508残障人士无障碍阅读–本文有HTML支持代码 https://doi.org/10.1289/EHP6417-zh.

控制手工和小规模金矿开采中的汞污染

Lindsey Konkel

https://doi.org/10.1289/EHP6417-zh

在尼日尔的科马班古（Komabangou）村庄，成千上万的矿工用原始工具挖掘黄金。[1] 这些矿工是一个混杂的群体，有疲于生计的农民、来自西非邻国的移民劳工、未充分就业的公共部门的工人以及大学生—包括男性、女性以及儿童。有些人出生在这里；还有一些人远道而来寻找工作。在科马班古村庄，所有的生计都围绕着小规模的黄金开采—从采掘者到给他们提供食物的人，还有那些为他们供应设备，将他们从一个地点运送到另一个地点的人。

矿工们从事的黄金开采已有数百年历史，其中需要大量使用汞。“汞支撑着整个系统运转，”英国萨里大学(University of Surrey) 环境政策研究员 Gavin Hilson 说道。Hilson 的研究专注于手工和小规模金矿开采（artisanal and small-scale gold mining，ASGM）对科马班古村庄以及其他地区的环境和社会影响。

黄金的实际开采规模比这个位于撒哈拉以南的非洲村庄要大得多。随着近几十年金价的飙升，利用汞开采黄金已成为全球数百万穷人生存的主要手段。对 ASGM 工人人数的估计差异很大；一项 2018 年的统计显示，有 1600 万矿工分布在 70 多个国家，主要在亚洲、非洲和南美洲。[2] 他们大多在所谓的非正规行业工作，这意味着他们既不受政府监管，也不受政府保护。

据估计，ASGM 贡献了全球 17–20% 的黄金。[2] 这是一个主要由贫困驱动的现代淘金热，ASGM 工人代表了社会上最脆弱的个体。据估算，在这项领域工作的妇女和儿童多达 500 万。[3]

ASGM 也是全球最大的汞污染源，据估计，它占全球大气汞排放量的近三分之一。[4] “这是一个巨大的汞来源，也是一个巨大的健康问题。但对于那些没有太多其他工作机会的农村贫困人口来说，这也是一个巨大的经济机会，”自然资源保护协会（Natural Resources Defense Council）高级环境分析师、联合国环境规划署全球汞伙伴关系（United Nations Environment Programme’s Global Mercury Partnership）ASGM 地区联合负责人 Susan Keane 说道。

根据《水俣公约》（Minamata Convention）关于汞的规定（一项减少全球汞使用的国际条约），参与国必须制定《国家行动计划》，减少和消除本国境内的汞源。[5] 对一些国家来说，这包括 ASGM。Keane 和其他卫生以及政策专家认为，在发展中国家减少 ASGM 中汞的使用将是一项挑战。然而，如果处理得当，可能会对环境、人类健康和解决全球贫困问题产生积极影响。

一种全球性污染物

几个世纪以来，医生和科学家都知道汞对健康的危害。例如，欧洲制帽工人早在 17 世纪就出现颤抖和谵妄等神经症状，因为他们将兔皮浸入装有硝酸汞的大桶中，以使兔毛变硬。[6] 当时汞中毒被视为一种职业危害。后来，20 世纪中叶的一个历史性事件引起了人们对汞这一公共卫生问题的关注。

1956 年，调查人员确定，日本的水俣湾（Minamata Bay）因工业倾倒造成了高水平甲基汞污染，导致数千人出现严重的身体畸形和神经问题，其中包括母亲食用了水俣湾鱼类的婴儿。[7] 在水俣事故发生后近 40 年，“人们认为，只有暴露于高剂量的汞才会遭受其不利影响。”南丹麦大学流行病学家、哈佛大学环境健康兼职教授 Philippe Grandjean 说道。

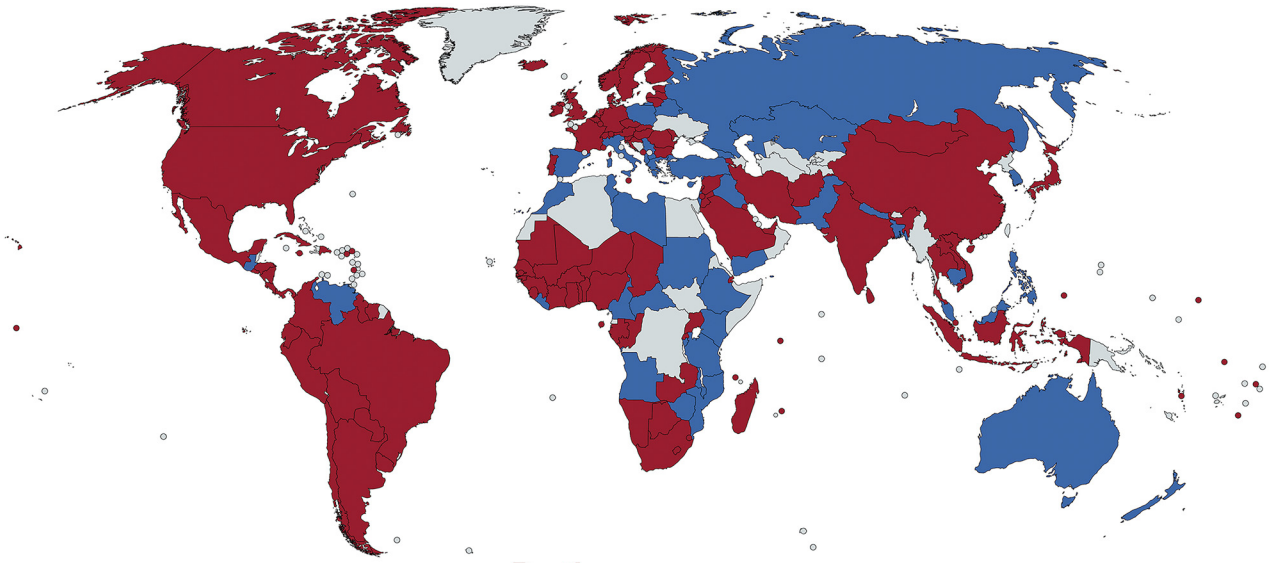
研究人员后来证明，这一主流观点是错误的。Grandjean 本人在法罗群岛（the Faroe Islands，一个介于挪威和冰岛之间的群岛）的研究是最早将甲基汞暴露与据信安全剂量下的大脑功能轻微衰退联系起来的研究之一。[8] 更重要的是，在法罗群岛没有主要的污染工业可以解释鲸鱼肉中的甲基汞污染的原因，鲸鱼肉是法罗村民的主要暴露来源。

研究人员开始研究汞是如何在环境中移动的。释放到空气中的汞元素几乎可以传播到世界各地，最终散落在土壤或水中。一旦着陆，或者通过工业活动直接释放到土壤或水中，汞可以被微生物转化为甲基汞，甲基汞在水生生物中累积，并沿着海洋食物链向上移动。[9] 这意味着在地球的某一个地方排放的汞有可能毒害数千英里以外的野生动物和人类。

“意识到 [汞] 污染了全球的海鲜供应引发了国际间开始讨论如何应对这一问题。”Grandjean 说道。汞污染不再被视为任何一个国家可以单独解决的地方性或区域性问题。[10]

这一认识最终促使在 2013 年通过的《水俣公约》中落实了一项国际协议，即缔约方承诺控制或消除汞排放和从各种工业来源（包括燃煤电厂和垃圾焚烧）的释放，并逐步淘汰含有毒金属的某些产品（如电池、灯泡、化妆品和杀虫剂）。[5] 截至 2019 年 11 月，该公约共有 114 个缔约方，其规则于 2017 年生效。[11]

与以往的国际环境条约侧重于污染物不同—如 2001 年限制使用持久性有机污染物的《斯德哥尔摩公约》（Stockholm Convention）或 1997 年减少 6 种不同温室气体排放的《京都议定书》（Kyoto Protocol）—《水俣公约》



Parties

Afghanistan	Antigua and Barbuda	Argentina	Armenia	Austria
Belgium	Benin	Bolivia	Botswana	Brazil
Bulgaria	Burkina Faso*	Canada	Chad	Chile
China	Colombia	Comoros	Congo, Republic of the*	Costa Rica
Côte d'Ivoire	Croatia	Cuba	Czechia	Denmark
Djibouti	Dominican Republic	Ecuador*	El Salvador	Estonia
Eswatini*	European Union	Finland	France	Gabon*
Gambia	Germany	Ghana*	Guinea*	Guinea-Bissau
Guyana*	Honduras*	Hungary	Iceland	India
Indonesia*	Iran	Ireland	Jamaica	Japan
Jordan	Kiribati	Kuwait	Lao PDR*	Latvia
Lebanon	Lesotho	Liechtenstein	Lithuania	Luxembourg
Madagascar*	Mali*	Malta	Marshall Islands	Mauritania
Mauritius	Mexico	Moldova	Monaco	Mongolia*
Montenegro	Namibia	Netherlands	Nicaragua	Niger*
Nigeria*	Norway	Palau	Palestine	Panama
Paraguay*	Peru*	Portugal	Romania	Rwanda*
Saint Kitts & Nevis	Saint Lucia	Samoa	Sao Tome & Principe	Saudi Arabia
Senegal*	Seychelles	Sierra Leone*	Singapore	Slovakia
Slovenia	South Africa	Sri Lanka	Suriname*	Sweden
Switzerland	Syrian Arab Republic	Thailand	Togo	Tonga
Tuvalu	Uganda*	United Arab Emirates	United Kingdom	United States
Uruguay	Vanuatu	Vietnam	Zambia*	

Signatories

Albania	Angola*	Australia	Bangladesh	Belarus
Burundi*	Cambodia	Cameroon	Central African Republic*	Cyprus
Ethiopia	Georgia	Greece	Guatemala	Iraq
Israel	Italy	Kenya*	South Korea	Liberia
Libya	Malawi	Malaysia	Morocco	Mozambique*
Nepal	New Zealand	North Macedonia	Pakistan	Philippines
Poland	Russia	Serbia	Spain	Sudan
Tanzania*	Tunisia	Turkey	Venezuela	Yemen
Zimbabwe*				

* Countries with National Action Plans to address ASGM

截至 2019 年 11 月，已有 113 个国家和欧盟成为《水俣公约》缔约国，这意味着它们同意受公约义务的约束。另有 41 个国家签署了该公约，这意味着它们有意向最终成为缔约方。31 个国家正在实施应对 ASGM 排放的《国家行动计划》（National Action Plans）。(另外 4 个国家—刚果民主共和国、厄立特里亚、吉尔吉斯斯坦和缅甸，也在解决 ASGM 排放问题，尽管它们既不是缔约国，也不是签约方。) Map: © MapChart.net; country listings: UNEP (2019).[11]

Figure. (*Continued.*)

缔约国
阿富汗
安提瓜和巴布达
阿根廷
亚美尼亚
奥地利
比利时
贝宁
玻利维亚
博茨瓦纳
巴西
保加利亚
布基纳法索*
加拿大
乍得
智利
中国
哥伦比亚
刚果共和国*
哥斯达黎加
科特迪瓦
克罗地亚
古巴
捷克
丹麦
吉布提
多米尼加共和国
厄瓜多尔*
萨尔瓦多
爱沙尼亚
埃斯瓦蒂尼*
欧盟
芬兰
法国
加蓬*
冈比亚
德国
加纳*
几内亚*
几内亚比绍
圭亚那*
洪都拉斯*
匈牙利
冰岛
印度
印度尼西亚*
伊朗
爱尔兰
牙买加
日本
约旦
基里巴斯
科威特
老挝人民民主共和国*
拉脱维亚
黎巴嫩
莱索托
列支敦士登
立陶宛
卢森堡
马达加斯加*
马里*
马耳他
马绍尔群岛
毛里求斯
墨西哥
摩尔多瓦
摩纳哥
蒙古*
黑山
纳米比亚
荷兰
尼加拉瓜
尼日尔*
尼日利亚*
挪威
帕劳
巴勒斯坦
巴拿马
巴拉圭*
秘鲁*
葡萄牙
罗马尼亚
卢旺达*
圣基茨和尼维斯
圣卢西亚
萨摩亚
圣多美普林西比
沙特阿拉伯
塞内加尔*
塞舌尔
塞拉利昂*
新加坡
斯洛伐克
斯洛文尼亚
南非
斯里兰卡
苏里南*
瑞典
瑞士
阿拉伯叙利亚共和国
泰国
多哥
汤加
图瓦卢
乌干达*
阿拉伯联合酋长国
联合王国
美国
乌拉圭
瓦努阿图
越南
赞比亚*
签约国
阿尔巴尼亚
安哥拉*
澳大利亚
孟加拉国
白俄罗斯
布隆迪*
柬埔寨
喀麦隆
中非共和国*
塞浦路斯
埃塞俄比亚
格鲁吉亚
希腊
危地马拉
伊拉克
以色列
意大利
肯尼亚*
韩国
利比里亚
利比亚
马拉维
马来西亚
摩洛哥
莫桑比克*
尼泊尔
新西兰
北马其顿
巴基斯坦
菲律宾
波兰
俄罗斯
塞尔维亚
西班牙
苏丹
坦桑尼亚*
突尼斯
土耳其
委内瑞拉
也门
津巴布韦*
*有参与《国家行动计划》解决ASGM问题的国家

偏重于一种夕阳化学物质。这些化学物质被认为对人类健康和环境极其有害，国际社会认为“这些化学品应该被淘汰，”Grandjean 解释说。

ASGM 中汞的使用

2013 年，当谈判代表们在水俣市会面时，所有人都在关注燃煤发电厂，因为它是汞排放的主要来源。然而，大多数代表后来惊讶地发现，ASGM 实际上是世界上最大的汞污染源，Keane 说道。此外，ASGM 造成的汞污染持续上升，与贫困加剧和经济发展停滞密切相关。[4]

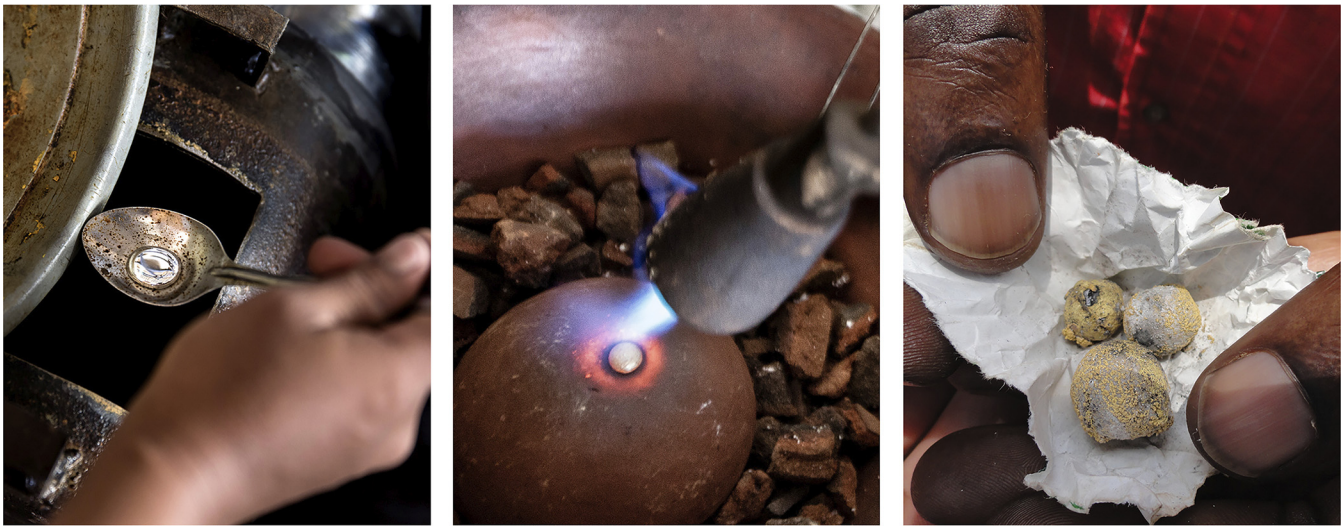
对于矿工们来说汞既便宜又很容易得到。它在 ASGM 中使用的数量和用途多种多样，这取决于区域地质、文化偏好和操作规模等因素。[3] 最危险和广泛使用的做法之一是一种称为全矿石汞齐化的技术。

在此过程中，岩石和矿石被手工碾碎成粗砂，然后加入电动磨机与液态汞混合数小时。汞通过形成汞和金的汞合金（合金），从碾碎的矿石中提取金粒。汞合金会形成致密的实心球体，汞的百分比通常为 40–80%，[3] 可以很容易地用手从碎石中分离出来。

为了从汞合金中回收黄金，矿工们会加热金属球使水银蒸发—通常是在室内，通风条件很差。在一些地方，矿工可能会将其汞合金送到村庄的集中处理中心，在那里进行汞蒸馏是收费的。[3]

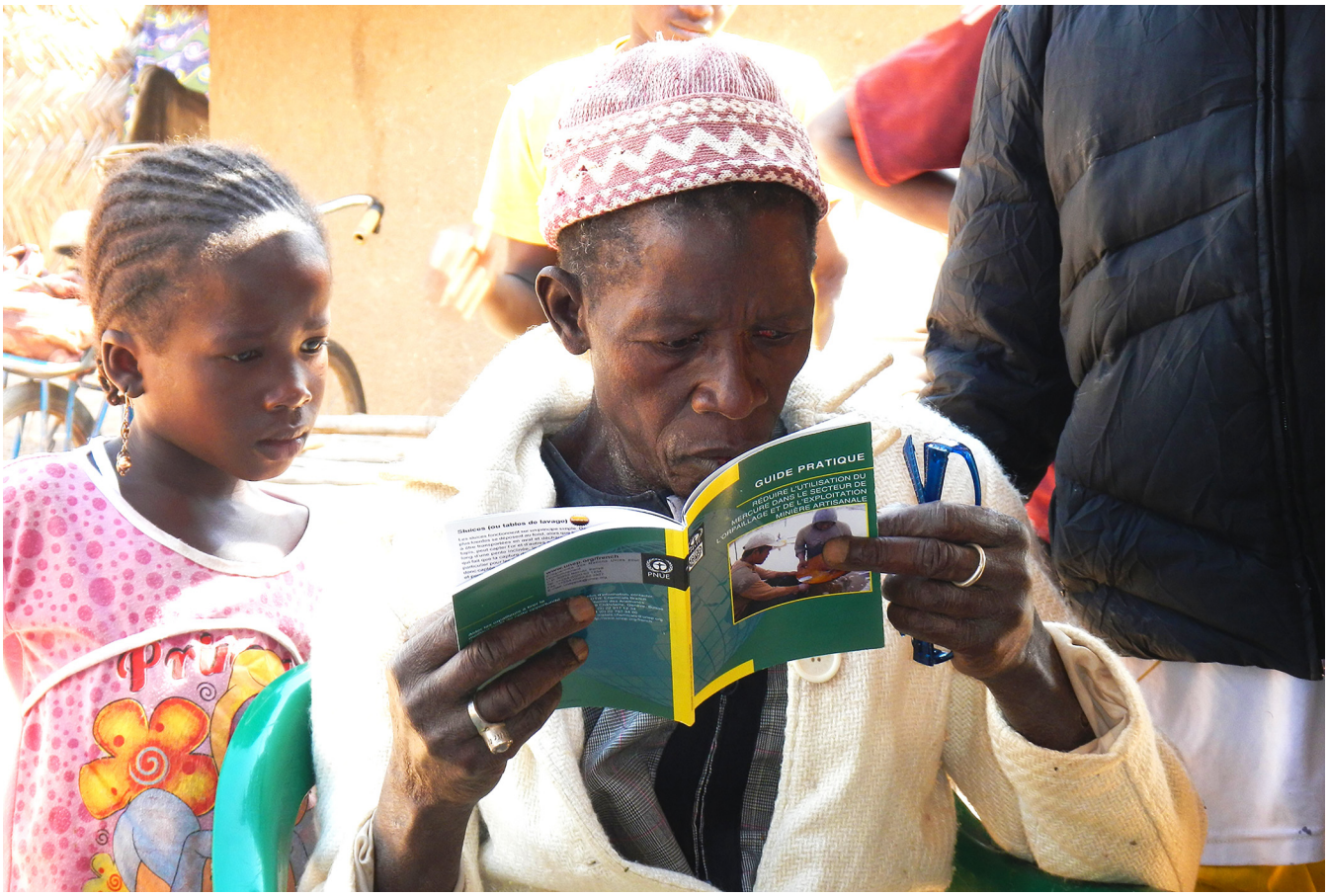
在某些情况下，蒸发的汞会被回收，南澳大利亚弗林德斯大学 (Flinders University) 研究 ASGM 技术的合成化学科学家 Justin Chalker 表示。然而，在这一阶段，ASGM 中的大部分汞直接流失到环境中。“即使它被回收，” Chalker 说，“也只能用于少量次数的黄金提取，因为它被氧化了，不能有效地捕获黄金。”

蒸馏过程会导致异常高浓度的汞蒸汽，Chalker 说道。通常情况下，如果没有采取任何措施防止汞吸入，会对矿工和居住在加工设施周围居民造成大脑和神经损伤、肾脏



在全矿石汞齐化过程中，含金岩石被压碎，然后与汞元素结合，从而 将金颗粒与其它矿物分离。由此产生的汞-金汞合金球被加热使汞蒸发。蒸发后会留下一块多孔的半纯 “海绵金”，之后会被提炼成纯金。Images, left to right: © Kemal Jufri/Panos Pictures; © Kemal Jufri/Panos Pictures; © Artisanal Gold Council.

《水俣公约》鼓励各国考虑将 ASGM 合法化或正规化。正规化有许多潜在的好处，包括更好地监督工人和环境条件，为矿工提供更多的工作保障，以及提高行业以可持续方式发展的可能性。在这张照片里，贝克山矿业金属公司（Mt. Baker Mining and Metals）的 Jason Gaber 正在为一群肯尼亚的政府官员和矿业代表演示如何使用摇床来实现 ASGM 的正规化。Image: © Mt. Baker Mining and Metals.



UNEP 和手工黄金协会（Artisanal Gold Council）等组织正在教导矿工如何将相对廉价的技术和简单的方法融入到他们的工作中，以便在减少汞暴露的同时，他们仍可以继续谋生，甚至过上更好的生活。Image: © Artisanal Gold Council.

损伤以及其他一些健康问题。[12] 除了吸入的危害外，蒸发的汞还会沉积在地表水和土壤中，继而转化为甲基汞，形成不同的暴露途径。

与此同时，从混合物中取出汞合金球后留下的剩余尾矿（即碎矿、水和汞）通常直接排放到水道中。在某些情况下，尾矿被放在装有氰化物溶液的大槽中进一步处理，以便在释放到环境之前提取更多的未回收的黄金。[3]

《水俣公约》的第一步

《水俣公约》在减少 ASGM 中汞使用方面没有具体的时间表。那些认为在本国境内 ASGM 的活动已超过 “微不足道” 水平的国家（公约中没有具体的界定）[13] 必须通知秘书处，他们将有3年时间制定《国家行动计划》。据信拥有 ASGM 的国家多达 70 多个，波士顿大学国际关系副教授、《水俣公约》汞效力评估委员会（Mercury Effectiveness Evaluation Committee）的专家观察员 Henrik Selin 表示。

在《水俣公约》之前，许多国家已完全禁止了ASGM，或者至少在该行业中禁止使用汞。这些努力在很大程度上被证明是无效的，部分原因是黄金价格上涨。[14] “相反，我们看到的是在过去 20 年里 ASGM 活动在非正规行业出现爆炸式增长，矿工基本上是在违法经营。” Selik 解释说。

在某些情况下，一些国家正试图将矿工转移到其他行业。但是，《水俣公约》鼓励有 ASGM 活动的国家考虑将该领域合法化或正规化。[15] 理论上，正规化将使各国政府和国际社会能够更好的监控 ASGM 对环境的影响，同时为矿工提供 “保有权保障”，或者在法律的层面上是合法的，“他们因而可以蓬勃发展常规业务，不必担心遭到起诉，” Hilson 解释道。

科学和政策专家推论，融资是矿商从汞转向更清洁技术的主要障碍。[16] 正规化是能够获得许多资金来源的先决条件，Keane 解释说。“如果你想从银行贷款[例如，购买新设备]，你需要拥有一个银行账户，你需要成为一个正式的实体。” 她说道。

然而，将 ASGM 纳入正规经济体系也面临着挑战。政府对非正规行业的监管措施可能会导致动乱，特别是在那些对政府动机极度不信任的国家，Hilson 称。要成功地将 ASGM 纳入正规经济体系，需要做的不仅仅是让小规模矿工们更容易获得许可证或购买设备。

“正规化的有效性取决于政府同时处理相关发展问题的能力，如青年失业和对农业的支持，” Selin 说。他补充道，一些发展中国家可能缺乏财政和人力资源，或者缺乏政治意愿来处理这样一个复杂的问题，因为其中夹杂着环境和社会因素。

变革策略

公约还敦促采用能够减少 ASGM 中汞的使用和排放的技术，并取代全矿石汞齐化。如果实施得当，这些技术和方法不仅可以减少汞的释放和排放，还可以提高黄金提取过程的效率，从而带来利润。“改变手工采矿区做法的唯一方法是确保矿工能看到明显的短期经济效益，” Chalker 说。

例如，可以增加蒸馏器或冷凝装置，以帮助回收液态汞，以便在汞蒸馏过程中重复使用，同时还可以降低人们在采矿区中暴露于汞蒸气。高效和低成本的磨矿设备、水闸、摇床和其他重力分离技术可以帮助矿工浓缩黄金和提高产量，同时使用较少的汞。[3] 使用汞的手工采矿方法通常能从矿石中获得 30–40% 的可采黄金，[17] 而重量测量设备提供的黄金是这种方法的两到三倍，贝克山矿业金属公司（Mt. Baker Mining and Metals）的共同共有人、联合创始人 Jason Gaber 说道。这家总部位于美国的设备制造商与非政府组织（NGOs）合作，致力于在整个非洲引进摇床。

小规模的能力建设项目提供了一个良好的开端，联合国环境规划署（UNEP）化学品和废物部项目官员 Kenneth Davis 说道。例如，在 2015 年和 2016 年，UNEP 与印度尼西亚非政府组织合作，建立了一个培训中心，在东爪哇（East Java）培训矿工使用无汞技术。[18] 在布基纳法索（Burkina Faso）和塞内加尔，加拿大的非营利机构手工黄金协会（Artisanal Gold Council）组织了一项名为2公斤模型（2 Kilogram Model）的试点项目。这个项目演示了小规模矿工的有组织的合作社如何用大约 2 公斤黄金的成本来偿还新的重量测量设备和培训的费用（价值 7 万-20 万美元），这是他们预计在 40 个工作日内使用改进技术能提取的数量。[17]

然而，让矿工们意识到汞的危害以及还有更好的开采方法仍然是关键的挑战。例如，在秘鲁亚马逊地区的马德雷德迪奥斯（Madre de Dios）矿区，自 16 世纪西班牙殖民者引入汞齐化技术以来，这一直是提取贵金属的流行方法。[19] 汞与文化有着强烈而正面的联系，加州大学欧文分校的人类学家、在马德雷德迪奥斯的 ASGM 社区工作的 Ruth Goldstein 解释道。“在人们的概念中汞富有魔力。他们根本不相信如此美丽的东西会有危险或有毒，” 她说。

即使矿工们了解甲基汞对健康和环境的影响，对贫困工人而言，思考未来不是他们能享受的奢侈品，Hilson 说道。“这些人在寻求最基本的生存空间。如果你是一个贫穷的农民，一天下来靠这 2 克黄金来购买食物或送孩子上学，你就不太可能尝试使用摇床或新的重力技术，” 他说。

减少 ASGM 的汞排放是一个需要数年时间的过程，在印度尼西亚这样的大国（估计有 25 万 ASGM 经营者[2]）和在圭亚那这样的小国（估计有 2.8 万名矿工[2]），这个过程可能会非常不同，Keane 说道。每 3 年，《水俣公约》缔约方必须报告其实现目标的进展情况。遵守《国家行动计划》是公约跟踪进展的一种方式，尽管目前还不清楚如何判断其有效性。例如，2018 年发表在《环境与健康展望》（*Environmental Health Perspectives*）上的一篇综述的作者认为，全球所有人口都暴露于一定数量的汞，但许多地区的数据有限，妨碍了循证的决策。[9]

效能评估预计将成为 2019 年 11 月在瑞士日内瓦举行的《水俣公约》第三次缔约方会议的主要讨论议题。如果这些国家未能在规定的时限内实现其目标，国际社会可能会介入监督活动并执行最后期限，Keane 说道。这并不意味着要让那些没有达标的国家感到羞愧，她说：“重点应该是确定援助机制，以支持这些国家更好地开展工作。”

Lindsey Konkel，居住在新泽西，记者，专门撰写科学、健康和环境相关的文章。

References

1. Hilson G, Goumandakoye H, Diallo P. 2019. Formalizing artisanal mining ‘spaces’ in rural sub-Saharan Africa: the case of Niger. Land Use Policy 80:259–268, https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.023.
2. Seccatore J, Veiga M, Origliasso C, Marin T, De Tomi G. 2014. An estimation of the artisanal and small-scale production of gold in the world. Sci Total Environ 496:662–667, PMID: 24867677, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.003.
3. Esdaile LJ, Chalker JM. 2018. The mercury problem in artisanal and small-scale gold mining. Chemistry 24(27):6905–6916, PMID: 29314284, https://doi.org/10.1002/chem.201704840.
4. UNEP (United Nations Environment Programme). 2019. Global Mercury Assessment 2018. Geneva, Switzerland: UNEP. https://www.unenvironment.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018 [accessed 29 October 2019].
5. UNEP. Minamata Convention on Mercury: Text and Annexes. Geneva, Switzerland: UNEP. http://www.mercuryconvention.org/Convention/Text [accessed 18 October 2019].
6. Waldron HA. 1983. Did the Mad Hatter have mercury poisoning? Br Med J (Clin Res Ed) 287(6409):1961, PMID: 6418283, https://doi.org/10.1136/bmj.287.6409.1961.
7. Harada M. 1995. Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. Crit Rev Toxicol 25(1):1–24, PMID: 7734058, https://doi.org/10.3109/10408449509089885.
8. Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F. 1998. Cognitive performance of children prenatally exposed to “safe” levels of methylmercury. Environ Res 77(2):165–172, PMID: 9600810, https://doi.org/10.1006/enrs.1997.3804.
9. Basu N, Horvat M, Evers DC, Zastenskaya I, Weihe P, Tempowski J. 2018. A state-of-the-science review of mercury biomarkers in human populations worldwide between 2000 and 2018. Environ Health Perspect 126(10):106001, PMID: 30407086, https://doi.org/10.1289/EHP3904.
10. UNEP. 2002. Global Mercury Assessment. Geneva, Switzerland: United Nations Environment Programme Chemicals. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/13768/final-assessment-report-25nov02.pdf [accessed 1 November 2019].
11. UNEP. 2019. Parties and Signatories. [Website.] http://www.mercuryconvention.org/Countries/Parties/tabid/3428/language/en-US/Default.aspx [accessed 29 October 2019].
12. Gibb H, O’Leary KG. 2014. Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: a comprehensive review. Environ Health Perspect 122(7):667–672, PMID: 24682486, https://doi.org/10.1289/ehp.1307864.

13. NRDC (Natural Resources Defense Council). 2017. Minamata Convention on Mercury: Supply and Trade/ASGM. Legal Assessment Training Module. [PowerPoint Presentation.] https://assets.nrdc.org/sites/default/files/unep-supply-trade-asgm-training-module-201702.pptx [accessed 29 October 2019].
14. Selin H, Keane SE, Wang S, Selin NE, Davis K, Bally D. 2018. Linking science and policy to support the implementation of the Minamata Convention on Mercury. Ambio 47(2):198–215, PMID: 29388129, https://doi.org/10.1007/s13280-017-1003-x.
15. Lennett D, Gutierrez R. 2018. *Minamata Convention on Mercury: Ratification and Implementation Manual*. Washington, DC: National Resources Defense Council. https://www.nrdc.org/sites/default/files/minamata-convention-on-mercury-manual.pdf [accessed 29 October 2019].
16. Chen CY, Driscoll CT, Eagles-Smith CA, Eckley CS, Gay DA, Hsu-Kim H, et al. 2018. A critical time for mercury science to inform global policy. Environ Sci Technol 52(17):9556–9561, PMID: 30067020, https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02286.
17. NRDC. 2016. Artisanal Gold: Opportunities for Responsible Investment—Summary. Washington, DC: Natural Resources Defense Council. https://www.nrdc.org/sites/default/files/investing-artisanal-gold-summary.pdf [accessed 29 October 2019].
18. Agrawal S. 2015. Final Report: UNEP Mercury Project. Project: SSFA/2015/DTIE/Chemicals Branch/Yayasan Tambuhak Sinta. Project Number: MC/4030-14-62. Geneva, Switzerland: United Nations Environment Programme. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11717/Final_Report.pdf [accessed 29 October 2019].
19. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2019. Santa Bárbara Mining Complex. [Website.] https://whc.unesco.org/en/tentativelists/6263/ [accessed 29 October 2019].