

# 目 录

<b>核能要闻</b> .....	1
<b>【国内要闻】</b> .....	1
习近平主席：台山核电为全球第三代核电站建设提供了成功范例 ...	1
生态环境部部长会见法国生态与团结化转型部部长 .....	1
中英核安全合作指导委员会会议在英召开 .....	2
<b>【国外要闻】</b> .....	2
加拿大在放射性同位素生产方面取得重大突破 .....	2
比利时民众核电支持率显著提升 .....	3
俄罗斯耐事故燃料完成首次测试 .....	3
美国将生产先进反应堆高丰度低浓铀燃料 .....	3
美国两家公司合作生产三层各向同性碳包覆核燃料 .....	4
伊朗布什尔核电站 2 号机组浇筑第一罐混凝土 .....	4
IAEA 审查认为埃及具备进入首座核电厂建设阶段的能力 .....	4
俄开发出显著提高核电站安全性的技术 .....	5
俄考虑为印度建造一座浮动核电站 .....	5
美国立法机构考虑改革放射性废物管理 .....	5
保加利亚要购买美国核燃料、液化天然气 .....	6
<b>行业动态</b> .....	7
我国蒸汽发生器受控钠水反应试验实现零的突破 .....	7
核能行业两项工程首获国家优质工程奖 .....	7

中核集团牵头成立中国海水提铀创新联盟.....	8
海南昌江核电二期项目全面启动.....	8
山东海阳开创核能商业供热先河.....	9
我国第一座重水研究堆退役获国家立项批复.....	9
我国出口泰国电子直线加速器启运.....	10
我国首个核电技术服务产业联盟正式成立.....	11
我国新一代“人造太阳”装置预计 2020 年投入运行.....	11
华龙一号海外首堆全面进入设备调试阶段.....	12
<b>协会活动</b> .....	13
第七届东亚核能论坛达成多项共识.....	13
中芬核能产业交流合作研讨会在芬兰举办.....	13
核能行业协会举办团体标准立项评审会.....	14
<b>核能观点</b> .....	15
2019 世界核能产业发展概况.....	15
核技术应用产业：“新宠”的喜与忧.....	17

# 核能要闻

## 【国内要闻】

### 习近平主席：台山核电为全球第三代核电站建设提供了成功范例

据新华社报道：11月6日，国家主席习近平在人民大会堂同法国总统马克龙会谈。会谈中习近平强调，当前，中法关系呈现出强劲发展势头。今年3月我对法国成功进行国事访问以来，我们达成的各项共识正在得到积极落实。台山核电站1号和2号机组全部建成投入商运，为全球第三代核电站建设提供了成功范例。中方致力于同法方深化核能全产业链合作，鼓励和支持中国企业同法方在中法两国、第三方市场探讨开展新合作，加强核能基础和高新技术联合研发。

马克龙表示，法国企业热切期待抓住中国扩大对外开放的契机，进一步进入中国市场，扩大对华农产品出口，加强在航空、航天、民用核能等传统领域合作，拓展科技创新、金融等领域合作。

来源：中广核

### 生态环境部部长会见法国生态与团结化转型部部长

11月6日，生态环境部部长李干杰在京会见了法国生态与团结化转型部部长伊丽莎白·博尔内，双方就深化应对气候变化和生物多样性保护等领域合作进行了交流。

李干杰首先代表生态环境部对博尔内一行来访表示欢迎。他祝贺博尔内担任法国生态与团结化转型部部长，并介绍了中国生态环境保护工作进展。他说，习近平主席和马克龙总统高度重视中法生态环境领域合作。2018年“中法环境年”启动，双方共同举行了多项生态环保对话交流活动。今年3月，两国发表联合声明，提出加强应对气候变化、生物多样性保护等领域合作。希望双方切实推动相关领域各层面的政策对话和务实合作，为保护两国生态环境，落实《2030年可持续发展议程》作出新的贡献。

李干杰强调，中国是气候多边进程的坚定支持者和积极参与者，赞赏法方对全球合作应对气候变化的信心和决心，愿与法方在内的各方共同努力，全力支持以公开透明、协商一致、缔约方驱动的方式，推动《联合国气候变化框架公约》第二十五次缔约方大会取得成功，为《巴黎协定》全面有效实施奠定坚实基础。

博尔内对中国在应对气候变化和生物多样性保护方面采取的有力措施表示赞赏。她表示，法方愿与中方一道，推进务实合作，共同为两国和全球的生态环境保护作出贡献，并衷心祝愿2020年COP15取得圆满成功。

会见期间，李干杰与博尔内还就进一步加强中法核安全领域合作进行了交流，共同见证了生态环境部核与辐射安全中心与法国核安全与辐射防护研究院签署合作谅解备忘录。

来源：国家核安全局

## 中英核安全合作指导委员会会议在英召开

中英核安全合作指导委员会第三次会议于 2019 年 11 月 8 日在英国布里斯托尔召开。生态环境部副部长、国家核安全局局长刘华和英国核监管办公室首席监督员马克·福伊共同主持了会议。双方总结了自上次指导委员会会议以来的合作成果，并确定了下一阶段的合作重点。

生态环境部（国家核安全局）与英国核监管办公室共享了两国新建核电厂现状、核安全监管最新进展、以及中英两国“华龙一号”项目的监管审评进展，回顾了双方在“华龙一号”安全分析以及放射性废物和环境影响评价的合作成果。双方商定了下一阶段合作重点事项，包括“华龙一号”计算机软件验证分析、核承压设备监管、核安全监管体系和监管模式交流以及监管战略交流等。

会后，双方核安全监管部门负责人续签了中英核安全监管合作协议并参观了欣克利角核电厂在建 EPR 核电项目。

中英核安全合作指导委员会是两国核安全监管部门的重要合作机制，为“华龙一号”项目的安全审评交流、共享监管经验和推动中英双边核安全合作发挥了积极作用。

来源：生态环境部

## 【国外要闻】

### 加拿大在放射性同位素生产方面取得重大突破

据世界核新闻（WNN）10 月 25 日报导，加拿大两家研究机构完成了世界上最稀有的医用放射性同位素之一钷-225 的首次联合生产。高纯度钷-225 是在温哥华的 TRIUMF 粒子加速器中心用高能回旋加速器生产，随后在安大略省加拿大核实验室（CNL）乔克河实验室进行加工处理。

钷-225 是一种 $\alpha$ 放射性同位素，可以与一种蛋白质或抗体结合，专门瞄准并杀死癌细胞，而不对周围的健康组织产生伤害，这种治疗方式被称为靶向 $\alpha$ 疗法。同时，钷元素的半衰期只有 10 天，因此很快就会在患者体内衰变，不产生残留。

加拿大核实验室总裁莱辛斯基表示，靶向 $\alpha$ 疗法是最有希望的癌症治疗新方法之一，但由于钷-225 同位素在全球的稀缺性，这项疗法的研究和应用一直受到限制。CNL 和 TRIUMF 现在共同成功地证明了生产和分离工艺的可行性，使生产出有意义规模数量的钷-225 成为可能，这最终将使全世界每年几十万患者接受这项医疗服务成为可能。这一成就是世界上最稀有的医用同位素可得性方面的重大飞跃。

中国核能行业协会 编译

## 比利时民众核电支持率显著提升

据世界核新闻（WNN）10月25日报导，一项来自比利时贸易机构核能论坛的调查显示，越来越多的民众认为比利时应该保留核电生产能力，且支持率已高达83%。同时，有63%的受访民众认为，比利时应建设新的核电机组以替代现有核电机组。

从2010年开始，针对比利时民众比较敏感的能源相关参数，核能论坛进行了一系列持续性调查和监测。这次公布的数据是该系列中的第七项，调查于2019年7月15日至2019年9月6日进行，共随机访问了756名16岁以上的受访者，目的是获取比利时民众对核电发展的风向性指标参数的看法，及时捕捉并反映民意变化趋势。

核能论坛表示，近18个月的核能风向指标参数显示，比利时民众对保留核电机组运营的支持率已显著增加。今年年初的另一项调查显示，民众对政府提出的“以气代核”的能源替代计划的认同度达新低，受访民众中只有12%表示接受，77%不认同，11%不作评论。

比利时目前共有7台核电机组在运行，提供了该国近一半的电力供应。此前，比利时政府于2018年3月批准了一项新能源协议。该协议坚持弃核政策，即2025年关闭比利时目前所有7台在运机组。

中国核能行业协会 编译

## 俄罗斯耐事故燃料完成首次测试

据世界核新闻网站2019年10月31日报道，俄罗斯国家原子能公司TVEL燃料公司已在位于季米特洛夫格勒的国家原子能反应堆研究所完成了耐事故燃料第一阶段反应堆测试。

2019年1月，俄罗斯VVER反应堆和西方压水堆燃料棒的2个实验性耐事故燃料组件已装载到具有MIR研究堆水化学模式的水回路中。第一个辐照周期之后，两个燃料组件都从反应堆中取出。TVEL称，莫斯科TVEL研究机构Bochvar无机材料研究所的团队现场进行的初步检查表明，“既没有发现燃料棒几何形状有变化，也没有发现包壳表面有损坏”。

TVEL称，在2020年将测试计划扩展到商用堆的辐照，并表示将一批带有数个耐事故燃料棒的燃料组件装载到俄罗斯VVER-1000反应堆中。耐事故燃料对于进一步提高核电的整体安全性和可靠性至关重要。

来源：核信息院

## 美国将生产先进反应堆高丰度低浓铀燃料

据美国世界核新闻2019年11月6日报道，美国森图斯能源公司与美国能源部签订了一项为期3年的合同，示范生产用于先进反应堆的高丰度低浓铀燃料。

该合同包括许可证审批、建造、组装和运行 AC100M 离心机及相关基础设施，在俄亥俄州派克顿的美国离心机厂用 16 台离心机的级联生产高丰度低浓铀燃料。

高丰度低浓铀燃料含有 5%~20% 的铀-235，美国正在开发的多个先进反应堆需要这种燃料，但还没有商业化。该燃料具有以下优势：燃料组件和反应堆体积更小，减少换料频率；产生的废物也更少；可以带来更好的经济性和固有的安全特征，同时增加现有反应堆发电量。

来源：核信息院

## 美国两家公司合作生产三层各向同性碳包覆核燃料

2019 年 11 月 7 日，美国全球核燃料公司和艾克斯能源公司宣布签署一项合作协议，开发可用于美国国防部微堆和美国国家航空航天局核热推进所需的核燃料，双方将合作生产三层各向同性碳包覆高丰度低浓铀核燃料。

该燃料非常适合军事和空间应用，但在生产上一直受到高成本限制。利用艾克斯能源公司运行的此种燃料商业规模生产设备，和全球核燃料公司获批的位于北卡罗来纳州核燃料制造设施，两家公司预计将显著提高燃料质量，大幅降低生产成本。

来源：核信息院

## 伊朗布什尔核电站 2 号机组浇筑第一罐混凝土

据世界核新闻（WNN）11 月 11 日报导，伊朗布什尔核电站 2 号机组已开始浇筑第一罐混凝土。在 11 月 10 日举行的第一罐混凝土浇筑仪式上，伊朗原子能组织表示：浇筑第一罐混凝土标志该项目进度完成率已达 30% 以上。并表示，核能将为伊朗提供可靠的电力，每个发电厂每年将为伊朗节省 1100 万桶石油或 6.6 亿美元。

2011 年 9 月 3 日，俄罗斯承建的中东地区第一个核电站伊朗布什尔核电站 1 号机组并网。2014 年 11 月，俄罗斯原子能公司子公司 ASE 与伊朗核电生产开发公司签订了布什尔机组建设总承包合同，建造布什尔 2 号和 3 号机组，两台均为 VVER-1000 机组，每台机组容量为 1057 兆瓦。

按计划，布什尔核电站 2 号和 3 号机组将分别于 2024 年和 2026 年完工。

中国核能行业协会 编译

## IAEA 审查认为埃及具备进入首座核电厂建设阶段的能力

据国际原子能机构（IAEA）报导，日前，IAEA 的专家小组利用 IAEA 里程碑方法第二阶段标准，完成了为期 11 天的埃及核基础设施综合审查（INIR）。该阶段的审查结束标志着埃及已做好核电项目招标和合同谈判的准备。

IAEA 审查小组表示，埃及已经制定了全面的国家立法，签署了政府间协议，

并就其第一座核电站的建设和运营作了合同安排。阿拉伯埃及共和国核电管理局（NPPA）和埃及核与辐射管理局（ENRRA）已经成立，并拥有技术和咨询服务机构，以支持埃及核电基础设施的发展和建设。埃及完全有能力进入第一座核电站的建设阶段。

埃及计划在地中海沿岸、亚力山大以西 170 公里处的埃尔达巴建造第一座核电站，拟建设 4 座 VVER-1200 型压水反应堆，总容量为 4800 兆瓦，约占埃及发电能力的 50%。电厂按计划将于 2020 年开始建设，2026 年开始试运行。NPPA 为核电站运营业主，俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）将负责其建造。

中国核能行业协会 编译

### **俄开发出显著提高核电站安全性的技术**

据俄罗斯卫星网 2019 年 11 月 13 日报道，俄罗斯国家核研究大学的科学家开发了一种技术，可以预测核电站传热模式的变化，将大大提高核电站的安全性。传热效率受流量、温度和压力的影响。对改变传热或冷却剂沸腾状态条件进行诊断，这对轻水反应堆活性区的可靠性很重要。

技术人员用传统方法，只能测量到系统当前状态的热物理参数。现在，科学家研究出可以诊断和预测系统状态的新方法，这种方法还可以预测不同传热模式之间的可能转变。

该技术将有助于预测冷却剂沸腾和转换到减少传热模式，这将极大提高核电站运行的安全性。研究小组下一步将建立一个实时诊断和预测的自动化系统。

来源：核信息院

### **俄考虑为印度建造一座浮动核电站**

据《印度时报》报道，俄罗斯国家原子能公司已公开表示有兴趣与印度共同开发一座浮动核电站，以及其他中小型反应堆。

2019 年 11 月初，俄罗斯国家原子能公司海外分公司副总裁尼基塔·马泽因在新德里的一次核会议上表示，南亚偏远沿海地区可以使用小型反应堆，如俄罗斯目前正在开发的反应堆及浮动核电站。

俄罗斯第一座浮动核电站“罗蒙诺索夫院士”号将于 2019 年投入运行。该核电站长 140 米，配备两个 KLT-40 反应堆，可提供总计 70 兆瓦的电力，大约需要 70 名操作人员。

来源：核信息院

### **美国立法机构考虑改革放射性废物管理**

2019 年 11 月 20 日，美国众议院能源和商业委员会通过了一项法律草案，旨在提高美国能源部管理核废物的能力。该草案将允许能源部建造和运行临时

贮存场址，以整合退役反应堆乏燃料的管理。该法律草案包括《HR 2699 草案》和《S 2197 草案》，都称为《2019 年核废物政策修正法》，要修正 1982 年制订的一项法案。

《HR 2699 草案》将优先考虑转移地震活跃地区乏燃料，并允许能源部开展基础设施活动，以支持尤卡山贮存库的建造和运行。该草案还包括对核废物基金融资机制的改革，并确保能源部有足够的资金来建造和运行贮存库。《S 2197 草案》将推进尤卡山的安全审查以及加强美国核废物管理计划。

来源：核信息院

## 保加利亚要购买美国核燃料、液化天然气

据俄罗斯卫星网 2019 年 11 月 26 日报道，美国总统特朗普和保加利亚总理鲍里索夫在联合声明中表示，保加利亚在考虑从美国购买核燃料和液化天然气，美国将派遣一个技术小组前往保加利亚探索这种可能性。

鉴于保加利亚在能源上严重依赖俄罗斯，能源来源的多样化在两国领导人会谈期间被提上重要议事日程。保加利亚将在增加从不同的可靠来源获得天然气供应方面同其他国家合作，并使核能渠道多样化。保加利亚希望成为地区能源运输枢纽，将最大限度地利用美国液化天然气。美国和保加利亚还承诺尽快为科兹洛杜伊核电站颁发美国核燃料许可证。

来源：核信息院



## 行业动态

### 我国蒸汽发生器受控钠水反应试验实现零的突破

10月31日下午16时35分，第一声氢计报警音在中核集团原子能院钠安全综合试验装置主控室内响起，标志着国内首次蒸汽发生器受控钠水反应试验圆满成功，也标志着我国该技术领域进入世界先进水平行列。

本次钠水反应试验不仅实现了国内蒸汽发生器钠水反应试验零的突破，同时也是国内首次获得了钠水反应后氢在高温钠回路中迁移特性曲线，数据完全符合设计预期，这为后续将要开展的更大规模的钠水反应试验提供了技术基础和珍贵的实践经验。

钠水反应是钠冷快堆工程钠安全设计的核心技术之一。随着中国实验快堆的建成投运，原子能院启动了自主掌握钠水反应安全分析和设计技术的研究试验工作。本次钠水反应试验充分验证了蒸汽发生器钠水事故保护系统小泄漏探测布置方案设计的有效性，以及钠水反应事故保护动作逻辑的合理性，为快堆蒸汽发生器钠水事故保护系统的设计提供了宝贵的试验数据。

来源：中核集团

### 核能行业两项工程首获国家优质工程奖

11月4日，中国施工企业管理协会公布了入选2018—2019年度国家优质工程奖的工程名单，中国核能行业协会推荐的福清核电3、4号机组工程荣获国家优质工程金奖、辽宁红沿河核电一期工程3、4号机组荣获国家优质工程奖。

为更好的推动核能工程建设质量提升，2017年，中国核能行业协会应广大会员单位的迫切要求，在认真研究和广泛调研征求行业各单位意见后，启动了核能优质工程评选和国家优质工程奖推荐工作。历经两年多的努力，协会在广大会员单位的大力支持下，按照国家优质工程奖的要求并结合核能行业的特点，成立了评选组织机构，编制了评选标准和方法等文件，并于今年完成了首批核能优质工程评选和国家优质工程奖推荐工作。所推荐的福清核电3、4号机组和辽宁红沿河核电一期工程3、4号机两项工程分别荣获国家优质工程金奖和国家优质工程奖。

此外，协会还同步启动了后续核能工程创建国家优质工程相关工作，目前正在积极制定核能工程创优的指导文件和工作方案，旨在以争创国家优质工程奖为目标，搭建核能工程建设质量提升的平台，更好的推动核能工程高质量发展。

国家优质工程奖设立于1981年，是经国务院确认的我国工程建设领域设立最早，规格最高，跨行业、跨专业的国家级质量奖；最高奖为国家优质工程金奖。国家优质工程奖的评选范围涵盖冶金、有色、煤炭、石油、化工、电力、水利、核能、林业、航空航天、建材、铁路、公路、市政、水运、通信和房屋建筑等工程建设各个行业。其宗旨是弘扬“追求卓越，铸就经典”的国优精神，倡导和提

升工程质量管理系统性、科学性和经济性，宣传和表彰设计优、质量精、管理佳、效益好、技术先进、节能环保的工程项目。截至 2018 年，已有 3280 项工程项目荣获国家优质工程奖，其中国家优质工程金奖 128 项。

来源：中国核能行业协会

## 中核集团牵头成立中国海水提铀创新联盟

为探索非常规铀资源开发技术以实现核工业“无限续航”，11 月 8 日，中核集团作为工程化主体和用户，牵头发起成立的中国海水提铀创新联盟在京揭牌成立。该联盟以中国铀业等科研院所为依托，联合了国内该领域有较好研究基础的近 20 家科研机构 and 高校，并聘请了中国工程院陈念念、石碧、柴之芳、彭苏萍、费维扬等 5 位院士作为高级顾问，旨在推动这一前瞻性、颠覆性技术的开发工作。

海水提铀创新联盟成立后将重点推进以下几方面的工作：一是制定海水提铀技术及产品标准体系，开展技术和经济评价，为加快推进海水提铀工程化提供依据；二是联合联盟各单位加快核心技术攻关和新产品开发，重点推动海水提铀研究平台和试验基地建设；三是中核集团将加大研发投入，联合各联盟发起单位一起开展制约海水提铀实际应用的关键问题攻关，解决海水提铀工程化“瓶颈”；四是积极争取国家政策，共同申报国家渠道的研究项目，联合申报省部级、国家级重点实验室；五是充分发挥院士和专家的“智囊团”作用，为海水提铀联盟发展提供咨询和技术支持。

据悉，海水中铀的蕴含量约 45 亿吨，是陆地上已探明铀的储量的 1000 倍，但是海水中铀浓度极低，研究具有成本效益的海水提铀技术是一个巨大的挑战。目前，我国海水提铀在吸附材料研制和设备工艺等方面已经取得较大的进展，但是距离真正的商业化开发仍然有很长的路要走。

来源：中核集团

## 海南昌江核电二期项目全面启动

海南自由贸易试验区建设项目(第七批)集中开工和签约仪式 18 日在海口举行，集中开工 129 个项目，其中包括海南昌江核电二期项目。

华能核电开发有限公司总经理张东辉在集中开工仪式上表示：昌江核电二期项目的全面启动，标志着中国具有完全自主知识产权的三代核电技术迎来批量化建设的新时期，标志着海南清洁能源岛建设再次迈出新步伐，标志着华能核电产业厚积薄发进入新阶段。

记者在集中开工仪式现场了解到，海南昌江核电二期项目选址海南省昌江黎族自治县海尾镇塘兴村，总投资 394.5 亿元(人民币，下同)，2019 年度计划投资 18 亿元。

海南昌江核电二期项目规划建设两台百万千瓦级压水堆核电机组，本期建设的海南昌江核电厂 3、4 号机组紧邻 1、2 号机组布置，属同一厂址。机组型号选

择“华龙一号”（融合版）技术方案，单台机组名义电功率约为1200MWe。

海南昌江核电二期单台机组建设周期为60个月，两台机组开工日期间隔10个月。3号机组2020年8月浇筑核岛首灌混凝土，2025年建成，4号机组2026年建成。

据记者了解，海南昌江核电项目规划建设4台核电机组，一次规划，分期建设。一期工程投资249亿元建设的1、2号机组，分别于2015年12月25日和2016年8月12日投入商运。目前核电在海南省电力能源供应中的占比已近三分之一，改善和优化了海南省能源结构。

来源：中新网

## 山东海阳开创核能商业供热先河

11月15日，经过数日试运行后，海阳核电的山东海阳核能供热项目一期工程第一阶段正式投用，面向包括山东核电有限公司员工倒班宿舍、海阳部分居民小区在内的70万m<sup>2</sup>正式供热。与此同时，海阳核电一期工程1、2号机组持续保持安全稳定运行，预计2019年全年发电量将达到206亿度，可供山东省超过三分之一居民用电一年。

此举开创了国内核能商业供热的先河，为实现北方地区冬季清洁取暖提供了全新的“国家电投方案”“山东方案”，标志着国家电投清洁能源战略再次取得新成果，山东省核能产业发展再上新台阶，海阳核电从完成三代核电自主化依托项目建设使命到核能供热项目正式投用，开启了核能综合利用新纪元。

核能供热以清洁高效的供暖方式改善民生、造福地方，具有居民供暖价格不增加、政府财政负担不增长、热力公司利益不受损、生态环保效益巨大、提高核电厂效率、拉动新产业等多个效果，真正实现企业与地方、环境、公众的协调发展和多方共赢。

目前实施的70万m<sup>2</sup>核能供热，据测算每年可节约2.32万吨标煤，减排222吨烟尘、382吨二氧化硫、362吨氮氧化物以及6万吨二氧化碳，相当于减少约5台10吨的燃煤锅炉，对节能减排、改善环境作用显著。

预计在2030年前，国家电投将依托海阳核电及新核电基地，同时联合其他清洁能源供热方式，替代胶东半岛所有燃煤锅炉供热，一举打造供热“零碳”地区、北方地区清洁供热样板，为节能减排、打赢蓝天保卫战做出贡献。

来源：山东核电

## 我国第一座重水研究堆退役获国家立项批复

11月4日，101堆退役获国家立项批复。101堆是我国首个实施退役的重水研究堆，对于我国建立研究堆退役能力体系、为其他堆型退役提供技术示范、为核电站退役提供技术支撑，巩固中核集团及原子能院在退役治理领域技术核心地位具有重要意义。

101 堆退役是我国核设施退役重点项目之一，该工程由原子能院退役治理工程技术中心具体实施，按照“先易后难、先外围系统和主工艺系统、后堆本体”的顺序分三个阶段实施，并同步开展工程科研验证。本次批复的第一阶段工程，主要是退役前期准备及外围系统拆除，为后续两个阶段的工程实施奠定基础。

101 堆建成后，成为了我国核物理、反应堆物理、热工、材料性能考验等科学领域的重要科研平台，为我国国防建设、核科学技术和国民经济的发展做出了重要贡献。核工业科技工作者围绕 101 堆开展了大量科学研究和实验工作，为“两弹一艇”的成功研制做出重大历史贡献；完成了我国第一座核电站秦山核电站燃料元件辐照考验、启动中子源的辐照研制，为核电燃料元件国产化提供有力支持；建立了我国首个中子散射实验基地和亚洲首个冷中子源装置。1978 年至 1980 年，原子能院自主进行了 101 堆大修改建工程，该项工程荣获国家科技进步一等奖。20 世纪 80 年代，以 101 堆为原型，我国为阿尔及利亚建造了一座 15MW 多用途重水研究堆（比林和平堆），被誉为“南南合作”的典范。

此外，101 堆为我国培养了大批核科技工作者。老一辈科学家钱三强、朱光亚、何泽慧等都曾在 101 堆工作过，它为我国培养了多名两院院士、上千名核工程技术骨干，遍布我国核工业各个单位，被称为我国核反应堆工程的摇篮，享有“功勋反应堆”之美誉。

经过近 50 年的安全运行，2007 年底，101 堆永久停闭，进入安全关闭期等待退役。如今“一堆一器”已入选中央企业工业文化遗产、国家工业遗产及全国重点文物保护单位。101 堆退役完成后将拟建为首座研究堆历史纪念馆。

来源：中核集团

## 我国出口泰国电子直线加速器启运

11 月 15 日，随着装有加速器的货车驶出原子能院并开赴首都机场海关，由中核集团原子能院核技术所研制生产的无损检测用电子直线加速器运往泰国，这是继 2018 年原子能院加速器首次出口土耳其后，再次踏出国门走向世界。

电子加速器是核技术应用源头技术，是世界上最先进辐射装置，是无损检查系统最复杂、最核心的设备，目前全球只有少数发达国家有能力制造无损检测加速器。

原子能院具有 60 余年加速器设计、制造和应用基础，先后研制了国内首台无损检测电子直线加速器、首台高能低功率电子辐照加速器和首台高能大功率辐照加速器等，主导制定了我国首个通用核仪器领域国际标准，整体技术水平一直处于国内领先地位，在国内大型装备制造业、科研院所及高校中享有盛誉。自 2017 年 5 月 9 日我国首个通用核仪器领域国际标准发布以来，原子能院无损检测用电子直线加速器的国际影响力得到巨大提升，多家国外设备集成商有采购意向。

今年，原子能院与泰国客户签订了两台无损检测用电子直线加速器的合同，此次发货的是第一台。

泰国客户在对院加速器研发能力进行全面考察和认可的前提下,对所订购加速器的剂量、稳定性、使用环境等多项指标都提出了更高要求。为此,核技术所直线加速器团队对加速器进行了特殊设计、改进和优化,经过多次实验和长时间的稳定运行调试,达到了客户要求通过了客户的测试验收。

来源:中核集团

## 我国首个核电技术服务产业联盟正式成立

为进一步推进核电技术服务产业发展,加快核电产业“走出去”步伐,11月22日,以“核力创造美好世界”为主题的核电技术服务产业联盟成立大会暨技术服务“走出去”专题交流会在上海召开,共计55家核电产业单位共襄盛举,共享未来。中核武汉核电运行技术股份有限公司、国核电力规划设计研究院有限公司、中国原子能科学研究院、苏州热工研究院有限公司、中国核动力研究设计院、上海核工程研究设计院、上海中核浦原有限公司、中国核电工程有限公司等13家单位共同签署了核电技术服务产业联盟协议。

通过联盟的成立,可以在遵守法律法规、满足公司治理要求的前提下,共同提升核安全保障水平,共同促进核电技术服务产业发展,为联盟成员间的交流与合作提供更大平台,形成更加科学、高效的合作机制,加强信息及资源共享,互通互信,互利共赢,合力推动核电技术服务产业“走出去”。

据悉,核电技术服务产业联盟将承担信息共享、资源利用、创新驱动、经验反馈、产业联盟等五项职责,首批13家单位来自中核、中广核、国家电投和华能集团,业务领域涵盖国内全部商用堆型从设计、建造、调试运行、延寿直至退役的全生命周期,中核武汉核电运行技术股份有限公司为联盟秘书单位。

联盟成员大会每年召开一次。

来源:中核集团

## 我国新一代“人造太阳”装置预计2020年投入运行

记者11月26日从正在四川乐山举行的第一届中国磁约束聚变能大会上了解到,我国新一代的可控核聚变研究装置“中国环流器二号M”目前建设顺利,预计2020年投入运行,开展相关科学实验。

核聚变产生能量的原理与太阳发光发热相似,因此在地球上以探索清洁能源为目的的可控核聚变研究装置,又被称为“人造太阳”。

该装置以氢、氦气体为“燃料”,通过把它们注入装置并击穿、“打碎”产生近堆芯级别的等离子体,来模拟核聚变反应。2019年6月,伴随着主机线圈系统的交付,其全面工程安装拉开序幕。

“目前工程安装进展顺利,预计2020年‘中国环流器二号M’就可以投入运行,开展相关科学实验。”中核集团核工业西南物理研究院院长段旭如说。据介绍,与国内同类装置相比,“中国环流器二号M”装置采用了更先进的结构与

控制方式，等离子体温度将有望超过 2 亿摄氏度，该装置将为我国参与国际热核聚变实验堆 (ITER) 相关实验与运行，以及未来自主设计建造聚变堆提供重要技术支撑。

来源：中核集团

## 华龙一号海外首堆全面进入设备调试阶段

当地时间 11 月 26 日，由中核中原总包承建的华龙一号海外首台机组——巴基斯坦卡拉奇 2 号 (K-2) 机组一回路水压试验正式启动，这是核电项目建设中的重要里程碑节点，标志着该机组按计划由安装阶段全面转入调试阶段。至今，K-2K-3 项目开工以来已经安全生产 2083 天，这为后续华龙一号机组建设创造了良好的示范效应。

本次节点试验对象是华龙一号的“核反应堆一回路承压边界”，是反应堆冷却剂的第一层屏障，由中国核动力研究设计院自主设计研发，包括反应堆压力容器、主管道、蒸汽发生器、主泵、稳压器在内的所有管道、承压设备以及仪表阀门等。相当于整个反应堆的心肺及主动脉系统。本次一回路水压试验，也常被称为一回路“冷试”，这项试验是检验一回路系统及机械设备设计正确性的第一块“试金石”，是检验各承压设备是否满足设计要求，安装施工过程质量保证的重要依据，是一回路系统及各主要设备开展后续热试及至投入运行的“通行证”。

来源：中核集团

## 协会活动

### 第七届东亚核能论坛达成多项共识

2019年11月6日，第七届东亚核能论坛在韩国庆州举行。本次会议，东亚四方就共同参与福岛废水治理、建设东亚核能论坛网站、加强东亚地区核电信息共享与交流等多项内容达成共识。

中国核能行业协会副理事长兼秘书长张廷克率团参会。会议期间，张廷克就中国大陆核能发展近况和展望做主题报告。他介绍了中国大陆在运及在建机组情况，并在报告中重点指出，中国核电未来仍将面临安全性和经济性双重挑战，通过人工智能、模块化和标准化建设等措施，可以有效提高核电竞争力，同时，提高公众对核电的接受度以及政府部门制定长期稳定核电发展规划，对于未来中国核电发展将起到决定作用。

此次会议共有来自韩国、日本、中国大陆和台湾地区近百余位核能行业公司高管和专业人员参会，针对核电厂安全提升及核安全文化改进、核电厂运行经验反馈等问题，与会代表畅所欲言，进行了深入交流与讨论。

东亚核能论坛作为一个民间论坛，目的是通过在中国大陆、日本、韩国和中国台湾地区核能产业协会之间，建立民间性质的合作网络来促进有效交流，从而提高东亚地区核能的和平利用及安全性。

会议结束后，主办方组织参观了韩国核电维修技术中心、放废机构及韩国水电核电公司总部。

来源：中国核能行业协会

### 中芬核能产业交流合作研讨会在芬兰举办

2019年11月4日，由中国核能行业协会和芬兰核工业协会共同主办的中芬核能产业交流合作研讨会在赫尔辛基成功举办，来自13家中方单位共19人参加了会议。会议围绕两国核电现状与展望、核电厂建设运维管理、核电安全监管、废物处理处置、核能产业对接等议题发表了20篇报告。中国核能行业协会副理事长潘银生先生和芬兰核工业协会理事长Pipatti先生分别代表两会做开幕致辞。芬兰经济事务与就业部能源司司长Huttunen先生、中国驻芬兰使馆科技参赞杨志军先生分别代表两国政府出席会议并致辞。他们在致辞中回顾了两国政府间建立的长期互信关系，互利共赢的经贸往来和文化交流；肯定了核能对打击全球气候变化的积极作用；展望了两国在核能领域的合作前景。

为加强两国核能领域间的交流与合作，中国核能行业协会副秘书长龙茂雄和芬兰核工业协会理事长Pipatti先生分别代表两会正式签署合作谅解备忘录，双方将在政策规划、研发应用、燃料循环、公众接受、产业对接等领域开展信息交流与合作，以共同促进行业可持续发展。

来源：中国核能行业协会

## 核能行业协会举办团体标准立项评审会

2019年11月28日，中国核能行业协会首批团体标准立项评审会在上海顺利召开。本次会议对首批申报立项的51项团体标准进行了评审，会议共分为4个专业会场，涵盖了设备与材料、核能前沿技术与科研、通用与基础、核电调试与运行、核电设计与建造、软件与信息化工程以及核技术应用等7个专业组，一共40位行业专家参加了本次立项评审会。

中国核能行业协会副理事长兼秘书长张廷克、上海核工程研究设计院有限公司董事长卢洪早、副总经理兼总工程师严锦泉、核工业标准化研究所副所长董瑞林以及苏州热工研究院有限公司集团标准办公室主任吴晓震出席会议。

张廷克秘书长在致辞中指出：我国核能领域标准化事业迎来了进一步深化改革创新和发展的新时代。《中华人民共和国标准化法》和《团体标准管理规定》的相继发布，为团体标准化发展创造了良好的法治环境和制度环境。协会将充分发挥协会平台资源优势 and 桥梁纽带作用，通过快速、灵活、高效的市场化工作机制，积极响应行业多元化和创新发展需求，不断提高核协团标的采用率、影响力和权威性，为核能行业和相关社会事业提供行业领先的标准化服务，为实现从核能大国向核能强国战略目标迈进贡献力量。卢洪早董事长对本次会议的召开表示祝贺，他同时希望后续与协会紧密合作，更多地把重大专项的科研技术成果，特别是标准体系的建设成果转化为团标，更好地支撑行业发展。

协会标准化办公室副主任顾申杰在会上介绍了协会团体标准的发展历程和评审要求，上海核工院程书剑主任助理汇报了51项立项申请标准形式审查的结果，核工业标准化研究所梁雪元主任报告了标准的现状检索情况。

在评审过程中，申报单位分别从编制背景、立项必要性、经费来源以及章节主要内容等方面对标准进行了介绍和答辩，专家组依据《中国核能行业协会团体标准管理办法（试行）》的规定，结合行业实际，注重标准的科学性、先进性、适用性和有效性，认真把关、精心审核，对专业组的标准进行了投票表决，通过立项的标准项目后续会在协会官网进行统一公示。

来源：中国核能行业协会



# 核能观点

## 2019 世界核能产业发展概况

2019 年，全球核电发展步伐相对放缓，但是中国、匈牙利、墨西哥、巴基斯坦、俄罗斯和美国核电发电量稳步提升。日前，法国核电政策专家 Mycle Schneider 在澳门发布《2019 世界核能产业现状报告》，全景展示 2019 年全球核电行业发展总体状况，本文截取部分内容，以飨读者。

2018 年世界核反应堆生产了 2563 太瓦时（或十亿千瓦时）的电力，与前一年相比增加 2.4%——特别是由于中国的核输出增加 44 太瓦时(+19%)，但仍低于 2006 年的历史高点 4%。四年来第一次，不计中国，2018 年全球核能发电又略有增加(+ 0.7%)，但仍低于 2014 年的水平。换言之，2015 年至 2017 年期间，中国以外的世界核电发电量降幅大于 2018 年的增幅。这些数字表明，中国在核有关的统计数据中继续主导增长指标。

核能在全世界商业总发电量中所占份额继续缓慢而稳定地下降，从 1996 年 17.5%的峰值降至 2018 年的 10.15%（2017 年为 10.28%）。核能对商业一次能源的贡献率稳定在 4.4%。自 2014 年以来，该指数一直处于这一水平，是 30 年来的最低水平。

2018 年，14 个国家的核能发电量增加，12 个国家下降，5 个国家保持稳定。2018 年，六个国家（中国、匈牙利、墨西哥、巴基斯坦、俄罗斯和美国）实现了有史以来最大的核能发电量。

以下是 2018 年的显著进展，反映了各个国家反应堆运行情况的变化

亚美尼亚唯一运行的反应堆发电量下降了 21%。随着该设施在年中因大规模维修和升级而关闭，2019 年的发电量可能会进一步下降。

由于维护、维修和升级导致的停机时间延长，比利时的发电量下降了 32%。平均而言，比利时的 7 个机组都出现了半年的停机。

中国大陆地区在一年内启动了 7 座核反应堆，这是一项了不起的成就，在全球 60 个太瓦时的总增量中贡献了 44 个太瓦时。

法国的产出增加了 14 太瓦时 (+ 3.7%)，但仍远低于预期。

日本重新启动了 4 个反应堆，使反应堆的总运行数达到 9 个，并将发电量提高 20 太瓦时(+ 68.4%)。

韩国的核能发电量下降了 10% (-14 太瓦时)，原因是检查和维修的停机时间延长。导致反应堆重启延迟的一个具体问题是 2017 年发现多个反应堆的密封衬板(CLP)腐蚀。

瑞士有五个反应堆在压力容器发现大量裂缝迹象后已经停工多年，其中一个重启后，发电量增加了 25%。

中国台湾地区的两个反应堆在长期停运后重启，发电量增加了 24%，但其发电量仍然低于 2016 年的水平。

美国的核能发电量创下历史新高。虽然与 2010 年(+1 太瓦时)的记录相比，

增长仍然微不足道，但值得注意的是，美国的运行反应堆比 2010 年(97/103)少了 6 座。即便是 2018 年的装机容量也略低于 2010 年(98.7 吉瓦/100.4 吉瓦)，这明显表明其运营效率在持续提高。

与前几年一样，2018 年，“五大”核能发电国家——按照排名顺序分别是美国、法国、中国、俄罗斯和韩国，发电量占世界核电总量的 70%。2002 年，中国排在第 15 位，2007 年排在第 10 位，2016 年排在第 3 位。2018 年，美国和法国这两个国家的核发电量占全球总量的 47%，再次占到近一半。

在许多情况下，即使在核能发电量增加的地方，增长量也跟不上电力生产的整体增长，导致核能所占比例低于各自的历史最高水平。值得注意的是，2018 年有 20 个国家的核份额保持在恒定水平(变化不到 1 个百分点)，7 个国家的核份额下降。只有 4 个国家/地区(捷克共和国、日本、瑞士和中国台湾)的核电在其电力结构中的份额提高了 1 个百分点以上，所有这些国家都主要是通过长时间断电后重启机组来实现的。只有两个国家(中国和巴基斯坦)的核能在各自的电力结构中所占份额达到了新的历史峰值，两者的边际增长都达到了非常低的水平，中国增长了 0.3 个百分点(达到 4.2%)，巴基斯坦增长了 0.6 个百分点(达到 6.8%)。

到 20 世纪 80 年代末，运行中的反应堆的持续净增长已经停止，而在 1990 年，关闭的反应堆机组数量首次超过了启动机组的数量。在 1991-2000 年的十年中，启动机组的数量远远超过关闭机组数量(52/30)，而在 2001-2010 年的十年中，启动机组的数量与关闭机组的数量不匹配(32/35)。此外，在 2000 年之后，我们花了整整 10 年的时间才将相当于 20 世纪 80 年代中期一年数量的机组进行并网。

在 2011 年到 2019 年中期，启动了 56 座反应堆启动，其中 35 个(几乎占三分之二)在中国——相对于同期关闭反应堆的数目为 50 座，启动反应堆的数字超过了 6 座。由于这一时期在中国没有关闭机组，在中国以外，关闭了 50 个机组，只启动了 21 个机组，这一时期机组数量惊人地下降了 29 个。

2015 年和 2016 年每年相继启动 10 座反应堆之后，2017 年只启动 4 座反应堆，其中 3 座在中国，1 座在巴基斯坦(由中国公司建造)。2018 年，9 座反应堆首次发电，其中中国 7 座，俄罗斯和韩国各 1 座；3 座反应堆关闭，分别为俄罗斯 2 座，美国 1 座。

2019 年上半年，全球启动了四座反应堆，其中中国两座(台山 2 号、阳江 6 号)，俄罗斯一座(Novovoronezh2-2)，韩国一座(Shin-Kori-4)；与此同时，美国关闭了一座(Pilgrim-1)反应堆。

截至 2019 年 7 月 1 日，有 28 个机组处于长期停运状态(LTO)——所有这些机组都被国际原子能机构认为处于“运行状态”——比 WNISR2018 少了 4 个，这 28 个机组其中 24 个在日本，加拿大、中国大陆、韩国和中国台湾各有一个。自 2018 年年中以来，长期停运状态(LTO)已经重启了四座反应堆，其中两座在印度(Kakrapar-1 和-2)，两座分别在阿根廷(Embalse)和法国(Paluel-2)。日本的两个反应堆(genkai2, Onagawa-1)和中国台湾地区的一个反应堆(chinshanan-1)

从长期停运状态转为关闭状态。

截至 2019 年 7 月 1 日，共有 417 座核反应堆在 31 个国家运行，比 2018 年 7 月增加了 4 座。当前世界核反应堆总名义发电净容量 370 吉瓦，比前一年增长 6.7 吉瓦(+ 1.9%) (见图 4)。而运行反应堆的数量仍低于 1989 年的数字，核能发电量仍比 2006 年的峰值水平低几个百分点，这是一个新的历史性的最大运行机组容量。

多年来，净装机容量的增长一直超过运行中的反应堆的净数量。1989 年，一座运行中的核反应堆的平均规模约为 740 兆瓦，而到 2019 年，这一数字已增至近 890 兆瓦。这是大机组取代小机组以及提高现有电厂产能的技术改造共同作用的结果，从而增加了更多发电量，这一过程被称为“扩容”。仅在美国，核管理委员会(NRC)自 1977 年以来就批准了 164 座核反应堆的扩容。累计批准的扩容为 7.9 吉瓦，相当于 8 个大型反应堆。自 2018 年 4 月以来，没有额外的扩容被批准，截至 2019 年年中也没有未决申请。不过，在今年余下的时间里，预计还会有四份申请。

欧洲也出现了类似的“扩容”趋势，并对现有反应堆的寿命进行了大幅延长。延长寿命的主要动机是经济上的，但随着安装成本飙升和替代产品变得更便宜，这一观点正日益受到挑战。

#### **当前新建工程概况**

截至 2019 年 7 月 1 日，在建反应堆有 46 座，是 10 年来的最低数量，已连续第六年下降——比 WNISR 一年前报告的数字少了 4 座，比 2013 年少了 22 座(其中 5 座后来已经被废弃)。四分之三的反应堆建在亚洲和东欧。共有 16 个国家正在建设核电站，比 WNISR2018 报告的多一个英国。

2018 年启动了五个建设项目，孟加拉国、俄罗斯、韩国、土耳其和英国各一个。俄罗斯公司也在孟加拉国和土耳其建造反应堆，因此俄罗斯参与了自 2018 年初以来启动 6 个项目中的 4 个。

到 2019 年年中，有 46 座反应堆被列为在建，相比之下，1979 年的峰值是 234 座，总计超过 200 吉瓦。然而，1979 年列出的许多项目(48 个)从未完工。与一年前的情况相比，全球在建机组的总容量再次下降，下降 3.9 吉瓦至 44.6 吉瓦，平均规模稳定在 969 兆瓦。

来源：电力大数据

## **核技术应用产业：“新宠”的喜与忧**

核技术应用产业，一向被认为是核产业中的轻工业，但近年来如火如荼飞速发展分量显然不轻，大有与享誉核产业重工业之称的“核电”并驾齐驱之势。近日，在京举办的中日韩核技术应用产业化国际研讨会上，中核集团总工程师、中国同位素与辐射行业协会理事长雷增光在作大会报告时指出，据初步统计，目前全球已有近 150 个国家和地区开展核技术的应用、研究和开发，全球核技术应用产业化规模已接近万亿美元，发达国家的经济效益大多已超过国民经济总规模的

2%，有些国家核技术的产值甚至已经超过核电。

这一论断充分表明，作为核产业的重要组成部分，核技术应用产业的支撑作用愈发明显，特别是相对于遭遇日本福岛核事故后发展滞缓的核电，俨然已成为“新宠”。比如说，中国核技术应用产值近年来年均增长率均超过 20%，2015 年达到 3000 亿元；美国核技术应用的年产值占国民经济总产值的比例长期保持在 4%至 5%之间，2009 年就已经达到 6000 亿美元；日本和欧洲的年产值基本占到了本国国民经济总产值的 2%至 3%。透过这组数据足可窥见，核技术应用产业蓬勃发展的态势，对本国经济的贡献逐渐凸显，在整个核产业发展中的重要地位也日益凸突。也正如雷增光在报告所说，核技术以其高度渗透性、产业关联性等技术优势，为其发展争取广阔空间，并且已成为各国必争的战略制高点和优先发展的重要产业方向。

然而，这位“新宠”虽然未来发展前景广阔，但当下也面临诸多挑战。譬如说，在中国核素供应不稳定时有发生，近年来就曾出现钼-99、碘-131 和碘-125 等核素短缺现象。今年 6 月、7 月相继发生同样的情况。随着我国反应堆的老化、退役。同时国家科研任务重，不能满足商用要求。2010 年后我国放射性核素生产远远不能满足市场需求，主要同位素原料基本完全依赖进口。正因为此，中国专家一直在呼吁各方支持、建立和提升中国放射性同位素的生产 and 供应能力。韩国也同样出现类似情况，特别是 2014 年后，更多是依赖进口。而日本曾考虑用核电站生产放射性同位素，但其国内很多核电站已经停堆，钴-60 一直依赖进口。

众所周知，满足日益增长的市场需求，实现核素稳定供应是确保核技术应用产业健康可持续发展的根本保障。那么，如何全面提升核素的供给能力，保证其源头活水呢？

一方面要强强联合，协力攻关。合作才能共赢，核技术应用产业同样如此，运用全球化思维打造核技术应用产业的命运共同体。此次研讨会重要的成果之一是中日韩三国已经达成共识，将建立相互沟通的合作机制，相互交流信息、分享经验，共同寻求推进解决本地区核素供应的有效方案，解决核素的和可持续供应问题。作为亚洲核技术应用产业发展基础最扎实、业务最广泛、特点最突出的国家，中日韩三国在核技术应用领域各有千秋：日本在核医学和工业应用方面有技术优势，研发和行政管理已经拥有成熟的体系；韩国的核技术应用广泛，人均拥有的技术装备和产品数量均居世界前列；中国是全球核技术应用发展最快的国家，备受世界各国关注。显然，三者联合对于未来解决他们乃至亚洲地区核素供应应有非常积极的作用和意义。

另一方面要化零为整，变被动为主动。中日韩三国当前面临的窘况，与其受制于人无不关系。放射性同位素生产之于所在的装置与设备，似乎只是配角的身位，这与如此规模的核技术应用产业的地位极不相符。就国内而言，核技术应用产业走向光明的未来，就需要这条产业链的生产、科研、管理等各环节联合起来，从分散走向集中，系统协作，发挥各自优势，扬长避短，做大做强做优核技术应用产业。才能真正走出寄居他人的屋檐，构建自主、开放、可控的核技术应用全

产业链技术生态，打造属于自己的一片蓝天。

由此可以预测，随着核技术应用新领域产业化条件日渐成熟，中日韩三国核技术应用将继续保持强劲的发展势头，应用领域将不断拓宽，应用规模将继续扩大，使核技术应用成为与核电并驾齐驱名副其实的两驾马车之一。

来源：中核集团