

大国重器“跨界”治癌： 我国医用阿尔法同位素量产实现突破

从“毫居里”到“居里级”，抗癌“生物核弹”将不再稀缺。3月28日，中国科学院高能物理研究所散裂中子源科学中心与中国同辐原子高科股份有限公司在广东东莞正式签署医用同位素合作协议。双方将整合大科学装置研发优势与核药产业化经验，聚焦钶-225、镭-223、铅-212/铋-212三种关键医用阿尔法同位素，构建“产、学、研、用”一体化合作体系，加速我国自主化阿尔法核药从实验室走向临床应用。

这一合作的背后，是我国科研团队在医用阿尔法同位素量产领域取得的重大技术突破。依托坐落于东莞松山湖科学城的我国首个脉冲型散裂中子源，研究人员成功实现高纯度医用阿尔法同位素的居里级批量供应，打破了长期以来核心治疗用阿尔法同位素完全依赖进口的局面。



签约仪式



中国散裂中子源俯瞰图

“核”以治癌：揭秘“生物制导核弹”

阿尔法同位素为何被视作肿瘤治疗的利器？散裂中子源科学中心主任、阿尔法同位素产业化项目负责人王生介绍，我国每年新增肿瘤患者数量占世界新增病例的四分之一，死亡率超50%。阿尔法同位素凭借“高能短程”的独特优势，能精准杀伤癌细胞且对周围健康组织损伤极小，被誉为肿瘤治疗的“生物制导核弹”，对中晚期肿瘤靶向治疗具有重要临床价值。

在先进放疗领域，靶向阿尔法治疗同位素及其药物在治疗癌症方面具有安全、

精准、有效的特性，是放射性核素治疗领域的研究热点。据介绍，阿尔法同位素药物治疗借助阿尔法同位素的高线性能量传递与短射程优势，采用靶向性定点清除来杀死癌细胞，对弥散性和术后扩散性肿瘤更能发挥作用。

在多种阿尔法同位素中，钶-225、镭-223、铅-212/铋-212被公认为最具治疗前景。据了解，镭-223已获批用于骨转移性去势抵抗性前列腺癌的临床治疗，而钶-225、铅-212/铋-212在中晚期前列腺癌、神经内分泌瘤

等的靶向治疗研究中也展示了显著疗效。

然而长期以来，这些核心治疗用阿尔法同位素完全依赖进口，且货源稀缺。其批量化生产因涉及“器靶研发”“高效分离”等多重技术壁垒，成为全球公认的行业难题，也制约了我国阿尔法核药产业的发展。受工艺复杂、产量低等因素制约，此类药物在全世界属于奇缺药物，无法满足大规模临床需求。欧美虽已进入临床应用研究阶段，但我国长期面临着短供、断供的问题。

让质子“走岔路”：大科学装置的一次关键“跨界”

破解这一全球性难题的关键，在于如何实现阿尔法同位素的本土化、规模化生产。依托建在广东东莞松山湖科学城的我国首个脉冲型散裂中子源，在抢占科技制高点重大科技任务的支持下，散裂中子源科学中心阿尔法同位素研发团队取得了突破性进展。

这一突破的核心，是对大科学装置运行模式的巧妙创新。散裂中子源原本的运行逻辑是：负氢束流先被注入直线加速器，经过剥离膜失去电子成为质子后，进入环形加速器进一步加速，最终轰击重金属靶产生中子，用于探测微观世界结构。

而获取阿尔法同位素的技术路径是：用高能强流直线加速器运行时额外剥离的高速率质子束流，辐照叠层金属靶。这意味着，要在质子进入环形加速器之前，额外开辟一条“岔路”，引出质子束流。

这条“岔路”的开辟面临极高的技术难度。被剥离电子后带正电的质子，与原始

带负电的负氢束流，间隔只有20毫秒，分离这两种束流难度极高。据了解，研发团队在反复讨论中产生了一个灵感：让原先固定不动的剥离膜“动”起来。经过不断尝试，这一想法最终演变为“旋转剥离膜”设计——将剥离膜附在有孔洞的旋转片上，需要获取阿尔法同位素时，让负氢粒子束流碰到剥离膜，成为质子束流自动分离；进行常规作业时，则让束流穿过旋转片上的孔洞，进入环形加速器。以一个“闸门”控制两种束流的走向，这一设计成功解决了技术转化中的第一道难题。

第二个难关是分离纯化。靶被质子击打后，会释放大量粒子，形成复杂的粒子“汤”，而目标只聚焦于钶-225、镭-223、铅-212/铋-212三种关键医用阿尔法同位素，且纯度要求极高。据研发团队负责人徐殿斗研究员介绍，通过利用高能强流直线加速器的额外束流辐照叠层靶，结合自主开发的联合分离纯化工艺，2025

年7月，团队在国际上首次实现高纯度钶-225、镭-223及铅-212/铋-212三种医用阿尔法同位素单批次毫居里级的同时提取，放射性核纯度达99%以上，经医药企业标记验证，质量与国外进口产品一致。

王生打了个比方：“我们去取一种同位素的时候，它的质量大概只占百万分之一甚至更少。就像大海捞针，而我们希望捞完这根‘针’，别的‘针’也能捞出来，即三种同位素同时分离。”

这一成果不仅打破了我国医用阿尔法同位素长期依赖进口的局面，更建立了经济可行的本土化生产路径。经过进一步工艺优化，近期已具备年产居里级铅-212、铋-212的批量供应能力。

为满足临床规模化应用需求，散裂中子源科学中心正推进300兆电子伏特、100千伏专用阿尔法同位素生产线建设，建成后将实现百居里级年产能，可满足近百万剂人次核药的原料供应。

从实验室到病床： 产业链闭环加速形成

技术突破之后，如何让自主化同位素从科研装置走向临床应用，成为下一个关键命题。2026年3月28日签署的医用同位素合作协议，正是对这一命题的回应。

根据协议，散裂中子源科学中心与中国同辐原子高科股份有限公司将发挥各自优势。散裂中子源科学中心聚焦阿尔法同位素的研发、生产工艺优化及量产落地，持续提升同位素纯度与产能；中国同辐原子高科股份有限公司则负责供应链建设和市场推广，推动同位素产品向临床药物转化。通过构建市场导向的研发转化机制，双方将培育高水平人才梯队，共同攻克阿尔法同位素标记药物研发、产业化中的关键技术难题。

据悉，中国同辐原子高科股份有限公司深耕放射性药物领域，具备较强的研发技术团队和完善的科研体系，拥有专业化放射性药品研发平台，能够完整实现从药物设计、处方开发、工艺研究、质量研究等药物研究工作。其完善的GMP质量管理体系、成熟的供应链网络和丰富的核药研发经验，将为同位素产品的质量合规、物流储存及市场推广提供全方位保障。

散裂中子源科学中心产生的医用标准高纯度阿尔法同位素，将作为靶向药物的核心起始原料，由制药企业制备成可用于临床的靶向阿尔法治疗药物。我国自主化同位素的量产将为相关临床研究与应用提供稳定支撑。

这一突破对患者而言意味着什么？王生表示，此次合作恰逢我国放射性药物市场快速发展期，散裂中子源科学中心与中国同辐原子高科股份有限公司的强强联合，不仅将实现阿尔法同位素的自主可控供应，更将带动从同位素制备、药物研发到临床应用的全产业链升级，让曾经“稀缺昂贵”的抗癌核药变得可及可负担。据了解，此举有望推动核药价格下降60%以上，让“抗癌核弹”惠及普通患者。

从广东东莞松山湖科学城地下四百米的加速器，到肿瘤患者的治疗床；从基础研究的国之重器，到普惠可及的医药产品——中国散裂中子源的这次“跨界”，推开了一扇希望之门。正如王生所言，“预计量产以后，同位素本身的价格会大幅降低。”这一目标的实现，将为健康中国建设注入科技力量。