

动向

第四代核能系统：“钍”里“淘金”

本报记者 杜 铭

面对能源危机、雾霾围城，核能以绿色、高效、低碳排放和可规模生产的突出优势，成为较为理想的替代能源。但是，当前核能利用过程中也存在着诸多缺陷有待克服：如核安全问题始终像“达摩克利斯之剑”，让公众心存顾虑；核燃料供应、核废料处理及核武器扩散等问题，也一直困扰着核能的发展。

虽然日本福岛核电站核泄漏事故曾引起全世界对发展核能的担忧，但人类对替代能源的追寻永远不会止步。我国科学家已经启动研制具有自主知识产权的第四代核能系统，试图破解当前和未来核能发展所面临的诸多难题，为我国的绿色发展提供不竭动力。

——

铀的“超级替补”

在包钢的尾矿坝，7万吨钍被当作“下脚料”一样，堆放在1.5亿吨尾矿中。可能很少有人知道，钍这种几乎被人“遗忘”的重金属元素也能做核燃料。这是因为，钍本身并不会像铀235那样发生裂变，只有用中子轰击它，才能将其转换成铀233再使用，被称为钍—铀核燃料循环。

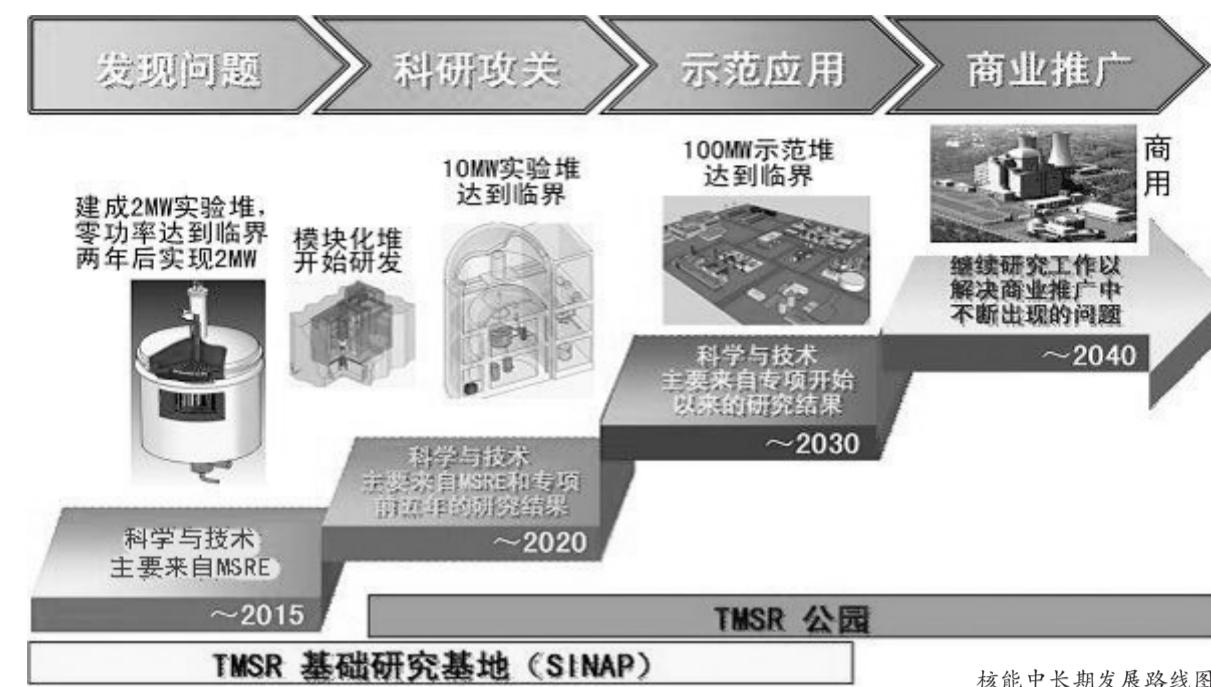
据介绍，目前全世界运行的核反应堆绝大多数是热堆，即由热中子引发裂变反应。热堆消耗的主要核燃料是铀235。自然界中铀235的蕴藏量仅占铀蕴藏总量的0.71%，其余绝大部分是铀238，占99.2%。中科院上海应用物理研究所研究员徐洪杰介绍说：“如果按照国际通用算法，未来30年核电规模为现在的7倍，那么铀235矿将在40年内用尽。”

和铀相比，钍的优势在于资源丰富。钍大量存在于地壳表层，目前地壳中钍的探明储量约为铀的3至4倍。在我国，钍储量之比约为6:1，已探明的钍工业储备量约为28万吨，仅次于印度，居世界第二位。据原包头市稀土研究院院长马鹏起测算，白云鄂博矿区的钍矿资源可支撑中国能源需求5000年。

钍替代铀，还具有很多优势。与铀在进入反应堆之前必须经过高浓缩不同，钍是直接可利用的核燃料。1吨钍裂变产生的能量抵得上200吨铀，相当于350万吨煤炭。诺贝尔物理学奖获得者、欧洲核子研究中心前主任卡洛·鲁比亚形容，一块拳头大小的钍金属，能为伦敦供电1星期。

钍作为核燃料，还可以避免核武器扩散的风险，更加和平地利用核能。传统铀反应堆产生的核废料中，有大量易于生产核武器的核燃料钚239，存在核扩散的风险。而科学界公认，钍—铀燃料循环不适用于生产武器级核燃料，只能用于产生核能。

钍的诸多优势是取代铀做核燃料的重要原因，也是中科院最终选择将“钍基熔盐堆核能系统(TMSR)”作为首批战略性先导专项之一的理由。据介绍，“先导专项”定位于解决关系国家全局和长远发展的重大科技问题。其中，“未来先进核裂变能”专项致力于解决我国乃至世界核能快速发展均面临的“核燃料的稳定供给”和“核废料的安全处置”等严峻挑战。



核能中长期发展路线图

四代堆化解“三大挑战”

“熔盐堆被认为是钍资源利用的理想堆型。”中科院金属研究所高级工程师董加胜介绍说，传统固态反应堆的缺点在于堆反应的复杂性。堆芯熔毁事故严重时，会导致核燃料坍缩到临界质量而导致泄漏，如乌克兰的切尔诺贝利和日本的福岛泄漏事故。如果核燃料是液态，所有问题都将迎刃而解，这也是熔盐堆出现的主要原因。

“熔盐堆使用熔融状态的氟化盐携带着核燃料——有点类似地壳里的岩浆，在‘炉子’中燃烧，不断输出巨大的能量。”徐洪杰说，作为国际第四代反应堆核能系统研究的6种候选堆型中唯一的液态燃料堆，它具有结构简单、可以在常压下运

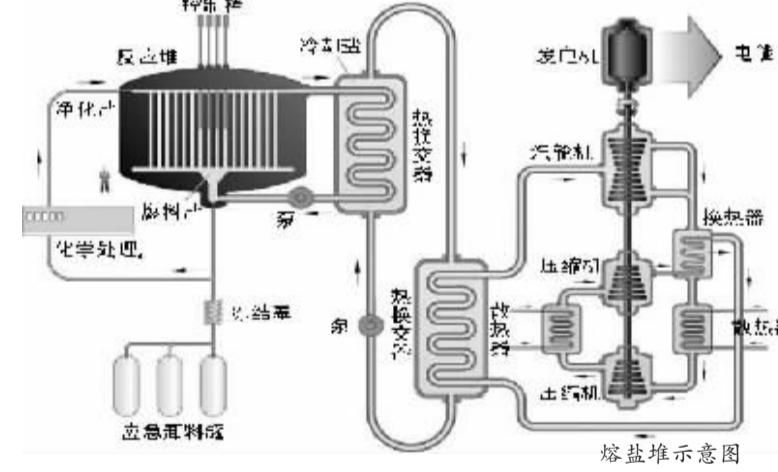
行、燃料“杂食性”强等优点。“新炉子”可以做得非常小巧，封入一定的核燃料就能稳定运行数十年，而经过充分燃烧，理论上其产生的核废料将仅为现有技术的千分之一。

熔盐堆还具有诸多安全特性。当熔盐堆内熔盐温度超过预定值时，设在底部的冷冻塞将自动熔化，携带核燃料的熔盐随即全部流入应急储存罐，使核反应终止。此外，熔盐堆工作在常压下，操作简单安全。熔盐堆还可建在地面10米以下，有利于防御恐怖破坏和战争袭击。由于冷却剂是氟化盐（同时携带燃料），冷却后就变成了不溶于水的核素。

三步走绘制“路线图”

“熔盐堆材料大多需在高温、极强腐蚀和中子辐照等多重极端环境下工作，核岛内聚合物也需在辐照的条件下工作，这对材料本身提出了极其严格的要求。”董加胜说，对燃料盐的包容是研究的难点之一，即使国外商用 Hastelloy N 合金，也依然存在长期服役后辐照开裂等诸多问题。

围绕“未来先进核裂变能”先导专项，中科院开展了联合攻关。包括上海应用物理研究所、兰州近代物理研究所在内的数家科研单位，分别承担了不同的研究课题，金属所承担的两项课题，一是熔盐堆结构金属材料，二是用于 ADS 媒变系统的新型耐高温、抗辐照、抗液态金属腐蚀材料。



熔盐堆示意图

会与地下水发生作用而造成生态灾害。

“核燃料长期稳定供应、核废物最小化处置、防止核武器扩散，是核能发展面临的‘三大挑战’。”这也是我国第四代核能系统的预定目标。相比目前的主流核电技术——第三代反应堆，第四代堆包括了核燃料加工技术、反应堆技术和核废料处理技术，所以称为核能系统。

“未来先进核能”先导专项还包括加速器驱动次临界系统(ADS)，它是国际公认的最有前景的处置核废料的嬗变技术之一，是未来彻底解决核废料对生物圈危害的重要技术。中科院金属研究所研究员杨柯说，相对国际上现有两种处理核废料的方式，即一次通过和闭式循环，加速器驱动次临界系统(ADS)可在闭式循环的基础上进一步利用核嬗变反应，将长寿命、高放射性核素转化为中短寿命、低放射性的核素。

金属所副所长张健介绍说，金属所已经研制出具有自主知识产权的GH3535合金，其耐熔盐腐蚀、抗氧化，以及物理、力学等各项性能，均达到或超过了国外同类合金水平，在纯净度方面具有明显优势。

由于全球新一代核反应堆尚处于研发中，因此，我国通过自主研发、自行设计制造四代堆，能够掌握全部知识产权，保证我国未来的国家能源安全。

“目前，先进核能专项已完成 ADS 研究装置和 2 兆瓦固态燃料钍基熔盐堆的概念设计。”中科院日前向记者通报了先导专项的研究进展。但这仅仅只是一个开始，距离“更安全、更清洁、最终也更便宜”的钍反应堆为人类服务还有很长的路要走。从过去的情况看，每一代反应堆从实验室攻关到进入中试阶段，再到核电站的商业运作阶段，会经历二三十年的漫长过程。

根据中科院制定的“核能中长期发展路线图”，在钍基核能系统方面，我国计划分3步走：到2015年，集中力量加强钍铀循环和熔盐反应堆技术的基础研究和技术攻关；在此后的2020年和2030年前后，力争完成10兆瓦的钍基熔盐原型堆和100兆瓦的示范堆；最终进入商业化用途阶段，预计在2040年前后。

从“核能中长期发展路线图”可见，现在还处于“发现问题”的前期阶段。

为机器人节能降耗

本报讯 记者陈颐报道：作为“绿色车体技术”创新联盟的成员，西门子携手大众汽车及德国弗劳恩霍夫协会，对工业机器人的运动序列进行研究，合作开发出一套仿真模型，可从能效角度计算出工业机器人的最佳运动轨迹。测试表明，采用最佳轨迹最多可将能耗降低一半。

据介绍，工业机器人在提高汽车的生产速度和效率的同时，也消耗了大量电力。尤其是在需要使用多个机器人的车身制造环节，机器人的能耗占车身制造总能耗的一半以上。汽车生产往往需要使用许多工业机器人，一台机器人通常在数秒内就能向其他机器人移交任务，操作流畅、配合协调。真实条件下的长时间测试表明，即使采用相同的周期时间，采用最佳轨迹最多可将能耗降低一半。现代机器人的运动并不平稳，它们的手臂只能沿直线移动，在每次改变方向时，都需要紧急制动然后重新加速，这种方式损耗了大量电量，而且容易造成机械应力损耗。西门子的目标是，开发一款软件程序，无需变更生产流程就能对现有的工业机器人重新编程，让它们以更节能的方式工作。西门子正在测试的一款软件模块，能对机器人在给定工作流程的能耗自动编程，还能帮助机器人适应与邻近机器的交互，也是经济可行的唯一方式。

通过实验室测试，工程师发现当机器人的手臂沿曲线平滑运动时，可节省10%至50%的耗电量。与此同时，机械应力变小，也能降低维护成本并缩短停机时间。西门子计划对现有机器人实现重新编程，并在不增加硬件投入的前提下降低其能耗。



西门子机器人。本报记者 陈 颐摄

我国自主研发

心尖微创换瓣膜术

本报讯 记者吴佳佳、通讯员胡洋报道：在跳动的心脏上打个洞，就能给心脏换“大门”——北京阜外医院近日宣布，采用我国自主创新研发的瓣膜植入系统，成功为两位75岁以上的患者实施“经心尖微创主动脉瓣植入术”。这也是我国首次使用国产系统为患者实施心尖换瓣膜手术。

中国工程院院士、阜外医院院长胡盛寿表示，此次使用我国自主研发的植入系统，攻克了以往主动脉瓣膜植入术只能治疗主动脉狭窄、无法治疗单纯主动脉关闭不全的世界难题。

据介绍，主动脉瓣狭窄或关闭不全是老年人常见的心脏病，65岁以上人群中发病率约占3%，80岁以上高龄人群中约占5%。严重主动脉瓣病变最终将导致心衰，一般出现症状后平均生存期仅2至3年，且猝死的风险很大。传统的外科手术换瓣膜，医生要锯开患者的胸骨，在心脏停跳、体外循环支持的情况下做手术，患者要承担多脏器功能衰竭的风险。据估计，我国至少有30%至50%的患者因高龄、心功能差、存在严重并发症等而无法耐受手术，或因恐惧放弃治疗。

新技术则避免了传统手术方法存在的弊端。经心尖入路的TAVI技术，只需在左前胸切开3至5厘米左右的小口，再经心尖处的小孔就可以将人工主动脉瓣植入人体内。在视频演示中可以看到，医生首先在患者心尖部开一小孔，然后操控一根细长的输送鞘，将全新的生物瓣膜送入患者心脏。在造影监视下，新瓣膜被输送的位置定位精准，像一把“小雨伞”一样，“安装”完毕即开始工作。整个手术过程非常顺利，耗时仅1小时，术后数小时患者即可苏醒并顺利脱离呼吸机，2至5天后即可下地行走，甚至出院。

阜外医院外科管委会主任王巍解释说，微创主动脉瓣植入术分为经动脉逆行入路和经心尖入路两种。从心尖入路，手术“路途”更近，可减少血管并发症，避免主动脉斑块脱落，特别是解决了大型号瓣膜无法通过直径比较细的动脉的难题。



中国制造中的模仿与创新

□ 何春晖

仿创新者，会根据企业自身的需要和企业的技术发展方向，有针对性地在相同和相近的技术领域的现有技术中，找寻那些具有较好的市场前景和创新空间大的技术作为模仿的基础，模仿者可以对不同的原创性技术进行比较，作细致的拆解分析，判断它们的技术缺陷或专利保护不足的地方，以此作为模仿创新的突破口。

在模仿创新的活动中，最大的壁垒就是他人的专利权保护。我们提出“合理模仿、合法规避”这样的概念，既做到模仿又不构成侵权。这意味着是一种创造性的模仿，并将模仿创新的成果形成自己的知识产权，进而与原创技术的专利权拥有者进行交叉许可，共同垄断市场。

下面我们就来介绍一些模仿创新的途径：

对专利技术模仿创新

模仿创新者有针对性地对相关专利文献进行研究分析时，需要注意的是，我们不仅要认真分析专利的公开文件，还要注意每一个授权专利文件的专利保护范围，也就是权利要求书所限定的范围，它是专利法赋予专利权人的领地，我们在模仿创新时一定要避开这些领地区域。同时，成熟企业尤其是国外企业，对一项技术或一件产品的专利保护往往是以专利组合的形式出现的。我们

在进行专利分析时，不仅要对该专利权持有人的专利作全面的检索分析，同时须对他的竞争对手的专利作全面的专利检索，因为在同一个市场中，竞争者之间的专利通常关联度很大，我们应更全面地了解技术全景，更谨慎地锁定模仿创新的目标技术。

利用失效专利进行模仿创新

专利一旦失去了专利保护，就成为社会的共同财富，任何人和单位都可以无偿使用该技术而无须征得发明创造者的同意。造成失效专利的原因很多，专利保护期限届满造成专利失效，未在中国申请专利而造成在中国境内专利失效的外国专利，专利申请在审查程序中被驳回造成专利失效，专利权被宣告无效造成专利失效，专利权人未缴纳年费造成专利失效，专利权人主动放弃造成专利失效等，这些失效专利浩如烟海，价值巨大，是一座有待开发的金山。发达国家把失效专利作为宝贵的技术资源，充分挖掘其价值，或直接拿来用或作进一步的创新。这里需要注意尤其在使用国外失效专利时应当注意的是，须对其专利申请人的其他有效专利进行检索分析。失效专利有可能是该企业专利布局的一部分，在有效的专利权里有可能包含或重叠有失效专利的保护方案，需要加以注意，以避免侵权。

利用专利组合的漏洞进行模仿创新

专利组合是在专利布局下围绕技术或产品进行的有机组合，包括核心技术专利和外围技术专利，其中外围技术专利又包括配套技术专利、延伸技术专利、应用领域技术专利、上下游产品和技术专利等。一般情况下，专利组合总会有考虑不周全的地方，特别是在技术的动态发展中，后续的改进技术可以作为模仿创新者的主要研究方向。模仿创新者还可在应用领域多下功夫，将原创技术嫁接到新的领域，获得新的技术效果。

在中国制造从低端模仿走向高端创新的历史阶段，我们也要清楚地看到国外企业布下的专利雷区，如何突围是摆在中国企业面前的一道难题，但是并不可怕。我们需要熟悉知识产权竞争的游戏规则，绕开专利雷区，绕不开，就一个一个拆解它，在国外企业的先进技术的基础上进行消化、吸收、研发、创新，形成自主的知识产权。

（国家知识产权局发明审查部高级审查员）