

我的核动力之路

○杨 岐（1965届自控）



杨岐
学长

难以忘怀的大学生活

1959年，我考入清华大学自动控制系，上大学是我走向生活、进入社会的第一步。我怀揣“做一个工程师、科学家，报效祖国”的梦想，告别家人去清华。

学校的课程设置科学、严格、合理。教学课、辅导课、实验课，课程设计、专题设计、毕业设计，既重视理论的提升，又注重实际能力的培养。清华大学作为“红色工程师的摇篮”，培育了我们科学严谨、求真务实、坚韧不拔、奋力拼搏的精神，为我们成为一名合格的工程师打下了良好的基础，给我留下了不少美好的回忆。

我的毕业设计“反应堆模拟装置”是研制一台“电子反应堆”，输入反应性，通过求解反应堆动态方程，得到反应堆中子通量变化。要先完成论文，在此基础之上，自己动手做出一台实体的装置。在辅导老师高黛林的指导下，经过精确计算、精细制作、精准调试，一台反应堆模拟装置诞生了。老师给了我全班的最高分95分，并将该装置留校作为教学设备。

一张方框图

1965年我毕业分配到二机部北京194所，这个所从事反应堆的研究与设计。1967年，因工作需要，我调入七院715所反应堆物理研究室，直接参与我国第一代核潜艇的研制工作，并被派往北京无线电一厂研制“〇九工程”急需的仪器设备。

研制核潜艇是1958年毛泽东主席亲自批准的，命名为“〇九工程”。为了确保一次成功，中央军委决定，要在九〇九基地建设陆上模式堆，陆上模式堆达到满功率后，核潜艇才下水建造。

毛主席“核潜艇，一万年也要搞出来”的指示激励上上下下。为确保“〇九工程”及其陆上模式堆工程顺利进行，715所内一片繁忙，分头攻关。

反应堆物理研究室拟定了四种方法（脉冲源法、Po法、硼中毒法、逆动态法）来测定反应堆的重要参数——反应性，它关系到反应堆的启动、运行、停闭和安全。研究室组织了四个课题组攻关，目标是研制出仪器设备，用以在反应堆上测量反应性。

因为我在大学毕业设计是研制求解反应堆动态方程，由反应性测出中子通量的反应堆模拟装置，所以我被分在逆动态法课题组，进驻北京无线电一厂，合作研制一台基于逆动态技术，由中子通量测出反应性的反应性仪。我们可参考的资料只有美国布鲁克海文实验室的一张方框图。课题组内学反应堆工程的同事们攻关解决反

应堆物理方面的问题，北京无线电一厂的同志们攻关解决电子学的问题。我这个学反应堆控制的介于他们两者之间，在课题组内我的电子学最棒，在工厂技术人员面前我的反应堆物理最棒，这使我很好地起到了两者之间的桥梁、纽带作用和仪器系统总集成的作用。同时我也在工厂配合技术人员对关键设备微电流放大器进行攻关。这个阶段我尚能胜任工作，要归功于母校清华大学严格的训练、毕业设计的实践。我从工人、技术人员那里也学到很多东西，得到更多的锻炼和提高。

经过一年多的努力，我们将一张方框图变成一台仪器设备，命名为“FMJ-1型反应性测量模拟计算机”。

1969年4月24日，我离开北京奔赴四川夹江九〇九基地，开始新的征程，投入到第一代核潜艇陆上模式堆的设计、试验、建设中。

与彭士禄总工程师并肩战斗

九〇九基地是北京194所和715所合并而来的，归属二机部，又称二机部第一研究设计院，后更名为中国核动力研究设计院。我到九〇九基地后，在18-5工号1:1零功率反应堆上一面开发、调试、考验反应性模拟机，一面利用它开展大量物理实验。

在陆上模式堆启动之前，1:1零功率反应堆重要的任务之一是将燃料组件装到满装载，实现首次临界（亦称物理启动）。这是陆上模式堆达到临界的前奏，十分重要。

1970年2月25日下午，1:1零功率反应堆首次临界实验在18-5工号开始。总工程



杨岐与彭士禄（右）在九〇九基地3号点旧居前

师彭士禄、革委会负责人强全生到场监督和指导。由于是新堆临界，又有彭总在场，所有操作都进行得特别谨慎。彭总一直站在值班长、物理员身后，了解分析启动的进展，并抽空向我们询问反应性模拟机等几台自主研发的仪器设备的情况，休息时与我们一起抽烟聊天，吃饭时与我们一起在控制室外吃食堂送来的面条，丝毫没有领导、专家的架子。

实验的进展并不顺利，途中电磁阀线圈烧毁、检修、更换等耽误了时间，2月26日深夜反应堆还未能达到临界，这已是我们的第二个夜了。记得彭士禄、强全生和我们都困乏不堪，加之香烟早已抽完，不由得鼻涕眼泪齐下。我在电磁阀检修的间歇抽空跑回宿舍取来储存的唯一一盒烟，大家打起精神继续战斗。到2月27日凌晨，经历36小时后，反应堆达到临界。这是我第一次与彭总并肩战斗并取得了胜利。随后还在他带领下工作过。

彭总是我国第一艘核潜艇的第一任总设计师。与彭总一起工作，虽然时间不长，但收获颇丰，不仅是业务水平有了提高，更重要的是学习到他一丝不苟、严格要求认真、科学求实的品质。

我不能排第一

由于反应性模拟机为潜艇陆上模式堆的启动与运行作出了较大贡献，我相继获得部队的通令嘉奖和全国科学大会奖。

随着研究的深入和使用范围的扩大，发现在大反应性测量时，中子探测器的空间位置不一样，对同一反应性的测量结果也不一样，即出现了测量结果随探测器位置不同而变化的空间效应，这严重制约了逆动态法反应性测量的应用和推广。

1971年1月开始，我怀着一定要攀登高峰的梦想，带领何乾明、曹志琦组成课题小组，研究反应性测量的空间效应。随后的几年里我们进行了艰苦的探索，但是没有发现空间效应的明显规律，没有取得克服空间效应的显著成效。

1975年，室领导派反应堆物理专业人员陶少平加入课题组，加强研究工作。我们一起对国外专利和非专利文献进行了广泛调研，还一起在国内调研走访，获得了很大的启发。

课题组满怀信心地刻苦钻研、不断实践，进行反应堆物理的理论分析、推断，逐步将研究工作带上正确的轨道。后来基于中子动力学理论，我们从基本物理模型入手，寻找产生空间效应的规律、机理和解决办法，在此基础上提出了消除空间效应的“ ρ 值形状法”。这个方法在反应堆上经过长时间、反复的实验得到了初步验证。

1979年1月，课题组决定应用克服空间效应的研究成果，正式开展可消除空间效应反应性仪的研制。在前期工作的基础上，堆物理专业人员主要进行理论分析、数学推导和消除空间效应原理的论证，仪器仪表专业的人员负责将消除空间效应的

设想在电子线路中予以实现。

经过共同努力，1980年4月，FX-1型可消除空间效应的反应性仪诞生了。它可以在任意位置消除空间效应测得真实反应性。奋战十余年初步实现了攀登高峰的梦想。1983年3月，该仪器通过核工业部技术鉴定，6月正式申报国家发明奖。

申报时在排名上发生了分歧。我起草的申报书，肯定了反应堆物理理论工作的突出贡献和主导作用，主研人员排名陶少平第一，我第二。所领导及科技部门则认为，“从研究工作的时间长短、工作量多少、责任轻重看，排名第一的都应当是课题组组长杨岐”，还一再提醒我“国家发明奖的金质奖章只有一枚，第二是拿不到的”。

在这项发明中，我们仪器仪表人员固然在利用电子线路实现消除空间效应设想上有发明与创新，但是反应堆物理在理论上的开创是关键和主导。对于发明奖，我建议的排名科学、求实，符合科技工作者的良知。即使是一吨重的金质奖章，不该我拿的我也绝对不要拿——这是我对所领导的回答。为了打消他们的疑虑，我写了情况说明，保证“永不翻案”。

1984年，FX-1型反应性仪获得国家发明奖三等奖。随后，院报刊登了所党委副书记的一篇文章，文中写道：“一个成果两个金奖，一个同志拿到物质上的金奖，另一个得到精神上的金奖。”

连升四级

1984年，我调入二所反应堆在役检查室，担任副主任，组织完成压力容器检查室的维修。1986年，调入设计部反应堆仪表与控制室任控制组组长，两年后升任室

副主任。这里的工作与我大学所学专业完全对口，可以真正地学以致用。在北京无线电厂的协作攻关工作提高了我的电子学水平，在反应堆物理室和反应堆在役检查室的工作为我深入认识控制对象——反应堆打下了坚实基础。我如鱼得水，利用室内大型计算机研究不同控制对象、多种控制方法；探索数字可编程调节器用于核潜艇反应堆的功率控制；组织并参加潜艇核动力装置和秦山二期核电站反应堆仪表与控制系统设计、先进型压水堆仪表控制系统预先研究；在国内率先研制出核电站数字化仿真系统；担任全国反应堆仪器标准化技术委员会主任委员，组织制定反应堆仪表与控制系统的国家标准和军用标准。

在反应堆仪表与控制室工作的六七年，是我进步最快、成果最丰的时期，我学习吸取了不少老同志的经验与成就，调研了大量国内外的资料，进行了多种实践，承担了若干重大攻关课题，经历了国内的交流和国际合作，获得不少高质量的奖项，培育出一批年轻的工程技术骨干，从而逐步奠定了我成为反应堆仪表控制领域学科带头人的基础。成为一名合格的工程师、科学家，这是我从小的梦想，我实现了我的梦想。

20世纪80年代末，我国第一代核潜艇反应堆启堆核测量系统出现几个数量级的测量盲区，面临重大安全隐患。核潜艇基地领导十分担心，称“犹如坐在火山口上”。我们及时组织核测量小组攻关，委托生产厂家研制一次仪表——灵敏度更高的硼中子计数管，自主研发二次仪表——坎贝尔仪、宽量程仪等。我参与了后期第一、二次仪表集成测量系统的工作，并一

起在反应堆上调试、实验，然后带队去潜艇基地，更换、安装新的启堆核测量系统。新系统以它的灵敏、稳定，成功克服了盲区，安全启动反应堆，一炮打响。

这一次成功，为保障反应堆的安全运行、提高核潜艇的战斗作出了贡献，同时为我院获得可观的经济收入，可谓社会效益和经济效益双丰收。

由于在工作中的突出表现，院党政领导多次动员我出任副院长。我实在不愿离开我热爱的技术岗位，拖了两年，直到1992年，时任院长钱积惠赴维也纳担任国际原子能机构副总干事前，和院党委把我拉上院长助理的位置，半年后提拔我为中国核动力研究设计院副院长。这一年我由副科到副院连升四级。

新老里程碑

1997年，中国核工业总公司任命我为中国核动力研究设计院院长。我作为党外人士受到党的高度信任和重用，这让我深受感动，充满感恩。我又产生了为我国军民核动力发展作出更大贡献的“核动力梦”，以期报答党、国家和人民。

我在院长岗位上任职的7年期间，与全院职工共同奋斗完成了三大工程、两大预研、三大技改，开展了大型核动力船舶前期工作。扬了国威、壮了军威，增强了中国核动力研究设计院的实力，提升了中国核动力研究设计院的地位，为把中国核动力研究设计院建设成国际一流院所奠定了基础。

在院的历史上，曾树立起了三座老里程碑。

第一座里程碑，是20世纪70年代初建成的第一代核潜艇陆上模式堆。

□ 清芬挺秀

第二座里程碑，是20世纪80年代初建成的高通量工程试验堆。

第三座里程碑，是20世纪90年代初打破美国垄断建成的原型脉冲反应堆。

在任副院长、院长期间，我带领全院职工完成的三大工程，被人们誉为三座新里程碑。

三大工程之一，改进型潜艇核动力装置，是一项跨世纪的工程，我任第一责任人，与主管副院长卜永熙（1967届工物）一起承担组织领导工作。我们运用了预先研究的成果，获得明显成效。

三大工程之二，是秦山二期60万千瓦核电站反应堆和主冷却剂系统的研究设计，我与主管副院长张森如（1965届工物），一起承担组织领导工作。整个设计是引进技术、消化吸收再创新的过程。设计工作“以我为主”进行。秦山二期核电站1号机组2002年4月投入商业运行。调试和安全运行的业绩表明，设计是成功的，各项指标达到或优于设计值。主要技术参数的实测值与设计中的理论计算值高度符合，精度达到国际先进水平。

三大工程之三，是设计建造新型脉冲

反应堆。这是我院在首座原型脉冲堆的基础上，根据用户的应用要求设计建造的，由我院阮桂兴（1967届工物）担任总设计师进行研发。2021年1月建成。它具有固有安全性高、用途广泛、结构简单及运行维护方便等特点，与美国同类堆相比不仅能全面达到其性能指标，而且不少方面还有所突破和改善。除原型堆的功能以外，它还可以利用其脉冲运行的特性，承担一般反应堆不能承担的工作，如抗核加固技术研究。

祝福与梦想

2003年3月，我当选为第十届全国政协常委，并连任两届。10年里，我跟着无党派人士和人口资源环境委员会，足迹遍布大江南北，为生态保护、污染防治、节能减排等奔走调研，但是更多关注的还是核电的发展。在发展我国核电事业上，我有几个明确的观点。

1.核电是我国解决能源短缺、改善能源结构、保护生态环境、保证经济持续发展的必然选择，同时也是和平时保持核威慑力量、巩固核大国地位“战略必争”的重要领域。所以必须发展核电。

2.我国核电必须走自主发展、自主创新的道路。避免政治风险和技术上受制于人、经济上资金外流。引进国外先进技术也很必要，但一定要符合“以我为主、中外结合”的原则。

3.发展核电必须坚持“军民结合、寓军于民”的方针。在核电站设计建造中，在重大专项的攻关研发中，搭建起一个技术互通、资源共享、交流及时的军民互动平台，既促进民用核电事业的发展，也促进军用核动力技术水平的提高。



秦山核电二期工程1号反应堆安全封顶，杨岐与赵成昆（中）、卜永熙（右）合影

我利用全国政协这个平台，展示了这些观点，并与中央领导和政府主管部门面对面交流、建言献策。对我国核电自主发展的合理决策起到了促进作用，推动政府部门在规划中安排更多国产化“二代改进型”核电机组建设，支持我院自主化第三代核电“华龙1号”研究开发。

2013年，我退休离开科研一线，但我的心始终与国家命运、核动力事业紧紧连

在一起。在我的梦想之中，最牵动我的是核动力梦：实现我国核电站的自主设计、自主建造，实现我国新一代潜艇核动力装置设计建造和更新换代，为核动力大型船舶做好前期工作。现在可以说也都基本圆梦了！

老骥伏枥，志在千里。我将保重身体，健康愉快地生活，继续为我国核动力事业、我国经济社会的发展作出贡献。

长期主义者的胜利 ——陈健和并行科技的“莫斯密码”

○郭 凛（1988级数学）

陈健，1993年考入清华大学工程力学系本科，2002年获得博士学位。北京并行科技股份有限公司董事长，CCF中国计算机学会副理事长，CCF高专常委，CCF人工智能专委执委，CCF YOCSEF主席（2019—2020），TEEC清华企业家协会北京分会副主席，清华大学航天航空学院校友分会常务副会长。



陈健校友

2024年9月9日早八点，和过往的每一个周一一样，陈健在微信群里发了信息：“早上好@WW37.1”。这条有点像莫斯密码的信息，他已经持续发了近十年，引发了一众清华企业家校友的好奇，包括我。

陈健笑着表示，“其实很简单，WW是work week的缩写，37.1代表年度第37周第一天”。这是陈健在英特尔工作时养成的习惯——每一天都用数字具象出来，像时钟的秒针嘀嗒嘀嗒，时刻提醒他：“快，快，再快一点。”

但陈健的创业之路，在外人眼里，不仅走得不快，甚至有点缓慢。

早于风口很多年

2023年ChatGPT的横空出世是人工智能（AI）技术发展的一个里程碑，也是AI发展的一个重大突破。它在算法、算力和数据处理方面能力的显著提升，都是AI发展的关键要素。它不仅是单一的技术突破，更是推动整个AI领域向前发展的催化剂。