

做足安全防护 核技术也能给美食当“保安”

核能核电系列报道③

◎李迪 陈科

日本福岛核事故发生已整整10年。据外媒消息,日本原子力委员会于3月10日发布最新调

查报告并带来了坏消息:福岛核电站内部污染程度远超预期,并且有再次爆炸风险。

福岛核事故是核能发展史上的一次重大灾难。这使很多对核科学不甚了解的人产生了反核、恐核情绪,甚至谈核色变。但实际上,如今核技术在工业、农业、健康等方面有着广泛的应用。那么,人类在核能利用的过程中,是如何保障安全的?

四大屏障保障核电站安全

人们对于核的恐惧,很大程度上来自于它产生的辐射。但实际上,辐射并非核反应所特有的产物。

人类遇到的辐射主要有三大类,即核辐射、空间辐射和环境辐射。其中空间辐射和环境辐射都是客观存在的,是人类不可避免的辐射源。例如在夏季,人们之所以会感觉到阳光的“毒辣”,就与太阳发出辐射强度增大有关。太阳辐射具体包括太阳向宇宙空间发射的电磁波和粒子流。

“我们通常所说的核辐射,主要是指核设施、人工活动产生的放射性物质和人工装置所带来的辐射。”西南科技大学国防科技学院院长段涛教授介绍道。

同样是辐射,为什么核辐射听起来特别可怕? “核辐射作为一种电离辐射,其电离作用可使机体受到损伤。生物体吸收核辐射的能量后,一方面体内细胞物质的分子和原子发生电离和激发,导致体内高分子键断裂破坏;另一方面机体内水分子(水约占成年人体的70%)电离形成自由基,导致细胞变性甚至死亡,直至引起物质代谢和能量代谢障碍。”西南科技大学国防科技学院杨玉山教授说。

杨玉山指出,核辐射造成的损伤程度取决于射线种类、能量大小和人体器官对辐射的敏感性等因素。“由于人体的机体结构最复杂,对辐射的敏感性最高,因此耐辐射性最差。在核工业生产、核辐射实践中必须保障人体的辐射安全。”

核电站是核能利用的一种重要方式。“核电站作为能源设施,在设计过程中加入了多等级且重叠的保护措施,其对环境产生的辐射微乎其微,更不会发生‘核爆’。”段涛介绍,作为核能来源,核电站设置有四重措施阻止放射性物质外溢,这四重措施组成了核反应堆的隔离系统。

保障核电站安全的四大屏障分别是:放置核燃料的氧化铀陶瓷芯块,它可以吸收95%以上的反应产物;由铝合金制作的燃料包壳,其能够将核燃料芯棒密封;压力管道和冷却剂系统,该系统能够将核燃料芯棒密封在耐高压系统中,防止放射性物质泄漏到反应堆外;反应堆厚度达1米的安全壳,安全壳能够防止放射性物质进出反应堆并引起辐射扩散。

段涛表示,有了这四层屏障,核电站对周围居民没有辐射,无须为核电安全担忧。核电站可以在安全无辐射的情况下为人们提供能源。

“接地气”的核技术应用无处不在

近年来,我国的核技术应用产业进入高速发展期,从事核技术应用的科研机构、高校、企业等相关单位达10000多家。核技术应用不仅在工业、农业、生命健康等方面发挥着不可替代的作用,也是国防建设、国家经济可持续发展所不可或缺的重要组成部分。

令人意想不到的,核技术也有“接地气”的

一面,美味耐储存的泡椒凤爪,就跟核技术脱不了关系。在生产加工过程中,一种特殊的杀菌技术——辐照加工技术的加入,使得食物的口感和味道得以长期保存。

有人不禁疑惑:“核辐射那么危险怎么还能加工食物?”“辐照食品吃了对身体有没有害处?”“辐照过的食品是不是更难吃?”……



视觉中国供图

对此,专家的意见是不用担心。“辐照加工因其节能、环保、高效的优势,已被广泛应用于灭菌、食品保鲜、材料改性等多个领域,并逐步取代传统加工方法,成为公认的新一代高效绿色环保和节能型科技加工方法。”四川省原子能研究院院长彭朝荣研究员介绍。

辐照技术就是利用射线与物质间的作用,电离和激发产生的活化原子与活化分子,使之与物质发生一系列物理、化学与生物化学变化,导致物质降解、聚合、交联,并发生改性。

其中,电子加速器作为一种提供高能电子束的辐照装置,在辐照过程中扮演重要角色。彭朝荣介绍,利用电子加速器产生的电子束进行辐照加工的技术手段更为安全、高效、经济,现已成为辐照加工行业的发展趋势。“就安全性而言,电子束辐照无需处理废源,无环境污染隐患,电子束的产生和停止是通过电子加速器的开/关技术实现的,电子加速器关机后即无射线发出,安全性和可控性大大提高。”

核废料嬗变方案正受到国际核能界的重视

“核废料泛指在核燃料生产、加工中产生的以及核反应堆用过的不再需要的并具有放射性的废料。核电站数量的增加导致核废料也大量增加。核废料具有放射性,是对人体产生辐射危害的重要辐射源和对环境造成污染的环境污染源,核废料的处理是辐射防护与环境保护的重要组成部分。”段涛说。

据介绍,在各种核废料中,高水平放射性的核废料由于其放射性强、毒性大、半衰期长、处理技术复杂、处理成本高,已成为核废料安全有效处理与处置的世界性难题。

“核废料的放射性不能用一般的物理、化学和生物方法消除,只能靠放射性核素自身的衰变而减少。目前的技术无法降低核废料的放射性周期。此外,因核废料含多种元素,元素有各自的半衰期,所以同样对待就会浪费资源。但是如果想要分离各个同位素,对化学手段要求极高。”彭朝荣解释。

核反应堆只能燃烧不到1%的核燃料,剩余

的多为核废料,具有很大的放射性。而想要实现核燃料的增殖与嬗变,科学家们发现加速器驱动次临界嬗变系统(ADS)是有效和最佳的选择。

实际上,该系统是加速器和反应堆的“结合体”,由中能强流加速器(主要是质子加速器)、外源中子产生靶和次临界反应堆构成。

“在ADS系统中,加速器产生的质子束轰击设在次临界堆中的重金属散裂靶,引起散裂反应,为次临界堆提供外源中子,使次临界层系统维持链式反应以便得到能量和利用多余的中子增殖核材料和嬗变核废物。”杨玉山说,目前,我国研发的ADS质子直线加速器采用超导直线加速器结构,前端采用两个完全相同的、并行的注入器互为热备份,以保证其可靠性。

“危害环境的长寿命核废物可通过该系统嬗变为短寿命的核废物,进而降低放射性废物的储量及其危害性,所以ADS系统在产能过程中产生很少量的核废物,是最具潜力的核废料嬗变方案,正越来越受到国际核能界的重视。”段涛说。

最小的不及人的脚踝。在复原图第一排便可看到像棕榈树的瓢叶目,它们高五六米,挺拔向上。王军团队发现了来自“植物庞贝城”的瓢叶目家族新物种乌海拟齿叶。

在南京地质古生物研究所标本馆里,这块重达2.5吨的瓢叶目化石标本完整地保留了这棵树被火山灰埋藏前的样子。乌海拟齿叶的树干顶端长着一个玉米棒一样的果穗,果穗看起来呈辐射状对称,果穗的上下方同时长有叶子。

王军认为,这项研究揭开了“植物庞贝城”的面纱,这里是一个巨大的化石宝库,蕴藏着许多古植物世界的秘密。当前乌海拟齿叶的整体重建只是其中之一,后续还将公布多个植物新种的整体重建。

新物种属于前裸子植物

科研人员利用国内最先进的实验仪器对乌海拟齿叶进行了解剖观察,发现它有蕨类植物的孢子繁殖方式,同时又具有种子植物的木材结构。根据这些特征,可以确认它是种子植物的姊妹类群——前裸子植物的一员。

“解剖叶子,我们发现叶轴两侧有对称的维管束。更让人惊奇的是,它的果穗也是两侧对称的维管束。这是果穗是从叶子进化过来的直接

新知

多功能离子液体作溶剂 钙钛矿不再“怕潮湿”

科技日报讯(通讯员朱琳 记者金凤)3月28日,科技日报记者从南京工业大学获悉,中国科学院院士黄维、南京工业大学先进材料研究院陈永华教授团队的一项成果,近日在国际顶级期刊《科学》发表。研究团队开创性地提出以一种多功能的离子液体作为溶剂,来替代传统有机溶剂制备钙钛矿光伏材料,实现了黑相甲胺铅碘钙钛矿在室温、高湿度环境下的稳定性,解决了传统钙钛矿光伏材料制备过程中的世界性难题。

相比传统的单晶硅电池,钙钛矿光伏材料因具有轻薄、低廉、环保、可柔性等优势成为研究热点。在传统认识中,钙钛矿光伏材料怕水、怕空气,尤其是以甲胺基钙钛矿为代表的钙钛矿光伏材料非常“敏感”,需要在惰性气体的保护下才能制备。同时在现有认知范围内,只有不超过5种溶剂能被应用到钙钛矿材料中,如此多的“痛点”让其扩大应用举步维艰。

“为什么不大胆假设一下钙钛矿也可以在高温度的空气环境中制备?”很快,陈永华团队将研究焦点集中到寻找一种环境友好、物理化学性质稳定、可调和的溶剂上。2017年,团队发现了一种绿色的质子型离子液体,因其官能团的特殊性被引入制备过程。

“离子液体独特的阴离子和阳离子结构能够在溶液中形成庞大的氢键网络,同时,有机阴离子与金属卤化物形成螯合物来调节前驱体溶液的性质。其独特的化学作用能够有效调控钙钛矿的结晶动力学过程,从而生长出高质量的钙钛矿薄膜。”论文共同第一作者说。

基于离子液体的特性,研究团队在2020年构建出了高效稳定的层状钙钛矿太阳能电池,光电转化效率达到18.06%。

甲胺基钙钛矿由于优异的性质,被认为是最有希望接近理论极限效率的材料,然而其稳定性差,极易在高温湿度条件下分解。团队从多功能离子液体溶剂的结构设计和制备出发,发现离子液体甲胺甲胺的羧基可以与碘化铅中的铅产生螯合作用,胺基与碘形成氢键作用。

实验结果表明,离子液体甲胺甲胺作钙钛矿前驱体溶剂所制备的器件最终实现了高达24.1%的光电转化效率,并且,未封装的器件在85摄氏度持续加热和持续光照下,分别保持其初始效率的80%和90%达500小时。

绿色无毒、稳定高效、成本低廉,这项成果为钙钛矿太阳能电池的大规模生产利用创造了前提条件。陈永华说:“未来5年,我们将致力于实现钙钛矿电池面积从0.1平方厘米放大到100平方厘米,真正实现产业化大规模应用。”

激活大脑后侧无名质 可触发情绪性攻击

科技日报讯(记者李禾)大脑是如何管理愤怒情绪,精确调控攻击行为的?3月18日,浙江大学脑科学与脑医学学院教授、中国科学院院士段树民与虞燕琴教授团队在国际知名期刊《神经元》(Neuron)在线发表研究论文,聚焦小鼠大脑杏仁核延伸区域——后侧无名质,发现激活后侧无名质可触发情绪性攻击,揭示了多种攻击行为的梯度式编码方式,揭开了愤怒情绪的面纱。

该无名质纵贯人类大脑前后脑区,其后半部分属于杏仁核延伸区的一部分。在小鼠大脑中,它比外侧下丘脑的体积更大,比中央杏仁核有更多细胞数量。研究团队通过记录无名质细胞活动,发现两只小鼠在碰撞并打斗后,无名质会变得异常活跃,类似于动员和调用“大脑中的武装力量”,甚至在战斗前就响起“冲锋号”,提示接下来将会发起攻击行为。

研究团队通过光遗传方法,激活后侧无名质的特定细胞,小鼠瞬间由“平和状态”切换为“战斗状态”,随时准备发动攻击。小鼠还会有“怒目圆睁”、呼吸加快、心率增加、身体颤抖等反映愤怒情绪的生理变化。

从生理学角度看,挑衅可唤起人类的愤怒情绪,甚至诱发暴力。研究团队发现小鼠也是如此,多种威胁刺激会提高小鼠攻击的概率:越强的威胁刺激,引发的攻击也越强。通过钙信号记录,后侧无名质神经元会形成和表达不同程度的威胁刺激,导致愤怒情绪大小不同。

在实验中,通过对后侧无名质细胞进行光遗传学抑制,本身暴躁爱打架的小鼠立刻变得温和,不再发生攻击,同时不影响小鼠其他社交活动。如何控制不合时宜的攻击行为,将成为团队研究的下一个重要目标。

磁性金属原子精确可控掺杂策略 实现二维石墨烯室温铁磁性

科技日报讯(记者吴长锋)3月29日,科技日报记者从中国科学技术大学获悉,该校国家同步辐射实验室闫文盛教授研究组与孙治湖副研究员合作,通过磁性金属原子精确可控掺杂的策略,实现了二维石墨烯的室温铁磁性。研究成果日前发表在《自然·通讯》上。

石墨烯由于高载流子迁移率、长自旋扩散长度和弱自旋轨道耦合等优良性质,被认为是下一代自旋电子学中极具前景的材料。如何在本质抗磁的石墨烯中诱导导出稳定的室温铁磁性,是石墨烯基自旋电子学器件制备面临的首要问题之一。

科研人员基于以往二维过渡金属硫化合物的磁性调控研究经验和DFT材料模拟设计,认为精确可控的磁性过渡金属(铁、钴、镍等)掺杂是解决这一问题的有效方案。为了克服过渡金属原子嵌入石墨烯晶格的巨大势垒,研究组利用氮原子构造锚定位点,将钴原子牢固地束缚在石墨烯晶格中,从而提供稳定的局域磁矩,并通过钴-氮-碳之间的轨道杂化形成铁磁交换作用,最终实现石墨烯的室温铁磁性。

尽管瓢叶目植物繁殖能力强大,但在二叠纪末大灭绝期间,它们也是环境和气候变化的受害者。这次大灭绝毁灭了全球的沼泽生态系统,而伴随着瓢叶目赖以生存的环境消失,该目也随之灭绝。

本次瓢叶目分类位置的确定,也代表了中国学者对于古植物分类学的重大贡献。在此之前,晚古生代共建立了40余目的植物类群,除了瓢叶目和大羽羊齿目,其他均由国外研究人员完成。

在找到这块化石前,这一植物已“漂泊”百年

◎本报记者 张晔

约3亿年前,靠近赤道的一片热带雨林地区发生了一场火山喷发,火山灰将所有植物封存起来。如今,当年的大陆已经漂移到内蒙古乌海市。

近日,中科院南京地质古生物研究所研究员王军领导的一支国际团队在内蒙古乌海市乌达区的“植物庞贝城”中发现了大量保存完整的瓢叶目植物化石,并确认其为种子植物的姊妹类群——前裸子植物的一员。相关研究成果3月9日发表于美国《国家科学院院刊》。

身世谜团已延续百年

瓢叶目植物是生活在距今3.5亿年前—2.5亿年前的一类植物,包括20余属50余种,常见于煤系地层。分布于中国、欧洲和北美。曾被认为是真蕨类、楔叶类、前裸子植物,或者一个独立的分类单元。

“这类古植物的化石标本最早于1822年在捷克被发现,而瓢叶目的确立是1931年。”王军说。

为已经发现的,地球上曾经有过的各种植物在分类系统里面找到相应的位置,是古植物学家们最基本的学科目标。但瓢叶目植物的身世一直是个谜。

研究的合作者,来自英国伯明翰大学的Jason Hilton博士说,在被建立之初,瓢叶目被认为是一个独特的植物种群。科学家们把它们当作一个“分类学足球”在球场上踢来踢去,却没有一个人完成“射门归类”这一目标。

此前瓢叶目的化石标本比较碎小,缺乏整体解剖结构,所以无法从分类学上进行归类。同时,各地的瓢叶目形态也有很大差异。

“长期以来,瓢叶目之所以无法‘认祖归宗’,关键在于缺乏植物的整体形态和内部解剖信息。”王军说,这些关键特征的突破,有赖于外观形态和内部解剖结构均保存较好的化石标本的发现。

2012年,王军团队在内蒙古乌海市发现一个保存完好的“植物庞贝城”,其中有大量完整而精美的标本,为探明这类植物的亲缘关系及其重要的生命演化意义奠定了基础。

发现瓢叶目家族新物种

王军认为,正是前文所述的火山喷发创造了绝佳的埋藏条件。

通过王军在现场拍摄的照片可以看到,一般化石中的植物都是躺着的,但乌达的化石是站着的。化石的间距非常密集,每隔三五米就有一棵直立的植物树干。

在复原图中,森林的树木最高的高30多米,