

廿五芳华路 逐梦启新程

——写在中国科学院理化技术研究所组建 25 周年之际

■本报记者 倪思洁



冷技术领域对我国的禁运和垄断。为满足空间卫星对长寿命低温制冷技术的需求，理化所 2008 年研制出我国首台空间脉冲管制冷机，使我国成为继美国之后第二个掌握空间脉冲管制冷技术的国家，研制的在轨空间脉冲管制冷机数量迄今已达 47 台。作为国内最早开展热声热机研究的单位之一，理化所在国际上率先研制成功百千瓦级发电功率自由活塞热声斯特林样机，研发出大幅提高整机热制冷效率的新型热驱动热声制冷系统。面对 2019 年国际单位制量子化变革后建立新一代热力学温度测量装置的国际前沿难题，理化所在“测温原理－测量装置－国际标准”方面开展了系统性研究，原创了定压气体折射率基准测温原理，建立了 5K~24.5K 热力学温度测量装置，被用于国际温标修订，实现了我国在该领域“零的突破”，提升了我国在低温温度计量领域的国际影响力。此外，理化所还建立了以新型混合工质、回热换热结构、高效循环构型等为特征的“深冷混合工质节流制冷”技术体系，研发的系列规格装备达到世界领先水平；在交变流动制冷领域，提出了室温调相器与脉冲管相结合的新型结构流程，研制液氮至液氦温区高效制冷机；在极低温制冷方面，着力发展绝热去磁制冷技术、稀释制冷技术并持续取得突破。

材料是制造业发展的基石，是现代高技术突破和产业发展的先导，特种功能材料更是与国家战略安全息息相关。面对国家重大战略需求和重点行业需求，理化所结合研究所自身优势，发展具有特种功能的关键材料并实现应用。在特种影像材料领域，理化所承担了特种航空航天胶片的研制任务，并实现成功应用，使我国在该领域取得了突破性进展。理化所研制的深海谱系化固体浮力材料，扭转了我国深潜浮力材料依赖进口、受制于人的被动局面。“奋斗者”号万米载人潜水器、“悟空号”、“海斗一号”、“思源号”等一系列万米级无人潜水器都采用了理化所团队研制的浮力材料，我国随之成为世界上为数不多的、具备了万米级浮力材料研发制造全链条自主保障能力的国家之一。

面向世界科技前沿，理化所取得了一系列国际水平的研究成果，不断为创新链条强根筑基。光化学研究不仅能够满足对绿色、高效生产方式的迫切需求，对国家的可持续发展和全球竞争力提升也具有重要意义。佟振合院士、吴骊珠院士领衔的科研团队在超分子光化学领域持续深耕，“超分子体系中的光诱导电子转移、能量传递和化学转换”获 2005 年度国家自然科学奖二等奖。团队致力于建立高效人工光合成体系，实现高质化学品合成，开发了高效、稳定、廉价的人工光合成催化体系，以分子组装增强多电子多质子转移，连续 6 年不断刷新纪录。

仿生界面科学是打破国家能源、健康、信息、资源、环境等重大需求中的瓶颈、解决科学和技术问题过程中独辟蹊径突破“痛点”“堵点”的关键。江雷院士领衔的科研团队以学习自然、模拟及超越自然为理念，取得了一系列具有国际水平的研究成果，多项技术实现应用，持续引领并带动该领域在全球快速发展。

深紫外全固态激光源在基础科学研究、先进科学仪器制造等领域具有重大应用，但长期以来一直缺乏实用化、精密化深紫外激光源，制约了深紫外全固态激光技术的发展。陈创天院士领衔的晶体团队和许祖彦院士领衔的激光团队通力协作，承担了财政部重大专项深紫外全固态激光源前装装备研制（一期、二期）项目，使我国在深紫外

激光领域的发展中抢占先机。“KBFF 族晶体深紫外非线性光学特性的发现、晶体生长与激光应用”获 2013 年度国家技术发明奖二等奖。在常温液态金属物质科学领域，理化所取得系列首创性基础发现和底层技术突破，开辟出多个学科前沿并建立了理论与应用技术体系，如液态金属印刷电子学 / 半导体、液态金属先进芯片冷却、液态金属生物材料学以及液态金属柔性机器学等，推动了液态金属新兴产业的创建和发展，成果在世界范围产生了广泛影响。

出象牙塔，行民所盼

作为中国科学院学科交叉的代表性研究所之一，理化所在面向经济主战场和人民生命健康方面，走出了一条独具特色的发展之路。面向经济主战场，他们实现多项重大科技成果的规模产业化，让实验室里的高新科技变成国家发展的新质生产力。

25 年来，理化所的 200 余项重大科技成果实现转移转化，扶持北京中科富海低温科技有限公司、杭州中科极光科技有限公司、中科微研（北京）科技有限公司等 10 余家高新技术企业，培育中科美菱低温科技股份有限公司、山东宝莫生物化工股份有限公司、包头东宝生物技术股份有限公司、浙江花园生物高科股份有限公司 4 家上市公司，为经济社会发展 and 产业转型升级提供源头创新动力和技术支撑。

上世纪 90 年代，我国维生素 D₃ 需求几乎全部依赖进口，其生产技术长期为少数国外制药企业垄断。理化所曹怡研究员、张宝文研究员带领的科研团队针对传统维生素 D₃ 生产技术上存在的重大缺陷，开创了具有自主知识产权的维生素 D₃ 生产新工艺，独家转让给浙江花园生物高科股份有限公司。维生素 D₃ 产品一上市，就凭借其高质量和大的生产规模主导了国内市场，并打入国际市场，一举打破了维生素 D₃ 生产被国外垄断的局面，使我国一跃成为世界上掌握先进维生素 D₃ 生产技术的国家之一。“维生素 D₃ 生产新工艺”获 2007 年度国家科技进步奖二等奖。

21 世纪初，理化所形成了具有自主知识产权

的银盐计算机直接制版（CTP）技术，参与建设了国内第一条银盐 CTP 版材生产线，打破了国外技术垄断。2008 年，银盐 CTP 材料产业化入选国家发改委“产业化示范工程十年成就奖”，为 CTP 技术在我国印刷的推广应用作出了历史性贡献。

理化所形成了完整的具有自主知识产权的深冷混合工质节流制冷技术体系，全温区机械式制冷系列低温冷冻储存箱技术转让给中科美菱公司，撬装煤层气 / 天然气液化装置最大日处理量超过万方。“深冷混合工质节流制冷技术及其应用”获 2006 年度国家技术发明奖二等奖。

面向激光显示这一国家高新技术产业方向，许祖彦院士领衔的科研团队 20 余年来从理论、实验、技术和产业示范开展了全链条攻关，取得国际首台三基色激光电视产品样机等多项领先成果，实现了原理、技术到产业可行三个台阶的创新跨越。该技术成果在国庆 70 周年文艺晚会、北京冬奥会、杭州亚运会等重大活动中实现应用。

针对传统的碱法骨明胶生产工艺生产周期长、吨胶耗水量大等问题，理化所团队围绕酶法明胶制备核心工艺，突破一系列关键技术，建成世界第一条绿色酶法明胶生产线，引领了明胶产业的巨大变革。从 2000 年开始，理化所历时 16 年，与行业内相关企业共同完成了国际首条 3000 吨酶法明胶生产线的建设，引发国内外同行的广泛关注。

为缓解废弃塑料环境污染问题，理化所开发出具有自主知识产权的新型全生物降解塑料聚丁二酸丁二醇酯（PBS）/ 聚对苯二甲酸己二酸丁二醇酯（PBAT）一步法聚合新工艺，形成了高效稳定的成套生产及应用专利技术。该技术转让和授权给多家企业，已累计建成年产 30 万吨的 PBS/PBAT 降解塑料生产线，支撑了国内外外禁塑，推动了我国可降解塑料产业的发展。

理化所建成并运行了国内首套含氧煤气制液化天然气生产示范线，为我国工业化尾气能源化高效处理提供完整工艺包和解决方案。

热声制冷是本征高效的新型制冷技术。理化所历时 20 多年培育国内领先的热声制冷技术高新企业，实现了高效小型热声制冷机走出国门。

大规模液态空气储能技术步入规模化示范应用阶段，在青海开工建设 60 兆瓦示范项目，是液态空气储能领域发电功率世界第一、储能规模世界最大的示范项目。

超导磁分离污水处理技术，微针经皮给药技术、燃烧合成先进陶瓷粉体材料技术，基于电化学原理的水质毒性检测技术，闭路循环干燥关键技术，新能源汽车宽温域热泵热管理技术，冰糖心苹果无损分选技术，超高分子量耐温抗盐驱油聚合物，苛刻油藏高效驱油表面活性剂，低工作电压、高效和稳定的厚膜有机发光二极管，纳米纤维锂电池隔膜，柔性显示用无色聚酰亚胺薄膜，纤维素微纳化制备及纳米纤维素基防水涂料……理化所不断创新成果转化模式，加强科技成果从产出到转化的全链条“策划”，推动一大批先进技术走向市场大放异彩。

面向人民生命健康，他们用科技为“健康中国”保驾护航，守护亿万民众的福祉健康。

复合式冷热肿瘤消融技术是理化所在国际上首次提出的肿瘤治疗方案，经过近 20 年的攻关，实现了国际原创的复合式冷热消融系统（康博刀）的产业化，惠及广大肿瘤患者。理化所团队历经 10 年研发出多糖基医疗器械，实现了多糖基生物医用材料从原材料规模化制备到产品研制的产业化转化，获批两项以多糖为核心成分的国家 II 类医疗器械证，推进了高端医疗器械从核心原材料到产品的国产化。在癌症早筛领域，理化所团队通过仿生材料制备技术大幅提高了循环肿瘤细胞分离诊断的灵敏度和准确度，循环肿瘤细胞分离诊断方法在前列腺癌诊断中的应用入选 2022 中国泌尿外科诊断治疗指南。此外，他们还开辟了微纳结构材料在肿瘤微波电磁治疗应用的新方向，利用临床介入技术将微波热增敏材料超选择递送至肿瘤动脉，丰富了纳米药物制剂

的给药方式，为临床应用化发展提供了新策略。

扬帆远航，筑梦未来

理化所从组建至今，具有重要显示度的科技创新成果数不胜数。据统计，25 年来，理化所已承担各类国家重大、重点任务 400 余项，包括国家财政重大专项“深紫外全固态激光源前装装备研制”“大型低温制冷设备研制”等亿元级项目近 20 项。

这些科技创新成果的背后，是积累了 25 年的体制机制创新经验。“过去的 25 年是理化所全体科研人员自强不息、顽强拼搏的 25 年，其中有开拓的艰辛，也有成功的喜悦，同时也为我们留下了宝贵的历史经验。”现任所长王雪松说。

过去的 25 年，是理化所不断凝练科技目标、聚焦布局的 25 年。

在历次规划科学引领下，理化所一步一个脚印，深入推进物理、化学、材料、工程等学科间的交叉融合和高水平人才队伍的培养和引进，形成了光化学转换与功能材料、低温科学与工程、功能晶体与激光技术、仿生超浸润界面科学与技术、特种功能材料与生物医用技术五大优势方向，在国家材料、能源、先进制造、生物医药等领域作出了重要贡献。

过去的 25 年，是理化所大胆探索科研组织模式、塑造队伍的 25 年。

理化所从组建初期效仿企业设立 8 个事业部开始，一步步聚焦布局。2013 年，为集中资源做大事，研究所在原有 40 余个研究组的基础上，整合组建了 15 个研究中心，由单纯的 PI（课题组长）制或类 PI 制，过渡到了适合研究所特色、有利于重大产出、以研究中心为主体的“大兵团”创新模式。2023 年，理化所又进一步“聚焦布局、重塑队伍”，顺利完成研究中心主任年轻化调整。

过去的 25 年，是理化所围绕“四个面向”建立“全链条”研发体系的 25 年。

理化所下大力气建立和完善了成果转化机制，建立起从实验室研究、中试、中试到产业化前期的完整研发链条，在中国科学院内发挥了引领示范作用，科研工作形成了基础研究、高技术应用、产业化“三足鼎立”的局面。

过去的 25 年，是理化所厚植科研沃土、打造人才队伍的 25 年。

为了形成完整的人才引进与培养体系，理化所实行“绩效分类评价”制度、“岗位聘用破格”制度等，全力为科研团队与人才构建最佳发展生态，激发青年科技人才的积极性。同时，研究所系统推进研究生培养，在学研究生规模近千人，累计培养了 2700 余名研究生，并牵头承办了中国科学院大学以培养未来技术领域交叉复合型人才为目标的未来技术学院。

过去的 25 年，是理化所完善科研条件建设、为科技创新创造良好工作环境的 25 年。

重点、重大项目的增加，对研发平台提出了更高要求。2010 年，理化所开始建设河北廊坊园区。此后，大型低温设备、深紫外晶体、脉冲管制冷机等研发平台陆续落地廊坊，为一系列项目组织实施提供了支撑和保障。截至 2023 年底，理化所仪器设备达到近 2 万台套，为科研工作提供了有效支撑。

面向未来，王雪松表示，理化所将致力发展低温科学与工程，开展关键核心技术攻关，在战略必争领域抢占制高点；开展光化学与功能材料、仿生超浸润界面科学应用基础研究，为新能源和新材料领域颠覆性技术提供源头创新；围绕碳中和、新材料、先进制造、生命健康、光电信息领域需求，用好研究所全链条科技创新体系，部署并推动若干重大创新成果实现产业化；大力推动学科交叉融合，持续产生原创性、引领性技术，努力把理化所建设成为国家重要战略支撑机构，国际上有重要影响的一流研究机构。

“弦歌廿五，是时间的积淀，更是精神的传承。”理化所党委书记王树涛说，理化所将继续完善科技创新机制，以党建“一盘棋”持续深化对抢占科技制高点的认识，以干部队伍“新能力”建设迭代升级抢占科技制高点环境，以全球“揭榜挂帅”引才激活发展内生动能，力争早日在研究所主责领域抢占科技制高点工作中取得突破。

创新成果，解国所忧

从探索到引领，从突破到超越，25 年，理化人将科技报国的初心转化为砥砺前行的动力，一次次突破极限，一次次刷新纪录，为国家锻造出科技创新的“强引擎”。

面向国家重大战略需求，他们扛起科技报国的时代重任，攻克系列关键技术。

低温科学与工程是国家重要战略支撑，在稀有气体资源保障、空间探索、量子科技等国家重大战略需求和科技前沿领域占据重要地位。作为理化所前身之一的中国科学院低温技术实验中心，在我国低温物理和低温工程奠基人洪朝生的领导下，为我国低温事业作出了重大贡献。理化所组建 25 年来，由洪朝生院士、周远院士领衔的低温团队，不断挑战低温技术极限，取得了举世瞩目的成绩。

为满足国家对大型低温制冷技术的迫切需求，理化所向“大冷量”“全温区”发起挑战，突破了低温制冷系统的一系列关键技术，研制出具有自主知识产权的多种规格的液氮到超流氦温区大型低温制冷装备，彻底打破国外在大型低温制



理化所中关村园区。