



Distr.: General
13 August 2019

Chinese
Original: English



联合国
环境规划署

**关于汞的水俣公约缔约方大会
第三次会议**

2019 年 11 月 25 日至 29 日，日内瓦
临时议程*项目 5(d)

**供缔约方大会审议或采取行动的事项：
关于污染场地管理的指导意见**

关于污染场地管理的指导意见

秘书处的说明

1. 《关于汞的水俣公约》第 12 条第 3 款规定，水俣公约缔约方大会应通过关于污染场地管理的指导意见。
2. 缔约方大会在 MC-1/20 号决定中，请秘书处与各国政府和其他方面提名的专家协商，编写指导意见草案，并将其提交给缔约方大会第二次会议。
3. 缔约方大会第二次会议审议了该草案，并在 MC-2/8 号决定中请秘书处结合从缔约方和利益攸关方收到的评论意见和资料，与各方提名的专家协商，进一步修订指导意见草案，并将草案修订稿提交缔约方大会第三次会议。
4. 提供评论意见和资料的有加拿大、智利、法国、日本、瑞士、乌拉圭、保护地中海海洋环境和沿海区域公约秘书处、欧洲受污染土地问题共同论坛、国际采矿和金属理事会、消除持久性有机污染物国际网络（IPEN）以及锡拉丘兹大学教授 Svetoslava Todorova 女士等。指导意见草案修订稿于 2019 年 5 月 17 日在公约网站上公布，供各方于 2019 年 6 月 21 日之前提出评论意见。提供进一步评论意见的有阿根廷、加拿大、智利、中国、法国、伊朗伊斯兰共和国、日本、西班牙、美利坚合众国、国际采矿和金属理事会、消除持久性有机污染物国际网络和 Todorova 女士等。秘书处于 2019 年 7 月 1 日召集各方提名的专家举行了一次电话会议，随后编写了草案的进一步修订稿，载于本说明附件二。
5. 在电话会议上，各方提名的专家一致认为，有些资料技术性过强，不宜列入指导意见，但应提供给缔约方，用以支持第 12 条的执行工作。该资料载于 UNEP/MC/COP.3/INF/13 号文件附件。

* UNEP/MC/COP.3/1。

建议缔约方大会采取的行动

6. 缔约方大会不妨审议指导意见草案并酌情通过。关于这一事项的决定草案载于附件一。

附件一

决定草案 MC-3/[--]: 关于污染场地管理的指导意见

缔约方大会，

确认需要通过提供指导意见来协助缔约方以无害环境的方式管理污染场地，

注意到秘书处在与各方提名的专家协商的基础上编写了关于污染场地管理的指导意见草案，载于 UNEP/MC/COP.3/8 号文件附件二，

通过载于 UNEP/MC/COP.3/8 号文件附件二的关于污染场地管理的指导意见；

吁请缔约方在识别、评估和管理被汞或汞化合物污染的场地时参考该指导意见；

请秘书处与各国政府和其他方面提名的专家合作，继续收集支持指导意见的技术资料，并向缔约方提供此类资料；

指出今后可能需要根据使用经验修订指导意见，以确保其继续反映最佳做法。

附件二

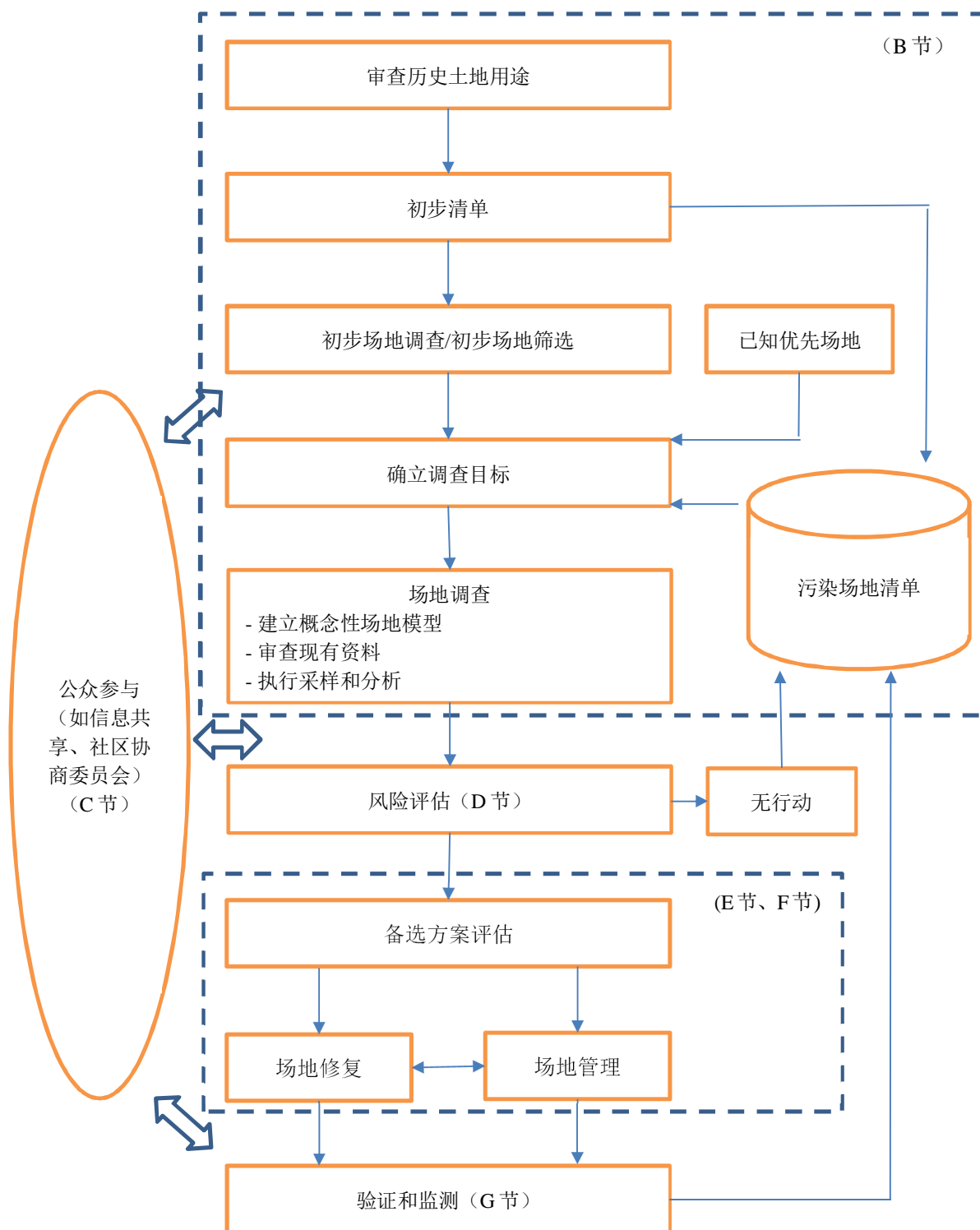
关于污染场地管理的指导意见

A. 导言

1. 《关于汞的水俣公约》载有关于污染场地的规定，包括场地识别与评估，以及由缔约方大会通过关于污染场地管理的指导意见。本文件就识别和管理污染场地的要点提供指导意见，供采取行动管理这些场地的缔约方参考。它旨在供各类潜在使用者，包括政府官员和从业人员使用。它就场地的管理（从场地识别、实地详细调查，到场地管理和酌情修复的决策过程）提供指导意见。鉴于缔约方国情的多样性，它旨在用非规定性语言向缔约方提供一般性咨询意见。以无害环境方式管理的采矿场地有别于本指导意见所指的污染场地。计划对具体场地进行细致管理的缔约方可以从本指导意见结尾列出的参考文献中找到其他技术资料。
2. 指导意见是依照《公约》第 12 条编写的。图 1 说明污染场地管理的决策树模型。图中标出的指导意见的相应章节对决策树的每个步骤进行了详细说明。
3. 指导意见没有规定强制性要求，也不试图增加或减少缔约方在第 12 条下承担的义务。秘书处认识到，由于技术、经济或法律上的原因，本指导意见提出的某些措施并非所有缔约方都可以采用。
4. 《公约》案文中没有“污染场地”一词的明确定义。各国在其立法中可能有自己的定义。国际标准化组织（ISO）11074 标准将污染场地定义为存在污染的场地，但并未假设存在污染会导致危害，此外，该标准将污染定义为人类活动导致土壤中存在物质或化学剂。关于制定欧洲联盟指令以建立土壤保护框架的提案将污染场地定义为“在其国家领土内，确认存在由人类造成的危险物质，其水平达到成员国认为其对人类健康或环境构成重大风险的程度”。¹“场地”不一定限于田地、森林或丘陵等陆地形式，在汞污染从诸如手工和小规模采金场地流入水域时，可以包括溪流、河流、湖泊、沼泽、湿地、河口和湾区等水生环境（消除持久性有机污染物国际网络，2016）。

¹ 其他一些定义也可能会有帮助。例如，地中海行动计划在其关于以无害环境的方式管理汞污染场地的最佳环保做法的准则（<http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9917>）中，将污染场地界定为“累积了可能会影响土壤、地下水、沉积物的有毒物质或残留物（就汞而言，甚至会影响到空气），而影响程度危及环境或人类健康，或高于特定用途的推荐安全限值的地方”。

图 1
污染场地管理框架和初步决策树



1. 对人类健康和环境构成的风险

5. 汞是一种天然存在于空气、水和土壤中的化学元素。其自然背景水平因地点而异，并取决于当地的地质情况。由于火山活动和岩石风化以及人类活动造成的结果，汞被排放和释放到环境中。汞排放和释放的主要人为来源包括采矿（包括手工和小规模采金）、燃煤、工业流程和废物焚化。

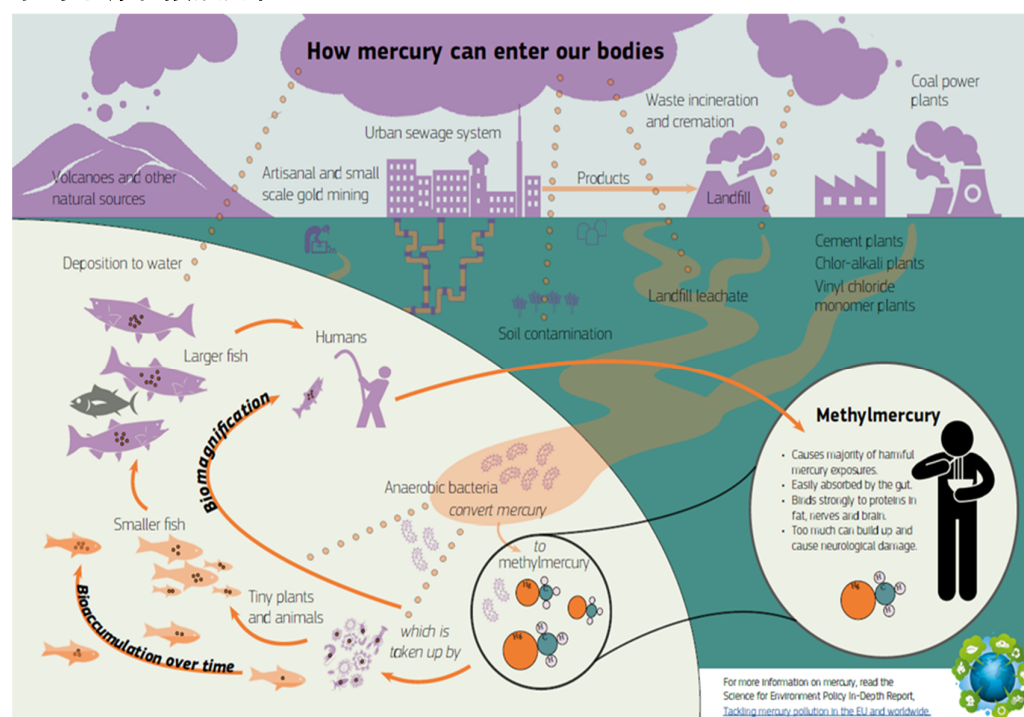
6. 汞一旦被释放到环境中，就会发生远距离迁移并持久存在于环境中，在空气、水、沉积物、土壤和生物体之间循环，直至最终沉积到深海沉积物或矿物土壤中。汞以各种形式存在：元素（金属）汞以及无机和有机汞化合物。不同汞化合物的环境行为和毒理学特性不同。

7. 在使用汞的工作场所，人们可能在正常工作过程中（工业、医疗或牙科场合或手工和小规模采金）或发生外溢时吸入汞蒸气或皮肤接触到汞。但对一般民众而言，最常见的直接接触方式是食用被甲基汞（汞的毒性最大的形式）污染的鱼类和海产品。甲基汞在沿食物链向上移动时具有生物累积性和生物放大性，因此它在最高级捕食性物种（如金枪鱼、箭鱼、旗鱼、鲨鱼、海洋哺乳动物和人类）中的含量最高。生态系统可以受到严重影响，包括鸟类和捕食性哺乳动物的生殖繁衍受到影响。短期大量接触汞或长期接触汞和汞化合物会严重危及人类健康和环境。

8. 汞对人类健康的影响包括对各年龄层的人的脑、心脏、肾、肺和免疫系统造成影响。胎儿和幼儿血液中的甲基汞含量升高会妨碍神经系统发育。

图 2

汞的来源和接触途径



2. 汞在全球的使用

9. 汞是一种金属，它具有独特的特性，因此有多种用途。汞在室温下呈液态，开关和继电器以及测量仪器用它来准确地测定温度的变化。它被用于一些

工业流程。汞能够与其他金属一起形成汞合金，因此在手工和小规模采金以及牙科等工艺和产品中使用。

10. 世界各地仍在生产各种添汞产品，包括电池、灯泡、测量装置（例如温度计）、化妆品和农药等。这些产品中的汞含量通常很低；但是，此类材料（作为产品或废物）数量很大，处理不当可致使汞释放到环境中。牙科仍然广泛使用汞，因此汞可能由此进入牙医诊所的废水，以及通过火葬场进入空气。

11. 把汞用作催化剂或作为电路一部分的工业流程仍在全球使用。这些流程包括氯碱生产，该流程有时在现场使用大量的汞，致使工厂被汞严重污染。汞还被用来生产乙醛。其他可能使用汞的工业流程包括氯乙烯单体（用于聚氯乙烯）生产，甲醇钠、甲醇钾或乙醇钠、乙醇钾生产，以及聚氨酯生产等。这些制造流程本身、处理不当或事故造成的外溢、或对流程产生的汞废物管理不当，都有可能污染生产场地。

12. 手工和小规模采金广泛使用汞，把汞同含金的矿石混合起来。汞与金结合形成汞合金，然后加热使汞变成蒸汽挥发，留下黄金。许多小规模采金作业是非正规的，这意味着很少或根本没有对汞的使用和释放进行控制，常常致使工人大量接触汞和发生场地污染。此外，如果在房屋或仓库内或周围进行加工，则全家人或一群人都可能吸入汞蒸气。

13. 应指出的是，汞的释放并不限于有意使用汞造成的释放。废物和废水的管理不当，包括污染控制措施不当，可能导致汞释放到水、陆地和土壤中。工业级采矿活动，在矿石的汞含量高或开采石油和天然气的情况下，也可能导致汞释放到陆地和水中。

3. 污染场地的汞排放和释放

14. 污染场地通过两种形式给环境带来风险：污染场地本身（如设施或局部发生溢漏的场地）可以让进入场地的人接触汞，场地也可以成为释放到周围环境中的汞的源头。在把汞移出场地后，采取的修复措施通常包括从最初的污染场地和可能进入的周围环境（如地下水、地表水、沉积物）中清除汞。

15. 《2013 年全球汞评估报告》（环境署，2013）评估了汞从汞排放点源、污染场地以及手工和小规模采金场地释放到水体的情况。据估计，污染场地每年向水中释放 8-33 公吨汞，向空气中释放 70-95 公吨汞。其他研究（Kocman 等人，2013）报告的向水中释放的程度更高，估计达每年 67-165 公吨。《2018 年全球汞评估报告》（环境署，2019）将污染场地确定为一种人为来源，但尚无法对排放量作出可靠估计，报告还得出结论认为，对于最初释放到陆地途径中的汞所造成的二次释放过程，目前掌握的情况不够详细。

4. 《关于汞的水俣公约》规定的义务

16. 《水俣公约》第 12 条就污染场地规定了以下义务：

(a) 各缔约方均应努力制定适宜战略，用以识别和评估受到汞或汞化合物污染的场地。

(b) 任何旨在降低此类场地所造成的风险的行动，均应以环境无害化的方式进行，并酌情囊括一项针对其中所含汞或汞化合物对人体健康和环境所构成风险的评估。

(c) 缔约方大会应针对污染场地的管理问题通过指导意见，其中可附有针对以下问题的解决方法 and 办法：

- (一) 场地识别与特征鉴别
- (二) 公众参与
- (三) 人类健康与环境风险评估
- (四) 污染场地风险管理的选择方案
- (五) 惠益与成本评估
- (六) 成果验证

第12条还鼓励缔约方针对污染场地的识别、评估、确定优先次序、管理和视情修复问题合作制定战略并开展活动。

17. 本指导意见根据《公约》第12条第3款（上文第16(c)段）编写，并围绕该款列明的主要方法和办法来构思。它还参考了一些国家的国家政策。

B. 场地识别与特征鉴别

1. 场地识别

18. 第12条第1款规定各缔约方均应努力制定适宜战略，用以识别和评估受到汞或汞化合物污染的场地。这一措辞意味着要制定办法，让各缔约方在全国进行审查以确定污染场地问题的程度。在大多数情况下，这意味着首先要收集信息，在法律、技术和财务上切实可行的范围内，识别哪些设施从事可能导致汞排放的制造活动。这项工作涵盖正在或曾经在流程或产品中使用汞或汞化合物的活跃和废弃的场地、手工和小规模采金作业地点或其他工业作业地点。还可能包括废弃的采矿作业地点。通过初步识别场地、初步估计污染程度、汞的可能释放量以及人口接触汞的程度，各国便能着手按照适用的现有法律框架，确定污染场地对策的轻重缓急。

19. 可以采用系统性方法来识别污染场地并编制目录，首先在全国审查以往和目前的土地用途，拟订一个潜在污染场地的初步名单。然后，可以对名单进行优先排序，并确定需要进一步编制文件和调查的场地。这种办法在制定综合性国家计划以解决汞污染场地问题时很有效。可以用来补充系统性办法另一种办法是，在土地用途改变或进行开挖或施工等行动时，识别个别污染场地。应指出的是，识别个别污染场地不能充分替代系统性办法，但可能适合于已经为管理污染场地制定了国家政策的国家。

20. 在识别潜在污染场地时，对以往和目前的土地用途进行审查非常重要（加拿大环境部长理事会，2016）。这是识别可能需要进一步调查的场地的第一步。在通过现场调查证明有污染之前，可将这些场地称为“疑似”污染场地。在一些司法管辖区，所有已证实和疑似的污染场地都被列入一个在线数据库。

21. 场地污染有各种可能来源，包括：

- (a) 存放汞
- (b) 制造添汞产品
- (c) 在制造流程中使用汞
- (d) 采矿活动（包括手工和小规模采金以及废弃工业矿场）

(e) 排放和释放的点源

(f) 废物处理和处置

22. 制造添汞产品、在制造流程中使用汞、汞排放和释放的点源等来源可能不仅包括《水俣公约》附件所述活动，而且可能包括不受《公约》管制的其他活动。应指出的是，虽然会有一个主要的污染场地，但可能还会有主要场地的流失、浸出或迁移造成的相关次要污染场地。在有些情况下，尤其是汞流入湿地或其他敏感生态系统时，次要场地的污染主要是细菌转化后产生的甲基汞，或其他形式的汞，例如土壤中的硫促成汞硫化后产生的硫化汞。

23. 对手工和小规模采金而言，场地识别尤为困难，原因是潜在污染场地数量多，有关活动是非正规（且有时是非法）的，以及没有正式的记录。可能有必要识别出可能受手工采矿影响的一组场地或场地所在区域，然后在这一区域内识别需要关注的个别场地。根据第 7 条为制定国家行动计划而收集的资料，可能有助于识别受污染的手工和小规模采金场地。

24. 为了制定潜在污染场地的初步国家清单，政府机构可以把目前和以往的活动或土地用途（如上文提到的用途）的记录集中起来，形成进一步调查的依据。在一些司法管辖区，法律规定政府机构、企业和私人土地所有者如果拥有疑似或已知的污染土地，必须通知有关环境主管部门，否则将面临经济处罚。²

25. 在许多情况下，可以通过以下手段初步识别疑似污染场地（环境署，2015）：

- (a) 表明过去在场地开展工业或其他活动的记录
- (b) 目测观察场地条件或伴随的污染源
- (c) 目测观察已知使用或排放特别危险的污染物的制造或其他作业地点
- (d) 在人类、植物或动物中观察到可能因靠近场地而受到的有害影响³
- (e) 表明污染程度的现有物理或分析结果
- (f) 社区就疑似排放提交给主管当局的报告

2. 制定清单

26. 当一个司法管辖区识别疑似和确认污染场地的的工作取得进展后，便有可能制定一个场地清单，用于跟踪对个别场地进行评估和管理的进展情况。为此，缔约方不妨制定一份清单，使其能够采用基于风险的方法来有效地优先使用资源，以保护面临最危险场地造成的最直接的汞接触风险的人口和环境组成部分。可以优先管理风险最高的场地，晚些时候再将资源分配给低风险场地。

27. 清单可以起到“活的数据库”的作用，因为可以随时添加新发现的场地（例如非常陈旧、在不相关的施工期间没有发现记录的遗留场地）。可以从清单中删除没有污染迹象或完全修复的场地，但缔约方可以选择将这些场地分类为已修复或未受污染并将其留在数据库中，以防科学进步之后需要重新评估。

² 例如，见西澳大利亚政府，2003 年《西澳大利亚污染场地法》第 2 编第 1 章第 11(3)节，可查阅 <https://www.legislation.wa.gov.au>。

³ 应指出的是，人类健康受到的不利影响（作为一项场地污染指标）有可能仅在污染非常严重的情况下或在场地被识别为受污染后才能确定。将健康影响归因于污染场地应当以场地评估和接触资料为基础。

例如，如果一种给定污染物的可接受限值大幅下调，导致修复后的场地因不能满足新标准而再次成为“受污染”，则可能会出现这种情况。

28. 清单可以有内部分类系统，以协助当局进行土地使用规划和开发审批，并跟踪场地评估和管理的工作。例如，澳大利亚州的一个州级司法管辖区采用以下七种分类：

- (a) 受污染-需要修复
- (b) 受污染-限制使用
- (c) 已修复可供限制使用
- (d) 可能受污染-需要调查
- (e) 已净化
- (f) 未受污染-不限制使用
- (g) 报告未经证实⁴

29. 一种创新的清单分析方法是清单数据与地理信息系统相结合，以提供可公开查询的在线数据库，显示已确认的污染场地的位置。⁵

3. 场地特征鉴别

30. 一旦识别疑似污染场地，可以采取步骤进一步调查构成最大风险（由于位置和环境问题等因素）的场地，以确定每个场地的污染程度和主要风险。

31. 可以通过分阶段调查进一步鉴别疑似污染场地的特征。各国可根据土地使用历史或其他污染指标来进行优先排序，以鉴别场地特征。例如，有大量手工和小规模采金活动或有已退役的汞电池氯碱工厂的国家可以选择优先调查这些部门。初步现场调查或初始场地筛查（可能涉及现场考察和审查现有资料）可以是对场地进行优先排序以进行详细调查的有用工具。⁶

32. 为场地建立概念性场地模型（CSM）是一个有用的步骤。⁷概念性场地模型是对场地可能发生、正在发生或发生过的物理、化学和生物过程进行直观展示和叙述性描述。它显示污染源（潜在的和已确认的）及其到达已查明的受体的途径（实际的或未来的）。它可以包括以下具体要素（加拿大环境部长理事会，2016）：⁸

- (a) 历史、当前和规划的未来土地用途概述；
- (b) 场地及其物理环境的详细描述，用于形成关于场地污染的释放情况和最终去向的假设；

⁴该管辖区允许公众使用标准化表格举报疑似污染场地，然后对场地进行调查。

⁵西澳大利亚州污染场地数据库，网址：<https://dow.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c2ecb74291ae4da2ac32c441819c6d47>。

⁶一些国家已经制定了筛查的触发值。英国设定土壤中元素汞为 1ppm，甲基汞为 11ppm（英国环境局，2009）。澳大利亚国家污染场地准则（NEPC，1999）规定住宅物业筛查水平为甲基汞 10ppm 和元素汞 15ppm。

⁷ISO 21365（2018）。土壤质量-潜在污染场地的概念性场地模型。

⁸加拿大卫生部还开发了一个用于有系统地建立概念性场地模型的工具。可通过以下链接向加拿大卫生部污染场地司申请获取这一工具：<https://www.canada.ca/en/health-canada/corporate/contact-us/contaminated-sites-division.html>。

- (c) 场地污染源、潜在相关化学品，以及可能受影响的介质（土壤、地下水、地表水、沉积物、土壤蒸气、室内和室外空气、当地食材、生物群）；
- (d) 污染物在每种介质中的分布和化学形式，包括关于浓度、质量和/或通量的资料；
- (e) 污染物如何从源头迁移、迁移及潜在人类或生态受体接触的介质和途径，以及解释污染物迁移所需的资料，如地质学、水文地质学、水文学和可能的优先途径；
- (f) 关于可能影响污染分布和迁移的气候和气象条件的资料；
- (g) 与土壤蒸气侵入建筑物有关的资料（如相关），包括建筑物的结构特征（例如大小、年龄、地基深度和类型、地基裂缝存在情况、公用设施入口），建筑物的采暖、通风和空调设计和运行情况，以及地下公用设施走廊；
- (h) 关于场地现场或受场地影响地区的人类和生态受体以及活动模式的资料。

33. 应指出的是，上文列举的要素并非缺一不可。后几项要素尤其要求执行调查的技术人员和负责确定调查有效性的权威部门具有一定的专业知识。概念性场地模型的使用取决于各缔约方的国情和场地情况。也可以使用替代方法。

34. 应确定调查目标，其大致可包括：

- (a) 鉴别场地的污染物类型特征；
- (b) 了解场地的地质和水文地质情况；
- (c) 划定污染的范围和分布（纵向和横向）；
- (d) 鉴别污染物实际迁移和潜在转化的特征；
- (e) 获取数据以确定和评估对公共卫生和环境的潜在不利影响。

35. 一旦确定了调查目标，就应制订采样和分析计划。应根据现有的场地信息和调查目标来制订该计划。采样和分析计划应有以下内容：

- (a) 审查现有数据，包括查明实际和潜在污染源，既包括首要来源，也包括次要来源；
- (b) 预动员工作，包括制订健康和安全计划并确定水电和房舍的位置，因为这可能影响到详细调查工作或受到详细调查工作的影响（这一步骤旨在确保采样或调查活动不影响工人、旁观者或其他人的健康和安全）；
- (c) 采样介质、数据类别和调查工具，包括决定对哪些介质进行采样（土壤、沉积物、地下水、土壤蒸汽、空气、生物群、地表水等）；
- (d) 采样设计；
- (e) 采样和分析方法以及质量保证计划。

36. 采样设计应着眼于实现评估的各项目标，即确定场地有哪些需要关注的污染物，查明污染物在场地内的分布情况，并确定给人类健康或环境带来不可接受风险的热点的位置。在收集到的资料的基础上制定采样策略。采样策略考虑到概念性场地模型，以便确定采样模式（采样点的密度、数量和分布情况）、采样类别（单个阶段或多个阶段）、样本类型（单一或复合）、采样的深度和

间隔，以及所关注的污染物（汞、甲基汞和/或其他汞化合物）。在确定采样计划时，应考虑到物流、样品运输和保存、设备可用性和成本等实际因素。

37. 一些国家有用其他环境介质的标准的采样和分析方法。⁹国际标准化组织还制定了以下土壤和水质采样标准：

- (a) ISO 18400-104，土壤质量—采样—第104部分：策略
- (b) ISO 18400-202，土壤质量—采样—第202部分：初步调查
- (c) ISO 18400-204，土壤质量—采样—第204部分：土壤气采样指南
- (d) ISO 5667-11，水质—采样—第11部分：地下水采样指南

38. 如果进行人体生物监测，世界卫生组织用于评估产前汞接触的人体生物监测调查规程和标准操作程序（世卫组织，2018a 和 2018b）会有帮助。

C. 公众参与

39. 在解决污染场地问题时，缔约方可以考虑通过各种战略来促进公众参与，特别是在附近有污染场地等敏感问题上的参与，以确保成功处理问题和管理场地。公众参与的协调工作通常由被指定负责管理污染场地的地方、地区或国家级政府机构来进行。“公众参与”的概念有多种不同的说法，包括“公众参加”、“社区参加”、“社区介入”、“社区参与”、“利益攸关方介入”和“利益攸关方参与”（美国国家环境司法咨询理事会，2013）。某些司法管辖区的法律要求必须进行公众咨询。公众参与的重点是确保可能受某一行动影响或参加这一行动或对其感兴趣的民众（或群体）了解情况，并在决策过程中考虑他们的意见。因此，识别或详细评估污染场地的的工作必须及早考虑让公众参与。对识别潜在污染场地和决定采样策略而言，地方知识非常重要。

40. 可以根据有关进程的不同阶段（场地识别、调查、修复、善后护理等），视情况采用不同方法让公众参与。应当传播公众咨询进程的结果以及就今后活动作出的决定，传播方式应当与参与进程初期提供初步资料的方式相似。

41. 有效沟通和信息的双向流通对于利益攸关方之间增进谅解至关重要。应采用对所涉及的社区最有效的方式传播科学信息，缩小实际风险与感知风险之间的差距。

42. 社区成员必须将自己视为有待处理的问题的利益攸关方。应针对不同层面开展社区外联活动。生活在地场上或场地附近的土地所有者或居民、受场地污染影响的社区以及当地可能受污染影响的其他行业，均可以被视为利益攸关方。场地管理人员和受雇于活跃场地的工人也是利益攸关方；但应注意，如果场地污染是汞废物或汞产品处理不当造成的，则应在采取其他行动前先解决污染源的问题。

43. 征求意见应强调质量而非数量，在社区参与工作中，从社区获取信息至少与向社区提供信息同样重要。场地的调查、管理和/或修复活动必须始终有社区的参与，因为在地管理阶段，对邻近社区构成的风险可能会大幅上升。挖掘污染材料并进行就地处理可能释放灰尘、蒸汽和气味。设立社区协商委员会

⁹例如，美国环境保护局 1669 号方法“符合美国环保局水质标准水平的环境水痕量金属采样”；1630 号方法“通过蒸馏、水乙基化、吹扫捕集，以及冷蒸汽原子荧光光谱法测定水中的甲基汞”；1631 号方法“通过氧化、吹扫捕集，以及冷蒸汽原子荧光光谱法测定水中的汞”；和 7473 号方法“通过热分解、汞齐法和原子吸收分光光度法测定固体和溶液中的汞”。

是有效的参与机制，因为主管部门、场地承包商和社区可在委员会相互交流技术性、实用性和轶闻类信息，以便就准备在污染场地开展的活动达成共识。该委员会也可成为一个有用的论坛，用以审议在场地和场地周围实施的监测（蒸汽、灰尘等）方案，以便在管理阶段解决社区的关切。

44. 应当承认地方社区成员的专业知识，因为他们最了解污染场地的历史，也最有经验。这有助于了解哪些问题需要评价。管理污染场地的全面做法是让地方社区成员密切参与，将他们视为涉及社区的各项活动的重点人群。

45. 公众参与进程可以首先向所涉及的社区提供信息。这一阶段提供的信息可包括场地的背景信息，包括关于历史用途和疑似污染的性质的信息。这是让社区配合和遵守需要采取的初步措施（例如安装围栏阻止人进入污染地区）以及场地修复活动的关键。场地上正在进行的活动可能增加这种参与的难度。应当提供的其他信息包括说明以何种方式邀请社区参与，这有助于对有关工作形成共同期望。还应提供活动的初步时间表，包括提交或编写报告的最后期限。还应通过在社区内直接分发印刷材料（例如传单）或通过在地地方或社区报纸或相关网站上发表文章，来提供初步信息。可以利用地方电台和电视台来传播信息和宣传重要活动。

46. 建议提供一份初步计划说明公众如何参与，包括提供拟开展的参与活动的活动时间表。在征求意见的情况下，应说明如何收集和使用意见。公众参与活动可包括举行公开会议，会议可在社区中心地点举行，在某些情况下也可在受影响的场地举行。公开会议可以有不同的形式，在不同的工作阶段可采用不同的会议类型。

D. 人类健康与环境风险评估

47. 风险评估有助于回答以下问题：

- (a) 该场地是否对人类和/或生物群构成真实或潜在风险？
- (b) 风险有多大？
- (c) 在不进行场地修复的情况下能否充分管理场地风险（短期内？需要较长时间？）或者是否应当修复场地以降低风险？
- (d) 如果不修复场地，风险是否会加剧和/或扩散？

48. 风险评估是对污染造成的不利影响的大小和概率进行估算的过程。因此，它是一种工具，可以帮助确定环境措施在污染场地是否有效，以及如果有效，应采取哪种类型的措施。

49. 风险评估可用来帮助界定场地修复或管理目标，例如 (a) 达到国家或地方立法或相关当局规定的最大可接受限值，或 (b) 达到在评估基础上为场地设置的具体限值。

50. 风险评估一般分四个清晰界定的阶段，各阶段的具体目标如下：

- (a) 识别和描述风险因素（例如污染程度、与人类的接近程度、地下水深度、与地表水或敏感生境的接近程度）：风险评估可能针对元素汞、无机汞化合物和甲基汞以及其他污染物对人类健康、陆地动物和水生生物群的影响。人类健康往往是优先事项。风险评估的范围视场地的特定需要而定。

(b) 分析危害程度和毒性：汞和汞化合物的危害已得到公认，并有大量关于汞接触造成的影响的科学信息（世卫组织，2017）。汞接触对环境的影响，特别是对通过食物大量接触汞的高级捕食动物的影响，包括繁殖成功率下降和狩猎能力减弱。

(c) 分析接触情况：目标是估算已识别的污染物与人类或环境之间的接触率。分析的依据是对实际和可能的接触场景的描述，以及对污染性质和程度的特征说明。这可能需要对接触情况进行测量，例如检验水源、本地食材、海产品以及人类的头发和尿液。可以通过测量沉积物、鱼类和其他生物群中的汞含量来确定潜在的生态影响。

(d) 分析各种风险：将前几个阶段的结果结合起来，客观地估计在场地的特定条件下，各种受保护要素受到不利影响的可能性。

51. 污染场地可致使当地汞的浓度上升，这可能危害人类与环境。饮用被污染的地下水和地表水可能导致长期接触汞，食用生活在被污染的表层水中的鱼类和海产品亦是如此。种植在污染场地或周围地区的粮食作物也可能吸收污染物。被汞污染的土壤可形成地下蒸气（又称为土壤蒸气），随后迁移到覆盖地面的建筑物中，成为室内空气吸入接触的重要来源，这一问题应当得到考虑（美国有毒物质和疾病登记局，1999）。污染场地可能导致汞浸出或产生汞地表径流，这可能污染地下水或地表水，进而可能导致通过饮用水接触到无机汞。因此，还应考虑到场地造成地下水、地表水或沉积物受到污染的可能性。在缺氧条件下，汞可以在环境中被细菌甲基化，特别是在沉积物或其他合适的环境中。然后甲基化的汞可以进入食物链，造成包括人类在内的捕食物种通过食物大量接触汞。这一点在食用鱼类时尤其令人关切。一些司法管辖区已经建立鱼类监测方案和发出鱼类食用警示，¹⁰特别是在已知、疑似或以往的汞排放点源的周围。

52. 某一特定场地涉及的风险与当前用途带来的污染程度和接触风险有关。远离人口中心的严重污染场地或没有显著浸出的场地构成的风险大大低于位于城区的污染程度较低的场地、与活性甲基化区域（湿地、厌氧土壤、沉积物和水体）联系更密切的场地或渗漏入地下水程度高的场地。因此，具体场地的清理目标可以视实际或预测的接触程度而异。对接触程度的评估既要考虑场地上的汞或汞化合物的浓度和汞移离场地的情况，又要考虑场地离当地居民有多远。在场地识别和特征鉴别期间可能已经收集了这一信息，但可能需要增加采样。可使用迁移和接触模型来评估风险，并且应在不同时段进行采样以证实情况没有恶化。

E. 污染场地风险管理的选择方案

53. 在对污染场地进行评估后，需要决定哪些手段对管理场地构成的风险最适当。决定可在国家、区域或地方各级作出，在某些情况下，也可以由土地所有者或其他实体作出。风险管理的目标应在采取行动前商定，并应在不让人类

¹⁰ 例如美国（<https://www.fda.gov/food/metals/mercury-concentrations-fish-fda-monitoring-program-1990-2010> and <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>）、加拿大（<http://ec.gc.ca/mercure-mercury/default.asp?lang=En&n=DCBE5083-97AD-4C62-8862>）和法属圭亚那卫生署（<http://gps.gf/doc/catalogue/301/mercure-dans-les-poissons-et-grossesse-fleuves-de-guyane/>）。

健康和环境受到汞和汞化合物的人为释放和排放的危害方面，符合《水俣公约》的目标。国家或地方法律和政策可以规定污染场地管理要求。

54. 治理以前工业活动或其他人类活动造成的场地污染有两种主要方式：场地管理和场地修复。在识别场地和释放/接触的可能途径后，无论是否进行修复，需要采取的第一个步骤或许是场地管理。

1. 场地管理

55. 场地管理包括采取行动，减少人类和环境与汞或汞化合物的接触。需要考虑地下水和地表水遭受污染的主要和次要污染源。

56. 采取的行动可包括限制出入场地以便限制直接接触（通过修建围栏和悬挂警告标志），或者就可能导致场地上的污染发生迁移的活动规定限制措施。如果水源受到污染，可能需要替代水源或进行水处理。如果环境或当地社区眼下未面临危险，则适当做法是在优先级较高的场地处理完毕前，先不处理污染材料。有可能在现场用一个封闭设施将污染隔绝，等以后再修复。在这种情况下，应定期监测污染场地，确保汞未离开场地或出现对场地界限外的环境产生影响的可能性。还应注意保留土壤质量的信息和其他场地状况信息，以便随时可以提供给场地今后的使用者。

57. 应当进行长期监测，以掌握场地上存在的污染物及其代谢物的持续排放和释放情况。土壤采样可能是掌握污染程度的最好方式；但是，监测还可包括测量场地周围土壤气和大气中的汞含量。如果在场地初步评估中确定有地下水或地表水污染，则可以考虑将定期采集水样作为管理计划的一部分。

2. 场地修复

58. 场地修复是降低污染场地相关风险的另一种方法。修复包括采取各种行动去除、控制、遏制或减少污染物或接触途径。修复的目的是使场地变得对目前用途来说是可接受和安全的，并最大限度增加今后的潜在用途。在界定修复目标时，应考虑背景汞含量。作出修复决定要考虑若干因素，包括希望取得的结果、污染程度、污染可能造成的接触、修复方案的可行性、成本效益因素、行动可能产生的不利影响（如翻动污染土壤造成环境污染）和可用于修复工作的资源等。采取修复措施时还应适当考虑需要以可持续的方式开展此类活动。

59. 目前有一些效力和成本各不相同的修复方法和技术。选择修复方法时，应考虑到场地宣称的用途以及与该用途相关的风险。是否有其他污染物，以及诸如渗透性、有机质和粘土含量等因素，也可能对修复方法的挑选产生影响。修复策略往往要求把几种修复手段组合起来，以适当处理有关问题。必须评估和比较各个修复方案以决定最有效的解决方案。¹¹

3. 土壤处理

60. 在可行的情况下，通过现场进行处理将污染物去除或把相关风险降低到可接受的程度是可取的做法。处理工作应尽可能不对环境、工人、场地附近的社区或广大公众造成不利影响。

¹¹ NICOLE（2015）介绍了几个案例研究，并总结了在受汞影响的场地采用的修复方法。有些网站为选择修复技术提供指导。见法国环境与能源管理局和地质矿产调查局用于预选修复技术的交互式工具（<http://www.selecdepoll.fr/>）和加拿大政府的技术选择指南和情况介绍（<http://gost.tpsgc-pwgsc.gc.ca/>）。

61. 在某些情况下，现场封闭被汞污染的地区可能是可行的方案。可以用物理屏障来防止汞通过土壤或空气流动，这可能涉及在污染体周围开挖深沟并填入泥浆（例如膨润土/水泥和土壤混合物）。也可能涉及用特别设计的螺旋钻钻洞，在原地将稳固性化学品注入土壤。需要指出的是，这些行动并不会减少场地上存在的汞的质量，且污染材料可能在有关过程中释放出来（Merly 和 Hube, 2014）。机构管制措施，例如地产契约限制或土地记录通知，可以有效地补充防止汞流动的措施。

62. 如果在原地处理污染土壤来消除污染不可行，另一个选择是挖出污染土壤，将其运到异地进行处理。可将污染土壤送到核准的场地或储存设施以便以后进行处理，但要适当注意防止土壤运输造成环境污染。如果选用这一方案，缔约方需确保接收设施能够根据适用的环保法规，对废物进行管理。此外，超过汞污染废物阈值的土壤应根据《公约》第 11 条提出的对汞废物进行无害环境管理的规定进行管理。对挖掘出的土壤进行异地处理旨在去除污染物或将相关危害降低到可接受的程度。如有可能，应将经过处理的土壤送回原场地或另一场地。土壤处理的残留物中的汞浓度可能很高，需要作为汞废物来管理。

63. 在某些情况下，可以使用碳过滤器和负空气加压，在临时气密结构内进行现场挖掘和其他动土活动。这种安排可以缓解释放出可能危害地方社区和环境的蒸汽和微粒的风险。这类结构还可以取代昂贵的环境空气监测方案，因为其可以提高工人和当地居民对接触水平的信心。

64. 已被证明行之有效的处理汞污染土壤的方法包括土壤固化和稳定、土壤洗涤和酸提炼、热处理和玻璃化（美国环保局，2007）以及土壤电动力学修复和原位热解吸。哪个方案最恰当取决于土壤中汞和其他污染物的浓度、分布情况和被污染的面积。因此，应根据场地特征，在考虑本地和本国现有技术的情况下，挑选处理方法。

65. 固化过程包括将被污染的土壤或废物同粘合剂混合在一起，形成浆液、糊状物或其他半液体状态，这些物体会随着时间的推移凝固成固体（美国环保局，2007）。固化/稳定可在原地或异地进行。这项技术以前曾用于清理工作，并在一些国家进行商业销售（美国环保局，2007）。有几个因素影响会这一处理技术的性能和成本，包括所处理物质的 pH 值、有无有机化合物、粒子的大小、含水量和汞的氧化状况等。粘合化合物的例子包括波特兰水泥、硫聚合物水泥、硫化物、磷酸盐、水泥窑粉、聚酯树脂和聚硅氧烷化合物。这些化合物在汞粘合方面的功效不同。汞与硫混合可以稳定汞，使其成为硫化汞，从而降低浸出性和挥发性；然而，硫化汞在某些情况下可以转化回元素汞。可以采用聚合物稳定化工艺，使硫化汞在聚合硫基质中微胶囊化，形成固体块（环境署，2015）。这种分为两阶段的工艺不仅可以尽量降低汞的环境风险，而且可以降低日后提取汞的可能性。

66. 可对从场地清除出去分开处理的污染土壤进行土壤洗涤和酸提取。顾名思义，土壤洗涤是洗涤土壤，以去除污染物。土壤洗涤和酸提取主要用于处理粘土含量较低、可以打散的土壤。对于有机物含量较高的土壤，其效果较差。土壤均质性、颗粒大小、pH 值和水分含量可能进一步影响功效和成本。

67. 热处理用于处理含有汞的工业和医疗废物，但它一般不适用于粘土或有机物含量高的土壤。汞不能被销毁，任何形式的热处理的目标都是将汞与其他基质（如土壤和沉积物）分离，从而将数量小得多的浓缩汞作为危险废物进行管理，而基质本身可以进行净化。处理性能和成本受汞存在形式、颗粒大小和

水分含量等因素的影响。热处理是一个用热来促使汞挥发、然后从废气中采集汞的过程。其通常是在异地进行。要进行热处理，就要控制处理过程中挥发出来的汞。热解吸可以直接进行，也可以间接进行。直接解吸是直接加热要处理的材料，但不推荐将其用于含汞的土壤和沉积物，因为与间接热解吸相比，它形成的受污染蒸气体积大得多，原因是加热燃料（气体、油）燃烧产生的副产品气体会直接接触到汞。这导致催化剂和空气污染控制机制的成本大大增加，因为必须处理的蒸气体积较大。间接热解吸是加热一个舱室的外壁，热通过舱室的墙传给要处理的材料。间接热解吸的优势是将处理材料产生的废气与燃烧产生的气体分开，大大减少了要过滤的污染气体的体积。处理过的材料产生的废气可以通过冷凝等工艺进行处理，以回收汞（英国环境局，2012）。可用温度大约 425 至 540 摄氏度的干馏炉来对汞含量高的污染土壤进行高温热处理（美国环保局，2007）。焚烧被认为不适用于大量汞污染材料，因为汞排放和释放的可能性很高（Merly 和 Hube，2014）。

68. 动电学应用在污染土壤中使用低强度电流。这种技术一般有四个流程：电迁移（孔隙溶液中带电化学物质的传输）、电渗透（孔隙溶液的传输）、电泳（带电粒子的运动）和电解（与电流相关的化学反应）。虽然这些流程能够从污染土壤中提取金属，但其效率取决于许多因素。电动力学工艺可能有难度，因为在大多数天然土壤中，汞的溶解度很低，且元素汞的存在可能阻碍这种工艺（Feng 等人，2015）。

4. 水处理技术

69. 应对污染场地进行评估，以确定地下水或地表水被污染的可能性。评估水文地质状况对这项工作有帮助。如果在与污染场地相关的水体中发现了汞，则有几种可能的方案来解决这一问题，包括封闭和处理。处理技术包括沉淀/共沉淀、吸附和膜过滤（美国环保局，2007）。

70. 沉淀/共沉淀是常用的处理方法，但需要有废水处理设施和熟练的操作人员。其功效受 pH 值和有无其他污染物的影响。这一流程使用化学添加剂，要么将溶解的污染物转化为不溶性固体（然后沉淀下去），要么形成不溶性固体，让被溶解的污染物吸附在上面。然后对液体进行过滤或澄清，以去除固体。

71. 吸附（通常使用活性炭）更多地用于汞是唯一污染物的较小型系统。该工艺把汞集中在吸附剂的表层，以降低液相本体的浓度。一般来说，吸附媒体装在栅栏中，污染的水要流经栅栏。用完的吸附媒体需要进行再生以便再次使用，或进行适当处置。如果有其他污染物，该工艺比其他方法更容易受到影响。

72. 膜过滤通过让水流过半透膜来去除水中的污染物，是一种非常有效的工艺。然而，它受水中其他污染物的影响，悬浮物质、有机化合物和其他污染物会降低半透膜的效率或使半透膜失效。

5. 地下水处理技术

73. 对于地下水，可以考虑采用原位技术。在选择地下水修复技术时要考虑的重要特征是 pH 值、其他污染物的发生情况以及温度和氯化物含量等参数（Merly 和 Hube，2014）。

74. 经证实的汞污染地下水修复技术包括抽水处理和可渗透反应墙（Merly 和 Hube，2014）。

75. 新出现的汞污染地下水修复技术着重增加吸附介质和过滤能力，以对汞污染场地进行全面修复。如果处理严重污染废气的效率可以得到提高，则也可以考虑抽气和汽提。目前正在开展的研究和开发工作主要针对生物修复、纳米技术、吸附材料开发（生物吸附剂、能够吸附有机汞和无机汞的吸附剂）以及混凝/絮凝工艺开发（Merly 和 Hube, 2014）。

6. 沉积物处理技术

76. 如果底部沉积物被汞污染，则挖除、加盖或控制甲基汞释放（如通过添加硝酸盐）（Todorova 等人, 2009; Matthews 等人, 2013）可能是适当做法。美国环境保护局（美国环保局）提出了修复沉积物的一般指导意见。¹²应当评估沉积物扰动造成汞释放的可能性并采取缓解措施，以确保尽量减少释放，不要导致水生受体承受不可接受的接触风险。

77. 如果进行挖掘，可以对沉积物采用已知对土壤有效的技术。影响有效性的主要障碍是水和有机物，以及海洋沉积物中的高盐含量。

7. 手工和小规模采金场地

78. 手工和小规模采金场地是颇具挑战性的汞污染场地，因为许多场地上有定居点，可供选择的管理和补救方案有限。由于“抢金潮”现象，一些新设立的手工和小规模采金场地只被占用了很短一段时间，一旦矿体耗尽便被废弃。其他场地可能有被世代开采矿体的群体长期占用，为农业或其他职业提供补充收入。在某些情况下，手工和小规模采金业在矿场和附近的永久定居点（在该处用球磨机和其他设备从精矿提取更多黄金）这两种场地使用汞。在这些情况下，矿场和相关定居点（包括距矿山较远的居民区）都可能发生汞污染。

79. 识别汞污染手工和小规模采金场地与其他汞污染场地一样，可遵循初步场地识别、详细场地识别和场地特征鉴别等流程，但当场地仍有活动、被占用且污染处于动态状态（即在相关地区内的新地点不断发生新污染）时，情况会变得更加复杂。这有别于未占用场地，未占用场地上的热点相对稳定，可以对场地进行特征鉴别，而不必顾及在整个场地内会有新地点发生污染。

80. 以往的小型金矿开采场地和目前正在运作的手工和小规模采金场地释放出的汞会浸入河流、湖泊和蓄水区等水体，然后在河床或湖床上重新结合成元素汞池，从而形成长期污染源。可以用 LiDAR 扫描技术来检测这种形式的汞汇集，并使用装有碳过滤器的车载真空离析装置将其清除，以防止蒸气释放。可以用储罐对汞池进行无害环境移除，并在异地的真空蒸馏设备中进一步处理和回收以实现稳定化。这项技术对于修复邻近水体的手工和小规模采金场地具有显著潜力（AgroEco Systems Pty. Ltd., 2010）。

81. 手工和小规模采金活动的重叠、污染以及场地上的永久性或临时性定居点带来的复杂性，意味着必须在受影响社区促进公众参与和提高认识。本指导意见的 C 节提供关于制定公众参与进程以进行污染场地修复与管理的信息，但在动员从事手工和小规模采金活动的社区参与时，可能还要考虑其他措施。手工和小规模采金场地既有临时工人，也有固定工人。手工和小规模采金活动在一些地方被视为非法，这可能对有效参与构成障碍。在尝试制定参与方案之前，应仔细考虑面临风险的社区的特点，并确定谁有可能是非正式矿工、地方定居

¹² 关于评估和修复污染沉积物（包括汞污染沉积物）的一般指导意见可在以下网址查阅：
<https://www.epa.gov/superfund/superfund-contaminated-sediments-guidance-and-technical-support>。

点和保健工作者的代表，以协助制定参与进程。所有这些活动都应在缔约方根据《水俣公约》第7条制定的国家行动计划的范围内进行，并与之保持一致。

82. 由于手工和小规模采金活动可能是某些地方的唯一经济活动，因此可能需要与地方代表一同制定地方行动计划，以便让矿工知情并支持其迅速过渡到不使用汞、确定和隔离污染热点、实施健康监测和干预措施，并管理或修复场地。减少或消除汞在手工和小规模采金业的使用是可取的办法，因为与修复相比，预防污染的成本总是较低。在社区支持下使用这种整体办法，可以减少甚至消除与动态汞污染相关的各种问题，从而使场地污染得到有效管理。在政府官员的支持下与受影响社区合作实施的地方行动计划还可以包括为矿工设想替代生计，从而使社区不那么反对消除汞的使用，并降低持续污染的可能性。

83. 管理和修复受污染的手工和小规模采金场地的技术措施应考虑到场地可能位于难以到达的偏远地区这一事实。如果管理计划的目标是处理受污染的介质以去除汞，那么或者需要将设备移到受影响的地点，或者需要将土壤和沉积物运到现成的处理设施。在大多数情况下，后一种设想过于昂贵，因而不可行。因此，可能需要对基于异地技术（通常在工业场地）的土壤、沉积物和污泥去污的标准方法和技术进行调整，以便将小型、模块化、易运输且对环境无害的技术带到污染场地，以处理受污染的材料。如要处理受污染的水，这种办法不可避免。

84. 如果手工和小规模采金活动造成的河流、湖泊或水库河床上的汞池有可能用 LiDAR 等遥感系统检测出来，则可以用现有技术来去除这些汞池，而不会发生显著的沉积物扰动（在应用疏浚技术时会发生）。

85. 重新开发曾被污染的地区时必须采取预防措施，因为一些修复措施可能提高汞的流动性（Lperche 和 Touzé, 2014）。

F. 惠益与成本评估

86. 识别、评估、管理和/或修复污染场地所需成本和预期效益可能相差很大。每个场地都涉及直接和间接的成本和效益，以及非货币化的成本和效益。这些因素，连同可用资金情况和全国现存场地数量，将是确定国家优先事项的关键条件。对情况相差很大的场地进行比较并非易事，但缔约方将不可避免地需要决定首先选择哪些场地。

87. 所有污染场地识别和评估活动都会产生一定成本。这些成本包括工作人员为初步识别可能的污染场地进行案头评估，以及开展实地调查以检查可能的场地和采集样本，从而评估污染程度所花费的时间。样本分析，不管通过政府、大学实验室还是聘请私人公司进行分析，也会产生成本。公众咨询也有工作人员工时或聘请咨询顾问或专门公司等成本。

88. 管理或修复污染场地会有成本，其中一些是一次性支出（资本成本），另一些是持续性的，例如运营、维修和监测费用。实际成本在很大程度上视具体场地而定，并取决于本国是否有适当的技术及技术的成本，以及当地的消耗品和劳动力成本。

89. 现有的许多技术都有初始资本成本和持续运行的维护和监测成本。一些国家公布了与修复技术相关的成本，但这可能只是指示性的，因为有些成本取决于具体国家（美国环保局，2007；法国环境与能源管理局及法国地质和矿物调查局，2013）。缔约方可以确定本国的优先事项，确保有效利用现有资金。

可以用全国统一的评分制度对场地进行排名以确定最优先事项，在此基础上排定轻重缓急。这样的制度需要均衡兼顾估计的管理或修复成本以及预期通过有效的场地管理实现的货币化和非货币化效益。关于一些现有技术的适用性和可能风险的信息很多，而关于其他一些不太成熟技术的信息则较为有限。

90. 与场地有关的汞接触对当地居民和当地环境产生的影响也会产生成本，其中有些成本是直接的（例如健康受到不利影响的人的医疗监测或护理），另外一些是间接的（例如无法捕捞或出售被污染的鱼造成的收入损失，或丧失耕地）。场地管理或修复旨在减轻未来的此类成本。与污染场地对当地环境的影响相关的成本可以在短期或长期内看到，但要从非常长远的角度来看待成功管理污染场地带来的效益。短期成本可包括与修复工作相关的影响，而较长期的成本可包括场地周围的土地价值下跌，以及农业生产或其他土地用途受到限制。无法用市场价格衡量的后果，例如发病率、脑损伤和损失自然资源或清洁水，可能给受影响社区带来高得多的成本。经济评估应列入这些成本。已经开发出新方法来自算汞对特定人群的认知和发育影响所造成的生产力损失的相关经济成本（Trasande 等人，2016），这些方法可以体现场地管理和修复的长期成本效益分析。

91. 对场地进行管理并不意味着场地不再对环境或人类健康产生影响。限制出入被汞污染的场地可能限制人类和动物直接接触汞，但并不一定能防止地下水污染、污染尘土飘离场地或汞蒸气污染大气。所有这些影响都会产生成本，评估时应加以考虑。

92. 评估场地管理或修复的效益时应尽可能多地考虑文化和社会价值。在许多土著文化中，河流、湖泊和地貌（以及栖息其中的动物）等自然特征具有很高的文化、宗教和社会价值，而这些价值在经济成本效益分析中得不到体现。由于污染而无法开展文化活动，可能会给社区带来极高成本，导致社会凝聚力恶化和严重的健康影响。确定国家优先事项时应尽可能纳入社会和文化观点。

93. 成本效益计算还应考虑到修复受污染生态系统及其生产力的生态价值和经济价值。例如，修复后的污染场地可能具有支持稀有和濒危物种，或作为重要水道的源头集水区的特征。

污染场地调查和管理的筹资选择方案

94. 世界各地的司法管辖区利用许多不同的财务方案组合来满足场地调查和管理的成本。一些国家在政府机构内有专门的技术人员进行这类调查，而其他国家则选择聘请专业的咨询顾问，或者政府机构工作人员与咨询顾问共同工作。为此类工作找到财政资源可能有难度，但有多种选择方案，私营部门和公共部门皆可参与。

95. 污染场地管理和修复的筹资工作应尽可能体现谁污染谁付费原则。这需要法律和监管框架，规定由造成污染者承担场地评估、管理、修复、废物处理和处置开支。如果没有现成的法律框架，缔约方必须采取逐案处理的办法。在某些情况下，各级政府可以负责制定污染场地的筹资框架。

96. 许多国家针对污染场地的污染者付费模式中，列入了类似于欧洲联盟模式中的“孤儿场地”条款。孤儿场地是指污染者不存在、无法确定，或没有足够资金支付评估和修复费用的场地。在一些司法管辖区，用于确定场地管理和修复付费责任的法律或行政框架还列入了“无辜土地所有者”条款，规定没有造成污染或对污染不知情的土地所有者可免于承担清理费用。美国的“超级基

金”制度¹³和西澳大利亚的法律框架¹⁴包含这一概念。在一些司法管辖区，土地所有者或其他物业占用者可以被要求承担与他人造成的污染相关的评估和修复费用，但仍必须考虑到污染责任。

G. 成果验证

97. 必须能够验证所采取的管理或修复行动在实现为场地确立的目标方面是否有效。应在初期规划过程中确定核查手段，并应在整个项目中列入采取监测等必要行动所需要的资源。

98. 监测方案的目标因管理场地选用的行动而异。衡量成功的标准可以是：场地汞浓度降低，从场地进入环境的汞减少，场地周围人口对汞的接触减少，或场地恢复一些适当用途。如果有迹象表明，场地管理行动没有达到项目的总体目标，则可能需要采取进一步行动。在某些情况下，可能需要重复规划、执行、评估、决策和重组这一管理周期。

99. 一种常见的验证方式是现场采样验证。例如，如果对一个汞热点进行了挖掘，在坑壁和坑底采集的样本应显示，就汞的土壤浓度而言，汞含量达到或低于修复目标。还可以测量地表水和地下水汞浓度、大气汞浓度和汞在生物群中的含量，以评估是否实现了管理和/或修复目标。

100. 作为对管理污染场地的初步行动进行总体评估的一部分，可以考虑进一步采取行动，例如进行修复，特别是如果技术进步使现在采取行动比初始场地评估时更为可行。监测方案应包括对所有相关介质中的汞含量进行适当的持续监测，即使在修复活动完成后也是如此，以确保修复是成功的，并且没有出现场地特征鉴别期间未发现的其他污染源。

H. 合作制订战略和开展活动，以识别、评估、确定优先次序、管理和酌情修复污染场地

101. 《公约》案文鼓励缔约方相互开展合作，特别是关于污染场地的第 12 条以及关于能力建设、技术援助和技术转让的第 14 条的各项规定提到这一点。合作可以包括信息交流活动、探讨对场地进行联合评估的机会，或者协调与场地有关的沟通计划。

102. 在识别污染场地过程中会有信息共享的机会，这也是进行场地联合评估的机会。例如，如果在某一次区域内有若干场地曾经由同一家公司拥有或管理，或者场地上进行相似活动（如手工和小规模采矿、原生汞矿开采或氯碱生产），则尤其适宜进行联合评估。

103. 在评估污染场地过程中开展合作可以节省成本和提高效率，特别是如果各方能够分担采样和分析的成本。例如，一方可以考虑开展采样工作，然后由实验室能力更强的另一方来评估样本。

104. 在排定污染场地的轻重缓急时，缔约方可根据国家优先事项作出决定；但共享信息和联合审议优先事项等合作办法可能很有用，特别是在污染可能已经跨越国界时。受污染影响较大的一方可以为优先排序进程提供有用的信息。此外，如有多个污染场地相距不远，缔约方不妨进行合作。缔约方可能需要合

¹³ <https://www.epa.gov/enforcement/landowner-liability-protections>。

¹⁴ 西澳大利亚政府（2003）。2003 年《污染场地法》第 27 (2) (a) 条。

作限制出入某些场地。如果计划开展修复活动，可以联合制定处理污染材料的计划，这样可以产生规模效益，或能够在专门的设施进行处理。

105. 在污染土地管理方面有许多历史悠久的监管机构网络。在全球一级，国际污染土地委员会于 1993 年成立。在欧洲联盟，成员国和欧洲联盟委员会自 1994 年以来通过污染土地共同论坛开展合作，针对风险评估和风险管理实施了两项协调一致的行动。¹⁵这些举措产生了关于可持续污染土地管理的指导文件，可免费从以下网站下载：<http://www.iccl.ch/> 和 <https://www.commonforum.eu/>。

¹⁵ CLARINET – 采用环境技术恢复污染土地网络 (<https://www.commonforum.eu/references/clarinet.asp>) 和 CARACAS – 采取协调行动对欧洲污染场地进行风险评估 (https://www.commonforum.eu/references_caracas.asp)。

参考文献

- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) and Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (2013). *Comparaison des techniques par COÛTS*. Available at http://www.selecdepol.fr/sites/default/files/medias/Donnees%20comparatives/Comparaison_des_tech_niques_par_COUTS.pdf. (in French only)
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (1999). Toxic Substances Portal - Mercury: Public Health Statement for Mercury (<https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=112&tid=24>) and Mercury Quick Facts: Health Effects of Mercury Exposure (https://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs/11-229617-E-508_HealthEffects.pdf).
- AgroEco Systems Pty. Ltd (2010). *Request for Additional Information, Feral Mercury Recovery Project, Upper Goulburn River Catchment, Victoria (EPBC 2010/5477)*. Available at <http://www.environment.gov.au/epbc/notices/assessments/2010/5477/preliminary-documentation-a.pdf>.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) (2016). *Guidance Manual for Environmental Site Characterization in Support of Environmental and Human Health Risk Assessment*. Available at https://www.ccme.ca/en/resources/contaminated_site_management/assessment.html.
- Environment Agency (2009). *Soil Guideline Values for Mercury in Soil Science Report SC050021 / Mercury SGV. Technical note*. Environment Agency, Rio House, Almondsbury, Bristol BS32 4UD.
- Environment Agency (2012). *How to comply with your environmental permit: additional guidance for treating waste by thermal desorption*. Available at https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/300893/geho0512bwir-e-e.pdf.
- Feng, H., and others (2015). "In situ remediation technologies for mercury-contaminated soil." *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22, no. 11, pp. 8124–8147. Available at https://www.researchgate.net/publication/274729292_In_situ_remediation_technologies_for_mercury-contaminated_soil.
- IPEN (2016). *Guidance on the Identification, Management and Remediation of Mercury-contaminated Sites*. Available at <https://ipen.org/documents/guidance-identification-management-and-remediation-mercury-contaminated-sites>.
- Kocman, D., and others (2013). "Contribution of contaminated sites to the global mercury budget", *Environmental Research*, vol. 125 (Aug. 2013), pp.160–170. Available at <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.362.1877&rep=rep1&type=pdf>.
- Laperche, V., and Touzé, S. (2014). *Restauration de l'état des masses d'eau de surface contaminée par le mercure – État de l'art des méthodes existantes et adaptabilité dans le contexte guyanais*. Rapport final. BRGM/RP-64032-FR. Available at http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DRGUYA/Infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD_FICJO_INT_0016486&search=restauration.
- Matthews, D., and others (2013). "Whole-lake nitrate addition for control of methylmercury in mercury-contaminated Onondaga Lake, NY", *Environmental Research*, vol. 125 (Aug. 2013), pp. 52–60.
- Mediterranean Action Plan/United Nations Environment Programme (MAP/UNEP) (2015). *Guidelines on Best Environmental Practices for Environmentally Sound Management of Mercury-contaminated Sites in the Mediterranean*. Available at <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9917>.
- Merly, C., and Hube, D. (2014). *Remediation of Mercury-contaminated Sites*. Project No. SN-03/08. Available at <https://docplayer.net/18898131-Remediation-of-mercury-contaminated-sites.html>.
- National Environmental Justice Advisory Council (2013). *Model Guidelines for Public Participation*. Available at <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/recommendations-model-guide-pp-2013.pdf>.
- National Environmental Protection Council (NEPC) (1999). *NEPM Schedule B (1) - Guideline on Investigation Levels for Soil and Groundwater*. Available at <http://www.nepc.gov.au/system/files/resources/93ae0e77-e697-e494-656f-afaa9fb4277/files/schedule-b1-guideline-investigation-levels-soil-and-groundwater-sep10.pdf>.
- Network for Industrially Co-ordinated Sustainable Land Management in Europe (NICOLE) (2015). *Risk-based Management of Mercury Impacted Sites*. Available at

- <http://www.nicole.org/uploadedfiles/WGM%202015-06-10%20NICOLE%20Risk%20based%20Management%20of%20Mercury%20Impacted%20Sites.pdf>.
- Todorova, S., and others (2009). “Evidence for regulation of monomethyl mercury by nitrate in a seasonally stratified, eutrophic lake”, *Environmental Science and Technology*, vol. 43, no. 17 (September 2009), pp. 6572–6578. Available at <https://experts.syr.edu/en/publications/evidence-for-regulation-of-monomethyl-mercury-by-nitrate-in-a-sea>.
- Trasande, L., and others (2016). “Economic implications of mercury exposure in the context of the global mercury treaty: Hair mercury levels and estimated lost economic productivity in selected developing countries”, *Journal of Environmental Management*, vol. 183 (Sept. 2016), pp. 229–235. Available at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27594689>.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. Geneva, UNEP Chemicals Branch. Available at <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7984>.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2015). *Technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with mercury or mercury compounds*. UNEP/CHW.12/5/Add.8/Rev.1. Available at <http://www.basel.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP12/tabid/4248/mctl/ViewDetails/EventModID/8051/EventID/542/xmid/13027/Default.aspx>.
- United States Environment Protection Agency (US EPA) (2007). *Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water*. Washington. Available at <https://clu-in.org/download/remed/542r07003.pdf>.
- World Health Organization (WHO) (2017). “Mercury and health” (website). Available at <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/en/>.
- World Health Organization (WHO) (2018a). *Assessment of prenatal exposure to mercury: standard operating procedures*. Available at https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/en/.
- World Health Organization (WHO) (2018b). *Assessment of prenatal exposure to mercury: human biomonitoring survey - the first survey protocol*. Available at https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/en/.
-