



聚焦全球冷暖 致力系统创新

第34届中国制冷展技术总结报告

CHINA REFRIGERATION EXPO

2023

——中国制冷展专家委员会组织编写——



聚焦全球冷暖 致力系统创新

第34届中国制冷展技术总结报告

C H I N A R E F R I G E R A T I O N E X P O

2023

——中国制冷展专家委员会组织编写——

目 录

一、展会概况与特色	1
1. 展会概况	1
2. 展会特色	2
(1) 把握能源转型发展契机，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) 不断创新，引领行业高质量发展	2
(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、制冷剂、润滑油	4
1.1 总体技术特点	4
1.2 特色产品	4
1.3 评价与展望	13
2. 制冷系统换热器及辅助设备	13
2.1 技术特点	13
2.2 制冷系统换热器特色产品	13
2.3 制冷系统阀件及其他特色产品	20
2.4 评价与展望	23
3. 工商业用中央空调冷（热）水机组	24
3.1 技术特点	24
3.2 特色产品	24
3.3 评价与展望	32
4. 中小型空调热泵设备与系统	32
4.1 技术特点	32
4.2 特色产品	32
4.3 评价与展望	38
5. 空气处理机组与暖通空调自控系统	38

5.1 技术特点	38
5.2 特色技术产品	38
5.3 评价与展望	46
6. 供热、热水设备与系统	46
6.1 技术发展特点	46
6.2 特色技术产品	47
6.3 小结	57
7. 冷链设备与系统	57
7.1 总体特点	57
7.2 特色技术	57
7.3 评价与展望	66
三、学术交流	67
1. 主题论坛	67
1.1 热泵在能源革命中的重要地位和必须破解的技术关键	67
1.2 城市生命力的智慧维护	68
1.3 对行业精英们的引导	69
1.4 建筑空间供暖和制冷能源需求的全球趋势：聚焦热泵	69
2. 专题研讨会	70
2.1 制冷空调新技术论坛	70
(1) 专题1：制冷空调技术创新及应用	70
(2) 专题2：制冷压缩机新技术	71
(3) 专题13：“双碳”目标下中国冷链物流创新发展论坛	71
(4) 专题17：蒸发冷却空调关键技术及应用研讨会	72
(5) 专题24：制冷空调零部件质量提升技术专题研讨会	73
(6) 专题37：高科技与制冷技术专题研讨会	73
(7) 专题36：先进空调除湿技术与应用专题研讨会	74
(8) 专题7：新型除湿技术与空调系统节能/《上海制冷史》介绍与签售	74
2.2 热泵与储能技术论坛	75
(1) 专题5：压缩机应用技术-热泵压缩机论坛	75

(2) 专题39: 建筑供热高效热泵技术论坛	76
(3) 专题41: 热泵新技术及产品质量提升发展论坛	77
(4) 专题8: 《热泵应用示范项目案例集》发布会及典型案例报告	77
(5) 专题4: 储能空调发展论坛	78
(6) 专题25: 新型储能及先进低碳技术论坛	79
(7) 专题19: 建筑用空调供暖蓄能调峰技术论坛	79
2.3 低碳与智能运维技术论坛	80
(1) 专题21: 制冷空调低碳技术及工程应用专题研讨会	80
(2) 专题32: 能源站设计与低碳运行论坛	81
(3) 专题35: 建筑蓄能助力电力低碳转型专题研讨会	81
(4) 专题6: 绿色低碳建筑和园区的技术路线实践论坛	82
(5) 专题22: “多联机低碳技术发展”论坛	83
(6) 专题12: 绿色智慧数据中心冷却技术论坛	84
(7) 专题18: 高效机房—中国高效制冷空调系统进展与趋势专题研讨会	84
(8) 专题31: 智慧运维—制冷空调系统智慧运维提升系统能效与可靠性 专题研讨会	85
2.4 其他特色会议	86
(1) 专题33: 资深工程师论坛	86
(2) 专题3: 冷冻空调设备新标准专题技术报告会	86
(3) 专题10: 后冬奥时代冰雪技术和行业可持续创新展望论坛	87
(4) 专题28: 第五届空气净化及新风产业技术论坛	88
(5) 专题34: 热舒适、健康与行业应用论坛	88
3. 技术交流会	89
3.1 展会第一天(4月7日)	89
3.2 展会第二天(4月8日)	92
3.3 展会第三天(4月9日)	95
4. 行业活动	95
4.1 第三十四届中国制冷展在上海盛大启幕	95
4.2 2023中国制冷展“金奖产品”正式发布	96

四、技术特点	99
1. 推动能源转型，促进零碳能源系统发展	99
2. 关注工质替代，助力非二氧化碳温室气体减排	100
3. 重视系统高效，强化制冷热泵的全工况性能提升	101
4. 发展智能调控，引领数字化变革	101
5. 聚焦全球冷暖，推动生态文明建设	102
五、结束语	103
附录	104
附录1 2023年中国制冷展创新产品名录	104
附录2 2023年中国制冷展金奖产品及年度产品名录	107
附录3 2022年资深工程师名单	108

聚焦全球冷暖 致力系统创新

——2023年第34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、康球，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（北京国际商会）、中国制冷学会、中国制冷空调工业协会、上海市制冷学会、上海冷冻空调行业协会共同主办，北京国际展览中心有限公司承办的第34届国际制冷、空调、供暖、通风及食品冷冻加工展览会（简称“2023中国制冷展”）于2023年4月7日-9日在上海新国际博览中心隆重举行。

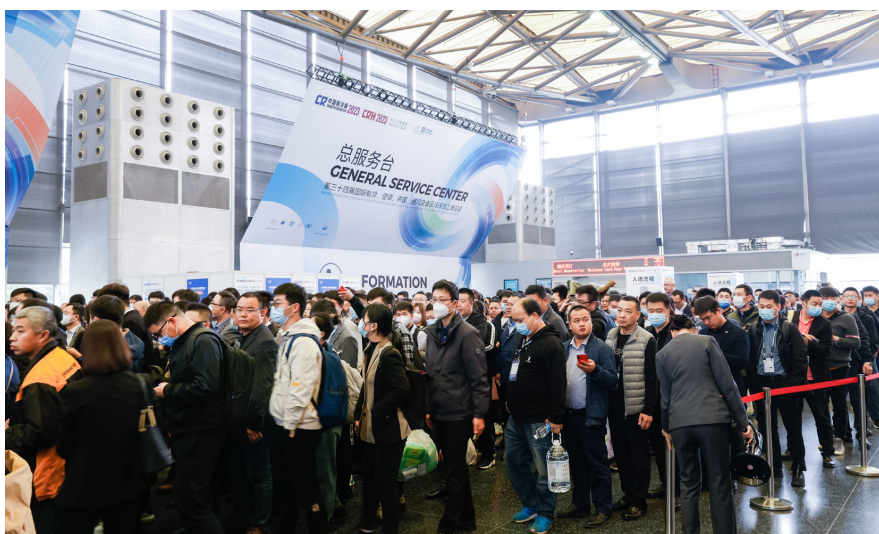


图1-1 2023中国制冷展展会现场

2023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“聚焦全球冷暖 致力系统创新”，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”目标顺利实现。

1. 展会概况

2023年4月7日，第34届中国制冷展在上海新国际博览中心拉开帷幕。本届展会共设置9个展

馆，总展览面积103,500m²，共有来自全球19个国家和地区的近1100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并派代表亲临展会现场。为期3天的展会参观人数首次突破10万，创历史新高。

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，整个行业形成合力，共同为世界制冷空调行业贡献了一场精彩、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) 把握能源转型发展契机，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，围绕“双碳”目标下制冷技术的发展方向展开了充分研讨。

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，中国工程院院士、同济大学建筑与城市规划学院吴志强教授，中国制冷展专家委员会主任、北京市建筑设计研究院有限公司顾问总工程师吴德绳教授级高级工程师、国际能源署技术与创新部门主管Araceli Fernandez分别作题为“热泵在能源革命中的重要地位”“城市空间生命力的智慧维护”“对行业精英们的引导”“建筑空间供暖和制冷能源需求的全球趋势：聚焦热泵”的主题报告，针对当前能源大形势下的技术发展和转型问题进行详细解读。

展会期间，组委会组织了丰富多彩的研讨和交流活动。内容涉及《自然制冷剂的应用潜力及障碍专题研讨会》《新型储能及先进低碳技术论坛》《<热泵应用示范项目案例集>发布及典型案例报告会》等热点方向，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，2023年展会邀请到来自18个海外组织的近百位行业组织代表来华参展，并收到来自25个国家和地区的行业组织贺信，共襄全球制冷空调领域最顶级的盛会。

组委会通过线下及线上等多种形式，立足国际化视野和高度，向行业分享最新动态和研究成果：主题论坛邀请到IEA（国际能源署）的代表分享聚焦热泵的话题；针对供热空调和冷链两个方向，组织了2场国际论坛，特别邀请了来自中、欧、美、韩等国家和地区的企业和行业学会专家分享全球技术进展。2023年臭氧气候技术工业圆桌会议设立3场分论坛，邀请国际专家就政策与挑战方向分享报告。

(3) 不断创新，引领行业高质量发展

中国制冷展作为一个多元化综合性平台，其独树一帜的特点和核心竞争力在于其对技术方

向的精准把握和引领作用。制冷展的发展史，也是行业的发展史。

自2010年起，组委会组织中国制冷展“创新产品”评选活动。2023年，组委会组织中国制冷展首届“金奖产品”评选和发布。“金奖产品”以“创新产品”为基础，同时结合行业专家现场勘察情况。从9个细分领域各推出一个最具代表性的产品作为“金奖产品”。并在此基础上，选出一项为“年度产品”。入选产品可空缺。这意味着组委会在制度层面的严格规范，技术层面的严格把关，选出的每一件产品均须具有说服力和代表性，确保评选的时效性、科学性、权威性。评选活动受到了行业的广泛关注和高度赞誉，多家企业和媒体做了后续报道和重点宣传，整个行业的生机和活力进一步被激发。

(4) 有条不紊，全面落实展会预期议程

高质高量地完成了展会的各项议程，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、42场专题研讨会和28场技术交流会。其中，有多场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，推动了行业专注产品品质、激发技术创新。部分会议视频及PPT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进行了多渠道的宣传与推广。

组委会组织了专业观众参观参会，加强与展商的深度交流，结合行业发展热点设立了示范展区，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、制冷剂、润滑油（北京工业大学 马国远教授、许树学副研究员）

1.1 总体技术特点

压缩机（包括润滑油、载冷剂）的展商数量和产品种类较往年均有大幅度增长，家用、商用等大中型压缩机，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，出现了部分构造新颖或功能独特的压缩机，体现出疫情后制冷行业中国制造行业的恢复和发展潜力。综合来看，比较突出的特点是：

（1）往复式压缩机、螺杆压缩机等冷冻冷藏用压缩机展出数量比例明显增多，这与近些年冷冻冷藏、冷链物流行业的发展有关。

（2）以氨、CO₂、R290、R600a为代表的自然工质压缩机展出持续增多。领域涵盖小型商用、大型冷冻冷藏、家用空调、热泵、热水器、农产品干燥等领域，类型包括旋转压缩机、往复式压缩机、螺杆机及涡旋机等品类。

（3）离心压缩机发展受瞩目。展商数量较往年有大幅度的提高，国内越来越多的企业掌握了离心压缩机制造技术，离心压缩机向大容量、体积小型化发展，核心技术包含永磁直流变频、磁悬浮和气悬浮等技术。

（4）氢气、氦气等特种气体压缩机，高温热泵压缩机、储能专用场合、数据中心专用压缩机的展出开始出现，并呈增长趋势。

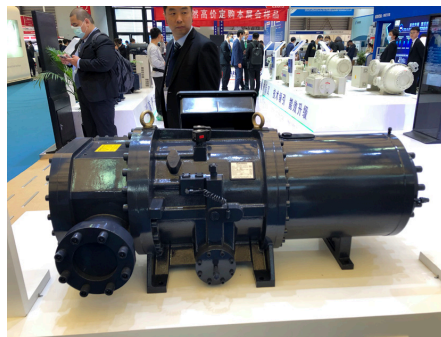
1.2 特色产品

1.2.1 冷冻冷藏用压缩机

比泽尔推出紧凑型螺杆压缩机，适用工质包括R134a和R513A、R450A、以及环保工质R1234ze(E)、R1234yf等。上海汉钟精机股份有限公司开发出冷冻冷藏水冷专用螺杆压缩机，其独特的齿形设计减小了泄漏，适用工质包括R513A、R450A、R1234ze(E)、R1234yf等。复盛的螺杆压缩机取得了防爆认证，适用于工作条件苛刻的特殊领域。GEA的开启式往复式压缩机，为针对氨制冷剂设计，安装有防停机排气冷凝液装置。都灵展出的往复式压缩机，排气量范围164.3~244.78 m³/h，采用工质R600和R600a，也具有防爆装置。福建雪人股份有限公司的半封闭双极螺杆氨压缩机，获得了本届的创新产品。丹佛斯展出的美优乐全封闭活塞压缩机，在中国有畅销30年的历史，适合中温和低温的制冷工况，能力范围1.2~13匹，以R404A为工质，最低蒸发温度-35℃。



(a) 比泽尔螺杆压缩机



(b) 汉钟水冷专用压缩机



(c) 复盛螺杆压缩机



(d) 富士豪往复活塞压缩机



(e) GEA开启式往复活塞压缩机



(f) 都灵往复活塞压缩机



(g) 丹佛斯全封闭活塞压缩机



(h) 福建雪人螺杆压缩机

图1-1 冷冻冷藏用压缩机

1.2.2 自然工质压缩机

自然工质压缩机品类包括CO₂、R290、R600a等。谷轮展出了R290热泵用变频压缩机，制冷量范围3.1~15.7 kW，冷凝温度50℃，运行温度低至-30℃，其跨临界CO₂压缩机的冷量范围4.1~36 kW，采用了自主研发动态喷射技术。博客的CO₂压缩机包括跨临界和亚临界两种，主要是往复活塞式，排量范围1.7~38.2 m³/h。奥威展出了内容积比可调的螺杆式CO₂压缩机。冰山松洋的R290压缩机最高出水温度达到75℃，其CO₂压缩机产品为冷冻冷藏用双转子压缩机，容量范围7~10匹，蒸发温度-45℃~-15℃，容量1~3匹规格的压缩机安装有中间冷却器，解决了低

蒸发温度下排气温度高的问题。三菱电机（广州）的压缩机，为变频双缸转子压缩机，工质除R290外还适用于R1234yf和R454B。



(a) 谷轮R290压缩机



(b) 谷轮跨临界CO₂压缩机



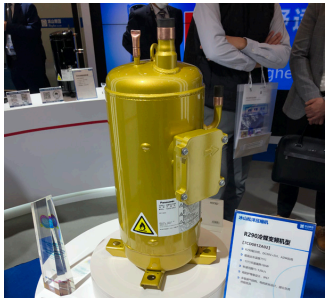
(c) 美芝R290压缩机



(d) 博客CO₂压缩机



(e) 奥威制冷CO₂压缩机



(f) 冰山松洋R290压缩机



(g) 冰山松洋CO₂压缩机



(h) 三菱电机（广州）R290压缩机

图1-2 各种自然工质压缩机

1.2.3 离心压缩机的发展

离心压缩机的展出企业数量和产品种类比例较往年都有显著增多。主要品牌有丹佛斯、复盛、海尔、美的、格力等规模企业，也可以看到鑫磊压缩机股份公司、南京磁谷、清风环境等企业自主研发的磁悬浮压缩机。复盛的磁悬浮压缩机为永磁变频双段离心机，单台能力150RT以上，COP大于4.5，部分负载性能系数10.8以上。丹佛斯TT系列磁悬浮压缩机适用工质R1234ze和R515B，最高压比达到5.7，能够在环境温度52℃制冷和制取63℃工艺热水。格力的磁悬浮系列压缩机规格系列包括120TR、225RT、900RT，最大到1200RT，其展出一体化磁悬浮离心压缩机和气悬浮离心压缩机也很有吸引力。海尔的磁悬浮压缩机容量系列包括50TR、75TR、100TR、225TR、350TR、500TR，并全球首创静压气悬浮离心压缩机。



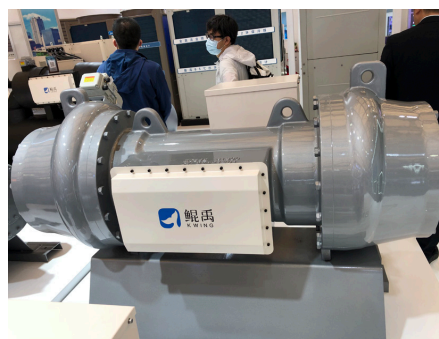
(a) 复盛的悬浮压缩机



(b) 丹佛斯TT系列磁悬浮压缩机



(c) 鑫磊磁悬浮压缩机



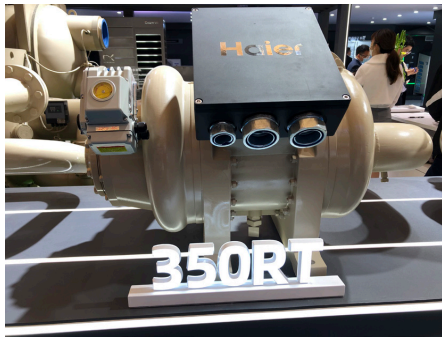
(d) 美的鲲离磁悬浮离心压缩机



(e) 格力磁悬浮离心压缩机



(f) 格力气悬浮离心压缩机



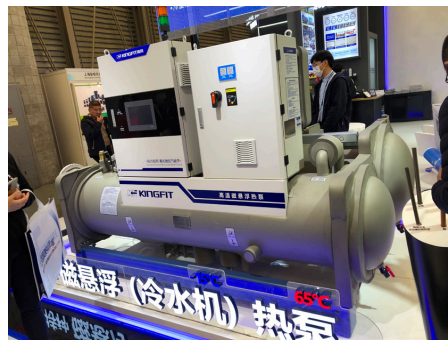
(g) 海尔磁悬浮系列压缩机



(h) 海尔气悬浮系列压缩机



(i) 南京磁谷科技的磁悬浮离心压缩机



(j) 清风环境的磁悬浮离心压缩机

图1-3 离心压缩机

1.2.4 特种领域应用压缩机

特种领域应用压缩机也出现了增长。冰轮环境展出了氢气压缩机，为高压隔膜压缩机，制取气体压力范围包括22 MPa、45 MPa，最高达到90 MPa。江森自控日立展出了超低温专用氦气压缩机，采用交流变频和喷油冷却，气体流量达94 Nm³/h，其展出的储能空调专用压缩机有9匹、11匹、12匹系列，工质采用R410A、R134a、R1234yf等。谷轮展出了数据中心专用压缩机，针对高蒸发温度对涡旋盘和容积比进行优化设计，蒸发温度提高至27℃，最小压比仅1.08。



(a) 冰轮环境氢气压缩机



(b) 江森自控日立氦气压缩机



(c) 江森自控日立储能空调专用压缩机



(d) 谷轮数据中心专用压缩机

图1-4 特种领域应用压缩机

1.2.5 其他新型压缩机

针对特殊应用场景，苏州英华特涡旋技术股份有限公司研发了防爆型涡旋压缩机，将接线端子进行防爆特殊处理，制冷量范围3.4~11.5 kW。谷轮针对商用模块和集中供暖，开发并制造出50匹大涡旋压缩机，将涡旋机单机能力拓展至冷量143 kW。其开发出的120℃超高温热泵专用涡旋压缩机（获评年度制冷展金奖产品），采用R245fa工质，将冷凝温度提升至135℃。



图1-5 英华特防爆型涡旋压缩机



图1-6 谷轮50匹大涡旋压缩机



图1-7 苏州为山之涡旋压缩机

苏州为山之环境技术有限公司推出了高温蒸汽系列涡旋压缩机，容量25匹，以R1233zd和R245fa为工作介质，冷凝温度最高分别达到155℃和135℃，其闭式烘干系列涡旋压缩机，采用

工质R515B，蒸发温度和冷凝温度最高分别达到40℃和100℃。

江森自控日立万宝压缩机（广州）有限公司展出的R32大容量直流变频涡旋压缩机，在日立 $\phi 190$ mm压缩机筒体平台上实现了 $150\text{ cm}^3/\text{rev}$ 的排气量，也是 $\phi 190$ mm筒体范围排量最大的变频涡旋压缩机，其开发的热泵专用变频涡旋压缩机，采用工质R32或R454B，最高出水温度达到65℃。



(a) R32大容量涡旋压缩机



(b) 热泵专用变频涡旋压缩机

图1-8 江森自控日立万宝压缩机

珠海格力电器股份有限公司展出了三缸双级变容积比滚动转子式压缩机，采用最佳双容积比设计和独创运行控制技术，首次实现环境温度低至-25℃的制热量不衰减，最低运行温度拓宽至-35℃，获评本届创新产品。其开发的新一代高效磁阻变频涡旋压缩机，国标低温热泵工况下能效提升4%~9.3%。



(a) 三缸双级变容积比滚动转子式压缩机



(b) 高效磁阻变频涡旋压缩机

图1-9 格力研发的新型压缩机

丹佛斯展出了DSG240-DSG580系列涡旋压缩机，针对环保工质R1234ze和R515B设计，采用丹佛斯第二代中间排气阀（IDV）技术，适用于20匹以上的冷水机组和热泵。



图1-10 丹佛斯新型涡旋压缩机

海尔展出大容量可变温螺杆压缩机，单台压缩机容量达到325匹。



图1-11 海尔大容量可变温螺杆压缩机

冰轮环境技术股份有限公司展出了永磁变频氨半封螺杆压缩机及其热泵机组。通过氨半封压缩机与永磁变频电机集成及油路系统升级，实现了85℃热水产出，可广泛应用于工艺生产、区域采暖等，提升能源利用效率。

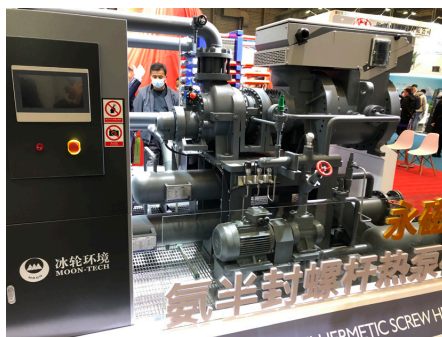


图1-12 冰轮环境的永磁变频氨半封螺杆压缩机

1.2.6 制冷剂、载冷剂

制冷工质和载冷剂的展出也较往年有所增加。除传统以R22、R410A、R134a为代表的工质外，非共沸混合工质、自然工质的展出比例增加。图1-13所示为大金展出的制冷剂系列产品，河南丰之茂环保制冷科技有限公司将R290和R600a等自然工质作为产品亮点展出（图1-14）。



图1-13 大金展出的制冷剂



图1-14 河南丰之茂的制冷剂

图1-15所示为台州绿宝精化展出的新型制冷剂，其中R438A和R422D为R22的替代品。



图1-15 台州绿宝精化新型制冷剂

图1-16所示为联创股份展出的新型工质，其中：华创一号为汽车空调用制冷剂，ODP=0，GWP=4；华创二号可用作加热及冷却用的制冷剂、发泡剂、清洗剂、气溶胶推进剂、溶剂组合剂及绝缘材料、灭火及抑燃剂等，ODP=0，GWP=6；华创三号为新型环保发泡剂，ODP=0，GWP<1。



图1-16 联创股份展出的新型制冷剂

1.2.7 润滑油

润滑油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及HCFC类工质，也包括CO₂、碳氢化合物等自然工质。图1-17所示为康普思达和赛润流体科技有限公司的润滑油产品。



(a) 康普思达润滑油



(b) 赛润流体科技有限公司润滑油

图1-17 润滑油产品

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R290、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、冷冻冷藏领域得到推广应用；
- (2) 离心压缩机产品将持续提升其全工况性能，小型化并提高单机能力，磁悬浮、气悬浮等新技术不断成熟；
- (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) 特种气体压缩机、高温热泵压缩机、储能用压缩机、基站制冷压缩机等针对特种领域的压缩机迎来发展机遇。

2. 制冷系统换热器及辅助设备（华南理工大学 刘金平教授、硕士生王宇洁、硕士生刘凯）

2.1 技术特点

换热器是制冷空调系统中最重要部件之一，其性能好坏直接影响整个系统的性能。各大厂商展示的换热器也在换热性能、紧凑性、抗腐蚀性、结构质量等方面进行了优化提升。同时，各类控制阀件的性能对于制冷系统优化与能效提高影响很大，本次展会也展示了一系列控制阀件，主要在智能化、高效节能、稳定性等方面有了提升。

2.2 制冷系统换热器特色产品

本次展会中，各厂商展示了多种类型的换热器，包括近年来由于其高效的换热性能被各大厂商重视的微通道换热器、用作经济器和复杂制冷系统的板式换热器、可用于采暖系统的套管式换热器、耐高压抗腐蚀性好的壳管式换热器、常用于蒸发及冷凝等相变换热场景的翅片管式换热器等。

2.2.1 微通道换热器

微通道换热器是指通道水力直径在0.01~1 mm的换热器，随着扁管型材开发、翅片加工工艺以及钎焊技术的发展，微通道换热器由于其换热效率高、可控性好、抗腐蚀以及加工成本低等优势被越来越多的厂商使用。目前各厂商所展示的微通道换热器结构（图2-1）主要由微通道口

琴管、翅片以及集流管组成。

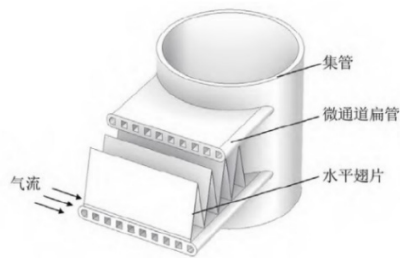


图2-1 微通道换热器结构

杭州三花微通道换热器有限公司展示了采用不同抗腐蚀涂层的微通道换热器（图2-2）和用于数据中心冷却的微通道空调蒸发器（图2-3）。其根据换热器不同的使用环境（室内、沿海、工业区、高污染城市）提出了不同的解决方案，分别对换热器采用了亲水涂层、E-coating涂层、TCP涂层等以应对不同的腐蚀条件，使蒸发器寿命延长1000 h以上；同时，在微通道扁管的加工上，采用三花专利高耐蚀扁管合金及高耐蚀芯体设计，优化了微通道芯体的材料及电位匹配，大幅度延长了翅片对扁管的牺牲防护时间；自主开发的无锌扁管SWAAT自腐蚀寿命比现有3102铝合金提高2倍以上，比现有3103铝合金提高50%以上。



图2-2 不同涂层微通道换热器

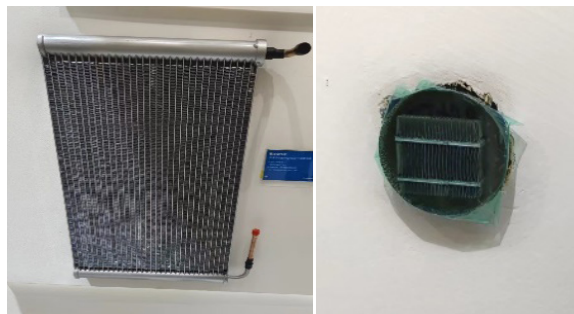


图2-3 微通道换热器结构

浙江康盛科工贸有限公司展示了蛇形管换热器、空气源热泵用微通道板和平行流蒸发器等一系列微通道换热器（图2-4）。其中：蛇形管换热器与传统旋翅式冷凝器相比，体积减小

60%，质量减小50%，充注量减少30%，成本降低20%，有比较大的优势；空气源热泵微通道结构和传统铜管结构相比，抗腐蚀性更强、接触面更大、换热效率提升30%、阻力更小、压缩效率提升6%。

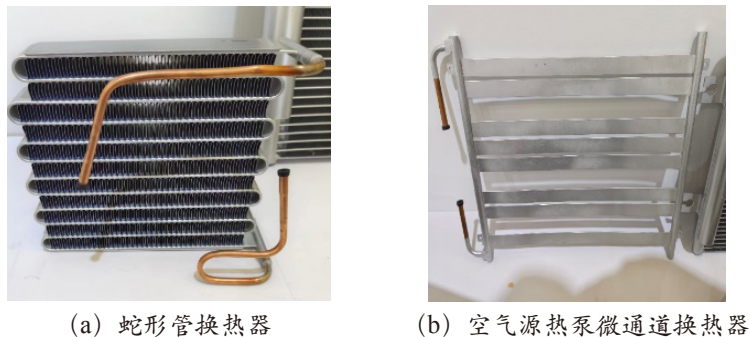


图2-4 康盛微通道换热器

浙江新金宸机械有限公司展示了一系列微通道换热器，其中一款双排高效微通道换热器（图2-5），可以超越传统铜管换热器的能效要求，采用波浪形翅片设计增大了换热面积减小了风阻，同时微通道扁管内部增加了齿肋结构，进一步提升换热效率。

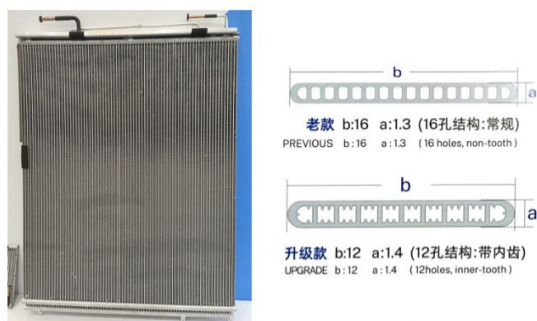


图2-5 新金宸双排高效微通道换热器

杭州微控节能科技有限公司展示了一种集成式微通道换热器（图2-6），可以有效冷却功率器件、印制板组装件及电子机箱所耗散的热量。其采用了化学刻蚀技术，蚀刻出微米及毫米量级的换热单元通道，并利用真空扩散焊技术，降低了接触热阻。该换热器具有极高的紧凑度和换热性能，紧凑度达 $5000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ，并且可满足 $200\sim 300 \text{ W}/\text{cm}^2$ 的冷却需求。

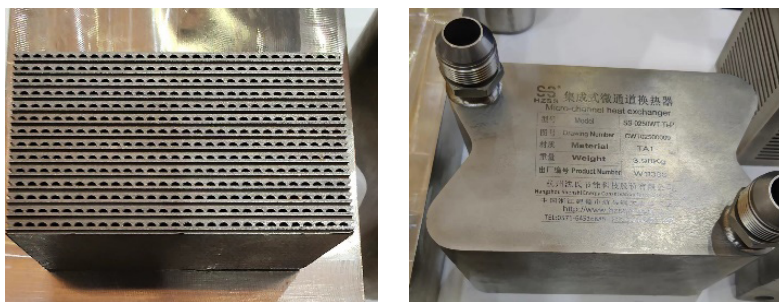


图2-6 印刷电路板式换热器

2.2.2 板式换热器

丹佛斯（上海）投资有限公司展示了C12L-EZ-22微板换热器（图2-7），主要用于多联机系统、热泵机组的经济器及制冷量在5.5 kW以下的冷水机组当中。其采用了Z型通道板片技术，充分混合气态和液态制冷剂，提升了换热器的性能，在同样蒸发压力下其换热效率比传统鱼骨型板换高出40%。另外，由于其点阵式微板设计，水侧压降和材料使用量也得以减小。其外形紧凑，占地空间小，抗腐蚀抗震能力强。



图2-7 丹佛斯C12L-EZ-22微板换热器

高力科技（宁波）有限公司展示了一系列硬焊型（硬钎焊）板式换热器，其中，C系列为CO₂超高压硬焊型板式热交换器（图2-8），用于R744（CO₂）热泵、冷冻冷藏系统与超高压工况，可作为气体冷却器、冷凝器、蒸发器、经济器等，具有结构紧凑、传热性能优异、低压降、耐压高的特点。



图2-8 高力CO₂超高压硬焊型板式换热器

2.2.3 套管式换热器

同轴套管换热器是内管与外管紧密套装并且同轴的换热器，由螺旋槽纹内管和外套光滑管组成，冷热流体分别在内外管环隙中流动。套管换热器由于其换热效率高、耐压抗振、耐脏耐垢、安装方便的特点被广泛用于热泵机组当中。

杭州沈氏节能科技股份有限公司展示了几款同轴套管换热器（图2-9）。沈氏超临界二氧化碳换热器可用于二氧化碳热泵或二氧化碳制冷（冷冻）主机，具有耐高压、传热系数极高、抗

冻性好、可靠性强的特点。沈氏双壁内管同轴换热器采用双层内管具有极强的安全性。若内管内层发生泄漏，水会从内管夹层中流出，起到预警作用；若内管外层发生泄漏，则制冷剂从夹层泄漏，不会进入水中，更加安全可靠。



(a) CO₂换热器



(b) 铜铜套管换热器

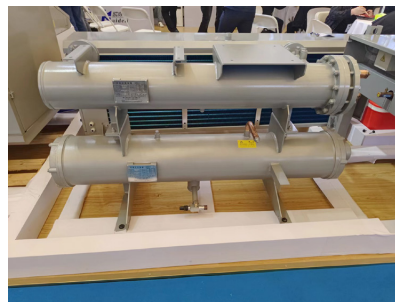
图2-9 沈氏套管换热器

2.2.4 壳管式蒸发器/冷凝器

本次展会多家厂商展示了冷水机组中的壳管式换热器（图2-10），多采用降膜蒸发的形式进行蒸发换热，底部部分管为满液式蒸发冷却，比满液式蒸发器充注量减少50%以上，换热性能提升15%，同时添加了分配器，提高了换热效率。



(a) 英特壳管式蒸发器



(b) 凯迪壳管换热器

图2-10 壳管式换热器

2.2.5 翅片管式换热器

翅片管式换热器由于结构简单、改造灵活、易于加工的特点被广泛使用，其中又以铜管铝翅片换热器为主。铜管铝翅片换热器是制冷空调领域应用最广泛的换热器，主要朝着减小管径、变翅片间距以及铝管代替铜管的方向发展。

浙江盾安人工环境股份有限公司展示了一款 $\phi 5$ mm铜管翅片换热器（图2-11），相比于 $\phi 7$ mm、 $\phi 9.52$ mm铜管，减小了铜的消耗量、提高了铜管耐压强度减小了制冷剂的充注量。同时翅片可以选用亲水铝箔、铜箔并添加纳米涂层、喷漆等表面处理工艺，翅片结构也可以选择平片、百叶窗片、桥片等应对不同换热场景。



图2-11 盾安翅片式换热器

浙江海亮股份有限公司展示了多款用于不同场景的铜管（图2-12），包括产品规格覆盖 $\phi 4\sim\phi 30$ mm的盘管、蚊香管和不同材质的直铜管。海亮在实现较高成材率和较高生产效率的情况下，保证了工艺的先进性，提高了产品生产质量的稳定性。

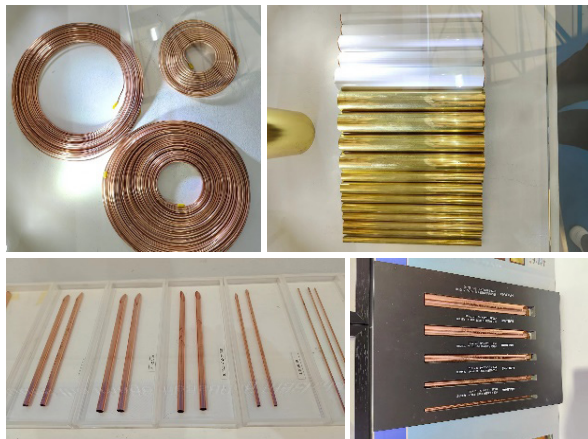


图2-12 海亮铜管

常州常发制冷科技有限公司展示了一系列用于不同场景的铝箔（图2-13），包括适用于沿海及化工区的黑色高防腐铝箔、防止细菌滋生的无机亲水铝箔、降低摩擦系数并降低挥发油的使用延长模具维护期的金色自润滑亲水铝箔以及超高耐腐蚀、疏水的油性环氧铝箔。



图2-13 常发多类型铝箔

2.2.6 冷却塔

广东新菱空调科技有限公司展示了CEF系列鼓风式逆流冷却塔（图2-14），其将动力部件和风筒下置，有效地降低了动力部件的噪音，而且便于冷却塔的日常检修和维护。同时，调整鼓风设计将进风口设置在冷却塔底部，利用分散流器和静压空间使新鲜空气均匀的向上运行，有效地避免了空气在填料内形成无效区，也降低了出风口的风速，使出风口噪音降至最低。另外，下进风和统一的塔体高度的设计，可使冷却塔根据现场的环境需要进行任意的拼装，将进风口与出风口距离延长，避免了热回流的形成，保证了换热效果。



图2-14 新菱鼓风式逆流冷却塔

2.2.7 防火湿帘

水喷淋在湿帘上，在波纹状纤维材料表面形成水膜，当流过的空气经过湿帘时，水膜中的水会吸收空气中的热量而蒸发，使经过湿帘的空气实现降温制冷和加湿的目的，被广泛用于商场、数据中心、机房的冷却当中。

澳蓝（福建）实业有限公司展示了阻燃型湿帘（图2-15），采用高分子有机无机复合材料，具有B1级的阻燃特性，蒸发效率最高可达94%。



图2-15 澳蓝防火湿帘

蒙特空气处理设备（北京）有限公司展示了FA6蒸发式加湿器与冷却器（图2-16），其采用了GLASdekTMGX40无机材料和独特的模块设计。其介质材料在制造过程中固化和烘烤，并增加陶瓷涂层，最高防火等级可达A1级，极端使用寿命可达8~10年。安装DropSTOPTM挡水板，

可以以非常低的压损处理更高的风速。



图2-16 蒙特FA6蒸发式加湿器与冷却器

2.3 制冷系统阀件及其他特色产品

阀件是流体输送系统中的控制部件，与压缩机协同控制制冷剂的流量。本次展会上展出的阀件种类繁多，包括电子膨胀阀、热力膨胀阀、球阀、蝶阀、四通换向阀等。其中，电子膨胀阀、电磁阀、四通换向阀及电动切换阀都有较大的创新与提升。

2.3.1 电子膨胀阀

浙江盾安人工环境股份有限公司展示了LPV系列低内漏电子膨胀阀（图2-17），该阀采用内平衡设计，与同类产品相比质量减小70%，安装空间减小60%，另外双向精密调节使其流量精度较高。另外，该阀具有较高MOPD，反向MOPD>3.5 MPa，在热泵型空调中可以实现小开度稳定控制，特别适用于低环温热泵，提高系统可靠性。广泛应用于多联机外机、模块机、单元机、热泵热水机、商用制冷等，实现制冷剂流量的自动调节，使制冷系统在最佳工况下运行，并达到快速制冷或制热、精确控温和节能运行等目的。

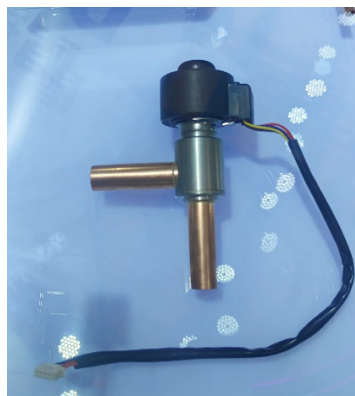


图2-17 盾安LPV系列电子膨胀阀

丹弗斯（天津）有限公司展示了ETS 8M电子膨胀阀（图2-18）。该阀采用小线圈、平衡式设计，将平压孔放在了阀芯上，能够承受较大的压力范围，并且在不同开度和压差下都能维持基本平衡，可以提供稳定的低开度流量控制和高压差的双向流工作能力，并可以需求定制不同流量曲线的解决方案。同时该阀和常规产品相比减轻了50%的质量并进行了尺寸优化，也定制

了可靠的无油系统解决方案，在具体应用当中能在低环温热泵中进行稳定控制同时提高能效约5%。



图2-18 丹弗斯ETS 8M电子膨胀阀

浙江三花智能控制股份有限公司展示了DBF系列电子膨胀阀（图2-19）。采用平衡流口设计，反向开阀压差高达3.5 MPa，覆盖30~100 kW冷量范围，双向流通，更低内漏，从而实现制冷剂流量的双向精确调节，动作快速，节能高效。阀体和线圈采用紧凑型设计，所需安装空间大大减小。该阀适用于商用空调、热泵等可逆系统，使系统在最佳工况下运行，达到快速制冷制热、精确控温和节能等目的。



图2-19 三花DBF系列电子膨胀阀

2.3.2 四通换向阀

浙江盾安人工环境股份有限公司展示了大容量交叉式电磁四通换向阀（图2-20），该阀通过对外置导阀电磁线圈的通断电控制，引导外部高压气体在阀体内部的流向切换，改变活塞两端压力差，使活塞在阀体内部移动，改变活塞流道与阀体外部四根接管的位置配合，从而改变制冷剂在系统中的流向，实现制冷模式与制热模式的切换。其采用了交叉十字低流阻结构且全钢管制造，内部设置自润滑衬套结构及精密的间隙控制，优化设计了壳体壁厚与接管壁厚，避免了使用过程中应力集中而导致的壳体变形，使产品在全生命周期内能够可靠运转、换向寿命达10万次以上且市占率达到了50%。解决了大容量制冷系统同时具有热泵供热功能所需要的四通换向阀的需求，广泛应用于大型热泵制冷系统、大型制冰机等产品中。

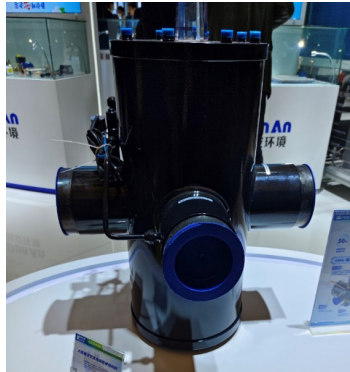


图2-20 盾安大容量交叉式电磁四通换向阀

2.3.3 双向电磁阀

浙江盾安人工环境股份有限公司展示了创新结构设计的RSV电磁阀（图2-21），该阀可双向流通、双向截止，且具有低流阻、大流量的特性，在相同接管管径下，RSV双向电磁阀相对于普通电磁阀Kv值增加3~5倍，可广泛用于需要流体通断控制的制冷空调系统中，助力系统能效和可靠性提升。



图2-21 盾安RSV电磁阀

2.3.4 智能阀

浙江三花智能控制股份有限公司展示了QSF电动切换水阀（图2-22），该阀由步进电机驱动，精度高；具备良好的密封性能和耐腐蚀性能，上下止动，可靠性高；采用卡扣式连接，安装方便。适用于GHP燃气热泵系统，AWHP系统和新型混合能源热泵系统等类似用途系统。



图2-22 三花QSF电动切换水阀

北京海林自控科技股份有限公司展示了SRV系列智慧调节阀（图2-23），该阀主要用于中央空调、采暖、水处理等系统，是集传感技术、智能执行器与调节阀于一体的智能阀控产品，在温度、压力变化频率相对较高的场合，或者能量消耗有明显峰值或谷值的环境中，有较好的性能表现。智慧调节阀可通过收集到的实际温度、温差、压力、压差、流量或能量变化，实时调整阀门开度，确保被控温度、温差、压力、压差、流量或能量保持在设定范围内，起到节能环保作用。



图2-23 海林SRV系列智慧调节阀

搏力谋自控设备（上海）有限公司展示了其研发的具有极高的集成度的能量调节阀（图2-24），将能源计量、能源控制和物联网计费集成在一个设备中。在一个设备中，设置了能量计量、不依赖压力的流量监控、能效以及功率控制和Delta T管理，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，通过即时优化能源消耗，以实现最佳的系统性能。

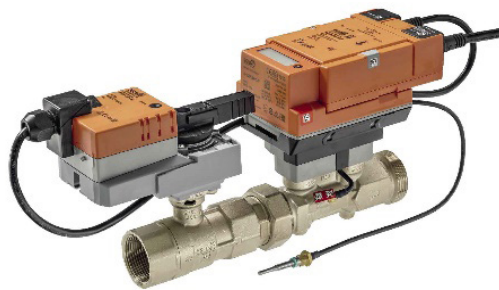


图2-24 搏力谋能量阀

2.4 评价与展望

本次展会展出的换热器产品依旧朝着强化传热、提高换热器紧凑性方向发展。各厂商不断提升和优化加工工艺，在提升换热器换热效果同时，进一步提高换热器的紧凑性，降低了材料成本，减少了制冷剂的充注量。各厂商也尤为注重材料方面的进步，从材料和涂层两方面出发，提升换热器的抗腐蚀能力，进一步提高换热器的可靠性和使用寿命。

控制阀件部分主要体现两点趋势：一是产品趋向于高可靠性、高紧凑性。各厂商推出的产品更加注重在不同使用场景下有更高的使用寿命同时提高阀件的紧凑性，减小安装空间；二是产品趋于高效、智能。通过高精度的传感器与系统联动对阀件精准控制，提升阀件的使用效率。

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、胡文举副教授、王刚博士）

3.1 技术特点

2023年工商业用中央空调冷（热）水机组参展规模空前，格力、海尔、美的、麦克维尔、约克、天加、日立、克莱门特、重通等知名企业均参展并有新的产品展出，表明各参展商对国家“双碳”战略下疫情后的中国广阔市场的信心。

本届制冷展工商业用中央空调冷（热）水机组具有以下特点：（1）磁悬浮技术日趋成熟，成为工商业冷（热）水机组企业技术实力的标志，宽范围负载率高效、新冷媒是各厂家的重要展示技术点；（2）气悬浮技术实现了静压气悬浮技术的突破，“先浮后转”的技术特征使机组真正实现了全运行过程无摩擦；（3）在制冷剂替代迫在眉睫、节能减排呼声高涨的形势下，以R1233zd(E)、R1234ze为代表的新型冷媒被各厂家所推崇，成为工商业冷（热）水机组厂家新的角逐点；（4）为适应工业生产领域、居民供暖领域的需求，中高温热泵机组在本届制冷展大放异彩；（5）适应特殊领域需求的特色高效产品突出，体现了参展商对市场需求的敏锐洞察力；（6）控制技术精细化成为参展商提升机组能效的重要手段，远程控制数字智能化逐渐成为参展商提升服务能力与市场竞争力的新途径。此外，在零配件领域，国内各厂家已经完成了“全铝”空调换热器、管路及辅件的生产制造能力准备，压缩机“铜质”吸排气管是“全铝”的盲点。

3.2 特色产品

3.2.1 气悬浮突破，磁悬浮成熟

静压气悬浮技术利用压力产生浮力的简单原理实现转子悬浮及自调节。不同于动压气悬浮的“先转后浮”，静压气悬浮技术实现了“先浮后转”，消除了机组启停过程中的摩擦问题，实现了机组运行全过程无摩擦。

本届展会海尔首次展出了应用静压气悬浮的离心式冷水机组（图3-1），并获得2023年中国制冷展金奖产品。海尔静压气悬浮轴承是利用制冷剂通过碳基复合材料所形成的微纳尺度气孔节流所形成气膜的静压作用。采用冷凝器/蒸发器双位置制冷剂取液、双齿轮泵供液及高精度液位控制保障供液，采用电热稳压及蒸发器泄压实现气体轴承的稳定供气压力。此外，机组还针对离心机组的喘振难题，研发了智能喘振检测方法和喘振自学习功能，使离心式冷水机组检测喘振更准确，运行可靠性更高。海尔气悬浮离心式冷水机组以350RT为主，已形成50-750RT系列化产品，COP、IPLV达到双一级能效。格力也继往届LG、美的之后也展出了动压气悬浮压缩机。



图3-1 海尔静压气悬浮离心式冷水机组

磁悬浮冷水机组在国内历经10余年发展，凭借其节能、高效及无油等优势，越来越成为各厂家技术实力的代表，技术日益成熟的同时，也有不同的新技术进展。在2023年制冷展，美的、天加、约克、麦克维尔、海尔、格力、鑫磊等均展出了磁悬浮冷水机组，占据冷（热）水机组主要位置。与往年相比，部分负荷高性能、新冷媒、宽负载率范围及高COP是各厂家的重要技术展示点。美的展出了磁悬浮离心式冰蓄冷双工况机组（图3-2 (a)），该机组采用了喘振点虚拟感知技术、自学习、多工况气动优化技术及磁悬浮控制技术，蓄冰工况能效达4.65、常规空调工况达7.03，实现制冷、蓄冰双工况高效运行，拓展了磁悬浮机组的应用方式、领域和范围。天加展出了SMARDT无油磁悬浮水冷式冷水机组（图3-2 (b)），该机组采用8台先进的VTX压缩机，单机最大冷量可达3600RT，COP高达6.5以上，IPLV达到10.8以上。麦克维尔WMTCC磁悬浮冷水机组（图3-2 (c)）采用自主研发磁悬浮压缩机，配置双级IGV+VFD实现100%~10%超强减载技术，可以获得超越国标一级能效的COP和IPLV。日立推出自主研发的配有经济器的双叶轮磁悬浮压缩机冷水机组（图3-2 (d)），机组冷量介于200~1000RT，COP/IPLV均达到一级能效，较传统普通离心机满负荷COP和IPLV分别提升了14%和67%。鑫磊股份推出的XLMC500RT磁悬浮冷水机组（图3-2 (e)），制冷COP为6.85，实现10%-100%无级调节。克莱门特展出了采用R1234ze的模块式磁悬浮热泵机组（图3-2 (f)），综合能效系数达到ACOP6.45。中广欧斯特也展出了磁悬浮热泵机组（图3-2 (g)）及其采暖系统解决方案，机组最高出水温度达到60℃。



(a) 美的



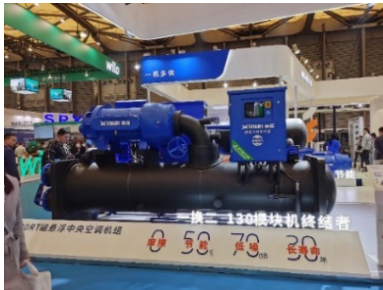
(b) 天加



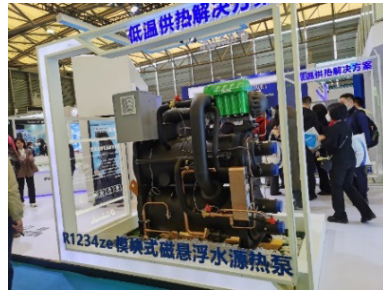
(c) 麦克维尔



(d) 日立



(e) 鑫磊



(f) 克莱门特

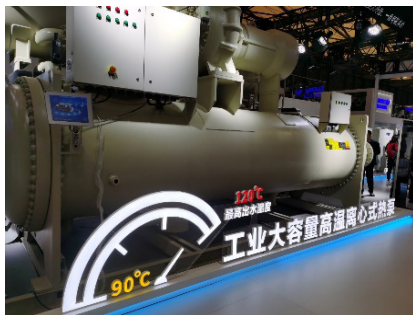


(g) 中广欧特斯

图3-2 磁悬浮离心式冷水机组

3.2.2 新型环保冷媒成为各厂商重要展点

随着节能、环保、低碳理念日益深入人心，同时为了适应机组运行工况的需要，环保型冷媒继续受到重视并逐渐推广应用。本届制冷展参展的工商业冷（热）水机组所用新型冷媒主要有R1233zd(E)、R1234ze。格力工业大容量高温离心热水机组（图3-3 (a)）、江森自控约克YZ新冷媒机组（图3-3 (b)）、麦克维尔WMTC磁悬浮冷水机组（图3-2 (c)）均采用ODP=0，GWP=1的R1233zd(E)；天加展出的SMARTD无油磁悬浮水冷式冷水机组（图3-2 (b)）、克莱门特模块式磁悬浮水源热泵机组（图3-2 (f)）、格瑞德10 kV复叠式变频离心高温热泵机组（图3-3 (c)）均采用ODP=0，GWP<1的R1234ze冷媒；克莱门特超高温水源热泵机组（图3-3 (d)）采用ODP=0，GWP=1030的HFOR-245fa冷媒；芬尼克兹展出采用CO₂为冷媒可制取90℃高温水的热泵热水机组；江森自控约克展出采用NH₃的螺杆式HPS热泵机组，出水温度可至90℃。



(a) 格力R1233zd(E)高温离心热泵机组



(b) 江森约克R1233zd(E)磁悬浮热泵机组



(c) 格瑞德R1234ze热泵机组 (d) 克莱门特R-245fa热泵机组 (e) 江森约克NH₃热泵机组

图3-3 环保制冷剂冷（热）水机组

3.2.3 适应市场需求，特色产品涌现

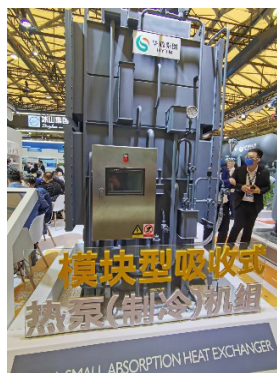
适应特殊需求领域的高效、特色产品涌现，代表性的机组设备有高效的适应冰蓄冷的双工况机组、基于能量梯级充分利用理念的四管制、六管制制冷水机组、利用余热驱动的吸收式小型热泵机组、燃气驱动的空气源热泵机组、适应严寒寒冷地区的低温空气源热泵机组。美的冰蓄冷双工况机组实现了制冷蓄冰双工况高效。欧博参展的四管制模块机组（图3-4 (a)）不仅可以单独供冷、单独供热，还能同时提供冷热联供的功能，进而可以实现对大型建筑不同功能分区同时供冷和供热。克莱门特在原四管制机组的基础上增加一套热水系统，推出六管制多功能风冷热泵（图3-4 (b)），实现空调全年同时制冷和制热，同时提供卫生热水。该机组可实现冷冻进出水温12/7℃，空调用热水进出水温40/45℃，卫生热水进出水温70/78℃工况运行，制冷量为297~1303 kW，制热量309~1338kW，高温热水制热量70~279 kW。



(a) 欧博四管制模块机组



(b) 克莱门特六管制风冷热泵



(c) 冰轮模块型吸收式热泵（制冷）



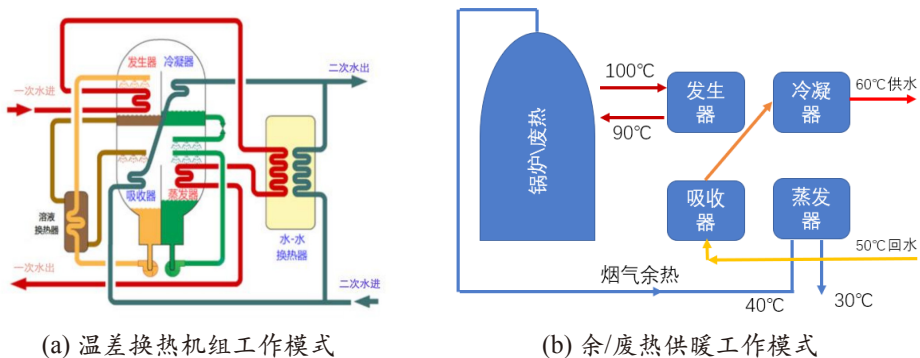
(d) 松下GHP U型燃气驱动热泵



(e) 芬尼克兹空气源热泵机组、CO₂空气源热泵机组

图3-4 特色热泵机组

冰轮华源泰盟参展的模块型吸收式热泵（制冷）机组（图3-4 (c)）实现吸收式热泵机组小型化，可以跟小型的燃煤锅炉结合或者工业废热场合，实现大温差换热机组、余热供暖机组及制冷3种工作模式（图3-5）。松下制冷推出GHP U型燃气驱动热泵见图3-4 (d)，该产品通过发动机系统升级、离合系统升级、压缩机提效、送风吸气优化、点火及控制系统优化，较上一代相比产品全年能源消耗APF提高42%（代表机型数据）。芬尼克兹超级北极星空气源热泵机组采用三阀复合节流技术，可实现-38℃制热。此外，芬尼克兹展出的CO₂热泵机组能效比可达5.18，制热出水温度可达90℃（图3-4(e)）。此外，日立、美的、盾安等企业均有适应低温环境的空气源热泵冷热水机组展出。



(a) 温差换热机组工作模式

(b) 余/废热供暖工作模式

图3-5 冰轮模块型吸收式热泵（制冷）机组工作模式

3.2.4 控制技术精细化，远程控制数智化

工商用冷（热）水机组的控制日益向精细化发展，主要围绕离心机组的防喘振、部分负荷高效运行、变频控制而展开，成为厂家提高产品性能的重要手段。格力公司的变频变容螺杆式热泵机组（图3-4 (b)）采用变频变压比智能控制技术，实现压比-流量的解耦自适应精准适配，使机组能够在制冷和制热工况下持续保持高效状态运行，全年综合性能系数ACOP达到7.03，相对一级能效提高了30%。该机组有助解决水地源热泵机组全年运行能耗高的痛点问题，也为充分利用自然界与生产生活排放存在的大量低位热源提供了解决方案。约克公司的YSPA-V全变频风冷螺杆式热泵机组（图3-6）采用Stepless Vi无极可变内容积比技术，运行范围宽广，制冷

COP最高可达3.63，IPLV最高可达4.79，实现制冷制热全年自由切换。



图3-6 约克全变频风冷螺杆式热泵机组

除此之外，随着近年来物联网技术、5G技术的发展，相应技术在工商业冷（热）水机组设备的远程数据监控、故障快速处理方面已经成熟普遍，海尔、格力、格瑞德、芬尼克兹、日立、江森自控等厂家产品均可实现机组数据监控分析、故障隐患及时报警、故障快速诊断等远程智能服务，以此提高产品的市场竞争力，部分远程智能机组如图3-7和图3-8所示。



图3-7 基于远程数据诊断、管理的芬尼克兹系列空气源热泵机组

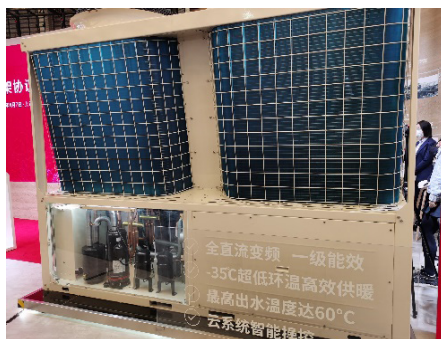


图3-8 日立基于云系统智能运维的空气源热泵冷热水机组

3.2.5 配件与辅材

(1) “物联智能”水泵显露头角

从系统角度考虑节能越来越受重视，“物联”水泵给系统节能提供了可能。威乐展出了

Wilo-Yonos MAXO循环泵（图3-9(a)），该水泵配备高效永磁屏蔽电机，根据内置的200种运行工况，自适应变频运行：当系统阻力大时，意味着末端能量需求少，会降频运行，反之，会升频运行。Wilo-Yonos MAXO循环泵通过与系统需求匹配，实现降低运行能耗。此外，Wilo-Yonos MAXO循环泵还可以自动检测是否堵转，并会用高功率运行自动解除堵转；此外，该水泵可选配Connect Module模块，实现外部通讯功能与水力系统配合。格兰富展出了具有智能通讯模式的端吸泵（图3-9(b)），其控制模式有“比例压力”“恒定流量”“恒定压力”“恒定压差”与“恒定温度”5种，还可以通过2个温度传感器实现温差控制或通过2个压力传感器实现压差控制。泵的运行可受系统控制，从系统角度节能运行。



(a) Wilo-Yonos MAXO循环泵



(b) 格兰富端吸泵

图3-9 “物联”水泵

(2) 传感控制一体式阀门发展迅速

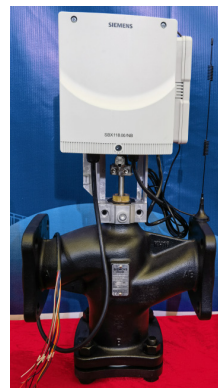
山东耀诚展出了一款集成了温度、流量测试功能的电动控制阀门（图3-10(a)），24 V直流供电，具有外界通讯模块。西门子也展出了一款具有超声波流量测试功能的调节阀及一款具有无线通讯功能的调节阀（图3-10(b)、图3-10(c)）。阀门均可与系统进行通讯，通过接受系统控制指令进行调控。



(a) 山东耀诚热计量调节一体阀



(b) 西门子计量调节一体阀



(c) 西门子无线测试调控阀

图3-10 传感控制一体式阀门

新菱展出了动态流量平衡调节球阀（图3-11），该平衡调节阀由流量传感器和带等百分比

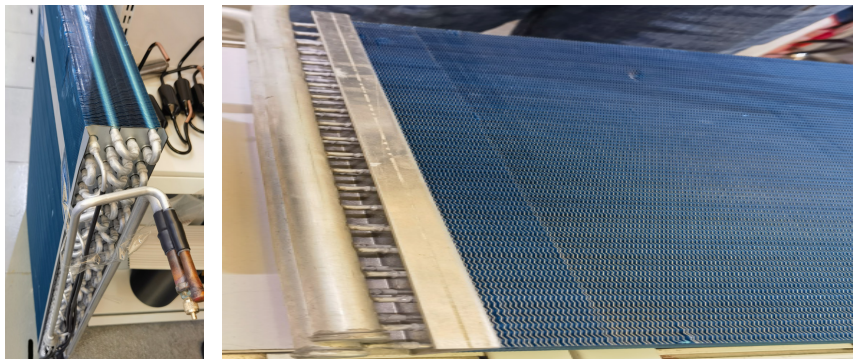
特性的SBV法兰式控制球阀组合而成。在流量范围内，可以根据系统需要自行设定阀门的输出流量值，执行器按设定流量值调节控制球阀的开度。当系统流体压力发生变化而使流量改变时，执行器能够动态自动调节阀门开度，使流量始终恒定在设定流量值。



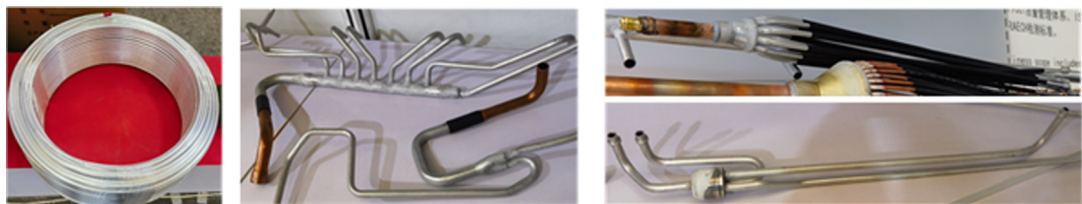
图3-11 新菱动态平衡电动调节阀

(3) 铜管及代铜管材/件

由于海外市场的旺盛需求，国内生产厂家基本具备了“全铝”空调的技术及加工生产能力。江苏万源、广州奥藤展出了完整的铝代铜方案，包括铝管铝翅片换热器（图3-12 (a)）、全铝分液器及集液管、全铝歧管（图3-12 (b)）。佛山佳锐展出了专门适用于铝管的加工设备（图3-13），支撑全铝空调的发展。传统铜管加工企业也开始展出不同规格型号的铝盘管。但是，考虑到压缩机吸排气管仍然为铜管，部分管路仍然要铝变通。压缩机铜质吸排气管成为全铝空调的盲点。



(a) 全铝管翅式换热器



(b) 铝盘管及铝质管件

图3-12 铝质换热器及管件



图3-13 铝管智能弯管器

3.3 评价与展望

工商用中央空调冷（热）水机组参展规模空前，适应市场需求的新技术不断涌现，气悬浮、磁悬浮等各参展机组展台争艳，“节能、环保、智能”是各个厂家角逐的主要目标。总结主要发展趋势如下：

- (1) 气悬浮技术实现突破，静压气悬浮技术特色优势明显，预示了新的发展方向。
- (2) 磁悬浮技术日趋成熟普及的同时，适应市场需求的蓄冷双工况机组、高温热泵机组及模块化机组等不断涌现。
- (3) 应用环保制冷剂的机组成为新的角逐点，国内厂家逐渐赶上。
- (4) 以适应工艺、供暖及卫生医疗领域的需求的中高温热泵机组大放异彩。
- (5) 远程控制数字智能化逐渐成为展商提升服务能力与市场竞争力的新途径。
- (6) 全铝管翅式换热器、管件及加工装备已初步形成，逐渐进入“全铝”空调时代。

4. 中小型空调热泵设备与系统

（清华大学 王宝龙副教授、博士生应雨铮，南京航空航天大学 张朋磊副教授、硕士生李晓林）

4.1 技术特点

在中小型空调设备与系统方面，格力、美的、海尔、松下、天加等众多国内外知名企业均参加了本次展会。在本次展会中，多联机技术不断创新，智能、舒适和节能成为多联机技术的重要发展趋势；新风除湿一体机大量涌现，满足日益提高的建筑新风及湿度控制需求；家用空调器与光伏/储能系统深度融合，打造家庭能源中心，助力实现“双碳”目标；空调室内机与建筑一体化推动风管机发展；制冷剂替代持续推进，影响深远。

4.2 特色产品

4.2.1 多联机产品不断创新，智能、舒适、节能成为多联机技术的发展趋势

作为市场占比最大的中央空调系统形式，多联机产品不断创新，在追求性能提升的基础上，进一步向智能化、健康化、舒适化和多功能化发展。

美的展出了MDV8无界多联机，该款多联机具有以下特点：（1）采用IP55级别全密闭电控防护设计，可防止风沙、雨雪、蚊虫、入侵电控元器件；（2）采用智能电控热管理系统，使用

制冷剂冷板直冷技术，实现对腔体内部温度精细化管控，大幅扩大多联机使用地域限制，且保证产品稳定性；（3）使用了宽电压通信技术(0~36 V代替0~5 V)，实现了无屏蔽线超强抗干扰通讯，节省安装成本30%以上，实现了室内机掉电情况下的状态回正，解决了多联机室内外机组分区能源管理的行业痛点；（4）采用多联机智能算法融合技术，实时监测多联机脏堵状况、冷媒不足等故障，实现准确故障预诊断；（5）侧出风设计提供同层布置新选择，可选外机采用侧向或上侧排风，多联机外机可在层间布置，安装灵活，且外机静压可维持80 Pa，即使围护结构有格栅设计也可保证良好的排风散热。该产品也最终获得本年度制冷展“直膨式空调热泵设备”类唯一的金奖产品。

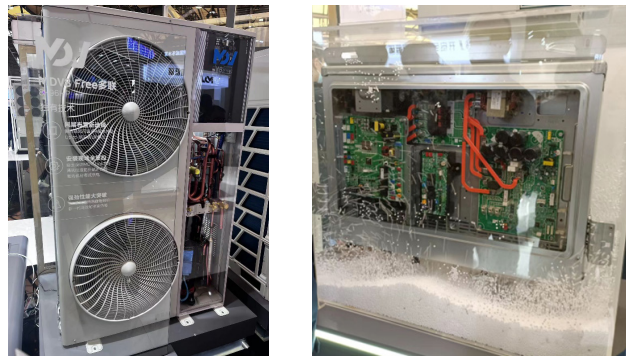
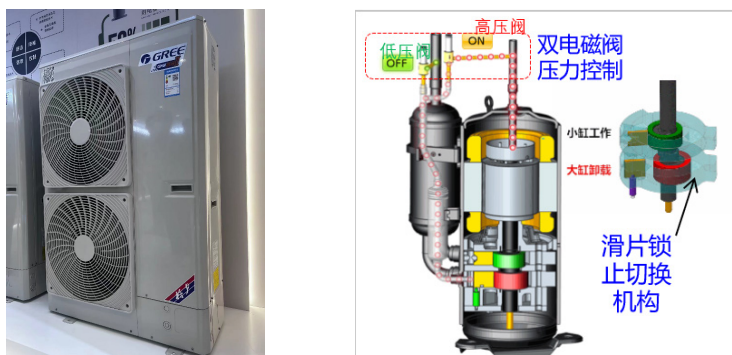


图4-1 美的MDV8无界多联机

面向多联机实际运行中负荷率普遍低于30%导致的能效大幅下降问题，珠海格力电器股份有限公司展出了智睿多联机（图4-2）。该机组采用可实现吸气大范围调节的大小缸切换转子压缩机，低负荷率时，仅小容积气缸运行，提高压缩机运行频率，实现效率提升；高负荷时，大/小气缸同时运行，保证了最大能力输出时降低运行频率，实现全负荷高效运行。该产品解决了多联机长期低负荷下低效运行的行业难题，符合中国居民“部分房间即开即用”的使用习惯。除此之外，该多联机具有舒适、降噪、健康三大特点，采用湿度修正技术，实现湿度的准确控制，压缩机采用低噪设计，实现负荷动态自适应降噪，末端可实现相变分离自清洁、外机可实现反转除尘、可选配净化杀菌模块。



(a) 格力智睿多联机

(b) 格力大小容积切换压缩机

图 4-2 格力基于大小容积切换压缩机技术的高效智睿多联机

4.2.2 新风除湿一体机大量涌现，满足日益提高的建筑新风及湿度控制需求

近年来，随着人们室内环境的要求不断提高，包括湿度、新风、净化等指标均越来越受到用户和企业关注。新风除湿机可一次性实现上述多个目标，因此在本次展会上，很多厂商推出了新风除湿一体设备。

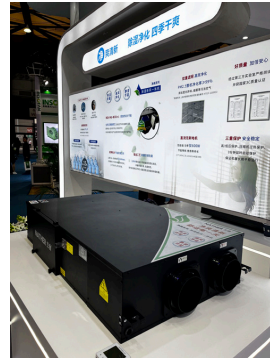
在本届制冷展中，芬尼克兹、中广、松井、Jaga、德国博乐、兰舍、克莱门特、仕科约德、净松、五恒、湿腾等厂商展出了大量不同类型的新风除湿一体机。如图4-3所示。



(a) 中广卡洛尼



(b) 松井SZJX系列



(c) 兰舍新风除湿机



(d) Jaga撒哈拉II

图 4-3 新风除湿一体机

新风除湿一体机一般包括除湿模块、送风模块、空气净化模块，部分厂商推出的机型还包括热回收模块。新风除湿一体机按管口布置形式一般可以分为两管式、三管式、四管式和五管式。两管式新风除湿机只有室外新风进口和室内送风出口，只为新风净化除湿，室内一般为正压。三管式新风除湿机一般结构和运行原理如图4-4 (a)所示，包含室外新风口、室内送风口和室内回风口，可以通过开关风口的电动风阀实现单独/联合为室外新风和室内回风除湿和净化。两管式和三管式新风除湿机不具有排风功能，可以使室内保持正压，配合辐射制冷/冷梁使用结露风险较低，但可能无法保障厕所、棋牌室等需要排风场合的空气质量。四管式新风除湿机不仅包括室外新风口、室内送风口、室内回风口，同时设置排风口，一般可以通过管道阀门调整以实现三管式新风除湿机的功能，还可以独立排风，且通常设置全热交换器回收室内热量和冷量，如图4-4 (b)所示。五管式新风除湿一体机的常见送风原理如图4-4 (c)所示，室内回风口和室

内排风口单独设置，室外新风和部分室内回风混合后经过除湿、净化送入室内，还有一部分室内回风排出室外，五管式新风除湿机可实现单独新风、室内空气循环高效除湿、“新风+除湿”等模式，空气处理方式更加灵活多样。

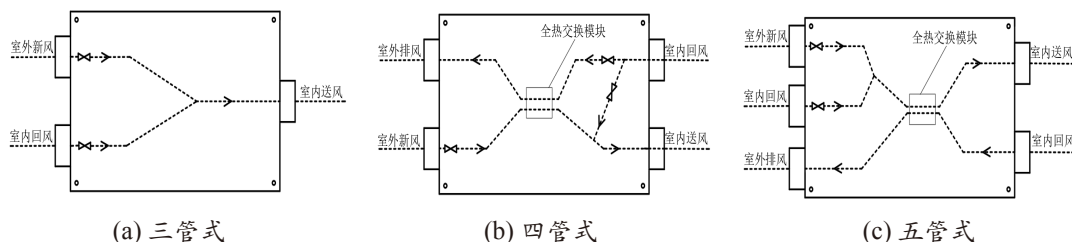


图 4-4 不同形式的新风除湿一体机常见运行原理图

以芬尼克兹的一款五管式新风除湿机为例，如图4-5所示，其包含蒸气压缩除湿系统、送/排风机、全热交换器、滤网、传感器、冷凝水泵等主要部件。夏季和除湿运行时，通过电动风阀控制新风和回风比例，混风依次经过蒸发器降温除湿、冷凝器再热、过滤芯净化，最后经过全热交换器与排风进行热回收后送入室内。在过渡季、冬季运行时，蒸气压缩除湿系统可不工作，新风或混风与排风进行全热交换后直接送入室内，满足室内的新风和净化需求。此外，Jaga等厂家还推出了双新风口/双冷凝器新风除湿机，将压缩机余热通过独立的新风口排出室外，保障出风温度恒定，如图4-6所示。

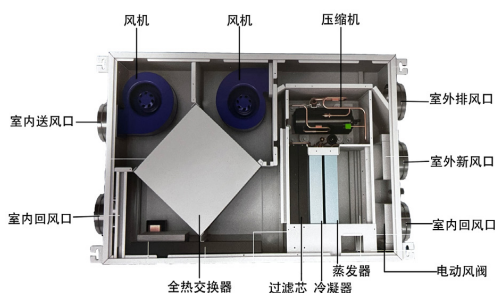


图 4-5 芬尼克兹新风除湿机内部结构

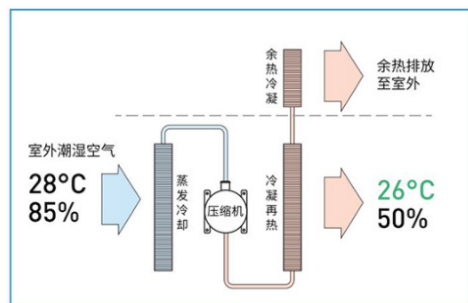


图 4-6 双冷凝器新风除湿机

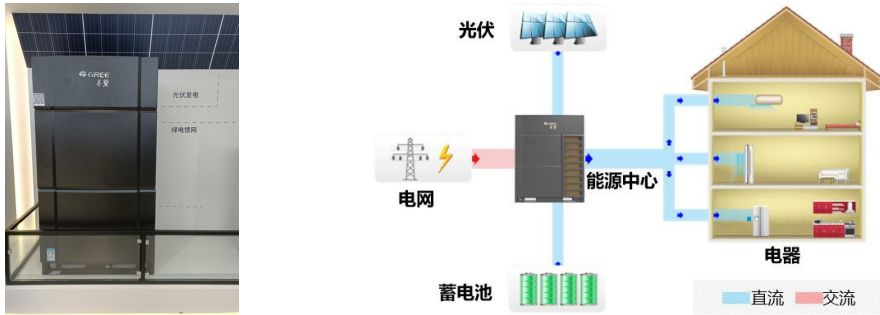
值得注意的是，新风除湿末端与显热末端的联合使用可实现住宅建筑的温湿度分控，从而提升空调能效。在本届制冷展获得创新产品奖的南通华信“5+10”温湿度独立控制空调系统即使该技术的良好实践。

4.2.3 家用空调器与光伏/储能系统深度融合，打造家庭能源中心，助力实现“双碳”目标

在“双碳”背景下，太阳能等新能源得到广泛应用，太阳能和空调系统的深度融合和综合管理调度，成为制冷行业关注的重点。本届制冷展上，大量厂家展示了空调设备的新能源化、直流化等产品，力图解决光伏输出直流电直接驱动空调、直接并网、储能直流对接、供需联动等多能互补供电的问题，助力实现“双碳”目标。

如图4-7所示，格力推出的“光储空多联机GMV尊墅家庭中央空调”发明了光伏直驱、双端多元、多元换流、能源信息智慧管理等核心技术，可与光伏系统、储能系统和空调系统高度

融合。该产品具备光伏直驱空调、光伏储能储电、光伏余电并网、空调离网运行功能。光伏直驱空调功能中，直流直驱利用率达99%，较常规系统提升效率约5%~8%；省略了多个变流器及中间配电，实现设备和工程一体化，节省成本，安装方便简单。光伏储能储电功能中，利用储能技术可实现电网的峰谷调节，同时光伏技术可就地消纳，避免光伏不稳定、日夜间接性的不良影响，多余电能可直接并网，支撑离网运行，实现即发即用、自发自用。空调离网运行功能中，除常规交流电运行外，还支持DC400V（兼375V）、DC800V（兼750V）纯直流电运行。



(a) 格力GMV尊墅家庭中央空调储能方案

(b) 光伏直驱变频空调系统

图 4-7 格力GMV尊墅家庭中央空调

如图4-8所示，海尔推出的“零碳光驱储能方案”。该方案可通过光伏发电再配合储能管理系统，将光伏发电储存起来，进一步可供给空调主机使用，多余的电还能供给电网，光伏发电配合储能管理可尽可能减小光伏不稳定、日夜间歇性带来的影响。储能管理系统同时可将电网的谷电储存起来，通过空调主机给用户供冷或供暖。同时，光热光伏也可配合热水水箱和蓄热单元将热量储存或供用户生活热水使用。而空调主机一方面通过冷媒将冷量/热量送入室内机给用户供冷供热，另一方面结合换热单元和蓄热单元可以将冷量或热量储存起来，实现对电网的削峰填谷，同时蓄冷技术的使用使得空调的用电费用也可相应降低。



图 4-8 海尔零碳光驱储能方案

4.2.4 制冷剂替代持续推进，影响深远

在《基加利修正案》履约和“双碳”战略背景下，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，HFC32、HC290、HFOs等被重点关注。本次展会上除了传统大厂推出低GWP工质空调器和多联机外，大量其他参展商

也展出HFC32热泵热水器、多联机、分体机等和HC290家用空调器等，如图4-9和图4-10所示。



(a) 雅凯HFC32热泵热水器



(b) 天加HC290空调

图 4-9 采用环保工质的空调及热泵热水器



图 4-10 美芝HC290产品

冷媒泄漏不仅易引起臭氧层破坏和温室效应等不利影响，同时为居民生活环境带来安全隐患，特别是易燃易爆的制冷剂。冷媒运行泄漏较慢，不易察觉。本次展会上，四方光电继续展出了冷媒泄漏检测传感器（图4-11），其具有报警即时、精度高、无误报漏报等优势，且可监测R32、R290、R454A、R454B、R1234ze、R1234yf、CO₂等多种制冷剂。



图 4-11 四方光电冷媒泄漏传感器

4.3 评价与展望

后疫情时代，制冷展的规模和展品数量恢复明显，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。多联机技术不断创新，智能、舒适、节能成为多联机技术的发展趋势。新风除湿一体机大量涌现，满足日益提高的建筑新风及湿度控制需求，促进温湿度独立控制系统发展。家用空调器与光伏/储能系统深度融合，打造家庭能源中心，助力实现“双碳”目标。制冷剂替代持续推进，影响深远。展望未来，中国制冷空调行业面临《基加利修正案》履约和碳中和的双约束发展，既是挑战也是机遇，国内各行业应积极思考研究，合作做好中国制冷空调行业长期高质量发展路线规划。

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，硕士生徐爽、郭炜辰、洪钰淞、毛晨楠、赵思源、陈文嘉)

5.1 技术特点

本届制冷展体现了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等方面的技术进步。一方面，产品性能持续升级迭代，推出提升室内空气品质和环境舒适度的产品；另一方面，为响应国家“双碳”政策，厂商在节能增效方面进行技术升级，采用热回收、高效电机、智慧算法等先进技术，以实现更低的能源消耗、更为紧凑的集成化结构和平台化智能控制。

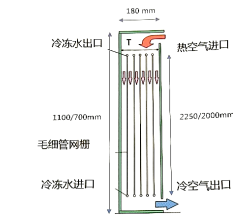
5.2 特色技术产品

5.2.1 空气处理机组和末端

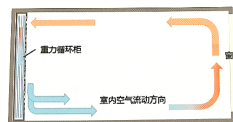
本届展会上开思拓推出了重力柜无风感冷暖末端，无风机噪音，运行能耗低(图5-1)。基于自然对流和置换通风的原理，并且具有自调节特性，供冷工况下室内温度升高或供热工况室内温度降低时，空气和毛细管网之间的温差增大，会使柜内的自然对流气流速度加快。该产品获得了本届制冷展的“创新产品”称号。



(a) 开思拓重力柜



气流组织示意图



(b) 重力柜原理图

图5-1 开思拓重力柜无风感冷暖末端

在空气处理机组方面，天加推出了天加新排风热回收组合式空气处理机组，与传统的电加热再热相比能耗节省10%，排风再利用热回收率高达75%。采用微模块组合，在狭小的机房也能方便安装，且维修方便（图5-2）。



图5-2 天加新排风热回收组合式空气处理机组

在风机盘管方面，各厂商推出提升室内空气品质和环境舒适度的产品。约克推出高效净化型风机盘管，自带的微静电过滤器，可高效去除PM2.5和微生物（包括空气中自然菌和病毒），空气自然菌去除率为93.5%（图5-3 (a)）。克莱门特推出厨房专用的风机盘管，搭载特殊油烟过滤器，可高效防油烟（图5-3 (b)），超大风量，定点送风，送风范围广，可实现厨房快速降温。



(a) 约克YJFC高效净化型风机盘管



(b) 克莱门特“逸风”厨房专用风机盘管

图5-3 风机盘管产品

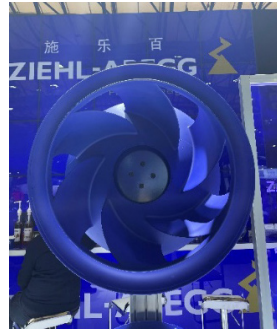
5.2.2 风机，风管，风口

本次展会风机产品的主要特色有以下几点：

(1) 今年入选风机类“创新产品”名单的产品是依必安派特风机（上海）有限公司的EC轴流风机AxiEco系列（图5-4 (a)）和施乐百机电设备（上海）有限公司的应用于机房空调的ZAvblue 2系列风机（图5-4 (b)），为了响应“双碳”政策，长射程、高效率、抗结霜以及云平台可控成为了冷库、数据中心、洁净室等领域高端风机创新突破的一个趋势。



(a) 依必安派特AxiEco系列EC轴流风机



(b) 施乐百外转子后向离心风机

图5-4 风机类“创新产品”

(2) 多家厂商都开始推广EC风墙，卧龙（图5-5 (a)）推出的EC风墙应用了高性能空气动力学叶轮，有效控制噪声和振动。Rosenberg（图5-5 (b)）推出的EC风墙每个风机可单独拆卸，对不同品牌的风机适配性强。



(a) 卧龙EC风墙



(b) RosenbergEC风墙

图5-5 EC风墙

(3) 厂商推出适用于多种场景的风机，如德国博乐针对细致化的需求，开始生产管道风机（图5-6 (a)），Wolter推出了具有诱导气流的防化腐蚀烟气风机（图5-6 (b)）。



(a) 德国博乐管道风机



(b) wolter防化腐蚀烟气风机

图5-6 适用于多种场景的风机

(4) 本届展会上展出了“物联网+”相关风机产品。浙江铭振通过在风机(图5-7)内部安装传感器,添加控制模块,实现了风机的智能互联,让用户可以通过相关软件对风机进行实时化调节,并且监控风机的运行数据,为后续的运行策略优化提供数据基础。

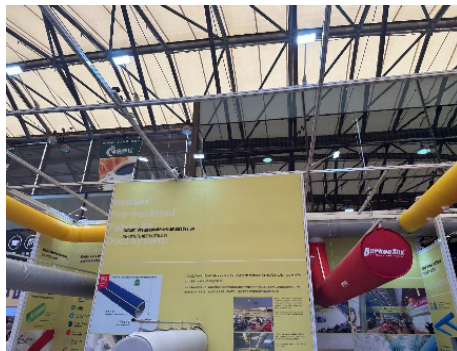


图5-7 铭振智能物联风机

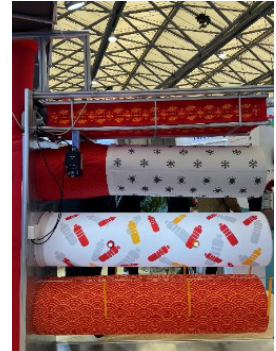
本次展会风管产品的主要特点是一体化和材料革新。赢胜推出了成型防排烟风管(图5-8(a)),进行了防排烟材料集成化,并用卡扣设计取代了法兰工艺,很大程度上便利了现场施工。杜肯索斯(图5-8(b))对织物风管的结构进行了扁圆化的改造,并且将风管内部的材料更替为了A级防火防凝露材料,极大延长了织物风管的使用寿命。普利荷达(Prihoda)对织物风管(图5-8(c))进行了细致化设计,针对不同季节送风参数不同,在上、下端开孔,实现了均匀送风。



(a) 赢胜成型防排烟风管



(b) 杜肯索斯(Durkeesox) 织物风管



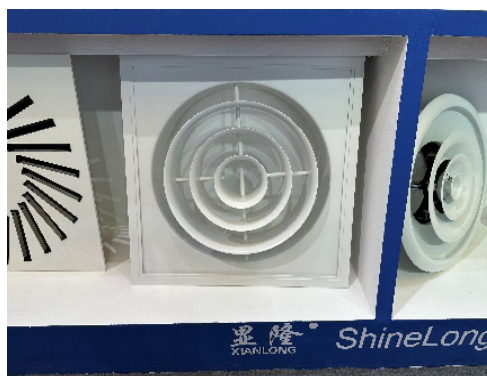
(c) 普利荷达
(Prihoda) 织物风管

图5-8 风管产品

在风口方面,产品优化的方向仍然是装卸的便利性以及产品的美观性。舒尼凯本次推出了各式各样的个性化风口(图5-9(a)),在实现送风需求的同时,满足顾客对于室内装潢的要求。显隆推出了一系列的一体化风口产品(图5-9(b)),实现了风口的快捷拆装。



(a) 舒尼凯风口



(b) 显隆风口

图5-9 风口产品

5.2.3 新风机组

今年展会新风类产品依然保持增长态势，参展商数量超20家，在产品种类和性能方面均有所发展，尤其是国外品牌的参展新风机组数量明显增加。

(1) 新风机组厂商注重提升全热交换性能以及优化气流流道，并广泛采用EC风机降低风机能耗，从而实现节能目标，助力“双碳”任务。环都拓普推出了欧风系列新风换气机（图5-10 (a)），将离心风机位置安装于中部，有效提升新风和排风的热交换面积，提升热交换效率；曼瑞德推出了双旁通全热交换新风机（图5-10 (b)），在无需进行全热交换的过渡季节可开启旁通通道，无需通过热交换滤芯，有效降低风机能耗；两个产品均入选本届“创新产品”称号。



(a) 环都拓普欧风系列新风换气机



(b) 曼瑞德双旁通全热交换新风机

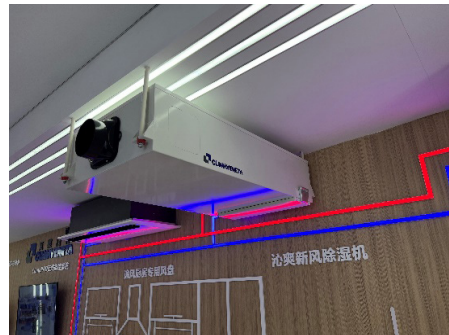
图5-10 新风机组的节能优化

(2) 新风机组功能更加集成化。在原有的全热热交换、过滤的基础功能上集成了制冷制热功能。众多厂家推出的新风除湿机产品都内置了蒸汽压缩制冷循环模块进行冷冻除湿，并将冷凝热用于新风再热，实现不降温除湿或升温除湿，例如劲松的全热除湿系列新风机（图5-11 (a)）和克莱门特的沁爽新风除湿机（图5-11 (b)）；曼瑞德的“双芯”热湿新风机利用独特的膜传质技术，在全热交换过程中可实现深度湿交换（图5-11 (c)）；兰舍推出了新风热泵多功能一

体化机，将空调智能完全集成于新风机组，利用热泵实现新风的制冷与加热（图5-11 (d)）。



(a) 劲松全热除湿系列新风机



(b) 克莱门特沁爽新风除湿机



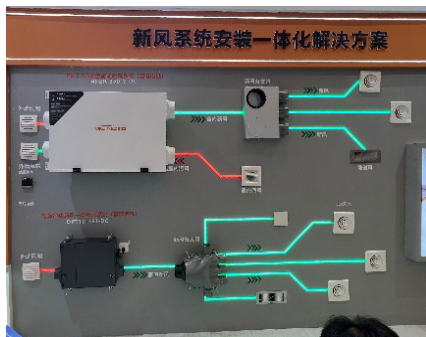
(c) 曼瑞德“双芯”热湿新风机



(d) 兰舍新风热泵一体化机

图5-11 集成化多功能新风机组

(3) 新风机组“集中式”与“分布式”送风并行发展。“集中式”是指集中对新风和排风实现热交换及净化，再利用送风系统对各个房间内的新风量进行分配，例如米风推出了PM2.5净化型智能新风系统（图5-12 (a)）；分散化是指在各房间安装独立的新风机组，给房间独立供应新风，例如绿岛风推出了壁挂式新风机和新风净化一体机（图5-12 (b)、图5-12 (c)），卡洛尼推出了适用于卫生间等空间的潜望式新风系统（图5-12 (d)）。



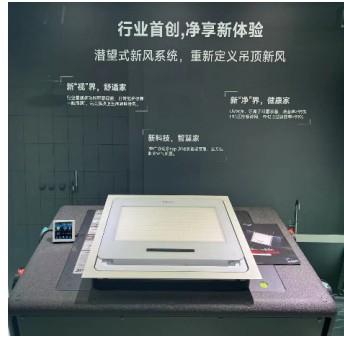
(a) 米风PM2.5净化型智能新风系统



(b) 绿岛风壁挂式新风机



(c) 绿岛风新风净化一体机



(d) 卡洛尼吊顶潜望式新风系统

图5-12 新风机组“集中式”与“分布式”送风形式

5.2.4 暖通空调自控系统

本届展会体现出暖通空调系统的自动化、智能化发展更加成熟，万物互联理念得到进一步实践，诸多创新技术在多家企业实现了落地。首先，伴随日渐提升的建筑智能化需求，传感器、执行器性能有所提高，支持的通信协议更为丰富；其次，面对建筑机电设备的精细化控制需求，控制器的智能化、国产化、自主化发展有相当进步；最后，智慧楼宇、智慧运维概念得到广泛传播，衍生出各种各样的智慧监控平台。这些方面不断完善、创新、发展，为建筑智能化领域做出持续的贡献。

本届展会上，传感器与执行器相关展商相较于往年有所增加。西门子多合一空气质量传感器（图5-13）可采集温度、相对湿度、CO₂、TVOC、PM2.5以及声压和照度的值，其表面LED显示器便于用户快速了解房间的当前传感器采集数据及空气质量分数，侧面进气口保证测量精度，模块化设计支持BACnet、LoRaWAN、USB通信协议，壁挂式安装适用于各类型建筑。柏诚智能291系列超声波冷量表（图5-14）可根据流量和进、回水温度信号、水流经的时间，计算并显示该系统供应的热量，该表采用多声道测量技术，相比于传统的只与中间流速相关的单声道模式，可以对多个测量层的流速进行测量，测量精度更高，尤其是测量异常流场和层流的精度高，因此降低了对于流量计安装位置的要求。以上两款产品被评选为本届制冷展“创新产品”。



图5-13 西门子多合一空气质量传感器



图5-14 柏诚智能291系列超声波冷量表

现场控制器中，DDC与PLC仍为主流的控制器类型，相比于西门子等传统的国外一线品牌，国产控制器崭露头角。其中，美控智慧物联网控制器采用图形化网页编程（图5-15），内置丰富楼宇控制和暖通节能算法，符合中式开发使用习惯，具备强实时性、高性能、通讯协议丰富等特点。天创达推出了针对多联机产品的TKD-RC采集及控制器（图5-16），该设备通过HBS、CAN、RS-485、RSB总线与空调通讯总线连接，实时采集空调室内机的运行状态，并可同时控制其室内机的开关、模式、温度及风速等。适用于大金、日立、美的等品牌的多联机空调系统。以上两款产品均被评为本届展会“创新产品”。

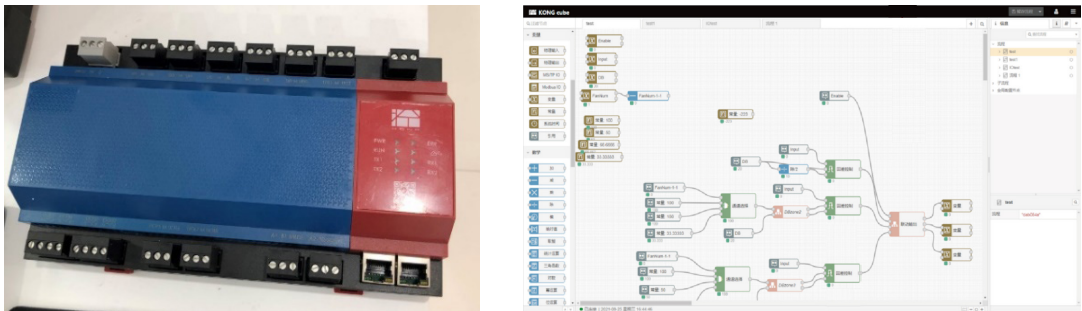


图 5-15 美控智慧物联网控制器



图5-16 天创达TKD-RC采集器

近年来，基于物联网技术以及5G通讯技术的快速普及，以云智控平台为代表的新型控制技术逐渐成熟，并延伸出了包括冷链、工业、商业楼宇、校园、医院等多种场景的具体控制方案。海尔开利智慧云服务系统针对冷链门店数字化管理，打造了适用于客户数字化发展需求的基础设施体系，抓取运维数据检测异常能耗，给出能耗优化建议；同时提前预知货损风险，最早可提前五小时左右发现货损情况，并尽快完成排障（图5-17 (a)）。此外，新众业建设集团、冰山均推出了楼宇智慧化控制系统（图5-17 (b)、图5-17 (c)）。以上三款产品均获得本次展会的“创新产品”。



(a) 海尔开利智慧云服务系统



(b) 新众业八度空间健康人居智控平台



(c) 冰山基于5G+工业互联网的制冷系统智慧运维平台

图 5-17 基于物联网技术以及5G通讯技术的云智控平台

5.3 评价与展望

对比历届制冷展，本次制冷展空气处理机组和暖通空调自控系统参展产品数量有显著增加，技术层面明显进步，万物互联与“双碳”战略给该类型产品提出了新的要求，成为产业发展与技术进步的动力。

随着制造工艺的不断提升，国产品牌空气处理机组、末端、风口和新风机组在体积、造型、噪声等性能方面已经展现出了显著的竞争优势，开始注重产品的能效、健康和舒适性；随着物联网和信息技术的迅猛发展，暖通空调自控系统向集成化智慧运维平台方向发展，云智控、数据挖掘、AI等大数据运维控制成为了暖通空调系统节能增效的重要增长引擎。

6. 供热、热水设备与系统

(哈尔滨工业大学 姜益强教授、董建镒教授、郑文科讲师、博士生田中允、博士生黄帅)

6.1 技术发展特点

疫情放开过后，今年制冷展参展商和参展人员明显大幅增多。在供热、热水设备与系统方

面，众多国内外知名企业参加了本次展会。从参展的相关产品可以看出，由于人工智能与智慧家居的快速发展，供热、热水设备与系统智慧化成为本次展会的特色。同时，受“碳中和、碳达峰”目标与节能减排的影响，供热、热水设备与系统更加注重高效节能和环保。此外，应用于北方严寒区的供热和供热水的空气源热泵机组的低温适应性能进一步提升，单机双级、复叠式超低环温空气源热泵机组也成为本次展会的亮点。

6.2 特色技术产品

本次展会展出供热与热水设备与系统方面特色技术产品，主要包括光伏+为代表的智慧家居供能方案，具有智能运行模式的地暖中央空调系统，超低环温空气源热泵供热机组，高效多功能热泵机组、家用热泵热水器、工业用热水和蒸汽的热泵机组以及对流式电采暖器等。

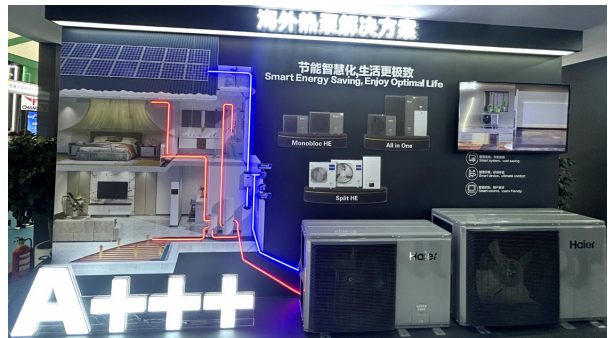
6.2.1 光伏+为代表的智慧家居供能方案

家居供能方案智慧化程度逐渐加深，智慧家居、智慧建筑等通过人工智能、大数据、“云”端互联等技术得以实现。供暖、供热水设备及系统智能化运行，一键式操控，给人们的生活带来便利、节能、舒适的体验。随着“双碳”目标的提出和各项“双碳”措施逐步落实，智慧控制系统与光伏+产品结合的全屋供能形式，为我国建筑低碳减排用能，助力零碳家居供能早日实现，起到了重要推动作用。

如图6-1所示为海尔集团推出的“光驱储能”全屋供能解决方案，该系统最大的特色在于采用光伏光热板蓄能，同时利用太阳光制热和发电。在利用太阳能光电的同时吸收长波辐射制取生活热水，结合采用光伏发电、智能蓄能、光热采暖、变频直驱等技术手段，整体太阳能光热利用率超过70%。此外，智能蓄电终端可以将白天富裕的电能储存，供夜间使用，同时接入市政电网，保证建筑供能稳定性，实现建筑无限接近“零碳运营”。



(a) 海尔“光驱储能”解决方案



(b) 海尔海外热泵方案

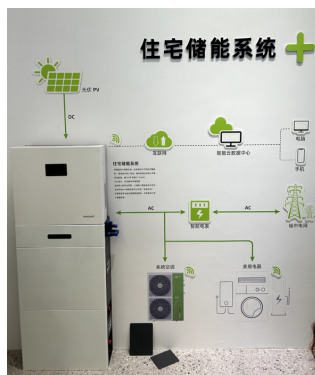
图 6-1 海尔集团“光驱储能”方案（供暖/制冷、供热水、供电等）

如图6-2 (a)所示为美的集团提出“光储热柔”家庭用综合能源解决方案，该方案以用户端储能作为蓄能首选项，全屋电气化。利用光伏发电，全屋采用电采暖/制冷供能模式，搭配智慧柔性能源管理系统，极大地增强了建筑用能的独立性。如图6-2 (b)所示为曼瑞德集团提出的利用光伏发电驱动居家储能用电系统，提出了与美的类似的智能住宅储能系统。智能储能控制柜对绿电存储和使用进行分配，家居物联，终端一键式操作，为智能零碳家居锦上添花。如图6-2 (c)所示为格力集团展出的以光伏直驱变频多联机为核心的“无电空调”系统，依托自身光伏直

驱变频离心科技，将光伏、储能和空调有机的结合起来，减少了常规光伏电能利用时交直流多次能源变换过程中的能量损耗，通过智慧仪表对系统温度等参数采集，采用网络远程传输，并通过云计算对数据进行分析，使用移动端远程控制，达到对系统智慧控制的目的，满足个性化需求。



(a) 美的“光储热柔”方案



(b) 曼瑞德住宅储能系统



(c) 格力“无电空调”设计方案

图6-2 智慧供能方案

6.2.2 具有智能运行模式的地暖中央空调系统

本次展会中家庭用地暖中央空调系统依旧是各公司的主推产品，海尔、格力、美的、中广欧特斯、松下、芬尼克兹等企业均推出了家庭地暖空调产品。通常情况下，地暖中央空调系统同时具有地板辐射末端和空调对流散热末端两套系统。夏季制冷时，利用空调对流散热末端向室内提供冷风。冬季供暖时，室外机将产生的高温介质送到地板辐射末端，向室内辐射供暖，达到“头凉足暖”的供热效果，减少了冬季屋内吹风带来的人体不适感，有效改善人体热舒适性。

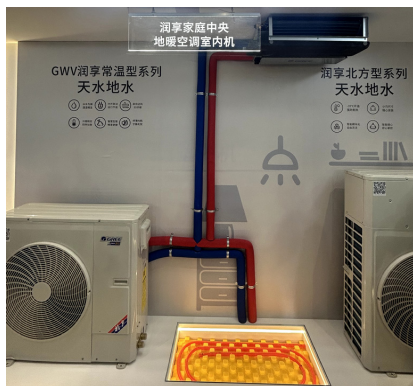
根据对流末端和辐射末端内流通的介质种类，地暖中央空调系统可分为“天水地水”（对流末端与辐射末端均为水循环）系统，“天氟地氟”（对流末端与辐射末端均为氟循环）系统以及“天氟地水”（对流末端为氟循环，辐射末端为水循环）系统。与水循环相比，氟循环减少了一次中间换热，在能效和能级品味上高于水循环，同时减少了不必要的水管路阀件，减小冬季

管路冻裂意外的发生。但氟循环的安装成本和空间尺寸限制了其在大型项目中的应用。

如图6-3所示为格力家庭地暖空调两联供系统，目前已推出静享“天氟地水”、润享“天水地水”以及御享“天氟地氟”三大系列产品。系列产品均配有变频变容、智能物联、三管制除湿不降温等技术，可根据用户需求和安装场景，提供个性化定制方案。



(a) 静享“天氟地水”地暖空调系统



(b) 润享“天水地水”地暖空调系统



(c) 御享“天氟地氟”地暖空调系统

图6-3 格力地暖中央空调系统

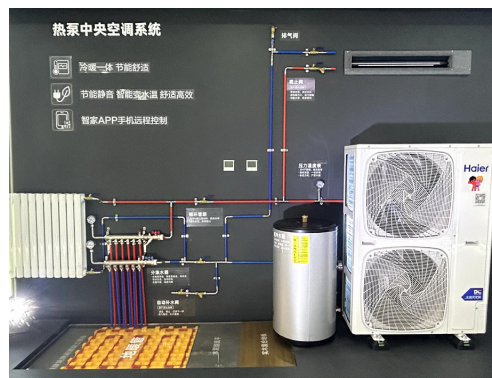
如图6-4所示为地暖中央空调二连供系统。各厂家均可为用户终端提供灵活可变的末端形式，为用户提供更多可能的选择。图6-4 (b)为松下集团推出的“天氟地水”地暖中央空调，与其他地暖中央空调相比，该地暖中央空调多模式智能化供能方案中，专门针对冬季低温时屋内快速升温所设计出了“冬季地暖+中央空调连供模式”，冬季供暖时同时开启对流和辐射两种末端。在该模式运行下，热流体首先进入对流末端使房间快速升温，待达到适宜温度后由地暖辐射末端维持室内温度，采用温度自调节技术，提供更宜居的热湿环境。其中针对北方供暖所研发的地暖中央空调系统能在-35℃低环温下运行，增强了该类系统的适用范围，提高了供暖稳定性。



(a) 欧特斯“天气+地氟/地水”地暖空调



(b) 松下“天气地水”地暖空调系统



(c) 海尔“天气地水”地暖空调系统

图6-4 地暖中央空调二连供系统

6.2.3 超低环温空气源热泵供热机组

随着国家“双碳”战略的进一步落实和实施，空气源热泵机组凭借其高效节能、清洁无污染的优势引起愈来愈多的关注。针对北方地区供暖需求大，冬季气温低、空气源热泵取热难、易结霜等行业痛点问题，芬尼克兹、欧博、海尔、欧特斯等厂家纷纷推出了超低环温热泵机组。

如图6-5所示为海尔集团推出的低环温双级复叠式空气源热泵机组。海尔针对低环温和高温热水需求，采用喷气增焓准二级压缩+复叠式双级压缩技术，两级压缩均具备直流变频。一级压缩采用R32为冷媒变频涡旋压缩机，二级压缩采用R134a变频系统。在无电辅热的情况下，可在-35℃的工况下制取最高达90℃的热水。此外，机组采用了蓄热式自适应除霜技术，除霜模式下供暖水温几乎无波动，极大的增强了系统的供能稳定性。

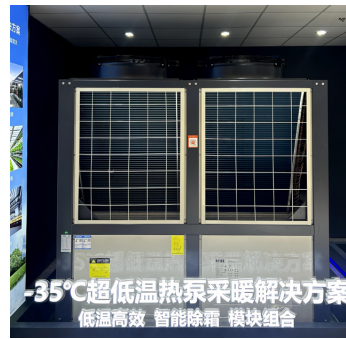
如图6-6 (a)所示为芬尼克兹公司CO₂热泵热水机组，该机组采用准二级涡旋变频喷气增焓压缩机与高效氟冷变频技术，在-35℃时，可快速制热，最高产生65℃的高温热水。该机组是芬尼集团继超级北极星低温机组(-38℃低环温)后推出的新型自然冷媒低环温机组，ODP和GWP指标为0。如图6-6 (b)所示为中广欧特斯推出的低环温空气源热泵机组，采用先进的喷气增焓+喷液冷却涡旋压缩机。机组在-35℃低环温取热时还能有效降低压缩机排气温度，延长压缩机使用寿命，室外机采用二次过冷技术和智能除霜技术，保证机组稳定运行。



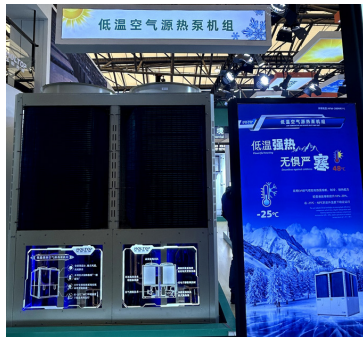
图6-5 海尔集团低环温双级复叠式空气源热泵机组



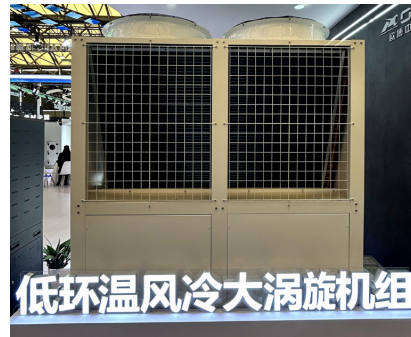
(a) 芬尼克兹CO₂热泵机组



(b) 中广欧特斯低环温热泵机组



(c) 环都拓普低环温热泵机组



(d) 欧博低环温热泵机组

图6-6 超低环温空气源热泵机组

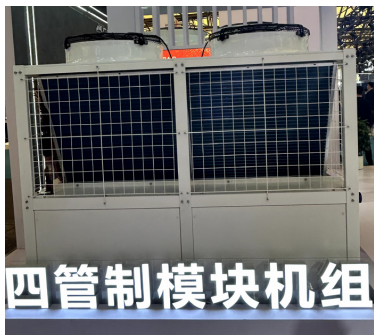
6.2.4 高效多功能空气源热泵机组

本次展会中，欧博、克莱门特、芬尼克兹、松下、洋马等公司都展出了集供暖、制冷、供生活热水为一体的高效多功能空气源热泵机组，机组适用场合和温域范围逐渐变宽，这也成为行业发展的一个趋势。

如图6-7 (a)和6-7 (b)所示，分别为欧博公司推出的四管制模块机组和芬尼克兹公司推出的三联供全热回收机组。其中，欧博四管制模块机采用以R410A为冷媒的全封闭涡旋压缩机，是集

制冷、供暖、生活热水为一体的智慧节能型机组，可以实现单独供暖、单独制冷，还能实现冷暖联供的功能。采用完全独立的冷水换热器和热水换热器，具有冷热负荷变化自平衡特性。芬尼三联供系统利用热回收型三联供机组和传统单供暖机组组合的形式为用户综合供能，其中热回收型三联供机组即为四管制机组，制冷的同时兼顾热水，为用户提供冷热连供方案。

如图6-7 (c)所示为克莱门特公司新推出的六管制多功能风冷热泵，在传统四管制机组的基础上，增加了两路高温热水制取模块，采用比泽尔螺杆压缩机和谷轮涡旋压缩机组合的形式，在供暖、制冷两联供的基础上，可同时生产最高出水温为78℃的超高温热水，成为医院、工厂、酒店等多需求用户传统冷水机组搭配锅炉系统的节能替换方案。整机搭配全机自动控制系统，4压缩机多管路智能化运行，具备良好的部分负荷性能，整机能效比最高可达6.59。



(a) 欧博四管制模块机组



(b) 芬尼克兹三联供系统

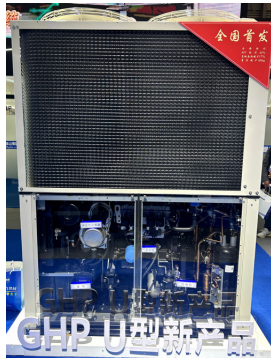


(c) 克莱门特六管制多功能热泵

图6-7 多功能空气源热泵机组

近年来，随着北方清洁供暖政策的实施，推动了燃料驱动型热泵的发展。燃气热泵（Gas heat Pump, GHP）是以天然气作为一次能源，驱动燃气发动机产生机械功带动压缩机制冷/供暖的热泵系统，同时回收发动机缸套和烟气内的高品位余热制取生活热水，可以实现制冷/供暖+全年生活热水运行。如图6-8 (a)所示为冰山（松下）集团展出的GHP系统，系统核心动力采用与尼桑公司联合研发的GHP专用微电脑控制低转速发动机，可实现低温下快速制热，冷态启动时间比电热泵快6倍以上。机组采用R410A环保冷媒，制冷/供暖是兼顾制取生活热水，冬季供暖时灵活利用发动机余热，供暖能力受环境温度影响很小，冬季可实现连续供暖，-30℃环境温度下可正常运行。如图6-8 (b)所示为天加公司推出的GHP多联机系统，利用发动机余热预热、融

霜，实现融霜不降温，引入智能控制系统，采用GHP与传统电热泵搭配的综合供能方案，极大的提高用户供暖稳定性，提高热舒适度。



(a) 冰山（松下）GHP燃气机热泵



(b) 天加GHP热泵多联机系统

图6-8 新型多功能GHP燃气机热泵机组

6.2.5 家用热泵热水器

本届展会上，家用空气能热水器因其高效节能的特点，受到越来越广泛的关注。格力、西奥多和芬尼克兹等企业均推出了节能高效的家用空气能热泵热水器产品，如图6-9所示。

其中，图6-9 (a)为格力公司研发的更加高效的空气能热水器，能够在全工况下单独依靠热泵机组输出90℃超高温水，节能模式下的COP可达5.6。并且，压缩机采用格力自主研发的变频双级增焓热泵技术，使用R134a升级冷媒，在-15℃的低温环境下仍可稳定制热。图6-9 (b)为西奥多公司研发的智能空气能热水器，能效比高达4.5，能耗为电热水器的25%，燃气热水器的30%，实现了水电系统的完全分离，并且制热、保温、供水、补水全自动运行，自动控温、只能除霜、断电记忆等，无须人工调控，提供热水的同时，还可提供冷气。图6-9 (c)为Jaja雅凯公司推出的无菌热泵热水系统，与传统的热泵热水系统不同，该系统不直接储存热水，内置超强换热盘管，实现了热水即用即制，避免了长时间不用的菌团污染问题，并且与大多数常用生活水箱不同，该水箱的结构能够二次隔断冷媒污染，避免污染生活用水。



(a) 格力热泵热水器



(b) 西奥多热泵热水器



(c) Jaja雅凯热泵热水器

图6-9 (d)为芬尼克兹公司的产品，采用独特的水电分离技术，避免了触电的风险，并且采用双重换热技术，外绕盘管、特种钢板层、钛瓷内胆层三层隔绝，阻断氟泄露于水，具有智能化霜技术，加快冬季化霜，以改善热泵在低温环境中制热性能。图6-9 (e)为中广欧特斯公司推出的产品，采用超导换热技术以及R134a环保冷媒，使得微通道面接触换热增加33%，并且采用晶钢5k内胆，具有杀菌、抑垢、耐酸碱和耐高温等特点，加热过程中产生免费冷气可供厨房使用。



(d) 芬尼克兹热泵热水器

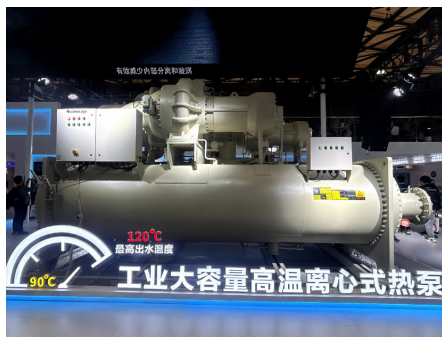


(e) 中广欧特斯热泵热水器

图6-9 家用热泵热水器

6.2.6 工业用热水和蒸汽的热泵设备

相比于居民生活热水量少、温度低的特点，工厂等场所对热水水量及温度有更高要求。工业用热水热泵为工业离散余热回收、工业园区蒸汽（热水）供应、化工系统的冷热同制提供了高效绿色低碳方案。



(a) 格力工业大容量高温离心热泵



(b) 冰轮环境HD-宽温域离散余热相变提质离心机组

图6-10 工业用热水和蒸汽的热泵设备

如图6-10 (a)所示为格力公司推出工业大容量高温离心热泵，采用双压缩机串联多级压缩以及10 kV永磁变频直驱等技术，热水出水温度高达120℃，供热容量10 MW，最高温升80 K，通

过高效热泵技术回收工业余热，提高能源利用率。如图6-10 (b)所示为冰轮环境公司推出的HD-宽温域离散余热相变提质离心机组，该产品采用双级串联增压离心式压缩机，永磁同步变频电机高速直驱传动，磁悬浮轴承，微重力(压差)循环-高效蒸汽发生-汽水分离一体器，智能工质分布调节技术，蒸发-冷凝温域宽达60℃，可产出1.0~1.5 bara蒸汽。

如图6-11 (a)所示，麦克维尔空气源热泵高温热水器采用多重压缩复叠设计和无极调节全变频设计，可以实现-26℃环温下生产90℃热水，能够充分满足寒冷地区热水供应，无需额外增加电热。也可实现5℃自来水直接加热至90℃，以应对电镀、纺织印染等工业生产中50℃~80℃高温热水的需要。如图6-11 (b)所示为江森自控公司推出的HPS螺杆式高温热泵机组，采用高效、高压双螺杆压缩机，最高出水温度可达85℃，除单热泵应用及冷热联用外，还可以做冷热两用型机组，即根据需求冬季单制热运行，夏季单制冷运行。冷热两用型机组可提供60℃~85℃的高温热水，或5℃~15℃的低温冷水。



(a) 麦克维尔空气源热泵高温热水器

(b) 江森自控HPS螺杆式高温热泵机组

图6-11 工业用热泵热水器

6.2.7 热泵烘干机

为解决烘干过程中的高能耗，高污染的问题，采用空气源热泵技术进行干燥的设备有着节能、运行可靠、易于自动控制、适合于多种物料使用、干燥和排放无污染等优点，越来越受到市场欢迎，也必将成为今后重点发展的方向。本届展会上，海尔和百奥等公司推出了热泵烘干机，如图6-12所示。

如图6-12 (a)所示海尔公司推出的热泵烘干机，采用液晶屏智能化用户界面，操作简便，用户可实现一键式全自动烘烤，也可根据烘干工艺分阶段自行控制烘干温度和湿度，控干/湿球±0.5℃，提升物料品质，温度调节范围为18℃~80℃，湿度调节范围为5%~99%，可在室外10℃~43℃、室内30℃~70℃温度运行范围，适应不同地域需求。如图6-12 (b)所示为百奥公司推出的热泵烘干机，其控制系统采用微电脑全自动控制，湿度控制范围为10%~98%RH，设定最高温度为55℃，能够满足各个行业不同温湿度的要求，并且该设备采用了百奥独有的故障自动判断技术，在系统出现如湿感温感故障，系统高压、低压等各种故障时，控制系统中即时显示相应代码报警，保证了设备高效运行。



(a) 海尔热泵烘干机



(b) 百奥热泵烘干机

图6-12 热泵烘干机

6.2.8 对流式电采暖器

在某些地区，当集中供暖并不可能或者并不适合，那么分散式供暖就是最理想的选择。其中，对流式电采暖器具有安装灵活、制热快以及精准控制等优点，通过加热元件直接加热空气，冷空气自底部进风口进入，热空气自上方出口风口流出，空气循环流动，热空气均匀到达室内各个角落，成为房间取热的理想选择。本届展会上，世创电能公司推出了不同形式的对流式电采暖器，如图6-13所示对流式采暖器，已成功应用于分散式供暖，根据需要的地点、需要的时间，进行供暖，精确舒适的同时，大大节约成本。采暖器采用德国原装进口加热管，QR快速反应不锈钢加热元件，升温迅速，3 s可达25℃，可进行7天多段编程，智能预约加热时间，精准度高达0.7 K，拥有定时器和故障报警功能，室内开窗自动识别，高效节能不浪费。此外，由于机器内无需风扇，空气循环流动，无噪音，恒温恒湿不干燥，没有空调一样吹热风的感觉。



图6-13 世创电能对流式电采暖器

6.3 小结

本次展会在“碳中和、碳达峰”目标引领下，参展的供热和热水设备产品总体显现智能、高效、节能和环保的特点，参展企业多，参展产品广。并且，随着智慧建筑、智慧家居的理念逐步深入人心，供热和热水设备与系统越来越重视智慧化，并将会得到更加快速的应用与发展。另外，热泵技术在供热、供热水领域的作用日益增强，超低环温空气源热泵因其更优越的低温适应性得到不断发展。高效多功能热泵机组因其具有供热、供冷、热回收等功能，未来将会得到越来越广泛的应用。生产高温热水或蒸汽的工业用热水热泵机组、以及高温热泵烘干机，为工业离散余热回收、工业园区蒸汽（热水）供应、化工系统的冷热同制，以及工农业及工艺干燥提供了高效绿色低碳方案，未来会有越来越好的市场前景。总之，随着“双碳”目标逐步达成和人民生活需求的进一步提高，供热和热水设备与系统的智能化、功能综合化、健康舒适化、清洁电力化将得到进一步的发展，也必将成为未来发展的方向。

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、博士生李佩儒）

冷链保障了食品安全，提高了食品供应链的可靠性，在全球气候变暖的背景下，冷链设备与系统对能源消耗与温室气体排放有着重要影响。本届展会参展商在冷链技术领域推出了一系列创新产品，有助于提高冷链系统运营效率，减少食品浪费及其带来的碳排放，实现冷链行业绿色、低碳、可持续发展。

7.1 总体特点

在碳达峰、碳中和目标的引领下，本次展会总体表现出绿色、高效、智能化的特点。冷冻冷藏领域涌现出大量使用氨、二氧化碳等环保工质的设备和系统，包括氨半封闭单机双级螺杆压缩机、氨内容积比可调半封压缩机、二氧化碳系统引射器等。同时，本次展会中展出的高效螺杆压缩机、无刷直流电机、模块化电子控制器大幅提升了冷链系统的效率。参展商针对冷链的不同应用场景给出了智能化、信息化的解决方案，采用了应对不同负荷的精确控制技术，与物联网技术深度融合，助力全程冷链发展。

7.2 特色技术

7.2.1 冷冻冷藏压缩机

本次展会中，除了近年应用较为广泛的HFC制冷剂压缩机外，使用氨、二氧化碳、R290等天然工质的压缩机大量涌现，驱动冷链朝着绿色方向发展。

福建雪人股份有限公司推出了SRS-2016LS氨用半封闭单机双级螺杆压缩机（图7-1），该压缩机搭载氨用永磁同步变频电机，一二级转子通过联轴器传动连接，采用VFD控制技术结合压缩机容量滑阀无级能调，实现低负载启动，运行电流平稳，高效节能，电机冷却主要采用循环式水冷和备用制冷剂喷雾双重冷却形式；转子采用瑞典转子机械公司（SRM）第五代“i”型线，压缩机采用低温球墨铸件，配置滚柱轴承，整机无泵差压供油运行，能够实现压缩机高效、高承载。此外，福建雪人还推出了二氧化碳开启式高压螺杆压缩机组和二氧化碳活塞并联压缩机组等。

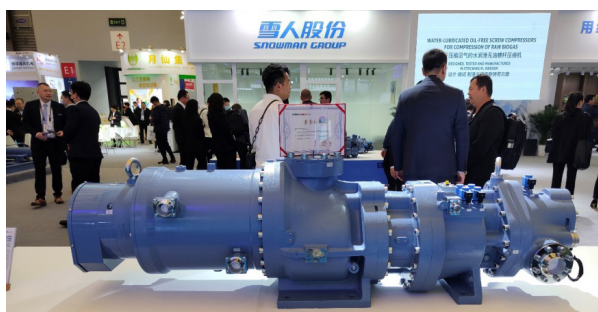


图7-1 福建雪人SRS-2016LS氨用半封闭单机双级螺杆压缩机

烟台市奥威制冷设备有限公司展出了内容积比可调二氧化碳半封压缩机（图7-2），可应用于二氧化碳复叠制冷低温压缩机组、二氧化碳热气融霜机组。该压缩机内容积比全自动调节，运行工况智能伴随，更高效，更节能。此外，压缩机吸气不经过电机，具有更高容积的效率。该压缩机采用变频调节，采用半封闭式结构，无轴封，高可靠性密封，可大幅降低维修保养频次。



图7-2 奥威制冷内容积比可调半封压缩机

上海汉钟精机股份有限公司推出了LT-S-200/100-IVX全配置双级变频螺杆机（图7-3）。该压缩机采用变频技术，相比于定频双级螺杆压缩机综合能效提升20%以上，最大单机匹数能够达到450 HP，可满足4 t螺旋速冻机的冷量需求。该压缩机可对输出冷量实现线性能量调节，便于库温控制，减小库温波动范围，同时采用宽温区设计，可避免常规双级机降低到初温阶段的过载问题，能更快将库温降低设计目标。



图7-3 上海汉钟精机LT-S-200/100-IVX全配置双级变频螺杆机

约克（无锡）空调冷冻设备有限公司在本次展会中推出了超高效冷冻XJC系列螺杆压缩机（图7-4），该压缩机的理论输气量为33~1035 m³/h，采用永磁变频电机直驱，大幅提升机组效率，同时应用内容积比无级可调滑阀技术，使压缩机以较小的启动扭矩和较小的启动电流启动。该压缩机可应用于冷库、食品速冻、化工、制药冷却用盐水冷水机、冰雪体育场等场景。

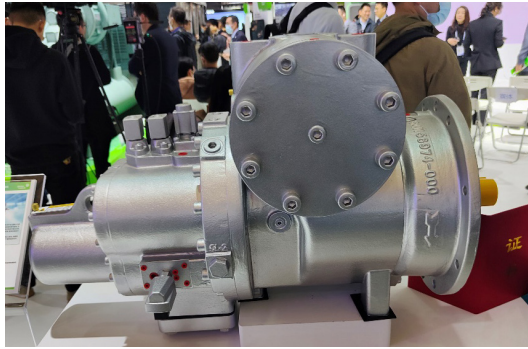


图7-4 约克超高效冷冻XJC系列螺杆压缩机

艾默生环境优化技术（苏州）有限公司推出了谷轮™ZFI140低温40HP大型商用冷冻涡旋压缩机（图7-5），该压缩机的单机制冷能力拓展至40HP，通过灵活的并联应用，可以覆盖更大冷量范围。此外，该压缩机采用喷气增焓技术，效率更高。该压缩机可以应用于冷库、冷柜等冷冻冷藏系统，以及生鲜食品和生物医药的冷藏。



图7-5 艾默生谷轮™ZFI140低温40HP大型商用冷冻涡旋压缩机

R290压缩机方面，长虹华意压缩机股份有限公司推出了NVS70FSC小型高效环保智能R290变频商用压缩机（图7-6），该压缩机采用环保工质R290，制冷量为515 W，COP为1.85，转速范围为1600~4500 rpm，具有宽转速、低噪声、体积小等特点，能够应用于酒柜、展示柜、制冰机、饮料机、自动售货机等场景。上海北峰制冷设备有限公司展出了泰康AL系列R290压缩机（图7-7），扩展的L/MBP操作范围允许在展示柜、冰箱和制冰机应用中进行标准化使用。



图7-6 长虹华意NVS70FSC小型高效环保智能R290变频商用压缩机



图7-7 上海北峰泰康AL系列R290压缩机

7.2.2 冷冻冷藏辅助部件

丹佛斯（中国）投资有限公司展出了用于大中型跨临界二氧化碳系统的高压截止阀SVA（图7-8），该截止阀适用于二氧化碳亚临界和超临界系统，最大工作压力可达140 bar，最大压差为110 bar。



图7-8 丹佛斯用于跨临界二氧化碳系统的高压截止阀SVA

比泽尔制冷技术（中国）有限公司展出了一款跨临界二氧化碳系统引射器（图7-9），该引射器可以节省压缩机做功，提高系统能效。此外，该引射器能够通过右侧的控制器实现引射器的变流量调节，能够应用于负荷变化较大、工况不稳定的系统。



图7-9 比泽尔跨临界二氧化碳系统引射器

冰山集团展出了一款MCF-D1200NU-V二氧化碳气冷器（图7-10），该气冷器采用蒸发器、气体冷却器一体化结构设计，能够实现冷热综合利用。该气冷器还应用了AC变频风机，能够根据运行工况智能调节，降低能耗，同时采用湿帘快速拆卸结构，便于更换和维护。

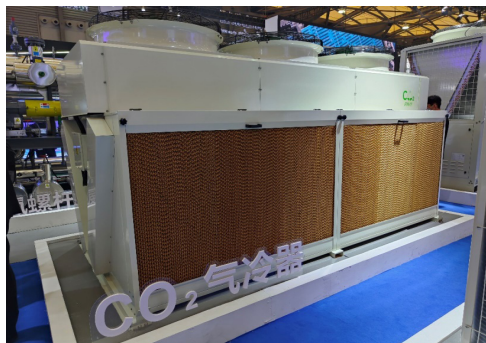


图7-10 冰山MCF-D1200NU-V二氧化碳气冷器

思科普开发了模块化电子控制器（图7-11），可在除霜时对压缩机转速进行控制，采用模块化软/硬件设计，可根据不同系统需求进行灵活配置；XT系列采用模块化设计的自由扩展控制器，为特定系统需求提供更多的监控选项，将带来更多的定制化功能：实时时钟、多压缩机同步工作、压力开关等。此外，该控制器搭配的NLV系列压缩机采用环保工质R290，该控制器可以广泛应用于食品零售、食品服务和医疗等应用领域。



图7-11 思科普模块化电子控制器

广东威灵电机制造有限公司展出了ZKSN-200-10-2L家用及轻商无刷直流电机（图7-12），该电机采用自主内嵌式磁瓦技术体系，10极12槽，具有高绕组系数和低转矩脉动等优点，并采用高功率密度的切向内置式磁瓦，具有高效的特点。同时，采用外置导通连接，配合注塑绝缘转子，通过调节绝缘转子电容，解决了目前困扰电机产品存在的轴电压电腐蚀问题，主要用于家用及轻商空调室外风机，加快空气流速实现与空调两器（蒸发器、冷凝器）进行快速冷热交换。



图7-12 威灵ZKSN-200-10-2L家用及轻商无刷直流电机

7.2.3 制冷机组

冰轮环境展出了一款氨微充注冰水机组（图7-13），采用冰轮专利型线的永磁变频高效氨半封闭螺杆压缩机，配备U-TURN+板换微重力供液，换热效率高，存液量少；油分、油冷、冷凝三器一体，结构紧凑体积小，机组集成冷却水系统，全自动控制，能效比高，氨充注量小，润滑油充注量低。

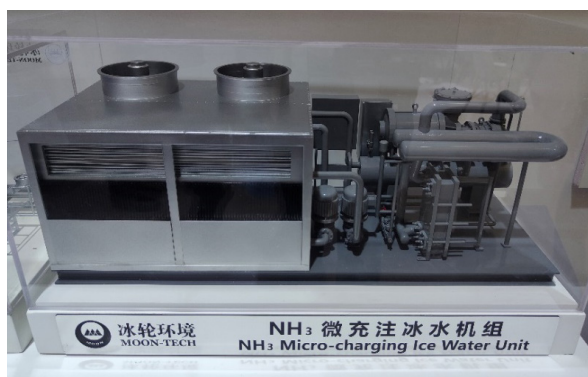


图7-13 冰轮环境氨微充注冰水机组

青岛海尔开利冷冻设备有限公司展出了应用于国家速滑馆的二氧化碳制冰系统（图7-14），该系统采用跨临界制冷方式，能够实现冰面温差不超过0.5℃，该系统能够实现多级热回收，提供生活用水和高温除湿，可实现全年节电200万度。

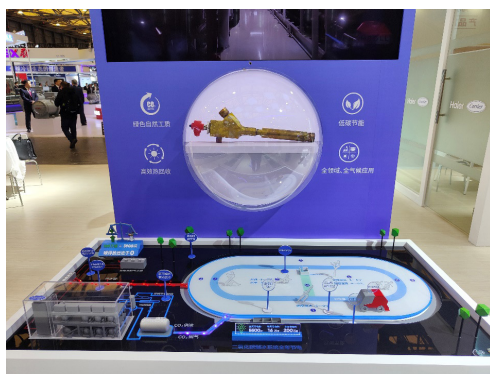


图7-14 海尔开利二氧化碳制冰系统

格力展出了一款新能源运输制冷机组（图7-15），该机组采用高效电子膨胀阀，可根据实际需求调节最佳的冷媒流量，同时搭配高效回热循环系统，能效提升12%，该机组可以选配备电功能，可实现车辆充电和机组备电制冷同时进行。



图7-15 格力新能源运输制冷机组

7.2.4 保温产品

保温产品对保障冷库温度，减少能源消耗具有重要作用。本次展会中，云山科技展出了B1级喷涂型改性石墨聚氨酯（图7-16）。石墨是一种新型低烟、无卤阻燃剂，能大幅度降低燃烧速率指数，该产品将石墨经过改性成功应用到聚氨酯材料里，可以长期稳定的保持阻燃效果。该产品采用的石墨改性技术可以实现石墨在聚氨酯组合料里不沉降，在聚氨酯泡沫中分布均匀，增加聚氨酯泡孔个数，改性石墨聚氨酯初始导热系数小于 $0.020 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，老化导热系数小于 $0.024 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

四川迈科隆真空新材料有限公司展出了真空绝热板（图7-17），以环保材料超细玻璃纤维棉或气相二氧化硅为原料，通过真空封装技术，隔绝了热量的传递，导热系数可低至 $0.0015 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，产品薄而轻，赋予了保温腔室更薄的保温层、更大的空间，具有无毒、无污染、不燃烧等优点。

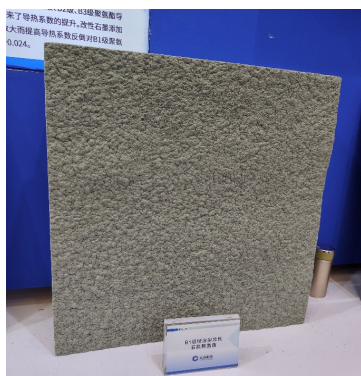


图7-16 云山科技B1级喷涂型改性石墨聚氨酯



图7-17 迈科隆真空绝热板

冷库门的合理设计能有效防止冷库漏冷，减小冷库能耗。本次展会中，上海快联门业有限公司展出了HSS-DEY冷库高速平移门（图7-18），开启速度最高可达2.5 m/s，最大限度减少了冷热空气对流，特有的门板与洞口之间的密封装置和门底的可调节密封设计，确保门体四周高密封性，能够满足严苛的冷库应用环境。捷曼门业（北京）有限公司在本次展会中展出一款冷库门（图7-19），该门两侧保温在长期使用后可进行拆卸更换，上侧保温可根据车辆高度进行升降，有效减小冷库的漏冷损失。



图7-18 上海快联门业HSS-DEY冷库高速平移门

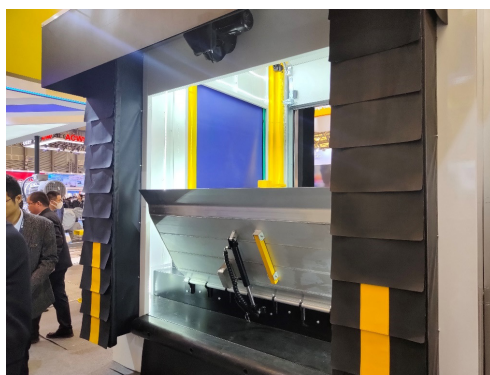


图7-19 捷曼门业冷库门

7.2.5 全程冷链解决方案

冷链任何一个环节的温度控制不当，都会导致被运输货物的质量下降，因此建立完善的全程冷链系统，实现冷链各个环节的有效配合，对于保障食品药品安全至关重要。本次展会中，艾默生展出了成套的零售及餐饮解决方案和医疗冷链解决方案(图7-20、图7-21)，零售及餐饮解决方案覆盖冷藏销售和冷藏运输的控制、阀门和制冷机组等，医疗冷链解决方案覆盖生产、仓储、运输和医疗终端全链条，艾默生的解决方案能够通过监控系统和控制器监测样品的实时温度，对冷链设备进行智能化管理，保障食品和药品安全。



图7-20 艾默生零售及餐饮解决方案



图7-21 艾默生医疗冷链解决方案

冷藏运输领域，丹佛斯展出了电磁阀、电子吸气调节控制阀、单向阀、热力膨胀阀等冷藏车阀件解决方案（图7-22），能够满足应对冷藏运输过程中振动、腐蚀等严苛条件，实现温度的精准控制，该解决方案提供更轻量化的部件，让系统结构更加紧凑，同时能满足更强的耐压。



图7-22 丹佛斯冷藏车解决方案

7.3 评价与展望

为应对全球变暖，实现“双碳”目标，实现冷链高质量发展，参展厂商从自身企业发展角度提出了各自创新性的解决方案，推动冷链设备与系统向绿色、高效、智能化信息化方向发展，助力构建低碳安全可靠的全程冷链系统。

结合本次展会展出的产品和系统，可看出冷链设备与系统具有以下发展趋势：

(1) 天然环保工质更广泛的使用。采用二氧化碳、氨、R290等工质作为制冷剂将成为冷链设备和系统的趋势，在这一领域压缩机、气冷器、制冷机组等相关的产品创新日益活跃。

(2) 高效节能设备推动冷链快速发展。为适应不同负荷和需求，冷链设备与系统将更广泛地应用容积比无级可调滑阀技术、变频技术、补气增焓技术等，以实现低碳高效发展。

(3) 智能化、信息化的冷链解决方案。为实现冷链不“断链”，保障食品药品安全，企业需提供覆盖冷加工、冷冻冷藏、冷藏运输、冷藏销售成套的冷链解决方案，匹配智能化的管理系统、远程控制系统和精确的控制技术，针对不同工况负荷进行设备的转速、流量调节，与物联网技术深入融合，保障全程冷链的环境精确监控，满足用户的多种需求。

环保工质在冷链系统中的广泛应用将推动冷链朝向更加绿色的方向发展，高效节能的冷链设备将有助于降低冷链系统的能耗，为解决全球变暖问题、实现“双碳”目标做出贡献。同时，在与物联网技术、信息技术结合的过程中，冷链向着更智能化的方向发展，保障全程冷链不“断链”，为消费者提供更优质的冷链产品。

三、学术交流

(南京工业大学 颜承初教授、徐逸哲讲师、周君明讲师、硕士生王冠群、硕士生黄枫壬、硕士生毛虹翼、硕士生裘嘉敏)

学术交流是中国制冷展的核心内容之一。此次展会期间，举办了1场主题论坛、42场专题研讨会和32场技术交流会。学术交流活动围绕“聚焦全球冷暖、致力系统创新”的展会主题，解析国家政策导向，关注行业热点问题，聚焦产业技术创新，研讨未来发展方向。

1. 主题论坛

4月7日上午，2023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“热泵在能源革命中的重要地位和必须破解的技术关键”、“城市空间生命力的智慧维护”、“对行业精英们的引导”和“建筑空间供暖和制冷能源需求的全球趋势：聚焦热泵”为题进行主题报告，论坛由清华大学李先庭教授主持。

1.1 热泵在能源革命中的重要地位和必须破解的技术关键

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“热泵在能源革命中的重要地位和必须破解的技术关键”为题，深入剖析了当前我国能源革命的目标——针对能源系统的结构进行脱碳优化。他指出，热泵作为一种绿色环保技术，能够有效地实现节能减排，因此将成为实现“双碳”战略的重要途径。

江亿院士分析认为，在零碳能源革命的大背景下，目前基于化石能源的能源体系必将转变为以可再生能源为主导的能源体系。然而，目前电→热和电→燃料的技术已相对成熟，但在热→燃料方面仍缺乏低成本的技术路径。此外，随着能源革命的推进，能源之间的转化方式也将得到进一步丰富。江亿院士指出，中国每年需要约 240×10^8 GJ的热量，如何以低碳的方式制取这些热量是一个重大难题。从现有的技术路径而言，电力驱动的热泵是最为可行的解决方案。

由于热泵需要电力驱动，因此该技术的大规模应用将给电力系统造成较大的负担。江亿院士向与会人员介绍了未来零碳电力系统的组成及概况，并指出由于用能需求的激增，未来将会出现冬夏两季零碳电力供应不足而春秋两季零碳电力供应过剩的情形，即大量“弃光弃风”的现象。针对以上所述的电力供需季节性不匹配的问题，研究机构建议保留约 7×10^8 kW的火电装机容量，但其年运行时间可降至1700 h以下，即仅在零碳电力供应不足时作为补充。此外，热泵可以将过剩的电力转换为热能进行储存，从而缓解电力供需的不匹配问题。

低温热源的温度是影响热泵性能的重要因素之一，江亿院士结合不同品位的热量需求对此进行了详细分析。对于需要高品位热量的工况而言，热泵与电加热相比，并未显现出明显的优势。但对于低品位热量需求而言（如生活热水和冬季采暖），采用热泵技术可以显著节约能耗。因此，根据实际需求合理地应用热泵技术是提高热泵效率和实现节能减排的关键所在。

此外，江亿院士列举了以下几种热泵技术使用不当的典型案例：

(1) 空气源热泵的热能来源于周围的空气，如果不加限制地从周围的空气中抽取热能，将会导致周围空气温度的降低及环境的恶化；

(2) 浅层土壤源热泵从地表100 m以内的地下空间取热，大量使用此种热泵将导致城市地

下100 m内的空间被地埋管所占据，导致未来地下空间的开发与利用受到阻碍；

(3) 中深层土壤源热泵从地下深处土壤、岩石中取热，长期使用将导致土壤温度下降，这与地热能可持续发展的原则相违背。针对上述问题，江亿院士呼吁与会人员在使用热泵技术时，务必要牢记可持续发展和环境友好性的原则。

江亿院士对比分析了中、美、欧3个地区供热技术的发展路线，并指出中国北方城市具有世界上最完善的热力管网，这为余热的存储和输送提供了宝贵的基础设施条件。跨季节储热是一种针对余热资源在时间上供需不匹配的解决方案，相较于其他储能方式，其投资成本较为低廉，通常仅为其他储能方式成本的1%~10%。

江亿院士在报告结尾，强调了一个重要的观点：热泵供热和集中供热并不是互为替代、相互竞争的技术，而是余热综合利用中的两个关键技术点，是互为补充的技术。热泵技术可解决温度品位变换的问题，集中供热可解决余热输配的问题，而跨季节储热技术的应用可进一步提高这些技术的综合效能。这3种技术相辅相成、互相依存，共同支撑未来新型零碳热源目标的实现。

1.2 城市生命力的智慧维护

本次主题论坛邀请中国工程院院士、同济大学建筑与城市规划学院吴志强教授作了题为“城市生命力的智慧维护”的主题报告。

吴志强院士以福州“三坊七巷”为例，介绍了我国古代人民利用假山营造冬暖夏凉室内环境的智慧，并指出在能源危机之下，需要寻求与自然共存的生活方式。针对目前城市中存在的热岛现象，吴志强院士团队通过土地感知分析影响城市地表温度的主要要素，即植被、建筑密度、高度、道路密度和水密度等。之后，则挖掘了不同季节中各要素对城市热环境的影响规律，并在微观尺度上利用人工智能技术对以太阳光和风能为代表的可再生能源的稳定性进行了评估，旨在实现兼顾产能、用能、环境及美观等多个方面的城市综合规划设计。

吴志强院士在报告中，重点介绍了一个基于智能城市理念的地铁站建设案例，阐述了空间互联优化在城市规划中的重要性。该研究在分析了不同空间之间相互关联的基础上，采用人工智能技术进行了设计优化，从而同时实现了城市效率的提高与能耗的降低。

此外，吴志强院士还介绍了团队在跟踪全国各地碳平衡方面所作的工作，包括利用城市绿色设计智能平台对各区域的碳排放和碳汇进行精准识别，以及针对各区域制定相应的碳中和城市布局优化方案。

吴志强院士指出，要实现真正的空间智能化，必须对感知、学习、反应、判断进行整合，并通过一个基于感知和学习的智慧城市系统案例对此进行了阐述。该系统中，第一部分是感知，涉及了建筑内墙面、地面、室内家具表面等多个维度的超感知设计，以及对室内外环境、人员和家居设备的数据监测；第二部分是学习，系统可在感知获取数据基础上，对城市和建筑的设计进行优化，从而在满足不同人群需求的基础上实现节能减排。最后，吴志强院士以医院场景为例，对此概念做出了进一步的阐述。在该案例中，吴志强院士团队通过对医院人群需求的感知，优化了患者就诊体验，实现了就诊等待时间的缩短和康复环境的改善。

吴志强院士在汇报的最后特别强调，城市规划与设计正经历着巨大的变革，借助人工智能

技术，建筑物可更好的满足用户需求，从而实现更加智能的城市环境。

1.3 对行业精英们的引导

中国制冷展专家委员会主任、北京市建筑设计研究院有限公司顾问总工程师、教授级高级工程师吴德绳以“对行业精英们的引导”为题，对制冷空调行业精英们提出了一些指导和建

议。吴德绳教授指出，行业精英们在享受社会和国家给予待遇的同时，也需抓紧时间，通过自身的努力不断提升自己的能力和素质。他进一步强调，在教育学生的过程中，应当注重因材施教，尊重每个学生的个性和差异，即将每一个学生都培养成最好的自己，而不是以工业化流水线的方式培养人才。

为了让年轻人能够更好地理解这些理念，吴德绳教授采用了故事与原理相结合的方式，并强调语言的准确性是对事物理解深刻的体现。他鼓励大家要勤于思考、善于思考，并不断提高自己的思维能力。吴德绳教授还提倡要提升自己的再学习能力，不断学习新东西，并将所学的知识升华到更高的层次。

此外，吴德绳教授认为交流和处事能力对于年轻人同样非常重要。他强调，要做到“闲谈勿论人非”且“闲谈多论人优”，多关注行业内的各个方面，不断提高自己的交流和处事能力。最后，吴德绳教授呼吁行业内的年轻人要努力、自勉，只有这样，行业才能得到不断发展，一代比一代更加强大。

1.4 建筑空间供暖和制冷能源需求的全球趋势：聚焦热泵

国际能源署技术与创新部门主管Araceil Fernandez女士作了题为“建筑空间供暖和制冷能源需求的全球趋势：聚焦热泵”的在线报告，介绍了热泵技术在全球市场的发展状况，并对目前热泵市场存在的问题、挑战以及未来的发展路径进行了分析。

Araceil Fernandez女士指出，应努力寻找实现净零排放的可行途径，以完成全球建筑行业的净零转型。根据预测，在2020年至2050年期间，全球建筑数量将持续增长，且既有建筑到2050年仍有1/2将继续存在，这将导致建筑的能源需求持续增长。根据各国目前的能源政策，预计从2030年起，所有的新建建筑和既有建筑改造都将以实现零碳排放为目标，且以锅炉为代表的基于化石燃料的供热设备将于2025年停止销售。因此，未来热泵将满足建筑物50%的供热需求。

实现净零排放转变的第一要务是提高能源效率，尤其是在建筑采暖和生活热水方面。与燃气锅炉相比，热泵在合理安装和使用条件下可实现3~5倍的节能量，因此其将被广泛应用于各种地区的空间供暖及生活热水制取。随着热泵技术的推广，目前供热市场中热泵所占的份额比例在不断上升，其中中国正成为世界上最大的热泵市场，其热泵销量呈现持续稳定的增长趋势。

热泵的市场价格在很大程度上取决于安装成本，随着各种热泵技术的进一步普及，其安装的时间和经济成本都将降低。因此，就生命周期成本而言，与其他供热设备相比，热泵将呈现出极大的优势。预计到2050年，全球热泵行业吸纳的就业量将提高至目前的3倍；到2030年，热泵的全职安装人员将提高至目前的两倍。因此，热泵行业也将面临从业人员短缺的问题，需通过认证、培训和金融/财务激励等措施，吸引更多专业人才从事热泵的相关工作。

全球热泵行业近年来虽呈现快速增长的趋势，但也面临一些瓶颈，其中部分原因是由于零配件供应的受限。但从热泵的整体供应链而言，其与许多设备可互换零部件，例如生产空调和热泵会使用相似的技术，它们的零部件可互换替代，这也为满足热泵市场的需求提供了更多的灵活性。

Araceil Fernandez女士在报告最后指出，热泵的生产过程同样是二氧化碳排放的重要来源之一，其中材料生产和设备制造产生的碳排放量将占到热泵生产碳排放总量的90%，且目前商业上仍缺乏针对该过程的脱碳技术。因此需对热泵生产过程中的脱碳技术作进一步的研究，这也是实现净零排放的重要任务之一。

2. 专题研讨会

本届中国制冷展共召开专题研讨会42场，邀请到业内专家围绕低碳制冷技术发展、热泵技术、储能空调、智慧运维以及健康热舒适等主题进行深入交流。下面对部分会议内容从制冷空调新技术、热泵与储能技术、低碳与智能运维技术、行业特色会议等4个方面进行总结。

2.1 制冷空调新技术论坛

(1) 专题1：制冷空调技术创新及应用

本次专题研讨会由上海交通大学的谷波教授主持，与会专家们以“制冷空调技术创新及应用”为题进行了深入探讨与分析。

西安工程大学黄翔教授做了题为“新形势下数据中心冷却技术的应用现状与发展趋势”的报告。报告中介绍了在“新基建”、“双碳目标”和“东数西算”背景下，数据中心冷却技术所面临的发展困境，以及数据中心的绿色可持续发展路径。黄翔教授重点阐述了蒸发冷却技术在数据机房中的发展与应用现状，并指出了数据中心未来发展的趋势，即能源绿色化、技术集成化、设备一体化、形式多样化和控制智能化，这对于推动数据中心冷却技术的创新和发展具有重要的启示作用。

西安交通大学曹锋教授以“车用CO₂热泵空调技术”为题，介绍了CO₂在车载热泵空调及热管理系统中的应用现状。目前随着“双碳目标”的推进和《基加利修正案》的实施，CO₂替代现有高GWP制冷剂的进程正在加速，但CO₂制冷/制热技术仍面临高压配件缺乏、高温环境下制冷性能欠佳等技术问题，也存在政策引导缺乏、产学研用协同困难等挑战。

上海交通大学葛天舒教授作了题为“高效除湿热泵空调技术”的报告，对其团队近年来在材料、部件及系统方面的创新进行了介绍。葛教授团队实现了铝基MOFs的自生长，与传统除湿换热器相比，其性能可提升2~5倍。此外，葛教授总结了除湿换热器的一些具体应用场景，如提高空调热泵的COP，提升燃料电池效率，用于载人登月舱等，该报告为高效除湿热泵空调技术的发展和推广提供了有益的建议，并指明了后续的研究方向。

上海海事大学田镇副教授就“车船用动力电池热管理研究现状与发展趋势”进行了汇报。报告表明，温度是影响动力电池工作效率的重要因素之一，而电池热管理系统能够将电池组的温差控制在±5℃以内。目前，电池热管理系统中的主要热控方式包括空气冷却、PCM冷却、热管冷却、热电冷却和液体冷却，其中，空气冷却和液体冷却已实现较好的商业化应用。

清华大学石文星教授作了题为“房间空调器制热能效与舒适性综合提升技术途径”的报告。报告指出，目前房间空调器在制热时的舒适性欠佳。通过对现场实测和理论分析，研究发现房间空调器在启动阶段和中间动态调控阶段的制冷剂动态迁移会导致室内参数的变化，这是影响房间内热舒适性的关键因素，并且遵循“峰终定律”。为了解决该问题，石文星教授提出了能效和舒适性的综合评价指标，并进一步分析了提升房间空调器的节能性和舒适性的技术路径。

(2) 专题2：制冷压缩机新技术

本次专题研讨会由西安交通大学邢子文教授主持，与会专家对近年来制冷压缩机及其配套设备在能效提升、减振降噪、低碳环保工质等方面的技术进步和发展趋势进行了探讨。

比泽尔制冷技术（中国）有限公司应用市场及技术解决方案经理马松工程师作了题为“活塞式CO₂压缩机新技术及应用”的报告。该公司对以CO₂为制冷剂和以传统工质为制冷剂的压缩机进行了对比测试，发现环境温度对以CO₂为制冷剂的压缩机效率影响较大。为此，比泽尔公司采用了无级机械能调节和LSPM永磁电机技术提高压缩机在部分负荷下的运行效率。同时，该公司还通过智能控制技术监测压缩机的实时运行数据，为后期的故障诊断提供了数据支撑。

冰轮环境技术股份有限公司科技发展部剧成成部长作了题为“自然工质螺杆压缩机在大型工业制冷领域的挑战与应用”的报告。剧部长将制冷需求分为工业和商业制冷两类，并深入阐述了不同行业所涉及的制冷压缩机设计标准和挑战。此外，剧部长同与会专家分享了多个大型工业制冷的应用案例，包括天然气液化和轻烃回收、VOCs回收、硅烷/多晶硅、乙烯、苯乙烯的生产储运以及CCUS用CO₂液化机组等。

天津飞旋科技股份有限公司制冷空调事业研发总工程师、飞旋集团气动设计副总工程师杜占波高级工程师作了题为“磁悬浮离心制冷压缩机新技术”的报告。总结了公司自主研发的四大核心技术，包括磁悬浮轴承技术、高速永磁电机技术、高频矢量变频技术和高效流体机械技术。此外，杜总详细介绍了如何提升压缩机性能、验证部件和整机可靠性。

艾默生环境优化技术（苏州）有限公司研发技术总监刘强作了题为“涡旋压缩机技术开发及其应用”的报告。刘强总监回顾了涡旋压缩机技术的发展史，并指出了涡旋压缩机研发的5个关键技术：压缩腔优化、双柔性方案、高效电机、润滑系统和温度管理。此外，刘强总监结合当前能效提升和低碳环保工质应用等行业需求，介绍了最新涡旋压缩机在低GWP制冷剂和生命周期运行能效提升方面的研究成果。

格力电器商用空调技术一部科室主任武晓昆高级工程师作了题为“7℃出水7.0COP变频螺杆式冷水机组关键技术”的报告。武晓昆主任在汇报中指出，实现7.0COP的主要路线有两条：一是采用逆流水路串联多系统，分配多压缩机工况，降低单压缩机的运行压比和压差，从而提升系统能效；二是构建小压比双级螺杆压缩机，等压比分配，同时双级压缩中间腔可为补气营造压力稳定区，配合闪发式ECO循环，进一步提升能效。武主任认为双级永磁变频可变压比螺杆压缩机是“双碳”战略目标下空调、冷冻及热泵系统节能的最优解决方案。

(3) 专题13：“双碳”目标下中国冷链物流创新发展论坛

本次论坛由北京市农林科学院刘升研究员主持，论坛围绕“双碳”目标下的冷链物流、冷链装备、蓄冷技术等方面的最新技术进行了探讨，为冷链行业从业人员提供了技术交流平台。

北京市农林科学院刘升研究员作了题为“双碳目标西安中国果蔬冷链物流创新发展”的报告。报告中简述了中国果蔬冷链物流技术的发展现状，并介绍了一些冷链装备的创新成果，例如移动式压差预冷设备、移动式冷水预冷设备、电子冷藏箱和丙烷冷藏物流箱等。这些装备能够提高冷链物流的效率、降低能耗和运营成本，并促进农产品的保鲜。

江西省供销冷链科技有限公司总经理张义龙以“江西城乡冷链物流骨干网创新模式报告”为题进行了汇报。报告中对江西城乡冷链物流骨干网建设现状及进展进行了介绍，并对投资建设模式创新的成果进行了阐述。在此基础上，还分享了江西省城乡冷链物流骨干网建设的整体优化布局设计、模式创新的经验及举措。

中车石家庄车辆有限公司冷链项目部副总经理童山虎作了题为“双碳目标下智能蓄冷技术的应用实践”的报告。报告围绕“双碳”目标下冷链装备转型升级的新趋势，介绍了中车冷链装备体系中基于蓄冷技术的整体解决方案，并分享了中车智能蓄冷技术在多元场景下的应用成果。

利群集团冷链物流中心副总经理何正光作了题为“冷链物流设施应用与实践”的报告。报告中结合集团自有的物流体系，特别是冷链物流体系建设，介绍了冷链物流先进设备设施的应用与实践，实现了冷链产品从源头采购、仓储、分拣、深加工以及零售端的全流程控制。

江苏省精创电气股份有限公司营销总监刘颖作了题为“ECO₂云计算节能赋能冷库助力双碳达标”的报告。报告详细介绍了精创ECO₂云计算节能控制系统，该系统能够精准地分析每个冷库的最佳制冷时间，从而满足了冷库的能耗管理数字化需求。

上海海事大学的章学来教授作了题为“双碳背景下冷链物流运输装备节能关键技术”的报告。报告结合“碳达峰、碳中和”的政策要求，简述了冷链物流装备的国内外研究进展，并介绍了上海海事大学在蓄冷式冷链物流技术领域的工作成果。此外，报告还指出了冷链物流装备技术的发展方向。

(4) 专题17：蒸发冷却空调关键技术及应用研讨会

本次专题研讨会由西安工程大学黄翔教授主持，会场专家以“蒸发冷却空调关键技术及应用”为主题展开了深入的讨论与交流。

澳蓝(福建)实业有限公司总工程师何华明作了题为“蒸发冷却关键技术的研发及应用”的报告。报告中指出，填料的性能对直接蒸发冷却的效率具有重要影响，而间接蒸发冷却则需要解决冷却芯体强度、易受腐蚀、换热效率等问题。此外，报告人列举了几种蒸发冷却技术的典型应用场景，并对它们的节能效果进行了深入分析。

新疆维吾尔自治区建筑设计研究院党委书记刘鸣高级工程师作了题为“蒸发冷却空调的性能与气象参数的关系”的报告。报告中指出，我国现行室外设计气象参数在干热气候区存在误差，这对蒸发冷却空调系统的设计和使用造成了严重的影响。这些误差可能导致系统设计的准确性欠佳，导致系统效率、性能及稳定性的下降，从而导致系统能耗和运行成本的增加。

北京建筑大学徐鹏教授作了题为“回热式间接蒸发冷却器内部热湿工况研究”的报告。报告中指出，目前业内对蒸发冷却器的关注点主要集中在以下4个方面：（1）蒸发冷却器性能的提升；（2）紧凑小型化；（3）新材料的使用；（4）制造工艺的改进。为此，徐鹏教授团队搭建了自己的实验样机，并针对以上4个方面进行了深入的实验研究。

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以“新版蒸发冷却式空调机组系列标准要点解析”为题，进行了汇报。谢所长针对2023年4月1日起实施的蒸发冷却式空调机组系列新标准进行了介绍，从标准的适用范围、产品型式、技术要求和试验方法进行详细阐述，重点分析了蒸发冷却式空调机组系列标准规定的关键指标。

西安工程大学教授讲师褚俊杰博士作了题为“间接蒸发冷却空调能效提升关键因素探讨”的报告。褚俊杰博士的报告指出，要提升间接蒸发冷却空调的能效，需要更加精准的室外气象参数，并对冷却器材料、流道结构形式、补水方式、二/一次风量比及水质等核心关键技术进行更深入的研究。此外，还需加强间接蒸发冷却空调系统运行维护方面的投入。

(5) 专题24：制冷空调零部件质量提升技术专题研讨会

本场专题研讨会旨在促进我国制冷空调零部件的高质量发展，由合肥通用机电产品检测院张明圣副院长和合肥通用机械研究院总工程师张秀平研究员共同担任论坛主席。

丹佛斯气候方案事业部及市场部苏祖坚经理作了题为“丹佛斯绿色节能方案”的报告。在“双碳”背景下，丹佛斯利用ESG作为企业差异化和盈利增长的来源，提供磁悬浮压缩机、涡旋压缩机、板换、阀件、控制模块等零部件，并为行业中的各类应用场景提供绿色节能的整体定制化方案。

天津飞旋科技股份有限公司总工程师沙宏磊高级工程师在题为“磁悬浮高速驱动技术”的报告中介绍了磁悬浮轴承、高速电机和高频矢量变频技术，就磁悬浮高速旋转机械的技术内涵和产业化进展，以及磁悬浮制冷压缩机等“磁悬浮”产品的工业应用情况同与会者进行了交流。

西安中星测控有限公司制冷事业部技术总监赵伟在题为“智能传感器在空调制冷节能系统中的应用”的报告中指出，要降低空调能耗，关键在于要在能耗开始增长时及早预警，并通过数据的反馈来优化系统的节能策略。同时，积极开发和合理应用新型节能控制技术也是减少空调能耗的关键路径之一。

冰山冷热科技股份有限公司研发统括部副统括部长、研发总监周丹高级工程师以“工业气体压缩技术与应用”为题，介绍了冰山集团工业气体压缩用高压压缩机、二氧化碳增压机组、混合冷剂机组、水蒸汽压缩等技术的应用情况。

三花控股集团法规与标准化管理部部长金辉工程师作了题为“新能源汽车（热管理）零部件设计质量评审”的报告。报告详细介绍了碳足迹相关的国际标准和风冷换热器减碳量的计算方法，并结合计算案例介绍了高效微通道换热器的减碳潜力。

(6) 专题37：高科技与制冷技术专题研讨会

本场专题研讨会以高科技与制冷技术为主题，由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和合肥通用机械研究院有限公司王汝金高工共同担任主席。

中科院合肥物质科学研究院中性束注入研究室主任谢远来研究员作了题为“低温技术在磁约束聚变领域的应用与发展”的报告。报告简要介绍了磁约束聚变原理和未来的发展趋势，并对磁约束聚变对低温技术的需求，以及低温技术在磁约束聚变领域的应用做了详细的阐述。

清华大学合肥公共安全研究院、灾害机理与模拟研究中心常务副主任武金模高级工程师在题为“多灾种耦合作用实验平台研制与合作共享”的报告中介绍了一种多灾种耦合作用的实验

平台。该平台属于公共安全领域的重大科技基础设施，能模拟台风、暴雨/雪、冰冻、严寒、酷热、强日照等极端灾害及其耦合环境，可用于大型应急装备、车辆的环境测试及人员训练。

中科院等离子体物理研究所技术中心主任郭斌副研究员作了题为“磁约束核聚变堆HVAC系统简介”的报告。报告详细介绍了磁约束核聚变堆的供热通风与空调系统，并围绕目前国际上在建或运行的聚变实验装置的设计进展同与会者进行了深入交流。

合肥通用机械研究院制冷空调事业部总工程师张秀平研究员作了题为“大型/高精度系统散热环控技术”的报告，指出，大型/高精度系统散热环控主要用于实现较大负荷/较高精度系统的散热和环境温度控制，具有负荷大、区域广、负荷功能较复杂及温度控制精度高等特点。该报告全面阐述了相关技术的原理、应用现状及最新的研究进展。

(7) 专题36：先进空调除湿技术与应用专题研讨会

本次研讨会由上海交通大学代彦军教授和葛天舒教授共同主持。与会专家们围绕近年来发展的新型除湿方法和技术，如回热型干燥剂除湿循环应用、溶液除湿系统、除湿热泵、环境湿度控制等作了相关报告，旨在推进空调除湿技术的交流与发展。

广东美的制冷设备有限公司先行研究工程师秦铃作了题为“控湿材料在家居领域的研究及其应用”的报告，指出，在碳中和背景下，迫切需要可以兼顾舒适和高效的温湿度调节技术。然而，传统的冷冻除湿技术无法实现温湿度的独立控制，因此需对以热源作为驱动力的控湿技术进行深入的研究。

浙江大学张学军教授以“湿度优先控制技术的应用”为题作了报告。报告中详细阐述了几种应用于博物馆环境的除湿技术，并聚焦热湿解耦技术，介绍了用于湿度调节的双回路表冷器、再热器和独立新风系统。

清华大学助理研究员张涛向与会人员介绍了深度除湿系统节能优化方法与应用概况。围绕深度除湿的场景需求，讨论了常见除湿方式在深度除湿阶段的性能差异，探讨了深度除湿流程的节能优化方法，为深度除湿领域的低碳发展提供理论依据与技术支撑。

东南大学殷勇高教授作了题为“建筑与工业领域的湿度控制及应用”的报告。报告中指出，空气湿度调控在建筑热湿环境、工业生产工艺等方面有着广泛的应用场景，探索高效的除湿方法与技术对于我国碳中和战略具有重要的支撑作用。殷勇高教授详细介绍了新型溶液除湿技术在建筑新风处理、工业湿度调控、低品位热能深度利用等方面的应用状况。

华南理工大学綦戎辉教授以“针对狭小空间的电解质膜独立除湿技术”为题作了报告指出，精密仪器/设备内部、贵重物品储存、关键部件保护等特殊狭小空间中有迫切的除湿需求。电解质膜除湿是近年来新发展的电化学主动除湿技术，其采用 μm 厚度的膜电极代替传统吸湿介质，利用3 V左右的低压直流电电解并驱动湿度转移，具有小巧紧凑、控湿区间宽（高温 80°C ，低温 $<0^{\circ}\text{C}$ ，低湿 $<30\% \text{RH}$ 均可正常运行）等优势，且适于与光伏等可再生能源进行结合。綦教授阐述了电解质膜除湿的理论建模仿真、除湿单元开发、关键材料调控及光伏驱动等方面的研究现状，并展示这一新兴除湿技术在小空间、高精度独立除湿领域的应用前景。

(8) 专题7：新型除湿技术与空调系统节能/《上海制冷史》介绍与签署

本次研讨会由上海冷冻空调行业协会秘书长邵乃宇高级工程师和华南理工大学刘金平教授共同主持，主要对目前建筑空调及其他应用领域的除湿技术进行了交流，从而探究低碳节能的

新型除湿技术。此外，本次研讨会还向参会人员介绍《上海制冷史》并举行了签售活动。

东南大学张小松教授以“低碳高效除湿技术研究探索”为题作了报告。首先从建筑能耗与节能降碳目标出发，介绍了各个领域的除湿需求。在对除湿技术进行总结梳理的基础上，重点对除湿技术的节能降碳尤其是低碳除湿技术进行了讨论分析，详细阐述了冷冻除湿、固体除湿、溶液除湿、膜除湿、电渗析空气直接除湿等技术。

杭州松井电器有限公司市场、泳池事业部副总监侯晓东向与会者介绍了泳池除湿及节能新技术的应用。报告人围绕“泳池—除湿—空调—热回收解决方案”进行了深入分析，结合目前泳池市场的发展情况，从系统能效、新技术应用、湿度问题预防、合理运行等方面介绍了泳池除湿及池水恒温系统的设计思路和方法。

VOC高级工程师、东洋桑工业科技（上海）有限公司亚太地区市场总监刘全针对35℃~70℃低温再生高分子除湿转轮及应用进行了详细的介绍。刘全高级工程师分析了当前空气处理领域中冷凝低温除湿和传统转轮除湿的不足，详细介绍了低温再生转轮技术。报告中指出，高分子聚合物吸附剂可实现35℃~70℃低温再生，在低温环境下也能达到深度除湿的目标，且利用热泵热等闲置能源即可实现再生。

浙江汉德建筑科技有限公司总经理陶修军工程师以“定制化溶液调湿空调机组”为题作了报告。报告人介绍了温、湿独立控制的理念和优势，详细分析了溶液调湿的原理，指出需利用溶液的吸湿与放湿特性对空气湿度进行控制。最后则结合了相关典型案例讨论了溶液调湿技术的应用特性。

最后，邵乃宇高级工程师对《上海制冷史》的撰编背景、撰编过程、概况数据等方面进行详细介绍，并阐述了《上海制冷史》的主要内容，旨在呼吁行业人员响应政策号召，继续开拓进取。

2.2 热泵与储能技术论坛

(1) 专题5：压缩机应用技术-热泵压缩机论坛

本场专题研讨会由北京工业大学马国远教授主持，邀请了多个压缩机生产商的技术负责人，对新近开发的热泵压缩机特点、运行特性及应用示例进行了讲解。

上海海立电器有限公司新兴事业部谢邴卿高级工程师作了题为“R290压缩机关键技术及市场应用”的报告，介绍了R290压缩机的关键技术，从多个维度对R290压缩机的设计要点进行了解读，并对其应用场景进行了分析。

江森自控日立万宝压缩机（广州）有限公司技术部李勇平课长在题为“R32热泵用变频涡旋压缩机的技术开发”的报告中指出，在国内“双碳”政策推动下，制冷行业积极采用低GWP冷媒和直流变频技术来改进压缩机性能，其中R32直流变频技术是具有代表性的有效手段。而江森自控作为专业涡旋压缩机生产设计厂家，解决了其中的技术瓶颈，推出了全系列热泵用R32直流变频涡旋压缩机。

格力电器股份有限公司转子压缩机研究所所长阙沛祯高级工程师作了题为“低温热泵用转子压缩机研究及应用”的报告。报告中针对低温环境下热泵机组运行的特性及面临的问题，介绍了格力低温型热泵转子压缩机的技术路线、工作原理及创新技术。

冰轮环境技术股份有限公司研发部长徐树伍高级工程师作了题为“氨及蒸汽压缩机的研发及应用”的报告，结合应用案例介绍了低温余热用压缩机、制冷排热回收用压缩机及工业热泵用压缩机的研发现状，并对相关系统技术同与会者进行了交流。

福建雪人股份有限公司许平飞工程师以“CO₂热泵压缩机应用现状与前景”为题，介绍了CO₂热泵压缩机的应用背景、系统组成、性能特点、运行流程及其在目前热能应用领域的优势。

丹佛斯投资（中国）有限公司高级研发和应用经理荀群德先生作了题为“磁悬浮无油热泵压缩机的创新设计与应用”的报告，介绍了丹佛斯磁悬浮无油热泵压缩机的开发过程，重点分析了丹佛斯最新型的无油离心压缩机在热泵应用方面的技术突破与应用创新，最后则分享了典型的应用案例。

(2) 专题39：建筑供热高效热泵技术论坛

本专题研讨会由哈尔滨工业大学倪龙教授和安徽省建筑设计研究总院股份有限公司黄世山工程师共同主持。7位专家围绕热泵整机、零部件、系统匹配、标准制定和应用案例等方面作了专题报告，旨在推动高效热泵在建筑领域的应用实践与发展。

东南大学张小松教授作了题为“新型无霜空气源热泵及其适应性研究”的报告。张教授针对传统空气源热泵灵活和使用方便等优点，分享了一种无霜空气源热泵系统，旨在全面提升了空气源热泵的性能，从而实现冬夏工况的双高效。

中国建筑西北设计研究院有限公司机电二院暖通执行总工程师张小刚以“关中地区清洁能源热泵技术应用与分析”为题作了报告，围绕“双碳”背景解读了国家热泵技术的最新政策法规，阐述关中地区污水源、地源热泵的应用现状，深度剖析了污水源热泵技术、地热能热泵技术的应用案例，并提出了“热泵”复合式能源系统的后续发展方向。

中国建筑科学研究院有限公司副主任李骥以“新型热泵系统与电网交互”为题作了报告，详细介绍了结合热泵系统与电网的智能柔性运行策略，旨在实现清洁能源的稳定消纳，从而极大提高整体能源系统的可持续性和经济性。

威乐(中国)水泵系统有限公司高级技术工程师饶灏儒以“高效智能水泵助力热泵系统整体能效提升”为题作了报告，分析了高效变频水泵对热泵整机系统节能空间提升的重要作用，并指出数字化、智能化技术可赋能热泵产业升级及整体能效提升，其对于大力推动“双碳”目标具有至关重要的意义。

安徽省建筑设计研究总院股份有限公司技术质量部主任高峰以“夏热冬冷地区空气源热泵供暖技术的研究与标准制订”为题，介绍了夏热冬冷地区空气源热泵应用的现状，并详细分析了空气源热泵供暖的主要问题。还阐述了空气源热泵设计中的融霜修正、末端修正、主机选型等要点，并介绍了安徽省空气源热泵供暖空调工程技术规程编制的情况。

重庆美的通用制冷设备有限公司研发总监骆名文作了题为“建筑供暖用高效空气源热泵关键技术及应用”的报告，指出了当前空气源热泵供暖面临的低温能效低、除霜损失大、水泵功耗大3个问题，并提出了气液混合喷射、自学习化霜及大供回水温差这3个关键技术，旨在解决上述问题。

哈尔滨工业大学倪龙教授作了题为“寒区空气源热泵供暖机组关键技术研究”的报告，从

补气性能提升机制、环境温度分段控制、吸气策略、加速除霜、变频机组负荷分区设计等角度介绍了寒区空气源热泵供暖机组的关键技术。

(3) 专题41：热泵新技术及产品质量提升发展论坛

中国制冷空调工业协会热泵分会秘书长朱丰雷高级工程师担任本专题研讨会的主席，与会专家们讨论了热泵新技术的开发、应用以及产品质量提升等技术问题。

合肥通用机电产品检测院制冷所所长助理牛晓文工程师以“空气源热泵性能试验和评价中欧标准对标分析”为题作了报告，主要介绍了中欧空气源热泵性能评价标准、制热季节能效评价方法和性能试验方法3个方面的详细内容。

浙江盾安人工环境股份有限公司应用经理邱成高级工程师介绍了热泵系统用零部件性能及可靠性提升解决方案。邱高工分享了助力热泵系统性能及可靠性提升的不锈钢四通换向阀、高MODP电子膨胀阀、不锈钢管组等新结构/材料零件产品。

冰山松洋压缩机开发本部副部长郎贤明高级工程师作了题为“R290 A2W热泵技术应用”的报告，介绍了天然环保制冷剂R290直流变频涡旋压缩机技术在热泵热水领域的应用概况，并阐述了当前低GWP制冷剂的发展趋势，以及R290与R32制冷剂应用于A2W热泵的技术差异。

中广电器集团研发总监蒋建军作了题为“热泵空调的绿色低碳技术发展及案例分享”的报告，从供暖的角度重点分析了热泵空调节能减碳的具体优势，并分享了相关的典型案例。

艾默生环境优化技术（苏州）有限公司高级市场经理王硕渊高级工程师分享了“欧洲R290热泵谷轮解决方案”，详细介绍了欧洲R290热泵需求及谷轮解决方案的特点，涉及了压缩机、驱动和主控等方面的内容。

上海海立电器有限公司首席技术官周易高级工程师针对“热泵领域压缩机的新应用及技术发展”向与会者作了介绍。报告中指出，热泵作为一种节能技术在“双碳”背景下得到了越来越广的应用，但在快速发展的过程中也出现了不少亟待解决的问题。分享了海立在热泵领域中压缩机的新产品开发及应用案例，并对未来的技术发展方向提出了展望。

丹佛斯气候方案事业部刘东高级工程师作了题为“双碳目标下热泵技术发展与创新”的报告，其中结合“双碳”目标重点指出，热泵节能增效技术的改进对于能源行业的低碳转型具有重要意义。

(4) 专题8：《热泵应用示范项目案例集》发布会及典型案例报告

本次报告由上海交通大学王如竹教授主持，发布了《热泵应用示范项目案例集》，与会专家们探讨了热泵技术的应用和发展，并分享了典型案例和成果。

王如竹教授就《热泵应用示范项目案例集》的总体情况作了报告，主要介绍了该案例集的征集过程及其对行业的作用，并讨论了热泵技术在未来热能减碳方面的重要性。

冰轮环境技术股份有限公司技术总监王鹤森高级工程师分享了“福建正大食品蒸汽改造工程的项目案例”。首先介绍了冷热互联的典型解决方案，并针对制冷的冷凝热回收、核心设备及系统优势3个方面进行了详细的分析。之后，结合福建正大食品蒸汽改造工程展示了利用热泵技术进行制冷系统余热回收的可行性。

上海交通大学助理研究员、上海诺通新能源科技有限公司总经理胡斌博士分享了“宏济堂酒坊高温空气源热泵蒸汽供应”项目案例，并结合该案例从运行原理、关键设备和运行情况等

方面详细介绍了高温蒸汽源热泵蒸汽供应系统。最后，胡博士分析了高温蒸汽源热泵锅炉的技术特点，并通过相关工程案例展示了该系统的推广价值。

中国科学理化技术研究所杨鲁伟研究员分享了“300吨/天粮食热泵干燥塔”项目案例，指出绿电是优质清洁的二次能源，而热泵则是电热转换的最佳方式。详细阐述了闭式除湿热泵粮食干燥技术，其中涵盖了低环温大温差热泵高效除湿供热技术、高温高湿含尘废气高效除尘技术、换热器自动高效清洗技术和高融合智能监测控制技术，并在此基础上进一步分析了本技术用于实际项目的具体概况。

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以“‘大唐西固电厂的余热回收供热扩容工程’项目案例分享”为题作了报告。报告主要介绍了利用吸收式热泵回收汽轮机机组循环水余热的项目案例，展示了两段型溴化锂吸收式热泵与蒸汽单效溴化锂吸收式热泵的原理流程。

北京合创三众能源科技股份有限公司热泵技术经理陈珊珊分享了“中关村软件园孵化加速器项目地源热泵系统工程”项目案例，指出该项目地源热泵系统的运行中采用了基于AI的智能管控系统，该系统中采用了信息化计量系统进行智能节能运行控制和能耗统计，并利用人工智能软件自主学习运行规律，从而实现全自动化的智能节能运行。

广东美的制冷设备有限公司性能开发平台负责人邵艳波分享了“低环温空气源热泵热风机供暖关键技术应用”项目案例。以传统空气源热泵的技术难题为切入点，对低环温空气源热泵热风机的创新性进行了阐述，并展望了该技术的后续改进方向。

(5) 专题4：储能空调发展论坛

本次论坛由上海海事大学章学来教授和中国科学院理化技术研究所张振涛研究员共同主持，主要介绍了目前储能空调在储能材料、方式、技术等方面的进展及发展趋势，其中涉及了相变蓄能、CO₂储能、过冷水制冰、真空闪蒸制冰、冰浆技术等领域。

上海海事大学章学来教授以“真空闪蒸制冰技术及其发展”为题，介绍了真空闪蒸制冰技术的基本原理及过程，并根据冰浆生成及真空系统设计方式对真空闪蒸制冰系统进行了分类，详细分析了维持真空度、强化传热、过冷等真空闪蒸制冰技术的要点。最后，则对真空闪蒸制冰技术的后续研究重点做出了展望。

烟台冰轮节能科技有限公司的鲁威高级工程师作了题为“过冷水动态冰浆在空调储能中的高效应用”的报告，指出储能可以有效解决能源供需间的不匹配问题，而过冷水动态冰浆以其效率高、能量密度高、零添加等诸多优点，成为了制冰储能的首选方式。报告围绕动态冰浆的原理、能量密度及应用场景同与会者展开了交流讨论。

中国科学院理化技术研究所张振涛研究员作了题为“热泵型二氧化碳储能技术研究现状及应用前景”的报告，介绍了热泵型二氧化碳储能技术的基本原理、国内外研究现状、主要技术特征和应用前景，以期推动该技术的持续发展和产业化推广。

中国科学院广州能源研究所储能技术研究室副主任宋文吉作了题为“冰浆制备技术研究进展及创新应用”的报告，指出冰浆既可以蓄冷也可以载冷，利用其良好流动性、高相变焓值等突出优势，可实现多种场景的创新应用。

长沙理工大学李传常教授以“十水硫酸钠复合相变储冷材料的开发与应用”为题，阐述了

十水硫酸钠相变储冷性能的调控原理，并通过对其进行性能优化，制备了高储冷量、高导热、循环性能良好的相变储冷材料。此外，报告中还对该相变储冷材料的应用现状进行了详细介绍。

(6) 专题25：新型储能及先进低碳技术论坛

本次专题研讨会由北京理工大学李明佳教授主持，研讨会从技术研发、政策导向、市场需求等不同的角度出发，总结了多种新型储能技术的特点与应用前景。

上海交通大学李廷贤教授在题为“高密度热能存储与能质调控”的报告中指出，热能的存储和转换利用具有高安全性、低成本和易于规模化的优势，是支撑我国能源结构转型和实现“双碳”目标的重要途径。此外，报告还重点介绍了高能量密度的热能存储原理，以及储热增量和提质的调控方法。

清华大学薛小代副研究员作了题为“先进压缩空气储能技术”的报告，针对非补燃压缩空气储能技术的原理、关键点、核心装备研制以及示范应用情况等方面进行了详细的介绍，对于实现电能的大规模清洁高效存储和转换具有重要意义。

珠海格力电器股份有限公司袁金荣所长作了题为“能源互联网储能系统技术与应用”的报告，从系统设计、运行策略、空调系统热管理、应用案例等多个方面对储能技术进行了介绍，其中重点指出，近用户侧的能源互联网系统是一种基于清洁能源的新型电力系统解决方案。

思安新能源股份有限公司研发总监薛晓迪作了题为“储热技术在工业中应用的研究进展”的报告，介绍了强化换热、产品加工工艺和系统集成等技术，并综述了低温相变、中高温固体和高温熔盐等储热产品的原理，以及其在工业应用中的现状。此外，还探讨了以上储热技术在光热发电、清洁能源供热、工业余热回收以及用户侧调峰中的应用前景。

南京天加能源科技有限公司海外中心总监潘军臣作了题为“新型二氧化碳与光热储能技术研究”的报告，介绍了一种基于ORC（有机朗肯循环）的低成本、大规模、长寿命的储能系统，即Thermo Hydro。该系统主要利用基于封闭热力学循环的CO₂储能技术，通过控制CO₂在气相和液相之间的转换，实现高效储能。

丹佛斯（中国）投资有限公司业务拓展经理唐小辉作了题为“电化学储能热管理的高能效液冷方案”的报告，详细介绍了储能电池液冷技术发展的背景，并结合电化学储能的可靠性和安全性，介绍了一种高效的液冷方案，从而优化电化学储能的热管理。

(7) 专题19：建筑用空调供暖蓄能调峰技术论坛

本次专题研讨会由重庆市制冷学会理事长卢军教授主持，邀请多名来自高校、研究机构和相关企业的科研人员，探讨暖通空调电力调峰的相关技术、控制策略和政策建议。

北京理工大学刘淑丽教授作了题为“从人行为到设备再到建筑体的柔性用能及其调控”的报告，指出人的热舒适需求因个性差别和不同场景而异，因此需针对不同场景的耗能需求进行分析，并结合适当的设备调控，从而缓解用能高峰期的能源紧张问题。此外，结合建筑的主被动蓄能措施，可实现从人—设备—建筑3个层面的柔性用能调控。

四川省建筑设计研究院有限公司人工环控与能源应用中心负责人王曦高级工程师作了题为“数智化技术在建筑空调系统节能与柔性用能的实践”的报告。王曦高级工程师基于自己的实际项目经验指出，建筑空调系统的节能和柔性用能应当在保证室内热环境和空气品质不受牺牲

的情况下进行。认为可以借助机器学习的手段，以数智化为核心，在低成本、低代价的条件下实现空调系统的节能和柔性用能。

郑州大学李为林副教授作了题为“主被动储热技术在建筑柔性用电中的应用”的报告，指出建筑空调的季节性大规模使用是城市电力供需矛盾的主要原因，因此空调是建筑柔性用电调控的重点对象。对此，李为林副教授团队对建筑空调柔性用电中的主被动储热技术展开研究，包括建筑固有“虚拟储能装置”有效容量的确定和利用，以及基于相变储能的空调主动蓄热装置研发这两大部分。

中科院广州能源研究所储能及节能技术研究室主任、广州能源所重庆研究院冯自平院长就“建筑电力负荷削峰的技术路径及商业模式”作了报告，指出随着全社会用电量的快速上升，我国电网供需不匹配现象愈发严重，为解决该问题，需通过气电结合、多能互补及储能等方式实现建筑的柔性用能，同时还可通过综合能源服务模式推广高效节能技术，并有效实现电力负荷的移峰填谷。

美的楼宇科技事业部水机行业应用中心部长、重庆大学建筑与土木工程专业硕士生导师陈改芳高级工程师作了题为“磁悬浮双工况机组在冰蓄冷空调系统中的应用”的报告，指出在“双碳”政策的大背景下，暖通空调领域既要提升空调机组及空调系统的能效，也要加快调峰储能、自然冷源利用等技术的发展与应用。

2.3 低碳与智能运维技术论坛

(1) 专题21：制冷空调低碳技术及工程应用专题研讨会

本专题研讨会由中国建筑西北设计研究院副总赵民和清华大学刘晓华教授共同主持，研讨会聚焦于“碳达峰、碳中和”目标，交流了制冷空调低碳技术的最新研究成果，为制冷空调行业低碳发展的加速落地提供了技术支撑。

华建集团科创中心（技术发展部）副主任瞿燕作了题为“上海超低能耗建筑高质量发展实践与探讨”的报告，介绍了在“双碳”背景下，上海市推进超低能耗建筑的政策和发展趋势，其中从设计层面提炼了上海市超低能耗建筑技术体系和设计特点，并从施工实践层面总结了施工风险点和精细化管理的要点。

清华大学李先庭教授作了题为“自然能源应用于供热空调的潜力评价方法”的报告，从修正度时数这一概念出发，介绍其最新的定义。该指标适用于评价空气能、地能、辐射能等自然能源在暖通空调中的应用潜力，从而为不同地区的自然能源潜力量化提供计算依据。

海尔空调电子有限公司行业企划总监张庆宇作了题为“海尔北斗高效机房节能技术及应用方案”的报告，通过对一站式机房的详细介绍，充分展示了海尔公司在产品节能、方案节能以及全生命周期节能方面的研究成果，为制冷行业的可持续发展提供了有力的支持。

中国建筑西南设计研究院有限公司双碳中心执行总工程师刘希臣作了题为“夏热冬冷地区既有建筑低碳改造技术路径—以中建西南院第二办公楼为例”的报告，通过对既有建筑低碳改造技术的介绍，探讨了在夏热冬冷地区实施既有建筑低碳改造的最佳路径，为建筑领域实现“双碳”目标提供了新的思路和方法。

格力电器国创能源互联网创新中心（广东）有限公司总经理助理廖俊豪以“格力光储空调

系统方案和应用案例”为题，分享了团队在能源互联网光储空调系统项目实施过程中的实践成果和心得，并介绍了光储空调系统在全球各典型气候区和应用场景中的系统解决方案。

中国建筑西北设计研究院副总赵民作了题为“暖通空调低碳设计策略浅析”的报告，从政策导向入手，分析了建筑用能的组成，并提出了针对性的低碳设计应对策略。此外，还介绍了设计中常用的新技术及相关的工程案例。

(2) 专题32：能源站设计与低碳运行论坛

本次论坛由重庆大学高亚锋教授和重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司高新设计院副院长、主任工程师廖了联合主持。与会专家针对能源站的“零碳”设计路线和技术框架进行了学术分享与交流。

中国建筑西北设计研究院周敏总工程师作了题为“‘零碳’建筑能源站的探索与设计”的报告，围绕在当前形势下，如何应用“双碳”理念对传统建筑能源进行“零碳”改造，以及如何实现能源站的“零碳”设计进行了分享。此外，周敏总工还针对已运行（2022年）的国内首个“氢储能—建筑能源站”工程项目进行了分析，为未来“零碳”能源站的工程落地提供了参照。

法电长丰（三亚）能源有限公司运营副总经理王波以“三亚低碳智慧能源海棠湾示范区项目介绍”为题，针对三亚低碳智慧能源海棠湾示范区项目中的能源站设计、自控软件等内容进行了分享。

中国建筑西南设计研究院副主任司鹏飞高级工程师作了题为“夏热冬冷地区综合能源方案优化案例分析”的报告，以成都高新区未来科技城起步区集中供能能源站建设项目为例，结合项目所在区域电力、天然气、污水源等多种能源供应条件，确定了能源综合利用的技术路径，并制定了合理运行策略，实现了综合多种清洁能源技术的复合高效系统。

美的楼宇科技事业部水机行业应用中心部长、重庆大学建筑与土木工程专业硕士生导师陈改芳高级工程师就“重庆广阳岛清洁能源站设计与低碳运行”进行了汇报，首先对重庆广阳岛项目的概况进行了介绍，重点分析了广阳岛能源站设计中采用的清洁能源体系的优势。

重庆大学卢军教授以“能源站复合能源系统设计与运行分析”为题，进行了汇报。指出，制定能源站节能运行控制策略需要综合考虑多个因素，其中包括了区域能源站的负荷需求、所在地的能源资源条件、项目的冷热源设备配置方案。在此基础上，还需考虑采用蓄能措施削峰填谷，从而使得系统具备较好的用能柔性。

(3) 专题35：建筑蓄能助力电力低碳转型专题研讨会

本专题由深圳市建筑科学研究院股份有限公司副总工程师郝斌高级工程师和清华大学刘晓华教授共同主持。与会专家针对建筑侧的蓄能技术进行了学术分享与交流。

清华大学刘晓华教授以“新型电力系统中用户侧等效储能资源与刻画方法”为题作了报告，围绕用户侧的储能资源有哪些、如何认识和刻画用户侧具有的储能资源、用户侧具有的等效储能资源受哪些因素影响、如何在满足用户侧使用需求基础上更好地发挥用户侧等效储能资源的调节潜力等问题进行了探讨。

清华大学助理研究员张涛作了题为“新型电力系统视角下建筑侧蓄冷再认识”的报告，介绍了新型电力系统建设需求下的建筑侧蓄冷要求，并在此基础上分析了建筑侧蓄冷的设计与运

行方法，讨论了用户侧蓄冷与蓄电之间的联系和区别。此外，还提出了一种用于衡量蓄冷对于建筑用能柔性影响的评价方法，即等效电池法。

深圳华森建筑与工程设计顾问有限公司执行总工程师李百公以“基于双碳理念的蓄冷空调系统调节潜力及调节特性研究及应用”为题作了报告，结合工程案例，从发挥蓄冷空调系统（冰蓄冷、水蓄冷等）调节潜力及调节性能的理念出发，分析了实现高效低碳空调系统的技术路线及设计方法，阐述了蓄冷空调系统对于平衡电力负荷、提高电力系统能效、助力电力系统低碳转型的优势。

烟台冰轮节能科技有限公司副总经理鲁威以“建筑空调绿色储能—动态冰浆”为题作了报告，指出采用动态冰浆技术可以更加高效的、稳定的、安全地进行贴合式储能，从而提升用能的效率，降低对电力的过度依赖。报告中还指出了建筑储能的深层意义，即释放能源份额提升全社会的共同发展。

珠海格力电器股份有限公司建筑环境与节能研究院副院长王升介绍了“智慧高效区域供冷技术的研究与应用”，讨论了高速直驱、大功率永磁同步电机、双级压缩等技术创新带来的效率提升，详细阐述了系统仿真、负荷动态预测、蓄/融冰优化控制、主机全工作范围区域寻优控制等技术的应用前景。

中科院深圳先进技术研究院碳中和所冯威研究员以“建筑侧储能技术及其安全性”为题作了报告，介绍了建筑侧电储能技术及相关项目的应用情况，着重分析了建筑侧电储能的相关标准，以及蓄电安全性的相关技术要点。最后则展望了建筑侧电储能与电网集成的技术运用前景。

(4) 专题6：绿色低碳建筑和园区的技术路线实践论坛

本场专题研讨会的主题是零碳产业链的创新突破，会议主席为同济大学张旭教授和朗诗控股首席技术官、朗绿科技副总裁谢远建先生，会议由中国建筑节能协会被动式建筑专委会荣誉秘书长徐智勇先生主持。

上海市节能减排中心绿色低碳发展部主任金颖高级工程师作了题为“双碳背景下建筑领域的机遇与挑战”的报告，指出了当前建筑领域的碳排放难点，即仍存在“大量建设、大量消耗、大量排放”的情况。在此基础上，分析了“双碳”背景下建筑行业面临的机遇与挑战，并提出了5大举措：规模的合理控制、资源节约和循环、提高能效和碳效、服务全社会“双碳”、碳资产及气候风险管理。

开思拓空调技术市场拓展总监、思帕新能源科技副总经理朱欣玮先生作了题为“舒适室内环境实现与系统能效提升”的报告，分别从绿色低碳健康建筑和零碳园区这两个维度提出了可实施的技术路径，并通过具体项目案例数据分析，阐明了未来高质量建筑和园区的建设体系。

华建集团科创中心副主任兼华东院低碳科技研究院瞿燕院长作了题为“基于地域适应思考的上海超低能耗建筑设计标准研究”的报告，指出上海市超低能耗建筑在规模化发展方面还需完善现行标准体系，设计标准应考虑地域特征和需求，包括建立合理约束指标、引导自然采光与通风、规范装配式应用、优化气密性设计、引导间歇用能模式、优化新风热回收等方面。

朗诗控股首席技术官、朗绿科技副总裁谢远建先生作了题为“绿色低碳建筑与园区的技术路径探索与实践”的报告，介绍了实现低碳建筑和园区的四条技术路线，即被动式超低能耗建

筑技术、超高能效设备系统、低碳能源代替、智慧管理运维体系。此外，谢远建先生还介绍了碳排放计算、综合能源规划与区域电力协同、智慧管理平台等技术措施在实际项目中的应用。

中电储能工程技术研究院政策研究与规划部的王晓虎部长作了题为“‘全流程碳中和’零碳项目方案研究”的报告，结合某零碳园区项目，介绍了一种名为“全流程碳中和”的实现方案，其中包括了建设分布式光伏和小型风机、电气化改造车辆、建设V2G充电桩、生物质锅炉替代燃气锅炉等措施。此外，在园区层面上，通过光储直柔技术实现“源、网、荷、储”的一体化系统，并通过数字化手段形成虚拟电厂，从而实现分散资源的统一管理和调度。

上海市建筑科学研究院有限公司资深总工程师徐强先生作了题为“上海市超低能耗建筑外围护结构体系的实施策略”的报告。报告中介绍了上海市建筑领域的能耗和碳排放情况，强调了落实 $800 \times 104 \text{ m}^2$ 超低能耗项目和建设可再生能源应用集中示范区是实现碳达峰任务的关键所在。此外，徐总指出，夏热冬冷地区超低能耗建筑围护结构技术的关键，是在于解决围护结构夏季隔热散热和冬季保温蓄热之间的矛盾。

(5) 专题22：“多联机低碳技术发展”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。论坛邀请了高校及研发生产企业的专家共同讨论多联机在“碳达峰、碳中和”和《绿色高效制冷行动方案》背景下的技术发展方向及核心问题。

清华大学石文星教授作了题为“基于室内机容量利用率的多联机空调系统性能模型”的报告，指出多联机的室内机末端结构特征决定了其在指定工况、负荷率下的能效比区域，即“性能域”，该指标又取决于室内机的容量利用率（CUR）。石教授重点阐述了CUR的定义、描述方法，并以制冷运行为例，详细介绍了基于CUR的多联机系统性能模型构建方法及工程应用。

广东美的暖通设备有限公司暖通与能源技术部长丁云霄以“多联机全生命周期低碳技术”为题作了报告，从设计、运行等环节介绍了多联机的全生命周期低碳技术，并结合具体案例阐述了应用效果。

珠海格力电器股份有限公司商用空调研发工程师赵柏扬博士作了题为“大数据技术在地暖空调（热泵）的应用实践”的报告。赵博士首先基于自研大数据平台挖掘地暖空调（热泵）的节能潜力，并结合先进的AI算法与物联网通讯技术，分析其解决实际运行中地暖热惰性大、机组综合能效低等空调控制难题的效果。

青岛海尔空调电子产品经理靳取研究员作了题为“云计算驱动下的多联机云边协同控制技术”的报告，围绕多联机、边缘网关、云服务协同控制等技术，指出在云计算驱动下，多联机设备将实现集中控制、智慧节能及云边协同智能化。

南京天加环境科技有限公司资深工程师许浩向与会人员介绍了“基于大数据的多联机冷媒健康管理”，提出采用大数据方法对多联机的核心因素“冷媒量”进行预测关键因子的筛选，并采用矩阵模型进行冷媒量预测，从而根据预测结果进行多联机的全生命周期冷媒健康管理。

华中科技大学邵双全教授以“基于仿真模型与数据挖掘耦合方法的多联机能效提升研究”为题作了报告。基于仿真模型与数据挖掘耦合方法对多联机的性能进行了分析指出，在提高理论模型的先进性的同时应规避数据模型的复杂性。邵教授讨论了大数据技术在多联机不同运行工况中的节能潜力，并呼吁开展相应的性能提升方法的研究。

(6) 专题12：绿色智慧数据中心冷却技术论坛

本次专题研讨会由中国制冷空调工业协会数据中心冷却分会李道平会长主持，研讨会围绕如何通过智能化技术实现数据机房的冷却负荷分配、多机组并网联合、提升运行能效等内容进行了技术交流，旨在推动行业进步。

华南理工大学刘金平教授在题为“泵驱动制冷剂冷板相变换热冷却性能的实验研究”的报告中，分析对比了热量传递不同路径的能耗特征，着重介绍了数据中心液冷解决方案中泵驱动制冷剂冷板相变换热冷却技术的优缺点。通过数值模拟计算和实验验证，总结了冷板冷却性能的影响因素及作用规律。

维谛技术有限公司产品解决方案专家王超作了题为“混动双擎智能热管技术”的报告，指出最大限度地挖掘自然冷潜热、降低制冷因子并提高制冷能效，将成为整个行业关注的焦点，并具体介绍了利用氟泵充分挖掘自然冷潜能的“混动双擎”智能热管无水冷却技术。

西安工程大学黄翔教授作了题为“关于《通信机房与数据中心冷却新技术及设备》蓝皮书的编制计划说明”的报告，详细介绍了蓝皮书编写大纲的内容，包括冷却技术的背景与原理、冷却设备的应用、数据中心的发展趋势、电化学储能和热管理、冷却部件和设计等方面。同时，黄翔教授还强调要编制适合中国实际需求和行业需要的蓝皮书。

艾默生中国区高级业务总监曾荡作了题为“聚焦‘双碳’共筑未来——谷轮绿色数据中心解决方案”的报告，指出机房空调的稳定高效是确保数据中心低碳运营的关键环节，并结合具体产品和解决方案，介绍了行业的发展趋势。

依米康科技集团股份有限公司技术支持总监陈渊作了题为“数据中心制冷技术‘绿道’”的报告，提供了多种帮助数据中心提升制冷能效，降低数据中心PUE值的方法，旨在实现数据中心的绿色节能运行。其中涵盖了新建数据中心的绿色制冷系统、现有数据中心的绿色管控及老旧数据中心的绿色节能改造。

搏力谋自控设备（上海）有限公司中国区数据中心业务发展经理潘敏杰作了题为“新一代能量阀及数据中心解决方案”的报告，通过具体产品介绍了利用能量阀进行温差管理从而节能的可行性，探究了能量阀在水力平衡中的节能潜力。

政府采购信息报社记者以“如何抓住采购商机，提高中标率”为题，通过具体案例介绍了专业媒体在如何服务政采供应商方面的作用，以及供应商应该如何抓住商机、提高中标率。专业媒体可以为政采供应商提供政策解读、市场分析、竞争情报、业务推广等方面的支持，帮助供应商更好地了解市场和政策动态，提高中标率。

施耐德电气（中国）有限公司关键电源业务部资深售前应用专家张武平作了题为“从容应对数据中心PUE的政策压力”的报告，对数据中心电能比PUE进行了全面的解剖，探讨了其计算方法、影响因素等方面的问题，并提出了重构数据中心物理基础设施的建议。此外，报告还分享了技术见解和解决方案，以提高数据中心的能效和可靠性。

(7) 专题18：高效机房—中国高效制冷空调系统进展与趋势专题研讨会

由清华大学魏庆芾副教授和天津市建筑设计研究院顾问总工程师伍小亭先生共同主持的“高效机房—中国高效制冷空调系统进展与趋势”专题研讨会于4月8日上午在上海新国际博览中心W2-M9会议室成功举行。

中国建筑西北设计研究院总工程师周敏高级工程师以“‘高效机房’与建筑能源系统的低碳探讨”为题，同与会者讨论了在当前形势下，如何根据“双碳”理念对传统建筑能源的能效进行提升，探索了从冷到热、从设计到运维的全面高效制冷空调系统的实现路径，并探讨了未来高效机房“零碳”供能的可行性。

华中科技大学邓杰文助理教授作了题为“高效制冷机房设计、调适与运行调控的工程案例研究”的报告。报告中指出实现精细化设计、全覆盖调试及精准运行调控的全过程管理是打造高效机房的关键所在，之后则结合实际工程项目介绍了高效机房在设计、调适与运行过程中需重点关注的环节，以期高效制冷机房的建设提供参照。

同济大学李铮伟副教授以“迁移强化学习在冷却水系统优化中的应用”为题，介绍了一种应用于中央空调冷却水系统的迁移强化学习框架，即一种无模型的水系统运行优化方法。该框架能够通过输入和输出信息的简单处理，实现不同系统之间的自适应状态映射和灵活动作映射。

威乐（中国）水泵系统有限公司产品应用经理张万河先生以“打造绿色建筑的节碳先锋”为题，指出水泵作为建筑领域中制冷、供暖、供水、排污和消防等系统的核心输配设备，其能耗已占到整个建筑能耗的15%，因此水泵的节能潜力巨大且势在必行。重点介绍了威乐针对既有建筑改造和新建项目的水泵节能方案。

最后，高效机房相关的企业代表举行了圆桌论坛，对最新的节能技术及行业未来的发展进行了深入交流。

(8) 专题31：智慧运维-制冷空调系统智慧运维提升系统能效与可靠性专题研讨会

本次论坛由清华大学魏庆芄副教授和北京市建筑设计研究院张杰总工程师共同主持。会议邀请了多位专家学者交流制冷空调系统运维的相关经验，旨在推动制冷空调系统智慧运维的实际应用。

浙江大学赵阳研究员以“ChatGPT时代下制冷暖通系统智慧运维的发展趋势”为题进行了汇报。赵阳研究员指出，随着以ChatGPT为代表的通用人工智能(AGI)技术的突破，新一代技术革命将拉开序幕。此类生成式AI技术的思路理念，对当前暖通制冷领域的智慧运维具有重要的借鉴意义，有助于帮助下一代智慧运维技术取得突破性进展。

美的楼宇科技事业部解决方案高级架构师宋应乾作了题为“高效运维助力建筑管理智赢未来”的报告，指出了当下建筑运营中的痛点和难点，并从设备在线监测与管理、系统协同高效运行、能源和碳排放数字化管理等多个方面分享了建筑设备数智化运维的解决方案。

华中科技大学邵双全教授作了题为“基于数据挖掘的空气源热泵系统运行能效提升”的报告，指出空气源热泵系统在清洁供暖中发挥了重要作用，其运行能效的提升是进一步节能减碳的关键，在此基础上，分析了提高空气源热泵运行能效的主要技术措施。该报告对于进一步推广和应用空气源热泵技术、提高能源利用效率、降低能耗和碳排放都具有重要的指导意义。

中国建筑科学研究院环境与能源研究院主任曹勇研究员作了题为“数字化技术在智慧运维中的应用研究”的报告，针对建筑运维数字化与国产化的技术缺失、系统节能管控效果受限、人工运维管理效率低、智慧化程度不足等问题进行了分析，探索了数字化技术在建筑智慧运维领域的应用难点。

北京工业大学张伟荣教授作了题为“基于运行数据的‘光储直柔’建筑电力系统优化调度”的报告，分享了张教授团队对于建筑电力系统供需双向响应型柔性资源多层次调度方法的研究成果，即通过基于运行数据构建的实时预测模型，可实现不同尺度和层面的柔性资源优化调度，从而为建筑能源低碳化和零碳化发展奠定基础。

博锐尚格部门副总经理彭琛高级工程师就“基于AI技术的‘建筑超级医生’—理念与产品设计”进行了汇报。博锐尚格致力于提高建筑机电系统的运行效率，探索全方位的风险控制能力。在AI技术的支持下，博锐尚格能够更经济、高效地实现建筑设备的健康管理。

2.4 其他特色会议

(1) 专题33：资深工程师论坛

本次专题研讨会由清华大学石文星教授主持，研讨会围绕“高效、环保、节能”的行业发展趋势，从食品冷链技术、创新家用空调技术、数字化研发技术手段、人才培养与合作4个方面，深入探讨了如何通过技术创新、加强合作、培养人才等方式促进行业的进一步发展，从而推动制冷空调行业实现绿色可持续发展。

中国制冷学会资深工程师、冰山冷热科技股份有限公司杨富华总工程师在题为“深耕冷链技术，提升食品品质”的报告中指出，应以环保制冷设备、绿色冷链、系统集成优化、集约高效为发展导向，利用IoT-EMS工业互联网技术挖掘数据价值，研发新型食品工艺设备，从而建设零碳食品园区。

中国制冷学会资深工程师、广东美的制冷设备有限公司家中产品开发中心张浩主任作了题为“聚焦居民家庭环境，创新家用空调技术”的报告，指出在家用空调用户需求不断提高的背景下，需针对家庭环境的舒适性、节能性、健康性和智能型这四个方面的需求，研发新型家用空调技术，从而进一步提升家用空调的使用体验。

中国制冷学会资深工程师、上海海立电器有限公司首席技术官周易作了题为“坚持自主创新，为行业提供坚强‘心脏’”的报告强调，应抓住行业发展趋势，即“节能、节材、环保、舒适”，并坚持自主创新的发展思路。针对非空调领域和轻商大规格产品，应充分利用先进的数字化研发技术，不断提升产品功能、性能和可靠性，并积极挖掘拓展新的应用领域，为行业技术进步和发展做出贡献。

特别值得关注的是：本届论坛特邀了首位获得中国制冷学会高级工程师的台湾区冷冻空调工程工业同业公会理事长段春雷先生做报告，这是中国制冷学会工程能力评价工作的重要突破。今后将会有更多的台湾技术人员参加中国制冷学会的工程师考试、高级工程师申报，以及被推荐为资深工程师。

(2) 专题3：冷冻空调设备新标准专题技术报告会

本次专题研讨会由全国冷冻空调设备标准化技术委员会委员兼秘书长张明圣高工和全国冷冻空调设备标准化技术委员会委员兼副秘书长张秀平研究员共同主持，同与会专家围绕“冷冻空调设备新标准”进行了解读与讨论。

合肥通用机电产品检测院有限公司制冷所所长于晓琳工程师作了题为“新版GB/T 17758《单元式空气调节机》国家标准解析”的报告。该报告以标准概况、标准结构、技术条款修订

和基础共性问题4个方面为切入点，系统地介绍了标准的修订情况，深入探讨了标准修订前后的变化，旨在进一步提高单元机类产品的质量和性能，推动行业的健康发展。

合肥通用机电产品检测院有限公司家电所李志亮所长作了题为“ISO 916《制冷系统试验》标准简介”的报告，围绕冷标委的国际标准转化工作展开，重点介绍了技术对口标准转化的情况，并详细讲解了ISO 916-2020的转化过程和主要内容。报告涉及了冷水机组的制冷量、功率等重要技术参数的国际通行测量方法和测量程序，着重强调了标准化管理对于提高冷水机组产品质量和性能的重要性。

浙江欧伦电气股份有限公司副总经理陈明生高级工程师作了题为“GB/T 19411《除湿机》国家标准修订进展”的报告，介绍了GB/T 19411《除湿机》国家标准的最新修订进展，并对本次修订的基本思路 and 方向进行了解读。此外，还详细讲解了标准的范围、产品型式分类、关键性技术指标以及主要的测试要求。

珠海格力电器股份有限公司吕丹丹研究员作了题为“低环境温度空气源热泵用压缩机新标准解析”的报告，通过背景、标准主要内容和征求意见处理三部分的介绍，详细分析了最新制定的行业标准JB/T《低环境温度空气源热泵用全封闭容积式制冷剂压缩机》。其中重点阐述了针对低环境温度热泵压缩机的测试条件及能效考核方法。

合肥通用机电产品检测院有限公司院长助理马金平高级工程师作了题为“冷冻空调设备标准化最新进展”的报告，主要围绕标准化组织、标准化政策、标准化咨询和标准化工作4方面进行了汇报，总结了冷标委近年来的标准化工作成果，解读了重点标准的技术路线及评价思路，旨在协助行业更好的理解标准体系的内涵。

(3) 专题10：后冬奥时代冰雪技术和行业可持续创新展望论坛

本场专题研讨会由清华大学石文星教授和北京制冷学会副理事长兼组织、外联工作委员会主任商跃教授级高级工程师共同主持。研讨会围绕如何持续开展冰雪技术基础研究、技术装备研究，以及场馆规范管理等，对后冬奥时代冰雪技术和行业可持续发展进行了讨论。

威乐（中国）水泵系统有限公司技术及应用专家刘晔女士作了题为“安全可靠，泵发高效—冬奥场馆水泵解决方案”的报告，根据国内冰雪行业的发展现状，结合国家速滑馆、首都体育馆和国家高山滑雪中心3个案例，对现有水泵产品的技术特点进行了剖析。之后则结合后冬奥时代的冰雪行业发展，总结了水泵的发展趋势，并就威乐在水泵方面的技术创新和服务升级进行了介绍。

大连冰山冷热科技股份有限公司华北营销中心及冰雪全国营销总监孙涛先生作了题为“后冬奥时代冰雪行业发展展望”的报告，围绕后冬奥时代，冰雪行业的发展趋势、政策走向进行了介绍，并就冰雪场馆建设的技术发展趋势进行了讲解和分析，同时还和与会者分享了目前国际前沿的冰雪技术。

北京理工大学宋孟杰教授作了题为“结霜除霜研究进展与挑战”的报告，重点介绍了关于霜和冰的定义、霜的成长过程、霜的特点、结霜结冰研究的关键难点及关键问题。此外，还介绍了自己团队的多项研究，包括超疏水表面防霜机理、液滴凝固模型、撞击液滴/液膜结冰、凝并、雾化云团、液膜及光学测量、平板结霜等。

北京国家速滑馆经营有限责任公司副总经理朱景明作了题为“国家速滑馆后冬奥时代运营

规划”的报告，首先介绍了国家速滑馆的建设情况，并重点展示了速滑馆所采用的CO₂跨临界直冷制冰系统和国家速滑馆智能化集成管理平台，同时分享了自己团队为国家速滑馆赛事保障所做的工作。最后，朱景明副总经理从滑冰体验、训练、赛事、研学和公益几个方面介绍了国家速滑馆在后冬奥时代的运营规划。

华商国际工程有限公司副总工程师孙天慧教授级高级工程师作了题为“室内冰雪场馆制冷造雪系统设计与发展”的报告，对室内冰雪场馆发展的不同阶段中的制冷造雪系统进行了介绍，并在对比不同时期系统优、缺点的基础上，结合后冬奥时代制冰造雪技术的发展，对目前室内冰雪场馆存在的问题进行分析，提出了可持续发展的技术方案。

(4) 专题28：第五届空气净化及新风产业技术论坛

本专题研讨会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，主要围绕当前行业关注的空气净化和新风相关的国际、国内标准进行深入解读，并就行业关注的低碳和室内空气品质控制等热点问题进行了讨论。

建科环能科技有限公司研究中心技术总监杨强作了题为“组空国标修订内容及要点介绍”的报告，分析了组合式空调机组在不同应用场合的性能指标差异，重点修订了箱体机械性能指标、空气动力能效指标以及供冷供热能效指标。

上海建科环境技术有限公司研发中心主任李旻雯作了题为“健康建筑的室内空气质量控制”的报告，重点介绍了“五星风管机”产品，并针对行业主流风管机存在的效率低、安装复杂、维护困难等问题，提出了基于恒风量直流风管技术的解决方案。

同济大学机械与能源工程学院林忠平教授作了题为“高效空气过滤器容尘性能试验方法”的报告，介绍了多联机的全工况不间断制热技术，该技术将换热器与风系统进行分区，并利用除霜过程中的高压侧双能级控制，实现了单模块不间断制热。因此可显著提高除霜时的出风温度、除霜后的立即启动速度以及制热周期能力。

哈尔滨工业大学董建锴教授作了题为“低能耗住宅炊事颗粒物跨区传播特性研究”的报告，通过实验测试和数值模拟相结合的方法，探究了低能耗住宅内不同通风模式下炊事颗粒物的跨区传播特性，揭示了这种颗粒物在住宅内的传播规律和分布特性，并为住宅室内通风和建筑设计提供了参照。

东华大学钟珂教授作了题为“碰撞射流通风特性与节能效果”的报告，指出碰撞射流通风是一种新型的空调末端系统，其兼具置换通风和混合通风的优点。着重介绍了碰撞射流通风对室内污染物清除的机理、室内热环境的特征及其节能效果。

美埃（中国）环境科技股份有限公司研发技术中心高级产品经理范朝军作了题为“面向应用集成的IoT云系统及无线通讯”的报告，提出了一种多应用云平台，其能够采集和分析现场数据、预测产品使用寿命、简化客户采购流程。在此基础上结合无线通讯技术，可进一步解决底层布局的连接问题。

(5) 专题34：热舒适、健康与行业应用论坛

本次热舒适、健康与行业应用论坛聚焦于探讨热舒适对人体健康的影响，以及其在建筑、交通、工业等领域的最新研究成果、技术与应用案例。本论坛由同济大学周翔教授和上海交通大学兰丽研究员共同担任主席。

清华大学朱颖心教授作了题为“双碳目标下热舒适研究对未来暖通空调产业发展的作用”的报告，指出PMV指标并不能反映出特定个人的舒适度，而空调建筑中，人员是否具有独立调控权对其舒适性具有很大的影响。（仿）自然风和个性化热舒适PCS是使人在30℃下仍然能够感觉舒适的两种方法，朱教授介绍了团队目前研究的PCS技术，如接触式冷却座椅、相变材料冷却背心、冷却项圈等。在报告最后，朱教授指出热舒适研究的未来发展趋势在于通过数字化手段检测人体参数，从而对环境参数进行调节，并通过跨学科合作提供精准服务。

上海交通大学连之伟教授在题为“卧室环境对睡眠质量”的报告中，介绍了自己关于室内环境对睡眠质量影响的研究。该项研究将睡眠质量作为主要评价指标，并采用了整晚实验、问卷调查及神经行为测试的研究方法。连教授详细介绍了团队在稳定热环境、动态热环境以及局部热环境3种不同状态下的研究成果，其中重点推出了维持局部微环境的床头送风技术，并指出该技术是一种有效的睡眠空调方式。

中国标准化研究院王瑞副研究员作了题为“环境热舒适性评价标准推动空调产业质量提升”的报告，同与会者探讨了环境热舒适性的需求，以及目前国内的热舒适性标准、检测及认证规范，并介绍了目前空调产品的热舒适现状及提升前景。报告中重点指出了未来环境热舒适性提升的核心在于人体冷热状态的遥测技术、多人环境中不同冷热需求的保障技术、基于睡眠质量提升的舒适环境营造技术、全屋智能互联背景下的空气参数系统管理4个方面。

中汽研汽车检验中心（宁波）有限公司项目经理夏海峰工程师作了题为“汽车座舱热舒适性的测试、评价及认证”的报告，首先对汽车座舱的空调热舒适性进行了介绍，并阐述了汽车舒适性测试的标准、环境、方法及指标，最后则就热舒适性评价的标准同与会人员进行了探讨。

曼瑞德集团创始人兼CEO陈立楠先生作了题为“新空调系统论—从传统空调到系统空调的认知提升”的报告，重点介绍了两联供、三联供、三恒、五恒及全联供空调的工作原理与特点，并阐述了4个研究热点，即建筑调温的能力评估、温湿度与结露的关系、吸热等于放热的建筑热平衡理论、人体散热平衡热舒适。

美的集团中央研究院流体力学研究所先行研究主任工程师张静思女士作了题为“耦合人体多节段模型的室内环境CFD快速预测及应用”的报告，介绍了空调行业不同阶段的室内环境仿真需求及目前研究现状，并对美的流体环境仿真器研发的技术路线进行了阐述。在此基础上，结合应用案例解释了仿真器的核心算法，即耦合人体多节段热舒适模型的室内环境CFD快速预测技术。

3. 技术交流会

技术交流会以推广科技成果和先进技术为主要目的，是使科技成果迅速转化为生产力的一种技术市场形式。本届制冷展共举办技术交流会32场，主要聚焦于新产品技术交流、研究报告发布、学术竞赛颁奖等方面。

3.1 展会第一天（4月7日）

第十七届中国制冷空调行业大学生科技竞赛于4月7日中午在展馆会议室E1-M12举办了启动

仪式。该竞赛通过科技实践，培养学生的创新意识、工程素养和实践经验，为行业培养优秀人才。竞赛得到多家国际知名企业的支持，将在全国范围内举行六大决赛，有百余所院校代表队参加。如图3-1所示为2023年中国制冷空调行业大学生科技竞赛启动仪式。



图3-1 2023年中国制冷空调行业大学生科技竞赛启动仪式

江森自控日立万宝压缩机（广州）有限公司在展馆W3-M10会议室举办了“低GWP冷媒变频压缩机热泵应用”交流会，并在展馆W2-M2会议室举办了“日立空调行业解决方案研讨会”。同一时间，南通华信中央空调有限公司在展馆W3-M4会议室举办了“温湿度独立控制产品研发及应用”的开放式论坛，探讨了温湿度独立控制技术在实际工程中的应用难点及未来前景。

贺氏（苏州）特殊材料有限公司在展馆W4-M6会议室举办了“健康室内空间与建筑低碳营造前沿技术研讨会”。艾默生环境优化技术（苏州）有限公司在展馆E1-M13举办了“谷轮绿色解决方案助力行业低碳发展”交流会。中国制冷学会则在展馆E1-M15会议室举办了“‘美的杯’中国制冷空调创新竞赛”，开赛仪式吸引了大量制冷空调专业的教师和学生前来参加，孟庆国教授级高级工程师（图3-2）、王如竹教授、李先庭教授、张浩主任、古龙先生等人在现场致开赛词，并完成了揭牌仪式。



图3-2 中国制冷学会特邀副理事长孟庆国教授级高级工程师致开赛辞

深圳市深蓝电子股份有限公司在展馆W1-M1会议室举办了“深蓝股份变频驱动器”交流会，并在展馆W1-M1会议室举办了“变频直膨机组控制器方案及应用”及“储能空调控制器方案及应用”的交流会。上海通用富士冷机有限公司在展馆E1-M16会议室举办了“如何建设低碳高效性能稳定的冷库制冷系统”交流会，会议中介绍了目前冷库制冷系统的低碳设计及运行理念。

克莱门特捷联制冷设备（上海）有限公司在展馆W2-M3会议室举办了“克莱门特数据中心绿色节能产品见面会-磁悬浮相变冷却系统”及“克莱门特绿色节能论坛—医疗卫生行业解决方案”的交流会，克莱门特数据中心事业部总监郝风云女士（图3-3）主持了此次产品交流会，会上深耕数据中心领域多年的阿里云基础设施数据中心研究员曲海峰为与会人员带来了《数据中心行业概述》分享。在克莱门特绿色节能论坛上，同济大学博士生导师沈晋明教授（图3-4）为参会人员带来了《医疗环境绿色环控技术应用与创新》的主题演讲。沈晋明教授表示：“医疗技术现代化、先进医疗设备引用、新诊疗技术的出现都不断对医疗环境控制提出新的要求，促使了医疗环境控制技术的不断发展与创新，也使得医疗环境控制永远保持发展潜力。”



图3-3 克莱门特数据中心事业部总监郝风云女士主持此次产品交流会



图3-4 同济大学沈晋明教授为参会人员作《医疗环境绿色环控技术应用与创新》主题演讲

珠海格力电器股份有限公司在展馆W2-M9会议室举办了“格力高效机房技术赋能建筑碳中和”交流会，其中重点推出的GMV6S+商用中央空调采用了天气联动控制技术，可显著提高运行效率。该设备通过采集位置和天气参数，最大可使连续制热时间增加20%，化霜时间缩短30%，待机功耗节省65%。

3.2 展会第二天（4月8日）

4月8日上午，2022年CAR-ASHRAE学生设计竞赛颁奖礼在展馆E1-M15会议室举行，本届竞赛共有来自全国51所院校的51支团队报名，其中46支团队提交了有效作品。经过激烈角逐，大连理工大学荣获特等奖，长安大学、华东交通大学、扬州大学荣获一等奖，安徽建筑大学、青岛理工大学、西南交通大学、西南科技大学荣获二等奖。



图3-5 2022年CAR-ASHRAE学生设计竞赛颁奖礼合影

全国设计院总工团技术交流会在上海浦东绿地假日酒店举办，会议主题为“创新合作 协同发展”。中国制冷空调工业协会李江理事长和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在会议上致辞。会议上举行了《高效空调制冷机房系统能效监测与分级标准》发布仪式，并为符合评价要求的企业颁发了“高效制冷机房系统评价证书”。此外，来自行业机构、设计院和企业等多位专家围绕“创新合作，协同发展”的主题做了相关技术报告。



图3-6 全国设计院总工团合影

上海汉钟精机股份有限公司在展馆E1-M13会议室举办了“新环保冷媒制冷应用介绍”交流会，汉钟精机以“智慧节能、智能变频、开创未来”为主题，展示“技术引领、能效升级”的空气调节产品、“进入冷库节能新时代”的冷冻冷藏产品、以及“清洁制热、共创未来”的高温热泵产品。上海安巢在线控制技术股份有限公司在W4-M6举办了主题为“创新的水系统部件选型设计确保主机运行的安全&水流量传感器在热泵主机中的应用”的交流会。中国制冷学会在展馆E4-M25会议室举办了“中国制冷剂替代技术路线及成熟度研究研讨会”。

杭州三花微通道换热器有限公司在展馆E1-M12会议室举办了“高耐蚀微通道换热器”交流会。北京海林自控科技股份有限公司在展馆W2-M2举办了“中国楼宇自控新时代—海林自控”交流会，海林自控专注于自控阀门领域多年，建立了严格的质量管理体系和先进的阀门工厂。此外，还参与了国家建筑标准设计图集编写，并担任电热执行器行业标准的起草单位，一直积极推动行业国产化发展。西安绿扳手环境科技有限公司在展馆W2-M3举办了“绿扳手C·热启动会”。

比泽尔制冷技术（中国）有限公司在展馆E3-M22会议室举办了主题为“比泽尔天然工质解决方案”的交流会。上海都凌压缩机销售有限公司在展馆E1-M12举办了主题为“都凌压缩机：制冷与热泵技术的进阶应用”的交流会。

克莱门特捷联制冷设备（上海）有限公司在展馆W2-M3会议室举办了主题为“克莱门特绿色节能论坛—低温供暖解决方案”的交流会，本次会议由克莱门特营销副总裁卫宇主持，中国建筑西北设计研究院有限公司总工程师周敏、天津市建筑设计研究院有限公司顾问总工程师伍小亭、清华大学建筑节能研究中心副教授魏庆芄等专家学者共同就“双碳”背景下的低温供热解决方案展开全面深入探讨。之后在该会议室继续举办了“克莱门特绿色节能论坛—ClimaHOME 2.0精品住宅解决方案”交流会，会议由克莱门特家用及轻商全国销售总监韩清楠女士主持，产业在线商用事业部产品经理李赛分享了《知微见著 从细分应用审视空气源热泵的增长动能》的主题报告，克莱门特产品经理李志富与蔡少波相继就克莱门特的技术沉淀，以及最新推出的ClimaHOME2.0在人居环境中的应用及解决方案进行了分享。

霍尼韦尔自动化控制（中国）有限公司在展馆W3-M10会议室举办了“霍尼韦尔高效环保制冷剂解决方案研讨会”，会议中分享了最新的制冷剂全球法规，并共同探讨空调、电子冷却、热泵和工商业制冷等不同领域中的制冷解决方案，以及相关的环保能效、替代性方案和产品性价比选择等问题。INTERTEK天祥集团在展馆W1-M1会议室举办了“可燃冷媒技术交流研讨会”。

中国制冷学会、中国有色金属工业协会铝业分会在展馆E2-M14举办了“铝基材料换热器在制冷行业应用的关键技术与产业协作研讨会”，中国有色金属工业协会铝业分会副理事长兼秘书长李德峰，上海交通大学教授、上海市制冷学会副理事长丁国良主持了会议，中国家用电器研究院总工徐鸿作总结发言。丁国良表示，铝和铜是应用最为广泛的有色金属，用铝代替铜已成为降低成本的研究热点。全铝换热器需要整机企业、部件企业、材料企业和研究机构共同努力，提升耐腐蚀性和排水性能，展现技术性能和产品经济性的优势。



图3-7 铝基材料换热器在制冷行业应用的关键技术与产业协作研讨会

东南大学、中国标准化研究院在展馆E3-M24会议室举办了“冷水（热泵）机组低碳技术与标准研讨会”。本次会议由成建宏研究员主持，邀请了多位专家和业界领袖，就低碳技术、国际标准规章和标准目标进行了讨论和交流。全国冷标委马金平副院长讲解了冷水机组产品分类和指标体系，旨在推动行业规范化和标准化的发展。企业代表格力林爱革高工、艾默生袁为安高工等多位企业代表向与会者介绍了典型热泵机组的国内外标准对标和指标验证、高温和低温冷水(热水)机组的节能目标分析等研究成果。



图3-8 冷水（热泵）机组低碳技术与标准研讨会



图3-9 成建宏研究员主持并致欢迎致辞

3.3 展会第三天（4月9日）

4月9日上午，中国制冷学会在展馆E2-M17会议室举办了“商用制冷领域标准化与技术路线研讨会”，并在下午于上海浦东喜来登由大酒店二楼宴会厅C举办了“第八届轻型商用制冷技术产学研融合会议暨《2022年中国轻型商用制冷产业发展蓝皮书》发布仪式”。



图3-10 商用制冷领域标准化与技术路线研讨会

4. 行业活动

4.1 第三十四届中国制冷展在上海盛大启幕

4月7日，第三十四届国际制冷、空调、供暖、通风及食品冷冻加工展览会（简称“2023中国制冷展”）在上海新国际博览中心盛大启幕。上午9点，2023中国制冷展开幕典礼暨主题论坛在卓美亚喜马拉雅酒店举行。



图4-1 开幕典礼

中国国际贸易促进委员会北京市分会一级巡视员张幼林代表主办单位致辞，感谢了全行业同仁的支持和帮助，肯定了制冷展连续3年成功举办的成就和展会专业化水平的提升。展会组委会将继续开展行业调研和数字化转型，打造一个聚集更优质资源、服务于整个行业的国际化大平台。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代表主办单位致辞，强调了制冷空调行业在全球气候治理中的重要性，提出了转型成为生产者的目

标。本届展会以“聚焦全球冷暖 致力系统创新”为主题，体现了行业在能源低碳转型方面的使命和担当。开幕典礼由中国制冷空调工业协会理事长李江主持，来自中国制冷学会、中国制冷空调工业协会的各位副理事长、行业专家学者、参展商代表及各界的朋友们出席了开幕典礼。



图4-2 江亿院士致辞



图4-3 张幼林先生致辞

4.2 2023中国制冷展“金奖产品”正式发布

4月9日上午10时，2023中国制冷展“金奖产品”发布仪式在展馆E2-M19会议室举行。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，中国制冷空调工业协会副理事长兼秘书长张朝晖教授级高工，首都会展（集团）有限公司副总经理、北京国际展览中心有限公司董事长柴英杰等主办方代表，中国制冷展专家委员会主任、北京市建筑设计研究院有限公司顾问总工程师吴德绳教授级高工等行业专家，获奖企业代表以及媒体朋友共同出席了发布仪式；中国制冷学会副秘书长

王从飞代表组委会主持发布仪式。



图4-4 “金奖产品”发布会

首先，由中国工程院院士、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代表专家委员会评审专家组致辞。

接下来，清华大学李先庭教授、上海理工大学副校长张华教授、华中科技大学邵双全教授代表评审专家宣读2023中国制冷展“金奖产品”获奖名单及颁奖词。





图4-5 李先庭教授、张华教授、邵双全教授致辞

最后，由中国工程院院士、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宣布2023中国制冷展“年度产品”获奖名单，并为获奖企业颁奖。



图4-6 主办方代表、专家代表及获奖企业代表合影

四、技术特点

(清华大学 石文星教授、博士生于天蝉、刘树荣)

作为我国疫情防控进入新阶段后的首届展会，本届中国制冷展规模宏大、盛况空前，众多展商、观众、业内人士同聚上海，探讨行业前沿、交流技术成果。展会以“聚焦全球冷暖，致力系统创新”为主题，将为全球气候治理贡献中国智慧、为人民营造舒适环境作为目标，贯穿创新理念、追求技术革新、引领高质量发展，为推动我国生态文明建设贡献力量。此外，本届展会首次设立“金奖产品”，以“细分领域、实体产品、国际领先、节能低碳、行业影响”为评选原则，进一步突出、鼓励创新，助力我国由“制冷大国”向“制冷强国”的转变。

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. 推动能源转型，促进零碳能源系统发展

力争在2030年前实现“碳达峰”、2060年前实现“碳中和”是我国对国际社会的庄严承诺，“双碳”目标的实现是我国作为负责任的大国对全球气候和人类命运的深刻关切和主动担当。

在“双碳”背景下，传统以化石能源为主的能源结构的转型势在必行。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在“热泵在能源革命中的重要地位和必须破解的技术关键”主题论坛报告中指出，在零碳能源革命的大背景下，现有化石能源系统必将转变为以可再生能源为主导的能源体系，而电力驱动的热泵技术将在零碳电力系统供需匹配、低碳供热与制冷、高温热能长距离输送等方面发挥重要作用。

面对迅速上升、多样化的热泵市场需求，本届展会中，约克、天加、芬尼克兹、冰轮等多家企业展出了各种家用、工商业用直膨式热泵机组、热泵热水机组（包括空气源热泵、吸收式热泵、水源热泵等）等多类热泵产品。此外，在工业领域，利用热泵代替工业生产中的燃煤锅炉制取低压蒸汽，可有效实现低碳生产、推动非流程工业减碳。冰轮公司在展会中展出的HD-宽温域离散余热相变提质离心机组采用双级串联增压离心式压缩机，蒸发冷凝温域宽达60℃，可产出1.0~1.5 bara蒸汽。该产品能够为工业离散余热回收、工业园区蒸汽（热水）供应提供高效方案，荣获了本届制冷展“金奖产品”。

本届展会还开展了“热泵新技术及产品质量提升发展论坛”、“建筑供热高效热泵技术论坛”、“《热泵应用示范项目案例集》发布会及典型案例报告”等热泵技术相关的专题研讨会，对热泵技术的开发、应用及热泵产品质量提升等技术问题进行了全面交流探讨，为热泵技术的创新、发展与应用提供路线指引。

加强可再生能源利用是零碳能源系统发展的关键。对于制冷空调行业而言，一方面，可直接利用可再生能源进行供冷/热。清华大学李先庭教授在“制冷空调低碳技术及工程应用专题研讨会”介绍了“自然能源应用于供热空调的潜力评价方法”，为不同地区的空气能、地能、辐射能等自然能源在暖通空调中的应用潜力评价提供了量化指标。蒸发冷却技术作为可再生能源利用形式之一，近年来在数据中心、高效机房冷却中得到了广泛应用，相关的蒸发冷却器、蒸发冷却式空调机组等产品也不断涌现。

由于风能、光能等可再生能源存在不可调控性，储能调节成为了可再生能源体系中的关键技术，发展新型储能应用模式具有重要意义。在本届展会上，储能空调是系统创新的一大亮点。格力展出的直流直驱“光储空”多联机荣获了本届中国制冷展的“金奖产品”，该产品由光伏发电系统、储能系统、空调系统及能源信息管理系统组成，将光伏系统与空调系统相互结合，系统兼具发电用电功能，能够实现在光伏发电、储能充放电及空调用电等各种配置模式下的高效运行。此外，随着储能行业的迅速发展，储能系统的热管理需求给制冷行业带来了新的机遇与挑战。美的在本届展会中展出了储能热管理液冷机组，机组同时具备制冷、制热功能，能够根据运行工况进行变频调节，以确保储能电池温度保持在最佳工作区间内运行。本届展会还组织了“建筑用空调供暖蓄能调峰技术论坛”、“储能空调发展论坛”、“建筑蓄能助力电力低碳转型专题研讨会”、“新型储能及先进低碳技术论坛”等多场与储能空调相关的专题研讨会，深入探讨交流了储电、储热、储冷等技术的创新与应用，助力可再生零碳能源系统发展。

2. 关注工质替代，助力非二氧化碳温室气体减排

降低制冷剂等非二氧化碳温室气体的排放是制冷空调行业低碳减排的关键之一。随着2021年《基加利修正案》正式对我国生效，加速HFCs制冷剂替代已迫在眉睫，寻找环保、高效、安全的新型工质成为制冷行业的关注重点。工质替代同时带动了新型工质压缩机、阀件等系统部件的快速发展。

本届展会中展出的氨、CO₂、R290、R600a等自然工质的压缩机、热泵机组、冷水机组持续增多，已应用于小型商用、大型冷冻冷藏、家用空调、热泵、车辆空调、农产品干燥等众多领域。美芝展出的R290压缩机、谷轮展出的跨临界CO₂压缩机、雪人展出的半封闭双极螺杆氨压缩机（该产品荣获本届中国制冷展“金奖产品”）等产品受到了业内广泛关注。以R1234ze(E)、R1234yf为代表的低GWP制冷剂目前主要应用于工业及商用机组设备中。此外，展会中还展出了多种应用于新型环保工质制冷系统的阀件等辅助部件，例如，比泽尔展出的跨临界CO₂系统引射器、丹佛斯展出的跨临界CO₂系统高压截止阀与过滤器等。此外，提高设备紧凑型、降低制冷剂充注量也成为了众多设备生产厂商不断提升、优化的目标。

本届展会的学术交流活动中，多位来自高校、企业的专家也针对环保工质及其应用技术进行了交流讨论。西安交通大学曹锋教授在“车用CO₂热泵空调技术”报告中介绍了CO₂在车载热泵空调及热管理系统中的应用现状与技术问题；冰山松洋压缩机开发本部副部长郎贤明高级工程师在“R290 A2W热泵技术应用”报告中对R290直流变频涡旋压缩机技术在热泵热水领域的应用进行了介绍。

作为中国制冷展多年贯彻的固定特色单元，2023臭氧气候技术路演及工业圆桌会议如约而至，多位来自政府主管部门、国际机构、行业协会、企业、研究院等单位的国内外专家对最新的政策法规、技术发展、标准进展、成果与经验进行分享交流，共同推进制冷空调行业的非二氧化碳温室气体减排进程。本届展会期间，中国制冷学会还组织开展了“中国制冷剂替代技术路线及成熟度研究”公共课题研究进展交流会，中国制冷学会制冷节能降碳与制冷剂替代工作组各位专家分别就家用空调器、多联机/单元式空调、冷/热水机组、轻型商用制冷设备、商用

制冷设备、工业制冷设备、中温热泵、高温热泵各领域的制冷剂替代技术路线及成熟度研究进行了交流讨论。

3. 重视系统高效，强化制冷热泵的全工况性能提升

系统、设备的高效运行是降低制冷空调行业能耗与碳排放的基础。为提高机组能效，各大企业、高校的研发团队从原理、部件、运行等层面不断开展技术革新。本届展会中，海尔展出的气悬浮离心式冷水机组采用静压气悬浮轴承，实现了高性能无油润滑，大大提升了机组运行能效，该产品荣获了本届中国制冷展的“金奖产品”，并荣获展会唯一的“年度产品”大奖。磁悬浮技术在制冷空调行业中已日趋成熟并普及，除了海尔、格力等企业外，欧特斯、麦克维尔、天加等多家企业均展出了磁悬浮冷水/热泵机组产品。本届展会中还涌现了众多高/低温热泵机组及其部件的展品。艾默生展出的120℃超高温热泵用涡旋压缩机采用R245fa冷媒，可将冷凝温度提升至135℃并确保压缩机的可靠润滑，该产品荣获本届中国制冷展的“金奖产品”。此外，格力展出的气悬浮压缩机、三花展出的高效微通道换热器、艾默生展出的高效电机等展品也充分体现了高效、节能的特征。

设备的实际运行性能与其运行场景紧密相关，因而，不仅需要提升系统在某一工况下的运行性能，还需重视系统在全年甚至整个全生命期的研发、设计与运维调试。提高设备的变工况适应性、拓宽设备的运行温区是保障机组全工况高效运行的关键。针对空气源热泵在低温环境下性能衰减、结霜等行业痛点问题，众多企业结合多级压缩、中间补气等技术开发了各类低温热泵产品，例如天加展出的低温强热型空气源热泵采暖机、海尔展出的低环境温度空气源热泵/冷水机组等。此外，高效的调控部件也是实现机组全生命周期高效可靠运行的重要保障，本届展会中，盾安展出了大容量交叉式电磁四通换向阀，该产品通过对外置导阀电磁线圈的通断电控制改变活塞两端压力差从而实现流道切换，能够解决同时具有热泵供热功能的大容量制冷系统对于四通换向阀的需求。该展品同样荣获了本届中国制冷展“金奖产品”。

本届展会还开展了“高效机房—中国高效制冷空调系统进展与趋势专题研讨会”，多来自高校、设计研究院、企业的专家共同讨论了从冷到热、从设计到运维的全面高效制冷空调系统的实现路径，探讨了未来高效机房“零碳”供能的可行性，着重强调了精细化设计、全覆盖调适及精准运行调控的全过程管理是打造高效机房、保证全工况高效运行的重要步骤。

4. 发展智能调控，引领数字化变革

基于实际数据的智能优化控制是实现系统全生命周期、全工况高效运行的重要途径。本届展会中，基于物联平台、大数据分析的智能调控、智慧运维方案层出不穷，制冷空调行业的数字化变革势在必行。美的展出的MDV8无界多联机荣获了本届制冷展“金奖产品”，该展品能够实现建筑特征识别和制冷系统动态优化，显著提升多联机季节性能。海尔展出的物联多联空调机组将物联网、人工智能、云计算等技术与多联机系统相结合，通过物联网平台与大数据分析实现系统对周围环境的感知与自适应、自优化调节，从而实现智慧管理与节能运行。

本届展会中，许多学术交流会议中也充分体现了智能、数字技术在制冷空调领域的应用。在“智慧运维—制冷空调系统智慧运维提升系统能效与可靠性”专题研讨会上，众多高校、研

发生产企业专家共同交流了数字化技术在制冷空调智慧运维领域的关键技术和产品应用，从设备管理在线监测、系统运行高效协同、能源与碳排放数字化管理等多个层面探讨了制冷空调数字化运维的解决方案。在“多联机低碳技术发展”论坛上，众多学者、专家共同探讨了基于大数据技术的运维管理在多联机此类较复杂系统中的应用，例如，华中科技大学邵双全教授在“基于仿真模型与数据挖掘耦合方法的多联机能效提升研究”报告中，介绍了如何基于仿真模型与数据挖掘耦合方法提高多联机的运行性能。此外，海尔、天加等企业还对云计算、数据挖掘技术在协同控制系统、冷媒健康管理中的应用进行了介绍，突出了制冷空调行业向数字化、智能化转型中的多元性、创造性。

5. 聚焦全球冷暖，推动生态文明建设

在应对全球气候变化、加速环境治理领域，我国积极承担大国责任，展现大国担当，为全球应对气候变化、推动构建人与自然生命共同体做出了积极贡献。在当前国际形势与国内环境下，制冷空调行业将积极践行国家“双碳”战略目标、大力发展节能低碳技术，同时肩负增进民生福祉、提高人民生活品质的重要责任，为人民营造舒适环境、保障工业生产需求提供有力技术支撑。本届展会中，从展商产品到学术交流都充分体现了“低碳”与“舒适”两大需求的紧密融合。如何在满足用户冷热需求的前提下尽可能的降低能源消耗与温室气体排放，是制冷空调行业技术创新追求的首要目标。

在“人类命运共同体”理念下，“冷暖需求”与“环境保护”将不再局限于国内，我国制冷空调行业正面临从国内到国际的拓展。国际能源署技术与创新部门主管Araceil Fernandez女士在“建筑空间供暖和制冷能源需求的全球趋势：聚焦热泵”主题论坛报告中指出，热泵将成为世界上许多地方最适合的空间供暖解决方案，而随着技术推广，现有市场中热泵份额比例在不断上升，其中中国已成为世界上最大的热泵供给市场。目前，全球热泵市场存在区域化的发展差异，针对全球气候环境，根据各地需求研发适应不同地区需求的“因地制宜”的制冷热泵系统是行业未来的重点方向之一。当前，全球范围内的工业智能化发展潮流势不可挡，各高校、研究机构、企业应充分把握全球新一轮科技革命和产业变革机遇，为国内市场、国际市场提供更多高品质的产品，进一步提升我国制冷空调行业的国际竞争力和话语权，助力行业实现由大到强的实质性转变。

五、结束语

2023年，第三十四届中国制冷展是疫情结束后举办的第一届制冷展，整个行业展现出了惊人的参与热情。海内外绝大多数代表性品牌均参加了本次展会，是4年来最集中的一次。大量企业展出了最新的产品和技术成果，参观观众也首次超过10万人。同时，虽然国际旅行还未完全恢复正常，但国际企业、国际观众和国际组织已经开始回归，中国制冷展“国际化”的特征又开始凸显出来。

值得关注的是，本届展会涌现出了大量优秀的热泵产品，充分体现出中国市场上传统的制冷空调企业高度重视“双碳”背景下热能供给由化石能源燃烧向热泵转变的大趋势和重要机遇，加大力度布局双赛道，冷暖兼顾。这完全符合制冷展组委会的规划和期望。

本届展会，主办方进一步发扬了制冷展“科技引领”的特色，通过会议及各种形式的技术活动，加强引导行业关注创新，关注节能、环保技术，关注热泵、储能等新兴领域。同时，本届展会在“创新产品”基础上第一次评选了“金奖产品”和“年度产品”，推选出了一批全球领先的产品。中国制冷展作为植根中国、面向世界的一个综合性行业平台，真正开始争取在全球制冷行业发挥引领作用。

未来已来！全球制冷行业在迎来更广阔、更美好的明天。中国制冷展必将和行业携手并进、共创辉煌。让我们相约2024年，相约北京，相约第三十五届中国制冷展！

附录

附录1 2023年中国制冷展创新产品名录 (各类按产品名称首字母排序)

第一类 直膨式空调热泵设备

序号	产品名称	公司名称
1	“5+10”温湿度独立控制空调系统	南通华信中央空调有限公司
2	MDV8无界多联机	广东美的暖通设备有限公司
3	TIMS臻洁净健康变频多联机	南京天加环境科技有限公司
4	变频风管H系列	松下电气设备(中国)有限公司
5	物联多联空调机组	青岛海尔智慧楼宇科技有限公司

第二类 冷热水机组

序号	产品名称	公司名称
1	65kW-R32中高温商用热泵机组	广东美的暖通设备有限公司
2	YSPA-V全变频风冷螺杆热泵机组	约克广州空调冷冻设备有限公司
3	变频三联供空气源热泵	广东芬尼克兹节能设备有限公司
4	磁悬浮冰蓄冷机组	重庆美的通用制冷设备有限公司
5	低环境温度空气源热泵(冷水)机组	青岛海尔智慧楼宇科技有限公司
6	低温强热型空气源热泵采暖机	南京天加环境科技有限公司
7	二氧化碳热泵热水机组	福建雪人股份有限公司
8	海尔气悬浮离心式冷水机组	青岛海尔智慧楼宇科技有限公司
9	模块型吸收式热泵(制冷)机组	冰轮环境技术股份有限公司
10	约克IWE HOME智能水生态家用系列 YVAG-Z/YVAZ全变频风冷冷水及热泵机组	约克广州空调冷冻设备有限公司

第三类 空气处理设备

序号	产品名称	公司名称
1	环都拓普欧风系列新风换气机	北京环都拓普空调有限公司
2	双旁通全热交换新风机-IEC8.250E	浙江曼瑞德环境技术股份有限公司
3	重力柜无风感冷暖末端(GS-GRAVIMAT)	昆山开思拓空调技术有限公司

第四类 压缩机、风机与水泵

序号	产品名称	公司名称
1	14kW环保高效变频涡旋压缩机 (SEDGC070D**)	广东美芝制冷设备有限公司
2	DSG240-DSG480涡旋压缩机	丹佛斯(天津)有限公司
3	EC轴流风机AxiEco系列	依必安派特风机(上海)有限公司

4	R32制冷剂大容量变频涡旋压缩机	江森自控日立万宝压缩机（广州）有限公司
5	基伊埃格拉索VXHP系列压缩机	基伊埃工程设备技术（苏州）有限公司
6	热泵热水用R290直流变频涡旋压缩机	冰山松洋压缩机（大连）有限公司
7	水蒸气螺杆压缩机组	武汉新世界制冷工业有限公司
8	威乐高效变频卧式端吸离心泵	威乐（中国）水泵系统有限公司
9	威乐紧凑型智能高效循环泵	威乐（中国）水泵系统有限公司
10	应用于机房空调的ZAvblue2系列风机	施乐百机电设备（上海）有限公司
11	永磁变频氨半封螺杆热泵机组	冰轮环境技术股份有限公司

第五类 换热器、阀件与其他辅助部件

序号	产品名称	公司名称
1	ETS 8M电子膨胀阀	丹佛斯（天津）有限公司
2	LPV电子膨胀阀	浙江盾安人工环境股份有限公司
3	RSV双向电磁阀	浙江盾安人工环境股份有限公司
4	大容量交叉式电磁四通换向阀	浙江盾安人工环境股份有限公司
5	电动切换水阀	浙江三花智能控制股份有限公司
6	高耐蚀微通道换热器	杭州三花微通道换热器有限公司
7	数据中心微通道换热器	杭州三花微通道换热器有限公司

第六类 控制设备与系统

序号	产品名称	公司名称
1	291系列超声波冷热量表	广州柏诚智能科技有限公司
2	TKD-RC采集器	深圳市天创达科技有限公司
3	八度空间健康人居智控平台	新众业建设集团有限责任公司
4	多合一空气质量传感器	西门子（中国）有限公司
5	海尔开利智慧云服务系统	青岛海尔开利冷冻设备有限公司
6	基于5G+工业互联网的制冷系统智慧运维平台	冰山技术服务（大连）有限公司
7	智慧建筑物联网控制器	上海美控智慧建筑有限公司

第七类 工业及商用制冷设备及相关部件

序号	产品名称	公司名称
1	LT-S-200/100-IVX全配置双级变频螺杆机	上海汉钟精机股份有限公司
2	NVS70FSC小型高效环保智能R290变频商用压缩机	长虹华意压缩机股份有限公司
3	SRS-2016LS氨用半封闭单机双级螺杆压缩机	福建雪人股份有限公司
4	丹佛斯工业制冷系统用于跨临界CO ₂ 系统的高压截止阀SVA与过滤器FIA	丹佛斯（中国）投资有限公司

5	谷轮™ZFI140低温40HP大型商用冷冻涡旋压缩机	艾默生环境优化技术（苏州）有限公司
6	跨临界CO ₂ 系统引射器	比泽尔制冷技术（中国）有限公司
7	新一代家用及轻商无刷直流电机（ZKSN-200-10-2L）	广东威灵电机制造有限公司
8	约克新一代超高效冷冻XJC系列螺杆压缩机	江森自控空调冷冻设备（无锡）有限公司

第八类 工业热泵

序号	产品名称	公司名称
1	HD-宽温域离散余热相变提质离心机组	冰轮环境技术股份有限公司
2	变频空气源热泵高温热水机组	深圳麦克维尔空调有限公司
3	超高温水源热泵机组	克莱门特捷联制冷设备（上海）有限公司
4	复叠式高温热泵（热水）机组	青岛海尔智慧楼宇科技有限公司
5	工业大容量高温离心式热泵	珠海格力电器股份有限公司
6	谷轮™120℃超高温热泵整体解决方案	艾默生环境优化技术（苏州）有限公司
7	约克HPS(60)螺杆式高速变频永磁高温热泵机组	约克（无锡）空调冷冻设备有限公司

第九类 应对气候变化及其他产品

序号	产品名称	公司名称
1	GM系列高压隔膜压缩机	冰轮环境技术股份有限公司
2	第四代环保型制冷剂高精度防爆充装生产线	上海旻实智能科技有限公司
3	二氧化碳增压机组	冰山冷热科技股份有限公司

附录2 2023年中国制冷展金奖产品及年度产品名录

2023年中国制冷展金奖产品

第一类 直膨式空调热泵设备

产品名称：MDV8无界多联机

企业名称：广东美的暖通设备有限公司

第二类 冷热水机组

产品名称：海尔气悬浮离心式冷水机组

企业名称：青岛海尔智慧楼宇科技有限公司

第三类 空气处理设备

本届制冷展该方向金奖产品空缺

第四类 压缩机、风机与水泵

产品名称：谷轮™120℃超高温热泵用涡旋压缩机

企业名称：艾默生环境优化技术（苏州）有限公司

第五类 换热器、阀件与其他辅助部件

产品名称：大容量交叉式电磁四通换向阀

企业名称：浙江盾安人工环境股份有限公司

第六类 控制设备与系统

本届制冷展该方向金奖产品空缺

第七类 工业及商用制冷设备及相关部件

产品名称：SRS-2016LS氨用半封闭单机双级螺杆压缩机

企业名称：福建雪人股份有限公司

第八类 工业热泵

产品名称：HD-宽温域离散余热相变提质离心机组

企业名称：冰轮环境技术股份有限公司

第九类 应对气候变化及其他产品

产品名称：光储多联机

企业名称：珠海格力电器股份有限公司

2023年中国制冷展年度产品

产品名称：海尔气悬浮离心式冷水机组

企业名称：青岛海尔智慧楼宇科技有限公司

附录3 2022年资深工程师名单

序号	姓名	单位	方向
1	杨富华	冰山冷热科技股份有限公司	制冷系统
2	张 浩	广东美的制冷设备有限公司	制冷空调设备
3	周 易	上海海立电器有限公司	制冷空调设备

聚焦全球冷暖 致力系统创新

