

科技视点·以科技创新引领产业创新

从基础研究到临床应用,中国科学院近代物理研究所与有关单位联合攻关

科研重器造福民生

本报记者 王锦涛



医用重离子加速器的核心系统同步加速器。

中国科学院近代物理研究所供图

2020年3月,我国首台具有自主知识产权的国产医用重离子加速器装置——碳离子治疗系统在甘肃武威重离子中心投入临床应用。截至目前,碳离子治疗系统已治疗各类肿瘤患者近1200例。

碳离子治疗系统的核心——医用重离子加速器,脱胎于中国科学院近代物理研究所(以下简称“近代物理所”)建造的大科学装置——兰州重离子研究装置。从基础研究走向临床应用,由科研重器变身医疗器械,碳离子治疗系统凝聚了科研人员30多年的心血,打破了大型高端放疗市场被国外产品垄断的局面。

把基础研究成果应用于临床治疗

射线能够以波或者粒子的形式穿过空间或物质释放能量。人类运用放射性元素和同位素治疗肿瘤的历史已有100多年,包括伽马射线和X射线的光子放疗、质子束的质子放疗和碳离子束的重离子放疗。

重离子,是指原子序数大于2的原子失去部分或全部电子后形成的带电粒子。重离子束拥有独特的物理和生物学特性,被认为是理想的放疗用射线。

“重离子射线具有独特的深度剂量分布,在穿越生物组织的过程中,重离子束沉积的剂量较小,主要在其射程的末端形成一个剂量高峰,科学界称之为‘布拉格峰’。”近代物理所副所长杨建成说,“根据这个特点,我们可以通过调节重离子的能量,让‘布拉格峰’刚好落在肿瘤的位置,在保护正常组织和关键器官的同时精准杀灭肿瘤细胞。”

近代物理所在重离子领域有着60多年的技术积淀。依托雄厚的基础研究支撑和原创成果积累,1993年起,近代物理所的科研人员将目光投向重离子治疗癌症,把基础研究成果应用于临床治疗。

1995年6月,重离子治癌技术研究项目“核医学和放射治疗中先进技术的基础研究”获得国家攀登计划B资助。近代物理所开始全面开展放射生物学、医学物理实验研究以及动物实验。

如何根据肿瘤深度与大小精确匹配能量和束流?科研人员经过攻关,创造出了人为控制重离子束能量和束流形状的方法——立体剂量球。

哪种重离子治疗效果最好?科研人员选择动物肿瘤细胞作为实验对象,并在兰州大学生物系的支持和配合下,经过多次实验,最

终选择了碳离子……

在攻克了一系列关键技术、解决安全性问题后,2006年3月1日,我国第一个浅层肿瘤重离子治疗装置通过专家组的鉴定验收。

接下来,近代物理所的科研团队与医院紧密合作,开展前期临床试验研究。

“当年11月,我们首次利用重离子治疗技术对4例浅层肿瘤患者进行了前期临床试验研究。”近代物理所生物医学中心主任李强说,之后又对27名不同类型浅层肿瘤患者进行了治疗。

从2006年至2009年,科研团队共进行了103例浅层肿瘤临床前期试验研究。

2008年7月,兰州重离子加速器冷却储存环通过国家验收,解决了高能离子束“哪里来”的问题。2009年,科研人员决定利用其提供的高能碳离子开展深部肿瘤前期临床试验研究。此后4年里,共有110位深部肿瘤患者参与了前期临床试验。

经过大量的细胞实验、动物实验和前期临床试验,近代物理所科研团队摸清了碳离子束流杀伤肿瘤细胞的基本原理,掌握了建设医用重离子加速器的关键核心技术,为重离子治癌奠定了坚实的基础。

造一台真正的医用重离子加速器

4月的武威重离子中心,湖光楼影,青草翠绿。12年前,这里还是一片戈壁。

在2011年举办的第十七届中国兰州投资贸易洽谈会上,武威看中了近代物理所的医用重离子加速器治疗肿瘤的技术和设备。2012年5月2日,武威重离子中心开工建设。

然而,作为我国首台国产重离子治疗装置,研发与产业化团队遇到了一系列的难题。

要将体积庞大的医用重离子加速器用于临床治疗,需要通过技术创新,使其周长更短、结构更紧凑。

为什么加速器周长要做得更短?杨建成解释道,医用重离子加速器的设计,不仅要考虑安全性和可靠性,还要考虑成本和可推广性。周长越小建造成本越低,治疗费用才会随之降低,让更多的癌症患者用得起。

为此,杨建成和团队成员每天只休息不到5个小时。经过数月攻关,他们终于拿出了一套自主设计的方案。

“我们的方案采用回旋注入与

同步主加速相结合,这种独特设计不仅突破了国外同类产品的技术壁垒,而且做出了周长仅为56米的同步加速器。”杨建成说,“同一级别医用加速器的周长,欧洲是75米、日本为62米。”

科研和医疗各有侧重,要造出一台真正的高可靠性医用重离子加速器,除了通过创新技术实现高性能指标,还需要高标准的工艺质量。

以磁场精度为例,离子在加速器中一秒跑几百万圈,如果精度不符合要求,离子束跑几百万圈之后将“脱靶”。

杨建成告诉记者,他们反复对部件进行优化调整,用了将近200天才达到标准精度,实现了“指哪打哪”。

同时,科研团队和重离子中心的医生团结协作,自创了“三级衰变凉水塔回用”技术,成功实现了放射性污水零排放,解决了次生沙漠地带接地电阻严重超标等问题。

历时3年,武威医用重离子加速器终于调试成功。

“该装置95%以上的零部件设备实现国产,与进口设备相比,建设成本只有其1/3至1/2,重量和体积更小,稳定性更高,维护费用更低。”杨建成清楚地记得,那天是2015年11月17日,平时不喜欢拍照的他用镜头定格了这一时刻。

我国对医疗器械的资格审批、规范制定、追溯流程都十分严格。作为大型医疗设备,医用重离子加速器须获得国家药品监督管理局的医疗器械注册证,才能正式投入临床应用。此前,医用重离子加速器在国内尚未有统一的产品标准和检测方法。

“为了让碳离子治疗系统能为更多患者服务,2023年,近代物理所、兰州大学、金川集团精密铜材有限公司等单位成立甘肃省离子

“从样机调试、设备检测到临床试验和审批注册,所有检测项目加起来超过5000个,每一个都是摸着石头过河。”杨建成说,“为确保万无一失,我们邀请相关领域专家,召开了数十次讨论会研究制定了碳离子治疗的指导原则。”

2019年9月29日,我国首台具有自主知识产权的国产医用重离子加速器装置——碳离子治疗系统终于获批第三类医疗器械产品注册,并于2020年3月26日投入临床应用,由甘肃省武威肿瘤医院负责临床运营。自此,我国成为全球第四个拥有自主研发重离子治疗系统和临床应用能力的国家。

多方协作助推碳离子治疗系统产业化

武威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4个治疗室。

“根据患者病种的不同,重离子治疗的时间和次数也不同。”甘肃省武威肿瘤医院副院长张雁山介绍,与进口设备相比,国产重离子治疗设备技术先进、维护费用低、性价比高,还能提供持续的技术升级服务。

为了让更多患者受益,2023年,近代物理所、兰州大学、金川集团精密铜材有限公司等单位成立甘肃省离子

放射治疗技术创新联合体,合力攻关制约碳离子治疗系统产业化发展的关键技术难题。

“4N5”高纯无氧铜板材,是国产医用重离子加速器的关键材料,长期依靠进口。如何使其实现国产化,成为碳离子治疗系统产业化首先要解决的难题。

“经过努力攻关,我们完成了样件试制,化学成分、力学性能、导电率均满足要求。”金川集团精密铜材有限公司副总经理王艳凤介绍,首批7吨高纯无氧铜板材已于2023年10月实现应用。

“国产替代进口,‘4N5’高纯无氧铜板材的供货周期从1年缩短至4个月,实现了医用重离子加速器的建造材料百分之百国产化,使用更安全、运维费用将更低。”兰州科近泰基新技术有限责任公司副总经理杨文杰说。

坐落于兰州新区的兰州科近泰基新技术有限责任公司,拥有医用重离子加速器设计、生产、调试、运维资质和能力。步入生产车间,几名技术工人正在对一台巨大的医用重离子加速器做最后的模拟安装。

“这是国内第六台医用重离子加速器,试装完成后,将发往吉林长春。”杨文杰介绍。

“未来的目标,是将医用重离子加速器缩小到一个几百平方米的房间内。”杨建成说,当前的医用重离子加速器仍重达千吨,占地面积超过4000平方米。正在加紧研发的2.0版医用重离子加速器,占地面积只有1.0版的1/3,耗电量将减少到1.0版的1/4,让医院投入更少、患者负担更轻。

创新谈

加强产学研融通创新,搭建有利于产业发展的良好生态,量子计算机必将为加快培育发展新质生产力、推动经济高质量发展提供强大算力支撑

我国自主研发的第三代超导量子计算机“本源悟空”上线运行,吸引全球超过500万人次访问;北京玻色量子科技有限公司发布新一代550计算量子比特的相干光量子计算机,在业界引发广泛关注……今年以来,我国量子计算机研发不断取得新进展,产业化步伐明显提速。《政府工作报告》提出,“制定未来产业发展规划,开辟量子技术、生命科学等新赛道,创建一批未来产业先导区。”作为量子技术的主要发展方向之一,量子计算因其具备计算能力跨越式发展的潜力,成为许多国家竞相追逐的热点。

量子计算机是实现量子计算任务的物理装置。与经典计算机相比,量子计算机拥有并行性、指数级加速等优势,计算能力异常强大,可在大数据、网络信息安全和人工智能、新药研发、金融工程等领域大显身手。比如,在药物研发方面,量子计算机通过精准模拟各种分子、原子的自然演进,能帮助科研人员快速找到对付病毒的药物。

随着数字经济的深入发展,社会对算力的需求快速增长,加上经典计算机的性能增长越来越困难,人们对基于全新原理构建的量子计算机更加期待。经过多年持续攻关,我国量子计算基础研究跻身全球前列,工程化应用也在不断推进。同时也要看到,我国在核心器件研发和生态系统建设等方面与国际先进水平仍存在一定差距,需要补短板、锻长板,推动量子计算机更好更快发展。

推动量子计算机更好更快发展,需要加强关键技术协同创新。量子计算机涉及制造装备、芯片、软件、算法等多个方面,许多关键技术有待突破。我国有集聚资源攻关的制度优势,通过政策引导,可以推动相关各方协同攻关,合力突破技术卡点。在这方面,一些地方做出了有益探索。比如,安徽合肥支持打造了量子科技产业研究院等创新平台,形成了以战略科技力量支撑引领量子计算科技与产业发展的好势头。

推动量子计算机更好更快发展,需要找到合适的应用场景。当前,全球量子计算尚处于产业化初期,量子计算机只能处理某一个专门问题,离研制通用量子计算机、实现规模化商业应用还有很长一段路要走。应用需求是技术进步的重要推动力,要大力推动量子计算与产业需求的对接,带动量子计算机加快走出实验室。比如,可以设立“量子计算+应用场景”示范工程,支持领军企业探索量子计算在图像识别、气象预测等领域的应用,助推我国量子计算机在应用中迭代升级。

推动量子计算机更好更快发展,需要加强量子计算前沿研究。量子计算机有超导量子、光量子等多条实现路线,不同的技术路线各有长短,到底哪条路线最有前景尚有待探索。这要求我们既要科学规划、合理布局技术路线,也要保持对前沿技术的敏锐性,以开放的态度持续做好基础研究,夯实量子计算机发展的技术底座。

量子计算关系到未来发展的基础计算能力,是必须全力争取的新赛道。加强产学研融通创新,搭建有利于产业发展的良好生态,量子计算机必将为加快培育发展新质生产力、推动经济高质量发展提供强大算力支撑。

推动量子计算机更好更快发展

喻思南

新闻速递

2024年航天文化艺术论坛举办

本报电 近日,2024年“航天文化艺术论坛”在湖北武汉举办。活动由国家航天局新闻宣传中心和航天基金会联合主办,来自航天科学技术、文化国际传播、影视文艺创作等领域的专家围绕推动航天文化繁荣发展、促进航天国际交流合作等发言。论坛上,中国纪录片《你好,火星》荣获第五届齐奥尔科夫斯基国际航天电影节最佳纪录片奖。论坛现场签署了相关航天科普文艺项目合作协议,发布了一批航天科普文化产品。航天文化成果展示也同期举行。(喻思南)

中国农科院成功研发数字低碳渔仓技术

本报电 中国农业科学院饲料研究所历经多年努力,成功研发出数字低碳渔仓技术,助力水产养殖绿色、智慧、高效。据介绍,下一步饲料研究所将继续深入探索数字技术在养殖管理、水质监测、疾病防控、品质无损鉴定与调控等方面的应用,同时加快创新成果转化与应用,推动我国水产养殖产业向更加智能、绿色、可持续发展的方向发展。(蒋建科)

新技术助力视频会议智能化

本报电 近日,广州视源电子科技股份有限公司发布了MAXHUB会议产品及解决方案,包括灵活搭配显示、视频会议等9个子系统,满足不同场景下用户对会议平板设备的需求。面向视频会议场景,MAXHUB利用多模态音视频感知与人工智能技术,可全部提取参会人员特写画面,并重新拼接组合,使得画面更加聚焦;通过会议软件,可将线下参会者分成多路视频流,实现统一的交流协作体验。(谷业凯)

本版责编:喻思南

我国科研团队在“小样本概念学习”领域取得突破

学习“小样本” 练出“大智慧”

本报记者 谷业凯

近日,由北京大学人工智能研究院与北京通用人工智能研究院共同完成的研究成果——“人类水平的小样本概念学习”,在国际学术期刊《科学·进展》上发表。这一成果首次让人工智能系统在没有大数据训练的情况下,能像人类一样通过概念学习和逻辑推理的方式完成学习任务。

人工智能系统主要以海量数据为基础,利用大量算力和存储进行数据“检索”,核心范式是深度学习。近年来,这类人工智能取得显著进展,诞生了以生成式人工智能为代表的热门应用。国际学术界追逐的另一个焦点是“小样本概念学习”,这一人工智能范式旨在探索教会人工智能系统掌握抽象概念学习和认知推理的能力。

论文通讯作者、北京大学人工智能研究院助理教授朱毅鑫解释:“这是一种‘举一反三’的能力。例

如,我们在打游戏的时候,不需要打成千上万局游戏,而是在观察学习后就可以自己上手。又如,我们小时候通过观察他人行为,就能学会基本的社交规范,并将其应用到不同场合。”

在数据匮乏或仅有少量数据和抽象概念的时候,“小样本概念学习”便有了用武之地。“这种方式在不需要算力或数据堆积,成本可控的情况下也能求解很多问题。”论文第一作者、北京通用人工智能研究院研究员张弛介绍,北京大学教授朱松纯早在上世纪90年代就提出了一种研究思路,即用统计数据建模的方式找出有少量数据间的联系,用高效率的算法来代替穷举,从而求解问题。

这一方法最早应用于计算机视觉领域的图片生成模型。朱毅鑫说,当时计算机视觉领域有一类难题叫作“什么是纹理”。比如,两张

有着明显差别的纹理图片,如果用计算机视觉进行逐个像素的比对,就会认为是不同的,但如果用人的肉眼识别则会认为是相同的。“这是因为人类往往根据图像中的统计规律来比对,如果统计规律一致,我们就认为两张图片是一样的。”

受此研究思路的启发,研究团队创新性地提出了高效解决抽象推理问题的方法,将一些抽象推理问题转化为易于求解的优化问题,使人工智能通过快速迭代和建模取得令人满意的结果。在团队组织开展的多项测试中,该学习模型战胜了高水平的人类选手,在迈向通用人工智能的道路上更进一步。“未来我们将在智能交通、智慧医疗等领域推进相关成果的落地应用,促进科技成果转化。”张弛表示。

新知