

中国核电安全续航

本报记者 王轶辰

前沿探索

2011年3月,日本发生9级强震并引发海啸,造成福岛核电站放射性物质泄漏,成为近年来全球最严重的核事故。受此事件影响,我国政府一度暂停了核电项目审批,并在全国开展核安全大检查及安全技术安全改进。

2015年,辽宁红沿河核电站5号、6号机组,福建福清核电站5号、6号机组相继获批,我国沿海核电陆续重启。核电开发的头等大事是安全,新一轮核电工程的开工建设,再次引发了公众对核电安全的集中关注。为此,《经济日报》记者近日走进建设中的福清核电站一探究竟。

核电盖“金钟罩”

福岛核事故给全世界敲响了警钟,各国纷纷对核电安全提出了更高要求,新建核电的核安全标准更加严格,第三代核电成为当今世界核电发展的主流技术。我国自主创新研发的第三代先进压水堆核电机型华龙一号(HPR1000)也不例外,不仅消化吸收国际三代核电先进技术理念,还充分汲取日本福岛核事故经验反馈,采用国际最高安全标准研发设计,在保证成熟可靠性的基础上,显著提升了电厂的安全性,平衡了经济性。

福清核电站是华龙一号首堆示范工程所在地。站在电站的观景平台远远望去,整片工地吊塔林立,一片忙碌,准备装配华龙一号的5号机组核岛安全壳已经接近封顶,和旁边采用二代改进型技术的4号机组核岛相比,这简直就是一个“大块头”,明显“胖”出了好几圈。

“这个大小不同正是华龙一号的重大改进。”中核集团福清核电有限公司副总经理陈国才告诉记者,在华龙一号的安全设计中,加入了防范商用大飞机恶意撞击一项,这是“9·11”事件后美国核管会对核电站最新的安全要求,也是全球最高安全标准。为达到这一效果,华龙一号将安全壳厂房设计为双层安全壳。

双层安全壳是包容放射性物质的最后屏障,也能抵御外部灾害的袭击。记者了解到,华龙一号内层安全壳内径46.8米,壁厚1.3米,新增的外层安全壳内径为53.0米,下部壁厚为1.5米,上部壁厚为1.8米,这与之前的核岛相比有了明显加强。同时,华龙一号的钢筋强度也有所加强,抗拉强度和屈服强度更高。

在抗震方面,华龙一号抗震设计基准提高到了0.3g地面水平峰值加速度,相当于可以抵抗9级以上的地震,较二代改进型机组提升不少。“这个提升水平是特别高的,使得电站在极端外部事件中,可以保证整个反应堆的安全。”中核集团福清核电有限公司副总工程师薛峻峰说。

同时,电厂事故应急能力也有明显提高。华龙一号通过改进应急供水、移动电源以及提高应急设施可用性和可居留性等,提高了事故后的应急响应能力。比如,以往出现事故,需要操作人员在短时间内判断电厂发生了什么事故,并执行操作。华龙一号则多采用自动控制信号叠加,可以自动执行安全功能,留给操作人员更长的响应时间。

核岛有了“双保险”

“华龙一号”首次明确提出了“能动+非能动”的安全设计理念,对先进压水堆设计进行了系统性创新。其中,能动技术最突出的特点是:在核电厂偏离正常时,能够高效可靠的纠正偏离;非能动系统则是:利用自然循环、重力、化学反应、热膨胀、气体膨胀等自然现象,在无需电源支持的情况下,保证反应堆的安全,使设计更加简化。

“能动与非能动相结合的安全设计是华龙一号最具代表性的创新,也是满足核岛安全设计,满足纵深防御要求和多样性原则的典型范例。”中核集团核电工程公司华龙一号首堆项目经理宋代勇表示,“能动+非能动”是华龙一号比二代改进型机组安全提升方面最关键的环节。记者了解到,以往的核电站执行安全功能主要依靠能动安全系统,电厂一旦发生事故,首先要停堆,之后再反应堆的余热带走。福岛核事故之所以发生,就因为反应堆虽然关停,但外部电力缺失,热量没有及时导出来,最后造成堆芯熔化的非能动系统,即非能动的二次侧余热排出、非能动的安全壳热量导出、非能动的



▲ 近处为建设中的装机华龙一号的福清核电站5号机组,比远处的二代改进型4号机组大了几圈。

▲ 华龙一号核岛内部使用了大量加强型钢筋。

▲ 福清核电站5号机组核岛内部。



堆腔注水冷却对能动系统的补充,来保障核电安全。

内部安全提升的另一大亮点是反应堆堆芯的改进。华龙一号的反应堆堆芯从157扩容到177,可使发电功率提高5%至10%,在提高经济性的同时,降低了堆芯内的功率密度,堆芯熔化概率和大量放

三代核电机组简介

第一代核电机组

核电站的开发与建设开始于上世纪50年代。1954年,苏联建成电功率5000千瓦的实验性核电站;1957年,美国建成电功率9万千瓦的希平港原型核电站;这些成就证明了利用核能发电的技术可行性。国际上把上述实验性和原型核电机组称为第一代核电机组。

第二代核电机组

上世纪60年代后期,在实验性和原型核电机组基础上,陆续建成电功率在30万千瓦以上的压水堆、沸水堆、重水堆等核电机组,它们在进一步证明核能发电技术可行性的同时,使核能的经济性也得以证明:可与火电、水电相竞争。上世纪70年代,因石油涨价引发的能源危机促进了核电的发展。目前,

射性物质释放概率等多个安全指标都超过了现有三代核电技术的标准,提高了核电运行的安全裕量。

“福岛事故”不会重演

除了在建中安全系数更高的华龙一号外,我国其它既有核电站同样具有极高的安全性。首先,在电站选址和设计上,我国就极大避免了极端外部事件引发重大事故的可能。中核集团福清核电有限公司环境应急处处长黄鸿告诉记者,“在核电厂前期工作的不同阶段,均开展了相应的地震地质、岩土工程勘察工作。在可行性研究阶段,地震安全性评价报告还通过了国家地震安全性评定委员会和中国地震局的评审及批复。目前总体来看,我国核电厂址设计基准地震动参数的选取是安全和偏保守的。”

记者还获悉,为保证安全,我国各核电厂址设防均按最大台风浪考虑,可保证海啸发生时,厂址不受洪水威胁。各核电厂址在确定厂址外部洪水时,除考虑以上因素外,还全面考虑了其它如天文潮、海平面上升等因素,通过提高厂址标高和在厂址外围构筑核安全级海工构筑物(防波堤、护岸等)确保不受洪水威胁。

此外,我国大陆沿海都有广阔的大陆架,且我国大陆沿海受琉球群岛、东南亚诸国以及自身岛链的阻挡,远东海啸进入这一海域后,能量衰减较快,对大陆沿海影响较小。“因此,在我国核电厂设计中,对设计基准洪水的确定是适当、可信与保守的,福岛遭遇的极端海啸在我国不会发生。”薛峻峰说。

与此同时,法规和标准是核电设计、建造的基准,也是电厂安全运行的指导。为切实贯彻核电发展安全第一的方针,我国已建立并执行着一套完善的、与国际原子能机构最新的核安全要求相当的、核工业界普遍认同的核法规标准体系。

可以说,我国核电建设是在一套完善的、严格的核安全法规标准体系指导下进行的。因此,我国核电设计执行的标准和规范能够确保核电厂构筑物、系统以及设备设计和制造的安全性达到或超过国际核电发达国家的标准要求。

全球商业运行的400多座核电机组绝大部分是在这段时期建成的,称为第二代核电机组。

第三代核电机组

受1979年和1986年三哩岛和切尔诺贝利核电站分别发生严重事故的负面影响,核电发展进入低潮。为解决这些严重事故的负面影响,美国和欧洲先后出台了“先进轻水堆用户要求”文件,即URD文件,以及“欧洲用户对轻水堆核电站的要求”,即EUR文件。国际原子能机构也对其推荐的核安全法规(NUSS系列)进行了修订补充,进一步明确了防范与缓解严重事故、提高安全可靠性和改善人因工程等方面的要求。国际上通常把满足URD文件或EUR文件的核电机组称为第三代核电机组。(本报记者 王轶辰整理)

本报道 记者余惠敏、通讯员杨保国报道:近日,《物理评论快报》发表了中国科学家在量子通信领域创造的新世界纪录,中国科技大学潘建伟及其同事张强、陈腾云,与清华大学王向斌及中科院上海微系统所、济南量子技术研究院等单位科研人员合作,在国际上首次实现超过400公里抵御量子黑客攻击的测量设备无关量子密钥分发,极大地推动了兼顾安全和实用的远距离光纤量子通信的发展。

首次实现超

400公里的抗黑客

量子密钥分发可以为分隔两地的用户提供无条件安全的共享密钥。从1984年第一个量子密钥分发协议(BB84协议)提出以来,增加安全通信距离、提高安全成码率和提高现实系统的安全性是开发实用性量子密钥分发最重要的3个目标。

近年来,中国科大潘建伟小组围绕上述3个目标进行了原创性的实验研究,取得了一系列国际领先的成果:2013年,在国际上首次实现测量设备无关的量子密钥分发,彻底解决了所有针对探测系统的黑客攻击,被美国物理学会评选为2013年度国际物理学重大进展;2014年,将测量设备无关的量子密钥分发安全通信距离拓展至200公里,创造了新的世界纪录;2016年,又在国际上首次实现了基于非可信中继的量子密钥分发网络。然而,这些实验的安全成码率较低,严重限制了该技术的实际应用。

针对此问题,清华大学王向斌小组提出了4强度优化理论方法,可以大幅度提高安全成码率和安全距离。理论分析表明,该方法在典型实验条件下可以将成码率提高近两个数量级,从而大幅度提高实用化水平。

2016年,潘建伟小组进一步通过发展稳定的双光子干涉技术和系统长时间稳定技术,采用王向斌教授发展的理论方法,结合上海微系统所尤立星研究员研制的高效低噪声超导纳米线单光子探测器,成功地将测量设备无关的量子密钥分发安全传输纪录拓展至404公里超低损耗光纤和311公里普通光纤距离,创造了光纤传输距离新的世界纪录。

特别值得指出的是,在相同现实条件下,即使利用完美单光子源,BB84协议也不能在这么长的传输距离上实现。该实验在207公里处的安全成码率与2014年的200公里实验提高了500多倍;在102公里的安全成码率已经足以保证安全的语音通话,从而充分验证了测量设备无关量子密钥分发的实用性。

该成果近日发表在国际物理学权威期刊《物理评论快报》上,审稿人高度评价它“是一个杰出的成就”“打破了BB84协议下单光子源的传输终极限”。

防控黄萎病取得突破——

棉花“癌症”有望攻克

本报道 记者沈慧从中国科学院微生物研究所获悉:由该院郭惠珊研究员领导的研究组在国际上首次发现棉花“癌症”——黄萎病的罪魁祸首大丽轮枝菌的侵染结构及其致病机理,在此基础上首次利用RNAi干扰技术阻止病菌在棉花中扩展,并研究出新的棉花品系。相关论文已经分别发表在国际重要期刊上。大丽轮枝菌是一种具有毁灭性的植物病原真菌,寄主非常广泛,能够侵染400多种植物,包括很多具有重要经济价值的农作物。2005年到2010年,全球棉花年均产量2352万吨,其中,因大丽轮枝菌病害造成的经济损失每年达上百亿美元。由于大丽轮枝菌生活在维管束中或地表耕作层40厘米范围,且变异频繁,化学药剂防治难以奏效,病害发生严重。

如何攻克这一“癌症”?郭惠珊研究组通过反复实验摸索,在显微镜下揭开了这个病菌的遮盖布,并发现,棉花其实也有它们的反击措施,即被侵染后会激发植物自身的免疫反应。但过度的免疫反应,可能造成植物自身机体的细胞死亡,有利病菌依赖死亡的植物机体进行腐生生活。

怎样更有效对付这个狡猾的棉花“杀手”?郭惠珊小组在研究中发现了一种新型现代武器——RNAi。简单地说,RNAi就是双链RNA产生的一小段RNA,像是基因的小剪刀,可以对同源靶标信使RNA进行切割或抑制其翻译成蛋白的过程。于是,利用这把“小剪刀”,他们在陆地棉中培育出抗黄萎病的新品系,经实验室和国家西北内陆棉区抗病性鉴定中心鉴定,新品系抗黄萎病性相对于对照品种提高了22.25%。

那么,新品系究竟是怎么有效抵抗大丽轮枝菌的?郭惠珊研究小组提出新的疑问,开始了进一步的研究。最终,他们发现,被大丽轮枝菌侵染的棉花会诱导积累一类植物内源小RNA,而这些小RNA能够跨越植物和病菌之间的界限,转运到病菌细胞中,降解病菌的致病基因,以此抗衡大丽轮枝菌的侵袭。

“这是学术界首次证明了植物-真菌跨界小RNA诱导病原靶基因沉默的抗病新途径。这一自然抗病新途径的发现,为RNAi技术在棉花抗黄萎病的有效应用中提供了重要的理论支持。”郭惠珊研究小组博士后高峰表示,植物中的病害至少百分之七八十由真菌引起,这一成果有望进一步拓展应用到其他植物真菌病害的防控体系中。

本版编辑 郎冰

联系邮箱 jjrbxzh@163.com

“植物专家”随身带 一键识别花世界

本报记者 陈颀

谁不喜欢花呢?但谁能准确识别出所有花的名字和种类呢?专家说,全世界已发现至少25万种花卉。并且,你知晓花的种类名称,也很难说出关于花的故事来。

日前,微软亚洲研究院推出最新款智能识别应用——“微软识花”。这是位可以随身携带的植物专家,能帮你破解花的秘密。拿出手机,打开App,拍张照片,一键识别,便可随手满足好奇心。据悉,这款App应用范围覆盖了我国的绝大多数花卉。

“对于任何物种的分类都是艰难的。”微软亚洲研究院常务副院长芮勇说,“在App的研发过程中,植物专家对提高花卉识别能力起到了基础支持的作用,这是我们和中国科学院植物研究所多年来学术合作的成果。”中科院植物所不仅提供了260万张花卉识别图片,还提供了经专家鉴定的中国常见花列表。此后,微软亚洲研究院利用先进的技术开发出识别花卉的算法,并把识别结果挑选出来,供植物所专家鉴定。经过两三次迭代的过程,才得到了最终训练机器识别的样本集合。

“这次合作缘于一次机缘巧合。”芮勇

介绍说,“2015年,在中科院植物所举办的一次研讨会上,我展示了研究院在计算机视觉方面的最新技术。植物所的专家们对此很感兴趣,希望可以把最好的识别技术应用到我国的植物调研和科研中去。同时,我们也希望借此机会,将精确识别技术在应用中进行锤炼和创新。大家一拍即合,共同合作迎来了‘微软识花’。”

据悉,这款“微软识花”应用技术的研发背后很有挑战性。相比于常规的识别狗等动物识别,花卉不仅种类繁多,还不断涌现出大量形态各异的新品种。“我们多媒体搜索组的研究员们在精确识别技术方面有着长久的积累,正希望做这样具有挑战性的事”。芮勇说,“这款App主要应用了深度学习技术。传统的深度学习技术是一个自下而上的人工智能学习过程,如果我们能加入人类智能,对机器的深度学习进行指导,会大大提升精度和效率,迸发出增强智能的魔力。研究员们在这方面下了很大功夫”。

那么,人类是如何识别出不同种类的花呢?假设,摆在我们面前一朵花的照

片:我们首先会注意到这张图片中花出现的区域,并排除周围的草地等干扰项;接下来,会将注意力放在花的关键特性上,通过颜色、形状、大小等特性,可以大致确定出花的类型。

研究员们基于以上人类观察物体、对物体的种类进行判断的过程,独具创新地开发了一个自动的视觉多级注意力模型,能够根据分类学家制定的“界门纲目科属种”的分类系统,一层一层递进,提高识别的准确性。

“具体在识花方面,需要机器对基本层级有一个提前认知。我们先加入一个花卉本身的层级结构,将它作为一种先验证的知识来指导机器学习。还要考虑到层级的信息,例如,不同科植物之间不会有相关性。”芮勇介绍,首先要确定花的“科”,再通过一些细节的特征,例如花瓣的分布、形态等来确定它属于哪个“属”,最后,通过花瓣的颜色、纹理等更为细微的特征来具体判断它属于哪个“种”。一朵花就是这样被计算机识别出来的,当然,每一种花的识别过程也是“因花而异”的。

如果玩腻了识花,“微软识花”还有另一个有趣的功能等待你开掘:识别其它的日常物体。随手拿起衣服、摆个文具来测测这款应用的“智商”,也是挺有趣的事呢!据悉,在常用物体的识别上,采用了微软亚洲研究院最先进的图像识别技术。在内部测试中,识别精度可以达到90%。

谈及“微软识花”的未来走向,芮勇说,“我们十分注重将基础研究成果应用到生活中去,以便为人们真正带来改变”。

为此,微软的研究人员制定了多个发展方向:第一,加入更多花卉的种类,将识别的范围拓展到多个国家,并提供多语言产品以及更多的平台。第二,提高识别的精确度,在学术合作中提升数据库的质量和范围。第三,拓展产品的科普功能,丰富花的知识,提供更多互动功能,拓展人们在博物知识方面的涉猎。第四,努力实现离线版本与在线版本的无缝切换,造福更多开发者。最后,希望该项目能对专业研究者的科学研究带来便利。“让学术研究服务更多的人,一直是我们的目标所在。”芮勇说。