

行业舆情

国核锆业党群工作部

2020年10月9日

不断创新超越！带你看我国三代核电自主化 发展道路

来源：中国电力报

不止于电——三代核电自主化发展纪实

这是一束技术之光、一段无悔的实践、一个可见的未来

1970年2月8日，上海市传达上级指示精神，由此上海核工程研究设计院正式组建，我国核电历史从此拉开大幕。

1991年12月15日，中国大陆第一度“核电”从上海核工院自主研发设计的秦山核电站发出，接入华东电网，中国大陆结束了没有核电的历史。

2018年9月21日、10月22日、11月5日、2019年1月9日，由上海核工院作为总承包单位的三代核电 AP1000 依托项目三门、海阳 4 台机组相继投入商运。

2020年9月28日，上海核工院自主研发的中国自主核电技术品牌、世界先进三代核电型号“国和一号”即将发布。

.....

我国核电发展的50年，创新与超越不断上演，三代核电自主化工作即是其一。作为三代非能动核电“引进、消化、吸收、再创新”的技术主体，国家电投上海核工院坚定贯彻党中央、国务院重大战略决策，全面建成三门、海阳全球首批非能动核电项目，成功开发国家科技重大专项大型先进压水堆核电型号“国和一号”，用创新驱动高质量发展，走出了一条具有我国特色的三代核电自主化道路。

决策 引进一项技术

电力，是一次能源向二次能源转化的主要方式。作为发展中大国，我国的社会经济发展离不开充足、经济、清洁、安全的能源供给，能源安全是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题。核电利用原子核反应产生能量，是一种清洁、高效的能源，发电技术成熟、能大规模经济开发利用并提供稳定“绿电”。

上海核工院的诞生，与我国利用能源的进程密切相关。50年前的1970年2月8日，上海市传达上级关于在上海建核电站的指示精神，启动我国大陆首座核电站的自主设计工作，成立七二八工程处，即上海核工院的前身，中国的核电发展从此起步。1991年，由上海核工院自主研发设计的秦山

一期 30 万千瓦核电机组并网成功，成为我国和平利用核能的重要里程碑。

到了 21 世纪初，我国核电虽然已有一定的产业基础，但形成了多国采购、多种机型、多国标准、多种技术并存的发展模式，尚未掌握百万千瓦级大型核电技术，与世界先进水平存在较大差距，没有形成自主化、规模化发展的能力。

核电对于安全、清洁、高效的追求从未止步，汲取美国三哩岛、苏联切尔诺贝利两次重大核事故教训，国际上开发了技术先进性更高、安全性更好、经济性更优的三代核电技术。AP1000 是其中比较有代表性的技术，最根本的特点是“非能动”安全系统，其专设安全设施不要外电，完全依靠自然力完成保护动作，此外通过简化设备，使系统更加安全可靠，降低故障率。

为在较短时间内赶上国际先进水平、实现自主发展、保障核电安全，党中央、国务院审时度势，高瞻远瞩地作出了高起点引进世界先进核电技术，加快推进我国三代核电自主化发展的战略决策。2006 年 11 月 2 日，中央政治局常务委员会会议作出决定：一是从美国西屋公司引进 AP1000 技术；二是中美合作建设自主化依托项目 4 台 AP1000 核电机组；三是在消化、吸收引进技术的基础上自主创新，我国实现设计并建成具有自主知识产权的“大型先进压水堆核电站”科技重大专项目标。

追赶 建设一个工程

在人类历史上，每一次能源革命，都会带来生产力的巨大飞跃。要推动能源供给和能源技术革命，就要通过大力发展先进生产力，淘汰落后生产力，从而实现用能技术的革命。引进 AP1000 三代核电技术、建设 AP1000 依托项目是中美之间最大的技术贸易项目，是我国核电发展的重大决策，也是在高起点的基础上实现核电自主化和消化吸收再创新战略的重大举措。

作为工程管理和实践平台，上海核工院全面参与依托项目的设计、建造、采购、制造、安装和调试各阶段的全过程，实现了中方全面参与三代核电 AP1000 依托项目各阶段全过程建设，全面推进“引进一项技术、实施一个专项、带动一个产业”战略的目标。

2009 年 3 月 31 日，三门 1 号机组核岛筏基混凝土浇筑完成，我国创造了世界上核电厂核岛筏基大体积混凝土整体连续浇筑的成功范例。2009 年 6 月 29 日、2010 年 4 月 9 日、2010 年 6 月 27 日、2010 年 12 月 21 日，三门 1 号机组、海阳 1 号机组、三门 2 号机组、海阳 2 号机组最大的结构模块 CA20 相继成功吊装，开启了我国核电站进入模块化建造的新时代。“首次”“首创”“第一”……在依托项目建设过程中，类似的例子不胜枚举。上海核工院作为依托项目核岛承总包单位，协调参建各方直面问题、攻克了关键的建安施工工艺和技术，包括核岛底板大体积混凝土浇筑、大型结构模块自密实混凝土浇筑、钢制安全壳成型和安装、大型结构模

块拼装和吊装、开顶法施工作业等关键技术，掌握了包括反应堆压力容器、主管道、蒸汽发生器、稳压器、主泵、一体化堆顶盖等重要设备的安装技术，以及全面激光测量、建模、焊接控制等施工工艺，提升了核电工程建设管理能力。

不止在依托项目建设现场，在完整的三代核电产业链上，突破创新的步伐从未停止。2013年4月27日，上海核工院联合上上电缆集团，历经3年攻关，成功研制出要求极端苛刻的AP1000壳内电缆，既满足低烟、无卤、阻燃等环保指标，又满足60年寿命、耐高温、耐高剂量 β 、 γ 射线辐照、长期浸没等高性能要求，填补国际技术空白。由上海核工院联合中国二重、中国一重、上海重工和渤船重工展开联合攻关，合作采用超低碳控氮不锈钢全球首创一体化整体锻制的AP1000主管道，打破国际垄断，大幅降低了主管道的采购成本。上海核工院整合多方资源，实现了690U型管国产化，精确实现直径约20毫米、厚约1毫米、承压高达17Mpa的技术要求，打破了国际技术垄断，大大降低了设备采购成本。国产化核级锆材、燃料已应用于海阳项目首次换料，国产化数字化仪控平台完成研制，得到中美两国安全监管机构认证，具备供货能力。关键设备材料国产化率稳步提升，建立了用于三代核电设备鉴定的设施和管理体系，为我国核电产业安全经济可持续发展打下了坚实基础，支撑了国家装备制造能力提升。

自主化依托项目建成投产，全面检验了三代核电技术引进的完整性和有效性，验证了三代核电设备国产化的成果，培养形成了国内三代核电工程管理能力，为三代核电自主化研发、设计、设备制造、工程管理、运行服务等多领域提供了工程依托和经验反馈，为我国三代核电自主化、标准化、批量化和系列化建设奠定了坚实基础。

自主 实施一个专项

2006年2月9日，国务院发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020年）》，确定了包括“大型先进压水堆及高温气冷堆核电站”在内的16个重大科技专项。

为突破中美核能合作协议界定的净功率超过135万千瓦才能拥有自主知识产权的技术“门槛”，2007-2008年间，上海核工院对“国和一号”顶层设计方案进行了全局性的创新，包括增加钢制安全壳的厚度和直径以扩大核岛空间，重新设计研制蒸汽发生器，大幅度优化主泵流量、主管道流通截面等，实现型号总体性能和效率的全面提升。2008年，国务院常务会议审查通过《大型先进压水堆核电站重大专项总体实施方案》， “国和一号”顶层设计路线正式确定。

2008年至今，联合国内477家单位、26000余名技术人员开展了历时10年的科研攻关，成功研发了“国和一号”先进型号。2014年1月，“国和一号”初步设计通过国家能源局评审；2016年2月，通过我国史上范围最广、内容最深的联合安全审评；2016年4月，通过国际原子能机构通用安

全审评，获得国际认可。目前，“国和一号”示范工程施工设计已完成 99.2%。

“国和一号”在安全性上，基于多层防御体系并系统性地应用非能动和简化理念，经过了完整的试验验证，包括新建 22 个台架，完成 17 项试验共 887 个工况，完成了堆芯熔融、安全壳冷却等 6 大试验课题，建成了一批具有世界先进水平的综合配套试验设施，支撑型号安全审评，确保绝对安全。

“国和一号”在经济性上，具有明显竞争优势，成功打破了多项技术垄断，主泵、爆破阀、压力容器、蒸汽发生器、堆内构件、控制棒驱动机构、大锻件、核级焊材、690U 型管等关键设备、关键材料全部实现自主化设计和国产化制造，设备整体国产化率达到 90% 以上，批量化后工程造价还能再降低 20% 左右，具有国际竞争力。

“国和一号”在创新性上，取得多项成果。截至 2020 年 8 月，压水堆重大专项累计形成知识产权成果 6513 项，获得国家授权专利 1052 项，形成新产品、新材料、新工艺、新装置、新软件 392 项。2016 年，“国和一号”通过中国专利保护学会专家评审，认为“具有自主知识产权和出口权”，为我国三代先进核电的规模化、批量化发展与“走出去”提供了有力保障。

依托项目、技术引进、设备国产化和重大专项研发，填补了我国核电产业的多项技术和工艺空白，建成了具有国际

先进水平的三代核电自主创新体系和产业链供应体系。通过压水堆核电站重大专项“国和一号”型号开发为牵引，全面构建了新时期我国核电研发设计体系、试验验证体系、软件体系、设备制造体系、建造体系、标准体系、监管体系和人才体系等“八大体系”，国内核电产业的短板基本得到补强，彰显了国家速度、国家力量。

系统推进设备国产化和自主化工作，组织国内装备制造企业对三代核电关键设备进行长时间攻关，全面提升核电装备制造企业的水平，我国已具备年产6-8台套先进核电机组的装备能力。

解决了核电关键技术“受制于人”的问题。研制完整的三代核电仪控系统平台，打造了具备国家战略意义的先进核燃料组件制造体系。针对我国核电工程设计与分析软件技术短板，2010年起，全面启动COSINE软件体系研发工作，致力于打造一整套基于自主源代码原始编程与开发的核电厂设计与安全分析软件。目前，COSINE软件核安全取证工作有序推进，有力支撑我国核电自主化发展与“走出去”。

“国和一号”是国际公认的、代表世界三代核电先进水平的技术型号，是完全自主设计的中国核电技术品牌，集中国三代核电技术和产业创新之大成，标志着我国完全具备先进核电自主化能力。

循环 带动一个产业

从“跟跑”到“并跑”，三代核电自主化战略的实施，使我国在更大范围、更宽领域、更高层次参与国际能源合作与竞争，是构建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的良好实践。

三代核电自主化战略的实施，使我国建立了具有成长性的国际化供应链体系，这些供应商既有美国西屋、Flowserve、CCI、KSB、ABB 等享誉全球的设备制造商，也有诸如上海电气、哈电、东方电气、中船重工等国有重点企业，还有如上上电缆、江苏神通阀门、浙江久立等优秀民营企业。专业领域上覆盖钢结构、压力容器、阀门、电气、仪表、暖通、泵、大宗材料等各个方面，形成了“以我为主、国际合作”的良性供需环境，带动了我国核电装备制造从二代向三代升级，构建了面向全球、中外共享的三代核电装备供应链体系。

三代核电自主化战略的实施，实现了我国核电行业与国际全面接轨。核安全关系人类命运，确保核安全是世界各国的共同责任。在核电发展方面，世界各国互相学习借鉴，逐渐形成了基本统一的规则，在设计、运营、监管、企业管理等方面的要求渐趋一致。三代核电自主化战略的实施，为我国相应技术标准作出了积极的贡献。提高了核电的安全监管能力，已基本建成与国际接轨的核安全监管体系，具有比较齐全的核安全法规。提升了核电行业的建设施工安全管理与质量管理水平，建立了一套既与国际接轨又符合项目实际的

标准化质量、健康、安全、环保管理体系，并在运行过程中持续优化。

三代核电自主化战略的实施，为我国核电事业培养和储备了大批优秀人才。由于核电发展较慢，长期以来，具有核电从业经验的人才数量有限。2006年之前，国内只有少数几所院校培养核电专业人才，核工程专业高校毕业生总量不超过500人。到2010年，全国已有40所高校设置了核学科和核专业，21所高校开设了核工程与核技术专业或核反应堆工程专业，已认证的核电厂操纵员超过2000人，可满足近70台机组运行的需要。持续十余年的引进技术消化吸收，培养出一支具有自主创新能力和国际先进水平的核电技术人才队伍。参研人员多达26000余名，涌现出一批高水平专家，部分专家进入到IAEA（国际原子能机构）、WNA（世界核能协会）、ASME（美国机械工程师协会）等国际组织中担任重要职务，极大提升了我国核电在世界舞台上的话语权。

高峡出平湖。国家电投以先进核能技术创新为驱动，正加快核电向核能拓展、单一核能向多能综合利用拓展、核能向核技术利用和核环保拓展，为建设美丽中国提供有效方案，为人类探索宇宙和海洋提供不竭动力，为建设创新型国家提供高端牵引，为美好生活提供更多可能。

三代核电引进真的成功了吗？

来源：南方能源观察

9月28日，国家电力投资集团有限公司（以下简称“国家电投”）正式发布中国三代核电自主化标志性成果“国和一号”。据介绍，“国和一号”是国际公认的、代表世界三代核电先进水平的技术型号，也是完全自主设计的中国核电技术品牌。

“三代核电自主化战略从本世纪初实施，如今已总体完成。其核心意义，在于通过依托项目建设、设备国产化和压水堆重大专项的牵引，推动了我国核电行业和技术整体升级换代，实现从‘二代’到‘三代’的跨越。”国家核电（上海核工院）党委书记、董事长卢洪早表示。

2006年党中央、国务院决定实施三代核电自主化战略，目前已全面建成三门、海阳全球首批非能动核电项目，依托国家科技重大专项，成功开发大型先进压水堆核电型号“国和一号”。

其中担任技术引进主体的上海核工程院，是中国核电自主化的关键力量：上海核工院曾自主设计秦山核电一期，后设计研发巴基斯坦恰希玛核电站，更为中国第一座重水堆核电站提供总体技术支持，开创国内大型核电站工程设计和项目管理与国际接轨的先例。

2019年1月，三门、海阳依托项目4台机组全部建成投运。以自主化依托项目全面建成为标志，我国完整掌握三代核电工程建设技术。

中美核能合作协议界定，净功率超过135万千瓦才能拥有三代非能动核电自主知识产权。

卢洪早表示，2008年至今，国家电投联合国内477家单位、26000余名技术人员开展了历时12年的科研攻关，成功研发了“国和一号”先进型号。

据卢洪早介绍，“国和一号”在安全性、经济性和创新性上都取得多项成果，具有明显竞争优势，设备整体国产化率达到90%以上，批量化后工程造价还能再降低20%左右，具有国际竞争力。

2016年，“国和一号”通过中国专利保护学会专家评审，认为“具有自主知识产权和出口权”，为规模化、批量化发展与“走出去”提供了有力保障。

目前，“国和一号”示范工程施工设计已完成99.2%，工程总体进展顺利。

除了重大专项之外，国家电投在核能板块正进行其他部署，核能供热是重要方向之一。此前，山东海阳核电已成功实现抽汽供热、圆满完成首个供暖季。国家电投也成功研发了一体化核能供热小堆，可实现抽汽供热、圆满完成首个供暖季。

“该型号高度集成、全自然循环，实现了简化设计、放射性零排放、缩小场外应急计划区的目标，具有固有安全性、环境友好性，达到国际领先、国内领跑水平。”卢洪早说。

以下为国家核电（上海核工院）党委书记、董事长卢洪早在会上的主旨演讲。

从“国之光荣”到“国和一号”

上海核工院五十年历程及展望

从“国之光荣”到“国和一号”，50年的历史，体现了我国核电自主化的使命担当。

1970年2月8日，上海市传达周恩来总理关于在上海建核电站的指示精神，由此728院，即上海核工程研究设计院正式组建，我国核电历史从此拉开大幕。

五十年来，上海核工院牢记党中央嘱托，从秦山核电站实现中国大陆核电“零的突破”，铸就“国之光荣”；到巴基斯坦恰希玛核电站实现“走出去”，成为“南南合作的典范”；再到中国第一座重水堆核电站总体技术支持，开创国内大型核电站工程设计和项目管理与国际接轨的先例，上海核工院作为我国核电自主化的关键力量，创造了历史上“三个第一”的成就。

新的历史发展时期，2006年党中央、国务院决定实施三代核电自主化战略，上海核工院作为三代非能动核电“引进消化吸收再创新”的技术主体，在国家有关部委、集团公司党组的领导下，汇聚国家、行业、产业力量，全面建成三门、

海阳全球首批非能动核电项目，依托国家科技重大专项，成功开发大型先进压水堆核电型号“国和一号”，我国核电自主化道路取得又一个重大胜利。

三代核电自主化的标志性成果，就是我们今天要重点发布的中国自主核电技术品牌、世界先进三代核电型号“国和一号”。

“国和一号”是国际公认的、代表世界三代核电先进水平的技术型号，“国和一号”是完全自主设计的中国核电技术品牌，集中国三代核电技术和产业创新之大成，标志着我国完全具备先进核电自主化能力。

回顾历史，“国和一号”的诞生经历了“千锤百炼”。中美核能合作协议界定，净功率超过135万千瓦才能拥有三代非能动核电自主知识产权。为此在2007-2008年间，我们上海核工院以压水堆重大专项总设计师郑明光为代表的技术团队，对“国和一号”顶层设计方案进行了全局性的创新，包括增加钢制安全壳的厚度和直径以扩大核岛空间，重新设计研制蒸汽发生器，大幅度优化主泵流量、主管道流通截面等，实现型号总体性能和效率的全面提升。2008年，国务院常务会议审查通过《大型先进压水堆核电站重大专项总体实施方案》，“国和一号”顶层设计路线正式确定。

在党中央、国务院以及国家部委的统筹部署下，2008年至今，我们联合国内477家单位、26000余名技术人员开展了历时12年的科研攻关，成功研发了“国和一号”先进型

号。2014年1月，“国和一号”初步设计通过国家能源局评审；2016年2月，通过我国史上范围最广、内容最深的联合安全审评；2016年4月，通过国际原子能机构通用安全审评，获得国际认可。目前，“国和一号”示范工程施工设计已完成99.2%，工程总体进展顺利。

“国和一号”在安全性上，基于多层防御体系并系统性地应用非能动和简化理念，经过了完整的试验验证，包括新建22个台架，完成17项试验共887个工况，完成了堆芯熔融、安全壳冷却等6大试验课题，建成了一批具有世界先进水平的综合配套试验设施，支撑型号安全审评，确保安全。

“国和一号”在经济性上，具有明显竞争优势，成功打破了多项技术垄断，主泵、爆破阀、压力容器、蒸汽发生器、堆内构件、控制棒驱动机构、大锻件、核级焊材、690U型管等关键设备、关键材料全部实现自主化设计和国产化制造，设备整体国产化率达到90%以上，批量化后工程造价还能再降低20%左右，具有国际竞争力。

“国和一号”在创新性上，取得多项成果。截至2020年8月，压水堆重大专项累计形成知识产权成果6513项，获得国家授权专利1052项，形成新产品、新材料、新工艺、新装置、新软件392项。2016年，“国和一号”通过中国专利保护学会专家评审，认为“具有自主知识产权和出口权”，为我国三代先进核电的规模化、批量化发展与“走出去”提供了有力保障。

三代核电自主化战略从本世纪初实施，如今已总体完成。其核心意义，在于通过依托项目建设、设备国产化和压水堆重大专项的牵引，推动了我国核电行业和技术整体升级换代，实现从“二代”到“三代”的跨越。

三门、海阳依托项目4台机组历经十年建设，终于在2019年1月全部建成投运。以自主化依托项目全面建成为标志，我国完整掌握三代核电工程建设技术。作为非能动核电技术“全球首堆”，三门、海阳依托项目4台机组建设中广泛采用新技术、新材料、新工艺以及新的项目管理模式，例如模块化建造、开顶法施工、大体积混凝土一次性整体浇筑、主系统三维激光建模与自动焊接技术等，相比二代核电机组都是首次应用。机组投运以来，运行表现卓越。根据世界核电运营者协会（WANO）官方公布，截至2019年底三门1号机组和海阳1号机组WANO综合指标得分100分，并列世界第一。特别是首次换料大修，创造了国内国际核电机组首次换料大修最短工期记录。依托项目建成投产，全面检验了三代核电技术引进的完整性和有效性，形成了强大的三代核电工程建设能力。

三代核电自主化战略布局在“点”，更在“面”。结合依托项目、技术引进、设备国产化和重大专项研发，我国核电产业的多项技术和工艺空白得以填补，并建成了具有国际先进水平的三代核电自主创新体系和产业链体系，全面构建了新时期核电自主设计体系、试验验证体系、装备供应链体

系、标准体系、安全审评体系、仪控体系、模块化建造体系和人才体系等“八大体系”。

系统推进设备国产化和自主化工作，组织国内装备制造企业对三代核电关键设备进行长时间攻关，全面提升核电装备制造企业的水平，我国已具备年产6~8台套先进核电机组的装备能力。

解决了核电关键技术“受制于人”的问题，研制完整的三代核电仪控系统平台，打造了具备国家战略意义的先进核燃料组件制造体系，彰显了国家速度、国家力量。

针对我国核电工程设计与分析软件技术短板，2010年起，全面启动COSINE软件体系研发工作，致力于打造一整套基于自主源代码原始编程与开发的核电厂设计与安全分析软件。目前，COSINE软件核安全取证工作有序推进，有力支撑我国核电自主化发展与“走出去”。

从2006年党中央、国务院决定实施三代核电自主化战略，到14年后我国在核电领域实现从“跟跑”到“并跑”的跨越，在技术上实现了并行。这充分证明党中央、国务院的英明决策和坚强领导，充分体现了我国集中力量办大事的制度优势。

AP1000自主化依托项目成功实践，充分证明了“开放和合作”是国际科技领域实现共赢的必然和趋势。在当前国际形势下，落实习近平总书记在科学家座谈会上的讲话精神，我国核电发展要坚定不移地加强国际科技合作，更加主动地

融入全球创新网络，加强基础研发和技术攻关，为世界核电技术创新提供“中国智慧”。

面向新时代，站在新起点，我国发展面临的国内外环境发生深刻复杂的变化，其中能源安全是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题，从核电迈向核能势在必行。

贯彻落实总书记“四个革命、一个合作”的能源战略要求，国家电投全面启动“2035 一流战略”，提出建设“具有全球竞争力的世界一流清洁能源企业”的奋斗目标。聚焦核能高质量发展，国家电投以先进核能技术创新为驱动，正加快核电向核能拓展、单一核能向多能综合利用拓展、核能向核技术利用和核环保拓展的“三个拓展”，推动核能创新向多领域迈进。

（一）国家电投未来核能发展，将着力打造最具竞争力的、世界一流的核能技术创新与工程建设平台公司

按照党中央、国务院的决策部署，国家电投全面深化核能体制、机制改革，组建核能技术创新与工程建设平台，新国家核电（上海核工院）于2019年8月9日正式成立。瞄准未来，聚焦先进，从两个方面布局、深耕：

第一，聚焦率先实现“世界一流研发”目标，以型号为驱动，积极推动“国和”系列核电以及先进小堆型号开发和优化，做强供给侧，引导需求侧；聚焦关键技术、前端技术研究，加大自主投入，进一步推动设计数字化、材料和燃料基础研究、国产化100%、运维智能化，并布局研究堆联合建

设、聚变堆联合研发；落实国家电投与上海市的战略合作协议，全面强化国家电投核能产业创新中心建设，创建国家级先进核能技术创新中心，推动先进核能技术研发与成果应用，更好地把建设创新型国家战略落实到核能领域。

第二，是以“世界一流 AE”为目标，发挥设计、建造一体化效能，成为中国乃至世界核能项目建设的重要力量。以“国家核电”平台为主体，我们在国家重大专项研发十余年奋斗的基础上，认真借鉴依托项目工程建设管理的宝贵实践，集研发、设计、采购、建造、调试于一体，具有完整的核岛全岛设计能力，实现以设计为龙头的 EPCS 完全贯通，努力成为国内建设能力最强和具有全球竞争力的一流核能总承包企业。我们将以更加安全、最高质量、最好管理，建成“国和一号”工程，确保核能项目卓越交付。

（二）国家电投未来核能发展，将加快核电向核能的拓展与综合利用

近年来，国家电投认真贯彻落实习近平总书记关于“推进北方地区冬季清洁供暖”和“坚决打赢蓝天保卫战”的重要指示，在海阳核电成功实现抽汽供热、圆满完成首个供暖季的同时，按照“更安全、更经济、更数字智能、更和谐”的理念，成功研发了一体化核能供热小堆。该型号高度集成、全自然循环，实现了简化设计、放射性零排放、缩小场外应急计划区的目标，具有固有安全性、环境友好性，达到国际领先、国内领跑水平。一体化供热小堆兼顾居民供暖和工业

供汽，对缓解我国煤炭供应压力、推动能源结构多元化发展、清洁供暖保障民生具有重要意义。

（三）国家电投未来核能发展，将全面融入数字化、智慧化发展大势

数字化、智能化是国家大力推动“新基建”的重要内涵，是未来核能技术发展方向，也是国家电投打好“未来牌”的关键。国家电投日前正式对外发布综合智慧能源技术方案，聚焦核能领域，我们正深入推动组织变革与技术创新，按照“更高安全、更好防护、更低造价、更多智能、更大自主、更加和谐”的目标，推进基于健康管理、远程诊断的数字化设计，实现智能化运维，进而打造智慧核电厂。

同时，国家电投正全面建设覆盖核电建设全领域业务的智慧工程平台，打造了 NUPOWER 以及智慧工地两大系统，实现数字化工程和数字化交付。该平台通过对 5G、云平台、云计算、机器人技术等最新技术的创新应用，对“安全零死亡、质量防造假”等多个关键要素实现可视、实时、全面、集成、智能的监控和管理。目前，智慧工程平台已完成第一阶段部署，并应用于“国和一号”示范项目，提升了核电项目管理数字化、智能化水平。

报送：公司领导、所属各单位

责任人：徐华

联系电话 0917-8661570