

环境保护部环境保护对外合作中心 / 编译

GUOJI
GONGGUANLI CELUE

国际 汞管理策略

中国环境出版社

国内外重金属污染防治管理系列丛书

国际汞管理策略

环境保护部环境保护对外合作中心 编译

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

国际汞管理策略/环境保护部环境保护对外合作中心编
译. —北京: 中国环境出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5111-2277-3

I. ①国… II. ①环… III. ①汞污染—污染防治—
研究 IV. ①X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 042911 号

出 版 人 王新程
责任编辑 孙 莉
责任校对 尹 芳
封面设计 彭 杉



出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112736 (监测与监理图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2015 年 4 月第 1 版
印 次 2015 年 4 月第 1 次印刷
开 本 889×1194 1/16
印 张 13.25
字 数 350 千字
定 价 78.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编辑委员会

总 顾 问：李千杰

顾 问：赵华林 李庆瑞 熊跃辉 赵英民 李海生

主 编：陈 亮

执行主编：赵维钧 余立风 李 培 方 莉 肖学智

副 主 编：宋小智

编译人员：孙阳昭 吴建民 郑 静 郭姝慧 王祖光 朱 爽

韩 絮 赵子鹰 李述贤 卢 山 邵丁丁 凌 曦

刘俐媛 张 华 李 萌 李政杰 张玉婷

序 言

铅、汞、镉、铬和类金属砷等重金属污染物具有显著的生物毒性，在环境中无法自然降解，对大气、水体、土壤、生物等造成的污染具有长期性、累积性和不可逆性，严重威胁人体健康和环境安全。

为防控和减轻全球汞污染，2009年联合国环境规划署提出制订具有法律效力的汞污染防治公约计划。我国作为汞生产和消费大国，积极参与了政府间谈判，并发挥了建设性作用。2013年10月，我国签署《关于汞的水俣公约》（简称《水俣公约》），同其他91个国家一道成为首批签约国。《水俣公约》是继《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》之后又一个对发展中国家具有强制减排义务的限时公约，对控制全球汞污染具有重要意义。

党中央、国务院对重金属污染防治问题高度重视，中央领导多次做出重要批示和指示，要求加大力度，让人民群众尤其是儿童远离重金属污染的危害。2012年，国务院批复了《重金属污染综合防治“十二五”规划》，中央财政设立重金属污染防治专项资金。经过综合整治，超过80%的铅蓄电池企业被取缔关停，2012年，铅、汞、镉、铬、砷5种重点重金属污染物排放量与2007年相比有所下降。但是，我们也清醒地认识到，我国重金属污染防治还存在政策法规不健全、研发基础薄弱、核心技术缺乏、防治意识淡薄等诸多问题，亟待采取有效措施加以解决。

积力之举无不胜，众智之为无不成。做好重金属污染防治工作，需要有关部门、地方政府、科研机构和工业界携手共同努力。经认真调研、收集并梳理，由环境保护部环境保护对外合作中心编译的《国际汞管理策略》一书，系统汇总了国外重金属管理的经验与策略，条理清晰，内容翔实，将为推进重金属污染防治工作提供技术支持和有益借鉴。

希望从事重金属污染防治工作的同志们，认真贯彻落实中央决策部署，以生态文明建设为统领，以建设美丽中国为目标，以履行《水俣公约》为契机，秉持民生为要、环保为民的理念，积极探索环境保护新路，打好重金属污染防治攻坚战和持久战，为切实维护人民群众身体健康和社会和谐稳定作出新的更大贡献！

周强

2014 年 11 月

前 言

汞污染是目前全世界面临的共同挑战。由于汞具有长距离跨界传输、易于生物富集、难以降解和销毁以及强生物致毒等属性，汞污染已经成为全球性的环境问题，受到国际社会的广泛关注。2013年10月，在日本召开的外交全权大会上，包括中国在内的91个国家和欧盟率先签署了公约，目前签约方达100个，预计公约将于2016年左右生效。

我国是汞生产、消费、排放和进出口大国。一方面，巨大的使用、生产、排放和进出口量使我国面临巨大的国际压力；另一方面，我国涉汞行业、企业多，从业人员数量大，汞污染潜在范围广，对其开展污染防治需要处理好企业生存与经济发展和社会和谐、行业开展与民众健康和生态安全、减量限排与经济发展和社会稳定等诸多方面的关系。我们清醒地认识到，面对汞污染问题，仅靠一个国家是不可能解决的，需要全球共同努力。我们必须统筹国际国内两个大局，充分利用国内国外两种资源、国内国外两个市场，以外促内，实现中国环境和发展的历史性转变，同时为全球环境改善作出贡献。

面对国际、国内双重压力，作为一个负责任的发展中大国，了解和学习国际社会汞管理的经验和模式，提高我国减少汞排放、防治汞污染以及管理汞生产、消费和进出口的能力，统筹制定相关政策、方针和策略，为我国汞公约谈判和未来履约做好各项准备工作势在必行。为此，环境保护部环境保护对外合作中心翻译汇编了这本《国际汞管理策略》，作为国际重金属污染防治管理系列丛书之一。本书收录了美国、加拿大、欧盟、挪威和日本五个国家和地区的汞管理策略，从国家汞路线图、风险管理、减排行动、经验教训等方面介绍了这些国家和地区的管理成果。其中，第1章由陈亮、孙阳昭、郑静、邵丁丁等完成；第2章由方莉、朱爽、韩絮、李述贤等完成；第3章由吴建民、郑静、赵子鹰、卢山、张华等完成；第4章由王祖光、

刘俐媛、李萌、李政杰等完成；第5章由郭姝慧、朱爽、凌曦、张玉婷、张华等完成。

在此感谢编写组全体成员的共同努力，感谢环境保护部环境保护对外合作中心前副主任罗高来先生对本书的特别支持，感谢对本书提供了指导和帮助的各位专家和领导，感谢美国环保局、加拿大环境部、欧盟委员会、挪威环境署等为本书提供的原始材料。

本书的出版同时得到了中国环境出版社的支持，责任编辑和其他相关人员为此书的出版付出了辛勤的劳动，在此表示衷心感谢。希望本书的出版对从事公约谈判、污染防治、科研开发的各界同仁能有所帮助。

重要声明：本书内容所涉及的结论和观点不代表编委会的立场。

由于编者经验有限，本书难免存在一些不准确、不全面的地方，敬请读者多提宝贵意见，以便我们在今后的工作中改进。

编委会

2015年1月

目 录

第 1 章 美国环保局汞路线图.....	1
1.0 执行摘要.....	1
1.1 简介.....	6
1.2 汞排放问题的应对.....	9
1.3 工业生产工艺和产品中汞的使用问题的应对.....	19
1.4 商品汞供给管理.....	23
1.5 汞暴露危险的公众宣传.....	25
1.6 国际汞来源问题的应对.....	28
1.7 汞研究与监测工作的开展.....	33
第 2 章 加拿大汞风险管理策略.....	40
2.0 执行摘要.....	40
2.1 简介.....	40
2.2 背景.....	40
2.3 为汞减排所做的努力.....	47
2.4 不断加强的全国限汞行动.....	52
2.5 汞污染减排的进一步措施.....	52
2.6 策略实施进展评估.....	57
第 3 章 欧盟汞共同战略.....	65
3.0 执行摘要.....	65
3.1 简介.....	70
3.2 战略实施效果评估.....	71
3.3 可能采取的附加行动.....	101
3.4 对所选行动的进一步评估.....	129

第 4 章 挪威汞污染防治管理经验	148
4.1 减少并最终消除挪威的汞污染	148
4.2 挪威汞减排行动计划——2010 年	151
第 5 章 水俣病的教训和日本的涉汞政策	162
5.1 简介	162
5.2 水俣病的经验和教训	162
5.3 日本的汞管理	179
5.4 推进国际合作	197
5.5 结束语	198

第1章 美国环保局汞路线图

1.0 执行摘要

1.0.1 概述

汞是一种自然存在的元素，它通过各种自然源（如火山爆发）和人类活动（如工业燃烧和采矿）进入自然环境，在美国和全球环境中广泛传播。人类活动大幅增加了大气、土壤和底泥以及湖泊、溪流、海洋等各种介质中的汞含量。

为减少美国的工业汞排放，降低和消除汞在各工业生产工艺和产品中的使用量，一系列具有重大意义的活动已经列入日程。大多数较大规模排放的工业汞来源于工业燃烧过程中产生的副产物，其他的汞排放主要来自有意使用汞的工业生产工艺和工业产品，例如某些氯碱化合物的生产工艺和电池、荧光灯及温度计等含汞设备的生产。产品中含有的汞可通过产品的生产和处理过程释放。美国有 100 多种工业生产工艺使用不同形式的汞。此外，汞还可以通过采矿、污水排放和金属冶炼过程排放。

虽然元素汞的摄入及吸收对人体也是有害的，但由于甲基汞是人们最初接触汞的一种毒性作用很强的汞化合物，相比之下，美国环保局更关注甲基汞。甲基汞可由水体底泥和土壤中累积的汞通过微生物转化而成，一旦形成就能被水生生物摄取，并通过食物链层层富集。各种形式的汞都能通过生物富集累积，但甲基汞比其他形式的汞能在更大程度上实现生物富集。

1.0.1.1 汞的来源

进入大气、水体、土壤和底泥的汞排放源主要为以下 4 类：

- （1）自然源汞的初始排放（例如火山活动和岩石风化）；
- （2）自然源和人为源的汞经历史累积后从土壤、底泥、水体、垃圾填埋场、废弃尾矿等介质中再次排放；
- （3）杂质汞在化石燃料燃烧和金、锌等金属冶炼过程中产生的新排放；
- （4）因工业产品和工业生产工艺使用汞（例如氯碱产品的生产）而发生的汞排放。

1.0.1.2 汞的暴露途径

在美国，人们主要是通过食用含有甲基汞的鱼而暴露于甲基汞。水生生态系统中的生物会依据其体内汞含量的不同而导致其化学、生物、物理等方面的不同特征。在一个生态系统中，水体中以及一部分来源于自然和人类活动的不同形式的无机汞，会在微生物甲基化过程中转变成甲基汞。甲基汞是汞唯一在食物链中具有生物放大作用的存在形式。鱼体中的甲基汞含量通常是水体中甲基汞浓度的上百万倍。特定水体中硫化和碳化微生物的数量是影响甲基汞产生及在鱼体中富集程度的关键因素。因此，即使是两片相邻且具有相同汞含量的水域，其鱼体的含汞浓度也很可能不同。

元素汞一旦暴露于空气就会蒸发并被人体吸入。因此，除了上述暴露于汞的最主要途径，人们

还会由于工作场所或住宅的室内汞蒸汽到达危险浓度而暴露于汞。但在美国通过这种途径暴露于汞的人数很少。

1.0.1.3 食用鱼类产品的建议

因为鱼类和贝类含有高质量的蛋白质和其他必需的营养成分，饱和脂肪含量少并且含有欧米伽-3 脂肪酸，所以它们是人类健康食谱的重要组成部分。一个包括适量鱼类和贝类食品的营养均衡食谱，有助于心脏健康和儿童的健康成长和发育。美国环保局和美国食品药品监督管理局已经发布食用鱼类建议，以帮助消费者了解食用鱼类的益处与甲基汞的潜在危害及两者之间的联系。

研究表明，大部分人食用鱼类并不会引起健康问题。但胎儿和儿童血液中甲基汞的累积会危害神经系统的发育，降低孩子获取和处理信息的能力。因此，经常食用鱼类的部分人群会比普通大众人群遭受更高层次的潜在汞危害威胁（例如渔民、经常捕鱼的人群及以当地鱼类产品为主要食物的家庭）。各种鱼类的鱼体汞浓度差别很大。美国本土淡水鱼中也含有甲基汞，但美国国内消费的主要鱼类产品是海鱼，这些海产品体内的甲基汞浓度主要是由全球汞排放引起的。处于食物链高端的鱼类，例如鲑王鱼、箭鱼、马头鱼和鲨鱼，较之食物链底端的鱼类含有更高浓度的甲基汞。

各州、各地区和美国食品药品监督管理局发布的食用鱼类产品“咨询建议”和警告是美国对公众进行汞危害方面宣传和教育的最主要方式。美国环保局和美国食品药品监督管理局于 2004 年 3 月联合发布了一个鱼类、贝类含汞量指导目录，该指导目录为可能怀孕的妇女、孕妇、哺乳期妇女和儿童提供了一些建议。此外，美国环保局也采取了一些减少汞危害的措施。

1.0.1.4 汞暴露途径的后续研究

美国的汞沉积来自于本国人为活动和国际传输，包括自然来源、二次排放源和国际人为活动来源。据美国环保局估算，美国超过 3/4 约 83% 的沉积汞来自国际汞来源，而其余 17% 则来自美国和加拿大。此次估算是基于先进的、对国家自然环境中大气汞的走向、传输以及沉降累积的建模测评完成的。美国环保局建立的模型表明，美国国内汞来源主要影响东部地区的汞含量，而国际汞来源则主要影响美国西部地区，因为西部地区的国内汞来源很少。学界对大气汞的化学层面研究正在进一步拓展，但是建立大气汞的化学反应模型仍旧存在很多不确定性因素。美国环保局将继续致力于有关汞的化学属性及对其走向、传输建模的科学研究。

美国环保局研究了与鱼体—人体的汞暴露路线相关的很多科学问题。美国环保局认识到，与这些问题相关的很多不确定性仍然存在，并确信在这一领域需要进行更深入的科学研究。

1.0.1.5 确定汞的释放和使用情况从而减少汞暴露

美国环保局的长期目标是减少汞污染的潜在危害。为了减少汞污染的潜在危害，必须先了解导致这些危害的原因以及合理地减少危害。美国环保局将采取相关行动确认暴露人群的具体人数、进一步采取措施使该人数减少到最低程度，并适当减少人为汞排放。作为该决策的一部分，美国环保局将评估重要的汞来源并开展如下行动：

- （1）重点关注会产生汞危害的汞使用以及是否存在成本效益好的替代品；
- （2）促进工业生产中汞使用量的减少并论证减少使用汞的产品成本，即使在没有更好的成本效益替代品的领域，也要这样做；
- （3）鼓励积极开发替代品，替代可能造成危害的汞使用。

美国环保局也将同其他联邦合作成员密切合作，解决国内商业贸易中汞的管理和处理过程中可能造成的汞危害问题，这些问题在美国国内正在迅速增长。美国环保局同时还将通过与国际组织、非政府组织和其他民间机构一起合作，支持其他国家采取措施，控制全球性汞污染带来的危害。

1.0.1.6 美国环保局汞路线图的关注领域

在减少因暴露而致危害人体健康的整体目标下，美国环保局汞路线图重点关注以下 6 个关键领域，力求通过这些途径减少汞的危害：

- (1) 解决汞向自然环境释放的问题；
- (2) 解决产品和工业生产中汞的使用问题；
- (3) 管理商业贸易中汞的应用；
- (4) 向公众宣传汞的危害；
- (5) 解决国际汞来源问题；
- (6) 开展有关汞的科学研究和监测。

成功减少汞暴露造成的危害和美国国内生态系统的汞污染，需要以上 6 项措施同时并举。美国环保局将会分阶段地评估这些措施所取得的进展，并根据进展情况和新出现的需求做必要的调整，同时据此提出有关报告。

1.0.2 关于本报告

确定汞对自然环境和人类健康的危害成为美国环保局过去 10 年努力的重点。旨在减少汞的释放和使用的相关工作已经逐渐开展并产生了影响深刻的结果。例如，美国全境大气汞排放量从 1990 年开始下降了 45%，1980—1997 年工业生产过程和产品中的汞使用量减少了 83%。美国 1997 年人为汞排放量只占全球汞排放量的 3%。

1998 年，美国环保局向公众发布了《汞行动计划》草案，这也是该机构处理具有持久性和生物累积性有毒污染物工作的一部分。该机构收到了关于该草案的广泛评论之后，举行了各州、各部落、各自治区、工业协会和环境组织间的会议，包括 2003 年的一系列听证会。利益相关者都从他们各自的角度，就美国环保局汞污染防治工作的重点，提出了非常有用的建议。美国环保局专门成立了一个环保局级别的工作组制定新的行动计划，现在称为美国环保局汞路线图。

美国环保局的主要部门同时也在不断努力，以更多地了解汞的来源及其如何影响人体健康和自然环境。这个路线图描述了该机构在致力于减少汞排放和人体暴露于汞两方面工作的一些重要行动。这个路线图的制定，使美国环保局在促进其汞项目计划的目标之下最大限度地协调了其他各项工作。本报告除了作为美国环保局的工作路线图之外，还为联邦机构、各州的合作伙伴、地区政府和公众提供了有关汞的重要信息。

1.0.3 路线图概要

1.0.3.1 解决汞排放

1.0.3.1.1 大气

大气中的汞会沉积于水中，转化成甲基汞并进入鱼体，因此解决汞向大气的排放非常重要。美国在减少工业生产的大气汞排放方面取得了显著的进展。美国环保局最近 15 年中将其大部分汞排放的减排工作重点放在空气污染排放的重要点源上，例如城市垃圾燃烧炉、医用垃圾焚烧炉、有毒垃圾焚烧器以及最近出现的工业锅炉和氯碱工业设施。随着 2005 年 3 月完成燃煤电厂的最终法规，美国环保局能够根据《清洁空气法案》规定的有关标准控制美国众所周知的大部分主要工业源的大气汞排放。

为更有效地进一步实施这些标准，美国环保局在《清洁空气法案》区域污染源项目下，正在开展解决小规模汞排放源的工作。同时，在该法案的残余危险项目下，正在对其之前在此法案 112 条

(d) 款中发布排放标准的污染源估测它们存留的危害风险。汞是美国环保局通过这些项目进行研究的几大有害空气污染物之一。

1.0.3.1.2 水体

在美国,尤其是西部地区,大部分水体中的汞是不同来源大气汞沉积的结果,这些大气汞来源包括人为活动、自然循环残留的汞以及全球性的汞沉积。各州、各部落和美国环保局的大气和水体项目都在共同致力于解决大气汞沉积影响水质和鱼体含汞浓度的问题。为了更清楚地明确汞沉积的来源、大气汞沉积和鱼体汞浓度间相关改变的影响,并最终确定减少汞含量的最佳策略,美国环保局加强了模型化工具的研究。美国环保局会继续进一步研究水体汞排放的特征,将发布水体质量甲基汞标准的实施导则,并与合作伙伴一起努力,开发各种确定汞危害的工具和途径,以确定水体中日平均最大汞承载量。

汞还可以通过废水处理装置、工业设备、历史上和目前的采矿活动(特别是在美国西部)直接排放到水体。据城市污水处理机构协会(现在称为全国净化水机构协会)估算,在污水处理引起汞向公共环境的排放中,有36%来自牙科诊所使用的废弃牙医汞齐。牙科诊所的汞排放量远远超过其他任何商业活动和居民生活的排放源,源自这两部分的汞排放量都在10%以下。美国环保局各部门和各州正在同牙科诊所一起努力,鼓励在牙医汞齐废弃之前进行专门回收。另外,废水处理装置也正在开始使用最先进的管理经验进行操作,以回收来自其他工业生产排放源的汞。美国环保局正在就“如何研究回收系统汞来源的特征以及如何视情开发汞最小化措施”向废水处理厂提供相关指导。废水处理装置中的汞可能来自医药部门、牙科诊所、学校和一些工业部门。美国的环境规划和各州水体表面排放许可等正在合理地修改,以便符合更严格的减少汞排放要求。

1.0.3.1.3 土壤

采矿业是美国直接向土壤排放汞的最大来源。金、锌、银等金属的采矿过程、锌和其他金属的冶炼过程以及尾矿的溢出、废弃的金矿、银矿和汞矿,都会释放汞。《有毒排放物详细目录》报告表明,这些排放类型向土壤排放的污染物都是大规模的,并且排放量有增长的趋势。在排放到土壤的514万磅汞中,地表蓄水中含有140万磅,370万磅的汞则通过废水管道直接排放到土壤中。而进入垃圾填埋场的汞不到1000磅。然而,由于汞的可迁移性不强,土壤中的汞接触到地表水和鱼类的可能性不大,故公众并不普遍认为向土壤排放汞如同向大气排放汞那样危害环境。

但是,在美国西部的一些区域,采矿溢出和对土层底泥的腐蚀可能成为当地水源中鱼类汞污染的主要来源。2004年《有害排放物详细目录》的数据表明了来自采矿汞排放量的增长。欲了解更多有关该目录的细节,可查阅本报告的第1部分:解决汞排放。鉴于此,美国环保局逐渐更为重视研究采矿业引起土壤汞排放的潜在危害,并采取了合理的措施。

1.0.3.2 解决工业生产工艺和产品中汞的使用

解决工业生产工艺和产品中汞的使用是阻止人体暴露于大气、水体、土壤汞污染的重要组成部分。历史上,美国最大部分的汞使用是在电池、氯碱工业和涂料等生产过程中,目前大部分电池生产和涂料生产已经淘汰了汞的使用。现在美国汞使用量最大的工业仍旧是氯碱工业,而产品方面,主要在电子和测量设备中使用汞。

很多州、部落和当地政府在减少汞使用方面已经成为领跑者。各州都通过了关于限制、禁止和明确标注含汞产品的法令,以及运输和回收废弃含汞产品的专门规定。各州政府和地方政府继续发起面向学校、医院和实验室的减少汞使用和汞回收项目,鼓励汞循环及其适当处理。

美国环保局的长期目标是减少与汞相关的危害。它认识到,为了减少汞危害,它自己必须首先了解是什么导致了危害以及减少危害的合适机制是怎样的。美国环保局将采取行动确定暴露于汞的人群数量;通过拓展工作合理地减少人为汞排放,将汞暴露减小到最低程度。作为该机构决策的一

部分,美国环保局将评估重要的汞来源并将重点关注可能会造成危害的汞使用,是否存在性价比高的替代物;促进生产工艺和产品中减少汞的使用并通过减少汞使用的收益论证其成本,甚至包括没有高性价比替代物的领域;以及努力确定和鼓励开发使用汞的替代品。美国环保局将和它的联邦合作伙伴共同努力解决美国过量商品汞的管理和处理所带来的风险。

美国环保局将继续进行制度性和公益性的项目,寻求产品中汞的替代物;它将通过联邦机构促进无汞产品的购买;正在建立产品中汞使用情况的国家数据库;继续保持其成功的公益性合作伙伴关系,例如在健康环境项目下同医院的合作(与医药工业合作的项目,旨在淘汰含汞医疗设备、器具的使用和贸易);同时将继续与美国氯工业协会合作,监测美国境内剩余汞池法氯碱装置中汞的使用。

1.0.3.3 管理商业贸易层面的汞使用

很多产品和工业生产工艺中都使用元素汞,并且元素汞在全球市场上作为一种商品出售。最近几年,西班牙、阿尔及利亚和吉尔吉斯斯坦的汞矿提供了世界上将近一半的汞(西班牙的矿场近期停止了采矿操作)。另外一半的汞则来自废弃含汞产品和其他废物的汞循环,金和其他金属采矿过程中,汞发生还原反应并作为副产品产出以及汞电池氯碱装置闭合过程产生的汞。

一旦工业生产工艺开发出汞的替代物,从而使汞电池氯碱装置淘汰汞的使用,美国环保局预计,全球市场的商品元素汞未来不久就将出现供应过剩。因此,安全储存这些过剩汞的需求将会大幅增长。

许多州和地方政府正在鼓励包括大量元素汞及含汞废弃产品的公共和私人回收项目。国家环境委员会指出,各州都没有储存过量汞的资源和意愿,而期盼联邦政府解决这个问题。

联邦政府、各州以及民间机构是否应该承担储存商业贸易中汞供应的责任,是一个重要而复杂的政策决定。美国环保局2006年将与其他联邦组织一起努力,启动与技术专家和有关各方共同讨论解决预期过量汞的程序。

美国环保局2005年4月公布了选定地区处理技术和经济可行性报告,并将继续评估含汞用品处理方案。

1.0.3.4 向公众宣传汞暴露危害

美国环保局将继续增加汞危害的宣传交流及拓展活动,帮助人们减少或者避免对汞的暴露。美国最大部分的汞暴露来自食用高含量甲基汞的鱼类和贝类产品。由于胎儿、哺乳期的婴儿和幼儿的神经系统正在发育,因此他们是处于最大危险中的人群。对受汞危害人群进行宣传、教育的最主要方法一直是通过各州和各部落发布海产品消费咨询意见。另外,美国环保局和美国食品药品监督管理局于2004年联合发布了鱼类消费含汞量的指导目录,帮助消费者了解食用鱼类的益处、食用鱼类对某些人群的风险以及特定鱼类的含汞量。

很多消费者尚未意识到学校、家庭、工作场所等室内的潜在汞危害。一些含汞产品的误用或者是不小心打碎都可能使室内空气含汞量达到危险浓度,危害人们的健康。

美国环保局的主要工作是向消费者提供可靠的汞暴露危害相关信息,以便消费者能据此做出食用鱼类和使用产品的相关决策。它最近在此方面的努力是2005年1月推出关于汞的综合性网站。美国环保局还将开发信息材料;支持并建设各州、各部落和地方目前已有的拓展活动;补充关于汞的各方面有用信息,继续维持其中心汞网站。此外,还将评估已有拓展活动对公众意识影响的效果。

1.0.3.5 汞的国际来源

据美国环保局估算,美国境内超过3/4约83%的沉积汞来自国际,剩余的17%来自美国和加拿

大，这些数据包括汞的自然来源和再排放来源。该估算是基于一个先进的国家科学估算模型得出的，此模型包括对汞随大气流动、传输和沉积的模拟。美国环保局的空气质量模型表明，美国境内各地的汞含量存在很大不同，东部地区的汞沉积量受国内汞来源的影响更大，而西部地区汞的国内汞来源相对较少，因而国际汞来源成为其汞累积量更重要的影响因素。科学界对大气汞化学的认识在不断发展，但通过汞的大气化学模型模拟，发现仍有不确定因素存在。美国环保局正在继续努力促进国家汞化学和汞传输模型方面科学技术的发展。一些关键的国际汞排放源通过大气途径影响全球范围的汞循环和汞沉积，这些途径包括：燃煤汞排放；采矿和金属生产比如冶炼；汞池法氯碱工业生产设备及含汞废物的燃烧和焚化。

美国环保局最近正在加入广泛的国家双边和国际多边项目及协议，以解决汞的排放、使用及全球范围汞暴露引起的危害。在 2005 年 2 月 21—25 日于肯尼亚内罗毕举行联合国环境规划署理事会第二十三届会议上，与会代表一致认为应进一步开发联合国环境规划署汞计划，并支持各国努力采取行动解决全球汞污染问题。各国政府同意实施并发展与国际组织、非政府组织和民间机构的合作伙伴关系，减少汞向环境排放引起的危害。已建立的伙伴关系将利用现有资源、技术专长，进行技术转让、信息交流，提供即时有效的措施，明显减少汞的使用和排放。美国环保局正在进一步建设已有的双边和多边协议。另外，美国环保局将在联合国环境规划署的支持下，建立同各行业和环保团体的合作伙伴关系，并提供专业技术支持和援助，以解决全球汞问题。美国环保局还计划与其国际合作伙伴合作，减少例如燃煤电厂、氯碱设施和人工金属采矿等汞排放的大规模点源危害；在存在较好成本效益情况下，降低国际层面产品中汞的使用（包括含汞电池）；增加汞危害宣传交流；解决在国际市场商品贸易中的汞问题；研究全球汞的流向和运输。

1.0.3.6 开展汞的研究和监测

美国环保局研究与发展办公室 2000 年发布了“汞研究策略”，其中概述了该机构汞研究项目的战略方针。该机构汞研究目的是开发有助于减少科学上不确定性的信息，因为这些科学上的不确定性限制了该机构评估和管理汞及甲基汞危害风险的能力。

研究结果在解决汞问题的管理和非管理性工作方面，支持了美国环保局正在进行的大气、水、废物和有毒物质项目。美国环保局研究与发展办公室将进一步追求其“减少汞对健康的危害，更好地了解环境中汞的流向和传输”的长期目标。其近期汞研究项目的主要目标将继续强调有关燃煤动力装置汞排放控制的科学技术。

如需获取该文件的电子版或者继续关注路线图动态，请访问 www.epa.gov/mercury

除了研究，科学合理的汞监测方案对于评估当前常规和自愿性项目的效果和跟踪健康和环境趋势也是必不可少的。近几年，美国环保局和其他机构在建立汞排放和汞污染数据收集的监测和报告的常规工作中取得了重大进展：正在继续跟踪和报告 4 个领域有关汞的数据：大气排放、环境大气、大气中的汞沉积以及鱼群；将进一步利用美国疾病预防控制中心有关人体血液和头发样品中汞含量的数据；还将同其他机构一起，继续监测其他方面汞的排放量和环境浓度；计划使用目前已有的不同数据库，跟踪在减少汞暴露方面的总体进展。此外，美国环保局将继续寻求在汞监测方法数据库方面的进一步发展。

1.1 简介

汞是一种自然存在的元素。它通过自然源（例如火山爆发）和人类活动（例如工业燃烧和采矿）

进入自然环境，在美国境内和全球环境中广泛传播。人类活动更进一步增加了大气、土壤和沉积物、湖泊、溪流和海洋中的汞含量。

虽然一旦摄入或吸收元素汞对人体是有害的，但美国环保局最为关注的是甲基汞，因为它是人类主要暴露于汞的有机化合物形式。甲基汞可由其他沉积汞和土壤中的汞通过微生物作用而形成。一旦形成，甲基汞就能被水生生物摄入并沿着水生食物链不断富集。尽管各种形式的汞都能在生物体内累积，但总体而言，甲基汞的生物富集程度更大。

甲基汞在鱼群体内累积，然后这些鱼类可能会被人类或者动物食用。不同鱼体内的甲基汞浓度差别很大。在食物链高端的鱼类，例如鲭王鱼、箭鱼、马头鱼和鲨鱼比食物链底端的鱼类，体内含有更高浓度的甲基汞。美国公众消费的大部分鱼类都是海洋鱼类，这些鱼类体内的甲基汞浓度主要受全球汞排放的影响。

美国境内的淡水鱼体内也会含有甲基汞。各州通过抽样检查受污染水域中发生生物富集的鱼群监测其辖区的水体。同时，各州还免费发布他们的咨询意见和相关指导并灵活调整他们的评判标准和数据收集方法。因此，在监测水体的数量、检测污染物的种类以及发布咨询意见的限值方面都会有显著差异。根据各州的报告，全国的总趋势是，各州每年监测不同的水体，一般不复检前几年已监测过的水域。44 个州、1 个地区、2 个印第安部落都已发布了鱼类消费的咨询意见，鉴于某些特定水域的鱼体内发现含有甲基汞，咨询意见建议一些人群限制食用这些水域的鱼类产品。自 1990 年以来，美国人为活动引起的汞排放量已经下降了 45%。美国环保局没有监测全国自然源汞的排放，该数据在过去同一时段也可能发生了改变。

1.1.1 汞的来源

汞进入大气、水体、土壤和底泥的主要排放源可分为 4 类：

- (1) 自然源汞的初始排放（例如火山活动和岩石风化）；
- (2) 自然源和人为源的汞沉积后从土壤、底泥、水体、垃圾填埋场、废物尾矿等地二次排放；
- (3) 化石燃料燃烧和金、锌等金属冶炼过程中含汞混杂物导致的汞排放；
- (4) 因含汞产品的使用和工业生产过程（例如氯碱产品的生产）使用汞而发生的汞排放。

1.1.2 对人类健康的影响

汞暴露对人体产生的影响，依据暴露形式、暴露程度和暴露时间而不同。人体暴露于甲基汞的最主要途径是食用含有甲基汞的鱼。研究表明，大部分人食用鱼类并不会引起健康问题。然而，血液中累积的甲基汞会损害胎儿和幼儿体内正在发育的神经系统，降低孩子学习和处理信息的能力。有证据表明，人体暴露于甲基汞可能会导致遗传毒性和免疫毒性的后果。还有研究表明，汞对生殖系统、肾、心血管和血液系统的影响也要予以关注。然而，还需要更多的研究以更准确地将甲基汞对这些方面的影响特征化。

虽然人体暴露于甲基汞的最主要途径是食用含有甲基汞的鱼，人们也可能暴露于工作场所或住宅达到危险浓度的汞蒸汽。元素汞一旦暴露于空气就会蒸发并被人体吸入。学校、实验室和工厂设备的不当操作、偶然不慎洒出的汞以及文化、宗教仪式中使用汞等引起的汞暴露，会导致严重的后果。非常少量的元素汞（甚至一小滴）都可以使室内空气中的汞浓度上升到有害水平。人们呼吸受污染空气的时间越长，人体健康受到危害的可能性越大。高度暴露于汞蒸汽中会引起肺部、肠胃和神经系统的严重损害。但在美国，通过这种途径暴露于汞危害的人数非常少。

1.1.3 生态效应

与其他动物相比，食用鱼类的鸟类和哺乳动物以及它们的捕食者处于更大的甲基汞暴露危险之