

“华龙一号”总设计师：核工业是一个沉甸甸的行业

“华龙一号”实现了“中国创造”

——专访“华龙一号”总设计师邢继

“华龙一号”全球首堆投入商业运行，其自主创新取得了丰硕成果，“华龙一号”的品牌创建和首堆工程建设背后有哪些鲜为人知的困难和故事？记者就此采访了“华龙一号”总设计师邢继。

记者：为什么说“华龙一号”是中国核工业60年坚持自主创新的成果？

邢继：60年来，中国核电人紧跟世界先进核电技术发展步伐，从CNP1000、CP1000、ACP1000再到“华龙一号”，20年4个自主型号的名称，折射出的是一代代中国核工业人，在自主创新核电技术的艰难历程上不断追求更高目标的执着精神，是对初心的坚守。在各种困难与挑战面前没有动摇，突破一个个技术瓶颈，最终形成了“华龙一号”。从一穷二白，水泥、钢筋都依赖进口，在短短30多年的时间里使我国一跃进入核电技术先进国家行列，靠的就是对目标的执着坚守。在首堆工程开工以后，华龙团队不断在优化改进设计，不断创新建造技术，从福清到卡拉奇，再到漳州和海南，每一个后开工的项目都在汲取前面经验反馈的基础上进行优化改进，使

华龙的安全水平和经济性不断得到提升，这同样是源自对这种初心的坚守。

记者：“华龙一号”在自主研发和建设过程中遇到过哪些困难？

邢继：针对核电站非能动研究我们缺少技术基础，没有现成的东西供我们借鉴，研究难度非常大。我们有一支队伍负责研究非能动安全壳余热排除，这是保证在事故后作为第三道安全屏障的可靠性。他们从理论研究开始，研究出初步方案，再进行原理性实验验证非能动循环理论的可能性；为了让系统具有足够的换热能力，他们对10多种不同换热器进行研究，选择出最适合的，设计出来再进行1:1试验，确认换热器性能满足要求；这还不够，他们设计并建造了世界上最大规模综合试验台，模拟事故后的反应堆厂房，又进行了全面的实验验证，以确保设计可靠性。这个过程不断重复进行，方案也不断得到优化，有时一做就必须连续多天不能间断，2018年8月29日凌晨，当所有人都已进入梦乡之时，他们才拖着疲惫的身躯走出主控室、离开试验台。尽管已是深夜，但是他们脸上却都洋溢着快乐的笑容。这一天对他们来说意义非凡，伴随最



后一次试验的结束，非能动系统11个正式工况、累计18次试验圆满完成。这些工作非常成功，远超出了我的希望。在系统总体设计时，目标是每个系统各自实现总体的33%，这样三个整体达到百分之百，但他们通过不断优化改进，使每个系统达到了50%，大幅提升了安全余量。

这样的故事还有很多很多，研发过程中团队给了我很多勇气和信心。我们华龙团队中35岁以下年轻人占了一多半，是个非常年轻的团队。核工业是一个沉甸甸的行业，在这个行业里，责任和担当是每个人都要去面对的，核工业的年轻人需要把自己未来的发展和这个行业的发展联系在一起，和国家需要联系在一起，这是一种历史的使命。同时我相信，当前核工业发展的大好形势也为我们的年轻人搭起了施展才华的舞台。

“建设核电强国”是核工业人共同的愿望。我们还会继续努力，将“华龙一号”首堆建成发电当成新的起点，不断持

续优化改进自主核电技术，让中国自主技术引领核能未来发展。

记者：“华龙一号”坚持自主创新，在科研成果转化方面有哪些经验和启示？

邢继：核电站是最复杂的能源系统，华龙的研发集结了国内17家高校、科研院所的力量，国外有14家企业或大学参与，签署科研合作协议上百项。我们在研发过程中开展了产学研合作，克服了很多困难解决设备国产化难题，满足第三代核电要求。在核电主设备（RPV、SG和主管道等）上通过联合研制实现了100%的国产化，不仅关键设备，核电建设用的大宗材料也是如此。比如说电缆，三代核电的要求，假设出现严重事故，为确保核电安全，电缆必须能够耐受严重事故考验，而且以前二代核电站用的电缆鉴定寿命40年，我们三代核电站电缆鉴定寿命是60年。我们与厂家一起



研究，实现电缆寿命的延长，提高耐高温高压性能。电缆通过了十五天的模拟高温高压环境试验，又经过了十五天强碱性溶液浸泡试验考验后，通过了最后的耐电压性能试验，成功验证了电缆在极端情况下的安全功能。再比如安全级电缆的热缩套管，以前长期被国外一家公司垄断，我们和国内企业联合研发的“华龙一号”严重事故用电缆热缩套管打破了这个局面，而价格只是国外厂家的1/5。

类似这样的事还有很多，我们联合东方电气、哈电集团等58家国有企业，联动140余家民营企业，带动上下游产业链5000多家企业，共同突破了411台核心装备的国产化，首堆工程国产化率达到88%，实现了由“中国制造”向“中国创造”的飞跃。

作者：光明日报记者袁于飞