

美的自研 磁悬浮家族 全栈阵列亮相

低温制冷

中温制冷

中高温热泵



磁悬浮
空气压缩机



自然冷磁悬浮
冷水机组



磁悬浮水蒸汽
压缩机组



磁悬浮离心式
冷水机组



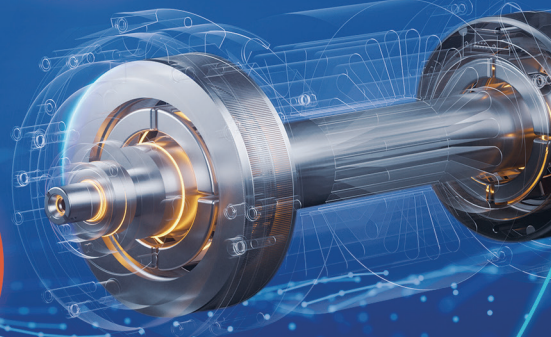
磁悬浮冰蓄冷
双工况机组



风冷磁悬浮
冷水机组



水地源磁悬浮
热泵机组





冰轮环境
MOON-TECH

智造精品 绿能锁鲜 全链路食品温控方案服务商

INTELLIGENT GREEN-ENERGY ECOLOGY



- 绿色低碳制冷系统
- 智能产线解决方案
- 低充注系统解决方案
- 制冷系统智慧能效管控系统
- 园区能源综合利用解决方案
- 全时段24H技术服务



- 定制化设计服务
- 全系列速冻装置
- 预处理线一体化服务
- 线边物流解决方案
- 智能仓储解决方案
- 专业管理技术培训



项目规划



技术咨询



工程设计



成套设备



安装调试



员工培训



系统维护



系统诊断升级



合同能源代管

冰轮环境技术股份有限公司

Moon Environment Technology Co., Ltd.

400-658-0811

中国烟台冰轮路1号



官方网站



官方公众号

冰山松洋制冷

余废热利用 · 节能减碳

离心式冷水（热泵）机组 | 溴化锂机组

真空热水机组 | 燃气热泵机组

节能减碳践行者

生态平衡守护者

绿色能源创造者

冰山松洋制冷三十多年来始终坚持持续不断的加大在节能、减碳等细分市场领域的投入，为用户提供专业余废热解决方案，为人类社会贡献更多力量，共建生态平衡。



冰山松洋制冷（大连）有限公司

服务热线：400-642-2468 官网：www.sonyordl.com

目录 CONTENTS

学会动态

01. 2025中国制冷学会（单位）会员大会在西安成功举办



02. 中国制冷学会新增会员名单

03. 2025年中国制冷学会青年科技工作者发展论坛在上海成功举办

05. 2025年《制冷学报》二届一次青年编辑工作委员会会议在上海召开

06. 党建科普志愿者湖北老区行系列科技志愿服务活动成功举办

07. 天津商业大学机械工程学院第一届“冷链+X”产业发展论坛暨第五届研究生学术年会在天津召开

地方学会之窗

08. 天津市制冷学会在津举办蒸发冷却技术及应用交流研讨会

08. 2025年山东省制冷空调暖通学术交流大会在泰安召开

09. 河北省制冷学会与烟台万华节能工程科技有限公司开展技术交流活动

会议通知

09. 第二十届全国冷链大会暨第十七届全国冷冻冷藏产业创新发展年会第一轮通知

10. 2025中国制冷学会学术年会（CAR2025）第二轮通知

11. 2025制冷节能降碳与制冷剂替代技术发展会议第二轮通知

13. “CHPC·中国热泵”2025热泵产业用户生态大会第二轮参会通知

政策法规

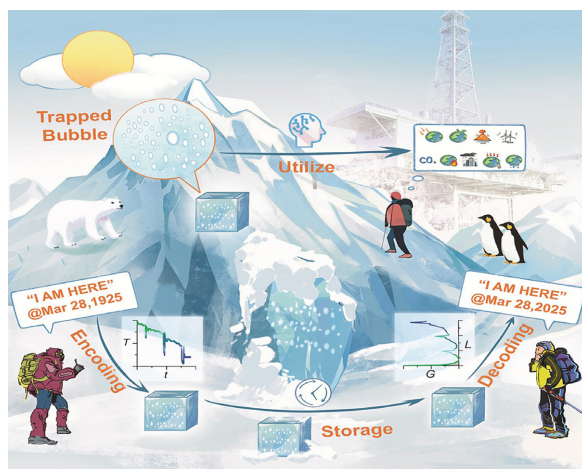
14. 《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案（2025—2030年）》印发

17. 国家发展改革委办公厅印发《绿色低碳先进技术示范项目清单（第二批）》

科技前沿

20. 北京大学工学院杨荣贵教授课题组在被动式热管理领域取得新突破

22. 北京理工大学团队在Cell子刊发表“冰封信息”新技术文章



专题报道

24. 低温技术，迈向绝对零度的探索



国际资讯

27. 可持续冷却

——如何在削减排放的同时满足制冷需求（六）

行业动态

40. 丁国良教授、李先庭教授荣获“亚洲制冷学术奖（Asian Academic Award）”

40. 徐震原教授荣获阿联酋全球水资源奖青年奖



41. 中国科学院理化技术研究所戴巍研究员入选美国低温学会会士

41. 我国首台万瓦级氦制冷机研制成功

企业纵览

42. Welling威灵电机巴西工厂预计第四季度运营

42. 丹麦外交大臣拉斯穆森到访丹佛斯天津工厂

43. 第四届楼宇科技TRUE大会在上海举办

44. 江森自控庆祝成立140周年，持续创新引领未来

《中国制冷简报》着重介绍中国制冷、空调、供暖、通风及相关领域的各类信息，旨在推动科技创新，推广应用技术，报道行业动态，促进业内交流，为我国制冷事业的发展服务，为学术及技术交流服务，为培养专业人才服务。

主办单位：中国制冷学会

主 编：常 琳

副 主 编：范 薇

责任编辑：邵月月

编辑部主任：范 薇

编辑部副主任：王亚薇 田 甜 邵月月

通 讯 员：陈 晨 陈筑平 戴娜丹 窦克松 黄浩良 江 山
金国涛 李 朋 李 雯 李锡石 李宥庭 刘国祥
刘 卓 马 琪 彭园媛 施乃蓉 宋佳宁 隋继学
孙亚娟 孙志利 谈 筠 唐 棣 王保锋 王柯增
王立群 王 派 王若虚 王晓童 王 怡 吴丽婷
肖 伦 严文婷 杨永安 张志强 赵春晨 赵中齐
郑戈雅 郑 微 邹培培

编辑部联系方式

地址：北京市海淀区阜成路67号
银都大厦10层

邮编：100142

电话：010-68463224

传真：010-68434679

邮箱：wfan@car.org.cn



广告索引

封面 广东美的暖通设备有限公司

封底 公益广告

封二 冰轮环境技术股份有限公司

封三 荏原冷热系统（中国）有限公司

首插页 冰山松洋制冷（大连）有限公司

插页 复盛实业（上海）有限公司

版权声明：凡本刊发表的文章、图片，未经本刊允许不得转载。经本刊同意授权刊登，应注明出处，向本刊编辑部及作者邮寄样刊，并向作者寄发稿酬。

2025 中国制冷学会（单位）会员大会在西安成功举办

2025年5月21日—23日。以“智冷低碳，绿创未来”为主题的2025中国制冷学会（单位）会员大会在陕西省西安市成功召开。本次大会由中国制冷学会主办，陕西省科学技术协会支持，陕西省制冷学会、陕西省暖通空调与制冷行业协会、西安交通大学制冷与低温工程系、西安建筑科技大学建筑设备科学与工程学院、中国设备管理协会建筑机电设备维修安装企业能力等级工作办公室协办。

中国制冷学会理事长、西安交通大学何雅玲教授，陕西省科学技术协会常务副主席李肇娥女士，中国制冷学会名誉理事长金嘉玮教授，中国设备管理协会会长徐华东先生，中国制冷学会副理事长、清华大学李先庭教授，中国制冷学会副理事长、中国家用电器研究院宫亦霄教授级高工，国家发展改革委环资司碳达峰碳中和推进处处长王浩先生，北京制冷学会理事长唐俊杰教授，西安建筑科技大学副校长王怡教授，澳门特别行政区制冷学会副会长魏亮先生等400余名专家学者、会员代表、高校师生参加本次会议。

开幕式

会议开幕式由中国制冷学会副理事长兼秘书长李晓虎教授主持。中国制冷学会理事长何雅玲教授，陕西省科学技术协会李肇娥女士，中国设备管理协会会长徐华东先生，陕西省制冷学会理事长、西安建筑科技大学李安桂教授分别致辞。

何雅玲教授在致辞中表示：面对“双碳”目标与“十四五”收官的关键节点，制冷行业需以“智冷低碳，绿创未来”为核心，通过科技创新、强化国际标准制定与技术合作（如聚焦“一带一路”市场及国际制冷展推广）、完善产学研协同与人才培养体系（支持青年骨干成长与科技成果转化），加速淘汰高耗能设备、推动能效升级与多能互补模式，构建全生命周期绿色标准，从而驱动行业绿色转型，实现高质量发展，并呼吁各界携手把握机遇，共筑低碳未来。

开幕式期间举办了中国制冷学会优秀单位会员与中国制冷学会五星优秀单位会员颁证仪式，中国制冷学



中国制冷学会副理事长兼秘书长李晓虎教授主持会议开幕式



中国制冷学会理事长何雅玲教授致开幕辞

会理事长何雅玲教授，中国制冷学会副理事长兼秘书长李晓虎教授分别为各单位颁发优秀单位会员证书。会议开幕期间还揭晓了2023年度与2024年度亚洲制冷学术奖获奖人。2023年及2024年获此殊荣的分别是上海交通大学丁国良教授、清华大学李先庭教授。中国制冷学会理

事长何雅玲教授为获奖人分别颁发荣誉证书。随后，由中国制冷学会节能环保技术与信息化工作委员会主任成建宏研究员公布了《2024节能降碳与环保产品技术目录》。共70项节能降碳与环保产品和11项节能降碳与环保技术。



五星优秀单位会员颁证

主题报告

上午的大会主题报告由中国制冷学会副理事长、清华大学李先庭教授，西安建筑科技大学副校长王怡教授共同主持。国家发展和改革委员会资源节约和环境保护司碳达峰碳中和推进处处长王浩先生，西安交通大学郭菊娥教授，清华大学李先庭教授，中国家用电器研究院宫亦霄教授级高工，西安建筑科技大学李安桂教授分别以“加快经济社会发展全面绿色转型”“国家能源低碳转型战略与储能发展思考”“高效低碳空调与供热的基础理论和关键技术”“‘以铝代铜’推动空调行业质变式升级发展”“低阻力通风空调与制冷输配管道系统创新与工程应用”为题作报告。

下午的大会报告由西安工程大学原副校长黄翔教授，西安交通大学能动学院党委书记曹锋教授共同主持。青岛海信日立空调系统有限公司基础技术部总经理辛电波先生，上海交通大学丁国良教授，浙江大学赵阳教授，浙江美芝压缩机有限公司空压商用产品开发专家胡培海先生，中国建筑西北设计研究院有限公司周敏教授级高工，美的楼宇科技智能系统方案部长张泽浩先生，西安交通大学晏刚教授分别以“数据驱动的建筑负荷预测模型构建与多联机节能控制策略研究”“面向制冷空调产品设计需求的仿真技术”“DeepSeek在制冷暖通领域应用潜力分析”“热泵采暖压缩机及其技术应用”“基于‘零碳岛’的可再生能源探索与思考”“多模态多模型协同智能体在暖通智能化领域的探索与实践”“轻商制冷空调创新技术及产学研实践路径探索”为题作报告。

颁证仪式

会议晚宴期间举办了“中国制冷学会节能环保与环保产品技术颁证仪式”，中国制冷学会名誉理事长金嘉玮教授，节能环保与信息化工作委员会主任成建宏研究员、副主任李红旗教授分别为入选《2024节能降碳与环保产品技术目录》的企业颁发证书。

分论坛

会议举办了“节能降碳与环保技术分论坛”，行业市场发展分析论坛以及“设备维修安装能力提升培训班”共4个分论坛，共22位专家学者做了精彩汇报。

(高恩元 供稿)

中国制冷学会新增会员名单

单位会员	单位名称		单位名称	
	澳升泵业（浙江）有限公司		宁波鸿达电机模具有限公司	
	宁波奥克斯电气有限公司		中国移动通信集团设计院有限公司	
	Hansen Technologies Corporation		弗莱多（山东）环境技术有限公司	
	浙江商业机械厂有限公司		常州永瀚电机有限公司	
	上海泰达冷暖科技有限公司		苏州利森空调制冷有限公司	
	南通华信中央空调有限公司		安徽恩博力电器有限公司	
高级会员	姓名	单位	姓名	单位
	刘秀文	同方股份有限公司	张天时	吉林大学
	杨天阳	中国科学院理化技术研究所	熊康宁	西安建筑科技大学
	武元博	弘云科技发展（常熟）有限公司	邢道明	中国石油大学（北京）克拉玛依校区
	邹思凯	华东交通大学	许嘉兴	上海交通大学

2025 年中国制冷学会青年科技工作者发展论坛 在上海成功举办

6月21日，2025年中国制冷学会青年科技工作者发展论坛在上海理工大学成功举办。本次论坛由中国制冷学会、上海理工大学、天津商业大学主办，上海市制冷学会协办，冰轮环境技术股份有限公司支持，并得到中国科协2025年“党建+”特色活动乙类项目资助。

本次论坛分主题报告、分享论坛、发展论坛、助力论坛、校园参观5个板块，从科研方向选择、教学经验介绍、交叉研究探索、成长经验分享、教学科研工具运用、前沿科技成果研讨等方面引导青年科技工作者在教学、科研、科技创新道路上健康成长。

中国制冷学会副理事长兼秘书长李晓虎教授；中国制冷学会党委副书记、副理事长，Energy和《制冷学报》主编王如竹教授；上海理工大学副校长、中国制冷学会常务理事张华教授；上海交通大学校务委员会副主任、教育学院院长吴静怡教授；上海第二工业大学校长谢华清教授；南京理工大学副校长李强教授；浙江大学/浙大城市学院副校长金滔教授；上海制冷学会理事长张旭教授；上海理工大学能源与动力工程学院院长刘宝林教授；天津商业大学机械工程学院院长，中国制冷学会常务理事刘圣春教授；上海理工大学人事处副处长武卫东教授；上海理工大学能源与动力工程学院副院长苏明旭教授；上海交通大学动力与能源工程系系主任代彦军教授；上海市制冷学会秘书长、中国制冷学会理事黄永华教授；浙江大学能源工程学院制冷与低温研究所，中国制冷学会理事、韩晓红教授；西安交通大学教授，中国制冷学会理事冀文涛教授；上海第二工业大学于伟教授等来自高校、科研院所等的150余名代表参加了本次论坛。

开幕式

论坛开幕式由中国制冷学会副秘书长、中国制冷学会秘书处党支部副书记常琳主持，中国制冷学会副理事长兼秘书长李晓虎、上海理工大学副校长张华、上海市制冷学会理事长张旭分别致辞。



中国制冷学会副理事长兼秘书长李晓虎致辞

李晓虎指出：青年是科技创新的生力军，是科技事业发展的未来和希望。当前，全球科技革命和产业变革深入发展，科技创新的广度、深度、速度、精度前所未有的。制冷空调与低温工程领域，作为国民经济的重要支撑、节能减排的关键环节、提升人民生活品质的保障技术，正面临着前所未有的机遇与挑战。在这样的时代背景下，培养造就一支规模宏大、结构合理、素质优良的青年科技人才队伍，是支撑科技强国建设、实现制冷领域高质量发展的根本大计。中国制冷学会永远是广大青年科技工作者坚强的后盾和温暖的“家”，学会将持续完善青年人才培养体系，搭建更多高水平交流平台，努力为大家的成长成才铺路搭桥、保驾护航。

主题论坛

主题论坛由上海理工大学能源与动力工程学院副院

长苏明旭教授主持。中国制冷学会党委副书记、副理事长，Energy和《制冷学报》主编王如竹教授；上海理工大学人事处副处长武卫东教授分别以“学科交叉探索的体会，从1-100到0-1再到1-100”“《制冷原理》课程思政示范课程建设与实践”为题作专题报告。

分享论坛

西安交通大学教授、《制冷学报》青年编委会主任委员冀文涛主持分享论坛。海尔新能源科技有限公司首席技术官俞国新，中国科学院上海技术物理研究所刘少帅研究员，江森自控亚洲研发中心暖通空调与冷冻产品技术总监吴献忠教授级高工，上海交通大学马涛副教授分别以“我在制冷技术方面的研发故事”“小众领域的科研体悟—航天低温制冷技术”“产学研用融合，带动技术创新”“科研创新驱动科技成果转化之初探：从实验室到工程应用”为题作专题报告。

发展论坛

北京工业大学制冷与低温工程系党支部书记、《制冷学报》青年编委会副主任委员周峰教授主持发展论坛。同济大学叶蔚副教授、大连理工大学薛雨副教授、冰轮环境设计部部长侯丽艳高级工程师，分别以“在国家重大工程中寻找教学与科研乐趣”“高校青年教师与不同类型企业合作的经验与教训”“从‘做设计’到‘懂业务’设计部长的跨界思维与商业价值提升之路”为题作专题报告。

助力论坛

华中科技大学教授、《制冷学报》青年编委会副主任委员申利梅主持助力论坛。新西兰梅西大学武文涛副教授（线上）、浙江大学包士然研究员、天津商业大学代宝民教授、东华大学肖鑫副教授分别以“结合国际竞赛的课程设计教学方式”“服务于教学与科研的AI专业助手——‘低温之舟’智能体初探”“应用型制冷行业院校本硕学生培养的经验分享”“因地制宜——基于纺织特色学科的交叉科研实践”为题作专题报告。

优秀张贴报告评选

本次论坛增设张贴报告及评选环节，为参会人员提供了一个开放、直观且互动性强的学术交流平台。同时邀请了几位行业专家对参会嘉宾的张贴报告进行了评选。上海第二工业大学于伟教授介绍了评选情况，上海市制冷学会理事长张旭教授为评选出的5张优秀张贴报告作者颁证。



高端访谈

天津商业大学机械工程学院院长刘圣春教授主持高端访谈。上海交通大学校务委员会副主任、教育学院院长吴静怡教授，南京理工大学副校长李强教授，上海理工大学副校长张华教授，上海第二工业大学校长谢华清教授，浙江大学/浙大城市学院副校长金滔教授5位专家就青年教师的教学、科研、成长等问题进行阐述。



会议的最后，参会代表参观了上海理工大学校园和实验室。



(邵月月 撰稿)

2025 年《制冷学报》二届一次青年编辑工作委员会会议 在上海召开

6月20日下午,《制冷学报》二届一次青年编辑工作委员会会议在上海召开。来自各高等院校、科研机构等的33位青年编委出席本次会议。会议由《制冷学报》第二届青年编辑工作委员会主任委员、西安交通大学冀文涛教授主持。



会上,中国制冷学会编辑部主任范薇传达了《关于深化改革 培育世界一流科技期刊的意见》等期刊工作重要文件,对中国科技期刊概况、《制冷学报》2025年上半年总体情况等进行介绍。

第二届青年编辑工作委员会主任委员冀文涛对第一届青年编辑工作委员会工作情况、优秀青年编委评选情况以及青年编委会换届总体情况进行介绍。

与会青年编委共同就青年编委会如何助力《制冷学报》发展、青年编委工作机制等方面内容展开积极讨论。

会上还举办了第一届优秀青年编委颁证仪式,《制冷学报》副主编,上海理工大学副校长张华教授为10位优秀青年编委颁证。



会议最后,《制冷学报》副主编,上海理工大学副校长张华教授进行总结发言。

附:《制冷学报》第一届优秀青年编委

姓名	单位
冀文涛	西安交通大学
钱苏昕	西安交通大学
赵松松	天津商业大学
植晓琴	浙江大学
代宝民	天津商业大学
孙志利	天津商业大学
王子龙	上海理工大学
谷雅秀	长安大学
张天时	吉林大学
殷翔	西安交通大学

(邵月月 撰稿)

欢迎关注“制冷学报”“中国制冷简讯”微信公众号



制冷学报公众号



中国制冷简讯公众号

党建科普志愿者湖北老区行系列科技志愿服务活动成功举办

黄冈职业技术学院科普教育基地科技志愿服务项目启动

2025年6月17日，中国制冷学会和湖北省制冷学会在黄冈职业技术学院举行科技志愿服务项目启动仪式以及“智汇冷暖大学生创新实践基地”与“制冷空调与洁净技术高技能人才培训基地”的授牌仪式。中国制冷学会名誉理事长金嘉玮、副秘书长常琳，湖北省制冷学会理事长刘常明、常务副理事长陈焕新、秘书长蒋修英、常务副秘书长张定国等近200名师生参与本次活动。

活动中，中国制冷学会科普部主任李晋灏作大学生科技志愿者招募的活动宣讲，中国制冷学会科普工作委员会委员、南京师范大学张忠斌教授面向同学们展开了科技志愿者培训，向师生们宣讲了制冷空调行业在国家节能减碳中的重要意义等。活动最后，中国制冷学会科技志愿服务专家团队和志愿者团队参观了黄冈职业技术学院党史教育馆。



2025年度中国制冷学会湖北（黄石）老区行活动成功举办

6月17—19日，中国制冷学会名誉理事长金嘉玮，湖北省制冷学会理事长刘常明带领20余名专家，来到湖北黄石开展“红色赋能 党建强会——制冷在你身边 党建科普志愿者湖北（黄石）老区行”活动，以党建引领科技赋能，推动高端智力资源服务基层，助力黄石制冷产业高质量发展。黄石市政协副主席、科学技术协会主席李义词，黄石市科学技术协会党组书记郑昌盛，黄石市科学技术协会党组成员、副主席陈汉平，湖北省科学技术协会学会信息服务中心副主任张丰影等参加相关活动。

启动式上，郑昌盛对各位专家的到来表示衷心感谢，并指出本次活动既是对科技服务民生的生动诠释，更是吹响科技助力老区振兴的号角，有利于推动先进制冷技术在冷链、节能、健康等领域的普惠应用。



活动期间，专家一行先后走访了湖北巨鹏厨房设备股份有限公司、湖北绿丰央厨有限公司、湖北工程职业学院产教融合实践中心、大冶劲牌有限公司和湖北东贝集团，分别在阳新县和东贝集团召开2场制冷产业技术需求对接会，为9家企业18条技术需求难题面对面提供专业解答。中国制冷学会先后为阳新县科协“智汇冷暖科技志愿服务小站”、湖北工程职业学院“中国制冷学会大学生创新实践基地”授牌。

李义词在黄石市制冷产业技术需求对接会上作总结讲话。南京师范大学张忠斌教授以《国之大计应从小事做起》为题，为学生、科技志愿服务队、社区居民约230人作关于“双碳”问题的科普报告，普及节能减排知识。专家一行还先后参观了湘鄂赣边区鄂东南革命烈士陵园和科普教育基地-阳新县莲花湖湿地公园，并指导黄冈职业技术学院和湖北工程职业学院科技志愿服务队前往阳新县福利院等地，开展100台空调免费清洗、维修等志愿服务。

党建科普志愿者湖北（秭归）老区行活动成功举办

2025年6月22—25日，由中国制冷学会、湖北省制冷学会、秭归县科学技术协会、秭归县教育局联合主办，秭归县九畹溪芦池湾小学承办，威乐（中国）水泵系统有限公司、北京制冷学会、四川省制冷学会、宜昌空调制冷产业协会联合支持的“2025惠民兴县、服务老区 党建科普志愿者湖北（秭归）老区行”活动成功举办。中国制冷学会监事长刘长永教授，全国政协委员、北京市制冷学会理事长唐俊杰教授，中国制冷学会副秘书长常琳等出席本次活动。

芦池湾小学是山区寄宿制小学，近半数学生来自特殊家庭、单亲家庭等。本次爱心支教活动各相关单位号召员工为山区学校捐赠物资，中国制冷学会捐赠液晶电子画板110个，图书80余本；威乐（中国）水泵系统有限公司及多特蒙德俱乐部捐赠专业足球50个，文具书包各

100余件，图书服装玩具若干；宜昌空调制冷产业协会为学校捐赠冷柜1台。本次活动还邀请到相关专家为学生们上足球课、科学课、美术课，深受同学们的欢迎。

本次活动中国制冷学会还组织科技志愿服务专家前往秭归维楚云仓、新惠公司、屈姑公司实地开展冷链物流调研，听取企业介绍、查看设备机组、解决部分用冷问题、提出意见建议。为对接秭归县制冷产业相关技术需求，在屈姑公司会议室举办了“湖北秭归制冷技术需求对接会”。针对提出的冷藏车能耗高的问题，专家组建议协调多品种货品共同配送，增加满载率，增设滑动门帘；针对冷库贮藏脐橙出现的温度波动、贮藏温度不均和增加存储期的问题，专家组建议采用货架形式摆放，增加冷气流动空间并考虑采用气调冷库；针对部分机组制冷剂问题，专家组建议及时关注制冷剂淘汰更新政策，对老旧制冷机组节能改造和制冷剂替代做好提前规划。

全国政协委员、北京制冷学会理事长、中国制冷学会科普工作委员会副主任委员唐俊杰在听取相关情况

介绍后提出具体发展建议：做好全冷链物流、三级物流节点、产地预冷仓等规划，系统性破解当前农产品冷链物流断链、高能耗等问题，实现从传统冷链向高效、绿色、韧性冷链的转型。



为深入解决当地实际用冷技术需求并系统地开展科技志愿服务工作，中国制冷学会在秭归县建立“智汇冷暖科技志愿服务小站”、湖北省制冷学会与秭归县科协签署全面合作协议，未来将根据秭归县的实际需求协调省内外相关科技资源，长期开展科技志愿服务助力县域经济发展。

（李晋灏 供稿）

天津商业大学机械工程学院第一届“冷链+X”产业发展论坛暨第五届研究生学术年会在天津召开

6月6日，第一届“冷链+X”产业发展论坛暨第五届研究生学术年会在天津举办。本次会议由中国制冷学会工业制冷工作委员会指导，天津商业大学机械工程学院、研究生处（学科办公室）主办。来自高校、研究所、行业企业的代表共计200余人参会。

本次会议主题为“‘冷链+多维融合’：聚焦智慧冷暖，推动产教创新发展”，采用了特邀大会报告、主题报告、分会场研究生中期报告等多种形式，交流“冷链+X”领域的前沿问题，推动冷链产业升级、促进能源与冷链深度融合。

天津市教育委员会科学技术与研究生工作处处长杨明海，中国制冷学会副秘书长王从飞，天津商业大学党委副书记王立云到会并致辞。会议开幕式由中粮工科检测认证有限公司总经理、国家商用制冷设备质量检验检测中心主任司春强教授主持，特别邀请北京大学胡建信教授，全国政协委员、北京制冷学会理事长唐俊杰教授级高级工程师，北京航空航天大学朱晓威教授等作大会特邀报告。

会上，在各位专家学者的共同见证下，进行了2025年《现代制冷技术进展》汇编启动仪式。本次会议按照



工业冷（热）源技术与装备、冷链工艺与冷链设备、储能与数据中心冷却、换热器与智能机械、生物质与传热传质等研究方向设有10个分会场。同时，邀请北京理工大学宋孟杰教授，天津大学颜蓓蓓教授，天津大学肖聚亮教授等担任分会场专家并作主题报告，与会人员积极参与讨论，会场学术氛围浓厚。

本次论坛聚焦“冷链产业现状与升级、能源与冷链融合突破、亟待破局的产教融合”三方面，从“冷链技术与产品创新、低碳冷链应用技术、研究生教育中的产教融合”等多维度，深入探讨“冷链+X”的多维融合模式，助力绿色冷链生态闭环的建设，推动产教融合协同，为行业输送专业性强、适应能力强的综合型人才。

（天津商业大学 供稿）

天津市制冷学会在津举办蒸发冷却技术及应用交流研讨会

6月20日，由天津市制冷学会秘书处组织，天津市制冷学会交通环境工作委员会主办，澳蓝（福建）实业有限公司参与的“蒸发冷却技术及应用交流研讨会”在天津商业大学环境能源+X创新实验室502会议室召开。本次会议旨在搭建产学研用深度融合的高水平交流平台，汇聚20余位行业专家、企业精英与高校学者，聚焦蒸发冷却技术在工业、交通、建筑等领域的创新应用展开深入交流与探讨。



会议由天津市制冷学会常务理事兼常务副秘书长、天津商业大学机械工程学院副院长孙志利教授主

持，天津市制冷学会理事长申江教授致欢迎辞。

天津市制冷学会副理事长兼秘书长杨永安教授向澳蓝（福建）实业有限公司的技术专家重点介绍了今年成立的交通环境工作委员会的情况，以及该委员会所涉及的领域和涵盖的研究内容。澳蓝（福建）实业有限公司技术总监林榕娇作了“蒸发冷却产品创新技术及场景应用”的主题报告，分享核心专利、展示该技术在轨道交通、工业节能等场景的实践案例；澳蓝（福建）实业有限公司销售总监钟德辉介绍了澳蓝公司蒸发冷却设备在天津地区的销售情况及实际应用项目情况。

通过介绍与交流，与会专家一致认为，蒸发冷却技术对减少建设投资、降低运行能耗、改善高温作业环境具有显著的效果，是实现绿色低碳转型的重要抓手。同时还就蒸发冷却技术如何满足交通领域特殊环境调控需求以及相关技术的适配性等关键问题展开热烈讨论，进一步探索跨领域的合作契机。

天津市制冷学会专家委员会副主任臧润清教授最后做总结发言。会后，嘉宾实地参观天津商业大学环境能源+X创新实验室。

（天津市制冷学会 供稿）

2025 年山东省制冷空调暖通学术交流大会在泰安召开

2025年5月23—25日，由山东制冷学会与山东省制冷空调行业协会联合主办的“25年山东省制冷空调暖通学术交流大会”在泰安召开。本次大会以“数智赋能 冷暖新程”为主题，来自科研院所、高等院校、制冷空调设备制造企业等单位的300余位代表参会。



大会开幕式由山东制冷学会秘书长刘德刚主持，泰安市住房和城乡建设局副局长姜军峰致欢迎辞。会议期间，3位专家围绕暖通空调产业发展、低碳战略驱动制冷空调产业升级、冷库节能降碳新途径等方面进行精彩报告，6位专业技术人员分享了他们的最新研究成果，23家特色企业集中展示了磁悬浮离心机组、智慧能源管理系统、相变储能材料等制冷空调创新产品。

本次大会还对获得“第二届山东省制冷空调科学技术奖”的项目以及“2024 年度山东省制冷空调先进单位”进行了表彰。通过本次融合了学术深度、技术高度与产业温度的行业盛会，不仅获取了前沿资讯，更明晰了“数智赋能、绿色转型”的发展路径。

（山东制冷学会 供稿）

河北省制冷学会与烟台万华节能工程科技有限公司 开展技术交流活动



6月7日，河北省制冷学会与烟台万华节能工程科技有限公司在河北建环能源科技有限公司进行了技术

交流。交流会上，河北省制冷学会代表崔明辉、马坤茹结合当前行业发展现状与实际应用需求，提出制冷工程中面临的技术难题以及对保温材料的特殊需求。

烟台万华节能工程科技有限公司吴学文总经理助理详细介绍了本公司的聚氨酯保温产品，并通过案例介绍其产品的优越性能。讨论环节，双方就如何将先进技术更好地应用于河北省制冷行业、行业标准的完善、新技术的研发方向以及未来合作模式等议题展开热烈的讨论。此次技术交流活动是河北省制冷学会积极履行行业服务职责、推动技术创新交流的重要体现。活动为未来双方开展深入合作搭建良好平台。

（河北省制冷学会 供稿）

会议通知

第二十届全国冷链大会暨第十七届全国冷冻冷藏产业 创新发展年会第一轮通知

全国冷链大会和全国冷冻冷藏产业创新发展年会是我国冷链行业大型综合会议，每年举办一次。会议致力于推进我国冷链行业的技术交流、产业升级、应用推广、商业对接，搭建“产、学、研、用”综合交流平台，从政策、经济、技术、管理、运营多维度探讨行业提质与发展。第二十届全国冷链大会暨第十七届全国冷冻冷藏产业创新发展年会计划于2025年9月24—26日在海口召开。会议将邀请政府机构、专家学者交流当前的政策、经济及技术发展，邀请冷链企业分享新形势下经营策略和理念。现将相关事项通知如下：

一、组织机构

主办单位：中国制冷学会、华商国际工程有限公司

承办单位：中国制冷学会冷链工作委员会、全国商业冷藏科技情报站、中国制冷学会冷藏冻结专业委员会

协办单位：中国制冷学会冷藏运输专业委员会

二、会议时间地点

2025年9月24日—26日 海口市

三、会议主题

碳路先锋 数智新生

四、主要议题

1. 国际经济变革与冷链发展前瞻
2. 我国冷链行业发展现状与未来趋势

3. AI数智赋能冷链
4. 冷链商业运营新模式探索
5. 跨境冷链发展与实践
6. 低碳冷链园区规划与建设
7. “两新”政策冷链设备更新技术路线
8. 农产品冷冻冷藏工艺前沿技术与应用
9. 制冷剂替代与减量技术
10. 冷链设施安全

五、会议安排

9月24日：报到&公益活动

9月25日：大会主题论坛

9月26日上午：会议分论坛

9月26日下午：技术参观

六、参会报名

识别右侧会议二维码

报名参会



七、联系方式

会议商务合作：尹从绪 13910929077

参会报名咨询：赵全华 15101021382；

王 波 18047287597

Email: coldchain@car.org.cn

2025 中国制冷学会学术年会（CAR2025）第二轮通知

中国制冷学会自 2005 年开始举办中国制冷学会学术年会，每两年举办一届。年会紧密围绕国家战略发展需求，聚焦制冷空调技术发展前沿，广泛开展多层次、多维度、多形式、全方位的学术交流活动。在广大科技工作者的支持和积极参与下，中国制冷学会学术年会规模不断扩大、影响力持续提升，已发展成为我国制冷空调领域规模最大、影响力最强的学术会议。

2025 中国制冷学会学术年会将于 2025 年 11 月 10—13 日在湖南省长沙市举办，本届年会主题为“创新提质，绿色高效”，将就行业内的热点问题进行讨论，现将各项事宜通知如下：

一、组织机构

主办单位：中国制冷学会

协办单位：国家节能环保制冷设备工程技术研究中心、湖南省制冷学会、中南大学、湖南大学

组织委员会

名誉主席：周远 王浚 陶文铨 江亿 陈学东

主席：何雅玲

委员：李晓虎 王如竹 李先庭 田旭东 王 斌
温克学 赵宝国 蔡力勇 路 宾 方祥建
宫赤霄 公茂琼 荆华乾 廖胜明 陈毅兴
(排名不分先后)

学术委员会

主任：何雅玲

副主任：王如竹 李先庭 公茂琼 曹峰 王 斌
路 宾

委员：丁国良 于志强 马 进 马国远 王 林
王宝龙 方真健 石文星 龙恩深 卢 军
田长青 田 华 邢子文 成建宏 刘广海
刘 华 刘金平 刘宝林 刘晓华 刘 斌
刘 静 闫 亮 孙 颖 李开春 李东杰
李安桂 李红旗 李 明 李学来 李晓燕
杨荣贵 杨富华 肖 伦 吴献忠 旷玉辉
邱利民 何国庚 汪 超 沈 俊 宋孟杰
张小松 张文强 张乐平 张 华 张秀平
张忠斌 张学军 张树前 张信荣 张 泉
张海军 张 博 张群力 陈建业 陈焕新
邵双全 林云珍 欧阳锡林 国德防 罗二仓
罗高乔 罗 彬 金 滔 周 易 周 翔
周 雷 郑立宇 郑竺凌 赵李曼 战斌飞
钟 明 宫天泽 费继友 姚 杨 袁卫星

袁艳平 钱小石 钱苏昕 徐言生 殷勇高
高 强 陶求华 黄 东 黄 翔 曹静宇
章学来 谢 晶 慎世珍 裴 刚 廖胜明
缪雄伟 (排名不分先后)

二、日程安排

报到日期：11月10日

会议日期：11月11—13日

三、会议地点

长沙世纪金源大饭店

地址：湖南省长沙市开福区欣彤路110号

电话：0731-85958888

四、会议内容

1. 高端论坛+主题论坛

邀请国内外知名专家学者就制冷、空调、热泵、低温、冷链等领域的基础研究、前沿技术、应用进展做大会报告。

2. 拟讨论的专题论坛

- (1) 制冷空调系统及设备
- (2) 热泵技术
- (3) 空气调节技术
- (4) 冷藏链与食品科学
- (5) 低温工程、工业制冷
- (6) 其他

会议面向业界征集设立专题论坛，有意向的单位或个人，请与会务组联系。

3. 论文张贴与综合展示

年会设置展示专区，包括论文张贴、企业宣传展示。欢迎制冷相关单位或企业参加，介绍和展示新产品、新技术。

4. 同期活动

中国制冷学会科学技术奖颁奖仪式、中国制冷学会资深会员授牌仪式、中国制冷学会学术工作委员会工作会议等。

五、征文要求

1. 请登录2025年会网站：car2025.car.org.cn，在线注册投稿参会；
2. 论文格式要求详见2025年会网站；
3. 本次年会只接受在线注册投稿，请勿以附件形式发送稿件至邮箱；
4. 全文截止：2025年9月1日；
5. 录用通知截止：2025年9月15日；

6. 年会组委会将组织专家评选“优秀论文”。

六、参会注册及酒店预订

1. 注册费用

普通代表注册费：2000元

单位和个人会员代表及论文作者注册费：1500元

学生代表注册费：1200元

学生会员代表注册费：1000元

2. 酒店费用

长沙世纪金源大饭店

地址：湖南省长沙市开福区欣彤路110号

大床房/标准间：400元/（间·天，含早）

3. 报名参会

请登录2025年会网站：car2025.car.org.cn，或扫描下方二维码在线注册缴费、预订酒店。



汇款账户如下：（如需汇款，请注明“2025制冷年会注册费+参会人员姓名”，报到时请出示汇款单底联复印件）

户 名：中国制冷学会

银 行：招商银行北京西三环支行

账 号：862081206710001

七、其他

欢迎各位专家针对主题报告和专题安排提出意见，企业积极支持本次年会。

八、会议筹备组

联系人：张晓宁、吴彤、张凯、高恩元、赵国君

地址：北京市海淀区阜成路67号银都大厦10层，100142

电话：010-68719983、010-68711615

邮箱：car2025@car.org.cn

2025 制冷节能降碳与制冷剂替代技术发展会议第二轮通知

为服务《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案（2025—2030年）》实施，促进我国制冷行业履约和实践绿色低碳发展路线，助力实现“双碳”目标，中国制冷学会拟于2025年10月26—28日在广东省佛山市召开2025制冷节能降碳与制冷剂替代技术发展会议。

会议将邀请来自相关联合国环境署及国家相关政策制定和研究部门、国内外行业组织和专业机构、高校、科研院所、制冷剂生产企业和制冷设备制造企业的专家、学者，聚焦制冷剂替代与节能降碳协同推进关键性问题开展全面、深入的研讨和交流。现将会议计划通知如下：

一、组织机构

主办单位：中国制冷学会、中山大学

承办单位：中国制冷学会制冷节能降碳与制冷剂替代工作组

协办单位：美的集团、《制冷学报》编辑部

支持单位：大金（中国）投资有限公司、霍尼韦尔高新材料（中国）有限公司、科慕化学（上海）有限公司

组织委员会：

主席：江 亿

副主席：王从飞 王宝龙 李廷勋

成员：安青松 包 锐 别清峰 蔡力勇 常 琳
陈文卿 戴晓业 冯向军 高 强 宫天泽
国德防 李爱丽 李宝刚 林云珍 罗 彬
邵艳坡 孙西峰 田雅芬 王 飞 王新文
殷 翔 应雨铮 张 浩 张文强 赵 娜
郑立宇 周 易

学术委员会：

主席：王宝龙

副主席：胡建信 邢子文 张建君

成员：别清峰 曹 锋 陈光明 成建宏 窦艳伟
冯向军 高 强 顾中平 国德防 韩 炜
何国庚 胡 斌 胡 姗 胡 用 滑 雪
黄宁杰 贾 磊 姜利民 李爱丽 李金波
李廷勋 刘圣春 刘 焘 马国远 马 进
任 滔 石文星 史 琳 司春强 唐俊杰
田 健 田长青 王从飞 王 飞 王新文
魏德强 温辰阳 吴献忠 夏卫群 徐 鸿

薛庆峰 杨富华 杨 昭 殷 翔 俞国新
张 华 张文强 赵李曼 郑 坦 钟 权
周 易

二、会议时间

2025年10月26—28日。

10月26日：下午 报到

10月27日：上午 主题论坛 下午 国际论坛

10月28日：上午 分论坛 下午 中国制冷学会制冷
节能降碳与制冷剂替代工作组工作会议

三、会议地点

广东省佛山市顺德区绿泽路2号星湾苑4栋顺德美的万怡酒店。

四、会议内容

1. 主题论坛

拟邀请UNEP，国内制冷剂替代、能效提升政策制定及研究机构代表，以及相关专家及学者，聚焦全球制冷剂替代政策及技术发展趋势、能效提升等关键性问题交流研讨。

2. 国际论坛

拟邀请国际制冷学会（IIR）、美国、欧洲、日本、韩国等国家和地区的专业机构代表、专家、学者就全球主要国家和地区的制冷剂替代政策和技术路线选择作深入的交流研讨。

3. 分论坛

分论坛1：家用空调与热泵制冷剂替代技术

分论坛2：多联机制冷剂替代技术

分论坛3：冷链及工业制冷制冷剂替代技术

分论坛4：天然制冷剂及低GWP合成制冷剂

分论坛5：制冷能效提升

分论坛6：制冷剂回收、再生及处置技术

五、稿件征集

现面向行业征集会议报告。报告如以论文形式提交，要求投稿论文未曾公开发表，主题与会议内容紧密相关，语言表达简明严谨，具有行业指导与实际应用意义。论文格式请参照“《制冷学报》稿件修改具体格式要求”，篇幅不超过8页。会议学术委员会组织审查后择优推荐至《制冷学报》发表。报告如直接以ppt形式提交，要求主题与会议内容紧密相关，聚焦

技术，具有行业指导与实际应用意义，避免商业化宣传。

投稿截止时间：2025年7月31日

录用通知时间：2025年8月31日后

稿件请发送至cert2025@car.org.cn，文件名应为“第一作者姓名+论文题目”。

会议不出版论文集。

六、参会注册及酒店预订

本次会议统一安排食宿，费用自理。

1. 提前注册费用

普通代表：1500元

特殊代表：1000元

（工作组委员、论文作者及报告人、支持单位非权益代表、学生）

强烈建议参会代表提前注册；提前注册请于2025年10月4日24时前完成线上注册、缴费。

2. 现场注册费用

所有代表：2000元

3. 酒店费用

顺德美的万怡酒店：500元/晚。

4. 报名参会

请扫描下方二维码在线注册、缴费和预订酒店。



七、会议联系人

中国制冷学会

（制冷节能降碳与制冷剂替代工作组）

赵 娜 010-68712422, 13718993220, nzhao@car.org.cn

应雨铮 15353595212, yingyz22@mails.tsinghua.edu.cn

中山大学

李廷勋 教授 13533509330, litx@mail.sysu.edu.cn

欢迎有意向参与支持会议的企业联系会议组委会。

“CHPC·中国热泵”2025 热泵产业用户生态大会

第二轮参会通知

为全面落实国家发展改革委等部门《推动热泵行业高质量发展行动方案》的部署要求，进一步促进热泵技术创新、产业升级与生态协同，推动绿色低碳发展，助力实现“碳达峰”“碳中和”目标，将于2025年8月20—22日在天津市举办“CHPC·中国热泵”2025热泵产业用户生态大会。本次大会以“创新产业链·共建新生态”为主题，旨在汇聚高校科研机构、龙头企业及上下游配套单位，围绕政策解读、技术路线、产业链协同等关键议题展开深入交流，系统解析用户需求驱动的产品开发、系统设计、安装运维及商业模式创新路径，助力各方把握市场机遇，共同构建绿色低碳的热泵产业生态体系。现做如下通知：

一、组织机构

主办单位：中国制冷学会

协办单位：天津市制冷学会、i传媒

二、日程安排

8月20日 全天报道（10:00—22:00）

8月21日 上午：热泵产业用户生态大会主题峰会1

下午：热泵细分应用发展分论坛1

8月22日 上午：热泵细分应用发展分论坛2

下午：热泵产业用户生态大会主题峰会2

三、参会地址

天津梅江中心皇冠假日酒店 电话：4008302766

地址：天津市河西区友谊南路2号

四、主题峰会

1. 努力做好节能降碳工作，助力绿色高质量发展——史作廷（中国设备管理协会副会长兼节能降碳技术委员会主任）

2. 绿色能源热泵装备研发与应用——王如竹（中国制冷学会副理事长，上海交通大学教授）

3. 零碳园区的政策设计与标准——待定

4. 2030年前潜在节能技术分析——马一太（天津大学教授）

5. 建筑冷热能系统与电力柔性互动的研究与实践——王盛卫（香港理工大学教授）

6. 超高温热泵技术发展及应用——曹锋（西安交通大学教授）

7. 面向工业领域应用的高温热泵技术路线、最新进展及发展建议——罗二仓（中国科学院理化技术研究所研究员）

8. 热泵产品能效提升与标准化——成建宏（中国标

准化研究院研究员）

9. 高效热泵技术在工商业应用中的节能价值分析——刘贵廷（青岛海信日立空调营销股份有限公司客户支持部总经理）

10. 基于工业热泵的冷热汽联供系统解决方案——马海涛（美的楼宇科技热泵方案应用总监）

11. 以案例为基，热泵技术多场景应用领域分析——陈建红（中广电器集团研发总监）

12. 太阳雨高效热泵在工商业领域节能降碳的探索实践——太阳雨集团

五、热泵细分应用发展分论坛

1) 高温热泵应用发展论坛；2) 热泵在零碳工业园中的创新应用论坛；3) 智慧低碳建筑热泵系统应用论坛；4) 制冷剂 and 润滑油应用论坛；5) 热泵供暖系统性能优化与标准化论坛；6) 热泵系统与室内热环境品质调控论坛；7) 热泵关键部件优化应用论坛；8) 低碳农业热泵技术应用论坛；9) 热泵前沿技术应用发展论坛；10) 热泵技术与多能源耦合应用论坛。

六、参会费用

1. 注册费

本次大会将统一安排餐饮。普通代表：1500元，交通及住宿费自理；会员代表（凭个人或单位会员证）：1300元，交通及住宿费自理；学生会员代表（凭学生会员证）：1000元，交通及住宿费自理。

2. 住宿费（天津梅江中心皇冠假日酒店，数量有限，订完为止）

大床房：480元/（间·天，含早，南楼）；标准间：480元/（间·天，含双早，南楼）；大床房：380元/（间·天，含早，北楼）；标准间：380元/（间·天，含双早，北楼）

七、参会注册及酒店预订

请扫描右侧二维码完成注册、缴费、酒店预订。



八、联系方式

联系人：张凯、胡远涛、高恩元

地址：北京市海淀区阜成路67号银都大厦10层，100142

电话：13213534788，15895027072，010-68711615

Email: kzhang@car.org.cn, eygao@car.org.cn

《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案（2025—2030年）》印发

近日，国务院同意《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案（2025—2030年）》，并对外发布，具体《方案》内容如下：

为全面履行《保护臭氧层维也纳公约》和《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（以下简称议定书）及其《基加利修正案》，保护臭氧层和应对气候变化，保障人体健康，贯彻落实党中央、国务院决策部署，依据《消耗臭氧层物质管理条例》，制定本方案。

一、总体要求

以习近平新时代中国特色社会主义思想特别是习近平生态文明思想为指导，全面贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，落实全国生态环境保护大会部署，坚持稳中求进工作总基调，坚持保护臭氧层和应对气候变化协同，分行业、分物质开展消耗臭氧层物质淘汰和削减行动，推动相关行业绿色低碳高质量发展，切实履行国际环境公约义务，为全球生态文明建设贡献中国力量。

（一）管控物质

本方案所称消耗臭氧层物质是指列入《中国受控消耗臭氧层物质清单》的9类管控物质，包括全氯氟烃（CFCs）、哈龙、四氯化碳（CTC）、甲基氯仿、含氢溴氟烃、溴氯甲烷、甲基溴、含氢氯氟烃（HCFCs）和氢氟碳化物（HFCs）。

（二）用途分类

管控物质的用途分为受控用途和原料用途。国家对受控用途的管控物质实施总量控制，对原料用途的管控物质不实施总量控制。受控用途是指管控物质作为制冷剂、发泡剂、灭火剂、溶剂、清洗剂、加工助剂、杀虫剂、气雾剂、膨胀剂等用途，在使用过程中不改变化学性质，最终会排放至大气环境中。少数管控物质的受控用途在完成淘汰后，受限于替代品和替代技术发展情况，经议定书缔约方大会同意，在特定领域可作为豁免受控用途被允许使用，如CTC的加工助剂用途、甲基溴的检验检疫用途等。原料用途是指管控物质作为原辅材料并通过化学反应最终转化为其他化学品的用途。

（三）主要目标

除豁免受控用途和原料用途外，禁止已淘汰的

CFCs、哈龙、CTC、甲基氯仿、含氢溴氟烃、溴氯甲烷、甲基溴等7类管控物质受控用途的生产和使用。逐步削减HCFCs和HFCs受控用途的生产和使用。其中，HCFCs受控用途生产量和使用量在基线值2.91万吨和1.89万吨消耗臭氧潜能值基础上，2025年分别削减基线值的67.5%和73.2%，2030年均削减基线值的97.5%，保留2.5%用于满足制冷空调维修等用途的需求。HFCs受控用途生产量和使用量在基线值18.53亿吨和9.05亿吨二氧化碳当量（tCO₂）基础上，2029年均削减基线值的10%。

二、加强源头管控，严格管理管控物质的生产和销售

（四）逐步削减受控用途生产

对管控物质受控用途生产单位实施配额许可管理。根据履约目标，制定年度配额核发方案，向相关生产单位核发年度生产配额和内用生产配额，并通过逐年削减配额，实现年度淘汰目标。自2026年1月1日起，禁止生产受控用途1,1-二氯-1-氟乙烷（HCFC-141b）。除出口外，管控物质受控用途生产单位只能向已取得使用配额或已备案的销售、使用和维修单位销售管控物质。

（五）强化豁免受控用途和原料用途生产管控

对CTC、甲基溴等管控物质豁免受控用途生产单位和销售三氯三氟乙烷（CFC-113、CFC-113a）、CTC、一溴三氟甲烷（哈龙-1301）、甲基溴、一氯二氟甲烷（HCFC-22）、1-氯-1,1-二氟乙烷（HCFC-142b）、1,1-二氟乙烷（HFC-152a）等原料用途管控物质的生产单位实施配额许可管理。加强管控物质原料用途生产建设项目环评审批，严格落实管理要求，强化原料用途生产装置监管。

（六）严格管控物质副产管理

生产过程中附带产生（以下简称副产）的管控物质，用作受控用途实施配额许可管理；未取得配额的，只能用作原料用途或者销毁处置，不得直接排放。副产管控物质数量较大的甲烷氯化物生产单位（副产CTC）应当按有关规定安装自动监测设备，与国家监控平台联网。进一步规范HCFC-22生产单位副产三氟甲烷（HFC-23）的监测、计量和数据报送，鼓励HFC-23的资源化利用技术推广应用。

（七）加强管控物质销售管理

对管控物质销售单位实施备案管理。销售单位严格按照用途分类管理要求进行销售，做好台账记录。销售单位只能向已取得生产配额的生产单位和已备案的销售单位购买管控物质，只能向已取得使用配额或已备案的销售、使用和维修单位销售管控物质。网络销售平台应加强销售信息发布审核，禁止未经备案的销售单位发布管控物质销售信息。

三、加强过程控制，强化管控物质使用管理

（八）淘汰HCFCs受控用途使用

对HCFCs受控用途年使用量在100吨（含）以上的单位实施配额许可管理，对使用量在100吨以下的实施备案管理。使用单位只能向有HCFCs受控用途生产配额的单位或已备案的销售单位购买HCFCs。

2030年1月1日前，除保留少量用于满足制冷空调维修等用途的需求外，所有行业完全淘汰HCFCs受控用途使用。家电行业HCFCs使用量在2025年至少削减行业基线值的70%，自2030年1月1日起，禁止生产以HCFCs为制冷剂的家电设备。工商制冷空调行业HCFCs使用量在2025年至少削减行业基线值的67.5%，自2027年1月1日起，禁止生产以HCFCs为制冷剂的多联式空调（热泵）机组；自2030年1月1日起，禁止生产以HCFCs为制冷剂的工商制冷空调设备。聚氨酯泡沫行业自2026年7月1日起，禁止生产以HCFC-141b为发泡剂的产品。挤出聚苯乙烯泡沫行业自2026年7月1日起，禁止生产以HCFCs为发泡剂的产品。电子、仪器、机械设备、医疗器械等工业领域清洗行业自2026年7月1日起，禁止HCFCs作为溶剂和清洗剂使用。

（九）削减HFCs受控用途使用

对HFCs受控用途使用单位实施配额许可或备案管理。研究重点行业HFCs受控用途使用总量控制目标，制定HFCs在不同用途的100年全球升温潜能（GWP值来源于议定书《基加利修正案》）限值。在电子特气、气雾剂、清洗剂等用途的使用行业开展摸底调查。研究制定限制HFCs受控用途使用建设项目的政策。

2029年1月1日前，HFCs受控用途使用量至少削减基线值的10%，将优先在汽车、家电、工商制冷空调等重点行业开展削减活动。汽车行业自2029年7月1日起，禁止新申请公告的M1类车辆空调系统使用GWP值大于150的制冷剂；鼓励在电动汽车热系统领域开展自然工质制冷剂替代技术研发和应用。家电行业自2026年1月1日起，禁止生产以HFCs为制冷剂的

电冰箱和冰柜产品；自2029年1月1日起，禁止生产用于国内销售的充注GWP值大于750制冷剂的房间空气调节器，家用多联式空调（热泵）机组除外；鼓励使用自然工质制冷剂。工商制冷空调行业自2029年1月1日起，禁止生产充注GWP值大于750制冷剂的单元式空气调节机（额定制冷量或制热量 $\leq 12\text{kW}$ ）、风管送风式空调（热泵）机组（额定制冷量或制热量 $\leq 12\text{kW}$ ）；禁止生产或新建、扩建充注GWP值大于2500制冷剂的其他制冷设备或制冷系统（蒸发温度 -50°C 以下设备除外）；鼓励工业及冷链物流领域大中型制冷系统和轻型商用制冷设备使用自然工质制冷剂。

（十）加强豁免受控用途和原料用途使用管控

对CTC等管控物质豁免受控用途使用单位实施配额许可管理。对CFC-113、CFC-113a、CTC、哈龙-1301、甲基溴、HCFC-22、HCFC-142b、HFC-152a等管控物质原料用途使用单位实施备案管理。原料用途管控物质使用数量较大的单位应当按有关规定安装自动监测设备。

四、完善末端治理，加强维修、回收、再生利用和销毁管理

（十一）完善制冷、灭火系统维修管理

对含管控物质的制冷设备、制冷系统和灭火系统的维修单位实施备案管理，明确备案管理范围和数据报送要求，规范制冷剂和灭火剂采购、使用台账记录。加强制冷设备、制冷系统维修管理，充分发挥职业院校、龙头企业和职业培训机构等资源优势，加强执业人员培训和资格认证，强化涉制冷剂操作持证上岗制度，鼓励开展维修技术人员技能竞赛，提升制冷维修良好操作水平。加强灭火系统维修管理。

（十二）提升回收、再生利用和销毁水平

对管控物质回收、再生利用和销毁单位实施备案管理。进一步加强涉制冷剂回收的废弃电器电子产品拆解处理企业的管理，做好制冷剂分类回收和储存。强化对工商制冷设备维修和报废过程中制冷剂回收的监督管理，研究建立大中型工商制冷设备制冷剂使用记录制度，不断提高行业制冷剂回收率。规范汽车行业制冷剂防泄漏、回收管理，加强汽车维修过程中制冷剂的回收监管，做好报废机动车拆解过程中制冷剂回收。鼓励对回收制冷剂进行循环和再生利用。加强对制冷剂再生利用单位管理，建立制冷剂再生产品溯源与流向管理制度。鼓励再生制冷剂的同品位应用。完善哈龙回收和再生利用管理体系，制定哈龙回收和

再生利用政策，做好哈龙回收信息化系统的运行管理。鼓励地方按区域建立管控物质无害化处置中心，满足销毁处置需求。

五、加强进出口管理，防范管控物质贸易风险

（十三）持续做好进出口配额许可审批

对管控物质进出口实施配额许可管理。规范管控物质进出口审批单签发，除豁免受控用途、原料用途等特殊用途外，不再允许企业进口HCFCs 和国家已明确淘汰的管控物质。加强管控物质进出口审批数据、许可证发证数据和海关进出口货物贸易数据的统计分析，不断优化进出口许可管理。

（十四）加强管控物质进出口监管

优化管控物质进出口贸易风险防控参数，加大查验力度，提升管控物质现场检测能力。定期开展管控物质进出口单位检查，依法依规进行稽查。利用进出口审批中的贸易确认手段防范潜在非法贸易。加强打击消耗臭氧层物质非法贸易执法中心建设，提高非法贸易案件查缉能力。开展打击非法贸易专项行动，保持打击走私高压态势。

六、加强机制建设，完善履约管理体系

（十五）协同推进绿色替代与能效提升

落实好《绿色高效制冷行动方案》，在主要制冷产品能效标识上增加制冷剂GWP 值信息，完善不同制冷产品的能效标准，研究制定冷链领域绿色制冷剂和发泡剂使用指导意见。研究在机动车下一阶段排放标准中纳入对车用空调制冷剂的使用和泄漏控制要求。在制冷空调领域开展替代品、替代技术等应用示范项目。

（十六）完善履约管理政策体系

修订《消耗臭氧层物质进出口管理办法》，根据管控物质淘汰进展情况，出台管控物质及其建设项目禁令。定期评估替代品和替代技术适用性，编制和调整《中国消耗臭氧层物质替代品推荐名录》。加强检验检疫用途甲基溴替代研究和管理。加快推进以HFCs 为药用吸入气雾剂的临床应用和产业化。开展消防行业HFCs 削减替代技术路线研究。根据管控物质淘汰进展情况，研究将使用管控物质的有关技术工艺、装备纳入产业结构调整指导目录的限制类或淘汰类。

七、加强能力建设，严格执法监督

（十七）提升管控物质监测预警评估能力

逐步完善管控物质的大气监测网络建设，建立多

部门有效集成、互联互通的数据共享机制，构建履约监测大数据系统。提升数据综合分析能力，深入研究完善反演模型，加大国际对比力度，构建履约成效评估和预警评估体系。推进管控物质生产单位、重点使用单位排放和周边环境监测。逐步建立统一规范的监测和质控体系。完善全国消耗臭氧层物质信息管理系统。

（十八）严格执法监督检查

加强河北、江苏、浙江、江西、山东、河南、广东等管控物质生产和使用重点地区重点领域监督执法。依托行业举报和管控物质专案查办组工作机制，重点打击非法生产管控物质的行为，涉嫌犯罪的依法移送司法机关。建立部门信息共享机制，鼓励设立有奖举报机制。提升各级生态环境部门执法能力，地方有关部门要将管控物质生产、销售、使用单位的执法检查纳入“双随机、一公开”管理，做好日常监督检查工作。

（十九）加强决策科技支撑

推动将履约科技需求纳入国家重点研发计划，围绕管控物质替代、监测评估等重点科学问题，进一步提升科技支撑能力。研究部署管控物质的绿色替代、回收、再生利用和销毁等关键技术研发。开展管控物质及潜在管控物质排放溯源、大气迁移规律、臭氧层及气候变化影响、成效评估等研究。加强履约相关科学和技术研究人才培养和队伍建设。

八、健全标准体系，完善环境经济政策

（二十）完善标准和技术规范体系

制定完善家电、工商制冷空调、汽车、消防、泡沫、工业清洗、制冷维修等领域管控物质替代品和替代技术的产品标准、安全标准、能效标准和技术规范。区分不同气候区，开展制冷产品分区域能效标准研究工作。加快制定管控物质回收和再生利用技术标准、再生产品质量标准。制定管控物质销毁技术规范。加强HFCs 排放统计核算能力建设，开展HFCs 生产、使用过程的排放因子和排放量识别和核算研究。研究HFCs 替代、回收和再生利用、销毁等领域开发温室气体自愿减排项目方法学的可行性和科学路径。

（二十一）积极发挥财政金融引导作用

加强对管控物质绿色低碳替代、回收和再生利用、无害化处置等技术研发和推广应用的支持。充分发挥绿色金融作用，按照市场化、法治化原则，加大对管控物质生产和使用行业绿色发展和低碳转型的信

贷支持力度，优化绿色信贷流程、产品和服务。适时研究使用绿色制冷剂的制冷设备和使用绿色发泡剂的建材的政府采购支持政策。

九、落实各方责任，加强国际合作与宣传

(二十二) 加强组织领导

国务院有关部门要明确职责和任务分工，加强信息共享、协调联动，形成工作合力。地方各级人民政府有关职能部门要加强对管控物质的监管，严格涉管控物质建设项目准入管理，做好管控物质销售、使用、维修等单位的备案管理。鼓励和支持氟化工、家电、工商制冷空调、汽车、泡沫等相关行业协会学会加强管控物质替代技术研究、筛选和推广，促进技术交流合作应用，推动管控物质替代。企业应强化主体责任，依法依规开展管控物质生产、销售、使用、维修等经营活动，做好配额申请、备案、台账记录和数据报送等工作，积极配合监督检查，自觉抵制、举报涉管控物质违法违规行为，共同营造遵纪守法的良好

氛围。

(二十三) 加强国际合作和宣传教育

加强在科学、技术、管理、政策等方面的国际合作与交流，通过南南合作与发展中国家分享履约经验。支持专家参与国际履约专家组工作，深度参与国际谈判和履约规则制定，积极推动履约进程。开展多种形式、多种渠道的履约宣传教育活动。开展行业宣传、社会公众宣传，传播保护臭氧层、应对气候变化相关知识，提升社会公众认知，增强企业知法守法意识。鼓励公众通过多种渠道举报涉管控物质环境违法犯罪行为，充分发挥社会舆论监督作用。举办9·16国际保护臭氧层日纪念活动，宣传中国履约进展和成效，讲好中国故事。

(信息来源：中国政府网)



国家发展改革委办公厅印发《绿色低碳先进技术示范项目清单（第二批）》

为贯彻落实党中央、国务院决策部署，加快绿色低碳先进技术示范应用和推广，按照《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》（发改环资〔2023〕1093号）工作部署，国家发展和改革委员会同有关部门组织开展了第二批绿色低碳先进技术示范项目申报遴选工作。经项目单位申报、地方筛选、第三方评审、有

关部门和地方复核、公开征求意见等环节，确定了第二批示范项目清单共101项，并于近日对外公布。

本刊节选地热能清洁供热、液化天然气冷能综合利用等多项制冷行业相关项目进行刊载，欢迎大家关注。

序号	项目名称	方向	建设内容	地区	实施主体
7	中韩（长春）国际合作示范区地热能清洁供热建设项目	源头减碳	地热能利用示范项目。项目采用多能耦合智慧供热/供冷系统、大规模浅层+中深层布井技术、源侧热平衡控制技术、深浅复合地源热泵系统设计与运行优化等技术。主要建设1座地热能电站，11345口浅层地热井（井深150米），6口中深层地热井（井深1500米），1套智慧供热/供冷系统。项目建成后，预计可满足约133万平方米建筑供热/供冷需求。	吉林	吉林省碧蓝新能源科技有限公司
12	液化天然气冷能综合利用空分示范项目	源头减碳	能源综合利用示范项目。项目采用自主研发“Super-N”系列超高纯制氮系统、液化天然气冷能空分专利技术，以及先进的空分工艺流程和制造技术及乙二醇闭式循环工艺。主要建设1套液化天然气冷能空分装置，包括空气压缩机、空分冷箱、液化天然气冷箱等。项目建成后，每年可节约电量7000万千瓦时，相当于每年减少碳排放约4万吨。	江苏	广钢气体（南通）有限公司
16	兆瓦级长周期光伏—液氢耦合综合能源利用示范项目	源头减碳	可再生能源制氢示范项目。项目采用新型质子交换膜电解制氢技术、低功耗氢液化技术、液氢增压气化高效冷能梯级利用技术、兆瓦级燃料电池多堆协同发电技术及液氢储能系统电—氢—热—冷的多能耦合控制管理利用技术。主要建设3.8兆瓦屋顶光伏、质子交换膜电解水制氢系统、氢液化系统及储氢系统。项目建成后，每年可生产液氢62吨，实现兆瓦级液氢储能工程示范验证。	广东	中山先进低温技术研究院

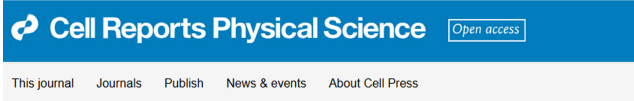
序号	项目名称	方向	建设内容	地区	实施主体
30	60兆瓦/600兆瓦时液态压缩空气储能示范项目	源头减碳	压缩空气储能示范项目。 项目采用液态空气储能发电技术、冷/热能多级储存利用技术、液相介质梯级储冷工艺。主要建设60兆瓦/600兆瓦时液态空气储能发电机组，配套建设25万千瓦光伏发电机组。项目建成后，可实现储能时长6小时、发电时长5小时，每年发电量约2亿千瓦时，系统电—电转换效率达55%。	青海	青海中绿电储能科技有限公司
38	百兆瓦级超级电容器电化学混合储能调频电站示范项目	源头减碳	先进电化学储能示范项目。 项目采用具备百兆瓦级超级电容+锂离子电池储能技术、超级电容/电池簇级管理器、风冷储能超级电容/电池系统技术。主要建设58兆瓦30秒超级电容储能、42兆瓦/42兆瓦时锂电池储能电力调峰调频电站。项目建成后，可实现220千伏侧交流输出58兆瓦调频，同时满足42兆瓦1小时充电/放电调峰需求。	山西	山西中电金谷储能科技有限公司
55	高效节能冰箱多场景绿色低碳技术示范项目	过程降碳	工业领域示范项目。 项目采用数字化绿色化协同降碳、工业互联网等技术，采用内胆吸附、节能—低成本箱体发泡等设备。主要建设高效节能冰箱绿色低碳示范工厂，包括1条高效节能冰箱总装线、3条模块自制线。项目建成后，每年可生产节能冰箱100万台，可打造高端智能家电制造示范基地。	山东	青岛海尔制冷电器有限公司
56	中国能建上海总部综合一体化示范项目	过程降碳	建筑领域示范项目。 项目采用近零能耗建筑和零碳建筑设计。主要建设2万平方米屋顶和立面光伏发电、地源热泵、水蓄冷蓄热、新风热回收、绿色智能照明等系统，配套建设适配电网柔性负荷调节系统。项目建成后，负荷可调节比例达到38%以上，每年可再生新能源发电量122万千瓦时以上、节约用电310万千瓦时，相当于每年减少碳排放约2300吨，形成超高层建筑节能降碳样板。	上海	中能建（上海）建设发展有限公司
57	北京未来建筑科创中心近零能耗及近零碳建筑示范项目	过程降碳	建筑领域示范项目。 项目采用高效电机设备系统、建筑光伏一体化、光储直柔、全彩光伏微图层等技术。主要建设520千瓦建筑一体化光伏发电系统、高效地源/空气源热泵机组、3台30千瓦车网互动充电桩，配套建设智慧能碳管理平台。项目建成后，可实现建筑本体节能率38%、综合节能率70%，能耗强度降至26千瓦时/平米/年以下。	北京	北京未来科创建筑有限公司
58	西安太古里商业综合体多能耦合示范项目	过程降碳	建筑领域示范项目。 项目采用浅层及中深层地源热泵技术、多能耦合智慧供热技术、光储直柔技术、低碳建造技术。主要建设中深层地热供热系统、可变角度光伏组件及其配套储能系统等，应用低碳建材建设装配式建筑。项目建成后，可实现公共建筑节能率70%、可再生能源利用率25%，打造零碳商业综合体示范。	陕西	中国建筑集团有限公司
62	太原武宿零碳机场示范项目	过程降碳	交通领域示范项目（机场）。 项目采用光储直柔技术、多能互补综合利用技术、能碳智慧管理技术等。主要建设109兆瓦光伏发电系统、200个车网互动充电桩、17兆瓦时储能电站、中深层地热供热供冷和综合能源站，配套建设智慧运营管控平台。项目建成后，可满足约100万平方米建筑供热需求、70万平方米建筑供冷需求，每年可再生新能源发电量约1亿千瓦时，相当于每年减少碳排放约12万吨。	山西	山西航产新能源有限公司
63	昆明长水机场近零碳改扩建工程示范项目	过程降碳	交通领域示范项目（机场）。 项目采用空气源热泵技术、多元储能技术、感知控智慧运维技术等技术。主要建设175兆瓦分布式光伏、空气源热泵、水蓄能/电储能/智能双向充电桩多元储能系统，配套建设高比例电气化设施及机场能碳与环境数字孪生运维系统。项目建成后，可实现航站楼环境根据旅客需求精准调整、飞行区全面态势感知下的高效运行，每年可再生新能源发电量2亿千瓦时，相当于每年减少碳排放约11万吨。	云南	云南机场集团有限责任公司
65	南京北站绿色低碳技术融合应用示范项目	过程降碳	交通领域示范项目（铁路）。 项目采用光伏性能综合检测评估及维护技术、基于实时力学分析的光伏系统调控方法、基于综合检测的交通建筑室内环境控制系统及其运行方法等。主要建设南京北站屋面光伏系统、高效制冷机房、智慧能源管控平台等。项目建成后，每年可再生新能源发电量约700万度，相当于每年减少碳排放量约4000吨。	江苏	中铁建设集团有限公司
70	高速公路全路段“交能融合”高效能高弹性绿色能源自洽示范项目	过程降碳	交通领域示范项目（公路）。 项目采用交能融合模式，主要建设“分布式能源+储能+局域微电网”交通能源系统、综合能源补给站等，配套建设44.8兆瓦可再生新能源装机，搭建数字化“源网荷储”能源管理平台。项目建成后，每年可再生新能源发电量4000万千瓦时，相当于每年减少碳排放约1.6万吨。	广西	广西北投能源投资集团有限公司

序号	项目名称	方向	建设内容	地区	实施主体
71	高速公路绿色低碳智慧综合能源利用示范项目	过程降碳	交通领域示范项目（公路）。 项目采用交能融合模式，在高速公路沿线建设光伏 78 兆瓦、储能 56 兆瓦、光储超充站 12 座，协同建设风电、氢能发电系统、可调节型冷热负荷、供配电、能碳采集系统以及运维管理平台，打造公路交通自洽能源系统应用示范工程。项目建成后，每年可再生新能源发电量 8800 万千瓦时，相当于每年减少碳排放近 5 万吨。	四川	四川蜀道清洁能源集团有限公司
78	工业园区能环一体综合智慧能源示范项目	过程降碳	零碳（近零碳）园区示范项目。 项目采用超大温差水蓄冷及高效冷冻站、综合能源利用、热能梯级利用、能源智能调度和管理等技术。主要建设建筑光伏一体化系统、储冷储热储电系统、光储充微电网系统、碳排放管理数字平台。项目建成后，园区内可实现绿色能源替代率 85%、能源利用率 100%、光伏本地消纳率 75%、制冷机房谷电利用率 50%，每年可减少碳排放约 2750 吨。	广东	广东申菱环境系统股份有限公司
81	美的厨电产业绿色低碳技术改造示范项目	过程降碳	园区低碳化改造示范项目。 项目采用绿色能源和储能、智能微电网、绿色低碳工艺等技术，从源头减少碳排放。主要建设能源 ESG 平台，实现能碳数智化管理，配套建设光伏、储能、余热回用设施，开展照明、空调及重点耗能及生产设备节能智能化改造。项目建成后，每年园区可节约标准煤约 3200 吨、减少碳排放约 8500 吨。	广东	广东美的厨房电器制造有限公司
83	夏热冬冷地区园区综合供能关键技术研发及应用示范项目	过程降碳	园区低碳化改造示范项目。 项目采用蒸汽余热余压驱动透平发电、大容量高温热泵以及系统防霜除冰等技术。主要建设光伏系统、热源塔热泵 / 地源热泵、供能管网、环状交直流混合微网等，形成多能互补综合能源供应系统。项目建成后，每年实现供冷 / 热量约 1500 万千瓦时、发电量约 269 万千瓦时，相当于每年减少碳排放约 2000 吨。	浙江	浙江省白马湖实验室有限公司
85	长三角一体化示范区嘉善先进智算中心示范项目	过程降碳	零碳（近零碳）数据中心示范项目。 项目采用节能型服务器、变频离心式冷水机组、冷板液冷技术。主要建设 5000 个机架、6250 台服务器以及配套空调、冷水机组等辅助设备。项目建成后，可实现电能利用效率小于 1.2、绿电消费占比 100%，综合算力可达 15000P。	浙江	中国移动通信集团有限公司浙江分公司
86	直接利用海洋清洁能源的海底数据中心示范项目	过程降碳	零碳（近零碳）数据中心示范项目。 项目采用海底数据中心与海上风电融合开发技术，使用海水进行冷却。主要建设 2.3 兆瓦海底算力舱，配套建设岸站设施和业务服务中心。项目建成后，可实现电能利用效率小于 1.15、海上风电直供占比 95%，对应风电机组可调节能力超过 10%，零耗水、节约土地 90%。	上海	海兰云（上海）数据科技有限公司
87	弹性冷却数据中心绿色智算示范项目	过程降碳	零碳（近零碳）数据中心示范项目。 项目采用风冷和液冷技术、间接蒸发冷却技术、热管多联技术，冷板式液冷技术、氟泵空调技术。主要建设多种功率密度 IT 机柜，充分利用自然冷源，采用风冷、风液混冷、全液冷等多种制冷方案。项目建成后，可实现电能利用效率平均达 1.14、绿电消费占比 90% 左右。	内蒙古	中国电信股份有限公司云计算内蒙古分公司
98	化工园区 30 万吨二氧化碳高效低耗全碳捕集制取锂电池新材料循环利用示范项目	末端固碳	二氧化碳高效捕集示范项目。 项目采用低温热泵精馏洗 + 催化氧化全碳捕提收集工艺、大流量超高速永磁变频离心升压技术。主要建设 2 条碳捕集生产线，改造化工园区企业废气管网，提升碳捕提利用能力。项目建成后，每年可捕集二氧化碳 30 万吨，形成化工园区烟气碳捕集及循环利用体系。	湖北	湖北佑宁科技有限公司

（信息来源：中华人民共和国
国家发展和改革委员会）



北京大学工学院杨荣贵教授课题组在被动式热管理领域取得新突破



ARTICLE · Online now, 102601, May 14, 2025 · Open Access

Hierarchical ordered perforated surface for highly efficient liquid film boiling

Pengkun Li¹, Xiuliang Liu^{2,1}, Rongfu Wen³, Ronggui Yang^{2,4}

背景介绍

面对一个发烫物体时，我们很容易想到的降温方式，就是在表面喷洒液体，或干脆将它浸没在液体中。这就是经典的两相散热机制：毛细蒸发和池沸腾。“智能手机等产品用的是毛细蒸发方案，用封装液体的均温板进行散热；智算中心的高性能芯片，大多采用池沸腾方案，浸没在液体中。”北京大学杨荣贵教授表示。毛细蒸发方案中，液膜较薄，容易蒸干，传热极限较低。池沸腾方案中，液体在高温表面产生气泡，气泡浮升带走热量。但当表面功率过高时，气泡大量产生后又被液体压住，形成一层覆盖发热面的气体膜，从而影响散热。杨荣贵教授此前在世界上首次提出了液膜沸腾的概念。他们利用微结构表面在毛细液膜中引入有效的气泡核化位点。在液膜沸腾过程中，液体通过毛细抽吸作用自发输运至需要散热的高温表面，气泡则在毛细液膜内部成核并生长。

成果掠影

近日，北京大学杨荣贵教授，联合华中科技大学能源与动力工程学院李鹏堃、刘修良等人，制备出一种可大规模生产的多级有序穿孔（HOP）结构铜网，其散热能力优于

已报道方案。团队通过三步简易工艺实现高效液膜沸腾：先在铜网上制备穿孔阵列，再通过热扩散键合将多层铜网与铜基板牢固结合，最后利用化学蚀刻在铜网铜丝及基板表面构建微孔穴结构。铜网层间形成的间隙构成低阻力的液体流道，显著增强了毛细输运能力；高密度微孔穴作为气泡成核位点，促进了沸腾起始；激光穿孔则引导气泡沿定向脱离，让其快速离开不滞留。这样的结构可以让气泡产生得更快、更多，离开得更果断。实验表明，HOP铜网性能超越现有文献报道值，HOP表面在 5×5 平方毫米的加热区域上创造了新的被动式热管理散热纪录。团队制备的这种铜网在电商平台就能买到，所需工艺也是已经大量用于规模化制造的激光穿孔技术。“它制备难度低、成本低，具有极大工业化潜力。”杨荣贵表示，HOP为开发新一代革命性散热技术提供了重要支持。研究成果以“Hierarchical ordered perforated surface for highly efficient liquid film boiling”为题发表在《Cell Reports Physical Science》期刊。

图文导读

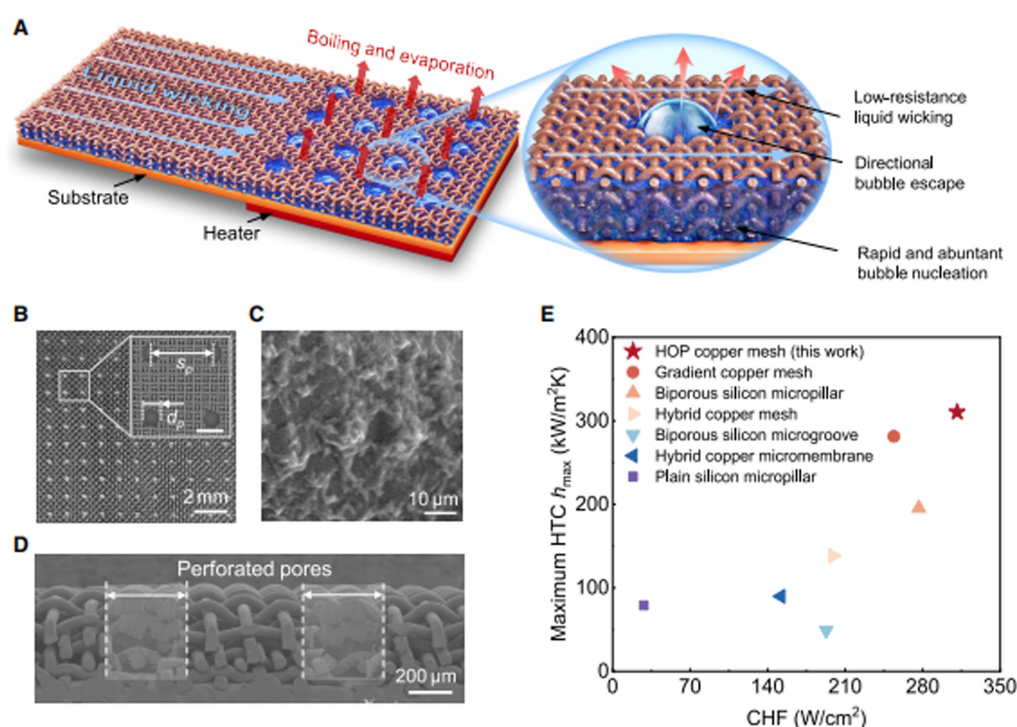


图1 用于增强毛细驱动的液体膜沸腾的分层有序多孔润湿表面

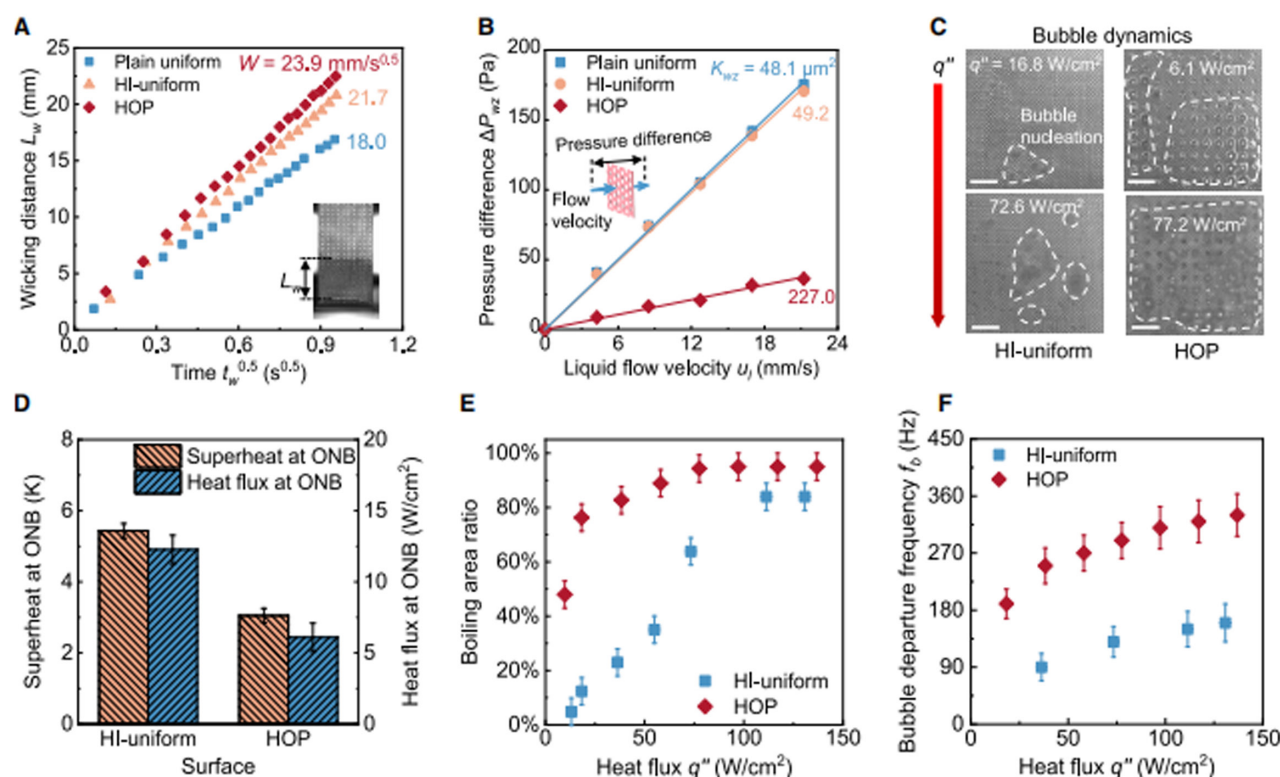
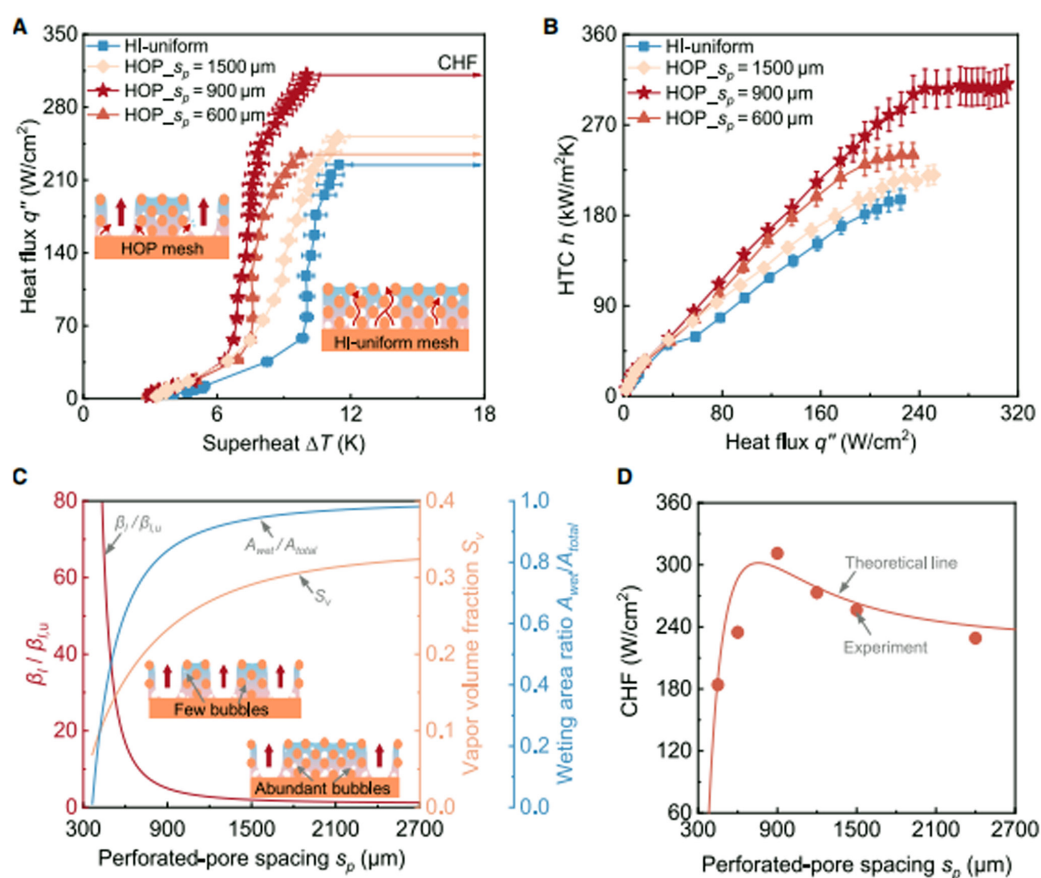


图2 液体润湿性能表征和气泡动力学的可视化

图3 在10×10mm²加热面积上HOP网状表面增强的液体膜沸腾传热

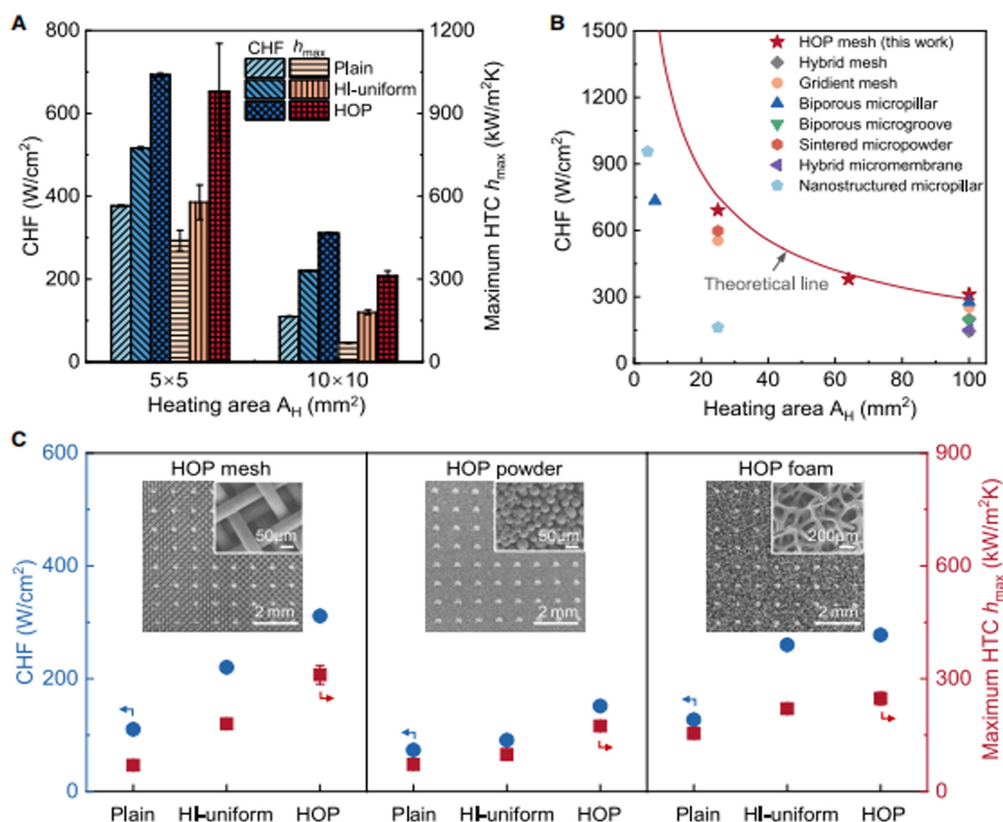


图4 在各种微结构表面上的HOP策略

(信息来源: 北京大学工学院)

北京理工大学团队在 Cell 子刊发表“冰封信息”新技术文章

北京理工大学机械与车辆学院宋孟杰教授团队与合作者开发出一种利用冰中气泡传递和存储信息的新方法,能够调控冰中气泡的数量、尺寸、形状、分布等特征,并用二进制和摩尔斯电码进行信息编码和解码。该方法可用于寒冷地区信息存储,相关成果2025年6月18日发表于《细胞报告物理科学》。该研究是该实验室在冰霜雪领域的代表性研究成果。

文章题为Manipulating trapped air bubbles in ice for message storage in cold regions,揭示了冰中微米尺度受陷气泡群体在复杂传热传质流动耦合影响下的精确控制机理,给出了依据气泡复杂特征构建信息编码的“冰封信息”新技术。这一成果不仅提出了关键信息长时隐秘储存技术,也丰富了结霜结冰为代表的复杂流体相变热力学基础理论,为复杂冰雪制备技术、透明材料制备技术及飞机高铁船舶防除冰技术提供了理论依据。

北京理工大学机械与车辆学院为第一单位及唯一

通讯单位,邵苛苛博士与张旋副教授为论文的共同第一作者,宋孟杰教授为论文的唯一通讯作者。

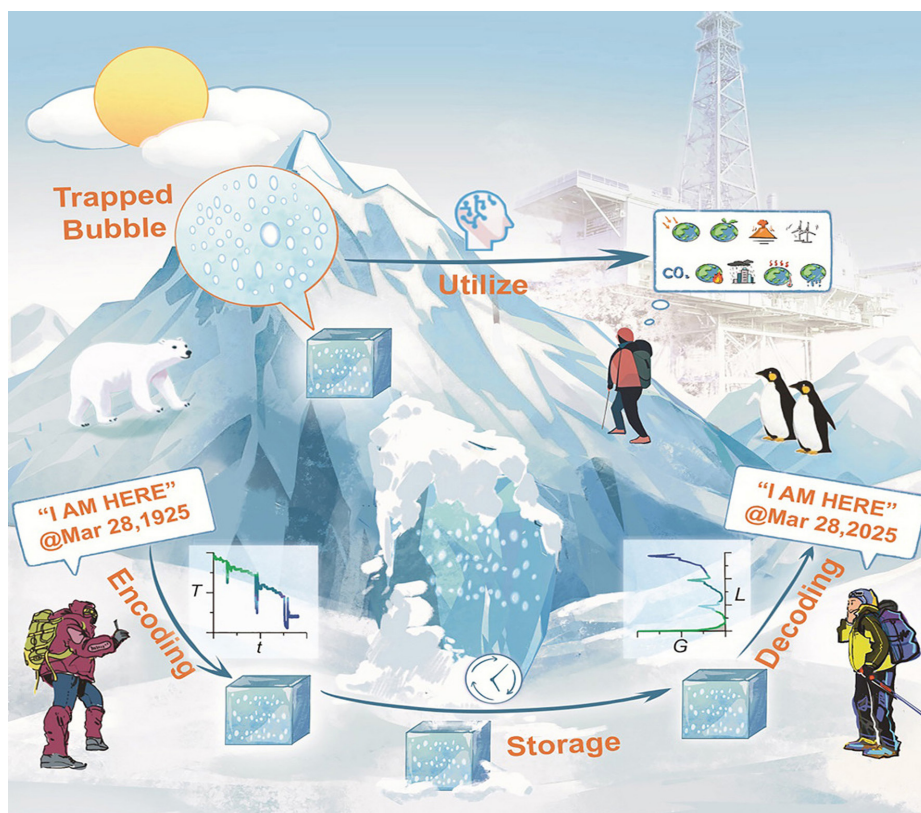
Cell Reports Physical Science [Open access](#)

ARTICLE · Volume 6, Issue 6, 102622, June 18, 2025 · [Open Access](#) [Download Full Issue](#)

Manipulating trapped air bubbles in ice for message storage in cold regions

Keke Shao^{1,10}, Xuan Zhang^{1,10}, Mengjie Song^{1,11}, Jun Shen¹, Lizhen Huang¹, Tianzhuo Zhan², Haidong Wang³, Bo You⁴, Libor Pekar^{5,6}, Dong Rip Kim⁷, Christopher Yu Hang Chao^{8,9}, Long Zhang¹

水结冰时,水中溶解的气体会被挤出并聚集在一起,形成受陷气泡。为探究冰中受陷气泡的形成机理,团队通过调节两片透明材料间薄水膜的冻结速率和方向,控制冰中受陷气泡的形成过程,制造出含不同气泡的连续冰层。通过将气泡的复杂特征与摩尔斯电码和二进制中的特定字符对应,编程控制冰层的冻结速率,得到气泡特征合适的冰层,实现输入信息的编码。为读取这些“冰封”的信息,团队训练计算机自动检测气泡特征,将信息解码为二进制或摩尔斯电码,然后转换输出为可读格式。



除“冰封信息”外，该技术还可以将冰中气泡的形成和调控机理应用于复杂冰雪制备、透明材料制备、飞机高铁船舶防除冰等领域。

作者简介：

宋孟杰，北京理工大学机械与车辆学院教授，博士生导师，中国制冷学会高级会员、北京制冷学会理事、国际制冷学会B1学部委员，入选国家高层次青年人才计划。主要从事相变热力学应用基础研究，特别聚焦于以冰为主线的“预冰、探冰、识冰、取冰、切冰、储冰、结冰、防冰、除冰、融冰、破冰、控冰”系列研究，至今已发表一作及通讯SCI论文150篇，结霜除霜、结冰探测、复杂冰体制备等涉冰技术已在国家与行业型号项目等方面获产业示范应用。

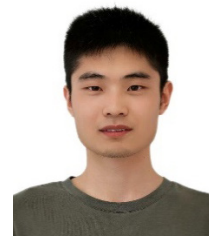


张旋，北京理工大学机械与车辆学院副教授，博士生导师，北京制冷学会会员。入选北京市科协青年人才托举工程、博士后国际交流计划，主要从事传热传质与流动耦合机理及应用研究，已发表一作及



通讯SCI论文43篇，承担国家自然科学基金等科研项目10余项。

邵苛苛，北京理工大学机械与车辆学院博士后，北京制冷学会会员。2021年9月起在北京理工大学机械与车辆学院攻读博士学位，师从宋孟杰教授，2025年5月起在北京理工大学机械与车辆学院从事博士后工作，合作导师为宋孟杰教授和李晓炜教授，研究方向为冰中微尺度受陷气泡生长分布机理与复杂冰体制备技术。



（信息来源：北京理工大学机械与车辆学院）

低温技术，迈向绝对零度的探索

温度，是人们日常生活中常遇到的概念。低温，这个通常被认为对生命不太友好的区域，却在科学技术上大有作为。九天揽月、五洋探险、“夸父”逐日……当今科技发展的壮丽画卷中，无不闪烁着低温技术的身影。绝对零度 -273.15°C ，是目前科学认为的最低温度，也是人类只可接近而无法达到的温度。在迈向绝对零度的探索中，科学家们发现了许多神奇的现象，带来了许多奇妙的应用。



氮气液化器低温组件

从“热”上发展起的“冷”

人们很早就用温度来表征冷热程度，但直到近代科学发展起来，人们才认识到，温度本质上是微观粒子运动在统计学意义上的宏观反映。温度与生命、时间息息相关——温度是一种调节生命的基本物理参数，决定着发生在生命系统内部所有种类的过程的速度。而温度的测量也是物理科学中最重要的问题之一。

什么是低温？ 0°C 在气象上就属于低温天气，冶金上的低温甚至高达几百摄氏度。而物理学上的低温，通常以开尔文（K）为单位，指 120K （ -153.15°C ）以下。有意思的是，人们对低温的认识，是从“热”上发展起来的。热是云雨风雪等自然现象（也是一种运动）产生的原因，是碳基生命赖以生存的基础。但在蒸汽机出现100多年后，人们才认识到，“热”之所以

能提供动力，是因为有“冷”，才逐渐形成了一门关于热功转换研究的科学。随着研究的深入，低温技术应运而生。简单地说，温度产生驱动力的本质在于有温差，消耗这个动力，就可以产生温差，得到低温。这就是制冷技术最基本的原理。制冷技术，就是通过各种制冷剂或电子等循环，实现热量的转移，并维持一种冷的环境——制冷机就是热量的搬运工。

为什么要研究低温技术呢？因为，低温环境孕育了许多奇妙的物理现象，使物质性质发生了奇特的变化——空气会变成液体或固体，生物细胞或组织可以长期贮存而不死亡，磁力线不能穿过超导体，液体氮的黏滞性几乎消失且导热性能比高纯铜还高千倍……

回看科技史，低温技术把人类探索微观物理世界的能力和认知水平提高到了超越经典物理的崭新境界。在这一领域，诞生了众多诺贝尔物理学奖。更重要的是，低温技术不仅在理论研究上建树颇多，还具有广泛的实用价值。低温技术在国民经济建设中扮演着重要角色，是支撑高能粒子等前沿科技、可控核聚变等大型科学装置、航天事业、宇宙科学、量子科技、超导技术发展的一项共性基础技术；同时，它也与日常生产、生活密切相关，例如低温生物医学、电子信息、新能源和新材料等等。简要概括起来，低温技术在资源、环境、能源和高技术四大领域都有重要且广泛的应用。



半导体热电片滴水成冰（局部）

“冷”支撑起的新学科

家用冰箱冷冻室的温度为 -18°C ；地球最冷的地方在两极，为 -89.2°C ；月球背面的最低温度在 -180°C 以下；宇宙深处温度约为 -270°C 。绝对零度是 -273.15°C 。理论上，人类永远无法达到绝对零

度——经典物理学认为，绝对零度意味着构成物质的微观粒子停止运动，空间和时间的概念或将失去意义。但在向低、更低的温度探索的过程中，人们发现了许多神奇的现象，开辟了新的研究方向。

低温与超导研究：超导现象是在氦液化低温技术研究中的意外发现。氢气和氦气是沸点最低的两种气体，历史上曾被认为是不可能被液化的“永久气体”。100多年前，科学家才第一次成功制备出液氦。正是那次实验，将物理学推进到量子世界的门口。实验中，科学家用到了水银，以检测当时的一种新发明——电阻温度计在低温下是否有效。意外的是，人类首次看到两种不同的宏观量子跃迁，不仅观察到了水银“零电阻”现象；在没有意识到的情况下，还“观察到”（而不是“发现”）液氦的“超流”跃迁。实验记录这样写道：“就在达到最低温度（约1.8K）之前，沸腾突然停止。”

水银“零电阻”的转变发生在非常窄的温度范围，仅约0.1K。荷兰物理学家卡末林·昂内斯意识到了这种新现象的重要性，称之为“超导电性”。他创造了“超导”一词，并在1911年首次索尔维会议（编者注：由比利时实业家欧内斯特·索尔维创立的物理、化学领域的学术会议，洛伦兹、爱因斯坦、普朗克、居里等科学家均参加过该会议）上宣布。超导技术以其零电阻和完全抗磁性等特性，在能源、医疗、交通、前沿科学等领域得到广泛应用，并持续推动技术革新。

低温与量子信息处理：低温度的特征自然地有利于信息的高效处理和传递。现代低温物理的起源，正是为了解决当时雷达需要的灵敏度问题。量子计算的兴起需要更可靠的低温技术——量子计算的核心部分是量子比特和量子处理器，1K以下的极低温环境是量子计算的基础条件，只有在毫开级（mK）低温下，量子比特才同时出现0和1的叠加状态。因此，能够提供温度低于100mK或10mK的稀释制冷机，往往是超导量子计算机的标配。

低温与空间技术：低温在空间技术上的应用，主要有地面空间环境模拟、火箭推进剂和空间制冷技术等。例如，人造卫星等航天器要在太空中工作，而外层空间的宇宙背景辐射温度约为2.725K。在地面上模拟接近这么低的温度就需要低温技术。再比如，火箭推进剂中，液氢液氧组合由于环保和比冲大，是提高运载能力的一种重要的高能燃料。制造液氢和液氧，也需要稳定可靠的低温技术。



南极的冰雪

怎样才能“冷”下来

类似“水往低处流”的原理，热不能自发地从低温向高温传递。因此，制冷的过程，就是通过外力，把热从低温向温度更高的环境“泵”送的过程。大家比较熟悉的家用冰箱和空调，是利用氟利昂蒸发来吸热制冷，这与运动后皮肤出汗排热的道理一样。蒸发出来的氟利昂蒸气，经压缩后，温度会升高到远高于环境温度，这样就可以把热量转移到环境中去了。接着，高压蒸汽再经过节流阀或毛细管等减压后，使温度降低，气体又变成液态。如此吸热—放热的过程循环往复，就构成了制冷循环。公众不太了解的制冷技术，其实还有很多。例如，半导体制冷、热声制冷、吸收式制冷、磁制冷、激光制冷等。

热声制冷，听着很神秘，其实大家可以将声波的运动微团，想象为一个小幅度往复移动（即振荡）、体积不断随声压变化的“气球”——当气团体积变大时，局部温度降低就可以从周围吸热；反之则可以放热。往复运动的微团因吸热放热的位置不同，实现了热传递的“逆袭”。大量微观气团们不断接力，就完成了宏观上热的“搬运”过程。工业和科研上常用的，是气体液化低温技术，也就是把液化的气体当成“制冷剂”。其中，具有一定难度的是氢气和氦气的液化低温技术。因氢气和氦气不同于空气等气体的物理性质，通常要把气体温度预先冷却到-240℃以下，才能实现高效地节流液化。

两个世纪前，法拉第在试验中意外发现压缩氯气液化现象，并利用这个技术液化了当时大多数已知气体，创造了当时的最低制冷温度。半个多世纪后，焦耳与汤姆逊合作发现了气体节流温度变化的效应（被称为“焦耳-汤姆逊效应”），为实现氧气、氮气、氢气和氦气等气体液化低温技术，提供了重要的理论基础，也因此开创了全新的低温工程行业。而加速促进这一进程的，是膨胀机的应用——它利用高压气体

对外做功，从而降低气体内能，以使温度降低，主要有活塞式和涡轮式两种，目前以涡轮式为主。截至目前，氢气和氦气的低温工程，仍充满了技术挑战——不仅要解决低温绝热难题，这种小分子量气体还非常“轻”，并容易泄漏。比如，氦气一旦泄漏，空气杂质就会进入制冷系统，在低温的环境下变成冰晶“子弹”，给装备造成致命损伤。所以，氢氦低温系统对密封性能的要求非常严苛，相当于1立方米容器的内部压力，经过400多年，才允许降低1个大气压。

我国是低温技术的后来者，但经过几代科技工作者的努力，在低温技术工程领域已取得巨大进步。例如，国家重大科研装备研制项目“液氦到超流氦温区大型低温制冷系统研制”等的成功，让我国能够自主生产液氦温度（-269℃）千瓦级至万瓦级大型低温制冷装备。这一装备，不仅带动了上下游产业，提升了相关行业的能力，更应用在清洁能源和加速器科研等方面，实现了经济、科研等的自主可控。我们在大规模极低温（1K以下）制冷技术等方面，仍需进一步发展，以满足未来实用量子产业等领域的需求。

迈向绝对零度，是一门挑战极限的技术，但我国低温科技奠基人洪朝生院士说过，低温技术在科学实验和发展新技术中成为一种必要的基础条件。如今，前沿基础科学、环境与新能源等，在技术和规模上，对低温工程技术不断提出更高要求。向绝对零度迈进，为人类认知自然提供了新的可能性，更是我们科技工作者的责任！

我问你答

问：绝对零度-273.15℃是怎么得出的？真的测到过吗？

胡忠军：绝对零度由威廉·汤姆逊（即开尔文）提出，单位为开尔文，简写为K。这个数值并不是实测得出的，而是热力学温标的零点——绝对零度是一种理论极限，定义为所有的微观粒子都不再运动。根据环境温度附近气体状态实验规律进行线性外推，估算出绝对零度相当于摄氏温标的零下273.15℃。之所以出现小数，主要是因为摄氏温标以水的冰点和沸点作为两个点，进行百分比划分的缘故。

问：作为“冷”的反面，“热”的极限是多少？我们达到了吗？

胡忠军：理论上温度的上限，是宇宙大爆炸初始状态的温度，科学上称“普朗克温度”，约为 1.4×10^{32} K。这究竟有多“热”呢？太阳核心温度约1500万度，约为 1.5×10^7 K。这与普朗克温度差着25个数量级，相当于一瓶水与地球的质量比。目前，人类通过“人造太阳”已经能制造出上亿摄氏度的高温，粒子对撞机产生出约5.5万亿度的瞬时温度，但距离“热”的极限，仍然相去甚远。

作者：胡忠军

（中国科学院理化技术研究所研究员）

《中国制冷简报》稿件征集启事

《中国制冷简报》是由中国制冷学会主办的反映制冷空调行业综合信息的刊物，每年六期，逢单月出版。

本刊主要读者分布于各专业设计院、大专院校、设备制造企业、专业工程公司、制冷空调使用单位及与制冷空调专业相关的各个行业。发行量为10000册/期。目前主要有企业专题，人物访问，行业信息，学会动态，技术论坛，产品介绍，资格认证，标准指南，科技创新，专利推广，国际交流，展会、学术会议信息等板块。为充分利用《中国制冷简报》这个交流平台、加强各单位间的信息沟通和业务联系，现征集行业内广大企业信息稿件，来稿应能反映我国制冷行业新发展、新气象。如新产品发布、新技术推广、专利发明、工作经验杂谈以及各类动

态新闻，凡学会团体会员均可免费刊登亦可指定单位内人员加入本刊通讯员，建立长期联系，定期提供、更新信息。

新闻稿件应真实、及时、简练扼要。学术论文稿件应立论科学、论据可靠、数字准确，并应为能公开发表的数据，如有引用文献资料需在文中标明。所有来稿均字数不限。

本刊反对一稿多投。根据著作权法的有关规定，编辑部对来稿有权做文字性和技术性的修改、删节。如有特殊情况请在稿件附言中注明。

稿件一经录用将酌情发放稿费。为了提高办公效率，本刊一律使用电子信箱投稿。

编辑部 E-mail: wfan@car.org.cn.

可持续冷却 ——如何在削减排放的同时满足制冷需求（六）

06 低排放制冷剂之路

《〈蒙特利尔议定书〉基加利修正案》提供了调动各方的信号，制冷和空调行业向低全球升温潜能值制冷剂过渡。可以利用这一势头加强创新，加快高GWP制冷剂的逐步淘汰，同时提高能源效率和更好的制冷剂管理。

通过实施规范、标准和法规以及技术人员培训计划，可以加快向下一代制冷剂技术的过渡。可以通过新的方案来改善生命周期的制冷剂管理，以减少泄漏和提高寿命结束时的回收。为了最大限度地发挥协同效应，有必要将制冷剂过渡与能效措施相结合。

6.1 制冷剂逐步淘汰

加强《蒙特利尔议定书》，尽量减少非法制冷剂贸易机会

2019年生效的“2016年《基加利修正案》”扩大了《蒙特利尔议定书》的范围，以逐步淘汰氢氟碳化合物。氢氟碳化合物是不消耗臭氧但具有较高GWP的氯氟烃的替代品。只要氢氟碳化合物的替代品具有较低的GWP，全球制冷剂的消费量就会继续增长。然而，某些原料和加工剂仍享有豁免权，这为违禁物质的非法贸易创造了机会。必须加强《蒙特利尔议定书》以填补这些漏洞。

6.2 制冷剂的全生命周期管理

通过新的、扩大的计划，辅以财政激励和健全的监测、报告措施，加强制冷剂的全生命周期管理

制冷剂生命周期管理旨在避免制冷设备在整个生命周期（安装、运行、维修和报废）中制冷剂气体的排放（图6-1）。这一点，加上加速淘汰氢氟碳化合物，到21世纪末可在全球避免多达900亿吨的CO₂，超出《基加利修正案》预期的减量。

制冷剂气体的生命周期管理包括：

- ◆ 设计和制造设备，以最大限度地减少制冷剂充注量，并减少配件、管道和连接处泄漏的可能性
 - ◆ 在冷却设备的安装、维修和运行过程中防止泄漏，防止制冷剂排放
 - ◆ 在设备使用寿命结束时阻止制冷剂排放和提高制冷剂回收率
 - ◆ 回收气体以重复使用或销毁回收的制冷剂
- 可以通过新的和扩大的计划来加强制冷剂的全生命周期管理，以减少泄漏，增加制冷剂的回收和销毁，并辅以财政激励措施和健全的监测和报告要求。在一些国家，已经建立了专门的基础设施和系统，用于制冷剂的收集、运输、汇集和回收/销毁，并对这些举措的数据记录和监测。2022年，日本气候与清洁空气联盟发布了碳氟化合物生命周期管理的良好做法与举措。



图6-1：制冷剂气体生命周期阶段

6.3 向替代制冷剂的过渡

通过规范、标准、法规、采购规范和培训计划加速过渡

目前广泛使用的大多数制冷剂对大气的危害是CO₂的数百到数千倍。例如，R404A，一种用于制冷的常见混合物，其GWP高达3922。GWP低得多的替代制冷剂可用于所有制冷设备，并且可以大幅减少使用过程中泄漏和/或溢出造成的温室气体排放和报废处理。向低GWP或零GWP制冷剂的过渡仍在进行中；但可以通过制定扶持性法规、标准、法规、采购规范和维修技术人员培训计划来加快这一进程。

低GWP制冷剂替代品最成熟的市场是住宅冷链和移动空调，其次是食品零售。在家用冰箱、密封零售、食品服务、大型零售、冷却器和工业应用等领域，超低GWP制冷剂的使用取得了重大进展。空气-空气热泵的产品的进展较慢，目前已有中GWP选择方案，许多开发工作侧重于低GWP替代方案的研究。

转型中的驱动因素和障碍

《基加利修正案》发出了动员制冷领域向低GWP制冷剂过渡的信号。监管和财政激励措施，以及公共试点和研发，在扩大这些替代品的市场规模方面发挥了关键作用。在某些情况下，这种转变并没有影响消费者的成本，甚至通过减少能源消耗的形式实现了节约。这是由于从历史经验上看制冷剂在设备的购买、运营和维护成本中所占的比例不到1%（JMS Consulting and Inforum 2018）。

即便如此，仍有一些障碍阻碍着向更可持续制冷剂的转变。这些障碍包括缺乏资金、标准、法规，培训、合作不足，以及如果处理不当可能导致安全风险的易燃性、毒性和高压等问题。影响替代制冷剂市场地位的障碍总结如下（UNEP臭氧秘书处2022b）：

与低GWP制冷剂技术相关的获取、安全 and 环境问题仍然是大规模采用替代制冷剂的主要障碍。可行性方面的挑战包括：在某些地区缺乏低GWP的产品和部件，一些获得专利的氢氟烯烃（HFO）混合物价格高昂，以及建筑规范落后减缓了向替代制冷剂的过渡进程。由于氢氟碳化物受到《基加利修正案》的管制，在一些供应受

限的市场上，价格上涨，刺激了受限制制冷剂的走私和贸易。

由于大多数超低、低和中GWP制冷剂具有不同的可燃性等级，制冷行业不断更新相关安全标准使其能够使用。最近的更新包括减少对可燃制冷剂的限制，并增加这些制冷剂在独立制冷设备中使用的允许充注限值。随着这些替代品得到测试、审查和批准，行业向这些替代品的过渡取决于标准和允许使用限制的变化速度。

合成氢氟碳化物和氢氟烯烃面临新的环境挑战。

例如，经济合作与发展组织（经合组织）对单氟烷基和多氟烷基物质（PFAS物质）的定义中包括了三氟乙酸，这是一些氢氟烃和HFO制冷剂的分解产物，以及至少含有一个全氟化甲基或亚甲基碳原子（不含任何氢、氯、溴或碘）的制冷剂，这些合成化学品可能具有高度持久性和毒性。该定义不包括R32（空调和热泵中常用的中等GWP替代品）、HFC152a、HFO1132和HFO1123。

欧洲根据本区域自身对PFAS的定义进行的更新可能会影响一些国家制冷领域的应用和举措，因为对过渡性制冷剂和氢氟烯烃的限制约束了制冷剂的选择。

在这个阶段，不同的国家和行业团体对PFAS的定义，对生态系统的影响以及《蒙特利尔议定书》的整体实施，对破坏和替代方案有不同的看法。2023年10月，在《蒙特利尔议定书》第35次缔约方会议（MOP35）上，各方决定，在协议框架内成立的环境、科学、技术和经济评估小组将评估与PFAS有关的各种问题，并将在2026年提交缔约方审议。



到21世纪末，通过逐步减少HFC和生命周期管理举措，可在全球范围较少达900亿吨的CO₂排放当量

6.4 能源效率与制冷剂替代之间的协同作用

将制冷剂过渡与能源效率、建筑脱碳计划以及电器效率标准、标签和推广计划相结合

减少氢氟碳化化合物的重点是减少制冷剂使用产生的直接GHG排放。然而，与制冷领域设备消耗的能源相关的间接GHG排放对气候变化的影响相同或更大。通过提高设备能效，使用高性能建筑和冷链需求减少，以及降低电力部门的碳排放强度，可以大幅减少间接排放。

虽然《基加利修正案》本身并不管制能源效率，但应各国的要求，《蒙特利尔议定书》正在就支持向更高效率过渡的决定进行谈判，同时降低高GWP制冷剂的使用（联合国环境署臭氧秘书处2021a；2019年联合国环境署臭氧秘书处；联合国环境署臭氧秘书处，2017年）。

未来通过《基加利修正案》逐步减少氢氟碳化化合物的使用可使全球变暖减缓0.3~0.5℃。同步提高制冷设备的能效可以使这一气候效益翻倍。使用低GWP和中等GWP制冷剂并提高能源效率的设备可用于所有领域，但这未必在所有国家都能获得。越来越多的大型超市和其他商业冷链用户正在试点使用超低GWP制冷剂以及其他能效措施，从而节省大量能源，并直接减少排放。

到目前为止，很少有国家将其向低GWP制冷剂的过渡与MEPS的使用相一致。虽然MEPS和低GWP制冷剂属于两个不同的政策领域——一个与能源有关，另一个与化学品管理和气候有关——但同时实施这些措施可以带来巨大的效益。这些措施包括服务部门培训、消

费者意识、技术研发（R&D）、简化融资法规和政策、延长产品寿命以减少实际排放等方面的协同效应。

欧盟的一些管辖区将MEPS与低GWP制冷剂（中欧能源合作平台2022）联系起来，该地区最近修订含氟气体法规的建议强调向低GWP和自然工质过渡的能效第一原则（欧洲联盟2009；欧盟委员会2022a）。这些控制氟化气体和消耗臭氧气体的建议可导致欧洲联盟到2050年减少4.9亿吨CO₂（欧盟委员会2022b）。

在肯尼亚，国家制冷行动计划评估，如果该国的MEPS从2025年起只允许使用HFC32或HC290（中、低GWP制冷剂）的设备，肯尼亚到2050年可以减少310万吨CO₂排放（占其2021年年排放量的14%）（肯尼亚政府2022年）。同样，卢旺达的“促进节能和气候友好型制冷的部署”项目旨在利用低GWP制冷剂和节能技术，促进制冷空调和冷链的普及。它的目标是到2030年通过提高利益相关方能力、制定MEPS实施框架、增加投资、提高消费者意识以及将执法和监测制度化，将能源支出减少4000万美元（UNEP U4E 2021e；绿色气候基金2022；UNEP U4E 2023b）。

实施方面的挑战依然存在，如孟加拉国的《电器标准和标签法规》草案，该草案要求在容量小于1.5冷吨的空调和容量较大的空调生产线的低GWP转换中使用超低GWP的HC290。到目前为止，能效测量方法、能效验证系统和能效测试实验室等关键要素还未具备充分和适当的准备，相应措施需要国际和国家优先考虑。



专栏 6 - 1:

案例研究:在不同国家实现HFC削减与能源效率之间的协同效应

世界银行在英国政府的支持下,就如何在若干国家的制冷领域实现HFC削减与能源效率之间的协同效应开展了案例研究,包括通过分析冷链和建筑部门的政策和制定解决方案。该项目提高了实施可持续制冷解决方案的能力;支持制定建筑能效和制冷方面的政策、法规和标准(包括通过《国家能源行动计划》和《基加利实施计划》);并研究了融资方案,包括通过绿色债券市场(制冷债券)。

在巴基斯坦,该项目发现了海鲜和鱼类产品的捕捞作业、加工、冷却、储存和运输效率低下的问题。该研究发现,大多数制冰厂仍在使用零GHG直接排放(但效率低下)的氨冷却技术,并建议保留和升级这项技术以节省电力。使渔业部门更具可持续性的机会包括:适当调整供应链规模、引入节能技术和做法、实现氨制冰技术的现代化以及避免使用基于氢氟碳化物的解决方案。该研究提出了该部门现代化的计划,并为NCAP进程提供了建议。

在印度,该项目为海产品冷链编制了一份全面的GHG清单,与利益相关方进行了广泛磋商,并建议对技术和商业模式进行升级。该项目发现了扩大海产品价值链的巨大潜力,并就如何实现这一目标探究了相关知识和计划。一项能源审计表明,投资于结合能源效率和使用零ODP和低/零GWP制冷剂的解决方案可以节省能源和成本。在西孟加拉邦,该项目提出了试点建议,将冷链运输从拥挤的公路转移到内陆水道来节省能源。然而,由于低/零GWP制冷剂在西孟加拉邦尚未上市且面临法律障碍,HFC混合物被推荐为过渡性制冷剂,同时市场障碍正在解决。

在哥斯达黎加、多米尼加共和国和萨尔瓦多,该项目协助政府进行分析并提出建议,以改进建筑、隔热和供冷方面的建筑能效规范。为了促进实施和执行,该项目推荐了符合新标准的“一揽子”技术,建筑商可以从中选择。在哥斯达黎加和萨尔瓦多,该项目通过提高空调和冰箱的能效标准,展示了巨大的经济和气候效益。



乌干达姆巴莱

图源: Stephen Butler/shutterstock

肯尼亚

到2050年,通过执行只允许使用中等和低GWP制冷剂的MEPS,可以减少310万吨的CO₂排放

实现HFC削减与能源效率之间的协同效应

采用一个共同的政策框架，通过国家臭氧机构和国家能源气候部门之间的协调，以及对能源效率和电力脱碳的关注，可以从现在到2050年大幅减少GHG排放。世界银行开展了许多案例研究，重点介绍了在不同国家实现HFC削减与能源效率之间协同增效作用的方法（专栏6-1）。其中有的将制冷剂替代与公共事业单位的能效义务联系起来（专栏6-2）。在相同的设备和/或冷却系统内，在一致的政策支持下，同步实现HFC削减和能效目标，对于节省成本、加速制冷剂转型、推出能效改进、获得资金支持和实现全球气候目标至关重要。

“采用一个共同的政策框架，通过国家臭氧机构和国家能源气候部门之间的协调，以及对能源效率和电力脱碳的关注，可以从现在到2050年大幅减少GHG排放。”

重要的是，最需要帮助者能够获得环保技术，并避免采用对环境有害的低效和过时技术（CLASP 和 IGSD 2020）。为了支持在制冷剂替代的同时实施能效改进措施，可以采取扩大公共资金，动员私人资本，并制定基于需求的融资模式。此类行动需要公共和私营部门协调一致、全面关注。



专栏 6 - 2: 将制冷剂替代与公共事业单位的能效义务联系起来

各国政府越来越多地制定减少建筑物GHG排放的目标，通常是通过推广热泵和其他使用制冷剂的设备来取代天然气设备。然而，负责减少建筑物排放的专业人士越来越意识到，除了检查与电力或燃料使用相关的排放外，跟踪和管理制冷剂泄漏也很重要（加州能源委员会2021年）。确保低GWP制冷剂在能效激励计划中得到优先考虑，有助于释放额外资金，以助力逐步减少高GWP制冷剂的使用。

北美少数几个州正在制定的法律、法规和评估工具可以适用于其他地方。例如，2018年《加州冷却法案》授权加州公共事业委员会（CPUC）制定一项战略，在其监督的能效项目资助的设备中推广低GWP制冷剂（加州州议会2018年）。CPUC的回应是：1）要求项目能效管理者使用新的制冷剂计算器来评估制冷剂GHG影响和减少制冷剂排放所避免的成本；2）更新其评估工具，如成本效益工具（Cost Effectiveness Tool），纳入制冷剂；3）要求公共事业和项目能效管理者从2022年开始寻找所有具有成本效益的机会来减少制冷剂排放。

华盛顿州同样通过了一项法案激励公共事业单位解决制冷剂问题（众议院2021年第1050号法案；华盛顿州议会2021年）。此类法律意义重大，因为它们可以解锁资金，用于管理制冷剂排放和解决制冷剂库问题，同时推广节能设备。在能源监管机构具有提高能效和减少建筑物排放双重任务的领域，它们还可能提高公共事业能效计划的成本效益，实现双赢。

07

可持续制冷融资

为试行和扩大各种专门为可持续制冷融资的方法，需要逐步改革公共、工业、慈善、国际金融以及技术援助领域。尽管存在商业模式和金融工具来解决前期成本障碍，但它们尚未得到广泛应用。为了释放资金并将其引导至可持续制冷项目和产品，需要建立适当的风险管理框架并获取可靠的市场数据。

在降低风险、扩大融资市场规模和识别可持续制冷的资金缺口方面，提高透明度将为吸引所需投资提供更好的商业案例。目前，可以利用各种金融工具为创新者和早期采用者提供制冷资金。这些工具包括促进市场增长的可负担性和生命周期管理的商业模式，以及新兴的金融工具，如公共和混合融资机制、风险分担和担保设施以及制冷债券。

发展中国家的制冷服务普及率较低，正处于大幅增长的拐点，这一现象不仅为扩大制冷融资提供了机遇，同时也实现了发展和环境目标的双重利益。与从低效技术向高效技术过渡的融资相比，为通过可持续技术扩大制冷供应提供融资，成本效益更为显著。

主要建议包括：系统性地追踪制冷融资及其在市场扩大过程中的影响；将可持续制冷纳入多边开发银行的环境、社会 and 治理（ESG）保障措施；为住宅、非住宅和冷链利益相关方提供融资；以及加强效率和可持续性标准（如MEPS）在制冷融资决策中的作用。

7.1 精简并克服规模化融资的挑战

在跨部门、终端用户和商业模式的可持续制冷融资方面存在许多机遇和挑战。这包括加速融资的选择，重点放在对风险和回报的考虑上；全面考虑市场因素，例如不同行业、终端客户、机构能力和商业模式的差异；以及综合考虑监管框架、地理、经济和政治因素等多方面的因素。

可持续制冷的融资不能仅仅依赖赠款和其他不需要偿还的资金，尽管这些资金在创造更好条件方面奠定基础。虽然多边开发银行在扩大可持续制冷融资方面可以发挥重要作用，但尚有更多投资途径的潜力有待挖掘。因此需要建立适当的风险管理框架，为可持续制冷项目和产品提供资金。在评估制冷投资风险时，技术、运营

绩效和ESG风险尤为重要。

例如，对于寻求融资的住宅消费者，将对其偿还能力进行审查，而“制冷服务”提供商等中介机构将受到对其商业模式、财务实力和以往经验的更严格审查。与此同时，制造商将面临对技术风险、环境、社会 and 治理（ESG标准）以及技术销售的市场评估等方面的额外审查。

在评估制冷投资风险时，特别需要关注技术、运营绩效以及ESG（环境、社会 and 治理）方面的风险。解决融资问题不仅仅是投入更多资金，而是通过风险管理释放资金，将资金从不可持续的技术引导至可持续技术，并确保融资可用于最需要的弱势群体。在需要融资的情况下，可以使用从赠款和风险分担等一系列工具。

许多组织为管理风险和释放可用资金提供支持。这包括UNEP和CLASP支持电器的自愿性和规范性标准，国际金融公司（IFC）和其他机构制定新的建筑规范，清洁制冷合作组织战略规划资金，以及由德国资助的CoolUp方案为解决项目准备问题所作的努力。然而，这些计划目前仍然受到限制，尚未实现大规模实施（Nain and Bhasin 2022）。

除了进行风险评估外，获得可靠的市场数据是设计融资计划的必要条件。对于可持续制冷的融资市场规模和资金缺口的缺乏清晰了解，使得支持吸引跨部门、跨阶段和跨地域投资所需的商业案例具有挑战性。目前还没有专门用于可持续制冷的资金明细表，此类资金通常是大型项目的一部分，并且没有一致的定义或报告标准。然而，即便相关数据有限，仍可以明显看出融资需求远远超过近期的投资水平。此外，除非有重大的新举措，否则随着气候变暖的持续和极端气温的频繁发生，资金缺口将会进一步加大。

7.2 绘制制冷融资格局

为可持续制冷创造有利环境的工作（如技术援助或能力建设项目，包括安装和维护制冷系统的职业培训），以及实施（通常规模较大的）投资都需要资金。扩大投资的方案往往将两者结合起来。例如，IFC的绿色建筑市场加速器计划将EDGE绿色建筑认证计划和金融机构气候评估相结合，通过风险共担工具，使地方金融机构能够制定气候战略和绿色建筑贷款计划（IFC n.d.a）。

为推动环境创设和实施所需的财务杠杆对于扩大投资并达到临界点至至关重要，之后市场的剩余部分将会随之而来。例如，制冷和空调市场的规模估计为1350亿美元（经济学人智库2019年），到25%的临界点将需要337.5亿美元的投资。通过以多种方式撬动公共和私人资金（包括赠款、贷款、风险共担工具以及技术援助的影响），往往可以在更适度的捐助支持下实现这一投资水平。

产品创新融资

关于需要更多创新制冷技术的观点已经得到广泛共识，这需要支持创新——研发和加速以及创新者的成长资本。解决创新问题的计划的著名例子是IFC TechEmerge的可持续制冷计划、Mission Innovation的供热/制冷工作组、阿什登基金会的公平制冷基金、全球制冷创新技术大奖赛（由RMI、印度政府科技部和Mission Innovation于2018年发起）和百万制冷屋顶挑战（由清洁制冷协会于2019年发起）（IFC n.d.a；Ashden n.d.；Global Cooling Prize n.d.）。迄今为止，TechEmerge的经验表明，为了将高质量的颠覆性产品推向市场，需要对早期研发和产品创新进行更大规模的投资（IFC n.d.）。

大金（Daikin）、丹佛斯（Danfoss）、高德瑞

（Godrej）、格力（Gree）和特灵（Trane）等公司正通过大力投资产品开发，将自己打造成可持续制冷领域的领导者。例如，特灵创建了“Operation Possible”，作为内部众包创新项目，并于2021年选择了应对食品损失和饥饿问题作为首个挑战。在项目中，他们开发了一种制冷车，以减少发展中国家街头摊贩的食物损失（Trane Technologies 2022）。为了进一步激励颠覆性创新，需要通过对种子资本和风险资本进行更大规模的融资组合，以吸引现有的或新兴的公司和企业家。

为扩大规模提供资金

从创新和新技术的早期采用者阶段过渡到对这些技术进行规模化投资，焦点应转向寻找愿意支持新技术的商业模式和商业应用的投资者。在现阶段的另一个目标是找到降低生产成本的方法，以提高技术的经济性。例如，可以借助印度能效服务有限公司（EESL）试点的公共采购计划，将最高效的系统以与传统技术相媲美的价格提供给最终用户（世界银行，2021年）。

优惠融资和投资工具

优惠资金可用于支持软性成本，也可用于支持投资工具，例如资本回购、担保结构中的风险资本或混合项目融资结构的一部分。传统上，优惠融资来源于公共来源。然而，慈善资本在2017年启动基加利制冷效率计划（现更名为清洁制冷合作组织）时发挥了关键作用，首次融资5100万美元。

由CLASP和Nithio发起的生产用电器融资基金正在提供采购补贴、能力建设赠款、消费者融资和咨询支持，以建立信用体系，以采用高质量和节能电器，包括冷藏室和冰箱（CLASP 2022；VeraSol 2023）。该基金旨在通过大宗采购和为分销商提供融资，在非洲各地赊销产品，从而降低终端用户的家电成本。



开发和加速颠覆性技术需要创新资金。

加纳，阿克拉

图片来源：Nataly Reinc/shutterstock

为逐步淘汰氢氟碳化合物制冷剂并提高能效提供资金

《蒙特利尔议定书》基加利修正案旨在逐步减少氢氟碳制冷剂的生产和使用，多边基金（MLF）提供赠款资金，使发展中国家能够遵守并支持早期行动。如第2章所述，如果在过渡使用制冷剂的同时采取措施提高制冷设备的能效，则减排效益将大幅增加。虽然在《基加利修正案》的范围内日益认识到在替代氢氟碳化合物时提高能源效率的重要性，但专用融资机制MLF一直侧重于制冷剂替代和避免能源需求增加。

会议要求 MLF 在逐步淘汰氢氟碳化合物时，考虑（通过从相关融资机构调动额外资源），为维持或提高低 GWP 和零 GWP 替代技术以及设备的能源效率的项目提供资金。该资金的重点主要放在供应方和服务部门。截至 2022 年 12 月，各方决定设立 2000 万美元的资金窗口，用于能效试点项目，同时逐步减少氢氟碳化合物，并有可能在未来的会议上增加这一资金。

截至2023年，MLF累计为144个发展中国家的9321

个批准项目（其中85%以上已完成）提供了40亿美元的赠款资金。这笔资金还旨在建立国家臭氧办公室，建立如下职能并提供技术援助，包括制定监管框架、推进节能技术、培训服务部门技术人员以及支持与海关官员的合作。

尽管制冷历来被认为是其他融资的一个（子）组成部分，但它正日益被视为是一个值得吸引专门发展融资的独立主题。世界银行高效清洁制冷项目成功推动了世界银行制冷基金的发展，这是世界上首批专注于协助各国开发低碳和包容性制冷解决方案的举措之一。该基金从绿色气候基金（GCF）筹集了 1.57 亿美元，并将把这笔优惠气候资金用于联合资助世界银行资助的 9 个国家在农业和卫生领域的制冷和冷链以及建筑制冷领域的业务（ESMAP 2021）。从 GCF 筹集的资金预计将撬动世界银行 7.23 亿美元的额外融资，减少约 1620 万吨的二氧化碳排放，并支持各国的气候适应努力（ESMAP 2021）。



40亿美元

截至2023年，MLF已
为144个发展中国家的
9321个已批准项目提
供了40亿美元。

图片来源：
AM NIKOM/shutterstock

7.3 扩大融资规模的新兴商业模式和工具

创新的商业模式和融资

与发展中国家潜在用户的富裕程度相比，冷链设备成本较高，这限制了他们在食品和医疗保健品供应链中的参与。需要新的金融和商业模式，为了解决这一问题，需要新的融资和商业模式，以使可持续冷链设备变得更加负担得起，公平分担风险和成本，并克服投资者的担忧。以使可持续冷链负担得起，实现风险和成本的

公平分配，并克服投资者的担忧。这些模式可以使小农户或当地企业家有能力购买设备，从而缩短投资回收期并降低前期成本。

例如，印度的普罗米安电力系统公司和非洲的KoolBoks和SureChill公司都采用了创新的可持续冰箱，为家庭和小型企业提供价格合理、可靠的制冷服务。普罗米安电力系统公司为自给自足的大农户安装了蓄热式牛奶制冷中心，培训社区中心运营商根据牛奶质量向

农民支付费用（Thaker和Tripathi 2019）。KoolBoks和SureChill则提供了基于即服务即冷（CaaS）和现收现付（PAYG）的产品，采用这些模式，可以使用户无需提供保证金，就可以负担得起的价格租用太阳能冰箱。这些冰箱的容量范围在65~400 L，可让用户根据实际需要随时进行使用。

公平使用冷链

在获得融资和商业模式方面的支持需要直接针对女性农业生产者，因为妇女可能缺乏与男性同等水平的市场信息。在莫桑比克，为农村农民提供进入农业价值链的机会的努力使得2020年至2021年期间作物总产量有所增加（世界银行2022b）。然而，配套补助金计划的受益者主要是男性，女性小农户仅占受益者的13%~14%。在渔业部门的类似配套补助金中，女性仅占受益者的29%，获得的资金比男性同行也更少。

为了克服这一障碍，各国政府必须在确保冷链的公平获取方面发挥关键作用，特别是在发展中国家，在这些国家，弱势群体缺乏吸引私营部门投资的令人信服的商业案例。克服这一挑战需要采取循序渐进的方法，即各国政府合作开发关键基础设施，释放对高风险地区投资，以实现社会、经济和环境效益。公私社区伙伴关系模式旨在通过将重点从直接经济回报转移到社区参与和严格评估制冷冷链需求，促进冷链运营更具有包容性、公平性和可持续性发展。

可负担的商业模式和促进市场增长的生命周期管理

在发达经济体，私人客户可以通过现金交易或简便信贷手段获得储蓄，而在不太富裕的经济体，前期成本和可负担性会成为投资的重大障碍。以下是一些旨在解

决可负担性、质量控制、保修、维护、售后服务等问题的商业模式，以确保市场增长和可持续性。

经营租赁型模式的企业包括PAYG（IRENA 2020）和CaaS（BASE 2022）以及票据融资和工资融资^[7]，都需要获得足够的资金和融资来建立库存，提供培训，支付员工工资等。

公共机构（世界银行2021a）和私人组织（Andersen和Carvalho 2018）都使用了批量采购模式，用于销售、维修和维护独立冷藏设备和制冷设备，包括房间空调和风扇（专栏7-1）。在摩洛哥，多家银行机构参与了超高效空调“买家俱乐部”试点。这种集中采购举措可以降低交易成本，激励生产，并传递强有力的市场信号。

在能源服务公司（ESCO）的融资模式中，投资者通过直接投资与ESCO建立合作关系，并与客户签订能源履约合同（EPC）。ESCO在这个过程中承诺实现能源和经济方面的节省，同时也承担技术性能风险，并负责向投资者支付相关费用。

在一种被称为“超级能源服务公司（Super ESCO）”的变体中，由政府或通过公私伙伴关系建立的实体充当政府、设施所有者和节能服务公司之间的中介，以协调能效项目的实施（Rahman、Hakim和Turrini 2020）。该模式旨在提高能效项目的执行效率，确保政府、设施所有者和节能服务公司之间的协调，并减少实施中可能出现的问题。2022年2月，非洲开发银行批准了非洲超级能源服务加速计划，该计划的目标是通过促进私营部门对能源效率的投资，推动非洲地区能源效率的整体提升。

由瑞士非营利基金会BASE开发的节能保险（ESI）

专栏 7-1：

案例研究：印度的大宗采购

超级高效空调计划是由能源效率服务有限公司（EESL）创建的，旨在为印度提供负担得起的高效空调。该计划涉及招标10万台超高效1.5冷吨ISEER 5.2型变速室内空调，供住宅和非住宅使用。包括大金（Daikin）、高德瑞（Godrej）和松下（Panasonic）在内的制造商开发出了以原价一半的价格销售的高效空调，改变了市场。EESL与松下签约6万台，Godrej签约4万台；40%的产品使用了低GWP的制冷剂。

资料来源：EESL 2021；基加利制冷效率计划2018。

^[7] 票据融资是一种将节能改进或升级的成本添加到消费者的公用事业账单中进行资助的融资机制。按工资融资是将节能电器或升级成本纳入个人工资或工资支付的一种机制。

模式旨在通过结合金融和非金融因素来降低投资风险，从而释放中小企业的能源效率潜力。该模式已在哥伦比亚和墨西哥成功实施，是最有希望调动私营部门投资提高能源效率的手段之一。

在迪拜，Empower是一家端到端服务提供商，负责建设、拥有和运营区域供冷厂和配电网。通过公私合作模式，Empower已成为全球最大的上市区域供冷公司。

新兴金融工具助力制冷渠道

金融市场需要减少对效率低和不可持续的制冷技术的投资，以释放资金用于支持可持续（制冷）的方法。为了加速新技术的扩大和部署，可以采用以下融资工具：

公共和混合融资机制。这种融资涉及“将捐助者和慈善机构的优惠资金与私人投资者和发展金融机构的商业资金相结合，以降低优先领域高影响力项目的风险”（IEA和IFC2023年）。这对于为制冷行业创造有利环境，克服当地市场障碍并实现规模化发展至关重要。

要。根据2023年独立评估小组的报告，对世界银行集团408个需求侧能效项目的评估得出结论：“在以下情况下，成功扩大规模是可能的：（i）国家有健全的政策环境；（ii）客户得到强有力的咨询和分析工作；（iii）世行集团以国有企业等大型温室气体排放实体为目标；（iv）采用降低风险工具的干预措施；（v）客户从累积的贷款中受益”（世界银行2023a）^[8]。

先进的市场承诺。批量担保等“拉动”融资干预有助于加快先进制冷技术的市场准入。根据这些协议，大型资助者（慈善机构或/和私人）承诺填补任何需求缺口，以换取谈判达成的定价安排。这类机制历来在卫生领域实施，以改变关键疫苗的市场，最近还被用于推动碳去除技术的创新。

基于成果的融资。这种资金提供方式的核心在于向一个项目或项目组合提供资金，其中特许权取决于预先商定的产出和成果以及可独立核查的绩效（世界银行，2019年）。除了“可持续能源普惠通用能源基金”（Sustainable Energy for All Universal Energy Facility）有两家公司提议为离网冰箱提供支持之外，该资金提供方

专栏 7 -2:

案例研究：哥伦比亚建筑业的绿色抵押贷款

哥伦比亚是拉丁美洲为建筑行业提供绿色抵押贷款最多的国家。这些贷款通过更优惠的利率为开发商和最终用户提供支持，鼓励建设和使用可持续住房。2016年至2021年期间，国际金融公司购买了绿色债券，并为哥伦比亚的绿色建筑提供了50.4万美元贷款。这支持了全国15.7万多套认证住房的开发，其中大部分是低收入和经济适用房。

2021年至2023年期间，哥伦比亚新建建筑面积中有20%以上获得认证，这表明私营部门在该领域累计投资超过115亿美元。这种投资流向及其带来的影响归因于不同的金融机构可以能够利用专门为该部门（建筑）设计的金融工具（绿色债券）。绿色建筑规范和税收激励结构等政策框架被用来鼓励私营部门的参与和投资。

资料来源：世界银行2023b。



圣安德烈斯岛，哥伦比亚

图片来源：Benoit Daoust/shutterstock

^[8] 另一个例子是绿色气候基金项目，该项目通过美洲开发银行制定的保险计划在萨尔瓦多推广节能设备，网址是<https://www.greenclimate.fund/projects/fp009>。

式很少用于制冷。

传统的股权和贷款。虽然优惠融资机制在加速采用新技术方面可以发挥重要作用，但仍有许多项目可以通过传统融资工具获得融资。例如，IFC向印度供应商雪人物流（Snowman Logistics）投资540万美元，以大幅减少食物浪费；ECOFRIDGES向参与的供应商提供传统贷款，并改善贷款条件，以推广经认证的制冷设备。

风险共担和担保设施。风险共担设施是一种混合型融资工具，发展金融机构通常在第三方捐助者的支持下，同意分担具有特定特征的项目组合的贷款违约风险，这些特征包括能效和可再生能源，以及潜在的可持续制冷。这类工具通过捆绑交易和风险分担，为向小型

企业或消费者提供贷款提供便利。支付担保可以采取多种形式，例如第三方供应商提供的节能保险（ESI）担保债券，以保证客户在特定时期内兑现承诺的节能。另一个例子是将付款担保纳入CaaS定价的冷库，这为农民提供了创收的信心。

制冷债券。世界银行利用其AAA债券评级从国际资本市场为可持续发展目标筹集资金（世界银行2023b）。这包括绿色债券（专栏7-2）、蓝色债券以及保护森林和生物多样性的债券。绿色债券的资格标准包括一些可持续制冷措施，例如减少建筑物净能源消耗、减少食物损失或浪费以及提高数据中心能源效率的项目。

40%

在EESL在印度的批量采购计划中，有一半的产品使用了低gwp制冷剂



7.4 扩大可持续制冷投资的挑战

扩大可持续制冷投资并将其纳入主流的面临的一些最重大挑战包括：

缺乏可靠的市场数据。制冷设备需求和供应的数据是扩大采用创新技术的基石。

缺乏对大型项目中制冷决策制定的关注。例如，虽然温度控制是有效提供疫苗的主要因素之一，但这只是公共卫生官员面临的众多问题之一。其结果是，制冷资金往往被视为次要因素，或在更广泛的投资背景下被看作是子项目，而不是被视为实现一系列可持续发展目标的关键推动因素。

难以开发一系列可投资项目。造成这种情况的原因包括缺乏质量经验和记录结果；缺乏项目准备的资金和技术援助；以及投资决策所需的潜在节能数据的可用性

（清洁制冷协作2022）。新市场进行能力建设和设立银行也需要专门的努力和资源。

金融机构高级管理层的参与和支持不足，无法确保内部协调和合作，以促进融资。由于市场规模的不确定性以及缺乏示例和数据，证明制冷投资的商业案例可能具有挑战性，从而导致投资决策困难且冗长（清洁制冷协作2022）。频繁的小额采购进一步阻碍了投资，因为处理大量的小型单个项目意味着昂贵的交易成本^[9]。

缺乏可靠的电力供应，低收入家庭无法承担空调设备费用。票据融资可以成为家庭和中小企业的有效解决方案，但在发展中国家仍然是一个挑战，因为这些国家正在应对停电/限电和紧张的公用事业资产紧张的问题。对于租赁住房，由于租户通常支付电费，房东可能会犹豫是否投资于节能制冷系统。

^[9] IFC和其他多边开发银行的一个回应是，将小型项目合并为较大的投资方案，例如能源效率融资，并通过商业贷款机构提供部分风险担保。

7.5 关于扩大可持续制冷融资的建议

融资解决方案的机遇和挑战存在于建筑和地区、家庭、中小企业和冷链系统等关键细分市场之间和内部。以下建议对于今后有效扩大可持续制冷融资并支持制冷近零排放具有重要意义。

将可持续制冷纳入多边开发银行的环境、社会 and 治理 (ESG) 保障措施

多边开发银行可以系统地筛选其途径和客户组合，以发现新的融资机会（认识到制冷往往是更大项目的一个组成部分），并酌情开发创新的融资工具。创建专门的制冷基金可以从审查金融机构的投资组合和途径开始，以确定投资机会，并创建专门的融资工具，以促进投资规模的扩大。例如，在世界银行绿色气候基金制冷专项的基础上，独立的气候变化智库E3G提出了一项建议，即创建一个专门的基金，以支持技术援助以及金融和风险缓解工具。

随着市场的增长，系统地跟踪制冷融资及其影响

估算不同细分市场，尤其是制冷市场的规模，并监测其增长，将有助于融资的进行。但由于仍然缺乏定义和跟踪可持续制冷融资的系统过程，这一过程变得很复杂。引入一系列跟踪指标——如提供资金的价值、金融工具的价值、杠杆融资的价值、销售的价值等指标，同时考虑非财务影响的措施——如节能和二氧化碳减排以及对最终用户的影响，对于系统跟踪融资和风险评估十分有效。在实施一系列追踪和评估的过程中，首先需要确定一个合适的机构来承担这样的跟踪角色。

为大型房地产项目和区域制冷的可持续制冷提供直接批发融资

预计到2030年，全球建筑市场规模将达到14.4万亿美元（Statista 2022）。在这一背景下，确保在新建筑和改造中采用可持续制冷技术至关重要。为了推动更高效的解决方案，我们可以考虑出台比传统建筑规范要求更高的自愿标准，这些标准可以成为引导资金投向更环保选择的有力工具，将资金重新导向更有效的解决方案。此外，建筑标准的独立认证也是验证预期低能源成本支持客户偿还贷款的能力，支持客户偿还贷款的能力的一种强有力的方法。例如，基金管理公司英联（Actis）在所有地点采用了IFC的EDGE绿色建筑标准，并制定了适用于该基金所有房地产投资的可持续性指导方针。

区域供冷是大型、集中和混合用途制冷需求的另一个重要机会，例如在拥有办公楼、娱乐场所、购物中心

以及高层住宅和酒店建筑的商业区。要使这类项目具有信誉，就需要一个有利的环境来降低项目风险。将区域供冷纳入城市地方政府计划，更新建筑规范以实现区域供冷，明确建筑物的能效要求并定期监测这些参数，对于项目的成功至关重要。

在阿拉伯联合酋长国，包括阿布扎比和迪拜等城市制定了强有力的法规来平衡区域供冷公司和消费者的利益。为了支持总投资高达4亿元的区域制冷项目，国际金融公司与区域供冷公用事业供应商Tabreed Asia投资了1亿美元的股权融资。此外，Tabreed Asia还投资于印度的制冷基础设施和CaaS，总投资约360万美元，合同为期30年。

为家庭和中小企业提供制冷零售融资

如果货币效益是确定的，与额外的成本相匹配，并且通过融资激励措施逐渐消除这些成本，那么随着时间的推移，大多数消费者将更愿意采用高效和可持续的制冷技术。遵守最新的最低绩效标准，并以太阳能项目为先例的激励措施具有高度的相关性。

例如，西非国家经济共同体（西非经共体）的冰箱和空调倡议（ECOFRIDGES）是加纳和塞内加尔政府、UNEP和BASE基金会的一项联合倡议。该倡议通过改善贷款条件为消费者提供融资，并为贷款人和家电零售商提供无风险还款机制。截至2023年6月，ECOFRIDGES GO销售了3304台新认证的冰箱和空调，并释放了1820万加纳塞迪（160万美元）的融资，使更多家庭能够使用节能制冷设备。这节省了大量27172兆瓦时的能源（UNEP臭氧秘书处2023c）。

同样，政府采购制冷设备时，也应购买现有的最先进的技术，并应为现有设备的改造提供有效制冷的激励措施。

通过公私伙伴关系为冷链提供资金，并通过种子融资保护发展中国家的小农用户

农业冷链融资和确保小农获得公平回报仍处于刚刚起步阶段。要实施全面的冷链系统，需要在基础设施、技术和培训方面进行大量投资，并协调负责每个阶段的多方。这一挑战的核心在于高昂的基础设施、冷藏运输和温度监测系统的高额前期投资成本。

全球冷链联盟（GCCA）估计，建立一个基本的冷藏设施的成本在每立方米100至300美元之间（GCCA 2019），这对新兴市场的小农和企业进入造成了重大障碍。新兴经济体的供应商，很难分配足够的资金来支付

持续的运营费用，特别是在缺乏可靠电力供应和财政资源有限的情况下（联合国工业发展组织2013年）。因此，投资者和金融机构认为，由于监管框架薄弱、基础设施不足和市场条件波动等因素，发展中国家的冷链行业存在较高风险。

在这种情况下，融资的例子包括亚洲开发银行的供应链融资计划，该计划为参与农业供应链（包括冷链）的中小企业提供资金支持。同时，在肯尼亚、尼日利亚、印度和菲律宾等国，通过引入太阳能冷库设施，降低能源成本和应对不稳定的电力供应。这些设施采用可再生能源并遵循标准化设计，运用CaaS商业模式，以提高回报、可负担性和可持续性，并促进循环经济的发展。

另一个案例是由BASE和Empa开发了一个CaaS计划，该计划通过将库存管理数字化，使运营商能够远程监控冷间的温度、占用率和财务状况。这一举措减少了粮食损失，有效提高了粮食安全。农民可以实时跟踪作物质量，从而做出明智的销售和市场定价决策。SET联盟旨在通过与技术合作伙伴和金融机构的合作，提高CaaS倡议的效益^[10]。

此外，政府在降低冷链投资风险方面发挥着重要作用，将冷链视为关键的公共基础设施，并与私营部门合作，释放投资——特别是在高风险领域——以实现社会、经济和环境效益。

加强MEPS、效率和可持续性标准在制冷融资决策中的作用

在缺乏效率和可持续性标准的情况下，增加对低效率和污染的制冷技术的融资，将进一步加剧全球变暖，并增加滞留制冷资产的存量。应制定效率和可持续性标准，并将其纳入未来所有制冷融资工具。建议修改发展金融机构的环境和社会绩效标准，以确保对可持续制冷方案进行筛选。

研究发现，从长期来看，MEPS不一定会导致消费者的购买价格更高，而且实施后生命周期成本会加速下降（UNEP臭氧秘书处，2019年）。为解决高效和气候友好型产品前期成本较高的问题，可以采用财政机制和激励措施，如税收减免和退税。

在泰国，泰国电力局（Electricity Generating Authority of Thailand）通过提供无息贷款的方式，帮助

消费者支付购买4星级和5星级空调的较高初始成本。与此同时，销售五星空调的店主也获得了退款。购买这些空调的消费者分别从参与银行获得了5000泰铢和1万泰铢（约合125美元和250美元）的无息贷款。正因为如此，泰国的标签计划不仅有助于加强当地的空调业务，提高了最有效的空调的市场份额，而且五星级空调现在还出口到澳大利亚、印度尼西亚和斯里兰卡（Sulyma et al. 2000）。

其他机制包括按账单融资、按工资融资、公用事业义务和大宗采购计划，如《能效融资机制和商业模式手册》和《可持续公共采购工具包》（UNEP U4E 2019; UNEP U4E n.d.c）。报告《从ECOFRIGE的经验教训》和《卢旺达制冷倡议》的融资机制提供了以私人融资为重点的项目的深入见解，这些项目旨在支持消费者采用高效和环保冰箱。

通过试点验证消费者的融资干预措施

为了解决最初对替代融资模式的犹豫，利益相关方应探索机会进行初步的小规模试点研究。资助者可能更愿意支持需要较少资源的可行性试点，支持概念验证，并帮助建立扩大融资设施的势头。这些举措提供了一个机会来解决关键的业务挑战，使利益攸关方（如配电公司）熟悉与制冷相关的动态，并使融资机制能够根据各国国情进行调整。同样重要的是，各国政府应以身作则，投资改造现有的制冷系统。

制冷债券

可用于减少建筑物净能耗、减少食物损失或浪费以及提高数据中心能源效率的项目。

图片来源：Wanan Wanan/shutterstock



（杨子旭、刘树荣、牛恒、肖寒松、李天成 译）
（未完待续……）

^[10] 见<https://set-alliance.org>。

丁国良教授、李先庭教授荣获“亚洲制冷学术奖 (Asian Academic Award) ”



何雅玲教授为丁国良教授颁奖

5月22日，在2025中国制冷学会（单位）会员大会的开幕式期间，中国制冷学会理事长、西安交通大学何雅玲教授代表中日韩三国制冷学会正式为丁国良教授颁发了“2023年度亚洲制冷学术奖”，为李先庭教授颁发了“2024年度亚洲制冷学术奖”。

2023年度亚洲制冷学术奖授予丁国良教授，是为了表彰他在“制冷与空调设备仿真及优化技术的研究与应用”领域取得的突出贡献。2024年度亚洲制冷学术奖授予李先庭教授，是为了表彰他在“需求导向的非均匀室内环境及显热与潜热负荷分级管理领域开展开创性研究，推动高效节能空调系统的发展”领域取



何雅玲教授为李先庭教授颁奖

得的突出贡献。

亚洲制冷学术奖由中国制冷学会（CAR）、韩国空调制冷工程师学会（SAREK）和日本冷冻空调学会（JSRAE）共同设立，旨在表彰对低温、空调、热泵和食品冷冻领域作出杰出贡献的学者，评奖依据包括研究水平、国际贡献度和对行业未来发展的影响等方面。

“2025年度亚洲制冷学术奖”申请，请联系中国制冷学会赵国君。电话：15201349108。

徐震原教授荣获阿联酋全球水资源奖青年奖



近日，第四届阿联酋全球水资源奖（Mohammed bin Rashid Al Maktoum Global Water Award）颁奖典礼在迪拜举行，上海交通大学制冷与低温工程研究所徐震原教授因在“高效耐盐的被动式太阳能蒸馏”方面取得的创新成果，荣获全球水资源奖青年奖。

阿联酋全球水资源奖由阿联酋水援助基金设立，该基金由阿联酋副总统兼总理、迪拜酋长Mohammed bin Rashid Al Maktoum于2015年成立。阿联酋全球水资源奖涵盖创新项目奖、创新个人奖、创新研发机构奖、创新危机解决方案奖，每两年授奖一次，旨在鼓励和促进利用可再生能源生产清洁饮用水，表彰在该领域做出技术创新的个人、开拓性组织和研究机构。徐震原教授是本届创新个人奖-青年奖的唯一获奖人。

（信息来源：上海交通大学制冷与低温工程研究所）

中国科学院理化技术研究所戴巍研究员入选美国低温学会会士

近日，在美国雷诺召开的2025国际低温工程/低温材料大会上（CEC/ICMC），美国低温学会（Cryogenic Society of America, CSA）公布了2025年新增选会士名单，中国科学院理化技术研究所低温科学与技术全国重点实验室戴巍研究员入选。



CSA颁奖评语

Dr. Prof. Wei Dai is recognized for his outstanding and sustained contributions to cryogenics, particularly in the development of electrically /thermoacoustically-driven pulse tube coolers, sub-Kelvin refrigeration technologies and in the related fundamental research. He has led cutting-

edge cooler research at the Chinese Academy of Sciences, producing high-efficiency systems and innovations. The research on the pulse tube cooler has also translated into numerous industry applications through the collaboration with Lihan Cryogenics. In addition to his technical achievements, he has shown strong commitment to the cryogenics community through mentorship, international collaboration, and active roles in major conferences.

戴巍研究员简介：

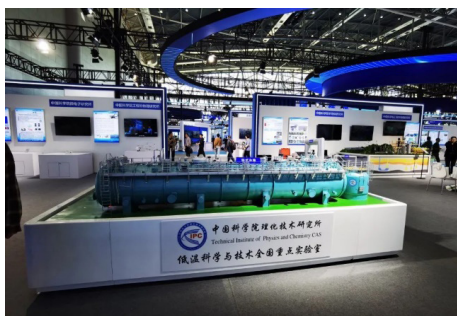
2000年获上海交通大学低温专业博士，作为博士后和访问学者先后在日本/荷兰/英国访学。曾获北京市科技新星、中国制冷学会科学技术奖-青年奖以及工程热物理学会吴仲华优秀青年学者等荣誉。目前为中国制冷学会理事、中国制冷学会低温专业委员会委员、国际小型低温制冷机委员会委员以及美国低温学会会员。



（信息来源：中国科学院理化技术研究所）

我国首台万瓦级氨制冷机研制成功

在4月26日至28日于合肥举行的第三届中国（安徽）科技创新成果转化交易会上，中国科学院理化技术研究所低温科学与技术全国重点实验室首发首展了“万瓦级氨制冷机”，受到广泛关注。这是我国科学家研制成功的首台超大型氨低温制冷机。



液氢液氦温区制冷技术在多个关键领域都有重要作用。它不仅能为基础科学研究、稀有气体分离、医疗设备研发等提供关键技术支持，还能为解决大规模氢能源的储运挑战性问题提供高效、安全的技术方案，促进新能源产业可持续发展。万瓦级氨制冷机是指液氨温度（即-269℃，4.2 K）下制冷量达10000 W以上的超大型低温制冷机，是加速器、可控核聚变等大科学装置前沿研究的关键核心装备。

为实现超大型低温制冷技术自主可控，中国科学

院理化技术研究所低温科学与技术全国重点实验室在该领域深耕十余年，成功研制出万瓦级氨制冷机。该制冷机使用的氨气压缩机、氨气体轴承透平膨胀机、低温换热器、超大型高真空绝热冷箱等核心部件，全部由我国自主研发。该制冷机前期经专家组测试，液化模式下氨液化率达3370 L/h，将服务于国家重大科技基础设施加速器驱动嬗变研究装置，为处理核废料提供低温环境。

（信息来源：中国科学院理化技术研究所）

Welling 威灵电机巴西工厂预计第四季度运营

Welling威灵电机位于巴西圣丽塔-杜萨普凯市的电机工厂将于2025年第四季度开始投入运营。该工厂也成为继中国、泰国、印度后，威灵在海外的又一生产布局。

据悉，威灵电机巴西工厂将聚焦空调直流电机等产品生产，工厂面积超6000平方米，年产能将达200万台。Welling威灵致力于用领先的科技、品质、服务，为客户提供绿色、高效、智慧的产品与技术解决方案，携手共创美好工业。

在暖通家电领域，威灵电机在全球布局多家工厂与研发实验室，满足全球客户制造需求，并在空调电机、洗衣机电机等领域市场份额持续领先。随着威灵电机巴西工厂投入运营，将为威灵电机更好满足北美



客户需求，深入了解海外用户提供更多支撑，为全球家电产业的高效、绿色、可持续发展贡献力量。

（美的工业技术 供稿）

丹麦外交大臣拉斯穆森到访丹佛斯天津工厂



5月18日，丹麦外交大臣拉尔斯·勒克·拉斯穆森（Lars Løkke Rasmussen）到访丹佛斯天津工厂，了解丹佛斯在中国的发展情况。该考察是拉斯穆森外交大臣本次访华行程中的一站，凸显了丹佛斯等丹麦企业在两国经贸往来中的重要作用，以及两国企业在绿色创新领域深入合作的巨大潜力。

丹佛斯天津工厂成立于1996年，是丹佛斯在中国的首个生产基地。经过近30年的发展，该厂已成为丹佛斯全球生产和研发布局的重要组成部分。该工厂生

产的压缩机、阀门、传感器、热表等产品凭借其创新性技术和高效表现在制冷与空调、食品饮料、工业、建筑等诸多领域有非常广泛的应用。

2019年，丹佛斯天津商用压缩机工厂被世界经济论坛命名为第四次工业革命“制造业灯塔工厂”。凭借全数字追溯系统与智能传感器、视觉检测，自动监控系统等数字工具的应用，该工厂成功跻身全球最先进的工厂之列。

丹佛斯天津工厂已通过长期绿电采购协议实现全绿电供应。2023年，丹佛斯全球制冷研发测试中心在该园区正式投用。该中心总建筑面积约7000平方米，主要致力于商用压缩机变频技术、热泵等行业应用以及环保制冷剂替代方案的研发和测试工作。

长期以来，丹佛斯对中国经济和社会发展所作出的贡献被中国官方高度认可。2018年，时任丹佛斯集团主席雍根·柯劳森荣获中国政府友谊奖，这是中国政府为外国专家颁发的最高荣誉奖项。2017年，他曾获天津市政府为其颁发的海河友谊奖。

（丹佛斯中国 供稿）

第四届楼宇科技 TRUE 大会在上海举办

2025年7月2—3日，以“数智碳索·TRUE见跃迁”为主题的第四届楼宇科技TRUE大会在上海举办。大会包含1场核心主论坛、4场主题分论坛、1场新品发布会，以及覆盖暖通空调、数智电梯、楼宇控制、能源管理核心业务相关的10大创新产品展区，吸引了全球超2000位嘉宾参会。

会上，中共上海市科学技术工作委员会委员、上海市科学技术委员会副主任翟金国作主论坛开幕致辞，他高度肯定以TRUE大会为核心的行业协作平台，发挥着连接技术创新与广泛落地应用的桥梁作用。



全球先锋对话：探寻行业跃迁的未来答案

会上，中共上海市科学技术工作委员会委员、上海市科学技术委员会副主任翟金国作主论坛开幕致辞，他高度肯定以TRUE大会为核心的行业协作平台，发挥着连接技术创新与广泛落地应用的桥梁作用。

全国工程勘察设计大师，中国建筑科学研究院首席科学家、专业总工徐伟在首个主题演讲中讲到：我们的经济社会正在全面绿色转型，要实现从传统能源到新能源体系的构建，我们建筑领域当然也要面临转型，通过技术创新，全行业共同加快构建新型能源体系，从而为经济社会发展提供有力的支撑。

复旦大学国际金融学院党总支副书记、副院长高华声指出：覆盖多元领域的智能建筑是产业生态繁荣的关键引擎，“绿色智慧楼宇与金融活水的双向奔赴，会激发出更巨大的市场潜能”。

迪拜最高能源委员会需求侧管理与政策负责人Majd Fayyad马吉德·法耶兹分享了迪拜在能效提升与城市脱碳实践的方案。他指出：实现建筑领域的净零排放目标，是我们对地球的承诺，并对2050净零目标以及全球视角下净零排放的现状作出关键诠释。

华为制造与大企业军团首席架构师孙磊聚焦以数字化治理体系为核心的深度阐述，为我们带来构建

“一体两翼”的建筑地产行业数字化转型路径，他在演讲中表示：授人以鱼，更要授人以渔，让智能化在建筑地产行业生根，实现新航道再次起飞。

美的集团美的中央研究院院长孙年祥以“节能低碳技术的基础材料研究前沿”为主题，以前沿视角和美的的科研成果，系统性阐述了基础材料的研究与应用在节能低碳技术领域的重要作用。

四大行业论坛：解码双碳攻坚操作方程

面对中国“双碳”攻坚期中建筑存量更新浪潮，本届TRUE大会以“数智化驱动绿色建筑进化”为内核，系统性碳索技术突破、生态协同与价值闭环的全方位跃迁。通过“绿色低碳”“智慧工业”“创新商业”“智慧通行”四大战略议题，依托前沿技术集成与场景实证方案，定义楼宇领域范式跃迁的操作方程。

五大新品发布：加速智慧建筑全周期再进化

会上重磅发布五大新品解决方案，覆盖美的楼宇科技旗下暖通空调、数智电梯、楼宇自控、能源管理四大核心业务版块，助推全球智慧楼宇市场的突破发展。继全球首台智能化全数在线MDV8，氟机发布了MDV9无界多联机；水机则发布了全新“磁悬浮+X”产品战略，从商业建筑制冷到工业能源供给，美的磁

悬浮始终坚持以可靠和高效为客户创造真金白银；美的楼宇科技旗下德国高端品牌Kermi发布了全新的智能住宅暖通+能源解决方案（HVAC+E Solution）；菱王电梯公司则发布了领沃新一代住宅电梯驱动技术及菱王载货梯全场景解决方案，让每一程都是更好的抵达；东芝电梯发布别墅电梯新品，将意式美学精髓与东芝精工工艺完美融合。

此次大会，以其对“数智-低碳”闭环驱动、“技术-系统-生态”三重跃迁的真实演绎，不仅标志一个重要里程碑，更清晰勾勒出建筑行业从“碳索”迈向全面“跃迁”的真实图景，为智慧低碳建筑的规模化发展奠定了坚实的实践基础与进化方向！

（美的楼宇科技 供稿）

江森自控庆祝成立 140 周年，持续创新引领未来



2025年5月19日，江森自控迎来成立140周年庆典。140年来，公司取得了众多卓越成就与行业首创纪录。自1885年成立至今，江森自控始终致力于改善建筑环境，相继推出了全球首款自动消防喷淋头和首款室内恒温器。如今，江森自控依托全面的暖通空调与楼宇自控产品组合以及先进的消防与智慧安防产品系列，为客户提供覆盖建筑全生命周期的解决方案。江森自控持续提升与守护各类重要建筑，涵盖数据中心、先进制造设施、教育机构、医院以及生物制药实验室等，致力于打造推动社会进步的环境空间，助力客户推进关键业务运营。

近年来，江森自控依托持续扩大的专利组合驱动创新，目前拥有超过8000项专利，在工程研发领域投入数十亿美元资金。旗下Grinnell和York两大品牌已传承逾150年。公司始终秉持一脉相承的创新精神，与客户建立全面深入的合作伙伴关系。从设备最初的工程与设计到安装、服务及最终的更新升级，江森自控始终坚守承诺，不负客户的信赖。

今年也是江森自控深耕中国的30周年。自进入中国市场以来，江森自控充分应用全球专业技术，持续加速本土化创新，为中国市场提供覆盖建筑全生命周期的解决方案与服务，满足商业建筑及数据中心、新能源、电子等关键设施领域的多元化需求，助力客户实现高质量、可持续的发展目标。

展望未来，江森自控将以更为精简的产品组合，为客户提供覆盖建筑全生命周期的服务。依托公司全球服务团队，给超过400万客户带来高效服务，帮助其节约成本、能源与时间。通过整合物联网技术，江森自控为其产品组合进一步实现数字化赋能——以智能互联设备为核心，结合屡获殊荣的人工智能（AI）与机器学习技术，提供增强的实时数据分析能力，让建筑更加智能。无论是为应对极端天气条件提供防护，缓解能源价格上涨带来的挑战，还是开发前沿技术，江森自控始终是客户值得信赖的合作伙伴，凭借全球化的专业实力和本土化的运营优势，在当下和未来为客户提供全方位的支持。

（江森自控市场部 供稿）



FUSHENG 冷链系统节能专家

冷冻冷藏 跨界启航



双级螺杆冷冻机组

Two Stage Screw Condensing Unit

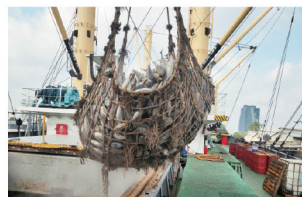
低温可达 -65°C



中 / 低温冷冻冷藏应用
急速冷冻 / 速冻隧道IQF / 低温冷库

满足各种低温冷链产业需求，
实现稳定可靠的冷量输出。

近海渔业冷冻



食品加工冷冻



海鲜加工冷冻



肉类加工冷冻



化工制程



复盛空调 / 冷链系统节能专家

Fusheng Air Conditioning / Cold Chain System Energy Efficiency Professional



华东销售部

地址: 上海市松江区新桥镇民益路28号
电话: (021) 5768 6868
传真: (021) 57686688

华北销售部

地址: 北京市昌平区国际信息产业基地立业路15号
电话: (010) 6973 2555
传真: (010) 6973 2299

华南销售部

地址: 广东省中山市火炬开发区火炬路12号
电话: (0760) 8559 1551
传真: (0760) 8559 1552

免费服务热线: 4000 588 600

www.fusheng-china.com

益于地球 始于荏原

Ebara-Always Benefiting The Earth

百年荏原 再献扛鼎力作

吸收式冷水（热泵）机组

- ◆ 非电空调：蒸汽、热水、烟气、燃气等多种驱动热源
- ◆ 两段式蒸发、吸收循环
- ◇ 冷量范围：140kW-11700kW / 制热量500kW-80000kW
- ◇ 连续8000小时不停机

高效离心式冷水（热泵）机组

- ◆ 空调 / 热泵 / 蓄冰
- ◆ 制冷量范围：1760-17600kW
- ◆ 两级压缩，一级经济器
- ◆ 环保冷媒R134a/R245fa

消雾节水型冷却塔

- ◆ 单塔能力范围：25-5500m³/h
- ◆ CTI, JCI国际认证
- ◆ 高效可靠
- ◆ 消雾节水



荏原冷热系统（中国）有限公司

EBARA REFRIGERATION EQUIPMENT & SYSTEMS (CHINA) CO., LTD.

地址：山东省烟台市福山高新技术产业区永达路720号

电话：(0535) 6321588 6988668 传真：(0535) 6325372

邮编：265500

Http: //www.ebara-ersc.com

E-mail: market@ebara-ersc.com



www.ebara-ersc.com



绿色低碳 美丽中国

「积极参与
全球气候治理」



中华人民共和国生态环境部