

钷元素争夺战

原文作者：

米奇·安德烈·加西亚（Mitch André Garcia），美国加州大学伯克利分校化学系。



在本文中，加西亚考察了第104号元素充满争议的发现过程，并简述了对这一合成元素的化学认识是如何发展起来的。

元素周期表中的第104号元素钷，是20世纪60年代通过人工首次合成的，其命名权成了随后数十年间的国际争论热点。按照惯例，元素的发现者有权对其进行命名，但当两个实验室争相宣称自己首先发现了同一新元素时，情况便变得复杂起来。

1964年，苏联的杜布纳实验室首先宣称发现了第104号元素^[1]。在用氘-22离子束轰击铀-242靶时，他们观测到了一个发生了自发裂变的同位素。加州大学伯克利分校的另一支研究团队在接下来的数年中试图重复这一实验，但均以失败告终。1969年，伯克利的研究者们用另一种核反应制造出了第104号元素：用碳-12和碳-13离子束轰击铟-249靶，生成了钷-257和钷-259^[2]。这两种钷的同位素都会通过释放 α 粒子衰变为锆元素。随后，钷元素和锆元素的衰变能以及半衰期也被测定，于是伯克利小组宣称，他们沿着衰变链确定无疑地检测到了第104号元素。

随后数十年里，双方在命名权上互不相让，最后他们组织了一个国际委员会来裁定哪一方更具说服力。于是国际纯粹与应用物理学联合会（IUPAP）及其化学界姊妹组织（IUPAC）共同组织了超铀元素工作组（TWG）来解决这一问题。虽然TWG的成员都是杰出的科学家，但其中没有一位科学家的研究领域是重元素或放射化学。

TWG终于在1992年发布了裁定结论。委员会决定，伯克利和杜布纳团队应当共享对钷的命名权。这一结果并不符合两支实验团队各自的期望，但双方都有所保留地接受了。以卢瑟福之名命名元素钷则是双方一系列妥协的一部分；除此之外，两个研究团队还决定，将第105号元素以杜布纳命名，第106号元素则以西博格的名字命名。关于钷元素的争议，可以参考达莲娜·霍夫曼（Darleane Hoffman）、艾伯特·吉奥索和西博格的*The Transuranium People*一书来获得更多信息^[3]。

1970年，吉奥索及其同事合成了一种新的钷同位素：钷-261^[4]。这一同位素的半衰期是69 s，在超铀系元素中属于相对较长的。因此，这一发现催发了化学家对钷的首次液相研究。在当时，人们尚不知道钷的化学性质是更接近IVB族的金属，还是更像铀系元素。就在同一年，罗伯特·席尔瓦（Robert Silva）及其同事^[5]与吉奥索团队合作，在四价锆和铪与三价铀系元素示踪剂同时存在的情况下，从阳离子交换树脂中对钷-261进行了洗脱。实验结果证明钷-261与四价铪和锆示踪剂一同洗脱，确证了它作为IVB族金属的地位。

钷的气相化学研究则要归功于IVB族金属氯化物的易挥发特性。只要和氯化钷（四价）打过交道的人，都不会忘记它的奇特效应！在100~600℃之间的不同温度下^[6]，氯化钷、氯化钷和氯化钷气体被通过SiO₂柱进行等温色谱分析。实验测量了通过SiO₂柱后这些气体的相对收率对于温度的变化函数，然后在此基础上用蒙特卡洛拟合计算了SiO₂的吸附焓——这是测算挥发性的标杆方法。

不难想象，因为分子更重，氯化钷比氯化钷的挥发性更差（或者说其吸附焓更低）。然而，实验发现，氯化钷的挥发性几乎和氯化钷一样。这和元素周期性所预测的变化趋势完全相左。这种现象大约是来自某些相对论性效应，但产生挥发性钷盐的具体机理仍然是一个谜。

钷化学的未来发展方向，应当会着重于设计化学体系以促进解析相对论性效应对其化学性质的影响，以及合成新的钷化合物类型，诸如无机配合物和有机金属化合物。

[1] Flerov, G. N. et al. Phys. Lett. 13, 73-75 (1964).

[2] Ghiorso, A. et al. Phys. Rev. Lett. 22, 1317-1320 (1969).

[3] Hoffman, D. C., Ghiorso, A. & Seaborg, G. T. The Transuranium People: The Inside Story (Imperial College Press, 2000).

[4] Ghiorso, A. et al. Phys. Lett. B 32, 95-98 (1970).

[5] Silva, R. et al. Inorg. Nucl. Chem. Lett. 6, 871-877 (1970).

[6] Kadkhodayan, B. et al. Radiochim. Acta 72, 169-178 (1996).