

强基固本 低碳发展

——2021年第32届“中国制冷展”

技术总结报告

目 录

一、展会概况与特色	1
1. 展会概况	1
2. 展会特色	1
二、技术进展	4
1. 制冷压缩机、制冷剂、润滑油	4
2. 制冷系统辅助设备	9
3. 工商业用中央空调冷（热）水机组	15
4. 中小型空调设备与系统	20
5. 空气处理机组与暖通空调自控系统	25
6. 供热、热水设备与系统	31
7. 冷链设备与系统	38
三、学术交流	45
1. 主题论坛	45
1.1 中国的能源转型和碳中和路径	45
1.2 全球制冷空调行业发展现状和趋势	46
1.3 数字经济与大数据的应用实践与创新	47
1.4 百年未有之大变局与中国复兴之梦	47
2. 专题研讨会	48
2.1 低碳减碳制冷空调技术	48
(1) 专题4：绿色高效制冷技术助力房地产企业低碳转型专题研讨会	48
(2) 专题8：面向高效节能与零碳中和需求的制冷空调系统安装施工与运维管理 专题研讨会	49
(3) 专题17：建筑新风处理——节能与碳减排专题研讨会	50
(4) 专题20：碳中和国家战略下的热泵技术创新专题研讨会	51
(5) 专题23：制冷工程师论坛——低碳制冷空调产品和技术	52
(6) 专题34：“碳达峰、碳中和”背景下多联机技术发展论坛专题研讨会	53

2.2 热点技术专题	54
(1) 专题2: 制冷压缩技术.....	54
(2) 专题3: 冷冻空调设备新标准专题技术报告会.....	54
(3) 专题5: 绿色数据中心高效制冷应用发展论坛.....	55
(4) 专题6: 换热器发展论坛.....	55
(5) 专题9: 冷链物流产业发展论坛.....	56
(6) 专题16: 蒸发冷却新技术及其应用专题研讨会.....	57
(7) 专题29: 智能化家用空调技术论坛.....	57
(8) 专题24: 冷冻冷藏专题研讨会.....	58
(9) 专题26: 第三届空气净化及新风产业技术论坛.....	58
(10) 专题27: 疫苗冷链技术与设备.....	59
(11) 专题30: 先进通风空调气流组织与高大空间环境保障专题研讨会.....	61
(12) 专题33: 压缩机应用专题研讨会——高效环保的压缩机技术.....	62
(13) 专题35: 高效机房建设与实践专题研讨会.....	62
(14) 专题36: 中国冷链物流创新成果及展望论坛.....	63
(15) 专题37: 冷藏运输技术与装备论坛.....	64
(16) 专题40: 热泵技术与应用发展.....	65
2.3 国际交流合作	66
(1) 专题1: 冷链碳中和技术发展国际论坛 (在线, 同声传译)	66
(2) 专题12/22/28/33: 臭氧气候工业圆桌会议系列活动	67
(3) 专题14: 供热空调的低碳方案国际论坛 (在线, 同声传译)	68
3. 技术交流会	69
四、技术特点	74
1. 引领绿色高质, 助力低碳转型	74
2. 强化冷链安全, 保障医疗卫生	74
3. 聚焦智能发展, 追求舒适品质	75
4. 注重空气品质, 创新空调技术	75
5. 促进行业交流, 重视人才培养	76
五、结束语	77

强基固本 低碳发展

——2021年第32届“中国制冷展”技术总结报告

一、展会概况与特色

(中国制冷学会张雯、赵娜、孙裕坤，北京国际展览中心有限公司薛龙云、康琨，中国制冷空调工业协会李思、祝一平)

由中国国际贸易促进委员会北京市分会、中国制冷学会、中国制冷空调工业协会共同主办的“第三十二届国际制冷、空调、供暖、通风及食品冷冻加工展览会”(以下简称“中国制冷展”)，将于2021年4月7-9日在上海新国际博览中心举办。

2021年是我国“十四五”发展规划的开局之年，是开启全面建设社会主义现代化国家新征程的第一个五年，是各行业抓住难得机遇，顶住各种挑战，拓展发展新空间的关键时期。本届展会的主题为“强基固本 质量优先 内外协同 低碳发展”，组委会不忘初心，秉承以展商和行业的发展需求为己任，与展商及行业携手共进，为中国暖通制冷空调行业绿色健康发展贡献力量。

1. 展会概况

2021年4月7日，第32届中国制冷展在上海新国际博览中心拉开帷幕。本次展会面积约11万平方米，来自10个国家和地区的1225家企业和机构参展，国内外知名品牌悉数亮相，展览规模和展商数量均创历史新高。中国经济表现出强劲韧性，全球行业企业对中国市场信心倍增，国内外企业积极参展，充分展示新技术新产品，展品类型不断扩充。为期3天的展会，吸引了近63000名专业观众和买家前来观展，场面热闹非凡，展商观众好评如潮。

中国制冷展不仅是商业展会，还承担着引领行业健康持续发展的社会责任。展会期间举

办了内容丰富的学术与技术交流活动，包括一场主题论坛，41场专题研讨会和38场技术交流会，研讨内容涵盖“碳中和、碳达峰”等行业热点问题，更有全方位、多维度的制冷、空调与暖通行业国家相关政策解析，力求推动技术创新，引导未来方向。除展商展示外，本届展会设置轻型商用制冷技术及解决方案示范区、臭氧气候技术路演展区、热泵展区和家用制冷空调展区，集中展示相关领域最新创新成果和一站式解决方案。组织全国建筑设计院总工会、冷冻冷藏业观摩团、暖通空调行业用户观摩团、全国省级制冷学会观摩团和经销商采购团观摩展会，与展商开展深度交流和精准对接。

2. 展会特色

在展会组委会的精心策划和组织下，本届展会呈现了鲜明的特色：

(1) 紧扣时代脉搏，促进行业发展

在第75届联合国大会上，中国提出力争二氧化碳排放2030年前达到峰值，2060年前实现碳中和。当前各领域均在为实现“30·60”目标奋进，制冷空调行业中也涉及颇多。为此，本届展会组织多场相关专题，拟在各细分领域共商解决方案，如：《冷链碳中和技术发展国际论坛》、《绿色高效制冷技术助力房地产企业低碳转型专题研讨会》、《绿色数据中心高效制冷应用发展论坛》、《热泵高质量发展，绿色先行专题研讨会》、《供热空调的低碳方案国际论坛》、《建筑新风处理一节能与碳减排专题研讨会》、《碳中和国家战略下的热泵技术创新专题研讨会》、《<中国新能源汽车热管理技术发展>发布仪式暨新能源汽车热管理技术

发展论坛》、《“碳达峰、碳中和”背景下多联机技术发展论坛》等。

冷冻冷藏行业是我国近十年市场增长最快的行业之一，市场的蓬勃发展也带动了相关制冷技术的进步。在轻型商用制冷技术及解决方案示范展区中，展商对最新技术成果进行展示。针对目前冷链运输、冷链装备开发与应用、进口冷链食品消杀等问题，开展多场专题研讨会，如《冷链物流产业发展论坛》、《冷链杀菌消毒技术论坛》、《冷冻冷藏专题研讨会》《疫苗冷链技术与装备》、《中国冷链物流创新成果及展望论坛》、《冷藏运输技术与装备论坛》等，邀请技术专家介绍目前我国存在问题、技术需求与解决方案。为了进一步满足人民对品质生活的美好追求，智能家居成为家用制冷空调行业近年来的关注重点，为向更多优质的家用企业提供展示平台，助力中国家用制冷行业的发展，2021年中国制冷展首次增加家用制冷空调展区，该展区采取展示和论坛相结合的模式，向观众更为详尽的展示家用制冷空调行业龙头企业关于智能家居的先进理念和技术。

面向“碳中和”目标，部分行业分领域已积极向目标迈进：新能源汽车肩负未来出行、产业发展、能源安全、空气质量改善等多重历史使命，积极发展绿色低碳热管理技术，提升热管理效率，成为打造更安全、舒适、节能、环保的未来电动汽车最重要的环节之一。针对该问题，展会期间举办《中国新能源汽车热管理技术发展（征求意见稿）》发布仪式暨新能源汽车热管理技术发展论坛，探讨新能源汽车热管理技术发展方向，以期增强新能源车辆热管理行业绿色发展内生动力；热泵行业发展迅速，但良莠不齐，高质量发展需要从标准、认证、产品设计、生产、制造、销售、使用、回收等多维度与绿色高效、碳达峰和碳中和紧密

结合。对此，展会期间热泵展区举办了《热泵高质量发展，绿色先行专题研讨会》，紧紧围绕绿色高效、碳达峰和碳中和进行，为国家早日实现“碳达峰、碳中和”添砖加瓦。

此外，今年是中国加入《蒙特利尔议定书》的第30个年头，也恰逢臭氧气候路演和工业圆桌会议举办十周年，路演展区特设了专栏展示行业CFCs和HCFCs淘汰履约30年来的政策和成就、制冷剂替代进展和制冷剂负责任使用等内容，展现了中国制冷展主办方推动行业绿色发展的坚定决心。

（2）借助网络手段，加强信息化建设

为方便广大展商、各专家学者以及观展观众方便快捷地进行展会筹备，本届中国制冷展运用信息技术最新成果，提升展会管理系统，全面实现参展、参观服务流程线上办理。

与时俱进，充分利用互联网传播平台，借力新形式全方位促进技术推广与交流，将创新产品发布仪式、开幕式暨主题论坛、部分专题研讨会进行全程在线直播，使未能到场的专业观众也能通过直播尽情饱览展会。

抓住新媒体平台，对展会进行多维度推广，持续扩大宣传力度。借助中央电视台、央视频以及众多行业媒体、社交媒体进行展会报道，使相关信息向更多人覆盖；开通展会官方抖音账号，自展前3个月开始进行预热宣传，持续进行展会推介。

（3）积极开展国际联络

为保持行业友好往来，继续加深多方合作，虽因疫情影响各国际组织嘉宾无法亲临2021年展会现场，组委会仍与各组织保持密切的沟通。UNDP（联合国开发计划署）、UNEP（联合国环境规划署）、IIR（国际制冷学会）、ASERCOM（欧洲制冷部件制造商会）、EPEE（欧洲能源与环境合作组织）、EUROVENT（欧洲室内环境、工业冷冻及

食品冷链技术工业协会)、IIAR (国际氨制冷学会) 等25个国际组织发来贺信, IIR、ASERCOM、AHRI (美国空调供暖和制冷工业协会)、ASHRAE (美国供热、制冷与空调工程师学会)、ISKID (土耳其空调与制冷制造商协会)、JARN (日本冷冻空调新闻社)、JRAIA (日本冷冻空调工业会)、JSRAE (日本冷冻空调学会)、SAREK (韩国空调制冷工程师学会) 等9个国际组织代表人录制抖音视频, 表达了对本届制冷展成功举办的期盼与祝福。

历届主题论坛中均会邀请一位国际专家进行报告, 今年仍没间断与国际学者的交流, 邀请到JARN(日本冷冻空调新闻社)社长讲述全球制冷空调行业的发展现状和趋势。展期进行

两场线上国际论坛, 邀请到来自中国、日本、印度、丹麦、德国、美国、英国、意大利等国家学者进行分享, 分别在冷链碳中和技术、供热空调的低碳方案等方面探讨交流。

本届展会继续组织臭氧气候技术路演和工业圆桌会议系列活动, 路演展区特设了专栏展示行业CFCs和HCFCs淘汰履约30年来的政策和成就、制冷剂替代进展和制冷剂负责任使用等内容。展区占地约800平方米, 邀请行业内40余家整机、压缩机、零部件、制冷剂等制造商在这里进行替代技术和产品的展示, 包括CO₂、NH₃、HC、R32、HFO等零ODP、更低GWP、高效节能替代技术的最新应用成果和解决方案。

二、技术进展

1. 制冷压缩机、制冷剂、润滑油

(北京工业大学 马国远教授、许树学副研究员、周峰副研究员)

1.1 技术特点

压缩机(包括制冷剂、润滑油、载冷剂)的展商数量和产品种类较往年明显增加,主流的制冷压缩机均有展出,涵盖家用、商用等大中小型;功能上包括冷冻冷藏、家用空调、中央空调、热泵热水、车载制冷空调等。特别的是出现了较多的具有新颖构造或有独特功能的压缩机,体现了中国制造的潜力。综合起来较突出的特点是:

(1) 离心压缩机逐渐成为大型机组的主流产品。离心机逐渐被人们所熟知,磁悬浮成为标配技术,气悬浮也有发展。参展厂家除实力雄厚的大企业外,部分中小企业也已经深入涉足这个领域。离心机朝着性能提高、工况变宽而体积减小的方向发展。

(2) 冷冻冷藏用压缩机、车载制冷空调压缩机发展势头迅猛。本领域吸引了众多压缩机产商,品种齐全种类繁多。轻商用制冷压缩机的大型化和自然工质化比较明显。

(3) 新型结构的压缩机增多。企业越来越重视新产品,并乐意投入精力和资金研发。在传统涡旋压缩机、螺杆机以及滚动活塞压缩机上的改进很多,不同类型压缩机的工况领域之间交叉越来越多。

(4) 制冷压缩机国产化程度进一步加深。涡旋压缩机、离心机和滚动活塞压缩机等的国产品牌明显增多,且多数不是直接照搬国外,而是有自身独特之处。

1.2 特色产品

1.2.1 压缩机

(1) 离心压缩机

图1-1给出了主要的压缩机新产品照片。天

津飞旋科技有限公司的离心机,采用磁悬浮技术,冷量150RT到350RT。汉钟的磁悬浮离心机规格更加齐全,推出的RTM-09系列产品,制冷量400-450冷吨,RTM-051系列压缩机的制冷量覆盖200~250冷吨范围。丹佛斯TTH系列高压比磁悬浮离心压缩机,能在10%-100%负荷范围内调节,结合喷气/湿喷/喷液和中间排气阀技术,保证压缩机在恶劣工况下运行,成为北方寒冷地区采暖替代燃煤锅炉的选择。复盛展出了磁悬浮永磁变频双级离心机,专门针对R1234ze工质开发,制冷量280冷吨。SRM展出冷量200冷吨磁悬浮双级离心机,转速达到17000rpm。株洲变流技术国家工程研究中心有限公司,开发出了中央空调磁悬浮动力系统一体机。



(a) 天津飞旋科技
离心压缩机



(b) 汉钟磁悬浮离心机



(c) 丹佛斯离心压缩机



(d) 复盛离心压缩机



(e) SRM离心压缩机



(f) 约克离心压缩机

图1-1 离心压缩机

(2) 冷冻冷藏用压缩机

在疫情经济的背景下,冷冻冷藏用压缩机的展出增加很多。汉钟、海立、艾默生、

美芝、烟台冰轮等知名企业均有特色产品展出，参见图1-2。汉钟的RH-V系列变频螺杆压缩机为冷冻冷藏专用，采用二氧化碳亚临界循环，低温至-50℃，RC2-D系列制冷范围-45℃-12.5℃。富士豪推出全新FRV系列冷冻螺杆压缩机，能力范围30匹-180匹。GEA针对氨和其他类工质设计出了Grasso M系列和Grasso LT系列螺杆压缩机，转速1000-6000转/分钟。



(a) 比泽尔冷冻压缩机 (b) 松下冷冻涡旋压缩机



(c) 松下冷冻冷藏转子压缩机 (d) 汉钟冷冻螺杆压缩机



(e) 富士豪冷冻螺杆压缩机 (f) GEA冷冻螺杆压缩机

图1-2 冷冻冷藏用压缩机

(3) 轻商用制冷压缩机

轻商用制冷压缩机主要是两个趋势：大型化和自然工质化。自然工质以R290为主，也有采用R600a。美芝推出大能力卧式冷冻冷藏用

R290压缩机，排气量39.6cc/rev，制冷量达到4655W。



(a) 美芝卧式大能力压缩机 (b) 恩布拉科压缩机



(c) 泰康压缩机 (d) SECOP冰箱压缩机



(e) 浙江冰峰压缩机 (f) 长虹华意冰箱压缩机

图1-3 轻商用压缩机

(4) 车载冰箱/空调压缩机

车载冰箱/空调压缩机为车内提供冷热环境或冷冻冷藏。美芝、海立、凌达等均有自己特色产品展出（图1-4）。凌达结合增焓技术，将压缩机的低温范围从-15℃降低至-30℃，实现-15℃制热量不衰减，解决地区轨道的交通供暖问题。



(a) 美芝卡车驻车压缩机 (b) 海立车载空调压缩机



(c) 凌达压缩机



(d) 凌达汽车空调涡旋压缩机



(e) 浙江巨能电动车压缩机

图1-4 车载冰箱/空调压缩机

(5) 压缩机国产化

各种类型压缩机国产化进一步加深。苏州INVOTECH展出各种规格的高温、中温定频及变频涡旋压缩机，其中半封闭涡旋压缩机蒸发温度可低至-40℃。苏州为山环境科技有限公司能开发生产全系列的涡旋压缩机。浙江的民营企业泰兴企鹅发展很快，已经能实现涡旋压缩机的生产，其展出的各种用途的卧式涡旋压缩机很有吸引力，如图1-5。



(a) INVOTECH 涡旋压缩机



(b) 合肥圣三松 涡旋压缩机



(c) 为山之涡旋压缩机



(d) 泰兴企鹅涡旋压缩机



(e) 浙江巨能压缩机

图1-5 压缩机国产化

(6) 新型结构压缩机

本届展会展出了多种新结构的压缩机（图1-6）。松下展出了冷冻冷藏用R404A滚动转子压缩机，采用直流变频技术，蒸发温度最低至-40℃，能力范围2.5~8匹。汉钟推出RC2-G&T及RC2-PLUS系列高温热泵压缩机，用在余热回收，出水温度70-120℃，汉钟的单级低环温空气源热泵压缩机，能在-30℃环境温度高效运行。宁波鲍斯能源装备股份有限公司展出了单机双级螺杆压缩机。

复盛SST系列单机双级涡旋螺杆压缩机，创新设计涡旋与螺杆相结合，高压段杜绝螺杆泄露三角，温度-30℃至-65℃。冰山的VLG系列螺杆压缩机，内容积比能在2.5-5.0范围无级调节。

松下双转子双级压缩机，有卧式和立式两种，立式为商用热泵热水用，卧式针对车载冰箱和车载空调。采用双级压缩应对跨临界压缩的大压差，运行平稳噪音低。

美芝展出了北美风管专用压缩机，带压差启动，其40匹的高效宽领域变频涡旋压缩机荣获本年度创新产品。合肥圣三松冷热技术有限公司展出了小功率双级涡旋压缩机，用在冷冻冷藏、热泵、物料干燥等领域，型式包括立式和卧式，工质适合R23、R134a、R407C、R1234yf等。

北京金茂绿建科技有限公司自主研发了单机双级涡旋压缩机，功率30-70匹。其独特的构造为一个动盘和两个静盘，单个压缩机的上下同时吸气压缩和排气。珠海凌达的大小容积切换压缩机，用在家用多联机上，能力范围12000-18000W，具有小容积运行和大容积运行两种模式，实现全负荷高效运行。针对热泵空调热泵采暖机凌达开发出了三缸变容压缩机，能力3-4匹，以R32为工质，在环境温度-15℃制热量不衰减。



(a)汉钟高温热泵
压缩机



(b)鲍斯单机双级螺杆
压缩机



(c)单机双级螺杆
压缩机



(d)冰山内容积比可调
螺杆机



(e)松下双转子双级
压缩机



(f)美芝北美风管机
专用机



(g)圣三松小功率双级涡旋机



(h)金茂绿建双级涡旋机



(i)海立四缸旋转压缩机



(j)凌达大小容积切换
压缩机



(k)凌达三缸变容
压缩机

图1-6 有特色的新型结构压缩机

1.2.2 制冷剂与润滑油

在制冷剂方面，与往年相比本年度的展出种类同样增加很多。除了传统的以R22、R410A、R134a为代表的工质外，有相当数量的替代品展出，特别是针对R22、R410A的替代品。

图1-7是霍尼韦尔推出的替代R404A和R22的SOLSTICE N40系列制冷剂。



图1-7 霍尼韦尔制冷剂

图1-8是华安展出的系列制冷剂。华创一号替代R134a、华创二号为新型气雾剂、华创三号为发泡剂R245fa和R141b的替代产品。



图1-8 华安系列制冷剂

东岳展出的DYR-3 (R439A) 制冷剂 (图1-9), 可以直接灌注到R410A系统中, 其GWP值为1980; DYR-3 (R419B) 可以直接灌注R417A系统, GWP值为2230。



图1-9 东岳系列制冷剂



图1-10 Bestcool系列制冷剂

图1-10为Bestcool公司的系列制冷剂, 其中223R为替代R22的工质。图1-11所示为浙江巨化公司的JXL系列制冷剂, 其中JXL-01和JXL-02分别替代R22 和R404A。



图1-11 浙江巨化公司的系列制冷剂



图1-12 巨化荧光冷冻油

为适应新的需要, 巨化推出了新能源车空调用荧光冷冻油 (图1-12), 采用该润滑油时, 可以协助判定制冷系统的漏点, 该润滑油在较暗环境下使用紫外线荧光手电照射空调系统, 漏点处将呈现黄绿荧光色。

通信基站散热、低温热泵供暖的发展及科研院所的研发需求, 促进了载冷剂技术的发展, 今年展会展出的载冷剂数量也有所增加, 较有特色的是, 北京陶普斯冷媒展出的TOPS系列冷媒 (载冷剂), 可适应-100℃至260℃的温度范围; 科民化工也推出数据中心散热用的冷却液载冷剂 (图1-13)。



图1-13 展会展出的各种载冷剂

1.3 评价与展望

从上述展品可以看出, 压缩机未来可能会有如下发展趋势: 1) 离心压缩机持续发展, 向小型化、高效化及热泵化方向发展, 可望大规模取代螺杆压缩机; 2) 制冷压缩机产品会持

续提升其全工况性能，拓展应用领域，在原有机型基础上开发出了各类扩展型压缩机，如单机双级涡旋压缩机、多缸滚动转子压缩机等；3) 与疫情密切的冷冻冷藏、冷链运输、以及车载空调用压缩机产品呈现了系列化，并逐步趋于完善，包括小型活塞压缩机、滚动转子压缩机、冷藏用压缩机、驻车空调压缩机等。

2. 制冷系统辅助设备

(华南理工大学 刘金平教授、硕士生黎志锋、博士生刘家尧)

2.1 技术特点

在制冷系统中，随着直流同步高速电机以及高效压缩机的应用，换热设备的性能特别是大型冷水机组蒸发器、冷凝器的性能对冷水机组的尺寸、性能影响越来越显著。对换热设备高效、紧凑的要求越来越高。各厂商所展示的换热器在换热性能、结构质量、制造工艺、紧凑性和稳定性方面进行了优化提升。同时，制冷系统效率的提升离不开控制阀件的性能改进，控制阀件向着更加精准、稳定、智能和关联化的方向发展。

2.2 制冷系统用换热器特色产品

制冷剂与水侧的换热过程广泛存在于冷水机组、热泵等设备中。各厂商对强化制冷剂与水侧换热效果的技术思路与产品进行了展示，包括紧凑高效的板式换热器；综合减少制冷剂充注量与稳定性的混合降膜壳管式蒸发器；增加换热面积的微通道换热器；具有强化换热结构的常规管径与微小管径内螺纹管，以及同轴套管换热器和高效罐换热器等。

将换热器分为制冷剂与水换热的换热设备、制冷剂与空气换热的换热设备、水与空气换热或传质的换热设备以及其他类换热设备。

2.2.1 板式换热器

板式换热器是由具有波纹形状的金属片反

向叠装而成的紧凑式换热器，金属板片间形成凹凸流道，使流道中的流体流度得到强化，提升了冷热流体间的换热效率。板式换热器主要分为可拆卸板式换热器与钎焊板式换热器，前者的设计便于根据应用场景增减金属片的片数以及进行换热器的清洁；后者通过真空钎焊使金属板片接触点连接稳固度增强，有利于增强换热器整体结构强度。金属板片的几何结构及其形成的流道形状是影响板式换热器换热效率的主要因素，各厂商也展示了其不同的板式换热器的设计方案。

丹佛斯（上海）投资有限公司展示的MPHE系列微板换热器（图2-1）采用了新型的流道设计。该换热器运用点阵式设计，在板片上形成非对称的Z字形制冷剂回路，增大了换热面积，同时使气态和液态制冷剂充分混合，提高了换热效率。相比于鱼骨型板式换热器，其换热效率更高，制冷剂充注量更少。

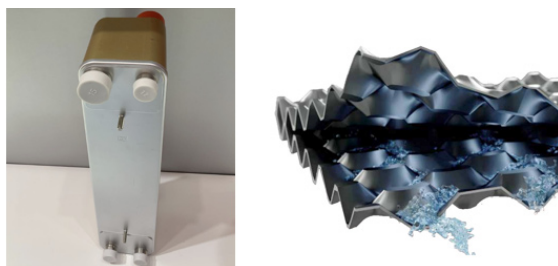


图 2-1 丹佛斯微板换热器

2.2.2 壳管式换热器

杭州沈氏节能科技股份有限公司展出了一种新型自油吸壳管式换热器（图2-2）。换热过程中，制冷剂与掺杂其中的油会进入换热器蒸发换热，为了避免油滴进入下级管道，该换热器末端增设了一个夹层，气态制冷剂带动油滴，通过换热管与套管之间的缝隙进入到末端夹层中，制冷剂从换热器进入管道，油则通过回油口进行分离。这个套管设计能够有效地解决壳侧回油困难的问题，降低回油导致的换热效率下降及避免对其他元器件的影响。

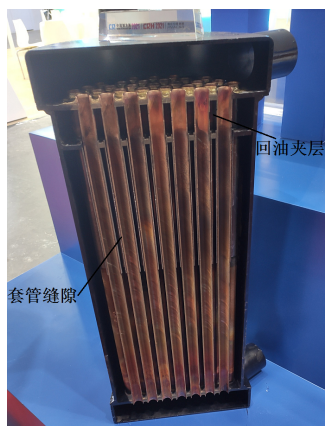
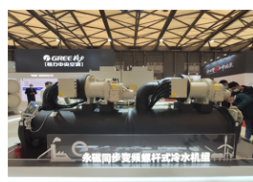


图2-2 沈氏自油吸壳管式换热器

2.2.3 冷水机组壳管式蒸发器冷凝器

展会上展示的多家厂商的冷水机组中的壳管换热器（图2-3）多采用混合式降膜蒸发技术。制冷剂在壳侧以降膜形式进行蒸发传热，底部少部分管束则采用满液式蒸发形式，能有效地减少制冷剂的充注量，同时减少因工况变动导致的液位波动对换热器性能的影响。并且油会积存在满液区，有利于回油。



a) 螺杆式冷水机组（格力）



b) 离心式冷水机组（麦克维尔）



c) 变频离心机组（美的）



d) 离心式冷水机组（约克）

图2-3 大型冷水机组

2.2.4 同轴套管换热器

江苏远卓设备制造有限公司展示了其生产的同轴套管换热器（图2-4）。为了减小管内液膜的厚度以增强换热，该换热器使用螺旋槽纹管，此结构能使管肋上液膜受表面张力而变薄，从而降低热阻，同时，螺旋槽纹结构能引

导流体螺旋旋转流动，在管内产生局部二次流，从而加强管内湍流强度，使传热系数增大。

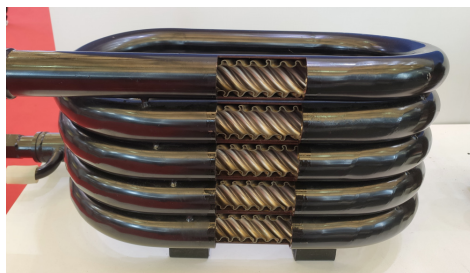


图2-4 远卓同轴套管换热器



图2-5 英特多头螺旋换热管

浙江英特科技股份有限公司则展示了其同轴套管式换热器的内管结构（图2-5），其采用多头螺旋结构，能够增加换热面积，钢管与铜管的间隙被均匀分隔，有利于提高蒸发工况的回油效果。同时，螺旋结构增大管内侧与管外侧的流动湍流度，增强了换热。并且其在螺旋管的外表面增加菱形压花，增加了流体与管外壁的接触面积，增强微观紊流。而且菱形结构能有效地减薄边界层的厚度。此结构能进一步提高换热系数，提升换热能力。

2.2.5 高效罐换热器

无锡市同力空调设备有限公司展示了其高效罐式换热器（图2-6），相比于套管式换热器，其采用高效翅片管紧凑盘绕制成。高效罐冷凝换热过程中，翅片管外的锯齿状翅片能够扰动冷凝液，增加湍流度。同时，该翅片结构能破坏液膜的表面张力，使液膜变薄，提高换热效率。高效罐蒸发换热过程中，管外的翅片

结构能形成环形通道与微孔，提供汽化核心点，提高蒸发传热系数。同时，管外液体能在环形通道中形成循环，可促进液体对流并有效避免结垢的产生。

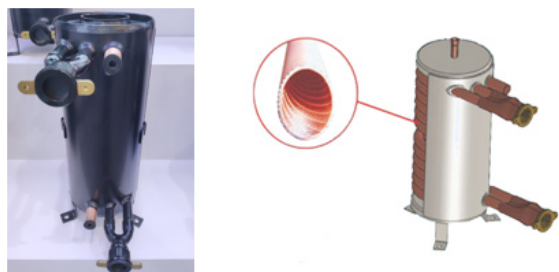


图2-6 同力高效罐换热器

2.2.6 翅片管换热器

广州东奥电气有限公司展示的防腐翅片换热器（图2-7），采用了高效纳米涂层，使翅片表面具有较强抗腐蚀与抗摩擦能力。该工艺能进一步提高换热器在恶劣工况中的性能，延长使用寿命。同时涂层的高亲水特性有利于尽快排走表面液滴，减缓结霜过程。

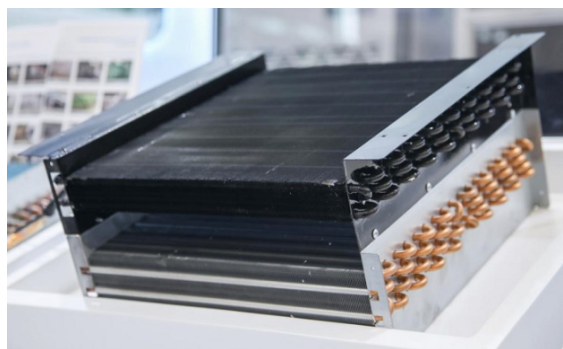


图 2-7 东奥电气防腐翅片换热器

2.2.7 强化换热管及翅片设计

金龙精密铜管集团股份有限公司展出了一系列高效强化管（图2-8），其包括扎丝管、麻面管、中高翅片管、干蒸波纹管和波纹管等，其管直径在8~26mm间。此外，其展示的高精度内螺纹铜管（图2-9）管直径达到4mm，底壁厚0.2mm，齿高0.16mm。



图2-8 金龙高效强化管 图2-9 金龙内螺纹铜管

上海日光铜业有限公司展示了特高导热二重管（图2-10），其二重管热交换器的内管使用了特殊化的翅片结构，其翅片呈环形锯齿状，能够有效的破坏液膜边界层，减少热阻。同时，翅片薄且重量轻，间距较大，使管外侧压力损失减低。管内则有连续加工的肋齿，能够强化管内紊流。

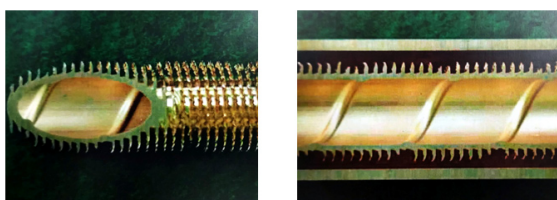


图2-10 日光铜业二重管

2.2.8 微通道换热器

杭州三花微通道换热器有限公司展示的双系统微通道换热器（图2-11）将两个系统的换热器结合，换热管相间嵌合，形成一套换热翅片结构。该设计可节约换热面积及翅片材料用量。在实现高度紧凑结构的同时，可减少冷媒的充注量。当低负荷工况单系统运行时，相比于普通换热器，其换热器翅片换热面积要更大，换热能力提升10%以上。

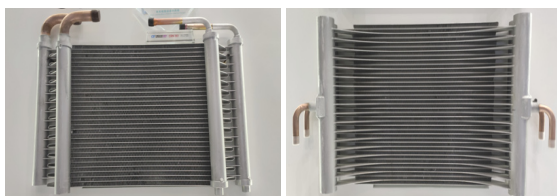


图2-11 三花双系统微通道换热器

浙江新金宸机械有限公司展示的双排高效微通道换热器（图2-12）增加了翅片换热面

积，并在制冷剂扁管内部增加凸齿结构，该设计在增大换热面积的同时，能够进一步减少制冷剂充注量，提升换热效率。

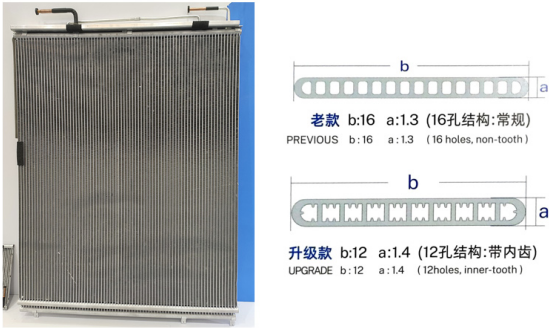


图 2-12 新全宸双排高效微通道换热器

2.2.9 高效均温板

常州恒创热管理有限公司展示的相变均温板（图2-13）根据其结构的不同，可以分为菱形扰流式均温板、圆点扰流式均温板和差异化流路均温板。为了实现轻量化的目的，采用吹胀成型工艺，用高压气体在工艺铝板间吹出流道。该设计成本低、可靠性高、体积小，并且具有很高的散热性能。此均温板可以用于5G通讯模块的散热、智慧屏电视机芯片散热以及空调变频器散热。



图2-13 恒创相变均温板

2.2.10 自适应变流量冷却塔

冷却塔的布水效果是影响其换热效率的主要因素，布水越均匀就越有利于水膜的铺展，从而增大水膜与空气的接触面积，增大传热传

质换热性能。变流量冷却塔的研发以节能环保为目标，是一款节能环保的高效产品。现国内大多采用的是固定式喷头，即流量一定的情况下，其喷淋面积和扩散角度为一定，这种形式喷头遇上低压头的水量时，喷淋效果将会大打折扣，会发生喷淋不均匀现象，从而造成传质不均匀引起冷却效率偏低。针对这个缺点，广东新菱空调科技有限公司展示的自重力布水喷头（图2-14）通过添加旋流部件，结合其开发的增压喷淋技术，以增加冷却塔的适应性。这个设计能够增大冷却水喷淋面积，布水更加均匀。同时，该布水头均匀布水所需水压小，搭配大容量高水位播水盘时，布水头能够在30%~110%冷却水量下，依旧实现均匀布水。

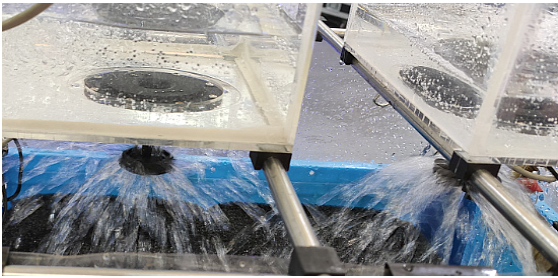


图2-14 新菱自重力式布水头

益冷和众科技（北京）有限公司展示的间接蒸发冷水机（图2-15）在传统冷水机组的进风口处增设空气冷却器。进风在与塔内喷淋水接触前通过空气冷却器预冷，使得冷水出口温度进一步降低，，可获得低于湿球温度的冷水。

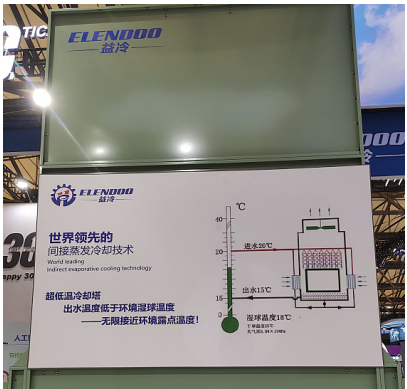


图2-15 益冷和众间接蒸发冷水机



图 2-16 澳蓝防火湿帘

2.2.11 防火湿帘

水在重力作用下由湿帘上部往下流时，水膜因波纹状结构和纤维材料的高吸水性进行大面积铺展，由于水膜对应温度的饱和压力高于湿空气中的水蒸汽分压力，水蒸发吸收空气的热量使空气降温。澳蓝（福建）实业有限公司展示的湿帘（图2-16）利用长纤维原浆纸制成，不含玻璃纤维，具有V0级别的阻燃性，蒸发效率在85%以上，在高温环境下有较高的稳定性和耐腐蚀性。

凯络文换热器(中国)有限公司展示的加湿式空冷器（图2-17），在空气进口端加设湿帘，空气在通过湿帘后干球温度下降，增大与翅片管的换热温差。但增大了空气流动阻力和驱动空气流动的风机能耗。

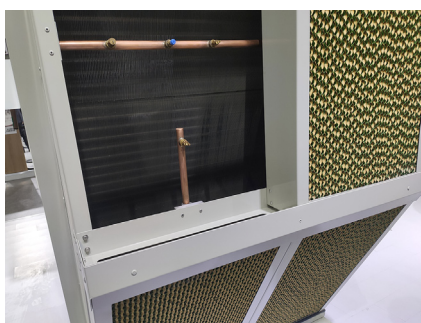


图2-17 凯络文加湿式空冷器

德默菲换热器（平湖）有限公司同样在干式冷却器进风段加装湿帘（图2-18）。为了应对环境温度高的运行工况，干式条件下无法达到冷凝的设定温度，冷却器启用预冷系统，绝热

预冷板被加湿，空气进入热交换器前，其温度可以降低10℃以上，使冷却器达到更高的换热性能。



图 2-18 德默菲干式冷却器

2.3 制冷系统阀件的特色产品

电子膨胀阀是制冷空调系统中与变转速压缩机协调控制制冷剂流量，可使制冷空调系统始终保持在最佳的工况下运行，达到快速制冷（热）、温度精确控制、节能省电的目的。展会上展示的阀件类型众多，主要包括电子膨胀阀、四通阀、球阀、智能阀和风阀，阀件产品趋于特定化、精细化和智能化，对制冷系统性能的提升更为明显。

2.3.1 电子膨胀阀

丹佛斯（上海）投资有限公司展示的ETS 5M电子膨胀阀（图2-19）采用了两级电机，可实现流量的精准调节，结合过热度控制器、压力和温度传感器，可精准控制喷入蒸发器的液体。并且阀门可充分保持气压的平衡，在双向流提供双向流功能和电磁型密封关闭功能。

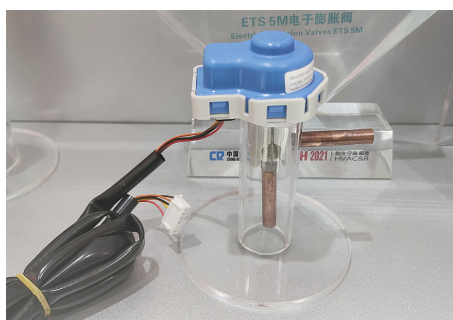


图 2-19 丹佛斯ETS 5M电子膨胀阀

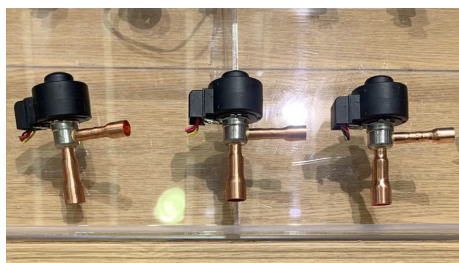


图2-20 三花LPF系列电子膨胀阀

浙江三花智能控制股份有限公司展示的LPF系列电子膨胀阀（图2-20）主要用于冷冻冷藏系统，该阀件能实现制冷剂流量的自动调节，当其完全关闭时，系统内漏量低于1ml/min，效果等同于电磁阀。该系列电子膨胀阀可用于无油系统，同时安装空间更小，噪音更低，适用于多种应用场景。

2.3.2 CO₂四通换向阀

浙江三花智能控制股份有限公司展示的SHF-T系列CO₂四通换向阀（图2-21）采用全不锈钢设计，最高工作压力可达14MPa，双导阀最高工作压差10MPa，可代替多个CO₂电磁阀进行流路切换，提供可靠的换向。

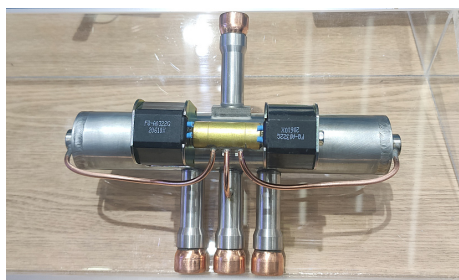


图 2-21 三花CO₂四通换向阀



图 2-22 三花电动球阀

2.3.3 制冷剂用电动球阀

浙江三花智能控制股份有限公司展示的EBV系列制冷剂用电动球阀（图2-22）接管口径从5/8"到1-1/8"，可以作为电磁阀与流量调节阀进行工作，并且可以实现双向流通与双向截止。同时，该球阀在截止时内漏低，节流时精度高，全开时压损低。



图2-23 西门子智能阀



图 2-24 博力谋能量阀

2.3.4智能阀

西门子（中国）有限公司展示的智能阀（图2-23）由温度传感器、超声波流量计、控制阀、高精度执行器和控制器。其控制器与阀门安装灵活，能够自动水力平衡，可通过无线局域网进行自动调试，同时可以持续监控温度、流量、阀位和输出能量，高效平衡系统压力波动，进行自动优化调节。

博力谋自控设备（上海）有限公司展示的能量阀（图2-24）是可用于物联网的压力无关型阀门，能够利用集成的流量计、温度传感器数据和能量控制逻辑，提供动态实时的能耗数据

及积累量，并计算出实时热交换量。同时能够依据外部控制信号，提供不受压力波动影响的稳定水量。

2.3.5 风阀

妥思空调设备（苏州）有限公司展示了其变风量控制阀（图2-25），相比于采用测压管的传统变风量控制阀，其将动态压差变送器集成至阀片上，椭圆形阀片与进风始终保持小于90度的夹角，在低风速时能够保持高风量测量精度，这种设计可以让空气双向流动，减少安装错误，同时释放测压管的安装空间。

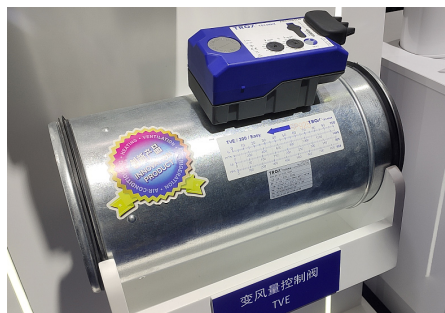


图 2-25 妥思变风量控制阀



图2-26 丹佛斯电子液位开关

2.3.6 液位开关

液位开关用于检测液位实际位置，以维护系统的安全运行，是大型制冷系统中必备的部件。丹佛斯（上海）投资有限公司展示了其电子液位开关（图2-26）。传统采取的浮球式机械系统容易发生运行卡顿，而电容式电子系统则容易受干扰。为了避免这种传统开关带来的问题，该款液位开关采用雷达式原理进行液位监测，利用气体与液体的介电常数不同，分析反射雷达波的频谱和强度变化幅度就可以判断液

位的位置。这种设计抗干扰能力强，监测的准确度和稳定性更高。

2.4 评价与展望

本次展会上展出的换热器产品依旧以高效节能为发展方向。各厂商在提高机械可靠性的基础上，不断进行强化换热设计和生产工艺的创新。产品呈现出紧凑、高效、集成的趋势。强化换热、减少制冷剂充注量是研究的热点。小管径和微通道换热器的技术也不断创新，高精度的内螺纹换热管管径进一步缩小。除了进行翅片或者换热管表面的性能强化设计，厂商对防腐和表面结霜问题愈发重视。

控制阀件部分主要体现着两点趋势。一是产品趋于智能化、集成化。各厂商推出不同的电子控制阀件，不断地提高阀件的控制精度以提高适应不同应用场景的能力，并且增强了阀件与其他元器件的关联性以及与使用者的交互性，其控制平台也趋于人性化与多功能化。二是产品趋于高效化、紧凑化。通过联动系统部件与高精度的传感器，实现对阀件的高效精准控制。部分还可采取分体安装方式，能够有效地适配不同的安装环境。

3. 工商业用中央空调冷（热）水机组

（北京建筑大学 徐荣吉副教授、王刚博士）

3.1 技术特点

疫情过后中国经济全面恢复，今年工商业用中央空调冷（热）水机组参展规模空前，格力、美的、海尔、约克、麦克维尔、天加、格瑞德等各大知名企业悉数参展，且参展机组各具特色，新技术涌现，展示了勃勃生机。在双碳目标的号召下，从系统角度的节能低碳技术开始涌现，特别是10kV高压直供机组、机组智能水系统；磁悬浮技术从普及到成熟，逐渐出现特色性技术，交直两用机组、磁悬浮低温余热发电机组出现在展会；固体余热吸附式机组亮相展会；螺杆机组及吸收式机组展出较少。

在管材、阀件、保温材料等方面，展出规模有所增加，整体技术保持稳定，环保、节能、智能一直是发展的主流。

3.2 特色产品

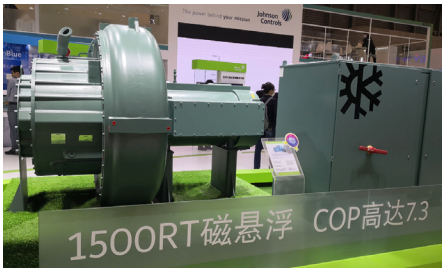
3.2.1 磁悬浮技术从普及到成熟向特色化发展

(1) 磁悬浮离心式冷水机组向大冷量、高压比发展

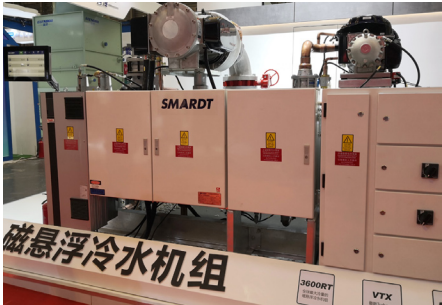
随着磁悬浮技术的成熟、发展和普及，具有磁悬浮离心式压缩机的公司丹佛斯、麦克维尔、格力、美的、约克、汉钟精机、中车等都开发了大冷量、高压比压缩机，各公司也对应展出了应用此压缩机的机组（图3-1），这也说明了市场对磁悬浮技术的认可和需求，促进了磁悬浮技术的进一步发展。



(a) 美的



(b) 约克



(c) 天加SMARTD



(d) 海尔

图3-1 大冷量磁悬浮离心式冷水机组

美的在磁悬浮技术上起步较晚，本届展会展出了自主开发的磁悬浮离心式冷水机组，采用三机头并联结构，单机制冷量达到1800RT。机组采用对置式叶轮设计，平衡轴向力，采用R134a为工质，COP达到6.93。约克展出了单机头大冷量磁悬浮离心式压缩机，单机头制冷量达到1500RT，COP高达7.3，采用R1233zd(E)环保制冷剂，也具有远程物联控制。

SMARDT展出了采用丹佛斯VTX磁悬浮压缩机的冷水机组，采用两种冷量压缩机多机头并联单机组冷量最大可达3600RT，部分负荷能效较高。海尔也展出了采用丹佛斯磁悬浮压缩机针对机房的冷水机组，单台机组冷量最高可达2700RT，并提供了完整物联高效机房解决方案。

冰山展出了应用丹佛斯磁悬浮压缩机的冷热一体机（图3-2），可同时提供0.5℃冰水和45℃以上热水，综合能效比较高，主要应用于饮料食品及化工生产领域，采用R134a制冷剂，制冷量为1130kW，制热量1360kW。



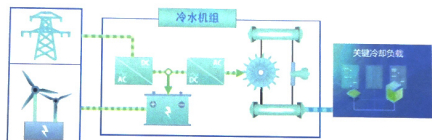
图3-2 冰山冷热一体磁悬浮离心式冷水机组

（2）交直流两用磁悬浮离心式冷水机组

必信展出了交直流两用磁悬浮离心式冷水机组（图3-3），可采用太阳能光伏或风电与市电接入供电，由电池储能系统与内置的微电网控制器控制机组供电，微电网控制器根据压缩机的实际负荷需求和电池储能系统的储电量，动态控制电池储能系统的储充以及交流/直流功率的动态分配。机组具有削峰填谷，消纳新能源的功能，且可保证系统连续供电，防止闪断，电网故障时可离网运行。



并网模式：正常情况下柔性终端与常规配电网并网运行



孤岛模式：电网故障时支持系统离网运行，为客户节省UPS备用电源投资

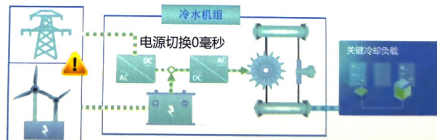


图3-3 必信交直流两用磁悬浮离心式冷水机组及电源控制原理示意图

3.2.2 10kV高压直供机组蓬勃涌现

格力、格力德等均展出了10kV高压直驱离心式冷水机组，减少了变压环节和变压损失，同时降低启动电流，减少对电网冲击，

技术路线也有不同。格力采用大功率10kV高速永磁同步电机，功率达到400kW，转速达到18000rpm，无励磁损失，全负荷电机效率可达到96%。格力基于在离心式冷水机组的技术积累，优化叶轮结构，且采用电机直驱叶轮、补气增焓技术。机组制冷量单机头可达到3000RT，采用R134a制冷剂（图3-4）。



图3-4 格力10kV高压直驱离心式冷水机组



图3-5 格力德10kV直驱复叠高温离心热泵机组

格力德展出了10kV直驱多级离心式高温热泵机组（图3-5），机组以环保制冷剂R1234ze(E)为工质，采用四级压缩技术，具有三种工作模式：制冷、制热、高温制热。机组可高压比运行，最高出水温度可达到70℃，可用于余热提质，而且在出水温度为70℃时，热源侧可以为7℃，可同时满足冷热需求。而且集成了降膜蒸发、远程物联技术。

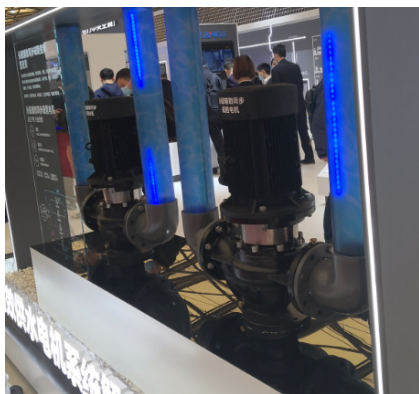
3.2.3 系统节能技术逐渐受到重视

冷（热）水机组涉及到冷却水与冷冻水两个系统，往年各大公司往往突出机组能效比和

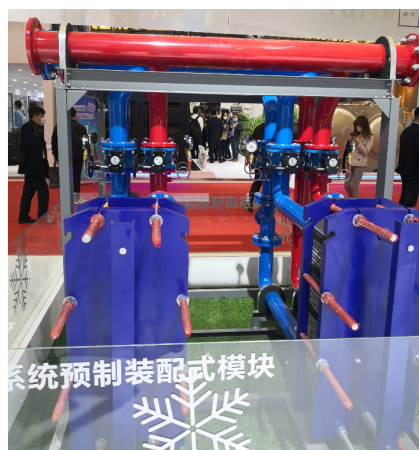
机组先进技术的应用（图3-6）。今年以海尔、格力为代表的空调公司，纷纷展出了水系统节能技术和节能解决方案，从完整系统角度考虑节能，体现出“双碳目标”的深化以及各公司逐渐从产品供应向方案及服务供应转变。



(a) 海尔物联水力模块



(b) 格力永磁同步水泵



(c) 格瑞德水泵装配模块



(d) 海林集成式物联电动阀

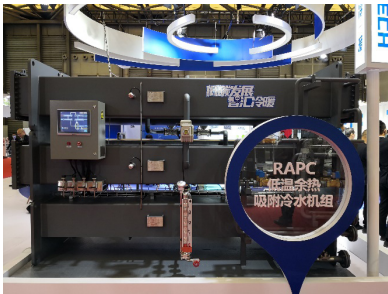
图3-6 空调水系统节能技术

海尔展出了具有物联网远程控制功能的高效水力模块，包含冷冻水泵控制单元、冷却塔控制单元且组成为完整的智能控制系统，从系统的角度在不同季节和工况下考虑运行节能。格力将在永磁辅助同步磁阻电机积累的技术应用于水泵电机，节约水泵能耗。格瑞德展出了预装板换模块，集成了板式换热器、水泵及分集水器，方便安装与系统集成。海林展出了一体化电动阀，可集成温度、压力、流量测量及热计量功能，并具有数据远传及远程控制功能。

3.2.4 低温余热利用机组发展迅速

(1) 低温余热固体吸附式冷水机组

冰轮展出了低温余热固体吸附式冷水机组（图3-7），采用水为制冷剂、硅胶为吸附剂，用50-120℃低温余热驱动，采用双吸附床设计，可以连续制冷。冷凝器侧可同步提供纯净水。



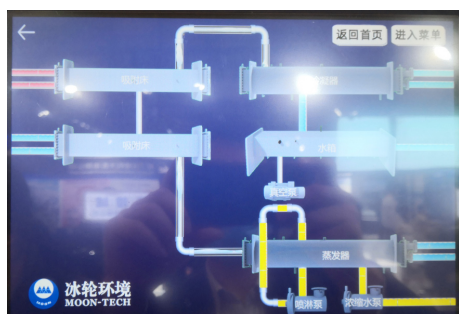


图3-7 冰轮固体吸附式冷水机组

(2) 低温余热发电机组

必信展出了模块化设计的磁悬浮低温余热有机朗肯循环发电机组（图3-8）。这是磁悬浮技术第一次应用于有机朗肯循环发电机组。机组采用高速透平、磁悬浮轴承、发电机集成为功率模块。适用于100-160℃水蒸气、90-150℃热水、200℃以上烟气等废热。机组采用R245fa工质，蒸发器采用板换，冷凝器采用壳管式换

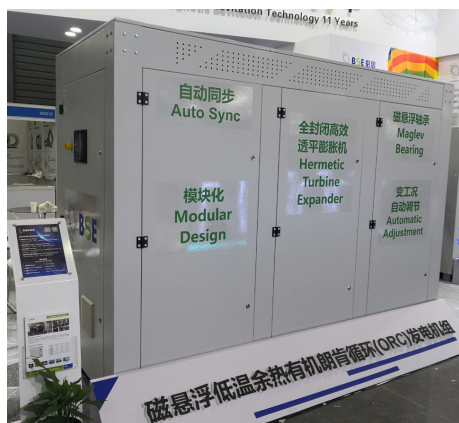


图3-8 必信磁悬浮低温余热发电机组

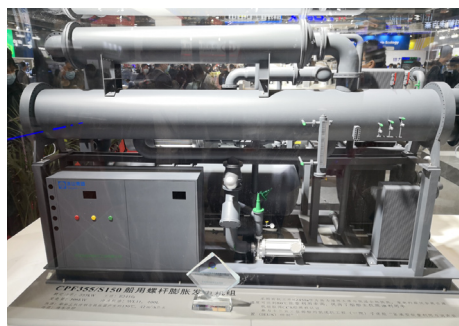


图3-9 冰山低温余热发电机组

热器。冰山也展出了船用有机朗肯循环发电机组（图3-9），采用R245fa为工质、螺杆膨胀机，额定功率355kW，主要以船动力机组的烟气为热源，最低热源温度为80℃，以湖水或海水为冷源。

3.2.5 NH₃制冷剂风冷螺杆机组

麦克维尔展出了采用NH₃为制冷剂的 风冷螺杆机组（图3-10），主要针对欧洲更高环保要求的市场，国内还没有工程应用。机组具有两种工作模式，空调与低温冷冻，最低蒸发温度-15℃，冷量300RT。在风险防控方面，风冷机组安装于室外，且具有NH₃泄漏检测装置。机组采用微通道式冷凝器、管壳式蒸发器，整个机组无铜零部件。



图3-10 NH₃制冷剂风冷螺杆机组



图3-11 格力气悬浮离心式冷水机组

3.2.6 气悬浮离心式冷水机组

格力展出了采用动压气悬浮轴承的离心式冷水机组（图3-11）。机组采用转子高速旋转产生的浮力支撑转子悬浮，悬浮精度达到12 μm，与磁悬浮相比，无需复杂位置检测与控制，体

积更小，泄漏更小。主要适用于50-200RT小冷量范围的工程。

3.3 评价与展望

随着经济的恢复，且在“碳达峰”、“碳中和”国家战略布局下，各大企业积极响应，低碳高效新技术涌现，特别是自主品牌，在部分技术上开始引领发展。今年制冷展总结如下发展趋势：

(1) 磁悬浮机组继续向大冷量、高压比，特色化方向发展。

(2) 适用性电源机组涌现，包括10kV直驱机组及交直流双电源机组。

(3) 基于物联的系统节能技术越来越受到重视。

(4) 低温余热利用机组发展迅速，出现了固体吸附式制冷机组、磁悬浮低温余热发电机组。

4. 中小型空调设备与系统

(清华大学 王宝龙副教授、博士生王翠灵; 南京航空航天大学 张朋磊副教授、硕士生杨晓睿、李悦)

4.1 技术特点

在中小型空调设备与系统方面，主流厂家中格力、美的、海尔、松下、约克等参展，而大金、日立、LG、三菱、海信等企业未设置展区。从参展的产品来看，空调器和多联机仍然是中国家用和中小型商用空调设备的主要形式，家用热泵两/三联供机组（含户式水机）也发展迅速。目前，中国市场的家用空调器及多联机已经普遍达到了较高的能效水平，因此商家的技术创新点和市场竞品的比较点更多向用户舒适度和更多功能延展，舒适化、健康化和智能化成为重要的发展趋势。

4.2 特色产品

4.2.1 家用空调器向舒适化和多功能发展

相对于前期家用空调器厂商更多的关注设备自身性能，譬如能效水平和极端工况制冷/制热量。近些年，空调器厂商的视野逐渐延展到人，将视角投向用户本身的体验，更加注重空调器的功能性、舒适性和智能化。在此背景下，本次展会上家用空调器的显著特征可以概括为：重视净化杀菌功能，引入室外新风，强化产品的智能化与人性化。

在“后疫情”时代，民众的健康意识迅速提升，这推动了具有净化、除菌功能的空调器进一步发展。本次展会上，大量展出了具有净化除菌功能的家用空调器，主要采用了物理过滤、抑菌翅片（银离子涂层）、翅片自清洗及高温烘干除菌、紫外线除菌、化学除菌等技术。多个主流厂家采用了翅片自清洗及高温烘干除菌技术（图4-1），即通过蒸发器的凝露吸尘、快速结霜、化霜冲洗、高温烘干实现除尘，然后约56℃半小时高温杀菌。格力在挂机内部采用了UVC-LED紫外除菌技术，可实现空气在循环的过程中实时除菌，据报道细菌杀灭率达到了99.15%。松下继续展出了带“纳诺怡”净化技术的空调器。该技术通过向空调内部释放高浓度的OH自由基，与有害物质的H离子结合，分解有害物质，实现净化。此外，海尔展出了一款可以“洗空气”的空调（图4-2），该产品设置一个独立的水洗空气模块，模块内的离心转子将水吸入并打散成微粒，形成多层水幕。室内的部分空气进入该模块，穿过水幕后直接送出，以达到清洗空气和保湿的作用。

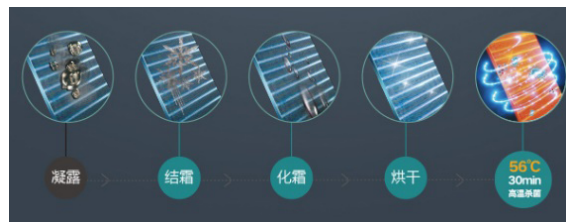
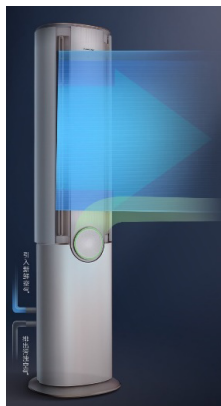


图 4-1 空调器翅片自清洗及高温杀菌技术



图4-2 海尔水洗空调示意图

为增加室内新风量，本次展会上还展出了很多带新风功能的家用空调器，如格力的“臻新风”、海尔“雷神者”、美的“领鲜者”、海信“新氧家”、TCL“灵犀”智慧新风空调等系列空调。此类空调通过专门的新风风管和风机将室外新风引入室内机新风模块，通过过滤净化后，与空调风混合送入房间（参见图4-3）。这些产品大多可以依据室内的二氧化碳浓度自行调节新风量，格力的“臻新风”柜机还带有全热交换功能。在安装中，新风管可以共用房屋的空调墙孔，安装较为方便。但受安装空间等的限制，此类产品的新风量大多在30~80 m³/h范围，因此实际通风量非常有限，远低于普通住宅的渗透通风量。因此，其应用效果和市场反映有待进一步观察和验证。



(a) 格力“臻新风”



(b) 海信“新氧家”



(c) TCL“灵犀”智慧新风

图4-3 带新风功能的空调器

在人工智能发展的浪潮中，人性化与智能化快速成为家用空调器的发展趋势。人员位置探测、人员舒适度探测、空气品质探测、送风气流主动调控、分区控温、AI智能化控制等技术得以快速发展。目前的主流厂家的高端空调器中，已集成人员位置探测、人员舒适度探测、温湿度、CO₂、甲醛、PM_{2.5}等多参数探测于一体，为智能化控制提供了条件。在送风气流控制方面，许多厂家都优化导风板设计，实现了“淋浴式制冷，地毯式制热”或“无风感、微风感”的送风方式（图4-4、图4-5），大幅提升热舒适体验。部分柜机还带有双风道独立控温的设计，如格力的“臻新风”、海尔卡萨帝的“指挥家”、TCL的双柔风空调，两个风道可以输出不同温度的空气，实现分区控温，满足家庭成员对温度的不同需求。

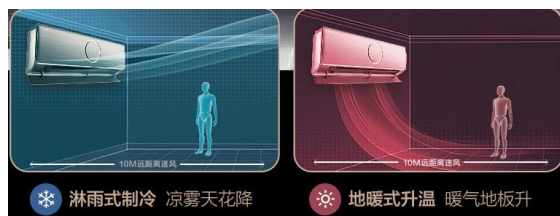


图4-4 冬夏送风方式



图 4-5 TCL柔风叶片

此外，睡眠时空调的舒适性得到了厂家广泛的关注，依据个人的睡眠规律和代谢水平，智能化控制空调的温湿度、送风量和噪音水平，给用户提供一个优质的睡眠环境。海尔展出的“智慧卧室”（图4-6）使用智能枕和智能床垫实时监测用户的心率、睡眠状态，在不同的睡眠阶段联动空调调节最佳温度和风速。



图4-6 海尔智慧卧室睡眠场景

4.2.2 多联机技术向高效、智能化、多功能发展

多联机占据中央空调市场将近50%份额，但由于疫情影响及小容量冷水机组的市场挤压，2020年多联机市场份额同比下降3.9%，市场表现差强人意。本次展会上，一些主流的多联机厂家未参展，多联机展品数量较少，但有限的展品也体现出多联机技术向高效化、智能化、多功能化发展趋势。

在追求高效性方面，（准）二级压缩技术

（亦称“补气技术”）、变频技术、单双缸切换技术（“变容”），已经得到较为广泛的应用，并未出现革命性的蒸气压缩式系统的能效提升技术。在制冷剂替代方面，R32逐渐成为多联机采用的主流制冷剂，但受冲注量限制，R32在大型多联机中的应用受限。如何降低R32制冷剂充注量是多联机攻关方向之一。

除了性能提升，智能化是多联机发展的重要方向。各大企业致力于将人工智能、物联网和大数据等技术引入到多联机中（图4-7）。格力展出了GMV6人工智能多联机，可实现自适应负荷预测、末端设备优化、系统节能运行以及故障诊断等功能。海尔展出了物联多联机，可实现物联集控、云端监控、能耗报表、分户计量等功能。此外，海尔推出了“御家”5G多联机，采用5G物联模块联网，无需连接家庭宽带，优化了网络信号和信号传输，该产品也获得了本届制冷展“创新产品”。



(a) 格力人工智能多联机



(b) 海尔物联多联机



(c) 海尔5G多联机

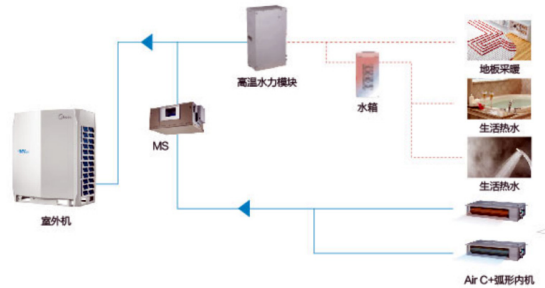
图 4-7 多联机智能化案例

此外，多联机逐渐向多功能方向发展。美的展出了三管制热回收多联机（制冷展“创新

产品”，图4-8），通过MS切换装置，可实现不同室内机同时制冷和制热，且通过热回收技术降低运行能耗。在“碳中和”大背景下，格力本次还展示了光伏直驱变频多联机（图4-9），该系统将光伏发电与变频多联机有机地结合起来，通过智能化管理系统，实现光伏直驱多联机系统地多模式高效运行。



(a) 实物图



(b) 自由冷暖热回收解决方案
图 4-8 美的三管制热回收多联机



图 4-9 格力光伏直驱变频多联机

在室内机方面，与家用空调器发展趋势相同，带有净化、除菌功能的多联机室内机得到

了广泛关注，翅片自清洗及高温除菌技术、分子击断技术、紫外线除菌技术、光触媒技术、CEP等离子净化技术等技术在多联机室内机上广泛应用。随着需求细化，各厂家推出了不同细化功能的室内机，满足个性化需求。天加展出了天加全效空气系统（制冷展“创新产品”），包括集成各种净化除菌技术的“天净”系列净化型室内机；主打加湿功能，加湿量可达500/h的“天润”系列加湿型室内机；采用两管制再热技术，出风无凉感的“天逸”系列再热型室内机；利用辐射和层流打造均匀温度场“天沐”系列无风感室内机。

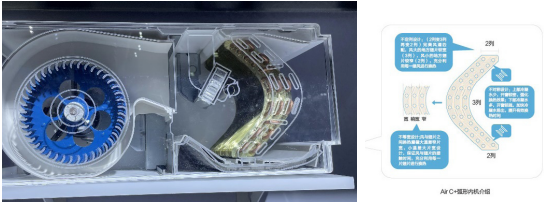


图 4-10 美的Air-C弧形室内机

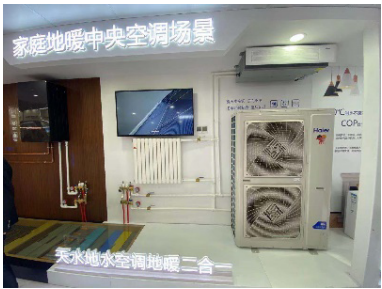
此外，美的展出了Air-C弧形室内机（制冷展“创新产品”，图4-10），翅片管采用“不定列”设计，与风道风速匹配，风大的中心区域设置3列管，风小的两边设置2列管，充分利用换热面积。上下翅片不对称设计，上部冷凝水小，开窗较密，强化换热；下部冷凝水多，开窗较疏，加快冷凝器排出。据报道，此种设计能使得换热系数提高5%-8%，噪音低至20 dB，同时可实现恒风量和自清洁功能。

4.2.3 热泵两/三联供机组逐渐发力

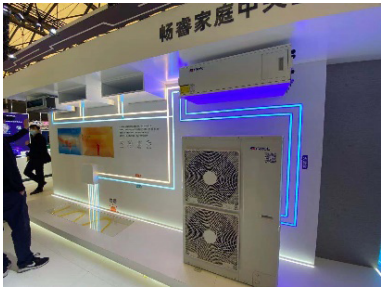
“热泵两联供机组”包括传统户式空气源热泵冷水热水机组，也包括多联机产品衍生出的户式空调地暖多合一机组等，通过一台机组将整个住宅提供空调、采暖和生活热水。据2020年度《中国中央空调行业草根调研报告》，2020年度热泵两/三联供机组增长率达18.1%，位居中央空调九大类产品增长率第一。该类 products 较好的解决了南方地区住宅的夏季空调和冬

季采暖需求，将地暖“舒适度”作为核心卖点，契合用户的需求痛点。同时，随着系统稳定性和安装工艺提升，该类产品得到了快速发展。

此类产品冬季一般采用地板辐射采暖，夏季使用风机盘管或者空调室内机对流末端制冷，通过一台室外机即可满足住户冷暖需求。此类产品在市场上主要有两类：1) 全水系统，冬季制取热水通过地板辐射采暖，夏季制取冷水通过风机盘管制冷；2) 水氟复合系统，冬季制取热水通过地板辐射采暖，夏季通过室内氟末端制冷，俗称“天氟地水”系统；从本次展会来看，全水系统最多，如海尔展出的天水地水空调地暖二合一系统（图4-11（a））、格力展出的畅睿全水家庭中央空调系统（图4-11（b））等。随着水系统安装工艺和维护水平的提高，全水系统可能成为家庭中央空调主流发展方向。其次是“天氟地水”系统，如海尔卡萨帝展出的“天氟地水”空调地暖二合一系统（图4-11（c））。此类产品主要由多联机产品演变而来，具有制冷速度快的优势。



(a) 海尔全水系统



(b) 格力全水系统



(c) 卡萨帝天氟地水系统
图 4-11 部分热泵两联供产品

从结构形式来说，此类产品有分体式与整体式两种设计方案。分体式设计包括风冷室外机和置于室内的热水模块，二者通制冷剂管道连接。生活热水模块可以选配，冬季水系统位于室内无结冰风险，但存在占用空间大、室内噪音高等问题。此次展会主流的产品为分体式产品，如图4-11所示。在整体式方案中，所有的换热器、压缩机、水泵等部件都集中于室外机中，室外机制取的冷/热水通过管道直接输送到室内。整体式设计占地空间小、噪音低，但需重点关注水系统防结冰设计。在本次展会上，江森自控约克展示了整体化设计的全变频风冷冷水/热泵机组（制冷展“创新产品”，图4-12），所有换热器均集中在室外机中。此外，该产品在制取冷/热水基础上，利用热回收技术制取生活热水。



三位一体，八大模式，享受自如



图 4-12 约克一体化风冷冷水/热泵机组(热回收型)

4.3 评价与展望

纵观本次展会可以看出，空调厂家对于产品的研发已经由对能效和成本的追求逐渐向满足用户更高的健康性、舒适性、智能化方向发展，空调器技术正向“以人为本”的高舒适性和多功能方向发展，多联机在智能化和高效化方向快速推进，为改善冬季室内的舒适性，两联供空气源热泵机组（含户式水机）呈现出逐渐增长的趋势。

5. 空气处理机组与暖通空调自控系统

（同济大学 周翔副教授、李铮伟副教授、叶蔚副教授，硕士生王思琪、何玲、李艺群）

5.1 技术特点

本届制冷展，在空气处理机组和末端、空气输送部件、新风净化热回收、建筑楼宇自动化控制方面的参展商，仍维持了相当的规模，既包含传统的技术产品，又展出了新的技术。在参展产品方面一个重要的特点是应对“健康防疫”的需求，传统的空调产品增设了过滤、除菌的功能，对新风产品的需求进一步提升；此外，由产业升级带动了行业整体制造水平进步，断热桥、一体化设计、EC电机等技术的应用，使产品的体积更小、噪声更低、维护更为便利，推动了产品性能的进一步提升；辐射供暖供冷、室内新风、舒适家居、智慧建筑、智慧园区应用紧跟时代的潮流，充分体现了时代发展和物质生活提高后，人民对美好生活的向往。

5.2 特色技术产品

5.2.1 空气处理机组和末端

在空气处理机组方面，本届展会上医疗行业用洁净空调机组是各厂商展示的重点（图5-1）。天加展示了云变频冷凝再热恒温恒湿机组，采用过滤器框架整体式密封条，提高机组的过滤效率，进一步减小箱体的冷桥，达到欧标最高TB1等级，回收冷凝热用于除湿再热，

再热温升达15℃，与传统电加热再热相比节能率可达55%；西屋康达展示了自由热回收直流变频洁净空调机组，同样具备回收冷凝热用于除湿再热的功能。麦克维尔推出MDX-C双冷源深度除湿机组，适用于温湿度独立控制系统，与辐射末端共用高温冷水，能实现舒适性和恒温恒湿控制；妥思推出X-CUBE X2组合式空调机组，采用拥有专利的双向开门铰链结构，空调机组维护门左右两侧均可开启，也可整体取下，便于机组在狭小空间的运行维护。以上四个产品均获得本届制冷展的“创新产品”。



(a) 天加云变频冷凝再热恒温恒湿机组



(b) 西屋康达自由热回收直流变频洁净空调机组



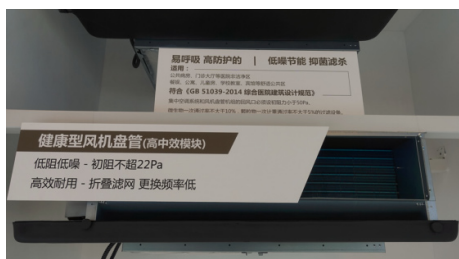
(c) 麦克维尔MDX-C双冷源深度除湿机组



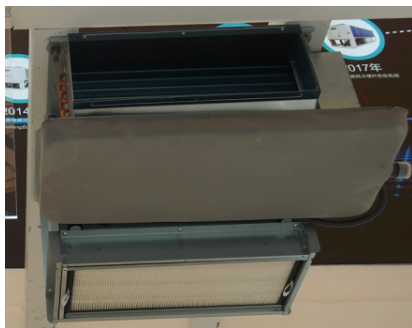
(d) 妥思X-CUBE X2组合式空调机组

图5-1 空气处理机组进展

风机盘管方面，受疫情影响催生带回风口净化功能的风机盘管市场需求，《综合医院建筑设计规范》中要求回风口必须设初阻力小于50Pa的过滤设备，并对微生物和颗粒物的过滤效率提出要求。天加展出了健康型风机盘管，高中效过滤模块初阻低于22Pa；麦克维尔、贺氏H&V也展出了对应的过滤风盘；格力、同创展出了基于板式电除尘、等离子体净化原理的净化型风机盘管。在机组构造上，约克和格力推出360°环绕出风式风机盘管，是一种新型的风盘送风形式（参见图5-2）。



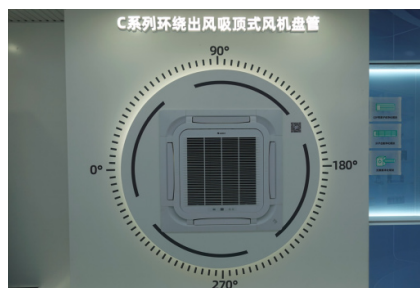
(a) 天加健康型风机盘管



(b) 麦克维尔过滤型风机盘管



(c) 同创电除尘型风机盘管



(d) 格力360°环绕出风式风机盘管

图5-2 风机盘管机组进展

辐射空调末端方面，本届展会展品有博瑞德的RA-SC12金属辐射板，为铜管-铝质导热基座-镀锌钢吊顶板结构，表面有微孔吸音结构，具有换热性能良好同时兼具消声性能的特点；相应还有森德展出的ZIP挂片式金属辐射板，适用于高大空间如机库、车间、体育馆等；相关展商还展出了如毛细管、内嵌式石膏板、干式地暖板等产品，参见图5-3。



(a) 博瑞德金属辐射板





(b) 森德挂片式金属辐射板

图5-3 辐射空调末端进展



图5-5 鸿冠超静音管道风机

5.2.2 空气输送部件

风机依然是空气输送部件产品的主力。本届展会参展的风机制造厂商超过四十家，较往年有一定的增长。参展产品中EC（带电子换向电机的）风机、仿生学叶片结构设计已非常普遍，高效、低能耗、低噪音依然是风机行业发展的焦点（图5-4、图5-5）。值得一提的是，今年风机类“创新产品”授予了祥明智能动力股份有限公司推出的数据中心空调用EC风机（图5-6），这也打破了多年展会风机类“创新产品”被国外产品占据的局面，表明我国国产风机企业加快了发展的脚步。

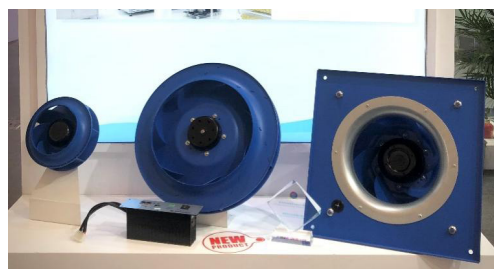


图5-6 祥明数据中心空调用EC风机（创新产品）

在空气输送管道方面，织物风管是近年来的行业热点。该类产品已广泛应用于生产厂房、体育场馆等大型空间，也使得越来越多的国内企业涉足这一新兴细分领域。杜肯索斯依然是织物风管的龙头企业，其展出的复合橡塑绝热材料由于其防火、防紫外线老化、耐酸碱腐蚀等优异的综合特性，被评为“创新产品”（图5-7）。毕高达推出了可切换侧壁、底面送风模式的产品（图5-8）。米希则推出了织物结构的静压箱以及节省空间的半圆形截面的织物风管（图5-9）。



(a) 德国施乐百EC风机



(b) 泛仕达风机



(c) 科贸风机

图5-4 部分采用仿生学叶片结构的国产风机产品

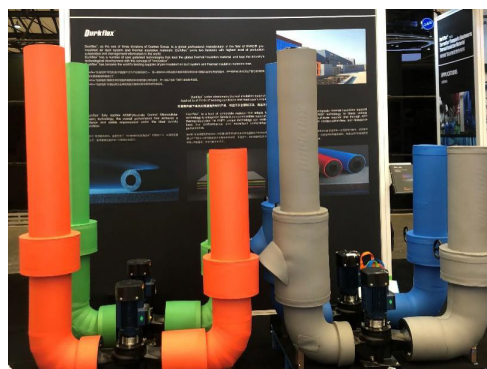


图5-7 杜肯复合橡塑绝热材料（创新产品）



图5-8 毕高达织物风管



图5-9 米希织物静压箱及风管

在风口产品方面，妥思空调设备有限公司推出了一款针对大空间的顶送风式的可调型高空风口VDH，并获评“创新产品”（图5-10）。该产品通过改变叶片的开合角度来适应不同的冷热送风模式，以保证室内的舒适性。



图5-10 妥思可调型高空风口VDH



图5-11 松下“6恒”气候站

5.2.3 新风机组

从今年展会上参展的新风类产品依然是热点，受疫情影响市场需求和关注度增加，同时也调动了各厂家推动产品的技术升级的积极性。

首先，除了延续高效过滤、净化除菌等功能外，大量企业在新风机组的“一体化”性能方面下功夫。松下推出了由空调模块+新风模块+调湿模块组成的“6恒”气候站（图5-11），实现家用空调中新风和除湿的功能。得普莱太的被动式建筑新风系统，集制冷、制热、除湿、卫生热水、新风置换与能量回收于一体。

其次，EC风机已成为新型新风机组的“标配”，具有低噪声，调节性能良好的优点，如图5-12所示，环都拓普、瑞博恩、得普莱太和雅凯等不少企业都推出了采用EC风机的新风机组。

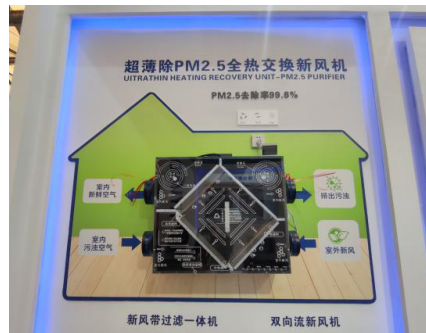


(a) 环都拓普新风机



(b) 博瑞恩新风净化除湿机

图5-12 采用EC风机的部分新风机组



(a) 现代超薄PM2.5全热交换新风机

最后，新风企业在设备的安装、运行维护等细节上进行改进。一方面，瑞博恩、得普莱太、迈迪龙、松井等企业纷纷改良了检修口设计（图5-13）。另一方面，节省室内空间的轻薄型机组也受到市场欢迎，现代、南洋推出的超薄除PM2.5全热交换新风机组，迈迪龙推出了紧凑型顶侧双侧新风机（图5-14）。



(b) 南洋超薄PM2.5全热交换新风机



(a) 瑞博恩侧检修新风机



(c) 迈迪龙紧凑型顶侧双侧新风机



(b) 得普莱太“无缝”生产工艺的新风机

图5-13 部分对生产工艺和检修口设计上进行改良的新风机组

图5-14 部分对轻薄设计进行改良的新风机组

5.2.4 自动化控制技术

本届展会在自动化控制方面最大的特点为“智慧物联、集成高效助力碳中和”。今年，在暖通系统的智能化控制方面，参展的厂家达到了近年来最多的一次。一方面，在以往的制冷设备、空调通风设备中的数字化可视化技术不断进步；另一方面，现有的智慧化控制平台

的控制层级不断加大，从单独暖通系统的自控到集成了电力系统、消防系统的综合楼宇控制；从单一建筑的控制系统到整体园区的控制系统。这些方面的不断创新和改进，高效的融合了现代化信息技术，推动建筑整体的高效节能，加快2060年碳中和目标的实现脚步。



图5-15 高标物联商业建筑智慧节能系统



图5-16 丹佛斯商用楼宇、数据中心系统

本届展会上，智慧物联依旧是一大亮点，各类家厂商从不同方面不断完善控制方案，控制方案覆盖范围更广。其中，高标物联、丹

佛斯细化了控制对象，对于不同系统不同场景，制定了专门的控制解决方案（图5-15、图5-16），包括商业建筑智慧节能系统、室内环境监管系统、数据中心系统等，将建筑节能改造、空调水系统的水力平衡均考虑在内。全宜居针对暖通空调系统中涉及到的控制算法，专门建立了智慧AI算法中心（图5-17），包括水力平衡算法、自动补水算法、全宅微气候管理算法、实时能源检测和管控系统等；湿腾推出了五恒系统（图5-18），该系统通过集中的“智慧大脑”，实现了系统中各部件（热回收机组、全空气室内机、风口、室内的温湿度传感器等）物物互联，数据信息及时上传至云端，根据环境实测参数不断调整更新风机转速、水系统供水温度，从而实现了室内参数的恒定。



图5-17 全宜居智慧AI算法中心



图5-18 湿腾五恒全空气系统

今年展会自动化方面另一大亮点为“集成高效”。海尔的集成式物联高效机房获得了本届创新产品称号（图5-19）。海尔高效机房将中央空调主机、水泵、冷却塔等集成到一个箱体

内，不仅大幅度节约了占地空间，并且通过物联网和5G技术接入云平台，各设备能够实现自联网、自监测、自适应，无需专人值守即能够稳定运行，并生成最优运行方案。



图5-19 海尔物联高效机房

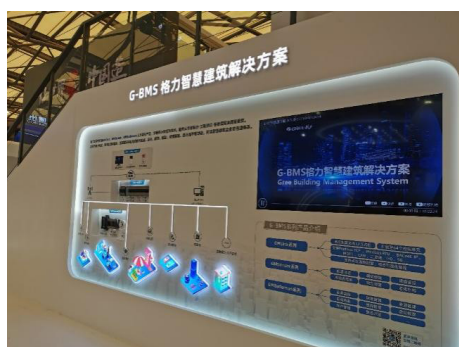


图5-20 格力智慧建筑平台



图5-21 美的智慧园区平台

除了在不同设备间的高效集成外，格力、海尔等厂商在碳中和背景下均推出了智慧建筑云平台（图5-20）。区别于传统集控系统，该平台将中央空调、电梯、照明、消防等建筑耗能

系统跨品牌接入，不仅能看到实时能耗数据，还可以根据大数据分析输出高效的解决方案。此外，美的、江森自控、双良混沌、天创达等厂商还建立了大范围的区域级智慧能源解决方案（图5-21），从人车、安防、设备、环境、能耗等多维度实现数字化，打通园区全域信息，实现管理集成化智能化，降低区域整体能耗，为区域的节能减排助力。

5.3 评价与展望

与往届制冷展相比，本届制冷展在空气处理机组与暖通空调自控系统方面展出的产品从数量上和技术革新上均有较大幅度的提升，健康防疫对暖通空调产业提出了新的需求，创造了新的增长点和推动力，健康净化功能、产品性能提升、智能互联应用成为本届展会的看点。

本届展会上，空调机组、风机和自控系统共有8个产品入围展会的创新产品，创历史新高，体现了由市场需求催生的传统产业设备创新和技术进步。在空气处理末端方面，既有针对洁净空调场合的直接膨胀式制冷空调箱，也有带低阻力过滤模块和净化单元的风机盘管机组，还有主打高舒适度的室内辐射供冷供暖末端及除湿设备；在空气输送部件方面，高效节能风机、柔性风管仍是热点产品；在新风净化方面，本届厂商数量众多，除了注重效率和产品性能外，一机多用、便于维护、结构紧凑成为产品特色；在楼宇自控方面，智慧物联和集成高效成为最大的亮点，包括物联高效机房、智能建筑平台、智能园区平台的出现，自控规模不断扩大，成为实现2060年碳中和目标的推动力。

6. 供热、热水设备与系统

（哈尔滨工业大学 姜益强教授、董建镨教授、郑文科博士）

6.1 技术发展特点

与去年受疫情影响相比，今年制冷展参展商和参展人员大幅增多。在供热、热水设备与系统方面，众多国内外知名企业参加了本次展会，既有以前多次参加展会大家熟知的格力、美的、海尔、天加、芬尼克兹以及麦克维尔等企业，又有一些新面孔如湿腾、美肯、金茂、爱科德等企业。从参展的相关产品可以看出，由于人工智能与智能家居的快速发展，供热、热水设备与系统智慧化成为本次展会的特色之一。同时，受“碳中和、碳达峰”目标与节能减排的影响，供热、热水设备与系统更加注重高效节能和环保。此外，应用于北方严寒地区的供热和供热水的空气源热泵机组的低温适应性性能进一步提升，单机双级、复叠式超低环温空气源热泵机组也成为本次展会的一个亮点。

6.2 特色技术产品

本次展会展出供热、热水设备与系统方面特色技术产品，主要包括智慧型供热、热水设备与系统，高舒适性的地暖中央空调系统，超低环温空气源热泵供热机组，高效多功能热泵机组，家用（高温水）空气能热水器，商用热泵热水器，燃油型移动式暖风机，以及供热系统中各种个性化的末端、部件和仪表等。

6.2.1 智慧型供热、热水设备与系统

供热、热水设备与系统中引入人工智能令其更加智慧化是此次展会的亮点。智慧建筑与智慧家居是当下发展的热潮，通过引入人工智能、云技术以及5G技术，实现供热、热水设备与系统智能运行，可为人们带来更加便捷、舒适和节能的生活体验。如图6-1所示，格力推出的家庭智慧供热及供热水系统置于智慧建筑管理系统中，利用仪表智慧监测、云端智能调试、移动远程控制，充分利用太阳能光伏、储能技术进行供热和供热水，打造节能环保、舒适健康的家庭环境。

其中，光伏直驱变频多联机是该系统中的核心设备，在减少电量消耗的同时还能提高用电效率。该系统通过光伏发电、光伏直驱变频多联机、系统蓄能、智能化管理系统等多方面结合，全方位、多角度相互配合，极大地降低了系统能耗，该设备及系统在零能耗建筑中很有应用潜力。

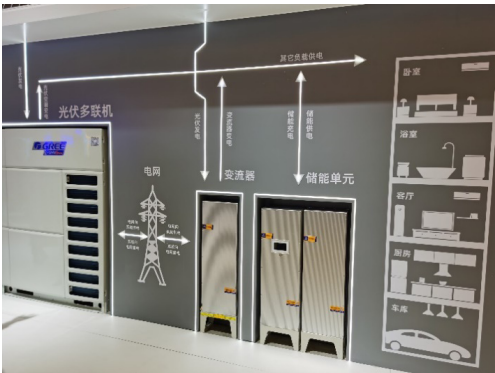


图6-1 智慧型家庭供能系统（供热、供热水、空调、供电等功能）

智慧仪表与控制系统是实现供热、热水系统智慧调控的重要设备，在本次展会上也有亮眼表现。如图6-2所示，通过智慧仪表对系统温度等参数采集，采用网络远程传输，并通过云计算对数据进行分析，使用移动端远程控制，达到对系统智慧控制的目的。而对多系统、多区域供热系统调控时，可以采用有线或无线系统进行远程调控，也引入自学习优化控制功能，满足多种个性化需要。



图6-2 家庭供热智能控制系统

6.2.2 高舒适的家庭地暖中央空调系统

家庭地暖中央空调两联供系统依然是本次展会的一个亮点，海尔、格力、中广欧特斯、纽恩泰等公司均有产品展出，如图6-3所示。该系统在夏天可实现中央空调和辐射制冷，在冬天可分别采用3种供热模式：地暖模式、中央空调模式、地暖+中央空调供暖智能运行模式。采用地暖+中央空调供暖模式运行，可实现快速制热，达到温度后由地暖维持室内适宜温度，给人现“足暖头凉”的舒适感受；夏季制冷时，智能跟踪温度，出风柔和，恒温场景按需除湿，凉而不冷。



(a) 海尔地暖空调系统 (b) 格力地暖中央空调系统



(c) 中广欧特斯地暖空调系统 (d) 纽恩泰地暖中央空调系统

图6-3 地暖中央空调系统

如图6-3 (a) 所示，为海尔公司推出的“天水地水空调地暖二合一”与“天氟地水空调地暖二合一”系统，均可实现-25℃环境温度下稳定运行。前者采用空气/水热泵直接供热与供冷，后者拥有氟与水两个独立系统，通过阀门自由切换，在冬季供热时两套系统能够同时

打开，使屋内升温。在夏季制冷时，则通过氟空调系统进行制冷。两种系统均采用全直流变频与出水温度自调节技术，以及智能控制与储能技术，在改善室内热环境的同时提升系统能效，可以满足多种个性需求。图6-3(b)、(c)、(d)所示，为格力、中广欧特斯、纽恩泰等公司类似功能相关产品。

6.2.3 超低环温空气源热泵供热机组

在“碳达峰、碳中和”目标的引领下，空气源热泵凭借其清洁无污染、节能高效的优势，在寒地清洁供热领域得到持续应用和发展。今年展出的超低环温空气源热泵机组的低温适应性能更加显著，是治理北方空气污染、替代燃煤锅炉的重要方案。其技术路线主要分为单机双级和双级复叠式技术，以及传统的准二级压缩技术的进一步完善，分别介绍如下：

如图6-4所示，金茂绿建公司推出了单机双级涡旋式超低环温空气源热泵机组，大功率单机双级涡旋压缩机额由金茂公司自行研制，采用R410A为制冷剂，最低可在-40℃超低环温稳定制热，低温高效，可以应用于严寒地区较大规模的商业建筑、办公楼、医院等供热和热水需求场所。



图6-4 单机双级涡旋式空气源热泵机组

如图6-5 (a) 所示，美肯公司推出变频复叠高温热泵，一级采用R410AEVI直流变频系统，二级采用R134a定频系统。在不使用电加热的情况下，在低至-35℃环境温度下可产生75℃的热

水。图6-5 (b) 为黑龙江爱科德科技公司推出的爱柯超低温复叠式CO₂空气源热泵机组, 采用高效的R744/R134a复叠系统, 在-35℃的超低环境温度下仍可高效运行。一级采用CO₂压缩机, 二级采用螺杆压缩机, 引入自动智能融霜, 保障机组冬季稳定运行。当出水温差不能满足要求时, 应急辅热自动开启, 以保证机组正常工作。



(a) 美肯变频复叠高温空气源热泵机组 (b) 爱科德爱柯超低温空气源热泵机组
图 6-5 二级复叠式空气源热泵机组



(a) 芬尼克兹超级北极星热泵机组 (b) 中广欧特斯供热热泵机组
图6-6 采用喷气增焓的准二级空气源热泵机组

图6-6 (a) 为芬尼克兹公司推出的超级北极星热泵机组, 采用准二级涡旋变频喷气增焓压缩机与高效氟冷变频技术, 可以实现低温快速制热, 在-38℃超低环温下仍可以产出65℃的高温热水。机组具备高低压实时监测系统, 随时掌握主机运行动态, 主动进行适应性控制。该机组具有恶劣条件下能力衰减少、启停与除霜柔性切换、室内恒温效果好等显著优势。图6-6 (b) 为中广欧特斯公司推出的低温供热机组,

以R410A为制冷剂, 采用喷液冷却/喷气增焓涡旋压缩机, 有效降低排气温度, 低温时具有良好的运行性能。室外机采用二次过冷技术和智能除霜技术, 在-30℃环温下, 仍能保证机组正常运行。此外, 机组还采用远程监控系统与智能控制技术实施智能调节。

6.2.4 高效多功能空气源热泵机组

本次展会上麦克维尔、冰轮、美肯、天加、芬尼克兹及天舒等企业推出了高效多功能热泵机组, 机组集供热、供热水、制冷以及热回收等多种功能于一体, 逐渐成为空调行业发展的一个趋势。



(a) 麦克维尔“零”碳型变频风机组 (b) 冰轮GTCH跨临界冷热双效机组
图 6-7 高效多功能空气源热泵机组

如图6-7 (a) 所示, 麦克维尔公司推出“零”碳型MHS变频风冷螺杆空气源机组, 以氨为制冷剂, 绿色环保, 对环境友好, 同时采用变频设计, 实现按需输出, 为用户节省更多运行费用。图6-7 (b) 为冰轮环境技术股份有限公司推出的CO₂跨临界冷热双效机组, 采用CO₂为单一工质, 通过跨临界循环双级压缩实现冷热互效互联, 同时满足低温速冻 (-42℃) 和高温热水 (80℃) 的需求。

图6-8为天加公司推出四管制风冷热泵机组, 具有制热、制冷以及制冷热回收三种模式。机组以R410A为制冷剂, 引入智能控制系统, 令机组自动平衡冷热需求。各模式进行智能切换, 风量多级智能调节, 使机组

在-15~48℃范围内运行，节能率比传统电加热系统高50%以上。



图6-8 天加四管制风冷热泵机组

图6-9 (a) 为天舒推出的泳池用多功能热泵机组，采用R410a制冷剂，集恒温、除湿、空调与一体的高效节能设备，综合能效比可达10.0以上，节能效果显著，运行费用相比于锅炉+板换的加热方式大幅减少。采用双流程钛盘管换热器，抗腐蚀能力强，广泛适用于水上乐园、体育馆等大中型室内泳池工程。图6-9 (b) 为芬尼克兹推出的五集一体多功能热泵机组，针对泳池环境，冬季制热、夏季制冷，室内全新风，有四季除湿功能，将泳池节能与环保技术相结合，实现泳池高效节能，保障泳池环境健康舒适。此外，本次展会上美肯公司也展示了类似产品。



(a) 天舒恒温除湿
热泵机组



(b) 芬尼克兹恒温除湿
热泵机组

图6-9 泳池用多功能热泵机组

6.2.5 家用（高温水）空气能热水器

本届展会上，格力、西奥多和芬尼克兹等

企业均推出了节能高效的家用空气能热水器产品，如图6-10所示。

图6-10 (a) 为格力公司研发的更加高效的空气能热水器，能够在全工况下单独依靠热泵机组输出90℃超高温水。当热水使用量比常规热水器加倍时，采用双级压缩、补气增焐、双路调节技术，在-15℃低环温下单独依靠热泵机组仍可制取90℃超高温水，补气、蒸发双路精准调节，性能强劲。

图6-10 (b) 为西奥多公司研发的智能空气能热水器，采用微电脑控制，具有三种运行模型可选择，选用高效压缩机，设备运行更加高效节能，保温性能更好，提供热水的同时，还可提供冷气。



(a) 格力空气能热水器



(b) 西奥多空气能热水器



(c) 芬尼空气能热水器

图6-10 家用热泵热水器

图6-10 (c) 为芬尼克兹公司的产品，采用智能恒温、微通道换热以及先进变频技术，提升空气能热水器的能效，并采用特有的智能化霜技术，加快冬季化霜，以改善热泵在低温环

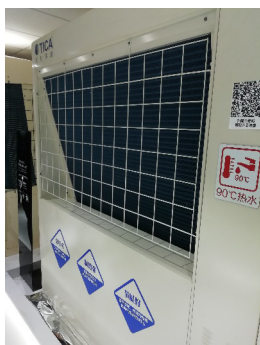
境中制热性能。

6.2.6 商用热泵热水器

相比于居民生活热水量少、温度低的特点，工厂、医院以及酒店等场所对热水水量及温度有更高要求。如图6-11 (a) 所示，上海前川迈坤开发的高温热泵热水器以CO₂为制冷剂，采用水源热泵技术，从空压机冷却水、锅炉冷却水等进行余热回收，也可以从井水和地下水中提取热量，提供热水温度最高达90℃，同时可提供-9~35℃的不冻液、冷水。这款高温热水器同时满足了高温热水与冷水的需要，当只供90℃热水时COP为4.3，而热水与冷水同时供应时COP为7.3，具有高效节能的优点。



(a)前川迈坤热泵热水器 (b)麦克维尔热泵热水器



(c) 天加热泵热水器

图6-11 商用热泵热水器

图6-11 (b) 所示，麦克维尔空气源热泵（高温水）泵热水器采用多重压缩复叠设计，结合变频技术，可以实现-26℃环温下出90℃热水，能够充分满足寒冷地区热水供应，无需

额外增加电热。也可实现5℃自来水直接加热至90℃，以应对电镀、纺织印染等工业生产中50-80℃高温热水的需要。

图6-11 (c) 为天加空气源热泵高温热水器，以CO₂为冷剂，通过跨临界循环，令机组具有超强制热能力，热水产量可达20吨/天。热水产量大，制热效率高，COP可达4.5以上，节能效果显著。

6.2.7 直接燃烧式移动式暖风机

随着大空间建筑快速供热需求的增加，移动式供热设备的发展得到快速推进。移动式暖风机成为此次展会的亮点之一，其适用于工厂、办公室以及展会场地等场所，具有快速供热、除湿和杀菌等功能，按能源可分为电取暖风机、燃油暖风机和燃气暖风机等，如图6-12所示。为直接燃烧型移动式燃油暖风机，工作时由鼓风机强制迫使空气进入燃烧室并被火焰直接加热，烟气及被加热的空气会被混为一体，并由风机再强制吹出。



(a) 雷明顿暖风机



(b) 冬夏机暖风机



(c) 玛斯特暖风机

图6-12 移动式暖风机

6.2.8 个性化供热末端、高性能管材和部件

本次展会上除了往年常见的常规散热器、供热调节阀门、循环水泵、水处理设备等外，今年还展出了一些更加个性化的散热末端、PP-RP纤维增强型复合管、模块化循环泵站以及支撑系统智能运行的阀门和控制仪表等。

本届展会上，供热系统的末端散热器向着节能、环保、高效、美观、轻型的散热器转变，如图6-13所示。展出了结构形式多样的散热器，可以更好的与室内环境相结合，不仅限于热水供热末端，也包括对电供热的末端做了优化改进。

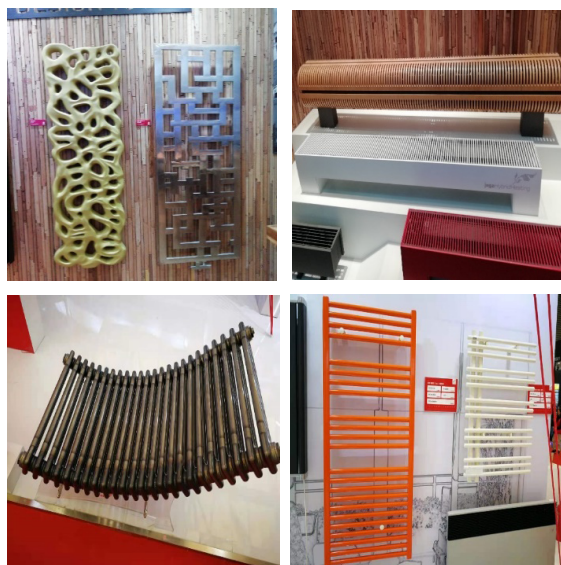


图6-13 供热系统末端散热器



图 6-14 德国阔胜管道

图 6-14为德国阔胜公司推出的PP-RP纤维增强型复合管，可应用于热水和冷水管领域，包括PP-RP层、PP-RP增强复合材料、和PP-RP内层三层复合结构，具有完全耐腐蚀、保温性能好、施工成本低等优点，可将管道维护费用、系统的运行费用降到更低。

图 6-15为德国菲索公司推出的循环泵站，有直通型、手动型和电动型，适用于供热/制冷系统，与分集水器配合，可以实现二次供热/制冷系统中的二次循环和控制过程，达到节能和舒适的目的。

如图6-16所示，无锡华宏公司推出的压差无关型一体阀、温差执行器、恒温控制球阀执行器、供热循环泵站以及液晶屏恒温球阀控制执行器，可以用于两联供系统，为系统智能运行提供支持。



图 6-15 循环泵站展品展示图

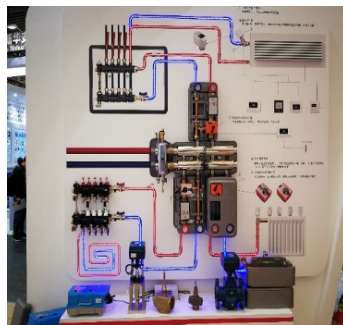


图6-16 两联供系统中的阀门及控制器

6.3 评论与展望

在“碳中和、碳达峰”目标引领下，本次

展会参展的供热和热水设备总体显现智能、高效、节能和环保的特点，参展企业多，参展产品广。

热泵技术在供热、供热水领域的应用更加广泛，采用自然冷媒工质（R717、R744）机组较往届略有增加，超低环温空气源热泵的低温适应性进一步提升，高效多功能热泵机组显著增多，未来将会在寒区清洁供暖、超低能耗建筑中得到越来越广泛的应用。

随着智慧建筑、智慧家居的理念逐步深入人心，供热、热水设备与系统的智能化、功能综合化、健康舒适化已成为未来发展的趋势，将得到进一步的发展。

7. 冷链设备与系统

（中国科学院理化研究所 博士生李佩儒、张海南副研究员、田长青研究员）

近年来，在国家政策的支持下，中国冷链物流行业得到了快速发展，冷链市场规模持续扩大，冷链物流基础设施逐步完善。同时，新冠疫情下，冷链成为保障民生和链接全球生鲜市场的重要通路，并且疫苗等生物医药相关的冷链产品和解决方案助力全球抗疫。冷链物流正逐渐向低碳环保、智能化、自动化方向转型升级，成为推动社会经济转型的新动能。

7.1 总体特点

本次展会中，全程冷链涉及的各个环节冷链设备与系统的技术进展均得到了体现。本次展会中的冷链物流设备和系统体现出了节能高效、绿色环保、自动化与智能化的特点。例如，针对于冷链的节能高效压缩机大量涌现，天然工质二氧化碳系统进一步发展，并出现了自动化程度较高的智能立体冻结隧道。此外，本次展会也展出了果蔬气调保鲜相关装备。

相比往年而言，受新冠肺炎疫情影响，本次展会中参展商推出了针对疫苗等生物医药相关的冷链产品和解决方案，包括疫苗冷藏设

备、疫苗冷库制冷机组和生物样品低温保存冰箱等，保障疫苗和生物制品质量，助力公共卫生安全。

7.2 特色技术

7.2.1 冷加工产品

冰轮环境技术股份有限公司针对冻结大块、大量食品速冻依靠传统冻结库的模式进行改进，设计开发了智能立体冻结隧道（图7-1）。食品经加工及包装后，通过流水线输送到智能化立体冻结流水线中，通过冷风降温，实现了大规模盘装分割肉、禽产品的连续自动化冷冻，空间利用率高。同时，该系统采用了高效的气流组织和变距式蒸发器，冷风利用率高，化霜周期长。



图7-1 冰轮环境IFST-智能立体冻结隧道



图7-2 冰山HSMF红水预冷系统

传统的禽肉预冷采用片冰预冷，使禽类胴

体温度保持在8℃，该方法耗水量较大。本次展会中，冰山集团推出了红水预冷系统（图7-2），该系统采用降膜蒸发技术和喷射供液系统，配套螺旋预冷机实现禽类胴体的循环预冷，使其温度保持在0.5~4℃，抑制食品内细菌生长，实现耗水量的大幅减少。

上海汉钟精机股份有限公司推出的开启式螺杆压缩机（图7-3），采用转子永磁励磁，定子无铁芯绕组技术，电机效率可达96%~98%。采用一体式设计，长度相比压缩机配置普通三相异步电机减少约50%。该压缩机内置卸载机构，在启停时能够减小负载，并采用变频技术，提升冷量应用范围，目前已在-42℃速冻隧道和-40℃速冻库实现应用。



图7-3 汉钟精机RGII-200开启式螺杆压缩机

7.2.2 冷冻冷藏

在食品冷冻冷藏领域，江森自控推出了超低充注集中式制冷系统（图7-4），采用远程分布式冷凝模块设计，使得氨的高压排气在用冷点冷却，缩短液相管路。该系统在低压侧采用高效直膨式蒸发器，取消了低压循环桶、泵供液系统及其相关的液相管路。此外，该系统搭载的控制系统整合了冷库系统的所有控制，并对制冷剂的分配进行精确控制。该系统与传统氨制冷系统相比，氨充注量可减少85%~95%。

本次展会中多家参展推出的制冷设备采用了天然环保制冷剂CO₂。冰轮推出了CO₂临界冷

热双效机组（图7-5），机组采用12 MPa高压螺杆压缩机和BF12R标准压缩机搭配，采用双机双级压缩形式和二次节流，通过喷射器回收膨胀功，提高机组运行效率。机组只以CO₂作为制冷剂，解决了复叠机组的安全和环保问题。神舟制冷研发的二氧化碳跨临界机组采用喷射器技术和热回收系统（图7-6），实现冷热联供，提升能源综合利用效率。此外，该系统的气冷器良好绝热，运行COP得到有效提升。开利推出的变频跨临界CO₂压缩机（图7-7），其转速调节范围为20~110 Hz，采用吸气冷却直驱电机和双级压缩高效阀板设计，可靠性高，节能效果好。此外，比泽尔也推出了ECOLINE跨临界CO₂压缩机（图7-8），具有高效能、低带油率和低震动等特点。



图7-4 江森自控超低充注集中式制冷系统



图7-5 冰轮跨CO₂临界冷热双效机组



图7-6 神舟制冷二氧化碳跨临界机组



图7-7 开利06 V变频跨临界CO₂压缩机



图7-8 比泽尔ECOLINE跨临界CO₂压缩机

气调保鲜设备方面，天津立喆舜保鲜科技有限公司推出了多功能气调保鲜一体机（图7-9），烟台科达气调设备有限公司推出智能气调保鲜一体机（图7-10），均能同时实现脱氧

制氮、脱除二氧化碳和气体成分浓度分析的功能，抑制果蔬呼吸作用，避免果蔬二氧化碳中毒，延长果蔬产品的货架期。



图7-9 天津立喆舜多功能气调保鲜一体机



图7-10 烟台科达智能气调保鲜一体机



图7-11 格力GTR系列新能源运输制冷机组

7.2.3 冷藏运输

格力推出了一款应用于新能源冷藏车上的

制冷机组（图7-11），机组具备实时调节、远程监控和安全保护等功能，使用范围在-20℃~45℃之间，专用于冻肉、蔬菜、乳制品、疫苗及药材等冷冻冷藏货物的城市间配送。

7.2.4 冷藏销售

此次展会中，展商推出了多种节能环保冷柜。青岛海尔特种电冰柜有限公司推出的陈列式冷柜（图7-12），通过风机送风方向与蒸发器迎风面的高效耦合，提高了送风效率与蒸发器空气流场的均匀性，耗电量相比普通商用冷柜节能30%以上。开利推出的无霜冷柜（图7-13），24小时温度波动0.2℃，相比有霜机组节能50%。该冷柜贮藏的叶菜水分保持较好，叶绿素降解延缓，货架期延长了25%~66%。



图7-12 海尔陈列式冷柜



图7-13 开利无霜冷柜

冷柜控制方面，三花推出的REVO系列冷柜

控制器（图7-14），在过热度控制基础上，集成了柜温、化霜及其他辅助控制功能，能够实现一机双温，一键切换。



图7-14 三花REVO系列冷柜控制器



图7-15 斯科普SLVE18CN-R290活塞式变频压缩机

思科普压缩机（天津）有限公司推出的适用于轻型商用制冷的活塞式变频压缩机（图7-15），能够在-45~10℃蒸发温度范围平稳运行，相较于R404A制冷剂的定速压缩机能耗节省可达40%。在-6.7℃蒸发温度下，制冷量最大可达2146 W，COP为2.14。

冷链食品的终端配送的“最后一公里”是全程冷链较为薄弱的环节，本次展会中，松下冷链（大连）有限公司推出了生鲜自提柜（图7-16），包括冷藏模块（0~4℃）和冷冻模块（-18~22℃），集成了在线购物平台，可帮助商家实现一次性集中配送，降低运营成本。



图7-16 松下生鲜自提柜



图7-18 格力医用阴凉库专用空调



图7-17 海信疫苗接种门诊数字化冷链解决方案

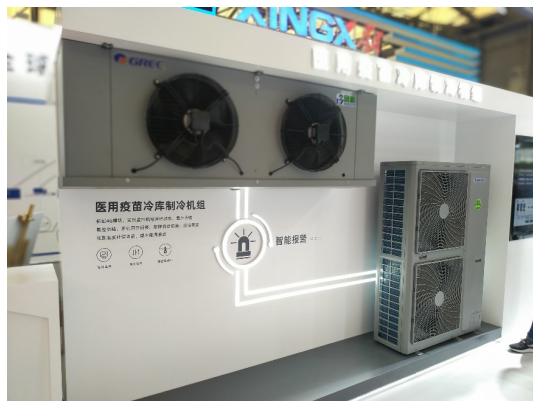


图7-19 格力医用疫苗冷库制冷机组

7.2.5 生物医药冷链

在新冠疫情背景下，本次展会中出现了针对生物医药冷链领域的各种解决方案。例如，青岛海信商用冷链股份有限公司推出了疫苗接种门诊数字化冷链解决方案（图7-17），包括两种型号的2~8℃智能疫苗保存箱，集成了人与疫苗识别、疫苗出入库管理和冷链监控等功能。

此外，格力推出了医药阴凉库专用空调机组（图7-18），具有精准送风、高效防冷桥、低漏风率等特点。同时，格力还推出了医用疫苗冷库制冷机组（图7-19），采用集控功能，能够实现多机同时启停，同时采用化霜温度补偿技术，实现较小的库温波动，该机组已在广东省疾控中心疫苗冷库中得到了应用。



图7-20 冰山松洋低温冰箱

本次展会中，参展商也推出了生物样本保存低温冰箱，应用于生物样本的保存。冰山松洋生物科技有限公司推出了可实现-90℃的低温

冰箱（图7-20），海信推出了可实现-86℃的低温冰箱（图7-21），采用R290和R170制冷剂，应用智能控制和变频技术，并搭载生物样本信息管理系统。

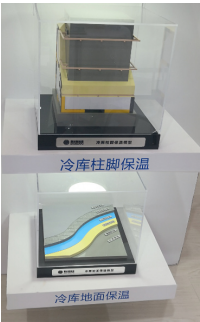


图7-21 海信低温冰箱

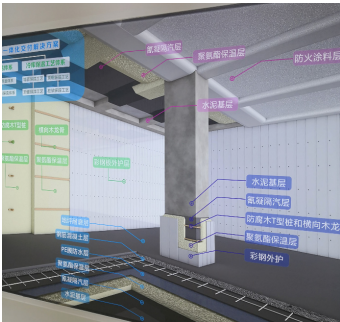
7.2.6 保温材料

保温材料展出规模有所增加，技术发展平稳，主要向更环保、易用方向发展，而且拓展更广泛的应用领域。

顺达聚氨酯展出了冷库保温解决方案，包括了库顶、库板、水泥立柱及库底的保温解决方案（图7-22）。如：-20℃喷涂施工的聚氨酯保温材料，适用于冬季建筑墙体保温施工，运行中冷库保温工程改造、补库等；采用零ODP、低GWP发泡剂，单层喷涂厚度可达50-80mm；华美的二烯烃深冷绝热保温材料，适用于-80℃低温领域。



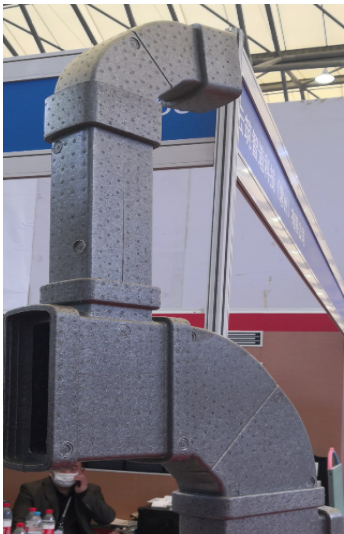
(a) 顺达冷库保温方案



(b) 超低温喷涂聚氨酯



(c) 华美二烯烃保温材料



(c) 惠风EPP保温管

图7-22 保温材料

惠风、朗通均展出了EPP保温风管，可以一次性成型风管、弯头、三通等结构，使用时进行拼接。特殊风管也可以现场裁切EPP板进行拼接。EPP是一种化学稳定、可降解的保温材料，可以自主成型，内外均无需加附皮，还可以承受一定的钉力，应用潜力大。

7.3 评价与展望

本次展会参展产品覆盖全程冷链的各个环节，并由于新冠防控出现了针对生物医药冷链的相关产品。在冷加工方面，本次展会中的红水预冷系统在降低预冷温度的同时，大幅降低了耗水量。展出的智能立体冻结隧道自动化程度较高，提升了冷冻库的利用效率。冷冻冷藏方面，展出的超低充注集中式制冷系统采用气态管路，有效降低了氨系统的充注量，但管路成本带来小幅增大。天然环保工质CO₂在冷冻冷藏领域的应用，有助于减少碳排放。冷藏运输方面，本次展会推出了新能源冷藏车，有助于节能减排，保障食品品质。冷藏销售方面，本次展会推出了节能无霜、温度波动较小的多种冷柜以及智能生鲜自提柜，有效延长食品货架期，助力全程冷链的实现。医药冷链方面，本次展会推出的生物医药冰箱具有智能化、信息化处理等特点。

从本次展会可以看出，冷链设备与系统具有以下发展趋势：

(1) 冷链设备能耗不断降低。为响应国

家实现碳中和目标，冷链设备未来将朝着低能耗、高效率的方向发展，通过变频控制、传热优化、多参数综合优化等手段，将有更多节能高效的冷链设备推出。

(2) 天然工质进一步广泛应用。为实现《蒙特利尔议定书》及其基加利修正案对制冷剂的削减目标，氨、二氧化碳等环保天然工质将应用于冷链系统，二氧化碳跨临界系统、亚临界系统将广泛应用，氨系统的充注减量、泄露检测等保障安全的技术将不断完善。

(3) 冷链设备自动化程度逐渐提升。食品冷加工自动化程度将不断提升，食品冷链设备相关的控制器和传感器将不断涌现，以满足不断增长的冷链食品市场需求。

(4) 医药冷链设备快速发展。在新冠疫情背景下，疫苗等生物医药产品的低温保存得到广泛关注，相关产品快速涌现，温度精确控制、信息化管理、安全可靠、覆盖多温区的全程医药冷链设备将是未来的发展方向。

本次制冷展展现了我国冷链技术和产品在疫情冲击下仍然强劲的发展势头，所展产品涵盖了全程冷链的各个环节，呈现出节能高效、绿色环保、自动化与智能化的特点。此外，本次展会一个重要特点是出现了众多针对疫苗等生物医药冷链相关的产品，为国家的公共卫生安全提供坚实保障。冷链正成为推进社会经济发展的新动能。

三、学术交流

(南京工业大学牛晓峰副教授、蔡浩教授、颜承初教授，硕士生许劲毅、高鹏、陈阿祥、姜明瑞)

学术交流是中国制冷展的核心内容之一。此次展会期间，举办了1场主题论坛、41场专题研讨会和38场技术交流会。学术交流活动围绕“强基固本，质量优先，内外协同，低碳发展”的展会主题，解析国家政策导向，关注行业热点问题，聚焦产业技术创新，研讨未来发展方向。

1. 主题论坛

4月7日上午，2021中国制冷展主题论坛在展会开幕式后举行，4名国内外知名专家分别以“中国的能源转型和碳中和路径”、“全球制冷空调行业的发展现状和趋势”、“数字经济与大数据的应用实践及创新”、“百年未有之大变局与中国复兴之梦”为题进行主题报告，论坛由清华大学李先庭教授主持。

1.1 中国的能源转型和碳中和路径

中国工程院院士、清华大学建筑节能研究中心主任、中国制冷学会理事长江亿教授以“中国的能源转型和碳中和路径”为主题，深入剖析了我国未来能源的发展趋势。

江亿教授指出，低碳能源转型是中国未来四十年发展的大事情。在去年第75届联合国大会一般性辩论上，习近平主席宣布中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争在2030年前达峰，努力争取2060年实现碳中和。早在2014年，习近平主席在中央财经领导小组工作会议中提出了能源领域“四个革命、一个合作”的重大战略思想（即能源生产革命、能源消费革命、能源技术革命、能源政策和机制革命和能源领域的国际合作）。2030年和2060年，碳达峰和碳中和分别是能源革命的两个时间节点和两个目标。

能源革命最根本目的是改变我国的能源结构，使我国从以化石能源（煤、油、气）为主转变为以水电、风电、光电、核电和生物质能源为主，从而缓解、解决能源安全、大气污染、气候变化三大问题。

有关机构对未来电力需求量进行了预测，如果未来需要11~12万亿kWh电力，可以通过核能、水电、风电、光电、火电实现。如果未来需要15~16万亿kWh电力或者更多的电力，则在蓄能、调峰、电网稳定性等方面面临巨大挑战，节能提效、减少需求是实现低碳能源转型和碳中和的基础。制造业作为电力需求最大的行业，必须从源头出发，通过改变产业结构、改进工艺流程和提高用能效率以实现节能减排，从而为实现能源转型和碳中和做出贡献。

报告表明，我国的人均和单位建筑面积用能都远低于发达国家，但高于印度、巴西等国。这主要归功于我国建筑运行设备“部分时间部分空间”的运行模式，这与西方的“被动”节能相比有较大区别。我国实际的单位建筑面积居民用电较低，如果我们继续坚持节能的生活模式和建筑使用模式，就能够实现中国特色的建筑节能目标。但同时对于居住建筑、办公建筑全部使用中央空调方式、长江流域居住建筑冬季采暖、住宅新风与室内净化、燃气驱动的热电冷三联供等问题还需要进行更加详细的研究。

为了在2035年前实现能源低碳转型，江亿教授指出，我国在以下方面实现关键突破：

- (1) 发展建筑的“光储直柔”新型配用电系统；
 - (2) 建设新型农村能源系统；
 - (3) 在区域供热中充分回收利用发电余热和工业余热；
 - (4) 发展具有广泛应用前景的热泵技术。
- 在报告的最后，江亿教授落脚制冷发展，从需求侧响应运行模式、电动汽车的热管理、制冷工质的温室气体排放三个方面进行了详细介绍，为

制冷行业的未来发展指明了方向。

1.2 全球制冷空调行业发展现状和趋势

日本空调冷冻新闻社（JARN）社长Keisho Ka（何继承）以“全球制冷空调行业发展现状和趋势”为题，从行业市场角度对全球制冷空调行业的发展现状和趋势进行了深入分析和总结。

通过20年的飞速发展，中国的空调市场规模扩大了5倍，已经成为全球最大的空调市场，2020年中国的空调市场需求达到了5000多万台，占全球市场的份额已从2001年的23%上升到40%。在空调市场飞速发展的同时，中国建成了世界上最完善的空调产业供应链，从压缩机、制冷剂、核心零部件到各种空调整机和冷冻设备都能实现中国制造。作为全球最大的空调生产基地，中国近十年来空调出口量翻了一倍，2008年出口3000万台，在2020年已经超过6000万台。

中国制冷展在引导整个行业技术发展的同时，也积极地推动了中国空调和冷冻市场的迅速扩大。中国制冷展已经成为全球最著名的行业展会之一，同时也成为全球新产品和新技术信息的发布基地，是连接中国和海外重要的桥梁，为全球空调和冷冻冷藏产业的复苏带来了巨大的信心。

由于疫情影响，2020年全球空调市场出现了8.9%的下滑。疫情在世界范围内的蔓延让一些国家相继出现了封城和暂停各项商业活动的现象，世界各地的许多展会被迫取消，一些国家原计划的能效升级和制冷机的更新换代也无法生效和实施。除了疫情的原因，全球市场也受到了汇率变动、贸易摩擦的影响。2020年疫情对中国市场打击很大，中国空调市场减少12.2%，但是随着疫情得到有效的控制，下半年得到很大程度的恢复。而在世界其他范围，印度和东南亚的市场受到了重创，分别出现了34%和13%的断崖式下滑；拉丁美洲和非洲也分别

减少了17.3%和16.8%；由于地区气候的影响，欧洲没有明显的下降，中东的市场也基本上持平；日本因为政策原因，整个市场与上年度持平，但是商用空调下降了两位数；美国因为空调作为个人和医疗系统的重要设备，空调的市场比较良好，增加了11%。

报告选取了几个主要市场对全球多联机市场的特点进行分析。美国受亚洲空调文化的影响，小型分体式空调和多联机发展非常迅速，每年都以双位数增加。印度的多联机潜在市场巨大，2020年印度人口已经接近中国，但是空调需求仅为中国的1/10。中国、日本和韩国这三个国家多联机所占的比例占全球多联机市场的将近70%，中国经过20年的发展，多联机市场已经成为全球最大的市场，占全球总量的58%。

全球的空气源热泵市场主要集中在中国、日本和欧洲，分别占全球的总市场的62.8%、18.1%和14.9%，2019年包括中国市场在内的全球空气源热泵需求量已经达到了342万台。全球空气源热泵连续4年实现了两位数的增长，欧洲的增长率更是达到最高的水平。欧洲空气源热泵市场快速增长的主要原因在于加速淘汰燃油锅炉以及低效燃气锅炉。日本空气源热泵使用二氧化碳为制冷剂的技术已经成熟，但仍然在增长。得益于政策影响，欧盟的空气源热泵取暖市场快速发展，2019年的增长率为80%。

报告指出，2019年全球冷水机组的需求接近86亿美元。室外跟空气末端的需求基本相同，主要的冷水机组的需求主要是在中国、美国和欧洲，分别占全球的总量的这个31.2%、15.7%和17%。随着数据中心在不断的增加、空气末端性能的需求越来越高和热泵模块涡旋机快速增长等因素的影响，去年中国磁悬浮冷水机组的增长为30%，这对传统的离心机来说是很大的一个挑战。

报告的最后，Keisho Ka社长结合一些国家的政策和新的动向对后疫情时代的商机进行总

结。日本对空气净化和新风功能要求增加，美国加州通过了氟利昂法规，欧洲开始实施疫情复兴基金，中国R32制冷剂的应用等等。后疫情时代空调和冷冻冷藏市场也将发生新的变化，居家办公推动家用空调需求增加；家用空调的普及，通风换气、空气净化已经成为必须；5G电商数据中心建设空调需求旺盛；人工智能将加速智慧冷链的发展，食物的浪费损失减少，食品的安全得到了极大的保障。

1.3 数字经济与大数据的应用实践与创新

大数据是信息技术发展的必然产物，更是信息化进程的新阶段，其发展推动了数字经济的形成与繁荣。数字经济是指以数字化知识和信息为关键生产要素、以现代信息网络为重要载体、以信息通信技术的有效使用为效率提升和经济结构优化的重要推动力的一系列经济活动，是以新一代信息技术和产业为依托，继农业经济、工业经济之后的新经济形态。为了紧跟时代发展潮流，迎接制冷行业数字化时代新格局，会议邀请了阿里云智能研究中心主任、高级工程师李ā博士作题为“数字经济与大数据的应用实践与创新”主题报告。

报告指出，以云计算、大数据、人工智能、区块链为代表的新一代信息技术，在经济增长、社会发展、国家治理、文明进步等方面得到大规模、深层次的创新融合应用，标志着人类进入数字经济时代。习总书记在2016年杭州G20峰会上正式提出“新时代数字经济”之后，围绕信息经济的研究完成了向数字经济研究的转变。数字经济的内核，是研究信息和数据作为新时代的基本生产要素，如何在人类的经济社会的活动当中发挥其价值作用。基于这一点，我们将数字经济的主要构成，分为基础型数字经济、融合型数字经济、效率型数字经济、福利型数字经济以及新生型数字经济五个类别，基于这五个类别相融合形成的数字产业化、产业数字化的概念，建立了相对合理的数

字经济规模衡量体系。

关于数字经济当前主要发展趋势，李ā主任给出了自己的见解：新一代信息技术步入高频创新、有机共生的新阶段；“新基建”面向全领域链接和全维度覆盖加速演进；各主要国家正围绕数字化推进资源重组和全面转型；数据治理体系与流通规则将在博弈中寻求动态平衡；“云”将作为新技术体系的重要核心持续发展关键作用。基于上述理念，数据要素价值化在数字经济时代中的重要性得到充分体现。

相应的，大数据作为实现数据要素价值化的重要工具，在目前的发展中主要面临两大问题。一是随着信息体量不断增加，信息不确定性下降和复杂性上升的经济均衡问题；二是前瞻技术大量涌现，需求尚待挖掘的市场培养问题，需要尽快实现从理论创新到实用创新过渡、从科学研究到产业应用迈进。

最后，基于一些大数据技术在金融、零售行业的相关应用案例，李ā主任详细阐述了数字经济发展现状以及一些产业中遇到的尚需攻克的问题，并总结性的提出高度重视数据和智能、组织变革不能滞后于技术变革、以应用场景为根本牵引以及开放式竞合将更常见的思考与建议。

1.4 百年未有之大变局与中国复兴之梦

碳中和目标的实现有赖于中国社会经济长期稳定繁荣发展，碳中和目标一旦实现，必将成为中国复兴的一个重要标志。主题论坛邀请了复旦大学中国研究院院长张维为教授作了“百年未有之大变局与中国复兴”的报告。报告围绕中国崛起和中美博弈进行了阐述。

报告的开始从开天辟地建立新中国到中国崛起进行了介绍，一幅前三十年、后四十年画卷徐徐铺开，中国经历了以乡镇产业异军突起与沿海发展战略（1978-1996）、邓小平南方谈话与加入世贸组织（1992-2010）、从2G到5G的逆袭（1994至今）、大数据人工智能量子

通信等（正在开展）为标志的四次工业革命，并称中国崛起为“集四次工业革命为一体”的崛起。报告认为，中国从富起来到强起来的阶段为“中国突破”，通过渗透式、嵌入式的合作成为“外围—中心依附体系”两极重要的贸易、投资、技术伙伴，在拥抱全球化的同时做到了趋利避害。张教授将这条成功之路概括为“中国模式”，并对“中国模式”进行了详细解读，从政治领域、经济领域、社会领域与西方进行对比，显示出“中国模式”的先进性。同时以此次疫情中美感染人数与死亡率以及中美中产阶级和弱势群体数据对比，说明中美两国在疫情时期政府治理能力的差距之大和现如今中美人民生活质量的差距之小，完美诠释了中国的崛起之路。

关于中美博弈，张教授表达了我们要跨越“修昔底德陷阱”，从“零和游戏”走向“合作共赢”的美好意愿，通过对贸易战、科技战、金融战、热战、台海局势的分析，总结了目前拜登政府面临着国内不统一、盟国不团结、中国崛起带来的一系列问题，提出了“经过交锋，才能实现更好的交流”的论断。接着，张教授就阿拉伯之春、美国政治改革、美国资本力量和所谓的“中国的切尔诺贝利”等热点问题进行了简要的点评，结合犀利的“十问美国”以及接受BBC记者采访的视频，从理论和实践角度进行了中美社会现实的对比，说明了无论是在政治、经济、民生等领域，我们均要抱有一种坚定的“中国自信”。

张维为教授最后认为，中国民族伟大复兴的战略全局和世界百年未有之大变局是我们谋划工作的基本出发点，要以中华民族伟大复兴这个“不变”，来应对世界百年未有之大变局。

2. 专题研讨会

本次中国制冷展召开专题研讨会41场，本

届研讨会的突出特点是对“3060碳目标”国家战略进行了充分响应，主要围绕低碳减碳制冷空调技术、热点技术专题、国际交流合作三大类进行深入研讨交流。

2.1 低碳减碳制冷空调技术

（1）专题4：绿色高效制冷技术助力房地产企业低碳转型专题研讨会

本专题研讨会由朗绿科技副总裁谢远建和同济大学张旭教授共同主持，张旭教授、李卫东首席技术官等7人做了专题报告，就绿色高效制冷技术助力房地产企业低碳转型进行了探讨，分享在建筑中的制冷技术应用案例及成果。

张旭教授做了题为“被动式建筑中暖通空调解决方案优化”的报告。报告中介绍了全球建筑能耗与碳排放现状，表明全球和我国建筑领域均面临巨大的低碳、零碳目标的挑战；报告了我国目前建筑行业碳排放趋势及特点，我国建筑单位面积能耗和人均能耗低于经合组织（OECD）国家，指出碳中和目标为我国建筑节能领域提供新的转型和发展机遇；被动式建筑是降低运行阶段的能源与碳排放的重要措施，并提出被动式建筑在原有的技术体系中，要提高可再生能源的利用；最碳中和是被动式建筑的发展新机遇，其中技术创新是达成碳达峰、碳中和的一项重要环节

宁夏中房企业集团股份有限公司首席技术官李卫东报告了“寒冷干燥地区可再生能源在建筑领域的实践和探索”的专题，针对宁夏的气候特点分享了可再生能源在建筑中的实际应用案例，并介绍了该公司目前的研究课题“微环境调节系统对吸入性过敏原防控的关键技术研究与应用”。

宝业集团建筑工业化研究院院长恽燕春在“基于夹心保温双面叠合的高性能建筑研发和应用”的报告中介绍了夹心保温双面叠合墙研发与试验情况，该项目达到了较好的预期效果

值得进一步推广应用。

朗诗绿色地产资深绿建专家郭宏光在“高效制冷技术与绿色健康住宅”的报告中，分别介绍了先建筑后设备、绿色科技住宅探索的具体内容，对自由方舟产品（更自由、智慧地营造健康、舒适、节能的室内居住环境的产品，采用的是集中能源和户内系统相结合系统形式。它的推出是朗诗在“为人造房”的理念下，对人类居住的“自由”边界的又一次探索）进行了详细讲解，可实现声光自由、空间自由、用能自由、控制自由等功能。

德国弗莱建筑集团合伙人兼中国区总裁王甲坤做了“不同气候带被动式绿色建筑案例分享”的报告，分析了推广被动房的必要性，介绍了中国不同气候区被动房代表案例，提出现代建筑中的被动房理念——冬季阳光房，能达到连续的保温及气密层、遮阳设计、机械通风等作用效果。并对不同气候带的建筑案例：南昌被动式幼儿园——众森红谷一品、荆州园博园中微生态园——中德/法馆、珠海前山河生态河岸规划与绿色示范建筑区、大仓节能科技创新园等进行了一一介绍，不同地区的建筑应采取因地制宜的技术方案。

美的暖通与楼宇事业部研发中心开发二部负责人、研发高级工程师周柏松在“VRF室内机产品核心器件的技术发展方向”的报告中介绍了VRF内机系统核心器件的组成，并对各个关键器件的效率提升进程进行了详细讲解。

朗绿科技业务总经理王博博士在“精细化设计与智慧化运维”报告中进行了设计案例分享，主要介绍了能源系统设计（变负荷末端的总负荷确定，户间传热分析）、户内系统设计（热响应分析，结露分析，系统性能模拟）和建筑节能一体化设计（遮阳优化设计，大空间舒适节能系统设计辅助模拟）两大内容，并指出精细化设计应该成为常规设计流程。

（2）专题8：面向高效节能与零碳中和需

求的制冷空调系统安装施工与运维管理专题研讨会

本场专题研讨会由清华大学魏庆α副教授主持。会议围绕实现碳中和目标，对制冷空调技术助力碳中和方面的技术现状与未来发展方向进行了交流。

海悟咨询设计研究院执行院长胡睿作了题为“碳中和背景下的5G通信站点和数据中心绿色发展之路”的报告。从数字化设计、预制化施工和智慧化测试&运维三个方面对机房全生命周期服务做了介绍。（1）沉浸式BIM设计（所见即所得）。对机房设备包括强电弱电，进行数字化建模，通过设计师视角，施工者视角和运维者视角对设计合理性，安装可行性，检修便利性进行全方位考量。可节省机房面积10%+，节省机电管材5%+，节省输送能耗10%+，节省工期10%+。（2）预制化施工。通过机电预制化实现分散的责任主体转化为系统集成商单一责任主体，同时将现场安装的工程项目产品化，实现统一的控制和云管理。将工作量前置，设备与土建平行进行，施工工期可减少30%，施工水耗减少60%，建设周期减少30%，施工能耗减少20%，耗材浪费减少20%。

（3）智慧测试和运维。主要是通过第三方对运维、功能和性能以及建筑、空调、弱电、消防和电气5大系统实现全过程测试验证。

予哲机电工程咨询（上海）有限公司总经理毛华雄，作了题为“高效制冷机房之实践与发展”的报告。他通过几个上海地区节能改造案例的分析作为切入口提出了自己对于高效机房建设的见解。提出了几点展望：（1）高效制冷机房的基本逻辑是绿色、节能、精细化、高质量与碳中和大趋势一致。（2）高效制冷机房是暖通行业实现高效系统的最佳突破口。（3）高效制冷机房、高效暖通系统是对行业的新挑战，新机遇。（4）标准、规范、政策引导。设计院所有必要、有机会承担起高校机房全生命

周期技术服务的责任。（5）新发展阶段需要更好、更高效的系统营造更好地室内环境。

北京纪新泰富机电技术股份有限公司总经理林治强作了题为“基于BIM和新型AI控制策略的集成式高效冷热源系统应用”的报告。他认为：实施环节的分散脱节是影响效率的主要问题，采用冷热源集成解决方案提升系统效率是建筑节能减排的重要方式。介绍了其公司研发的学习型智能高效冷热源系统，可通过大数据AI操控管理建筑能源使用，能有效地将能源与智能控制结合，实现节能减排数字化转型，采用本系统可实现系统实时响应及高效节能，可将能源利用率提高20%-50%。

广东美的暖通设备有限公司系统与平台创新部长丁云霄作了题为“中央空调全生命周期智能化技术”的报告。提出站在全生命周期的角度把设备装好、用好、管好。可采取建筑综合优化设计选型+全生命周期运行评估、智能化设计与定制的设计思路，B端需求的数字化识别与满足是未来的趋势。此外，通过工厂预制化仿真，可以降低工厂端和后端的针对复杂需求的响应问题。在安装调试智能化服务体系构建方面应实现安装过程数字化、调试过程自动化和云集控。通过运行节能大数据分析，运行节能点识别主要在以下三个点：避免忘关机（节能潜力均值为8%，范围在2%-27%），设定温度优化控制（节能潜力均值为12%，范围在4%-20%），精准供能（舒适温度控制节能潜力均值为3%，范围在0%-11%）。

清华大学博士后邓杰文作了题为“运行数据驱动空调系统高效节能调控”的报告。他在报告中指出：提高机电（能源）系统运行效率是公共建筑实现零碳发展的重要环节。用好数据，是实现系统高效运行的关键。主要从以下几点得到体现：（1）指标驱动：多维度认识空调系统，客观评价；（2）系统耦合：从末端到冷源，优化调试贯穿空调系统；（3）全过

程高效：关注全过程，高工况的优化。需要用好监测数据，实现空调系统高效调控的“内外协同”之路。外因：通过新的观测方法和更多数据，实现对需求和外界条件的精确描述、运行调控和优化设计，多维度认识空调系统，实现更客观地评价。内因：实现对设备，系统自身特性的精确刻画，既有的参数和能力，实现有的放矢，充分发挥。内外协同：明确外部需求，外部条件后，通过运行调控，充分发挥既有设备、系统能力，实现高效匹配、协同运行的持续优化过程。优化调适贯穿着空调系统，关注多工况，全过程高效调控。越是复杂的设备、“新技术”，往往越需要“数据”帮助，而且需要更加“细致”的数据，才能把“好技术用好”，实现真正的节能减排效益。

（3）专题17：建筑新风处理——节能与碳减排专题研讨会

由中国建科院建科环保科技有限公司-国家空调设备质检中心副主任曹阳主持的“建筑新风处理——节能与碳减排专题研讨会”对新风节能减排的问题进行了深入探讨。

中国建科院建科环保科技有限公司-国家空调设备质检中心副主任曹阳对建筑新风主题的背景以及GB/T21087的修订进行了介绍，主要内容包括新形势对建筑新风节能与低碳的要求、GB/T21087修订与变化、国际标准的发展。

迈迪龙德国环境科技有限公司常务副总经理封勤雄的报告围绕建筑节能要求的——新风系统方案设计和施工技术的相关问题从技术方面进行了报告。从标准要求及产品开始，对建筑节能的要求、趋势、设计要求进行了介绍，并展示了迈迪龙公司新风设备产品及核心技术。讲解了新风系统方案的设计的细节及流程，在设计过程中务必考虑运转点是否在特性曲线下。同时对施工当中的技术要点进行了具体说明。

中国建筑科学研究院建科环保科技有限公司

司研究员杨灵艳对热泵型新风环境控制一体机研发及标准制定进行了介绍。报告内容涉及研发背景及功能需求、实验室测试和工程应用情况、产品规范编制情况。

德国被动房研究所资深研究员、中国区负责人伯特霍尔德·考夫曼报告了适用于被动房建筑的暖通空调认证系统的相关内容。强调由于二氧化碳浓度指标同时代表了病毒气溶胶的浓度水平，必须控制室内的二氧化碳浓度低于1000ppm，。为了达到上述要求，可以通过开窗通风实现，但是寒冷的冬天会给室内的人员带来不适。如果安装了带热回收的机械通风设备，设置满足要求的理想换气次数，经过热回收预热的新风进入室内，就能保证室内空气品质，确保人员的健康需求和舒适度，说明了高能效送风采暖的可行性。

中国建筑科学研究院建科环能科技有限公司高级工程师王立峰介绍了产品国标《户用和类似用途组合式空气处理机组》。从应用各种建筑环境设备的出发点（美好生活）、落脚点（节能）、户用建筑环境设备现状与发展方向四个方面介绍了标准编制背景。从标准化对象、性能指标两个方面介绍了标准编制的主要内容。《用户和类似用途组合式空气处理机组》对于行业健康发展具有重要的推动作用，期待该标准为建筑行业节能减排规划目标做出应有的贡献。

森德(中国)总经理郭占庚的汇报主题为全热回收新风助力建筑节能。介绍了超低能耗建筑的关键点、住宅采暖热负荷、空调负荷、全热回收环控一体机内容及其具体的运行数据。

(4) 专题20：碳中和国家战略下的热泵技术创新专题研讨会

本次专题研讨会由上海交通大学王如竹教授主持，5名专家进行了专题报告，内容覆盖了热泵在整个碳中和战略下的作用、在建筑节能的应用、热泵干燥方面的应用、大规模的余热

应用以及制冷剂在低碳情况下的处理办法。现场与会人员众多，反响热烈。

上海交通大学制冷与低温研究工程研究所所长王如竹教授做了题为“热泵技术创新及其在2060碳中和国家战略中的关键作用”的报告。王教授首先介绍了以热泵与可再生能源应用为特色的碳中和实验室：中意绿色能源实验室（GEL），提出了热泵技术创新促进供热电力化，促进碳中和的方法，介绍了各种形式的热泵和节能效果分析，在此基础上，王教授结合实际工程介绍了上海交大研究的基于储湿换热器的热泵和吸收式热泵的节能效果和应用前景；另外王教授提出了大温升热泵及蒸汽发生系统的循环构建与应用适应性研究，结合各地区气候以及一次能源与电力价格等条件，基于未来政策开展研究；最后，基于实际调研数据，他提出电力碳减排下，热泵或成最佳低碳供热技术，推广热泵使用，将带来巨大的碳排放收益。

同济大学的龙惟定教授在题为“城市建筑碳达峰和碳中和与热泵技术”的报告中详细介绍了城市建筑碳排放的特点，结合碳中和和碳达峰对热泵技术的作用做了详细的分析。从气候环境阐述了实现碳达峰的必要性，将碳排放分为两个部分：隐含碳和运行碳，分别都从数据角度分析了2019年的碳排放情况和节能减排方向，详细阐述了碳达峰的具体意义和城市建筑运行碳中和的5项基本措施；最后，从建筑应用热泵技术的几大关键问题角度出发，提出几种实现热泵技术创新的思路，如：开展适用于供冷需求为主的低区的应用研究等。

中国科学院理化技术研究所杨鲁伟研究院做了名为“热泵干燥技术典型应用分析”的报告，结合典型应用案例分别介绍了热泵干燥技术、串联除湿热泵干燥技术、封闭式热泵干燥技术和工厂化热泵干燥技术，热泵干燥技术具有较好的经济社会效益，可推动节能环保烘干

装备技术与产业发展，碳排放量可以降低40%以上。

双良节能系统股份有限公司的高级工程师张长江在“溴化锂吸收式热泵机组在余热回收领域中的应用”的报告中，结合大同二电厂、国阳新能第三热电厂、大唐西固热电厂等多个典型应用案例介绍了不同类型的吸收式热泵机组实际应用效果，说明溴化锂吸收式热泵在余热回收领域具有较好的应用前景。

珠海格力电器股份有限公司的高级工程师张治平做了“压缩式热泵低碳技术及应用”的报告，对压缩式热泵低碳发展路径做了探讨，主要从技术驱动（拓展热泵应用）、低碳技术（提升热泵效率）、多能互补（降低化石能源使用）和温室气体减排四个方面做了详细的探讨，提出了要实现制冷空调行业低碳路径的四个主要方向是：拓展压缩式热泵的应用、提升核心部件效率、通过多能利用，降低一次能源使用量和推进环保冷媒替代，落实制冷产品冷媒回收。

最后，王如竹教授为这场专题论坛做了小结，指出热泵在碳中和背景下担当的重要角色，呼吁行业加快技术创新发展，为国家早日实现碳中和目标助力。

（5）专题23：制冷工程师论坛——低碳制冷空调产品和技术

由中国制冷学会工程能力评价工作委员会副主任、北京工业大学教授马国远和中国制冷学会工程能力评价工作委员会副主任、清华大学教授石文星共同主持的“制冷工程师论坛——低碳制冷空调产品和技术”专题研讨会于4月8日上午在上海新国际博览中心E3-M23会议室成功举行。

中国制冷学会资深工程师、青岛海尔智能技术研发有限公司总工程师、正高级工程师俞国新汇报了直流驱动空调的机遇和挑战。报告分为四个部分：直流空调开发的背景、直流空

调场景和用户需求分析、直流空调开发的技术挑战以及展望。根据相关文献的调研发现，直流空调电路效率提升1%~2%。直流空调与交流空调相比，并网运行节能25%，说明直流空调能够降低能耗。但是直流家电的产业化推广不足，家电用户的需求不强烈，后期应用于市场还需要政府给予政策支持。

中国制冷学会资深工程师、冰轮环境技术股份有限公司总工、研究员于志强的汇报主题是“低碳发展 智汇冷暖——冷热耦合系统技术助力实现碳中和目标”。本报告指出现在面临制冷排热的质量、数量不满足用热需求这一突出问题，如何将冷与热进行耦合是亟需解决的问题。于总工建议当制冷于用热不匹配，用热时制冷排热负荷不足时可以采用高温蓄热系统或者谷电蓄热装置。

大连冰山集团有限公司副总裁、CMO（首席营销官），华中科技大学及西安交通大学兼职教授，湖北省空调制冷行业协会会长，中国制冷学会首届资深工程师、副理事长，中国制冷空调协会副理事长丁杰以“碳达峰、碳中和背景下的产品和技术为题”作报告。报告以各国响应碳达峰、碳中和目标的行动纲领出发，探讨制冷行业各企业的社会责任，并从冷区制冷压缩机、冷区机组、热区节能类产品等角度出发，对行业研究目标提出指导性意见。介绍工业、商用、家用等领域用于降低碳排放的相关举措、创新技术，并对未来发展方向进行展望。

中国制冷学会资深工程师、美的集团家用空调创新中心主任、教授级供给工程师李金波汇报了碳中和战略下空调器碳排放评价的思考。

杭州三花微通道换热器有限公司副总经理、供给工程师高强分享了关于新型高效商用微通道换热器的报告。报告阐述了当下换热器应用大环境，由此说明了微通道换热器的优

势，并对三花微通道蒸发器采用的的创新性技术进行介绍。最后，报告对三花新型高效商用微通道换热器的技术原理、换热性能以及应用案例等内容进行汇报。

丹福斯（天津）有限公司总工、高级工程师姚丽报告了漩涡压缩机用电现状及发展展望。报告中介绍了电机研发的历史与趋势，引入两种新型材料的应用现状，对电机能效研究的建模与仿真技术、设计原理、集成方式以及当前的先进工艺等内容进行总结。

（6）专题34：“碳达峰、碳中和”背景下多联机技术发展论坛专题研讨会

4月8日下午，2021年中国制冷展“‘碳达峰、碳中和’背景下多联机技术发展论坛专题研讨会”在上海新国际博览中心E2-M17会议室成功召开。出席本次会议的有华中科技大学教授陈焕新、清华大学教授石文星、北京智信科技股份有限公司余艳芳、浙江大学建筑设计研究院研究有限公司第一建筑设计院副院长余俊祥、华建数创（上海）科技有限公司数据研究中心总监夏麟、珠海格力电器股份有限公司多联机开发科室主任&前沿应用技术研究室主任张仕强、南京天加环境科技有限公司技术支持经理丁超峰。会议由陈焕新和石文星两位教授主持。

本次会议主要在国家提出碳达峰以及碳中和要求的背景下，针对多联机发展应该采取哪些措施，在多联机的研究方面、设计方面、生产制造方面等进行相应的探讨和交流分享。会议共有六场专题报告。

会议开篇，清华大学建筑技术科学系石文星教授作了题为“低碳背景下多联机的技术发展方向浅析”的报告。他首先分析了多联机的产业现状，指出了多联机的发展动因、结构特征。随后结合低碳、零碳发展的要求，阐述了多联机发展路径的思考，最后对多联机的发展进行了总结——系统高效、应用高效、系统调

试、冷媒减量4个方向上推动多联机技术的发展。

余艳芳作了题为“多联机产业特点及发展趋势”的报告。她首先介绍了多联机产品的潜力优势以及自己的公司产品，接着对近两年多联机产品发展的特性做了相应的分析，最后她对未来多联机市场进行了一个简单的展望。

余俊祥副院长作了题为“水冷多联机系统的应用”的报告。他结合了三个实际工程对多联机进行分析，首先对水冷多联机系统的优势和劣势进行了总结分析。接着他分别阐述了“地源热泵和水冷多联机系统的耦合运用”和“数据中心余热和水冷多联机系统的耦合运用”两个主题，最后结合项目运行的数据，提出了自己对水冷多联机系统的应用的建议。

夏麟总监作了题为“基于数据挖掘方法的长江流域典型城市办公建筑低能耗限额设计技术路径探究”的报告。该报告首先介绍了国内公共建筑节能技术的路径，内容包括首先对节能政策的发展历程做了相应的介绍，其次从主动以及被动两个方面对技能技术的路径做了详细的介绍以及技能路径发生的变化。接着第二部分，对办公建筑低能耗限额设计技术路径进行了阐述。最后，他对长江流域典型城市办公建筑进行了节能方面的总结与分析。

张仕强高工作了题为“基于工程特性的高效多联机技术研究与应用”的报告。他首先向大家介绍了高效多联机的大背景以及多联机再实际工程应用中存在的问题，随后又结合典型工程介绍了其应用特性，接着针对上述应用特性又提出了相应的运行节能技术。最后对工程节能性技术发展做了简单的分析，提出了自己的看法。

天加技术支持经理丁超峰作了题为“新时代的中国低碳空调解决方案——GHP燃气热泵多联机”的报告。他首先简要的讲述了建筑空调低碳节能的技术路线。随后，结合了建筑空

调用能的现状提出“节电是空调系统实现减排的根本路径”并引出了GHP燃气热泵多联机。最后，从GHP多联机的低碳贡献、技术原理、应用场景及应用方案和应用案例及运营节能分析四大方面阐述了GHP燃气热泵多联机的优势。

2.2 热点技术专题

(1) 专题2：制冷压缩技术

本次研讨会主要介绍了近年来制冷压缩机及其机组在能效提升、减振降噪、工况拓展、智能控制、环保制冷剂应用等方面的技术进步和发展趋势，包括转子式、涡旋式、螺杆式和离心式等结构型式的压缩机，涵盖冷冻冷藏、空调、热泵、能源综合利用等领域。旨在通过开展学术讨论和技术交流，提高各类制冷压缩机的设计和应用水平，推动产品更新换代和行业科技进步。

其中，《滚动转子式压缩机技术发展趋势及研究重点》报告介绍了企业不断在滚动转子式压缩机领域积极探索核心技术以更好地实现节能、节材、环保的目标，以及探索在新领域新场景压缩机技术的运用。

《涡旋式制冷压缩机发展趋势浅析》报告对近年来涡旋式压缩机市场情况进行了分析，并指出2020年受疫情影响，商用空调领域投资萎缩，小型商用空调受到变频转子压缩机的替代，造成了涡旋式压缩机销量的下滑。报告还详细分析了涡旋式压缩机结构技术特点，解读了涡旋式压缩机应用拓展和未来发展趋势。

《冷冻冷藏螺杆压缩机能效提升技术》报告对制冷行业“碳中和”的思考、螺杆压缩机的优势、工作原理、企业螺杆压缩机发展历程、电机的选择与冷却、工况、效率等方面进行了分析并推荐了相关的系统节能技术。

《商用空调螺杆制冷压缩机的低碳新技术及应用》报告详细介绍了压缩机的高效设计新

理念，解读了永磁变频自适应变容积比螺杆制冷压缩机、宽负载高效永磁同步电机、液压驱动型容积比调节机构及自适应控制方法、近零间隙非金属高效转子Profile-GRE等螺杆制冷压缩机低碳新技术，分析了压缩机运行特性，探讨了新型高效螺杆式冷水机组 VS 磁悬浮离心机、模块化紧凑型多机并联螺杆式冷水机组的技术应用。

(2) 专题3：冷冻空调设备新标准专题技术报告会

本专题研讨会以冷冻空调设备标准化的最新进展为背景，详细介绍了2020年到2021年度最新的标准化动态，对多项国家标准的制定、修订内容进行了详细解读。

会上重点分享了TC238标准制定、修订进展情况；GB/T 18430.1修订进展；GB/T《装配式能源站》的背景、范围与定义、要求和评价方法等内容；GB/T《制冷试验装置能源利用监测评价方法》标准的制定思路，包括能源利用状况、节能监测检查和测试项目、节能监测要求和方法、能源综合利用评价指标和要求等标准关键要素的确定等。

与此同时，会上提出蒸发冷却设备作为一类高效冷却设备，广泛应用于数据中心，相关标准也需要适应新的需求，以指导设备高效有序的应用。报告指出，该领域一方面有大量成熟案例做支撑；另一方面有大量的数据中心建设急需标准的规范和指导，所以，计算机和数据处理机房用间接蒸发冷却空调机组标准的制定非常有必要。《计算机和数据处理机房用复合式间接蒸发冷却冷水机组》标准为首次制定，将充分纳入和反映当今新产品、新技术的成果，对计算机和数据处理机房用复合式蒸发冷却冷水机组的型式、型号和基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等进行了规定，为产品的设计、制造提供了统一的标准，以确保相关产品在实际使

用中的安全性、可靠性和有效性。

此外，会上还介绍了《露点间接蒸发冷却空调机组》和《露点间接蒸发冷却高温冷水机组》这两份标准的进展和内容。并对标准中露点效率、能效比、试验工况确认、制冷季节能效比（公建项目应用）和全年能效比（数据中心应用）5个创新内容进行了重点解析。

（3）专题5：绿色数据中心高效制冷应用发展论坛

随着数字化经济的不断增长，数据中心的能耗问题越来越受到业内人士的关注。本次展会上，由华中科技大学邵双全教授和中国电子学会副主任王娟共同主持了“绿色数据中心高效制冷应用发展论坛”，针对数据中心如何高效制冷问题进行了深入交流和探讨。

中国电子学会绿色数据中心专家工作委员会委员、教授级高级工程师吴晓辉所做的“数据中心行业发展趋势分析”报告从十四五规划角度对数据中心的相关政策进行了分析，对数据中心能源发展的趋势进行了预测。

科华数据股份有限公司数据中心热管理专家谢伟敏介绍了其公司模块化数据中心AI节能产品，该产品使用了UPS智能休眠技术、MPC控制技术和自主开发的AI能源管理专家系统，具有智能化调优、低PUE、低运营成本和保护环境等优势。

华中科技大学邵双全教授所做的“数据中心高效冷却技术现状与展望”报告从数据中心发展趋势、冷却技术的原理、数据中心和冷却技术的展望三个方面进行了介绍。

江森自控垂直行业应用工程师吴松华以“江森自控绿色智慧数据中心解决方案”为题，着重通过具体案例来讲解江森自控绿色智慧空调系统解决方案。报告人指出解决方案需要综合考虑安全性、可靠性、节能性、绿色环保等方面。最后介绍了磁悬浮技术在数据中心的应用。

澳蓝福建实业有限公司市场中心主任陈明标所做的“露点式间接蒸发技术在数据中心的应用”报告从原理和产品的角度分别介绍了其公司的露点式间接蒸发产品。澳蓝的产品采用交叉式露点间接蒸发芯体，由干通道和湿通道组成。新鲜的空气从干通道经过小孔穿到湿通道，在湿通道蒸发冷却，把干通道的温度降低，接近露点温度，。采用了该产品的数据机房PUE有望达到1.1。

丹佛斯（上海）投资有限公司业务拓展经理曲磊就“丹佛斯数据中心冷却及能源综合利用解决方法”主题进行了报告。丹佛斯公司从高效冷水带自然冷却系统、热回收及能源综合利用、高效综合配电系统、消防灭火四个方面提供降低数据中心PUE的解决方案。此外，丹佛斯提出了打破用能体系边界，实现多领域能源资源综合利用，发挥能效潜力，多方利用余热及可再生能源的新观点。

最后，美的暖通与楼宇水机产品公司研发中心总监骆名文对美的数据中心高效系统解决方案进行介绍。美的解决方法主要是利用了自主研发的离心机组和行业首创的新型末端-冰潜系列阵列空调，能够使制冷PUE低至1.008。

（4）专题6：换热器发展论坛

在换热器发展论坛上，制冷空调换热器技术联盟理事长丁国良教授致开幕词。换热器技术发展对推动行业节能减排可起到至关重要的作用。论坛组织了换热器产业链上的企业和研究机构参与，探讨换热器设计、制造与应用技术。

青岛海信日立制冷系统所所长张恒以多联机热泵空调系统为切入点，阐述了内外机强化换热对多联机系统的影响及设计不同点，并以实际机组阐述风场分布、内容积匹配、霜工况运转等技术问题，分析换热器对整机的综合影响。探究强化换热对多联机高效运行的方案可行性。

浙江盾安热工科技有限公司副总经理、教授级高级工程师魏文建分享了热泵空调机组换热器高效解决方案及案例，随着新型制冷剂应用提速，国内绿色高效行动方案和北美2023高能效标准的实施，对换热器换热效率和新制冷剂适用性提出了更高的要求。在此背景下，介绍了相关高效换热器技术解决方案，并分享了部分案例。

常州恒创热管理有限公司技术总监李刚同与会者讨论了应用与芯片散热的相变散热器研究与开发的相关问题，他认为，铝型材散热器是目前电子元件芯片最为基本的散热方式，但由于散热齿效率低，实际散热效果较差，而相变散热器具有超高的导热系数，作为一种高效的散热元件应用在电子元件上，散热性能好，应用前景广阔。

浙江英特科技股份有限公司技术开发部部长、高级工程师刘斌分析了降膜换热器的应用及发展趋势，他介绍了降膜换热器的优点，比较了几种常见壳管换热器的优缺点，随后介绍了降膜蒸发器在冷水机组相关领域的应用及案例，最后从性能、制冷剂充注量、可靠性、回油等几个方面分享了降膜换热器的优化设计。

上海交通大学助理研究员詹飞龙报告了“空调管路中冷媒流致噪音的机理研究”的相关内容。报告认为空调管路中制冷剂流致噪音是空调器噪音的主要来源，抑制制冷剂流致噪音需要掌握其产生机理。还介绍了空调管路中两相制冷剂流星变化特征、复杂相变机理及其对流致噪音影响，并提出了流致噪音的降噪思路。

Sunamp Ltd中国区业务经理李天悦介绍了冷暖领域中相变储能技术创新与低碳化的技术内容。相变储能技术可为间歇性的可再生能源提供清洁、高效且经济的冷热能储存解决方案。依托于稳定的材料和高效换热技术，相变储能可应用于多级热水和高响应的空间加热、

制冷等应用场景。

(5) 专题9：冷链物流产业发展论坛

本次论坛由华商国际工程有限公司王斌副总经理以及商务部全国农产品冷链流通监控平台项目组首席专家江波共同担任主席，立足于受疫情影响的世界大环境，以冷链物流行业面对新挑战、新机遇做出的技术创新为出发点，对冷链物流产业的发展的相关问题进行了探讨。

首先，江波对“后疫情时代，冷链产业的机遇与挑战”做出了报告。报告以具体事例深度剖析行业痛点、指出行业面临的困难与挑战；从2018—2019年我国进出口冷藏冷冻食品农产品海关关区数量、贸易总额等多方面对行业机遇进行分析，并对行业的发展提出了建议。

冷库冷冻产品大部分时间都储存在冷库中，为保证产品的质量，建设冷库需要精确的技术。华商国际工程有限公司的管佳佳就BIM技术在冷库规划、建设及运营阶段的综合应用以及CFD技术在数字化设计中的应用进行报告。报告指出智慧园区未来的发展趋势，采用BIM技术进行项目设计，将模型和数据与智慧平台进行对接可实现项目精细化、数据化的运维管理。

冷链运输不仅仅要考虑城市端的最后一公里，产地的物流建设也是全程冷链中非常重要的一部分。广东新供销天业冷链集团有限公司黄邦郁董事长对供销冷链物流骨干网建设情况进行了汇报。通过在大城市建设产品供应中心库、产地建设移动预冷与冷藏库，依托于冷冻仓及冷链骨干网建设，提出了多农产品供给端、数字供应链服务平台和多消费终端之间的“多对一对多”创新流通方式。

果蔬采后的高损坏率是影响产品质量及价格的重要因素，如何通过提高产品质量，突破销售时空限制是园艺产业迫切需要解决的问

题。华中农业大学园艺林学学院程运江院长以柑橘产业为例，对传统保鲜技术如何对接现代冷链物流进行了分析。报告介绍了柑橘采后主要的贮藏方式，指出柑橘在冷库贮藏中遇到的问题，对柑橘产业保鲜物流的现状进行了概括，最后提出柑橘产业对冷链物流的需求。

会议最后，山绿农产品股份有限公司孟宪良董事长以“深耕冷链物流，打造精品园区”为题进行汇报。报告中介绍了武汉冷链市场的基本情况，对武汉的冷库市场发展趋势做出了总结，同时也详细的汇报了山绿集团物流园区的生态物流建设及未来的发展与规划。

(6) 专题16：蒸发冷却新技术及其应用专题研讨会

本专题研讨会重点探讨了目前蒸发冷却相关创新技术及应用，旨在为交流蒸发冷却、制冷技术新进展，传播绿色节能设计理念，促进建筑节能事业的发展。

其中，《澳蓝蒸发湿帘技术创新及应用》报告介绍了多款抗菌，阻燃，高蒸发效率的湿帘产品，以满足降温、加湿、空气处理等高荷环境的不同需求。

《板管式间接蒸发冷却空调机组的应用与探讨》报告主要介绍了现阶段板管式间接蒸发冷却器的特点及其应用形式，并介绍了板管式间接蒸发冷却空调机组的研发过程、机组特点及应用情况。板管式间接蒸发冷却器，具有布水均匀，容易形成稳定水膜的优势，有利于蒸发冷却的进行。

《蒸发冷却风侧与水侧系统应用简析》报告结合风、水侧蒸发冷却技术原理与特点，从安全性、节能性、适用性等方面简析风、水侧蒸发冷却制冷方案适用性。

《新型自吸垢式蒸发冷凝器的研发》报告主要介绍了新型自吸垢式蒸发冷凝器的工作原理、主要特点、应用领域和运行模式，并通过设计吸垢装置、改进布水方式和气流组织提高

蒸发冷凝效率。

《未来蒸发冷却空调技术发展趋势》报告系统地介绍了目前蒸发冷却空调技术在我国的应用现状，分析了被动蒸发冷却技术和主动蒸发冷却空调的关键技术与设备，以数据中心蒸发冷却新技术应用为核心，从风侧、水侧、氟侧提出了未来蒸发冷却空调技术的发展趋势。

(7) 专题29：智能化家用空调技术论坛

2021年中国制冷展首次增加了家用制冷空调展区，旨在为更多优质的家用企业提供展示平台，助力中国家用制冷行业的发展。本专题研讨会采用展示和解说相结合的方式，让参展企业可以依托展品向观众更为详尽的展示其公司的先进技术。

格力公司介绍了其在除霜热舒适性方面的研究成果。在分析现有除霜技术以及除霜现象的基础上，创造性地提出了“并行分流热均衡除霜技术”。该技术与传统除霜技术相比，能提高除霜效率，缩短除霜时间，从而降低除霜时房间的温度波动，提升除霜时的人体舒适度。

海尔空调发布了健康睡眠空气场景和客厅场景。其健康睡眠空气场景以雷神者睡眠空调为基础，结合其他智能化产品，从声、光、体感等各方面为消费者提供优质的睡眠体验。并依靠其AI智家大脑，根据消费者的睡眠习惯进行自我调整，以满足不同人群的睡眠需求。客厅场景同样是以空调为基础，结合香薰等功能性产品，为用户提供听得到、闻得到的空气场景，让传统的空调风“活起来”。

美的空调则介绍了在家用多联机智能控制上的新突破。其开发的红外检测技术、语音识别技术、大数据分析技术让空调获得了多维感知功能，全方面的感知用户需求，让用户用得舒心。基于MD-uni-app平台打造的控制系统，实现全屋控制可视化，让传统的控制方式简单化，让用户用得省心。

(8)专题24：冷冻冷藏专题研讨会

本场会议由中国制冷学会冷藏冻结专业委员会秘书长尹从绪主持。

北京大学张信荣教授围绕碳中和这一主题，对制冷新技术及发展趋势作了报告。报告指出，化石燃料导致的碳排放占总碳排放的比例约为93%，单位GDP能耗高、能源结构差是中国实现碳中和最大的挑战。直接应用CO₂作为制冷剂是实现“碳中和”的有效方法。提高产品效能，推动制冷剂天然化和冷源自然化，利用太阳能、风能等可再生能源以及发展物联网与人工智能是减少碳排放的主要途径及未来的发展趋势。

传统冷库已经不能满足市场的需求，未来冷库将朝着安全、环保、智能的绿色冷库方向发展。江森自控楼宇设备科技（无锡）有限公司工业冷冻产品经理邹鹏对公司的新技术进行了汇报，介绍了江森自控开发的数字技术与专业领域知识结合的Open+Blue互联解决方案。对于天然制冷剂的应用，江森自控提出了由机房制冷机组、屋顶远程分布式冷凝模块、控制室的自动控制系统组成的LCCS冷库低充注氨系统解决方案，这套方案将大幅减少氨的充注量。

大连冰山集团工程有限公司周小强高级工程师以花椒为例，对特种调味品自动立体冷藏库系统集成技术进行了汇报。针对产品贮藏的特殊性，冷库系统集成成了全自动制冷、自动化仓储、本地控制与远程控制系统。该系统主动控制环境湿度、空气含氧量，自动转轨码垛机；该系统采用快速门与普通电动冷库门结合的方式，降低了进出货冷量损失，同时在稳定储藏期减少N₂损失。

冷冻冷藏行业在国民经济中占据重要战略地位，且每年仍保持较高的增长速度。冰轮环境技术股份有限公司任大伟高级工程师就“高效柔性连续冻结线智慧运营关键技术及应用前景”作了报告。连续冻结线智慧运营是指通过

研究冻结工艺及流程，研发隧道式连续冻结装置与智慧云平台融于一体的新技术，系统的核心在于全流程的人工智能算法管理，可实现连续式、非连续式等多种运行模式。报告中指出冻结工艺面临着数据缺乏、内部气流组织混乱、智能技术难以加载、系统能效提升困难等瓶颈问题。报告中还指出可以通过应用基础研究、核心部件开发、系统健康管理、系统智慧运行来解决上述瓶颈问题。

丹佛斯（上海）投资有限公司黄志华经理就“大型制冷系统蒸发器控制方案”进行了汇报。丹佛斯的分布式控制理念是为每个核心部件及末端都配备一个控制器。该公司采用EKE400控制器替代原先的PLC控制器。冷风机控制采用ICF阀组和EKE400控制器，便于通过MODBUS与主控制PLC集成。报告中针对氨和二氧化碳提出了基于负荷变化的控制方案，该方案根据负荷的情况动态调整过热设定值来对电子膨胀阀的开度进行调节，以提升直接膨胀蒸发器子系统的鲁棒性以及和制冷系统的匹配度。

开利冷冻CO₂应用经理王小林以CO₂可调节喷射技术为核心，对其在冷库中的应用进行报告。跨临界CO₂系统可调节喷射器将来自气冷器的高压气体和蒸发器的蒸汽进行预压缩降低压力后通向压缩机。报告以2022北京冬奥会中国国家速滑馆、芬兰大型配送中心为例，分享了CO₂跨临界制冷技术在实际工程中的应用。

(9) 专题26：第三届空气净化及新风产业技术论坛

新冠病毒的肆虐使得人们更加注重空气质量，对室内空气过滤与净化的要求越来越高。中国制冷空调工业协会洁净室技术分会副会长陈玲主持的第三届空气净化及新风产业技术论坛，组织了净化及新风产业链上的企业与科研院所参与，就建筑室内空气质量管控以及相关的净化技术进行了深入讨论。

同济大学林忠平教授做了题为“高效PTFE复合滤材/过滤器生命周期的性能优化”的报告，考虑到PTFE滤材效率高、阻力低但容尘量低的特点，通过使用玻纤、驻极体等高容尘量的材料替换上层PTFE滤料基材，研发了高效PTFE复合滤材，并从褶间距角度出发，优化了PTFE复合滤料过滤器生命周期的性能。

天津大学教授、博导，“室内空气环境质量控制”天津市重点实验室主任、天津市座舱空气革新性环境（CARE）国际合作研究基地主任、国际室内空气质量与气候学会会士（Fellow of Academy）、国际期刊Energy and Buildings副主编、“暖通空调”杂志编委刘俊杰以“中国特色住宅通风和空气净化技术”为题展开报告。报告结合国情，从居民通风和空气净化的习惯和效果入手，讨论通风与室内空气质量的关系，立足于室内净化方式的对比分析，对未来发展进行展望。

南京工业大学周斌副教授通过对洁净手术室医护人员行走过程的动态模拟研究了人员进门时对温差、压差耦合下室内环境的影响；通风系统运行时，人员行走对室内气流组织的影响；医护人员在手术过程中动态环境下对颗粒物的影响这三个问题，并分享了自己相关的研究成果。

南京天加环境科技有限公司高级经理徐来福宣传全效空气系统是天加结合其专业净化领域的优势和目前大健康时代用户需求而诞生的家用空调系统综合解决方案产品，针对恒温、恒静、恒湿、恒净、恒氧五个不同维度提出系统解决方案，全面展示温度、湿度、新鲜洁净度对于提升高品质家居生活的重要性。

贺氏（苏州）特殊材料有限公司肖轶群博士总结了三点后疫情时代中央空调洁净新要求：更小的气溶胶颗粒、更高的新风量、更高的气溶胶去除率，提出了为每一台空调末端带上“口罩”这一解决方案。针对组合式空调

箱和风机盘管回风口现有问题，分别推出了NanoWave XT波纹纳米材料和TECHNOSTAT摩擦静电材料。

上海市建筑科学研究院（集团）有限公司，教授级高级工程师，工学博士李景广针对建筑室内空气质量管控方法及应用效果问题做出报告。报告中对建筑室内空气质量管控研究目标进行介绍，并提出了针对不同污染物目标的控制思想，并通过管控方法在各示范工程中的应用情况验证了方法的有效性、合理性。

美埃（中国）环境净化有限公司工程师朱蕾在报告中指出将抗菌剂添加到过滤滤材中，能保护空气过滤系统不受微生物二次污染，有效将微生物拦截在过滤介质中并将其灭活。同时使用杀菌过滤介质的过滤器在消毒机、通风净化单元上得到了广泛的应用。

（10）专题27：疫苗冷链技术与设备

在新冠疫情的影响下，世界各国对于疫苗的研发一直保持高度关注。在疫苗的储存与运输问题中，制冷行业可以提供举足轻重的技术支持。4月8日，由上海理工大学胥义教授、刘宝林教授主持的《疫苗冷链技术与设备》专题研讨会邀请到冷链物流行业、生物制药行业的各位专家，聚焦制冷技术在疫苗研发领域的应用现状与发展前景进行深入浅出的汇报交流。

上海理工大学胥义教授作题为“疫苗冷链监控技术应用与发展”的专题报告。报告中对疫苗冷链的监控指标、保障疫苗冷链安全的重要意义进行了详细说明，并介绍疫苗冷链监控技术的相关应用现状，其中包括各类疫苗冷链数据采集技术、疫苗冷链数据传输技术以及冷链监控平台数据安全防护技术等，围绕疫苗冷链监控现存问题、未来发展前景展望进行深入探讨。

冰轮环境技术股份有限公司应用技术工程师朱晓德就“超低温疫苗冷链解决方案”主题进行报告。报告立足于具体工程实践案例，对

项目制冷设备、保温系统以及控制方案进行选取逻辑、运行策略进行详细介绍。

中家用（北京）检测认证有限公司所级副总监，高级工程师吴晓丽以“我国疫苗冷链产品标准现状及展望”为题，通过对国内疫苗冷链行业研究背景的深入介绍，分析我国疫苗冷链行业相关标准发展现状，并结合WHO标准，比较其异同，提出对我国疫苗冷链设备标准未来发展的展望。

丹佛斯（上海）投资有限公司业务发展经理，高级工程师杨杨作“全球新冠疫苗信息汇总及冷藏项目实例分析”专题报告。报告中囊括了新冠疫苗各个厂家储存要求及最新消息，并介绍了疫苗储存技术冷链落地的相关项目，以及典型的-70℃超低温疫苗储存方案、2-8℃接种地疫苗储存方案案例。

北京智信道科技股份有限公司总经理，质量工程师杨萍以“新冠疫情下中国医用冷柜发展分析”为题作专题报告。报告从相关行业研究背景出发，针对医用冷柜的行业规模、产品细分以及竞争格局进行详细介绍，并由此引出了疫苗冷柜的技术特点，对其效能进行分析，最后对相关定量预测方法进行说明。

合肥美的生物医疗有限公司技术总监任伟做“疫苗冷链行业的机会和挑战”专题报告。报告指出，疫情大环境下，疫苗冷链行业迫切需要提升可靠性、效率以及控制综合成本，并基于此问题提出了自复叠系统产品效率及可靠性提升方案，针对换热效率、冷媒效率提升，新型节流技术以及压缩机效率提升的技术原理进行详细介绍。同时，介绍了平台整合、智能化/数字化控制方案等技术具备的优势、现存的问题。最后对疫苗冷链行业棉铃的挑战进行高度总结。

冰山松洋生物科技（大连）有限公司研发部总经理，高级工程师刘发柱作“疫苗存储产品介绍”专题报告。报告详细介绍了冰山松洋

生物公司疫苗储存产品结构以及产品线，并结合相关应用场景对技术特点进行总结，着重对医用超低温保存箱产品优势、疫苗网解决方案进行说明。

上海理工大学刘宝林教授针对冷链技术在制药行业的发展应用概况，作“生物制品冷链”专题报告。报告以生物制品相关背景介绍为出发点，对当下疫苗冷链技术进行总结，并阐述我国生物制品冷链物流发展现状，对我国疫苗冷链管理概况进行介绍，最后总结性提出了对生物冷链行业发展的相关建议。

福建雪人股份有限公司市场总监陈炜以“超低温疫苗储运解决方案”为题，从制冷剂选择角度对疫苗冷链技术进行介绍。报告中分析了生物医疗低温储存市场，做出环保制冷剂应用及配套制冷系统的研发应用是大势所趋的发展判断。深入介绍了疫苗储运用超低温制冷设备的工作原理，并对无油气体膨胀制冷的超低温创新的技术基础及应用案例做出说明，最后给出了具有一定成熟度的医药疫苗冷库解决方案。

天津商业大学申江教授作“疫苗冷链设备的发展现状”专题报告。报告对蓄冷冰箱、液氮冰箱为代表的被动式疫苗冰箱原理及相关应用进行介绍，同时说明了各种动力驱动疫苗冰箱的技术现状。同时，对疫苗冷库相关技术成果及尚需攻关的难点进行说明，并在报告的最后详细介绍了疫苗的冷藏运输相关设备。

青岛海尔生物医疗股份有限公司自动化产业总经理，高级工程师任文广作“自动化低温生物样本库标准制定介绍及智慧疫苗冷链安全解决方案的探讨”专题报告。报告简要介绍了自动化低温生物样本库标准的立项背景，并阐述了下达的过程以及相关依据。结合自动化低温生物样本库的产品原理及应用案例，对标准的框架及主要内容进行说明。

中国科学技术大学赵刚教授针对“疫苗冷

链的信息化”问题进行报告。报告从国家政策对信息化发展的高度鼓励出发，对信息时代疫苗冷链行业发展的背景进行介绍，并提出了信息化管理疫苗冷链作业流程的基本框架及相应解决方案，以大数据、人工智能以及智能感知技术为基础，提出了万物互联、疫苗管家、智慧医疗思想助力疫苗冷链行业飞速发展。

会议的最后，宿迁市市场监督管理局邹媛媛以“疫苗冷链物流监管标准简介”为题作专题报告。报告中对国内法规体系中的强制标准、推荐标准以及技术指南等内容进行介绍，同时说明了国外各国各机构对疫苗冷链行业提出的相关要求以及各项评估标准。以标准作用于生产运输的案例为背景，阐述了监管部门推动各项行业在各项标准的约束下健康发展的过程，并对未来的发展趋势做出展望。

(11) 专题30：先进通风空调气流组织与高大空间环境保障专题研讨会

当下建筑的功能日趋复杂，室内气流组织以及气流分布受到了广泛关注。由重庆大学肖益民教授主持的专题研讨会邀请了五位专家学者对室内气流组织和环境保障问题进行了深入的交流。

重庆大学教授肖益民对地下工程的通风问题进行了报告。肖益民教授首先给出了本次报告中提及的深埋建筑的定义——位于土壤层以下的且不受地面的空气温度波动影响的地下建筑属于深埋建筑。随后，介绍了重庆沙坪坝地铁站、礼河鲁布革电站和金岭铁矿等案例的现场实测情况。此外，肖益民教授还介绍了课题组提出的基于“Z”传递函数法的通风隧道传热传质快速计算模型。该方法与现有的方法相比，无需反复计算岩体导热，岩体内的导热用一种高效的计算方法，便于计算岩土对空气的影响。报告最后指出，合理组织通风路径和准确确定流动阻力特性参数是深埋工程通风设计的关键点。

中治长天国际工程有限责任公司总经理、教授级高级工程师乐文毅以中国医学科学院肿瘤医院廊坊院区项目为例，对医疗建筑的通风空调系统设计进行了介绍。首先对项目情况进行了简要的介绍并对核医学科存在的主要危害因素进行了分析。接下来介绍了医院通风空调系统的划分、风量的确定、管线布置以及防护和冷热源的选择。在该项目中，通风管网按活性布置、核素分装来独立设置通风柜，排风设高效过滤器或活性炭过滤器，排风经吸附过滤后高空排放。最后介绍了质子中心的空调系统。该系统采用工艺性空调和舒适性空调相结合，通风系统采用工艺通风和常规通风相结合。

中国建筑设计研究院有限公司、教授级高级工程师郑坤围绕“典型高大空间建筑空调通风气流组织设计”主题分享了他的个人设计经验。此次报告从常见的气流组织形式及其评价、竖壁贴附射流设计实例，机器节能效果和冬季气流组织问题及其解决问题三个方面进行了介绍。在报告中详细介绍了竖壁贴附射流应用到北京新政府某会议室的工程实例，通过对工程实例进行CFD的性能化设计，最终确定了采用射流风速1.5 m/s的条缝竖壁贴附射流气流组织，相对于混合通风的气流组织，减少末端机组的供冷量约16%，同时宗送风量降至7500 m³/h，末端风机能耗降低约24%。

西安建筑科技大学博士后杨长青分享了题为“多热源厂房热压自然通风研究”的报告。本次报告从研究背景及意义、研究思路及问题、研究内容及结果和工业厂房热压通风设计四个方面进行了介绍。相对于民用及低热工业建筑，电解加工等高余热厂房建筑具有生产设备多、体量大等特点，生产过程中会产生大量散热，如果采用通风空调将耗费巨大能源。报告者通过对点热源羽流流动规律和热分层模式进行了研究，提出了点热源热分层高度计算

式，从而确定工业通风设计参数。

美的暖通与楼宇事业部先行研究工程师刘乃桐博士分享了室内空间的空调风道系统创新设计。通过对市场进行调研，发现现在的空调存在噪音大，风量不稳定和舒适性不佳的问题。为了解决上述问题，美的对换热器进行改造，采用了行业首创的“C”型换热器以及优化风轮与风道的设计以实现大风量、低噪音。美的还采用智能恒定风技术以解决风量不稳定问题和采用智慧面板技术与智慧眼来提高用户舒适性。

（12）专题33：压缩机应用专题研讨会——高效环保的压缩机技术

北京工业大学马国远教授作为会议主席致开幕词，他在致辞中提到：压缩机能效提升非常困难，如果因选型或使用不当，可能无法发挥压缩机的全部效能，因此针对压缩机如何正确选型以及合理使用就显得格外重要。专题研讨会邀请了主要压缩机生产厂商的技术负责人，讲解其新进开发的高效环保压缩机的特点、运行特性及应用示例，以帮助制冷工程师能够准确选型和合理使用这些压缩机。

上海海力电器有限公司高级研发经理张利介绍了双吸气单排气压缩机的应用背景，并在此基础上研发了双吸气双排气压缩机这一新型压缩机结构。通过合理设置油液分离器，解决了双吸气双排气支路回油的问题，模拟了双吸气双排气压缩机在空调热泵和采暖系统上的应用。

松下压缩机（大连）有限公司开发部本部副本部长、高级工程师郎贤明分享了喷气增焓技术、气阀技术、高效率集中式绕组稀土永磁变频电机技术等直流变频涡旋压缩机重点技术，并分享了该类型压缩机在商用空调市场和冷冻冷藏市场的应用。

冰轮环境技术股份有限公司设计经理、副高级工程师候丽艳首先介绍了自然工质的特点

及优势，随后从总体要求、压缩机、压力容器等角度分享了喷油开启螺杆压缩机（组）在采用自然工质工况下的设计注意事项，并分享了部分案例。

麦克维尔空调制冷（武汉）有限公司副主任工程师叶奎首先通过与传统空调压缩机的对比分享了磁悬浮压缩机技术原理。随后从磁悬浮轴承、永磁同步电机、无油设计这三个方面介绍了磁悬浮压缩机。最后介绍了磁悬浮离心机以及其他相关产品。

比泽尔制冷技术（中国）有限公司技术专家、工程师马松首先解读了欧洲的含氟气体法规，说明了目前制冷剂更新换代的紧迫感，随后介绍了亚临界CO₂复叠系统和跨临界CO₂双级增压系统，最后详细介绍了比泽尔面对这两种系统开发出的四款CO₂压缩机。

丹佛斯（天津）有限公司研发经理、高级工程师马麟列举了低温热泵涡旋压缩机的技术难点，并针对上述问题提出了相应的解决方案：喷液系统、湿喷系统、内置PTC排温保护——高排气温度；喷气增焓系统——制热量不足及制热效率低；专利吸气流道设计——压缩机液击；中间排气阀IDV设计——压缩机液击、制冷低压比工况性能低。

（13）专题35：高效机房建设与实践专题研讨会

4月8日下午，2021年中国制冷展“高效机房建设与实践专题研讨会”在上海新国际博览中心E2-M18会议室成功召开。出席本次会议的有中国建筑西南设计研究院有限公司院副总工程师杨玲、丹佛斯（上海）投资有限公司应用经理刘红绍、海尔中央空调研究院院长朱连富、重庆大学建筑环境与能源应用工程系系主任陈金华、国联江森自控绿色科技（无锡）有限公司总经理衡思泽、广东美控智慧建筑有限公司系统运维优化研究员高兵。会议由陈金华教授主持。

本次会议主要在国家提出碳达峰以及碳中和要求的背景下，针对空调冷热源机房节能及高效运行等问题，对我国新建和既有系统改造的高效机房建设、控制、运营等技术问题进行相应的探讨和交流分享。会议共有六场专题报告。

会议开篇，杨玲高工作了题为“基于系统整体节能的‘高效机房’思考与实践”的报告。她首先分析了“高效机房”的作用因素及构建原则，随后以成都天府国际机场能源中心为案例，阐述了以系统整体节能为出发点的“高效机房”实践，最后对该“高效机房”的实践进行总结和思考。

刘红绍经理作了题为“VXT1600超高效大容量磁悬浮无油压缩机技术及配套方案”的报告。他首先对传统的压缩与无油压缩机进行了分析比较，提出了丹佛斯无油压缩机给我们带来的价值提升；随后对丹佛斯VXT1600超高效大容量磁悬浮无油压缩机的技术进行了展开介绍，最后对该压缩机的应用进行了简介。

朱连富院长作了题为“高效制冷机房系统方案与实践”的报告。他首先讲述了当前制冷机房的能耗现状以及现有制冷机房存在高能耗的问题，进而对海尔全流程高效机房系统集成方案进行了简单介绍，最后通过烟台东方电子物联高效机房与福州凯悦店这两个案例分析了其高效机房系统集成方案的建设与实践情况。

陈金华教授作了题为“基于地源热泵的高效冷热源系统方案”的报告。他以重庆的某医院综合大楼为例，首先介绍了地源热泵系统一般的设计步骤并指出其设计中存在的不足。接着，他分享了该工程中地埋管换热器的优化、地埋管换热模型的建立以及模型验证、设计方案与其监控系统的设计方法。而后，他对该项目系统运行策略的优化进行了简单介绍。最后对该工程的运行情况进行了总结分析。

衡思泽高工作了题为“高能效集成式冷冻

站解决方案”的报告。他首先向大家介绍了高效机房的概念以及高效机房的常规做法。随后提出了高效机房的建设目标以及推广中可能存在的问题。接着他对国联江森高效机房的建设方法进行了介绍。最后分享了半导体行业高效机房的建设案例。

高兵总工作了题为“超高效智慧环控系统解决方案”的报告。他首先提出了轨道交通空调系统能效低的现象以及指出了轨道交通空调系统能效目标的影响因素。随后，他对美的系列化超高效智慧环控系统的解决方案进行了展开描述，其包括高效机房的解决方案、高效率设备的选型、节能控制策略和云端智慧运维等。最后对广州部分地铁站的应用案例进行了简单介绍

(14) 专题36：中国冷链物流创新成果及展望论坛

为了展示冷链物流产业创新成果、明确冷链物流产业发展方向，本次制冷展由浙江大学陈昆松教授与北京市农林科学院刘升研究员作为主席，举办“中国冷链物流创新成果及展望论坛”专题研讨会，邀请业内专家对进年内冷链物流行业完成的各项技术突破进行详细介绍。

浙江大学校长助理陈昆松教授以社会经济发展对科技需求的变化为出发点，对果蔬采后品质维持与冷链物流进行分析，市场对于果蔬的需求已经向着市场一体化、需求多样化、消费优质化转变。报告对果蔬采后品质的研究结果进行了概述，指出农产品物流的特殊性，同时陈教授也对果蔬冷链物流发展需要克服的任务进行了总结。

北京市农林科学院蔬菜研究中心刘升研究员对中国冷链物流的创新成果与展望作出了报告。报告对各高校、研究院单位在预冷技术、果蔬贮存保鲜技术等多方面的创新研究成果进行了汇报与总结，对全程冷链不断链技术体

系、全自动化立体冷库与中国冷链行业的创新发展做出了展望。

中国科学院植物研究所李博强研究员主要从产业背景与需求、主要进展与成果、未来研究的思考三个方面对果蔬产品在冷链物流中品质调控关键技术与集成应用进行了汇报。报告中指出果蔬产品采后失去商品价值所造成的经济损失高达数千亿元，李博强研究员详细的讲解了控制果蔬采后质量与品质的关键技术与装备开发，同时也从人才的培养、园艺产业内的有机融合与理论、技术和产业的紧密结合三个层面对未来研究的方向展开了思考。

中国科学院理化技术研究所田长青研究员就预制调理食品制造关键技术与新产品研究及新型速冻技术装备开发情况进行了报告。报告对预制调理食品的背景做了介绍，梳理了现代食品加工及粮食储运技术与装备课题中亮点技术与成果，以智能化天然低温冷媒超低温快速冻结装备、低能耗智能化隧道式连续冻结速冻装备、单体式混合工质制冷快速冻结装备、自动化超声波辅助速冻装备为核心进行了详细的汇报。

北京大学工学院张信荣教授在碳中和背景下，围绕二氧化碳制冷及超级冷链理论研究现状对当前二氧化碳制冷技术进行深度剖析，提出了超级冷链的理念并与在场专家进行了深入的交流。报告从重构微观结构研究以及宏观评估与优化方法研究两个方面汇报了当前研究的进展，同时也介绍了以二氧化碳为代表的天然工质在碳中和背景下的其他应用。

中国科学院理化技术研究所杨鲁伟研究员以“果蔬采后品控配套新技术”为题，就十三五国家重点研发计划食品专项项目情况进行汇报。报告详细的介绍了果蔬无损快速检测技术、贮运保鲜新技术、基于流态冰技术的果蔬冷链装备体系。

(15) 专题37：冷藏运输技术与装备论坛

本次会议由同济大学藏建彬教授、上海海事大学章学来教授共同担任主席，聚焦冷藏运输产业相关发展，对冷链物流中的关键技术及装备进行报告。

中车石家庄车辆有限公司冷链项目童山虎副总经理讲述了冷链装备现状及存在的问题。介绍了蓄冷式智能冷链装备及系统解决方案，应用初芯A25保温箱 + MD1充冷站，实施前置充冷 + 无源释冷的形式，可实现公铁联运、公路干线批量运用、无源的全程冷链等。同时也提出了以“蓄冷—温控—储能”为核心的恒温恒湿库建设，移动冷库与固定冷库互为补充的柔性调节方案。

上海众萃物流有限公司黄宗荣董事长针对新冠疫情间的冷链物流情况展开思考并提出了相应的举措以应对突发事件。由于疫情的影响，社区物流配送需求量增加，激发了生鲜电商发展，冷链物流的运输问题亟需解决。目前冷链物流产业缺少相应的行业标准与监管制度，存在相应的检测标准缺失和区域覆盖不均衡的问题。为了解决这些问题，黄宗荣董事长提出搭建应急物流体系，针对性的培养相关专业技术人员等措施。

上海海事大学章学来教授就“蓄冷是疫苗冷链装备关键技术及其应用”作了报告。报告中指出目前疫苗的安全问题，介绍了常见的冷链运输装备及其应用的制冷方式，针对不同相变材料的性能及目前蓄冷式冷藏运输装备的重难点攻克方向进行了深度的探讨，最后对现在蓄冷式冷链装备的研究进展做出了总结。

天津立α舜保鲜科技有限公司吕维成总经理以气调技术为基点，作了气调保鲜冷链的汇报。吕维成总经理指出了目前全程冷链运输的现状与不足，并对气调保鲜技术、气调运输设备及全程气调保鲜冷链的应用情况进行了详细的介绍。

丹佛斯中国应用工程师刘东高级工程师从

冷藏车冷藏系统、驾驶室空调及电池冷却、制冷剂发展方向对丹佛斯冷藏车的集成方案进行汇报。冷藏车具有运行地域广、应用行业广、产品可靠性高的特点，但冷藏车冷藏系统压缩机易过热、过载，导致冷藏系统效率低甚至损坏压缩机。采用热力膨胀阀或电子膨胀阀取代传统的膨胀阀、液体旁通技术和回热系统可以达到降温、增加过冷的效果。目前针对新能源冷藏车驾驶室空调及电池冷却问题的解决方法一种是共用一个空调系统，另一种是可靠性更高的给电池增加单独的冷却系统。对于冷藏车制冷剂将向着更安全环保的R410A、CO₂发展。

开利运输冷冻（中国）产品市场部宋攻峰经理从行业市场角度对食品安全与冷链物流的现状进行报告。报告指出，每年全球食品浪费约1/3，其中63%是在运输过程中被浪费掉，源于冷链缺失的食品浪费占全球食品浪费的23%。冷链运输对于食品安全至关重要，当冷藏车温度与常温相比降低10℃时，细菌在15小时的繁殖量将减少75%。从宏观角度来看，中国现有的冷藏车在全球范围所占的比例要低于人口、GDP在全球所占的比例，冷链物流率（实际上用冷链运输货物占应用冷链运输货物的比例）也远低于发达国家，而货物损失率却是发达国家的数倍。

（16）专题40：热泵技术与应用发展

本次论坛由中国制冷空调工业协会热泵分会秘书长朱丰雷主持。首先，中国制冷空调工业协会名誉理事长樊高定先生进行致辞，他在致辞中提到：由于疫情的影响，整个经济出现了很大的问题，虽然各个国家在政见上存在着很多的分歧，但是在气候和环境问题上各个国家都有着共识，那就是保护环境。因此在用能上，各个国家都向着清洁能源方向发展，空气源热泵便是清洁能源。中国在煤改电政策推动下，热泵的应用得到了极大的推广，使得中国成为全球空气源热泵产量最大的国家。虽然中

国的市场潜力还有很大的挖掘空间，但是也有很多难处，主要体现在后续的配套跟不上这一点。这一点需要所有的热泵企业共同努力携手推动热泵行业的发展，才能让我们蓝天更蓝，水更清，山更绿。

中国科学院理化技术研究所张振涛研究员提出了通过对废热高效回收与增焓利用的技术能够降低工艺过程能耗，需要从源荷匹配、温度对口、增焓利用多角度综合考量解决低温与高温废热的利用问题，实现了能源的高效利用。并分享了从农产品干燥、污泥干化、蒸发浓缩结晶等工艺过程热泵技术的研究进展。合肥通用机电产品检测院有限公司制冷空调检测所于小林作了题为“热泵性能评价体系解读”的报告，他认为电动热泵将成为未来重要的供热热源，预计规模将达到25%。介绍了热泵产品的标准体系以及能效评价模型的演变过程，并提出气候分区将成为能效体系重要的完善方向。

广东纽恩泰新能源科技发展有限公司高级工程师王虎平以河北省赵县集中供暖改造项目为例，分享了空气源热泵在集中供暖方面的应用。介绍了将地暖和暖气片用户分离、二次换热改为一次直供、运行方式实现不停机降耗运行、模块自动调温设定、“跑冒滴漏”问题排查等一系列节能改造措施。

同方人工环境有限公司应用总工、高级工程师王青平介绍了高压比磁悬浮压缩机的特点，并在此基础上研发了适用于暖气片的磁悬浮高温水源热泵机组和磁悬浮直膨式空调机组，通过无油运行、高压压缩比、变频调节、智能控制、优化设计实现了机组节能高效运行，拓宽了磁悬浮压缩机的应用范围。

广东芬尼克兹节能设备有限公司国内营销副总监、制冷工程师陈志刚首先介绍了变频的优势与意义，随后分享了零下38℃超低温制热相关技术以及控制技术，最后分享了部分相关

案例。

江苏天舒电器有限公司副总经理曹卫华介绍了泳池除湿系统行业现状，指出泳池场馆能源消耗主要集中在淋浴热水、泳池恒温、泳池初加热、泳池除湿、泳池及场馆空间空调这五方面。认为目前行业需要去同质化，在满足客户需求的前提下，设计综合方案，减少初投资保证后期节能运行。

南京天加环境科技有限公司工程师胡用分享了智能户式空气源热泵的相关技术创新：通过将机组端和末端智能联控实现机组变水流量运行、自适应水温控制、变能需控制等一系列智能控制；通过制冷制热全工况喷气增焓专利技术实现能力提升；通过全变频技术实现能效节能。

2.3 国际交流合作

（1）专题1：冷链碳中和技术发展国际论坛（在线，同声传译）

2021年4月7日下午，由中国科学院理化技术研究所田长青研究员主持的冷链碳中和技术发展国际论坛以在线方式举行，论坛邀请到中国、日本、印度以及丹麦等地区制冷领域的专家，紧扣实现碳中和为发展目标的主题，对各类自然工质、设备等技术手段的应用现状以及发展前景进行深度探讨。

冰轮环境技术股份有限公司研发中心高级经理温辰阳博士以“自然工质助力冷链制冷系统碳中和进程”为题，通过碳中和概念的背景以及相关政策导向介绍、自然工质对碳中和进程的推动以及发展前景展望三个部分的汇报，表达了我国制冷行业对实现碳中和目标的决心，并阐述了相关技术进展。报告指出，作为影响碳排放的关键性因素之一，如何实现制冷剂领域相关的技术突破是当下很值得关注的问题。政策中也屡次强调了自然工质应当被重点研究应用以达成降低碳排放的目标。报告中详

细介绍了、等热门自然工质的相关特性以及应用案例，针对自然工质未来发展的主要趋势提出了“新常态、新消费、新循环、新技术”的理念。

随后，日本株式会社前川制作所钱振翼博士围绕“工业制冷和热泵应用中天然工质的使用”主题进行报告。报告认为当前全球环境问题日益加剧，工业技术中对环保、节能、安全的诉求始终是制冷领域实现技术突破的源动力，所以研发使用高效环保的新型制冷剂的任

务刻不容缓。钱振翼博士对目前主流天然工质的应用现状进行了介绍，并从6种天然工质的双层应用角度对制冷循环进行分析比较，对制冷系统的特点进行介绍。提出了具备易于获取、系统简单、安全环保特点的压缩空气制冷系统，并介绍了对应的应用案例。最后，介绍了创新制冷系统“unimo”、“SHRIS”的系统原理以及技术特点。

印度氨制冷协会前主席Anil D Gulanikar作题目为“天然工质和印度冷链产业——过去、现在和未来”的专题报告。报告中对印度冷链物流、工业制冷行业的发展历史进行了详细介绍，并提出了冷链行业当前面对的几大挑战以及未来的发展趋势。结合未来印度天然工质应用的相关设想，介绍了氨制冷在印度冷链行业的应用现状，并阐述了氨作为天然制冷剂环保、高效、易于开发应用的技术优势，详细剖析了印度氨制冷行业当前发展的强项和短板。报告最后Gulanikar主席介绍了印度氨制冷协会的相关学术成果和技术发展方向。

丹佛斯气候方案事业部公共及工业事务负责人、全球食品冷链联盟理事成员Torben Funder-Kristensen博士作题为“碳中和——全球食品冷链战略与现状分享”的专题报告。报告指出，真空压缩技术作为制冷行业可持续性发展的助推剂，具备长远的发展潜力。同时介绍了全球冷链战略（GFCCC）目标，以及与联合

国环境规划署（UNEP）共同倡议的冷链数据库的工作进程、未来目标，并提出了在疫情环境下GFCCC所面临的挑战与机遇，对比分析了疫苗冷链（VCC）与食品冷链（FCC）的异同，在报告的最后总结了二者如何互相促进、互惠共赢的指导思想。

开利商业冷冻公司Sacha Hellmann针对“跨临界二氧化碳系统改善的相关研究”作专题报告。CO₂作为新型高效制冷剂具备安全、环保、可持续的特点，目前技术相对成熟，应用较为广泛。报告中将CO₂与R-134a、R404系统对比分析，详细说明了跨临界二氧化碳系统的效能优势、技术优势，并介绍了跨临界二氧化碳系统的循环增强策略以及相关应用案例，分析了策略的合理性和有效性。

论坛最后由江森自控工业制冷全球工程总监Joseph Pillis先生针对“制冷行业碳中和发展的举措”相关问题进行总结报告。介绍了针对全球变暖问题加剧的现状，制冷行业积极响应蒙特利尔协定所制定的目标、采取的措施以及相关成就。提出了达成净零排放目标需要遵循的原则，简述了四种脱碳方案短期内需要达成的目标。随后提出了冷链行业旨在达成净零排放需要做出的技术突破，并介绍了目前以高效、环保为原则可选择的新型制冷工质以及相关应用案例。最后介绍了江森OpenBlue工业制冷互联控制系统的基本原理、应用案例以及技术优势。

(2) 专题12/22/28/33：臭氧气候工业圆桌会议系列活动

4月7日-9日，由联合国环境规划署（UNEP）、联合国开发计划署（UNDP）、生态环境部对外合作与交流中心（FECO）与中国制冷空调工业协会（CRAA）联合举办的第十届臭氧气候技术路演和工业圆桌会议系列活动在中国制冷展展馆隆重举行，多年来该活动已成为制冷展的一个固定特色单元，为保护臭氧

层、推动行业绿色发展起到了积极的作用。4月8日在E2-M19会议室正式举办圆桌会议主论坛暨十周年纪念活动。

生态环境部对外合作与交流中心主任周国梅在圆桌会议的开幕致辞中提到第86次多边基金执委会批准了我国制冷等6个消费行业修订的第二阶段HCFCs淘汰管理计划（HPMP）。修订后的行业计划规定了未来五年各行业的HCFCs履约目标。其中，工商制冷行业到2025年要实现HCFCs基线水平削减67.5%的目标，这意味着在不到5年的时间里，行业还将进一步淘汰HCFCs消费量超过1.5万吨，并将在2030年实现制造业消费量的完全淘汰，履约任务任重道远。同时，我国正在积极推进《基加利修正案》的批约进程。作为负责任的发展中国家，中国愿与国际社会一道，克服困难、积极作为，一如既往在履行公约和保护臭氧层方面做出努力。

联合国环境规划署法律司臭氧行动负责人James S. Curlin先生提到为了人类自己的生命和健康，为了地球的未来，UNEP继续热忱地与所有利益相关方合作，以促进全球，特别是在发展中国家推动对臭氧气候友好产品的使用。我们期待着与制冷行业、各个国家气候和环境主管部门以及各级区域的标准/安全主管部门进行更多的合作。

联合国开发计划署驻华代表Beate Trankman女士提到保护臭氧层工作和实现中国政府的2030年碳达峰、2060年中和的目标紧密联系。制冷行业更是大有作为，在使用低GWP值的替代物质和提高设备的能效方面尤其如此。本次路演，将主要集中在新技术的展示，特别是零ODP和低GWP技术，包括自然工质，如二氧化碳，氨，碳氢，以及R32技术的应用和发展。此外，本次论坛还将探讨在替代过程中存在的问题。

生态环境部大气环境司四级调研员杨倩主

要和大家交流了蒙约履约未来目标和管理制度、替代技术提升和防范履约风险三个方面内容，希望能够帮助企业在法律的框架内，明确目标和规则，充分发挥出市场活力，实现经济效益与环境效益的双赢。严格履行国际环境公约的义务是我们的责任，希望行业企业立足长远发展，加大替代技术的研发和相关产品的市场化力度，在提升企业效率和竞争力的同时，为全球环境贡献中国智慧和方案。

中国制冷空调工业协会副理事长兼秘书长张朝晖介绍了路演和圆桌会议十年来取得的成绩。十年来，累计举办30多场次专题会议，共邀请国内外发言嘉宾280多人次，线上线下观众参与人数达数十万之众；并且通过会议交流、展览推广和对臭氧气候友好产品、技术和成功经验的大力宣传，并有效推动了行业履约工作的发展。

十年来，通过会议交流、路演展示推广和宣传臭氧气候友好产品、技术和成功经验，充分展示了国家和行业履行《蒙特利尔议定书》所取得的众多成果，为行业和国家履约目标的如期达成做出了可见的贡献，也让全球行业国际社会共同见证了中国制冷空调行业保护臭氧层履行《蒙特利尔议定书》的负责任态度和行动。

本次会议还举办了空调及热泵论坛、冷链及压缩机论坛、维修良好操作论坛等多个专题论坛，系列活动采用线上线下同步直播的方式开展，广泛邀请了政府、国际机构，行业组织、研究院、高校和相关企业代表参加。

(3) 专题14：供热空调的低碳方案国际论坛（在线，同声传译）

由清华大学建筑学院建筑技术科学系主任，国际制冷学会E1委员会主席李先庭教授主持的供热空调的低碳方案国际论坛于2021年4月8日上午举行。会议针对供热领域的工质、设备等技术成果以及发展前景，邀请到各国供热行

业的5位专家进行报告。

英国星星制冷有限公司总经理、英国标准协会制冷安全委员会主席Andy Pearson博士以“欧洲使用天然工质的区域供热热泵经验”为题展开专题报告。报告中首先对热泵供热原理、天然工质研究现状进行了简要阐述，并由此引出了区域供热领域面对的全新机遇，对相关技术应用案例进行详细介绍。最后，提出了对未来30年供热行业所面临的挑战、需要克服的问题，并以此为基础指出了行业发展的相关趋势。

清华大学建筑学院建筑技术科学系主任，国际制冷学会E1委员会主席李先庭教授在会议上作“自然能源用于供热空调的技术方案和节能潜力”专题报告。报告介绍了自然能源在供热空调中应用的相关背景及政策方针，并提出了一种创新性的自然能源节能潜力评估方法：Revised Degree Hours (RDH)，随后对该方法的应用案例进行介绍。在报告的最后，以乌鲁木齐为案例，通过甄选数据、TRNSYS建模、数据分析三个步骤，对比了不同气候区域下的能耗表现与节能潜力评估结果，说明了方法的合理性、有效性。

清华大学建筑环境与设备研究所副所长刘晓华教授以“迈向碳中和的高温供冷低温供热营造系统”为题主题报告。报告中对世界碳中和目标下的供热、供冷系统研究背景进行介绍，并说明了随着技术的发展，供热、供冷系统营造的诉求也随之发生了转变。随后，提出了温湿度独立控制系统以及一种对应的新型的液体干燥剂，通过数据分析、案例展示说明了系统的有效性。

日本冷冻空调学会前主席、日本国防大学Noboru Kagawa教授以“日本制冷剂和暖通空调系统最新发展趋势”为题，概括性分析了日本高效制冷剂领域未来的发展方针。报告指出，全球变暖一直是各国各行业在发展中重点关注

的问题，制冷排放作为影响环境的重要因素，迫切需要完成技术创新。针对排放问题的巴黎协定、基加利修正案为行业技术发展制定了明确目标，为了积极响应国际呼吁，日本国内也制定了排放相关的法律法规。随后，Noboru Kagawa教授对目前低全球升温潜能值（GWP）的各种制冷工质进行对比分析，重点阐述了以工质的制冷循环特点，并在报告的最后介绍了制冷剂管理的相关技术。

会议最后，意大利帕多瓦大学，国际制冷学会E区主席Renato Lazzarin教授作“空调中的可再生能源技术：最新发展和观点”专题报告。报告指出，建筑制冷、供热能耗在建筑总能耗中占到相当大的比例，其中制冷能耗近年来增长尤为显著。关于建筑节能，需要从主动式、被动式两个角度进行研究。报告中针对被动式节能技术、主动式节能技术分别展开介绍，并着重介绍了由可再生能源系统驱动的主动式节能成果。

3. 技术交流会

本次制冷展共筹办技术交流会38场，内容包含针对制冷设备创新技术、新型制冷剂开发应用、能源智慧化管理以及空调行业未来发展方向等领域的深度探讨，各类学会活动以及科技竞赛开幕式、颁奖典礼等。

1) 展会前一天（4月6日）

4月6日上午，中国制冷展组委会、中国制冷学会、复盛实业（上海）有限公司于丽昂豪生酒店三楼宴会厅C共同筹办了《绿色高效压缩机技术在冷链设施中的应用》交流会议。

中国制冷学会举办了《轻商制冷设备关键部件的技术发展及应用状况》以及《完善绿色商用制冷体系，助力行业健康高效发展》培训大会。

2) 展会第一天（4月7日）

中国制冷空调工业协会承办的《第十五届

中国制冷空调行业大学生科技竞赛启动仪式暨新闻发布会》于4月7日上午在上海新国际博览中心（以下简称展馆）W1-M1会议室举行。

4月7日下午，松下冷机系统（大连）有限公司在展馆E1-M13会议室临界二氧化碳影射制冷及制热技术的综合应用、冷链物流产品创新及技术应用以及冰雪场馆冷热能源综合利用解决方案等问题进行汇报交流。

丹佛斯（上海）投资有限公司举办了《2021丹佛斯绿色能效论坛》，在展馆会议室E2-M20《智慧家庭采暖解决方案》、《空调水系统末端的供需匹配》两个方面进行了报告，并于展馆E2-M20会议室开展以《数据中心风冷技术发展趋势》以及《精密空调新趋势丹佛斯应对方案详解》为题的数据中心主题论坛，与此同时，针对工业制冷问题，题为《速冻设备蒸发温度控制方案分享》、《复杂工况及超低温制冷系统的绿色解决方案》以及《大型制冷控制系统节能解决方案》的报告会议于展馆E2-M20会议室举行。

江森自控于会场展馆E1-M12为《Open Blue-江森自控约克创新低碳解决方案》的技术交流会议，同一时间，江森自控日立万宝压缩机（广州）有限公司筹办的《直流变频模块机与热泵的压缩机整体解决方案》技术交流会议在展馆E1-M11会议室进行。

上海汉钟精机股份有限公司在展馆E2-M14会议室对中央空调用压缩机及节能应用解决方案、冷库用压缩机选型及节能应用方案、新一代开启式压缩机RG II系列产品以及低温空气源热泵用压缩机解决方案进行介绍。

前川迈坤国际贸易（上海）有限公司举办的《面向肉鸡和肉类加工厂的综合技术》交流会在会场展馆E2-M20举办。青岛好品海智信息技术有限公司携手中国制冷空调工业协会于会场展馆E5-M28会议室举办《1+X制冷空调系统安装与维修职业技能等级证书工作说明会》。

同一时间，妥思空调设备（苏州）有限公司以《前沿设计·精工制造·极致舒适》、《室内舒适环境——妥思的艺术解决方案》为题，在展馆W4-M7会议室举行技术交流会。

路伟换热器（天门）有限公司举办的《冷风机应用技术交流会》在展馆E3-M21会议室举行。（美国）空调供暖和制冷工业协会于展馆W4-M6会议室筹办《AHRI关于组合式空调和风机盘管产品标准和认证技术研讨会》。中国制冷学会于展馆E2-M19举办《中国制冷学会工程能力评价工作委员会换届大会暨2020年资深工程师颁证仪式》。

最后，珠海格力电器股份有限公司于展馆W2-M19举办了《“新基建”暖通系统解决方案的实践创新》交流会议。

3) 展会第二天（4月8日）

展会第二天，中国制冷展组委会携手中国制冷学会、《暖通空调》杂志社共同筹办暖通空调行业用户观摩团技术交流会，会议于4月8日上午在上海福朋喜来登由由酒店宴会厅举行，同时，中国制冷展组委会与中国勘察设计协会建筑环境与能源应用分会合作举办的全国设计院总工团技术交流会于上海丽昂豪生酒店三层豪生厅A+B段进行。

双良节能系统股份有限公司于展馆W4-M6会议室举办《双良综合能源服务》技术交流会。中国制冷学会开办的《中国制冷学会车辆热管理工作委员会成立大会》于展馆E1-M13会议室举行，并在同一时间于展馆E1-M16会议室举办《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告2020》发布会、《数据中心用磁悬浮压缩机及制冷机组白皮书》发布会——暨数据中心冷却节能技术论坛。中国制冷学会于展馆E1-M15会议室举办《2020年CAR-ASHRAE学生设计竞赛颁奖礼》，并在4月8日下午于展馆W4-M6举行《2020年度中国制冷行业发展分析报告》发布会。

中国制冷空调协会与中国锻压协会共同筹办的《中国制冷、暖通金属成形技术论坛》于展馆会场W2-M3举行。比泽尔制冷技术（中国）有限公司举办的《发现之旅——大冷量CO₂压缩机引领行业发展新趋势》主题交流会在4月8日上午于展馆会场E3-M22举行。与此同时，贺氏（苏州）特殊材料有限公司于展馆W5-M8会议室举办题为《后疫情时代、中央空调系统末端空气净化新趋势》的交流会议。

丹佛斯（上海）投资有限公司举办的2021丹佛斯绿色能效系列论坛紧接会议第二天的进程，于展馆E2-M20会议室举办以《复合式热泵烘干系统设计与应用》、《极寒环境中的热泵采暖系统》以及《丹佛斯低环温供暖集成解决》为题，针对热泵采暖与烘干主题的技术交流会议，并在4月8日下午于展馆E2-M20举办围绕绿色供暖主题的《智慧家庭采暖解决方案》、《空调水系统末端的供需匹配》技术交流会议，随后，丹佛斯（上海）投资有限公司于展馆E2-M20会议室新开设了《2021丹佛斯创新磁悬浮论坛》，围绕磁悬浮在工业电子电路行业的应用、超高效磁悬浮空调机房解决方案等主题进行交流汇报，会议的最后，于同一场馆内举行了《2021丹佛斯冷冻合作论坛》。

松下制冷（大连）有限公司于4月8日下午在展馆E1-M12会议室举办《GHP燃气热泵应用与分析》、《溴化锂吸收式工业余热利用》技术交流会议。

上海交通大学、上海制冷学会联合举办的《2021年夏安世教育基金会奖学金颁奖典礼暨上海市制冷学会成立40周年庆启动仪式》于展馆E3-M23会议室进行。

中国质量认证中心与建科环能科技有限公司共同筹办的《空气源热泵供暖与烘干发展论坛》于展馆W4-M7会议室进行。

烟台市奥威制冷设备有限公司以《CO₂载冷机组产品技术交流》、《智能箱式速冻机产品

技术交流》为题，于展馆E1-M11会议室举办交流会议。同一时间，上海艾泊斯净化科技有限公司的新品发布会于展馆E1-M13会议室举行。

4) 展会第三天（4月9日）

展会第三天，中国空气净化行业联盟于展馆W4-M7会议室举办了《2021年中国空气净化行业联盟年会》。

下面对部分技术交流会的内容进行简要介绍。

（1）第十五届中国制冷空调行业大学生科技竞赛启动仪式暨新闻发布会

中国制冷空调行业大学生科技竞赛是面向大学生和研究生的群众性、公益性科技活动，目的在于推动高校能源动力类、建筑环境与能源应用工程类学科面向21世纪课程体系和内容的创新改革，协助高等学校实施素质教育，吸引广大青年学生踊跃参加课外科技活动，培养学生的创新能力和工程实践素质，为优秀人才的脱颖而出创造条件。



图3.1 中国制冷空调行业大学生科技竞赛主办方、承办方合影

（2）中国制冷学会工程能力评价工作委员会换届大会暨2020年度资深工程师颁证仪式

4月7日下午，在上海新国际博览中心E2-M19会议室举办中国制冷学会工程能力评价工作委员会换届大会，学会赵全华主任主持了会议。中国制冷学会理事长江亿院士致开幕词，中国制冷学会特邀副理事长、上届工程能

力评价工作委员会主任委员孟庆国教授做了上届专业水平评价工作报告，并对新一届委员会提出了要求：新一届工程能力评价工作委员会应按照中国科协工程技术人才评价要求，明确了我国制冷空调行业工程能力评价的努力方向，为进一步加强行业服务意识，做好工程师水平评价、继续教育和培训工作提供了基础性保障。

会上，江亿理事长等领导对上一届优秀委员进行了表彰，并为当选新一届主任委员、副主任委员、委员和顾问委员颁发了聘书。

在换届大会后，举行了中国制冷学会2020年度资深工程师颁证仪式，江亿理事长、孟庆国特邀副理事长为新晋升的两位资深工程师——美的集团广东美的制冷设备有限公司总裁助理兼研发总监邱向伟、以及中粮集团华商国际工程有限公司制冷专业总工程师马进颁发了证书。工程能力评价工作委员会副主任委员石文星教授主持了颁证仪式。



图3.2 资深工程师颁证仪式

“中国制冷学会资深工程师报告会”一直是资深工程师颁证仪式后的重要环节，在该环节请当年新晋的资深工程师和尚未做报告的资深工程师，以讲故事的方式，向听众分享他们对参政议政、行业发展、企业创新、国际视野、人才培养、职业生涯方面的成果、经验和体会，深受听众欢迎，他们的故事一直激励着年轻工程师进步和发展。

在本次资深工程师报告会，2020年度资深

工程师邱向伟做了“需求驱动：技术创新的源泉”的报告，因去年抗疫战斗在冷链物流第一线未能在2020年资深工程师报告会上为大家分享他们的故事的两位2019年度资深工程师唐俊杰、王志强，在本次会上做了报告。全国政协委员、北京首农食品集团有限公司知联会会长、北京制冷学会理事长、北京二商健力食品科技有限公司董事长唐俊杰，教授级高工做了“参政议政：架设行业与政府的桥梁”的报告，福建雪人股份有限公司副总经理、总工程师王志强教授级高工做了“天然工质在冷冻冷藏中的应用”的报告，从不同侧面反映了两位资深工程师为行业做出的贡献和今后的努力方向。马进总工因他负责的国家速滑馆举办冬奥前的测试赛，需要现场保障，故未能参加资深工程师报告会，我们等到他明天精彩的报告。

(3) 《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告2020》发布会、《数据中心用磁悬浮压缩机及制冷机组白皮书》发布会暨数据中心冷却节能技术论坛

《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告2020》发布会、《数据中心用磁悬浮压缩机及制冷机组白皮书》发布会在4月8日上午如期展开，由贵州绿云科技有限公司实施的“上海青浦腾讯数据中心103机房”等项目被《中国数据中心冷却技术年度发展研究报告2020》、

《数据中心用磁悬浮压缩机及制冷机组白皮书》收录为典型案例。



图3.3 江亿院士在发布会上致辞



图3.4 华中科技大学陈焕新教授在论坛上作报告

(4) 2020年CAR-ASHRAE学生设计竞赛颁奖礼



图3.5 颁奖仪式到场嘉宾合影



图3.6 颁奖嘉宾为参赛选手颁发获奖证书

4月8日上午，竞赛颁奖典礼在上海新国际博览中心的成功举行，标志着2020年CAR-ASHRAE学生设计竞赛正式落下帷幕。中国工程院院士、中国制冷学会理事长、清华大学教授江亿院士，竞赛评审委员会主席、北京建筑设计研究院顾问总工吴德绳教授级高级工程

师，教育部高等学校建筑环境与能源应用工程专业教学指导分委员会主任、清华大学朱颖心教授，教育部高等学校建筑环境与能源应用工程专业教学指导分委员会副主任、天津大学张欢教授，竞赛组委会秘书长、建环教指委秘书长、全国建环专业评估委员会主任、清华大学李先庭教授，以及江森自控副总裁兼中国区总经理朱永焕先生等嘉宾出席了此次颁奖典礼。

(5) 2021年夏安世教育基金会奖学金颁奖典礼暨上海市制冷学会成立40周年庆启动仪式

在4月8日举行的上海市制冷学会成立40周年庆典启动仪式上，学会秘书长黄永华介绍了来自中国制冷学会、中国制冷空调工业协会、华东区省级制冷学会的领导，上海市制冷学会的领导和老专家代表，学会团体会员的企业代表等约40人。上海市制冷学会理事长张旭教授致欢迎辞，并邀请中国制冷学会特邀副理事长孟庆国、监事长金嘉玮、中国制冷空调工业协会副理事长兼秘书长张朝晖、共同发布了“上海市制冷学会四十周年庆logo”。老专家代表蒋能照先生讲述了学会成立之初的小故事，会上还播放短片，回顾历史，致敬前辈。制冷学界专家学者和知名高校师生近百人参会。

4月8日同期举行夏安世奖学金教金——三花奖颁奖典礼，来自全国知名院校共计1名教师、4名研究生和12名本科生分别荣获“杰出教授奖”和“优秀学生奖”。



图3.7 上海制冷学会40周年庆典



图3.8 颁奖嘉宾为获奖教授颁奖

上海交通大学制冷与低温工程研究所所长、夏安世教育基金会理事长王如竹介绍了夏安世奖学金教金创立及发展的历程，上海交通大学机械与动力工程学院副院长王丽伟教授发表重要讲话，杰出教授获奖者清华大学建筑学院副院长林波荣教授作《绿色建筑环境营造和性能提升若干探索》的学术报告，三花控股集团有限公司石松先生发表三花集团发展理念的演讲，祁照岗博士作《电动汽车市场发展及三花热管理技术的创新产品》的制冷行业应用前沿报告。

上海市制冷学会理事长张旭，教育部建筑环境与能源应用工程教学指导分委员会主任、清华大学朱颖心教授、上海交通大学制冷与低温工程研究所丁国良教授、副所长黄永华、副所长林文胜，上海市冷冻空调行业协会副秘书长龚青伟，三花控股集团的高管以及制冷学界专家学者和知名高校师生近百人参会。夏安世教授女儿夏仰玲女士出席了颁奖典礼。

四、技术特点

(清华大学 博士生于天婵、王文涛, 石文星教授)

得益于我国对新冠肺炎疫情的良好管控, 本届展会规模较去年有明显增大, 甚至比往届展会的规模更大, 其具有鲜明的特色。展会以“强基固本, 质量优先, 内外协同, 低碳发展”为主题, 在疫情防控常态化、“碳达峰”和“碳中和”的大背景下, 追求高质量发展, 注重节能减排。

从组委会组织的主题论坛、专题研讨、产品技术展示和技术交流内容, 可以看出本届展会的总体技术特点。

1. 引领绿色高质, 助力低碳转型

本届展会紧密围绕“强基固本, 质量优先, 内外协同, 低碳发展”的展会主题, 强调绿色、高效的产品创新。展会展品紧密结合时代趋势, 新系统、新技术、新设备都融入了节能高效、绿色环保和创新发展理念, 助力“碳达峰、碳中和”战略下的低碳能源转型。

提高产品效率减少化石能源消耗与环保制冷剂替代是制冷空调行业实现碳中和的两条基本路径。低碳背景下, 磁悬浮技术大力发展, 压缩机变容量调节技术逐渐普及, 格力、美的、天加、雪人、约克、麦克维尔等各大企业均展出了其自主研发的磁悬浮变频冷水机组, 产品能效大大提高; 同时, 各类压比适应的变频等变容量压缩机产品涌现, 超低温热泵技术持续发展, 相关企业提出双缸变频、三缸变频、双级压缩等多种低温热泵系统方案, 实现了热泵机组在低温制热和高温制冷工况下的稳定运行, 扩大了空气源热泵的运行范围和运行性能。

制冷剂替代是近年持续升温的热点话题, 2021年是中国加入《蒙特利尔议定书》30周年, 也是制冷空调行业实施履约行动30周年,

值此之际, 由联合国环境规划署 (UNEP)、联合国开发计划署 (UNDP)、生态环境部环境保护对外合作中心 (FECO)、中国制冷空调工业协会 (CRAA) 联合举办的第10届臭氧气候技术路演和工业圆桌会议, 作为中国制冷展多年的固定特色单元, 是对保护臭氧层、推动行业绿色发展起到积极推进作用的全球性交流活动, 为中国乃至全球制冷空调行业ODS淘汰任务目标的达成作出了不可或缺贡献。在展品方面, 各类创新环保型自然工质制冷、润滑产品涌现, 除传统的R22、R410A、R134a等工质外, 本届展会出现了相当数量的具有环保优势的替代制冷剂, 特别是针对R22、R410A的替代工质。在“碳中和”的战略背景下, 制冷剂等非二氧化碳温室气体的减排问题也至关重要, 因此, 发展低GWP、零ODP的环保制冷剂和天然制冷剂是制冷空调行业发展的必然选择。然而, 制冷剂将直接影响蒸气压缩制冷热泵设备的性能, 注重环保的同时寻求高效热力性能制冷剂也成为了业界的共同挑战与奋斗目标。

2. 强化冷链安全, 保障医疗卫生

在后疫情时代, 冷链物流安全与防疫医疗设施是本届制冷展关注的热点。当前, 虽然我国疫情防控效果良好, 但国外疫情形势仍旧严峻, 2020年北京、大连等城市的局部疫情爆发事件, 强调了冷链物流安全的重要性, 冷链物流行业面临新挑战、新机遇, 冷链食品外包装消毒杀菌技术等创新技术产品受到大量关注; 随着疫情控制和疫苗研发, 我国目前大范围推行疫苗接种政策, 为实现群体免疫, 疫苗接种数量庞大, 疫苗冷库等医疗设备技术是保证该政策推行的基础; 另外, 核酸检测与医院隔离区等医疗区域的空气消毒净化是保证医疗卫生的关键, 本次展会中涌现了一系列洁净空调设备与系统, 为防疫医疗安全提供保障。

冷链是保障食品和药品安全的重要通路,

本次展会中，冷链各个环节的设备、系统均注重产品节能高效、绿色环保、智能优化。众多企业致力冷冻冷藏技术创新，推出多种用于冷冻食品加工与食品冷冻冷藏的新型冷链设备，例如冰轮环境IFST-智能立体冻结隧道、冰山HSMF红水预冷系统、江森自控超低充注集中式制冷系统。

在低碳背景下，本次展会多家展商推出了采用天然制冷剂CO₂的冷链设备，包括冰轮跨CO₂临界冷热双效机组、神舟制冷二氧化碳跨临界机组等。开利06 V变频跨临界CO₂压缩机、比泽尔ECOLINE跨临界CO₂压缩机、科普SLVE18CN-R290活塞式变频压缩机、汉钟精机RGII-200开启式螺杆压缩机等针对于冷链的高效压缩机产品也大量涌现。在全球疫情形式下，行业聚焦疫苗运输、冷链消毒杀菌、医疗卫生领域，企业加强相关产品研发，本届展会上展示了格力GTR系列新能源运输制冷机组与移动式核酸检测车、海信疫苗接种门诊数字化冷链解决方案、格力医用阴凉库专用空调、格力医用疫苗冷库制冷机组、冰山松洋低温冰箱，海信低温冰箱等应用与生物医药领域产品，以及冰轮自动化消毒装备、松下空气消毒净化机组等新型高效消毒净化设备，从制冷空调领域角度出发，保障食品、医药质量，助力公共卫生安全。

组委会组织的专题研讨会和技术交流会也充分涉及了冷链物流、冷冻冷藏与疫苗冷链设备及系统，制冷空调、冷链物流、生物制药等相关行业专家针对冷链物流产业技术发展、制冷技术在疫苗领域的应用、高效环保冷库设计等问题和相关技术进行了深入交流探讨。在本届展会中，召开了“冷链碳中和技术发展国际论坛”、“冷链物流产业发展论坛”、“冷链消毒杀菌技术论坛”、“冷冻冷藏专题研讨会”、“疫苗冷链技术与设备”、“冷藏运输技术与装备论坛”等多场交流研讨会议，基于低碳理念，发

展绿色、高效、智能、环保的冷链产业与防疫技术已成为行业发展新的增长点。

3. 聚焦智能发展，追求舒适品质

随着大数据时代的到来，制冷空调行业也在向着数字经济化与智能化趋势发展。在本届制冷展中，首次设置了智能家用制冷空调专区，充分结合行业发展热点，以“智能化绿色家电”为主题，全面展示智能化家用空调在数字化、健康、舒适性等方面的技术特点，格力、美的、奥克斯、海尔、海信等多家国内知名企业携具有除菌除尘健康化、便捷数字化、个性舒适化等功能的新型家用空调产品和技术积极参展。

展会聚焦智能家居发展，引领健康舒适生活，展品注重室内环境舒适性与智能控制，许多企业推出改善室内舒适性的末端以及相应的智能空调系统产品，从送风方式、除菌、语音控制、睡眠模式等几个维度上展示了智能化空调领域的技术创新。海尔以智能化空调为核心，提出智慧建筑物联云平台，打造健康睡眠空气场景，整个智能化的睡眠场景从睡前、睡中和起床三个时间段为用户提供优质睡眠体验，带来创新性的舒适睡眠空调变革；美的提出智慧楼宇产业链，从产品数字化、多维感知、智能交互、AI学习等多个角度表现其产品人性化的特点，展示了其在家用多联机智能化方向的探索。

本次展会多方面展示了基于大数据物联网平台的制冷空调行业的智能化发展，同时体现用户日益注重的舒适品质追求，促进智能化、舒适化的家用空调产品设备发展。

4. 注重空气品质，创新空调技术

在经历疫情对人们生活的重大影响后，民众对空气品质的要求迅速提高。为响应民众的需求，本次展会上具有净化空气、杀菌等功能

的设备被大量展出。为实现净化杀菌的功能，各厂家采用了多种技术，一方面是减少细菌的滋生，如采用具有抑菌作用的化学材料作为翅片涂层、采用具有自清洁能力的结构与方法等；另一方面是进行除菌，如高温烘干、紫外线除菌、通过化学反应除菌等。通过这些技术，使得空调器的净化除菌功能得到进一步提升。以美的Air C+风管式空调室内机为代表的创新送风形式的室内末端设备，为用户提供了更多更舒适的送风方式选择；格力展示了“中国风”系列产品，强调“健康风、舒适风、节能风、新鲜风和智慧风”；海信以新风为主打方向，在舒适性方面深挖需求，提出了可独立开启三重净化的“C净立方全域净化”方案，突破空调净化领域壁垒，全方位满足不同场景下，为用户提供健康新鲜空气的个性化需求。

除净化除菌外，引入室外新风是改善室内空气品质的另一种方法。本次展会上展出了许多可向室内引入新风的空调器，此类空调具有专门设置的新风管道，通过风机引入并过滤净化后送入房间。部分空调器还带有全热交换功能以降低空调能耗。虽然此类产品的实际通风量较小，其应用效果还仍需进一步验证，但为家用空调器通过增大新风量改善空气品质的方向开启了良好的探索之路。

展会上亦出现了可监测甲醛、CO₂、PM2.5等参数的空调器，其与净化杀菌、引入新风等功能的结合，均有利于进一步改善空气品质，呵护民众健康。

5. 促进行业交流，重视人才培养

在疫情防控新常态下，本届展会严格落实国家及地区政策要求，打造了企业积极参与的线下产品展览与信息技术支撑的线上技术研

讨相结合的行业交流平台，来自全球的行业组织、政府机构、企业代表、业内精英及专家学者围绕“碳达峰、碳中和”等行业热点问题，深度开展技术交流，紧扣时代脉搏，聚焦行业发展，探讨社会热点，在“十四五”发展规划的开局之年，助力中国暖通空调制冷行业的低碳高质、绿色健康发展。与此同时，展会一如既往地秉承“重视青年，关注人才培养”理念，从产品展示到学术交流，为青年学子提供全方位了解行业现状、接触行业前沿、提高专业认知的平台，为行业人才储备做出贡献。

本届展会共组织了1场主题论坛、41场专题研讨会和38场技术交流会等多种形式的学术会议，涉及了能源转型、热泵技术创新、绿色制冷技术、冷链安全、变容调节、制冷剂替代等行业热点领域。来自各单位的专家学者和技术人员基于行业政策法规、技术发展、标准进展、研究成果的最新动态，就制冷空调暖通行业的前沿问题与发展趋势进行深入交流探讨，解析制冷、空调与暖通行业的国家相关政策，深度促进业内技术交流，推动技术创新，引导未来方向。

展会期间举办的“第十五届中国制冷空调行业大学生科技竞赛启动仪式暨新闻发布会”、

“2020年CAR-ASHRAE学生设计竞赛颁奖典礼”、“2021年夏安世教育基金会奖学金颁奖典礼”等几项面向在校师生的行业活动，旨在培养在校学生的专业能力与素养，为行业未来发展储备人才。“暖通空调行业用户观摩团技术交流会”、“全国设计院总工团技术交流会”等行业活动致力于促进业内专家与年轻工程师和研发人员的交流，提高行业新生代人员的专业技术水平，激发创新志趣，代代传承，助力制冷空调行业蓬勃发展。

五、结束语

第32届中国制冷展虽然已经落下了帷幕，但强基固本,质量优先,内外协同,低碳发展的主题将永远激励着为之奋斗的制冷空调产业的每个企业和每一个人。强基固本是行业发展的基础，质量优先是产业发展的保障，内外协同是

全球产业的期盼，低碳发展不仅是我们创造美好生活，建设生态文明的不懈追求，更是国际社会激励制冷空调行业创新发展的冲锋号。

2022年我们再聚重庆，去共同领略第32届中国制冷展的盛况！