

前沿科创调研行之核能医疗④

周永茂：科研裂变 家国情深

沈冰清 张保淑 芮钰雅

从学习机械制造到转向原子能研究，从核潜艇反应堆设计到核燃料和元件考验，他时刻响应祖国的召唤，努力实现科研领域的跨越；从服务于祖国的核武事业到领衔引进国外先进试验性核反应堆，从加入致力于核科学基础和应用研究的科研院所到任职于中国核工业集团对外工程公司，他适时转换角色，不断开拓事业和人生的新境界。

临近古稀之年，他再次华丽转身，全身心投入医用核微堆建设和应用研究，为人类抗癌事业孜孜以求，研制出世界首个

“医院中子照射器”，使中国在硼中子俘获疗法领域大步跨入国际先进行列。老骥伏枥，志在千里，一生为“核”的他，仿佛实现了科研生涯的裂变，获得超凡能量，让88岁的耄耋之年迸发出科研的青春与热情，放射出璀璨的生命光华。

他就是中国工程院院士、核反应堆工程专家周永茂。冬日一个阳光明媚的午后，北京西直门外大街首建金融中心大厦六层的一间会议室，我们与周永茂相对而坐，倾听他约一个甲子勤奋攀登的科研故事，感受他科技报国的炽热情怀。

填补空白 期待推广

“你们上午实地进行了探访，可以看到，它使用的是名副其实的微堆，体积很小，结构很简单。更重要的是，堆芯核燃料浓缩铀的浓度只有12.43%，可以确保安全。在医院找个安放的空间很方便，完全有条件成为门诊治疗项目。”一落座，周永茂就询问起本报前科调研调研组一行当日上午探访“医院中子照射器”的情况，并饶有兴致地阐释起其特点和优势。“医院中子照射器”是周永茂最近十多年的心血之作。为此，他不仅费尽心力，而且把所得的香港何梁何利科学与技术进步奖金全部拿出来做起步研究费用。

“您当初为什么下这么大决心，志在必得？”对此，周永茂回答说，核能如果利用好，就是造福人类的天使，不仅可以为人类提供丰富的能源，而且为癌症治疗开辟了路径。从居里夫人发现放射性及其后的种种应用开始，核医疗特别是硼中子俘获疗法在一些发达国家和地区发展突飞猛进。中国每年癌症发病率较高，但是此前一直没有专门用于硼中子俘获疗法的核装置，他作为核反应堆工程专家，多年来致力于微型反应堆研究，有技术能力、有责任为国人在此领域做出贡献。

周永茂研究发现，国外中子源是几百到上千万功率的大中型核反应堆，用于临床治疗很不便。他凭借多年微堆研究经验，下决心不仅要研制出中国自己的硼中子俘获疗法核装置，而且要体积小、造价低、操作方便，可供医院临床使用，使中子俘获疗法惠及普通患者。经过十余年艰苦奋斗，在包括中国工程院院士、时任天坛医院院长王忠诚等十多位院士的鼎力支持下，一座30千瓦功率、具备两条治疗中子束、配设现代分析仪器的“医院中子照射器”终于在2010年建成，填补了国内空白，并于2012年摘得中国核能行业协会科学技术一等奖，2013年获评“中国十大核科技进展”之一。

回顾“医院中子照射器”研制和实验之路，周永茂感慨其中的艰难，在缺少有关方面统筹协调和支持的情况下，他只有积极争取科学界的支持和襄助，进行跨学科、跨行业的合作和攻关，充分利用自己多年在业内的影响力，千方百计调动和整合资源。此外，他还要克服资金不足的困难，自掏腰包无疑是杯水车薪，为此，他只得四处寻求支持。“有志者事竟成，国家卫生健康委前不久进行调查发现，中国不仅有了用于硼中子俘获疗法的自主知识产权的核装置，而且实现小型化并已用于临床实验了。”周永茂自豪地说。

对“医院中子照射器”的临床实验情况，周永茂坦言有喜有忧：喜的是，从目前为止进行的几例恶性黑色素瘤患者临床治疗来看，效果都非常好；忧的是，获正式运营许可可以来约5年间，仅治疗数例，距离其发挥应有的效能相差太远，也严重制约该领域进一步创新发展。“期待国家卫健委能尽快制订出台有关以硼中子俘获疗法抗击癌症领域的总体规划，推动相关技术和装置临床应用，满足患者的需求。中国在核技术和医疗水平方面整体实力雄厚，



只要统筹安排、协调推进，我认为5年内，就可以实现领跑。”周永茂信心十足地说。

钟情微堆 国际领先

周永茂对中国硼中子俘获疗法治疗癌症技术的信心，在很大程度上来自对中国小型核堆技术水平的认知。“医院中子照射器”应用的就是微堆技术，而中国微堆技术在国际上处于公认的领先地位，以周永茂为代表的中国核能专家经过多年努力，不仅在国内建成系列微堆，而且在国际竞争中胜出，产品打入海外市场。

对于中国微堆技术取得国际领先地位的原因，周永茂的解释是，一方面是被逼出来的，另一方面得益于一些中国核能专家研究重点转向微堆。他解释说，上世纪80年代，中国受制于经济实力等方面的因素，不得不放弃一些大型核能项目的研究和建设，转而研究微堆，他本人当时就受命领衔微堆研制工作。通过对比，他发现，所谓微堆就是自己之前设计的高通量工程试验堆的缩小版，建设这类反应堆对他而言没有困难。于是，他带领团队开始微堆建设。令他没想到的是，他们的微堆建设工作引起了时任国际原子能机构总干事布利克斯的关注，施工期间，布利克斯曾3次来华亲临现场查看并给予热情鼓励。

1984年，周永茂主持研制成功具有自主知识产权、固有安全性、无人照料运行的民用微堆。该堆之后实现产业化，在国内建了4座。凭借优异的性能和技术创新，该型微堆荣获1987年国家科技进步一等奖。周永茂荣获国家级突出贡献中青年专家称号，摘得2000年何梁何利科学与技术进步奖。

“我们还实现每年出口一个微堆，连续出口5年。中国微堆赢得了国际口碑。”周永茂回忆说。

在微堆建设过程中，周永茂不知不觉地深深爱上了它。他说，微堆有大型堆诸多不可比拟的优点，比如固有安全性、建设周期短、资金投入少等。但是他同时强调，微堆建设要解决好一个问题，那就

人物小传

周永茂，1931年出生，核反应堆工程专家。浙江省宁波市镇海区人。1955年毕业于上海国立交通大学。毕业后进入北京中科院物理所（现名为中国原子能科学研究院），长期在科研第一线从事设计、研究和建设工作。周永茂参与首座核潜艇反应堆的设计，为中国第一代核潜艇选定了双流程堆芯方案。之后受命组建中国首个核燃料元件试验研究组，开展了包括金属铀芯在内的多种堆用元件考验。国防工业大三线建设时期，周永茂带队进入四川，协助完成中国首座高通量试验堆的设计与建造。改革开放后，他主持开发出微型中子源反应堆，转向民用微堆领域。本世纪初，周永茂主持开发中国首座中子俘获疗法专用的新型核装置——医院中子照射器，之后实施了中国首例黑色素瘤患者的临床试治。周永茂曾获得全国科学大会奖、何梁何利基金2000年度科学与技术进步奖，两次获得国家科学技术进步奖一等奖。1995年，他当选为中国工程院院士。

是必须把浓缩铀的浓度降到足够低，确保安全。“布利克斯之所以特别关注我们当时进行的微堆建设，可能是因为国际原子能机构注意到微堆在民用方面的独特价值和优势，想深入了解中国在此领域的技术水平。”周永茂说。

“医院中子照射器”是中国微堆发展的一个里程碑，成功实现了一系列技术突破，而大幅降低反应堆浓缩铀的浓度至12.43%即是其中之一，为大规模应用和推广奠定了坚实基础。

响应召唤 奉献核武

如果说从事民用微堆研发和建设，致力于“医院中子照射器”研制、应用和推广是周永茂出于个人科研兴趣的主动选择，那么从事核潜艇研制则是其响应祖国召唤、无条件服从国家需要的结果。1958年，在党中央批准了核潜艇研制工作后，周永茂所在的研究所有3名科技人员被挑选组成调研组，参与核潜艇的早期调研与设计，而他就是其中之一。由此成为中国第一批研制核潜艇的科技人员。

1958年11月，中国海军方面组织了一个出访苏联的代表团，争取该国在核潜艇研制方面给予支持。8月，周永茂接到命令，在1个月内为代表团准备好核潜艇设计图纸。虽然中国此前从未涉足核潜艇领域，没有任何可供参考的资料，但周永茂硬是凭着之前留苏时完成小型沸水堆核电站的毕业设计的一些记忆，如期完成了

任务。代表团访苏回国后，有关方面确定了“大温差、小流量”的核潜艇双流程堆芯结构设计。虽然中国三年经济困难时期，核潜艇项目一度“下马”，但周永茂心里却不曾放下，坚持研究。1965年，核潜艇项目重新启动，1970年，中国自己研制的第一艘核潜艇成功下水。“我们研制的第一代核潜艇服役了很长时间，直到近两年才被第二代核潜艇替代。”周永茂说。

“亚洲第一堆”——49-3高通量反应堆是中国核能领域的一座丰碑，周永茂功不可没。被委以重任后，他二话没说，带着120人的工程设计队伍奔赴四川。1971年3月，工程正式破土动工，在条件十分艰苦的“大三线”，他们开始了建设工作。由于长时间、高强度、高压工作，周永茂的身体亮起了红灯。“我在四川搞高通量反应堆奋战多年，每天工作都很紧张，劳动强度很大，身体终于吃不消了，心脏出了问题。”周永茂回忆说。不得已，他只得返回北京。功成不必在我，1979年12月，49-3高通量反应堆达到首次物理临界，1981年12月，该项目通过了国家验收并正式投入运营，“亚洲第一堆”由此载入中国核工业发展史。

如果从开始参与核潜艇研制算起，周永茂从事核能事业已约60年。弹指一挥间，一个甲子岁月悄然流逝，中国大地历经沧桑巨变，而他依然坚守着那颗为国为民的初心。今天，他正奋战在用核能抗击癌症的国际科技最前沿，一身戎装，风雨兼程。

链接

硼中子俘获疗法 (BNCT)

硼中子俘获疗法 (BNCT) 是一种选择性杀伤肿瘤细胞的二元放疗靶向治疗新技术。其原理是：为患者注射硼化合物携带剂，可裂变的硼元素选择性富集于肿瘤细胞，受到中子束照射后发生俘获反应，释放出能量高、射程短的相关粒子和离子，从而精确破坏单个肿瘤细胞，对相邻的正常细胞损伤较小。

1936年，一位美国科学家首先提出中子俘获疗法 (NCT) 原理，为 BNCT 治疗癌症提供了理论基础。目前，日本、美国等的 BNCT 技术都进入临床水平，但其所用中子源均为几百到上千万功率的大中型核反应堆，难推广到医院实施。而中国开发的“医院中子照射器”体积小、功率低、造价低、操作方便且安全性强，是世界首台专为 BNCT 提供中子源的核装置，适合医院使用。

国产便携式测波雷达 支撑蓝色经济

陈佳佳 王志宇

海浪观测对于海洋工程建设、海洋开发、海上航运、海洋捕捞及养殖等活动有重要意义，对波浪信息规律的观测总结有助于判断灾害发生和环境变化。传统的波浪测量系统的观测方式有纯人工目测法、光学测波仪法、海浪浮标观测仪法、地波雷达测波观测仪法。

针对传统观测方式的弊端，中国航天科工集团二院23所下属广通公司研制了一款便携式测波雷达，可不受天气影响，24小时实时测量提取浪高、海浪方向等数据，为海洋信息要素观测提供帮助。

近期这款雷达在舟山群岛完成了近岸海洋观测实验，经过与国际通用的“波浪骑士”海浪浮标对比测试，精度超过传统遥测手段。

一般观测海浪的设备体积、重量都很大，23所的便携测波雷达，体量上大大精简，是国内目前尺寸最小的微波遥感测波装备，可以手提，便于安装在岸边高处、船舶桅杆上，系统拆装方便，还支持电池工作。因为基于毫米波技术直接测量，测量精度高，数秒内就可实现海浪的波向、波高和周期数据更新一次，相比海浪观测站人工观测一个小时更新一次，数据更新率更高。

海浪观测站等海洋信息研究单位，通过对每年不同时间、季节的波浪流向、大小、潮位等信息采集，可以帮助判断自然灾害、海洋环境变化等。短期的波浪信息数据收集，还可有助于判断近期有无海洋自然灾害发生的可能。相关海洋信息观测设备的精进，有助于帮助发现判断海况，研判自然灾害的发生，护航船只、无人艇的安全行驶及海上作业的安全进行。

收购国际知名出版机构 中国科传加大“走出去”力度

本报电 近日，中国科技出版传媒股份有限公司（简称“中国科传”）与法国物理学会、法国化学学会、法国光学学会、法国应用数学与工业学会4家学会在法国巴黎举行了收购Edition Diffusion Press Sciences SA（简称“EDP Sciences”）100%股权的签约仪式。

中国科传董事长林鹏在签约仪式上表示，未来将充分利用好EDP Sciences这一国际出版平台，提升EDP Sciences以及中国科传的整体效益，加快中国科传国际化发展步伐，为推动中法科技文化交流做出积极贡献。

EDP Sciences是法国一家历史悠久的科技出版机构，由诺贝尔物理学和化学奖的获得者玛丽·居里夫人、波动力学的创始人路易·德布罗意、诺贝尔物理学奖获得者让·巴蒂斯特·皮兰等世界杰出科学家于1920年共同创立。EDP Sciences年出版科技期刊75种，其中英文期刊58种，法文期刊17种。

本次收购是中国科传实施国际化战略的重要一步，也是中国科传推动世界一流科技期刊建设的重要创新举措。股权交割完成后，EDP Sciences正式成为中国科传全资二级公司。未来中国科传将充分发挥EDP Sciences这一国际化出版平台作用，集聚国际化优质内容资源、作者资源、市场资源及渠道资源，不断提升国际传播力和品牌影响力，为中国科技文化“走出去”做出贡献。（柯吉）

云南石林

彝族老人传刺绣绝活儿



云南石林彝族自治县的65岁的彝族老人毕跃英自幼就跟着家人学习彝族刺绣。作为国家级非物质文化遗产传承人，她常常到各地参与非遗宣传活动。

图为近日，她在石林彝族自治县民族中学，指导学生学习刺绣。新华社发

山西闻喜

“明天计划”关爱儿童健康



近日，山西省闻喜县民政局、县慈善总会和县儿童福利与保护服务中心工作人员为孩子们赠送“温暖包”与经典书籍。该县相关部门联合开展“实施‘明天计划’ 关爱儿童健康”活动，坚持把“明天计划”项目作为一项重点民生工程，邀请当地三甲医疗机构为160余名儿童进行心电图、胸透等15项全面体检，并给孩子们发放了“温暖包”和读物。（刘佳）



2009年12月7日，“医院中子照射器”进行物理启动。图为周永茂在为反应堆启动添加第一次水。资料图片

二〇一四年九月八日，周永茂看望接受“医院中子照射器”治疗的首位患者，其黑色素瘤病情经治疗显著好转，该患者之后回到岗位并工作至今。资料图片