

量子态的铯

原文作者：

埃里克·安索波洛（Eric Ansoborlo）和理查德·韦恩·莱格特（Richard Wayne Leggett），法国原子能和替代能源委员会。



安索波洛和莱格特在这里讨论了元素铯的化学和放射学性质，这些性质使它既是一种迷人的元素，也是一种麻烦的污染物。

元素周期表中的第55号元素是铯，它属于碱金属，与其邻居铷、钾的物理和化学性质极其相似。铯是一种柔软又具有延展性的金属，熔点仅为28.4℃，是少数在室温附近就是液态的金属元素之一。当与水接触时，铯会剧烈反应，开始自燃并且爆炸。毫无疑问，这样的元素极其危险。由于原子半径大，铯很容易失去它唯一的价电子并成为+1氧化态。它还倾向于形成共价键，并表现出高配位数（6~8）。在核废料处理中，利用这种高配位性可使铯与其他阳离子（如钾离子）化学分离。

1860年，本生和基尔霍夫在使用他们新发明的分光镜分析矿泉水样品时发现了第55号元素。他们将新元素以拉丁语“caesius”命名，意为“天蓝色”，因为铯的发射光谱是一道明亮的蓝线。

在质量数从112到151分布的40种铯同位素中，只有铯-133是稳定的。最常见的放射性铯同位素是铀和钚的裂变产物铯-137，它的半衰期为30年。铯-137会通过β衰变成为寿命很短（半衰期仅为2.6 min）的钡-137，这种放射性核素会发出高能γ辐射。这使得铯-137成为长使用寿命的高能γ辐射源，并在工业中得到应用，比如用在地质测井仪和水准仪上。此外，铯-137还可以应用于癌症治疗中。不幸的是，同样因为强放射性，铯-137也是一种令人讨厌的环境污染物，更麻烦的是它还具有高流动性。

铯在沉积到地面前，可以在空气中长距离迁移。它主要集中在表层土壤（约占95%），虽然大部分通过叶片被植物吸收固定在内部。它在淡水中的流动性取决于水从土壤中吸附某些颗粒和胶体的能力^[1]。通过受污染的水、植物、蘑菇、肉类、鱼和牛奶，铯进入了动物和人类的食物链。

多年来，相当数量的铯-137被释放到环境中：从1950年到1963年，约 10^{18} Bq（贝克勒尔）辐射量的铯以核试验尘的形式飘散出来；1986年切尔诺贝利事故释放了约 10^{17} Bq的铯；2011年福岛事故则释放了大约 10^{16} Bq。尽管绝对数量较少，但是铯导致了有史以来最惨烈的放射事故之一。1987年，巴西戈亚尼亚市的拾荒者在一个废弃的诊所发现并打开了一个密封的铯-137源。一无所知的他们将这迷人的蓝色荧光粉卖给了一个垃圾场的主人，垃圾场主人又将其分给了许多家人和熟人。结果，接触过这些样品的人突然患病，患病根源被确认后，调查发现大约有250人受到了可轻易测量出的放射性污染，其中约20人

受到的辐射达到危险剂量水平。4人在接触放射源后不久就去世了，包括一名4岁儿童。

动物和人体中的铯生物学行为与钾相似，不过通常情况下，铯穿越细胞膜时要比更轻的类似物慢^[2]。食入或吸入的可溶性铯几乎能完全被血液吸收，然后分布在整个软组织中。在1~2天内，体内大部分的铯会积累在骨骼肌中。铯从成人体内排出需数月，从儿童体内排出需数周。促排放射性铯的推荐治疗方法是口服普鲁士蓝（亚铁氰化铁），它能与肠道分泌出的铯原子结合，并阻止这些铯再被吸收回血液。

另一方面，基于稳定铯同位素的量子力学性质——固有的计时能力，人们开发出了新应用。1967年，国际单位制（SI）中定义的秒为铯-133原子基态的两个超精细能级之间跃迁时所辐射电磁波周期的9 192 631 770倍。此后，铯被广泛应用于原子钟^[3]。

另外一个有趣的转折值得一提。最近几十年核放射尘产生的人造同位素铯-137无处不在，并且产生了一种令人始料未及的用途。通过测量铯-137的特征 γ 辐射，可以无损检验据称历史悠久的红酒是否真的产于核爆炸事件发生之前。

总之，铯让人喜忧参半。它既是一个具有潜在危险的环境污染物，也是一个有益于工业和医疗的工具。它不仅能作为钟表计时，还能检测酒的年代。

[1]. Cremers, A., Elsen, A., De Preter, P. & Maes, A. *Nature* 335, 247-249 (1988).

[2]. Leggett, R. W., Williams, L. R., Melo, D. R. & Lipsztein, J. L. *Sci. Tot. Env.* 317, 235-255 (2003).

[3]. Takamoto, M., Hong, F., Higashi, R. & Katori, H. *Nature* 435, 321-324 (2005).