

中国核能发电进入重要战略机遇期：

发展核能既要安全性也要经济性

■本报记者 赵广立

“今日‘立’。立是中国传统‘二十节气’之一，也是老北京‘传统节日’之一。‘立’这天，中国民间有戴头巾之习俗，人们尽量在家中不出门，以躲避传说中的神兽‘霾’……”重污染天气来袭，许多网友看到这条段子哭笑不得。

今年立冬以来，北京的天气一直没给好脸色看。11月13日，北京市空气重污染应急指挥部办公室还发布空气重污染黄色预警，提示京津冀地区将在13日~15日出现区域污染过程。

“燃煤的过度使用是华北地区冬季严重雾霾天气多发的重要原因，在天然气供应不足、煤改气面临挑战的情况下，发展核能供热是缓解大气污染、实现绿色发展的重要有效方法。”中国核学会理事长、原中核集团董事长王寿君在11月13日于京召开的2018年核能发电技术专题研讨会上说，当前历史阶段下，我国应该更加注重“安全高效地发展核能”。

王寿君同时指出，由于我国已经近3年没有批复新的核电机组投入商业运营，整个行业的发展已受到延误或影响。当下，我国应尽快开工建设一批新的核能发电项目。

自日本福岛核电站发生核泄漏事故以来，“弃核”一度成为各核大国安抚公众的关键词。然而，在上述研讨会上多位专家指出，包括美俄法等在内的核能利用大国，从未停止过核电发展，近期发展趋势更是迅猛。与会专家也纷纷建言，我国应抓住重要历史机遇期，安全高效发展利用核能，从“核大国”向“核强国”迈进。

世界各核大国并未“弃核”

“几乎所有的发达国家都建有核电站，并将核能作为能源结构的重要组成部分。”王寿君说，2017年全球有核电国家核能发电占其一次能源供给平均值约为10.6%，我国尚不到4%（3.82%）。

至于我们常听到的“弃核”，国家电投集团公司总工程师王俊认为并非如此。“世界上的核大国都在推进核电发展，从未停止。尽管有国家宣称停止了核电设施的建设，但它们对核电技术的研发并没有停止。”

《中国科学报》记者了解到，日本福岛核事故后，许多核大国将目光转向了核电的小型化、多用途方面，发展趋势迅猛。

“近年来，各国对小型模块化反应堆的兴趣越来越强烈。小型模块化反应堆是游戏改变者，能够以高安全水平提供不同的核电解决方案。”中国工程院院士、中国核能行业协会核能发电分会荣誉主任委员叶奇蓁透露，美国基于核能领导地位和能源领域、核技术方面取得的主要进展，其能源部已经倡议开发小型核反应堆。



2018年1月28日“华龙一号”全球首堆压力容器成功吊入反应堆，意味着我国核电设备设计、制造技术水平已步入世界前列。图片来源：中核集团

而就所有民用核能活动而言，叶奇蓁认为，目前法国和俄罗斯处于全球领先地位。同时，中国在核电站建设方面正在取得重大突破，是未来的潜在领先国家之一。

“当前正值我国核电发展的重要战略机遇期。”中国电机工程学会理事长郑宝森在上述研讨会的致辞中表示，我国核电事业经过近40年的探索实践和技术创新，三代核电技术已经相对成熟，以高温气冷堆为代表的具有第四代特征的核电技术也攻克了一系列关键技术和设备难题。同时，核安全法规体系和安全监管机制也日渐完善，核电将更加安全可靠。因此，“我们应该坚定信心，抓住机遇，从源头上控制核电安全与质量，注重安全性与经济性的平衡，加快推动三代核电的安全高效发展”。

我国三代+核电站成绩斐然

“我搞了一辈子核能，它有缺点，但是优点大一些。”王寿君说这话时有些激动，“核能有它的问题，曾经发生过切尔诺贝利核事故和福岛核泄漏事故，但是也应看到，这些都属于最初代的核电站，跟我们要建的二代+、三代+不同。一百年前的奔驰车也叫奔驰车，它不能和今天的奔驰车相提并论？当然，有些核电站运行太久，该退役就退役，不应延寿。”

当前，以华龙一号、AP1000和CAP1400为代表的三代核电技术，正在成为我国未来核电

规模化发展的主流。其中，AP1000是我国从美国西屋公司引进的全球第三代核电技术，历时9年的技术引进、消化、吸收和再创新，目前共建有浙江三门核电一期、山东海阳核电一期四台机组。

在研讨会上，王俊介绍说，目前，三门一号机组、海阳一号机组和三门二号机组已经分别于今年的9月21日、10月22日和11月5日相继完成了168小时满功率连续运行相关试验，海阳二号机组也在进行功率提升的相关试验，“这标志着我们目前已经具备AP1000后续建造的批量化建设能力，三代核电已经可以商业运行”。

与此同时，由来自160多家单位近2万科研人员参与、在AP1000非能动技术的基础上开发的功率更大的非能动大型先进压水堆核电机组CAP1400相关技术开发也已“基本完成”。王俊说，CAP1400已于2016年2月和4月先后通过了国家核安全局和国际原子能机构组织的安全评审和通用安全评审。这也意味着，“我们已经开发出了具有自主知识产权的CAP1400”。

而据记者了解，由中核和中广核联合开发的中国自主知识产权的三代核电技术“华龙一号”目前也进展顺利。“华龙一号”核电站全球首堆示范工程——福建福清核电5号机组核岛安全厂房已于2017年8月完成封顶混凝土浇筑。华龙一号海外首堆工程——巴基斯坦卡拉奇2号核岛首堆蒸汽发生器已于2017年9月

成功吊装就位，目前正在进行主体施工。

“正在建设的最新一代反应堆（三代）的设计可以保证即使发生堆芯熔化等严重事故，基本上也不会对核电站之外产生较大的放射性后果。”叶奇蓁说，在新一代反应堆建设中，重大事故得到了详细分析，所总结的经验和汲取的教训使反应堆的设计运行得到了巨大改进。

以科技进步提升核电安全性

不过，由于安全性的提升，以及首堆工程实施的复杂性，到目前为止，除华龙一号外，几乎所有第三代示范项目都遭遇了工期延期，或因成本上升导致超出预算和融资压力，项目不得不推迟。

记者了解到，按照当下安全监管机构的要求，新建反应堆应满足三大安全目标：第一，必须实际消除会出现堆芯熔化、导致早期或大量放射性泄漏的事故；第二，对可能发生的堆芯熔化严重事故，必须保证对公众在一定地域/时期内采取有限保护措施（无需永久迁居、无需紧急撤离、无需长期限制食品消费）；第三，在外部事件方面，倾向于将类似于大飞机蓄意撞击这样的极端情况考虑进去。

叶奇蓁介绍说，我国和国际上都在进行提高核电安全性研究，主要有四大方向。一是保持安全壳完整性，从设计上实际消除大规模放射性释放；二是严重事故机理及其预防和缓解（包括“严重事故管理导则”和“极端自然灾害预防管理导则”）；三是耐事故燃料研究；四是先进的废物处理和处置技术的开发和应用。

“核电仍是相对年轻的技术，还处于不断进步中，要通过不断的科技进步进一步提升核电安全性。”叶奇蓁说，“其技术发展路线已初见端倪，应鼓励相应的开发和研究工作。”他还表示，核能是一项朝阳技术，有巨大的改进潜力。比如耐事故燃料等技术可进一步提升安全水平、简化系统，从而增强竞争力。此外，高度创新的小型模块化反应堆可以提供新的解决方案，进一步提高灵活性、推广分布式发电。

核安全性备受关注，核经济性也不容忽视。“安全性是最重要的，但是没有经济性也不行。”王寿君提醒道，未来核能发电成本一定要做到成本比燃气还低，否则公众即使不担心安全问题，也不会接受高电价。

对此，叶奇蓁也评价说：“由于在安全方面投入巨大，三代/三代+核电站的经济性竞争力必须进一步提升，包括通过优化反应堆设计、利用现代信息技术、大宗采购、模块化和标准化施工、全球供应链的合作、创新融资解决方案、支持性的监管和监督环境，以求最大程度缩短工期，提高热效率和反应堆利用率，继而提高核电的安全性和竞争力。”

异言堂

近日，中国人民银行研究局发布题为《区块链能做什么、不能做什么？》的工作论文，引发广泛讨论。论文指出，不要夸大或迷信区块链的功能；区块链应用要立足实际情况；目前区块链投融资领域泡沫明显；应在持续研究和试验的基础上，理性客观评估区块链能做什么、不能做什么。

论文的发出对于当前所谓“言必区块链”的科技圈及其相关投资市场来说，无异于当头“冷水”。去年以来，区块链声势浩大地“席卷”科技圈，继而“横扫”资本市场，至今鲜少看到其“狂热之势”的减退迹象。各类市场化机构或“投资大佬”为其“颠覆性、革命性”背书，却鲜见研究论文对区块链中某些含糊不清的表述及应用价值做专业性厘定，更遑论阐述其技术缺陷和短板所在。我们应该为这“冷水”叫好，是时候让区块链中的不理性之势“降降温”“去去火”“醒醒神”了。

区块链是技术创新，这一点毋庸置疑。但完全忽视区块链的技术盲点，进而无限拔高区块链的技术价值毫无意义也脱离了新技术发展的正常逻辑。从现有技术来看，人们对区块链的态度显然过于乐观了。

区块链确实提供了改变某些领域传统生产方式的可能性，我国的一些国情也提供了实践区块链的机会，比如数字货币交易平台有助于缓解我国票据市场分散化的问题。但是，这些年的行业实践已经证明一些区块链应用方向是不可行的，这其中就包括被人们寄予厚望的“颠覆传统金融体系”。

论文在对现阶段夸大区块链赋能金融体系方面的批判不留情面，认为迄今为止还没有一项技术创新对金融体系产生过颠覆性影响，区块链也不例外。广被提及的加密货币被认为缺乏内在价值支撑和主权信用担保，无法有效履行货币职能，不可能颠覆或取代法定货币；区块链的匿名特征反而会增加金融交易中反洗钱等的实施难度。据笔者了解，这些说法也得到了业内人士的广泛认同。

尽管区块链经常占据科技舆论场的“头条头条”，但公众视野中的区块链形形色色。主流声音对区块链，尤其是代币（Token）的定义模糊不清，一个重要原因是区块链技术出现的时间不长，很难给新技术盖棺定论。这也一定程度上造成了有关区块链，特别是涉及公开发行的交易的Token项目投机炒作、市场操纵甚至违法违规等行为的普遍发生。

因此，区块链亟待正本清源。笔者认为，正确对待新技术发展的不同阶段是科技发展的重要准则，区块链亦然。要“因时制宜”，不要“拔苗助长”，唯如此，区块链才能“茁壮”成长为“有用之材”。

是时候为区块链『去去火』了

■赵利利

海绵城市“延迟交卷”为哪般

■本报见习记者 赵利利

2015年，住建部、财政部等部委联合开评了首批国家级海绵城市建设试点城市。按照申报要求，试点海绵城市建设周期为两年。但3年过去了，本该去年就验收的项目到目前为止还在紧锣密鼓地建设，这是为什么？

在近日召开的第四期2018年产业前沿技术大讲堂上，作为主讲人的中关村海绵城市工程研究院副院长彭志刚坦言，“出现了各种各样的问题”。

技术的本土化成本

马路绿化带、小区绿植、公园里的景观设施，这些常见的基础设施往往藏着城市海绵系统的秘密。如何把雨水截留、渗透，如何做水的净化及再利用，正如海绵以“强吸水”特性为人们所熟知一样，海绵城市正是关于水的学问，但真正实践中，海绵城市遇到的问题却不只是“水”那么简单。

城市建设使地面硬化，破坏了自然水文循环，原来能够渗透到地下的水循环路径被阻断，只能沿地表流走，直接通过沟渠流入河道。海绵城市实际上就是通过人工措施把破坏了的水文循环恢复到接近大自然的状态。

自然状态的降雨过程中，直接渗透到地下的水量占全部降雨的70%~80%。而城市开发后，比例刚好相反，20%~30%的降雨有幸渗透到地下。彭志刚表示，剩下的水会以更快的速度以线性方式最终通过河道排到下游，“很少会滋养地下水”。

随着城市的修缮和改变，水的自然循环越来越多地被城市发展所干扰。城市的淤污混接、水资源匮乏、水环境污染等问题都有待通过各种技术手段去解决。海绵城市某种程度上就是解决方案。

近年来，国外有了比较成熟的技术理念，比如美国的低影响开发理念。该理念主要采用“绿色基础设施”。所谓绿色基础设施，就是通过绿化区域排水来恢复自然状态。与之相对的是“灰色基础设施”，即城市的管网排水设施。

“绿色基础设施投资低，同时也附加一定的其他功能，比如说绿化的景观功能，应对的负荷也比较低，它解决的就是中小强度的降雨问题。”彭志刚介绍，“而灰色的设施成本很高，它应对的是‘十年一遇’甚至百年一遇的小概

率大雨。小概率大雨如果通过绿色设施去实现，设施体量就会非常庞大，当它不实现该功能的时候就会造成景观上的浪费”。

我国在做海绵城市的时候会引进一些类似的技术。但彭志刚认为，“我们的实际情况毕竟跟美国不太一样，美国是少数人在城市里住，大多数人住在村子里，他们的住宅间距非常大。大多数人挤在城市里时，问题就比较突出。”

“这些年我们通过借鉴、消化、吸收、反复应用，慢慢发现了各种各样的问题。”彭志刚表示，海绵城市后续的建设会通过不同的目标、专业、建设过程管理，争取实现适合我国国情的效果。

认识误区

海绵城市建设过程中也遇到了一些“老百姓不认可”的问题，一些认识误区成为具体实施中的巨大阻力。

这不是建设了海绵城市，就一定不会发生城市的积水内涝？彭志刚认为，这一问题还要在不同的尺度上去讨论。

不同的尺度上，海绵城市的建设更多偏向于源头，在源头上通过一些基础设施来实现降雨减排。从区域角度来讲，城市内涝防治更多的是通过地下管道；从流域角度来讲，城市的防洪还涉及到大河与城市之间的关系。

彭志刚坦言，海绵城市解决的是“大概率小雨雨”，对这种“小概率特大降雨”更多的是“缓解”，而不是解决。他表示，经过这些年的发展，海绵城市在不同城市的实践中也形成了不同的技术体系。针对不同的环节，通过“源头治理、过程控制、末端调蓄”达到相应的效果。

彭志刚介绍了海绵城市技术的“六字真言”——“渗、滞、蓄、净、用、排”。前三者为偏源头的技术措施，所实现的效果更多是把水滞留下来，延缓其往外排放的速度，抑制地下水的下降；后三者则偏向于中端和末端的一些措施，如应用和排放。

海绵城市的标准并不是越高越好。彭志刚认为，要注意水质和水量的平衡。如果一个城市通过海绵系统处理雨水的合理值为80%，为了“做到极致”提高到95%的标准，“那基本上就没有水进入到河道了，对自然也是

一种破坏”。

除此之外，海绵城市还要兼顾分布与集中、景观与功能以及生态与安全的关系。

投资回报难题

海绵城市属于基础设施建设，没有经济性收入，谁来买单？目前来看，还是政府。

“纵观三年的试点建设，有经验也有教训。”彭志刚表示，国家通过强制手段给我们开了一个好头，也通过后续的政策持续性给我们创造了几百亿元的市场规模。

“有了《指南》（《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》）以后，才有了三部委在全国范围内进行海绵城市国家级试点的打造。”彭志刚表示，为了有效、快速推动试点海绵城市的建设，政府有了大量的资金补贴，到目前为止，30个试点城市总共补贴金额超过400亿元。

彭志刚坦言，这不是一个很大的体量。2015年国务院办公厅印发的《关于推进海绵城市建设的指导意见》对于海绵城市建设做了明确规定。其中提到，“到2020年，城市建成区20%以上的面积达到目标要求；到2030年，城市建成区80%以上的面积达到目标要求。”

“假如80%的目标真的能够实现，恐怕城市看海的经历将成为永久的回忆。”网友的这一预判表明这一指导意见的力度所在，但真正付诸实践并不是一件简单的事情。

彭志刚表示，文件下发了以后，城市所有即要增加的新建建筑都必须按照海绵城市的要求来建设，由后续增量来弥补前面的存量问题，“大家‘咬咬牙’到2020年基本能够实现”。

但到2030年，城市建成区80%以上的面积要达到海绵城市建设要求，这就意味着存量部分建筑小区、城市道路、公园广场也要改造，“这一改造的体量非常大”。彭志刚所在团队曾经在全国范围内统计过，总共将近700个城市，要有上万亿元的投资，才能达到该指标。

“这是一个庞大的产业。”彭志刚说。怎么盘活这个产业？他描述了一个“不错的”设想：把有地产开发能力、海绵城市建设能力的各方组合到一起，通过海绵城市建设提升周边环境，从而使土地或者周边房产溢价，反过来弥补海绵城市的收益。

按图索技



►运20战略军用大型运输机

▼我国首台自主研发的大推力加力式涡轮风扇发动机——太行发动机

►JY-300空中无人预警监视系统

陈彬摄

国产航空设备争艳珠海航展

近日，备受瞩目的第十二届中国国际航空航天博览会在广东省珠海市开幕。各色航空航天设备争相亮相，让参观者大饱眼福。

此次珠海航展共有770家参展商参展，展览规模创下历史新高。其中国内展商约占55%。在本届航展上，国内参展企业的展品结构、档次、质量均进一步优化。如运-20、运-9、轰-6K、空警-500、歼-10B等空军现役机型悉数亮相。FTC-2000G、“枭龙”等外贸机型也一展雄姿。

尤其值得关注的是，国产新型涡扇发动机“太行发动机”亮相珠海航展。这款发动机也是太行发动机最新改进型号，目前已经开始装备中国空军的主力战机。太行发动机是中国首个具有自主知识产权的高性能、大推力、加力式

涡扇发动机，也叫涡扇10系列发动机，它填补了国产先进涡扇发动机的空白。

此外，由中国电科38所利用自身雷达及平台优势自主研发的JY-300空中无人预警监视系统，也引起了很多人的关注。该系统是国内首次采用雷达天线与无人飞行平台一体化设计技术研制的系统，最大程度保证了雷达载荷与平台的整体性能，可对海面舰船、舰载直升机、反舰导弹等目标进行长时间、远距离以及大范围的侦察监视。

在接受《中国科学报》记者采访时，有民航业相关人士表示，此次珠海航展的一大特色便是，各参展商并不仅限于对产品的一般性介绍，而是通过各种手段深度展示产品的性能。（陈彬）