

善变的溴

原文作者：

马特·莱特利（Matt Rattley），英国牛津大学化学系本科生。



很多化学元素会因为身处不同的化合物中而表现出不同的性质，莱特利在本文中展现给我们的则是，溴的这种特性尤其突出。

每种元素都有点各自不同的“精神分裂”。碳的多重人格在其著名的同素异形体——钻石和石墨——上表现得淋漓尽致；过渡金属则可以从乏味的灰色砖块变成缤纷多彩的盐；而即便众所周知的惰性气体，例如氩，只要“哄”好了，也能和元素周期表的其他成员结合，反应出包括氟化物和氧化物在内的各种奇特产物。溴也不例外。它端坐在p区元素的中央，既是最为致命的元素之一，同时也具有精妙而有用的特性。

溴不太使人愉快的特性之一是其比氯气更具刺激性的酸败般的气味，这也正是其名字衍生于希腊文“β ρ ώ μ ο ς”（brómos）的缘故，意为“恶臭”^[1]。溴单质在室温下虽然是液态，但其活泼的性质使得其上方总会笼罩着厚重的溴蒸气层。

溴蒸气唯一能够弥补上述性质的特征，是其独特的橙色——这使得你能够及早地避开它。你也确实得避开它。溴具有强烈的毒性，尤其是在日光照射下，对其进行紫外照射产生的溴自由基会破坏它们所遇到的一切事物，包括肺部组织。在一些海绵和珊瑚所分泌的毒性猛烈的天然产物中也含有溴原子，就致死剂量而言，这些化合物的毒性要比砒霜溶液强1000倍以上。

虽然按理来说应该没多少人愿意接触这种臭名昭著的元素，但即便如此，含溴分子仍然吸引了不少注意力。受到广泛应用的杀虫剂溴虫腈^[2]就是一个例子：这一不寻常的化合物中含有三种不同的卤素（氟、氯和溴）。

可能没有比溴化钾更能象征溴的两面派特性的了，这种化合物是食盐的近亲，很容易被误认。19~20世纪的大部分时间里，这种结构简单的化合物被作为抗惊厥剂和镇静剂使用。它具有蓄积毒性，滥用将导致溴中毒，症状包括痉挛、呕吐、躁动不安、皮肤损伤以及精神错乱——但在恰当地监管下，它能够有效地抑制中枢神经系统的活动以产生疗效。虽然在人用药物中，它现在已经被像普瑞巴林（Pregabalin）^[3]等效果更迅速而副作用更少的同类药物所取代，但在兽医上，时至今日，它仍被作为镇静剂使用。

其他试图制备并应用溴化物的努力就没有那么成功了。这不是最近才有的潮流——或许古埃及的女性会更希望了解这一点：她们经常会向口红中加入少量的溴代甘露醇（这是一种存在于植物中的甘露醇的取代物），以使她们的嘴唇能显出一种浓郁的红棕色泽。不幸的

是，即使少量残留的溴也足以在不经意间杀死涂抹它的女性——以及亲吻她的男性。

出于安全需求的溴应用，同样体现出了它的两面性。包括四溴双酚A在内的一大类化合物被应用于布料及其他纺织品，使之在明火附近不燃或燃烧速度减缓。然而，这些化合物可能对穿戴者的健康产生程度不明的有害效果，而且一些多溴联苯醚类的阻燃剂也在最近被多国禁止使用；尚在使用中的同类化合物是否无害，仍是个有争议的问题[4]。

虽然溴是一种比较活泼且难以预测的元素，它在分子生物学的进步中却扮演了重要的角色：伊红（Eosin，也作曙红），一种多溴染料，正是因为含有这种重原子才保证了对光的有效吸收。虽然能取代它的染料并非不存在，但在有另一种小分子化合物苏木精协同时，伊红几乎能将细胞质和其他多种蛋白质组成的结构进行全方位的染色（虽然要注意的是，细胞核更倾向于被苏木精染色）。染色后的细胞图像相当醒目，其中饱满的紫色正是来自曙红。

溴可以作为较大的阴离子平衡电荷，参与交叉偶联反应，或是构造一个良好的 S_N2 反应底物，但溴多样的反应能力远不止此。我们仍将发现更多的方法来更好地利用溴化物，无论其经常伴随的毒副作用是有助抑或有损于我们的目的。

[1] Emsley, J. *Nature's Building Blocks* (Oxford Univ. Press, 2003).

[2] Raghavendra, K. et al. *Malaria J.* 10, 16-22 (2011).

[3] Mackey, C. *Nature Rev. Drug Discov.* 9, 265-266 (2010).

[4] Cressey, D. <http://www.nature.com/news/2011/110520/full/news.2011.311.html>