



norden

Nordic Council of Ministers

MERCURY

汞

可以有效减排和控制

减少汞排放的
现有技术和管理方案



前言	03
我们的未来不需要依靠汞	04
采矿业采用更清洁的技术能够减少汞排放	06
意大利：采用硒过滤器减少来自于地热厂的汞排放	09
医疗保健部门可以实现无汞	10
显著减少垃圾处理中的汞排放	13
小型电池 — 纽扣电池 — 实现无汞生产	16
在天然气处理过程中除去汞	18
汞和煤炭 — 通过改善空气质量减少汞排放	20
无汞LED节能照明	24
黄金开采 — 减少汞排放的局部技术解决方案	26
牙科修补的无汞化正在成为规范	29

汞 — 可以有效减排和控制

减少汞排放的现有技术和管理方案
ANP 2010:777

© Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2010

ISBN 978-92-893-2158-7

文本和编辑： COWI A/S

封面： Operate A/S

排版： Operate A/S and COWI A/S

封面照片： Operate 编制

（编辑人员名单详见报告）

这份刊物可在网站

www.norden.org/order上找到

其它北欧刊物详见网站

www.norden.org/publications

北欧部长理事会

电话（+45） 3396 0200

传真（+45） 3396 0202

北欧理事会

电话（+45） 3396 0400

传真（+45） 3311 1870

www.norden.org

北欧合作组织

北欧合作组织是世界上最广泛的区域合作组织之一，它包括了丹麦、芬兰、冰岛、挪威、瑞典，以及法罗群岛、格陵兰岛和奥兰群岛这三个自治区域。

在政治、经济和文化方面，北欧合作组织有着稳固的合作传统，它在欧洲和国际间合作中发挥着重要作用，旨在欧洲建立起一个强大的北欧共同体。

北欧合作组织一直在努力维护北欧地区利益，同时也积极维护国际社会的基本准则。北欧共同价值观有助于该地区的团结，使之成为世界上最具创新力和竞争力的地区之一。



图片：Steen Evald

必须采取行动的时候到了

针对洽谈全球性的汞条约，国际社会已经达成共识。其中的原因非常明显：每年从人类活动释放到大气中的汞大概要有1200 – 2900 吨，这将给人类和野生动物带来严重的健康问题。汞有很多毒害作用，其中对人类最隐秘的危害是，胎儿和婴幼儿在神经系统发育阶段接触汞，导致智商低下。

人类应对此负全部责任。自从工业时代开始，世界范围内汞的沉积已经达到以往的两倍，并且湖底沉积物中汞的浓度已经达到以往的三倍，必须采取行动的时候到了！

与全球环境中有毒有害物质的斗争是北欧部长理事会工作的重中之重。我们坚信国际共识和国际合作应是解决之道，这同样适用于减少汞排放。无论汞在哪里排放，它都可能随风传播数千公里，即使汞在某个地方沉积下来，它也可能再次挥发并继续传播。

虽然全球性条约的政治协商才刚刚开始，但是我们已经有一系列技术和手段来减少汞排放。我们的技术和手段涵盖不同规模和性质，从用于垃圾焚烧设施的高科技过滤器，到一般意义上的解决方案，如逐步淘汰水银温度计；此外还有实用性的装置，如在小规模的金矿开采中减少汞排放。

在本刊物中，面对一系列汞带来的挑战，北欧部长理事会提请注意一些更为有效可行的技术。我们希望本刊物能够在全球范围内呼吁人们采取行动，在与汞污染的斗争中做出实实在在的贡献。

A blue ink signature, likely of Karen Ellemann, written in a cursive style.

卡伦 埃勒曼
丹麦环境部长和北欧合作组织部长

我们的 未来 不需依靠汞

在全球范围内，人类活动使汞在大气内的沉积增加了一倍。我们每年向大气排放 1200 — 2900 吨汞。汞可以在大气中传播，即使在世界上最遥远的地方也不能幸免。幸运的是，运用现有措施，全球范围内的汞排放可以削减一半。

每年从人类活动中向大气排放的汞约为 1200 — 2900 吨，更多的汞则被排放到我们的河流、湖泊、海洋和陆地区域。相当多的汞排放来源于我们不断增长的能源需求，在燃烧煤碳等化石燃料的时候，会伴随着汞的排放。小规模金矿开采和大规模金属生产加工过程中，同样会排放出大量汞。

在食物链中汞污染被恶化

汞会引起健康问题。环境中的汞会形成甲基汞，甲基汞会在淡水或海水食物源——如鱼类和其它生物体内发生生物累积。生物累积是指：

处于食物链上游的物种体内会富集更高浓度的汞。我们摄入食物中的汞在我们体内富集，甚至会传播给未出生的婴儿。

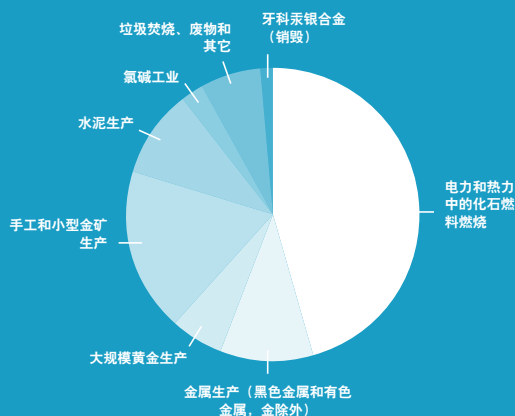
相比于其他的人群，以渔业为生和北极区的土著居民可能会更多地接触到汞。汞的毒害效应有很多，其中主要的一点就是：胎儿和婴幼儿在神经系统发育阶段接触汞，即使接触的浓度低，也会导致他们的智商低下。美国代表性抽样调查显示，6%处于生育期的妇女（16—49岁），其血液中的汞含量都相当高，这可能会影响到孩子神经系统的发育。

全球范围内的挑战

汞一旦被排放就可以长距离传播，所以汞排放是一个真正意义上的全球范围内的挑战。在一些国家和地方性的法规中，几十年来，始终将减少汞排放作为目标。最近，通过联合国环境计划署的论坛，国际社会同意就国际汞条约进行洽谈。

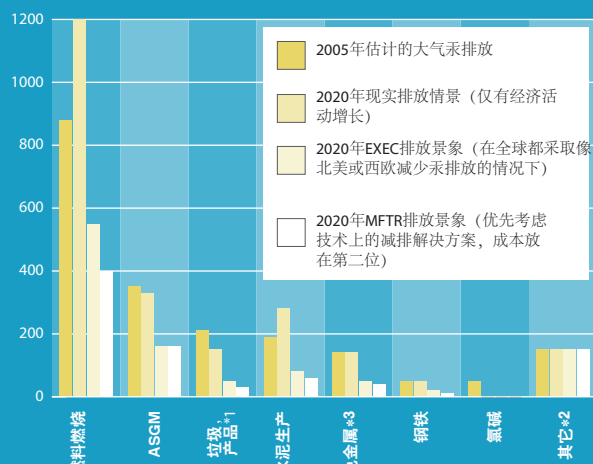
每年从人类活动中向大气排放的汞约为 1200 — 2900 吨，更多的汞则被排放到我们的河流、湖泊、海洋和陆地区域。相当多的汞排放来源于我们不断增长的能源需求，在燃烧煤碳等化石燃料的时候，会伴随着汞的排放。小规模金矿开采和

图1：2005年全球人为汞排放



2005年全球大气中人为汞排放中不同排放源的分布
图1、2和3的来源：全球大气人为汞排放评估：来源、排放和传播，联合国环境规划署化学部，2009

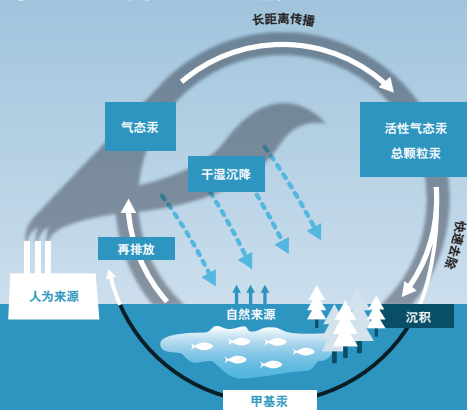
图2：2020年的三种景象



2020年大气中汞排放的三种预期情景

- *1 包含了垃圾处理和产品中的汞排放
- *2 源自工业黄金生产中汞和其它副产物排放没有发生变化
- *3 除了*2以外的情况

图3：全世界的汞运输循环



在地球化学循环的作用下，汞被传播到世界各地，经过化学反应、沉积、再排放，汞在环境和食物链中循环。

大规模金属生产加工过程中，同样会排放出大量汞。

多种方法可以减少汞排放

在全球范围内的响应下，控制和削减汞排放是可行的。

最近几十年，在欧洲和北美地区，大气中的汞排放已经被削减。这其中一个很重要的原因就是增加使用了汞替代物；此外还使用了特殊过滤器，它可以捕获源自燃煤电厂和垃圾焚烧炉中排放的汞。在某些情

况下，尖端技术是必需采用的；而在其它一般情况下，广泛采用局部的解决方案也足以解决问题。

按照联合国环境规划署的评估，除了少数排放源，通过采用已有比较完善的技术和管理方案，可将汞排放削减一半以上。联合国环境规划署通过对三种可能情景的评估，预计到2020年，从主要排放源——如化石燃料燃烧进入大气的汞排放趋势如图2所示。

有时，汞是在被有意地利用，例如口腔医疗诊所和小型的金矿开采。这些情况下，汞可被替代材料、产品和工艺所取代，从而防止汞排放。对于其它汞排放源，例如占汞排放中很大比例的燃煤电厂，汞并没有被有意地利用，而是这些大量使用的材料（例如煤）中，汞是以自然的、痕量浓度的存在。对于这些排放源，需要安装减排装置，例如过滤器，并且可以考虑替换原材料，或者改变生产工艺。

采矿业

采用更清洁的技术 能够减少汞排放

一些排放到大气中的汞，是由于我们使用手机和珠宝造成的。有色金属的生产是大气中汞排放的主要来源。如果生产中的微量汞不能被去除，一个工厂可能会排放数吨汞，但是一些经济有效的解决方案已被广泛的应用。

一些排放到大气中的汞，是由于我们使用手机和珠宝造成的。有色金属的生产是大气中汞排放的主要来源。如果生产中的微量汞不能被去除，一个工厂可能会排放数吨汞，但是一些经济有效的解决方案已被广泛的应用。

因为手机和结婚戒指的制造要用到铜和金，所以相对于其它金属而言，我们对于这两种金属的需求与日俱增，在2005年约有250吨来自于铜矿石、金矿石中的汞被排放到全球大气当中。这其中约有110吨汞源于大型黄金生产排放（对于小型黄金生产所造成汞排放的描述详见本文其它部分）。汞会在地壳表面自然生成，用于生产有色金属——铅、锌、铜和金所开采的矿

石中可能含有微量汞。2005年在世界范围内，金属生产是大气中汞排放的第三大来源，但它也是最有效、最经济地减少汞污染的排放源之一。

很多源自北欧、各种专门减少汞排放的技术，已经在国际上被应用于黑色金属（钢铁）和有色金属冶金生产过程当中。

在北欧公司提供的、消除汞排放的技术方案中，芬兰奥图泰公司在采矿业的解决方案是遥遥领先的。这家公司拥有三项广泛用于有色金属冶炼行业中的除汞技术：奥图泰除汞工艺、硫代硫酸盐工艺和硒过滤器。这三项技术在下文将做简要介绍。

除汞工艺现在每年可减少300吨以上的汞

奥图泰公司的除汞工艺可除去金属采矿业中排放出的大部分汞。该工艺已经安装在锌、铅、铜和金生产企业中。在世界范围内，使用奥图泰技术的企业达到38家，每年除去300多吨汞，该数量大于该行业中剩余的汞排放。

对于每家安装了这项除汞工艺的企业，该工艺平均每年除去8吨汞。这项工艺始创于瑞典采矿公司Boliden AB，在1973年，第一套工业化装置应用于挪威Norzink公司的炼锌炉。现在，这项工艺已经在全世界范围内——特别是在加拿大、中国和巴西的企业中得到应用。



在奥达的Boliden炼锌厂（之前是Norzink的冶炼厂）

照片：Boliden AB

在美国西部，低汞排放的黄金开采从本世纪初开始，美国西部的巴里克 戈尔德斯科莱克金矿在黄金开采过程中的汞排放正在变少。在2000年，位于多伦多的巴里克采金公司就已经采用氧气焙烧工艺去处理来自于美国内华达州戈尔德斯科莱克金矿的含碳矿石。在美国西部各州，如加州、亚利桑那州、内华达州、犹他州和爱达荷州之中，特别在其中的山地丘陵区域，汞都会天然形成。

在2001年，美国国家环保局和内华

达州环境保护部门开始和在內华达州內开采金矿的主要公司进行对话，其中包括巴里克公司在內。

戈尔德斯科莱克金矿现已采用奥图泰的工艺，用于减少尾气中的汞含量。清洁系统进气的汞含量约为18千克每小时，清洁后出气的汞含量低于0.07千克每小时，该系统的除汞效率达到99.5%。通过这项工艺，每年能从尾气中除汞约60吨。

奥图泰硫代硫酸盐工艺
在各国有色金属行业中，已经有四

个硫酸厂采用了硫代硫酸盐的除汞工艺，该工艺以固态汞的硒化物形式将汞除去，气体的干燥在两个不同的阶段进行。

在第一阶段，提取出气体中大部分水蒸气，并没有过量吸收汞。在第二阶段，在酸度很高的条件下，高效地吸收汞和剩余水蒸气。然后，对干燥后的酸进行纯化，通过过滤器分离，得到硫-硫化汞沉淀。相比于由Boliden-Norzink开发的工艺，这种工艺在硫酸中达到的汞残留量很低，但是安装成本较高。



在炼锌厂中奥图泰除汞工艺装置
照片：奥图泰



在有色金属冶炼厂安装奥图泰硒过滤器
照片：奥图泰

奥图泰

除汞工艺说明

奥图泰除汞工艺的基础就是当汞蒸气和洗涤液发生接触时，两者能快速完全地发生反应。洗涤器是一种污染控制装置，它使用液体将气流中的污染物清洗掉。在气体和洗涤液发生反应的过程中，生成不溶性的亚汞氯化物（甘汞）沉淀。

即使在汞浓度比较高的时候，这种工艺也可以去除气流中几乎所有的汞元素。生成的甘汞可再生成汞金属或安全储藏。这种技术同样适用于硫酸生产，通常情况下，每千克酸含汞0.3–0.5毫克，增加基于硒过滤器技术附加工艺可进一步对酸气进行纯化，使得每千克酸中汞的含量小于0.05毫克。

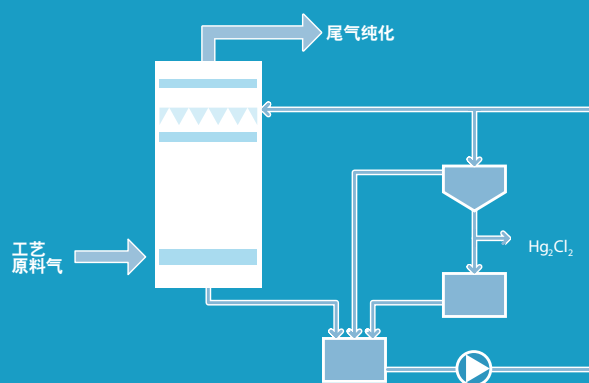
奥图泰除汞工艺

主要化学反应

反应塔：
 $\text{Hg}^0 + \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2$

氯化/再生成：
 $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HgCl}_2$

总反应：
 $2\text{Hg}^0 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2$



用于金属冶炼厂和地热厂的奥图泰除汞硒过滤器

在有色金属冶炼厂中，奥图泰硒过滤器用于除去少量汞。通过过滤器时，元素汞和元素硒发生反应，形成稳定的化合物——硒化汞，硒化

汞便于用过滤分离，并在垃圾填埋厂安全处理。

硒过滤器具有非常独特的性质，它能够在活性炭不能满足要求的环境下发挥作用，还可以在地热电厂中采用。

- ▶ www.outotec.com
- ▶ www.barrick.com

意大利：

地热厂内硒过滤器减少汞排放



意大利拉尔代雷洛地区一家安装了AMIS的工厂。照片左边的球体是奥图泰硒过滤器。
照片：埃尼电力公司

在今天的意大利，在意大利埃尼电力公司的19家地热厂内，每年能除去1.2吨汞。

在利用地下蒸汽发电的地热电厂中，奥图泰硒过滤器专门用于除汞。地热蒸汽是非冷凝型气体，含有高痕量水平自然生成的元素汞。在比萨南部的地热区域，32家地热

电厂每年发电超过50亿千瓦时。在20世纪90年代后期，意大利最大的电力公司—埃尼电力公司，开发出了一种特别适用于意大利地热电厂特点的专利技术，称之为AMIS。这种技术使用了奥图泰硒过滤器，减少了硫化氢和汞的排放。如今，在这个地区，19家正在运营的电厂都在使用AMIS技术，还有三家正

在建造电厂将会使用AMIS技术。除了应用于地热厂，硒过滤器还被用于去除黑色金属和有色金属冶炼厂和垃圾焚烧中烟气里的汞。

► www.enel.com

医疗 保健部门 可以实现无汞化

汞对于人体具有很大的毒性，通过选择无汞替代物，卫生医疗部门可减少人们对于汞的接触。十多年来，斯堪的纳维亚地区很多医院已经很好地使用无汞装置。在印度新德里，州政府在医疗健康部门内正在逐步推行淘汰汞的政策，很多医院已经放弃使用汞。

汞对于人体具有很大的毒性，通过选择无汞替代物，卫生医疗部门可减少人们对于汞的接触。十多年来，斯堪的纳维亚地区很多医院已经很好地使用无汞装置。在印度新德里，州政府在医疗健康部门内正在逐步推行淘汰汞的政策，很多医院已经放弃使用汞。

在传统的温度计和血压计中都会有汞。在2005年全球测量设备中，汞的消耗达到为320—380吨，其中温度计和其它医疗设备中汞的消耗占了全球汞的总消耗的9%。

使用含汞医疗设备使病人、工作人员和周围环境都有接触汞的风险，此外，当含汞医疗设备使用周期结束的时候，环境可能会被污染。世

界上很多地方的医疗垃圾都在焚烧装置里进行焚烧处理，这种处理方式使相当大部分的汞被排放到大气当中。

在世界上很多医院中，人们都在使用无汞温度计，含汞温度计在许多国家是禁止使用的。然而在很多国家，水银血压计（测量血压的装置）仍被视为是测量血压的“黄金标准”。每个血压计含有80—100克汞，这也是汞的非常重要的用途之一。

传统上，无汞手动血压仪被视为缺乏可信度。但是按照世界卫生组织的政策文件——“卫生保健中的汞”，如果遵循正确的操作维护方法，无汞手动血压仪是准确的。

此外，许多生产商已经引进了经过国际协议认证的无汞替代物（请参见12页）。

最好的医院之一 十多年无汞

十多年来，和许多斯堪的纳维亚地区的其它医院一样，斯德哥尔摩的卡洛林斯卡大学医院——在斯堪的纳维亚地区血管疾病领域最好的医院之一，一直没有使用含汞温度计或血压计。

卡洛林斯卡医院有14,600名员工、1,600个床位，每年就诊130万人次。在斯堪的纳维亚地区，他拥有最大的心血管和呼吸系统疾病诊断部门。这家医院可治疗最严重的心血管和呼吸系统疾病，是著名的科研合作和国际研究中心。



照片：伊斯托克

全国范围内禁止使用含汞的测量设备

在瑞典，从1992年开始禁止生产和销售含汞测量设备，例如血压计。在卡洛林斯卡大学医院的一些部门，汞血压计还被继续使用了一些年，但是从2000年开始这些都被淘汰。

据来自于卡洛林斯卡医院的Heikki Terio医生回忆，这是一个容易实施的决策：

“事实上这很简单，大体上你可以说不用水银血压计就不用它，因为当你读数的时候，事实上两者并没有区别。

Terio医生承认一些医疗行业的工作人员对于这些变化是抵制的，因为他们要对其他人的健康负责：

“我十分确定一些医护人员十分担心他们不能做出正确的决策，我们建议他们，试用新设备一段时间，并与原设备的测量值进行比较。

常规质量控制是必要的

卡洛林斯卡医院有3,000个手动血压测量装置和300个自动测量装置。诊所里所有装置都会按照固定在墙上的校准标准进行一周一次的检查。一旦某个手动血压计出现问题，会立刻进行检查。常规质量控制是医院质量管理体系的一部分。

检测实验室每年会从卡洛林斯卡医院和本地区的其他医疗保健中心检查400多个手动和自动血压测量装置。一般手动装置的使用寿命在3-5年。

印度的无汞卫生保健在逐渐增加在首都新德里地区有1,380万的居民，越来越多的医院正在淘汰含汞设备，州政府也在积极地促进逐步淘汰进程，据新德里非政府组织Anu Agarwal发布的“有害物链接”报道：

“政府已经和新德里的医疗部门进行了直接沟通，并在所有重要的日报上发出公告。这篇通讯指出，医

无汞设备

正在逐步改进

无汞设备是有效的，并且其效果是有据可查的。近些年一些生产商开始推出一些经过改进的无汞设备，例如美国Welch Allyn的Maxi-Stabil™系列和德国Riester的R1 Shock-proof 系列。

英国的A.C. Cossor & Son（外科）公司已经推出了一种新型的“数字化手动”血压计Greenlight 300，将电子压力计和一个可供人工读数调校的刻度盘结合在一起。

这些装置已经按照国际标准进行检测，相对于其它产品而言，这些装置已经通过英国高血压学会进行了临床试验的验证。

但是仍然有必要对医护人员进行如何合理使用新装置的培训，并且使他们确信，今天无汞设备的质量是可靠的，并能满足他们的需要。



手动无汞血压计的检测
照片：科洛林斯卡大学医院

疗部门必须积极地减少汞的使用，并对漏洒的汞进行合理处理。减少和逐步淘汰汞是医院获得医疗废弃物管理授权的先决条件。

报道继续说：

越来越多的医院正在逐步淘汰含汞设备。我们国家基本上实现了无汞化—仅有一些剩余的产品更新换代

工作需要完成。

在2010年春季，印度国家卫生部已经颁布了汞使用指导方针，适用于印度政府管辖下的所有医院。医院将制定逐步淘汰汞和汞废物处理的方案，并逐渐淘汰含汞设备。这份指导方针建议今后购买的设备应该是无汞的。

- ▶ www.toxicslink.org
- ▶ www.mercuryfreehealthcare.org
- ▶ www.karolinska.se
- ▶ www.riester.de
- ▶ www.accoson.com ;
- ▶ www.welchallyn.com

显著减少

垃圾处理中的汞排放

许多现代化产品中都含有汞，当我们丢弃这些产品时，就会造成汞排放。在2005年，垃圾焚烧造成125吨汞排放到大气当中，并且大量汞被丢弃在垃圾填埋场。逐步淘汰使用含汞产品，是减少垃圾处理中汞排放最有效的办法。然而，也可通过高效汞回收系统和垃圾焚烧中的末端治理解决方案来减少汞排放。



照片：MRT

含汞产品在其使用寿命结束时就变成了垃圾。就目前而言，垃圾处理是含汞产品最重要的汞排放途径。在和垃圾相关的汞排放中，垃圾焚烧造成的汞排放占总量的47%，垃圾填埋过程中因为产品消解泄露造成的汞排放占37%。

如果不合理地处理垃圾，最终汞会被排放到环境当中。

在垃圾焚烧装置中，垃圾中的汞会立即释放出去；与此相反，在垃圾填埋过程中，汞的释放过程虽慢，却是不可避免的。

对于上述汞排放，其最佳解决方案的优先次序如下：

- 1) 逐步淘汰含汞产品
- 2) 分类收集和回收利用，或安全处理
- 3) 末端治理解决方案

回收垃圾产品中的汞

在瑞典，国际MRT系统专门生产从垃圾产品中回收汞的设备。该设备起初用于产品回收，例如日光灯管、紧凑型荧光灯（CFL）、电池、开关和整流器。该公司还生产蒸馏器，可用来回收各种物质中的汞，包括牙科废物、粉末、催化剂、军事废物以及各种被汞污染的金属。所有的MRT系统在设计过程中一直贯穿着一个理念，就是回收的汞可在生产中重新使用或是被安全处理。

提取灯管中汞的先进技术

MRT国际系统开发了一种叫做“末端分离机”的先进技术装置，可用来回收日光灯中的荧光粉。该机器装备有一个检测系统，可用来收集各种荧光粉，并识别其质量再进行重新利用。

该机器通过采用一种特别的吹扫程序，可清洁玻璃并用于再循环，并且该机器的“端盖粉碎筛选系统”可分离废弃灯管中的有色金属成分和铝成分。该机器每小时可处理5000支灯管。

在去年，相对于其它国家，MRT已经成套销售给中国、西班牙和台湾的客户。其中，印度和中国都在全国范围内大力推广高效节能汞光



位于丹麦TAS的垃圾焚烧装置
照片：TAS I/S

源，MRT系统为在这些国家中构建循环网络做出了积极贡献。

捕获垃圾中99%的汞

在丹麦，所有可燃垃圾均进行焚烧处理，以便回收垃圾中能量。因此，在丹麦向大气中排放汞的主要来源是垃圾焚烧。

为了减少汞排放，欧盟现在实施了汞排放限制，一般要求每立方米中含0.05毫克汞，如今所有的焚烧装置中都有针对汞的废气清洁设备。

在丹麦科灵(Kolding)，TAS I/S公司的垃圾焚烧装置几乎能去除气体中所有的汞。

该垃圾焚烧装置每年能处理

120,000吨市政固体垃圾。在2004年，该公司对其1994年就开始使用的旧垃圾焚烧装置生产线进行改造，升级了其中的废气清洁系统，更换为经过优化的干法清洁系统，可用来减少汞和二噁英。在2007年，该公司在一套新的垃圾焚烧生产线中安装了类似装置。

旧生产线能将87%能量用于发电和区域集中供热，新的生产线能将90%能量转化到热水中，并用于区域集中供热。

通过升级垃圾焚烧生产线，汞排放量从原先15千克每年下降到0.5千克每年。如果按年垃圾含汞量100kg估计，新的废气清洁系统的

效率超过99%。

有害废物焚烧除汞

在瑞典Norrtorp，在2000年，SAKAB AB公司升级了其有毒废物燃烧车间的烟气清洁系统，更新为含有MercOx工艺的清洗车间。

在MercOx工艺中，通过向烟气中注入环境友好型的氧化剂过氧化氢和一种添加剂，可将汞从烟气中分离。在该工序中，不溶于水的金属汞被氧化成溶于水的物质，同时把盐酸和二氧化硫分离。洗涤器中的含汞酸性水流被转移至水清洁工序，进一步中和并生成沉淀汞。

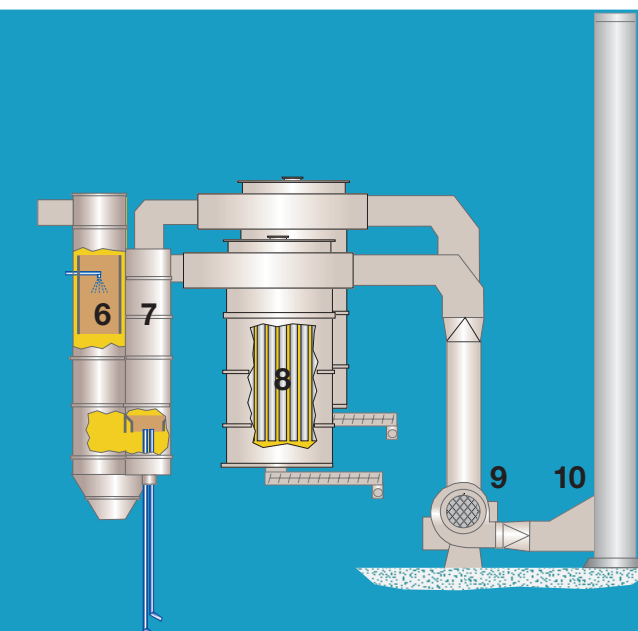
根据欧盟立法文件，工厂中烟气清

燃气清洁 系统说明

丹麦的Simatek A/S公司为位于科灵的TAS焚烧装置提供了烟气清洁系统，该公司开发、生产和提供高科技脉冲喷吹纤维过滤器和过滤系统，可用于工业生产和焚烧厂。

该烟气清洁系统包含猝灭装置（6）——用于快速冷凝烟气和防止形成二噁英，反应器（7）——在其中石灰和活性炭被注入烟气中，以及布袋过滤器（8）。引风机（9）将烟气引入烟囱（10）。烟气中的汞和二噁英被吸收到活性炭颗粒表面并由布袋过滤器收集。

布袋过滤器包含两个平行部分，每部分由280个布袋组成，总体过滤面积为1232平方米。通过超压作用，



可清洗布袋过滤器，并实现两部分之间互相切换。烟气清洁后的灰土被安全放置在德国旧的盐矿里。



MercOx-清洁剂

照片：Goetaverken Miljoe AB



位于丹麦TAS垃圾焚烧装置中的布袋过滤器

照片：TAS I/S

洁系统的升级需考虑盐酸、二氧化硫和汞的排放。随着上述工艺设备成功安装，SAKAB能够控制燃烧过程随机出现的排放物峰值并减少汞排放。与此同时，该工厂还装备了烟气冷凝系统，用于回收烟气中的能量。

除了MercOx洗涤器，在2004年该焚烧装置还配备了ADIOX®牌的二噁英去除系统。MercOx工艺和ADIOX®工艺是位于瑞典Goeteborg的Goetaverken Miljo AB公

司和德国的Forschungszentrum Karlsruhe公司紧密合作而成功开发的。

- ▶ www.mrtsystem.com
- ▶ www.tas-is.dk/
- ▶ www.gmab.se
- ▶ www.simatek.dk

小型电池

——纽扣电池 ——无汞生产

尽管很多国家已禁止使用高汞含量电池，但如今含汞电池仍在使用。在2005年，电池行业消耗了280—460吨汞，占全球汞消耗10%。对于纽扣电池这种特殊类型电池，其中典型汞浓度为0.4—1%，由于无汞纽扣电池的价格稍显昂贵，因此很难开发纽扣电池的无汞替代物。

传统上，汞既被用于生产大型圆柱封装电池，也被用于生产小型纽扣电池。近年来，很多国家已经在逐步淘汰含汞大型圆柱封装电池，但是它在一些国家仍然继续使用。很多国家现在已禁止使用氧化汞纽扣电池，然而很多其它类型纽扣电池——汞浓度在0.4—1%范围内的纽扣电池还没被禁止使用。

2005年，在所有汞消耗中，电池中汞消耗占了280—460吨，这意味着大量汞最终流入一般废弃物之中。在纽扣电池内部，汞能够抑制氢气生成，一些其它技术也能抑制氢气

生成。

一家香港公司首先发明了无汞纽扣电池

2001年初，香港新利达电池实业有限公司发明了世界上第一个无汞碱性纽扣电池。该公司是世界上最大的纽扣电池生产商之一，月生产量达四亿个电池。

在新利达实业的专利纽扣电池中，钢取代了原先的汞，被预先电镀在负极内表面上。和汞相比，金属钢不会严重危害人体健康。

“为了防止重金属污染损害人类生活，我们发明了无汞纽扣电池”，新利达质量服务部经理Sunny Chow 先生说到，“我们必须考虑下一代”，他继续说到。

在今天，大量玩具生产商需要这样的或是别的无汞纽扣电池，即使这些无汞电池价格比含汞电池价格略微昂贵。

其它一些公司同样能够提供无汞纽扣电池，例如索尼公司、日本精工株式会社和松柏投资有限公司。



照片：伊斯托克



照片：新利达实业有限公司

乐高集团使用无汞纽扣电池

乐高集团是无汞纽扣电池的用户之一。乐高是一家玩具生产商，位于丹麦，多年来一直在测试无汞电池的一系列参数，如化学物质含量、能量含量、自放电和物理性质。在不使用汞时，特别是对于纽扣电池而言，电池生产商很难稳定电池中发生的化学过程。然而，一些生产商现在已能够在符合技术标准的前提下解决上述难题。

在今天，乐高集团每年要使用三百万个纽扣电池用于玩具中的电子组件，并且这些电池都是无汞的。

► newleader.smeitrade.com



在天然气

处理过程中除去汞

在世界上一些地区，当地天然气中含有大量汞，即使是在单一生产基地，每年在天然气处理过程中也会产生成吨的汞。在开采、处理和使用最终精炼产品过程中都会排放汞。目前的技术在天然气处理过程的初始阶段即可捕获汞，并保证在其它环节以及最终产品阶段防止汞排放。

和其它原材料一样，石油和天然气等化石燃料含有痕量级汞，但是它们在自然界的地质分布极其复杂多样，因此其中含汞量也会多种多样。在天然气中，汞浓度变化范围是从0.01到5000微克每立方米；而在原油中，汞浓度变化范围是从0.1到10,000毫克每吨。在开采、处理和使用最终精炼产品过程中都会排放汞。

天然气开采过程中会产生汞排放与其它地区相比，在东南亚、荷兰和中亚地区的天然气田中汞含量比较高，而且在大多数天然气储藏地区，均已发现有相当多汞。在天然

气开采过程中汞排放是比较显著的，但现在仍然没有很好的办法去量化这些汞排放。

在天然气中汞含量比较高的地区，汞可作为开采过程的副产物。在荷兰，每年可从天然气中回收约20吨汞。

此外，由于天然气中的汞能够与铝和其它金属发生反应，因此汞会腐蚀设备，并导致设备损坏或发生事故。

各种不同的技术被用于除去天然气和原油中的汞，包括使汞与硫浸渍

活性炭或金属硫化物发生反应。

天然气处理过程中的吸收剂除汞 PURASPECJM是混合金属硫化物吸收剂，用于除去天然气流和液态烃中的汞，它由总部位于伦敦的 Johnson Matthey Plc.公司生产。在近海的天然气平台上安装配备吸收层的反应器，每年每个平台可减少汞排放0.2到2吨。

在世界范围内，250多台反应器已投入使用，该公司始终建议更广泛地应用此项技术，以便大幅度减少精炼厂和天然气处理厂的汞排放。



使用PURASPECJM汞吸收装置的东南亚天然气平台

照片：Johnson Matthey Plc

► www.matthey.com/

和其它系统不同的是，PURASPEC_{JM}吸收装置可安装在天然气净化厂内干燥器和酸性气体去除装置的上游，这样可确保吸收装置能够防止汞对下游装置的腐蚀，并减少汞排放。

几立方米吸收剂可除去天然气中大部分汞，并且吸收层的使用寿命是10到15年。当汞含量占整个吸收剂重量的10–15%时，可对吸收剂进行更换，更换下来的吸收剂收集到

密封的金属桶中，并进行回收或是安全处理。

尽管主要的汞排放产生于陆上天然气处理厂，而且陆上处理厂也不一定配备除汞装置，但是如果不在天然气开采平台上安装汞捕获装置，那么汞就会在天然气处理的初始阶段排放到大气中。



PURASPECJM吸收装置特写

照片：Johnson Matthey Plc

汞和煤炭

——通过改善空气质量减少汞排放

人们对于发电和供热的需求，造成了全球范围内大量汞排放。2005年，在总体人为汞排放中，由化石燃料燃烧（主要是煤）用于发电或供热造成的汞排放约占45%。然而，对于很多国家而言，通过改善空气质量来减少汞排放仍有很大潜力。当我们使用改善空气质量的技术，不仅可以捕获汞，同时还可以控制其它污染物排放，如粉尘、二氧化硫和氮氧化物。对于特殊除汞系统，人们已做了大量的全方位检测，但是开发具有成本效益的技术仍在进行之中。

人们对于发电和供热的需求正在持续增长，预计煤的消耗也将会继续增加。每吨煤含有0.01到1.5克汞，煤燃烧是大气中汞排放的最大单一排放源。

2005年，在总体人为汞排放中，由化石燃料燃烧（主要是煤）造成的汞排放约占45%。除非实施更多有效除汞技术，否则将来我们将面临更多汞排放的挑战。

将汞转化为一种可除去的形式

对于空气污染控制系统，其除汞效率很大程度上受到烟气中汞存在形式的影响，对于火电厂中烟气处

理，汞的存在形式通常情况下包括以下三种：

- 元素汞 (Hg^0)
- 颗粒结合汞 (Hg^p)
- 氧化态汞 (Hg^{2+})

在燃烧室中，煤中的汞转化为气态元素汞，在燃烧气体开始冷却之后，气态元素汞部分转化成为氧化态汞或是颗粒结合汞。

汞在煤中的存在形式很大程度上取决于煤的类型，特别是煤中卤素含量会影响到氧化态汞和颗粒结合汞的百分比。

在几种传统空气污染控制系统中，典型汞捕获效率如下表所示。

静电除尘器（ESP）是一种颗粒控制装置，能捕获大量颗粒结合汞，但在捕获元素汞和氧化态汞时效率不高。

在世界范围内燃煤发电厂中，静电除尘器常用于减少颗粒物排放，并且能除去所有汞排放量的30%。通过使用脱硫装置，可进一步提高除汞效率。在这些系统中，通过和石灰或石灰石反应，可减少二氧化硫排放，并可捕获一些氧化态汞。



中国泰山电厂—应用了Topsoe SCR装置。SCR装置在照片中间，ESP在照片左边。
照片：Haldor Topsoe A/S

用于氮氧化物减排的SCR装置可促进除汞

正如23页中表1所示，选择性催化还原装置（SCR）能减少氮氧化物排放，当在燃煤发电厂中配备SCR并将其与湿法烟气脱硫装置（FGD）结合在一起时，可除去90%以上的汞。

SCR可促使形成氧化态汞，并用湿法脱硫装置除去。然而，随着煤类型的不同，除汞效率变化很大，有时可低至25%。

决定SCR除汞效率的重要参数包括煤的类型、卤素含量、粉煤灰中未燃烧的碳含量和烟气在管道中的残留时间及温度分布。

Haldor Topsoe公司位于丹麦，是SCR系统中去除氮氧化物催化剂的主要供应商，在世界范围内，Topsoe公司的SCR系统已被广泛采用。

高含量氯会增强汞的捕获
在SCR系统运行过程中，高含量氯会有利于汞的捕获。在2009

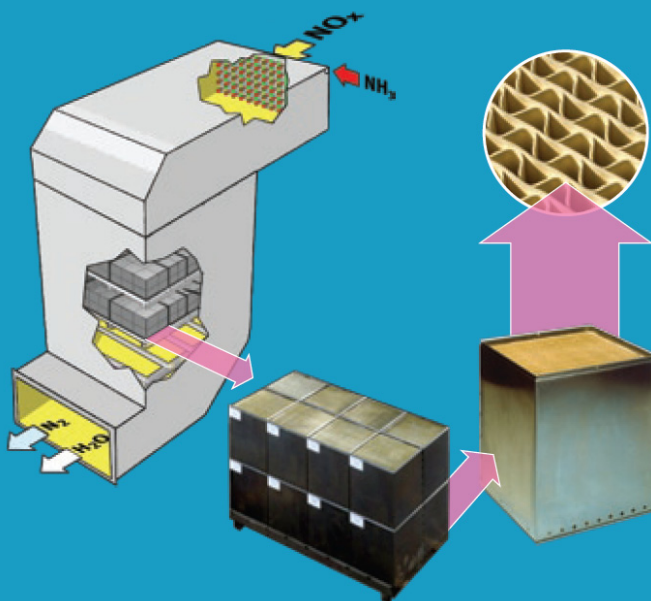
年，南方公司的克里斯特厂在一台试用性SCR装置上做过这方面的试验，该厂位于佛罗里达州的彭萨科拉，已安装了一台由Haldor Topsoe提供的SCR催化装置。

通过与电力研究院合作，南方公司开展了一项全面的测试研究，相对于其它因素，增加烟气中的氯化氢会带来显著效果。通过提高氯化氢浓度，从10ppm提高到350ppm，相应的氧化态汞从50%提高到95%。

SCR 工艺说明

Haldor Topsøe 的SCR催化剂是以多孔二氧化钛为载体，其中分散活性催化组分主要由五氧化二钒和三氧化钨组成。

催化剂的主要作用在于减少燃烧过程中产生的氮氧化物（ NO_x ）——通过使 NO_x 和氨气在催化剂表面发生反应而减少 NO_x 。同时由于协同效应，SCR还能催化氧化烟气中的元素汞。为了便于安装SCR装置，催化剂被分装在单个标准尺寸的包装盒中，方便模块化组合到金属架上。



图片：Haldor Topsøe A/S

中国采用SCR装置减少汞排放

在中国的燃煤电厂中，SCR装置将对减少汞排放做出重要贡献。从2008年以来，中国所有新建火电厂都要安装SCR系统，并和脱硫设备相连，用于氮氧化物减排。在中国，以泰山电厂为代表的9家燃煤电厂，均安装了Haldor Topsøe公司的SCR装置。

在中国的火电厂中，燃煤的质量普遍偏低，并且氯浓度较低，这意味着汞氧化物水平偏低。根据现有模型，考虑到SCR装置的典型运行状况和中国煤炭平均水平，预计45–90%的汞会被氧化，并且大量汞会在下游空气污染控制设备中被除去。

特殊除汞系统正在发展之中

针对燃煤锅炉，已有一系列不同的特殊除汞控制技术处于不同发展阶段——从中试到全面测试。这些技术可划分为两类：

- 注入不同类型活性炭，类似于垃圾焚烧采用的方法
- 通过加入化学添加剂，提高从元素汞到氧化态汞的转

表1：通过传统空气污染控制系统捕获汞

空气污染控制系统		总体汞捕获百分比（平均值）				
		烟煤		亚烟煤		褐煤
		÷ SCR	+ SCR	÷ SCR	+ SCR	÷ SCR
颗粒控制	CS-ESP	28	8	13	69	8
	HS-ESP	15		7		
	FF	90		72		
	PS			9		
颗粒控制和湿法烟气脱硫	CS-ESP + Wet FGD	69	85	29		44
	HS-ESP + Wet FGD	49		29		
	FF + Wet FGD	98				
	PS + Wet FGD	32	91	10		33
颗粒控制和喷雾干燥吸收脱硫	SDA + FF	98	95	19		4
	SDA + CS-ESP			38		

SCR = 选择性催化还原

ESP = 静电除尘器

CS-ESP = 冷端静电除尘器

HS-ESP = 热端静电除尘器

FF = 织物除尘（布袋除尘）

PS = 颗粒清洗器

SDA = 喷雾干燥吸收器

空单元格表示“没有数据”

来源：“燃煤发电厂中汞捕获和湿法烟气脱硫装置的应用”，2006，美国能源部。

加溴可极大提高汞的氧化程度

位于德国的Vosteen Consulting GmbH公司开发了基于溴添加剂的技术，在溴存在的情况下，该技术使汞的氧化效率得到充分发挥。

美国ALSTOM公司的燃煤锅炉已采用该项技术。

在火电厂，人们对ALSTOM KNX™溴添加剂技术已经做了大量的全面测试，使用这项技术时，在煤燃烧之前，先把溴化钙溶液喷洒在煤上，从而提高汞的氧化程度，这也能促进传统下游空气污染控制

装置进行汞的收集。实践证明，该技术对锅炉运行没有影响，和ALSTOM MerCure™工艺一样，该技术可和活性炭注入法联合使用。

加溴后的除汞效率取决于煤的类型、注入的吸收剂和传统下游空气污染控制装置的类型。

最近在一台600兆瓦次烟煤锅炉上采用了KNX™技术，并进行了全面测试。该锅炉装备有一台静电除尘器、一台选择性催化装置和一套湿法烟气脱硫系统。当加入4ppm溴时，除汞率从55%增加到90%。在

同等规模的其他测试中，该技术的脱汞效果同样十分显著，并且已经投入商业化运行。

- ▶ www.vosteen-consulting.de
- ▶ www.alstom.com
- ▶ www.topsoe.com
- ▶ www.epri.com
- ▶ www.netl.doe.gov

无汞

LED节能照明

和含汞灯相比，节能发光二极管（LED）提供的照明品质更加广泛。虽然其价格相对较高，但随着人们对于环境问题的关注和新型LEDs照明光源的应用，加快了LEDs的发展，以及取代白炽灯和含汞灯的步伐。在全球范围内，2005年共有120–150吨汞用于生产光源。

用节能发光二极管（LED）发光无需汞。

在世界范围内，大部分节能光源来自于荧光灯和含汞灯。白炽灯产生于19世纪并使人类生活发生了革命性的改变，直到最近，白炽灯才开始被节能光源替代。

尽管每只灯泡里的汞含量在逐年下降，但是汞仍被大量使用并经常被排放到环境当中。在全球范围内，2005年有120–150吨汞被用于生产光源，约占全球总体汞消耗的4%。

发光二极管——光源新的革命

发光二极管（LED）给灯的发展带来了革命性变化。LEDs基于半导体科技，并可生产出具有不同形状和颜色的产品。最高效的LEDs在节能方面丝毫不逊色于含汞光源。作为一种电子器件，LEDs自上世纪六十年代开始即投入使用，在今天，作为平面液晶显示器含汞光源的替代产品，LEDs得到更为广泛应用。

考虑到人们愈加关注由含汞光源引发的环境问题，同时LEDs的价格正在下降，所以LEDs光源被越来越多地用于汽车照明、建筑照明和

一般照明等消费市场。

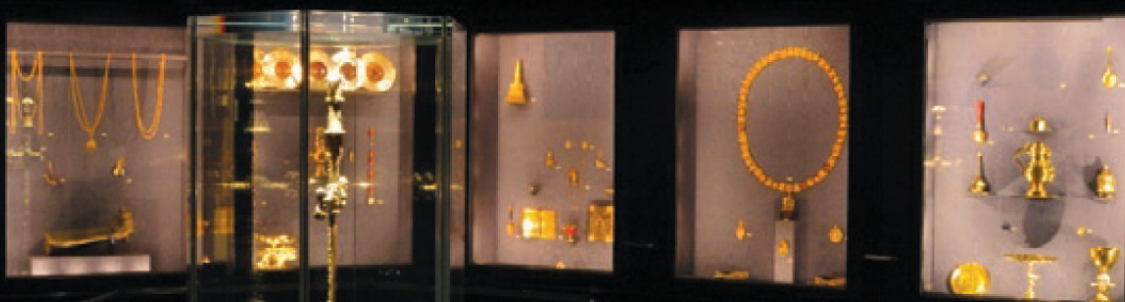
节能光源在丹麦

在丹麦，很多十字路口的长寿节能信号灯告诉人们何时停止，何时通行。基于LED技术，丹麦的Technical Traffic Solution A/S——TTS公司发明了Green Light交通信号灯系列产品。

LED交通信号灯耗能很少，一般使用寿命为20,000–30,000小时。2002年，因为Green Light系列产品，TTS公司获得了2002环保欧洲商业奖。

王室加冕

纪念碑的节能光源



LED光源减少能耗，并将罗森博格城堡的照明财政预算减少了80%。
照片：丹麦科技大学（DTU），光电工程学院。

在罗森博格城堡，人们点亮特制的LED灯，从而使丹麦王室加冕纪念碑散发出最佳色彩，彰显王室特质。该光源由丹麦科技大学（DTU）光电工程学院和Lumodan Aps公司共同研发完成。

该学院致力于新型光源的研发，并注重照明质量、颜色控制、灯具设计和节能光源。他们已经研发出全息漫反射器，并集成到LED灯里，该漫反射器可帮助人们获得需要的光照质量。



照片：TTS Technical Traffic Solution A/S

TTS公司决定在新的公司总部只安装LEDs光源，该总部建于2008年，他们说到做到：

“我们一直在提倡使用环保的交通信号灯，与此同时我们每年在办公室中使用了大量传统白炽灯，耗能严重。。。这有些言行不一”，总经理Ove G. Rasmussen说到。一般在建筑中会使用两种品质不同

的灯。在走廊和楼梯处会使用冷色调灯，在工作地点会使用标准白炽灯相近的暖色调灯。

LEDs光源为建筑发展提供了新的机遇，平板光源被集成到天花板、楼梯天井和一些其它结构中，为建筑提供基本照明设备。

在某些工作地点，为了获得足够

多特殊品质的光，人们使用传统光源。除此之外在其它工作区域，人们十分满意LEDs光源的表现。

- www.tts.dk
- www.fotonik.dtu.dk/

黄金开采

—减少汞排放的局部技术解决方案

在发展中国家，普遍使用金属汞开采黄金，这已成为世界范围内最大的汞排放问题之一。汞排放对当地环境造成严重污染，也会对全球环境污染带来极大影响。每年采金造成的汞排放预计达到650—1350吨。减少采金时的汞排放确实具有挑战性，但是如果能够采取局部技术解决方案、加强人员培训并增加投资，是可以实现减排的。

从前的淘金热从未停止，只不过转移到了世界上其它地方，与之相伴的乃是世界范围内最严重的汞排放问题：在采金过程中使用金属汞。据估计，小规模采金每年会排放出650—1350吨汞——超过全球汞消耗的25%。

今天，在发展中国家，约有1000万名矿工从事手工和小规模金矿开采（AGSM），其中包括很多妇女和儿童。

矿工用双手挖出含金矿石并用液态金属汞溶解矿石中的金。如果一个金矿被开采殆尽，矿工就转移到另

一片金矿，当他们离去时，留下了大片贫瘠且被汞污染过的土地。

贫穷驱使人们采金

贫穷往往驱使人们进行小规模金矿开采，从中很多人获得了非法的经济收入。这使得问题变的非常复杂，并增加了改善环境和矿区健康状况的难度。

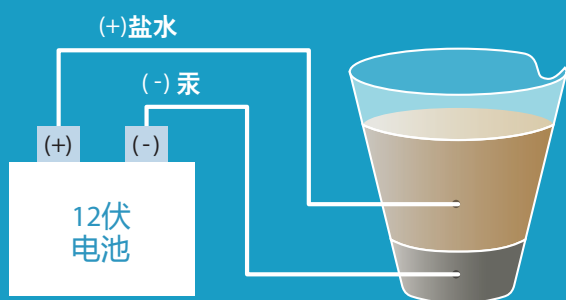
在很多国家，小规模金矿开采是一种重要的谋生手段。事实上很多初级矿工通过采金获得的收益达到世界黄金市场价格的70%，这远远高于很多发展中国家的农产品或其它初级产品生产者所得收集的比例。

在这些国家，很多人将小规模金矿开采视为将来的唯一希望。

“没有任何一种单独技术可被认为是实现无汞系统的‘良方妙药’，但是有很多问题可以个别处理，从而明显改善状况”，来自加拿大手工黄金协会和维多利亚大学的Kevin Telmer——该领域的权威专家之一，表达了上述观点。

“随着众所周知的局部技术发展，我们估计小型金矿的汞排在十年之内可能减半”，Telmer继续说道。

图4：常识性解决方案



一个汽车电池和一杯盐水，可将使用过的汞变清洁，被重新利用，而非排放到环境中，因此可减少汞消耗和对环境的污染。 图片：Kevin Telmer

图5：蒸馏器



蒸馏器的实际使用效果——分离金汞混合物过程中挥发出的汞被蒸馏器捕获，容器底部为金/汞合金（左图），产出的黄金（右图）。

图片：Kevin Telmer

95%的汞可被捕获并重新使用
已有一些局部技术可大量减少汞排放——其中一些是设法重新再利用汞。

一旦矿石中的金溶解在金属汞中，过量的汞会从混合物中被挤出来，人们通常会用手拿着一块布，过滤出金汞合金，这就是人们熟知的dor é。

一般在露天情况下对dor é进行加热，使汞挥发至环境中，剩下金和少量汞。

相反，如果把汞放在蒸馏器中进行加热，蒸馏器是一个密闭容器，装

有一个排烟管道，且管道尾端是盛有冷水的容器，在水中可捕获95%的汞并重新再利用。

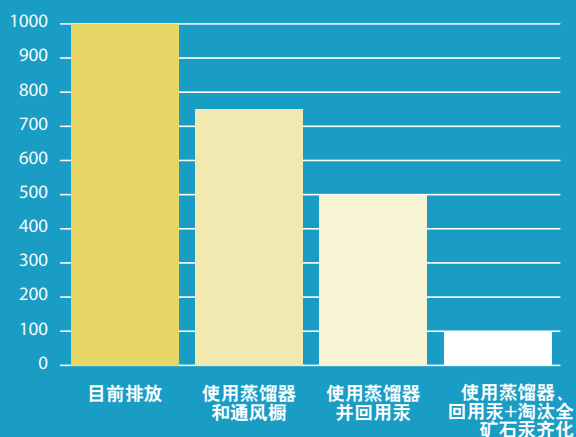
另外，如果在通风橱中对金汞合金进行加热，也有可能减少80%的排放。通风罩可将烟气导走，采取相似的方法进行冷却捕获，汞蒸气经过冷凝可重新再利用。

还有一种技术可防止汞被排放到环境当中——把含有杂质的“脏”汞进行分离，再提纯汞，可将其重新再利用。在一个玻璃容器中，加入汞和盐水，施加一个12伏的电压，通过简单的电解过程即可完成。

采金过程中最为有效的方法是首先将矿石进行筛选，淘汰不含金或含金很少的颗粒。相反的是，汞往往直接添加到未被筛选的矿石中，这被称之为全矿石汞齐化。伴随着全矿石汞齐化，大量汞被滥用且被排放到环境中，有时每公斤黄金的耗汞量高达500多公斤。

“对于小规模金矿开采，通过淘汰全矿石汞齐化能将全球汞消耗再减少45%甚至更多。这种效益是显而易见的，但和简单的技术改进相比，淘汰全汞齐化显得更为复杂，因为这需要有更多资金、组织管理以及更为精良的工艺”，Kevin Telmer说到。

图6：小型金矿的减排潜力



来源：Kevin Telmer，加拿大手工黄金协会和维多利亚大学



两个亚洲人使用木盘进行汞齐化

照片：Daniel Stapper

- ▶ 手工黄金协会：
www.artisanalgold.org
- ▶ 联合国环境署合作伙伴：手工和小规模采矿：
<http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Artisanal-small-scale-mining.htm>
- ▶ 联合国工业发展组织的全球汞项目：
http://www.globalmercuryproject.org/front_page.htm

他进一步强调，如果我们想更为广泛地推进这些改革，必须提高人们的意识并进行培训。他坚信全球性汞条约能够提高人们意识，通过采取基金推广试点项目、确定减排目标、在全球市场上减少廉价汞供应等手段，推动采金业从业人员更好地处理汞。

采金过程的氰化物

还有一些别的采金方法。用氰化物

采金是目前唯一在技术层面较成熟的方法。时至今日，很多小规模金矿和绝大多数大规模金矿仍在采用此种方法。但是氰化物有剧毒，其毒性作用很强且立竿见影，但是汞的中毒过程相对较慢，且会在人体和环境残留更长时间。

为了实现安全生产，氰化法需要更多投入。但不幸的是，一些金矿经营者为了得到最后一小部分黄金，

他们将已经发生全汞齐化的金矿石再进行氰化。氰化法使汞溶解到废水中，废水排放导致汞在生物界的污染更为严重，进而引起更严重的环境污染。

牙科修补

的无汞化正在成为规范

基于环境保护考虑，在世界上一些地区，传统牙科用的汞合金正在逐渐减少。2005年，牙科耗汞大约为310—410吨，成为全球汞消耗的最大领域。汞合金的替代填充材料具有优异性能，如今几乎完全替代了汞合金。北欧国家现在基本实现了无汞牙科护理。



照片：伊斯托克

如今，众所周知的银汞合金正逐渐被其它无汞填充材料替代。2005年，牙科耗汞大约为310—410吨，约占全部汞消耗10%，是世界上汞消耗最大领域之一，也是对水体的最大非工业汞排放源。

在丹麦，多年以来牙科用汞合金一直是废水中最大的汞源。牙科用汞合金的循环过程很复杂；汞以很多方式到达环境中，如图7所示：2001年丹麦牙科用汞合金填充物循环图。

北欧国家已基本淘汰牙科含汞填充材料

在北欧，水体中的汞污染使得汞减排成为近二十年来的首要任务。

由于监管压力和人们的自发主动性，出现了牙科用汞合金的替代材料，现在越来越多的牙科诊所在使用替代材料，或是安装汞分离装置，该装置能捕获大部分汞，使之无法排入下水道。

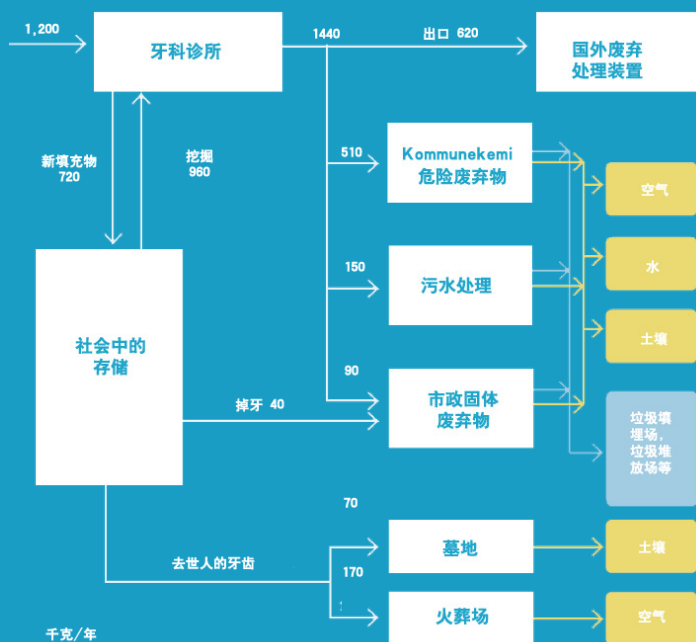
在挪威，牙科用汞合金的消耗量骤减，2007年汞合金的消耗量仅为

1995年的5%。一方面源于人们自发地逐步淘汰汞合金填充材料，另一方面也说明替代材料几乎适用于所有的应用领域。

因为大部分人牙齿中依然存在着汞合金填充物，所以相应的汞减排速度在放缓。2008年挪威出台禁止使用汞合金的法规，除非患者需要全身麻醉或是对替代材料过敏，否则都不能使用汞合金。

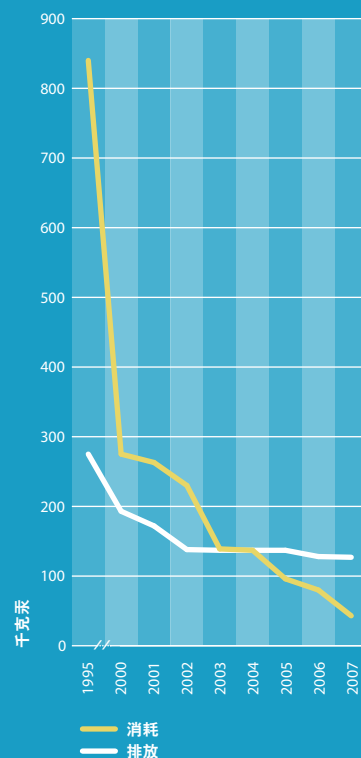
长期以来，丹麦和瑞典也采取了大量减排措施。1994年丹麦颁布了部分禁止使用汞合金法令，如今汞使

图7：2001年丹麦牙科用汞合金汞循环图



2001年丹麦牙科用汞合金汞循环图

图8：挪威牙科用汞合金消耗量和牙科诊所汞排放量的减少趋势



挪威牙科用汞合金消耗量和牙科诊所汞排放量的减少趋势

用量已降到历史最低。瑞典在寻找替代物上花费了很大精力，在2009年颁布了完全禁止使用汞合金法令。

替代物的广泛使用需要时间

替代的无汞填充材料由优质塑料、陶瓷或是特殊玻璃构成，它们具有很多优良性质，例如，耐用、技术要求低等。

由于替代物比传统汞合金价格更贵一些，因此替代物的广泛使用可能需要较长时间。如今，足够多的使用经验表明它们和汞合金一样耐用，而且不会对环境造成汞污染。尽管如此，很多的牙科医生依然认为，在一些复杂情况下汞合金仍是

最佳填充物，并且在这些情况下替代物的使用需要更深入的研究。

实际研究证实无汞填充材料的强耐用性

来自挪威奥斯陆大学牙科系的Simon Vidnes-Kopperud和他的同事们研究了4030种常用的填充材料。这些材料被置入口腔后，他们跟踪研究了4-7年。

这个项目的目的在于研究各种填充材料在现实条件下的表现。来自挪威的27名牙医预先将填充材料填入1912名青年牙齿中。

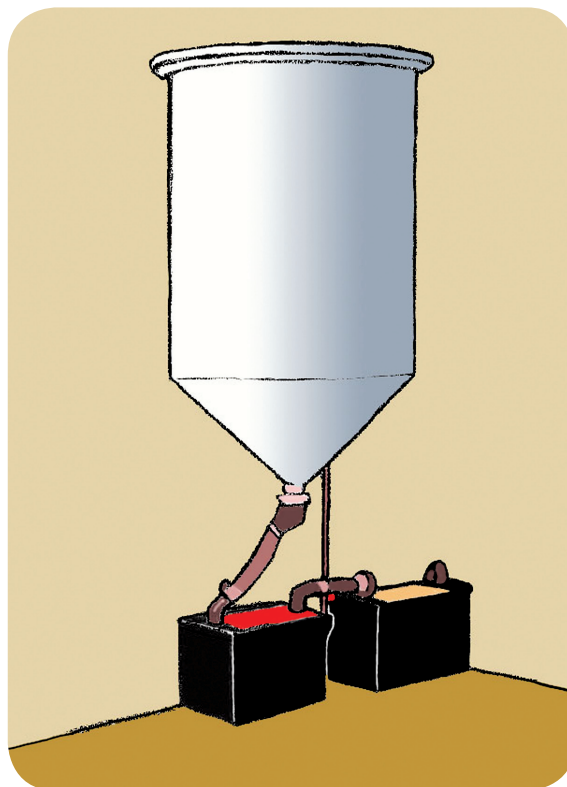
研究结果表明汞合金和一种叫做“复合体”的替代材料具有相同耐用

性。另一种典型的替代复合材料比汞合金的使用寿命稍短，然而，玻璃离子聚合（GIC）填充物的使用寿命特别短。与此同时，此项目在丹麦的研究小组——哥本哈根大学Vibeke Qvist教授领导的小组也发现了类似的结果。

填充材料失败的主要原因是继发性龋齿，是指由于细菌活性在填充材料旁出现的新洞或蛀牙。按照Qvist教授的解释，含汞填充材料中的金属混合成分具有抗菌性，会大大减少这类龋齿的发生。“复合体”填充物随着使用时间延长，会缓慢释放氟化物，大大减少细菌对牙齿珐琅质的溶解作用，而替代复合材料则没有这两种效应。



使用过的汞合金分离器其内部构造
照片：Anders Lindvall



两个汞合金分离装置（主要装置及备用装置）
安装在吸水装置的分离槽
绘图：Eva Lindh

汞合金分离器减少口腔护理中的汞排放

只要消费者对汞合金还有需求，牙科诊所就会向下水道排放汞。然而，汞合金分离器可以高效分离汞，大大减少对环境的汞排放。

将符合ISO标准的汞合金分离器安装在口腔诊所的中央吸水系统中，如果正确安装和维护，可以减少95%的汞排放。

汞合金分离器是一个可以安装在诊所吸水系统和下水道出口之间的过滤装置。每个分离器可以只用于一个牙科手术椅，也可以用于4-6个牙科手术椅，分离器需要定期维护。

在北欧，一个分离器的安装、维护和回收的运营费用是每年400欧元，其中大部分费用与劳动力成本相关，所以使用分离器在世界上劳动力成本低的地方会更便宜。

“1980年到1990年之间，北欧大多数的口腔诊所都安装了汞合金分离器”，丹麦分离器厂家Rectus的员工Erik Peterse说。

“其他欧洲国家也正在广泛使用，我们还将分离器销往伊朗和韩国”，Petersen先生补充道。在丹麦，人们已观察到由废水向环境中排放汞的显著影响。从1983年到1993年，从牙科诊所废水中排放的汞已减少了80%，大约为每年200公斤。

生成的滤渣必须要收集并进行妥善处理，以防其通过传统的废物管理途径流入环境中。

Petersen先生认为，人们加入到分离器厂家建立的循环系统是一条有效的汞减排途径，因为厂家可以重新利用过滤装置的零部件，并确保妥善处理含汞滤渣。

► www.rectus.dk/



norden

Nordic Council of Ministers

Nordic Council of Ministers

Ved Stranden 18

DK-1061 Copenhagen K

www.norden.org

北欧部长理事会

Ved Stranden 18

DK-1061 哥本哈根

www.norden.org

DANISH MINISTRY
OF THE ENVIRONMENT

Environmental
Protection Agency

想知道更多？

网址

联合国环境规划署汞计划

www.chem.unep.ch/mercury/

联合国环境规划署与汞相关活动信息以及全球合作伙伴

全球汞计划

www.globalmercuryproject.org

联合全球环境基金，联合国开发计划署，联合国工业发展组织与六个国家间的合作。集中于手工和小规模采金业的汞污染。

无汞医疗

www.mercuryfreehealthcare.org/

非政府组织无害医疗和世界卫生组织正在领导全球淘汰含汞温度计和血压计。

零汞运动

www.zeromercury.org/

零汞运动网站是全球零汞计划的一部分，涉及到很多非政府组织。该网站提供活动信息、新闻和电子图书馆。

金矿开采协会

www.artisanalgold.org

金矿开采协会致力于手工小规模采金业可持续发展。包括汞监测数据库，手工小规模采金业委员会和联合国环境署的一个联合项目。

欧盟汞网站

ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/index.htm

提供欧盟汞活动信息和多种研究报告

美国环保署汞网站

www.epa.gov/mercury/

提供美国汞活动相关信息和多种研究报告

文档

全球大气汞评估：来源、排放和运输，联合国环境规划署，2008

www.chem.unep.ch/MERCURY/Atmospheric_Emissions/Atmospheric_emissions_mercury.htm

减少汞使用和排放指南，联合国环境规划署，2008

www.chem.unep.ch/mercury/Sector%20Guide%202006.pdf

卫生保健中的汞：政策文件，世界卫生组织，2005

www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/mercury/en/

全球汞评估报告，联合国环境规划署，2002

www.chem.unep.ch/mercury/Report/GMA-report-TOC.htm