

第101号元素“入钷”

原文作者：

安妮·碧尚（Anne Pichon），《自然-化学》高级编辑。



第一个逐原子识别的元素是以现代元素周期表的主要缔造者的名字命名的。碧尚说，这一看似顺理成章的赋名方式，其实展现了学界是如何冲破地缘政治紧张局势，对科学贡献予以认定。

用整整一年的时间准备靶材，再耗费一个星期的时间制备一种新元素，而观测时间只有短短几个小时，第101号元素的合成真的是一场与时间的竞赛。到20世纪中叶，加州大学伯克利分校的辐射实验室对超铀元素的合成早已轻车熟路。元素镅和钷都是1940年在这里被发现的。作为“曼哈顿计划”的一部分，通过深入研究核反应过程，分析核武器试验产生的放射性沉积物以及利用劳伦斯发明的回旋加速器进行实验，伯克利的科学家们在1944年至1952年之间陆续发现了第95号到100号元素。这些重原子均可以通过在回旋加速器中用中子或 α 粒子轰击锕系元素制得。

1955年，西博格、艾伯特·吉奥索及其同事用 α 粒子轰击 $^{253}\text{99}$ 原子核（已命名为“镱”）得到了元素 $^{256}\text{101}$ 。因为在前几次成功的合成后面接踵而至，会让人误以为这是一个相当简单的过程，但事实并非如此。仅仅是准备足够的 $^{253}\text{99}$ 靶材就花费了整整一年的时间——而这些靶材大约不到一周的时间就会发生衰变。该团队开创了一种“反冲”技术，为合成的原子核提供足够的能量离开靶材并进入用于“捕获”它的箔材中，从而实现靶材复用。这也是一种产出极低的合成：数小时的轰击只生成了屈指可数的几个原子，且很快就会消失（ $^{256}\text{101}$ 的半衰期只有77 min）。

1955年的一段视频拍摄了部分团队成员，记录下了这一合成过程中激动人心的时刻^[1]。他们从回旋加速器旁跑回实验室，通过化学方法分离元素并记录单个原子的放射性衰变，对得到的样品进行分析。发现当日，一共产生了17个 $^{256}\text{101}$ 原子。这是第一例逐原子识别出来的新元素，也是最后一个用到了化学过程的元素^[2]。

该元素以门捷列夫（Dmitri Mendeleev）命名，主要是因为他根据自己提出的元素划分系统中未知元素的位置，预测了它们的化学特性。这一原则也为超铀元素的发现指明了方向。事实上，在西博格将锕系元素正确地放入元素周期表之前，上述元素一直无法被识别。然而，在冷战时期以这种方式纪念俄罗斯科学家是有争议的。在提交给IUPAC之前，“mendeleevium”这个名字经过了仔细斟酌并通过了美国政府的审批。1955年，IUPAC收到申请并在同年正式公布了该命名（过审时的元素简写为“Mv”，两年后改为“Md”）。

门捷列夫的化学遗产远远超出了他对元素周期表的发展所做的重要贡献，尽管他的一些理论没能完整地经受住时间的考验。比如他不愿意接受电子的存在，而是专注于去理解被认为无处不在的“以太”^[3]。他的生平记事将他刻画为一个追求社会效益并且对许多领域充满好奇心的人。他预见到了石油的化学价值，为圣彼得堡大学设立女子课程做出过贡献，还会很随意地一个人乘坐热气球研究日食^[4]。因此，也就不奇怪他的名字除了出现在化学周期表——有时被称为“门捷列夫元素周期表”——以及其中第101号元素的位置上之外，还有北冰洋的一个海岭以及月球背面的一座环形山与他同名。

如今，已知钷有17种同位素，其中²⁵⁸101的半衰期为51.5天，最为稳定。通过中子俘获以及随后的 β 衰变（中子转化为质子），核反应堆中可以形成数量相对较多的较轻超铀元素，但由于所谓的“fermium wall”，该过程不能产生钷——第100号元素镆的同位素衰变太快了。

因此，钷较为稀缺，这意味着有关于钷的实验研究不多，也没有什么实际用途。已知它在溶液中以+3和+2氧化态存在， MdF_3 和其他镧系同系物的氟化物以及 $Md(OH)_3$ 和同系物的氢氧化物被一起制备。利用可以逐原子操作的技术和相对论计算，最近还测得了²⁵¹Md的电离电势^[5]，一同测得的还有²⁴⁹Fm、²⁵⁷No和²⁵⁶Lr的电离电势。测量值在这些锕系元素中的变化趋势与镧系后段元素中的趋势相似。

再说回伯克利，随着元素合成的故事持续上演，其他大咖也相继登上元素周期表与门捷列夫会合：第103号元素被命名为“镭”（lawrencium），以纪念劳伦斯；第106号元素被命名为“锿”（seaborgium），以向西博格致敬。

[1] The Element Hunters: The Discovery of Mendeleevium. Voices of the Manhattan Project <https://go.nature.com/2G8kvY8> (2017)

[2] Hoffman, D. J. Radioanal. Nucl. Chem. 291, 5-11 (2012).

[3] Nature 75, 371-373 (1946).

[4] Spitsyn, V. I. & Katz, J. J. (eds) Proceedings of the Moscow Symposium on the Chemistry of Transuranium Elements (Elsevier, Amsterdam, 1976).

[5] Sato, T. K. et al. J. Am. Chem. Soc. 140, 14609-14613 (2018).

身世扑朔迷离的元素锆

原文作者：

布雷特·F. 桑顿 (Brett F. Thornton)，瑞典斯德哥尔摩大学地质科学系和柏林气候研究中心；肖恩·C. 伯德特 (Shawn C. Burdette)，美国马萨诸塞州伍斯特理工学院化学与生物化学系。