

创新品质 低碳健康

——2022年第33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	2
(1) 深挖双碳技术，勇担大国责任	2
(2) 持续加强国际联络，共享全球技术进展	2
(3) 严格落实防疫政策，打造安全展会环境	3
(4) 有条不紊，全面落实展会预期议程	3
二、技术进展	4
1. 制冷压缩机、工质、润滑油	4
1.1 技术特点	4
1.2 特色产品	4
1.3 评价与展望	9
2. 制冷系统换热器及辅助设备	9
2.1 技术特点	9
2.2 特色产品	10
2.3 评价与展望	20
3. 工商业用中央空调冷（热）水机组	20
3.1 技术特点	20
3.2 特色产品	20
3.3 评价与展望	28
4. 中小型空调热泵设备与系统	28
4.1 技术特点	28
4.2 特色产品	29
4.3 总结和展望	35
5. 空气处理机组与暖通空调自控系统	35
5.1 技术特点	35
5.2 特色产品	35

5.3 评价与展望	44
6. 供热、热水设备与系统	45
6.1 技术特点	45
6.2 特色产品	45
6.3 评论与展望	54
7. 冷链设备与系统	54
7.1 总体特点	54
7.2 特色产品	54
7.3 评价与展望	61
三、学术交流	62
1. 主题论坛	62
1.1 低碳转型：热泵大发展的机遇	62
1.2 国内外经济形势与大国博弈	63
1.3 “双碳目标”和《基加利修正案》背景下我国制冷剂替代趋势解读	63
1.4 我们的行业和环境：有价值的合作伙伴关系	64
2. 专题研讨会	65
2.1 碳中和制冷技术发展系列论坛	65
(1) 碳中和制冷技术发展论坛：“制冷剂与碳中和”分论坛	65
(2) 碳中和制冷技术发展论坛：“碳中和背景下关键部件技术发展方向” 分论坛	66
(3) 碳中和制冷技术发展论坛：“空调系统碳中和发展路线”分论坛	67
(4) 碳中和制冷技术发展论坛：“供热空调的低碳方案”国际分论坛	68
(5) 碳中和制冷技术发展论坛：“热泵与碳中和”分论坛	69
(6) 碳中和制冷技术发展论坛：“冷链碳中和技术”分论坛	69
(7) 碳中和制冷技术发展论坛：“冷链碳中和技术发展”国际分论坛	70
(8) 碳中和制冷技术发展论坛：“碳中和背景下数据中心冷却技术发展 路线”分论坛	71
(9) 碳中和制冷技术发展论坛：“面向碳中和，电动汽车热管理技术未 来发展中的机遇与挑战”分论坛	72

2.2 热点技术及其应用	73
(1) 高大空间交通场站专题论坛	73
(2) 全国设计院总工团技术交流会	74
(3) 暖通空调技术在农业和畜牧业上的应用	76
(4) 双碳目标下冷链新技术论坛	76
(5) 绿色冬奥：对我国制冷行业的影响与展望	77
(6) “光储直柔”技术发展与实践应用论坛	78
(7) 农产品冷链和加工技术论坛	79
(8) 机场航站楼集中空调系统节能运维	79
(9) “疫情时代”下的医疗建筑设计探讨	80
(10) 轨道交通制冷空调通风	81
(11) 臭氧气候工业技术工业圆桌会议	81
(12) 聚焦“碳中和”，汇聚高能效 绿色低碳数据中心冷却技术论坛	83
(13) 中国制冷空调后市场规范服务交流论坛	83
(14) 第四届空气净化及新风产业技术论坛	84
(15) “双碳”目标下的蒸发冷却空调技术及其应用	85
(16) 冰雪产业制冷技术专题研讨会	85
(17) “双碳”目标下制冷空调行业发展趋势研讨会	86
(18) 热泵绿色低碳技术论坛	86
2.3 关键设备与部件	87
(1) 第七届轻型商用制冷技术创新发展论坛	87
(2) 辐射空调研发与应用	88
(3) 多联机技术论坛	89
(4) 制冷压缩机新技术	90
(5) 建筑复合冷热源系统能效及品质提升	90
(6) 冷冻空调设备新标准专题技术报告会	91
(7) 制冷空调零部件创新产品目录发布会暨零部件质量提升技术专题 研讨会	91
(8) 多联机质量提升专题论坛	92
3. 技术交流会	93

4. 行业活动	93
4.1 第十六届中国制冷空调行业大学生科技竞赛颁奖仪式	93
4.2 《全面推进暖通制冷空调行业碳中和行动倡议书》发布会	94
4.3 2021年CAR-ASHRAE学生设计竞赛颁奖礼	95
5. 新书发布会	96
5.1 《碳中和制冷技术发展路线》发布会	96
5.2 《趣匠随笔——吴德绳文集》发布会	97
5.3 《冷链产业与技术发展报告》发布会	98
四、技术特点	99
1. 聚焦“双碳”战略，展现大国担当	99
2. 关注平疫结合，倡导舒适健康	100
3. 重视实际性能，发展智能控制	100
4. 注重创新发展，迎接未来挑战	101
五、结束语	102
附录	103
附录1 第三十三届中国制冷展创新产品名录	103
附录2 2021年资深工程师名单	105

创新品质 低碳健康

——2022年第33届“中国制冷展”技术总结

一、展会概况与特色

(中国制冷学会 赵娜、张雯、孙裕坤；北京国际展览中心有限公司 薛龙云、康琮；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，北京国际展览中心有限公司承办，重庆市制冷学会协办的第33届国际制冷、空调、供暖、通风及食品冷冻加工展览会（简称“2022中国制冷展”）于2022年8月1日-3日在重庆国际博览中心隆重举行。

2022中国制冷展继续秉承品牌化、专业化、国际化的发展理念，打造集品质、服务、技术、商机和社会责任于一身的行业顶级展览会，为我国制冷空调行业搭建产、学、研、用、管、媒相结合的多元化综合性平台，展示全球行业最新的产品技术，促进行业间的国际交流与合作，以崭新的风貌向世界展示中国制冷空调行业蓬勃发展的盎然生机。

本届展会的主题为“专注创新品质，致力低碳健康”，中国制冷展组委会不忘初心，秉承以参展商和行业的发展需求为己任，继续与参展商及行业各方携手共进，为中国制冷空调行业的绿色低碳健康发展贡献力量，助力行业“双碳”目标的顺利实现。

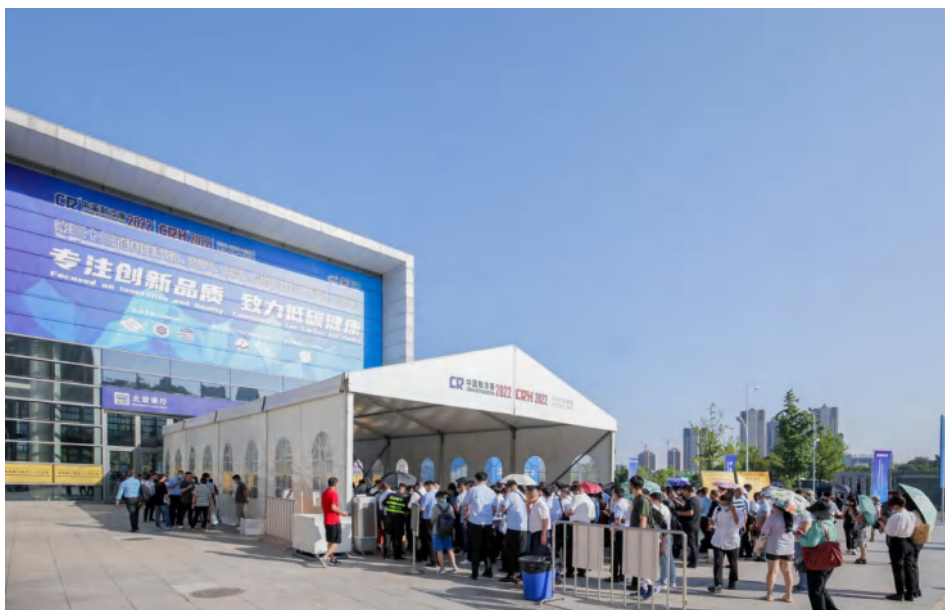


图1 2022中国制冷展展会现场

1. 展会概况

2022年8月1日，第33届中国制冷展在重庆国际博览中心拉开帷幕。本届展会共设置8个展

馆，总展览面积近8万m²，共有来自全球8个国家和地区的600家企业和机构参展，众多行业知名品牌亮相本届展会，产品技术争奇斗艳、发布活动百家争鸣、交流研讨如火如荼，助力行业向着“双碳”目标迈进。联合国环境规划署、联合国开发计划署、国际制冷学会，以及来自欧洲、北美、南美、亚洲的几十个国家和地区的国际专业组织发来贺信贺电。相较于2020年中国制冷展（新冠肺炎疫情爆发后的第一次展会，于2020年8月17日-19日在重庆召开），展会各项指标均有大幅跃升，参展商增加22%，展出总面积增加80%，展出净面积增加63%，充分彰显了行业活力。

为期三天的展会，共迎来3万余名专业观众，五湖四海共聚山城，与展商深度交流洽谈，聆听专家们的精彩报告，思想与智慧的火花在这里碰撞，在8月重庆的酷暑中，共同感受中国制冷展带来的清凉一“夏”。

感谢各位展商、观众和所有行业同仁对本届中国制冷展成功举办的大力支持，我们共同克服了疫情对展会带来的影响，紧紧把握新时代的发展脉搏，为世界制冷空调行业贡献了一场安全、精彩、专业的盛会！

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）深挖双碳技术，勇担大国责任

我国是全球制冷空调产品制造第一大国、消费第一大国和国际贸易第一大国，制冷空调行业已成为我国装备工业的有生力量和国民经济的重要组成部分。制冷用电量已占到全社会用电量的15%以上，制冷空调行业是当之无愧的能耗大户，与碳达峰、碳中和战略目标息息相关。

中国制冷展作为制冷空调行业世界三大展会之一，在展会期间凝聚行业众多专家、企业力量，勇担制冷大国责任，充分发挥技术强国优势，对双碳目标下制冷技术的发展方向展开充分研讨。

在主题论坛中，邀请到中国工程院院士、中国制冷学会理事长、清华大学建筑节能研究中心主任江亿教授和生态环境部对外合作与交流中心郭晓林副处长分别作题为“低碳转型：热泵大发展的机遇”、“‘双碳目标’和《基加利修正案》背景下我国制冷剂替代趋势解读”的主题报告，针对当前能源大形势下的技术转型和“卡脖子”问题进行详细解读。

展会期间，发布《碳中和制冷技术发展路线》蓝皮书，并围绕书中七个细分领域组织系列论坛，分别对制冷剂、关键部件、空调、热泵、冷链、数据中心冷却、电动汽车热管理等方面特邀专家进行现场报告和互动交流。对于供热空调和冷链两个方向，特别邀请来自中、日、印、意、美、韩、欧等地区的企业和行业学会专家分享全球技术进展。

此外，组委会还组织了《聚焦“碳中和”，汇聚高能效绿色低碳数据中心冷却技术论坛》、《双碳目标下冷链新技术论坛》、《“光储直柔”技术发展与实践应用论坛》、《“双碳”目标下的蒸发冷却空调技术及其应用》、《“双碳”目标下制冷空调行业发展趋势研讨会》等“双碳”相关的专题研讨会，分享最新技术，共议未来发展。

（2）持续加强国际联络，共享全球技术进展

中国制冷展组委会长期重视同国际行业组织的交流与合作，2022年展会共收到来自24个国家和地区的行业组织贺信，12个国际组织领导人为展会录制祝贺视频，预祝展会圆满成功。

多位国际专家虽未能亲临现场，但仍与组委会保持密切联系，并通过视频的形式向行业分享最新动态和研究成果，如：主题论坛邀请到AHRI（美国空调供暖和制冷协会）总裁兼首席执行官作题为“我们的行业和环境：有价值的合作伙伴关系”的报告；碳中和制冷技术发展系列论坛中专门设立2个国际专场，邀请到8位国际专家进行全球先进技术分享；2022年臭氧气候技术工业圆桌会议设立3场分论坛，邀请5位国际专家就政策与挑战方向分享报告。

(3) 严格落实防疫政策，打造安全展会环境

近年来，在全球疫情影响下，国内外展会都受到了严重影响，但是中国制冷展作为大型国际展览会每届都在举办，从未停办。这主要受益于国家严格的疫情防控政策，以及组委会严格贯彻落实国家及相关地方政府办展要求，为参展商和观众提供安全的展示交流平台，让参展商放心参展、观众安心观展。

本届展会原定于2022年4月举办，后因全国疫情散状爆发被迫延期。组委会密切关注全国情况，重点关注重庆地区态势，经过全方位谨慎研判，慎重决定改期至8月进行，做到一改即定，极大程度地减少了展商及观众的重复筹备工作，竭尽全力保证每一位参与者的权益。

(4) 有条不紊，全面落实展会预期议程

在严格落实防疫政策、确保展会环境安全的前提下，不缩水地完成了展会的预期各项议程，除了技术、展品的展示外，在展会期间还举办了内容丰富的学术与技术交流活动，并通过互联网传播展会盛况，使未能参展的企业、未能到现场的技术人员和广大学生共同领略展会盛况，聆听专家讲座。展会期间举办了1场主题论坛、34场专题研讨会和14场技术交流会，其中“双碳”主题研讨会占1/3以上场次，对“碳达峰、碳中和”背景下制冷空调技术的发展展开充分探讨交流。组委会设置了多场专题研讨会和技术交流会，重点讨论技术创新和提高产品品质问题，特别突出产品在实际应用中的性能提升技术途径的研讨，以推动行业专注产品品质、激发技术创新。多场会议通过视频直播，让不能亲临现场的观众通过中国制冷展官网、官方微信公众号和官方抖音号等渠道观看会议盛况。

组委会一如既往地组织了全国设计院总工团、冷冻冷藏业观摩团、暖通空调行业用户观摩团和全国省级制冷学会观摩团参观参会，加强与展商的深度交流；结合行业发展热点设立了轻型商用制冷技术及解决方案示范展区、臭氧气候技术路演、热泵展区和中国制冷空调后市场规范服务展示区，集中展示了相关领域的最新应用成果，全面展现了本次展会的主题。

二、技术进展

1. 制冷压缩机、工质、润滑油（北京工业大学 马国远教授、许树学副研究员）

1.1 技术特点

压缩机（包括润滑油、载冷剂）的展商数量和产品种类较往年有所减少，但基本能涵盖主要产品类型。家用、商用等大中小型压缩机，中央空调、家用空调、热泵热水、车载制冷空调、冷冻冷藏等用途压缩机均有展出，还出现了部分构造新颖或功能独特的压缩机，体现出疫情大背景下制冷行业中国制造的综合实力和发展潜力。综合来看，比较突出的特点是：

(1) 以CO₂为代表的自然工质压缩机持续发展。传统自然工质R600a及R290压缩机也有展出，但明显增多的是CO₂压缩机，其具体类型更多、涵盖领域更广。

(2) 车载空调压缩机、新能源车用压缩机发展势头迅猛。这与国家大力推广新能源车和冷链物流行业需求增长有关，主要用途包括新能源车用空气调节、新能源车载物品的冷冻冷藏及综合热管理等。

(3) 制冷压缩机国产化程度进一步提升。国内越来越多的企业掌握了压缩机的制造及研发技术，比较典型的是格力、海立等大企业对全系列制冷压缩机的深入研发，涡旋压缩机国产化覆盖面越来越广。

1.2 特色产品

1.2.1 压缩机

(1) 离心压缩机

格力的全系列磁悬浮变频离心压缩机制冷量范围50-1300RT（图1-1（a）），最大功率可达到700kW，最高转速30000r/min，体积和重量仅为相同冷量压缩机的40%。其展出的R1233zd（E）工质离心压缩机（图1-1（b）），ODP=0，GWP=1，制冷能力2000 RT，制冷COP（GB）高达7.1。



(a) 格力磁悬浮压缩机



(b) R1233zd (E) 离心压缩机

图1-1 格力离心压缩机

(2) CO₂压缩机

CO₂压缩机的展出比例明显高于往年。博客压缩机（苏州）有限公司的卧式车用CO₂压缩机（图1-2（a））、冰轮环境技术有限公司的CO₂压缩机（图1-2（b））、上海海立热泵热水器用CO₂变频转子压缩机（图1-2（c））均获得了本年度制冷展创新产品。艾默生展出的CO₂压缩机跨临界机组（图1-2（d）），制冷量达到6.27kW-16.65kW。



(a) 博客CO₂压缩机



(b) 冰轮CO₂压缩机



(c) 海立CO₂压缩机



(d) 艾默生 (谷轮) CO₂压缩机

图1-2 多个企业展出的CO₂压缩机

(3) 涡旋压缩机全面国产化

苏州为山之研发出自带冷却结构的涡旋压缩机(图1-3(a)),原理是通过感温包检测温度控制喷液热力膨胀阀的开启。25匹涡旋机采用R245fa工质做成机组后,可使冷凝温度达到135℃(蒸发温度40℃-55℃),能产生100℃以上的水蒸气。常州赛科为能源科技有限公司展出了高温空调涡旋压缩机(图1-3(c)),工质R22和R410A,能力5-8匹,采用优化轴系和三腔三环动态密封技术,蒸发温度最高达到25℃。沈阳一冷生产全封闭和半封闭涡旋系列压缩机(图1-3(d)),能力范围6-13HP,采用强化补气技术,蒸发温度低至-40℃。



(a) 为山之涡旋压缩机



(b) 合肥圣三松涡旋压缩机



(c) 常州赛科为涡旋压缩机



(d) 沈阳一冷半封闭涡旋压缩机

图1-3国产化涡旋压缩机

(4) 新能源汽车用压缩机

新能源汽车压缩机出现了增长。种类包括新能源车用空调和冷冻冷藏两大类。许多大型空调企业也将压缩机产品拓展到了新能源车领域，格力展出的新能源铝合金变频涡旋压缩机（图1-4（c）），获得了本届制冷展“创新产品”称号。松下的车载空调压缩机型式包括立式和卧式（图1-4（b）），电源采用直流24V/520V或交流220V，工质包括R134a、R407C和R410A。松下万宝展出了新能源巴士车用及电池热管理系统用涡旋压缩机，工质R407C和R410A。



(a) 格力新能源车用压缩机



(b) 松下新能源车用压缩机



(c) 格力新能源铝合金涡旋压缩机



(d) 博阳新能源车压缩机

图1-4 新能源汽车用制冷压缩机

(5) 新型结构压缩机

松下压缩机（大连）有限公司的涡旋压缩机（图1-5），采用低GWP新型工质 R454C/R455A，带有内部补气 and 卸载功能，单台能力3-15匹。在蒸发温度 -30°C -- -25°C ，冷凝温度 20°C - 70°C ，制冷COP较常规系统提升5%。艾默生展出了50HP大型涡旋压缩机（图1-6），强化补气结合转速提升制冷量和制热量，将单台压缩机制冷能力拓展至143kW，蒸发温度低至 -35°C ， -20°C 以上可制取 50°C 以上热水。



图1-5松下涡旋压缩机



图1-6艾默生（谷轮）涡旋压缩机

格力展出了系列压缩机新产品。无稀土磁阻高效变频压缩机（图1-7（a）），行业首次实现变频压缩机的无稀土化，解决变频空调对国家战略资源稀土的依赖问题。开发出基站空调专用压缩机（图1-7（b）），单台能力范围1000 W -3000W。与清华大学合作研发“分体式系统用压缩机”（图1-7（c）），实现了单级补气滚动活塞压缩机的商业化运用。



(a) 无稀土变频压缩机



(b) 基站专用压缩机



(c) 分体式系统用压缩机

图1-7格力研发的新型压缩机

图1-8所示为烟台冰轮展出的氢气压缩机。福建雪人的氮气螺杆压缩机（图1-9），能实现内容积比的自动调节。

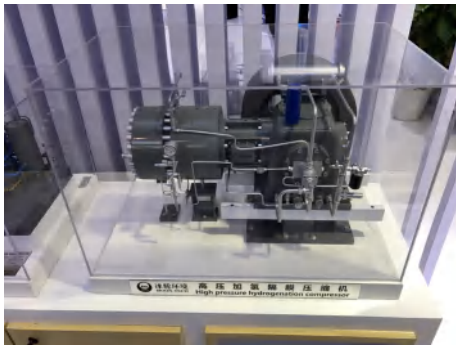


图1-8氢气压缩机



图1-9氨气螺杆压缩机

1.2.2 制冷剂、载冷剂、润滑油

制冷工质和载冷剂的展出也较往年有所减少（图1-10）。除传统的以R22、R410A和R134a为代表的工质外，自然工质的展出比例增加。下图1-11所示为山东粤安新型材料有限公司展出的高纯度碳氢类制冷剂。



图1-10上海爱新液化气体有限公司制冷剂



(a) 大包装R600a和R290



(b) 小包装R290



(c) 小包装R600a

图1-11 自然工质制冷剂

图1-12所示为阿科玛展出的新型制冷剂。其中R427A的ODP指数为0，可以在冷冻冷藏领域代替R22，不足之处是GWP值为2025。R1233ze (D) 安全等级为A1，GWP=1，是替代R134a的理想产品。

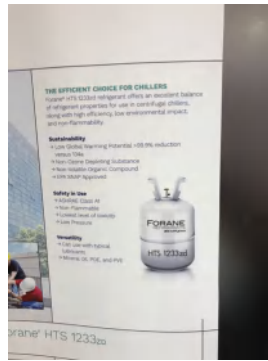
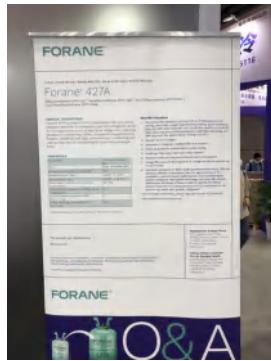


图1-12 阿科玛展出的新型制冷剂

一些石化企业展出了全系列的制冷用润滑油（图1-13）。适用的压缩机型式包括离心压缩机、涡旋压缩机、螺杆压缩机等，适用的工质涵盖大部分CFCs，HCFC类工质也包括R717和R600a等自然工质。



(a) 常州市日矿润滑油



(b) 刚和石油（营口）润滑油

图1-13 制冷润滑油

1.3 评价与展望

从以上展出的产品可以看出，压缩机未来可能会有以下的发展趋势：1) 以CO₂为代表的自然工质及其压缩机将继续发展，并在包括家用空调、热水器、车辆空调甚至冷冻冷藏领域得到广泛应用；2) 国产压缩机产品会持续提升其全工况性能，拓展应用领域，在原机型基础上各类功能扩展型压缩机被开发出来；3) 冷冻冷藏、运输用压缩机，包括小型活塞压缩机，滚动转子压缩机，驻车空调、冷藏用压缩机等，品种和功能更趋于完善；4) 新能源车热管理用压缩机迎来良好的发展机遇。

2. 制冷系统换热器及辅助设备（华南理工大学刘金平教授、硕士生王泽嵩、谭庆澎、郑晓腾）

2.1 技术特点

实现碳达峰、碳中和对节能降碳工作提出了更高的要求，提高制冷（热）系统的能效是其中的重要一环。作为制冷系统的主要部件，换热器的性能对制冷系统性能的影响仅次于压缩机，各厂商也致力于推出结构更加紧凑、冷媒充注量更小、换热性能更好的换热器；此外，随

着大功率芯片、5G通讯、电动汽车等行业的发展，液冷板也受到越来越多的关注。

各种阀件在制冷系统的控制、流量调节等方面起着重要作用，本次展出的控制阀件部分主要体现着两点趋势：一是产品趋于精细化、特定化，二是产品更趋于智能化、集成化。各公司根据各类适用场景推出了不同系列的阀件产品，使产品更契合实际应用场景，具有更好的经济性；电控阀件在控制精度上不断提高，在与其他元器件的关联性及与用户的交互性上也有很大的突破，控制平台趋于人性化与多功能化。

2.2 特色产品

2.2.1 制冷系统换热器特色产品

本次展会中各厂商展示了各种不同类型的换热器，包括可以减小冷媒充注量、强化传热的微通道换热器，应用于双压缩机系统和经济器等不同场景的板式换热器，用于大功率电子芯片散热、5G基站散热以及电动汽车电池热管理的液冷板；减少占地面积，减少制冷剂充注量的壳管式换热器，提高传热性能、防腐蚀的高效罐换热器，提高防腐性能的翅片管换热器，提高换热器性能的微小内径内螺纹管、盘管以及螺旋内管等。

(1) 微通道换热器

微通道换热器是指通道当量直径在10-1000 μm 的换热器，其内部扁平管内有数十条细微流道，在扁平管的两端与圆形集管相联，集管内设置隔板，将换热器流道分隔成数个流程。具有体积小、重量轻、结构紧凑、换热系数高、表面温度均匀、电化学腐蚀小等优良特性，在航空航天热控制系统、微电子器件冷却、空调换热设备等领域展有广阔的应用前景。

杭州三花微通道换热器有限公司展示了微通道热水器内胆冷凝器换热器（图2-1）和外机椭圆管蒸发器（图2-2）。微通道内胆冷凝器用于家用热泵热水器，具有接触面积大、换热性能好、冷媒充注量低、无需反复缠绕加工便利等特点，使用该换热器后，热水器平均能效水平可提升6%以上，平均加热时间缩短4%，平均出水温度提升4%以上；外机椭圆管蒸发器可用于家用热泵、商用热泵内外机、机房冷凝器/蒸发器、热泵热水器外机、驻车热泵外机等场景，具有传热性能好、内容积小、冷媒充注量更低、可靠性高、排水速度快等特点，风阻衰减特性优于翅片管换热器。

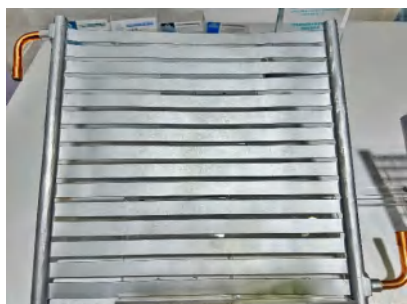


图2-1 三花内胆微通道冷凝器



图2-2 三花外机椭圆管蒸发器



浙江富源制冷设备股份有限公司展示了一系列微通道换热器，其中新型全铝除湿机换热器（图2-3）采用前排竖管蒸发、后排横管冷凝方式，可用于工业除湿机等领域，具有流阻低、换热面积大、噪音小、制冷剂充注量小、重量轻、成本低等特点。



图2-3 富源新型全铝除湿机换热器



图2-4 盾安R290微通道换热器

浙江盾安人工环境股份有限公司展示了R290微通道换热器（图2-4），具有重量轻体积小、冷媒充注量少，换热效率高、低压降、环境友好等技术优势。

聊城万合商贸有限公司展示了一系列铝管（图2-5）和微通道管，有不同尺寸、不同内部结构的微通道管（图2-6、表2 1），可用于微通道蒸发器、冷凝器、热泵热水器内胆换热器。

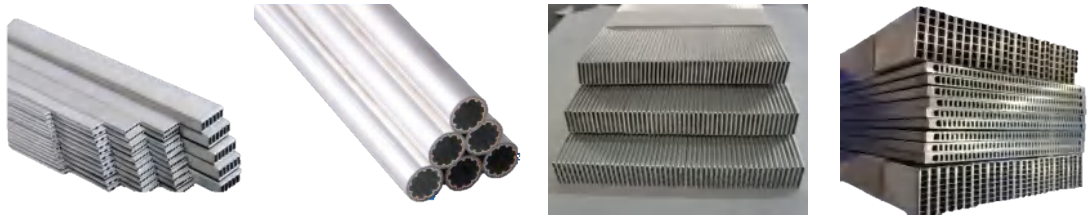


图2-5 万合铝管

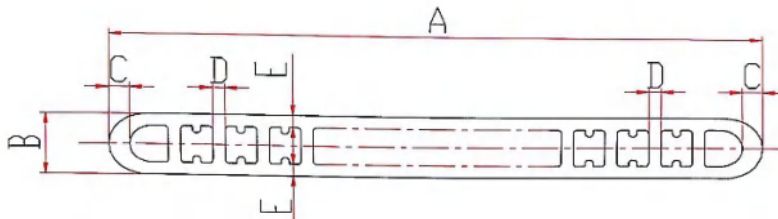


图2-6 万和微通道管

表2 1 万和微通道管尺寸（对应图2-6）

图号No.	尺寸	允许偏差	材质	状态
A	6-111	±0.05max	1050/1050A/1060/ 1060A/1070/1100/ 3102/3114/3103/WL301	H112
B	0.8-8.0	±0.03max		
C	0.40min	±0.08max		
D	0.20min	±0.05max		
E	0.25min	±0.05max		
长度	根据客户要求（定尺及盘料）			

(2) 板式换热器

板式换热器是由一系列相互平行、具有一定波纹形状的金薄属片叠装而成的一种高效换热器。其按构造可分为可拆卸（密封垫式）、全焊式、半焊式三类，后两者具有更高的耐温耐压

能力，传热板片是其中的关键元件，各种板片之间形成薄矩形通道，冷热流体在板片两侧各自的流道内流动，通过板片进行热量交换，传热板片的波纹形式对传热及流动阻力有着很大影响。板式换热器是液—液、液—汽进行热交换的理想设备，具有换热效率高、热损失小、结构紧凑轻巧、占地面积小、应用广泛、使用寿命长等特点。

浙江三花板换科技有限公司展示了纯铝板式换热器（图2-7），可用于多联机过冷器、汽车电池冷却系统、油冷机、低温热泵系统等情景，同等性能下重量比不锈钢板换轻40%，材料成本可减少30%，提升整机能效超过30%。



图2-7 三花纯铝板式换热器

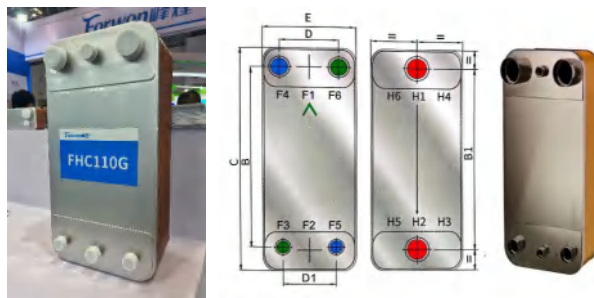


图2-8 峰焯纯双系列钎焊板式换热器

浙江峰焯热交换器有限公司展示了纯双系列钎焊板式换热器（图2-8），可以将具有各自独立制冷剂回路的两台压缩机组合起来，采用了非对称流道设计，减少冷媒流道容积并增加水侧流道容积，降低水侧流阻，提高了换热性能使板片数减少了15%-30%，冷媒入口采用分配器使冷媒分配更加均匀，运行可靠稳定。

丹佛斯（上海）投资有限公司展示了C62-CX板式换热器（图2-9），可用于20kW-110kW的冷水机组，换热器采用了非对称式设计减小了水侧压降，采用了微板技术和点阵式板片结构强化了传热、减少了材料使用量和冷媒充注量，有助于提高冷水机组的效率。

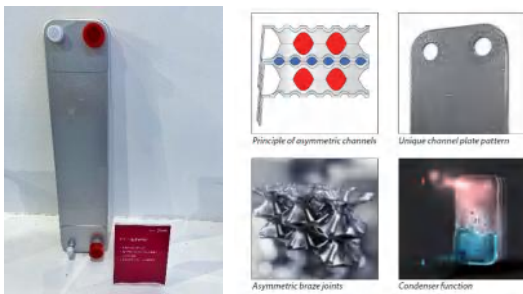


图2-9 丹佛斯C62-CX板式换热器

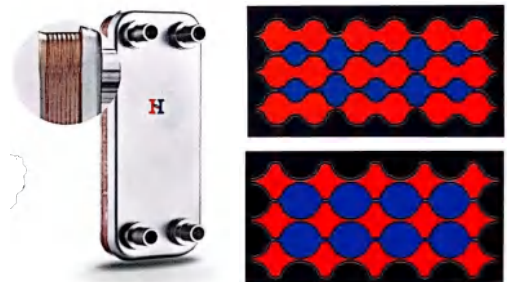


图2-10 哈雷经济器专用板式换热器

宁波市哈雷换热设备有限公司展示了R系列经济器专用补气增焓板式换热器（图2-10），采用了不等截面通道设计，精确匹配用户对冷热流体的不同压降和传热要求，减小了换热面积、提高了换热性能、减小了阻力；采用大通道截面比的设计，使经济器两侧流道的质量流量比可以高达1:6，满足经济器的使用特点，便于经济器的流量分配与系统工况调节，从而减少压缩机运行功耗，使热泵系统始终在最优工况下运行。

（3）冷板

近年来，电力电子技术快速发展，出现了很多大功耗电子器件，热流密度可高达500-1000 W/cm²，对散热和温控提出了更高要求，传统的风冷已经无法满足高热流密度电子设备的散热。液冷技术是通过冷却板与热源接触进行热交换，再由流经冷板冷却液体通过显热或者潜热的形式将热量传递出去，冷板内设置经过设计的流通截面和流道以强化换热，具有高换热系数、良好的流动性及稳定的工作能力，根据冷却液是否发生相变可分为相变液冷板和非相变液冷板。液冷板在IGBT模块散热、5G 基站散热、电动汽车动力电池热管理的领域有着广阔的应用前景。

宁波市哈雷换热设备有限公司展示了采用冷媒传热的芯片冷却器（图2-11），采用SUS304不锈钢材料进行钎焊，铜管直接连接，利用低温冷媒直接冷却芯片控制器，具有体积小、重量轻、安装方便、冷却效率高、冷却性能稳定等特点，具有高传热系数的通道技术和高强度、高承压能力。



图2-11 哈雷芯片冷却器

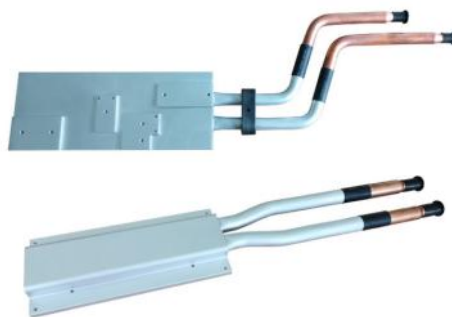


图2-12 英特科技液冷散热器

浙江英特科技股份有限公司展示了铝制直冷式液冷散热器（图2-12），采用了换热面强化、直冷、扁平流道、紊流等技术，减少热阻，提升了变频器电子功率器件的冷却效果，具有体积小、重量轻、散热效果好、可靠性高的优点，可以用于数据中心、基站、光伏发电、中央空调等场景。

江苏丰润电器集团有限公司展示了铝制电动车电池冷板（a）、芯片冷板（b）、5G基站冷板（c）等产品（图2-13）。

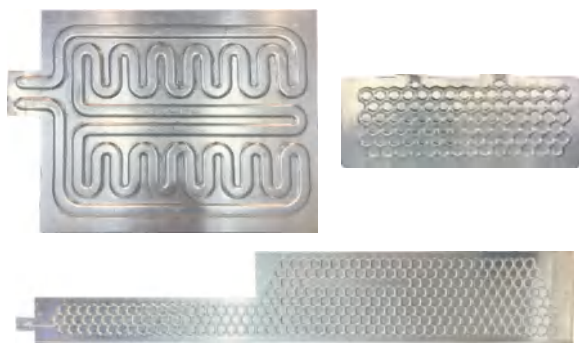


图2-13 江苏丰润电器液冷板



图2-14 瑞泰克液冷板

苏州瑞泰克散热科技有限公司展示了一系列不同规格的铝制液冷板，包括可用于新能源汽车动力电池液冷板（a）、储能电池液冷板（b）、通讯基站均温板（c）、服务器热管（d）等（图2-14），采用冲压钎焊式或吹胀式工艺，具有不同的耐压等级（2MPa、0.4 MPa）。

（4）壳管式换热器

壳管式换热器具有结构简单、选材范围广、处理能力大、适应高温高压等优点，广泛应用于中大型冷水机组。本次展会有多个厂家对中大型冷水机组进行了展示。

珠海格力电器股份有限公司展出的永磁同步变频螺杆式冷水机组（图2-15），采用模块化机组设计，每个机组可以独立运行，互为备用，精确匹配负荷变化。其采用多系统水路串联控制技术，设计冷水机组单机尺寸小，同冷量机组占地面积减少50%，国标工况下机组EER突破7.0。该冷水机组冷凝器采用嵌入式油分离器，运用多级分离技术，油气分离效率提高3%-5%。同时采用超低压降设计，压降可降低20%-30%。



图2-15 格力永磁同步变频螺杆式冷水机组



图2-16 天加冷水机组

南京天加环境科技有限公司展示了其生产的G-Class Z系列冷水机组（图2-16），其使用丹佛斯VTCA压缩机，采用了SMART最新降膜蒸发器的设计，使冷水机组占地面积和重量相对减少50%。相比于满液式蒸发器，降膜蒸发器具有传热性能好、制冷剂充注量少、制冷剂泄漏风险小等优点。该冷水机组采用R1233zd制冷剂，机组COP可达7.0。

重庆通用工业（集团）有限责任公司展示了其生产的磁悬浮离心式冷水机组（图2-17）。其机组整机无油，换热和循环效率更高，采用变频调节实现20%-100%冷量调节。该冷水机组具有高度一体化、控制单元全部机载、易于安装维护等优点。



图2-17 重庆通用工业磁悬浮离心式冷水机组

（5）高效罐换热器

广东芬尼克兹节能设备有限公司展示了其低温型空气源热泵热水机组中高效罐换热器的结构（图2-18）。其采用水和制冷剂逆流换热的方法，提高高效罐传热性能。相比于壳管式换热器，高效罐换热器具有结构紧凑、占地面积小、可对多股流体同时进行换热等优点。该高效罐换热器采用1.5mm超厚紫铜管，大幅提高抗压、耐磨损能力以及抗冻性能。



图2-18 芬尼克兹高效罐换热器



图2-19 英特钛管换热器

浙江英特科技股份有限公司展示了其高效罐换热器（图2-19）。该换热器采用钛螺旋管制作，外壳采用PP+玻纤材料注塑成型，具有焊接点少、可靠性好、性价比高、易拆装、易清洗、便于生产等优点，广泛用于风冷热泵泳池热水机。其由于采用钛螺旋管结构，没有内部焊点，故不容易腐蚀，且采用逆流流动，具有换热性能好，性价比高等优点。

（6）翅片管换热器

广东芬尼克兹节能设备有限公司展示了低温型空气源热泵热水机组中防腐蚀钛翅片换热器（图2-20）。其采用开窗式翅片设计，强化空气侧扰动，空气侧传热系数是闭窗翅片的1.2

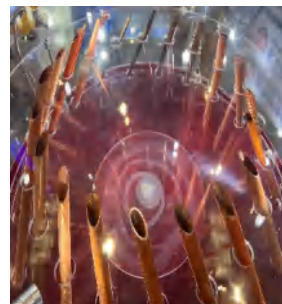
倍。其采用烁金翅片，与传统蓝色翅片相比，具有较高的防腐蚀性能。同时该烁金翅片采用亲水涂层，有利于尽快排走表面液滴，缩短除霜时间。



图2-20 芬尼低温空气源热泵机组



图2-21 金龙内螺纹铜管



(7) 强化换热管及翅片设计

在本次展览中，金龙精密铜管集团股份有限公司展示出一系列内螺纹铜管（图0 21），包括光面铜盘管、光面直铜管、蚊香盘管、内螺纹盘管以及无缝翅片管。

其内螺纹铜管具有普通齿、交叉齿、瘦高齿和M型齿等强化齿形（图2-22）。该产品具有组织均匀致密、尺寸精度高、齿型规范完整、内腔残留物低等特点，内表面积比同规格光面铜管增大65-100%，传热系数高于同规格光管1.8-2.0倍，广泛用于空调与制冷行业。该内螺纹铜管直径可达4mm，齿高最低可达0.1mm，能减少换热器的体积，降低换热器的成本。采用内螺纹强化管内制冷剂侧湍流流动，强化管内换热。

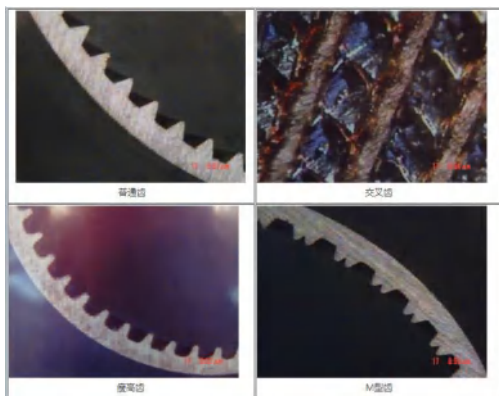


图2-22 金龙高效内螺纹管



图2-23 海亮盘管

浙江海亮股份有限公司展示了一系列强化管，包括光面盘管（图2-23）、蚊香管、保温管、紫铜制冷管、铜水管以及覆塑管。其盘管采用行业领先的连铸连轧生产能力，生产规模覆盖 $\Phi 4$ - $\Phi 219$ mm的全系列生产能力的制造。在实现产品较高成材率和较高生产效率的情况下，又确保了制造工艺的先进性，提升了产品生产质量的稳定性。其紫铜管中铜含量99%以上，由

于紫铜产品具有优异的延展性，容易加工成型各种形状，所以其在制冷、水暖、机电等行业有广泛应用。其紫铜水暖管，对饮用水有非常好的杀菌作用，使用寿命能够长达百年，并且可以几乎100%回收再利用。其紫铜里面的纯铜具有非常优异的导电性能，在电力、电炉、核电等领域有广泛应用。

无锡海特精密模具有限公司展示出其翅片加工模具（图2-24），可针对翅片模具规格繁多、片型多变的特征设计出高效率的模块。该公司研制出26排3步进热泵式全铝微通道平行流翅片模具及集料装置，满足量产需求，为翅片管换热器的生产和发展提供了技术支持。

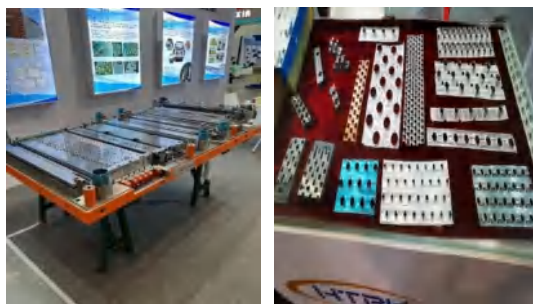


图2-24 无锡海特精密模具及翅片



图2-25 无锡佳科翅片模具

无锡佳科科技有限公司展示出其空调翅片模具（图2-25），该模具适用于家用空调、中央空调以及除湿机等。该公司能够生产不同尺寸的空调翅片模具、冰箱翅片模具、高翻边翅片模具以及特殊用具翅片模具。其模具维修使用方便，零件互换性好，且冲压速度可达250-400次/分，可满足生产翅片管企业的需求。



图2-26 东洋桑高分子转轮及工业除湿机

东洋桑工业科技有限公司展示出其高分子低温再生转轮以及高分子转轮工业除湿机（图0 26）。该公司生产的高分子低温再生转轮外径可为770mm-2500mm，高分子低温再生转轮可通过风量为1200m³/h-22000 m³/h，满足工业需求。该转轮在较宽的相对适度范围内，对低湿度和高湿度都有很高的吸湿能力，吸湿能力是硅胶的2-3倍。其高分子转轮工业除湿机无需电加热，利用冷凝热再生，节能效果达到70%以上。

2.2.2 制冷系统阀件特色产品

阀件是控制系统流量的部件。本次展出的阀件类型众多，包括球阀、蝶阀、热力膨胀阀、电磁阀、电子膨胀阀及四通阀等。球阀、蝶阀、热力膨胀阀的结构及工艺较为简单，相关展品较为传统。本次创新产品主要集中在电子膨胀阀和四通换向阀两类。阀件产品趋于精细化、特定化、智能化。

(1) 自平衡阀

浙江温岭市恒发空调部件有限公司展示的自平衡膨胀阀加化霜阀部件（图2-27）是由冷媒输入压力推动，打开滑动阀芯的自适应式变频系统管路中冷媒输出节流膨胀的一种全新节流方式。尺寸精度为 μm 级，可适应制冷/制热低到高全域流动调节，低温化霜时间7-10分钟。内部设有阻尼结构，抑制由工况微调引起的阀芯频繁动作。设计限位结构，确定最大开启通径。可具有单向或双向流动。结构简单，焊点少，泄露风险小，防爆性能优越，简化变频空调匹配控制，可适应高温、高湿和高盐等恶劣工作环境，可修正制造和运行误差，防止过载。



图2-27 恒发自平衡膨胀阀加化霜阀



图2-28 三花DPF-TS/S和LPF系列电子膨胀阀

(2) 电子膨胀阀

浙江三花智能控制股份有限公司展示的DPF-TS/S系列电子膨胀阀（图2-28）在制冷、空调和热泵系统中可实现制冷剂流量的自动调节，使系统运行于最佳工况，达到快速制冷或制热，精确控温和节能等目的。最大工作压差可达3.5MPa，最大工作压力可达4.9MPa。可双向流通，适用于可逆系统。

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2-28）主要用于冷冻冷藏系统中。当LPF系列电子膨胀阀完全关闭时，系统内漏量低于1mL/min，效果等同于电磁阀。当LPF系列电子膨胀阀用于冷冻冷藏时，可完全替代电磁阀，节约安装空间和成本。LPF-T系列可承受9MPa工作压力，适用于CO₂系统。

(3) 四通换向阀

浙江三花智能控制股份有限公司展示的旋转四通阀（图2-29）广泛应用于大型热泵型制冷系统。其结构为“等径流道设计”，压损较同类型旋转阀降低40%。具有防卡死设计，刚性主体采用大间隙，结合软密封设计，有效解决阀芯动作卡死问题。该阀直接由电机驱动，无需建立压差，系统控制可实现多样化。



图2-29 三花旋转四通阀



图2-30 搏力谋能量阀

(4) 智能阀

搏力谋自控设备（上海）有限公司展示的能量阀（图2-30）由一个等百分比控制球阀、一个流量计、一对温度传感器及一台智能执行器组成，是一种多功能的压力无关型控制阀。利用集成的流量计、供/回水温度传感器测量盘管的各项数据后通过内置的能量控制逻辑，实时监测盘管运行数据，提供动态实时的能耗数据和积累量，管理盘管实时热交换量。通过Delta T管理优化盘管性能，降低运行成本，消除小温差现象。能量控制模式下，用户可将功率输出设置为一个线性相应的特定值使得盘管和阀门特性不在与此相关。盘管控制不受压力和温度影响。能量阀可通过连接搏力谋云监测优化冷、热量的供应，使系统达到性能能耗比最优，并提供全面的能耗数据分析报告。具有实时性、可视化、云连接、高效能等特点。

(5) 变频器

深圳市汇川技术股份有限公司展示的CA200系列变频器（图2-31）专用于驱动涡旋和转子压缩机，散热方式有风冷和冷媒。采用板式结构设计，体积小，节省空间，安装、操作、维护方便。运用薄膜电容方案匹配成熟的压缩机库，缩短客户调试时间。全系列标配输入滤波器，提高抗干扰能力。采用宏参数，将典型应用一键实现。还展示了MD100风机水泵专用板式变频器（图2-32），运用超低噪声设计、同步机效率IE5设计、接口功能齐全，集成度高，支持PLC编程和LCD显示，适合水泵各专用功能。EMC标配过C2标准设计。



图2-31 汇川CA200系列变频器



图2-32 汇川MD100风机水泵专用变频器

2.3 评价与展望

在本次展会中，各大厂商在强化传热和提升换热器紧凑型方面不断创新，展出了许多新型强化换热设计与新型加工工艺。结构紧凑、强化换热、减少制冷剂充注量仍是研究换热器的热点。企业也更加关注小内径铜管、内螺纹铜管以及微通道换热器。强化换热器换热能力、降低流动阻力、提高换热器防腐和防结垢能力也是企业研发的重点。

控制阀件部分主要体现着两点趋势。一是产品趋于精细化、特定化。各公司根据各类适用场景推出了不同系列的阀件产品，使产品更契合实际应用场景，具有更好的经济性。二是产品更趋于智能化、集成化。各公司推出的电控阀件在控制精度上不断提高，在与其他的元器件的关联性及与用户的交互性上有很大的突破，控制平台趋于人性化与多功能化。

3. 工商业用中央空调冷（热）水机组（北京建筑大学徐荣吉教授、王刚博士、胡文举副教授）

3.1 技术特点

尽管今年工商业用中央空调冷（热）水机组参展规模下降，但仍然有格力、麦克维尔、天加、冰山、冰轮、重通等知名企业参展。在国家“双碳”战略的大背景下，各企业积极响应、主动担当，不断孕育并研发新技术，其具体体现在：磁悬浮技术日趋成熟并进一步普及，技术上注重压缩机的适用范围、多类机头并用机组，采用综合性能指数评价机组性能；从系统角度综合考虑机组运行效率并智能寻优；突破光伏直驱技术并逐渐成熟，实现了机组、光伏与电网的真正融合；蒸发冷技术在具体实现形式上也有新突破；面向行业需求，特色化螺杆机组得到持续发展。

在管材、阀件、保温材料等方面，展出规模保持稳定，整体技术保持稳定，环保、节能、智能、易用依然是行业发展的主流。

3.2 特色产品

(1) 系统角度智能调控，提高系统运行效率

继2021年多家智能化技术实现系统节能后，格力、天加和鑫磊等企业为进一步综合考虑系统整体运行性能，研发了制冷机房能效管理系统，以实现系统的高效运行。



图3-1 天加福加高效制冷节能控制系统

天加将福加高效制冷节能控制系统融合到SMARTD磁悬浮冷水机组中，打造“全生命周期成本更低”的iSolution解决方案（图3-1），实现了三方（企业、用户及第三方）监控以及主动

寻优功能。在满足冷量需求的前提下，利用深度算法，寻找系统对应工况中最佳机组能耗、泵功、冷却塔风机能耗点，提升系统整体能效，将制冷机房的制冷季节能效比由3.5~3.6 kWh/kWh 提升至6.5~7.0 kWh/kWh。

此外，麦克维尔还展出了开启式单螺杆式盐水机组采用FridgeWatch3000的工业级智能控制系统；鑫磊展出了采用云端远程智能控制的降膜式磁悬浮离心冷水机组和降膜式螺杆冷水机组，实现故障自诊断功能和远程运维及调试功能。

(2) 光伏直驱技术突破成熟

可再生能源的利用是实现“双碳”目标的必然选择，光伏直驱、光储直柔是主要技术路线。格力引领行业光伏直驱技术，突破了光伏、市电混合供电技术，并拓展到各类型冷水机组及空调产品中。



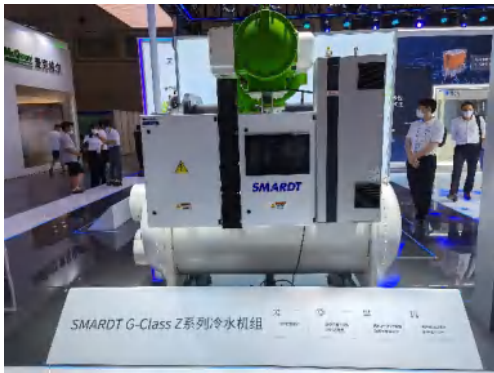
图3-2 格力CVS光伏直驱变频离心机

格力集成光伏（储）直流直驱、多端多元换流、四象限全控整流和全网通自适应等技术，同时，机组搭配光伏发电系统、储能扩展系统（可选）和G-IEMS能源信息管理系统，实现了纯光伏发电、余电上网、混合供电、常规空调、光伏空调等五种运行模式，集成光伏发电、变频离心机与发用电一体化管理，与传统光伏板发电+光伏逆变器+空调用电模式相比，系统损耗下降6%~8%。展出了光伏直驱变频热氟融霜制冷机组和CVS光伏直驱变频离心机（图3-2）。

(3) 磁悬浮冷水机组日趋成熟并普及

磁悬浮冷水机组在国内发展10余年以来，自主压缩机及集成压缩机机组均日趋成熟，格力、麦克维尔、天加、重庆通用、鑫磊等结合企业技术特点和市场定位展出了不同类型的磁悬浮冷水机组，以满足对工商业冷水机组的高效节能和环保的新需求。

SMARTD展出了采用丹佛斯VTCA磁悬浮压缩机的G-Class Z系列冷水机组和采用丹佛斯TTH375磁悬浮压缩机的H-Class Z系列磁悬浮热泵（图3-3）。G-Class Z系列冷水机组采用多种压缩机混用设计（磁悬浮+螺杆），螺杆压缩机主要应对极端工况运行、磁悬浮压缩机正常工况运行，机组采用了环保制冷剂R1234ze，可提供0.52kW/RT全负荷效率和0.31kW/RT的IPLV效率，拓宽了机组的高效运行工况范围。与此同时，机组配套福加高效制冷节能控制系统。H-Class Z系列无油磁悬浮热泵，制冷量涵盖210kW-4200kW，制热量涵盖310kW-6200kW。



(a) G-Class Z系类



(b) H-Class Z系类

图3-3 天加多机头并联磁悬浮离心机组

重庆通用展出了适用于绿色建筑、大数据中心、军工、医院、商场及化工工业等领域的磁悬浮永磁变频离心式冷水机组（图3-4），机组采用双级压缩结构形式，搭载自主开发的高速磁悬浮压缩机，机组制冷量为1231kW，达到一级能效水平。采用R134a制冷剂，变频调节范围广，可实现20%-100%制冷量调节。

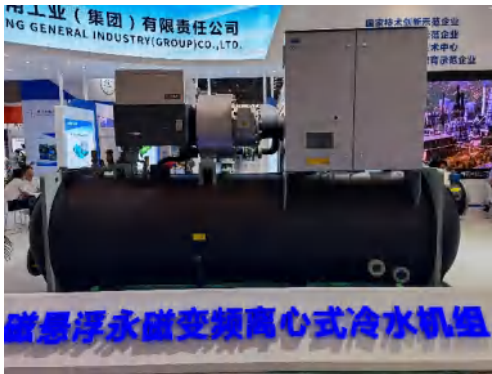


图3-4 重庆通用磁悬浮永磁变频离心式冷水机组



图3-5 鑫磊降膜式磁悬浮冷水机组

鑫磊压缩机展出了制冷量为75~300RT、制热量为85RT-370RT的降膜式磁悬浮冷水机组（图3-5），机组满载COP超过6.3，采用R134a制冷剂，机组可实现10%~100%负荷连续智能调节，出水温度控制精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。采用自主研发的转速达30000rpm、无油磁悬浮离心压缩机，通过高速永磁同步电机直驱叶轮、双级补气技术、变转速+内置式导叶（IGV）+旁通阀结合等技术实现机组高效率、大冷量调节范围和低启动电流等运行效果。机组的蒸发器和冷凝器均采用内、外壁强化的高效换热铜管束的降膜式热交换器，制冷剂充注量降低30%。且机组采用模块化结构设计，方便搬运和安装。

(4) 螺杆冷水机组应用领域不断扩展

螺杆机组技术成熟，适用工况宽，麦克维尔、冰轮、冰山、鑫磊和欧博等均展出各自新型螺杆机组。

为适用于化工、制药、食品等各种工业对制冷的需求，麦克维尔展出了制冷量为85-807kW

的开启单螺杆式盐水机组（图3-6）。机组采用开启式电机，可应对多种电压需求；采用无需油泵的高效卧式油分离，分油效率可达5ppm；采用工业级智能控制系统，制冷剂可采用R717/R507A/R404A等多种环保制冷剂，载冷剂为盐类水溶液；采用整体撬块设计，实现了噪音低、振动小和维护方便等特点。



图3-6 麦克维尔GES开启单螺杆式盐水机组

冰轮环境展出了适用于食品冷冻冷藏及深加工、畜禽屠宰、冷链物流、冰雪场馆等领域的永磁变频CO₂半封螺杆制冷压缩机组（图3-7（a））。机组采用新一代半封闭式CO₂螺杆制冷压缩机，压缩机设置内油路多点喷油方式，绝热效率高；采用优化的转子形线提升容积效率，配备的永磁变频电机使机组运行平稳，实现运行全时段节能降耗；采用集成设计，结构简单方便运维。同时，还展出了适用于LNG船、集气站、液化基地等多种场合的船陆两用低温BOG螺杆压缩机组（图3-7（b）），满足低温BOG-160℃压缩工艺需求。采用不锈钢无油螺杆压缩机、永磁变频电机和全新油气分离系统，机组无需常规BOG压缩机入口辅热工序，在0~20bar工况下，无油低温双级比常规双级压缩机降耗达40%。冰山展出了复叠式氨螺杆热泵机组，利用余热制取50℃~75℃热水（图3-8）。



(a) 永磁变频CO₂半封螺杆制冷压缩机组



(b) 船陆两用低温BOG螺杆压缩机组

图3-7 冰轮螺杆制冷压缩机组

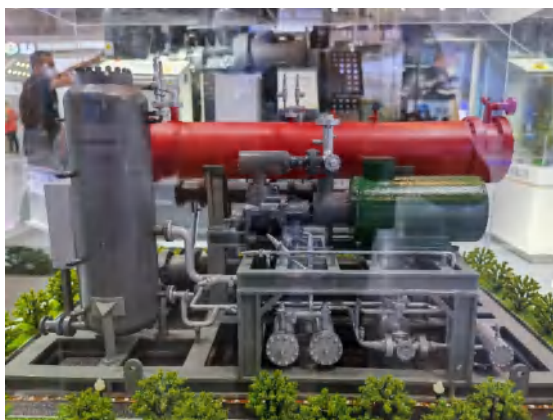


图3-8 冰山复叠式氨螺杆热泵机组模型

鑫磊展出了制冷量为62~171RT、制热量为74~200RT的降膜式螺杆冷水机组（图3-9），采用高效半封闭栓螺杆压缩机，实现制冷量调节25%~100%的无级调节，采用R134a制冷剂，压缩机采用半封闭结构，电机主轴与螺杆阳转子轴直连无需联轴器，5齿对6齿螺旋转子相互啮合的型线压缩气体实现无余隙容积与泄漏。蒸发器和冷凝器采用内外壁强化的高效换热铜管束的降膜式热交换器，制冷剂充注量降低30%。欧博展出了变频式水冷螺杆冷水机组（图3-10），机组在20~60Hz高效可靠运行，兼顾大范围负荷变化和高效节能的解决方案，尤其适合工业制冷/冷却以及中央空调过渡季节高能效的市场需求。



图3-9 鑫磊降膜式螺杆冷水机组



图3-10 欧博变频水冷螺杆冷水机组

（5）环保制冷剂引领行业发展

环保制冷剂的替代会引领行业技术迭代发展，离心机组以R1233zd(e)为主要发展趋势，螺杆机组以CO₂和NH₃为主。天加展出的SMARTD G-Class Z系列和H-Class Z系列的磁悬浮冷水机组均采用低GWP的R1234ze制冷剂；麦克维尔展出的磁悬浮变频离心式压缩机采用了新型环保制冷剂R1233zd；麦克维尔展出的开启单螺杆式盐水机组中可采用NH₃为制冷剂；冰轮环境展出的永磁变频半封螺杆制冷压缩机采用了CO₂作为制冷剂；冰山展出的复叠式氨螺杆热泵机组采用了NH₃作为制冷剂（图3-8）。

（6）蒸发冷系统的融合创新

星浪空调展出了直膨式蒸发冷冷水机组及风冷+直膨式蒸发冷混合式热泵机组（图3-11），室外换热器盘管与冷却塔填料采用分段式混合设计，多段盘管并联并直接与冷却塔冷却水换热；热泵机组除采用直膨式蒸发冷外，经过冷却塔换热的空气与风冷换热器换热。冰山集团也展出了冷却塔与风冷冷凝器组合的蒸发冷气冷器，其适用于CO₂机组，换热量150kW，风量48671m³/h（图3-12）。



(a) 热泵机组 (b) 单冷机组

图3-11 星浪空调风冷+直膨式蒸发冷混合式机组

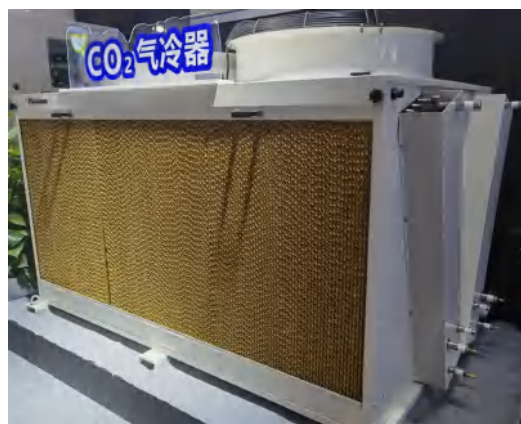


图3-12 冰山CO₂蒸发冷气冷器

(7) 配件与辅材

1) 威乐高效水泵

威乐展出了Wilo-Atmos TERA-SCH中开双吸泵和Para MAXO高效屏蔽泵两项创新产品（图3-13）。Wilo-Atmos TERA-SCH中开双吸泵采用独特机械密封装配设计、配置震动和温度等监测装置，实现了水力部件运行平稳和智能互联等特点，中开结构方便维护；Para MAXO高效屏蔽泵采用高效直流电机、大流量高扬程水力模型、个性化控制模块等配置。



(a) Wilo-Atmos TERA-SCH 中开双吸泵



(b) Para MAXO 高效屏蔽泵

图3-13 威乐水泵

2) 搏力谋能量阀

搏力谋能量阀为一体式设计，由具有热能计量功能的逻辑模块、超声波流量计、执行器以及控制球阀组成（图3-14）。通过超声波流量计监测实时流量以及进、回水的实际温度，对比在逻辑模块中设定的额定流量、温差以及设定的控制模式（阀位控制模式、流量控制模式、能量控制模式）进行阀门开度的智能调节，从而根据实际动态需求进行流量的控制调节。逻辑模块中集成了智能热能计量功能。同时设计有智能通讯以及Cloud应用，可提供物联网IoT解决方案及智慧建筑的数字化发展需求。



图3-14 搏力谋能量阀

3) 铜管及代铜管材/件

金龙管业展出了工商业冷水机组用的系类高效铜管管材（图3-15）。高效冷凝管GDHT-C系类铜管，管径 $\phi 15.88\sim 25.4\text{mm}$ ，外翅19~40个/英寸，通过优化管外翅和管内齿实现冷凝液膜变薄、热阻减小、制冷剂排出流畅和水扰动增强；满液式高效蒸发管GDHT-B系列铜管，管径 $\phi 15.88\sim 25.4\text{mm}$ ，外翅19~60个/英寸，通过优化管外翅和管内齿实现汽化核心数增多、气泡脱离频率提高和水扰动增强。

铜管免焊快接国产化实现突破，锐克科技展出的锐克复合环，可替代德国洛克复合环，连接快捷程度及耐压程度均达到同等水平，该公司还展出了自主设计研发用于连接锐克复合环的可更换钳口的自动化接管工具（图3-16）。



图3-15 金龙双效铜管材



图3-16 锐克环及其自动安装工具

在代铜管材/件方面有了新进展，恒发空调部件公司展出了全套铝材制作的分液器、集液管、弯头、异型管等（图3-17）；神通机电也展出了针对CO₂机组需求的不锈钢分液器、避震管、工艺阀等部件，这些工作为全铝制冷空调产品提供了基础条件。



(a) 恒发空调铝管件



(b) 神通机电不锈钢管件

图3-17 代铜管材/件

4) 保温材料

保温材料展出规模与往年持平，技术发展平稳，发展方向依然是环保、易用，且持续拓展应用领域。华美展出了建筑、冷库、石化和太阳能等保温解决方案（图3-18）。挤塑聚苯乙烯（XPS）是一款超薄、密度高、导热系数低、防水和隔热的地面保温材料，具有柔性与水泥热胀冷缩同频，保证水泥不开裂；高密度玻璃棉板用于建筑外墙保温，通过玄武棉线六面整体缝制，增强拉巴强度，最大耐温100℃。



(a) 二烯烃保温材料

(b) 保温吸音材料

(c) 三元美乐斯橡塑

图3-18 华美保温材料

此外，本届展会还展出了一款掺混石墨的导热系数低、保温性能好，适用于冷库的保温材料。二烯烃与丁腈橡胶复合深冷绝热保温材料，适用于-196℃的石化、液化天然气等低温领域。三元美乐斯橡塑采用三元乙丙橡胶为原料发泡而成的软质绝热保温材料（规格为10×1.2m），其使用温度范围为-50℃-150℃，间隔性使用时可达175℃，适用于太阳能光热等高温领域。

3.3 评价与展望

受疫情影响，工商用中央空调冷（热）水机组的参展规模下降，然而，在新技术方面，参展机组依然各具特色，新技术渐露头角。同时，在“双碳”目标下，工商用冷水机组将更加注重系统节能、环保和智能化，其主要发展趋势如下：

- 1) 光伏直驱变频离心机组将开启工商业冷水机组向“零碳源”方向发展新路径；
- 2) 磁悬浮离心机单机头1300RT和2000RT持续追求大冷量、大压比，而单机60-370RT的多机头并联形式可实现冷量的灵活匹配，且拓展了其适用范围；
- 3) 螺杆式冷水机组更加注重机组的油路设计、环保制冷剂压缩机开发，面向市场需求，其特色化机组将不断涌现；
- 4) 环保制冷剂和机组智能控制系统，将推动工商业冷水机组逐步接近“双碳”目标；
- 5) 铜管管材适应小管径、降膜及双效强化换热需求；铝代铜、不锈钢代铜持续发酵；保温材料将继续向更加环保、品质提升方向发展。

4. 中小型空调热泵设备与系统

（清华大学王宝龙长聘副教授、博士生赵子豪，南京航空航天大学张朋磊副教授）

4.1 技术特点

受疫情及展会延期等因素的影响，本次制冷展上展出的中小型空调设备与系统的展品较

少。参展商主要包括格力、麦克维尔、天加、松下等，展品主要包括空调器、多联机和家用热泵两/三联供机组等。中小型空调设备与系统产品发展的特征包括：家庭一体化冷热解决方案进一步发展，室内机（末端）功能进一步丰富和制冷剂替代影响深远等。

4.2 特色产品

(1) 家庭一体化冷热解决方案进一步发展

此前，由于我国北方地区有较为完整的集中供热系统，而南方地区冬季供热需求不强烈，因此，我国的家用空调或多联机虽然都具有制冷和制热两种功能，但制冷功能是其主导功能，而制热功能的应用时间要相对少得多。近年来，随着国民经济的发展和我国人民生活水平的提高，南方（尤其是长江流域）的采暖需求迅速增加，南方地区建设供暖系统的呼声也此起彼伏。实际上，考虑到南方地区冬季平均室外温度较高，实际采暖时间较短等特征，采用分散式热泵采暖具有良好的经济性和适用性。从理论上讲，热泵型房间空调器和多联机能够直接提供冬季采暖功能，但冬季使用传统空气对流末端，因其存在显著的温度分层、吹风感明显、皮肤干燥、冷辐射明显等问题，导致用户不满意度高。因此，发展具有高舒适供暖能力的热泵型房间空调器和多联机则成为企业的重要研发方向。

此外，家庭热水需求也随着我国社会发展逐年增加，包括洗浴、厨房用水、洗衣等均有热水需求。传统家庭热水通过燃气热水器、电热水器、太阳能集热器和热泵热水器等方式提供。前两者占据主导地位，热泵热水器使用量最低。实际上，家用空调或多联机在制冷时将向环境排放大量的热量，因此，回收利用冷凝热制取家用热水具有“一举两得”的优势。此外，随着我国“双碳”战略下建筑的全面电气化进程的推进，占据市场容量最大的燃气热水器将逐渐退出。发展融合家庭供冷、供热和供热水的一体化家庭冷热解决方案势在必行。

为解决空气对流末端的供热不舒适问题，发展辐射或者对流、辐射混合末端是一个重要方向。本次展会上，采用“天氟地水”、“天水地水”、“天氟地氟”、直膨式暖气片等系统和末端形式的两联/三联供系统有多家企业展出。



(a) 格力



(b) 中广欧特斯

图 4-1 制冷展上展出的“天氟地水”系统

“天氟地水”两联供系统，通过高处设置的直膨式对流末端供冷，采用换热后的热水实现地板采暖。该系统保证了夏季供冷和冬季制热（通过降低供水温度方式以降低热泵系统的冷凝温度）的高效性，同时也很好地解决了冬季采暖的热舒适问题。该系统是较早发展成熟的两联

供系统方式，目前在市场上已经有较多的应用。本次展会上，格力、中广欧特斯等厂家均展出了此类产品，如图4-1所示。

“天水地水”两联供系统，是通过空气源热泵制取冷水或热水，再送入房间的风机盘管（夏季）或地板辐射换热器（冬季）。夏季供冷时，冷水供给到高处设置的风机盘管内，通过对流换热实现供冷；冬季制热时，将热水供给到地板辐射供暖系统。相对于“天氟地水”两联供系统，该系统相对简单，避免了“直膨式风末端”+“制冷-水换热器”双室内侧换热器设计及其调控系统，也减少了制冷剂充注量，但增加了的制冷剂与水的换热器，将导致夏季制冷性能有所降低。本次展会上，格力、芬尼克兹、世创电能、澳克莱、恩特科麦等厂家均展示了此类产品（图4-2）。



图 4-2 制冷展上展出的“天水地水”系统

“天氟地氟”是按照多联机思想构建的两联供系统。它在供冷时使用直膨式风冷末端，在供热时使用直膨式地板辐射采暖末端。直观理解，该系统由于不采用制冷剂-水的中间换热器，因此系统效率要较前两种系统更高。但是，“天氟地氟”系统中辐射地板的制冷剂长管路不仅大幅增加制冷剂泄漏风险，更为重要的是将大幅增加系统的制冷剂充注量，这与未来为控制制冷剂排放而发展小充注量系统的设计理念相悖。本次制冷展上，格力、中广空调展示了“天氟地氟”相关产品，如图4-3所示。

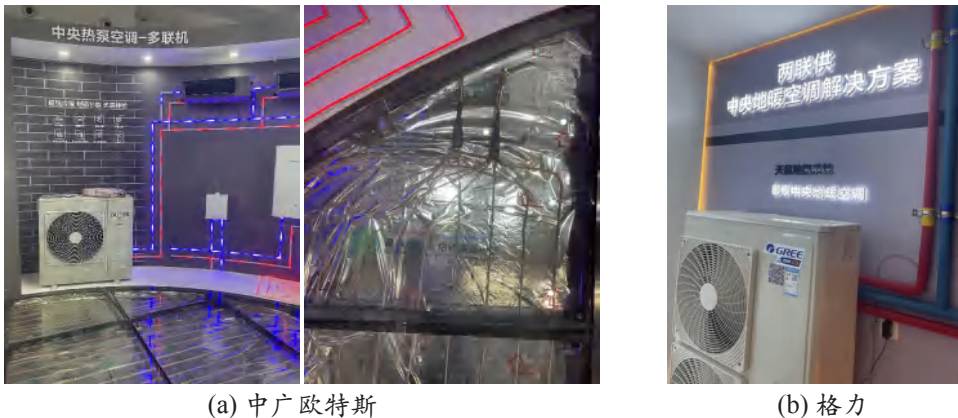
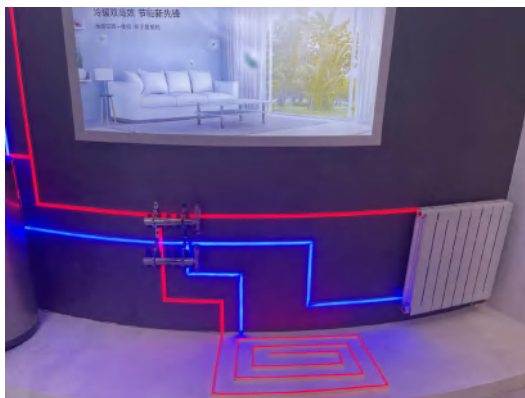


图 4-3 制冷展上展出的“天氟地氟”系统

此外，也有厂家展出了采用直膨式暖气片的两联供系统。其优点在于能满足冬季供热舒适性的要求且不需要铺设地板采暖系统，这对既有建筑的安装更为方便，但因其冷凝温度温度较高也将导致系统效率较低，故需适当地增大直膨式暖气片的传热面积（图4-4）。



(a) 芬尼克兹



(b) 中广欧特斯

图4-4 末端采用暖气片形式的直膨式两联供系统

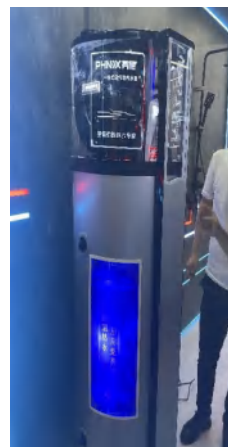
同时，实现冷-热-热水供给的三联供系统是未来家庭冷热供给系统较好的解决方案。本次展会上，多家企业也展出了三联供系统。由于制取热水的取热位置不同，故各家的技术方案也略有差别。根据向各家企业了解，提升三联供系统的可靠性仍是未来产品市场化的关键。图4-5示出了芬尼克兹的冷-热-热水三联供系统，可实现“制冷”、“制冷兼热水”、“热水”、“制热”、“制热兼热水”五种模式，满足不同情况下的使用需求（图4-5）。



(a) 主机



(b) 供冷/热末端



(c) 热水箱

图4-5 芬尼克兹冷-热-热水三联供系统

此外，相比于传统的分体空调器而言，以两联供、三联供为代表的家庭一体化中央空调安装施工难度更大，且与家装高度融合，因此，市场上出现了一批专业的家用中央空调安装施工公司，如格力精工、绿扳手等（图4-6）。



图 4-6 格力精工企业的展台

(2) 室内机（末端）功能进一步丰富

提升能效一直以来是中小型空调设备与系统发展的重要目标。随着我国能效标准的不断提升，我国很多制冷空调产品的能效已经达到国际领先水平。目前，各个企业对于通过投入换热器面积等硬件成本进一步提升设备能效的积极性不高。相反，通过人工智能等技术提升设备在实际工程中的变工况性能则成为企业的主要研究方向（图4-7）。如格力展出了基于物联网的智慧楼宇系统，通过利用当地系统进行监测，云平台负责优化，再将优化结果传给本地的控制器实现节能运行；麦克维尔、天加等公司也展示了基于模型预测控制的智慧平台。



图4-7 基于大数据和人工智能的设备管理和性能提升系统

另一方面，中小型空调设备与系统为应对用户更高要求而发展出了更精细化、更多功能的室内机（末端）形式。目前，针对不同空间（如厨房、卧室、婴儿房、衣帽间等）的室内末端的功能特征逐渐明确（图4-9）。厨房空调的室内机充分考虑了油烟等对换热器性能的影响；考虑吹风感及睡眠曲线则成为卧室空调的必备功能；在婴儿房空调中，甚至能对婴儿踢被动作等

做出响应。另外，除温度控制外，准确控制湿度（加湿+除湿）、颗粒物高效过滤、VOC处理也成为众多室内机（末端）的重要特征。图4-8给出了部分带各种净化功能的室内末端。例如：天加的健康型风机盘管配备了高中效无隔板低压损过滤器，同时还可以选配抑菌涂层的高、中效过滤器，使用低风阻PP材料，采用滤纸折叠结构，上附银离子，不仅过滤气溶胶、灰尘，还可以起到杀菌的作用。除此之外，天加还展出了配备IFD微静电过滤模块的健康型风机盘管，具有高效滤尘和杀菌功能，且单台微静电模块的功率不超过5W。



图4-8 带净化功能的空调末端



图4-9 针对不同环境的室内末端

此外，随着人们对舒适度要求的不断提高，独立的、高精度的湿度控制逐渐成为室内空调发展的方向之一，本次展会上松下、百奥、松井、普林艾尔、百朗、开乐、净松、芬尼克兹、亚克、霍尼韦尔等多家企业展示了较多的家用热泵型除湿机、新风除湿机、独立加湿器等产品，如图4-10所示。



(a) 新风除湿机



(b) 家用加湿器

图4-10 湿度控制设备

(3) 制冷剂替代影响深远

毋庸置疑，《基加利修正案》履约和碳中和对于我国制冷空调产品的发展影响深远。目前，我国尚未明确细分产品品类的制冷剂替代路线图，故研发采用可能新替代工质制冷空调设备则成为了各个企业先导研究的重要内容。对于中小型空调设备与系统，被考虑的制冷剂包括：HFC32、HC290、CO₂、HFOs及其混合物等（图4-11）。



图4-11 采用环保工质的空调及热泵热水器

需要说明的是，目前并没有能同时满足热工、环境、安全等要素的理想制冷剂。因此，对于有缺陷制冷剂的缺陷管理就成为制冷剂应用中的关键问题。可燃制冷剂的泄漏监测就是其中的一个关键点。本次展会上，四方光电推出了冷媒泄露监测传感器，其相应速度快 $T_{50} < 10s$ ，满足及时报警要求，并且在全温度和压力范围内确保精度，同时防冷凝结霜、防尘防水，可以监测R32、R290、R454A、R454B、R1234ze、R1234yf等多种制冷剂。目前冷媒泄露监测传感的价格还比较高，研发低成本、低价格传感器是解决其广泛应用的关键问题。



图4-12 四方光电冷媒泄漏监测传感器

4.3 总结和展望

受疫情及地缘政治等诸多因素的影响，中国制冷空调行业总体呈现增长乏力形态。这在本次展会规模及展品数量上也有所反映。即使在较为困难的时期，在中国制冷空调产业各方力量的共同努力下，中小型空调设备与系统方向的技术发展也取得了长足的进步。家庭一体化冷热解决方案得以进一步发展和完善，二联供和三联供设备得到更为广泛的市场认可，应用量逐年提升。基于现场数据和AI的设备优化调控技术快速普及，中小型空调设备与系统的现场季节性能提升明显，室内机（末端）功能进一步丰富。制冷剂替代影响深远，我国企业积极开展了新型制冷剂应用技术研发。展望未来，中国制冷空调行业面向《基加利修正案》履约和碳中和的技术路线设计还需进一步加强。

5. 空气处理机组与暖通空调自控系统（同济大学 周翔教授、叶蔚副教授、李铮伟副教授、博士生李艺群，硕士生何玲、汤文昊、邵芳琦、郭炜辰、毛晨楠）

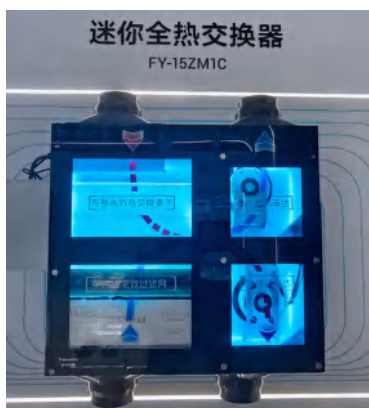
5.1 技术特点

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。在参展产品方面具有两个特点，一是应对“健康防疫”的需求，在传统的空气处理机组、风机盘管和新风机组产品上应用了过滤、消毒的功能；二是响应国家“双碳”政策，在节能增效方面实现技术提升，采用热回收、高效电机、智慧算法等技术，实现更低的能源消耗和更大比例的可再生能源替代。

5.2 特色产品

5.2.1 空气处理机组和末端

本届展会上松下推出了迷你全热交换器，交换芯采用更小的尺寸，采用了X型热交风路，具有体积小巧的优点，可轻松安装在 3m^2 左右的小空间，有效解决了安装空间有限的问题，大大降低了施工难度。在实现室内外空气交换的同时，进行能量回收，且有效过滤PM2.5（图5-1（a））。松下同时推出54BE系列浴霸，采用水离子（nanoeX）技术，通过给水施加高电压，分裂水雾，产生羟基自由基，可以破坏蛋白质生理结构，达到杀菌作用，并优化了送风气流组织，快速提升取暖效果（图5-1（b））。以上两个产品均获得本届制冷展的“创新产品”称号。



(a) 松下迷你全热交换器



(b) 松下54BE系列浴霸

图5-1 空气处理机组和末端类“创新产品”

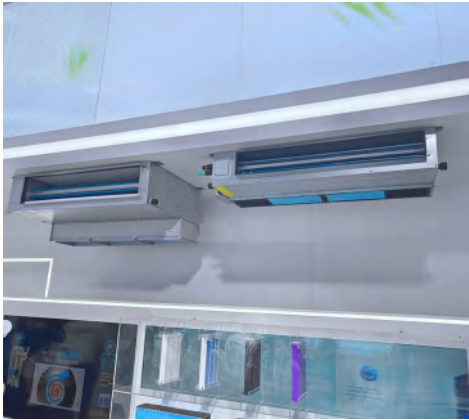
在空气处理机组方面，天加推出“云”变频冷凝热回收直膨空调机组，采用全变频+冷凝热回收技术，与传统电加热再热相比节能率可达60%，全新风模式下可以实现环境的恒温恒湿控制，温湿度控制精度达到 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 和 $\pm 5\%$ ，再热0%-100%可调，再热温升可达 20°C （图5-2）。



图5-2 天加“云”变频冷凝热回收直膨空调机组

在风机盘管方面，各厂商推出带消毒灭菌和净化空气功能的产品。天加推出带Argenzil洁净系统的末端，采用纳米级银离子复合高效玻纤滤材，能够抑制空气中细菌和微生物的生长（图5-3（a））。格力推出了净化型风机盘管，通过等离子体或光触媒净化模块对空气进行净化（图5-3（b））。在机组构造上产品继续朝着超薄、静音等方向发展。米柯展出了超薄风机盘管机组，仅145mm机身厚度，安静小巧、结构紧凑、稳定可靠，适用于卧室环境（图5-3（c））。西屋康达推出了超薄静音型风机盘管，185mm机身厚度，选用低噪风机和消音结构，运行噪音更低（图5-3（d））。

辐射空调末端方面，博瑞德展出了金属辐射板、石膏辐射板、挂片式辐射板、艺术形式辐射板等产品（图5-4）。



(a) 天加风机盘管



(b) 格力净化型风机盘管



(c) 米柯超薄风机盘管机组



(d) 西屋康达超薄静音型风机盘管

图5.2-3 风机盘管产品

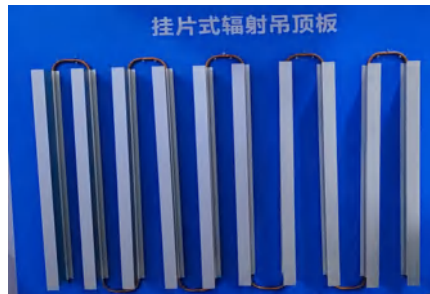
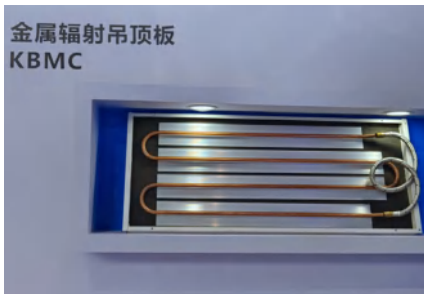
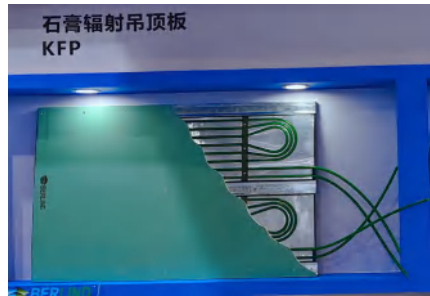
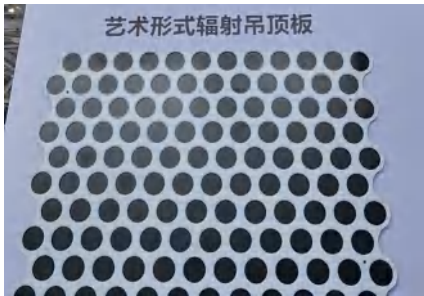
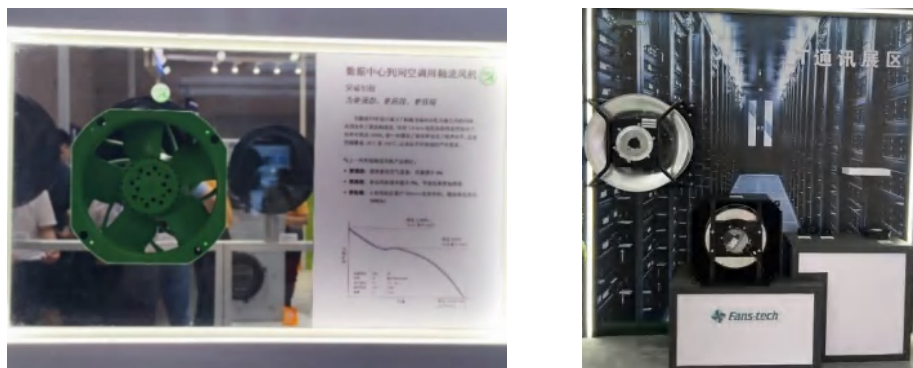


图5-4 博瑞德辐射板产品

5.2.2 空气运输设备

本次制冷展上，风机产品依然是空气运输设备的主力。风机类“创新产品”授予了依必安派特风机有限公司的数据中心列间空调用轴流风机（图5-5（a））和泛仕达机电股份有限公司的外转子后向离心风机（图5-5（b）），大风量、高效率、低噪声的数据中心、IT领域用风机成为了创新攻关的主要方向。



(a) 依必安派特数据中心列间空调用轴流风机 (b) 泛仕达外转子后向离心风机

图5-5 风机类“创新产品”

国内风机厂商在叶片仿生学结构设计不断创新，展现了一系列高效、低能耗、低噪音的产品（图5.2-6）。



(a) 马尔风机

(b) 泛仕达仿生学叶片

(c) 兴益风机仿生学叶片

图5-6 仿生学结构叶片风机

EC风机进一步得到普及，且不少厂家在EC外转子和内转子细分领域上进行竞争。铭振推出的EC外转子防爆离心风机高达5.5kW或7.5 kW功率，高于行业水平（图5-7（a）），隆达则在行业内率先推出了采用EC电机的防爆轴流风机（图5-7（b））。

为了服务国家“双碳”目标，用于储能模块散热的风机也成为了参展亮点，泛仕达机电股份有限公司推出储能模块专用风机（图5-8）。

在空气输送管道方面，织物风管（图5-9）仍然是近年来行业的热点，广泛应用于大型空间。除源于捷克的普利荷达（Prihoda）外，国内企业也不断涉足该领域，织物空气、艾迪斯等都展出了由特殊纤维织成的柔性空气分布系统，实现均匀线式送风，美观实用。



(a) 铭振EC防爆离心风机

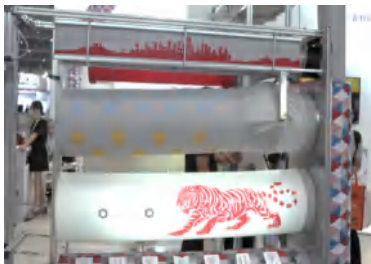


(b) 隆达EC防爆轴流风机

图5-7 采用EC电机的部分防爆风机产品



图5-8 泛仕达储能模块专用风机



(a) 普利荷达织物风管



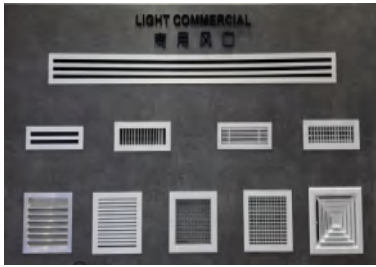
(b) 艾迪斯织物风管



(c) 织物空气(青岛)织物风管

图5-9 织物风管产品

在风口产品方面竞争的重心仍然是美观实用，以及安装与拆卸的便捷。四达隆、易众、德州灵鹰推出了适合不同场景定制、安装简单、外形美观、样式多样的风口，实现风口实用性和室内设计美观性的有效结合（图5-10）。



(a) 四达隆商用风口



(b) 易众风口



(c) 德州灵鹰风口

图5-10 风口产品

5.2.3 新风机组

受疫情持续影响，空气品质愈发引起人们关注，展会新风类产品热度较往年相比热度更高，参展商数量超二十家，在产品种类和特点方面均有所发展。

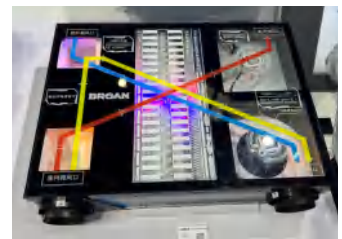
除基础过滤模块外，大量企业推动了对净化除菌模块的技术进步，紫外线（UV）、光触媒、负离子等技术得到普遍应用。在实现对PM2.5的高去除率以外，甲醛、总挥发性有机物（TVOC）等典型空气污染物也成为净化目标。其中，南洋有为推出的新风机使用了UV杀菌灯和银离子进行杀菌，卡洛尼推出了六重净化过滤系统，百朗则搭载“纳米雾”装置以实现高灭茵率（图5-11）。



(a) 南洋有为新风机



(b) 卡洛尼新风机



(c) 百朗新风机

图5-11 部分具有高灭茵率的新风机组

新风机的环境控制功能更加丰富，有向空调靠拢的趋势。曼瑞德新风机的深除湿模块独立于新风机组，通过低温冷水实现高效除湿，还通过对热交换模块进行控制实现送风温度的调节（图5-12）。

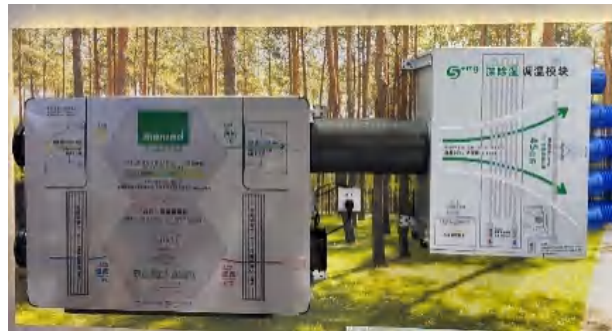


图5-12 曼瑞德新风机深除湿模块

在延续了设备的安装、运行维护等便捷性设计的基础上，新风机组在美观度方面有一定的提升（图5-13）。部分厂商主要通过改变新风机组的配色以及增加图案的方式改进机组外观，其中，芬尼克兹凭借其独特设计获德国红点奖和iF设计奖。



图5-13 新风机组在外观上的改进

此外，厂商针对不同的应用场景推出了专用机型。世创推出单进单出式、无管道新风系统，适用于小微空间（如5-14（a）），瑞博恩推出单进单出式新风机，可用于核酸检测等场所（图5-14（b））。

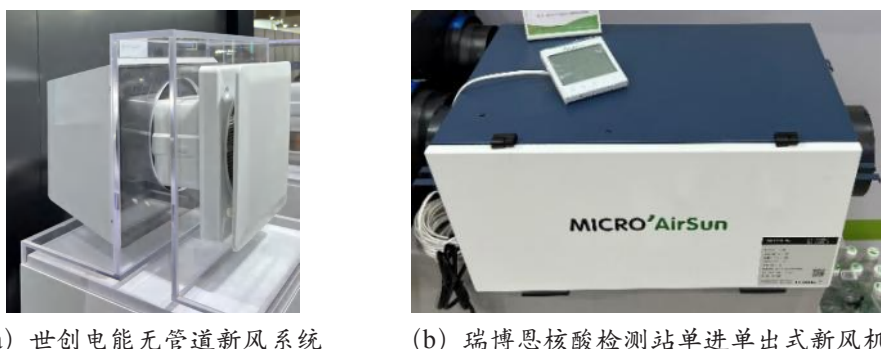


图5-14 针对特定场景的新风机产品

5.2.4 暖通空调自控系统

暖通空调自控系统产品方面，各大厂家都围绕物联网、云计算、无线传感、智慧互联、多场景应用等方向积极布局，新技术新产品新功能明显增多。本届制冷展的暖通空调自控技术进步明显主要体现在以下三个方面：(1) 面向不同应用场景的集成化程度日益提高，相关配套技术不断突破；(2) 面向可再生能源应用的软硬件更加丰富，建筑可再生能源渗透率的提升指日可待；(3) 面向低碳、节能的控制算法日益智慧，物联网、云计算、边缘网关、智慧算法日渐成熟。

面向应用场景的集成化包括多功能传感器集成、智慧建筑一体化控制和多场景控制器集成。如深圳天润控制技术有限公司开发的MFDP嵌入式多功能显示器，对温度、湿度、压差三种传感器集成到一个面板中（图5-15（a）），广州迈赫姆电子科技有限公司针对家居场景，将温度、湿度、PM2.5、VOC、CO₂、噪声、光感、人体感应、烟雾等9种传感器集成到一个控制面板上，再通过Wifi通讯实现手机端远程监控，实现家居场景传感器一体化（图5-15（b））。

霍尼韦尔推出了智慧建筑一体化控制解决方案。该方案由空调末端控制系列产品、冷热源群控系列产品、管网平衡控制系列产品等三个部分整合而成(图5-16)。不同厂商提出了面向典型应用场景的集成化控制系统。如卡乐根据全年不同室外条件,提出针对数据机房场景的全天候控制系统,集成了蒸发冷却、喷雾加湿、直流变频压缩机等不同设备及工艺的控制器,采用集成控制方案保持系统整体的高效运行(图5-17(a))。深蓝针对通信站房这一场景,开发集成了新风运行和空调运行两种运行模式的新风空调一体机控制解决方案(图5-17(b))。



(a) 深圳天润三合一面板



(b) 广州迈赫姆九合一面板

图5-15 多功能传感器的集成产品



图5-16 霍尼韦尔智慧建筑一体化控制解决方案



(a) 卡乐面向数据机房集成控制系统



(b) 深蓝面向通信机房集成控制系统

图5-17 面向典型应用场景的集成化控制系统

面向可再生能源的自控产品包括直流变频压缩机驱动、超低温空气源热泵变频驱动。卡乐推出的无刷永磁直流电机(BLDC)驱动的压缩机变频器power+,是面向光伏等可再生能源利用的空调系统的直流变频压缩机驱动模块主要产品之一(图5-18(a))。深蓝面向超低温空气源热泵开发的SL1610-MO2模块式超低温空气源热泵控制器,通过算法提升除霜效果的同时,采用内置多路电子膨胀阀驱动,实现对系统变化的快速响应,调节曲线也更加平稳准确,大大增强了机组对宽动态负荷的适应性(图5-18(b))。



(a) 卡乐直流变频压缩机的power+变频器

(b) 深蓝模块式超低温空气源热泵控制器

图 5-18 面向可再生能源的自控产品



(a) 高标管理物联网系统

(b) 广州柏诚管理系统

(c) 搏力谋水阀执行器

图5-19 建筑智慧物联系统及设备

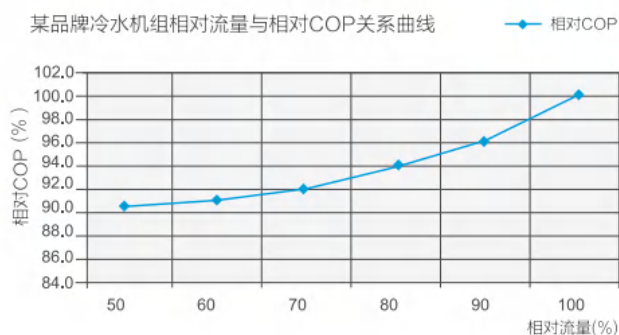
面向低碳和节能控制的智慧化包括智慧物联、边缘网关和智慧算法。高标物联和广州柏诚云通过传感器应用技术、智慧控制技术、无线通讯技术、云计算技术,将物联网技术与云计算结合起来,可以实现传感器数据的收集、上传至云端,根据智能数据模型和算法确定控制命令最终下达到各设备,组建建筑能源管理系统,搏力谋研发的带有NFC功能的阀门执行器,可以与手机直接连接,通过手机获取阀门执行器信息与运行状态,并获得了本届制冷展自控类的“创新产品”称号(图5-19)。边缘网关拥有边缘计算能力,在物联网边缘节点实现数据优化、实时响应、敏捷连接、智能分析,从而提供了在现场布置智能算法的条件。迅饶web组态边缘网关系列支持MQTT服务,支持云端组态,支持微信、短信等方式发送报警,支持存储到外部数据库等诸多功能(图5-20)。

基于物理模型优化和强化学习算法的智慧算法正逐步在往工业界渗透。如福加自控在高

效机房的优化方面，建立起冷机COP与冷水出水温度、冷冻水流量、冷却水进水温度的函数关系，再根据系统优化的原则制定智慧算法（图5-21（a））；所为科技开发的基于强化学习的水泵恒温差优化控制算法和水泵频率优化控制算法等，并将其用于写字楼、酒店、商场等不同类型的场景中（图5-21（b））。



图5-20 迅饶web组态边缘网关



(a) 福加自控冷机智慧算法



(b) 所为科技物联网控制架构

图5-21 基于物理模型优化和强化学习算法的智慧算法

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数量维持了相当的水平，在技术上体现出持续的革新，健康防疫和“双碳”战略对暖通空调产业提出了新的需求，成为了推动行业发展和产品进步的引擎。

随着制造工艺的提高，空气处理机组、末端、风口和新风机组在体积、造型、噪声等性能上已经具备较大的竞争优势，产品能效进一步提升，开始关注产品的健康和舒适性能；在暖通空调自控系统方面，随着物联网和信息技术的发展，新技术新产品新功能明显增多，集成化自控技术日渐成熟，已经成为暖通空调系统节能增效的增长点。

6. 供热、热水设备与系统 (哈尔滨工业大学 姜益强教授、董建锴教授、郑文科讲师)

6.1 技术特点

由于疫情的持续影响，本届制冷展上，供热、热水设备与系统方面的参展企业与人员相比去年有所减少，但格力、天加、芬尼克兹和麦克维尔等知名企业继续参展。从参展的相关产品可以看出，由于“双碳”目标和节能减排的影响，供热、热水设备与系统在智能化与高效节能方面更进一步，超低环温空气源热泵机组性低温适应性能进一步拓展，自主知识产权的国产燃气热泵机组首次亮相展会。

6.2 特色产品

本次展会上展出的供热、热水设备与系统方面特色技术产品主要包括智慧型供热、热水设备与系统管理平台、高舒适性的地暖中央空调系统、超低环温热泵机组、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，以及燃气热泵机组等。分述如下：

(1) 智慧型供热、热水设备与系统控制管理平台

智能控制在供热、热水设备与系统中的应用仍然是本次展会的亮点之一，人工智能、云技术以及5G技术的进一步应用实现了供热、热水设备与系统的智慧化运行，使人们的生活更加便捷、舒适与节能。智慧能源控制管理平台涵盖供热、热水、供冷、供电等系统，利用仪表智慧监测、云端智能调试、移动远程控制营造节能环保、舒适健康的人居环境。如图6-1所示，CAREL、迅饶以及Honeywell推出了建筑能源系统管理平台，通过智能传感器链接、集成和交互，使用云数据集以及物联网技术对系统进行计量、保存，并可通过终端中控屏进行控制，实现供热、供冷、供电等系统高效、节能运行，满足人们舒适健康生活环境的需要。



(a) CAREL整体住宅能源管理平台



(b) 迅饶能源管理平台



(c) Honeywell智慧建筑能源控制管理平台

图6-1 智慧能源管理平台

针对两联供系统，邦普（图6-2（a））和高标公司（图6-2（b））展出智慧解决方案，通过安卓集控屏与房间温控器通讯，借助两联供温控器控制风机盘管和末端水阀，实现夏天供冷、冬天供暖。图6-2（c）所示为ACOL安巢展出的热泵空调控制系统采用新型流量开关、智能水流量测试仪以及精密过滤双止回自动补水阀，联合电动二通阀与压差旁通阀控制，具有流量检测、压差旁通、自动补水和螺旋排气功能，使系统更加智慧、稳定节能。



(a) 邦普两联供系统控制解决方案



(b) 高标热泵两联供控制系统



(c) ACOL安巢热泵空调控制方案

图6-2 两联供系统控制方案

(2) 高舒适的家居供暖空调系统

家庭地暖中央空调两联供系统依然是本次展会的亮点之一，芬尼克兹、格力、中广欧特斯、世创电能等公司均有产品展出（如图6-3所示）。芬尼克兹公司展出了全屋地暖空调系统，热泵采用变频超低温空气源热泵，-35℃低温制热，65℃高温出水，智能除霜与APP智能控制。格力“天水地水”和“天氟地水”两联供系统基于智慧采暖，节能效果更加显著。室内温度波动更小，在0.8℃以内，更加舒适。中广欧特斯展出的中央热泵空调，采用氟/水地暖，室内无极控温，可在-35℃-55℃范围内超宽频运行。世创电能公司展出了变频三联供系统，可满足采暖、制冷以及热水需求，使用高效变频热泵，可在-20℃时维持高效运转，提供60℃热水，并采用智能控制技术，更加高效节能。



(a) 芬尼克兹家庭地暖中央空调



(b) 格力家庭地暖中央空调



(c) 中广欧特斯家用中央热泵空调



(d) 世创电能家用三联供系统

图6-3 家庭地暖中央空调



图6-4 曼瑞德全屋地暖系统



图6-5 芬尼克兹无水暖气

曼瑞德公司展出了全屋地暖系统（如图6-4所示），采用燃气采暖热水炉和分段变频燃烧技术，满足采暖与生活热水需要，同时结合智能双调节型分集水器，防结垢，免卡死，更加舒适

节能。

图6-5所示为芬尼克兹展出的无水暖气，采用R410A作为冷媒，直接进入散热器，从根本上消除漏水漏电以及管路冻裂的隐患，更加安全。运行温度区间为-25℃-30℃，可实现30%-100%无极容量调节，配合智能运行模式更加节能。

(3) 超低环温空气源热泵供热机组

在我国“双碳”政策持续利好的时代背景下，低环温空气源热泵技术得到进一步升级，应用领域也不断拓宽。如图6-6所示，瑞特莱纳公司推出了面向极寒地区的复叠变频空气源热泵机组，可满足地暖、暖气片以及供热水需求，采用全直流高效低温热泵变频热泵压缩机，自主专利换热器设计方案，换热器利用率大大提高，化霜速度明显加快，2分钟智能可完成化霜。整机采用高效逻辑控制算法技术，整机的性能可达一级能效，采用环保冷媒，最低使用温度为-49℃。

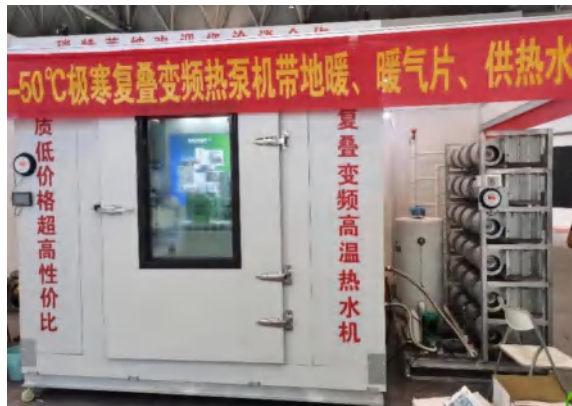


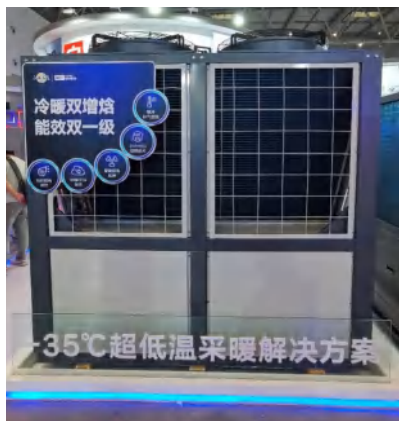
图6-6 瑞特莱纳热泵机组

芬尼克兹展出的超级北极星系列为超低温变频空气源热泵采暖机组（如图6-7所示），采用三阀负荷节流、压缩机冷启动和风机直流增扭技术，-38℃强效制热，机组IPLV（H）高达3.2。直流变频高效节能，全面减少能力衰减，整体性能比定频热泵提升20%，全年运行费用比定频节省超20%；水温波动幅度缩小，室内恒温更持久；智能调节除霜能力，实现高效精准除霜；变频静音模式，恒温运行时长期保持低噪音状态。



图6-7 芬尼克兹超级北极星

直流变频技术在超低温空气源热泵机组中得到进一步应用。如图6-8所示，中广欧特斯展出的低温热泵机组采用EVI+ELI双喷技术、远程OTA智控以及风机双档智控，达到双一级能效。沃克、鑫磊和伊莱克斯等公司展出的直流变频热水机组采用智能控霜技术，避免频繁启停，能够在-35℃实现稳定运行，并采用智能化控制系统，运行更加可靠。



(a) 中广欧特斯热泵机组



(b) 沃克热泵机组



(c) 鑫磊热泵机组



(d) 伊莱克斯热泵机组

图 6-8 超低温直流变频空气源热泵机组

(4) 高效多功能空气源热泵机组

本次展会上天加、冰山、冰轮等企业均展出了高效多功能热泵机组，机组集供热、供水、制冷以及热回收等多种功能于一体，这也逐渐成为空调行业发展的一个趋势。

如图6-9 (a) 所示，天加公司推出的全直流变频多联机，制冷剂为R410A，采用喷气增焐技术，无需电辅热，可实现-30℃-56℃高范围运行，更加高效节能。图6-9 (b) 所示为天加SMARDT展出的H-Class无油热泵，采用无油磁悬浮压缩机，在与可再生能源整合过程中，可以最大限度地降低能源成本和温室效应气体排放。作为微电网的一部分，该系列还可提供分散的、弹性的加热和冷却，是建筑电气化和节能减碳的有效替代方案。图6-9 (c) 所示为烟台冰轮集团展出的氨冷热水双效一体撬块机组，采用氨作为制冷剂，供冷的同时采用余热回收技术进

行供热。图6-9 (d) 所示为冰山集团推出复叠式氨螺杆热泵机组，利用制冷系统的高温排气制取50℃-75℃的热水，热泵系统单级压缩，复叠系统，可靠性更高，满足工艺干燥、化学工艺等要求。



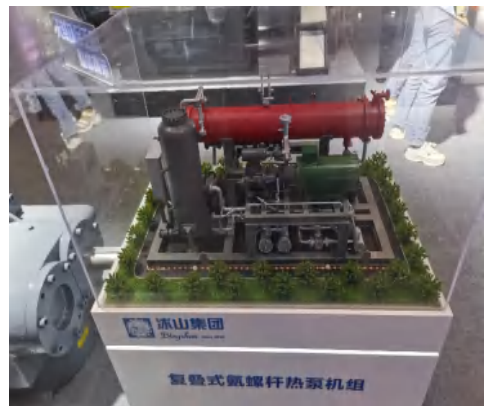
(a) 天加全直流变频多联机



(b) SMARTD H-Class系列无油热泵



(c) 冰轮氨冷热水双效一体撬块机组



(d) 冰山复叠式氨螺杆热泵机组

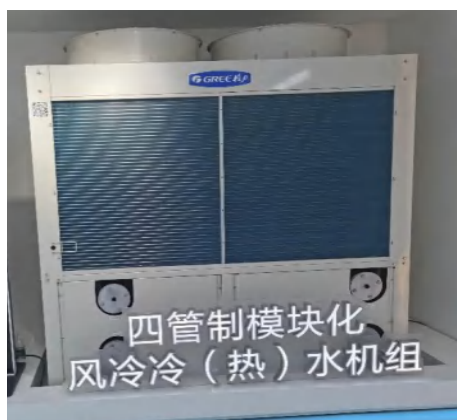
图 6-9 高效多功能热泵机组



(a) 西屋康达风冷热泵机组



(b) 麦克维尔四管制风冷热泵机组



(c) 格力风冷热泵机组

图6-10 四管制高效风冷热泵机组

四管制风冷热泵机组的技术和性能也进一步提升。图6-10 (a) 所示为西屋康达展出的四管制风冷热泵机组采用变频EVI压缩机+EC风机组合，自主研发的节能控制算法，有效耦合能量调节需求，机组在不同负荷与不同工况下压缩机和风机保持最优转速，节能增效、精准控温，并对噪声和振动进行组合处理，令机组安静运行。图6-10 (b) 所示为麦克维尔展出的四管制风冷热泵机组IPLV高于4.8，采用全变频设计，可实现无级容量调节，水温控制更加精准。图6-10 (c) 所示为格力展出的四管制风冷热泵机组利用冷凝热回收技术，可令综合能效比达到8.0以上。

(5) 家用高温水空气能热水器

本次展会上，芬尼克兹、中广欧特斯、格力等企业均推出了性能更加优越的家用空气能热水器。图 6-11 (a) 所示为芬尼克兹展出的空气能热水器，采用外绕盘管换热器，钛瓷内胆水箱，COP大于4.2，最高出水温度可达75℃。在为室内提供高温热水的同时，可以向厨房提供冷气，充分满足家庭不同区域的冷热需求。图 6-11 (b) 所示为中广欧特斯展出多款家用热泵热水器，采用全直流变频和环保冷媒，可在-15℃低温运行，更加高效节能。图 6-11 (c) 所示为格力展出的空气能热水器，采用双级压缩、补气增焐、双路调节技术，补气、蒸发双路精准调节，性能强劲。同时搭载平行流微通道换热器，有效换热面积更大，换热效率和效果更好。采用分布式缓流技术，减少对上部热水的搅动，提高热水利用率，保证储存大量的热水。



(a) 芬尼克兹家用热水器



(b) 中广欧特斯家用热水器



(c) 格力家用热水器

图 6-11 家用空气能热泵热水器

(6) 商用热泵热水机组

纺织、屠宰、化工和电镀工厂、医院以及酒店等场所对热水水量与温度有更高要求，本次展会上天加、松下等公司展出了高效节能的商用热泵热水机组。如图6-10 (a) 所示为天加展出的以CO₂为制冷剂的高温热泵热水机组，能够制备90℃/65℃的高温热水，具有直热、循环两种模式，供65℃热水时，能效比为5.0以上。图6-10 (b) 所示为松下公司展出的高温热泵热水机组，采用双转子CO₂压缩机，CO₂跨临界运行，IOT远程监控，运行范围从-30℃~46℃，环保节能。

如图6-10 (c) 所示，芬尼克兹展出的温泉热水机组采用R410a作为制冷剂，具备智能预判机组结垢机制，可及时预警用户清洗换热器，-15℃低温下强劲制取热水。该机组的风机叶片是机组的一大特点，其采用铝合金成型技术，在高速运转中依然可控形变。壳管逆流换热技术可以在相同水量下省电5%，智能结垢分析技术及时维保安全可靠，翅片紊流增强技术能够大幅减少除霜时间占比，搭配云集控数据管理系统，设备解决矛盾升级轻松无忧。



(a) 天加高温热水机组



(b) 松下高温热水机组



(c) 芬尼克兹温泉热水机组

图6-12 商用热泵热水机组



图6-13 热泵烘干机组

本届展会上，格力展出了热泵烘干机组，如图 6-13所示，可满足工农业干燥的需要，采用专用直流变频压缩机，制热能力更强，出风温度最高可达70℃，对比定频机组运行更省电，实现烘烤过程中温湿度精度在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内，满足烘干工艺所需的温湿度要求。

(7) 燃气热泵机组

燃气热泵以燃气为输入能源，通过燃气发动机驱动压缩机，带动热泵系统循环，实现夏季制冷、冬季制热的功能，并可提供恒温热水。燃气热泵机组是本次展会的亮点之一。图6-14

(a) 为天加GHP燃气热泵多联机，其引进日本洋马技术，可实现 -25°C 超低温制热，具有制热无需化霜、调温速度快，节能效果显著的优点。图6-14 (b) 为中科广能自主研发的GHP燃气热泵机组，可以充分利用发动机余热，在 -25°C 环境温度下仍可正常运行，以一次能源计算，其制热效率COP为1.62，是燃气锅炉的1.9倍，电热泵的1.25倍（热泵COP按3.4，发电磁效率按0.369）。该类机组具有超低温制热、无需化霜、高能效比、用电少、可缓解天然气冬夏季峰谷差等优异的特点。同时，天然气作为清洁能源，可大大缓解由于燃煤供热或者发电带来的雾霾以及二氧化碳排放，对北方地区改善空气质量有着很大的帮助。



(a) 天加GHP燃气热泵机组



(b) 中科广能GHP热泵机组

图6-14 燃气热泵机组

6.3 评论与展望

在“双碳”目标引领下，随着需求牵引与政策支持的推动，本次展会供热、热水设备与系统主要体现了智慧性、节能性、高效性的特点。

热泵技术在供热、供热水领域的地位更加凸显，智慧控制系统得到进一步发展，家庭供暖空调系统的节能性进一步提升，超低环温空气源热泵的低温适应性进一步拓展，高效多功能热泵机组显著增多，燃气热泵机组性能更加强劲，未来将会在寒区清洁供暖、近零碳建筑以及近零碳园区中得到越来越广泛的应用。

随着节能减碳、智慧建筑、智慧家居的影响逐渐增加，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，并将得到进一步的发展。

7. 冷链设备与系统

(中国科学院理化技术研究所 田长青研究员、张海南副研究员，博士生孔繁臣、李佩儒)

冷链是生鲜农产品质量安全的“保护伞”。随着人民生活水平的提高，人民群众对农产品的品质需求也不断提高，这推动了我国冷链产业的快速发展，但同时也会产生大量温室气体排放，因此低碳环保是冷链发展的重要主题。同时，冷链需求呈现出多样化趋势，果蔬、水产品、乳品、速冻食品、预制菜品等不同生鲜食品在加工、运输和仓储等一系列冷链环节中的要求不尽相同，保障冷链食品的高品质十分重要。此外，建立安全冷链体系，阻断致病菌和病毒通过冷链传播也成为冷链企业正在努力的方向。

7.1 总体特点

本次展会中，全程冷链涉及的冷加工、冷冻冷藏、冷藏运输、销售消费等环节的设备与系统技术进展均得到了体现。通过分析本次展览会的冷链设备展出情况，冷链设备发展的总体技术特点表现为致力低碳、专注品质、重视安全三个方面。例如，出现了多种高效环保商用压缩机，提出了预制菜速冻解决方案，展出了斯特林冷链箱等新技术装备，涌现了冷链消毒杀菌设备等。

7.2 特色产品

(1) 致力低碳

1) 高效节能

本次展会中，多家参展商关注于提升冷链设备的能效。长虹华意NUS125FSC压缩机是一款智能化变频压缩机（图7-1），最高可节能可达40%，其特点包括：产品采用了空气动力学流体技术、材料表面处理技术、电机控制技术、控制驱动技术等，适用于冷冻柜，超市岛柜，蛋糕柜，饮料柜等应用场景；1800-4500RPM的宽转速范围，可适用于不同容积的冷柜，实现了小体积小排量压缩机替代传统大体积大排量压缩机的功能；允许在低转速下运行，既降低了能耗，又减少了噪音（低速下比相应定频低7dB）。



图7-1 长虹华意“酷冰”NUS125FSC智能高效环保变频商用压缩机

复盛实业（上海）有限公司展出的CSR可变VI（内容积比）螺杆式制冷压缩机（图7-2），能够以宽广的VI调节范围实现高IPLV（综合部分负荷）值。该产品主要针对冷冻、冷藏行业不同的库温需求，通过高精度MC（加工中心）加工、复盛专属转子型线，理想间隙设计达到节能高效，四段可变容积比，可实现一机两用或多用，如中温-10℃、低温-35℃，或冷热两用等，无需搭配变频器，仅需通过常规的容调电磁阀即可实现不同VI之间切换。



图7-2 复盛实业可变VI螺杆式制冷压缩机



图7-3 松下（大连）直流变频补气压缩机

松下（大连）冷冻用110cm³/r排量内部低压直流变频补气卸载压缩机（图7-3），将低温补

气直流变频技术应用在冷冻冷藏领域，蒸发温度可降低至 -40°C ；在中温工况下该产品的效率提升较为明显，COP大于2.91，应用低噪技术，产品噪声降低8分贝，降噪性能好。蒸发和冷凝温度范围广、产品可靠性高。

思科普压缩机（天津）有限公司展出的BDN45F活塞式压缩机（图7-4），结构紧凑，重量轻，压缩机（含控制器）仅重1.5 kg，能够实现1.4cc的小排量，制冷量达100W，COP1.7。同时，低噪音（29dBA）、振动小，压缩机运行转速范围达2300-4500r/min，实现了非常宽泛的制冷能力，可满足一机多用的目的，能够广泛应用于移动制冷等环节。



图7-4 思科普BDN45F活塞式压缩机



图7-5 浙江同星全铝小管径高可靠性换热器

本次展会中，浙江同星科技展示了多款全铝换热器（图7-5），其中全铝小管径高可靠性换热器使用了表面涂层处理工艺和变翅片间距，延缓了结霜时间，另外附带加热管安装槽，化霜时间短，有效提高了使用周期，更加节能。同时，全铝材料还具有价格低廉、结构紧凑、焊点少等优点。

此外，本次展会上从事冷链配套辅助产品生产的企业较多，且针对不同的载冷剂、冷水机组、保温材料、冷库门、控制阀等研发了专业化产品。

冷库门开启时的冷热空气交换导致较大冷量损失，且会导致冷库门附近的地面湿滑、易结冰。美天合（日照）冷库门制造公司生产的双向PVC冷库缓冲门（图7-6），在开关过程中能够快速跟随，相比于普通冷库门、快速门等，具有明显的节能效果。



图7-6 美天合（日照）冷库门制造公司双向PVC冷库缓冲门

传统的制冷设备检测工作是在封闭条件下进行的，与实际使用过程有较大出入。国家商用制冷设备质量监督检测中心展出的开门试验控制系统（图7-7），能够同时控制多台设备，精确模拟设备在正常使用过程中的开关门过程，从而准确保证了制冷设备能耗检测。



图7-7 国家商用制冷设备质量监督检测中心开门试验控制系统

冷库用保温材料属于其围护结构的一部分，除了保温性、耐久性外，其防火性能对冷库的消防安全也尤为重要。大昌保温节能科技将A级防火岩棉与聚氨酯结合，作为外墙外保温系统（图7-8），具有导热系数低、透气性好、燃烧性能级别高等优势，而且能够结合企业工艺，呈现出幕墙效果。

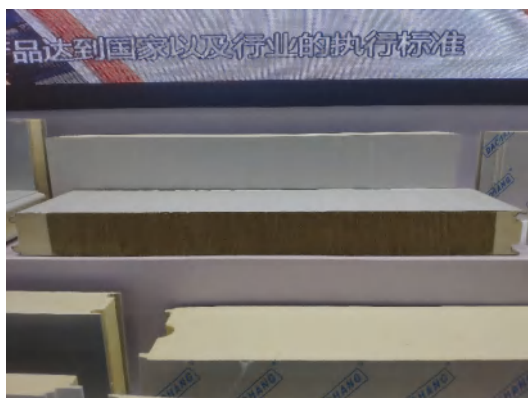


图7-8 大昌保温节能科技岩棉A级防火材料

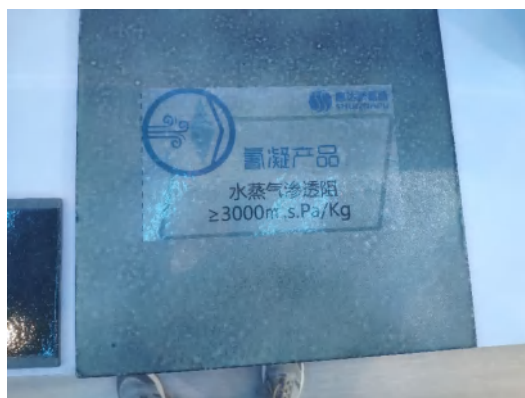


图7-9 烟台顺达聚氨酯氟凝产品

烟台顺达聚氨酯氟凝产品（图7-9），具有高水蒸气渗透阻，作为冷库保温结构的防潮隔气层，可有效降低水蒸气的侵蚀，延长冷库使用寿命。

在低温冷水机中，电子膨胀阀在与压缩机、冷凝器、蒸发器的配合中起着控制系统工作效率的关键作用，其工作状态将决定系统的实际制冷能力和控制精度。三花“寒卫”系列电子膨胀阀控制器采用了耐低温元器件，保障了低温下的正常运行，且控制精度高，可有效提高冷库能效（图7-10）。



图7-10 三花“寒卫”系列电子膨胀阀控制器

2) 清洁环保

在“双碳”背景下，本次展会推出了许多利用可再生能源和环保天然工质的冷链设备。格力冷冻冷藏推出的光伏直驱变频热氟融霜制冷机组（图7-11），可通过环境温度、货物种类、开门次数等冷库化霜影响因子分析判断机组结霜状态，使用四通阀热氟融霜技术，比电加热定时化霜效率高，库温波动小，相较于传统光伏+制冷的光伏冷库，此冷机组转换效率可提升8%。



图7-11 格力光伏直驱变频热氟融霜制冷机组



图7-12 冰轮变频CO₂半封螺杆制冷压缩机组

针对天然环保制冷剂CO₂在冷链行业的应用，冰轮集团推出了永磁变频CO₂半封螺杆制冷压缩机组（图7-12）。该机组配置永磁变频电机，运行稳定；采用优化转子型线加工及装配方式，间隙小，容积效率高；压缩机内部油路采用了多点喷油的方式，绝热效率高。

冰山冷热技术变频式NH₃/CO₂载冷模块化机组（图7-13），采用封闭式耐氨电机，工质泄露少，在低负荷情况下，变频控制相较传统滑阀控制能耗更低，最高转速可达6000r/min，机组集成度高，可整体运输与安装。

传统冷藏车作为冷链运输的常用工具，其燃油带来的能源消耗和环境污染问题不容小觑。近年来，随着新能源车的大力推广，对于其相关制冷设备的研发也逐渐增多。万宝展示了新能

源冷藏车用涡旋压缩机（图7-14），采用R404A冷媒、BLDC电机和直流变频技术，适用于纯电冷藏车和氢能源冷藏车；该压缩机压比宽、运行范围广、体积小、重量轻，适用于各种紧凑空间安装，抗震性好，性能稳定。格力冷冻冷藏推出的新能源运输制冷机组（图7-15），具备电预冷功能，车辆充电和机组备电制冷可同时进行，电池使用寿命长，采用了流线型外观设计，风阻小，壳体薄，拥有多重抗震措施，满足城市全路况运输，另外搭配格力高效的换热器及回热循环系统，优化了内部风场设计，整机能效高。



图7-13 冰山变频式NH₃/CO₂载冷模块化机组



图7-14 万宝新能源冷藏车用涡旋压缩机



图7-15 格力冷冻冷藏新能源运输制冷机组

(2) 专注品质

本次展会中，参展商展出的一些冷链设备体现了精准保障食品品质的未来趋势。在食品冷加工领域，针对蒸煮成熟后的甜糯玉米棒的急速冻结，冰山集团提出了一款智能型下旋流隧道速冻装置速冻机（图7-16）。该设备根据玉米棒实际冻结曲线合理分区，预冷段、冷却段、深冷段的温度分别为+5℃、-15℃、-35℃。采用振动装置使多层玉米棒换热均匀，独有的下旋流送风方式可实现均匀布风，冻结效率高、冻结速度快，弧形挡风板设计，无送风死角可减少运行损失。



图7-16 冰山米棒专用下旋流速冻机生产线模型



图7-17 宁波芯公司的冷链箱

大连隆成冷冻设备有限公司在预制菜领域展示了独特的技术。其展出的炒饭速冻机采用振动结构，可以解决目前炒饭粘连、结块的现象，此外，另外对速冻机内部气体的循环流道设计，能显著提高换热能力，降低食品干耗。

宁波芯斯特林低温设备有限公司展示的制冷机组（图7-17），采用了斯特林制冷技术，相较于传统蒸气压缩制冷，能够实现无油无氟；同时，无倾斜角度要求，能够360°旋转使用，还具有安全性好、模块化设计、无铜管少焊点、故障率低等特点。此外，可用温区广也是比较明显的特色，可适用于冷链箱、厨房商业冷柜等多个场合。能够精准控温，便于针对不同食品药品设置不同温度，解决冷链“最后一公里”的配送难题，有效保障了生鲜食品品质。

Hecu方案是卡乐公司提出的适用于冷库集中控制的高效整体解决方案，利用板载电子膨胀阀和直流变频技术确保稳定性和高效率，通过直观的手机app，可实现性能控制、快速调试及生成周期性运行报告。该方案适用于调节多个不同冷冻冷藏室内的温度，可满足不同生鲜产品的低温需求，提升食品品质。

（3）重视安全

为了保障冷链环境的微生物安全，参展企业提出了各自的解决方案。冰轮环境技术股份有限公司为应对疫情常态化，开发了具有空气和物体表面消杀功能的隧道式高强紫外消杀装置（图7-18）。该装置采用不产生臭氧的紫外光，在4℃条件下，作用5s，消杀率为99.99%；在-20℃条件下，作用3s，消杀率为99.99%，其不消耗消毒剂，无需另外配置贮存区，避免了化学药剂对冷链食品的污染。

此外，针对冷冻冷藏过程，冰轮集团推出了冷风循环消杀一体机（图7-19），依靠等离子体场腔中激发的自由基、高能光子和离子

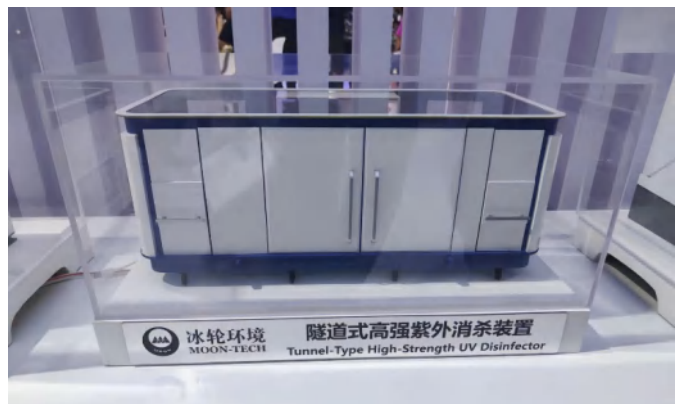


图7-18 冰轮环境隧道式高强紫外消杀装置

簇，由风机传入空气中，在实现对空气降温的同时，还能消毒净化。具有消杀模块的能效小，安装便捷，对食品无污染，对工作人员无损伤等特点。

大连冰山集团针对病毒的气溶胶传播方式开发了空气消毒机（图7-20），该装置利用了大连化物所研发的吸附灭活病毒催化材料，通过气流组织穿透物体包装表面及内部浅表面消灭细菌冰毒，可用于远洋船舱、冷库、脱包间和加工车间等多个冷链环节。

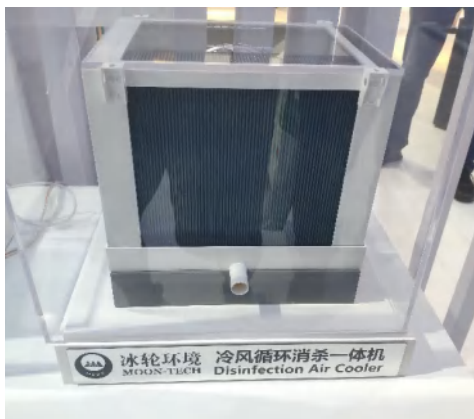


图7-19 冰轮环境冷风循环消杀一体机



图7-20 冰山集团空气消毒机

7.3 评价与展望

本次展会参展产品覆盖了全程冷链的各个环节，整体呈现出致力低碳、专注品质、重视安全三个技术特点，出现了许多令人眼前一亮的产品。

结合本次展会情况，冷链设备和系统具有如下的发展趋势：

(1) 多元化需求驱动冷链设备创新：随着生鲜电商的蓬勃发展和预制菜的兴起，各类食品对冷链设备提出了新要求，针对不同的温区、不同的工艺开展专用冷链装备和系统的研发已经得到众多企业的重视。

(2) 高效环保引领冷链设备变革：该趋势主要体现在环保制冷剂 and 可再生清洁能源的利用上。一方面，零ODP、低GWP的环保制冷剂将是未来的应用趋势；另一方面，新能源冷藏车、光伏冷库等可再生能源的冷链设备和系统将逐渐增多。

(3) 安全健康成为冷链设备新课题：新冠疫情引发了人们对冷链流通过程中致病微生物传播的高度重视，冷链在保障食品高品质和食品安全的同时，还需要增加消毒杀菌功能，构建安全冷链体系，冷链消毒杀菌设备由此应运而生。

基于展品技术特点可以看出，本次制冷展展现了冷链设备行业在疫情新常态下，攻坚克难、迎接挑战的强劲发展势头。冷链设备企业不仅继续深耕高效环保等传统技术壁垒，而且针对预制菜、可再生能源利用、冷链食品消杀等新需求，也锐意进取，提供了相应的特色产品。

冷链物流及冷链设备在我国正处于蓬勃发展期，面临低碳、安全、多元化、高品质、信息化、智能化等挑战，需要在制冷工质替代、可再生能源应用、安全技术、细分冷链设备等方面开展技术攻关和产品研发。期盼更多的企业加入到冷链设备行业中来，共同建设“十四五”冷链物流发展规划中提出的“绿色智慧、安全可靠”的冷链物流服务体系。

三、学术交流

(南京工业大学 蔡浩教授、颜承初教授、牛晓峰副教授、程建杰副教授，硕士生鲍康康、黄枫壬、毛虹翼、肖汉林、张港、李真锋、谢鑫)

学术交流是中国制冷展的核心内容之一。此次展会期间，组委会共举办1场主题论坛、34场专题研讨会和14场技术交流会。学术交流活动围绕“专注创新品质，致力低碳健康”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

8月1日上午，2022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“低碳转型：热泵大发展的机遇”、“国内外经济形势与大国博弈格局”、“‘双碳目标’和《基加利修正案》背景下我国制冷剂替代趋势解读”、“我们的行业和环境：有价值的合作伙伴关系”为题进行主题报告，论坛由清华大学李先庭教授主持。



图1-1 2022年中国制冷展开幕典礼暨主题论坛

1.1 低碳转型：热泵大发展的机遇

中国工程院院士、中国制冷学会理事长、清华大学建筑节能研究中心主任江亿教授以“低碳转型：热泵大发展的机遇”为主题，深入剖析了“制冷人”与气候及“双碳目标”的关系。

江亿教授指出双碳战略的根本是实现能源结构转型——从以化石能源为主的碳基结构转为以可再生能源为主的零碳结构。在未来的低碳社会中，低品位余热都将成为宝贵资源，而热泵则会成为回收利用低品位余热的利器。

江院士进一步提到，各种余热资源应成为热泵的主要低温热源。余热资源共享可采用多热源、多热汇系统形式，当两侧平均温度有足够的温差但流量差别较大时，可采用吸收式换热；当热源的平均温度低而热汇的平均温度较高时，可依靠电动热泵实现温度品位的提升。集中供热应以余热为热源，靠热泵调参数。集中供热和热泵供热不是两种可相互替代、互相竞争的技术，而是一套相互补充的综合余热利用技术的两个关键技术点——集中供热以余热为热源解决热源与用热点之间位置的不匹配，而热泵解决热源、用热参数与管网统一参数的不匹配。此外

还需要创新的跨季节储能技术，以解决时间不匹配问题，通过输配、储能和热泵三大技术的突破从而实现未来新型零碳热源目标。

对于发展二氧化碳热泵系统，江亿教授提到，二氧化碳属于自然工质，在热泵工况下会处于超临界状态实现变温放热，正好与加热循环热水的需求一致。我国已成功研制出一批二氧化碳热泵系统，使用效果良好，后续研究的重点在于压缩机等关键部件的国产化，以及开发满足二氧化碳热泵系统各类热量变换要求的新流程。

依靠热泵从较低温度的热源中制备满足工艺要求100℃左右的热量在未来具有重大需求。改变现有的蒸汽供应概念，采用分散化、小型化、出口参数可调、凝水全部回收策略的热泵系统，可使综合效益优于燃煤蒸汽锅炉。新型的热量变换器是大规模余热共享系统提出来的新需求，还需要系统的理论研究，包括流程优化、装置开发以及标准化等工作。

江亿院士在报告的最后指出，低碳发展和“碳中和”目标把制备中、低品位热量的任务交给了热泵。因此，热泵领域必须抓住机遇、迎接挑战、创新发展、不负使命。在学科上，制冷学会将肩负制冷、制热两大热量提升任务；在系统上，需要针对共性问题，发展和构造系统流程的一般性方法；在装置上，从部件到整机，大量新的产品需求等待开发；在经营上，市场扩大了一倍，热泵产业将飞速发展。江院士希望中国的热泵产业能抓住能源低碳转型的机遇，在已有领域上再接再厉，发展成为能源领域的重要生力军。

1.2 国内外经济形势与大国博弈

重庆大学经济与工商管理学院金融系主任蒲勇健教授以“国内外经济形势与大国博弈格局”为题，分析了国内外的经济形势以及未来中国的应对方法。

蒲勇健教授指出，在国内方面，我国目前正面临六大压力：（1）经济下行压力持续；（2）就业压力加大；（3）产业链、供应链安全隐患更加突出；（4）通胀压力有所增大；（5）地方政府偿债压力进一步加大；（6）中小企业经营困难。

另外，我国面临的外部压力也不容忽视：（1）逆全球化思潮抬头，全球经济治理进程受阻，世贸组织争端解决机制也由于美国持续阻挠而长期无法正常运行；（2）数字、太空、网络等治理新领域增加，全球治理盲区扩大；（3）国际权力转移加速推进，新兴大国与传统大国、传统大国间以及新兴大国间矛盾冲突的可能性增强。

此外，蒲勇健教授分析了一些值得关注的积极因素。2021年中国、美国、日本三大经济体经济增速均超过3%，中国经济占世界比重持续上升，成为世界经济增长的核心动力源。以中国为代表的新兴市场国家和发展中国家在全球经济占比不断提升，1992—2019年发达经济体国内生产总值占全球比重下降到59.8%，新兴市场国家和发展中国家则提升至40.2%，“东升西降”、“南北平视”趋势愈加显现。受疫情影响，西方主要发达经济体均出现经济衰退，“中国之治”与“西方乱象”的鲜明对比，进一步增强了中国之治的全球影响力。

1.3 “双碳目标”和《基加利修正案》背景下我国制冷剂替代趋势解读

会议邀请了生态环境部对外合作交流中心副处长郭晓林以“‘双碳’目标和《基加利修正案》背景下我国制冷剂替代趋势解读”为题做主题报告。

郭处长的报告分为五个部分：1. “双碳目标”与国家自主贡献；2. 《基加利修正案》；3. 我

国履行修正案的潜力与惠益；4.我国履行修正案制冷剂替代趋势；5.我国履行修正案的初步设想。

“双碳目标”是指习近平主席在第75届联大会议提出我国要在2030年实现二氧化碳排放达峰并争取于2060年前实现碳中和的整体目标。国家自主贡献不仅是中国致力于在非二氧化碳温室气体方面要做出更大的努力，主要的发达国家和代表性发展中国家也都先后将二氧化碳、氢氟碳化物、甲烷等七种温室气体纳入了国家自主贡献的范围，特别是通过加强对氢氟碳化物（HFC）的管控和进一步参与全球环境治理以应对气候变化。

《基加利修正案》是在《蒙特利尔议定书》下的第五个修正案，它于2016年10月在《蒙特利尔议定书》第28次缔约方大会上达成。该修正案将HFC纳入蒙约管控范围，并对不同国家规定了不同的时间表。对我国而言，要从2024年实现HFC生产和使用的冻结，再逐年进行削减，最终到2045年削减至基线水平的20%。

我国是目前全球最大的HFC生产国和出口国，生产量约占全球的70%左右。根据北京大学的研究测算，在实施《基加利修正案》后，我国可于2060年将HFC排放量控制在2亿吨CO₂当量以下。我国是制冷空调设备的大国，制冷剂的用量占到了我国所有HFC用量的80%左右。对HFC的管控，一方面需要从源头管控，逐步削减HFC的生产和使用；另一方面可通过在使用过程中的回收和再利用以及销毁，避免向大气的直接排放。

制冷剂替代是一个大方向，涉及汽车空调、房间空调器等多个细分行业，需要根据不同行业进行分领域替代技术评估。根据《蒙特利尔议定书》中刚性的履约目标，我国从2024年起将受控用途HFC生产和使用冻结在基线水平，2029年起HFC生产和使用不超过基线的90%，而汽车空调、房间空调、家用冰箱等家电设备、其他小型空调设备、中小型制冷设备和大中型冷冻冷藏设备可能会是先行的领域。另外，能效问题是制冷剂选择的一种重要因素，也是未来HFC替代过程中一个非常重要的考虑因素。

HFC在我国涉及的面非常广、领域非常多，需要各行各业协同工作，除了从制冷剂替代的角度先行，更需要从国家宏观政策、相关标准以及能力建设等方面不断进行完善。目前，我们正在编制一个HFC管控的国家战略，除了对源头的管理还要建立完善HFC管控的政策法规体系，加强回收再利用销毁管理，加大监督执法力度。与此同时，我们要开展HFC行业削减行动，协同配额管理，确保实现HFC削减目标。针对目前替代技术存在的一些挑战和障碍，要加大相关替代技术的研究和应用的力度以及相关标准的制、修订，以加强整个国家行业的履约能力建设。另外，基于我国参与的全球环境治理，我们也会继续加强履约以及制冷剂替代方面的国际交流与合作。希望通过以上措施，让中国自己的技术、自己的方案以及自己的产品能够更多地走向全球，保持我们在全球市场的竞争力和技术输出。

1.4 我们的行业和环境：有价值的合作伙伴关系

受疫情影响，美国制冷空调和供暖协会（AHRI）总裁兼首席执行官Stephen R. Yurek做了题为“我们的行业和环境：有价值的合作伙伴关系”的在线报告，介绍了美国制冷剂过渡情况、AHRI组织与美国各个部门的减碳工作，以及AHRI未来的减碳规划。

AHRI一直将能源效率和环境管理放在首位，在过去的二十年中，将制冷设备整体效率提高了50%以上。AHRI持续致力于开发绿色的供暖、制冷与空调产品，在为公众提供必要的供暖和

制冷服务的同时，能够减少对环境的负面影响。AHRI还致力于同各国政府和其他组织开展合作，致力于减少温室气体，同时促进可持续、可靠和负担得起的基本供暖和制冷。

AHRI率先在全球逐步淘汰氢氟碳化合物（HFC）冰箱，其中花费了700多万美元开发和测试替代制冷剂，投资50多亿美元开发新一代的设备。当HFC完全淘汰后，仅美国的工业就将每年减少25亿吨二氧化碳排放。美国已经制定实施了《基加利修正案》立法，美国环境保护署（EPA）已经允许某些领域使用A2L制冷剂，其对应的标准和建筑规范已经更新了制冷剂部分，设备制造商正在研发使用新型制冷剂的设备。

在消防和消防安全方面，AHRI与美国消防局以及保险商实验室合作，对新型制冷剂对消防的影响进行了一系列测试，并为消防员和其他安全和建筑人员提供了培训。

最后，Yurek先生展望了AHRI今后的工作，包括加快推进国家建筑规范接纳A2L制冷剂，与各个州合作修订原有的规范，对技术人员、分销商、承包商进行新制冷剂安全处理培训等。

2. 专题研讨会

本届中国制冷展共召开专题研讨会34场，邀请到业内专家围绕“碳中和”制冷技术发展、“双碳”目标、高效机房等主题进行深入交流。下面对部分会议内容从碳中和制冷技术发展论坛、热点技术及其应用、关键设备与部件等三个方面进行总结。

2.1 碳中和制冷技术发展系列论坛

(1) 碳中和制冷技术发展论坛：“制冷剂与碳中和”分论坛

本次论坛由清华大学能源与动力工程系史琳教授主持，报告专家有北京大学环境科学与工程学院胡建信教授、天津大学机械学院能源与动力工程系副主任安青松副教授、浙江省化工研究院院长张建君教授级高工、冰轮环境技术股份有限公司低碳能源事业部副部长温辰阳、清华大学能源与动力工程系戴晓业助理研究员、上海交通大学制冷与低温工程研究所丁国良教授、清华大学长聘副教授王宝龙。与会专家们以“制冷剂与碳中和”为主题进行了深入的交流与探讨。

胡建信教授以“HFCs管控研究及其对碳中和的影响”为题，介绍了北京大学的HFC从需求到排放的研究模型。胡教授解读了《基加利修正案》和《巴黎协定》中关于HFC的条文，并结合各国温室气体排放，预测了HFC的变化趋势。针对HFC等多类温室气体信息不完整的问题，胡教授介绍了基于温室气体需求、产生、排放的监测模型和监测大气浓度的监测模型。最后，胡教授介绍了他们团队研发的HFC监测仪器和生态环境监测网络。

安青松副教授做了题为“碳中和背景下制冷剂国内外发展趋势及减碳路径探讨”的报告。介绍了各国在制冷剂减碳工作上的进展并分析了现阶段所面临的挑战。他认为制冷剂减排的可选路径主要包括研发低GWP的制冷剂、减少制冷剂泄漏量、对制冷剂进行生命周期管理、制冷剂回收与再生、制冷剂低能耗销毁等。另外，报告指出，需要建立一个包含制冷剂回收销毁、销售管理、数据记录、泄漏监测、设备回收再生、服务培训与技术认证的制冷剂生命周期管理机制。

张建君院长做了题为“我国低GWP值制冷剂研发进展”的报告。中国已经成为全球最大的第三代制冷剂生产国、消费国和出口国，但是我国制冷剂仍面临诸多问题，主要包括新的单

工质替代品筛选难度越来越大；制冷剂创新体系和评价体系不全；主流品种受知识产权制约严重；国际话语权丢失，替代选择处于被动。张院长在报告中给出了这些问题的解决方案，并结合一些企业的创新，详细介绍了中国新一代制冷剂研发的进展。

温辰阳副部长以“天然工质应用技术”为题，介绍了冰轮公司对二氧化碳、氨制冷剂和碳氢工质的使用体验以及其他天然工质的应用。针对氨产生的危害，报告人介绍了两条解决思路：降低事故概率，减少氨制冷系统的灌注量。报告中还介绍了冰轮公司的减少氨灌注量的方案和冰轮公司的以水为工质的水蒸气增压机组。

戴晓业助理研究员以“制冷剂替代应用技术”为题，介绍了制冷剂替代的思路、主要流程和制冷剂的热物性。结合各国的案例，报告人介绍了多种制冷剂的优缺点和制冷剂替代的思路，即根据制冷剂的物性直接替代和开发新型制冷剂。另外，在寻找替代制冷时除了要关注制冷剂的热物性外，还要关注制冷剂的安全和与材料的相容性。最后，报告人介绍了高温氧化焚烧法、等离子体反应法、转化反应法这三种制冷剂的销毁方法，分析了各国销毁方法的现状，并介绍了制冷剂销毁的新思路。

丁国良教授做了题为“制冷剂回收技术与对策”的报告。报告主要包括国外制冷剂处理回收的情况和政策、制冷剂回收再生和销毁、中国制冷剂的回收问题三个部分。报告指出，我国的制冷剂回收正处于初级阶段，面临的问题主要包括缺少具体标准、制冷设备回收不规范、缺乏回收分类存储的要求、处理技术落后、企业备案制度不完善、缺少相应的销毁技术和研究。另外报告介绍了冷却法、压缩冷凝法、液位推拉法、复合回收法这四种制冷剂回收方法的原理和优缺点。

会议最后，王宝龙长聘副教授做了题为“面向履约和碳中和的中国制冷发展之路——中国制冷学会制冷节能降碳与制冷剂替代工作组工作规划”的报告。介绍了1990年来全世界各类温室气体逐年排放情况和我国各类温室气体排放的最新数据。基于这些数据，结合制冷行业的情况，报告人分别对二氧化碳和非二氧化碳温室气体的排放提出了减排路径。报告还介绍了面向履约气候协议和碳中和应重点开展的工作。最后，分析了不同制冷应用领域的减排重点和路径。

(2) 碳中和制冷技术发展论坛：“碳中和背景下关键部件技术发展方向”分论坛

本次论坛由西安交通大学邢子文教授和北京工业大学马国远教授共同主持。与会专家们就进一步提升压缩机、换热器和阀门等关键部件的能效水平等进行了深入的交流与探讨。

西安交通大学邢子文教授以“碳中和背景下关键部件发展路线”为题，介绍了《碳中和制冷技术发展路线》中第三章“关键部件”的发展路线。报告指出：我们要从研发应用高效节能技术，提高关键部件的冷量和压力变化范围两个方向提高关键部件的能效水平；要研发能够适用新的制冷剂、新的应用场景和氨制冷系统的新型关键部件；要从标准体系、标准研究、现场监测标准、地区当地标准四个方面完善产品的技术标准。

杭州三花微通道换热器有限公司副总经理高强以“双碳目标下微通道换热器的应用优势和潜力”为题，结合三花公司的产品研发，介绍了微通道换热器的制造工艺与优势。与翅片换热器相比，微通道换热器换热效率提高了30%。报告中还介绍了微通道换热器在灰尘堆积、耐腐蚀性、紧凑性、排水性能、结霜等方面存在的问题和解决方案。

大连冰山集团有限公司副总裁、中国制冷学会资深工程师丁杰做了题为“双碳背景下制冷空调”的报告。报告人介绍了双碳背景下制冷系统关键技术路径。报告还结合冰山集团在工业、商业、农业上的案例，介绍了以深焓能源为中心的低碳方案。

丹佛斯（上海）投资有限公司系统技术高级经理张乐平教授级高工以“助力碳中和热泵技术”为题，介绍了“双碳”背景下热力系统和丹佛斯的压缩机产品。报告人指出了热泵压缩机所面临的问题，并且介绍了丹佛斯公司的涡旋热泵压缩机和磁悬浮热泵压缩机的创新技术和应用场景。

珠海格力电器股份有限公司院长魏会军高工做了题为“新型高效压缩机技术探讨”的报告。结合格力公司的产品，报告人详细介绍了四种技术问题和他们的解决方案：高速压缩机面临可靠性异常、高频性能衰减噪声振动恶化等问题及解决方案；使用热泵双级压缩机方案解决低温环境制热量不足的问题；大小容积切换压缩机方案应对多联机室在负荷变化与室外机工况不匹配的问题；叶片轴承压缩机方案可满足小体积、超高效等需求。

最后，泛仕达机电股份有限公司技术总监梁冠贤以“数据中心高效离心风机研究报告”为题，介绍了泛仕达公司在产品研发上的创新，主要包括：优化风机的部件布置，使风机结构简单、紧凑、易装卸；根据三元流理论重新设计叶轮，提高了风机的效率；开发了一套群控组网系统。

(3) 碳中和制冷技术发展论坛：“空调系统碳中和发展路线”分论坛

本专题研讨会由清华大学李先庭教授主持，就空调系统碳中和发展路线进行了探讨，并分享建筑中的空调制冷技术应用案例及成果。

李先庭教授以“空调系统实现双碳目标的发展路线”为题，从全球气候变化及我国“双碳”目标的角度分析了对我国空调低碳发展提出的要求。报告指出我国空调系统低碳发展的总体思路：①降低空调系统冷热需求并显著提高空调系统能效，大幅降低空调系统运行过程耗电量；②充分提高空调系统主动吸纳本场或附近电网可再生电力的“柔性”，降低空调系统用电量的实际碳排放因子；③减少氢氟碳化物(HFCs)在制冷主机或热泵主机中的充灌量、泄漏量，并确保在设备进行维修、维保、拆除时完全抽取并封存制冷剂，将燃烧化石燃料、具有较大直接碳排放和间接碳排放的燃料驱动类冷热水机组替换为高效电驱动冷热水机组，实现空调系统的全面电气化；④充分挖掘空调系统运行过程中产生并积累的大量运行数据，提高智慧运维水平；⑤修改完善相关标准，建立限制空调系统运行过程碳排放的设计要求与问责机制。

华中科技大学陈焕新教授做了题为“双碳背景下的中央空调系统智能控制策略”的报告。报告人指出，影响空调设备及系统能效的因素主要可归类为技术因素和非技术因素，并建议要广泛且充分利用空调系统实际运行过程中采集的大量数据，对现行的空调产品设计标准进行改进，以制定与实际使用工况更匹配的标准。

海尔中央空调方案研究院院长朱连富高工就“磁悬浮高效机房系统解决方案”做了报告，主要包括制冷机房变频的必要性、供冷量与建筑负荷变化相适应、输配系统节能的迫切需求、海尔高效机房全变频设计、全流程高效机房系统集成方案、技术路线研究方向以及变频对制冷机房的影响分析等内容。

广东美的先行研究主任工程师郑春元的报告题目为“双碳目标下多联机空调的运行调控关

键技术探讨”。报告指出，为了应对“双碳”战略对空调系统运行节能及柔性用能提出了新的需求和挑战，多联机应采用包括MPC协同控制技术、个性化智能控制等运行节能调控方法，以及包括设定温度控制、蓄冷蓄热蓄电等多联机柔性用能调控方法。

清华大学魏庆芄副教授就“我国空调系统碳排放基本情况与减排潜力”做了报告。报告指出，我国建筑和暖通空调系统的实际运行能耗比欧美国家同类气候区建筑物和系统要低得多，而且通过空调行业的“双减”——用能碳排放和边际成本的大幅减少，可实现在“双碳”领域的共同富裕。

(4) 碳中和制冷技术发展论坛：“供热空调的低碳方案”国际分论坛（在线，同声传译）

本次论坛由清华大学建筑学院建筑技术科学系主任李先庭教授主持，以“如何减少温室气体排放乃至实现碳中和”为主题，从响应碳达峰、碳中和目标的行动纲领出发，探讨了在供热空调领域可以采取哪些低碳方案。

李先庭教授作了题为“空调系统采用与负荷品位匹配冷热源的节能潜力”的报告。报告在定量分析空气处理过程需要的水温和具有经济性的热传递温差的基础上，描述了冷热负荷品位的分等级；通过对冷热负荷分布图及相关概念的讲解，分析了负荷品位的分等级与构建相应冷却加热过程的合理匹配问题；最后，通过案例分析，介绍了这种将负荷品位分等级与冷却加热过程相匹配的空调系统的实现原理。

华中科技大学徐新华教授在题为“夏热冬冷地区住宅建筑低碳空调/供热的替代技术”的报告中，定量分析了三种以热水为热源的家用热水设备的能耗情况，指出空气源热泵热水器具有最高的能效比和最低的碳排放量。报告中提出了一种埋管主动隔热墙设计方案，可在冷热负荷产生前控制墙壁热传递，并且在与地源热交换器配合使用时，可使夏热冬冷地区住宅建筑的最大冷负荷减少36%。

日本冷冻空调学会（JSRAE）副主席Akio Miyara在题为“日本冷冻空调学会2050碳中和路线图及最新制冷空调技术”的报告中，首先简要介绍了JSRAE的前身、建成、发展及委员会和技术委员会的组织结构和主要活动；其次介绍了JSRAE在对2050年碳中和的路线规划图中，通过聚焦冷藏技术产生的食品浪费问题和空调技术产生的全球变暖问题以助力可持续发展和碳中和；最后介绍了最新制冷剂研究方案、建立最新制冷剂资料库以及对HFOs制冷剂和混合制冷剂（HFO-1123与HFC-32的混合物）热传递性能的测试及评估等内容。

印度制冷空调工程师学会专家Jyotirmay Mathur在题为“印度能效提高政策综述”的报告中，综述和总结了印度在过去二十年间为提高建筑能效所做的努力，详细分析了几个节能项目成功的原因。最后，报告简要介绍了印度制冷空调工程师学会所扮演的角色。

国际制冷学会E区主席Renato Lazzarin做了题为“供热空调的低碳方案”的报告。报告定量分析了建筑能耗及建筑热流失情况，提出可以通过减少供热需求的方式来减少建筑能耗。报告重点介绍了锅炉能效的提升、冷凝锅炉的设计、以热动力学供热为原理的热泵实现等内容，并指出要把重点放在热设备改进上。报告人还提出了供热空调的低碳方案，指出在未来可以设计出一种应用光伏供能热泵技术的光伏基站，并简要介绍了该基站的设计方案。

美国供热、制冷与空调工程师学会（ASHRAE）前任主席Thomas Phoenix做了题为“美国供热、制冷与空调工程师学会及建筑降碳”的报告，分析了建筑降碳所面临的挑战，并介绍了

ASHRAE的相关工作：针对建筑降碳问题成立了相应的工作小组，如建筑标准工作小组、建筑设施及设备标准工作小组以及建筑性能标准工作小组等，并指出可以在建筑降碳方面应用他们的经验和专业知识，为行业利益相关者提供建议和服务。

(5) 碳中和制冷技术发展论坛：“热泵与碳中和”分论坛

本专题研讨会由上海交通大学制冷与低温工程研究所所长王如竹教授主持，7位专家作了专题报告，从碳中和的角度分析热泵能够发挥的作用、预期碳减排以及技术现状与发展趋势。

上海交通大学王如竹教授做了题为“热泵与碳中和”的报告。王教授指出，我国现在正处于能源低碳转型的关键时期，可再生能源规模化利用与弃能消纳，以及能效提升问题还有待解决，在此背景下，热泵技术成为热点，可以实现低温热源热量品位提升与再次利用，减少一次能源的消耗，有效助力碳中和。

中国建研院建科环能科技有限公司热泵蓄能中心技术总监杨灵艳研究员做了题为“碳中和目标下热泵建筑供热现状和挑战”的报告。报告人指出了热泵技术有待突破的三个方面问题：空气源热泵低温供热性能，高能量密度热泵技术和多种低位热源复合式热泵技术。

中国科学院理化技术研究所张振涛研究员作了题为“自然工质工艺热泵技术研究进展”的报告。在报告中，张研究员介绍了自然工质热泵相关新技术，包括自然工质热泵及多种热泵耦合的工艺热泵，开发工艺过程低品位能量直接/间接增焓利用技术，实现复杂工艺过程的系统优化与节能减碳，从而达到节能减碳的目的。

双良节能系统股份有限公司供热工程部经理张振新高级工程师作了题为“双碳目标下吸收式热泵技术在节能降碳中的应用”的报告。介绍了第一类、第二类溴化锂吸收式热泵各自的优缺点，并结合《2030年前碳达峰行动方案》，介绍了吸收式热泵在回收工业余热和利用生物质能进行规模化供热中的可行性和实际应用案例，以及可为实现节能降碳目标做出的贡献。

上海诺通新能源科技有限公司总经理胡斌作了题为“空气源高温热泵蒸汽供应系统与应用”的报告，介绍了一种全新的蒸汽供应技术——空气源高温热泵蒸汽供应技术。该技术以环境空气为热源，吸收空气中的低品位热能来制取高温蒸汽，凭借独创的系统结构和循环耦合方式，仅需要少量的电力输入，利用闪蒸实现蒸汽的产生和供应，满足广大工业用户的蒸汽需求。

广东美的暖通设备有限公司先行研究高级工程师江宇在题为“双碳背景下热泵在湿度控制技术中的应用”的报告中指出，湿度是建筑室内空气调节的重要指标之一，采用基于热回收多联机的温湿度独立控制空调系统可实现节能40%，助力实现“双碳”目标。

上海交通大学徐震原副教授作了题为“面向余热高效利用的吸收式热泵创新与换热网络优化”的报告。报告介绍了吸收式热泵是进行余热回收的关键技术，然而传统技术循环体系简单且效率低，难以与低温热源实现高效耦合，吸收式热泵循环体系创新与换热网络优化可解决吸收式热泵灵活性差、循环体系简单和余热回收匹配性差等问题，实现余热高效回收利用，从而达到节能减碳的目的，助力碳中和。

(6) 碳中和制冷技术发展论坛：“冷链碳中和技术”分论坛

本次论坛由中国科学院理化技术研究所研究员田长青和华商国际工程有限公司制冷专业总工程师马进正高工共同主持。六位专家做了专题报告，交流探讨了碳中和制冷技术中的冷链碳

中和技术。

田长青研究员做了题为“双碳目标下的冷链技术路线探讨”的报告。报告人指出，我国目前冷链碳排放主要由能源消耗、制冷剂泄漏、食品腐蚀等几部分构成，采用先进技术后，我国碳排放将会有较为明显的下降。报告中还提出了节能与低碳能源应用、环保制冷剂的减排技术路线，并给出推广应用环保制冷剂、减少使用端负荷、提升制冷系统能效、可再生能源利用冷热综合利用、自然冷能利用等六项发展建议。

冰轮环境技术股份有限公司设计部副部长缪会军高级工程师做了“碳中和背景下的冷链技术发展”专题报告。通过该公司的实际应用案例对可再生能源技术与冷冻冷藏技术的耦合以及冷热耦合高效技术的应用展开了探讨。

冰山冷热科技股份有限公司总工程师杨富华教授级高工做了“智慧冷热技术研发及应用”专题报告。报告通过具体案例展示了公司自然能源高效利用方案，该方案可降低污染物质的排放，实现低碳化。此外，还介绍了一种新型的CO₂捕集回收负碳技术，可将碳进行回收、压缩、液化封存，且收集的液态碳可用做制冷剂、碳酸饮料等。

丹佛斯气候方案事业部建筑设施效益业务群负责人闫立新做了题为“加速绿色转型——碳中和之路上的技术与创新”的报告。报告通过丹佛斯在欧洲的几个项目，介绍了该公司的智能能源系统如何将可再生能源、冷热能、运输和节能建筑整合到一个智能、灵活的能源系统中，从而实现冷冻冷藏的节能减排。

开利上海全球研发中心开利冷冻亚太区研发总监田健做了题为“碳中和背景下冷冻运输制冷机组技术发展方向”的报告。报告中介绍了独立机组道路运输和非独立机组道路运输两种运输方式。独立机组道路运输的制冷机组自带发动机，通过安装在车上的单独油箱供油，机组所需的能量全部来自发动机。非独立机组结构简单成本低，但是整机泄漏率高，目前常用制冷剂为R404A，制冷剂如选择HFO可以降低GWP。

成都银犁冷藏物流股份有限公司总工程师韩光润在题为“大型冷库低碳应用技术实践—光伏发电”的报告中，介绍了银犁开发的大型多层土建库外保温技术，可比传统内保温冷库节约能耗25%以上。此外，还介绍了可安装在冷库屋面的大型分布式光伏电站技术。

(7) 碳中和制冷技术发展论坛：“冷链碳中和技术发展”国际分论坛

本次论坛由中国科学院理化技术研究所田长青研究员主持，以“冷链碳中和技术发展”为主题进行了交流与探讨。

韩国空调制冷工程师学会副主席Jun-Young CHOI在题为“碳中和社会的冷链产业创新”的报告中，探讨了冷链产业创新的有关内容，并从实现智慧冷链、绿色冷链以及低GWP制冷剂的应用等方面展望了冷链产业的未来。

欧洲制冷部件制造商协会（ASERCOM）专家Giacomo Pisano做了题为“压缩机在CO₂应用中的挑战”的报告。报告人指出，往复式压缩机可能是最适合用来构建CO₂压缩机的技术。结合CO₂压缩机发展历程图，报告介绍了欧洲市场上常见的一些CO₂压缩机产品模型，以及CO₂压缩机的市场使用情况。

欧洲室内环境、工业冷冻及食品冷链技术工业协会专家Miriam Solana在题为“欧洲碳中和的氟氯氢替代路径”的报告中指出，可以采用“制冷剂转型”和“提高机器能效”两种方法来

减少碳排放。随后，重点介绍了制冷剂在欧洲的使用现状，包括F-gas法规及2014年以来制冷剂价格的变化。最后，分析了低GWP制冷剂所面临的挑战。

国际氨制冷学会（IIAR）中国及亚洲区副主席Guy Evon Cloutier以“从氟利昂到天然制冷剂：可持续发展的深思”为题，指出了制冷剂技术向着氨和CO₂的低充注系统发展的趋势，分析了不同制冷剂之间毒性和可燃性的对比，以及设计制冷系统时需要考虑的几个方面，如：建造用材、安全、操作及培训等。

冰山集团营业技术部部长杜丽丽做了题为“碳中和背景下的冷热技术综合应用方案”的报告。报告人介绍了冰山集团的“红水”蒸发器、下旋流隧道速冻机及适用多种制冷剂的环保冷风机等低碳产品及应用，冰山集团光伏发电与冷库一体化的解决方案，以及冰山集团的零碳战略目标。

（8）碳中和制冷技术发展论坛：“碳中和背景下数据中心冷却技术发展路线”分论坛

数据中心作为新一代信息技术的重要载体，具有重要的战略地位。2019年，我国数据中心能耗已达到1748亿kWh，折合CO₂排放量约1亿吨。在节能减排的大背景下，国家发布《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》等政策，提出应强化数据中心能源配套机制，推进建设绿色数据中心，实现数据中心行业脱碳减排。本次论坛由清华大学李震教授和华中科技大学邵双全教授共同主持，针对数据中心如何高效冷却问题进行了深入交流和探讨。

华中科技大学邵双全教授以“碳中和背景下数据中心冷却技术总体发展路线”为题，介绍了数据中心发展趋势和冷却系统节能减排技术的发展路径，并对数据中心冷却技术进行了总结和展望。在报告中，邵双全教授对数据中心高效冷却提出了下面几条思路：优化系统构架，提高设计的能效；减小取热损耗，降低输配损耗，放热时提高冷源能效；基于人工智能的智慧运维。在报告最后，邵双全教授介绍了提升数据中心冷却系统能效需要重点研发和推进的技术措施，主要包括匹配需求的取热方式和取热温度提升、因地制宜的能源综合利用、基于全局优化的系统框架设计、基于人工智能的智能运维。

中国移动通信集团设计院有限公司咨询设计总监罗海亮高级工程师以“碳中和背景下数据中心冷却系统架构发展路线”为题，详细介绍了《碳中和制冷技术发展路线》中数据中心冷却系统架构部分，并简要介绍了移动设计院确定客户对数据中心需求的模型。报告概述了数据中心冷却系统的架构，并在此基础上详细说明了数据中心冷却系统架构优化的三条思路：取热温度提升和匹配需求的取热方式，因地制宜的自然冷源和可再生能源利用，基于全局优化的系统框架设计。

重庆美的通用制冷设备有限公司水机行业应用中心部长陈改芳以“‘零碳’数据生态实践”为题，介绍了美的数据中心的“零碳”项目，以助力绿色数据中心发展。报告指出，数据中心制冷系统对可靠性、节能性、智能化、预制化、气流组织比普通系统具有更高要求。结合宁算数据中心（“零碳”项目）的能源概况和气候特点，报告人着重介绍了该数据中心的绿色数据生态综合体，利用绿电为数据中心供电，带走IT设备的散热，进一步利用热泵提升热量，可用于当地农业、餐饮、酒店等。

青岛海尔空调电子有限公司数据中心解决方案经理刘闯工程师以“碳中和背景下海尔数据

中心冷源技术发展路线汇报”为题，介绍了海尔的数据中心冷却方案。报告对数据中心冷源节能低碳提出了三条思路：紧跟行业发展，以专业化无油化技术组合实现多样化定制化方案，全面满足不同数据中心的框架设计和定制需求；更多利用自然冷源，更少降低机械制冷的能耗；基于热回收的能源综合利用，基于高压直流的光储直柔。报告还介绍了自然冷却、直膨多联、余热回收、预制冷站、高压直流五个定制方案的适用场景、特点及海尔在此方面的创新。

澳蓝（福建）实业有限公司总工程师何华明高级工程师以“碳中和背景下数据中心用蒸发冷却技术发展路线”为题，介绍了直接蒸发冷却、间接蒸发冷却的优缺点、适配方案、应用案例，以及澳蓝公司的蒸发冷却技术方案和关键技术。报告中介绍的两种蒸发冷却技术最优节能效率可达到80%，还展示了基于案例和数值模拟研究得到的不同气候区最佳蒸发冷却方案。报告详细阐述了直接蒸发加DX系统和间接蒸发加DX系统两种蒸发冷却技术方案。

威乐中国高级技术支持工程师薛峥以“数据中心冷却应用中的水泵高效节能解决方案”为题，从节能、安全、维护和运营的角度，分析指出高效节能、低汽蚀、稳定运行和智能互联是数据中心水泵的应用趋势。报告人还介绍了威乐利用自身的智能水泵、预制水力模块和智慧云，根据不同的场景为客户提供不同的解决方案，这些解决方案已经应用于腾讯青浦数据中心、阿里张北数据中心和润泽国际信息港数据中心。

最后，丹佛斯（上海）投资有限责任公司中国战略业务发展总监王军以“碳中和背景下数据中心热回收的发展机遇与关键技术”为题，从数据中心即消耗能源也提供能源这一思路出发，以北方区域供热为例讲解了数据中心热回收的思路，即用热端、输配网、取热端智慧可靠的高效结合。在数据中心热回收再供热的系统中，报告人主要介绍了丹佛斯的无油磁悬浮热泵技术。报告还提到了压缩机的压缩比和压缩机效率耦合的问题可以用无油压缩机并联解决，并介绍了丹佛斯热泵的区域能源智慧供热系统。

（9）碳中和制冷技术发展论坛：“面向碳中和，电动汽车热管理技术未来发展中的机遇与挑战”分论坛

本论坛由中国制冷学会车辆热管理工作委员会主任、西安交通大学压缩机系主任曹锋教授和东风汽车集团有限公司研究员级高级工程师孙西峰共同主持，与会专家们以碳中和背景下电动汽车热管理技术在未来发展中所面临的机遇与挑战为主题进行了深入交流和探讨。

曹锋教授作了题为“碳中和背景下新能源车热管理技术总体发展路线”的报告，介绍了《碳中和制冷技术发展路线》中第八章“电动汽车热管理及装备”的撰写过程及主要内容。报告首先介绍了电动汽车的发展现状和趋势；随后定量地分析了电动汽车的碳排放情况和其在碳中和过程中所发挥的重要作用；接着介绍了碳中和背景下我国新能源汽车热管理技术和装备的发展路线，并提出节能热泵将成为电动汽车的标配、智能热管理技术将大幅提升动力电池的全工况适应性；最后提出了新能源车热管理系统“绿色化、一体化、模块化、智能化”的发展趋势。

中国汽车技术研究中心热管理学科带头人许翔在题为“双碳背景下新能源汽车热管理数字化开发技术”的报告中，总结了“双碳”背景下新能源车热管理开发的技术背景、发展趋势以及热管理数字化开发的应用方向。报告重点介绍了他们在汽车热管理数字化开发转型阶段的探索：包括新能源汽车热管理（VEM：Vehicle Energy Management）开发技术，以及数字环境风

洞的开发与应用技术。报告人指出，在VEM开发方面，中国汽车技术研究中心已完全具备新能源汽车能量管理与热管理集成开发能力，开发出的技术具有一定的特色优势：能量管理仿真精度 $\geq 95\%$ 、节能降耗1.5%-8%、高低温续航里程提升1%-7%。此外，数字环境风洞技术用虚拟仿真代替部分物理实验，可显著缩短开发周期、降低试验费用。

东风汽车集团有限公司研究员级高工孙西峰在“二氧化碳管接头设计方案介绍”的报告中分析了二氧化碳制冷管接头的各项技术要求；介绍了所开发的管接头的具体设计思路，为二氧化碳汽车空调管接头的标准化设计提供了解决方案；从当前世界各国推行的环保法则、国内有关制冷剂替代法案以及制冷剂间参数对比三方面，并结合CO₂工质的优点指出，CO₂热泵系统将成为电动车热管理的主流解决方案；通过气密性试验、耐压试验、抗拉强度试验等七个试验的测试结果，设计出的CO₂管接头产品完全满足所有的相关行业技术标准。

南京奥特佳新能源科技有限公司副总经理陈祥吉作了题为“R290自然工质低温车用热泵应用研究”的报告。报告人从政府的法律法规和“双碳”政策、市场技术的痛点（低温采暖）、热泵形式多样和系统架构复杂三方面出发，结合多种制冷剂间的参数对比，分析了低温热泵技术路线的可行性；通过总结国内外对于碳氢制冷剂在汽车空调上的过往应用及研究情况，分析了R290制冷剂应用于汽车空调上的安全性问题；提出了R290低温泵解决方案要采用模块化设计，即把热泵模块分为制冷剂模块和冷却液模块，再结合二次回路方法，这样可减少系统冷媒充注量；最后在介绍了R290模块化低温热泵台架测试与整车测试结果的基础上，指出R290模块化低温热泵技术还有很大的提升空间。

重庆大学能源与动力工程学院制冷及低温工程研究所所长李夔宁作了题为“电动汽车整车智能热管理研究”的报告。报告首先介绍了实现乘员舱热舒适性智能控制的几个方法，并针对这些方法分享了系统模型搭建、自适应模糊PID控制策略、结合车速预测的模型预测控制策略（IMPC）以及加热控制策略等；着重介绍了电池低温散热系统及其控制策略中的核心部分——电池冷却系统，并定量分析了系统的性能表现；报告最后介绍了乘员舱与电池的协同冷却控制策略，从整车热管理的角度分析了冷量在乘员舱和电池之间的合理分配问题。

2.2 热点技术及其应用

(1) 高大空间交通场站专题论坛

本次论坛由清华大学建筑技术科学系刘晓华教授主持。与会专家们以“高大空间交通场站”为主题进行了深入的交流与探讨。

清华大学助理研究员杨卓以“基于现场实测和模拟分析的地铁车站高效环控系统工程实践”为题，介绍了地铁通风空调及其控制系统在实际运行中的常见或者共性问题，并提出了相应的空调方案改进思路和控制方案改进思路。空调方案改进的要点为：通过现场实测加上数值模拟，提高设计负荷计算准确性，以及结合实际问题调研和测试，针对性进行方案改进和创新。控制方案改进的要点为：首先尽可能保持传统构架，减小系统硬件改动；其次拓展数据分析模型，增加数据分析维度；再次，改变固化的控制模式，采用不断迭代模式的运维模式；最后注重能耗和能效，使用更直观便捷的软件交互。

清华大学助理研究员张涛以“航站楼渗透风理论分析方法与工程应对探讨”为题进行了报告。报告人首先介绍了在实测中发现的渗透风会显著增加高大空间空调系统运行能耗的问题；

随后从渗透风的根本成因出发，建立了刻画渗透风影响作用机理的理论分析方法；最后针对渗透风问题，提出从渗透风的阻力和动力两方面，即从建筑气密性和空调系统出发来降低高大空间渗透风量，从而实现近零能耗供暖。

珠海格力电器股份有限公司空调技术部副部长卓明胜正高工以“高大空间交通建筑高效空调设备研发”为题，介绍了在“双碳”目标下，格力公司对高大空间交通建筑高效空调设备的研发进程。报告结合高大空间交通建筑的空调区域特点，指出高大空间交通建筑高效空调设备的重点研发方向为大温差集中送风和温湿度独立控制两方面。针对上述研发方向，格力公司研发了各种适用于大温差集中送风系统的制冷设备，如大温差离心机组、中温水大温差末端；其次对于温湿度独立控制设备的研发也在不断进行，如双冷源热回收调温调湿机组、分布式置换通风机组。最后，展示了格力公司的上述空调设备在核工业、药业、矿业等多个行业中的实际应用。

中国建筑西南设计研究院有限公司双碳工程技术研究中心执行总工程师刘希臣的报告题为“大型机场空调系统冷源多品位梯级利用”。报告人首先介绍了目前航站楼传统低温供水的全空气系统存在的热湿耦合、限制末端应用形式、空气为媒介输配系统能耗高等问题。然后针对上述问题，从航站楼空调负荷特点出发，提出多品位冷源利用的方式，设计适宜的空调系统，既提高舒适性又对空调系统的输配和冷源方式做出适当的创新，实现能耗的大幅度降低。最后展示了该技术在青岛、成都等地机场中的实际应用。

中铁二院工程集团有限责任公司王胜男高工的报告题为“双碳目标下高原地区铁路站房节能技术探讨”。报告人首先介绍了高原地区铁路气候特点为海拔高、气温低、昼夜温差大、太阳辐射强，建筑特点为玻璃幕墙窗墙比大、渗透风量大。针对高原地区铁路站房的这些特点，可从设计参数、冷热源、空调末端、系统运行控制等多方面考虑节能技术手段使高原地区铁路站房达到节能的目的。报告中还介绍了一些能显著降低高原地区铁路站房的能源消耗的暖通设计方案，包括太阳辐射对地暖系统性能分析、基于AI控制的建筑设备管理系统应用、太阳能光伏发电技术、基于BIM的站房正向设计优化。

美的楼宇科技研究院数字化解决方案总监王坐中在题为“高大空间交通场站碳管理路径”的报告中，首先介绍了交通场站屋面和墙面存在大面积玻璃幕墙、空间大、室内温度场和热环境复杂多变、空调负荷占比高、人流量大等特点，这些因素导致交通站碳排放巨大。为了达到“双碳”目标，必须根据上述特点，对交通站做出改变。目前针对新建机场或者改扩建提出建设节能高效机场、采用可再生能源和零碳能源替代等技术思路；其次对既有机场则实施减碳和零碳的技术改造；最后对包括航站楼在内的机场主体和附属建筑则提出确定整体目标，围绕安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约、环境宜居制定方案和措施。

(2) 全国设计院总工团技术交流会

此次技术交流会的嘉宾有中国制冷空调工业协会李江理事长，中国勘察设计协会建筑环境与能源应用分会罗杰会长、中国制冷空调工业协会张朝晖副理事长兼秘书长、中国勘察设计协会建筑环境与能源应用分会潘云钢副会长等众多业内专家。

北京中冷通质量认证中心有限公司总经理、中冷协数据中心冷却技术分会李道平会长以“聚焦低碳绿色，规范服务行为，全面推动制冷空调行业高质量的发展”为题，强调了安装服

务是系统质量的最后“一公里”。企业不仅要注重产品的生产过程，更要重视产品销售、安装和后期维护、节能改造过程中的服务质量。

中国建筑设计研究院有限公司潘云钢总工做了题为“建筑直接排放零碳化的实施途径研究”的报告。为实现建筑直接排放零碳化的研究目标，报告人从用能情景、用能评价方法和用能现状这三个方面进行了现状分析，并对2030年和2050年的用电需求做出了预测，从而为发展电气化替代技术与建筑节能技术给出了产业发展和政策方面的建议。

南京天加环境科技有限公司赵凌骁市场支持总监带来了题为“全生命周期成本更低高效机房解决方案分享”的报告。针对制冷机房由于设备老化、建设时缺少相关标准和缺少后期有效的运维管理导致能耗过高的问题，天加提出了系统化的解决方案，主要包括：1) 优化系统设计，主要有三个环节高效主机合理配置、系统节能优化设计和BIM建模工程预制；2) 主动寻优电控，最终实现机房无人管理或极少人员管理；3) 三方实时云端监测；4) 可复制的财务投资模型。

珠海格力电器股份有限公司、电器建筑环境与节能研究院暖通研究所陈旭峰所长以“高效空调系统适配性研究与应用实践”为题，介绍了系统适配主要包括能力适配、压比适配、品位适配和高效区适配四个方面。为实现以上四方面的适配，格力建设了自己的一套体系：基于仿真优化设计建立的中央空调优化设计平台、基于控制需求推出的智慧建筑高效控制平台，以及针对后期运维的健康诊断开发的中央空调系统智慧云平台。最后，结合珠海龙山新元电子项目讲解高效机房方案取得的成果。

中国建筑西北设计研究院有限公司赵民副总工在题为“暖通空调低碳节能适宜技术及工程应用”的报告中谈到，为满足国家对暖通专业绿色低碳提出的更高要求，通常需要采用三种策略，包括：1) 节流——需求侧降碳，被动节能降低冷热负荷需求；2) 开源——能源侧降碳，多能互补充分利用余热和可再生能源；3) 增效——用能侧降碳，高效利用、降低能耗及碳排放。与之对应的技术措施分别有高性能围护结构设计、热泵技术和高效机房设计等。

重庆通用工业（集团）有限责任公司蒋立军副总监以“化工低温制冷系统高效系统方案介绍”为题，着重介绍了重通公司的产品历史、技术能力和智能化平台，分享了产品在化工低温高效制冷方案中的实际效果。报告中介绍的产品具体有多晶硅产线的超低温压缩冷凝机组和蛋氨酸生产线的双机头大冷量低温制冷机组。

合肥通用机电产品检测院有限公司谢宝刚院长助理分享了“制冷空调热泵评价体系研究与展望”的报告，从热泵分类、热泵标准体系现状、热泵评价体系和热泵标准体系完善这四个角度阐述了制冷空调热泵的评价体系。

浙江中广电器集团股份有限公司张树前执行副总裁以“热泵技术在双碳背景下的应用”为题，比较了热泵和几种锅炉的碳排放量，指出热泵技术不仅减碳优势明显而且可广泛应用于工业用热、工艺干燥、汽车空调等行业。

重庆市市政设计研究院有限公司王志标高工对“广阳岛清洁能源方案”进行了介绍。为实现广阳岛作为长江经济带绿色发展示范区——“长江风景眼，重庆生态岛”的价值定位，广阳岛进行了生态保护修复，其中清洁能源体系运用了水源和地源两种热泵技术。报告人详细地介绍了广阳岛采用的两种热泵技术的设计和施工。

（3）暖通空调技术在农业和畜牧业上的应用

本次论坛由重庆大学土木工程学院清洁能源研究所所长王勇和重庆市农业信息中心副主任柯楠共同主持。与会专家们围绕暖通空调技术在农业和畜牧业上的应用展开交流与研讨。

同济大学机械与能源工程学院副主任刘东在题为“ATU半封闭温室中长距离渗透喷射式布袋风管的送风特性研究”的报告中介绍了ATU设备和半封闭温室气候环境进行协同的智能调控，从定量展示了送风均匀性实验、数值模拟及优化的结果，指出双层纤维空气分布系统的供冷均匀性较好，并提出了优化方案。报告还指出，机器学习、人工智能、大数据与农业的结合将会为农业的发展插上科技的翅膀。

上海建筑设计研究院有限公司主任工程师贺江波以“展览温室空调、供暖和通风系统设计关键技术”为题，介绍了展览温室的发展历史，分析了展览温室的室内环境要求，对玻璃与ETFE气膜的性能进行了综合比较，详细阐述了展览温室空调、供暖和通风系统设计中冷、热负荷特点，温度、湿度、风速保障及节能措施。最后总结了展览温室的设计要点：根据植物种类明确环境控制目标，重视室内参数对植物生长的重要性以及利用植物自身特点，充分考虑节能措施，降低运行能耗。

重庆大学土木工程学院清洁能源研究所所长王勇在题为“现代猪场的环控设计”的报告中，以重庆市保育猪舍为例，介绍了现代猪场的负荷特征、环境控制要求以及冷热源选择方案，并提到由于猪舍负荷处于变化状态，不同的楼层间可采用每周切换管路的方式满足负荷变化的需求。为解决传统通风方式无法保证猪舍空气质量的问题，报告介绍了一种采用侧送-单排风口的新型保育猪舍送排风形式，并展示了CFD仿真与实验验证结果。

麦克维尔中央空调有限公司市场经理许勇智以“麦克维尔空调在粮食仓储行业的应用”为题，从中国粮食仓储现状介绍出发，分析了粮仓空调市场，简述了绿色低温储藏形式，最后结合具体产品介绍了用于整仓降温的谷物冷却机组和用于粮堆表面控温的粮面控温机组。

美的集团楼宇科技事业部行业方案支持负责人马季以“热泵技术在水产养殖行业的工程应用”为题，以鳊鱼养殖为例简述了水产养殖行业现状及发展趋势，分析了鳊鱼养殖水温控制热泵技术的优势，并通过具体产品应用案例介绍了水产养殖的温度保持、废水热回收具体解决方案。

（4）双碳目标下冷链新技术论坛

本次论坛由中国制冷学会冷藏冻结专业委员会秘书长尹从绪主持。与会专家们以“双碳目标下冷链新技术”为主题进行了深入的交流与探讨。

华商国际工程有限公司数字化建筑设计研究中心主任管佳佳工程师的报告题为“CFD仿真技术在冷链设计中的创新性应用”。报告人展示了CFD在冷链行业中的实际应用案例，总结了CFD在工程设计中的创新性应用，如设计方案的可视化预测、关键节点的量化设计以及为绿色低碳设计提供技术支撑。

天津商业大学冷冻冷藏技术教育部工程研究中心主任刘斌教授的报告题为“冷链技术与装备的低碳发展方向探讨”。报告人探讨了冷链食品的减碳方法，如增加食品参与冷链比例，减少损耗，减少全程冷链过程中的负荷来源，采用环保制冷剂，在适合区域采用自然冷源，采用光伏、风能结合的分布供能，采用蓄冷等方式。

冰轮环境技术股份有限公司设计经理剧成成高级工程师的报告题为“冷冻冷藏新技术助力冷链碳中和目标的实现”。报告人介绍了冷冻冷藏行业正在发展的低碳新技术，如绿色制冷剂的应用、光伏冷库、永磁变频CO₂半封螺杆制冷压缩机组、低能耗智能化隧道式连续冻结速冻设备以及冷冻冷藏智慧运维。

冰山冷热科技股份有限公司营业技术部部长马双高级工程师的报告题为“肉食行业低碳技术及应用方案”。报告人介绍了行业内正在研发与使用的低碳技术与装置，如氨氟产品、CO₂产品、红水蒸发器、箱式连续冷却冻结装置、DC冷凝器、降膜冷水机组、热泵、零碳光伏、工质充注等。随后，报告人提出了肉食行业的低碳解决方案，如将上述低碳技术与装置组合应用进系统，或使用基于IOT物联网技术的控制系统，或采用智能的控制策略。

丹佛斯（上海）投资有限公司业务发展与系统应用经理黄志华高级工程师的报告题为“节能提效——欧美工业制冷系统控制新发展”。报告人首先介绍了欧美工业制冷系统的趋势，随后介绍了NH₃低充注系统的应用，并展示了该系统在实际工程中的应用效果。接着报告介绍了不断增加的CO₂应用及其优点。最后介绍了工业热泵的应用在不断增长，冷热综合应用在不断推出。

烟台市顺达聚氨酯有限责任公司研究院副院长王伟泽的报告题为“环保型喷涂聚氨酯产品在冷链行业的推广及应用”。报告人首先介绍了喷涂聚氨酯这一材料的性能优点，如保温优异、高黏度和强度、耐火以及施工便捷等。接着介绍了在双碳目标下冷库保温的发展趋势：环保、节能以及安全。最后结合发展趋势介绍了可在冷链行业推广及应用的新产品。

(5) 绿色冬奥：对我国制冷行业的影响与展望

本专题研讨会由北京制冷学会秘书长商跃教授级高工主持，马进高级工程师、李坤高级工程师等五人做了专题报告，对绿色冬奥的相关创新与实践做了一系列探讨。

华商国际工程有限公司制冷专业总工程师马进正高工做了题为“最快的冰、最绿色的馆”的报告。从冬奥冰上场馆与人工制冰、制冷技术对冬奥影响、二氧化碳制冰技术助力北京冬奥三个方面阐述了绿色冬奥的先进技术。在冬奥项目上，首次使用了多功能超大冰面亚临界、跨临界多工况并行二氧化碳直接蒸发制冷集中式制冷系统，不仅使用的是天然工质，而且相比卤代烃制冷加盐水载冷系统能效提升20%以上，充分体现了“绿色冬奥”理念。

建科环能科技有限公司主任曹勇研究员做了题为“数据驱动自适应控制技术在北京冬奥冰上项目训练基地的应用与实践”的报告。主要从控制系统设计方法、多参数耦合调控方法、一体化集成控制硬件、低代码开发软件等多个方面，系统性阐述平台建设中应用的关键技术。冬奥会北京市冰上项目训练基地能源管控平台采用了基于数据驱动的自适应无人值守模式，实现了系统的一键启停、智慧调度、故障诊断、预测运行等功能，保障了系统稳定高效的运行。

清华大学副教授曹彬做了题为“极端寒冷环境人体热舒适特征与改善措施研究”的报告。报告指出，在极端寒冷环境下长时间持续暴露，严重影响人体热舒适体验，甚至存在健康风险。通过现场调研、暖体假人测试、人工环境舱受试者实验，对低温暴露下的人体热舒适需求和热反应特征开展研究，提出了低温环境下人体热舒适度评价方法，并开发了多种人体局部加热技术措施，能够有效提升人体在极端寒冷环境下的热舒适体验。

华商国际工程有限公司冰雪及特种制冷事业部高级工程师李坤做了题为“绿色冬奥助力制

冷行业低碳发展”的报告，介绍了国家冰立方一冬奥冰壶场馆应用的低碳技术。制冷系统采用低GWP制冷剂（R449A），其GWP比常用的R404A可降低65%左右。在冰立方项目上使用了氨制冷全自动智能控制、二氧化碳跨临界制冷等节能技术，充分体现了“绿色冬奥”。

中国建筑科学研究院有限公司高级工程师李锦堂做了题为“CFD数值模拟，能源系统仿真助力国家速滑馆精细化设计”的报告。国家速滑馆是冬奥会北京赛区唯一新建竞赛场馆，作为个单体异形、高大空间冰雪赛事场馆，室内环境要同时满足速滑比和观众舒适性双重要求。场馆采用建筑环境与能源模拟仿真与优化平台进行场馆内全参数气流组织和冷源系统能耗模拟仿真，对设计方案进行迭代优化，显著提升了速滑馆的整体节能水平。

（6）“光储直柔”技术发展与实践应用论坛

本次论坛由来自深圳市建筑科学研究院股份有限公司的副总工程师郝斌高工和来自清华大学的刘晓华教授共同担任主席。论坛共邀请了六位嘉宾围绕直流电器和产业生态展开交流与研讨。

刘晓华教授以“光储直柔建筑发展现状与研究展望”为题，介绍了“光储直柔”是指一种通过光伏发电、储能、直流配电和柔性用能的新型建筑能源系统，是面向碳中和目标和实现建筑能源系统革新的重要技术路径。柔性用能是“光储直柔”系统的最终目的，期望将建筑从原来电力系统内的刚性用电负载变为灵活的柔性负载。

中国家用电器应用技术研究所副所长赵鹏教授级高工在题为“光储直柔建筑规模化应用中家电直流化技术与标准需求分析”的报告中指出，机电设备直流化目前存在四个方面的瓶颈：1) 面向柔性用能的直流机电设备的柔性控制策略和柔度的刻画方法；2) 面向直流建筑微网以及机电设备直流化需求的通用接口标准和产品；3) 具备功率可调、可时移、可蓄能的直流机电产品，并开展相应的产品应用验证；4) 能够支撑直流机电产品研发和产品大规模应用推广的技术标准和评价体系。针对以上瓶颈，机电设备直流化、规模化应用需要产业链上下游协同、跨行业协作，联合发展。

中国电器科学研究院股份有限公司标准化创新基地副主任蔡军教授级高工做了题为“家用直流插头插座标准化”的报告。报告人介绍了直流插头插座的应用前景，解释了直流插头插座特殊要求，展示了市场上几种可行的直流插头插座方案，提出了家用直流插头插座标准并汇报了国家标准的研制进展。

海尔智家超前创新中心高级项目经理常云雪以“柔性直流家电的机遇与挑战”为题，汇报了研发直流家电时的机遇和挑战，展示了海尔目前在直流家电中实践的项目和取得的成果，并提出国家政策支持、市场需求的挖掘和协同攻关是柔性直流家电产业化应用的关键。

国创能源互联网创新中心（广东）有限公司总经理、珠海格力电器股份有限公司新能源环境技术研究院院长赵志刚正高工介绍了“新能源直流电器及未来家居能源系统发展”。报告人指出双碳背景正引领建筑走向“光储直柔”建筑，建筑机电设备走向“零碳直流”设备，而且电力电子技术和信息电子技术已为电器直流化准备了技术基础。报告中对比了国内外“零碳直流”技术的发展情况，并指出我国在“零碳直流”应用技术上处于并跑和领跑阶段。

深圳市建筑科学研究院股份有限公司副主任李雨桐高工带来了题为“面向建筑电力交互的光储直柔技术应用分析”的报告。报告人从用户的角度出发回答了为什么要为直流买单以及与电网交互能获得怎样的收益这两个问题。

(7) 农产品冷链和加工技术论坛

本次论坛由北京市农林科学院研究员刘升和重庆市冷藏冷链行业协会秘书长欧徽全共同主持。论坛探讨了农产品冷加工装置、冷加工工艺技术、冷链系统建设、冷链系统运维管理技术等内容。

北京市农林科学院研究员刘升以“果蔬采后商品化处理 and 预冷技术”为题，首先指出了从源头降低果蔬腐损率的重要性。随后通过具体案例介绍了多种果蔬采后商品化处理技术，对比了不同果蔬预冷方法的优缺点。最后分享了压差预冷和冷藏一体化装备，以及冷水、真空、流态冰预冷设备。

西南大学工程技术学院教授杨明金以“青花椒产地加工技术与装备”为题，介绍了所研发的基于“下桩”的青花椒采收技术与设备和基于温度-水分-色泽耦合的青花椒变温烘干工艺，以解决青花椒低采摘效率、高烘干能耗、高污染等问题。报告还展望了智慧花椒园区的发展前景。

西南大学食品科学学院副教授邓丽莉在题为“李果贮藏特性及贮藏保鲜技术研究”的报告中，从采收、保鲜策略、冷链流通三个方面指出了李果贮藏保鲜的关键点是减少机械损伤、病害控制、延缓果实成熟衰老，并分析了多种常用贮藏保鲜技术的要点。

中国建筑科学研究院建科环能科技有限公司科研助理战斌飞以“长效运行氨制冷系统冷库测评研究”为题，通过具体项目从经济性、可靠性、耐久性三大原则出发，对冷库的制冷系统、热工基础、建筑结构进行了测评研究。

冰轮环境烟台冰轮节能科技有限公司总经理贺宝峰以“可泵送液态冰在农副产品预冷保鲜、低温加工、冷链运输中的应用”为题，结合具体案例介绍了可泵送液态冰的应用场景，进一步阐述了过冷水动态冰浆技术特点：低碳节能、液态输冰、蓄冷输送一体。

比泽尔制冷技术(中国)有限公司中国区大客户服务经理邵亚良以“专业运维打造制冷系统可靠持续发展”为题，通过具体项目案例介绍了专业运维的流程，主要包括前期调研、针对现场运行情况进行故障分析、比较节能改造方案。报告指出了桶泵式系统在节能改造方面有着示范性作用。

(8) 机场航站楼集中空调系统节能运维

本专题研讨会由清华大学魏庆芄教授和北京市建筑设计研究院张杰教授共同主持。与会专家们探讨了机场航站楼集中空调系统的节能运维，并分享了相关案例与成果。

北京首都机场节能技术服务有限公司产品研发部经理高晓辉高工在题为“我国机场航站楼能源消费现状及典型航站楼节能运维”的报告中，从机场的能源消费现状、碳排放特征、航站楼节能运维三个方面分析了机场航站楼的节能与减碳策略。

中国建筑西南设计研究院有限公司副总工程师杨玲教授级高工以“成都天府国际机场高效暖通空调系统实践”为题，阐述了工程的以下节能设计要点：1) 提高源侧的能源利用效率；2) 降低输配的能耗；3) 采用高效舒适的末端设备及控制策略。报告中还强调了要以整体系统节能为目标提高能源需求与供应的匹配度。

北京市建筑设计研究院有限公司副总工程师谷现良教授级高工在题为“北京大兴国际机场空调系统节能设计与运维分析”的报告中，介绍了大兴机场空调系统的设计概况、建筑特点及

关键技术。报告人介绍了高效能源系统的构成，并分析了该系统的实际运行情况。

青岛国际机场集团有限公司总工程师苏以通高工做了题为“青岛胶东机场蓄冷高效能源站及航站楼温湿度独立空调系统运维与能耗能效”的报告。报告人详细介绍了四大示范技术：1) 基于地面辐射的温湿度独立控制空调系统；2) 高效健康的气流组织；3) 中高温水蓄冷及大温差输送；4) 高效双冷源调湿机组。此外，报告中还指出了精细化运维管控对于降低能源需求和提升运行效率的重要性。

中国建筑西北设计研究院有限公司总工程师周敏教授级高工在题为“西安机场：从T2/T3到T5，暖通空调和能源系统的变迁”的报告中，详细介绍了西安机场自1984年建成至今的发展与变迁，重点阐述了航站楼暖通空调系统的设备迭代过程，并总结了国内航站楼常用的技术类型。

威乐（中国）水泵系统有限公司产品应用经理张万河以“上海虹桥机场——威乐水泵及WILOCare在运维及节能上的实践应用”为题，分享了威乐水泵系统在机场项目中的应用，重点介绍了威乐公司的典型项目案例及运维过程中涉及的问题。

清华大学魏庆芄副教授在题为“零碳运行的机场能源利用系统：有可能么”的报告中，介绍了机场能源系统的零碳设计方法，指出需在保障供应的基础上实现“双碳”目标。报告还结合实际项目案例，介绍了典型的零碳机场实施方案与实现步骤。

(9) “疫情时代”下的医疗建筑设计探讨

本次论坛由中机中联工程有限公司首席专家吴蔚兰正高工和重庆大学建筑规划设计研究院有限公司高新设计院副院长廖了高工共同担任主席，汇集了众多该领域内的专家共同探讨“疫情时代”下的医疗建筑暖通设计。

重庆大学、重庆海润节能研究院名誉院长付祥钊教授做了题为“医院建筑通风设计思想与方法”的报告。报告人从为什么应通风优先、怎样通风优先、怎样匹配空调以及通风系统控制四个方面阐述了医院建筑的通风设计，并强调了“通风优先、空调匹配”是目前医院类建筑最合理的设计方法。

南京天加环境科技有限公司系统方案高级工程师闫悦带来的报告是“医院洁净手术部空调系统节能解决方案”。针对医院空调系统能耗高的问题，天加开发了四管制风冷热泵节能方案（水系统）和云变频冷凝热回收节能方案（氟系统）两套节能方案。报告人结合项目案例，分别介绍了两套方案的特点和节能效果。

同圆设计集团股份有限公司暖通总工李刚正高工在题为“平战结合应急防控体系与防疫救治设施设计研究及应用”的报告中，讲述了自己对过去三年疫情的反思，对比了国内外疫情防控体系的优缺点，给出了医疗建筑平疫转换的建设思路，最后结合实际案例介绍了医院暖通设计规划。

青岛海尔空调电子有限公司谷广普高工做了题为“新冠肺炎定点救治医院空调解决方案及案例分享”的报告。根据定点医院使用需求，报告人提出了集成全效空调、热管热回收和医用净化型组合式空调三种升级空调方案，给医院平疫转换，县级新、改、扩建医院和既有医院制冷机房的节能改造等需求提供了设备选择。

浙江大学建筑设计研究院联合一院副院长余俊祥高工以“疾控中心暖通空调系统设计”为

题，介绍了疾控中心实验室分类及各类实验室的环境控制要求，并详细说明了生物安全实验室、理化实验室和菌种库暖通系统设计以及实验室消防排烟设计。

(10) 轨道交通制冷空调通风

本次论坛由华中科技大学陈焕新教授和同济大学臧建彬教授共同主持。与会专家们就车站环控系统、车辆空调系统领域的科研、设计、咨询、施工、设备、运营问题进行了深入交流和探讨

搏力谋自控设备（上海）有限公司景建平以“地铁车站空调风水电集成探讨”为题，从地铁市场与能耗分析出发，结合数字化中央空调的未来趋势和系统节能要点，介绍了以能量阀为代表的预负荷控制装置，以解决同程系统水力失调、根除大流量小温差问题，实现能耗与能效双控目标。报告还指出，可以通过风、水、电集成产品与各类传感器的协同作用，打造数字化自适应的高效暖通空调系统。

上海新时达电气股份有限公司蔡新波以“轨道交通空调驱动器设计挑战与应用”为题，通过具体产品从业务领域、智能制造、关键技术三个方面介绍了驱动器在轨道交通空调设备中的应用。报告在产品开发的技术难点及挑战中，指出了在驱动器的宽工作区间、高功率密度以及高防护等级三方面要求达到平衡的重要性。

西南交通大学蒋福建以“轨道交通车辆综合舒适度研究”为题，从轨道交通车辆环境与常规建筑特征的对比出发，详细介绍了列车舒适度的六个影响因素，指出了不同影响因素间存在相互影响或协同的作用，阐述了综合评价指标的构成。报告提到正在利用脑电图（EEG信号）研究不同影响因素间的具体作用关系，以便进一步完善综合评价指标。

博客压缩机（苏州）有限公司何静梅以“博客车用星结构CO₂压缩机”为题，结合天然制冷剂应用的意义与重要性，介绍了博客车用星结构CO₂压缩机HR系列产品，指出该系列产品为车载空调、热泵及整车热管理系统压缩机开启了进一步创新的可能性，主要包括降低压缩机高度、减轻重量、顶置式安装、拓宽运行频率范围、提高系统效率。

山东朗进科技股份有限公司王磊在题为“智慧交通体系下，轨道交通车辆空调系统智能化发展”的报告中，以智慧交通的概念与发展为切入点，介绍了公司在智慧交通体系下的智能空调平台项目布局，分享了轨道车辆空调智能控制与运维系统，展望了智能环控系统、智慧能源系统以及全寿命周期管理智能化的发展。

(11) 臭氧气候工业技术工业圆桌会议

2022年8月1日-3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）联合举办的第十一届臭氧气候技术路演和工业圆桌会议在中国制冷展N5G63展位隆重举办，开幕式由生态环境部对外合作与交流中心履约一处副处长郭晓林主持。

今年的路演展区约800m²，邀请了行业内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，观众可以一站式了解全球最新的CO₂、NH₃、HC、R32、HFO等零ODP、更低GWP、高效节能替代技术的应用成果和解决方案。

生态环境部对外合作与交流中心副主任李永红在开幕环节线上致辞：臭氧气候技术工业圆桌会议及路演活动，是我们与联合国环境署、联合国开发计划署以及中国制冷空调工业协会合

作打造的推动产业绿色发展的重要平台，一直致力于分享臭氧层及气候友好的国内外制冷空调产业技术创新和市场信息，推动行业绿色可持续发展。工商制冷行业到2025年要实现HCFCs基线水平削减67.5%的目标，并将在2030年实现制造业消费量的完全淘汰，履约任务任重而道远。与此同时，HFCs的管控也已经提上议事日程。按照我国去年刚接受的《基加利修正案》要求，2024年我国还要实现HFCs生产与消费的冻结，高GWP值的HFCs制冷剂替代迫在眉睫。

圆桌会议致辞环节邀请到了生态环境部大气环境司处长董文福做了重要发言，当前形势下，行业企业面临HCFCs加速淘汰和HFCs削减的双重挑战，特别是制冷行业使用HFCs占比将近80%，直接影响履约成效，必须始终做好淘汰和替代的各项工作。严格按照管理要求做好履约工作。行业企业要积极配合国家实施好第二阶段HCFCs淘汰管理计划。当前我国具有独立知识产权的替代品和替代技术还不多，希望行业企业能够充分发挥创新能力，积极研发低碳环保制冷剂和相关技术。我们也将推动国家在科技、经济、财税等方面加大支持力度，并适时筛选推荐自主创新、技术成熟的替代品。注重制冷剂的回收再利用和销毁。减少制冷剂排放，实现经济和环境效益双赢，这也将为我国实现碳中和做出贡献。

联合国环境规划署法律司臭氧行动负责人James S. Curlin提到中国作为全球最大的制冷空调设备生产国和消费国受到全球的关注，生产环保和节能制冷空调设备是全球同行的努力方向，制冷空调行业面临转型升级、产业链调整、HCFCs和高GWP值HFCs制冷剂替代等多重机遇和挑战。UNEP将继续热忱地与所有利益相关方合作，特别是各个国家的制冷行业、环境和气候部门以及标准/安全生产部门，以促进臭氧气候友好产品的生产和使用。

联合国开发计划署驻华副代表James George先生为圆桌会议发来了视频致辞，在中国，UNDP与FECO和CRAA密切合作实施中国工商制冷空调行业HCFCs淘汰管理计划，共同应对HCFCs淘汰挑战，殷切希望通过圆桌会议国际和国内知名专家的演讲和贡献，包括他们对全球政策和全球技术的分析为所有与会者提供关于现有或者新出现的适当替代技术的信息和选择，忠心希望会议发言嘉宾的分析和讨论将有助于向行业和决策者提供信息和建议。

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多年来取得的成绩。圆桌会议和路演活动现在已成为全球同行间最具规模和影响力的主题活动之一，也是中国制冷展中极具知名度和国际关注度的品牌活动项目。通过这一活动，对引导行业走绿色可持续发展的道路和全球履约目标的实现都发挥了不可或缺的作用，做出了积极的贡献。目前CRAA正协同FECO、UNDP和UNEP开展2021-2026年的行业HCFCs淘汰管理计划的落实实施工作。未来我们将持续深入地推进行业企业的生产转换行动，并引导和动员更多的中小企业参与到行业的淘汰转换进程中来。同时也坚定不移地推进更加绿色环保的低碳制冷剂的推广应用，为保护臭氧层、减缓气候变化的终极目标的达成做出制冷空调行业更多有价值的贡献。

十一年来，臭氧气候技术路演和工业圆桌会议的主办方UNEP、UNDP、FECO和CRAA携手密切合作搭建了这一全球性的公共平台，通过会议交流、路演展示活动充分展现国家和行业履行《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。

圆桌会议为期一天半，包括：政策与挑战、空调与冷链技术和维修良好操作，会议采用线

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。

圆桌会议期间，在路演展台还举办了《R513A制冷剂在螺杆式冷水（热泵）机组中的适用性研究》新书发布会。R513A被认为是螺杆式冷水（热泵）机组最具潜力的替代品之一。中国制冷空调工业协会组织行业多家主机和核心零部件企业以及高校专家组成工作组，共同开展了R513A在螺杆式冷水（热泵）机组中的适用性研究工作。在科慕中国公司提供技术支持和制冷剂供应等多方位便利条件下，工作组经过反复验证实验和对比测试获得了大量宝贵的数据积累，再加以系统性的分析论证评估，最终形成了适应性评估结论并据此编写了本研究报告。发布会上，本书的编者之一西安交通大学教授邢子文对在发布会上向读者全面介绍了《R513A制冷剂在螺杆式冷水（热泵）机组中的适用性研究》一书的主要研究内容和形成的结论。

(12) 聚焦“碳中和”，汇聚高效 绿色低碳数据中心冷却技术论坛

数据中心作为高耗能行业，而冷却用能耗占比最大，为响应国家“碳达峰、碳中和”这一长期目标，寻求高效绿色的数据中心冷却技术和解决方案尤为重要。在此背景下，为促进企业间技术交流，推动行业共同进步，展会期间举办了本论坛，由中国制冷空调工业协会数据中心冷却分会会长李道平担任主席。

华南理工大学刘金平教授针对数据中心能源消耗量剧增的趋势，定量分析对比了氟化液浸没式蒸发冷却技术、含水介质强迫对流换热技术和泵驱动制冷剂冷板相变换热冷却技术的优缺点，以及高热流密度时界面接触热阻的影响及减小的措施。

艾默生高级市场经理王新文介绍中国数据中心迎来发展新风口，数据中心行业能效要求提升。报告人分析了中国数据中心市场动态和趋势，并介绍了艾默生机房空调整体解决方案及相关关键技术。

搏力谋自控设备（上海）有限公司全国数据中心业务发展经理潘敏杰工程师以“数据中心高效能快速部署”为题做了报告。他在本次报告主要介绍了搏力谋产品在数据中心的高效能快速部署应用。

维谛技术中国区热管理解决方案部高级经理黄华镜报告题目为“数据中心可信超低PUE落地实践”，他介绍了降低PUE过程中面临的问题，高效冷却技术以及实践案例。

海悟咨询设计研究院副院长张兆明做了以“‘东数西算’背景下氟泵技术之展望”为题目的报告，介绍了“东数西算”的背景和提出，氟泵技术的发展演进路线以及海悟在氟泵方面的探索。

华为温控系统架构师宋金良做了报告，题目为“数据中心智能化低碳综合温控系统技术”，针对数据中心温控系统主流智能化技术应用进行了分析和探讨，介绍了温控技术挑战和新型综合温控技术，浅要分析了零碳设备和解决方案。

依米康科技集团股份有限公司技术支持总监陈渊在报告中就绿色低碳数据中心冷技术进行了分享交流，从常规通用的冷冻水制冷系统，到前沿性的间接蒸发冷却系统，以及多样性的氟泵间接自然冷却系统，介绍了多种产品技术实践。

(13) 中国制冷空调后市场规范服务交流论坛

中国制冷空调后市场规范服务交流论坛由中国制冷空调工业协会制冷空调工程工作委员会

主任张爱民、秘书长李国群担任主席，邀请了来自院校、医院、行业组织以及企业的代表进行了交流讨论。

解放军后勤工程学院吴祥生教授以“双碳背景下的四化思考”为题作了报告，报告中指出低碳化是目标，优质化、工业化、数字化是手段，在做好传统、常规业务的前提下，从工程全过程入手。报告人分析了建筑设计、施工、运行等各个阶段存在的一些问题，并介绍这也是制冷空调后市场发展的机遇和挑战。

陆军军医大学第一附属医院廖友斌教授以“医院通风空调系统疫情传播风险评价与运维管理”为主题做了报告。报告人介绍了医学环境通风空调系统的基本特点，对医学建筑环境空气质量与微生物控制的要求进行了说明，从四个风险因素方面阐释了医院空调系统病毒传播风险评价。最后，报告人还介绍了空调系统控制病毒传播运维管理的总体原则，运维管理措施并介绍了运用空气消毒技术控制病毒传播。

苏州为山之环境技术有限公司技术总监颜欢的报告题目为：双碳背景下的热泵舞台。报告人简要介绍了双碳的背景，分析了双碳的意义的可能性，从而引出了热泵的应用前景。他介绍了为山热泵方案，展示了热泵在蒸汽、烘干、采暖、超低温采暖、余热利用、多联供、缓解淡水资源短缺、改善食品加工及储藏等方面的应用。

南京春木制冷机电设备科技有限公司总经理李兴银以“冷媒回收再利用助力双碳和环境”为题做了报告，报告中介绍了制冷企业冷媒全生命周期排放路径，冷媒回收再利用技术路线图，并根据不同情况讲解了如何进行冷媒回收再利用。最后，报告人介绍了行业减排成果案例。

徐州市制冷学会李苏高级工程师就“冷链技术助力双碳和环境”这一主题做了报告。报告提出并分析了冷链企业的行动目标，并从调整氟化工产业结构，智能化提升制冷产品效率，冷源，行业技术应用比如系统热气融霜、电子膨胀阀等方面阐述了行业的行动方向。

中国制冷空调工业协会制冷空调工程工作委员会秘书长李国群做了题为“中国制冷空调后市场服务企业如何面对“双碳”“疫情”常态化的机遇和挑战”的报告。报告人介绍了制冷空调后市场行业的现状以及行业与双碳的关系，从提高服务质量、改变服务意识、注重节能、加强培训等方面探讨了后市场企业如何进行转型升级。报告人还介绍了“疫情”给制冷空调后市场服务企业带来的机遇和挑战。

(14) 第四届空气净化及新风产业技术论坛

“第四届室内空气净化及新风产业技术论坛”由中国制冷空调工业协会洁净室技术分会秘书长陈二松主持。

中国建研院建科环能科技有限公司环能国检院副院长、教授级高工曹阳向与会者介绍了为了解决科学评价和减小新风设备标定结果与建筑实际运行能耗偏差，由中国主导编制建筑新风季节能效性能国际标准ISO-5222。

重庆大学国家级低碳绿色建筑国际联合研究中心常务副主任、教授刘红阐述了建筑室内空气质量运维共性关键技术研发情况。

南京工业大学暖通工程系副教授、硕士生导师周斌同与会者探讨了基于等离子体技术的人体微环境防疫保障机制研究的相关问题，探究了LTP装置对人体微环境中流场的影响以及装置

在人体微环境中对颗粒物和浮游菌的净化效果，可为后疫情时代平疫结合防控手段提供新思路。

美埃（中国）环境科技股份有限公司研发技术中心资深经理朱蕾以“疫情防控常态化背景下某城市地铁车厢内空气品质测评研究”为题做了报告。报告人介绍，通过对某城市具有代表性地铁线路中8个车站的车厢、站台及站外在不同时间段对空气中CO₂、PM2.5、TVOC、甲醛和微生物浓度作为监测指标进行监测分析得出结论，可以通过净化机和空气消毒机等，减少粒子污染洁净环境的机会，为车厢和站台内营造洁净舒适的环境。

南京天加市场技术支持中心总监赵凌骁就“双碳”背景下的医院洁净手术部空调系统节能方案做了报告。展示了医院手术部空调能耗现状，分析了手术部空调通风系统的主要耗能环节，阐述了基于冷凝热回收的节能型空气系统解决方案，并以医院净化项目为例，探讨了冷凝热回收型的空气系统节能技术的减排效果。

(15) “双碳”目标下的蒸发冷却空调技术及其应用

为促进蒸发冷却空调节能减排技术创新，“‘双碳’目标下的蒸发冷却空调技术及其应用”专题研讨会由中国制冷空调工业协会蒸发冷却空调工作委员会主任黄华铃担任主席，围绕蒸发冷却空调低碳节能技术，以“碳能效、碳达峰、碳中和”为主题，共同探讨蒸发冷却空调新技术、新成果、新应用。

澳蓝（福建）实业有限公司总工助理郭改英工程师作了题为“蒸发冷却技术在数据中心制冷系统的应用研究”的报告。该报告分析了数据中心应用蒸发冷却技术的节能减碳机理，介绍了不同类别的数据中心蒸发冷却产品，并通过典型案例说明了蒸发冷却对降低PUE的重要意义。

合肥通用机电产品检测院有限公司副所长谢鸿玺高级工程师的报告题目为：JB/T水蒸发式冷气机、冷水机组及空调机组能效限定值及能效等级。报告人介绍了该标准的制订背景，范围，规范性引用文件、术语和定义等，介绍了针对蒸发式冷气机、露点间接蒸发冷却高温冷水机组和空调机组的能效评价方法，对能效等级、技术要求和试验方法提出了相关规定。

新疆华奕新能源科技有限公司蒋海洋就“间接蒸发冷却技术节能应用及分析”作了报告。该报告中，以间接蒸发冷却技术节能原理为基础，结合全国不同区域气候特点，以“东数西算”的节点城市为主要分析对象，全面分析了间接蒸发冷却技术在不同气候区的改造、新建场景下的适用性、节能性、经济性、可行性等。最后，报告人分析了间接蒸发冷却与氟泵等节能技术的结合，并结合实际应用案例进行了数据分析。

(16) 冰雪产业制冷技术专题研讨会

本研讨会由合肥通用机械研究院有限公司事业部总工程师张秀平和天津大学内燃机国家重点实验室副主任田华教授担任主席。近年来，通过2022年冬季奥运会，冰雪制冷技术出现在更多人的视野中，吸引了诸多专家和企业的关注。本次会议围绕二氧化碳制冰技术及其相关运用展开讨论，期待为冰雪制冷技术提供更多发展思路。

田华教授介绍了二氧化碳制冰科技冬奥重点研发及提效技术。二氧化碳被认为是双碳目标下制冷剂替代的有效方案，本报告主要介绍国家重点研究计划-科技冬奥专项有关二氧化碳跨临界直接蒸发制冰技术，以及该技术在冬奥会首都体育馆的应用和测试情况。

欧悦冰雪投资管理（北京）有限公司总工程师、艾斯特制冷与太阳能技术（北京）有限公司总工程师刘楷以“CO₂跨临界直冷冰场在2022年北京冬奥会首体场馆群的运用”为题，介绍了CO₂制冷剂或载冷剂的优点以及面临的挑战，以及CO₂跨临界直冷冰场的优点和前景。

冰山冷热科技股份有限公司科长、高级工程师李爽介绍了二氧化碳制冰造雪技术，包括二氧化碳载冷制冰技术在全冰面项目应用案例，二氧化碳跨临界直冷及全热回收技术在炎热地区创新设计，二氧化碳载冷技术在室内雪场中的节能效果，以及集成空调+制冰+供暖+除湿+热水的五合一二氧化碳制冷热泵耦合系统。

西安交通大学何阳副教授介绍了跨临界二氧化碳制冰机组喷射提效的研究进展，包括比较多种双级压缩耦合喷射器系统的热力学性能，喷射器多参数协同优化技术，宽负荷系统中多喷射器的热力学性能和变工况调控规律，以扩展跨临界二氧化碳喷射制冰机组的应用工况，提升非设计工况性能。

哈尔滨体育学院冬季奥林匹克学院副院长穆亮教授分享了冰质与比赛项目成绩关联性分析，介绍了通过现场测试和分析归纳出影响运动成绩的主要冰质参数和影响冰质参数主要环境因素，为直冷制冷提供边界条件，确定直冷制冷冰质参数。

(17) “双碳”目标下制冷空调行业发展趋势研讨会

上海理工大学副校长张华教授担任本次研讨会主席，邀请有关专家学者，共同探讨制冷行业“碳中和”技术，汇集智慧，为行业提供经验，促进我国“双碳”目标顺利实现。

上海理工大学刘业凤教授以“‘双碳’目标下制冷空调关键技术发展探讨”作了报告。该报告面向我国“3060双碳”战略目标，讨论了主要影响制冷空调能源系统碳排放的因素和发展趋势，探讨了制冷空调行业减碳技术和发展趋势，最后提出了实现“双碳”目标的核心思路。

松下冷机系统（大连）有限公司技术总监周丹教授级高级工程师介绍了松下绿色低碳制冷技术应用，包括松下CO₂亚临界及跨临界系列产品及技术，冷热联用技术、松下冷暖远程智慧管理系统等多种制冷领域低碳技术，积极推动绿色智能低碳的产品及技术的推广应用，助力冷链行业低碳发展。

浙江大学韩晓红教授的报告题目为：蒸气压制冷系统中可燃性制冷剂泄漏及扩散特性研究进展。许多气候友好型制冷剂具有不同程度可燃性，泄漏后如果扩散不及时很容易造成安全性问题。韩教授主要介绍了归纳了蒸气压系统中可燃性制冷剂发生泄漏时的潜在原因及泄漏类型，讨论了制冷剂发生泄漏后的扩散和分布特性。

科慕化学（上海）有限公司中国区市场拓展经理徐康做了题为“R410A之后的暖通世界-Opteon™ XL41 (R-454B)”的报告。在中国加入基加利修正案以及碳中和碳达峰的大背景下，未来高GWP的HFC类制冷剂会逐步被削减，将来制冷剂的发展会在不同的应用领域有不同的解决方案。报告人介绍了R410A制冷剂在发达国家的替代方案，并阐述了未来的发展趋势。

(18) 热泵绿色低碳技术论坛

本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，从热泵技术的发展和应用的出发点，报告人囊括了科研院所、检验机构和生产企业，分别从产品研发、设计、标准和工程应用案例等方面进行交流。

松下制冷（大连）有限公司高级顾问曲伟先生分享了松下吸收式热泵在热电厂、化工工艺

流程过程、北京金雁饭店、上海中心大厦中的工程案例，节能减排效果非常显著，并展示了吸收式热泵在空压机余热、太阳能余热、氢燃料电池等领域的综合能源利用技术的研究项目。

艾默生环境优化技术（苏州）有限公司总监韩艳春先生展示了艾默生集中采暖提供全系绿色低碳解决方案、热泵烘干解决方案、超高温工业热泵专用整体解决方案等一些列先进技术。

合肥通用机电产品检测院有限公司制冷所所长助理郭扬先生分享了绿色产品评价政策及产品的低碳属性、空气源热泵低碳属性测算方法及评价思路等一些列制造商关系的政策和标准问题。

广东美的暖通设备有限公司高级工程师张光鹏先生分享了美的变频空气源热泵技术、准二级压缩气液混合喷射低温强热技术、大小温差兼容空气源热泵技术、模糊控制自学习除霜技术、大数据云平台能源管理技术等关键技术，并展示了美的空气源热泵在集中供暖、极寒天气、农林牧渔、工业制造方面的样板工程。

2.3 关键设备与部件

(1) 第七届轻型商用制冷技术创新发展论坛

本次论坛由西安交通大学制冷与低温工程系副主任晏刚教授主持。论坛从分析市场变化和政策导向出发，总结了产业发展和技术革新的最新态势，重点展示了2021年压缩机的先进成果和创新产品的技术特点与应用前景。

北京智信道科技股份有限公司（产品在线）产品经理邢姗以“轻商设备市场发展及制冷压缩机的应用”为题，首先从制冷设备行业全景图中轻型商用设备的市场发展出发，通过具体产品介绍了轻型商用设备的发展轨迹，分析了其影响原因并预测了2022年的市场发展趋势。随后介绍了各类压缩机规模、销量、优势范围、主流应用以及代表企业，并对商用全封活塞压缩机和转子压缩机2022年内销情况进行了预测。

长虹华意商用研发中心商用变频室主任盛正堂以“轻型商用压缩机制冷解决方案助力绿色双碳”为题，提出了R290是目前最佳的制冷剂选择，介绍了压缩机R290商用变频整体解决方案、5000 rpm高转速技术、相位角停机技术、全系列低GWP解决方案和冷链高效解决方案。。

思科普压缩机（天津）有限公司业务发展经理窦克松以“创新性移动制冷解决方案介绍”为题，通过一款具体产品BD nano，介绍了移动制冷领域直流压缩机的创新，对能效、噪音、稳定性、尺寸等方面性能的改进提升，扩展了移动制冷压缩机的应用场景。

松下冷机系统（大连）有限公司研发本部副本部长吴正茂以“活塞压缩机高温增焓技术应用”为题，分析了活塞压缩机技术发展前景，介绍了一款高温增焓压缩机产品。该产品集成了一个高蒸发温度机头，共用排气、油分离器、储液器，利用高性价比单级压缩机创造了双级压缩机运行状态，以改善与涡旋压缩机相比成本高的劣势，并且实现能效、控制性能和可靠性的提升。

上海海立中野冷机有限公司安装管理部部长沈炜琪以“转子式压缩机在商用陈列柜的应用”为题，从商用陈列柜领域应用分析出发，介绍了商用陈列柜中转子式压缩机的应用发展趋势，通过测试数据展示了转子式压缩机的节能特性以及变频技术在节能中发挥的关键作用。

广州万宝集团压缩机有限公司产品经理麦嘉伟以“运输用高效变频涡旋压缩机技术”为题，结合变频涡旋压缩机的产品特性，从设计角度介绍了高频能效提升技术、防止过压缩技

术、高强度抗液击能力技术、自动喷射技术，并分享了低吸阻力设计、双层高效油分离设计的要点。报告还指出R454C因其低GWP、弱可燃的特点，有较好的应用前景。

上海海立电器有限公司产品经理毛家俊以“转子式压缩机在冷冻冷藏领域的应用”为题，介绍了转子式压缩机在冷冻冷藏行业的市场概况，分享了冷冻冷藏压缩机的核心技术以及变频技术特点。报告还指出针对使用R290、CO₂等低GWP的天然冷媒，行业还需要解决R290的可燃性、CO₂运行压力过高等技术问题。

开利空调冷冻研发管理（上海）有限公司研发技术经理鲁双以“变频技术在冷冻冷藏领域的应用”为题，通过具体应用案例介绍了变频技术在压缩冷凝机组、螺杆压缩机组中所表现出的技术优势主要有高效节能、温度稳定、应用广泛、机组稳定可靠、低噪音等。报告还分享了应用无霜技术，助力于极致节能和快速回报。

（2）辐射空调研发与应用

本次论坛由重庆大学土木工程学院建筑环境与能源应用工程系主任陈金华教授和云南省设计院集团有限公司暖通专业总工程师刘霄正高工共同主持。与会专家们以“辐射空调研发与应用”为主题进行了深入的交流与探讨。

东南大学能源与环境学院徐国英副教授的报告题为“辐射冷暖一体化的双高效空调系统及装置研发”。报告人首先介绍了双高效辐射冷暖系统的构建及装置研发。基于溶液除湿的辐射冷暖与新风高效一体化处理系统可以通过冷冻水预除湿之后再行溶液除湿，这样不仅满足深度除湿，还可回收部分冷凝热用于溶液再生，从而达到明显的节能效果。冷热源分级供应的辐射与诱导送风一体化空调系统采用的技术方案则是诱导送风与辐射复合的空调末端与大滑移温度非共沸工质的双温冷水机组进行匹配优化，达到空调末端一体化、冷热源高效化的目标。其次，报告人结合复合空调末端的舒适性和启动特性，提出适合的启动控制策略：在启动阶段适用大一次风量，大幅缩短室内热环境稳定时间；热环境稳定后采用低风量，若出现结露风险，则优先控制响应较快的一次风量。最后介绍该系统在防结露控制方面是优于普通系统的，并且从材料方面进行了研究以进一步提高防结露的能力。

长安大学的隋学敏副教授的报告题为“辐射供冷房间内扰得热的对流与辐射分配比例研究”。报告人提出该研究建立了一种可靠的内扰散热量对流辐射散热量比例的测试方法，设计并研发了内扰辐射散热量自动扫描测量系统，并基于辐射供冷气候，分别对设备、灯具及人体分配比进行了大样本实验工况的实验测定。最后得出结论：在顶板辐射供冷工况下，室内诸多电子产品、光源、人员等的辐射散热占比均有明显提高。

重庆大学土木工程学院建筑环境与能源应用工程系主任陈金华教授的报告题为“预制沟槽泡沫混凝土辐射空调系统研发”。相较于传统辐射空调，预制沟槽泡沫混凝土辐射空调系统的保温板具有减少无效传热比例、均热层实现快速响应、自重轻、强度高优势，在具体的供暖实验中的表现也是如此。新型辐射板相较于传统地暖响应更快、温度更高，并且也找出了在实际工程中的适合的具体构造方式与参数。

妥思空调设备有限公司系统方案顾问陈乐鹿注册公用设备工程师的报告题为“舒适节能冷梁冷吊顶系统介绍与应用”。报告人首先介绍了妥思空调的发展状况，包括发展主旨、公司历史、特色产品以及核心价值，并展示了气流组织演示室、风量标定台、气水系统实验室等多个

研发实验室。其次介绍了冷辐射吊顶以及对流式冷吊顶的特点，并展示了安装效果。再次介绍了主动式冷梁的结构及工作原理，并指出冷梁在办公、学校、医院等方面的具体应用。接着又指出冷梁和冷吊顶系统相较于传统系统具有高舒适度、温湿度独立控制、节能、安静、节约空间、免维护等优势。最后展示了该技术在全国各地实际工程中的应用。

苏州派洲节能科技有限公司技术总经理杨铮高级工程师以“辐射空调系统冷热源优化”为题，首先介绍了毛细管辐射具有释放冷量小、和建筑一体防结露能力弱的缺点和地面冷辐射不适宜大冷量，不符合身体体感的缺点。然后为了解决这些问题，提出辐射板系统，辐射板系统具有合理露点内温度供水、可释放大冷量、温湿分离控制和舒适性好的优点。其次提到通过在设备里面充分利用变频压缩机等尖端技术和建立智能控制系统提高计算精度，优化运行模式来对中央空调控制系统的优化，使得降低中央空调能耗。最后指出辐射系统冷热源优化不仅可以用于辐射系统还可以用于水系统。

(3) 多联机技术论坛

本次论坛由清华大学石文星教授和华中科技大学邵双全教授共同主持。论坛邀请了珠海格力电器股份有限公司多联机科主任傅英胜、广东松下环境系统有限公司苏州工业园区分公司室长胜见佳正、青岛海尔空调电子有限公司VRF研发部部长卢大海和广东美的暖通设备有限公司暖通与能源技术部长丁云霄共同探讨多联机技术发展存在的问题和未来的发展方向。

邵双全教授就“基于涡旋压缩机变压比的多联机全年性能优化”做了报告。为了提高多联机在部分负荷下的运行性能，报告人提出了新的涡旋压缩机模型，并对涡旋压缩机进行了变压比优化，从而有效降低涡旋压缩机的过压缩损失，进而提升部分负荷工况下的EER/COP。

傅英胜主任就“家用多联机运行节能与舒适技术研究及应用”做了报告。报告从气流末端提升热量利用率、结霜运行全过程和舒适控制技术三个方面来提高家用多联机的舒适性和节能效果。具体而言，采用下出风能有效提升热量利用率；通过优化结霜运行控制过程和采用蓄热化霜技术，提升制热量和能效并减小室内温度波动，提高化霜速度；采用双因子的体感控制技术和变蒸发温度控湿技术，可解决因湿度波动导致的“忽冷忽热”问题。

胜见佳正室长做了题为“实现室内空气需求可定制化的中央空调系统”的报告。根据中国市场的需求，他们开发了融合空调+新风+调湿的空气质量综合控制系统。该调湿模块搭载了离心水破碎加湿组件，用户可自行切换加湿/除湿模式。在项目现场实施的加湿及除湿验证实验，验证了设备的调湿效果。

卢大海部长以“物联多联机技术与应用”为题做了报告。物联多联机就是应用了物联技术或具有了物联能力的多联机，它采用了六大关键技术，包括在线性能检测、全域负荷预测、AI预测及自演进、场景自适应、全球唯一码和OTA在线升级。目前，物联多联机已成功应用于三星堆文物保护、上海中集临港中心、西藏大学和石家庄图书馆。

丁云霄部长就“多联机空调系统的运行节能技术”做了报告。报告指出多联机运行节能主要有四个方面：1) 提升系统整体能效，2) 降低长期运行的性能衰减，3) 降低高能耗区间的运行能耗，4) 部分时间、局部空间的个性化智能控制。针对这四个方面，报告人分别提出了内机直流化、高效自清洁换热器、MPC协同控制技术和个性化智能控制这四种运行节能技术，并介绍了其各自的节能效果。

石文星教授就“多联机在线性能测量技术及其应用”做了报告。多联机实际运行性能的在线测量是推动节能降碳、加速碳中和进程的重要举措，对国家、企业和用户都具有重大意义。因此，报告人提出了一种基于“广义压缩机”的多联机全工况制冷剂流量法的在线性能与冷热量分户计量方法，为探明实际能效、制定政策和标准、优化控制、调适提供了重要的研究途径和基础数据。

(4) 制冷压缩机新技术

本次论坛由西安交通大学邢子文教授主持，以“制冷压缩机新技术”为主题，交流和探讨了近年来制冷压缩机及其机组在能效提升、减振降噪、环保制冷剂替代和氢能利用等方面的技术进步与发展趋势。

珠海格力电器股份有限公司离心压缩机技术专家陈玉辉在题为“箔片动压气体轴承在离心式压缩机中的应用”的报告中，重点阐述了箔片动压气体轴承技术的特点及应用领域。报告还介绍了高速动压气浮轴承技术及其相关产品测试。

冰轮环境技术股份有限公司科技发展部部长剧成成做了题为“压缩机技术在氢能领域的应用”的报告。报告人介绍了冰轮氢液化用氢气螺杆压缩机、工艺流程用氢气输送压缩机、加氢站用高压加氢隔膜压缩机等典型产品的性能、研发现状、应用场景及面临的挑战。

西安交通大学苏州研究院研究员陈文卿在题为“制冷压缩机振动噪声控制技术”的报告中，针对应用于中大容量制冷系统的螺杆压缩机和离心压缩机，介绍了振动噪声控制技术。报告从机械噪声和气动噪声等方面介绍了两种压缩机的振动噪声控制方法，并展示了一些减振降噪技术的应用。

松下压缩机（大连）有限公司高级工程师孙铭在题为“直流涡旋变频压缩机补气技术应用”的报告中，介绍了该公司新推出的F系列大马力商用涡旋压缩机及其在空调、热泵和冷冻冷藏方面的应用。通过一个具体的工程实例，报告人介绍了与压缩机机型系统相匹配的一些管路的振动和应力测试方案。

上海海立电器有限公司首席技术官周易做了题为“转子式压缩机在系统匹配上的若干问题解析”的报告。报告人介绍了海立电器产品开发技术的演进，并强调了在设计压缩机的过程中要做到压缩机的效率与设计成本相匹配。最后，报告人介绍了压缩机在储能和5G通信等其他领域的扩展应用。

(5) 建筑复合冷热源系统能效及品质提升

本专题研讨会由重庆市制冷学会理事长卢军教授和中科院广州能源所储能及节能技术研究室主任冯自平研究员主持，对建筑复合冷热源系统能效及品质提升进行了深入探讨。

清华大学魏庆芄教授做了题为“高效制冷机房建设实践中的思考——以重庆大悦城为案例”的报告。报告中重点介绍了高效机房的实现路径，并提出以降低运行能耗、提升系统能效为目标的“技术+管理”运维思路。此外，魏庆芄教授还将重庆与武汉两地大悦城项目的运行性能进行对比，详细阐述了高效制冷机房的具体实施过程与实践效果。

中科院广州能源研究所储能及节能技术研究室主任冯自平研究员做了题为“应用燃气热泵的建筑冷热及生活热水联合供应技术研发”的报告。其中重点介绍了燃气热泵（GHP）冷暖中央空调的原理、优势及核心技术，并展示了GHP的应用场景和实际案例。

重庆市制冷学会理事长卢军教授在题为“某能源站用蓄冷蓄热复合能源系统”的报告中，以重庆市某城市片区新规划项目为例全面地阐述了蓄冷蓄热复合能源系统的设计方法、运行策略及评价体系。

四川省建筑设计研究院有限公司总工程师邹秋生教授级高工以“西藏大学太阳能复合供暖系统设计反思”为题，介绍了西藏地区太阳能供暖系统设计及其关键技术。

贵阳建筑勘察设计公司机电所所长肖定高研究员做了题为“热源塔热泵复合供暖系统能效分析”的报告。报告从冬季“低温高湿”地区的供暖需求、供暖热源的选择、开式热源塔系统的特性、热源塔系统的能效等方面探讨了热源塔技术的应用，对于长江中下游以南地区的建筑节能减排具有重要意义。

重庆美的通用制冷设备有限公司的陈改芳部长做了题为“大兴机场复合能源系统应用”的报告。报告针对大兴机场的项目特点，详细阐述了复合能源系统应用所面临的挑战及相应的解决措施。

(6) 冷冻空调设备新标准专题技术报告会

冷冻空调设备新标准专题研讨会由全国冷冻空调设备标准化技术委员会秘书长、教授级高级工程师张明圣及全国冷冻空调设备标准化技术委员会副秘书长、研究员张秀平担任会议主席，对冷冻空调设备新标准进行了详细分析和解读。

合肥通用机电产品检测院有限公司制冷所副总工程师彭飞对“冷水机组国家标准 GB/T 18430.1 修订进展”作了介绍。他主要介绍了该标准所涉及的产品及应用范围、采用的能效评价方法、各产品类型工况条件及评价和使用工况条件下的性能 4 个方面的内容。

合肥通用机械研究院制冷空调事业部研发部部长吴俊峰就“冷链设备标准体系及运输用制冷机组国家标准修订内容”进行了分享，他指出了目前冷链物流标准体系存在的缺乏系统性、协调性、基础研究滞后以及标准化意识淡薄 4 个问题，提出以冷冻工艺学为基础、以制冷技术为手段，参照《“十四五”冷链物流发展规划》目标，多维度、多专业融合来完善冷链设备标准体系建设。

合肥通用机电产品检测院有限公司制冷所所长于晓琳分享了 GB/T 19413 数据中心和通信机房用空气调节机组修订思路，他主要分析了该标准所涉及产品的边界划分、型式分类、评价思路以及方法修订 4 个方面的内容。

合肥通用机电产品检测院有限公司家电所副所长陈新强对“ISO 部件和接头气密性评定标准”做了介绍，他指出该标准适用于公称尺寸不超过 DN50 的接头或内部体积不超过 5L 且重量不超过 50kg 的用于制冷系统及热泵的封闭式和密封式部件、接头和零件。并对标准的内容及其与 ISO14903 主要差异作了详细说明。

合肥通用机电产品检测院有限公司院长助理马金平分享了冷冻空调设备绿色与低碳标准制定、修订进展，他从政策落地、技术发展、市场运作 3 方面的需求指出了绿色低碳标准的意义，又从体制、体系和各行业角度介绍了绿色低碳标准的现状，还分享了冷冻空调技术标准化委员会在绿色标准的体系构建、项目概况以及标准应用情况，关键标准技术评价思路等内容。

(7) 制冷空调零部件创新产品目录发布会暨零部件质量提升技术专题研讨会

本研讨会由合肥通用机电产品检测院有限公司副院长张明圣教授级高工和合肥通用机械研

究院有限公司事业部总工程师张秀平研究员共同担任主席，分享了当前制冷空调零部件领域的创新产品、最新研究进展及取得的成果，主机企业对零部件的需求、管理和评价方式，探讨零部件的检测、认证、标准化等质量评价模式等。

广东美的暖通设备有限公司可靠性负责人、零部件工程中心负责人邓建云介绍了“零部件+”运作模式以及基于该模式下的零部件选、用、管、控和逆向改善。

西南科技大学复杂环境装备可靠性研究中心主任锁斌博士在他的报告中简要介绍了加速寿命试验及其主要影响因素，针对加速寿命试验技术实施关键点进行了探讨，并介绍了相关案例。

江苏常荣电器股份有限公司副总经理林英就内置式过载保护器做了详细报告。

浙江福腾流体科技有限公司董事长顾发华博士介绍了气悬浮压缩机的发展历程、核心部件与关键技术，产品的优势特点，系统原理与应用范围以及同类产品比较。

黄山振州电子科技股份有限公司董事长兼技术总工何平洲高级工程师介绍了“耐110℃高温高频低阻抗电解电容器”的研发与应用，该成果有效解决了目前国内电解电容器普遍存在的在高温、高电压环境下电解液干涸、底部鼓包、寿命缩短的问题，满足了国内外变频控制器在相关领域的应用需求。

丹佛斯气候方案事业部市场部经理苏祖坚在报告中介绍丹佛斯节能减碳核心产品最新一代的VTX系列高效磁悬浮制冷压缩机，AHRI工况额定负荷COP可达6.8；以及低环温热泵专用压缩机PSH065/105，可在零下25度环温下做到55度出水。

(8) 多联机质量提升专题论坛

本研讨会由合肥通用机电产品检测院有限公司副院长张明圣教授级高工和合肥通用机械研究院有限公司事业部总工程师张秀平研究员担任会议主席。

格力电器多联机研发主任张仕强高级工程师做了以“浅谈多联机应用稳定性技术发展”为题的报告，该报告从实际应用角度，利用大数据收集方法，分析了多联机在实际工程应用中的复杂性及其稳定性要求，阐述了当前行业提升应用稳定性的主要手段和未来发展方向。

美的集团楼宇科技事业部多联机开发部部长王命仁做了题为“多联机全生命周期质量提升策略”的报告，基于促进多联机行业可持续地高质量发展，提出多联机全生命周期质量管理策略，介绍了全生命周期节能管理和全生命周期可靠性管理。

安徽省建筑设计研究总院股份有限公司四分院总工王辉正高级工程师就多联机空调应用与设计做了报告，他介绍了多联机空调的应用现状，指出了存在的问题并针对问题进行了分析，最后结合应用案例进行了交流探讨。

青岛海信日立空调系统有限公司先行研发副总经理孟建军正高级工程师在报告中介绍了新型高效除湿和无水加湿技术，并结合VRF机组的高显热控制技术，形成了基于显热潜热分离的VRF温湿度独立控制系统，制冷和制热均可温湿独立控制，大幅提高了用户舒适性，且制冷可实现节能20%以上。

合肥通用机电产品检测院有限公司所长助理王鲁平工程师就风冷多联式空调（热泵）机组能效评价优化研究做了报告，介绍了基风冷多联能效评价模式的边界范围及期望效果，结合能效试验及计算现存的关键问题，针对性地对风冷多联机季节能效评价的优化方向进行了交流

与探讨。

3. 技术交流会

本次制冷展共筹办技术交流会16场，内容包含碳中和制冷技术发展、相关产品的开发、技术应用及空调行业未来发展导向等领域的深度探讨及各类交流研讨会等。

在展会前一天（7月31日），中国制冷展组委会于熙美酒店组织了以“轻商制冷设备的技术发展”为主题的全天培训，下午举办了中国制冷展创新产品奖颁奖仪式。

展会第一天（8月1日），中国制冷学会主办的《碳中和制冷技术发展路线》发布仪式于下午在展馆N5-1会议区举行。对国内外碳中和发展趋势和技术趋势、我国制冷行业现状和节能减碳技术发展以及“双碳”目标促进中国制冷技术创新发展和行业转型等问题进行了技术交流。同一时间，松下电气设备（中国）有限公司承办的“松下电气设备事业战略发布会”在展馆M103会议室举行。由珠海格力电器股份有限公司举办的“格力盾安联合解决方案”技术交流会在展馆M202会议室成功举行。

8月2日上午，中国制冷学会在M201会议室举办了“中国制冷学会资深工程师论坛”，各位杰出的工程师分享了他们的相关从业经验。

8月2日下午，深圳市深蓝电子股份有限公司于M103会议室以“储能空调市场前景及控制器解决方案”为题进行了技术交流汇报，主要内容包括变频储能热管理风冷控制与高密度储能风冷冷水控制的方案等。深圳市深蓝电子股份有限公司在M103会议室举办了“ICT变频直膨产品的应用与分析”和“变频驱动控制技术在暖通领域的应用”技术交流会议。重庆市制冷学会与中国电子节能技术协会在M102会议室共同举办了“高效机房认证导则及申报交流会”。中国标准化研究院能源基金会（中国）与东南大学在M201会议室共同举办了“冷水（热泵）机组节能技术和标准研讨会”。霍尼韦尔（中国）有限公司在M104会议室进行了“霍尼韦尔高效环保制冷剂及其应用介绍”。

4. 行业活动

4.1 第十六届中国制冷空调行业大学生科技竞赛颁奖仪式

2022年8月1日，“顿汉布什杯”第十六届中国制冷空调行业大学生科技竞赛颁奖仪式在重庆国际博览中心成功举办，中国制冷空调工业协会副理事长兼秘书长张朝晖教授和顿汉布什中国区总裁周雷先生出席会议并致辞，参加会议的还有来自全国各地的各界领导、人士与老师、学生共60余人。

全国华北、华东、华中、华南、西部和东北共六个区域的预赛，于6月末顺利结束，共有来自117个学校的175个作品参加了预赛，最终有40所院校的42支队伍从各个赛区脱颖而出，进入到决赛答辩环节，分别代表各区域参加全国总决赛的角逐，在7月13日进行了线上争锋，12支队伍脱颖而出获得竞赛一等奖，竞赛全部获奖名单已经于7月14日在中国制冷空调工业协会官网正式公布。

颁奖仪式上，张朝晖代表主办方给卓越协办单位、优秀承办单位颁发了奖状，颁奖嘉宾也给到场的部分获奖队伍代表颁发了奖状。



图4-1 第十六届中国制冷空调行业大学生科技竞赛颁奖仪式合影

4.2 《全面推进暖通制冷空调行业碳中和行动倡议书》发布会

8月1日下午,《全面推进暖通制冷空调行业碳中和行动倡议书》发布会在重庆国际博览中心N5馆隆重举行。

在国家“双碳”目标的大背景下,中国制冷空调工业协会和中国勘察设计协会建筑环境与能源应用分会共同向全行业发起倡议,呼吁暖通制冷空调行业的制造企业、设计单位和广大用户单位共同全面贯彻新发展理念,凝聚行业力量,聚焦绿色低碳,创新务实,为全行业的高质量全面发展,为早日实现我国的碳中和目标贡献行业的力量。两协会领导、总工团专家、企业代表和参展观众等300多人共同见证。刘晓红副秘书长、朱建章副会长共同主持了发布会。

会议开始,首先由中国制冷空调工业协会李江理事长及中国勘察设计协会建筑环境与能源应用分会罗继杰会长分别致辞。



图4-2 《全面推进暖通制冷空调行业碳中和行动倡议书》发布仪式

接下来,张杰副会长宣读了倡议书。珠海格力电器股份有限公司总裁助理、副总工程师刘华和中国建筑技术集团有限公司副总裁狄彦强博士分别代表制造企业、设计院发言。

最后，主持人邀请两会领导及嘉宾在倡议书背板上签名并合影，表示对倡议书的支持和响应。

4.3 2021年CAR-ASHRAE学生设计竞赛颁奖礼

竞赛在2009年由制冷学会、美国供热制冷空调工程师学会（ASHRAE）和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共同发起，江森自控提供赞助和支持，暖通空调在线为战略合作媒体。竞赛旨在推进我国建筑环境与能源应用工程专业教学改革，提高本专业学生实际设计水平，发现和培养行业后备人才，促进国际交流。在三方的共同努力和江森自控的鼎力支持下，竞赛已成为同类竞赛中最具代表性和影响力的赛事，至2021年已经成功举办十三届。



图4-3颁奖仪式到场嘉宾合影

颁奖礼由中国制冷学会副秘书长王从飞先生主持，会议上朱颖心教授、吴德绳教授、李先庭教授、胡祥华先生及ASHRAE副主席Edward Tsui先生进行了致辞。

在本届竞赛中，中国矿业大学荣获特等奖，南京工业大学、青岛理工大学荣获一等奖，重庆大学、广州大学、上海理工大学、西南交通大学荣获二等奖。



图4-4 特等奖颁奖



图4-5 优秀指导教师颁奖

5. 新书发布会

5.1 《碳中和制冷技术发展路线》发布会

8月1日，中国制冷学会《碳中和制冷技术发展路线》蓝皮书发布仪式在重庆国际博览中心N5-1会议区举行。中国工程院院士、中国制冷学会理事长、清华大学建筑节能研究中心主任江亿教授，中国制冷学会特邀副理事长孟庆国教授级高工，生态环境部大气环境司董文福处长，儿童投资基金会中国区副首代刘强先生，能源基金会总裁办公室项目主任韩炜女士，以及蓝皮书撰写、修订专家和企业代表、行业同仁等近200人出席发布仪式。



图5-1 《碳中和制冷技术发展路线》发布仪式

发布仪式由中国制冷学会副秘书长王从飞主持，董文福处长和江亿理事长发表致辞。

受蓝皮书编委会委托，上海理工大学副校长、蓝皮书副主编张华教授作撰写工作汇报，详细介绍了撰写背景和内容构思，阐述碳中和制冷技术的路线方向。

随后，迎来蓝皮书揭幕环节，在11位撰写牵头专家及广大行业同仁的共同见证下，江亿理

事长和孟庆国特邀副理事长共同为蓝皮书揭幕。

《碳中和制冷技术发展路线》的顺利撰写，离不开行业的大力支持。为了向对积极支持该项工作的各企业表达感谢，在发布仪式上对参加过2次及以上研讨的企业颁发纪念奖牌。“碳达峰、碳中和”是一个长期目标，需要广大同仁持续探索、不断挖掘；学会也将继续发挥自身优势，积极配合行业需求，汇集行业力量，为共同推进绿色低碳制冷技术做出贡献。

5.2 《趣匠随笔——吴德绳文集》发布会

8月2日上午，《趣匠随笔-吴德绳文集》新书发布会在M103会议室成功举办。

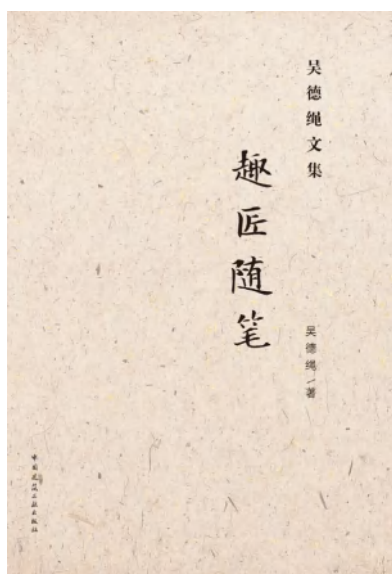


图5-2 《趣匠随笔——吴德绳文集》封面

在火炉重庆最热的时候，熟悉吴德绳先生的人们从四面八方，怀着对《趣匠随笔——吴德绳文集》的期盼，来到重庆、聚集到新书发布会会场。



图5-2 吴德绳先生在发布会上介绍新书



图5-3 吴德绳先生签名赠书

在新书发布会上，吴先生给大家诙谐幽默地与大家分享了他赋闲以后的工作、撰写随笔短文的期许。中国建筑工业出版社欧阳东副社长发表致辞，清华大学建筑学院江亿院士、朱颖心

教授、李先庭教授等嘉宾分享了对吴德绳先生为行业做出的卓越贡献以及对书中故事、短文的感想和心得。本书收录了吴德绳先生赋闲之后的60余篇随笔，文笔风趣，内容涉及求学趣事、回忆家人、援外见闻、师友教诲、生活感悟，以及对建筑行业 and 人生的诸多思考。世事洞明的吴德绳先生思维缜密、妙语连珠、“说者有心”，也希望读者朋友“听者有乐，捷者醒悟，缓者厚积”。

5.3 《冷链产业与技术发展报告》发布会

2022年8月2日，《冷链产业与技术发展报告》（第1版）发布会在重庆国际博览中心展馆举行。中国制冷学会特邀副理事长孟庆国、中国科学院理化技术研究所研究员田长青、华商国际工程有限公司副总经理王斌、全国冷藏商业科技情报站站站长尹从绪以及报告撰写专家、企业代表、行业同仁等200余人出席发布仪式。



图5-3 《冷链产业与技术发展报告》发布会

中国制冷学会副秘书长杨一凡主持了发布会，中国制冷学会特邀副理事长孟庆国发表致辞。杨一凡副秘书长介绍了《冷链产业与技术发展报告》的总体内容以及编写过程。中国科学院理化技术研究所研究员田长青、华商国际工程有限公司副总经理王斌、全国冷藏商业科技情报站站站长尹从绪分别对技术篇、数据篇及应用篇的内容进行介绍。

发布会上，还为主要参与编写单位颁发了证书，进行了赠书活动。

四、技术特点

(清华大学 石文星教授、于天蝉博士生、牛恒博士生)

在国家有效防控、主办方积极组织以及各参展商的竭力配合下，本届展会圆满举办，虽规模不及往届，但比2020年抗疫期间举办的第31届“中国制冷展”规模更大、特色更为鲜明，展现出了中国制冷行业“志不求易者成，事不避难者进”的精神。展会以“专注创新品质，致力低碳健康”为主题，追求技术创新、贯穿低碳理念，不忘初心，牢记使命，助力“双碳”战略目标的实现。

根据参展商展出的展品技术和组委会组织的主题论坛、专题研讨会和技术交流会内容，可以看出本届展会的总体技术特点。

1. 聚焦“双碳”战略，展现大国担当

在2030年前实现“碳达峰”、2060年前实现“碳中和”是国家的重大战略决策，既是我国对国际社会的庄严承诺，也是推动国家高质量发展的内在要求。作为能源消费和温室气体排放大户之一，制冷空调行业在我国节能降碳事业中肩负着不可或缺的责任与义务。制冷空调行业的碳排放，一方面在于设备在生产和使用过程中的二氧化碳间接排放，另一方面在于制冷剂等非二氧化碳温室气体的直接排放。因此，降低化石能源消耗、增加清洁能源比例、强化环保制冷剂质替代是制冷空调行业实现“双碳”战略目标的重要途径。

利用光电、风电、水电等可再生能源电力取代化石能源成为主要能源供给形式是“双碳”目标实现的必然选择。在能源转型、电力系统零碳化发展的大背景下，以格力光伏（储）直流空调系统为代表的光伏直驱空调系统在本届展会中崭露头角，通过光伏系统、储能系统与常规空调系统的模块化组合，实现了可再生能源与高效节能设备的相互结合，形成分布式发电、用电一体的新型用电模式。此外，本届展会开展了“光储直柔技术发展与实践应用论坛”专题研讨会，针对“光储直柔”建筑的发展与应用进行了全面的交流探讨，强调了零碳能源结构下电力负载由刚性转为柔性的必要性，反映了“光储直柔”技术在建筑能源变革与“双碳”目标实现中的战略地位和重要意义。

除了采用可再生能源进行“开源”，通过提高设备运行能效进行“节流”，对于降低碳排放也至关重要。热泵能够提升低温热源品位、实现低品位余热有效利用，是提高电力利用效率、实现低碳供暖的重要技术。中国工程院院士、中国制冷学会理事长、清华大学江亿教授做了“低碳转型：热泵大发展的机遇”的主题报告。江院士指出，低碳发展和“碳中和”目标把制备中低品位热量的任务交给了热泵，因此在学科发展上，制冷行业需肩负制冷、制热两大热量提升任务；在系统上，需针对共性问题，发展和构造系统流程的一般性方法；在装置上，需研发大量新的部件和整机产品；在经营上，热泵产业将飞速发展，我们应抓住能源低碳转型机遇，在已有领域上，发展成为能源领域的主力军。

在本届展会上，空气源热泵、燃气热泵、吸收式热泵等各类热泵技术产品呈现多样化发展趋势。其中，空气源热泵作为我国北方“煤改电”清洁供暖的重要设备之一，近年来其低温制热技术不断发展，多缸变容量压缩机、转子补气压缩机、超低温变频热泵热水机组等产品逐渐普及，空气源热泵的全工况性能及覆盖温区范围进一步提升。除热泵机组外，高效冷水机组产

品相继涌现。本届展会中，麦克维尔、重庆通用、冰山、鑫磊等各大企业展出了面向多种市场化需求的磁悬浮冷水机组、新型螺杆式机组产品，以满足“双碳”目标下对冷水机组设备高效运行、智能调控的进一步需求。

近年来，环保制冷剂替代始终是制冷行业的关注重点。随着2021年《基加利修正案》正式对我国生效，R134a、R410A、R32等HFCs制冷剂正式纳入管控范围。“双碳”背景下，R717、R744、R290等天然制冷剂和R1234yf等HFOs制冷剂是目前主流的两种替代方案。本届展会中，以CO₂为代表的天然工质及其应用设备比例大幅增加，海立展出的CO₂压缩机，天加展出的CO₂热泵高温热水机组、R1234ze磁悬浮冷水机组，冰轮展出的CO₂螺杆制冷压缩机、复叠式氨螺杆热泵机组等产品受到业内广泛关注。此外，作为中国制冷展多年的固定特色单元，本届展会举办了2022臭氧气候技术路演及工业圆桌会议，多位国内外专家就国际政策与挑战共同深入交流探讨，推动制冷空调行业的低碳节能、高效环保发展。

2. 关注平疫结合，倡导舒适健康

重大公共卫生风险始终不容忽视，“平疫结合”是应对的关键之举。疫情防控常态化背景下，营造安全、健康、节能的诊疗环境是医疗建筑设计重点。本届展会中，格力展出的绿色医院暖通系统中体现了洁净病房与负压手术室的“平疫结合”解决方案，通过切换两套不同大小的新/排风机实现病房平时与疫时空气处理需求切换，平时开启正压模式，保证空气洁净度要求，疫时开启负压模式，防止病毒扩散感染。在满足医疗卫生及环境控制要求的前提下，降低医疗建筑运行能耗也至关重要。在本届展会，天加展出了云变频冷凝热回收恒温恒湿机组，并将其应用于医院空调系统节能方案。此外，在本届展会“疫情时代下的医疗建筑设计探讨”专题研讨会中，有多家企业和研究机构针对医疗建筑平疫结合的建设思路与节能设计方案进行了深入交流与探讨。

“疫情时代”下，广大民众在追求室内环境舒适的同时，逐渐开始关注住宅空气品质与健康，对于室内通风、新风需求的重视度也大幅提升，这一方面对空调设备的过滤净化、杀菌除尘能力提出了更高要求，另一方面也给新风系统节能带来挑战。本届展会中展出了大量具有热回收、除尘、防霾、杀菌等功能的新风设备，如南洋有为展出的显热交换新风除霾除湿机、超薄除pm2.5全热新风交换机等。此外，霍尼韦尔、松下、百朗等企业展出了全屋温、湿度一体化控制方案，结合空气净化与能量回收技术，以满足除湿、新风、净化、健康的多样化需求，助力抗疫、减排，高效营造健康、舒适的住宅环境。

3. 重视实际性能，发展智能控制

制冷空调设备的实际运行性能受运行场景条件、现场安装、设备使用行为和运行管理（包括自动控制）水平等多方面因素影响，与产品的实验室测试结果存在较大差异。监测设备动态运行数据、探明设备实际运行性能是优化设备控制策略、降低设备运行能耗的基础，清华大学石文星教授在本届展会“多联机技术论坛”专题研讨会中介绍了一种基于“广义压缩机”的多联机全工况制冷剂流量法的在线性能与冷热量分户计量方法，为多联机设备的能耗预测、政策制定、产品及标准研发、控制运行优化提供了重要依据。

基于实际运行数据开发制冷空调设备智能优化控制技术是降低设备实际运行能耗的重要途径。本届展会中，福加、深蓝、鑫磊、麦克维尔等企业开发了多种冷水机组高效节能控制方案，实现了机组实时监测、故障自诊断、主动寻优、远程调试等智能化机房能效管理策略。清华大学魏庆芄教授在“建筑复合冷热源系统能效及品质提升”专题研讨会中，强调通过“技术+管理”运维思路实现高效机房。美埃展出的智能化物联网系统集成互联网、数据分析、LCC分析、数据传感等技术，打造了集在线监控、应用分析、节能优化、智能管理功能于一体的绿色可视化空气处理方案。格力、霍尼韦尔针对智慧建筑综合管理推出了GBMS智慧建筑解决方案、商业楼宇微环境控制方案，通过数字化、自动化相融合，以安全、高效、节能为目的，实现了各项楼宇设施的智能化部署、控制与管理。

4. 注重创新发展，迎接未来挑战

制冷空调行业关乎国民经济、能源环保、工业生产与人民生活，在“双碳”战略与“新冠”疫情双重背景下，我国制冷空调行业面临机遇与挑战共存的紧迫形势。“低碳”、“抗疫”、“品质”等多重挑战下，技术创新是制冷空调行业发展的必由之路。本届展会中，从展商产品到主题论坛，从主题论坛到专题研讨会、技术交流会都充分体现了低碳减排理念与社会抗疫防疫趋势的紧密融合，整个制冷空调行业都充分认识到创新发展的重要性，“光储直柔”系统、在线测量技术、智能楼宇自控等适应新时代发展需求的新思想在业内的关注度日益提升，相关技术迅速发展。

当前国际形势与国内环境下，我国制冷空调行业应坚持走创新驱动发展的道路，把握“抓创新就是抓发展、谋创新就是谋未来”思路，加大技术创新投入力度，调动创新资源、激励创新人才，以更加高质、环保的技术与产品服务于经济 and 市场需求。各高校、研究机构、企业应充分把握机遇，积极引领行业高质量发展，推动我国从“中国制造”到“中国创造”、由“制造大国”向“创造强国”的转变。

五、结束语

2022年中国制冷展迎来了35岁生日，面对各种严峻形势的挑战，本届展会如期召开并圆满完成，为参展商搭建了技术展示平台、交流平台、宣传平台和服务平台，充分体现了中国制冷展为展商提供完美服务的本质。展商是展会的基础，展品是技术的载体，展会更为学术与技术交流提供了平台，同时也为展会赋能，提升展会的品质。

本届展会已落下帷幕，感谢组委会、展商、观众和所有行业同仁对本届中国制冷展成功举办的大力支持，我们共同克服了疫情对展会带来的影响，紧紧把握新时代的发展脉搏，为世界暖通制冷空调行业贡献了一场安全、精彩、专业的盛会！

通过抗疫背景下的展会经验和组织策略的充分积累，相信今后的展会组织将更加完善，展会效果将更加完美。让我们2023年再次相约，共赴上海见证第34届中国制冷展的盛况！

附 录

附录1 第三十三届中国制冷展创新产品名录

第一类 家用及商用空调热泵设备

序号	产品名称	企业名称
1	HMD3W-9系列三相薄膜电容控制器	杭州先途电子有限公司
2	P型电子膨胀阀	浙江三花智能控制股份有限公司
3	R32高效环保变频模块机	南京天加环境科技有限公司
4	威乐高效屏蔽循环泵	威乐（中国）水泵系统有限公司
5	空气源热泵热水器用高效微通道换热器	杭州三花微通道换热器有限公司
6	迷你全热交换器	松下电气设备（中国）有限公司
7	热泵热水器用直流变频滚动转子式CO ₂ 压缩机	上海海立电器有限公司
8	天加建筑制冷系统综合能效提升技术——合理的主机优化配置（TICA&Smardt）+智能的主动寻优控制（FUCA）	南京天加环境科技有限公司
9	温泉系列热泵热水机组	广东芬尼克兹节能设备有限公司
10	涡旋式变频四管制冷热一体机	深圳麦克维尔空调有限公司
11	无线房间传感器	西门子（中国）有限公司
12	新能源高效卧式涡旋压缩机（自主化轨道车辆变频空调用）	广州万宝集团压缩机有限公司
13	新能源中巴用铝合金变频涡旋压缩机	珠海格力电器股份有限公司
14	新型自平衡膨胀阀加化霜阀组件	温岭市恒发空调部件有限公司
15	新一代搏力谋能量阀（内置热能表）	搏力谋自控设备（上海）有限公司
16	尊墅多功能模块化一体式多联机	珠海格力电器股份有限公司

第二类 冷链设备

序号	产品名称	企业名称
1	BDN45F和BDN50K活塞式压缩机	思科普压缩机（天津）有限公司
2	CSR可变VI螺杆式制冷压缩机	复盛实业(上海)有限公司
3	“酷冰” NUS125FSC智能高效环保变频商用压缩机	长虹华意压缩机股份有限公司
4	冷冻用内部低压直流变频补气卸载压缩机	松下压缩机（大连）有限公司
5	永磁变频CO ₂ 半封螺杆制冷压缩机组	冰轮环境技术股份有限公司
6	玉米棒专用下旋流速冻机	大连冰山菱设速冻设备有限公司

第三类 专用空调热泵设备

序号	产品名称	企业名称
1	复叠式氨螺杆热泵机组	冰山冷热科技股份有限公司
2	数据中心列间空调用轴流风机	依必安派特风机（上海）有限公司
3	外转子后向离心风机（SC560）	泛仕达机电股份有限公司
4	威乐高效中开双吸泵SCH	威乐（中国）水泵系统有限公司

第四类 其他设备

序号	产品名称	企业名称
1	54BE系列浴霸	广东松下环境系统有限公司
2	博客车用星结构CO ₂ 压缩机HR系列	博客压缩机（苏州）有限公司
3	船陆两用低温BOG螺杆压缩机组	冰轮环境技术股份有限公司
4	光伏（储）直流空调系统	珠海格力电器股份有限公司
5	自动内容积比调节氨螺杆压缩机组	福建雪人股份有限公司

附录2 2021年资深工程师名单

序号	姓名	单位	方向
1	陈祖铭	华南理工大学建筑设计研究院有限公司	空调系统
2	赵可可	海信家电集团	制冷空调设备
3	黄冬平	长虹华意压缩机股份有限公司	制冷空调设备