

华龙腾飞 核电圆梦

——庆祝“华龙一号”全球首堆商运特刊

致辞

我国核工业创建后,在党中央的正确领导下,老一辈核工业人自力更生、艰苦奋斗,创造了“两弹一艇”的惊世伟业,奠定了我国的大国地位。改革开放以来,随着核电的起步和发展,核工业服务国民经济和社会发展,迈出了新的发展步伐。党的十八大以来,在以习近平同志为核心的党中央坚强领导下,我国开启了全面建设社会主义现代化强国、实现中华民族伟大复兴的新征程,我国核工业迎来了自“两弹一艇”以来最为重要的发展战略机遇期,进入了由大到强加快发展的新时代。

自主创新是我国核工业发展的根本动力。“华龙一号”自主创新和工程建设的创举,是我国核工业创新发展的生动写照。上世纪90年代以来,中核集团坚定不移地推进自主百万千瓦级压水堆核电站的研发设计,经过20多年的砥砺创新,成功自主研发了三代核电技术“华龙一号”,自主建成了“华龙一号”首堆工程,创造了全世界三代核电建设的最佳业绩,成功走出了一条中国特色三代核电自主创新道路。“华龙一号”的成功,标志着我国已经在三代核电技术领域跻身世界前列,我国核工业的自主创新能力和核心竞争力实现了大幅跃升,正在加快从跟

跑、并跑向领跑转变跨越。

“华龙一号”凝聚着新时代核工业人自立自强的理想追求。中国核动力研究设计院、中国核电工程有限公司、中国核工业建设股份有限公司等参研参建单位的几代科技工作者接力奋斗,上万名核工业建设者常年奋战在福建福清和巴基斯坦卡拉奇核电项目施工现场,5300多家设备制造企业大力协同、联合攻关,充分发挥在党的领导下集中力量办大事的政治优势、制度优势、组织优势,夺取了“华龙一号”工程建设的重大胜利。“华龙一号”研发团队和建设队伍传承弘扬“两弹一星”精神和“四个一切”核工业精神,用实际行动铸就大国重器、打造国家名片,生动诠释了“强核报国、创新奉献”的新时代核工业精神,书写了光辉灿烂的时代华章。

面对世界百年未有之大变局,中核集团深入贯彻落实习近平总书记一系列重要指示批示精神,牢记强核强国的历史使命,努力建设先进核科技工业体系,打造世界一流核工业集团,为把我国早日建设成为核工业强国而不懈奋斗。我坚信,在建设核工业强国的前进道路上,核工业人将不断攀登世界核科技高峰,创造新时代核工业发展新的辉煌。

——中核集团党组书记
董事长

余剑锋

我国核工业是从受人遏制发展到今天的,是在自主创新中成长起来的,同样是在自主创新中逐渐强大起来的。纵观我国自主三代核电“华龙一号”的发展历程,可以充分感受到我国核工业人的铮铮傲骨。为了国家的大,为了民族的尊严,他们忍辱负重、自立自强、砥砺前行,推动我国核电实现从跟跑到并跑、与核电强国齐头并进的历史性跨越,赢得了世界的认可与尊重。

华龙突围

——写在“华龙一号”全球首堆商运之际

●本报记者盛安陵



缘起 研发中国人自己的百万千瓦级核电站 从CNP1000到CP1000

若不是日本福岛核事故,2011年底,在福清核电5号机组的这块厂址上将会建立一座型号为CP1000的核电站。

CP1000是中国首个具有完全自主知识产权的百万千瓦级核电站,即将落地之时却因福岛核事故夭折了。“回忆起将近十年前的往事,“华龙一号”总设计师邢继五味杂陈。

1997年,中核集团着手开展自主百万千瓦级核电机组的研发,当时形成了一个总体方案CNP1000。在这个方案中,由中国核动力研究院设计组负责堆芯,也就是反应堆方案的设计。该院时任副院长张森如等人提出了两种方案,一种是将国际上普遍采用的“157堆芯”扩充为“177堆芯”,也就是将燃料组件扩展到177组;另外一种是将燃料组件维持157组不变,把燃料棒从12英尺加长到14英尺。而那时的中国核工业第二研究院设计组聚焦在功率更大的CNP1400开展研究,由于太超前,在完成初步设计后,这条线就搁置了。相关人员都投入到CNP1000研发中。

从“157”到“177”,看似简单,实则很复杂。在充分考虑热传递、燃料富集度等组件之间相互制约的因素后,还要提升堆芯性能,并不是一件容易的事情。“不许失败、不许超限、不许延期。”据“华龙一号”副总设计师,核反应堆及一回路系统总设计师刘昌文回忆,为在参数的平衡间找到最优的布置方式,科研人员加班加点,艰难攻关,在堆芯装载方案没有颠覆性调整的情况下,成功地降低最大燃耗率到限值以内,在安全性、经济性和对下游产业的影响之间取得了完美的平衡。

后来欧美推出AP1000、EPR等第三代核电技术,无论是安全性经济性方面都提出了更高的要求,应对事故的能力更强。对此,中核集团科研团队汲取国际上第三代核电站设计理念,重新定位了自主百万千瓦级技术的研发目标,形成了一个具有三代特征的自主核电技术,这就是CP1000。

邢继在2009年进入这一研发团队,并担任这一型号的总设计师。随后,研发团队提出了“能动+非能动”的初步设想,并落实在CP1000方案中。

另外,单堆布置,采用双层安全壳也是CP1000的两项突出特征。然而,对于采用双层安全壳这一重大改进,大家产生了严重的分歧。

采用双壳有没有必要?如果采用双壳,科研团队能否在剩下不到一年的时间内完成设计和论证,满足2011年年底开工的要求?在专家讨论会上,双方争执不下。面对专家们尖锐而直接的质疑与追问,邢继并没有急着回答,而是翻开笔记本,平静地念出了这样一段话:“我们能够深刻理解到这件事情对我们的影响有多大,也非常珍惜有这样的机会去创造一个属于自己的核电站,同时更加知道它的重要性。……我们要坚持采用双层安全壳,我认为这个方案能够点燃设计人员的创新热情和激情。”

喧闹的会议室突然安静了下来,随后又响起一阵热烈的掌声。

这段话,邢继思虑良久。“我们的技术人员当然知道挑战有多大,我们有了这个信心才能实现目标,而我们同样希望通过自主创新来推动中国核能技术的发展。如果在双层安全壳的确定上支持我们的创新,无疑会点燃我们工程师、研发设计人员内心的创新激情。”邢继说。

其实,这不仅是对邢继及其团队的考验,更是在考验中国能不能够靠自己的实力,建造一座在设计到建造都完全自主的百万千瓦级核电站。

对邢继的整个研发团队而言,这样的局面是一个非常沉重的打击。但邢继很快就振作起来,他还对战友们说:“这都是暂时的,只要我们技术超强,做得更好,一切困难都是暂时的。我们的目标是做世界上最先进的技术,国家的要求和我们的目标是一致的。尽管遭受了挫折,可也使我们更加坚定地追求更高目标。”

一个更高的目标,要瞄准国际上最先进的核电,以高标准严格要求来确定我们自主核电的发展。”邢继回忆道。

CP1000计划在2011年底开工,邢继科研团队在2010年底就完成了初步安全分析报告编制,并上报到国家核安全局。2011年初,国家核安全局启动项目许可证安全审批,在组织召开第一次安全对话会后,发生了日本福岛核事故。

此次核事故虽然发生在日本,但是核安全没有国界,影响波及全世界。国务院立刻制定了核电安全发展的四项决定(以下简称“国四条”):一、所有核设施马上全面开展安全检查;二、暂停所有新建项目的审批;三、要求后续核工程项目必须按照国际上最高的安全标准开展;四、对核设施不满足安全检查要求的,必须进行改造。

“按国四条要求,CP1000属于将要开工但还没有审批的项目。如果对照国四条要求,就要按照国际上最高的安全标准来建,我们就需要重新论证。我们当时就得出一个结论,CP1000不能满足国际上最高安全标准的要求。这就意味着判了CP1000的死刑。”邢继说。虽然此时福清核电5号机组现场负控已经开工,但2011年年底浇筑第一罐混凝土的计划被迫流产。

对于ACP1000能抗多大级别地震这个日本福岛核事故后多次被提及的问题,邢继及团队用0.3g来回答。

这个专业术语,指的是峰值加速度,也是核电站用来确定抗震的设计基准。也就是说,不管震源在哪里,也不管地震通过何种地质构造传递而来,只要反应堆所处的地表水平向和竖向的震动峰值加速度不超过0.3g,核电站都是安全的。

邢继说:“这能够涵盖中国几乎所有的厂址。”欧洲的EPR堆型为0.25g,0.3g的目标相当于在抗震要求上又有了重大的提升。

别小看从0.25g提升到0.3g,在数值上只提升了0.05g,但对于整个核电站的设计产

生的影响是巨大的。可以说是牵一发而动全身,特别是对结构、设备抗震能力的要求大幅提高。

据抗震攻关团队的专家杨建华介绍,ACP1000既然定位三代核电,就要按照三代核电的研究,也就是后来的ACP1000。日本福岛核事故可以说加速了这一型号的面世。

其实,在研发CP1000的同时,中核集团已经提前策划布局并开展了自主三代核电的研究,也就是后来的ACP1000。而在这个高目标给工程师们带来了漫长和艰难的挑战。为了啃下0.3g抗震这块硬骨头,从2012年底到2014年底,抗震设计团队的工程师们几乎没日没夜地在办公室里计算。甚至为了“保证计算连续性和进度,有的工程师在端午节早上4点到单位接着计算。”

“最担心计算出错,因为一旦计算出错,可能会因为连锁反应,导致上游工艺专业的作业全白做了。那段时间,工作的压力非常大,连睡觉时都会经常反反复复地思考计算参数,感到有问题时,就会冒冷汗。”然而,团队主力冯英、孙晓娟却说:“我们就是要战胜它,我们也信心战胜它;挑战让我们很有成就感,挑战成功让我们更有自豪感。”在抗震攻关团队日以继日努力下,经历了五次抗震设计迭代优化,终于形成了最终也是最优的“华龙一号”布置方案。

无独有偶,在抗大飞机撞击的设计中,研发团队也有着相似的境遇。邢继说:“我们重新确定的ACP1000方案中强化了应对极端外部灾害,包括人为事件的设计。大飞机撞击在‘911’以后,在欧洲的三代核电设计中,被普遍关注,而美国人当时并没有考虑,但我们还是把它纳入其中。”

然而,这一设计对于研发团队来说,完全是个空白。相关的模型和参数,在国际上是机密,无资料可寻。此项研究的具体承担者蔡利建、蒋迪、姚迪表示难度太大,心里直打鼓,一时不知道如何开展研究。

“空自带来机遇,机遇伴随挑战。对于抗大飞机撞击设计方案,他们本来希望寻求国际知名公司协助指导,为此还通过两家国际知名企业,但对方提出一些知识产权,并对后续出口提出一些限制条件。对于邢继科研团队来说,这一诉求意味着

融合 满足国际最高安全标准 从ACP1000到“华龙一号”

全局的指导下,为步调一致抢占国际核电市场,在ACP1000技术的基础上,中核集团和中广核将各自的百万千瓦级技术进行融合,形成我国自主知识产权、自主品牌的三代核电技术“华龙一号”。

2014年8月21日至22日,“华龙一号”迎来大考。这两天,“华龙一号”接受了由国家能源局、国家核安全局牵头组织的我国43位院士和专家的评审。专家组一致认为,华龙一号成熟性、安全性和经济性满足三代核电技术要求,设计技术、设备制造和运行维护技术等领域的核心技术具有自主知识产权,是目前国内可以自主出口的核电机型,专家组建议,尽快启动示范工程。

随后,“华龙一号”接受国际大考。维也纳时间2014年12月4日至5日,经过紧张的答辩,“华龙一号”(ACP1000)通过了IAEA反应堆通用设计审查。这是我国自主三代核电技术首次面向国际同行审查。专家认为,ACP1000在设计安全方面是成熟可靠的,满足IAEA关于先进技术最新设计安全要求;其在成熟技术和详细的试验验证基础上进行的创新设计是成熟可靠的。在IAEA国际通行证。

“在IAEA工作的中国员工事后说这是他们见到过的最好的报告,也是目前他们见到的三代方案里面最好的。”“华龙一号”首堆项目经理李代勇说。

据了解,“华龙一号”拥有完全自主知识产权体系,专利700余件,软件著作权120余项。概括来说,主要表现为“四个充分”:一是充分利用和结合了我们近30年来核电站设计、建设、运营所积累的宝贵经验,技术和人才优势;二是充分借鉴了国际上的先进核电技术;三是充分考虑了历次核事故,特别是福岛核事故后国内外的经验教训,全面落实了核安全监管的改进要求;四是充分依托业已成熟的我国核电装备制造体系和能力,采用经过验证的成熟技术,实现了集成创新。

2013年4月,在国家能源局和国家核安

全局的指导下,为步调一致抢占国际核电市场,在ACP1000技术的基础上,中核集团和中广核将各自的百万千瓦级技术进行融合,形成我国自主知识产权、自主品牌的三代核电技术“华龙一号”。

2014年8月21日至22日,“华龙一号”迎来大考。这两天,“华龙一号”接受了由国家能源局、国家核安全局牵头组织的我国43位院士和专家的评审。专家组一致认为,华龙一号成熟性、安全性和经济性满足三代核电技术要求,设计技术、设备制造和运行维护技术等领域的核心技术具有自主知识产权,是目前国内可以自主出口的核电机型,专家组建议,尽快启动示范工程。

随后,“华龙一号”接受国际大考。维也纳时间2014年12月4日至5日,经过紧张的答辩,“华龙一号”(ACP1000)通过了IAEA反应堆通用设计审查。这是我国自主三代核电技术首次面向国际同行审查。专家认为,ACP1000在设计安全方面是成熟可靠的,满足IAEA关于先进技术最新设计安全要求;其在成熟技术和详细的试验验证基础上进行的创新设计是成熟可靠的。在IAEA国际通行证。

“在IAEA工作的中国员工事后说这是他们见到过的最好的报告,也是目前他们见到的三代方案里面最好的。”“华龙一号”首堆项目经理李代勇说。

据了解,“华龙一号”拥有完全自主知识产权体系,专利700余件,软件著作权120余项。概括来说,主要表现为“四个充分”:一是充分利用和结合了我们近30年来核电站设计、建设、运营所积累的宝贵经验,技术和人才优势;二是充分借鉴了国际上的先进核电技术;三是充分考虑了历次核事故,特别是福岛核事故后国内外的经验教训,全面落实了核安全监管的改进要求;四是充分依托业已成熟的我国核电装备制造体系和能力,采用经过验证的成熟技术,实现了集成创新。

2013年4月,在国家能源局和国家核安

全局的指导下,为步调一致抢占国际核电市场,在ACP1000技术的基础上,中核集团和中广核将各自的百万千瓦级技术进行融合,形成我国自主知识产权、自主品牌的三代核电技术“华龙一号”。

2014年8月21日至22日,“华龙一号”迎来大考。这两天,“华龙一号”接受了由国家能源局、国家核安全局牵头组织的我国43位院士和专家的评审。专家组一致认为,华龙一号成熟性、安全性和经济性满足三代核电技术要求,设计技术、设备制造和运行维护技术等领域的核心技术具有自主知识产权,是目前国内可以自主出口的核电机型,专家组建议,尽快启动示范工程。

随后,“华龙一号”接受国际大考。维也纳时间2014年12月4日至5日,经过紧张的答辩,“华龙一号”(ACP1000)通过了IAEA反应堆通用设计审查。这是我国自主三代核电技术首次面向国际同行审查。专家认为,ACP1000在设计安全方面是成熟可靠的,满足IAEA关于先进技术最新设计安全要求;其在成熟技术和详细的试验验证基础上进行的创新设计是成熟可靠的。在IAEA国际通行证。

“在IAEA工作的中国员工事后说这是他们见到过的最好的报告,也是目前他们见到的三代方案里面最好的。”“华龙一号”首堆项目经理李代勇说。

据了解,“华龙一号”拥有完全自主知识产权体系,专利700余件,软件著作权120余项。概括来说,主要表现为“四个充分”:一是充分利用和结合了我们近30年来核电站设计、建设、运营所积累的宝贵经验,技术和人才优势;二是充分借鉴了国际上的先进核电技术;三是充分考虑了历次核事故,特别是福岛核事故后国内外的经验教训,全面落实了核安全监管的改进要求;四是充分依托业已成熟的我国核电装备制造体系和能力,采用经过验证的成熟技术,实现了集成创新。

2013年4月,在国家能源局和国家核安

全局的指导下,为步调一致抢占国际核电市场,在ACP1000技术的基础上,中核集团和中广核将各自的百万千瓦级技术进行融合,形成我国自主知识产权、自主品牌的三代核电技术“华龙一号”。

2014年8月21日至22日,“华龙一号”迎来大考。这两天,“华龙一号”接受了由国家能源局、国家核安全局牵头组织的我国43位院士和专家的评审。专家组一致认为,华龙一号成熟性、安全性和经济性满足三代核电技术要求,设计技术、设备制造和运行维护技术等领域的核心技术具有自主知识产权,是目前国内可以自主出口的核电机型,专家组建议,尽快启动示范工程。

随后,“华龙一号”接受国际大考。维也纳时间2014年12月4日至5日,经过紧张的答辩,“华龙一号”(ACP1000)通过了IAEA反应堆通用设计审查。这是我国自主三代核电技术首次面向国际同行审查。专家认为,ACP1000在设计安全方面是成熟可靠的,满足IAEA关于先进技术最新设计安全要求;其在成熟技术和详细的试验验证基础上进行的创新设计是成熟可靠的。在IAEA国际通行证。

“在IAEA工作的中国员工事后说这是他们见到过的最好的报告,也是目前他们见到的三代方案里面最好的。”“华龙一号”首堆项目经理李代勇说。

据了解,“华龙一号”拥有完全自主知识产权体系,专利700余件,软件著作权120余项。概括来说,主要表现为“四个充分”:一是充分利用和结合了我们近30年来核电站设计、建设、运营所积累的宝贵经验,技术和人才优势;二是充分借鉴了国际上的先进核电技术;三是充分考虑了历次核事故,特别是福岛核事故后国内外的经验教训,全面落实了核安全监管的改进要求;四是充分依托业已成熟的我国核电装备制造体系和能力,采用经过验证的成熟技术,实现了集成创新。

2013年4月,在国家能源局和国家核安

建造 打破首堆必拖魔咒 挺进世界前列 从图纸到现实

2015年5月7日,“华龙一号”示范工程福清核电5号机组正式开工建设。

从1997年提出以“177堆芯”为主要特征的CNP1000,到2009年提出“能动+非能动”为主要特征的CP1000,再到ACP1000,“华龙一号”,中国具有完全自主知识产权的百万千瓦级核电站经过二十年的努力与拼搏,终于落地了。

在喜庆的鞭炮中,“华龙一号”全球首堆福清核电开工锣鼓声响起。

“华龙一号”首堆工程涉及到的专业领域70多个,80多个构筑物,360多个系统,工程设计图纸20万张以上。尤其是设备国产化率较高,包含“三新”设备(新设计、新厂家、新技术)111项,可以说,每一个细节的创新,都对设计、采购、施工、调试,乃至商务、核安全等各个环节提出了更高的要求,对整体的项目控制而言也意味着更大的挑战。为了确保首堆工程顺利推进,在中核集团主要领导牵头下引入了Top10制度,沙盘推演等项目管理工作。

其中,Top10制度是梳理和总结项目进展中存在的问题和较大风险性节点,可以集中调动优势力量实现协同。而用于模拟项目管理与策划工作的沙盘推演,被推广到设计、采购、施工等环节,增强了对项目风险的预见性和控制效能,能够使进度节点都得到了有效把控和落实,特别是对“三新”设备的风险控制和平稳运行具有非常重要的意义。

然而一年后,工程建设进入最为曲折的时期。邢继用这样一幅画面记录下那时的感受:“华龙一号”全球首堆工程现场,黑压压的天空下狂风暴雨似要袭来。他为之取名《华龙2016》。

世界上三代核电首堆,不管是美国的AP1000,还是法国的EPR,都遭遇了拖期的魔咒。的确,首堆建设难度极大,即便是有着30余年不间断从事核电工程建设经验的中国,也不免轻覆。

“华龙有,有我必成!”每当工程遇到困难,现场参建单位就成立专业攻关组,昼夜不停干。有时夜里两三点也邀请监理单位验收,为下一道工序做准备。他们把建设好“华龙一号”当作是自己的事业,只要任务需要,大家都没有二话,愿意坚守,愿意付出,无怨无悔!

相对于土建,设备方面面临的挑战同样不容小觑。2015年11月4日,福清核电现场正在召开“华龙一号”示范工程建设协调会。当得知主泵这个关键设备按时间节点已拖期5个月时,与会人员迅速行动,奔赴位于哈尔滨的哈电集团予以协调。从北京到福清,再回北京,然后前往哈尔滨……连续四天,辗转三地,5500公里的行程,跨越南北,只为主泵能够按期交货。

“华龙一号”汽轮机是我国自主生产的核电主设备,由东方电气研制,不仅构造不同于福清核电前4台机组,而且重量和尺寸都远远超前者。其中,汽轮机低压转子重达281吨,比前4台机组重了近一倍,特别是最长的叶片长1828毫米,为世界汽轮机之最。中核五公司的范永光等安装人员昼夜不停地干,仅高压缸转台,一周7天就找了6次,每个人都推了好几百斤。我每天有十五六个小时在现场,即使做梦也在找中,一个星期瘦了整整6公斤,到最后人都打蔫了。”范永光说。散伙大伙时刻坚守在现场的动力,是参与“华龙一号”全球首堆建设的荣誉感和责任感。我们是在为荣誉而战,为中国核电而战,为国家名片而战。

越是重大项目工程,越是要通过党建工作凝心聚力,让党旗在一线高高飘扬。“华龙一号”示范工程现场共有参建单位10余家,涉及班组400多个,建设人员约1.1万名。如何形成统一编排,统一管理,统一行动的一盘棋”工作格局,是一个需要着重解决的问题。为此,各参建单位与生态环境部华东核与辐射安全监管站共同成立了“华龙一号”党建工作联合委员会。党建联建工作围绕“集中”“同”,通过跨产业、跨行业、跨单位的组织形式,将工程参建单位融为一体,快速解决问题,既保证了施工进度,又加快了工程进度。通过在现场建立党员示范岗、责任区、先锋队等150多个,进行技术攻关,创造了一系列最短工期纪录,为实现“华龙一号”示范工程建设目标打下坚实的基础。

而且,“华龙一号”全球首堆还联合58家国有企业,联动140余家民营企业,带动上下游产

2014年8月22日“华龙一号”总体技术方案通过国家权威评审。

2015年6月15日李克强总理在中国核电工程有限公司听取了“华龙一号”技术特点和创新成果汇报。

2017年5月25日安全壳内穹顶吊装。

2018年2月14日压力容器安装完成。

2018年7月14日主管道焊接完成。

2019年4月27日冷试开始。

2020年9月进行装料。

2013年4月25日国家能源局主持召开自主创新三代核电技术合作协调会,确定中核、中广核两集团联合开发“华龙一号”技术。

2014年11月3日国家能源局给予批复:“华龙一号”落地福清5、6号。

2015年5月7日“华龙一号”首堆示范工程正式开工建设。

2016年9月20日核岛安装开始。

2017年9月17日常规岛安装开始。

2018年5月18日反应堆厂房重型设备布置完成。

2018年8月4日主控室部分可用。

2020年3月2日热试完成。

2020年11月27日首次并网成功。

2014年8月22日“华龙一号”总体技术方案通过国家权威评审。

2015年6月15日李克强总理在中国核电工程有限公司听取了“华龙一号”技术特点和创新成果汇报。

2017年5月25日安全壳内穹顶吊装。

2018年2月14日压力容器安装完成。

2018年7月14日主管道焊接完成。

2019年4月27日冷试开始。

2020年9月进行装料。

2013年4月25日国家能源局主持召开自主创新三代核电技术合作协调会,确定中核、中广核两集团联合开发“华龙一号”技术。

2014年11月3日国家能源局给予批复:“华龙一号”落地福清5、6号。

2015年5月7日“华龙一号”首堆示范工程正式开工建设。

2016年9月20日核岛安装开始。

2017年9月17日常规岛安装开始。

2018年5月18日反应堆厂房重型设备布置完成。

2018年8月4日主控室部分可用。

2020年3月2日热试完成。

2020年11月27日首次并网成功。

2014年8月22日“华龙一号”总体技术方案通过国家权威评审。

2015年6月15日李克强总理在中国核电工程有限公司听取了“华龙一号”技术特点和创新成果汇报。

2017年5月25日安全壳内穹顶吊装。

2018年2月14日压力容器安装完成。

2018年7月14日主管道焊接完成。

2019年4月27日冷试开始。

2020年9月进行装料。

2013年4月25日国家能源局主持召开自主创新三代核电技术合作协调会,确定中核、中广核两集团联合开发“华龙一号”技术。

2014年11月3日国家能源局给予批复:“华龙一号”落地福清5、6号。

2015年5月7日“华龙一号”首堆示范工程正式开工建设。

2016年9月20日核岛安装开始。

2017年9月17日常规岛安装开始。

2018年5月18日反应堆厂房重型设备布置完成。

2018年8月4日主控室部分可用。

2020年3月2日热试完成。

2020年11月27日首次并网成功。

2014年8月22日“华龙一号”总体技术方案通过国家权威评审。

2015年6月15日李克强总理在中国核电工程有限公司听取了“华龙一号”技术特点和创新成果汇报。

2017年5月25日安全壳内穹顶吊装。

2018年2月14日压力容器安装完成。

2018年7月14日主管道焊接完成。

2019年4月27日冷试开始。

2020年9月进行装料。

2013年4月25日国家能源局主持召开自主创新三代核电技术合作协调会,确定中核、中广核两集团联合开发“华龙一号”技术。

2014年11月3日国家能源局给予批复:“华龙一号”落地福清5、6号。

2015年5月7日“华龙一号”首堆示范工程正式开工建设。

2016年9月20日核岛安装开始。

2017年9月17日常规岛安装开始。

2018年5月18日反应堆厂房重型设备布置完成。

2018年8月4日主控室部分可用。

2020年3月2日热试完成。

2020年11月27日首次并网成功。

2014年8月22日“华龙一号”总体技术方案通过国家权威评审。

2015年6月15日李克强总理在中国核电工程有限公司听取了“华龙一号”技术特点和创新成果汇报。

2017年5月25日安全壳内穹顶吊装。

2018年2月14日压力容器安装完成。

2018年7月14日主管道焊接完成。

2019年4月27日冷试开始。

2020年9月进行装料。

2013年4月25日国家能源局主持召开自主创新三代核电技术合作协调会,确定中核、中广核两集团联合开发“华龙一号”技术。

2014年11月3日国家能源局给予批复:“华龙一号”落地福清5、6号。

2015年5月7日“华龙一号”首堆示范工程正式开工建设。

2016年9月20日核岛安装开始。

2017年9月17日常规岛安装开始。

2018年5月18日反应堆厂房重型设备布置完成。

2018年8月4日主控室部分可用。

2020年3月2日热试完成。

2020年11月27日首次并网成功。

2014年8月22日“华龙一号”总体技术方案通过国家权威评审。

2015年6月15日李克强总理在中国核电工程有限公司听取了“华龙一号”技术特点和创新成果汇报。

2017年5月25日安全壳内穹顶吊装。

2018年2月14日压力容器安装完成。

2018年7月14日主管道焊接完成。

2019年4月27日冷试开始。

2020年9月进行装料。

2013年4月25日国家能源局主持召开自主创新三代核电技术合作协调会,确定中核、中广核两集团联合开发“华龙一号”技术。

2014年11月3日国家能源局给予批复:“华龙一号”落地福清5、6号。

2015年5月7日“华龙一号”首堆示范工程正式开工建设。

2016年9月20日核岛安装开始。

2017年9月17日常规岛安装开始。

2018年5月18日反应堆厂房重型设备布置完成。

2018年8月4日主控室部分可用。

2020年3月2日热试完成。

2020年11月27日首次并网成功。

2014年8月22日“华龙一号”总体技术方案通过国家权威评审。

2015年6月15日李克强总理在中国核电工程有限公司听取了“华龙一号”技术特点和创新成果汇报。

2017年5月25日安全壳内穹顶吊装。

2018年2月14日压力容器安装完成。

2018年7月14日主管道焊接完成。

2019年4月27日冷试开始。

2020年9月进行装料。

2013年4月25日国家能源局主持召开自主创新三代核电技术合作协调会,确定中核、中广核两集团联合开发“华龙一号”技术。

2014年11月3日国家能源局给予批复:“华龙一号”落地福清5、6号。

2015年5月7日“华龙一号”首堆示范工程正式开工建设。

核动力院： 掌握华龙核心技术 乘风助力“扬帆出海”

中国核动力研究设计院是中国唯一集核反应堆工程研究、设计、试验、运行和小批量生产为一体的大型综合性科研基地。自1965年建院以来,已形成包括核动力工程设计、核蒸汽供应系统集成供应、反应堆运行和应用研究、反应堆工程实验研究、核燃料和材料研究、同位素生产和核技术服务与应用研究等在内的完整的科研生产体系。

作为反应堆及一回路系统研发单位,核动力院坚持自主创新,全面围绕解决关键技术“卡脖子”问题,成功掌握了具有完全自主知识产权的三代先进核电“华龙一号”核心关键技术,使我国从技术引进国变成技术输出国,实现了我国三代核电技术突破。



筑牢根基 先进设计理念助推“华龙出海”

“华龙一号”是具备能动与非能动相结合安全特征的三代核电技术,核动力院创新性地提出了177堆芯、能动与非能动相结合的安全设计理念,结合多项创新设计,使“华龙一号”技术指标达到了国际三代核电技术的先进水平,成为当前核电市场上接受度最高的三代核电机型之一,成为新的“国家名片”。

“华龙一号”的成功研发,使我国成为继美国、法国、俄罗斯等之后又一个具有独立自主知识产权的三代核电技术的国家,是我国实现核大国向核强国跨越的突破,实现了中国核电“造船出海”,将有力支撑国家“一带一路”倡议,促进核电制造业升级换代,助推“中国制造2025”实施。

艰苦攻关 推动创新成果工程应用

“华龙一号”在成熟设计的基础上引入了新的先进设计特征,核动力院通过试验评估和验证确保增强其安全性和运行性能。针对包括反应堆堆芯设计变化、能动与非能动相结合的设计理念、抗震能力的提高、严重事故下降低放射性物质向外释放可能性在内的重要技术改进项,开展了大量有针对性的验证试验,通过这些试

验有效地验证了“华龙一号”新系统功能的实现,并验证了新技术的可靠性和先进性。典型验证试验包括堆腔注水冷却系统验证试验、二次侧非能动余热排出系统验证试验、反应堆堆内构件流致振动试验、控制棒驱动机构抗震试验、反应堆水力模拟试验、蒸汽发生器试验等。

打破垄断 提升我国完整核电装备供应能力

“华龙一号”坚持自主研发、自主设计、自主制造之路,充分利用了我国成熟的核电装备制造体系,核动力院在堆型研发方面,联合了国内高校、科研机构、设备厂家共同参与,首堆设备供货厂家分布全国各地。通过核动力院为主的设计单位和国内制造企业的联合研发,反应堆压力容器、蒸汽发生器、堆内构件、控制棒驱动机构、先进堆芯测

量系统、安全级DCS系统等核心装备都实现“中国造”,带动了国内装备制造业高端设备的整体研发和制造水平,大幅提升了“华龙一号”设备国产化率和设备的经济性指标,确保了核心关键设备不受制于人,打破了国际垄断,推动“华龙一号”国产化率达到85%以上,使中国核电装备制造水平跻身世界领先行列,带动产业集群转型升级。

自主创新 打造高技术水平核电软件品牌

核动力院于2015年完成自主化核电设计与分析软件包NESTOR的研发工作,并于2015年12月17日在北京成功发布,标志着中国首套自主化核电设计与分析软件包的正式诞生。该软件包的成功开发,不但解决了中国核电出口无成套自主化核电设计与分析软件与之配套的问题,同时也成功建立了自主化核电设计与分析软件技术研发体系,并创立了高技术水平的核电软件技术品牌。

自主化核电设计与分析软件包NESTOR涵盖了核电设

计与分析的关键核心领域,包括核反应堆物理设计、屏蔽与源项设计、热工水力与安全分析、燃料元件相关设计、设备与系统相关设计、软件共性技术等专业领域。NESTOR软件包以中核集团数十年工程科研成果为基础,结合了大量科技人员的工程经验和智慧,软件基于C++、JAVA等先进计算机语言研发,按照严谨的软件工程化方式进行开发,相关软件已通过了严格的第三方测试和验证,具有计算精度高、用户人机界面友好等特点,已达到国际先进水平。

超前谋划 铸就自主最强中国“芯”

为了适应核电的迅速发展和出口核电工程的迫切需求,早在2010年,中核集团就将“压水堆燃料元件设计制造技术”项目(以下简称“CF项目”)列为集团公司第一批重点科技专项,核动力院作为重要研发单位,全面启动自主化先进燃料元件的研发工作。项目同时得到了国防科工局等国家部委的高度关注和大力支持。

2019年实现20组CF3燃料组件入商用堆批量化应用,标志着核动力院自主研发出了具有自主知识产权的CF系列燃

料组件,建立了CF燃料自主品牌并实现工程应用。CF系列燃料组件的研制成功,使得国内摆脱了无自主知识产权燃料品牌的困境,打破了国外的技术限制和原材料供应限制,为我国自主化三代核电“华龙一号”等核电技术顺利出口提供了重要支持,实现了我国核电燃料组件研发的跨越式发展,对保障我国核能事业的可持续发展具有重要意义,是我国走自主发展核电道路上的一次成功实践,是高技术产业化、重大装备国产化的一次成功实践,具有深远的意义。

多措并举 创建中国自主标准体系

“华龙一号”型号标准也是对我国压水堆核电厂标准体系的补充完善,有利于核电基础研究能力的提升和后续型号的研发,同时肩负实现核电安全高效发展、落实核电“走出去”战略、建设核电强国使命的“华龙一号”亟需建立相应的标准体系,以固化科研成果、提供设计依据、为批量化建设提供条件,并通过标准“走出去”来促进“华龙一号”“走出去”。

截至2019年12月,核动力院作为集团公司“华龙一号”型号标准体系建设的重要单位,负责了设备制造子领域的标准梳理优化工作,牵头承担了5个重要标准专题研究,20余项集团华龙标准编制及相关核电标准的编制工作。同时,在集团公司的积极推进与领导下,核动力院参与了三部委(国家标

准委、国家能源局、国家核安全局)“华龙一号”国家重大工程标准示范任务,作为设备制造组副组长单位,为该示范任务的完成作出重要贡献。2019年底,由核动力院主编的“压水堆核岛机械系统设计规范”(GB/T 16702-2019)发布,该标准在原标准的基础上,充分采纳了“华龙一号”等三代核电设计建造经验。2020年10月,由核动力院主编,以“华龙一号”为背景的“压水堆核电厂一回路冷却剂系统设备和管道保温层设计规范”(ISO 23466:2020)正式发布,该标准是我国核电领域首个发布的国际标准,也是我国核领域首个发布的ISO标准。“华龙一号”标准体系的建立,对支撑“华龙一号”“走出去”和提升我国核电国际影响力具有重要意义。

全面布局 打造中国自主三代核电品牌

在进行“华龙一号”技术研发的同时,核动力院同步构建了完善的知识产权布局和专利申请计划,有效地保护了创新成果,达到了提高市场竞争能力、打造三代中国核电品牌的目标。目前,核动力院在“华龙一号”方面共计申请

国内专利270余件、国际专利30件,覆盖了设计、燃料、设备等领域,在燃料和堆芯设计、核岛主要系统设计、主要设备设计、仪控设备设计等关键技术方面均形成了完整的知识产权体系,打造了“华龙一号”核电技术的专利集群。

中国核电： 解码“华龙一号”全球首堆建设

● 本报通讯员张贵亮 罗路红 徐昶

2015年5月7日,“华龙一号”开工建设。2020年11月27日,“华龙一号”全球首堆——福清核电5号机组首次并网成功,创造了全球三代核电首堆建设的最佳业绩,标志着我国正式进入世界先进核电国家行列。

作为福清核电5号机组投资方的控股股东,中国核能电力股份有限公司在5年多建设过程中,发挥自身的独特优势,统筹协调、系统管控、配强资源,服务现场,为示范工程的顺利建成作出了独特贡献。

关键词一 全面反馈,优势互补深融合

早在2014年,福清5、6号机组尚处于筹备阶段,中国核电即牵头组织福清核电、中核工程等多家单位和工程建设领域专家对项目组织模式进行专题研讨。在认真总结分析福清核电1-4号机组、方家山核电、海南核电和田湾核电3、4号机组工程建设情况的基础上,分析了核电工程建设组织模式特点及适用性,汲取工程建设经验,结合国家法律法规特别是安全监管当局的最新要求,初步确定采用业主负责制的工程总承包模式并拟定了有关实施方案,经集团公司批准后由业主公司与工程总承包单位签署了《工程总承包合同》。

该《工程总承包合同》对业主和总承包方作了明确规定,业主对总承包管理体系的有效运作进行全面监督,

重点管控关键目标和过程偏差,弥补工程总承包管理中出现的不足。业主有主动管控、主动监督的责任,总承包方按照总承包合同约定向业主负责并承担其相应的法律责任,承担设计、采购、施工、调试、项目管理等工作。在具体实践中,各参建单位和员工以现场工作为目标,减少分歧,增强合力,以现场项目部为主导推进任务。中核工程和福清核电深度融合,资源共享,达到1+1>2的效果。

这种运作模式既强调了业主负责制,也实现了工程总承包制,以现场为中心,以工程为主导,形成在现场项目部层面统一领导的体系,提高了工作效率,是“华龙一号”示范工程顺利推进的重要前提。

关键词三 重点突破,集中力量办大事

项目TOP10风险管理体系是确保工程顺利进展的重要管控手段,由中核集团和中国核电提出并首次应用于“华龙一号”示范工程中。中国核电要求以问题为导向,事先把相关的工程风险暴露出来,并订立风险级别,分轻重,以领导负责制,逐级分解和传递问题信息;将充分发挥集团公司、中国核电以及中核工程的作用,重要问题由集团公司领导牵头负责,确保福清项目顺利推进。这一管控模型有效地将这一项目参建各方最高决策层与现场执行层牵动在一起,有利于最大限度调

动资源保障工程进展。2016年9月,项目核岛安装图纸的问题引起了工程部的关注。中国核电协同福清核电和中核工程将这一风险作为TOP1列入项目TOP10风险清单,并上报集团公司领导,同时协调相关人员第一时间赶到福清现场解决图纸问题。在福清核电现场和工程公司本部,相关人员进行深入对接了解情况,并按照出图的顺序和优先级逐项对4000多册图纸进行了梳理,最终找到并解决了问题。

项目TOP10风险清单是集团公司提

出的业主负责制的工程总承包模式下的风险管理体系的具体体现,为的是预判风险。TOP10风险清单分两层,一层是福清项目现场从设计、采购、施工等各领域形成自己分领域的TOP10风险清单;另一层是由中国核电、福清核电和工程公司现场项目部对各领域TOP10风险清单进行筛选,将重要的问题形成整体的福清项目TOP10风险清单。重点问题由集团公司主要领导牵头负责。清单的内容随着工程建设的进展不断推进更新,并按月进行滚动。

关键词四 真抓实干,严加防范保安全

为顺利推进“华龙一号”示范工程建设,确保工程建设质量,中国核电从强化独立监督、严格安全生产责任落实、完善挂牌督办及群厂经验反馈机制,严抓防人因管理,加强安全质量管理等各个方面入手,为“华龙一号”示范工程保驾护航。

为加强对各核电厂的独立监督工作,强化总部监督独立性,中国核电聘任安全总监派驻到电厂开展安全独立监督检查。驻厂安全总监每周向中国核电报告派驻单位安全生产情况;中国核电每年组织安全总监对成员电厂进行安全总监巡查,帮助被巡查单位提升安全管理水平;安全总监年终对派驻电厂主要负责人履行安全职责情况进行“画像”,向中国核电进行述职,由中国核电进行评价考核。

强化安全生产责任的有效落实,建立安全生产一岗一清单责任规范。中国核电组织成立专项组编制了核电厂安全生产责任一岗一清单,涵盖工程建设在内的9个领域,466个岗位,为各电厂安全生产责任书的签署和履责情况的监督检查提供了有力支持。中国核电围绕高处作业、潜水作业、有限空间作业等事故风险,分别组织召开安全专题会,交流分享经验、分析问题和不足,制定发布相关作业标准细则,组织各单位积极应用,不断提高安

全管理水平。规范运作安全环保风险管控和隐患排查治理“双预防”机制,对机组安全生产重大问题挂牌督办,统筹利用中国核电整体力量,促进问题的协同管理和有效解决。

完善群厂经验反馈体系,建立A/B类事件经验反馈制度,对内外部典型问题开展群厂快速排查和反馈,强化纠正行动的落实,确保反馈到位,改进到位,防止同类问题重发。为了确保“华龙一号”首堆建造、安装、调试取得圆满成功,中国核电以经验反馈为重要抓手,通过中国核电AB类事件管理机制,将重要经验教训反馈到“华龙一号”,取得了很好的效果。福清核电针对中国核电发起的49起A类、45起B类事件共制定了524条纠正行动,其中管理流程改进(如制度/程序/方案编制或修订、建立通报机制)201条,实体改进(如设计变更、现场标识、计算机)40条,排查与缺陷纠正152条,培训和学习54条,有效地避免了事件在“华龙一号”的重复发生。

强化防人因管理和严格执行程序。组织开展了制定电厂各岗位的人员行为规范、对电厂的日常/大修中的人员行为进行观察指导,对观察指导结果进行统计分析,制定中国核电防人因11种工器具标准化使用守则,开展人因失误隐患排查活

动等大量人因管理基础性工作,对主要生产处室的正式员工和承包商人员开展防人因失误培训,组织各电厂承包商人员进行防人因失误技能比武,强化人员遵守程序意识,杜绝或减少人因事件的发生。在中国核因人因管理工作计划的指导下,福清核电从提升人员技能、识别和纠正组织、管理、实体和个人屏障中存在的缺陷入手,结合公司“业主与承包商安全文化建设一体化”的机制,组织业主和承包商开展了防人因失误培训、技能比武、观察指导、查找人因失误陷阱等活动。

加强安全质量管理,强化各岗位人员安全质量红线意识,明确安全质量红黄线标准,实行安全生产黑名单制度。组织发布中国核电工业安全、质量红黄线标准,含工业安全红线10条、黄线20条,质量红线5条、黄线10条。建立中国核电安全生产黑名单制度,对违反安全质量红线的人员在所有成员单位项目上予以禁入,有力促进各岗位人员严格遵守安全生产规章制度意识,有效遏制“三违”现象。推动落实“弄虚作假”、“违规操作”两个“零容忍”,为保障华龙工程建设质量,联合集团公司科技与质量信息化部对华龙工程开展专项质量检查,确保工程建设质保体系有效运作,促进工程建设安全质量管理水平提升。

关键词二 大力协同,以上率下破难题

在中核集团和中国核电的推动下,国家能源局于2015年成立自主三代核电技术“华龙一号”示范工程建设协调小组,成员包括国家能源局,地方政府部门,有关行业协会,设计、施工、设备制造涉及到的相关单位。主要目的是集中优势资源,加快经验共享,稳步推进国内示范工程顺利建成投产,推动“华龙一号”核电技术加快走出去。协调小组下设项目办公室。其中,福清项目办公室主任由中核集团主要领导担任,成员包括福建省发改委、中国核能行业协会、中国机械工业联合会、华电集团、中核建、中能建集团、中国一重、东方电气、上海电气和哈电集团等10家单位的主要负责人,负责推进各自项目进展,协调各单位资源和行动,落实协调小组会议议定事项,并推动解决项目建设中的重大问题。

2020年6月28日,中核集团成立“华龙一号”示范工程福清核电5、6号机组建设领导小组,集团公司副总经理申彦锋担任组长,中国核电董事长刘敬担任副组长,中国核电作为领导小组办公室单位,中国核电副总经理顾健担任办公室主任,协调资源,牵头推动福清5号机组调试和6号机组的安装工作,精心组织、稳扎稳打,鼓足干劲,按计划推动工程建设工作;利用经验反馈平台,及时反馈其他核电机组的共性和典型事件,避免工程建设问题重复发生;深入施工现场,掌握第一手信息和现场各单位实际困难,通过信息专报和周报等方式,协调中核工程和中国核建的施工资源,推动现场土建、安装和调试等重大问题解决,为推动福清5号机组建设起到了重大作用。

关键词五 党建引领,凝心聚力树旗帜

示范工程开工建设以来,参建单位高度重视党的建设,各自探索开展了党员进班组、亮身份等有效做法,加强党的建设,凸显党组织的战斗堡垒和党员的先锋模范作用。2017年以来,随着“华龙一号”示范工程进入攻坚期,根据集团公司领导的指导,中国核电适时组织开展党建联建,推动示范工程6家参建单位和1家监督单位于2018年9月成立了“华龙一号”示范工程党建工作联合委员会,将党的组织体系与工程建设组织体系深度融合,有效组织现场660多名常年奋战在一线的党员

及所有388个班组的1.1万名建设者、管理者。

工程现场建立了完善汇报协调、评价激励、经费保障、制度保障、宣传推广等日常运作机制;确定“委员进支部、党员进班组”、进驻党员“红绿灯”评价、“优秀党员”评比等措施解决实际问题,有效破解了工程建设各方利益诉求差异难题,增强了示范工程全体参建者的责任感使命感荣誉感,进一步激发了一线员工积极性主动性,切实推动示范工程一鼓作气往前奔,有力促进示范工程“党建成效和‘华龙一号’工

程建设双丰收、双示范”目标实现,丰富“华龙一号”品牌内涵。

未来,中国核电将保持慎终若始的战略定力,坚持安全第一、质量第一,协同、指导福清核电扎实做好运行阶段的核安全责任的落实工作,持续开展一体化核安全文化建设工作,营造“零容忍”的核安全文化氛围,持续提升机组的安全性和经济性,用卓越的运行业绩,持续擦亮“华龙一号”作为国家名片的靓丽色彩,更好助力自主品牌走向全球,走向世界核电舞台的中央。





中核工程总承包方家山1、2号机组



中核工程总承包福清1~4号机组



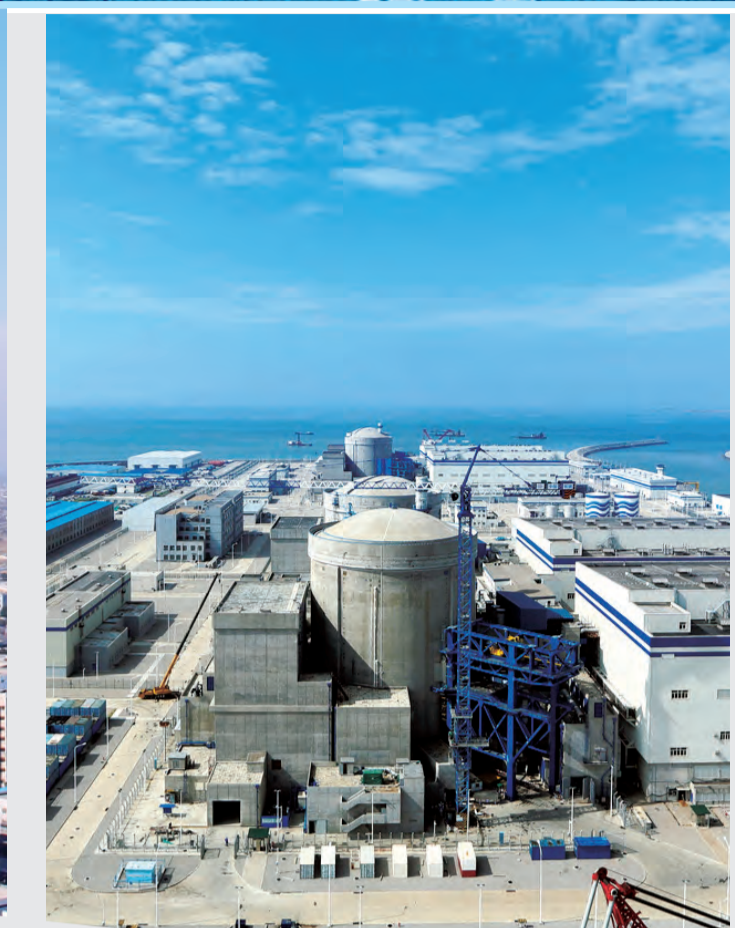
中核工程总承包“华龙一号”全球首堆示范工程福清5、6号机组



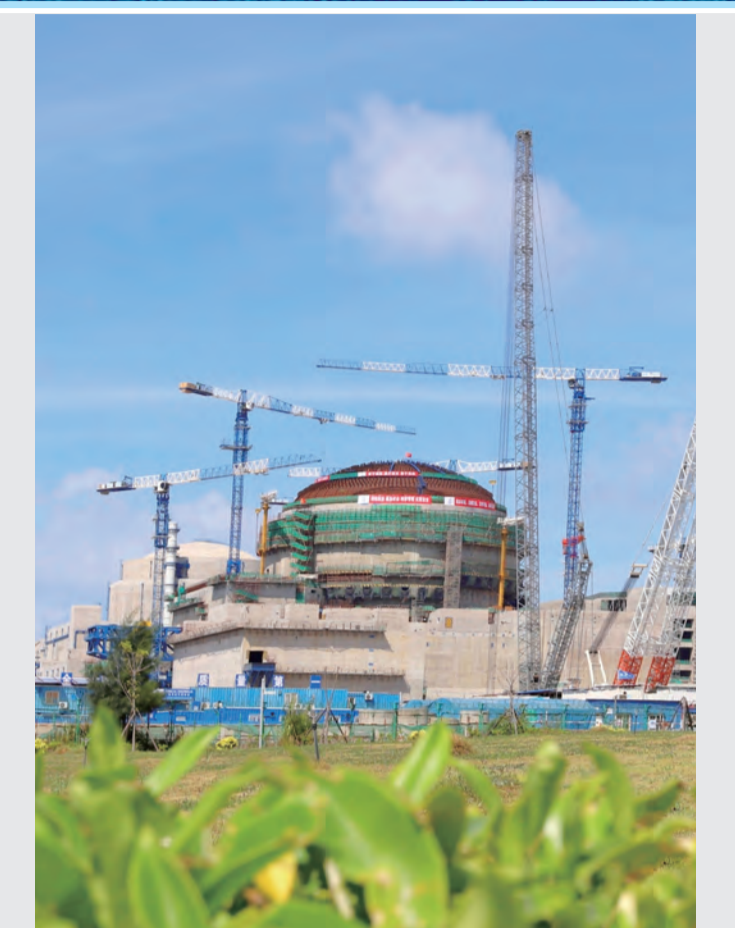
中核工程总承包海南1、2号机组



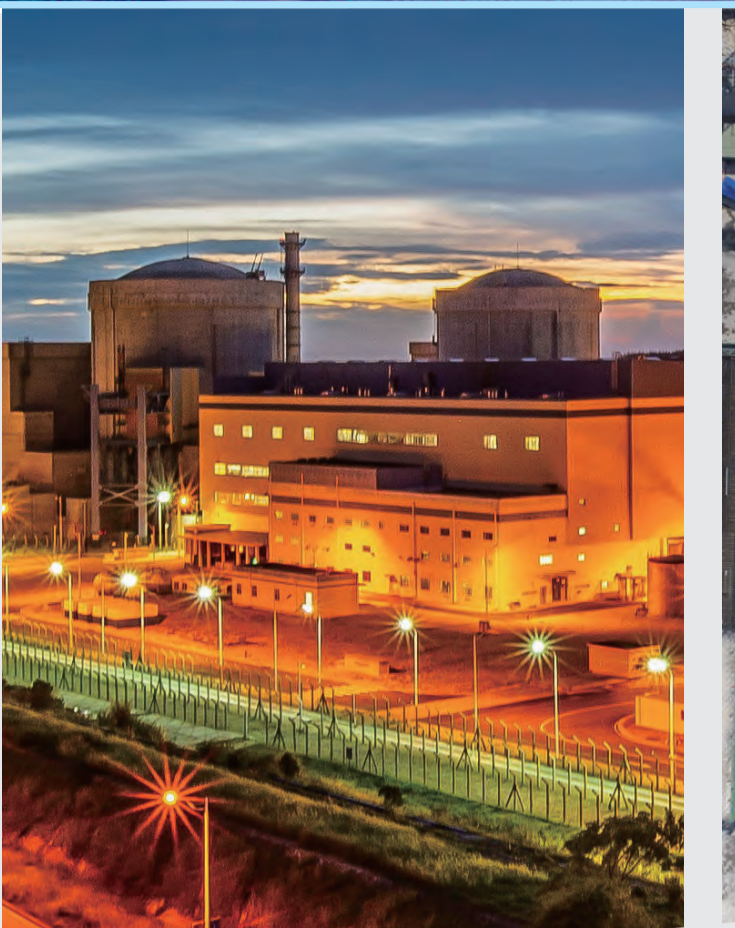
中核工程总承包漳州1、2号机组



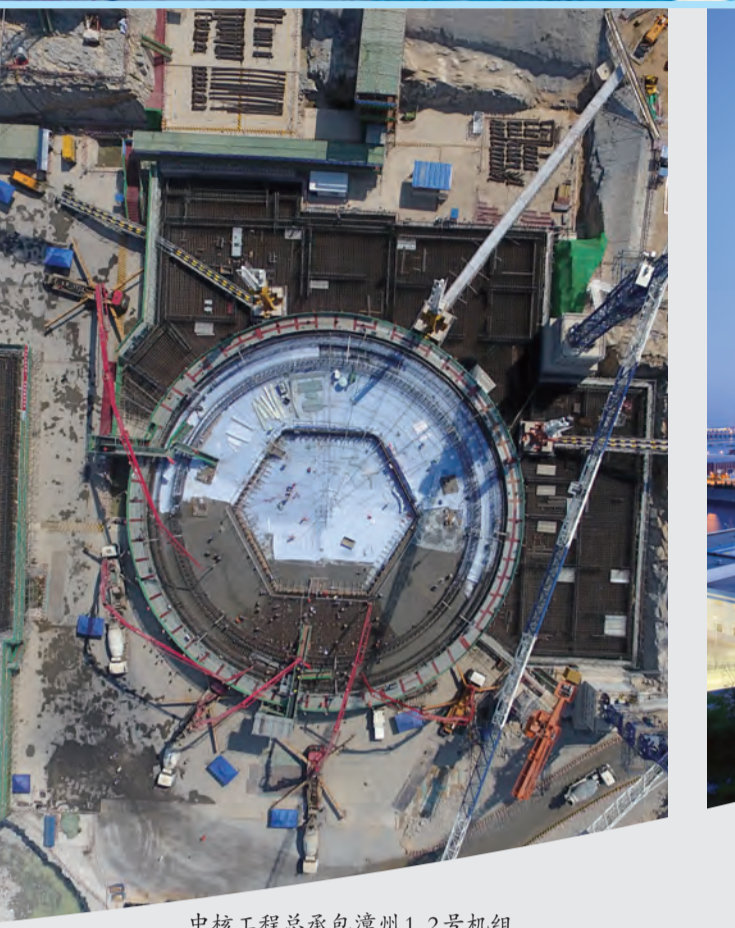
中核工程总承包漳州1、2号机组



中核工程总承包漳州1、2号机组



中核工程总承包漳州1、2号机组



中核工程总承包漳州1、2号机组



中核工程总承包漳州1、2号机组

中核工程:从“二代+”到“华龙” 核电总承包,我们能

行

●本报记者盛安院 通讯员王丽丽 曾师斯

如果说“华龙一号”的建成标志着中国跻身世界核电强国之列,那么中国核能工程有限公司的总承包能力与实力则是其重要支撑。
2020年11月27日,“华龙一号”全球首堆福清核电5号机组成功并网发电,不仅验证了中国自主三代核电技术的可行性,也是对中核工程总承包能力的一次全面检验。
“中核工程能做什么?”
“中核工程能做好吗?”
“中核工程能做什么?”
面对“能力之间”,十多年来,中核工程以大江南北十座安全稳定运行的核电站为其正名。特别是由该公司牵头研发设计并总承包建设的“华龙一号”全球首堆,从2015年5月实现FCD到2020年11月并网发电,实际工期68个月,与计划完全相符。这在世界

核电发展史上,特别是在三代核电全球首堆建设史上,是突出的一例。
美法等核电强国都曾陷入三代核电首堆建设拖期的“魔咒”,徘徊停滞长达数年之久。相对这些拥有数十年、上百台核电机组建设经验的国家,中国只能算是后生。而对中核工程来说,算上此次并网发电的“华龙一号”,前后不过总承包承建了十几台机组。
十年磨一剑,中核工程从零起步,负重前行,从一家设计单位成功转型为一家有不俗业绩的总承包商。中核工程党委书记、董事长徐鹏飞表示:“中核工程能够成为中核集团总承包能力的中坚力量,离不开集团公司无微不至的关怀以及各兄弟单位的支持与帮助。面向未来,中核工程将坚决按照集团公司的要求,坚定不移走总承包之路。需要的时候,我们都会无条件站出来,毫不犹豫地冲在最前面。”

质疑声中坚持历练,终长大成“人”

2008年11月21日,这是中核工程值得铭记的日子。这一天,中央政治局常委、时任国务院副总理李克强在福清核电现场宣布福清核电1号机组开工。这也是中核集团首次采用总承包模式建设核电项目,总承包方为中核工程。
而在11个月之前,中核工程依托核工业第二研究院设计、核工业第五研究院设计以及核工业第四研究院从事核电工程及相关专业的技术骨干,刚刚组建完成。
这样一支年轻的队伍,干劲十足,成功打响第一炮,迎来开门红;从国家发改委批准开展前期工作到1号机组实现FCD,仅用时11个半月;1号机组从FCD到反应堆厂房穹顶吊装,用时不到22个月……“福清速度”一时成为业界佳话。
然而,进入2011年,中核工程陷入了舆论的漩涡。随着福清、方家山核电项目逐渐进入安装阶段,关键设备供货延迟等问题逐步凸显,各种质疑之声也纷至沓来——“各家业主单位都有一支较强的工程管理经验,凭什么要将几百亿的项目,而且是好几个,同时交给一个根本没干过的公司?”
的确,当时的中核工程,仅有少数专家参与过大亚湾、岭澳核电工程建设,人力资源严重不足,而且总承包项目管理体系尚未建立,除设计外,安全、质量、进度、采购等能力也不成熟。
“既然集团公司让中核工程抓总承包,不管是纸老虎,还是真老虎,我们这头初生的牛犊拿下的决心肯定是有的。”徐鹏飞讲述那段过往时,目光坚定。
其实那时,无论是核二院、核五院还是核四院,在业界都是有口皆碑、实力强劲的设计院,大家的日子都好过。那么,为什么要组建中核工程,走上一条全新的发展之路呢?
2007年10月,国务院颁布《国家核电发展专题规划(2005-2020年)》,标志着我国核电发展进入快速发展新阶段。规划明确指出,要在引进、消化和吸收新一代百万千瓦级压水堆核电站设计、设备制造、设备制造技术基础上进行创新,实现自主化,全面掌握先进压水堆核电技术,培育国产化能力,形成较大规模批量

建设中国品牌核电站的能力。
中核集团虽然成功建设了秦山一期、二期等一批核电项目,但采用的都是大业主模式。各业主单位维持一支数百人的工程管理部,存在工程建设整体控制能力弱、项目经验难以传承、人才队伍不够稳定等问题,难以适应核电自主化、批量化建设的新要求。因此,在集团公司主导下,中核工程应运而生。
徐鹏飞表示:“总承包能够降低管理成本,缩短建造周期,提高竞争力,是集团公司实现集团化运作、专业化经营的必由之路。而设计是核电工程的龙头,决定其它业务的推进,所以中核工程必须要走这一步,必须把这份责任扛起来。”
为了快速增强能力,建立健全核电建设项目管理体系,中核工程一方面向行业内外“取经”,学习引进成熟的工程管理体系和流程,构建适合自身发展的项目管理体系;另一方面消化吸收国际管理标准,与世界知名企业合作,优化提升各业务领域管理体系。
为了弥补人才不足,中核工程广泛引进行业内外有相关经验的人才,并加强自身人才培养。边学习边实践,中核工程首次完整经历设计、采购、建造、调试等核电工程总承包全过程。在此期间,中核工程也构建形成了完整的总承包能力体系。
“成年”之后的中核工程,捷报频传:方家山核电1号、2号机组,福清核电2号机组,海南核电1号机组等相继并网……
经过福清核电、方家山核电、海南核电的历练,中核工程总承包能力从本质上得到了大幅提升,已经具备了同时承担三到四个核电工程总承包的能力。特别是在人才储备方面,可以说是人才济济,个个都是精兵强将,对工程现场进度、质量安全管控都一目了然,稳熟于胸。



华龙一号全球首堆示范工程福清5、6号机组



中核工程自主研发新燃料运输容器



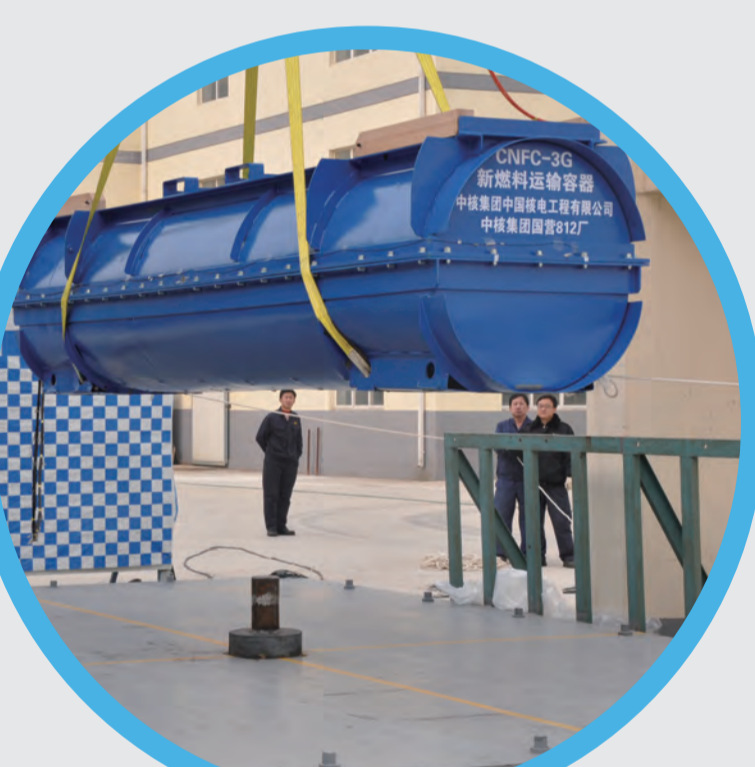
中核工程自主研发燃料运输容器

打造华龙名片,打破首堆怪圈

2015年6月15日,李克强总理考察中核工程时尤其关注“华龙一号”核电技术,表示“你们为我撑腰,我去国际舞台为你们扬名”。
中核工程不仅牵头设计“华龙一号”全球首堆,而且还负责了其总承包建设。
在这年的5月7日,“华龙一号”全球首堆在福清核电现场成功实现FCD。
那时,中核工程建成“华龙一号”的自信心虽然很足,但压力比之前大很多,因为“华龙一号”的意义更加重大。不像此前建设的福清、方家山、海南等“二代+”核电项目,目标是通过工程建设将中核工程培育打造成为业界认可的总承包公司,“华龙一号”代表了我国自主三代核电的实力和水平,是国家之重器、国家名片。可以说,此次任务代表国家形象,不容任何闪失。
当时世界上三代核电首堆建设,即便是核电强国,也没有成功的案例。美国三代核电技术AP1000首堆在浙江三门建设,因多年拖期被诟病。作为此项技术的转让方,西屋公司被誉为压水堆的鼻祖,即使建造了全球一半以上的压水堆机组,也不能完全驾驭。另外,以项目管理水平先进著称的法国,其三代核电技术EPR全球首堆建设之路也是荆棘遍地,困难丛生。
作为“华龙一号”全球首堆工程总承包商,后起之秀的中核工程能够胜任吗?
对于这个问,中核工程不仅要肯定回答,而且还要坚定有力。
时间回到2011年日本福岛核事故发生后,不仅中国,全球范围内都对核电安全标准提出了更高的要求。二代核电达不到最高安全标准,国内所有在建项目全部暂停。当时国内三代核电主推型号为AP1000。中核集团面临在建项目推进困难、

新项目无自主三代机型的双重挑战。中核集团自主核电发展之路将何去何从?从CP1000到ACP1000,再到我国自主三代核电“华龙一号”,其全球首堆开工,可以说给“围追堵截”之下的中核集团打开了一扇窗,送来了新生的曙光。
“那时,我们只能坚定不移地相信自己的能力,从重包围之中杀出一条血路,不仅要建成还要建好‘华龙一号’,要彰显中核集团的实力与水平。”徐鹏飞说,“现在中美贸易摩擦,更加凸显了掌握核心技术的重要性,在一定程度上助推了‘华龙一号’批量化建设。”
为建成建好“华龙一号”核电机组,无论是总承包方中核工程,还是业主、建安各单位,大家都铆着一股劲。依托业主负责制下的工程总承包管理平台,中核工程基于10余台核电机组建设经验,牵头“华龙一号”项目建设团队,多管齐下,积极发挥核产业链上下游相互配合和密切协作的优势作用,增强工程设计、采购、施工、调试等环节的系统集成与高效协同。
新技术、新设备、新材料,“华龙一号”全球首堆示范工程是实实在在的“三新”工程。作为“华龙一号”全球首堆,福清核电5号机组从开工之初就面临着所有首堆难题——设计风险、采购风险及施工问题等因素导致设计变更频发,现场问题繁多。与二代加核电技术M310相比,“华龙一号”均为自主设计且无成熟经验参考,边科研边设计,边设计边施工,当设计图纸变为实体工程,不可避免产生大量设计变更。
徐鹏飞说:“先策划、先准备、先介入”是华龙首堆工程打破“拖期怪圈”最直接的应对之道。设计团队充分发挥设计龙头作用,初步设计阶段就力主启动项目。

据了解,在“华龙一号”的施工图上,有大量核电建设中少见的“开口项”。也正因此,设计不用等着设备定型,在设备仍处于研制或制造阶段时,土建就可进行。可以说,设计与采购灵活动态配合,有力地保障了土建总体进度。
“开口项这种做法虽然有些‘任性’,但这恰恰是来自对于华龙团队设计实力与团队配合的充分信任。”徐鹏飞说。
除此之外,中核工程在总承包方面还开展了一系列创新。如:通过实施一体化计划管理,将设计、采购、施工、调试等活动有机连接成一个整体,统一动态匹配、跟踪、协调,提升了协同管理的效率。以全方位、多层次的沟通协调机制,使得各参建单位充分沟通交流,工程总承包各板块密切配合,高效解决问题。
通过跨单位、多专业联合组建专项组,成立关键小三项专项组、主泵专项组、DCS专项组、常规岛及BOP协调专项组,装料条件推进专项组等等,协调优势资源,集中力量保障项目关键节点按期实现。
通过沙盘推演、全面风险管理,提前预判风险,以风险驱动业务,全员参与、全领域覆盖,全过程防控,确保整个核电项目建造过程外部风险、设计风险、采购风险、施工风险、调试风险、合同风险、管理风险及财务风险的识别、分析、评估、应对和监控的闭环管理。
“这些举措都有力保障了华龙按照计划建成投产,当然最重要的一点还在于中核工程拥有强大的后盾,那就是整个中核集团在无条件支持。”徐鹏飞说,“‘华龙一号’全球首堆建成投产,对中核工程而言是一个重大里程碑,中核工程将更加自信,也将以全新姿态拥抱工程总承包。”



中核工程自主研发新燃料运输容器



中核工程自主研发燃料运输容器

承诺对产品终身负责,打造核电“4S店”

自2007年12月成立以来,中核工程总承包业绩可圈可点:
11台核电机组高质量交付业主;16台核电机组工程总承包建设;每千瓦平均建造成本优于同期行业水平;68个月单台机组平均建造工期,与同期行业水平相当;126亿元主营业收入,装备进入ENR全球250强承包商榜单的实力……
可以说,中核工程已经在总承包领域站稳脚跟,实现了成立之初的目标,已成长成为中核集团参与国内外核电建设的核心力量。
熟悉中核工程的人会发现,近年来听到更多的是“中核工程”,而不是“核电工程公司”。对此,徐鹏飞解释:“我们的定位已经变了。经过十多年的发展,我们的主要业务不再局限于核电工程,还包括核化工、民用工程、海外市场等更多领域。”
据了解,中核工程未来一方面将继续专注核电、核化工为主的核心业务,以专业化总承包为支撑,依托田湾7、8号,海南3、4号,漳州1、2号等在

常形象的例子;好比汽车公司生产汽车一样,中核工程生产核电站这个产品,就是从一片空地开始建设好一个核电厂,然后交给业主。“当然不是建完交付就结束,我们还要对核电机组全生命周期负责,从开建到退役,全生命周期都由中核工程来承担。”徐鹏飞进一步说道:“我们要打造核电的4S店。也就是说,中核工程不仅要高质量建好工程,还要对这个产品终身负责。唯有这样,业主公司才会放心。”
“华龙一号”全球首堆建成投产充分表明,以设计为龙头的核电总承包模式不仅提升了效率,也大力推动我国核电设计自主化及自主品牌创新发展。年轻的中核工程正在蓄势,持续优化“核工业科研生产和工程建设一体化模式”,在技术上实现向多堆型发展,在管理上实现向多精深扩展的“双核心”发展导向,全方位提高工程总承包能力。

常形象的例子;好比汽车公司生产汽车一样,中核工程生产核电站这个产品,就是从一片空地开始建设好一个核电厂,然后交给业主。“当然不是建完交付就结束,我们还要对核电机组全生命周期负责,从开建到退役,全生命周期都由中核工程来承担。”徐鹏飞进一步说道:“我们要打造核电的4S店。也就是说,中核工程不仅要高质量建好工程,还要对这个产品终身负责。唯有这样,业主公司才会放心。”
“华龙一号”全球首堆建成投产充分表明,以设计为龙头的核电总承包模式不仅提升了效率,也大力推动我国核电设计自主化及自主品牌创新发展。年轻的中核工程正在蓄势,持续优化“核工业科研生产和工程建设一体化模式”,在技术上实现向多堆型发展,在管理上实现向多精深扩展的“双核心”发展导向,全方位提高工程总承包能力。

华龙总师那继手绘(3张)

中核建中： 最强中国“核能芯” 点亮“华龙一号”

2020年2月24日9时至2月28日19时,中央广播电视总台“央视视频”APP对中核建中核燃料元件有限公司,华龙核燃料生产车间现场进行了为期5天的全球直播。此时此刻,全球的目光共同聚焦被誉为制造最强中国“核能芯”的中核建中,这个生产制造基地定义了我中国核燃料元件制造能力在全世界的“排头兵”位置。

● 本报通讯员马嵩

金沙江畔 56年实现跨越发展

坐落在宜宾金沙江畔的中核建中,是一个有着56年历史底蕴的中核集团下属企业,“十三五”期间实现了跨越式发展。

1974年4月,国家批准我国首条“728”压水堆核燃料元件生产线在中核建中建设。从此,我国核电燃料元件事业的种子在金沙江畔生根发芽。1987年12月23日,中央电视台新闻联播播出了“秦山核燃料组件正式投产”的新闻,标志着中核建中填补了国内核电站燃料元件制造空白。随后的十年光景里,中核建中快速通过引进、消化、吸收、再创新使核燃料元件生产能力及国产化水平不断发展壮大,于1994年成功制造出900MW AFA2G大型核燃料元件,实现了大亚湾核电站换料燃料元件制造国产化目标。先后完成了AFA2G、AFA3G、全M5、VVER、TVS-2M等先进核燃料元件制造的国产化。2019年,享有“国家名片”之称的我国三代核电“华龙一号”核燃料元件成功完成批量化制造,通过了出厂验收,标志着中国有能力为“华龙一号”提供坚实的国产口粮。

33年来,中核建中实现了年产金属铀50吨到200吨,再到400吨,直至800吨的跨越,产能跻身国际前列。中核建中作为我国最大的核燃料元件供应商,为秦山核电站、广东大亚湾核电站等国内多座核电站及巴基斯坦恰希玛核电站提供了逾20000组质量优良的核燃料元件,为核电站的安全稳定和经济高效运行作出了重要贡献。从“728”到“华龙一号”的跨越,是对中核建中人半个世纪以来初心与使命的最好诠释。

自主创新 播种收获“华龙”国产好粮

“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力”。几年来,中核建中全面贯彻落实习近平总书记对我国核工业创建60周年重要指示精神,大力实施创新驱动发展战略,全面塑造核燃料元件自主创新体系,增强了企业核心竞争力。

中核集团党组书记、董事长余剑锋赴中核建中调研指导时要求:“全力保障‘华龙一号’高质量核燃料元件生产任务圆满完成,向着建成国际一流核燃料元件制造基地目标不懈奋斗!”殷殷期盼让干部职工备受鼓舞。中核建中党委第一时间响应党组号召,向全体员工发出动员令:“我们光荣且自信地承担着‘华龙一号’核燃料元件的研制生产任务,要充分发挥好自身优势,坚决打赢这场攻坚战,决不辜负上级的重托。”

自2010年“华龙一号”CF系列核燃料组件专项启动后,中核建中和中国核动力研究院设计院等一同承担了CF系列元件的研制工作。2012年到2014年,短短两年时间,中核建中实现了N36特征化元件入堆、CF2和CF3先导元件入堆等一系列重大突破。

在“华龙一号”核燃料元件加工制造技术上,中核建中坚持自主创新,实现了技术完善和升级:对元件定位架架的外条带结构创新设计,提高了燃料元件在堆内运行的安全裕量;对导向管采用的是管中管的设计,且两个管要贴合地在一起,攻关组确定采用“胀”的方法使内外管进而形成一个整体,这个胀接工艺的难度在于要采用长胀杆实现胀包位置精确定位,胀包尺寸及质量满足设计要求,胀完后内外管端面要精准对齐,经过大量的试验摸索,解决了这个工艺难度,增强了燃料组件整体刚度、尺寸稳定性和抗弯曲性能,使其充分满足三代核电站0.3g地面加速度的抗震要求。

为了应对“华龙一号”核燃料元件的适应性优化设计,中核建中从工艺设计和方案策划入手,自始至终落实专业职责,开展工艺过程控制及专项检查工作,进行制造工艺过程风险识别,有效保证了产品工艺可靠性和质量稳定性。值得一提的是硼硅玻璃管的设计、试制和生产,要求极为严格,生产工艺难度很大。为打破国外垄断,中核建中重新设计了硼硅玻璃管,并对生产厂家现场调研考察,严格按ISO质量管理体系评价,提高技术和质量保障,脚踏实地落实技术攻关,最终研制出的国产硼硅玻璃管,产品性能比进口的更高。在实际执行中,中核建中仅针对产品的改进设计就有10项,并成功将二氧化铀芯块、格架、燃料棒、相关棒等零部件的39项成熟关键工艺直接运用到“华龙一号”元件上。

2017年11月30日,中核集团最新型的CF3A先导元件在中核建中研制成功,通过了中核集团科技与信息化部主持的出厂验收。2019年5月10日,我国三代核电“华龙一号”核燃料元件——中核集团自主研制的CF3核燃料元件成功完成批量化制造,并通过了在中核建中进行的出厂验收。9月10日,“华龙一号”全球首堆核燃料元件的最强“核能芯”奔向福清核电站,等待他们的是点亮“国家名片”的能量火种。

在“华龙一号”元件研制生产中,中核建中以最短时间,创新了目前国内核燃料元件研制领域最多的先进技术,收获了专利成果30多项,“华龙一号”系列科技报告50余份,成就了中国核燃料元件制造的多项第一。20组CF3燃料元件研制成功并入堆考验,实现了我国自主三代核燃料元件批量化制造,填补了国内空白,荣获中核集团重大科技成果金奖。

真诚奉献 造“龙芯”的建中人

中核建中有一支高素质和敢打硬仗的职工队伍。在“华龙一号”核燃料元件研制生产期间,厂房里岗位上群星闪耀,那些舍小家为大家、敬业奉献的感人事迹,让人感动,催人奋进。

在2010年至2019年“华龙一号”核燃料元件研制生产过程中,生产运行部采取了“挂图作战”生产方式,将研制生产涉及的不同节点目标起止时间、完成周期等绘成时间结点图,覆盖工艺技术、原材料采购、设备运维、生产调试等诸多环节,使承担研制生产的单位在关键环节和节点了解彼此进度,加强协作配合。科技部、技术部、质量管理部等部门技术人员组成的技术保障团队,为尽快把新工艺文件编制出来,经常加班到深夜,保证了文件编制按期完成。

由科研人员和职工组成的现场攻关团队,通过对“华龙一号”核燃料元件上、下管座图纸和技术条件的研究,从零部件机加工工艺、上下管座组装机操作方法、国产焊接材料的电子束和钎焊工艺设计、工装量规设计等角度不断优化工艺,最终顺利完成了研制生产任务。攻关期

间,高级技师费勇自主解决科研生产难题达110余项,突破了10余项零部件加工的技术瓶颈;首席工程师刘波在CF系列核燃料元件研制中发挥了重要作用。

2020年新冠疫情突如其来,核燃料元件出口运输和交付工作受到严重影响,中核建中干部职工充分发挥专业优势,体现大厂的责任和担当。青年干部职工韩磊、赵可植、周尚祥、谭朝辉、杨磊、冯曦等六位同志按照公司党委要求,逆行前进,奔赴巴基斯坦执行海运押运、公路转运、现场验收和一次中子源安装任务。巴基斯坦卡拉奇时间2020年6月12日6时18分,满载由中核建中生产的183组“华龙一号”核燃料元件的运输船,历经16天4200海里的远洋运输,到达卡拉奇核电站。5个月后的2020年11月17日晚11时,卡拉奇核电站2号机组(K-2)一次中子源安装任务圆满完成,至此协助中国原子能圆满完成K-2机组首炉燃料运输和交付工作,为我国核燃料出口项目高质量履约作出了突出贡献,为“华龙一号”海外首堆的运行提供了核燃料保障。

繁霜尽是心头血,洒向千峰秋叶丹。在即将全面开启的建设社会主义现代化国家新征程中,中核建中将不忘初心勇奋进,牢记使命再出发,抓住中国核电发展新机遇,以高场基地项目建设为重要抓手,转型升级高质量发展,推动核燃料元件产业不断发展壮大,为中国核电发展提供更有力的保障,助力“华龙”飞得更高、更远!



中核二四：建华龙首堆 展铁军风范

作为“华龙一号”全球首堆土建总承包商，中核二四是艰险越向前，充分发扬铁军风采，坚持党建引领、科技护航、团结协作、攻关向前，用中核二四人的智慧和毅力，打破了“首堆必拖”的魔咒，全力推动“华龙一号”首堆从图纸变为现实，铸就又一个屹立在海西的“核牌”精品。

党建引领：每个党员都是一面旗帜

“华龙一号”国之重器承载着几代核工业人的梦想，是我国由核电大国向核电强国迈进的重要标志。2015年5月7日，中核二四公司进行了福清核电5号机组核岛基础第一罐混凝土浇筑（FCD），“华龙一号”全球首堆在中核二四人手中开始生根落地。

随着“华龙一号”示范工程各项工作进入攻坚期，现场工作密度和强度日益增加。如何推动“华龙一号”顺利向前，破解“华龙一号”示范工程现场各项难题，成了公司党委最关注的事情。

中核二四公司党委充分发挥“把方向、管大局、保落实”的领导作用，牢牢把握“抓党建促发展”的主旋律，打

造具有中核二四特色的“引擎”党建品牌，充分发挥党建的引领和示范作用，实现党建工作与国之重器建设同频共振。公司坚持“把支部建在连上”，做到项目延伸到哪里，党组织作用辐射到哪里，把党组织建到项目一线，建到施工现场，建到工作班组，让党旗在“华龙一号”施工现场高高飘扬。

在公司党委的带领下，福清核电项目部党群同心、干群合力，广泛开展支部品牌创建、党员示范岗、党员突击队、党员责任区、党员先锋队、党建共建，集中优势力量攻坚克难，破解项目推进难题，做到重点环节有党组织紧盯、困难时刻有党员冲锋，全面构建党建引领项目建设机制体系，

更直接服务工程建设的目标。

组织保障到位，党员的先锋模范作用发挥更明显。中核二四公司福清项目全体党员冲锋在前、吃苦在前，拼搏在一线、发挥作用在一线、攻坚克难作表率，做到关键岗位有党员、困难面前有党员、突击攻关有党员，形成了“党员领头干、大家跟着上”的生动局面。

“晴天一身汗、雨天一身泥”是党员发挥作用的真实写照。福清核电5号机组核岛穹顶吊装前夜，一场大雨不期而至，中核二四核岛队生产队长于世仁衣服被浇透也顾不上换，还为第二天的吊装准备工作逐项检查，大吊车旋转半径的障碍物清理怎么样？道路铺设

如何？警戒是否完成等等。连续多天加班加点守在现场的他，后被强制带去检查了身体，31岁的他血压高到160多。在这样一群始终无私奉献的中核人的共同拼搏下，5号机组也不负众望提前15天实现了穹顶吊装。

在“华龙一号”这片热土上，还流传着许许多多华龙建设团队的故事，有子女出生都不能陪在老婆身边的铁汉父亲，有“出差时顺道领个结婚证”的小夫妻，有差一毫米都不行的“一根筋”技术队长，更有“只要还有一个工人在淋雨，咱们就不能穿这个雨衣”的管理干部……他们始终不忘责任与使命，用实际行动践行着对祖国的承诺。

科技护航：数字华龙点燃新动能

中核二四始终致力于将数字化技术与核电业务深度融合，采用了一系列先进的数字化建造管理理念和技术手段，在经营管理和安全生产等方面持续创新，通过三维设计与仿真技术、多项目集群信息化管控技术、施工现场要素自动化控制技术、预制构件数控加工技术、大型施工机械联网自控技术等新一代信息技术的研究和应用，解决了一系列关键技术难题，为项目建造提供了保障，对核电建造迈入数字化、智能化起到了重要作用。

网络化强化安全管控——中核二四实行现场入网、人员入网和设备入网，应用施工现场远程监控系统，通过远程视频技术实时观察现场施工情况，施工进度、现场安全文明施工及时掌控。应用人员精确定位系统，即时掌控现场施工人员活动轨

迹、人员信息等可视化信息，并通过区域安全设置及报警功能，随时提醒可能存在的安全风险，提高安全系数。应用防撞系统，实现邻近塔机预设安全距离内分级减速，并在高危险距离实现制动，充分保证群塔作业安全和施工效率。

数字化实现协同建造——“华龙一号”首堆数字化深化设计，以三维设计为核心，结合核电项目施工设计过程的具体需求，融合数字化制造、虚拟仿真、基于三维模型的信息高效传递，打破时间和空间的限制，实现协同建造。在首堆建造期间，中核二四从三维可视化、各专业协同设计的高度进行三维数字设计，从三维模型到二维图纸正向输出设计成果，使施工人员准确理解设计意图并将其应用到施工中，主要包括钢筋、埋件、钢结构等专业深化设计，大大降低了传统二维

设计方式的人工差错率，且改善传统设计信息点式散状分布的弊端。

信息化固化首堆知识——中核二四以“华龙一号”建设为契机，积极利用BIM、大数据、物联网等信息技术，集成人员、流程、数据、技术和业务系统，通过软件和数据打造数字化“生产线”，致力于将核电施工管理提升至现代工业级精细化水平，建立物资材料清单库、核电建造数据池、经验反馈库和工艺知识库等，不断完善“华龙一号”全要素的数据仓库，固化首堆建造经验，为批量化建造提供数据支撑。2020年，“华龙一号”首堆信息化建设案例还被编入中国建筑协会工程建造信息化特优案例。

工业化提升发展效能——在“华龙一号”现场，机器代替工人作业已形成长态。其中，自动焊接机器人是

中核二四技术革新中的突出成果之一，通过产学研用紧密结合，提高焊接质量和效率，不锈钢热丝TIG自动焊技术使得焊缝成型美观，焊接质量高，对高技能人才的需求量减少40~50人，一次合格率达到99.5%。同时，等离子弧自动焊方焊接效率比手工钨极氩弧焊提高7~9倍，比热丝TIG自动焊提高2~3倍。

中核二四还通过实现三维设计与数控加工设备的互联互通，深入开展“华龙一号”建造信息化与工业化的融合，使预制构件设计及加工全流程实现了数字智能加工技术变革，对比传统方式综合工效提升了近20%。

中核二四人始终坚持用智慧建造“华龙一号”全球首堆，获得国家专利授权46项、省级工法14项，形成技术总结278篇，应用四新技术57项，攻克首堆建设多个难点，用坚守践行使命，用奋斗体现担当。

团结协作：“华龙一号”首堆建设者们有话说

距离“华龙一号”全球首堆第一罐混凝土浇筑已过去五年了，当年参与“华龙一号”的建设者们，有的依旧坚守在福清现场，有的已经调到新的岗位，但那些与“华龙一号”一起走过的日子，一起经历过的改变与成长，早已汇聚成了一座独属于中核二四人的成长图鉴，丰富又生动。

中核二四 王顺泽：福清工作八载，华龙建造近六年。在刻骨铭心与青春无悔的历程中，最多的是感恩和自豪。感恩公司赋予的平台，感恩建造团队的大力协同、众志成城、感恩每一位烈日和风雨中坚守的劳动者；自豪的是，我们承担了全球首堆“华龙一号”的建设，并且打好了各项攻坚战，收获了华龙的建成装料。胜利，就在眼前。

中核二四 温新中：从第一罐混凝土浇筑到即将商运，一桩桩一件件如在眼前，深深地感染着我。作为一名老核电，建“华龙一号”铸“国之重器”让我倍感自豪，我深深感受到核工业发展为国家清洁能源做出的巨大贡献，也感受到如今安全是核工业的生命线已经成为核电建设者最基本的行为准则和规范了。

中核二四 邵克军：最大的幸运就是在最美好的年华遇见华龙，见证了它从开工到首次达到临界状态的历程，我想用两个关键词告白华龙：一是感动，团队中的每一个人在艰苦卓绝的探索中始终做到心中有信仰、脚下有力量；二是感恩，从蓝图到现实，“华龙一号”即将把清洁能源输送到千家万户，虽然我现在已在新的岗位，但仍心怀感恩，召之必回。

中核二四 刘畅：“华龙一号”建设过程波澜壮阔，其中对工程机械设备的平稳运行要求极高，奋战在一线的人们始终发扬“两弹一星”精神和“四个一切”核工业精神，不断创新施

工艺，攻克了一个个第一次，看着首堆顺利成长，比看着自己孩子长大还开心，能有幸参与“华龙一号”的建设是我一生的荣耀。

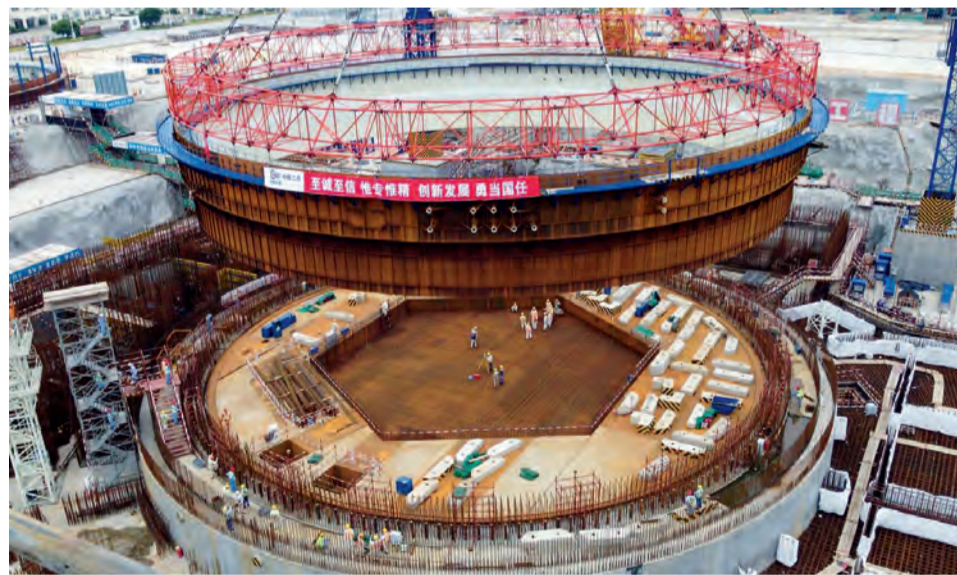
中核二四 单华北：甘于吃苦、乐于奉献、敢为人先，我们这个团队汇聚成一股建功立业的巨流，让宏图化为美景，在祖国海西的大地上，挥洒着汗水，没有退缩、恐惧，只有沉着、冷静，没有特写、张扬，只有汗水、奉献，我是华龙建设者，我骄傲。

中核二四 杨潇：人的一生总有一些难忘和刻骨铭心的记忆，在建设首堆的日子里，我和我的同事顶烈日、冒酷暑、抗台风、战严寒，我们用对企业的无限忠诚和敢为天下先的豪情和勇气，在福清华龙首堆铸就了辉煌和荣耀。“铸就华龙有你有我 华龙战队战无不胜”每天清晨响彻云霄的口号是我们战胜一切困难挑战的誓言。

中核二四 翟瑞奇：“华龙一号”首

堆预应力施工是国内长度最长、施工难度最大的，作为福清5号机组的参建者，最难忘的就是我们预应力攻坚小组，不忘初心、牢记使命，锐意进取、埋头实干，加班加点推演施工过程、梳理技术难点，研讨解决方案……最终，我们确保了一个又一个重要节点的顺利实现，彰显了中核二四“敢打硬仗，能打胜仗”的铁军风范。

中核二四 刘勇：五年前，“华龙一号”在福清落地生根。五年的时间虽然很长，但在呵护华龙成长的路上却感觉很短，从第一块底板钢衬里核融钢板吊装就位，到钢衬里模块化施工的首次应用、穹顶提前15天的顺利吊装；从第一块不锈钢背肋的启动安装，到不锈钢先贴法模块的整体安装，各大水池“零泄漏”的优异成绩，其中的“酸甜苦辣”是“华龙一号”每一位参建者最难忘的经历。五年，我们累并快乐着。



攻关向前：“华龙一号”首堆参建轨迹

- 2015年5月7日，实现全球首堆福清核电5号机组FCD；
- 2015年8月16日，完成首堆钢衬里模块一吊装；
- 2015年10月25日，完成首堆钢衬里模块二吊装；
- 2015年10月30日，实现首堆常规岛FCD；
- 2015年11月22日，完成首堆钢衬里模块三吊装；
- 2016年6月4日，完成首堆设备闸门吊装；
- 2017年5月25日，提前15天实现首堆穹顶吊装；
- 2017年12月10日，实现首堆常规岛汽轮机厂房最后一根钢屋架吊装就位；
- 2018年3月28日，建造完成首堆“造血站”除盐生产系统；
- 2018年6月2日，实现首堆反应堆堆腔托架吊装就位；
- 2018年9月19日，提前8天完成首堆预应力张拉；
- 2019年5月14日，完成首堆抗大飞机撞击防护门吊装；
- 2019年6月20日，完成首堆外层安全壳穹顶C层混凝土浇筑；
- 2020年3月20日，完成首堆非能动热量导出水箱水密封试验。

福清核电：建设大国重器 驾驭巨龙腾飞

使命激荡力量 责任铸就辉煌



●福清核电

“华龙一号”寓意“中华复兴，巨龙腾飞”，是中核集团在30余年核电科研、设计、制造、建设和运行经验的基础上，汲取世界先进设计理念的三代压水堆核电自主创新成果。经过30多年的接力奋斗，新时代的核工业人扛起核电安全发展、创新发展、绿色发展的使命，用青春和奋斗书写“国之光荣”到“国之重器”的核能发展新篇章，开启大国重器建设的核能模式，彰显中核力量、展现中核魅力，在建设自主三代核电的新征程中乘风破浪、行稳致远。

勇担国家使命 大力协同谋发展

在以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局之下，发展自主三代核电技术是扩大内需、带动国内循环高质量发展的重要举措。2015年5月，我国自主知识产权三代核电技术“华龙一号”示范工程落地福清。“华龙一号”示范工程建设团队接过安全高质量发展“国之重器”的接力棒，以实际行动履行新时代核工业人的使命和担当。

福清核电项目首次采用业主负责下的核电工程总承包模式。在中核集团“集团化运作、专业化管理”发展战略的指引下，福清核电有限公司作为业主单位，始终紧紧抓住主体责任，增强文化引领，针对“华龙一

号”示范工程技术难度大、参与单位多、专业交叉复杂和示范项目标准严格等特点，建立起以“责任、安全、创新、协同”价值观为引领、以“六同”理念为指引的文化共同体，打造同心同路、同向同行、同频共振的“华龙一号”建设大团队。建立健全了全过程管控措施以及全方位覆盖、多层次协同、多维度参与的工作机制。首次通过开展党建联建引领工程建设，构建“互联网+”高效设计体系，缩短设计答复时间，国产化方案应对进口制约，沙盘推演谋划关键路径布局，专项激励鼓舞士气，构建了TOPIO管理、多级协调和快速决策机制，创新调试启委会运作机制，调试提前介入管控安装，适应核安全监管新形势；坚持结果导向，采用“三级质控”的质量控制体系，层层落实质量监督和监管职责。

以“华龙一号”示范工程建设为探索，开展全周期策划，有效提升项目标准化、模块化、信息化、自动化、智能化水平，着力推动技术创新、高效工具应用等技术优化工作，实现了安全、质量、进度、成本等多重优化，验证了“华龙一号”技术方案的可行性，为面向全球市场推广自主三代核电技术积累了宝贵经验，为“华龙一号”批量化建设及成体系出口提供强有力保障，助力“华龙一号”乘着一带一路的东风，誉满全球，名扬四海。

筑牢安全基石 稳步推进工程建设

“华龙一号”创新采用单独布置、177组燃料组件、“能动+非能动”设计理念，强化纵深防御原则，具备世界最高安全指标和技术标准。作为示范工程建设主单位和核岛运营单位，福清核电不仅要确保机组顺利建成投产发电，更要保证机组安全可靠运行，充分履行核安全主体责任，以扎扎实实的业绩展示中国核电技术的创新突破和领先优势。

福清核电坚持核安全高于一切，将全力保障核安全作为第一要务贯穿始终，筑牢安全生产的基石。以管理创新为导向，按照“分级管理、分线负责、全员覆盖”原则，推进从公司到部门、科班组建立三级有效的安全管理网络，明确各单位网络安全管理的人员、职责和任务，以点带面，全面提高“华龙一号”示范工程建设团队的安全意识和现场安全管理水平。开展“金牌班组长、五星班组”评比活动，持续对现场班组进行考核评价，形成安全“比、学、赶、超”的良好氛围；设置安全生产责任曝光栏，定期对各部门、各承包商安全责任落实情况评价和“亮灯”，建立正向激励机制，鼓励员工主动暴露隐患问题，联合现场各项目部开展“支部书记讲党课”和“现场人员安全质量意识提升”签字宣誓活动，全面提升华龙党建团队安全水平。面向现场各参建单位开

展“两弹一星”精神和核工业精神宣讲，开展“安全文化建设年”“安全生产月”等主题活动，强化提升安全文化“软实力”，确保示范工程建设安全高质量稳步推进。

坚定理想信念 聚力攻坚克难

全球首堆集多项技术创新成果于一身，存在多项新工艺和设计改进，加之“三新”设备的复杂性以及不确定性，都为示范工程建设带来了未知的难度。福清核电锚定目标、迎难而上，构建华龙大团队人才队伍建设模式，成立“华龙一号”专家团队，提前介入系统调试，落实经验反馈，循序渐进推动设计变更和现场施工高效开展，集中精锐力量全力攻坚关键设备国产化之关键课题。

成体系地推进三代核电技术的队伍建设，是“华龙一号”示范工程建设的一项重要任务。福清核电充分把握首堆建设和经验传承发展的“黄金期”，不断探索“互联网+”新模式，创新人才培养模式和载体，出管理、出经验、出人才，不断培育产生设计、采购、建安、调试、生产、运行等各领域尖端人才，为推动决战决胜“华龙一号”示范工程按期全面建成投产提供坚强的人才保证。

关键时期关键阶段，应对严峻复杂的外部形势的坚定意志不动摇。面对突如其来的新冠疫情，“华龙一号”示范工程建设团

队坚持系统思维、底线思维，确保疫情防控和首堆建设两手抓、两不误。现场各基层党组织和全体党员在“华龙一号”示范工程建设工作联合委员会和各单位党组织的带领下，立刻行动，统一部署、统一部署、统一部署，共同落实联防联控措施，构筑严密防线，吹响“红色集结号”。建设团队始终坚持以等不得、靠不得、要不得的紧迫感，坚持“任务不减、目标不变、标准不降”。在首堆建设冲刺时期，福清核电牵头成立首堆建设专项推进组，统筹设计、采购、建安、调试、生产等相关方启动问题解决快速通道，实行24小时不间断值班制，做到“今日事今日毕，发现问题立即上报、上报问题立即解决”，引领万名建设者朝着同一个目标共同努力。新冠疫情期间，先后完成双层安全壳试验、主控室可居留试验、首堆热态性能试验；2020年9月，顺利完成首堆燃料装载，10月，机组首次达到临界状态，为全球首堆建成投产奠定坚实基础。

万众一心加油干，越是艰险越向前。2020年，是“十三五”规划的收官之年，是实现第一个百年奋斗目标、为“十四五”发展打好基础的关键之年，更是“华龙一号”全球首堆建设的决胜之年，“华龙一号”示范工程建设团队点燃心中那团“火”，怀揣干事创业情怀，肩负起核工业二次创业的历史使命，矢志攻坚克难、奋进超越，用我不待我的全新姿态挥洒新时代核工业人的青春热血。



“华龙一号”党建工作联合委员会

关键时刻有党员冲锋、安全质量有党员把控、技术难关有党员攻克、关怀帮扶有党员落实……在中核集团党组的关怀和推动下，“华龙一号”示范工程现场成立了由6家参建单位和1家政府监管单位组成的“华龙一号”示范工程党建工作联合委员会（以下简称“联合委员会”），构建了资源共享、优势互补、共同提高的党建工作新格局，有力穿透单位壁垒，打破利益藩篱，将现场1万多名建设者拧成一股绳，保证了示范工程安全高质量推进，让鲜红的党旗迎风飘扬在建设现场。

坚持融入中心 凝聚重大工程向心力

“华龙一号”示范工程是我国具有自主知识产权的三代核电示范工程，肩负着打造“国之重器”、促进民族核电腾飞的国家使命。工程安全质量要求高、建造难度大、建设周期长，要做好这样一项艰巨而复杂的工程，只有在党建的引领和保障下，这项任务才能够顺利推进。谈及党建联建作用时，联合委员会主任、福清核电党委书记徐利根说：

坚持自主创新 迸发科技创新驱动力

党的十九届五中全会提出，坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。自主创新、自立自强是中国核工业之魂，中核集团坚守“我们要靠自主创新去研发具有自主知识产权的核电技术，成为一个核电强国”的信

铸造“红色引擎” 引领“华龙一号”高质量建成

党建联建 聚力攻坚

展专项提升工作。将党建引领融入安全建设，明确提出“党员就是安全员”的工作思路，党员带头开展施工现场安全隐患排查治理和安全巡查工作，以促进安全生产的实际行动彰显党员先进性。围绕工程重点难点问题，广泛开展党员示范岗、党员责任区、党员先锋队、党员联合突击队活动。成立核区专家小组，直接参与参建单位融合为一体，共同处理工程建设难题。现场一名支部书记指出：“在党建联建的带领下，兄弟单位之间的交流更多了，大家也更理解彼此工作中的难处，更加齐心协力解决问题”。

为了加强党员与一线的联系，联委会专门出台制度要求党员联系支部、党员联系班组、党员联系项目，切实延伸党的触角，切实建强战斗堡垒。“华龙一号”全球首堆调试过程中，在缺乏外部专业技术支持的情况下，进驻党员充分发挥党员责任心和主动性，带领团队推动600个气阀阀门问题彻底解决，有效地控制了可能的风险，进一步展现和激发了现场工程建设“打硬仗”、“任务攻坚”主力军”、交流及关头“急先锋”的作用。

坚持人文关怀 提升干事创业凝聚力

党的十九届五中全会提出，坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位，把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。自主创新、自立自强是中国核工业之魂，中核集团坚守“我们要靠自主创新去研发具有自主知识产权的核电技术，成为一个核电强国”的信

党建引领 聚力攻坚

念，坚持新发展理念，把自主创新摆在更加重要的战略位置。联合委员会将党建工作和科技创新发展深度融合、同频共振，积极开展党员与职工联手开展技术创新，切实发挥科技创新的“助推器”和“催化剂”作用。其间，发明了我国首个常规岛内的工作平台、半臂式升降机等，极大提高了工作效率和本质安全度。工程调试领域，党员着力攻克“卡脖子”核心技术，首次实现“三新”设备装备组保护内汽轮机汽缸部件自主改进优化，首次形成国内汽轮机检修领域的标准化产品。

华龙建设以来，华龙团队共开展54项科研项目，研制“三新设备”上百套，形成专利700余件，开展了数十项重大课题的科研攻关，掌握了大量关键技术，攻破一个又一个首堆工程难题，解决了很多“卡脖子”问题，不仅使我国自主三代核电技术不再受制于人，还为“华龙一号”出海提供了强有力的保障，解决了自主核电出口的“咽喉之痛”，赢得了我国核电未来竞争和发展的主动权。同时，联合委员会定期开展成果交流会，展示自主研发的创新成果，将一线工人的个人优势转化为工程建设的创新优势，竞争优势和发展优势，构成党建工作对科技创新的“驱动力”。

坚持人文关怀 提升干事创业凝聚力

“有事找书记，找党员”，这已成为华

党建引领 聚力攻坚

龙现场工人的共识。为打通服务员工的“最后一公里”，联合委员会建立现场班组意见建议反馈平台，通过党员进班组、委员进支部收集党员和班组在工作、生活方面的困难和问题，及时了解工人思想动态，陆续解决了包括工作环境、生活住宿、福利待遇等实际问题1200余项。基本实现了小问题现场解决，大问题三天答复，答复率100%。

联合委员会还跨单位与基层党支部建立直接联系，参加支部组织生活，解决突出问题。在疫情防控时期，联合委员会动员现场党员全力服务疫情防控与复工复产，“点对点、一站式”接车返岗，统一组织核酸检测，解决返岗人员后勤保障，“华龙一号”示范工程工人返岗达到100%，始终保持“零疑似、零感染”，切实担负起“坚决守护核安全、确保员工生命健康、稳步推进国家重大工程建设”的政治责任。

坚持人文关怀 提升干事创业凝聚力

“百年大党”迈进的历史节点上，福清核电基地将继续以决战决胜的勇气和舍我其谁的担当，高质量开展党建联建工作，以核强国实际行动，回应时代召唤，不负党中央托举、无愧历史选择，以优异的成绩向党100周年献礼。



如果说，历经五载光明的“华龙一号”全球首堆建设之路可以浓缩成一部电影，那么电影的“灵魂”一定在于那些可爱的“主演”们。他们在2000多个日夜中，不断上演着有关“华龙一号”的故事。一顶安全帽、一身工作服、一双劳保鞋，就是他们最日常的“道具”。从第一罐混凝土浇筑拉开序幕，到70多米的反应堆厂房拔地而起，万名“华龙一号”示范工程建设者犹如管道中奔腾着的蒸汽，充满“精气神”，用辛勤“演绎”着激情豪迈的“大片”，为“华龙一号”注入了惊艳的底色。



华龙团队：摘下满天星辰，送到千家万户

●何成希

自2015年“华龙一号”示范工程落地福清，正式开启我国自主三代核电的建设之路，如今已走过2000多个日夜。回望这些日夜，砥砺前行华龙建设者默用汗水浇灌着全球首堆稳步成长，带来了一个个胜利的喜悦。

太阳初升，照亮华龙人的梦想

2018年1月11日，一轮朝阳缓缓地钻出了海面，经过一夜的混凝土浇筑，“华龙一号”全球首堆反应堆厂房安全壳完成了最后一次混凝土浇筑，反应堆厂房正式封顶。站在靠近海边的吊车高处，眺望每日的日出，或许是很多人的向往，而对于“华龙一号”土建工程师曹钟引来说，却早已成为常态。

2017年，安全壳进入混凝土浇筑阶段

“反应堆厂房作为机组建设的主线，是各方关注的重点。”为了保证安全壳顺利浇筑，曹钟引把妻儿送回四川老家，自己吃住都在现场。为了保证施工过程中安全第一的原则，工程管理团队制定了24小时“连轴转”的临时工作安排，时时刻刻保证施工过程中施工人员的安全、施工质量的完整。“浇筑完成的时

候，我们都松了一口气，没有出任何安全与质量问题，这个任务完成得很成功！”曹钟引一边开心地重演着当时的情景，一边自信地说道。为了提高机组的安全性，与服役期，“华龙一号”示范工程采用了单堆布置和双层安全壳的设计方式，不论是工作量还是工作难度都属于国内核电之最，没有任何成熟经验参考。以曹钟引为代表的工程管理团队多次迎难而上，克服技术难题，顺利完成了反应堆厂房穹顶吊装、常规岛厂房混凝土浇筑等重大节点。曹钟引回忆道：“施工最忙的那段日子，整个团队同吃同住同在建工地。辛苦是真的辛苦，但每天都能看到太阳初升，照亮着每一个华龙人的梦想。”

高效执行力是推动华龙建设的关键

2018年4月25日，随着最后一台数字化控制系统（DCS）安全级机柜引入福清核电5号机组现场仓库，具有我国自主知识产权的三代核电技术“华龙一号”全球首堆DCS设备全部到场，促成国内首次实现首堆DCS提前到货，采购经理黄典斌凝视着设备到货的场景，心中尽是满足。

“保证到货进度的前提是提升质量，高效

的执行力是推动工作中问题解决的关键。”当发现外方项目经理延误，对我方意见反馈与落实执行效果不好之时，黄典斌立即积极沟通解决问题，想方设法撬动“关节”，敦促其决策层与我方走在同一频率上。当发现“华龙一号”非安全级DCS层没有进行逻辑功能测试之时，他组织与外方进行三轮谈判，力争增加300个DCS层逻辑测试用例，保证设备出厂验收质量。为了实现5号机组DCS最关键一批安全级材料免关税、顺利支付，他与同事在福州海关苦苦蹲守一整天，与海关官员多轮沟通，最终如愿以偿得到海关批文，保证了设备的按期到货。“从发现问题、反馈协调、商讨谈判、跟进落实，我们整个设备采购团队付出了许多努力。黄典斌如是说。

没有完美的个人 只有完美的华龙团队

2019年4月28日，“华龙一号”全球首堆冷态功能试验二次成功。当冷态功能试验调试值班工程师宋雨蒙走出主控室时，空气显得格外清新。他和他的团队已在工作室连续工作超过24小时。

“一回路水压试验边界外，涉及机械、电

气、仪控等专业，准备工作近两周，准备时间长达几个月。早在机组土建和安装阶段，华龙调试团队就主动提前介入，积极跟踪系统状态与设备单体调试进度，一体化考虑工作安排部署，充分借鉴国内机组建造和调试经验，优化系统设备安装逻辑和施工力量组织，提前梳理设备安装调试过程中可能出现的关键点和难点工作，进行重点监督和管理。大家都能及时获得工作的信息出口及宝贵的经验反馈，使每个人都能快速成长，大大提升了质量和团队。”

没有完美的个人 只有完美的华龙团队

“没有完美的个人，只有完美的团队”是宋雨蒙常常挂在嘴边的一句话。调试同行军打战，要想取得全面的胜利，运筹帷幄的统帅和能征善战的武将缺一不可。专业的解决方案专业的问题，专业的团队干出卓越的成绩，这大概就是“华龙一号”示范工程调试团队通往成功之路的阶梯。

不是在守护华龙 就是在守护华龙龙的路上

“我宣布，福清核电5号机组反应堆已经临界。”2020年10月21日，广播声把这一喜讯传遍了“华龙一号”示范工程的现场，声音的主人正是当时亲历临界操作的“华龙一号”

首批值长——曹凤瑞。临界前一天，还在参加模拟机复训的曹凤瑞得知明天要执行临界操作的消息后，复训一结束他就立马召集值班的操纵员，明确分工与职责，自己则赶到5号机组主控室，对着运工指令和值长日志等提前了解好机组状态，并对着已经“熟能不能再熟”的操作规程又多“顺”了几遍，准备到夜里十二点左右。其实，为了确保临界当天的重要操作能够顺利完成，早在一个多月以前，“华龙一号”运行团队就组织召开了2次技术交底会，并与物理专业的技术支持人员多次沟通，确认技术细节。6个值的操纵员轮流进行模拟演练，利用业余时间抓紧熟读规程、操作票、风险预案等文件，就是为了操作当天的“一气呵成”。

不是在守护华龙 就是在守护华龙龙的路上

曹凤瑞说：“运行人作为机组守护者，不是在守护华龙，就是在守护华龙龙的路上。”央视主持人撒贝宁在节目中描述“华龙一号”示范工程建设团队时说道：“你们就是把满天星辰摘下，在夜晚送到千家万户的”。

不是在守护华龙 就是在守护华龙龙的路上

“2000多个日夜，一位位‘华龙一号’示范工程建设者在‘六同’理念的指引下接力奋斗，一步一个脚印，让宏伟壮观的‘国之重器’从一张张图纸中稳步成长，跃然眼前。





中核五公司： 匠心筑梦“华龙铁军”

● 本报通讯员李雪

正当我国核工业踏入“第二个春天”之际，广受业界瞩目的世界首台“华龙一号”核电机组正在中华大地上悄然生根，逐渐从图纸转化为现实。2020年11月27日，“华龙一号”全球首堆——福清核电5号机组首次并网成功，为后续投入商业运行奠定坚实基础，并创造了全

球第三代核电首堆建设的最佳业绩。这一目标的实现，饱含着多家参建单位数年来日夜奋战的心血，中核五公司正是其中之一。在承建福清1号至4号M310机组常规岛建设的基础上，中核五公司承建了“华龙一号”福清5号、6号机组常规岛安装工程，用实力铸造华龙品质。

素有“三福之地”之称的福清，南近北回归线，初冬季节依然温暖宜人。穿行于

中核五公司“华龙一号”常规岛施工现场，随处可见繁忙奋战的项目建设者，轰鸣作响的工程车辆，生动地演绎着中核五公司在完成5号机组大规模施工任务后，全力推进6号机组项目建设的“速度与激情”。

然而，首堆建设之路并非一帆风顺。翻开中核五公司自2017年开工至今的建设画卷，一幅道阻且长的“品质建设”图景徐徐展开。

“攻坚克难，华龙铁军！”

鲜艳的锦旗迎风招展，耀人眼目。2019年3月26日，“华龙一号”福清核电5号机组汽轮机三缸扣缸圆满收官。这是常规岛建设中最关键的里程碑，扣缸工作质量的好坏，将直接影响机组的顺利启动和安全稳定运行。在现场热烈的掌声和欢呼声中，时任福建福清核电有限公司总经理陈国才将一面“攻坚克难，华龙铁军”的锦旗，授予当时中核五公司项目总经理徐奎。

陈国才高兴地说：“在这个光荣的时刻，我们为中核五公司站台，为他们鼓劲！感谢他们克服重重困难，出色完成扣缸任务，为华龙建设顺利推进做出重大贡献……”

“华龙铁军”这至高无上的荣誉，来之不易！

时间倒回到2018年春，缺乏经验借鉴、前期工程拖期、安全风险增大……一连串问题接踵而来，项目部面对极大施工压力。

“要坚定信念和信心，相信‘没有过不去的火焰山’！”

2018年6月5日，刚刚履职的公司党委书记、董事长徐永强来到福清项目

部，检查施工情况后，给大家加油打气。

在提高政治站位和“计划是龙头，技术是基础，质保是纲要，管理是核心”的管理理念指导下，中核五公司党委抓了四个方面工作。一是党委高度重视，实行“穿透式”管理；总部+核电事业部+福清项目部。项目部每周向总经理汇报，事业部每月向公司党委专题汇报，及时发现和解决问题。二是合理调配资源，从人力、物力上向福清项目倾斜。三是狠抓技术进步与创新，聚焦三缸扣缸、二回路和倒送电等重要节点。四是积极与各单位开展“党建联建”，让党员覆盖每一个班组。

一系列的强化措施之后，项目部全员知难而进，奋勇赶超。一个月攻克了常规岛500kV倒送电、二回路水压试验、汽轮机三缸扣缸三大目标。

“千呼万唤始出来”，三缸扣缸的圆满完成让所有参建人员松了一口气。“为了拿下这一任务，我们从2018年7月25日安装，花了近8个月时间。特别是临近节点时，我们通宵达旦连轴转，合理安排作业人员倒班，才啃下这块硬骨头。”三缸扣缸总指挥张浩云终于眉开眼笑。

在这里，捕捉到这样一个施工片段——主管道，连接着压力容器与蒸汽发生器，有着核岛主动脉之称，是从我国出口到巴国的设备。最让当时的项目副总徐斌感到骄傲的是，在进行K3机组主管道安装时，项目部主动担当，补救了设备缺陷，有效地为海外华龙建设节约了工期。

匠心筑梦，激发创新动力

是个极富创新思维的东北小伙。在二回路系统仪表安装过程中，仪表管焊口约1800道口，每道口焊接时都需要充氦气保护。由于现场施工环境复杂，氦气瓶距离焊口位置较远，在焊接停顿间隙期间，充氦管不停地冒出氦气，发出吱吱的声音。刘学巡发现了这个问题，他想，这冒的不是氦气，而是项目部的成本。在回办公室的路上他冥思苦想，等洗完手准备进集装厢时突然灵机一动，水龙头能把水管的流水关闭，那么也可以在氦气管上安装一个阀门，通过试验后最终得以验证。

“华龙一号”发电机定子净重455吨，比M310堆型的重84吨，是常规岛最重的设备。由于受外形尺寸和重量增加以及厂房土建结构的影响，导致前期机组的液压提升装置不能满足“华龙一号”发电机定子吊装要求。

为破解这一难题，项目技术团队合力攻坚，对比履带吊屋顶直接吊装法、双行车抬吊法、液压提升装置吊装法，最终确定最适合最经济的创新型方法——引进液压顶升装置吊装发电机定子。该液压顶升装置具有结构简单、拆装便利、顶升重量大、能适用多种厂房和多机型定子。发电机定子从零件开始安装到吊装就位用时15天，创造了福清核电发电机定子安装用时最短的记录。

对于科研创新成果，中核五公司在“华龙一号”建造过程中积极推广应用，特别是应用BIM技术建立了“华龙一号”核岛、常规岛一体化BIM模型，开展危大工程及重点方案模拟130项，进行运输路径规划、BIM+测量、大口径管道安装等新技术应用25项，安全可视化25项，施工逻辑演示58项，为工程建设提供了有力支持。

海内外华龙同奏“交响曲”

作为国内首家同时具有核电站核岛和常规岛安装业绩的企业，中核五公司拥有完整的核电建设管理体系和一支优秀的核电建设队伍。以此为基础，公司积极响应国家“一带一路”倡议，于2015年开启了“华龙一号”海外首堆巴基斯坦卡拉奇2号、3号核电核岛工程施工，成为目前世界上唯一一家同时进行“华龙一号”核岛、常规岛安装施工的企业。

在这里，捕捉到这样一个施工片段——主管道，连接着压力容器与蒸汽发生器，有着核岛主动脉之称，是从我国出口到巴国的设备。最让当时的项目副总徐斌感到骄傲的是，在进行K3机组主管道安装时，项目部主动担当，补救了设备缺陷，有效地为海外华龙建设节约了工期。

在这个过程中，中核五公司采用了激光三维建模数据精准采集技术、主管道虚拟安装拟合技术等高新技术，制作设备调整工装，最终按照模拟位置实现主管道现场装配1毫米以内偏差要求，消除了质量隐患，为海外华龙项目稳步推进提供了有力

支撑。当地时间2020年11月28日，“华龙一号”海外首堆——巴基斯坦卡拉奇核电工程2号机组正式开始装料，标志着该机组进入带核调试阶段，为后续临界、并网发电奠定坚实基础，进一步增强了“一带一路”沿线国家对“华龙一号”的信心。

“通过承建‘华龙一号’海内外首堆工程，巩固了中核五公司作为国内第一家同时具有核电站核岛、常规岛建造业绩的地位，提升了一体化施工能力，形成核电工程建设的新优势。”徐永强说。

匠心共筑华龙梦。作为我国核电走向世界的“国家名片”，“华龙一号”核电建造任重道远。而对品质建设的执着追求正激励着中核五公司砥砺前行，为中国核电走向全球而默默奠基、努力开拓。



华龙监护人,用心擦亮中国新“名片”

——“华龙一号”首堆示范工程监理实录

●中核咨询福清项监部

2020年9月4日15时30分,“华龙一号”全球首堆福清核电5号机组进入主系统带核调试阶段。装料完成后,2020年11月27日正式并网发电。至此,中核工程咨询有限公司圆满完成该项目监理任务。

回首往事,自2015年机组土建开工,到建安阶段完成,再到“冷试”“热试”“装料”“商运”,直至并网发电,那些拼搏奉献的日夜、层层攻克工程难题、并肩作战的伙伴,汇聚成奋斗路上的璀璨瞬间,构筑起中核咨询人一份新的骄傲自豪。

会须立下凌云志,精心谋划开新局

作为中核集团一支王牌监理团队,中核咨询福清项监部虽身经百战,但在接到“华龙一号”建设任务的那一刻便深知,必须拿出超常规做法,具有更高预见性,更全面策划分析,全面落实“关口前移,主动监理”,为铸就国之重器保驾护航。

工程伊始,项监部对工程质量和安全管理进行了全方位策划,通过多次专题研讨,编制了内容全面、针对性强的监理规划和质量保证大纲等指导性文件。依据相关法律法规、技术文件编制了各类体系文件及管理制度335份,进一步确保各项质控工作顺利开展。

顾名思义,“首堆”即为“新型堆”。为避免“经验主义”的错误,项

监部在开工前就有针对性地策划开展了全方位技术文件差异化对比分析,梳理出如双层安全壳贯穿件施工、焊接技术文件、核岛设备引入路径、安全壳倒U型预应力系统、汽轮机设备选型等数百项差异化内容,并将差异化内容贯彻到施工组织、施工方案,落实到质量风险预控、先决条件检查中。

同时,为打造精品工程,杜绝质量通病,项监部结合前期工程建设经验,编制了M310核电机组工程技术总结、建安阶段不符合项汇编、质量通病防控手册,并结合首堆特点,将上述成果反馈到“华龙一号”机组,通过内部交底、专项组等形式,细化到日常检查验收中。

攻坚克难担使命,不破楼兰终不还

2015年5月7日,“华龙一号”首堆示范工程正式落地福清,福清核电5号机组浇筑第一罐混凝土,拉开了“华龙一号”茁壮成长的大幕。与此同时,项监部遇到了前进路上的第一个难题:反应堆厂房筏基混凝土浇筑方量近9200立方米,这是核电建设有史以来最大体量的混凝土浇筑施工,浇筑及养护过程中混凝土结构内将会产生较大温度应力。如果不采取特殊措施来减小温度应力,易导致混凝土产生裂缝。如何通过技术手段和科学组织确保混凝土施工质量,成为团

队必须要攻克的难题。面对困难,项监部与各参建单位密切配合、日夜奋战,从方案论证、技术交底、全过程演练、应急预案制定到混凝土性能检测、入模温度控制、问题处置等,不落下任何一个细节。通过优化配合比,采用低水化热水泥,斜向分层施工,加强温度监测和混凝土振捣,搭设养护棚进行混凝土养护等具体措施,最终换来5R5反应堆筏基未出现有害裂缝,高标准高质量地实现了“华龙一号”第一个重大节点。

创新创效严质控,因时而变谋发展

“志不求易,事不避难”。遇到困难敢于碰硬攻坚是中核咨询福清项监部的一贯工作作风。

2017年5月25日,“华龙一号”首堆穹顶顺利吊装,成功喜悦的背后是艰辛的征程。从穹顶第一块壁板车间预制开始,项监部就一直致力于潜心研究穹顶施工难题,努力突破技术瓶颈。旧的方式方法行不通,就大胆提出新思路,与各参建单位一起出谋划策,提出合理优化的技术措施。

穹顶第一块壁板在胎具上压制成型后边缘处存在波浪变形,而要消除这些变形就必须用火焰加热的方式进行矫正。这不但会影响质量,还大大降低了工作效率。这个问题在前期项目中是没有出

现过的,为什么现在会出现?带着疑问,项监部马上行动起来,从设计图纸、结构尺寸、材质厚度、成型工艺、施工工序等各个方面进行交流和讨论,并积极深入车间一线,同施工单位技术负责人不断分析、反复试验,结合“华龙一号”穹顶单块构件材质变化、尺寸变大、板厚增加的特点,提出了对卷板工艺进行完善、改进卷板机滚轴形式的想法。在他们的启发带动下,“华龙一号”穹顶壁板新型卷板机在预制车间得到应用,顺利地解决了壁板在胎具上压制成型后边缘处存在波浪变形的问题,一张张成型良好的壁板被送上穹顶拼装胎具,极大地提高了穹顶预制效率,笑容也展现在他们质朴的脸上。

工匠精神永传承,精益求精刻人生

有一颗精益求精的“匠心”,是对工作最好的尊重。在整个华龙建安施工过程中,项监部累计见证了319万余道施工工序。和以往相比,他们的验收标准更严苛,管理手段更精细,过程控制更严格。“没有最好,只有更好”是他们最常挂在嘴边的一句话,“严谨专注,精益求精”是他们始终秉承的工作理念。

“华龙一号”主设备的安装及相关物项焊接是核电工程建设过程中最重要,也是要求最高的施工活动,安装精度往往是以“道”(0.01mm)为单位的,这就要求他们必须在工作中一丝不苟、事事求真。控制棒驱动机构Ω环是反应堆回路系统压力容器边界的组成部分,它的厚度只有不到3mm,但在试验过程中却需要承受最高25.2MPa的试验压力,因此该焊缝也是核电建设过程中施工难度最大的焊缝。

在前期工艺试验阶段,为了获得稳定且最优的数据,进行了上百

次的焊接试验以调整参数,就在试验接近尾声的时候,监理团队发现其中一道焊缝外观上出现了不平整的鱼鳞纹。虽然经过初步验证,发现这只是一次偶然现象,且在技术条件中并没有明确规定这样的外观为不合格,但他们坚持认为这是一种危险的信号,并当机立断开展全面排查工作。每一道焊缝,每一个焊口,他们都不放过。排查完成后,即刻组织开展专题研讨,最终通过对焊接机头上压轮位置进行调整,改变收弧阶段焊接参数等解决了有关问题。现场施工时所有焊缝一次合格,且未出现之前的偶发状况。这时,大家才深深地舒了口气,心中的石头总算落了地。

从2017年11月到2018年10月,在不到一年的时间里,5号机组主设备、主管道、波动管、Ω环全部安装焊接完成并验证合格,这成了监理团队引以为豪的事情,也充分展示了其工作中严谨的一面。

深耕细作强管理,漫漫风雨铸华章

自开工以来,面对纷至沓来的各项工作任务,为了有效促进生产力提高,解决工程难题,确保工程质量,项监部在土建、安装、调试等各阶段,与各参建单位共同推进模块化拼装和吊装、抗飞机撞击机械接头应用、不锈钢覆面先贴法、窄间隙自动焊、压力容器保温层施工等几十项先进施工工艺应用。

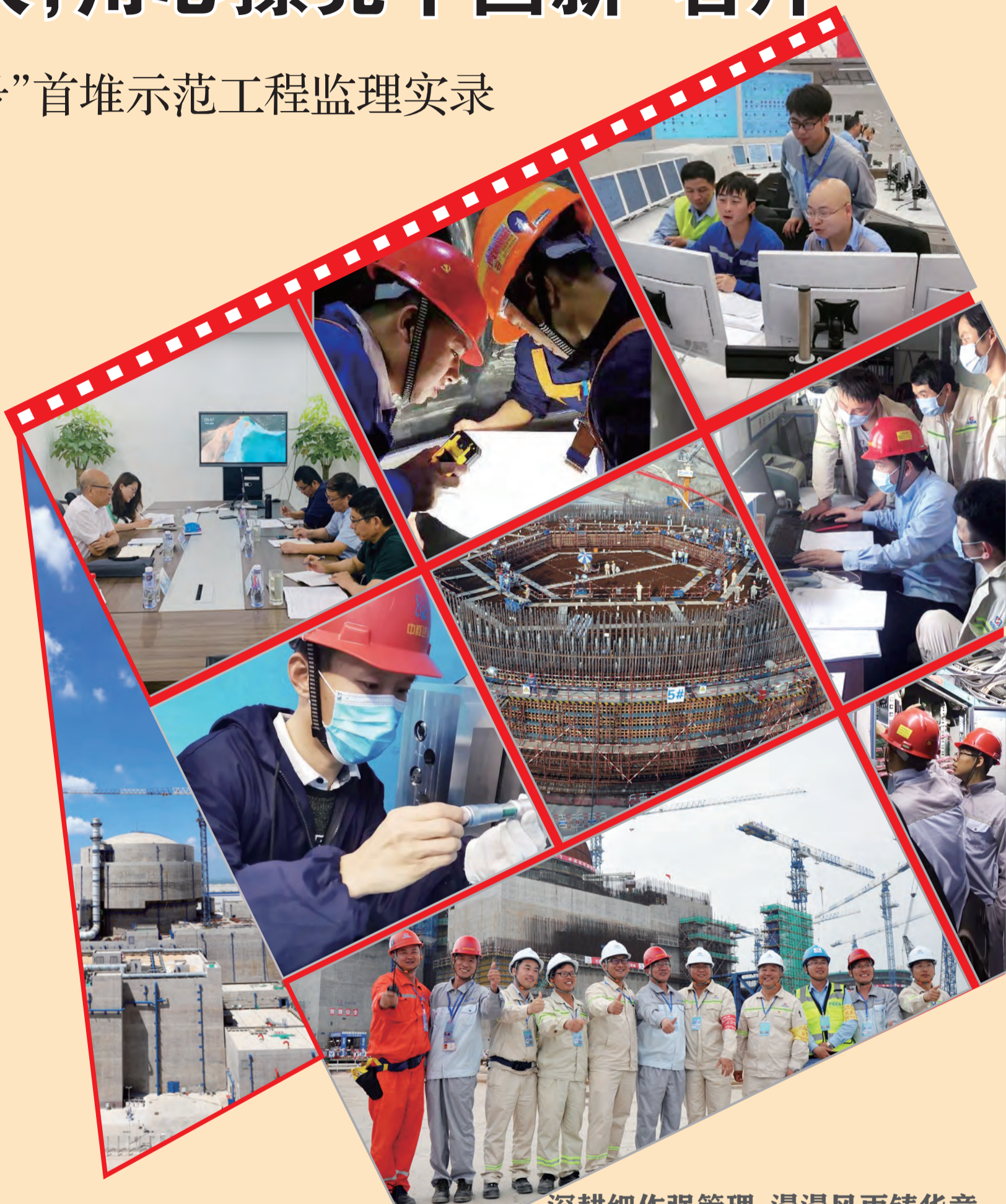
同时,项监部还组织开展了《核电建安质量管理体系研究》、《“华龙一号”施工质量验收标准化》、《“华龙一号”反应堆压力容器保温层安装施工优化》、《“华龙一号”汽轮机安装施工技术研究》等近十项课题项目,申请并完成《一种APC壳墙体内外侧钢筋排距定位控制工具》、《一种管道坡口检测样板》、《压力容器吊装就位对中调整工装》等十余项实用新型专利。

随着首堆建设进入攻坚期,为进一步保证“华龙一号”示范工程按期建成投产,示范工程党建工作联合委员会适时成立。中核咨询党委开展“委员进支部”和“党员联系班组”等活动,深入工程一线,架起各单位、各班组之间的连心桥,保证“华龙一号”建设平稳推进。同时,针对“急、难、险、重”任

务,所有党员始终践行“我是党员,我先上”,先后组织开展了“华龙一号”预应力施工、主设备安装等专项组,“冷试”“热试”“装料”“商运”等专项组,与参建单位共同推进模块化拼装和吊装、抗飞机撞击机械接头应用、不锈钢覆面先贴法、窄间隙自动焊、压力容器保温层施工等几十项先进施工工艺应用。让党旗始终飘扬在工程建设第一线。

面对所有困难和考验,项监部始终秉承“两弹一星”精神和“四个一切”核工业精神,贯彻落实核安全文化,践行核安全“两个零容忍”目标,默默付出,不畏艰难。以施工现场为家,以工地为战场,周末加班,节假日仍奋战在工程现场,这些都是再熟悉不过的场景。千淘万漉虽辛苦,吹尽狂沙始到金,当看到“华龙一号”这张新“国家名片”日渐成形,所有成员千余日的付出和辛劳都化为了满满的自豪与骄傲。

从“华龙一号”首堆示范工程落地福清,到5号机组顺利商运,这既是中核咨询人的一场实战,也是为打造全行业全过程工程咨询支持平台的一场大练兵。在中核集团新时代“三位一体”奋斗目标的指引下,中核咨询将全面提升公司核工程咨询监理业务功能,推动集团公司工程项目管理水平不断提高,为实现集团公司“强核强国,造福人类”的企业使命而不懈奋斗!

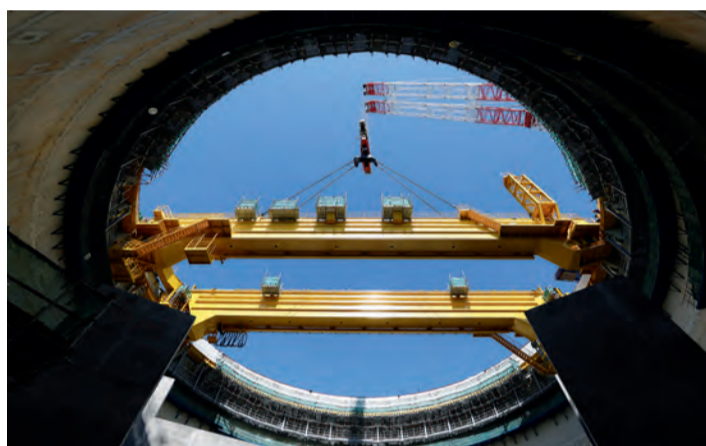


中核二三： 以“铁军”精神筑华龙精品

由中国核工业二三建设公司承担核岛安装任务的“华龙一号”全球首堆福清核电5号机组已并网成功。从振奋人心的第一罐混凝土浇筑,到装料工作正式启动、机组进入带核运行状态,再到首次并网成功,“华龙一号”在万千建设者通力合作下,茁壮成长,正向着最后的目标冲刺。在这昂首阔步、夙夜前行的五年间,中核二三“华龙一号”建设团队始终秉承“两弹一星”精神和“四个一切”的核工业精神,以安全立命,质量立身,踔厉奋发,踵事增华,充分发扬中核二三60多年来孕育的听党指挥、勇当国任的大局观念,战无不胜、永不言败的拼搏精神,敢为人先、永不停滞的进取姿态,执行坚决、大力协同的优良作风,以“铁军”风范,栉风沐雨,朝乾夕惕,展现了中国核工业建设者的坚定执行力和卓然风采。



“华龙一号”全球首堆蒸发器吊装



“华龙一号”福清核电6号机组环吊主梁吊装就位



“华龙一号”外景

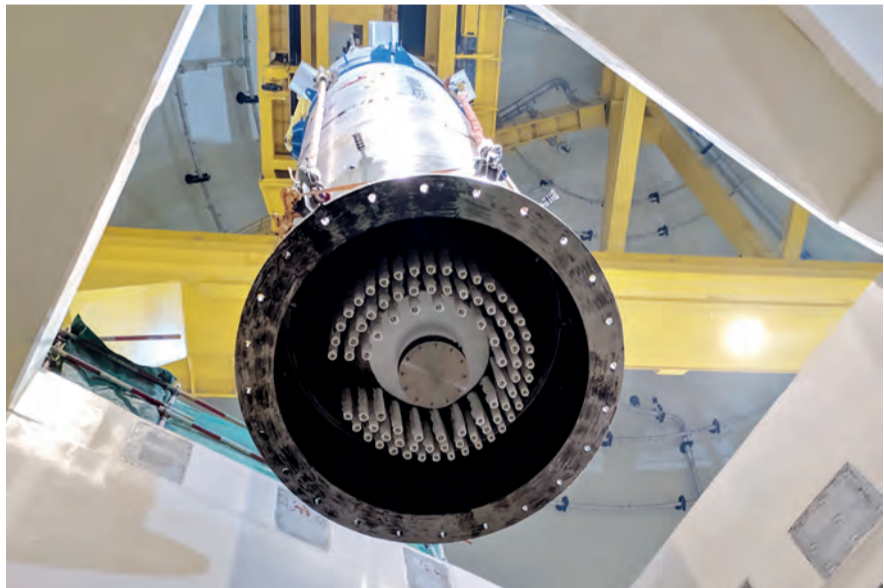
“我们有最优秀的项目团队”

福清核电5号机组核岛安装任务开始后,中核二三确立了“计划龙头,目标引领”的建设总基调,以计划统筹全局为抓手,先后协调15个项目部人员支援机组安装建设。中核二三福清项目部总指挥余德和带领团队围绕工程建设,制定专项节点计划,整合内外部资源,建立了集设计、采购、土建、安装、调试为一体的联动专项工作组,按照三级计划逐步推动工程进展。

“很激动,压力也很大,但我比较自

信,因为我们有最优秀的项目团队。”余德和说。

2019年4月27日10点07分,随着现场总指挥一声令下,5号机组一回路水压试验正式启动,华龙首堆提前计划50天开始冷态功能试验。从核回路冲洗到冷试,中核二三在此重要施工阶段仅用时59天,相比福清核电1~4号机组该阶段施工进度缩短近2/3时间,打破了“首堆必拖”的魔咒,创造了福清核电安装工程新记录。



“华龙一号”福清核电6号机组稳压器吊装就位

“解决不了就创新”

“吊具就像医生的手术刀,不适用我们就解决,解决不了就创新。”“华龙一号”主设备安装负责人李金洲环顾着主泵泵壳四周,斩钉截铁地给团队布置下这个极具挑战性的任务。

原来,早在图纸会审阶段,队里的技术人员就发现泵壳支耳位置设计结构有新变化,无法再沿用以往的吊装方式。没有专用吊具,也不能照搬原来的模式,队员们便转变思路,能不能学习其他核电项目的吊装方式。交流后发现,其他项目普遍采用吊装螺栓连钢丝绳的方法,尽管反馈效果比较好,但还是存在损伤泵壳主螺栓孔的风险。经过充分研讨,李金洲带领团队决心要规避掉这个万分之一的风险,自己设计制作一套“华龙一号”主泵泵壳专用吊具。

专项小组的技术专家们结合绘制的泵壳三维模型反复讨论,初步确定以泵壳

支耳为吊点的吊装方式。技术员和班组成员拿着图纸、测量工具每天往仓库跑,蹲在包装箱狭小的空间里测量核对主泵泵壳支耳的尺寸。为了最大程度保证吊具的适用性,大家把到货的三台泵壳都实测了一遍。基础数据汇总后,吊具外型尺寸和构造基本成型,技术人员完成了一系列受力校核计算,经过内部的审核最终选定了原材料的材料、规格型号和尺寸。按照程序要求,李金洲还找来试验台架进行了泵壳吊具的载荷试验,过程和结果都令人满意。正式投用前,经过1比1全真模拟的有限元分析,再次证明吊具满足要求,李金洲的心才踏实下来。

最终,经过现场人员如做外科手术般精准的操作,这套吊具在主泵泵壳吊装过程中不只展现出了它的可靠性和稳定性,同时还实现了一天完成一台主泵泵壳引入就位的超高效率。

成功挑战“oh my god”

控制棒驱动机构是直接反应堆正常运行和安全可靠的关键设备之一,它与控制棒组件连接,通过以一定次序对三个电磁线圈通电,实现控制棒组件的插入和提升,从而控制堆芯平均温度,以达到反应堆安全启动、调节反应堆功率和停堆的目的。因此,控制棒驱动机构上的焊缝无疑是十分重要的,也被称为“oh my god”焊缝。

2017年8月,主设备技术支持室负责人曹周山带领的技术团队开始了5号机组控制棒驱动机构中部小Ω环焊接工作。早在主设备队筹备初期,曹周山就不停地查阅资料,与专家沟通交流,短短几个月时间,他已经翻阅了“华龙一号”所有的安装技术文件及施工图纸,对新堆型、新工艺了如指掌。

本次中部Ω密封环焊接,是首次在施工现场采用自动焊工艺,且使用的焊机也是首次在核电中使用。为了保证工艺开发顺利进行,焊接需要在密封空间进行,本就炎热的环境需要门窗紧闭,焊弧闪耀下带来的只有热浪。工艺开发到关键时期,为了参数的准确,研发人员需要时刻观察焊弧动态,闷热的工作环境挑战着焊接小组的极限。曹周山经常在研发车间里一待就是一天,观察焊弧、检查焊缝表面,似乎现场温度对他毫无影响。

受焊机设计方面的影响,焊缝表面总是出现波浪形纹路,与设计方沟通后外观检查可以接受,但在曹周山却总是觉得不够完美。与此同时,又出现了模拟实验件上验证合格的焊接参数应用到

工艺评定上则不太适用的情况。曹周山核查了所有模拟实验件和工艺评定件的尺寸,最终发现模拟实验件尺寸存在不满足设计要求的问题。经排查,他发现焊机机头部分在设计上存在缺陷。为此,技术团队首次提出采用分段式焊接参数的想法,经过多方研讨和实践,取得了良好效果,对参数固化起到了非常大的作用。

2018年8月,经过了一年的努力,焊接工艺评定全部顺利通过,现场施工作业全线开启。10月14日,顺利完成了5号机组控制棒驱动机构中部小Ω环焊接,焊缝无损检测、水压试验全部合格,焊接合格率100%,焊接工期仅39天,创造了福清核电开工建设以来质量最优、工期最短、成绩最好的一项施工记录。

始终有如火般的工作热情

生活中的张春梅,温柔亲切,喜欢荷花弄草,很难有人会将这样一名优雅女性和满是钢筋混凝土的世界联系在一起。事实上,她不仅是中核二三少有的工程的女经理,更是5号机组核回路冲洗的执行指挥。

担任执行指挥,这份压力自然不言而喻。2019年春节期间,张春梅自愿放弃和家人团圆的机会,毅然留守在了核电现场。5号机组首台中压安注泵,是核岛安全注入系统的重要组成部分,也是核回路冲洗试验的关键启用设备。在该设备的调试过程中,张春梅根据泵的进出口压力、流量、温度、振动等参数,及时准确做出判断,且熟练地指导现场施工人员通过调节阀门使设备达到最佳运行

工况。

2019年2月24日16时16分,核回路冲洗正式开始。2月28日凌晨3时,水质化验合格,“华龙一号”全球首堆核回路冲洗宣告成功。历经70多个小时的坚守,张春梅稍显疲倦的脸上依然是严肃认真的表情,只是些许颤抖的声音,显露了她内心的激动。

在5号机组装料前夕的联合办公会上,根据现场工作进展,明确了环吊脚手架工作必须在7天内完成,以确保装料主线工作不受影响。会后,张春梅立即来到16.5米平台外廊的位置进行现场勘察,综合考虑安全、人力、时间、效率等,

带领大家采用流水线的方式进行搭设,最终仅用时5天便完成了环廊脚手架搭设工作,为后续装料的主线工作赢得了宝贵时间。

张春梅带领团队以不打折扣的执行力,充分发扬“执行坚决,大力协同”的优良作风,始终用如火般的工作热情投身于“华龙一号”施工建设的每一个日夜。

大道至简,行胜于言。中核二三用在华龙首堆建设中近乎完美的业绩,再次证明了“首堆用我、用我必成”的壮志豪言。面对福清核电6号机组施工重任,中核二三将继续弘扬“铁军”精神,攻坚克难,锐意进取,为助力实现强核强国砥砺前行、铿锵前行。

战略规划总院标准化所： 建成“华龙一号”型号标准体系 助推中国位列核电技术先进国家

● 本报通讯员董瑞林

2020年11月27日，“华龙一号”全球首堆——中核集团福清核电5号机组首次并网成功，央视《新闻联播》用104秒镜头进行了超长报道并给予高度评价。新闻中提到：近万名核工业人在自主三代核电发展的征程上奋勇前行，形成了一套完整的、自主的型号标准体系，极大地推动了我国核电装备制造能力提升。

“华龙一号”及其型号标准体系在《新闻联播》被如此盛赞，是因为其落实了习近平总书记的指示——积极实施标准化战略，以标准助力创新发展等五大发展理念，实现了几代核工业人的梦想——打破国外核电技术垄断，正式步入核电技术先进国家行列，用上了自己的标准。这是对战略规划总院标准化所为首的中核科技精英四年倾心付出的高度认可。



不忘总理嘱托，交付满意答卷

2015年6月，李克强总理考察中核集团成员单位中国核电工程公司时说道：“你们为我撑腰，我去国际舞台为你们扬名。要用最高标准、最优质量、最好性价比，提升中国核电装备在国际市场的竞争力。”老中青三代核工业人争相向总理表示，一定把“华龙一号”打造成世界一流核电品牌。如今，以“华龙一号”总设计师邢继为代表的华龙人交付了一份满意的答卷：“华龙一号”核电站是世界上安全标准最高的核电站之一，同时，与之配套的“华龙一号”型号标准体系也已建成。

核电发展，标准同行。在中核集团党组的带领下，战略规划总院坚决贯彻习近平总书记对标准化工作的重要指示精神，积极落实国家标准化战略，在集团

公司科技与信息部的直接领导下，组织开展中核集团“华龙一号”型号标准的研究和建设。

“华龙一号”型号标准体系建设立足于“华龙一号”研发成果、设计特征和示范工程实践经验反馈，初步建立一套结构较完整、逻辑较严密、具有自主特色、涵盖各专业领域的型号标准，提出标准水平提升所需的基础研究方向。在此基础上还开展了英文版建设。体系建设有助于满足“华龙一号”机型后续批量化建设的内在需求，提高其标准自主化水平，提升中核集团自主知识产权的国内外影响力。

精心设计，广泛参与，系统筹划标准体系建设。“华龙一号”型号标准体系伴随首堆示范工程的建设

而启动，是中核集团自筹资金并于2016年开展的龙腾2020科技创新计划，该计划分阶段推进，历时4年并列入集团MKJ重点考核计划，中国核电工程公司、战略规划总院标准化所、中国核动力研究设计院等全集团30余家单位2000名技术人员参与此项工作。

系统开展了“华龙一号”型号标准顶层设计。结合现有标准基础和示范工程实践，吸收国内外核电标准体系良好实践，分析“华龙一号”对标准及标准体系的需求，构建一个覆盖核电前期工作、设计、设备制造、建造调试、运行和退役全过程、全领域的华龙标准体系顶层设计和总体结构。结合“华龙一号”工程实际和我国的工业基础，建立分层划块的总体结构，包

括自上而下的法规标准层次以及同一层次中的领域分支。

划领域分层次深度分析“华龙一号”全生命周期标准需求。对“华龙一号”设计、设备制造、建造与调试、运行与退役所采用标准的适用性、先进性、逻辑结构和国外标准对照关系等进行分析、对比和论证，研究所采用标准的合理性，梳理采用标准间的逻辑关系。“华龙一号”采用标准的梳理分析同时也是型号标准建设的具体需求分析，明确能够直接采用的现有标准，以及有待未来新编、修订或者转化的标准。根据梳理分析的结果，对型号标准的总体结构进行修订和完善，并在此基础上形成标准体系框架和体系表。



标准化体系建设成果丰硕

“华龙一号”已形成一套完整的、自主的型号标准体系，涵盖电厂设计、建造、调试和运行等全生命周期，项目表共计2000余项标准。体系建设过程中，形成了一系列成果，包括编制了近400项中文版标准及160余项英文版标准，形成了3套标准汇编，

解决了35项重点领域标准化关键问题，主导制定了我国两项ISO核电国际标准，主导修订了一项IEC国际标准，储备了一批国际标准提案等，为后续指导“华龙一号”标准化、批量化建设以及“走出去”创造了有利条件。

成果一：全面构建了满足国际最高安全标准要求的型号标准体系

“华龙一号”型号标准体系构建总体保持与我国压水堆核电站标准体系一致，同时紧密结合我国工业基础、充分体现华龙技术创新特点，搭建完成“华龙一号”标准体系框架和体系表。

标准整体上满足国际最高安全标准要求，主要体现在几个方面：一是与最新的核安全法规要求，包括国际原子能机构（IAEA）最新安全要求保持一致；二是与国际标准或国外先进标准水平相当；三是与国内工业基础相结合；四是与国际新技术、工艺、方式方法以及福岛事故后改进措施要求同步。

“华龙一号”型号标准体系框架结构分为三个层次，科学反映了不同标准在体系中的地位、作用、所处层次及相互关系。第一层次在对核电厂全寿期覆盖的基础上划分为工程设计、设备、建造、调试、运行等8个部分。第二层次及以下结构划分，主要按标准应用的对象及专业技术类别进行划分。为了便于标识，分别采用不同字母作为体系代码。截至目前，该体系涉及标准数量总计达到2043项，标准种类涉及国家标准、能源行业核电标准、核行业标准、集团企业标准等。

成果二：编制中英文标准 助力国内批量建设和海外推广

按照重要程度、成熟程度，分批次开展了近400项国家标准、行业标准以及集团企业标准的制修订工作。标准涉及通用基础、工程经济、环境保护、辐射防护、严重事故分析和安全管理、概率安全分析、消防、实物保护等30余个领域。这些标准有效固化了

“华龙一号”在设计、建造、调试等领域的技术和经验，部分标准还填补了国内空白。同时，根据“华龙一号”采用标准的梳理分析和实际需要，开展了160项标准英文版标准编制工作，用于支撑海外贸易交流，满足国际市场需求。

成果三：形成了3套汇编材料，满足不同人员使用标准需求

1套标准总说明：主要内容涵盖了核安全法规标准体系、标准体系顶层框架、使用说明及各专业领域的标准采用情况。总说明可以作为海外市场推介过程中的技术交流资料，给专业人士提供参考。

1套标准工具书：在标准总说明的基础上，增加了所有标准的功能定位、内容介绍和必要的应用说明，主要供技术管理人员、

设计人员在工作中全面了解各专业标准采用情况，帮助新员工尽快熟悉本专业采用的标准，帮助技术人员查阅相关专业标准。

1套标准汇编：包括五卷52分卷98册，旨在能够方便相关从业人员快速检索、查阅和学习有关“华龙一号”型号机组设计、设备、建造调试和运行相关法规标准文件，保障各相关单位掌握并应用华龙型号标准。

成果四：有针对性地解决了35项重点领域标准化难点问题

在“华龙一号”型号标准研究（第一阶段）基础上，对提出的有待研究的35项问题开展进一步专项科研，对三代核电技术指标、国际最新安全要求下标准技术指标选取、现有标准

与国外先进标准分析对比、重要标准技术难点等开展研究，解决技术难点，掌握标准技术指标和参数，提升标准水平，切实支撑“华龙一号”型号标准建设。

成果五：我国主导制定了两项ISO核电国际标准 提高了国际影响力

由中核集团组织，中国核动力研究设计院、战略规划总院标准化所共同编制的国际标准《压水堆核电站一回路冷却剂系统设备和管道保温层设计规范》（ISO 23466:2020）于2020年10月正式发布。该标准是依托“华龙一号”示范工程实践制定的我国首项核电国际标准，也是我国核领域首项ISO标准，填补了国际核电保温层设计领域的空白。同年12月，由中核运行管理有限公司、战略规划总院标准化所共同主导编制的国际标准《冰

塞冷冻隔离技术导则》（ISO 23467:2020）正式发布，该标准的顺利发布标志着我国在国际运行和维修领域取得又一重大突破。

中核集团“华龙一号”型号标准体系建设成果已在福清核电站5、6号机组，漳州核电站1、2号机组，海南核电站3、4号机组以及海外“华龙一号”首堆工程（巴基斯坦K2/K3项目）中得到应用。英文版标准后续将在海外合同谈判项目、海外潜在合作项目中应用，为华龙出海提供更有力的支撑。

龙翔四海 继往开来

在全球绿色低碳转型的大方向下,“华龙一号”作为先进、可靠、清洁、高效的能源技术,将为中国于2030年前碳排放达峰、2060年前实现碳中和做出应有贡献,为世界各国携手保护地球家园的行动提供有力选项。

- ◆ 60年设计寿命
- ◆ 177堆芯设计
- ◆ 18个月换料
- ◆ 电厂可利用率高达90%
- ◆ 设备国产化率达到85%以上