



我的“核”美人生

○王秀清（1965届工物）

王秀清，1939年生，河北省乐亭县人。1965年毕业于清华大学核反应堆工程专业，1965—1986年在中国核动力研究设计院二所工作。1992—1993年美国阿贡国家实验室（ANL）高级访问学者。曾任国家环保总局核安全中心副总工程师、国家生态环保部核与辐射安全中心研究员、中国核能动力学会反应堆热工流体专业委员会委员。长期从事核反应堆热工流体力学、核电站运行安全，以及世界核能现状与未来等方面的研究。

1959年夏末的一天，我接到了清华大学工程物理系的录取通知书，欣喜若狂。从此，“红色工程师”的理想之门在我面前敞开了。那年，我20岁，记得迎接新生大会在清华大礼堂召开。近50年过去了，许多细节已经淡忘，但是，蒋南翔校长的“热爱祖国”“跟着共产党走”和马约翰教授的“生命在于运动”的演讲，至今还留在我的记忆中。1959—1961年，我国经历了三年困难时期，这三年也正是我们1965届学子长知识、长身体的时期。由于国家经济困难，大学生的口粮也定量配给了。学校领导考虑到既要让学生们坚持锻炼，又要让大家保存体力，节省体能。于是，体育课停止剧烈活动，体育老师教我们太极拳、八段锦等缓慢的运动。此后几十年来，八段锦成为我主要的健身方式，是每天早晨必做的功课。



王秀清在全厂断电实验的801生产堆模型旁

“点名要你来研究所工作”

1965年从清华大学毕业，我来到了北京第十五研究所（1969年迁往四川，改名为中国核动力研究设计院）第一研究室报到。专业组长张英俊同志热情地告诉我：“研究所人事部门的同志今年到清华录用毕业生，专门到工程物理系点名要你来研究所工作。你的专业工作都安排好了。”当时的大学生毕业分配制度，首先由国防科研单位和国家重要机关入校选择毕业生，这很正常，但是令我惊讶的是研究所怎么会知道我一个普通学生的名字？原来，作为国家重大科研成果，1964年投入运行的清华200号游泳池核反应堆工程引起国内核工业界的广泛关注。我的毕业论文《游泳池核反应堆堆芯惯性流量测量》是“真刀真枪”的该工程调试项目，成功地解决了反应堆堆芯流量测量课题。在清华200号反应堆工程现场举行的我的

论文答辩会上，国内核工业界有不少专家参加，包括北京第十五研究所的同志。该所承担开发研制国家军用核动力装置的任务，在科研攻关中，核反应堆堆芯流量分配测量的实验方法尚未找到。得知我的毕业论文所论述的堆芯流量测量方法后，该所相关人员建议采用我论文中提出的方法进行核反应堆堆芯流量分配测量实验。与此同时，该同志参加完我的论文答辩会，回到研究所立刻写报告，要求研究所去清华大学把我要来，直接参加该所的研究项目。所领导同意了，派人去清华大学，点名要我去该所工作。

回想1964年毕业设计开始时，我参加200号核反应堆工程建成调试的实验，异想天开地向指导老师徐元辉教授建议，堆芯惯性流量测量可以使用涡轮流量计。他听完我的想法后欣然同意，并且把这个设想定为我毕业论文的研究课题。我通过学习得知，航天火箭和卫星控制发动机地面实验就是使用涡轮流量计测量火箭发动机的液体燃料流量，我从中受到启发提出了这一设想。因为这类流量计精确度高、时间常数小、反应灵敏、脉冲信号有利于远距离传输和数字仪表记录，所以完全符合核反应堆堆芯流量测量的要求。当时，世界上还找不到关于涡轮流量计在核反应堆堆芯应用的任何信息，我“初生牛犊不怕虎”，大胆假设，小心求证，得到徐元辉老师和200号热工水力实验室同志的积极支持。这件事反映了不拘一格、敢于创新，正是清华的科研作风。我先请教200号金工车间的车工、铣工师傅，加工了制作大螺旋导程的涡轮叶片，完成了堆芯涡轮流量计的机械设计和加工。然后，使用实验数据统计与分析的微分方法，解决了

将积分信号处理成随时间变化的瞬态流量的难题。由于当时还没有瞬态信号的记录仪表，实验测量只能使用计数与步进继电器记录流量信号。最终，在200号核反应堆工程建成调试实验中，使用涡轮流量计成功地获得了反应堆堆芯惯性流量曲线。

20世纪70年代，我在图书馆见到了1965年出版的美国资料。其中有介绍1964年美国橡树岭国家实验室首次把涡轮流量计用于测量核反应堆堆芯稳态流量的文献。这时我才明白，当时我采用的测量核反应堆堆芯瞬态流量方法，属于领先或至少与世界该领域的技术水平同步。我的毕业设计得到好评，毕业时获得蒋南翔校长签名的优良毕业生奖状，使我受到极大的鼓励。这是对我科研能力的肯定。我深深地感激母校浓厚的学术氛围锻炼出我解决工程问题的能力。走上工作岗位后，与来自其他院校的毕业生相比，我不需要什么适应期，就具备直接承担科研任务的能力了。所以，在北京第十五研究所报到后，单位马上派我单独出差到上海热工仪表研究所，开展军用核动力装置堆芯水力实验用的大批量涡轮流量计的研制工作。1966年“文革”开始，由于我一直在远离北京的研究所、仪表厂、实验室，忙于大批量专用涡轮流量计研制和军用核动力装置水力实验的工作，侥幸地躲过了“文革”中的是非非，成了“文革”的局外人。这是因为军用核动力装置是毛主席特批的国家重大任务，作为承担该任务的一线人员，我少了一些政治运动的磨难，多了一些工程实践的收获。

在“全厂断电实验”中再立新功

1975年，我已经成为核反应堆热工水

力实验室的技术负责人。毕业后十年我又一次经受住了机遇与风险的考验。当时，我国有了第一个被称为“生产核反应堆”的用于核材料生产的大功率核反应堆。国务院核工业部准备提高该反应堆的运行功率，以便扩大军用核材料的产量。为了核反应堆的安全，必须验证提高功率所使用的分析计算程序的准确性，需要做核反应堆热工水力瞬态实验。由于事关重大，核工业部向国务院和中央军委提出申请，在该核反应堆上，进行一次带功率的全厂断电实验。核能领域专业人士都清楚，全厂断电是最容易引发核动力厂严重事故的初始事件，核动力厂在设计、建造、运行的各阶段，都千方百计提高安全防范能力，避免核动力厂运行时全厂断电事件的发生。该核反应堆的带功率全厂断电实验将面临灾难性风险，但是如果实验成功，就能达到提高军用核材料产量的目的。最后，周恩来总理批复：同意实验！一次成功，不许失败！

为完成这个实验，厂方和某研究院的专业人员提前一年就准备好实验方案。原定全厂断电实验的前两周，核工业部通知我院，要求相关专业人员来现场观摩和咨询该实验。由于我院刚刚完成军用核动力装置科研项目，具备核反应堆堆芯热工水力分析和实验的能力，接到上级通知，我和我院其他同志立刻来到实验现场。801厂全厂断电实验总指挥、厂方总工程师王鼎铨同志主持现场实验方案介绍会。他感到实验方案还需要完善，因为使用的实验测量传感器是反应堆冷却剂系统原有的运行测量仪表，反应堆堆芯没有设置测量点。所以在会上，他恳切地询问我们，有没有办法在反应堆堆芯设置测量点？大家

沉默不语。我环顾左右，犹豫再三，终于鼓起勇气发言：“有。”随后，我详细介绍了用反应堆堆芯涡轮流量计测量全厂断电核反应堆堆芯瞬态流量的设想。此时，我方人员在会议桌下面不断地拉我的衣角，示意不让我介入该项实验。面临如此巨大的风险，又没有实验准备时间，万一失败，会影响我院在核工业领域的声誉。而且不久前，我院完成军用核动力装置开发，得到了国家的肯定，我院也没有承担该项实验的任务。但是他们无法公开发表意见，只能给我暗示。

然而，听完我的发言，王鼎铨同志完全同意我的方案，立刻派厂方人员动身，去四川我的办公室取回专用涡轮流量计和测量仪表，并且报请北京领导机关协助，动用专用火车车厢从四川专人押运这批仪表到甘肃的实验现场。同时，我在实验现场紧张地进行涡轮流量计装入反应堆堆芯和测量的准备工作。在启动全厂断电实验的前一天，我终于把改装后的专用涡轮流量计准确装进反应堆堆芯。我选择在反应堆厂房内的反应堆堆芯顶部屏蔽铸铁板块做成的反应堆大厅地板上面，安放堆芯涡轮流量计输出信号记录仪表，进行全厂断电实验相关的测量操作。辐射安全防护规定：常规运行时，反应堆大厅不允许人员进入。虽然实验时测量操作人员在反应堆大厅会受到微量放射性辐照，但是这种测量方式从反应堆堆芯涡轮流量计引出信号电缆线的长度较短，堆芯顶部与相应空间具有良好的电磁屏蔽性能，能够有效地屏蔽全厂断电瞬间的强大电磁场冲击。次日，实验按照计划进行，王鼎铨同志一声令下，专门为801厂核反应堆供应电力的803发电厂，在核反应堆80%额定功率运

行的工况下，执行了全厂断电的拉闸操作。此时，直接安放在反应堆大厅地板上、位于反应堆堆芯顶部的五笔动态记录仪，在记录纸上准确地绘出反应堆堆芯的瞬态流量曲线，实验圆满成功！

事后我才知道，之前厂方和北京某研究院用一年时间准备的原实验方案，因为实验记录仪表放置在反应堆厂房外面有大量机电设备的房间内，实验测量的动态记录仪受到全厂断电强大电磁波冲击，引发仪表记录笔的自激震荡，该仪表的瞬态测量功能全部失效，宣告实验失败。这是非常惨痛并且值得我们及后辈警示的教训。

1978年第一届全国科学大会召开。我院完成的801厂全厂断电实验和军用核动力装置水力实验，同时获得全国科学大会奖。随后的科研工作，又获得1985年国家科学技术进步三等奖。我是第一获奖人。同年，中国核工业总公司授予我“有突出贡献青年专家”称号。1992年我获得国务院政府特殊津贴。

1986年，我听到苏联切尔诺贝利核事



1980年，四川909基地2号点14号4实验室全室同事合影，后排右5为王秀清

故的噩耗，吓出了一身冷汗。因为801厂核反应堆与切尔诺贝利核反应堆属于同一反应堆类型——用轻水作冷却剂、石墨作慢化剂的大型核反应堆，其热工水力特性、物理特性、堆芯结构都类似。801厂全厂断电实验和引发切尔诺贝利核事故的初始实验，虽然测量的参数不同，但是同属于核反应堆带功率的现场瞬态实验。应该说，我们的实验更危险，因为我们的实验人员直接在反应堆厂房内的堆芯顶部进行实验测量操作，实验前反应堆运行在80%额定热功率；而切尔诺贝利核事故发生前，反应堆运行在5%额定热功率，实验人员在反应堆厂房外的控制室和常规汽轮机厂房内进行实验操作和测量。切尔诺贝利核事故造成国际性的灾难，引起我对801厂全厂断电实验的事后恐惧：切尔诺贝利悲剧的发生是由反应堆堆芯、蒸汽与石墨的激烈反应引发的爆炸和放射性物质严重污染造成的；如果当年我们的全厂断电试验中发生类似的事故，我们这些在核反应堆堆芯顶部进行实验测量操作

的人将首先遇难！我这才充分理解了当时我的同事们为什么暗示我不要介入该实验。今天，在研究切尔诺贝利事故原因以后我确信，如果切尔诺贝利的实验按照清华大学的科研作风来进行，惨痛的事故本不会发生。回想此事，感谢母校不仅培养了我直面困难的勇气，又传授了我大胆设想、小心求证的工作方法以及“战略上藐视困难，战术上重视困难”的思想，一丝不苟、脚踏实地的

严谨学风，使得我能够在那场全厂断电实验中获得成功。

追随偶像费米

1992—1993年，在母校的帮助下，我得以赴美国阿贡国家实验室留学，这是我在追求理想之路上的一个里程碑。早在1986年底，我就离开中国核动力研究设计院，调到北京工作。多年来，美国核科学家费米一直是我崇拜的偶像。他是世界核能技术的祖师爷，曾在芝加哥大学建成世界上第一座核反应堆。我这次去美国就是要在费米工作的地方学习，实现我一生的夙愿。50岁的我通过了教育部留学人员EPT考试，以高级访问学者的身份，去美国留学。清华大学王大中校长、徐元辉教授为我写了推荐信。

1992年，我来到美国阿贡国家实验室，在材料和设备技术分部（Materials and Components Technology Division）和美国同仁一起进行了核反应堆热工水力分析工作。该实验室位于芝加哥西南25英里的一片小树林之中，像一个美丽的花园，时常有野生白鹿出没其中。费米是该实验室的第一届主任，他领导建立的世界上第



美国阿贡国家实验室同仁留影，左1为王秀清

一座快中子反应堆就在这里诞生。虽然这座反应堆所发的电力只是象征性地点亮了几个电灯泡，却是人类能够利用核能历史上的大事件。

初到实验室，这家机构的管理者约我例行谈话。我告诉他，我来美国阿贡国家实验室留学，是为了追随我的偶像费米，我就是沿着费米从事专业工作的脚印一路走来的。他被我的执著感动了。我的公费留学期限到来之前，他主动提出延长我的留学期限，为我办理手续，并且给我提供的资助远高于其他高级访问学者。1993年，我决定结束访问，动身回国。美国同事们特意赠送我一盘录有费米讲话的录音带和一盒介绍美国阿贡国家实验室历史与现状的录像带。我们成为了好朋友。

1995年，美国阿贡国家实验室主任Alan Schriesheim博士和美籍华裔科学家沙曾鲁（William T. Sha）博士应国家科委邀请来北京访问。我为远道而来的客人举办了一次家庭聚会，答谢他们在美国阿贡国家实验室对我的帮助。

2008年，我的专著《世界核电复兴的里程碑——中国核电发展前沿报告》出版。3月的一天，出版前的最后一次校对完成时，科学出版社的编辑笑着对我说：“王老师，您的收山之作就要面市了。”瞬间，我想，2009年我70岁，考入清华大学也已经50年了。在从事核电事业的近半个世纪中，追根溯源，成功的喜悦、追求理想的幸福不都来自母校的哺育之恩吗？在纪念职业生涯50周年之际，这本书的扉页上应该印有“感谢清华大学给我开启了人生理想之门”几个大字，以表达我对母校培养的感激之情。