

打破进口依赖

我国首批碳-14 同位素成功出堆

N 科技日报 环球时报 潮新闻

“碳-14辐照生产靶件开始出堆!”4月20日13时48分,随着一声令下,工作人员将碳-14靶件从泰山核电重水堆机组中成功抽出。这是我国首次利用核电商用堆批量生产碳-14同位素,彻底破解国内碳-14同位素依赖进口的难题,实现碳-14供应全面国产化。

2024年底开始向市场供货

碳-14是碳元素的一种具有放射性的同位素,被广泛作为示踪剂使用,幽门螺旋杆菌检测是最具代表性的用途。此外,药代动力学研究、 β 射线环境监测系统等领域也均需要碳-14。此前,我国碳-14供应几乎

全部依赖进口,价格昂贵且供应得不到保障,这已成为下游产业发展的制约因素。

秦山核电专项工程处重水堆研发科副科长樊申20日向记者介绍称,每年国内碳-14幽门螺旋杆菌检测的总需求约为40居

里,加之科学研究等其他需求,国内每年需要碳-14约100居里左右。此次秦山核电重水堆产出的碳-14可充分满足国内需求。

据悉,本次碳-14靶件完成出堆后,经后端处理后将于2024年底开始向市场供货。

前后5年联合攻关,迎来历史突破

为实现批量生产碳-14同位素,秦山核电联合上海核工程研究设计院股份有限公司、中核北方核燃料元件有限公司等单位开展联合攻关。

零的突破,谈何容易。面对国外碳-14生产核心技术的完全封锁,秦山核电决定自主创新攻克技术难关。2019年,碳-14批量化自主生产项目开始谋划,并立下2022年首批靶件入堆、2024年首批产品供应市场的目标。

首要问题是安全。可行性论证分析,专项组的方案就修改了近百遍,最终委托上海核工院,历时8个月发布评估报告,证实项目安全可行。

紧接着,是一道有700多个答案的“选择题”。堆芯功率监测,是确保反应堆安全高效运行的关键,但正常运行时的相关参数均由国外提供,且仅适用于机组发电。专项组依托超算,从碳-14靶件入堆后可能出现的700多种状态中,选出

概率最高的一个。

纯度是另一大难题。按照现有技术,靶件材料无法实现100%纯度。专项组与靶件设计方、制造方因杂质浓度能否下调0.000001,争论了近一个月,把纯度提高到现有技术下的极限值。

2022年4月11日,在答复了国家核安全局提出的100多个问题后,秦山核电如愿获得碳-14靶件入堆许可。经过两年多等待,迎来创造历史的时刻。

生产技术属国内首创,可保证稳定供应

秦山核电三厂有两座重水堆机组。与国内外主流的压水堆机组相比,重水堆机组中子通量高、堆内辐照空间大,长期保持高功率稳定运行,可以保证放射性核素的安全生产和稳定供应,既不会影响机组发电能力和安全运行,生产成本也更低。

樊申介绍称,重水堆与压水堆堆芯结构不同,秦山核电的重水堆机组预留有孔道,可以放置碳-14等同位素的生产靶件,而目前国内的压水堆机组基

本没有类似设计。同时,重水堆核电机组可以长期保持高功率运行,三厂的2号重水堆近期创造了机组单循环连续运行677天的纪录,这保证了同位素的产量和稳定供应。

在本次碳-14靶件出堆期间,秦山核电还同步开展了堆顶辐照生产同位素装置的安装和调试工作。该装置投入使用后,将具备大规模辐照生产钽-177、钇-90等同位素的能力。此前,秦山核电已实现医用钴-60的批量生产,产品可

完全满足国内市场需求。

公开资料显示,包括碳-14在内,用于癌症近距离放疗的碘-125、用于人体器官SPECT显像的钼-99等医用同位素的进口依赖率几乎都达到100%。此次秦山核电的碳-14同位素生产技术属国内首创,被认为将有力带动我国同位素应用产业链发展,进一步建立健全产学研合作开展商用堆辐照生产同位素的研发体系,助推和牵引下游医疗企业高新型核药和核医疗产业研发。

今后,国产碳-14还有望走出去

2021年6月,国家八部委联合发布了《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。

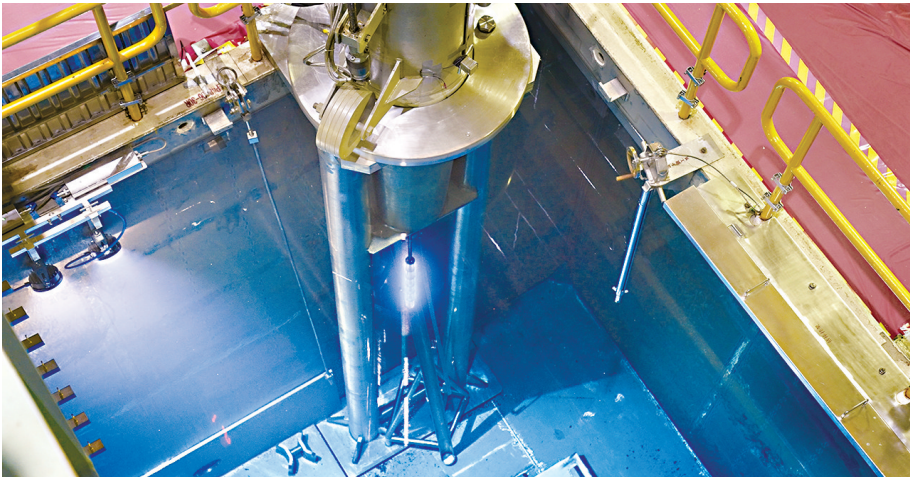
碳-14入堆的同时,相关产业布局已紧锣密鼓展开。目前,秦山核电正在与所在地海盐县携手,目标是建设全国最大的同

位素生产基地。海盐县经信局局长朱国华20日告诉记者,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。该产业园将包含同位素生产基地、核药生产基地以及核技术创新中心、核医疗中心。

朱国华说,国内核医疗和核药产业还处在起步阶段,市场规模还不小。有统计显示,国内仅有

0.28%的人群使用核医疗和核药,而这一比例在其他一些国家超过10%。

今后,国产碳-14还有望走出去。“长期以来,中国与沙特在核医学领域保持友好合作关系。此次碳-14出堆,有望让我国的供应更加稳定,也有助于两国开辟新的合作可能。”沙特阿拉伯核与辐射监管委员会成员易卜拉欣说。



我国首次批量生产的碳-14同位素成功出堆现场 中核集团供图

□ 相关阅读

碳-14的前世今生

碳-14究竟是如何来的?我们又是如何将其灵活运用于各领域?秦山核电专项工程处重水堆研发科副科长樊申带大家一窥碳-14的前世今生

“活泼好动”的同位素、20世纪最重要的发现之一

樊申介绍,碳元素有多种同位素。在地球上,有99%以碳-12的形式存在,常见的如石墨、钻石等,有大约1%为碳-13,至于碳-14就更少了,只有约百万分之一的比例。然而,数量如此之少的同位素,却广泛存在于有机生命体中——包括我们自己的身体,都居住着少量的碳-14。

碳-14到底是如何发现的呢?1940年2月27日清晨,美国化学家马丁·卡门坐在寒冷黑暗的警察局里。警方指控他涉嫌参与前一天晚上发生的一系列

谋杀案。但警方无法确定卡门犯了什么罪,因为这位科学家过去3天一直被关在实验室里,和他的同事——美国化学家塞缪尔·鲁本一起,做一个把氦粒子投射到一小块石墨样品上的实验。被释放后,卡门回到实验室,做出了20世纪最重要的发现之一:碳-14同位素。

樊申告诉记者,自然界中的碳-14其实是宇宙射线中的中子撞击空气中的氮-14原子,导致氮-14吸收一个中子、放出一个质子后产生。这也使得它与其他同位素不同,携带了非常

微弱的放射性。在卡门和鲁本之后,科学家们进一步确定它的半衰期是5730年,这意味着几乎每6000年,一个有机材料样本(比如骨头或木头)中碳-14原子的数量就会减少一半。因此科学家能够通过这一原理,采集材料样本,分析稳定的碳-12与衰变的碳-14在样本中的比例,得出一些与样本时间有关的结论。

衰变后,碳-14会重新变回氮-14。它们之间可以在漫长的时间里来回转换,所以碳-14也被人们戏称为“好动”的同位素。

年代测定、检测农药残留……事关多门学科的钥匙

利用碳-14这种珍贵的同位素,科学家更容易揭开人类学、考古学和古生物学等众多领域的神秘面纱。

“我们常说的‘碳-14年代测定法’就是很好的例子。”樊申说,当植物、动物死亡后,不会再和环境中的碳进行交换,因此它们本身的碳-14便会不断衰变,只要通过其半衰期就能推算该生物经过了多长时间

的变化在未来几年的发展情况。

在日常体检中,大家可能会发现一项“碳-14呼气试验”,这正是它被拓展到医学、环保、新药开发、化学反应机理研究等新领域的表现。

樊申介绍,所谓“碳-14呼气试验”,就是在服用一粒小小的胶囊后,从呼出的气体中检测出胃里是否存在幽门螺旋杆菌感染。

这一切,都归功于胶囊中含有碳-14的特殊尿素。胃中的幽门螺旋杆菌会产生高活性的尿素酶,因此尿素会分解成氨和二氧化碳,而含有碳-14的尿素所释放的二氧化碳,也含有碳-14,胃中这些被它标记的二氧化碳会随着血液运输到肺部,这时对呼出的气体进行检测,就能判

断出幽门螺旋杆菌菌落感染情况。

碳-14对人体会有损害吗?在樊申看来,“碳-14呼气试验”的胶囊中,碳-14含量极低。他说:“打个比方,一年中摄入的食物中含有的放射量约为这粒胶囊的182倍。并且含碳-14的尿素在人体内停留时间很短,在48小时内基本会被人体排出体外。”

值得一提的是,碳-14还能让我们安心“吃饭”。在种植农作物时,为了防治病虫害需要适量喷洒农药,但农药一定程度上会被土壤和作物吸收,那么如何检测农药残留呢?原来,在喷洒前的农药中加入碳-14,农药能发出“光亮”。通过特定的仪器设备就能检测农作物上碳-14的含量,从而判断农药的残留量。