



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—10日

临时议程*项目3

审查和评估强化自愿措施以及新的或现行国际法律文书的备选办法

关于目前汞的供求情况的报告，包括考虑到淘汰初级汞开采的预测

秘书处的说明

增编

本增编附件内载有UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/6内提到的报告全文。

* UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/1。

附件



联合国环境规划署

化学品处



满足预测的汞需求而无需初级汞矿开采

应汞问题不限成员名额特设工作组的请求编写

2008年7月

执行摘要

1. 关于这项研究的理由陈述

环境署理事会设立了汞问题不限成员名额特设工作组，以审查和评估解决全球性汞问题的强化自愿措施和新的或现有的国际法律文书的各种备选办法。一个最高优先事项是减少对全球市场的汞供应量，特别着重于淘汰（来自汞矿的）新的汞的生产量，因为这种汞直接增加了在经济部门中流通的汞的全部数量。2007年11月，工作组请环境署秘书处进行研究，特别考虑到目前在吉尔吉斯斯坦进行的用于出口的汞采矿，如果逐步淘汰汞开采，是否可以满足今后的汞需求。

2. 初级采矿供应的汞

吉尔吉斯斯坦是目前大量开采汞用于出口的唯一国家。中国开采汞是为了满足其本国的需要，而并不出口液体汞，而西班牙和阿尔及利亚的汞矿已经关闭，因此不再向全球市场供应汞（见以下表格）。

主要汞矿生产，2000—2005

汞采矿（公吨）	2000	2001	2002	2003	2004	2005
西班牙	236	523	727	745	0	0
阿尔及利亚	216	320	307	234	90	0
中国	203	193	495	612	700-1140	800-1094
吉尔吉斯斯坦	590	574	542	397	488	304

3. 全球汞消费量

以下表格列明了按主要用途分类的2005年汞消费量以及到2015年为止的今后消费量的预测。表中叙述了两种今后的设想。第一种设想代表最高的今后消费量，反映了各种趋势、立法和已经采取的适中的举措。第二种设想¹反映了含汞产品中汞消费量的低水平。这些目标将在一定程度上取决于比较渐近的措施，例如新的政策举措、特别供资或尚未确认的其他鼓励措施。

¹ 由环境署全球汞伙伴关系在产品伙伴关系领域中减少汞的范围内制定。

全球汞消费量，2005—2015

应用	消费量范围 2005 (吨)	至 2015 年为止的保守的 “现状”预测	针对 2015 年的比较渐近的环境 署产品伙伴关系目标
手工采矿	650 - 1000	无重大变化	不适用*
单体氯乙烯/聚氯乙烯	715 - 825	增加到 1250, 随后逐步减少	不适用*
氯碱	450 - 550	减少 30%	不适用*
电池	260 - 450	减少 50%	减少 75%
牙科用汞合金	300 - 400	减少 10%	减少 15%
测量和控制装置	300 - 350	减少 45%	减少 60%
灯具	120 - 150	减少 10%	减少 20%
电器和电子装置	170 - 210	减少 40%	减少 55%
其他应用	200 - 420	减少 15%	减少 25%
消费量合计	3,165 - 4,365		
再循环和回收的汞	(650 - 830)	从消费量的 20% 增加到大约 28%	不适用*
净消费量	2,500 - 3,500		

*不包括在产品伙伴关系之内

在多数情况下，预计到2015年汞消费量会下降。然而如果不努力集中解决手工黄金采矿中的汞用途，就无法预计汞的这种消费量会有所减少。同样，尽管中国政府采取了初步的措施，但单体氯乙烯和聚氯乙烯生产中的汞消费量预计会进一步增加，然后才会下降。

4. 今后的汞消费量相对汞供应量

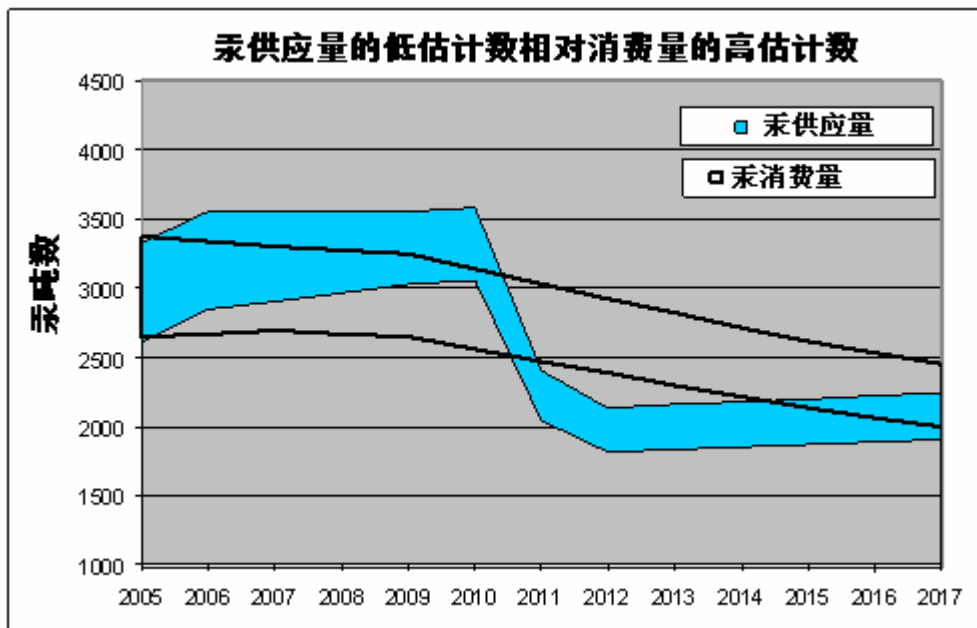
关于今后的10年，本报告假定汞供应的三次严重中断。最重要的是，欧洲联盟对汞出口的禁止将于2011年生效。这将从全球供应中排除主要从欧盟氯碱工业中回收的汞，以及矿砂熔炼和天然气提纯产生的汞。

供应的第二次中断是吉尔吉斯斯坦可能淘汰汞采矿。本分析报告要求考虑到关闭所有初级汞矿开采的影响，假定仅仅为了这一目的，采矿生产将于2011年停止。报告指出，吉尔吉斯斯坦用于商业开发的现有储备将仅仅可以再维持8至10年的目前水平的生产，即使在没有作出关闭汞矿的政策决定的情况下，汞生产量随后也会下降。

第三次中断是为了确保这种分析考虑到“最糟情况”的汞供应设想而列入的，假定根据有限的采矿储备量，从2012年起中国汞采矿量有所下降。

这些中断具有附加效应，而以下关于今后汞供应和消费的图表反映了这种中断，将汞供应量的较低估计数与汞消费量的较高估计数作一比较，以便展现“最糟情况”的设想。

今后的全球汞供应量相对消费量



这一数据反映了各种供应中断情况，表明了2011—2012年期间汞供应量的急剧下降。

然而即使发生这种“最糟情况”的设想，相对2005—2017年整个时期的消费量而言的汞供应量的累积性赤字仅仅为1500—1600吨，即占2005年全球消费量的一半。过去10年里，汞市场上的通常情况是，有几年汞供应过剩，因此储存起来，以后在供应不足时加以利用。

然而如果今后可能需要进一步供应汞的时候，可能会有其他来源来弥补赤字。此外，如果有必要，应该在一定程度上灵活地对待吉尔吉斯斯坦汞矿可能关闭的日期。

5. 替代性汞来源

除了采矿以外，还有一些其他汞来源，通常可以用来满足需求。最重要的来源是氯工业产生的汞。在生产“基本单位”末端，汞工艺正常运作需要大量的汞，如果“汞电池氯碱”设施关闭或转换成无汞工艺，就可从电池上清除汞。

尽管不是同一种意义上的汞“来源”，但从各种产品（温度计、牙科填料、日光灯、电池）和其他制造工艺中再循环或回收的汞也可减少重新开采汞的需要。同样也可以从氯碱工业产生的淤泥和废料中回收汞。

西班牙拥有单一组织持有的商用汞的最大库存。这种库存是在几年里从各种来源累积起来，并按照需要继续向现在已经关闭的汞矿的许多长期客户出售。

锌、铜、铅和其他非铁矿砂中往往含有微量汞浓聚物。由于熔炼工艺的温度很高，微量汞通常排放到大气层中，除非在排放之前有意加以捕获。由于全球加工的矿砂的数量巨大，可能从这些“副产品”来源中取得的汞的数量极大。同样，多数天然气含有微量汞，而在天然气“提纯”时通常被去除。

这些来源提供的汞的数量每年变化很大。由于这些数量不同，它们能够比较迅速地满足正在变化的需求。然而与此同时，由于其数量各异，因此难以比较精确地监督这些来源。

以下表格概述了以上叙述的汞的主要来源。目前主要来源是开采的汞和从氯碱工业回收的汞。

全球汞供应量，2005

主要来源	汞供应量（公吨）
汞开采	1150-1500
其他矿砂产生的副产品汞，包括天然气提纯	410-580
从含汞产品和工艺回收的汞	a)
来自氯碱电池的汞（在废弃以后） ^{b)}	700-900
储存和库存	300-400
合计	2560-3380
注:	
a) 列入前一份表格以确定“净”汞消费量	
b) “来自氯碱电池的汞”是指废弃电池去除的元素汞。	

在有些情况下，寻求其他汞来源的成本是一个主要的考虑因素。在其他情况下，成本无关紧要。例如，由于再循环是一种越来越可行的废物处理办法，因此向再循环者发送汞废物的组织通常已经支付了从废物中回收汞的费用。另一方面，如果安装设备来去除工业烟道气体中的汞，仅仅是为了增加汞供应量，这种费用就会使人望而却步。

以下表格表明，可以从各种来源进一步回收大量的汞，成本最多50美元/千克，据认为这接近于现行汞价格，因此这些来源可以被视为可行的额外的资源。表格还进一步表明可以以目前价格4—5倍的价格提供的汞的数量。2003年中期至2005年中期出现了这种幅度的涨价，而且在预计2011—2012年期间供应紧张的情况下也会出现这种情况。

可以合理成本从主要来源回收的额外的汞（吨/年）

进一步从以下方面回收汞:	汞消费量	已经作为金属汞回收	以< 50美元/千克回收的额外的汞	以50 -100美元/千克回收的额外的汞
手工采矿	650-1000	~0	400-500	100-200
单体氯乙烯 / 聚氯乙烯生产	715-825	350	100-150	150-200
氯碱工业	450-550	100-120	80-100	80-100
牙科用贡合金	300-400	50-80	0	0
其他含汞产品、以及“其他”应用	1050-1580	150-250	100-200	100-200
副产品（有色金属采矿、天然气）来源	1100-1400	400-600	50-100	100-150
煤碳燃烧排放	~1500	极少	0	0
合计			750-1000	550-800

6. 主要意见

特别是经过这种分析，提出了两种主要的意见。首先，除了中国的目前情况以外，汞矿开采并非是必不可少的。吉尔吉斯斯坦多年来对全球汞供应的贡献是很重要的，但并非是必不可少的。西班牙和阿尔及利亚采矿作业在全球汞供应中所占的份额远远超过吉尔吉斯斯坦的汞矿，而这两个国家关闭采矿作业的最近经验表明，没有吉尔吉斯斯坦的初级汞，汞需求也很容易得到满足。

第二，经验还表明，全球汞市场上的各种因素按照基本市场原则有效地运作。西班牙关闭了重要的汞矿，随后阿尔及利亚于2003年和2004年仿而效之，因此汞价格急剧上涨。结果，全球产品中的汞消费量下降，而各种汞的非采矿来源努力满足需求。一旦取得了新的供求平衡，汞的价格就会在一定程度上得到缓解，但它仍然比2003年之前的水平高好几倍。

由于这些市场调整的因素多变，因此现在为了回收而处理的汞废物的品种和数量比以往更多，从废物流中分离出更多的含汞产品，产生了更多的副产品汞，现在储存了更多的汞，以应付今后供应中断的情况。换言之，全球汞供应更具多样性，而上涨的汞价格（且不论正在提高的对环境和健康问题的认识）继续对汞用户施加更大的压力，迫使他们进一步减少消费量并转向可行的无汞替代品。

在不进行汞开采的情况下满足汞需求的挑战

目录

在不进行汞开采的情况下满足汞需求的挑战	8
1 背景	10
1.1 全球目标.....	10
1.2 地区对策.....	10
1.2.1 降低汞需求量.....	10
1.2.2 降低汞供应量.....	10
1.3 分析报告的基本原理.....	11
2 2005-2017 年全球的汞消费量	12
2.1 背景.....	12
2.1.1 汞“消费量”.....	12
2.1.2 汞的“总”消费量.....	12
2.1.3 以2005年为基准年.....	12
2.1.4 世界各地.....	12
2.1.5 汞消费向南半球和东半球转移.....	12
2.2 汞的主要应用.....	12
2.2.1 手工作业金矿.....	13
2.2.2 氯乙烯单体生产.....	13
2.2.3 氯碱生产.....	13
2.2.4 电池.....	14
2.2.5 牙科应用.....	14
2.2.6 测量及控制仪器.....	15
2.2.7 灯类.....	15
2.2.8 电气电子设备.....	15
2.2.9 汞在其他方面的应用.....	16
2.3 数据不足时对汞消费量的估算.....	16
2.4 2005年各地区的汞消费量.....	19
2.4.1 中国个案研究.....	21
2.5 今后各行业的汞消费量.....	22
2.5.1 手工作业金矿.....	22
2.5.2 氯乙烯单体生产.....	23
2.5.3 氯碱生产.....	23
2.5.4 电池.....	24
2.5.5 牙科应用.....	24
2.5.6 测量及控制仪器.....	24
2.5.7 灯类.....	24
2.5.8 电气电子设备.....	25
2.5.9 汞在其他方面的应用.....	25
2.5.10 状况预测与环境署的目标.....	25
2.6 2005-2017年全球汞的总消费量.....	26
2.6.1 2005-2017年汞的总消费量.....	26
2.6.2 汞的再循环和回收.....	27
2.6.3 2005年-2017年汞的净消费量.....	28
3 2005-2017 年全球汞供应量	29
3.1 主要的汞供应来源.....	29
3.1.1 初级汞开采.....	29
3.1.2 氯碱业中的剩余汞量.....	32

3.1.3	汞副产品.....	33
3.1.4	汞存货或库存.....	35
3.1.5	2005 年全球汞供应量.....	36
3.1.6	欧洲联盟汞出口禁令的影响.....	37
3.2	2005 -2017 年的全球汞供应量.....	38
4	2005-2017 年全球汞（净）消费量与全球汞供应量	39
4.1	汞（净）消费量与供应量状况.....	39
4.2	对不确定性的说明	40
5	其他可调集的汞“来源”	40
5.1	供应方面的备选办法与需求方面的备选办法.....	41
5.2	调集更多汞的成本	42
5.2.1	加强手工作业金矿所用汞的再循环.....	42
5.2.2	加强氯乙烯单体/聚氯乙烯生产中所用汞的回收.....	42
5.2.3	加强氯碱废物中的汞回收.....	42
5.2.4	加强牙科汞合金和汞产品的分离、收集及回收.....	43
5.2.5	加强开采及冶炼过程中的汞回收.....	43
5.2.6	加强天然气净化废物中的汞回收.....	43
5.2.7	加强烟气中的汞回收.....	44
5.2.8	成为较为合理的其他来源的概要.....	44
6	意见.....	45
	参考文献.....	46

表格

表 2-1	地区人口及经济活动	17
表 2-2	按地区和主要应用途径分列的世界汞消费总量	19
表 2-3	中国的汞消费量	21
表 2-4	2015 年全球汞消费量预测	26
表 2-5	以吨计算的全球汞的总消费量（状况）	26
表 2-6	汞的再循环状况与实际潜力	27
表 2-7	2005 -2017 年全球汞的消费量（状况）（吨）	28
表 3-1	2000-2005 年西班牙汞矿年产量（公吨）	29
表 3-2	2000-2005 年中国汞矿年产量（公吨）	30
表 3-3	2004 年和 2005 年中国的汞供应量（公吨）	31
表 3-4	2000-2005 年吉尔吉斯斯坦的汞矿年产量（公吨）	31
表 3-5	2005-2015 年停用氯碱设施中释放的汞总量	33
表 3-6	2005 年全球汞副产品的产量.....	35
表 3-7	2005 年全球汞供应量	37
表 3-8	2100 年欧盟出口禁令生效后全球市场无法获得的汞.....	37
表 3-9	包括吉尔吉斯斯坦在内的全球汞供应量（状况）	38
表 3-10	不包括吉尔吉斯斯坦在内的全球汞供应量（状况）	38
表 4-1	汞（净）消费量与汞供应量对比（不包括吉尔吉斯斯坦的汞开采）	39
表 4-2	其他不确定性的一般影响.....	40
表 5-1	主要来源的其他汞回收量（吨/年）	45

1 背景

1.1 全球目标

环境署汞方案的全球总体目标是减少汞对人类健康及环境的威胁。环境署《全球汞状况评估报告》²的结论指出，要实现这一目标，唯一的途径就是减少生物圈内的“汞负担”。

为减少汞对人类健康及环境的威胁，环境署理事会（在第 24/3 号决定中）确定以下优先重措施：

- 在全球范围内减少产品和生产工艺中所使用的汞的需要量；
- 减少全球范围内的汞供应量，包括考虑减少初级采矿业活动，并考虑到各种来源的等级顺序。

1.2 地区对策

1.2.1 降低汞需求量

国家及国际一级都在采取各项措施，减少汞需求，并鼓励在大范围内的产品及工艺应用中采用无汞替代品。

仅以产品中使用的汞为例，全球用于各种产品制造及使用的汞消费量很高，几乎占到全球汞需求总量的三分之一。但多数产品都已经出现了比较可行的替代品。含汞节能灯较为例外，其无汞替代品的种类仍然有限或价格不菲。如果可能，减少或逐渐停止产品中的汞使用具有重要意义，因为减少汞的使用量最终会减少汞向空气、土地、水域的排放量，从而降低人类接触汞的可能，并减少汞对环境的不利影响。解决产品中使用汞的问题将减少汞的全球需求量，有助于最终打破汞从一种环境介质向另一种环境介质转移的循环。

目前，在协调各种以减少产品中汞使用为目标的行动方面，最为主要的努力是在环境署全球汞伙伴关系³框架下建立了含汞产品伙伴关系区域。含汞产品伙伴关系区域主要协调和支助以下方面的各种举措：在可行的情况下进行替代品推广，并在无汞替代品还未出现的某些产品领域开展研发工作；查明、减少及消除全球伴随着含汞产品生产向空气、水域或土地排放的汞；通过促进实施商业竞争力强且对环境负责的解决方案，减少含汞产品的使用，从而向伙伴及公众提供经济和教育方面的惠益；查明哪些产品及制造行业使用汞，采取有效战略以推动使用含汞产品的可行替代品，同时跟踪汞使用的减少情况，等等。

1.2.2 降低汞供应量

为降低市场上的汞供应总量，目前也已采取了诸多举措，由于初级汞生产直接增加了经济中流通的汞总量，因此还特别侧重于逐渐停止（汞矿的）初级汞生产。

近几十年来，汞开采主要由三大汞开采出口国（西班牙、吉尔吉斯斯坦和阿尔及利亚）占据支配地位，第四大国（中国）的汞开采多数用于满足国内消费量。西班牙和阿尔及利亚每年的汞矿开采量占到了初级汞年产量的一半，但最近几年，两国均已终止了国内的汞矿开采业务。终止开采的原因涉及经济、技术及政治等多方面因素，但两国做出这样的决定也正顺应了国际对初级汞矿矿场的监督更为严格这一趋势，同时也符合人们日益达成的一个共识，即初级汞开采已经不再受欢迎，甚至可能已成为多余。

² 环境署，2002年。

³ 参见参考文件网站。

目前唯一仍在进行汞出口的大矿是位于吉尔吉斯斯坦境内的 **Khaidarkan** 矿。尽管面临诸如交通不便利、获得备件困难等后勤及技术方面的巨大挑战，该矿仍在当地经济中占有重要地位，并在继续运营。在瑞士政府和美国政府的支助下，一项以制订行动计划，解决吉尔吉斯斯坦初级汞开采问题为目标的项目已经启动。

近年来，中华人民共和国已对汞进口设限，并且提高了国内汞产量来满足大量国内需求。从以往来看，中国的汞出口量并不多，而且似乎没有能力或意愿进行汞出口。然而，中国的汞消费量如此之大，某些行业对汞的需求量迅速增长，在这种情况下，除非政府采取其他措施来扼制汞需求，否则近期内中国可能不得不重新考虑汞进口。

目前在减少汞的流通量和供应量方面，国际社会已广泛采取措施，其中包括欧盟与美国汞出口禁令中提议的各项举措。欧盟颁布出口禁令的同时，还提出了储存来自氯碱业的“过量”汞的要求。美国联邦政府决定要将政府汞存货进行长期储存，而不是在公开市场上出售。所有这些措施均有效限制了汞的供应量，给汞价造成上行压力，并有助于降低汞需求量。

环境署全球汞伙伴关系框架下也开展了一些以限制全球汞供应量为目的的行动。例如，集中行动协助吉尔吉斯斯坦解决 **Khaidarkan** 汞矿可能的转型问题已成为国际社会公认的一项优先事项。此外，还正在考虑在这一伙伴关系区域内开展进一步工作。

1.3 分析报告的基本原理

环境署理事会设立了汞问题不限成员名额特设工作组，负责审查和评估各种旨在增强自愿性措施以及新的或现有汞方面具有法律约束的文书的备选办法。⁴

2007年11月12日至16日，汞问题不限成员名额特设工作组第一次会议在泰国曼谷举行。会议要求秘书处进行一系列工作，为工作组的第二次会议做准备。除其他任务外，其要求秘书处应着手“评估以下情况：如果原始采矿活动逐步终止，所预测的需求量能否得到满足，并根据可得信息和资料提供关于按国家划分的汞排放主要来源的情况概要，或如果无法得到此种资料，则应提供按地区划分的相关资料，特别是利用大气排放方面的研究成果来提供此种资料，同时应涵盖下列领域：煤炭电厂的排放、工业部门的排放（例如来自废物燃烧、有色金属、水泥生产等的排放）、小型金矿作业、以及在产品和工艺中所使用的汞的排放等”。

如上所述，近年来大量汞矿已停止生产，虽然这一时期的汞价有所上升，但全球汞需求仍然得到了满足。此分析报告意在通过进一步仔细考查吉尔吉斯斯坦逐步停止汞生产的可行性，来评估进一步降低全球初级汞开采供应量的可行性。假设初级汞开采供应量得到了进一步降低，由此将审查一个重要问题，即汞供应量能否充分满足预计需求量。这是分析的重点所在，本报告后半部分提供了对未来供需状况进行的设想。

应提及的是，本报告只是影响评估的一小部分（影响评估涉及范围更为广泛，包括对当地居民经济福利的全面考虑），此项评估应在对吉尔吉斯斯坦汞矿开采采取任何实质性行动之前开展。

⁴ 见第 24/3 号决定，第 29 段。

2 2005-2017 年全球的汞消费量

2.1 背景

2.1.1 汞“消费量”

从一开始就必须强调的是，出于一致性考虑，此处的汞“消费量”是以各地区产品及生产工艺中的汞消费量，而不是以各地区整体“需求量”界定的。

例如，尽管大多数测量和控制仪器由中国生产（反映了中国地区的汞“需求量”），但这些产品大量出口国外，由其他国家“消费”和处理。

2.1.2 汞的“总”消费量

必须指出的是，汞的消费量是指“总”消费量，即进行任何再循环和回收操作前的消费量，另有说明除外。

这个区别十分重要，因为在那些有能力对汞废物或废弃产品进行大量再循环的行业中，汞的“净”消费量可能要比“总”消费量低得多。下面的分析首先会对汞的消费总量进行评估，然后对所有关键行业中汞的再循环情况进行一般性讨论。

2.1.3 以 2005 年为基准年

此分析报告选择 2005 年为汞消费量的“基准年”。为了对今后十年的情况进行分析，对汞消费量的预测一直进行到了 2017 年。许多基准评估数据可查阅《环境署贸易报告》。⁵根据《贸易报告》发布后出现的新信息，以下讨论对这些基准评估数据进行了修正。

2.1.4 世界各地

本分析报告将世界不同的部分称为“各地区”。所选定地区——包括附录一中所列国家——与联合国对世界各地的划分基本一致，充分反映了地理相邻性和/或相似性。

2.1.5 汞消费向南半球和东半球转移

尽管高收入国家的汞消费量一直持续下滑，但在许多较低收入经济体中，汞的消费仍然保持着相对强劲的势头，特别是在东南亚地区（该地区在产品、氯乙烯单体生产及手工作业金矿中大量使用汞）、中美洲地区和南美洲地区（特别是在手工作业和小规模金矿中大量使用汞）。高收入国家汞消费量下滑的主要因素有：受管制产品及工艺中（油漆、电池、杀虫剂、氯碱等）大量使用替代品及替代工艺，或减少其中的汞含量；加强对有害废物处理的管制；含汞产品制造（温度计、电池等）逐渐从高收入国家向低收入国家转移。下面将对汞的几种主要应用逐一进行讨论。

2.2 汞的主要应用

另有说明除外，本章的主要来源为《环境署贸易报告》，其介绍了全球范围内的汞使用情况总览；Cain 等人以美国的汞使用情况为重点而进行的全面分析及编写的论文，以及为欧洲联盟委员会编写的关于欧盟汞应用详细情况的分析报告草案。⁶

⁵ 环境署，2006 年。

⁶ 环境署，2006 年；Cain，2007 年；欧盟环境总署，2008 年。

2.2.1 手工作业金矿

手工作业和小规模金矿仍然是世界上最大的汞使用者，而且据报告，随着金价的攀升，手工作业金矿的汞消费量也在不断地增加，从而成为了最大的汞排放源。除此之外，这个问题与贫穷问题和人类健康问题还有着错综复杂的联系。

根据工发组织/开发署/全球环境基金的全球汞项目文件，至少有 55 个国家的 1 亿人口直接或间接依靠手工作业和小规模金矿维持生计，这些人口主要分布在非洲、亚洲、南美洲。⁷ 手工作业和小规模金矿的黄金年产量约 500-800 吨，占全球产量的 20%-30%。其涉及约 1 000 万-1 500 万矿工，其中 450 万为女性，100 万为儿童。手工作业金矿的采矿方法与技术均十分落后，参与其中的矿工自身的经济资本极少或根本没有经济资本，这些人通常在非正规经济领域工作，经常从事非法活动，几乎没有任何组织。由于采矿作业效率不高，估计手工作业金矿中的汞齐化过程中每年要消费并排放 650-1,000 吨的汞。⁸

本文第 2.4 节在与直接参与工发组织/开发署/全球环境基金全球汞项目⁹的诸多专家进行私人交流的基础上，对各个国家的汞使用量进行了估算，并由此推算出了各地区在手工作业金矿中的汞使用量估算值。

2.2.2 氯乙烯单体生产

氯乙烯单体的生产中越来越多地使用大量氯化汞作为催化剂（特别是在中国），这也是令人非常关注的一个主要问题。在中国进行的调查证实，2004 年由于此项应用而产生的汞消费量约为 610 公吨。随着中国经济的迅猛发展，和中国对聚氯乙烯制成品需求的不断增加，此领域的汞消费量每年以 25%-30% 的速度增长。据估算，2005 年此项工艺的汞消费量高达 700-800 吨。¹⁰

Treger 在对俄罗斯化工产业的北极污染物行动计划研究报告中指出，俄罗斯在氯乙烯单体生产中的汞消费量仅为 15 吨。¹¹ 尽管普遍认为独联体地区也存在汞消费量，但目前并未查明用量。

据报告，中国和俄罗斯的氯乙烯单体生产过程中，近一半的汞消费量可从废催化剂中回收。其余的汞主要进入到盐酸副产品，在此也可回收汞，此过程中伴随着一些废水废气的排放，但排放量十分低。

2.2.3 氯碱生产

氯碱业是世界汞消费量排名第三的行业。许多工厂已经逐步停止使用含汞技术并转向了能效更高的无汞薄膜工艺，其他一些氯碱工厂也准备向此类工艺转换，另外一部分氯碱工厂目前未表示有此计划。在多数情况下，政府会同行业代表合作，和/或提供一些资金方面的激励措施，鼓励逐步淘汰含汞生产工艺。最近，政府和国际机构已与氯碱业建立了伙伴关系，鼓励氯碱业在汞管理及汞排放方面做出更多改进。

⁷ 应注意的是，并非所有手工作业/小规模金矿均使用汞。有一些金矿使用氰化物，其黄金回收率比汞工艺高。还有一些不用氰化物或汞，而是采用重力勘探法。

⁸ 环境署，2006 年。

⁹ 见 Telmer，2008 年。应注意的是，在最近的一篇论文中（Telmer 和 Veiga，2008 年），作者建议在手工作业和小规模金矿行业应当采用 640-1,350 吨的范围，并提到了 70 个国家的手工作业和小规模金矿活动。

¹⁰ 美国自然资源保护委员会，2006 年；清华大学，2006 年。

¹¹ 北极污染物行动计划，2005 年。

第 2.4 节中提到的汞的全球消费量范围¹²是根据先前的研究得出的。欧盟、美国、印度、巴西和俄罗斯的汞消费量是根据行业数据得出的；墨西哥和其他国家的汞消费量估算值是根据不同产业行为体提供的各个工厂产能并综合世界各地查明的具有代表性的汞消费因素得出的。¹³

2.2.4 电池

电池中的汞使用量尽管也较为可观，但由于许多国家纷纷实施了相关政策以解决电池中汞排放的问题，因此电池行业中的汞使用量继续呈下降趋势。

尽管已证实 2000 年中国的电池制造行业中汞使用量很高，但据称大多数中国电池制造厂家都已经顺应国际立法趋势及世界其他地区的客户需要，开始采用低汞设计。虽然低汞设计的电池汞含量相对较低，但中国的电池生产量数目庞大（成百上千亿），其他国家也生产此类电池，但产量较小。此外，贸易统计数字显示，尽管氧化汞电池的贸易额一直在下降，但其数目仍然十分可观，其中一部分产自中国大陆，但更多产自于中国境内的免税贸易区。¹⁴

与此同时，许多国家仍在大量生产纽扣电池，此类电池的汞含量高达 2%。此类电池最终一定会被无汞纽扣电池所代替，¹⁵但就目前而言，年产量成百上千亿的电池仍然是汞的一大消费来源。因此，全球用于电池的汞消费量每年仍可达到几百公吨。

最近，欧洲联盟委员会编制的研究草案已对欧盟 25 国在电池生产中的汞消费量做了估算。由于消费量水平尚未得到实际证实，此次估算并未涵盖所有说明大量消费氧化汞电池（大部分比纽扣电池大）的贸易统计数据。近期，Cain 博士及其同事对美国电池中的汞消费量进行了估算，本研究也将对加拿大的消费量做出估算。此外，根据下文第 2.3 节所述，其他地区在电池产品方面的汞消费量估算与该地区经济活动紧密相关。

2.2.5 牙科应用

许多国家都已经采取了措施，大量减少牙科中汞合金的使用，其中包括丹麦、芬兰、日本、挪威和瑞典。¹⁶现在，在这些国家和其他一些高收入国家（如美国），汞在牙科中的使用一直呈下降趋势。其主要替代品为合成物（最为常见）、玻璃离子和复合体材料（改良合成物）。然而，各国牙科应用中汞消费量的下降速度各不相同，因此在多数国家的牙科应用中，汞的使用仍然占有重要地位，但也有一些国家（瑞典和挪威）已经完全停止了汞的使用。在许多低收入国家，饮食改变以及更多地获得牙齿护理机会实际也会暂时增加汞的使用量。

¹² 此处的惯例是汞“消费量”指废物再循环前的消费量，需要知道的是，许多行业中，一部分废物进行再循环以回收汞，但对大多数汞废物均进行了处理。

¹³ 环境署，2006 年；欧洲环境署，2006 年；欧洲氯组织，2007 年；世界氯委员会，2006 年；SRI 咨询公司，2005 年。

¹⁴ 本段参考了美国自然资源保护委员会的数据（2006 年）。仅 D 型“糊式电池”一项，中国 2004 年生产量就约为 93.49 亿支。据作者估算，这些汞氯化物的消费量约为 47.11 吨，含汞量约为 34.91 吨。电池标注每支电池汞含量在 250ppm 以下。

¹⁵ 美国电气制造商协会呼吁在 2011 年前逐步停止在纽扣电池中使用汞。

¹⁶ 挪威制订了禁止在产品中使用汞的禁令。瑞典打算在 2008 年年底前制订类似禁止在产品中使用汞的禁令。

第 2.4 节会根据欧洲联盟委员会的工作草案及行业估算值推算出各地区牙科应用中的汞消费量。其中对北美地区的估算值包含了加拿大的数据，并与州际汞减量教育中心的数据保持一致。¹⁷

2.2.6 测量及控制仪器

含汞的测量及控制仪器涵盖的范围很广，包括温度计、气压计、压力计等，但温度计与血压计在汞使用量方面占据主要地位。随着市场的环境意识逐渐增强，大多数国际供应商目前都在生产无汞替代品。由于欧洲几乎所有此类仪器均出现可行的替代品，欧洲正实施立法，逐步淘汰此类含汞仪器，并推广无汞替代品。

第 2.4 节中，此类仪器的全球汞消费量范围主要取决于中国的血压计与温度计的生产量，这是因为中国这两种仪器的产量占到世界产量的 80%-90%，根据中国官方数据，2004 年仅生产这两种仪器，就使用了 270 多吨汞。¹⁸同样，人们认为温度计与血压计的汞消费量占至此类仪器汞消费量的 80%。

第 2.4 节中，欧盟 25 国的估算值是从欧洲联盟委员会研究草案中提取的，该研究已证实，近年来欧盟国家的汞使用量显著下降。根据 Cain 博士的研究，北美地区的估算主要关注常用压力计、工业及其他温度计、血压计等仪器中的汞使用量。其他地区在测量及控制仪器方面的汞消费量估算与该地区经济活动紧密相关，详见下文第 2.3 节。

2.2.7 灯类

目前节能灯的标准仍然是含汞灯（荧光灯、紧凑型荧光灯、高强度放电灯-高强度气体放电灯），目前行业内降低单个灯泡中汞含量的努力，在一定程度上，和全球不断提高的节能灯的购买量、安装量相抵消。毫无疑问，发光二极管等无汞替代品将逐步得到推广，但是对大多数使用者而言，替代品种类仍然有限且/或价格昂贵。

之前的《环境署贸易报告》低估了灯类产品中的全球汞消费量。而第 2.4 节中的估算范围更加充分地涵盖了所有型号液晶显示器的背光（从电子控制面板到计算机/电视显示器）中的汞消费量，因此提高了环境署相关研究中的估算范围下限。单就中国而言，据估算，2005 年在荧光灯和紧凑型荧光灯的生产中，汞的使用量为 64 吨，¹⁹随后中国此类产品的产量出现提高。中国大部分灯类均用于出口，因此可能要注意的是，中国国内市场的汞消费量要略低。

第 2.4 节中，对欧盟地区的估算包含了用于液晶显示器背光的小灯泡中较高的汞使用量；Cain 对北美灯类产品汞消费量的估算没有包括液晶显示器的背光。其他地区在灯类产品方面的汞消费量估算与该地区经济活动紧密相关，详见下文第 2.3 节。

2.2.8 电气电子设备

欧洲实行《限制使用某些有害物质指令》以来，日本、中国以及美国的加州等国家和地区也采取了相应行动，从而汞开关、汞继电器等产品的无汞替代品的使用得到了积极鼓励，²⁰并

¹⁷ 行业通讯；州际汞减量教育中心由美国国家环保官员建立，旨在帮助他们执行以消除产品、废蒸气及环境的汞为目标的相关法律和方案。州际汞减量教育中心及其数据库隶属于东北部废物管理官员联盟。

¹⁸ 中国国家环保总局，2008 年。

¹⁹ Lennett，2007 年。

²⁰ 加利福尼亚的有关情况，见网站：www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/EWaste/。韩国相关法案名称为“电子/电气产品和汽车的资源再循环法案”，见网站：

且近年来此类产品中的汞消费量也出现了大幅下降。但据美国的州际汞减量教育中心数据库²¹显示，此类设备的汞使用量仍然很高。

第 2.4 节中，该行业的全球汞消费量，与环境署根据欧盟及美国修正的数据得到的估算相比，已经有了明显的下降。同时，Cain 的论文表明，此类设备（包括恒温器、布线设备、开关和继电器）的汞消费量比先前预计的消费量高，因此提高了估算范围的下限。第 2.4 节承认，由于《限制使用某些有害物质指令》，近年来欧盟 25 国在此类设备中的汞使用量大大降低，欧洲联盟委员会的评估草案也证实了这一点。其他地区在电气电子设备方面的汞消费量估算与该地区经济活动紧密相关，详见下文第 2.3 节。

2.2.9 汞在其他方面的应用

传统意义上讲，汞在其他方面的应用一般包括在杀虫剂、杀菌剂、实验室试剂、制药业中使用的汞及汞的化合物，还包括油漆、传中药、文化及仪式用途、化妆品中作为防腐剂使用的汞。但最近新出现了一些汞的应用，其汞消费量也十分可观。

特别是，汞在人造橡胶的生产中得到了持续和广泛地使用。²²迄今，一些其他技术设备中汞的大量使用也才引起了人们的特别注意。

第 2.4 节中，“其他应用”中的全球汞消费量范围要大大高出先前环境署根据欧洲联盟委员会的研究草案得出的估算，该草案查明，化学中间产品和催化剂（除氯乙烯单体/聚氯乙烯生产以外）中以化合物形式消费大量的汞，同时在研究和试验装置中也使用大量的单质汞，灯塔日常维护也需要大量汞等等。

第 2.4 节中，北美地区“其他应用”的汞消费量估算取决于该地区与欧盟确定的多数用途相同这一事实。其他地区的其他应用范围大不相同，其中包括拉美和加勒比地区的文化/仪式用途、中国的中药用途、印度文化/宗教用途，以及许多国家的化妆品用途（如皮肤美白产品）。由于缺少精确数据，其他地区“其他”应用的汞消费量估算与该地区经济活动紧密相关，详见下文第 2.3 节。

2.3 数据不足时对汞消费量的估算

欧盟和北美地区以及俄罗斯、马来西亚等国的汞应用已经得到充分的研究。但除特定用途以外，大多数其他地区的汞应用数据都仅仅是通过粗略估算得来。《环境署贸易报告》已提出了当时情况下对整体汞消费情况的最好概述。²³对于无法得到更充分数据的地区和应用领域而言，本分析报告将产品（特别是电池、灯类、测量和控制仪器、电气电子设备及“其他”）中的汞消费量与以购买力平价衡量的地区经济活动相联系，从而对之前的估算做出了进一步修正。²⁴

www.europeanleadfree.net/pooled/articles/BF_NEWSART/view.asp?Q=BF_NEWSART_195645。日本的有关情况，见网站：www.jeita.or.jp/index.htm和 farnell.com/jsp/bespoke/bespoke8.jsp?bespokepage=farnell/en/rohs/rohs/facts.jsp。

²¹ 美国东北部地区的含汞产品供应商均需提交年度报告，关于详细描述见网站：<http://www.newmoa.org>。

²² 汞“催化剂”（主要是硬化剂或固化剂）有时在聚氨酯弹性体生产中使用，聚氨酯弹性体主要作为人造“橡胶”在旱冰鞋轮等其他领域中使用，因此催化剂保留在最终产物中。

²³ 环境署，2006年。

²⁴ 购买力平价理论以两种货币长期均衡汇率来比较对于给定一篮子商品的购买力。购买力平价理论考虑到了不同国家的相关生活成本和通货膨胀率，而不同于简单的国内生产总值的对比，因而可有效地比较各国生活水平。

下文表 2-1 显示了，2005 年各地区的人口、城镇人口比例（与含汞产品的使用与处理相关）、人均和地区国内生产总值、地区总“购买力”表示的区域在世界经济活动中所占的份额。

表 2-1 地区人口及经济活动

	人口总数 (百万) ¹	城镇人口 (占人口总数的比例%) ²	人均国内生产总值, 购买力平价 (2005 年, 单位: 美元) ³	地区经济活动, 地区国内生产总值, 购买力平价 (2005 年, 单位: 十亿美元)	世界经济活动中的份额, 地区国内生产总值, 购买力平价 (%)
东亚及东南亚	2,063	44%	8,185	16,882	27.6%
南亚	1,493	29%	3,174	4,738	7.8%
欧洲联盟 (25 国)	460	74%	27,706	12,760	20.9%
独联体和其他欧洲国家	334	63%	9,306	3,110	5.1%
中东国家	237	66%	8,943	2,126	3.5%
北非	152	54%	5,542	844	1.4%
撒哈拉以南非洲	757	35%	1,997	1,511	2.5%
北美 (墨西哥除外)	332	81%	41,062	13,637	22.3%
中美洲和加勒比地区	180	68%	9,001	1,623	2.7%
南美	372	82%	8,412	3,131	5.1%
澳大利亚、新西兰和大洋洲	26	84%	28,872	756	1.2%

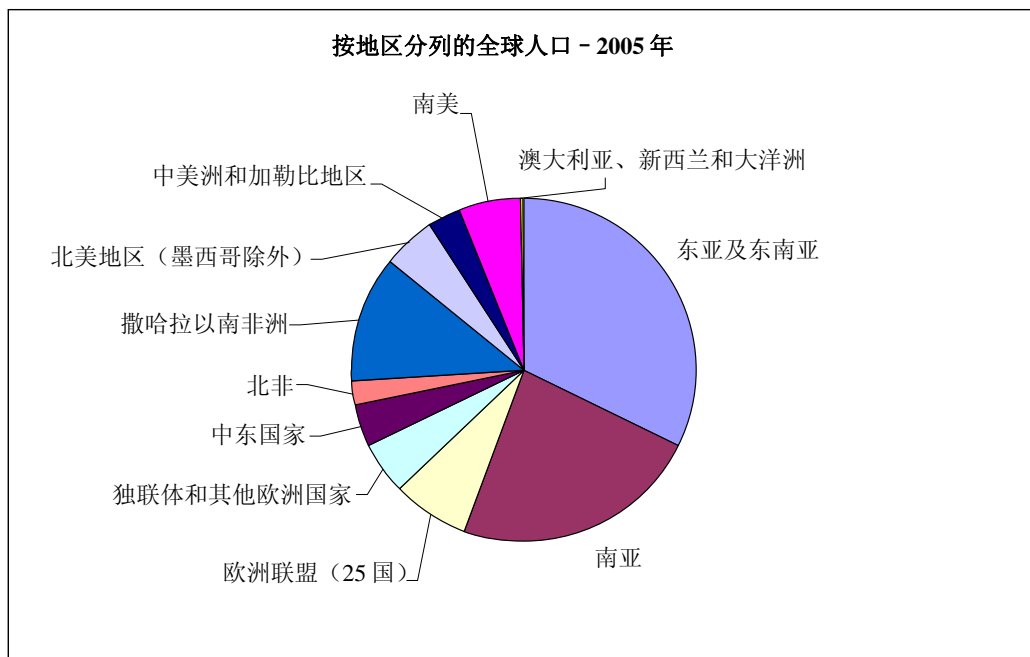
注:

- 1- 联合国, 2007 年 e。《1950-2050 年世界人口前景: 2006 年订正本》。数据库。经济和社会事务部, 人口司。纽约。2007 年 7 月数据库数据。
- 2- 联合国, 2006 年。《世界城市化前景: 2005 年订正本》。数据库。经济和社会事务部, 人口司, 纽约。
- 3- 世界银行, 2007 年 b。《2007 年世界发展指标》。光盘。哥伦比亚特区华盛顿; 由世界银行为人类发展报告处计算的统计总和。

资料来源: 数据可见开发署《人类发展报告》, 并查阅网站: http://hdrstats.UNDP.org/indicators/indicators_table.cfm。

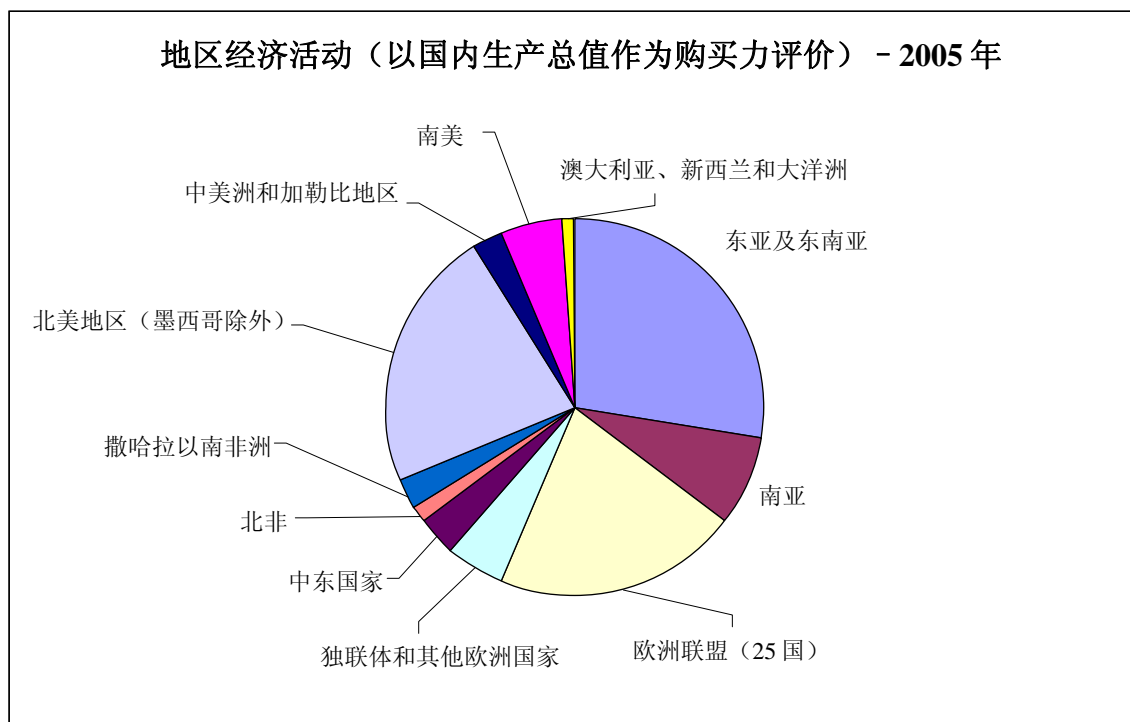
如图 2-1 所示, 全球约三分之二的人口聚居住在东亚及东南亚、南亚和撒哈拉以南非洲地区。

图 2-1 按地区分列的全球人口-2005 年



相反，如图 2-2 表明，全球约三分之二的经济活动发生在东亚及东南亚、北美和欧洲联盟。尽管在各种含汞产品的地区消费总量大不相同，但显然，全球产品及工艺中的大部分汞消费量都来自这三个地区（与南美地区，如下文所述），特别是东亚及东南亚地区。

图 2-2 地区经济活动-2005 年



2.4 2005年各地区的汞消费量

在缺乏可用统计数据的情况下，上述方法考量了不同地区的相对经济福利，将地区的购买力与其含汞产品消费量联系起来。

根据第 2.3 节中讨论的假设，将此法应用于数据稀缺的地区及使用汞的主要领域，从而完成下页表 2-2 的计算。

表 2-2 按地区和主要应用途径分列的世界汞消费总量¹

2005年单质汞的消费量 (公吨)	手工作业金矿			氯乙烯单体生产			氯碱生产			电池		
	下限	上限	平均	下限	上限	平均	下限	上限	平均	下限	上限	平均
东亚及东南亚	408	520	464	700	800	750	5	10	8	180	300	240
南亚	3	10	7	0	0	0	35	40	38	20	45	33
欧洲联盟 (25 国)	3	5	4	0	0	0	152	197	175	10	25	18
独联体和其他欧洲国家	18	40	29	15	25	20	100	115	108	8	15	12
中东国家	1	3	2	0	0	0	50	58	54	5	10	8
北非	0	10	5	0	0	0	7	10	9	2	4	3
撒哈拉以南非洲	59	118	89	0	0	0	1	2	1	4	7	6
北美	2	4	3	0	0	0	55	65	60	17	20	19
中美洲和加勒比地区	15	25	20	0	0	0	15	18	17	4	7	6
南美	141	260	201	0	0	0	30	35	33	8	14	11
澳大利亚、新西兰和大洋洲	0	5	3	0	0	0	0	0	0	2	3	3
各项应用的总量	650	1,000	825	715	825	770	450	550	500	260	450	355

2005年单质汞消费量 (公吨)	牙科应用			测量及控制仪器			灯类		
	下限	上限	平均	下限	上限	平均	下限	上限	平均
东亚及东南亚	70	86	78	122	136	129	44	50	47
南亚	22	32	27	34	38	36	13	15	14
欧洲联盟 (25 国)	80	100	90	5	15	10	11	16	14
独联体和其他欧洲国家	10	12	11	22	25	24	8	10	9
中东国家	15	23	19	15	18	17	5	7	6
北非	4	6	5	6	6	6	1	2	2
撒哈拉以南非洲	5	9	7	11	13	12	3	4	4
北美	33	45	39	45	55	50	23	30	27
中美洲和加勒比地区	20	27	24	12	13	13	4	5	5
南美	38	55	47	23	25	24	7	9	8
澳大利亚、新西兰和大洋洲	3	5	4	5	6	6	1	2	2
各项应用的总量	300	400	350	300	350	325	120	150	135

2005年单质汞消费量 (公吨)	电气电子设备			其他 ²			地区总量		
	下限	上限	平均	下限	上限	平均	下限	上限	平均
东亚及东南亚	55	65	60	44	66	55	1,628	2,033	1,831
南亚	16	20	18	10	20	15	153	220	187
欧洲联盟 (25 国)	1	2	2	43	174	109	305	534	420
独联体和其他欧洲国家	10	13	12	8	12	10	199	267	233
中东国家	7	10	9	5	8	7	103	137	120
北非	3	4	4	2	3	3	25	45	35
撒哈拉以南非洲	5	7	6	4	6	5	92	166	129
北美	55	65	60	70	110	90	300	394	347
中美洲和加勒比地区	5	7	6	4	6	5	79	108	94
南美	11	14	13	8	12	10	266	424	345
澳大利亚、新西兰和大洋洲	2	3	3	2	3	3	15	27	21
各项应用的总量	170	210	190	200	420	310	3,165	4,355	3,760

注 1 此处的地区汞“消费量”是根据该地区对汞产品的市场需求界定的。举例来说，虽然大多数测量及控制仪器是由中国生产的，但大多数都出口国外，并且大量是在其他地区的市场上消费的。

注 2 “其他”应用包括汞在杀虫剂、杀菌剂、催化剂、油漆、化学中间产品、实验室及诊所应用、研究和试验装置、制药业、化妆品、灯塔透镜及其他设备维修、中药、文化及仪式用途等等方面的应用。

图 2-3 以图解的方式说明中国及其东亚和东南亚周边国家在整体汞消费量方面占有比较突出的位置，但仍应注意的是，这一地区的汞消费主要集中在一些特定的经济行业——手工作业金矿、氯乙烯单体/聚氯乙烯生产、电池和测量及控制仪器方面。同时还应注意的是此图中体现的是汞消费总量，即包括再循环和回收之前的汞消费总量。

图 2-3按应用途径和地区分列的全球汞消费量

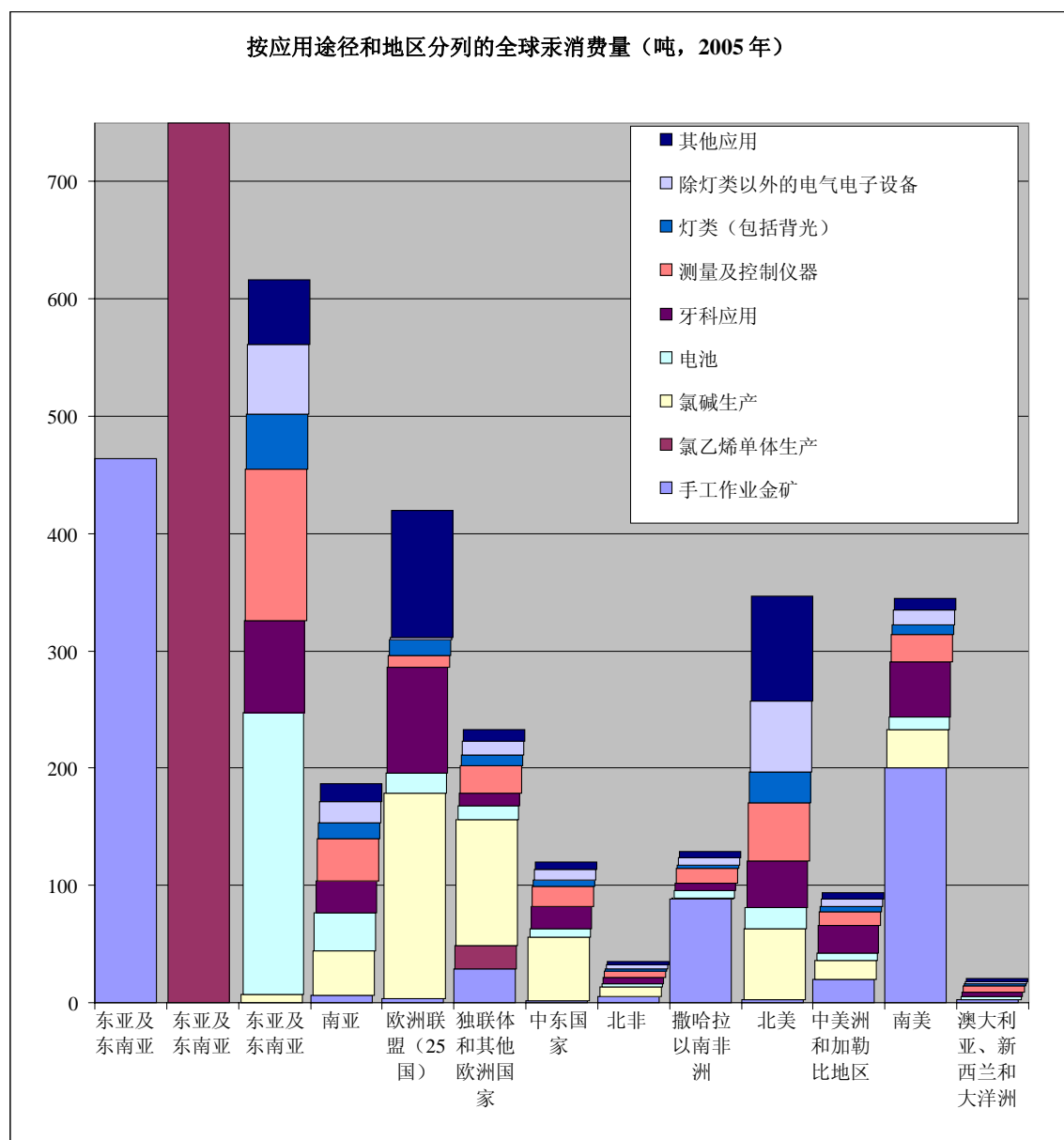
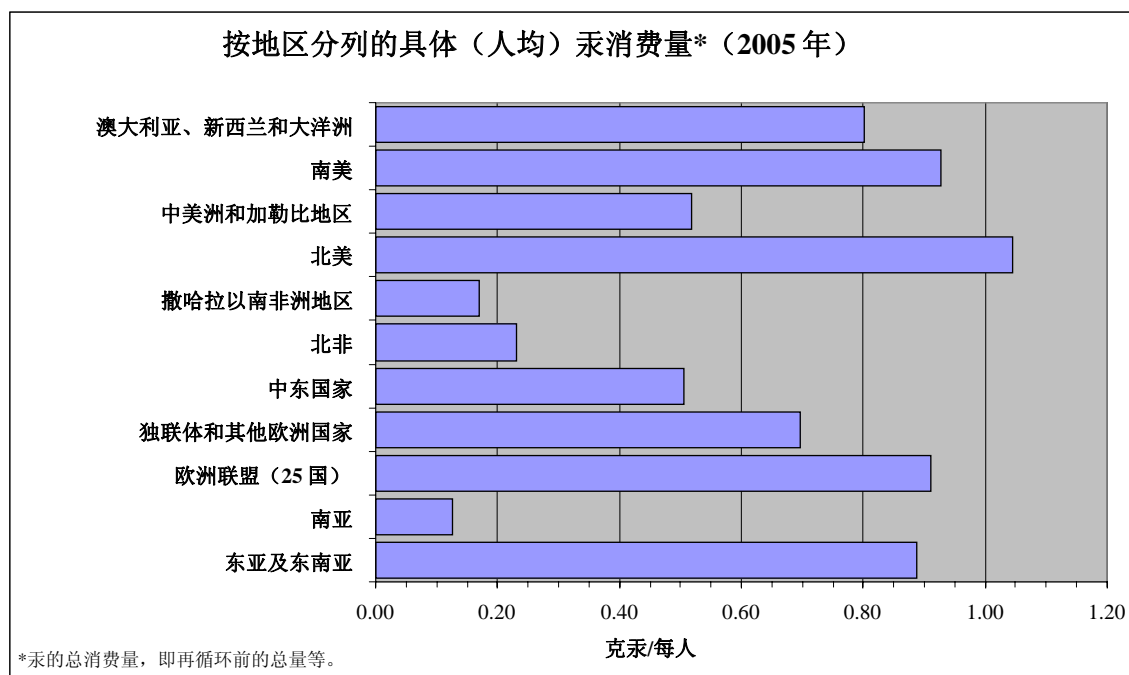


图 2-4 以另一种方式表示了各地区的汞消费总量，从中可以看出，四大经济区人均汞消费量的差别不大。东亚及东南亚、北美（氯碱、测量及控制、电气电子及其他用途的汞消费量最高）、南美（手工作业金矿方面的消费量相对较高）、欧洲联盟（在氯碱、牙科及其他用途方面的消费量最多）的人均消费量估算值介于人均 0.9-1.05 克之间。本分析报告中，这四个地区的人均汞消费量几乎比南亚的人均汞消费量高出一个数量级。

图 2-4按地区分列的具体人均汞消费量



2.4.1 中国个案研究

全球汞需求量反映出中国国内汞产品的消费及生产对世界产生了重大影响。但是，由于中国的汞供应量主要来自于国内，因而中国的汞供需情况并不会对世界其他地区的汞供需平衡产生不利影响。同样，正如过去为满足中国国内需求而提高了汞开采量，人们认为，随着中国进一步减少其汞消费量，其国内汞供应量也会相应减少。

表 2-3 提供了对中国汞需求总量进行的粗略估算。应注意的是，本表所示为中国在再循环和回收前用于所有用途的汞消费总量，包括用于制造出口产品（特别是电池、灯类、测量仪器）的汞使用量。这一特别列报方式是为了便于与下文中国所有来源的汞供应总量进行对比。

表 2-3中国的汞消费量

	计算或估算所用的基准年份	汞消费量 (公吨)	近期趋势 (2000-2005年)
电池	2005年	150-250	---
氯乙烯单体/聚氯乙烯	2005年	700-800	+++
灯类	2005年	60-70	+
测量仪器	2005年	280-310	++
小规模金矿	2000年	120-240	?
其他 (汞化合物等)	2005年	40-80	+
总计		1,400-1,750	++

注: - 小幅下降 + 小幅上升
 -- 中幅下降 ++ 中幅上升
 --- 大幅下降 +++ 大幅上升

资料来源：环境署，2006年；美国自然资源保护委员会，2006年；化学品登记中心，2007年

2.5 今后各行业的汞消费量

本节主要论述 2006 年到 2015 年间全球汞消费（总）量的变化“状况”。对今后汞消费量状况的预测可能会被认为是一种“例行”预测，其中反映了明显的趋势、立法及已经采取的适度举措。但其不能体现在新的政治举措、特别供资或其他不确定因素基础上采取的更为积极的各项措施。

在今后五年内，汞消费量的递减速度将主要取决于电池、电气产品、测量仪器制造行业，以及牙科应用和氯碱设备领域的削减情况。近期内，这些行业在汞消费量下降方面的潜力巨大，因为这些行业已可利用无汞替代技术或产品，且其质量与含汞技术或产品相当或更好、价格也更具有优势。对这些行业而言，主要的挑战并非来自技术方面，而是各国各地区通过财政援助、法律或自愿性机制提供的鼓励力度。

相比之下，在今后 5-10 年内，降低小规模金矿的汞消费量将成为一项主要的挑战，甚至在此后会出现进一步的各种挑战。最后，虽然通过更积极的再循环活动，汞的净消费量已得到进一步削减，但更合理而言，降低氯乙烯单体生产中的汞消费量仍是一项中长期的挑战。

然而，仅可将这些预测视为有根据的推测。第 4.2 节将对不确定性做进一步讨论。

应提及的是，环境署参与了诸多伙伴关系及其他举措——其中许多举措都致力于降低产品中的汞含量——这可推动未来的汞消费量有望得到超出预计的大幅下降。

在许多商品市场，对未来需求预测的难度因商品价格对需求的影响而变得更加复杂。但对于汞来说，汞的价格在含汞工艺或仪器的总成本中所占比例一般较少，因此汞的需求受价格变化的影响则相对较小——至少 2000 年以来，汞价一直保持在 5-25 美元/千克之间。即使是对汞价及供应约束更为敏感的手工作业和小规模金矿而言，汞的成本也只占所产金价的一小部分。

《环境署贸易报告》也曾对未来汞消费量做了一些预测。²⁵下文的讨论包含了《贸易报告》发布以来的一些新信息，信息来源载于脚注中。

2.5.1 手工作业金矿

世界上许多地区的手工作业金矿在汞的大量使用方面并没有缓和的迹象。短期内，攀升的金价会吸引更多的采矿者加入手工作业和小规模金矿业，并促使手工作业金矿的汞消费量相应增加。与此同时，高昂的金价可能会刺激一些大矿（非手工作业金矿）的采矿行动，及相关汞副产品的产量。

另外，对非正规金矿的汞消费量预测并不容易进行。尽管手工作业和小规模金矿的生产更加活跃，但有迹象表明，汞价增长已使得一些矿工开始寻求高效使用汞的方式，或者停止汞的使用。根据过去五年的经验，如果汞的市场价超过了 25 美元/千克，手工作业金矿就会进一步努力采取更高效的方式使用汞；如果汞价低于 10 美元/千克，矿工对此类措施的关注将会下降，除非工发组织和其他主要机构做出加倍努力。目前汞价维持在 15 美元/千克到 20 美元/千克之间。如果在可预见的未来，汞价可以保持在目前这一水平之上，估计在今后 10 年，手工作业和小规模金矿的汞使用量较之目前可能不会涨幅过大，同时预计也不会出现大幅下滑。

²⁵ 环境署，2006 年。

2.5.2 氯乙烯单体生产

中国拥有大量以氯化汞为催化剂生产氯乙烯单体的制造商。中国的市场需求与较为低廉的煤价使得氯乙烯单体的生产迅速扩大，并且目前大部分氯乙烯单体生产均采用汞催化工艺。据美国自然资源保护委员会估算，中国用于氯乙烯单体生产的汞消费量已经从 2005 年的 700-800 公吨增至 2007 年的 1,000 公吨。²⁶

图 2-5 中国某个氯乙烯单体生产厂



经过 2009 年的进一步增长后，中国面对的外部压力可能会增大，中国自身也在不断努力，鼓励对无汞替代品进行投资，并进一步提高汞回收率。欧洲竞争者已开始表示关切：中国仍在使用一种因环境原因而不再受“欢迎”的工艺，以极低的成本生产氯乙烯单体/聚氯乙烯用于向世界其他地区出口。

2.5.3 氯碱生产

氯碱设施所消费的汞会通过多种途径排放到空气和水中、化学产品中、固体废物中，并产生“无法解释的”损失。²⁷同时，可对一些废物进行提纯或再循环，对汞进行回收。

2005 年汞电解池的氯气产能约 1,000 万公吨，预计到 2020 年会降至 400 万公吨以下。因此，预计汞消费总量会从 2005 年的 500 公吨左右降至 2015 年的约 350 公吨。汞消费量的下降与氯气产能的下降并不成比例，这是因为，从全球来看，一般停业的氯碱厂每吨产能消费的汞比继续运作的氯碱设施的平均值要低。

²⁶ 美国自然资源保护委员会，2006 年。

²⁷ 欧洲氯组织（欧洲氯碱生产商联盟）也称之为“差距与平衡”。

2.5.4 电池

据估算，2005年电池中的汞消费量在260-450吨之间。虽然关于正在继续生产和使用氧化汞电池也还存在许多有待处理的问题，²⁸但目前此行业在纽扣电池生产中仍大量使用汞。这样，向无汞纽扣电池转型的步伐快慢会影响到该行业中汞使用量的削减问题。美国制造商已承诺，2011年之前只生产无汞纽扣电池（参考），但其他地区的制造商何时会效仿还是一个主要问题。鉴于电池生产行业的高度竞争性，中国及其他国家已经立法切实降低电池中的汞含量，²⁹并且该行业今后面临的监管压力将增大，有人预计主要电池制造商会在2015年前进行转型，这可能会促使该行业每年的汞消费量降至200吨以下，但这些数字在一定程度上还取决于氧化汞电池方面的更多信息。

2.5.5 牙科应用

目前可广泛获得化合物及其他材料，替代用于补牙的“银”汞合金。但至少在中短期内，一部分国家在无汞牙齿护理方面的进步及汞使用量的减少，会被另一些国家大量采用改进的牙齿护理技术进行口腔治疗的现象所抵消（包括某些低价汞合金补牙材料使用的增加）。必须铭记的是亚洲及非洲大多数地区的饮食正在发生变化，糖类消费量也出现增长，因此进行牙齿治疗的人数也在大量增加。尽管从美观方面考虑，颜色更浅的补牙材料，以及价格更加低廉的新材料会逐渐进入市场，但截至2015年，全球在牙科方面的汞使用量可能仅减少了不足10%。另一方面，这一趋势可能会因美国食品和药品管理局的政策变化而进一步加速，因为其最近承认汞合金可能并非完全安全。³⁰

2.5.6 测量及控制仪器

根据关于中国温度计及血压计生产的最新报告，2005年测量及控制仪器的汞消费量在300-350吨之间。³¹由于存在大量可靠的无汞替代品，欧盟已禁止了一些含汞仪器的销售及使使用，并在研究进一步的限制措施。同样，美国的一些州也在采取措施，禁止一些测量及控制仪器的生产及销售。非政府组织在医疗保健业的测量仪器方面最为活跃，并且在实现削减汞使用量方面也最为成功。一些专家预计，今后十年内该行业的汞使用量将减少60%-70%。³²然而，一种更为保守的汞消费量“状况”预测认为截至2015年此行业内汞使用量可能会减少40%-50%。

2.5.7 灯类

2005年灯类的汞消费量在120-150吨之间。由于中国、日本及其他国家也采取了类似于欧洲联盟（欧盟）《限制使用某些有害物质指令》的法律措施，因而欧盟对灯类含汞量的限制的适用范围进一步扩大。然而，随着各国纷纷提议停止使用传统白炽灯³³而改用紧凑型荧光

²⁸ 如《环境署贸易报告》所述（环境署，2006年），在作为“氧化汞电池”录入商品贸易统计数据库的电池方面仍存在尚未解答的问题。数据库显示，2005年世界生产了超过3,000吨的氧化汞电池，平均每电池重65克——因此大部分都不是纽扣电池。即使假设该年内有许多电池可能经过了几次交易，这也仍意味着有数百吨的汞。总之，人们在更清楚地了解“氧化汞电池”的国际贸易情况之后，才会充分明白电池中汞问题的严重性。

²⁹ 美国自然资源保护委员会，2006年。

³⁰ 美国食品和药品管理局，2008年。

³¹ 化学品登记中心，2007年。

³² 美国环境保护局，2008年。

³³ 即照明行业中的“白炽”灯。

灯，至少在未来 3 至 5 年内，每盏灯中汞含量的降低，可能会与含汞紧凑型荧光灯激增的需求相抵消。换言之，每盏灯中的含汞量降低了，但含汞灯的数量将会增加。

节能灯的无汞替代品正在涌现，但其应用范围仍相当有限。³⁴ 随着价格合理的发光二极管和其他无汞节能灯大量进入市场，人们可以设想未来 5-10 年此行业内的汞使用将会出现持续净下降。

因此，总体而言，尽管全球消费总量的确会有波动，但灯类的汞消费量在 10 年内下降 10% 也是可能的。

2.5.8 电气电子设备

据估算，2005 年电气电子设备中的汞使用量在 170-210 吨之间。如上文所述，可假设欧洲联盟颁布的《限制使用某些有害物质指令》会对全球市场带来影响，其规定 2006 年 7 月 1 日后禁止在电气电子设备中使用汞。在其他国家举措中，中国正在执行《限制使用某些有害物质指令》的立法，³⁵ 韩国也在实施其提案。欧盟《限制使用某些有害物质指令》也开始影响美国的一些州立法，并预计会逐渐在其他州得到推广。

由于电气电子设备等广泛进行贸易的产品的全球范围内逐渐标准化，针对该行业汞消费量的“状况”预测可假设截至 2015 年将减少 40%。并可通过下列方式实现这一目标：加快今后五年（随着新立法的生效）的削减速度，然后在第 6-10 年内有所减缓。但出于本次分析的目的，可认为能以线性速率降低 10 年内的汞使用量。

2.5.9 汞在其他方面的应用

据估算，2005 年汞在其他方面的消费量介于 200-420 吨之间，如油漆、杀虫剂、杀菌剂、催化剂（除氯乙烯单体的生产外）、化学中间产品、实验室试剂、研究和试验装置、灯塔透镜和水银真空泵的维修、制药业、中药、文化及仪式用途以及多种其他用途。

总体趋势显示这些汞的应用将继续呈现逐渐下降的趋势，但以往的经验表明，有时会出现新的汞应用方式，而欧洲联盟委员会的研究草案也表明，最近已查明了一些已经持续多年的使用领域。³⁶

有观点认为，国际社会汞危害意识方面及减少汞使用方面的关注度越高，预计汞在“其他用途”的使用量就会越少。此外，挪威已经制订了禁止销售新开发的含汞产品的立法。瑞典也有望在 2008 年下半年采取类似措施；其他国家也将进一步考虑采取相似举措。虽然“其他用途”的范围太广，因而无法预计在 10 年内出现大幅削减，但是消费量下降 10%-20% 这一更为适度的“状况”预测则比较可行。

2.5.10 状况预测与环境署的目标

表 2-4 总结了上文提到的状况预测，并与参与美国环境保护局-环境署含汞产品伙伴关系区域商业计划的非政府组织商定的削减目标进行了对比，后者的削减目标更为远大，但一定能

³⁴ 例如，使用发光二极管背景灯代替“笔记本”电脑中的汞灯的厂家数量已有所增加，并在 2008 年出现大幅增长。自 2005 年，索尼就在其几款高端超薄 VAIO 笔记本电脑中使用发光二极管背景灯。富士通于 2006 年开始使用发光二极管背景灯。2007 年，华硕、戴尔和苹果公司也在它们的笔记本模具中使用发光二极管背景灯，惠普等其他公司也将在近期开始使用（Wiki 2008 年）。

³⁵ 中国颁布的与《限制使用某些有害物质指令》相关的法律于 2007 年 3 月 1 日生效。但是，中国制订的《限制使用某些有害物质指令》的范围完全独立于欧盟的《指令》。另外，尽管两者虽大体一致，但中国《指令》所涵盖的许多产品类型是欧盟所没有的（见 <http://www.chinarohs.com/faq.html>）。

³⁶ 欧盟环境总署，2008 年。

够实现。该商业计划对各个主要产品领域的汞消费量都制订了相应的削减百分比。³⁷此外，状况预测不如环境署所订目标乐观，因为后者显然依赖于非政府组织的举措，其所获政治支助和财政支助都存在较大的不确定性。

表 2-4 2015 年全球汞消费量预测

应用	2005 年消费量范围 (吨)	到 2015 年的削减状况 (%)	环境署产品伙伴关系截至 2015 年的削减目标 (%)
手工作业金矿	650 - 1,000	0%	不适用
氯乙烯单体/聚氯乙烯	715 - 825	增加到 1250 后逐渐减少	不适用
氯碱	450 - 550	30%	不适用
电池	260 - 450	50%	75%
牙科应用汞合金	300 - 400	10%	15%
测量及控制仪器	300 - 350	45%	60%
灯类	120 - 150	10%	20%
电气电子设备	170 - 210	40%	55%
其他应用	200 - 420	15%	25%

2.6 2005-2017 年全球汞的总消费量

2.6.1 2005-2017 年汞的总消费量

表 2-5 根据应用行业分列，总结了先前预测的截至 2015 年的全球汞消费量，并将趋势延续至了 2017 年。应注意的是，此表不计任何再循环产生的影响，因此并不代表需要由汞供应量满足的汞净消费量。

表 2-5 以吨计算的全球汞的总消费量（状况）

	手工作业金矿	氯乙烯单体生产	氯碱生产	电池	牙科应用	测量及控制仪器	灯类	电气电子设备	其他应用	年度总计 (汞的总消费量)
	(为表达清晰, 只显示平均值)									
2005年	825	770	500	355	350	325	135	190	310	3,760
2006年	825	910	485	337	347	310	134	182	305	3,835
2007年	825	1,050	470	320	343	296	132	175	301	3,911
2008年	825	1,150	455	302	340	281	131	167	296	3,946
2009年	825	1,250	440	284	336	267	130	160	291	3,982
2010年	825	1,200	425	266	333	252	128	152	287	3,868
2011年	825	1,150	410	249	329	237	127	144	282	3,753
2012年	825	1,100	395	231	326	223	126	137	277	3,639
2013年	825	1,050	380	213	322	208	124	129	273	3,524
2014年	825	1,000	365	195	319	193	123	122	268	3,410
2015年	825	950	350	178	315	179	122	114	264	3,295
2016年	825	900	335	160	312	164	120	106	259	3,181
2017年	825	850	320	142	308	150	119	99	254	3,066

³⁷ 美国环境保护局，2008 年。

2.6.2 汞的再循环和回收

表 2-6 的第一栏总结了 2005 年有意添加汞的产品及制造工艺中汞再循环和回收的情况，其不包含第 3 节中讨论的汞副产品或其他来源。下文的第二栏对未来再循环进行了常规假设，以做出状况设想。第三栏介绍了可通过适当额外努力，以及某些情况（如手工作业金矿中的汞应用）下做出更广泛努力并且预算充分达到的潜在再循环目标。

表 2-6 汞的再循环现状与实际潜力

行业	2005 年汞的再循环情况	预测的 2015 年汞的再循环率状况	2015 年更高的再循环率
手工作业金矿	目前在手工作业金矿中正在进行一定的汞再循环及清洁工作，但第 2.2.1 节中估算的汞消费量为考虑到汞再循环及清洁工作后损失掉的汞总量。对该行业来说，这是计算汞使用量唯一现实可行的途径。	由于（以国际采矿业和金属理事会为代表的）工矿业坚决表示要对手工作业金矿采取具体措施*，应很有把握地假设，截至 2015 年该行业的汞消费量至少会降低 5%-10%。 * Telmer, 2008 年。	手工作业金矿中汞提纯与再循环的普及有望使汞消费量减少 32%。汞的清洁和/或汞的再活化可能会进一步削减 25% 的汞消费量。* 尽管要达到这些目标，一定会消耗大量的时间与资金（见第 0 节），但由于这些努力对于人类健康与环境至关重要，因而截至 2015 年实现 50% 的目标是现实可行的（即汞的消费量减少 20%-30%）。 * Telmer 和 Veiga, 2008 年。
氯乙烯单体/聚氯乙烯	根据中国国家环保总局的数据，2004 年 95% 的废催化剂都得到了再循环。据报告，非正规再循环商（可能由于环保设施有限）比正规再循环商购买废催化剂的价格还高。 由于废催化剂中汞含量已耗至原汞含量的 50% 以下，2005 年汞的总再循环量约 350 吨。 据报告，俄罗斯在其氯乙烯单体生产工厂中回收了约 8 吨汞。	如果废催化剂的再循环率已接近 95%，那么再循环率的上升空间就会很小。 人们需要特别关注盐酸污染过程中是否有更多的汞回收空间。但该领域的成本及技术挑战还存在不确定性。	按理应鼓励采取一系列措施，停止此类技术，支持使用无汞替代品。虽然实施这一战略需要多年来完成，但管理机构已采取措施，严禁建立含汞工艺的新生产厂。 同时，我们应当把目标置于在 2015 年之间，从盐酸工艺流中至少再回收 10%-20% 的汞消费量。
氯碱	2005 年，美国氯碱业从氯碱废物中回收了约 50 吨汞（约占汞消费量的 80% 以上），欧盟回收了约 35 吨（几乎占汞消费量的 20%）。据估算，其他国家的汞回收量在 15-35 吨之间，全球共回收 100-120 吨。平均回收率仅为该汞总消费量的 20% 以上。	以汞回收代替废物处置的吸引力越来越大。在美国、欧盟和印度，越来越多的工厂停止使用含汞工艺。但是官方对汞回收的鼓励仍然很有限。预计截至 2015 年，至少 10% 的汞消费量会得到回收。	考虑到 2005 年本产业的全球汞消费总量接近 500 吨，而且美国的做法展现了汞回收的巨大潜力，可以预测截至 2015 年汞回收率可以在 2005 年的再循环基础上再提高 20%-25%。

行业	2005 年汞的再循环情况	预测的 2015 年汞的再循环率状况	2015 年更高的再循环率
产品中的汞及“其他应用”	<p>2005 年，欧盟自含汞产品及相关工业废物中回收了约 80 吨汞，而同年欧盟在这类产品中的汞消费量约为 320 吨。</p> <p>据估算，世界其他地区 2005 年的汞回收率不会超过 10%-15%，而同年其汞的消费量为 1,410 吨。</p> <p>从全球来看，这一方面的汞消费量为 1,730 吨，回收量超过 250 吨，回收率在 15% 以下。</p>	<p>考虑到国际社会对减少汞在经济中的流通量的重视程度、随着 2011 年欧盟出口禁令的颁布汞价将出现走高、以及有害废物处置成本继续增长等诸多因素，估计截至 2015 年产品中汞的再循环和回收率会增至 20%-25%。</p>	<p>在付出更多具有针对性的努力后，到 2015 年，产品中汞的再循环率可能会达到 30%。</p>
产品及工艺汇总(采用平均值)	<p>将以上再循环信息进行汇总，2005 年产品及工艺的汞消费总量近 3,800 吨，回收总量近 750 吨，整体回收率约为 20%。</p>	<p>将以上预测的再循环信息进行汇总，截至 2015 年，产品及工艺的汞消费总量约为 3,300 吨，回收总量约为 910 吨，总体回收率约为 28%。</p>	<p>上述假设会将汞的整体再循环和回收率推升到了 40%。</p>

2.6.3 2005 年-2017 年汞的净消费量

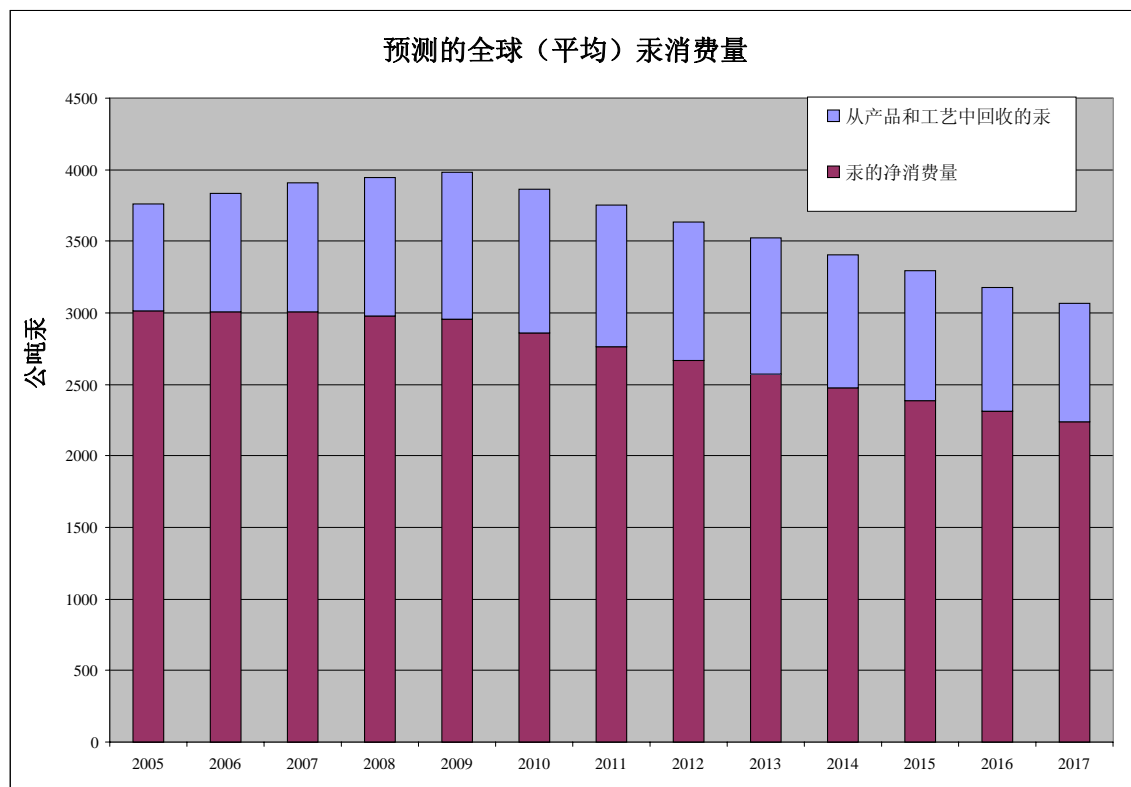
表 2-7 和图 2-6 从汞的总消费量中减去汞回收量，得出了用于产品和工艺的汞的净消费量。汞的净消费量表示特定一年必须确定的各种来源的汞消费量。

表 2-7 2005-2017 年全球汞的消费量（状况）（吨）

	汞的总消费量	从含汞产品及工艺中回收的汞总量	汞的净消费量
2005年	3,760	741	3,018
2006年	3,835	824	3,011
2007年	3,911	906	3,005
2008年	3,946	967	2,980
2009年	3,982	1,026	2,956
2010年	3,868	1,010	2,857
2011年	3,753	993	2,760
2012年	3,639	974	2,665
2013年	3,524	955	2,570
2014年	3,410	934	2,476
2015年	3,295	912	2,383
2016年	3,181	871	2,310
2017年	3,066	830	2,236

状况假设表明，到 2017 年期间，预计汞的年回收量约为 800-1,000 吨，2005 年汞的净消费量为 3,000 吨，到 2017 年将降至 2,200 吨。

图 2-6 2005 -2017 年全球汞消费量和回收量（状况）（吨）



3 2005-2017 年全球汞供应量

3.1 主要的汞供应来源

除上文提到的从产品及工艺中回收的汞以外，汞“供应”有以下四大主要来源：

1. 初级汞矿石的开采与加工；
2. 氯碱工厂中废旧汞电解池中汞的收集；
3. 一些黑色金属及大多数有色金属的提炼过程中产生的汞副产品；从天然气净化过程中产生的汞副产品；
4. 往年积累的库存汞（通常最初来源为汞矿或副产品、废旧氯碱电池或其他来源）。

3.1.1 初级汞开采

西班牙

西班牙的 Almadén 汞矿，2003 年就已停止了汞矿石的初级开采，2004 年停止了矿石加工。但企业仍然在继续储存汞，并在全球市场上进行销售。表 3-1 显示了，汞矿关闭后初级汞供应的减少情况。

表 3-1 2000-2005 年西班牙汞矿年产量（公吨）

汞矿产量 (公吨)	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
西班牙	236	523	727	745	0	0

资料来源: MAYASA 公司的信件。

阿尔及利亚

考虑到持续的技术问题和相对较低的生产水平, 阿尔及利亚在 2004 年底关闭了该国的汞矿。几乎自 2000 年起, 阿尔及利亚的年产量很少能达到 200 公吨以上。然而, 阿尔及利亚的汞矿与西班牙 Almadén 汞矿几乎同时关闭, 这对市场造成了很大影响, 导致汞的市场价的急剧攀升。

中国

据报告, 中国 2004 年的汞进口量为 354 吨, 2004 年后中国没有进行汞出口。同时由于汞消费量的不断提高, 国内汞产量也在不断提高。根据《无色金属行业年鉴》记载, 中国 2004 年的汞产量为 1,140 吨, 是继 1990 年来的最高水平。然而, 中国国家环保总局化学品登记中心未能证实这一增长, 因此其估算该年产量为 700 吨, 与往年较为一致。据报告, 中国 2005 年的汞产量为 1,094 吨, 进口量为 180 吨。2006 年未进行汞进口, 而且管理部门对进口严格设限。³⁸

表 3-22000-2005 年中国汞矿年产量 (公吨)

汞矿产量 (公吨)	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
中国	203	193	495	612	700-1,140	800-1,094

资料来源: 化学品登记中心 (2007 年), 体现了近年来的不稳定性, 不包括非正规开采经营中的少数汞产量 (不正规开采即由一小群矿工在不遵守国家关于保护劳动者权益条例的情况下进行的开采活动)。

应提及的是, 目前中国只有一个汞矿年产量在 100 吨以上。2004 年该汞矿的年产量为 312.54 吨。由于储备有限, 此矿估计还有 5-6 年的寿命。同样, 如果整体汞矿产量仍要保持在年产 1,000 吨的范围之内, 预计中国的汞矿只能维持十几年的时间。³⁹

表 3-3 对中国这一主要汞生产国和消费国 2004 年和 2005 年的汞供应量进行了粗略估算。

³⁸ 国家环保总局, 2008 年; 化学品登记中心, 2007 年。

³⁹ 化学品登记中心, 2007 年; 国家环保总局, 2008 年;

表 3-3 2004 年和 2005 年中国的汞供应量（公吨）

来源	2004 年	2005 年
合法开采	700-1,140	800-1,094
进口	233	180
催化剂再循环	290	350
非正规开采*	0-200	0-200
总计	1,220-1,860	1,330-1,830
* 非正规或手工作业开采主要由正常商业及法律体系之外的个人或小组进行。因此要获取其活动的详细信息十分困难。		

资料来源：根据美国自然资源保护委员会（2006 年）和化学品登记中心（2007 年）的数据推算。

吉尔吉斯斯坦

吉尔吉斯斯坦是世界上继西班牙和中国之后的第三大汞资源国。该国国内共有汞矿床 400 余个，其中两个矿床蕴含大量汞产区（Chonkoi 和 Khaidarkan 的总储量超过 2 万吨）和一个中型产区（Zardobuka 的储量为 1,500 吨）。其他汞产区的储量则相对较少。Khaidarkan 汞矿是中亚地区唯一的汞生产商，位于南吉尔吉斯斯坦的巴特肯地区。不断进行深层矿藏开采后，Khaidarkan 的汞矿石矿工以及主要汞矿石来源不断减少。另外，资源基础目前仅限于该区的西部，平均汞矿石品级为 0.4%（而西班牙 Almadén 汞矿的朱砂矿石的品级较高，超过了 3%）。这些因素可解释为何该矿近年来的年产量未能接近其 600 吨的年额定加工能力。目前供商业开发的现有探明储量只能支持以现有水平开采 8 到 10 年。⁴⁰

如表 3-4 所示，吉尔吉斯斯坦的所有汞矿产量全部用于出口，而且过去曾经接受俄罗斯的铋-汞精矿进行精炼。据估算，2006 年的汞产量约为 350 吨。

表 3-4 2000-2005 年吉尔吉斯斯坦的汞矿年产量（公吨）

汞矿产量 (公吨)	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
吉尔吉斯斯坦	590	574	542	397	488	304

资料来源：环境署提高认识讲习班，基辅，乌克兰（环境署，2004 年）；个人信件。

其他“开采”活动

其他汞矿“开采”活动分布在其他少数国家，但基本上开采量较小，开采不正规。其中规模最大的，是对位于墨西哥萨卡特卡斯州瓜达卢佩市和 Veta Grande 市的银矿尾矿进行的汞开采，该银矿已经停产多年。据报告，1998 年间汞矿回收总量已达到 60.63 公吨，⁴¹但未能获得近年来的相关数据。因此，据估算，除以上提到的汞矿外，全世界其他地区的汞开采总量约为 50-100 吨。

⁴⁰ Masters, 2007 年。

⁴¹ 环境合作委员会，2001 年。

汞开采总量

2005 年汞的开采总量（包括

表 3-3 中界定的合法开采和非正规开采）介于 1,154-1,498 吨之间。在今后十年内，从第六年开始，随着中国开采量的下降，假定进行“常规”（状况设想）预测，初级汞开采量可能会下降 20%。另一方面，中国可能会延续以前的做法，进行代替性资源的开采来弥补汞产量的下降。此外，除非吉尔吉斯斯坦决定停止汞矿开采，从而产生巨大影响，否则不会出现其他重大变化。

3.1.2 氯碱业中的剩余汞量

除了氯碱设施中产生的汞废物之外，电解池池底也会剩余大量汞以保证汞法工艺的顺利进行。当汞电解池关闭或转型为膜法工艺时，就可以移除电解池中的汞。

2005 年，欧盟 25 国的汞电解池仍有近 580 万公吨的汞。⁴²2005-2007 年期间，该行业宣布关闭一些氯容为 100 万公吨的电解池，并对其进行转换，其中包括意大利、波兰等国的工厂。

从全球来看，除欧盟 25 国以外，2005 年的汞电解池仍有约 400 万公吨的汞量，其中美国 110 万公吨，印度 42.8 万吨，俄罗斯 43 万吨，巴西 34.1 万吨，其他地区 150 万-200 万公吨。⁴³在这些地区，停用的汞电解池氯碱设施数目不断增加，同时还修建了无汞设施，这表明汞电解工艺的转型是一个较长的过程。此外，此行业还在其他方面取得了进展，其中据报告，印度正努力在 2012 年前停止汞电解池的应用。除几年前伊朗 Bandahar 厂的汞电解车间进行扩建以外，自 20 世纪 90 年代初以来，未运营任何新的汞电解池。

氯碱设施的电解池停止运营（也称“停用”）后，剩余汞既可在行业内继续使用，也可在国际市场上出售。今年至 2020 年，预计欧洲的大多数汞电解池设备都会停用。这意味着从汞电解池中释放出的汞总量 11,000 公吨，氯碱工厂的其他工艺也会释放更多的汞。欧洲氯组织（欧洲行业贸易协会）的一份协定指出，欧洲氯碱业的废旧汞将出售给西班牙汞贸易公司 MAYASA（以前是开采公司），进而转售给国际市场。欧洲联盟委员会最近在立法方面达到了政治协定，即禁止此类废弃汞的出口并要求自 2011 年 3 月 31 日起将从停用氯碱厂中回收的汞进行长期“安全储藏”。⁴⁴

根据表 3-5 中所示的淘汰计划，据估算，每年从停用的氯碱设施中回收的汞平均将达到 1,000 吨左右，其中平均 760 吨（减去所有仍会转移并用于欧盟氯碱业的数量）都会按欧盟法律规定在 2011 年 3 月后进行长期储藏。因此，自 2011 年起，非欧盟国家在氯碱行业对全球汞供应量的贡献预计在平均每年 240 吨左右。

⁴² 欧洲氯组织，2005 年。

⁴³ 世界氯委员会，2006 年。

⁴⁴ 第 COM(2006) 636 号立法议案定稿文本，可参见网站：

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52006PC0636:EN:HTML>。

表 3-52005-2015 年停用氯碱设施中释放的汞总量

国家或地区	氯产量 (吨/年)	2006-2015 年可能完成的产 量削减量 (吨/年)	2006-2015 年电解池中 回收的汞 (吨)	获得的汞总量 (吨-年度平 均值)
欧洲联盟	580 万	380 万	7,600	760
美国	110 万	500,000	1,000	100
印度	428,000	300,000	600	60
巴西	341,000	50,000	100	10
俄罗斯联邦	430,000	80,000	160	16
其他	150 万 - 200 万	300,000 - 500,000	600 - 1,000	80
总计			~10,300	~1,000

据估算，2005 年从此途径获得的汞总量约 700-900 吨。⁴⁵

3.1.3 汞副产品

3.1.3.1 有色金属矿石加工

锌、铜、铅、金、镍和其他有色金属矿石的加工都有可能释放汞，这是由于此类矿石通常包含着微量汞，且此类矿石的处理均采用热处理法。

矿石的汞含量由矿床的特定地质所决定的。“带状”高汞矿床一般出现在地中海地区、美国西部、加拿大西部、澳大利亚东部、中国中部部分地区和秘鲁。⁴⁶ 这些地理区域当中很多都是世界上产量较多的黄金产地：2004 年世界五大黄金生产国中的四个分别为澳大利亚、美国、中国和秘鲁⁴⁷（南非为最大的黄金生产国）。高汞地区与主要的锌矿产区基本重合：2004 年全球锌矿采量中，中国一国的生产量就占到了四分之一，澳大利亚、秘鲁、加拿大和美国的产量之和达到了世界产量的 40%。但必须要铭记的是，据记载，世界其他地区的矿石矿床中的汞含量也较高，⁴⁸即使在同一地理区域，汞含量的变化也可能非常之大。

汞在不同矿石中仅以微量金属存在，除非在排放过程之前就进行汞分离处理，否则会在熔化过程中排入大气。活性炭及其他技术可以阻止汞的排放，并通常将汞排放作为有害废物进行处理。但如果能够采用一些除汞技术，且汞含量足够高，则对汞废物的再循环以及汞回收就在经济上具有可行性（或者符合芬兰等国经营许可的规定）。

根据出售先进除汞技术的主要企业的官员介绍，该公司设备可以安装在锌、铜、铅、金等其他金属熔炉上以减少汞排放。但目前，除黄金生产设施采用热预处理和电化学精制工艺来回回收汞副产品（特别是在北美和南美地区）之外，⁴⁹只有一些大型锌熔炉进行了必要的投资，避免汞向大气的排放。⁵⁰

锌矿

⁴⁵ 环境署，2006 年。

⁴⁶ Rytuba，2003 年。

⁴⁷ 美国地质勘探局《2005 年矿业年鉴：金》。

⁴⁸ 环境署，2005 年。

⁴⁹ Hylander，2008 年。

⁵⁰ 特别是 Boliden-Norzink 技术，其现在属于 Outokumpu Oy 公司，主要生产汞回收中可进行再循环的甘汞（氯化亚汞）废液。

为估算锌熔化废物中的汞含量，博利登公司官员在设备设计功率、气流量和气体汞含量的基础上计算了汞副产品的产量。据估算，从全球来看，每年锌熔炉所产甘汞（一部分后来被回收，一部分进行废物处理）的汞含量约为 260 吨，其中可根据各个工厂运营及设备运行状态的不确定性上下调整 50%。2005 年，芬兰采用的是另一种工艺，从熔炉中生产出 22-24 吨汞，加上之前的估算，计算出了全球锌矿的潜在汞回收总量。⁵¹ 应注意的是，这仅仅是根据目前已安装除汞设备的数目进行的潜在回收总量估算。

金矿

在从工业化金矿（与手工作业和小规模金矿相反）中回收汞副产品方面，主要回收汞的来源地为南美地区和美利坚合众国。南美地区总计有 5 个金矿在回收汞——秘鲁有 3 个，智利 1 个（回收规模很大），阿根廷 1 个（刚开始回收）。不计阿根廷的回收量（做出估算的时间过早），其余四个金矿的汞回收量每年在 80-100 公吨之间。

美国自然资源保护委员会（2006 年）详细讨论了此行业的汞回收，并忆及美国（主要是内华达州）目前从国内金矿开采中回收的汞至少为 100 公吨（Brooks 和 Matos, 2005 年；Jones 和 Miller, 2006 年），因而为 2005 年世界金矿开采回收汞总量的估算提供了依据，估算结果约为 200 公吨。汞回收的主要动力是企业越来越关注其环保形象，这意味着冶炼行业中汞回收的做法今后很可能将更加普及。

其他矿石

铅矿与铜矿中的平均汞含量要低得多，但是矿石处理量却十分可观。此外，塔吉克斯坦的一个铋汞矿及俄罗斯的一些矿等均在进行汞副产品的回收。⁵²

根据环境署汞问题“工具包”提供的关于有色金属汞含量的数据，⁵³ 粗略估计每年从各种矿石提炼过程中排放的汞约达 1,000-1,500 公吨。⁵⁴ 其中大多数都直接排入大气，但如上所述，也有相当一部分得到了回收或处理。加上表 3-6 介绍的非有色金属来源，2005 年全球冶炼行业回收的汞约 400-500 公吨。

3.1.3.2 天然气净化

在曼谷举行的环境署汞问题讲习班上，⁵⁵ 马来西亚代表团提请注意该国天然气田主要由气体燃烧造成的汞排放量，并认为这一排放量可能会很大。

多数天然气都含有微量的汞。世界上很多地区，根据其地质不同，如荷兰、北海、阿尔及利亚、克罗地亚等，其天然气中的汞浓度已经足以在处理过程中引起严重的设备故障。⁵⁶ 虽然有时天然气中汞浓度可能很低，但 Pirrone 及其同事在报告中指出“使用天然气前必须使其汞浓度降至 10 微克/立方米以下”。⁵⁷ 据估算，仅欧洲每年从天然气废物中回收的汞就约为 25-30 公吨。⁵⁸ 2005 年，荷兰以天然气净化废物的形式出口至德国进行汞再循环，预计

⁵¹ 环境署，2006 年。

⁵² 环境署，2006 年。

⁵³ 环境署，2005 年。

⁵⁴ Maxson, 2006 年。

⁵⁵ 联合国环境规划署减少亚太地区产品中汞的使用与排放讲习班，泰国曼谷，2007 年 5 月 17 日至 19 日。

⁵⁶ 具体而言，管道及设备中的汞会浓缩为液态汞，或者与铝（最常见的问题）或其他金属（除铁外）发生齐化，就会逐渐腐蚀金属，从而会导致严重的工业事故。

⁵⁷ Pirrone, 2001 年。

⁵⁸ Maxson, 2006 年。

可回收 55 吨汞（虽然这些净化废物并非一年的积累）。⁵⁹据《环境署贸易报告》估计，全球每年从天然气净化废物中回收的汞约为 30-40 吨，但这个估算数据可能略微保守。⁶⁰

3.1.3.3 全球汞副产品的生产

下文表 3-6 总结了上述讨论中的主要观点，并估计全球每年从副产品来源进行回收的汞数量可能约 400-600 吨。这个数字大大低于表中所述原材料中汞含量估算值的一半。

表 3-6 2005 年全球汞副产品的产量

副产品来源	初级金属产量 (吨)	所含汞总量 (吨)	以金属形式回收的汞总量 (吨)
锌矿	900 万	500-650	80-120
铅矿	350 万	20-30	0
铜矿	1,400 万	200-270	20-40
金矿	2400	220-250	180-220
其他矿产副产品	不适用	不适用	100-150
天然气	不适用	暂缺估算值	30-50
总计		1,000+ 至 1,200+	410-580

资料来源：“初级金属产量”来自于美国自然资源保护委员会（2007 年）的估算；“所含汞总量”来自于顾问的估算；“回收总量”为上文中的估算值。

3.1.3.4 截至 2015 年的状况预测

如上所述，矿石及天然气中的汞含量不仅与地理区域有关，而且还与特定矿层或气田有关。例如，2006 年和 2007 年期间，尽管所采矿床与之前的矿床地理位置十分相近，但由于开采的矿床不同，因此从秘鲁亚纳科查金矿中回收的汞总量有所下降。⁶¹

然而，预计副产品来源的汞回收量在 2015 年之前可轻松达到汞含量的 50%，或超过 50%。同时，鉴于强势的经济增长，特别是中国和印度的增长表现，预计到 2015 年，对这些资源的总需求量会至少增长 30%。

3.1.4 汞存货或库存

过去，汞储备由政府或政府代理机构在国际市场上进行交易。此类存货的交易大大推动了美国及前苏联汞出口的供应情况，但要获得准确数据有时则较为困难。

1994 年，出于对环境问题的考虑，美国政府停止了汞的销售。⁶²2006 年，政府决定将美国剩余的汞存货集合到内华达州的一个统一地点。其中包括美国国防后勤局名下的 4,436 吨汞库存，及美国能源部持有的 1,306 吨库存。

⁵⁹ 荷兰，2008 年。

⁶⁰ 环境署，2006 年。

⁶¹ Masters，2008 年。

⁶² 美国地质勘探局，2006 年。

尽管 2005 年来自欧洲一个主要汞经纪商的信息称，前苏联的汞库存已被耗尽，但 2006 年和 2007 年，俄罗斯经销商提供了约 500 吨汞，其均产自吉尔吉斯斯坦。⁶³有消息称，2008 年俄罗斯经销商又重新开始储存汞，其来源可能是吉尔吉斯斯坦。

在西班牙，由一个单一组织持有可供商用的最大汞库存。根据实地调查，2005 年 MAYASA 在 Almadén 汞矿的单质汞储存量估计在 1,000-2,000 公吨之间，⁶⁴但之前消息灵通的欧洲经纪商估算储存量是这个数目的两倍以上。⁶⁵这一库存是通过以下渠道多年累积而成：之前 Almadén 汞矿开采得到的汞、从吉尔吉斯斯坦购买的汞，以及从欧洲停用的氯碱设施获得的汞等等。

除这些储存在氯碱生产商现场仓库的存货以外，在其他场所也可能有其他库存，特别是因为在 2004 年后受汞价强烈波动的影响，经纪商的投机行为越来越多。朗伯金属公司在安特卫普港和鹿特丹港均设有汞储存设施。⁶⁶ 印度最大的汞经纪商近年来尤其活跃，并保存了孟买的存货，但并未获得库存量方面的详细信息。

总体而言，汞库存对汞供应和供需求都是一个十分重要的变量，主要原因有如下几点：

- 总量不明，但据估算，至少在 4,000-6,000 吨之间。
- 汞的储存地一般在免税区，便于全球转运或避免进/出境运输的行政手续。
- 若汞库存不在免税区，那么库存地到免税区的运输都比较便利，便于将库存汞在欧盟汞出口禁令生效前运至免税区。预计欧盟内的剩余汞库存将在 2011 年全部从欧盟转移出来。⁶⁷
- 最后，这些库存可作为转型期或市场干扰期间平衡供需的一种手段——例如，初级汞矿开采将要停止或欧盟出口禁令生效时。

然而，由于上述原因，事实上无法预测这些库存每年对市场所做的贡献。2005 年，估计 Almadén 汞矿 300-400 吨汞库存进入到了市场。⁶⁸ 根据现有的最可靠信息，在今后十年内，各存货和库存来源向市场提供的数量（平均值）应基本保持一致。

3.1.5 2005 年全球汞供应量

总结上述讨论，表 3-7 介绍了 2005 年所有主要的汞供应来源。

⁶³ Masters, 2008 年。

⁶⁴ Maxson, 2006 年。

⁶⁵ Masters, 2008 年。

⁶⁶ Fialka, 2006 年。

⁶⁷ Masters, 2008 年。

⁶⁸ 环境署, 2006 年。

表 3-7 2005 年全球汞供应量

汞供应来源 (2005年)	汞供应量 (公吨)
初级汞开采	1,150-1,500
汞副产品 (包括天然气净化)	410-580
针对含汞产品及工艺中进行的回收	a)
从氯碱电解池 (停用后) ^{b)} 中回收的汞	700-900
存货 ^{c)}	300-400
总计	2,560-3,380
注:	
a) 包含在之前的汞“净”消费量的计算中。	
b) “从氯碱电解池中得到的汞”是指从停用后的电解池中移除的单质汞。	
c) 主要来自Almadén汞矿，并不包括之前从停用的氯碱设施中得到的汞。	

2005 年全球汞来源可同上文表 2-7 介绍的汞净消费量 (平均值略高于 3 000 吨) 进行对比。

3.1.6 欧洲联盟汞出口禁令的影响

如上文所述，欧洲联盟汞出口禁令将于 2011 年 3 月 31 日起生效，主要禁止所有氯碱产业中“过剩”汞、甘汞 (汞的氯化物或氯化亚汞，一般来自冶炼过程产生的汞废物) 和其他作为汞废物副产品的出口。这将对之前汞供应量的计算产生以下主要影响：

- 欧盟氯碱设施中回收的汞平均为 760 吨，其中一些目前已在氯碱业中进行重复利用，其余的则已进入开放市场，并且 2011 年 3 月后不再向欧盟氯碱业外的任何使用者提供；
- 欧盟的矿石开采、冶炼及天然气生产中每年回收的近 60-100 吨汞副产品也不再向欧盟内外的使用者提供。

表 3-8 更详细介绍了这些影响，特别是由于欧盟汞出口禁令，全球市场将无法获得汞方面的影响。表中数据采用的是平均值。其中的不确定性将在第 4.2 节做出进一步探究。

表 3-8 2010 年欧盟出口禁令生效后全球市场无法获得的汞

年份	自2011年起无法获得的欧盟氯碱业产生的汞总量*				自2011年起无法获得的欧盟汞副产品总量*			欧盟出口禁令生效后全球市场移除的汞总量 (吨)
	欧盟氯产量 (吨氯)	欧盟每年从停用氯碱电解池中回收的汞数量平均值 (吨)	正常情况下，可用于欧盟外全球市场的数量 (吨)	由于出口禁令而从全球市场移除的汞数量 (吨)	欧盟每年回收的汞副产品平均值 (吨)	正常情况下，全球市场可获取的数量 (吨)	由于出口禁令而从全球市场移除的汞数量 (吨)	
2005年	5,800,000	760	608	0	80	80	0	0
2006年	5,480,000	760	617	0	82	82	0	0
2007年	5,160,000	760	626	0	84	84	0	0
2008年	4,840,000	760	635	0	86	86	0	0
2009年	4,520,000	760	644	0	88	88	0	0
2010年	4,200,000	760	653	0	90	90	0	0

2011年	3,880,000	760	662	662	92	92	92	754
2012年	3,560,000	760	671	671	94	94	94	765
2013年	3,240,000	760	680	680	96	96	96	776
2014年	2,920,000	760	689	689	98	98	98	787
2015年	2,600,000	760	698	698	100	100	100	798
2016年	2,280,000	760	708	708	102	102	102	810
2017年	1,960,000	760	717	717	104	104	104	821

* 为便于表述，此表所有数据均为平均值

3.2 2005-2017 年的全球汞供应量

根据上述分析，表 3-9 总结了 2005-2017 年的全球汞供应量，其中包括从 2012 年起中国初级汞矿产量下降所产生的影响、2011 年欧盟汞出口禁令生效的影响，同时还包括吉尔吉斯斯坦的初级汞矿产量。

表 3-9 包括吉尔吉斯斯坦在内的全球汞供应量（状况）

	初级汞开采 (包括 吉尔 吉斯斯坦的 汞开采)	汞副产品 (包括天然 气净化)	氯碱电解池 (停用后) 中 回收的汞	存货或库存	出口禁令 生效前的 来源总量	欧盟出口禁令 生效后从全球 市场移除的汞 总量	欧盟出口禁 令生效后的 来源总量
2005年	1,325	495	800	350	2,970	0	2,970
2006年	1,325	526	1,000	350	3,201	0	3,201
2007年	1,325	556	1,000	350	3,231	0	3,231
2008年	1,325	587	1,000	350	3,262	0	3,262
2009年	1,325	617	1,000	350	3,292	0	3,292
2010年	1,325	648	1,000	350	3,323	0	3,323
2011年	1,325	678	1,000	350	3,353	754	2,599
2012年	1,060	709	1,000	350	3,119	765	2,353
2013年	1,060	739	1,000	350	3,149	776	2,373
2014年	1,060	770	1,000	350	3,180	787	2,392
2015年	1,060	800	1,000	350	3,210	798	2,412
2016年	1,060	831	1,000	350	3,241	810	2,431
2017年	1,060	861	1,000	350	3,271	821	2,450

同表 3-9 中的结果进行对比，表 3-10 中所有假设不变，但并不包含 2010 年后吉尔吉斯斯坦的汞矿产量。这是基于这样的假设：即使其他经济机会进行较为顺利，吉尔吉斯斯坦也不可能会在 2010 年前停止 350-400 吨汞的年产量。

表 3-10 不包括吉尔吉斯斯坦在内的全球汞供应量（现况）

	初级汞开采 (不包括 吉 尔吉斯斯坦 的汞开采)	汞副产品 (包括天然 气净化)	氯碱电解池 (停用后) 中 回收的汞	存货或库存	出口禁令 生效前的 来源总量	欧盟出口禁令 生效后从全球 市场移除的汞 总量	欧盟出口禁 令生效后的 来源总量
2005年	1,325	495	800	350	2,970	0	2,970
2006年	1,325	526	1,000	350	3,201	0	3,201
2007年	1,325	556	1,000	350	3,231	0	3,231
2008年	1,325	587	1,000	350	3,262	0	3,262

2009年	1,325	617	1,000	350	3,292	0	3,292
2010年	1,325	648	1,000	350	3,323	0	3,323
2011年	950	678	1,000	350	2,978	754	2,224
2012年	685	709	1,000	350	2,744	765	1,978
2013年	685	739	1,000	350	2,774	776	1,998
2014年	685	770	1,000	350	2,805	787	2,017
2015年	685	800	1,000	350	2,835	798	2,037
2016年	685	831	1,000	350	2,866	810	2,056
2017年	685	861	1,000	350	2,896	821	2,075

4 2005-2017 年全球汞（净）消费量与全球汞供应量

4.1 汞（净）消费量与供应量状况

根据上述分析，表 4-1 总结了 2005-2017 年期间全球的汞供应量，并与第 2.6.3 节中的汞净消费量进行了对比。由于在这段时期将会同时出现几个关键事件对市场造成干扰，因此这对汞市场也是一个至关重要的时期。

表 4-1 汞（净）消费量与汞供应量对比（不包括吉尔吉斯斯坦的汞开采）

	欧盟出口禁令生效后的来源总量	净消费量（状况）	供应量减消费量
<i>（为表达清晰，此表显示的是平均值）</i>			
2005年	2,970	3,018	-48
2006年	3,201	3,011	189
2007年	3,231	3,005	226
2008年	3,262	2,980	282
2009年	3,292	2,956	336
2010年	3,323	2,857	465
2011年	2,224	2,760	-537
2012年	1,978	2,665	-686
2013年	1,998	2,570	-572
2014年	2,017	2,476	-459
2015年	2,037	2,383	-347
2016年	2,056	2,310	-254
2017年	2,075	2,236	-161
累计	33,662	35,226	-1,564

此表表明，由于欧盟汞出口禁令开始生效、理论上吉尔吉斯斯坦初级汞生产将逐渐停止、中国汞矿产量预计将出现下降这三种原因，2011-2012 年间汞供应量会急剧下降。由于近年来中国国内汞供应随着汞需求一同增长，中国的汞供应与世界其他地区的汞供应几乎没有任何联系，因此此表被视为较为消极的一种汞供应设想。

至于汞的净消费量，应忆及的是，状况设想表明在减少消费量或提高再循环量方面均未做出巨大努力。表 2-4 中在减少汞消费量方面的目标高度甚至不及环境署产品伙伴关系的目标。因此也被视作对未来汞消费量较为消极的一种看法。

然而，即使出于模拟“最坏情况”的考虑，接受这种较为消极的预测，2005-2017 年整个期间汞供应量与净消费量之间的累计短缺额约为 1,500-1,600 吨，即仅为 2005 年净消费量的

一半。在十年期间，可将某些年份市场上积累的过量汞储存起来，在供应短缺时重新进入市场。

然而，如果出现更坏的情况，无法利用库存汞弥补供应短缺，则可以考虑采用其他非主要来源（即并不来自于汞矿开采）来弥补供应短缺。第 5 节将对非主要来源进行讨论。

4.2 对不确定性的说明

上文对本分析报告中主要的不确定性进行了讨论。其他不确定性也需要进行说明，但其发生的几率几乎为零。总体来看，如表 4-2 所示，不确定性的影响差别不大。

表 4-2 其他不确定性的一般影响

不确定性	对供应-消费平衡的影响
中国汞矿产量可能不会下降。	++
中国汞矿产量确实按预计下降，但中国决定进口汞以弥补供应短缺。	本分析报告包含这种不确定性
由于缺乏对当地经济的其他支助，吉尔吉斯斯坦可能会继续其初级汞矿开采。	++
吉尔吉斯斯坦会逐步停止初级汞矿开采，但时间比预计的晚。	+
吉尔吉斯斯坦汞矿今后对全球汞供应的贡献比分析中预计略高。	本分析报告包含这种不确定性，因为假定吉尔吉斯斯坦对汞供应的贡献为零。
未来再循环率可能会比预计水平要高。	+ 至 ++
未来再循环率可能会比预计水平要低。	- 至 --
汞消费量的目标削减量可能比预计水平要高。	+ 至 ++
汞消费量的目标削减量可能比预计水平要低。	- 至 --
美国可能会颁布类似于欧盟的汞出口禁令。上文中并未对此不确定性进行讨论，因为该禁令是否能通过还是未知数。由于美国的生产量（主要来自金矿的副产品）与消费量大致平衡，因此这样的禁令很可能对全球汞供应的影响不大。但是这可能会改变汞副产品和汞废物的国际贸易流向，目前其主要流向美国进行清洁或再循环，并重新出口。	- 至 +
注：- 小幅减少供应或增加消费 -- 大量减少供应或增加消费 --- 大幅减少供应或增加消费	+ 小幅增加供应或减少消费 ++ 大量增加供应或减少消费 +++ 大幅增加供应或减少消费

5 其他可调集的汞“来源”

在逐步停止初级汞开采过程中，如果为满足暂时的需求而需调集更多的汞来源，可以考虑采用以下办法（按获得汞的潜在数量顺序排序）：

- 加强手工作业金矿中所用汞的再循环，
- 改善牙科汞合金、血压仪和温度计等汞产品的分离、收集及再循环情况，
- 加强氯乙烯单体/聚氯乙烯生产中所用汞的回收，

- 加强开采及冶炼过程中的汞回收，
- 加强氯碱废物中的汞回收，
- 加强天然气净化废物中的汞回收，
- 加强焚烧炉、煤燃烧及垃圾场烟气中的汞回收。

无论潜在汞含量是高是低，调集更多汞来源的成本问题将是一个主要的考虑因素。下文会对这些成本进行讨论，此外在汞供需平衡问题上对所有备选办法要有较为清楚的认识，这将十分有益。

5.1 供应方面的备选办法与需求方面的备选办法

上述其他汞来源可视作“供应方面”的备选办法，因为上述做法旨在增加汞供应量。但是也需铭记一些“需求方面”的备选方法，诸如一些可降低汞消费量的措施。减少汞消费量也可作为一种另外的汞“来源”。

供应与需求方面的备选办法的区别看起来微不足道，但却十分重要，这是因为：

*增加汞供应量，每年都需要支付成本；
而降低汞需求，则是一次性支付成本。*

为更清楚说明这一点，仅以温度计为例。若以增加汞总体供应量为目标，选择了供应方面的备选方法，则一个城市可能会通过积极的温度计收集和再循环方案的形式来增加汞供应。因此，可制订并实施这一方案，定期进行温度计收集和回收，从而进行汞回收。此例中，如果将所有费用（组织、信息传播、温度计回收、运输、循环等方面的成本）进行汇总，则每千克汞的回收成本大概在 1,000 美元左右。

另外，如果决定选择需求方面的方案，降低汞的总体需求量，则可进行大量的宣传运动，使公众相信无汞温度计对人体健康和环境更有益，并说服商家不再储存水银温度计，甚至与厂家合作鼓励它们停止水银温度计的生产。以此为例计算该方案的总体成本，则汞消费量每降低 1 千克的成本估计在 2,000 美元左右。

如上所示，这两种办法之间存在很大的不同，因为增加汞供应量的成本需要重复支付，年复一年，“生产出”的每千克汞都需要支付成本。另一方面，尽管降低汞需求的单位成本较高，但是需求可以彻底降低，而且也仅有一次成本支付。

因此，为更好地比较这两种不同的方法，较为合理的办法是将降低需求措施的成本摊薄到 10-15 年间。⁶⁹ 这样，降低汞需求的成本将远远不足每千克 200 美元，或低于为实现同样的市场目标（暂时忽略给人类健康和环境带来的收益）而采取的供应量方面的措施成本的五分之一。

当然，这个例子并不意味着只应当采取降低需求量的手段，但确实说明在对比不同备选办法的成本时一定要全面周全。

⁶⁹ 对于此方法可通过经济学来解释，由于考虑每年供应方面的成本的时间越长，其“现值”成本就会越低。依据所选的贴现率，10-15 年后的成本“现值”将会小到可以忽略不计。

5.2 调集更多汞的成本

尽管逐步停止初级汞开采的目标得到了广泛支持，但是如果需要其他汞来源来满足一部分汞需求，那么需要仔细考虑进一步开发其他来源的成本。对此类成本的详细分析包括对不同地理位置不同来源可及性进行的评估、对目前各种汞回收技术进行的评估等等，因而超出了本文件的范围。然而，下文的讨论旨在提供一份概述，说明在必要时保持供需平衡的主要备选办法的成本范围。

5.2.1 加强手工作业金矿所用汞的再循环

规模如此之大地理范围如此多样的方案，其实施难度与挑战不容低估，但为使汞消费量每年下降约 400 吨，据非官方估计，一个可切实大幅降低手工作业金矿汞消费量的方案，其成本在 2,000 万美元左右；⁷⁰如果加上广泛的相关捐助，总成本可能高达 3,000 万美元。如果假设投资最多在 10 年内完成，则在此期间可使平均每年汞消费量下降 200 吨，这意味着每降低 1 千克的汞消费，将平均花费约 15 美元的成本。这是一个非常简化的计算结果，而且忽略了 10 年后手工作业金矿的汞消费量仍比目前减少了 400 吨的事实。但这至少使人们得以大致了解减少手工作业金矿的汞需求量的最大成本。

5.2.2 加强氯乙烯单体/聚氯乙烯生产中所用汞的回收

中国目前氯乙烯单体/聚氯乙烯催化剂（含汞量 4-5%）的回收率较高，而非正规渠道也期望参与其中，据此判断，从废催化剂中回收汞的成本明显低于汞的市场价格。

目前关于从盐酸工艺中回收更多汞的成本还没有相关报道，但目前俄罗斯已从此类装置中进行了这种回收。⁷¹因此估计，适当进行更多再循环的成本应当在合理的范围之内。

5.2.3 加强氯碱废物中的汞回收

目前，全球的氯碱业可从 300-400 吨的汞废物中回收 100-120 吨汞。一部分回收是在现场进行的，另一部分是在场外回收设施中进行的。根据法律规定，美国的氯碱业有义务从汞含量较高的废物中回收汞。从美国氯碱业汞回收的情况也可看出，达到较高回收率是可能的。尽管没有得到精确的数据，但据估算，汞含量超过 10% 的汞废物，回收每千克汞的成本一般在 50 美元以下。

为对比估算结果，不同来源得出的估算结果显示，氯碱设备⁷²转而采用无汞工艺的成本在 3,000 万-5,000 万美元之间。这样的转型可能会每年减少 2-20 吨的汞消费量（取决于设备的效率），并可以从电解池中回收至少 200 吨汞。

如第 5.1 节所示，降低单位汞消费量的投资成本至少是增加单位汞供应量成本的 10 倍，3,000 万-5,000 万美元的投资会提供单位成本在 100 美元至 150 美元之间的汞供应。与其他例子相比，从提供汞“来源”的角度看，这项投资的吸引力并不大。但是如果将转型的经济与社会惠益全部考虑在内，这种选择方案的吸引力则会大大提高。⁷³

⁷⁰ Telmer, 2008 年。

⁷¹ 北极污染物行动计划，2005 年。

⁷² 即氯年产量约 10 万吨的氯碱设备。

⁷³ 见 Maxson (2006 年)，其认为政府应考虑向工业提供经济援助，使之从此类技术转型中实现广泛的社会经济效益。

5.2.4 加强牙科汞合金和汞产品的分离、收集及回收

根据美国众议院的最新报告，汞合金分离器的安装及维护、从汞合金中收集回收汞的整体成本约为每补一颗牙 2 美元，或每千克 4,000 美元。⁷⁴而根据估算，提高牙科诊所内诊疗椅边的废物容器中的牙科用汞再循环率的整体成本约为每千克 240 美元。⁷⁵

回收商们提供了从各种汞废物中回收汞的成本。大多数情况下，回收成本的高低取决于废物的数量、所采用的回收技术及废物的化学特性，而与废物中的汞含量关系不大。

为计算汞回收的总体成本，还需将废物收集及运送至回收商的成本包括在内。因此，回收得到的每千克汞的总成本在很大程度上取决于废物的汞含量——汞含量低意味着得到每千克汞需要处理的废物数量则要增大。

将汞合金运至回收商后再循环成本在每千克 15-25 美元之间，但其他汞含量相对较低的汞产品（如温度计和血压仪），回收成本约为每千克 100-200 美元。⁷⁶

将汞合金运至回收商后回收成本在每千克 15-25 美元左右，但其他汞含量相对较低的汞产品（如温度计和血压仪），回收成本约为每千克 100-200 美元。

瑞典汞温度计收集方案的整体成本（即包含所有成本在内）为每千克 950-1,200 美元。而明尼苏达州替代汞温度计方案的成本为每降低 1 千克汞消费量约花费 20-2,000 美元。⁷⁷

瑞典和明尼苏达州学校及大学实验室的汞和汞化合物收集方案的回收成本在每千克 20-1,400 美元间。⁷⁸

5.2.5 加强开采及冶炼过程中的汞回收

开采及冶炼过程中可以产生大量含汞废物，根据生产工艺的不同，可分为甘汞、滤饼、活性炭废物、矿泥等。

经验丰富的锌矿冶炼商称，从甘汞（含汞量超过 70%）中回收汞对它们而言是“收支平衡”的操作，并表明，使用现场设备从甘汞中回收每千克汞的成本不超过 10-20 美元。⁷⁹但若需要其他设备，则需运送废物，成本便会大大增加，这也部分解释了为何目前很多甘汞都会送去进行废物处理。

经验丰富的锌矿冶炼商称，从氯化亚汞（含汞量超过 70%）中回收汞对他们来说是不盈不亏的操作，这意味着使用现场设备从氯化亚汞中回收每千克汞的成本不超过 10-20 美元。但若需要其他设备来运送废物，则成本会大大增加，这也解释了为什么目前很多氯化亚汞都会送去进行废物处理。

从烟气排放中进行汞回收的成本要高得多，具体可见第 5.2.7 节。

5.2.6 加强天然气净化废物中的汞回收

所有含汞的天然气都可能对天然气加工系统造成损害，因此都需要通过某种方式进行净化，净化后将留下湿污泥、干污泥及被污染了的催化剂等含汞废物。根据回收商提供的信息，从

⁷⁴ Bender, 2008 年。

⁷⁵ Hylander, 2008 年。

⁷⁶ 欧盟环境总署, 2008 年; 个人信件。

⁷⁷ Hylander, 2008 年。

⁷⁸ Hylander, 2008 年。

⁷⁹ 与 Boliden 官员的个人信件。

这些废物中回收汞的成本并不确定。但是这些废物仅在收集阶段的成本就接近每千克 50 美元，这也意味着总体回收成本很可能超过每千克 100 美元。

5.2.7 加强烟气中的汞回收

从焚烧炉、煤燃烧、垃圾场等其他烟气中进行汞回收主要涉及以下几类成本：

1. 系统设计成本、烟气净化装置的安装成本；
2. 用于吸收汞的活性炭及其他材料的成本；
3. 吸收了汞的滤饼、活性炭及其他材料的再循环费用。

就第一类成本而言，一部分地区的某些行业已经安装了此类装置，因此烟气回收汞的总体成本不应当包含设备安装费用。

由于废物中的汞含量较低，因此每回收 1 千克汞（不包括活性炭及运输成本等），对应的再循环受污染的活性炭（其汞含量低于 1%）的成本在 200-400 美元左右。⁸⁰

每回收 1 千克汞（不包括滤饼成本及运输成本等），对应的再循环烟气净化过程中受污染的滤饼（其汞含量低于 0.1%）的成本在 2,000-4,000 美元左右。⁸¹

据报告，用一系列技术将汞从废烟气中分离出来的汞回收总成本为每千克 465 美元，甚至更高。⁸²

鉴于以这种方式进行汞回收的成本过高，如果废物处置备选办法的成本较为合理，则一般采用废物处理方式，如之前德国盐矿的深埋处理。

5.2.8 成为较为合理的其他来源的概要

由于就此处讨论的许多来源缺乏详细的信息，而且由于本分析报告较为概括，表 5-1 仅提供了笼统的概要。但此表仍然能够说明，每千克 50 美元以下的成本范围内，能够从主要汞来源额外回收的汞总量，这个成本价与目前汞的市场价较为接近，因此，这些来源也可以视为比较可行的额外资源。表 5-1 同时也总结了在每千克 50-100 美元的成本范围内，有哪些汞资源可以进一步利用；因为预计 2011 年左右汞供应量吃紧，汞市场价如果提高到目前的 4 到 5 倍，则利用这一来源也将非常可行。⁸³

⁸⁰ 欧盟环境总署，2008 年；个人信件。

⁸¹ 欧盟环境总署，2008 年；个人信件。

⁸² Hylander，2008 年。

⁸³ 虽然汞的价格增长 4-5 倍听起来较为极端，但事实上 2003 年中至 2005 年中已经发生过类似的情况（见环境署，2006 年）。

表 5-1 主要来源的其他汞回收量（吨/年）

“其他”来源	汞消费量或排放量	金属汞的回收量	其他回收量 (成本低于每千克50美元)	其他回收量 (成本在每千克50-100美元之间)
手工作业金矿	650-1,000	~0	400-500	100-200
氯乙烯单体/聚氯乙烯生产	715-825	350	100-150	150-200
氯碱业	450-550	100-120	80-100	80-100
牙科汞合金	300-400	50-80	0	0
其他含汞产品及其他应用	1,050-1,580	150-250	100-200	100-200
副产品（有色金属开采、天然气）来源	1,100-1,400	400-600	50-100	100-150
煤燃烧废气	~1,500	最小	0	0
总计			750-1,000	550-800

最后，应铭记的是，尽管其中一部分来源的成本明显过高，但未来的大多数成本都将会提高。出现这一发展态势的原因是：出台了与有害废物（如牙科汞合金废物）处理相关的立法，和/或现有汞回收成本比有害废物处理的成本要低得多（如天然气净化废物）。

6 意见

过去五年中，全球的汞消费量的下降并不明显。这主要由于主要产品应用的汞消费量显著下降的同时，手工作业金矿和氯乙烯单体/聚氯乙烯生产行业中的汞消费量明显提升。另一个原因可能是，经过进一步的研究发现，一些以前并不明显的汞应用领域开始显现。

自 2003 年西班牙汞矿停产，2004 年阿尔及利亚汞矿停产以来，汞价急剧攀升，随后对汞排放和汞废物规范化的关注度也大大提高，在这种情况下，全球汞供应来源更趋于多元化。较之以往，为进行回收而处理的汞废物的种类与数量也大大增加，更多的含汞产品正在从废物流中分离出来，同时汞副产品的产量也在不断提高。

减少社会中的汞流通量已经成为政府商定的一项重要优先事项，理事会第 24/3 号决定也反映了这一点。降低汞供应量，同时降低汞需求量，这将使社会中的汞流通量大大降低，而且也不会干扰供需平衡双方的任一方。此外，油漆及电池生产中汞需求量大大降低，主要原因是来自于西班牙汞矿停产的压力。对吉尔吉斯斯坦初级汞开采需求进行仔细分析后，电子产品及测量仪器行业也在着力降低汞的使用量。

本分析报告的结论认为，吉尔吉斯斯坦在全球汞供应方面的作用（约 10%-15%）一直都十分重要，但并非不可或缺。若这一渠道停止供应，则可能要加大降低汞消费量的力度。最近西班牙和阿尔及利亚停止汞矿开采（这二者在全球汞供应中的分量更重）的经验以及本分析报告已经证明，即使吉尔吉斯斯坦停止初级汞开采，对汞的需求也可以完全得到满足。

本分析报告还证明，吉尔吉斯斯坦汞矿停产后立即出现汞需求量暂时超过汞供应量的情况，仍然可通过一些非主要来源来予以供应，如提高产品中汞的回收率、增加副产品来源以及各种汞存货或库存。

最后，在实现市场汞需求与汞供应保持平衡的问题方面，尽管本分析报告主要关注汞供应方面的备选办法，但降低汞需求的价值仍不容低估，并可以通过探讨范围广泛的国际举措来解决这一问题。

参考文献

- ACAP (2005) – *Assessment of Mercury Releases from the Russian Federation*. Arctic Council Action Plan to Eliminate Pollution of the Arctic (ACAP), Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision & Danish Environmental Protection Agency. Danish EPA, Copenhagen. See http://www.mst.dk/homepage/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/udgiv/Publications/2005/87-7614-539-5/html/helepubl_eng.htm
- Bender (2008) – M Bender, *Facing Up to the Hazards of Mercury Tooth Fillings – A Report to the US House of Representatives Government Oversight Subcommittee on Domestic Policy to Assess State and Local Regulations to Reduce Dental Mercury Emissions*, Mercury Policy Project/Tides Center, July 8, 2008.
- Cain (2007) – A Cain, S Disch, C Twaroski, J Reindl and CR Case, “Substance Flow Analysis of Mercury Intentionally Used in Products in the United States,” *Journal of Industrial Ecology*, Volume 11, Number 3, copyright Massachusetts Institute of Technology and Yale University.
- CEC (2001) – “Preliminary Atmospheric Emissions Inventory of Mercury in Mexico,” Final Report, Acosta y Asociados Project CEC-01, prepared for the Commission for Environmental Cooperation (CEC), May 30, 2001
- CRC (2006) – *Research Report on Mercury Production and Use in China*, Chemical Registration Center (CRC) of State Environmental Protection Administration of China (SEPA) and Natural Resources Defense Council (NRDC), 2006.
- CRC (2007) – *Research Analysis Report on Mercury Use in China 2003 – 2005 - The Measuring Devices Industry of China*, Chemical Registration Center (CRC) of State Environmental Protection Administration of China (SEPA) and Natural Resources Defense Council (NRDC), May 2007.
- DG ENV (2008) – *Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society*, COWI AS and Concorde East/West Sprl for the European Commission, draft 11 April 2008, Brussels.
- EEB (2006) – *Status report: Mercury cell chlor-alkali plants in Europe*, Concorde East/West Sprl for the European Environmental Bureau, Brussels, October 2006.
- EEB (2007) – *Mercury in Dental Use: Environmental Implications for the European Union*, Concorde East/West Sprl for the European Environmental Bureau, Brussels, May 2007.
- Euro Chlor (2007) – *Chlorine Industry Review 2006-2007*, Euro Chlor, Brussels, August 2007. See www.eurochlor.org.
- European Commission (2005) – *Communication on the Community Strategy Concerning Mercury*. Brussels, 28.01.2005 COM(2005) 20 final {SEC(2005) 101}.
- FDA (2008) – US Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health, CDRH Consumer Information, refer to website <http://www.fda.gov/cdrh/consumer/amalgams.html>
- Fialka (2006) – J Fialka, “Backfire: How Mercury Rules Designed for Safety End Up Polluting,” *Wall Street Journal*, New York, NY, 20 Apr 2006.
- Hylander (2008) – LD Hylander and RB Herbert, *Global Emission and Production of Mercury during the Pyrometallurgical Extraction of Nonferrous Sulfide Ores*, *Environmental Science and Technology*, in publication, July 2008.
- Lawrence (2008) – Personal communication with B Lawrence, Bethlehem Apparatus recycling, Hellertown, PA, USA.
- Lennett (2007) – Mercury use in the developing world, presentation by D Lennett, NRDC, Bangkok, November 2007
- Masters (2007) – H Masters, “Mercury,” *Mining and Minerals Journal*, 2007.
- Masters (2008) – H Masters, Lambert Metals, personal communication, March 2008.
- Maxson (2006) – *Mercury flows and safe storage of surplus mercury*, Concorde East/West Sprl for the European Commission – Environment Directorate, August 2006. Available at http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/hg_flows_safe_storage.pdf
- Netherlands (2008) – Netherlands information provided to the European Commission, DG Environment, in response to a request for quantitative data on mercury, January 2008.

- NRDC (2006) – “Submission to UNEP in response to March 2006 request for information on mercury supply, demand, and trade,” Natural Resources Defense Council, Washington, DC, May 2006.
<http://www.chem.unep.ch/mercury/Trade-information.htm>
- NRDC (2007) – “Mercury Releases from Industrial Ore Processing,” Natural Resources Defense Council, Washington, DC, June 2007.
- NRDC (2008) – Personal communication, David Lennett, NRDC consultant on mercury in China.
- Pirrone (2001) – N Pirrone, J Munthe, L Barregård, HC Ehrlich, G Petersen, R Fernandez, JC Hansen, P Grandjean, M Horvat, E Steinnes, R Ahrens, JM Pacyna, A Borowiak, P Boffetta and M Wichmann-Fiebig. *EU Ambient Air Pollution by Mercury (Hg) - Position Paper*. Office for Official Publications of the European Communities, 2001. Available on <http://europa.eu.int/comm/environment/air/background.htm#mercury>).
- Rytuba (2003) – J Rytuba, Mercury from mineral deposits and potential environmental impacts. *Environmental Geology* 43:326-338.
- SEPA (2008) – “Strategy Proposal for International Actions to Address Mercury Problem - Mercury Situation in China,” State Environmental Protection Administration of China (SEPA), submitted to UNEP 28 January 2008.
- SRIC (2005) – *Chlorine/Sodium Hydroxide*, E Linak, S Schlag and K Yokose, CEH Marketing Research Report, SRI Consulting, Zurich, August 2005.
- Telmer (2008) – Personal communications with experts Telmer (School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, Canada), Veiga and Spiegel (both with the Norman B. Keevil Institute of Mining Engineering, University of British Columbia, Canada) – all involved in the UNIDO/UNDP/GEF Global Mercury Project.
- Telmer and Veiga (2008) – K Telmer and M Veiga, “World emissions of mercury from artisanal and small scale gold mining and the knowledge gaps about them,” Final draft, paper prepared for UNEP FT, Rome, 23 May 2008.
- Tsinghua (2006) – “Improve the Estimates of Anthropogenic Mercury Emissions in China,” Tsinghua University, October 2006.
- 环境署（2002年）—《全球汞评估》。联合国环境规划署（环境署）。化学品方案。组织间健全管理化学品方案。2002年12月。
- 环境署（2005年）—《汞释放定位和量化工具包》-试行草案，2005年11月。联合国环境规划署，化学品处，日内瓦，2005年。英文版本可查阅网站：
<http://www.chem.unep.ch/mercury/Guidance-training-materials.htm>。
- 环境署（2006年）—《汞的供应、贸易和需求信息摘要》。由环境署理事会第23/9号决定第四部分要求进行的分析，联合国环境规划署 - 化学品处。日内瓦，2006年11月。
- USEPA (2008) – Mercury-Containing Products Partnership Area Business Plan, US Environmental Protection Agency in coordination with UNEP, Washington DC, 1 July 2008.
- USGS (2006) – 2005 Minerals Yearbook: Mercury, US Geological Survey, US Department of the Interior, August 2006.
- WCC (2006) – World Chlorine Council Submission [to UNEP] on Global Mercury Partnership for the Reduction of Mercury in the Chlor-alkali Sector, World Chlorine Council, undated, no address, see <http://www.worldchlorine.com>
- Wiki (2008) – Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Backlight>, accessed May 2008.

附录 一

各地区包含的国家，由联合国进行的粗略界定

地区	各地区包含的国家
东亚及东南亚	文莱达鲁萨兰国、柬埔寨、中国和台湾、中国香港特别行政区、中国澳门特别行政区、朝鲜民主主义人民共和国、印度尼西亚、日本、老挝人民民主共和国、马来西亚、蒙古、缅甸、巴布亚新几内亚、菲律宾、大韩民国、新加坡、泰国、越南
南亚	阿富汗、孟加拉国、不丹、印度、马尔代夫、尼泊尔、巴基斯坦、斯里兰卡
欧洲联盟 (欧盟 25 国)	奥地利、比利时、塞浦路斯、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、爱尔兰、意大利、拉脱维亚、立陶宛、卢森堡、马耳他、荷兰、波兰、葡萄牙、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、联合王国
独立国家联合体(独联体)和欧洲其他国家 ¹	阿尔巴尼亚、安道尔、亚美尼亚、阿塞拜疆、白俄罗斯、波斯尼亚和黑塞哥维那、保加利亚、克罗地亚、格鲁吉亚、直布罗陀、冰岛、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、挪威、摩尔多瓦共和国、罗马尼亚、俄罗斯联邦、塞尔维亚和黑山、瑞士、塔吉克斯坦、前南斯拉夫的马其顿共和国、土库曼斯坦、乌克兰、乌兹别克斯坦
中东	巴林、塞浦路斯、伊朗、伊拉克、以色列、约旦、科威特、黎巴嫩、被占领巴勒斯坦领土、阿曼、卡塔尔、沙特阿拉伯、叙利亚、土耳其、阿拉伯联合酋长国、也门
北非	阿尔及利亚、埃及、利比亚、摩洛哥、突尼斯
撒哈拉以南非洲	安哥拉、贝宁、博茨瓦纳、布基纳法索、布隆迪、喀麦隆、佛得角、中非共和国、乍得、科摩罗、刚果、科特迪瓦、刚果民主共和国、吉布提、厄立特里亚、埃塞俄比亚、加蓬、冈比亚、加纳、几内亚、几内亚比绍、肯尼亚、莱索托、利比里亚、马达加斯加、马拉维、马里、毛里塔尼亚、毛里求斯、莫桑比克、纳米比亚、尼日尔、尼日利亚、留尼汪、卢旺达、圣赫勒拿岛、圣多美和普林西比、塞内加尔、塞舌尔、塞拉利昂、索马里、南非、苏丹、斯威士兰、多哥、乌干达、坦桑尼亚联合共和国、赞比亚、津巴布韦
北美	加拿大、格陵兰、美利坚合众国
中美和加勒比地区	安圭拉、安提瓜岛、巴布达、阿鲁巴、巴哈马、巴巴多斯、伯利兹、英属维尔京群岛、开曼群岛、哥斯达黎加、古巴、多米尼克、多米尼加共和国、萨尔瓦多、法属圭亚那、格林纳达、瓜德罗普岛、危地马拉、圭亚那、海地、洪都拉斯、牙买加、马提尼岛、墨西哥、蒙特塞拉特、荷属安的列斯群岛、尼加拉瓜、巴拿马、圣基茨、尼维斯、圣卢西亚、圣文森特和格林纳丁斯、苏里南、特立尼达和多巴哥、特克斯和凯科斯群岛、美属维尔京群岛
南美	阿根廷、玻利维亚、巴西、智利、哥伦比亚、厄瓜多尔、巴拉圭、秘鲁、乌拉圭、委内瑞拉
澳大利亚、新西兰和大洋洲	澳大利亚、圣诞岛、科科斯群岛、库克群岛、斐济、法属波利尼西亚、密克罗尼西亚联邦、基里巴斯、马绍尔群岛、北马里亚纳群岛、瑙鲁、新喀里多尼亚、新西兰、纽埃、诺福克岛、帕劳、皮特凯恩、萨摩亚、所罗门群岛、托克劳群岛、汤加、图瓦卢、瓦努阿图、瓦利斯群岛和富图纳群岛
注:	<p>1- 为了将欧盟视作一个整体地区，决定将欧洲经济区内的国家如瑞士和挪威及其邻国归入了“独联体和欧洲其他国家”地区。</p> <p>2- “SAR”“为半自治区”的缩略语。</p>