

# 王大中：倾情一生寄核能

王大中曾说，“几十年的科研生涯主要就是建了三个核反应堆”，在他看来，科学研究是一件值得一辈子追求的事情。

从上世纪60年代新中国首座自行设计与建造的屏蔽试验反应堆，到上世纪90年代一体化自然循环核供热堆，再到新世纪模块式球床高温气冷堆，王大中和团队主持研究、设计和建造的3个核反应堆，推动了中国以固有安全为主要特征的先进核能技术研究从跟跑、并跑到领跑的跨越式发展。

2022年8月15日，国际天文学联合会小天体命名工作组发布公告称，经小天体命名工作组批准，国际永久编号为192353号的小行星被命名为“王大中星”。

## 建堆建人，在实战中成长

1953年夏，王大中从南开中学高中毕业，考入清华大学机械系。1955年秋，清华大学从各系二年级中选出46名优秀学生到工程物理系，组成物八班。到了高年级分专业时，王大中选择了反应堆专业，并将其作为自己毕生钻研的主攻方向。

1958年，清华大学向国家提出的自行设计和建造一座功率为2000千瓦的屏蔽试验反应堆方案得到批准。当年7月，王大中作为中国第一批原子能专业毕业生，留校工作，参加了清华大学屏蔽试验反应堆的设计与建设。

在工物系副主任兼反应堆教研组长吕应中的带领下，一支以清华大学工物系年轻教师和高年级学生为骨干、平均年龄只有23岁半的百来人科研队伍，毅然奔赴燕山脚下。

那时，从清华园到虎峪村要先坐火车，再走十



里山路。师生们开玩笑称那段山路为“二两坡”——爬一次坡能消化二两馒头。

相比于吃住都在马棚里，有限的科研条件更让大家着急。“当时反应堆这门课程并没有教材，只能从实践中摸索。”王大中曾回忆，而且各国对反应堆的研究保密，我们谁也没有见过反应堆，摆在面前的只有苏联的不完整图纸。

连一张完整的参考图纸都没有，也缺少关键部件的计算和工艺说明书，更不用说先进的仪器、设备了。不仅如此，研究场地也得靠自己建：重修水渠、架设高压供电线路、挖地基搞土建……

王大中最初参与的任务是制作反应堆工程的模型。从马粪纸模型开始，到三合板模型，再到有机玻璃模型，他和老师、同学们不停讨论、查资料、设计和验证……终于，一个长、宽、高各约2米的玻璃模型制作完成，反应堆堆芯、各种工艺系统管



200 号的年轻建设者（1960 年）

道和建筑结构清晰可见。

经过 6 年奋战，1964 年 9 月底，清华大学屏蔽试验反应堆建成。据统计，建堆过程中，他们共突破技术难关 37 项、自制仪器设备 67 种、建立专业实验室 11 个。实验基地建成后，吸纳了多所院校 900 多名原子能相关专业的师生，为我国核能事业的发展培养、储备了人才。

“200 号”后来成为这个基地以及清华大学核研院的代号。它象征了一段青春与奋斗的征程，更成为清华大学的一个精神符号。

王大中作为青年科研骨干，按照蒋南翔校长当时强调的“建堆建人，在实战中成长”“敢想敢干敢转行”要求，从反应堆物理设计，到反应堆零功率物理实验，再到反应堆热工水力学设计与实验，从做模型、挖地基、搬砖头，到调试运行，他在理论与实践结合的奋斗里，经受了从业务能力、组织能力到心理素质的全面锻炼，逐渐成长为具有工程实践经验和战略思维的领头人。

## 中国人实现了一个奇迹！

1979 年 3 月 28 日，美国三哩岛核电站发生堆芯熔化的严重事故，在国际核能界引起很大的震动。

王大中意识到，安全性是核能发展的生命线，未来核能技术发展必须抓住这一主要矛盾，他立志要发展固有安全的核反应堆。

1980 年下半年，王大中获联邦德国洪堡奖学金，去亚琛工业大学进修高温气冷堆专业。导师是联邦德国核能专家、于利希核研究中心反应堆发展研究所所长、“球床高温气冷堆之父”苏尔登博士。在苏尔登开出的四个研究课题中，王大中果断选择了“模块式中小型高温

气冷堆的设计和研究”，因为该堆型具有固有安全性，堆芯几乎不会熔化。

然而，在分析模块式中小型高温气冷堆的固有安全性时，王大中很快发现了一个弱点，就是反应堆做得较细长，功率较小，当时单堆热功率最高只能达到 25 万千瓦。

导师苏尔登明确告知不可能提高模块式中小高温气冷堆的单位功率，但王大中仍坚持研究如何在不超过 1600℃ 的情况下扩大功率。他做了一百多个方案的设计、计算、分析，凭借国内跟同事一起研究钍高温气冷增殖堆双区球床堆芯方案时积累的经验，提出双区球床堆的新概念——环形堆芯模块式高温气冷堆，堆芯最热的内环用石墨球代替燃料球，外环全部布置燃料球，使模块式高温气冷堆的设计功率一下子提高到 50-60 万千瓦。

苏尔登十分赞赏：“过去认为单堆功率提高 10% 就很不容易了，现在你的设计一下子提高了一倍多，这是很了不起的，应该申请发明专利。”经苏尔登推荐，专利“一种在严重事故下具有安全自稳定性的球床核反应堆”很快获得联邦德国专利局的批准，并且分别向美、英、法、日、意、苏等国专利局进行了登记，也明确了中国完全有权利使用

这项专利，专利发明人就王大中一人。联邦德国报纸报道说：“中国人实现了一个奇迹！”

王大中接着进行环形球状堆的概念设计。反应堆设计是综合性的工作，包括中子物理计算、热工水力学设计与计算、堆芯结构设计及主要设备的选型等，通常需要物理、热工、结构、设备等多方面的专家共同合作才能完成。五个月夜以继日地工作，王大中独自完成了反应堆设计，打印结果的程序纸穿孔折叠起来有三米多高。

苏尔登等专家对设计感到十分满意，建议王大中把这项成果写成博士论文。王大中用德文写作、答辩，并以“全优”成绩通过论文答辩。1982年9月，他获得亚琛工业大学自然科学博士学位。

## “跳起来摘果子”，实现从跟跑到领跑

1982年10月，王大中学成归国，在清华大学担任核能所副所长，主持对原有屏蔽试验反应堆的技术改造，以及低温核供热试验。改造后的屏蔽试验堆低温供热系统投入运行，对核能所三座实验大楼共1.62万平方米的建筑面积进行供暖。供暖持续50多天，现场监测表明，核供热对环境并无污染。1984年2月21日，这项实验成果通过技术鉴定。

1985年，王大中主持国家“七五”重点科技攻关项目“5兆瓦低温核供热堆研究”。从立项报告、设计方案、实验现场到建设工地，他全程负责，亲力亲为。科学论证过程中，他专程带队去欧洲考察，



王大中（左一）宣布低温供热反应堆启动运行成功



王大中（左二）在10兆瓦堆临界现场

最终选择壳式一体化自然循环水冷堆路线。

1989年，5兆瓦低温核供热堆首次临界成功，投入功率运行。随后三个冬季，反应堆为清华大学核研院5万平方米的建筑物供暖，运行累计8174小时，供热可利用率达到99%。成为全球首座一体化自然循环水冷堆，首次采用新型水力驱动控制棒，具有良好的非能动安全性。它也是一项高度复杂的系统工程，包括26个工艺流程，上百个大中型设备，王大中集中优势力量打攻坚战，带领团队突破了一系列关键核心技术。





▲ 王大中（右）和张作义在工程现场

◀ 2021年9月，吴宗鑫（左）、王大中（中）、张作义（右）在石岛湾高温气冷堆示范工程现场

21 世纪以来，一体化自然循环已成为国际上小型轻水核反应堆发展的主要技术方向之一，在小型核能发电、热电联产、核能供热、海水淡化等方面有极为广阔的应用前景。如今回看，这一路线的选择体现了王大中的远见卓识。

1991 年，5 兆瓦低温核供热堆获国家教委科技进步特等奖，1992 年获国家科技进步一等奖。1995 年 3 月 5 日，低温核供热堆作为取得突破性进展的五项重大研究项目之一，被列入《政府工作报告》中。

### “跨入世界先进行列”的科技进展

当世界核能发展陷入低潮，王大中瞄准固有安全再次作出部署：一是模块式球床高温气冷堆堆型；二是从小规模试验堆到全尺寸工业示范电站的发展路线；三是坚持自主创新。

1987-1993 年，王大中担任国家“863”高技术计划能源领域的首席科学家，带领团队开展 10 兆瓦模块式球床高温气冷堆研究和设计。1992 年，经国务院批准，10 兆瓦高温气冷堆正式立项。

这又是一个“从 0 到 1”的过程。高温气冷堆需要耐高温全陶瓷包覆颗粒球形核燃料元件，制造难度极高。刚立项时，团队为此犯了难：到底是购

买国外的，还是自己研发？经过多次论证，王大中决定，要将模块式球床高温气冷堆的关键核心技术牢牢掌握在自己手中。

王大中再次创造了奇迹。他带领团队批量生产出的两万个燃料球可耐受 1600℃ 高温，能把放射性物质牢牢“包裹”在其中，保证了反应堆安全，产品合格率高达 98.1%，质量达到世界先进水平。

10 兆瓦高温气冷堆 1995 年开工兴建，2000 年建成，2003 年完成 72 小时满功率并网发电运行，成为世界首座投入运行的模块式球床高温气冷实验堆，采用模块式高温堆设计概念和“肩并肩”式设计布置、非能动衰变热载出系统、包覆颗粒球形元件与新型燃料元件装卸系统、全数字化控制与保护系统，具有良好的固有安全性，对破解核安全这一世界难题具有重要意义。它的建造成功标志中国在高温气冷堆技术领域已达到世界先进水平，是中国自主研究和开发先进核电技术取得的一项重大成果，为中国以及世界核能事业的发展做出了重要的贡献。

国际原子能机构以及美、日、德、法、俄等国的相关研究所均发来贺电表示祝贺。2002 年国际权威学术期刊《核工程与设计》以“中国高温堆，第一座固有安全的第四代核能系统”为标题出版了专

刊。2004年美国《Wired》杂志称其为“不会熔毁的反应堆”，是一种固有安全的核能系统，达到了当今世界核能安全的最高水平。

在十届人大一次会议的《政府工作报告》中，10兆瓦高温气冷堆被列为“跨入世界先进行列”的四项重要科技进展之一。王大中作为第一完成人，成果获得2006年国家科技进步奖一等奖。



王大中向优秀毕业班集体颁奖

## 再突破，从实验堆走向商用

说起做科研的心得，王大中经常强调“跳起来摘果子”。目标定低了，“果子”易被他人摘走，目标太高，欲速则不达，所以“跳起来够得着”最合适。

在坚持向上跳的过程中，王大中注重发扬众志成城团队精神。核反应堆涵盖物理、热工、化工、材料、机械、控制等多学科，要经过研究、设计、验证、制造、安装调试等各个环节，需要科学组织、团队配合，才能完成如此复杂的高科技工程项目。

作为高瞻远瞩的核能科学家，在10兆瓦高温气冷堆基础上，王大中积极推进单一模块反应堆功率放大25倍、世界首座工业规模的模块式高温气冷堆核电站的建设。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，高温气冷堆核电站是其中一个分项。其核心工程目标和标志性成果，是在山东荣成建设一座发电功率为200兆瓦的高温气冷堆核电站示范工程，为发展第四代核电技术奠定基础。

在王大中的指导下，以张作义为首的研究团队

负责制定总体方案，并与国内中核集团、华能集团等龙头企业，组成产学研协同创新团队，共同建设高温气冷堆示范工程。

2023年12月6日，山东荣成，我国具有完全自主知识产权的高温气冷堆核电站示范工程顺利完成168小时持续运行考核，开始商业运行，标志着我国建成并运行了世界上第一座模块式高温气冷堆核电站，意味着以王大中为代表的清华核能科学家持续数十年，牵头研发的以固有安全为主要特征的先进核能技术实现了从跟跑、并跑到领跑世界的飞跃。

王大中悉心培养能够传承“200号”精神的接班人。年轻科学家快速成长，张作义、张亚军等近10名中青年科技人员相继成为有关部门正式任命的国家重大科技工程总设计师和副总设计师。在学校领导的支持下实施了“235”计划，一批30多岁的青年才俊参加到核研院的技术团队中，正在成为核研院面向未来的新一代学术带头人。

## 为国育英才的“大中校长”

1994年，王大中被任命为清华大学校长，一干就是10年。他与学校党政领导班子一起带领广大师



2021年12月31日，“王大中奖学金”捐赠设立仪式举行

生员工，积极探索中国特色世界一流大学建设道路，为中国高等教育改革发展作出了重要贡献。

一接任，他就拿出了做科研时攻坚克难的决心。他花了半年时间，带着学校机关人员跑遍了全校各院系和主要部处，“把脉”学校发展状况。他还参加考察团，向美国若干所世界一流大学“取经”，积累办学心得。

每年年初，他都会召集校领导开一场讨论会，让大家说一说清华大学与其他著名大学或兄弟院校相比，有哪些不足、需要怎么做……许多决策和改进，在讨论中有了眉目。

他经常骑着一辆“除了车铃不响哪儿都响”的旧自行车，穿梭于校园。只要有教职工招手并唤一声“大中校长”，王大中便会停车，以拉家常的方式听取关于学校建设的意见。

在他任期内，清华大学确立了向“综合性、研究型、开放式”大学转变的办学思路，初步明确了“高素质、高层次、多样化、创造性”的人才培养目标。

围绕大学的根本任务是育才造士这一核心要义，王大中归纳并紧抓建设一流大学的三大要素：大师、大楼和大学精神。

清华大学从人事管理体制改革和办学条件改善等方面入手，进一步优化了师资队伍；同时，面向世界广纳英才，请来了杨振宁、林家翘、姚期智等一批“大师”前来讲学。

王大中同样重视“大楼”。上任后不久，他就主持了清华史上的第八次校园规划并顺利完成。在为师生创造良好教学研究环境的同时，他更注重校园特色和风格的打造，在有形的建筑中

体现清华的文化和传统。

大学精神被王大中认为是“大学的灵魂和动力”。王大中任期内，学校大礼堂穹顶上方“自强不息，厚德载物”的校徽重现，承载学校文化和精神的校训得以回归。

针对学校人才培养中出现的问题，他因势利导，加快课程结构调整和教学内容更新，加强教师责任心和教学过程管理等。为了满足国家的人才急需，他采取招收培养定向生、国防生等措施，向地方和重要单位输送人才。

2021年11月3日，王大中获颁2020年度国家最高科学技术奖。他和夫人高祖瑛决定将国家和学校给予的全部奖金捐赠给清华大学教育基金会，设立“王大中奖学金”，以鼓励后辈成才报国。王大中說，获得国家最高科学技术奖，这不仅是个人的荣誉，也是全体“200号”人的荣誉，更是清华这个大集体的荣誉，是一代代清华人不懈奋斗的成果。这次将奖金捐赠给学校以奖励那些刻苦读书、勇攀科技高峰的同学，也希望能够激励更多同学脚踏实地、行胜于言，用自己的实际行动来服务国家、贡献社会。