

我国首次实现碳-14 批量生产

一文了解它的“硬核”之处

背靠泰山，面朝东海，蓝天白云下，泰山核电两台商用重水堆机组静待伫立。几天前，完成辐照的碳-14 针件从这里成功出堆，标志着我国首次实现核电商用堆批量生产碳-14 同位素。

碳-14，重水堆、靶件、同位素……晦涩的专业术语背后，是一场耗时近五年的技术攻坚战。批量生产的碳-14，不仅能让我国彻底摆脱进口依赖，还能为医药、生物等产业发展带来更大的想象空间。

日前，记者走进位于浙江嘉兴海盐的泰山核电，探究这看不摸不着的碳-14 是怎么生产出来的，又将如何振动隐形的翅膀，搅动更广阔的市场，触达我们平凡的日常。

放射性同位素碳-14 就像微观世界的“北斗导航”

吃下一颗碳-14 尿素胶囊，用一支吹气管朝一小瓶紫红色的药水吹气，仅仅通过这样简单的方式，你就可以确定自己是否感染了幽门螺杆菌。

这是一项不起眼的基础体检项目，碳-14 是其中的关键。多年来，用来测定这一口“气”的碳-14，都是依赖进口。

要深入了解碳-14，需先从地球上广泛存在的碳元素说起。煤炭、金刚石、石墨烯等，本质上都由碳原子构成。

在原子结构层面，碳元素有着多个同位素“兄弟”，它们质子数相同、中子数不同。例如，构成石墨、钻石等物质的碳-12 与碳-14 都有着 6 个质子，但前者中子数为 6 个，后者的中子数则为 8 个。

“对新技术很谨慎”的核电 从零开始种下碳-14 的种子

碳-14 实现自主量产，可以追溯到 2019 年。

彼时的泰山核电，已有 9 台稳定运行的机组，年发电量约 520 亿千瓦时。产能逼近天花板的同时，泰山如何继续发展，进一步拉动地方经济，成为了摆在中国核电、泰山核电和浙江海盐地方领导面前的一道开放题。

碳-14，被圈进了答案范围。2019 年 9 月，量产放射性同位素的可行性研究启动，樊申是项目组成员之一。

在核电站，安全二字压倒一切，“从安全层面来讲，核电站是对新技术很谨慎的。”樊申说，正因为此，生产方案的前期论证和安全分析至关重要。

形象一点解释，碳-14 的生产过程是这样的——你可以将碳-14 针件想象成一支细长的笔，坚硬的外壳紧密包裹着装载了生产原料的“笔芯”。外壳作为靶料与反应堆的界限，允许中子穿透后与“笔芯”发生核反应，但隔绝其他任何物质的迁移。

生产过程中，只需将这支笔插入核反应堆里即可。在反应堆的辐照之下，生产原料的微观结构不再稳定，质子和中子在笔芯里“游离”，一番“动荡”之后，就转变成了碳-14。

“怎么论证‘笔芯’插入核反应堆里是安全的，是最大的难题。”樊申解释，核反应堆运行的时候，有经过严密测算设定好的堆形功率分布，“按照这个状态来运行是绝对安全的，但是如果再加点东西进去，它可能就受到扰动了。”

这种变化会不会影响发电？会不会埋下其他安全隐患？泰山需要一个准确的答复。

此前，评估堆芯功率分布情况并确定重要安全参数的工作都由国外完成。碳-14 针件装入堆芯后，这个事关反应堆安全的参数必须重新计算和评价。由于碳-14 生产项目时间紧迫，专项组决定：自己算！

那段时间，凌晨灯火通明的计算机房，彻夜加班后的天边微光和无数的数据文件是碳-14 项目科研团队的记忆碎片，在对碳-14 针件入堆后可能出现的 700 多种堆芯状态进行计算，并对 700 多组数据进行综合评估后，专项组最终确定，“插入一支笔”，不会影响反应堆安全稳定运行。根据这个计算结果以及其他论证工作，专项组编写了一份数据翔实、论证充分的报告，申请在重水堆核电站机组上

生产碳-14。

2022 年 4 月 11 日，项目组提交的核安全审评申请报告获得国家核安全局批准。4 月 26 日 14 时 55 分，全球首根商用堆碳-14 针件顺利入堆，为如今的碳-14 量产实现，埋下了成熟、健康的种子。

微观结构的不同，决定了它们性能的差异。如，碳-12 结构稳定、自然界中含量最多。碳-14 则具有微弱的放射性，且半衰期为 5730 年。这意味着，一旦碳-14 产生，5730 年之后，它的放射性强度才会衰减一半。

利用碳-14 的放射性及半衰期等特性，人类可以把它广泛作为示踪剂使用，就像微观世界的“北斗导航”。

例如，在新药开发过程中，当碳-14“标记”到新药化合物中，通过追踪它的影迹，科研人员就可以了解新药物的吸收、分布、代谢等情况，从而完成药代动力学研究。

又如，在考古领域，科研人员可以利用碳化文物上碳-14 半衰期特性，计算得出了文物的“年龄”。在备受关注的三星堆遗址，通过碳十四测定发现，多个祭祀坑形成年代处于商代晚期，并且形成时间大致相当。

“除了以上，碳-14 还可以用作测量空气中的颗粒物浓度、确定农药残留等，国内市场现实需求和应用潜力都很大。”泰山核电专项工程处重水堆研发科副科长樊申说。

樊申介绍，以幽门螺杆菌检测为例，目前，中国每年对这项检测中使用的碳-14 需求量约为 40 居里（居里，计量单位，指元素单位时间内心内发生衰变的原子核数）。但此前，我国碳-14 仅仅在实验室堆上生产过几个居里。

“如果能啃下自主生产这块‘硬骨头’，对核能综合利用、产业发展和我国核医疗事业进步都将产生强劲推力。”在樊申眼中，这就是他们选择“破壁”的原动力。

年底开始向市场供货

将有力带动我国同位素应用产业发展

碳-14 针件出堆之后，未来的路怎么走？

根据泰山核电公开的计划，本次碳-14 针件出堆后，相关产品将于 2024 年底开始向市场供货。

“接下来，针件内碳-14 要经过工艺复杂的生产流程，最终转化为稳定的碳酸钡化合物，才能供应市场，供后端制药、科研等使用。”樊申说。

而这一过程，将在与泰山核电一路之隔的海盐核技术应用（同位素）产业园中进行。采访当天，潮新闻记者专程赶往产业园现场探访。只见广阔的园中，耸立起一些成型的建筑，工人们正热火朝天地忙碌……

进行碳-14 后道生产的中核泰山同位素有限公司也位于产业园中。相关负责人介绍，目前，公司的基建已经完成，共设计了 5 条生产线，除了碳-14，还有锶-89、碘-131 同位素，以及钴-60 放射源等生产线。

“目前，碳-14 产线的设备已经到位，正处于调试安装阶段，很快将迈入正式的生产环节，届时将为产业园内下游企业提供稳定的碳-14 原料供应。”该负责人表示。

早在 2021 年 6 月，国家八部委就联合发布了《医用同位素中长期发展规划（2021—2035 年）》，对我国建立稳定自主的医用同位素供应保障体系，加快医用同位素及产业发展提出具体要求。2023 年 2 月，浙江省印发《关于培育发展未来产业的指导意见》，也将核技术应用（同位素）产业列入其中。

顶层设计、政策支持为浙江发展这一产业奠定了更强的底气。据了解，目前，占地 1900 亩的海盐核技术应用（同位素）产业园已全面启动建设，未来将集聚同位素生产基地、核药生产基地以及技术创新中心、核医疗中心等。

九层之台，起于累土。樊申表示，在产量上，泰山核电预计每年可以生产 100 居里以上的碳-14 同位素，产量可充分满足国内需求，将有力带动我国同位素应用产业链集聚发展。

（来源：潮新闻 App）

科技快讯

世界上已知的最薄光学晶体来了

不一致”即相位失配现象，这将阻碍激光的高效输出，也就无法直接作为光学晶体用于激光器制造。

北京大学物理学院量子材料科学中心王恩哥院士、凝聚态物理与材料物理研究所刘开辉教授和洪浩特聘副研究员等研究人员创造了一种新的晶体设计方法：把每块菱方氮化硼材料像拧魔方一样转动特定角度，堆叠而成的光学晶体就能降低激光穿过的能耗，高效产出所需的激光。

我国科学家首创的晶体设计理论与制备方法相结合，成功使光学晶体“瘦身”至 1 至 3 微米。而传统光学晶体厚度要在毫米级到厘米级。

研发团队将这一方法归纳为二维材料的界面转角理论。“该理论的应用有望让激光器的尺寸缩小至微米级。一些过去无法制造光学晶体的材料，也有望在材料堆叠角度的转动中再次焕发生机。”刘开辉对记者说。

（来源：新华网客户端）

我国自研

新一代全动飞行模拟机视景系统正式商运

记者从近日珠海举行的民航四链融合创新大会上获悉，我国引入游戏引擎和虚像显示技术自主研发打造的新一代全动飞行模拟机视景系统，已通过中国民用航空局 CCAR-60 部（飞行模拟训练设备管理和运行规则）最高等级 D 级鉴定，开始进入正式商业运用阶段。

民航四链融合创新大会由中国航空运输协会和中国南方航空集团有限公司主办。据介绍，该自研视景系统基于腾讯自主研发游戏引擎和南航自研虚像显示技术等打造，实现了自研视景系统的关键技术突破，不仅可为民航飞行员提供更高效、更安全的飞行训练，同时也让中国成为全球第三个能自主研发完整视景系统的国家。

该自研视景系统为民航飞

行员的培养和复训，提供 1:1 的真机模拟仿真驾驶体验和第一视角的世界场景图像渲染。它由仿真训练软件包、3D 视景数据和资产制作工具套件三部分组成，结合工业仿真投影仪组成的显示系统，可以创造更真实、更沉浸的视景。

2022 年 5 月，腾讯与南航视景联合项目成立。2023 年 12 月 29 日，产品搭载于 E190 模拟机，正式通过中国民用航空局 CCAR-60 部最高等级鉴定。今年 1 月产品开始投入飞行员训练，至今已累积完成超 200 小时飞行训练时长。

目前，该自研视景系统已完成 E190 商用机装载，预计 2024 年将完成数台商用模拟机安装升级，已接到 12 套意向订单。

（来源：新华网）

《三体》重要情节被验证？

我国首次观测到电磁波动态传播

中国科学院上海技术物理研究所研究员张涛就很期待小鱼们在太空产卵，“一旦发现鱼排卵，我们就会启动专用的排卵装置，把鱼卵收集起来。这是一个尝试性、探索性很强的工作，也是国内第一次做，是这次实验里最具特色的地方。”

为什么上太空的是斑马鱼？

专家解释，斑马鱼是脊椎动物，生命力旺盛、繁殖能力强，也是模式实验动物。斑马鱼与人类基因组有高达 70% 以上的相似性，这也是迄今为止中国空间站除了航天员以外迎来的首种脊椎动物。

斑马鱼和金鱼藻组成的密闭太空鱼缸将有望首次实现我国在太空中培养、繁殖脊椎动物。

（来源：央视新闻客户端）

学波，波前以太阳耀斑为中心往四周扩散传播，磁流体动力学波途经过一个巨大的冕洞。

据了解，日冕中温度低、等离子体密度低、磁场强度低的区域，在空间太阳望远镜的极紫外波段辐射弱，所以称为冕洞。“冕洞充当了‘凸透镜’的角色，磁流体动力学波从由四周扩散变为向焦点逐渐聚焦。”袁丁介绍，据测量，该磁流体动力学波经过聚焦后，波动振幅增加 3 倍，所携带能量流提升 7 倍，这表明这种现象具备能量聚焦效应。

另悉，该研究将为国家重大科技基础设施——“空间环境地面模拟装置”提供理论依据和数值模型基础。

（来源：《科技日报》）

每日科普

“太空养鱼”咋呼吸、吃什么、能活多久？

4 月 25 日晚，神舟十八号载人飞船成功发射，跟随 3 名航天员一起出发的还有几位特殊的乘客——斑马鱼。

此次，航天员乘组要实施国内首次在轨水生生态研究项目。通俗来说，航天员将要在太空养鱼。在太空中，小鱼的排泄物怎么处理？太空没有氧气，小鱼又怎么呼吸？

“太空鱼缸”如何维持生态平衡？

斑马鱼是一种非常漂亮的观赏鱼，长约 3 至 4 厘米，体形纤细，从头到尾有多条深蓝色的纹路，如同斑马一样，所以被称为斑马鱼。

此次上天的太空鱼缸里配备了 4 条斑马鱼，还有金鱼藻。这个“太空鱼缸”如何维持生态平衡？

中国科学院空间应用工程与技术中心研究员、空间科学实验顾问仓怀兴称，“太空鱼缸”是一个“既好看又复杂”的生态系统。金鱼藻通过光合作用产生氧供给鱼呼吸，鱼的排泄物又给藻提供

营养物质，他们相互之间既是生产者又是消费者，组成一个看起来很简单，但实际上内部复杂的科学实验。

将来在此基础上还可以继续滚动开展更深入的研究，这个系统也会做得越来越复杂。

光照如何解决？

在这个生态系统里，还有一个非常重要的参与者：阳光。但是在太空中，并没有地球上规律的昼夜和光照，这该如何解决？

小鱼在空间站能生存多久？

在太空养鱼，“鱼缸”的设计要格外精心，不仅密封要做得好，还得把水尽量灌得满满当当。除了住的“房子”外，小鱼吃的饭也是特制的“太空餐”。这些小鱼究竟能在空间站里生存多久？

王高鸿表示，初步计划是稳定运行一个月，使这些斑马鱼、金鱼藻都能够存活，然后获取一些实验样品，比如鱼卵、水样。因为条件限制，在如此小的位置空间内培养实属不易。至于将来能不能延长，要根据太空的实际情况。

太空中，怎么给小鱼喂食？

阳光的问题解决了，还有水的问题。在失重环境下，水会呈球

状，甚至可以捧在手里。这种水能让小鱼在里面游吗？会不会因为失重游不动呢？又怎么喂食呢？

中国科学院水生生物研究所研究员王高鸿介绍，“我们设计了一种特殊的鱼食，像牙膏状，用注射器的方式每天推进去，让鱼尽量吃完。鱼吃完产生的排泄物，可以通过管道输送到金鱼藻那边，促使它生长。”

小鱼在空间站能生存多久？

在太空养鱼，“鱼缸”的设计要格外精心，不仅密封要做得好，还得把水尽量灌得满满当当。除了住的“房子”外，小鱼吃的饭也是特制的“太空餐”。这些小鱼究竟能在空间站里生存多久？

王高鸿表示，初步计划是稳定运行一个月，使这些斑马鱼、金鱼藻都能够存活，然后获取一些实验样品，比如鱼卵、水样。因为条件限制，在如此小的位置空间内培养实属不易。至于将来能不能延长，要根据太空的实际情况。

（来源：央视新闻客户端）

千亩林万亩林 无视防火等于零

