

---

# 汞污染修复，人们亟须打开“黑箱”

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14185.html>

**本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！**

汞污染修复，人们亟须打开“黑箱”。汞污染和温室气体一样，能在全球范围产生影响。作为一种重金属污染物，它在自然界（包括大气、水体、土壤以及生物圈）中普遍存在。

尽管2017年，包括中国在内的128个国家和地区联合签订了控制汞污染的《水俣公约》，但汞污染并未消除，它会因历史排放而持续影响人类上百年。

近日，南京大学大气科学学院教授张彦旭课题组与麻省理工学院、密歇根理工大学、加拿大曼尼托巴大学、华东师范大学、清华大学和中科院地化所研究人员合作，在线发表于《自然—通讯》的研究，揭示了目前世界各国甲基汞暴露的健康风险与经济损失，并预测了至2050年，全球汞排放变化对人群健康的影响。

## 预测汞排放的健康效应

因甲基汞摄入造成的经济损失，目前全球总计为每年1170亿美元。张彦旭告诉《中国科学报》，人群的健康效应受饮食结构的影响，鱼类等海鲜消费量较大的沿海国家对甲基汞暴露的健康风险最大。

张彦旭解释说，汞是一种有毒重金属，其甲基化合物（甲基汞）会影响幼儿的智力发育和成人的心脏健康，导致新生儿智力损伤和诱发心脏病死亡。虽然《水俣公约》已于2017年8月正式生效，但其实施效果还未得到系统和定量的评估。

汞从排放源到对人体产生毒害作用，受到多个环节影响，包括大气传输与沉降、气—海交换、气—陆交换、化学转化(尤其是汞的甲基化)、食物网转移等。这些过程也受气候变化、土地利用、海洋环流和生态系统功能等因素影响。

为搞清这一问题，张彦旭课题组耦合了大气、土壤和海洋模型，开发出一种全面的方法来预测未来汞排放变化的健康效应。

研究人员预测了5种不同排放情景下，2010年至2050年全球汞分布变化。在最乐观的情景下，2050年淡水和海洋生物中甲基汞的浓度水平将降至当前的一半，而土壤汞的变化较小。推迟减排政策会显著增加环境中汞的浓度水平。在两种高排放情景（能源均衡发展情景和高温室气体排放情景）下，大气汞沉降分别上升87%和59%。

摄食鱼类要有选择

---

汞有很多种化学形态，不同的化学形态带来的环境后果和问题也不同。其中，甲基汞是风险最大的汞化学形态之一。南开大学环境科学与工程学院教授张彤告诉《中国科学报》，汞是一种全球性污染物，传播能力很强，这就是为什么在一些没有汞污染源的地方，比如极地，仍然会检测出较高浓度汞的原因。

大气、水体、土壤及生物圈，汞污染的影响无处不在，没有人能置身事外。

相比之下，鱼类、稻米甲基汞含量偏高，而人体中的甲基汞主要来自食用被污染的鱼类与稻米。张彦旭说，对个体而言，汞暴露风险的确是随鱼类和稻米的消费量增加而增加的。总体而言，稻米的风险小于鱼类消费。

2010年，美国食品药品监督管理局（FDA）曾有一个金枪鱼的建议食用量：每周不超过200克（针对体重超过100公斤，5年以上的金枪鱼）。2018年8月，FDA联合环境保护署（EPA）再次发布鱼类消费建议，因汞含量问题，马林鱼、大鲭鱼、旗鱼、长寿鱼、鲨鱼、墨西哥湾方头鱼、大眼金枪鱼7类儿童禁食。

这个问题要辨证来看，鱼类富含各种不饱和脂肪酸和维生素，对心血管系统有益，摄食鱼类的整体健康效应依然是正的。张彦旭说，我们的研究并不建议少吃或不吃鱼类，而是对鱼类要有所选择，避免摄食含汞量较高的鱼类，如鲨鱼（鱼翅）、金枪鱼等。

专家建议，孕妇和儿童不要吃未经汞检测的鱼。比如，自己捕获较大的野生鱼，或多年生的、位于食物链顶端的鱼。而市场上出售的鱼都经过检疫检验，汞含量在安全范围之内。

不给明天遗留历史问题

张彤认为，汞污染一个重要特点是自然源排放强度大，联合国环境规划署曾对排放源的强度进行了对比，结果发现，自然源和人源排放几乎在一个数量级上。汞污染难以通过管控手段，通过新材料替代来完全实现源头治理。

比如火山、地壳活动我们控制不了，但它会导致汞的释放。全球气候变暖会导致冰川融化，造成原来封存起来的汞释放。张彤说，因此，关注汞进入环境后的迁移转化过程就非常必要。

目前，环境汞浓度是工业革命或人类大量开采汞矿之前的三至五倍。张彦旭说，与减少鱼类摄食量相比，真正有效降低汞暴露风险的方式是减少人为汞排放。

我们预期《水俣公约》能有效控制汞排放。张彦旭说，但问题是‘历史排放’，即公约之前人类活动排放的汞，在大气—土壤—海洋中循环，会造成持续的健康风险。即使我们当前把排放减到零，汞污染也只能慢慢减轻，不会马上消失，这个过程会持续几十乃至上百年。因此，人类目前亟需控制排放，防止汞污染进一步加剧，也防止今天的排放成为明天的‘历史排放’。

诸多谜题尚待解答

4月26日，张彤团队在《自然—地球科学》发表论文，介绍了关于含汞矿物纳米颗粒微生物甲基化过程机制。他们的研究发现，天然有机质可通过调控初级纳米粒子的生长方向，影响纳米汞与厌氧细菌金属转运蛋白的结合过程，显著抑制其甲基化潜能的自然衰减，导致富含有机质环境中甲基汞持续生成和积累。这为环境汞污染风险评估提供了理论依据，为设计开发高效的甲基汞污

---

染阻控技术提供了新思路。

甲基汞的生物富集性强、毒性强，但环境中、食物链中的甲基汞并非人类活动导致直接的排放，而是自然过程中在微生物的作用下产生的，所以我们一直想搞清楚这个过程是如何发生的。张彤说，弄清其机制，就可以有的放矢阻止这个过程，在一定程度上控制汞污染的风险。

一旦汞进入环境中，就会发生一系列转化。如果不能弄清汞在自然界的迁移转化机制，人们就没有办法去控制它，最终会转化成毒性非常强的物质（比如甲基化合物）。

在汞研究领域，国内外很多科学家做出了非常漂亮的工作。但另一方面，汞在环境中的迁移转化，汞的生物地球化学循环过程中很多机制并不清楚，预测模型的部分环节还处于‘黑箱’状态。张彤说，在明确汞甲基化和自然衰减过程机制的基础上，我们才能开发出低成本、环境友好的原位甲基汞污染阻控技术，为汞污染全球治理提供新策略。所以，要从根本上解决汞污染治理和修复问题，最重要的前提是我们要充分地认识自然，去揭开很多未知的谜题。（来源：中国科学报张双虎）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-021-23391-7>

<https://doi.org/10.1038/s41561-021-00735-y>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：张彦旭等 来源：《自然—通讯》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发