联合国 **EP**

UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/7/Add.1

联合国
环境规划署

Distr.: General
14 July 2008

Chinese
Original: English

汞问题不限成员名额特设工作组
第二次会议
肯尼亚内罗毕
2008年10月6日至10日
临时议程*项目3

审查和评估关于加强自愿措施以及新的或现行国际法律文书的备选办法

关于主要含汞产品和工艺、它们的替代品以及在向无汞产品和工艺转换方面的经验的报告

秘书处的说明

增编

本增编的附件载有UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/7内提到的报告全文。

* UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/1。

K0841198 080908 080908

为节省开支，本文件仅作少量印发。请各位代表自带所发文件与会，勿再另行索要文件副本。

附件

关于汞在产品和工艺中的使用、替代等级、技术变革以及可用替代品的全球报告

编写者：联合国环境规划署

目录

执行摘要

因为认识到必须进一步采取长期国际行动，共同减少汞对人体健康和环境构成的风险，所以联合国环境规划署（环境署）理事会在其 2007 年 2 月的第二十四届会议上通过了第 24/3 IV 号决定。该决定责成环境署理事会设立了一个由政府、区域经济一体化组织和利益攸关方代表组成的不限成员名额特设工作组，负责审查和评价一系列旨在解决全球汞问题的各项措施。该工作组第一次会议于 2007 年 11 月 12 日至 16 日在泰国曼谷召开；为了便于在拟于 2008 年 10 月 6 日至 10 日召开的工作组第二次会议上进一步展开讨论，与会代表一致同意由秘书处负责制定休会期间工作方案。

本报告将介绍汞在主要含汞产品和工艺中的使用情况和相对数量、该产品和工艺的替代等级以及技术变革和替代经验，其中包括在全世界各大地理区域，汞在不同国家的使用和替代情况。

环境署在有效收集与汞相关的数据时，向相关国家散发了《索取资料书》。其中涉及的数据包括预计的汞需求量、替代等级、六类产品（测量和控制设备、电池、牙科用品、电气和电子设备、照明灯具以及其他用途的产品）和三类工艺（乙烯基氯单体的生产、氯碱的生产以及小规模、手工金矿开采）使用无汞材料代替的经验。相关产品和工艺的替代等级可分成下列三大类：

表 ES1：替代等级分类

替代等级	说明
2	市场上可买到的常用替代品
1	市场上可买到但极少用的替代品
0	市场上无法买到的替代品

工作组收到了 33 个国家的答复。这些国家所提供的每一种产品和工艺所包含的信息包括：

- 对于含汞产品和工艺：产品/工艺的名称、汞在该产品/工艺中的用途、每单位的产品/工艺所用汞的数量、具有代表性的生产企业和加工企业、零售价、全国汞的年需求量估计值。

- 对于无汞替代品：产品/工艺的名称、具有代表性的生产企业和加工企业、零售价、这些替代品与含汞产品和工艺相比有哪些优点和缺点、汞替代等级、使用替代品的经验。

另外，对于每一种产品和工艺，还提供了摘要，其中包括关于相关需求和替代情况的主要调查结果。本节还介绍了能否实现向无汞替代品的成功过渡问题。如果满足以下两个条件，则被视为已证实过渡成功：

1) 超过 50%的答复者反映：可找到无汞替代品，而且经常使用无汞替代品；目前尚未收到使用这些替代品出现负面反应的报告。

2) 有两个或多个答复者声称其每年的汞需求量为零或已实施禁止在产品/工艺中使用汞的禁令，因此，他们 2009 年的汞需求量也将为零。

从全球来看，可按照过渡结果，对汞在产品/工艺中的使用及其替代情况加以分类。这种分类包括以下三组：

- 已证实过渡成功：该组包含可采用替代技术而且已证实在一些响应国家实现成功过渡的产品和工艺。一般认为，该组中的产品和工艺在全球范围内都很容易找到替代品和工艺。

- 有可用的替代技术 – 已查明挑战：对于该组所包含的产品和工艺而言，目前有一些替代技术，但要在全球范围内全面实施这些替代技术，会发现在经济、技术、社会和（或）制度方面存在一定的挑战。该组中的产品和工艺要求，根据挑战明确存在的严峻程度，需要一个中间环节或较长的过渡时间。

- 各地具体实施的可行性：对于该组所包含的产品和工艺，影响无汞替代方案实施可行性的经济、技术、社会和（或）制度因素会因各地实际情况的不同而发生显著变化。

已证实过渡成功

根据各国的答复，可以得知多项产品和工艺具有可用的替代技术，目前已证实可以实现向这些无汞替代方案的成功过渡。这些产品和工艺如下：

- 温度计：已确定多项替代技术（例如：液体温度计、刻度温度计和数字式温度计。53%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 5 个国家报告称，他们对含汞温度计的需求量为零。然而，有 4 个国家报告的替代等级为“1”，这说明此类无汞替代品的成本比较高。

- 血压计：已确定两项关键的替代技术：无液体测量计和电子测量计。69%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 3 个国家报告称，他们对含汞血压计的需求量为零。

- 自动调温器：已确定两项关键替代技术：机械式自动调温器和电子自动调温器。82%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 5 个国家报告称，他们对含汞自动调温器的需求量为零。

- 电池（非微型电池）： 糊状圆柱形锌锰电池、纸板式圆柱形锌锰电池、碱性圆柱形锌锰电池和氧化汞电池都有商业上可用的替代品（例如：锰碱电池）。76%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 6 个国家报告称，他们对含汞非微型电池的需求量为零。

- 开关和继电器：各类含汞开关和继电器的替代技术种类繁多。70%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 4 个国家报告称，他们对含汞开关和继电器的需求量为零。

- 高强度放电汽车灯（氙气大灯）：汽车制造商在一些高档豪华汽车或高性能汽车上使用含汞的高强度放电前大灯，而绝大多数汽车都使用不含汞的卤灯。前大灯的式样和类型由汽车制造商决定，消费者一般不能更改，氙气大灯前大灯比卤灯贵，但它也有很多优点，比如：能够提高夜间可见度、尺寸比较小、使用寿命长、使用效率高等。希望得到与氙气大灯前大灯类似性能优点的汽车制造商现在可选择两项最新开发的无汞技术：使用碘化锌取代汞的氙气大灯和发光二极管前大灯。

- 氯碱的生产：世界上许多有汞极电池的氯碱生产厂的国家都在通过关闭汞极电池氯碱设施，大幅降低汞的使用量，通过改良操作工艺，减少汞的排放，或将汞极电池工艺成功转变为隔膜电池工艺。此外，在欧洲和印度，许多行业都承诺关闭汞极电池的氯碱生产设施或改变相关的工艺。虽然从汞极电池工艺转变为隔膜电池工艺在

技术上可行，但转变的成本会因各地现场情况的不同而有所变化。影响转变成本的重要因素包括增加产能的需求、能量消耗以及与汞极电池生产设施使用寿命相关的维修成本。据报告，完成从汞极电池到隔膜电池转变，有利于减少能量消耗、减少维修保养需求、消除治理汞的问题。关于氯碱生产，约 89%《索取资料书》答复的替代等级评定为“2”级；目前在向无汞替代方案的转化方面，没有收到任何负面的答复。另外，有 10 个国家报告称，预计对汞的需求量为零。

可用的替代技术 – 已查明挑战

下列产品和工艺虽然都有可用的替代技术，但已确定在经济、技术、社会和（或）制度方面仍然存在一定挑战。这些挑战必须在替代技术在全球全面实施之前加以解决。

- 氧化银、锌–空气、碱性和氧化汞微型电池：无汞微型电池可作为这些含汞产品的替代品。然而，这些替代品的效用受到限制，无法满足许多微型电池的应用需求。尽管如此，美国在国家一级全面禁止使用含汞产品的禁令仍将在 2011 年前生效，以便于制造商有足够的时间开发出应用最为广泛的无汞微型电池。

- 牙科用汞合金： 牙科用汞合金的无汞替代品包括合成材料和玻璃离聚材料。这些替代品可与牙齿的颜色匹配，外观质量要求比较高的场合也可广泛使用。同时，使用这些替代品的好处还在于它们不要求专门处理牙腔填料时产生的废弃物质。这些替代品的成本比较高而且放置需要花费很长时间、而且抗断裂、磨损的能力较差。3 个国家（丹麦、挪威、瑞典）已决定使用替代品取代汞合金，并且决定从 2008 年起禁止使用牙齿用汞合金。8 个国家（占目前所收到的与汞的使用相关的答复数量的 50%）表示，在这些国家可获得相关的替代品，而且经常使用。尽管目前已证实在一些国家已成功过渡，但是替代品高昂的费用必将妨碍今后不再使用牙科用汞合金的过渡。有 4 个国家反映使用替代品的成本比较高。

- 液晶显示器（LCD）的背光灯装置：目前膝上型计算机和电视机都可使用无汞发光二极管（LED）的液晶显示器（LCD）。LED 背光灯技术与广泛使用的冷阴极荧光背景灯比较，在性能上有一定的优势：使用寿命更长、对比度更高、降低能能耗的潜力更大等。LED 背光技术仍在不断发展演变，而且成本更高，实现向这一技术的成功过渡可能需要重新设计使用 LCD 显示的产品。

- 线性荧光灯和紧密型荧光灯：目前，LED 灯可作为线性荧光灯和紧密型荧光灯的替代品，但这些 LED 灯由于发光效率较低而成本较高，只适合于少数几种应用环境。LED 灯由于使用寿命长、能效高，有可能成为荧光灯的有效替代品，但要想实现这一可能，必须进一步提高技术水平。

- 氙气大灯（非汽车用）： 氙气大灯的无汞替代品目前除少数特殊情况外，仍不详。然而，现已确定多项无汞灯技术有可能取代含汞的氙气大灯，其中包括：LED 灯、使用氧化锌代替汞的金属卤化物灯以及无汞高压钠灯。

- 小规模、手工金矿的开采： 目前可采用无汞技术取代汞金矿开采工艺。然而，实现远离汞的成功过渡可能要求开展大规模的教育培训，努力克服文化、后勤保障和经济上的障碍，减少低价汞的供应等。

各地具体实施的可行性

在评价实施无汞工艺的经济可行性之前，应确定要求开展现场具体情况分析的下列工艺：

- 氯乙烯单体（VCM）的生产：由于能量要求低、原材料成本低，因此除中国和俄罗斯外，几乎所有国家的 VCM 制造商都转向基于无汞乙烯的工艺。在中国，由于受

包括煤的成本低廉以及基于乙烯的工艺所需乙烯的获取受到限制等在内的相关因素的影响，使用汞并同时采用乙炔工艺生产 VCM 在经济上仍然非常划算。由于中国将使用更多采取乙炔工艺扩大其 VCM 的产量，因此中国 VCM 生产的用汞量有望增加。

本次分析中考虑了对所提供信息的限制。而许多答复中包含有关特定类型产品和工艺的数据缺口。另外，所提供的关于预计对汞的需求量的答复中常常包含来自不同年份的数据，有些答复中提供的数据可追溯到 2001 年。因此，我们不可能使用这些答复信息作为推断一个地区或全球汞需求总量的依据。

导言

背景

联合国环境规划署（环境署）理事会在 2007 年 2 月其第二十四届会议上通过了第 24/3 IV 号决定，它在该项决定中认为，必须进一步采取长期国际行动，以减少汞对人类健康和环境构成的危害。理事会根据该项决定设立了一个由各国政府、区域经济一体化组织和利益攸关方代表组成的不限成员名额特设工作组。

不限成员名额特设工作组第一次会议于 2007 年 11 月 12 日至 16 日在泰国曼谷召开，目的是审查和评估为解决全球汞问题而采取的各种措施。参加本次会议的人员包括来自 91 个国家政府、1 个区域经济一体化组织、7 个政府间组织和 29 个民间社会组织的代表。为了在工作组第二次会议上进一步展开讨论，与会代表一致同意了由秘书处负责休会期间相关工作的方案。工作组第二次会议将于 2008 年 10 月 6 日至 10 日召开。

目标

本研究希望完成以下目标：

- 确定可用于含汞产品和工艺的替代技术；
- 报告汞在上述产品和工艺中的使用及相对数量、含汞产品和工艺的替代等级以及在实施技术变革和使用替代方案方面取得的经验。
- 全面了解全世界不同地理区域在国家一级汞的使用、替代方案以及使用替代品和工艺的经验。
- 向不限成员名额特设工作组第二次会议提供必要的信息，以便于讨论如何加大工作力度和（或）采取进一步的措施，减少因相关产品和工艺中使用汞而带来的风险。

方法

本报告的主要信息来源包括：

- 各国对环境署《索取资料书》的答复内容；
- 各国对环境署《汞清单工具包》项目的答复内容；
- 含汞产品的制造商；
- 替代品的制造商；
- 行业协会；
- 政府和非政府组织；
- 含汞产品零售商；
- 替代品零售商；
- 其他公布的信息来源：环境署《全球汞评价报告》（2002 年）、环境署《关于汞的使用与排放的指导文件》（2006 年）、环境署《汞清单工具包》（2006 年）、

环境署《关于汞的供应、交易、需求信息的报告》（2006 年）、《北欧部长理事会关于“汞替代优先工作清单”的报告》。

此外，本报告还参考了美国东北部废物管理官方协会（NEWMOA）“州际汞教育和减少汞的用量信息交流中心”（IMERC）关于相关产品中含汞的数据库。该中心的数据库提供了向其成员提交的、关于汞在消费品中的数量及用途的信息。而该数据库中的信息则由遵守康涅狄格州、缅因州、马萨诸塞州、新罕布什尔州、纽约州、罗得岛州、佛蒙特州法律的相关产品制造商通过这个信息交流中心提供。

环境署共收到来自北美洲、南美洲、欧洲、亚洲和非洲的 33 个国家的答复。下表所列为来自上述做出答复的各个国家的相关信息：

表 I1：各国提供关于汞使用情况的信息

国家	所在区域	提供《索取资料书》	提供《汞清单工具包》	提供的其他文件
阿根廷	南美洲	✓		
孟加拉国	亚洲			1 页答复
白俄罗斯	欧洲	✓		
巴西	南美洲	✓		
柬埔寨	亚洲	✓	✓	
加拿大	北美洲			附信、1 份 3 页的答复和 1 份 5 页的答复
智利	南美洲	✓	✓	
中国	亚洲			8 页的答复
丹麦	欧洲	✓		
厄瓜多尔	南美洲	✓		
法国	欧洲	✓		
德国	欧洲	✓		关于汞的报告和关于电池的报告
伊朗	中东地区	✓		
日本	亚洲	✓		
毛里求斯	非洲	✓		汞的报告
墨西哥	北美洲			2 页的答复
荷兰	欧洲	✓		
挪威	欧洲	✓		
巴基斯坦	中东地区			12 页的汞详细目录和 PowerPoint 演示文件
巴拿马	中美洲	✓		
菲律宾	亚洲		✓	PowerPoint 演示文件
波兰	欧洲			三页的答复
卡塔尔	中东地区			2 页的答复
罗马尼亚	欧洲	✓		
斯洛文尼亚	欧洲	✓		
瑞典	欧洲	✓		补充报告的参考文件
瑞士	欧洲	✓		
叙利亚	中东地区	✓		
特立尼达和多巴哥	加勒比地区			3 页的答复

国家	所在区域	提供《索取资料书》	提供《汞清单工具包》	提供的其他文件
联合王国	欧洲	✓		6 页关于汞的报告
美国	北美洲	✓		21 页的答复
乌拉圭	南美洲			4 页的答复
也门	中东地区			PowerPoint 演示文件

报告格式

本报告调查结果部分行文格式与《索取资料书》 的结构基本一致，一章是关于相关产品的，而另一章则是关于相关工艺的。现概述如下：

第 A 章： 调查结果——含汞产品

1. 测量和控制装置
2. 电池
3. 牙科用产品
4. 电子电气设备
5. 照明灯具
6. 其他产品

第 B 章： 调查结果——使用汞的工艺

1. 氯碱生产
2. 小规模、手工金矿开采
3. 氯乙烯单体的生产

本报告调查结果部分各类产品和工艺的行文格式安排如下：

- 产品/工艺概述： 本节主要概述本项目所研究的每一类含汞产品/工艺。其中内容包括：
    - 产品/工艺的描述；
    - 产品/工艺中汞的用途；
    - 每单位产品/工艺的用汞量；
    - 产品/工艺与含汞量相关的性能要求；
    - 含汞产品的零售价或定价范围：关于定价的信息主要取决于数据的公众共享率。定价信息来源包括国际互联网、产品宣传册以及其他公众可用信息。
    - 制造商和工艺商：对于相关产品，本章主要确定具有代表性的制造商及其所生产的各类产品和工厂总部所在地址。对于相关工艺，本章主要确定具有代表性的工艺商及其工艺设施所在地址。

- o 无汞替代品和工艺相关部分内容包括：产品/工艺的描述、产品零售价或定价范围、制造商和工艺商以及这些替代品/工艺与含汞产品/工艺相比有哪些优点和缺点。

- 汞的需求和使用情况：本节将量化并列表分析每一类产品/工艺对汞的需求量估计值。本节主要数据来源是相关国家对环境署《索取资料书》的答复和《汞清单工具包》分析结果。各国提供的汞使用量数据近似至千克汞表示。一些国家在答复中报告了他们对汞需求量的估计范围。本报告将用表格的形式列出上述情形下的范围值和中点值。相关的比较数据将由其他适当的信息渠道公布。

- 汞的替代等级和使用替代品的经验：本节将确定已取代或可能取代含汞产品的替代品的替代等级。本节还将概述由《索取资料书》提供的、关于转向采用无汞替代方案的积极经验和消极经验的重要信息。本节主要数据来源是相关国家对环境署《索取资料书》的答复。

- 概述：本节内容包括关于产品/工艺需求和替代情况的主要调查结果以及下列项目的汇总表：

是否已确定替代技术：如果（对于一种特定类型的产品）至少有一种在商业上可行的替代品并且至少有一家该替代品的制造商，或（对于一种特定类型的工艺）至少有一种在商业上可行的替代工艺，那么相关国家可做出正面的答复。

是否可成功过渡：然后，可根据全球范围内的过渡情况，对相关产品/工艺中的汞及其相关替代品/工艺的使用进行分类。这种分类包括下列三组：

- 已证实过渡成功：该组中所包含的产品和工艺在一些做出答复的国家有可用替代技术（而且经证实向这些替代技术的过渡非常成功）。从全球视角分析，这一分组中的产品和工艺是最可行的替代品和工艺。如果满足下列两个条件，则可证实过渡成功：

  1）50%以上的《索取资料书》答复国家提供的替代等级为“2”级，而且没有提供关于向替代方案过渡的负面反应。这说明相关的替代品/工艺在绝大多数提供汞需求信息的国家可成功获取，而且可经常使用。

  2）两个或多个《索取资料书》答复国家每年对汞的需求量为零，或已实施禁止使用含汞产品/工艺的禁令（确保 2009 年汞的需求量为零）。

- 有可用的替代方案 – 已遇到挑战：该组所包含的产品和工艺有可用的替代技术，但是在全球范围内全面采用这些替代技术之前，仍然需要面对一系列经济、技术、社会和（或）制度层面的挑战。这一分组中的产品和工艺根据已明确挑战的大小，可能需要较长的过渡期。

- 各地具体实施的可行性：对于该组所包含的产品和工艺，影响无汞替代方案实施可行性的经济、技术、社会和（或）制度因素会因各地实际情况的不同而发生显著变化。

A. 调查结果：使用汞的产品

A.1 测量和控制装置

A.1.a 温度计

温度计是用来测量温度的装置。有许多类型的温度计可能含有汞。这些温度计包括：

- 电冰箱（冷藏库）温度计、洗碗机温度计、烤炉温度计、糖果和肉类食品温度计；
- 用于测量室内外温度的温度计；
- 实验室温度计；
- 体温计；
- 用于测量基础代谢温度的基础温度计；
- 工业用温度计。

本节阐述汞温度计和三种无汞的替代品：液体温度计、刻度盘温度计和数字式温度计。

汞温度计

产品简介

汞温度计一般由一根细玻璃管中汞制成，管中的汞会随着温度的变化而相应的上升或下降。北欧部长理事会的报告称，无汞替代品的价格高于医用温度计的价格；而无汞替代品的价格与实验室用其他温度计、教学用温度计和其他用途的玻璃温度计价格几乎相当（Maag，2007 年）

汞温度计的含汞量范围，根据相关的汞温度计制造商提交“州际汞教育和减少汞的用量信息交流中心（IMERC）”的报告，应该在下列两种范围内：每只含 100 至 1,000 毫克或每只在 1,000 毫克以上。一些制造商向 IMERC 报告了确切的含汞量：每只温度计的含汞量在 0.5 至 54 克之间变化（美国东北部废物管理官方协会，2008 年）。根据环境署工具包提供的信息，欧洲联盟医用温度计的含汞量为 0.5 至 1.5 克；欧洲联盟家用温度计的含汞量为 0.5 – 2.25 克；而俄罗斯实验室用温度计的含汞量为 1.4 至 48 克（环境署，2005 年）。

数字式温度计制造商向 IMERC 报告的含汞量为每只 0 至 5 毫克或 5 至 10 毫克。然而，所报告的含汞量仅为数字式温度计内使用的微型扣式电池中的汞含量（以克计）。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的汞温度计制造商。

表 Al.1：具有代表性的汞温度计制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Caretek 医疗器械公司	中国温州	www.cnmeditek.com	CRW 系列	不详。
中国常州瑞明温度计厂	中国常州	www.china-lanxi.com	LX 系列	不详。
Medline 实业有限公司	美国伊利诺伊州 Mundelein	www.medline.com	Oral Glass	4.90 美元（Nextag 与 Vitality）
双发集团有限公司	中国宁波	www.sofine-medical.com	DT-TO1-02	2.00 美元（供应商价）
Sper 科技有限公司	美国亚利桑那州 Scottsdale	www.sperscientific.com	736060	1.50 美元（Technika）
泰勒精密产品公司	美国伊利诺伊州 Oak Brook	www.taylorusa.com	洗碗机温度计系列	17.03 美元（Nextag）
Vee Gee 科技公司	美国华盛顿 Kirkland	www.veegee.com	80102	2.70 美元（Novatech）

替代品 1：液体温度计

产品简介

液体温度计是由一根含有一种可随着温度上升或下降而膨胀或收缩的液体的圆柱管组成的。液体温度计主要使用常见的有机液体（例如：酒精、煤油、柑橘汁）基溶剂，然后将它们染成蓝色、红色或绿色。另外，“Galinstan”型液体温度计主要由一根玻璃管内一种有银色光泽的液体组成。这种液体是一种由镓、铟、锡三种金属混合的液体（可随温度膨胀而显示读数）。

“Galinstan”型液体温度计在功能上可与汞温度计媲美，这是因为组成“Galinstan”型液体温度计的玻璃管内所含的有银色光泽液体在圆形管内的液面会随温度的升高而上升。然而，镓、铟、锡三种金属混合液的毒性目前仍不得而知。液体温度计是最常见的汞温度计替代品。

具有代表性的制造商及其产品

下表所列为具有代表性的液体温度计制造商。

表 Al.2：具有代表性的液体温度计制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
中国常州瑞明温度计厂	中国常州	www.china-lanxi.com	LX 系列	不详。
RG 医学诊断公司	美国密歇根州 Southfield	www.rgmd.com	Geratherm 系列、直肠无汞温度计系列	5.38 美元（亚马逊）
Sper 科技有限公司	美国亚利桑那州 Scottsdale	www.sperscientific.com	735384，	1.50 美元（Technika）
Vee Gee 科技公司	美国华盛顿 Kirkland	www.veegee.com	80501（酒精温度计）	2.30 美元（Novatech）

替代品 2：刻度盘温度计

产品简介

刻度盘温度计一般使用一个由两种异金属结合在一起的双金属线圈。两种金属的膨胀系数有所不同，而这种金属线圈则会在温度发生变化时旋转。刻度盘温度计可在工业环境下使用，并且运行的温度范围更大。比如：Ashcroft CI 型刻度盘温度计可在零下 50 摄氏度至 500 摄氏度的温度范围内使用。

具有代表性的制造商及其产品

下表所列为具有代表性的刻度盘温度计制造商。

表 Al.3：具有代表性的刻度盘温度计制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Ashcroft 有限公司	美国康涅狄格州斯特拉特福德	www.ashcroft.com	CI、EI、EL、FT 系列	不详。
Comark 有限公司	联合王国赫特福德郡	www.comarkltd.com	CD400 与 MT200 系列、1 英寸口袋装	5.00 美元（提供质量保证的供应商）
泰勒精密产品公司	美国伊利诺伊州 Oak Brook	www.taylorusa.com	8212	19.00 美元（米勒）
Vee Gee 科技公司	美国华盛顿 Kirkland	www.veegee.com	81070	4.90 美元（Novatech）

替代品 3： 数字式温度计

产品简介

数字式温度计主要使用温度传感器（例如：电热调节器或热电偶）。电热调节器的工作原理在于电热调节器材料的电阻会随温度的改变而改变。热电偶主要由两根异金属丝条组成。两种金属丝一端结合在一起，在另一端测量电压。电路将测量电阻或电压变化，并将其转化为温度读数。数字式温度计的优点很多，比如，可缩短获得温度读数的时间，而且当达到最高温度时，数字式温度计会发出“嘟嘟”信号。数字式温度计的缺点在于，它一般需要使用含汞的微型扣式电池。

具有代表性的制造商及其产品

下表所列为具有代表性的数字式温度计制造商。

表 Al.4：具有代表性的数字式温度计制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
美国医学诊断仪器公司	美国纽约 Hauppauge	www.adctoday.com	ADTEMP IV	5.62 美元（Nextag）
Becton Dickinson 公司	美国新泽西州富兰克林湖	www.bd.com	52 系列、快速检测产品	8.59 美元（Nextag）
Omron 保健仪器公司	日本京都	www.omronhealthcare.com	MC 系列、20 灵活型产品	10.43 美元（Vitality）

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
泰勒精密产品公司	美国伊利诺伊州 Oak Brook	www.taylorusa.com	1400 系列、能即时读数的产品	11.99 美元（Nextag）

A.1.b 血压计

血压计用于测量心脏收缩和心脏舒张的血压。血压测量装置一般使用一个充气套囊短时阻挡通过动脉的血流，然后再采用一种特殊的技术在充气套囊放气时获取血压数值。压力测量所采用的两种最常见的技术是听诊技术和示波测量技术。听诊技术主要涉及倾听特征血流的声音，而示波测量技术则使用一种压力传感器。血压计有多种类型，比如：壁式血压计、便携式血压计、袋装式血压计、台式血压计。

本节主要介绍汞血压计和两种无汞替代品：无液体血压计和电子血压计。

汞血压计

产品简介

汞血压计使用听诊法测量血流量。临床医生通过在充气套囊放弃时倾听 Korotkoff 声音或倾听体现血液流动不同阶段特征的声音测定心脏收缩和心脏舒张时的血压。在声音图案的特定点处，临床医生将读取血压值。汞血压计使用一根汞柱（压力计）提供压力读数。汞在压力作用下的精确膨胀和收缩非常适合于表示压力变化情况。压力计一般读取 0 至 300 毫米汞柱。

血压计制造商一般向 IMERC 报告其产品的含汞量的范围值：每只血压计的含汞量一般在 1,000 毫克以上。一些制造商向 IMERC 报告确切的含量，每只血压计一般含有 50 至 140 克汞（NEWMOA，2008 年）。根据环境署工具包提供的数字，以丹麦和欧盟为例，每只血压计的含汞量分别为 70 克和 85 克（环境署，2005 年）。

具有代表性的制造商及其产品

下表所列为具有代表性的汞血压计制造商：

表 Al.5：具有代表性的汞血压计制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
美国医学诊断仪器公司	美国纽约州 Hauppauge	www.adctoday.com	972	281 美元（Nextag）
医学仪器公司	中国温州	www.cnmeditek.com	MT-3 系列	不详。
GF 健康产品 有限公司	美国佐治亚州亚特兰大市	www.grahamfield.com	Labtron 系列、03-225	59.95 美元（Promed）
MDF 仪器公司	美国加利福尼亚州 Agoura Hills	www.mdfeurope.com	MDF 800	67.07 美元（Healthy）
鲁道夫 Riester 有限公司	德国 Jungingen	www.riester.de	R-12-605	113.84 美元（Healthy）
W. A. BAUM	美国纽约州 Copiague	www.wabaum.com	型号众多	不详。
温州五洲集团有限公司	中国浙江	wuzhou.en.alibaba.com	标准台式机	不详。

替代品 1：无液体血压计

产品简介

无液体血压计也是使用听诊法测量血流量。一个无液体血压计由一个读数范围在 0 至 300 毫米汞柱的刻度盘和一根能够反映压力变化的细铜波纹管组成。为了检测血压计的精确度，美国梅奥诊所检测了 283 只无液体血压计。 研究发现无液体血压计 100%的测量值在美国医疗仪器促进协会推荐的 4 毫米汞柱范围内。研究结论认为，只要按照适当的维护协议进行维护保养，无液体血压计即可给出准确的压力测量值（Canzanello，2001 年）。Welch Allyn 无液体血压计使用手册给出的维护协议就是一个十分典型的例子：在正常运行条件下，如果血压计指针在椭圆/方形内，则说明血压计可能校准良好。然而，如果指针在椭圆/方形外，则说明血压计应重新校准。另外，即使血压计指针在椭圆/方形内，也应每年重新校准一次（Welch Allyn）。

具有代表性的制造商及其产品

下表所列为具有代表性的无液体血压计制造商。

表 Al.6：具有代表性的无液体血压计制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
A&D 医疗器械公司	美国加利福尼亚州圣何塞市	www.andmedical.com	UA-200	39.95 美元（Promed）
美国医学诊断仪器公司	美国纽约州 Hauppauge	www.adctoday.com	Diagnostix 703	66 美元（Nextag）
BV 医疗标准仪器公司	美国伊利诺伊州 Barrington	www.bvmedical.com	BV-115M	20.93 美元（Healthy）
GF 健康产品有限公司	美国佐治亚州亚特兰大市	www.grahamfield.com	Labtron 系列、03-202S	39.95 美元（Promed）
MDF 仪器公司	美国加利福尼亚州 Agoura Hills	www.mdfeurope.com	MDF808B	41.08 美元（Healthy）
日本奥姆龙保健仪器生产有限公司	日本京都	www.omronhealthcare.com	115M	22.04 美元（Healthy）
Trimline 医疗产品公司	美国新泽西州 Raritan	www.trimlinemed.com	型号众多	不详。
W. A. Baum	美国纽约州 Copiague	www.wabaum.com	口袋装	49.98 美元（AllHeart）
Welch Allyn Tycos	美国纽约州 Skaneateles	www.welchallyn.com	口袋装、无液体测量计	117.98 美元（AllHeart）

替代品 2： 电子血压计

产品简介

电子血压计使用示波测量法。电子血压计主要由一个压力传感器和一台微处理器代替人耳和简单的仪器。在充气套囊放气时，压力传感器会将电信号传输至微处理器，由微处理器将该信号转化成心脏收缩和心脏舒张时的血压。

除心脏收缩和心脏舒张时的血压外，这类仪器还可显示有关血压模型的综合信息（对诊断非常有用）。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的电子血压计制造商。

表 Al.7：具有代表性的电子血压计制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
A&D 医疗器械公司	美国加利福尼亚州圣何塞市	www.andmedical.com	UA-766-PV	89.95 美元（Promed）
Homedics	美国密歇根州商业城	www.homedics.com	BPA-300	99.95 美元（Promed）
日本奥姆龙保健仪器生产有限公司	日本京都	www.omronhealthcare.com	HEM-711DLX	99.95 美元（Promed）

A. 1. c 自动调温器

自动调温器经常用于自动测量室内温度，同时适当调节相关设备以保持理想的室内温度。当室内温度在规定的温度范围以外或存在一定温差时，自动调温器可通过启动并关闭加热和冷却设备来控制室内温度。比如：如果自动调温器在 70 华氏度时开启加热设备，而在 74 华氏度时关闭加热设备，则表明温差为 4 华氏度。预先调节是自动调温器使用的一项预设功能，使用该功能可在实际室内温度达到高温关闭点之前关闭加热装置。

自动调温器的两大主要组件是温度传感器和温度开关。比如：当室内温度降至一定温度以下时，自动调温器会发出电信号开启加热设备。本节主要介绍配汞开关的自动调温器和两种无汞的替代品：有机械开关的自动调温器和电子自动调温器。影响自动调温器最终选择的因素很多，其中包括：成本、产品质量、产品可靠性、产品精确性、交货是否准时、客户服务、技术支持、使用方便、额定电气值、加热/冷却阶段的数量、环境问题、能源效率等。

能源效率一般是选择自动调温器时，所考虑的一项非常重要的温度调节属性。当自动调温器开启和关闭加热/冷却设备时，室内温度将在所要求的温度上下浮动。室内温度的变化范围一般称为“温度摆动”。美国环境保护署规定，“温度摆动”范围不得超过 4 华氏度，以确保达到电子可编程自动调温器的“能源之星”额定值。然而，一般情况下，无法从不同自动调温器制造商处获得“温度摆动”数据。因此，在本报告，如果一台自动调温器给出的温差在 4 华氏度以内而且具备其他恒温装置的调节功能（例如：预先调节功能），即可认为该自动调温器属于能源效率高的产品。一台具备这些特征的自动调温器只要安装和校准适当，即可保证“温度摆动”范围在 4 华氏度以内。可用的自动调温器类型有：汞自动调温器、有机械开关的自动调温器、电子自动调温器。

汞自动调温器

产品简介

配汞开关的自动调温器一般使用双金属材料（例如：铜和钢）感应温度的变化。双金属温度传感器会在温度发生变化时改变形状。双金属传感器一般为线圈卷形，按照角旋转情况触动汞开关。汞开关则由一根充有惰性气体的玻璃灯泡和少量汞制成。玻璃灯泡固定在双金属可移动的一端上，这样便可根据双金属的移动而旋转。当双金属将玻璃灯泡滚转到一个新的位置时，开关内聚集的汞会连接或切断电流，从而控制加热和冷却设备。北欧部长理事会的报告称，自动调温器无汞替代品的价格几乎等于含汞装置的价格（Maag，2007 年）。

汞自动调温器的制造商一般向 IMERC 报告其产品含汞量的范围值，一般有两种范围：每台含汞 100 至 1,000 毫克或 1,000 毫克以上。一些制造商向 IMERC 报告了确切的含量，每台汞自动调温器一般含有 1 至 3 克汞（NEWMOA，2008 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的汞自动调温器制造商。

表 Al.8：具有代表性的汞自动调温器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Honeywell	美国明尼苏达州明尼阿波利斯市	www.honeywell.com	型号众多。	不详。
Invensys 控制装置公司（Robertshaw）	美国伊利诺伊州 Carol Stream	www.robertshawstats.com	988-1	20.50 美元（电子）
Lux	美国新泽西州劳雷尔山	www.luxproducts.com	型号众多。	不详。
怀特-罗杰斯公司	美国密苏里州圣路易斯市	www.white-rodgers.com	1F56-301	24.99 美元（AZ）

替代品 1：有机械开关的自动调温器

产品简介

有机械开关的自动调温器一般使用双金属材料感应温度的变化。双金属传感器会触动一个机械式快动开关，该开关可连接或切断电流，从而控制加热和（或）冷却设备。配机械式开关的自动调温器和配汞开关的自动调温器，除开闭（切换）的机构不同外，其他规格基本相似。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的有机械开关自动调温器制造商。

表 Al.9：具有代表性的有机械开关自动调温器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Honeywell	美国明尼苏达州明尼阿波利斯市	www.honeywell.com	型号众多	不详。
Invensys 控制装置公司（Robertshaw）	美国伊利诺伊州 Carol Stream	www.robertshawstats.com	200-401	23.00 美元（电气式）
Lux	美国新泽西州劳雷尔山	www.luxproducts.com	型号众多	不详。
怀特-罗杰斯公司	美国密苏里州圣路易斯市	www.white-rodgers.com	1E50N-301	32.75 美元（Protherm）
			1C20-102	11.79 美元（AZ）

替代品 2：电子自动调温器

产品简介

电子自动调温器一般使用电热调节器或其他集成电路传感器来感应温度的变化。电热调节器在提供低成本温度测量方案的同时，可输出大量信号并对温度的变化做出快速反应。

电子自动调温器可以是可编程产品，也可以是非可编程产品。两类产品一般都能配有一个发光二极管（LED）显示装置，以增强可读性，同时也能保持单个温度设定值。然而，可编程电子自动调温器可由用户根据需要改变加热/冷却程序。比如：用户可自行设计可编程电子自动调温器的程序，以确保该装置自动调回预定日期和时间点的温度，从而减少能量消耗。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的可编程电子自动调温器制造商。

表 Al.10：具有代表性的可编程电子自动调温器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Honeywell	美国明尼苏达州明尼阿波利斯市	www.honeywell.com	LineVoltPRO 8000	49.00 美元（Nextag）
Invensys 控制装置公司（Robertshaw）	美国伊利诺伊州 Carol Stream	www.robertshawstats.com	9701 型	139.95 美元（空气）
Lux	美国新泽西州劳雷尔山	www.luxproducts.com	PSP 511	33.00 美元（自动调温器）
怀特-罗杰斯公司	美国密苏里州圣路易斯市	www.white-rodgers.com	1F78H-151,	33.95 美元（Protherm）

下表所列为具有代表性的非可编程电子自动调温器制造商。

表 Al.11：具有代表性的非可编程电子自动调温器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Honeywell	美国明尼苏达州明尼阿波利斯市	www.honeywell.com	TH5220D	49.95 美元（Nextag）
Invensys 控制装置公司（Robertshaw）	美国伊利诺伊州 Carol Stream	www.robertshawstats.com	9400 型	44.95 美元（空气）
Lux	美国新泽西州劳雷尔山	www.luxproducts.com	PSD100，	38.50 美元（自动调温器）
怀特－罗杰斯公司	美国密苏里州圣路易斯市	www.white-rodgers.com	1F86-241,	38.95 美元（Protherm）

A.1.d　其他测量和控制设备

其他类型的含汞测量和控制装置包括：气压计、压力计、干湿球温度计、湿度计、 液体比重计（浮称）、流量计、火焰感应器、高温计等。目前已收到 4 个国家关于上述其他测量和控制装置对汞的需求量估计值的答复。这些答复概述可参见下列关于汞的需求和使用情况的章节内容。

汞的需求和使用情况

目前有 13 个国家报告了下列子类的测量和控制装置预计对汞的需求量： 温度计、 血压计、自动调温器及其他装置。因此，本报告将分别用 4 张表介绍汞需求量数据。每张表介绍一个子类。

然而，有两个国家未细分产品类别，所报告的数值是所有测量和控制装置对汞的需求量估计值。加拿大报告，2003 年该国对汞的需求量估计为 0.35 公吨；联合王国报告，2005 年该国对汞的需求量估计为 2.37 公吨。

<u>温度计</u>

下表所列为相关国家在其对环境署《索取资料书》的答复或其他文件（包括使用环境署《汞清单工具包》生成的报告）中提供的温度计对汞的需求量数据。有 13 个国家提供了生产温度计对汞的需求量估计值。根据这些国家的答复，每年生产温度计对汞的需求量在 0 至 179.3 公吨之间，有 3 个国家报告生产温度计对汞的需求量为零。关于预计对汞的需求量的答复中提供了不同年份的数字，其中有些可追溯到 2004 年。

表 A1.12：温度计对汞的需求量（根据汞需求量估计值分类）

国家	数据来源	预计对汞的需求量/使用量（公吨/年）
中国	其他	200.9（2005 年）* 179.3（2004 年）
俄罗斯	其他	25.579（2002 年）**
智利	《索取资料书》、《汞清单工具包》	1.433（0.743 – 2.123）
罗马尼亚	《索取资料书》	1.588（2006 年、2007 年）
白俄罗斯	《索取资料书》	0.73
日本	《索取资料书》	0.59（2005 年）
美国	《索取资料书》	0.5（2004 年）***
菲律宾	《汞清单工具包》	0.132（0.066 – 0.198）
阿根廷	《索取资料书》	0.05
柬埔寨	《汞清单工具包》	0.006（0.003 – 0.009）
瑞典	《索取资料书》	0.001
法国	《索取资料书》	0
荷兰	《索取资料书》	0
挪威	《索取资料书》	0

* 本信息源自中国自然资源保护委员会 2007 年 5 月的《2003-2005 年中国测量仪器工业用汞量研究分析报告》。

** 本信息源自 ACAP 标题为“俄罗斯联邦汞排放评价”的报告（ACAP，2004 年）。

*** 仅为实验室温度计和体温计的信息。

相关国家报告的人均汞需求量水平明显分为下列三大类：

1. 俄罗斯（0.180 克）和中国（0.152 克）报告的每位居民每年对汞的需求量最大（以克计），归因于俄罗斯和中国的含汞温度计制造商。2005 年，中国医用温度计生产企业消耗了 200.9 吨汞。其中 40.3%用于出口。OJSC Termopribor 是俄罗斯唯一的汞温度计生产企业，该企业 2002 年生产的温度计含汞量为 25.579 公吨。

2. 有 3 个国家（智利、罗马尼亚、白俄罗斯）报告的年人均对汞的需求量在 0.074 克至 0.086 克之间。

3. 其他 9 个国家报告的年人均对汞的需求量等于或小于 0.005 克。

《汞清单工具包》建议收集关于特定温度计产品用汞量的实际数据。但是，如果无法取得该信息，则可建议对不同类型的温度计，使用下列默认的汞输入系数：

表 A1.13： 温度计默认汞输入系数

温度计类型	含汞量（克汞/只）
医用温度计	0.5 – 1.5
环境空气温度计	2 - 5
工业和专用温度计	5 - 200
其他各类玻璃温度计	1 - 40

这些输入系数乘以每一类含汞温度计的合计数量。目前已有三个国家以下列方式使用《汞清单工具包》程序：

表 A1.14： 温度计所需汞使用的汞目录工具包参数

国家	医用温度计		环境温度计	
	数量	所用系数（克汞/只）	数量	所用系数（克汞/只）
柬埔寨	6,141	0.5 – 1.5	不包括在内	不包括在内
智利	1,058,013	0.5 – 1.5	107,138	2 - 5
菲律宾	131,765	0.5 – 1.5	不包括在内	不包括在内

血压计

下表所列为相关国家在其对环境署《索取资料书》的答复或其他文件（包括使用环境署《汞清单工具包》生成的报告）中提供的血压计对汞的需求量数据。有 8 个国家提供了血压计对汞的需求量估计值。根据这些国家的答复，每年生产血压计对汞的需求量在 0 至 94.9 公吨之间，有 3 个国家报告称，他们生产血压计对汞的需求量为零。关于预计对汞的需求量的答复中提供了不同年份的数字，其中有些可追溯到 2004 年。

表 A1.15： 血压计对汞的需求量（根据汞需求量估计值分类）

国家	数据来源	预计对汞的需求量/使用量（公吨/年）
中国	其他	94.9（2004 年）
日本	《索取资料书》	1.89（2005 年）
美国	《索取资料书》	1（2004 年）
阿根廷	《索取资料书》	0.006
瑞典	《索取资料书》	< 0.001
白俄罗斯	《索取资料书》	0
荷兰	《索取资料书》	0
挪威	《索取资料书》	0

相关国家报告的血压计人均汞需求量水平明显分为下列两大类：

1. 中国报告的每位居民每年对汞的需求量最大，为 0.72 克，归因于中国含汞血压计制造商。

2. 其他 7 个国家报告的年人均对汞的需求量等于或小于 0.015 克。

《汞清单工具包》中没有提供血压计默认输入系数。然而，该工具包提供了两种血压计，一种每只含汞 70 克；另一种每只含汞 85 克。因此，没有提供使用《汞清单工具包》作为数据来源而提供的对汞的需求量估计值。

自动调温器

下表所列为相关国家在其对环境署《索取资料书》的答复（《汞清单工具包》）生成的报告）中提供的自动调温器对汞的需求量数据。有 8 个国家提供了自动调温器对汞的需求量估计值。根据这些国家的答复，每年生产自动调温器对汞的需求量在 0 至 65.5 公吨之间，有 5 个国家报告称，他们生产自动调温器对汞的需求量为零。

表 A1.16： 自动调温器对汞的需求量（根据汞需求量估计值分类）

国家	数据来源	预计对汞的需求量/使用量（公吨/年）
菲律宾	《汞清单工具包》	65.5
美国	《索取资料书》	12.8
加拿大	其他	0.88
丹麦	《索取资料书》	0
日本	《索取资料书》	0
荷兰	《索取资料书》	0
挪威	《索取资料书》	0
瑞典	《索取资料书》	0

相关国家报告的自动调温器人均汞需求量水平明显分为下列三大类：

1. 菲律宾报告的年人均汞需求量最高（0.738 克）。而这可能归因于汞详细目录中确定的汞自动调温器数量比较大。该详细目录可反映每年安装的自动调温器总数，而不是每年的需求量。

2. 美国报告的每位居民每年对汞的需求量仅次于菲律宾（0.042 克），可能归因于美国的汞自动调温器生产企业（目前该国至少已确定四家生产企业）。

3. 其他 6 个国家报告的年人均汞需求量等于或小于 0.027 克。

《汞清单工具包》中包含与电气开关和继电器在同一部分的自动调温器。《汞清单工具包》建议收集关于特定自动调温器用汞量的实际数据。但是，如果无法取得该信息，可使用下列默认的汞输入系数，估算所有电气开关和继电器的用汞量：

输入系数：每年每人使用 0.02 – 0.25 克汞。

由于自动调温器是该输入系数范围内所包含的唯一一类产品，因此，该输入系数范围可能不适合估算自动调温器的用汞量。《汞清单工具包》将提供一例自动调温器中使用的倾斜开关，每只倾斜开关中含 3 克汞。 该工具包进一步说明，一个自动调温器中通常含有 2 至 6 个倾斜开关。

菲律宾使用《汞清单工具包》估算自动调温器对汞的需求量。菲律宾已确定有 1,092 万台自动调温器。使用《汞清单工具包》中的假设，用这一数量乘以 6 克，即可得到汞的总需求量，合计 65.5 吨。

其他

下表所列为《索取资料书》与《汞清单工具包》答复信息中提供的、关于其他类型测量和控制装置的汞需求量数据汇总。

表 Al.17： 其他类型的测量和控制装置

国家	数据来源	产品描述	预计对汞的需求量/使用量（公吨/年）
丹麦	《索取资料书》	其他测量和控制装置	0
挪威	《索取资料书》	其他测量和控制装置	0
菲律宾	《汞清单工具包》	气压计	0.052 – 0.104
美国	《索取资料书》	气压计和压力计	1.3

《汞清单工具包》中没有提供气压计的默认输入系数。然而，该工具包提供了两种气压计，一种每只含汞 40 至 1,000 克；另一种每只含汞 590 至 2,200 克。

菲律宾已确定有 173 种气压计，使用的相关系数为每只 300 至 600 克汞。计算得出预计对汞的需求量在 0.052 公吨至 0.104 公吨之间。

所有测量和控制装置

美国东北部废物管理官方协会（NEWMOA）编写的一份报告对美国 2004 年销售的各类测量和控制装置进行了详细分类和分析。这份资料只能帮助人们了解美国国内不同产品用汞量的相对数量。相关结果可参见下表（NEWMOA，2008 年）。

表 A1.18： 美国（2004 年）所售产品的含汞量

产品种类	美国所售汞的数量（公吨）	在所有测量和控制装置中所占的比率
温度计	2.06	11.5%
血压计	1.01	5.6%
自动调温器	13.61	75.9%
压力计	1.16	6.5%
气压计	0.11	0.6%
干湿球温度计和其他测量设备	0.001	< 0.1%
合计	17.94	100.0%

汞替代等级和使用替代品的经验

下表所列为各国提供的、与其实施（与使用有效的替代品取代汞测量和控制装置相关的）技术变革或采用替代品的经验有关的信息。下表所列信息主要来源于各国对环境署《索取资料书》的答复、《汞清单工具包》或其他信息渠道。在某些情况下，表中将列出《索取资料书》答复内容的缩写版或改写版。

表 A1.19： 答复替代等级为“2”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，并且比较常见；替代等级为“2”级
白俄罗斯	《索取资料书》	血压计: 全国市场上都没有含汞的血压计出售.
巴西	《索取资料书》	温度计和血压计: 该国有替代品出售。自 2006 年以来，一直在圣保罗州向人们宣传自觉使用温度计和血压计的替代品。目前，该国 94 家门诊部和医院都已更换含汞的温度计和血压计。
丹麦	《索取资料书》	所有装置: 丹麦在实施关于汞产品的禁令方面尚未碰到任何问题（第一部相关禁令是在 1998 年颁布的）。
法国	《索取资料书》	温度计: 该国温度计相关禁令自 1998 年起开始实施。
德国	《索取资料书》	所有装置: 该国提供的替代等级为 1-2 级。该国在温度计、血压计、自动调温器方面取得了积极经验。
伊朗	《索取资料书》	所有装置: 该国提供的替代等级为 1-2 级。该国卫生部正在考虑尽可能减少或消除含汞或汞化合物质的产品材料。
日本	《索取资料书》	温度计和血压计: 该国仍在生产含汞温度计和血压计，但现在的主要产品还是电子类的。 自动调温器: 对本次评级无经验数据提供。
荷兰	《索取资料书》	所有装置: 该国取得了积极经验。该国在 1998 年以来，一直禁止含汞产品流入市场。
挪威	《索取资料书》	温度计和血压计: 挪威自 2008 年 1 月份以来，一直全面禁止在相关产品中使用汞。该国目前在使用含汞温度计和血压计替代品方面没有积累任何消极经验。 自动调温器: 对本次评级无经验数据提供。
斯洛文尼亚	《索取资料书》	血压计和自动调温器: 斯洛文尼亚不生产含汞的血压计和自动调温器。
瑞典	《索取资料书》	温度计: 该国在实施向数字式和其他替代品的技术变革方面获得了积极经验。该国从 1992 年开始全面禁止使用含汞的医用温度计；从 1993 年开始全面禁止使用含汞的其他温度计。对于一些根据标准化方法进行的特殊测量（尤其是石油行业）或逐步放宽国家禁令。成本已不再是使用替代品的主要障碍。根据 2007 年的决定，含汞的体温计不得投放到欧盟市场上（第 76/769/EC 号指令）。 血压计: 该国在相关技术变革方面获得了积极经验。而且该国从 1993 年开始全面实施相关的禁令。对血压计的相关替代工作目前已完成。而对应变仪体积描记器，将在 2007 年的决定颁布后两年内逐步淘汰（不允许豁免任何违反禁令的应用行为）。目前豁免了一些在研究方面的小范围应用以及在专门血流测量方面的小范围应用，以便于有时间对可用的替代品进行评价。 自动调温器: 该国在相关技术变革方面获得了积极经验。而且该国从 1993 年开始全面实施相关的禁令。该国禁止豁免任何违反相关禁令的应用行为，目前在执行禁令时，未出现任何经济方面的问题。
瑞士	《索取资料书》	温度计（2 级）和血压计（1−2 级）： 该国禁止使用含汞产品（只允许在实验室用的监测和控制仪器以及医疗设备中使用）。

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，并且比较常见；替代等级为“2”级
美国	《索取资料书》	温度计：该国取得了积极经验。温度计的无汞替代品性能可靠、成本合算。有些州已禁止销售汞温度计。目前，绝大多数零售店（即使在那些未禁止销售汞温度计的州）都在销售无汞替代品。在“健康环境的医院（H2E）计划”（一个由美国环境保护署和非盈利性质的卫生保健组织自愿发起的一个合作项目）的推动下，绝大多数医院开始使用无汞温度计。 血压计：该国取得了积极经验。血压测量套囊的无汞替代品性能可靠、成本合算。在“健康环境的医院（H2E）计划”的推动下，绝大多数医院开始使用无汞的血压测量套囊。 自动调温器：该国取得了积极经验。虽然汞自动调温器目前仍在大量出售，但已出现成本合算、能效更高的替代品——电子可编程和不可编程自动调温器。汞自动调温器的国内市场需求量将继续下降。一份最新的研究报告称，2002 年自动调温器的无汞替代品占北美市场的 84%（Abt 合伙人公司：市场研究：含汞的自动调温器，2007 年 11 月）。一些州已经禁止销售汞自动调温器，而其他州则在建议以立法的形式逐步禁止销售汞自动调温器。美国各州、美国环境保护署和一些非政府组织正在积极鼓励人们使用无汞的数字式自动调温器替代品。 其他 – 气压计：一个汞气压计的成本一般在 500 美元以上。目前可用的无汞气压计替代品包括无液体气压计、数字式气压计、无汞注液式气压计。这些替代品与汞气压计一样精确，而成本却普遍比汞气压计低。

表 A1.20： 答复替代等级为“1”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，但极少使用；替代等级为“1”
阿根廷	《索取资料书》	温度计和血压计：该国与美国环境保护署、非政府组织合作在布宜诺斯艾利斯、拉里奥哈、科尔多瓦、里奥内格罗、火地岛的医院开展无害化的医疗卫生服务。
白俄罗斯	《索取资料书》	温度计：电子温度计的价格比较高。
智利	《索取资料书》	所有装置：消极经验。替代品目前尚未普及，而且无汞替代品的成本目前比较高。
厄瓜多尔	《索取资料书》	温度计：专供儿童使用的数字式温度测量带目前最常见。这种温度计的价格（7 美元一个）比常规温度计（1 美元）高。据报告，临床用温度计的替代等级为“1”级、工业用温度计的替代等级为“0”级。
毛里求斯	《索取资料书》	温度计： • 酒精温度计和数字式温度计的健康危害比较小 • 数字式温度计的价格目前还比较高（1,500 毛里求斯卢比，而相比之下，酒精和汞温度计的价格却只有 175 毛里求斯卢比） • 酒精温度计的精确度略差一些 • 数字式温度计的温度测量范围更大 • 数字式温度计更易碎 血压计： • 数字式血压计的价格较高（是普通汞血压计的 3 倍） • 数字式温度计更易碎
巴拿马	《索取资料书》	温度计：对本次评级无经验数据提供。
斯洛文尼亚	《索取资料书》	温度计：斯洛文尼亚不生产含汞的温度计。

表 A1.21： 答复替代等级为“0”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 替代等级为“0”级：无替代品可用
巴拿马	《索取资料书》	血压计: 对本次评级无经验数据提供。 自动调温器: 对本次评级无经验数据提供。

表 A1.22： 无替代等级相关答复的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 无替代等级相关答复
柬埔寨	《汞清单工具包》	温度计: 在柬埔寨全国 2007 年发售给医疗机构的 6,141 只温度计中，绝大多数是汞温度计，当然仍有一些是酒精温度计和数字式温度计。
加拿大	其他	血压计、温度计、其他测量仪器: 测量仪器、血压计、压力计、气压计、干湿球温度计、湿度计、液体比重计（浮称）和温度计都有可用的替代品，而且这些替代品在很多情况下，可节约成本或提高性能。 自动调温器: 含汞的自动调温器可用数字式自动调温器取代。在绝大多数情况下，使用可编程数字式自动调温器更能节约能源。目前，一些制造商为了在新产品中重复使用相关组件和材料已制定计划收回废旧的含汞自动调温器。
墨西哥	其他	所有装置: 已与两家国家级医疗机构签订了关于消除汞并按计划实现 100%替代的协议。
叙利亚	《索取资料书》	温度计: 酒精温度计、数字式温度计和电子温度计。
联合王国	《索取资料书》	所有装置: 目前有电子设备投入使用，但含汞的仪器仍必须作为对无汞仪器进行验证和在特定医疗条件下采用的“金本位标准”。
乌拉圭	其他	温度计和血压计: 目前，数字式温度计的交货价是 56 乌拉圭比索（含税）。大学医院已经计划使用数字式技术更换 9,600 只温度计和 120 个血压测量套囊。

目前据 11 个国家报告称，一种或多种测量和控制装置的替代等级为“2”级；有 2 个国家（德国和伊朗）报告的替代等级为“1-2”级。这些国家中有一些（比如：瑞典）已经颁布禁止使用一种或多种测量和控制装置的法令。目前，这 13 个国家尚未报告任何向无汞替代品过渡方面的消极经验。

有几个国家报告称，一种或多种测量和控制装置的替代等级为“1”级，其中有 4 个国家（白俄罗斯、智利、厄瓜多尔、毛里求斯）报告，该国生产无汞替代品的成本比生产含汞产品的成本高。

概述 – 测量和控制装置

下表所列为关于温度计和血压计替代等级的《索取资料书》答复量化分析。

表 A1.23： 各国关于温度计产品替代等级的答复

等级	答复数 （温度计）	答复率 （温度计）	答复数 （血压计）	答复率 （血压计）
2	9	52.9%	11	68.8%
1 - 2	2	11.8%	1	6.2%
1	6	35.3%	3	18.8%
0	0	0%	1	6.2%

下表所列为 11 个国家提供的、关于自动调温器相关产品替代等级的《索取资料书》答复量化分析。

表 A1.24： 各国关于自动调温器替代等级的答复

替代等级	国家答复数	答复率
2	9	81.8%
1 - 2	0	0%
1	1	9.1%
0	1	9.1%

关于温度计、血压计、自动调温器，50%以上《索取资料书》答复的替代等级为“2”级，而在向无汞替代品过渡方面，目前还没有任何消极经验的报告。

这说明在绝大多数提供汞需求信息的国家，替代品很容易获取，并且经常使用。另外，至少有两个国家报告称，这三类产品中每一类对汞的需求量预计为零。因此，的无汞替代技术均已找到，而且可实现成功过渡。

表 A1.25： 测量和控制装置替代情况汇总

测量和控制装置	是否已确定替代技术	是否可以成功过渡
温度计	是	已证实过渡成功
血压计	是	已证实过渡成功
自动调温器	是	已证实过渡成功

A.2　电池

本节中的含汞电池可分为两大类：1）微型电池和 2）非微型电池。一般而言，微型电池中都含有少量汞（氧化汞微型电池除外），而且可用的无汞替代品非常有限。含汞非微型电池中含有大量的汞，并且有非常容易获取的无汞替代品。

微型电池

微型电池广泛用于各种需要微型电源的产品中。微型电池一般用于向玩具、助听器、手表、计算器和其他便携式仪器供应电能。微型电池一般为硬币形或钮扣形。四种常用的微型电池包括：氧化银电池、锌-空气电池、碱性电池、锂电池。微型锂电池中不含专门添加的汞。但是，绝大多数氧化银微型电池、锌-空气微型电池和碱性微型电池中一般都含有 0.1%-2.0%的汞。环境署工具包介绍了欧洲联盟微型电池的含汞量，具体如下表所列（环境署，2005 年）：

表 A2.1：　微型电池的含汞量

电池类型	千克汞/每公吨电池
氧化汞电池	320
锌-空气电池	12.4
碱性电池	4.5 - 10
氧化银电池	3.4 - 10

汞的作用在于抑制微型电池内的腐蚀。腐蚀会使电解液发生电解并产生氢气。气体在电池内集结会使电池膨胀并有可能导致电池材料渗漏，从而削弱电池继续发挥作用的能力。

目前已确定多项含汞微型电池的替代品。无汞型氧化银微型电池、锌-空气微型电池、碱性微型电池都可在市场上买到。另外，不含汞的微型锂电池有时也可作为含汞微型电池潜在的替代品。

原始设备制造商在为他们的终端产品选配最好的微型电池时，必须考虑许多设计方面的问题。原始设备制造商必须考虑的问题中最重要的可能成本、标称电压、 容量、实际尺寸/形状、放电特征等。原始设备制造商必须考虑的其他问题还包括：放电类型、保存期限、能量密度、工作温度、替代品的可用性以及防渗漏能力等。需要考虑的每一个项目重要等级的变化在很大程度上取决于各类特定终端产品的要求。因此，原始设备制造商必须根据他们产品的特殊要求，逐一确定使用一种微型电池技术取代另一种微型电池技术的适当性。

国际电工委员会已颁布电池相关标准。国际电工委员会电池命名方案是按照电池的电气化学系统以及电池的尺寸和形状确定。下表所列为与本研究相关的国际电工委员会电池命名法。

表 A2.2：　标准电池的命名法

国际电工委员会字母编码	电池类型	标称电压
B	锂电池（含一氟化碳）	3
C	锂电池（含二氧化锰）	3
L	碱性二氧化锰电池	1.5
P	锌-空气电池	1.4
S	氧化银电池	1.55

国际电工委员会使用字母“R”表示圆形电池。另外，国际电工委员会会使用许多数字标号表示电池直径和高度符合要求的最大值和最小值。下表所列为部分电池尺寸的例子：

表 A2.3： 电池尺寸

国际电工委员会标号	最小直径（毫米）	最小高度（毫米）
R44	11.25 – 11.6	5.0 – 5.4
R64	5.55 – 5.8	2.4 – 2.7
R1620	15.7 - 16	1.8 – 2.0
R2032	19.7 - 20	2.9 – 3.2

电池制造商一般按照国际电工委员会命名法为他们生产的微型电池设定型号。下面的例子可说明微型电池的国际电工委员会命名法：

- 直径为 20 毫米、高度为 3.2 毫米的二氧化锰微型锂电池根据国际电工委员会命名法的型号为：CR2032。

电池的两大基本市场包括：

1）原始设备市场：包括玩具、手表、计算器、助听器等出售时内装电池的产品。这些产品的制造商一般称为原始设备制造商。

2）销售后市场/零售市场：包括终端用户购买微型电池取代从原始设备市场购买的产品中装入的电池（电能已耗尽）。这些备用电池可当地零售商、邮购经销商和基于互联网的供应商处购得。

本报告中所提供的定价信息主要是销售后市场/零售市场的信息。而本报告中所提供的零售价则主要是具有代表性的特定微型电池（例如：碱性电池、氧化银电池、锂电池、锌－空气电池）制造商的产品零售价。然而，影响微型电池零售价的因素很多，其中必须充分考虑的因素包括：

- 电池技术——材料不同于各类微型电池技术所需材料。而且有些原材料比其他材料贵。
- 电池容量——电池的容量变化很大，并且对电池的定价会产生一定的影响。
- 电池制造商——不同制造商生产的电池的标价会因品牌知名度、生产规模和其他市场因素的不同而有所变化。
- 零售价与原始设备制造商价的比较——购买备用微型电池的零售顾客可获得的零售价往往高于向那些将微型电池装入终端产品的原始设备制造商提供的销售价。
- 所购电池的数量—— 每只电池的零售价会因所购电池数量的增加而下降。

氧化银微型电池

产品简介

使用氧化银微型电池的产品很多，其中包括：手表、微型时钟、计算器、电子游戏机、照相机等。氧化银微型电池的电压是 1.55 伏。氧化银电池的阴极中含有单价氧化银（Ag_2O）；阳极中含有锌粉。

氧化银微型电池的保存期限和使用期限都比较长。而且绝大多数氧化银电池的设计都必须确保手表正常使用五年不泄漏。电池实验数据表明，氧化银微型电池可以在 21 摄氏度下存放十年。氧化银电池有多种形状和尺寸。比如：SR41 电池为钮扣形状，直径是 7.8 毫米、高

度是 3.6 毫米。SR1116 电池为硬币形状，直径是 11.6 毫米、高度是 1.65 毫米。氧化银微型电池的含汞量一般占电池总重量的 0.2%至 1.0%。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的含汞氧化银微型电池制造商。

表 A2.4：具有代表性的含汞氧化银微型电池制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
劲量	美国密苏里州圣路易斯市	www.energizer.com	387S	3.06 美元（Nextag）
Maxell	日本东京	www.maxell.com.jp	SR616SW	0.60 美元（Nextag）
Renata	瑞士 Itingen	www.renata.com	399R	2.29 美元（电池）

下表所列为具有代表性的不含汞氧化银微型电池制造商。

表 A2.5：具有代表性的不含汞氧化银微型电池制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
日本精工仪器公司	日本千叶	www.sii.co.jp	Seizaiken SR621SW SR626SW	2.95 美元（MicroBatt）
索尼公司	日本东京	www.sony.net	SR 系列	不详。

锌－空气微型电池

产品简介

锌-空气微型电池主要用于助听器，但也可用于寻呼机、耳后声音处理器、耳蜗（内耳）植入装置等其他应用条件。锌-空气微型电池使用环境空气中的氧气作为阴极材料并使用颗粒状的锌粉作为阳极材料。环境空气通过正极端子上的孔进入电池中。

锌-空气微型电池的电压为 1.4 伏。锌-空气微型电池主要为钮扣形状；不过，在市场上也可买到硬币形状的电池。锌-空气微型电池是适合于连续低放电应用的最佳候选产品，该产品也具有较强的防渗漏能力。锌－空气微型电池的含汞量一般占电池总重量的 0.3%至 2.0%。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的含汞锌-空气微型电池制造商。

表 A2.6： 具有代表性的含汞锌-空气微型电池制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
劲量	美国密苏里州圣路易斯市	www.energizer.com	AC10EZ	1.38 美元（电池）
美国雷特威	美国佐治亚州亚特兰大市	www.rayovac.com	助听器系列 尺寸型号 10	1.00 美元（Walgreens）
Renata	瑞士 Itingen	www.renata.com	Maratone 312	0.92 美元（电池）

下表所列为具有代表性的不含汞锌-空气微型电池制造商。

表 A2.5： 具有代表性的不含汞锌-空气微型电池制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
劲量	美国密苏里州圣路易斯市	www.energizer.com	AC 系列	不详。
美国雷特威	美国佐治亚州亚格兰大市	www.rayovac.com	脯氨酸无汞系列	2008 年底之前不详。

碱性微型电池

产品简介

许多产品中使用碱性二氧化锰微型电池，其中包括：计算器、玩具、钥匙链、轮胎气压表、遥控装置、照相设备等。该电池的阴极由电解式二氧化锰制成，而制作阳极的材料则是锌粉。

碱性二氧化锰微型电池的电压值为 1.5 伏。碱性二氧化锰微型电池一般制成钮扣形。碱性二氧化锰微型电池的含汞量一般占电池总重量的 0.1%至 0.9%。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的含汞碱性微型电池制造商。

表 A2.6： 具有代表性的含汞碱性微型电池制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Duracell	美国康涅狄格州 Bethel	www.duracell.com	LR44	1.08 美元（Nextag）
Maxell	日本东京	www.maxell.com.jp	LR44	1.46 美元（Nextag）
东芝公司	日本东京	www.toshiba.com.jp	LR43	3.59 美元（Lowcost）

下表所列为具有代表性的不含汞碱性微型电池制造商。

表 A2.7： 具有代表性的不含汞碱性微型电池制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Chung Pak 公司	中国香港	www.chungpak.com	Vinergy L1154F L1142F L626	不详。
Leopro 电池公司	中国香港	www.leopro-battery.com	L736H	不详。
新领袖电池工业有限公司	中国香港	http://newleader.smeitrade.com	LR 系列	不详。
超能（泰山）电池工业有限公司	中国香港	www.superenergy.com.hk	Megaton LR44XS	不详。

氧化汞

氧化汞微型电池可用在助听器、手表、计算器、照相机等各种应用产品上。氧化汞微型电池是使用由氧化汞或氧化汞与二氧化锰化合物组成的阴极材料制成的。因此，电池内汞的浓度比较高。氧化汞电池也可使用氢氧化钾或氢氧化钠电解液制成。目前还不能轻易确定氧化汞微型电池的制造商。

氧化汞微型电池的含汞量约占电池总重量的 32%。氧化汞微型电池一般可用碱性微型电池、氧化银微型电池、锌-空气微型电池替代。这些电池也含汞，但浓度却低得多。比如：PX13 氧化汞微型电池可用 S625X 氧化银微型电池、LR9 碱性微型电池或 MRB 625 锌-空气微型电池替代（《小型电池》，2008 年；《微型电池》，2008 年）。

其他无汞微型电池技术

微型锂电池不含汞，可作为含汞微型电池潜在的替代品。微型锂电池的标称电压大大高于其他三类微型电池；微型锂电池的物理形状也不同于其他三类微型电池（一般是较平、较宽的硬币形状），因此，它是不易被现有产品所取代。

微型锂电池一般用在电子游戏机、手表、计算器、车锁装置、电子管理器、车库门开启装置等产品中。两类主要微型锂电池都使用锂作为阳极，但却使用不同的阴极材料：1）锂/二氧化锰；2）锂/一氟化碳。锂金属可与水发生剧烈的化学反应，因此，必须与非水电解液同时使用。其他需要考虑的问题在于收集锂电池时，容易着火。

微型锂电池的电压是 3.0 伏。从 25 毫安时到 1,000 毫安时各种容量的微型锂电池都可从市场上买到，而且主要是硬币形状的电池。然而，有些型号的锂电池是钮扣形的。微型锂电池的存储性能极佳，而且防渗漏能力也非常强。微型锂电池可在零下 20 摄氏度至 55 摄氏度等各种工作温度下使用。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的微型锂电池制造商。

表 A2.8： 具有代表性的微型锂电池制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
金霸王	美国康涅狄格州 Bethel	www.duracell.com	DL2032B	2.99 美元（AtBatt）
劲量	美国密苏里州圣路易斯市	www.energizer.com	ECR-1220BP	2.99 美元（AtBatt）
北美电池公司	美国加利福尼亚州圣地亚哥市	www.nabcorp.com	UL2325	2.95 美元（Nextag）
Renata	瑞士 Itingen	www.renata.com	CR2430	2.25 美元（AtBatt）

非微型含汞电池

目前有四种生产非微型含汞电池的方法（自然资源保护委员会，2006 年）：

- 糊状圆柱形锌锰电池：氯化汞可作为腐蚀抑制剂，与其他物质混合形成糊状物质，存放在电池外层和内部阳极之间。绝大多数该类型的电池都是“D”号尺寸的圆柱形电池。

- 纸板型圆柱形锌锰电池：将含汞的糊状物质涂敷在层压纸上，以防止该类电池发生腐蚀。该技术可用于 D、C、AA、AAA 号尺寸的圆柱形电池 （Xiaodong，2008 年）。

- 碱性圆柱形锌锰电池：锌粉作为该类电池的阳极材料。汞在锌粉材料中作为腐蚀延缓剂。

- 氧化汞电池：这类电池使用氧化汞作为阴极材料，使用含汞的锌粉作为阳极材料。

不专门添加汞的碱性锰圆柱形电池可满足不同圆柱形电池应用条件下的尺寸和电源要求。比如：对于不专门添加汞的圆柱形电池，有 AA、AAA、C、D 型标准电池型号可供使用。北欧部长理事会的报告称，无汞替代品的价格几乎等于上文所列含汞非微型电池的价格（Maag，2007 年）。

汞的需求和使用情况

下表所列为相关国家在其对环境署《索取资料书》的答复或其他文件（包括使用环境署《汞清单工具包》生成的报告）中提供的电池用汞量数据。有 8 个国家提供了电池生产对汞的需求量的估计值。根据这些国家的答复，每年电池生产对汞的需求量在 0 至 154 公吨之间，有两个国家报告他们生产电池计对汞的需求量为零。关于预计对汞的需求量的答复中提供了不同年份的数字，其中有些可追溯到 2004 年。

表 A2.9： 电池对汞的需求量（根据汞需求量估计值分类）

国家	数据来源	预计对汞的需求量/使用量（公吨/年）
中国	其他	154
柬埔寨	《汞清单工具包》	4.34（0.203 – 8.476）
智利	《汞清单工具包》	2.838
美国	《索取资料书》	2.3
日本	《索取资料书》	1.83
德国	《索取资料书》	1.4
法国	《索取资料书》	1
联合王国	《索取资料书》	1
加拿大	《索取资料书》	0.5（2004 年）
白俄罗斯	《索取资料书》	0.136
瑞典	《索取资料书》	0.126
瑞士	《索取资料书》	0.02（2004-2006 年）
阿根廷	《索取资料书》	0.01
巴西	《索取资料书》	0.008
挪威	《索取资料书》	0.002
斯洛文尼亚	《索取资料书》	< 0.001
毛里求斯	《索取资料书》	0
荷兰	《索取资料书》	0

相关国家报告的电池生产对汞的人均需求量可明显分为下列两大类：

1. 中国、柬埔寨、智利报告的年人均汞需求量比较高，在 0.117 克至 0.303 克之间。这在中国可能要归因于国内主要含汞电池制造商。有关中国电池生产行业的详细分类如

下文所列。在柬埔寨和智利，年人均汞需求量之所以比较高是因为使用《汞清单工具包》时做出的假设。对柬埔寨和智利的计算结果详细说明可参见下文。

2. 其他 15 个国家报告的年人均汞需求量等于或小于 0.017 克。

中国主要电池生产企业每年生产数十亿只电池。下表所列为中国 2004 年生产各类电池所用的 154 公吨汞的详细分类。

表 A2.10：中国（2004 年）电池生产的用汞量（数据来源：自然资源保护委员会，2006年）

电池类型	2004 年的产量 （百万单位（含汞））	预计汞消耗量 （公吨）
糊状锰圆柱形电池	9,349	34.65
纸板锌锰圆柱形电池	3,580	10.35
碱性锰圆柱形电池	0.134	5.358
碱性锰微型扣式电池电池	8,000-10,000	98.65
氧化银微型扣式电池电池	81	0.02778
锌-空气微型扣式电池电池	不适用	4.32
氧化汞电池（微型与非微型）	0.245	0.147

据报告，中国电池行业 1999 年的用汞量在 800 公吨以上（Feng，1999 年）。而 2004 年报告的用汞量是 154 公吨，这说明从 1999 年到 2004 年的五年间，电池行业用汞量在大约 80%的速度减少。由于中国和世界上其他国家一样通过了禁止使用专门添加汞的氧化汞电池和圆柱形电池的法规，中国电池行业的用汞量大幅减少。譬如：中国已实施了一条关于“零汞碱性电池”的政策。根据这一政策，中国从 2005 年 1 月 1 日开始禁止生产含汞量在 0.0001%以上（以重量计）的电池；并从 2006 年 1 月 1 日开始禁止出售含汞量在 0.0001%以上（以重量计）的电池（CCRC，2005 年）。

《汞清单工具包》中提供了在关于电池含汞量的数据（有明确来源）不可用的情况下使用的下列默认输入系数。

表 A2.11： 关于电池的《汞清单工具包》

电池类型	含汞量（千克汞/公吨电池）
氧化汞（各种尺寸）	320
锌-空气微型电池	12
碱性微型电池	5
氧化银微型电池	4
碱性非微型	0.25

下表所列为：汞的年需求量估计值为 0.203 至 8.476 公吨时柬埔寨所生产的电池类型、数量以及所使用的输入系数。

表 A2.12： 柬埔寨电池类型、数量以及所使用的输入系数

电池类型	数量 （公吨电池）	所用输入系数 （千克汞/吨电池）
圆柱形电池	635.599	0.25 - 10
其他类型的电池（包括微型扣式电池）	13.251	3.4 - 160

下表所列为：汞的年需求量估计值为 2.838 吨时智利所生产的电池类型、数量以及所使用的输入系数。

表 A2.13： 电池类型、数量以及智利所使用的输入系数

电池类型	数量（公吨电池）	所用输入系数（千克汞/吨电池）
氧化汞	1.71	不确定
锌-空气	2.13	不确定
氧化银微型扣式电池	13.24	不确定
除微型扣式电池外的其他碱性电池	2,212	不确定

如果智利使用汞工具包推荐的默认系数，那么智利每年生产电池对汞的需求量合计计算值为 1.179 吨，而不是报告的 2.838 吨。

汞的替代等级和使用替代品的经验

下表所列为各国提供的、与其实施（与使用有效的替代品取代含汞电池相关的）技术变革或采用替代品的经验相关的信息。下表所列信息主要来源于各国对环境署《索取资料书》的答复、《汞清单工具包》或其他信息渠道。某些情况下，表中包含相关《索取资料书》答复内容的缩写版或改写版。

表 A2.14： 答复替代等级为“2”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，并且比较常见；替代等级为“2”级
阿根廷	《索取资料书》	禁止进口、生产、组装含汞量在 0.005%以上的电池。 进口电池必须提供相关证明。
巴西	《索取资料书》	在 1999 年开始实施管制。锌锰电池和碱性-锰电池含汞量最大限值为 0.010%，而微型扣式电池内允许的最大汞浓度为 25 毫克。
丹麦	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。
法国	《索取资料书》	欧盟禁令自 2000 年起生效（无豁免）。
德国	《索取资料书》	积极经验。
伊朗	《索取资料书》	在一些大城市，已开始收集和循环利用电池。
日本	《索取资料书》	汞在原电池（尤其是锰干电池和碱性干电池）中用于预防电池氧化并作为腐蚀抑制剂。鉴于电池组电池结构在不断改进（可有效防止被环境空气氧化）、无杂质精炼方法开始被广泛采用、可防止氧化的替代物质大量引进，从 1990 年代早期开始，制造商自愿停止使用汞。尽管扣式汞电池主要在助听器中使用，日本仍然鼓励制造商使用锌-空气电池代替扣式汞电池，而且扣式汞电池大约在 1996 年停止生产。在日本目前仍有三类电池使用汞：碱性扣式电池、氧化银电池、锌-空气电池。在这些电池中，由于已使用腐蚀抑制剂和氢吸附剂开发出无需添加汞的氧化银电池，因此，无汞替代技术在不断进步。助听器电池的替代等级为“0”级。
毛里求斯	《索取资料书》	替代品更便宜，而且人体和环境接触的危害更小。
荷兰	《索取资料书》	荷兰不生产含汞电池。提供的替代等级为“1 – 2”级。
挪威	《索取资料书》	执行关于电池的欧盟标准。
巴拿马	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。
斯洛文尼亚	《索取资料书》	新技术。

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，并且比较常见；替代等级为“2”级
瑞典	《索取资料书》	自 2000 年以来，欧盟禁止销售含汞量>0.0005（按重量计）的电池，其中包括禁止将含汞量>0.0005（按重量计）的电池安装到相关的设备中。而含汞量< 2%（按重量计）的微型扣式电池不在禁售范围内。该国可提供技术变革的积极经验。执行上述限制性规定时，未发现任何经济问题。根据瑞典电池协会的估计，市场上销售的微型扣式电池的含汞量约在 1%左右（按重量计）。
瑞士	《索取资料书》	对于氧化汞电池、碱性圆柱形电池、锌锰电池（糊状和纸板型），所提供的替代等级为“2”级；对于碱性电池、锌-空气电池、氧化银微型电池，所提供的替代等级为“0”级。

表 A2.15： 答复替代等级为“1”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，但极少使用；替代等级为“1”
白俄罗斯	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。
智利	《索取资料书》	消极经验。替代品尚未普及。两类产品的成本相当。
厄瓜多尔	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。

表 2.16： 无关于替代等级答复的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 无关于替代等级的答复
加拿大	其他	对于碱性-锰含汞电池和锌-碳含汞电池，目前可提供在商业上可行的替代品。然而，在商业上可行的微型扣式电池和氧化锌电池的少数几种无汞替代品在性能方面有所降低，而成本却大幅升高。在小型氧化汞电池被几种替代电池产品取代的同时，由于一些陈旧的医院和军用设备已报废，一些大型氧化汞电池的使用量有望急剧下降。
波兰	其他	微型扣式电池的含汞量不得高于 2%（按重量计）。
联合王国	《索取资料书》	有各种替代品可提供，而且正在被广泛使用。
美国	《索取资料书》	积极经验：1996年，国会通过了《含汞及可充电池管理法案》，禁止或限制特定类型的含汞电池在美国销售： • 禁止销售除含汞量不足25毫克的微型扣式电池以外的所有含汞碱性－锰电池。 • 禁止销售专门添加汞的锌-碳电池。 • 禁止销售含氧化汞的微型扣式电池。 • 禁止销售其他氧化汞电池（除非制造商遵守最为严格规定向采购商提供关于该电池循环利用和适当处置的信息）。 虽然主要制造商都能生产氧化银和碱性-锰微型扣式电池的无汞替代品，但无汞锌-空气微型扣式电池在美国目前仍然未被广泛使用。国会禁止氧化银电池（微型扣式电池除外）的销售（除非制造商遵守最为严格规定向采购商提供关于该电池循环利用和适当处置的信息）。这些电池以前主要用于助听器，而现在只能用于要求有稳定电流和较长使用寿命的军用和医用设备。

关于解决微型电池中含汞问题的其他有效信息可向美国相关方面索取。2006 年 3 月，美国全国电气制造商协会（NEMA）发表了如下声明：“美国电池行业承诺在 2011 年 6 月 30 日之前停止在微型扣式电池中使用汞”（NEMA，2006 年）。当时，NEMA 的成员包括一些

干电池制造商：金霸王公司、伊斯门 • 柯达公司、劲量控股有限公司、松下（美国）电池公司、美国雷特威公司、Renata SA 公司、SAFT 美国公司、Wilson Greatbatch 有限公司等。另外，美国缅因州和康涅狄格州最近通过了一项关于在 2011 年 6 月前禁止销售含汞微型电池的法律。这一产品禁令的执行延期至 2011 年以前，是为了让制造商有足够的时间开发可用于绝大多数应用环境的无汞微型扣式电池。

概述－电池

下表所列为 17 个国家提供的、关于相关产品替代等级的《索取资料书》答复量化分析。

表 A2.17： 各国关于替代等级的答复

替代等级	国家答复的数量	答复率
2	13	76.5%
1 - 2	1	5.9%
1	3	17.6%
0	0	0%

总之，50%以上的《索取资料书》 答复中提供的《索取资料书》的替代等级为“2”级，而且有两个国家报告他们生产电池预计对汞的需求量为零，由此可见，调查结果达到了成功过渡的标准。《索取资料书》中有很多空行，供各国输入关于测量和控制装置和“电气、电子设备”等产品的不同信息，但却只有一个空行用于输入关于各类电池的数据。这样，《索取资料书》 答复国家评定各类电池的替代等级受到限制。从汞替代的角度看，目前主要有两类电池：

第 1 类：现成的无汞替代品的电池：氧化汞非微型电池和各类圆柱形锌锰电池。

第 2 类：无现成无汞替代品的各类微型电池。

绝大多数《索取资料书》答复中提供的替代等级为“2”级。而这些答复并不表示其所针对的特定电池类型，但是如果没有提供相关的澄清文字，这些答复将专门针对第 1 类电池。收到的答复表明，第 1 类电池的总体替代等级为“2”级；第 2 类电池的总体替代等级为“0”。譬如：瑞士提供的氧化汞电池、碱性圆柱形电池和锌锰电池（糊状和纸板电池）的替代等级为“2”级；提供的碱性微型电池、锌-空气微型电池、氧化银微型电池的替代等级为“0”级。

另一个例子是日本报告的电池总体替代等级为“2”级（替代等级为“0”级的锌-空气微型电池除外）。美国从 1996 年开始禁止使用第 1 类电池中的氧化汞和碱性-锰电池的事实，将进一步证实本概念。对于第 2 类电池，美国缅因州和康涅狄格州近来通过了一项法律，禁止销售含汞的微型电池；然而，该产品禁令的实施已延期至 2011 年之前，以便于制造商有足够的时间开发应用最为广泛的无汞扣式电池。

根据本次评价结果，第 1 类电池可实现成功过渡，但第 2 类电池则无法实现成功过渡。

表 A2.18： 电池替代情况汇总

电池类型	是否已确定替代技术	是否可成功过渡
糊状锌锰圆柱形	是	已证实过渡成功
纸板型锌锰圆柱形	是	已证实过渡成功
碱性锌锰圆柱形	是	已证实过渡成功
氧化汞–非微型	是	已证实过渡成功

电池类型	是否已确定替代技术	是否可成功过渡
*氧化汞微型	是	有可用的替代方案 – 已遇到挑战
氧化银微型	是	有可用的替代方案 – 已遇到挑战
锌-空气微型	是	有可用的替代方案 – 已遇到挑战
碱性微型	是	有可用的替代方案 – 已遇到挑战

* 目前已证实，氧化汞微型电池向含汞量较低的微型电池（比如：氧化银电池、锌-空气电池、碱性电池）的过渡已成功实现。然而，向无汞微型电池技术转变，仍将面临一定挑战。

A.3 牙科用产品

汞可用于生产牙科用汞合金材料。而牙医则使用牙科用汞合金修补牙齿。目前有两种类型的牙齿修补方法：直接修补和间接修补。直接修补是指牙医将填料直接放置在已准备好的牙洞。放置直接修补材料只要求一次牙科预约。直接修补用的材料包括：汞合金、玻璃离聚物质、树脂离聚物质与合成物质。

间接修补是指在牙科技工室制作填料（镶嵌、修整、镶饰、加盖、搭桥），因此至少要到牙医处诊疗两次。间接修补用的材料包括：黄金、陶瓷、合成材料等。本节重点介绍牙齿直接修补用的牙科用汞合金及其替代填料。

牙科用汞合金材料

产品简介

牙科用汞合金材料是一种用作牙齿填料的材料，由基本液态汞和银、锡、铜合金粉混合物质组成。该合金粉中也可添加少量的锌、钯或铟。

从历史的观点看，牙医可现场混合液态汞和合金粉末的成分，自行配制汞合金。虽然现场配制汞合金的做法在一些国家仍然存在，但绝大多数汞合金都是以含有预先称量好的汞和合金粉末的胶囊的形式出售。目前市场上有各种不同规格的汞合金胶囊，三种常见的规格分别是400 毫克、600 毫克、800 毫克。汞在胶囊内用塑料薄膜晶圆片（枕包）包裹。使用前，将胶囊放置在“混汞机”内，然后“混汞机”将打开枕包，让汞与合金粉混合。

汞合金有多项特征，是后牙直接修补的理想选择。汞合金非常耐用，能够承受后牙的咀嚼力。因此，相对容易安装使用，而且成本也非常低。汞合金填料一般可持续使用 12 年之久（Johnstone，2008 年）。

汞合金也有其局限性。它的银色会因年久而变得暗淡，因此，主要用于修补后牙，达到化妆的效果。汞合金不是粘到牙齿上，而是装入牙洞内形成的凹穴内固定到位。牙医为了形成这些凹穴，必须去除一些健康的牙质。汞合金也要求特殊处理，而且在从废水中回收汞合金碎屑时必须使用汞合金离析器。

汞合金材料的含汞量在 43%至 54%之间（以重量计）。牙医用汞合金填充牙洞时的用汞量会因牙洞的尺寸和所用汞合金胶囊的大小（例如：400 毫克、600 毫克或 800 毫克）的不同而有所变化。美国生产企业向“州际汞教育和减少汞的用量信息交流中心”（IMERC）报告的汞合金胶囊含汞量在不足 100 毫克至 1,000 毫克之间。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的牙科用汞合金材料（含汞）制造商。

表 A3.1： 具有代表性的牙科用汞合金材料（含汞）制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
DENTSPLY 国际公司	美国宾夕法尼亚州约克市	www.dentsply.com	Dispersalloy，Regular Set，Single Spill，50% Hg	59.00 美元 400mg 数量：50（Net32）

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Ivoclar Vivadent 集团	列支敦士登	www.ivoclarvivadent.com	Valiant PhD Sure-Caps，Single Spill	54.81 美元 400mg 数量：50（Net32）
Kerr 公司	美国加利福尼亚州奥林奇市	www.kerrdental.com	Tytin FC Caps，Regular Set，Single Spill	99.00 美元 400mg 数量 50（Net32）
SDI 有限公司	澳大利亚	www.sdi.com.au	Permite Caps，Fast Set，Single Spill	57.50 美元 400mg 数量 50（Net32）

替代品 1：合成材料

产品简介

合成材料是由丙烯酸树脂和粉状玻璃或二氧化硅填料的混和物质组成的牙齿色填料。合成材料可散装在注射器内也可制成一定剂量的胶囊，可自聚也可光聚。合成材料将分层涂敷到牙洞内（约 2 毫米厚），在再涂下一层之前，必须确保已涂敷的每一层都已固化。

合成材料增量填补技术要求的时间一般比汞合金填补技术要求的时间长。因此，使用合成材料必然会增加修补时间，再加上材料成本比较高，使用合成填料的成本比使用汞合金填料的成本高。当然，还有许多其他因素影响填料成本，其中包括：保险责任范围、完成程序的地点、填料的规格以及填料的型号等。考虑到这些多方面的因素，很难量化病人为合成填料支付的费用和为汞合金填料支付的费用之间可能存在的价差。对美国多家牙科网站的分析表明，合成填料的成本一般是汞合金填料成本的 1.2 至 2 倍（《关于美容整形牙科》，2008 年；《成本助手》，2008 年）。

合成填料与汞合金填料相比有一个非常明显的优点，那就是合成材料与牙齿的颜色非常匹配。正因为如此，合成填料是前牙的最佳选择；而且当外观质量比较重要时，合成填料也是最佳选择。另一个优点在于，合成填料可以采用化学的方法粘到牙齿上；另外，由于将合成填料粘到牙齿上要求在准备牙洞时去除的健康牙齿材料较少，因此，使用合成填料的牙齿结构将更加坚固。

美国牙科协会称，合成材料“是一种相对坚固的材料，在中小尺寸牙齿修补时可确保经久耐用”，合成填料可能要求的更换次数比汞合金填料多（尤其是承受较大的咀嚼力或使用大量填料时）。合成填料一般可持续使用五至七年（Johnstone，2008 年）。

微米、纳米技术的使用为提高合成材料的性能（包括强度、抗断裂性、耐磨性、美观、加工性能）创造了全新的机会。许多合成材料的制造商（包括下表所列的制造商）提供的产品通常将微米、纳米材料添加到一些合成填料中。微米、纳米材料的使用是当今时代的相对较新的发展成果，因此，微米、纳米技术可能会有更新的发展。

一类合成材料是 compomer（一种由合成材料和玻璃离聚体混合而成的物质）。compomer 材料的优点之一在于它的磨损率大约比合成材料高层高出三倍。compomer 可能也含有氟化物。这种氟化物会随着时间的推移缓慢释放，从而可有效防止牙齿腐烂。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的制造商。

表 A3.2： 具有代表性的合成填料制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
3M	美国明尼苏达州圣保罗市	http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/	Filtek Z250 修补用再填胶囊	51.01 美元 数量：20 粒 （Net32）
Dentsply 国际公司	美国宾夕法尼亚州约克市	www.dentsply.com	Herculite XRV Refill Capules	32.60 美元 数量：20 粒； 0.25 克胶囊 （Net32）
Ivoclar Vivadent 集团	列支敦士登	www.ivoclarvivadent.com	Tetric EvoCeram Cavifil Refill	67.00 美元 数量：20， 0.2 克 cavifils （Net32）
Kerr 公司	美国加利福尼亚州奥林奇市	www.kerrdental.com	Prodigy Unidose Refills	49.99 美元 20 只， 0.2 克（Net32）
SDI 有限公司	澳大利亚	www.sdi.com.au	Ice Complet Refills，光聚	68.75 美元 数量：20 0.25 克（Net32）

替代品 2： 玻璃离聚物质

产品简介

玻璃离聚物质是由丙烯酸和用于填补牙洞的细玻璃粉混合物制成的天然形状、牙齿色物质。玻璃离聚物质抗断裂能力相对较低，因而主要用少量非承重填料，比如用在牙根表面的填料。玻璃离聚物质可提供不同的产品形式，其中包括：分配器、胶囊、粉末/液体等。

玻璃离聚体填料与汞合金填料相比有一个非常明显的优点，那就是玻璃离聚体填料与牙齿的颜色非常匹配。正因为如此，玻璃离聚体填料是前牙的最佳选择；而且当外观质量比较重要时，玻璃离聚体也是最佳选择。另一个优点在于，玻璃离聚体填料可以采用化学的方法粘到牙齿上；另外，由于将玻璃离聚体填料粘到牙齿上要求在准备牙洞时去除的健康牙齿材料数量比较少，因此，使用玻璃离聚体填料的牙齿结构更加坚固。而且玻璃离聚体填料中所含的氟化物会随着时间的推移缓慢释放，从而可有效防止牙齿腐烂。

玻璃离聚体填料的缺点包括成本较高、更换所需时间较长等。从经久耐用的角度分析，玻璃离聚体填料的抗断裂性差，与汞合金或合成填料相比更有可能磨损（Colgate，2008 年）。当然，牙科填料成本取决于许多因素，因此，很难量化病人为玻璃离聚体填料支付的费用和为汞合金填料支付的费用之间可能存在的价差。美国牙科协会称，玻璃离聚体填料的成本与合成填料差不多，但高于汞合金填料。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的玻璃离聚类牙齿修复材料制造商。

表 A3.3： 具有代表性的玻璃离聚材料制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
3M ESPE	美国明尼苏达州圣保罗市	http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/	Ketac Molar Aplicap 再填胶囊、 自聚	189.00 美元 数量：50（Net32）
3M ESPE	美国明尼苏达州圣保罗市	http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/	Photac-Fil Quick Aplicap 再填胶囊、双聚	209.00 美元 数量：50（Net32）
GC 美国公司	美国伊利诺伊州 ALSIP	http://www.gcamerica.com/	Fuji II LC 再填胶囊、 光聚	108.95 美元 数量：50（Net32）
SDI 有限公司	澳大利亚	www.sdi.com.au	Riva 光聚、再填胶囊	136.55 美元 数量：50（Net32）

其他替代品

树脂离聚体

树脂离聚体和树脂改性玻璃离聚体（RMGI）都是丙烯酸、丙烯酸树脂与玻璃填料的混合物质。他们都是牙齿颜色的，并能随着时间的推移释放氟化物，从而有助于预防牙齿腐烂。与玻璃离聚体一样，树脂离聚体也是粘到牙洞内的，要求在准备牙洞时去除的健康牙齿材料较少。树脂离聚体在特定的机械性能方面（其中包括强度和热膨胀系数）优于玻璃离聚体。

树脂离聚体的抗断裂性属中低等水平，在咀嚼表面上使用时将承受较大的磨损。为此，树脂离聚体的使用一般仅限于小型非承重填料或主牙内的短期填料。树脂离聚体填料的成本与合成填料差不多，但高于汞合金填料。

黄金、陶瓷

金合金、陶瓷一般牙齿的间接修补，因此，未考虑将它们作为主要用于牙齿直接修补的汞合金替代品。这些材料要求至少到牙医处诊疗两次，而且会涉及临时填料的放置。

羧酸醋粘合剂

羧酸醋粘合剂主要用作临时填料，并作为铸合金与陶瓷修补用粘合剂。由于是临时填料，因此，并未考虑将羧酸醋粘合剂作为汞合金的替代品（www.free-ed.net，2008 年）。

氧化锌

氧化锌主要在各种牙科治疗上使用，其中包括填料。氧化锌经常与丁子香酚（一种取自丁香油的液体，可缓解疼痛并略具防腐性能）一道使用。由于是临时填料，因此，并未考虑将氧化锌作为汞合金的替代品（www.free-ed.net，2008 年）。

汞的需求和使用情况

下表所列为相关国家在其对环境署《索取资料书》的答复或其他文件（包括使用环境署《汞清单工具包》生成的报告）中提供的牙科用汞合金对汞的需求量数据。

表 A3.4： 各国牙科用汞合金用汞量（根据汞需求量估计值分类）

国家	数据来源	预计对汞的需求量/使用量（公吨/年）
美国	《索取资料书》	27.6（2004 年）
德国	《索取资料书》	20
菲律宾	《汞清单工具包》	17.741（2006 年）
联合王国	《索取资料书》	6.6（2006 年）
中国	其他[1]	6
加拿大	其他[2]	4.665（2007 年）
叙利亚	《索取资料书》	4.125
荷兰	《索取资料书》	1.6（2007 年）
丹麦	《索取资料书》	1.2（1.1 – 1.3）（2001 年）
俄罗斯	其他[3]	0.8（2001 年）
阿根廷	《索取资料书》	0.614
日本	《索取资料书》	0.15（2005 年）
瑞典	《索取资料书》	0.103
柬埔寨	《汞清单工具包》	0.086 0.008 – 0.163（2007 年）
挪威	《索取资料书》	0

《汞清单工具包》为估算汞合金的总需求量推荐的每位居民每年汞的使用量默认值是 0.05 - 0.20 克（环境署，2005 年）。目前有 3 个国家（德国、丹麦、叙利亚）提供的使用量超出了《汞清单工具包》推荐值范围。菲律宾使用《汞清单工具包》上限值（每位居民每年 0.20 克汞）计算汞的使用量。其他 4 个国家（加拿大、联合王国、荷兰、美国）使用量在《汞清单工具包》推荐值范围内。其余 7 个国家提供的使用量数值低于《汞清单工具包》中的下限值。

牙科用汞合金的使用有可能受到下列因素的影响：政府政策、有效的牙齿保护水平、个人卫生水平、替代品的可用性和成本。比如：瑞典汞使用量之所以很低，部分原因在于该国 1999 年实施的关于将使用汞合金修补牙齿不列入健康保险责任范围的政策。柬埔寨《汞清单工具包》报告将该国汞的使用量比较低的原因牙齿修频率低和替代填料的广泛使用等。

汞的替代等级和使用替代品的经验

下表所列为各国提供的、与其实施（与选择其他填料替代含汞的牙科用汞合金相关的）技术变革或采用替代品的经验相关的信息。下表所列信息主要来源于各国对环境署《索取资料书》的答复。某些情况下，表中将列出《索取资料书》答复内容的缩写版或改写版。

表 A3.5： 答复替代等级为“2”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，并且比较常见；替代等级为“2”级
巴西	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。

[1] SEPA，2005 年。

[2] 2008 年 1 月 31 日加拿大在休会期间向汞问题不限成员名额特设工作组提供的信息。

[3] ACAP，2004 年。

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，并且比较常见；替代等级为“2”级
丹麦	《索取资料书》 其他[4]	汞合金的使用量在所有填料中所占的比率从 2000 年的 37%降至 2005 年的 28%。过去几年，各种类型的塑料开始在市场上占据主导地位，而玻璃离聚体则作为有效的补充。2008 年 4 月 1 日以后，不再允许牙医们使用牙科用汞合金。
德国	《索取资料书》	德国报告的替代等级为“1-2”级：积极经验。
日本	《索取资料书》	由于人们害怕咀嚼产生热量会生成汞蒸汽，被人体摄入，从而导致体内发生变质、腐败，因此牙科用汞合金的使用量从 1970 年的 5 公吨降至 2005 年的 0.15 公吨。牙科用汞合金的替代品包括：金银钯合金、陶瓷与合成树脂等。
荷兰	《索取资料书》	由于牙齿腐败的数量在逐年减少、而牙科用填料的替代品在不断增加，因此汞的使用量预计将以年均 15%的速度减少。自 1980 年代中期以来，牙科用汞合金已从每年每名牙医 3,500 克降至每年每名牙医 260 克。
挪威	《索取资料书》	目前，没有使用替代品的消极经验。挪威禁止在各类产品（包括牙科用汞合金）中使用汞的禁令在 2008 年 1 月生效。
斯洛文尼亚	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。
瑞典	《索取资料书》 其他[5]	积极经验：牙科用汞合金的汞使用量从 1997 年到 2003 年下降了 90%。约 98%的成人用填料都是用替代材料制成的（绝大多数是合成材料）。儿童用填料对应的数字是 99.95%。健康保险从 1999 年开始停止支付汞合金修补的医疗费用。一项旨在禁止使用汞生产牙科用汞合金的禁令于 2008 年 1 月 1 日起生效。
瑞士	《索取资料书》	在技术上没有问题，但由于替代材料成本高，可能存在其他问题。

表 A3.6： 答复替代等级为“1”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，但极少使用；替代等级为“1”级
阿根廷	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。
智利	《索取资料书》	消极经验：可获得的替代品数量十分有限，而且替代品的成本高于汞合金。
法国	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。
伊朗	《索取资料书》	尽管许多牙医开始使用合成树脂作为替代品，仍然有人在使用牙科用汞合金。牙科对汞的消耗量自 1998 年以来开始大幅下降。
巴拿马	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。
联合王国	《索取资料书》	合成材料和玻璃离聚体都已使用。汞合金的使用量从 9 公吨（2004 年）开始减少，说明人们的口腔健康水平在提高。到 2011 年，汞合金的使用量预计将继续降至 2 公吨左右。
美国	《索取资料书》 其他[6]	消极经验：牙科用汞合金的无汞替代品非常贵，而且不在私人或政府医疗保险的覆盖范围内。牙科治疗产品由联邦政府监管，各州不能独立禁止使用牙科用汞合金。 保险计划一般支付绝大多数或全部的汞合金填料费用，但只支付 50%至 80%的合成填料费用。

[4] PR Newswire, 2008 年。

[5] PR Newswire，2008 年。

[6] www.aboutcosmeticdentistry.com

表 A3.7： 无关于替代等级答复的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 无关于替代等级的答复
柬埔寨	《汞清单工具包》	所使用的填料包括汞合金、合成材料、玻璃离聚体粘合剂、羧酸酯粘合剂、氧化锌和陶瓷。牙科门诊病人更愿意使用合成填料，而不是汞合金，而那些富有的病人则更愿意使用氧化锌和陶瓷材料。
加拿大	其他[7]	替代品包括：铸金、粘合汞合金、陶瓷、合成树脂等。与替代品相关的问题包括成本较高、特定程序不适用等。汞合金也非常经久耐用、可快速方便的安置而且可以经常修理。

有 8 个国家报告的牙科用汞合金替代等级为“2”级；1 个国家（德国）报告的替代等级为“1-2”级。答复替代等级为“2”级表示，替代品在那些国家可以得到，而且是经常使用。这 9 个国家中有 7 个是欧洲国家。其中有 3 个欧洲国家（丹麦、挪威、瑞典）已禁止使用牙科用汞合金。巴西和日本报告的替代等级也为“2”级。

有 7 个国家报告的牙科用汞合金替代等级为“1”级，这表明在这些国家替代品可以得到但很少使用。这 7 个国家中有两个在南美洲、2 个在欧洲、1 个在西亚、1 个在中美洲、还有 1 个在北美洲。

总之，一共有 13 个国家提供了关于牙科用汞合金替代品使用经验的书面意见。其中有 4 个国家称，替代品的成本高于牙科用汞合金的成本；只有 1 个国家表达了对替代品性能特征的关注。

概述－牙科用产品

牙科医生在决定牙齿直接修补用填料类型时，会考虑多种因素，其中包括：病人的健康状况、外观质量要求、填补的位置、咀嚼力、诊疗时长和次数、使用期和成本等（ADA，2008 年）。 在特定情况下，汞合金替代品无疑是最佳选择。比如，牙齿色合成材料一般可用于化妆目的的前牙牙洞。而玻璃离聚体或树脂离聚体一般是齿根或齿颈上细小牙洞的最佳选择。

微纳米技术的应用使替代材料的物理性能和外观质量得到大幅提高。多个国家的《索取资料书》答复表明，在性能方面，相关替代品可取代汞合金。一些国家认为替代品价格居高不下是阻止他们放弃使用汞合金的障碍之一。

有 3 个国家（挪威、瑞典、丹麦）禁止将汞合金用作牙齿填料的禁令已于 2008 年生效。这些国家视合成材料为汞合金理想的替代品（PR Newswire，2008 年）。

下表所列为根据 16 个国家的《索取资料书》答复展开的关于牙科用汞替代等级的量化分析。

表 A3.8：各国关于替代等级的答复

替代等级	各国答复数	答复率
2	8	50%
1-2	1	6%
1	7	44%

[7] 2008 年 1 月 31 日加拿大在休会期间向汞问题不限成员名额特设工作组提供的信息。

本节中提供的信息表明，对于牙科用汞合金，有可用的替代技术，而且一些国家已经成功实现放弃使用牙科用汞合金材料的过渡。50%的《索取资料书》 答复表示，目前在市场上可买到替代品，而且人们经常使用这些替代品。1 个国家（挪威）预计其牙科汞的使用量为零。瑞典和丹麦 2008 年颁布的禁止出售牙科用汞合金材料的禁令也有可能使 2009 年汞合金材料的使用量降为零。

尽管在这些国家的过渡非常成功，但从全球范围来看仍然面临诸多妨碍成功转变的挑战。根据《索取资料书》的答复，影响成功转变的最大障碍在于替代品高昂的成本。而其他可能影响向无汞牙科填料过渡的因素包括：替代品的保险覆盖、牙科医生的培训、政府管制以及发展中国家对于妨碍牙科治疗的担心等（Maag，2007 年）。

表 A3.9：牙科用产品的替代情况汇总

牙科用	是否已确定替代技术	是否可成功过渡
牙科用汞合金材料	是	有可用的替代方案–已遇到挑战

A.4. “电气和电子设备”

“电气和电子设备”部分由两个主要产品“子群”组成：电气开关和继电器。第一子节“A.4. 电气开关”，主要介绍四类主开关：浮控开关、倾斜开关、压力开关、温度开关。本子节主要介绍汞开关和四类开关中每一类的无汞替代品。第二子节“A.4.b 继电器”，主要介绍两类汞继电器（汞置换开关和汞湿簧开关）以及六种无汞继电器替代品（干磁簧继电器、其他电动机械式继电器、固态继电器、可控硅整流器、混合式继电器）。

居家、工业、医疗、农业、市政、商业等许多领域使用的数千种不同的产品和应用环境都必须使用开关和继电器。有许多设计参数影响适合特定产品或应用环境使用的开关或继电器的规格和选型。开关或继电器设计以及产品选择都可能因生产企业情况的不同而有所变化。

设计要求会对产品型号的选择和最终的产品成本产生重大影响。以下所列为部分非常关键的设计参数：开关点的数量、电平检测类型、开关/继电器的精确率、可靠性、液体环境的类型（对于浮控开关）、安装方式、封装箱的类型、输出触点的额定值、开关/继电器的预期寿命、要求的监管许可、电力负荷类型、工作参数、环境条件、输入功率要求以及开关/继电器类型等。

A.4.a 电气开关

倾斜开关

倾斜开关能够感应位置的变化或旋转情况，而且能够根据这些变化启动开关。倾斜开关可用于激活告警装置、控制装置、照明系统或其他设备。

倾斜开关是一种非常有用的设备组件，可用于满足上百种不同产品和应用环境的需要。下表所列为使用倾斜开关的产品和应用的一些例子。

表 A4.1： 倾斜开关的应用

应用类型	举例
工业	工艺设备、输送机控制装置、挤压机、调速装置、脚踏开关、煤量监测装置、施工车辆、起重机、起吊装置、溜槽、剪刀式举升器、静止平台等。
农业	拖拉机、输送机控制装置、食品加工、仓房、地窖、谷量监测装置等。
航运	方向舵控制装置、深海操作装置、盐水平台、船只和驳船水准测量（校平）装置等。
医疗器械	X 光机、MRI 扫描仪、定位控制装置、轮椅等。

汞倾斜开关

产品简介

汞倾斜开关一般由管端装有电触点的一些小管构成。小管提升时，汞会在下端聚集，提供一个导电通道，形成开关回路。开关向后倾斜时，电路会断开。

汞倾斜开关由于使用的组成部件很少，而且不易产生电弧，因此具有较高的可靠性和较长的使用寿命。生命周期试验结果表明，汞倾斜开关的使用寿命很长，至少可完成 100 万个开关运行周期。汞倾斜开关能够处理较高的电感负荷，能够实现无噪声运行。然而，许多应用环境（包括食品和饮料行业）都不希望看到倾斜开关中的汞。另外，在产品生命周期结束时拆除汞开关（比如：拆除汽车上的干线开关）可能需要支付一定的费用。

制造商向 IMERC 报告的汞倾斜开关的含汞量范围有三种：50-100 毫克、100-1,000 毫克、大于 1,000 毫克。有些生产企业向 IMERC 报告了确切数量，每只倾斜开关的数量在 0.05 克至 5 克之间（NEWMOA，2008 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的汞倾斜开关制造商。

表 A4.2： 具有代表性的汞倾斜开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
美国终端供电有限公司	美国密歇根州 Wixom	www.american-terminal.com	AT-MS-4	4 -12 美元（SJ 、Amazon）
Celduc Relais	法国 Sorbiers	www.celducrelais.com	IB600099 系列	不详。
Comus 国际公司	比利时 Tongeren	www.comus-intl.com	型号众多	不详。
雄美企业有限公司	中国台湾省台北市	www.wellbuying.com.tw	M5 系列	不详。

替代品 1：电位计倾斜开关

产品简介

电位计有一条弯曲的导电轨组成，导电轨的每一端都有一支接线端子。一支活动游标与第三支端子连接。电位计的轴旋转时，电气轨道的长度和电阻将按一定比例变化。电位计可用来检测线性运动、单圈旋转或多圈旋转。

电位计价格便宜、性能稳定可靠。而且电位计的使用寿命长，运行周期一般在 2,000 万个以上。为达到节约空间的设计要求，也可提供尺寸较小的微型电位计。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的电位计制造商。

表 A4.3： 具有代表性的电位计制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
ETI 系统公司	美国加利福尼亚州 Carlsbad	www.etisystems.com	EUP 、 SP 系列	不详。
精密电子元件公司	加拿大安大略省韦斯顿市	www.precisionelectronics.com	R 系列	不详。
台湾阿尔法电子有限公司	中国台湾省桃园县	www.taiwanalpha.com	9 MM	1-35 美元不等（Mouser）
东京宇宙电子有限公司	日本神奈川县	www.tocos.com	GF 、 RJC 系列	不详。
Vishay Intertechnology 公司	美国宾夕法尼亚州 MALVERN	www.vishay.com	P9 系列	3–6 美元（Mouser）

替代品 2：金属球式倾斜开关

产品简介

一个滚动的金属球（一般是钢制的）用来完成实际的电气连接。金属球与倾斜开关外套一起运动或在促动器磁体的作用下滚动。

金属球式倾斜开关适合于易受电磁干扰的应用环境或需要一支坚固开关的高应力应用环境。金属球式倾斜开关如果只在额定负荷比较小的环境使用中，则其使用寿命会更长。由于金属球式倾斜开关会因回弹而出现虚假接触的情况，因此一般不适用于可能会受到强烈冲击或震动的应用环境。另外，金属球会因过热或电弧放电而被焊到电气触点上。金属球式倾斜开关的另外一个缺点在于它在没有经历电弧放电问题的情况下，无法操作 2 安培以上的负荷。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的金属球式倾斜开关制造商。

表 A4.4： 具有代表性的金属球式倾斜开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Assemtech 公司	联合王国	www.assemtech-inc.com	THS-SP 、DHS- SP 系列	不详。
Comus 国际公司	比利时 Tongeren	www.comus-intl.com	型号众多	不详。
Magnasphere 公司	美国威斯康星州 Waukesha	www.magnaspherecorp.com	NM 系列	不详。

替代品 3： 电解式倾斜开关

产品简介

电解式倾斜开关中包含电极，并已注满导电液。开关发生倾斜时，液体表面在重力的作用下依然保持水平。电极之间的传导率与浸没在导电液中的电极长度成比例。使用不同材质的电解液可改变传导率和粘度，以满足不同的设计参数要求。

电解式倾斜开关具有极佳的可重复性、稳定性和精确性。电解式倾斜开关一般是为小角度范围的高精度倾斜角测量而设计的。电解式倾斜开关可在极端恶劣的环境条件下使用，比如在极端温度、极端湿度和震动环境中使用。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的电解式倾斜开关制造商。

表 A4.5： 具有代表性的电解式倾斜开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价
弗雷德里克公司	美国宾夕法尼亚州亨廷顿河谷地区	www.frederickson.com	07X 系列	不详。
Spectron 玻璃和电子设备公司	美国纽约州 Hauppauge	www.spectronsensors.com	SP 、 AU 、RG、CG、SH 系列	不详。

替代品 4： 机械式倾斜开关

产品简介

机械式倾斜开关是一种微型快动开关，可采用多种方法促动。一种常见的驱动方法是使用金属滚球驱动杠杆臂。而金属滚球会在重力的作用下改变位置（与开关外罩的位置变化一致）。

倾斜开关性能可靠、使用寿命长，而且能够操作较高的电感负荷。机械式倾斜开关的额定使用寿命一般都在 100 万个运行周期以上。机械式倾斜开关需要施加少量的压力才能促使开关动作。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的机械式倾斜开关制造商。

表 A4.6： 具有代表性的机械式倾斜开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Binmaster	美国内布拉斯加州林肯市	www.binmaster.com	BM-T 系列	不详。
监测技术 llc	美国伊利诺伊州 Elburn	www.monitortech.com	TC 系列	不详。
Omron 公司	日本京都	www.omron.com	D7E-3	5 – 11 美元（Digikey）

替代品 5： 固态倾斜开关

产品简介

固态倾斜开关一般称为倾角计或加速计（取决于应用条件）。固态倾斜开关可使用霍耳效应的集成电路传感器、高稳定硅微电机电容式倾斜传感元件、强制平衡加速计的技术或惯量仪表扭矩装置。

固态倾斜开关具有较高的分辨率、精确率和较强的快速反应能力，可在较大的温度范围内保持一定的精确度。固态倾斜开关使用寿命长，一般在 1,000 万个运行周期以上。而且固态倾斜开关可在较强的震动和冲击环境中使用。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的固态倾斜开关制造商。

表 A4.7： 具有代表性的固态倾斜开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Jewell 仪器公司 LLC	LC 系列	www.jewellinstruments.com	LC 系列	不详。
Omron 公司	日本京都	www.omron.com	D6BN 系列	2- 4 美元（Digikey）

替代品 6：电容式倾斜开关

产品简介

电容式倾斜开关主要采用基于电容的传感器，输出值直接与相对倾斜量成比例。 电容式倾斜开关传感器一般是由两只密封的电容圆顶组成的，圆顶之间注有电容率较高的液体。

电容式倾斜开关的精确度较高，具有较好的长期稳定性、而且功率要求低。电容式倾斜开关适用于测量精度要求比较高的应用环境，也适合测量倾斜度较大的角。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的电容倾斜开关制造商。

表 A4.8： 具有代表性的电容倾斜开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
测量专业设备公司	美国弗吉尼亚州汉普顿市	www.schaevitz.com	Accustar II DAS 系列	不详。
Seika Kempten	德国	www.seika.de	NG2、NG3、 NG4 系列	不详。

浮控开关

浮控开关专门用于监测不同液体的液位，可监测的液体的类型包括：水、污水、湿泥、石油、化学品、油脂、液态氮。浮控开关可用于监测储液罐、水井、储液箱、钻井装置和其他容器内的液位。浮控开关可用于操作告警和控制电路，对相关的液位变化做出可控制的反应。浮控开关有两种基本的操作方法：第一种方法是将浮控开关置于有浮力的浮子套内，然后根据液位的升降操作浮控开关；第二种方法是将浮控开关固定，然后根据液体是否存在操作浮控开关。

浮控开关是一种万能型组件，可满足上百种不同的产品和应用的需要。浮控开关 可安装到船底排水泵等产品上，也可买来作为一个组件在客户特殊的应用环境中使用。下表所列为使用浮控开关的产品和应用环境举例。

表 A4.9： 浮控开关的应用

应用类型	举例
工业/制造业	工艺液体、废物处理、空调装置、半导体生产、自动化电镀机械等。
家用	油池泵、化粪池、热水器、自动化卫生设备等
航运	船底排水泵、淋浴泵、远洋定期客轮污水处理装置、船上平衡罐等
市政设施	泵站、废水处理装置、污水厂等

汞浮控开关

产品简介

汞浮控开关一般放在有浮力的浮子套内，根据液位的升降进行操作。汞浮控开关内一般有一根小管，小管的一端安装电触点。当小管上升时，汞会聚集到小管下端，提供一个传导通路、形成回路。当开关回落时，该回路断开。

汞浮控开关的优点在于它们的组件很少，而且不易产生电弧放电现象。生命周期试验结果表明，汞浮控开关的运行周期在 100 万个以上。汞浮控开关可操作较高的电感负荷，并且能够实现无噪声运行。

汞浮控开关一般需要一个能够确保开关正常摆动的空间。对于摆动空间非常有限、位置比较紧密的应用环境中，可能是更适合选择“磁簧浮控开关”。由于汞浮控开关中含有汞（一种有毒的化学物质），因此，它不是食品和饮料行业等许多应用环境的理想选择。北欧部长理事会报告称，无汞替代品的报价与含汞的浮控开关基本差不多（Maag，2007 年）。

制造商向 IMERC 报告的浮控开关含汞量为每只开关 100 至 1,000 毫克，或每只开关 1,000 毫克以上。 有一些生产企业向 IMERC 报告了浮控开关确切的含汞量，每只在 0.1 克至 70 克之间。环境署工具包举例说明：在丹麦，汞浮控开关的含汞量可能在 6.8 至 13.6 克之间（环境署，2005 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的汞浮控开关制造商：

表 A4.10： 具有代表性的汞浮控开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Comus 国际公司	比利时 Tongeren	www.comus-intl.com	型号众多	不详。
Conery 设备制造公司	美国俄亥俄州 Ashland	www.conerymfg.com	2900 系列	不详。
汞置换工业公司	美国密歇根州 Edwardsburg	www.mdius.com	A、B、C、D、E 系列	不详。
Zoeller 泵业公司	美国肯塔基州路易斯维尔市	www.zoeller.com	10 系列	90 – 95 美元（Dean）

替代品 1：机械式浮控开关

产品简介

机械式浮控开关一般位于有浮力的浮子外套内，根据液位的升降促动。机械式浮控开关可能是快动开关或微动开关，而且可采用多种方法促动。常见的驱动方法是使用金属滚球驱动杠杆臂，而金属滚球会在重力的作用下改变位置（与由浮力的浮子外罩的位置变化一致）。

机械式浮控开关性能可靠、使用寿命长，能够处理较高的电感负荷。汞倾斜开关的额定使用寿命很长，至少可完成 100 万个开关运行周期。机械式浮控开关使用一只浮子即可完成开和关两大功能。机械式浮控开关一般需要一个能够确保开关正常摆动的空间。然而，在垂直柱内使用磁铁激活微动开关的机械式浮控开关不需要摆动空间。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的机械式浮控开关制造商。

表 A4.11：具有代表性的机械式浮控开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
自动化产品集团有限公司	美国犹他州洛根市	www.apgsensors.com	Ft-100 系列	不详。
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	L8 系列	66 美元（Dwyer）
Kari-Finn Oy	芬兰 Lahti	www.kari-finn.fi	Kari 浮控开关系列	不详。
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	NGS 系列	不详。
汞置换工业公司	美国密歇根州 Edwardsburg	www.mdius.com	G、H、K、N、P 系列	不详。
MJK 自动化设备公司	丹麦 Naerum	www.mjk.com	7030 系列	不详。
Nivelco 程序控制设备公司	匈牙利首都布达佩斯市	www.nivelco.com	Nivofloat 、NivoMag 系列	不详。
SOR	美国堪萨斯州 Lenex	www.sorinc.com	100 、 1710 、 200、300 系列	不详。

替代品 2： 干磁簧浮控开关

产品简介

磁簧开关内置于浮控开关装置的垂直柱内。永久磁铁则安装在沿管子或垂直柱垂直移动的浮子外套内。磁铁将在预先设定的液位上促动舌簧开关，完成控制或高精功能。

干磁簧开关是在狭小空间内使用的理想产品。干磁簧开关具有较长的使用寿命。干磁簧开关的一大缺点在于，它无法处理高电感负荷，因此触点的容量比较低。另外，干磁簧开关必须在清洁的环境中使用。这是因为垂直柱内沉积的碎片会妨碍开关的正常功能。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的干磁簧开关制造商。

表 A4.12： 具有代表性的干磁簧开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Comus 国际公司	比利时 Tongeren	www.comus-intl.com	型号众多	不详。
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	L10 系列	66 美元（Dwyer）
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	NC 系列	18 美元- 39 美元（Lesman）

替代品 3： 光学浮控开关

产品简介

光学浮控开关利用光学原理，与气体（例如：空气）进行比较，检测液体是否存在。光学浮控开关中的传感器上有一个小型红外线发光二极管（LED）和一个光电晶体管（光敏晶体三极管）检测液体是否存在。

光学浮控开关容易受到液体颜色和密度的影响。另外，光学浮控开关的磁滞现象非常微弱、再现率较高，而且耐化学品腐蚀的能力极强。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的光学浮控开关制造商。

表 A4.13： 具有代表性的光学浮控开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	OLS 系列	70 美元（Dwyer）
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	OPT 系列	不详。

替代品 4： 电导浮控开关

产品简介

电导浮控开关使用电极测量液体内的导电率，因此感应到液体是否存在。电导浮控开关将根据液体的导电性，在电极之间或电极与金属罐体之间形成闭合电路。

电导浮控开关内没有任何可移动的零部件，因此非常可靠，可在安装有移动设备（可能破坏其他类型浮控开关）的容器内使用。电导浮控开关也可感应到不同类型液体的存在。比如，电导浮控开关可在船底有污水的应用环境中检测气体、油、柴油机燃料（这些可能会使泵自动关闭）。电导浮控开关的缺点在于，它必须在传导液中才能正常运行。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的电导浮控开关制造商。

表 A4.14： 具有代表性的电导浮控开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	DPL110	345 美元（Dwyer）
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	NES、NEK 系列	不详。
Nivelco 程序控制设备公司	匈牙利首都布达佩斯市	www.nivelco.com	NivoCont 系列	不详。

替代品 5：音速/超音速浮控开关

产品简介

音速/超音速浮控开关主要采用含压电晶体的传感器。该压电晶体会产生振荡，从而通过振荡频率测量液位。音速/超音速浮控开关的精确度非常高，可用于非导电的高粘度液体。另外，音速/超音速浮控开关传感器可快速拆除，以便于完成食品、饮料和制药行业要求的清洗处理。 音速/超音速的一大缺点在于，它需要牢固安装才能确保正常运行。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的音速/超音速浮控开关制造商。

表 A4.15： 具有代表性的音速/超音速浮控开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	MULS 系列	180 美元（Dwyer）
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	型号众多	不详。
MJK 自动化公司	丹麦 Naerum	www.mjk.com	型号众多	不详。
西门子公司	德国慕尼黑	w1.siemens.com	ULS 系列	700 美元（L172）
SOR 公司	美国堪萨斯州 Lenex	www.sorinc.com	701 系列	不详。

温度开关

温度开关将温度变化转化为电气开关功能。温度开关使用温度反应传感器促动汞开关、固态开关、微动开关或快动开关。热电偶、电热调节器、集成电路、电阻温度探测器等都是温度开关常用温度传感器的典型例子。

温度开关是一种万能型组件，可满足上百种温度监测/控制产品和应用的需要。温度开关可安装到食品加热盘、热水锅炉等产品上，也可买来作为一个组件在客户特殊的应用环境中使用（例如：在喷射模塑工艺中使用）。使用温度开关的其他产品和应用包括：冷藏设备、通风设备、告警装置、发电机、输送机、电动机、压力机、搅拌器、各种电器、自动售卖机等。

汞温度开关

产品简介

温度开关主要使用温度反应传感器促动汞开关。温度开关使用的温度反应传感器一般是热电偶、电阻温度检测器（RTD）或气体驱动的布尔登管。

由于汞温度开关使用的组件很少，而且不易产生电弧放电现象，因此，性能非常可靠、使用寿命比较长。生命周期试验结果表明，汞温度开关的运行周期在 100 万个以上。汞温度开关可操作较高的电感负荷，并且能够实现无噪声运行。然而，由于汞温度开关中含有汞，因此，不是食品和饮料行业等许多应用环境的理想选择。制造商向 IMERC 报告的温度开关含汞量在 1,000 毫克以上。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的汞温度开关制造商。

表 A4.16： 具有代表性的汞温度开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	M51 系列	258 美元（Dwyer）

替代品 1：机械式温度开关

产品简介

机械式温度开关主要使用温度反应传感器促动机械式开关。机械式温度开关使用的温度反应传感器一般是热电偶、球管与毛细管、熔焊合金或气体驱动的布尔登管。

机械式温度开关性能可靠、使用寿命长，能够处理较高的电感负荷。机械式温度开关的可靠性和精确度在很大程度上取决于所用传感器的类型。机械式温度开关的功能与汞温度开关相似。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的机械式温度开关制造商。

表 A4.17： 具有代表性的机械式温度开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	DA7035	345 美元（Dwyer）
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	TBS 系列	不详。
SOR 公司	美国堪萨斯州 Lenex	www.sorinc.com	NN 和 RN 系列	不详。
联合电气控制系统公司	美国马萨诸塞州水城	www.ueonline.com	100 系列	不详。

替代品 2：固态温度开关

产品简介

固态温度开关主要使用温度系数电热调节器、电阻温度检测器或集成电路感应温度。同时，使用半导体作为开关输出端。固态温度开关与机械式温度开关或汞温度开关比较，精确度、可重复性、可靠性都有所提高。固态温度开关工作时的功率消耗比较低。固态温度开关的初始成本一般高于机械式温度开关或汞温度开关。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的固态温度开关制造商。

表 A4.18： 具有代表性的固态温度开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	TDD 系列	不详。
联合电气控制系统公司	美国马萨诸塞州水城	www.ueonline.com	One 系列	不详。

压力开关

压力开关将压力变化转化为电气开关功能。压力变化的测量结果为压力值、真空度或两个压力输入值之差。压力开关使用可对压力做出反应的传感器促动机械式开关、汞开关或晶体管。隔膜装置、活塞、波纹管、集成电路、伸缩电路等都是压力开关常用的压力反应传感器的典型例子。

压力开关是一种万能型组件，可满足上百种压力监测/控制产品和应用的需要。比如：压力开关可在各种加热、通风、空气调节、工业、医药、汽车、电器以及安全等应用环境下使用。

汞压力开关

产品简介

汞压力开关一般使用压力反应传感器（比如：活塞、隔膜装置或波纹管）促动汞开关。由于汞压力开关使用的组件很少，而且不易产生电弧放电现象，因此，性能非常可靠、使用寿命也比较长。生命周期试验结果表明，汞压力开关的运行周期在 100 万个以上。汞压力开关可操作较高的电感负荷，并且能够实现无噪声运行。然而，由于汞压力开关中含有汞，因此，它不是食品和饮料行业等许多应用环境下的理想选择。北欧部长理事会的报告称，无汞替代品的报价与含汞的压力开关大体相同（Maag，2007 年）。制造商向 IMERC 报告的压力开关含汞量都在 1,000 毫克以上（NEWMOA，2008 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的汞压力开关制造商。

表 A4.19： 具有代表性的汞压力开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	DA31	212 美元（Dwyer）

替代品 1：机械式压力开关

产品简介

机械式压力开关主要使用活塞、隔膜装置或波纹管作为压敏传感器。机械式压力开关可直接驱动；也可使用推杆、杠杆或压缩弹簧促动一只快动式微动开关。

机械式压力开关性能可靠、使用寿命长。与隔膜式压力传感器一道使用时，机械式压力开关可实现较高的精确度。这些开关使用隔膜和负率贝氏弹簧时，也可表现出较强的抗震能力。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的机械式压力开关制造商。

表 A4.20： 具有代表性的机械式压力开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Dwyer 仪器公司	美国伊利诺伊州密歇根市	www.dwyer-inst.com	DA7031	199 美元（Dwyer）
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	KPH 系列	不详。
施奈德电气公司（Square D）	法国 Cedex	www.schneider-electric.com	9013 系列	57-315 美元（施奈德）
Tecmor 公司	美国俄亥俄州门特市	www.tecmarkcorp.com	3000P 系列	不详。
联合电气控制系统公司	美国马萨诸塞州水城	www.ueonline.com	100 系列	不详。

替代品 2：固态压力开关

产品简介

固态压力开关中含有一个或多个应变仪压力传感器、一个变送器、一个或多个开关。除可促动压力开关电路外，还可提供一定比例的模拟或数字输出。所使用的压力传感器一般是扩散硅压阻传感器或薄膜应变仪。微处理器用于处理应变仪传感器信息、促动开关元件（一般是电子晶体管）。固态压力传感器配有内置式键盘和显示器，用于简化安装和场调节。

固态压力开关所提供的精确度高与机械式开关。固态压力开关在额定负载条件下，可获得较长的使用寿命，一般至少是 1,000 万个运行周期。固态压力开关可提供各种设定点（设定值）和（参数值的）死区调整，但仅限于电平较低的直流电压应用。高温或瞬态压力道钉会损坏固态压力开关。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的固态压力开关制造商。

表 A4.21： 具有代表性的固态压力开关制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Kobold 测量设备有限公司	德国 Taunus	www.kobold.com	PDD 系列	不详。
施奈德电气公司（Square D）	法国 Cedex	www.schneider-electric.com	XMLE 系列	362-460 美元（Schneider）
Sor 公司	美国堪萨斯州 Lenex	www.sorinc.com	SGT 系列	不详。
联合电气控制系统公司	美国马萨诸塞州水城	www.ueonline.com	One 系列	不详。

A.4.b 继电器

继电器是一种电气控制装置，用于开启或关闭电触点，使同一电路或另一条电路中的其他设备运行。继电器一般用于通过向控制电路供应相对较小的电流荷载，实现大电流荷载之间的切换。继电器是一种万能型组件，可用于满足上百种不同的产品和应用的需要。继电器可安装到相关的产品上，也可买来作为一个组件在客户特殊的应用环境中使用。下表所列为使用继电器的产品和应用环境举例。

表 A4.22： 继电器的应用

应用类型	举例
工业	电缆检测仪、电路检测、注模机、窑炉、油墨加热、真空成形、钎焊装置、半导体加工、可编程逻辑控制器等。
航空航天	电源总开关、电动机控制开关、强电流负荷开关、仪表板、发电机开关、交流发电机开关、天线转换、信道选择等。
食品和饮料	食品加工、油炸煎锅、洪焙烤炉、电气烤炉、洗碗机等。
卫生保健	外科设备、X 光机的控制装置、能量消耗监控系统、外科手术照明系统等。
通讯	长途线路交换、试验面板、通讯电路板、负荷开关、无线电基站、地线起始点、输入/输出卡、控制面板交换机、天线开关、回路电流检测等。

汞置换继电器

产品简介

汞置换继电器使用一个金属柱塞装置来置换汞。该金属柱塞比汞轻，因此可漂浮在汞顶面上。另外，该金属柱塞还包含一个磁壳，该磁壳可在磁场的作用下跌落到汞中。汞置换继电器通常在工业过程控制器、电源切换装置等高电流、高电压的应用环境中使用。

汞置换继电器的循环轮转速度快于机械式继电器。另外，汞置换继电器的接触电阻也比较低。由于只有一个活动零部件，因此汞置换继电器可无噪声运行而且使用寿命也很长，平均每只汞置换继电器的运行周期在 100 万至 1,000 万个之间。而且，汞置换继电器只有安装在特定的方向上才能正常运行。汞置换继电器如果因循环轮转速度快而变得过热或负载出现短路现象时，都会发生爆裂，从而产生大量的有害废弃物质。北欧部长理事会的报告称，无汞替代品的报价与汞置换继电器的报价大致相同（Maag，2007 年）。

汞置换继电器含汞量的变化在很大程度上取决于电极的数量、额定电流、终端负载的要求和其他因素。制造商向 IMERC 报告的汞置换继电器的含汞量在 1,000 毫克以上（NEWMOA，2008 年）。环境署工具包举例说明：在加拿大，汞置换继电器的含汞量可能在 400 克以内（环境署，2005 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的汞置换继电器制造商。

表 A4.23： 具有代表性的汞置换继电器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
美国电子元件公司	美国印第安纳州 Elkhart	www.aecsensors.com	DURA 系列	44-82 美元（MOR）
Chromalox	美国宾夕法尼亚州匹兹堡市	www.chromalox.com	HGR 系列	不详。
汞置换工业公司	美国密歇根州 Edwardsburg	www.mdius.com	型号众多	不详。
Tempco 电热器公司	美国伊利诺伊州 Wood Dale	www.tempco.com	RLY 系列	34 – 362 美元（Tempco）

汞湿簧继电器

产品简介

汞湿簧继电器是一种使用密封簧片开关电动机械式继电器。汞湿簧继电器由一玻璃包覆的簧片组成，基极浸没在汞中，另一端能在两套触点之间移动。汞在毛细作用下沿簧片流动，弄湿簧片的接触表面和固定触点。汞湿簧继电器是电子设备中用于开关功能或信号路由功能的典的小电路控制装置。簧片继电器一般在试验、校准与测量设备中使用。

磁簧继电器的使用寿命较长，可使用十亿次以上。磁簧继电器的运行速度以毫秒计，比固态继电器慢，但比其他电动机械式继电器要快得多，因此，可用于高速切换。汞湿簧继电器与干簧片继电器相比，具有下列优点：无触点颤动、使用寿命更长、接触电阻较小等。北欧部长理事会的报告称，无汞替代品的报价与汞湿簧继电器的报价大致相同（Maag，2007年）。

制造商向 IMERC 报告的汞湿簧继电器的含汞量有四种取值范围：10–50 毫克、50–100 毫克、100–1,000 毫克、1,000 毫克以上。环境署工具包举例说明：在丹麦，电子产品用汞继电器每只的含汞量可能在 0.001 克至 0.01 克之间（环境署，2005 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的汞湿簧继电器制造商。

表 A4.24： 具有代表性的汞湿簧继电器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
美国继电器公司	美国加利福尼亚州 S.F. Springs	www.americanrelays.com	有许多开架式继电器和轴向继电器型号提供	不详。
计算机配件公司	美国康涅狄格州东格兰贝市	www.relays-unlimited.com	型号众多	不详。

替代品 1：干磁簧继电器

产品简介

干磁簧继电器由一对使用受控大气中的气体密封在玻璃管内的扁平簧片组成。干磁簧继电器是用于印制电路板的典型小电路控制装置。干磁簧继电器主要应用于试验、校准和测量设备。

干磁簧继电器使用寿命长、快速循环时间长，可安装在任何位置，确保正常运行。 干磁簧继电器抗电磁干扰的能力与汞湿簧继电器类似，在高电压的作用下，触点容易焊接到一起。然而，干磁簧继电器的使用寿命比汞湿簧继电器短。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的干磁簧继电器制造商。

表 A4.25： 具有代表性的干磁簧继电器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
美国继电器公司	美国加利福尼亚州 S.F. Springs	www.american relays.com	型号众多	不详。
Celduc Relais	法国 Sorbiers	www.celducrelais.com	D31、D32、D71 系列	不详。
计算机配件公司	美国康涅狄格州东格兰贝市	www.relays-unlimited.com	型号众多	不详。
Magnecraft	美国伊利诺伊州 Northfield	www.magnecraft.com	528 系列	2 – 35 美元（Mouser）
Meder 电子公司	美国马萨诸塞州 Wareham	www.meder.com	型号众多	不详。
NTE 电子公司	美国新泽西州布卢姆菲尔德市 Bloomfield	www.nteinc.com	R42、R44、R56、R57 系列	不详。

替代品 2： 其他电动机械式继电器

产品简介

电动机械式继电器可分成几类，其中包括汞置换继电器、汞湿簧继电器、干磁簧继电器。本节主要介绍其他几种电动机械式继电器，其中包括通用电动机械式继电器、专用电动机械式继电器、重载电动机械式继电器、印制电路板上安装的电动机械式继电器。这些电动机械式继电器是一种电磁驱动的继电器，它允许电流通过线圈、生成磁通量。磁通量会使电枢移动，开启并关闭电触点。

其他电动机械式继电器由于初始成本低，经常在可能存在电干扰或热散逸要求较低的情况下选用。其他电动机械式继电器使用数十万次后一般会用坏，由此可见，它们的使用寿命比汞或固态继电器短。其他电动机械式继电器循环速度慢，对设备的控制非常有限。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的其他电动机械式继电器制造商。

表 A4.26： 具有代表性的电动机械式继电器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Carlo Gavazzi	瑞士 Steinhausen	www.carlogavazzi.com	RCP 系列	不详。
Chromalox	美国宾夕法尼亚州匹茨堡市	www.chromalox.com	CONT 系列	不详。
鸿发	中国厦门	www.hongfa.com	HF 系列	不详。
IDEC	日本大阪	www.idec.com	RY2S	9 美元（Newark）
Omron 电子	日本京都	www.omron.com	MY2IN	7 美元（Drillspot）
Tyco 电子（Potter 与 Brumfield）	美国宾夕法尼亚州 Berwyn	www.tycoelectronics.com	KRP	46 美元（Newark）

替代品 3：固态继电器

产品简介

固态继电器是一种基于半导体的电子开关装置，可在不使用物理机械触点的情况下，运行负载电路。固态继电器中含有一个输入电路、一块光耦合器芯片、一个输出电路。固态继电器的使用寿命长、抗电磁干扰能力强、功耗低、运行速度快、控制信号电平低、包装尺寸小、集多功能于一体。另外，固态继电器抗震、抗损坏能力强。

一些固态继电器使用可控硅整流器作为开关，可在多种应用条件下快速接通或切断电源。可控硅整流器是一种运行速度非常快的开关装置，这种装置的循环周期用毫秒计。可控硅整流器的响应时间更短、过程控制更严、受控设备的使用寿命更长。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的固态继电器制造商。

表 A4.27： 具有代表性的固态继电器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Carlo Gavazzi	瑞士 Steinhausen	www.carlogavazzi.com	RHS、RP、RX、RS、RD 系列	不详。
Celduc Relais	法国 Sorbiers	www.celducrelais.com	SC、SLA、SPA、XK、 SK 系列	不详。
Chromalox	美国宾夕法尼亚州匹兹堡市	www.chromalox.com	SSR 系列	不详。
Comus	比利时 Tongeren	www.comus-intl.com	WG 系列	不详。
Crouzet Automatismes	法国 valence	www.crouzet.com	GNR 系列	40-155 美元（Mouser）
Crydom Ssr 有限公司	联合王国多西特	www.crydom.com	CMX 系列	20 - 27 美元（Mouser）
鸿发	中国厦门	www.hongfa.com	HFS 系列	
Magnecraft	美国伊利诺伊州 Northfield	www.magnecraft.com	W 系列	17 - 61 美元（Mouser）
汞置换工业公司	美国密歇根州 Edwardsburg	www.mdius.com	SS20AE	30 美元（MDI）
NTE 电子公司	美国新泽西州 Bloomfield	www.nteinc.com	RS 系列	不详。
Omron	日本京都	www.omron.com	G3M 系列	3 - 9 美元（Mouser）
Temp 公司	美国西弗吉尼亚 Fairmont	www.temp-inc.com	SE 系列	21 - 96 美元（Temp）

替代品 4： 混合式继电器（电动机械式继电器和固态继电器）

产品简介

混合式继电器是电动机械式继电器和固态继电器的完美结合。混合式继电器的开关功能受一台微处理器的控制，使用固态元件和电动机械式继电器触点。混合式功率继电器是专门为加热、通风、空气调节和照明等应用设施的启闭循环而设计的。

混合式继电器可消除因电流流经有功电子元件而产生的内热，有了这一功能，相关设备无需集成任何热沉装置（散热片），也可缩小继电器的实际尺寸。混合式继电器运行寿命长，循环周期一般在 500 万次以上。而且还可以实现真正意义上的无噪声运行，确保能够在噪音敏感的环境中使用继电器。

具有代表性的制造商和产品

下表所列为具有代表性的混合式继电器制造商。

表 A4.28： 具有代表性的混合式继电器制造商

制造商	所在地	网站	产品型号	定价（美元）
Crouzet Automatismes	法国 Valence	www.crouzet.com	RHP	47 美元（Newark）
Watlow 电子设备制造公司	美国密苏里州圣路易斯市	www.watlow.com	E-安全继电器	不详。

汞的需求和使用情况

下表所列为相关国家在其对环境署《索取资料书》的答复或其他文件（包括使用环境署《汞清单工具包》生成的报告）中提供的“电气设备和电子设备”用汞量数据。有 10 个国家提供了“电气设备和电子设备”生产对汞的需求量的估计值。根据这些国家的答复，每年“电气设备和电子设备”生产对汞的需求量在 0 至 46.9 公吨之间，有 4 个国家报告他们生产电池计对汞的需求量为零。

表 A4.29：“电气设备和电子设备”对汞的需求量（根据汞需求量估计值分类）

国家	数据来源	预计对汞的需求量/使用量（公吨/年）
美国	《索取资料书》	46.9（2004 年）
菲律宾	《汞清单工具包》	11.97（1.77 – 22.17）
智利	《汞清单工具包》	2.196（0.325 - 4.067）
联合王国	《索取资料书》	1（2005 年）
加拿大	其他	0.772
斯洛文尼亚	《索取资料书》	0.0022（< 0.001 – 0.004）
日本	《索取资料书》	0
荷兰	《索取资料书》	0
挪威	《索取资料书》	0
瑞典	《索取资料书》	0

相关国家报告的“电气设备和电子设备”生产对汞的人均需求量可明显分为下列三大类：

1. 美国报告的年人均汞需求量最高（0.155 克），可能归因于美国汞开关和继电器制造商。目前，美国具有代表性的含汞倾斜开关、浮控开关、温度开关、压力开关、置换继电器和湿式继电器制造商已确定。

2. 菲律宾和智利报告的年人均汞需求量分别位列第二和第三，分别是 0.135 克和 0.132 克，而这些高需求量可能归因于使用《汞清单工具包》时的一系列假设。下文所列为得出这些估算值的计算。

3. 其他 8 个国家报告的人均汞需求量等于或小于 0.023 克。

《汞清单工具包》建议收集关于特定开关和继电器用汞量的实际数据。如果无法取得该信息，可使用下列默认的汞输入系数，估算所有电气开关和继电器的用汞量：

输入系数：每年每人使用 0.02 – 0.25 克汞。

智利使用上述输入系数，同时用该系数乘以 16,267,278（居民人数）。菲律宾也使用上述输入系数，同时用该系数乘以 88,700,000（居民人数）。

美国东北部废物管理官方协会（NEWMOA）编制的一份报告对美国 2004 年销售的各类“电气设备和电子设备”进行了详细分类和分析。这份资料只能帮助人们了解美国“电气设备和电子设备”清单中不同产品用汞量的相对数量。相关结果可参见下表（NEWMOA，2008 年）。

表 A4.30： 美国（2004 年）在“电气设备和电子设备”中出售的汞

产品种类	美国出售的汞（公吨）	各类测量和控制装置所占百分比
继电器	16.91	36.4%
倾斜开关	3.25	7.0%
浮控开关	6.31	13.6%
其他开关（例如：舌簧开关、振动开关、火焰传感器）	19.97	43.0%
合计	46.44	100.0%

汞的替代等级和使用替代品的经验

下表所列为各国提供的、与其实施（与使用有效的替代品取代含汞“电气设备和电子设备”相关的）技术变革或采用替代品的经验相关的信息。下表所列信息主要来源于各国对环境署《索取资料书》的答复、《汞清单工具包》或其他信息渠道。某些情况下，表中包含相关《索取资料书》答复内容的缩写版或改写版。

表 A4.31： 答复替代等级为“2”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，并且比较常见；替代等级为“2”级
丹麦	《索取资料书》	丹麦在实行相关禁令时未碰到任何问题。该法令的第一版于 1998 年提出。
伊朗	《索取资料书》	据报告，开关和继电器的替代等级为“1-2”级。报废汽车的开关和电子元件都可回收再利用。
日本	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，并且比较常见；替代等级为“2”级
荷兰	《索取资料书》	积极经验：该国自 1998 年开始禁止任何含汞产品上市。目前，通过相关欧盟指令（EU ROHS）禁止销售和使用任何含汞产品。
挪威	《索取资料书》	挪威从 2008 年 1 月开始全面禁止使用汞。
斯洛文尼亚	《索取资料书》	斯洛文尼亚不生产含汞的开关和继电器。
瑞典	《索取资料书》	根据欧盟关于电气和电子设备中有害物质的指令（EU RoHS），电气和电子设备中不得含汞。该国在技术变革方面也取得了一系列积极经验。该国自 1993 年开始在全国范围内禁止销售和使用此类含汞产品。实施该禁令时，未出现任何经济方面的问题。
瑞士	《索取资料书》	该国也在实施相关禁令，只允许在实验室用监测和控制仪器和医疗设备中使用汞。

表 A4.32： 答复替代等级为“1”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 有替代品可用，但极少使用；替代等级为“1”
智利	《索取资料书》	消极经验。这些替代品尚未普及，而且无汞替代品目前的成本比较高。

表 A4.33： 答复替代等级为“0”级的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 替代等级为“0”级：无替代品可用
巴拿马	《索取资料书》	对本次评级无经验数据提供。

表 A4.34： 无关于替代等级答复的国家

国家	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 无关于替代等级的答复
加拿大	其他	虽然含汞开关和继电器的替代品在相对成本和性能方面会有所不同，但在多数情况下，仍然可以找到比较可行的替代方案。
美国	《索取资料书》	积极经验：由于汞开关和继电器的替代品性能可靠、成本合理，因此在一些州，禁止销售汞开关和继电器。

目前有 7 个国家报告“电气设备和电子设备”的替代等级为“2”级；有 1 个国家（伊朗）报告的替代等级为“1-2”级。7 个国家中，6 个报告替代等级为“2”级的国家都来自欧洲，其中有 3 个国家（丹麦、荷兰、瑞典）在 1990 年代已实施禁止使用含汞“电气设备和电子设备”的法令。另外，2003 年 2 月欧洲颁布了限制使用特定有害物质（RoHS）的指令。该指令在电气和电子设备中限制使用汞和五种其他有害物质。这一指令涉及从 2006 年 7 月 1 日开始投放市场的电气和电子设备。该指令将促使欧洲各国进一步减少在欧洲销售的“电气设备和电子设备”的含汞量。

智利是唯一报告“电气设备和电子设备”替代等级为“1”级的国家。智利报告，与无汞替代品相关的成本较高。

概述 –“电气设备和电子设备”

下表所列为 10 个国家提供的、关于“电气设备和电子设备”替代等级的《索取资料书》答复量化分析。

表 A4.35： 各国关于替代等级的答复

替代等级	各国答复数	答复率
2	7	70%
1 - 2	1	10%
1	1	10%
0	1	10%

关于“电气设备和电子设备”，50%以上《索取资料书》答复的替代等级为“2”级，而在向无汞替代品过渡方面，目前还没有消极经验的报告。这说明在绝大多数提供汞需求信息的国家，替代品很容易获取，并且经常使用。另外，至少有两个国家报告称，“电气设备和电子设备”对汞的需求量预计为零。因此，在这些国家，相关的无汞替代技术已找到，而且可实现成功过渡。

表 A4.36：电子电气设备的替代情况汇总

电子电气设备	是否已确定的替代技术	过渡的可行性
倾斜开关	是	已证实过渡成功
浮控开关	是	已证实过渡成功
温度开关	是	已证实过渡成功
压力开关	是	已证实过渡成功
置换继电器	是	已证实过渡成功
湿簧继电器	是	已证实过渡成功

A.5 灯具/照明产品

汞有一种独特性质：其蒸汽通电时会发光。这一有效的发光方法被用于多种灯具包括荧光灯、高强度放电灯和某些霓虹灯中。这些含汞灯具应用广泛，包括用于住宅、商业建筑和工业场所的照明，户外和街道照明，汽车头灯，以及液晶显示器的背光照明等。

线形荧光灯

产品简介

线形荧光灯使用管壁涂有荧光粉的玻璃管，管中含有汞蒸汽，两头装有电极。电流通过汞蒸汽时，汞原子受激发产生紫外线。紫外线再激发荧光粉产生可见光。

线形荧光灯有各种长度、直径和光输出强度。荧光灯形状可为直形、环形或 U 形。它们常用于普通照明，也用于太阳灯、黑光灯和杀菌灯等专用灯具中。线形荧光灯发出的光有各种色温，包括暖白、冷白和日光色。本节主要介绍用于普通照明的直管形荧光灯和此种灯的无汞替代品。

线形荧光灯的主要优点在于其效率比使用其他技术的灯具更高，即在给定能量输入的情况下，它们能产生更多的可用光，而热量损耗则更少。荧光灯的使用寿命要比白炽灯长。典型的荧光灯的平均寿命为 10,000 至 20,000 小时，而典型的白炽灯的寿命仅为 750 至 1,500 小时。

但线形荧光灯有几个缺点。它们含有汞，需要回收，收拾打碎的灯管需要格外小心。荧光灯发出的光有时会闪烁，发光质量并非适合所有应用场合。在低温环境中，荧光灯的光输出会降低。线形荧光灯不能调暗，而频繁开关会缩短其寿命。

根据制造商向州际汞教育和减少汞的用量信息交流中心（IMERC）的报告，每支荧光灯的汞含量在 0 至 5 毫克、5 至 10 毫克、10 至 50 毫克、50 至 100 毫克、以及 100 毫克以上这五个范围中的某一范围之内。另外美国东北部废物管理官方协会（NEWMOA）在一份 2008 年报告中声称，在 2001 年，一支 4 英尺灯的平均汞含量为 8 毫克。专用灯的汞含量要比相同尺寸的普通照明灯的汞含量高出至少 50%。

自然资源保护委员会（NRDC）在 2007 年一份关于中国照明产业汞使用情况的报告中估计，中国在 2005 年每生产一支直管形荧光灯平均消耗 40 毫克汞（自然资源保护委员会，2007 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的线形荧光灯制造商。

表 A5.1：具有代表性的线形荧光灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
通用电气公司	美国康涅狄格	www.ge.com	14811 F40SPX41/RS/WM 34 瓦，48 英寸，T12 冷白，普通双脚灯头，寿命：20,000 小时	5.69 美元 (lightingonthe net. com)

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
欧司朗公司	德国慕尼黑	www.osram.com	24588 F40CW/SS 34 瓦，48 英寸，T12 冷白，普通双脚灯头，寿命：20,000 小时	5.69 美元 (lightingonthe net. com)
皇家菲利普电子	荷兰	www.philips.com	F34T12/841/EW/ALTO 34 瓦，48 英寸，T12 冷白，普通双脚灯头	3.49 美元 (bulbs.com)

替代品 1：线形发光二极管灯

产品简介

线形发光二极管（LED）灯是相对较新的照明选择，这种灯使用 LED 技术，做成简易替换元件线形荧光灯的样式。LED 是固态半导体元件，电流通过时会发光。线形 LED 灯灯管中排列有多个发光二极管，灯管的尺寸与等效的线形荧光灯相同。

相比线形荧光灯，线形 LED 灯有若干优点。它们不含汞，使用寿命终结后不需要特殊处理。LED 灯结实耐用，不像荧光灯一样含有易碎的玻璃，或像白炽灯一样含有易断的灯丝。在低温环境中使用，它们的光输出也不会有衰减。LED 灯发出的光不像一些荧光灯发出的光一样会闪烁。线形 LED 灯的灯光也有从暖白到日光色的各种色温。

据线形 LED 灯制造商声称，他们的产品的效率要比等效荧光灯高出 10%至 20%，并且预计在未来 5 年内还会有显著提高。LED 灯还可以附加其他节能功能或方便使用的特性，包括内置移动感测功能，提供遥控、色温调节，以及当环境自然光照水平增加时自动降低光输出等功能。另外因发光二级管寿命较长，LED 灯的使用寿命可达 50,000 小时甚至更长。而且频繁开关也不会缩短寿命。

线形 LED 灯也有一些缺点，其涉及的技术较新，还未经充分证明，其供应数量有限，成本也较高。LED 灯尺寸种类有限，主要包括 2 英尺、3 英尺和 4 英尺。网上公布的 2 英尺灯零售价格为 47.60 美元（LED Liquidators 公司，2008 年），4 英尺灯则为 92 美元（EdisonLED 公司，2008 年）。这些网络零售商没有列出所卖灯具的制造商，因此该信息未列入以下具有代表性的制造商和产品的表格中。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的线形 LED 灯制造商。

表 A5.2：具有代表性的线形 LED 灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
AlbEO Technologies, Inc.	美国科罗拉多州博尔德市	www.albeotech.com	T8LED 反光槽 升级套装	不详。
Ilumisys, Inc.	美国密歇根州特洛伊市	www.ilumisys.com	MK1 荧光灯管置换灯	不详。

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
LEDdynamics, Inc.	美国佛蒙特州伦道夫市	www.EverLED.com	Ever-LED TR, E25T8-48-S2, 48 英寸，暖白	149.00 美元（动态 LED）
深圳德彩光电有限公司	中国深圳	www.dicolor.cn	LED 荧光灯管置换灯（T8 管座，2400 流明）	不详。

紧凑型荧光灯

产品简介

紧凑型荧光灯（节能灯）使用与上面介绍的线形荧光灯相同的发光原理。区别在于节能灯是作为白炽灯的直接替代设计而成的，通过把玻璃灯管做成螺旋或折叠样式，其尺寸和形状都与白炽灯泡相近。许多节能灯都使用螺旋灯头（即爱迪生灯头），灯头内置镇流器。

紧凑型荧光灯有很多外形与白炽灯相同的款式，包括用于替代标准白炽灯的螺旋形灯、装饰用的球形和烛台灯、以及带反射镜的聚光灯和泛光灯等。某些款式专供户外或配合调光开关使用。

节能灯具有许多与线形荧光灯相同的优点。它们的耗电量比等效白炽灯大约低 75%，产生的热量也显著低于白炽灯或卤素灯。节能灯的使用寿命可比白炽灯寿命长 13 倍（通用电气，2008 年）。

不过节能灯也有若干缺点。它们含有汞，需要回收，收拾打碎的灯管需要格外小心。频繁开关会缩短节能灯的使用寿命。根据通用电气照明有限公司的推荐，节能灯一旦开启，最好能在至少 15 分钟后再关掉。荧光灯发出的光有时会闪烁，发光质量并非适合所有应用场合。在低温环境中，荧光灯的光输出会降低。许多节能灯都不与调光开关、电子定时器、光电元件或移动感测元件兼容。节能灯不应用于常受震动、高湿度或极端温度的场所。

对于紧凑型荧光灯，制造商向州际汞教育和减少汞的用量信息交流中心报告的汞含量范围为每支灯 0 至 50 毫克。美国东北部废物管理官方协会在 2006 年一份报告中声称，国家电气制造商协会（NEMA）的成员公司在 2004 年售出的节能灯中，66%的汞含量在每支灯 0 至 5 毫克之间，96%不超过 10 毫克（美国东北部废物管理官方协会， 2006 年）。

另外自然资源保护委员会在 2007 年一份关于中国照明产业汞使用情况的报告中估计，在 2005 年，每生产一支紧凑型荧光灯平均消耗 8 毫克汞（保护自然资源理事会，2007 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性紧凑型荧光灯制造商。

表 A5.3：具有代表性的紧凑型荧光灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
通用电气公司	美国康涅狄格	www.ge.com	13 瓦节能软白螺旋型 T3 灯泡	12.88 美元 三支装 (Amazon.com)

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
			R-30 泛光灯，15 瓦，120 伏，可调光，寿命：6,000 小时，等效白炽灯：60 瓦	13.50 美元 （Energy Federation 公司）
欧司朗公司	德国慕尼黑	www.osram.com	CF13ELMTWSTCVP 13 瓦， 120 伏，暖白，普通灯头节能灯	21.22 美元 十二支装 (Amazon.com)
			BR30 反射镜泛光灯，15 瓦，120 伏，可调光，寿命 6,000 小时，等效白炽灯：65 瓦	19.75 美元 （Energy Federation 公司）
皇家菲利普电子	荷兰	www.philips.com	El/MDT 18W 18 瓦，120 伏，暖白节能灯泡，等效白炽灯：75 瓦，能源之星（Energy Star）认证	5.49 美元 (bulbs.com)
			R40 可调光马拉松泛光灯，20 瓦，120 伏， 寿命：8,000 小时	17.75 美元 （Energy Federation 公司）

替代品 1：白炽灯

产品简介

当电流通过一根细长的钨丝时，钨丝发热直至白热化，使白炽灯泡发光。白炽灯已被认为是一项老技术，其效率明显低于荧光灯和 LED 灯。90%的能量变成热量耗散掉。

虽然白炽灯不含汞，其寿命周期涉及的汞排放量却往往超过等效节能灯的排放量。（Ramroth，2008 年）这是因为煤炭和石油火力发电站发电时会排放汞，而白炽灯要比节能灯更为耗电。

2007 年 2 月，通用电气宣布公司正在研发高效白炽灯，其效率将是现有白炽灯的两至四倍。按通用电气的预期，这项新技术将与节能灯一样高效，但价格更低，另外发光质量和瞬时开启的特性将与现有白炽灯一样。这些高效白炽灯预计将在 2010 年之前上市，到时将成为现有 40 至 100 瓦家用白炽灯的替代品。

替代品 2：发光二极管灯

产品简介

发光二极管（LED）是固态半导体元件，电流通过时会发光。这项技术目前正被用于生产普通照明灯具，包括作为某些紧凑型荧光灯的替代灯具。本节介绍的 LED 灯具是指带有螺旋型爱迪生灯头，螺旋型或反射镜型节能灯的替代灯具。

单独一个 LED 发出的光在典型的应用场合亮度不够，因此 LED 灯常包含多个 LED。LED 产生的光有方向性，不像紧凑型荧光灯一样照向所有方向。为使灯光充分散射，多个 LED 以特定的形态布置于灯中。一些 LED 灯配有散光装置和透镜，以使灯光均匀散射。

LED 灯的优点包括：使用寿命长（50,000 小时），与白炽灯一样光色较暖，发热低，某些灯具可以使用调光开关。LED 灯能量效率高，对有些应用有望比节能灯还高效。另外它们不发紫外光或红外光。

LED 灯的缺点是目前的价格较高，应用范围有限。现有灯具因发光亮度普遍较低，应用受限，主要用于作业照明、局部重点照明或低亮度环境照明等。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的 LED 灯制造商。

表 A5.4：具有代表性的 LED 灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
Altech LED	日本	www.altechled.com	LED PAR 38 大功率灯泡， 12 瓦，120 伏，寿命：15,000 小时，20 度窄角投光	74.99 美元 (lightingonthenet.com)
C. Crane Company 公司	美国加州	www.ccrane.com	GeoBulb LED 灯， 8 瓦，120 伏，暖白，800 流明，寿命：30 000 小时，等效白炽灯：60 瓦	119.95 美元 (C. Crane)
			CC Vivid PAR 38 LED 聚光灯，3.75 瓦，120 伏，200 流明	44.95 美元 (C. Crane)
Super Bright LEDs 公司	美国密苏里州	www.superbrightleds.com	E27-G50-W6 爱迪生灯头式灯泡，带 3x2 瓦 SSC P4 白色 LED，120 伏，250 流明	36.95 美元 (Super Bright LEDs)
			PAR 20 x36 LED 灯泡， 普通灯头，带 36 个 Super Bright 5 毫米 LED，120 伏，玻璃外壳，光照范围 25 度	11.95 美元 (Super Bright LEDs)

替代品 3：LED 筒灯

产品简介

发光二极管（LED）筒灯可以替代用于嵌入式灯具中的节能反光灯。本节介绍的 LED 筒灯不仅包括灯体，也包括嵌入式灯框。这些产品用于要新装嵌入式灯具的新建和改装房屋中。它们与标准的嵌入式灯灯槽相匹配。

LED 筒灯的优点包括：使用寿命长（50,000 小时），与白炽灯一样光色较暖，发热低，照明亮度可调。LED 筒灯能量效率高，某些情况下消耗能量比等效节能灯少。LED 灯不发紫外光或红外光。

LED 灯发出的光照向特定方向，而定向光照正好适合用于筒灯。荧光灯和白炽灯都是球形灯，发出的光射向所有方向，用于筒灯的情况下，多达 50%的光射回灯筒并散失掉。

LED 筒灯还是相对较新的技术，价格较高，供应有限。还有一个潜在缺点是当灯泡损坏后，可能需要更换整套灯具，这比单独更换一个节能灯泡的成本要高得多。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的 LED 筒灯制造商。

表 A5.5：具有代表性的 LED 筒灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
Cree LED Lighting Solutions, Inc.	美国北卡罗来纳州 Morrisville	www.creells.com	LED 6 英寸嵌入式灯： LR6 – 120 伏，白炽灯颜色 (2700K)， 爱迪生灯头，650 流明	92.99 美元 (lightingonthenet.com)
Gallium LED Lighting Systems	美国乔治亚州 Fayetteville	www.galliumlighting.com	GS6-CXRE 6 英寸方形 LED 筒灯	不详。
Permlight	美国加州 Tustin	www.permlight.com	ENBC6F 6 英寸 固定嵌入式灯框	不详。

高强度放电灯

产品简介

高强度放电灯（气体放电灯）是一个大类，包括金属卤化物灯、高压钠灯和汞蒸汽灯。这些灯广泛用于各种需要高亮度、长寿命和高功效的场所如仓库、体育场、街道、零售商店和工厂车间等。

气体放电灯的两个电极之间连着充满气体的灯管，通电时里面的金属蒸汽受激励产生可见的辐射光。气体放电灯灯管内气压很高，工作时产生的温度很高。大多数气体放电灯的充气灯管内含有汞、氙气或氩气、还有另外一种元素如钠或金属卤化物。

根据制造商向州际汞教育和减少汞的用量信息交流中心的报告，不同类型的气体放电灯汞含量差别很大。下表总结了气体放电灯的汞含量范围。

表 A5.6：气体放电灯汞含量范围

灯具类型	含汞数量（毫克）	对应汞含量范围的灯具比例
金属卤化物灯	>10-50	24%
	>50-100	40%
	>100-1,000	35%
陶瓷金属卤化物灯	0-5	17.6%
	>5-10	46.8%
	>10-50	35.6%
高压钠灯	>10-50	97%
汞蒸汽灯	>10-50	58%
	>50-100	29%
	>100-1,000	12%
短汞弧灯	>100-1,000	65%
	>1,000	23%
毛细管汞灯	>100-1,000	100%

资料来源：美国东北部废物管理官方协会， 2006 年。

自然资源保护委员会在 2007 年一份关于中国照明产业汞使用情况的报告中估计，在 2005 年，每生产一支金属卤化物灯平均消耗 20 毫克汞，每生产一支高压钠灯消耗 60 毫克汞（自然资源保护委员会， 2007 年）。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的高强度放电灯制造商。

表 A5.7：具有代表性的高强度放电灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
通用电气公司	美国康涅狄格州	www.ge.com	MVR100/U/MED M90 100 瓦金属卤化物灯，无色透明，普通灯头	28.62 美元 (Dyna-Brite Lighting)
欧司朗公司	德国慕尼黑	www.osram.com	M1000/PS/U/BT37 M141/E 1000 瓦金属卤化物灯，色差小，脉冲启动，无色透明	44.62 美元 (Dyna-Brite Lighting)
皇家菲利普电子	荷兰	www.philips.com	MH400/U/ALTO 400 瓦普通照明用金属卤化物灯，无色透明，大号灯头	15.35 美元 (Dyna-Brite Lighting)

替代品

产品简介

气体放电灯的替代品非常有限。使用气体放电灯的场合要求灯具有长寿命，高亮度和高效率的特点。而无汞技术目前还达不到这些性能要求。潜在的无汞技术包括用碘化锌替代汞的金属卤化物灯、LED 灯和无汞高压钠灯。

以锌为主要材料的金属卤化物灯已有用于气体放电汽车头灯（见下文），但没有找到有关用于普通照明的信息。LED 灯因寿命长效率高，有可能最终成为气体放电灯的一种替代品，但关于适合取代气体放电灯的灯具的信息也没有找到。Philips Lumileds 公司曾做过一项专题研究，介绍了密歇根州兰辛市用 LED 灯替代汞蒸汽灯作为路灯的情况。该专题研究涉及定制灯具的使用，这些灯具市场上还没有提供，但展示了 LED 灯作为气体放电灯替代品的潜力。

具有代表性的制造商和产品

唯一找到的无汞气体放电灯是欧司朗 Sylvania 生产的高压钠灯。Sylvania 提供了三种 LUMALUX HgF 无汞高压钠灯，功率为 70 至 150 瓦，光输出达到 13,200 流明。

高强度放电汽车头灯

产品简介

高强度放电汽车头灯（气体放电头灯）是金属卤化物灯，通电后两电极之间产生电弧，使金属盐、汞和氙气汽化后发光。氙气的快速汽化使灯具开启后立即产生足够的光亮，减少了预热时间。灯光是由形成于两电极间的等离子体放电发出的。

气体放电头灯产生独特的蓝白色灯光，灯光色温与正午阳光的色温相近。气体放电头灯提供比卤素头灯更好的夜间能见度，因其可以照亮汽车前方更宽的范围，而且明亮的光线照向用于道路标示和标志的反光漆，能产生更好的反光效果。不过这种头灯目前只用于有限几种车型，通常为豪华或高性能车型。

气体放电头灯比卤素头灯更高效，因其每瓦产生的流明度高达三倍还多。除了耗电更少，它们产生的热量也更少，尺寸也可以设计得更小。小一些的头灯往往更受那些追求改善空气动力学特性的汽车设计师的青睐。

气体放电头灯的价格明显高于卤素头灯。气体放电头灯不能作为卤素头灯的直接替代，因其需要不同的电气部件，包括一个镇流器和点火器。对气体放电头灯的一项不满是其灯光对前方相向行使的车辆过于刺眼。车辆寿命到期后，含汞的气体放电头灯必须拆除。

根据制造商向州际汞教育和减少汞的用量信息交流中心的报告，每支气体放电汽车头灯的汞含量在 0 至 5 毫克或 5 至 10 毫克这两个范围内。气体放电头灯制造商欧司朗声称的汞含量为 0.55 毫克。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的气体放电汽车头灯制造商。

表 A5.8：具有代表性的气体放电汽车头灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
皇家菲利普电子	荷兰	www.philips.com	D2R	不详。
欧司朗公司	德国慕尼黑	www.sylvania.com	D2R 气体放电灯	129.99 美元 (AutoZone)
PIAA Corporation	美国俄勒冈州	www.piaa.com	D2R 气体放电灯	359.95 美元 两支装 eAutoWorks.com

替代品 1：无汞高强度放电头灯

产品简介

无汞气体放电头灯与前面描述的气体放电头灯很像，只不过无汞灯使用碘化锌替代汞，并且增加了氙气含量。无汞气体放电头灯的另外一个好处是改善了色彩稳定性（欧司朗， 2008 年）。

去掉汞后气体放电头灯的气体成分和形状尺寸有所改变，但光输出和色温保持不变。无汞气体放电头灯因有不同的电气要求，不能与含汞气体放电灯互换使用。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的无汞气体放电汽车头灯制造商。

表 A5.9：具有代表性的无汞气体放电汽车头灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
欧司朗公司	德国慕尼黑	www.osram.com	D3	不详。

替代品 2：卤素头灯

产品简介

卤素头灯在石英或高硅灯泡中使用钨丝，灯泡内含有惰性气体和微量卤素蒸汽。钨丝灯中使用卤素使每瓦电产生更多流明，这使卤素灯被广泛用作汽车头灯。色温通常在暖白范围。

卤素头灯虽然比气体放电头灯便宜很多，但能量效率更低，使用寿命也比气体放电灯短。卤素灯不像气体放电灯那样产生刺目光线，但气体放电灯被认为提供更好的夜间能见度。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的卤素汽车头灯制造商。

表 A5.10：具有代表性的卤素汽车头灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
欧司朗公司	德国慕尼黑	www.sylvania.com	H11	4.99 美元 (AutoZone)
皇家菲利普电子	荷兰	www.philips.com	LMP 9003NGS2	41.99 美元 两支装 (NAPA)

替代品 3：发光二极管头灯

产品简介

2008 年，汽车制造商奥迪、雷克萨斯和凯迪拉克各自推出了一款使用发光二极管（LED）头灯的车型。LED 是固态半导体元件，电流通过时会发光。

LED 头灯厚度可以比气体放电或卤素头灯小 55%，并且它们可以分成多个小段安装，这给汽车设计师提供了更大的设计灵活性。LED 头灯产生白色强光，照明效果好。其发光效率高，能耗比气体放电头灯低。LED 头灯还是一项上升中的技术，更多的进步有望继续降低能耗。

LED 头灯的供应商宣称 LED 灯的寿命为 10,000 至 50,000 小时，这比气体放电灯或卤素灯的使用寿命要长很多。有这么长的使用寿命，LED 头灯有可能比安装这种头灯的汽车使用得更久。

LED 头灯的产品型号信息和价格没有提供，因为这些灯都是为汽车制造商设计并向其出售的。某公开发布的估计价格为气体放电头灯成本的八倍。（Woodyard，2006 年） 随着需求上升，价格预计会下降。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的 LED 头灯制造商。

表 A5.11：具有代表性的 LED 头灯制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
Koito Manufacturing Company, Ltd.	日本东京	www.koito.co.jp/english/	不详。	不详。
Hella KGaA Hueck & Company	德国利普施塔特	www.hella.com	不详。	不详。
Visteon Corporation	美国密歇根	www.visteon.com	不详。	不详。

液晶显示器背光元件

产品简介

大多数用于电视机、台式电脑和笔记本电脑的液晶显示器目前都用冷阴极荧光灯提供照明。与其他荧光灯相似，冷阴极荧光灯在其汞蒸汽通过电流时会发光。冷阴极荧光灯的优点包括能耗低，以及发出的白光比较明亮。

冷阴极荧光灯的缺点包括：色温选择有限，需要一段预热时间，并且使用寿命在 10,000 至 50,000 小时之间。低温会降低光输出，震动会缩短预期寿命。还有一个缺点是发光强度不能调节，只有开或关两种状态。冷阴极荧光灯含有汞，处理前必须从显示器或电视机中拆除。

根据制造商向州际汞教育和减少汞的用量信息交流中心的报告，使用冷阴极荧光背光元件的液晶电视机和电脑显示器的汞含量在以下三个范围内：0 至 5 毫克，5 至 10 毫克，或 10 至 50 毫克（每支灯）。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的带有使用冷阴极荧光灯的液晶显示器的笔记本电脑和电视机制造商。

表 A5.12：具有代表性的带有使用冷阴极荧光灯的液晶显示器的笔记本电脑和电视机制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
苹果公司	美国加州	www.apple.com	笔记本电脑： MacBook Pro 17 英寸宽屏显示	2,799.00 美元 (Apple)
戴尔公司	美国得克萨斯州	www.dell.com	笔记本电脑： XPS M1330 标准显示屏， 2.0 兆像素摄像头	1,249.00 美元 (Dell)
三星电子有限公司	韩国首尔	www.samsung.com	电视机： LN40A650 40 英寸，1080p 液晶高清晰电视	1,999.99 美元 (Crutchfield)

替代品 1：发光二极管背光元件

产品简介

LED 背光灯广泛用于小型低价的液晶显示器中，目前也已开始与用于电脑和电视机的更大型的液晶显示器配套使用。使用 LED 背光灯的笔记本电脑和台式电脑显示器目前可以从多家制造商包括苹果和戴尔公司买到。使用 LED 背光灯的液晶电视机可以从三星买到。

LED 背光灯的一个优点是寿命长，可以达到甚至超过 50,000 小时。这与冷阴极荧光灯相比有了很大提高，冷阴极荧光灯用于某些液晶产品如液晶电视机时，可能需要更换。LED 灯因使用固态技术，结构牢固，抗震性能好，用于笔记本电脑有明显优势。

LED 背光灯的其他优点包括：光照强度可调，对比度更高，不再有某些液晶电视机中会发生的“鬼影”。LED 背光技术还能降低液晶显示器的能耗。据三星称，他们的 40、46、52 和 57 英寸的使用 LED 背光技术的电视机消耗能量低了 30%。

使用 LED 背光技术的液晶显示器产生的画面可能更明亮，色彩更丰富。三星还称，其用于电视机的基于 LED 的数字光处理技术产生的画面比基于冷阴极荧光灯的电视机产生的画面要明亮 40%，色彩也要丰富 40%。

基于 LED 背光灯和基于冷阴极荧光背光灯的电视机和笔记本电脑的价格差距近来已有缩小。几款电视机和笔记本电脑因使用 LED 背光技术价格高出 100 至 200 美元。

具有代表性的制造商和产品

下表列出了具有代表性的带有使用 LED 灯的液晶显示器的笔记本电脑和电视机制造商。

表 A5.13：具有代表性的带有使用 LED 灯的液晶显示器的笔记本电脑和电视机制造商

制造商名称	所在地	网址	产品型号	价格（美元）
苹果公司	美国加州	www.apple.com	笔记本电脑： MacBook Pro 17 英寸高分辨率高亮 LED 宽屏	2,899.00 美元 (Apple)
戴尔公司	美国得克萨斯	www.dell.com	笔记本电脑： XPS M1330 轻薄型 LED 显示屏， VGA 摄像头	1,399.00 美元 (Dell)
三星电子有限公司	韩国首尔	www.samsung.com	电视机： LN-T4081F 40 英寸，1080p 液晶 高清晰电视，带 LED 背光灯	2,199.99 美元 (Crutchfield)

其他含汞灯具

汞还用于其他若干种灯具中，包括短汞弧灯和霓虹灯。这些灯有专门的用途，生产数量较低，但每支灯的汞含量往往比荧光灯高。

短汞弧灯中充满低压氩气和汞蒸汽。两只布置得很近的电极之间产生的电弧能发出强光。这些灯的用途包括作为探照灯，用于专业医疗设备、光化学处理和紫外线固化等。这些灯通常含有 100 至 1000 毫克的汞，也有不少超过 1,000 毫克。（美国东北部废物管理官方协会，2006 年）短汞弧灯的无汞替代品尚未发现。

霓虹灯与荧光灯的类似之处是玻璃灯管的两端都含有金属电极。灯管中充满低压混合气体。霓虹灯光的颜色由气体成分、玻璃管的颜色以及灯的其他特性决定。霓虹灯中只有红灯不使用汞。所有其他颜色的霓虹灯都使用汞，另加氪、氩、氦等惰性气体。霓虹灯的汞含量大小不等，但估计在每支灯 250 至 600 毫克之间。（美国东北部废物管理官方协会， 2006 年）霓虹灯的无汞替代品尚未发现。

汞的需求和使用情况

下表载有灯具/照明产品的汞需求数据，由各国按环境署《索取资料书》的要求答复提供，或通过其他文件、包括使用环境署的《汞清单工具包》生成的报告提供。

表 A5.14：各国照明产品汞用量（按估计汞需求排列）

国别	数据来源	估计汞需求量/使用量（公吨/年）
中国	其他	47 (2000 年)[8] 63.94 (2005 年)[9]
菲律宾	《汞清单工具包》	25.7
美国	《索取资料书》	17.6
俄国	其他	7.5 (2001 年)[10]
日本	《索取资料书》	4.72 (2005 年)
加拿大	其他	1.839[11]
德国	《索取资料书》	1 （仅为管型灯）
阿根廷	《索取资料书》	0.725
法国	《索取资料书》	0.525 (0.4 – 0.65)
白俄罗斯	《索取资料书》	0.412
英国	《索取资料书》	0.320 (2012 年)
瑞典	《索取资料书》	0.121 (2004 年)
荷兰	《索取资料书》	0.04 (2007 年)
挪威	《索取资料书》	0.01
罗马尼亚	《索取资料书》	0.0074 (2007 年)

中国报告的总需求量最高，达到每年 47 公吨，原因可能是中国生产的含汞灯具较多。自然资源保护委员会在 2007 年一项调查中估计，在 2005 年，中国照明产品汞用量为 63.94 公吨（自然资源保护委员会，2007 年）。

菲律宾报告的年需求量为 25.7 公吨，在所有提供报告的国家里面为第二高。算出这一数据先是假定了每个学校、家庭、医院、政府建筑和制造工厂的荧光灯的数量，再以估计的灯具数量乘以每支灯的含汞量，其中线形荧光灯按每支 40 毫克计，紧凑型荧光灯按每支 15 毫克计。不清楚灯具数量是代表年消耗量还是现有存量。2005 年环境署《汞清单工具包》提供了作为初步默认输入因数的汞含量范围，菲律宾的汞含量数据在此范围的最大一端。工具包列出的汞含量范围，线形荧光灯为每支 10 至 40 毫克，紧凑型荧光灯为每支 5 至 15 毫克。

可以影响一个国家的灯具/照明产品的汞需求的因素有很多，包括国家大小和经济地位、荧光灯已替代白炽灯的程度、含汞灯具的出口数量、以及灯具的平均含汞量。

8 《关于应对汞问题的国际行动策略建议——中国汞问题状况》， 2008 年。

9 《关于中国电光源产业汞使用状况的调查研究》，中国国家环保总局化学品登记中心， 自然资源保护委员会， 2007 年。

10 《北极理事会消除北极污染行动计划》， 2004 年。

11 为支持汞问题不限成员名额特设工作组闭会期间工作提供的加拿大信息，2008 年 1 月 31 日。

需要指出的是，各国报告的灯具/照明产品的汞需求为整个产品类别的需求，具体灯型的汞需求没有提供。不过美国是个例外，该国提供了各种灯型的汞需求的明细数据，具体列于下表。

表 A5.15：美国灯具/照明产品汞需求

灯型	汞需求
荧光灯管	6.2 公吨
紧凑型荧光灯泡	0.9 公吨
高强度放电灯	1.7 公吨
短弧灯	0.0018 公吨
霓虹灯以及其他照明产品	0.0227 公吨

汞替代等级和使用替代品的经验

各国积累了一些与用其他照明选择替代含汞灯具相关的技术变革经验或使用替代品的经验，下表列出了各国提供的有关这些经验的信息。表中信息来自对环境署《索取资料书》的答复，部分内容在《索取资料书》答复内容基础上作了简化或措词调整。

表 A5.16：答复替代等级为“2”级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 “2”级－有可用的替代方案并且使用广泛
巴西	《索取资料书》	2008 年 3 月，国家环境委员会（CONAMA）设立了工作组，以探讨旨在减少灯具汞含量的监管办法和管理废弃汞的办法。
丹麦	《索取资料书》	由于消费者施压要求使用无汞解决方案，以及欧盟通过 RoHS 指令推行了禁令，过去 5 年汞的使用量已快速下降。
德国	《索取资料书》	有正面的经验。
伊朗	《索取资料书》	伊朗还未禁止在产品中使用汞。
挪威	《索取资料书》	遵照欧盟 RoHS 指令。
巴拿马	《索取资料书》	未提供用于此项评估的经验数据。
瑞典	《索取资料书》	瑞典报告的替代等级为 0 至 2 级。汞在灯具中的使用免受关于电气和电子设备有害物质的欧盟指令中汞的禁令的禁止。对于某些荧光灯该指令规定了最大允许汞含量。 对于某些应用已开始有无汞替代品提供。从技术的观点来看在某些灯具中降低汞含量是可能的。

表 A5.17：答复替代等级为“1”级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 “1”级－有可用的替代方案但用得很少
阿根廷	《索取资料书》	2006 年 12 月施行的国家节能计划倡导用荧光灯和节能灯替代白炽灯。
白俄罗斯	《索取资料书》	汞含量更低的灯具使用广泛。
智利	《索取资料书》	有负面的经验。替代品未普及。不含汞的替代品成本更高。
荷兰	《索取资料书》	未提供用于此项评估的经验数据。

表 A5.18：答复替代等级为“0”级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 “0”级 – 无替代品
法国	《索取资料书》	没有考虑把白炽灯和卤素灯当作替代品。
日本	《索取资料书》	1974年一支荧光灯的汞含量是50毫克，到2005年已降至7.5毫克。汞含量得以降低是因为加汞的工艺有了改进(从直接加入改为以颗粒形态加入)，另外也因为高效三基色荧光灯的广泛使用。笔记本电脑和大尺寸液晶电视产量的上升增加了用于背光灯的汞的需求。无汞的 LED 灯也正被作为背光灯使用。替代品如LED或无汞荧光灯的成本目前要高得多。
斯洛文尼亚	《索取资料书》	未提供用于此项评估的经验数据。
瑞士	《索取资料书》	未提供用于此项评估的经验数据。
英国	《索取资料书》	替代品目前的价格太高，而且提供的光与节能灯不一样，不过我们估计未来几年相关技术会有改善。
美国	《索取资料书》	对于荧光灯、节能灯和霓虹灯，经验为负面。

表 A5.19：未答复替代等级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代品的经验 没有答复替代等级
加拿大	其他[12]	荧光灯和气体放电灯的替代品国内市场目前还没有提供。有些情况下 LED 灯可以替代霓虹灯；但 LED 灯成本更高而且不是对所有应用都可以直接替代。

六个国家报告的照明产品的替代等级为“2”级，一个国家（瑞典）为“0-2”级。答复水平为“2”级表示替代品在这些国家已有提供并且使用广泛。以上七个国家中，四个为欧洲国家。欧洲有三个国家提到欧盟的有害物质限制（RoHS）指令推动了照明产品汞使用量的降低。RoHS 规定了线形荧光灯和节能灯汞含量的容许上限。

四个国家报告的照明产品的替代等级为“1”级，表示替代品在这些国家已有提供，但用得很少。六个国家报告的照明产品的替代等级为“0”级，表示这些国家还没有替代品提供。

总共有十四个国家就使用含汞照明产品的替代品的经验提供了文字说明。有四个国家提到，因为一些灯具中的汞含量的降低，照明产品的汞用量已有减少。四个国家声称替代品还只用于有限的用途，还有 4 个国家声称替代品的成本要高于含汞灯具。

关于照明产品的总结

下表列出了 17 个国家关于灯具和照明产品汞替代等级的《索取资料书》答复的量化明细。需要指出的是，各国报告的灯具/照明产品的替代等级为整个产品类别的替代等级，具体灯型的替代等级没有报告。

表 A5.20：各国关于替代等级的答复

替代等级	答复国家数量	答复国家比例
2	6	35%
0-2	1	6%

[12] 为支持汞问题不限成员名额特设工作组闭会期间工作提供的加拿大信息，2008 年 1 月 31 日。

替代等级	答复国家数量	答复国家比例
1	4	24%
0	6	35%

《索取资料书》答复中 35%声称含汞灯具的替代品市场上已有提供并且使用广泛，另外 35%则声称市场上没有替代品。造成答复差异的一个原因可能是一些国家把白炽灯和卤素灯看作替代品而另外一些国家则可能把它们看作老技术，不当其为替代品。另外一个差异原因可能是一些国家可能考虑了所有含汞灯具的替代品，而其他国家的答复则可能基于特定用途或特定灯型的替代品。

含汞灯具是能量效率最高的灯具之一，而高昂的能源成本正在推动对紧凑型荧光灯和其他高效照明技术的需求的上升。为降低能源消耗，一些国家如阿根廷和美国的政府正在倡导荧光灯和节能灯的使用。

虽然荧光灯的需求在增长，灯具/照明产品中的用汞量却并未同步增长。如今生产的许多荧光灯的汞含量要明显低于以往年份生产的等效灯具的含量。日本在其《索取资料书》的答复中声称，荧光灯的汞含量已从 1974 年的每支 50 毫克降至 2005 年的 7.5 毫克。制造技术的进步，包括用含汞颗粒替代液态汞，是日本提到的汞用量减少的原因。设定荧光灯汞含量上限的法规也正在获得通过。瑞典在其《索取资料书》答复中声称欧盟的 RoHS 指令已就某些荧光灯的汞含量设定了容许上限。

中国是含汞灯具的主要生产国，其报告的照明产品汞用量为各国最高。2005 年，该国生产了 300 亿支含汞灯，使用了近 64 公吨的汞。中国 80%的荧光灯制造商在其制造过程中使用液态汞（滴入法）。使用液态汞生产灯具致使用汞量远远高于使用汞颗粒或汞合金的用汞量。而升级制造设备，使用每支灯用汞量更少、汞排放量也更少的工艺，需要不菲的投资。据报道，汞价格上涨和 RoHS 指令对汞含量设限，近年来已促使制造商减少汞的使用（自然资源保护委员会，2007 年）。

下表总结了照明产品的替代情况。除气体放电灯以外，报告指出了所有含汞灯具的替代技术。虽然有一家制造商正在生产一种无汞的高压气体放电钠灯，这种灯被认为只是有限几种气体放电灯应用中的替代品。

灯具/照明用品这一类产品的过渡还未成功，因为答复国家中只有 35%报告了“2”级的替代等级，并且没有任何答复国家的汞年需求量为零。根据下表显示，除气体放电汽车头灯以外，还没有任何其他类型的灯具已成功过渡。只有小部分高端汽车使用含汞气体放电灯。无汞的卤素头灯更为常用，而无汞的气体放电和 LED 头灯也正在出现。因为这些原因，气体放电汽车头灯被认为已成功过渡。TemaNord 在 2007 年一份报告中指出：“从全球范围来看，使用汞的气体放电头灯可能是最容易被替代的”（Maag， 2007 年）。

线形和紧凑型荧光灯以及气体放电灯的替代品成本太高，供应有限，这些挑战在产品能够成功过渡之前必须得到充分应对。使用 LED 技术的替代品正在出现，未来五年技术的演变预计会带来能效和产品开发方面的重大进展。

能否过渡到无汞液晶显示器背光元件，很可能要取决于当前市场上使用无汞 LED 背光灯的产品能否获得成功。带无汞 LED 背光灯的电脑和电视机的数量可能将逐年增加，因为这项技术相比冷阴极荧光背光灯有明显优势。

表 A5.21：照明产品替代概况

照明产品	是否已有替代技术	过渡的可行性
线形荧光灯	是	有可用的替代方案 - 已遇到挑战
紧凑型荧光灯	是（应用有限）	有可用的替代方案 - 已遇到挑战
气体放电灯	否	有可用的替代方案 - 已遇到挑战
气体放电汽车头灯	是	已成功过渡（仅限于卤素灯）
液晶显示器背光元件	是	有可用的替代方案 - 已遇到挑战

A.6 其他产品

下表列出了各国在其《索取资料书》答复，《汞清单工具包》报告或其他支持文件中报告的估计汞需求。

表 A6.1：其他产品的估计汞需求

国别	数据来源	产品名称	估计汞需求量/使用量（吨/年）
加拿大	其他	轮胎平衡器	0.744 (2000 – 2004 年)
智利	《索取资料书》	实验室化学品	0.004
厄瓜多尔	《索取资料书》	实验室化学品	0.02 (2004 年)
日本	《索取资料书》	朱墨	1.6
日本	《索取资料书》	试剂	0.1 (2005 年)
毛里求斯	《索取资料书》	珠宝商回收的废弃金	0.007
菲律宾	《汞清单工具包》	灯塔	22.8
斯洛文尼亚	《索取资料书》	疫苗	< 0.001
斯洛文尼亚	《索取资料书》	实验室用化学品	0.7
瑞典	《索取资料书》	药品，疫苗防腐剂	0.002
叙利亚	《索取资料书》	药品	0.325
美国	《索取资料书》	防腐剂和试剂	0.4
美国	《索取资料书》	Piston Pak 温度传感器， 枪械附件， 压力传感器，胶片， 收发器， 以及扫描电极	2.0

灯塔

汞用于某些老式灯塔中，以其浮力支撑厚玻璃菲涅耳透镜，透镜能放大光源产生的强灯信号。从二十世纪末起，灯塔的发光装置开始使用装满汞的浮槽，用以减小旋转透镜需要的动力。建造一套灯塔发光装置需要的汞的数量随透镜的尺寸变化。要浮起透镜，透镜越大，需要的汞也越多。早期设计的透镜需要多达 1,088 千克的汞，而后来的透镜更小，需要的汞也少很多（Shultz，2005 年）。

现在的灯塔不再使用汞的浮力支撑透镜。目前用于灯塔中的灯（汞蒸汽灯和氙灯）其光照强度远远大于以前几代的灯，因此已不再需要厚玻璃透镜。从 1970 年代起，许多已有灯塔也经升级改装使用了新式灯具，因此不再需要使用汞（Baird，2008 年）。

据菲律宾估计，他们每年用于灯塔的汞约为 22.8 公吨。该国在其《汞清单工具包》答复中声称全国有 57 座灯塔，每座灯塔使用大约 400 千克汞。

轮胎平衡器

含汞的轮胎平衡器由灌有汞的平衡管构成，安装于旋转的机械部件如轮胎上。这些平衡器可用于多种部件，不过在加拿大，它们大部分用于卡车、汽车、房车、摩托车、摩托艇以及

ultralite 车中。2000 年至 2004 年间，加拿大约有 744 千克的汞用于轮胎平衡器中。据估计每一含汞轮胎平衡器含有大约 99 克汞。（Jacovella， 2008 年）轮胎平衡器在给轮胎作平衡调整时安装，安装后随车使用，直至重新进行轮胎平衡调整或轮胎被更换为止，或一直使用到轮胎或车辆退役。

轮胎平衡器一般不会磨损，但会因车辆颠簸或变速过快移位。安装不当、磕碰路沿或其他外物也可能导致这些平衡物移位。把轮胎平衡器安装到车辆上有两种常用方法，一是直接将平衡物扣入车轮边缘，还有一种是粘贴固定。无论那种方法，平衡物的尺寸最好能小些，这样视觉上不显突兀，并且可避免干扰车辆其他部件如刹车装置等。因此轮胎平衡器的材料密度直接影响车轮平衡物的尺寸，是影响替代材料是否合用的关键物理特性。因粘贴式平衡物安装于车轮的弯曲表明上，轮胎平衡器最好材质较软，延展性好，以便安装时可以调整表明曲度以适应车轮的曲度。因为常暴露于潮湿、高温和盐渍道路等恶劣环境中，轮胎平衡器还须能抵抗腐蚀。

铅是轮胎平衡器的常用材料，但铅对人体健康有重大不良影响，可能致癌，可以导致神经系统、生殖系统疾病或发育异常。也有用毒性更低的材料如铜、钢、锡或锌制成的其他轮胎平衡器可以买到（TURI， 2006 年）。

B. 关于用汞工艺的调查结果

B.1 氯碱生产

氯和氢氧化钠主要使用隔膜槽、汞电解槽和离子膜槽三种电解槽工艺中的某种工艺一起制成。通过电解氯化钠溶液，电解槽阳极生成氯，阴极生成氢氧化钠，氯和氢氧化钠两种产品于是得以同时生产出来。2001 年，这三种工艺生产的氯占世界总产量的 95%。其他较少使用的工艺包括电解氯化氢、生产金属产生的副产品以及生产硝酸钾同时生成的产品。

汞电解槽工艺

工艺简介

汞电解槽（Castner-Kellner 槽）工艺始创于 1892 年。汞电解槽工艺由主电解槽（盐水槽）和解汞电解槽两部分构成。在主电解槽中，含有氯化钠的盐水流过一个斜槽，斜槽底部覆有一层汞薄膜。盐水经电解槽中的电流分解，在阳极生成氯气，在汞阴极上生成金属钠。阴极上继而形成液态汞合金。汞合金再从主电解槽流向解汞电解槽，与水和催化剂反应生成氢氧化钠和氢气。脱去钠的汞最后回到主电解槽重新使用。此工艺的一大缺点是会有汞排出污染环境。

具有代表性的厂商：

下表列出了使用汞电解槽工艺生产氯碱的代表性厂商。

表 B1.1：使用汞电解槽工艺生产氯碱的代表性厂商

厂商名称	所在地	网址
Akzo Nobel	芬兰奥卢	www.akzonobel.com
Solvay	意大利布西	www.solvay.com

替代工艺 1：隔膜槽工艺

工艺简介

隔膜槽（Griesheim 槽）工艺始创于 1885 年。隔膜槽工艺的反应只发生在一个槽中。阳极生成的氯和阴极生成的氢以及苛性钠通过一层隔膜隔开。隔膜槽工艺的一个缺点是隔膜一般由有毒材料石棉制成；不过用非石棉隔膜也是可行的。

代表性厂商：

下表列出了使用隔膜槽工艺生产氯碱的代表性厂商。

表 B1.2：使用隔膜槽工艺生产氯碱的代表性厂商

厂商名称	所在地	网址
Anwil	波兰弗沃茨瓦韦克	www.anwil.pl
Norsk Hydro	挪威 Rafnes	www.hydro.com

替代工艺 2：离子膜槽工艺

工艺简介

离子膜槽工艺始创于 1970 年，第一家使用此工艺的工厂在 1975 年建于日本。离子膜通常由含氟聚合物制成，用于隔开阳极和阴极。盐水流经阳极室，生成氯气。钠离子穿过离子膜进入阴极室，形成苛性钠溶液。

离子膜槽工艺的优点包括生成的苛性钠溶液纯度高，能耗比另两种工艺低。但有一个缺点是作为原料的盐水纯度必须高，往往需要在电解之前经过昂贵的净化处理。

代表性厂商：

下表列出了使用离子膜槽工艺生产氯碱的代表性厂商。

表 B1.3：使用离子膜槽工艺生产氯碱的代表性厂商

厂商名称	所在地	网址
Donau Chemie	奥地利 Bruckl	www.donau-chemie.at
Solvin	比利时 Jemeppe	www.solvinpvc.com

替代工艺 3：单独生产氯和氢氧化钠

汞电解槽、隔膜槽和离子膜槽三种电解槽工艺一般都同时生产氯和氢氧化钠。另一汞电解槽工艺的无汞替代方法是单独生产氯和氢氧化钠。比如氯化氢可以通过电解或氧化转化成氯。或者也可以电解氯化钾，生成的产品包括氯、氢和氢氧化钾。

氢氧化钠也可以单独生产。比如，在用石灰－苏打法处理水的过程中，当碳酸钠水溶液与氧化钙反应时，会形成氢氧化钠。

汞的需求和使用情况

下表载有氯碱生产的汞使用数据，由各国按环境署《索取资料书》的要求答复提供，或通过其他文件、包括使用环境署的《汞清单工具包》生成的报告提供。

20 个国家提供了氯碱生产的估计汞需求信息。各国答复的汞需求量在每年 0 至 17.468 公吨之间，其中 10 个国家报告没有氯碱生产的汞需求。答复提供了不同年份的汞需求估计数据，包括早至 2004 年的信息。

表 B1.4：氯碱生产的汞需求（按估计汞需求排列）

国别	数据来源	估计汞需求量/使用量（公吨/年）
罗马尼亚	《索取资料书》	17.468
法国	《索取资料书》	16.5 (2004 - 2006) （范围：14 – 19）
巴基斯坦	其他	16.1
美国	《索取资料书》	11 (2006)
叙利亚	《索取资料书》	10
菲律宾	《汞清单工具包》	4.46

国别	数据来源	估计汞需求量/使用量（公吨/年）
		（范围：0.525 – 8.4）
阿根廷	《索取资料书》	4.184
英国	《索取资料书》	1
瑞士	《索取资料书》	0.95
瑞典	《索取资料书》	0.05
白俄罗斯	《索取资料书》	0
柬埔寨	《汞清单工具包》	0
智利	《汞清单工具包》	0
中国	其他	0
丹麦	《索取资料书》	0
厄瓜多尔	《索取资料书》	0
日本	《索取资料书》	0
荷兰	《索取资料书》	0
挪威	《索取资料书》	0
特立尼达和多巴哥	其他	0

《汞清单工具包》建议收集具体场址的数据以计算氯碱工厂的汞使用量。不过如果这一信息得不到，则使用以下氯碱生产的默认汞输入因数。

输入因数：每生产一吨氯使用 25 至 400 克汞。

菲律宾用以上输入因数计算每年生产 21,000 吨氯需要的汞，结果为用于氯碱生产的汞的年需求为 0.525 至 8.4 吨。

环境署在 2006 年 11 月一份题目为“汞的供应、贸易和需求信息摘要”的报告中估计了全球氯碱生产的汞消耗量。下表列出了该报告提供的汞消耗估计数据。

表 B1.5：2005 年汞电解槽工艺汞消耗量

国家/地区	净消耗总量（公吨）	回收利用量（公吨）	消耗总量（公吨）
欧洲	147	25 – 40	175 - 190
美国	9	35 – 60	45 – 70
巴西	10 - 15	0 - 5	11 - 25
印度	20 - 28	0 - 5	20 – 35
俄罗斯	25 - 45	0 - 5	25 – 50
其他	120 - 180	10 - 40	140 - 210
总计	350 - 430	90 - 140	450 - 550

数据来源：环境署， 2006 年。

就美国而言，该报告提供的汞消耗数据（2005 年为 9 吨）与《索取资料书》答复中提供的数据（2006 年为 11 吨）较为相近。俄罗斯、印度和巴西没有提供《索取资料书》答复，无法与环境署的估计数据比较。

汞替代等级和使用替代工艺的经验

各国积累了一些与用其他已有替代工艺替代汞电解槽氯碱生产工艺相关的技术变革经验或使用替代工艺的经验，下表列出了各国提供的有关这些经验的信息。信息来自对环境署《索取

资料书》的答复、《汞清单工具包》、或其他来源。部分内容在《索取资料书》答复内容的基础上作了简化或修改。

表 B1.6：答复替代等级为“2”级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代工艺的经验 “2”级 – 替代工艺存在并且使用广泛
阿根廷	《索取资料书》	2006 年，有两个氯碱工厂开始用隔膜技术替换汞技术。汞技术还用于大约 37%氯碱的生产。
巴西	《索取资料书》	巴西共有八个氯碱工厂。新建氯碱工厂已被禁止使用汞电解槽和石棉隔膜生产氯。
法国	《索取资料书》	50%氯是用替代技术生产的。
德国	《索取资料书》	提供了“1 至 2”级的替代等级。有正面经验。
日本	《索取资料书》	截止 1986 年，日本的所有苛性钠制造工厂使用的汞电解槽工艺都已用离子交换膜法替代。
荷兰	《索取资料书》	自 2006 年起，荷兰的氯碱生产已转向使用现有最好的无汞技术。
挪威	《索取资料书》	挪威在这一产业中没有使用汞。
瑞典	《索取资料书》	有一家汞电解槽氯碱工厂还在生产中，其汞电解槽中大概有 200 吨汞。该工厂将在 2010 年改用离子膜槽。1980 年代有一家工厂从原先使用汞电解槽改用离子膜槽，有些成功经验。初始投入很高，但离子膜槽的能量效率比汞电解槽高，因此改用离子膜槽经济上更为有利。
瑞士	《索取资料书》	未提供用于此项评估的经验数据。

表 B1.7：未答复替代等级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代工艺的经验 未答复替代等级
孟加拉国	其他	Karnaphuli 有一家造纸厂使用汞生产氯和氢氧化钠。
智利	《汞清单工具包》	1991 年，氯碱公司 Occidental Chemical Chile 用离子膜工艺替换了原来的汞电解槽生产工艺。
丹麦	《索取资料书》	以前丹麦有一家这一产业的工厂，但因为安全问题（在大城市中央使用氯）已于二十年前关闭。
厄瓜多尔	《索取资料书》	制造氯碱的唯一一家公司使用的是离子膜槽技术。
伊朗	《索取资料书》	伊朗石油部已决定实施一项计划，该计划将建造一家使用离子膜技术的氯碱工厂。新厂建成后原有三家氯碱工厂将很快逐步停产。
巴基斯坦	其他	80%的氯碱是用离子膜槽技术生产的，其余 20%使用汞电解槽工艺。
斯洛文尼亚	《索取资料书》	使用新技术（离子膜工艺）。
叙利亚	《索取资料书》	使用无汞技术。
英国	《索取资料书》	离子膜技术已相当成熟，比较成功，运行成本也比汞技术低。但从汞技术改为离子膜技术的转换成本太高，只有当汞技术工厂的运行寿命差不多到期后，进行转换才有商业上的可行性。欧盟氯碱工业协会确定 2020 年为截止年份，到时大部分汞技术工厂的寿命将接近终结。
美国	《索取资料书》	美国氯气协会根据《五大湖区两国毒物策略》作出自愿减少汞使用的承诺后，自 1995 年以来，氯碱工业在减少汞使用方面取得了很大进步。美国氯气协会向环保总局提供的第十年年度报告显示，从 1995 年到 2006 年，美国生产氯和苛性钠使用的汞下降了 92%。

8 个国家答复的氯碱生产替代等级为“2”级，一个国家（德国）为“1-2”级。这些国家没有报告过渡到无汞替代工艺的任何负面经验。没有国家答复的替代等级为“1”或“0”级。

除了以上提供的具体国家关于汞替代情况的答复，也有整个欧洲的氯碱工业汞替代工艺使用情况的合计信息。2007 年，欧洲氯碱产业生产的氯、苛性钠和氢总计超过 2,000 万吨，其中 43%使用汞电解槽工艺生产，40%使用离子膜槽，14%使用隔膜槽，3%使用其他技术。这些数据由分属 18 个国家的欧盟氯碱工业协会（Euro Chlor）的成员公司的数据汇总而成。另外，所有欧洲氯碱厂商都已承诺，将尽快关闭或改装各自的汞电解槽工厂，最迟不迟于 2020 年。（Euro Chlor，2008 年，Andersson，2008 年）此外，印度厂商已与政府达成了自愿协议，同意在 2012 年之前关闭现存的汞电解槽氯碱工厂。

氯碱生产概况

通过关闭汞电解槽氯碱工厂或改进工艺降低它们的汞排放，世界上很多有汞电解槽氯碱工厂的国家已显著降低了汞的消耗；有些则已把汞电解槽工艺成功改装成离子膜槽工艺。根据具体工厂的不同要求，这些改装有些是完全的，有些则是部分改装。改装通常需要一些技术更改，比如因为离子膜槽需要比汞电解槽工艺更纯净的盐水，可能需要增加一道盐水净化工序。除了在降低汞用量方面已经取得的成功之外，欧洲和印度的这一产业都已承诺关闭或改装目前使用汞的氯碱工厂。

把汞电解槽工艺改装成离子膜槽工艺在技术上虽然可行，改装的成本却各地不一。影响改装成本的重要因素包括扩大产能的需要、能源成本、以及汞电解槽设备老化涉及的维护成本。欧洲委员会在 2001 年发布的一份报告，报告了位于欧洲、美国和日本的若干工厂的改装成本。改装成本折算为欧元，并与工厂的氯产量比照。结果为年产一吨氯对应的改装成本在 213 至 700 欧元（约 336 至 1,104 美元）之间。报告提到的把汞电解槽改装成离子膜槽的好处，则包括降低了能耗，减少了维护需要，消除了汞处理的问题（欧洲委员会， 2001 年）。

下表列出了九个国家在各自的《索取资料书》答复中提供的氯碱生产替代等级的量化数据。

表 B1.8： 各国关于替代等级的答复

替代等级	答复国家数量	答复国家比例
2	8	88.9%
1 - 2	1	11.1%
1	0	0%
0	0	0%

超过 50%关于氯碱生产的《索取资料书》答复将替代等级评为“2”级，没有国家提供关于向无汞替代工艺过渡的负面答复。这表明替代工艺在大部分提供汞需求信息的国家都有存在并且已被广泛使用。另外，超过两个国家报告的估计汞需求为零。这些数据表明，氯碱生产向无汞替代工艺的过渡已经成功。

表 B1.9：氯碱生产替代概况

生产工艺	指出的替代技术	过渡可行性
汞电解槽工艺	有	已表明过渡成功

B.2 个体和小型金矿开采

个体和小型矿物开采指所有使用初级工艺从次生矿和原生矿中提取黄金和其他矿物的各种中小型、非正式、合法和非法的采矿作业。（Veiga，2006 年）本节中个体和小型矿物开采专指个体和小型金矿开采。

据估计全球有 1,500 万人口从事个体和小型矿物开采，分布于亚洲、非洲和南美洲超过 50 个发展中国家。（工发组织， 2007 年） 根据定义，个体和小型矿物开采作业没有组织成公司结构，因此本节没有指出个体和小型金矿开采的代表性厂商。

个体和小型金矿开采者从矿石中提取黄金可使用很多种工艺，具体取决于矿石类型、开采者所在地的传统、设备供应情况、供水状况和其他因素。本节介绍混汞法和三种无汞的替代方法：重选法、氰化法和氯化法。

混汞法

工艺简介

因为工艺简单、成本低廉，混汞法是个体和小型金矿开采者从矿石中提取金的最常用方法。汞和金会相互吸引，细颗粒金会被汞吸附，形成汞合金。汞合金再从沙子和砾石中分离。分离后用布将汞合金中多余的汞挤滤出去，滤出的汞再回收利用。剩下的汞合金一般含金 60%，含汞 40%。接下去给汞合金加热使汞挥发出去，得到海绵状金，其中包含约 5%的残余汞和其他杂质。个体和小型金矿开采者通常将提取的海绵状金卖给黄金商，黄金商加以精炼后得到纯金。

混汞法只适用于含有游离金的矿石。对于难处理矿石比如包裹金颗粒的硫化物矿石，这一方法不再有效。个体和小型金矿开采者除使用混汞法外，通常还结合使用其他筛选和分离方法。比如，在溜槽格条和槽道中加入汞。比重很大的汞合金沉积于底部，而沙子和砾石被冲走。淘洗金矿时也可以加汞，以利于细小金片的收集。

不同个体和小型金矿开采作业中汞的用量因矿石类型、使用的分选工艺、汞的成本、以及开采者的技术知识等各种因素的不同而有很大差别。开采者若直接在原矿中加入液态汞，汞的用量会达到最高。原矿指未经加工、含金量很低的矿石，通常每公吨含量少于 10 克。原矿混汞法的例子包括：在泵箱中混合汞和原矿；在磨矿或碎矿过程中加入汞；或者在溜槽中加入汞。（Veiga，2006 年）由于很大一部分汞合金没有回收而是与尾矿一起被扔弃，原矿混汞法的提金效率通常很低。

更高效的做法是将混汞法用于精矿。精矿是原矿经过一道或多道筛选程序（如经重力法分选或溜槽冲洗）后得到的矿石，含金更为集中。精矿在混合机、混合桶或其他分选设备中与液态汞混合形成汞合金。开采者再用水淘洗，将汞合金从其他重矿中分离出来。

使用原矿混汞，“汞消耗量”与“金提取量”的比例会大于 3 比 1，有些情况下会高达 100 比 1。（Veiga，2006 年）使用精矿混汞，这一比例约为 1 比 1。（环境署，2005 年）使用曲颈瓶回收汞蒸汽，能显著降低汞消耗量。

替代工艺 1：重选法

工艺简介

重选法包括所有根据密度差异从矿石中分选金的方法。重选法工艺包括：溜槽、离心机、震动台以及手工筛。根据使用设备的不同，这些工艺可以用于原矿或精矿。混汞法常与重选法结合使用，但本节只涉及不使用汞的重选法。

溜槽

个体和小型金矿开采者最常用的重选法工艺是溜槽或溜槽箱。溜槽为长形槽或槽箱，呈倾斜式，槽底置有格条。矿浆以稳定流速倒入溜槽顶端后，较高密度的颗粒（即金颗粒）从矿浆中分离沉淀，被格条接取收集。

因为不需要电，建造容易，操作简单，选金效果好，溜槽在个体和小型金矿开采者中使用广泛。溜槽可以设计成用于处理原矿或精矿。溜槽如果与矿石类型和粒度匹配的话，可以获得最高的提取比例。影响选矿效果的因素有：矿浆流速；水与矿石的比例；溜槽的长度、宽度和倾斜度；以及矿石颗粒的粒度。

溜槽往往在采矿当地制成，但也可以从一些公司购买，比如美国的 Keene Engineering。Keene 型号为 A52 的溜槽大概卖 100 美元。这款产品宽 25 厘米，长 129 厘米，重 5 千克，每小时可以处理 5 公吨矿石（Veiga，2004 年）。

离心选矿机

离心选矿机通常装有带棱纹的旋转锥体，旋转时产生加大重力。含 20%至 40%矿石的矿浆送入旋转锥体，锥体旋转产生的强大重力致使高密度的金颗粒往矿浆外层集中，并聚集在选矿机的格条中。机器运行时往锥体内冲水，水流的逆向冲击可帮助减轻矿砂板结，并使金颗粒穿透精矿层。

离心选矿机用于金矿开采已有几十年历史，用于大小规模的开采作业。有一家离心选矿机制造商叫 Knelson Gravity Solutions，在加拿大英属哥伦比亚。

离心选矿机的缺点是价格昂贵，需要使用电，消耗大量的净水，并且要求操作者有很好的操作技能。

Cleangold 溜槽

Cleangold 溜槽是美国俄勒冈的 Cleangold 有限责任公司制造的产品。Cleangold 溜槽专为个体和小型金矿开采者设计而成，有三种尺寸提供。它们适合用于从精矿中提取金，或用于水流速度较低的作业。

Cleangold 溜槽与其他溜槽不同之处在于溜槽底部插入了高分子磁性薄板。磁性薄板吸引矿石中的磁铁矿，在溜槽底部形成灯芯绒状表面。磁铁矿表面能非常有效地吸取微细金片。通过将含金的磁铁矿刮到一个淘盘里，再用磁铁将其与金分离，金得以被收集。留在淘盘中的金纯度很高，可以直接用于熔炼。在圭亚那做的一项实地测试表明，Cleagold 溜槽有潜力替换混汞法作为最终的提金方法（Vieira， 2006 年）。

Cleangold 溜槽的价格从 20.3 厘米×20.3 厘米小尺寸类型的 40 美元到 40.6 厘米×40.6 厘米尺寸的 250 美元（www.cleangold.com，2008 年）。

Gemini 床

Gemini 床是一种用于最终分选精矿的摇床。得到的金纯度很高，适合熔炼。Gemini 床由一个倾斜的玻璃钢板和一幅支撑钢架构成。电机提供摇动动力，摇动速度由变速器控制。摇床需要持续供给压力稳定的水（每小时 0.7 立方米）。在给水的同时往摇床上匀速送入含金精矿，最终金被收集在摇床的床条中。有一款型号为 GT60 Mk2 的 Gemini 床，每小时能处理 27 千克精矿，价格为 8,000 美元（Vieira，2006 年）。

Extrac-TEC

IE-TEC Marketing 销售重选系列设备，他们最小型的一款为 Extrac-TEC HPC-10，该产品正在被推介给个体和小型金矿开采者。该重力选矿机的分选过程包括数个步骤。第一步先把原矿倒入选矿筛，用水冲洗并进行筛分。过大粒度的材料被分离出，剩余材料送入螺旋选矿带，选矿带再将重颗粒从较轻颗粒中分离出。重颗粒再送入溜槽供进一步分选。最终得到的精矿量很小，含金量高，可由一个人手工淘洗。

HPC-10 有一 0.5 马力的电机，工作时需要使用一水泵，每分钟给水 120 升。矿石可用一小型挖掘机送入，或由 2 至 6 名矿工手工铲入。HPC-10 的价格为 28,300 美元，不包括必需的发电机和水泵（Oppenheimer，2008 年）。

Extrac-TEC HPC-10 的缺点是价格太高，工作需要电和大量净水。

替代工艺 2：氰化法

工艺简介

氰化法是大规模采矿作业者用以提取金的最常用方法。氰化法也为个体和小型金矿开采者使用，往往配以混汞法。

氰化法工艺涉及三个步骤：浸出、汰选和精炼。在浸出阶段，氰化物被加入金矿矿泥中。金与氰化物和氧气发生反应从矿石中浸出。汰选阶段涉及用活性碳吸取金将其从矿泥中分出，活性碳常由椰壳制成。精炼方法有很多种。个体和小型金矿开采者通常使用一种涉及筛分和焙烧的简易精炼方法。

氰化法的优点是可以溶解含于难处理矿石中的金，提金比例高。此外该方法对个体和小型金矿开采者来说使用相对容易，设备成本也低。氰化法的主要缺点是氰化物有毒，有损害矿工健康的危险。不过与汞不同，氰化物可以被生物降解，不会在生物体内积累。

遗憾的是，个体和小型金矿开采者常将氰化法用于之前经混汞法处理的精矿。氰化物会与汞发生反应，使其更易溶，增加甲基化的可能。氰化之前使用混汞法处理原矿还往往会降低金的提取率。原因是金汞合金在混合或抽吸过程中会分散成细小液滴（碎化汞）。含金的碎化汞不易回收，往往随尾矿扔弃。

替代工艺 3：氯化法

工艺简介

氯化法的起源可追溯到 1848 年，在氰化法使用之前。该法用稀释的盐酸和氯溶解金。再用焦亚硫酸钠、草酸、锌或其他助剂析出金。

南非政府一家名为 Mintek 的矿物技术研究机构，已经开发出一种称作 iGoli 的氯化工艺。此工艺专为个体和小型金矿开采者设计，使用便宜设备，使用常见易得化学品如游泳池酸（稀

释盐酸）、漂白剂（次氯酸钠）以及糖。此工艺只能用于精矿，因此开采者必须在使用之前用重选法处理原矿。

该工艺涉及以下步骤：先用稀释的盐酸和漂白剂浸滤精矿；然后滤去固态物；再从溶液中析出金粉；最后把粉状金压成盘。

iGoli 工艺的优点是能够生产出纯度达 99%的金。这比混汞法的效果高出很多，混汞法产出的海绵状金包含大约 5%的残余汞和其他杂质。与混汞法相比此工艺的另一优点是含游离金的矿石和难处理矿石都适用，而混汞法只能用于处理游离金矿石。因此开采者能从矿石中提取更多的金并且提取的金价值更高。

盐酸和漂白剂也有毒性，必须小心处理，但这些化学品常用于清洗和游泳池维护，与汞或氰化物相比对矿工的危险要小得多。在使用过程中氯被转化为盐，可以安全地排放到环境中。

Mintek 不保护该工艺的知识产权，开发此工艺的指南可以免费得到。Mintek 还进行样品测试，并且为小型开采者提供工艺设计。Mintek 曾向莫桑比克、秘鲁和坦桑尼亚的一些个体和小型金矿开采者示范过这一工艺。

汞的需求和使用情况

下表载有个体和小型金矿开采的汞需求数据，由各国按环境署《索取资料书》的要求答复提供，或通过其他文件、包括使用环境署的《汞清单工具包》生成的报告提供。

表 B2.1：各国个体和小型金矿开采汞用量（按估计汞需求排列）

国别	数据来源	估计汞需求量/使用量（公吨/年）
中国	其他	200 - 250[13]
菲律宾	《汞清单工具包》	56.04
厄瓜多尔	《索取资料书》	5
柬埔寨	《汞清单工具包》	0.61 (0.035 – 1.182) (2008 年)
阿根廷	《索取资料书》	0
丹麦	《索取资料书》	0
法国	《索取资料书》	0
德国	《索取资料书》	0
伊朗	《索取资料书》	0
日本	《索取资料书》	0
荷兰	《索取资料书》	0
挪威	《索取资料书》	0
瑞典	《索取资料书》	0
瑞士	《索取资料书》	0
特立尼达和多巴哥	其他	0
英国	《索取资料书》	0
美国	《索取资料书》	0

有两个国家在它们的《汞清单工具包》报告中报告了个体和小型金矿开采中的汞使用数据。菲律宾估计 2006 年的年产金量为 18,680 千克，使用《汞清单工具包》中每千克金用汞 3 千克的默认输入因数估计汞用量，得出结果为 56.04 公吨。柬埔寨也在其《汞清单工具包》报

[13] 工发组织，2006 年。

告中报告了使用数据，但其数据是采访 175 个开采者用汞情况后估计得出的。175 个开采者总共使用了 0.0345 公吨汞，柬埔寨把这一数据当作最小需求量。最大需求量则为 1.182 公吨，计算方法为将 175 个开采者的平均用汞量（每个开采者 0.197 千克）乘以个体和小型金矿开采者的估计数量（6,000）。

工发组织在 2006 年 10 月一份题目为“小型金矿开采汞供应和汞需求全球影响”的报告中估计，个体和小型金矿开采生产的黄金占世界黄金总产量的 20%至 30%左右，每年因此排放的汞达 650 至 1,000 公吨。该报告还估计了各个国家因个体和小型金矿开采活动排放到环境中的汞的数量。

报告将汞排放数量定义为使用总量减去回收数量，并且声明需求量等于排放量，即假定生产水平不变，使用的技术也没有变化。也即相当于报告把个体和小型金矿开采排放的估计汞数量假定为等于个体和小型金矿开采的估计汞需求量。下表总结了这些估计数据。

表 B2.2：个体和小型金矿开采的汞需求

国别	个体和小型金矿开采的估计汞需求（公吨/年）
中国	200 - 250
印度尼西亚	100 - 150
波利维亚	10 - 30
巴西	10 - 30
哥伦比亚	10 - 30
厄瓜多尔	10 - 30
加纳	10 - 30
秘鲁	10 - 30
菲律宾	10 - 30
委内瑞拉	10 - 30
坦桑尼亚	10 - 30
津巴布韦	10 - 30

菲律宾使用《汞清单工具包》的默认输入因数计算得出的估计量 56.04 公吨，比工发组织报告中的估计量 10 至 30 公吨高出很多。厄瓜多尔在《索取资料书》中提供的汞使用量为 5 公吨，而工发组织报告中的估计量为 10 至 30 公吨。造成以上数据差异可能是因为估计方法不同、计算的时间段不同以及有其他未知因素。

在关于俄罗斯汞排放情况的《北极理事会消除北极污染行动计划》（ACAP）2004 年报告中，2001 年个体和小型金矿开采混汞工艺消耗的汞被估计为 3 至 8 公吨。这一估计数据假定个体和小型金矿开采者生产了 20 至 40 公吨黄金，为此消耗掉的汞大约为所生产黄金总重量的 10%至 20%。

汞替代等级和使用替代工艺的经验

各国积累了一些与用其他方法替代个体和小型金矿开采使用的混汞法相关的技术变革经验或使用替代工艺的经验，下表列出了各国提供的有关这些经验的信息。表中信息来自对环境署《索取资料书》的答复。部分内容在《索取资料书》答复内容的基础上作了简化或措词调整。

表 B2.3：答复替代等级为“2”级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代工艺的经验 “2”级－替代工艺存在并且使用广泛
日本	《索取资料书》	未提供用于此项评估的经验数据。

表 B2.4：答复替代等级为“1”级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代工艺的经验 “1”级－替代工艺存在但用得很少
巴西	《索取资料书》	只有获得采矿许可（授权）的开采者才被允许使用汞。
智利	《索取资料书》	不含汞的替代工艺成本更高。
厄瓜多尔	《索取资料书》	大约 40%的生产还使用混汞法，其余 60%使用氰化法。在使用混汞法的开采者中，50%使用曲颈瓶回收汞蒸汽，另外 50%任其散发到空气中。
巴拿马	《索取资料书》	未提供用于此项评估的经验数据。

表 B2.5：未答复替代等级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代工艺的经验 未答复替代等级
阿根廷	《索取资料书》	没有注册在案的小型/个体金矿开采商。
柬埔寨	《汞清单工具包》	腊塔纳基里的大多数开采者都使用汞从（原）矿中提取金，其他省的开采者使用机械方法或其他化学品。
丹麦	《索取资料书》	从未有过这一行业。
法国	《索取资料书》	汞已被禁止使用，但非法使用的情况仍有报道。
伊朗	《索取资料书》	个体金矿开采没有使用汞。
荷兰	《索取资料书》	不适用。
挪威	《索取资料书》	不适用。
菲律宾	《汞清单工具包》	金矿开采已禁止使用汞但开采者还继续使用。

有一个国家（日本）报告的个体和小型金矿开采的替代等级为“2”级，表明替代工艺在日本已有提供并且使用广泛。四个国家报告的替代等级为“1”级，表明这些国家有替代工艺，但用得很少。

总共有 8 个国家提供了关于个体和小型金矿开采使用替代工艺的经验的文字说明。两个国家声称汞在金矿开采中已被禁用但个体和小型金矿开采者还在继续使用。一个国家声称无汞替代工艺成本更高。

个体和小型金矿开采概况

下表列出了个体和小型金矿开采汞替代等级的量化明细，数据基于 5 个国家的《索取资料书》答复。

表 B2.6： 各国关于替代等级的答复

替代等级	答复国家数量	答复国家比例
2	1	20%
1	4	80%
0	0	0%

有 13 个国家声称个体和小型金矿开采的汞需求为零。需要注意的是这些国家中有很多没有个体和小型金矿开采作业。零需求不应理解为向替代工艺的成功过渡。日本是唯一声称替代工艺市场上已有提供并且使用广泛的国家。日本还声称没有汞用于个体和小型金矿开采（需求为零）。这表明向替代工艺过渡已获成功。

各国的答复表明个体和小型金矿开采中使用的混汞法的替代工艺市场上已有提供，但还未被广泛使用。虽然对个体和小型金矿开采者有可能可行的无汞提金技术确实存在，向这些技术过渡可能需要更长的时间。

阻碍过渡的挑战并不限于可行的替代工艺是否存在。一个很大的挑战是成功过渡需要位于 50 个不同国家的约 1,500 万个体和小型矿物开采者改变他们日常的作业方法，而这些方法已是他们家庭生计的来源。另一重要的挑战是价格低廉的汞容易买到，个体和小型金矿开采者没有经济动力去寻求无汞替代工艺。历史表明汞价格的升高会减少个体和小型金矿开采者的汞使用量。（Maag，2007 年）成功过渡可能需要：大规模的培训和教育；克服文化、交通、经济方面障碍的措施；低价汞供应的减少。

表 B2.7：个体和小型金矿开采替代概况

个体和小型金矿开采	指出的替代技术	过渡可行性
混汞法	有	存在替代工艺– 已遇到挑战

B.3 氯乙烯单体生产

氯乙烯单体是生产聚氯乙烯的主要原料。最早商业化的氯乙烯单体生产工艺是乙炔法，该方法使用氯化汞作催化剂使乙炔和氯化氢发生反应。目前除中国和俄罗斯以外，几乎所有其他国家都已改用无汞的乙烯法生产氯乙烯单体（Doa，2007 年）。

乙炔法氯乙烯单体生产

工艺简介

乙炔法生产氯乙烯单体通常先用煤和石灰石作为原料生产碳化钙，碳化钙再与水混合制造乙炔。乙炔再以氯化汞作催化剂与无水氯化氢反应生成氯乙烯单体。

因原料成本和能耗很高，该技术除在中国外已不再使用。该技术在中国之所以经济上还可行，是因为所有原材料都可以从国内买到，而且因为廉价煤炭易得，材料和能源的价格都较低，另外资本成本比其他低，还有此工艺易于与 PVC 的生产整合。

乙炔法生产氯乙烯单体能耗高，污染重，包括有汞随同反应产生的气体排出。另外因为中国的电力供应已经比较紧张，有人担心中国扩大乙炔法生产的规模将导致电力短缺（ICIS，2008 年）。

环境署《汞清单工具包》对氯乙烯单体生产汞使用量的默认输入因数为每生产一公吨氯乙烯单体用汞 100 至 140 克。该估算数据基于俄罗斯联邦 2002 年的数据，这一年俄罗斯联邦生产 130,000 公吨氯乙烯单体使用了 16 公吨汞（环境署，2005 年）。

代表性厂商：

以下为乙炔法生产氯乙烯单体的代表性厂商。

表 B3.1：乙炔法生产氯乙烯单体的代表性厂商

制造商名称	所在地	网址
宁夏英力特化工股份有限公司	中国宁夏石嘴山市	www.yinglitechem.com/en/main_en.htm
沈阳化工股份有限公司	中国辽宁沈阳	http://www.sychem.com/en/index_en.asp

替代工艺 1：乙烯法氯乙烯单体生产

工艺简介

乙烯法生产氯乙烯单体使用乙烯作为主要原料。乙烯被用于与氯反应制造二氯化乙烯。二氯化乙烯可以通过使用纯氯直接氯化制成，或通过使用氯化氢氧氯化制成。二氯化乙烯再通过热裂解生成氯乙烯单体。同时生成的副产品氯化氢，通过氧氯化过程被回收。

从 1960 年代开始，因乙炔法成本较高，氯乙烯单体生产已转向使用乙烯法。35%中国的氯乙烯单体生产和几乎所有中国以外的氯乙烯单体生产目前都使用乙烯法。

使用乙烯法生产一公吨聚氯乙烯，生产设备需要大约 3,500 千瓦时的电能，远远低于使用乙炔法生产一公吨聚氯乙烯需要的电能 6,500 至 7,000 千瓦时（ICIS，2003 年）。

代表性厂商：

以下为乙烯法生产氯乙烯单体的代表性厂商。

表 B3.2：乙烯法生产氯乙烯单体的代表性厂商

制造商名称	所在地	网址
陶氏化学公司	美国密歇根州 Midland	www.dow.com
台湾塑胶工业股份有限公司	台湾台北	www.fpc.com.tw/enfpc/suba1-1.htm
英力士公司	英国汉普郡 Lyndhurst	www.ineoschlor.com

替代工艺 2：乙烷法氯乙烯单体生产

工艺简介

乙烷法通过乙烷的直接氯化生产氯乙烯单体。该工艺的优点是原料成本低，使用的化学反应相对简单。乙烷的成本大概是乙烯成本的三分之一。主要缺点是需要较高的反应温度。而反应温度超过 500 摄氏度会导致腐蚀问题。有数家公司曾尝试开发乙烷法工艺，但要开发出反应温度低于 500 摄氏度的工艺一直是个挑战（cheresources.com，2008 年）。

一家名为英力士 ChlorVinyls 的公司，已经开发出一套反应温度维持在 400 摄氏度以下的工艺，该公司在德国威廉港市有一家试点工厂已经运行了数年，每年产量为 1,000 公吨。英力士的乙烷法与乙烯法相比能耗降低了 30%。因为试点工厂遇到副产品形成导致的问题，英力士目前没有建造商业规模工厂的计划（Littlewood， 2008 年）。

代表性厂商：

商业规模的乙烷法氯乙烯单体生产还不存在。

汞的需求和使用情况

下表载有氯乙烯单体生产的汞需求数据，由各国按环境署《索取资料书》的要求答复提供，或通过其他文件、包括使用环境署的《汞清单工具包》生成的报告提供。

表 B3.3：氯乙烯单体生产的汞需求

国别	数据来源	估计汞需求量/使用量（公吨/年）
中国	其他	264 – 352 (2000 年)[14] 610 (2004 年)[15]
俄罗斯	其他	15.5 (2002 年)[16]

[14] 环保总局，2005 年。

[15] 自然资源保护委员会，2006 年。

[16] 《北极理事会消除北极污染行动计划》， 2004年。

国别	数据来源	估计汞需求量/使用量（公吨/年）
智利	《索取资料书》	0
丹麦	《索取资料书》	0
法国	《索取资料书》	0
德国	《索取资料书》	0
日本	《索取资料书》	0
荷兰	《索取资料书》	0
挪威	《索取资料书》	0
菲律宾	《汞清单工具包》	0
瑞典	《索取资料书》	0
瑞士	《索取资料书》	0
英国	《索取资料书》	0
美国	《索取资料书》	0

据中国国家环保总局化学品登记中心估计，中国在 2004 年生产氯乙烯单体使用了 610 公吨汞，其中 50%被回收重新使用。中国 2004 年用于氯乙烯单体生产的汞的净消耗量估计为 320.4 公吨。到 2010 年，汞的总使用量预计将增长至超过 1,000 公吨（自然资源保护委员会，2006 年）。

一份为《北极理事会消除北极污染行动计划》准备的报告指出，2002 年有四家俄罗斯氯乙烯单体制造商在使用乙炔法。该四家工厂的汞消耗总量为 15.5 公吨。据估计，这一总量中有 0.1%排入空气，0.1%随废水排出，30%从用掉的催化剂中收回，70%留在盐酸中。盐酸中的汞大约有 8 公吨被收回。剩余的含汞盐酸被卖掉用于其他用途，包括石油天然气产业的油井和天然气井处理（《北极理事会消除北极污染行动计划》，2004 年）。

汞替代等级和使用替代工艺的经验

各国积累了一些与用无汞生产工艺替代使用汞的氯乙烯单体生产工艺相关的技术变革经验或使用替代工艺的经验，下表列出了各国提供的有关这些经验的信息。表中信息来自对环境署《索取资料书》的答复、《汞清单工具包》或其他信息来源。部分内容在《索取资料书》答复内容基础上作了简化或修改。

表 B3.4：答复替代等级为“2”级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代工艺的经验 “2”级－替代工艺存在并且使用广泛
法国	《索取资料书》	所有工厂都使用无汞的乙烯法。
德国	《索取资料书》	未提供用于此项评估的经验数据。
伊朗	《索取资料书》	伊朗报告的替代等级为 1 至 2 级。所有单位的排放都必须符合能源部颁布的环境标准和基准水平。
日本	《索取资料书》	现已不再有汞催化剂工艺用于制造氯乙烯单体。以氯化汞作催化剂的碳化物－乙炔工艺在 1960 年代之前用于制造氯乙烯单体。之后由于电价上升已改用二氯化乙烯法和氧氯化法。
荷兰	《索取资料书》	氯乙烯单体使用乙烯和氯化氢或二氯化乙烯生产。这些基于乙烯的工艺不使用汞作催化剂。
挪威	《索取资料书》	挪威在这一产业中没有使用汞。
瑞典	《索取资料书》	1970 年起有一家工厂一直使用乙烯法，取代原来的使用乙炔法（以氯化汞作催化剂）的工厂。改用无汞工艺从经济上和环境上来说都较为成功。

表 B3.5：未答复替代等级的国家

国别	数据来源	技术变革/使用替代工艺的经验 未答复替代等级
柬埔寨	《汞清单工具包》	柬埔寨没有与在工业生产中故意使用汞有关的活动。
智利	《汞清单工具包》	不适用于智利。
丹麦	《索取资料书》	从未有过这一行业。
德国	《索取资料书》	不相关。
瑞士	《索取资料书》	该工艺没有在瑞士使用。
美国	《索取资料书》	美国没有乙炔法氯乙烯单体生产活动。

6 个国家报告的氯乙烯单体生产替代等级为“2”级，1 个国家（瑞典）为“1-2”级。答复水平为“2”级表示替代工艺在这些国家已有提供并且使用广泛。以上 7 个国家中，5 个为欧洲国家。这些国家中有 4 个报告其所有氯乙烯单体生产都使用无汞工艺。

关于氯乙烯单体生产的总结

中国是最大的聚氯乙烯生产国，2007 年占全球市场的 32%。中国有 65%聚氯乙烯生产自用氯化汞作催化剂的乙炔法生产的氯乙烯单体。（KGI，2008 年）2006 年中国估计有 80 家氯乙烯单体工厂。其中 71 家使用乙炔法生产，每家工厂的年产量平均为 85,000 公吨（Chemsystems.com，2008 年）。

近年来，由于聚氯乙烯需求增加，并且相比乙烯法生产，经济因素促使工厂偏好乙炔法生产，中国还新建了更多乙炔法氯乙烯单体生产工厂。使用乙炔法的氯乙烯单体生产产能的增长速度与使用乙烯法的这一速度一样快甚至更快。中国廉价煤炭丰富，而煤炭是乙炔法生产的主要原材料。中国的乙烯供应有限，这也成为乙炔法生产成为优选的一个经济因素。

不过一些迹象表明乙炔法可能正在失去对乙烯法的某些经济优势。从 2007 年到 2008 年，中国的煤炭价格增长了很多。而由于中东产能的扩大，乙烯的价格最近已有下降。另外，中国政府也在努力降低高能耗、高污染和低附加值产品的出口，2007 年将聚氯乙烯出口退税率从 11%降到了 5%（KGI，2008 年）。

下表列出了氯乙烯单体生产汞替代等级的量化明细。

表 B3.6：各国关于替代等级的答复

替代等级	答复国家数量	答复国家比例
2	6	86%
1-2	1	14%
1	0	0%
0	0	0%

86%的《索取资料书》答复声称，与氯乙烯单体生产中汞催化剂的使用相关的替代工艺市场上已有提供并且使用广泛。结合全球大部分氯乙烯单体都使用无汞工艺生产这一事实，这些答复表明成功过渡已经实现。向无汞工艺的进一步过渡将取决于中国的因素，包括原材料成本和供应情况，能源成本，以及政府法规。

表 B3.7：氯乙烯单体替代概况

氯乙烯单体生产	是否找到替代技术	过渡可行性
乙炔法	是	可行性各地不同

结论：

本报告提供的结论主要基于 33 个国家对《索取资料书》和《汞清单工具包》的答复。这些答复在产品/工艺层面上和以遍布于北美、南美、欧洲、非洲和亚洲的不同国家为统计机构提供了重要的汞需求数据。《索取资料书》以特定的格式征询需求和替代信息。统一的格式为汇总和分析许多国家提供的数据提供了便利。《汞清单工具包》为各个国家估算不同类别产品和工艺的汞需求提供了一致的准则。

不过，在收到的 33 份答复中，有很多份含有某些类别产品和工艺的数据差异。比如，33 份答复中有 10 份包含涉及电子和电气产品的需求信息，有 8 份包含涉及恒温器的需求信息。另外，《索取资料书》中答复的估计汞需求信息往往包含不同年份的数据，某些答复甚至提供了早至 2001 年的数据。因此不可能凭借各国的《索取资料书》答复推算区域性或全球的汞需求总量。

对于计量和控制仪器、电池、电气/电子仪器以及灯具/照明产品，《索取资料书》答复中报告的估计汞需求也有类似特点。对于这些产品来说，报告汞需求最高的来自两类国家，一是国内生产某一特定含汞产品很多或使用特定耗汞工艺很普遍的国家，二是使用《汞清单工具包》估算汞需求的国家。

本报告涉及的绝大部分产品和工艺的替代技术报告中都有指出。如果报告就特定产品类别指出了至少一种市场上已有提供的替代品和产品的制造商，或就某一特定工艺类别指出了至少一种市场上已有提供的替代工艺，则替代技术被认为“已找到”。

为本报告的目的，如果超过 50%的《索取资料书》答复国家提供的替代等级为“2”级（替代技术存在并且使用广泛）且没有报告负面的过渡经验，并且两个或两个以上《索取资料书》答复国家的汞年需求为零，或因已经施行产品/工艺的禁令到 2009 年汞需求会降为零，则过渡成功被认为“已证实”。

已证实过渡成功

根据各国的答复，可以得知多项产品和工艺具有可用的替代技术，目前已证实可以实现向这些无汞替代方案的成功过渡。这些产品和工艺如下：

- 温度计：已确定多项替代技术（例如：液体温度计、刻度温度计和数字式温度计）。53%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 5 个国家报告称，他们对含汞温度计的需求量为零。然而，有 4 个国家报告的替代等级为“1”，这说明此类无汞替代品的成本比较高。

- 血压计：已确定两项关键的替代技术：无液体测量计和电子测量计。69%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 3 个国家报告称，他们对含汞血压计的需求量为零。

- 自动调温器：已确定两项关键替代技术：机械式自动调温器和电子自动调温器。82%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 5 个国家报告称，他们对含汞自动调温器的需求量为零。

- 电池（非微型电池）：糊状圆柱形锌锰电池、纸板式圆柱形锌锰电池、碱性圆柱形锌锰电池和氧化汞电池都有商业上可用的替代品（例如：锰碱电池）。76%的

答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 6 个国家报告称，他们对含汞非微型电池的需求量为零。

- 开关和继电器：各类含汞开关和继电器的替代技术种类繁多。70%的答复者表示，这些替代品可在市场上买到，而且经常使用，目前未报告有任何负面反应。另外，有 4 个国家报告称，他们对含汞开关和继电器的需求量为零。

- 高强度放电汽车灯（氙气大灯）：汽车制造商在一些高档豪华汽车或高性能汽车上使用含汞的高强度放电前大灯，而绝大多数汽车都使用不含汞的卤灯。氙气大灯前大灯比卤灯贵，但它也有很多优点，比如：能够提高夜间可见度、尺寸比较小、使用寿命长、使用效率高等。希望得到与氙气大灯前大灯类似性能优点的汽车制造商现在可选择两项最新开发的无汞技术：使用碘化锌取代汞的氙气大灯和发光二极管前大灯。

- 氯碱的生产：世界上许多有汞极电池的氯碱生产厂的国家都在通过关闭汞极电池氯碱设施，大幅降低汞的使用量，通过改良操作工艺，减少汞的排放，或将汞极电池工艺成功转变为隔膜电池工艺。此外，在欧洲和印度，许多行业都承诺关闭汞极电池的氯碱生产设施或改变相关的工艺。虽然从汞极电池工艺转变为隔膜电池工艺在技术上可行，但转变的成本会因各地现场情况的不同而有所变化。影响转变成本的重要因素包括增加产能的需求、能量消耗以及与汞极电池生产设施使用寿命相关的维修成本。据报告，完成从汞极电池到隔膜电池转变，有利于减少能量消耗、减少维修保养需求、消除治理汞的问题。关于氯碱生产，约 89%《索取资料书》答复的替代等级评定为“2”级；目前在向无汞替代方案的转化方面，没有收到任何负面的答复。另外，有 10 个国家报告称，预计对汞的需求量为零。

可用的替代技术 – 已查明挑战

下列产品和工艺虽然都有可用的替代技术，但已确定在经济、技术、社会和（或）制度方面仍然存在一定挑战。这些挑战必须在替代技术在全球全面实施之前加以解决。

- 氧化银、锌-空气、碱性和氧化汞微型电池：无汞微型电池可作为这些含汞产品的替代品。然而，这些替代品的效用受到限制，无法满足许多微型电池的应用需求。尽管如此，美国在国家一级全面禁止使用含汞产品的禁令仍将在 2011 年前生效，以便于制造商有足够的时间开发出应用最为广泛的无汞微型电池。

- 牙科用汞合金： 牙科用汞合金的无汞替代品包括合成材料和玻璃离聚材料。这些替代品可与牙齿的颜色匹配，外观质量要求比较高的场合也可广泛使用。同时，使用这些替代品的好处还在于它们不要求专门处理牙腔填料时产生的废弃物质。这些替代品的成本比较高而且放置需要花费很长时间、而且抗断裂、磨损的能力较差。3 个国家（丹麦、挪威、瑞典）已决定使用替代品取代汞合金，并且决定从 2008 年起禁止使用牙齿用汞合金。8 个国家（占目前所收到的与汞的使用相关的答复数量的 50%）表示，在这些国家可获得相关的替代品，而且经常使用。尽管目前已证实在一些国家已成功过渡，但是替代品高昂的费用必将妨碍今后不再使用牙科用汞合金的过渡。有 4 个国家反映使用替代品的成本比较高。

- 液晶显示器（LCD）的背光灯装置：目前膝上型计算机和电视机都可使用无汞发光二极管（LED）的液晶显示器（LCD）。LED 背光灯技术与广泛使用的冷阴极荧光背景灯比较，在性能上有一定的优势：使用寿命更长、对比度更高、降低能能耗的潜力更大等。LED 背光技术仍在不断发展演变，而且成本更高，实现向这一技术的成功过渡可能需要重新设计使用 LCD 显示的产品。

- 线性荧光灯和紧密型荧光灯：目前，LED 灯可作为线性荧光灯和紧密型荧光灯的替代品，但这些 LED 灯由于发光效率较低而成本较高，只适合于少数几种应用环境。LED 灯由于使用寿命长、能效高，有可能成为荧光灯的有效替代品，但要想实现这一可能，必须进一步提高技术水平。

- 氙气大灯（非汽车用）： 氙气大灯的无汞替代品目前除少数特殊情况外，仍不详。然而，现已确定多项无汞灯技术有可能取代含汞的氙气大灯，其中包括：LED 灯、使用氧化锌代替汞的金属卤化物灯以及无汞高压钠灯。

- 小规模、手工金矿的开采： 目前可采用无汞技术取代汞金矿开采工艺。然而，实现远离汞的成功过渡可能要求开展大规模的教育培训，努力克服文化、后勤保障和经济上的障碍，减少低价汞的供应等。

各地具体实施的可行性

在评价实施无汞工艺的经济可行性之前，应确定要求开展现场具体情况分析的下列工艺：

- 氯乙烯单体（VCM）的生产：由于能量要求低、原材料成本低，因此除中国和俄罗斯外，几乎所有国家的 VCM 制造商都转向基于无汞乙烯的工艺。在中国，由于受包括煤的成本低廉以及基于乙烯的工艺所需乙烯的获取受到限制等在内的相关因素的影响，使用汞并同时采用乙炔工艺生产 VCM 在经济上仍然非常划算。由于中国将使用更多采取乙炔工艺扩大其 VCM 的产量，因此中国 VCM 生产的用汞量有望增加。

未来追踪答复国家的情况，提供更多的汞需求和汞替代数据以弥补现有数据差异，会有助于验证甚至优化本报告的调查结果和结论。另外，追踪未答复国家的情况，请他们先提供对《索取资料书》的答复，会提供对全球无汞替代技术使用情况的进一步认识。

资料来源

导言和方法:

联合国环境规划署，《关于产品和工艺中的汞、使用数量、需求、替代等级、技术变革以及现有替代技术的〈索取资料书〉》，2007 年 12 月。

联合国环境规划署，《汞问题不限成员名额特设工作组关于其第一次会议工作情况的报告》，2007 年 11 月 28 日。

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

计量和控制装置:

ACAP, Assessment of mercury releases from the Russian Federation. Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision and Danish Environment Protection Agency for Arctic Council. December 2004.

Air & Water, Inc., www.air-n-water.com, April 2008.

AllHeart, www.allheart.com, April 2008.

Amazon, www.amazon.com, April 2008.

AZ Partsmaster, www.azpartsmaster.com, April 2008

Canzanello, Vincent, et al., Are Aneroid Sphygmomanometers Accurate in Hospital and Clinical Settings?, Archives of Internal Medicine, Vol. 161, No. 5, March 12, 2001.

Electric Supplies Online, www.electricsuppliesonline.com, April 2008

Global Village of Beijing, Market Research Report on Chinese Mercury-free Thermometers and Sphygmomanometers, November 22, 2007.

Healthy Heart Help, www.healthyhearthelp.com, April 2008.

KemI, Report No. 7/05 Mercury-free blood pressure measurement equipment – Experiences in the Swedish Healthcare Sector, 2005.

Lassen, Carsten, and Maag, Jakob, “Alternatives to Mercury- containing Measuring Devices”, Environmental Project No. 1102, 2006.

Lowell Center for Sustainable Production, A Review of Thermostat Energy Efficiency and Pricing, May 12, 2003.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products, January 2003.

Lowell Center for Sustainable Production, Sustainable Hospitals Project, www.sustainablehospitals.org, April 2008.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

制造商所在地、产品和价格信息：载于具有代表性的制造商表格中所列制造商网站。

Miller Thermometer Company, www.millerthermometer.com, April 2008.

Natural Resources Defense Council, Research Analysis Report on Mercury Use in China 2003 – 2005 – The Measuring Devices Industry of China, May 2007.

Nextag, www.nextag.com, April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), IMERC Database, www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc, April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, June 2008.

Novatech, www.novatech-usa.com, April 2008.

Promed Products, www.promedproducts.com, April 2008.

Prothermostats, www.prothermostats.com, April 2008.

Supplierlist, www.supplierlist.com, June 2008.

Thermostat Shop, www.thermostatshop.com, April 2008.

QA Supplies, www.qasupplies.com, April 2008.

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

Vitality Medical, www.vitalitymedical.com, April 2008.

Welch Allyn, Service Manual Aneroid Sphygmomanometers, 95P504 Rev. D.

电池：

AtBatt, www.atbatt.com, April, 2008.

Batteries.com, www.batteries.com, April 2008.

China Chemicals Registration Center, State Environmental Protection Administration, "China Mercury-related Information Analysis Report", April 2005.

Feng, Xinbin, Mercury Pollution in China – An Overview, Table 3. In: Pirrone, N., Mahaffey, K. (Eds.), Dynamics of Mercury Pollution on Regional and Global Scales: Atmospheric Processes, Human Exposure Around the World. Springer Publishers, Norwell, MA, USA, pp. 657-678.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Miniature Batteries Containing Mercury, December 17, 2004.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

制造商所在地、产品和价格信息：载于具有代表性的制造商表格中所列制造商网站。

MD Battery, Varta V625U, PX625A, Lr9, 1.5V Alkaline Battery, www.mdbattery.com, June 2008.

Microbattery, http://shopping.microbattery.com, April 2008.

National Electrical Manufacturers Association (NEMA), Press Release, NEMA Announces Battery Industry Commitment to Eliminating Mercury in Button Cells, March 2, 2006, http://www.nema.org/media/pr/20060302a.cfm.

National Resources Defense Council (NRDC), NRDC Submission to UNEP In Response to March 2006 Request for Information On Mercury Supply, Demand, and Trade, www.chem.unep.ch.

Nextag Comparison Shopping, www.nextag.com, April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), IMERC Database, www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc, April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, June 2008.

Radioshack, Mercuric Oxide Batteries, http://support.radioshack.com, April 2008.

Small Battery Company, Mercury Replacement Battery Catalogue, http://www.smallbattery.company.org.uk/sbc_mercury_catalogue.htm, June 2008.

State of Maine, Maine Revised Statutes, http://janus.state.me.us/legis/statutes/38/title38sec1661-C.html.

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

Walgreens, www.walgreeens.com, April 2008.

Xiaodong, Jian, China Ministry of the Environment, email communication, May 20, 2008.

牙科用产品：

About Cosmetic Dentistry, www.aboutcosmeticdentistry.com, accessed on May 19, 2008.

ADA, American Dental Association, Dental Fillings Facts, www.ada.org, accessed on April 16, 2008.

Atlanta Dental, http://www.atlantadental.com/default.aspx

Christensen, GJ, Compomers vs. Resin-reinforced Glass Ionomers, *J Am Dent Assoc* 1997;128;479-480.

Colgate-Palmolive Company, Oral & Dental Health Basics – Types of Fillings, http://www.colgate.com/app/Colgate/US/OC/Information/OralHealthBasics/CheckupsDentProc/Fillings/TypesOfFillings.cvsp, accessed on May 13, 2008.

Cost Helper, How Much Does a Cavity Filling Cost?, www.costhelper.com/cost/health/cavity-filling.html, accessed on May 19, 2008.

Dentsply Caulk, http://www.caulk.com/Index.html

www.free-ed.net, Fundamentals of Dental Materials, http://www.free-ed.net/sweethaven/medtech/dental/dentmat/lessonMain.asp?iNum=fra0105, accessed on May 13, 2008.

Holt Dental Supply, Inc., http://www.holtdentalsupply.com/

Johnstone, Greg, Let's Talk Dental Fillings, Consumer Guide to Dentistry, www.yourdentistryguide.com/, accessed on May 19, 2008.

KemI, Report No. 4/04. Mercury – Investigation of a General Ban, 2004.

制造商所在地、产品和价格信息：载于具有代表性的制造商表格中所列制造商和零售商网站。

Mitra, Sumita B. et al, An Application of Nanotechnology in Advanced Dental Materials, *J Am Dent Assoc* 2003; 134; 1382-1390.

Net32, http://www.net32.com/, accessed on May 14, 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), IMERC Database, www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc, April 2008

Pearson Dental, http://www.pearsondental.com/

Pediatric Dental Health, Should Children Have White Dental Fillings?, November 1, 2001, www.dentalresource.org/topic33whitefilling.htm, accessed on May 13, 2008.

PR Newswire, Dental Mercury Use Banned in Norway, Sweden and Denmark Because Composites Are Adequate Replacement, January 3, 2008, http://www.prnewswire.com/cgi-bin/stories.pl?ACCT=104&STORY=/www/story/01-03-2008/0004729824&EDATE, website accessed May 13, 2008.

SEPA, China Chemicals Registration Center, State Environmental Protection Administration, "China Mercury-related Information Analysis Report", April 2005.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

电气和电子设备：

Amazon, www.amazon.com, April 2008.

Dean Bennett Supply, www.aermotorwindmills.com, April 2008.

Digikey, http://parts.digikey.com, April 2008.

Drillspot, www.drillspot.com, April 2008.

Lesman Online, Lesman Online Pressure, Temperature, Level, Flow, Analytical Products, www.lesman.com, April 2008.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products, January 2003.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

制造商所在地、产品和价格信息：载于具有代表性的制造商表格中所列制造商网站。

MOR Electric Heating Association, www.heatersplus.com, April 2008.

Mouser, Mouser Catalog, www.mouser.com, April 2008.

Newark, Electromechanical and Industrial Control, www.newark.com, April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), IMERC Database, www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc, April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, June 2008.

SJ Greatdeals, www.sjgreatdeals.com, April 2008.

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

灯具/照明产品：

AlbEO Tecnologies, Inc., www.albeotech.com, June 2008.

Amazon.com, Inc. www.amazon.com, June 2008.

Apple Inc., www.apple.com, June 2008.

AutoZone Inc., www.autozone.com, June 2008.

Bulbs.com, www.bulbs.com, June 2008.

C. Crane Co. Inc., www.ccrane.com, June 2008.

Crutchfield Corp. www.crutchfield.com, June 2008.

eAutoWorks.com, www.eautoworks.com, June 2008.

EdisonLED.com, www.edisonled.com, June 2008.

Energy Federation Inc., www.energyfederation.org, June 2008.

EverLED, www.everled.com, June 2008.

Dell Inc., www.dell.com, June 2008.

General Electric Company, www.ge.com, June 2008.

Hasek, Glenn, On the Horizon and Here Today: LED Alternatives to Linear Fluorescents, Green Lodging News, www.greenlodgingnews.com, March 4, 2008.

Ilumisys, Inc., www.ilumisys.com, April 2008.

LEDdynamics, Inc., www.EverLED.com, April, 2008.

LED Liquidators, Inc., www.ledliquidatorsinc.com, June 2008.

Lightingonthenet.com, www.lightingonthenet.com, June 2008.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

制造商所在地、产品和价格信息：载于具有代表性的制造商表格中所列制造商和零售商网站。

National Automotive Parts Association (NAPA), www.napaonline.com, June 2008.

Natural Resources Defense Council (NRDC), Survey and Research on the Status of Use of Mercury in China’s Electric Light Source Industry, Chemical Registration Center of State Environmental Protection Administration of China, 2007.

Northeast Waste Management Official’s Association (NEWMOA), IMERC Database, www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc, April 2008

Northeast Waste Management Official’s Association (NEWMOA), Mercury Use in Lighting, http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/lighting.pdf, June 2006.

Northeast Waste Management Official’s Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of the Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse (IMERC) Mercury-added Products Database, June 2008

Osram Sylvania, www.sylvania.com, June 2008.

Ramroth, Laurie, Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp, Rocky Mountain Institute, February 2008.

Samsung Electronics Co. Ltd., www.samsung.com, April, 2008.

Shenzhen Dicolor Optoelectronics Co. Ltd., www.dicolor.cn, June 2008.

Super Bright LEDs Inc., www.superbrightleds.com, June 2008.

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, http://www.netl.doe.gov/ssl/publications/publications-factsheets.htm, June 2008.

Woodyard, Chris, Healy, James R., Car buyers to see the light in LEDs, USA Today, November 1, 2006.

其他产品：

Baird, David M., Lighthouses, The Canadian Encyclopedia, www.thecanadianencyclopedia.com, accessed on July 15, 2008.

Jacovella, France, Canadian Information to Support Intersessional Work of the OEWG, January 31, 2008.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541).

Shultz, Denise and Paul Shultz, Pharology 101 – Mercury Float, Lighthouses of Australia Inc. Monthly Bulletin, May/June 2005 – Vol 8 No. 3.

Toxics Use Reduction Institute (TURI), Five Chemical Alternatives Assessment Study, June 2006.

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

氯碱生产：

Andersson, Caroline, Counsellor Regulatory and Environmental Affairs, Euro Chlor, email communication, May 27, 2008.

Berthiaume, Sylvie, et. al., SRI International, Chemical Economics Handbook, Chlorine/Sodium Hydroxide, 2000.

Euro Chlor, Position Paper on Mercury, February 12, 2008.

Eur Chlor, Chlorine Plants January 2005, http://www.eurochlor.org/plants.

European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry, December 2001.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541).

联合国环境规划署，《氯碱业伙伴关系领域减汞业务计划草案》，2008 年 2 月 26 日。

联合国环境规划署，《汞的供应、贸易和需求信息摘要》，2006 年 11 月

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

小型/个体金矿开采：

ACAP, Assessment of mercury releases from the Russian Federation. Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision and Danish Environment Protection Agency for Arctic Council. December 2004.

Cleangold, LLC, www.cleangold.com, June 2008.

Gunson, A.J., Veiga, M.M., Mercury and Artisanal Mining in China, *Environmental Practice*, 2004, 6:109-120.

Hylander, Lars D., et al, Comparison of Different Gold Recovery Methods with Regard to Pollution Control and Efficiency, *Clean*, 2007, 35(1), 52-61.

IE-TEC Marketing Limited, www.extrac-tec.com, May 2008.

Knelson, www.knelson.com, June 2008.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

Minerals Council of Australia, www.minerals.org.au, accessed on May 21, 2008.

Mintek, www.mintek.co.za, June 2008.

Oppenheimer, Greg, IE-TEC Marketing Limited, email correspondence, May 21, 2008.

UNIDO, Global Mercury Project, Report to the UNEP Governing Council Meeting, Nairobi, February 2007, Global Impacts of Mercury Supply and Demand in Small-Scale Gold Mining, October 2006.

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。

Veiga, Marcello, Global Mercury Project, Equipment Specification for the Demonstration Units in Zimbabwe, March 2004.

Veiga, Marcello M., et al, Origin of Mercury in Artisanal and Small-scale Gold Mining, *J. Cleaner Prod.* 2006, 14, 436-447.

Vieira, Rickford, Mercury-free Gold Mining Technologies: Possibilities for Adoption in the Guianas, *J. Cleaner Prod.* 2006, 14, 448-454.

氯乙烯单体生产：

ACAP, Assessment of mercury releases from the Russian Federation. Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision and Danish Environment Protection Agency for Arctic Council. December 2004.

Chemsystems.com, PERP Program – Acetylene-Based VCM, http://www.chemsystems.com/about/cs/news/items/PERP%200506S4%20Acetylene%20Based%20VCM.cfm, accessed on June 3, 2008.

Cheresources.com, VCM from Ethane Becomes Profitable, http://www.cheresources.com/vcm.shtml, accessed on April 4, 2008.

Doa, Maria, Commodity-Grade Mercury Global Supply, Demand, and Movement, Commodity-Grade Mercury Stakeholder Meeting, May 8, 2007, http://www.epa.gov/mercury/stocks/20070508.htm, accessed on June 3, 2008.

The Dow Chemical Company, Product Safety Assessment Vinyl Chloride Monomer, January 2007.

European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry, February 2003.

ICIS, Impact of Costs Shrugged Off, December 15, 2003, http://www.icis.com/Articles/2003/12/16/542742/impact-of-costs-shrugged-off.html, accessed on June 2, 2008.

ICIS, Vinyl Chloride Monomer (VCM) Prices and Pricing Information, accessed at http://www.icis.com/v2/chemicals/9076567/vinyl-chloride/pricing.html, on April 4, 2008.

ICIS, Vinyl Chloride Monomer (VCM) Uses and Market Data, accessed at http://www.icis.com/v2/chemicals/9076568/vinyl-chloride/uses.html, on April 4, 2008.

KGI, http://research.kgieworld.co.th/recom.nsf/0/56FB5A0B162894F74725741100068AD9/$file/Short+Report_TPC_2008_03_19_e_th.pdf, accessed June 2, 2008.

Linak, Eric et. al., “Vinyl Chloride Monomer (VCM),”Chemical Economics Handbook Product Review, SRI International, October, 2003.

Littlewood, Andrew, INEOS ChlorVinyls, email correspondence, June 3, 2008.

National Resources Defense Council (NRDC), NRDC Submission to UNEP In Response to March 2006 Request for Information On Mercury Supply, Demand, and Trade, www.chem.unep.ch.

SEPA, China Chemicals Registration Center, State Environmental Protection Administration, “China Mercury-related Information Analysis Report”, April 2005.

联合国环境规划署，《汞排放的查明和量化工具包》，试行草案，2005 年 11 月。