

## 周永茂：从核潜艇到核医疗的硬“核”人生

K 院士口述·大国底气背后的故事

◎本报记者 张盖伦 陈瑜 吴叶凡

93岁的中国工程院院士周永茂仍在上班。以前，他都是上午去中国中原对外工程有限公司的办公室办公。近年来，他腿脚越发不便，在食堂就餐时怕跌倒，就改成了吃过了午饭再去公司，然后工作到下午4点半。

周永茂每天要看好几种报纸、阅读文献，偶尔和人开会。由于必须借助放大镜阅读，因此他的桌上放了不同倍率的放大镜，有5倍、10倍、30倍的，有固定的，有手拿的。

3个小时的采访中，他时而激情澎湃，讲述核能的无限应用潜力；时而忧心忡忡，直言中子俘获疗法的现状有待改进。

从核潜艇到高通量反应堆，从微堆到医院中子辐照装置，从被动接受国家任务到主动蹚一条难走的路，周永茂的科研生涯一直围绕核展开。

## 转行核物理研究

1955年，中国核工业起步。钱三强先生到全国高校遴选优秀毕业生，为核事业充实人才。上海交通大学的10名应届毕业生入选，机械制造专业的周永茂，就是其中之一。

周永茂从上海到了北京，来到位于中关村的中国科学院物理研究所（1958年改名为中国科学院原子能研究所）。不过，刚到的时候，他心里也隐隐犯嘀咕，不知道机械专业能为核物理学做些什么。

在欢迎会后，钱三强特意把学机械和电机的年轻人单独叫到一个房间，开了个座谈会。周永茂记得，他们进去的时候，钱三强的夫人何泽慧就在边上削苹果。“我们那时也不认识何泽慧，她削好苹果给我们，我们就吃。”

钱三强开门见山，说很高兴能有搞工程的学生来这里。他问：“现在普通的电机轴承，1分钟转几次？”同学们答：“1500转或者3000转。”钱三强接着说：“分离铀-235同位素的离心机轴承1分钟要转几万次，需要你们承担这个任务！”

原本迷迷糊糊的“外行人”周永茂，此后迅速投入原子能事业中。工作越深入，他越理解核能的发展需要工程技术和物理化学人员密切配合。

1956年，经过严格选拔，周永茂被选派去苏联进修。

来到苏联后，周永茂将全部时间投入到学习中。语言不通，专业不同，但在1年时间里，在莫斯科动力学院核动力装置专修班，周永茂修完了热传导学、物质结构学、中子物理学与堆物理计算等10门课程。在苏联期间，他还任世界上第一个5000千瓦核电站实习了1个月，并去了杜布纳联合核子研究所参观。

苏联的进修经历，让年轻的周永茂认识到，核能的应用潜力无限。他也就此确立了一生的规划——投入核事业，投入这个在中国刚刚起步却充满生机的事业！

## 设计核潜艇反应堆

从苏联回国后，周永茂进入中国科学院原子能研究所工作。1958年，他接受了

一项绝密任务——设计核潜艇核反应堆。兴奋和不安的情绪，交织在周永茂心头：如此重大的任务，能参与进来，无比光荣；但心里没底，潜艇是怎么回事都不清楚，更何况核潜艇。

“虽然有困难，但我相信都能逐步解决。只不过有的困难解决得快一些，有的解决得慢一些。”没有老师指导，没有经验可借鉴，周永茂记得，他大部分时间都在中国科学院原子能研究所的图书馆找微缩胶卷。

“这就是我的学习方式。”周永茂比出一个方格的大小。微缩胶卷上，记载着有关部门搜集到的和核潜艇有关的知识。那时，他拿着放大镜，在胶卷中慢慢寻找，仔细琢磨。

“越看越有味道，核潜艇其实就是船艇加核动力反应堆。”当时，美国推出了一艘核动力商船，虽然没有具体参数和细节，但是能知道它的大概模样。“这给了我们一些启发。”周永茂说。

不过，当时中国的工业生产能力有限，不可能照搬美国“小温差大流量”的设计。周永茂解释，温差，指的是反应堆内的进水温度与出水温度之间的差异。“小温差大流量”方案对水泵要求太高，基于当时中国的工业生产水平，这种水泵制造起来相当困难。

所以，他们又参考苏联“列宁”号原子能破冰船，采用“大温差小流量”设计。周永茂作为设计组组长，确立了“双流程堆芯方案”。

这一方案，在我国第一代核潜艇中一直沿用。

“这是一个笨办法。”周永茂坦言。为了实现大温差，冷却剂要在反应堆中来回循环两次。但循环两次，就带来了更多技术上的困难。一旦出现泄漏，就是重大事故。

周永茂自认，那是一个有风险的设计，一个没有办法的办法。但从设计到制造，每一个单位在每一个环节都严谨细致，全心全意投入，保障了方案的成功。

在设计核潜艇时，还有一段对周永茂来说是“极限挑战”的经历。

那是1958年9月中旬。1个多月后，中方要派海军代表团访问苏联，希望届时拿出一个核潜艇的谈判提纲。

当时的核动力设计组负责人赵仁恺找到周永茂，要他1个半月内完成核动力装置反应堆构造全图设计，并撰写简要说明书。

赵仁恺给周永茂安排了一间画室，里面有一张长条桌子。每天除了吃饭和基本的休息，周永茂的全部时间，都在那间画室度过。

临近国庆，每天晚上，窗户外都传来喜庆的音乐。热闹是别人的，他只能与参考书籍、笔、尺和橡皮做伴，没日没夜地计算、画图。

10月7日清晨，周永茂完成图纸后睡得迷迷糊糊，听到有人敲门。他本不想理会，但敲门声越来越响。

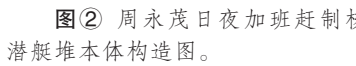
打开门一看，是赵仁恺。周永茂指了指桌子说：“反应堆的图已经画好了，就在那里。”

此时距周永茂接到任务，仅过去了3个多星期。这是周永茂画的第一张核反应堆全图，也是我国第一张压水堆图纸。

赵仁恺看了图，觉得不错，让周永茂继续睡。“我从7号早上一直睡到8号晚



图① 周永茂在莫斯科动力学院进修核能。



图② 周永茂在微堆上进行中子活化分析。



受访者供图

上，中间没有醒，也没有吃饭。”周永茂说，他太累了。

## 钻研中子俘获疗法

1963年，周永茂离开潜艇核动力设计组。此后，他接受了一系列新任务：20世纪70年代，作为主要技术负责人之一，参与设计我国高通量工程试验反应堆；80年代，主持研制成功具有自主知识产权的民用微型堆；90年代，承担中国援助阿尔及利亚建造重水研究堆工程的技术管理工作……

对于国家任务，周永茂总是尽心尽力。进入人生的下半场后，他选择了继续“奔波折腾”，投入到医院中子照射器的研究中。

“这个项目，比我搞哪个国家科研项目都费劲！”这位90多岁的老人手一挥，语气略带无奈。

早在1955年，在周永茂还对核能没有那么清晰认知的时候，就曾被安排观看了电影《居里夫人》。

那部电影给周永茂留下了很深的印象。电影里，居里夫人因为长期从事放射性物质研究，手上的皮肤发生溃烂。她的先生居里说：“如果射线能破坏好的皮肤，那能不能也破坏恶变的组织？”

这句话，是一个引子，也是一个伏笔。几十年后从事医院中子照射器的研究，周永茂回答的就是“射线能否破坏恶变组织”之问。

20世纪90年代起，中子俘获疗法（以下简称“BNCT”）在一些发达国家和地区得到发展。这一疗法的基本原理，是给患者注射一种易被癌细胞吸收的含硼特殊化合物，当化合物聚集到癌细胞中后，再用中子束进行照射，与进入癌细胞的硼发生反应，将其杀灭。该疗法具有靶向性强、精确度高、癌细胞杀伤效率高，同时又不损害正常细胞的特点。

同一时期，在查阅文献了解到BNCT后，周永茂一头扎进了这一领域。他想研制中国人自己的硼中子俘获疗法专用核装置，为老百姓做些什么。

不过，这不是国家项目。为了寻求资金与合作，周永茂奔走呼吁，也曾四处碰壁。后来，还是一家民营企业入局，解了资金之困。

周永茂还多次为BNCT装置自掏腰



包。2000年，周永茂获得何梁何利基金科学与技术进步奖，有20万港币奖金，够他为全家换一间宽敞点的房子。但周永茂还是把奖金全部贡献给了BNCT装置：一部分请人计算医院中子照射器束出口强度，另一部分请日本有经验的专家来华提供咨询。

2010年，周永茂终于牵头开发出我国大陆首台具有自主知识产权的医院中子照射器；2014年，这台照射器迎来了首位患者——湖南司机老吴。

老吴的左脚长了黑色素瘤，那时已经无法行走。若用传统疗法，必须截肢。

患者就医的中南大学湘雅三医院，正是和周永茂共同开展BNCT研究的合作单位。经过严格审核和评估，老吴成为中国第一个接受医院中子照射器治疗黑色素瘤的志愿者。

老吴接受中子照射治疗时，周永茂全程在场。

3个月，老吴再次来到北京，走、跳、跑，一如常人。周永茂告诉记者，看到老吴重新走路，是他科研生涯中最有成就感的一幕。

但费了大量心血建成的医院中子照射器，在投运的10年间仅试治了3例癌症患者。在这一照射器的管理运行机制上，还存在诸多难题。

而全国的BNCT发展情况，和国际上相比也依然滞后。“我国的BNCT研究，现在就是一盘散沙。”周永茂直言，国外的BNCT项目都是在国家统筹规划下进行，但我国仍处于“放任自流”的状态。

讲到这时，虽然采访已经进行了两个多小时，但周永茂没有感到疲惫，继续恳切而郑重地说道：“我想请你们记者呼吁，请有关方面重视此事！”

周永茂强调，BNCT研究应纳入国家科技发展规划。这是一桩涉及人民健康的大事，需要医院主导运作，更需要国家资金投入，对核行业加以引领。

BNCT的未来，是挂在周永茂心头的一块重石。他盼望着重石落地的那一天。



扫一扫  
听院士讲述大国  
底气背后的故事

“流量密码”，引领读者在旅行中虚实融合，打破想象与现实的“次元壁”。可以说，这是一种追求与文学“共鸣”的旅行，读者在沉浸式体验中获得深刻的情感共鸣。这种感性体验也重塑了他们对地方文化的认同。行走于文学作品中描述的土地，读者从局外人转为与地方文化共鸣共生的鲜活主体。通过真实体验，个体与作品中的文字不再割裂，而是被唤醒文化记忆，产生深刻认同。

以文促旅，以旅彰文，文旅融合的意义便在于此。景区所承载的是中华大好河山的自然风光，更是泱泱大国源远流长的民族文化，传承与传播文化是文旅活动的“天赋”，若想将其最大化，就离不开文学等优秀文化作品的活化赋能。《水浒传》于龙虎山，正如《长安十二时辰》于西安，网络文学正成为带动并赋予文旅价值的新载体。

如尼葛洛庞帝在《数字化生存》中所言：“我们已经进入了一个艺术表现方式得以更生动和更具参与性的新时代。”数字时代，网络文学将众多美景带到读者眼前，山河画卷赋予了新的生命，让读者“身体”和“灵魂”的双重旅程交织互动。

让我们一起跟着网文去旅行，重新发现文学和生活、虚构和真实在特定地点里的共生吧。

（作者系中央民族大学民族学与社会学院副教授）

◎申进科

第15届中国国际航空航天博览会日前在广东珠海落下帷幕。本届航展集中展示了我国航空航天和国防科技领域的尖端技术及创新突破。

我从事人民空军外宣工作13年。这13年间，我亲历了第8届至第14届中国航展。见证了歼-20、运-20在中国航展上首次公开亮相；传播了歼-20、运-20和轰-6K 警巡东海、战巡南海、砺兵台湾的新航迹；见证了初教-5、歼教-5、歼-6等3型“功勋军机”在珠海上空的传奇复飞。

## “双20”致敬先烈

天地英雄气，千秋尚凛然。

在第14届中国航展新闻发布会上，我向大家展示了一张强军主题海报《大国重器“双20”列阵长空告慰国家先烈》，给记者们讲了这张海报背后的故事，以及其中的两个细节。

一个细节是，2022年9月16日空军执行接迎志愿军烈士遗骸回国任务时，歼-20和运-20三机编队，冒着台风带来的雷雨和积冰，从11000米高空穿云破雾，机动下降至200米低空，为的是让烈士们近距离“看看”机翼下伟大祖国的锦绣河山。另一个细节是，运-20飞机上有一段空中广播，是运-20机长庞荣奇面对志愿军烈士遗骸说的。看烈士们听不见，但我觉得烈士们听得见。志愿军烈士的战斗英姿，就在我们眼前。他们的血脉在传承，他们的精神一直激励着我们奋斗强军、高飞远航。

那天，执行护航任务的歼-20长机李凌和歼-20僚机高积中，在一个红色纸飞机上签名。后来，歼-20总设计师杨伟院士和歼-20首飞试飞员李刚也在纸飞机上签名留念。我一直保留着、珍藏着这个红色纸飞机。

大国重器致敬国家先烈。这几年，空军运-20飞机多次赴韩执行接迎志愿军烈士遗骸回国任务，空军歼-20飞机在我领空全程护航；空军运-20飞机飞越高原，专程护送新时代卫国戍边英雄遗体，展现尊崇英烈的大国意志。

## 白色烟带长空追思

飞行，是勇敢者的事业，是光荣神圣的事业。在京郊小汤山，空军英烈墙上镌刻着1800多个鲜红的名字，每一个名字就是一个英雄故事。其中，有保家卫国的空战英雄，有科研试飞的蓝天勇士，有舍身为民的长空英烈……他们用生命诠释了对党、对祖国、对人民的无限忠诚。

2021年9月30日，是我国第8个烈士纪念日，正值第13届中国航展举办。当天，航展新闻发布会主题明确为：缅怀英烈、致敬英雄、告慰先辈、奋飞前行。在航展上进行飞行表演的空军八一飞行表演队和红鹰飞行表演队，把“拉彩色烟带”改为“拉白色烟带”，以庄严肃穆的空中礼仪缅怀先烈，以人民空军特殊方式致敬英烈。

白色代表着思念，寄托我们对革命先烈的敬仰与追思；白色代表着圣洁，昭示着民族尊严不容亵渎、祖国领空不容侵犯；白色代表着使命，承载着空军官兵赓续血脉、矢志空天、报效祖国的坚定信念。

歼-10表演机“拉白色烟带”追思英烈和战友，空军八一飞行表演队早在参加迪拜航展时就有过一次。

2017年11月12日，是八一飞行表演队女飞行员余旭烈士牺牲一周年。这一天，八一飞行表演队在迪拜航展开幕式上首次亮相。为了表达对战友余旭的深切悼念，表演队特意将特技飞行展示中拉出的彩烟换成了白烟。

余旭是中国第一位歼-10战斗机女飞行员。余旭的故事令人悲伤动容。她不幸牺牲的消息，是我以空军新闻发言人的身份，向全世界发布的。

我记得，余旭第五次走进空军新闻发布活动，是2016年11月1日，第11届中国航展的开幕日。按计划，余旭是航展开幕的第二天飞行，我请她向记者表达一下心愿，她说：“空军的自信和担当，也教会我不负空军的期望，不负观众的期望。”航展上，余旭驾驶战鹰的飒爽英姿给人留下深刻印象。这个与观众亲切合影、交谈的邻家女孩，也让无数人被中国空军“圈粉”，被飞行员“圈粉”。没有想到的是，这是余旭生前最后一次公开亮相。我们珠海机场一别，竟然是最后一次见面。余旭的朋友圈，永远停在了她牺牲的前一天2016年11月11日。《人民空军，67岁生日快乐！》是她更新的最后一条朋友圈信息。

（作者系中国空军首任新闻发言人，本文由本报记者张强整理）

## 《天下宋城》在京开售

科技日报讯（实习记者董韩梓）日前，由住建部直属机关报钟书阁编辑撰写、中国建筑工业出版社、中国城市出版社联合出版的《天下宋城——千年文脉溯源及嬗变》在京开售。

该书精心遴选开封、杭州、绍兴、扬州、苏州、福州等20座宋韵名城，以细腻笔触讲述宋城故事、勾勒古建风貌、寻觅千年文脉，不仅让古城和古人“活起来”，更让优秀传统文化“火起来”。

注重知识性见物尤重人，该书不仅细致解读了具有代表性的宋代历史文物、建筑遗存等，还立体呈现并精准点评了苏轼、宋徽宗、王安石等历史人物。

全书采用散文、随笔的写法，夹叙夹议，以点带面，将历史史实、知识典故、诗词歌赋等穿插其中。精选宋代书画、宋瓷、宋版雕刻插图200幅，为读者展现出可视可感的宋韵名城。

中国工程院院士、建筑设计大师张锦秋在序言中评价：“该书对建筑的描写尤为精彩，是带有文学气息的，让人眼前一亮。”故宫博物院学术委员会主任单霁翔在序言中写道：“品读该书宛若推开一扇穿越千年的时光之门，希望此书可以点燃更多人对中华优秀传统文化的炽热之情。”

## 网络文学实现文旅再生式传播

◎王旭辉

近年来，网络文学频频跨界“出圈”。其更新快速、题材广泛、形式多样的特点，能不断产生吸引公众的新内容，将文化资源转化为文旅商机。文旅部门也把握文旅消费升级新趋势，正将网络文学IP优势融入本地旅游场景中，着力打造沉浸式体验展、IP主题乐园、IP主题酒店等兼具文化特

色、沉浸感、互动性的文旅新业态新场景，不断满足游客需求，提高主题文旅项目的社会价值和经济效益。如小说《长安十二时辰》在网络化传播与影视化改编之下，成为知名潮流文化IP。2022年，西安更是打造了大型沉浸式实景旅游景区——长安十二时辰主题街区，成为当年全国最火热的旅游景点之一。

文旅融合由来已久，人们因旅而文，亦因文而旅。如今，诗与远方不再是独属

于文人墨客的雅致，而是大众对于美好生活的普遍追求。在数字媒介时代，网络文学崛起及IP化展现了新的传播特征，数字化的文化空间勾连“屏幕”与“旅途”，助力文学打开时空之门，走进文旅地点。然而，在“一屏万卷”的数字时代，我们得以在字里行间“一日看尽长安花”，又为何还渴望在现实生活的旅途中寻遍笔墨情致中的山河画卷？

如果说阅读文学作品是读者与某片土地的对话，而旅行则是这场对话的身体力行。作者在文学作品中所描绘的风景、历史和文化，早已在读者心中种下了好奇与渴望的种子，而当读者踏上书中描绘的那片土地，当纸上的风物跃然眼前，读者便仿佛真切地穿入了小说的世界。

数字媒介时代，数字传播赋予了文学前所未有的“可见性”，使其在读者的评论、分享等二次创作中，通过平台和网络迅速扩散，使特定文旅地点获得新的文化内涵，实现文旅的再生式传播。

在数字技术可供性之下，网络文学成为赋予旅行意义的文化介质，与影视“联姻”所带来的媒介想象力则深化了景点的文旅意涵，所形成的文化IP化身成为景区



西安市长安十二时辰主题街区内的演出。  
视觉中国供图