



Distr.: General
11 November 2011

Chinese
Original: English

控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约

缔约方大会

第十次会议

2011年10月17日—21日，哥伦比亚，卡塔赫纳

议程项目3(b)（一）

与执行《公约》有关的事项

科学和技术事项：技术指导

技术准则

秘书处的说明

增编

无害环境管理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的 技术准则

缔约方大会第十次会议根据载于文件 UNEP/CHW.10/6/Add.2 中的草案，通过了修订后的《无害环境管理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的技术准则》。一个由日本政府牵头的小型闭会期间工作组编制了该草案。该技术准则最终版本的案文载于本文件附件。

附件

无害环境管理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的 技术准则

修订后的最终版本（2011年10月31日）

目录

| | |
|--------------------------------|----|
| 一、 导言..... | 7 |
| A. 范围..... | 7 |
| B. 有关汞的资料..... | 7 |
| 二、 《巴塞尔公约》的相关条款及国际联系..... | 8 |
| A. 巴塞尔公约..... | 8 |
| 1. 一般条款..... | 8 |
| 2. 与汞相关的条款..... | 9 |
| B. 国际联系..... | 10 |
| 1. 联合国环境规划署理事会..... | 10 |
| 2. 鹿特丹公约..... | 11 |
| 3. 重金属议定书..... | 11 |
| 4. 化管战略方针..... | 11 |
| 三、 无害环境管理指导..... | 11 |
| A. 一般概念..... | 11 |
| 1. 巴塞尔公约..... | 12 |
| 2. 经济合作与发展组织..... | 13 |
| 3. 汞的生命周期管理..... | 13 |
| B. 立法和监管框架..... | 14 |
| 1. 废物生产者登记..... | 14 |
| 2. 减少并逐步淘汰产品及工业流程中的汞..... | 15 |
| 3. 越境转移要求..... | 16 |
| 4. 处置设施的授权与检查..... | 17 |
| C. 识别和清单..... | 17 |
| 1. 识别..... | 17 |
| 2. 清单..... | 21 |
| D. 取样、分析和监测..... | 22 |
| 1. 取样..... | 22 |
| 2. 分析..... | 24 |
| 3. 监测..... | 24 |
| E. 防止产生并最大限度地减少废物..... | 26 |
| 1. 在工业工艺中防止产生并最大限度地减少废物..... | 26 |
| 2. 防止并最大限度地减少添加汞的产品所产生的废物..... | 27 |
| 3. 生产者延伸责任..... | 29 |
| F. 处理、分离、收集、包装、贴标、运输和储存..... | 30 |
| 1. 处理..... | 30 |
| 2. 分离..... | 31 |
| 3. 收集工作..... | 33 |
| 4. 包装和贴标..... | 34 |
| 5. 运输..... | 34 |
| 6. 储存..... | 35 |
| G. 无害环境处置..... | 37 |
| 1. 回收作业..... | 37 |
| 2. 不进行元素汞回收的作业..... | 43 |

| | | |
|----|--------------------------|----|
| H. | 减少来自废物热处理和废物处置的汞排放 | 50 |
| 1. | 减少来自废物热处理的汞排放 | 50 |
| 2. | 减少来自填埋场的汞排放 | 52 |
| I. | 受污染场地的补救处理 | 52 |
| 1. | 识别受污染场地和应急行动 | 52 |
| 2. | 无害环境的补救处理 | 53 |
| J. | 健康和安全 | 53 |
| K. | 应急行动 | 55 |
| 1. | 应急行动计划 | 55 |
| 2. | 关于元素汞溢漏的特殊考虑因素 | 55 |
| L. | 认识和参与 | 56 |

附件

| | |
|------------|----|
| 参考文献 | 59 |
|------------|----|

缩写和简称

| | |
|--|------------------------|
| ASGM | 手工和小规模采金业 |
| ASTM | 美国测试与材料协会 |
| AOX | 可吸附有机卤化物 |
| BAT | 最佳可得技术 |
| CCME | 加拿大环境部长理事会 |
| CEN | 欧洲标准化委员会 |
| CETEM | 矿物技术中心 |
| CFLs | 紧凑型荧光灯 |
| CH ₃ Hg ⁺ or MeHg ⁺ | 甲基汞, 通常称为甲基水银 |
| Cl | 氯 |
| EMS | 环境管理系统 |
| EN | 欧洲标准 |
| EPA | 环境保护局 |
| EPR | 生产者延伸责任 |
| ESM | 无害环境管理 |
| FAO | 联合国粮食及农业组织 |
| GMP | 全球汞项目 |
| HCl | 盐酸 |
| HF | 氢氟酸 |
| Hg | 汞 |
| HgCl ₂ | 氯化汞 |
| HgO | 氧化汞 |
| HgS | 硫化汞或辰砂 |
| HgSO ₄ | 硫酸汞 |
| HNO ₃ | 硝酸 |
| IAEA | 国际原子能机构 |
| IATA | 国际航空运输协会 |
| ICAO | 国际民用航空组织 |
| ILO | 国际劳工组织 |
| IMERC | 州际汞教育和削减信息交换所 |
| IMO | 国际海事组织 |
| ISO | 国际标准化组织 |
| J-Moss | 用于标示电气和电子设备中含特定化学物质的系统 |
| JIS | 日本工业标准 |
| JLT | 日本标准溶出试验 |
| LCD | 液晶显示器 |
| LED | 发光二极管 |
| MMSD | 采矿业、矿产和可持续发展 |
| MSW | 城市固体废物 |
| NEWMOA | 东北废物管理官员协会 |
| NGO | 非政府组织 |
| NIP | 国家实施计划 |
| NIMD | 国家水俣病研究所 |
| NO _x | 氧化氮 |

| | |
|-----------------|------------------|
| OEWG | 不限成员名额工作组 |
| OECD | 经济合作与发展组织 |
| OSPAR | 《保护东北大西洋海洋环境公约》 |
| QA/QC | 质量保证/质量控制 |
| PAC | 粉状活性炭 |
| PACE | 计算机设备行动伙伴关系 |
| PBB | 多溴联苯 |
| PBDE | 多溴联苯醚 |
| PCB | 多氯联苯 |
| PM | 颗粒物 |
| POPs | 持久性有机污染物 |
| PVC | 聚氯乙烯 |
| RoHS | 限制电气电子设备中的有害物质指令 |
| SAICM | 《国际化学品管理战略方针》 |
| SBC | 巴塞尔公约秘书处 |
| SETAC | 环境毒理学和化学学会 |
| SO ₂ | 二氧化硫 |
| SOP | 标准操作程序 |
| SPC | 硫磺聚合物水泥 |
| S/S | 固化/稳定化 |
| TCLP | 毒性特性溶出程序 |
| TOC | 总有机碳量 |
| TS | 技术规格 |
| UNECE | 联合国欧洲经济委员会 |
| UNEP | 联合国环境规划署 |
| UNIDO | 联合国工业发展组织 |
| VCM | 单体氯乙烯 |
| WEEE | 报废电气和电子设备 |
| WHO | 世界卫生组织 |

一、 导言

A. 范围

1. 本准则根据控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约缔约方大会第 VIII/33 号、第 IX/15 号和第 BC-10/7 号决定，及巴塞尔公约不限成员名额工作组第 VII/7 号决定，就无害环境管理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物提供了指导。

2. 根据《巴塞尔公约》第 2 条第 1 款（“定义”），“废物”是指“根据国家法律的规定而处置的、或将要处置的、或要求进行处置的物质或物品”。本准则涵盖以下废物（更多示例载于表 2）：

(a) A：由元素汞构成的废物（如：从含汞或受汞污染的废物和被指定为废物的元素汞剩余库存中回收的元素汞）；

(b) B：含汞废物（如：添加汞的产品废物）；

(c) B1：添加汞的产品废物，此类产品在破裂后很容易向环境中排放汞（如报废的水银温度计、荧光灯）；

(d) B2：除 B1 所述废物外的添加汞的产品废物（如电池）；

(e) B3：对含元素汞废物进行固化/稳定化后形成的含汞稳定化或固化废物；

(f) C：受汞污染的废物（如：采矿流程、工业流程或废物处理流程中产生的残留物）。

3. 本准则着重关注由元素汞构成的废物及被归为危险废物的含汞或受汞污染的废物。

B. 有关汞的资料¹

4. 汞被广泛用于各种产品，如医疗器材（温度计、血压计）、开关和继电器、气压计、荧光灯泡、电池和补牙剂，并被用于多种工业生产，如氯碱厂、

1 关于汞及其化学属性、来源、在环境中的行为、对人类健康构成的风险及污染的更多资料来自若干来源（见下文的参考书目）。

- 关于化学属性：日本公共卫生协会，2001 年；Steffen，2007 年；世卫组织，2003 年；Spiegel，2006 年；劳工组织，2000 年和 2001 年；Oliveira，1998 年；Tajima，1970 年；
- 关于人为排放来源：环境署，2008 年 a；零汞工作组，2009 年；
- 关于汞在环境中的行为：日本公共卫生协会，2001 年；Wood，1974 年；
- 关于对人类健康的风险：Ozonoff，2006 年；Sanbom，2006 年；Sakamoto，2005 年；世卫组织，1990 年；Kanai，2003 年；Kerper，1992 年；Mottet，1985 年；Sakamoto，2004 年；Oikawa，1983 年；Richardson，2003 年；Richardson 和 Allan，1996 年；Gay，1979 年；Boom，2003 年；Hylander，2005 年；Bull，2006 年；世卫组织，1972 年、1990 年、1991 年、2003 年；日本公共卫生协会，2001 年；加拿大职业卫生和安全中心，1998 年；Asano，2000 年；环境署和世卫组织，2008 年；
- 关于汞污染：日本环境省，1997 年、2002 年；Amin-Zaki，1978 年；Bakir，1973 年；Damluji，1972 年；环境署，2002 年；Lambrecht，1989 年；环境事务和旅游部，1997 年、2007 年；GroundWork，2005 年；密歇根大学自然资源与环境学院，2000 年；Butler，1997 年。

氯乙烯单体生产、乙醛生产及添加汞的产品的生产。汞还可能是原材料提炼或生产流程的副产品，如有色金属采矿和石油天然气开采作业。汞是全球公认的危险污染物。人为行为和自然来源都可能导致汞排放和释放。汞一旦被排放到环境中，就会滞留在大气（汞蒸气）、土壤（离子汞）和水体（甲基汞（ MeHg 或 CH_3Hg^+ ））中。滞留在环境中的汞会因生物累积和生物放大而进入食物链中，最终被人类吸收。

5. 不当处理、收集、运输或处置由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物会导致汞排放；一些处置技术也会造成汞排放。

6. 在日本水俣，含汞废水被排入了水俣湾（日本环境省，2002年）；在柬埔寨，1998年发生了非法倾倒受汞污染的废物的事件（Honda等人，2006年；国家水俣病研究所，1999年）；在南非，Thor Chemicals公司造成了汞污染（Lambrecht，1989年）。在这几起案例中，含汞或受汞污染的废物都未得到无害环境处理，此类案例不胜枚举。

7. 虽然今后将公布的具有法律约束力的全球性汞问题文书的条款旨在减少汞的供应和需求，但如果汞的供应仍维持在目前的水平上，那么随着全球越来越多地淘汰添加汞的产品及使用汞的工艺，最终将产生过量的汞。此外，在今后几年，对荧光灯等一些添加汞的产品的使用量预计会增加；此类产品目前被用于取代白炽灯（这是建设低碳社会战略的要求之一）以及液晶显示器的背光灯泡。确保无害环境管理各类废物——尤其是由元素汞构成的废物及含汞废物，对于大多数国家来说都是一个重要的问题。

二、《巴塞尔公约》的相关条款及国际联系

A. 巴塞尔公约

1. 一般条款

8. 《巴塞尔公约》旨在保护人类健康和环境免受危险废物及其废物生成、管理、越境转移和处置过程中产生的不利影响。

9. 根据《公约》第2条第4款，“处置”指“本公约附件四所规定的任何作业，包括可能导致资源回收、再循环、再生、直接再使用或替代使用的作业（R作业），及不会导致这种结果的作业（D作业）。”

10. 第4条第1款（“一般义务”）确立了缔约方应遵循的程序：缔约方在行使权利禁止危险废物或其他废物进口处置时，必须向其他缔约方通知其决定。第1款(a)项规定：“各缔约方行使其权利禁止危险废物或其他废物进口处置时，应按照第13条的规定将其决定通知其他缔约方。”第1款(b)项规定：“各缔约方在接获按照以上(a)项发出的通知后，应禁止或不许可向禁止这类废物进口的缔约方出口危险废物和其他废物。”

11. 第4条第2款(a)-(e)项及(g)项载列了与实施无害环境管理、最大限度地减少废物、减少越境转移，以及采取能降低对人类健康和环境的不利影响的废物处置做法相关的关键条款：

“各缔约方应采取适当措施，以：

- (a) 考虑到社会、技术和经济方面，确保将其境内产生的危险废物和其他废物减至最低限度；

- (b) 确保提供充分的处置设施对危险废物和其他废物实施无害环境管理，且不论处置场所位于何处，应尽可能将这些设施应设在其本国境内；
- (c) 确保在其境内参与危险废物和其他废物管理的人员采取必要措施，防止在管理危险废物和其他废物的过程中造成污染，并在这类污染产生时，尽量减少其对人类健康和环境的影响；
- (d) 确保根据危险废物和其他废物的无害环境和高效管理，将这类废物的越境转移减至最低限度，且在进行此类转移时，应保护人类健康和环境免受此类转移可能产生的不利影响；
- (e) 允许向属于缔某一经济和/或政治一体化组织成员、且已立法禁止进口任何危险废物或其他废物的某一缔约方或一组缔约方国家（尤其是发展中国家）出口此类废物；或者，如果有理由相信此类废物不会按照缔约方大会第一次会议决定的标准获得无害环境管理，也不允许向上述国家进行此种出口；
- (g) 如果有理由相信危险废物和其他废物无法获得无害环境管理，防止此类废物的进口。”

2. 与汞相关的条款

12. 第 1 条（“本公约的范围”）界定了《公约》涵盖的废物类型。第(a)项载列了一项确定某一“废物”是否属于《公约》规定的“危险废物”的程序，包括两项要求：首先，所涉废物必须属于《公约》附件一（“应加控制的废物类别”）中所列的某一类别；其次，所涉废物必须至少具有《公约》附件三（“危险特性的清单”）中所列述特性之一。

13. 附件一中所列废物应具有附件三中所列的一种或多种危险特性，包括类别 H6.1 “毒性（急性）”，H11 “毒性（延迟或慢性）”，H12 “生态毒性”；除非经国家测试证明不具有此种危险特性。在所涉危险特性得到全面界定之前，国家测试对于确定附件三所列某一特定危险特性可能十分有用。目前正在根据《巴塞尔公约》，针对附件三中所列的一些危险特性拟定指导文件。

14. 《公约》附件八中所列清单 A 介绍了那些“依照《公约》第 1 条第 1 款第(a)项被界定为具有危险性的”废物，但“把这些废物列入附件八并不意味着不可以采用附件三（危险特性）来证明某一废物不具有危险性”（附件一，(b)项）。附件九中的清单 B 列出了“那些不属于《公约》第 1 条第 1 款(a)项涵盖范围的废物，除非它们含有附件一中所列物质、且其含量导致其具有附件三所列特性”。

15. 按照第 1 条第 1 款(b)项的规定，“任一出口、进口或过境缔约方的国内立法确定为或视为危险废物的不包括在(a)项内的废物”均受到《巴塞尔公约》管制。

16. 表 1 列出了《巴塞尔公约》附件一和附件八中载列的由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物。

表 1：《巴塞尔公约》附件一和附件八中载列的由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物

| 直接提及汞的条目 | |
|-----------------------------|--|
| Y29 | 具有以下成分的废物： 汞；汞化合物 |
| A1010 | 金属废物和由以下任何物质的合金构成的废物： …… - 汞 …… 但不包括名录 B 明确列出的废物。 |
| A1030 | 其成分或污染体为以下任何物质的废物： …… - 汞；汞化合物 …… |
| A1180 | 具有以下特点的废弃电气和电子组件或废料 ² ：含蓄电池和清单 A 中列出的其他电池、 汞开关 、阴极射线管玻璃及其他活性玻璃，以及多氯联苯电容器等部件；或因受到附件一所列成分（如镉、 汞 、铅、多氯联苯）污染而具备了附件三所列的任一特点（请注意名录 B 中的相关条目 B1110） ³ |
| 与可能含汞或受汞污染的废物相关的其他条目 | |
| A1170 | 混杂废电池，但不包括名录 B 所列电池的混合物。名录 B 未明列但含有附件一成分而使其具有危险性的废电池 |
| A2030 | 废催化剂，但不包括名录 B 所列废物 |
| A2060 | 煤发电厂产生的其附件一成分含量使其具有附件三危险特性的粉煤灰（注意名录 B 的有关条目 B2050） |
| A3170 | 生产卤化链烃（如甲基氯、二氯乙烷、氯乙烯、亚乙烯基氯、烯丙基氯和表氯醇）产生的废物 |
| A4010 | 从药品的生产、制作和使用中产生的废物，但不包括名录 B 所列废物 |
| A4020 | 临床废物和有关的废物；即医疗、护理、牙科、兽医或类似活动产生的废物和医院或其他设施在检查和医治病人过程中产生的废物或研究设施产生的废物 |
| A4030 | 从生物杀伤剂和植物药物的生产、配制和使用中产生的废物，包括不合格、过期、或不适用于原定用途的杀虫剂和除草剂 |
| A4080 | 具有爆炸性的废物（但不包括名录 B 所列此类废物） |
| A4160 | 名录 B 未列入的用过的活性碳（注意名录 B 的有关条目 B2060） |

B. 国际联系

1. 联合国环境规划署理事会

17. 联合国环境规划署（环境署）理事会第 25/5 III 号决定要求设立一个国际谈判委员会，以编制一份具有法律约束力的全球性汞问题文书。该委员会于 2010 年 6 月启动了工作，将于 2013 年初结束工作。该文书的任务规定除其他外，包括：

- (a) 减少汞的供应，并加强无害环境储存汞的能力；
- (b) 减少各种产品和工艺对汞的需求；
- (c) 减少汞的国际贸易；
- (d) 减少汞向大气的排放；

2 此条目不包括发电过程中产生的废组件。

3 多氯联苯的浓度为 50 毫克/千克或更高。

- (e) 处理含汞废物，并对受污染场所采取补救措施；以及
- (f) 明确能力建设和技术援助方面的安排。

18. 该决定还要求环境署执行主任酌情与各国政府、政府间组织、利益攸关方及全球汞伙伴关系开展协调，继续开展并加强目前在若干领域的工作。环境署技术、工业及经济司化学品处负责向秘书处提供汞谈判方面的服务，全球汞伙伴关系目前已经确定了若干优先行动（或伙伴关系领域）。⁴

2. 鹿特丹公约

19. 《关于在国际贸易中对某些危险化学品和农药采用事先知情同意程序的鹿特丹公约》附件三载列了“包括无机汞化合物、烷基汞化合物和烷氧烷基及芳基汞化合物在内的汞化合物”。附件三列出了适用事先知情同意程序的化学品，及相关决定指导文件和额外资料。附件三中还列出了因健康或环境原因而被禁用或严格限用的化学品。

3. 重金属议定书

20. 《1979 年远距离越境空气污染公约关于重金属的议定书》的目标是控制人为排放容易通过大气进行越境长程飘移、且很可能对人类健康或环境产生不利影响的重金属，其中包括汞。该议定书要求各缔约方针对新固定源采取最佳可得技术，对某些新固定源设定排放限值，并对某些现有源采取最佳可得技术、并设定排放限值，从而将目标重金属的排放量削减至 1990 年（或 1985 至 1995 年间的某一年）水平以下。还要求各缔约方制定并保存受控重金属的排放清单。《议定书》附件七特别列出了针对含汞电气部件和含汞电池的产品管理措施建议，包括采取替换、尽量减少、贴标、经济激励措施，签订自愿协议，以及制定回收方案。

4. 化管战略方针

21. 《国际化学品管理战略方针》（《化管战略方针》）由三份核心案文组成：《迪拜宣言》、一份总体政策战略以及一份全球行动计划。《全球行动计划》工作领域 14 特别提到了汞问题：“汞及其他引起全球关切的化学品；大量生产或使用的化学品；广泛使用的化学品；以及其他在国家一级引起关切的化学品”，提出了降低风险的特定活动，并指出需要进一步采取行动并审查科学信息。设立了落实《化管战略方针》各项目标的快速启动方案，以支持发展中国家、最不发达国家、小岛屿发展中国家及经济转型国家初步实施能力建设和实施活动（环境署，2006 年 a）。

三、 无害环境管理指导

A. 一般概念

22. 无害环境管理是一个宽泛的政策概念。巴塞尔公约及经济合作与发展组织（经合组织）的核心绩效要素都载列了对由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物（以及更广义的危险废物）实施无害环境管理的条款，此类相关条款提供了国际指导，并支持许多国家及一些工业部门正开展的无害环境管理行动。应注意的是，在环境署全球汞伙伴关系及政府间谈判委员会进程等支持下

⁴ 欲了解更多信息，请访问：

<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/GlobalMercuryPartnership/tabid/1253/Default.aspx>。

开展的国际努力仍在继续。同时，使用这些准则促进并落实对废物的无害环境管理非常重要。

1. 巴塞尔公约

23. 根据《巴塞尔公约》第 2 条第 8 款，“危险废物或其他废物的无害环境管理”是指，采取一切可行步骤，确保危险废物或其他废物的管理方式将能保护人类健康和环境，使其免受这类废物可能产生的不利后果。

24. 《公约》第 4 条第 2 款第(b)项要求，每一缔约方均应采取适当措施，“确保提供充分的处置设施用以从事危险废物和其他废物的无害环境管理，不论处置场所位于何处，在可能范围内，这些设施应设在本国领土内”；该条第 2 款第(c)项要求，每一缔约方应“保证在其领土内参与危险废物和其他废物管理的人员视需要采取步骤，防止在这类管理工作中产生危险废物和其他废物的污染，并在产生这类污染时，尽量减少其对人类健康和环境的影响”。

25. 《公约》第 4 条第 8 款要求，“拟出口的危险废物或其他废物必须以对无害环境的方式在进口国或他处处理。公约所涉废物的无害环境管理技术准则应由缔约方在其第一次会议上决定”。本准则旨在针对由元素汞构成、含汞或受汞污染的废物的范畴，更精确地提供无害环境管理的定义，包括提出适当处理和处置这些废物流的方法。

26. 1994 年，制定了关于编制无害环境管理《巴塞尔公约》管制废物的技术准则的指导文件，其中提出了废物无害环境管理的若干项关键原则（巴塞尔公约秘书处，1994 年）。该文件建议确立多个法律、体制和技术条件（无害环境管理标准），如：

(a) 制定监管和执行架构来确保遵守各项适用条例；

(b) 处置场所或设施获得了授权，并充分达到技术和污染控制标准，能以提议的方式处理危险废物，同时特别考虑到出口国家的技术和污染控制水平；

(c) 酌情要求管理危险废物的场所和设施运营单位监控这些活动的影响；

(d) 若在监测过程中发现对危险废物的管理导致了不可接受的排放，则应采取合适的行动；以及

(e) 参与管理危险废物的人员应具备资质，且接受了充分的岗位培训。

27. 无害环境管理也是 1999 年《关于实行无害环境管理的巴塞尔宣言》的主题，该宣言指出，应该在此背景下开展多种活动，比如：

(a) 防止、尽量减少、再循环、回收和处置受《巴塞尔公约》管制的危险废物和其他废物，同时考虑到社会、技术和经济方面的各种关切事项；

(b) 积极提倡和使用更清洁的技术，以防止和尽量减少受《巴塞尔公约》管制的危险废物和其他废物；

(c) 进一步减少受《巴塞尔公约》管制的危险废物和其他废物的越境转移，同时考虑到需要开展高效管理，遵循自给自足原则和就近原则，并满足回收和再循环的优先要求；

(d) 防止和监测非法贩运；

- (e) 改善和推动体制和技术方面的能力建设及无害环境技术的开发和转让，尤其是向发展中国家及经济转型国家的技术转让；
- (f) 进一步发展区域和次区域的培训和技术转让中心；
- (g) 在社会所有部门加强信息交流、教育和提高认识的活动；
- (h) 各国、公共主管部门、国际组织、行业部门、非政府组织及学术机构之间开展合作，并建立伙伴关系；以及
- (i) 制定各项机制，促进对《公约》及其修正的遵守、监测及有效实施。

28. 已经在巴塞尔公约计算机设备行动伙伴关系下制定了针对计算机设备的无害环境管理标准建议。

2. 经济合作与发展组织

29. 经合组织通过了一项关于无害环境管理废物的建议，其内容包括适用于废物回收设施的无害环境管理准则的多项核心绩效要素，包括：在收集、运输、处理和储存前的绩效要素；以及在储存、运输、处理和处置有关残留物之后的绩效要素（经合组织，2004年）。核心绩效要素分别为：

- (a) 回收设施应执行适用的环境管理体系；
- (b) 回收设施应采取充分的措施，保障职业健康与环境安全；
- (c) 回收设施应实施充分的监测、记录和汇报方案；
- (d) 回收设施应针对其工作人员制定恰当、充分的培训方案；
- (e) 回收设施应制定充分的应急计划；以及
- (f) 回收设施应制定充分的关闭及善后处理计划。

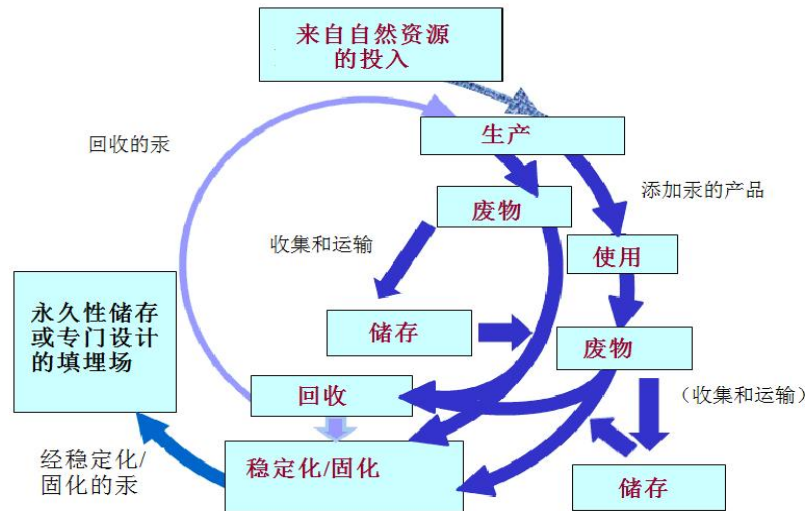
30. 欲了解更多资料，请参阅关于执行经合组织废物无害环境管理建议的指导手册（经合组织，2007年）。

3. 汞的生命周期管理

31. 生命周期管理的概念为无害环境管理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物提供了重要的视角，也为分析和管理的各项产品和服务的可持续性性能提供了框架。全球的公司都在使用这一概念来减少产品的碳、材料及水等方面的足迹，改善产品的社会经济成效，从而确保提高价值链的可持续性（环境署和环境毒理学和化学学会，2009年）。在对汞实施生命周期管理时，应分析以下阶段的绩效：添加汞的产品及其他使用汞的产品的生产；产品的使用；废物的收集和运输；以及废物的处置。

32. 在对汞实施生命周期管理时，必须将减少产品及工艺中使用的汞作为优先事项，以减少待处置的废物中的、以及工业流程中产生的废物中的汞的含量。由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物应得到处理，以便以无害环境的方式回收汞或固定汞。当回收的汞在永久性储存场地或特别设计的填埋场稳定化或固化之后，应对其进行处置；或者，可以将其作为尚没有或无法获得无汞替代品的产品的投入，或在需要很长时间才能取代添加汞的产品的情况下加以使用。这将有助于减少来自矿藏的汞排放量。可以储存由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物，以等到处置设施到位后进行进一步处理，或出口到其他国家进行处置（见图1）。

“在各阶段尽量减少向环境中排放汞”



* 此图不包括受汞污染的废物流。

图 1: 汞管理的基本概念

33. 废物管理涵盖对汞来源的隔离、收集、运输、储存及处置（如回收、固化、稳定化以及永久性储存）。当一国政府计划收集由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物时，还需要规划随后的废物管理措施，如储存和处置措施。

B. 立法和监管框架

34. 巴塞尔公约缔约方应审查其国内控制措施、标准及流程，确保充分实施《公约》规定的义务，包括与由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的越境转移及无害环境管理相关的义务。

35. 各国政府应通过开展立法工作，出台特定的规章，并检查、执行和确定对违规行为的惩罚措施。针对危险废物的立法还应界定什么是危险废物。定义中应列出由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物。立法可以界定什么是无害环境管理，并要求遵守无害环境管理原则，从而确保各国遵守关于无害环境管理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的条款。下文将讨论满足《巴塞尔公约》及其他国际协定要求的监管框架需具备的特定组成部分及特点。⁵

1. 废物生产者登记

36. 要对由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物进行全面控制，其中一项必要办法是设立监管框架，对此类废物的生产者实施登记。登记册应列出大规模生产者，如发电站、工业设施（如使用汞电池技术的氯碱厂、使用某种汞催化剂的单体氯乙烯生产设施，或熔炼厂）、医院、医疗诊所、牙医和牙科诊所、研究机构、汞废物收集设施，等等。建立此类废物生产者的登记册有助于澄清这些废物的来源、类型及数量（或报废的添加汞的产品的数量）。

⁵ 关于《巴塞尔公约》监管框架的进一步指导，可参阅以下文件：《关于管理及控制危险废物越境转移及其处置的国际立法范本》（环境署，1995年），《巴塞尔公约：巴塞尔公约执行手册》（巴塞尔公约秘书处，1995年a）及《巴塞尔公约：控制制度指南》（巴塞尔公约秘书处，1998年）。

37. 要求此类废物生产者提供的信息包括：名称、地址、负责人、企业类型、产生的废物的数量、废物的类型、收集计划及此类废物最终移交收集设施或处置的方式。废物生产者应定期向公共部门（中央政府或地方政府）转交并更新此信息。此外，应按照汇报的废物的数量和种类制定废物库存计划。

38. 在将废物安全转交收集设施或处置设施前，此类废物生产者应负责避免向环境中泄露汞，同时应严格遵守旨在管理此类废物的国家或地方法律框架；且在造成任何环境或健康损害的情况下，负责作出补救和赔偿。

2. 减少并逐步淘汰产品及工业流程中的汞

39. 减少并逐步淘汰产品及工业流程中的汞是减少向环境中排放汞的最有效办法之一。

40. 各缔约方应制定并执行开展逐步淘汰方案的立法或监管框架。有效的监管框架将有助于适当安排生产者延伸责任义务（见第三章第 E.3 部分），此类义务有赖于利益攸关方分担责任。要为逐步淘汰方案确立一个立法或监管框架，其中一个办法是确定禁止在产品或工艺中使用汞的截止日期（不包括在技术上或实际上无可行替代品或豁免的产品或工艺）。在此截止日期后，应禁止汞的使用，同时，应与所有利益攸关方合作，确定关于无害环境管理的生产者延伸责任制收集和处置计划。此办法将鼓励大规模的汞及含汞产品的使用者和生产者遵守要求，开始制定逐步淘汰汞的方案。在某些情况下，出台废物出口禁令来补充逐步淘汰方案也许大有益处。

41. 推动逐步淘汰生产的框架范例之一是，欧洲议会及理事会 2003 年 1 月 27 日关于限制在电气和电子设备中使用某些危险物质的第 2002/95/EC 号指令（“限制电气电子设备中的有害物质指令”），该指令除其他物质外，还限制在电气和电子产品中使用汞。对于目前尚无可行替代品的若干产品（如某些类型的含汞灯泡）临时给予了使用此类物质的豁免。因此，自该指令于 2006 年 7 月 1 日生效以来，大多数含汞电气和电子设备已被逐步淘汰出欧洲联盟市场。

42. 来自欧洲联盟的另一个例子是，欧洲议会及理事会 2006 年 9 月 6 日关于电池及蓄电池和废旧电池及蓄电池并废止第 91/157/EEC 号指令的第 2006/66/EC 号指令，该指令规定，不管是何种类型的电池，也无论是否安装在电气设备中，只要汞含量超过总重量的 0.0005%，都不得投放市场，但给予豁免的情况除外（该禁令不包括纽扣电池，虽然此类电池汞含量低于总重量的 2%）。

43. 挪威已全面禁止在产品中使用汞，以确保在存在替代品的情况下不在产品中使用汞。⁶挪威既禁止生产、进口、出口、销售或使用含汞或汞化合物的物质或药剂，又禁止生产、进口、出口或销售经加工过的添加汞或汞化合物的固体产品。这将减少市场上添加汞的产品的数量，同时减少因疏忽而未作为危险废物得到处理的产品向环境中排放汞。

6 但规定了以下特殊豁免：

- 根据在挪威实施的欧洲联盟法规，允许在包装、电池、某些汽车部件以及某些电气和电子部件中有限地使用汞（具体规定了浓度限值）。
- 汞或汞化合物含量不超过总重量的 0.001% 的物质/配剂及经处理的固体产品。
- 这些规定不适用于为开展分析和研究使用的产品。然而，该禁令适用于分析和研究中使用的汞温度计。

3. 越境转移要求

44. 按照《巴塞尔公约》，由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物都是危险废物。

45. 若公约某缔约方制定了禁止进口由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的国家法律，并根据第 4 条第 1 款(a)项报告了此禁止信息，则其他缔约方不得向该缔约方出口此类废物。

46. 必须将危险废物及其他废物的越境转移控制在最低限度内，并开展无害环境管理，保护人类健康和环境免受任何可能因此类转移而造成的不利影响。仅在满足以下条件时，才允许此类废物的越境转移：

- (a) 在不会危及人类健康及环境的情况下进行转移；
- (b) 进口国或其他地方以无害环境的方式管理出口的废物；
- (c) 出口国不具备技术能力及必要的设施来以无害环境的高效率方式处置此类废物；
- (d) 进口国要求进口此类废物作为再循环或回收工业的原材料；或者
- (e) 此类废物的越境转移符合各缔约方决定的其他标准。

47. 在对危险废物及其他废物实施任何越境转移前，都必须书面通知全部所涉国家（出口国、进口国，在适用情况下还包括过境国）的主管部门。此通知必须载列《公约》所要求的各项声明及资料，并以进口国接受的语言撰写。在对危险废物及其他废物实施任何越境转移前，必须事先获得进口国、出口国及在适当情况下还包括过境国的书面同意，并出具一份确认函，确认存在具体规定出口国及处置设施的所有者必须实施无害环境管理的合约。若进口国禁止进口危险废物及其他废物，则各缔约方必须禁止出口此类废物。《公约》还要求，除了提供有关任何货物的资料，还必须提供一份涵盖越境转移起始点至处置点的转移文件。巴塞尔禁令修正（公约缔约方大会第 III/1 号决定）生效后将禁止出口为了进行处置的危险废物，还禁止从附件七所列国家（经合组织成员国、欧洲联盟、列支敦士登）回收危险废物供非附件七所列国家（如发展中国家）使用。部分国家也实行了类似的国内禁令。

48. 应按照国家规则和国际规则对越境转移的危险废物和其他废物实施包装、贴标和运输（联合国欧洲经济委员会，2007 年）。

49. 若属于缔约方的进口国或过境国提出要求，则必须对越境转移的危险废物或其他废物提供保险、担保书或其他保证。

50. 若危险废物和其他废物出口国从所涉国家获得了越境转移同意，但无法完成这项工作，且无法作出替代安排来以无害环境管理的方式对其实施处置，则出口国必须确保将所涉废物运回其国内进行处置。这项工作必须在进口国向出口国发出通知后 90 日内完成，或在所涉国家商定的其他期限内完成。若越境转移属于非法贩运（定义如第 9 条第 1 款），则出口国必须确保将所涉废物运回其国内进行处置，或根据《公约》条款加以处置。

51. 公约缔约方与非缔约方之间不得进行危险废物和其他废物的越境转移，除非所涉各方作出了《公约》第 11 条所要求的双边、多边或区域安排。

52. 值得注意的是，自 2011 年 3 月 15 日起，（欧共体）第 1102/2008 号条例已禁止欧洲联盟出口金属汞和特定汞化合物及混合物（欧洲委员会，2010

年)。同样，从 2013 年 1 月 1 日起，2008 年汞出口禁令将禁止美国出口元素汞，并对汞的长期储存提出了要求。

4. 处置设施的授权与检查

53. 应在实施无害环境管理的设施中处置由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物。

54. 大多数国家制定了法律或针对具体部门的规定，要求废物处置设施必须获得某种形式的批准或运营许可证才能开展作业。各类批准或运营许可证可能附有特定的条件（设施的设计和作业条件），必须满足了这些条件，批准或许可证才能生效。也许有必要增加对由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的具体要求，以满足无害环境管理的要求，遵守《巴塞尔公约》的具体要求，并考虑到有关最佳可得技术的建议和准则，如最佳可得技术准则、《斯德哥尔摩公约》最佳环境做法临时指导、欧洲联盟制定的最佳可得技术参考文件以及世界氯理事会和欧洲氯组织⁷制定的氯碱部门准则。应定期审查各项批准书和运营许可证，并在必要时进行定期更新，以通过采取改良技术或新技术提高职业和环境安全。

55. 独立的主管部门或技术检查协会应定期检查处置设施，以核实其是否遵守许可证上列出的要求。如果有证据表明存在不遵守的情况，法律应允许开展特别检查。

C. 识别和清单

56. 必须识别产生由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物的来源，并确定清单中的废物数量和汞浓度，以便能采取有效行动来防止、最大限度地减少和管理此类废物。

1. 识别

57. 图 2 按用途显示了 2007 年全球使用汞的情况。使用最多的部门是手工和小规模采金业，其次是氯乙烯单体/聚氯乙烯生产和氯碱生产。汞还被用于电池、牙科汞合金、测量仪器、灯具以及电气和电子设备等消费产品，尽管各国这些用途类别中的汞含量各不相同。2007 年使用了 3,000 吨至 4,700 吨汞（Maxson, 2010 年）。

7 请参阅汇编：

www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/PrioritiesforAction/ChloralkaliSector/Reports/tabid/4495/language/en-US/Default.aspx。

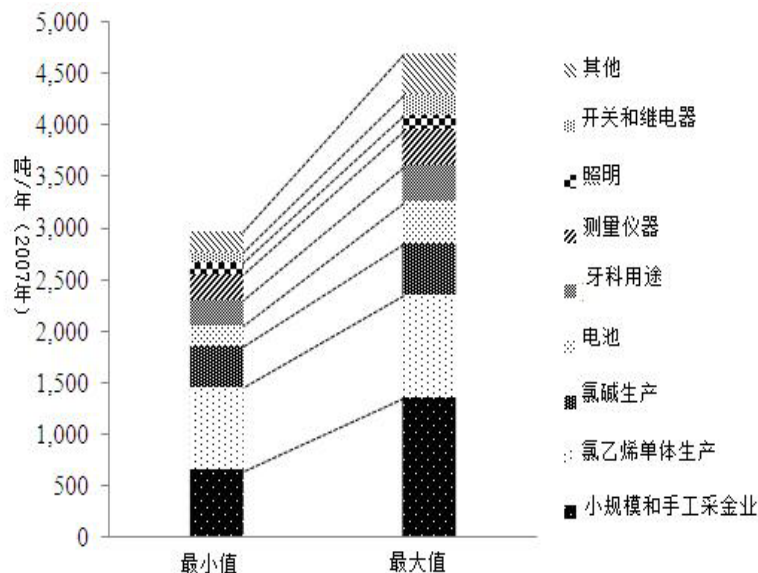


图 2：2007 年全球的汞使用估计数量 (Maxson, 2010 年)

58. 表 2 总结了由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物的来源、类别和示例。

59. 应当指出，在一些国家，表 2 所列的部分工业来源（来源 1、2、3、4 和 7，使用汞的生产工艺除外）既不使用汞，也不产生由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物。工业工艺取决于国家的技术和社会条件，这些因素将决定能否引进不含汞的工艺。

表 2：废物的来源、类别和示例（环境署，2002 年；2005 年；2006 年 b；2006 年 c）

* A：由元素汞构成的废物；B：含汞废物；C：受汞污染的废物。

| 来源 | 类别* | 废物类型示例 | 评论意见 |
|--|-----|-----------------------------|--|
| 1. 提取和使用燃料/能源来源 | | | |
| 1.1. 发电站燃煤 | C | 烟道气清理残留物（飞灰、微粒物质、废水/污泥等） | <ul style="list-style-type: none"> 在底灰和烟道气清理残留物中的积累。 |
| 1.2. 其他燃煤 | C | | |
| 1.3. 矿物油的提取、精炼和使用 | C | | |
| 1.4. 天然气的开采、精炼和使用 | C | | |
| 1.5. 其他化石燃料的开采和使用 | C | | |
| 1.6. 以生物质为燃料的发电和供热 | C | | |
| 2. 初级（原生）金属生产 | | | |
| 2.1. 汞的初级提取和加工 | C | 熔渣 | <ul style="list-style-type: none"> 汞矿石的火冶处理 |
| 2.2. 金属（铝、铜、金、铅、锰、汞、锌、初级黑色金属、其他有色金属）的开采和初级加工 | C | 尾矿、开采加工残留物、烟道气清理残留物、废水处理残留物 | <ul style="list-style-type: none"> 工业工艺； 矿石的热处理；以及 汞齐化。 |

| 来源 | 类别* | 废物类型示例 | 评论意见 |
|---|-------|-----------------------------|--|
| 3. 杂质汞的生产工艺 | | | |
| 3.1. 水泥生产 | C | 加工残留物、烟道气清理残留物、污泥 | • 原材料和燃料的高温冶金处理，同时产生杂质汞 |
| 3.2. 纸浆和纸张生产 | | | • 原材料的燃烧，同时产生杂质汞 |
| 3.3. 石灰生产和轻质结块窑 | | | • 原材料和燃料的煅烧，同时产生杂质汞 |
| 4. 工业生产中汞的有意使用 | | | |
| 4.1. 采用汞技术的氯碱生产 | A/C | 受汞污染的固体废物、元素汞、加工残留物、土壤 | • 汞电池； • 汞回收单元（蒸馏）。 |
| 4.2. 乙醇化物、连二硫酸酯和超纯氢氧化钾溶液的生产 | A/C | 受汞污染的固体废物、元素汞、加工残留物、土壤 | • 汞电池； • 汞回收单元（蒸馏）。 |
| 4.3. 以氯化汞(HgCl ₂)作催化剂的氯乙烯单体生产 | A/B/C | 加工残留物 | • 汞催化剂加工 |
| 4.4. 以硫酸汞(HgSO ₄)作催化剂的乙醛生产 | C | 废水 | • 硫酸汞加工 |
| 4.5. 采用汞化合物和/或催化剂的其他化学品及药物的生产 | C | 加工残留物、废水 | • 汞催化剂加工 |
| 4.6. 下文 5 中涉及产品的生产 | C | 加工残留物、废水 | |
| 5. 有意使用汞的产品和应用 | | | |
| 5.1. 含汞的温度计及其他测量仪器 | B | 使用过的、废旧的或破损的产品 | • 元素汞 |
| 5.2. 含汞的电气和电子开关、接触器和继电器 | | | • 气态的元素汞； • 磷光粉吸附的二价汞。 |
| 5.3. 汞光源 | | | • 元素汞、氧化汞 |
| 5.4. 含汞电池 | | | |
| 5.5. 抗微生物剂和杀虫剂 | B | 库存（过期的杀虫剂）、受汞污染的土壤和固体废物 | • 汞化合物（主要是氯化乙基汞） |
| 5.6. 涂料 | B | 库存（过期的涂料）、受汞污染的固体废物、废水处理残留物 | • 醋酸苯汞及类似的汞化合物 |
| 5.7. 人用和牲畜用的药物 | B | 库存（过期药物）、医疗废物 | • 硫柳汞； • 汞化氯； • 硝酸苯汞； • 汞溴红等。 |
| 5.8. 化妆品和相关产品 | B | 库存 | • 碘化汞； • 白降汞等。 |
| 5.9. 牙科汞合金补牙剂 | B/C | 库存、废水处理残留物 | • 汞、银、铜及锡的合金 |
| 5.10. 血压计和测压表 | B | 使用过的、废旧的或破损的产品 | • 元素汞 |

| 来源 | 类别* | 废物类型示例 | 评论意见 |
|---------------------------|-------|------------------------------------|---|
| 5.11. 实验室化学品和设备 | A/B/C | 库存、废水处理残留物、实验室废物 | <ul style="list-style-type: none"> 元素汞； 氯化汞等。 |
| 5.12. 聚氨酯弹性体 | B/C | 有缺陷的和超量的产品废物、使用过的或报废的产品 | <ul style="list-style-type: none"> 含有汞化合物的弹性体废物 |
| 5.13. 手工和小规模采金业来源的松质金/金生产 | C | 烟道气残留物、废水处理残留物 | <ul style="list-style-type: none"> 金的热处理； 工业工艺。 |
| 5.14. 汞金属在宗教仪式和民间药物中的使用 | C | 固体废物、废水处理残留物 | <ul style="list-style-type: none"> 元素汞 |
| 5.15. 其他产品用途、汞金属用途及其他来源 | B/C | 库存、废水处理残留物、固体废物 | <ul style="list-style-type: none"> 采用汞的红外探测半导体； 探针和坎特尔式管； 教育用途等。 |
| 6. 二级金属生产 | | | |
| 6.1. 回收汞 | A/C | 回收过程中的漏溢物、开采加工残留物、烟道气清理残留物、废水处理残留物 | <ul style="list-style-type: none"> 拆解氯碱设施； 从天然气管道所用汞电表度表中回收； 从血压计、温度计及其他设备中回收。 |
| 6.2. 回收黑色金属 | C | | <ul style="list-style-type: none"> 切碎； 熔化含汞材料。 |
| 6.3. 从电子废物（印刷电路板）中回收金 | A/C | | <ul style="list-style-type: none"> 元素汞； 热加工。 |
| 6.4. 回收其他金属 | C | | <ul style="list-style-type: none"> 其他含汞材料或产品/组成部分 |
| 7. 废物焚烧 | | | |
| 7.1. 城市固体废物的焚烧 | C | 烟道气清理残留物、废水处理残留物 | <ul style="list-style-type: none"> 添加汞的产品和加工废物； 大批量材料（塑料、纸张等）和矿物中的天然杂质汞。 |
| 7.2. 危险废物的焚烧 | | | |
| 7.3. 医疗废物的焚烧 | | | |
| 7.4. 水处理污泥的焚烧 | | | |
| 8. 废物堆放/填埋和废水处理 | | | |
| 8.1. 受控的填埋场/堆放场 | C | 废水、废水处理残留物、受汞污染的固体废物 | <ul style="list-style-type: none"> 添加汞的产品和加工废物； 大批量材料（塑料、锡罐等）和矿物中的天然杂质汞。 |
| 8.2. 部分受控的分散堆放 | | | |
| 8.3. 工业生产废物的不受控本地处置 | | | |
| 8.4. 一般废物的不受控倾倒 | | | |
| 8.5. 废水系统/处理 | | 废水处理残留物、泥浆 | <ul style="list-style-type: none"> 已消费产品和加工废物中有意使用的汞； 大批量材料中作为人为产生痕量污染物的汞。 |
| 9. 火化和殡葬 | | | |
| 9.1. 火化 | C | 烟道气清理残留物、废水处理残留物 | <ul style="list-style-type: none"> 牙科汞合金补牙剂 |

| 来源 | 类别* | 废物类型示例 | 评论意见 |
|---------|-----|---------|------|
| 9.2. 殡葬 | | 受汞污染的土壤 | |

60. 有关添加汞的产品的更多详细信息（产品的具体名称和制造商）可从下列来源获得：

(a) 环境署（2008年c）：关于主要含汞产品和工艺及其替代品和在改用无汞产品和工艺方面的经验的报告，

http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g7/English/OEWG_2_7.doc;

(b) 欧洲委员会（2008年）：减少产品和应用中对汞的使用的备选方案，以及已在社会上流通的汞的归宿，

http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study_report2008.pdf;

(c) 环境署全球汞伙伴关系——含汞产品伙伴关系领域，

<http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Mercury-in-products.htm>;

(d) 罗威尔可持续生产中心（2003年）：关于含汞产品替代品的调查，

<http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/lcspfinal.pdf>;

(e) 州际汞问题教育与削减信息交换所的增加汞的产品数据库：

<http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/notification>。

2. 清单

61. 清单是一项识别废物并对其进行定量和定性的重要工具。国家清单可用于：

(a) 为已生产、流通/交易或使用中的添加汞的产品、商品汞以及由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物设定数量基准；

(b) 设立信息登记册以协助安全和管制检查；

(c) 获取草拟汞的生命周期管理计划所需的准确信息；

(d) 协助编制应急计划；以及

(e) 追踪减少和逐步淘汰汞方面的进展。

62. 在识别由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物的来源及类型后，应使用因具体工艺而异的信息和数量来估算某一既定国家（或地区、社区等）已识别的不同类型废物来源所产生的废物数量（环境署，2005年）。

63. 为估算这些数量收集必要数据是一项非常困难的工作，尤其是在缺乏（或没有）数据的发展中国家和经济转型国家，特别是其小规模设施引起关切的国家。在不可能开展实际测量的情况下，可通过问卷调查来收集数据。

64. 应利用巴塞尔公约框架下的《关于制定危险废物国家清单的方法指南》（巴塞尔公约秘书处，2000年）汇编由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物清单。该《方法指南》还与巴塞尔公约秘书处和巴塞尔公约东南亚区域中心所制定的危险废物国家清单试点项目一起试行，巴塞尔公约东南亚区域中心的报告可作为实用的参考。⁸

⁸ <http://www.bcrc-sea.org/?content=publication&cat=2>。

65. 也可以有效利用《汞排放识别与定量工具包》（环境署，2010年a）。该《工具包》有助于各国汇编关于识别本国汞排放源并估算或确定排放量的汞清单，从而建立其国家知识库。《工具包》是编制统一的国家和区域汞清单的一种简单的标准化方法（环境署，2005年）。它已在多个国家得到应用（环境署，2008年c）。

66. 与生命周期方法一致，废物中的汞排放到环境中所经过的渠道或途径也应予以识别。鉴于汞排放到环境中的潜在风险，废物类型应根据优先行动次序进行排列。随后应收集有关可能措施的信息，特别是关于涉及大批量汞以及具有较高汞排放风险的汞废物来源和类型的信息。然后必须就下述因素分析或评价各项措施：要防止排放到环境中的汞的潜在数量、行政和社会成本、技术和设施的可得性、全社会在执行这些措施上达成一致的容易程度，等等。

67. 在一些国家，《污染物排放和转移登记册》被用于收集关于废物中具体汞含量以及汞在每一设施中的转移情况的数据（Kuncova 等人，2007年）。该《登记册》中的数据也已公布。⁹

D. 取样、分析和监测

68. 取样、分析和监测是管理由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物的关键组成部分。取样、分析和监测应由经过培训的专业人员按照设计完善的计划并采用国际上接受的或国家批准的方法开展，并在方案持续时期内每一次都应以同样的方法开展。这些工作应采用严格的质量保证和质量控制措施。取样、分析或监测工作中的错误，或者对标准操作程序的偏离，都会造成无意义的的数据，甚至是损坏整个方案的数据。因此，各缔约方应酌情确保实行取样、监测和分析方法的培训、规章制度及实验室能力，并确保加强这些标准。

69. 由于取样、分析和监测有许多原因，也由于存在众多不同物理形态的废物，因此存在许多不同的取样、分析和监测方法。尽管本文件不会专门讨论这些方法，但接下来三节将审议取样、分析和监测中涉及的关键要点。

70. 若要获得关于实验室良好做法的信息，经合组织的系列出版物（经合组织，多年）可作为有用的参考；若要了解关于一般性方法考虑要素，世界卫生组织/环境署文件《面临汞接触风险的人口识别指南》提供了有益信息。¹⁰

1. 取样

71. 任何取样活动的总体目标都是为了获取可用于确定目的的样本，如场地特征、管制标准的遵守情况或拟议处理或堆放的适宜性。这一目标应在开始取样前就确定下来。要达到设备、运输和可追踪性等质量要求，取样是必不可少的工作。

72. 开始取样活动之前，应设立并商定（针对基质的和针对汞的）标准取样程序。这些程序包括以下要点：

9 例如，捷克共和国的《污染物排放和转移登记册》称为《综合污染登记册》（可登陆 <http://www.irz.cz> 查阅），收集了关于废物中转移的汞及汞化合物的具体化学数据，清晰说明了废物中转移的汞的总数量，以及关于如何处理这些废物的数据。

10 <http://www.unep.org/hazardoussubstances/LinkClick.aspx?fileticket=DUJZp8XnXq8%3d&tabid=3593&language=en-US>。

(a) 将要取样的数量、取样频率、取样项目的持续时间以及对取样方法的描述（包括设定的质量保证程序，如适当的取样容器¹¹、空白域和监管链）；

(b) 地点或场地以及取样时间的选取（包括描述和地理定位）；

(c) 确定取样人员和取样过程中的各种情况；

(d) 充分描述样本特征——贴标；

(e) 在（分析之前的）运输和储存过程中保护样本的完整性；

(f) 取样人员与分析实验室开展密切合作；以及

(g) 适当培训取样人员。

73. 取样应遵守具体的国家法律或国际条例（如有）。在没有此类条例的国家，应任命称职的人员。取样程序包括下列步骤：

(a) 为对每一后续汞分析的基质取样而制定一套标准操作程序；

(b) 应用设计完善的取样程序，如国际标准化组织（标准化组织）、欧洲标准化委员会（欧标委员会）、美利坚合众国环境保护局（美国环保局）、全球环境监测系统或美国试验与材料学会编制的那些程序；以及

(c) 设立质量保证和质量控制程序。

74. 如要成功执行取样方案，应采取上述所有步骤。同样，文件记录应完整、严格。

75. 进行汞取样的基质类型通常包括固体、液体和气体：

(a) 液体：

(一) 倾倒地场和填埋场的沥滤液；

(二) 从漏溢物中收集的液体；

(三) 水（地表水、饮用水和工业污水）；

(四) 生物材料（血液、尿液、毛发；特别是在监测工人健康的情况下）；

(b) 固体：

(一) 由汞构成、含汞或受汞污染的库存、产品和制剂；

(二) 工业来源及处理或堆放过程产生的固体（飞灰、底灰、污泥、蒸馏釜底油、其他残留物、衣物等）；

(三) 容器、设备或其他材料（清洗或擦拭样本），包括收集擦拭样本时所用的组织或纤维；

(四) 土壤、沉积物、碎石、水处理污泥及堆肥；

(c) 气体：

(一) 空气（室内）。

¹¹ 汞会渗透聚乙烯瓶，因此不应使用。详情请参考 Parker 等人（2005 年）。

76. 在环境与人类监测方案中，可能包括以下生物基质和非生物基质：
- (a) 植物材料和粮食；
 - (b) 人类毛发、尿液、指甲、母乳或血液；
 - (c) 空气（环境空气、湿或干的沉积物，或者可能是雪）。

2. 分析

77. 分析是指提取、净化、分离、识别、定量并汇报相关基质中汞的浓度。为了获得有意义、可接受的结果，分析实验室应当具备必要的基础设施（房舍）和在基质及汞种类方面经过证实的经验（例如，成功参与过外部能力测试计划的实验室间对比研究）。

78. 实验室获得标准化组织 17025 认证或其他独立机构所提供标准的认证也很重要。获得高质量结果的必备标准包括：

- (a) 明确各项分析技术；
- (b) 维护分析设备；
- (c) 核实所用的全部方法（包括内部方法）；以及
- (d) 培训实验室人员。

79. 汞分析一般在专门的实验室进行。针对各种具体情况，可采用可用于实地的测试工具包以进行筛选。

80. 对于汞分析而言，不存一种单一的分析方法。不论是针对汞总含量还是汞的化学形态，国际标准化组织（标准化组织）和欧洲标准化委员会都已制定出各种汞基质的分析方法，美国（美利坚合众国环保局）和日本也制定了相关的国家方法。表 3 列出了分析废物、烟道气及废水中的汞的一些示例。大部分内部方法均由上述方法演变而来。跟所有的化学分析一样，只有经过验证的方法才能在实验室使用。

81. 此外，应设立实验室处理和准备样本的程序及接受标准，如均质化。

82. 分析测定包括下列单项步骤：

- (a) 提取；
- (b) 净化；
- (c) 利用感应耦合等离子体质谱仪、原子吸收分光光度法、紧凑型仪器等适当的探测设备来识别；
- (d) 根据要求进行定性并汇报；以及
- (e) 按规章制度汇报。

3. 监测

83. 《巴塞尔公约》第 10 条（“国际合作”）第 2 款(b)项要求各缔约方“合作监测危险废物管理对人类健康与环境的影响”。监测方案应说明危险废物管理活动是否按其设计发挥了作用，并应探测活动引起的环境质量变化。

84. 监测方案提供的信息应用于确保废物管理活动正在管理适当类型的危险废物，发现和修复任何损坏，并确定替代性的管理方法是否合适。设施管理人员可通过执行监测方案查明问题，并采取适当措施予以补救。

85. 应当指出，许多连续性汞测量系统目前可以从商业渠道获得。此类监测可能是国家或地方法律所要求的。

表 3：废物、烟道气和废水中的汞的化学分析

| 目标 | | 方法 |
|---|--|---|
| 废物 | 确定废物中汞的流动性 | 欧洲标准 12457-1 至 4：废物描述——沥滤——关于颗粒废物材料和污泥的沥滤的遵守规定情况测试（欧洲标准化委员会，2002 年 a） |
| | | 欧洲标准 12920：废物描述——按具体情况确定废物沥滤性能的方法（欧洲标准化委员会，2006 年） |
| | | 欧洲标准 13656：废物描述——使用氟化氢、氮（硝酸）和氯化氢（盐酸）酸性混合物进行微波消解，以便随后测定废物中的主要成分（欧洲标准化委员会，2002 年 b） |
| | | 欧洲标准 13657：废物描述——进行消解，以便随后测定废物中主要成分的王水可溶比例（欧洲标准化委员会，2002 年 c） |
| | | 技术规范 14405：废物描述——沥滤性能测试——上流渗滤测试（欧洲标准化委员会，2004 年） |
| | | 美国环保局方法 1311：毒性特征沥滤程序（美国环保局，1992 年） |
| | 测定废物中汞的浓度 | 欧洲标准 13370：废物描述——洗脱液分析——测定硝酸、交替氧化酶、可导性、汞、酚指数、总有机碳量、易释氰离子、氟离子（欧洲标准化委员会，2003 年） |
| | | 欧洲标准 15309：废物和土壤描述——利用 X 射线荧光测定主要成分（欧洲标准化委员会，2007 年） |
| | | 美国环保局方法 7471B：固体或半固体废物中的汞（人工低温蒸汽技术）（美国环保局，2007 年 d） |
| | | 美国环保局方法 7473：采用热分解、汞齐化及原子吸收分光光度法测量固体和溶液中的汞（美国环保局，2007 年 e） |
| 美国环保局方法 7470A：液体废物中的汞（人工低温蒸汽技术）（美国环保局，1994 年） | | |
| 烟道气 | 欧洲标准 13211：空气质量——固定来源排放——人工测定总汞浓度的方法（欧洲标准化委员会，2001 年） *这一方法测定的是汞的总含量（即金属汞/元素汞+汞离子）。 | |
| | 欧洲标准 14884：空气质量——固定来源排放——测定总汞量：自动测量系统（欧洲标准化委员会，2005 年） | |
| | 日本工业规格 K 0222：分析烟道气中的汞的方法（日本标准协会，1997 年） | |
| | 美国环保局方法 0060：测定烟囱排放中的金属（美国环保局，1996 年） | |
| | 确定汞的化学形态 | 美国试验与材料学会 D6784-02（2008 年）：燃煤固定来源所产生烟道气中的元素汞、氧化汞、颗粒结合汞和总汞的标准测试方法（安大略湿法）（美国试验与材料学会国际组织，2008 年） |
| 废水 | 标准化组织 5666：1999 年：水质量——汞测定（标准化组织，1999 年） | |
| | 标准化组织 16590：2000 年：水质量——汞测定——汞齐化浓缩法（标准化组织，2000 年） | |
| | 标准化组织 17852：2006 年：水质量——汞测定——原子荧光光谱测定法（标准化组织，2006 年） | |

E. 防止产生并最大限度地减少废物

86. 防止产生并最大限度地减少由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物，是对此类废物实行总体无害环境管理的首要步骤。《巴塞尔公约》第 4 条第 2 款呼吁各缔约方“确保将危险废物及其他废物的产生……减少至最低限度”。本节提供了主要废物来源的信息。

1. 在工业工艺中防止产生并最大限度地减少废物

87. 若干工业工艺正在使用汞；然而，鉴于这些工艺使用汞的数量，本节仅讨论在手工和小规模采金业、氯乙烯单体生产以及氯和苛性钠（氯碱）生产方面防止产生和最大限度地减少废物的措施。

(a) 手工和小规模采金业

88. 目前已存在若干无汞技术：重量法；矿物技术中心；综合无汞法。如果缺乏有组织的替代方法，则应采用能够形成无汞技术的临时解决方案。这些技术包括汞的收集和回收技术，如蒸馏器和通风橱，以及汞的重新活化技术，避免诸如整矿汞齐化等密集使用汞的工艺。详情可参见以下文献：

(a) 全球汞项目（2006 年）手工和小规模采金工人培训手册，工发组织，维也纳，奥地利，

www.cetem.gov.br/gmp/Documentos/total_training_manual.pdf;

(b) 矿业可持续发展项目（2002 年）：手工和小规模采矿业，联合国及其他组织关于矿业与可持续发展的文件；

(c) 环境署（2010 年 b）：全球手工和小规模采金业论坛报告，<http://www.unep.org/hazardoussubstances/GlobalForumonASGM/tabid/6005/Default.aspx>;

(d) 环境署（2011 年）：全球汞伙伴关系的报告和出版物，<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/PrioritiesforAction/ArtisanalandSmallScaleGoldMining/Reports/tabid/4489/language/en-US/Default.aspx>;

(e) 美国环保局（2008 年）：关于建造供金店使用的汞收集系统的手册，<http://www.epa.gov/oia/toxics/asgm.html>。

89. 手工采矿者及其家庭和周边社区应接受相关教育：汞的接触风险与相关的健康危险；以及手工和小规模采金业使用汞造成的环境影响。

90. 一旦他们提高对这些问题的认识，即应提供关于防止产生废物的技术和系统的培训。

(b) 氯乙烯单体生产

91. 氯乙烯单体生产所用的乙炔工艺把汞化氯作为催化剂成分。有可能通过以下两个主要类别的方法以防止产生并最大限度地减少废物：(a) 替代性的无汞制造方法；以及(b)在工艺过程中更好地管理汞，并实行环境控制以捕捉排放。

92. 无汞的氯乙烯单体制造：利用多种无汞方法来制造氯乙烯单体，最普遍的做法是使乙烯氧氯化（技术评估办公室，1983 年）。虽然无汞方法在世界各地得到广泛应用，但一些国家仍继续采用乙炔工艺，因为在煤价较乙炔便宜的地方，这种方法的成本要低得多（Maxson，2011 年）。正在大力开发乙炔工业的无汞催化剂。计划于 2012 年年初进行商业规模的无汞催化剂示范试验。如

果商业规模试验成功，开发催化剂的公司将生产无汞催化剂，而且有望在未来几年内过渡到无汞单体氯乙烯生产（Jacobs 和 Johnson Matthey，2011 年）。

93. 建议采取以下措施减少受汞污染的废物产生：更好地管理汞，并实行环境控制以捕捉排放；开发和应用汞含量低的催化剂；改革技术以防止汞化氯的蒸发；防止催化剂中毒；以及延缓碳沉积以减少汞的使用。捕捉汞排放的环境控制措施包括：在汞去除器中利用活性炭来吸附汞，并通过发泡和碱塔来脱酸；回收并再利用含汞污水；收集含汞污泥；以及从含汞的蒸发物质中回收汞；改进催化剂回收者和生产者的排放控制。更多信息可参考“关于减少聚氯乙烯碳化物生产中对汞的使用和排放的项目报告”（中国环境保护部，2010 年）。

(c) 氯碱生产

94. 随着汞电池工厂被无汞工艺取代，汞排放和汞废物将被消除。无汞的氯碱生产采用的是膜片或膜工艺。在这两种工艺中，膜技术的成本效益较高，因为其所需的总电力投入较少（Maxson，2011 年）。尽管汞电池工艺正被逐步淘汰，但截至 2010 年，仍有 44 个国家约 100 家工厂使用汞电池工艺（环境署全球汞伙伴关系——减少氯碱部门的汞，2010 年）。2010 年，汞电池氯碱设施占全球氯碱生产能力的 10% 左右。日本从 1986 年不再使用汞电池工艺。2010 年初，欧洲氯生产能力的 31% 依赖于汞电池技术。欧洲氯制造商自愿致力于在 2020 年以前替换或关闭所有的氯碱汞电池工厂（欧洲氯组织，2010 年）。美利坚合众国在 1996 年有 14 家使用汞电池工艺的设施，到 2007 年减少到 5 家（氯气学会，2009 年）。根据世界氯理事会提供的信息，2009 年欧洲氯碱工厂产生的固体废物数量为 43,293 吨。如果计入北美洲、印度、俄罗斯、巴西、阿根廷和乌拉圭，那么该部门 2009 年报告的废物产生总量为 69,954 吨。¹² 全世界其他工厂所产生废物的数量尚未得到报告。

95. 氯碱工厂所产生的受汞污染的废物包括：水处理、海水处理和碱处理所产生的半固体污泥、气体处理所产生的石墨和活性炭、蒸馏产生的残留物以及沉降池/集液槽中的汞。除了监测可能发生的泄漏和开展良好的内务操作，减少汞蒸发、改善对汞排放的控制、从废水中回收汞以及回收烟道气处理和碱处理所产生的石墨和碳都可以减少废物的产生。更多信息可参考以下文件或网站：

(a) 欧洲委员会（2001 年）：关于氯碱制造业最佳可得技术的综合污染防治参考文献[正在更新]。

(b) 全球汞伙伴关系氯碱部门：
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/InterimActivities/Partnerships/ChloralkaliSector/tabid/3560/language/en-US/Default.aspx>（该网站包含超过 20 条行业准则）。

2. 防止并最大限度地减少添加汞的产品所产生的废物

96. 引进无汞替代品和禁用添加汞的产品是防止含汞废物产生的重要方法。如果不存在无汞替代品或逐步淘汰需要较长时间，那么作为过渡措施，设定产品中汞含量最大限值也有助于减少含汞废物的产生。可通过绿色采购促进以无汞或减少汞的替代品取代添加汞的产品。

¹² http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/chloralkali/WCC_Hg_reporting2009.pdf。

97. 仍在使用添加汞的产品的场所最好能设立汞利用的安全封闭系统。应通过下列手段防止废物流的汞污染：

- (a) 无汞产品；
- (b) 对产品中的汞含量设定最高限值；以及
- (c) 采购。

98. 含汞废物应予以分离和收集，然后应从废物中回收汞，并将其用于生产（替代初级汞）或以无害环境的方式处置（见图 3）。应利用“生产者延伸责任”来鼓励生产无汞或汞含量较低的产品，并收集废弃产品。

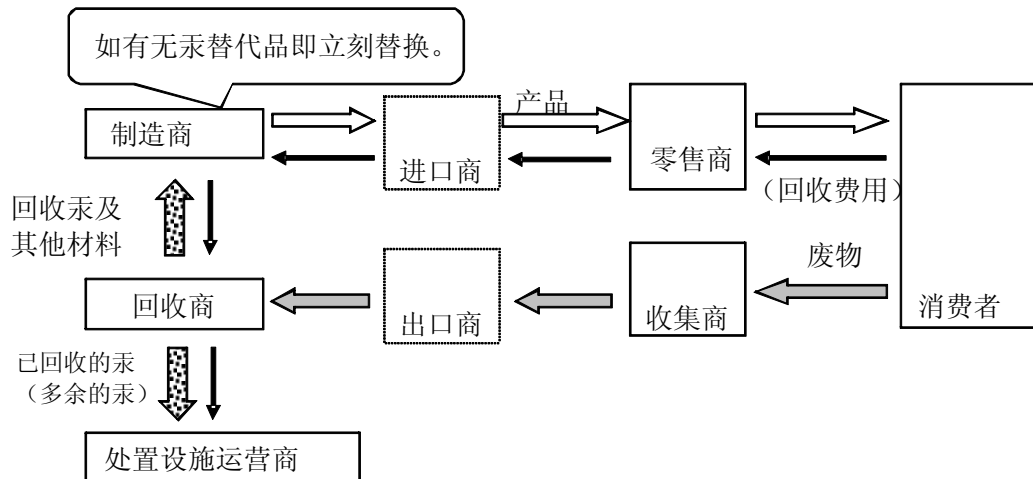


图 3：汞利用的封闭系统

(a) 无汞产品

99. 替换产品中的汞取决于产品成本、对环境及人类健康的影响、技术、政府政策和规模经济等因素。目前已有多种无汞替代品。有关无汞替代品的详细信息参见下列出版物：

(a) 关于主要含汞产品和工艺、及其替代品和改用无汞产品和工艺方面的经验的报告（环境署，2008年b）；

(b) 减少产品和应用中对汞的使用的备选方案，以及已在社会上流通的汞的归宿（欧洲委员会，2008年）；

(c) 为缅因州环境保护部制定的关于含汞产品替代品的调查（Galligan 等人，2003年），罗威尔可持续生产中心，罗威尔大学，缅因州，2003年，<http://www.maine.gov/dep/mercury/lcspfinal.pdf>。

(b) 设定产品中汞含量的最大限值

100. 在添加汞的产品可以被禁用或逐步淘汰之前，应对其设定汞含量限值，因为这样可以减少生产阶段对汞的使用，从而减少产品在整个生命周期内所排放的汞。可通过法律要求（见下文第三节第 B 部分第 2 项中的示例）或根据行业部门公布的环境/汞管理计划采取自愿行动，设定产品中汞含量的最大限值。如前所述，欧洲联盟对电池和荧光灯都提出了每一单元内最大汞含量的法律要求，美利坚合众国的几个州仅对电池做出要求。在日本，相应的行业协会设定了荧光灯中汞含量的最大限值，日本政府已在绿色采购中将这一限值用作荧光灯的选择标准。

101. 为了减少荧光灯中汞的使用量，制造商各自研发技术，确保每一个荧光灯中含有固定数量的汞，以便所含的最低必要数量的汞能满足各类灯具所需的性能。在灯具中注入精确数量的汞的方法如：使用汞合金、汞合金芯块、汞合金环和汞胶囊来取代注入元素汞（日本环境省，2010年）。

102. 从紧凑型荧光灯及其他类型添加汞的灯具的整个生命周期来看，使用汞合金定量给料可能比使用元素汞更具环境和性能优势。其优点在于最大限度地减少了工人和消费者在制造、运输、安装、储存、回收和处置、尤其当灯具破损时对汞蒸汽的接触以及排放到环境中的汞。另外，这种精确的定量给料方法使得制造商能够生产汞含量较低（两毫克或更少）并且满足高效率、长寿命等重要性能要求的紧凑型荧光灯。

(c) 采购

103. 应鼓励无汞产品采购方案，以防止废物产生并推广使用无汞产品和汞含量较低的产品。采购做法应以“采购无汞产品”为目标，实际操作上或技术上不存在添加汞的产品替代品的少数情况除外，或以“采购汞含量最低的产品”为目标。

104. 大量使用添加汞的产品的用户，如政府机构和医疗设施，可发挥重大作用，通过实施绿色采购方案来刺激对无汞产品的需求。在一些情况下，可利用金融激励措施鼓励实施绿色采购方案。例如，美国的一些州已经对购买无汞温度计给予了补助。

3. 生产者延伸责任

105. 生产者延伸责任的定义为“一种环境政策方法，规定生产者对产品的责任应延伸至产品生命周期的消费后阶段”。“生产者”¹³是品牌所有者或进口商（包装情况除外），在品牌所有者未明确的情况下，例如电器的制造商（和进口商）会被认为是生产者（经合组织，2001年 a）。生产者延伸责任方案将对产品废弃管理的责任从城市政府转移到首次将产品投入市场的生产者身上，并为生产者提供激励措施，让它们在产品设计中纳入环境考虑因素，从而将处理和处置的环境成本纳入产品成本。生产者延伸责任可通过强制、谈判或自愿的方法实施。“回收”收集方案可以是生产者延伸责任方案的一部分（参见第 F 节，3，(b)，d）。

106. 生产者延伸责任方案因其设计而异，可以实现多项目标：(1)减轻了地方政府处置废物/产品/材料的财务负担和（在个别情况下）业务负担；(2)鼓励公司设计可以再利用、再循环、并减少材料使用的产品（在数量和危险性方面）；(3)把废物管理成本纳入产品价格；(4)推动回收技术的创新。这样可以促进形成反映产品对环境影响的市场（经合组织，2001年 a）。有关生产者延伸责任计划的介绍可参见经合组织的一些出版物。¹⁴

107. 环境主管部门应建立管理框架，规定相关利益攸关方的责任、汞含量和产品管理标准以及生产者延伸责任方案组成部分，并鼓励相关缔约方和公众参与其中。他们还应负责监测生产者延伸责任方案的绩效（例如，所收集废物的数量、所回收汞的数量以及收集、回收和储存产生的费用），并视需要提出变革

13 欧洲联盟 2008/98/EC 号指令规定任何专业开发、制造、加工、处理、销售或进口产品的自然人或法人须承担生产者延伸责任。

14

http://www.oecd.org/document/19/0,3746,en_2649_34281_35158227_1_1_1_1,00.html。

建议。产品所有的制造商都应负有责任，不应允许出现“搭便车者”（即没有承担责任的生产者），否则其他生产者会被迫承担与其产品市场份额不成比例的费用。

108. 例如，在欧洲联盟，包括紧凑型荧光灯在内的荧光灯都必须符合废物电气和电子设备指令的要求。该指令规定了生产者对含汞等物质的电器和电子设备的废弃管理责任。其他示例包括：欧洲联盟针对电池的生产者延伸责任方案，大韩民国针对荧光灯和电池的生产者延伸责任方案¹⁵。

F. 处理、分离、收集、包装、贴标、运输和储存

109. 在处置由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物过程中，处理、分离、收集、包装、贴标、运输和储存的程序与处置其他危险废物的程序类似。汞的物理和化学特性要求采取更多预防措施和处理技术，但以元素形式出现的汞普遍可以被辨识出来。此外，复杂、准确的实地及实验室测量技术和设备（如有）可以相对直接地探测和监测漏溢物。

110. 本节提供了关于处理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物方面的具体指导，但废物产生者务必咨询其各自国家和地区的主管部门，并遵守其要求。就危险废物的运输和越境转移而言，应参考下列文件以确定具体要求：

- (a) 《巴塞尔公约》：《巴塞尔公约》实施手册（巴塞尔公约秘书处，1995年a）；
- (b) 国际海事组织（海事组织）：国际海运危险货物规则（海事组织，2002年）；
- (c) 国际民用航空组织（民航组织）：危险货物空运技术守则（民航组织，2001年）；
- (d) 国际航空运输协会（运输协会）：危险货物条例手册（运输协会，2007年）；以及
- (e) 联合国欧洲经济委员会：联合国运输危险货物建议书：示范条例（联合国欧洲经济委员会，2007年）。

1. 处理

111. 处理由元素汞组成的废物的人员应特别注意防止元素汞蒸发和漏溢到环境中。此类废物应放置在不透液气的容器中，容器上要贴有明显标志，指示其中含有“有毒”的元素汞。

112. 终端用户应以安全方式处理和防止以下添加汞的产品废物发生任何破裂或损坏：荧光灯、温度计、电气和电子仪器等。涂料和杀虫剂等添加汞的产品废物应以安全方式处理，不得排入水槽、厕所、雨水管道或其他降雨径流收集系统。这些废物不得与任何其他废物混合。如果这些废物意外破损或漏溢，则应采取清理程序（见下文第三节第L部分）。

113. 处理受汞污染的废物的人员不得将其与其他废物混合。此类废物应放置于容器中，防止排入环境。

¹⁵ 可登陆

http://eng.me.go.kr/content.do?method=moveContent&menuCode=pol_rec_pol_rec_sys_responsibility 查看信息。

(a) 减少牙科汞合金废物的汞排放

114. 为减少牙科废物的汞排放，美国环保局推荐采取“对环境负责任的做法”¹⁶。适当管理汞合金的战略如下：

- (a) 把多余的汞合金废物弃入灰色包袋。不得将牙科汞合金弃置于医用的红色包袋或办公室的垃圾容器；
- (b) 选择负责任的牙科汞合金回收商，以安全方式管理汞合金废物，从而限制返回到环境中的汞的数量；
- (c) 在办公室安装汞合金分离器，捕捉高达 95% 的汞，使其不能从牙科办公室排出至下水道；¹⁷以及
- (d) 教育和培训工作人员在办公室内适当管理牙科汞合金。

2. 分离

115. 分离和收集由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物是无害环境管理的关键因素，因为此类废物如果未经分离即作为城市固体废物轻易处置，废物中的汞则可能因填埋或焚烧而排入环境中。含汞或受汞污染的废物应与其他未发生物理破损或污染的废物分开收集。建议分开收集家庭产生的此类废物与其他废物产生者，如公司、政府、学校和其他组织产生的此类废物，因为这两个部门所产生废物的数量并不相同。

116. 对由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物、尤其是添加汞的产品废物实施收集方案时，应考虑到下列事项：

- (a) 向此类废物的所有潜在持有者宣传该方案、定点仓库和收集的时间段；
- (b) 为收集方案留出充足的时间以完成对所有此类废物的收集；
- (c) 在方案中尽量纳入对所有此类废物的收集；
- (d) 为任何需要重新包装或做好安全运输准备的废物的持有者提供可接受的容器及安全运输材料；
- (e) 设立简便、廉价的收集机制；
- (f) 确保将此类废物运送至仓库的人员和仓库工人的安全；
- (g) 确保仓库经营者使用的是已被接受的处置方法；
- (h) 确保该方案及各项设施符合所有适用的法律要求；以及
- (i) 确保此类废物与其他废物流相分离。

117. 对含汞产品贴标有助于保证对报废的添加汞的产品进行适当分离，然后予以无害环境的处置。生产者应在制造阶段执行贴标制度，以协助收集/回收方案识别需要特殊处理的含汞产品。¹⁸贴标可能需要遵守国家知情权披露条例对产品中出现的有毒物质的名称和特性的规定。标签中应具体说明适当的操作条件

¹⁶ <http://www.epa.gov/hg/pdfs/dental-module.pdf>。




¹⁷ 是 2004 年 6 月 17 日颁布的《德国污水条例》的一部分（可登陆 http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wastewater_ordinance.pdf 查看第 106 页）。

¹⁸ 例如，可登陆 www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/labelinginfo.cfm 查看准则。

和需要特别注意的情况。还可以包括废弃管理指示，以鼓励回收并防止不当处置。

118. “添加汞的产品”贴标制度可以实现下列目标：¹⁹

- (a) 在购买时即告知消费者该产品含有汞且需要在报废时予以特殊处置；
- (b) 在处置时识别出该产品，以便将其区别于将要填埋或焚烧的废物流，从而得到回收；
- (c) 告知消费者该产品含有汞，使消费者获得引导其寻找更安全的替代品的信息；以及
- (d) 对有毒物质提供知情权披露。

119. 制造商可通过在产品上印刷汞的国际化学符号“Hg”来指示添加汞的产品。例如，美国销售的添加汞的产品必须附有这一标志。在欧洲联盟，根据第 2006/66/EC 号指令含汞的电池上必须印有这一化学标志。在国际贸易中的灯具包装标签上使用同样的标志可以促进全球对含汞灯具的认识。以适当的地方语言提供额外信息可以进一步解释这一标志。

120. 美国国家电气制造商协会在“灯具”（“灯泡”）一节中主张，对含汞灯具实行全国或全球统一贴标是有效且经济地分销节能型灯具的必要步骤²⁰。2010年6月18日，美国联邦贸易委员会公布了一条规则，要求自2012年1月起，紧凑型荧光灯、发光二极管灯及传统白炽灯的包装必须使用新标签，以帮助消费者选择能满足其照明需求的最高效灯具。对于添加汞的灯具，标签和灯具本身都将附有以下披露标签：²¹



图 4：产品标签示例（荧光灯）

121. 若添加汞的产品被出口至其他国家，在这些产品成为废物后，当地的消费者、用户和其他利益攸关方可能无法识别产品上的外文标识。在这种情况下，进口方、出口方、生产商或负责产品标签的国家机构应使用合适的和/或当地的语言做出标识。

¹⁹ 例如，可登陆 www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/labelinginfo.cfm 查看关于这四个要点的准则（美国东北部废物管理官员协会，2004年）。根据日本的《推广有效利用资源法》，制造商和进口商必须为任何含铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和/或多溴联苯醚的产品（个人计算机、空调、电视机、冰箱、洗衣机、微波炉和家用烘干机）贴上有 J-Moss 认证标识的标签(http://210.254.215.73/jeita_eps/200512jmoss/orange.jpg)。

²⁰ http://www.nema.org/gov/env_conscious_design/lamps/upload/Labeling%20White%20Paper%20Final%2010%2004-2.pdf and <http://www.nef.org.uk/energysaving/lowenergylighting.htm>。

²¹ <http://www.ftc.gov/os/2010/06/100618lightbulbs.pdf>, last visited on 29 May 2011. For information about recycling etc., see: <http://www.epa.gov/cfl/cflrecycling.html>。

3. 收集工作

(a) 收集由元素汞构成的废物

122. 由元素汞构成的废物（如关闭氯碱设施产生的废物）在数量和错误处理可能造成的危害方面与其他汞废物大不相同。大量的元素汞必须妥善包装并储存在适当的容器后，方能运输至指定的储存或处置设施。²²

(b) 收集含汞废物

123. 收集含汞废物时有三种备选方案，这些废物包括荧光灯、电池、温度计和家庭使用的含汞电气设备等（汞电池可与其他类型的电池一起收集）；下文对三种备选方案进行了讨论。

a. 废物收集站或收集仓库

124. 将含汞废物丢弃在专门设计的容器中并置放于废物收集站或仓库，防止将含汞废物与其他废物混合起来。含汞废物应由当地政府或相关机构授权的收集人员专门进行收集。

125. 应在现有的废物收集站提供储存含汞废物的盒子或容器，方便公众使用。应使用着色且有标记的容器来专门储存含汞废物，如荧光灯、含汞温度计和含汞电池等。专用的容器应统一着色，并附有同样的标识，以推动公共教育，吸引大众参与。通过得当的盒子设计和提供收集程序的书面文字说明，可防止荧光灯和温度计的破损。灯管和紧凑型荧光灯可用不同的容器存放。对于紧凑型荧光灯而言，很重要的是必须通过安装柔软的挡板或隔断来减少灯泡的“自由下落”。另外，一个小小的空盒子也能“吸引”用户将废旧灯泡小心地放在盒内，不会造成损坏。减少破损的另一种备选方案是消费者将荧光灯交给收集站的工作人员，让其帮忙将灯泡放入盒子内。如果灯泡被打碎，则应立即将这一区域通风，及时通知工作人员，并进行后续清理工作。²³

b. 在公共场所或商店收集

126. 含汞废物，尤其是使用过的荧光灯、自动调温器、汞电池和温度计可通过专门设计的收集工具或在公共场所或商店进行收集，如市镇大厅、图书馆、其他公共建筑物、电器商店、购物大厦和其他零售店，但前提是在这些场所提供了适当的收集容器。应设计符合废物形状特征的单独的收集盒子或容器，以减少破损。为此专门设计的容器经验证能够存储破碎灯泡中的汞蒸气时，这些容器才能在公共收集地点使用。²⁴消费者应无偿将废弃的荧光灯、汞电池、自动调温器和汞温度计送至回收地点。授权的收集员，如市里的收集员或私营部门的收集员（如这些产品生产厂商委托的收集员），应将废物统一收集放置在收集盒或容器内。

22 美国能源部在以下网址提供了有关安全处理和储存元素汞的详细指南：
[http://mercurystorageeis.com/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20\(dated%202009-11-13\).pdf](http://mercurystorageeis.com/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20(dated%202009-11-13).pdf) 和 <http://mercurystorageeis.com/Volume%201-Final%20Mercury%20Storage%20EIS.pdf>。

23 清理破碎的紧凑型荧光灯，美国环保局，请参见：
<http://www.epa.gov/cfl/cflcleanup.html>；认识紧凑型荧光灯破碎带来的汞风险，汞政策项目，2008年2月，请参见：http://mpp.cclearn.org/wp-content/uploads/2008/08/final_shedding_light_all.pdf，德国环境保护局，请参见 <http://umweltbundesamt.de/energie/licht/hgf.htm> (德国)。

24 请参见：Glenz, T. G., Brosseau, L.M., Hoffbeck, R.W. (2009年)。

127. 应监控收集含汞废物的盒子或容器，防止将其他类型的废物置于其中。这些盒子或容器上同样应作出标识，放在公共建筑、学校和商店等建筑物内。可在上述建筑物中一个通风良好的区域或，例如在建筑物外隐蔽且受保护的区域进行监控。

c. 由工作人员挨家挨户进行收集

128. 也许可以由授权的工作人员挨家挨户收集某些废物，如电子废物。为了确保地方收集人员能高效地收集含汞废物，需要制定一项倡议或法律机制，例如，政府、添加汞的产品的生产商或其他机构可能需要对含汞废物的收集工作做出安排。

d. “收回”收集方案

129. “收回”方案是指为了将废物流中的产品转用于再循环、再利用、翻新或者在一些情况下回收而制定的诸多方案。“收回”方案通常是由私营部门（例如，制造商、有时是零售商）开展的自愿性倡议，为消费者提供把使用过的产品返还至购买地点或其他一些指定设施的机会。有些“收回”方案对消费者提供财政激励措施，另一些可能是由政府授权或经营的（例如退瓶点），还有一些还可能为处置或回收活动提供部分资金。一般来说，“收回”收集方案侧重于被广泛使用的消费者产品（Honda，2005年），如电池、开关、恒温器、荧光灯及其他添加汞的产品。

130. 在日本，生产者通过“光明安心”服务（松下公司，2009年）和日立照明服务包（日立公司，2006年）中的商业设施租赁系统来收集和回收使用过的荧光灯。

(c) 收集受汞污染的废物

131. 设计污水处理厂和废物焚烧炉时，通常都包含收集水处理污泥、灰和残留物质的设备，其中可能含有微量的汞和其他重金属。如果这些废物中的汞浓度超过危险废物的标准，则应单独收集这些废物。

4. 包装和贴标

132. 在将由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物从生产商场地或公共收集点运至废物处理厂的过程中，废物应得到妥善包装和贴标。运输的包装和贴标常由国家危险废物或危险物品运输立法机构负责监管，首先应对这些事项进行磋商。如果没有文书或文书不够有力，则应当咨询国家政府、国际航空运输协会、国际海事组织和环发会议发布的参考资料。已制定废物适当标识和鉴定方面的国际标准。以下参考材料有用：

(a) 联合国欧洲经济委员会（2003年）：全球化学品统一分类和标签制度；

(b) 经合组织（2001年 b）：化学物质和混合物对人类健康和环境危害统一综合分类制度。

5. 运输

133. 必须以无害环境的方式运输由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物时，以避免出现意外溢漏并以适当的方式追踪其运输和最终目的地。在进行运输之前，应制定应急计划，以便尽量降低可能发生的溢漏、火灾和其他紧急情况造成的环境影响。在运输期间，应根据《联合国运输危险货物建议书：示范

条例》（“橘皮书”）对废物进行标识、包装和运输。从事此种废物运输工作的人员应具备作为危险材料和废物的承运人的资格和/或证书。

134. 在各自国家运输废物的公司应有运输危险材料和废物的证明，而且运输人员应具有相关资质。运输公司应管理由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物，以便防止破损、将部件释放到环境中，并防止接触水分。

135. 可从国际空运协会、海事组织、联合国欧洲经济委员会和国际民航组织获取有关安全运输危险材料的指南。

6. 储存

(a) 废物产生者储存待收集的含汞废物

136. 废物产生者储存待收集的废物是指，在含汞废物被收集起来进行处置前，由废物产生者暂时储存在其场地。在含汞废物被交至废物收集站或收集设施前，或是在被收集方案或承包商收集前，含汞废物应得到妥善存储，远离其他废物。国家标准规定废物产生者只能将废物储存一段时间，一旦条件成熟，应立即将其送至厂区外进行适当处置。

137. 家庭的含汞废物，主要是荧光灯、其他灯、含汞电池和温度计，应在适当包装（如使用与废物形状相一致的新产品包装或盒子）后临时储存一段时间。在处理过程中破损的汞设备应立即清理，在收集起来进行进一步管理前应将清理材料储存在室外。²⁵含汞的液体废物（如涂料和农药）应保存在原装容器内，并确保盖子密封。储存含汞废物的容器和包装不应与其他废物混合存放；应对其进行标识并存放在干燥的地方，如仓库或其他人少的场所。

138. 除了上面两段列出的指南外，包括政府、企业和学校在内的大规模用户还需制定储存大量含汞废物的计划。若无法使用原装盒子或包装，则需购买专门为储存含汞废物设计的容器（如荧光灯容器）。储存含汞废物的容器或盒子应标有日期和相关标识，并储存在干燥的地方。建议使用单独的区域或房间储存此类废物。全环基金针对医疗机构产生的汞废物制定的指南²⁶提供了这方面的详细建议，同样适用于产生含汞废物设备的许多商业机构。

(b) 储存待处置作业的由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物

139. 这部分内容主要涉及在收集由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物后，在根据第 148 段的规定进行处置前储存这些废物。应遵守危险废物储存的相关技术规定，包括国家标准和规定以及国际条例。应避免污染其他材料的风险。

a. 储存设施的技术和操作考虑因素

140. 在选址和设计方面，储存设施不应建在敏感的地点，如河漫滩、湿地、地下水、地震多发区、喀斯特地形区域、不稳定地形区域或气候状况不利且与土地使用不协调的区域，以防止汞排放和可能接触人类和环境的重大风险。储存区域设计时应确保设施不会与汞产生不必要的物理或化学反应。储存设施的地板上应涂有抗汞材料。储存设施应装有火灾预警系统和灭火系统，并应是负

25 材料应当储存在室外，因为很多常用的容器（如塑料袋）会渗透汞蒸气。见 Maine DEP（2008 年）。

26 有关医疗设施中汞废物的清理、临时或立即储存和运输指南。
www.gefmedwaste.org/downloads/Guidance%20on%20Cleanup%20Storage%20and%20Transport%20of%20Mercury%20from%20Health%20Care%20July%202010.pdf。

压环境，防止汞排放至建筑物外部。储存区域的温度应在可行的情况下尽可能地降低，最好维持在 21°C 的恒温。由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物的储存区域应有明显的警告标志（粮农组织，1985 年；美国环保局，1997 年 b；巴塞尔公约秘书处，2006 年；美国能源部，2009 年）。

141. 在具体操作方面，储存设施应上锁，以防止盗窃和非法进入。只有接受充分培训的人员方可接触由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物，以便识别汞废物和进行处理。建议由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物的储存场所不应储存其他液体废物和材料。应编写储存在储存场地的废物完整清单，并在加入其他废物或对废物进行处置后及时更新清单。应定期检查储存场所，着重关注破损、泄露和退化情况。清洁和净化工作应迅速开展，同时应通知相关政府部门（粮农组织，1985 年；美国环保局，1997 年 b）。

142. 在设施的安全方面，应针对各场地制定具体的流程，以落实储存由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物的安全规定。应制定可行的应急计划，最好包括多项程序，并在发生意外泄露和其他紧急事件时立即实施。保护人类健康和环境不受影响是重中之重。如果发生紧急情况，应有负责人员，可在必要的情况下授权修改安全程序，以方便应急响应人员能尽快采取行动。必须确保储存地点足够安全，且能进入该区域（菲律宾共和国环境管理局，1997 年；巴塞尔公约秘书处，2006 年；美国能源部，2009 年）。

b. 由元素汞构成的废物的特殊考虑因素

143. 所有容器都应是专门针对由元素汞构成的废物设计的。容器应符合以下要求：(1)容器未受之前储存的材料损害，而且这些材料不会与汞发生负面反应；(2)容器的结构完整性未受损害；(3)未受太多腐蚀；以及(4)应由保护性质的涂层（涂料）防止发生腐蚀。汞容器的合适材料为碳钢或不锈钢，在常温下这些不会与汞发生反应。内部表面无需保护性涂层，但前提是汞符合纯度要求，而且容器中没有水。所有碳钢容器的外部表面都应有保护性涂层（如环氧树脂涂料和电镀），这样钢不会暴露在空气里。涂层应尽量避免涂料起泡、脱皮或开裂。每个容器上都应标出供应商、来源地、容器编号、毛重、放入汞的日期，并应贴有防腐标签（美国能源部，2009 年）。此外，标签上还应注明容器是否符合相关技术要求（密封度、压力稳定性、抗冲击能力、受热反应）。

144. 储存由元素汞构成的废物的容器不能直接放在地上，应向上放置于地上的货盘上。储存区域的走道应足够宽敞，方便检查人员、装卸机器和应急设备通行。地面应涂有环氧树脂基涂层并轻度着色以方便检测液体汞。需定期检查地面和涂层，以确保地面没有裂缝且涂层完好无损。仓库的地面不应嵌入任何排水沟或水管，但是可以利用斜坡和下接圆形出水口的敞口水槽来避免汞聚集在水槽盖下方并帮助收集泄露物。墙壁的建筑材料应选择不吸收汞蒸气的材料。很重要的一点是必须包括备用系统，防止发生意外排放（美国能源部，2009 年；世界氯理事会，2004 年）。

145. 储存由元素汞构成的废物时，应尽可能避免发生化学品反应和容器降解的情况。建议汞含量大于重量的 99.9%。有关净化技术的内容，参加下文第三节第 G 部分第 1、f 项。

c. 受汞污染的废物的特殊考虑因素

146. 应把液体废物置放于封闭式容器或有围沿和防漏的区域。考虑到储放的物品在容器中占据的空间，液体容器的容积至少应是所储存的液体废物总量的125%。

147. 应把固体废物储放在密封容器中，如置放于木桶或圆桶、钢废物容器存储器或专门设计的不会排放汞蒸气的容器中。

G. 无害环境处置

148. 根据《巴塞尔公约》附件四 A 和附件四 B 的规定，以下处置作业适用于由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物的无害环境管理²⁷：

R4 金属和金属化合物的再回收/回收；

R5 其他无机材料的再回收/回收；

R8 回收催化剂组分；

R12 交换废物²⁸，以便进行 R4、R5、R8 或 R13 的作业；

R13 积累 R4、R5、R8 或 R12 作业所用的物质；

D5 特别设计的填埋场；

D9 物理化学处理；

D12 永久储存；

D13 在进行 D5、D9、D12、D14 或 D15 作业之前先加以掺杂混合²⁹；

D14 在进行 D5、D9、D12、D13 或 D15 作业之前先重新包装；以及

D15 在进行 D5、D9、D12、D13 或 D14 作业之前暂时储存。

149. 此外，可在地下设施中进行回填作业，因为这样能充分利用废物自身的结构特性，地下设施中废物的利用可保障采矿安全。³⁰例如，在德国，该流程受《关于地下废物存储的政令》（见 <http://www.bmu.de/3239>）的管制，其中规定的要求同《欧洲垃圾掩埋法令》一致，另外该流程必须获得特定的许可证并接受监督。

150. 如果第 III 节第 G 部分第 1 项描述的流程已经开展，而且汞开始进行 D5 或 D12 作业，则第 III 节第 G 部分第 1 项描述的作业将归在 D13 和 D9 下。另一方面，如果第 III 节第 G 部分第 2 项描述的流程（如稳定化）已经开始，而且产生的废物开始进行 R 作业，则该流程将归在 R 作业下。上述情况可能并不适用于所有国家。

1. 回收作业

151. 如图 5 所示，从固体废物中回收汞一般需经过四个步骤：1)预处理，2)热处理，3)热解吸，以及 4)净化。为了尽可能降低汞回收过程中的排放，处理设施必须使用密闭系统。整个过程必须在减压环境下进行，以防止汞蒸气释放到

27 第 III 节第 F 部分第 6 项提供了有关待处置储存作业（R13 和 D15 作业）的资料。

28 废物交换包括预处理作业，除非其他的 R 型作业适用。

29 包括各种预处理，如分拣、碾压、烘干、粉碎、整修或分离。

30 目前仅德国可回填由含元素汞废物稳定化后产生的硫化汞。

处理区域 (Tanel, 1998 年)。处理过程中使用的少量空气会通过一系列微粒过滤器和碳床, 它们可在汞排放到环境中之前吸收这些汞。

152. 汞回收的示例包括: 添加汞的、在受损时会将汞排放到环境中的废弃设备; 以及受高浓度汞污染的废物。前者包括含汞灯泡, 含汞测量设备 (温度计、血压计和压力计), 以及汞开关和继电器等。后者包括有色金属熔炉洗涤器的废水处理污泥。美国已制定汞回收方面具体的废物标准; 根据《土地处理禁则》的规定, 汞含量大于或等于 260 毫克/千克的废物必须进行汞回收 (参见美国联邦法规: 40 CFR 268.40)。

153. 《巴塞尔公约关于对金属和金属化合物实行无害环境的再循环与回收的技术准则》(R4) 着重关注金属和金属化合物的无害环境再循环及回收, 包括作为受管制的废物列在《巴塞尔公约》附件一的汞。可以在具备先进汞回收技术的特殊设施中回收由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物, 尤其是元素汞。必须指出回收时应遵循适当流程, 以防止汞排放到环境中。此外, 若回收的汞能被重新利用, 则可在国际商品市场中出售。是否回收金属主要取决于允许用途的范围, 以及商业评价认为金属能否被高效地回收。

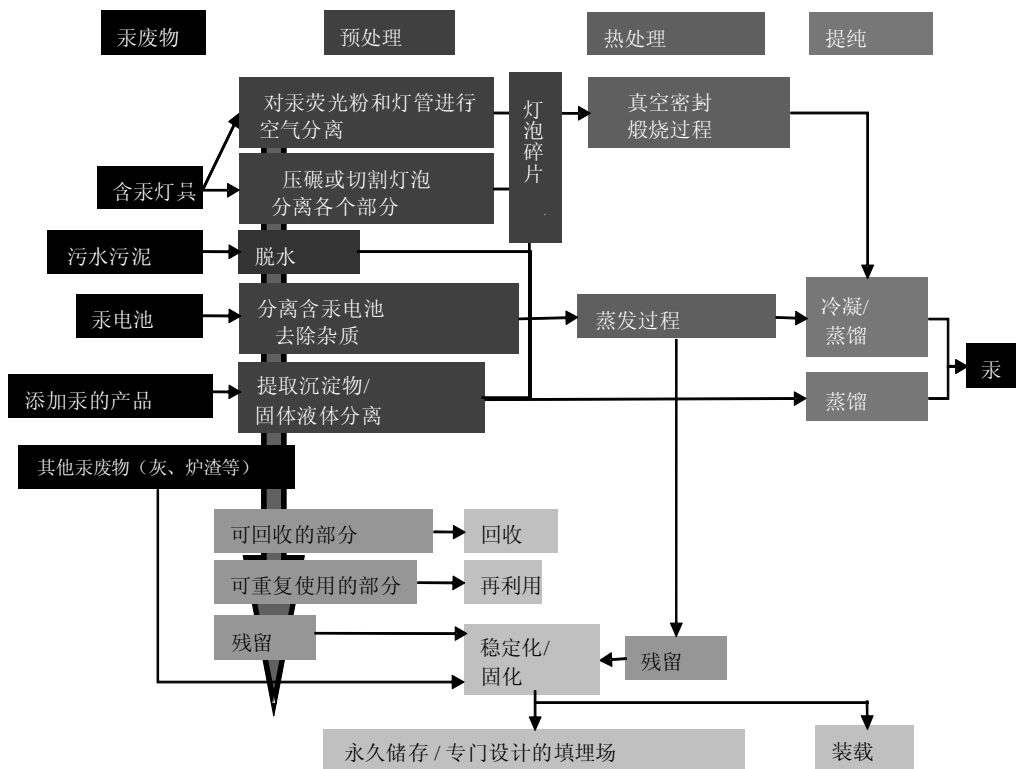


图 5: 固体废物中的汞回收流程图 (野村兴产株式会社, 2007 年)

154. 从废水中回收汞主要是通过化学氧化、化学沉淀或吸附以及后续处理程序实现的。温度计、牙医汞合金或其他使用汞或汞化合物的工业流程中的元素汞被有意或无意排放至污水中。污水中的汞还有可能来自湿式空气污染控制设备和垃圾填埋/倾倒场地的沥出物，正是在这些场地包括汞温度计在内的含汞废物得到处置或倾倒。不应将污水中含的汞排放至水生环境中，因为汞会甲基化为甲基汞，并在食物链中产生生物累积和生物放大作用。

155. R4 作业（汞回收）之前进行的预处理被归类在 R12 作业下，而煅烧、净化、化学氧化/沉淀和吸附则属于 R4 作业。

(a) **预处理（交换提交进行 R4 或 R13 作业的废物）**

156. 在进行热处理前，会对含汞废物或受汞污染的废物进行处理，以提高热处理的效率。预处理进程包括通过压碾和空气分离移除含汞材料之外的材料，对污泥进行脱水，以及去除杂质。表 4 按废物类别分类列出了一些预处理作业。

表 4：按废物类型分列的预处理作业示例

| 废物类型 | 预处理 |
|-------|---|
| 荧光灯 | <p>机械压碾</p> <p>在机器中处理含汞灯泡废物时，必须按材料类型将灯泡压碾和分解成三个部分：玻璃、端帽、汞和荧光剂的粉末混合物。同时会将灯泡放置在密封的压碾和筛分容器。完成后，容器会自动移除终端产品，以防止交叉污染。端帽和玻璃可在制造业中获得重新利用。但是，应将端帽的金属针移除并进行单独处理，因为其可能含有大量的汞。可以处理汞和荧光剂的粉末，或开展进一步处理以分离汞和荧光剂（野村兴产株式会社，2007 年）。</p> <p>压碾的含汞灯泡中的玻璃可能含有大量的汞，必须进行热处理或以其他方式进行处理，以移除其中所含的汞，之后才能进行回收（Jang，2005 年）或处置。如果玻璃回收的过程中需进行重熔，则重熔装置必须包含空气污染控制设施，专门收集释放的汞（如注入活性碳）。</p> <p>在整个流程中，高性能的废气系统应能防止汞蒸气或灰尘排放到空气中。可通过振动和水移走碾碎灯泡中的荧光粉和汞。冲洗后的荧光粉（包括汞、玻璃细片、两阶段中的沉积物和工艺用水）会重新进入清洗程序（www.dela-recycling.com）。</p> <p>空气分离</p> <p>荧光灯的铝端帽（直管、弯管和紧凑型管）是用氢燃烧器切割的。空气从底端进入切割后的荧光灯，可以移除玻璃上吸附的汞和荧光剂（Jang，2005 年）。汞和荧光剂被收集在沉淀器中，而玻璃压碾后会用酸清洗，这样玻璃上附着的汞和荧光剂就能完全清理干净。此外，端帽压碾后会被分解成铝、铁和塑料，方便进行回收利用（神钢环境舒立净股份有限公司，2001 年；Ogaki，2004 年）。</p> |
| 含汞电池 | <p>去除杂质</p> <p>为了回收汞，含汞电池应单独进行收集，并在处理和循环利用前将其储存在适当容器中。如果含汞电池与其他类型的电池或废弃电器和电子设备一起收集，则应当将含汞电池与其他类型的电池区分开来。进行煅烧处理前，应先移除含汞电池中混合和吸附的杂质，可通过机械程序实现这一目标。此外，为有效地开展煅烧程序，必须对含汞电池的大小进行机械筛选（野村兴产株式会社，2007 年）。</p> |
| 水处理污泥 | <p>脱水</p> |

| 废物类型 | 预处理 |
|------------|--|
| | 水处理污泥中含水量很高（至少为 95%）。因此受汞污染的污泥进行热处理前，必须先进行脱水，成为 20%-35% 的液体。脱水完成后，将对水处理污泥进行煅烧（野村兴产株式会社，2007 年；美国环保局，1997 年 a）。 |
| 含元素汞的废物 | 提炼 收集含元素汞的废物（如温度计和气压计）时不能发生任何损坏。收集含元素汞的废物后，应提炼产品中的元素汞，并进行蒸馏，以在低压环境下对元素汞进行净化。 |
| 设备上附着的含汞废物 | 拆解 含汞废物（如电子开关和继电器）常常附着在电子设备上。因此，在不损坏外部玻璃的条件下，可将此类废物从电子设备上移除。 采用平板液晶显示器的电脑显示器和电视内设有一个或多个小型照明灯泡，这些灯泡通常位于显示屏的外缘。尽管新技术有时会采用发光二极管代替这些灯泡，但多数液晶显示器仍使用荧光汞蒸气灯泡。这些汞灯泡在搬运和机械处理的过程中经常发生破裂，破裂之后会释放汞蒸气。因此应由人工谨慎清除，不应采用机械方式进行切碎等处理，除非切碎机配有必要的污染控制设备可以管理作业中释放的汞并获得许可允许从事该项作业，例如汞处理厂。欲了解详细信息，请参见巴塞尔公约计算机设备行动伙伴关系第 7.3 节：关于报废计算设备的无害环境材料回收和循环利用准则（文件 UNEP/CHW.10/INF/23）。还有关于液晶显示器背光灯泡中汞的进一步资料（请登陆 http://www.wrap.org.uk/recycling_industry/publications/flat_panel_display.html 查看废物资源行动方案研究报告）。 |

(b) 汞和汞化合物的再循环与回收

a. 热处理

157. 含汞或受汞污染的废物（如水处理污泥、受污染的土壤或受污染场地的其他废物）需经热解吸处理，并利用汞蒸气收集技术来回收汞（国际锡研究委员会，1998 年；Chang 和 Yen，2006 年）。

158. 热解吸这一过程是指利用直接或间接的热交换，对有机污染物进行高温加热，使其从受污染的固体物质中挥发和分解出来，进而进行收集或销毁。如果是汞及其化合物，则建议进行间接热解吸后再收集汞。空气、燃气或惰性气体将充当蒸发化合物的转移介质。热解吸系统使用的是物理分解过程，会将污染物从一个阶段转移至另一个阶段。热解吸系统由两个部分构成：解吸塔和尾气处理系统。³¹

159. 蒸发过程包括：回转窑蒸馏、真空热加工和真空干拌。

160. 回转窑蒸馏可以清除和回收废物中的汞，例如可以通过蒸发和回收不含汞产品（如玻璃、铁、有色金属和沸石）来回收矿产工业泥浆、天然气运动产生的泥浆、活性炭、催化剂、纽扣电池或受污染的土壤中的汞。处理过程中将去掉各种污染物、碳氢化合物及硫磺。

31 处理含汞废物的首个大型热解吸设施是为了整改德国 Wölsau 的马克特雷德维茨化学品工厂。作业从 1993 年 10 月开始，包含第一个优化阶段。1993 年 8 月和 1996 年 6 月间成功处理了 50,000 吨受汞污染的固体废物。还利用热解吸设备净化捷克共和国拉贝河畔乌斯季陈旧氯碱工厂和净化台北的土壤（Chang 和 Yen，2006 年）。

161. 通过计量系统的添加漏斗将废物加入回转窑。通过回转窑蒸馏处理的废物应能自由移动。处理废物时，回转窑的温度高达 800 多°C。使用的材料会在回转窑中均衡地移动。通过将废物加热到至少 356°C，废物中的汞被蒸发出来。废物在回转窑中停留的时间取决于放置在其中的材料，但通常为 30 分钟到 90 分钟。处理在低压环境下进行，以确保系统能安全地运作。必要的情况下会在回转窑中注入氮气，创造惰性环境，确保更加安全。废气将通过热气灰尘过滤器流至两个气体洗涤器，其中会对汞、水和碳氢化合物进行压缩。随后废气会被注入活性炭过滤系统，以进行最后的清理工作。³²

162. 预处理后的废物，例如荧光灯中的汞和荧光剂粉末、压碾的灯泡玻璃、清洁的含汞电池、脱水后的水处理污泥以及筛过的土壤，可以在煅烧/蒸馏设施中进行处理，这些设施都有可以回收汞的汞蒸气收集技术。但是必须指出，包括汞和有机物质（包括持久性有机污染物）在内的挥发性金属会在煅烧和其他热处理时产生排放。这样，这些投入的废物会转变为废气和飞灰。因此必须安装废气处理设施（参见下文第三节第 H 部分第 1 项）。

163. 真空干拌机能对含汞的污泥进行预处理和进一步处理。在真空环境下进行作业可以降低沸点，这样可以减少能源消耗并使操作变得更为安全。根据真空程度以及操作间的温度，干拌机可以对污泥进行预处理或进一步处理。用大量的水和碳氢化合物处理含汞污泥时，实践证明在真空干拌机中进行两步的处理是最方便有效的。在第一步中，水和大部分碳氢化合物都会蒸发。第二步处理温度最高的时候，汞会大量蒸发。随后会将汞从水和碳氢化合物中分离出来并单独进行压缩，并将从过程中移除出来。真空设施有两个外罩，通过热油间接加热，可确保待处理的物质受热更均匀。利用热轴能更有效地实现受热均匀。真空干拌机中的废气会在压缩设备和活性炭过滤器中进行清洁。真空干拌机是分批作业的(www.dela-recycling.com)。

164. 真空热加工工艺可以处理温度计、电池（特别是纽扣电池）、牙科汞合金、电器开关和整流器、荧光粉、排气管、压碎的玻璃、土壤、污泥、采矿残留物和催化剂材料等。此类处理主要包括以下阶段：

(a) 加热放置在特制窑或装料作业中的原料，直到温度达到 340°C 至 650°C 之间，气压达到数毫巴，以蒸发废物中的汞；

(b) 在 800°C 至 1000°C 高温中对含汞蒸气进行热后期处理，这将破坏其中的有机成分；

(c) 收集并冷却含汞的蒸气；

(d) 进行蒸馏，直到产生纯液态汞。

165. 经过真空热加工后的残留物基本上不含汞，可根据其成分进行回收或处置³³。

b. 化学氧化

166. 元素汞和有机汞化合物的化学氧化主要目的是破坏有机物和转换汞，以便能形成汞盐。这一方法可以有效地处理含汞或受汞污染的液体废物。化学氧化进程对于处理含汞或受汞污染的水生废物非常有用，如处理泥浆和尾矿等。使用的氧化剂包括次氯酸钠、臭氧、过氧化氢、二氧化氯和游离氯（气）。化

32 www.dela-recycling.com。

33 www.gmr-leipzig.de/gbverfahren.htm。

学氧化可持续开展，也可在混合槽或塞流反应器中分批进行。会将氧化过程中形成的汞卤化物化合物从废物中分离出来，进行处理并接受酸沥滤和沉淀等后续处理（美国环保局，2007年a）。

c. 化学沉淀

167. 沉淀主要是使用化学品将易溶解的污染物转换为不能溶解的固体。共同沉淀中，目标污染物可能处于溶解、胶质或悬浮状态。溶解的污染物不会沉淀，但会吸附在其他沉淀的物质上。胶质或悬浮状态的污染物会与其他沉淀物质融合在一起，或者可通过凝固和絮凝等程序将其去除。去除水中的汞可通过沉淀和共同沉淀实现。随后将通过净化或过滤去除液体阶段的沉淀/共同沉淀的固体。可从名为“土壤、废物和水中的汞处理技术”报告中了解更多详细信息（美国环保局，2007年d）。

d. 吸附处理

168. 吸附材料可通过多种类型的化学作用将汞吸附在表面，其中包括氢键、偶极相互作用以及范德华引力。吸附能力受表面积、孔隙大小和表面化学物的影响。吸附材料通常装在圆柱体中。汞或汞化合物穿过该圆柱体被作为液体废物吸收。如果吸附场所已满，则该圆柱体必须用新介质生成或取代（美国环保局，2007年b）。

169. 吸附材料包括活性炭和沸石。活性炭是一种碳材料，有多个相互连接的开口。它通常有木质底部（椰子壳和锯屑）、油基或煤状底部。根据形状可以将其分类为粉末状的活性炭和颗粒状的活性炭。市场上有多种产品可供使用，每种材料都有不同的特点，例如活性炭可以吸收汞、其他重金属和有机物质（Bansal，2005年）。沸石是自然生成的硅酸盐矿物，同时也能人工生产。沸石和斜发沸石对重金属离子有很强的吸附能力，它的吸附机制是离子交换式的（Chojnacki 等人，2004年）。实践证明离子交换树脂可以帮助去除河流中的汞，尤其是浓度在 1-10 微克/升之间。通常利用离子交换应用来处理废水中的汞盐，如氯化汞。这一过程包括将合成树脂或矿物树脂等介质加入溶液中，这样加入的金属离子就会转化为介质。阴离子交换树脂可以利用强酸溶液生成，但由于汞盐未得到高度电离且未能从树脂中快速净化出来，因此，要这样生成树脂还是非常困难。因此这种树脂必须进行处置。此外，有机汞化合物不会电离，所以无法使用传统的离子交换技术将其去除。如果使用了备选的树脂，则吸附过程往往是不可逆的，这种情况下树脂应作为危险废物在处置设施中得到处理，而不是进行回收（Amuda，2010年）。

170. 螯合树脂也是一种离子交换树脂，主要作用是作为聚合物选择性地捕捉溶液中的离子，包括多种金属离子，并将其分离开来。它是由三维网结构的聚合物组成，其功能小组可以与金属离子发生螯合作用。聚苯乙烯是最常见的聚合物基础材料，其后是酚醛塑料和环氧树脂。螯合树脂主要用来处理电镀废水，去除其中的汞以及沉降物凝固和中和后残余的其他重金属，或是通过在金属离子浓度较低的废水中形成吸附作用来收集金属离子。汞吸附的螯合树脂可以有效地吸收废水中的汞（Chiarle，2000年）。

e. 汞的蒸馏——净化

171. 处理后，收集好的汞将通过蒸馏进行净化（美国环保局，2000年）。经过多次蒸馏后，可以产生高纯度的汞，而且蒸馏后都能实现较高的纯度 **Error!**
Bookmark not defined.

2. 不进行元素汞回收的作业

172. 在处置由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物前，应先对这些废物进行处理，以使其满足处置设施的要求（参见下文第三节第 G 部分第 2(b)项的内容）。由元素汞构成的废物在处置前应先进行固化或稳定化。处置废物时应依照国家和地方法律法规进行。开展 D5 和 D12 作业前进行的处理作业属于 D9 作业。

(a) 物理和化学处理

a. 稳定化和固化

173. 稳定化进程中产生的化学反应可能会（通过降低废物组成成分的移动性和有时会改变毒性）改变废物的危险性。固化进程只会利用添加剂改变废物的物理形态（如从液态转变为固态），而不会改变废物的化学特性（欧洲委员会，2003 年）。

174. 固化和稳定化适用于由元素汞构成的废物，以及受汞污染的废物，例如土壤、污泥、灰尘和液体。它可以通过在稳定集群中将物质结合起来或是减少可能降低溶解度和挥发性的化学反应，降低介质中污染物的移动性（美国环保局，2007 年 b）。

175. 固化和稳定化适用于多种废物，例如水处理污泥、焚化炉灰、受汞污染的液体以及受汞污染的土壤。这些废物中的汞无法轻易地进入沥滤介质或进行热解吸，但是若将废物稳定化后置于垃圾填埋场一段时间便可进行滤取。其他金属和有机化合物也是这种情况。垃圾填埋场中的稳定化和固化后的废物中的汞可以滤取（溶解，并在垃圾填埋场以液体形式从稳定化的废物中移动），转移至地表水或附近水域，并在自然环境条件下蒸发至大气。

176. 固化和稳定化包括将污染物结合或封闭在稳定的群集（固化）或降低稳定剂和污染物之间的化学反应以减少其移动性（稳定化）。如果废物中存在元素汞之外的液体，固化主要用于压缩或吸收废物，将其形成固体材料。废物可通过两种方式进行压缩：微型封装和宏型封装。前者是指固化前将废物与包装材料混合在一起；后者是指将包装材料倒至废物周围，形成一个固块（美国环保局，2007 年 b）。

177. 一般而言，固化程序包括将土壤或废物与粘合剂混合起来。粘合剂包括波特兰水泥、硫磺聚合物水泥、硫化物和磷酸盐粘结剂、水泥窑灰、聚酯树脂或聚硅氧烷化合物，可用其生成泥浆、浆糊、或其他半液体状物质，以便最终形成固体状态（美国环保局，2007 年 b）。

178. 由元素汞构成的废物和含汞或受汞污染的废物可使用以下两种化学品方式处理（Hagemann，2009 年）：

- (a) 化学转换为硫化汞；和
- (b) 汞齐化（使用适当的金属形成固体合金）。

179. 如果硫化汞转化率（起反应的汞所占的比率）接近或能达到 100%，则能大幅降低风险。反之，汞的挥发性和滤取性会很高，汞合金就是这种情况（Mattus，1999 年）。

硫化汞的稳定化

180. 自然界中最常见的汞存在于辰砂中，可从其中提取出来金属汞，最重要也最常用的方法是将元素汞转化为最接近原始状态的硫化汞。可将含元素汞的废物与元素硫或其他含硫物质混合起来，以形成硫化汞。硫化汞的生产可产生两种类型的物质：辰砂和黑辰砂。与纯的黑辰砂（黑色）相比，纯的辰砂（朱红色）的水溶性较低。硫化汞粉末的密度为 2.5-3 克/立方厘米。

181. 一般而言，硫化汞生产是将汞和硫在适当的条件下混合一段时间。开始反应阶段需要一些活化能，可通过充分搅拌混合物来提供。另外，生产过程中较高的切变率和温度可以支持产生辰砂，而较长的反应时间可支持生成黑辰砂。在有氧条件下长期充分碾磨可以生成氧化汞。与硫化汞相比，氧化汞的水溶性更高，因此应避免在惰性大气环境中或通过添加抗氧化剂（如硫化钠）来生成氧化汞。由于汞和硫之间的反应会发热，因此惰性气体环境可确保安全操作。进程中反应很快，很容易操作。硫化汞可溶于水，不挥发，化学性质稳定且不会产生反应，只受浓酸的影响。作为一种粉状物质，处理应在特定条件下进行（例如应避免灰尘扩散的风险）。与元素汞相比，这种稳定化程序将使体积增加三倍，并使分子重量增加 16%。

182. 从 2010 年起，可使用硫对含元素汞的废物进行大规模稳定化处理，进而形成硫化汞。这一进程在惰性真空环境下在真空搅拌器内部进行，可以确保安全和良好的流程控制。搅拌器分批运作，每批会处理 800 千克的金属汞。灰尘过滤器和活性碳过滤器可防止从厂房挥发。汞和硫之间的反应是依照化学计量比率进行的。终端产品包括红色的硫化汞，其沥滤值低于 0.002 毫克汞/千克（根据 EN12457/1-4 进行测试）。终端产品在 350°C 的高温下可以保持热学稳定。真空混合程序可以确保安全操作，也就是说作业过程中不会发生泄漏，而且通过降低沸点可以减少能源消耗。且符合欧洲理事会 2002 年 12 月 19 日第 2003/33/EC 号决定中的废物接收标准（包括一项沥滤试验），该决定依据有关硫化汞的第 1999/31/EC 号指令第 16 条和附件二的要求而制定，其中列明了填埋场的废物接收标准和程序。硫化汞应最好通过地下设施处置。

硫磺聚合物稳定化/固化

183. 硫磺聚合物稳定化工艺是硫磺稳定化的一种修正，由于最终产品是独石形态，表面积较小，因此汞蒸发和沥滤的可能性很低。在这一工艺中，元素汞与硫产生反应，最终形成硫化汞。与此同时，硫化汞被压缩为一个整体。这一工艺中使用 95% 的元素硫和 5% 的有机聚合物改性剂（也被称作硫磺聚合物水泥）。硫磺聚合物水泥可以使二环戊二烯，或环戊二烯的低聚物。这一工艺必须在约 135°C 的高温下进行，期间会导致一定程度的汞挥发和排放。另外，工艺中必须是惰性气体环境，以防止形成水溶性的氧化汞。生产硫磺聚合物水泥的工艺中将产生黑辰砂。加入九水硫化钠后可生产辰砂。

184. 此工艺可实现在独石中保留相对较高的汞含量（70%），因为需要硬化和固化的基质不会产生化学反应。该工艺效果显著，操作相对简单，其产品极难溶于水、对腐蚀性环境具有较强抵抗力、可抵御冻融循环并具有较高的机械强度。工艺过程中很容易发生挥发性损失，因此需要采取适当的工程控制措施。

同时还需要采取适当的工程控制措施以防止可能发生的燃烧和爆炸。此外，工艺过程所产生的废物材料数量有大幅增加。³⁴

185. 产品的稳定性已报告，酸碱度值为 2 时沥滤性能最低，即 0.001 毫克/升。酸碱度值为 12 时沥滤值最高，达 0.1 毫克/升，而另一个样本的沥滤值则在不同的酸碱度值条件下为 0.005 至 45 毫克/升之间，这大致符合某种线性趋势。造成后者的沥滤性能变动幅度较大的原因并非酸碱依赖性，而是残留在最终产品中的少量元素汞。投资者解释说，随着工艺得到更好的控制，产品质量也会提高。没有报告显示产品出现汞排放（BiPRO，2010 年）。

汞齐化

186. 汞齐化是指汞在铜、镍、锌和锡等其他金属中溶解和固化，从而产生固体的、非挥发性的产品。这是固化技术中的一个分支。有两种通用的废物汞齐化工艺：水相置换和非水相置换。水相置换工艺把锌或铜等贱金属切成碎粉状，并将其与含溶解汞盐的废水混合在一起；贱金属把汞盐和亚汞盐降解为元素汞，而元素汞则在金属中溶解并形成一种固态的汞金属合金，称汞合金。非水相工艺把切成碎粉状的金属与元素汞废弃物混合在一起，形成一种固化的汞合金。水相置换工艺适用于汞盐和元素汞，而非水相置换工艺则只适用于元素汞。然而，其所产生的汞合金中的汞容易挥发或沥滤。因此，汞齐化通常与封装技术结合使用（美国环保局，2007 年 b）。

b. 土壤淋洗和酸提取

187. 土壤淋洗是对受汞污染的土壤和沉积物进行离体处理的一种方法。它是一项基于水的工艺，结合物理颗粒度分离和水基化学分离两种手段来减少土壤中的污染物浓度。该工艺基于一种理念，即大部分污染物容易与体积较小的土壤颗粒（粘土和泥沙）结合，而非较大的颗粒（沙粒和砾石）。物理方法可用于把相对较干净的较大颗粒与较小颗粒分离开来，因为较小颗粒会通过物理过程（压缩和粘着）附着于较大颗粒上。因此该工艺能把与较小颗粒结合的污染物集中起来，以供进一步处理。酸提取也是一项离体技术，通过采用盐酸或硫酸等提取化学品使污染物溶解于酸中，然后从固体基质中提取污染物。采用水相电解等技术在酸沥滤溶液中回收金属污染物。详细信息参见名为“土壤、废物和水中的汞处理技术”的报告（美国环保局，2007 年 b）。

(b) 特别设计的填埋场

188. 稳定化或固化后的含汞或受汞污染的废物若符合国家或地方条例所规定的特别设计的填埋场接受标准，则可以在受控的填埋场中进行处置。若干主管部门已为含汞或受汞污染的废物的填埋界定了接受标准。根据欧盟的法律，非危险废物填埋场和危险废物填埋场分别只可以接受含沥滤限值为 0.2 毫克汞/千克干物质和 2 毫克汞/千克干物质且液固比为 10 升/千克的废物。根据美国汞废物处理条例，只可处理和填埋汞浓度低的废物。（根据毒性特征沥滤程序测试）经处理的汞废物的汞沥滤浓度必须低于 0.025 毫克/升方可进行填埋处置。根据日本法律，经处理的废物的汞浓度若超过 0.005 毫克/升（沥滤试验方法：日本标准化沥滤试验第 13 号(JLT-13)（第 13 号环境省通知）），应在日本境内受控的填埋场进行处置（日本环境省，2007 年 b）。此外，部分国家严禁在填埋场处置特定的含汞或受汞污染的废物。

34 详细信息参见 <http://www.mersade.eu/> 网站上的汞安全储放（MERSADE）项目。

189. 特别设计的填埋场是一种处置固体废物的无害环境系统，是堆放固体废物并使其彼此隔离并与环境隔离的场所。填埋操作的所有方面都应得到控制，以确保在填埋场附近居住和工作的所有人的健康和受到保护，并确保环境的安全（巴塞尔公约秘书处，1995年b）。

190. 原则上，在一段特定时期内管控一个填埋场地使其对环境安全是可以做到的，条件是该场地合适并且有正确的预防措施和高效的管理。特别设计的填埋场应符合关于选址、设计和施工、填埋操作和监控方面的具体要求，以防止泄漏和污染环境。选址、设计和施工、操作和监控以及场地关闭和关闭后的维护工作等过程必须同等地采用控制和监管程序（巴塞尔公约秘书处，1995年b）。许可证应包括关于可接受的废物的类型和浓度、沥滤液和气体控制系统、监管工作、现场安全以及场地关闭和关闭后维护的详细规定。

191. 应特别注意为了保护地下水资源免受渗入土壤的沥滤液污染而需要采取的措施。应通过在操作阶段结合地理屏蔽方法和底部衬垫系统，以及在场地关闭和关闭后阶段结合地理屏蔽方法和底部衬垫系统来保护土壤、地下水和地表水。应在填埋场内安装沥滤液的排水和收集系统，在沥滤液排放到水系统之前用水泵将其抽取至地表进行处理。此外，应为填埋场的操作阶段和关闭后阶段制定监管程序，从而确定填埋场可能导致的所有负面环境影响并采取合适的补救措施。应考虑到场地、地质以及项目特有的其他因素，再作出关于填埋场发展和衬垫方法的选择。应在特别设计的填埋场的不同方面应用合适的岩土工程原则，例如岩墙、削坡、填埋单元、车道和排水结构（加拿大环境部长理事会，2006年）例如，填埋场可以用防水和加固的混凝土封闭起来，并盖上屋顶或雨水排放系统等防止雨水流入的设备（图6）（日本环境省，2007年a）。多种衬垫系统和沥滤液控制系统在不同条件下的有效性已记录在案。《关于特别设计的填埋场的巴塞尔公约技术准则》详细解释了其他几种在条件适合的情况下可纳入考虑的受控的限制系统方法（巴塞尔公约秘书处，1995年b）。

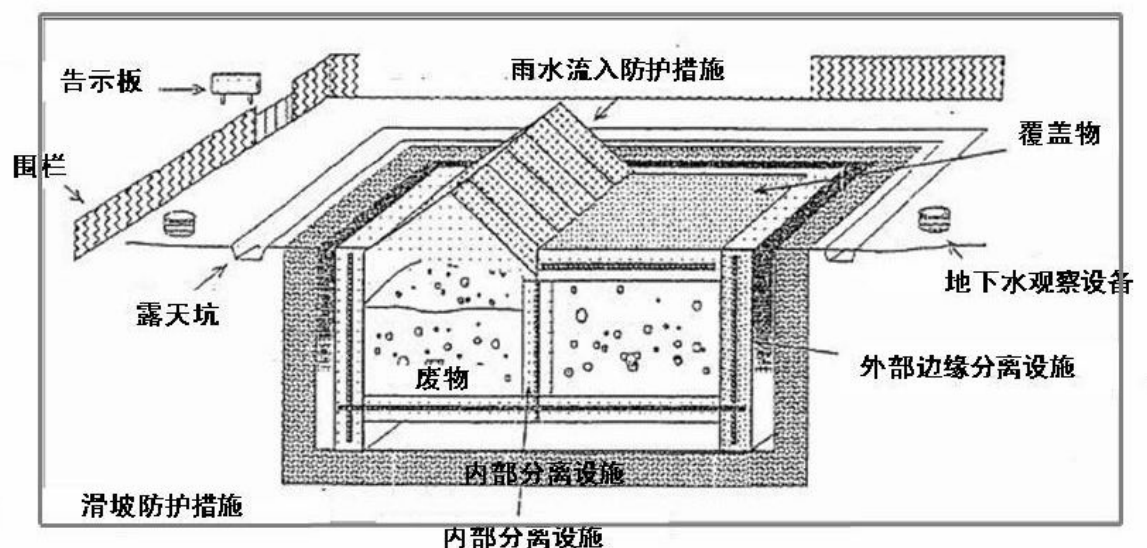


图 6: 特别设计的填埋场（日本环境省，2007年a）

192. 关于特别设计的填埋场的详细信息参见《关于特别设计的填埋场的巴塞尔公约技术准则》（作业D5）（巴塞尔公约秘书处，1995年b）。

(c) 永久储存（地下设施）

193. 稳定化或固化后，符合永久储存接受标准的含汞或受汞污染的废物³⁵可酌情永久储存在指定地点的特殊容器中，例如地下储存设施。

194. 地下储存技术基于地矿工程，地矿工程包括采掘矿区以及建设棋盘网格式的柱状矿房的技术和方法。³⁶废弃的矿区一经调整用途即可用于永久储存稳定化和固化的废物。

195. 此外，地下处置放射性废物的原则和经验可应用到含汞或受汞污染的废物的地下储存。虽然使用标准的采矿或土木工程技术来采掘一个较深的地下储存处是有可能的，但这受到多种条件限制，包括可利用的地点（例如地表以下或近岸水域）；足够稳定且没有大型地下水流的岩石单位；深度为 250 米-1,000 米。若深度超过 1,000 米，采掘工作在技术上则益发困难，成本也相应更高（世界核协会，2010 年）。

196. 关于永久储存含汞或受汞污染的废物的进一步详情请查阅以下出版物：

(a) 欧洲共同体（2003 年）：地下储存接收废物安全评估——理事会 2002 年 12 月 19 日关于根据第 1999/31/EC 号指令第 16 条及附件二制定填埋场接收废物的标准和程序的决定附录 A：<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:011:0027:0049:EN:PDF>；

(b) BiPRO（2010 年）：关于处置金属汞的设施和接收标准的要求，http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro_study20100416.pdf；

(c) 国际原子能机构（2009 年）：地质处置放射性废物：可回收性的技术影响，http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1378_web.pdf；

(d) 世界核协会（2010 年）：储存和处置备选方案，<http://www.world-nuclear.org/info/inf04ap2.html>；

(e) 拉丁美洲及加勒比汞储存项目（2010 年）：拉丁美洲及加勒比长期储存汞备选方案分析和可行性研究，<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/LACMercuryStorageProject/tabid/3554/language/en-US/Default.aspx>；和

(f) 亚太汞储存项目（2010 年）：亚洲长期储存汞备选方案分析和可行性研究，<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/AsiaPacificMercuryStorageProject/tabid/3552/language/en-US/Default.aspx>。

197. 位于水文地质特征方面较为隔离的盐矿和硬岩层的地下永久储存设施是在一定的地质年代把危险废物与生物圈分离的一种备选方案。所有规划中的地下储存设施应按照相关国家法律展开因具体场地而异的风险评估，这些法律包括欧洲理事会 2002 年 12 月 19 日第 2003/33/EC 号决定附件中附录 A 所含的关于制定填埋场接受废物标准和程序的条款，以及第 1999/31/EC 号指令第 16 条及附件二。

198. 处置废物时不得出现以下情况：(a)不同废物之间或废物与储存处衬垫之间发生不应有的反应；(b)排放和运输危险物质。操作许可证应界定废物类型，各种类型大致上应并行不悖。结合人工屏蔽和天然屏蔽（岩石、盐、粘土）来隔离废物，这样后代子孙则无需积极地维护设施。通常这被称为多屏蔽概念，即废物包装、受控的储存处和地质状况均发挥了屏蔽作用，以防止汞泄漏接触

35 这包括稳定化或固化后的由元素汞构成的废物。

36 例如，德国在危险废物地下储存方面有丰富经验。

到人类和环境（BiPRO，2010年；欧洲共同体，2003年；国际原子能机构，2009年；世界核协会，2010年）。

199. 布局、限制地区、储存位置和条件、监测、通道条件、关闭策略、密封和回填以及储存位置的深度等具体因素会影响汞在主岩和地质环境中的表现，这些因素需要与废物性质和储存系统分开考虑。可能用于永久储存含汞或受汞污染的废物的主岩为盐岩层和硬岩层（火成岩，例如包括石灰石或砂岩等沉积岩在内的花岗岩或片麻岩）。（BiPRO，2010年；欧洲共同体，2003年；国际原子能机构，2009年；世界核协会，2010年）。

200. 为处置含汞或受汞污染的废物选择永久储存场地时应注意以下几点：

(a) 用于储存的洞穴或地道应与作业中的矿区以及可能重新开放的矿区完全分离；

(b) 洞穴或地道应位于比可用地下水区域更深的地质层，或位于由于被不透水岩层或粘土层阻隔而完全与含水层隔离的岩层；和

(c) 洞穴或地道应位于非常稳定的且不在地震带范围内的地质层。

201. 为了确保能完全容纳废物，可能会受到处置操作（例如在地质力学和地质化学方面的）影响的处置矿场及其周边区域应由厚度、均一性、性质和深度合适的主岩（又称隔离岩区）（见图7）包围。根据基本原则，长期风险评估应能证明地下处置设施在建设、操作和操作后阶段不会引起任何生物圈的退化现象。因此，应使用适当的模式来分析和评估所有技术障碍（例如废物形态、回填、密封措施）；主岩和围岩、覆岩层的活动以及在整体系统中可能发生的事件次序。

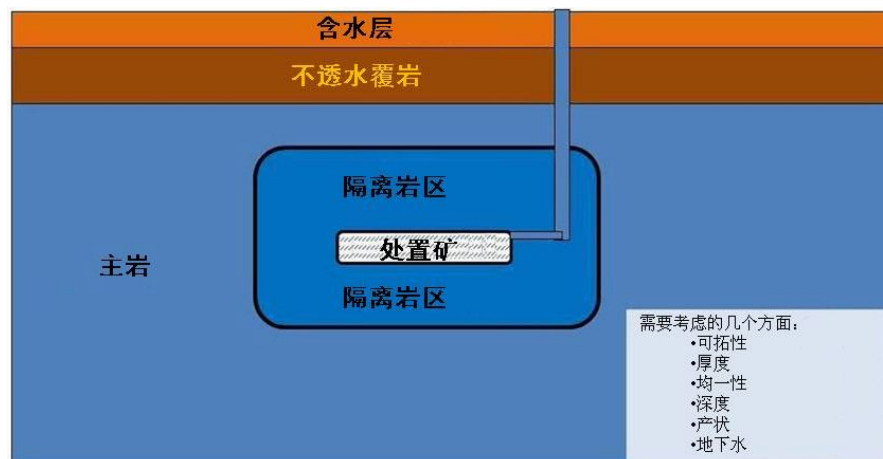


图7：完全容纳的概念（图式）（图片来源：设备和核反应堆安全协会）

202. 若所考虑的岩层显示出任何缺陷（例如均一性或厚度方面），可采用多屏蔽系统来补偿主岩所缺失的或不足的屏蔽特性。普遍而言，此类多屏蔽系统可以由一种或多种可以实现最终目标（即持久地把废物与生物圈隔离开来）的额外屏蔽部分（见表5和图8）组成。

203. 应开展一项长期安全评估（见上）以确定处置系统内多屏蔽系统的需求和作用方式。例如，覆盖处置矿场的地质层（“覆岩”）可起到多种不同的效用：

(a) 避免覆盖层下面的主岩的特性遭到破坏；和/或

(b) 加强对在特定情况下从处置矿场排放出去的污染物的保存能力。

表 5: 多屏蔽系统的可能组成部分及其作用方式示例

| 屏蔽部分 | 作用方式示例 |
|------|---|
| 废物含量 | 减少要处理的污染物总量 |
| 废物加工 | 处理废物以降低污染物的可溶性 |
| 废物罐 | 在天然屏蔽生效之前过渡有限的一段时期 |
| 回填措施 | 回填矿区的空隙空间以增强地质力学稳定性和/或提供特殊的地质化学条件 |
| 密封措施 | 若天然屏蔽受到矿场通道的干扰，矿井密封应同样增强地质力学稳定性和/或提供特殊的地质化学条件 |
| 主岩 | (在理想情况下) 完全容纳污染物 |
| 覆岩 | 额外的天然(地质)屏蔽，例如覆盖在上面的厚度和性质合适的粘土层 |

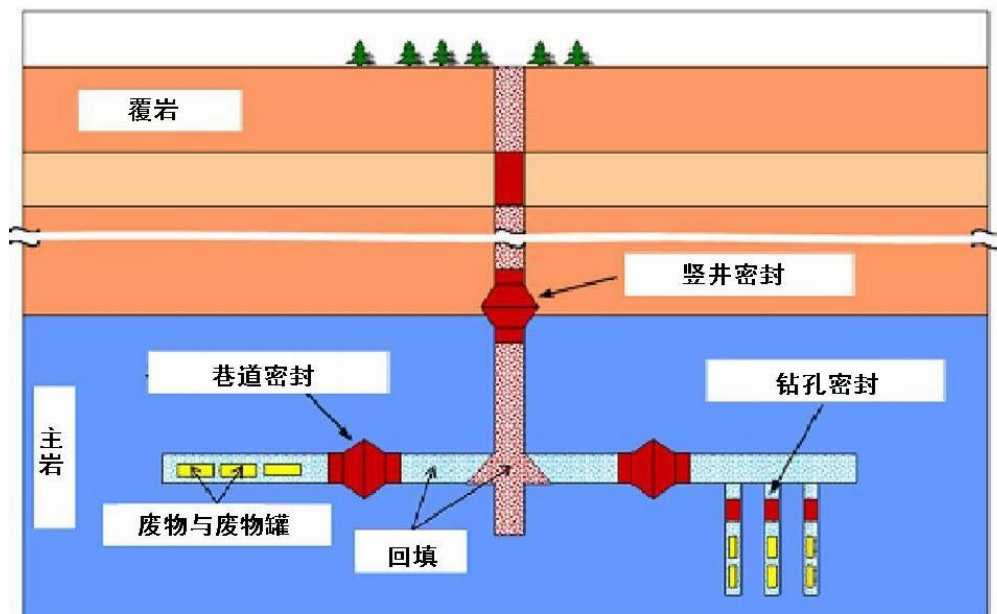


图 8: 多屏蔽系统及其在系统中的布局(图式)(图片来源: 设备和核反应堆安全协会)

204. 普遍来说, 上述的地下处置概念(包括所有的标准、要求和最后布局等)应根据因具体的废物和场地而异的标准来设计, 同时考虑到所有相关条例(例如欧洲共同体, 2003年)。为了大致了解不同类型的主岩的深度和厚度, 表 6 基于当前的经验和计划列出了标准的尺寸。

表 6：主岩体的垂直厚度标准值及可能的处置深度（根据 Grundfelt 等人，2005 年）

| 地质系统 | | 主岩体的厚度 | 可能的处置深度 |
|---------|-----|-----------|------------|
| 主岩 | 变种 | | |
| 盐岩 | 盐丘 | 达1,000米以上 | 800米 |
| 盐岩 | 层状盐 | 约100米 | 650-1,100米 |
| 粘土/粘土岩 | | 达400米 | 400-500米 |
| 粘土层下的岩石 | | 约100米 | 500-1,000米 |

H. 减少来自废物热处理和废物处置的汞排放

1. 减少来自废物热处理的汞排放

205. 目前的一些城市废物可能仍然含有汞，例如电池、温度计、荧光灯或汞开关。分开收集这些废物可以减少混合城市固体废弃物中的汞总含量，但 100% 的收集率在实际情况中是无法实现的。因此，由于含汞或受汞污染的废物燃点低，它们可能会燃烧，所以几乎所有废物里的汞均转化为燃烧气体，只有少量汞残留在底灰中。废物燃烧单元内燃烧气体中所含的大部分汞的形态是元素汞，但大部分元素汞在经过燃烧单元时会转化为二价汞，而部分二价汞会转化为飞灰。二价汞被认为是氯化汞；因此，应选择可有效清除此类氯化汞和元素汞的烟道灰处理设备。此外，未经妥善隔离的废物等可能含汞或受汞污染的废物不应在没有使用烟道气处理设备的情况下在焚烧炉中焚烧（Arai 等人，1997 年）。应设定汞的排放和排污标准并应监测经处理的烟道气和废水的汞含量水平，以确保尽可能减少汞向环境的排放。真空密封焙烧设施等其他废物热处理也应采用这一做法。

206. 防止在焚烧废物时向空气排放汞的首要技术是尽量防止或控制废物流中的汞含量，例如下列技术（欧洲委员会，2006 年）：

(a) 有效清除废物流中添加汞的产品，例如在将电池和汞合金废物与其他废物或废水混合之前，先把其中某几类电池和牙科汞合金（使用汞合金分离器）分离出来；

(b) 向废物生产者通告关于分离汞的必要性；

(c) 识别和/或限制接收可能含汞或受汞污染的废物；和

(d) 在知晓将要接收此类废物时，应控制此类废物的大量接收以避免超出减轻污染系统的能力负荷。

207. 防止汞从废物流排放到空气的二级技术包括烟道气处理。欧洲联盟在废物焚烧指令（2000/76/EC）（欧洲共同体，2001 年）中设立了标准，例如由清理烟道气所产生的废水排放的汞及其化合物（以汞(Hg)表示）排放限值为 0.03 毫克/升，汞及其化合物（以汞(Hg)表示）的空气排放限值为平均每 30 分钟 0.05

毫克/立方米，平均每 8 小时 0.1 毫克/立方米。联合国欧洲经济委员会《远距离越境空气污染公约》框架下的《重金属议定书》设定了受法律约束的汞排放限值，危险废物焚烧的限值为 0.05 毫克/立方米，城市废物焚烧的限值为 0.08 毫克/立方米。

208. 汞减轻工艺的选择取决于燃烧物质的氯含量。若氯含量较高，未经处理的烟道气中的汞会逐渐变成氧化形态，可储存在湿式洗涤器中。在城市废物和危险废物焚烧工厂的正常操作状态下，一般废物的氯含量通常较高，足以确保汞主要呈现氧化形态。如氯化汞等挥发性汞化合物将在烟道气冷却时凝结，并溶于洗涤器的排放物中。添加专门清除汞的试剂是从该工艺中清除汞的一种方法。应注意在焚烧水处理污泥时，汞排放主要以元素汞形式存在，因为城市废物或危险废物的氯含量较低。因此，必须特别注意捕捉这些排放。可以通过把元素汞转化为氧化汞来清除元素汞；具体程序为添加氧化剂，然后把它储存在洗涤器内或直接放在掺硫活性炭、床炉焦炭或沸石上使其沉积。可以通过絮凝作用清除湿式洗涤器系统中的重金属，它们在絮凝剂（聚合电解质）和氯化铁的影响下会形成金属氢氧化物。为了清除汞，还会添加配位剂和硫化物（例如硫化钠、三硫醇等）。

209. 可把活性炭注射到传输流系统的气流中，通过把汞吸附在活性炭试剂上来清除烟道气中的汞。采用滤袋式过滤器来过滤气流中的碳。活性炭对汞和多氯二苯并对二英/多氯二苯并呋喃具有较高的吸收率。不同种类的活性炭具有不同的吸收率。人们相信这跟碳分子的具体性质有关，反过来这又受到生产工艺的影响（欧洲委员会，2006 年）。含床炉焦炭（一种 1.25 至 5 毫米的焦粉）的固定床过滤器能有效储存几乎所有与烟道气组成部分有关的排放物，尤其是盐酸、氢氟酸、硫的氧化物、重金属（包括汞），有时能使排放物的含量低于最低检测限值。床炉焦炭的沉积作用主要基于吸收和过滤机制。一般而言，焚烧炉会安装烟道气处理设备，从而防止氮氧化物、二氧化硫和微粒物质的排放，这些设备还具有捕捉汞蒸气和颗粒汞这一好处。注射粉末活性炭是用于清除焚烧炉或燃煤发电厂中的汞的先进技术之一。被活性炭吸收的汞可以稳定化或固化，从而得以处置（见上文第三节第 G 部分第 2 (a) a 项）。

210. 以下文件也提供关于减少废物焚烧中的汞排放的技术资料：

(a) 国家法律，例如关于废物焚烧的欧洲联盟第 2000/76/EC 号指令；

(b) 环境署（2002 年）：全球汞评估，<http://www.unep.org/hazardoussubstances/LinkClick.aspx?fileticket=Kpl4mFj7AJU%3d&tabid=3593&language=en-US>；

(c) 欧洲委员会（2006 年）：关于废物焚烧最佳可得技术的综合污染防治和控制参考文件，<http://eippcb.jrc.es/reference/wi.html>；

(d) 环境署（2010 年 c）：关于汞来源和排放以及控制措施成本效益分析的研究“环境署第 29 段研究”（UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4），<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/Negotiations/INC2/INC2MeetingDocuments/tabid/3484/language/en-US/Default.aspx>；和

(e) 《远距离越境空气污染公约》下的《联合国欧洲经济委员会重金属议定书》。

211. 若采用湿式洗涤器作为烟道气处理方法之一，处理湿式洗涤器产生的废水十分关键。

2. 减少来自填埋场的汞排放

212. 在无可避免需要填埋含汞或受汞污染的废物的情况下（作业 D1），汞从卫生填埋场排放到环境有三种渠道：填埋场的工作面、沥滤液和填埋场气体。汞排放的最重要起源地是工作面 and 甲烷通风口（Lindberg 和 Price，1999 年）。

213. 据报告，与通过填埋场气体排放的汞相比，通过沥滤液排放的汞数量较少（Yanase 等人，2009 年；Takahashi 等人，2004 年；Lindberg 等人，2001 年）。可采用沥滤液处理来清除转化为沥滤液的汞，正如处理废物焚烧炉湿式洗涤器中的废水一样。可通过防止含汞或受汞污染的废物进入填埋场并防止填埋场火灾来减少填埋场的汞排放。

214. 应使用日常填埋场覆盖以减少新进入填埋场的废物的汞排放（Lindberg 和 Price，1999 年），并降低填埋场火灾的可能性。万一发生填埋场火灾，应紧急使用土壤覆盖，应提早储存土壤覆盖的材料，并应准备用于土壤覆盖以达到灭火目的的机器（例如自倾货车、推土铲）。

215. 应安装填埋场气体捕捉系统以捕捉汞蒸气和甲基汞，从而防止其排放至大气。

I. 受污染场地的补救处理

216. 受汞污染的场地遍布全球，这很大程度上是由工业活动、初级采矿、氯生产以及添加汞的产品生产所导致的。这些场地的大部分污染是由于使用汞的手工和小规模采金业，在发展中国家大部分这种活动已停止，或受到发展中国家的条例控制和工程控制，但在发展中国家仍有大面积的场地继续开展手工和小规模采金业。土壤受到汞污染以及有大型尾矿的场地，或大面积受到通过水道和其他因素被迁移的污染物所污染的场地，均是由过往和当前的操作所造成的。本节概述以下内容：(a) 可用的成熟和较新的清理补救技术；和 (b) 发现新场地时可采取的适当应急行动。

1. 识别受污染场地和应急行动

217. 可通过以下方法识别对人类健康或环境带来威胁的受汞污染的场地：

- (a) 目测场地条件或随之而产生的污染源；
- (b) 目测已知已使用或排放特别危险的污染物的生产或其他操作；
- (c) 观察因与场地邻近而可能对人类、植物或动物产生的不利影响；
- (d) 显示污染水平的物理结果（例如酸碱度）或分析结果；以及
- (e) 社区向主管部门报告的可疑排放。

218. 受汞污染的场地与其他受污染场地类似，因为汞可通过多种方式接触受体。汞问题尤其棘手，因为汞具有危险的蒸气相，其对动物的可观察影响水平低，而且不同形态的汞（例如元素汞与甲基汞之间的）毒性水平不同。通过结合实地仪器和实验室分析也可较容易地检测汞。

219. 首要优先事项是尽量把受体与污染隔离开来，从而尽量减少进一步的接触。在这方面，受汞污染的场地与被其他可以移动且有毒的污染物所污染的场地类似。

220. 若该场地有居民居住，且面积较小，可查阅美国环保局的《汞响应指南》以获得大量关于应急行动的指导意见，该指南旨在处理居民区的中小型漏溢情况（美国环保局，2001年）。

221. 另外，关于因发展中国家的非正式汞使用（例如手工和小规模采金业）而受污染的大型场地，《手工和小规模采金场汞排放的环境和健康评价方案》中概述了相关的响应建议（全球汞项目，2004年）。

2. 无害环境的补救处理

222. 受汞污染的场地的补救行动（清理措施）取决于多种因素，这些因素界定了场地以及潜在的环境和健康影响。在选择供筛选的处理技术初始群组，然后从中选择一种或结合几种技术时，选择所涉及的因素包括以下几点：

(a) 环境因素：

- （一）操作时的汞排放量；
- （二）污染的源头；
- （三）受污染场地的汞的化学状态；
- （四）（需要补救的）汞热点的数量、规模和地点；
- （五）采矿操作时需要考虑例如土壤特性等开采汞的矿体性质；
- （六）汞的甲基化潜能；
- （七）来自污染媒介（例如土壤和沉积物）的汞的沥滤潜能；
- （八）背景汞污染——与地方来源无关的区域大气汞沉积；
- （九）水生系统中的汞流动性；以及
- （十）地方/国家/联邦清理标准：水、土壤/沉积物、空气。

(b) 受体：

- （一）水生生物区系、无脊椎动物、可食用植物的生物利用率；和
- （二）受体（人类、动物和植物）中的汞浓度以显示接触水平。

223. 一旦评估了这些因素，即可对合适的补救技术启动更为全面的分析。根据汞污染、其他存在的污染物以及受体的严重性、规模、水平和种类，可以制定一项利用多种技术的补救计划，以最为有效和高效地减少场地中汞污染的毒性、可得性和数量。关于补救技术的更多详情可查阅“受汞污染的场地：补救解决方案审查”（Hinton，2001年）和“土壤、废物和水中的汞处理技术”（美国环保局，2007年b）³⁷。也可查阅关于日本水俣湾（水俣市政厅，2000年）以及德国马克特雷德维茨的化学工厂区（北大西洋公约组织现代社会挑战委员会，1998年）的补救案例资料。

J. 健康和安全

224. 雇主应确保每一位雇员在工作时其健康和受到保护。所有雇主应购买和保有保险，保单应由经授权的保险商批核，其保险责任范围应能充分覆盖雇

37 更多资料可查阅美国环保局网站，例如汞处理技术 (http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Treatment_Technologies/)以及政策和指导 (<http://www.epa.gov/superfund/policy/guidance.htm>)。

员万一在雇佣期间发生由于雇佣而导致的身体疾病或受伤所引起的责任（赔偿）。所有处理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的设施应落实健康和计划，以确保在设施内工作或在设施附近的所有人获得保护。所有设施都应制定此类计划，并应由具有与汞相关的健康风险管理经验且经过培训的健康和安全专业人士制定。

225. 可通过以下几种方法落实保护管理由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的工人和公众：

- (a) 使工人和公众远离所有潜在的废物源；
- (b) 控制废物以最大限度地降低接触的可能性；以及
- (c) 通过确保个人防护设备的使用来保护工人。

226. 世卫组织已制定了饮用水和环境空气中的汞浓度准则值；分别为 0.006 毫克/升（无机汞）和 1 微克/立方米（无机汞蒸气）（世卫组织，2006 年；世卫组织欧洲区域办事处，2000 年）。鼓励各国政府监测空气和水以保护人类健康，尤其是监测开展由元素汞构成、含汞或受汞污染的废物管理活动的邻近场地。部分国家已制定了工作环境中容许的汞水平，例如在日本，无机汞（硫化汞除外）的容许汞水平值为 0.025 毫克/立方米，烷基汞化合物的容许汞水平值为 0.01 毫克/立方米；应开展废物管理操作以使工作环境和设施的含汞量符合容许的汞水平，并应设计和执行这些操作以在技术可行的范围内最大限度地减少汞向环境的排放。

227. 应特别关注处理添加汞的产品的场地。在废物流中，添加汞的产品的汞排放会造成接触风险，引起健康关切和多点环境排放。废物收集员、货车司机和垃圾中转站的工人在处理这些废物时可能会短暂性地接触到汞蒸气。在填埋场“工作面”（即倾倒、散布、压缩和填埋废物的活动区）工作的废物管理雇员可能会反复接触到汞蒸气。在填埋场搜寻可回收物品的非正式废物部门人员则可能会常年接触到汞蒸气。腐烂有机废物所产生的甲烷气体的排气口是汞排放和汞接触的另一源头。

228. 处置设施，特别是开展回收操作的处置设施，同样面临汞接触的高风险。高风险的主要活动包括压碎荧光灯，从温度计和气压计等添加汞的产品中提取元素汞，对含汞或受汞污染的废物进行热处理，以及元素汞的稳定化/固化。

229. 应提供关于有效的无害环境管理的雇员培训，还应确保雇员的安全，以防止在进行废物管理时发生汞接触和意外受伤。

230. 雇员所需的基本水平知识包括：

- (a) 由元素汞构成、含汞或受汞污染的废物的定义，以及汞在化学方面的不利影响；
- (b) 如何把此类废物与其他废物隔离开来；
- (c) 操作安全和防止汞损害健康；
- (d) 防护衣、眼部和脸部保护装置、手套和呼吸保护装置等个人防护设备的使用；
- (e) 正确的贴标和储存要求、容器兼容性和到期日期要求、密闭容器要求；

(f) 如何以技术手段处理由元素汞构成、含汞或受汞污染的废物，尤其是利用设施中的可用设备来处理由元素汞构成的已使用产品，例如温度计、气压计等等；

(g) 利用工程控制来最大限度地减少接触；以及

(h) 若废物中的汞发生泄漏，如何在紧急情况下采取应急行动。

231. 为工人购买保险和购买雇主责任保险，从而为设施中的工人所发生的意外或受伤作出更好的准备，这一点非常重要。

232. 此外，建议在雇员培训中使用《提高认识计划》（环境署，2008年d）。所有培训材料应被翻译成当地语言。

K. 应急行动

1. 应急行动计划

233. 应落实关于生产、使用、储存、运输和处置场地中的汞的应急行动计划。根据各场地具体的废物管理阶段以及物理和社会条件，可以有多种应急行动计划，但一项应急行动计划的主要因素包括识别潜在危险，管辖应急行动计划的法律，在应急情况下应采取的行动，如减缓行动、个人培训计划、沟通目标（消防处、警察、周边社区、地方政府等）和应急方法，以及测试方法和应急设备的使用频率。

234. 当紧急情况发生时，首要步骤是进行场地调查。负责人可从逆风方向谨慎地接近场地，确保现场的安全并识别危险。标牌、容器标签、船运文件、材料安全数据表、车辆识别图标，和/或了解情况的现场人员均是十分有价值的信息来源。应评估进行挖掘的必要性、人力资源和设备的可获得性以及可能采取的即时行动。为了确保公众安全，应拨打应急机构的电话，还有应把漏溢或泄漏点周边至少 50 米的区域范围隔离起来，以作为一项即时预防措施。万一发生火灾，应使用适用于该包围灭火种类的灭火剂，但不应使用水。若要进一步了解相关信息，美国运输部、加拿大交通部和墨西哥交通运输部秘书处（2008年）编写的《应急指南》会有所帮助。

2. 关于元素汞溢漏的特殊考虑因素

235. 当废弃的添加汞的产品被损坏时会发生元素汞泄漏意外。大部分此类案例似乎与含汞的玻璃温度计有关，此类温度计在全球广泛使用，但很容易被损坏。虽然每一个玻璃温度计的汞含量只有约 0.5-3 克，通常不会导致严重的健康问题，但汞溢漏应被视为是危险的，并应谨慎清理。若发生汞溢漏后有任何人感到不适，应立即联系医生和/或环境卫生主管部门。

236. 若溢漏量较少且发生在无细孔物质（如油地毡或硬木地板等）或可以丢弃的多孔物质（如小型的毯子或垫子）之上，则可由个人进行清理。若溢漏量较大，或溢漏发生在不可丢弃的毯子、内饰上、或者裂纹或裂缝中，则可能需要雇用专业人士。若发生比普通家居产品中的含汞量更多的大型溢漏，应向地方环境卫生主管部门汇报。若不确定是否应将该溢漏归类为“大型”，应与地方环境卫生主管部门联系以确保安全。在确定的情况下，无论溢漏规模大小如何，都应寻求称职的专业清理或空气监测人员的协助（加拿大环境部，2002年）。

237. 在商业活动过程中和家庭中发生的元素汞溢漏有可能使工人和公众接触到危险的汞蒸气。此外，溢漏具有破坏性且清理费用昂贵。小型汞溢漏的清理程序可参见美国环保局，2007年c。

238. 评价汞溢漏的规模和散播，以及是否可获得必需的清理资源和专门知识，这对确定何种类型的应急行动适合某类汞溢漏非常关键。在以下几种情况中应寻求专业帮助：

(a) 汞数量超过 2 茶匙（30 毫升）。更大型的溢漏应向主管部门汇报以便进行监督和开展后续工作；

(b) 溢漏地点不明确：若没有人目睹溢漏或难以确定溢漏的范围，则其含汞量可能较少以致难以检测，需要进行清理；

(c) 溢漏地点的表面为多孔或半多孔材料：如地毯和隔音砖等表面可以吸收溢漏的汞，从而使清理工作无法进行；以及

(d) 发生在排水沟、风扇、通风系统或其他管道附近的溢漏：汞和汞蒸气会从溢漏点快速移走，从而污染其他区域且难以检测。

239. 应尽可能避免溢漏的汞四处扩散（如喷水），因为分散后会显著提高蒸发率（世界氯理事会，2004年）。

L. 认识和参与

240. 在实施由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的无害环境管理中，公众的认识和参与起着关键作用。公众参与是《关于实施无害环境管理的巴塞尔宣言》和很多其他国际协定的核心原则。让公众和所有利益攸关方有机会参与与汞有关的法律、政策和方案制定和其他决策过程，这一点非常关键。

241. 1998年签订的《关于在环境问题上获得信息、公众参与决策和诉诸法律的奥胡斯公约》的第6、7、8和9条要求开展与具体政府活动中的公众参与相关的具体行动、制定计划、政策和方案以及制定法律，并呼吁公众在环境问题上获得诉诸法律的途径。

242. 在启动收集和再循环含汞废物的活动时，必须确保产生含汞废物的消费者能予以合作。持续地开展提高认识活动是成功收集和再循环含汞废物的关键。鼓励公众参与设计含汞废物的收集和再循环系统，同时为公众提供关于此类废物的有害环境管理所引起的潜在问题的信息，这可以增强消费者认识。

243. 针对地方社区和公民的公众认识和宣传运动是促进公众参与由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物无害环境管理的重要因素。为了提高公民的认识，地方政府等相关主管部门需要启动多种提高认识和宣传活动，以使公民能够对保护人类健康和环境免受不利影响产生兴趣。此外，让基于社区的协会参与活动非常重要，因为它们与社区中的居民和其他利益攸关方有更密切的关系（Honda，2005年）。

244. 通常而言，应根据国家/地方/社区各级的废物管理情况来制定公众认识和公众参与的方案。表7为公众认识和参与方案的一个示例。该方案有四个组成部分：出版物、环境教育方案、公共关系活动和风险通报，公民可在公共场合便捷地接触到这些内容（Honda，2005年）。

表 7: 公众认识和公众参与方案

| | 内容 | 期望结果 |
|--------|---|---|
| 出版物 | <ul style="list-style-type: none"> 以各种语言和方言简单地解释汞问题的小册子、小型宣传册、传单、杂志、海报、网站等 关于如何处置废物的指南 | <ul style="list-style-type: none"> 知识来源 解释人们可以如何处理添加汞的产品和处置废物 |
| 环境教育方案 | <ul style="list-style-type: none"> 自愿研讨会 社区聚会 与其他健康研讨会之间的联系 “收回”方案示范 科学研究 参观设施等 电子学习 | <ul style="list-style-type: none"> 提高知识 分享共同问题 提供直接讨论环境问题的机会 |
| 活动 | <ul style="list-style-type: none"> “收回”方案 无汞产品活动 最大限度减少废物活动 社区聚会 挨门逐户地拜访 | <ul style="list-style-type: none"> 在所有伙伴中实施环境活动 向公众呼吁环境问题 更密切的沟通 |
| 风险通报 | <ul style="list-style-type: none"> 普遍生活环境中的汞接触 汞接触的安全水平 《污染物排放和转移登记册》 鱼类消费建议（仅针对消费大量鱼类的群体） 水稻消费建议 针对添加汞的产品的汞溢漏的响应行动 | <ul style="list-style-type: none"> 在适当的情况下，正确理解汞接触的安全和风险水平 避免过度反应 |

245. 作为环境教育方案的一部分，出版物提供关于汞性质、汞毒性、其对人类健康和环境的不利影响、与废物相关的问题和来自废物的汞接触以及如何管理废物的基本知识。出版物应被翻译为当地相关语言和方言以确保能高效地把信息传递到目标群体。

246. 关于由元素汞构成的废物及含汞或受汞污染的废物的环境教育方案有以下组成部分（Honda，2005年）：

- (a) 对环境和环境挑战的认识和敏感度；
- (b) 关于环境和环境挑战的知识和理解；
- (c) 关切环境的态度以及改善或保持环境质量的积极性；
- (d) 识别和帮助解决环境挑战的技巧；以及
- (e) 参与旨在解决环境挑战的活动。

247. 公众参与方案的伙伴概述如下（Honda，2005年）：

- (a) 涉及环境问题工作的政府官员和工作人员；
- (b) 对环境问题感兴趣且可能快速理解信息并向其他人传播的人士：
 - (一) 学校里的儿童和学生，大学里的本科学生；
 - (二) 小学和中学的教师，有时可能是大学教授；

- (三) 来自地方社区和团体的成年男性和女性；以及
- (四) 具有适合教育背景的退休人员。
- (c) 在地方或社区一级的环境领域工作的人士：
 - (一) 非政府组织；
 - (二) 中小型企业；以及
 - (三) 地方生产者、收集者和回收利用者；处理汞废物的处置设施的所有者；
- (d) 曾经生活在受污染场地的人士；
- (e) 地方组织；
- (f) 城市居民；以及
- (g) 企业。

248. 为了确保能最大限度地减少废物收集、运输和处理过程中的汞排放，必须提高相关各方（例如运输、回收和处置人员）的认识。可以通过以下途径实现这一点：研讨会等认识提高活动，这些活动可以提供关于新制度和条例的信息，以及提供信息交流的机会；编制和分发传单；以及通过互联网传播信息。

附件

参考文献

- Amuda, O.S., Alade, A.O., Hung, Y.T., Wang, L.K. (2010): Wastewater Treatment Process. In: Wang, L.K., Hung, Y.T., Shammass, N.K. (eds.) Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment, Volume 2. CRC Press, New York, USA, 926.
- Amin-Zaki, L., Maheed, M. A., Clarkson, T.W., Greenwood, M.R. (1978): Methylmercury Poisoning in Iraqi Children: Clinical Observations over Two Years, *British Medical Journal*, 11, 613-616, <http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1603391&blobtype=pdf>.
- Arai, Norio *et. al.* (ed.) (1997): Products of Incineration and Their Control Technology [in Japanese].
- Asano, S., Eto, K., Kurisaki, E., Gunji, H., Hiraiwa, K., Sato, M., Sato, H., Hasuike, M., Hagiwara, N., Wakasa, H. (2000): Acute Inorganic Mercury Vapour Inhalation Poisoning, *Pathology International*, 50, 169-174.
- ASTM International (2008): ASTM D6784 - 02(2008) Standard Test Method for Elemental, Oxidized, Particle-Bound and Total Mercury in Flue Gas Generated from Coal-Fired Stationary Sources (Ontario Hydro Method).
- Bakir, F., Damluji, SF., Amin-Zaki, L., Murtadha, M., Khalidi, A., al-Rawi, NY., Tikriti, S., Dahahir, HL., Clarkson, TW., Smith, JC., Doherty, RA. (1973): Methylmercury Poisoning in Iraq, *Science*, 181, 230-241.
- Bansal, R.C., Goyal, M. (2005): Activated Carbon Adsorption of Mercury. In: Activated Carbon Adsorption. CRC Press, New York, 326-334.
- BiPRO (2010): Requirements for Facilities and Acceptance Criteria for the Disposal of Metallic Mercury, http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro_study20100416.pdf.
- Boom, G. V., Richardson, M. K., Trip, L. J. (2003): Waste Mercury in Dentistry: The Need for Management, http://www.ifeh.org/magazine/ifeh-magazine-2003_v5_n2.pdf.
- Bull, S. (2006): Inorganic Mercury/Elemental Mercury, http://www.hpa.org.uk/chemicals/compendium/Mercury/PDF/mercury_general_information.pdf.
- Butler, M. (1997): Lessons from Thor Chemicals: the Links between Health, Safety and Environmental Protection. In: The Bottom Line: Industry and the Environment in South Africa. L. Bethlehem, Goldblatt, M. Cape Town, South Africa, University of Cape Town Press. 194-213.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety (1998): Health Effects of Mercury, http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/mercury/health_mercury.html
- CCME (2006): National Guidelines for Hazardous Waste Landfills, http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1365_e.pdf.
- Chang, T. C. and J. H. Yen (2006): On-site mercury-contaminated soils remediation by using thermal desorption technology, *Journal of Hazardous Materials*, 128(2-3), 208-217.
- Chiarle, S., Ratto, M. (2000): Mercury Removal from Water by Ion Exchange Resins Adsorption, *Water Research*, 34, 2971-2978.
- Chlorine Institute (2009): Chlor-Alkali Industry 2008 Mercury Use and Emissions in the United States (Twelfth Annual Report), <http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/12thcl2report.pdf>.
- Chojnacki, A., Chojnacka, K., Hoffmann, J., Gorecki, H. (2004): The application of natural zeolites for mercury removal: from laboratory tests to industrial scale, *Minerals Engineering*, 17, 933-937.
- Damluji, S. F., Tikriti, S. (1972): Mercury Poisoning from Wheat, *British Medical Journal*, 25, 804.

Department of Environmental Affairs and Tourism, South African Government (1997): Report of the First Phase. Pretoria, South Africa.

Department of Environmental Affairs and Tourism, South African Government (2007): Thor Chemicals, <http://www.environment.gov.za/>.

Environment Canada (2002): Cleaning Up Small Mercury Spills, <http://www.ec.gc.ca/MERCURY/EN/cu.cfm>.

Environmental Management Bureau, Republic of the Philippines (1997): DENR Administrative Order No. 38, Chemical Control Order for Mercury and Mercury Compounds, <http://www.emb.gov.ph/chemicals/DAO%2097-38.pdf>.

Euro Chlor (2010): EURO CHLOR KEY FACTS ABOUT CHLORINE, <http://eurochlor.clients.cwndesign.co.uk/upload/documents/document566.pdf>.

European Commission (2001): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry - ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/cak_bref_1201.pdf. [currently being updated]

European Commission (2003): Commission Decision of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:226:0003:0024:EN:PDF>.

European Commission (2006): Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, <http://eippcb.jrc.es/reference/wi.html>.

European Commission (2010): Regulation (EC) No 1102/2008 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2008 on the banning of exports of metallic mercury and certain mercury compounds and mixtures and the safe storage of metallic mercury, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:304:0075:0079:EN:PDF>.

European Commission (2008): Options for reducing mercury use in products and applications and the fate of mercury already circulating in society.

European Committee for Standardization (2001): EN 13211: Air quality - Stationary source emissions - Manual method of determination of the concentration of total mercury.

European Committee for Standardization (2002a): EN 12457-1 to 4: Characterization of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges.

European Committee for Standardization (2002b): EN 13656: Characterization of waste - Microwave assisted digestion with hydrofluoric (HF), nitric (HNO₃) and hydrochloric (HCl) acid mixture for subsequent determination of elements in waste.

European Committee for Standardization (2002c): EN 13657: Characterization of waste - Digestion for subsequent determination of aqua regia soluble portion of elements in waste.

European Committee for Standardization (2003): EN 13370: Characterization of waste - Analysis of eluates - Determination of Ammonium, AOX, conductivity, Hg, phenol index, TOC, easily liberatable CN-, F-.

European Committee for Standardization (2004): TS 14405: Characterization of waste - Leaching behaviour test - Up-flow percolation test.

European Committee for Standardization (2005): EN 14884: Air quality - Stationary source emissions - Determination of total mercury: Automated measuring systems.

European Committee for Standardization (2006): EN 12920: Characterization of waste - Methodology for the determination of the leaching behaviour of waste under specified conditions.

- European Committee for Standardization (2007): EN 15309: Characterization of waste and soil - Determination of elemental composition by X-ray fluorescence.
- European Community (2001): Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the Incineration of Waste, http://www.central2013.eu/fileadmin/user_upload/Downloads/Document_Centre/OP_Resources/Incineration_Directive_2000_76.pdf.
- European Community (2003): Safety Assessment for Acceptance of Waste in Underground Storage, Appendix A to Council Decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:011:0027:0049:EN:PDF>.
- FAO (1985): Guidelines for the Packaging and Storage of Pesticides, <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/Code/Download/pacstor.doc>.
- Gay, D.D., Cox, R.D., Reinhardt, J.W. (1979): Chewing Releases Mercury from Fillings, *Lancet*, 1, 985-986.
- Galligan, G, Morose, G., Giordani, J. (2003): An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products, Prepared for the Maine Department of Environmental Protection (Lowell Center for Sustainable Production, University of Lowell, MA), <http://www.maine.gov/dep/mercury/lcspfinal.pdf>.
- Glenz, T. G., Brosseau, L.M., Hoffbeck, R.W. (2009): Preventing Mercury Vapor Release from Broken Fluorescent Lamps during Shipping, *J. Air and Waste Management Association*, 59, 266-272.
- GMP (2004): Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small -Scale Gold Miners, GEF/UNDP/UNIDO, Vienna, Austria, http://www.undp.org/gef/documents/iw/practitioner/Protocols_for_Environmental_Health_Assess_of_Mercury-Released%20by-Artisanal-Small-Scale-Gold-Miners-1.pdf.
- GMP (2006): Manual for Training Artisanal and Small-Scale Gold Miners, UNIDO, Vienna, Austria, www.cetem.gov.br/gmp/Documentos/total_training_manual.pdf.
- GroundWork (2005): Advising and Monitoring the Clean-up and Disposal of Mercury Waste in Kwazulu-Natal, South Africa, http://www.zeromercury.org/projects/Proposal_EEB_Thor_Chemicals_Final_revised_new_WebVs.pdf.
- Grundfelt, B., Jones, C., Wiborgh, M., Kreuzsch, J., Appel, D.(2005): Bedeutung des Mehrbarrierenkonzeptes für ein Endlager für radioaktive Abfälle – Abschlussbericht. Kemakta Konsult AB, Bericht, Kemakta AR 2005-28, Stockholm, (Report in German. Translation of title: Importance of the multi-barrier concept for the final disposal of radioactive waste). http://www.bfs.de/de/endlager/publika/AG_3_Konzeptgrund_Mehrbarrierenkonzept1.pdf.
- Hagemann, S. (2009): Technologies for the stabilization of elemental mercury and mercury-containing wastes. Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit (GRS). GRS Report 252.
- Hinton, J., Veiga, M. (2001): Mercury Contaminated Sites: A Review of Remedial Solutions, NIMD Forum 2001 - Mercury Research: Today and Tomorrow, Minamata City, Japan, National Institute for Minamata Disease, Ministry of the Environment, Japan, 73-84, http://www.facome.uqam.ca/pdf/Minamata_Forum_2001.PDF.
- Hitachi. (2006): Corporate Social Responsibility Report, http://www.hitachi.com/csr/csr_images/csr2006.pdf.
- Honda, S. (2005): Study on the Environmentally Sound Management of Hazardous Wastes and Other Wastes in the Asia, Tsinghua University, Beijing, P.R.China, Postdoctoral Dissertation.
- Honda, S., Sakamoto, M., Sambo, S., Kung, S., Sotheavun, T. (2006): Current Mercury Level in Cambodia - with Issue on Waste Management -, NIMD Forum 2006 II - Current Issues on Mercury

Pollution in the Asia-Pacific Region, Minamata City, Japan, NIMD, 91-102,
http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_2006_II.pdf#page=98.

Hylander, L.D., Meili, M. (2005): The Rise and Fall of Mercury: Converting a Resource to Refuse after 500 Years of Mining and Pollution, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 35, 1-36.

IAEA (2009): Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1378_web.pdf.

IATA (2007): Dangerous Goods Regulations Manual.

ICAO (2001): The Safe Transport of Dangerous Goods by Air, Annex 18 to the Convention on International Civil Aviation.

ILO (2000): Mercurous Chloride,
http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc09/icsc0984.htm.

ILO (2001): Mercuric Oxide, International Occupational Safety and Health Information Centre,
http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc09/icsc0981.htm.

IMO (2002): International Maritime Dangerous Goods Code,
http://www.imo.org/Safety/mainframe.asp?topic_id=158.

ITRC (1998): Technical Guidelines for On-site Thermal Desorption of Solid Media and Low Level Mixed Waste Contaminated with Mercury and/or Hazardous Chlorinated Organics, The Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work Group - Low Temperature Thermal Desorption Work Team: 68.

Jang, M., Hong, S. M., Park, J. K. (2005): Characterization and Recovery of Mercury from Spent Fluorescent Lamps, *Waste Management*, 25, 5-14.

Jacobs and Johnson Matthey (2011): Mercury Free VCM Catalyst, presented at VCM Catalyst Workshop, Beijing, September 19, 2011.

Japan Standards Association (1997): JIS K 0222: Analysis Method for Mercury in Flue Gas.

Japan Public Health Association (2001): Preventive Measures against Environmental Mercury Pollution and Its Health Effects, Japan Public Health Association, Tokyo, Japan,
<http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/docs/manual.pdf>

Kanai, Y., Endou, H. (2003): Functional Properties of Multispecific Amino Acid Transporters and Their Implications to Transporter-Mediated Toxicity, *the Journal of Toxicological Sciences*, 28,
http://www.jstage.jst.go.jp/article/jts/28/1/1/_pdf.

Kerper, L.E., Ballatori, N., Clarkson, T.W. (1992): Methylmercury Transport Across the Blood-Brain Barrier by an Amino Acid Carrier, *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 262, 761-765.

Kobelco Eco-Solutions Co. Ltd. (2001): Recycling System for Fluorescent Lamps [in Japanese], GIHO-Kobelco Eco-Solutions Co., Ltd., 45.

Kuncova, H., Petrlik, J. and Stavkova, M. (2007): Chlorine Production – a Large Source of Mercury Releases (The Czech Republic Case Study), *Arnika - Toxics and Waste Programme*, Prague,
http://english.arnika.org/files/documents/Mercury_CZ.pdf.

Lambrecht, B. (1989): Zulus Get Exported Poison - US Mercury Waste Pollutes Drinking Water in S. Africa. *St Louis Post-Dispatch*. 26.

Lowell Center for Sustainable Production (2003): An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products, <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/lcspfinal.pdf>.

- Lindberg, S.E. and Price, J. L (1999): Airborne Emissions of Mercury from Municipal Landfill Operations: A Short-Term Measurement Study in Florida, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 49, 520-532.
- Lindberg, S. E, Wallschlägerb, D., Prestbob, E. M., Bloomb, N. S., Pricec, J. and Reinhart, D. (2001): Methylated mercury species in municipal waste landfill gas sampled in Florida, USA, *Atmospheric Environment*, 35 (23), 4011-4015.
- Maine DEP (2008): Maine Compact Fluorescent Lamp Study, <http://www.maine.gov/dep/rwm/homeowner/cflreport.htm>
- Maxson, P. (2010): Personal communication for the update of the UNEP 2005 mercury trade report.
- Maxson, P. (2011) Personal communication.
- Mattus, C. H. (1999): Measurements of mercury released from amalgams and sulfide compounds. Oak Ridge National Laboratory. ORNL/TM 13728 <https://www.etde.org/etdeweb//servlets/purl/5899-ysqvR6/webviewable/5899.pdf?type=download>.
- Minamata City Hall (2000): Minamata Disease - History and Message -. Minamata Disease Museum. Minamata City, Japan.
- Ministry of Environmental Protection, China (2010): Project Report on the Reduction of Mercury Use and Emission in Carbide PVC Production, <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/InterimActivities/Partnerships/ChloralkaliSector/tabid/3560/language/en-US/Default.aspx>.
- Ministry of the Environment, Japan (1997): Our Intensive Efforts to Overcome the Tragic History of Minamata Disease.
- Ministry of the Environment, Japan (2002): Minamata Disease - The History and Measures, <http://www.env.go.jp/en/chemi/hs/minamata2002/index.html>.
- Ministry of the Environment, Japan (2007a): Guidebook for Waste Management - Case Study of Promoting 3Rs in Japan -. JICA Seminar on Waste Management in Japan. Yokohama International Center.
- Ministry of the Environment, Japan (2007b): Waste Disposal and Recycling Measures, <http://www.env.go.jp/en/recycle/manage/waste.html>.
- Ministry of the Environment, Japan (2010): Lessons from Minamata Disease and Mercury Management in Japan, http://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/en_full.pdf
- MMSD Project (2002): Artisanal and Small-Scale Mining, Documents on Mining and Sustainable Development from United Nations and Other Organisations.
- Mottet, N.K., Shaw, C.M., Burbacher, T.M. (1985): Health Risks from Increases in Methylmercury Exposure, *Environmental Health Perspectives*, 63, 133-140, <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1568483>.
- NEWMOA (2004): Mercury-Added Product Fact Sheet, http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/FactSheets/factsheet_ranges.cfm.
- North Atlantic Treaty Organization Committee on the Challenges of Modern Society (NATO/CCMS) (1998): NATO/CCMS Pilot Study Evaluation of Demonstrated and Emerging Technologies for the Treatment and Clean Up of Contaminated Land and Groundwater PHASE II FINAL REPORT APPENDIX IV — PROJECT SUMMARIES Number 219, <http://www.epa.gov/tio/download/partner/append-4.pdf>.
- NIMD (1999): Mission Report – Investigation into Suspected Mercury Contamination at Sihanoukville, Cambodia. NIMD. Minamata City, Japan, http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_1999.pdf#page=134

- Nomura Kohsan Co. Ltd. (2007): Treatment of Mercury-containing Wastes at Itomuka Plant of Nomurakohsan Co., Ltd. Tokyo, Japan.
- OECD (2001a): Extended Producer Responsibility - A Guidance Manual for Governments.
- OECD (2001b): Harmonised Integrated Classification System for Human Health and Environmental Hazards of Chemical Substances and Mixtures.
- OECD (2004): Recommendation of the Council on the Environmentally Sound Management of Waste, [http://webdomino1.oecd.org/horizontal/oecdacts.nsf/linkto/C\(2004\)100](http://webdomino1.oecd.org/horizontal/oecdacts.nsf/linkto/C(2004)100).
- OECD (2007): Guidance Manual on Environmentally Sound Management of Waste, <http://www.oecd.org/dataoecd/23/31/39559085.pdf>.
- Ogaki, Y., Yamada, Y., Nomura, M. (2004): Recycling Technology of JFE Group for Recycle Oriented Society [in Japanese], JFE GIHO, 6, 37-43, <http://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/006/pdf/006-07.pdf>.
- Oikawa, K., Saito, H., Kifune, I., Ohshina, T., Fujii, M., Takizawa, Y. (1983): Respiratory Tract Retention of Inhaled Air Pollutants, Report 1: Mercury Absorption by Inhaling Through the Nose and Expiring Through the Mouth at Various Concentrations, *Chemosphere*, 11, 943-951.
- Oliveira, R.B., Gomes-Leal, W., do-Nascimento, J.L.M., Picanço-Diniz, C.W. (1998): Methylmercury Intoxication and Histochemical Demonstration of NADPH-Diaphorase Activity in the Striate Cortex of Adult Cats, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 31, 1157-1161.
- Ozonoff, D.M. (2006): Methylmercury, http://www.ijc.org/rel/pdf/health_effects_spring2006.pdf.
- PACE Working Group (2011): Environmentally Sound Management (ESM) Criteria Recommendations.
- Panasonic (2009): Akari Ansin Service, <http://panasonic-electric-works.net/csr/environment/communication/event2009/panel/a14.html>.
- Parker, J. L, Bloom, N.S. (2005): Preservation and storage techniques for low-level mercury speciation, *Science of the Total Environment*, 337, 253-263.
- Richardson, G.M., Allan, M. (1996): A Monte Carlo Assessment of Mercury Exposure and Risks from Dental Amalgam, *Human and Ecological Risk Assessment*, 2, 709-761.
- Richardson, G.M. (2003): Inhalation of Mercury-Contaminated Particulate Matter by Dentists: An Overlooked Occupational Risk, *Human and Ecological Risk Assessment*, 9, 1519-1531.
- Sakamoto, M., Kubota, M., Liu, X., Murata, K., Nakai, K., Satoh, H. (2004): Maternal and Fetal Mercury and n-3 Polyunsaturated Fatty Acid as a Risk and Benefit of Fish Consumption to Fetus, *Environmental Science and Technology*, 38, 3860-3863.
- Sakamoto, M. Murata, K., Nakai, K., Satoh, H. (2005): Difference in Methylmercury Exposure to Fetus and Breast-Feeding Offspring, *Korean Journal of Environmental Health*, 31, 179-186.
- Sanborn, J.R., Brodberg, R.K. (2006): Evaluation of Bioaccumulation Factors and Translators for Methylmercury, http://www.oehha.ca.gov/fish/special_reports/pdf/BAF020907.pdf.
- SBC (1992): Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, <http://www.basel.int/text/17Jun2010-conv-e.doc>.
- SBC (1994): Guidance Document on the Preparation of Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Subject to the Basel Convention, <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/framework.doc>.
- SBC (1995a): Manual for the Implementation of the Basel Convention, <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/manual.doc>.

- SBC (1995b): Basel Convention Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill (D5), <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d5.pdf>.
- SBC (1998): Guide to the Control System, <http://www.basel.int/pub/instruct.doc>.
- SBC (1999): Report of the Fifth Meeting of the Conference of the Parties to the Basel Convention, <http://www.basel.int/meetings/cop/cop5/cop5reportfinal.pdf>.
- SBC (2000): Methodological Guide for the Undertaking of National Inventories of Hazardous Wastes within the Framework of the Basel Convention, <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/techdocs.html>.
- SBC (2006): Updated General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs), <http://www.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.doc>.
- Spiegel, S., Veiga, M. (2006): Interventions to Reduce Mercury Pollution in Artisanal Gold Mining Sites - lessons from the UNDP/GEF/UNIDO Global Mercury Project, NIMD Forum 2006 II, Minamata City, Ministry of the Environment, Japan, 1-18, http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_2006_II.pdf#page=8.
- Steffen, A., Douglas, T., Amyot, M., Ariya, P., Aspo, K., Berg, T., Bottenheim, J., Brooks, S., Cobbett, F., Dastoor, A., Dommergue, A., Ebinghaus, R., Ferrari, D., Gardfeldt, K., Goodsite, M E., Lean, D., Poulain, A., Scherz, C., Skov, H., Sommar, J., Temme, C. (2007): A Synthesis of Atmospheric Mercury Depletion Event Chemistry Linking Atmosphere, Snow and Water, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 7, 10837-10931.
- Tajima, S. (1970): Studies on the Formation of Methylmercury Compounds. 1. Preparation of Monomercurated Acetaldehyde $X\text{HgCH}_2\text{CHO}$ and Formation of Methylmercury Compounds from Monomercurated Acetaldehyde [in Japanese], *Kumamoto Igakkai Zasshi*, 44, 873-886.
- Takahashi, Nakamura, Mizoiri, Shoji. (2004): Mercury Behaviour in Chuo Bohatei Sotogawa Landfill [in Japanese], Annual Report of the Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection 2004, 165-171.
- Tanel, B., Reyes-Osorno, B., Tansel, I.N. (1998): Comparative Analysis of Fluorescent Lamp Recycling and Disposal Options, *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 25, 82-88.
- The Office of Technology Assessment (1983): Case Examples of Process Modification - Appendix 5A. In: *Technologies and Management Strategies for Hazardous Waste Control*. The Office of Technology Assessment. Darby, USA, Diane Publishing. 213-217.
- The School of Natural Resources and Environment, University of Michigan (2000): Environmental Justice Case Study - Thor Chemicals and Mercury Exposure in Cato-Ridge, Kwazulu-Natal, South Africa, <http://www.umich.edu/~snre492/Jones/thorchem.htm>.
- The Zero Mercury Working Group, Mercury Policy Project, Global Alliance for Incinerator Alternatives, Ban Toxics! (2009): Mercury Rising: Reducing Global Emissions from Burning Mercury-Added Products, http://www.zeromercury.org/International_developments/FINAL_MercuryRising_Feb2009.pdf.
- UNECE (2003): Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), http://live.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev00/00files_e.html.
- UNECE (2007): UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods (Model Regulations), http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev15/15files_e.html.
- UNEP (1995): Model National Legislation on the Management of Hazardous Wastes and Other Wastes as well as on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Other Wastes and their Disposal, <http://www.basel.int/pub/modlegis.pdf>.

- UNEP (2002): Global Mercury Assessment, UNEP, Geneva, Switzerland,
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/LinkClick.aspx?fileticket=Kpl4mFj7AJU%3d&tabid=3593&language=en-US>
- UNEP (2005): Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases,
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx>.
- UNEP (2006a): Strategic Approach to International Chemicals Management,
http://www.chem.unep.ch/saicm/saicm%20texts/SAICM_publication_ENG.pdf.
- UNEP (2006b): Guide for Reducing Major Uses and Releases of Mercury,
<http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector%20Guide%202006.pdf>.
- UNEP (2006c): Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury, UNEP Chemicals, Geneva, Switzerland, <http://www.chem.unep.ch/mercury/HgSupplyTradeDemandJM.pdf>.
- UNEP (2008a): Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transport,
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/LinkClick.aspx?fileticket=Y0PHPmrXSuc%3d&tabid=3593&language=en-US>.
- UNEP (2008b): Report on the Major Mercury Containing Products and Processes, Their Substitutes and Experience in Switching to Mercury Free Products and Processes,
[http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g7\)/English/OEWG_2_7.doc](http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g7)/English/OEWG_2_7.doc).
- UNEP (2008c): Summary Report on UNEP Mercury Inventory Activities,
[http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/y25_14\)/English/OEWG_2_INF14.doc](http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/y25_14)/English/OEWG_2_INF14.doc).
- UNEP (2008d): Awareness Raising Package,
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/ReportsPublications/AwarenessRaisingPackage/tabid/4022/language/en-US/Default.aspx>.
- UNEP (2010a): Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases,
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx>.
- UNEP (2010b): Global ASGM Forum Report,
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/GlobalForumonASGM/tabid/6005/Default.aspx>.
- UNEP (2010c): Study on mercury sources and emissions and analysis of cost and effectiveness of control measures “UNEP Paragraph 29 study” (UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4),
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/Negotiations/INC2/INC2MeetingDocuments/tabid/3484/language/en-US/Default.aspx>.
- UNEP (2011): Global Mercury Partnership Reports and Publications,
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/PrioritiesforAction/ArtisanalandSmallScaleGoldMining/Reports/tabid/4489/language/en-US/Default.aspx>.
- UNEP and WHO (2008): Identifying Populations at Risk,
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingmaterialToolkits/GuidanceforIdentifyingPopulationsatRisk/tabid/3616/language/en-US/Default.aspx>.
- UNEP and SETAC (2009): Life Cycle Management,
<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1208xPA-LifeCycleApproach-Howbusinessusesit.pdf>.
- US Department of Energy (2009): US Department of Energy Interim Guidance on Packaging, Transportation, Receipt, Management, and Long-Term Storage of Elemental Mercury,
[http://www.mercurystorageeis.com/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20\(dated%202009-11-13\).pdf](http://www.mercurystorageeis.com/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20(dated%202009-11-13).pdf).
- US Department of Transportation, Transport Canada, and the Secretariat of Communications and Transportation of Mexico (SCT) (2008): Emergency Response Guidebook,
<http://www.phmsa.dot.gov/hazmat/library/erg>.

- US EPA (1992): US EPA Method 1311: TCLP, Toxicity Characteristic Leaching Procedure.
- US EPA (1994): US EPA Method 7470 A: Mercury in Liquid Waste (Manual Cold-Vapor Technique).
- US EPA (1996): US EPA Method 0060: Determination of Metals in Stack Emissions.
- US EPA (1997a): Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds, <http://www.epa.gov/ttn/chief/le/mercury.pdf>.
- US EPA (1997b): Sensitive Environments and the Siting of Hazardous Waste Management Facilities, <http://www.epa.gov/osw/hazard/tsd/permit/site/sites.pdf>.
- US EPA (2000): Section 2 - Treatment and Disposal Options, Proceedings and Summary Report - Workshop on Mercury in Products, Processes, Waste and the Environment: Eliminating, Reducing and Managing Risks from Non-Combustion Sources, <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r00014/625r00014.pdf>.
- US EPA (2001): Mercury Response Guidebook (for Emergency Responders), <http://www.epa.gov/mercury/spills/index.htm>.
- US EPA (2007a): Mercury Treatment Technologies, http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Treatment_Technologies.
- US EPA (2007b): Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste and Water, <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>.
- US EPA (2007c): Spills, Disposal and Site Clean-up, <http://www.epa.gov/mercury/spills/index.htm>.
- US EPA (2007d): US EPA Method 7471B: Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique).
- US EPA (2007e): US EPA Method 7473: Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry.
- US EPA (2008): Manual for the Construction of a Mercury Collection System for Use in Gold Shops, <http://www.epa.gov/oia/toxics/asgm.html>.
- World Chlorine Council (2004): Code of Practice, Mercury Housekeeping, Environmental Protection 11, 5th Edition, <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/ENV%20Prot%2011%20Edition%205.pdf>.
- WHO (1972): WHO Food Additives Series, No.4: Evaluation of Mercury, Lead, Cadmium and the Food Additives Amaranth, Diethylpyrocarbonate, and Octyl Gallate, <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v004je07.htm>.
- WHO (1990): Environmental Health Criteria 101, Methylmercury, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc101.htm>.
- WHO (1991): Environmental Health Criteria 118, Inorganic Mercury, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc118.htm>.
- WHO (2003): Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds: Human Health Aspects, <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>.
- WHO (2006): Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda, http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/.
- WHO Regional Office for Europe (2000): Air Quality Guidelines-Second Edition, http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/123079/AQG2ndEd_6_9Mercury.PDF.
- Wood, J.M. (1974): Biological Cycles for Toxic Elements in the Environment, Science, 15, 1043-1048.

World Nuclear Association (2010): Storage and Disposal Options, <http://www.world-nuclear.org/info/inf04ap2.html>.

Yanase R., Hirato, O., Matsufuji, Y. (2009): Behaviour of Mercury from Used Batteries in Landfills over 20 Years, *Journal of the Japan Society of Material Cycles and Waste Management*, 20 (1), 12-23.
