



新甘肃·甘肃日报记者 吴 涵

在武威重离子治疗中心，一面大锣又一次被敲响，这意味着又有一名患者在这里抗癌成功。

2019年8月，北京的杨女士出现了头疼、眩晕等症状，与很多患者一样，她的第一反应认为这是疲劳所致，就在附近药店购买了止痛药，疼痛暂时得到缓解。

同年12月，不适症状再度来袭，因疼痛剧烈难忍，并伴恶心呕吐等症状，辗转多家医院后在天坛医院被确诊为脑胶质瘤，因位置特殊，无法进行手术切除。

2020年5月，杨女士多次出现癫痫，复查后得知肿瘤增大，脱水、抗癫痫治疗后症状仍不能缓解。不能做手术，肿瘤长在脑袋里面就像一颗定时炸弹，杨女士和家人每天提心吊胆，在多次上网查询相关资料和联系许多亲历者之后，杨女士和家人最终决定赴武威重离子治疗中心接受治疗。

从北京出发，杨女士和家人千里迢迢跨省赶到武威医学科学院肿瘤医院重离子中心，在多学科联合会诊后进行了20次碳离子治疗，治疗期间无任何不适，且未发生过癫痫，治疗结束后肢体无力症状完全缓解，病灶也较之前明显缩小了。

回到北京后，杨女士积极配合随访，在收到杨女士邮寄的材料后，杨女士的主管医生说：“我们陆续收到了她治疗结束后30个月的随访资料，病灶已经完全消失，无任何不适，我们真替她感到高兴！”

在许多癌症患者康复的背后，核心是医用重离子加速器。它脱胎于中国科学院近代物理研究所建造的重大科学装置——兰州重离子加速器。

走进中国科学院近代物理研究所，工作人员步履匆匆。在一间会议室里，记者见到了中国科学院近代物理研究所原所长、医用重离子加速器产业化项目负责人肖国青，他手里拿着一枚全国创新争先奖纪念章和一张奖状。说起这份来之不易的荣誉，肖国青满是自豪。

全国创新争先奖表彰大会每三年评选一次，主要表彰在“创新争先”行动中作出突出贡献的优秀科技工作者和团队，每次不超过10个科研团队获得奖牌。

今年5月，第三届全国创新争先奖在北京颁发，共有7个团队荣获全国创新争先奖，医用重离子加速器研发及产业化团队是甘肃省唯一获此殊荣的团队。

“获奖团队：医用重离子加速器研发及产业化团队，负责人：肖国青，核心成员：夏佳文、李强、杨建成、赵红卫、詹文龙、袁平、马力祺……”看着获奖证书上的一个个名字，肖国青说：“参与研发的团队成员还有很多很多，但证书上写不下他们的名字。”

1993年，天水市举行了一次学术会议，科研人员在会上提出了开展重离子治癌技术基础研究的设计。

2023年，医用重离子加速器研发及产业化团队获全国创新争先奖，他们的科研成果得到了更多人的认可，越来越多的患者因为他们的科学研究摆脱了病痛，恢复了健康。

从设想到研发，再到建成；从基础研究到应用基础研究，再到关键技术的突破。这是一条从大科学装置跨越到大型高端医疗设备的路，也是一条基础研究到技术研发再到产品示范，最终实现产业化推广的全链条自主创新之路，走过这条路，需要跨越万水千山。而这条路，一走就是三十年——

筚路蓝缕 创业艰难百战多

放射治疗作为一种物理治疗手段，已经有100多年的历史。最初，人们最常使用的射线是X射线和伽马射线，在对抗癌细胞时，传统的射线是无法主动辨别正常细胞和癌细胞，容易造成“杀敌一千，自损八百”的现象。

后来，“重离子束”的发现及应用解决了这一问题。

重离子治癌是最早由美国人提出并实施的，并于1975年在劳伦斯伯克利国家实验室用氦离子治疗了第一个患者。

1994年，日本国立放射线医学综合研究所开始将千叶医用重离子加速器产生的碳离子用于临床。

1997年，德国也紧随其后，紧锣密鼓地开始了重离子治癌的临床试验研究。

不仅起步晚，而且一切都得从“零”开始，这对近代物理所的科研人员来说是极大的挑战。肖国青说：“我们那时已经知道重离子治癌是很有用的，但是在1993年，作为科研单位研发大型医疗器械是从来没想到也没做过的事。”

做实验出数据、做大量整改工作、吃透4500余个项目标准、招募志愿者……从科研装置到医疗器械，肖国青坦言，这个难度不亚于从“零”开始造一架国产“大飞机”。

“1995年，重离子治癌项目被纳入国家基础性研究重大项目——攀登计划(B)项目，从国家层面开展重离子治癌的一些基础研究，这给我们的研究工作带来了极大的便利。”近代物理研究所生物医学中心主任李强说。

执着博弈13年，科研人员终于在2006年迎来了突破。在攻克所有关键技术以及安全性问题后，中国科学院院士、近代物理研究所原所长詹文龙决定率领团队申请前期临床试验研究。

同年，科研团队利用重离子治疗技术对4例癌症患者进行了国内首次前期临床试验研究，这标志着中国成为世界上第四个成功进行重离子临床治疗的国家。

“起初，我们基于HIRFL(兰州重离子研究

三十年铸抗癌重器

医用重离子加速器研发及产业化之路



肖国青(右)和专家交流。(资料图)



李强(右一)和学生探讨问题。
新甘肃·甘肃日报记者 吴 涵



杨建成在重离子加速器前进行讲解。



科研人员在近代物理研究所实验室做实验。
新甘肃·甘肃日报记者 吴 涵

装置)提供的中碳离子束治疗了一些浅表肿瘤患者，观察疗效如何，这对于接下来更深层次的研究意义重大。”李强告诉记者。

2006年到2009年，三年时间，研究团队和医院合作，共做了103例浅表肿瘤患者的前期临床试验研究，发现疗效不错。但是重离子治癌的目标是将重离子束按照

既定治疗计划精准地射入身体内部，治疗深部肿瘤。

2009年，基于新建的兰州重离子加速器冷却储存环(HIRFL-CSR)，利用其提供的高能碳离子，研究团队决定进行深部肿瘤前期临床试验研究。

肖国青说：“从2009年开始到2013年，4年

的时间共有110例深部肿瘤患者接受了前期临床试验研究。我们打算做一台真正意义上的医用重离子加速器大型医疗器械，并且想着可以尽快投入使用来造福患者。”

杨建成是近代物理所加速器技术中心主任，也是国家重大科技基础设施一强流重离子加速器装置总工程师。他于2012年加入了这个团队，并负责医用重离子加速器的总体设计工作。

杨建成说：“在医用重离子加速器的研发和临床应用方面，德国和日本走在世界前面，他们有着很好的技术储备，核心技术都申请了专利。我们的目标一直都是医用重离子加速器早日实现国产化，避开专利限制，做出自己的特色。”

这是一条人迹罕至的路，要走过这条路，就意味着需要手持利斧，一路披荆斩棘。

不懈求索 将登太行雪满山

重离子治疗设备要求非常严格，再加上此前并无同等体量的国产医疗器械报批。从样机调试、设备检测到临床试验和审批注册，几乎每项工作都在一点点摸索、一点点推进。

“大型医疗设备需要国家卫健委给医院配置许可，需要考量医院的资质等，而且大型医疗设备需要获得国家药监局颁发的医疗器械注册证，才能应用于临床治疗。”李强说。

北京、天津、上海……首台国产医用重离子加速器到底要在哪里落地呢，研发团队的人员当时拜访了许多家医院。

“最开始，我们考虑落地的地方是北上广，因为那边毕竟医疗资源比较丰富，而且国内许多治疗癌症的专家都在那边。”肖国青说。

然而，事与愿违，医用重离子加速器的落地工作进展并不顺利。与多家医院失之交臂后，作为团队发源地的甘肃向科研团队抛来了橄榄枝。

为了让首台国产医用重离子加速器成功落地，让这一大型医用设备为更多患者服务，研发团队将目光投向了武威市。

2012年5月2日武威重离子医院开工建设。

“当时周围除了荒漠什么也没有。我们最初的工作环境也很艰苦，大家睡觉也只能睡在设备用完的泡沫板上。”杨建成说。

电源电压是否稳定、指标错误如何纠正……项目终于进展到了安装调试阶段，可是问题层出不穷。每个细节都至关重要，都需要严格把关、反复确认。很多地方，杨建成都坚持亲自再验证一遍。

安装调试的团队有几十人，调试初期，进展并不是很理想，问题到底出在哪里了呢？杨建

成甚至怀疑是设计的问题。

“整个团队当时都被消极情绪笼罩着，我深知，此时最重要的就是凝聚人心。我鼓励团队成员，问题肯定能解决，没有解决不了的问题，在攻坚克难作战中，要有足够的信心，我们要坚信我们能做到，这比攻克技术难题重要得多。”杨建成说。

有一天吃饭的时候，杨建成突然有了想法，多年科研经验的直觉告诉他，他可能找到了设备调试进展不顺利的原因。

晚上10点，夜色已深，结束一整天工作的杨建成再次来到装置线上验证他的想法。

“指标达标了！”简单的5个字，证明了杨建成此前的想法是对的，也是这5个字，让整个团队高兴了很久。

“指标达标以后，我拍了一张照，记录下了这个时刻。我平时不喜欢拍照，整个调试过程中，我都没有拍过照。但是那一刻，我很激动，我清楚地记得，我当时还穿着运动服。”杨建成说。

就是在这样夜以继日的努力下，武威医用重离子加速器装置终于在2015年调试完成，这标志着我国第一台拥有自主知识产权的医用重离子加速器装置正式落地。

2019年11月，甘肃省武威肿瘤医院取得碳离子治疗系统配置许可证。

2020年3月，国内首台“碳离子治疗系统”在武威正式投入临床应用，甘肃省武威肿瘤医院重离子中心碳离子治疗系统包括中央控制室、物理计划室、中控大厅、配电室及电源间，配备了4个治疗室。

这套装置，95%以上的零部件设备都是国产，任何方面都不逊色于同类进口设备，而且装置的报价大约只有国外同类设备的1/3—1/2，还不用每年支付高昂的维护费用，在价格上具有明显优势，患者的治疗成本将大大降低。

“我们的设计，是一套回旋加速器与同步加速器组合的结构，它独特的结构恰好可以缩短整个加速器周长，只有56米，而同一级别的欧洲医用加速器周长是75米，日本的周长是62米。”杨建成告诉记者。

展望未来 轻舟已过万重山

2006年11月6日，作为医学物理师的李强按下了第一例前期临床试验研究患者治疗的按钮。整整12年后，也就是2018年11月6日，首台国产医用重离子加速器装置开始了第一例患者的临床治疗试验。李强说：“这个日子我永远都会记得，按下按钮的感觉就像按下了火箭发射钮。”

2019年9月29日，我国首台具有完全自主知识产权的国产医用重离子加速器装置——“碳离子治疗系统”获批第三类医疗器械产品注册，并于2020年3月26日正式投入运营，开始临床治疗。

“这是近代物理所集全所之力做的一件事，医用重离子加速器装置是最大型的医疗器械，没有比它更大的医疗器械了。示范装置取得第三类医疗器械注册证，标志着我国在大型高端医疗器械研发领域取得了重大突破。”李强骄傲地说。

截至2023年11月底，武威重离子中心已完成超过1000例患者的治疗，疗效显著。跟踪统计数据显示，46例临床试验受试者的3年局部控制率达到84%。

与2012年初到武威的情景不同，看着自己曾经为之奋斗过的地方，杨建成欣慰地说：“现在的武威肿瘤医院重离子中心很漂亮，是个康养的好地方。”

与进口设备相比，国产重离子治疗设备不但具备技术保障好、运行维护费用低、性价比高等优势，而且可以提供持续的技术升级服务。

科研团队坚信，老百姓用得上，用得着的医疗设备才是有意义的，这样的科学研究才更有价值、更有意义。

“尽管现在利用医用重离子加速器治疗的价格对于大多数家庭来说还是很昂贵，但是我们已经提出未来把重离子治疗纳入医保。我相信随着科技的不断进步，医用重离子加速器的造价和患者的治疗费用将会不断降低。”李强说。

中国科学院近代物理研究所的科研人员已深入研究了20多年，并拥有100%的自主知识产权。对于未来，李强也有更多期许，他希望科研团队可以在重离子治疗技术上提出更多的国际标准。

第一代的医疗设备成功实现了国产化，那么第二代呢？杨建成告诉记者，第二代设备会比第一代设备更好，第二代将实现更加精准的放疗，占地面积也会比第一代更小。第一代的占地面积大约为4000—5000平方米，第二代的占地面积约为1200平方米。在绿色节能方面，第二代医疗设备的耗电量是第一代的1/4，国产关键专利技术达到了20多项。

打破国外的技术垄断，将医用重离子加速器价格降下来，让医用重离子加速器成为普惠型的医疗装置，离不开科研团队每一个人的努力。

“我们生产的医疗器械，稳定性更好，可靠性更高，更具性价比。目前，医用重离子加速器已在莆田、杭州、武汉、南京、长春等地进行建设。其中，莆田项目装置整机调试满足设计指标，正在开展设备注册检测。武汉项目装置主设备已安装完毕，正在进行测试。杭州项目装置主设备已入场安装。”肖国青介绍道。

回望三十年，医用重离子加速器如今成果显著，是科研人员不断深入钻研、精益求精的结果。尽管起步晚于国际近20年，但核心束流强度和品质等技术指标处于国际领先水平，为许多患者带来了希望。



医用重离子加速器——同步加速器。

本文图片除署名外由中国科学院近代物理研究所提供