



续写核电国产化新篇章

——写在海南昌江核电站并网发电之际

文/吴雪君 蝴蝶

国产化：最后的攻坚战

样机鉴定的基础上,根据昌江核电项目 65 万千瓦级电动辅助给水泵的技术规格书要求进行设计修改,经过多次试验验证,样机已于 2010 年 2 月通过性能试验验收,从而打破了我

国电动辅助给水泵长期依赖进口的局面。昌江核电项目 1.2 号机组一回路主设备(包括反应堆压力容器、蒸汽发生器、堆内构件等)锻件全部实施国产化制造。上述主锻件由上海电气集团下属子公司上海电气重型机器厂有限公司制造(以下简称“上重”),在承制昌江项目主锻件前期,上重尚无 60 万千瓦级以上核电站设备锻件供货业绩。通过锻件供货整体管理过程,包括重点难点工艺研究、各类不符合项分析与消化等,上重历经两年

时间依托海南项目于 2011 年完成反应堆压力容器、蒸汽发生器和堆内构件全套锻件供货,在关键主锻件如:压力容器接管、封头,蒸汽发生器管板与筒体、堆内构件堆芯支承板与压紧弹簧的制造工艺方面取得本质突破。

海南项目重要核级阀门包括国际止回阀、安全壳隔离阀、蝶阀等均立足于推进国产化。电仪类项目包括硼浓度监测道、控制棒驱动机构电源等项目均在海南项目实现国产化。其中控制棒驱动机构电源由核动力院供货,昌江核电成为中核集团第一个实现棒电源设备国产化的项目。

相较于秦山二期,海南核电综合国产化率由 70% 上升为 82% 以上。

重大改进落实安全

离设计,在主蒸汽管线破裂叠加安全停堆地震(SSE)时,实现主给水有效隔离,以及在核岛消防设计方面的改进。

在昌江工程建设期间,发生了日本福岛核事故。2011 年 7 月,国家核安全局、国

家能源局和中国地震局对海南核电进行了综合安全检查,检查后提出 14 项改进要求,主要包括防洪能力、应急补水、移动电源、乏燃料池监测、氢气监测与控制、应急控制中心可居留性及其功能、辐射环境监

测及应急和外部灾害应对等方面。海南核电为此成立了落实安全检查整改措施专项领导小组,保障整改要求得以落实。目前,这 14 项改进大部分完成,核电安全性得到进一步提升。

不让工期拖后腿

百年一遇的大旱。之后,又发生了 60 年末遇的大雨,造成了施工现场多次大面积停工。据统计,海南核电建设 5 年间,大小台风登陆海岛 88 次,每一次,都给核电建设带来严重影响。

同时,由于昌江地处偏远,交通不便,且自然环境相对艰苦,施工一年四季几乎都在酷热中进行,施工单位难以招收到合适人员,不少务工人员刚刚培训上岗,干不了多久就选择离开,也给工程建设带来了负面影响。

这些困难,海南核电通过有效的施工组织和管理、所有参建单位的通力合作以及员工的加班加点得到克服,保证了施工进度的顺利进行。

2013 年是海南昌江核电项目 1 号机组核岛安装的高峰年,尽管设备制造进度滞后,但 1 号机组核岛的主回路、主设备的安装创造了最短工期的纪录,主管道焊接提前 20 天完成。这一年春节,昌江工地有 2000 人在加班。“星期六保证不休息,星期天休息不保证,”这句话成为海南核电一线员工的真实写照。

对于海南核电来说,工期延误的压力主要来自核电主设备制造方面。如何保证主设

备按期交付,是确保工期的一场硬仗。在“十二五”期间,国内同期开工的核电项目中,仅海南昌江核电工程机组为 650WM 堆型,其余均为百万千瓦级以上核电机组。考虑到国内后续核电机组将以百万千瓦级为主力堆型,因而,国内制造企业在资源调配以及技术研发等方面更为重视百万千瓦级机组设备。所以,海南核电工程的设备采购、设备供货难度要大于同期开工的核电项目。

为了解决压力容器等主设备制造、供货上出现的问题,海南核电采取与工程总承包商——中国核电工程有限公司(CNPE)联合办公的模式,与设计院、供货商一道成立了四方采购团队,形成 4 家公司高层领导定期协调机制。仅压力容器制造就累计召开高层协调会 17 次,项目协调会 27 次,各类专题协调会 50 余次。在各类问题协调中,海南核电勇于担当,积极作为、主动介入和沟通、协调,并派出业务骨干长期驻厂进行监督管理,就设备制造进度细化至按天跟踪,确保压力容器及时交付。

人人都讲“TOP10”

系统,方便了进度的跟踪与工作信息共享。“海核”还借鉴成熟核电厂实践经验,创新文档编码体系,开创性地统一了核电厂全寿期内的各种文件编码与档案编码,极大地方便了信息的共享和各部门之间的沟通和协调。

而昌江工程作为首批实行工程总承包模式(EPC)的核电项目,海南核电对总承包模式更是进行了积极的探索,比如在工程质量和进度控制上主动介入,主动担当,与总承包方积极沟通,创造了“EPC 模式下业主与工程公司设备采购领域的联合协作模式,促进了工期目标的顺利实现。2014 年,海南

2014 年 6 月 26 日,海南核电首台主泵完成出厂验收,这是我国在核电主设备最后的攻坚战中取得的又一项重大成果。

主泵称之为核电站的心脏,掌握主泵的核心技术一直是我国核电制造业的梦想。2009 年 9 月,海南核电公司与上海电气签订了昌江 4 台主泵的供货合同,拉开了主泵制造国产化攻坚战的序幕。尽管首台主泵在设计、制造、试验过程中出现了诸多困难,但参与各方面对困难毫不气馁,协调一致,解决了一系列难题,最终啃下了这根硬骨头。

DCS 系统可以说是核电站的中枢神经,该系统一直由国外少数厂家垄断。为了突破 DCS 的技术难度,逐步实现国产化,集团决定由海南、福清、方家山项目共同承担核电机组全数字化仪控系统(DCS)的国产化任务。海南核电在 DCS 项目实施中,国产化力度更大。2010 年,与美国一家供货商签订总

在国际旅游岛建造核电站,使海南核电人背负的安全责任更为重大。昌江工程以秦山二期为设计参考,结合海南昌江核电厂厂址条件,组织实施了 17 项重要技术改进、1311 项一般改进。

这些重大技术改进更多地涉及核电站安全,比如采用数字化的分布式仪控系统,包括良好的人机界面,支持各种运行操作、事故处理的决策支持系统等;采用主给水隔

相比于常规建设项目,核电工程因其建设周期长、涉及面广、安全性高、技术复杂,工期控制难度很大。目前,影响我国一些核电机组工期拖后的主要原因来自于核电设备制造方面。

据统计,一个核电机组各系统设备约有 7 万多台套,在设备制造中,无论哪个设备出现工期延误或质量问题,都将对核电站建设进度产生不同程度的影响。更何况,我国不少关键设备正处于国产化攻关阶段,即使是引进设备,也存在国外供货商不能如期供货的现象。

但是,核电站的建设周期与经济效益紧密关联,推迟发电意味着会带来巨大的经济损失。所以,千方百计把工期控制在国家核定的标准以内,成为核电企业一项重要的管控目标。

在工期控制中,与国内许多核电站建设一样,昌江核电同样遇到不少难以逾越的困难。而且,由于地理位置处在最南端的海岛,又是少数民族地区,交通十分不便,可利用资源极少,再加上当地恶劣的气候条件等不利因素,更增加了工程建设的难度。

2009 年,集团公司做出“海南昌江核电项目 10 月底要具备开工条件”的战略部署,这意味着海南核电要在 180 天内完成项目不可估量。

走在海南核电的办公楼里面,经常会听到同事之间相互打招呼时间:“今天你完成了没有?”他们口中所说的是否完成的事情指的就是“TOP10”工作事项。参照运行电厂“TOP10”(10 大重点关注事项)风险管理的经验,“海核”提出了自己的“TOP10”管理模式。

目前,“TOP10”已经贯通海南核电“三级”,即第一级:员工及科研团队。每位员工每天要抽出 5 分钟时间,来回顾当天工作、安排次日计划,做到“月工作有规划,天天工作有目标”和“日清日毕”;第二级:处室。在“海核”,所有处级以上干部的电脑桌面上,都有一个以“TOP10”命名的文件夹。里面装着的都是主管领导、本处室及下属“科队”的本月度重点工作任务;第三级:公司。

海南核电 1 号机组首次并网成功

11 月 7 日 19 时 12 分,经国家核安全局确认,海南核电 1 号机组设备各项参数正常稳定、状态控制良好,具备发电能力。至此,中核集团海南核电有限公司正式对外宣布:1 号机组首次并网成功。海南核电商运后,将开启国际旅游岛绿色核电时代,为民族核电的发展续写新的篇章。

海南核电工程是以我国自行设计和建造的第一个标准化商用核电站——秦山核电二期工程为参考电站,采用部分满足“三代核电设计标准”的“二代改进型”压水堆核电技术,即中核集团自主研发的具有我国自主知识产权的 CNP650 压水堆核电技术。海南核电综合国产化率达到 82% 以上,对中核集团面向全球展示中国装备制造能力,全方位实现核电“走出去”战略有重要意义。

海南昌江核电项目位于海南省昌江黎族自治县海尾镇塘兴村,厂址规划建设 4 台大型核电机组,一期工程建设的两台 65 万千瓦级核电机组,双机组分别于 2010 年 4 月和 11 月开工,1 号机组并网发电后,2 号机组也将于 2016 年投入商业运行。

截至 2015 年 10 月,海南全社会装机 600 万千瓦,电源结构以煤电为主,占比 58.6%,以水电、气电、风电、生物质、光伏和余热发电为补充,分别占比 14.2%、12.4%、5.2%、4.8%、3.2% 和 1.5%。海南核电并网发电后将彻底打破海南原有的电源格局,形成核电、煤电、水电、气电、风电、光伏等多能源齐头并进、多元互补的电源新格局。海南核电双机组并网发电后,可年生产 90 亿~100 亿度电,将占海南省电力供应的三分之一左右,届时海南将成为我国核电比重最高的省份。

中共海南省委海南省人民政府向海南核电有限公司发贺信

海南日报 2015 年 11 月 8 日 09:10

贺信

海南核电有限公司：

欣闻全省瞩目的昌江核电 1 号机组于 2015 年 11 月 7 日 19 时 12 分成功并网发电,正式开启了海南绿色核电时代,为海南“十二五”完美收官写下了浓墨重彩的一笔,省委、省政府对此表示热烈祝贺! 谨向你们及为项目建设作出突出贡献的中国核电工程有限公司、中国核工业第二二建设有限公司、中国核工业第二三建设有限公司、广东火电工程总公司、南方电网、上海电气等全体建设单位,以及来自祖国四面八方的两万余名科技工作者和工程建设者,一并表示亲切慰问和衷心感谢!

昌江核电是海南迄今投资最大、技术先进、工艺环保的一号能源工程,一期工程双机组投入运行后将彻底缓解海南经济增长面临的电力供应紧缺,并极大改善海南能源结构、优化电源布局,为建设海南清洁能源岛奠定重要基础,不愧为造福 900 多万海南人民的民心工程,也是海南绿色发展、低碳发展的重要支撑。

早在 2007 年 5 月,为帮助海南解决电荒问题,中国核工业集团和华能集团签约筹建昌江核电。在国务院的亲切关怀下,在国家发改委、国家环保部、国家能源局等部委的大力支持下,昌江核电以最快速度完成规划选址评审和批复,于 2010 年 4 月 25 日顺利开工。在施工建设的 2000 多个日日夜夜里,建设者们克服了台风、强降雨与连续高温干旱等恶劣条件,坚持商品质施工、高起点建设,创造了中国核电建设史上的“海南速度”。昌江黎族自治县海尾镇塘兴村的全体村民舍小家为大家,为推动项目尽快落地以最快速度完成搬迁,海南省各职能部门和昌江县委县政府也全力以赴提供了优质高效的服务保障。

希望你们再接再厉,认真总结经验,不断强化科学管理、安全生产、务实进取,力争 2 号机组早日发电并网,并加快推进二期工程,为海南人民提供更安全、更环保、更高效的核电能源,为促进海南科学发展、绿色崛起、全面建设国际旅游岛作出更大贡献!

中共海南省委海南省人民政府
2015 年 11 月 7 日

海南历史上投资规模最大的项目——昌江核电站 1 号机组于 11 月 7 日实现并网发电,国际旅游岛从此迈入核电时代。

海南昌江核电项目以我国自行设计和建造的第一个标准化商用核电站——秦山核电二期工程为参考电站,它的投产,是“以我为主”发展核电的又一次重要尝试,为我国核电“走出去”增加了一份自信与实力。

核电挺进海岛

今年 10 月 12 日,海南核电 1 号机组首次达到临界状态,海南各大媒体争相报道,海南“今年将不再恐电慌”,海南“电力短缺问题或将不再”、“清洁能源支撑绿色崛起”,字里行间透露出长期被电力紧缺困扰的海南人对核电的企盼。

海南核电工程位于昌江县海尾镇塘兴村,属海南省西部工业走廊带,濒临北部湾,可容纳建设 4 台核电机组。

海南核电史应该从 1994 年开始算起。那一年,中国核工业总公司(中核集团前身)在海南开始了核电厂址普查,在沿海选了 6 个厂址。但随后海南经济就陷入低谷,已有和在在建装机容量出现过剩,已选定的厂址只好被“封存”起来。

2005 年,经过 10 年的漫长调整,海南经济终于走出低谷,用电量一改多年来低位缓慢增长态势,电力供需矛盾逐渐显现。

是年 9 月,50 年一遇的特大台风“达维”重创海南电力供应系统,整个海南电网崩溃。海南电力的薄弱性一览无遗。之后,海南长期处于缺电的恐慌之中。电力紧缺,成为国际旅游岛发展瓶颈。

2007 年 4 月份,国家发改委做出决定:海南上马核电。中核集团正式开始筹备海南核电建设。2008 年 7 月 18 日,海南核电获国家发改委开展前期工作的批复,12 月 8 日,中核集团海南核电有限公司挂牌成立。2010 年 4 月 25 日,昌江核电站一号机组正式开工建设。

一期工程建两台 65 万千瓦核电机组,调整后的工程概算超过 200 亿元人民币,是迄今海南省最大的投资项目。在当时开工建设的 30 多个核电机组中,海南核电是唯一采用由

积踏步,至千里。是中国核电人对核电自主化几十年矢志不渝的追求,才有了华龙一号这一具有世界先进水平的三代核电品牌;是中国核电人坚持不懈地推进核电设备国产化进程,才使我国的核电装备制造配套能力具备了参与国际竞争的能力。

在海南核电 1 号机组投入商运之际,让我们走进昌江,看一看“海核人”在祖国的最南端,怎样续写出核电国产化的新篇章。

中核集团自主研发、具有我国自主知识产权的“二代改进型”CNP600 压水堆核电机组技术。

据介绍,海南核电之所以采用 CNP600,除了它是成熟的、先进的、经济的以外,最为重要的一点是取决于海南岛特殊的地理位置和电网情况。当时,海南电网容量小,65 万千瓦已经是岛内最大的发电机组。一位业内人士介绍说,从建造成本来看,建设 65 万千瓦的核电站是划不来的。它的系统设计与设备制造,与我国通过消化吸收国外技术所研发的百万千瓦机组基本相同。另外,海南大机小网的现状,也会使核电站在运行中面临长期低功率运行问题,这些无疑会增加运行成本,但从生态建设的效应看,核电为海南国际旅游岛的“绿色崛起”发挥的作用不可估量。

昌江一期项目投产后,可每年为海南省提供 100 亿度电的清洁能源供应,海南将成为我国核电比重最高的省份。据测算,100 亿度的清洁能源,可有效减少大约 90 万吨二氧化碳与二氧化硫等空气污染物排放,减排效应相当于一年植树造林 2.2 万公顷,等同于再造两个五指山国家级自然保护区。如果 2025 年前昌江核电二期投产后,海南核电装机容量达到 360 万千瓦,届时海南核电的比例将占到电能结构 50% 左右,其环境效应更加显著。

中核集团在海南建设 65 万千瓦核电机组,也有其战略考量。首先这一型号机组具有一定的发展空间。在我国西部一些地区,电网的情况与海南类似,适合小网运行;其次,它是我国目前唯一拥有自主知识产权又安全运行 10 多年的机组,在世界上具有一定的竞争力。