



联合国 环境规划署

Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/60
6 May 2025

CHINESE
ORIGINAL: ENGLISH

执行蒙特利尔议定书
多边基金执行委员会
第九十六次会议
2025 年 5 月 26 日至 30 日，蒙特利尔
临时议程¹项目 11

关于以中小型企业为关注重点的聚氨酯泡沫塑料制造中 尤其是喷涂和保温泡沫塑料应用中替代品问题的更新报告 (第 94/58(c)号决议)

导言

1. 根据执行委员会在第 93 次会议上的要求，秘书处为第 94 次会议编写了《关于聚氨酯泡沫塑料制造中替代品问题的文件》（UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/58 号文件），概述聚氨酯泡沫塑料行业核准的氟氯烃淘汰项目，介绍通过资助项目在聚氨酯泡沫塑料行业采用的每种低全球升温潜能值替代品，以及发泡剂的价格和供应情况、已确定的挑战和各地区采用这些技术的反馈意见。
2. 在第 94 次会议的讨论中，一位成员指出氢氟烯烃的供应持续短缺且价格高企，对转换为其他替代品的可持续性提出质疑，其中一些替代品被企业视为不适用于某些应用领域。他强调了这对第 5 条国家更广泛的经济影响、这些国家无法履行与执行委员会签署的供资协议义务的风险，以及可能面临的罚款问题。会上承认中小型企业获取氢氟烯烃方面仍面临困难。两位成员指出，一些国家已成功完成过渡，而对其他国家而言，似乎执行难度更大，各地区之间及地区内部的进展水平不尽相同。
3. 在上述讨论之后，执行委员会决定请秘书处采取以下及其他行动：
 - (a) 与执行机构协作，编写一份文件，供委员会在第 95 次会议上审议。文件应更新以下信息：中小型企业尚未完成的聚氨酯泡沫塑料行业项目中已选定替代品技术的可获得性和价格；方便获取低全球升温潜能值替代品的计划；以

¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/1 号文件

及第 5 条国家本地配方厂家在利用这些计划时面临的现有障碍；

- (b) 更新 UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/58 号文件中的报告，供第 96 次会议审议，重点关注聚氨酯泡沫塑料制造行业的中小型企业，尤其是在喷涂和保温泡沫塑料应用方面²。

4. 在第 95 次会议上，针对第 94/58(b)号决议，并在与执行机构及三家氢氟烯烃生产企业代表进行磋商后，秘书处提交了《第 5 条国家聚氨酯泡沫塑料制造行业替代技术信息更新》（UNEP/OzL.Pro/ExCom/95/85 号文件），内容包括技术的可获得性和价格、方便获取低全球升温潜能值替代品的计划以及地方企业获取这些计划时面临的障碍。在审议该文件时，一位成员指出，尽管在改善第 5 条国家获取替代技术方面取得了一些进展，但问题尚未完全解决。另一位成员对一些国家选择了氢氟烯烃以外的替代品表示赞赏。第三位成员表示，该文件旨在帮助中小型企业采用非易燃且非腐蚀性的替代品。一位成员强调需要更详细的数据，以帮助第 5 条国家评估采用氢氟烯烃技术的可持续性。另一位成员承认取得了一些进展，但各国之间进展不均，并指出替代品的价格差异显著，支持秘书处在第 96 次会议上更新报告，以确定执行委员会是否需要采取进一步行动。另一位成员认可在提高氢氟烯烃价格合理性方面取得的进展，同时也指出问题尚未得到解决，认为委员会应在第 96 次会议上继续关注此项工作。

5. 在上述讨论之后，执行委员会决定采取以下及其他行动：

- (a) 在讨论聚氨酯泡沫塑料行业替代品问题时，考虑 UNEP/OzL.Pro/ExCom/95/85 号文件中包含的信息；
- (b) 注意到秘书处将根据第 94/85 号决议，更新 UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/58 号文件中的报告，供第 96 次会议审议。

6. 有鉴于此，本文件根据第 94/58(c)号决议和第 95/85(c)号决议进行编写，基于开发计划署、工发组织和世界银行提供的、概述了其在该行业项目实施经验的书面意见。本文件是对 UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/58 号文件和 UNEP/OzL.Pro/ExCom/95/85 号文件的更新，应与此两份文件对照阅读。³

多边基金援助的聚氨酯泡沫塑料制造行业氟氯烃淘汰和氢氟碳化物减排项目的更新

7. UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/58 号文件第 4 至 8 段提供了关于在氟氯烃淘汰管理计划和基加利氢氟碳化物实施计划下核准的聚氨酯泡沫塑料行业项目数量及相关消费情况的详细信息。此后，在第 95 次会议上，执行委员会核准了作为尼日利亚基加利氢氟碳化物实施计划一部分的技术援助项目，该项目旨在援助两家聚氨酯泡沫塑料企业淘汰 472.50 公吨（或 375,165 吨二氧化碳当量）HFC-365mfc，支持其采用环戊烷、氢氟烯烃和其他低全球升温潜能值替代品。在第 96 次会议上，执行委员会还将审议作为埃及基加利氢氟碳化物实施计划的一部分而提交的聚氨酯泡沫塑料行业项目。

² 第 94/58(b)和(c)号决议

³ 作为议程项目 11 下的背景文件。

低全球升温潜能值替代品的供应和价格情况更新，以及喷涂泡沫制造商（包括中小型企业）面临的相关挑战

8. 出于更新 UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/58 号文件和 UNEP/OzL.Pro/ExCom/95/85 号文件中报告的目的，秘书处请求参与聚氨酯泡沫塑料项目的执行机构提供信息。具体而言，请各执行机构提供关于第 5 条国家低全球升温潜能值技术当前可获得性和价格的最新情况；中小型企业采用低全球升温潜能值技术时面临的主要挑战，特别是在喷涂和保温泡沫塑料应用方面；为解决这些挑战所采取的措施，包括技术问题、安全和环境问题以及其他障碍；以及尚未解决的挑战和克服这些挑战的潜在策略或思路。执行机构提供的信息如下所示。

9. 开发计划署提供了在八个国家实施的聚氨酯泡沫塑料项目的最新情况，具体如下：

- (a) 在巴西，聚氨酯泡沫塑料行业计划已完成，主要包括大企业向环戊烷转换，并通过配方厂家协助 200 个下游用户（包括中小型企业）转向甲酸甲酯、水基系统、甲缩醛和氢氟烯烃。此前会议中报告的挑战（如以有竞争力的价格供应氢氟碳化物的问题）仍然存在，但最终用户已经采用了低全球升温潜能值替代品。目前氢氟烯烃已经可以供应，价格范围为每千克 14.00 至 18.00 美元。
- (b) 在智利，包括中小型企业在内的聚氨酯泡沫塑料项目已完成。如之前报告所述，大型用户（即连续板材制造商）使用环戊烷，而包括喷涂泡沫用户在内的中小型用户则使用氢氟烯烃、水、甲酸甲酯和氢氟碳化物。所有技术均为进口，且含有氢氟烯烃、甲酸甲酯或氢氟碳化物的完全配方多元醇不存在供应问题，但在氢氟烯烃报价和运输方面出现了一些延迟。智利配方厂家配制的完全配方多元醇的价格仍为水基配方每千克 3.30 美元，氢氟烯烃基混合物每千克 5.50 美元。使用氢氟碳化物和氢氟烯烃配制的多元醇在喷涂应用中的价格差异为 5% 或更高，而在注射应用中的差异为 10%。
- (c) 在哥伦比亚，包括中小型企业在内的聚氨酯泡沫塑料项目已完成。虽然氢氟烯烃的供应没有问题，但价格挑战仍然存在，影响了催化剂和其他添加剂的采购，这些添加剂对于开发基于氢氟烯烃的多元醇配方必不可少。氢氟烯烃的价格（每千克 17.00 至 19.00 美元）未报告变化。一家配方厂家报告了由于主要氢氟烯烃生产商的物流限制而导致的供应延迟。
- (d) 在哥斯达黎加，聚氨酯泡沫塑料项目已完成（不包括中小型企业）。该国进口少量基于氢氟烯烃的配方，供应似乎稳定；如之前所报告，未发现任何问题。
- (e) 在埃及，包括中小型企业在内的聚氨酯泡沫塑料项目已完成。大型企业采用了市场上易于获得的环戊烷。中小型企业则根据配方供应商不同，使用不同的技术，包括氢氟碳化物、甲酸甲酯和氢氟烯烃。中小型企业最初面临的唯一挑战是替代品的价格高于 HCFC-141b；不过，由于替代品的供应增加，这一问题已经得到解决。

- (f) 在印度，包括中小型企业在内的聚氨酯泡沫塑料行业计划已完成，共有 158 家企业转换为环戊烷、甲酸甲酯，并在多个案例中转换为氢氟烯烃。价格与之前会议报告的保持一致：氢氟烯烃每千克 24.00 美元；纯环戊烷每千克 2.00 美元，预混合环戊烷每千克 3.00 美元；甲酸甲酯和水基配方每千克 2.00 美元。
 - (g) 在墨西哥，聚氨酯泡沫塑料行业计划下涉及配方厂家的活动已开始，活动已在基加利氢氟碳化物实施计划框架内获核准。中小型企业已包括在项目中。氢氟碳化物基配方的替代品将得到分析。
 - (h) 在乌拉圭，如第 94 次会议上所述，在计划中包含的 21 家企业中，1 家转换为环戊烷，3 家转换为氢氟烯烃，17 家未完成转换，原因是缺乏氢氟烯烃基配方的供应；未使用的余额已退还给基金。
10. 工发组织提供了五个国家聚氨酯泡沫塑料项目实施的最新情况，具体如下：
- (a) 在阿根廷，尽管一家供应商继续报告在 2026 年前无法为国内市场提供氢氟烯烃，但另外两家供应商已重新确认其立即供应能力，并有可能将未来采购的交货时间在最初估计的 90 到 120 天的基础上缩短。当地配方厂家确认已找到适合过渡的合理价格；几乎所有供应商都已下达氢氟烯烃的首次采购订单，首次进口将通过必须退还再利用的 1 吨容器交付。一位供应商报告称，由于运输用集装箱短缺，他们无法保证配方厂家所需的数量，这一问题仍需解决。此外，虽然作为过渡方案，一些企业仍使用氢氟碳化物作为 HCFC-141b 的替代品，但阿根廷政府重申这不是长期解决方案，并指出该国仍需要氢氟烯烃生产国的支持，以确保本地供应。⁴
 - (b) 在厄瓜多尔，基于环戊烷的配方主要用于商业制冷以及（连续和非连续）板材制造。一些企业已经测试了基于氢氟烯烃的配方，并取得了颇具前景的结果，其他企业计划在短期内进行试验。中小型企业依赖与外国配方厂家合作的分销商。一些分销商仍持有基于氢氟碳化物的预混合多元醇库存，预计这些库存将持续到 2026 年。基于氢氟碳化物的多元醇价格为每千克 4.00 美元，而基于氢氟烯烃的多元醇价格为每千克 7.00 美元。由于国际运费成本上升和进口化学原料的国家关税调整，价格最近有所上涨。中小型企业面临的问题包括基于氢氟碳化物配方的供应和相对较低的成本，这些因素延缓了以上企业向基于氢氟烯烃技术的过渡；此外，安全性和采用碳氢化合物所需的高资本投资也构成挑战。
 - (c) 在摩洛哥，环戊烷的转换尚未完成，因此未提供关于物质供应和价格的情况更新。一般而言，基于环戊烷（和甲酸甲酯）的配方具有更稳定的采购渠道，并且提供最低成本（泡沫价格为每千克 2.63 欧元至 2.66 欧元，而 HFO-1233zd(E)配方为每千克 3.28 欧元，HCFC-141b 配方为每千克 3.49 欧元）。

⁴ 此事项也在 UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/11 号文件中进行讨论，涉及具有特定报告要求的项目。

⁵基于氢氟烯烃的配方也面临供应链风险。

- (d) 在巴基斯坦，散装 HFO-1233zd(E)的价格为每千克 20.00 美元，散装 HFO-1336mzz(Z)的价格为每千克 30.00 美元，基于氢氟烯烃的多元醇估计为每千克 4.75 美元。氢氟烯烃的采用面临的挑战包括：原材料转移到泡沫机或喷涂泡沫机之前，需要保持在 20 至 25 摄氏度之间，才能避免加工问题；使用 HFO-1233zd(E)（或甲酸甲酯）的配方含发泡剂水平较低，可能导致热容器产品的表面膨胀，这是一个尚未解决的问题；
- (e) 在突尼斯，一家聚氨酯泡沫塑料企业经过几个月的等待，才收到一份 28 千克的 HFO-1233zd(E)样品，用于在已转换的生产线上进行测试。通过中间商获得的此份样品价格为每千克 67.44 欧元。这一价格对于中小型企业来说不可持续。相比之下，直接从生产商处批量采购（如 9,000 升），则可将价格降低到约每千克 16.00 欧元。⁶该企业现在已与生产商建立了直接联系，预计生产商将确保以此实惠价格提供稳定供应。

11. 世界银行提供了四个国家聚氨酯泡沫塑料项目实施的最新情况，具体如下：

- (a) 在中国，包括中小型企业的聚氨酯泡沫塑料行业计划的实施仍在进行中。考虑到中国是该地区氢氟烯烃和 HFC-245fa 的主要供应国，替代品的价格为 HFO-1233zd(E)每千克 12.00 至 16.00 美元，HFO-1336mzz(Z)每千克 30.00 至 35.00 美元，HFC-245fa 每千克 8.00 至 10.00 美元。一家当地配方厂家与当地大学合作，开发了自有的超临界二氧化碳喷涂泡沫技术，并开始制造配方和应用设备，报告了以下发现：
 - (i) 超临界二氧化碳可以单独使用，也可以与少量氢氟碳化物或氢氟烯烃混合使用。虽然它可能比普通水发泡泡沫产生更好的泡沫质量，但仍然需要在配方中加入额外的氢氟烯烃和氢氟碳化物，以满足中国对于隔热值的标准；尽管相比于没有液态二氧化碳的常规配方，所需的氢氟烯烃或氢氟碳化物比例会更低。
 - (ii) 针对这种技术开发了一种喷涂泡沫机，使用三种原材料输入（即 MDI，⁷基于水、氢氟烯烃或氢氟碳化物，以及液态二氧化碳的配方多元醇）。该机器将液态二氧化碳转化为超临界二氧化碳，作为喷枪的额外输入之一。
 - (iii) 该机器需要持续操作，以确保三种原料的均匀混合。因此，技术人员需要额外的培训，学习正确使用该机器。
 - (iv) 该配方厂家目前将一台设备租给使用其配方的承包商。由于担心逆向

⁵ 根据 2025 年 5 月 5 日的欧元对美元汇率（1:1.13），以美元计算的价格为环戊烷基泡沫每千克 2.98 至 3.01 美元，HFO-1233zd(E)配方为每千克 3.71 美元，HCFC-141b 配方为每千克 3.95 美元。

⁶ 分别等于每千克 76.31 美元和 18.11 美元。

⁷ 二苯基甲烷二异氰酸酯

工程会影响预计的研发投资回报，其设备不供出售。

- (b) 在印度尼西亚和越南，包括中小型企业在内的项目已完成。没有报告技术可获得性问题；尽管如此，材料成本仍然是技术选择的主要决定因素。可以参考中国的氢氟烯烃和 HFC-245fa 价格，但由于运输、处理和其他因素，价格相对略高。
- (c) 在泰国，包括中小型企业在内的聚氨酯泡沫塑料项目仍在进行中。氢氟烯烃基配方的成本是阻碍其在喷涂泡沫行业广泛应用的主要因素。HFO-1233zd(E)的价格约为每千克 18.00 美元，HFO-1336mzz(Z)的价格约为每千克 35.00 美元。与 HCFC-141b 配方相比，两个氢氟烯烃配方的估计成本增幅分别为 70.6%和 127%。其中一个影响成本的因素是 HFO-1336mzz(Z)的分子量（164 克每摩尔），高于 HFO-1233zd(E)的分子量（130.5 克每摩尔），因此需要更多的 HFO-1336mzz(Z)来保持配方中相似的摩尔分数。

意见

12. 开发计划署、工发组织和世界银行提供了关于 16 个国家（作为氟氯烃淘汰管理计划的一部分）和 1 个国家（作为基加利氢氟碳化物实施计划的一部分）已完成或未完成的聚氨酯泡沫塑料项目的最新情况。这些项目中，16 个包括中小型企业；其中 11 个已完成，1 个已关闭，5 个仍在进行中。

13. 关于低全球升温潜能值替代品的供应，报告的最新情况与先前报告中提供的信息没有重大变化：碳氢化合物、甲酸甲酯、甲缩醛和水基技术仍在供应，并被许多聚氨酯泡沫塑料企业采用，具体取决于其规模、特点和应用。氢氟烯烃在越来越多的国家供应（如巴西、哥伦比亚、哥斯达黎加、智利、印度尼西亚、泰国和越南）。尽管如此，其他国家报告称，虽然在与供应商的讨论和物流安排方面取得了实质性进展，氢氟烯烃仍不能被视为具备商业规模的供应（如在阿根廷和突尼斯）。

14. 关于价格，如之前报告所述，在同一国家内替代品之间存在显著的价格差异，不同国家之间相同替代品的价格也存在差异。根据更新信息，一些国家（如阿根廷、泰国）的 HFO-1233zd(E)价格逐渐下降，一些国家报告的价格低于每公斤 20.00 美元（如巴西、中国、哥伦比亚、印度尼西亚、泰国和越南）。

15. 中小型企业采纳低全球升温潜能值替代品的主要挑战仍与大规模投资和使用碳氢化合物相关的安全问题有关，尤其是在喷涂泡沫塑料应用中。其他挑战包括多个国家的氢氟烯烃价格和商业规模的供应不足。

16. 针对适合中小型企业的喷涂泡沫技术，世界银行报告称，中国的一家配方厂家开发了一种超临界二氧化碳技术，该技术解决了与易燃替代品相关的安全问题以及水基配方的性能限制。秘书处指出，这项技术此前已于日本政府在哥伦比亚实施的多边基金项目成功演示。⁸演示确认，超临界二氧化碳是喷涂泡沫应用中技术意义上 HCFC-141b 的可行替代品，其性能优于传统的二氧化碳（水）基泡沫。然而，也有人指出，其热导率高于

⁸ 最终报告可参考 UNEP/OzL.Pro/ExCom/71/6/Add.1 号文件相关内容。

HCFC-141b，这可能需要更厚的泡沫并导致运营成本增加。此外，一个主要的障碍是修改喷涂设备导致的高资本成本和专利多元醇的运营成本。需要指出的是，在中国配方厂家案例中，该厂家将泡沫机租给使用其配方的企业，这可能免除了泡沫用户的资本成本负担。

建议

17. 谨建议执行委员会：

- (a) 注意到 UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/60 号文件，其中包含关于以中小型企业为重点的聚氨酯泡沫塑料制造中，尤其是喷涂和保温泡沫塑料应用中替代品问题的更新报告（第 94/58(c)号决议）；
 - (b) 在讨论聚氨酯泡沫塑料制造业替代品问题时，考虑在(a)款中提到的文件所包含的信息。
-