

首台医用重离子加速器成功应用

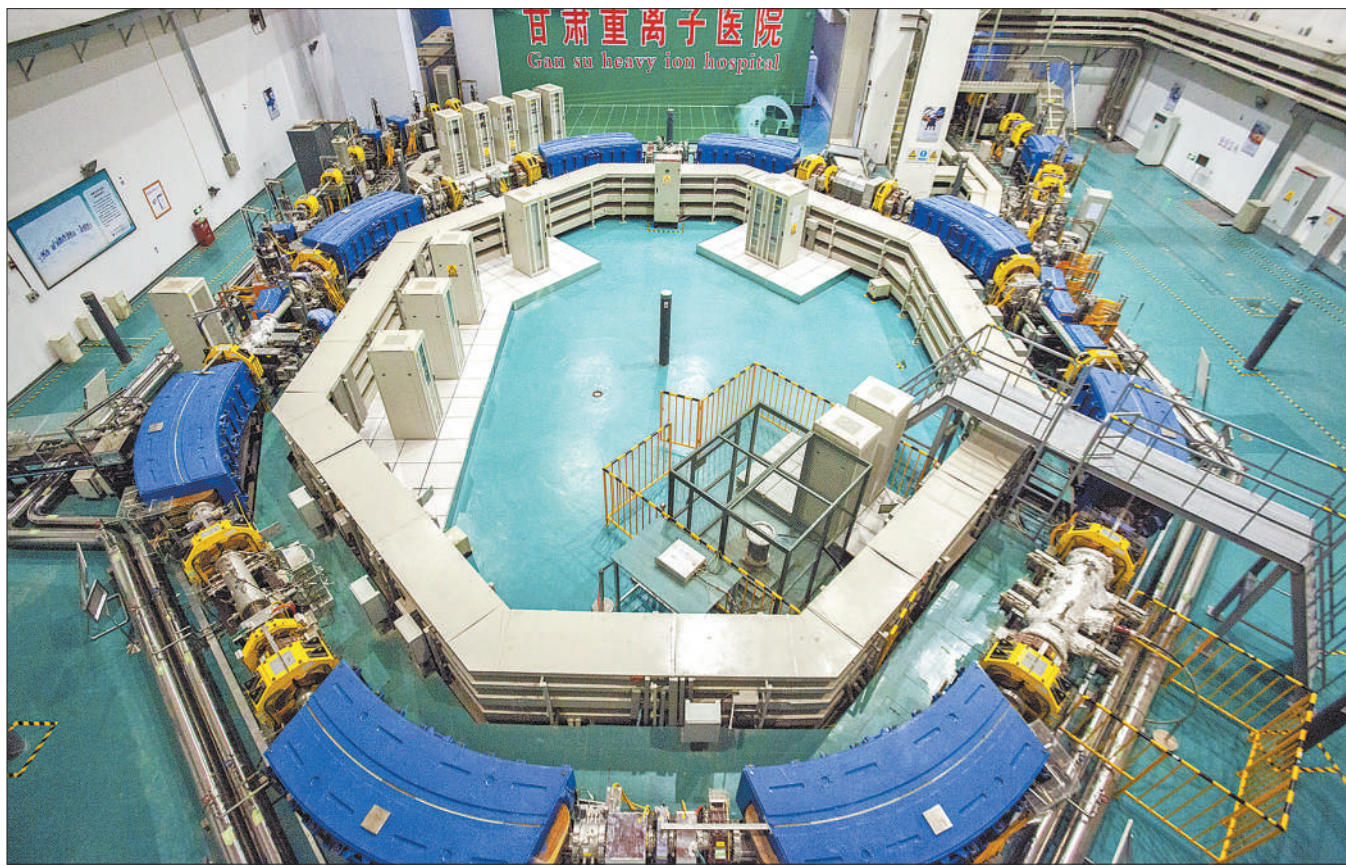
我国成为全球第四个拥有自主研发重离子治疗系统和临床应用能力的国家

本报记者 刘诗瑶 中少铁

因为这些科技突破点赞②

甘肃武威重离子中心治疗室，医生正用仪器给一名肿瘤患者进行碳离子放疗……这套治疗系统就是我国首台具备自主知识产权的重离子治疗肿瘤专用装置（即医用重离子加速器/碳离子治疗系统）。它由中科院近代物理研究所及其产业化公司研制和运行维护，由武威肿瘤医院负责临床运营。

这一装置的成功应用，标志着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，实现我国在大型医疗设备研制方面的历史性突破，我国高端医疗器械装备国产化迈出了新的步伐。



甘肃武威重离子治疗装置。

中国科学院近代物理研究所供图

医用重离子加速器建立在我国科研人员对重离子物理研究的突破性认识上

甘肃武威重离子中心的这套装置，核心是医用重离子加速器。它脱胎于中科院近代物理所建造的重大科学装置兰州重离子加速器，建立在我国科研人员对重离子物理研究的突破性认识上。

截至目前，人类已知的、归入元素周期表的元素共有118种，大多数都有同位素。例如氢的同位素有氕、氘、氚，碳的同位素有碳12、碳13和碳14等。科研人员了解和利用这些元素、同位素，为工业、农业和医学等领域服务。

射线能够以波或者粒子的形式穿过空间或物质释放能量，人类在医学上运用放射性元素和同位素消灭肿瘤的历史已有许多年。包括伽马射线和X射线的光子放疗、质子的质子放疗，还有碳离子束的重离子放疗。

其中，重离子放疗具备明显优势。中国工程院院士、中科院近代物理所副所长夏佳文介绍，光子射线穿透人体健康组织时能量损耗较大，到达肿瘤时剂量变弱了。碳离子更像一枚精准制导的武器，能直抵病灶，集中释放能量，消灭癌细胞。其次，碳离子束对肿瘤DNA实施双链断裂的概率更高，相比其他放疗的单链断裂，更能防止癌细胞的残留和复发。令人振奋的是，碳离子放疗对健康人体组织产生破坏极小，不仅可以精准攻击并消灭肿瘤，而且治疗中无痛、副作用小，避免“杀敌一千，自损八百”的现象。正因如此，碳离子放疗是目前国际上公认的先进放疗手段。

我国在重离子领域的技术积累长达60余年。从“一五”期间中科院近代物理所建设1.5米回旋加速器为核物理研究夯实基础，到1988年建成我国第一台大型重离子研究装置兰州重离子加速器，再到“九五”期间

研制出兰州重离子加速器冷却储存环，依托历代大科学工程和大科学装置，我国重离子研究呈现良好的发展局面。

依托雄厚的基础研究支撑和原创成果积累，1993年起，科研人员将目光投向重离子治疗癌症。2020年3月，我国首台具备自主知识产权的碳离子治疗系统在武威投入临床应用。

曾担任中科院近代物理所所长的中科院兰州分院院长肖国青自豪地说：“我们自主研发的这套‘回旋注入+同步加速器’组合重离子医用装置，在主加速器的磁聚焦结构和注入方式上，实现了国产重离子治疗设备零的突破，走出一条从基础研究、技术研发、产品示范到产业化应用的全产业链自主创新之路。”

将重离子基础研究成果转化成为现实应用，凝结了科研和工程技术人员近30年的心血汗水

将重离子基础研究成果转化成为现实应用，把科研装置变成医疗器械，听起来只有一步之遥，做起来却隔着万水千山，凝结了我国科研和工程技术人员近30年的心血和汗水。

跨越性成就的背后，是整个医用重离子加速器团队攻克了三大难题。

从“大”变“小”。每座大科学装置都融合了最顶尖的技术和最复杂的工艺，重离子加速器也不例外——外观体积巨大，内部精细无比。想把一个庞然大物放进医院，不是单纯意义上建造一个“缩小版”，而是需要在理论设计上有所突破，通过技术创新使得加速器周长更短、结构更紧凑。

从“粗”到“细”。要把一张理论图纸变成加工图纸，挑战很大。由于科研和医疗的试验要求各有侧重，想做出一台真正的医疗器械，就要重新调整工艺细节，这对设备的加工制造提出了很高要求。例如，重离子束

“打”在肿瘤上，要求束斑中心位置稳定性误差极小，相关工艺必须更细更精密。再比如，用重离子帮助患者治病，必须保证仪器运转的稳定与可靠。

从“专”到“全”。我国把医疗器械的安全性放在首位，相应对医疗器械的资格审批、规范制定、追溯流程都十分严格。此前，医用重离子加速器在国内尚未有统一产品标准和检测方案。为了确保万无一失，国家对中科院近代物理所等单位研制的第一台医用重离子加速器审核，可谓是“严上加严”。

为了克服道道难关，中科院近代物理所的科研人员、产业化公司的技术人员、当地的医生们团结协作，边学边改，边检边调，开始了艰苦的工程化过程。中科院近代物理所产业化企业、国科离子医疗科技有限公司董事长马力回忆：“2018年，为了给相关审批部门提供严谨的检测报告，光准备的资料就堆满了房间，甚至用小推车才拉得动。如果达不到医用标准，这台重离子加速器就是一堆废铁。”

从无到有，一步步走向产业化，团队不是闭门造车，而是注重市场牵引，要做满足医生需求的医疗器械。

马力介绍说，他们曾经认为患者接受治疗，只需按照传统方式躺在病床上就可以。后来调研发现，用机械臂把患者抬起来，与加速器默契配合，能更方便地让射线照射患者身体。团队立刻整改细节，在第二代设备中加装了操作更灵活的机械臂。

功夫不负有心人。2019年下半年，整套碳离子治疗系统获得注册许可，我国终于有了自己的医用重离子加速器。

肖国青说，这台自主研发的医用重离子加速器，无论性能指标还是临床反馈，都不逊色于进口设备。尤其是国产重离子治疗装置成本只有发达国家的1/3至1/2，在价格上具备明显优势。同时，国产重离子治疗装置同步加速器的周长只有56.2米，是目前世界上所有医用重离子加速器中周长最短的同步加速器系统，有利于医院减少投入。依托国内完善的加工制造业体系，整套医疗器

械的维修成本也大大降低，并且维修时效很快。

推动国产重离子治疗装置在全国落地，让这一大型医用设备为更多患者服务

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。从目前完成治疗患者的临床随访结果来看，疗效显著，患者的病情得到有效控制。”武威肿瘤医院院长叶延程介绍，截至目前，中心共治疗患者375例（包括临床试验患者），治疗病种涵盖中枢神经系统肿瘤、头颈部和颅底肿瘤、胸部肿瘤、盆腔肿瘤等。

人类与癌症的斗争已经持续了数千年，即使是最微小的进步背后都有科学技术的加持。“作为科研人员，我们期望能在科学原理上取得更多突破，掌握更多重离子的机理奥秘，加快技术研发，争取为更有效的治癌手段提供科技支撑。”夏佳文表示。

下一步，国科离子医疗科技有限公司将推动国产重离子治疗装置在全国落地。马力说，除了已投入运营的武威重离子中心和将要开展临床试验的兰州重离子治疗装置，正在建设的还有其它城市的4台装置，另有多地也签订了合作协议。“建造布局充分考虑人口和地理因素，将装置放在国家区域医疗中心，提升重离子治疗服务的可及性。”

肖国青说，未来将继续研制更加小型的治疗装置，降低占地面积、治疗费用，借助人工智能、5G技术等手段升级改造设备，提升智能化水平。还将大力培养重离子治疗的人才队伍，精心培训更多一线放疗医生和放射物理师，让医用重离子加速器为更多患者服务。

创新谈

全球图数据库市场尚未定型，现在布局正当其时，我们要牢牢抓住这一难得的发展机遇

近年来，互联网正在以更快的速度，向着更能够表达人类思想、更类似于人脑思维构造的知识网络发展。知识网络数据规模大、来源丰富、类型复杂，如果继续用传统的数据库来管理，用传统的数据计算方法来处理，会受到很大制约。图数据库作为一种全新的数据库类型，为解决这些问题提供了新的思路。

图数据库是以计算机科学领域中的图作为基本模型和数据结构的数据库。由于具备优秀的表达能力、可视化效果和坚实的数学基础，图已经在物理、化学、生物、计算机科学等众多领域得到广泛应用。图数据库作为人工智能计算框架。相比传统的数据库，图数据库具有更善于处理数据之间的关系、更容易可视化展示和更充分满足多种实际场景需要的优点。

随着人类社会步入大数据时代，数据之间的关系变得越来越重要。作为承载数据资源的“容器”并能对外提供查询和分析能力的图数据库也变得愈发重要。当前，图数据库正在成为发达国家在数据库领域竞相布局的新兴热门领域，并已形成初步的市场规模，正处于快速发展之中。据预测，从2020年至2026年，全球图数据库市场的规模将以28.6%的年增长率增长。尽管在传统数据库时代，国外企业一直占据国内数据库市场的绝对份额，但在图数据库时代，我们有机会与国外企业同期起步。全球图数据库市场尚未定型，现在布局正当其时，我们要牢牢抓住这一难得的发展机遇。

如何在图数据库领域实现真正的突破？首先要坚持走自主创新之路，确保每一行代码都是安全可靠的；同时，政府部门的产业、税收政策和资金支持，要和社会资金、人力资源的投入共同发力，形成百花齐放春满园的局面；再者，要坚持应用拉动与创新驱动并重，走产学研结合的协同创新之路。通过应用引导学术研究的方向，确保科研成果快速转化为生产力；通过创新驱动完成技术的预研储备，培育并形成新的市场发展方向，确保技术的引领性和产品的竞争力。

令人欣喜的是，目前我国图数据库领域展现良好的上升势头。不仅华为、字节跳动等企业纷纷推出自研的图数据库产品，产学研深度合作也取得了新的突破。比如，清华大学与海致科技成立了高性能图计算院士专家工作站，联合推出的分布式图数据库产品已展露优异的特性，混合事务和分析处理、万亿级大图的亚秒级查询等性能目前都处于业界领先的技术水平。相信不久的将来，随着产学研用各方进一步形成合力，图数据库将实现从技术到产业的全面突破性发展，一个国产图数据库的时代一定会到来。

（作者为中国工程院院士、清华大学计算机科学与技术系教授）

把握图数据库自主创新机遇

郑纬民

新闻速递

农业绿色低碳发展高峰论坛举办

本报电 由华中农业大学农业绿色低碳发展实验室和经济管理学院共同主办的“2021农业绿色低碳发展高峰论坛”日前在武汉举行。与会专家学者围绕“双碳目标下的机遇与挑战”主题，就如何加快实现农业绿色低碳发展进行深入探讨。华中农业大学党委书记高颀表示，华中农业大学率先成立农业绿色低碳发展实验室，旨在建成面向未来的世界一流实验室，为农业绿色低碳发展做贡献。（蒋建科）

路云天网络安全研究院成立

本报电 路云天网络安全研究院日前在京成立。该研究院由国家信息技术安全研究中心、国家工业信息安全发展研究中心、中国科学院软件研究所和深信服公司等共同支持建设，旨在搭建网络安全产业交流合作平台，促进网络安全产业生态良性发展。据了解，该研究院将联合各界专家，交流分享网络安全领域的先进理念、前沿技术，共同开展标准规范、解决方案等研究工作，探索关键基础设施保护的新机制，为网络安全问题提供分析研判和建议。（谷业凯）

OPPO与上汽集团共建智能汽车生态

本报电 OPPO与上汽集团日前签署战略合作协议，双方将充分发挥各自在智能终端和汽车领域的领先优势，携手打造未来智能汽车生态。根据协议，OPPO和上汽集团将开展合作，打造多场景跨终端的应用服务。双方还将共同推进车机互联应用，包括数字车钥匙、离车管家等服务。在智能座舱平台相关的技术能力上，双方将开展联合研发，探索提升用户体验。据悉，从今年年底开始，相关技术成果将陆续在上汽自主、合资品牌的产品上落地。（李云起）

新知

红超巨星参宿四为何突然变暗

本报记者 吴月辉

日前，国际科学期刊《自然·通讯》在线发布了中国科学院国家天文台赵刚研究团队的一项最新成果。该团队通过对从山东大学威海天文台获得的高分辨率近红外光谱进行分析，揭示红超巨星参宿四的神秘变暗是由于其表面出现恒星巨黑子造成，对这一广受天文学家和公众关注的现象提出了新的物理解释。

参宿四又称为猎户座α星，是一颗位于猎户座肩部的红色恒星，它在夜空中异常明亮，肉眼清晰可见。2019年10月至2020年2月，参宿四出现了神秘变暗现象，引起了全世界天文学家和公众的关注与想象。作为一颗呈现周期性和有时不规则光度变化的变星，这是参宿四近50年来被观测到的最显著的一次变暗现象。它变暗了约一个星等（亮度减弱2.5倍），在夜空中肉眼可辨。对此，世界各地的天文学家提出几种可能的解释，如超新星爆发前演化阶段、尘埃云的遮挡或恒星光球亮度的变化。

参宿四是夜空中在近红外波段最亮的恒星，因此近红外波段是研究参宿四这类红巨星最合适的观测波长。研究人员从山东大学威海天文台获取了参宿四变暗过程的高分辨

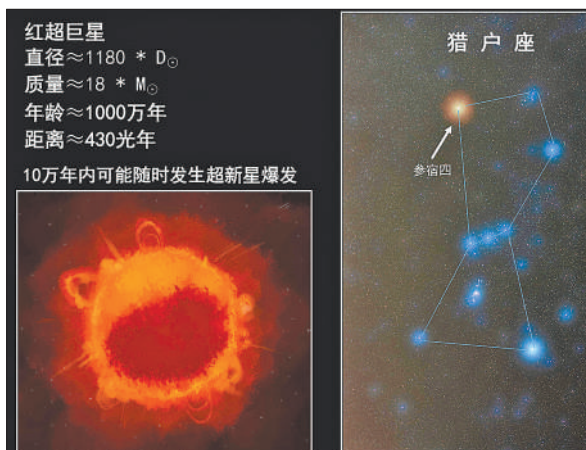
率近红外光谱，并对其进行仔细分析。“凭借我们的光谱分析优势，我们的研究目的是了解参宿四神秘变暗的可能原因。”该研究的通讯作者赵刚研究员说。

进行光谱分析时，研究人员还开发了一种特殊的方法来确定红巨星的有效温度。来自俄罗斯的中国科学院国家天文台博士索菲娅·阿列克谢娃是这项研究的第一作者。她介绍说：“我们的方法是基于对光谱中TiO和CN分子线的测量。恒星温度越低，其大气中形成和存在的分子就越多，恒星光谱中的分子线也就越强。在更热的大气中，分子很容易分解，无法存在。”

“我们发现，2020年1月31日，参宿四在最低光度下的有效温度是3476K。然而，亮度恢复后的2020年4月6日，其有效温度为3646K。而这170K的有效温度变化足以解释这种神秘的变暗现象。”索菲娅·阿列克谢娃说。

是什么导致有效温度下降170K？原因可能是参宿四表面巨黑子引起的。红超巨星表面存在黑子是一个众所周知的现象。这些黑子很可能是对流流动或冷对流元形成的，并广泛存在于这些恒星中。赵刚研究员表示：“我们的发现将

有助于更好理解红超巨星的性质，红超巨星也是宇宙中重元素丰丰的主要贡献者。”



中国科学院国家天文台供图