



# 手册：汞污染和 《关于汞的水俣公约》



作者：  
李·贝尔 (Lee Bell)，汞  
政策顾问，IPEN

乔伊·迪冈齐 (Joe Di-  
Gangi)，高级科学和技术  
顾问，IPEN

杰克·温布格 (Jack  
Weinberg)，高级政策顾  
问，IPEN

2014年5月





国际消除POPs网络（简称**IPEN**）为全球组织，在致力于建立和实施旨在保护全世界人体健康和环境的安全化学品政策和实践方面发挥着重要作用，其组织任务是为大家谋求无毒害未来。

IPEN全球网络包括116个国家内700余家公益非政府组织。我们致力于发展中国家的国际政策领域，国际办公室位于美国和瑞典。通过位于非洲、亚太、中/东欧、拉美和加勒比海地区以及中东地区的八个IPEN区域办公室，IPEN开展协调工作。

更多关于IPEN的信息请登陆：[www.ipen-china.org](http://www.ipen-china.org)

### **IPEN的无汞项目**

IPEN2010年开始进行无汞运动，旨在强调全世界由汞造成的人体和环境健康威胁令人担忧。从2010至2013年，无汞运动重点关注：能力建设、向非政府组织宣传汞污染事宜并进行引导；纳入和推动非政府组织参与汞条约进程，从而促成一项强有力的汞条约的发展。

2013年1月，140个国家政府通过了一项关于汞的全球条约—这是10多年来首个全球公约。随后，2013年的水俣大会通过了该公约。条约反应了全球共识，即汞对人体健康和环境造成了严重威胁，使得消除全球经济的用汞变得极为迫切。

随着条约的诞生，IPEN无汞项目重点关注：

- 能力建设，向非政府组织宣传汞污染和《水俣公约》事宜并进行引导； 和
- 推进在基层实施公约和削减全球和当地的汞污染。

封面照面：非洲妇女和儿童淘金

拉瑞 C. 普赖斯 (Larry C. Price)

普利策危机报道中心 2013.

# 目录

1. 前言.....	5	9. 故意汞源：开采和工业生产工艺所 含汞.....	70
2. 关于汞的水俣公约.....	6	9.1 小规模手工金矿开采（ASGM）中 的汞使用.....	70
2.1 IPEN关于有毒金属物的 水俣宣言.....	7	9.2 故意工业用途：氯碱生产、 氯乙烯单体和汞催化剂.....	80
3. 环境中的汞.....	9	9.3 氯碱生产所含汞.....	81
4. 汞和甲基汞的毒性影响.....	12	9.4 用于氯乙烯单体和其它化学 生产的汞催化剂.....	83
4.1 单质汞和无机汞盐.....	13	10. 非故意汞源-排放和释放.....	90
4.2 甲基汞.....	13	10.1 燃煤电厂.....	95
4.3 甲基汞的环境影响.....	15	10.2 其它化石燃料燃烧.....	103
5. 汞污染和人体健康.....	17	10.3 水泥生产.....	105
5.1 急性汞污染和水俣病.....	19	10.4 金属开采和提炼.....	108
5.2 受汞污染的鱼.....	20	11. 汞废物和受污染场地.....	111
5.3 受汞污染的水稻.....	24	11.1 产品废物.....	117
6. 汞进入环境的途径.....	25	11.2 汞加工和副产品废物.....	119
7. 汞供应.....	28	11.3 受污染土壤和水所含汞... ..	123
7.1 汞开采.....	28	11.4 汞的临时存储和处置.....	125
7.2 有色金属提炼产生的副产品 单质汞.....	30	12. 结论.....	130
7.3 天然气产生的单质汞.....	30	附件1 水俣公约条款：IPEN总结 和分析.....	130
7.4 汞循环利用和回收.....	31	附件2 《IPEN关于有毒金属物 的水俣宣言》.....	146
7.5 削减汞供应的必要性.....	32		
8. 故意来源：产品所含汞.....	37		
8.1 医疗仪器所含汞.....	42		
8.2 含汞开关.....	44		
8.3 电池所含汞.....	46		
8.5 其它含汞灯.....	53		
8.6 测量仪器所含汞.....	54		
8.7 牙科用汞合金所含汞.....	55		
8.8 含汞农药和杀菌剂.....	58		
8.9 实验室和学校里的汞.....	59		
8.10 化妆品所含汞.....	60		
8.11 药品所含汞.....	62		
8.12 文化产品和珠宝所含汞.....	68		

## 缩略语

AAP	美国儿科学会
ALMR	美国照明和汞再循环产业协会
AMDE	大气汞耗尽事件
APCD	空气污染控制设备
ASGM	手工作坊和小型金矿开采
BAT	最佳可行技术
BPOM	印尼食品和药品控制机构
CDC	美国疾病控制预防中心
CFL	紧凑型荧光灯
COP	缔约方大会
CSO	公民社会组织
EMA	欧洲药品评价局
EPA	(美国) 环境保护署
EPR	生产者责任延伸制
FAO	联合国粮农组织
FDA	美国食品和药物监督管理局
FGD	烟气脱硫系统
GAIA	全球焚化炉替代联盟
GC	联合国环境规划署理事会
GEM	气态单质汞
HCWH	无害医疗
HID	高强度气体放电灯
IARC	国际癌症研究机构
IPEN	国际消除POPs网络
LCD	液晶显示器
LED	发光二极管
LNG	液化天然气
MSDS	化学品安全说明书
NGO	非政府组织
PAN	农药行动网络
POP	持久性有机污染物
PTWI	暂定每周可耐受摄入量
PVC	聚氯乙烯
RGM	活性气态汞
RoHS	关于限制在电子电器设备中使用某些有害物质的指令
S/S	固化/稳定化
SCR	选择性催化还原
TGM	总气态汞

# 1. 前言

本手册提供了有毒环境污染物汞及其对人体健康和环境所造成的危害和最新更新《关于汞的水俣公约》（也称汞条约或条约）方面的信息。

本手册第一版《NGO手册：汞污染》最早发布于2010年10月，旨在帮助教育非政府组织（NGO）和其它参与促成水俣公约全球汞条约谈判的组织。

该手册为更新和修订版，旨在进一步鼓励和促进全球公民组织参与当地、全国和国际层面旨在控制汞污染的活动。手册包括这些组织开展旨在提高其选区和公众汞意识项目和运动时可利用的信息。确定了汞污染来源、与那些汞来源相关的汞条约条款以及可用于控制那些来源的建议。该手册也总结了水俣公约最重要的方面，鼓励所有国家的公民组织参与旨在确保政府通过、批准和充分实施该汞条约的倡导。它还提出其它将汞条约各个不同方面用于非政府组织和公民社会组织运动以鼓励政府采取行动将汞污染降至最小化的建议。

本手册的目标受众为非政府组织和公民社会组织的领导者和成员，这些组织关注或应该关注保护公众健康和环境使其免受汞污染造成的危害，包括公众健康和环境倡导组织、医药和医疗保健专业人员、代表受汞暴露潜在影响的社区和选区的组织、工会和其它方。

本手册由国际消除POPs网络（以下简称IPEN）提供和更新。作为全球网络组织，IPEN在100余个国家内拥有700多家公益组织、健康和环境非政府组织。该网络的建立最初源于推动一项全球公约的谈判，该公约旨在保护人类健康和环境免受持久性有机污染物（POPs）这类有毒化学物质危害。随着各国政府通过了《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》，IPEN将其使命从控制持久性有机污染物扩充至如今大力支持保护人类健康和环境免受所有有毒化学物质暴露导致危害的地区性、国家性、区域性和国际性保护行动。

感谢瑞典环保局和瑞士联邦环境办公室和其它IPEN的资助方为本手册提供财政支持。文中所表达的观点不一定代表IPEN资助方的观点。

同时，感谢在繁忙之际为本手册更新提供信息和对本手册部分内容或全文进行审查的人士。尤为感谢乔伊·迪冈齐（Joe DiGangi）、羽芸·伊斯马瓦提（Yuyun Ismawati）、瓦莱丽·丹尼（Valerie Denney）、金德里奇·佩特里科（Jindrich Petrlik）、吉尔伯特·库艾保沃（Gilbert Kuepou）、曼尼·卡隆佐（Manny Calonzo）、比约·比勒尔（Björn Beeler）和参与该手册第一版编著的其它人士。手册中如有差错仅为作者本人之误。

李·贝尔（Lee Bell），乔伊·迪冈齐（Joe DiGangi），  
杰克·温布格（Jack Weinberg），2014年4月

## 2. 关于汞的水俣公约

多年来，关于汞污染对人体健康和环境危害的科学知识主体不断增长，许多政府已采取一些举措—在其管辖范围内—控制向环境释放汞的工业和其它人类活动。然而，由于汞为一种全球污染物，仅凭一国的国家政府行为难以保护本国人民和环境免受汞污染造成的危害。

认识到这点，2009年，各国政府同意启动政府间条约的谈判，旨在筹备一项具有法律约束力的全球汞控制条约。筹备关于汞的具全球法律约束力工具的政府间谈判委员会首次会议于2010年6月在瑞典斯德哥尔摩召开。3年后谈判结束，在2013年日本熊本召开的外交大会上通过了《关于汞的水俣公约》。

《关于汞的水俣公约》目标是“保护人类健康和环境免受人为排放汞和汞化合物危害”（第1条）。

新条约在控制全球汞污染方面迈出了重要一步，代表了一种全球共识，即汞污染严重威胁了人体健康和环境，为了削减该威胁，需采取行动最大程度减少和消除汞排放和释放。条约还推进了国际化学品公约范围，因为它尤其规定和强调保护人体健康的必要性—其它条约通常缺失该规定。重要的是，该条约包括与人体健康相关的一项特别条款（第6条），列出了可用于评估和保护人体健康免受汞危害的措施和活动。另外，条约还列出了一项重要要求—禁止对与汞和人体健康相关的信息实行保密，从而强调公众对汞对其健康造成的影响具有知情权。

总体而言，汞条约力求减少汞供应和贸易，淘汰或逐步减少用汞特定产品和工艺，控制汞排放和释放。小规模手工金矿开采（ASGM）被视为如今世界上大气汞污染的最大来源之一。汞条约包括了评估和最大程度降低ASGM用汞的规定。化石燃料部门产生的汞污染排放和释放为另外的重要人为汞源，一系列旨在显著削减的条款会对其进行解决。条约还强调源自废弃物的全球汞污染，包括开采、工业工艺和处于处置阶段如填埋和焚烧的加汞产品。

条约认识到汞相关产品 and 工艺的整个生命周期的影响，可见于条约针对供应和贸易、产品和工艺中用汞、汞废弃物、受污染地点和环境友好汞处置的具体条款。虽然许多产品和工艺会淘汰或逐步削减，但某些允许使用会持续存在（如ASGM），对于这些特殊的贸易授权，将会要求环境友好临时储存。

条约的许多条款结合了义务和自愿措施。然而，这些规定中的许多条款可用于各国政府、非政府组织和希望进行汞最少化和削减工作的其它方，会产生积极影响。

来自专用财政机制的财政和技术支持可能优先考虑义务措施。这些条款规定的行动和其它条款的自愿内容可能或无法拥有获取财资助的资格。

IPEN致力于在其积极活动的国家内开展项目和运动时利用条约规定。同时，IPEN计划积极参与条约缔约方大会和专家组，努力加强条约在可实施地区的有效性。

## 《关于汞的水俣公约》条款

本手册以两种方式应对《关于汞的水俣公约》单项条款。在条约条款与特定汞源、汞污染或涉及汞的活动相关的情况下，在本手册相应部分将会强调该条款（如条约第7条与ASGM相关，手册名为ASGM用汞的第9部分对此予以阐述）。当条约条款与条约其它方面相关时，如前言、程序事宜、日程、管理和财政元素，本手册附件1对此进行介绍。

以下条款与汞污染问题直接相关，见本手册设定部分和附件1。

- 第3条**                   汞供应来源和贸易（见第7.5部分）
- 第4条**                   汞添加产品（见第8部分）
- 第5条**                   涉及用汞及汞化合物的制造工艺（见第9.4部分）
- 第7条**                   小规模手工金矿开采（ASGM）（见第9.1部分）
- 第8条**                   排放（空气）（见第10部分）
- 第9条**                   释放（土壤和水）（见第10部分）
- 第10条**                  环境友好的临时汞储存，不同于废弃汞（见第11.4部分）
- 第11条**                  汞废物（见第11.2部分）
- 第12条**                  受污染场地（见第11部分）
- 第16条**                  健康方面（见第5部分）

## 2.1 IPEN关于有毒金属物的水俣宣言

虽然汞条约许多方面促进各国从对汞污染有害影响的共识到积极行动，但IPEN也认识到在加强条约效力方面仍有更多行动空间。除了条约的法律义务外，IPEN认为将该汞条约命名为《关于汞的水俣公约》给各缔约方创造了一种道德义务去阻止水俣病的爆发，严厉地回应和解决了水俣病类似的任何悲剧，显著地降低了鱼类和海鲜中甲基汞污染程度。汞污染代表了一种对人体健康和环境的巨大而严峻的威胁，需要对此威胁进行强有力且具雄心的全球回应。

作为这些观点的表达，在筹备2013年采用全球汞条约期间，IPEN就其为汞和其它有毒金属物的平台，拟定了一项全面的公众声明。该声明为IPEN关于有毒金属物的水俣宣言，于2013年10月IPEN大会通过，在国际水俣病研讨会于日本召开之际，发于水俣病受害者和社区支持人士。

宣言表达了与水俣病受害者在其争取公平的斗争中保持一致，确立了IPEN意欲从汞条约的政策立场转为实施具体行动以确认和消除汞污染。作为推动从政策转为

实际行动项目的一部分，IPEN努力促进迅速批准汞条约以及通过其成员组织实施汞消除。

《IPEN关于有毒金属物的水俣宣言》全文见本手册附件2.

### 3. 环境中的汞

汞是一种自然元素，它的化学符号为Hg，该缩写源自希腊语hydrargyrum，意指液体水银。在纯粹形式下，汞为一种银白色金属，在标准温度和压力之下为液体。在不同语境中，纯汞通常称为水银、金属汞或液态汞，但其更为常见的称谓是单质汞。

由于单质汞有着较高的表面张力，当释放至环境中时，便形成小且结构紧凑的球形液滴。虽然液滴本身呈稳定状态，但与其它金属相比，汞具有较高的蒸气压，从而导致汞蒸发（或挥发）。在室内环境中，汞能迅速地变为一种吸入性危害。在室外，单质汞蒸发而后进入大气。<sup>1</sup>

作为一种元素，汞不是人为创造的产物，也无法被破坏。通过火山喷发，汞释放至环境中，通常以汞盐如硫化汞的形式自然地显现于地壳中。在未受污染土壤中，汞的存在量非常小，平均浓度约为100ppb。岩石中所含汞的浓度为10和20000ppb之间。<sup>2</sup>出于某些目的，许多不同形式的人类活动使得汞脱离地壳，导致汞向一般环境释放。

朱砂矿石会产生人类使用用途的单质汞，它含有高浓度的硫化汞。同时，单质汞也是铜、金、铅和锌等金属开采和提炼产生的副产品。汞也能通过再循环作业进行回收，有时可从天然气或其它化石燃料中去除。

据估计，全球环境中近三分之一的汞为天然汞，近三分之二汞源自工业行为和和其它人类活动而释放至环境中。<sup>3</sup>除火山喷发外，汞的天然来源还包括岩石和土壤的风化。自工业时代开始以来，世界范围内大气、土地、湖泊、溪流和海洋中的汞量增长的因子为2和4之间。<sup>4</sup>其结果是，我们环境中的汞浓度非常之高，极具危险性。

不论人们在何时故意生产和使用汞，许多汞都将最终挥发至大气中。一些人类活动会向环境释放汞。汞存在于化石燃料、金属矿石和其它矿石中。当煤燃烧时，其中的许多汞进入环境中。源自燃煤的汞排列为非故意产生，但却是继手工作坊开采金矿后的第二大人为排放来源。开采和提炼金属矿石以及水泥制造也会向环境释放汞。目前最大的汞故意使用是源自小规模手工金矿开采者。有时汞化合物也用作化学品生产和其它工业生产工艺中的催化剂或原料。最后，汞及汞化合物存在于无数种消费品和工业产品中。

当汞进入空气中，它随风而行，最终返降于地面。在空气中，汞能够在返降于地面之前进行短途或长途迁移；它甚至可以穿行全球。对于部分降落至海洋或土地的汞而言，它会再次挥发；会再次随风迁移而后降落于其它地方的土地中。降落在土地

1 “Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water,” U.S. EPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, 2007, <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>.

2 “Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds,” U.S. Environmental Protection Agency, 1997, <http://www.epa.gov/tmchie1/le/mercury.pdf>.

3 美国环保署, [http://www.epa.gov/mercury/control\\_emissions/global.htm](http://www.epa.gov/mercury/control_emissions/global.htm).

4 加拿大卫生署, [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/mercur/q1-q6\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/mercur/q1-q6_e.html)

和不挥发的汞会附着于有机物。有些沉积在泥炭或土壤中。其余的最终排向小溪和河流，而后进入湖泊和海洋。在水生环境中，单质汞可能会附着于沉积物中，而后随着洋流和河流迁移。有些汞在水层中保持溶解状态。在水生系统中，天然存在的微生物能够将汞转化为甲基汞，在低剂量时，甲基汞这类有机金属化合物较纯汞更具毒性。甲基汞成为水生植物链的一部分，进行生物蓄积和生物放大，而后通过迁徙物种进行迁移。

## 大气中的汞

大气中的汞多数呈气态，但有些汞附着于颗粒物。气态汞多数为单质汞，但少量氧化为汞化合物如氯化汞和氧化汞。

纯汞蒸气，亦称气态单质汞（GEM），具有很低的水溶解性，在大气中非常稳定，存留时间为六个月至两年。这种稳定性使得单质汞能够进行长距离的迁移，导致气态单质汞浓度在大气中相当一致。但是，在工业更为发达的北半球地区其大气中气态单质汞浓度高于南半球地区。

大气中气态的汞化合物通常被视为活性气态汞（RGM）。活性气态汞化合物比气态单质汞化合物更具化学活性，多数具水溶性。与气态单质汞相比，活性气态汞在大气中的稳定性低得多，雨水或其它沉淀形式会使其从大气脱离，称为湿沉降。通过一种称为干沉降的过程，活性气态汞也能不经降水便从大气中脱离。

活性气态汞在大气中的存留时间非常短。附着于颗粒物的汞在大气中的存留时间也相对较短，经过湿沉降和干沉降也能使其迅速脱离。

由于气态单质汞该气体的水溶性不高，降水形式不能有效地将其从大气中去除。但可以通过各种机制使得气态单质汞沉降，这些机制为调查的持续课题。一些研究将气态单质汞沉降与大气表层的光化学反应联系起来。某些研究表明气态单质汞的干沉降会出现在林冠上，这是大气中气态单质汞的一种重要的下沉表现。另有项研究发现在特定条件下，气态单质汞能够从海洋边界上空大气中脱离。<sup>5,6,7</sup>

据文献报告，已出现一种称为大气汞消耗事件（AMDE）的较新现象。针对加拿大北极高纬度地区的研究发现每年春天，在极地日出期间，大气中的汞浓度急剧下降，同时，地面空气中的臭氧会消耗。在北极和南极地区都曾出现过大气汞消耗事件。这些消耗事件可能是由于海洋源头的臭氧和卤素化合物之间的低层大气中光化学反应导致，尤其是氧化溴。在此过程中，臭氧被破坏，大气中的单质汞被氧化而后转变为活性气态汞化合物。据估计，每年北极地区因大气汞

5 X. W. Fu et al., Atmospheric Gaseous Elemental Mercury (GEM) Concentrations and Mercury Depositions at a High-Altitude Mountain Peak in South China, Atmospheric Chemistry and Physics, 2010, <http://www.atmos-chem-phys.net/10/2425/2010/acp-10-2425-2010.pdf>.

6 E.-G. Brunke et al., Gaseous Elemental Mercury Depletion Events Observed at Cape Point During 2007–2008, Atmospheric Chemistry and Physics, 2010, <http://www.atmos-chem-phys.net/10/1121/2010/acp-10-1121-2010.pdf>.

7 “Fact Sheet: Mercury—A Priority Pollutant,” Arctic Monitoring and Assessment Programme, 2005, <http://mst.dk/media/mst/67134/AMAPACAPMercury.pdf>

消耗事件导致此类活性汞的沉积量达300公吨。显然，该结果是北极地区汞沉积量的双倍或更多，其数量超过了在没有出现这些春季消耗事件时的汞沉积量。另外，这些大气汞消耗事件的汞沉降以生物可利用氧化汞化合物的形式出现。<sup>8,9,10</sup> 大气汞消耗事件的发现有助于进一步解释为何北极地区居民因甲基汞暴露所受的影响与其地区活动不成比例。

目前，仍在进行大气中气态单质汞所含汞沉积于土地和水流的机制方面的调查。

## 单质汞的一些特性

特性	值
原子量	200.59
原子序数	80
熔点	-38.87° C
沸点	356.58° C
25° C时的蒸气压	$2 \times 10^{-3}$ mm Hg
25° C时的水溶解性	20 - 30 $\mu$ g/L
美国化学文摘登记号 (CAS)	7439-97-6
质量	13.5336 gm/cc

- 8 A. Steffen et al., A Synthesis of Atmospheric Mercury Depletion Event Chemistry in the Atmosphere and Snow, Atmospheric Chemistry and Physics, 2008, <http://www.atmos-chem-phys.org/8/1445/2008/acp-8-1445-2008.pdf>.
- 9 Jens C. Hansen et al., Exposure of Arctic Populations to Methylmercury from Consumption of Marine Food: An Updated Risk-Benefit Assessment, International Journal of Circumpolar Health 64:2, 2005.
- 10 Laurier Poissant et al., Critical Review of Mercury Fates and Contamination in the Arctic Tundra Ecosystem, Science of the Total Environment 400, 2008, 173-211.

## 4. 汞和甲基汞的毒性影响

关于汞具有毒性的认识至少可追溯至公元一世纪，当时罗马学者普林尼（Pliny）认为汞中毒是奴隶中所患的一种疾病，他指出受汞蒸气污染的众多矿山对罗马市民造成不健康影响。<sup>11</sup>

在流行文化中，汞中毒曾与《爱丽丝梦游仙境》中的疯帽匠联系在一起。十九世纪，英国制帽工业的工人频繁出现神经系统病症，例如易怒、害羞、失落、颤抖和口齿不清。暴露于汞化合物硝酸汞这种当时广泛用于毡帽制作的化学物质导致了这些病症的出现，许多人认为这些中毒的工人为英语俗语“疯似制帽匠”（mad as a hatter）的来历，是“疯帽匠性格”之说产生的出处。<sup>12</sup>

汞的职业暴露问题不仅存在于过去，如今许多行业的从业人员同样面临着该问题，例如汞矿；氯碱生产；温度计生产；荧光灯；电池和其它含汞产品；金、银、铅、铜、镍等的开采和提炼；牙科领域。在小规模手工金矿上的成百万从业人员所遭受汞暴露的范围最大。这些矿工使用单质汞将金从矿石中分离，而其工作条件通常不经控制或者控制不佳。其结果是，矿工、其家庭成员和社区受到高度暴露。

神经系统对所有形式的汞极为敏感。甲基汞和金属汞蒸气尤其伤害性，因为这些形式的汞更容易进入大脑。高度暴露于金属汞、无机汞或有机汞会对大脑和肾脏造成永久性损害，甚至在母体暴露数月之后，仍会影响处于发育的胎儿。这些有害影响会通过母体传输至胎儿，包括大脑损伤、精神发育迟滞、失明、癫痫和丧失说话能力。受汞污染的儿童可能会出现神经、消化系统问题和肾脏损伤。成人暴露于汞会出现如下病症：易怒、害羞、颤抖、视力或听力的变化以及记忆问题。短期高度暴露于金属汞蒸气可能会导致肺损伤、呕吐、恶心、腹泻、血压升高或心率加速、皮疹和眼部发炎。<sup>13</sup>

由世界卫生组织（WHO）和联合国环境规划署（UNEP）联合发布的一本指导性文件中提及如下内容：

“针对汞及汞化合物毒性的主要目标是神经系统、肾脏和心血管系统。普遍认同的观点是处于发育期的器官系统（如胎儿神经系统）对汞的毒性影响最为敏感。胎儿脑部汞暴露水平似乎大大高于母体血液中的水平，胎儿处于发育期的中枢神经系统因其表现出最大的敏感性，而被视为应引起关注的主要系统。其它受影响的系统包括呼吸系统、消化系统、血液系统、免疫系统和生殖系统。”<sup>14</sup>

11 《大英百科全书》，2010年2月20日，<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/424257/occupational-disease>.

12 “NIOSH Backgrounder: Alice’s Mad Hatter and Work-Related Illness,” U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, March 2010, <http://www.cdc.gov/niosh/updates/upd-03-04-10.html>.

13 “ToxFAQs for Mercury,” Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1999, <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts46.html#bookmark05>.

14 “Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure,” UNEP DTIE Chemicals Branch and WHO Department of Food Safety, Zoonosis, and Foodborne Diseases, 2008, p.4., <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingmaterialToolkits/GuidanceforIdentifyingPopulationsatRisk/tabid/3616/language/en-U.S./Default.aspx>

## 4.1 单质汞和无机汞盐

吸入汞蒸气会导致人们因纯单质汞而中毒。近80%的吸入汞蒸气被呼吸道或通过鼻窦吸收，而后进入循环系统，分至周身各处。<sup>15</sup> 吸入式慢性暴露即使是低剂量已显示会对工人造成影响，如出现颤抖、认知能力受损和睡眠受干扰等问题。<sup>16</sup> 在许多工业场所都存在单质汞蒸气。同时，它也存在於使用含汞产品的医院、牙科诊所、学校以及家庭等处。因吸入这些汞蒸气而产生的暴露表现出重大风险。

另一方面，液态形式的单质汞与多数无机汞和有机汞化合物有所不同，因为当人们因摄入或通过皮肤接触而暴露时，它不容易被吸收至人体。动物数据显示，经由肠胃吸收的摄入性单质汞不足0.01%。因吞咽金属单质汞而中毒的情况不常见。<sup>17</sup>

另一方面，无机汞盐具有很强的毒性和腐蚀性。急性暴露于无机汞盐会导致肠胃的腐蚀性伤害，也会导致严重的肾损伤。如果摄食汞盐或通过皮肤接触汞盐，身体对其的吸收率为摄入量的10%，危害各种器官系统，包括中枢神经系统。无机汞盐的身体吸收率较单质汞的吸收率高出许多，但是低于有机汞化合物的吸收率，如甲基汞，一旦摄入甲基汞，肠胃将对其完全吸收。<sup>18</sup>

## 4.2 甲基汞

甲基汞(CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>)为汞的一种形式，主要在鱼类、贝类、鸟类和食用它们的哺乳类动物体内产生汞污染。当人摄入甲基汞时，肠胃对其的吸收比对无机汞的吸收要彻底得多。<sup>19</sup>

环境中汞转化为甲基汞的方式有着诸多不同，研究者们正在对它们进行积极调查。生物甲基化的一项重要过程是通过溶解氧水平较低的水域中生存的细菌进行。在淡水和咸水中，则会出现于河口和湖底的沉积物中。<sup>20</sup> 当汞从大气降落至洋面时，也会在海洋中形成甲基汞，并输送至海洋深处。在那里，自然生成的细菌会分解有机物，同时也会将汞转化为甲基汞。<sup>21</sup> 一旦进入环境，当较大生物食用较小生物时，甲基汞便会进行生物累积和生物放大。

15 关于汞中毒的维基百科条目，M.G. Cherian, J.G. Hursh, and T.W. Clarkson, Radioactive Mercury Distribution in Biological Fluids and Excretion in Human Subjects after Inhalation of Mercury Vapor, Archives of Environmental Health 33, 1978: 190-214.

16 关于汞中毒的维基百科条目，C.H. Ngim, S.C. Foo, K.W. Boey, and J. Keyaratnam, Chronic Neurobehavioral Effects of Elemental Mercury in Dentists, British Journal of Industrial Medicine 49 (11), 1992: Y.X. Liang, R.K. Sun, Z.Q. Chen, and L.H. Li, Psychological Effects of Low Exposure to Mercury Vapor: Application of Computer-Administered Neurobehavioral Evaluation System, Environmental Research 60 (2), 1993: 320-327.

17 关于汞中毒的维基百科条目，T.W. Clarkson and L. Magos, The Toxicology of Mercury and Its Chemical Compounds, Critical Reviews in Toxicology 36 (8), 2006: 609-62.

18 Barry M Diner et al., "Toxicity, Mercury," eMedicine, 2009, <http://emedicine.medscape.com/article/819872-overview>.

19 同上

20 甲基汞定义，美国地质调查局，<http://toxics.usgs.gov/definitions/methylmercury.html>.

21 A New Source of Methylmercury Entering the Pacific Ocean, U.S. Geological Survey, [http://toxics.usgs.gov/highlights/pacific\\_mercury.html](http://toxics.usgs.gov/highlights/pacific_mercury.html).

甲基汞与金属汞不同，因为当人食用了受甲基汞污染的食物后，肠胃迅速将其吸收至血液中，通过血液它易进入成人、儿童或者处于发育期胎儿的大脑。在大脑中，甲基汞进行蓄积，慢慢地转化为无机（单质）汞。<sup>22</sup>

2000年，美国环保署请美国国家科学院和美国国家工程院的国家研究委员会进行了一项关于甲基汞毒性影响的研究。该研究发现，处于甲基汞暴露最大风险的人群是在怀孕期间食用或即将怀孕前大量食用鱼类和海鲜的妇女生育的儿童。人们发现，该群体儿童的暴露足以导致以下儿童数量的增加：必须为留校而艰难努力、参加补习班或特殊教育的儿童。<sup>23</sup> 值得注意的是，这些研究发现当儿童因暴露于污染物而遭受这些神经功能障碍时，从测量终身收益的角度来看，在其未来生活中，成功几率通常较少。如此这般的障碍不仅危害遭受暴露的个体及其家庭，而且会对社会造成累积影响，因为学费将增加，对受影响个体的关心的需求更多，国家生产力会下降。<sup>24</sup>

## 神经性影响

虽然成人和胎儿的大脑都易受危害，但与已经发育完全的神经系统相比，处于发育期的神经系统对甲基汞的毒性影响更为敏感。<sup>25</sup> 产前暴露会干扰大脑和其它地方正处于发育的神经元，对于处于发育期的中枢神经系统会造成潜在的不可逆损伤。母亲因长期食用鱼类而造成暴露后，其所生婴儿可能在最初的数月表现正常，但可能在日后表现出细微神经终端缺陷，例如智商缺陷；不正常的肌张力；运动功能、注意力和视觉空间能力的损失。<sup>26</sup>

因甲基汞暴露导致的发育神经毒性影响方面的证据确凿，有着强大的数据基础，包括多种人类研究以及动物和体外测试显示的实验证据。人体研究包括对急性高剂量暴露以及慢性低剂量暴露两方面的评估。<sup>27</sup>

## 心脏疾病和高血压

研究者发现食用受甲基汞污染的鱼与心脏病风险存在关联。一项针对渔民的研究发现每天鱼摄入量超过30克的人，其患心脏病或心血管疾病死亡的风险为两倍或三倍。同时也对职业暴露人群的血压进行了评估。<sup>28</sup>

---

22 “Toxicological Effects of Methylmercury,” The Committee on the Toxicological Effects of Methylmercury, the Board on Environmental Studies and Toxicology, and the National Research Council, 2000, p.4, [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=9899#toc](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9899#toc).

23 同上，第9页

24 Philip Landrigan et al., “Environmental Pollutants and Disease in American Children,” <http://ehp.niehs.nih.gov/members/2002/110p721-728landrigan/EHP110p721PDF.PDF>.

25 同上，22，第310页。

26 同上，第17页

27 同上，第326页

28 同上，第18页，第309-310页

## 免疫系统影响

职业暴露研究显示汞暴露会影响人体免疫系统。体外研究和动物研究显示汞会对免疫系统产生毒性，产前甲基汞暴露会对处于发育期的免疫系统产生长期影响。各项研究显示甲基汞暴露会破坏免疫系统，增加患传染性疾病或自身免疫紊乱现象的敏感性。<sup>29</sup>

## 癌症

两项研究发现汞暴露与急性白血病存在关联，但因研究人群范围较小并缺乏对其它风险因素的控制，所以这些调查结果力度有限。雌性白鼠的实验也表明汞暴露与肾脏肿瘤存在关联。同时研究显示汞会导致染色体损伤。在可利用的人类、动物和体外实验数据基础上，国际癌症研究机构（IARC）和美国环境保护署将甲基汞列为可能性（环境保护署 C类）人类致癌物。<sup>30</sup>

## 生殖影响

目前尚未充分评估甲基汞暴露对人类造成的生殖影响。然而，一项关于伊拉克小麦污染事件中6000余人暴露于甲基汞的临床症状和结果的评估发现怀孕几率下降（减少79%），它提供了启示性证据，证实了甲基汞会对人类生殖力造成影响。动物研究包括非灵长类动物方面的工作发现了生殖问题，包括受孕率的降低、胎儿早亡、和死胎。<sup>31</sup>

## 对肾脏影响

金属汞和甲基汞也都对肾脏产生毒性。曾有研究观测到人体摄入处于暴露水平汞的各种有机形式后造成的肾损伤，这些汞也会影响神经系统。动物研究也描述了对肾脏的甲基汞诱导毒性。<sup>32</sup>

## 4.3 甲基汞的环境影响

与人体毒性研究相比，关于甲基汞污染生态影响方面的研究相对较少。但是，我们的确知道在鱼体内呈各种蓄积程度的甲基汞可能危害这些鱼类和摄入这些鱼的动物。食鱼的鸟类和哺乳类动物通常比水生态系统中的其它动物更易暴露于甲基汞。同样，那些捕食食鱼动物的食肉动物会处于危险。根据美国环境保护署的一份报告，在鹰、水獭以及濒危佛罗里达黑豹体内发现了甲基汞，针对该报告的分析显示一些高度暴露的野生动物物种正遭受甲基汞的危害。甲基汞暴露对野生动物的影响

29 同上，第308页

30 同上，第308页

31 同上，第309页

32 同上，第18页，第309页

包括死亡、生育率下降、生长缓慢以及影响生存的异常发育和行为方式。另外，环境中的甲基汞程度可能会改变鱼类的内分泌系统，影响它们的发育和生殖。<sup>33,34</sup>

对于鸟类而言，当鸟蛋中的汞浓度为0.05~2.0毫克/千克时，汞暴露便会干扰生殖。在加拿大，某些物种的蛋已处于该范围，其它一些物种蛋中的汞浓度持续上升，日趋接近该水平范围。过去的25年间，在加拿大北极和格陵兰岛的一些区域，环斑海豹和白鲸体内的含汞量已增长2至5倍。<sup>35</sup> 另有迹象表明，处于较暖水域的食肉型海洋哺乳动物可能也面临风险。在一项关于香港驼背豚数量的研究中，汞被认定为一种特定的健康危害物质。<sup>36</sup>

最近研究显示，在欧洲大面积土地和世界上许多有着同样土壤特征的其它地方，对陆地食物链至关重要的微生物活动减少，这源于汞。<sup>37</sup>

与全球气候变化存在关联的水平面上升可能也对汞甲基化和其在鱼体内的蓄积造成影响。例如，有迹象表明在小且温暖的湖泊以及许多遭受洪灾的新地区，甲基汞的形成有所增加。<sup>38</sup>

---

33 “Environmental Effects: Fate and Transport and Ecological Effects of Mercury,” U.S. Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/hg/eco.htm>.

34 “Poisoning Wildlife: The Reality of Mercury Pollution,” National Wildlife Federation, September 2006, <http://www.nwf.org/nwfwebadmin/binaryVault/PoisoningWildlifeMercuryPollution1.pdf>.

35 F. Riget, D. Muir, M. Kwan, T. Savinova, M. Nyman, V. Woshner, and T. O’Hara, “Circumpolar Pattern of Mercury and Cadmium in Ringed Seals, Science of the Total Environment, 2005, p. 351-52, 312-22.f

36 “Global Mercury Assessment: Summary of the Report,” chapter 5, UNEP, 2003, <http://www.chem.unep.ch/mercury/Report/Summary%20of%20the%20report.htm#Chapter5>.

37 同上

38 同上

# 5. 汞污染和人体健康

水俣病是一种严重且通常致命的疾病。它是因高度暴露于甲基汞而致，与某些工业生产工艺和汞污染废物产生的急性汞污染的热点地区相关。但是，汞污染也会对远离工业或其它当地汞源的地区人体健康和环境造成危害。在世界所有地区，池塘、溪流、河流、湖泊以及海洋中的鱼类和贝类普遍受到甲基汞污染，其浓度会对摄入这些鱼类和贝类的人群尤其是将鱼类和贝类视为蛋白质主要来源的人群造成严重的健康缺陷。

虽然水俣病已成为急性汞污染标志性的代表，但不同形式和不同程度的汞暴露对人体健康影响的全方位了解仍有待研究。汞作为神经毒素造成的最微小影响对于研究者而言，越显清晰。他们确认全球汞污染对人群的认知能力和智商造成微小但大范围的影响。<sup>39</sup>

## 关于汞健康影响方面，汞条约有何规定？

汞条约第16条强调条约缔约方采取的人体健康行动。虽然条约未包含强制性规定，但它鼓励条约缔约方扩大健康相关措施的范围。这为非政府组织提供了一个机遇，可以与国家政府、高校、和医疗保健部门开展合作，从事研究和其它活动以确认和保护那些因职业、饮食或其它情况尤易受汞污染的人群。第17部分（信息交换）的一条相关规定中，一项重要的次条款（5）声明：“人类和环境健康和安全的不应视为保密。”

## 第16条 健康方面

- 条约文本声明“鼓励各缔约方……开展健康相关的活动”
- 可选活动包括：
- 确定和保护处于风险的群体的策略和计划；
- 以科学为基础汞职业暴露方面的教育和预防计划的开发和实施；
- 促进受汞暴露影响群体的预防、治疗和关怀方面的适当的医疗保健服务；
- 建立和加强与汞暴露相关的预防、诊断、治疗和健康风险监测方面机构和健康专业能力。
- 缔约方大会应酌情与世界卫生组织、国际劳工组织和其它相关的政府间组织协商。
- 缔约方大会应促进与世界卫生组织、国际劳工组织和其它相关政府间组织的合作与信息交流。

<sup>39</sup> Grandejean, P., and Landrigan P.J., (2006) Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. Lancet. 2006 Dec 16;368(9553):2167-78.

## 非政府组织如何利用汞条约开展汞污染对人体健康方面的运动？

### 使汞健康事宜各机构参与

非政府组织可利用该条款的规定，与政府、学术机构和健康部门专业人员接触，提供其掌握的关于其国内汞造成的经证实的和怀疑的健康影响方面信息，寻求创建项目以解决这些健康问题。由于规定非强制性，非政府组织可通过确定他们意识到的健康问题（如ASGM活动对河流造成的汞污染）来加速这些健康相关的活动。鼓励政府发展项目以确认风险人群、研究影响和建立诊断和治理能力。与医疗保健部门机构的合作也可提供机遇去开发最新的诊断和治理服务，从而确定处于汞中毒风险的人群和个人。这也可带来确定“一群”受影响的群众，从而确定可能不太明显的汞污染点源的间接益处。

### 健康服务的能力建设

许多发展中国家的卫生部不具备足够能力去管理受关注的化学品以及它们对人体健康和环境的影响。对于源自汞和其它重金属的非传染性疾病来说，这是常见情况。非政府组织可与当地健康方面工作人员、健康服务提供方或/和卫生部开展合作，开始提高健康方面工作人员、操作者和学生对于受关注化学品的意识，就本手册而言，即汞。健康方面工作人员和操作者应对汞拥有充分的认识，包括如何确定汞使用以及在它们在邻里区、社区或城镇汞暴露的路径。他们也应具备确定汞中毒症状的能力，能够将其与非传染性疾病记录或数据联系起来。健康方面工作人员和操作者的能力建设对于实施健康活动和项目至关重要。

### 实施生态监测项目

卫生部也应被鼓励建立协调和综合的生物监测项目，该项目可用于周期性地监测和评估生存环境并且应纳入旨在消除汞国家实施计划。对于公众而言，任何人在任何时候都可知晓和有途径了解项目结果。鱼类或食物的建议应基于国内和特殊地区如邻近主要或历史汞开采点、ASGM附近和燃煤电厂邻近处的汞污染热点地区汞污染的最新情况。

### 寻求汞健康影响的信息

第17条与健康相关的条款可为非政府组织提供有力方式，从他们的政府寻求已知来源和汞对其国民影响的信息，该条款包括“为本公约的目的，人体和环境健康安全信息不应视为机密”。之前已分类的信息可进行发布和宣传，从而提高社区和那些制造汞污染的暴露产业对汞污染的意识。这可促成进一步的非政府组织定位汞污染源的活动，从而进行环境监测、生态监测、清理或更严格监管。该条款还可促进建成污染物排放和转移登记（以下简称PRTR）或将汞纳入至已存在的登记制度。

## 5.1 急性汞污染和水俣病

最为著名的急性汞污染例证发生在日本水俣湾沿岸渔村。智索株式会社（Chisso）为一家位于海湾附近的化工厂，在乙醛和氯乙烯生产中将硫酸汞和氯化汞用作催化剂。该厂的废水排入水俣湾，同时含有无机汞和甲基汞。甲基汞主要为乙醛生产过程的副产品。<sup>40</sup> 甲基汞在海湾的鱼类和贝类以及食用这些鱼类和贝类的人们体内蓄积。该事件的结果是出现了一种汞中毒的新形式，现称为水俣病。<sup>41</sup>

水俣病患者们控诉感觉的消失以及手脚无知觉的痛苦。他们在跑步或行走时总会绊倒，出现视觉、听力和吞咽的障碍，死亡人数占很大比例。该疾病于1956年首次得以诊断。至1959年，出现一宗有力案例说明该疾病是由水俣湾鱼类与贝类体内所含的高浓度甲基汞所致。

自智索工厂于1932年开始使用乙醛生产工艺以来，便持续向水俣湾排放汞，直至1968年停止使用该生产方式。该工厂氯乙烯生产中持续使用汞催化剂，直至1971。然而，1968年后，工厂的废水转而排入一个特殊用池。<sup>42</sup>

纵贯该时期，由于当时对狭隘的案例定义和不确定的化学形态的依靠，科学界对于甲基汞诱发健康影响的原因认识是不完全的。虽然早在1952年已知晓甲基汞会产生发育神经毒性，但研究者们仍花费了50年得以了解处于发育期的神经系统对于重金属如甲基汞的易受害性。另外，几乎所有环境健康新研究都普遍对此化学物类型不确定，这使得推迟了数年才就人们症状致因达成科学共识，这相应地长期拖延了污染源最终得以阻止的时间，也导致了对于受害者赔偿决议拖延的时间更长。<sup>43</sup>

在距水俣病首次诊断50多年后的2010年5月，针对那些未确认的水俣病患者，日本政府采取了补救措施并承诺将进一步努力。当时的日本首相鸠山由纪夫参加了水俣54周年纪念日仪式，并为政府未能阻止此次本国最大工业污染事件导致的疾病而道歉。在演讲中，首相表示希望日本为出台一项旨在阻止未来汞中毒的国际条约做出积极贡献，并提议称其为水俣条约。<sup>44</sup>

然而，许多显著的事宜仍影响着水俣病受害者和水俣病社区。尽管截至2011年，2273名受害者经官方认定为水俣病患者，数万人存在甲基汞中毒的神经系统症状，但他们仍未经正式认定。近6.5万人向政府申请，要求水俣病的救济。经日本政府同意，智索进行企业结构调整，这也限制了智索对于水俣病受害者的责任。

40 “Environmental costs of mercury pollution,” Lars D. Hylander et al, *Science of the Total Environment*, 2006, [http://www.elsevier.com/authoried\\_subject\\_sections/P09/misc/STOTENbestpaper.pdf](http://www.elsevier.com/authoried_subject_sections/P09/misc/STOTENbestpaper.pdf).

41 “水俣病”，维基百科 [http://en.wikipedia.org/wiki/Minamata\\_disease](http://en.wikipedia.org/wiki/Minamata_disease); Douglas Allchin, *The Poisoning of Minamata*, <http://www1.umn.edu/ships/ethics/minamata.htm>

42 同上，40

43 Grandjean, P., Satoh, H., Murata, K., Eto, K., (2010). Adverse effects of methylmercury: environmental health research implications. *Environ Health Perspect* 118(8): 1137-1145 <http://ehp03.niehs.nih.gov/article-fetch-Article.action?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.0901757>.

44 “Hatoiyama Apologizes for Minamata; At Memorial Service, Says Redress Not End of Matter,” *The Japan Times*, May 2, 2010, <http://search.japantimes.co.jp/cgi-bin/n20100502a1.html>.

日本精神病学与神经病学学会（JSPN）1998年宣称日本政府用于评估和证明水俣病受害者的医学标准从医学角度而言无效，2004年最高法院宣布其无效。<sup>45</sup> 智索公司也并未移除大量汞污染废物。数十年来，这些废物仍置于水俣镇周围的“临时”隔离结构中。这些工程结构正接近运行寿命终点，处于将汞泄露回环境的风险，同时还处于地震和海啸的高风险。

日本政府对这些为题并未予以解决并且使得智索问责受阻，这导致水俣居民和代表汞污染受害者的组织愤怒不息。

1965年在日本新潟县Agano盆地再次爆发了水俣病。另一家使用硫酸汞催化剂和类似工艺生产乙醛的化学公司将废水排放至Agano河。在此次疾病爆发中，日本政府证实690名民众患病。

另一个水俣病的例证发生于20世纪70年初的伊拉克，由于摄入了用甲基苯处理过的小麦，当时估计1万民众死亡，10万民众遭受严重和永久性脑损伤。<sup>46</sup> 另一起中毒事件发生在加拿大格拉西-纳罗斯（Grassy Narrows），1962年至1970年位于安大略省德莱顿（Dryden）一家氯碱厂以及纸浆和造纸厂排放汞，导致原住民中毒。<sup>47</sup>

急性汞污染的事件不断发生，虽然有的不甚为人所知，影响并未如此严重。根据水俣病领先世界级专家马萨祖米·哈拉达（Masazumi Harada）：“亚马逊、加拿大和中国已经因汞中毒而受到影响，但是对于水俣病而言，很少患者是在最初便表现出严重性。患者明显受到了汞的影响，但在其体内含汞量低，或者仍处于该疾病的初级阶段。”<sup>48</sup>

## 5.2 受汞污染的鱼

急性汞污染只是污染影响中的部分内容，在世界各处的海洋、湖泊、河流、池塘和溪流都发现广泛分布的汞污染，其程度令人担忧。

如前所述，汞主要通过空气直接沉降和通过汞污染土壤上的排水进入水体。一旦进入水生环境，相当一部分汞便通过天然存在于这些生态系统中的微生物而转化为甲基汞。而后，这些微生物被小型水生生物捕食，小型水生生物相应地被鱼类和贝类捕食，而更大的鱼类、鸟类、哺乳类和人类便食用这些鱼类和贝类。

45 McCurry, J. (2006). Japan remembers Minamata. *Lancet*, 367(9505), 99-100.

46 Arne Jernelov, "Iraq's Secret Environmental Disasters," <http://www.project-syndicate.org/commentary/jernelov3/English>.

47 "Grassy Narrows Protests Mercury Poisoning," CBC News, April 7, 2010, <http://www.cbc.ca/canada/toronto/story/2010/04/07/tor-grassy-narrows.html>.

48 Asahi Shimbun, "Interview with Masazumi Harada," Asia Network, [http://www.asahi.com/english/asianet/hatsu/eng\\_hatsu020923f.html](http://www.asahi.com/english/asianet/hatsu/eng_hatsu020923f.html).

甲基汞位于食物链的底端，当大型生物捕食小型生物时，进行蓄积和生物放大，这种生物放大的结果是，在某些鱼类体内，甲基汞浓度可以达到鱼类栖息水域中汞背景浓度的100万倍(10<sup>6</sup>)的范围水平。<sup>49</sup>

水体汞污染非常普遍，位于严重汞污染源如大型燃煤发电厂、水泥窑、矿场、废物倾倒处、氯碱设施、纸浆和造纸工厂和其它大型工业源的顺风处或下游处的水体通常所受汞污染更大。然而，即使在远离这些重要汞污染源的北极地区，研究者也发现了在许多社群中人们饮食中的汞摄入量超过既定的国家指南，他们发现了对于儿童神经系统的危害和相关行为影响的证据。<sup>50</sup> 美国地质调查局(USGS)的一项研究提取了全美国291处溪流中的捕食性鱼类作为样本，研究者发现在提取的样本中，每条鱼体内都含有汞，27%的样本超过美国环境保护署含汞量为0.3微克/克湿重的人体健康标准。<sup>51</sup>

许多政府针对市场上销售的鱼所含汞和/或甲基汞的可允许最大值提供了建议、指南，或者法律限制。然而，并不是所有既定的指南都得以执行。许多非政府组织认为这些指南过于宽容，不足以保护公共健康。在某些案例中，渔业已经成功阻止了政府机构旨在建立更为严格标准所做的努力，他们声称这样做将影响销售。

国际食品法典委员会由联合国粮农组织和世界卫生组织建立，旨在设定国际公认的食品安全标准，该委员会设定了在非捕食性鱼体和捕食性鱼体中甲基汞的指导性水平分别为0.5微克/克和1微克/克。美国食品和药物监督管理局(FDA)规定每克鱼类和贝类所含甲基汞水平为1微克，一旦超规，便可采取行动。这大大高于美国环保署的人体健康标准。欧洲共同体允许渔业产品中甲基汞的含量为0.5微克/克(某些例外)。日本鱼类含汞量限值为0.4微克/克，或者甲基汞含量为0.3微克/克。<sup>52</sup> 加拿大食品检验局针对商业销售用途鱼的含汞量指导性水平是0.5微克/克湿重，加拿大卫生部建立了针对鱼类频繁消费者0.2微克/克湿重含汞量的指导性水平。<sup>53</sup>

通常，大型捕食性鱼类组织中的甲基汞含量最高；较大型鱼和鱼龄较大的鱼比体型较小和鱼龄较短的鱼更易受到污染。鱼体中的甲基汞易于附着于组织蛋白，而非脂肪组织。因此，对受污染鱼进行修剪或去皮并不能减少鱼片中的含汞量。烹饪也无法降低鱼体中的甲基汞含量。<sup>54</sup>

49 加拿大卫生署，[http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/mercure/q47-q56\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/mercure/q47-q56_e.html)

50 北极监测和评估计划(AMAP)，Executive Summary to the Arctic Pollution 2002 Ministerial Report, <http://www.amap.no/documents/index.cfm?dirsub=/AMAP%20Assessment%202002%20-%20Human%20Health%20in%20the%20Arctic>.

51 Barbara C. Scudder et al., "Mercury in Fish, Bed Sediment, and Water from Streams Across the United States, 1998–2005," U.S. Geological Survey, 2009, <http://pubs.usgs.gov/sir/2009/5109/pdf/sir20095109.pdf>.

52 "Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure," UNEP DTIE Chemicals Branch and WHO Department of Food Safety, Zoonoses, and Foodborne Diseases, 2008, p. 4, <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf>.

53 Lyndsay Marie Doetzel, "An Investigation of the Factors Affecting Mercury Accumulation in Lake Trout, *Salvelinus namaycush*, in Northern Canada," <http://library2.usask.ca/theses/available/etd-01022007-094934/unrestricted/LyndsayThesis.pdf>.

54 同上，第8页

由美国环保署与食品和药物监督管理局共同起草的一份指南文件表明近乎所有的鱼类和贝类都含有汞，某些鱼类和贝类中的含量可能会危害胎儿或幼童正处于发育的神经系统。当然，这种风险取决于他们所摄入的鱼类和贝类数量以及含汞量程度。该指南文件建议孕妇、哺乳期的母亲、即将怀孕的妇女以及幼童完全避免摄食含汞量高至无法接受程度的主要鱼类，如鲨鱼、旗鱼、鲑鱼和方头鱼。文件进一步建议，这些人群每周低汞含量鱼的摄食量不应超过12盎司（340克）。平均而言，这意味着这些人群每周鱼的摄食次数不应超过两次。该指南文件最后建议这些人群应查看关于当地所捕获鱼安全性的当地公告，如果无法获取可靠信息，应将每周当地鱼的摄食次数减为一次。<sup>55</sup>

但该指南文件同时建议日常饮食中不应完全弃食鱼类和贝类，除却汞污染因素，鱼类和贝类为富有丰富营养的食物源。它们含有高质的蛋白质和其它重要营养物质以及低饱和脂肪，含有对营养而言非常重要的 $\Omega$ -3脂肪酸。<sup>56</sup> 健康专家通常建议食用含汞量低且 $\Omega$ -3脂肪酸高的鱼类。

遗憾的是，鱼类消费的建议会令人困惑且难以遵循。鱼体含汞量呈现各种不同，其影响因素可为：鱼种、捕获鱼的地点、鱼大小、捕获年的时间段和其它考量因素。在高度工业化国家，因素则进一步复杂化，市场上和菜单上的鱼可能是从距离半个地球之远的另一端运至。但在富裕国家，多数妇女和儿童可以选择，通过摄食其它富含蛋白质食物进行替代，可将每周鱼消费次数控制在两次以内但同时保持营养饮食。然而，对于世界上许多人而言，严格限制鱼消费不具现实性。

在工业国家，如美国、加拿大和其他国家，一些当地土著居民和贫苦人们捕获当地的鱼类和贝类（某些情况下为食鱼的鸟类和哺乳类），其蛋白质的主要来源依赖于这些食物。通常他们无法负担或可能缺乏渠道获取好且具有营养性的替代物。在发展中国家，依靠鱼类的人群甚至更大。居住在岛屿、沿海地区、内陆河道和其它地方的人们的传统饮食便高度依赖鱼类获取营养。联合国粮农组织（FAO）估计<sup>57</sup> 鱼类能为29亿人提供至少15%的人均动物蛋白摄入。另外，在一些小岛屿发展中国家以及孟加拉国、柬埔寨、赤道几内亚、法属圭亚那、冈比亚、加纳，印度尼西亚和塞拉利昂这些国家，鱼类平均为当地人提供50%甚至更多的动物蛋白。联合国粮农组织报道鱼类在中北美洲、欧洲、非洲和亚洲提供的动物蛋白消费比例分别为近8%、超过11%、约19%和近21%。（未提供南美洲鱼类消费的数据总结。）该报告还指出实际消费量可能比提供的数据大得多，因为官方统计并未记录自给性渔业。

即使考虑到摄食大量受汞污染鱼类和贝类所造成的负面健康影响，对于许多人而言，严格限制其鱼类消费仍可能为不好的选择或本不应视为一种选择。有些人如果减少鱼类消费，那将会面临饥饿问题。对于另外一些人而言，针对鱼类消费可提供

55 “What You Need to Know About Mercury in Fish and Shellfish: Advice for Women Who Might Become Pregnant, Women Who are Pregnant, Nursing Mothers, and Young Children,” U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Environmental Protection Agency, March 2004, <http://www.epa.gov/waterscience/fish/advice/advisory.pdf>.

56 同上。

57 “The State of World Fisheries and Aquaculture,” Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008, p. 9, 61, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e.pdf>.

的主要替代食物为高糖低蛋白。通过如此食物来限制鱼类消费可能导致肥胖、糖尿病、心脏病和其他疾病的增加。对于获取有营养替代食物受限的群体，从平衡角度考虑，鱼类消费的健康益处与汞暴露造成的健康风险相比，可能得不偿失。这些群体人员将持续遭受甲基汞暴露产生的健康后果，直至国际行动在减少鱼类汞污染方面取得重大成功。相应地，如果不采用和有效实施一项综合汞控制条约，将难以取得重大成功。另外，对于许多土著居民和其他群体而言，继续将鱼类作为其传统食物是源于重要的文化和社会原因。

## 北极地区居民所受汞影响

居住在北极地区的人们尤易受到汞暴露，尤其是土著居民。当地气候无法种植在世界其它地区被视为主食的谷物或蔬菜。由于这些居民常居于偏远地区，在商店购买食物的成本过高，尤其是健康易腐食物。因此，他们几乎没有选择，为了生存，日常饮食不仅严重依靠鱼类，而且还摄食那些捕食鱼类的哺乳类动物和鸟类。居住在高度工业化国家遥远北部地区的北极土著居民其生活在许多方面与发展中国家的多数人民类似。

因纽特人居住在加拿大北部的北极沿岸地区、格陵兰地区、阿拉斯加（美国）和楚科奇（俄罗斯）。当地居民的传统主食为海洋哺乳类动物。一项关于居住在加拿大努纳武特地区因纽特学前儿童的汞暴露研究发现近60%的儿童汞摄入量超过世界卫生组织于1998年针对儿童制定的暂定每周可耐受摄入量（PTWI）水平，该每周可耐受摄入量规定每周甲基汞摄入量为1.6微克/千克体重。该研究调查的所有儿童其平均汞摄入量是每周2.37微克/千克体重的甲基汞摄入量，33.37%的汞摄入源自摄食白鲸皮（皮脂），25.90%源自摄食独角鲸皮，14.71%源自摄食环斑海豹肝脏，10.60%源自鱼类摄食，6.02%源自摄食驯鹿肉，4.59%源自摄食环斑海豹肉。这些源头在当地儿童汞摄入总量中所占的比例超过95%。<sup>58</sup>

其它北极土著居民因甲基汞暴露所受的影响也与当地发展不成比例。土著阿萨巴斯卡人聚居的村庄位于整个北美北极地区，多为沿大湖地区。诱捕、狩猎和捕鱼仍为他们维持生计的重要方式。在夏季，各个家庭经常离开村庄以寻找大型的鱼营。<sup>59</sup> 居住在挪威、瑞典、芬兰和俄罗斯科拉半岛地区萨米人的传统生计包括半游牧驯鹿放牧、沿海捕鱼、毛皮诱捕和牧羊。<sup>60</sup> 有研究显示极地日出大气汞消耗事件导致了北极苔原大量的生物可利用汞化合物的沉积，放大了苔原食物网中的汞。该事件与水生甲基汞污染使得甲基汞大幅蓄积在以上地区居民和北极其它地区居民的传统食物中。<sup>61</sup>

58 “Mercury Hair Concentrations and Dietary Exposure Among Inuit Preschool Children in Nunavut, Canada,” Tian W. et al, *Environ Int.* 2010, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20673686>

59 Tricia Brown, Athabaskan, *LitSite Alaska*, <http://www.litsite.org/index.cfm?section=Digital-Archives&page=People-of-the-North&cat=Native-Peoples&viewpost=2&ContentId=2648>.

60 关于萨米人的维基百科条目，[http://en.wikipedia.org/wiki/Sami\\_people](http://en.wikipedia.org/wiki/Sami_people)

61 *Critical Review of Mercury Fates and Contamination in the Arctic Tundra Ecosystem*, 以上所引

### 5.3 受汞污染的水稻

近来的大量研究调查了中国一些内陆地区的汞污染状况，在这些地区，多数居民鱼的摄食量少，但所居住地区环境中却存在大量的汞排放现象。<sup>62</sup> 研究者表示稻田土为将汞转化为甲基汞的细菌提供了合适的环境。因此，他们认为水稻可能会吸收稻田中产生的甲基汞。该研究调查了主要依靠当地农产品为食的农民，并得出结论，在这些人群中95%的甲基汞暴露源自水稻。

对于多数研究对象而言，因摄食水稻而造成的甲基汞暴露低于目前认定的每周可耐受摄入量。研究者得出结论这些人可能面临低风险。然而，一些居住于汞矿附近的研究对象其因摄食水稻而导致的甲基汞暴露远远超过认定的每周可耐受摄入量。因此，被视为存在潜在的健康风险。

研究者表示水稻不含鱼体内微量营养素。这种营养素能够增强神经系统发育，可能会抵消一些汞暴露造成的危害。他们得出结论目前基于鱼类消费制定的甲基汞暴露指南可能不足以保护那些因以水稻为基础的饮食结构而遭受暴露的人群。因此，他们呼吁对因摄食水稻而暴露于低剂量甲基汞的孕妇之健康影响进行研究。

该研究的作者们强调这种担忧的紧迫性，提出水稻是世界半数多人口的重要主食。仅亚洲，便有20多亿人口通过水稻和其副产品获取70%的日常饮食能量。因此，他们得出结论不仅在中国，而且在其它国家和地区，如印度、印度尼西亚、孟加拉国和菲律宾应迫切开展相关研究。这些地区在全球水稻生产的占有率很高，而且水稻为当地居民的主食。<sup>63</sup>

---

62 Hua Zhang et al., "In Inland China, Rice Rather Than Fish Is the Major Pathway for Methylmercury Exposure," *Environmental Health Perspectives*, April 2010, <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/fetchArticle.action?journal=F7154FD5C22DD646D5200FC587451A05?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.1001915>.

63 同上

## 6. 汞进入环境的途径

汞通过几种不同途径进入环境。一些汞通过自然过程进入环境，如火山喷发、地热活动和含汞岩石的风化。然而，现今全球环境中存在的多数汞是通过人类活动进入环境。将汞释放至环境中的人类活动称为汞的人为来源。一旦汞进入水生或陆地环境，便进行挥发，重新进入大气。

汞的人为来源分为三大类：

- **故意来源：**当有意决定制造含汞产品或运行使用汞的工艺时，便会产生这些来源。含汞或汞化合物的产品包括荧光灯、某些温度计、电池和开关，以及其它类似产品。小型金矿是使用汞的一种非工业工艺，此工艺将单质汞用于捕捉金沙石混合物、沉积物、土壤或其它颗粒物中的金。工业工艺的例证包括将汞化合物用作催化剂的化学制造厂，尤其是在氯乙烯单体生产和将单质汞池用作电解中阴极的氯碱厂。
- **非故意来源：**焚烧或加工含有汞这种不必要杂质的化石燃料、矿石或矿物质。比如，燃煤电厂、水泥窑、大型金属开采和提炼以及煤炭、石油、油页岩和焦油砂的化石燃料提取。用于含汞废弃产品和废物的处置方式焚烧和填埋也会向环境中释放汞，被列为非故意来源。
- **导致汞迁移的活动：**燃烧或砍伐森林或是大面积淹水的人类活动会产生这些来源。森林中的生物质和有机表面土壤通常含有从大气中降落的汞。燃烧或砍伐森林—尤其是寒带和热带森林—会向大气中返释大量的这种汞。<sup>64</sup> 大型水坝工程会淹没大面积地区，导致生物质和表面土壤中的汞更易转化为甲基汞而后进入水生食物链。<sup>65</sup> 引起上游水位波动的小型水坝也存在问题。在交替暴露于空气的海岸线繁茂生长的细菌会产生甲基汞，当小型水坝的闸门开启或关闭时，水会对其进行覆盖。<sup>66</sup>

研究者曾尝试估算不同种类人为来源释放至环境中的汞总量。然而，研究者可利用的数据缺乏完整性和准确性。要区别汞的自然来源（因火山活动或岩石风化而进入环境）和因人为来源进入环境随后沉积至水中或地面的汞的重新活动和再释放，这尤为困难。

由于这种困难，关于大气中汞自然来源的多数公布的估算实际上将之前因人类活动而进入环境的汞的再释放纳入了总量。<sup>67</sup> 这使得关于全球环境中自然来源产生的

64 “Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment,” AMAP and UNEP, 2008, p. 7, [http://www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric\\_Emissions/Technical\\_background\\_report.pdf](http://www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric_Emissions/Technical_background_report.pdf).

65 “James Bay Dam, Electricity, and Impacts,” The Global Classroom, American University, <http://www1.american.edu/tesd/james.htm>.

66 Kristen Fountain, “Study Links Mercury to Local Dams, Plants,” Valley News, 2007, <http://www.briloon.org/pub/media/ValleyNews1.10.07.pdf>.

67 N. Pirrone et al., “Global Mercury Emissions to the Atmosphere from Anthropogenic and Natural Sources,” Atmospheric Chemistry and Physics, 2010, <http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/10/4719/2010/acpd-10-4719-2010-print.pdf>.

汞数量所公布的许多估计值过大，它会无意识地增强如此印象：火山和岩石风化释放的汞量占全球大气汞总量的较大比例。而实际并非如此。如果将源自人类活动而进入环境中的汞的再排放计入全球所有大气汞排放总量，那么关于大气中人为汞排放总量的估值将可能大大高于目前公布的估值。

要计算不同人为来源导致的全球汞污染比例也非常困难。2008，联合国环境规划署（UNEP）公布的《全球汞状况评价》<sup>68</sup> 中确认了将汞释放至环境的各种人类活动，并针对许多来源提供了排放数据。这些排放数据被频繁引用为这些不同来源产生的全球汞污染比例的指标。例如，反复被提及的燃烧化石燃料—主要为煤—是汞污染最大的来源，占人为来源导致的全球汞排放总量的45%，小规模手工金矿开采（ASGM）为汞污染的第二大来源，估计占全球总排放的18%。<sup>69</sup>

然而，各种来源导致的一些汞排放估值会被误解，因为报道的大气排放估值仅基于直接释放至大气中的汞测量，并未考量释放至废物、土壤和水中的汞，即使该汞随后挥发进入大气。这些排放估值也没有考量与来源相关的其它未测汞释放。一个来源实际所释放的汞可能大大超过报道的汞排放。在最新的估计中，<sup>70</sup> 联合国环境规划署认识到许多这些数据差值，并且通过纳入对水的汞排放以及分散来源释放的估计，提高了估值。然而，在联合国环境规划署估计中，仍存在一些重大的数据差，如中国氯乙烯单体（VCM）行业产生的排放和释放（本手册其它部分对此进行了细节讨论）。

## 排放估计数据可能被误解

关于某个特定来源导致的全球大气排放所报告的比例通常作为一个指标，用以衡量该来源导致的全世界汞污染量。例如，当看到燃烧化石燃料占人为来源导致的全球大气汞排放总量的45%时，很自然会得出结论：45%的全球汞污染问题源自燃烧化石燃料，但这也可能是误导性的结论，原因如下：

- 大气汞排放的有些来源其相关数据甚少或者没有。这些来源产生的全球大气汞排放的影响可能被大大低估。
- 某些来源产生的大气汞排放量的测量比其它来源容易。那些较难测量的来源所产生的全球大气汞排放量可能被低估。
- 某些汞来源如产品中的汞有着复杂的生命周期。很难将产品生命周期所有点出现的大气汞排放都全面纳入这些来源相关的排放估算中。
- 某些汞来源释放大量的汞至土壤、水和废物中。释放至这些介质的汞通常并未纳入全球大气排放总量中。然而，除了释放至大气中的汞外，释放至媒介的汞会频繁污染水生生态系统，并增加全球汞污染总量。另外，许多释放至

68 UNEP, (2013) Global Mercury Assessment 2013, Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.

69 同上

70 同上

这些媒介的汞日后会挥发而后进入大气。可能很难将二次大气排放全面地纳入与排放始源头相关的全球大气排放估计中。

低估来源的极端例证是氯乙烯单体（VCM）生产。中国是唯一使用依靠汞的方式进行氯乙烯单体生产的国家，对于该源头产生的汞大气排放可提供的数据少之又少。因此，联合国环境规划署估计汞至大气的人为排放量为1960公吨。<sup>71</sup>这其中氯乙烯单体生产导致的全球大气汞排放量为零。然而，与多数其它故意排放来源相比，氯乙烯单体生产中使用的汞更多。良好的常识使我们由推测氯乙烯单体生产为全球汞污染的重要来源，但如果采用联合国环境规划署的全球大气排放估值，很显然会得出错误结论转而认为氯乙烯单体生产造成的汞污染在世界汞污染总量的比例为零。

之前的联合国环境规划署报告（联合国环境规划署2008“全球汞评估”）得出结论：小规模手工金矿占人为汞排放量18%的这一论断是基于联合国环境规划署的以下估算：大气中人为汞排放总量为每年1930公吨以及小规模手工金矿活动在全球范围内产生350公吨汞排放。然而提供该数据的报告还估计小规模手工金矿活动每年消耗806公吨汞。<sup>72</sup>因此必须考虑小规模手工金矿活动两值之间差额的去向（余下的456公吨）。

该总额中部分可被回收。（但小规模手工金矿活动中回收的多数汞被开采者再次使用，可能不会显示在该部门的汞消费估算中。）小规模手工金矿活动产生的850吨汞中的很大部分几乎可以确认为释放至环境中。未纳入官方大气排放估计的多数汞释放至水里、地面、废物中或者无法计数。许多汞日后会从水或陆地重新释放至大气，虽然这可能将不被计为大气排放。这说明小规模手工金矿活动在全球汞污染中所占比例为什么从联合国环境规划署2008评估中的18%上升到联合国环境规划署2013年评估中的37%。

在另一个例证中，当电池、荧光灯泡或其它含汞产品被送至倾倒地或垃圾填埋场时，许多汞随着时间的推移释放至大气和其它环境媒介中。当燃烧或焚烧汞时，汞释放速度加快，即使是现代滤网也难以将其捕获。氯碱厂和氯乙烯单体生产当然也会释放更多汞至环境中，高出官方提供的大气排放估值。

故意来源使用的多数汞几乎可以肯定最终存留于环境中，许多汞最终随着全球大气进行循环。要想使人为汞排放的报告数据合乎逻辑，唯有得出此结论：故意来源释放至环境的汞在全球汞污染总量所占比例比联合国环境规划署提供的排放数据所显示的要大得多。另外，由于联合国环境规划署的许多数据源自政府，反映了多数政府收集大气汞排放和其它环境释放数据的方式。非政府组织在明晰地审查本国政府提供或使用的汞排放和释放数据方面发挥很好的作用。

71 同上

72 UNEP, (2008) Global Mercury Assessment 2008: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transfers.

# 7. 汞供应

几乎所有含汞或使用汞或汞化合物的产品或工艺都依靠单质汞供应。

## 7.1 汞开采

至古代以来，人们已开采一种天然存在的红色或红褐色矿石，称为朱砂，它含有大量的硫化汞。据报告首次大型朱砂开采始于3000多年前的秘鲁安第斯山脉。早在公元前1400年，便在如今秘鲁万卡约镇附近发掘了朱砂矿石。该矿石被碾碎制成红色颜料，称为朱红。朱砂的现场开采其起始年代远早于印加文明的兴起，并一直持续到现代。朱红不仅运用于印加文明，而且在其它古代文明中，某些地区将之用于仪式中的人体着色和金器装饰，如丧葬面具。<sup>73</sup> 在古代中国和印度也有着从朱砂中提炼朱红的记录。在古罗马时期，凯旋的将军面部会涂上朱红。<sup>74</sup>

在空气下加热朱砂，会产生单质汞，而后从蒸气状态冷凝单质汞（发生反应的化学方程式为： $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$ ），该工艺的历史至少可追溯到公元前200年，古希腊、罗马、中国和印度都掌握了如何通过该方式生成单质汞的方法。<sup>75</sup> 另有证据显示，在首次与欧洲人接触之前，印加人已学会了如何生成单质汞。<sup>76</sup>

世界上已知最大的朱砂矿石储存地位于西班牙的阿尔马登（Almadén）矿山。2000多年前，该地区便开始了开采和提炼作业。阿尔马登矿山的汞为腓尼基人和迦太基人所用，而后罗马人将之用于金银的汞齐化和精矿作业。罗马学者普林尼首次在其著作《自然的历史》中详述了该工艺。<sup>77</sup>

过去的500年间，关于阿尔马登矿山和其它矿山运作的的数据皆可循。自公元1500年，在阿尔马登矿山和其它矿山中开采的朱砂和其它矿石所生成的单质汞量近100万公吨，1925年以前已生产了半数—50万公吨。将汞从西班牙运至其美洲殖民地的海运持续了250年，它们用于金银开采，多数汞运至如今墨西哥境内。<sup>78</sup>

73 John Roach, "Mercury Pollution's Oldest Traces Found in Peru," National Geographic News, May 18, 2009, <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/05/090518-oldest-pollution-missions.html>.

74 关于朱砂的百科条目，<http://en.wikipedia.org/wiki/Vermilion>

75 "Mercury: Element of the Ancients," Dartmouth Toxic Metals Research Program, <http://www.dartmouth.edu/~toxmetal/metals/stories/mercury.html>.

76 Mercury Pollution's Oldest Traces Found in Peru, 以上所引

77 Luis D. deLarcerda, "Mercury from gold and silver mining: a chemical time bomb?" Springer 1998

78 Hylander, L.D. Meili, M., (2003). 500 years of mercury production: global annual inventory by region until 2000 and associated emissions. The Science of The Total Environment 304(1-3): 13-27, [http://www.zeromercury.org/library/Reports%20General/0202%20Hg500y\\_STE03Larsglebalemissions.pdf](http://www.zeromercury.org/library/Reports%20General/0202%20Hg500y_STE03Larsglebalemissions.pdf).

## 早期世纪的金银开采

16世纪至18世纪，最大规模的汞使用是用于拉丁美洲金银的生产，这导致了大量汞释放于全球环境中，这些金银多数被运回西班牙和葡萄牙，从而为西欧快速的经济扩张提供了重要因素。

19世纪，北美经历了汞矿开采热潮，加利福尼亚、加拿大北部和阿拉斯加地区的淘金矿工使用汞。金矿生产为北美经济扩张做出了重要贡献。19世纪，在澳大利亚和其它国家也出现了黄金热潮。早期世纪金银开采中使用的大量汞残留在环境中，持续成为危害源。<sup>79, 80</sup>

开采汞矿石和将其提炼为单质汞的作业会向大气中释放大量的汞蒸气，然后成为汞污染直接且重要的来源。一项研究发现在中国一座废弃汞矿<sup>79</sup>周边的大气汞浓度高出区域背景场地几个数量级。<sup>81</sup> 一项关于摄食汞矿和冶炼厂附近区生长水稻的人体汞暴露研究发现了高度暴露，即使与锌冶炼厂和重煤工业的区相比，其汞浓度也颇高。<sup>82</sup> 加州研究者检测到在一条流经一座长期废弃汞矿的河中大量的汞。该结果和其它汞矿的初步结果说明弃用汞矿是水体中汞污染的重要来源，它们也将相应地持续成为大气汞排放的来源。<sup>83</sup>

近年来，世界上主要汞矿多数已关闭。1990年，美国最后一座汞矿关闭，位于斯洛文尼亚伊德里亚（Idrija）的一座大型汞矿于1995年关闭；西班牙的阿尔马登矿于2003年停止开采和加工初级汞矿石。目前，北美或西欧已不再运营初级汞矿，也不会重新启动运营。世界其它汞矿中多数也已关闭，包括于2004年底停止运营的位于阿尔及利亚的一座重要汞矿。<sup>84, 85</sup>

根据美国地质调查局，目前主要的汞开采仅仅发生在以下两国：中国和吉尔吉斯斯坦。据估计，2009年，中国汞矿产生了800公吨汞，吉尔吉斯斯坦汞矿产生了250公吨。<sup>86</sup> 根据中国政府，中国的汞出口量非常少，多数汞用于国内市场。<sup>87</sup>

79 Charles N. Alpers et al., "Mercury Contamination from Historical Gold Mining in California," U.S. Geological Survey fact sheet, 2005, <http://pubs.usgs.gov/fs/2005/3014/>.

80 B.M. Bycroft et al., "Mercury Contamination of the Lerderberg River, Victoria, Australia, from an Abandoned Gold Field," Environmental Pollution, Series A, Ecological and Biological, Volume 28, Issue 2, June 1982.

81 "Mercury Pollution in a Mining Area of Guizhou, China," Toxicological & Environmental Chemistry, 1998, <http://www.informaworld.com/smpp/content-db=all-content=a902600843>.

82 Hua Zhang et al., "In Inland China, Rice Rather Than Fish Is the Major Pathway for Methylmercury Exposure," Environmental Health Perspectives, April, 2010, [http://ehp03.niehs.nih.gov/article\\_fetchArticle.action?sessionId=F7154FD5C22DD646D5200FC587451A05?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.1001915](http://ehp03.niehs.nih.gov/article_fetchArticle.action?sessionId=F7154FD5C22DD646D5200FC587451A05?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.1001915).

83 Tim Stevens, "Inoperative Mercury Mines Fingered as a Major Source of Mercury Contamination in California Waters," U.C. Santa Cruz Currents, 2000, <http://www.ucsc.edu/currents/00-01/11-06/pollution.html>.

84 500 Years of Mercury Production, 以上所引

85 "Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury," UNEP, 2006, <http://www.chem.unep.ch/mercury/HgSupplyTradeDemandJM.pdf>.

86 Mercury Statistics and Information, U.S. Geological Survey, 2010, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mcs-2010-mercu.pdf>.

87 Mercury Situation in China, Chinese government submission to the UNEP Mercury Open-Ended Working Group, 中国政府提交于UNEP的无限成员工作组, [http://www.chem.unep.ch/Mercury/OEWG1/China\\_response.pdf](http://www.chem.unep.ch/Mercury/OEWG1/China_response.pdf).

另一方面，吉尔吉斯斯坦的凯达坎（Khaidarkan）矿的生产则主要面向出口市场。<sup>88</sup> 美国地质调查局估计2012年，所有其它国家的汞矿生产共达100公吨。<sup>89</sup> 最近汞价的飙升使得中国一些之前被视为不经济的汞矿重启。<sup>90</sup> 汞价飙升主要归因为黄金的高价和随之而来的黄金生产（和汞使用）以及含有汞的能效紧凑型荧光灯（CFL）的高需求。

## 7.2 有色金属提炼产生的副产品单质汞

在提炼各种金属矿石时，有时也会产生副产品单质汞。在多数有色金属矿石如锌、铜、铅、金、银和其它矿石中存在微量汞。这些矿石中的汞会作为开采和提炼过程中产生的废物物释放至环境中，直至最近。然而，近年来，一些提炼厂商开始回收其废物中的汞，生产单质汞，在国内或国际市场销售。<sup>91</sup>

许多决定这么做的生产厂商被要求采取如此举措，这是为了符合国家、州级或省级法律法规。在其它情况下，生产厂商可被要求符合汞废物处置治理的法律法规，他们可能已确定从其废物中回收单质汞而后进行销售的成本比根据已批准的处置方式对汞废物进行处置的成本要低。

例如，目前世界上近35%的从锌冶炼烟气中去除汞的污染控制系统正在投入运行。<sup>92</sup> 少数位于南美和北美的大型金矿从废物中回收单质汞而后进行销售。根据一项非常谨慎的估计，2005年，锌、金、铜、铅和银的提炼厂商在全球范围内回收的汞量达到近300至400公吨。<sup>93</sup> 该估计并未将俄罗斯联邦与吉尔吉斯斯坦境内的凯达坎矿汞开采和提炼设施的一项大合约纳入考虑范围。根据该合约，俄罗斯境内的一家大型锌冶炼厂和其它来源所产生现有污染废物库存将运至吉尔吉斯斯坦进行提炼。据估计，从这些废物中将提取近2000公吨的单质汞而后进行销售。<sup>94</sup>

## 7.3 天然气产生的单质汞

天然气中也含有微量汞，当天然气燃烧时，会释放至环境中。在一些地区—包括毗邻北海的国家、阿尔及利亚、克罗地亚和其它国家—天然气中所含的汞浓度尤高，这些地区的加工企业通常对天然气进行汞去除处理。据估计，欧盟范围内，天然气废物中年汞回收量为20至30公吨。<sup>95</sup> 其它地区并未提供天然气回收汞的数据，尽管一项估计显示从欧盟以外的全球天然气生产中大约回收了10公吨的单质汞。<sup>96</sup>

88 Summary of Supply, Trade and Demand,” UNEP, 以上所引

89 Mercury Statistics and Information, U.S. Geological Survey, 以上所引

90 Hu, Fox Yi., (2012) South China Morning Post ‘Toxic mercury mines reopen as price soars’ Friday, 30 March, 2012.

91 Summary of Supply, Trade and Demand, UNEP, 以上所引

92 同上

93 同上

94 同上

95 同上

96 Concorde East West (2006) Mercury flows and safe storage of surplus mercury, 欧洲共同体委员会环境总局委托，第12页。

液化天然气(LNG)生产厂商在进行冷却前去除汞，否则天然气中的汞会损坏天然气液化厂使用的铝热交换器。这通常要求将每标准立方米天然气中含汞量降为0.01微克。根据一份关于天然气汞去除设备厂商的市场资料评述，购买该设备的主要原因是为了保护液化下游设备和化学生产厂。除了西欧以外，这些技术并未广泛用于去除居民供热和烹饪或者商业和工业熔炉和锅炉中所销售使用的天然气中的汞。<sup>97</sup>关于这类汞对普通天然气消费者的影响或者它在全球大气汞污染总量中所占得比例的了解甚少。

一家天然气汞去除设备的供应商表示根据近年的分析经验，天然气中含汞量范围为从低于可检测的值至120微克/每标准立方米。该供应商提供了一项地址不明但显然属欧盟之外设施的典型案例。在该设施中，输入气中含汞量的范围为25微克至50微克/每标准立方米天然气，输出气的含汞量降低至检测限值之下。通过专有吸附剂，天然气中的汞得以去除，而后这些吸附剂进行再生，去除单质汞，技术公司声称其后便可在市场进行销售。<sup>98</sup>然而，在西欧外，通过这些技术回收且出售的单质汞并未反映在国际上现有汞供应数据中。

## 7.4 汞循环利用和回收

多数通过循环利用回收的单质汞源自使用汞或汞化合物的工业生产工艺。某些情况下，回收汞会在工业中再次使用。某些情况下，会流入市场。另在某些情况下，已达成协议力求将市场上流通的回收汞收回，将其进行永久储存处理。

循环利用和回收汞的最大来源是氯碱产业。对于该产业而言，在对盐水进行电解的过程中，会产生氯气和碱（氢氧化钠）。一些氯碱厂使用水银电解法工艺，将汞用于电解阴极。<sup>99</sup>水银电解氯碱厂使用大量汞，造成很大污染。值得庆幸的是，近年来的趋势是已淘汰了许多这种水银电解氯碱厂，采取用其它无汞工艺。

仅一家水银电解工厂便可含有汞生产使用的成百吨单质汞，甚至其仓库拥有更多汞以补充流失的汞。当停止使用水银电解时，便能回收许多汞。一项自愿协议规定将逐步淘汰西欧水银电解氯碱厂，完成日期商定为2020年。一项检验欧洲停止氯碱水银电解法的研究得出结论，1980年至2000年，从停止使用的汞电池中回收了近6000吨汞。该研究估计，2004年汞清单中近25000吨汞的产生与当时运行的氯碱厂有关联，这些氯碱厂约半数位于西欧。<sup>100</sup>2010年4月，一家欧洲行业协会表示在欧洲14个国家内，仍有39家水银电解氯碱厂运营，总共含8200公吨单质汞。<sup>101</sup>

97 Giacomo Corvini et al., “Mercury Removal from Natural Gas and Liquid Streams,” UOP LLC, <http://www.uop.com/objects/87MercuryRemoval.pdf>.

98 同上。

99 该工艺的描述见 [http://en.wikipedia.org/wiki/Castner-Kellner\\_process](http://en.wikipedia.org/wiki/Castner-Kellner_process).

100 “Mercury Flows in Europe and the World: The Impact of Decommissioned Chlor-Alkali Plants,” European Commission Directorate General for Environment, 2004, <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/report.pdf>.

101 “Storage of Mercury: Euro Chlor View,” Euro Chlor, April, 2010, <http://www.eurochlor.org/news/detail/index.asp?id=325&npage=1&archive=1>.

未来十年间，有望进一步关闭汞电池氯碱厂或转而使用无汞工艺。世界氯理事会（WCC）估计美国、加拿大、墨西哥、欧洲、俄罗斯、印度、巴西、阿根廷和乌拉圭这些国家中使用水银电解组件的氯碱厂数量将从2002年的91家下降为2012年的50家。<sup>102</sup>

有时，运营的水银电解氯碱厂也回收废物流中的汞。据估计，2005年全世界运营的水银电解氯碱厂其汞回收量为90至140公吨。<sup>103</sup>

另一种大量使用和回收汞的生产形式是用于生产聚氯乙烯的氯乙烯单体生产，该生产将氯化汞用作催化剂。多数国家并不采用该工艺，然而，4套这种设备被认为运行于俄罗斯联邦，60多套运行于中国。其它国家是否运行类似设备尚未得知。<sup>104</sup>

据估计，中国工厂一年使用的催化剂含有610公吨汞。2004年，该行业估计催化剂原来所含的近半数汞（290吨）得到了循环处理，但却未提供余下半数汞去向的信息。<sup>105</sup> 2005年，中国氯乙烯单体产业消耗了700-800公吨汞，回收利用率与2004年相似。该行业用汞的年增长率估计为25-30%，尽管该数字可能随着时间推移会受到经济增长率的影响。氯乙烯单体工艺未回收利用的汞与盐酸副产品结合，未经回收利用。<sup>106</sup> 此类汞的最终命运不得而知。

在含汞产品如含汞温度计、牙科用汞合金、开关、荧光灯和其它类似产品废弃使用后，如对其进行正确管理，是可以进行单质汞回收的。同样，生产含汞产品、生产工艺中使用汞、或燃烧或加工汞污染燃料或矿物的工厂所产生的汞污染废物中也可回收单质汞。

## 7.5 削减汞供应的必要性

1991年至2003年，汞价稳定在一个世纪以来的最低的实际水平，每公斤为4美元至5美元。<sup>107</sup> 近年来，汞价已大幅上升。在本文撰写之际，伦敦市场一瓶汞的现价为3000美元至3300美元。<sup>108</sup> 这说明每公斤汞的价格为86美元至95美元，与近年的低价相比，大幅增长。这种增长可能反映了汞矿关闭和一些政府限制汞出口的行为降低了汞供应的现象，也许反映了由于金价升至新高度后小规模随后共金矿汞需求的增长。一些分析人士将此增长部分归因为白炽灯泡的淘汰和含汞紧凑型荧光灯的取而代之。紧凑型荧光灯灯泡的需求非常高，2001年至2006年，中国的产量扩大了

102 World Chlorine Council (2013) World Chlorine Council Report to UNEP on Chlor-Alkali Partnership - Data 2012

103 "Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury," UNEP, 2006, p. 32, <http://www.chem.unep.ch/mercury/HgSupplyTradeDemandJM.pdf>.

104 同上

105 同上

106 ACAP (2005) - "Assessment of Mercury Releases from the Russian Federation." Arctic Council Action Plan to Eliminate Pollution of the Arctic (ACAP), Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision & Danish Environmental Protection Agency, Danish EPA, Copenhagen. See [http://www.mst.dk/udgiv/Publications/2005/87-7614-539-5/html/helepubl\\_eng.htm](http://www.mst.dk/udgiv/Publications/2005/87-7614-539-5/html/helepubl_eng.htm)

107 Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury, UNEP, 以上所引

108 Minor Metal Prices, MinorMetals.com, December 2013, <http://www.minormetals.com>.

三倍，达到24亿只。<sup>109</sup> 中国的产量占全球紧凑型荧光灯产量的85%，是汞的净进口国。这种增长可能也反映了汞贸易商的囤积现象，他们预测不久将采用一项全球汞控制条约，这将限制未来汞供应。而最有可能的则是以上因素都起作用。

汞的高价格会使厂商放弃部分汞使用，更易执行旨在消除汞或最小化使用汞的替代品。因此，如果汞价格之高足以阻止汞需求，那么全球汞控制条约的目标将得以最好实施。然而，汞控制机制的一些特点可能会导致汞源的新增或扩大。由于各国政府针对汞排放以及汞污染产品和废物实行了严格控制，这激励了金属提炼厂、回收厂家和其它厂家从废物流和化石燃料中回收单质汞，将这种新回收的汞投入市场。同时，全球汞控制条约也通过消除、逐步淘汰或减少目前众多的汞使用从而降低全球汞需求。最后，虽然目前一些贸易商因预测未来供应短缺而对汞进行囤积，但这可能只是一个短期现象。考虑到这些原因，在没有具体干预措施的情况下，汞价格可能再次回落，以确保按全球汞需求，限制全球汞供应和保持其受限。

为了帮助解决这个问题，欧盟已采用了一项法规，将于2011年3月生效。该法规禁止从欧盟出口金属汞、朱砂矿石、氯化汞、氧化汞以及金属汞与其它物质的混合物。该法规还禁止在所有欧盟国家进行朱砂中单质汞的初级生产。另外，它将所有水电电解氯碱厂回收的金属汞、有色金属开采和冶炼以及天然气清洁过程中产生的汞列为废物。将这类汞列为废物的规定说明在欧盟国家不允许出售或使用所有这些来源产生的汞，必须通过对人体健康和环境安全的方式进行处置。<sup>110</sup>

美国也通过了一项解决汞出口问题的法律，该法将于2013年生效，规定除某些情况外，禁止从美国出口单质汞，要求针对美国国内产生汞的长期管理和储存建立指定设施。<sup>111</sup>

欧盟和美国的行动朝着一个非常积极的方向发展。汞条约第3条采纳了欧盟和美国限制的某些方面，该条款针对汞供应源和贸易。遗憾的是，该条款的许多方面相对弱，许可主要汞开采的长期淘汰，允许将汞卖于拥有小规模手工精矿部门的国家。然而，根据条约要求，氯碱厂关闭带来的汞会得到更有效的监管和处置，这些要求可防止汞进入新的贸易循环。

必须承认大量的汞通过如此方式进行贸易和供应以避免在供应链某个环节的检测。有证据明确显示大量单质汞被走私至某些国家。这些国家存在着小规模手工金矿开采和实行了汞使用限制。在未经当局检测进入一国前，也许汞已合法进入供应链，合法到达某个环节。本手册第9.1部分将更详细地讨论该问题。

109 “Strong Growth in Compact Fluorescent Bulbs Reduces Electricity Demand.” Worldwatch Institute <http://www.worldwatch.org/node/5920>

110 2008年10月22日欧洲议会和欧洲理事会第1102/2008法规（EC）：关于禁止金属汞和某些汞化合物及混合物出口和金属汞安全储存

111 “Mercury Export Ban Act of 2008,” Global Legal Information Network, <http://www.glin.gov/view.action?glinID=71491>.

### 第3条 汞供应来源和贸易

- 自条约于一国政府生效起，禁止新增初级开采。但政府可允许生效前的新增汞开采；如果政府推迟批准，则有更长的时间空窗。
- 条约于一国政府生效起15年后，禁止现有的初级汞开采。如果政府推迟批准，则可延长现有矿场的汞开采。
- 批准后开采的初级汞仅可用于许可产品或许可工艺中（如下述第4和5条中的氯乙烯单体等），或者根据条约要求进行处置。这意味着条约一经国家批准，则不应在小规模手工金矿开采中使用初级开采汞。
- 确定50公吨以上的汞库存为可选，但国家“应努力”实现。该款规定实际上与关于临时储存方面的第10条相关。注：该款也有关于确定一国境内小规模手工金矿开采活动，因为10公吨以上的库存可能预兆着小规模手工金矿开采行为的存在。各缔约方可通过纳入临时储存/库存设施的年能力信息，使得库存的确定更为全面和有益，解释库存目的和针对其的未来计划。
- 由于允许小规模开采金矿使用，因此此方面用汞的贸易也经允许。但已禁止在采矿和小规模手工金矿开采中使用汞的国家应同时加强其禁止此方面用汞贸易的力度。
- 要求各国“采取措施”确保当氯碱厂关闭时，根据条约要求对剩余汞进行处置，不回收利用、循环使用、直接再利用或替代使用。该规定很好，因为这能够防止此类汞再次进入市场。但为确保此点，仍需良好机制。注：各国将采取措施，根据第11条和由缔约方大会制定及条约附加的未来导则来确保环境友好地处理这些废物。
- 如果汞使用为条约“允许使用”范围，则可进行包括有色金属冶炼所回收的汞以及含汞产品的汞贸易。
- 条约包括一项针对汞的“预先知情同意”程序，要求进口国向出口国提供进口的书面同意，确保汞仅用于条约允许使用范围或临时储存。
- 秘书处保存的公共登记将包含同意通知。
- 如果非缔约方向缔约方出口汞，需证明汞并非源自所禁来源。
- 该条规定不适用于矿石和煤开采中汞或汞化合物的自然生成痕量之贸易或化学产品或任何含汞产品中“非故意痕量”之贸易。
- 缔约方大会其后可评估特定汞化合物贸易是否有损条约目标，决定是否将特定化合物增至该条规定中。
- 每个缔约方应向秘书处报告（第21条），说明其符合该条规定要求。

## 利用汞条约开展汞供应和贸易方面的运动

### 监测事先知情同意（PIC）文件

根据汞条约第3条，非政府组织可采取诸多方式解决其国内的汞供应和贸易问题。第3条的重要内容是上述事先知情同意机制。据此，进口国家必须向出口国提交任何汞进口的书面同意。

该步骤将创建公众可获取的数据库，了解汞进口信息包括数量和（潜在）目的使用。非政府组织可通过汞条约秘书处获取该信息，结合已有库存信息，分析汞入境的数量。

### 事先知情同意和小规模手工金矿

该数据可用于说明进口国家小规模手工金矿水平是否严重。超过10公吨的库存便是小规模手工金矿活动的信号。因此“事先知情同意”数据是一项极具价值的工具，可用于说服媒体、监管者和政治家必须针对小规模手工金矿采取行动。一旦一个国家确认国内小规模手工金矿活动的数量“重大”，便要求其制定国家行动计划，并在公约生效后三年之内提交给秘书处。该信息还有助于非政府组织确定其国内汞贸易的重点参与方，确认汞进口是否用于未经汞条约许可的其它用途。

### 推进条约批准

非政府组织还应开展行动，确保本国政府尽快批准汞条约，开始对初级汞和氯碱厂关闭产生的汞库存限制进行计时。汞条约并未规定阻止条约批准前一国任何时候单边禁止汞进出口或禁止各种活动中用汞如小规模手工金矿（如印尼、马来西亚和菲律宾一些地方的案例）。从这个意义来说，非政府组织可自由开展行动使其政府能够进行这类禁止，而无需等到汞条约国家批准。

### 建立临时储存以确保汞安全

控制和削减贸易的另一重要元素是各个国家做好准备，建立符合汞条约条款内容的汞储存和/或处置的基础设施。非政府组织可优先考虑与其国家政府合作，鼓励政府建立能够安全确保多余汞的汞储存和/或处置设施。这点很重要，因为它为以下方面提供了适当和安全的去处：非法库存的释放或进口、氯碱设施关闭产生的汞、受污染地点修复产生的汞、开采和未予批准天然气提纯产生的废物和汞。缺乏安全和环境友好的储存能力，各个国家将难以阻止汞再次进入全球供应链。

氯碱厂的关闭和汞电池工艺的转换被认定为汞进入全球供应量的主要来源。非政府组织可监测其国内依靠汞的氯碱厂的运营，开展行动以关闭工厂或转而使用无汞工艺。氯碱厂依靠汞的生产工艺的终结可因废旧电池产生数百公吨的金属汞及产生工厂储存且经常用于补充电池的汞库存。

汞条约禁止任何源于氯碱厂的汞的再使用。非政府组织可在确保此类汞废物进行适当的储存和处置方面发挥重要作用。在工厂关闭前使适当的储存和处置基础设施到位对于防止汞再次进入供应链而言非常重要。可能的话，非政府组织还应试图在工厂关闭前确定电池所含和库存的每年汞数量，确保该数据与工厂关闭后送以处置和储存的汞数量保持一致。

### **确定可指定储存工的国内来源**

非政府组织还应考虑与行业协会建立对话。这些行业协会代表废金属回收者、拆车者、紧凑型荧光灯等回收者、有色金属提炼者和其它可能回收大量汞的市场部门。非政府组织可争取这些行业自愿承诺，对任何回收汞进行储存和处置而非重新在供应链进行销售。

## 8. 故意来源：产品所含汞

大量普通产品中含有汞或汞化合物。在这些产品的生产过程中，经常释放汞至大气中（不论是在作业场所内部或外部），汞经常作为固体和液体废物流中污染物进行释放。在日常使用中，含汞产品经常破损或者释放汞至环境中。对于所有含汞产品而言，在其使用寿命结束后，只有少部分会被回收器用于回收所含的汞。通常，这些废旧产品会被送至焚烧炉、垃圾填埋场或倾倒地。焚烧炉所使用的空气污染控制措施，会导致废旧产品中的汞快速释放至大气中。垃圾填埋场和废物倾倒地也会导致这些产品所含的许多汞释放至大气中，但量较小且速度较缓。无论怎样，产品中的许多汞最终将通过各种方式进入大气。

与加汞产品相关的危害不可低估。生产每个阶段释放的汞在使用过程和处置阶段的潜在性意味着日常使用这些产品产生暴露的潜在性很高。解决的方案是在具备无汞替代品后尽快地逐步削减和淘汰这些产品。多数情况下，替代品早已存在，但经验却由于各种原因成为其进入市场的障碍。在某些情况下，当地法律、保险政策或其它法规要求含汞产品的特殊使用。在某些情况下，这些障碍可能是文化或宗教。在其它情况下，与新入市场的无汞替代品相比，加汞产品巨大的市场份额使其价格便宜。如果公众和政府被告知加汞产品危害和其对人体健康影响和环境损害的社会成本，多数这些障碍都相对较易克服。

### 为何汞条约提及加汞产品？

汞条约第4条规定了缔约方将最终禁止生产和进出口加汞产品。虽然淘汰机制最有可能为国家立法的形式，这反映了第4条目的，但在言及缔约方应采取行动时，条约本身的措辞为“采取适当措施”。符合这些要求的产品的名单（汞条约附件4）已经建立，该名单用于审查以及在条约生效后5年新增其它产品。

这些淘汰的时间设定取决与某些缔约方是否寻求第6条最高5年的豁免，可选择最高10年的豁免，这意味着淘汰将仅在2030年有效。

牙科用汞合金方面已进行修改，如果缔约方拥有根据国内情况进采用的替代品名单，将根据汞条约“逐步削减”牙科用汞合金。更多细节见下述IPEN关于第4条的总结。

第4条规定排除在外的某些加汞产品包括：

- 含硫柳汞疫苗
- 军用产品
- 民事保护的必需产品
- 与宗教和传统实践相关的产品
- 开关和继电器

- 电子显示器的某些形式

#### 第4条 加汞产品

- 产品禁止表现为通过“采取适当措施”“不允许”生产、进口或出口新增含汞产品。注：允许现有库存的销售。
- 条约使用所谓的“积极列表”方式。这意味着淘汰产品列于条约中；其它则可能条约不予解决。
- 条约于各缔约方生效前，各缔约方将劝阻新增汞添加产品的商业生产和分销，除非其发现风险效益分析显示具有环境或人体健康益处。这些“漏洞”产品将报告至秘书处，秘书处将公布该信息。
- 一个列表显示计划至2020年应淘汰的产品。然而（见第6条），各国可申请淘汰日期后的五年豁免期，这项申请总共可延长10年，2030年成为产品有效淘汰日期。
- 至2020年淘汰的产品包括电池（除含汞量<2%的锌银扣式电池，含汞量<2%的锌空扣式电池）；多数开关和继电器；每支灯泡含汞量超过5毫克（异乎寻常的高含量）30瓦或低于30瓦的紧凑型荧光灯（CFL）泡；线性荧光灯管一低于60瓦且含汞量超过5毫克的三频灯以及低于40瓦且含汞量超过10毫克的卤化磷酸盐灯；高压汞蒸气灯；各种冷阴极荧光灯和外置电极荧光灯中所含汞；化妆品包括含汞量超过1ppm的亮肤产品，除睫毛膏和其它眼部化妆品（因为条约声称无法提供有效的安全替代品）；农药、杀菌剂和热议防腐剂；非电子设备如气压计、温度计、液压计、体温计和血压计（用于测量血压）。
- 牙科用汞合金为“逐步减少”产品，各国应从含九项可能性列表中选择两项措施，且考虑“缔约方的国内情况和相关国际指导。”可能的行动包括从建立预防项目至最大程度降低填充物需求的列表中选择两项，促进使用具成本效益和临床效益的无汞替代品，劝阻偏好汞合金而非无汞替代品的保险计划，限制胶囊形式的汞合金使用。
- 条约排除的产品包括用于民用保护和军事用途的必需产品；用作参照标准的仪器研究和校准用品；开关和继电器、电子显示用冷阴极萤光灯管（CCFL）和外置电极荧光灯（EEFL）和测量设备，如果无法提供无汞替代品；传统或宗教用品；含用作防腐剂的硫柳汞（英文为thiomersal或thimerosal）的疫苗；睫毛膏和其它眼部化妆品所含汞（如上所述）。
- 注：谈判过程中，之前草案中所列的某些禁用产品如油漆除外。
- 秘书处将从各缔约方获取汞添加产品的信息，公布该信息以及其它相关信息。
- 各缔约方可提出更多应淘汰的新增产品，包括技术、经济可行性以及环境和健康风险和效益方面的信息。
- 条约生效后五年，缔约方大会将审查禁用产品列表；约在2023年。

## 非政府组织如何利用条约开展运动，将加汞产品清除出市场？

汞条约明确认定了含汞产品。许多产品有逐步削减和淘汰的日程，某些予以豁免。“积极名单”方式（所列产品以条约为准）为非政府组织提供了一个机遇，使其能开展运动，加快其国内所列产品的淘汰，促使其国家在未来缔约方大会上提议将目前豁免产品加入到条约名单。非政府组织还可在提高加汞产品危害和无汞产品益处意识方面起决定作用，从而打破阻碍其国内接受替代品的文化、政治和经济障碍。另外，我们需警示，某些无汞替代品可能对人体健康和环境产生其它危害。非政府组织应努力充分评估任何一种替代产品，确保不以具同等危害或更具危害性的产品来替代一产品。这包括充分评估无汞产品的生命周期，确保在提取、生产和处置阶段不具“隐藏”危害。

## 采取行动确保迅速淘汰加汞产品

根据汞条约第4条，非政府组织有许多机遇以确保尽快淘汰加汞产品。应认识到并非所有加汞产品的处理方式都相同，这点也非常重要。根据汞条约，针对加汞产品的不同方式为：

- 至2020年“淘汰”汞条约附件A所列产品。
- 根据汞条约“逐步削减”具有一系列替代产品和措施的牙科用汞合金。
- 某些产品豁免于第4条要求。
- 向附件A“提议”新增加汞产品（汞条约生效后五年约在2023年可提议新增产品）。
- 新型加汞“漏洞”产品，这些产品可能在汞条约生效前开发且流向市场。（根据汞条约，不应鼓励该行为，除非风险和利益分析显示具有环境或人体健康益处。）

## 针对属“淘汰”产品采取行动

非政府组织可采取的一项重要活动是确保尽快推进淘汰时间框架。如果一国选择充分利用汞条约第6条规定的针对附件A所列加汞产品的豁免，汞条约允许豁免时间框架约为15年。

由于附件A名单早已公布于众，非政府组织在其目前运动中，可以提高公众意识、要求公开含汞量和警示标识、强调这些产品中汞造成的损害。各种活动如对某些产品和X射线荧光装置（XRF）的抵制或争取媒体运动的加汞产品的实验室检测运动能够向公司和国家政府施压，使其制定政策，在早于公约要求的时间淘汰这些产品。如果政府显现出拖延淘汰进程，非政府组织还可开展“无豁免”运动。

积极的运动也可起帮助作用，非政府组织应考虑强调加汞产品的替代品，如将家用数字体温计替代水银体温计，或者用发光二极管（LED）照明替代紧凑型荧光灯。

政府机构可准备与同样能促进无汞替代品的非政府组织群体合作，在这些机制方面进行合作，协调开展针对加工产品的以地域为基础收集日。这样可提高社区中对于加汞产品危害的意识，能够消除大量源自家庭、学校和商业活动的汞。应注意确保在收集加汞产品期间产品破裂时开展这些活动拥有充分安全的措施。在许多国家进行处理电子垃圾和家庭有害废物（油漆、溶剂、酸、氯等）时，这些收集日活动非常成功。除了其它益处，这些收集计划将汞从一般废物流中去除，而在一般废物流中，汞最终被填埋或焚烧，向环境排放汞。

应确保临时储存、循环利用、回收或处置基础设施足以支持任何收集计划，从而防止加汞产品造成潜在污染，这点至关重要。

## 针对“逐步削减”产品采取行动

由于其有害的含汞量，牙科用汞合金引起争议。一些牙医力争保留该使用，因为其便宜和通用性，然而国际共识认为将一种数十年向身体释放汞的神经毒性化合物置于口腔内存在风险。考虑到有许多记录的关于牙科保健设置中高汞蒸气水平和牙科工作人员和病人现有暴露的案例，还有一个明显的情况是去除牙科操作者的职业健康和安全风险。美国政府也认识到牙科用汞合金中的汞也代表了对未出生儿童的风险（如果母体含有汞合金填充物时），以及在儿童无法做出选择或拒绝时汞合金填充物对儿童造成的重要健康风险的道德困境。

除了汞合金对牙病患者个人的影响外，其使用还存在严重的环境影响。一份报告估计在美国所有进入市政废水处理厂的汞中，源自牙医诊所的汞高达40%。<sup>112</sup> 还有一个重要的汞大气排放源为火葬场，因为火葬时合金填充物会进行汞蒸气挥发。一些估计显示到2020年，火葬场的汞释放将成为汞污染最大的空气源，仅美国便可高达7700公斤。<sup>113</sup>

牙科用汞合金的逐步削减意愿成为未来数年中该产品完全淘汰的前驱。许多国家如瑞典、挪威和丹麦已自愿做出决议，将基本禁止汞合金。

根据其组织定位，非政府组织群体可公开开展运动。不论从个人健康角度或环境角度考虑，尽快淘汰汞合金。非政府组织还可与（通过用无汞替代品替代温度计、血压计和其它加汞医疗产品）寻求无汞医疗保健设备的群体结盟。通常，牙科保健办公室与其它健康服务共存，开展共同运动创建“无汞健康中心”行之有效。

非政府组织可提高公众对于廉价牙科用替代品的意识，反驳汞合金为发展中国家仅有的便宜的解决方案的辩称。一种不断进步的处理方式非创伤性恢复治疗（ART）被证明在两种层面上对基本龋齿行之有效。首先，该技术不涉及打钻或麻醉，与传统使用汞合金的打钻和填充技术相比，减少了侵入性和痛苦。它涉及到手工挖掘腐

112 Association of Metropolitan Sewerage Agencies, “Mercury Pollution Prevention Program, Draft Report,” submitted by Larry Walker Associates, 2001.

113 Bender, Michael, “Testimony to the Domestic Policy Subcommittee of the Oversight and Government Reform Committee Hearing on ‘Assessing EPA’s Efforts to Measure and Reduce Mercury Pollution from Dentist Offices’”, Mercury Policy Project/Tides Center, May 26, 2010, 8 pages

烂区域，与更具创伤性的打钻技术相比，能够保持更多牙齿物质完整，而打钻技术会导致当时产生更多的问题。其次，该技术的使用不要求具有资质的牙医，训练有素的牙科卫生员和牙科助手便能操作。这使得发展中国家很易获取该治疗方式，因为这些地区可能缺乏有资质的牙医（在偏远或农村地区尤为如是），大大降低治疗成本。非创伤性恢复治疗得到了世界卫生组织的支持，在25个国家实施。

非政府组织开展的任何一项提高公众关于牙科用汞合金危害意识的行动都具有积极意义，因为消费者的选择是汞合金淘汰的重要方面。在给予机会在相似价位的牙科用替代品进行选择时，如果病人或病人父母被完全告知汞合金的后果，很少人会选择汞合金填充物。如果消费者做出选择，拒绝接受汞合金填充物，便会向牙医发出引人注目的市场信号。

非政府组织还应游说政府，确保牙科健康保险计划不惠及牙科用汞合金。这种形式的保险服务使得牙医医用汞得以延续，这与目前全球推进该产品的逐步削减相违背。

## 针对“豁免的”和“提议的”加汞产品采取行动

有许多加汞产品豁免于汞条约的淘汰要求，包括眼妆如睫毛膏、疫苗中的硫柳汞和“基本的”军事和民防设备。另外，还有一系列的用于校准的科学仪器。灯泡含汞量低于5毫克紧凑型荧光灯也可免于淘汰，但只有小部分含汞灯泡的含汞量超过5毫克。这成为重大的污染问题，因为每年紧凑型荧光灯的制造量达数十亿，这要求非常大的汞需求量，同时使得大量的汞（当考虑到总单位时）回到社群，在这些地方，当灯泡破碎、经环境不友好方式处置或没有足够的工人保护将灯泡回收制成玻璃时，便会产生广泛的暴露。

非政府组织可采取行动，视具体情况来处理豁免产品，方式为通过确定对人体健康和环境显现最大风险的那些产品（目前豁免）、确保足够和真实的产品标识信息、强调替代品以及开展运动将那些高风险产品加入至汞条约的附件A。正如之前提及的，在公约生效后不超过5年，将审查附件A。虽然这种延迟很遗憾地使得更多加汞产品流入社会，但它也留出时间开发可替代的无汞产品。在制定附件A淘汰名单时，其中考虑的因素之一是针对既有产品其具有成本效益的无汞替代品的可用性。在某些情况下，这些开发替代品或者建立市场份额降低成本将耗费时间。非政府组织可跟踪这类技术的最新发展，帮助证明替代品具有可行性，迫切要求设立附件A的豁免产品名单。见以下例证。

## CFL 和LED照明案例

能够在帮助非政府组织开展无汞产品运动的技术上巨大改变的例证是紧凑型荧光灯（CFL）和发光二极管（LED）照明案例。在最近十年，CFL灯泡被视为白炽灯环境友好的替代品得以推进。近一个世纪来，白炽灯以一种或其它形式广泛用于家庭和商业照明。争论的焦点是与白炽灯相比，CFL灯泡的节能效应更显著，且持续时间

更长，这使得它们相对便宜和有效。因此，如果在多数应用中用CFL替代白炽灯，会大量地削减能源需求，降低使用化石燃料电厂产生的温室气体。另外，可降低燃煤获取能源排放的汞量。在很大程度上，这是个精确的假设。60瓦特（等量）CFL灯泡持续近2万小时，耗电量为767千瓦/年，等量白炽灯其寿命为1千小时，耗电量为3285千瓦/年。从减缓气候变化和成本角度而言，CFL似乎为更合理选择。

然而，CFL灯泡含有大量的汞（1毫克-5毫克或更多）。当灯泡破碎、丢弃在普通垃圾中、进行填埋或焚烧处理时，会向环境排放汞。考虑到仅中国每年生产的CFL灯泡便超过30亿，很显然，向社会排放的汞总量非常高，导致严重的环境污染和健康风险。

第三种替代品能源消耗少且无汞，由于其费用，之前已不予争论了。LED灯泡（60瓦特等量）持续5万小时，用电量为329千瓦/年，且不含汞。但在过去，LED灯泡价格昂贵，单个单位成本在30-50美元。然而消费者已意识到LED很少需更换，能够大幅降低运行成本，抵消最初购买成本。低能耗和无汞的特性也增加其受欢迎度。由于需求增多，生产数量得以增加，这使得家用LED的单位价格降至3-4美元。虽然目前比可比较的CFL单位价格略高，但随着市场份额的增加，其价格可能会持续降低。

#### 照明效应-白炽灯、CFL和LED<sup>114</sup>

照明技术 {60瓦特等量}	使用期限	能耗/能效	成本
白炽灯	1,000 小时	3285 KWh/yr (<12 lm/W)	低
CFL	20,000 小时	767 KWh/yr (<70 lm/W)	低
LED	50,000 小时	329 KWh/yr (<120 lm/W)	低

在促使汞条约建立的长期谈判期间，家用LED照明价格下跌了10倍，这使其成为CFL可行和绿色替代品。旨在增加LED使用的运动尤其是政府资助设施与绿色采购政策一致的运动将进一步驱动价格下降。然而，几年前相对较高的价格阻碍了谈判团体将其列为替代品。但如今非政府组织可考虑开展运动将所有加汞CFL列入汞条约附件A，因为现在可提供具成本效益的LED替代品。通过同样的方式，非政府组织可跟踪其它目前豁免于条约要求的产品，提议对其进行评估，列入附件A。

### 8.1 医疗仪器所含汞

在医院和医疗保健机构中，长期以来使用含汞设备，包括：体温计、血压测量设备（血压计）和食道扩张器。

114 表格数据编辑自 UNEP (2012) Achieving the Global Transition to Energy Efficient Lighting Toolkit

当这些设备破损时，所含的汞会蒸发，导致医疗保健工作者和病人的暴露。破损设备所含的汞会污染所溢的直接地面和设施的废水排放。这种设备破损的现象很普遍。使用含汞体温计的医院时常报告每年每张病床需更换多个体温计。据一项调查报告，一家拥有250张病床的医院仅一年之内便有4700个含汞发烧体温计破损。<sup>115</sup>

每个体温计的含汞量为0.5克至3克，<sup>116</sup> 每个含汞血压计设备通常含汞量为100克至200克。<sup>117</sup> 食道扩张器为一长且灵活的管，它能顺着患者咽喉进入食道，从而进行特定的医疗操作。虽然该设备不如体温计和血压测量设备般常见，但每个扩张器的含汞量为1千克之多。<sup>118</sup>

许多国家目前已能提供质量佳且经济的替代品以替代含汞体温计、血压测量设备和食道扩张器。人们正在努力逐步淘汰含汞医疗仪器。<sup>119</sup> 这其中，国际非政府组织无害医疗（HCWH）在许多方面起着重要作用。<sup>120</sup> 无害医疗协同世界卫生组织目前正在领导一项全球行动，力争在2020前，实质性地消除含汞体温计和血压计，代之以准确经济可行的替代品。该行动拥有一个世界卫生组织/无害医疗的联合网站，被认为是联合国环境规划署全球汞合作伙伴关系项目的组成部分。

2007年，欧洲议会通过立法，规定将禁止在欧盟销售新含汞体温计，同时将限制其它含汞测量设备的销售。<sup>121</sup> 一些欧洲国家包括瑞典、荷兰和丹麦已禁止使用含汞体温计、血压测量设备和其它各种设备。美国的13个州政府已立法规定禁止使用含汞体温计。上千家医院、药店和医疗仪器购买商已自愿停止使用含汞设备，转而使用数字温度计、无液和数字血压测量设备。<sup>122</sup> 菲律宾卫生部于2008年颁布了一项行政命令，号召全国范围内所有健康设施逐步淘汰含汞温度计。<sup>123</sup> 阿根廷卫生部于2009年签署了一项决议，指示该国的所有医院和医疗中心购买无汞温度计和血压测量设备。<sup>124</sup> 2011年，蒙古政府宣布禁止在医疗保健部门进一步采购含汞体温计和血压计以及牙科用汞合金。2013年1月，蒙古宣布该国三级和二级医院中，14家认证为无汞。<sup>125</sup>

115 “Market Analysis of Some Mercury-Containing Products and Their Mercury-Free Alternatives in Selected Regions,” Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, 2010, <http://www.ipen.org/ipenweb/documents/ipen%20documents/grs253.pdf>.

116 “Thermometers and Thermostats,” Environment Canada, <http://www.ec.gc.ca/mercure-mercury/default.asp?lang=En&n=AFE7D1A3-1#Fever>

117 Sphygmomanometers, Local Governments for Health and the Environment, <http://www.lhwmp.org/home/mercury/medical/sphygmom.aspx>.

118 “Mercury Legacy Products: Hospital Equipment,” Northeast Waste Management Officials’ Association, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/healthcare.cfm#es>.

119 “The Global Movement for Mercury-Free Health Care,” Healthcare Without Harm, 2007, [http://noharm.org/lib/downloads/mercury/Global\\_Mvmt\\_Mercury-Free.pdf](http://noharm.org/lib/downloads/mercury/Global_Mvmt_Mercury-Free.pdf).

120 Health Care Without Harm (无害医疗) 网站: <http://www.noharm.org/>.

121 “EU Ban on Mercury Measuring Instruments,” U.K. Office of the European Parliament, 2007, <http://www.europarl.org.uk/section/2007-archive/eu-ban-mercury-measuring-instruments>.

122 The Global Movement for Mercury-Free Health Care, Healthcare Without Harm, 以上所引

123 Environmental Health News, June 21, 2010, <http://www.noharm.org/seasia/news/>.

124 “Argentina Ministry of Health Issues Resolution Ending Purchase of Mercury Thermometers and Sphygmomanometers in the Country’s Hospitals,” February 24, 2009, [http://www.noharm.org/global/news\\_hcwh/2009/feb/hcwh2009-02-24b.php](http://www.noharm.org/global/news_hcwh/2009/feb/hcwh2009-02-24b.php).

125 Tsetsegsaikhan B (2013) Media Release: “Mercury Free Hospitals” Are Announced In Mongolia Mongolian Ministry of Health. Olympic street, Government building VIII, Ulaanbaatar, Mongolia

2013年2月13日，斯里兰卡政府宣布将去消除医院中所有含汞医疗仪器的使用。所有以汞为基础的设备都将被电子替代品替代。<sup>126</sup>

然而，在多数发展中国家和经济转型期国家，这项消除含汞医疗仪器的运动进展相对缓慢。某些地方对于实施转变其必要性的认识有限。但是，即使淘汰医疗部门含汞设备其必要性的意识有所提高，对于转变而言，仍存在三大障碍：

- 一些医疗专业人员不信任可利用的无汞替代设备
- 准确且经济的无汞设备其市场供应不足
- 缺乏国家、区域或全球层面的标准以及设备认证方案，以确保在全国市场上提供的设备符合公认的精确定度和性能标准

作为一项长期战略，世界卫生组织支持所有国家禁止使用含汞医疗仪器并代之以有效的无汞替代品的行动。短期而言，世界卫生组织鼓励能获取经济上可承受的替代品的各国制定和实施计划以减少含汞设备的使用，使用替代品。在此期间，世界卫生组织同时鼓励医院开展汞清理、废物处理和存储程序。<sup>127</sup>

## 关于医疗仪器所含汞，汞条约有何规定？

汞条约要求至2020年淘汰所有含汞医疗测量设备（体温计和血压计）的生产和进出口。（该规定不适用于牙科用汞合金，条约对此另行规定。）各国可选择将淘汰日期延至2030年的豁免。

## 8.2 含汞开关

有几种电器开关含汞，包括倾斜开光、浮控开关、温控器、控制电子电路的继电器和其它。<sup>128</sup> 例如，2004年，在美国出售的新开关、温控器和继电器所含的单质汞量近46.5公吨。<sup>129</sup> 几乎所有的这些产品都具备好的替代品。

2005年和2006年生效的两项欧盟指令禁止在欧洲国家销售含汞的开关和温控器，即废电机电子设备指令(WEEE) 和关于限制在电子电器设备中使用某些有害物质的指令(RoHS)。<sup>130</sup> 美国数个州政府也禁止使用含汞开关和温控器。针对这些措施，许多生产商代以生产开关的无汞替代品。结果，在北美和西欧销售的含汞开关数量大幅减少。关于发展中国家和经济转型期国家含汞开关使用趋势的信息相对较少。

126 ColomboPage News Desk, (2013) Sri Lanka Health Ministry to remove mercury-containing medical equipment from hospitals. Colombopage, Sri Lanka Internet Newspaper. February 13, 2013. accessed online at: [http://www.colombopage.com/archive\\_13A/Feb13\\_1360739756CH.php](http://www.colombopage.com/archive_13A/Feb13_1360739756CH.php)

127 "Mercury in Health Care," WHO Division of Water Sanitation and Health, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/medicalwaste/mercury/en](http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/mercury/en).

128 "What Devices Contain Mercury?" U.S. EPA Software for Environmental Awareness, Purdue University, <http://www.purdue.edu/envirossoft/mercbuild/src/devicepage.htm>.

129 Mercury Use in Switches and Relays, Northeast Waste Management Officials' Association (NEWMOA), 2008, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/switches.cfm>. (注：原文以磅计重已转换为公吨。)

130 "Understanding RoHS," the ABB Group, 2006, [http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot209.nsf/VerityDisplay/32F49F4B89A16FF4852573A300799DB4/\\$File/1SXU000048G0201.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot209.nsf/VerityDisplay/32F49F4B89A16FF4852573A300799DB4/$File/1SXU000048G0201.pdf).

**倾斜开关：**此类开关包含了一端有电气接点的小管，当有着电接点小管的一端倾斜时，汞即流向另一端，关闭电路。当小管另一端倾斜时，电路出现故障。<sup>131</sup>

倾斜开关曾普遍用于汽车中，以控制汽车后部行李箱和其它位置的灯。每个开关平均含1.2克单质汞。据估计，2001年美国路面行驶的汽车拥有2.5亿个含汞倾斜开关。<sup>132</sup> 近年来，几乎所有的汽车制造商已停止在新车上安装倾斜开关。早在20世纪90年代，瑞典便禁止在汽车中使用倾斜开关。作为回应，欧洲汽车制造商于1993年几乎停止使用几乎所有含汞倾斜开关。随后，美国于2002年停止使用。<sup>133</sup> 在全球，几乎所有的汽车制造商现在已停止使用倾斜开关。然而，许多老产品中仍装有含汞开关，当汽车报废时，其中所含的汞将释放至环境中，除非将之去除和正确地处置。

虽然近年来这些使用日趋减少，但许多其它产品仍使用倾斜开关。这些产品包括：洗衣机、烘干机、冰柜、电熨斗、空间加热器、电视机、炉风机限制控制开关、安全和火警系统，新颖的闪光儿童鞋和许多其它类产品。<sup>134</sup> 倾斜开关也用于工业用途，其中一个开关含单质汞量可达3.6千克。<sup>135</sup> 有时，回转仪和人工地平仪，尤其是航空航天和军事应用中会使用敏感性强的含汞开关。<sup>136</sup>

**浮控开关：**此类开关通常用于操作泵和控制液体水平，为圆形或圆柱形浮球，并有一开关与之连接。当浮球在特定高度进行上下变化时，该开关对泵进行开启或关闭的操作。<sup>137</sup> 一个浮控开关的含汞量少至100毫克或多达67克。小型浮控开关用于防止地下室浸水的污水泵。大型的浮控开关用于市政污水处理系统、灌溉泵的控制和许多工业用途。同等价格的含汞浮控开关替代品已可提供。<sup>138</sup>

**温控器：**此类产品用于家庭或其它地方，其用途是控制取暖或降温设备。直至最近，多数温控器仍含有汞。含汞温控器有双金属线圈，能够随着室内温度收缩和膨胀。当线圈收缩或膨胀时，能够激活含汞开关，此开关能接通或关闭电路从而使熔炉、热泵或空调开启或关闭。一个住宅模式温控器所含汞的平均总量近4克。工业温控器的含汞量可能更高。<sup>139</sup>

近年来，许多生产商停止使用含汞温控器，代以使用无汞几点或电子温控器。例如，2004年美国新出售温控器的含汞量（13.1公吨）与2001年新出售温控器的含汞量（13.25公吨）区别不大。然而，至2007年，新出售温控器的含汞量减少了近75%（

131 同上

132 “Reducing and Recycling Mercury Switch, Thermostats and Vehicle Components,” Illinois Environmental Protection Agency, 2005, <http://www.epa.state.il.us/mercury/iepa-mercury-report.pdf>.

133 同上

134 “Table of Products That May Contain Mercury and Recommended Management Options,” U.S. EPA, <http://www.epa.gov/wastes/hazard/tsd/mercury/con-prod.htm>.

135 Mercury Use in Switches and Relays, NEWMOA, 以上所引

136 “Mercury Gyro Sensors,” Polaron Components, <http://www.coopercontrol.com/components/mercury-gyro.htm>.

137 What Devices Contain Mercury, 以上所引

138 Mercury Use in Switches and Relays, NEWMOA, 以上所引

139 “Fact Sheet: Mercury Use in Thermostats,” Interstate Mercury Education and Reduction Clearinghouse (IMERC), 2010, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/thermostats.pdf>.

降至3.5公吨)。<sup>140</sup> 大量含汞温控器被电子温控器取代, 这些电子温控器可进行程序化控制, 且很快便通过其带给消费者的节能效应, 证明了自身价值。当对含汞温控器进行替代安装电子温控器时, 必须谨慎确保正确处理旧温控器。

**含汞继电器:** 该设备开启或关闭电气接点以控制其他设备运行。通过向控制电路提供相对较小的电流, 继电器通常用于开启或关闭大的电流负荷。含汞继电器包括水银位移继电器、水银湿簧继电器和水银触点继电器。<sup>141</sup>

继电器广泛用于不同产品和用途。2001年全球继电器市场的收入为46.58亿美元。继电器的最大使用商为电信、交通和工业自动化产业。同时, 继电器还用于笔记本电脑、电脑电源、复印机、充电器、取暖器和烤箱、工业熔炉、街灯和交通信号、手术设备、X光机、飞机、电压表和欧姆表、机床控制、采矿设备、水池加热设备、干洗设备、电路板、可编程逻辑控制器和许多其它应用。<sup>142</sup> 2004年美国市场新增继电器含汞量为16.9公吨。<sup>143</sup>

除了以上描述以外, 还有许多种含汞开关和继电器, 包括压力和温度开关、火焰传感开关、磁簧开关、振动开关和其它。关于含汞开关可利用信息多数来自北美和西欧, 在这些地区, 信息的获取比较容易, 这些开关大量已被无汞替代品取代。尚未有准确信息说明在世界其它地区是否存在类似的取代趋势。

如果不采取措施回收现存产品和服务中所含的汞, 许多汞最终将进入环境。遗憾的是, 目前的趋势是高度工业化国家将本国的电子垃圾输往发展中国家的低收入地区。在这些地区, 多数废物处理设备的经营与管理不善, 通常会导致当地污染问题。

## 关于开关所含汞, 汞条约有何规定?

正如汞条约所要求的至2020年多数以汞为基础的开关(某些军用和民防用途豁免)需淘汰, 汞条约将帮助推动这些产品的淘汰。条约缔约方豁免可将淘汰日期延至2030年。

## 8.3 电池所含汞

电池中汞的主要用途是防止氢气积聚, 从而避免电池鼓胀和泄漏。汞也用作氧化汞电池中的一个电极。近至20世纪80年代初, 电池生产曾是美国国内汞使用的最大来源; 每年的汞用量超过900公吨。至1993年, 许多电池生产商销售无汞碱性电池, 用于多数应用。至1996年, 随着规定含汞电池的联邦法律的通过, 这便成为了多数电池使用的国家标准。西欧国家制定了类似限制条例。然而, 在全球, 电池生产中

140 同上

141 Mercury Use in Switches and Relays, NEWMOA, 以上所引

142 "An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products," Lowell Center for Sustainable Production, 2003, <http://sustainableproduction.org/downloads/An%20Investigation%20Hg.pdf>.

143 Mercury Use in Switches and Relays, NEWMOA, 以上所引

仍持续大量使用汞；据报告，2000年电池生产中的汞用量占据全球汞需求总量的三分之一。<sup>144</sup>

根据欧盟的一份报告，2000年在美国和欧盟国家销售电池的总含汞量为31公吨。同年，世界其它地方销售电池中含汞量为1050公吨。<sup>145</sup> 联合国报告《汞供应、贸易、需求信息总结》显示2005年新售电池中的全球含汞量下降至300公吨-600公吨。<sup>146</sup> 联合国环境规划署最新评估<sup>147</sup> 显示电池中的全球汞使用持续下降，其生产中用量为230-250吨。

含汞量最高的电池是氧化汞电池，在该电池中，汞重量占40%。这些电池的价值在于具有高能量密度和均匀电压曲线，曾用于助听器、手表、计算器、电子照相机、精密仪器和医疗仪器。<sup>148</sup> 然而，我们无法证实在世界范围内仍生产小型氧化汞电池，另一方面，大型氧化汞电池仍有生产，用于军事、医疗和工业设备中，因为稳定的电流和长的使用寿命是这些设备的必需要求。根据欧洲委员会的一份报告，2007年含有2至17公吨汞的氧化汞电池在欧盟国家出售。<sup>149</sup>

除氧化汞电池外，含汞电池使用汞的目的为抑制电池内部的气体形成和防止泄露。世界市场上多数碱性电池已不再含汞，碱性纽扣电池除外。

纽扣电池体积小，用于助听器、手表、玩具、新颖产品和其它小型便携式设备。这类电池中许多含有汞。纽扣电池的主要技术为以下四大类：锌空气、氧化银、碱性锰和锂。锂电池不含汞。另一方面，锌空气、氧化银和碱性锰纽扣电池中汞重量占0.1%至2.0%。这些电池中许多经由已装有纽扣电池的产品销售而进入商业领域。例如，2004年，1700万蜘蛛侠玩具出现在美国早餐麦片包装中。据估计，仅此一项促销活动就使得30千克的汞进入流通领域。<sup>150</sup>

**锌空气纽扣电池：**这类电池中多数用于要求使用高能量电池的助听器。通常这些电池的使用寿命只有数天，助听器使用者一次会购买许多电池进行替换。在一些国家市场已可提供可靠且无汞锌空气电池，价格与含汞电池同等。<sup>151</sup>

**氧化银纽扣电池：**这类电池主要用于手表和相机，同时还用于微型钟表、电子游戏、计算器和其它要求均匀放电的产品。日本的三家公司—索尼、精工和日立—于数年前便能提供各种大小型号的无汞氧化银纽扣电池。最近，德国和中国的公司也

144 “Mercury: Consumer and Commercial Products,” U.S. EPA, <http://www.epa.gov/hg/consumer.htm#bat>.

145 Mercury Flows in Europe and the World, 以上所引

146 Summary of Supply, Trade and Demand, UNEP, 以上所引

147 AMAP/UNEP, 2013, Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013, Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway/UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. vi + 263 pp. Table A.3.1 page 103

148 “Fact Sheet: Mercury Use in Batteries,” (IMERC), 2008, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/batteries.pdf>.

149 “Options for Reducing Mercury Use in Products and Applications, and the Fate of Mercury Already Circulating in Society; COWI A/S and Concorde East/West Sprl European for the European Commission Directorate-General Environment, 2008, [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study\\_summary2008.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study_summary2008.pdf).

150 “Mercury-Free Button Batteries: Their Reliability and Availability,” Maine Department of Environmental Protection, 2009, [www.maine.gov/dep/rwm/publications/legislativereports/buttonbatteriesreportjan09.doc](http://www.maine.gov/dep/rwm/publications/legislativereports/buttonbatteriesreportjan09.doc).

151 同上

已开始生产此类电池。一些生产商的无汞氧化银纽扣电池的销售价格与含汞电池的价格同等，但有些其它生产商的销售价格相对较高。无汞氧化银纽扣电池正迅速占领市场份额。<sup>152</sup>

**碱性锰纽扣电池：**这类电池用于装有纽扣电池的玩具和新颖产品中，同时也用于其它产品如相机、计算器、数字温度计和远程控制。据估计，2004年，中国在碱性锰纽扣电池生产中所使用的汞超过900公吨。此类电池是纽扣电池中价格最低的，市场上流行尺寸的电池其大宗价格可为每颗电池0.10美元或更少。

至少有五家中国生产商能够提供各种大小型号的无汞碱性锰纽扣电池，包括新利达电池实业有限公司、超量电池实业有限公司、松柏电池厂有限公司、柏高电池厂有限公司和深圳金母指电池有限公司。这些公司生产的电池主要销往原始设备生产商，用于终端产品。据一位研究者表示，铋、钢和有机表面活性剂可以用来替代碱性锰纽扣电池中的汞，其技术难度并不大或者无难度。<sup>153</sup>

**微型锂电池：**与纽扣相比，这类电池形状更似一枚银币，不添加汞。95%天美时手表使用锂电池，同时，电子游戏，计算器、汽车锁系统、车库开门器和贺卡中也普遍装有锂电池。有人曾建议，在许多应用中，锂电池可以成为含汞纽扣电池很好的替代品。然而，如果采取如此措施，便要求重新设计产品，从而适应不同的物理电池形状，因为锂电池通常比纽扣电池更平更宽。锂电池所需的运行电压也比纽扣电池高，这使其不太适合许多现行的应用。<sup>154</sup>

在电池生产期间和废弃后，当中的汞会释放至环境。含汞电池生产导致的汞排放和释放方面的信息尚无法提供，但是数量可能巨大。然而，几乎可以肯定的是，含汞电池向环境释放汞的主要途径出现在电池废弃后。许多国家电池回收率非常低，尤其纽扣电池，多数电池最后的处理方式是进行焚烧、填埋或废物倾倒。这会相应使得电池中的许多汞不久或日后释放至环境中。

## 关于电池，汞条约有何规定？

近年来，在无汞替代品替代含汞电池方面取得了实际进展，尤其是进入西欧和北美市场的电池。

汞条约要求至2020年必须淘汰所有含汞电池（含汞量 $< 2\%$ 的锌氧化银纽扣电池和含汞量 $< 2\%$ 的锌空气纽扣电池除外）。经此，该问题已被提高至全球层面。条约缔约方可申请将淘汰日期延至2030年的豁免。

## 8.4 荧光灯所含汞

汞用于各种灯具中，增强其工作效率和使用寿命。通常荧光灯和其它含汞灯比白炽灯和其它等同照明形式更具能效，使用寿命更长。<sup>155</sup>

<sup>152</sup> 同上

<sup>153</sup> 同上

<sup>154</sup> 同上

<sup>155</sup> “Fact Sheet: Mercury Use in Lighting,” IMERC, 2008, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/>

到目前为止，荧光灯一包括荧光灯管和紧凑型荧光灯（CFL）一占有含汞灯的最大市场份额。通常荧光灯含汞量少于其它含汞灯，每盏荧光灯平均含汞量已下降。然而，由于荧光灯所占市场份额大，所以，据估计荧光灯在照明所用汞总量中所占的比例近80%。<sup>156</sup>

荧光灯为一种荧光粉涂层的玻璃管，它含有汞，两端处有电极。当有电压时，电极会激发管内的汞蒸气，从而释放出紫外线（UV）能量。荧光涂层吸收紫外线能量，释放出可见光。汞是所有荧光灯的重要组成部分。<sup>157</sup>

然而，在许多情况下，紧凑型荧光灯替代白炽灯的确能减少环境中汞的释放总量。原因何在？

煤含有汞，当其燃烧时，便向环境中释放汞，多数国家依靠燃煤电厂获取的电在用电量中所占例很大。因此，减少用电量可降低燃煤电厂的汞排放。

## 在一些国家，使用含汞荧光照明也许可在短期内减少全球汞污染

荧光灯管和紧凑型荧光灯的含汞量相对较少，与白炽灯相比，具有很高能效。当众多民众用荧光灯取代白炽灯时，一般会大大减少总用电需求。多数情况下，这种替代能够减少发电厂产生的汞排放，减少量会大于白炽灯本身所含的汞量。该情况可以美国数据为例证。然而，应注意高度工业化国家高度盛行情况所得结论可能并不适用于一些发展中国家和经济转型期国家。

假如用一个14瓦紧凑型荧光灯替代60瓦白炽灯。该14瓦紧凑型荧光灯和60瓦白炽灯所产生的照明度近乎相同。在美国，一盏这样的紧凑型荧光灯平均使用寿命约2万小时，在平均使用寿命期间，紧凑型荧光灯的电量为280千瓦时，而在相同的使用寿命期间，一枚60瓦的白炽灯泡的用电量达1200千瓦时。在美国高度接受条件下，用14瓦紧凑型荧光灯替代60瓦白炽灯，在其使用寿命期间，平均每只能节省920千瓦时的用电量。

在美国，普通燃煤电厂产生1千瓦时电，排放近0.0234毫克汞至大气。如果我们设想一户美国家庭其所有的用电均来自美国普通燃煤电厂，会发现用一盏14瓦紧凑型荧光灯替代一枚60瓦白炽灯泡平均会使得发电厂汞排放量平均减少21.5毫克（同时也会减少温室气体、二氧化硫、氮氧化物和其它污染物排放）。

因为在美国出售的普通14瓦紧凑型荧光灯每只所含的汞为5毫克或更少。即使这种紧凑型荧光灯所含的所有汞最终都进入了环境，仍能减少近16.5毫克的汞排放量（21.5毫克汞减去紧凑型荧光灯中所含的5毫克汞，最后得到16.5毫克的汞

factsheets/lighting.cfm.

156 “The Truth About Mercury in Lamps and Bulbs,” Progress Energy CurrentLines, <http://www2.unca.edu/environment/documents/Mercury%20&%20Lighting.pdf>

157 “Fluorescent Lights and Mercury,” North Carolina Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance, <http://www.p2pays.org/mercury/lights.asp>.

排放削减量。) <sup>158, 159</sup> 在这些条件下，当荧光灯大面积替代白炽灯泡后，汞排放削减总量将相当可观。

另一方面，有些国家的条件可能存在较大差异。例如，在俄罗斯，荧光灯中所含的汞比美国多，许多俄罗斯的荧光灯含汞量为20毫克至500毫克。俄罗斯专家估计，在用荧光灯目前所含的汞总量近50公吨。考虑到烧损率，据估计这些灯每年释放近10公吨汞至环境中。<sup>160</sup>

在俄罗斯和许多其它国家，电源电压调节不一致，电力消费者会遇到许多尖峰电压的时刻。因此，与电力供应较稳定的其它国家相比，俄罗斯荧光灯的使用寿命更短。<sup>161</sup>

这些和其它方面的考虑影响了从白炽灯向荧光灯转变产生的利益和成本。例如，煤中含汞量因国家和地区不同而各异，普通燃煤电厂每千瓦时生产所产生的汞量也不相同。同时，燃煤电厂产生的电力供应比例也因地方不同而各异。一些国家拥有较好的系统，能确保在荧光灯废弃后被收集，并且能通过最大程度地减少环境中汞释放的方式进行管理，但是，一些其它国家不具备如此系统。各国荧光灯的相对成本也有所不同。最后，在电价相对较低、荧光灯成本非常高、荧光灯使用寿命缩短的国家，由白炽灯向荧光灯的转变可能导致消费者的净成本而非节省净额。

最后，不同国家和地区的专家可能会对本国逐步淘汰白炽灯代之以荧光灯的可取性得出不同结论。决策的制定涉及大量因素。一方面，专家会考虑气候变化和减少对燃烧煤或其它化石燃料的电厂之电力需求这项措施的重要性，他们会考虑电厂汞及其它污染物排放。另一方面，专家也会考虑其国内市场荧光灯的含汞量和灯管制造处、开采汞和提炼汞处所出现的汞排放。他们可能也会考虑将含汞产品带进家庭和工作场所更直接的健康和安全因素，以及人们可能会将烧损的荧光灯径直扔掉的可能性。其它考虑因素包括本国荧光灯的平均使用寿命和消费者用荧光灯替代白炽灯的相对成本。

最后，支持淘汰白炽灯代之以荧光灯的人士认识到这并不是令人满意的最终解决方法，仅为短期或中期措施。长期目标是发展和广泛使用能提供好照明、高效节能、无汞、使用寿命长、便宜和无毒的灯。有很清楚的迹象表明由于其价格迅速的下跌，发光二极管（LED）为基础的照明将体现其作用。它们也将为许多国家提供机遇，在技术形式上实现不采用以汞为基础的CFL便从白炽灯到LED照明的“蛙跳”。重点考虑的问题将是在未来数年通过规模经济，LED成本下降的速度有多快。

158 The Truth About Mercury in Lamps and Bulbs, Progress Energy Current Lines, 以上所引

159 “Compact Fluorescent Bulbs and Mercury: Reality Check,” Popular Mechanics, May 2007, <http://www.popularmechanics.com/home/reviews/news/4217864>.

160 “Mercury Emission Sources in Russia; The Situation Survey in Six Cities of the Country,” Eco-Accord Centre, June 2010 <http://www.zeromercury.org/projects/Russian%20Mercury%20sources%20Eng-Final.pdf>

161 与俄罗斯非政府组织领导私人通信。

荧光灯的使用会带来其自身的问题。当荧光灯破碎时，会向室内环境释放有害汞蒸气。同时，如果考虑所有与荧光灯相关的汞污染，我们不仅需要考虑荧光灯中的含汞量和其废弃后产生的污染，同时需要考虑开采这些用于荧光灯的汞所造成的汞污染以及生产荧光灯造成的汞污染。

值得欣慰的是，新型无汞节能灯正处于发展阶段，最具前景的是发光二极管（LED）技术。LED照明在价格上可行，可与CFL竞争。由于越来越多消费者在LED技术方面的支出，随着时间推移，其规模将扩大，成本也有望下降。在过去数年间，LED灯零售价已快速下降，因为越来越多消费者购买将其应用于家庭、商业和汽车。许多国家电费的提高也促使消费者寻求可提供的最具能效的照明。厂商声称进入市场的商用LED灯泡不含汞，与白炽灯相比，节约了77%的能源，使用时间为其25倍，触碰时不烫手，开灯时即能充分发光（不同于荧光灯）。<sup>162</sup>

最终，LED灯泡或其它新技术将几乎肯定会取代白炽灯泡和荧光灯。

关于LED灯泡带来的环境和健康影响方面的信息不断增加，包括美国能源部最近进行的LED评估。该研究发现，与具有可比性光输出的CFL相比，虽然在生产过程LED使用的能源是其3倍，但LED整个生命周期的能源使用最低值远胜出其生产消耗的能源（生命周期能源使用总值的8.8%）。<sup>163</sup>

短期到中期内，许多国家将使用寿命较长的荧光灯替代白炽灯，这似乎更具环境有利性。尽管如此，所有的荧光灯管和紧凑型荧光灯（CFL）各有不同。2004年，美国销售的多数荧光灯管的含汞量低于10毫克，但12.5%的含汞量超过50毫克。2004年，美国销售的所有紧凑型荧光灯中有三分之二的含汞量低于5毫克，但有些其含汞量超过10毫克。<sup>164</sup> 2006年中国生产的T12荧光灯管的平均含汞量为25毫克至45毫克，T5灯管和紧凑型荧光灯的平均含汞量分别为20毫克和10毫克。<sup>165</sup> 在印度，多数受欢迎的紧凑型荧光灯其含汞量为3.5毫克至6毫克，但有些含汞量高出许多。<sup>166</sup> 多年来，印度政府已起草各种立法和标准，要求CFL含汞量应限制为每个CFL低于5毫克。然而，来自行业对此运动的抵制使得受限制的含汞CFL只停留在“限制试验”阶段。印度标准局制定该标准，但要求司法支持，对此却无明确日期。印度标准局的官员<sup>167</sup> 还建议政府应采取更多行动，促进无汞LED的使用，从而克服依靠汞的CFL带来的环境和健康危害。

162 “Light Bulb War? New LEDs by GE, Home Depot Compete,” USA Today, May 10, 2010, <http://content.usatoday.com/communities/greenhouse/post/2010/05/light-bulb-war-new-leds-by-ge-home-depot-compete/1>

163 U.S. Department of Energy. (2012). Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products. Retrieved March 10, 2012 from [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/2012\\_LED\\_Lifecycle\\_Report.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/2012_LED_Lifecycle_Report.pdf)

164 Fact Sheet: Mercury Use in Lighting, IMERC, 以上所引

165 “Improve the Estimates of Anthropogenic Mercury Emissions in China,” Tsinghua University, 2006, <http://www.chem.unep.ch/mercury/China%20emission%20inventory%20.pdf>.

166 “Information on CFL and Its Safe Disposal,” Electric Lamp and Component Manufacturers Association of India, <http://www.elcomaindia.com/CFL-Safe-Disposal.pdf>.

167 Business Standard (2011) Standard for mercury level checking in CFL lamp formulated: BIS. accessed online at [http://www.business-standard.com/article/economy-policy/standard-for-mercury-level-checking-in-cfl-lamp-formulated-bis-111100300055\\_1.html](http://www.business-standard.com/article/economy-policy/standard-for-mercury-level-checking-in-cfl-lamp-formulated-bis-111100300055_1.html)

在西欧，欧洲议会和欧盟理事会已建立一项指令，限制在电气或电子设备中使用汞。规定每只紧凑型荧光灯的含汞量应低于5毫克，每只通用荧光灯管的含汞量应低于10毫克。<sup>168</sup> 然而，有些其它国家荧光灯中的平均含汞量可能高出许多。

另外，了解一只荧光灯含汞量并不能完全说明其在全球汞污染中所占的比例。有些荧光灯生产商如许多中国厂家，从小型且高度污染的初级汞开采和提炼中获取汞源。一些生产荧光灯的工厂污染控制不善，向室内或室外空气中释放大量的汞蒸气，有的工厂产生大量无法妥善管理的固体和液体废物流。另一方面，有些荧光灯生产商将污染最小化，从妥善控制的回收作业中获取汞源，这些回收有效地回收了汞，否则这些汞将进入环境中。

缺乏能确保对所使用的含汞荧光灯进行环境友好管理的功能性系统，尤其对发展中国家而言，会给从事废物相关的工人和其社群造成严重威胁，因为他们经常会从弃置在垃圾倾倒处的混合垃圾中拾回废灯，然后在不受控制的条件下进行回收。例如，在菲律宾，政府数据显示88%的家庭和77%的商业机构在处置其废荧光灯时，采取家庭废物的处理方式。国际消除POPs网络（IPEN）成员菲律宾生态废物联盟进行的关于不正规回收垃圾倾倒场中紧凑型荧光灯的调查工作已引起了决策者们的关注，他们现已明白需采取一项有效机制，从而收集和回收废弃灯，包括实行生产者责任延伸制（EPR），以遏制不当的处置方式。

该问题不仅存在于发展中国家，美国照明和汞再循环产业协会（ALMR）估计只有23%的荧光灯得以回收（商业和工业中30%得以回收，而住宅中仅5%得以回收）。<sup>169</sup> 欧盟的回收率高出许多，欧共体颁布的废电机电子设备指令便是针对免费回收废弃后电气设备包括荧光灯以及建立收集设施和私人家庭电子废物收集系统所制定的。<sup>170</sup> 加拿大也正在开始实施本国的加拿大国家标准，要求针对不断增加的消费品建立生产者责任延伸制方案。<sup>171</sup>

许多不同的系统用于管理和处理废弃荧光灯。包括灯管粉碎机和其它荧光灯回收系统。尚无法提供与这些系统相关的以下几个因素的综合数据：因不同的灯管粉碎或回收系统而导致的大气排放总量；工作场所的职业汞暴露、厂区地面和水中的汞污染；异地汞废物转移；不同系统能回收的纯单质汞的数量。某些灯管粉碎和回收系统的运行相对较好，但有些其它的灯管粉碎和回收系统则可能造成高度污染，导致严重的职业和/或社群汞暴露。

汞条约包括以下措施：针对30瓦灯泡等量，紧凑型荧光灯的含汞量将限定为5毫克或更低，含汞量高于此限值的发光二极管（CFL）将于2020年前淘汰（虽然可进行两次为期5年的豁免，这使得有效淘汰日期延至2030年）。线性荧光灯泡-低于60瓦

168 “Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council,” Official Journal of the European Union, [http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/upload/2002\\_95\\_EC.pdf](http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/upload/2002_95_EC.pdf).

169 “Promoting Mercury-Containing Lamp Recycling: A Guide for Waste Managers,” Solid Waste Association of North America, p. 1, <http://www.swana.org/extra/lamp/Iropmanualfinal.pdf>.

170 “Waste from Electrical and Electronic Equipment,” Citizens Information website, [http://www.citizensinformation.ie/categories/environment/waste-management-and-recycling/waste\\_from\\_electric\\_and\\_electronic\\_equipment](http://www.citizensinformation.ie/categories/environment/waste-management-and-recycling/waste_from_electric_and_electronic_equipment).

171 “Canada Wide Action Plan for Extended Producer Responsibility,” Canadian Council of Ministers of the Environment, 2009, [http://www.ccme.ca/assets/pdf/epr\\_cap.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/epr_cap.pdf).

且含汞量超过5毫克的三频灯和低于40瓦且含汞量超过10毫克的卤化磷酸盐灯也应于同时期进行淘汰。

## 8.5 其它含汞灯

除了荧光灯外，市场上还有许多其它类型的灯管也含汞。这其中，许多被视为高强度气体放电灯（HID），该名称通常适用于几种类型的灯，包括金属卤化物灯、高压钠灯和水银蒸气灯。

高强度气体放电灯与荧光灯的运作方式相似。它们使用一根充满气体的管，管内含有相对较高压力下的金属蒸气。它们拥有两极，当两极间形成电弧时，会产生极高的温度和可见的辐射能量。这些灯管的使用寿命很长，有些发出的光比一般典型的荧光灯还亮许多。为了达到充分的亮度，它们要求相对较长的预热阶段，即使片刻的断电也会导致重新预热—该过程持续数分钟。不同的高强度灯使用电弧流中的不同气体组合—通常为氙气或氙气和汞—这会影​​响灯管的颜色特征和整体效率。<sup>172</sup>

**金属卤化物灯：**这类灯在其电弧管中使用金属卤化物如碘化钠，在光谱的大部分面积产生光亮。金属卤化物灯的能效高、色彩还原性好、使用寿命长，通常用于体育场馆、仓库、商场、杂货店和工业环境。同时还用于明亮的蓝色车头灯和水族馆照明，一盏金属卤化物灯中的含汞量为10多毫克至1000毫克。75%的金属卤化物灯的含汞量超过50毫克，三分之一的含汞量超过100毫克。<sup>173</sup>

**陶瓷金属卤化物灯：**这类灯于近年引进，旨在为白炽灯和卤素灯提供高质、节能的替代品。主要用于重点照明和专卖店照明。与标准的金属卤化物灯不同，这类灯的灯管由陶瓷制成，含汞量较少，同时能以较低成本提供较好的照明质量和色彩一致性。这类灯中含汞量低于10毫克的超过80%，其余的含汞量低于50%。<sup>174</sup>

**高压钠灯：**这类灯为一种高效灯源，但颜色泛黄，色彩还原性较弱。作为高能效灯源，它们用于外景、安全和工业照明应用，广泛用于街道照明。高压钠灯发出黄色至橙色的光，由于其色彩还原性较弱，因此主要用于优先考虑高效率 and 长使用寿命两方面因素的室外和工业应用。几乎所有高压钠灯的含汞量为10毫克至50毫克。<sup>175</sup>

**汞蒸气照明：**这种高强度气体放电灯所采用的技术最为久远。由于电弧会产生色彩不佳的蓝色光，因此，多数汞蒸气灯有荧光粉涂层，以改变颜色，稍许改善其显色。汞蒸气灯的光输出较低，是高强度气体放电灯中效率最低的照明灯。因其低成本和使用寿命长，因此主要用于工业应用和室外照明。多数汞蒸气灯的含汞量为10毫克至50毫克，但40%含汞量超过50毫克，12%含汞量超过100毫克。<sup>176</sup>

172 Fact Sheet: Mercury Use in Lighting, IMERC, 以上所引

173 同上

174 同上

175 同上

176 同上

**冷阴极荧光灯：**这类灯为荧光灯管的另一种变化形式，但直径小。冷阴极荧光灯用于大量电子设备中液晶显示器(LCD)的背光中，包括电脑、纯平电视机、照相机、摄像机、收款机、数码投影仪、复印机和传真机。同时还用于汽车仪表盘背光和娱乐系统。与传统荧光灯相比，冷阴极荧光灯的运行需要较高电压。这消除了加热电极的需求，使其效率提高至10%-30%。这类灯拥有不同颜色、高亮度和长使用寿命，其含汞量与其它荧光灯类似。

**霓虹灯：**这类灯为气体放电灯泡，通常含有低气压下的氖气、氩气和氙气。与荧光灯泡类似，每盏霓虹灯的末端含有一个金属电极。通过电极的电流使氖气和其它气体离子化，发出可见光。氖气释放红光；其它气体释放其它颜色。例如，氙气释放熏衣草色，氩气释放橙白色。光颜色取决于不同气体的混合和灯泡的其它特征。霓虹灯通常有小型工厂手工制作，广泛用于广告、商业展示和装饰。红色霓虹灯不含汞，但其它颜色的霓虹灯每个灯泡的含汞量约为250毫克至600毫克。<sup>177</sup>

**水银短弧灯：**这类灯为球形或稍呈椭圆形的石英灯泡，其中两电极仅相隔几毫米。该灯泡充满了低气压下的氙气和汞蒸气，功率范围为100瓦以下至几千瓦不等。它所发出的光极为集中，用于特殊应用，例如搜救灯、专业医疗仪器、光化学、紫外光固化和光谱。该灯的另外一种形式是汞氙短弧灯，它与水银短弧灯类似，但所含的是氙气和汞蒸气的混合物。这些灯通常含汞量为100毫克至1000毫克，其中许多灯的含汞量超过1000毫克。<sup>178</sup>

**毛细管汞灯：**这类灯提供紫外线到近红外范围辐射能量的集中源。它们无需启动或重启时的预热期，能够在几秒钟内达到几乎最亮的程度。毛细管汞灯有着各种电弧长度、辐射功率和安装方法，用于制作印刷电路板和其它工业应用。同时，还用于紫外线固化—广泛用于丝网印刷过程、CD/DVD印刷和复制、医药制造、瓶/杯装饰和涂层应用。这些灯的含汞量为100毫克至1000毫克。<sup>179</sup>

## 关于荧光灯，汞条约有何规定？

汞条约第4条列出了至2020淘汰的高压汞蒸气灯和各种冷阴极荧光灯和外部电极荧光灯所含的汞（可选择将年限延至2030年）。

## 8.6 测量仪器所含汞

汞会随着温度和压力均匀地扩张和收缩，该特点使得汞在温度测量和压力测量的科学、医疗和工业设备中得到使用。

欧盟通过了一项针对一些含汞测量设备的限制指令。在欧盟国家市场上禁止所有含汞体温计。其它欲销售于普通大众的含汞测量设备也予以禁止，包括压力计、气压计、血压计（血压测量设备）和其它含汞温度计。历史超过50年的古董设备得以豁

<sup>177</sup> 同上

<sup>178</sup> 同上

<sup>179</sup> 同上

免，欧盟委托了进一步研究，研究医疗保健领域和其它职业和工业应用中使用的含汞设备其可靠、安全、技术和经济可行的替代品的可利用性。<sup>180</sup> 许多美国州政府也通过针对一些含汞测量设备的禁令或限令。<sup>181</sup> 作为回应，许多生产商撤除了这些设备，增强其高质、具有成本效益和无汞替代品的生产。

温度计和血压计是最常见的含汞测量设备。温度计应用于各种用途，如体温计和其它用于家庭、工业、实验室和商业用途中的温度计。一支温度计的含汞量可能为0.5克至54克。比如，2004年美国销售的所有温度计的含汞量约为2公吨。一个血压计的含汞量为50克至140克。2004年美国销售的所有血压计的含汞量约为1公吨。<sup>182</sup>

由于血压计和其它一些含汞测量设备暴露于空气，所以汞会随着时间通过挥发而消耗。因此，这些设备时常需要补充汞。无汞设备成为这些仪器校对标准的来源，这种现象日益增加，说明无汞电子设备的准确性和耐用性。

其它含汞测量设备如下：

- **气压计**：用于测量大气压（每支含汞量为400克至620克）
- **压力计**：用于测量气压的不同（每支含汞量为30克至75克）
- **干湿球温度计**：用于测量湿度（每支含汞量为5克至6克）
- **流量计**：用于测量气体、水、空气和蒸汽的流量
- **液体比重计**：用于测量液体的具体比重
- **高温计**：用于测量极热材料的温度（主要用于铸造厂）

2004年在美国销售的所有压力计其含汞量略高于1公吨。2004年在美国销售的以上所列其它测量设备中总含汞量为0.1公吨。<sup>183</sup>

## 关于测量仪器，汞条约所含汞有何规定？

汞条约第4条列出了至2020年淘汰的非电子仪器，如使用汞的气压计、湿度计、压力计、温度计和血压计（可选择将淘汰时限延至2030年）。

## 8.7 牙科用汞合金所含汞

牙科用汞合金为牙医使用的一种材料，用于填补因蛀牙引起的龋齿。有时牙科用汞合金填充物也被称作银填充物，因为它们看似银。汞合金为多种金属的混合物，包括单质汞和含有银、锡和铜的粉末合金。就其重量而言，单质汞约占牙科用汞合金

180 “Directive 2007/51/EC of the European Parliament and the Council of 25 September 2007 Relating to Restrictions on the Marketing of Certain Measuring Devices Containing Mercury,” Official Journal of the European Union, March 10, 2007, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:257:0013:0015:EN:PDF>.

181 “Fact Sheet: Mercury Use in Measuring Devices,” IMERC, 2008, [http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/measuring\\_devices.pdf](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/measuring_devices.pdf).

182 同上

183 同上

的50%。该技术的历史已超过150年。<sup>184</sup> 过去，许多牙医使用大量单质汞和金属粉末，进行现场混合。如今，许多牙医购买不同大小的牙科用汞合金胶囊。每粒胶囊中的含汞量从100毫克至1000毫克不等。<sup>185</sup>

汞合金牙科填充物释放微量的汞蒸气，这些蒸气会被吸收进入人体血流中。据估计，牙齿内如有汞合金牙科用填充物，平均每天人体血液中会吸收3~17微克汞。虽然为微量暴露，但却比我们呼吸室外空气中汞所造成的人体平均暴露要高出许多。<sup>186</sup>

关于牙科用汞合金引起的汞暴露所导致的潜在危害性方面的各种研究其结论差异性很大。有些研究发现证据能证明牙科用汞合金所含的汞会导致严重健康损害，包括肾毒性、神经行为改变、自身免疫性、氧化应激、自闭症以及皮肤和粘膜改变。同时还有证据经引用说明低剂量汞暴露与阿尔茨海默氏症和多发性硬化症中间存在关联。一篇支持该观点的科学评述文章的作者们提出争论，认为有些其它牙科用汞合金研究存在严重的条理错误且血液、尿液或其它生物标志物中的汞浓度并不能反映重要器官中的汞负荷。这些作者表示各种实验表明不使用牙科用汞合金能够长久改善大量有关患者的长期抱怨现象。该评述文章得出结论“出于医疗、职业和生态原因考虑，不宜使用牙科用汞合金材料。”<sup>187</sup>

然而，其它权威研究却得出不同的结论。例如，美国食品和药物管理局（FDA）通过审查可利用的科学证据来决定牙科用汞合金填充物造成的低剂量汞蒸气是否会造成担忧。根据这项审查，美国食品和药物管理局得出结论，认为牙科用汞合金填充物对于成人及六岁和六岁以上儿童而言，为安全使用。<sup>188</sup> 随着这项审查后，2009年美国食品和药物管理局更新了其监管牙科用汞合金的法规。新的食品和药物管理局法规将牙科用汞合金列为中度风险类。食品和药物管理局建议应对那些使用牙科汞合金产生过敏感的患者提出警告。同时，还建议牙科用汞合金的包装材料应包括各种声明，以帮助牙医和患者做出明智的决定。这些声明应包含牙科用汞合金益处和风险相关的科学证据，其中应包括吸入汞蒸气的风险。<sup>189</sup> 2011年，在汞条约谈判期间，美国政府迈出了前所未有的第一步，宣布支持“立即逐渐削减汞合金，目标是所有缔约方最终淘汰汞合金。”该目标得到了汞条约最后文本的支持。

为了回应对牙科用汞合金使用导致的健康和环境担忧，美国和西欧减少了其使用。（世界上其它国家的使用趋势不明。）2007年，挪威环境部长颁布了一项指令，禁止在牙科用材料中使用汞。<sup>190</sup> 2009年，瑞典效仿，禁止将牙科用汞合金用于

184 “About Dental Amalgam Fillings,” U.S. Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DentalProducts/DentalAmalgam/ucm171094.htm#1>.

185 “Fact Sheet Mercury Use in Dental Amalgam,” IMERC, 2010, [http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/dental\\_amalgam.cfm](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/dental_amalgam.cfm).

186 “Mercury,” Chapter 6.9 in Air Quality Guidelines, WHO Regional Office for Europe, [http://www.euro.who.int/document/a/q/6\\_9mercury.pdf](http://www.euro.who.int/document/a/q/6_9mercury.pdf).

187 J. Mutter et al., “Amalgam Risk Assessment with Coverage of References up to 2005,” Institute for Environmental Medicine and Hospital Epidemiology, University Hospital Freiburg, <http://www.iaomt.org/articles/files/files313/Mutter-%20amalgam%20risk%20assessment%202005.pdf>.

188 About Dental Amalgam Fillings, FDA, 以上所引

189 “FDA Issues Final Regulation on Dental Amalgam,” FDA, July 28, 2009, <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/Pressannouncements/ucm173992.htm>.

190 “Minister of the Environment and International Development Erik Solhei Bans Mercury in Products,” press release, December 21, 2007, <http://www.regjeringen.no/en/dep/md/press-centre/Press-releases/2007/Bans->

儿童，限制成人使用，除非有特殊的医疗理由证明确需使用以及其它治疗方式被认为无效。<sup>191</sup> 根据可利用的证据，澳大利亚、德国、芬兰、挪威、英国和瑞典已建议牙医尤其应避免妇女怀孕期使用含汞的汞合金填充物。<sup>192</sup>

在美国，牙科用汞合金使用已下降。2004年至2007年，美国使用的牙科用汞合金中含汞量降低了50%，从2004年27.5公吨降至2007年15公吨。<sup>193</sup>

当牙医使用汞合金填充物时，会产生含汞废物，进入污水处理系统和固体废物流。但是，现正出现一种趋势，许多牙科诊所将其诊治过程中产生的汞废物进行收集和回收，有些国家牙科协会已制定了对汞合金废物进行最佳管理的导则。<sup>194</sup>

在许多国家，人死后进行火化是一种普遍做法。在火葬场，牙科用汞合金被蒸发并释放至空气中。关于火葬在全球究竟能释放多少汞至空气中，尚没有良好统计。根据1995年美国火葬方面的估计，约50万人被火葬，释放了近1.25公吨汞至空气中。<sup>195</sup> 在许多国家，火葬非常普遍，在一些其它国家，这种做法也迅速发展。有些情况下，为了防止汞排放，火葬前会先去除牙科用汞合金。然而，这种做法与文化不相容。对火葬场进行排放控制也能减少汞释放，但会大大增加成本。

我们有着强有力的理由去淘汰牙科用汞合金的使用，代之以更安全的替代品。为了这个目标，我们需要充分评估建议使用的替代品，旨在确保避免使用影响健康和环境的替代品。

## 关于牙科用汞合金，汞条约有何规定？

汞条约既规定了每个国家逐步削减汞合金使用，而且规定了应采取的步骤。各国必须执行至少以下逐步削减步骤中的两项，包括：

- 促进无汞替代品。
- 改变牙科学校课程和对牙医进行再培训。
- 鼓励保险项目支持无汞牙科修复而非汞合金。
- 选择逐步削减牙科用汞合金。

本报告第8部分前面讨论了根据汞条约第4条非政府组织可开展的致力于迅速逐步削减牙科用汞合金的活动的细节。

---

[mercury-in-products.html?id=495138](#).

191 “Dental Amalgam: Prohibition to Use Dental Amalgam,” the Swedish Chemicals Agency (KemI), [http://www.kemi.se/templates/Page\\_\\_\\_\\_3151.aspx](http://www.kemi.se/templates/Page____3151.aspx).

192 Philippe Hujoel et al., “Mercury Exposure from Dental Filling Placement During Pregnancy and Low Birth Weight Risk,” *American Journal of Epidemiology* (2005) 161 (8), p. 734-40, <http://aje.oxfordjournals.org/content/161/8/734.full>.

193 Fact Sheet Mercury Use in Dental Amalgam, IMERC, 以上所引

194 “Best Management Practices for Amalgam Waste,” American Dental Association, 2007, [http://www.ada.org/sections/publicResources/pdfs/topics\\_amalgamwaste.pdf](http://www.ada.org/sections/publicResources/pdfs/topics_amalgamwaste.pdf).

195 “Use and Release of Mercury in the United States,” U.S. EPA, 2002, p. 64-5, <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r02104/600r02104prel.pdf>.

## 8.8 含汞农药和杀菌剂

无机和有机汞化合物都曾被用于众多农药中。这些化合物曾用于种子处理、控制冷却塔以及纸浆和造纸厂中的藻类和泥浆、海洋用漆以及水性油漆和涂料中的添加剂

、树木伤口敷料、保护土豆种和苹果籽、面料和洗衣以及其它用途。<sup>196</sup>

在澳大利亚，名为Shirtan的农药其含汞量为120克/升，其形式是氯化甲氧基甲基汞。该农药至今仍被登记作为一种控制甘蔗作物凤梨病的杀真菌剂。<sup>197</sup> 农药行动网络（PAN）在其农药数据库中列出了79种含汞农药。<sup>198</sup>

关于事先知情的鹿特丹公约规定在接收国事先不知情的情况下，不得向该国出口公约附件三所列化学品，公约对这些化学品中单质汞和汞化合物的农药用途进行了认定。该公约确认了44种汞化合物，各国政府对其农药用途进行了限制。这些确认的农药化合物包括无机汞化合物、烷基汞化合物、烷氧烷基及芳香烃化合物。附件还列出了汞化合物形成的形式：液体、可湿性粉剂、颗粒材料、乳胶漆、药剂中间体和可溶性浓剂。<sup>199</sup>

由于对人体的毒性、对食物和饲料的污染和对水生生物的毒性，许多含汞农药都已被禁止和限制使用。含汞农药毒性最严重的情况是将汞化合物用于种子处理，这种用途曾被广泛应用于保护种子受真菌侵袭。

首个以汞为基础用于商业用途的种子处理配方为一种称为Panogen的液体（甲基汞胍）。该产品于1938年在瑞典研发，至20世纪40年代大量投入使用。随后，研发了一种称为Ceresan的乙基甲基汞粉剂，广泛用于小谷物治理中，使用有机汞化合物其效应高价格低，因此当农民拿来需清理的种子时，许多处理站往往用这种化合物，达到零成本或较小成本的目的。含汞杀菌剂的广泛使用一直持续至20世纪70年代，由于发生了数起人们因直接食用经处理的谷物或食用摄入经处理谷物动物肉的中毒事件，于是开始实行限制措施。许多国家已禁止使用有机汞杀菌剂，但在一些其它国家仍用于某些用途。<sup>200</sup>

1971年，伊拉克巴士拉港口发生了一起严重的农药中毒事件，该事件有时被称作“巴士拉谷物中毒灾难”。一艘满载9万公吨用作种粮的美国大麦和墨西哥小麦的船舶停靠在该港口。作为抗真菌药物，甲基汞用于处理该谷物，防止腐烂。这些谷物本应出售于农民，在其包装袋上印有英文和西班牙语警告提示，然而，对于这座港口城市而言，这两种语言并不广为人知，大量的谷物以食物的形式在当地出售。<sup>201</sup> 据估计，由于汞中毒，1万人失去了生命，10万人受到严重和永久性脑损伤。

196 “Decision Guidance Documents: Mercury Compounds: Joint FAO/UNEP Programme for the Operation of Prior Informed Consent,” 1996, [www.pic.int/en/DGDs/MercuryEN.doc](http://www.pic.int/en/DGDs/MercuryEN.doc).

197 “Shirtan Fungicide from Crop Care,” <http://www.fatcow.com.au/c/Crop-Care-Australasia/Shirtan-Fungicide-From-Crop-Care-p18475>.

198 PAN Pesticides Database: Chemicals Name Search, [http://www.pesticideinfo.org/Search\\_Chemicals.jsp](http://www.pesticideinfo.org/Search_Chemicals.jsp).

199 《鹿特丹公约》附件, <http://www.pic.int/home.php?type=t&id=29&sid=30>.

200 D. E. Mathre, R. H. Johnston, and W. E. Grey, “Small Grain Cereal Seed Treatment,” 2006, Department of Plant Sciences and Plant Pathology, Montana State University, <http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Pages/CerealSeedTreatment.aspx>.

201 关于巴士拉有毒谷物灾难的维基百科条目 [http://en.wikipedia.org/wiki/Basra\\_poison\\_grain\\_disaster](http://en.wikipedia.org/wiki/Basra_poison_grain_disaster).

作为农药和杀菌剂，汞仍用于以下用途：

- **油漆添加剂：**有时油漆中会加入苯基汞化合物和醋酸汞，用做防止霉菌生长的杀真菌剂。美国和西欧已不再使用这些油漆，但其它地区仍可能使用。
- **纸浆和造纸厂：**有时在造纸工艺中，会在纸浆中加入用作杀真菌剂或杀粘菌剂的乙酸苯汞。由于纸浆温热且富含营养成分，因此容易长出真菌和粘菌，从而堵塞机器，除非对其进行控制。出于此目的，大量乙酸苯汞被使用。这会污染纸浆厂排放水和纸产品本身。待航运的存储纸浆中也加有乙酸苯汞。对于这种汞用途是否仍存在的信息很少。
- **外用抗生素：**红汞和硫柳汞酞以及一些其它外用抗生素中含有汞，用于人类和动物包扎伤口。这些抗生素仍在使用，尤其是兽医用途。

## 关于农药和杀菌剂，汞条约有何规定？

汞条约列出了至2020年淘汰的含汞杀菌剂、农药和话题防腐剂及其化合物。可以选择寻求豁免，这将使其淘汰日期推至2030年，但不能有在此日期后豁免的进一步规定。

## 8.9 实验室和学校里的汞

在学校和专业实验室里，经常会有单质汞、汞化合物、含汞试剂和含汞设备。

中学出现过许多起因汞污染导致的严重事件。1996年，菲律宾帕拉那克市的圣安德鲁斯学校曾发生了一起较突出的事件。该校学生发现50克汞并玩起汞来，这些汞原本为科学实验所用。结果，约24名学生被送往医院密切监测汞中毒，其中多数为13岁。学校停课数月，当地和国际专家对该幢建筑进行清理和污染清除工作。<sup>202</sup> 2010年2月，一名学生提起了民事诉讼，控告其老师和学校导致其汞中毒致终身残疾。<sup>203</sup>

不久，菲律宾教育部颁布了第160号备忘录，重申号召卫生部在医疗设施和机构中淘汰汞和含汞设备。同时，还号召对科学实验室现存的安全措施进行审查，确保学校实验工作中常用的化学品中不含汞。作为国际消除POPs网络（IPEN）成员组织，禁止有毒物（Ban Toxics）为菲律宾的非政府组织，该组织为菲律宾教育部出台该命令起了重要作用。<sup>204</sup>

另一起重要事件于2009年发生在美国亚利桑那州阿瓜弗里亚中学。该校老师当时正使用汞教授密度方面的课程。两名学生在其书桌旁的抽屉里发现了一大瓶汞，于是打开并玩起汞来，而后带了一些汞回家。最终，不仅在学校，而且在了一辆校车、几

202 “There’s Something About Mercury,” Philippine Center for Investigative Journalism, December 31, 2007, <http://pcij.org/stories/theres-something-about-mercury/>.

203 与菲律宾非政府组织领导人的私人通信。

204 同上

户家庭和许多学生的个人用品中都发现了汞污染。几百名学生和教职员工遭受了汞暴露，清理花费了学区80万美元，该校校长辞职。<sup>205</sup>

以上两则故事只是所有常见汞暴露中比较引人注目的两例。中学无需做涉及到用汞的实验和演示，应禁止这种做法。如果学校、实验室或其它设施中已有用汞的历史，即使停止用汞之后，累积的汞也可能存在于排水管或存水弯中，这可能引起人们的担忧。<sup>206</sup>

当大学实验室专业的化学家或化学方面高等生在进行汞试验时，也许一些实验室能恰当使用汞。但是，我们能够和应该消除或大幅减少实验室的汞使用，因为好的替代品能够有效地替代单质汞、汞化合物和含汞设备的多数用途。例如，有时实验室会使用充满汞的仪器以维持反应期间的惰性气体以及提供泄压功能。目前可提供充满矿物油的类似实验设备，实验室应选择该设备。<sup>207</sup> 实验室可以避免多数其它含汞设备和装置。有些实验室使用锌汞齐作为还原剂，但再次需强调的是，替代品通常已可提供。<sup>208</sup> 在试验室化学品和试剂中也通常含有汞，其中许多已具备好的替代品。

一些医院实验室和其它实验室决定实现实质上的无汞化。欲付诸行动的机构应阅读包装盒标签、化学品安全说明书(MSDS)和试剂随附插页。这些能帮助识别试剂中有意添加的汞化合物。但是如果实验室化学品中无意产生的汞其数量低于1%时，化学品安全说明书通常不予认定。这是因为，如果产品中有害组成部分其浓度低于一定程度时，通常不要求生产商列出这些有害组成部分。但是，实验室和医院可以询问销售代表和生产商关于产品中汞的信息，可以要求出具实验室产品含汞量的分析证明或其它数据。<sup>209</sup>

## 8. 10 化妆品所含汞

有时在出售化妆品如面霜、乳液和肥皂时，会承诺使用后能够增亮肤色或去除黑斑。这些产品通常含有汞，其形式是氯化汞和/或氯化汞汞。这两种化合物都具有致癌性。不含汞的亮肤化妆品通常含有对苯二酚(C6H6O2)，该物质同样具有高毒性。<sup>210</sup>

通常，一个人皮肤含黑色素越多，肤色越暗。含汞化合物或对苯二酚的化妆品能够通过阻止黑色素的产生达到增亮肤色的效果。但如长期使用，这些产品会产生皮肤

205 “How School’s Huge Mercury Cleanup Unfolded,” The Arizona Republic, November 29, 2009, <http://www.azcentral.com/arizonarepublic/news/articles/2009/11/29/20091129mercuryspill1129.html>.

206 “How Do Schools Become Polluted by Mercury?” Minnesota Pollution Control Agency, <http://www.pca.state.mn.us/index.php/topics/mercury/mercury-free-zone-program/mercury-free-zone-program.html?menuid=&msisng=0&redirect=1>.

207 “The Glassware Gallery: Bubbblers, Lab and Safety Supplies,” <http://www.ilpi.com/inorganic/glassware/bubbler.html>.

208 关于削减药剂的维基百科条目，[http://en.wikipedia.org/wiki/Reducing\\_agent](http://en.wikipedia.org/wiki/Reducing_agent).

209 “Mercury in Health Care Lab Reagents,” Minnesota Technical Assistance Program, <http://www.mntap.umn.edu/health/92-mercury.htm>.

210 Super Jolly, “Skin Lightening Products...,” Black History 365, [http://www.black-history-month.co.uk/articles/skin\\_lightening\\_products.html](http://www.black-history-month.co.uk/articles/skin_lightening_products.html).

斑点，反过来使人加大产品使用量，以淡化这些色斑。许多国家已禁止了含汞化妆品，但仍可作为非处方产品获取。在亚洲和非洲国家，这些化妆品尤其受欢迎。<sup>211</sup>

一项研究显示非洲国家的许多女性定期使用这些产品，包括25%马里妇女、77%尼日利亚妇女、27%塞内加尔妇女、35%南非妇女和59%多哥妇女。2004年的一项调查显示，38%的香港、韩国、马来西亚、菲律宾和台湾妇女表示使用亮肤产品。许多妇女长期使用这些产品，有时长达20年。<sup>212</sup>

1999年，肯尼亚标准局颁布了一项公共告示，告知和教育消费者关于市面出售的一些化妆品所含汞、对苯二酚、荷尔蒙制剂和氧化剂的危害。2004年，印尼食品和药品控制机构（BPOM）针对51种含汞美容护肤产品颁布了警示。许多产品为进口产品，但2006年，警察破获了西雅加达一家小型生产公司制造的200箱含汞化妆品。2005年，纽约市健康及精神卫生保健部发布了一项健康警示，建议纽约人立即停止使用所有标示含有汞成分的面霜和肥皂以及任何在标签未列出成分的化妆品。<sup>213</sup>

国际消除POPs网络（IPEN）中的非政府组织从事的一项研究发现墨西哥国内销售的几种亮肤产品中含有汞。在进行分析的七种产品中，四种含汞量可测，一种含汞量为1325ppm。所有检测的产品都附有成分列单，但全部都未将汞列入成分中。<sup>214</sup>

一家芝加哥报纸检测了当地商店销售的亮肤面霜，发现六种产品的含汞量超过了美国联邦法律。该六种产品分别来自中国、印度、黎巴嫩和巴基斯坦，商店里的有些产品特别出售给这些移民社区。五种面霜的含汞量超过6000ppm，其中一种巴基斯坦产品，其含汞量达到30000ppm。该产品为一种白色面霜，产品名为Stillman's Skin Bleach Cream，据报道，该商店主人表示由于这种产品在巴基斯坦颇受欢迎，因此他将之携带至美国。<sup>215</sup>

到目前为止，2010年，菲律宾食品和药品管理局已禁止23种进口亮肤产品，该局认为这些产品因含有超过规定限值的杂质和污染物而具“迫切危害性、不安全性和危险性”。对于汞而言，可允许阈值为1ppm。

一项2000年欧盟指令规定在化妆品成分中不应含汞，包括肥皂、乳液、香波、皮肤漂白产品（除眼妆保存用途的苯基汞盐以及眼妆的卸妆产品外，其浓度不得超过0.007%重量）。<sup>216</sup>

虽然许多管辖区已颁布法律禁止使用含汞面霜和肥皂，但多数在执法上存在困难。

211 同上

212 Mercury in Products and Wastes, UNEP Mercury Awareness Raising Package, [http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness\\_raising\\_package/C\\_01-24\\_BD.pdf](http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness_raising_package/C_01-24_BD.pdf) (注：UNEP文件未提供确切研究和调查的参考)。

213 同上

214 “Market Analysis of Some Mercury-Containing Products and Their Mercury-Free Alternatives in Selected Regions,” conducted by IPEN, Amika and GRS, 2010, <http://www.ipen.org/ipenweb/documents/ipen%20documents/grs253.pdf>.

215 “Some Skin Whitening Creams Contain Toxic Mercury, Testing Finds,” Chicago Tribune, May 19, 2010, <http://www.chicagotribune.com/health/ct-met-mercury-skin-creams-20100518,0,7324086,full.story>.

216 Mercury in Products and Wastes, UNEP Mercury Awareness Raising Package, 以上所引

几乎没有管辖区禁止在眼妆产品如睫毛膏中使用少量汞化合物，在这些产品中仍广泛使用汞。眼妆产品使用的汞化合物其用途是杀菌防腐，增长产品使用寿命。<sup>217</sup>虽然有些生产商为了回应消费者需求，去除了某些睫毛膏产品中汞，但多数管辖区仍允许销售含汞化合物的化妆品。明尼苏达州例外，该州1998年即实施了一项法律禁止化妆品中所有故意添加的汞，包括睫毛膏和眼线产品。<sup>218</sup>

## 关于亮肤产品，汞条约有何规定？

汞条约要求至2020淘汰含汞量超过1ppm的化妆品，包括亮肤产品。睫毛膏和其它眼部化妆品可免于淘汰（因为条约声称无法提供有效安全的替代品）。对于第4条所列的其它含汞产品，可以选择将其最后淘汰期限延长至2030年。

## 8.11 药品所含汞

医生经常将汞化合物用作药品。

### 氯化亚汞

至少至16世纪以来，医生已使用氯化亚汞（ $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ）或称甘汞治疗疟疾和黄热病。寄生虫感染患者会得到一种称作蠕虫巧克力或蠕虫糖果的药剂。<sup>219</sup>经过19世纪和20世纪早期，许多医生仍继续将氯化亚汞用作导泻和肝兴奋剂。<sup>220</sup>父母经常会给婴儿们服用含氯化亚汞的牙粉。<sup>221</sup>

20世纪50年代，在美国、英国和其它地方，医生们继续建议使用氯化亚汞，以治疗儿童长牙和便秘问题。由于摄入氯化亚汞引起的汞暴露经常导致一种常见的婴儿和儿童疾病，称为肢痛症或粉红病。20世纪50年代，肢痛症占伦敦医院儿童病房就诊比例的3%。官方数据记录1939年至1948年间在英格兰和威尔士有585名儿童死于粉红病。<sup>222</sup>直至1958年，英国药典中才删除氯化亚汞，1967年版本的美国药典和医师药理学（United States Dispensatory and Physicians' Pharmacology）将氯化亚汞列为一种药物而非有毒物。当儿童期间停止使用氯化亚汞时，粉红病几乎会消失。<sup>223</sup>

217 “Mercury... In Your Mascara?” Planet Green, <http://planetgreen.discovery.com/food-health/mercury-mascara.html>.

218 “Mercury in Mascara? Minnesota Bans It,” MSNBC, December 14, 2007, <http://www.msnbc.msn.com/id/22258423/>.

219 “Unregulated Potions Still Cause Mercury Poisoning,” Western Journal of Medicine, July 2000, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1070962/>.

220 哥伦比亚百科全书（Columbia Encyclopedia）关于氯化亚汞的介绍，<http://www.answers.com/topic/calomel-1>.

221 “The History of Calomel as Medicine in America,” The Weston A. Price Foundation, 2009, <http://www.westonaprice.org/environmental-toxins/1446>.

222 Unregulated Potions Still Cause Mercury Poisoning, Western Journal of Medicine, 以上所引

223 The History of Calomel as Medicine in America, The Weston A. Price Foundation.

## 西方之药用氯化亚汞

西方医药传统下的医生会给病人开使用氯化亚汞和其它汞化合物的处方，这种传统一直延续至20世纪，下文为1911版《大英百科全书》中关于氯化亚汞药理用途的节选内容：

“氯化亚汞具有某种特殊性质，用于医药用途……氯化亚汞以氯化汞的形式发挥着间接作用。氯化亚汞的这种特殊价值是它能够以最安全和最不具有刺激性的方式发挥氯化汞宝贵的特性，不断产生少量新的活性盐……”

从外部而言，这种盐（氯化亚汞）与其它汞化合物相比，并没有特别的优点……从内部而言，这种盐的使用剂量不同——成人剂量为1.5至5格令。这是种非常好的泻药，尤其作用于肠道上部，略微增加肠道分泌。当食道（十二指肠和空肠）上部出现这种刺激行为时，几小时后，服用一剂量含盐水泻剂的氯化亚汞……”

“这种盐（氯化亚汞）通常用于治疗梅毒，但与某些其它汞化合物相比，作用可能稍逊。它还可用于熏蒸，患者赤裸，身披毯子，坐于藤椅中，20格令的氯化亚汞在藤椅上方通过酒精灯挥发，20分钟内氯化亚汞将被皮肤有效地吸收。”<sup>224</sup>

## 红汞

许多国家的药店仍然出售防腐红汞，用于防止伤口感染。这种防腐剂在市场销售时其中文别称为汞溴红、红药水和2,7-二溴-4-羟基汞荧光黄素二钠（英文名称包括Merbromine, sodium mercurcescein, Aseptichrome, Supercrome, Brocaset, Cinfacromin）。商业用途的产品通常含有2%的汞/溴化合物红汞（C20H9Br2Hg-Na2O6），与水 and 酒精混合。

由于担心其毒性，美国零售市场已不再出售红汞，但仍可从美国化学供应公司购买到大宗的汞溴红。在澳大利亚和多数其它国家，这种含汞防腐剂仍广泛出售，应用于人类治疗和兽医领域。

## 关于红汞，汞条约有何规定？

汞条约列出了根据第4条至2020年需淘汰的引人关注的防腐剂如红汞。缔约方可寻求淘汰豁免直至2030年。

224 1911 版本大英百科全书关于氯化亚汞条目，<http://www.1911encyclopedia.org/Calomel>。

## 传统医药所含汞

朱砂（一种含汞硫化汞的天然矿物质）在中国传统医药中的使用历史长达数千年，曾为各种治疗方法中的成分。有时亦称作“中国红”。根据中国药典，40种含朱砂的传统医药仍在使用。一项研究显示由于朱砂不溶于水，不易被肠胃吸收，因此相对于其它形式的汞，朱砂的毒性较小，但长期服用者仍可能遭受肾脏疾病。然而，该研究作者指出将朱砂纳入传统中医药仍具备充分理由。<sup>225</sup> 一家销售朱砂的网站声称朱砂能使人脑平静，能够治疗烦躁、失眠、多梦、喉咙痛以及溃疡。<sup>226</sup>

过去，氯化亚汞也用于传统中医药，但这已大量地被更为安全的治疗方法取代。如今在中国药典中，并未列出含氯化亚汞口服中国治疗方法。<sup>227</sup>

在印度阿舒吠陀实践以及密宗和悉达炼金术中，有着通过摄入汞达到医疗目的的长久历史。公元六世纪的圣人瓦格哈塔（Vagbhatta）建议用于治疗目的的汞内服。意大利旅行家马克·波罗（Marco Polo）在13世纪后期游历了印度，据称他遇见了因服用汞和硫制成的饮品而寿命长且身体健康的瑜伽士。印度传统医药卡加利（kajjali）和拉辛多尔（rasasindoor）含有汞和硫的混合物，如今它们仍用于治疗糖尿病、肝病、关节炎和呼吸系统疾病。<sup>228</sup>

据报告，墨西哥的宗教商店仍出售汞胶囊azogue（“水银”-西班牙文），用于消化不良或胃炎肠阻塞（empacho-西班牙文，意指墨西哥儿童消化不良）。<sup>229</sup>

### 关于传统医药所含汞，汞条约有何规定？

汞条约将传统或宗教中使用加汞产品排除在适用于多数其它加汞产品的第4条淘汰要求之外。

## 硫柳汞

硫柳汞源于北美的硫柳汞之名，它是一种含汞化合物，用于放置细菌和真菌生长。该化合物的中文别称为硫柳汞钠，硫柳汞酸钠，乙汞硫水杨酸钠，乙基噻吩酸钠盐（英文名称包括Merthiolate, mercuriothiolate, ethylmercurithiosalicylic acid, sodium 2-ethylmercuriothio-benzoate），硫柳汞的化学方程式为 $C_9H_9HgNaO_2S$ 。<sup>230</sup>

硫柳汞广泛用于疫苗中，也可用于一些其它的医疗用途，比如皮肤测试、眼鼻滴液和多用途溶液容器如隐形眼镜的容器。还可用于纹身油墨中。<sup>231</sup> 2000年前，美国

225 Jie Liu et al., “Mercury in Traditional Medicines: Is Cinnabar Toxicologically Similar to Common Mercurials?” *Experimental Biology and Medicine*, 2008, <http://ebm.rsmjournals.com/cgi/content/full/233/7/810>.

226 Cinnabar (Zhu Sha), TCM China, <http://www.tcm-treatment.com/herbs/0-zhusha.htm>.

227 Jie Liu et al., *Mercury in Traditional Medicines*, 以上所引

228 Ayurveda Under the Scanner, *Frontline*, April 2006, <http://www.thehindu.com/fline/fl2307/stories/20060421004011200.htm>.

229 “Cultural Uses of Mercury,” UNEP Mercury Awareness Raising Package, [http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness\\_raising\\_package/G\\_01-16\\_BD.pdf](http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness_raising_package/G_01-16_BD.pdf).

230 “Exposure to Thimerosal in Vaccines Used in Canadian Infant Immunization Programs,” *Public Health Agency of Canada*, 2002, <http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/ccdr-rmtc/02vol28/dr2809ea.html>.

231 关于硫柳汞的维基百科条目, <http://en.wikipedia.org/wiki/Thiomersal>.

隐形眼镜溶液生产商已自愿停止在其产品中使用硫柳汞。但是，这样做法可能持续于其它国家。

有时，医院、临床实验室和制药行业的废物流中含有硫柳汞，这可能使得有必要清理下环境。<sup>232</sup>

儿童疫苗中使用硫柳汞已成为颇具争议的问题。

## 疫苗所含硫柳汞

有些疫苗不含硫柳汞，包括许多单剂量疫苗和所含硫柳汞可能会干扰疫苗功效的疫苗。对于有些疫苗而言，硫柳汞用于生成过程中，但未添加至最终成品中，这些疫苗通常含有微量硫柳汞，每剂少于0.5微克。有些其它疫苗在其最终成品中添加硫柳汞，目的在于防止微生物污染，这些疫苗通常每剂的硫柳汞含量为10微克至50微克。<sup>233</sup>

有时在生产中会添加硫柳汞，目的在于防止微生物生长。然而，随着生产技术的改变，在生产过程中添加防腐剂的必要性已降低。在多剂量小瓶疫苗中添加硫柳汞是为了防止在多针头插入同一容器时疫苗受到病原体的污染。例如，儿童在注射受存活葡萄球菌污染的疫苗后死亡，这些疫苗含有防腐剂。英国皇家委员会调查了该事件，建议致病有机物可能生长的生物产品不应在容器中重复使用，除非有足够浓度的杀菌剂（防腐剂）能够阻止细菌生长。如今，多剂量疫苗中使用防腐剂已是国际通行做法。<sup>234</sup>

20世纪90年代末，作为对新立法强制执行和父母担忧的回应，美国食品药品监督管理局开展了一项关于疫苗中硫柳汞的调查。美国食品药品监督管理局发现当婴儿长至六个月时，含硫柳汞疫苗可能导致其体内的含汞量达到187.5微克。1999年，为了回应这些发现，美国疾病控制预防中心（CDC）和美国儿科学会（AAP）发布了一项联合预警声明。他们敦促制药公司尽快去除疫苗中所含硫柳汞，在此期间，他们要求医生推迟对尚未存在肝炎风险的新生儿注射乙肝疫苗。<sup>235</sup> 该声明的发布依据是甲基汞和许多其它汞化合物被记录具有神经毒性的预警和证据。然而当时，很少乙基汞相关研究说明婴儿因暴露于疫苗中所含硫柳汞而造成的危害，也没有其它研究能说明这种危害。

1999年，欧洲药品评价局也发布了一项关于儿童疫苗中所含硫柳汞的声明。欧洲药品评价局（EMA）得出结论，针对当时使用的疫苗，没有证据显示儿童因暴露疫苗中硫柳汞而导致的危害。但欧洲药品评价局也号召采取预警行动，如推

232 Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water, U.S. EPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, 以上所引

233 “Thiomersal and Vaccines: Questions and Answers,” World Health Organization, 2006, [http://www.who.int/vaccine\\_safety/topics/thiomersal/questions/en/](http://www.who.int/vaccine_safety/topics/thiomersal/questions/en/).

234 “Thimerosal in Vaccines,” U.S. Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/BiologicsBloodVaccines/SafetyAvailability/VaccineSafety/UCM096228#thi>.

235 Paul A. Offit, “Thimerosal and Vaccines—A Cautionary Tale,” The New England Journal of Medicine, 2007, <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp078187>.

动公众使用不含硫柳汞和其它含汞防腐剂的疫苗，促使生产商消除这些防腐剂。<sup>236</sup>

自1999年来，关于疫苗中所含硫柳汞的争议一直持续且升级。许多家长相信婴儿暴露于疫苗所含硫柳汞会造成自闭症和其它脑部发育障碍。这似乎是因20世纪80年代至90年代自闭症大幅增长的部分原因所致。另外，对于汞为一种严重神经毒素的认识日益增长，这使得许多家长质疑他们的婴儿注射汞的理由何在。家长团体和其它方引用文献研究，他们认为这些研究支持或表明硫柳汞与自闭症之间存在关联。然而，这些说法是存在争议性。<sup>237</sup>

医学届广泛否认硫柳汞与儿童神经系统疾病存在联系的结论。2004年，美国医药免疫安全审查委员会研究所发布了一项报告，对疫苗与自闭症的因果关系假设进行研究。该报告得出结论，证据有利于证明含硫柳汞疫苗与自闭症之间不存在因果关系。<sup>238</sup> 同年，欧洲药品管理局人用药品委员会得出结论，认为最新的流行病学研究并未发现使用含硫柳汞疫苗的疫苗接种与具体的神经发育障碍存在关联。<sup>239</sup> 英国人用药品委员会的立场则是：除了存在过敏反应的小风险，如皮疹或者注射部位局部红肿外，没有证据显示疫苗中硫柳汞的含量会造成神经发育的不利影响。<sup>240</sup> 世界卫生组织全球疫苗安全咨询委员会得出结论：目前尚无证据显示婴儿、儿童或成人因暴露于疫苗中所含硫柳汞而导致体内出现汞毒性。<sup>241</sup>

疫苗接种对于预防疾病的重要性有据可查。在一些发达国家，由于担心疫苗接种的副作用，导致疫苗接种率的降低，这使得麻疹和其它疾病爆发并且导致严重并发症的增长。因此，来自对疫苗所含硫柳汞存在争议的公众健康领域和其它领域的重要关注可能会对儿童健康造成严重后果。

许多工业化国家看起来正在向单剂量疫苗使用的方向发展，正在淘汰疫苗中的硫柳汞。由于用单剂量疫苗取代多剂量疫苗存在的挑战，因此，在全球推行以上做法可能需要一段时间。同时，改变经许可疫苗的配方也存在挑战。在生产中用无汞替代品替代硫柳汞或在最终产品中不加入硫柳汞的做法通常要求进行研究和开发，同时要求一项经过一系列临床前和临床试验的许可新程序。<sup>242</sup> 尽管如此，仍取得了一些进展。

根据欧洲非政府组织联盟的一份情况说明，自1992年，丹麦健康系统的国家中心实验室便停止在儿童疫苗中使用硫柳汞。自1994年，瑞典儿童疫苗项目便停止在疫苗中使用含汞防腐剂。2004年英国健康局宣布将停止在婴儿疫苗中使用

236 Gary L. Freed et al., "Policy Reaction to Thimerosal in Vaccines: A Comparative Study of the United States and Selected European Countries," Gates Children's Vaccine Program, [http://www.path.org/vaccineresources/files/thimerosal\\_decision.pdf](http://www.path.org/vaccineresources/files/thimerosal_decision.pdf).

237 关于硫柳汞争议的维基百科条目, [http://en.wikipedia.org/wiki/Thiomersal\\_controversy](http://en.wikipedia.org/wiki/Thiomersal_controversy).

238 "Thimerosal in Vaccines," U.S. Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/biologicsbloodvaccines/safetyavailability/vaccinesafety/ucm096228.htm>.

239 Thiomersal— Frequently Asked Questions, Irish Health Protection Surveillance Centre, <http://www.ndsc.ie/hpsc/A-Z/VaccinePreventable/Vaccination/Thiomersal/Factsheet/File,3948,en.pdf>.

240 "Thiomersal (Ethylmercury) Containing Vaccines," U.K. Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency, 2010, <http://www.mhra.gov.uk/Safetyinformation/Generalsafetyinformationandadvice/Product-specificinformationandadvice/Thiomersal%28ethylmercury%29containingvaccines/index.htm>.

241 Thiomersal and Vaccines: Questions and Answers, World Health Organization, 以上所引

242 同上

硫柳汞。<sup>243</sup> 在美国，几乎所有常规推荐的婴儿用疫苗都为无汞配方或其配方中的硫柳汞含量低于1微克/每剂。流感灭活疫苗除外，该疫苗主要为美国儿科使用，其配方中含有硫柳汞。但该疫苗的其他配方则不含硫柳汞或仅含微量硫柳汞。<sup>244</sup>

发展中国家的情况则大不同，在多数发展中国家几乎没有淘汰疫苗中使用硫柳汞的明显趋势。在许多国家，很难或不可能调动必要的资源为所有婴儿和儿童接种疫苗，这对将有关资源转移至疫苗中硫柳汞淘汰事宜提出了质疑。对于那些本国国内生产含硫柳汞疫苗或进口无硫柳汞疫苗成本大大高于国内生产成本的国家的国家而言，实现无汞替代品替代含硫柳汞疫苗尤为困难。<sup>245</sup>

另一重要的考虑是，用于疫苗接种的疫苗是否提供于单剂量药瓶或多剂量药瓶。在许多情况下，对于多剂量药瓶而言，含有如硫柳汞般的防腐剂非常重要，旨在避免进入药瓶里的多针头受到污染。当使用单剂量药瓶时，防腐剂的使用便并非那么重要。世界卫生组织认为单剂量药瓶疫苗的供应要求大幅增长产能，成本也会很高。同时，世界卫生组织表示，单剂量药瓶要求更大的冷藏空间，会提高运输需求。由于世界卫生组织已确定许多发展中国家的产能不足且疫苗在冷链条件下运输和存储基础设施不足，已得出结论：附加成本和负担使得单瓶剂量疫苗在大多数国家不可行。<sup>246, 247</sup>

即使世界卫生组织和其它机构强烈证明反对在发展中世界消除硫柳汞，许多非政府组织和公民社会组织出于长远考虑仍对此颇感不妥。他们意识到在认识因其它有毒物质低剂量暴露导致的人体健康危害方面，全球医学界的反应常滞后。例如，近至20世纪60年代，医学界还未清楚显示血铅浓度高达50微克/分升（1/10公升）的儿童正遭受有害的铅中毒。如今，人们公认血铅浓度为5微克/分升或更低浓度的儿童会遭受有害影响，通过这些历史记忆，有些人发现很难对医学界确认含硫柳汞疫苗与儿童神经发育危害之间不存在已知关联的观点表示放心。

由于很多高度工业化国家的发展方向是淘汰儿童疫苗中硫柳汞，很多非政府组织和其它组织难以接受该目标不适用于发展中国家的双重标准。潜在的发展方式可包括研究能替代硫柳汞的有效无汞防腐剂，研究向发展中国家疫苗生产商可提供的援助，使其能够生产质量好、成本低和无汞的疫苗。

243 “Mercury and Vaccines Fact Sheet,” Stay Healthy, Stop Mercury Campaign, 2006, [http://www.env-health.org/IMG/pdf/Mercury\\_and\\_vaccines.pdf](http://www.env-health.org/IMG/pdf/Mercury_and_vaccines.pdf).

244 Thiomersal and Vaccines: Questions and Answers, World Health Organization, 以上所引

245 Mark Bigham, “Thiomersal in Vaccines: Balancing the Risk of Adverse Effects with the Risk of Vaccine-Preventable Disease,” Drug Safety, 2005, <http://adisonline.com/drugsafety/pages/articleviewer.aspx?year=2005&issue=28020&article=00001&type=abstract>.

246 Thiomersal and Vaccines: Questions and Answers, World Health Organization, 以上所引

247 “WHO Informal Meeting on Removal of Thiomersal from Vaccines and Its Implications for Global Vaccine Supply,” 2002, <http://www.aaponline.org/iom/who.pdf>.

## 关于硫柳汞，汞条约有何规定？

汞条约特别将含用于防腐剂的硫柳汞（也称为thimerosal）的疫苗排除在第4条含汞产品淘汰要求之外。

### 8.12 文化产品和珠宝所含汞

汞广泛用于文化和宗教中，在印度教中，汞存在于用于制造宗教文物的材料帕拉德（Parad）中。它用于拉美和加勒比海地区一些宗教的仪式中，包括坎多布雷教（Candomblé），招魂术，帕罗玛尤贝教（Palo Mayombé），萨泰里阿教（Santería），伏都教（Voodoo），和优鲁巴人圣者敬拜仪式（Yoruba Orisha）。同时还用于医药、珠宝和其它文化中。<sup>248</sup>

人们可将汞放于容器如壶和大锅中，从而净化空气，在一些文化中，人们在家庭地板中洒汞以保护居住者。有些人将汞与水 and 拖把混用以对居住地进行灵意性清扫。有些人则在油灯和蜡烛中加入汞以避邪和带来好运、爱情或钱财；或者增进其他法术。同时，人们在随身携带或颈部佩戴的护身符、安瓿（密封小瓶）、小瓶或袋子中放入汞。<sup>249</sup>

在印度教传统中，帕拉德为汞和其它金属的汞齐化产物，用于制作朝拜所用文物。传统上，它由银和汞制成，但如今常使用汞和锡以及微量的其它金属。一项研究发现帕拉德中含汞量达75%。各种宗教器物由帕拉德制成并销售于印度市场，包括佩戴于手腕或脖子的珠链、宗教仪式中用于喝牛奶的杯子（amrit），代表神的雕像（Shivling）和其它器物。印度许多湿婆神庙拥有许多帕拉德材料制成的雕像，印度的一家非政府组织有毒物链接（Toxic links）的一项研究发现汞会从帕拉德中流至牛奶中，这可能会导致那些遵从传统宗教仪式使用帕拉德杯喝牛奶或饮用帕拉德器物所吸收的牛奶之人会遭受暴露。<sup>250, 251</sup>

在西方艺术作品中也曾使用汞，最著名的是西班牙巴塞罗那米罗基金会博物馆的卡尔德汞喷泉。西班牙政府委任美国艺术家亚历山大·卡尔德建造了此喷泉，以此作为阿尔马登汞矿于1937年世界博览会上展出的纪念碑。该喷泉对近5公吨的纯单质汞进行抽送和循环，这与传统用水的做法不同。为了防止参观者触碰汞或吸入烟气，该喷泉被放置于玻璃之后。<sup>252</sup>

汞珠宝最初制造目的是用于护身符和小饰物，有时在一般市场上也能发现。例如，被认为源自墨西哥的含汞项链开始在美国学校或许其它地方出现。一份报告描绘了

248 D.M. Riley et al., "Assessing Elemental Mercury Vapor Exposure from Cultural and Religious Practices," *Environmental Health Perspectives* 109, no. 8, 2001, p. 779-84, <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1240404&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

249 Cultural Uses of Mercury, UNEP Mercury Awareness Raising Package, 以上所引

250 同上

251 "Mercury: Poison in Our Neighbourhood," *Toxics Link*, 2006, <http://www.toxicslink.org/mediapr-view.php?pressrelnum=30>.

252 Calder Mercury Fountain, Atlas Obscura, <http://atlasobscura.com/place/calder-mercury-fountain-fundacion-joan-miro>.

珠链、细绳、或皮链和玻璃吊坠形式的项链，其含汞量为3克至5克。在细窄的玻璃吊坠里可以看见银色液体游动。这些玻璃吊坠形状多样，例如心形、瓶形、剑齿形和辣椒形。除汞以外，有时吊坠中还含有颜色鲜亮的液体。<sup>253, 254</sup>

## 关于文化产品和珠宝，汞条约有何规定？

汞条约第4条特别将对宗教和传统用汞的任何限制排除在外，这些产品不受淘汰限制。

---

253 “School Health Alert About Mercury in Necklaces,” Oregon State Government Research & Education Services, 2009, <http://www.oregon.gov/DHS/ph/res/mercalert.shtml#look>.

254 Mercury Legacy Products: Jewelry, NEWMOA, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/novelty.cfm>.

# 9. 故意汞源：开采和工业生产 工艺所含汞

故意用汞和释放大量汞至环境的来源主要存在于三大采矿和工业工艺，分别为小规模手工金矿开采（ASGM）、化学生产中汞催化剂的使用和水银分解氯碱厂。

## 9.1 小规模手工金矿开采（ASGM）中的汞使用

ASGM与燃煤同为汞大气排放的最大来源。据估计，每年通过ASGM排放至大气的汞近727吨，在人为排放总量的比例超过35%。<sup>255</sup> 小型金矿主购买和使用单质汞，而后在开采和提炼过程中汞被释放至环境中。在所有汞使用的故意来源中，小规模手工金矿开采为迄今为止最大的全球汞污染源。这种做法也对开采者及其家庭造成了严重危害，导致地方和区域生态系统严重恶化。

### ASGM各阶段用汞

ASGM各加工工艺过程中的许多地方需用汞，但多数处理或处置ASGM加工工艺用汞的人员对于其造成的健康影响或者对环境污染的潜在风险的认识很少或无认识。一般来说，ASGM加工工艺可分为上游、中游和下游加工—所有阶段都有机会使用汞。

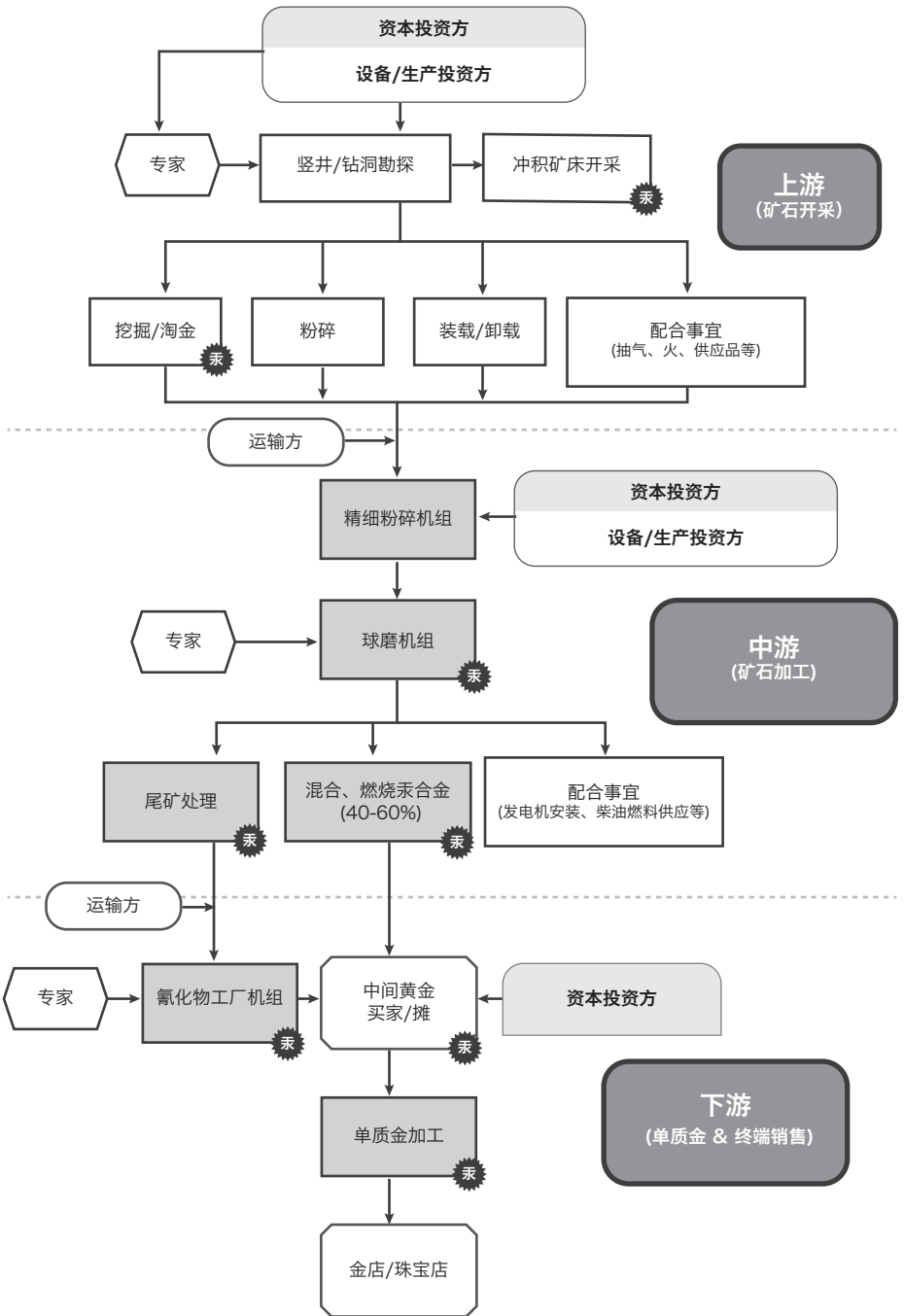
上游活动主要涉及到地下井的初级开采，或河床边或水体当中对冲积矿石进行淘金；粗粉碎活动；将矿石运往加工厂（中游）。在某些冲积金矿石地区，开采者根本无需使用汞，因为很容易找到砂金或块金。但在某些黄金浓度不那么高的冲积地区，开采者从河底开采和挖掘矿石，然后在河上洗矿槽中用汞对其进行加工。最终结果主要是黄金纯度近20-60%。

中游活动多数与矿石和黄金加工相关。这些活动包括将矿石从开采处运输至精细粉碎厂或直接送至加工厂；化学混合；水和废水管理；尾矿处理和运输；为了使黄金纯度达到20-60%（在某些地方高达80%）进行的发电和汞合金燃烧。在多数礁石或岩石型的矿石中，黄金提取加工发生在球磨厂或氰化浸出工厂。根据矿石，每个球中将加入100至500克汞。该工厂的用水量非常大，在许多地方，损害了农业和渔业部门，使得农业用地和养鱼池塘—甚至河流—干涸。

下游活动是关于纯金属金加工，使黄金纯度达99.99%，成为使用王水和硼砂以及银作为副产品的贵金属。在该阶段，黄金在当地终端销售位于黄金摊、简易黄金销售店或个人黄金购买以及报废的被汞污染的地方。在该阶段涉及的活动包括黄金纯度检测、汞合金燃烧、化学混合、金银锭/块生产和商业交易。

255 UNEP (2013) UNEP Global Mercury Assessment 2013, p.ii

# ASGM加工层级



## 贫穷、犯罪和小规模手工金矿开采（ASGM）

从一开始，便应认识到绝大多数ASGM开采者居住在边缘化贫穷的环境，为自身和家庭成员的生计而努力。许多人居住在很少有条件或无法进行就业选择的偏远地区，只有有限途径甚至没有途径获取教育或医疗保健。对那些从事ASGM前线工作的人而言，这项工作隔离的、不可控、危险以及通常只获取微薄回报。许多开采者工作是为了还那些处于环境贸易链更高端人的债，他们有途径对该贸易进行资本投入和投资。

最为典型的是，黄金开采有其繁荣和萧条的周期，黄金发现、大量ASGM开采者潜在移民、密集开采和环境破坏，包括汞污染长期遗留。以黄金为基础的经济繁荣期过后，通常便是经济萧条期，留下的是环境破坏和极少的经济机遇。同时，黄金热转向新发现地区，该过程会重演。

黄金贸易通常为非法行为，至少部分为非法。通常涉及到有组织犯罪和犯罪网络活动，如贩毒和卖淫。其结果是，很少运用职业健康和安全的一般标准，一般就业中不被接受的情况—童工和经济奴役得以滋生。ASGM黄金热形成的社群通常存在负面的社会影响，如大量的卖淫（包括儿童卖淫）、加剧的冲突和暴力以及酗酒和吸毒的升级。

在制定ASGM用汞的解决方案时，政策必须认识到贫穷带来的影响，那些参与活动人中许多人缺乏可提供的选择。在面临会长期造成健康损害的有毒汞暴露和今天无法养家糊口的选择时，多数人选择前者。开发经济的替代品、消除用汞的ASGM、保护社群免受ASGM涉及的犯罪结构之危害是目前必须追求的目标，从而降低ASGM带来的人体和环境影响。

### ASGM扩张驱动汞需求

当黄金价格上升时，对于黄金和ASGM的投资需求也增加。高黄金需求也会导致汞价升高，也取决于当地和全球汞供应水平。当汞需求高但供应少（由于囤积、禁令或法律限制）时，汞价便上升，反之亦然。在最近过去的的时间里，ASGM地点进行交易的单质汞纯度声称达到99.99%，主要来自美国、德国、西班牙和中国。

由于最近美国和欧盟对汞出口实行了禁令和西班牙汞矿关闭，究竟谁是ASGM部门最主要的汞供应商变得更不明朗了。但根据联合国商品贸易统计数据库的数据，新加坡和香港已突显为拥有显著ASGM部门国家的最大汞出口国。该数据库记录了汞的进出口包括来源国和目的地国。具有讽刺意义的是，该数据库还指出日本为拥有ASGM国家的重要汞出口国。另一个重要的全球汞出口国为吉尔吉斯斯坦，该国的凯达坎（Khaidarkan）矿有着丰富的储备。该矿是中国（中国似乎为汞净进口国）外世界上最后一个已知的初级汞矿。国际机构如联合国正与吉尔吉斯斯坦进行谈判，使其减少其产量。<sup>256</sup> 汞的国际贸易很难追踪清楚，因为在到达目的地前，汞可经多次买卖，这会掩盖装运的真实源头，有些装运可能为非法行为。

256 UNEP/UNITAR (2009) Khaidarkan Mercury: Addressing Primary Mercury Mining in Kyrgyzstan.

在当地层面，在ASGM地点可自由交易分装的汞（100克的小塑料袋、500克重的小瓶半瓶或34.5公斤的瓶子）。另外，多数汞贸易为秘密进行的非法行为，由黄金购买者或金融家作为运营资本的一部分带入。

联合国环境规划署估计小规模金矿存在于77个国家，全世界有2千万人直接参与，另有8500万至9000万人间接依靠它<sup>257</sup>，这其中20-30%为妇女和儿童。在全球，小规模金矿开采者的产量为所有开采金矿的20%至30%之间—每年近800公吨黄金。自然开采操作的联合产出在2009年下降，开采运营正转向非洲和中亚。在这些地区，小规模手工开采最为盛行。<sup>258</sup> 由于过去缺乏能力和投资气候，这些区域成为最后开发和开采的区域。<sup>259</sup> 另外，已知的大型金矿床相对减少，多数剩余金矿床现在如遗迹般存在，埋藏在全球的偏远角落、在土著居民地区、国家公园、和/或保护森林，这减少了开采活动。<sup>260</sup>

在这些地区开采金矿带来的破坏给ASGM操作附加了另一层面的环境影响，开采与森林砍伐、栖息地破化和生物多样性减少存在关联。随着试图保护其传统土地的土著居民与ASGM开采者之间矛盾增加，还带来了明显的环境正义问题。

大型开采作业被视为正将其操作规模变为中型开采公司，正转向过去开发和开采程度最低的区域。在这些地方，开采更便宜（即更低的劳动成本），通常无需考虑环境和社会成本。这些地方正是小规模手工开采热点所在地点也是最为盛行处。<sup>261</sup>

## 小规模手工金矿开采（ASGM）的黄金生产

这些开采活动通常为非法行为或不受监管，开采者通常很贫穷，很少意识到或没有意识到汞暴露造成的危害。（联合国环境规划署2008，《小规模手工金矿开采用汞》，<sup>262</sup>《联合国环境规划署汞意识提高一揽子计划》。）在某些国家，小规模手工金矿开采的黄金产量占全国黄金产量的8%至75%。例如，在菲律宾，在所有开采的金矿中，75%源于个人和小规模金矿运营者（联合国黄金规划署2008，上文所引）。多数国家没有记录和检测ASGM部门的黄金产量。在菲律宾，ASGM地点所产黄金应售于中央银行，在埃塞尔比亚，黄金应售于埃塞尔比亚国家银行(NBE)。另外，在埃塞尔比亚，如果开采者将自行组织起来形成合作社，埃塞尔比亚国家银行将以高于全球市场价5%的价格收购其黄金。

257 UNEP, 2013. Global Mercury Assessment.

258 UNEP, 2011. Environment for Development Perspectives: Mercury Use in ASGM.

259 World Economy: In Gold they Rush, Financial Times, 12 November 2010.

260 Larmer, 2009. The Real Price of Gold. National Geography.

261 Financial Times, 2010, 以上所引

262 Evers, D.C., et al. 2013. Global mercury hotspots: New evidence reveals mercury contamination regularly exceeds health advisory levels in humans and fish worldwide, Biodiversity Research Institute. Gorham, Maine. IPEN. Göteborg, Sweden. BRI-IPEN Report 2013-01a. 20 pages.

## ASGM用汞带来的人体暴露

据估计，小规模手工金矿开采每年消耗的汞量为650公吨至1000公吨。这其中，有些汞直接释放至空气中，尤其当未正确存储汞或汞合金分离过程进行汞回收时。其余汞则通过泄露、大意处理和其它方式而流失，最终汞会污染土壤或直接释放至水系统中。受汞污染的土壤也会流至水系统中，其结果是，小规模手工开采活动周边的生态系统遭受广泛的汞污染。受污染土壤或水系统中的单质汞随后会挥发至空气中，产生全球大气汞和污染食物链（即鱼类和大米）。<sup>263, 264</sup> ASGM地点许多人血液、毛发、尿液、哺乳奶的汞水平已升高，同时汞还污染了食物链。<sup>265</sup>

健康调查发现在小规模手工金矿开采热点地区，许多矿工和社群的头发、血液和尿液含汞量较高。<sup>266</sup> 有些开采者汞暴露的程度超过世界卫生组织公众暴露限值的50多倍。在某一矿场，近乎一半的开采者表现出不自觉的颤抖，这是汞引发的对中枢神经系统损害的典型症状。开采者家庭通常居住在加热汞合金地点附近。其结果便是导致开采者家庭也经常遭受暴露。<sup>267</sup> 据报道在印尼，也可能在其它地方，医疗健康官员对于汞毒性的意识很低，他们可能会将颤抖和其它汞暴露症状视为疟疾或登革热的症状。<sup>268</sup>

由于手工金矿开采场地通常位于远离公众注意的偏远地区，因此这些地方所受的汞污染经常被忽视。即使有意对这些地方进行监测，但由于无法提供移动设备和当地的环境实验室，这项工作仍很难开展。然而，汞污染处和淘金热空城需要引起严肃的关注，因为它们仍向大气蒸发汞，污染地面水和表面水体，同时危险生态多样性和环境服务的可持续性。ASGM制造的汞污染处的清理成本高且难清理，留下了可持续数十年的环境遗留问题。

## 水俣镇受污染的“生态公园”

水俣悲剧的教训告诉我们，不应等20年才来管理受污染处，因为不作为的成本会随着时间增加。在日本水俣镇，一个含有智索公司乙醛生产产生的汞废物的大型倾倒地仍占据该镇毗邻海湾岸边的一大片地区。智索公司和政府同意通过建立一个“生态公园”对污染处进行管理，试图限制和控制汞污染。该地方看似一个非常惬意拥有景观草坪和植被的公园，但在其表面之下，隐藏的是数千立方米的汞污染废物。这种绿化作用看似“遮盖”了废物倾倒地，大型工程钢管作为表面之下的“墙”阻挡了废物。但这仅能维持很短的寿命，最终会再次泄露汞污染。这种方式在ASGM地点不切实际或不可行，而且是昂贵的临时措施。

263 BaliFokus, 2013. Mercury Hotspots in Indonesia. ASGM sites: Poboaya and Sekotong in Indonesia, IPEN Mercury-Free Campaign Report.

264 Krisnayanti, et.al. 2012, Environmental Impact Assessment. Illegal/Informal Gold Mining in Lombok, GIZ.

265 同上

266 同上

267 同上

268 WHO, 2012. Exposure to Mercury: a Major Public Health Concern.

意欲消除或将小规模金矿的汞排放降至最低，没有迅速或简单的方式。通常，解决方式取决于矿场所在地的区域性、地区性甚至是地方性。许多国家都曾试图取缔该行为，但通常结果是导致非法采矿的产生。据报告，如果一国取缔通过室外加热汞合金回收金的行为，一些开采者便开始在其居住处内加热汞合金，这使得其所有家庭成员都严重暴露于汞蒸气。2007年，在印尼加里曼丹，许多人在没有正确通风条件下，在室内或金店内加热汞合金。

联合国工业发展组织（UNIDO）全球汞项目的介入通过安装通风柜修复该问题。<sup>269</sup> UNIDO的现场评估发现仅需3.2美元便能生产有效的反应罐。理论上，这些工具可以捕捉超过95%的汞蒸气，在汞最终分解前，可回收再利用4-5次。遗憾的是，由于单质汞的成本相对较低、对汞蒸气危害的认识太少和反应罐的相关信息不足，很少小规模开采者使用它们。<sup>270</sup> 在秘鲁的一个试点项目中，黄金店里引入了反应罐和排烟管，效果很好。但中加里曼丹省的黄金市场的市场地区汞浓度曾经非常高，超过45000纳克/米<sup>3</sup>，如今几乎所有商店都安装了同样的工具。<sup>271</sup>

## 关于小规模手工金矿（ASGM），汞条约有何规定？

在潜在削减小规模金矿开采导致的汞排放方面，汞条约做出了一些重要贡献。条约控制了汞供应和贸易的某些方面，这可能会使价格升高，限制向小规模开采者提供单质汞。禁止在初级开采中用汞和关闭汞电池氯碱厂消除了供应链中大量的汞。然而，仍存在汞的其它来源（如金属循环器和工业洗涤操作）。为了ASGM的目的，这些来源为合法贸易，根据汞条约，它被定义为“可允许使用”

限制供应和提高汞价将阻止低效率的开采，如整块矿石的汞齐化。另一方面，其它使用更少或不使用汞的黄金捕捉技术对于开采者而言，将更具吸引力。当政府承认其ASGM活动的程度很严重时，汞条约的第7条要求制定国家行动计划，解决和削减ASGM用汞（见下文）。

国家行动计划要求制定策略，防止国外和国内汞供应转移至ASGM，从而提供一个限制汞供应的机制，而该汞供应根据条约初级开采或氯碱厂关闭条款未予控制。国家行动计划还可调动资源，为小规模开采者和其社群提供更好的服务和培训，促进采用更少污染和更具持续性的操作。可以促进对开采区内当地政府的援助，尤其是提高健康培训以确认汞相关疾病和更好的健康设施。

国家行动计划有助于为那些愿意进行合作实践使用无汞技术或更少污染操作的开采者群体创造机遇获取财政支持。最终淘汰开采实践中单质汞的使用应成为长期目标。然而，该目标的成功必须与其它减贫项目的成功联系起来，在某些情况下，另外安置的开采者及其家庭成员需要获取补充生计机遇。

269 U.S Agency for Toxic Substances and Disease Registry(ATSDR), 2012, Action Levels for Elemental Mercury Spills.

270 与印尼非政府组织领导的私人通信。

271 IPEN, 2013. The New Mercury Treaty: 3 Things That Need to Happen Now.

## 第7条 小规模手工金矿开采（ASGM）

- 目标是“有步骤地削减并在可行情况下消除开采和加工中汞及汞化合物使用以及开采和加工用汞对环境的释放。”小规模手工金矿开采活动其定义为“汞齐化用于提取矿石中金的开采和加工活动”。
- 它适用于承认小规模手工金矿开采“作用甚微”的国家。条约未对该词定义做出进一步指导。
- 小规模手工金矿开采为条约允许使用范围。这给予了其不受具体进口限制进行汞贸易的资格—无论在数量或时间上。然而，小规模手工金矿开采国家行动计划附件C中第1f款声明在其国家行动计划中，要求各国将“管理贸易和防止别国和国内来源汞及汞化合物使用于小规模手工金矿开采和加工中的策略”纳为行动的部分内容。注：某些国家或国家的某些地区，如印度尼西亚、马来西亚和菲律宾已禁止小规模手工金矿开采用汞。这些国家和其它已禁止在采矿和小规模手工金矿开采中使用汞的国家应同时加强其禁止此类用汞贸易的力度。
- 根据贸易条款（第3条），条约生效后，源自初级汞开采和氯碱设施的汞不能用于小规模手工金矿开采。监测措施和公众参与有助于确保这项规定的执行。
- 如果一国（通过说明该行为“作用甚微”）告知秘书处第7条适用于该国，则要求该国制定国家行动计划，并于条约生效后三年内提交于秘书处，每三年接受一次审查。
- 计划要求包括一项国家目标、削减目标以及消除以下最不利行为的行动：矿石整体汞齐化；汞合金或加工汞合金的露天焚烧；居民区的汞合金焚烧；沉积物、矿石或尾矿中的氰化物浸出，汞添加于这些物质中，没有第一时间去除。遗憾的是，条约并未包含各国用于参考的失效日期或削减目标。但各国应努力在其国家目标中创建这些里程碑事件。
- 计划的其它内容包括有步骤地促进小规模手工金矿开采的形式化或监管；实践中所用汞量的基线估算；促进削减汞排放和释放以及汞暴露的策略；监管汞贸易以及防止汞转移至小规模手工金矿开采的策略；使利益相关方参与国家行动计划的实施和进一步发展当中的策略；针对小规模手工金矿开采者及其社区汞暴露的公众健康策略，包括收集健康信息，对医疗保健工作人员的培训以及通过健康设施提高意识；防止易受害群体暴露于小规模手工金矿开采用汞的策略，尤其是儿童和育龄妇女，孕妇最为受关注；向小规模手工金矿开采者和受影响社区提供信息的策略；国家行动计划实施进程安排。注：虽然汞污染场所的清理未纳入条约文本，但可将汞污染解决这一重要内容纳入拟议的行动计划。
- 可选的活动包括“使用现有的信息交换机制促进知识、最佳环境实践和具有环保、技术、社会和经济可行性的替代技术。”
- 虽然允许小规模手工金矿开采部门使用汞，但第7条未设定小规模手工金矿开采的淘汰日期。另外，第5条（汞添加工艺）不包括小规模手工金矿开采。但

各国可如所述，在其国家行动计划中设定淘汰日期，通过其它条款规定解决小规模手工金矿开采事宜。

## 利用国家行动计划削减（小规模手工金矿开采（ASGM）用汞

ASGM国家行动计划附件C地第1f段规定在国家行动计划中，要求各国包括以下部分：“制定策略，管理贸易和防止汞及汞化合物从国内外来源转移用于小规模手工金矿开采和加工。”

## 非政府组织可利用汞条约开展小规模手工金矿（ASGM）部门用汞的运功

### 确认ASGM活动的规模

非政府组织的一个重要机遇是证明ASGM现在正处于“严重”水平。这点非常重要，因为当一国承认该国的ASGM程度“严重”时，便要使用汞条约关于ASGM活动的“阈值”。遗憾的是，汞条约并未通过黄金产量数量、受影响土地、汞消耗量、开采人员数量或其它相关指标来界定“严重”。然而，非政府组织可以而且应该向政府证明根据数据、原始记录，案例分析和事实证据，ASGM活动的严重性。

可以通过新闻报道、报告、出版物和观察提供的汞进口统计和在你国的贸易对ASGM活动进行快速评估：

- 汞进出口数据。如果你国每年汞进口年超过5公吨（参考进口编码 HS 280540）而你国没有氯碱或氯乙烯单体产业，那么该数字便说明存在ASGM活动。
- 一个地区超过两处存在ASGM活动—你可以通过媒体报道、采访和观察确定地点。
- 在一段时期超过1000人、开采者和工人参与ASGM活动。
- 大量汞用于汞的自由贸易。
- 广泛传播的环境污染和环境破坏。
- 医疗工作人员以及受ASGM对妇女、儿童和人体健康汞影响的社群提供的证据。
- 某些ASGM地点确认的“新型”疾病。
- 每年ASGM地点受害人数超过一人；一个地方冲突或进展升级超过一年。

在某些情况下，ASGM在一个特定地方的操作可能部分或完全非法，政府可能无法总能掌握活动程度的准确信息。然而，非政府组织常可以通过提供更准确评估特定区域和国家的ASGM规模的网络而获取“第一手”信息。如果非政府组织与政府机构

合作，记录ASGM活动程度，那么政府便难以宣称他们缺乏证据证明ASGM活动“很严重”。

## 开展环境和生态标志物汞取样

非政府组织还可进行汞取样，向政府和公众强调在某特定地区小规模手工金矿开采（ASGM）产生了汞污染。根据非政府组织希望强调关于ASGM的不同方面，可采取不同取样方式。

（溪流或河流）土壤或沉积物取样可确认ASGM活动造成的环境汞污染正在显现，向政府证明其影响“重大”。ASGM地点尤其是涉及洗矿槽、球磨机和/或氰化浸出厂（中游）的加工地点其汞排放的取样会显示大气（市内和室外）中的汞程度，通过大气和吸入确认汞暴露的路径。如果没有国家标准，应采用国际认可的环境标准，这点非常重要。例如室内空气汞标准，通常可将世界卫生组织标准或美国卫生和公众福利部的1000纳克/米<sup>3</sup>便可作为参考标准。世界卫生组织还为公众和决策制定者提供了关于汞对公众健康影响的情况说明和指南。<sup>272</sup>

还可通过取人体投发、尿液、血液、指甲和食物来源如鱼和大米之类的生物标志物标本，来证明ASGM活动产生的汞正进入当地食物链，影响着人体健康。世界卫生组织关于生物标志物样本所含汞的安全程度标准广泛用于参考。

如果当局没有意识到ASGM活动的严重性，该信息可以用来向当局证明ASGM活动非常严重。即使政府承认ASGM部门情况非常严重，这种信息对于提高公众意识和增强媒体对该问题的了解仍是无价的。环境和健康相关的监测信息还可作为国家行动计划的建议，用以帮助建立关于汞使用消除和淘汰以及受ASGM影响社群和该国热点地区所受影响的基线。

IPEN和生物多样性研究所（BRI）最近联合开展了一个项目，该项目利用生物监测活动强调ASGM用汞导致的人体健康影响。该研究调查了坦桑尼亚和印尼ASGM开采者头发的汞程度。在坦桑尼亚的马顿达西和马孔戈洛西这两个地方，三分之二的头发样本超过美国环保署的参考汞剂量1 ppm，多数开采者的程度超过参考剂量的2-3倍。印尼塞孔和泊伯亚的样本显示在20个样本中19个存在类似发现。这些结果可用于向政府和媒体强调ASGM活动的规模和影响。

## 监测国际汞贸易

正如前文所述，需利用海关进口编码来监测你国的汞进口，这点很重要。汞进口编码是HS 280540。如果难以获取你国的进口数据，可以查阅联合国关于全球贸易的网上数据库，即联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade， <http://comtrade.un.org/>。）

272 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/>

## 国际汞贸易控制制度众所周知

监测汞国际贸易编码可提供你国汞进口规模的一些信息。然而，汞走私和不利的边境控制会导致更多汞进入你国，这是官方国内记录看不到的。这就是为什么将国内汞进口数据与将你国列为汞接收国的全球出口数据进行比较的原因所在。

印尼政府最近宣布走私、漫长的海岸线和ASGM用汞的高需求使其无法跟踪本国的汞进口情况。国际记录显示，进入印尼的汞超过了印尼海关官员港口记录数据的数百倍。

### 进入印尼的汞走私

印尼环保部负责有害物质的副部长拉西奥·里多·萨尼（Rasio Ridho Sani）表示：“我的确相信存在很多非法进口，但不清楚具体数据。”

拉西奥先生表示他无法解释新加坡政府出口数据显示2012年有291公吨或超过64磅的汞被非法运入印尼。因为，他本人负责签署汞进口要求。2012年从任何地方进口汞的要求总共不超过1公吨。

在2012年出口至印尼的368公吨汞中，多数即291吨来自新加坡码头，该国为印尼邻国，是主要的汞转口国。根据联合国数据，2012年，新加坡的汞出口总量达478公吨。

拉西奥补充到，“如果限制印尼的非法运汞，汞价将会升高，”他说，“当价格升高时，黄金卖家便会寻找替代品”如氰化物和硼砂，这些物质也具毒性，但给当地和全球带来的健康和环境危害小得多。

来源：纽约时报：《汞贸易逃避国际控制》

作者：乔·考克莱因 2014年1月2日出版

## 监测国内供应（库存）

如果你国有使用汞电池加工工艺或初级汞开采的氯碱厂，国内的非政府组织可监测这些汞源，确保汞不会流入ASGM使用。在世界范围，氯碱厂正向无汞工艺转变，但仍有许多氯碱厂使用老式以汞为基础的工艺。当这些工厂关闭或转而使用无汞工艺时，每个设施可保留几百公吨或更多汞，这取决于该厂是否存留大量库存以替代正常运行消耗的汞。汞条约缔约方政府必须阻止这类汞经交易重回供应链，必须将汞直接放置于长期工储存设施，或通过条约要求一致的环境友好方式对汞进行处置。非政府组织应紧密监查这些工厂的关闭，确保所有汞都根据条约要求予以解释和进行处理。

有关汞条约如何解决汞供应和贸易的进一步信息，请查阅本手册第7部分。

## 为国家行动计划建立小规模手工金矿开采（ASGM）汞污染地点数据库

如果一国政府确认ASGM的水平为“很严重”，则要求拟定国家行动计划。因此，对蓝根据汞条约清理汞污染处为自愿措施，但污染地修复应纳入国家行动计划要求。因此，一旦出现符合要求国家行动计划的阈值，非政府组织便可随即开展运动，将受污染地点修复的要求纳入计划的一部分。这些污染地点的修复将产生更多的汞，而这些汞应被阻止重新进入供应链，送至长期储存或环境友好处置。

非政府组织还可倡导有必要将创建汞排放清单视为制定分部分的国家行动计划的基线，国家行动计划可纳入国家实施计划。汞排放清单单独操作或结合处理更大范围污染物的污染排放和转移登记制度。这类清单可帮助评估一国汞污染问题的程度以及污染原因。

### 倡导汞临时储存和长期储存/处置能力

不论你是否开展运动消除ASGM用汞、清理受污染处或确保源自关闭氯碱厂的汞不再进入供应链，重要的是与政府建立关于妥善储存和处置你国汞的谈话。

根据条约，临时汞储存被认定为作为商品用于公约定义“允许使用”范畴包括ASGM部门的单质汞储存。缔约方大会将为汞临时储存标准提供进一步指南。另外，根据条约，长期汞储存被确定为汞和含汞废物的长期处置，选择范围仅为地面和地下设施。由于条约的严格标准，并不是每个国家都适合拥有其自己的汞长期储存。近年来，已就区域长期汞储存解决方案进行过商讨。

某些国家在汞安全储存方面出现了问题。有一个例证显示，在禁止医疗仪器用汞后，一家医院在不安全情况下储存了大量该仪器，最后发现被盗。据推断，汞可能被出售。只有当临时储存和处置基础设施具安全保障时，将能有效地将汞从供应链去除。在条约生效前，政府应优先考虑该项。非政府组织应鼓励本国政府尽快开发这种能力。

有关汞条约如何强调汞储存和汞污染地点的更多信息，请分别查阅本手册第11.4部分和第11部分。

## 9.2 故意工业用途：氯碱生产、氯乙烯单体和汞催化剂

在第5条使用汞或汞化合物的生产工艺中，汞条约解决的是氯碱生产、氯乙烯单体生产和其它故意涉及汞催化剂的生产工艺。根据第5条，一些故意使用将被淘汰，而其它则需限制，包括新工艺。本手册该部分内容仔细审查了两大最为集中的汞污染行业（氯碱和氯乙烯单体生产），并对汞条约如何解决这些故意源进行了分析。

### 9.3 氯碱生产所含汞

氯碱厂所采用的工业工艺为使用电解产生氯气或者其它含氯化物、碱（又称烧碱或氢氧化钠）或者有时为氢氧化钾和氢气。有些老旧的氯碱厂仍然使用一种称为水银电解的工艺，该工艺具有很大污染性并释放大量的汞至环境中。

这些厂使用的电解工艺为直流电经过与盐水（卤水）溶液接触的两电极。带正电的阳极电极为石墨或钛；带负电的阴极电极为重量可达数百吨的大型汞池。当电流通过电极时，会在阳极产生氯气，从而被排出和收集。这也会在阴极产生一种钠汞合金。随后，汞合金中金属钠与水之间的反应被诱导产生氢氧化钠和氢气，这两者也会在去除处理后得以使用。

从19世纪90年代开始至20世纪中，水银电解工厂曾为生产氯和氢氧化钠的主要商业工艺。一些水银电解操作仍在世界范围内使用，但多数已被电解或其它无汞工艺替代。这些替代工艺使用隔膜电解或薄膜电解。许多水银电解工厂被关闭或转向无汞工艺的主要原因是源自监管压力。因为有发现证实这些工厂产生大量的汞排放，同时产生汞废水排放和汞污染固体废物，氯碱厂周边地区遭受高度的汞污染。<sup>273</sup> 采取替代措施的另一原因则是采用隔膜电解或薄膜电解的氯碱厂比水银电解氯碱厂的效率更高。

另外，水银电解氯碱厂生产的烧碱通常会受到汞污染，含氯化物也可能受到污染。烧碱用于食品生产中，如玉米糖浆。在市场上销售的玉米糖浆或含玉米糖浆的食品都曾发现含汞。美国氯行业与美国政府达成协议，自愿限制其销售的烧碱中汞量，将其降至1%或更低。<sup>274</sup>

联合国环境规划署的“全球大气汞评估”估计因氯碱厂导致的全球汞排放量为60公吨。但联合国环境规划署的“全球大气汞评估技术背景报告”估计2005年水银电解氯碱厂的汞消耗量为492公吨。其总量分布如下：

地区	汞消耗量（公吨）
欧盟	175
独联体和其它欧洲国家	105
北美	60
中东国家	53
南亚	36
南美	30
其它	33
合计	492

273 “Compliance with Chlor-Alkali Mercury Regulations, 1986-1989: Status Report,” Environment Canada, <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=En&n=E7E0E329-1&offset=4&toc=show>.

274 Dufault, R., LeBlanc, B., Schnoll, R., Cornett, C., Schweitzer, L., Wallinga, D., et al. (2009), Mercury from chlor-alkali plants: Measured concentrations in food product sugar, Environmental Health, 8, 2. Study Finds High-Fructose Corn Syrup Contains Mercury, Washington Post, January 28, 2009, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2009/01/26/AR2009012601831.html>.

有些氯碱厂一年中流失的汞量即为其年汞消耗量。由于加工过程中产生热量和定期维修包括开闭电池容器，工厂中许多汞直接释放至空气中。这其中，有些汞释放至水体或者污染厂区周边土地。其它汞则通过加工流失，进入垃圾填埋场或其它处置设施。有些最终残留于生产的产品或者附着于工厂内的金属材料中。另外，由于单质汞易挥发，工厂中许多汞最终会残留于水、受污染土壤、垃圾填埋场或其它处置设施中，随后挥发和进入空气中。

从历史的角度看，在统计和报告释放至环境中的年汞量方面，氯碱行业的表现甚差。该行业和其监管者都明白直至最近，他们对水银电解氯碱厂所流失汞的数量和途径方面的信息少之又少。<sup>275</sup> 但近年来，有些国家政府对氯碱行业已施加了监管压力，要求其开始淘汰水银电解氯碱厂，在此期间，应更好地防止环境中的汞排放，同时准确计算出现的释放量。现在，有些国家的经营者会报告其年汞消耗量。

## 氯碱厂受汞污染的土壤

研究者对欧洲水银电解氯碱厂受汞污染土壤的样本进行了检测。一份土壤样本原为工厂电池房底下所挖掘出但被放置外面近三年。经发现，该样本汞污染浓度为569 ppm（毫克/千克）。另一样本取自水银电解氯碱工厂附近上部土层，经发现，其汞污染浓度为295 ppm（毫克/千克）。<sup>276</sup>

该研究的作者们提示单质汞具有很强的亲有机物性且紧紧附着于有机土壤上。但他们进一步提示，附着于有机土壤的汞仍可从土壤中释放至大气中，尤其在高温时期。

有迹象表明自2005年来，世界范围内运营的氯碱厂数量持续下降，但很难列出仍在运营的所有水银电解氯碱厂名单。2010年欧洲行业协会声明显示欧洲14个国家仍有39家水银电解氯碱厂在运营。<sup>277</sup> 来自北美一家氯碱领先经营者的2009年情况资料说明北美近13%的氯碱产品源自水银电解氯碱厂。<sup>278</sup> 世界氯理事会（WCC）提交给联合国环境规划署的一份报告显示2007年，总共有70家水银电解氯碱厂在以下国家运营：美国、加拿大、欧洲、俄罗斯、印度、巴西、阿根廷和乌拉圭。<sup>279</sup> 可能有许多其它水银电解氯碱厂仍在世界氯理事会该报告未提及的国家中运营，可能包括一些中东国家、俄罗斯以外的一些独联体国家和印度以外的一些亚洲国家。

275 John S. Kinsey, "Characterization of Mercury Emissions at a Chlor-Alkali Plant," U.S. EPA, 2002.

276 Carmen-Mihaela Neculita et al., "Mercury Speciation in Highly Contaminated Soils from Chlor-Alkali Plants Using Chemical Extractions," Journal of Environmental Quality, 2005, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15647556>.

277 Storage of Mercury: Euro Chlor View," Euro Chlor, 以上所引

278 "Caustic Soda Production," Olin Chlor Alkali Products, 2009, <http://www.olinchloralkali.com/Library/Literature/OverviewOfProcess.aspx>.

279 Number of Plants and Capacity of Mercury Electrolysis Units in U.S.A./Canada, Europe, Russia, India and Brazil/Argentina/Uruguay, 由世界氯理事会提交给UNEP, [http://www.chem.unep.ch/mercury/partnerships/Documents\\_Partnerships/All\\_comments\\_Euro\\_Chlor.pdf](http://www.chem.unep.ch/mercury/partnerships/Documents_Partnerships/All_comments_Euro_Chlor.pdf).

## 关于汞电池氯碱厂，汞条约有何规定？

汞条约制定了淘汰所有汞电池氯碱厂的时间表，要求从那些厂回收的汞远离市场，进行长期储存或进行环境友好处置。

### 9.4 用于氯乙烯单体和其它化学生产的汞催化剂

许多年来，含汞催化剂用于工业化学生产中，这些催化剂仍用于氯乙烯单体（C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl）生产中的大型商业用途，该用途仍在增长。另一方面，多数含汞催化剂的工业用途正在减少或者已被淘汰。

如前文所述，由于一家化工厂在化学乙醇生产中将硫酸汞用作催化剂，导致了水俣病。在乙醇的工业生产中已停止使用汞催化剂。

从历史上来看，有机汞化合物曾被视为聚氨酯塑料和多处使用的涂料生产中的催化剂。当含汞催化剂用作该目的时，汞残留物将存留于聚氨酯中。

#### 因广泛暴露导致的地板上的汞

20世纪60年代至80年代，美国许多学校体育馆安装了聚氨酯地板，这种地板极为典型，含汞量为0.1%和0.2%之间。仅一个厂家便宣称安装过超过2500万磅的这种地板材料。这种地板表面缓慢地释放单质汞蒸气，尤其是从受损地方散发出来。官方曾测量过某些学校体育馆的汞浓度。一个校区在呼吸区汞蒸气的范围为每立方米0.79至1.6微克汞。另一所学校报告到每立方米空气含0.042微克至0.050微克汞。测量结果的差异是源于地板大小、地板材料的相关破坏、体育馆通风和当时所用的环境取样设备类型。<sup>280</sup>

近来，用于聚氨酯生产的无汞催化剂替代品已大量替代用于聚氨酯生产的汞催化剂，这种无汞催化剂以钛、铋和其它材料为基础。<sup>281</sup> 然而，在某些国家或区域可能仍将汞催化剂用于聚氨酯生产，其使用程度并不普遍为人了解。

有些其它的化学物质在历史上也曾通过使用汞催化剂而得以生产，比如醋酸乙烯和1-氨基萘醌。<sup>282</sup> 汞催化剂的这些用途和多数其它用途可能已在全球停止使用，但这仍需要验证。

然而，汞催化剂仍用于氯乙烯单体生产中的大型商业用途，该用途仍在增长。氯乙烯单体（VCM）的化学方程式为C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl，也称作乙炔，它是聚氯乙烯（PVC）塑料生

<sup>280</sup> “Children’s Exposure to Elemental Mercury: A National Review of Exposure Events,” the U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, February 2009, <http://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs/MercuryRTC-Final2013345.pdf#page=31>.

<sup>281</sup> “Catalyst and Method of Making Polyurethane Materials,” World Intellectual Property Organization, 2005, <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=GB2004005368&DISPLAY=DESC>.

<sup>282</sup> “Mercury Substitution Priority Working List,” Nordic Council of Ministers, 2007, <http://www.basel.int/tech-matters/mercury/comments/240707hsweden-2.pdf>.

产中的主要原料。氯乙烯单体的生产以乙炔 (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) 为原材料。乙炔与氯化氢结合，经过氯化汞催化剂，生成氯乙烯单体。在美国，通过乙炔和氯化汞催化剂生产氯乙烯单体的做法最近可追溯至2000年。<sup>283</sup>

多数国家的氯乙烯单体生产现已不再使用任何汞催化剂，而采用另一种生产工艺。在多数国家，乙炔不用做氯乙烯单体生产中的碳氢原料，而是用乙烯。这两种原料的重要不同处在于乙烯的生成源自石油或天然气，而乙炔则源自煤炭。

乙烯作为原料曾被认为是氯乙烯单体生产最先进的工艺，这种现象持续至最近。然而，相对煤炭而言，石油和天然气价格上涨。随着该情况的出现，乙炔工艺也变得更具吸引力。尤其在如中国等国家，这些国家高度依赖进口石油但却拥有丰富的煤炭储量且开采劳动成本低。阻止建设用乙烯作为原料的新工厂之另一因素为石油价格的大幅波动。将聚氯乙烯 (PVC) 工厂设于中国西北部煤矿附近的企业对于获取价格稳定且便宜的稳定供应充满信心。<sup>284</sup> 这些考虑不仅使采用汞催化剂的氯乙烯单体工厂在中国迅速增长，而且会用于其它地方，鼓励其它国家和地区进一步扩张该产业。

根据中国国家环保总局（现称中国环境保护部）化学品登记中心提供给非政府组织自然资源保护委员会 (NRDC) 的信息，2002年中国聚氯乙烯总产量为196.93万公吨，2004年增至309.58万公吨，62处聚氯乙烯生产设施使用了汞催化剂。<sup>285</sup> 中国氯碱行业协会数据显示至2010年底，中国拥有94家聚氯乙烯生产企业，年总产量为2042.7万吨。<sup>286</sup> 2012年，中国聚氯乙烯总产量为1318.1吨，预计将持续增长至2017年。<sup>287</sup> 至2010年底，基于电石工艺的聚氯乙烯厂其规模已占国内总产量的80.9%。<sup>288</sup>

工厂使用的催化剂其形式为与氯化汞浸渗的活性炭。当安置催化剂时，它们为8%至12%的氯化汞。然而，随着时间的推移，催化剂被耗尽，催化剂中的氯化汞数量减少。当数量降至5%时，催化剂被取代。催化剂中流失汞的最终流向便不为所知。<sup>289</sup>

根据化学品登记中心估计，2004年经使用随后被取代的催化剂中所含的汞量为610公吨。这些废催化剂被送往回收处进行加工处理，能够回收近290吨单质汞。<sup>290</sup> 这表明，2004年中国氯乙烯单体生产导致320公吨之多的汞释放至环境中。中国政府

283 Barry R. Leopold, "Use and Release of Mercury in the United States," for U.S. EPA, 2002, <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r02104/600r02104prel.pdf>.

284 The Renaissance of Coal-Based Chemicals: Acetylene, Coal-to-Liquids, Acetic Acid, Tecnon OrbiChem Seminar at APIC, 2006, <http://www.tecnon.co.uk/gen/uploads/syezuo55ku0ok55epcqomjfl2052006115942.pdf>.

285 "NRDC Submission to UNEP in Response to March 2006 Request for Information on Mercury Supply, Demand, and Trade, [http://www.chem.unep.ch/mercury/Trade-information\\_gov\\_stakeholders.htm](http://www.chem.unep.ch/mercury/Trade-information_gov_stakeholders.htm).

286 Foreign Economic Cooperation Office, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (2011) R&D Progress of and Feasibility Study Report on Mercury-free Catalyst in China

287 China Polyvinyl Chloride Market (PVC) 2013 Analysis & 2017 Forecasts in New Research Report, 详细内容请见: ChinaMarketResearchReports.com

288 Foreign Economic Cooperation Office, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (2011) R&D Progress of and Feasibility Study Report on Mercury-free Catalyst in China

289 NRDC (2006)

290 同上

估计2010年聚氯乙烯生产量为800万吨，汞催化剂和行业用量分别为9600吨和781吨。<sup>291</sup> 在此基础上，估计每年汞消费量至少为800公吨，必须将其替代。<sup>292</sup>

对于使用汞催化剂的氯乙烯单体工厂和对废催化剂进行加工的回收设施所产生的汞排放，国际社会目前尚未有数据。由于筹备报告的专家们没有排放数据，因此联合国环境规划署“全球汞状况评估”认为氯乙烯单体工厂并未向大气中排放汞。这说明联合国环境规划署估计各种源头产生的每年1930公吨全球人为汞排放总量中，并未纳入氯乙烯单体生产。这个可提供的信息值得很大关注。中国环境与发展国际合作委员会的报告<sup>293</sup> 曾预测至2012年，中国氯乙烯单体/聚氯乙烯生产将达到1000万公吨，相关的汞消费量将超过1000公吨。而事实是2012生产量为1300万公吨，聚氯乙烯生产计划在2010年至2020年翻一翻。关于是否回收利用这些催化剂中的汞的还存在着矛盾的报告，最新报告显示被回收利用。<sup>294</sup>

由于在中国使用汞催化剂的氯乙烯单体的生产范围在扩大，随着时间推移，可能那些未报告的氯乙烯单体生产导致的汞流失会增加。另外，与不使用汞催化剂的氯乙烯生产商相比，使用汞催化剂的氯乙烯单体生产商能够实现原料成本的大幅节约，随着时间的推移，这可能会给其它国家生产商造成压力，使得使用石油和天然气为原料的聚氯乙烯生产转向可能成本较低的乙炔/氯化汞生产工艺。

## 关于故意用汞的生产工艺—如氯碱和氯乙烯单体，汞条约有何规定？

在第5条，汞条约针对故意用汞的生产工艺采取了许多方式。汞条约附件B列出了应禁止或监管的工业工艺。在条约生效后五年近2023年，缔约方可提议将使用汞的其它工艺新增至附件B。

对于不同的工业工艺，条约采取的方式为或随着时间完成“淘汰”，或“监管和限制”，包括承诺在工业工艺中减少汞用量。第5条的某些条款也允许在条约生效后新建工业工艺中使用汞的设施。受限工艺允许继续使用汞，未设定淘汰日期。

## 淘汰：氯碱厂和乙醛生产

最有力的方式是针对氯碱生产和乙醛生产（将汞用作催化剂）。两者分别应于2025年和2018年淘汰，虽然公约第5条和第6条进一步的让步和延期使得该截止日期分别延至2035年和2028年。还应注意根据汞条约第3条（汞供应来源和贸易），与关闭氯碱厂（达数百公吨）相关汞的大量库存不允许再进入汞贸易供应链做任何他用，必须如第11条所列进行环境友好处置。一些非政府组织通过监测和开展运动已在协商某些氯碱厂关闭中取得成功。（见下例）。

291 Foreign Economic Cooperation Office, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (2011) R&D Progress of and Feasibility Study Report on Mercury-free Catalyst in China

292 Zero Mercury Working Group INC 2 Briefing Paper Series Mercury in VCM and PVC Manufacturing

293 CCICED, 2011. Special Policy Study on Mercury Management in China. China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED) Annual General Meeting. Online at: <http://www.cciced.net/encciced/policyresearch/report/201205/P020120529368288424164.pdf>

294 AMAP/UNEP, 2013. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway/UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. vi + 263 pp. page 26

## 受限工艺：钠或甲醇甲或乙醇盐和聚氨酯

这些工艺将以汞为基础的催化剂和其它汞作为生产一部分。汞条约通过许多方式监管这些工艺，但未设定淘汰日期。有关这些工艺的一个要求是与2010年用量相比，缔约方在2020将每单位生产量用汞降低50%。但计算仅适用于单个设施。这允许新建会导致汞排放总体增加设施。

汞条约还指出缔约方应“锁定”这些工艺的“尽快淘汰”和“公约生效10年内”这两点。这些工艺还被禁止使用初级汞开采而得的新鲜汞，必须开展无汞催化剂的研究。在缔约方大会已证实具备一种合适的无汞催化剂后的5年禁止这些工艺用汞。

## 受限工艺：氯乙烯单体（VCM）

氯乙烯单体生产被证明带来严重的汞释放问题，尤其在中国这样一个依靠使用煤和汞催化剂单一手法进行生产的国家，而其它国家的氯乙烯单体是依靠乙烯原料。这种采用乙烯的方式不含汞，但仍非常脏，因为它生成和释放其它严重的环境污染物如二恶英。在中国，依靠煤的氯乙烯单体生产快速增长，成为高度严重的问题，因为它可能因工业规模导致高度的汞大气释放量。

根据第5条，汞条约解决该问题的方式是：优先研发针对依靠煤的氯乙烯生产的无汞催化剂。缔约方大会证实具有合适的无汞催化剂后的5年将禁止氯乙烯单体生产的用汞。氯乙烯单体厂家还会被要求与2010年相比，2020年每单位生产中用汞将减少50%（即提高其用汞效率）。

汞条约关于涉及故意用汞生产工艺的解决方式的更多内容见下文。

## 第5条 涉及用汞及汞化合物的制造工艺

- 需淘汰的用汞工艺包括氯碱生产（2025）和将汞或汞化合物用作催化剂的乙醛生产（2018）。
- 注：第5条规定，各国可申请第6条规定淘汰日期后的5年豁免，总共可延长10年，使得这些工艺的有效淘汰日期分别在2035和2038年后。
- 受限制的工艺允许继续使用汞，不设定目前淘汰日期。这些工艺包括氯乙烯单体、甲醇钠或甲醇钾或乙醇钠或乙醇钾以及聚氨酯的生产。注：由于缺乏数据，联合国环境规划署大气排放清单中未列入氯乙烯单体生产。使用煤炭和汞催化剂的氯乙烯单体生产为中国特有现象，是潜在巨大的汞排放源。根据2008年完成的联合国环境规划署/北极监测和评估项目（UNEP/AMAP）全球大气汞评估的技术背景报告：“在中国的调查确认了2004年汞需求量估计为620吨或该用途的存在。随着中国经济的蓬勃发展，此类汞使用每年已递增25%至30%。”
- 针对氯乙烯单体和甲醇钠或甲醇钾或乙醇钠或乙醇钾生产，与2010年使用相比，缔约方2020年每单位生产所用汞将削减50%。注：由于该数字的计算基础

为“每个设施”，因此汞使用和释放总量可随着新设施的建造而增加。各缔约方也需支持无汞催化剂和工艺的研发，如第10条和第11条所规定地控制汞排放和释放，向缔约方大会报告其在开发替代品和淘汰汞使用方面的努力。注：如果缔约方大会确定无汞替代品具有技术和经济可行性，五年后将禁止此工艺中使用汞。

- 针对氯乙烯单体的另外措施包括推进措施以削减使用源自初级开采的汞，支持无汞催化剂和工艺的研究和开发，禁止在缔约方大会确立基于现有工艺的无汞催化剂具有技术和经济可行性后的5年内使用汞。
- 针对甲醇钠或甲醇钾或乙醇钠或乙醇钾，各缔约方需计划尽快在条约生效后10年内淘汰该用途，禁止使用源自初级开采的新汞，支持无汞催化剂和工艺的研究和开发，禁止在缔约方大会确立基于现有工艺的无汞催化剂具有技术和经济可行性后的5年内使用汞。
- 针对聚氨酯，各缔约方将计划“在公约生效后10年内尽快淘汰该使用。”但条约第6款规定对此工艺予以豁免，该款规定禁止各缔约方在非生效日前存在的设施中使用汞。这说明对于一缔约方而言，条约生效后，可运行聚氨酯新生产设施。
- 各缔约方需“采取措施”控制第8条和第9条所列的排放和释放，向缔约方大会报告实施情况，力图确定将汞用于附件所述工艺的设施，并于条约于该国生效后3年向秘书处提交其所用汞估算数量的信息。
- 不在该条规定范围内的豁免工艺包括使用汞添加产品的工艺、汞添加产品的制造工艺或者含汞废物的加工工艺。
- 条约生效后（预计约为2018年），各缔约方不得许可在新增氯碱工厂和乙醛生产中使用汞。
- 以上（及附件B）所列工艺为受监管工艺。但各缔约方应“劝阻”使用汞的新型工艺的发展。注：如果该国能向缔约方大会说明“其能带来显著的环境和健康效益且无技术和经济可行无汞替代品可提供如此效益”，各缔约方可允许这些用汞工艺。
- 各缔约方可提出新增淘汰工艺，包括技术和经济可行性方面的信息以及环境和健康风险及效益。
- 条约生效后五年，缔约方大会将审查禁止和限制工艺列表；约在2023年。

非政府组织可利用汞条约第5条，采取针对生产工艺中用汞的行动。

汞条约第5条为非政府组织提供了许多机会以解决工艺中用汞的行业，包括开展运动使目前“受限”工艺新增至“淘汰”的工艺名单中，从而确保关于具体行为的禁令具有更为具体的时间框架。还有些可采取的行动为说服国家当局早于汞条约规定日期淘汰工艺。

## 促进及早淘汰用汞工业工艺

汞条约缔约方不必等到工业工艺淘汰最后期限才采取行动。国家政府可自行行动，在公约要求期限之前关闭这些工艺或限制其用汞。

非政府组织应尽可能地推动及早淘汰本国这些工艺。依靠汞的氯碱生产是及早淘汰候选项的主要例证。这些工厂在其运营中不仅消耗大量的汞，而且还有大量“未经解释的”汞，多数分析人士得出结论认为其在工厂通过蒸气形式排放至大气。一些老旧厂的地板不封闭，溢出的汞流入土壤。每个工厂每年都有大量库存的汞以替代生产中流失的汞。在过去，氯碱厂的关闭使得数百公吨的单质汞再出售于汞供应市场。在许多情况下，通过中间商，这类汞直接送至全世界的小规模手工金矿开采操作，进一步导致汞污染不可控。汞条约生效后将阻止该形式贸易，源自关闭厂家的汞必须进行环境友好储存/处置。

多数汞电池氯碱厂为较老建筑，多年的运营当然在设施内和周围造成了汞污染，包括土壤、建造的地面、植被和水路（尤其是沉积物）。这些污染也会影响人体健康和生物群如鱼类。任何与设施相关的废物倾倒入汞含量也非常严重。

非政府组织可通过曝光汞污染的环境监测强调行动的紧迫性来促进及早关闭氯碱厂（或转向无汞氯碱生产）。证明人体健康和环境处于特定设施汞风险可推动环境监管者和政治人士进行回应，实现更早的淘汰日期。

### 非政府运动可加快氯碱厂淘汰

阿尼卡协会（Arnika Association）为IPEN位于捷克的成员组织，该组织得以与捷克区域当局协商，争取通过采取行动强调该行业的汞污染和参与名为“综合污染防治许可”的决策制定过程及早淘汰该国的两大污染，汞电池氯碱厂。阿尼卡协会对从内拉脱维册市Spolana公司的和拉贝河畔乌斯季市Spolchemie公司下游拉贝河（德国称易北河）捕捉的鱼进行了一系列的取样活动，以确定这些氯碱厂所用汞是否污染鱼类食物来源。

取样证实了严重的环境污染，鱼类和河流沉积物均受污染。在氯碱厂的边界也监测到大气中汞水平升高。IPEN和阿尼卡协会联合发布了取样结果，这极大地迫使政府监管者和氯碱厂加快汞计划关闭汞工艺的步伐。一家氯碱厂欲使用汞直至2020年，但阿尼卡协会关于鱼类含高度汞污染的结果使得工厂同意于2017年前6月前停止使用汞。乌斯季的另一家氯碱厂决定立即着手工厂转变，最后日期为2015年底前。

阿尼卡协会还提出捷克共和国污染物释放和转移登记制度（PRTR）在确定汞排放和潜在污染地点方面非常有效。某些国家的登记命名不同（澳大利亚为全国污染清单），在多数拥有这种登记的国家，信息在网上公开。阿尼卡协会还确定将新近修改和加强的欧洲委员会综合污染防治（IPPC）指令作为工具。借此，最佳可行技术可作为其营业执照的部分内容实施于氯碱厂，从而淘汰汞使用并/或进一步降低汞和持续性有机污染物排放。

## 锁定在污染物释放和转移登记制度（PRTR）汞污染排名靠前的工厂

对于拥有污染物释放和转移登记制度的国家，非政府组织可评估和确认何种工艺（不限于氯乙烯单体、氯碱和第5条所列其它工艺）排放大量的汞至大气、水或随着废物迁移。这可作为确认污染取样地点的工具，或向当局强调那些应被锁定为汞淘汰或更严格监管的排放最严重的工厂。

## 欧盟非政府组织拥有其它的运动工具

欧洲委员会最近更新和加强了其工业排放指令（IED），加严了针对使用汞的工业工艺的最佳可行技术（BAT）要求。非政府组织应开展运动，确保各个设施的环境许可证要求工厂遵守工业排放指令且尽快将最佳可行技术纳入生产方式中。对于氯碱厂而言，以膜为基础的技术（几乎是所有氯碱转变和更新的选择）是这种形式化学生产的最佳可行技术，这点非常清楚。使用这些政策和监管工具将会向工厂施加更多压力使其转而使用无汞工艺。

## 对淘汰的监测可用于所有用汞工业工艺

虽然所举例证专门针对氯碱工艺，但相同策略同样可互换用于钠、甲醇钾、乙醇化物和聚氨酯设施。通过使汞污染和汞废物的不利管理成为人体健康影响的公众关注，当局难以漠视该问题。食物和水供应污染是更为敏感的问题，对生物群如鱼类进行的锁定监测是公众可涉及的事宜。

即使当地监管很不利，强调这些由特定设施导致的问题可促进旨在清理该国该行业剩余物的政治行动和政策。时间安排也很重要。许多国家的选举周期为3-4年，我们有机会发布汞监测信息和要求在选举前开展行动，因为那时是具前景的政治领导人对选区要求给予更大关注和承诺采取进一步行动的时候。

# 10. 非故意汞源—排放和释放

非故意汞源包括化石燃料的燃烧、清洁和提炼；金属矿石的开采和提炼以及采用高温工艺如水泥生产中含汞材料的使用。根据联合国环境规划署的估计，<sup>295</sup> 这些非故意源产生的大气排放在全人为源导致的全球大气汞排放总量中所占比例为57%。制造这类汞污染的设施通常成为“点源”。在该部门，燃煤是最大的单个来源。每年，非故意排放总量的85%向大气释放475吨汞。据估计，污染地点的汞大气排放量占人为排放总量的比例达4%，即每年约82公吨汞。汞条约分别于第8条和第9条分别解决非故意汞源的排放和释放。

## 大气排放（第8条）向土地和水释放（第9条）

汞条约第8条的适用范围是解决非故意汞大气排放的大型工业工艺。该条还包括源自受污染处的汞大气排放。

以上描述的所有非故意源也会向土地和水释放汞，通常形式为加汞废物。IPEN在汞条约谈判中起了重要作用，确保应优先考虑水和土地排放，正如大气释放一样。其结果是，条约现已认识到向土地和水的汞释放，在第9条列出了解决此类释放的措施。

## 关于汞大气排放，汞条约有何规定？

汞条约关于大气排放的目标是随着时间推移控制和削减汞排放。附件D列出了条约规定的排放源，目前的限制方面如下：<sup>296</sup>

- 燃煤电厂
- 燃煤工业锅炉
- 有色金属生产中使用的冶炼和焙烧的工艺
- 废物焚烧设施
- 水泥熟料生产设施

条约根据它们是否为“新建”或“现有”设施的基础，对各种点源提出不同的要求。

## 现有设施

对于现有设施，要求缔约方采取将随着时间推移在减排方面取得合理进展的措施。在这一点上，条约将点源汞排放阈值限值留于缔约方裁断。如果有制定阈值限值的决心，预计将在第一次缔约方大会上予以考虑。

<sup>295</sup> UNEP, 2013. Global Mercury Assessment 2013, Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. p.9

<sup>296</sup> 其它汞点源如氯乙烯单体和氯碱厂分别在汞条约第5条进行了规定。

必须尽快采取削减现有来源的汞排放措施，但对于该缔约方而言，不能迟于公约生效后10年。这些措施可考虑国情、经济和技术可行性以及措施的可负担能力。现有设施可通过最佳可行技术/最佳环境实践减排或选择替代品，包括：

- 量化目标
- 排放限值
- 多重污染物控制策略
- 其它替代措施

应基于“每个”设施开展削减，这意味这如果随着时间推移设施总量有所增加，整体排放也可能增加，因为这将增加累积排放。

缔约方必须尽快制定汞排放点源清单，时间不能迟于条约对缔约方生效后5年。

## 新设施

新设施既可为条约对缔约方生效后一年所建设施也可为附件D所列但经过重大改造的<sup>297</sup> 现有设施。

条约对新设施（或来源）的控制要严于现有来源。在公约于缔约方生效有5年内，新来源必须实施最佳可行技术/最佳环境实践。只要能取得相同的减排效果，缔约方可应用排放限值而不采取最佳可行技术/最佳环境实践。如果缔约方推迟批准条约，将可以在不受最佳可行技术/最佳环境实践要求的情况下新建来源。

缔约方还可选择制定国家行动计划，以解决该国的大气排放。如果缔约方选择采用国家行动计划，则必须于条约于缔约方生效后4年内递交于缔约方大会。

## 第8条 排放（空气）

- 目标为“控制并在可行情况下削减汞和汞化合物排放。”注：排放指附件D所列点源的大气排放，国家酌情慎重决定何为可行。
- 对于现有来源，本条规定的目标针对“随着时间的推移缔约方在减排方面实现合理进展所用的措施。”
- 条约中大气排放源包括燃煤电厂和工业锅炉；有色金属生产所用（仅限铅、锌、铜和工业金）冶炼和焙烧工艺；废物焚烧；水泥熟料生产设施。
- 谈判进程中条约删除的排放源为油气；汞添加产品的制造设施；制造工艺中用汞的设施；钢铁制造包括次级钢；露天焚烧。
- 政府间谈判委员会第五次会议的谈判代表发现有必要对排放源设定临界限值，这使缔约方有可能酌情设定排放限值。

<sup>297</sup> 通过改造将现有源“转变”为新源的前提是一定存在“汞排放的大量增加，不包括副产品回收产生的排放变化。”

- 准备国家计划以控制排放为可选。一旦制定了国家计划，则在条约于缔约方生效后4年内提交于缔约方大会。
- 新增来源的控制措施力度大于现有来源。
- 对于新增来源，要求最佳可行技术/最佳环境实践“控制且在可行情况下削减”排放，最佳可行技术/最佳环境实践的不得迟于条约于缔约方生效后的5年。如果排放限值与最佳可行技术的适用一致，可用其替代最佳可行技术。
- 如果政府推迟批准，则有较长的时间空窗创建新增来源，不做最佳可行技术/最佳环境实践的要求。
- 最佳可行技术/最佳环境实践指南将于第一次缔约方大会通过。专家组可能将在第一次缔约方大会前未来政府间谈判委员会的闭会期间制定该指南。
- 新增来源或为条约于该国生效后一年的新建项目或为附件D中所列目录来源且经过显著改造的设施。此语详指通过设施改造将现有来源“转”为新增来源一定会“导致汞排放的显著增长，不包括副产品回收导致的排放方面变化。”缔约方选择是否将任何现有来源列入新增来源更为严格要求的范畴。
- 现有来源方面措施的实施应尽快不迟于条约于缔约方生效后的10年。
- 现有来源方面的措施可考虑“国情、经济和技术可行性以及措施的可承担性。”
- 对于现有设施，不做实行最佳可行技术/最佳环境实践的要求。相反，各国可从包括量化目标（可为任何目标）、排放限值、最佳可行技术/最佳环境实践、多重污染物控制策略和替代措施的菜单中选择一项。
- 所有削减行为在“每个设施”的基础上进行，因此设施数量的增加会导致汞排放总量的增加。
- 各缔约方需尽快建立相关来源（附件D）排放清单，不得迟于条约于该国生效后的5年。
- 缔约方大会需尽快采用有关清单和标准准备方式方面的指南，从而使其能进行来源归类。
- 各缔约方大会需根据第21条要求报告本条规定下其行动。

## 非政府组织如何利用汞条约开展关于非故意汞大气排放的运动？

### 汇编已知和嫌疑设施的清单

非政府组织可立刻着手对条约附件D确认的设施进行目录汇编（和绘图）。该数据库可纳入已知现有来源政府清单中。这可能会出现很多类，因为除电厂外，煤还用于许多类型的工业锅炉。这些工厂可能不是监管或许可的主体，非政府组织提供的当地知识可能对确认和制定清单具有价值。

## 推进污染物释放和转移制度（PRTR）建立

在制定工业汞来源清单中，污染物释放和转移制度也发挥着重要作用。非政府组织可倡导建立污染物释放和转移制度（或者仅针对汞或者优先考虑一系列标准污染物），根据污染物释放和转移制度，要求附件D所列设施每年通过公众网上数据库报告其汞排放。这不仅有助于制定国家清单，而且有利于评估随着时间推移单个设施（和整个部门）潜在汞削减情况。它还可作为一项审计工具，测估是否因报道的更高汞排放将“现有”来源确认和考虑为处理的对象。

## 开展运动寻求最佳可行技术/最佳环境实践以及世界上最严格的排放限值

非政府组织可立即着手推动在世界其它地方针对这些行业实行的最严格的排放限值。可能的话，排放限值应与最佳可行技术/最佳环境实践联合使用。这些要求都应写入设施环境许可证中，如不遵守，予以惩罚。应该由独立环境专家开展定期审计来决定是否合规。无需等到条约生效才开展最佳可行技术/最佳环境实践以及排放限值的进程，可以立即开展。如果通过缔约方大会指导过程，制定了更为严格的指南，那么可进一步下调国家限值，并且在设施的许可情况中有所体现。

## 及早向较低汞含量和无汞能源转换

非政府组织还可开展针对燃煤锅炉的运动，使其转而使用较少危害的燃料。这些范围包括从低汞含量煤（某些煤矿床与其它煤矿床相比，汞浓度可达其4倍）至可替代能源的替代，如太阳能、风能和波能。

## 关于向土地和水的汞释放，汞条约有何规定？

向土地和水的汞释放是重要的人体健康问题，因为多数汞影响源于食用受汞污染食物—尤其是体内甲基汞浓度升高的鱼类。汞若转为甲基汞，首先它必须进入能使微生物将其从其它形式汞转为高度生物利用性的甲基汞的水生环境。然后，通过水生食物网进行生物放大，在更高营养级如最顶端的哺乳类（鲨鱼和金枪鱼等）达到显著的浓度，最后轮到人类。

汞条约第9条解决向土地和水的汞释放，目标与第8条类似—控制和在可能的情况下削减汞释放。第9条反映了第8条，因为它适用于点源。

第9条详细介绍了类似于第8条所列针对空气排放的限制和选择

- 为了减少释放，实行以下内容：释放限值、最佳可行技术/最佳环境实践、多重污染物控制策略或替代措施；
- 各缔约方确定土释放源的期限不应迟于公约于该国生效后的3年；
- 各缔约方尽快建立“相关”<sup>298</sup> 源头释放清单，不应迟于公约于该国生效后的5年。

<sup>298</sup> “相关”来源指那些经国家政府确认排放“大量”汞的来源。

缔约方可选择制定国家行动计划来解决该国汞向土地和水的释放。如果缔约方选择采用国家行动计划，则必须在公约于缔约方生效4年内将其递交于缔约方大会。

缔约方大会还将尽快制定关于最佳可行计划/最佳环境实践的可操作性指南以及创建方式准备释放清单。

## 第9条 释放（土壤和水）

- 目标为“控制且在可行情况下削减汞排放。”注：释放指源自条约其它规定未涉及的点源的对土壤和水的汞释放。国家酌情决定可行事宜。
- 条约中包括的来源由各国界定。谈判过程中，草案文本中的附件G包含了可能来源的列表，但谈判方于政府间谈判委员会第五次会议删除了该附件，因此各国无法获取指南以了解何种来源可能向土壤和水释放汞。附件G包含以下来源：汞添加产品制造设施；附件D所列制造工艺中使用汞及汞化合物的设施；汞被生成成为有色金属开采和冶炼副产品的设施
- 该条规定控制“相关来源”—那些由各国认定释放“大量”汞的点源。
- 准备国家计划以控制排放为可选。如果制定了国家计划，需在条约于缔约方生效后4年内提交于缔约方大会。
- 针对控制措施，各缔约方将“酌情”实行以下内容：释放限值、最佳可行技术/最佳环境实践、多重污染物控制策略或替代措施。
- 各缔约方确定土壤和水汞释放源的期限不应迟于公约于该国生效后的3年，此后定期进行。
- 各缔约方尽快建立相关源释放清单，不应迟于公约于该国生效后的5年。
- 缔约方大会“尽可能切实”地制定最佳可行技术/最佳环境实践指南，并且创建释放清单准备方式。
- 各缔约方大会需根据第21条要求报告本条规定下其行动。

## 非政府组织如何利用汞条约实现向土地和水排放的行动？

### 推进综合性污染物释放和转移制度（PRTR）

应说服国家政府将汞和其它有毒物质纳入到污染物释放和转移制度。创建的任何污染物释放和转移制度都应纳入大气排放、土地释放（包括控制的和不受控的填埋场）、废物处理设施和向水的排放。向所有环境媒介的释放都应避免在污染物释放和转移制度产生数据差，否则将无法追踪和解决汞污染。

## 要求制定针对大气、水和土地排放的国家行动计划

国家行动计划如仅仅解决大气排放或仅解决向土地和水释放，这是不够的。非政府组织应倡导制定综合性的行动计划，包括如何解决从点源到土地、大气和水的释放的详细记录，包括削减目标和评估方式，从而跟踪实际产生的削减（或增加）。

### 进行取样以确认未列出的来源

非政府组织在土壤、沉积物和生物群（如鱼类）中进行汞取样，以确认正在释放汞的设施，这些设施是其它指南未确认的。人的头发监测结合生物群检测也可提供一个强有力的工具以确认汞释放源。IPEN和生物多样性研究院（BRI）<sup>299</sup> 的最近研究使用了该方法强调汞热点地区的汞污染以及其对全世界的影响。该方法可用于对可能释放汞的地点周边进行取样。

## 10.1 燃煤电厂

根据联合国环境规划署2008年“全球汞状况评估”报告，全球汞大气排放第二大人为源为化石燃料的焚烧，尤其是煤。化石燃料在全球人为汞大气排放中所占比例为25%。2010年燃煤向大气排放了475公吨汞。与此相比，所有其它化石燃料来源排放了10公吨。煤炭部门超过85%的汞排放来自燃煤电厂和工业锅炉。<sup>300</sup> 居民和室内燃煤汞排放的最新估计经修改下调至占2010年汞排放总量的2.9%，约占56吨的汞。<sup>301</sup> 汞存在于煤中，被视为微量存在，一般从每公斤煤（ppm）0.01毫克到1.5毫克。<sup>302</sup> 然而，每年电力和取暖燃烧大量煤，以至于根据联合国环境规划署估计2010年，这些来源的煤炭燃烧向大气释放了474公吨汞。<sup>303</sup>

299 IPEN/BRI (2013) Global Mercury Hotspots: New Evidence Reveals Mercury Contamination Regularly Exceeds Health Advisory Levels in Humans and Fish Worldwide

300 UNEP, 2013. Global Mercury Assessment 2013, Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. page 9

301 AMAP/UNEP, 2013. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway/UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. vi + 263 pp. page 20.

302 Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment, AMAP and UNEP, 以上所引

303 UNEP, 2013. Global Mercury Assessment 2013, Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. page 20

## 煤燃烧和温室气体排放

煤燃烧在全球所有温室气体排放中所占比例近20%。<sup>304</sup> 在全球开展政府间谈判要求采用新的气候变化条约以取代京都议定书的背景之下，目前正在讨论旨在减少煤燃烧的拟议措施。迄今为止，在气候变化谈判中，几个大国政府已表明不愿采用将大大限制其本国煤燃烧的具约束力措施。其中几个国家列出了大力拓展全国发电的迫切需求，而电力发展被视为其国民经济发展战略的重要组成部分。

因此，某些有影响力的国家政府在气候变化谈判背景下继续反对对煤燃烧具约束力的限制规定，试图让这些国家在汞条约谈判背景期间通过对煤燃烧具约束力的类似限制规定是极不可能的。然而，汞条约谈判的确开辟了第二个场所以开展关于煤燃烧有害影响的知名度颇高的国际讨论，谈判为促进能源效率以及可再生资源资源的保护和拓展创造了另外的机遇。

为了计算使用煤燃烧技术的真实成本，必须将其对全球环境和人类健康的危害纳入成本方程式，包括本手册所强调的对人类健康和环境造成的汞危害，也包括二氧化硫、氮氧化物和燃煤电厂释放的许多其它有毒有害污染物。最后，使用煤燃烧技术的真实成本的计算当然应考虑与温室气体排放和气候变化相关的成本。

当全球机制能够确保这些和所有其它与煤燃烧相关的外部成本内化为煤基能源价格时，才能够取得淘汰煤燃烧技术的成功。当实现了淘汰后，就会明白能源效率干预和替代能源实际上比煤技术更能节约成本。届时，替代品将可在与煤的竞争中胜出并取代之。

虽然汞条约谈判不能成为气候变化预防措施谈判的备用场，但汞条约谈判进程有利于提高煤燃烧相关的健康成本和环境成本方面的公众理解和政府认识。汞条约建立了具约束力的措施，这些措施能够强制各国政府一至少在某种条件下和某些议程下——在最佳可行技术/最佳环境实践要求下要求其新建或现存电厂符合特定最低能效和/或污染控制标准。污染控制高标准通常会增加成本。最后，汞条约应建立机制，为其措施的实施提供财政和技术支持，这些可在国家气候变化体制下对财政和技术支持进行补充。

作为首个近似计算，燃煤电厂释放的汞排放量与产生单位电力所燃烧的煤量有关。当其它条件等同的情况下，更具能效的电厂在产生1千瓦时电力所需的煤更少，从而能够比能效较低的工厂在产生每单位电力时排放更少的汞。

提高燃煤电厂效率能够通过以下措施实现，如改善或取代燃炉、优化燃烧、提高锅炉和换热设备的效率、提高电厂运营和维护和其它措施。曾有言论声称在某些情况

304 “Coal and Climate Change Facts,” Pew Center on Global Climate Change, <http://www.pewclimate.org/global-warming-basics/coalfacts.cfm>.

下，这些方法能够提高电厂一倍以上的效率。经济因素和污染控制法规两者结合也能促成关闭老旧低效的电厂和工业锅炉，并代之以更为有效的设施或替代能源。

清理电厂烟气的空气污染控制设备（APCDs）能够捕获汞和减少排放，这些设备最为常见的捕获随着烟气而升的细颗粒物飞灰。有些也可捕获酸性气体。空气污染控制设备包括静电除尘器、纤维过滤网和烟气脱硫系统。因此，控制汞污染的战略应包括新型空气污染控制设备的使用：电厂应改造现用烟气清洁设备以提高汞捕获能力以及使用附加的烟气清洁设备。电厂也应运用能提高其现用空气污染控制设备汞捕获效率的技术。

空气污染控制设备汞捕获效率受以下几个因素影响。在燃煤电厂燃烧区处于高温时，煤中的多数汞会以气态单质汞形式释放至废气中。这种气态单质汞不易溶于水，空气污染控制设备不能轻易将其捕获。然而有些单质汞会与烟气中其它物质进行化学反应，从而被氧化。被氧化的汞（通常形式为氯化汞）具有水溶性，烟气脱硫系统能够将其捕获。氧化汞也会与烟气中颗粒物产生关联，从而形成颗粒物附着的汞。纤维过滤网和静电除尘器能捕获许多这种附着于颗粒物的汞。<sup>305, 306</sup>

根据烟气中单质汞、氧化汞和附着于颗粒物的汞的相对比例—以及根据所使用的空气污染控制设备成效—烟气中汞去除效率为24%至70%。<sup>307</sup>

烟气中单质汞转化为氧化汞和附着于颗粒物的汞之比例取决于许多因素，包括烟气成分以及所含飞灰的数量和特性。这些因素相应取决于煤的类型和特性、燃烧条件以及锅炉和排热设备的设计。当煤中氯含量相对较高时，烟气中更多的单质汞被氧化；当煤中氯含量相对较低时，更少的单质汞被氧化。因此，在某些条件下，提高该工艺中氯含量能够增加空气污染控制设备的汞去除效率。遗憾的是，烟气中增加的氯浓度会造成负面结果，它会非故意形成和向环境释放二恶英、呋喃和其它持久性有机污染物（POPs），这些也是严重的全球污染物。《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》力求最大程度减少和在可能的情况下消除这些持久性有机污染物的形成和释放。

另外，飞灰中未燃烧的碳会吸收烟气中的汞，产生附着于颗粒物的汞，其中许多能被空气污染控制设备捕获。然而，有些人支持进行干预，提高飞灰中未燃烧碳的数量，从而提高空气污染控制设备的汞去除效率。<sup>308</sup> 但是如此干预具有降低效率和增加不完全燃烧产品导致的污染风险。最后，当燃煤电厂使用选择性催化还原（SCR）技术以控制氮氧化物时，该工艺也会将单质汞转化为氧化汞，提高空气污染控制设备的汞去除率。<sup>309</sup>

305 S. X. Wang et al., "Mercury Emission and Speciation of Coal-Fired Power Plants in China," Atmospheric Chemistry and Physics, 2010, <http://www.atmos-chem-phys.net/10/1183/2010/acp-10-1183-2010.pdf>.

306 Charles E. Miller et al., "Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants," U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory, 2006, [http://www.netl.doe.gov/technologies/coal-power/ewr/coal\\_utilization\\_byproducts/pdf/mercury\\_%20FGD%20white%20paper%20Final.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/coal-power/ewr/coal_utilization_byproducts/pdf/mercury_%20FGD%20white%20paper%20Final.pdf)

307 S. X. Wang et al., Mercury Emission and Speciation of Coal-Fired Power Plants in China, 以上所引

308 James Kilgroe et al., "Fundamental Science and Engineering of Mercury Control in Coal-Fired Power Plants," U.S. EPA, 2003, [http://www.reaction-eng.com/downloads/Senior\\_AQIV.pdf](http://www.reaction-eng.com/downloads/Senior_AQIV.pdf).

309 Charles E. Miller et al., "Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants," 以上所引

有几项技术能够最大程度地将烟气中气态单质汞向氧化汞和/或附着于颗粒物的汞进行转化，这些技术被推荐用于优化现有燃烧和烟气清洁设备中的汞捕获，包括如下内容：

- 在煤或高温燃烧气体中加入试剂，从而促进单质汞氧化。
- 改进燃烧工艺以提高飞灰中未燃烧碳其反应数量，从而提高汞吸收和/或促进单质汞氧化。
- 混合煤以改变烟气成分和飞灰特性，从而提高氧化汞和/或附着于颗粒物的汞的形成
- 综合上述步骤。<sup>310</sup>（上文所引）

## 污染控制设备回收废物所含汞

当电厂使用空气污染控制设备来去除烟气中的汞时，会产生对这些汞的长远去处产生担忧。有些废物被弃置于垃圾填埋场或倾倒地，在这些地方它们具有大气汞排放或向周边土壤和水系统渗透汞的潜在性。有些厂对现场控制设备排放的汞进行加工，导致当地环境污染和向水道的汞排放。但这些废物中许多被回收，用于建筑材料的生产和其它用途。

美国煤灰协会为一家行业贸易协会和游说团体。根据该协会，煤燃烧产品的销售和使用为一项数十亿美元产业。该协会将电厂副产品如飞灰、底灰、锅炉渣和烟气排放控制和脱硫装置产生的各种残留物定义为煤燃烧产品。<sup>311</sup>

烟气脱硫系统 (FGD) 产生的废物能被回收，用于制造合成石膏。例如，在美国，该废物中75%被回收和使用。多数用于制造广泛用于室内的建筑材料合成石膏墙板。<sup>312</sup> 在一户美国新家墙板中，平均含有8吨石膏。近至2001年，15%的石膏供应源自煤废物。至2009年，源自煤废物中的石膏其使用已经增加了两倍多，现已占据美国所使用石膏总量的一半以上。<sup>313</sup> 美国地质调查局 (U. S. GS) 估计2011年美国合成石膏的消耗量为1100万吨。<sup>314</sup>

由于烟气脱硫系统的操作温度相对较低，研究发现在其使用过程中，一些挥发性微量元素由气相进行浓缩，从烟气中除去。有人曾建议可以通过这种方式去除烟气中的某些气态单质汞。<sup>315</sup> 然而，这说明烟气脱硫系统产生的废物中可能存在单质汞，可能再挥发和释放。

关于由废物制造而成的合成石膏所产生的汞释放，并未有许多数据，但现有数据显示了其问题性。在一家使用从电厂烟气脱硫系统中回收而得的废物制造墙

310 James Kilgroe et al., *Fundamental Science and Engineering of Mercury Control in Coal-Fired Power Plants*, 以上所引

311 Coal Ash Facts, <http://www.coalashfacts.org/>.

312 Charles E. Miller et al., *Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants*, 以上所引

313 "Soaring Use of Coal Waste in Homes Risks Consumer Headache," *Public Employees for Environmental Responsibility (PEER)*, 2010, [http://www.peer.org/news/news\\_id.php?row\\_id=1327](http://www.peer.org/news/news_id.php?row_id=1327).

314 U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*, January 2012 page 71

315 Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment, AMAP and UNEP, 以上所引

板的工厂中，曾做过多次检测。研究者测量了进厂合成石膏以及出厂石膏中的含汞量，计算了在生产过程中流失的汞。在墙板产品进行了五项系列检测，这些墙板产品使用源自不同电厂和不同污染控制设备配置的合成石膏。第一次检测报告，在进厂石膏和最终产品之间流失的汞总量为5%。第二次检测报告显示汞流失总量为8%。第三次检测报告显示流失总量为46%。第四次流失总量未有报告，但数量很小。第五次检测报告显示流失汞量51%。<sup>316</sup>

检测结果显示在环境中和使用源自废物的合成石膏制成墙板期间其工作场所中可能存在严重的汞释放。汞还可能在材料送达墙板制造厂之前便已从合成石膏中释放。利用废物制成的合成石膏可能会影响烟气脱硫系统去除汞的成效，因为许多最初已被烟气脱硫系统去除的汞可能在墙板制造之前或期间重新释放至环境中。

以上描述的检测和报告为科学家在一家利用合成石膏制成墙板的领先公司所得结果，相关内容提交给美国环保署。该报告说明接受检测的出厂墙板其含汞量范围高至0.95 ppm，低至0.02 ppm。<sup>317</sup> 然而还存在少量关于合成石膏所制成墙板含汞量的独立数据。美国环保署的一项研究报告两个美国制造墙板的检测样本中含汞量分别为2.08 ppm和0.0668 ppm。同样研究发现两个中国制造墙板的检测样本中含汞量分别为0.562 ppm和0.19 ppm。<sup>318</sup> 我们需要更多源自废物的合成石膏墙板含汞量的独立数据。

我们缺乏关于安装墙板工人其汞暴露方面的研究。但一项由行业科学家和顾问公布的研究试图显示安装有合成石膏制成墙板房间其室内空气中汞不足以引起担忧。然而该研究并未清楚说明能够证明该结论的方法和结果。该研究报告确实提供一些有意思的数据。它分别测量了装有天然石膏墙板样本和合成石膏墙板样本的小房间的汞释放通量。发现对于天然石膏墙板和合成石膏墙板而言，其每天通量分别为 $0.92 \pm 0.11$ 纳克/米<sup>3</sup>和 $5.9 \pm 2.4$ 纳克/米<sup>3</sup>。<sup>319</sup> 即合成石膏墙板房间中所测的汞通量高于天然石膏墙板房间中汞通量的六倍之多。该结果说明之所以引起关注其可能存在的一个因素。合成石膏汞释放的独立研究将最为有用。

燃煤电厂使用的纤维过滤器和静电除尘器中捕获的飞灰也被使用。根据一家行业贸易协会，每年美国产生飞灰量达7000万吨，其中近45%随后被回收利用于某些用途，电厂经营者尽可能提高回收比例。许多飞灰分成各份额与水泥混合，制成混凝土。工业来源声称汞紧密地附着于飞灰，已制成的混凝土或混凝土混合和干燥过程中能释放的汞非常微少。但是并没有足够的独立数据能支持该声称。也没有关于生产和使用飞灰制成建筑材料所产生全球汞排放总量估值的任何数据。此外，由于全世界范围的电厂经营者引进技术创新以提高其空气污染

316 Charles E. Miller et al., *Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants*, 以上所引

317 Jessica Sanderson, "Fate of Mercury in Synthetic Gypsum Used for Wallboard Production," USG Corporation, 2008, [http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/coal\\_utilization\\_byproducts/pdf/42080FinalRpt20080624.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/coal_utilization_byproducts/pdf/42080FinalRpt20080624.pdf).

318 "Drywall Sampling Analysis," U.S. EPA, 2009, linked to <http://www.pharosproject.net/index/blog/mode/detail/record/40>.

319 Scott S. Shock et al., "Evaluation of Potential for Mercury Volatilization from Natural and FGD Gypsum Products Using Flux-Chamber Tests," *Environmental Science & Technology*, March 2009, <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es802872n#afn3>.

控制设备的汞捕获效率，灰飞和其它空气污染控制设备残留物中的汞总含量会增长。需要开展工作追踪飞灰所含汞和空气污染控制设备捕获的其它残留物中汞在环境中的最终去处。

电厂将静电除尘器和纤维过滤器中捕获的一些灰飞送至水泥窑，在水泥窑中，飞灰与其它原材料混合，而后加热混合物，温度可高达1450° C。在这些高温下条件下，最终飞灰中所有的汞被蒸发，再次释放，而这次是释放于水泥窑烟气中。而最初，静电除尘器和纤维过滤器已去除电厂烟气中所含的这些汞。<sup>320</sup>

为了降低废物处置成本，电厂经营者会寻求其煤燃烧产品的各种用途，随着世界上对于燃煤电厂汞排放实行更为严格的规范管理，含有大量汞的飞灰和其它空气污染控制设备残留物的全球供应商将快速增长，同时刺激空气污染控制设备残留物现有市场的扩大和新市场的寻求。

但是空气污染控制设备残留物再利用的做法使得燃煤电厂空气污染控制设备之前捕获的许多汞再次流通。全球汞条约应仔细考虑阻止导致汞再次排放的做法，因为再次排放会导致全球大气汞污染和污染居室和工作场所的室内空气。

## 当地和全球汞污染

与多数其它汞污染源相比，燃煤电厂的汞排放通常会吸引更多公众和政治注意以及研究。原因之一是控制不善的燃煤电厂其大气排放不仅包括气态单质汞排放而且包括大量经氧化的汞（例如氯化汞和氧化汞）和附着于颗粒物的汞。虽然多数气态单质汞排放能在大气中停留很长时间，但氧化汞和附着于颗粒物的汞在大气中停留的时间短暂得多，它们顺风降落在这些电厂的地面。例如，美国俄亥俄州的研究发现在与降雨（湿沉降）相关的汞中，超过70%的汞源自当地燃煤电厂。<sup>321</sup> 由于电厂中氧化汞和附着于颗粒物的汞中许多会降落于离该电厂相对较近的地面，这往往导致电厂顺风方向的河流湖泊和其中的鱼体内所含的甲基汞量增加。当监管机构和公众开始意识到控制不善的燃煤电厂与位于顺风方向河流湖泊中鱼所受甲基汞污染程度增加之间的关联时，便能加强公众和政治压力，以监测和更好控制电厂排放。

另一方面，任何主要释放气态单质汞的人为汞源往往会产生较小范围的局部环境影响。气态环境汞排放往往在大气中停留六个月至两年，通过风传遍整个地球。这些汞最终也会降落于地面。污染源和受污染鱼存活的水体之间的关联性不太明显。因此，对于气态单质汞排放和其最终环境影响之间的关联，通常更缺乏公众和政治理解。对于主要以气态单质汞形式向大气释放汞的人类行为，其影响往往会蔓延全球，而非仅限于当地或区域。因此，需要采取一项全球措施，以全面了解这些排放的影响，只有一项全球措施能有效避免人类健康和环境遭受排放的影响。

320 “Cementing a Toxic Legacy?” Earthjustice Environmental Integrity Project, 2008, [http://www.earthjustice.org/sites/default/files/library/reports/ej\\_eip\\_kilns\\_web.pdf](http://www.earthjustice.org/sites/default/files/library/reports/ej_eip_kilns_web.pdf).

321 Emily M. White, Gerald J. Keeler, and Matthew S. Landis, “Spatial Variability of Mercury Wet Deposition in Eastern Ohio: Summertime Meteorological Case Study Analysis of Local Source Influences,” *Environmental Science & Technology* 43, no. 13, 2009, p. 4,946-53, doi:10.1021/es803214h, <http://dx.doi.org/10.1021/es803214h>.

燃煤电厂可使用另一项策略来减少汞排放，即汞清洁和其它形式的煤预处理。电厂在烟煤中广泛使用煤清洁技术，以去除采矿残留物和减少灰和硫。据估计，目前常见的烟煤清洁做法能使电厂汞排放去除率达到近37%。<sup>322</sup> 同时，也讨论和促进了更高级煤清洁和煤处理工艺，这些工艺能实现更高的汞去除率。可引用的例证为K-燃料技术，这是一项专利技术，利用热和压力对低等燃料进行物理和化学转化，将其转化为低水分高热值的固体燃料。该工艺去除煤中的灰和汞，从而能够潜在性地生成低汞含量和热值增加的燃料。<sup>323</sup>

在多数情况下，电厂或锅炉经营者决议使用经清洁或处理的煤时是出于经济考虑，例如需要提高可利用煤的燃料效率或需要在不大量增加工厂效率或空气污染控制设备方面投资的情况下满足污染控制标准。然而专家意见的划分是依据先进的煤清洁和煤处理工艺比其它潜在的汞控制技术更具经济竞争力的程度。<sup>324</sup> 但一项全球汞条约可能会影响这些经济考量因素：它可能鼓励在该领域其它的研究和发展，甚至可能会激励经营者提高其工厂效率和空气污染控制设备，同时使用经过高级清洁或处理的煤。

经回顾，许多不同技术能用于减少燃煤电厂和工业锅炉的汞排放，包括如下内容：

- 提高电厂和锅炉效率的措施
- 安装和/或更新空气污染控制设备
- 使用各种技术更充分地将烟气中的气态单质汞转化为氧化汞和/或附着于颗粒物的汞
- 清洁、混合或前处理煤
- 替代，即决定用汞污染较少或无汞污染的可替代能源来源替代燃煤电厂

一项汞控制条约能促进研究，从而提高效率和减少上述汞削减技术的价格。另外，它能够促进研究扩大可利用选择范围的方式。最后，在这些技术中，如果有可行技术的话，那么经营者在决定采用何种技术来削减汞污染时，将取决于许多因素。一个重要的因素将会是当地可提供的煤供应之特点和价格，这是因为由于燃烧的煤不同，所以不同汞控制技术的表现各异。其它重要因素包括当地成本和提高设施效率或有效去除烟气中汞的各种技术其可利用性；妥善管理任何生成废物的成本，尤其是汞废物释放或迁移；当地是否具备必要技能以正确选择技术而后有效运用。

然而，多数情况下，在缺乏监管驱动和经济驱动中的一项或两项都缺失的情况下，即使能提供有效的汞控制技术，电厂经营者不会对其进行投资，因为以最低的成本产生电力对于电厂经营者而言极具驱动力。另一方面，一项包括法律约束力措施的全局条约能够将最大污染者目前获取的经济优势最小化，帮助建立于各方而言平等的竞争环境。

322 B. Tooleoneil et al., "Mercury Concentration in Coal—Unraveling the Puzzle," *Fuel* 78, no. 1, 1999, p. 47-54, doi:10.1016/S0016-2361(98)00112-4, [http://dx.doi.org/10.1016/S0016-2361\(98\)00112-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-2361(98)00112-4).

323 James Kilgroe et al., *Fundamental Science and Engineering of Mercury Control in Coal-Fired Power Plants*, 以上所引

324 Charles E. Miller et al., *Mercury Capture and Fate Using Wet FGD at Coal-Fired Power Plants*, 以上所引

但是，如果经营者受到政府政策和法规的驱动，尤其当其明白不遵循政策法规其成本甚至会远高于遵循政策法规的成本时，经营者将会投入资金削减汞排放。另外，如果有合适的激励，即使缺乏具体的具约束力的规定，经营者也将同意应用有效的汞削减技术。这些激励可包括财政或技术支持。或者包括增加技术通道，这些技术能提高工厂运行效率从而减少一个单位能量输出的成本。对于涉及全球汞控制新条约谈判的各国政府而言，其挑战是要针对一揽子措施达成协议，这些措施既包括精心设计和强制执行、具有法律约束力的法规，又包括充分的财政和技术激励，二者合力，将能驱动电厂汞污染全球性重大削减。

这些目前经协商的一揽子措施一定程度上协调其相互具竞争性的目标，既积极努力地削减全球汞排放，同时保持甚至加强国家经济发展和减贫目标，但在诸如最佳可行技术/最佳环境实践等问题上的指导，仍有大量的工作需做。要实现二者协调，将需要谈判方辛勤的工作和具创造性的努力，这些谈判方不仅意识到汞污染对人体健康和环境造成的严重危害，而且也意识到许多发展中国家迫切需要增强其通过扩大国家能源发电能力获取可靠电力的途径。

## 关于燃煤电厂，汞条约有何规定

为了达成控制燃煤电厂汞释放的重大协议，有必要在一段时期内分阶段实施具约束力和强制执行的控制措施。这些措施其制定形式可类似于关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约中包括的最佳可行技术（BAT）方面的规定。在商定的条件下，这些措施可要求汞条约缔约方政府在本国的燃煤电厂中强制执行和/或推进最佳可行技术的使用。另外，条约最佳可行技术措施可与条约规定严格联系起来，强调向发展中国家和经济转型期国家提供技术和财政援助，旨在确保各缔约方能在不削弱本国经济发展和减贫目标的情况下，实施条约规定。全球环境基金（GEF）将提供财政信托，协助具体措施的实施。缔约方大会将进一步就战略、政策、优先项、资格以及全球环境基金获取支持的活动分类的指示性清单开展指导。

如斯德哥尔摩公约一样，汞条约文本本身未写入全面阐述的最佳可行技术/最佳环境实践定义和指南，而是对最佳可行技术/最佳环境实践进行概念上的定义，指导其缔约方大会（COP）建立最佳可行技术/最佳环境实践专家组，以筹备起草最佳可行技术指南/最佳环境实践以求缔约方大会通过，同时阶段性审查和更新指南。这些涉及的最佳可行技术/最佳环境实践指南可包括各项修订和更新，这些修订和更新强调日程和最佳可行技术/最佳环境实践规定在何种情况下具有法律约束力。汞条约要求在条约于缔约方生效后不超过5年对所有新建燃煤设施实行最佳可行技术/最佳环境实践。

从平行层面而言，缔约方大会也可对支持最佳可行技术指南实施的技术和财政援助的实际可行性进行阶段性审查。审查结果可与使最佳可行技术规定变得具有法律约束力的日程和条件的决议紧密相连。这种双管齐下的方法能够促成汞条约的实施，在对燃煤电厂进行重要控制的同时也不削弱国家经济发展和减贫目标。

在斯德哥尔摩公约中，最佳可行技术指南可补充规定，鼓励那些希望修建新厂或大幅整改现有工厂的经营者考虑采用环境中汞释放较少或无汞的可替代能源技术。如果能将如此规定纳入指南，那么用于援助实施汞条约最佳可行技术规定的技术或财政支持便可用于开展可替代能源技术。

## 10.2 其它化石燃料燃烧

与燃煤电厂排放估值相比，化石燃料燃烧源产生的汞排放通常所报告的估值不太全面和准确。许多西欧、北美和其它地区政府已要求对其国内燃煤电厂的烟囱气体排放进行广泛的监测，该监测通常包括汞排放测量。因此，许多国家燃煤电厂产生的汞排放的许多数据得以收集。该数据可能促进排放因子的发展，甚至在电厂烟囱气体监测不普遍的国家，这些排放因子曾用于粗略估算电厂的汞排放。另一方面，除燃煤电厂外，化石燃料燃烧源产生的汞排放估值是在更少的数据和广泛性较小的研究的基础上得出。

### 居民取暖

据估计，居民和商业取暖、烹饪和其它类似来源煤燃烧所产生的汞排放在全球人为汞排放总量中所占比例近20%。<sup>325</sup> 居民取暖用煤也会向环境中释放温室气体。它会另外释放其它导致当地严重的空气污染和相关的呼吸和其它疾病的有毒污染物。因此，推进和促使用较少污染的居民取暖替代品来替代燃煤熔炉和炉子的措施将不仅能减少全球汞污染总量，而且能帮助减少全球温室气体排放和对当地造成的有害空气污染。

### 石油产品

提炼和燃烧石油和其产品也会导致全球汞污染。根据一家产业技术提供商，汞为石油的常见成分，石油加工过程通常伴随着含有一些汞的废物流的产生。在该行业中，汞去除系统很常见，它被使用的主要驱动力是为了保护工厂设备和催化剂。没有汞去除系统的工厂会产生受汞污染的污泥、沉积物和其它废物流。在某些地方，加工饲料中的汞浓度很高，但可能无法提供或经济上无法负担正确管理汞废物的处理系统。<sup>326</sup>

联合国环境规划署/北极监测和评估计划2013年报告<sup>327</sup> 指出根据原产国进行取样的大量原油样品的评估显示含汞量差异性很大。联合国环境规划署/北极监测和评

325 AMAP/UNEP, 2013, Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013, Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway/UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. vi + 263 pp. page 20.

326 "Generation and Disposal of Petroleum Processing Waste That Contains Mercury," Mercury Technology Services, <http://hgtech.com/Publications/waste.html>.

327 AMAP/UNEP, 2013, Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013, Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway/UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. vi + 263 pp. page 176.

估计划引用了威尔海姆 (Wilhelm) 等著者2007的观点<sup>328</sup>：他们得出结论原油所含汞差异范围为0.1ppb至20000ppb，泰国和越南尤其高（相比较，《联合国环境规划署/北极监测和评估计划2008 技术背景报告》指出煤所含汞的浓度范围趋于0.01ppm和1.5ppm。）联合国环境规划署/北极监测和评估计划2013还估计在提炼过程中，原油所含汞中25%排放于大气（这与为获取能源或取暖而进行化石燃料燃烧时产生的排放分开。）目前他们估计通过大气排放，石油提炼（而非燃烧）产生了16公吨汞，占全球汞大气排放总量的1%。

“联合国环境规划署/北极监测和评估计划2008技术背景报告”显示石油产品燃烧产生的汞排放往往低于煤燃烧产生的汞排放1至2个数量级，但该结论诚然是基于有限数据基础之上。需要开展更多工作以更好估算大气汞排放和加工石油和其产品的工厂产生的其它释放，同时还需要估算燃烧石油产品的设施和机动车产生的汞排放。

## 页岩和油砂制成的石油产品

以目前的油价，从页岩中制成石油产品的成本昂贵，目前，仅有少部分的油页岩沉积物能用于生产石油产品。目前巴西、中国、爱沙尼亚、德国和以色列都实行通过页岩生产石油产品的做法。<sup>329</sup> 没有数据能说明通过页岩生产石油汞释放的信息，但是，对页岩进行加工从而生产石油可能为环境中汞释放的来源之一。油页岩的储量很大，随着油价上升，这些储备在石油生产中的用途可能会越来越多。

一项1983年绿河组页岩的研究显示通过页岩生产石油会向环境释放大量的汞。<sup>330</sup> 该研究估计每升产品油的生产需要加工8至16千克的页岩。在页岩中存在微量汞，其浓度为沉积物质特含浓度。在加工过程，页岩被加热至5000C，由于汞的挥发性和其化合物，是有可能调动几乎全部所含的汞。该研究估计一台加工足量绿河组页岩以达每天800万升油生产量的设施每天会产生进8千克的大气汞排放。

通过油砂（亦称焦油砂）制成的石油产品其生产可能为汞污染的另一来源。关于此来源产生的汞释放方面的数据很少，但最近一项研究发现有证据显示加拿大油砂产业向阿萨巴斯卡河及其流域释放了大量的汞。<sup>331</sup> 应该提供更多更好的数据以说明油砂行业和页岩油行业产生的汞释放情况。

328 Wilhelm, S., Liang, L., Cussen, D., and Kirchgessner, D., 2007. “Mercury in crude oil processed in the United States (2004)”. Environmental Science and Technology, Vol. 41, No. 13, pp 4509-4514. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es062742j>

329 2007 “Survey of Energy Resources,” World Energy Council, [http://www.worldenergy.org/documents/ser2007\\_final\\_online\\_version\\_1.pdf](http://www.worldenergy.org/documents/ser2007_final_online_version_1.pdf)

330 “Mercury Emissions from a Modified In-Situ Oil Shale Retort,” Alfred T. Hodgson, et al, Atmospheric Environment, 1984

331 “Oil sands development contributes elements toxic at low concentrations to the Athabasca River and its tributaries.” Erin N. Kelly and David W. Schindler, et al, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, July 2010, <http://www.pnas.org/content/107/37/16178.full?sid=800be74f-98bb-4117-a945-bb9ec73936b0>

## 天然气

与天然气燃烧相关的汞释放信息也非常少。正如该手册前文所述，通常液化天然气中所含的汞会被去除，因为即使是非常低浓度的汞，也会腐蚀加工过程使用的下游设备。然而，除欧盟外，很少有数据能说明被去除的汞其在环境中的最终去处。

同时，有些国家和地区天然气中汞浓度非常高以至于经营者必须在分送前去除气体中的汞。据报道，在与北海接壤的一些国家、阿尔及利亚和克罗地亚存在这种情况。根据联合国环境规划署“汞供应、贸易和需求信息总结”报告中提供的信息，在某些南美、远东和中东国家以及南非、苏门答腊可能还有其他国家，其天然气中所含汞的程度类似高。据推测，如果不去除这种气体所含的汞便进行分送和使用，将导致严重的汞排放。生产过程中的天然气燃烧也可释放大量的汞。根据北极理事会在其《俄罗斯联邦汞排放评估》<sup>332</sup> 报告的估计，2001年西西伯利亚的天然气产量为190亿米<sup>3</sup>。通过利用套管头天然气的平均含汞量，燃烧的天然气将含有65公斤的汞。对于油产品，明确需要联合国环境规划署和其它机构能为此领域提供更多的信息，开展更多的工作。

### 关于汞和其它化石燃料燃烧，汞条约有何规定？

在汞条约谈判过程中，油气工业排除在第8条排放（空气）要求之外。

## 10.3 水泥生产

根据联合国环境规划署“2013全球汞状况评估”，估计每年水泥窑会释放173公吨汞至大气中（虽然上限估计认为排放高达646公吨）。前面所提值占联合国环境规划署估算的全球人为汞大气排放总量的近9%。

许多水泥窑中释放的汞为天然存在于用作生产水泥的原料中。这些包括水泥中浓度最高的元素—钙的来源。含有钙的原材料包括石灰石、白垩、贝壳和碳酸钙的其它天然形式。原材料来源的另一类别为含有如砷、铝或铁等元素的矿石和矿物。<sup>333</sup> 这些原材料可能都含有一定数量的天然汞。在进入水泥窑前，这些原材料经过碾磨混合在一起。

许多水泥厂经营者会在这些天然原材料中另外加入大量源自电厂空气污染设备的飞灰。如前文所述，这种飞灰含有汞，这些汞是之前被飞灰产生源头处即燃煤电厂中纤维过滤器或静电除尘器捕获的汞。2005年，据报道39家美国水泥厂经营者将270公吨飞灰混入用于水泥窑的原材料中。<sup>334</sup>

332 ACAP. 2005. Assessment of Mercury Releases from the Russian Federation. Arctic Council Action Plan to Eliminate Pollution of the Arctic (ACAP), Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision & Danish Environmental Protection Agency. Danish EPA, Copenhagen. page 177

333 “Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds,” Portland Cement Manufacturing, U.S. EPA, 1997, <http://www.epa.gov/ttnchie1/le/mercury.pdf>.

334 Cementing a Toxic Legacy? Earthjustice Environmental Integrity Project, 以上所引

除这些原材料外，水泥窑还使用大量的燃料将原材料加热至高温。水泥窑中使用的燃料包括煤、天然气、垃圾填埋场废气和石油精炼火炬气。除了这些主要燃料外，可燃的废材料也经常送至窑中，包括废弃轮胎和有毒废物。<sup>335</sup> 这些燃料也可能含有大量汞。垃圾填埋场废气可能尤其具问题性，因为它可能含有最初通过废弃含汞产品进入填埋场的汞。联合国环境规划署2013年报告更新了其估计，试图解释某些水泥窑燃料和原材料产生的排放，“包括替代燃料（如老旧轮胎和其它废物）。增加的废物不仅由水泥行业作为燃料进行焚烧，而且在某些工厂，还用作有害废物的处置方式，这些废物中有些含汞。”<sup>336</sup>

这些混合的原材料通常含有飞灰，它们被送至窑中，可加热至1450° C。在这些高温条件下，原材料中的元素溶化，并与其它元素反应生成硅酸盐和其它化合物。水泥窑中产生的材料称为熟料，按重量计算，它含有三分之二或更多的硅酸钙。然后煤渣被碾成细粉末，这便是水泥的主要成分。<sup>337</sup>

当水泥窑升至高温时，原材料、燃料和飞灰中的汞便蒸发。空气污染控制设备可捕获水泥窑烟囱中一些汞，但仍有许多汞释放至大气中。

## 水泥窑污染物名单

水泥窑不仅释放汞和其化合物而且还释放许多其它污染物至大气中。水泥窑释放的主要污染物为温室气体二氧化碳。燃料燃烧和原材料中发生的反应都会产生二氧化碳。

其它水泥窑排放包括如下内容：

- 铅及其化合物
- 铬及其化合物
- 锰及其化合物
- 锌及其化合物
- 镍及其化合物
- 苯、乙苯、甲苯、二甲苯、乙二醇和甲基异丁基酮
- 多环芳烃碳氢化合物
- 二恶英、呋喃和多氯联苯

335 关于水泥窑的维基百科条目，[http://en.wikipedia.org/wiki/Cement\\_kiln](http://en.wikipedia.org/wiki/Cement_kiln).

336 UNEP, 2013. Global Mercury Assessment 2013, Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. page 10

337 关于水泥窑的维基百科条目，以上所引

- 四氯乙烯和二氯甲烷
- 颗粒物排放
- 氮氧化物
- 二氧化硫和硫酸
- 一氧化碳
- 有机结合碳
- 气态无机氯化物如氯化氢
- 气态无机氟化合物<sup>338, 339</sup>

2010年8月，美国环保署最终制定了新法规，将对所有美国水泥窑产生的汞排放进行控制。根据环保署的声明，当这些新规定于2013年充分实施时，美国水泥窑产生的汞排放将减少7.5公吨（1.66万磅）。与目前水平相比，将减少92%。<sup>340</sup>

该法规设定了水泥窑汞排放限值。在正常操作条件下，新建水泥厂的排放限值为每百万公吨生成熔渣中汞排放量为21磅（9.5千克）。现有厂的排放限值位每百万公吨生成熔渣中汞排放量为55磅（25千克）。经营者将被要求持续监测其汞排放以确保其符合排放限值。只有在执行这些关于汞排放限值的规定（并据推测已符合规定）后，这些新规定才会放宽对水泥窑中飞灰作为给料使用的限制。除了控制汞排放，这些新规定也将控制所有的碳氢化合物、颗粒物、酸性气体、二氧化硫和氮氧化物的水泥窑排放。<sup>341</sup> 至少在德国和奥地利两国，持续监测水泥窑汞排放成为一项具有法律约束力的规定。<sup>342</sup>

美国环保署估计为了遵循水泥窑新规定，2013年规定生效后，该行业每年将花费9.26亿至9.5亿美元。另外美国环保署估计该规定每年将产生67亿至180亿美元的健康和环境效益价值。<sup>343</sup>

根据美国环保署制定的水泥窑新规定，可作出以下三点观察意见：

338 同上

339 “Taking Stock: 2003 North American Pollutant Releases and Transfers,” Commission for Environmental Cooperation, July 2006, [http://www.cec.org/Storage/60/5254\\_TS03\\_Overview\\_en.pdf](http://www.cec.org/Storage/60/5254_TS03_Overview_en.pdf).

340 “EPA Sets First National Limits to Reduce Mercury and Other Toxic Emissions from Cement Plants,” U.S. EPA press release, August 9, 2010, <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/e77fdd4f5afd88a-3852576b3005a604f/ef62ba1cb3c8079b8525777a005af9a5!OpenDocument>.

341 “National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from the Portland Cement Manufacturing Industry and Standards of Performance for Portland Cement Plants, U.S. EPA Final Rule, August 2010, [http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/fr\\_notices/portland\\_cement\\_fr\\_080910.pdf](http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/fr_notices/portland_cement_fr_080910.pdf).

342 “Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries,” European Commission, May 2010, [ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/clm\\_bref\\_0510.pdf](ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/clm_bref_0510.pdf).

343 EPA Sets First National Limits to Reduce Mercury and Other Toxic Emissions from Cement Plants, U.S. EPA press release, 以上所引

- 大幅减少水泥窑汞排放具有技术可行性。
- 减少水泥窑汞排放的相关成本非常大。
- 大幅减少水泥窑汞排放所取得的健康和环境效益其价值为减少排放的成本的7倍至20倍之多。

## 关于汞和水泥窑，汞条约有何规定？

汞条约促进和要求大量削减水泥窑汞排放和逐步分阶段地推进严格的汞排放限制和/或最佳可行技术/最佳环境实践。这些规定是否/能否向发展中国家和经济转型期国家提供足够的技术和财政支持紧密联系还有待观察。目前的条约文本提出建议：情况可能如此，但在针对最佳可行技术/最佳环境实践要求及公约规定的替代品进行细节谈判时，将由缔约方大会的进一步指导决定。

## 10.4 金属开采和提炼

汞及其化合物通常存在于金属生产所用的矿石中，有时其浓度相对高。根据联合国环境规划署所报告的排放估算，工业金矿生产（不包括手工作坊和小型金矿）占人为活动导致的全球汞排放量的5%至6%，开采和溶化除金矿以外的金属占总量比例的近12%。根据该报告，汞既非故意用于开采或生产金属（除金外），在工业金矿开采中故意使用也不是普遍现象。因此，汞的故意使用仅占工业开采和提炼操作中的小部分的汞排放。<sup>344</sup> 这说明在所有人为汞排放总量中，近15%来自工业规模金属开采和提炼操作和设施所产生的非故意汞排放。

联合国环境规划署发布的“2013全球汞状况评估”报告说明含汞岩石在新暴露后的风化为导致开采汞释放的机理之一。但该报告表示工业开采和提炼导致的主要汞排放源为含汞量高矿石的加工，尤其是在使用高温熔化或热焙烧条件下，加工这些金属矿石。Gidji Roaster是西澳大利亚焙烧矿石的设施，它是世界上最大的汞排放点源，根据澳大利亚的国家污染物清单，即澳大利亚版本的污染物释放和转移登记制度，该工厂每年的大气排放量超过5公吨。2008年，卡尔古丽联合金矿（KCGM）拥有的Gidji Roaster的汞大气排放量达7000公斤。<sup>345</sup> 联合国环境规划署的这份报告进一步表示熔炉上安装的空气污染控制装置阻止汞排放的方式与空气污染控制装置用于阻止燃煤电厂汞排放的方式相同。<sup>346</sup>

金、银、铜、铅、锌和汞都往往存在于相同或类似的地质构造中，彼此混合。<sup>347</sup> 矿石中含汞量的差异程度很大。根据美国环保署的资料来源，美国的金矿石、锌矿石和铜矿石中含汞量范围通常分别为0.1 ppm~1000 ppm、0.1 ppm~10 ppm和0.01

<sup>344</sup> Global Atmospheric Mercury Assessment, UNEP, 以上所引

<sup>345</sup> Western Australian Parliamentary Hansard (2010) Question On Notice No. 2716 asked in the Legislative Council on 7 September 2010

<sup>346</sup> Global Atmospheric Mercury Assessment, UNEP, 以上所引

<sup>347</sup> W. Charles Kerfoot et al., “Local, Regional, and Global Implications of Elemental Mercury in Metal (Copper, Silver, Gold, and Zinc) Ores,” *Journal of Great Lakes Research*, 2004, [http://www.bio.mtu.edu/faculty/kerfoot/jglr\\_hg\\_30\\_sup1\\_162-184.pdf](http://www.bio.mtu.edu/faculty/kerfoot/jglr_hg_30_sup1_162-184.pdf).

ppm<sup>1</sup> ppm。<sup>348</sup> 最近一项研究估计2002年至2006年，中国主要锌生产设施向大气的汞排放量为81~104公吨。<sup>349</sup> 另一项最近研究发现在中国，装配有污染控制设备如制酸厂和汞回收塔的现代规模生产设施能够大幅减少锌熔炉产生的汞排放。<sup>350</sup>

与其它金属矿石相比，铁矿石的含汞量通常较少。例如，在进行铁矿石开采和加工的美国明尼苏达州，矿石中含汞量的检测发现汞浓度低至0.001 ppm，高至0.9 ppm，虽然多数经检测的矿石其汞浓度低于0.32 ppm。铁矿石球团被加热进行处理，从而在运往初级钢铁制造设施之前减少矿石中的杂质。据估计，明尼苏达州铁矿石每年产生的汞排放量为300千克~350千克。<sup>351</sup>

然而，在初级钢铁生产中，主要汞排放源并非矿石而是冶金焦炭。焦炭由煤制成，铁制造商用焦炭来减少矿石中的氧化铁，目的是将其转化为金属铁。初级钢铁生产产生的多数汞排放源自煤中的汞，当生产或使用焦炭时会释放。另一方面，二级钢生产不使用铁矿石或焦炭，相反，它通过报废钢如旧汽车和家电来生产钢。但是，二级钢生产会产生大量的汞排放，主要来自含汞开关或其它报废钢中通常含有的电子设备。

## 金属矿开采为汞污染的重大来源

联合国环境规划署发布的“2008全球大气汞评估”报告显示金属开采和提炼作业中所产生的全球大气汞排放多数源自熔炉和其它高温矿石提炼工艺，而非开采行为本身。然而，金属矿开采直接导致的大气汞排放和其它汞污染可能被低估了。

随着该结论得出后，便进行了美国有毒物质释放清单（TRI）2008年数据的审查，<sup>352</sup> 该清单囊括了美国46处金属矿开采设施和143个熔炉和其它初级金属提炼设施所产生的汞及其化合物的释放和处置的数据。

金属矿开采数据来自主要从事开发采矿场所或开采金属矿物的所有美国企业，以及主要从事选矿（即准备）的企业，这个过程主要涉及矿石的粉碎、碾磨、清洗、干燥、烧结、精选、煅烧和过滤。

348 Alexis Cain, “Mercury Releases from Industrial Ore Processing,” U.S. EPA, December 6, 2005, <http://www.epa.gov/bns/reports/stakesdec2005/mercury/Cain2.pdf>.

349 Guanghui Li et al., “Mercury Emission to Atmosphere from Primary Zn Production in China,” *Science of the Total Environment*, September 2010, [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V78-50KVG3K-3&\\_user=10&\\_coverDate=09%2F15%2F2010&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=685c0374da431a49c9b8ebf3acf76710](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V78-50KVG3K-3&_user=10&_coverDate=09%2F15%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=685c0374da431a49c9b8ebf3acf76710).

350 S.X. Wang et al., “Estimating Mercury Emissions from a Zinc Smelter in Relation to China’s Mercury Control Policies,” *Environmental Pollution*, July 2010, [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VB5-50SSKM6-1&\\_user=10&\\_coverDate=08%2F15%2F2010&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=8622d6c12c9ef4a5b7dde9995d345e9f](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VB5-50SSKM6-1&_user=10&_coverDate=08%2F15%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=8622d6c12c9ef4a5b7dde9995d345e9f).

351 Michael E. Berndt, “Mercury and Mining in Minnesota,” Minnesota Department of Natural Resources, 2003, [http://files.dnr.state.mn.us/lands\\_minerals/mercuryandmining.pdf](http://files.dnr.state.mn.us/lands_minerals/mercuryandmining.pdf).

352 见 <http://www.epa.gov/triexplorer/>

初级金属提炼的数据来自美国所有使用电冶和其它冶金工艺技术熔化或提炼矿石、生铁或废料中的黑色金属和有色金属的企业。<sup>353</sup>

当考虑所列两类设施产生的汞及其化合物产生的大气排放报告数据时（包括点源大气排放和瞬间大气排放），熔化和提炼作业所报告的大气排放数据略高于金属矿石开采设施产生的大气排放数据。据报告，2008年美国金属熔化和提炼作业所产生的大气汞排放量为3.86公吨（8515磅）；2008年美国矿石开采作业产生的汞排放量为2.13公吨（4701磅）。

然而，当我们将以上所列两类设施产生的汞及其化合物的所有废物释放和废物迁移进行比较，情况便改变了。据报告，2008年所有美国金属熔炉和提炼设施产生的汞释放和迁移总量为10.06公吨（2.2174万磅）。另一方面，据报告，2008年所有美国矿石开采设施产生的汞释放和迁移总量为2486.24公吨（548.1215万磅）。换言之，所有美国金属矿石开采作业产生的汞释放和迁移总量几乎为2008年美国所有金属熔炉和提炼设施产生的汞废物和迁移总量的250倍。

这并不意味着金属熔炉和提炼机不是汞污染的重要来源，而仅仅说明金属矿石开采为环境中汞释放的重大但相对经常被忽略的来源。

2008年美国采矿作业几乎向环境中排放了2500公吨汞及其化合物，几乎所有都留在了作业现场和释放至土地。所有的汞及其化合物都未送至认证的有害废物填埋场，近10%送至未经有害废物认证的填埋场。大部分（近90%）汞及其化合物仅作倾倒地处理，据报告数量为2205.22公吨（486.1684万磅）。对于此类废物处理的技术性描述是“除垃圾填埋外的就地土地处置，包括如废物堆和废物溢出或泄漏的行为。”<sup>354</sup>

当考虑到美国金属矿石开采仅占全球金属矿石开采总量的小部分且仅美国其一年（2008）倾倒在金属矿石开采场地的废物中所含的汞及其化合物含量便超过了2200公吨时，我们发现所有过去和现有金属矿石开采作业中所倾倒地全部开采废物中所含的汞及其化合物的全球总量一定极大。这些倾倒地废物持续受到风化或其它自然进程的影响，一定会导致开采废物倾倒地面向大气和水的汞排放以及其它汞释放，这些排放量会很高但却未记录。

## 关于汞与金属开采和提炼，汞条约有何规定？

汞条约意识到这些问题，第8条和第9条制定了规定解决有色金属和黑色金属开采和提炼产生的汞大气排放和其它环境释放（即土地和水）。

353 NAICS编码 2122 和 331数据，NAICS为北美工业分类系统，美国人口普查局，200 NAICS编码定义见 <http://www.census.gov/eos/www/naics/>。

354 “其它现场陆地处置”定义见 [http://yosemite1.epa.gov/oiaa/explorers\\_fe.nsf/Doc1/Other+Disposal?OpenDocument](http://yosemite1.epa.gov/oiaa/explorers_fe.nsf/Doc1/Other+Disposal?OpenDocument)。

# 11. 汞废物和受污染场地

只要是产品或工艺中有意使用汞或其化合物，便会产生汞废物。含汞废物通常为主要的工业加工的副产品，包括燃煤；许多大型开采活动包括对剩余物进行处理后的土壤（即尾矿）；填埋；废物焚烧；含汞矿石和矿物质的高温加工。在许多地方，煤灰、尾矿、废物焚烧和有色金属加工产生的汞废物直接释放至土壤、水体和地面水，从而导致受污染处的产生。生产中故意用汞（如氯碱和氯乙烯单体生产）的地点也会因为不利的汞处理程序受到污染。

小规模活动也会产生受污染处如手工作坊金矿开采。虽然规模小，但这些污染地点对人体健康造成严重影响，尤其是在紧邻当地社群的地方开展这类活动。它会污染当地食物供应如产自当地湖泊或河流的鱼类。虽然单个开采者可能仅使用少量汞，但数千名开采者使用这种方式产生的累积影响会导致重大环境问题和许多受污染地点。室温下汞能挥发意味着受汞污染地点会导致当地影响，同时增加全球大气汞污染的整体负荷。

## 关于受污染处，汞条约有何规定？

汞条约创造了许多机遇去开展关于汞污染地点活动。

## 缔约方应“努力”

根据条约第12条的文本，缔约方应“努力”采取行动来应对受污染地点。“努力”一词的定义为“有意识或齐心合力的向终极目标奋斗；一种热情的意向”或“努力实现某事”。<sup>355</sup> 换句话说，期望各国能认真努力针对受汞污染地点采取行动，有很多活动可共缔约方开展。

## 受污染地点管理指南

第12条责成缔约方大会制定受汞污染地点管理指南，包括以下主题：

- 确认地点和特性。
- 使公众参与。
- 人体健康和环境风险评估。
- 管理受污染处显现的风险的选项。
- 利益和成本评估。
- 结果验证。

受污染地点指南可用作解决这些地点问题的国家策略框架。但对于制定这样的指南未定截止日期。

355 柯林斯英文词典在线 (2013) <http://www.collinsdictionary.com>

## 关于小规模金矿开采汞废物的国家行动计划

在小规模手工金矿（ASGM）程度“严重”（见第7条）的国家，还要求其制定国家行动计划（NAP）从而确认、监管、检测和削减ASGM用汞。对受汞污染地点的要求可写入国家行动计划以及可包括指南文件中将制定的相同成分。这提供了机遇将受污染地点的完全管理框架嵌入国家行动计划的必要成分。

## 非政府组织如何利用条约开展关于受污染处的行动？

### 问责和行动

第12条提供了一个强调解决汞废物问题必要性的平台。如上文所述，各国“应努力”采取针对受污染地点的行动。这意味着，他们必须齐心协力努力通过环境友好方式管理这些地点。这为非政府组织提供了一个机会去使政府负责、提供行动建议以及公开询问会采取何种行动。有许多低成本的行动是政府为解决受污染地点可以且应该采取的。为了使政府对这些承诺负责，非政府组织为可采取下文所列行动。

### 促进制定受污染地点管理指南

汞条约要求缔约方大会制定关于各国如何管理受污染地点的指导文件。该指南包括针对以下内容的方式和方法：

- 确认地点和特性。
- 使公众参与。
- 人体健康和环境风险评估。
- 管理受污染处显现的风险的选项。
- 利益和成本评估。
- 结果验证。

该过程可能会耗时数年，但非政府组织现在便可开始确认受污染地点和对其定性以及通过土壤、鱼类和人的头发及其它活动进行汞监测来建立意识，从而帮助推动受污染地点指南的制定。

一般来说，非政府组织应通过以下简化框架来倡导受汞污染地点的管理：

- 确认地点，将其加入受汞污染地点清单。
- 寻求遏制或驱散汞污染，防止其扩散。
- 治理和移除污染材料
- 寻求汞废物的环境友好处理、储存和最终处置
- 针对汞废物处置，可参考巴塞尔公约第10次缔约方大会通过的《环境友好管理含单质汞废物和含汞或受汞污染废物的技术指南》。

通过遵循从确认地点到结果验证（确保去除污染的检测）的各种原则，管理受汞污染地点的国家政策可能会为其它类型污染地点带来积极结果，因为多数受污染地点除了汞外，还含有大量污染物。例如，废弃的氯碱厂/设施受二恶英和其它持久性有机污染物及汞污染。通过这种方式，可开始开展斯德哥尔摩公约和水俣公约的联合努力，从而解决这些地点问题。

## 确认受污染地点和对其定性

汇编已知和推测<sup>356</sup>地点名单是政府开始解决受污染地点进程中可采取的成本最少且最具价值的一项活动，它试图通过行动优先项的形式对其进行排序（通常由其对人体健康和环境的风险程度决定）。

该过程通常指确认和定性。定性涉及到该地点整体“图景”的构建，包括土壤、水和空气样品、确认“受体”（人和动植物）、在地点开展的活动、地点砾石和邻近土地使用情况。一旦该地点被定性，可评估其对人体和环境的风险。在某些情况下，对人体健康和环境的威胁严重和明显程度足以应立即采取措施，防止进一步影响。

非政府组织对该进程的促进可通过向媒体强调已知受污染地点和汞热点地区同时提高该国对汞条约应履行的国家义务来实现。非政府组织还鼓励政府建立三边委员会（由行业、政府和非政府组织）来监督污染地点数据库汇编和开始制定解决污染地点措施的进程。这包括计划建立污染地点立法和制定解决环境和健康影响计划以及制定有关社区参与、修复工作、清理程度和污染地点长期目标政策。

虽然该进程可成功制定地有关污染地点的广泛国家政策，但在帮助寻求单个污染地点解决方案方面，作用也会削减，同时能表明经常首当其冲遭受污染地点最严重影响的当地社群的心声。

在可能的情况下，非政府组织应开始确认和制定已知或推测受汞污染地点清单的进程。这将强调和促进在国家层面解决汞污染的必要性。通过该活动收集的数据也将为未来影响指南文件的缔约方大会提供重要证据。

<sup>356</sup> “推测”地点是有着受污染嫌疑地方的术语。它基于在该地开展的活动经常与国内其它地点或海外的污染有关联。加油站便是个例证，当车加油时，汽油经常会从储油罐泄露。就汞而言，汞电池氯碱厂运营或从事小规模手工金矿开采的地方应被视为“推测”地点，直至监测证明其无汞。

## 案例分析：IPEN-BRI（生物多样性研究所）研究强调泰国汞污染，推动三方解决方案

多数泰国东部农村社群他冬县的居民为农民，因为当地鱼类丰富，当地淡水鱼便成为每家日常饮食的一部分。然而，如许多其它农村社群一样，他冬县工业的快速发展和扩张正以牺牲公众健康和环境为代价。

在他冬县，露天储存的库存产生的煤灰、水泵厂不断产生的气味以及公共运河中大量的死鱼几乎每年都会引发严重的公众关注，但政府和工业部门却都视而不见。去年，两名敢言的在那里被刺杀，许多社区成员相信污染行业与此相关。

2013年，IPEN将他冬县地点纳入其鱼类和头发监测研究。结果显示85%的鱼类和100%的人头发样本的含汞量超过健康标准。IPEN泰国成员组织EARTH召开了新闻发布会公布该报告。报告长达数星期成为国家纸媒和电视媒体的头条。这使政府官员难以无视对他冬县社群污染的关注。

虽然政府起初对结果予以争辩，但当泰国卫生部进行的鱼类和头发检测证实了IPEN的发现时，司法部自行开始调查。最终两家工厂的执照被暂停，16家工厂被传讯。如今，工业部创建的三方委员会每月进行会晤，监测该地点的汞污染情况。EARTH会定期参加这些会议，如今成为这项由非政府组织驱动的新行动的重要行动方。

## 利用汞条约对于制定小规模手工金矿开采（ASGM）国家行动计划的要求

本国存在ASGM活动的非政府组织应推动ASGM国家行动计划。ASGM国家行动计划的目的是削减在可能的情况下消除所含汞及汞化合物以及来自源头如开采和加工的汞对环境的排放和释放。可以选择将对受汞污染地点的管理纳入至国家行动计划的要求。如果一国正在制定出于ASGM目的的国家行动计划，在可能的情况下，该国非政府组织应开展运动，确保将污染地点管理清理纳入至计划要求。这点具有流动益处，因为许多受汞污染地点同时含有其它污染物，作为清理计划的部分内容，这些污染物可以被去除。国家行动计划关于修复受汞污染地点的指导原则的制定可启动污染地点国家政策的制定。还应每三年对国家行动计划进行审查，以评估汞削减进展。

## 通过非政府组织倡导加快污染地点修复

非政府组织应倡导已知汞污染地点的修复，无需参照汞条约条款。IPEN成员组织之前曾采取过行动，这些行动使得政府在汞条约规定时间框架之前便采取行动削减汞污染。同样重要的是，急于求成进行地点清理可能导致对污染地点旁边工人和居民

而言不力和危险的清理。特别关注点应是确保该地方的清理程度达到汞在土壤/水中的国际可接受水平，确保工人和附近社群在清理过程中不受污染物影响。

## 开展“污染者付费”规定运动

为了与生态可持续性发展原则保持一致，人们普遍认为“污染者付费”原则应适用于污染地点清理。政府可以切实通过立法，要求污染者对其污染之处修复付费。某些国家有着“严格的责任”规定，要求即使已过数十年，公司仍需付费进行清理。

### 预警是项投资；污染处修复成本昂贵

防止污染地点产生是项明智的投资。虽然某些公司认为将废弃产品倾倒入环境节省了开支，但立法或规定中的“污染者付费”要求则意味着制造污染地点的行业必须重新负担清理成本。清理成本通常为数百万美元，对于大公司而言，这会重创其盈利，而小公司的可行性则会受到影响。由于潜在的清理成本，公司资产负债表上的污染地点也会阻止投资者。公司应将防止污染的预警行动视为一项明智的投资，否则，未来将面临高额的清理成本。

在某些情况下，由于无法找到责任方，污染地点便宣称为“无主”地。如果这些地点对人体健康和环境造成了危害，政府可优先考虑，为修复付费。在许多情况下，作为政府活动的部分内容，政府本身对污染处负责。在这些情况下，政府可对修复费用负责。即使在工业发达国家，污染处修复费用仍非常高。通常，清理标准越高，清理费用越昂贵。在美国，在与美国政府和行业的联合下，创立了一项“超级基金”，将此作为清理无法明确污染者或缺乏资金管理清理的“无主”或“遗留”地点的方式。通常被认为产生污染地点的行业（如汽油和化学行业）基于法律的要求成为基金的很大来源，这笔资金成为处理污染地点清理基金的共同资金，非政府组织可考虑向其国家提议类似的机制。

在捷克以前公有财产私有化过程，制定了一项计划，其目的在于为工业污染地点修复提供帮助。它要求工业设施保留污染其土地的化学品的清单。当土地/工业私有化来临时，土地购买价格的一部分投入至未来可用来清理土地的“基金”。虽然它不是严格意义上的“污染者付费”系统，但可成功用于经济转型期国家减轻政府修复多个污染地点的财政负担。

污染地点资金最困难的问题之一出现在诸如ASGM的地点，在这些地方众多小规模操作或合法或非法使用汞，这些小规模操作的累积影响导致大面积土地、沉积物和地表水甚至可能为地下水的污染。在这些情况下，几乎无法确认责任个人或群体。即使能确认，多数开采者贫穷，无力为污染处修复提供资金。

然而，非政府组织可以开展运动争取国际资助，将其用于污染地点修复，尤其当其国内政府无力资助这些活动时。联合国环境规划署和欧盟过去曾参与向紧急修复项目提供财政支持。非政府组织和政府也许有机会开展合作，分享污染地点信息和支持修复高风险地点的国际资助请求。

另一个管理扩散污染累积影响的机制是制定“生产者责任延伸制”，根据此制度，产品进口商和分销商对产品生命周期的管理负责，包括处置阶段。在过去，该制度适用于许多消费品，可适用于汞进口商和贸易商。通过使这些实体对其产品直至处置阶段负责，汞污染地点的修复成本会直接转回至那些通过汞贸易获利最多方。

## 促进污染废物的清理

那些污染地点修复的责任方面面临的一个紧迫问题是应该如何处理最终实行清理时污染地点产生的污染废物。

多数污染地点修复分以下几类：

- 使用处理技术进行现场修复
- “挖掘和倾倒”操作，即污染物被挖掘出送到另一处进行处置。
- 自然衰减—通常为“不作为”方式，它允许随着时间的推移，污染物自然降解—请注意，许多污染物如汞不会降解。
- 包含以上几项。

由于污染粉尘和挖掘中释放的烟气或处理技术产生的排放，所有这些方式都会对周边社区造成不同程度的风险。重要的是，任何地点修复需纳入保护污染地点邻近居民健康的措施。

通过长远考虑如何最佳管理本国污染地点，非政府组织可在这个问题的解决上发挥重要作用。在生态可持续发展方面，废物处理的“邻近原则”意味这应尽可能在邻近源头处进行处理。这可以防止因长途运输废物产生的问题，还可防止在另一个不具备废物管理技术能力或财政能力的地方重新产生问题。还有些情况是清理过程中释放的有毒物质使得污染修复相邻社区遭受健康影响。有些情况太危险而不适宜现场处理。

## 必须保护易受害社群免受倾倒之害

在倡导汞污染地点修复时，非常重要的一点是，任何清理污染地点的协议或政策应防止在社群倾倒废物，这些社群在采取措施保护自己免受倾倒负面影响方面是最无能为力的。在贫困地区倾倒或储存来自污染地点的废物会通过影响社会最易受害群体加剧汞污染影响。处于贫穷的人们通常营养不良，依靠当地可能受污染的食物来源，缺乏医疗保健、教育和政治倡导。

对于非政府组织而言，重要的是在这些污染地点管理整体原则中占有一席之地，在重大政策落实到位之前与政府交流，如果时间点稍有滞后，便难以施加影响。同时，更好的做法是在挖掘机开始挖掘污染地点和寻找废物倾倒地之前对这些问题展开辩论，在可能的情况下，解决这些问题。由于废物会被倾倒在阻力最小的地方以及教育、医疗健康和政治代表性有限的社群，因此可针对处置地点施加社会影响力。如果选择贫穷地方对污染废物进行最后处置，在清理污染地点过程中，会转移或放大环境和人体健康影响，这将导致净效益为零。

非政府组织应倡导污染土壤清理，使含汞量达到具体规定以及可接受水平，跟踪清理回收汞（多数源自间接的热脱附）的后续。在倾倒在/或使用前清理可减少受汞高度污染废物的数量，还可降低对特定较小地区的风险，可以更好控制（见第11.4部分长期储存）。还有一点非常重要，切记无论如何都应避免提议通过焚烧、焙烧或直接热脱附的方式对汞污染处进行清理。虽然这些加工最终使得土壤更洁净，但很可能汞蒸气向大气的释放程度很高，会制造和释放危险的持久性有机污染物如二恶英和呋喃。

## 11.1 产品废物

在产品废弃后，含汞产品中许多汞会释放至环境中，当产品被焚烧时，汞释放至焚烧炉的烟气中：空气污染控制设备捕获一些汞，但剩余汞释放至大气中。空气污染控制设备捕获的汞有时也会随后释放至环境中。含汞废物或产品的焚烧通常会生产灰。焚烧产生的灰（包括飞灰和底灰）相当于按总量计算垃圾焚烧原始重量的约30%。因此100公吨的垃圾焚烧导致约30公吨的受污染灰。灰中所含持久性有机污染物、重金属（包括汞）和许多其它有毒污染物的程度增高。汞可从灰中挥发，重新进入环境。多数灰直接被填埋，有些则用作建筑和道路建设材料。

当含汞产品被送至废物倾倒地或设计的垃圾填埋场时，许多汞会散逸至更为广大的环境中，汞散逸的一个重要途径是通过倾倒地和垃圾填埋场的燃火。但是，即使在没有火的情况下，倾倒地和垃圾填埋场的一些汞也会挥发而后进入大气。垃圾填埋场中水性汞化合物会从填埋处释放，而后进入水系统。单质汞和汞化合物都会附着于土壤，会因洪水或其它情况从填埋处迁移至其它地方。

全球焚烧炉替代联盟（GAIA）和其它非政府组织网络开展的“汞政策项目”发布了一项名为“汞量上升：削减因燃烧加汞产品产生的全球排放”报告，该报告估计2005年，医疗废物焚烧、加汞产品焚烧、市政废水污泥（和含汞产品）焚烧、垃圾填埋场燃火和露天焚烧含汞产品的废物共向全球环境释放了100~200公吨汞。<sup>357</sup>

即使在无燃火状态下，含汞产品中的汞也会从倾倒地和垃圾填埋场释放。在通往垃圾填埋场的途中、从垃圾填埋场的工作面（活动部分）、垃圾填埋场废物处理操作过程和作为垃圾填埋场气体中的一种污染物时，这些产品会释放出汞。垃圾填埋场

<sup>357</sup> Peter Maxson, “Mercury Rising: Reducing Global Emissions from Burning Mercury-Added Products,” for the Mercury Policy Project, February 2009, [http://www.zeromercury.org/International\\_developments/FINAL\\_MercuryRising\\_Feb2009.pdf](http://www.zeromercury.org/International_developments/FINAL_MercuryRising_Feb2009.pdf).

气体多数为甲烷和二氧化碳，它会被燃烧、利用为一种能源来源或直接排放至大气中。<sup>358</sup>

一项研究发现在200个用于将废物运往垃圾填埋场的垃圾箱中，20个含汞量大于背景值10倍。在这些垃圾箱中，含汞量达到近500纳克/米<sup>3</sup>。另一项研究测量了数个垃圾填埋场工作面逆风和顺风处的汞浓度，发现与逆风处汞浓度相比，顺风处汞浓度大幅升高—通常高出30~40倍。有些测量发现顺风处含汞量达到了100纳克/米<sup>3</sup>。研究者还测量了垃圾填埋场气体中的含汞量，发现每立方米的浓度其范围为几百至几千纳克。<sup>359</sup> 一项关于中国一处垃圾填埋场的研究测量了垃圾填埋场气体的总气态汞（TGM），同时测量了垃圾填埋场气体中甲基汞和二甲基汞浓度。该研究发现在垃圾填埋场气体中总气态汞浓度近665纳克/米<sup>3</sup>，甲基汞和二甲基汞的混合浓度为11纳克/米<sup>3</sup>。该研究报告进一步说明汞直接从垃圾填埋场土壤中释放，但却未就此进行测量。<sup>360</sup> 另一项中国研究发现垃圾填埋场气体中总气态汞浓度高达1400纳克/米<sup>3</sup>，计算出从所研究的垃圾填埋场散逸的气体中每年的年均含汞量高达3300克。<sup>361</sup> 毫无疑问的是，需要更多地测量经设计的垃圾填埋场和大型废物倾倒地产生的汞排放和释放。

根据联合国环境规划署2005年“汞供应、贸易和需求信息总结”的报告，估计产品用汞量如下：<sup>362</sup>

#### 2005年产品用途汞需求（公吨）

产品	低估值	低估值
电池	300	600
牙科用途	240	300
测量和控制设备	150	350
照明	100	150
电气和电子设备	150	350
其它	30	60
合计	970	1,810

自2005年，电池中汞使用已下降，但照明中汞使用却增加。然而，每年新产品中添加的汞量可能保持在1000公吨以上。

358 “Summary of Research on Mercury Emissions from Municipal Landfills,” NEWMOA factsheet, 2009, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/landfillfactsheet.cfm>.

359 同上

360 Xinbin Feng et al., “Landfill Is an Important Atmospheric Mercury Emission Source,” Chinese Science Bulletin, 2004, <http://www.springerlink.com/content/t1k8j12r71k091r5/>.

361 Z.G. Li et al., “Emissions of Air-Borne Mercury from Five Municipal Solid Waste Landfills in Guiyang and Wuhan, China,” Atmospheric Chemistry and Physics, 2010, <http://www.atmos-chem-phys.org/10/3353/2010/acp-10-3353-2010.pdf>.

362 Summary of Supply, Trade and Demand, UNEP, 以上所引

每个含汞产品的使用寿命都有时间限制，在使用过后，不是被废弃，便是部分或全部回收，进行循环再利用。遗憾的是，通常当电子垃圾被进行回收和循环利用处理时，含汞设备会破碎和/或被加热，这会向操作地和大气中释放汞烟雾。同时，废弃含汞产品中仅有小部分能够通过捕捉产品中的汞以防止其随后的环境释放这一方式得到负责任的管理。

汞废物和受汞污染地点问题的长期解决方式是阻止、逐步淘汰含汞产品和工艺或者将其使用最小化，严格限制和控制非故意人为汞源。在此期间，需要更好地管理含汞废物。应制定法律规定生产或销售含汞产品的企业在使用废弃后将其收回，确保废弃材料能够通过将环境中的汞释放降至最小化的方式得到负责任的管理。尤其是，应制定措施以确保含汞产品在使用废弃后不会被焚烧或露天燃烧，不会被送至倾倒地或垃圾填埋场，从而可能受到填埋场火的影响，不会被送往缺乏对废物中汞进行正确管理的设施的地方进行电子垃圾再加工。

## 关于汞和产品废物，汞条约有何规定？

通过第4条规定2020前淘汰许多加汞产品（潜在豁免至2030年）和通过制定汞污染地点（第12条）和汞废物管理（第11条），汞条约解决这些问题其中的一些问题。

### 11.2 汞加工和副产品废物

关于汞加工和副产品废物的相关信息，可参考本手册解决以下内容的章节：汞供应、小规模金矿开采、水银电解氯碱厂、生产氯乙烯单体生产中汞催化剂的使用、燃煤电厂、水泥生产、工业规模金属开采和提炼以及其它部分。

有些工业金矿和锌矿开采和提炼作业会回收其副产品废物中的商品等级单质汞。有时也会从氯碱厂废物、氯乙烯单体生产中用过的催化剂中回收商品等级单质汞，在某些情况下，甚至通过小规模金矿开采者和黄金行业商人。回收的商品等级单质汞或用于加工再利用，重新进入市场，或撤出市场，安置在长期和/或临时存储设施。

然而更多的情况是，使用汞和非故意产生汞废物的工业或其它工艺并不回收商品等级单质汞，通常在防止汞废物进入环境方面的工作不足。

汞条约和巴塞尔公约尚未决定被视为“汞废物”的废物其相关浓度阈值，但稍后阶段将提供有关该问题的指南。在与巴塞尔公约相关主体的联合下，可能将决定对汞废物予以定义的低汞浓度限制阈值。该值水平可能在两公约间保持协调。汞条约第11条的许多方面将管理汞废物的责任赋予单个国家，尊重他们国内现行的废物管理体制。有关第11条的进一步信息，请见下文。

现有巴塞尔公约技术指南可用至汞条约关于废物定义的新指南最终完成。巴塞尔公约制定了“环境友好管理含单质汞废物和含汞或受汞污染废物的技术指南”，巴塞尔公约第10次缔约方大会通过该指南。

## 关于汞废物，汞条约有何规定？

汞条约要求缔约方采取措施确保在考虑单个国家现有废物管理法规时，通过环境友好方式管理汞废物。未来几年内将制定指南，内容是关于应该如何管理不同形式的汞废物。目前，除了单质汞（氯碱厂关闭产生的不允许进行交易的汞），在定义汞废物方面存在一些困难。

缔约方大会制定废物中汞浓度阈值指南后，便能解决含汞废物确认问题。一旦确认浓度阈值，任何浓度超过该阈值的废物将被视为汞废物，必须如巴塞尔公约和汞条约缔约方大会另外制定的指南规定所示根据汞环境友好管理指南进行管理。应注意巴塞尔公约拥有一个与危险废物国际运动相关的目标，而汞条约拥有一个基于人体健康和环境保护的目标。其结果是，汞条约对汞废物进行定义的汞浓度阈值可能与巴塞尔公约有所不同，该问题将会引起部分国家讨论以确认阈值。值得注意的是，巴塞尔公约并未对废物含汞量阈值进行定义。

只要汞条约允许该使用，汞废物回收的单质汞可再利用。

如果开采尾矿（任何形式的开采）汞浓度超过特定阈值，汞条约还将将其纳入为汞废物。

## 第11条 汞废物

- 巴塞尔对废物的定义适用于汞条约：由汞化合物组成或含汞化合物或受汞或汞化合物污染的废物。
- 在与《巴塞尔公约》的合作下，缔约方大会将确定相关的临界值，以确定具危害性的相关汞数量。
- 条约明确地排除源自采矿的尾矿（初级汞开采除外），除非此类废物的汞含量超过缔约方大会定义的临界值。这包括源自所有开采操作的含汞尾矿。
- 各缔约方采取措施，从而根据《巴塞尔公约》导则和将来将增至条约的导则对汞废物进行环境友好管理。
- 该条规定未确定企业或污染者责任，但各国政府可能希望利用这些经济手段。
- 废物导则制定过程中，缔约方大会必须将国家废物管理计划和法规纳入考虑范畴。
- 汞废物只能回收、循环利用或直接用于条约允许用途。注：源自停用氯碱厂的汞单独受第3条的监管。
- 不允许巴塞尔公约缔约方进行跨国界的废物运输，除非为进行环境友好处置。

- 非巴塞尔公约缔约方考虑相关的国际规则、标准和导则。

## 开展汞废物行动

汞条约要求缔约方“采取措施”确保汞废物的环境友好管理。非政府组织从而可请政府明确表达他们为符合该要求已采取何种措施。巴塞尔公约第10次缔约方大会通过的《环境友好管理含单质汞废物和含汞或受汞污染废物的技术指南》对这些措施中多数成分（不含全部）进行了定义。

## 使政府对汞废物“措施”负责

措施可包括许多活动，范围从发展切实的基础设施如处置地点或汞废物处理设施到政策制定、立法、法规和监测。政府应对其开展的活动保持透明，确保汞废物通过环境友好方式进行管理。他们的活动还包括与国际主体合作，发展和保持通过这种方式处理汞废物的能力。非政府组织应鼓励其政府利用类似主体可提供的专业技术，从而加快其国内汞废物的责任管理。

汞条约的确要求考虑缔约方现有废物管理法规和项目。如果一国仅仅依靠环境不友好的填埋方式处置汞废物，那么对于非政府组织而言，存在着空间去辩驳需采取更强措施管理汞废物，以确保其不会通过汞蒸气释放经渗滤液和空气污染地下水。

## 确认已知汞废物

虽然缔约方大会尚未对汞浓度阈值进行定义以积极确认汞废物，但在讨论汞低限值决议时，非政府组织可采取某些活动用以强调汞废物乏力的管理。

IPEN和阿尼卡协会曾发布过一张名为“全世界所选汞废物热点地区”图。<sup>363</sup> 该图也可作为起点，为非政府组织开展国家层面的类似工作提供模板。

任何汞程度严重的国家都会拥有需要特殊管理的汞废物。许多情况下，在决定是否列为汞废物时无需汞浓度分析。含汞产品如CFL、日光灯管、温度计和一定的电池为较明显的物质。非政府组织应倡导立即采取措施对产品处于废物阶段的处置进行监管。在废物阶段，它们最有可能释放汞污染。有许多资源可提供汞污染和国家/或区域废物信息，[sciondirect.com](http://sciondirect.com)或更大众化的[scholar.google.com](http://scholar.google.com)为其中两个专业的服务器。

政府应该采取的重要预警活动（无需过度考虑汞浓度阈值）是建立法规确保这些类型的物质与废物流的剩余部分分离、经收集做进一步处理、回收（用于可允许用途）或环境友好处置。安全回收CFL和温度计玻璃和所含汞的技术已使用一段时间。非政府组织可促进公众/私人投资，从而吸引将建立这些技术的公司更好得管理这些产品的汞废物。

<sup>363</sup> [http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/mercury\\_waste\\_hotspots\\_world\\_map-en.pdf](http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/mercury_waste_hotspots_world_map-en.pdf)

非政府组织还可考虑与那些有成员生产或销售这些产品的行业协会接触，鼓励它们参与产品管理项目，以确保这些产品在其使用寿命终结时得以安全收集和管理，包括投资以上描述的回收技术。

这些活动无需等到汞条约生效或建立低汞限值再开展。

## 针对有嫌疑的汞废物采取运动

如果没有实验室分析或如X射线荧光光谱仪的设备，有些含汞废物较难确定，包括含汞回收的金属、工业污泥、灰、污染土壤、开采尾矿和液体废物。一旦确定用于汞废物定义的浓度阈值，许多这种性质的废物流其身份将会被确认。

同时，有许多废物是非政府组织可经过分析证明其具有“嫌疑”。有许多使用汞或制造废物流的工业工艺普遍被认为含汞，可确认将它们列入非政府组织关于可能汞废物的名单以供进一步调查。

市政、医疗和危险废物焚烧炉被认为含有很高程度的汞。类似的，电厂排放的煤灰也被认为受汞污染。对于那些有已知汞污染历史的废物流，非政府组织可确认这种物质目前的废物倾倒，将其纳入至潜在汞污染地点的数据库。那些具有分析能力和能进入倾倒地点的非政府组织可对那些倾倒取样，公开强调任何升高的汞程度，从而向行业和政府施压，使其清理污染地点和加紧对那些行业的监管。

## 确认污染废物：阿尔巴尼亚发罗拉汞热点地区

发罗拉海湾属于亚德里亚海，位于阿尔巴尼亚的西南部分。发罗拉海湾以前的氯碱和聚氯乙烯厂（称为Soda PVC厂）是发罗拉海湾最重要的汞污染源。工厂于1967年开始运营，使用汞电池工艺生产烧碱和聚氯乙烯。在其高峰期，工厂生产了2.4万吨煅烧碱和1.5万吨烧碱和1万吨聚氯乙烯。Soda PVC厂将其废物直接排入发罗拉海湾，同时将受污染的污泥倾倒在海滨附近的一个地方。工厂于1992关闭，自那以后，工厂建筑被完全摧毁。然而，倾倒的污泥仍留于海滨附近，并未采取预防措施来防止其进一步污染海湾或周边居民。2002年，在经土壤取样，发现以前工厂所在地的汞水平超过10000ppm后，联合国环境规划署/北极监测和评估计划（GEF项目GF/ME/6030-00-08）的一项确认任务将该地区认定为“热点地区”。该值超过欧盟典型阈值的1000倍。

发罗拉海湾是重要的捕鱼区，该地区的鱼分销于阿尔巴尼亚的所有城市。IPEN和阿尼卡协会的取样发现鲱鱼体内的平均汞含量超过美国环保署参考剂量0.22ppm的2.8倍。鲱鱼含汞量的最大值超过参考剂量的四倍多。四个鲱鱼样本也超过了参考剂量。

为了防止海洋生态系统的持续汞污染和防止将鱼作为发罗拉当地社区和游客的食物，有必要防止污染地区的进一步污染和向海洋排放废物。汞会持续污染当地并导致全球汞污染，直至解决该问题。

发罗拉的例证可用于强调汞废物对人体健康和环境的影响，向当局施压使其筹集资金清理这些地点。重要的是需仔细审计地点清理的各个方面（包括回收废物的去处），从而确保修复技术不会产生汞排放或持久性有机污染物排放如二恶英和呋喃。尤其应避免直接进行焙烧或焚烧的技术。

## 汞废物处理技术

许多不同技术被建议用于处理汞废物，从而削减含汞量。多数技术列入了巴塞尔公约通过的技术指南。为了防止汞的产生，任何一种热处理都被督促谨慎使用。汞很容易蒸发，一些假借其它名字得以促进使用的技术只是废物焚烧的形式。问题最严重的技术是不同的焙烧和直接热脱附（直接加热废物）技术。

即使在采用了捕捉汞的一些设备的情况下，也必须注意废物中的氯和其它卤素化合物。当以任何形式进行焚烧或焙烧时，它们会释放二恶英和其它持久性有机污染物。唯一安全的技术是不直接焚烧废物的间接热脱附。与直接热脱附相反，污染废物被间接加热，然而进行汞分离和捕捉。IPEN倡导将这种废物处理纳入巴塞尔公约第10次缔约方大会通过的《环境友好管理含单质汞废物和含汞或受汞污染废物的技术指南》。

### 11.3 受污染土壤和水所含汞

一旦汞污染进入土壤或水中，所有可用于清理和修复的方式便非常昂贵，却不能达到完全满意的效果。某些情况下，用于清理受污染土壤和水的方式仅仅是将汞转移至另一媒介。例如，一些技术促使汞从土壤或水中挥发至空气中。2007年，美国环保署发布了一份名为《土壤、废物和水中所含汞的处理技术》报告，描述了一些可利用的选择方案。<sup>364</sup>

该报告中使用的“土壤”一词包括了土壤（沙、淤泥、粘土和有机物的混合物）、残渣、淤泥、沉积物和其它固相环境介质。“废物”一词包括了工业产生的无害和有害固体废物。“水”一词包括地下水、饮用水、无害和有害工业废水、地表水、矿井排水和渗滤液。以下为美国可利用处理技术的总结：

364 Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water, U.S. EPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, 以上所引

## 土壤和废物处理技术

技术	说明
固化/稳定化	物理上将污染物结合于或封闭在一个稳定体中，化学上通过将污染物转化为具更少溶解性、移动性和有毒性的形式来减少有害潜在物。
土壤清洗/酸萃取	使用某些污染物优先吸收住土壤细微部分的原则。土壤悬浮于水溶液中，细微物从悬浮液中分离，从而减少剩余土壤中的污染浓度。酸萃取使用一种萃取化学药品，例如盐酸或硫酸。
热解吸/干馏	使用热和降低的压力，从而挥发受污染介质中的汞，随后通过冷凝将汞蒸气转化为液体单质汞。尾气可能要求通过另外的空气污染控制设备如碳装置进行进一步处理。
玻璃化	高温处理：通过将金属纳入一个化学耐用、耐浸、玻璃体中以减少金属的移动性。该工艺也可能导致污染物挥发，从而减少其在土壤和废物中的浓度。

该报告说明固化/稳定化工艺为美国用于处理受汞污染的土壤和废物最常用的技术。固化/稳定化(S/S)为商业应用技术，曾用于满足监管的清洁水平。除固化/稳定化外，该报告中所列用于处理受汞污染土壤和废物的技术的使用不及固化/稳定化技术频繁，通常仅用于具体的应用或土壤类型。该报告的作者们没有提供使用固化/稳定化技术处理的含汞土壤和废物的长期稳定性，他们指出缺乏提供该信息所需的必要数据。该报告的作者们未提供关于使用固化/稳定化进行处理的含汞土壤和废物其长期稳定性的信息。他们表示缺乏提供该信息所需的数据。

我们当然需要更多的信息，不仅是关于使用固化/稳定化技术处理的汞废物的稳定性，而且更普遍来说是关于与所有汞废物处理技术相关的残留物中含汞量长期来看的最终去处。随着时间的推移，这些残留物会向大气释放汞尾气，这依然为人所担忧。同时仍值得关注的是这些残留物释放的汞进入环境所通过的其它途径。

## 水处理技术

技术	说明
沉淀/共沉淀	使用化学添加剂 (a) 将溶解的污染物转化为不溶性固体，或 (b) 形成不溶性固体，溶解的污染物能够吸收于上面。然后，通过净化或过滤，这种不溶性固体得以从液相中去除。
吸附	浓缩在吸附剂表面的溶质，从而减少它们在本体液相中的浓度。吸附介质通常被装进一个柱子里。当受污染水通过柱子时，便吸收了污染物。
膜过滤	通过让水通过半渗透屏障或膜，将污染物和水分离。该膜能让一些成分通过，同时阻止其它成分。
生物处理	使用微生物，这些微生物直接作用于污染物种类或创造让污染物从土壤中浸出或从水中沉淀/共沉淀的环境条件。

在以上描述的水处理技术中，沉淀/共沉淀为美国最为常见用于处理汞污染水的工艺。通常，水特性的改变如其酸度(pH)或汞化学特性的改变(从 $Hg^{2+}$ 转化为 $Hg^0$ )能够获取更好去除率。与其它所列的水处理技术相比，这项技术的成效较少受到媒介和污染物特性的影响。

当汞为唯一需要处理的污染物时，针对相对较小系统往往使用吸附技术，对于较大系统排放污水而言，它被视为一项抛光技术。膜过滤使用较少，因为它往往比其它汞处理技术产生更大量的残留物。生物修复对于试点规模研究而言有限。

## 11.4 汞的临时存储和处置

本手册“汞供应”部分提及欧盟和美国已通过了将禁止单质汞出口的法律法规。在某些情况下，这要求长期的汞管理和存储；在其它情况下，这要求对人体健康和环境安全的汞处置。欧盟法规将所有从水银电解氯碱厂回收的汞和从有色金属开采和冶炼操作以及天然气清洁中回收的汞列为废物类。这意味着在欧盟国家，这些来源产生的商业等级单质汞不能进行出售和使用，相反，必须进行处置。

在美国，出口禁令将意味着需求范围之外的商业等级单质汞的所有供应都需要进行存储。美国汞供应持续来源包括氯碱厂改建或关闭回收的汞、作为金矿开采和某些有色金属提炼副产品回收的汞、产品收集计划回收的汞和其它循环再利用汞。

根据联合国环境规划署评估报告，在拉美和加勒比海地区，开采作业产生副产品汞的不断捕获和汞替代品的不断使用将导致该地区多余的汞。该地区的各国政府认识到必须妥善地管理多余的汞，将其存储以防止再次进入全球市场。这些政府考虑确定汞优先的环境友好存储解决方案。<sup>365</sup>

虽然其它地区如亚洲目前没有显示出汞供大于求的现象。但据预计，在通过全球汞控制条约和其规定生效后，这种情况会改变。因此，预计所有地区将需要使方案到位，以去除市场上过多的汞供应，从而防止过多低廉汞的不当使用，尤其是汞使用立法规定难以生效的部门，例如小规模金矿开采。<sup>366</sup>

在有些国家如美国，汞存储的优选方法是地面监控存储。例如，美国军方拥有一个大型的存储处，汞存储于76磅的瓶中。这些瓶相应地被密封在不透气的30加仑的圆桶中。每个圆桶有6个瓶子，每个托板上有5个圆桶。在圆桶内，瓶子被分别密封在塑料袋里，由间隔物分开，放在具吸收性的垫子上，该垫子兼做缓冲材料。圆桶放在密封层木制托板的托盘上。为了利于检查和空气监测，这些托板不相叠。<sup>367</sup> 只需符合以下条件，该方式可能足以防止汞从仓库散逸：有足够的维修和检测；仓库不易受到自然灾害的影响，如地震、洪水、气旋风；仓库所在地非战争地带。美国使用的其它汞存储方法包括存储于吨瓶和塑料瓶中。

欧盟法规呼吁永久或临时将单质汞存储于适合金属汞处置的盐矿中，或在确定安全和封闭程度与盐矿程度相当条件下，存储于地底深处硬岩层。法规还允许汞在

<sup>365</sup> “Assessment Report: Excess Mercury Supply in Latin America and the Caribbean, 2010-2050,” UNEP Chemicals, July 2009, [http://www.chem.unep.ch/mercury/storage/main\\_page.htm](http://www.chem.unep.ch/mercury/storage/main_page.htm).

<sup>366</sup> “Development of Options, Analysis and Pre-Feasibility Study for the Long Term Storage of Mercury in Asia and the Pacific,” UNEP, February 2010, [http://www.chem.unep.ch/mercury/storage/main\\_page.htm](http://www.chem.unep.ch/mercury/storage/main_page.htm).

<sup>367</sup> “Background Paper for Stakeholder Panel to Address Options for Managing U.S. Non-Federal Supplies of Commodity-Grade Mercury,” U.S. EPA, March 2007, <http://www.epa.gov/mercury/stocks/backgroundpaper.pdf>.

地面上设施临时存储的时间可超过一年，这些设施的装配专门用于金属汞的临时存储。<sup>368</sup>

对于盐矿中的汞存储，欧盟法规规定废物周边的岩石应作为废物封装的主岩。存储地点必须位于覆盖层不透性岩石层和底层不透性岩石层之间，以防止地下水进入以及液体和气体散逸。操作时，轴和钻孔必须封闭，操作完毕后，必须密封性关闭。如果采矿处正在进行矿产开采，处置的地区必须使用液压防渗坝进行封闭。操作时必须确保主岩的稳定性，必须确保地质屏障无限期完整。<sup>369</sup>

欧盟法规还允许硬岩层的汞存储。此被定义为几百米深硬岩石组成的地下存储区，包括各种火成岩如花岗岩或片麻岩、沉积岩如石灰石和砂岩。只要确定这些设施的安全和密封程度与盐矿的程度相等，便可以在这些设施里临时或永久存储汞。其它条件也适用，处置设施必须适合金属汞的处置。必须防止汞向地下水释放和汞蒸气排放。该地方必须能防止气体和液体渗透，其施工必须允许未来维修操作。应该允许废物回收和未来改良措施的实施。应该具有达数千年的长期稳定性。存储地必须位于地下水位面之下，以避免污染物向地下水的直接排放。<sup>370</sup>

其它国家和地区正在考虑长期存储单质汞的方法。

联合国环境规划署提供了一份草案纲要报告，并于2010年4月提交于拉丁美洲和加勒比海地区国家的地区会议，<sup>371</sup> 根据该报告，针对地面上特殊设计仓库的要求包括以下内容：

- 地点必须为不易受到地震、飓风和洪水影响的地方。
- 应考虑一个以上地区。
- 气候干燥地区优先。
- 地点应远离水域或人口集中地区。
- 装汞容器应远离地下水。
- 在包装、装卸、国内运输和温度控制时应防止蒸气排放。
- 应避免地点受地下水和地表水污染。
- 地点应靠近马路或交通基础设施。
- 各项目应到位，以防止风险和事故。
- 存储应具可逆性。
- 各系统应到位，对空气、防漏、工人血液和尿液进行监测。

368 “Requirements for Facilities and Acceptance Criteria for the Disposal of Metallic Mercury,” European Commission, April 2010, [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro\\_study20100416.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro_study20100416.pdf).

369 同上

370 同上

371 “Draft Annotated Outline: Developments of Options Analysis and Feasibility Study for the Long Term Storage of Mercury in Latin America and the Caribbean,” UNEP, 2010, [http://www.chem.unep.ch/Mercury/storage/LAC\\_Docs/First%20Draft%20report%20feasibility%20study%20Hg%20storage%20LAC%20project%2005-04-10%20parcial.doc](http://www.chem.unep.ch/Mercury/storage/LAC_Docs/First%20Draft%20report%20feasibility%20study%20Hg%20storage%20LAC%20project%2005-04-10%20parcial.doc)

- 应对设施进行排放控制。
- 该设施应对汞蒸气进行永久监测，其敏感度能确保不超过含汞量为0.02毫克/米<sup>3</sup>的指示性限值。
- 该设施应具有防止和控制溢出的方案。
- 需建立包装标准。
- 建筑物应有防汞密封层，应倾斜于收集贮槽。
- 设施应具有足够的安全措施。
- 不应将汞和其它废物一起存放。
- 每年应进行维修检查和校准监测系统。
- 应定期对设施进行独立审计。

欧盟专家另外表示，在采取上述地面上存储情况下，仍有汞存留于生物圈中。同时，他们还指出这种存储方式的安全性取决于政治稳定性，上述地面上存储可能不宜为永久解决方案。

该起草报告还讨论了地下处置。地下处置的主要考虑是将废物与地质层的生物圈隔离，在此处预计能保持长时间的稳定。这是地下深处最好的方法。在放于矿内之前，将汞放置于容器中。通过另外设计的屏障和主岩提供的天然屏障，容器能够防止汞泄露和隔离汞。该起草报告说明用于地下处置最常见的岩石或土壤类型包括粘土和盐以及硬岩浆岩、变质岩和火山岩如花岗岩、片麻岩、玄武岩或凝灰岩。深度取决于使用层的类型和覆盖层的隔离能力。

该起草报告确定了关于老矿区地下废物存储的一些要求（不是所有的都相互兼容）：

- 应为矿内可利用、未经使用的采掘区，该地区应远离开采密集区并能进行封闭。
- 应保持洞口敞开，使得矿山经营者无回填义务。
- 即使在很长一段时间后，必须保证挖掘洞口稳定和易入。
- 矿必须保持干燥和无水。
- 废物存储洞必须封闭，远离含水层。
- 为了提高安全性和简化汞处理，应将汞稳定化，即进行化学处理，将单质汞转化为硫化汞。
- 汞纯度应在99.9%以上，因为杂质会导致水溶性的增加。
- 在汞附近，不应含有氧化剂。
- 由于汞具有很高的蒸气压，设施需要良好的处理和通风系统。
- 废物验收标准将取决于当地法律框架。<sup>372</sup>

---

372 同上

一次亚洲区域会议也审查了长期汞存储的方案。几家亚洲机构和组织为本次会议筹备的报告考虑了以下三方案：地面上尤其是精心设计的仓库；地下地质层如盐矿和特殊岩石层；出口至国外设施。该报告的作者得出结论，长期汞管理的重要要求是：干燥的大气条件；政治、财政和经济稳定性；安全性；适当的基础设施；和环境安全。<sup>373</sup>

报告的作者们建议汞存储设施的建立应与努力建立富含汞的废物的处理设施联合起来。他们提出这将花费大量成本，需要建立特殊机制解决资金成本和法律两方面问题。

亚洲报告的作者们建议拥有沙漠和稳定社会政治环境的国家应考虑主持建立一个地面上存储设施。然而，他们建议亚洲国家不应追求使用地下地质层来存储汞，因为其成本很高且缺乏合适的地址。作者们建议没有沙漠和不具备潜在稳定条件的国家将汞和富含汞的废物出口至拥有安全长期汞存储设施的国家。<sup>374</sup>

根据第10条，汞条约规定了在未来采取措施指导汞储存，包括临时措施和永久处置两方面，期望能通过环境友好的方式储存汞。

## 第10条 环境友好的临时汞储存，废弃汞除外

- 临时汞储存只能于条约允许范畴使用。该临时储存与汞库存的储存具有类似功能。
- 各缔约方必须“采取措施”确保以环境友好方式进行临时储存，确保这些设施不会成为汞热点。
- 缔约方大会储存导则的采用将《巴塞尔公约》导则纳入考虑范畴，但条约未详述这些导则具体出台日期。导则应解决各种临时储存，包括国家或区域临时储存。
- 储存导则也可增至为条约附件。

## 非政府组织可利用汞条约确保汞被环境友好储存。

在与其政府合作将汞排除在贸易和供应周期外时，汞的临时储存成为非政府组织关注的一个重要问题。汞条约向缔约方规定了一项义务，即“采取措施”以确保通过环境友好方式进行汞的临时储存。非政府组织可以询问其政府在决定储存设施合适放置地点的过程方面已采取了哪些措施。如果政府已拥有汞储存设施，非政府组织可对比“检查名单”例如那些为拉美和加勒比海地区制定以及本部分内容之前所引的，审核这些设施的运行。

随着汞条约缔约方大会制定关于汞临时储存具体标准的指南，非政府组织可直接检查其地区或国家储存设施的情况，看其是否合规。如果非政府组织对于储存设施的

<sup>373</sup> Development of Options, Analysis and Pre-Feasibility Study for the Long Term Storage of Mercury in Asia and the Pacific, UNEP, 以上所引

<sup>374</sup> 同上

真实性存有疑虑，可在设施边界开展土壤或空气取样，以强调汞污染和储存不当的任何问题。

临时储存（与长期储存不同）适用于两种不同情景

- 汞以库存形式储存，用作汞条约“允许用途”（汞不能储存和直接用于不允许用途）。
- 汞被储存，目的是将其从贸易和供应链的流通中去除，等待永久处置。

不论哪种情况，重要的是制定符合环境友好储存指南的安全设施，从而防止蒸气释放、泄露和其它可能影响设施工作人员或周边人口和环境的污染形式。

单质汞的来源众多，尤其是对国内汞贸易和出口实行限制时。氯碱厂的关闭、含汞产品（如日光灯管）的粉碎和回收、烟道排放的汞、金属提炼或天然气清洁和医疗设施所含汞都应进行环境友好储存，等待永久处置。

非政府组织应优先探寻其监管当局在国家或区域层面的行动，开展汞储存设施选址的进程。汞储存设施与重大汞回收地点（如受污染的氯碱设施地点）的协同定位被建议为一项防止汞长距离迁移的方式，长距离迁移会增加溢出或污染的风险。本部分之前讨论过的汞储存设施选址标准强调储存设施在地理和政治上应尽可能安全的必要性，不宜易遭受自然灾害如洪水、飓风和地震活动的破坏。

缔约方大会以后将结合巴塞尔公约对汞废物进行定义。本质上来说，这意味着汞条约缔约方大会将与巴塞尔公约相关主体进行合作，从而决定为废物定性的低汞含量阈值。那些汞浓度超过阈值（尚未确定）的废物将根据汞条约或国内立法规定进行处置。

汞条约允许回收利用和再加工使用过的汞和汞废物（除氯碱厂关闭产生的汞），前提是它直接用于可允许用途。不允许使用的单质汞必须进行临时储存，等待永久处置。一旦被定义为汞废物，将进行永久处置。

## 出口禁令和国内限制

非政府组织面临的挑战是说服本国国家政府不仅不能从使用过产品、医疗仪器、工业工业、废物和污染地点处回收汞，而且应禁止其再次进入供应链。实行出口禁令的活动在削减全球汞供应方面具有价值。这将有助于防止汞进入市场。一旦流入市场，将可能在一段时期后出现在高污染操作如ASGM中。虽然出口禁令无法阻止回收的汞重新用于国内环境的汞条约可允许用途，但的确有助于全球汞污染扩散。

国内汞贸易限制有助于在国家层面削减汞污染，但如果仍允许单质汞出口便会失去全球有效性，因为这个问题会转移到其它地方。可实现的最佳可能结果是进出口禁令结合国内汞贸易限制。但政府需对单质汞剩余库存的现状做好准备，非政府组织可以在这点上提供建立和运行环境友好和安全储存设施所要求标准的指南。

# 12. 结论

数十年来，众所周知，汞污染导致人体健康和环境的严重危害。各国政府曾抵制过许多将汞污染降至最低必需的控制措施，直至最近。现在，情况正在变化。

逐渐增加的公众关注和对当地、国家和全球汞污染危害扩大的科学认识驱动许多政府开始采取有意义的行动，以控制汞大气排放和对环境的其它汞释放。政府同意全球汞条约的决定使得非政府组织和其它方更容易也紧密相关地去开展活动以解决当地、区域和全球汞问题和担忧。在汞问题已牢牢成为国家环境和政治议程部分内容的国家，已成为事实。在汞污染关注现在正开始显现的国家和地区，正逐渐成为事实。

这为非政府组织和其它任务与公众健康或环境保护相关的公民社会组织既创造了机遇又带来了义务。同时为代表受影响选民如鱼类成为其日常饮食重要组成部分的人们、汞污染设施附近的社区、受汞暴露的工人和许多其它方既创造了机遇又带来了义务。在目前的政治气候下，针对汞相关问题开展行动成功率非常高，会产生重大的影响。最后，现在已有超过90个国家签署了汞条约。虽然国家政府会考虑条约批准以及随后的实施，但公众关于汞污染的意识将在很大程度上影响他们决定如何行动。

由于汞污染的全球特性，非政府组织和其它公民社会组织共同努力寻求解决方案是至关重要的。国际消除POPs网络致力于建立和加强这一行动。

## 附件1 水俣公约条款：IPEN总结和分析

以下关于汞条约条款的分析为本手册主体的附件内容，旨在对签署条约必须履行的要求上下文补充介绍。这些条款中某些与条约重要方面有着重要联系，包括豁免、时间限制、定义、能力建设、技术转让和监测。汞条约中与汞污染直接相关的条款也纳入至本手册与污染事宜最紧密相关的那些部分（如第7.5部分削减汞供应的必要性中讨论了第3条汞供应来源和贸易）

虽然手册前面章节将与汞污染直接相关的汞条约条款纳入其中，但重要的是在下面所列条款的上下文对其进行考虑，从而能够全面理解公约缔约方的各种义务。

## 条约序言

- 序言尤为指出对易受害群体的健康关注以及对子孙后代的关注。
- 它指出“北极生态系统和土著社区尤易受到危害”，因为汞在食物链中的生物放大和传统食物受到污染。
- 它提及水俣病“以及确保汞得以妥善管理及防止未来此类事件发生的必要性。”

- 它指出条约不“阻止缔约方采取其它符合公约规定的国内措施以保护人体健康和环境免受汞暴露。”
- 未出现“预防”和“污染者付费原则”二词。相反，里约原则“重申”中则集中体现了二词。同时与之相反的是，斯德哥尔摩公约提出“所有缔约方应关注预先警告且公约有所体现……”

## 第1条 目标

- 本公约的目标是保护人体健康和环境免受汞及汞化合物人为排放的危害。

## 第2条 定义

- (a) “小规模手工金矿开采”指个体开采人员或资金投入和生产有限的小型企业进行的金矿开采
- (b) “最佳可行技术”指最有效防止和不能切实防止的情况下削减大气、水和土壤中汞排放和释放以及这些排放和释放对环境整体影响的技术，将某缔约方或该缔约方境内某设施的经济和技术纳入考虑范畴。在此意义下
  - (i) “最佳”指最有效地实现整体环境总体保护高水平。
  - (ii) 就某缔约方和该缔约方境内某设施而言，“可行”技术指技术开发程度可允许于经济和技术可行情况下相关产业部门实施的技术，如果该缔约方决定设施运营商可获取这些技术，需考虑成本和利益，这些技术是否于该缔约方境内使用和开发；及
  - (iii) “技术”指使用的技术，操作实践以及装置设计、建造、维护、运行和停用；
- (c) “最佳环境实践”指环境控制措施和策略最宜结合的运用。
- (d) “汞”指元素汞(Hg (0), CAS No. 7439-97-6)。
- (e) “汞化合物”指任何含有汞原子和仅通过化学反应便分离成不同成分的其它化学元素的一个或多个原子的物质。
- (f) “汞添加产品”指含有故意添加的汞或汞化合物的产品或产品成分。
- (g) “缔约方”指同意接受该公约约束和公约生效的国家或区域经济一体化组织。
- (h) “缔约方出席并表决”指出席和在缔约方会议投赞成票和反对票。
- (i) “初级汞开采”指主要寻求材料为汞的开采

- (j) “区域经济一体化组织”指某区域主权国家设立的组织，成员国将公约管理事项的权限转让给该组织，且根据其内部程序，该组织已获正式授权进行签署、批准、接受、核准或加入该公约。
- (k) “允许使用”指缔约方对于符合该公约的汞或汞化合物的任何使用，包括但不限于符合第3，4，5，6和7条的使用。注：该提议使小规模手工金矿开采列为公约允许使用范畴，未追加警告或警示，同意在多数国家视为非法的部门使用有毒物质。值得庆幸的是，某些国家已禁止在采矿/小规模金矿开采中使用汞。

### 第3条 汞供应来源和贸易

- 自条约于一国政府生效起，禁止新增初级开采。但政府可允许生效前的新增汞开采；如果政府推迟批准，则有更长的时间空窗。
- 条约于一国政府生效起15年后，禁止现有的初级汞开采。如果政府推迟批准，则可延长现有矿场的汞开采。
- 批准后开采的初级汞仅可用于许可产品或许可工艺中（如下述第4和5条中的氯乙烯单体等），或者根据条约要求进行处置。这意味着条约一经国家批准，则不应在小规模手工金矿开采中使用初级开采汞。
- 确定50公吨以上的汞库存为可选，但国家“应努力”实现。该款规定实际上与关于临时储存方面的第10条相关。注：该款也有关于确定一国境内小规模手工金矿开采活动，因为10公吨以上的库存可能预兆着小规模手工金矿开采行为的存在。各缔约方可通过纳入临时储存/库存设施的年能力信息，使得库存的确定更为全面和有益，解释库存目的和针对其的未来计划。
- 由于允许小规模开采金矿使用，因此此方面用汞的贸易也经允许。但已禁止在采矿和小规模手工金矿开采中使用汞的国家应同时加强其禁止此方面用汞贸易的力度。
- 要求各国“采取措施”确保当氯碱厂关闭时，根据条约要求对剩余汞进行处置，不回收利用、循环使用、直接再利用或替代使用。该规定很好，因为这能够防止此类汞再次进入市场。但为确保此点，仍需良好机制。注：各国将采取措施，根据第11条和由缔约方大会制定及条约附加的未来导则来确保环境友好地处理这些废物。
- 如果汞使用为条约“允许使用”范围，则可进行包括有色金属冶炼所回收的汞以及含汞产品的汞贸易。
- 条约包括一项针对汞的“预先知情同意”程序，要求进口国向出口国提供进口的书面同意，确保汞仅用于条约允许使用范围或临时储存。
- 秘书处保存的公共登记将包含同意通知。
- 如果非缔约方向缔约方出口汞，需证明汞并非源自所禁来源。

- 该条规定不适用于矿石和煤开采中汞或汞化合物的自然生成痕量之贸易或化学产品或任何含汞产品中“非故意痕量”之贸易。
- 缔约方大会其后可评估特定汞化合物贸易是否有损条约目标，决定是否将特定化合物增至该条规定中。
- 每个缔约方应向秘书处报告（第21条），说明其符合该条规定要求。

## 第4条 加汞产品

（第8部分讨论）

- 产品禁止表现为通过“采取适当措施”“不允许”生产、进口或出口新增含汞产品。注：允许现有库存的销售。
- 条约使用所谓的“积极列表”方式。这意味着淘汰产品列于条约中；其它则可能条约不予解决。
- 条约于各缔约方生效前，各缔约方将劝阻新增汞添加产品的商业生产和分销，除非其发现风险效益分析显示具有环境或人体健康益处。这些“漏洞”产品将报告至秘书处，秘书处将公布该信息。
- 一个列表显示计划至2020年其生产和进出口应淘汰的产品。然而（见第6条），各国可申请淘汰日期后的五年豁免期，这项申请总共可延长10年，2030年成为产品有效淘汰日期。
- 至2020年其生产和进出口应淘汰的产品包括电池（除含汞量<2%的锌银扣式电池，含汞量<2%的锌空扣式电池）；多数开关和继电器；每支灯泡含汞量超过5毫克（异乎寻常的高含量）30瓦或低于30瓦的紧凑型荧光灯（CFL）泡；线性荧光灯管一低于60瓦且含汞量超过5毫克的三频灯以及低于40瓦且含汞量超过10毫克的卤化磷酸盐灯；高压汞蒸气灯；各种冷阴极荧光灯和外置电极荧光灯中所含汞；化妆品包括含汞量超过1ppm的亮肤产品，除睫毛膏和其它眼部化妆品（因为条约声称无法提供有效的安全替代品）；农药、杀菌剂和热议防腐剂；非电子设备如气压计、温度计、液压计、体温计和血压计（用于测量血压）。
- 牙科用汞合金为“逐步减少”产品，各国应从含九项可能性列表中选择两项措施，且考虑“缔约方的国内情况和相关国际指导。”可能的行动包括从建立预防项目至最大程度降低填充物需求的列表中选择两项，促进使用具成本效益和临床效益的无汞替代品，劝阻偏好汞合金而非无汞替代品的保险计划，限制胶囊形式的汞合金使用。
- 条约排除的产品包括用于民用保护和军事用途的必需产品；用作参照标准的仪器研究和校准用品；开关和继电器、电子显示用冷阴极荧光灯管（CCFL）和外置电极荧光灯（EEFL）和测量设备，如果无法提供无汞替代品；传统或宗教用品；含用作防腐剂的硫柳汞（英文为thiomersal或thimerosal）的疫苗；睫毛膏和其它眼部化妆品所含汞（如上所述）。

- 注：谈判过程中，之前草案中所列的某些禁用产品如油漆除外。
- 秘书处将从各缔约方获取汞添加产品的信息，公布该信息以及其它相关信息。
- 各缔约方可提出更多应淘汰的新增产品，包括技术、经济可行性以及环境和健康风险和效益方面的信息。
- 条约生效后五年，缔约方大会将审查禁用产品列表；约在2023年。

## 第5条 涉及用汞及汞化合物的制造工艺

(第9.4部分讨论)

- 需淘汰的用汞工艺包括氯碱生产（2025）和将汞或汞化合物用作催化剂的乙醛生产（2018）。
- 注：第5条规定，各国可申请第6条规定淘汰日期后的5年豁免，总共可延长10年，使得这些工艺的有效淘汰日期分别在2035和2038年后。
- 受限制的工艺允许继续使用汞，不设定目前淘汰日期。这些工艺包括氯乙烯单体、甲醇钠或甲醇钾或乙醇钠或乙醇钾以及聚氨酯的生产。注：由于缺乏数据，联合国环境规划署大气排放清单中未列入氯乙烯单体生产。使用煤炭和汞催化剂的氯乙烯单体生产为中国特有现象，是潜在巨大的汞排放源。根据2008年完成的联合国环境规划署/北极监测和评估项目（UNEP/AMAP）全球大气汞评估的技术背景报告：“在中国的调查确认了2004年汞需求量估计为620吨或该用途的存在。随着中国经济的蓬勃发展，此类汞使用每年已递增25%至30%。
- 针对氯乙烯单体和甲醇钠或甲醇钾或乙醇钠或乙醇钾生产，与2010年使用相比，缔约方2020年每单位生产所用汞将削减50%。注：由于该数字的计算基础为“每个设施”，因此汞使用和释放总量可随着新设施的建造而增加。各缔约方也需支持无汞催化剂和工艺的研发，如第10条和第11条所规定地控制汞排放和释放，向缔约方大会报告其在开发替代品和淘汰汞使用方面的努力。注：如果缔约方大会确定无汞替代品具有技术和经济可行性，五年后将禁止此工艺中使用汞。
- 针对氯乙烯单体的另外措施包括推进措施以削减使用源自初级开采的汞，支持无汞催化剂和工艺的研究和开发，禁止在缔约方大会确立基于现有工艺无汞催化剂具有技术和经济可行性后的5年内使用汞。
- 针对甲醇钠或甲醇钾或乙醇钠或乙醇钾，各缔约方需计划尽快在条约生效后10年内淘汰该用途，禁止使用源自初级开采的新汞，支持无汞催化剂和工艺的研究和开发，禁止在缔约方大会确立基于现有工艺无汞催化剂具有技术和经济可行性后的5年内使用汞。
- 针对聚氨酯，各缔约方将计划“在公约生效后10年内尽快淘汰该使用。”但条约第6款规定对此工艺予以豁免，该款规定禁止各缔约方在非生效日前存在的设施中使用汞。这说明对于一缔约方而言，条约生效后，可运行聚氨酯新生产设施。

- 各缔约方需“采取措施”控制第8条和第9条所列的排放和释放，向缔约方大会报告实施情况，力图确定将汞用于附件所述工艺的设施，并于条约于该国生效后3年向秘书处提交其所用汞估算数量的信息。
- 不在该条规定范围内的豁免工艺包括使用汞添加产品的工艺、汞添加产品的制造工艺或者含汞废物的加工工艺。
- 条约生效后（预计约为2018年），各缔约方不得许可在新增氯碱工厂和乙醛生产中使用汞。
- 以上（及附件B）所列工艺为受监管工艺。但各缔约方应“劝阻”使用汞的新型工艺的发展。注：如果该国能向缔约方大会说明“其能带来显著的环境和健康效益且无技术和经济可行无汞替代品可提供如此效益”，各缔约方可允许这些用汞工艺。
- 各缔约方可提出新增淘汰工艺，包括技术和经济可行性方面的信息以及环境和健康风险及效益。
- 条约生效后五年，缔约方大会将审查禁止和限制工艺列表；约在2023年。

## 第6条 应缔约方要求的豁免

- 当成为缔约方或产品或工艺新增于条约时，缔约方可针对产品和工艺（附件A和B所列）登记申请至淘汰日期后的五年豁免。缔约方确需解释其申请豁免的缘由。
- 与斯德哥尔摩公约相似，汞条约将建立一种公开可行的豁免登记，其将包括何国要求何种豁免以及相应的截止日期列表。
- 如果缔约方大会同意，缔约方可要求将5年豁免期延长至10年。为了制定该项决定，缔约方大会应考虑提出要求的缔约方其报告，证实确切时间、替代品可行性的信息、发展中和转型期国家的情况和提供环境友好储存和处置的活动。每个产品每个淘汰日期仅能豁免延长一次。
- 附件A或B所列淘汰截止日期10年后，不允许豁免。

## 第7条 小规模手工金矿开采（ASGM）

（第9.4部分讨论）

- 目标是“有步骤地削减并在可行情况下消除开采和加工中汞及汞化合物使用以及开采和加工用汞对环境的释放。”小规模手工金矿开采活动其定义为“汞齐化用于提取矿石中金的开采和加工活动”。
- 它适用于承认小规模手工金矿开采“作用甚微”的国家。条约未对该词定义做出进一步指导。
- 小规模手工金矿开采为条约允许使用范围。这给予了其不受具体进口限制进行汞贸易的资格—无论在数量或时间上。然而，小规模手工金矿开采国家行动计

划附件C中第1f款声明在其国家行动计划中，要求各国将“管理贸易和防止别国和国内来源汞及汞化合物使用于小规模手工金矿开采和加工中的策略”纳入行动的部分内容。注：某些国家或国家的某些地区，如印度尼西亚、马来西亚和菲律宾已禁止小规模手工金矿开采用汞。这些国家和其它已禁止在采矿和小规模手工金矿开采中使用汞的国家应同时加强其禁止此类用汞贸易的力度。

- 根据贸易条款（第3条），条约生效后，源自初级汞开采和氯碱设施的汞不能用于小规模手工金矿开采。监测措施和公众参与有助于确保这项规定的执行。
- 如果一国（通过说明该行为“作用甚微”）告知秘书处第7条适用于该国，则要求该国制定国家行动计划，并于条约生效后三年内提交于秘书处，每三年接受一次审查。
- 计划要求包括一项国家目标、削减目标以及消除以下最不利行为的行动：矿石整体汞齐化；汞合金或加工汞合金的露天焚烧；居民区的汞合金焚烧；沉积物、矿石或尾矿中的氰化物浸出，汞添加于这些物质中，没有第一时间去除。遗憾的是，条约并未包含各国用于参考的失效日期或削减目标。但各国应努力在其国家目标中创建这些里程碑事件。
- 计划的其它内容包括有步骤地促进小规模手工金矿开采的形式化或监管；实践中所用汞量的基线估算；促进削减汞排放和释放以及汞暴露的策略；监管汞贸易以及防止汞转移用至小规模手工金矿开采的策略；使利益相关方参与国家行动计划的实施和进一步发展当中的策略；针对小规模手工金矿开采者及其社区汞暴露的公众健康策略，包括收集健康信息，对医疗保健工作人员的培训以及通过健康设施提高意识；防止易受害群体暴露于小规模手工金矿开采用汞的策略，尤其是儿童和育龄妇女，孕妇最为受关注；向小规模手工金矿开采者和受影响社区提供信息的策略；国家行动计划实施进程安排。注：虽然汞污染场所的清理未纳入条约文本，但可将汞污染解决这一重要内容纳入拟议的行动计划。
- 可选的活动包括“使用现有的信息交换机制促进知识、最佳环境实践和具有环保、技术、社会和经济可行性的替代技术。”
- 虽然允许小规模手工金矿开采部门使用汞，但第7条未设定小规模手工金矿开采的淘汰日期。另外，第5条（汞添加工艺）不包括小规模手工金矿开采。但各国可如所述，在其国家行动计划中设定淘汰日期，通过其它条款规定解决小规模手工金矿开采事宜。

## 第8条 排放（空气）

（第10部分讨论）

- 目标为“控制并在可行情况下削减汞和汞化合物排放。”注：排放指附件D所列点源的大气排放，国家酌情慎重决定何为可行。

- 对于现有来源，本条规定的目标针对“随着时间的推移缔约方在减排方面实现合理进展所用的措施。
- 条约中大气排放源包括燃煤电厂和工业锅炉；有色金属生产所用（仅限铅、锌、铜和工业金）冶炼和焙烧工艺；废物焚烧；水泥熟料生产设施。
- 谈判进程中条约删除的排放源为油气；汞添加产品的制造设施；制造工艺中用汞的设施；钢铁制造包括次级钢；露天焚烧。
- 政府间谈判委员会第五次会议的谈判代表发现有必要对排放源设定临界限值，这使缔约方有可能酌情设定排放限值。
- 准备国家计划以控制排放为可选。一旦制定了国家计划，则在条约于缔约方生效后4年内提交于缔约方大会。
- 新增来源的控制措施力度大于现有来源。
- 对于新增来源，要求最佳可行技术/最佳环境实践“控制且在可行情况下削减”排放，最佳可行技术/最佳环境实践的不得迟于条约于缔约方生效后的5年。如果排放限值与最佳可行技术的适用一致，可用其替代最佳可行技术。
- 如果政府推迟批准，则有较长的时间空窗创建新增来源，不做最佳可行技术/最佳环境实践的要求。
- 最佳可行技术/最佳环境实践指南将于第一次缔约方大会通过。专家组可能将在第一次缔约方大会前未来政府间谈判委员会的闭会期间制定该指南。
- 新增来源或为条约于该国生效后一年的新建项目或为附件D中所列目录来源且经过显著改造的设施。此语详指通过设施改造将现有来源“转”为新增来源一定会“导致汞排放的显著增长，不包括副产品回收导致的排放方面变化。”缔约方选择是否将任何现有来源列入新增来源更为严格要求的范畴。
- 现有来源方面措施的实施应尽快不迟于条约于缔约方生效后的10年。
- 现有来源方面的措施可考虑“国情、经济和技术可行性以及措施的可承担性。”
- 对于现有设施，不做实行最佳可行技术/最佳环境实践的要求。相反，各国可从包括量化目标（可为任何目标）、排放限值、最佳可行技术/最佳环境实践、多重污染物控制策略和替代措施的菜单中选择一项。
- 所有削减行为在“每个设施”的基础上进行，因此设施数量的增加会导致汞排放总量的增加。
- 各缔约方需尽快建立相关来源（附件D）排放清单，不得迟于条约于该国生效后的5年。
- 缔约方大会需尽快采用有关清单和标准准备方式方面的指南，从而使其能进行来源归类。

- 各缔约方大会需根据第21条要求报告本条规定下其行动。

## 第9条 释放（土壤和水）

（第10部分讨论）

- 目标为“控制且在可行情况下削减汞排放。”注：释放指源自条约其它规定未涉及的点源的对土壤和水的汞释放。国家酌情决定可行事宜。
- 条约中包括的来源由各国界定。谈判过程中，草案文本中的附件G包含了可能来源的列表，但谈判方于政府间谈判委员会第五次会议删除了该附件，因此各国无法获取指南以了解何种来源可能向土壤和水释放汞。附件G包含以下来源：汞添加产品制造设施；附件D 所列制造工艺中使用汞及汞化合物的设施；汞被生成作为有色金属开采和冶炼副产品的设施
- 该条规定控制“相关来源”——那些由各国认定释放“大量”汞的点源。
- 准备国家计划以控制排放为可选。如果制定了国家计划，需在条约于缔约方生效后4年内提交于缔约方大会。
- 针对控制措施，各缔约方将“酌情”实行以下内容：释放限值、最佳可行技术/最佳环境实践、多重污染物控制策略或替代措施。
- 各缔约方确定土壤和水汞释放源的期限不应迟于公约于该国生效后的3年，此后定期进行。
- 各缔约方尽快建立相关源释放清单，不应迟于公约于该国生效后的5年。
- 缔约方大会“尽可能切实”地制定最佳可行技术/最佳环境实践指南，并且创建释放清单准备方式。
- 各缔约方大会需根据第21条要求报告本条规定下其行动。

## 第10条 环境友好的临时汞储存，不同于废弃汞

（第11.4部分讨论）

- 临时汞储存只能于条约允许范畴使用。该临时储存与汞库存的储存具有类似功能。
- 各缔约方必须“采取措施”确保以环境友好方式进行临时储存，确保这些设施不会成为汞热点。
- 缔约方大会储存导则的采用将《巴塞尔公约》导则纳入考虑范畴，但条约未详述这些导则具体出台日期。导则应解决各种临时储存，包括国家或区域临时储存。
- 储存导则也可增至为条约附件。

## 第11条 汞废物

（第11.2部分讨论）

- 巴塞尔对废物的定义适用于汞条约：由汞化合物组成或含汞化合物或受汞或汞化合物污染的废物。
- 在与《巴塞尔公约》的合作下，缔约方大会将确定相关的临界值，以确定具危害性的相关汞数量。
- 条约明确地排除源自采矿的尾矿（初级汞开采除外），除非此类废物的汞含量超过缔约方大会定义的临界值。这包括源自所有开采操作的含汞尾矿。
- 各缔约方采取措施，从而根据《巴塞尔公约》导则和将来将增至条约的导则对汞废物进行环境友好管理。
- 该条规定未确定企业或污染者责任，但各国政府可能希望利用这些经济手段。
- 废物导则制定过程中，缔约方大会必须将国家废物管理计划和法规纳入考虑范畴。
- 汞废物只能回收、循环利用或直接用于条约允许用途。注：源自停用氯碱厂的汞单独受第3条的监管。
- 不允许巴塞尔公约缔约方进行跨国界的废物运输，除非为进行环境友好处置。
- 非巴塞尔公约缔约方考虑相关的国际规则、标准和导则。

## 第12条 受污染场地

（第11部分讨论）

- 针对受污染场地的行动为自愿性质：缔约方“应努力……”
- 政府间谈判委员会第五次会议谈判方删除要求资助的一项条款。
- 可能进行的自愿行动包括制定策略以确定和评估受污染场地以及开展降低风险的行动，“在适当情况下”纳入对人体健康和环境的风险评估。
- 未提及污染者对于清理场地应承担的财政角色，未要求对受害者进行赔偿。
- 缔约方大会制定关于管理受污染场地的导则，但条约并未提出该导则制定截止日期。
- 管理受污染场地的导则包括以下主题：场地鉴定和特性描述；公众参与；人体健康和环境风险评估；受污染场地产生风险其管理的可选项；效益和成本评估；结果验证。

## 第13条 财政资源和机制

- 该条规定确定发展中国家条约实施的整体有效性与财政机制的有效实施相关。

- 该条规定使每个缔约方承诺为条约实施分配资源，考虑国家政策、优先事项、计划和方案。
- 鼓励各种资金来源，包括多边、区域和双边来源。
- “机制应鼓励其他来源提供资源的条款，包括私营部门，应注意将这些资源用于其支持的活动。”
- 资助行动必须充分考虑小岛屿发展中国家和最不发达国家的具体需求和特殊情况。
- 支持发展和转型期国家条约实施的机制其特点包括提供“充足、可预测和及时的财政资源。”
- 财政机制包括全球环境基金信托基金和一项将提供能力建设和技术援助的“特殊国际计划。”
- 全球环境基金信托基金的义务包括提供“新增、可预测、充足和及时的财政资源以满足支持公约实施的各项成本。”
- 全球环境基金信托基金将在缔约方大会的指导下运作并对其负责。
- 全球环境基金信托基金将提供资源以满足议定的环境效益增量成本和议定的某些基础活动的全部费用。
- 全球环境基金考虑与成本相关的拟议活动的潜在汞削减。
- 缔约方大会指导全球环境基金信托基金，包括策略、政策、优先事项、资格和可获取全球环境基金支持的活动其目录的指示性列表。
- 国际计划将在缔约方大会指导下运作并对其负责。
- 国际计划将由第一次缔约方大会确定的现有实体进行开展。
- 国际计划资助在自愿基础上进行。
- 缔约方大会对于财政机制的审查不应迟于第三次缔约方大会，此后定期进行。

#### 第14条 能力建设、技术援助和技术转让

- 该条规定要求各缔约方“合作”“以在其各自能力范围内”提供及时和适当的能力建设和技术援助。
- 高度重视最不发达国家和小岛屿国家接受技术转让。
- 各种安排被视为可能：区域、次区域和国家层面。
- 鼓励与其它协议的协同作用。
- 发达国家和其它能力范围内的国家有责任推动和促进“最新环境友好替代技术”的开发、转让、传播和获取途径。私营部门和其它利益相关方应对其在此方面的努力给予支持。

- 第二次缔约方大会前及以后定期，各国政府将通过考虑替代技术和行动的进展、各缔约需求及技术转让面临的挑战来评估该条规定的成果。缔约方大会将针对如何进一步提高能力建设、技术援助和技术转让提出建议。

## 第15条 实施及合规委员会

- 该委员会的目标为“推动公约所有规定的实施及审查其合规性。”
- 在这项工作中，委员会将研究在实施和合规方面个人和系统性事宜，向缔约方大会提出建议。
- 委员会在其特性上有促进责任，应“对各缔约方各自国家能力和情况给予特别关注。”
- 委员会将成为缔约方大会的一个附属机构。
- 委员会拥有经第一次缔约方大会选举的15名成员（每联合国区域3名），随后根据即将出台的议事规则进行选举。
- 缔约方大会可对委员会实行进一步的职权范围。
- 成员必须具备“公约相关领域的的能力，反映专业知识方面的适当平衡。”
- 委员会的运行应考虑缔约方关于其合规性的书面提交；国家报告；和缔约方大会的要求。
- 委员会将尽一切努力通过协商一致进行运作。如果无法达成一致，将由出席成员四分之三多数投票及三分之二成员法定人数基础的投票通过建议。

## 第16条 健康方面

（第5部分讨论）

- 该条规定为自愿性质，包含一系列的可选活动。条约文本声明“鼓励各缔约方……”
- 可选活动包括确定和保护处于风险的群体的策略和计划；以科学为基础汞职业暴露方面的教育和预防计划的开发和实施；受汞暴露影响群体的预防、治疗和关怀方面的适当的医疗保健服务；加强与汞暴露相关的预防、诊断、治疗和健康风险监测方面机构和健康专业能力。
- 缔约方大会应酌情与世界卫生组织、国际劳工组织和其它相关的政府间组织协商。
- 缔约方大会应促进与世界卫生组织、国际劳工组织和其它相关政府间组织的合作与信息交流。

## 第17条 信息交换

- 该条规定要求各缔约方促进各种信息的交流，包括科学、技术、经济、法律、生态毒理和安全方面的信息；削减和消除汞生产、使用、贸易、排放和释放方面的信息；汞添加产品技术和经济可行替代品、涉及用汞的制造工艺及释放汞的活动和工艺方面的信息；替代品信息，包括健康和环境风险、此类替代品的经济和社会成本和效益以及流行病方面的信息。
- 信息可通过秘书处、其它组织或直接进行交流。
- 秘书处有责任促进信息交流方面的合作。
- 各缔约方需建立信息交流的国家联络点。
- 代表们一致认为“人体和环境健康安全信息不应视为机密。”
- 涉及条约的其它类型交流信息应在双方同意的情况下保护任何机密信息。

## 第18条 公众信息、意识和教育

- 该条规定要求各缔约方在“其能力范围内”推动和促进向公众提供信息。
- 信息包括汞的健康和环境影响、汞替代品、研究和监测活动的结果、满足条约规定义务的活动及第17条和第19条提及的活动。
- 缔约方也应“通过与相关政府和非政府组织以及酌情与易受害群体的合作，推动和促进在汞及汞化合物暴露对人体健康和环境之影响方面的教育、培训和公众意识。”
- 各缔约方应利用现有机制或考虑各种机制的进展，如污染物排放和转移登记制度（PRTR），或收集和传播每年通过人类活动产生的汞及汞化合物的数量和处置的估算信息。

## 第19条 研究、开发和监测

- 该条规定为自愿性质，包含一系列可选活动。条约文本声明“各缔约方应在考虑自身国情和能力的情况下，努力合作进行开发和改善。”
- 旨在开发和改善的可选活动包括清单、建模、人体健康和环境影响评估、发展方式、环境归宿和运输的信息、商业和贸易信息、替代品信息以及最佳可行技术/最佳环境实践信息。
- 鼓励各缔约方在适当的情况下利用现有的监测网络和研究计划。

## 第20条 实施计划

- 制定和实施计划为可选。
- 计划制定应遵循初步评估，并转交于秘书处。

- 制定实施计划时，缔约方应“与国家利益相关方协商以促进其实施计划的制定、实施、审查和更新。”
- 缔约方也可就区域计划进行协调，促进条约实施。
- 在制定、实施、审查和更新国家实施计划进程中，非政府组织可参与与国家利益相关方的协商

## 第21条 报告

- 每个缔约方必须通过秘书处向缔约方大会报告，报告其实施条约所采取的措施以及满足目标方面的有效性。
- 第一次缔约方大会决定报告的时间和格式，考虑汞条约报告与其它要求的相关化学品和废物公约报告的协调性。

## 第22条 有效性评估

- 缔约方大会对条约有效性的评估不应迟于条约生效后六年，此后定期进行评估。
- 第一次缔约方大会进行安排，提供“汞及汞化合物在环境中出现和活动以及生物媒介和弱势群体中观察到汞及汞化合物水平趋势”的可比性监测数据。
- 利用可提供的科学、环境、技术、财政和经济信息包括提供给缔约方大会的报告和监测信息、国家报告、实施和合规委员会的信息和建议及关于财政技术援助机制运行的报告。

## 第23条 缔约方大会

- 第一次缔约方大会由联合国环境规划署执行主任召集，不应迟于条约生效后一年。
- 缔约方大会将按照商议的时间表定期召开。
- 经缔约方大会决定或某缔约方六个月内提出书面要求且得到至少三分之一缔约方支持，可召开缔约方大会特别会议。
- 第一次缔约方大会将以协商一致的方式通过程序规则和针对自身的财政规则及管理秘书处运作的规定。

## 第24条 秘书处

- 秘书处由联合国环境规划署执行主任进行运作，除非缔约方大会四分之三投票决定将秘书处转自另一国际组织。
- 秘书处的职能包括制定缔约方大会和附属机构的会议安排；促进对各缔约方的援助，尤其是发展中和转型期国家；与相关的国际机构秘书处进行协调，例如

化学品和废物公约；支持信息交流；准备定期报告；从事缔约方大会分配的其它职责。

## 第25条 争议解决

- 各缔约方有责任通过谈判或和平方式解决关于条约解释或应用的任何争议。
- 在批准、接受、核准或加入该公约时，任何缔约方可发出书面通知，承认以下争端解决方式的一种或二者兼有：根据附件E第一部分制定的程序进行仲裁，或将争议提交国际法院。
- 如缔约方不接受上述解决方法的具体方法及如在12个月内未解决争议，应争议的任何一方要求，争议将提交于调解委员会，接受附件E管理。

## 第26条 公约修正案

- 任何一方均可提出修正案。
- 缔约方大会的会议以协商一致方式通过修正案。
- 如无法达成共识，那么作为最后手段，修正案可由出席并参加表决的缔约方的四分之三多数投票通过。
- 四分之三缔约方签署具有批准、接受或核准法律文书保管的协议后90天修正案生效。之后，协议签署后90天，条约于缔约方生效。

## 第27条 附件采用和修订

- 附件为该条约的正式组成部分。
- 新增附件内容仅限于程序、科学、技术或管理事项。
- 根据第26条提出附件。
- 一年后，附件于多数缔约方生效。
- 如缔约方不接受附件，需于一年内告知保管人。缔约方可撤销该决定。
- 修正案的处理如附件，包括下述第30条描述的选择性加入程序。

## 第28条 投票权

- 每个缔约方拥有一票进行表决。欧盟拥有的投票数等同其成员国数（目前为27个）。如果任何其成员国决定以其自身名义投票，欧盟则不得投票，反之亦然。

## 第29条 签署

- 自2013年10月10日起一年，汞条约于日本熊本公开供签署。

- 注：签署意味着一国对条约给予初步和普遍认可。签署不具备法律约束力，国家无需承担批准的责任。但条约签署各国不应以任何方式进行废除或破坏条约的行为。

### 第30条 批准，接受，核准或加入

- 批准生成法律约束力，通常会使得国家立法得以修正以符合条约规定。
- 至公约签署结束之日起，条约便公开供批准。
- 当进行条约批准时，鼓励各国向秘书处提供其实施条约措施方面的信息。
- 一国可在其批准法律文本中声明任何一项修正案仅在对其批准法律文书进行保管时才能生效。因此，对于发表该声明的国家而言，一项新的修正案并不会自动生效，除非其书面签署表示接受该修正案。这为“选择性加入”程序，《斯德哥尔摩公约》的20个签署国也运用了该程序。

### 第31条 生效

- 在第50个国家批准条约后的90天，公约生效。
- 对于50之后的批准国，条约于保管其批准后的90天生效。

### 第32条 保留

- 本公约不予任何保留。
- 注：“保留”是一国在批准时的声明，对于条约适用于其时特定内容进行排除和修改。《斯德哥尔摩公约》也不允许保留。

### 第33条 退出

- 条约于一国政府生效后三年（或更迟），可通过书面通知退出条约。
- 如经该国详述，在官方通知发布后一年或更迟后，退出生效。

### 第34条 保管

- 联合国秘书长为公约保管人。保管人为一项多边条约赋予的机构，《维也纳条约法公约》第77条列出其职能，包括保管原始文本、准备条约的进一步文本、接受签署国、告知政府条约相关事项、条约生效后进行通知。

### 第35条 正式文本

- 公约文本所用六种联合国语言具有同等效力：阿拉伯语、中文、英语、法语、俄语和西班牙语。

## 附件2 《IPEN关于有毒金属物的水俣宣言》

### IPEN关于有毒金属物的水俣宣言

2013年10月将召开汞条约全权代表大会，值此大会之际，IPEN参与组织于日本水俣通过该声明。

IPEN参与组织认同水俣不应仅视为一个名称、一个地点或一种疾病，在此方面IPEN参与组织坚定支持水俣病受害者团体，其包含更深层意义。它也意味着痛苦、企业责任缺失、损失和歧视。水俣一词关乎人们和社区，意味着他们为了生存所做的挣扎和生活的决心。这才是真正意义上的水俣；

作为IPEN参与组织，我们宣称我们具有坚定的决心和履行更多的承诺，努力确保有毒金属物如汞、铅和镉污染不再污染我们当地及全球环境，不再污染我们的社区、食物、身体或我们孩子和未来子孙的身体。另外，

**我们欢迎**达成全球共识，即汞污染严重威胁人体健康和环境，为了降低该威胁，需采取行动尽量减少和消除汞排放和释放；

**我们强调**汞为全球关注的化学物，这源于其大气长距离迁移性、环境持久性、生态系统和食物链中生物累积性以及对人体健康和环境显著的负面代际效应；

**我们强调**汞对易受害群体的健康影响，如妇女儿童以及其未来的子孙，发展和转型期国家尤为如是；

**我们认识**到对生态系统和人体健康造成严重长期损害，即汞既可产生于近源头地区社区也会发现于远距离地区的社区；

**我们强调**北极生态系统和土著居民的尤易受害性，因为传统食物中汞和污染会生物放大；

**我们确认**海产品所含汞危害性的确凿科学证据，该危害影响了众多依靠鱼类和海产品的社区，因为这些为其蛋白质的主要摄入源；我们指出应尤为关注汞于所有生命有机体包括人类中的累积性；

**我们确认和支持**以下诸类群体的需求和抗争：工人、妇女儿童、土著居民、开采者、渔民、北极社区、岛国和沿海居民、小型金矿开采者、穷人和其它所有受汞暴露影响的社会团体。我们呼吁坚定支持所有受影响团体行使其于健康环境、工人保护、知情权、公平赔偿、治疗和环境公平方面的权利；

**我们强调**需更致力于针对小规模手工金矿采取强制行动，促进开采者对于最大程度减少或在可行情况下避免汞使用的有效且适宜技术的获取途径，阻止小规模手工金矿地区的汞贸易和供应，修复受污染场地并确保其复原，创建项目以协助开采者确保可替代生计；

**我们强调**需采取严格控制措施以削减和消除大型开采产生的汞释放，从而保护空气和水质量，防止土壤污染；

**我们强调**需采取严格控制措施以削减和消除燃煤电厂产生的汞污染，同时促进可再生、安全和可替代的能源来源发展；

**我们强调**在临时和长期储存及处置过程中，应对汞进行环境友好管理，设定保护人体健康的低汞限值；

**我们敦促**加强强制性措施，解决土壤及水中的汞释放，敦促采取严格和迅速行动，确定、削减和消除这些释放，包括源自受污染场地的污染；

**我们呼吁应注意**源自生产工艺的汞释放，包括氯乙烯单体生产，呼吁私营部门削减和消除汞释放，采取措施引进无汞生产方式；

**我们号召**各国政府尽快批准汞条约，严格落实条约目标和规定以削减和消除汞排放和释放总量；

**我们决心**采取现有行动以强调有毒金属污染对人体健康和环境造成的损害，促进国际支持以进一步采取国家和全球治理措施，削减和在可能情况下消除有毒金属污染源，如汞、铅和镉；

**我们注意到**需削减和消除各种产品包括消费品、医疗和牙科用品、农药和其它产品生命周期中的有毒金属暴露，如汞、铅、镉、砷和其它物质。

**我们呼吁**私营部门履行责任，严格削减有毒金属的使用和释放，且履行其清理和赔偿的责任；

**我们认识到且重申**预防原则及知情权、代际公平、环境公平、污染者付费及责任和赔偿等原则。



## 感谢

IPEN由衷地感谢全世界数百个非政府组织、公民社会组织、劳工组织和健康组织。感谢他们对IPEN无汞运动和IPEN有毒金属物项目的支持。我们诚挚地感谢瑞典和瑞士政府、瑞典自然保护协会、瑞典环境保护协会和其它资助方。能实现此书的编纂离不开他们的支持。文中所表达的观点并不一定反应这些资助机构的官方观点。



**a toxics-free future**

**[www.ipen-china.org](http://www.ipen-china.org)**

**[ipen@ipen.org](mailto:ipen@ipen.org)**

**[@ToxicsFree](#)**