电网运行调度,确保了全省可再生能源发电的全额消纳。



合肥建筑节能改造 可获补贴

宾馆、医院、商场、学校等进行节能改造，今后将有钱拿，单个节能改造项目奖补金额最高可达300万元。近日，合肥市城乡建设局公布《合肥市公共建筑节能提升奖补资金管理办法》，进一步发挥公共建筑节能提升重点城市建设示范效应，推动市民身边更多房子变绿。

按照规定，合肥的公共建筑节能提升重点城市建设工作以社会资金投入为主，政府奖补资金为辅，鼓励采用合同能源管理模式进行节能改造。奖补资金实行总量控制、专项管理，安排使用，受社会各方监督。不过，想要拿到政府奖补资金，需要符合一定的条件。如，必须是2018~2020年7月底期间竣工的项目；市内3000平方米以上的既有公共建筑，包括宾馆、医院、商场、办公、学校、学生宿舍等；项目对采暖通风及空调系统、生活热水系统、供配电与照明系统、监测与控制系统、围护结构、可再生能源等进行一项或多项节能改造。

本次奖补资金优先补助技术性能先进、单体或总量应用面积大，资金放大效应高的项目；政府投资的具备公益性的民生项目、公用事业工程，包括大型公共建筑、学校、医院、养老院等。根据奖补资金补助标准，项目奖补按照技术服务单位核定的节能率和改造面积进行补助，节能率高于15%的：专项资金补助金额按照（核定的改造建筑面积）18元/m²标准，采用合同能源管理模式的项目补助金额另加2元/m²，为20元/m²。单个节能改造项目奖补金额上限为300万元。

中国人寿与国家电投将联合成立清洁能源 基金规模约80亿

6月22日，中国人寿与国家电投在京签署战略伙伴全面合作协议，双方将携手出资设立基金，用以指定国家级大型清洁能源项目建设，总投资额将达到人民币约80亿元。

根据协议，该清洁能源项目由中国人寿、国家电投、国寿产业扶贫基金共同出资成立的清洁能源基金投资建设，基金总规模不超过80亿元。其中，中国人寿出资不超过72亿元，由集团旗下资产管理公司受托管理。

据测算，该清洁能源项目

建成后，将成为国家首个大规模可再生能源平价上网示范项目。投产后，其所发电量将按照可再生能源优先发电原则在京津冀地区电力市场消纳，在无需国家补贴助力的情况下，收益率与现金流水平相当于水力发电项目。同时，该清洁能源项目建设区域为中国人寿定点帮扶地区之一，项目的建设运营中还将优先考虑支持当地扶贫建设工作，这将拉动当地就业和经济发展，实现造血扶贫效应。

甘肃：2020年累计完成100万户清洁取暖改造

甘肃省生态环境厅大气环境处近日印发《甘肃省打赢蓝天保卫战2020年度实施方案》（以下简称《方案》）的通知。

《方案》明确，逐步实施县级以上城市（含县城）城乡结合部及周边乡镇居民取暖土炕、土灶、小火炉煤改气、煤改电或洁净煤替代工程。

《方案》提出有序推进冬季清洁取暖。认真落实《甘肃省冬季清洁取暖总体方案（2017—2021年）》，结合国土空间规划和发展实际，优先发展集中供暖。积极争取甘肃省城市纳入北方地区清洁取暖试点城市范围，在确保民生取暖安全的前提下，按照清洁替代、经济适用、居民可承受的原则，综合采用各类清洁取暖方式，替代燃煤取暖。

逐步实施县级以上城市（含县城）城乡结合部及周边乡镇居民取暖土炕、土灶、小火炉煤改气、煤改电或洁净煤替代工程。到2020年累计完成100万户改造。

稳步发展清洁能源和新能源。逐步提高非化石能源消费比重，2020年，非化石能源占能源消费总量比重超过20%。有序发展水电，优化风能、太阳能开发布局，因地制宜发展生物质能、地热能等。加大可再生能源消纳力度，着力解决弃风、弃光问题。



宁波市新建绿色建筑面积超 1.1 亿平方米

近年来,从工业生产到百姓生活,从城市到乡村,以低碳城市试点为契机,围绕低碳产业、低碳能源、能效提升等重点领域,宁波通过持续探索沿海制造业强市的低碳发展模式,产业结构、能源结构持续迈向低碳化、绿色化,低碳生活在宁波已经成为新风尚。

新能源供热是绿色建筑的发展方向之一。近年来,宁波市全面推行绿色节能建筑。推动建

筑能效提升、开展民用建筑节能审查,全市新建建筑中达到绿色建筑标准的比例 100%。截至目前,累计新建绿色建筑面积 1.1 亿平方米。此外,天然气在居民、工业、汽车、供热等领域应用比重逐步增加。通过持续推进“煤改气”,全市已建天然气管道 7000 多公里,2018 年天然气消费量 25.8 亿立方米,占一次能源消费比重 4.5%,2019 年天然气消费量达 26.9 亿立方米。

做好秦皇岛市第一人民医院门诊楼改扩建样板示范

今年,秦皇岛市印发《2020 年全市装配式建筑发展目标》,对政府投资建筑项目采用装配式方式建造进行了明确规定,还要求积极开展试点示范,启动一批规模化示范项目,推广适用技术。

秦皇岛市积极做好样板示范。秦皇岛市第一医院综合门诊楼改扩建项目是全市卫生系统第一个钢结构装配式建筑,建筑面积 5 万多平方米,地上五层,地

下两层,主体钢结构框架高 29 米,采用装配式施工不仅保护环境、减少噪音,建设工期也能缩短四分之一。

这也是省内目前最大的钢结构装配式医院,主体采用钢结构装配式,80% 的墙体均采用装配式 ALC 墙板,装配率达到 76.7%,达到 2A 级装配式的建筑标准。



阜阳市积极推进

建筑节能 139.78 万 m^2 、
绿色建筑 108.32 万 m^2
及装配式建筑 26.6 万 m^2

近年来,阜阳市积极推进建筑节能工作,全面推进绿色建筑和可再生能源应用,大力发展装配式建筑。截至 2020 年 1~4 月,阜城新开工建筑总面积为 139.78 万 m^2 ,其中新开工装配式建筑 26.6 万 m^2 ,装配式建筑占新开工建筑面积的 19.0%,新开工绿色建筑面积为 108.32 万 m^2 ,绿色建筑占新开工民用建筑面积的 100%。

为全面执行现行节能标准,阜阳市加强监督检查,进一步提高设计、图审、施工等环节建筑节能标准执行质量,对竣工验收及备案阶段对绿色建筑和可再生能源应用进行严格把关。2016 至 2018 年度申报省级的 7 个绿色建筑、建筑节能示范项目中,有 5 个项目已经建成,其余预计今年交付使用。2019 年至 2020 年该市申报装配式建筑共获批 14 个省级示范项目,总建筑面积 266.2 万 m^2 。

为全面贯彻落实《阜阳市人民政府办公室关于印发〈工业重点项目提升行动实施方案〉等六个方案的通知》文件精神,阜阳市城乡建设局出台了《市城乡建设局产业项目年暨建筑业重点项目提升行动实施方案》和《市城乡建设局产业项目年暨建筑业重点项目提升行动调度考核实施办法》《阜阳市装配式建筑工程质量监督实施方案》。今年阜阳市将对《阜阳市绿色建筑管理办法》进行修订,依据《绿色建筑评价标准》的变化,调整该市对新开工民用建筑特别是公共建筑的绿色建筑星级要求。

石家庄市启动供热设施“冬病夏治百日攻坚”

近日，石家庄市启动“冬病夏治百日攻坚”活动，对主城区供热设施全面排查、检修，确保城市供热水平进一步提升。按照计划，市内四区至少完成100个隐患小区整改提升，市内四区每个区完成不少于25个、高新区完成不少于8个隐患小区的整改提升，同时完善智能监控平台，实现全市居民小区监测装置全覆盖，为下个采暖季的安全、稳定保驾护航。

为加快“冬病夏治”工作排查、维修、改造进程，石家庄市供热管理中心要求各区相关部门、各供热企业制定科学的工作计划、实施方案，倒排工期，攻坚克难，奋战100天，确保全年“冬病夏治”和各项供热保障工作圆满完成，为今冬明春的供热工作奠定坚实基础。

今年以来，石家庄市供热管理中心把“不达标小区、达标小区不达标户”作为工作重点，面对面解决市民用热问题。针对目前存在的供热设施跑冒滴漏、管道堵塞严重、管网老化、热用户室内温度不达标、供热安全隐患等突出问题，做到排查一项、解决一项，同时，深入社区访民，开展隐患小区和不达标住户整改提升工作，切实消除供热隐患。



太原市燃气锅炉改造有补贴“大块头”可补1/4

6月15日从太原市生态环境局了解到，9月底前，太原市要完成742台天然气锅炉、163台直燃机锅炉、99台焦(高)炉煤气锅炉低氮改造，补贴政策同时发布。依照要求，要领取补贴，完成改造后的锅炉氮氧化物排放浓度要控制在30mg/m³以下。

今年1至5月，太原市NO₂平均浓度值为46μ/m³，同比下降16.4%。氮氧化物不仅是太原市PM_{2.5}的重要前体物，同时还是夏季臭氧生成的重要“原料”，是大气污染防治的重点。所谓低氮改造，

是项目单位通过更换低氮燃烧器、整体更换燃气锅炉等方式，有效降低氮氧化物排放浓度的污染治理工程。

据了解，单台容量20蒸吨以上的大型锅炉，可按照改造投资额的25%给予补贴资金。单台锅炉容量不足20蒸吨的，按照改造方式不同(更换低氮燃烧器、加装烟气回流装置或者整体更换锅炉)，分别给予不同比例的补贴。列入去年低氮改造名单但未完成改造的，按照上述政策标准的70%予以补贴。

邯郸：老旧小区改造传承文化 提升品位

近日，从邯郸邯郸市住房保障和房产管理局获悉，邯郸市在老旧小区改造工作中，“里子”、“面子”一起抓，将精神文化和居民成长记忆融入改造中，实现了传承地方历史文化和改善人居环境二合一，为城市留下了有迹可循的记忆。改造后的老旧小区，展现出的不仅是建筑旧貌换新颜，也有居民脸上开心的笑容。

位于复兴区邯钢路社区的桥南小区始建于1979年，现有5栋居民楼，102户居民。小区改造按照三步进行：第一步以

拆促改，共拆除违章建筑80余处，清理建筑垃圾3000立方，建设了口袋游园、初心广场。第二步完善功能，重做楼顶防水，修补粉刷墙体，规整清理线路，重新铺设道路，疏通污水管道，整合闲置房屋，建立“邻里中心”，方便居民活动，安装晾衣架、楼道扶手等方便居民生活。第三步挖掘文化，利用小区独有的铁路文化，手绘铁路五代机车文化墙；利用小煤房改造“老物件”展示墙；打造怀旧主题的“桥南旧事”。



桥南小区改造前



桥南小区改造后

格力助力“中国V谷” 打造马栏山区域智慧 能源系统

近日，格力中央空调凭借着高效节能的产品和周到的服务赢得客户的认可，成功中标长沙马栏山视频文创园区区域能源项目（一期）。这是湖南首例同时采用地表水和污水为冷热源的示范性项目，对全国区域性能能源站的推广具有重大意义。中标机型为：2台3000RT高压离心式冷水机组、1台1800RT永磁同步变频热泵机组。

马栏山视频文创产业园区区域能源项目是长沙城投能源开发有限公司在湖南投资开发的第一个区域能源站项目，是湖南省第一个污水源热泵系统，整体按照绿色建筑三星级标准设计，能源站完全建成后，将为面积约400万平方米的园区集中供暖（冷）。

经过专业周全的考虑和设计，能源站使用两台格力高压离心式冷水机组和一台永磁同步变频离心式热泵机组，将两种机型相结合，运用主机台数控制与变频控制双重调节，从而在满足园区冷、热负荷需求的同时，还能达到节省初投资、系统节能的目的。



美的中央空调 & 中航云数据携手迈进大数据时代

6月19日，由美的中央空调与中航云数据联合举办的“新基建，新融合——新一代数据中心空调产品方案”发布会暨美的中航云战略签约仪式在美的集团总部大楼举行。美的中央空调和中航云数据正式签署战略合作协议，将就拓展数据中心业务等相关项目展开深入合作。美的中央空调作为美的集团的重要业务板块，一直紧跟国家和时代的步伐，坚持全面数字化、全面智能化的核心发展战略，不仅成功将大数据分析、物联网控制、AI算法、云计算等技术与暖通空调产品结合，而且更将数字化和智能化注入楼宇建筑之中。

随着5G逐步商用，数据中心建设爆发式增加，耗电量每年15-20%递增。为节能降耗，国家要求新建数据中心PUE < 1.4。而当前国内数据中心平均PUE在1.6~1.8之间，行业纷纷把数据中心建设在云贵、西北等冷



源充足的地区，利用自然冷源freecooling降低PUE。如何在发达的东部地区建立PUE < 1.4的数据中心，一直是个难题。

此次美的与中航云达成战略合作，新建项目坐落于广州及附近地区。根据气象资料，该地区年平均气温21.9℃、湿度81%，可部分利用freecooling。美的中央空调综合水资源考虑，决定采用高温冷冻水、高效末端和冷水机组+部分自然冷源，优化系统节能控制，降低PUE。美的创新开发的新型节能末端结合美的高效冷水主机（带freecooling）和M-BMS整体解决方案满足数据中心PUE < 1.4的要求。

再牵头定标准！海尔让高效机房建设有据可依

6月12日，2020海尔中央空调第二届海盟专家俱乐部及工程俱乐部交互峰会在青海西宁召开。活动现场海尔牵头启动行业首个《高效机房行业应用标准》制定工作。《绿色高效制冷行动》节能政策驱动和5G物联技术的迭代，为暖通空调行业的发展明确了方向和目标，也对高效机房的系统化发展应用提出了更高的要求。

基于此，海尔中央空调率先首推E+物联高效机房系统解决方案。该方案可以实现统一管理、远程操控和无人值守，机房设备最终实现“自联网、自适应、自升级”，并为用户带来节能不止



50%新体验。目前，海尔高效机房解决方案已在烟台东方电子办公大楼、青岛胶东国际机场等成功应用。在此会议上，海尔中央空调还联合多家行业权威机构和专家，共同发起首个高效机房行业标准的制定，为高效机房行业发展定标准，规范行业发展同时，打造用户绿色高效的最佳体验。

南京大学领导专家莅临江苏际能能源考察调研

日前，南京大学党委常委、副校长邹亚军带领基建处、资产处、公用事业办和后勤集团等部门领导专家一行，专程莅临江苏际能能源参观考察指导工作，专题调研地源热泵大型“三联供”（供冷、供暖、供热水）系统在江苏高等院校尤其是南大自身绿色校园建设中推广应用的可行性，以及新校区建设和老校区既有建筑节能改造中多种绿色低碳能源和技术相互补充科学应用问题。

考察团一行在董事长刘忠诚、总工程师区正源、副总经理成刚等陪同下，实地参观考察了硅湖职业技术学院新校区地源热泵系统工程案例。项目于2016年开工建设，2017年、2018年分批分期投入使用。项目按12000名学生办学规模设计，总冷负荷8500KW（已为二期工程预留供冷、供暖、供热



水负荷），所有建筑不仅供冷、供暖，而且全部配置新风系统，是长三角地区乃至全国少有的高配置最优教学和生活小区环境之一。

项目现场参观考察结束后，双方展开了更为深入细致的讨论和技术交流。邹校长和各部门负责人都表示，欢迎际能能源和南京大学加强相关学科的学术、技术交流合作，同时欢迎际能能源在市场规则和公开、公平、公正、透明的前提下，积极参与南大和全省高校绿色校园建设和既有建筑节能改造工作。

EK 服务江苏淮安市国联医疗卫生服务中心

近日，EK 在医疗领域捷报频传，成功中标江苏淮安市国联医疗卫生服务中心。EK 为江苏淮安市国联医疗卫生服务中心提供 EKR-V-E 系列喷气增焐全变频多联机，总容量近 1300 匹。助力淮安市国联医疗卫生服务中心打造高效、节能、洁净的空气环境。

淮安市国联医疗卫生服务中心位于清江浦区北京南路东侧，建筑面积约 3.6 万平方米。该服务中心将给淮安市卫生事业的发展带来质的提升，对建设“健康淮安”具有重要的引领和推动作用。由于淮安市国联医疗卫生服务中心对于洁净



空气环境的要求很严苛，EK 技术人员多次现场勘查，结合当地的气候条件，再凭借着自身产品的优势特点和完善的售后，为客户提供 EKR-V 系列喷气增焐全变频多联机，为客户量身定制更加完善的解决方案。

顿汉布什一举拿下 2000 万轨交大单

顿汉布什，直面轨交市场的难点，深耕轨道交通领域 20 年，不遗余力的为中国的轨道交通事业贡献力量。近期，顿汉布什在北京地铁 12 号线中央空调竞标中成功突围，收获超 2000 万轨道交通大单。北京地铁 12 号线西起海淀区四季青站，途经西城区，东至朝阳区管庄路西口站。共设 21 座车站，全部为地下站；预计于 2021 年底开通运营。

本次顿汉布什为北京地铁提供了数十台水冷螺杆机组及蒸发冷机组。轨道交通的车站空间高大、人流波动大、各区域使用需求差异大、负荷变动大的特点对中央空调产品技术和服务的要求极高。顿汉布什在轨道交通领域深耕多年。顿汉布什参与了中国第一条带有中央空调的地铁线建设，自此长期领跑轨道交通领域，成为国内获得轨道交通中央空调订单金额最多、辐射范围最广、服务线路最长的中央空调品牌。

顿汉布什服务于轨道交通领域的产品主要以水冷螺杆冷水机组为主，多机头单回路设计能保障机组高效运行；快速启停功能，非正常断电后，可快速恢复正常制冷；机组的无级调节，配以机房群控系统可以很好实现瞬时客流调节。



华清地热集团又双叒叕获金茂金牌供应商荣誉

近日，华清地热集团斩获“2019年度金牌供应商”荣誉称号。金茂北京在全国范围内拥有规模庞大的供应链和合作伙伴，“金牌供应商”是对华清地热集团的高度认可与表彰。

华清地热集团与中国金茂的合作始于2009年的广渠金茂府项目，作为金茂北京区域地源热泵战略合作伙伴，十几年来，华清地热集团与中国金茂携手共进，共同遵守“精工优质、绿色健康、智慧科技”的金茂品质，先后完成（在建）广渠金茂、望京金茂、亦庄金茂、瀛洲金茂及苏州、杭州、郑州、西安、天津、济南等地金茂地源热泵及毛细辐射+置换新风项目。曾先后获得“2015年度金茂上海优秀供应商”、“2017年度金茂北京区域优秀供应商”、“2018年度金茂济南突出贡献奖”以及“2018年度金茂郑州最佳服务奖”殊荣。本次荣获的“2019年度北京区域金牌供应商”是集团历经技术深耕，再次受到中国金茂对华清地热集团工程服务的校验与肯定。



高端采暖品牌德地氏布局北京市场

随着疫情的逐步缓解，复工复产之下的暖通行业重新恢复往年的生机。6月10日，历经半年之久的筹谋与规划，位于北京的居然之家北四环店如期举办德地氏品牌的开业仪式。这是喜德瑞旗下德地氏品牌在北京高端家装卖场的第一家线下旗舰店，喜德瑞中国区总裁、

欧盟商会供暖协会现任主席谢新天，德禄中国区总裁王伟东，德地氏中国民用供暖业务合作开发项目负责人陈杰等嘉宾同见证这一特殊时期、具有特殊意义的壮举。

目前就全球范围来看，疫情的影响并未真正减弱和消除，也一定程度上影响着我国的经济发展和终端业主的消费，很多企业都放缓脚步。喜德瑞中国区总裁谢新天表示：“2020年中国乃至全球经历了一场疫情灾难后又重新焕发活力，这更让我们这一跨国企业看到中国市场的潜力，



也证明了我们自去年筹划开设新店之决定的正确性和前瞻性。”值得注意的是，德地氏高端采暖市场将由德国知名采暖品牌威能前中国区总裁、德禄中国区总裁王伟东旗下团队齐力布局，行业合作亮点颇多。

如今，随着经济的复苏，深刻经历着优胜劣汰的市场竞争将更加蓬勃，终端业主的品质采暖意识也将同步增强。“好的产品、好的技术、好的服务”将备受青睐，德地氏作为拥有336年发展史、具有法国皇家血统的高端品牌，更应在此领域充分发挥自身优势，引领市场走向规范化、健康发展。

TCL 智能暖通多联机服务山东济宁看守所

近日，TCL 智能暖通山东市场传来捷报，经过与众多品牌的层层比拼，最终获得了山东济宁看守所项目负责人的青睐，成功中标这一大型中央空调项目。据了解，本次项目 TCL 智能暖通将提供 TCL 全变频直流多联机组 116 台及其他设备若干。

据悉，TCL 全变频直流多联

机组，采用行业领先的全变频压缩机+全变频风扇电机+180°正弦波控制技术，实现能力的无级调节和精准输出，高效节能；最高可实现 112HP 超大容量，并可在 -20~53℃ 超宽环境温度下稳定可靠运行，广泛适用于办公、酒店、商场、学校、医院、工厂等各类场所。

海林助力广联云打造保定最美办公园区

保定市广联 ICC 云中心既是以大数据、物联网+、人工智能和文化创意为主要扶持方向的企业孵化服务平台，又是云办公技术和云办公应用的实验性场所营造出自由开放、动态灵活且人性十足的办公空间感受。广联云中心地处保定市高开区北二环与向阳北大街交叉口的西北角。项目总占地 46 亩，总建筑面积为 10 万平方米，整个项目为低密度别墅办公产业园。

为了打造像家一样让人倍感放松享受的工作环境，园区对区域内的温度、湿度、空气质量等建筑环境舒适度以及节能环保等要求非常严格，这也对中央空调暖通系统及其运行控制提出了更高的要求。海林

节能为保定广联云中心项目提供完善的中央空调集中控制系统，满足园区内不同形式的建筑、建筑内用户的不同分布

及各种设备运行模式管控等不同的需求。对中央空调制冷、制热量进行集中控制，对各个区域单独实现温度控制，监测用户各个区域温度、设备运行状态。在确保建筑舒适健康运营的前提下，将监控与计量有机结合，达到节能降耗，实现物业管理的信息化、合理化、高效化。



克莱门特服务重庆仙桃数据谷能源站

重庆仙桃数据谷渝北区规划总面积为 2674 亩，分为商务楼宇产业区和租赁式公寓等配套生活区，其中产业办公楼宇约 81 万平方米，酒店、公寓等配套建筑约 39 万平方米，项目共建南、北区两个分布式能源站，北区三联供系统设计发电机装机容量 1.5MW，烟气热水余热回收型溴化锂 1.5MW；北区常规空调系统设计总装机容量为 10000RT 电制冷主机，12600kW 采暖锅炉，700kW 的生活热水锅炉及其配套的冷却塔系统、管道系统和水泵；南区三联供系统设计发电机装机容量 1.5MW，烟气热水余热回收型溴化锂 1.5MW；南区常规空调系统设计总装机容量为 8000RT 电制冷主



机，12600kW 采暖锅炉，700kW 的生活热水锅炉及其配套的冷却塔系统、管道系统和水泵；同时配套建设能源站燃气接入、3000 立方米蓄冷（热）水装置、电力并网、园区内供热、园区内空调冷热水管道系统及生活热水管道系统。

此次能源站采用多台克莱门特磁悬浮离心式冷水机组承担夏季部分负荷和制冷需求，总冷量达 4000RT。

华源泰盟再获亿元级项目定单

近日，华源泰盟再获亿元级定单项目——华电灵武电厂向银川市智能化集中供热项目（二期）中心换热站热泵及换热机组 B 标段项目。

该项目是落实华电集团公司供热板块发展战略部署，响应宁夏回族自治区党委、政府“蓝天工程”号召的重要环保、民生工程及重大基础设施建设工程。项目通过对灵武电厂空冷机组进行高背压供热改造，采用长距离、跨黄河、大温差换热技术，向银川市、永宁县、贺兰县等部分城区供热。项目的建设可彻底改变银川市“区域分散、资源浪费、污染严重”的供热方式，对于促进节能降耗、改善银川市及周边地区冬季空气质量及治理雾霾具有重要的现实意义。

华源泰盟与清华大学、中科院等科研院所紧密合作，以不断升级的基于吸收式换热的热电联产集中供热、烟气余热深度回收、工业余热回收和 MVR 机械式蒸汽再压缩四大核心技术、十大系列产品为技术基础，牢牢地站在了吸收式换热的热电联产集中供热领域的最前沿。



权威机构为三星中央空调颁发清洁能源供暖系统节能认证

近日，三星中央空调凭借产品高效节能的优势，获得了由中国质量认证中心（CQC）及中国建筑科学研究院有限公司建筑节能与环境检测中心（BEET）联合颁发的《清洁能源供暖系统节能认证》，标志着三星低温空气源热泵两联供系统的节能效果获得了国家权威机构的认可。

《清洁能源供暖系统节能认证》从资源、能源、环保、品质等几个维度考核，标准非常严格，同时对产品的舒适与智能也提出了很高要求。作为第一批参与认证监测产品，三星低温空气源热泵两联供系统接受了为期数月的全方位系统节能诊断，最终顺利通过该检测获得认证。

清洁能源供暖是近年来国家贯彻实施《中华人民共和国节约能源法》，引导企业节能技术进步，提高能源利用率而重点推进的一项系统工程，对于企业来说，节能减排政策的施行是对产品技术的重要考验，同时也开拓了一片市场蓝海。三星中央空调紧抓机遇，立足于“以人为本”的发展理念，不断创新节能技术，深化产品技术的研发，提升资源综合利用，推出三星低温空气源热泵两联供系统，再一次以科技领先的优势掌握了市场竞争的话语权。



江森自控助力强生苏州产业园再添 LEED 金级绿色工厂

日前，强生医疗器材苏州新建工厂获得 LEED 金级认证。江森自控作为其智慧建筑整体解决方案合作伙伴，以创新领先的磁悬浮变频离心式冷水机组、冷冻机房节能群控系统，和绿色建筑认证咨询服务，助力其成功应对厂房类建筑范围广、系统复杂的绿色节能挑战，以 LEED 体系基本的绿建标准为参照，节约近 50% 的水资源和 13% 的能耗，从而超越用户期待，成功获得

LEED 金级认证。

生医疗器材苏州新建工厂位于强生苏州产业园内，是强生在中国扩大投资和产能的重要一步。项目总建筑面积约 13573.4 平米，于 2017 年动工，2019 年建成。江森自控全程参与了项目的设计规划和建设，从场地选取、降低能耗、环境友好及保护员工健康等多维度，助力打造卓越的节能效果和可持续发展。



源牌中标赣江新区儒乐湖 2 号能源站项目

近日，源牌收到中标喜讯，确认中标江西赣江新区儒乐湖 2 号能源站水蓄能罐及配套系统设备采购及安装项目！

赣江新区儒乐湖新城区域供冷供热工程 2 号能源站位于江西赣江新区南坊东路以北，建筑面积为 9312.09 m²，采用水源热泵冷热水机组 + 离心式水冷冷水机组 + 水蓄能空调系统，夏季利用低谷电蓄冷、冬季采用低谷电蓄热，在电价高峰段放出冷冻

（热）水，以期达到合理利用电价峰谷波段，降低能源站空调系统运行成本的目的。

源牌为此项目提供水蓄能装置及其配套自控系统，并提供深化设计方案服务。



国际资讯 International News

美国中央空调和空气源热泵 2020 年 4 月出货量

2020 年 6 月 5 日，美国空调供热制冷协会 AHRI 发布的美国 2020 年 4 月份中央空调和空气源热泵设备共出货 634,036 台，销售额同比下降 14.7%，去年同期出货数据为 743,068 台。中央空调出货为 398,040 台，销售额同比下降 18.6%，去年同期出货数据为 488,907 台。空气源热泵出货为 235,996 台，销售额同比下降 7.1%，去年同期出货数据

为 254,161 台。

2020 年前 4 个月，美国中央空调和空气能热泵累计出货 2,585,007 台，销售额同比下降 0.7%，去年出货数据为 2,604,077 台。中央空调出货为 1,579,040 台，销售额同比下降 1.5%，去年同期出货数据为 1,602,941 台。空气能热泵累计出货为 1,005,967 台，销售额同比增长 0.5%，去年同期出货数据为 1,001,136 台。

美国环保局将空调使用的 A2L 制冷剂列入清单

美国环境保护局批准在较小的空调机组中增加 R32 和其他五种 A2L 制冷剂作为较低的全球升温潜能值替代品。

环境保护局建议将较低的全球升温潜能值、“轻度易燃”制冷剂 R32 和 R452B、R454A、R454B、R454C 和 R457A 列为可接受的制冷剂，但须符合使用条件，以便用于新的住宅和轻型商业空调和热泵。

重要新替代品政策 (SNAP)

的设立以确定和评估消耗臭氧物质的替代品。该清单批准并禁止用于各种消费和工业应用的化学品。

环保局建议，这些制冷剂只能用于新的独立和分体系统空调设备。对制冷剂的包装容量有限制，也包括更大的通风要求的制冷剂泄漏传感器、警报和自关闭阀等。此外，该建议还规定在设备内部和外部都列入一些安全和易燃性警告标签。

欧洲能源和环境合作组织 (EPEE) 表示

“可持续制冷是复苏之路”

欧洲能源与环境伙伴关系 (EPEE) 对最近宣布的欧盟恢复计划表示欢迎，认为这是一个优先考虑清洁空气和促进对可持续供暖和制冷的解决方案的带来投资的机会。

欧洲能源与环境伙伴关系表示，欧盟恢复计划指出，迫切需要推动住宅和公共建筑的既改，并启动欧盟经济减少碳排放，因此，为清洁空气的优先

次序确定了正确的方向。

EPEE 的总干事 Andrea Voigt 说：“热泵、区域供热和制冷、余热回收——这些都是更有效地利用能源的解决方案，采取一体化的供热和制冷方式，并支持逐步淘汰化石燃料”。在欧洲绿色恢复的大背景下，投资于可持续发展的供暖和制冷行业是一个真正的双赢解决方案。

联合国环规署：清洁能源比以往更值得投资

联合国环境规划署日前发布题为《2020 年全球可再生能源投资趋势》报告说，新冠肺炎疫情大流行对化石燃料行业造成严重冲击，可再生能源比以往更具成本效益，为各国在经济复苏中优先考虑清洁能源提供了机会，这将使世界更接近实现《巴黎协定》的目标。

报告指出，各国和企业承诺到 2030 年新增 826 吉瓦（1 吉瓦相当于一个核反应堆的发电量）可再生能源装机容量，成本约为 1 万亿美元。然而，欲实现《巴黎协定》关键目标，确保将全球升温幅度控制在 2℃ 以下，世界须在 2030 年前至少新增 3000 吉瓦可再生能源装机容量，具体数量取决于所选择的技术组合。此外，计划投资额也远远低于过去 10 年间在可再生能源领域投入的 2.7 万亿美元投资。

报告显示，可再生能源装机成本创下新低，这意味着未来可再生能源领域的投资将实现更高产能。得益于技术进步、规模经济和激烈竞争，风能和太阳能的成本不断下降。2019 年下半年，新建太阳能光伏发电站的电力成本比 10 年前降低了 83%。联合国环境规划署执行主任安德森表示，民众对政府在疫情后通过实施经济复苏计划实现可持续发展的呼声越来越高。研究表明，可再生能源是经济刺激方案中最明智、最具成本效益的投资之一。利用可再生能源价格不断下跌的优势，将清洁能源置于经济复苏方案的核心是应对全球疫情的最佳政策。

热点
聚焦

Spotlight

CAHVAC 绿色暖通与健康建筑 暖通大讲堂

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

本刊编辑部

绿色建筑、健康建筑、近零能耗建筑及暖通空调技术创新都是实现建筑行业节能降耗、提升生活品质、改善空气环境质量的新发展模式，在行业可持续发展的基础上，由暖通空调产业技

术创新联盟、中国建筑学会暖通空调分会和中国制冷学会空调热泵委员会推出第二季 CAHVAC 暖通大讲堂，以“绿色暖通与健康建筑”为主题的直播活动于 2020 年 4 月 22 日开启了，本季

特邀 25 位国内暖通空调领域知名专家、学者及企业代表聚焦业界关心的热点议题进行多维度深入交流，现将大讲堂的部分内容做一精彩回顾。



第1期《百尺竿头更进一步 绿色建筑中的暖通空调设计》

主讲嘉宾：郝军

中国城市建设研究院建筑设计院院长，住房和城乡建设部第一批绿色建筑评价标识专家委员

会成员。主要从事暖通空调专业设计、建筑节能和绿色建筑咨询等技术服务工作。

特邀主持：张旭

同济大学暖通空调研究所所长，教授。CAHVAC 副理事长，中国制冷学会空调热泵专业委员会副主任委员。长期在复杂通风

系统及其相关理论、空调热湿交换过程及其应用、新型暖通空调系统及末端，能源环境综合评价等方面做了大量的研究工作。



摘要：

新冠疫情的爆发，使人们更加重视建筑能够给人们带来怎样的健康环境，具备健康和疫情防控双重属性的健康建筑将成为行业及社会关注的焦点。报告中详细介绍了绿色建筑中暖通空调技术的重要性，阐述了暖通空调在绿色建筑中的要点，着重讲解了平疫时期建筑不同功能空间相互结合的暖通空调设计。室内环境“好”有一定的相对性，与项目定位、投资强度、服务标准以及使用条件等有关，其核心目标是室内环境“好”、运行消耗“省”。

第2期《绿色风管模块化设计》

主讲嘉宾：路军

杜肯新材料（武汉）集团股份有限公司市场技术部经理

特邀主持：黄翔

西安工程大学二级教授。CAHVAC 理事，中国制冷学会空调热泵专业委员会委员。中国蒸发冷却通风空调技术领域学科技

术带头人之一。主持和承担国家重点研发计划课题、国家自然科学基金项目、地方政府项目、企事业单位委托科研项目 30 余项。



摘要：

在装配式建筑将成为未来主流发展趋势背景下，传统风管在设计、生产、现场施工、使用更换等都对空调送风品质全过程的保障形成挑战，对整个建筑装配化率的提升造成影响。而绿色风管系统从设计选型、生产工艺、安装应用、运行效果、日常维护等方面考虑，通过 iDuct 模块化设计、iDuct- CAD 和 BIM 等设计软件工具，根据不同应用项目要求，可定制出多种类型的风管系统解决方案。

第3期《绿色科技健康人居》



主讲嘉宾：贾岩

当代置业第一摩码人居环境科技（北京）有限公司总经理

特邀主持：陈祖铭

华南理工大学建筑设计研究院副总工程师、教授级高工。CAHVAC 副理事长，中国制冷学会空调热泵专业委员会副主任委员。完成侵华日军南京大屠杀遇难同胞纪念馆扩建工程、

广州珠江新城西塔、深圳市宝安体育场等项目。参编国家标准《公共建筑节能设计标准》、《供暖通风与空气调节术语标准》等。



摘要：

健康是当下人们关注的问题，健康住宅技术体系越发成熟，健康建筑标准的制定已通过房地产企业在健康建筑技术上的实践也越发广泛，报告中阐述了当代置业摩码第一人居的绿色建筑技术体系，通过恒温、恒湿、恒氧、恒静、恒洁、智控节能等技术措施，从而保障健康舒适环境系统全生命周期的运转，实现从绿建研发、设计、采购、施工及监理和运营的全过程控制。

第4期《从当代热舒适理论看室内环境技术的发展方向》



主讲嘉宾：郑鸿宇

上海维瓦尔第环境技术有限公司董事长。在国内率先推出全动态控制的辐射空调系统、

辐射板技术的应用以及变水温系统的控制、自由开窗防结露技术等。

特邀主持：吴小舟

大连理工大学土木工程学院建筑环境与设备研究所副所长，副教授，硕士生导师。主要研究方向建筑热环境与人体热舒适、辐射空调系统基础理

论及应用、高效通风技术及应用等。先后主持多项国家级项目1项，省部级项目2项，市厅级项目1项，校级项目2项，横向项目1项。



摘要:

为室内环境调节的一种技术应用形式,具有舒适性及节能性等特点,成为大家关注的热点技术。报告围绕室内环境的温度、湿度、清洁度及智能化为导向展开,就如何根据室内热舒适环境评价暖通系统、辐射传热及温湿度独立控制、湿度对人体热舒适如何影响、室内空气质量如何保障、辐射冷暖+新风置换是室内环境的未来进行了深入分析讲解。



第5期《绿色健康暖通空调》

主讲嘉宾:徐稳龙

中国建筑设计研究院建筑节能与新能源工程中心总工程师,教授级高级工程师,供热、供燃气、通风及空调工程专业硕士生导师。CAHVAC理事,中国建筑学会暖通空调分会理事。负责担任了多项科技部科

研院所科技开发资金项目“集中空调水系统流量测评技术”、“集中空调水系统构成优化技术和新型水泵开发”、“集中空调水系统控制优化技术”、“降低大型公共建筑空调系统能耗的关键技术研究”等。

特邀主持:徐宏庆

北京市建筑设计研究院有限公司总工程师、教授级高工。CAHVAC副理事长,中国建筑学会暖通空调分会副理事长。作为专业负责人主持设计完成人民大会堂整体改造工程、北京会议中心、凯晨广场、中国石油大厦、国家开发银行总行、中国尊等数十项建筑工程。参

与编写了《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》、《公共建筑节能设计标准》等多部国家及地方标准与规范。负责承担了国家“十二五”、“十三五”重大科技支撑计划《性能目标导向的绿色建筑设计优化技术研究》、《近零能耗建筑关键技术及应用研究》等项目。



摘要:

面对突发性公共卫生事件时,如何保证使用者的安全与健康,对于建筑行业来说是一个新的挑战。报告从全球和中国能源终端消耗形势背景展开,从中国建筑能耗现状、气候变化、自然环境因素、大气环境质量、(室内)环境与健康等方面阐述了绿色和健康环境的关系,通过效果导向、技术合理运用及全过程协同等多方面诠释了暖通空调系统调试与调适、调节控制与维护的重要性。



第6期《影响健康的“空调清洗”——路在何方》



主讲嘉宾：周敏

中国建筑西北设计研究院有限公司暖通总工，陕西省工程勘察设计师。CAHVAC 理事，中国建筑学会暖通空调分会理事。主要从事专业设计和管理。参与编写了《空调系统热回收装置选用与安装》、《蒸发冷却通风空调系统设计与安装》等多部

国家和行业标准。先后负责承担了中国建筑股份有限公司“高大空间新型节能空调方式的研究及应用”、陕西自然科学基金项目“大型商业综合体餐饮通风系统测评及设计优化研究”等多个科研项目。

特邀主持：魏庆芃

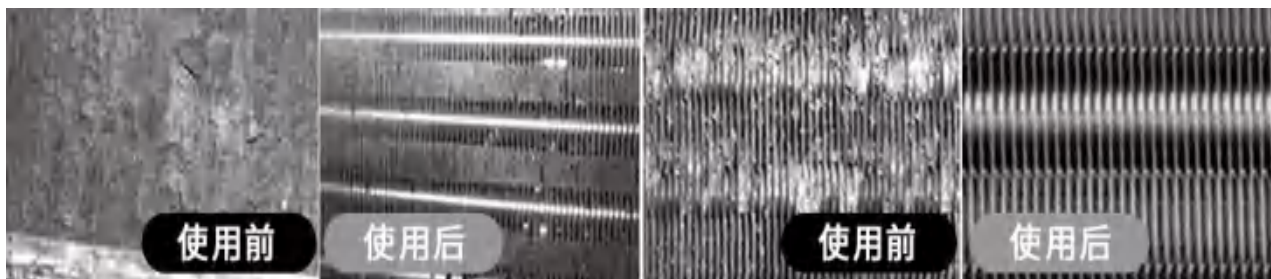
清华大学建筑学院建筑技术科学系副教授，建筑节能研究中心公共建筑节能研究组负责人。主要从事建筑节能研究和教学工作，参与了“十一五”、“十五”国家科技攻关计划项目和多个部委、省市科研项目以及“空调

节系统经济运行标准”国家标准及多个地方标准的制定，并与美国、日本、韩国、香港及国际能源署等专业部门进行相关课题研究。参与编著了《中国建筑节能发展研究报告》、《温湿度独立控制空调系统》等专业著作。



摘要：

中央空调的正确使用不仅能为我们提供洁净的空气，还是稀释潜在的污染源很重要的手段，由此中央空调系统定期清洗尤为重要。报告从大众对“空调清洗”认识、行业发展历史、面临问题及国内“空调清洗”发展思考展开。早在2003年SARS爆发，国内就开始关注空调、通风系统清洗并发布了相关法规，但大众认识随着疫情好转，关注度和执行力度开始滞后。今年疫情的暴发，使得定期清洗消杀中央空调系统再次成为热点。从国内外关于空调清洗发展历史和现状来看，我国关于空调清洗的标准法规比较完善，但存在多头交叉管理，清洗的资质、标准、评价、定价、设计缺乏统一性管理等亟待解决的问题，成为影响空调清洗行业发展的绊脚石。实现国内清洗行业的健康有序发展，除了依赖国家强制性政策、法规的执行和监督，更需要社会各界人士的共同努力。



山东省住房和城乡建设厅、山东省民政厅、山东省财政厅关于印发 山东省住宅专项维修资金管理办法的通知

各市住房城乡建设局、民政局、财政局：

为进一步加强住宅专项维修资金管理，保障共用部位、共用设施设备的正常使用和维修，维护住宅专项维修资金所有者的合法权益，根据国家和省有关法律、法规和规章，结合我省实际，我们制定了《山东省住宅专项维修资金管理办法》，现印发给你们，请遵照执行。

山东省住房和城乡建设厅 山东省民政厅 山东省财政厅

2020年5月28日

山东省住宅专项维修资金管理办法（节选）

第一章 总 则

第一条 为了加强对住宅专项维修资金（以下简称维修资金）的管理，保障住宅共用部位、共用设施设备的正常使用和维修，维护维修资金所有者的合法权益，根据《中华人民共和国物权法》《物业管理条例》《山东省物业管理条例》《住宅专项维修资金管理办法》等法律、法规和规章的规定，结合本省实际，制定本办法。

第二条 本办法适用于山东省行政区域内商品住宅、售后公有住房维修资金的交存、使用、管理和监督。

第三条 本办法所称的维修资金，是指专项用于住宅共用部位、共用设施设备保修期满后的维修和更新、改造的资金。

本办法所称住宅共用部位，是指根据法律、法规和房屋买卖合同，由单幢住宅内业主或者单幢住宅内业主及与之结构相连的非住宅业主共有的部位，一般包括：住宅的基础、承重墙体、柱、梁、楼板、屋顶以及户外的墙面、门厅、楼梯间、走廊通道等。

本办法所称共用设施设备，是指根据法律、法规和房屋买卖合同，由住宅业主或者住宅业主及有关非住宅业主共有的附属设施设备，一般包括：电梯、天线、照明、消防设施、楼宇对讲、绿地、道路、围墙、监控设施、路灯、沟渠、池、井、非经营性车场车库、公益性文体设施和共用设施设备使用的房屋等。

第四条 维修资金实行属地化统一管理，坚持专户存储、业主共有、共同决策、政府监督的原则。

第五条 省住房城乡建设主管部门会同省财政部门负责全省维修资金的指导和监督工作。

设区的市住房城乡建设部门会同同级财政部门负责本行政区域内维修资金的指导和监督工作。

县（含县级市，下同）物业主管部门负责本辖

区内维修资金的交存、使用和管理的工作。

区物业主管部门可根据上级物业主管部门授权具体负责本辖区内维修资金的交存、使用和管理的工作。

第六条 出售公有住房的维修资金，应当在完成核对后，由财政部门或者其他管理部门划转到当地物业主管部门进行统一管理。

第七条 业主大会成立前，维修资金由物业主管部门代行管理。业主大会成立后，根据业主大会决议，选择代行管理或者自行管理。

业主大会选择自行管理维修资金的，应当接受物业主管部门的管理和监督，在物业主管部门选定的银行设立维修资金专户。

第八条 各级物业主管部门应加强维修资金管理系统建设，逐步实现维修资金使用表决、公示查询和监督管理的信息化与网络化。探索建立全省统一的维修资金管理信息系统，提高维修资金管理效率。

第二章 交 存（略）

第三章 使 用

第十九条 维修资金的使用分为计划使用、一般使用和应急使用。

计划使用是指采取一次投票集中表决多个计划维修项目的使用方式；一般使用是指采取传统方法一次投票表决一个维修项目的使用方式；应急使用是指采取应急程序事前不用表决、事后公示的使用方式。

业主表决方式可以采取常规表决，即经有利害关系的专有部分占建筑物总面积三分之二以上且占总人数三分之二以上的业主同意，视为表决通过；也可以采用异议表决，即根据业主共同管理规约的约定，持不同意见的业主专有部分占建筑物总面

积三分之一以下且占总人数三分之一以下的，视为表决通过。

第二十条 涉及全体业主的维修项目和业主大会决定的其他维修项目，从公共账户列支，公共账户资金不足的，由全体业主或者有利害关系的业主，按照各自拥有物业建筑面积的比例分摊；涉及部分业主的维修项目，从房屋账户列支，由相关业主按照各自拥有物业建筑面积的比例分摊。

出现应急使用情况，需从房屋账户列支而房屋账户资金不足的，经业主委员会同意，可以先从公共账户中调剂垫付。

第二十一条（略）

第二十二条（略）

第二十三条（略）

第二十四条 维修资金的一般使用，适用于涉及全体或者部分业主的，临时发生并需要在较短时间内完成的物业共用部位、共用设施设备的维修、更新和改造。

第二十五条 维修资金的一般使用程序，由物业服务企业接到业主报修或者发现问题后，进行现场核实，编制维修资金使用方案，经有利害关系的业主表决同意后，报物业服务企业主管部门审核备案并组织实施。

未聘请物业服务企业的，由业主委员会或者相关业主按照本办法规定组织实施。

第二十六条 维修资金的应急使用，适用于危及人身安全、房屋使用安全和公共安全的紧急情况，需要立即进行的维修、更新和改造。

第二十七条 有下列情形之一的，可以启动应急维修程序：

（一）物业管理区域内发生的屋面、外墙防水严重损坏；

（二）电梯发生故障影响正常使用需立即维修的；

（三）消防设施存在严重故障需立即维修的；

（四）建筑外立面装饰和公共构件严重脱落松动；

（五）玻璃幕墙炸裂；

（六）排水管道严重堵塞或爆裂；

（七）地下车库雨水倒灌；

（八）其他可能造成人身安全事故的紧急情况。

第二十八条 出现需应急维修情形时，物业服务企业应将有关情况报告业主委员会，经现场查验确认后立即组织维修。

未聘用物业服务企业或者物业服务企业不履行组织维修责任的，由相关业主将有关情况报告业主

委员会确认后组织维修。

第二十九条（略）

第三十条（略）

第三十一条 相关业主在公示中提出异议的，由异议人与组织维修单位协商解决。协商不成的，异议人可依法向仲裁机构申请仲裁或者向人民法院提起诉讼。

第三十二条 因维修、更新、改造工程产生的鉴定和造价咨询等费用应当计入维修、更新、改造成本。

组织维修单位可根据合同，在维修、更新、改造工程保修期内留存质量保证金。

第三十三条 设区的市、县物业服务主管部门应制定维修资金计划使用、一般使用、应急使用的具体申请程序，编制并公布相关示范文本和表格。

第三十四条 下列费用不得从维修资金中列支：

（一）依法应当由建设单位或者施工单位承担的住宅共用部位、共用设施设备维修和更新、改造费用；

（二）依法应当由相关专业经营单位承担的供水、供电、供气、供热、通信、有线电视、宽带数据传输等管线和设施设备的维修、养护费用；

（三）规划上专属于特定房屋，且建设单位销售时已经根据规划列入该特定房屋买卖合同中的露台、庭院等部位的维修费用；

（四）因人为损坏及其他原因应当由当事人承担的鉴定、修复费用；

（五）根据物业服务合同约定，应当由物业服务企业承担的维修和养护费用。

第四章 监督管理（略）

第五章 附 则（略）

第四十八条 在住宅物业管理区域内，单独依法登记权属的车库（包括专用车库和共用车库内的车位）等其他非住宅物业，应当按照本办法规定建立维修资金制度。

第四十九条 保障性住房按照规定实行维修资金制度。国有土地上房屋征收产权调换住房、城中村改造安置住房、农村新型社区住宅和用于销售的非单一业主的非住宅物业，参照本办法规定建立维修资金制度。

第五十条 未成立业主委员会的住宅小区，由社区居委会代行本办法规定的业主委员会的职责。

第五十一条 各地应当根据本办法规定，结合当地实际，制定具体的实施办法。

第五十二条 本办法自2020年7月1日起施行，有效期至2025年6月30日。

关于下达 2020 年度绿色建筑与建筑节能配套能力建设 项目计划的通知

渝建绿建〔2020〕8号

重庆市住房和城乡建设委员会

关于下达 2020 年度绿色建筑与建筑节能配套能力建设项目计划的通知

各有关单位：

为加强对绿色建筑与建筑节能领域的技术与管理机制创新，支撑全市绿色建筑与建筑节能工作的推进，促进住房城乡建设领域高质量绿色发展，根据《关于印发〈2020 年绿色建筑与建筑节能工作要点〉的通知》（渝建绿〔2020〕2号）和《关于征集 2020 年度勘察设计行业创新研究与能力建设项目和绿色建筑与建筑节能配套能力建设项目计划的通知》要求，经公开征集、单位申报、专家评审论证，结合工作实际需要，现下达 2020 年度绿色建筑与建筑节能配套能力建设项目计划（详见附件），并将有关事项通知如下：

一、各项目承担单位应统筹协调做好项目组织实施工作，在项目实施过程中，不得随意调减主要研究内容、考核指标等，确保按计划完成相应工作任务。

二、为支持项目做好能力建设，重庆市建委对实施项目适当给予经费资助，各项目承担单位应加强对资助经费的管理和核算，专款专用，符合财政专项资金使用管理的相关规定和要求。

三、重庆市建委将落实定期检查制度，对项目

实施进度、质量及经费使用情况加强监督和检查，督促项目承担单位高质量地完成相应工作任务。

重庆市住房和城乡建设委员会

2020 年 5 月 29 日



附件：2020 年度绿色建筑与建筑节能配套能力建设项目计划

序号	项目名称	牵头承担单位	资助经费 (万元)
1	《绿色生态住宅（绿色建筑）小区建设技术标准》及《绿色生态住宅（绿色建筑）小区建设评价技术细则》修订	重庆市建设技术发展中心	15
2	《建筑节能（绿色建筑）工程施工质量验收规范》（修订）	重庆市建筑节能中心	10
3	《重庆市建筑节能（绿色建筑）设计分析软件》（2020 年版）开发	重庆市建筑节能中心	10
4	绿色住宅建筑健康声环境品质提升技术策略研究	中机中联工程有限公司	15
5	重庆市《居住建筑节能 65%（绿色建筑）设计标准》修编及配套文件编制	中机中联工程有限公司	15
6	重庆市《公共建筑节能（绿色建筑）设计标准》修编及配套文件编制	中煤科工重庆设计研究院（集团）有限公司	15
7	重庆市绿色建筑与建筑节能“十四五”发展规划研究	中国建筑节能协会 重庆市绿色建筑与建筑产业化协会	18
8	重庆市绿色建筑评价标准及实施细则修编	重庆市绿色建筑与建筑产业化协会 绿色建筑专业委员会	15
9	《绿色建筑检测标准》（修订）	重庆市建筑科学研究院	10
10	机械喷涂抹灰石膏应用关键技术研究	重庆市勘察设计协会	5
11	复合保温板外墙内保温系统应用技术研究	重庆市勘察设计协会	10
12	绿色金融与绿色建筑协同发展研究	重庆市勘察设计协会	10
13	建筑耐火窗应用技术体系研究	重庆市勘察设计协会消防设计分会	10
14	重庆市星级绿色建筑全装修实施技术体系研究	重庆市绿色建筑技术促进中心	8
15	重庆市绿色建造实施路径研究	重庆市绿色建筑技术促进中心	10

关于印发《河北省村庄建筑导则》、《河北省农村住房设计方案集 100 例》等四个技术指导文件的通知（节选）

冀建村建函〔2020〕79 号

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

为实施农村住房建设品质提升工程，大力推广建筑节能技术，积极应用被动式超低能耗技术，引导农民群众科学建房，满足现代生产生活需要，促进乡村振兴战略实施，河北省住房和城乡建设厅编制了《河北省村庄建筑导则》《河北省农村住房设计方案集 100 例》《农村住房建筑设计构造》《河北省绿色农房建设与节能技术指南》四个技术指导文件，对村庄建筑制定了建设指引。同时，按照平原、山区、坝上、沿海四个区域特色，提供了 100 套农村住房设计方案，对农村住房建筑节能适宜技术、建筑构造安全措施应用以及既有农村住房建筑节能改造等，通过图文并茂、通俗易懂的方式，提供技

术指导。

现将上述导则、图册等印发给你们，请结合当地实际，指导建房群众选用。同时，各地要根据相关导则、图册，编制当地农村住房建设通用图册、技术要点，细化相关内容，并免费向有需求的农民群众提供，加强农村住房建设技术指导。

河北省住房和城乡建设厅

2020 年 5 月 20 日

附件 1：农村民居建筑设计构造 .pdf(略)

附件 2：河北省农村住房设计方案集 100 例 .pdf(略)

附件 3：河北省绿色农房建设与节能技术指南 .pdf(略)

附件 4：河北省村镇建筑导则 .pdf(略)

四川省住房和城乡建设厅关于实施《绿色建筑评价标准》的通知（节选）

各市（州）住房城乡建设行政主管部门：

2019 年 3 月，国家发布了《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378-2019，以下简称“新国标”）。为推动新国标实施，现就有关事项明确如下：

（一）从 2020 年 7 月 15 日起（以取得施工图审查合格书为准），四川省新建绿色建筑全面实行新国标。各施工图审查机构要严格按照《四川省民用绿色建筑设计施工图阶段审查技术要点（试行）》（以下简称《审查要点》，详见附件）及相关标准进行施工图设计文件审查。

（二）绿色建筑分为基本级、一星级、二星级、三星级 4 个等级，基本级绿色建筑应满足《审查要点》关于基本级绿色建筑相关审查要求，一星级、二星级、三星级按自愿原则进行评价。

（三）绿色建筑评价包括预评价和评价，预评

价在建设工程施工图设计完成后进行，采用设计单位自评价方式，并符合《审查要点》关于相应星级绿色建筑审查要求，预评价不授予绿色建筑标识。绿色建筑评价在建设工程竣工后进行，实行第三方评价方式，申请单位可自主选择评价机构，评价机构依据相关标准实施评价，出具技术评价报告，确定绿色建筑性能等级。

国家绿色建筑评价相关管理规定出台后，按国家规定执行。各地在遵循《审查要点》的前提下，可制定本地区审查要求。

四川省住房和城乡建设厅

2020 年 6 月 10 日

附件：四川省民用绿色建筑设计施工图阶段审查技术要点（试行）（略）

保定市住房和城乡建设局 关于印发《保定市绿色建筑专项规划》 (2020-2025 年) 的通知

保住建发〔2020〕170 号

各县（市、区）人民政府（管委会），市直有关机关：

为贯彻落实《河北省促进绿色建筑发展条例》《河北省绿色建筑专项规划编制导则》等法规及文件，加快我市绿色建筑健康发展，保定市住房和城乡建设局组织编制了《保定市绿色建筑专项规划》（2020-2025 年），经专家评审通过，并报市政府同意，现印发给你们，请认真抓好贯彻执行。

附件：

1. 《保定市绿色建筑专项规划》（2020-2025 年）说明书（略）
2. 《保定市绿色建筑专项规划》（2020-2025 年）文本（节选）

保定市住房和城乡建设局

2020 年 6 月 18 日

保定市住房和城乡建设局文件

保住建发〔2020〕170 号

签发人：郑国利

保定市住房和城乡建设局 关于印发《保定市绿色建筑专项规划》 (2020-2025) 的通知

各县(市、区)人民政府(管委会)，市直有关部门：

为贯彻落实《河北省促进绿色建筑发展条例》《河北省绿色建筑专项规划编制导则》等法规及文件，加快我市绿色建筑健康发展，我局组织编制了《保定市绿色建筑专项规划》(2020-2025)，经专家评审通过，并报市政府同意。现印发给你们，请认真抓好贯彻执行。

附件：1. 保定市绿色建筑专项规划(2020 年-2025 年)
说明书

- 1 -

2. 保定市绿色建筑专项规划(2020 年-2025 年)

文本



(此件公开发布)

保定市住房和城乡建设局办公室

2020 年 6 月 18 日印发

- 2 -

《保定市绿色建筑专项规划》(2020-2025 年) 文本 (节选)

一、规划背景

为认真贯彻落实《河北省促进绿色建筑发展条例》，打造京津冀区域性中心城市和雄安新区协调联动发展区，根据国家、河北省及保定市对绿色建筑的发展要求，秉承“适用、经济、绿色、美观”的建筑方针，紧密服务联动雄安新区，不断推动保定市形成绿色低碳的生产生活方式和城市建设运营模式，在对保定市绿色建筑、被动式超低能耗建筑和装配式建筑专项调研的基础上，借鉴先进经验，结合保定实际情况，制定保定市绿色建筑专项规划，将空间落实和规划要求紧密结合，合理制定规划目标以及技术路线，明确规划分区及指标控制要求，因地制宜制定发展策略和发展目标，有序推进保定市绿色建筑工作健康发展、循环发展、低碳发展，全面提升保定市绿色建筑发展质量和水平。

二、指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全会精神，以《河北省促进绿色建筑发展条例》为准绳，坚持新发展理念，以人民为中心，以高质量发展为导向，以改革创新为主要手段，强化规划统筹管控，推进科技创新驱动，加大政策法规、标准规范、技术推广、产业支撑等保障力度，全面推动绿色建筑、被动式超低能耗建筑和装配式建筑高质量发展，形成建设领域绿色发展新局面。

三、规划原则

全面摸底，科学规划。(略)
机制创新，协调发展。(略)
以人为本，持续发展。(略)
以点带面，统筹兼顾。(略)
科技引领，创新驱动。(略)

四、规划期限与范围

本规划以 2019 年为规划基准年，规划期限为 2020 年~2025 年。远景展望至 2035 年。

根据《保定市城市总体规划(2011~2020)》，以保定市市域(不含定州市)作为规划范围。其中重点规划区域为保定市主城区，包括莲池区、竞秀区、高新区，重点规划面积 334.5 平方公里。其中，莲池区规划面积 173 平方公里，竞秀区规划面积 149.5 平方公里，高新区规划面积 12 平方公里。

五、规划分区(略)

六、总体目标

(一) 绿色建筑(节选)

保定市城镇新建民用建筑的规划建设，全部落实绿色建筑标准基本级以上要求，同时全面提升绿色建筑星级水平。到 2025 年，保定市城镇新建民用建筑中按绿色建筑一星级以上标准进行规划建设的面积比例不少于 60%，按绿色建筑二星级以上标准进行规划建设的面积比例不少于 25%，按绿色建筑三星级标准进行规划建设的面积比例不少于 3%。

(二) 既有建筑绿色改造

规划期内，保定市规划累计完成既有建筑绿色改造示范 25 万平方米，其中公共建筑 16 万平方米，居住建筑 9 万平方米。其中，主城区将累计完成既有建筑绿色改造示范 10 万平方米，其中公共建筑 7 万平方米，居住建筑 3 万平方米。

(三) 装配式建筑(节选)

稳步实施装配式建筑技术。到 2025 年，保定市装配式建筑面积占新建建筑面积的比例达到 40%。其中，主城区装配式建筑面积占新建建筑面积的比例达到 50%。

(四) 被动式超低能耗建筑(节选)

采用试点示范先行、以点带面的方式推动被动式超低能耗建筑建设。规划期内，保定市规划累计实现被动式超低能耗建筑建设 280 万平方米。其中，主城区将累计实现被动式超低能耗建筑建设 80 万平方米。

(五) 可再生能源建筑应用

持续推进可再生能源建筑应用。规划期内，保

定市规划累计实施可再生能源建筑应用面积 1060 万平方米。其中，主城区将累计实施可再生能源建筑应用面积 420 万平方米。

（六）住宅建筑全装修（节选）

积极倡导住宅建筑全装修。到 2025 年，规划保定市新建住宅建筑全装修的面积比例达到 60%。其中，主城区新建住宅建筑全装修的面积比例达到 100%。

（七）绿色建材（节选）

大力推广绿色建材应用。到 2025 年，新建建筑中绿色建材应用比例达到 45%，星级绿色建筑应用比例达到 70%，被动式超低能耗建筑、装配式建筑等试点示范工程应用比例达到 85%，既有建筑改造

应用比例提高到 90%。

（八）绿色生态城区、绿色工业园区、绿色生态城镇

为引导绿色建筑高质量发展，鼓励高星级绿色建筑在城市新区、功能园区成规模建设，保定市规划建设 3 个绿色生态城区、3 个绿色工业园区，并结合河北省特色小镇建设，规划建设 2 个绿色生态城镇。

七、重点任务（略）

八、保障措施（略）

九、专项规划术语和解释（略）



规划范围



重点规划范围

（图片来源：保定市住房和城乡建设局印发《保定市绿色建筑专项规划》（2020-2025 年）内容）

马尾综合体育馆暖通空调设计

福建省合道建筑设计有限公司 吴晓红

摘要：体育馆作为人们日常文体活动和健康娱乐的场所，已然成为现代化城市主要的公建之一，其中室内体育馆的空气调节与体育项目比赛息息相关，合理的空气调节和通风设施是管内比赛活动顺利进行的重要因素。本文通过介绍马尾综合体育馆的暖通空调设计，浅谈设计体会。

关键词：体育馆 大空间 空调设计 通风设计 防排烟设计

引言 随着时代和经济的飞速发展，人们的物质生活水平不断提升，对生活的享受需求也就越来越大。舒适性空调成为了日常生活及工作中的必需品，空调的广泛应用也伴随着能耗不断加大，根据不同建筑类型设计合理的空调系统是节省能耗的一个至关重要的因素。

1 工程概况

本工程为马尾综合体育馆，位于马尾新城快安体育中心地块内，由一个比赛馆和一个附属训练馆及配套设施构成。建筑主体为大空间单体建筑，附属用房4层，主体建筑高度31.082米。主要功能为：比赛大厅、训练场地、附属配套服务用房及办公等。本工程于2014年10月竣工，总建筑面积2.45万平方米，建设总投资4.6亿元人民币，主体育馆可容纳5000余名观众，是按照可承担国内高水平单项赛事标准建设的中型体育馆，建筑外观具有强烈的动感，是马尾区的标志性建筑。



图1 体育馆鸟瞰图

2 工程特点

体育建筑空调设计，有其特殊性。如比赛大厅属于高大空间，人员活动区仅限于建筑高度的中部以下，结合实际情况该工程比赛大厅室内空调采用座椅下送风的室内空调气流组织形式，送风效果好，并可节省空调运行能耗。比赛大厅可承办篮球、乒

乓球、羽毛球、摔跤等比赛及况，分别设置不同的空调系统，实现不同区域不同时段空调使用的灵活性。赛后可承办展览、演唱会、人才招聘等大型活动，训练馆可作为全民健身场所及承办一些简单的活动，周围辅助用房可出租用于办公或商业，考虑体育馆赛时与赛后利用情况、功能房间布局情况及各功能房间不同时段空调使用情

3 空调设计

3.1 室外设计参数

马尾区隶属福州市，采用福州地区的室外设计参数：

大气压力：冬季 101260Pa，夏季 99640Pa
 夏季空调室外计算干球温度： 35.9
 夏季空调室外计算湿球温度： 28
 夏季空调室外计算日平均温度： 30.8
 夏季通风室外计算干球温度： 33.1
 冬季通风室外计算干球温度： 10.9
 室外平均风速：冬季 2.4m/s，夏季 3.0m/s

3.2 室内设计参数参见表1：

3.3 空调系统

根据体育馆使用功能的特殊要求，结合赛后利用及甲方要求，在设计中采用不同空调系统，分区送风，以满足训练场、比赛场地及观众席、附属配套用房等对空调的不同要求。值班室及消控室设置分体式空调，训练场地、比赛大厅、观众席等高大型空间建筑采用夏季集中空调系统，其余的配套房间等均采用独立的多联式空调系统。训练场地和比赛大厅、观众席设计一套中央空调系统，考虑平时训练与赛时空调使用需求不同及满足仅平时训练时要求，选用两大一小共3台螺杆式冷水机组。制冷机房位于地下一层，冷却塔位于一层屋面上，多联式空调室外机位于一层楼梯下空腔内或屋面上。

表 1 该工程室内设计参数

房间名称	室内温度	相对湿度 %	新风指标	噪声	备注
	夏季	夏季	M ³ /h.p	NC	
门厅	24-26	40-65	10	45	
观众席	24-26	40-65	15	45	Pf=1.08
比赛场地	26-28	40-65	50	50	考虑运动员
新闻发布大厅	24-26	40-65	30	40	
配套服务用房	24-26	40-65	20	50	
办公	24-26	40-65	30	40	
训练场	26-28	40-65	50	50	考虑运动员

注明：室内设计计算参数：门厅温度为 26℃，相对湿度为 60%；其他的温度为 25℃，相对湿度为 50%。

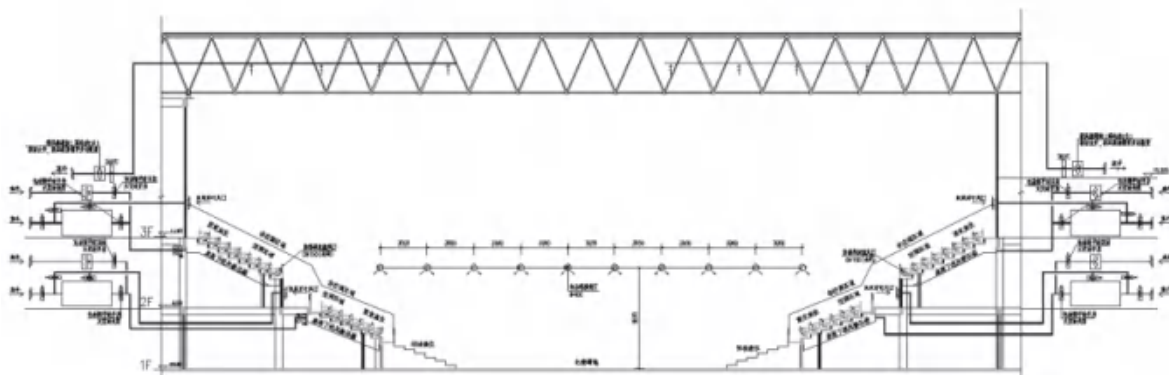


图 2 比赛厅空调系统原理图

3.4 空调负荷及冷热源设置

3.4.1 本工程的多联式空调系统的空调面积大约为 10947 m²，夏季空调总冷负荷为 2015kW；其余的空调面积大约 6339 m²，夏季空调设计计算总冷负荷 1932kW。

3.4.2 制冷机房设置：

比赛大厅、观众席及训练场地夏季设置一套中央空调系统，冷源选用两大一小 3 台螺杆式冷水机组，其中大的 2 台螺杆式冷水机组制冷量为 750kw，小的 1 台螺杆式冷水机组制冷量为 450kw/台（仅训练场地用时）。冷冻水供回水温度分别为 7℃和 12℃。

3.5 空调方式

3.5.1 附属配套用房设置独立的多联式空调系统，室内机选用环绕气流嵌入式或风管机，采用新风机组提供新风。

3.5.2 比赛大厅固定观众席采用座椅下送风的室内空调气流组织形式，空气经空调机组处理后，送至座椅阶梯下方的送风消声静压箱内，再经座椅阶梯侧向的可调旋流送风口送出，在风口布置上基本考虑每个座椅下方均有送风口，其送风温差为 3.5℃，

也就是夏季送风温度不低于 20℃，送风器出风速度不高于 0.4 m/s，至人体脚踝处风速不高于 0.25m/s，这种气流组织既可以满足人体舒适度要求，也较节能。比赛厅空调送风系统见图 2。

3.5.3 比赛场地采用单风道低速全空气系统方式，空调机房设置组合式空调机组，送风口采用电动球型喷口，可根据需要调节每个风口风量及吹风角度，尽量消除“死角”，保证空调效果，回风口采用可开式单层百叶风口（带过滤网）。新风和回风在空调机组内集中冷却处理后送至各空调房间。

3.6 水路系统

空调水路系统根据空调负荷、建筑使用功能及房间位置划分成 5 个空调回路：4 个水路分别担负比赛馆四个角的空调末端用水，剩余 1 个水路负担训练场地的空调末端用水，各回路空调冷冻水供回水干管并联接于制冷机房分、集水器上。空调水路系统最高处设置膨胀水箱（见图 3）。

3.7 自动控制及节能设计

该工程空调水系统采用一次泵变流量系统，空调自控纳入 BAS 系统。

3.7.1 按照各空调系统内各空调房间的使用规

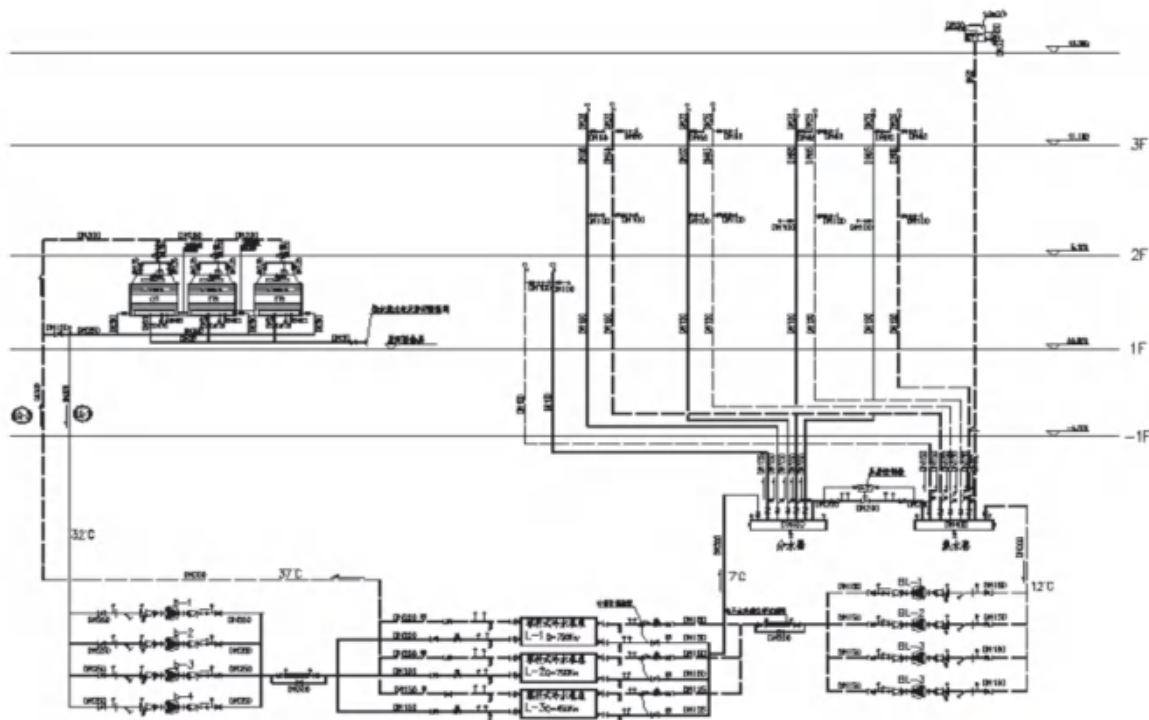


图3 空调水系统原理图

律，负荷特点划分空调系统的服务范围 and 规模，以便于空调系统管理和经济运行。

3.7.2 系统可以根据负荷变化运行所需的台数，使设备尽可能高效率运行，以减少能耗，控制内容主要为：冷水机组、冷却塔、水泵等的单机控制及群控；冷冻水系统的变流量控制，供/回水温度的控制，水系统的定压控制、各种空调模式的分析切换等。

3.7.3 组合式空调机组采用 DDC 控制器控制，控制内容有：空调机组的启停控制，风机的变频和台数控制，送风（回风）温度的控制，过滤报警，最小新风量控制，新、回、排风风阀的联动控制等。根据新风、回风焓值自动调节新风、回风比例，在过渡季充分利用新风供冷，减少冷水机组在全年的运行时间。根据回风温控器控制电动水阀开度。

3.7.4 比赛大厅设置机械排风系统，过渡季节，采用全新风运行或增大新风比运行，根据室内外压差调节排风机的运行台数和变频。在满足室内环境要求的前提下，尽量利用室外新鲜空气自然降温，减少全年冷（热）水机组开启时间。

3.7.5 观众席采用二次回风空调风系统，能够降低送风温差，降低空调机组能耗，达到节能目的。

3.7.6 该工程的控制机组、组合式空调机组、通风机等除就地控制外，同时均可由 BA 系统集中启停，

并在总控制显示其运行状况。

4 通风设计

4.1 地下车库通风：地下室设置独立的机械排风、自然进风系统，以稀释车库内废气浓度。排风通过设置的土建竖井排出，送风由车道自然进入。地下车库通风换气次数按 6 次/小时计算。

4.2 地下设备用房通风：地下设备用房按照建筑防火分区分别设置多个独立的机械送、排风系统，以消除设备用房内余热余湿空气。进、排风通过独立设置的土建竖井并由室外引入及排出。

4.3 公共卫生间通风：浊气由各卫生间通风器排入独立排出室外，自然进风。

4.4 电梯机房设置轴流风机进行排风，自然进风。

4.5 通风设计主要数据参见表 2：

表 2 通风设计参数

房间名称	排风指标 (次/h)	送风指标 (次/h)	备注
地下车库	6	5	
变配电所	15	12	
泵房	8	6	
公共卫生间	12	自然进风	
制冷机房	6	5	
电梯机房	15	自然进风	

5 排烟设计

5.1 地下车库：地下室分为2个防火分区，其中防火分区二为设备用房，防火分区一为机动车库。防火分区一设一个排烟系统（平时排风，火灾时排烟），排烟量按6次/h计算，利用车道自然补风，排烟补风量为排烟量的50%以上。

5.2 长度超过20米的内走道设置机械排烟系统，排烟量按最大防烟分区面积的 $120\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 计算，排烟风机位于风机房内，通过室外百叶排至室外，未设置机械补风的通过可开启的外窗或门进行自然补风，补风量为排烟量的50%以上。

5.3 比赛大厅内设置机械排烟系统，比赛大厅内的排烟量通过《马尾体育馆项目消防性能化防火设计报告》的分析计算确定为不小于 $4.4 \times 10^5\text{m}^3/\text{h}$ ，并设置机械补风系统，补风量不小于排烟量的50%；

5.4 训练馆设置机械排烟系统，排烟量按 $60\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 计算，排烟风机位于屋面上，通过可开启外窗自然补风，补风量为排烟量的50%以上。

6 座椅下送风静压箱材料与工艺

比赛大厅固定观众席采用座椅阶梯下方送风消声静压箱送风的室内空调气流组织形式。由于观众席阶梯为整体现浇，另紧凑的空间不允许任何形式的过分占用建筑空间决定了该工程不可能采用土建静压箱，只能在阶梯楼板下方现场制作安装静压箱。

6.1 静压箱工艺要求

6.1.1 防火性：制作静压箱的所有材料均应满足《建筑设计防火规范》GB50016-2006要求，且为保证其优良的强度和刚度最终确定采用硅酸盐防火板制作静压箱。（硅酸盐防火板性能参数如下：板材规格：2440X1220mm，厚度：10mm，抗折强度： $\geq 16\text{MPa}$ ，导热系数： $\leq 0.25\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ，耐火极限 $\geq 2\text{h}$ ，燃烧性能A1级。）

6.1.2 密闭性：静压箱的密闭性是静压箱工程的重中之重。为加强静压箱密闭性需对以下部位加强密封：防火板与防火板之间的拼接缝、防火板与墙体的接缝、防火板与其穿过固件接缝处。缝隙处应先通过密封条密封处理再配合防火密封胶加强密封。

6.1.3 稳固性：稳固性是密闭性的前提条件，必须保证静压箱下方布置的管线支、吊架垂直安装及面层开洞位置准确，避免对静压箱产生侧压力，同时在施工水管、桥架等内容及空调风系统调试时应避免碰到静压箱保证其稳固性。

6.1.4 保温：采用导热系数为 $0.040\text{w}/(\text{m}\cdot\text{k})$ （10）

的不燃保温材料，保温厚度应 $\geq 31\text{mm}$ 。

6.2 静压箱检测

本工程的静压箱面积较大，为确保其工艺满足要求，首先选择代表性部位进行施工，再由第三方专业检测单位检查密闭性，待合格后再施工其他部位的静压箱。最终检测的漏风量 $Q=1.45\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 远远小于允许漏风量 $Q=4.96\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 的要求。

7 设计体会

本工程竣工验收后，空调系统进行了初步调试，各项参数均达到设计要求，系统满足体育馆美观性、合理性、舒适性、节能性的使用要求。该工程承担了第一届全国青年运动会U18男子篮球比赛的场馆保障工作。通过此次自身的设计总结出以下几点经验和体会。

7.1 深入分析体育馆的功能特点、赛时赛后使用情况、四周布置情况及各功能房间不同时段空调使用情况，因地制宜确定合适的空调系统，同时考虑同一空调系统使用时间不同，细化分区分系统，在保证满足使用要求的前提下达到节能降耗的效果。

7.2 气流组织方面，对于不同性质的房间采用不同的送风方式，既保证送风达到设计要求又能更好的满足人员的舒适要求。其中比赛大厅属于高大空间，考虑到人员活动区的高度限制，固定观众席采用座椅下送风的室内空调气流组织形式成为本工程特点之一，其静压箱运用新材料新工艺，经运行实践证明该空调方式设计是正确可靠的。

7.3 本工程管线错综复杂。如比赛厅及训练场地共用一套系统的地下室制冷机房风管、水管、桥架交叉，座椅下送风的静压箱下方空间紧凑不允许太多管线交叉。这就要求我们在设计过程中认真合理的布置设备及管线综合，优化管线回路减少压力损失的同时也要保证尽量避免管线交错造成施工难度和对工程的影响。

7.4 该工程主体为大空间单体建筑，不能按照常规排烟量计算方法进行计算，需根据相关的消防性能化试验报告确定。本工程根据《马尾体育馆项目消防性能化防火设计报告》的分析确定体育馆比赛大厅内设置的机械排烟量为 $4.4 \times 10^5\text{m}^3/\text{h}$ ，在排烟设计过程中应充分考虑此场所排烟量的特殊性，合理布置排烟风机位置及排烟风管走向，保证体育馆的美观性。

参考文献

（下转43页）

合肥职业技术学院体育馆暖通空调设计

东南大学建筑设计研究院有限公司 杨媛茹

摘要：在简要介绍建筑概况的基础上，从设计参数、空调系统设计、通风排烟系统设计、空调冷热源以及控制系统等几个方面介绍了该体育馆的通风空调系统设计，并总结了系统设计过程中几点体会。

关键词：空调设计、通风排烟设计、冷热源、体育馆

1 建筑概况

合肥职业技术学院位于合肥市新站区，是安徽省首批地方技能型高水平大学项目立项建设单位。体育馆位于学校东北侧，南侧紧邻体育场，北侧靠近城市道路，建筑为乙级体育馆，以可举办地区性和全国单项比赛、日常训练为主要功能。建筑总面积 11719 平方米，建筑总高度 23.42m，固定座位 2504 个，总席数 3360 个。

体育馆建筑由训练馆及比赛馆两部分串联而成。建筑总体功能布置紧凑，交通流线清晰。建筑西侧为训练馆，一层为若干教室及训练馆，另有变电所，机房等设备用房，消防控制室设置于建筑北侧，直接对外。建筑东侧为比赛馆，一层为比赛场地、部分观众席及辅助用房，二层以上为观众席。

建筑以“运动飘带”为形态意向。飘逸，刚劲的折板飘浮在开阔地的运动场地之畔，“飘带”这一建筑语言的引入，强化基地场地形态，烘托建筑形象；另一方面，该措施也是“绿色”建筑的实用策略：折板与建筑主体之间形成大量灰空间和空腔，灰空间有利于遮阳，空腔改善了建筑热工环境。折板之下矩形舱体充分展现了建筑内部的使用功能：高大宽敞的比赛空间，出挑深远的看台，这些建筑特征通过形体穿插、出挑、分解等方式，在外观上加以强化，同时适度夸张的形态，营造出富于戏剧化效果的入口形象，从而增加了建筑标志性。建筑造型平直、方正。

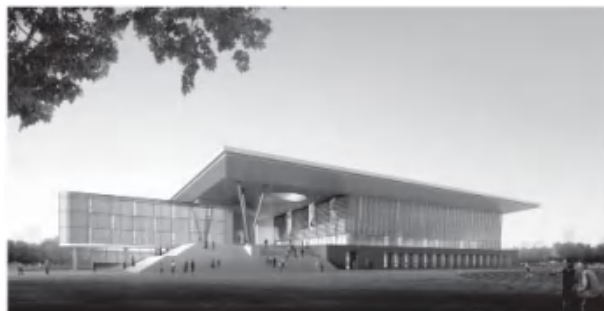


图 1 体育馆工程外观图

2 设计参数及空调负荷

2.1 空调室外设计参数

根据合肥地区气象条件，室外设计参数如下所示^[1]。（见表 1）

2.2 空调室内设计参数

根据文献 [2] 和甲方的要求，体育馆空调为舒适性空调。考虑室外温湿度、经济条件、节能要求以及舒适性等因素确定各项参数见表 2。

3 空调系统设计

3.1 比赛大厅和训练馆

鉴于体育建筑比赛大厅和训练馆容积大、净空高、热湿负荷、送风量以及新风量与辅助用房不同，

表 1

	大气压力 /Pa	湿球温度 /	干球温度 /	平均温度 /	相对湿度 /%	平均风速 /(m/s)
夏季	1001.2	28.1	35.0	31.7	69	2.9
冬季	1022.3	-4.2			76	2.7

表 2 空调室内设计参数

区域名称	室内温度 ()		相对湿度 (%)		新风量标准 (m ³ / h.p)
	夏季	冬季	夏季	冬季	
比赛大厅篮球训练馆	27	16	65	30	20
辅助用房	26	20	60	30	30

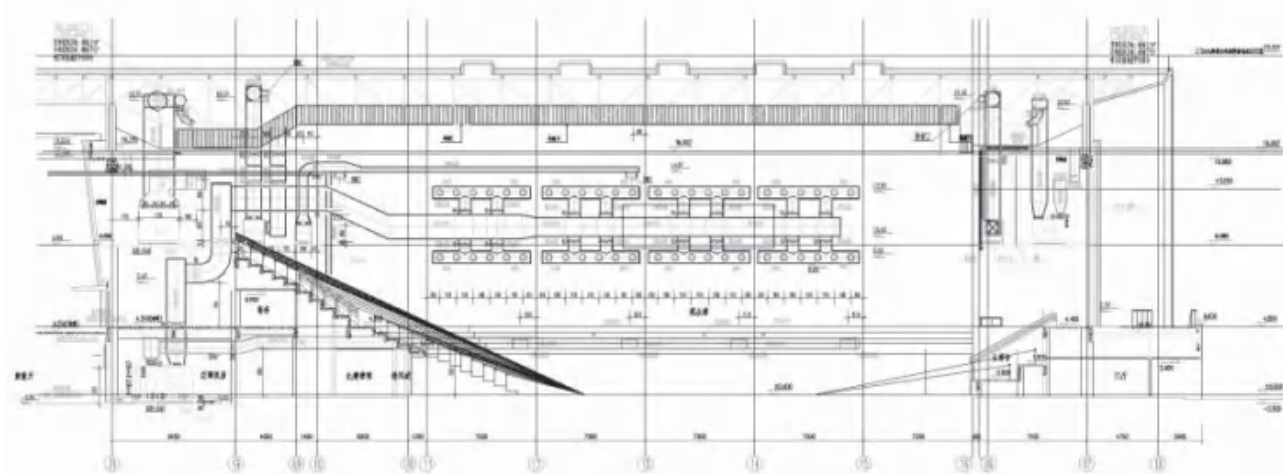


图2 比赛场空调、通风示意图

表3 空调室内设计参数

系统	夏季空调	冬季空调	备注
	冷负荷 (kW)	热负荷 (kW)	
VRV 空调系统	372.3	188.1	会议、接待、办公、服务、休息等区域
空气源热泵系统	1190.5	592.1	比赛大厅、训练馆
合计	1562.8	780.2	

采用两套空调系统。比赛大厅和训练馆采用一次回风的普通集中式空气处理过程,空气处理设备均集中在空调机房内,主要功能段包括新风回风混合段、中效过滤段、表冷/加热段、风机段、消声段、送风段等,经处理过的空气用低速风道输送至比赛大厅等需要空调的地方。

比赛大厅设计总送风量为 $190000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。为便于风量调节和送风均匀,比赛大厅比赛区和观众区采用分区送风和回风,共分设6台组合式空气处理机组。为比赛区服务的2台空调机组,送风量为 $40000 \text{ m}^3/\text{h}$,设置在一层两个空调机房内;为观众区服务的4台空调机组,送风量 $40000 \text{ m}^3/\text{h}$ 和 $15000 \text{ m}^3/\text{h}$,各为两台,机组分别设置在 9.700m 的四个空调机房内;经过空调机房集中处理过的空气由风管完成送风。训练馆设计总送风量为 $60000 \text{ m}^3/\text{h}$,每台送风量为 $30000 \text{ m}^3/\text{h}$,设置在 9.30m 空调机房内。

目前体育建筑比赛大厅的气流组织形式,常用如上送下回、侧送下回、下送上回和分区送下回等几种方式。以上送风方式中侧送下回的方式是比赛大厅采用最广泛的一种气流组织方式,而其中以喷口送风方式最为常见^[3]。因此,比赛大厅比赛区气流组织采用两侧双排球形喷口侧送,看台下侧回风,通过调节送风喷口角度及数量控制场地气流;单排大球喷口送风,夏季下排送风,水平送风;冬季下排送风,送风方向斜向下 27° ;双排小球喷口送风,夏季上排送风方向斜向上 10° ,下排送风方向斜向

上 28° ,冬季场地采用赛前预热方式。比赛大厅观众席采用顶部喷口侧送,顶部侧回风,在观众席采用上送风方式,可以抵消一部分因热空气上升使后排观众席温度升高的不利影响,使得后排观众席的设计温度比前排稍低。比赛区和观众区空调方式示意图见图2。

训练馆采用变流态旋流风口顶送,上部回风,其优点是:诱导比大,送风速度衰减快。

3.2 辅助用房空调

为满足其他运动和管理场所等辅助用房使用的灵活性,采用变制冷剂流量多联空调系统(简称VRV空调系统)加冷凝排风热回收新风系统。VRV空调系统可以实现各房间独立调节,能满足不同房间不同空调负荷的需求,使用方便,可靠性高。冷凝排风热回收机组设在空调机房内,该机组增加了热回收系统,能够对排出室外的空气进行热量回收,减少空调的能耗,达到节能的目的。

4 通风排烟系统设计

体育建筑具有间断性、密集性、使用频率低的使用特点。根据调查,体育馆空调使用率在北京地区平均夏季在12次左右,冬季10次左右,每次使用时间为45小时,其中使用率最高的每年在30次左右,大多数使用时间体育馆只做通风处理,所以该类场

所宜采用一次投资低、高可靠性的系统^[4]。

4.1 通风

为排除顶棚网架下的热空气，比赛大厅结合机械排烟系统等设机械排风系统，共设5台排风风机，一台风机设于一层空调机房内，风量20000 m³/h，其余四台分别设于9.70m处的四个空调机房内，两台为排风和排烟合用，排风量为25000 m³/h，另外两台排风机排风量为5000 m³/h。排风系统夏季一台上部排风机低速运行，冬季一台下部排风机运行；过渡季采用全新风运行，根据空调新风量的变化控制运行台数，即关闭设在空调机组上的回风阀门，新风阀门全开，排风机也同时开启。

篮球训练馆结合机械排烟系统等设机械排风系统，排风作为非空调时通风。

所有无外窗的房间、配电房、强弱电间及卫生间均设有排风系统。

4.2 排烟

体育馆比赛大厅结合排风系统设机械排烟系统，共设四台排烟风机，其中两台风机为排烟和排风合用，两台为单速排烟风机。排烟量参照中庭要求计算，按其体积4次/h换气计算，每台排烟量为48000 m³/h。火灾时排风排烟风机高速运行排烟，排烟风机平时作为通风用时，采用双速离心式风机箱，单速排烟风机采用轴流式消防风机。风机入口均设有防火阀，当温度超过280℃时能自动关闭，并将信号传至消防排烟防火阀，连锁关闭排烟风机，停止排烟。

篮球训练馆等结合平时通风设机械排烟系统，排烟系统排烟量按防烟分区面积每平方米不小于60 m³/h计算；火灾时，排风排烟风机高速运行进行排烟。

不满足自然排烟要求的内走道等设机械排烟系统，防烟分区按不大于500 m²原则划分，负担二个防烟分区的排烟系统排烟量按最大防烟分区面积每平方米不小于120 m³/h计算，负担一个防烟分区的排烟系统排烟量按防烟分区面积每平方米不小于60 m³/h计算；失火时，失火区的排烟口打开，排烟风机启动进行排烟。

5 空调冷热源设置

利用HDY-SMAD暖通空调负荷计算及分析软件，得到该体育馆空调系统夏季总冷负荷约：156.3 kW，冷负荷指标：247 W/m²（空调区域面积），冬季总热负荷约：780 kW，热负荷指标：124 W/m²

（空调区域面积）。根据本工程特点和建设方意见，本工程空调冷热源采用空气源热泵冷热水机组加变制冷剂流量多联分体空调系统；比赛大厅、篮球训练馆等空调冷热源采用空气源热泵冷热水机组夏季提供7/12℃的空调冷水，冬季提供45/40℃的空调热水，热泵机组设在室外地面；比赛附属检录大厅、运动员裁判休息、会议、接待等辅助用房设变制冷剂流量多联分体空调系统，室外机设在屋面。

比赛大厅、篮球训练馆等空调冷负荷：1190.5 kW、热负荷：592.1 kW，考虑0.95的同时负荷系数，选用单机额定制冷量399 kW（冷水T出/进水=7/12℃，环境T=35℃），额定制热量387 kW（热水T进/出水=40/45℃，室外空气干球温度T=7℃，相对湿度90%）螺杆式空气源热泵冷热水机组三台，同时机组制冷量可在20%~100%内进行无级调节。实现了既节省初投资，平时又节能运行的目的。空调水系统采用双管末端变流量系统，空调末端设动态平衡电动调节阀，供回水干管设压差旁通阀保证热泵机组侧定流量；水系统采用带软化水装置的自动补水排气定压装置，系统定压压力：0.10 MPa±0.03；空调水循环泵设在空调水泵房。

各系统空调冷热负荷见表3。

6 空调系统的控制

为便于运行管理和节约能源，建议在有效和简化原则下，空调系统设置必要的控制系统。

系统通过现场数字控制器对空调机组、新风机组、送(排)风机进行状态监视、启停控制、故障报警、运行信息的统计记录等；本工程设排风兼排烟机组，在正常情况下其控制方式与排风机组相同，当发生火灾时由消防控制室控制，消防控制室具有控制优先权；本系统对消防专用风机不进行监控，其自动监控功能由火灾自动报警与联动控制系统实现。

空气源热泵机组根据使用要求，开启相应的热泵机组。热泵机组本身的控制由自带控制系统执行。在空调水系统供回水总管间设置压差旁通控制，根据供回水压差旁通一部分水量，保证负荷侧流量变化时通过冷水机组、空气源热泵机组的流量不变。

VRV空调系统设备配套控制系统，室内机可单台或成组设置就地控制器，按区域设置集中控制器，控制中心设集中控制系统，配置能量计量系统，并提供楼宇控制管理系统接口，接入楼宇控制管理系统。

冷凝热回收通风系统风机、电动风阀等均应进行电气连锁；冷凝热回收风机监控还应有远程启停

控制、风机状态监视、过滤器(热交换器)压差监测、故障报警等。

系统通过现场数字控制器监测比赛场馆和训练馆的二氧化碳浓度参数,空调季根据室内 CO₂ 度控制机组变新风量运行,相应区域排风系统根据新风阀变化变频调速变风量运行,确保室内空气质量符合绿色建筑要求。

7 几点设计体会

通过本工程的设计与施工,总结以下体会,与设计者们共勉。

比赛用房空调系统在使用上具有运行时间短,使用率低,设备闲置率高的特点,和辅助用房的使用功能及空调参数要求不同,为了节省初投资,提高设备使用率,本项目采用了两套空气处理设备。比赛用房采用全空气系统,辅助用房均为 VRV 空调系统加冷凝排风热回收式新风系统。

为提高比赛人员和观众的舒适感,良好的气流组织是关键,因此本工程采用了比赛厅和观众厅分区送风的空调方式,确保比赛场地和观众区对风速的不同要求。

空气源热泵系统素有“大自然能量的搬运工”的美誉,有着使用成本低、易操作、安全、干净等多重优势。在设计初期经过现场调研后确认采用该空调系统,节省占地面积及运行费用,避免锅炉引起的环境污染和能源浪费,避免冷却塔等影响建筑物外观及造成污染。

大空间建筑的空调新风管尺寸要满足过渡季节

全新风运行的要求,在过渡季节减少制冷机开启时间,节省运行费用,同时满足室内空气品质的舒适度要求。

暖通空调设备历来是噪声污染的最大来源之一,因此设计时应采用低噪声等级的风机和空调设备,送风管上设有消声器,所有落地设备设减振器,吊装设备设减振吊钩,管路与设备连接处设置软接头等等。使空调房间满足设计和使用要求,减少噪声污染。

随着时代的发展,现代建筑不仅仅具有功能性,更重要的是具有艺术审美性,而暖通空调设备的进排风百叶往往会影响到建筑的立面效果。因此作为暖通设计师,要结合建筑结构,合理选择新风入口、送风口、回风口的位置与形式。同时也合理设置空调风管和水管系统,以免造成碰撞,影响建筑层高或影响建筑美观。

在设计过程中,各个专业设计师要紧密配合,避免出现后期无法施工等问题,同时施工单位后期应与设计单位多沟通,及时发现并解决问题。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准. GB 50736—2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] 中华人民共和国国家标准. JG J31-2003 体育建筑设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [3] 金哲秀. 体育场馆比赛大厅的喷口送风设计与探讨. 建筑工程.
- [4] 李艳、王韶文. 江南大学体育馆工程空调系统设计. 制冷与空调. 2007 年 6 月第 7 卷第 3 期.

(上接 39 页)

- [1] 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范 GB50736-2012. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012:126-127
- [2] 姜湘山. 暖通空调设计要点. 机械工业出版社, 2012
- [3] 范存养. 大空间建筑空调设计及工程实录. 北京:

中国建筑工业出版社, 2001

- [4] 马最良, 姚杨. 民用建筑空调设计(第二版). 北京: 化学工业出版社, 2010
- [5] 中国建筑学会暖通空调分会. 暖通空调工程优秀设计图集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010



武汉某写字楼地源热泵系统设计与实施

中信建筑设计研究总院有限公司, 武汉, 430014 胡先芳 雷建平 周敏锐 陈焰华

摘要: 地源热泵工程实施的重点和难点是地下埋管换热器的设计和施工, 本文通过对武汉某写字楼地源热泵系统实施与设计的差异及产生差异的原因进行了剖析, 对施工阶段出现的主要问题进行了分析和总结, 对地源热泵系统设计和施工中三类常见问题给出了相应的实施建议, 对同类工程项目的设计和施工具有一定的参考意义。

关键词: 地源热泵; 实施偏差; 交叉施工; 水力平衡; 预制检查井

1 项目概况

1.1 用地概况

本项目位于武汉市汉阳区四新片区, 总占地面积 33800 m², 包含一栋写字楼和一栋配套体育馆, 其中写字楼用地面积 12500 m², 体育馆用地面积 5500 m², 车道用地面积 5800 m², 室外雨水回收区用地面积 5000 m², 剩余室外绿化面积约 5000 m², 各功能区分布详图 1 所示。

1.2 建筑物概况

写字楼总建筑面积 95120 m², 其中地上 21 层, 建筑面积 70000 m², 地下 2 层建筑面积 25120 m², 建筑高度 88.2 米, 1-3 为裙房, 4-21 层为塔楼。地下室主要为车库和设备用房, 一层为餐厅和展示厅, 二层为中庭、展厅和多功能大会议厅, 三层为会议室, 四层为图书馆和监控室, 五层为档案室, 6-21 层为办公室 (包含少数会议室)。

体育馆建筑面积 8330 m², 共三层, 其中地下二层, 主要为游泳馆、羽毛球室和健身房, 地上一层为接待室。

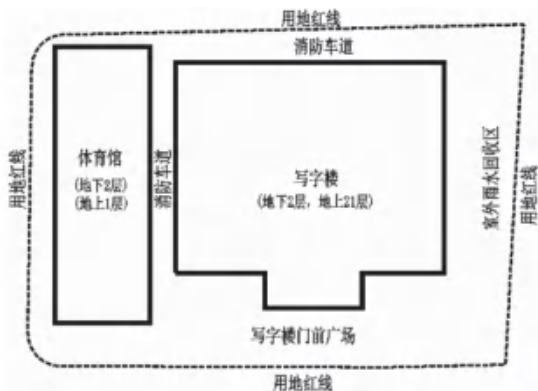


图 1 项目概况

2 地源热泵系统设计

2.1 冷热负荷

采用集中空调的区域为写字楼, 冷热负荷计算结果如表 1 所示, 修正后的空调冷负荷^[1]计算值为 6375kW, 空调热负荷计算值为 3599kW。

2.2 冷热源

经过前期勘察调研和方案比较, 结合写字楼的定位, 本项目采用集中空调系统, 冷热源采用地源热泵 + 常规冷水机组, 按照冬季热负荷配置地源热泵系统, 夏季不足的冷负荷由常规离心机组 + 冷却塔进行补充。

1) 集中空调系统冷热源采用 1 台单机制冷量为 3135kW 的离心式冷水机组、3 台单机制冷量 1116kW/ 制热量 1316kW 的螺杆式地源热泵机组, 共同负担写字楼空调末端的冷热负荷。冷热源机房设置在写字楼地下二层东北角处。

2) 离心式冷水机组配置 3 台单台处理水量 300m³/h 的方型横流超低噪声冷却塔, 冷却塔设置在写字楼北面的绿化带中。

3) 空调水系统为一次泵变流量系统, 夏季空调供回水温度为 7/12℃, 冬季空调供回水温度为 45/40℃。

4) 地埋管水系统按一次泵变流量系统设计, 其地埋管水系统设一组泵, 对应地源热泵机组, 冷却水系统配置一组泵, 对应离心机组 + 冷却塔系统。

2.3 土壤换热器

土壤换热器设计按冬季从土壤中的吸热量进行^[2], 为保证土壤热平衡, 地埋管换热器在夏季不足部分由冷却塔来补充散热, 根据设计中埋设的土壤换热器温度传感器监测的温度变化情况确定冷却塔的运行策略。

换热器设计冬季最大吸热量为 3380kW, 由于

表 1 负荷计算

负荷类型	空调区 冷负荷	总冷负荷 系数 W/ m ² /	昼夜温差	单位面积附加 系数 W/ m ²	建筑面 积 m ²	附加负 荷 kW	水泵功耗 kW	末端及 其他 kW	总负荷 kW	单位面积 指标 W/ m ²
冷负荷	5548	2.84	2.4	6.82	70000	477	175	175	6375	91.07
热负荷	3599								3599	51.41

表 2 设计阶段钻孔及换热量统计

区域	铺设位置	钻孔形式	孔数	孔深 /m	延米取热量 W/m	延米散热量 W/m	取热量 /kW	散热量 /kW
1	写字楼底部桩基	桩埋 W 形	345	38.5	65	90	863	1195
2	体育馆底部桩基	桩埋 W 形	204	28.5	65	90	378	523
3	写字楼地下室北区	地埋双 U	150	90	45	60	608	810
4	写字楼地下室南区	地埋双 U	120	90	45	60	486	648
5	体育馆地下室	地埋双 U	260	90	45	60	1053	1404
合计		桩 549/ 地 530					3388	4581

场地限制(如图 1 所示),本工程土壤换热器采用工程桩内埋管及垂直钻孔埋管相结合的方式,采用水为循环介质。

工程桩为泥浆护壁钻孔灌注桩,桩径为 800mm,写字楼有效桩长约为 40 米(可埋管长度 38.5 米),西侧的体育馆有效桩长约为 30 米(可埋管长度 28.5 米),在可利用的桩内设“双 U 型”埋管,每两根桩内的“双 U”串联为一个独立的环路,共 549 根桩(281 个环路),工程桩内埋管冬季单位桩长设计吸热量 65W/m,最大吸热量 1241kW(夏季设计最大排热量 1718kW,90W/m),施工单位进场完成工程桩内埋管施工后,应取不少于两个环路作桩埋管的换热量测试,并提交测试数据。

垂直埋管群布置在写字楼、体育馆地下室结构板下,其型式为双 U 型管,设计有效深度为 90m,钻孔间距为 5m×5m,钻孔直径为 150mm,依据“热物性测试报告”,单位井深冬季吸热量按 45W/m 设计(夏季排热量按 60W/m 设计)。管群分布于写字楼以及体育馆结构板下,共分写字楼地下室北区、写字楼地下室南区、体育馆地下室 3 个埋管区,设计总钻孔数初定为 530 孔,其中写字楼地下室北区 120 孔、写字楼地下室南区 150 孔、体育馆地下室 260 孔,项目各分区钻孔及换热量如下表 2 所示。

2.4 地源侧水系统形式

各类埋管按单孔、桩的形式与各类二级分集水器相连,桩埋管二级分集水器侧按异程式系统设计,二级分集水器位置按区域就近布置。

图 2 是写字楼地下室埋管区施工分区示意图,A、B 施工分区为写字楼地下室埋管北区,C、D 施工分区为写字楼地下室埋管南区,为了保证各区地埋管换热器之间水力平衡,地埋管二级分集水器侧采用同程式系统设计,二级分集水器位置分别位于写字楼和体育馆两侧,其中左侧为分水器,冷却水从分

水器流经地埋管换热器后,汇集至右侧的集水器,然后流入地源热泵机组。

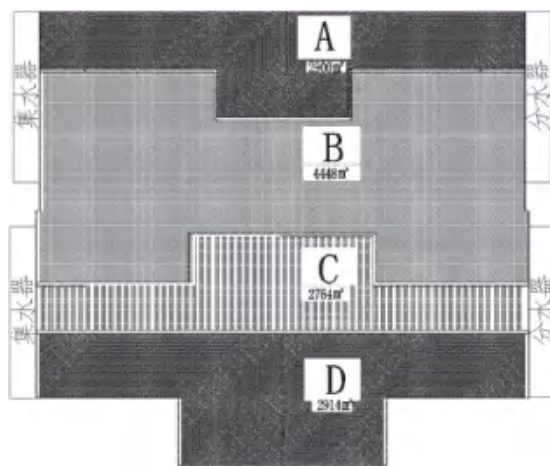


图 2 设计阶段地埋管换热器施工分区

3 系统实施与设计的偏差

3.1 地质状况引起的偏差

3.1.1 钻孔深度与钻孔数

项目在实施的过程中,由于部分区域地下出现溶洞,平均钻孔深度只有 68.5 米(有效埋管深度 67 米),达不到设计深度 90 米,为了保证地埋管换热量,需增加钻孔数量,经现场考察,写字楼南侧现为施工材料堆放区,规划设计为广场(绿化带),面积约为 5000 m²,在此区域新增钻孔 198 个,平均钻孔间距约 5 米。

3.1.2 检查井结构

下图 3 是地源热泵二级分集水器检查井现场实施环境,可以看出检查井所处地层以黏土为主,因为施工时间赶上梅雨季节,土质较松软,而且现场操作空间狭小,使得后期采用大型机械夯实垫层土壤变得十分困难,为了防止检查井后期发生浮升或是沉降,通过与结构专业进行论证计算,在检查井底部增加 500mm 厚的钢渣混凝土配重,同原始设计

表 3 实施阶段钻孔及换热量统计

区域	铺设位置	钻孔形式	孔数	孔深 /m	延米取热量 W/m	延米散热量 W/m	取热量 /kW	散热量 /kW
1	写字楼底部桩基	桩埋 W 形	345	38.5	65	90	863	1195
2	体育馆底部桩基	桩埋 W 形	204	28.5	65	90	378	523
3	写字楼地下室北区	地埋双 U	116	67	45	60	350	466
4	写字楼地下室南区	地埋双 U	144	67	45	60	434	579
5	体育馆地下室	地埋双 U	252	67	45	60	760	1013
6	室外绿化带	地埋双 U	198	67	45	60	597	796
合计		桩 549/ 地 710					3382	4573

相比, 检查井的深度增加了 500mm。



图 3 地源热泵检查井现场实施场景

3.2 施工条件引起的偏差

3.2.1 交叉施工引起的偏差

(1) 由于地质情况较为复杂, 前期施工对地埋管换热器钻孔难度估算不足, 换热器施工工期拉长, 为了确保整体工程按时完工, 地下室结构底板和位于结构底板下的地埋管换热器需要同时施工, 因此将施工分区调整为图 4 所示, 同图 2 相比, 地埋管二级分集水器侧由设计阶段的同程式系统变更为实施阶段的异程式系统, 为了维持水力平衡, 通过调整换热器连接二级分集水器之间的水平埋管管径, 尽量使各环路之间的水力不平衡率控制在可调范围类 (小于 15%), 图 5 是 D1 区和 D2 区水平埋管管径分区, 钻孔内垂直埋管管径为 De25, 连接垂直埋管的水平埋管供、回水管径在 De32 和 De40 之间调整, 最利环路和最不利环路阻力详表 4 和表 5 所示, 可以看出, 各环路之间的不平衡率基本控制在 $\pm 15\%$ 范围内, 对于少数超过 15% 的环路, 将其连接在不同的二级分集水器上, 通过调整设置于二级分集水器与一级分集水水平连管上的静态平衡阀来达到水力平衡^[3]。

(2) 连接二级分集水器与一级分集水之间的水平干管采用直埋管, 管线主要集中在写字楼北边的消防车道下, 车道宽 7 米, 给排水室外管线也主要集中于此, 在直埋管敷设阶段, 写字楼地下室同步施工, 由于车道边线离规划红线距离较近, 项目大基坑支护占据了一部分车道宽度, 造成直埋管敷设宽度变窄, 管线敷设形式从设计阶段的单层敷设、

供回并行, 调整为实施阶段的双层敷设, 上层供水, 下层回水的形式, 上下层之间错开一定距离, 便于后期下层管线检修。

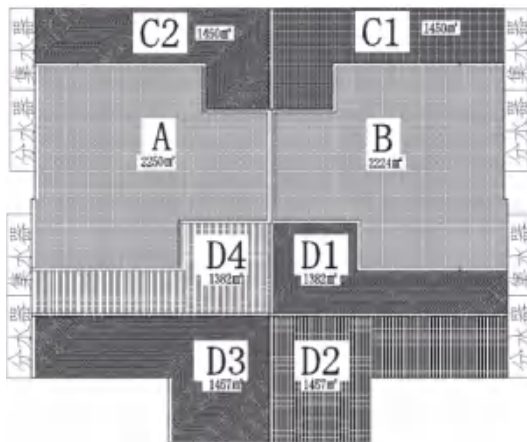


图 4 实施阶段地埋管换热器施工分区

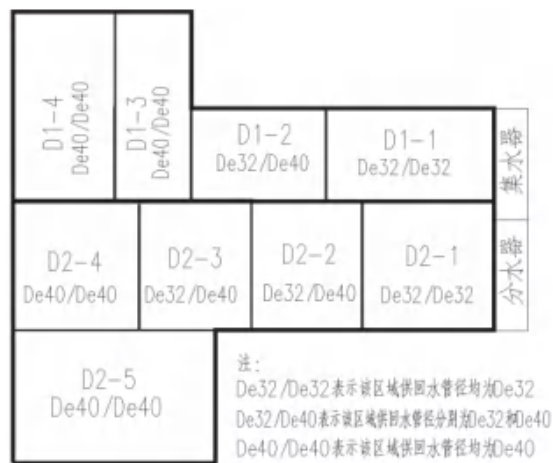


图 5 D1 和 D2 区水平分集管管径分区

3.2.2 施工场地引起的偏差

通过第 2.4 节的描述可知, 体育馆地下室底板下的地埋管换热器二级集水器位于体育馆西侧, 从图 1 可以看出, 体育馆地下室西侧边线离规划红线距离较小, 设计宽度为 3 米, 而检查井与体育馆地下室同步施工, 现场实测地下室外墙支护距离西侧边坡支护距离仅为 1.9 米, 检查井宽度为 1.8 米, 如果采用现场支模现浇的方式, 现场不具备实施条件, 通

表 4 D1 区各环路不平衡率核算

分区	环路阻力 (kPa) 不平衡率 (%)		D1-1		D1-2		D1-3		D1-4	
			最短	最长	最短	最长	最短	最长	最短	最长
			26.99	33.36	29.82	34.11	29.21	30.94	29.73	32.51
D1-1	最短环路	26.99	0.00%							
	最长环路	33.36	23.59%	0.00%						
D1-2	最短环路	29.82	10.50%	-10.59%	0.00%					
	最长环路	34.11	26.38%	2.25%	14.37%	0.00%				
D1-3	最短环路	29.21	8.22%	-12.44%	-2.06%	-14.37%	0.00%			
	最长环路	30.94	14.64%	-7.24%	3.75%	-9.29%	5.93%	0.00%		
D1-4	最短环路	29.73	10.16%	-10.86%	-0.30%	-12.83%	1.80%	-3.91%	0.00%	
	最长环路	32.51	20.44%	-2.55%	9.00%	-4.70%	11.29%	5.06%	9.33%	0.00%

表 5 D2 区各环路不平衡率核算

分区	环路阻力 (kPa) 不平衡率		D2-1		D2-2		D2-3		D2-4		D2-5	
			最短	最长	最短	最长	最短	最长	最短	最长	最短	最长
			27.12	31.87	28.81	31.99	31.99	35.39	29.27	31.46	29.69	33.02
D2-1	最短环路	27.12	0.00%									
	最长环路	31.87	17.48%	0.00%								
D2-2	最短环路	28.81	6.20%	-9.60%	0.00%							
	最长环路	31.99	17.93%	0.38%	11.04%	0.00%						
D2-3	最短环路	31.99	17.93%	0.38%	11.04%	0.00%	0.00%					
	最长环路	35.39	30.48%	11.07%	22.86%	10.65%	10.65%	0.00%				
D2-4	最短环路	29.27	7.89%	-8.16%	1.59%	-8.51%	-8.51%	-17.31%	0.00%			
	最长环路	31.46	15.99%	-1.27%	9.21%	-1.64%	-1.64%	-11.11%	7.50%	0.00%		
D2-5	最短环路	29.69	9.47%	-6.82%	3.07%	-7.17%	-7.17%	-16.11%	1.46%	-5.62%	0.00%	
	最长环路	33.02	21.74%	3.63%	14.63%	3.23%	3.23%	-6.70%	12.83%	4.96%	11.21%	0.00%

过调研论证,将检查井由设计阶段的现浇方式调整为采用预制水泥管,如图 6 所示,预制水泥管检查井的使用不仅保证了施工进度,而且有效降低了现场施工难度,比较适用于施工场地狭小的埋管区域。



图 6 预制水泥管检查井现场实施场景

4 结语

地源热泵系统的设计和实施是一项复杂的系统工程,地质状况的多样性、交叉施工的复杂性、施工场地的局限性、施工时段气候的不可测性等都会对项目的实施造成不可预料的影响,本文对武汉地区某写字楼地源热泵系统实施与设计的差异、产生差异的原因进行了分析,对施工阶段出现的主要问题进行了分析总结,对工程实施中三类常见问题给出如下建议:

(1) 地源热泵系统在设计阶段应充分考虑施工

工序、交叉施工对系统设计的影响,对于埋管面积狭小的区域,土建结构和地埋管换热器同步施工所产生的矛盾尤为突出,在设计之初就应提出相应解决方案,避免后期系统埋管形式变更;

(2) 地埋管二级分集水器侧环路在无法使用同程式系统时,可以通过调整换热器连接二级分集水器之间的水平埋管管径,使各环路之间的水力不平衡率控制在可调范围类;

(3) 对于地源热泵二级分集水器检查井施工场地比较狭小的空间,可以采用预制水泥管检查井或装配式混凝土检查井^[4],不仅可以加快施工进度,而且有利于降低现场施工难度。

参考文献:

- [1] 林坤平,徐宏庆.办公建筑间歇冷负荷系数的简化计算方法[J].暖通空调,2008,38(9):20-25.
- [2] 陆耀庆.实用空调设计手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2008,2394-2406.
- [3] 秦继恒,安爱明.空调水系统水力平衡调节[J].暖通空调,2012,42(9):100-104.
- [4] 金斐斐.装配式混凝土检查井钻孔埋管施工技术应用[J].工程技术(文摘版),2017,18(3):00052-00052.

双压冷凝双压蒸发空气源热泵系统的开发与研究

河北科技大学 王振辉

摘要：本文介绍了在室内设置两台换热器能实现双压冷凝双压蒸发的一种新型空气源热泵系统，冬季利用压缩机排出的蒸气热实现强制对流、辐射双温供暖，夏季利用制冷剂的双压蒸发实现辐射、强制对流双温供冷。对系统在不同工况下工作时的热力性能进行了模拟研究，给出了不同室外温度、不同风量、不同过热度条件下的机组性能参数，采用双压冷凝热泵 COPH 提高近 10%。

关键词：双压冷凝；空气源；热泵；补气增焓；双级压缩

0 引言

北方大中型城市雾霾作为一种新的污染方式趋于常态化，在众多解决雾霾污染举措中，北方农村地区冬季采暖的合理解决是缓解雾霾污染问题中的重要因素之一。随着我国治理雾霾工作的深入开展，空气源热泵是适合于华北地区农村住宅的一种很好的采暖形式，是取代燃煤的有效手段之一。同时，热泵被列为可再生能源之一，正在北方大面积推广^[1]。我国寒冷地区冬季气候干燥，随着室外环境温度的下降，建筑热负荷增加，空气源热泵的制热量却是随之减少，其次随着环境温度的降低，循环工质的吸气压力降低，导致压缩机的压缩比不断增大，排气温度迅速升高，热泵机组运行效率下降，热泵的可靠性变差。从目前用户反馈的问题来看，由低

温造成的主要有：水温上不去、室温达不到设计要求、用电量、主机结霜化霜不彻底、水泵冰裂、噪音大、主机启动频繁等^[2]。

北方燃煤锅炉采暖室内采用散热器，而“煤改电”项目中主要加热设备改为空气源热泵，空气源热泵效率随出水温度升高而降低，散热器要求供水温度至少 60℃ 以上^[3]。特别当机组运行在较高的温度时，不仅效率会有明显下降，还会有压缩机超负荷及压缩机排气温度过高等方面的隐患，为了改善工作环境，目前采用强制对流热交换器来降低空气源热泵出水温度。空气源热泵最适合与低温地板辐射采暖相结合，热量以辐射为主的换热方式向室内供暖，其能量转换效率高。但存在启动的时间长、温升慢，机组启动工况恶化，难以实现自动控制^[4]。

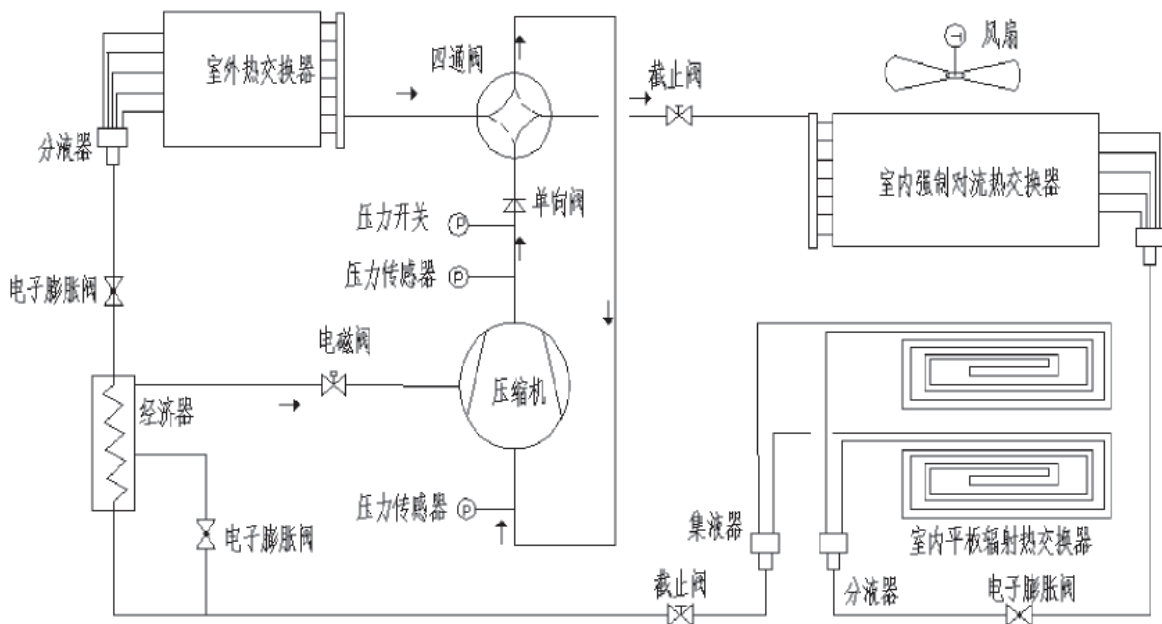


图 1 双压冷凝双压蒸发空气源热泵工作原理图

本文建立了以制冷剂为热媒的双压冷凝空气源热泵机组,采用热力学第一定律建立热力分析模型,通过模拟对比分析评价不同工况下热泵系统的热力性能,为系统优化和各组成部件能效特性提供理论依据。

1 双压冷凝空气源热泵系统

热泵冬季运行时是从室外空气吸收热量并将其泵送到较高温度的室内。室内得热量等于从室外空气吸收的热量加上压缩机在蒸气压缩过程中输入的功。通过热泵系统获得热量将有助于节省总体能源成本。冷凝热量是制冷剂蒸气的过热冷却、冷凝潜热和过冷冷却三部分组成,该热量属于低品质^[5]。

然而,在大多数已安装的热泵设备中没有考虑冷凝热量的阶梯利用。本文通过对室内供暖设备的供热方式及使用需求的全面研究,开发了采用双冷凝器实现双压冷凝的空

气源热泵供暖系统。双冷凝器分别为强制对流冷凝器和平板辐射冷凝器。强制对流冷凝器实现室内空气快速升温,平板辐射冷凝器充分回收冷凝热实现能量阶梯利用,提高热泵系统的能源利用率。

双压冷凝空气源热泵系统如图1所示,包含一台空气源热泵室外机、一台直膨室内风机盘管和一组地板辐射采暖平板。为了从冷凝热中回收尽量多的热量,在前端设计为一个强制对流热风供暖的冷却冷凝器,逆流运行,其中进入的空气首先与冷凝的制冷剂蒸气接触再与过热制冷剂蒸气接触,达到比蒸气的冷凝温度高的热空气。后端设计为一个低温平板辐射供暖冷凝器,进一步降低制冷剂温度,实现制冷剂的充分热回收。

2 双压冷凝空气源热泵的热力学分析

2.1 双压冷凝空气源热泵工作流程

双压冷凝空气源热泵系统热力循环压焓图如图2所示,来自室外蒸发器1点的制冷剂蒸气经低压压缩机绝热压缩到2点,2点的过热蒸气与经济器出来的饱和蒸气混合为3点进入到高压压缩机,经过高压压缩机绝热压缩到4点,4点的过热蒸气首先进入到强制对流冷凝器中,在基本恒定压力下完成过热冷却过程(4-5)和部分冷凝热过程(5-6),随后经过分液器与膨胀阀降压过程(6-7)在相对低的压力下进入到平板辐射冷凝器中进行低压冷凝过程(7-8),部分制冷剂经节流阀进入经济器完成(8-9)节流过程,在经济器吸热变为10点饱和

蒸气进入补气口与2点气体混合再进一步压缩。进入高压制冷剂在经济器过冷完成(8-11)过程,最后经节流阀完成(11-12)过程后进入室外蒸发器吸热,完成热泵循环。

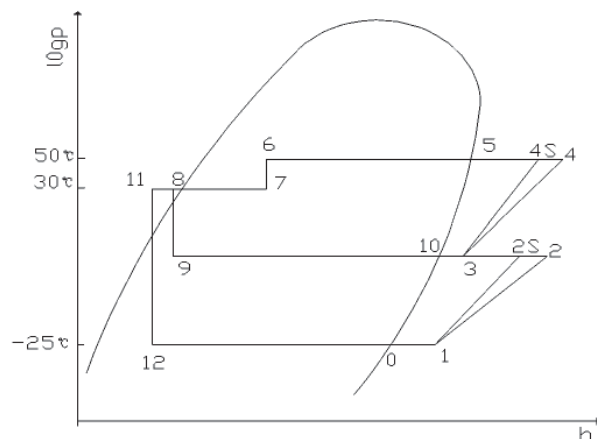


图2 双压冷凝空气源热泵压焓图

2.2 双压冷凝空气源热泵的状态点方程

等熵压缩关系计算排出的制冷剂蒸气的排气温度 T_2 :

$$S_1 = S_{2s} = S_{2g} + C_p \times \ln(T_2 / T_{2g}) \quad (1)$$

式中 T_{2g} —对应于冷凝压力的饱和温度。

排出制冷剂蒸气的焓由以下关系确定^[6]:

$$h_{2s} = h_{2g} + C_p \times (T_2 - T_{2g}) \quad (2)$$

式中 h_{2s} —对应于等熵压缩的焓。

实际焓 h_2 可以从压缩机等熵效率来评估,其被定义为等熵压缩功与实际压缩功的比率:

$$\eta_s = (h_{2s} - h_1) / (h_2 - h_1) \quad (3)$$

因此,根据给定的 η_s 和 h_{2s} ,求取实际焓 h_2 ,高压级同理。

低压级制冷剂质量流量:

$$M_d = Q_0 / (h_1 - h_{12}) \quad (4)$$

高压级制冷剂质量流量:

$$M_g = M_d (h_2 - h_{10}) / (h_3 - h_{10}) \quad (5)$$

2.3 双压冷凝空气源热泵变工况性能分析

采用双级压缩技术是目前克服低温(-20℃以下)与超低温(-30℃)工况的最有效方法,而且出水温度高于55℃^[5]。一般低温工况:-15℃,COP值不低于2.0,采用补气增焓技术就能达到出水温度45℃的要求^[7]。

该双压冷凝空气源热泵系统,制冷工质为R22,冷凝温度为50℃,中间压力利用比例中相法

确定, 冷凝器过冷度 5 , 蒸发器过热度 5 , 采用一级节流中间不完全冷却双级压缩系统, 对不同的蒸发温度、不同循环风量、不同中间过热度进行模拟分析。

4 模拟结果及分析

4.1 设计工况

以 3HP 谷轮 EVI 涡旋压缩机为例, 型号为 VPV020SE, 容积 20CC/ 转, 转速变化范围 900-7200 r.p.m, 名义制冷量 6.2kW, 名义输入功率 2.03 kW。

参照 GB/T 25127.2-2010 标准规定, 空气源热泵机组名义工况为干球温度 -12 , 湿球温度 -14 , 出水温度 41 [8]。北方好多区域的环境温度是超出名义工况温度范围。选取室内送风温度为 31 , 强制对流冷凝器 A 的制冷剂出口温度 (T6) 要高于室内温度 TA1, 取 50 。平板表面温度达到 25 , 室内温度 TA1 为 20 , 完全满足室内供暖要求 [9]。通过低温平板辐射供暖冷凝器 B 的制冷剂出口温度取 30 , 制冷剂出口压力 1.18Mpa。

4.2 不同蒸发器温度下的性能参数模拟

空气循环量 FMA=0.75kg/s, 高压冷凝压力 1.94Mpa, 低压冷凝压力 1.18Mpa。改变蒸发温度时, COPH 及热量分配比见表 1

表 1 COPH 及热量分配随蒸发温度的变化规律

TE ()	辐射热 (kw)	对流热 (kw)	COPH	TA ()	热量分配比
-30	0.86	8.5	2.75	31.3	0.101
-25.0	1.1	8.5	2.8	31.3	0.129
-20.0	1.56	8.5	2.96	31.3	0.184
-15.0	2.06	8.5	3.1	31.3	0.242
-10.0	2.56	8.5	3.25	31.3	0.301

4.3 不同风量 (FMA) 下的性能参数模拟

在蒸发温度 Te=-25 不变的条件下, 高压冷凝压力 1.94Mpa, 低压冷凝压力 1.18Mpa。改变空气循环风量条件下, 出风温度及热量分配比见表 2

表 2 出风温度及热量分配随风量的变化规律

FMA (kg/s)	辐射热 (kw)	对流热 (kw)	COP	TA ()	热量分配比
0.67	1.4	8.2	2.8	32.24	0.17
0.75	1.1	8.5	2.8	31.30	0.13
0.83	0.9	8.7	2.8	30.48	0.103
0.92	0.7	8.9	2.8	29.67	0.079
1	0.6	9.0	2.8	29.00	0.066

4.4 不同中间过热度下的性能参数模拟

在蒸发温度 Te=-25 不变的条件下, 高压冷凝压力 1.94Mpa, 低压冷凝压力 1.18Mpa。改变中间进气混合温度时, 出风温度及热量分配比见表 3

表 3 COPH、出风温度及热量分配随过热度的变化规律

过热度 ()	辐射热 (kw)	对流热 (kw)	COP	TA ()	热量分配比
4	1.6	9.2	3.18	32.27	0.17
5	1.1	8.5	2.82	31.30	0.13
6	0.72	8.0	2.56	30.48	0.09
7	0.63	7.4	2.40	29.67	0.085
8	0.58	7.0	2.24	29.00	0.083

5 结论

1) 在空气循环量、出风温度不变的条件下, 平板辐射热比例随蒸发温度的升高而增加, 最高可达 30% 左右。

2) 在低温环境下, COPH、出风温度及热量分配随过热度增加而降低。因此尽量降低高压压缩机入口的温度有利于提高性能。

3) 随着空气质量流率的增加, 出风温度降低, COPH 与出风温度及热量分配变化不明显。

4) 采用双压冷凝可以有效的降低冷凝器出口温度, 冷凝热回收及增加 10.60%, COPH 提高近 10 %。

参考文献

- [1] 柴沁虎, 马国远, 空气源热泵低温适应性研究的现状与进展 [J]. 能源工程, 2002, (5) 25-31
- [2] 金旭, 双级压缩空气源热泵采暖系统实验研究 [J]. 大连: 大连理工大学, 2009
- [3] 张鹏娥, 双级压缩变频增焓空气源热泵在北方农村的应用 [J]. 制冷与空调, 2016, 16 (2) : 88-91
- [4] 江明旒, 两级冷凝热泵热水系统的实验研究 [J]. 制冷学报, 2010, 31 (1) : 6-10
- [5] 马最良, 姚杨, 姜益强, 暖通空调热泵技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008: 21-54
- [6] 王森, 石文星, 田长青, 双级压缩变频空气源热泵的试验研究 [J]. 太阳能学报, 2004, 25(3): 388-393
- [7] 周刚, 朱玉群, 王勇, 用于空调工况的双级压缩循环的分析计算 [J]. 流体机械, 2002, 30 (9) : 62-64
- [8] 金苏敏, 王伟, 陈建中, 等. 空气源热泵热水器双级压缩循环研究 [J]. 暖通空调, 2006, 36 (9) : 58-61.
- [9] 王森, 小型双级压缩机变频空气源热泵的模拟分析和试验研究 [D]. 天津: 天津商学院制冷与空调工程系, 2004.

平板型太阳能集热器性能研究分析

1) 山东华科规划建筑设计院有限公司; 2) 山东省科学院生态研究所 冯夫顺¹ 回晓洋² 田彦法¹

摘要: 平板太阳能集热器构件材料和安装角度是影响集热器的集热效率的关键。研究通过改善透明盖板的性能和确定一种合理计算最佳倾角的简便方法来提高集热效率的方法。在理论的基础上, 通过集热器的数学模型, 比较了不同盖板对集热参数和效率的影响。根据前人总结的最佳倾角的公式, 再结合地区的气象参数, 比较精确地确定了安装角度的便捷公式。

关键词: 平板太阳集热器; 透明盖板; 集热效率; 最佳倾角

引言

平板型太阳集热器是太阳集热器中一种最基本的类型, 目前我国约占市场份额的 30% 左右^[2]。平板型太阳集热器结构简单、运行可靠、成本低廉, 与真空管集热器相比它还具有承压能力强、吸热面积大等特点, 是太阳能与建筑结合最佳选择的集热器类型之一。

为了提高太阳集热器的效率, 唯一有效的办法是: 一是, 保持最大限度地采集太阳能, 即确定一个最佳的安装角度; 二是, 尽可能减小其对流和辐射热损失, 即采用优质选择性吸收涂层材料和高透过率盖板材料。本文从平板型集热器盖板和安装倾角选择这两方面来说明和确定太阳能集热器的效率, 满足集热器的高性能。

1 平板型集热器的构造与原理

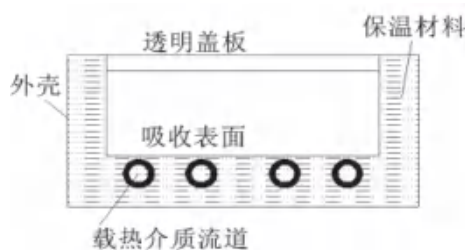


图1 平板集热器构造示意图

平板型集热器主要部件包括吸热部件(包括吸收表面和载热介质流道)、透明盖板、隔热保温材料和外壳等几部分。太阳辐射透过透明盖板投射在吸收表面上, 光能被转换为热能, 以热量形式传递给吸热板内的传热工质, 是传热工质温度升高; 同时温度升高的吸热板不可避免的以传导、对流、辐射等方式向四周散热, 形成集热器热量损失。由于平板型结构不具备聚焦阳光的功能, 其工作温度一般限于 100℃ 以下。

2 平板型集热器盖板形式对集热器效率的影响

透明盖板是让太阳辐射透过, 抑制吸热表面反射损失和对流损失, 形成温室效应的主要部件。透明盖板还具有防止灰尘、雨雪损坏吸热体的作用。常用的透明盖板有普通平板玻璃、钢化玻璃、玻璃钢或者透明的纤维板。

对于不同的盖板形式, 对集热器的影响, 通过集热效率体现出来。

由 Hottel-whillier 稳态传热模型^[4], 得到集热器的热效率方程为:

$$\eta = F(\alpha\tau) - FU \frac{(T_a - T_{amb})}{I} \quad \text{公式(1)}$$

式中, η ——太阳能集热器效率; F ——集热器转移因子;

$\alpha\tau$ ——透明盖板—吸热板系统中透明盖板的有效透过率与吸热板对太阳辐射的吸收率的乘积;

U ——集热器的热损失系数($W/m^2 \cdot ^\circ C$); T_a ——吸热板温度($^\circ C$);

T_{amb} ——环境温度($^\circ C$);

假定 F 、 $\alpha\tau$ 和 U 可以独立测定或是给定常数, 从上式可以看出, 平板太阳能集热器效率是单变量 $\frac{(T_a - T_{amb})}{I}$ 的一次函数, 其图像也是一条直线。通过这些数据可以近似确定集热器的热性能效率。

表1 选用不同盖板类型参数

参数	无盖板	一层盖板	两层盖板
F	1	1	1
$\alpha\tau$	1	0.9	0.8
$U(W/m^2 \cdot ^\circ C)$	3.22	2.33	1.63

经过计算, 结果如图2所示, 从图中可以看出, 不同盖板类型, 对集热器效率的影响差异是很大的, 特别是无盖板类型平板集热器对环境的适应性最小, 随着 $\Delta T/I$ 的变换, 减小的最迅速。因此现在无盖板类型的集热器使用的很少。

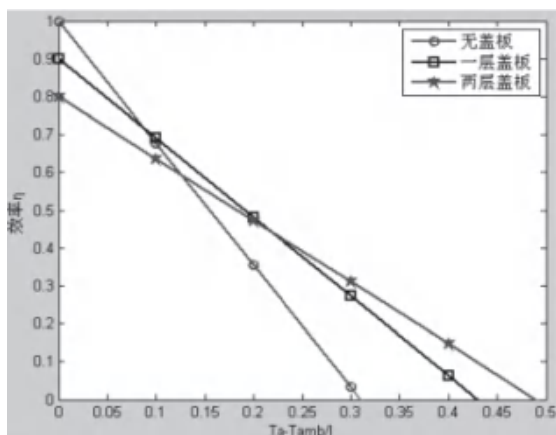


图2 平板型集热器效率曲线图

从集热器的效率曲线还可以看出，我们应根据使用地区的气温、使用季节和用水温度等情况，结合效率曲线，来选择盖板的类型。并不要选择盖板类型最好的，选择最合适的。

3 最佳倾角的确定

到达集热器透明盖板采光面上的太阳辐射能量，与太阳光线和集热器表面的法线之间的夹角（入射角）有关，它可用下式表示

$$H_b = H_n \cos \theta_T \quad \text{公式(2)}$$

式中， H_b 为到达集热器采光面上的太阳能直接辐射量；

H_n 为垂直于太阳光线平面上的直接辐射量；

θ_T 为入射角；

从上式可以看出，太阳光线的入射角越小，到达采光面的太阳能量越大，等于 0° 的时候达到最大。因此，对于固定安装的集热器，为了获得最大的太阳辐射量，就必须使光面在正午辐射最强时，与太阳光线垂直。

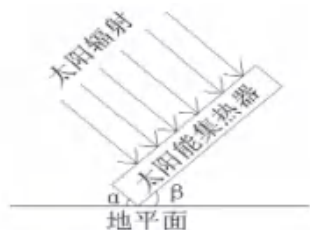


图3 太阳集热器的倾角

$$\beta + \alpha = 90^\circ \quad \text{公式(3)}$$

式中： β ——集热器与地平面夹角（倾角）；

α ——正午时的太阳高度角

$$\sin \alpha = \sin[90^\circ \pm (\phi - \delta)] \quad \text{公式(4)}$$

式中： ϕ ——地理纬度； δ ——太阳赤纬

由上式得：

$$\beta = \phi - \delta \quad \text{公式(5)}$$

根据来自 NASA 的济南地区气象条件，总结得下图：

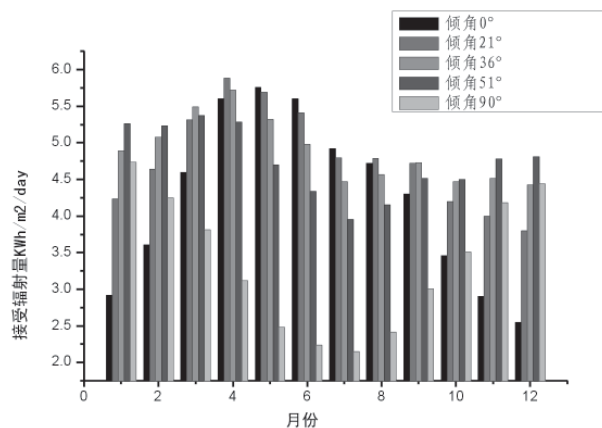


图4 济南地区不同月份接受辐射量

从上图可以看出，在不同月份中，不同倾角下平板集热器接受太阳能辐射量有很大的差异。确定一个最佳倾角在全年的平均辐射量上存在一个最大值，但是具体到每个月份，不能够充分的利用太阳能，因此在安装太阳能集热器时可以采用活动式，每个月份调整一下集热器的倾角。但这样无疑会提高人工和安装的成本，不适用大面积太阳能集热器使用的地区。确定一个固定的最佳倾角是必要的。

在夏、冬季使用的集热器，高立风等确定倾角为纬度角加减 5° [1]，赵峰等确定倾角为加减 10° [3]，济南的夏季为6—9月份，冬季为12—2月份，从上图的趋势中可以看出，赵峰等确定的更加精确。

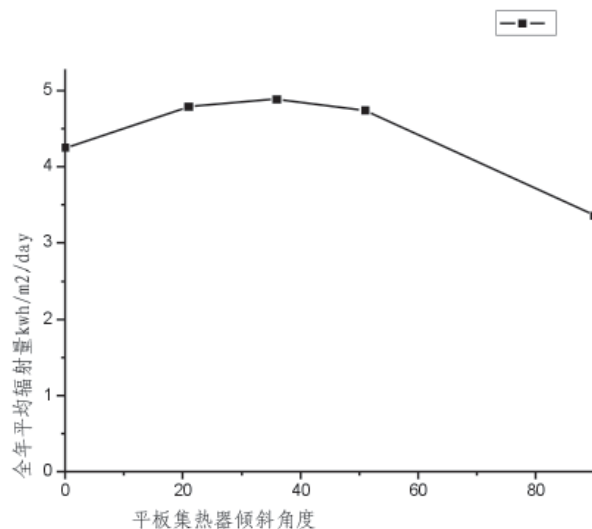


图5 济南地区不同倾角全年平均接受辐射量

（下转 58 页）

光伏一体化太阳能热泵热水器的实时变容量控制研究

东南大学能源与环境学院 董科枫 李舒宏* 何宏宇

摘要：光伏一体化的太阳能热泵的变容量运行能提高系统全年性能。本文对光伏一体化太阳能热泵的实时变容量控制开展了模拟和实验研究，开发了实时变容量控制系统实现在预定时间内完成制热水任务、降低能耗和提高系统净发电量。本文建立了光伏一体化太阳能热泵系统数学模型，并在南京搭建了4.32m²集热面积、1匹R22工质压缩机和150L保温水箱的光伏一体化太阳能热泵实验样机。使用经定频运行试验验证的仿真程序构建了系统全年运行性能数据库并得出控制策略表。结果显示，实时变容量控制实验的COP和光伏发电量比其他控制方式的模拟结果高5.7%~9.4%和9.7%~12.4%，且能精确地在预定时间内完成制热水任务。

关键词：太阳能热泵；实时变容量控制；控制策略

0 引言

光伏一体化的太阳能热泵热水器是建筑进行太阳能光伏光热一体化利用的有效装置^[1]。一方面，利用制冷剂从光伏组件背后吸收太阳能光热保证全年50℃的生活热水供应，另一方面，光伏组件被冷却，光电转化效率提高，增加了光伏发电量。

自Kern和Russell^[2]于1978年首次提出光伏光热一体化利用概念以来，很多学者对太阳能热泵或光伏一体化的太阳能热泵系统展开了研究。这些研究在太阳能热泵等系统的系统性能分析^[3-4]、集热器结构^[5]和部件匹配^[6]等方面有了一定的基础，然而光伏一体化太阳能热泵的性能受太阳辐射强度、环境温度等环境工况参数的影响很大，一些学者^[7-8]提出如果能根据不同的环境工况调节系统的吸热容量，那么系统的性能将能进一步改善。

变频压缩机很早就被用于调节太阳能热泵系统吸热容量。Chaturvedi^[9]制作了使用变频器驱动的变频压缩机驱动的直膨式太阳能热泵，压缩机能运行在30~70Hz，并根据模拟结果制定了一些太阳辐射和环境温度组合下能确保系统性能系数高于3.0的运行频率。由于该太阳能热泵制采暖热水，运行频率的调节同时与采暖负荷和保持能效有关，因此这种调节模式并不适用于光伏一体化太阳能热泵热水器的变容量控制。

王海涛^[10]在光伏一体化太阳能热泵系统中使用了变频压缩机和电子膨胀阀，提出用变频压缩机调节负荷，用电子膨胀阀开度保证蒸发器出口过热最佳。然而局限于电子膨胀阀的开度问题，没有考虑过热度PID控制的合理性。李郁武开发了控制器实现了直膨式太阳能热泵热水器过热度的PI控制

^[11]，并实现变频压缩机和电子膨胀的联合控制，以保证制热水过程性能系数为标准确定各工况下的运行频率^[12]，制定的控制策略也仅根据启动时的环境工况进行定频运行。这并没有尽可能提高系统性能系数，也无法适应制热水过程中变化的环境工况。

因此，为了适应复杂的环境工况，光伏一体化太阳能热泵热水器的实时变容量控制原则和策略亟待研究，变频压缩机和电子膨胀阀联合控制的实时变容量控制仍没有实际的工程应用。本文将对光伏一体化的太阳能热泵热水器的变容量控制策略展开模拟和实验研究。建立光伏太阳能热泵热水器的数学模型，搭建实验样机，开发实时变容量控制系统，应用和验证实时变容量控制策略。

1 光伏一体化太阳能热泵系统设计

为了形成能用于获得全年运行数据的仿真程序，也为了开发检验实时变容量控制系统，在南京搭建了光伏一体化的太阳能热泵热水器装置。

1.1 光伏一体化太阳能热泵设计

作者在东南大学四牌楼校区制冷空调实验室楼顶搭建了一套光伏一体化变频太阳能热泵热水器样机。系统包括4.32m²光伏蒸发板阵列、1匹R22工质交流变频压缩机和150L保温冷凝水箱和电子膨胀阀。热泵系统和变容量控制系统原理图见图1，光伏蒸发器的剖面结构如图2所示。

光伏蒸发器进出口和冷凝水箱进出口的制冷剂温度用热电偶测量。太阳辐射强度用太阳总辐射表

测量。水箱水温用两个分别固定在水箱中心深度方向 1/3 和 2/3 深度的热电偶测量。水箱温度取两个热电偶温度的平均值。

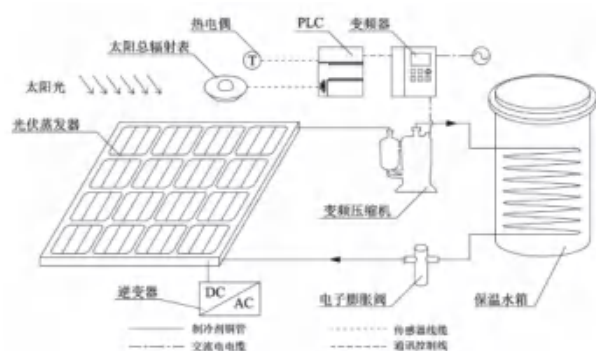


图1 光伏一体化太阳能热泵热水器和变容量控制系统原理图

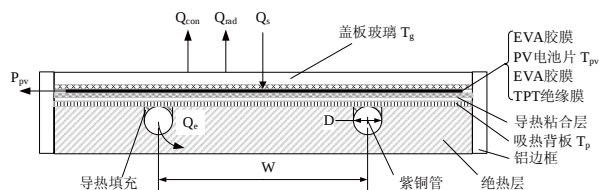


图2 光伏蒸发器剖面结构图

1.2 实时变容量控制系统设计

控制系统由太阳总辐射表、热电偶、PLC、变频器、交流变频压缩机和电子膨胀阀组成。太阳总辐射表和热电偶提供太阳辐射强度和环境温度数据给 PLC。PLC 可以输出控制信号通讯控制变频器输出特定频率的交流电，随后变频压缩机将以该频率运行。因此可以实现变频器根据当前环境工况实时调节系统吸热容量，与此同时电子膨胀阀维持光伏蒸发器出口小而稳定的过热度。

2 系统建模

本文对光伏一体化太阳能热泵的主要部件进行了数学建模。

2.1 光伏蒸发器

光伏蒸发器的热量传递过程如图 4 所示。

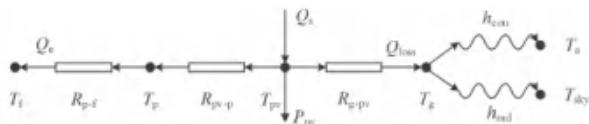


图3 光伏蒸发器热流热阻图

太阳光照射到光伏电池表面后，部分转化为电能，其余转化为热能，部分通过辐射和对流散失到

环境空气中，其余通过导热被光伏组件后的制冷剂吸收。由于绝热良好，光伏蒸发器从背面和侧面的热量损失不计。光伏集热板中的热平衡方程为^[13]：

$$Q_s = Q_e + P_{pv} + Q_{con} + Q_{rad} \quad (1)$$

式中， Q_s 为光伏电池吸收的太阳辐射量； Q_e 为蒸发器内制冷剂吸收的热量； P_{pv} 为转化的电能； Q_{con} 为电池板面对流换热热量； Q_{rad} 为电池板面辐射换热热量。

蒸发器内制冷剂吸收的热量 Q_e 可以用下式计算：

$$Q_e = E_s A_c [\tau_g (\alpha - \beta \eta_{pv}) - U_L (T_p - T_a)] \quad (2)$$

式中， E_s 为太阳辐射能； A_c 为光伏集热器面积； τ_g 为钢化玻璃透过率； α 为光伏集热板平均吸收率； β 为电池覆盖率； η_{pv} 为当前光伏组件温度下的光电效率； U_L 为光伏集热器总热损系数； T_p 为吸热背板平均温度； T_a 为环境温度。

根据图 3 所示的光伏蒸发器热阻图，吸热背板和环境空气间的总热损系数 U_L 定义为：

$$U_L = \left(\frac{1}{h_{con} + h_{rad}} + R_{pv-g} - \frac{Q_e}{Q_{con} + Q_{rad}} R_{pv-p} \right)^{-1} \quad (3)$$

式中， h_{con} 为电池板面对流换热系数； h_{rad} 为电池板面辐射换热系数； R_{pv-g} 为光伏电池与钢化玻璃表面的热阻； R_{pv-p} 为光伏电池与吸热背板间的热阻。

光伏蒸发器蒸发铜管内制冷剂两相区局部对流换热系数^[14]如下：

$$h_p(x) = 3X_{tt}^{-2/3} h_l \quad (4)$$

式中， X_{tt} 为 Martinelli 数； h_l 为制冷剂纯液相时的换热系数。

2.2 保温水箱模型

保温冷凝水箱中浸没全长 30m 的螺旋盘管作为系统冷凝器用于加热热水。认为制冷剂在水箱中的放热和水箱中水吸收的能量相等。

$$Q_k = m_r (h_{c,i} - h_{c,o}) = Q_w = c_p m_w \Delta t_w \quad (5)$$

式中， Q_k 为制冷剂在冷凝器中放出的热量； $h_{c,i}$ 为制冷剂在冷凝器入口的焓值； Q_w 为水吸收的热量； Δt_w 为某时间段的水温差。

制冷剂向水放出的热量用下式计算：

$$Q_k = \alpha_k A_k \Delta t_{r-w} \quad (6)$$

式中， α_k 为以冷凝管外表面面积为基准的换热系数； A_k 为冷凝管的外表面面积； Δt_{r-w} 为制冷剂与水

表 1 定频运行试验与模拟结果对比

次数	频率 /Hz	水箱初温 /°C	辐射强度 环境温度		水箱终温 /°C	耗时	COP	误差 /%	发电功率 /W	误差 /%
1	50	33.09	924.2	试	50.03	69m30s	5.61	8.3	429.66	2.24
16/8/25			34.14	模	50.01	64m10s	6.08		420.03	
2	60	33.02	878.5	试	50.01	63m30s	4.93	0.6	409.76	0.88
16/8/25			31.41	模	49.69	63m30s	4.96		413.37	
3	36	22.49	578.5	试	50.00	192m	5.12	1.09	285.80	2.20
16/11/6			22.06	模	50.03	188m40s	5.07		279.53	
4	48	27.34	783.2	试	50.01	141m10s	4.10	6.23	365.11	3.89
17/2/27			14.66	模	49.58	141m10s	3.85		379.32	

箱储水间的对数传热温差。

2.3 压缩机模型

系统使用的是交流变频压缩机，压缩机功耗根据质量流量和压缩机进出口状态焓值计算：

$$N_{comp} = m_r (h_{dis0} - h_{suc}) / (\eta_i \eta_m \eta_{mt}) \quad (7)$$

式中， m_r 为制冷剂流量； h_{dis0} 为等熵压缩下冷凝压力对应的出口焓值； h_{suc} 为吸气状态对应的制冷剂焓值； η_i 为指示效率，取 0.85； η_m 为机械效率； η_{mt} 为电机效率，两者乘积取 0.55。

系统 COP 按下式计算：

$$COP = Q_k / N_{comp} \quad (8)$$

式中， Q_k 为水箱得热量； N_{comp} 为压缩机耗电量。

2.4 膨胀阀模型

认为制冷剂经过膨胀阀是理想的绝热过程，因此进出口焓值相等：

$$h_{e,i} = h_{c,o} \quad (9)$$

2.5 模型验证

根据以上部件模型建立了系统准稳态仿真模型，在 2016 年 8 月 25 日至 2017 年 2 月 27 日间做了若干次系统定频运行试验，并与模拟结果进行对比，对比结果如表 1 所示。

试验和模拟结果的对比显示仿真模拟程序具有较高的精度，可以用于全年性能的模拟和进一步控制策略的制定。

3 控制策略

实时变容量控制策略要根据以下三个原则：A) 对环境工况参数和系统运行频率分档制定控制策略；B) 各月预定最大制热水时长按当月理论太阳辐射强度高于 200W/m^2 的时间计算；C) 系统运行频率实

时设定在当前环境工况参数下能在预定最大制热水时间内完成制热水任务的最低值。使用验证过的仿真程序模拟得到不同环境工况和运行频率下的样机性能，随后筛选就能得到需要的控制策略表。

压缩机运行频率设定在 20~60Hz，最低频率设置在 20Hz 以避免样机压缩机的低频不稳定运行状态，60Hz 是样机压缩机的额定最高运行频率。

由于水箱初始水温将影响加热时间，因此南京地区各月典型水箱初始温度列于表 2。

表 2 南京地区各月典型水初温

月份	水初温 (°C)	月份	水初温 (°C)
1	5	7	30
2	7.5	8	27.5
3	10	9	22.5
4	15	10	17.5
5	20	11	12.5
6	25	12	5

虽然这里给出了典型的水初温情况，但是水初温可能在典型值上下浮动。在各月模拟中可以多考虑高和低一档水初温。

根据仿真程序得到的全年运行性能数据库，得到控制策略表。部分控制策略表如表 3 所示。

表 3 控制策略表节选 (二月)

水初温 / °C	辐射强度 / (W/m²)	运行频率 / Hz	加热耗时 / min
月份：二月		环境温度 15 °C	
	100	50	454
	200	40	462
	300	35	450
	400	30	445
	500	25	450
	600	20	460
	700	20	410
	800	20	362
	900	20	311
	1000	20	293

控制策略表显示由于水初温较高、预定最大加热时间长，在 4 月至 10 月间，系统运行频率能始终保持 20Hz，而其他月份由于水初温较低，预定最大加热时长短，频率需要根据环境工况实时变化。但是，系统实际工作时，环境工况不可能保持不变，需要预测制热水期间的平均太阳辐射强度和平均环境温度以确定系统启动时间。

本文提出天气预报辐射系数法来确定平均太阳

辐射强度。定义天气辐射系数为“ ζ ”，设 ζ 在晴天/多云/阴天的值分别为1/0.5/0.12，根据逐时天气预报可以根据下式计算平均太阳辐射强度：

$$\overline{E_s} = (\sum_i^n \zeta_i E_{s,i}) / n \quad (10)$$

$E_{s,i}$ 是当月逐时理论太阳辐射强度。在4~10月日照时间充足而其余月份日照时间不足，因此在4-10月需要根据式(10)计算开机时间，而其余月份在理论太阳辐射强度一旦高于 200W/m^2 的时候就开始制热水过程。平均太阳辐射强度在6~8月根据11/12/13时的数据计算，在4/5/9/10月根据10/11/12/13/14时的数据计算。预测平均温度以相应时刻的天气预报温度算术平均值计算。随后可以根据控制策略表查得需要的制热水时间，以正午12点为中心计算启动时间。

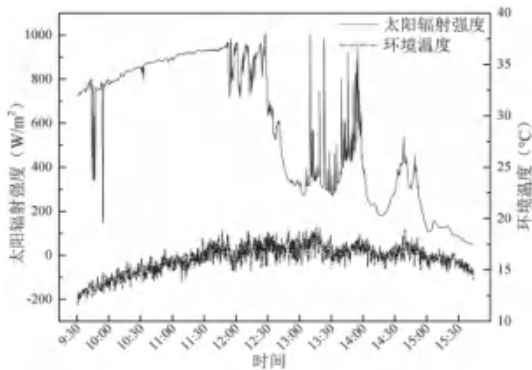


图4 2017年3月15日环境工况数据

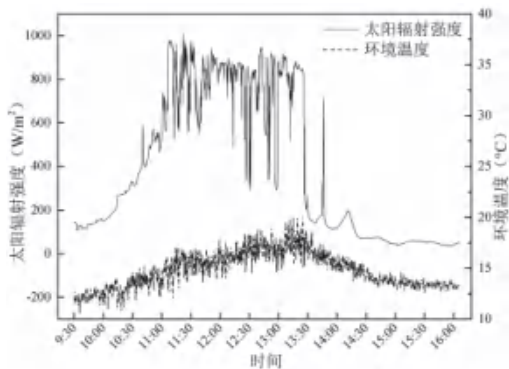


图5 2017年3月16日环境工况数据

综合实时控制策略步骤如下。

步骤1：获取日期、天气预报和初始水箱水温数据；

步骤2：根据月份和平均太阳辐射强度计算系统启动时间；

步骤3：在运行过程中根据环境工况数据动态设定最低运行频率；

步骤4：如果水箱温度达到 50°C ，关闭系统。

4 实时变容量控制效果对比

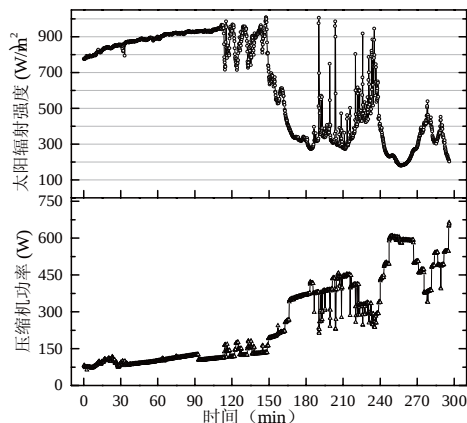
在2017年3月15日和3月16日进行了本文提出的实时变容量控制试验。

两天的环境工况参数如图4和图5所示。

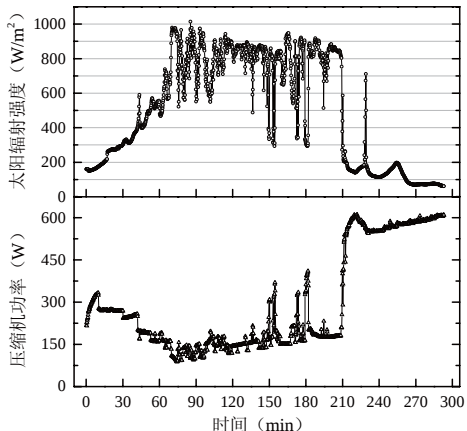
在这两天的实时变容量控制试验中，预定加热时间被限制在300分钟内，其余控制原则与前文相同，建立了对应的新的控制策略表，如表4所示。

表4 实时变容量控制试验用控制策略表

水初温/ $^\circ\text{C}$	辐射强度/ W/m^2	运行频率/Hz	加热时间/min
环境温度 15°C			
12.5	100	60	308
	200	55	293
	300	45	298
	400	40	290
	500	35	287
	600	30	287
	700	25	290
	800	25	263
	900	20	261
	1000	20	236



(a) 2017年3月15日数据



(b) 2017年3月16日数据

图6 试验中压缩机功率随太阳辐射强度变化情况

实时变容量控制试验的结果与另两种控制策略的模拟结果进行比较。一种控制策略（策略 A）是根据根据当月平均环境工况数据确定当月定频运行频率，另一种控制策略（策略 B）是根据开机时刻的环境工况确定当天的定频运行频率。南京地区三月份的平均太阳辐射强度是 475W/m^2 ，因此策略 A 确定的定频运行频率是 40Hz。样机在 3 月 15 日 10 点启动，在 3 月 16 日 9:57 启动，根据环境参数，策略 B 在 3 月 15 日应以 25Hz 运行，3 月 16 日应以 55Hz 运行。

实时变容量运行试验中压缩机功率跟随追踪太阳辐射强度变化的情况如图 6 所示。可以看到，实时变容量控制系统根据实时环境工况的变化迅速有效的在运行。

实时变容量控制试验和其他控制策略的模拟结果对比如表 5 和表 6 所示。

表 5 2017 年 3 月 15 日实时变容量与其他控制方式结果对比

水箱水初温：12.73 °C		启动时间：10:00			
频率	平均 E_s / (W/m^2)	平均 T_a / °C	关机时间	耗时 /min	COP
实时控制	633.1	16.41	14:56	296	5.154
策略 A /40Hz	715.7	16.32	13:57	237	4.836
策略 B /25Hz	565.6	16.34	15:40	340	5.183

表 6 2017 年 3 月 16 日实时变容量与其他控制方式结果对比

水箱水初温：13.36 °C		启动时间：9:57			
频率	平均 E_s / (W/m^2)	平均 T_a / °C	关机时间	耗时 /min	COP
实时控制	502.2	15.35	14:50	293	4.411
策略 A /40Hz	531.8	15.45	14:32	275	4.175
策略 B /55Hz	634.7	15.44	13:35	218	4.033

结果显示，实时变容量控制策略可以充分利用预定加热时长，且在两天的试验工况下没有超出 300 分钟的预定时间。虽然 3 月 15 日采用控制策略 B 的情况下的 COP 高于实时变容量控制策略的 COP，但是策略 B 耗费了 340 分钟，远远超过了预定时长。在其他比较中，实时变容量控制的 COP 均高于策略 A 或 B 的 COP 模拟值。3 月 15 日实时控制的 COP 比策略 A 高 6.6%，3 月 16 日实时控制的 COP 比策略 A 和策略 B 分别高 5.7% 和 9.4%。

另外，如果其他策略耗时小于实时变容量控制，则以实时变容量控制耗时为基准，比较不同控制策略下的总光伏发电量。其他控制方式的总光伏发电量包含制热水过程中的发电量和与实时控制用时差值时间的系统关机发电量。光伏发电量比较结果如表 7 所示。

表 7 实时变容量与其他控制方式的光伏发电量对比

日期	频率	光伏发电量 / ($\text{kW} \cdot \text{h}$)	优势
3 月 15 日	实时控制	1.7405	
	策略 A /40Hz	1.5872	9.7%
3 月 16 日	实时控制	1.3779	
	策略 A /40Hz	1.2255	12.4%
	策略 B /55Hz	1.2387	11.2%

一旦水箱温度达到 50°C ，使用控制策略 A 或 B 光伏组件不再受制冷剂冷却，与实时变容量控制相差的时间内温度升高，效率下降。从表 10 可以看到，当控制策略 A/B 不能充分利用制热水时间时，实时变容量控制的光伏发电量比其他控制方式高 9.7%~12.4%。

因此，本文提出的实时变容量控制方案能精确控制在预定时间内完成制热水任务，且制热水过程 COP 较其他按时完成制热水任务的控制方式高。实时变容量控制策略优于其他控制方式，能按时完成制热水任务且耗能更少。

5 结论

本文提出了光伏一体化太阳能热泵的实时变容量控制策略来实现在预定时间内完成制热水任务、减少能耗和提高系统净发电量。

在南京搭建了 4.32m^2 集热面积、1 匹 R22 工质压缩机和 150L 保温水箱的光伏一体化太阳能热泵实验样机。根据定频运行试验验证的仿真模拟程序获得了实验样机在全年各种环境工况和运行频率下的性能数据库。根据控制原则得到了控制策略表和控制流程图。开发了实时变容量控制系统，变频压缩机用于调节系统吸热容量。

实时变容量控制试验和其他控制策略的模拟结果对比显示实时变容量控制制热水过程 COP 和光伏发电量比其他控制策略高 5.7%~9.4% 和 9.7%~12.4%。本文提出的实时变容量控制策略优于其他控制策略，能在预定时间内完成制热水任务、降低能耗和提高净发电量。

参考文献

- [1] Ji J, Pei G, Chow T, et al. Experimental study of photovoltaic solar assisted heat pump system[J]. Solar Energy, 2008, 82(1): 43-52.
- [2] Kern Jr E C, Russell M C. Combined photovoltaic and thermal hybrid collector systems[R]. Massachusetts Inst. of Tech., Lexington (USA). Lincoln Lab., 1978.
- [3] Hawlader M N A, Chou S K, Ullah M Z. The

performance of a solar assisted heat pump water heating system[J].Applied Thermal Engineering,2001,21(10): 1049-1065.

[4] Chow T T, Fong K F, Pei G, et al. Potential use of photovoltaic-integrated solar heat pump system in Hong Kong[J].Applied Thermal Engineering,2010,30(8-9):1066-1072.

[5] 徐国英, 张小松, 杨磊. 两种集热结构的太阳能光伏/光热一体化热泵性能分析[J]. 化工学报, 2008, 59(s2):224-229.

[6] 荆树春, 朱群志, 张静秋, 等. 光伏光热一体化装置与热泵结合系统的影响因素分析[J]. 可再生能源, 2013, 31(6):1-4.

[7] Shinobu Y, Matsuki K, Yoshikawa M. A prototype direct-expansion solar heat pump system[J].ASHRAE transactions, 1987, 93: 615-625.

[8] Li Y W, Wang R Z, Wu J Y, et al. Experimental performance analysis and optimization of a direct expansion solar-assisted heat pump water heater[J]. Energy,2007,32(8):1361-1374.

[9] Chaturvedi S K, Chen D T, Kheireddine A. Thermal performance of a variable capacity direct expansion solar-assisted heat pump[J].Energy Conversion and management, 1998, 39(3): 181-191.

[10] 王海涛, 季杰, 裴刚, 等. 电子膨胀阀开度对PV/T-SAHP系统性能的影响[J]. 太阳能学报, 2009, 30(2):201-205.

[11] 李郁武, 王如竹, 王泰华, 等. 直膨式太阳能热泵热水器过热度PI控制的实现[J]. 工程热物理学报, 2007, 28(z1):49-52.

[12] 孙振华, 王如竹, 李郁武. 基于仿真与实验的直膨式太阳能热泵热水器变频策略[J]. 太阳能学报, 2008, 29(10):1235-1241.

[13] Xu G, Deng S, Zhang X, et al. Simulation of a photovoltaic/thermal heat pump system having a modified collector/evaporator[J].Solar Energy, 2009, 83(11):1967-1976.

[14] 鲁钟琪. 两相流与沸腾传热[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002,212-218

(上接 52 页)

若全年使用的集热器, 赵峰等确定倾角即为纬度角, 刘森元等确定的倾角为纬度角减 0.3° , 也约等于纬度角, 从图 5 中可以看出在 36° 的时候达到最大值。即安装角确定为纬度角时能够接收辐射量能够达到最大值从而确定出能简捷计算出最佳安装角度的公式:

夏季使用的地区: $\beta = \varphi - 10^\circ$; 冬季使用的地区: $\beta = \varphi$; 全年使用的地区: 。

4 结论

1、在选择集热器盖板时, 要根据当地的气温、使用季节和用水温度等情况, 结合效率曲线, 来选择盖板的类型。并不要选择盖板类型最好的, 要选择最合适的。

2、太阳能集热器的最佳倾角随安装方位角的不同而变化。以获得最大太阳辐射得热量、而且太阳能集热器的最佳安装倾角也是平板式太阳能集热器的最大安装倾角, 因此, 实际安装倾角不得超过最佳安装倾角。夏、冬季使用的地区安装角度为当地纬度角加減 10° 。

参考文献

[1] 高立峰, 孙艺霞, 张敏, 何茂涛, 杨荣昆. 不同结构的平板式阳台壁挂太阳能热水系统性能分析[J]. 山东科学, 2012, 26(1): 99-102.

[2] 王如竹, 代彦军. 太阳能制冷[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.

[3] 赵树兴. 采暖用平板式太阳能集热器的最佳倾角和最佳方位角[J]. 中国建设动态(阳光能源源), 2005, 33(2): 72-75.

[4] Miguel Baritto, Johane Bracamonte. A dimensionless model for the outlet temperature of a nonisothermal flat plate solar collector for air heating[J]. Solar energy. 2012(86): 647-653.

[5] Soteris A. Kalogirou. Solar thermal collectors and applications [J].S Progress in Energy and Combustion Science, 2004(30):231-295.



一种瓦片式太阳能聚集器设计及性能研究

福建工程学院生态环境与城市建设学院, 福建福州 张慈枝 侯根富 戴贵龙 叶靖

摘要: 针对屋顶具有较大的太阳光收集面积的特性, 设计一种兼顾太阳能收集、雨水排泄、抑制屋顶冷负荷的瓦片式太阳能非跟踪聚集器。通过几何光路分析, 设计获得了该聚集器的结构参数、太阳能聚集性能及其影响因素。为低成本高效太阳能热利用与绿色建筑技术发展提供技术支持。

关键词: 太阳能热利用; 瓦片式聚集器; 光路分析; 聚光性能; 绿色建筑

0 前言

建筑能耗^[1]包括生活热能能耗和空调能耗, 生活热能生产多数消耗高品位如电能, 空调制冷不仅消耗电能, 而且能耗增大尤为受屋顶吸收太阳光辐射传递到屋内的影响。为了减少高品位消耗, 同时降低空调制冷能耗, 在屋顶设置太阳能集热器, 是降低建筑能耗的重要手段^[2]。

目前, 太阳能集热器分非聚光和聚光两大类, 聚光型的太阳能聚集器^[3,4]主要包括槽式、碟式、CPC等, 其结构设计没有与屋顶结构、功能有机结合, 导致热装置设计安装成本高, 运行稳定性较差。屋顶不仅吸收太阳辐射影响建筑能耗, 还承担排泄雨水的功能。因此, 本文提出设计一种瓦片式太阳能聚集器, 可以实现低角度太阳能利用, 充分利用屋顶面积收集太阳能, 反射聚集抑制屋顶吸收太阳热能, 降低顶层房屋的空调能耗, 也能承担排泄雨水功能, 为建筑节能和新能源开发利用具有重要的意义。

1 瓦片式抛物面聚集器设计分析

1.1 聚集器面型设计

太阳能聚集器面型有多种形式, 如抛物面、球面、轮胎面、复合抛物面等。新型瓦片式聚集器的反光板型线由常规抛物面发展设计得到, 如图1所示。在直角坐标系 xoy 中, 抛物线方程为 $x^2 = 4fy$, 焦距为 f , 焦点为 P , M 点与 P 点距离为 r , 从焦点 M 沿 x 轴方向作一直线, 与抛物线相交于点 A 、 B , 作线段 MA 、 MB 的垂直平分线, 使之与抛物线相交于点 C 、 D , 抛物弧线 AC 、 BD 分别关于垂直平分线对称, 形成抛物弧线 MC 、 MD 。抛物弧线 AC 即是单块反光板曲面的型线。

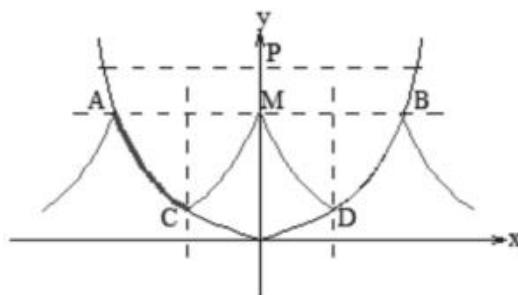


图1 瓦片式太阳能聚集器的型线

1.2 聚光集热器结构方案

非跟踪瓦片式抛物面聚光集热器主要包括瓦片式太阳能聚集器和玻璃真空集热管等组成, 聚光集热系统方案如图2所示。其中, 瓦片式聚集器由数个抛物弧形反光板构成, 单个反光板曲面(AC弧线)的凹面为正面, 凸面为背面, 经过竖直轴对称形成两两上下相连, 在上相连的部位设置真空管集热管, 形成一个吸热单元。多个吸热单元之间由发光板下相连组合, 构成一个与屋顶波浪形瓦片结构相似的太阳能聚集器。

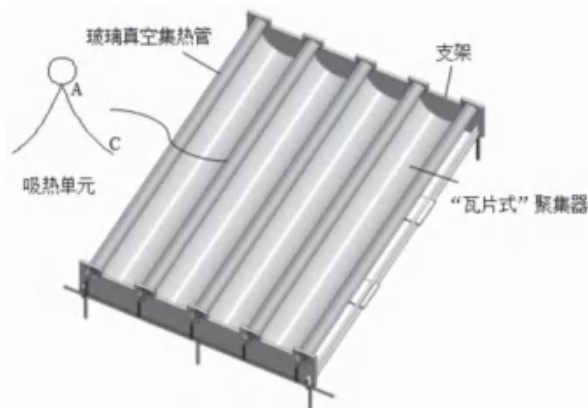


图2 一种瓦片式聚光集热器结构示意图

新型聚集器类似“瓦片式”结构与建筑一体化, 可以覆盖于房顶, 充分利用屋顶的太阳能收集面积, 集热系统功率大。聚集反光板将正对的入射太阳光

束聚集到集热管上,提高光热转换效率,当太阳高度角比较低时,由于集热管设置在反光板的顶部,所以仍可以直接利用投射的太阳辐射能,装置实现了高效、非跟踪运行。同时,减少屋顶吸收太阳热能,降低了顶层房屋的空调能耗,相邻凹面状的瓦片式反光板不仅可以汇聚太阳光,还能承担排泄雨水功能,装置的实用、适应性好。

聚集器

2 几何特性分析

2.1 基本方程

如图1的坐标系中,以单块反光板BD为研究对象,真空管圆心与焦点P重合,半径为 $PM=r$,不难得出B点的纵坐标 $y_B=f-r$,代入得横坐标 $x_B=2\sqrt{f(f-r)}$,同时可求得D点横、纵坐标 $x_D=\sqrt{f(f-r)}$ 、 $y_D=(f-r)/4$,抛物弧线BD的方程为:

$$y=\frac{x^2}{4f}, \quad x_D \leq x \leq x_B \quad (1)$$

2.2 基本几何参数

瓦片式聚集器的反光板(弧线ACMDB)中,焦点仍是P,吸热单元镜面的开口宽度为:

$$a'=\frac{AB}{2}=2\sqrt{f(f-r)} \quad (2)$$

若以点P与点D竖直距离 PO_1 为焦距 f' ,则聚集器实际焦距为:

$$f'=f-y_D=\frac{3f+r}{4} \quad (3)$$

聚光板高度为:

$$h'=y_B-y_D=\frac{3(f-r)}{4} \quad (4)$$

与典型槽式聚光器的几何参数对比,显然有 $a'<a$, $f'<f$, $h'<h$ 。已知原抛物面的方程 $x^2=4fy$,开口宽度为 $EF=a$,边缘角为 ψ_{rim} ($0\sim\pi$),位置角为 φ ,不同边缘角时焦距表达式为^[5]:

$$f=\frac{a}{4\cot(\psi_{rim}/2)} \quad (5)$$

将式(5)代入式(2)、(3)、(4)整理得:

$$\begin{cases} a'=2\sqrt{a^2\cot^2(\frac{\psi_{rim}}{2})-4\arccot(\frac{\psi_{rim}}{2})} \\ f'=\frac{3a}{16}\cot(\frac{\psi_{rim}}{2})+\frac{r}{4} \\ h'=\frac{3a}{16}\cot(\frac{\psi_r}{2})-\frac{3}{4}r \end{cases} \quad (6)$$

由上述各参数计算式可知,新型聚集器的基本性能参数都与原槽式聚集器抛物线的开口宽度 a 、边缘角 ψ_{rim} 、及集热管半径 r 等几何参数有关,也可以描述与开口宽度 a 、焦距 f 和半径 r 参数有关。

2.3 集热管的选取

瓦片式聚集器采用非跟踪,故太阳光束不可能始终与反光板垂直,存在入射余弦效应角 θ ,这就是集热管的直径恰为镜面边缘一束光所形成的太阳像宽度^[6]。如图3所示,Q点为抛物弧线BD上任一点,坐标为 $(x_0, x_0^2/(4f))$,入射角 θ 在轴向视面的投影角为 α ,即是入射光线SQ与主光轴的夹角,其反射线QN与PQ夹角也为 α ,RQ垂直入射光线,其反射光线PQ经过焦点,反光镜面上任意点与焦点P的距离为^[5]:

$$PQ=f+\frac{x_0^2}{4f}, \quad x_D \leq x_0 \leq x_B \quad (7)$$

则集热管半径计算表达式为:

$$r=PQ\sin\alpha=(f+\frac{x_0^2}{4f})\sin\alpha=(\frac{a}{4}\cot(\frac{\psi_{rim}}{2})+\frac{x_0^2}{a\cot(\psi_{rim}/2)})\sin\alpha \quad (8)$$

显然,开口宽度 a 、边缘角 ψ_{rim} 、入射光线与光轴夹角 α 都不变时,半径 r 是 x_0 的增函数。因此,当 $x_0=x_D$ 时,集热管半径取得最小值,当 $x_0=x_B$ 时,集热管半径取得最大值,即:

$$r_{\min}=\frac{5f\sin\alpha}{4+\sin\alpha} \quad (9)$$

$$r_{\max}=\frac{2f\sin\alpha}{1+\sin\alpha} \quad (10)$$

同理,集热管半径 r 大小选取的主要影响因素包括:焦距 f 和入射光线与光轴夹角 α ,而焦距 f 受开口宽度 a 和边缘角 ψ_{rim} 。

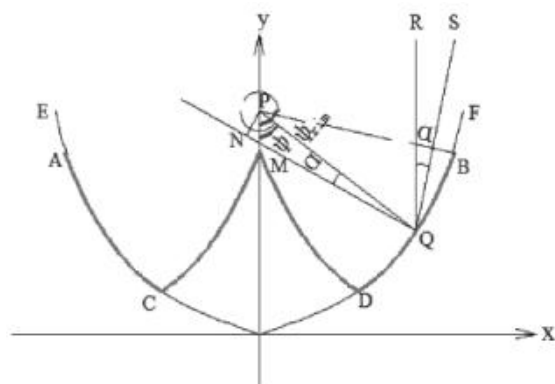


图3 瓦片式聚集器的光路传输示意图
根据光路聚集反射传输分析,若集热管半径 r

选取不大于 $r_{\min}$ 时, 没有一条光线经反光板 BD 聚集到集热管上, 若半径 r 选取在 $(r_{\min}, r_{\max})$ 之间, 将有一部分不能聚集到集热管, 若半径 r 选取不小于 $r_{\max}$ 时, 所有反射光线都能达到集热管。因此, 在进行该聚集器的光路设计时, 应考虑入射太阳光余弦效应、太阳形状的基础上, 要使集热管半径尽量大于 $r_{\max}$ 。

3 聚集性能的模拟与分析

3.1 几何聚光比

聚光比是描述聚光型集热器的聚集性能、决定焦斑温度的一个重要参数^[7]。几何聚光比是指聚光集热器的采光面积 A_a false 与接收器面积 A_r false 之比, 即新型聚集器聚光比为:

$$C_G = \frac{A_a}{A_r} = \frac{L \cdot a' / 2}{2\pi L} = \frac{x_B}{2\pi r} \quad (11)$$

式中, L 为聚集器的长度, 也是集热管的长度。

通常, 相对光孔定义为 $n = a' / f = x_B / f$ false, 也称为开口比, 是影响能量或亮度集中程度的重要参数, 聚光比与相对光孔的关系为^[8]:

$$C_G = \frac{nf}{2\pi r} \quad (12)$$

若是不考虑入射太阳光余弦效应, 即聚集器跟踪太阳, 接收垂直入射太阳辐射, 只考虑太阳形状(太阳半锥角 $\theta_s = 16'$), 经过数学推导, 最大半径为

$$r_{\max} = f + \frac{x_B^2}{4f} = f(1 + \frac{n^2}{4}) \quad (13)$$

又集热管半径 r 确定时, 有^[8]:

$$r_{\max} = r / \sin \theta_s \quad (14)$$

将式(13)、(14)代入式(15), 可得:

$$C_{th} = \frac{nf}{2\pi f \sin \theta_s (1 + n^2/4)} = \frac{140.3n}{4 + n^2} \quad (15)$$

令 $dC_G/dn = 0$, 可得 $n = 2$ 时最大聚光比 $C_{th} = 35.1$ 。

3.2 聚集性能理论模拟

若将 $x_B = 2\sqrt{f(f-r)}$ 代入, 可得聚光比另一种表达式:

$$C_G = \frac{\sqrt{f(f-r)}}{\pi r} \quad (16)$$

由上式可以看出, 影响新型聚集器聚集性能的主要因素为焦距 f 和集热管半径 r , 常见真空集热管的规格按照管径分为 37、47、58、70mm 等, 集热管管径取定某值情况下, 聚光比随焦距 f 变化曲线如图 4 所示。

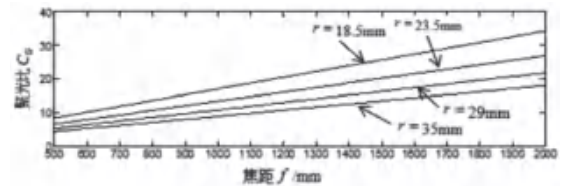


图 4 焦距 f 对新型聚集器聚光比的影响

显然, 焦距 f 不变, 集热管管径 r 越小, 聚光比 C_G 相对越大。另外, 管径 r 不变, 聚光比 C_G 随焦距 f 增大而增大。理论上, 聚光比越大时聚集器的聚光集热性能越好, 所以设计时应取较大 f 和较小 r , 但同时更需考虑设计的实用性、经济性等因素。结合实际情况, 瓦片聚光板的焦距 f 建议取 800mm~1500mm 之间更合理, 接收器选择市场上最广泛使用的 $\phi 47/58$ 玻璃真空管 ($r = 23.5\text{mm}$), 此刻聚光比为:

$$C_G = \frac{\sqrt{\frac{a}{4} \cot(\frac{\psi_{\text{rim}}}{2}) [\frac{a}{4} \cot(\frac{\psi_{\text{rim}}}{2}) - 23.5]}}{\pi \times 23.5} \quad (17)$$

因此, 聚光比 C_G 与边缘角 ψ_{rim} 、入射光口宽度 a 关系密切, 根据新型聚集器设计要求的边缘角 ψ_{rim} 取值范围 $54^\circ \sim 180^\circ$, 故 C_G 随 ψ_{rim} 和 a false 的变化关系如图 5 所示。

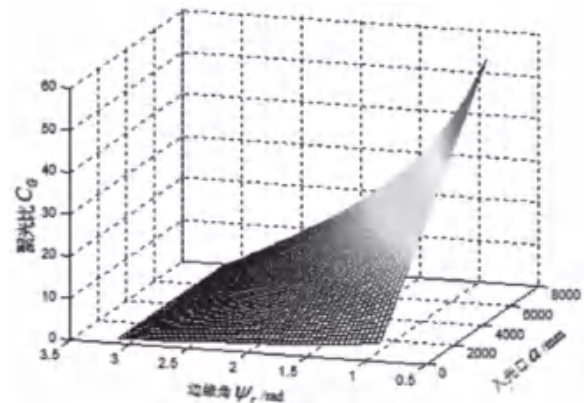


图 5 瓦片式聚集器的聚光比 C_G 随边缘角 ψ_{rim} 和入射光口 a false 的变化

若将上式(9)和(10)代入得, 最大、最小聚光比为:

$$C_{G \max} = \frac{x_B}{2\pi r_{\min}} = \frac{8 \frac{x_B}{f}}{\pi \sin \alpha (16 + (\frac{x_B}{f})^2)} \quad (18)$$

$$C_{G \min} = \frac{x_B}{2\pi r_{\max}} = \frac{2 \frac{x_B}{f}}{\pi \sin \alpha (4 + (\frac{x_B}{f})^2)} \quad (19)$$

根据 2.3 节集热管半径选取分析, 不难得设计瓦片式聚集器的几何聚光比尽量不大于最小聚光比 C_{Gmin} 。因此, 聚光集热器间歇跟踪情况下, 聚光比表达式为:

$$C_{Gth} = \frac{2n}{\pi \sin \alpha (4 + n^2)} \quad (20)$$

因此, 在考虑福州地区太阳光入射矢量动态变化情况下^[1,2], 即倾斜角 α 在其范围 $(0, \pi/2)$ 内取不同值时, 聚光比与相对光孔 n 的关系变化曲线如图 6 所示。其中, 考虑入射太阳光余弦效率、倾斜面上的总辐射量、热水负荷求得集热器年最佳倾角即 $\alpha = 26.0^\circ$ 、 18.9° 、 40.8° , 经验公式计算得到 $\alpha = 25.02^\circ$ 。若要保证夏季太阳光利用效率最大则集热器应水平 ($\alpha \approx 0^\circ$) 布置。

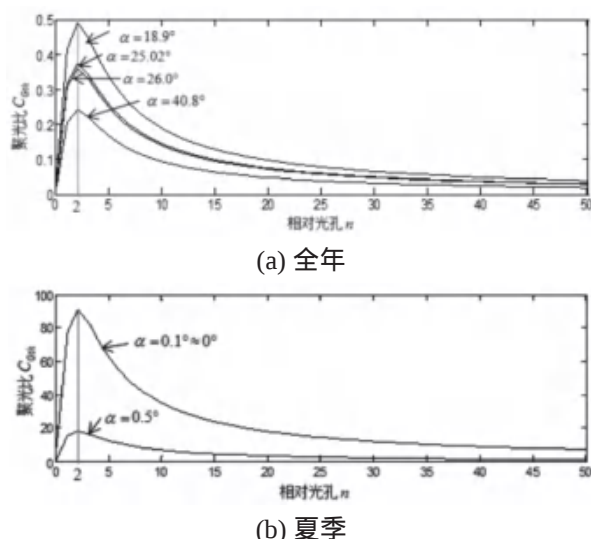


图 6 聚光比与相对光孔的关系

从图可知, 不同尺寸的聚集器装置, 在福州地区太阳辐射能不断变化, 考虑入射光线余弦效应等, 取不同倾斜角 α 值, 而且总是存在一个相对光孔 $n = 2$, 可获得最大聚光比为:

$$C'_{Gth} = \frac{1}{2\pi \sin \alpha} \quad (21)$$

集热器倾斜角越小, 最大聚光比就越大, 若聚集器采取非跟踪或低精度跟踪 (低倍聚光) 形式, 集热器尽量水平布置, 保证有效太阳光聚集利用率高。同时, 反计算吸热单元抛物反射镜面的最佳开口宽度为 $a' = x_B = nf = 2f$, 开口 $AB = 2x_B = 4f$, 再依据 f 的建议取值制作聚集器, 吸热器管径 $r = 23.5\text{mm}$, 则实际聚光比 C_G 可达范围为 10.8~20.3。

4 结论

本文根据波浪形屋顶瓦片, 设计一种即可排泄雨水, 又可高效利用太阳能, 还可以降低顶层室内空调能耗的多功能瓦片式太阳能聚集器, 并对其结构设计和光路传输进行了论述。新型聚集器仍有较好聚光集热特性, 适用于中低温热利用领域。

瓦片式聚集器与玻璃真空集热器配合, 形成瓦片式聚光集热器系统, 本文对该集热器的几何特性、聚集性能等进行了理论模拟, 并分析影响因素。结果表明:

新型聚集器的基本性能参数都与 a 、 f (ψ_{rim})、及 r 等几何参数有关。设计时追求较大聚光比, 同时更需考虑设计的经济实用性等因素, 应取较大 f 和较小 r , f 建议取 800~1500mm 之间、边缘角取 $54^\circ \sim 90^\circ$ 更合理。

聚集器采取非跟踪或低精度跟踪 (低倍聚光) 形式, 集热器尽量水平布置, 保证有效太阳光聚集利用率高。

理论计算获得相对光孔 $n = 2$ 时, 最大聚光比 $C_{th} = 35.1$, 但考虑太阳能余弦效应、太阳形状等, 吸热单元反射镜面的最佳开口宽度为 $a' = 2f$, 再依据 f 的建议取值、吸热器管径 $r = 23.5\text{mm}$ 制作聚集器, 则实际聚光比 C_G 可达范围为 10.8~20.3。

新型瓦片式聚光集热器将建筑屋顶空调节能与太阳能集热系统统一起来, 对太阳能真空管的集热运行和安装布置产生有利影响, 是一种实现非跟踪聚集技术及太阳能建筑一体化技术重大应用的新型热利用装置。

参考文献

- [1] 洪晓强. 新型太阳能光热技术在住宅建筑中的应用研究 [D]. 中国科学技术大学, 2016.
- [2] 文光彩, 梁晓钟, 蔡国良等. 太阳能光热应用概述 [J]. 中国新技术新品, 2015, 12(23): 2-3.
- [3] 谭小琴. 非跟踪式太阳能聚集技术研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2007.
- [4] 李桂强. 非跟踪型太阳能聚光器的优化分析和实验研究 [D]. 中国科学技术大学, 2013.
- [5] 徐涛. 槽式太阳能抛物面集热器光学性能研究 [D]. 天津大学, 2009.
- [6] 李换兵, 郑秋榕, 崔凝. 抛物面槽式太阳能集热器性能分析 [J]. 应用能源, 2015, (09): 32-37.
- [7] 薛晓迪, 郑宏飞, 陶涛等. 一种新型多曲面复合槽式太阳能集热器的理论分析 [J]. 太阳能学报, 2011, 32(06): 843-848.
- [8] 姚远, 陈颖, 廉永旺等. 小型槽式太阳能集热器优化设计与试验研究 [J]. 可再生能源, 2016, 34(06): 791-796.

太阳能 - 空气源复合热泵室外换热器数值模拟与分析

山东建筑大学热能工程学院 王晓春 王强

摘要：本文针对新型太阳能 - 空气源复合热泵的室外复合蒸发器部分进行 FLUENT 模拟，研究以济南为例冬季室外空调计算温度 -7.7°C 时，不同热水温度以及风机风量对室外蒸发器换热性能的影响，得出结论： -7.7°C 时，热水温度在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间，风机风量为 $15000\text{m}^3/\text{h}$ 时较为合适，当室外温度更低时，可适当降低太阳能热水的进水温度。

关键词：太阳能 - 空气源复合热泵；复合蒸发器；FLUENT；换热性能

0 引言

建筑能耗与交通运输、工业能耗一同被列为三大能耗用户，其中建筑能耗占总能耗的 $25\sim 40\%$ ，空调制冷、供暖等占建筑能耗的 75% 左右，空调在为人们生产、生活提供了便利的同时，也造成了极大的能源消耗。

空气源热泵可提取空气中的低品位能源，为室内提供冷量或热量。但是在北方寒冷地区，冬季热泵运行时由于室外温度较低致使蒸发器蒸发温度降低、压缩机制冷剂流量减少，压缩机排气温度高等使的热泵制热效率低甚至不启动问题，在一些湿度较大地区室外机结霜情况严重，使的空气源热泵运行耗能较高，制约其大范围使用。本文在空气源热泵的基础上辅助以太阳能集热系统，以此缓解空气源热泵冬季制热效率低的问题，并扩大热泵的低温适应能力。

1 复合热泵系统组成及原理

复合热泵主要由空气源热泵部分和室外太阳能集热系统部分组成，包括蒸发器、冷凝器、压缩机以及太阳能集热器、蓄热水箱等部件。原理为太阳能集热器吸收太阳能热量制备低温热水，然后热水流经室外翅片盘管蒸发器第一排换热管路，将室外蒸发器进风进行一定程度的预热，适当提高蒸发器的进风温度，如此提高热泵的换热性能和低温适应性。

本文针对某品牌 60kW-V 型机组进行改进优化，

室外机部分为三排制冷剂管路，优化后的复合蒸发器由太阳能热水管路和制冷剂管路组成。蒸发器迎风侧为一排太阳能热水管路，共 10 条回路，后 3 排为制冷剂管路。蒸发器具体结构参数见表 1。

3 模型建立

3.1 物理模型

根据表 1 的蒸发器结构参数，利用 GAMBIT 建立太阳能 - 空气源复合热泵模型，利用 FLUENT 进行后处理，对复合换热器空气侧传热及流动特性等进行模拟分析。本文选取复合热泵一层翅片作为模拟单元。网格划分首先采用 Tri-Pave 对换热管进行面网格划分，size 选取 0.1 。然后采用 Tet/Hybrid-TGrid 对体进行网格划分，size 选取 0.2 ，并对换热管周围进行加密，以保证计算的准确性。计算区域网格如图 1 所示。

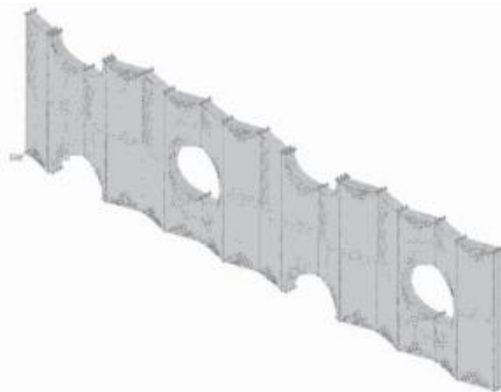


图 1 计算单元网格图

表 1 复合蒸发器结构参数

管排数	4	铜管外径 /mm	9.52	排间距 /mm	21.65	翅片间距 /mm	1.5
每排管数	40	铜管长度 /mm	2000	翅片类型	波纹	翅片高度 /mm	1.45
铜管内径 /mm	8.82	管间距 /mm	25	翅片厚度 /mm	0.112	倾斜角度 /°	15

3.2 控制方程

流体流动遵循物理守恒, 包括质量守恒、动量守恒、能量守恒。

(1) 连续性方程

连续性方程即为质量守恒, 在三维坐标下的通用方程为:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_x)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho u_y)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho u_z)}{\partial z} = 0$$

式中, u_x 、 u_y 、 u_z 分别为 x 、 y 、 z 方向的速度分量, m/s ; ρ 为流体密度, kg/m^3 ; t 为时间, s 。

(2) 动量方程和能量方程

动量方程的主要作用是解决作用力, 满足牛顿第二定律, 则其在 x 、 y 、 z 方向的动量方程如下:

$$\frac{\partial (\rho u \phi)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho v \phi)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho w \phi)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) + S_\phi$$

式中, ϕ 为通用变量; Γ_ϕ 为广义扩散系数; S_ϕ 为广义源项。

3.3 边界条件

复合热泵边界条件类型包括固壁边界、对称边界、周期性边界、速度入口和自由出流, 如图2所示。



图2 复合热泵模型边界条件示意图

设置空气进口为速度进口边界, 出口为自由出流, 铜管设置为固壁边界, 翅片上下表面按一定周期性规律变化, 故将翅片上下两个边界面设置为周期性边界条件, 模型两侧流体换热与计算区域为对称条件, 故设置为对称边界。

4 数值模拟与结果分析

本文以济南为例, 针对冬季室外空调计算温度 -7.7°C 时, 加入 15、20、25 的太阳能热水, 风机风量以 $3000\text{m}^3/\text{h}$ 为步长, 分析 $9000\text{m}^3/\text{h}$ 到 $18000\text{m}^3/\text{h}$ 风量变化下机组的制热能力。

4.1 换热器空气侧场分布分析

图3为不同风量下空气源热泵翅片表面空气速度分布云图。随着风机风量的增加, 计算区域内的

最大风速也在增加。可以看出, 空气进口风速分布比较均匀, 由于换热管的阻挡而出现绕流, 正对翅片管的风速逐渐减小, 同时气流围绕换热管向两侧分开, 并在换热管两侧中间与轴线平行位置处达到最大, 这是因为空气流动空间突然缩小使得空气流速变大, 随着空气流动, 由速度场可见后两排换热管轴线两侧风速较第一排有所减小。沿着空气主流方向绕过换热管后, 空气流动区域面积扩大而风速相对减小, 并以此呈现周期性流动。而且随着初始风量的增大, 换热管两侧的最大风速也随之增大。另外换热管背风侧尾迹区, 速度分离产生涡旋, 速度逐渐减小甚至出现相反方向风速, 进风速度越大旋涡越明显。



(a) 风量 $9000\text{m}^3/\text{h}$



(b) 风量 $12000\text{m}^3/\text{h}$



(c) 风量 $15000\text{m}^3/\text{h}$



(d) 风量 $18000\text{m}^3/\text{h}$

图3 室外计算温度下翅片表面速度场

图4为室外温度 -7.7°C , 以太阳能热水温度为 20°C 为例的翅片表面温度场分布。左端空气进口,

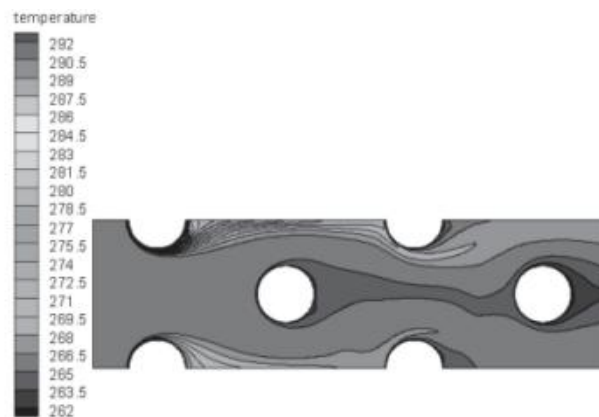
(a) 风量 9000m³/h(b) 风量 12000m³/h(c) 风量 9000m³/h(d) 风量 12000m³/h

图4 室外计算温度下水温 20℃ 温度场

为高温区,右端空气出口,为低温区。第一排管为太阳能热水管,空气流经热水管时与之进行热量交换,使温度得到一定提升,升温后的空气继续与温度更低的制冷剂管路进行换热,空气温度下降,较高的进风温度提高了机组的制热能力。由温度等值线可以看出空气进入翅片盘管后在第一排管处的换热稍弱,从第二排管开始的换热效果得到增强,在波纹翅片的扰动下翅片宽度方向有较大的温度变化。第一排热水管背风侧有较大的温度梯度,制冷剂管路背风侧存在一低温区,此处由于产生旋涡出现低风速区,部分空气无法被主流空气带走,此区域气流温度较低,接近管壁温度,由傅里叶定律可知温度梯度越大换热越好,故此处换热效果较差。根据温度场可以看出,随着风量的增加,换热管背风侧低温区范围逐渐减小,主要因为风速的增大加强了翅片表面空气的扰动,使的换热管背风侧流动加强,换热效果提升。

4.3 蒸发器出风温度与风侧压力损失

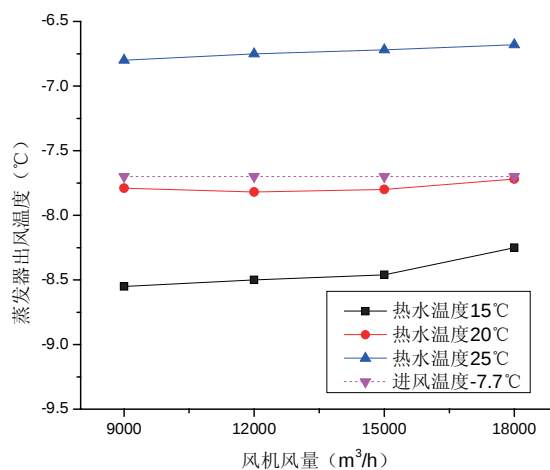


图5 室外计算温度下蒸发器出风温度

图5为热泵蒸发器出风温度随水温与风量的变化曲线,其中虚线代表空气进风温度-7.7℃。由曲线可知随水温的提升,蒸发器出风温度也增大。相

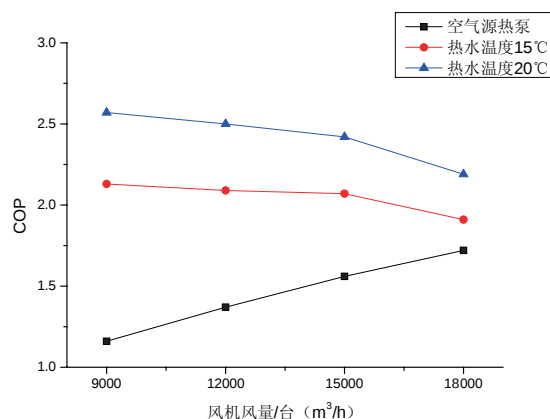
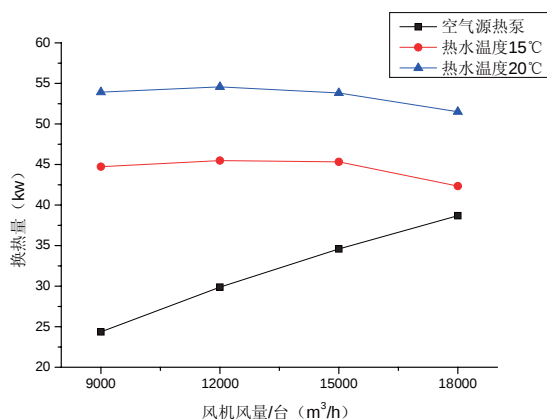


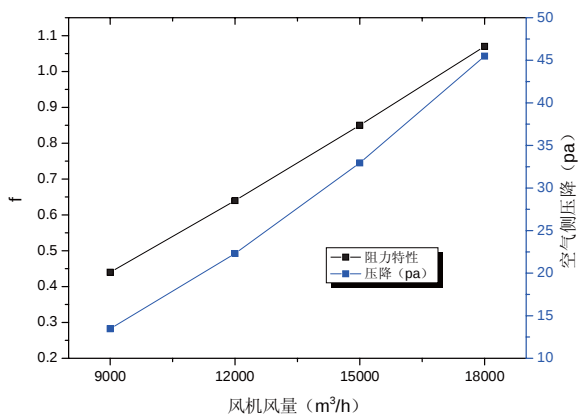
图7 室外计算温度下复合热泵换热量和COP

同热水水温下,蒸发器出风温度变化较为稳定,水温15℃时,空气出风温度稳定在-8.7℃左右,低于进风温度,表示蒸发器从空气和热水中都吸收了热量。由曲线可知,水温25℃出风温度曲线在室外进风温度-7.7℃线之上,表示蒸发器换热量均来自太阳能热水,且空气被额外加热,造成能源浪费,故25℃水温偏高。水温20℃时,蒸发器出风温度曲线略低于-7.7℃曲线,最高出风温度出现在风量18000m³/h为-7.72℃,即大部分热量仍来自于太阳能热水。

风侧阻力损失的大小反映了风机耗电的大小,压损越大,风机耗电越大,致使机组换热性能有所降低。摩擦因子与风侧压降的关系如下:

$$f = -2\Delta p / U_{\max}^2 l / d$$

式中 d 为空气通道的当量直径, mm; $U_{\max}$ 为最小截面处的空气流速,即为管束中的最大流速。根据模拟和计算得到摩擦因子与风侧压损随风机风量的变化曲线。

图6 摩擦因子 f 和压损

由压降公式可知,空气侧压降是速度的函数。

通过曲线可见摩擦因子随风机风量的提升呈现比较稳定的上升态势,空气侧压力损失随风机风量增大增幅也逐渐增大,风量18000m³/h时的阻力损失为45.49pa,相比9000m³/h时的13.47pa增大2.38倍。

4.2 换热量和COP

由图5可知,25℃水温对于此工况来说温度偏高,故以下只分析15℃和20℃时的换热情况。如图7为冬季空调室外计算温度与同工况下空气源热泵换热量、COP对比曲线,由换热量曲线趋势可知,水温15℃和20℃时的蒸发器换热量均高于空气源热泵换热量。水温15℃和20℃时由随风机风量的增大换热量轻微上升然后降低。同水温下,随着风量的增加,整体换热量的变化随着风量的增加趋向于平缓甚至减少,即再继续加大风量换热效果提升效果低下反而会增加风机耗电。

由COP曲线可知COP的变化趋势同换热量曲线较为相似,15℃和20℃时COP均在风量12000m³/h达到峰值,分别为2.09和2.50。水温15℃时,通过曲线可以看出,随着风机风量的增大,水温15℃和20℃的COP曲线越来越接近,两者对应风量时的COP差值越来越小。但结合-7.7℃时的蒸发器出风温度,可知热水温度最佳在20℃及以下。

5 结论

本文针对复合热泵室外换热器部分进行数值模拟分析,并与单一热源空气源热泵同种工况下的制热能力进行比较,得出以下结论:

(1) 加入太阳能热水的复合热泵的换热量和COP均高于空气源热泵。

(2) 25 的水温对于 -7.7 工况下温度偏高, 最佳热水温度在 15~20 之间。室外工况温度更低时, 可适当降低热水进水温度, 考虑到避免水管结冰, 可采用乙二醇水溶液等防冻液体。

(3) 根据热泵的空气侧压力损失, 可知风量风速并非与大越好, 结合换热量和 COP 曲线, 认为风量 15000m³/h 时为最佳, 折合风速 2.07m/s。

参考文献

- [1] 江亿. 中国建筑能耗现状及节能途径分析 [J]. 新建筑, 2008, 2(5).
- [2] 杨世铭, 陶文铨. 传热学第四版 [J]. 2006.
- [3] 张迎迎, 王强, 回晓洋, 等. 太阳能 - 空气源复合热泵性能研究 [J]. 制冷与空调, 2015, 35(6): 15-18.
- [4] 曹先慧, 马贵阳, 王雷, 等. 波纹翅片管换热器空气侧流动换热的三维数值模拟 [J]. 辽宁石油化工大学学报, 2013, 33(3): 43-46.
- [5] 陈镇凯, 胡文举, 江辉民, 等. 制约空气源热泵推广应用的技术因素的研究现状 [J]. 制冷与空调 (北京), 2012, 12(1): 12-18.
- [6] 程金强, 梅宁, 赵杰. 风冷翅片管换热器传热特性研究 [J]. 热科学 & 技术, 2008, 7(2): 120-125.
- [7] 王泮浩, 王志华, 郑煜鑫, 等. 低温环境下空气源热泵的研究现状及展望 [J]. 制冷学报, 2013, 34(5): 47-54.





杂志免费索阅表

本刊由中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院主办，暖通空调产业技术创新联盟、中国建筑学会暖通空调分会、中国制冷学会空调热泵专业委员会、中国建筑节能协会暖通空调专业委员会、中国建筑节能协会地源热泵专业委员会支持。栏目范围：建筑环境、建筑能源、空调、热泵、通风、净化、供暖、计算机模拟。填此表格免费获取《建筑环境与能源》杂志一期。

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

编辑部联系方式：

地址：北京市北三环东路 30 号
中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院
节能示范楼 208 室

邮编：100013

邮箱：beaebjb@163.com

电话：010-64693285

聚焦建筑环境与能源 推动行业科技进步与发展





欧埃泰科

IT'S OTWAY

超高效模块机房 **High Effective Module System**

制冷模块 Cooling Module System



制热模块 Heating Module System



翱途能源科技（无锡）有限公司
OaseTECH Energy Technology (Wuxi) Co., Ltd.
翱途贸易（上海）有限公司
OaseTECH Trade (Shanghai) Co., Ltd.
上海翱途流体科技有限公司
Shanghai OaseTECH Fluid Technology Co., Ltd.

江苏省宜兴市经济技术开发区智能制造产业园A7栋 214203
A7, Intelligent Manufacturing Industrial Park, Economic & Technological
Development Zone, Yixing, Jiangsu, China, 214203

Tel: +86 510 87818899
E-mail: info@oasetech.com

Fax: +86 510 87818899
www.oasetech.com



ClimaPRO 克莱门特高效机房管理系统

ClimaPRO 是克莱门特为中央空调及关联设备开发的优化管理控制系统。通过对多台冷水 / 热泵机组的集中控制和优化，达到节能目标。ClimaPRO 采用“优化的金字塔”模型，性能反馈循环优化模式，模块化控制设计，基于网络的图形化人机界面，动态报告生成，并可与大多数 BMS 系统协议兼容扩展。ClimaPRO 是已验证的可靠系统解决方案，汇集多种应用优化，并在工厂制造和测试，广泛适用新建或升级现有中央空调机房管理系统。

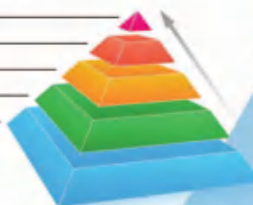
clima
PRO
● PERFORMANCE ● RELIABILITY ● OPTIMISATION

LOW
ENERGY
CONSUMPTION



优化金字塔

性能测量和验证
维保服务
优化
自动化
设计，应用，组成



动态报告生成



克莱门特捷联制冷设备(上海)有限公司

地址:上海市星火开发区白云路88号

电话:(021)57505566 传真:(021)57505797

E-mail:info@climaveneta.com.cn http://www.climaveneta.com.cn

全国统一售后服务热线
400-880-7575



微博



微信