

国产下一代肿瘤放疗利器，“中大系”实验室有望破局

中山大学肿瘤防治中心放疗科主任陈明心里，一直横着一把无形的“刀”。

这把“刀”，是肿瘤放射治疗的核心——它越精准，肿瘤清除得越彻底，正常组织损伤越小。然而，过去几十年，这把最尖端的“手术刀”，刀柄几乎都握在海外少数企业手中。

三年前，陈明牵头成立了中山大学首个临床医学校企联合实验室——中山大学-国科离子（兰州泰基）放射治疗前沿技术联合实验室。最近，这个实验室传出一个令人振奋的消息：他们将承担由联合实验室的企业方研发生产的医用氦离子加速器注册前研究项目。这是全球首台以氦离子为主要放疗线束，同时兼有质子和碳离子的多离子放疗装置。这意味着，在肿瘤放疗的下一代战略高地上，中国力量正探索进入“无人区”。

三年耕耘 “新生儿”拔节生长

肿瘤放射治疗，是一门极度依赖大型尖端装备的学科。然而，一个长期存在的困境是：国内顶尖医院使用的放疗设备，大多依赖进口。

“放射治疗走过百年，如今面临着新的技术瓶颈。”陈明指出，传统的光子、电子射线在杀灭肿瘤组织的同时，难免对周围正常组织造成一定的损伤，且部分肿瘤对传统放疗抗拒，疗效有限。

深夜，走进中山大学肿瘤防治中心，放射治疗中心仍然灯火通明。为了应对庞大的治疗需求，17台放疗加速器的“收工”时间是凌晨一点半。陈明走过时，会不自觉地放缓脚步。他知道，对肿瘤患者来说，时间、金钱和希望，都一样都耗不起。

更让陈明忧心的是，由于缺乏高端医院的应用场景和临床研究支撑，国家投入巨资研发的国



中山大学肿瘤防治中心放疗科主任陈明教授在医用直线加速器前指导放疗操作

产放疗设备，往往只能在基层医院应用，其技术迭代和性能提升也相对受限。这在一定程度上形成了一个循环困境：医院对国产设备信任不足，导致设备缺乏在高水平临床环境中持续优化升级的机会；而升级缓慢，又进一步影响了医院对其技术可靠性和先进性的认可。

政策东风 破解“落地难”困局

转变的契机，伴随着国家顶层设计的东风而来。

2021年，国家启动综合类国家医学中心建设，明确要求由国内顶尖医院牵头，联合医药、医疗器械龙头企业共同参与，旨在“激励龙头企业拿出临床应用场景”，推动国产创新药械在高端医院落地迭代，打通从技术到产品的“最后一公里”。

此后不久，中山大学于2022年发布了一份鼓励校企融合的相关文件，组织全校科研力量面向国民经济主战场，通过与龙头企业共建联合实验室等方式，推动

科技成果转化。

国家战略与学校政策的双重指引，让陈明感到“恰逢其时”。2022年10月，他递交的“中山大学-国科离子放射治疗前沿技术联合实验室”申请书迅速获批，其初衷，正是推动科技成果转化、助力国产医疗设备发展，瞄准国际放射肿瘤学前沿，聚焦离子放疗领域，开展可持续性的基础研究、应用研究、临床研究和转化研究。

实验室由陈明教授与国科离子董事长马力祯研究员共同担任主任，并聘请中国工程院院士于金明教授担任学术委员会主任，汇聚了来自放射物理、生物、临床及核技术等领域的40多位核心科研人员。

三年后，这个当初襁褓中的“新生儿”，如今已在科研沃土中拔节生长，它不再只是概念与蓝图，而是承载着打破国际垄断、让国产设备走向世界的期待——这支交叉学科团队累计承担国家重大（点）科技专项2项，国家自然科学基金等国家级项目23项，省部级项目18项；申请专利11项；发表高水平学术论文57篇。团队

在质子、碳离子放疗的临床与物理研究方面已打下坚实基础。

“命题作文”式研发 结出产业化硕果

实验室成立以来，由中山大学中法核工程与技术学院卢亮教授领衔的联合团队成功研制强流碳离子癌症直线注入器并加速成功。该装置可将强流碳离子/氦离子加速至7 MeV/u，且流强提升至现有回旋注入器的25倍以上。这一进展为离子放疗装备打造出了更强大的“心脏”，能够将更重、疗效更优的离子在极短时间内加速至治疗所需能量。该技术有望减少同步加速器的注入次数，进一步缩短放疗时间，提升治疗效果，是推动粒子放疗走向下一代的关键一步。

“以前我们做研究、申请专利，有点像‘闭门造车’，成果很容易就‘放在了书架上’。”另一位实验室核心成员、中山大学肿瘤防治中心的医学物理师杨鑫坦言，这是许多高校科研人员曾面临的困境，而联合实验室的成立，改变

了科研范式。

“企业的需求就是‘命题作文’。”杨鑫说，他负责的肿瘤专用信息系统项目，就是直接回应企业“补齐放疗全流程信息化管理短板”的诉求。系统上线后，通过物联网技术将全国设备联网至中央运维中心，使单台设备现场运维人员从20余人降至12人左右，人力成本下降近半，治疗流程也得以标准化，日均治疗患者数量显著提升。

这种深度融合的产学研模式，也为人才培养带来了深刻变革。杨鑫的团队18名核心成员来自医、工、理、管等多个学科，加上流动参与的学生，俨然一个“医学+”的“复合兵团”。

这种以真实产业需求为导向的研发，被企业方代表、国科离子医疗科技有限公司软件架构师赵五元高度评价：“我们企业强于工程实践，但提出科学问题和临床验证正是中大的绝对优势。这种合作是最高效、最务实的。”

近年来我国自主研发和生产的国产放疗设备的市场占有率不断提升，并开始开拓海外市场，陈明团队在承担两个国家重点研发重点项目的过程中，创立了基于大数据和人工智能的远程放疗服务模式，除了服务基层放疗单位，如今也开始承载助力国产设备出海的任务。

“我们不仅是放疗装备和技术的使用者，更应是高端装备和技术的创造者和推动者。”陈明说，“国产设备走向世界，需要临床团队的技术支撑。我们就是那个‘后援部队’。”

医学科学前沿的探索是一条孤独和艰难之路，但陈明和团队对前进的方向有了越来越清晰的认识——“所有科研活动的终点，不该只是论文、专利或奖项，而是能够解决临床实际问题，让需要放疗的患者能用上更精准、更可及的生命之‘刀’。”

（记者：崔文灿）

中山大学联合完成国内首次百公里级在线轨迹优化闭环制导飞行试验



中山大学联合完成国内首次百公里级在线轨迹优化闭环制导飞行试验

本报讯（记者/李建平，通讯员/袁婷）1月12日，中山大学与中科宇航联合在酒泉卫星发射基地圆满完成可重复使用运载火箭返回制导核心技术验证飞行试验，成功验证了百公里级高度飞行剖面条件下的在线

轨迹优化制导技术，为我国可重复使用运载火箭关键技术攻关提供了有力支撑。

16时00分，“力鸿”一号遥一火箭按计划升空，火箭起飞后跨越“卡门线”，至约120公里的弹道最高点开始无动力返回。

自火箭返回至距地面70km开始，由中山大学自主研制的“慎思”二号D(SS-2D)箭载制导计算机执行在线轨迹优化返回制导程序，在复杂偏差和干扰条件下，实现了火箭助推器高精度定点、定姿落地，飞行试验获得圆满成功。

此次飞行试验的返回段采用无动力工作方式，重点验证火箭在跨速域、大空域再入条件下，在线轨迹优化制导方法与栅格舵气动控制方案的工程可行性、任务适应性和飞行可靠性。公开资料显示，这是国内首次百公里级高度剖面在线轨迹优化闭环制导飞行试验。

本次试验所采用的中山大学“慎思”二号D系统，采用100%全国产元器件，集成了学校“空天智能无人系统”研发团队自主研发的在线轨迹优化算法。该算法

针对再入返回过程中强非线性气动特性、终端位置-姿态-速度约束耦合、箭载计算资源受限等工程难题，在箭上实现了滚动时域优化计算。试验结果表明，在保证优化精度的前提下，算法能够满足高动态飞行条件下的实时制导需求。在经过进一步算法改造后，可适配多类运载火箭和试验飞行器，可为我国航班化、低成本进入空间技术发展提供有力支撑。

中山大学“空天智能无人系统”团队负责人陈洪波教授表示：“此次试验的圆满成功，是团队在可重复使用运载火箭返回制导技术探索上的一个关键里程碑节点，是团队师生刻苦钻研、大力协同所取得的标志性成果。同时，我们也清醒地认识到，本次试验的飞行剖面与动力形式尚无法完整实现火箭返回全流程制导关键技

术的充分验证，我们在赶超世界一流的道路上仍需接续攻坚。在后续工作中，我们将进一步创新校企产学研融合和高校有组织科研模式，争取为我国航天事业和实质生产力的发展做出中大贡献。”

“慎思”二号D得名于中山大学校训中的“慎思”二字（“慎思”一号为非飞行试验计算样机，D表示箭载计算机基于国产DSP处理器），是中大大科研团队师生开展校企协同、有组织科研的结晶。项目中，多名中大师生被任命为型号工程师，系统开展算法研制、箭机适配与试验工作。试验队同学们深耕飞行器轨迹优化、计算制导方法、箭载嵌入式系统、系统仿真等核心环节，累计敲出数万行算法代码，完成数十次系统级地面试验验证，最终获得飞行试验成功。