

# 一座创造性的超级工程

## ——透视“华龙一号”全球首堆商运的背后

2021年1月30日,福建福清。

在这里,全球第一台“华龙一号”核电机组——中核集团福建福清核电5号机组投入商业运行。

这一天,距离2015年5月7日“华龙一号”全球首堆正式开工建设已经过去了2000多个日夜。

6万多台(套)设备、165公里管道、2200公里电缆,上千人的研发设计团队、5300多家设备供货厂家、近20万人先后参与项目建设……这是一座创造性的超级工程,更是一张闪光的国家名片。

### 安全之问

“华龙一号”是我国具有完全自主知识产权的三代核电技术,是当前世界核电市场上接受度最高的三代核电机型之一。“华龙一号”设计寿命60年,反应堆采用177堆芯设计,堆芯设计换料周期18个月,创新采用“能动和非能动”相结合安全系统及双层安全壳等技术,在安全性上满足国际最高安全标准要求。

对核工业来说,安全走到哪一步,科学才能走到哪一步。安不安全,是核电站建设运营单位和公众最为关注的问题。“华龙一号”自然也不例外。

“‘华龙一号’严格执行了国家安全标准。”中核集团党组书记、董事长余剑锋说,我国现行安全标准是国际上最严、最高、最先进的标准。

可抗震、抗大飞机撞击的“华龙一号”,安全性靠什么实现?

中国工程院院士叶奇蓁在接受记者采访时说,三代核电技术相比二代核电技术更安全,从故障的概率上低了一个量级。“华龙一号”达到了国际上关于三代核电安全的指标。

叶奇蓁指出,“华龙一号”采用177堆芯设计,将堆芯燃料组件数量从157组增加到177组。这不仅仅只是单纯的燃料组件数量的提高,在增加发电能力的同时又提高了运行的安全裕量。

“华龙一号”采取了“能动+

非能动”的双重安全系统。

所谓“能动”,即靠电来驱动安全系统,保障核电站运行。如果在极端情况下,核电站断电了,这时“非能动”就能派上用场。

他说,“非能动”就要靠自然力量来驱动安全系统。比如发生火灾时,楼上有一盆水在自然的重力作用下浇下来,就能在没有能源的情况下起到安全保障。

“华龙一号”可以依靠重力、温差和压缩空气等自然力量来驱动安全系统,通过蒸发、冷凝、对流、自然循环等自然过程来带走热量。

能动和非能动两者融合,既有“能动”的成熟稳定,也有“非能动”在丧失电源情况下的独特优势。

此外,“华龙一号”还采用了双层安全壳的设计,外层可抵御大飞机的撞击,内层可做到即使堆芯出现问题,放射性物质也不会出来。

如果“华龙一号”遇到福岛核事故那样的极端情况,会怎么样?

余剑锋说,“华龙一号”充分吸取了切尔诺贝利、日本福岛核事故等的经验教训,即使遇到福岛核事故那样的极端自然灾害,地震和海啸叠加发生,“华龙一号”机组也能保证安全,而且还能快速恢复运行,不会发生福岛核事故那样的情况。

### 创新之问

国内专利716件、国际专利65件、海外商标200余件、软件著作权125项、核心科研报告1500余篇以及海量的科技创新论文……“华龙一号”形成了国内首个完整的核电自主知识产权体系。

同时,“华龙一号”首堆所有核心设备均已实现国产,所有设备国产化率达88%。

“我国核电发展的一个灵魂性思想,就是坚定不移走自主创新的道路。”余剑锋说,“对于关键核心技术,我们都一件件进行了突破,没有‘卡脖子’的问题。”

要经历什么样的困难和挑战,才能换回如此充满底气的答案?

说起自主创新,中核集团“华龙一号”总设计师邢继总有说不完的话。

他仍然记得,1990年在大亚湾核电站现场工作时,核电建设所需要的原材料甚至混凝土都是从国外进口的。

“研发完全具有自主知识产权的一个型号,是我们中国核电人的梦想。”邢继坚定地说。

每一项核心技术都是一座需要攻克的山头。

大的不说,就连一个阀门都可能成为“拦路虎”。

阀门,是电站所有的核级

设备里数量最多的,“华龙一号”用到的阀门高达1.8万台。这些阀门,小到可以揣进兜里,大到需要用卡车来拉。

阀门虽然看起来不起眼,但对实现核电站复杂的系统功能作用却不小。以往核电站建设中,国外阀门有成熟的运用经验,重要阀门均为国外采购。

“华龙一号”全球首堆是“三新”工程,新技术、新设备、新材料,阀门设计要求上都发生了变化。现有国外成熟的阀门无法满足新系统工况,这要求在短时间内设计制造出能完全符合“华龙一号”性能要求的阀门。

一次次试验、一项项对比……研发设计单位联合国内阀门供货商开展了多项横向科研,实现了所有关键阀门的样机研发、鉴定和产品供货,打破高端阀门国外供货商长期垄断的局面。

从主泵、压力容器到蒸汽发生器,从阀门、电缆到控制柜,从抗震性能提升到抗大飞机撞击设计,这样的创新故事在“华龙一号”身上从不欠缺。

如今,“华龙一号”已形成一套完整的、自主的型号标准体系,涵盖核电厂设计、设备、建设、调试等全生命周期,可有力支撑“华龙一号”批量化建设和“走出去”。

### 未来之问

一直以来,世界核电行业有一种“首堆必拖”的“魔咒”,“华龙一号”打破了它。

不同于核电机组重复性建设,每一项核电技术的首堆建设要进行很多创新性研究和试验工作。因此,首堆建设工期一般都会很长。

余剑锋说,在全球三代核电首堆建设中,“华龙一号”能够按计划工期高质量完成,在全球核电发展史上是首次。

每一道核级焊缝都要做全面检查,谁焊的、采用工艺、焊接过程等都要记录下来,还要

做严格的标准评定。

“华龙一号”这座百万千瓦级核电站有多少道焊缝?每一个焊缝都要进行这样的检查。

5年多时间,近20万人先后参与了“华龙一号”项目的建设……建设者用自己的智慧,创造了核电建设史的奇迹。

然而,总设计师邢继却说:“从‘华龙一号’落地的那一天起,我们就要否定‘华龙’。”

从2015年5月落地福清到2019年10月漳州核电建设,其间开工建设的每台“华龙一号”机组图纸都不一样。

“我们在建设‘华龙一号’第一台机组时就不断将经验反馈到后续项目中,这样越往后开工的机组在安全性和经济性上就能不断进行优化改进,指标也更优。”邢继说。

2020年9月,国家核准了采用“华龙一号”三代核电技术的海南昌江核电二期工程和浙江三澳核电一期工程。目前,“华龙一号”在我国已经开始批量化建设。

“华龙一号”每台机组每年发电近100亿度,能够满足中等发达国家100万人口的年度生

产和生活用电需求,相当于每年减少标准煤消耗312万吨、减少二氧化碳排放816万吨。

在叶奇蓁院士看来,我国提出要做好碳达峰、碳中和工作,能源转型势在必行。核电是低碳能源,应该跟风电、太阳能发电等结合起来,为碳减排作出贡献。

余剑锋表示,核工业的发展不仅要解决能源问题,未来也会为医疗、农业、制造业等带来一些革命性的变化。核能,未来有更大可能!

据新华社

### 13省份已下调核酸检测价格



今年春节,核酸检测成返乡“通行证”。记者发现,2021年来,已有北京、天津、四川、福建、甘肃、陕西、贵州、湖北、黑龙江、海南、青海、浙江、西藏13省份公立机构下调核酸检测费用。有9省份单样本公立机构核酸检测最高限价下调至80元/次。此外,北京、陕西、保定等地核酸检测费用纳入医保。

据人民资讯

### 我国新冠疫苗接种超过2400万剂次

中国疾控中心病毒病所所长许文波31日在国务院联防联控机制发布会上表示,截至目前,各地累计报告接种新冠疫苗数量已经超过了2400万剂次。初步检测,我国新冠疫苗严重异常反应报告发生率不高于流感疫苗。全国现有本土确诊病例和无症状感染者数量已经开始下降,全国疫情总体风险可控。

据新华社

### 我国已有16个新冠病毒疫苗开展临床试验



科技部社会发展科技司司长吴远彬30日在首届中国血液学科发展大会上说,目前我国已经有16个新冠病毒疫苗进入临床试验阶段,其中7个新冠病毒疫苗进入Ⅲ期临床试验阶段,1个疫苗已附条件上市。

据新华社