

他们用 25 年打造国产“降温神器”

■本报记者 倪思洁

这是一个不经常申报奖项的团队，团队成员也很少在国际期刊上发表论文，但各种奖牌还是把实验室的一面白墙填得满满当当。最近，在由中国科学院工会委员会组织的一场颁奖仪式上，他们又获得了一块奖牌，上面写着“科苑名匠”4个字。

这个团队就是中国科学院理化技术研究所(以下简称理化所)空间制冷技术研究团队。他们的拿手绝活是研制宇航级脉冲管制冷机——一种可以为卫星载荷降温的“神器”。

过去 25 年里，他们将脉冲管制冷机的关键技术与工艺性能一点点推向极限，最终打破国外垄断，让我国卫星用上了国产的、长寿命的宇航级“降温神器”。

“用上才是真本事”

很多卫星怕热，特别是红外成像类的探测卫星。制冷机就是为探测器降温的仪器，它的性能直接决定了星载仪器能不能看得清、卫星的工作寿命有多长。

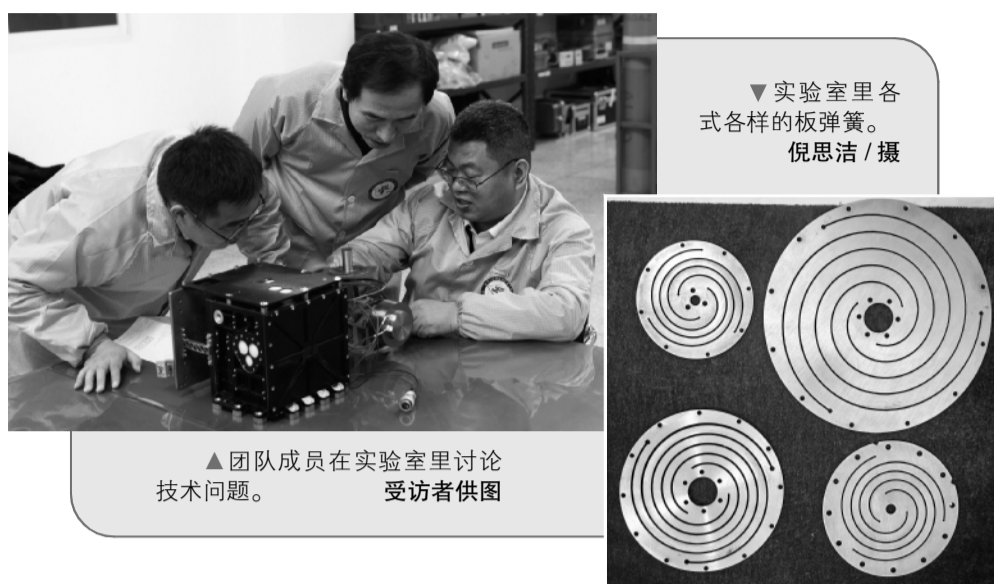
过去很长一段时间，宇航级制冷机都是我国探测卫星的“短板”。我国卫星上使用的微型制冷机，大多是地面级制冷机，精密程度和稳定性远不如宇航级制冷机，寿命也只有宇航级制冷机的 1/10。

团队成员、理化所研究员陈厚磊告诉《中国科学报》，宇航级制冷机主要采用脉冲管制冷方式，原理是通过机械运动使气体在特定的位置膨胀，而气体膨胀时会出现降温现象。

其实，从上世纪 80 年代开始，原中国科学院低温技术实验中心(理化所前身之一)就率先开展了脉冲管制冷技术的基础研究。到上世纪 90 年代，他们已经数次创造最低制冷温度纪录，取得一系列原创性成果，并获得国际制冷学会“卡皮查奖”和“林德奖”。

理化所研究员、团队前任负责人梁惊涛年轻时就拿过国际制冷学会首届“卡皮查奖”。上世纪 90 年代末，正当他和团队为我国脉冲管制冷技术研究走在世界前列而欣喜时，美国不声不响地将脉冲管制冷机“打上了天”。梁惊涛如梦初醒：“他们表扬你有什么用？用上才是真本事！”

自那之后，他和同事们决定转换赛道，将目标瞄准脉冲管制冷技术的工程化与应用。1999 年 6 月，理化所组建，原中国科学院低温技术实验中心的脉冲管制冷研究团队整体进入理化所。踏上新赛道的团队，开始面向国家空间遥感及红外探测领域的重大需求，开展脉冲管制冷机的工程化和空间应用研究。



▲ 团队成员在实验室里讨论技术问题。受访者供图

从“7 年”到“7 天”

新赛道是一条与以往的基础研究和工程技术探索完全不同的赛道。团队成员开始亲身体会到，科学研究与工程应用的差异有多大。

让团队成员印象最深刻的是板簧的研制过程。板簧是脉冲管制冷机的关键技术难点之一，它是压缩机里支撑活塞运动的部件，而压缩机是脉冲管制冷机的“心脏”。

一开始，团队里每个人都知道板簧长什么样，却没有人做得出来。梁惊涛带着团队成员找来国际学术期刊，照着上面的图纸依样画葫芦，可最后做出来的板簧性能不行，根本不经过寿命试验的考验。之后，他们采用“土方法”，一点点摸索改进工艺，将板簧的断裂时间一点点往后延。

用了 7 年时间，团队终于研制出一个能满足压缩机性能需求的板簧。在此基础上，2008 年，他们研制出我国首台空间长寿命脉冲管制冷机，并成功进行在轨验证，使我国成为继美国之后第二个掌握空间长寿命制冷技术的国家。

然而，梁惊涛等人并没有松劲，他们意识到，用“土方法”试出来的板簧虽然“成了”，但如果给板簧换个尺寸、厚度或材质，他们就又不会做了。

“根本不敢有任何变动——厚度、形线、大小、材质都不敢变，可每个任务对压缩机、板簧的需求都不一样，一款板簧无法满足多元化的应用需求。”梁惊涛说。

看来要真正攻下板簧技术，不仅要知其然，还必须知其所以然。之后的 10 多年里，团队成员继续“死磕”板簧，一点点摸透板簧的“脾气”，确定各种性能指标的临界值，并开发出专用的仿真软件。

“现在开启一项新的工程任务，我们设计板簧的时间已经从最初的 7 年缩短到 7 天。”团队成员、理化所高级工程师荀玉强自信地说。

板簧只是脉冲管制冷机空间应用道路上诸多拦路虎中的一只。除了最核心的压缩机相关工艺外，为了提升脉冲管制冷机的性能，团队还在交变流动阻力匹配、超高频精准调相、主动减振等关键核心技术及工艺上不断挑战极限。

随着技术障碍被一一攻克，我国不仅补上了空间长寿命脉冲管制冷技术的短板，而且在技术水平上已不输美国。

“我们研制的 47 台脉冲管制冷机发射入轨，服务的卫星数量达 24 颗。所有的制冷机均在轨正常运行，没有一台发生过故障或质量问题。”过去 25 年、9000 多天，无数次失败后的成功，让梁惊涛和团队成员底气十足。

“挺过瘾”

转换赛道之后，团队成员发表学术论文或申报科技奖项的机会少了，就连他们的实验室也是在一栋外观不太起眼的小楼里。团队成员却觉得“挺过瘾”。

“我们的获得感更多来自团队内部。”梁惊涛说。

涛说，“我们与志同道合的人一起‘出生入死’，最后干成一件事，而那件事恰恰又是国家急需的，确实挺过瘾的。”

梁惊涛团队的“秘诀”是“共赢不内耗”。他们会根据团队发展战略和成员的长处、兴趣，将大家安排进不同的“跑道”，“跑道”互不重叠但相辅相成。久而久之，团队内部形成了“你越好，我越好”的氛围，成员之间也会相互帮忙和鼓励。

有了合适的跑道，还要有奔跑的动力。脉冲管制冷机的用户单位在报名时常常主动带上他们，每到此时，梁惊涛等中心领导就把前排署名和颁奖代表的位置留给年轻人。“人活一辈子图个啥，不就是被认可吗？大家的价值要得到团队的承认，才会有做事的动力。”梁惊涛说。

为了提振士气，梁惊涛还在时任支部书记洪国研究员的提议下，为团队所在的理化所空间功热转换技术重点实验室写了一首诗歌。歌词里写道：“燃烧青春的热血，铸造祖国的利剑，空间功热肩负着民族复兴赋予的重担。”

在实践中，他们总结出了一套工作经验，其中之一就是“三线工作法”。陈厚磊介绍，“三线工作法”是他们针对航天任务特点提出的工作方法，即在传统的航天产品研制过程的两条线——管理线、技术线的基础上，增设思想线，使党支部的战斗堡垒作用和党员的先锋模范作用在科研工作中得到发挥。

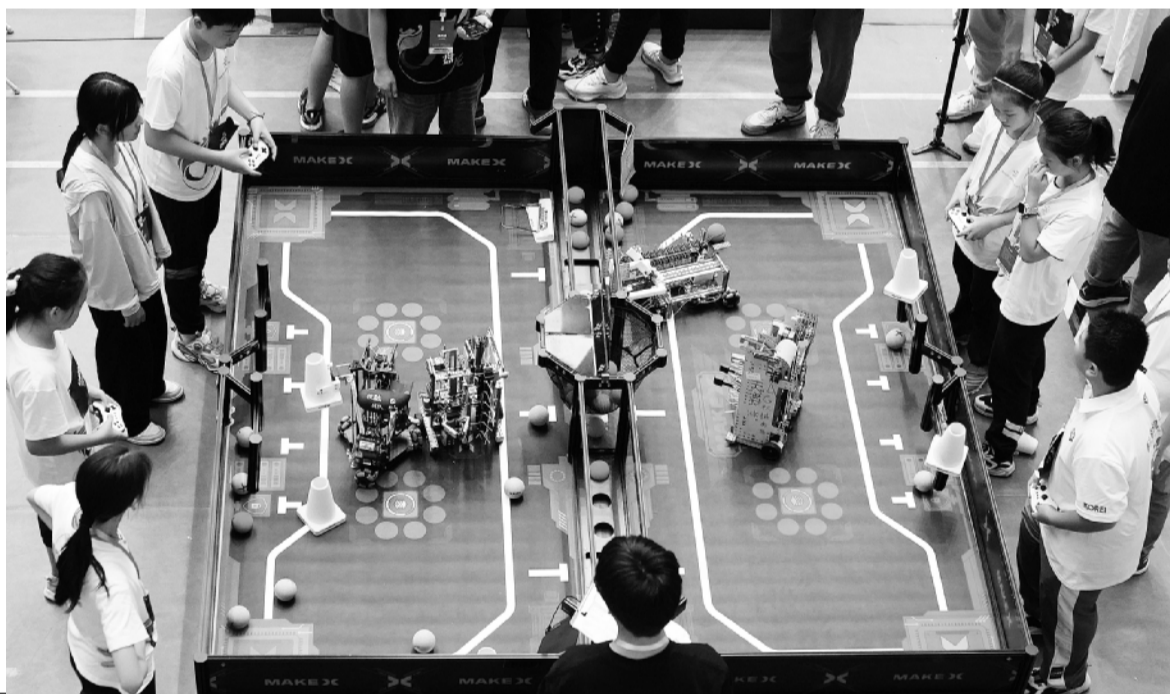
2018 年，“三线工作法”被评为中国科学院的品牌工作法。目前，该工作法已在理化所重大任务团队中推广应用。2022 年，团队党支部还被评为中心和国家机关“四强”党支部、中国科学院“四强”标兵党支部。

“科学技术的道路上没有捷径可走，不经过长期专一的坚守，打磨不出过硬的技术，更磨不出真正的工匠大师。技术要发展，精神必传承。”梁惊涛说。

如今，这个团队刚刚完成新老交替，曾经被扶持的年轻人成了学术带头人，他们又以同样的胸襟扶持更年轻的一代。

新任团队负责人、理化所研究员赵密广告诉《中国科学报》，未来，团队将继续秉持精益求精的工匠精神，打磨提升空间制冷技术，并将其延伸到极低温、逼近绝对零度，同时，他们还将依托空间制冷技术积累，开展空间热力学发电方面的研究和应用，为空间科学、深空探测等领域奠定技术基础。

弘扬科学家精神



2024 世界机器人大赛 昆明锦标赛开赛

7 月 20 日，2024 世界机器人大赛昆明锦标赛开赛。3930 支参赛队伍、8016 名选手将在 5 天的赛程中，围绕 21 个赛项展开激烈角逐。

由中国电子学会主办的世界机器人大赛自 2015 年起已成功举办了 9 届，共吸引了全球 20 余个国家的近 30 万名选手参赛。与上届相比，本届大赛的参赛选手数量、赛事规模再创新高，并新增 21 支海外队伍参赛。图为双方选手在激烈比赛中。

图片来源：中新社刘冉阳 / 视觉中国

收缩压“低于 120”能有效预防严重血管事件

■本报记者 张思玮

降低血压是预防血管事件最有效的治疗方法之一。然而，高血压控制不佳在全球都是巨大的挑战。

我国现有 2.45 亿高血压患者，且发病率呈继续上升的趋势。《中国高血压防治指南(2023 年)》将高血压的诊断标准定为收缩压 ≥ 140 mmHg、舒张压 ≥ 90 mmHg。此前，对于具有心血管高危风险的高血压患者，是否应该将收缩压降到 120mmHg 以下存在争议，而对于糖尿病患者和有卒中病史的患者，证据尤其不足。

近日，国家心血管病临床医学研究中心教授李静率队开展的一项研究表明，对于具有心血管高危风险的高血压患者，无论是否合并糖尿病或有卒中病史，采用收缩压低于 120mmHg 的降压目标值，可以更有效地预防严重血管事件，且安全性良好。相关研究发表于《柳叶刀》。

“但这不意味所有患者的收缩压都要降到 120mmHg 以下。在这项研究中，如果患者不能耐受收缩压低于 120mmHg，那就将血压维持在能耐受的最低水平。”李静说。

降压目标安全性良好

据悉，该研究是迄今为止样本量最大的评

价强化降压策略的随机对照试验，共纳入了 11255 名患者，平均年龄 65 岁，41% 为女性，39% 患糖尿病，27% 有卒中病史。平均随访时长达 3.4 年。

研究采用开放标签和盲态终点评价，在中国 116 家医院或基层医疗卫生机构开展。研究对象是具有心血管高危风险的高血压患者，一半被分配到强化降压治疗组(以下简称强化组)，以诊室收缩压低于 120mmHg 作为降压目标，另一半被分配到标准降压治疗组(以下简称标准组)，以诊室收缩压低于 140mmHg 作为降压目标。主要终点(疗效评价指标)是主要血管事件的复合终点，包括心肌梗死、卒中、心力衰竭、肾功能不全、卒中或心血管死亡。

研究显示，强化组和标准组平均收缩压分别为 119mmHg 和 135mmHg。标准组有 623 人发生主要终点事件，而强化组只有 547 人。收缩压目标值低于 120mmHg 与低于 140mmHg 相比，主要终点事件风险进一步下降 12%。无论是否合并糖尿病，糖尿病病程长短还是有无卒中病史，疗效均没有差异。强化组持续肾功能下降的风险高于标准组，但几乎没有进展到终末期肾病。

“整体而言，采用收缩压低于 120mmHg 的降压目标安全性良好，很少有患者发生血压降

低导致的急性损伤。”李静说。

健全质量控制体系

为了保质保量完成这项研究，团队充分考虑了可操作性。协作单位覆盖了诊治高血压的所有级别的医疗机构，包括 65 家三级医院、38 家二级医院、13 家基层医疗卫生机构。为确保能够按时随访，研究仅入选了本地居民。

“我们重点设计了健全的质量控制体系。”李静介绍了主要质量控制措施。首先，采用电子数据采集系统，源数据均来自详细且结构化的问卷。该系统内嵌逻辑核查、缺漏项检查和异常提醒等功能，可进行实时质控。

其次，研究统一提供上臂式电子血压计，每年进行校准，确保测量结果准确。血压测量值自动传输至电子数据采集系统，避免了人工输入的错误。

最后，每次研究门诊时，医生按照问卷逐条询问终点事件发生情况，避免遗漏。临床事件委员会在盲态下对主要终点事件、死亡、终末期肾病和急性肾损伤进行中心性事件审定。为避免遗漏心梗、血管重建术和卒中，他们还对心绞痛和短暂性脑缺血发作事件也一并进行了审定。

继续随访评价更长期疗效

“这项研究覆盖了多样化的经济地理区域，无论在医院还是在基层医疗卫生机构，血压控制都是令人满意的。强化组平均收缩压达到 119mmHg，说明将收缩压低于 120mmHg 作为降压目标是安全有效的。”李静说，通过健康教育、合理用药和规律随访，大多数患者的血压得到安全良好的控制，并且他们使用的是常用国产降压药物，价格便宜，易于获得。

不过，任何研究都不是十全十美的，李静也谈到该研究存在一些局限性。首先，研究是开放标签设计，也就是研究者和研究对象都知道分组情况。一般而言，这可能会让研究者和研究对象对疗效的评价带有一定主观性。其次，随访时间仅 3 年，对疗效的评估可能尚不充分。“我们还要继续随访两年，这有助于评价更长期的疗效。”

李静表示，目前研究团队正在牵头制定基层高血压防治管理的行业标准，旨在帮助改善我国整体高血压防控。“未来我们将进一步分析以收缩压低于 120mmHg 作为降压目标对肾脏功能和认知功能的影响，以及对不同人群的作用。”

相关论文信息：[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01028-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01028-6)

发现·进展

中国水稻研究所

创制镉砷超低积累两系杂交水稻

本报讯(记者李晨)近日，中国工程院院士、中国水稻研究所研究员胡培松团队成功创制了籽粒中镉和砷超低积累的两系杂交水稻。该研究为镉砷等重金属复合污染地区生产重金属不超标稻米提供了解决方案。相关研究成果在线发表于《植物生物技术》。

研究人员首先在中嘉早 17 和 C 两优 17 系列杂交稻背景下，分别研究相关调控关键基因的降镉能力，获得了降镉效应最优且综合农艺性状优良的低镉品种株系。同时，他们利用水稻砷吸收转运主要基因，创制了携带不同镉和砷调控基因的植株。

研究人员利用上述植株进行配组，并对后续杂交组合籽粒进行重金属元素测定。在大田种植环境下，携带镉调控基因的水稻，籽粒中镉含量分别降低了 64.6% 至 85.2%；携带砷调控基因的水稻，籽粒中砷含量分别降低了 42.3% 至 48.2%；同时携带镉砷调控基因的水稻，籽粒中镉和砷含量也都显著降低，镉含量下降了 72.9% 至 78.8%，砷含量下降了 42.9% 至 53.2%。

最终，结合稻米品质测定和综合农艺性状考查，研究人员筛选出镉、砷同步超低积累且综合性状表现优良的两系杂交稻品系及最优等位基因型组合。该研究对提升稻米安全品质、确保消费者健康具有重要意义。

相关论文信息：<http://doi.org/10.1111/phi.14414>

中南大学湘雅医院

用纳米气体药物治疗脓毒症

本报讯(记者王昊昊 通讯员陈霞)中南大学湘雅医院运动系统损伤修复研究中心主任谢辉团队研究开发了一种新型自组装纳米-一氧化碳(Nano CO)制剂，通过直接杀伤细菌、清除炎症介质和激活细胞内自我保护系统，缓解脓毒症的炎症风暴。相关成果近日发表于《生物活性材料》。

脓毒症是由机体对感染反应失调引起的危及生命的器官损伤综合征，发病机制极其复杂。而要有效控制脓毒症，解除脓毒症复杂的生理和病理状态，需要开发可同时作用于多个靶点的药物。

基于此，谢辉团队采用纳米自组装技术，成功构建了一种可注射的水溶性 Nano CO 制剂。这项技术解决了既往 CO 前体分子存在的诸多问题，例如水溶性差、剂量不可控和潜在的毒性。该 Nano CO 制剂具有智能响应体内 ROS 的特性，可以释放 CO，并展现出多重抗脓毒症作用。它不仅能够直接杀伤细菌、清除循环中多种炎症介质，还可以激活细胞内自我保护系统，从而抑制巨噬细胞活化，阻断焦亡，激活自噬，有效缓解细胞因子风暴。

动物实验表明，Nano CO 制剂具有良好的生物相容性，并对 LPS 诱导的脓毒症小鼠具有显著疗效，表现为低温恢复、全身炎症减轻和器官损伤修复等，使脓毒症小鼠的存活率由 30% 提高至 80%。

该研究开发的 Nano CO 制剂实现了多靶点治疗效果，为有效治疗脓毒症以及其他免疫炎症失调相关疾病提供了一种新策略。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2024.04.013>

中国科学院南海海洋研究所等

明确大气非绝热强迫的关键调控作用

本报讯(记者朱汉斌 通讯员付恬)近日，中国科学院南海海洋研究所研究员林志友团队与河海大学副教授曹海锦、美国布朗大学教授 Baylor Fox-Kemper 合作，首次基于高时空分辨率现场观测，定量揭示了南海亚中尺度不稳定的高频变化机制及其垂向热输运贡献。相关成果先后发表于《地球物理研究通讯》。

该研究基于南海高分辨率现场观测数据并结合理论分析，揭示了亚中尺度动力不稳定的高频变化机制及其垂向热输运的定量贡献。

研究结果表明，南海混合层对称不稳定的昼夜高频变化，主要是由大气非绝热强迫驱动，而非风场强迫的。夜间海面冷却驱动的边界层浮力损失，通过增强亚中尺度动力不稳定性并垂向次级环流，引起约 60% 的混合层亚中尺度再层化。

进一步观测研究表明，海洋涡旋海域普遍存在的锋面亚中尺度过程引起垂向净热通量高达 100W/m²，比经典地转理论和传统认识的中尺度贡献大 1 至 2 个量级，且影响深度达 150 米海洋次表层，对上层海洋具有显著的加热效应。

该研究首次明确了大气非绝热强迫的关键调控作用，对进一步深入认识和了解海洋亚中尺度动力过程及其生态气候效应、海洋与气候模式的亚中尺度参数化改进，以及助力海洋亚中尺度动力学前沿方向发展等具有重要科学意义。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1029/2023GL107694>
<https://doi.org/10.1029/2024GL110190>