

甘肃省科学技术奖申报项目公示

项目名称	碳离子治癌研究及大型肿瘤治疗装置研发与产业化
申报奖种	甘肃省科技进步奖特等奖
完成单位	中国科学院近代物理研究所、兰州科近泰基新技术有限责任公司、甘肃省肿瘤医院、联勤保障部队九四〇医院、武威肿瘤医院
完成人	肖国青、杨建成、李强、夏佳文、詹文龙、张红、赵红卫、张小奇、马力祯、石健、高大庆、毛瑞士、许哲、王小虎、李莎、叶延程、王兵、苏有武、刘新国、曹云
项目简介（限 500 字）	
<p>（科技进步奖项目所属科学技术领域、主要技术内容、授权专利情况、技术经济指标、应用推广及效益等情况。）</p> <p>自 1993 年近代物理所提出并开展重离子治癌相关生物学基础研究至碳离子治疗系统正式投入临床治疗，廿余年，本项目打通了“基础研究→技术研发→装置示范→产业化推广”的创新之路，使我国成为世界第四个掌握重离子治癌技术的国家。项目研发的碳离子治疗系统，突破了国外产品的专利技术壁垒，实现了国产重离子治疗设备零的突破，提升了我国高端医疗技术研发的整体水平，尤其在高端放射治疗技术方面取得了突破性进展，起到了引领国产放射治疗先进技术研发的作用。</p> <p>项目先后发表高质量文章百余篇，授权国内、国际专利 97 项，建成了医用重离子加速器示范装置，制定了多个医用重离子加速器装置产品技术标准，目前建成和在建碳离子治疗系统 4 台，合同额 23 亿元，带动形成的全产业链经济效益超过千亿元。碳离子治疗系统被国家 8 部委联合发布的《关于促进首台（套）重大技术装备示</p>	

范应用的意见》列为所支持的国产医疗设备。

碳离子治癌研究及大型肿瘤治疗装置研发与产业化，是利用重大科技成果转化造福民生的典范，使我国广大肿瘤患者能够享受先进的治疗技术手段，也为提高我国人民健康水平做出了重要贡献。

完成人对项目主要贡献

姓名	排名	职称	单位	主要贡献
肖国青	1	研究员	中国科学院近代物理研究所	项目总体负责人，重离子治癌项目总经理，中科院知识创新工程重大项目“重离子治癌关键科学技术问题研究”共同负责人，ISO13485 医疗质量管理体系最高管理者代表。负责重离子治癌技术与产业发展战略，率领和组织团队开展重离子治癌基础研究、技术研发及医用重离子加速器产业发展，取得各项重大突破。推动成立医用重离子加速器产业联盟。
杨建成	2	研究员	中国科学院近代物理研究所	重离子肿瘤治疗装置同步主加速器负责人，治疗装置总体调试负责人。创新设计了八块二极铁构型治癌专用同步加速器，该加速器构型独特、周长为世界同类装置最短，束流慢引出效率、微结构占空比等主要指标国际领先；提出并实现“剥离膜和注入束偏心”方案，单次注入增益高达 350 倍以上，为世界同类装置最高；负责装置工程总体 Lattice 构建和调试，实现了国际首台

				“紧凑回旋+同步加速器”组合重离子治癌专用装置各系统高性能匹配与稳定运行。
李强	3	研究员	中国科学院近代物理研究所	完成大量的重离子辐照生物学效应及机制研究，为重离子临床治疗提供了一批重要的基础数据；研发重离子三维适形照射、基于微型脊形过滤器的组合照射和生物视听反馈患者呼吸引导等一批先进的重离子照射治疗技术；为213例肿瘤患者重离子治疗前期临床试验研究提供技术支撑；负责完成重离子放射治疗计划系统、患者摆位验证系统、被动及主动式束流配送系统的研发；负责完成医用重离子加速器示范装置束流性能及剂量验证等检测工作。
夏佳文	4	院士	中国科学院近代物理研究所	攻克了储存环慢引出技术，为体内癌症肿瘤治疗打下了基础；实现了回旋加速器与同步加速器组合的独特重离子束治癌专用机器模式，使我国成为第三个拥有此类完整技术的国家。主持设计研制了我国首台自主知识产权的重离子治疗专用装置，任总工程师。
詹文龙	5	院士	中国科学院近代物理研究所	中科院知识创新工程重大项目“重离子治癌关键科学技术问题研究”共同负责人，重离子治癌的总体概念设计，确定了中国重离子治癌发展线路。
张红	6	研究员	中国科学院近	在重离子治癌基础研究方面，从分子、细胞和动物整体层面评价了重离子

		员	代物理研究所	<p>治癌有效性和安全性并证实其机理。在临床研究方面，负责完成了 213 例肿瘤患者重离子临床治疗试验，成功治疗了脑、肝、肺等多脏器恶性肿瘤，取得明显效果，验证了重离子放疗技术的先进性、有效性和安全性。通过总结经验确定了一些不宜手术、易复发及射线抗拒等难治性肿瘤为重离子治疗的适应症。成果为医用重离子加速器和重离子治癌技术的成功产业化提供了关键数据。</p>
赵红卫	7	院士	中国科学院近代物理研究所	<p>本项目重离子肿瘤治疗装置回旋加速器注入器负责人，提出紧凑型无垫补线圈的高流强回旋加速器结构，并负责该回旋加速器总体设计、研制和束流调试，避开了国外专利的限制，为自主知识产权的重离子肿瘤治疗装置的成功研制奠定基础、做出重要贡献；重离子临床肿瘤治疗前期试验期间，负责回旋加速器系统供束运行。</p>
张小奇	8	正高级工程师	兰州科近泰基新技术有限责任公司	<p>2007 年 10 月开始项目回旋注入器设计，作为机械总体设计负责人参加了研发全过程，从总图设计、工艺设计、总装调试到束流引出、在线运行；作为项目机械总体及配套设施子系统负责人，参加了项目实施全过程，从土建设计交底、总图设计、总体安装工艺设计并实施到束流调试达标；作为泰基公司</p>

				主要负责人之一，在三类医疗器械第三方检测、临床试验、注册审评中承担了过程管理、沟通协调工作；带领团队研制了四维治疗床，解决了项目燃眉之急。
马力祯	9	正高级工程师	中国科学院近代物理研究所	重离子治疗装置电磁铁的设计与研制，完成了同步加速器超高精度大型二极铁、注引元件的研制，完成了回旋注入器高精度磁铁的研制。
石健	10	副研究员	中国科学院近代物理研究所	完成了重离子治疗装置（HIMM）慢引出设计，完成 HIMM 装置的慢引出调试，整机性能调试。慢引出束流引出时间、束流均匀性、束流关断时间，均达到国际领先水平。配合完成设备的电气安全、电磁兼容以及束流性能的测试，配合完成临床试验的束流支持工作。
高大庆	11	研究员	中国科学院近代物理研究所	负责重离子治癌装置电源、电气系统研发、设计、建设、检测及运维。主要负责完成了大功率、高精度脉冲医用电源设计，研制成功了全数字医用电源控制器。完成了终端三角波 200Hz 被动扫描电源和点扫描电源原理、工艺设计。负责武威、兰州两台示范装置电源系统建设。负责与北检所及审评中西沟通，共同确定了大功率脉冲医用电源电磁兼容和电气安全检测内容与检测方

				法，并完成了武威装置的安全检测。
毛瑞士	12	正高级工程师	中国科学院近代物理研究所	<p>2005-2006 参与浅层治癌终端探测器系统的研制，负责剂量控制与监测程序、扫描铁监测与连锁系统、束流诊断与控制系统，是国内第一套用于临床试验的重离子剂量控制的系统；2007-2009 参与深层终端探测器系统的研制并负责数据获取及控制、连锁的建设，负责了终端束线束诊系统的建设。</p> <p>2010-今总体负责了 Himm 束诊和终端探测器系统的设计和建设，其中 90%以上探测器为自主研制，具有自主知识产权，处于国内领先水平。</p>
许哲	13	研究员	中国科学院近代物理研究所	<p>作为 Himm 治癌项目高频系统负责人，承担了治癌加速器高频系统中斩波器、聚束器、回旋高频与同步环高频的总体设计研发，安装调试，检测，运维等工作，并成功自主设计研制了我国第一台重离子治癌项目中具有“最短铁氧体加载宽带调谐腔”的同步加速器高频系统。重离子治疗装置同步加速器高频系统取得相关专利。</p>
王小虎	14	主任医师	甘肃省肿瘤医院	<p>在“验证碳离子治疗系统的安全性和有效性临床试验”中，作为临床试验机构组长单位的主要研究者，全面负责该临床试验的设计与实施，包括受试者招募、筛选入组、治疗实施、治疗后随访、临床研究报告的审核等各项工作，</p>

				保证了碳离子治疗系统顺利获得注册许可证；作为牵头人在中华医学会、中国抗癌协会、中国医师协会学术团体下成立离子治疗学组，建立了重离子治疗肿瘤的诊疗规范，推动国产碳离子治疗系统在国内的推广和应用。
李莎	15	主任医师	联勤保障部队九四〇医院	长期从事恶性黑色素瘤、肉瘤的重离子治疗临床前期研究。基于 HIRFL，兰州军区总医院和甘肃省肿瘤医院于 2006 年 11 月首先在国内开展了碳离子治疗肿瘤的前期临床试验，共治疗患者 213 例；验证了国内首台自主研发、制造的碳离子治疗系统的安全性和有效性，作为武威肿瘤医院临床试验组的主要研究者，带领团队完成 21 例患者的临床治疗工作，于 2019 年 9 月 29 日顺利取得国家食品药品监督管理局颁发的注册证书；正在进行碳离子治疗系统的 5 年长期随访工作。
叶延程	16	主任医师	武威肿瘤医院	带领团队成功建成了三级甲等专科医院和国家药物临床试验机构，并取得了各类环评批复、I 类辐射安全许可证、放射诊疗许可证、配置许可证、收费许可等各类证照，为重离子项目引进并培养了 50 余名专业技术骨干，组织人员制定了“重离子临床治疗方案”、“重离子临床治疗技术标准”以及重离子系统各类操作规程，目前治疗病人

				90 余名，效果良好。
王兵	17	正高级工程师	中国科学院近代物理研究所	负责重离子治癌项目回旋注入器的物理设计及回旋注入器的调束任务，完成全球首台以回旋加速器作为同步加速器的注入器种类的医用重离子加速器，使重离子治癌项目在注入器环节具有突出的中国特色和完全的自主设计。回旋注入器圆满的完成了预期的设计目标，回旋注入器四年来的运行证明，其束流参数指标，如流强大小，横向发射度大小，能散等指标完全满足同步加速器的要求和重离子治癌的需要，是一次成功的技术突破。
苏有武	18	正高级工程师	中国科学院近代物理研究所	负责完成了重离子治癌装置辐射防护设计和重离子治癌装置安全联锁系统/辐射监测系统的研制；负责完成重离子治癌项目环境影响评价，及泰基公司辐射安全许可证申请(国内第一家 I 类射线装置销售(含建造)许可)；参与制定了国家生态环境部《质子重离子治疗装置辐射安全监督检查程序》。
刘新国	19	正高级工程师	中国科学院近代物理研究所	主要负责重离子放射治疗计划系统的设计研发工作，从重离子治疗计划系统的原型开发到商用重离子计划系统的开发。在束流配送系统研究方面提出了利用双微型脊形过滤器减小展宽布拉格峰后沿跌落距离的方法，灵活调控笔形束参数的方法以及利用多叶光栅实现重

				离子调强放射治疗的方法；负责武威示范装置束流配送系统关键器件的设计工作、束流调试测试及剂量验证工作。
曹云	20	高级工程师	中国科学院近代物理研究所	自主设计研制国内第一台治癌紧凑型全永磁高电荷态 ECR 离子源，是目前国际上同类型离子源性能最好的离子源。通过离子源实验调试平台对离子源进行优化测试，使得该离子源能够为重离子加速器提供流强高品质好的 C 离子束。经过离子源系统长期运行，解决运行出现的各种问题，优化了离子源系统，为离子源系统长期稳定运行提供了必要保障。