

119号新元素，我们来了！

●齐芳 尹经敏



119号新元素

“

古人认为，元素是物质世界最简单的组成部分。近现代科学则给出了化学元素精确的定义：具有相同的核电荷数（核内质子数）的一类原子的总称。到目前为止，人类已经发现了118种元素，最后的26种（从92号元素往后）都是人工合成的。如今，合成第119号新元素的竞争，已经悄然展开。

元素周期表，有穷尽吗

氢、氦、锂、铍、硼……这就是元素周期表。在这张表格中，元素按照周期律排列，它们的性质，随着元素原子序数（即原子核外电子数或核电荷数）的增加，呈周期性变化。元素周期律的发现，是化学学科发展中的重要里程碑，让化学摆脱了单一元素或物质的发现，逐渐形成系统。而元素周期律的影响也不仅仅局限在化学领域，它成为科学研究的重要基础，极大地改变了科学的面貌。

关于元素周期律的发现，有这样一件事。19世纪进入了科技大爆发时代，很多元素相继被发现。但这些发现是零散的。包括俄国化学家门捷列夫在内的化学家们一直在思考，元素性质有没有规律？它们是有内在的联系，还是仅仅是大自然偶尔为之、不成体系？门捷列夫日思夜想，甚至因为用脑过度，经常发生眩晕。功夫不负有心人。1869年，在他35岁的某一天，因疲劳入睡的他在梦中看到一张表格，元素们在这张表格上整齐排列。门捷列夫从梦中惊醒，就此发现了元素周期律。

这个带有戏剧色彩的故事，如今很难再考证其真伪，或许仅仅是后人为了激励广大学子穿凿附会的。但这并不妨碍元素周期律成为科学史上最伟大的发现之一。门捷列夫在前人工作的基础上，批判继承、创新发展，经过异常艰苦的研究，将看似复杂并毫无关联的元素发现，变得系统而有规律。

根据这一定律，门捷列夫编制出第一张元素周期表，已经被发现的63种元素，都在这张表格中。还有的尚未被发现，但它们一定存在。比如，门捷列夫预言了钪、镱等元素的存在，并描述了它们的性质。他还认为，有些元素原子量的测量是错误的，一旦被纠正，它们一定会符合元素周期律。比如，金元素。当时人们认为金的原子量是196.2，应该排在钨、铀、钍之前，但这与元素周期律相悖。门捷列夫认为，这几种元素原子量的测量可能是错误的，金应该排在它们之后。重测之后，果然证实了门捷列夫是正确的。

在之后的100多年间，元素周期律指导着人们发现新元素、新材料，不断探索物质世界的奥秘。如今，人类一共发现了118种元素，元素周期表中正好形成7个完整的周期，16个族——每一行，称为一个周期；每一列，称为一个族。这张表格中蕴藏着很多规律，例如，同一周期内，从左到右，元素金属性逐渐减弱，非金属性逐渐增强。同一族内，从上到下，金属性逐渐增强，非金属性逐渐减弱。

中国科学院近代物理研究所（以下简称近代物理所）研究员张志远介绍：“自然界中存在的最重的元素是原子序数为92号的铀元素，比铀元素更重的元素的首次发现都是通过人工方法实现的。也就是说，第7周期中的绝大部分元素，都是人工合成的。”

那么，元素周期表有没有尽头？全球科学家都想得到答案。张志远说：“118号之后有没有119号？元素周期表还能不能续下去？追寻问题的答案，不仅是对现有科学理论的重要检验，而且每一种新元素的发现，都

能带来科学的进步、行业的提升，在发现新元素过程中发展的各种技术和方法，也有很广阔的应用前景，如同位素药物、放射性燃料的处理等。”

发现新核素，中国冲在了前面

在说合成新元素之前，我们先来说说合成新核素。

元素，是具有相同核电荷数，即相同质子数的一类原子的总称。核素，是具有特定数目质子和一定数目中子的一种原子。一种元素可有多种核素，同一元素的不同核素，也就是质子数相同但中子数不同的原子，互称为同位素。

目前，自然界中天然存在280多种核素，人工合成的则有3300多种核素。而根据相关理论预言，人类能够认识的核素可能达到8000到10000种。研究这些核素的衰变性质，探索核素存在的极限，不仅具有重要的科学意义，也可以应用到生活的各个方面。比如，目前很“火”的同位素药物，用的方法，就是合成新核素的方法。

而发现新核素，也可以看成是发现新元素前的“储备”和“预演”。

由于条件的限制，我国的核素合成研究开展较晚，但在20世纪末实现突破后，在以后近30年的时间里取得了很大的进展。根据相关统计，我国已经合成了40种新核素，近代物理所合成了其中的38种，排在全球11位。

近代物理所可谓我国发现新核素的中坚力量。20世纪90年代初，研究所利用当时相对简单的条件，开始了新核素的合成研究，发展了氦喷嘴传输、采用带（转轮）传输技术、“跑兔”装置及化学分离的方法，利用国内能够提供的中子、质子、重离子等束流，发现了新核素208Hg，随后陆续发现了185Hf、186Hf、209Hg、237Th、238Th、175Er、197Os等核素，1996年合成了我国首个超铀新核素235Am，2000年合成了首个超重新核素259Db，使我国的新核素合成达到了超重核区。

到了这里，合成新核素又进入了瓶颈——氦喷嘴、化学分离等方法限制了研究核素半衰期的下限。近代物理所开始发展新“武器”，研究人员研制了充气反冲核谱仪，并于2015年成功观测到新核素205Ac。截至目前，利用这个仪器，共观测到14种新核素，其中合成的新核素222Np其半衰期达到了300多纳秒，几乎达到该装置研究的极限；通过测量合成的214U、216U新核素性质，结合铀缺中子核素的已知数据发现了α粒子结团效应反常增强现象；通过系统研究合成的219Np和220Np等新核素的性质发现中子数为126中子壳效应对极端缺中子铀同位素的影响依然存在，同时确定了铀元素的质子滴线位置，这是目前已知质子滴线的最重元素；合成的新核素160Os及156W的衰变性质表明，该区域阿尔法衰变概率存在减小的现象，说明质子数为82、中子数也为82的双幻核164Pb可能存在一定的稳定性。这些研究都得到了国际学术界的高度关注。

那么，问题来了，新核素研究我们已经冲

到了前面，新元素研究呢？

合成新元素，119号已在准备

92号铀元素之后，人类穷尽科技手段，合成了26种新元素。

其中，原子序数大于103的元素被称为超重元素。113号到118号超重元素是在2016年前后，分别由日本、俄罗斯、美国等国家的科学家发现并命名的。这些新元素的发现大多是在加速器或借助核反应堆来完成的。

科学家们利用加速器产生高能离子束，轰击特定的靶材，发生核反应，产生新元素。不得不说，其中多少有些运气的成分。但决定性的因素，还是加速器的能量和束流强度等指标。这些新元素的半衰期非常短，通俗地讲，它们不可能长时间存在于地球自然环境中，因此，需要通过反复实验，获得足够多的实例，才能进行鉴定和测量。

但在之后，发现脚步停滞了。张志远说：“119号元素意味着，要让原子核里面有119个质子，要合成这样的原子核非常困难。原来的合成技术不再适用了，必须寻找新的实验路线才有可能合成119号元素。”

合成新元素，需要新的产生方法，实验条件更需要提升。研究者们认为，进一步提高束流强度可能是目前最有效的解决途径。当前，德国、美国正建设大科学工程，俄罗斯已经建成超重工厂，日本也进一步提升了其加速器性能，以期首先实现突破，合成119号元素。有人评论，超重核研究处于突破的前夜。

机会平等地对待每一个国家，我国也做好了准备。

在我国，关于新元素合成的理论及实验研究已具备了一定的基础，实验装备也正在更新换代。2019年5月，近代物理所开始研制中国超重元素研究加速器装置，将原有的质子直线加速器改造升级为重离子加速器。装置于2022年2月建成，已成功实现了14.8粒子微安流强、224兆电子伏能量的氩-40束流稳定运行，目前已经稳定运行了10000多个小时，成为国际上技术领先的新元素研究利器。2023年11月，利用这台装置，研究人员成功验证了115号元素的合成。

近代物理所所长、孙志宇研究员介绍：“这让研究的效率有了极大的提升。比如说我要合成115号元素，在1个粒子微安的束流条件下，一天大概可以得到1个115号元素的粒子。但是如果能有10个粒子微安的束流，那么同样一天就可以得到10个粒子，那样在相同的时间内，科研人员就可以做更精细的研究或者可以得到一些产生概率更低的元素。”

中国超重元素研究加速器装置正在更新换代，将进一步提升束流强度，几年后可提供新元素合成的最佳束流条件。孙志宇说：“通过改造，我们已经能够提供3粒子微安以上的重离子束流，近期可提供大于10粒子微安的Z≤28离子束流，并同时建成了新的充气反冲谱仪，效率可在40%以上，已经具备了与国际先进实验室在新元素合成方面进行竞争的能力。”

119号元素的神秘面纱，或许就将在这里揭开！
据《光明日报》

加点橄榄石 造出负碳水泥

●王方

近日，一项发表于英国《皇家学会开放科学》的研究指出，一种名为橄榄石的矿物有助于制造负碳水泥。水泥生产会排放大量二氧化碳，新工艺有望帮助解决水泥巨大的碳足迹问题。

橄榄石是地幔的主要组成部分之一，在每个大陆上均有分布。英国Seratech公司的Sam Draper表示：“这是为数不多的千兆吨级矿物之一。”该公司已为一种将橄榄石转化为水泥的工艺申请了专利。

在水泥生产过程中，大多数二氧化碳排放发生在加热石灰石以产生熟料——水泥中的一种黏合剂，以及燃烧化石燃料产生热量时。Seratech等数十家企业正在研发低碳水泥生产方法。

Draper和同事利用储量丰富的橄榄石来代替一些常见的熟料。橄榄石含有二氧化硅，能使水泥更坚固耐用。从橄榄石中还可以提取硫酸镁，它与二氧化碳反应形成能整合气体的矿物。

研究人员通过将粉末状橄榄石溶解在硫酸中，提取出这些化合物。在分离二氧化硅和硫酸镁后，他们让二氧化碳在镁浆中起泡，形成三水菱镁矿。为了扩大这一过程，水泥工厂会利用从排放源或空气中捕获的二氧化碳，使整个过程的碳为负。剩下的三水菱镁矿可以回收制成新的建筑材料，如砖。

研究人员估计，用这一过程中的二氧化碳代替普通水泥中35%的黏合剂，将产生碳中和水泥，而代替40%及以上的黏合剂将产生负碳水泥。Draper表示，目前的建筑标准允许这种材料取代高达55%的黏合剂。不过，研究人员尚未做出足够的材料进行测试。

据《中国科学报》

科学家制成最纯净的硅

●张梦然

英国曼彻斯特大学与澳大利亚墨尔本大学合作，研制出一种超纯硅，可用于构建高性能量子比特设备。这也是为可扩展量子计算机铺平道路所需的基本组件。最近发表在《自然·通讯材料》杂志上，有望定义和推动量子计算的未来。

曼彻斯特大学先进电子材料教授理查德·库里表示：“这是一项有可能为人类带来变革技术的关键一步，它让人们有能力处理大规模数据，并能找到解决复杂问题的方法，例如应对气候变化和医疗保健等领域的挑战。”

硅是经典计算的基础材料，被认为是可扩展量子计算机的关键解决方案。在过去的60年里，科学家一直在学习如何设计硅以使其发挥出最佳性能。但在量子计算中，这一切面临许多问题。

天然硅由3种不同质量数的同位素组成——硅-28、硅-29和硅-30。其中硅-29约占5%，会引起“核触发”效应，导致量子比特丢失信息。

在最新研究中，科学家提出一种新方法，能够去除硅中的硅-29和硅-30同位素。这种方法制成的硅将成为大规模制造量子计算机的完美材料，并且同时具有高精度。这是世界上最纯净的硅，为创建100万个量子比特提供了宝贵途径，这些量子比特甚至可制成针头大小。

这项新技术为可扩展量子设备的发展提供了清晰的路线图，并为构建可靠的量子计算机奠定了基础。其有望在人工智能、安全数据和通信、疫苗和药物设计以及能源、物流和制造等领域带来重大技术创新。

据《科技日报》

首次批量生产的碳-14同位素成功出堆

●陈瑜



碳-14

“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靶件从秦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同位素依赖进口难题。

具有相同质子数、不同中子数的同一元素的不同核素互为同位素。同位素有两类：放射性同

位素和稳定性同位素。与稳定性同位素不同，放射性同位素在无声中发生衰变，利用其衰变产生的射线，可对人体内组织进行检测或治疗，实现治病救人。

现阶段医用同位素生产方式包括反应堆生产、加速器生产、高放废液提取、发生器制备。其中，反应堆生产是最主要的生产手段。

此前，我国医用同位素研发主要依靠研究堆，但由于这些工程研究堆还肩负着其他任务，医用同位素的生产能力十分有限，钼-99、碘-125、钨-187等用量大的医用同位素依赖进口，碳-14等少部分同位素虽然实现了国产化，但无法满足国内市场需求。

碳-14同位素具有极高的医用价值和科研价值，主要用于幽门螺杆菌检测、药代动力学研究、β射线环境监测系统等。

秦山核电之所以能勇挑重担，核心优势来自两台商用堆。

目前在运核电站中，70%左右为压水堆、轻

水堆。与压水堆不同，重水堆堆芯的热中子通量更高，堆内辐照空间大，可长期保持高功率稳定运行，保证放射性核素的稳定供应和安全生产，不会影响机组发电能力和安全运行，生产成本也更低。

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攻关。

本次碳-14靶件完成出堆后，计划于2024年底开始向市场供货，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，助推新型核药研发，牵引核医疗产业发展，为国内同位素应用产业发展提供有力支撑。

此外，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钼-99、钨-187等同位素的能力。

据《科技日报》

6

兵工日报

2024年5月15日
星期三

联系电话：
0991-5509362

新知·前沿

投稿邮箱 binggong@163.com

责任编辑 陈永峰 视觉 石磊

兵工科技局科协协办



团炬客户端

本版漫画均由石磊绘