

2020年度国家最高科学技术奖获得者王大中：

让核能安全固若金汤

本报记者 余惠敏



王大中与妻子高祖瑛在清华大学核研院建院60周年纪念碑前合影。

(资料图片)

今年86岁的王大中院士，是一位瘦削而谦和的老者。在他的带领下，清华大学核能研究团队历经几代人，勇攀核能安全利用高峰，将“固有安全”的核反应堆，从外国人眼中的“神话”概念，变成中国人手下的“现实”杰作！

“科研如登山，过程充满困难、挫折和风险。克服这种困难需要有悟性、勇气和韧劲。”作为国家最高科学技术奖获得者，王大中表示，“科研工作崇高的事业，值得用一辈子去追求和奋斗”。

韧劲：自强不息的奋进

在王大中看来，韧劲就是遇到挫折时，坚韧不拔、百折不挠的劲头。

这种韧劲，使他在少年时代崭露头角。

他年少时在天津读书，南开中学是他从小向往的名校。但1947年小学毕业时，因天降大雨错过了南开中学报名时间，只好先进入别的中学读书。1949年3月南开中学招插班生，王大中已读到初二下学期，得知消息后马上报考，获得录取。

1953年，王大中报考清华大学，进入机械系学习。为了发展中国原子能事业，清华大学1956年成立工程物理系，从校内选拔一批优秀学生转入该系，品学兼优的王大中首选入围。

王大中在彭桓武、朱光亚等大师的课堂中体会到了物理世界的玄妙，又在介绍核电厂的科教片中感受到核工程的宏伟，由此树立自己的科研志向，在高分级专业时选择了反应堆工程专业。

这种韧劲，使他在青年时代融入集体。

1958年，王大中毕业留校。当时清华大学提出自行设计建造2000KW(千瓦)屏蔽试验反应堆。方案得到国家批准，基地选址燕山脚下。

17个供应系统，数千个机器零部件，几百台仪器设备，20万米管线……技术上所有人都很陌生，屏蔽试验反应堆的设计和建造对于当时一穷二白的新中国来说，是一项异常艰巨的任务。研发团队平均年龄只有23岁半，没人见过真正的反应堆。师生们在吕应中教授的带领下，从做“马粪纸”工程模型开始，用几十台手摇计算机进行设计计算，经过6年奋斗，于1964年成功建成反应堆。在这个坚韧的集体中，王大中既参与了物理设计、实验、调试运行，又做模型、挖地基、搬砖头，经受全面锻炼，成长为具有工程实践经验和战略思维的带头人。

这种韧劲，使他在中年时代放眼世界。

1980年秋，45岁的王大中在德国洪堡奖学金资助，赴德进修。他先在弗赖堡的歌德学院学了4个月德语，次年1月进入联邦德国于利希研究中心，师从苏尔登教授。

这个超龄学生，很快就给“球床堆之父”苏尔登教授带来了惊喜。

王大中选择当时最前沿的“模块化高温气冷堆”方向，提出环形堆芯的新概念，将单堆功率从20万KW提高到50万KW。这一发明，后在德、美、英等国获得发明专利权。他以此成果写出90余页德语论文，以全优成绩通过答辩，于1982年9月获得联邦德国亚琛工业大学自然科学博士学位。

短短两年，学会一门陌生的语言，并在以严谨著称的德国大学里拿下博士，王大中的韧劲创造了一个小小的奇迹。而未来更大的奇迹，



1989年11月，王大中(左一)宣布5兆瓦核供热反应堆启动运行成功。

(资料图片)

也于此萌芽。

悟性：“固有安全”的实践

让王大中拿下博士学位的模块化球床高温气冷堆研究，成为他此后一以贯之的研究方向。这种核反应堆的最大优势，是可以实现核反应堆的“固有安全”！

“固有安全”概念最初于1956年由美国著名核科学家泰勒提出：要使公众接受核能，反应堆安全必须是“固有的”。他还提出一个验证实验：抽出所有控制棒！抽出所有控制棒而堆芯不熔毁，设计才足够安全。

纸上谈兵易，真刀真枪难。固有安全是核安全终极目标，但实际从未实现，没人敢做抽出所有控制棒的实验。

1982年10月王大中回国，不久被任命为清华大学核能所副所长，1985年任所长，在1991年核能所改为核研院后又任院长至1993年。1994年王大中担任清华大学校长职务，但仍兼任核研院总工程师至2007年。

实现核能安全目标远大，考虑到现实可行性，王大中以“跳起来摘果子”的原则来设定阶段目标。“目标过高或过低，只能无功而返或达不到预期成果；跳起来摘得着，才是适度的高标准，设法使自己跳得高一些，摘到果子后，再瞄准新的高度。取度合适，才能实现勇于创新与务实求真的结合”。

第一个台阶，5MW(兆瓦)一体化自然循环水冷堆，非能动安全。第二个台阶，10MW高温气冷堆，固有安全。王大中择定的这两条技术路线，完成后分别占领了核能安全领域低温堆和高温堆两个方向的制高点，实现了领跑世界的创新。

勇气：无人区里的跋涉

改革开放之初，德、美、日的先进核能技术远远领先，而我国基础薄、投入少，缺乏人才和经验。面对巨大的实力差距，王大中毫无退意。

粒球形核燃料元件，制造难度极高。燃料球直径6厘米，包含8000多个四层包覆结构、直径0.9毫米的燃料颗粒，产品要经过严苛的质量标准检验，可耐受1600摄氏度高温，能把放射性物质牢牢包容在其中。

当时有人提出燃料球技术可从国外购买，王大中与团队经过反复研究，决定自己做。

从1987年到1990年，高温气冷堆球形燃料元件、球床流动特性、氦技术及氦设备等8项关键技术取得重要突破。1992年，国务院批准立项，在清华大学建设10MW高温气冷实验堆。它是世界首座模块化球床高温气冷实验堆，1995年动工，2000年建成，2003年并网发电。

他带领的团队创造了世界奇迹。

10MW高温气冷堆突破数10项核心技术，其中15项达到国际先进水平，在实验堆的规模上实现了固有安全，具有三大创新特性：一是模块化反应堆设计，二是自主研发耐高温陶瓷包覆颗粒燃料元件，三是实现反应堆不停堆在线换料。

2004年9月，国际原子能机构组织24个国家60余位科学家见证了“不插入控制棒下反应堆丧失冷却”的安全试验。2005年7月，在10MW高温堆上，成功完成了抽出所有控制棒且叠加不紧急停堆的实验。这是世界上迄今仅有的在实际反应堆上进行的此类安全验证实验，成功地验证了高温堆的固有安全性。

5MW低温核供热堆和10MW高温气冷堆分别获得1992年和2006年国家科学技术进步奖一等奖，王大中均为第一完成人。

使命：厚德载物的传承

以两座实验堆破解了核能安全的世界难题后，王大中定下新目标：从实验堆向工业规模原型堆跨越。他指导团队积极探索产学研融合之路，使先进核能技术成果获得了重大应用。

2006年“大型先进压水堆及高温气冷堆核电站”被列为国家16个科技重大专项之一，拟在山东荣成建设一座200MW高温气冷堆核电站示范工程，为发展工业规模的第四代核电技术奠定基础。新一代的清华核能人此时也已成长起来，王大中弟子张义被任命为高温气冷堆核电站重大专项总设计师。

今年9月12日，该示范工程首次实现临界，预计年内即可实现发电目标。

这是世界首座工业规模的模块化球床高温气冷堆核电站。通过示范工程的研发建设，我国形成了模块化高温气冷堆技术与产业体系，成为全球高温气冷堆的领跑者。

回首来路，创新充满艰辛。核能安全创新必须跨越现代核安全监管最严苛的超高门槛，这会导致人力和资金投入大量增加。三哩岛事故后，西方国家至今没有建成一座创新型的反应堆，主要原因就是无法跨越技术、工程与核安全审查门槛。看到中国的成功后，国际上的领军科学家曾感叹：“先进核能项目能否成功不在于谁更聪明，而在于谁更能坚持。”

从王大中考入清华大学算起，时光已过去68年。68年间，王大中实践着清华校训“自强不息，厚德载物”的精神，将为国争光的使命感传承给后来的清华人，锻造出一支知难而进、众志成城、能打硬仗的核能研究团队，走出了从跟跑、并跑到领跑世界的成功之路。

正如王大中所述：“科技创新是我们最主要的爱国方式。只要每个人都坚定信心，勇敢向前，我们的国家就会有无限光明的未来。”

大道至简，只需洞中肯綮

余惠敏

作为一名毕业证书上印着“王大中”签名的清华学子，我对老校长最深的印象是，他是一个纯粹的人。

1994年至2003年任清华校长期间，他常骑一辆旧自行车在校内穿行，吱呀作响的“校长自行车”是那时许多清华学子的集体回忆。

学校曾因基建落后出现洗澡难问题。1999年底，有同学给校长发邮件，调侃说要送一张澡票请他洗澡。澡票并没真送去，但王校长真来澡堂了。此后不到一年，浴室改扩建工作完成。

学生时代，王大中就是清华舞蹈队的活跃成员。2011年清华百年校庆晚会上，清华大学老校友舞蹈队和学生艺术团舞蹈队表演经典舞蹈《鄂尔多斯舞》，王大中看到老队友的表演，一时兴起，西装革履就登台加入，现场跳了一段。或许，正是王大中这样简单纯粹性情，才能做好先进核能工程这样繁难艰巨的工作。

好先进核能工程这样繁难艰巨的工作。

对于核电站，公众最害怕的是什么？是事故造成核泄漏。而固有安全的核反应堆，从原理层面消除了核电站的核泄漏风险，能彻底杜绝美国三哩岛、前苏联切尔诺贝利、日本福岛那样的核事故。

大道至简，只需洞中肯綮。

王大中抓住“固有安全”这个“肯綮”，坚持几十年，终于率领团队走出一条先进核能的康庄大道。

采访札记

1980年，在德国留学时的王大中。(资料图片)



人物小传

王大中，1935年生于河北昌黎。中国科学院院士，国际著名核能科学家、教育家。1958年毕业于清华大学工程物理系，1982年获德国亚琛工业大学自然科学博士学位。历任清华大学核能研究所所长，核研院院长、总工程师，清华大学校长等职务。

王大中领导清华大学核能研究团队，以提高核能的安全性为主要学术理念，主持研发建成世界上第一座5MW壳式一体化低温核供热堆、世界第一座具有固有安全特征的10MW模块化球床高温气冷实验堆，使得我国以固有安全为主要特征的先进核能技术，从跟跑、并跑到领跑世界。

