

一个中子的探奇之旅

○李满仓（2003级工物）

一碗冰粉的幸福

成都初夏的傍晚，余晖微薄，暑气渐散，晚风习习。在小区楼下路边摊摊坐起，吃上一碗晶莹剔透、滑嫩爽口、冰凉香甜的冰粉，心中油然而生一种幸福感。一碗冰粉可以带给我这样的幸福感，是因为我的身边正处在一片安宁祥和中，更是因为我愿意守护这份安宁祥和，而且我也确实在为这份安宁祥和默默贡献着一份微薄力量。

“面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康”，作为在中国核动力研究设计院（简称核动力院）工作的一名工程师，我所从事的工作与“四个面向”的每个方面都有直接的关联。因为这样的关联，我愿意守护“一碗冰粉”的幸福，愿意为创造更多的幸福而奋斗。而这份幸福，除了感谢我们祖国的强大，也要感谢生命中那些帮助过我的人与事，特别是在清华大学与核动力院的人与事。

和优秀的人在一起，我们也会变得优秀

2003年我入学精仪系制35班，后转入工物系中核定向核31班。2006年，我获得清华与核动力院联培直博资格，在清华王侃老师和核动力院姚栋老师的联合指导下攻读核科学与技术专业。2012年我博士毕业，在核动力院入职参加工作。

从2003年入学离开可爱的家乡，告别

无忧无虑的少年时代，到今天已经超过20年了。不管是在清华，还是在核动力院，因为总能遇到优秀的人，所以耳濡目染总以这些优秀的人为榜样，不断成长，感受人生发现与成长的乐趣。

到清华后，第一次听说体育课要考3000米，我认为那是一个很长的距离，不是一般人可以轻易做到的。宿舍的一位同学与我打赌一个鸡腿，说这个非常轻松。下午下课后，他就到东操做了轻松的展示。他赢得了鸡腿，我受到鼓励、赢得了信心。这样，我作为体育A班的学生，大学期间两次参加了全程北京马拉松。和优秀的同学在一起，我发现了做人要敢于突破。

读博期间，我与王侃老师一起出国参加学术交流，同住一个房间。深夜，王老师依旧在回复邮件，指导学生，与同行交流。看着他孜孜不倦的背影，我意识到许多举重若轻、云淡风轻背后都有那么多



李满仓校友在旅行中

□ 我与清华

殚精竭力、聚沙成塔。和优秀的老师在一起，我发现了为学当厚积薄发。

我很幸运，大学期间成为清华大学国旗仪仗队的一员。每个深冬的升旗都是很难翻越的一座高山。因为要上课，在主楼前举行升旗仪式的时候，天还没有亮。而队员们早在1个小时前就要离开温暖的被窝开始准备。我曾因为冬天睡过头迟到两次，但我没有放弃，虽迟但到。在主楼大厅门外站标兵，看大家走分列式，暗暗决心不能再辜负队友，一定要迎难而上。大家给我鼓励打气，后来还投票选我作了队长，这样就更没有理由迟到了。和优秀的仪仗队兄弟们在一起，我发现了处事要坚韧不拔。

我在清华完成了学业，在清华也收获了友情和爱情，在清华找到了人生方向。清华塑造了我的灵魂和品格，身上流着“自强不息”的血，心里刻着“人文日

新”的铭，脚下走着“行胜于言”的路。我觉得在清华最大的收益就是学校提供的那种氛围。

人生的意义在于朝什么方向走

我们核动力院的官方介绍是这样的：中国核动力研究设计院，隶属于中核集团，是我国集核动力技术研究、设计、试验、运行、退役全周期和小批量生产为一体的大型综合性科研基地，是国家战略高科技研究设计院。就像一座百万千瓦功率的华龙一号机组，看介绍就像看总体参数，并不知道其中的滋味；而作为参与堆芯核反应的一个中子，我是深知其中的滋味的。这滋味就像蓝色的大海一样，既广阔又深邃，既热烈又笃定。

2006年暑期，我和几位同学一起到核动力院实习，其中有两周就在我目前工作的部门。两周的接触中，看到身边的老师们

技术过硬却低调谦和、理论精通仍不断钻研、各有所长又通力合作，原本计划毕业就参加工作的我，心里起了波澜，想改变志向。结合工物系施工老师在“核工程原理”课上的影响，我萌生了在反应堆物理方向继续深造的想法，以便能有机会成为实习所在部门团队的一



李满仓（第1排左4）作为国旗仪仗队队员参加其最后一次升旗仪式后和队友们合影

员。幸运的是，我获得联培直博的资格，2008年起在核动力院开展课题研究。从那时算起，我在核动力院已经超过15年了。15年来，我的角色发生了几次变化，不断地承担新的项目或课题，就像不断打开新的门。每打开一扇门，都进入一个更加广阔的世界。这些年核能核技术在不断地发展，核动力院也在不断地开拓，使我有机会不断地有新的体验。我始终怀着对人生和世界的好奇，工作充满挑战的同时，也充满了乐趣。人生就是一场旅行，人生的意义不在于处于什么位置，而在于朝什么方向走，所以不断提升自我，将人生志趣与核动力发展结合，以“不创造，毋宁死”的信念，将人生之旅视为一场探索之行，体验发现的乐趣。

在核动力院，就像在核反应堆中，我们不是一个人在战斗。这里高手云集，有成百上千优秀的同事，但大家团结协作才能有所创造。这是我作为一名工程师必须秉持的思维方式。

中子平衡与工程师思维

我的主要工作是研究大量中子和原子核的作用，即反应堆物理。有多大量呢？在百万千瓦核电站反应堆中，中子密度大约是 $10^{10} \sim 10^{11}$ 中子/cm³。当然，原子核的数目更多。因为涉及数量巨大的中子和原子核，所以需要采用统计物理学的手段，通常用玻尔兹曼输运方程来描述堆物理中的中子行为。这个方程的基本思想非常简单，就是在一个系统中，中子的产生和消失是否相等。如果相等，就可以维持链式裂变反应使堆芯处于临界状态；如果产生大于消失，就会出现超临界有不可控的风险；如果产生小于消失，那么链式反



李满仓（左1）与在成都的清华同学聚会

应不能维持会造成停堆。也就是说，这是一个平衡的概念，因此中子输运方程也被称为中子平衡方程。整个反应堆物理的理论基础是很完备的，但是将完备的理论基础用在工程上，还有大量的工作要做。面对空间、时间、角度、能量共七维的中子行为，在反应堆物理分析中，需要兼顾精度和效率之间的平衡。在核工程中，我们首先要确保安全，在安全的前提下，要尽可能地提高经济性。就是说，安全裕量和经济性之间也是一个平衡。

工程也是如此。科学就像打枣杆，最长的杆子才能打到枣子。工程就像木桶，容量取决于最短的板子。工程是一个多目标优化的问题，在总目标的需求下，要平衡各个专业技术方向。其实我们的社会和人生也大抵如此。从发展的眼光看，在延续和变革之间也要寻求动态平衡。作为普通人，在日常生活中要照顾到各个方面，都不能太缺失。在核动力院，为了实现一个核能系统，需要开展理论设计、试验研究、运行研究以及特殊的核燃料和材料方面的研究。具体到核动力设计方面，我们有堆物理、核燃料、热工水力、堆结构、系统与设备、仪控与电气、屏蔽与源项、力学分析、专用软件开发等技术方向，大家齐心协力，才能完成一个核能系统的研

发，一个都不能少。

求己探奇：从生活理念到工作方针

当我们说“知无涯”时，我们说的并不是一个圈，而是一个环。环外，我们要不断探索，因为对世界的认知是有限的；环内，我们也要不断探索，因为对自己的认知也是有限的。所以我们解决一个问题时，既要考虑环境的条件，也要考虑自身的条件，这两者都是现实。我们解决问题的第一件事就是要面对现实，就像毛主席对抗战、解放战争和朝鲜战争胜利的预见一样，惊人的洞察源自对敌我两方的深刻认识和剖析。同时，我们又要对世界充满好奇，将人生视为一场探奇之旅，概括来说，我的生活原则就是“求己探奇”。

从生活原则拓展到工作中，我会坚持“独立自主、敢为人先”的工作方针，这是“两弹一星精神”中的“自力更生、勇于登攀”在我自己的工作 and 生活的映射。过去几年，在反应堆物理启动和实验设计、同位素生产物理设计与应用研究方面，我和团队一起做了些探索性的工作。探索性工作，始终面临许多困难和挫折。每到这时，我就给自己打气，心中默念“Nothing to lose”。确实，我没有什么害怕失去的，赤条条地来，体验下这个世界，然后赤条条地去。所以遇到困难，看准方向，有所洞察，然后就勇往直前。

从中子价值到个人价值

反应堆物理领域有个概念叫中子价值，中子价值可以简单地理解为一个中子对核能释放贡献的大小。一方面，中子引发裂变，释放能量，贡献价值；另一方

面，产生次级中子，使中子在链式反应上不断增加，也是贡献价值。这就是核反应堆中的中子的使命：自己直接贡献，培养人以使链式裂变反应持续产生贡献。在核动力院，每个人都要完成这两样使命。

每个人都有很大的潜能，但是同样是中子，不同位置、不同能量、不同裂变链下来的中子，它的价值是不同的。从反应堆物理的角度讲，堆芯可以在任意功率水平实现临界。一个堆芯的输出功率，并不取决于堆物理，而主要取决于堆芯的热量导出能力、燃料和材料的耐辐照能力、多层防御对放射性的包容能力，甚至电网所需要的实际负荷。这些都是我们生活中的现实条件。人的一生，最重要的就是认清自己的现实条件，如果有更高的功率台阶，那就发更多的电。假如目前的系统条件下，只能输出100MW的功率，那就输出100MW；哪天条件变了，需要输出1000MW的功率，那就输出1000MW。我个人的能力是有限的，但把个人能力投入到一个伟大事业中，就体现出了不平凡。就像中子，氢原子核以外，哪个原子核还没几个中子，但在堆芯里的一个中子，当它诱发裂变并产生了新的中子时，也就为核能的释放贡献了一份非凡的力量，这就与广大原子核中普通的中子有所不同了，这个中子实现了它的价值。

有一口气，点一盏灯。人生就是一场旅行，一场发现的旅行，一场探奇的旅行。何其有幸，我生在和平的中国、发展的时代，作为一个中子参与一场裂变，释放一份能量，创造一份价值。在成都，每年夏天都能吃到甜蜜幸福的冰粉。在核动力院，每天都能为这份幸福有所创造。这份幸福我愿为之终生奋斗。