

迷人的汞

原文作者：

乔尔·D. 布鲁姆（Joel D. Blum），美国密歇根大学。



布鲁姆认为汞存在两面性，它既有许多独特的、有用的化学性质，又伴随着黑暗与危险。

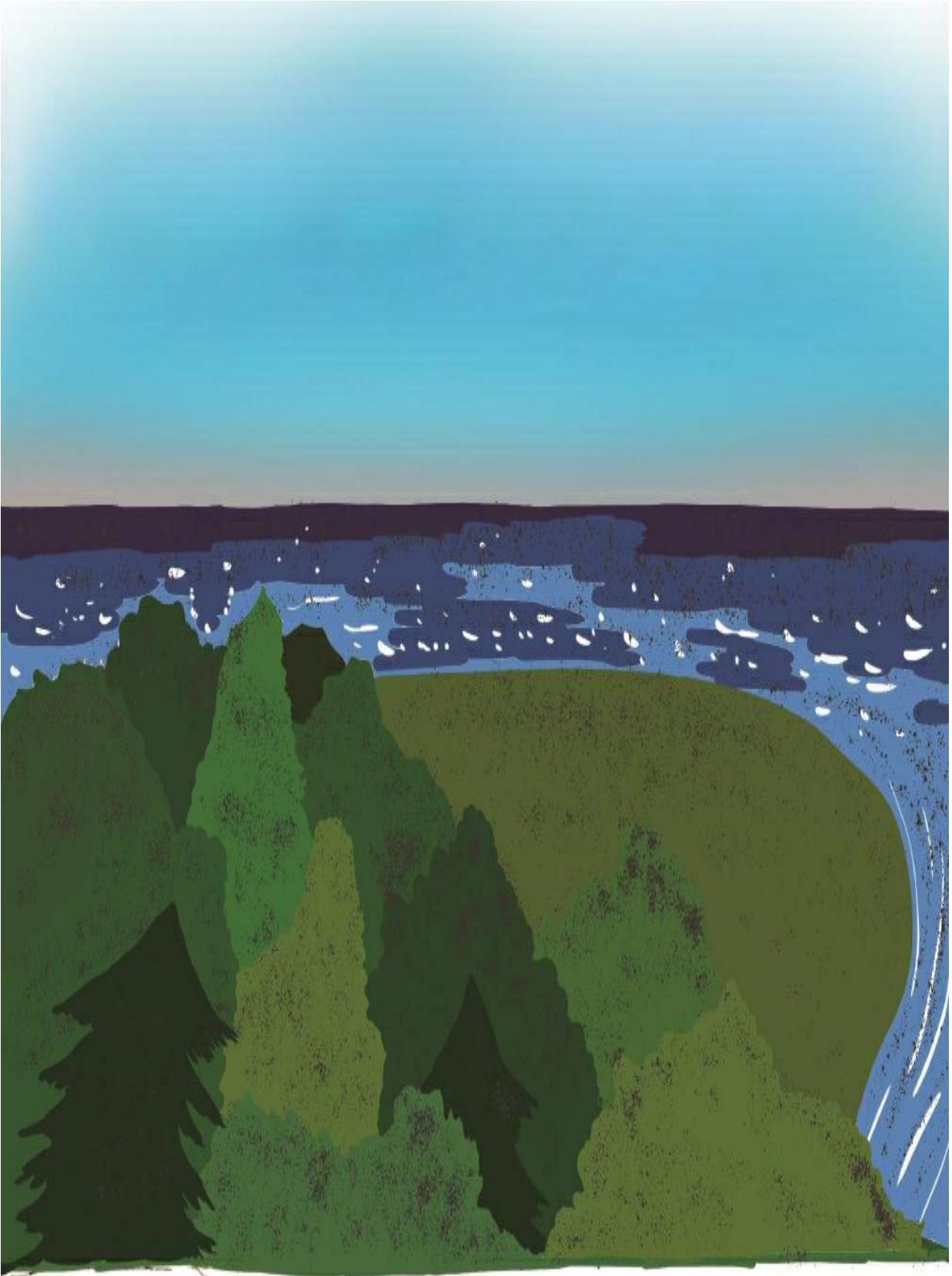
众所周知，炼金术中的哲学思想为现代化学的原理和规程奠定了基础，而汞正是炼金术研究的核心。欧洲的炼金术士认为汞是所有金属的主要成分，并且可以与其他金属结合变成黄金。现在我们知道事实并非如此，但汞确实可以溶解细金属，并因此被广泛用于手工采金。

汞的化学符号是Hg，来自其早期的名字“hydrargyrum”。这个在拉丁语中意为“水银”的名称，得名于汞那闪亮的液体金属形态，这也是其俗称水银（quicksilver）的起源。汞是室温下唯一一种液态金属，这种现象最近被证明是由相对论效应而产生^[1]。

高密度的液态金属是一种非常有用的材料。因此，汞有着广泛的应用，从温度计、气压计到电开关、电池、牙科用汞齐、灯泡甚至用于高倍天文望远镜的液压系统。在化工生产中，汞也被广泛应用于电解槽。

汞听起来像是“神奇元素”，但它也有黑暗的一面。在20世纪50年代，全球生产的大部分汞被用于通过汞齐化分离锂-6同位素，这是为了服务于氢弹的制造。另外，在几乎所有的形式中，第80号元素都是一种强效的神经毒素。在处理毛皮的过程中暴露于硝酸汞的帽匠会产生中毒的症状，这也产生了“像帽匠一样疯狂”（mad as a hatter）这个短语。类似地，日本沿海城镇的居民因为食用被附近工厂污染的鱼，从而暴露于高毒性、可生物累积的甲基汞。这种中毒导致的神经系统紊乱被称为水俣病。

汞天然存在于煤炭矿藏中，煤炭燃烧时就会释放气态单质汞。因为气态汞拥有超过一年的大气寿命，所以它会分布到地球的每一个角落。一些气态汞与树叶发生反应，并直接沉积在森林中。同时，大气中的光化学反应也会氧化单质汞，随后这些氧化物会沉降下来，甚至在最偏远的湖泊、海洋和陆地生态系统^[2]都能找到它们。与此同时，汞在家用产品中的广泛使用也导致它存在于废弃物物流中。



汞的无机形态一般是从大气中沉淀的，这些产物的浓度足够低，所以不会产生健康问题。然而，相当数量的厌氧微生物具有将无机汞转化为甲基汞的能力。2013年，负责汞甲基化的基因已经被识别出来，这使我们有可能根据汞甲基化的能力筛选微生物^[3]。水生和陆生食物链中的生物放大作用，会使在食物链中处于高位的动物（包括食肉鱼、吃鱼的哺乳动物和以昆虫为食的鸟类）累积了足以中毒的甲基汞。

自然界中的微生物和光化学反应可以将一些甲基汞转换回无机形态，因此甲基化和去甲基化反应之间的对弈最终控制了环境中的甲基汞水平^[2]。为了更好地了解汞在环境中的行为，以及控制其流动性和毒性的变换过程，研究人员致力于寻找汞在各种可能来源中的特征痕迹。2007年，我的研究小组发现了一个现象：在光化学反应过程中，汞的磁性同位素与偶数同位素反应速率不同，这个现象促生了汞的非质量同位素分馏法（MIF）^[4]。

MIF现象背后的化学本身就很有趣。它可以发生在涉及存在时间短暂的自由基对的反应中（磁同位素效应），也可以发生在平衡反应中（核体积效应）^[4]、^[5]。汞的非质量同位素分馏与质量同位素分馏的比例，以及两种不同的奇数同位素汞-199和汞-201在非质量同位素分馏中的比例，可以用来确定与汞相关的反应机理及配体。这证明同位素是梳理汞的复杂的生物地球化学的一个非常有用的工具^[5]。

许多年前，当我开始研究汞时，一位睿智的资深同事警告我说：“一旦你深入研究汞的化学行为，就没有回头路了。”我曾认为这个评论对我不适用，但自从我了解汞丰富的化学性质后就着了迷，就像这个液态金属的光泽一样引人注意又让人沉迷。

[1] Calvo, F. et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 52, 7583-7585 (2013).

[2] Blum, J. D. et al. *Nature Geosci.* 4, 139-140 (2013).

[3] Parks, J. M. et al. *Science* 339, 1332-1335 (2013).

[4] Bergquist, B. A. & Blum, J. D. *Science* 318, 417-420 (2007).

[5] Blum, J. D. in *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry* (ed. Baskaran, M.) 229-246 (Springer, 2011).

有毒的铊

原文作者：

安德斯·伦纳特松（Anders Lennartson），瑞典查尔姆斯理工大学化学与生物工程系。