联合国

SC

UNEP/POPS/POPRC.14/6/Add.2

Distr.: General
8 October 2018

Chinese
Original: English

关于持久性有机污染物的
斯德哥尔摩公约

持久性有机污染物审查委员会
第十四次会议
2018 年 9 月 17 日至 21 日，罗马

持久性有机物审查委员会第十四次会议工作报告

增编

全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价增编

秘书处的说明

在 POPRC-14/2 号决定中，委员会第十四次会议根据载于秘书处的说明（UNEP/POPS/POPRC.14/3）并在会议期间修订的草案，通过了全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价的增编。所通过的风险管理评价增编的案文载于本增编的附件中。该案文未经正式编辑。

K1802749 161118

附件

进一步评估关于全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的资料

全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价增编[1]

2018年9月

[1] UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2。

目录

执行摘要 5

1 导言 9

1.1 截至目前的行动概览 9
1.2 本文件的结构 10
1.3 数据来源 10

2 全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的化学特性 11

2.1 《风险管理评价》列出的化学特性 11
2.2 可能将氟虫胺排除在《风险管理评价》范围之外 12
2.3 可能将 1-H-PFO 排除在《风险管理评价》范围之外 14
2.4 将 8:2 含氟调聚物甲基丙烯酸酯，即含甲基丙烯酸甲酯的聚合物纳入《风险管理评价》的范围 15

3 关于无意形成和释放的资料 16

3.1 不完全燃烧造成的无意形成和释放 16
3.2 原铝生产过程中的无意形成和释放 17
3.3 与无意形成和释放有关的概述和结论 17

4 可能需进一步豁免的全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的用途 18

4.1 导言 18
4.2 (a)用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜 19
4.2.1 导言 19
4.2.2 可能的管控措施的效能和效率 19
4.2.3 关于替代品的资料 19
短链氟化替代品 20
无氟替代品 20
非化学替代品 22
4.2.4 关于社会影响的资料 22
4.2.5 资料综述 22
4.2.6 结论 23
4.3 (b) 将全氟辛基碘（PFOI）用作分离中间体，以便能够在生产场地以外的另一个场地再处理成四氟乙烯（TFE）和六氟丙烯（HFP） 23
4.3.1 可能管控措施的效能和效率 24
4.3.2 关于替代品的资料 27
4.3.3 关于对社会影响的资料 27
4.3.4 资料综述 27
4.3.5 结论 28
4.4 (c)除植入式器械之外的医疗器械 28
4.4.1 导言 28
4.4.2 可能的管控措施的效能和效率 28
确定医疗器械中全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物的用途 28
可能豁免的预期时间表 29

4.4.3 关于替代品的资料 30
4.4.4 关于社会影响的资料 30
4.4.5 其他考虑因素 30
4.4.6 资料综述 30
4.4.7 结论 31
4.5 (d)植入式医疗器械 31
4.5.1 可能管控措施的效能和效率 31
4.5.2 关于替代品的资料 32
4.5.3 关于社会影响的资料 33
4.5.4 资料综述 33
4.5.5 结论 33
4.6 (e)照片成像部门 33
4.6.1 导言 33
4.6.2 可能管控措施的效能和效率 34
管控措施 34
4.6.3 关于替代品的资料 34
4.6.4 关于社会影响的资料 35
4.6.5 资料综述 35
4.6.6 结论 35
4.7 (f) 汽车行业 35
4.7.1 导言 35
4.7.2 可能管控措施的效能和效率 35
4.7.3 关于替代品的资料 38
4.7.4 关于社会影响的资料 39
4.7.5 资料综述 39
4.7.6 结论 40
4.8 (g) 消防泡沫 40
4.8.1 导言 40
4.8.2 可能管控措施的效能和效率 42
已投放市场的库存 42
与消防泡沫有关的环境释放管控措施 44
4.8.3 关于替代品的资料 45
短链氟化替代品 45
无氟替代品 46
4.8.4 关于社会影响的资料 49
4.8.5 其他考虑因素 50
4.8.6 资料综述 50
4.8.7 结论 51
5 资料综述 52
5.1 资料摘要和用途结论声明 52

执行摘要

1. 2015年6月，欧洲联盟（欧盟）及其成员国提交了一份提案，将十五氟辛酸（化学文摘社编号：335-67-1，PFOA，全氟辛酸）、其盐类及其相关化合物[2]列入《斯德哥尔摩公约》附件 A、B 和（或）C（UNEP/POPS/POPRC.11/5）。2016 年 9 月，持久性有机污染物审查委员会第十二次会议得出结论认为，全氟辛酸具有持久性、生物蓄积性以及对包括人类在内的动物具有毒性。在环境介质以及生物群和人类中广泛出现了全氟辛酸和多种全氟辛酸相关化合物。因此，全氟辛酸、其盐类以及降解为全氟辛酸的全氟辛酸相关化合物可能通过远距离环境迁移而给人类健康及（或）环境带来重大不利影响，因而有必要采取全球行动（UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2）。

2. 2017 年 10 月，持久性有机污染物审查委员会第十三次会议通过了《全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价》[3]（UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2），并建议缔约方大会考虑将这些化学品列入《公约》附件 A 或 B，同时设置 POPRC-13/2 号决定（另见 UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2，第 13 段）规定的特定豁免。不过，委员会未能就是否需要为特定用途设置豁免得出结论。此外，需要开展更多工作，审议是否有可能发生无意释放以及有关物质特性的具体问题。

3. 委员会设立了一个闭会期间工作组来评估补充资料，目的是帮助推进在第十四次会议上的讨论，以确定是否需要为其他某些应用设置特定豁免和（或）可接受用途，以及评价其无意释放，从而加强向缔约方大会提交的建议。委员会邀请各缔约方和观察员，包括相关行业提供资料，以协助委员会界定针对全氟辛酸、其盐类和全氟辛酸相关化合物生产与使用的特定豁免，特别是在下列应用中：

(a) 用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜：关于应用范围、用量、有无替代品和社会经济方面的资料；

(b) 为在生产场地以外的另一个场地进行再处理而运输的分离中间体：关于用量、运输范围与风险，以及用途的资料；

(c) 医疗器械：有关具体应用（或用途）的资料以及潜在相关豁免需要的预期时间表；

(d) 植入式医疗器械：关于用量、运输范围与风险，以及用途的资料；

(e) 照片成像部门：关于纸张和印刷的资料，以及发展中国家相关资料；

(f) 汽车行业：关于备件的资料；

(g) 消防泡沫：关于混合物化学成分以及预先安装的消防泡沫混合物数量的资料。

4. 对于上述应用，还要求提供关于社会经济方面的资料以及其他相关资料。

---

[2] 根据不同方法的化学范围，全氟辛酸相关化合物的定义各不相同。在本文件中，术语“全氟辛酸相关化合物”按第 1.1 节的定义使用。如果引用其他资料来源，则保留类似术语的原本措辞，例如“全氟辛酸相关物质”（如用于欧洲化学品管理局，2015 年 a）。

[3] POPRC-12/2 号和 POPRC-13/2 决定的标题作“十五氟辛酸（化学文摘社编号：335-67-1，PFOA，全氟辛酸）、其盐类及其相关化合物”， 与欧洲联盟提交的增列这些化学品的提案（UNEP/POPS/POPRC.11/5）一致。但在闭会期间，该项决定所涉化学品被称为“全氟辛酸（PFOA）、其盐类及其相关化合物”。这两个术语指的是同一组化学品，但“全氟辛酸（PFOA）、其盐类及其相关化合物”这个短语和这些化学品的其他称谓更为一致。如上所述，委员会在本决定中使用了后一个名称。因此，在《斯德哥尔摩公约》主持编写的文件中，今后将用后一名称来指 POPRC-12/2 号和 POPRC-13/2 号决定涵盖的化学品。

5. 此外，委员会邀请各缔约方和观察员提交资料，协助委员会进一步评价全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的无意形成和释放，尤其是来自原铝生产和不充分燃烧的形成和释放。

6. 委员会还邀请各缔约方和观察员提供资料，协助委员会进一步评价全氟辛酸相关化合物化学品清单的化学特性；特别是氟虫胺和全氟溴辛烷(1-H-PFO)。氟虫胺系使用中间体全氟辛基磺酰氟（PFOSF）制造而成，其结构类似于全氟辛烷磺酸（PFOS）。氟虫胺在自然环境中可降解为大量的全氟辛烷磺酸，尽管在某些条件下它也有可能降解为全氟辛酸。由于氟虫胺（N-乙基全氟辛烷磺酰胺，化学文摘社编号：4151-50-2）是用全氟辛基磺酰氟生产的，因此，尽管没有明确提及，但其已被涵盖在全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟列表下。不过，氟虫胺生产已作为可接受用途涵盖在全氟辛烷磺酸列表下，因此不应列入全氟辛酸列表，以避免双重监管。根据进一步提交的资料，不应将 1-H-PFO 排除在全氟辛酸相关化合物的范围之外，因为研究表明，1-H-PFO 有可能转化为全氟辛酸。8:2 含氟调聚物甲基丙烯酸酯，即含甲基丙烯酸甲酯的聚合物（化学文摘社编号：93705-98-7）被列入了全氟辛酸相关化合物的非详尽清单。

<u>无意形成和释放</u>

7. 《风险管理评价》确定，燃烧不充分以及原铝生产有可能无意形成全氟辛酸、其盐类及其相关化合物，不过，关于这个专题需要提供进一步资料。奥地利（2018 年）、荷兰（2018 年 a）和消除持久性有机污染物国际网络以及阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提供了关于全氟辛酸、其盐类及其相关化合物无意形成和释放的其他资料。这些资料证实了《风险管理评价》详述的源自不充分燃烧的全氟辛酸释放情况。宜提供其他资料，最好还能提供有关其他焚烧炉、露天燃烧和其他无意形成来源的测量值（或定量数据）。还有人指出，在发展中国家和转型国家，露天燃烧和其他不受管制的燃烧过程更为普遍，这些也应当加以考虑。荷兰（2018 年 a）强调指出，将某个来源增列入附件 C 不仅应当合理，还需要适度，强调该来源的排放量与所有其他来源相比可忽略不计。没有提供关于与铝生产相关的全氟辛酸无意释放的新资料。在文献中确定的以及《风险管理评价》详列的大部分资料都与四氟甲烷（CF_4）和六氟乙烷（C_2F_6）的排放有关，而与全氟辛酸无关。从现有的资料来看，无法得出结论认为铝生产是向环境中释放的全氟辛酸的一个相关来源。有人担心全氟辛酸的来源并非焚烧，而是原先存在于产品中。根据所评估的资料，委员会不建议将全氟辛酸、其盐类及其相关化合物列入《公约》附件 C。其他资料，最好还有来自其他废物焚烧炉、露天焚烧和其他无意产生的持久性有机污染物来源的进一步测量值（或定量数据），尤其是来自发展中国家的数据，将有助于今后的审议工作。

<u>用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜</u>

8. 《全氟辛酸风险管理评价》强调，可能需要提供更多资料说明是否有可能为用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜设置豁免。《风险管理评价》已经确定了用于纺织品的若干可能的替代品，如短链氟化替代品、无氟替代品和非化学替代品，包括符合监管要求、目前正在使用的替代品。另外，尚未查明需使用 C_8 化学品的具体应用。根据对现有资料的评价，并不建议为用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜设置特定豁免。

<u>运输的分离中间体</u>

9. 《全氟辛酸风险管理评价》强调，可能需要提供更多资料说明是否有可能为分离中间体运输设置豁免。委员会要求提供关于用量、运输范围与风险，以及用途的资料。昂高公司报告了已经到位的风险管理措施。根据对现有资料的评价，并不建议为作为无意副产品产生及作为分离中间体使用（以便在生产场地以外的另一个场地再处理成为四氟乙烯（TFE）和六氟丙烯（HFP）的全氟辛烷碘化物（PFOI）设置特定豁免。

医疗器械

10. 对于医疗器械，欧洲限制措施（欧盟第 2017/1000 号指令）允许给予所有医疗器械（植入式医疗器械除外）为期 15 年的豁免，给予植入式医疗器械无时限的豁免。然而，另一方面，《风险管理评价》（UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2）强调指出，存在用于生产聚四氟乙烯的全氟辛酸替代品，并且已经商业化。欧洲化学品管理局（2015 年 a）的报告（作为欧盟限制措施的一部分）估计，欧洲用于医疗器械的全氟辛酸数量低于每年 1 千克。按欧洲占 20%全球市场份额计算，从欧盟的估计数可以推断出相应的全球用量低于每年 5 千克。欧洲医学技术联盟（2018 年）和欧洲地中海联盟（2015 年）都强调，尽管用于医疗器械的全氟辛酸及其相关化合物的替代品在某些地理区域内符合严格的监管要求并已投入使用，但由于聚四氟乙烯（PTFE）[4]的使用方式非常多样，所以很难编制卫生保健领域具体应用的详细清单。不过，欧洲医学技术联盟（2018 年）强调指出，关于医疗部门内的替代有严格的规定，如果更换物品，可能就需要进行新一轮的临床试验（需花费数年完成）。根据《风险管理评价》中汇编和讨论以及本增编进一步详细说明的资料，有实例表明制造过程中没有使用全氟辛酸的医疗器械已经面市并已投入使用。不过，经审查的证据表明，目前仍在逐步淘汰某些用途。根据《风险管理评价》中汇编和讨论以及本文件进一步阐述的资料，委员会建议仅对侵入式医疗器械给予特定豁免。

植入式医疗器械

11. 《全氟辛酸风险管理评价》强调，需要提供更多资料说明是否需要为植入式医疗器械设置潜在豁免，因为全氟辛酸可能作为聚四氟乙烯的一种副产品出现。用于生产植入式医疗器械中的聚四氟乙烯的全氟辛酸及其相关化合物数量很小。一位制造商评论指出，在 2018-2025 年间，欧盟市场上投放的所有器械中含有的全氟辛酸及其相关化合物总量为 20 克，这一数值可作为数量级的指示性估计数。由此可估算出全球范围内的数值为 100 克（欧洲化学品管理局，2014 年 a）。欧洲化学品管理局（2015 年 b）报告称，在欧盟实施《化学品注册、评价、授权和限制条例》限制措施期间，制造聚四氟乙烯的过程中作为副产品的全氟辛酸浓度从 0.0001%到 0.5%（全氟辛酸与聚四氟乙烯的重量比）不等。不含全氟辛酸的聚四氟乙烯产品等替代品已通过临床测试，在某些地理区域内已获准投入使用。虽然就运输范围、风险和某种可能采取的限制措施的社会经济影响而言，所提供的其他资料有限，但目前正在用于植入式医疗器械的全氟辛酸数量低也意味着与之接触的可能性低。同样，关于发展中国家在植入式医疗器械中使用全氟辛酸情况的其他资料尚未可知。委员会建议对植入式医疗器械给予特定豁免。

照片成像部门

12. 在持久性有机污染物审查委员会第十三次会议上，欧洲摄影行业的代表为《风险管理评价》提供的资料表明，不再需要为应用于纸张或印版的摄影涂料设置特定豁免。非氟化替代品及改用数字成像成功取代了全氟辛酸在成像和印刷行业的这些用途。只有有限的关键应用（仅限应用于胶卷的摄影涂料）仍使用全氟辛酸。不过还有人指出，对发展中国家来说，缺乏这方面的资料。新资料表明，模拟印刷正在逐步淘汰并迅速被数字印刷取代，包括在发展中国家和转型国家。由于目前正在快速向数字成像转型、发展中国家和转型国家广泛使用数字技术，以及该部门全氟辛酸的用量进一步减少，委员会并不建议为应用于纸张和印版的摄影涂料设置特定豁免。

汽车行业

13. 《全氟辛酸风险管理评价》强调，需要提供更多资料说明是否应为用于汽车保养和替换备件的全氟辛酸设置豁免。需要提供相关的汽车保养和替换备件的规格，以及为何需

[4] 在制造聚四氟乙烯的过程中，全氟辛酸可用作乳化剂，并将作为成品的一种副产品出现。

要豁免的充分理由。关于具体的相关保养和替换部件以及不同应用所用相关物质的数量，并未提供确凿资料。此外，也无确凿资料可以说明逐步淘汰所需时间、对经济影响的估算、已经到位的替代品以及改造能力。鉴于资料不足和缺乏适当理由，委员会不建议给予特定豁免。

消防泡沫

14. 《风险管理评价》将消防泡沫确定为全氟辛酸的一种分散用途，会导致全氟辛酸直接释放到环境中。之所以一直在消防泡沫中使用全氟化合物，是因为事实证明其能够有效扑灭液体燃料火灾（B 类）（欧洲化学品管理局，2014 年 a）。

15. 关于含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防泡沫现有库存的资料非常有限。全氟辛酸铵（全氟辛酸的铵盐，有意用于防火泡沫的主要成分）的全球库存表明，在 1951 年至 2004 年间共生产了 3,600 至 5,700 吨（挪威，2007 年）。根据假设的货物保存期，可由此推算出在现有库存中，基于铵盐（全氟辛酸铵）的水成膜泡沫浓缩物在 3.09 亿升至 49.01 亿升之间。

16. 消防泡沫中的所有全氟辛酸用途都有替代品，包括无氟解决方案以及用 C_6-氟代醇制成的氟表面活性剂。[5]无氟泡沫与氟基水成膜泡沫及含有全氟辛酸的消防泡沫性能相当，并且几乎在所有用途中都符合相关认证。根据目前的数据，无氟和含氟水成膜泡沫的价格相当。

17. 总体而言，销毁和替换含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防泡沫的相关成本很高。据 Seow（2013 年）估计，每升浓缩物的成本为 1.5 欧元。然而，清洗受全氟化合物污染的场地的相关成本也很高昂，《风险管理评价》及本文件援引的实例指出，每个场地的清洗成本达数百万欧元。

18. 根据《风险管理评价》中汇编和审查的资料，投入使用的含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防泡沫库存规模可能很大，若立即禁止，所产生的社会经济影响可能同样很大，有鉴于此，提供特定豁免可能会是合理之举。然而，向地下水释放所造成的影响以及清洗所产生的社会经济成本也不会小，并且持续分散的持久性有机污染物用途与《公约》目标不符。另一方面，使用氟化替代品会导致水体受短链全氟和多氟烷基物质污染，因为其具有流动性和持久性。此种污染甚至比长链全氟和多氟烷基物质造成的污染更难修复。

19. 有人对于采用有效的消防泡沫扑灭液体燃料火灾的重要性、可能无法获得合适替代品以及使用和实施成本表示关切，因为改用不含全氟和多氟烷基物质的替代品可能尚需时日。委员会并不建议对生产可能含有全氟辛酸杂质和以全氟辛酸相关化合物作为成分的灭火泡沫给予豁免。

20. 委员会进一步得出结论认为，需要对使用系统（包括移动和固定系统）中已安装的含有全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物的消防泡沫给予特定豁免，并设置特定条件。

列入附件 A

21. 基于对《风险管理评价》所载和本文件所详述资料的审查，设想只提供特定豁免。此外，欧洲限制措施（欧盟第 2017/1000 号指令）只给予了一种没有时限的豁免（植入式医疗器械）。欧洲医学技术联盟（2018 年）评论指出，需要为植入式医疗器械设置一个到 2030 年为止的过渡期，认为特定豁免就已足够。因此，按照《公约》第 8 条第 9 款，斯德哥尔摩公约缔约方大会应考虑将全氟辛酸、其盐类及其相关化合物列入附件 A，并规定相关的管控措施，如有必要可设置特定豁免，并在附件 A 特定章节详细规定各项行动。

[5] 注意全氟己烷磺酸（化学文摘社编号 355-46-4（PFHxS））、其盐类及其相关化合物已经被提名为持久性有机污染物，委员会目前正在对其进行审查。

1 导言

1.1 截至目前的行动概览

22. 2015 年 6 月，欧洲联盟（欧盟）及其成员国提交一份提案，将十五氟辛酸（化学文摘社编号：335-67-1，PFOA，全氟辛酸）、其盐类及其相关化合物列入《斯德哥尔摩公约》附件 A、B 和（或）C（UNEP/POPS/POPRC.11/5）。持久性有机污染物审查委员会在 2015 年 10 月召开的第十一次会议上审议了本提案， 委员会的结论是，全氟辛酸满足附件 D 的筛选标准，并且风险简介草案应当探讨与纳入可能降解成为全氟辛酸的全氟辛酸相关化合物有关以及与纳入全氟辛酸盐类有关的问题（见 POPRC-11/4 号决定）。

23. 风险简介所涉物质是全氟辛酸，包括其异构体、其盐类和全氟辛酸相关化合物。在 2016 年 9 月召开的第十二次会议上，委员会作出 POPRC-12/2 号决定，通过风险简介 (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2) 并决定设立一个闭会期间工作组，负责依据《公约》附件 F 编写风险管理评价档案材料（《风险管理评价》），包括分析可能的全氟辛酸、其盐类及其相关化合物管控措施。此外，委员会邀请各缔约方和观察员于 2016 年 12 月 9 日之前向秘书处提交《公约》附件 F 所规定的资料。

24. 委员会在 POPRC-13/2 号决定[6]中通过《全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价》（UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2），并决定按照《公约》第 8 条第 9 款，向缔约方大会建议审议将全氟辛酸、其盐类和全氟辛酸相关化合物列入《公约》附件 A 或附件 B，并设置以下特定豁免：

(a) 自修正案依据第 4 条生效之日起五年：

(一) 半导体或相关电子设备的生产：

a. 含有附带全氟辛酸残留物的含氟聚合物和（或）含氟弹性体的设备或制造工厂相关的基础设施；

b. 传统设备或传统制造工厂相关的基础设施：维护；

c. 光刻或蚀刻工艺；

(二) 用于胶卷的摄影涂料；

(三) 拒油、拒水且具有危险液体保护作用，保护工人免受健康和安全风险的纺织品；

(b) 自修正案生效之日起十年：半导体或相关电子设备制造：用于传统设备的含有附带全氟辛酸残留物的含氟聚合物和（或）含氟弹性体的翻新部件或者传统翻新部件；

(c) 对于全氟辛烷碘化物用途：出于药品生产目的生产全氟辛烷溴化物，需审查是否需要继续豁免。特定豁免最迟届满时间为 2036 年。

[6] POPRC-12/2 号和 POPRC-13/2 决定的标题作“十五氟辛酸（化学文摘社编号：335-67-1，PFOA，全氟辛酸）、其盐类及其相关化合物”， 与欧洲联盟提交的增列这些化学品的提案（UNEP/POPS/POPRC.11/5）一致。但在闭会期间，该项决定所涉化学品被称为“全氟辛酸（PFOA）、其盐类及其相关化合物”。这两个术语指的是同一组化学品，但“全氟辛酸（PFOA）、其盐类及其相关化合物”这个短语和这些化学品的其他称谓更为一致。如上所述，委员会在本决定中使用了后一个名称。因此，在《斯德哥尔摩公约》主持编写的文件中，今后将用后一名称来指 POPRC-12/2 号和 POPRC-13/2 号决定涵盖的化学品。

25. 委员会邀请各缔约方和观察员，包括相关行业在 2018 年 1 月 12 日之前提供资料，以协助委员会界定全氟辛酸、其盐类和全氟辛酸相关化合物生产与使用的特定豁免，特别是在下列应用中：

(a) 用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜：关于应用范围、用量、替代品的可用性和社会经济方面的资料；

(b) 为在生产场地以外的另一个场地进行再处理而运输的分离中间体：关于用量、运输范围与风险，以及用途的资料；

(c) 医疗器械：有关具体应用（或用途）的资料以及需要潜在相关豁免的预期时间表；

(d) 植入式医疗器械：关于用量、运输范围与风险，以及用途的资料；

(e) 照片成像部门：关于纸张和印刷的资料，以及关于发展中国家的资料；

(f) 汽车行业：关于备件的资料；

(g) 消防泡沫：关于混合物化学成分以及预先安装的消防泡沫混合物数量的资料。

26. 对于上述应用，也欢迎提供关于社会经济方面的资料以及其他相关资料。

27. 此外，委员会邀请各缔约方和观察员提供资料，以协助委员会进一步评价全氟辛酸、其盐类和全氟辛酸相关化合物的无意形成和释放，尤其是原铝生产和不完全燃烧造成的形成和释放。最后，委员会邀请各缔约方和观察员提供资料，以协助委员会进一步评价全氟辛酸相关化合物化学清单的化学特性。

28. 本文件是已通过的《全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价》（UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2）的增编，审议了从缔约方和观察员收到的资料。《风险管理评价》将不再审议其他资料。为方便读者，本文件引用了《风险管理评价》中的内容，并重复了《风险管理评价》中部分重要的详细内容（以楷体表示），以便加深理解，供委员会在第十四次会议上开展知情讨论。

1.2 本文件的结构

29. 为便于参考，本文件将按照时间先后顺序回答委员会在邀请提供其他资料时提出的问题。第 2 节将概述有关物质特性的资料。第 3 节将提供与无意释放有关的资料，第 4 节将提供资料逐一说明 POPRC-13/2 号决定第 3 段确定的 7 种用途。为尽可能提供完整叙述并便于参考，本文件纳入了《风险管理评价》中的必要章节。如果是这种情况，文本会以楷体表示，以表明该文本系直接从《风险管理评价》中摘录。

1.3 数据来源

30. 本文件主要依据《公约》缔约方和观察员所提供的资料。以下缔约方提交了资料：

(a) 缔约方：白俄罗斯、巴西、加拿大、厄瓜多尔、摩纳哥、荷兰、菲律宾、瑞典和大不列颠及北爱尔兰联合王国（联合王国）；

(b) 观察员：巴西杀虫剂制造商协会、氟理事会（包括昂高公司）、加拿大汽车制造商协会、消防泡沫联盟、欧洲无害卫生保健组织、欧洲医学技术联盟，以及消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案联合提交的资料。

31. 除了上述从各缔约方和观察员收到的参考资料和评论意见，还使用了来自公开资料来源以及科学文献的资料（见参考文献清单）。以下关键参考文献是编制本文件的基础：

(a) 《全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价》（UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2）；

(b) 与《全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价》相关的辅助资料（UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6）；

(c) 与《全氟辛酸、其盐类及其相关化合物风险管理评价》相关的其他资料；由苏黎世联邦理工学院代表瑞士联邦环境署编写，2017年；

(d) 《风险管理评价》所涵盖或未涵盖物质的非详尽清单（UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6/Add.1）。

2 全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的化学特性

32. 委员会邀请各缔约方和观察员提供资料，以协助其进一步评价全氟辛酸相关化合物化学品清单的化学特性。巴西农业部（巴西，2018 年）和巴西杀虫剂制造商协会（2018 年）、挪威（2018年）、墨西哥（2018年）、奥地利（2018年）、日本（2018年）、加拿大（2018 年）、氟理事会（2018 年 a、2018 年 b），以及消除持久性有机污染物国际网络/阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）已经提交了相关资料。除了风险简介和《风险管理评价》已经列出的资料之外，加拿大在全氟辛酸化学特性方面没有其他资料需要提交（加拿大，2018 年）。

2.1 《风险管理评价》列出的化学特性

33. 《风险管理评价》第 1.1 节概述了化学特性和相关细节。[7]下列楷体段落摘自《风险管理评价》：

34. 全氟辛酸、其盐类及其相关化合物属于全氟和多氟烷基物质（PFAS）族。全氟酸（如全氟辛酸）不会在环境和生物群（包括人类）中降解。某些多氟物质可降解成为全氟辛酸等持久性全氟物质。可在环境中降解成为全氟辛酸的全氟和多氟烷基物质被称为全氟辛酸相关化合物。

35. 《风险管理评价》涵盖：

(a) 全氟辛酸（十五氟辛酸，化学文摘社编号：335-67-1，欧盟编号：206-397-9），包括其任何支链异构体；

(b) 其盐类；

(c) 全氟辛酸相关化合物，在本风险管理评价中是指降解为全氟辛酸的任何物质，包括含有直链或支链全氟基团且以其中$(C_7F_{15})C$部分作为结构要素之一的任何物质（包括盐类和异构体），例如：

(一) 含$\geq C_8$基氟化侧链的聚合物；[8]

(二) 8:2含氟调聚物化合物；

(三) 10:2含氟调聚物化合物。

以下化合物不会降解为全氟辛酸，因此未被列为全氟辛酸相关化合物：

(一) C_8F_{17}-X，其中 X= F, Cl, Br；

[7] UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2。

[8] 杜邦公司，1998 年。技术资料：Zonyl 氟化工中间体。

(二) $CF_3[CF_2]n$-R'涵盖的含氟聚合物[9]，其中R'=任何基团，n>16；[10]

(三) 具有≥8个全氟化碳原子的全氟烷基羧酸和膦酸（包括其盐类、脂类、卤化物和酸酐）；

(四) 具有≥9 个全氟化碳原子的全氟烷烃磺酸（包括其盐类、脂类、卤化物和酸酐）；

(五) 《斯德哥尔摩公约》附件 B 所列的全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟。

由于氟虫胺（N-乙基全氟辛烷磺酰胺；化学文摘社编号： 4151-50-2）系由全氟辛基磺酰氟生产而得，因此，虽然没有明确提及，但已被全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟列表涵盖。

36. 为协助确定全氟辛酸相关化合物， UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6/Add.1 号文件提供了《风险管理评价》所涵盖或未涵盖物质的非详尽清单。氟虫胺已被列入清单，但被明确排除在《风险管理评价》范围之外。

2.2 可能将氟虫胺排除在《风险管理评价》范围之外

37. 氟虫胺系使用中间体全氟辛基磺酰氟（PFOSF）制造而成，是用于制造蚂蚁毒饵和即用型配方的一种活性成分。使用氟虫胺意味着直接向环境中释放全氟辛烷磺酸。经合组织全氟和多氟烷基物质新全球综合数据库将氟虫胺确定为全氟辛酸的一种（潜在）前体。巴西的通知指出，“用于控制美洲切叶蚁属（Atta spp.）和刺切蚁属（Acromyrmex spp.）切叶蚁”是可接受的全氟辛基磺酰氟生产和使用目的。[11]关于在巴西使用的毒饵，含有氟虫胺的毒饵占所有用途的 95%以上（UNEP/POP/POPRC.4/15/Add.6）。

38. 巴西指出（2018 年），在获得确凿资料之前，应将氟虫胺排除在全氟辛酸相关化合物清单之外。巴西方面表达的主要关切是，氟虫胺是一种与全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟相关的化合物，《斯德哥尔摩公约》附件 B 已经涵盖了这种物质的用途，视之为一种可接受目的（SC-4/17 号决定）。然而，附件 B 只是将全氟辛烷磺酸和全氟辛基磺酰氟作为一种“化学品生产过程中的中间体”列入，没有明确提及氟虫胺或者提供其化学文摘社编号。巴西指出，在依照《公约》附件 B 第三部分第 5 至第 6 段评价是否需要继续为全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟设置多种可接受目的和特定豁免的过程中，汇编了关于氟虫胺的资料。此外，巴西（2018 年）指出，在将该物质列入全氟辛酸列表之前没有开展广泛讨论，也没有提供技术说明，只是引用了一些论文作为纳入列表的理由，但这既不能得出确定结论，也无法反映出环境条件。因此，仅基于这项资料，无法断定氟虫胺可降解为全氟辛酸，也无法断定氟虫胺是一种全氟辛酸相关化合物（巴西，2018 年）。

39. 巴西杀虫剂制造商协会也支持将氟虫胺排除在物质的非详尽清单之外（2018 年），该协会指出，氟虫胺是一种全氟烷基磺酸盐化合物，而不是全氟烷基羧酸盐（如全氟辛酸）。因此，巴西杀虫剂制造商协会指出，氟虫胺应被列入不会降解成全氟辛酸的化合物清单。众所周知，氟虫胺可被视为一种全氟辛烷磺酸相关化合物，可由全氟辛基磺酰氟生产而得。

[9] 含氟聚合物具有氟直接附在骨架碳原子上的纯碳聚合物骨架。

[10] 如 PTFE（聚四氟乙烯）、FEP（氟化乙烯丙烯聚合物）和 PFA（全氟烷氧基聚合物）。

[11] 可接受用途注册信息可查阅 http://chm.pops.int/Implementation/Exemptions/AcceptablePurposes/AcceptablePurposesPFOSandPFOSF/tabid/794/Default.aspx。

40. Martin等人（2006年）调查了大气中存在的全氟辛基磺酰胺是否有可能通过大气迁移和氧化导致偏远地点遭受全氟羧酸和全氟辛烷磺酸污染。作者指出，他们的调查结果表明，存在一条全氟辛基磺酰胺充当全氟羧酸（包括全氟辛酸）大气来源的可行路径（Martin 等人，2006 年）。巴西杀虫剂制造商协会指出，Martin 等人的结果（2006 年）并不代表大气条件。此外，巴西杀虫剂制造商协会批评将 N-乙基全氟辛烷磺酰胺而不是挥发性不同的相关物质用作调查全氟辛基磺酰胺在存在自由基时的气态反应的目标材料（见巴西杀虫剂制造商协会，2018 年）。然而，之所以使用丁烷类似物——N-乙基全氟辛烷磺酰胺，是因为该物质在体外系统中的挥发性不足，但却是一个适当的模型，因为全氟化链长预计不会对气态反应产生任何影响。即便实验条件不能代表环境条件，Martin 等人（2006 年）也提供了充分证据证明不能将全氟辛基磺酰胺降解成全氟辛酸排除在外。D´eon 等人的调查结果（2006 年）表明，N-甲基全氟辛基磺酰胺乙醇可能加重偏远地点遭受的全氟污染。N-乙基全氟辛烷磺酰胺的人为生产似乎导致全氟烷基磺酸盐和羧酸盐化合物在环境中无处不在（D´eon 等人，2006 年）。巴西杀虫剂制造商协会指出，这项调查全氟羧酸是否能从 N-甲基全氟辛基磺酰胺乙醇中形成的研究结果不能被转用到全氟辛基磺酰胺（例如氟虫胺）上，因为后者的氮原子上并没有羟乙基。巴西杀虫剂制造商协会指出，羟乙基使得该物质相较于 N-烷基全氟磺酰胺的反应更加活跃（巴西杀虫剂制造商协会，2018 年）。即使 N-甲基全氟辛基磺酰胺乙醇中的羟乙基使其相较于 N-烷基全氟磺酰胺的反应更加活跃，也不能排除全氟羧酸能从 N-烷基全氟磺酰胺中形成。

41. Plumlee 等人（2009 年）利用人造太阳光在过氧化氢溶液中照射部分全氟表面活性剂，目的是研究在水生环境条件下的转化，然而，该研究的作者指出，这些条件模拟的是自然光照，相对较高的过氧化物浓度只用于观察在实验期间明显的衰变。观察到氟虫胺在羟基自由基的作用下发生间接光解等现象。关于 Plumlee 等人的研究（2009 年），巴西杀虫剂制造商协会指出，该研究使用的条件不代表环境条件。此外，巴西杀虫剂制造商协会表示，到目前为止，从氟虫胺中形成全氟辛基磺酰胺远比形成全氟辛酸更加有利（见巴西杀虫剂制造商协会，2018 年）。此外，巴西杀虫剂制造商协会认为，氟虫胺分子不同于 *N*-甲基全氟辛基磺酰胺乙醇。即便实验条件不代表环境条件，Plumlee 等人（2009 年）也提供了科学证据证明不能排除氟虫胺会降解为全氟辛酸。

42. Liu 等人（2017 年）分析了在中国的中部和东部地区全氟辛烷磺酸和全氟辛酸向环境中释放的情况，这在全国排放量中占绝大多数。作者指出，氟虫胺有可能导致向环境中释放全氟辛烷磺酸和全氟辛酸。根据氟虫胺的年度消费量和转化为以氟虫胺中的杂质形式出现的全氟辛酸与全氟辛酸相关物质的比率，估计向环境中释放的全氟辛烷磺酸达 2.6 吨/年，而经计算从这一来源释放的全氟辛酸为 1.4 吨/年（Liu 等人，2017 年）。关于这项研究，巴西杀虫剂制造商协会声称，如果全氟辛烷磺酸和全氟辛酸是通过适用正确的实验程序合成所得，就不会是作为污染物出现在氟虫胺当中的。另外，巴西杀虫剂制造商协会提及，对基于氟虫胺的杀虫剂每年排放的全氟辛烷磺酸和全氟辛酸的估计值过高，降解率相关数据缺失。巴西杀虫剂制造商协会还指出，该项研究并未提出新的科学实验证据，其研究报告应被视为一篇用于估计排放量的建模论文（见巴西杀虫剂制造商协会，2018 年）。然而，全氟辛基磺酰氟可用于制造氟虫胺，当使用电化氟化法制造全氟辛基磺酰氟时，会产生大量有机和无机副产品（Lehmler 等人，2007 年）。Liu 等人的研究还指出，氟虫胺毒饵中的活性成分（*N*-乙基全氟辛烷磺酰胺）有可能通过光解、氧化和生物转化而转化成全氟辛酸和全氟辛烷磺酸，这表明除了作为氟虫胺的杂质释放之外，全氟辛酸还可以通过其他途径释放。

43. 关于氟虫胺是否为全氟辛酸相关化合物的问题，巴西杀虫剂制造商协会（2018 年）的评论意见指出，两项体外研究（Martin 等人，2006 年，Plumlee 等人，2009 年）提供的科学证据表明，氟虫胺可以降解成全氟辛酸，因此，氟虫胺可被视为一种全氟辛酸相关化合

物。此外，鉴于氟虫胺从潮湿土壤表层的挥发是一个重要的转归过程（有害物质数据库），氟虫胺可能通过光氧化发生非生物降解。奥地利补充指出，挪威环境局最近的一份报告得出结论，全氟丁烷磺酸（PFBS）磺酰胺和全氟己烷磺酸（PFHxS）磺酰胺的光氧化也将导致释放 C_2–C_6 全氟羧酸，预计这一原理同样适用于 *N*-乙基全氟辛烷磺酰胺。这些研究和资料来源表明，氟虫胺转化成全氟辛酸是有可能的。然而，关于氟虫胺在环境条件下能否降解为全氟辛酸的问题没有得到最终澄清。

44. 在结构上，氟虫胺更接近于全氟辛烷磺酸（二者均含有 $C_8F_{17}SO_2$ 结构）而不是全氟辛酸，因此氟虫胺更有可能降解成全氟辛烷磺酸。Zabaleta 等人（2018 年）调查氟虫胺是否为环境中的全氟辛烷磺酸的一种重要来源。作者得出结论认为，一方面，观察到的全氟辛酸的形成可能是由于存在 *N*-乙基全氟辛胺，据悉该物质是作为氟虫胺中的一种杂质产生的。Zabaleta 等人（2018 年）在有诱饵的情况下开展了实验，利用氟虫胺技术标准产生的全氟辛烷磺酸数量达 34 %，利用巴西使用的氟虫胺商业制剂产生的全氟辛烷磺酸数量达 277%。作者指出，这在很大程度上似乎与商业诱饵中的一种或多种未确定的全氟辛烷磺酸前体有关。作者认为，数据表明，在自然环境中（特别是在有蔬菜作物时），氟虫胺产生的全氟辛烷磺酸数量可能远远高于 4%。Avendaño 和 Liu（2015 年）报告指出，在土壤生物降解实验中，氟虫胺降解产生的全氟辛烷磺酸达 4%。

45. 巴西杀虫剂制造商协会（2018 年）提供了关于斯德哥尔摩公约区域中心和巴西农业研究公司目前正在准备的一项新研究的资料，该研究旨在查证再造林地区典型土壤中的氟虫胺降解情况，以便确定氟虫胺能否转化为全氟辛烷磺酸。巴西杀虫剂制造商协会认为，关于氟虫胺转化为全氟辛烷磺酸的资料稀少，特别是涉及巴西或热带环境土壤的资料（巴西杀虫剂制造商协会，2018 年）。该协会还认为，使用昆虫诱饵意味着向环境中释放全氟辛烷磺酸的说法缺少科学证据，需要更多资料。巴西杀虫剂制造商协会通报，他们正在与圣保罗州立大学就以下项目开展合作：“评估在巴西土壤中以用于控制叶切蚁的毒饵形式适用的氟虫胺的表现和降解情况”（巴西杀虫剂制造商协会，2018 年）。

46. 氟虫胺系使用中间体全氟辛基磺酰氟（化学文摘社编号：307-35-7）制造而成。从结构角度来看，氟虫胺与全氟辛烷磺酸（化学文摘社编号：1763-23-1）有关，在环境中会降解成全氟辛烷磺酸（Nguyen 等人，2013 年，Avendano 和 Liu，2015 年，Benskin 等人，2009 年，Gilljam 等人，2015 年）。根据现有资料，氟虫胺也可被视为一种全氟辛酸相关化合物。全氟辛基磺酰氟（依照《斯德哥尔摩公约》附件 B，在全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟列表下受到限制）被用于生产氟虫胺，之后用于控制美洲切叶蚁属和刺切蚁属切叶蚁以及用于控制外来红火蚁和白蚁的杀虫剂。氟虫胺未被明确纳入附件 B 的全氟辛酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟列表的范畴。不过，氟虫胺的生产已经由全氟辛烷磺酸列表下的可接受目的涵盖，因此，为避免双重监管，不应将其列入全氟辛酸列表之下。

2.3 可能将 1-H-PFO 排除在《风险管理评价》范围之外

47. 氟理事会对 1-H-PFO（全氟溴辛烷，PFOH，化学文摘社编号：335-65-9）被作为全氟辛酸相关化合物的情况提出疑问（2018 年 a）。目前，分子式为 C_8F_{17}-X 的物质被视为全氟辛酸相关化合物，除非 X 最后表现为氟、氯或溴（即 C_8F_{17}-F、C_8F_{17}-Cl 或 C_8F_{17}-Br），或者它们明确被排除在该范围之外（如全氟辛烷磺酸）。因此，1-H-PFO 被认为是一种全氟辛酸相关化合物。 氟理事会（2018 年）认为，与获得豁免的分子 C_8F_{17}-Cl 和 C_8F_{17}-Br 相比，C_8F_{17}-H（1-H-PFO）更难进行生物和化学降解。 氟理事会进一步指出，与完全氟化的全氟辛烷 C_8F_{18} 相比，1-H-PFO 具有温度惰性和化学惰性，并且 C_8F_{17}-H 结构和出色的热稳定性在可预见的条件下没有显示出降解成全氟辛酸的迹象。1-H-PFO 转化为全氟辛酸需要减少氢以及附着于碳上的两个氟原子（见图 2.1）。氟理事会指出，考虑到 C-F 键的高度稳定性以及氢被三大氟原子包围，从未观察到降解（氟理事会，2018 年 a）。

1-H-PFO 化学分子式（C_8F_{17}-H）　　全氟辛酸化学分子式（C_7F_{15}-C(=O)OH）

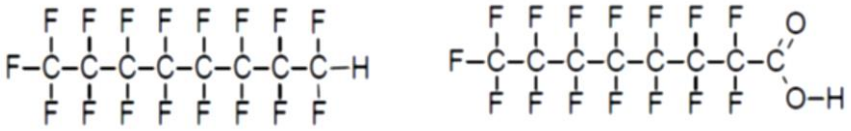

图 2.1 1-H-PFO 和全氟辛酸的化学结构式

48.　氟理事会认为，不应将 1-H-PFO 视为全氟辛酸相关化合物。氟理事会认为，应进一步研究 1-H-PFO 作为全氟辛酸相关化合物的科学依据（氟理事会，2018 年 a）。日本提出，由于 OH 自由基的反应速率量级为 10E（-15）cm^3molec-1s-1，小到可以忽略，所以认定 1-H-PFO 是全氟辛酸相关化合物言过其实（日本，2018 年）。有证据表明 1-H-PFO 相对稳定。C-H 的键离解能为 338kJ/mol（C-Cl 为 395 kJ/mol，C-Br 为 318 kJ/mol）（Luo，2007 年）。[12]不过，Chen 等人（2003 年）表明，$CF_3CF_2CF_2CF_2CF_2CHF_2$ 可以在零下 23℃至 156℃的温度范围内与 OH 自由基反应（Chen 等人报告的开氏度为：250-430K）。这表明，对于具有-CHF_2 部分的链长较短的氢氟烃（HFC）化合物，通过 OH 自由基可发生氢提取反应，使碳-氧键降解。Young 等人（2009 年）表明，全氟羧酸可以在没有氮氧化物的情况下，在 CF_3CF_2H 和 $CF_3CF_2CF_2CF_2H$ 的大气反应中形成。因此，具有-CHF_2 部分的氢氟烃（例如 HFC-329ccb 和 HFC 52-13p）可与 OH 自由基反应并形成全氟烷基自由基（$CF_3(CF_2)n$•），其可进一步反应形成全氟羧酸（在氮氧化物浓度低的条件下）（见 Wang 等人，2014 年）。Chen 等人（2011 年）[13]提出了一种通过与 OH 自由基反应将 1-H-PFO 在大气中氧化成全氟辛酸的机理。他们报告指出，全氟辛酸的摩尔转化率范围在 0.07-0.12 之间。这些结果表明，从 1-H-PFO 转化为全氟辛酸是可能的。没有提供有关 1-H-PFO 转化为全氟辛酸的具体数据。氟理事会认为，H-C 键的分子内屏蔽使得降解极不可能，并且在大气条件下，由于与不会产生全氟辛酸的氮氧化物存在竞争反应，进一步降低了与 OH 自由基反应的可能性。但是，瑞士注意到 1-H-PFO 仍然存留在大气中（99％以上基于 EPI Suite 三级逸度模型，仅排放到空气中）直到转化，并且 1-H-PFO 可能花费很长时间转化为全氟辛酸（瑞士，2018 年）。Chen 等人（2011 年）估计大气寿命为 24 年。

49.　总之，1-H-PFO 应被视为全氟辛酸相关化合物，因为科学证据表明该物质可能转化为全氟辛酸，并且应将其纳入全氟辛酸相关化合物的非详尽清单。此外，1-H-PFO 已在经合组织全氟和多氟烷基物质新全球综合数据库中被确定为全氟烷基酸的（潜在）前体。

2.4　将 8:2 含氟调聚物甲基丙烯酸酯，即含甲基丙烯酸甲酯的聚合物纳入《风险管理评价》的范围

50.　根据澳大利亚（2018 年）提交的材料，8:2 含氟调聚物甲基丙烯酸酯（化学文摘社编号：93705-98-7），即含甲基丙烯酸甲酯的聚合物应被纳入全氟辛酸相关化合物的非详尽清单。澳大利亚清单多层次评估和优先权目录框架下的国家工业化学品通报与评估计划得出结论，对于列入澳大利亚化学物质清单上的五个长链氟化化学品，全氟辛酸预计将成为其环境生物降解的主要产品（澳大利亚国家工业化学品通报与评估计划未标明日期），这五种化学品是 8:2 氟调聚醇（化学文摘社编号：678-39-7）、8:2 含氟调聚物甲基丙烯酸酯（化学文摘社编号：1996-88-9）、8:2 含氟调聚物甲基丙烯酸酯，即含甲基丙烯酸甲酯的聚

[12] Luo, Y.R，《2007 年化学键能综合手册》，CRC 出版社，美国佛罗里达州博卡拉顿。

[13] Chen, L.、Uchimaru, T.、Kutsuna, S.、Tokuhashi, K.、Sekiya, A. 和 Okamoto, H. (2011 年)。“在 253-328K 的环境反应室中，CF3CF2CF2CF2CF2CF2CF2CF2H 与 OH 自由基的气相反应动力学和机理”。《化学物理通讯》，501（4-6），第 263-266 页。

合物（化学文摘社编号：93705-98-7）、丙酰胺，即 3 - [（γ-ω-全氟- C_{4-10}-烷基）硫代]衍生物（化学文摘社编号：68187-42-8）、7:1 氟代醇甲基丙烯酸酯，即含丙烯酸的聚合物（化学文摘社编号：53515-73-4）。其余 4 种列明的化学物质已被列入非详尽物质清单。

51. 总之，含甲基丙烯酸甲酯的 8:2 含氟调聚物甲基丙烯酸酯聚合物（化学文摘社编号：93705-98-7）已列入全氟辛酸相关化合物的非详尽清单。

3 关于无意形成和释放的资料

52. 委员会邀请各缔约方和观察员提供资料，协助进一步评价由于不完全燃烧和原铝生产而无意形成和释放全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的情况。针对提供资料的请求，消除持久性有机污染物国际网络及阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）、荷兰（2018 年 a）和奥地利（2018 年）提交了相关资料。英国（2018 年）称，所报告的全氟辛酸并非英国污染物清单上的物质，因此没有关于其释放情况的相关数据。这同样也适用于原铝生产导致的排放（英国，2018 年）。加拿大没有提供其他资料（已被纳入《风险管理评价》的除外）（加拿大，2018 年）。

3.1 不完全燃烧造成的无意形成和释放

53. 在编制《风险管理评价》期间，瑞士提供了相关资料，介绍了由于使用不适当的焚化方法或露天焚烧设施以中等温度焚烧含氟聚合物而导致无意形成全氟辛酸的情况。综合最近的研究发现，聚四氟乙烯（PTFE）在 250℃至 600℃的温度下热解期间可以产生少量但可测出的全氟辛酸以及多种其他全氟羧酸同系物。已经得出结论，认为这对于发展中国家和转型国家而言可能尤其重要，在这些国家，废物通常不会被焚烧到足够高的温度，对烟气也没有适当的处理（瑞士联邦环境署，2017 年）。

54. 高温焚烧（例如 1000℃）可以有效地破坏全氟辛酸，并防止高度氟化的聚合物通过热解形成全氟辛酸。然而，目前尚不清楚在以下条件下，城市垃圾焚烧炉可能在多大程度上形成全氟辛酸：（1）烟气可能达到 850°C 或更高的温度，并可能导致不同的降解产物;（2）其他物质共存并可能干扰含氟聚合物的热解（例如，与蒸汽、氧气或二氧化硫相反，聚四氟乙烯的热解受氢气或氯气氛的抑制，使加速分解；以及（3）可采用活性炭注入加袋滤等技术来去除二恶英或汞，也可以用来捕获全氟羧酸。美国的一项实验室研究得出的结论是，在美国典型的城市废物焚烧条件下，焚烧基于含氟调聚物的聚合物废物不会导致形成达到可测出数量的全氟辛酸。然而，最近的一项研究发现，在荷兰哈林根州最先进的焚化炉的烟气中发现了全氟辛酸（见《风险管理评价》）。目前（截至 2018 年）在欧洲，根据《工业排放指令》（第 2010/75/EU 号指令），全氟辛酸未被列为垃圾焚烧所产生的空气污染物，因而不受监管（奥地利，2018 年）。在欧洲，欧洲综合污染预防和控制局于 2006 年印发的《欧洲废物焚烧的现有最佳技术参考文件》（2006 年）界定了废物焚烧方面的最先进技术（现有最佳技术，BAT）。该文件自 2014 年 7 月开始接受审查，预计 2019 年公布并生效。与多氯二苯并二恶英和多氯二苯并呋喃（PCDD/PCDF）及多氯联苯不同的是，《欧洲废物焚烧的现有最佳技术参考文件》至今未提及全氟辛酸和其他氟化有机化合物（持久性有机污染物审查委员会成员，2018 年）。在《欧洲废物焚烧的现有最佳技术参考文件》审查进程的最后会议期间，首次提议针对焚烧含有溴化阻燃剂的废物以及在锅炉中连续注入溴作为汞减排技术的工厂，进行溴化二苯并二恶英和二苯并呋喃监测。

55. 消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）目前提交的材料主要支持瑞士提供的资料，而该资料在《风险管理评价》中已经过审议，所提交材料还包括关于在荷兰（哈灵根）最先进的焚烧设施中检测到的全氟辛酸的其他资料。根据消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）

提供的资料，露天燃烧和垃圾焚烧过程中的不完全燃烧可能导致无意中产生全氟辛酸。在实验室实验中，高温焚烧可有效破坏全氟辛酸并防止形成全氟辛酸，但实际上全氟辛酸可能在目前运行的焚烧炉中形成（提供了上文所提哈灵根焚烧炉的原始数据链接作为参考）。[14]消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）得出结论认为，需要严格遵守最佳可行技术和最佳环境实践以避免产生和释放全氟辛酸，并且应将全氟辛酸作为一种无意产生的持久性有机污染物列入附件 C，以反映人为来源的潜在形成和无意释放（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018 年）。另外，根据奥地利提供的资料（2018 年），荷兰文献提供的证据表明，废物焚烧产生的烟气中还含有溴化阻燃剂、多溴联苯醚和全氟辛酸。在不稳定的条件下，还发现了多溴二苯并二恶英和多溴二苯并呋喃（(PBDD/PBDF）。[14]实验室实验还证明，必须将含氟聚合物作为废物焚烧期间产生的卤化有机化合物的可能来源。[15]

56. 根据荷兰最近提交的材料（2018 年 a），不建议将全氟辛酸列入《公约》附件 C，原因如下：首先，荷兰哈灵根市垃圾焚烧炉（容量为 230 000 吨）的数据表明，全氟辛酸的排放量可以忽略不计。利用该装置的流速估算年排放量，特定场地的全氟辛酸排放总量显示为 0.057 克/年（浓度约为 0.01-0.04 纳克/立方米）。另外，十溴联苯醚（decaBDE）等其他持久性有机污染物的排放量的数量级类似，表明在各类焚烧过程中都有可能产生所有持久性有机污染物，这也与近几十年来测量技术大为改进有关。荷兰认为，需要考虑这些原因，使缔约方大会能够适当评价能列入附件 C 的利弊（荷兰，2018 年）。

3.2 原铝生产过程中的无意形成和释放

57. 《风险管理评价》提及欧盟议会 2008 年的一项研究，全氟化碳广泛用于铝生产，全氟化碳的排放（可能包括全氟辛酸；未在研究中指明）在铝制造中的特定电解工艺过程中发生。[16]可以通过几个资料源再次对此进行确认，如 Gibbs 等人（2001 年）指出，已确定原铝生产工艺是两种全氟化碳排放最大的人为来源：四氟化碳（CF_4）和六氟乙烷（C_2F_6）。有人进一步解释称，原铝是利用霍尔-埃鲁特电解工艺生产的，其中熔炼罐本身在还原过程中充当电解槽。当电解槽中的氧化铝矿石含量低于电解所要求的临界水平时，电压快速升高，称之为“阳极效应”。阳极效应导致来自阳极的碳和来自离解的熔融冰晶石电解液相结合，形成 CF_4 和 C_2F_6。另外，国际铝业协会还提供了其他统计资料，包括铝生产导致的全球全氟化碳排放的相关资料。可用数据指的是含有 CF_4 和 C_2F_6 的气体排放量。[17]无法确定能表明全氟辛酸也可能在铝生产过程中释放的相关资料。似乎大多数可用资料都涉及铝生产过程中排放的 CF_4 和 C_2F_6。缔约方和观察员未就铝生产过程中可能释放的全氟辛酸提交更多资料。

3.3 与无意形成和释放有关的概述和结论

58. 总而言之，委员会邀请各缔约方和观察员提供补充资料，以进一步评价由于不完全燃烧和原铝生产而无意形成和释放全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的情况。消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）、荷兰（2018 年 a）和奥地利（2018 年）提供了新资料。英国（2018 年）表示，全氟辛酸并非英国污染物清单

[14] www.harlingen.nl/recloket 和 https://www.harlingen.nl/recloket/monitoring-in-de-schoorsteen_42638/。

[15] Ellis 等人（2001 年）：Ellis, D.A 等人：“含氟聚合物的热解是环境中卤代有机酸的潜在来源”。《自然》第 142 卷，2001 年 7 月 19 日，www.nature.com（2001 年）。

[16] http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2008/393524/IPOL-ENVI_ET(2008)393524_EN.pdf。

[17] http://www.world-aluminium.org/statistics/perfluorocarbon-pfc-emissions/。

上所报告的的物质，因此没有关于其释放的相关数据。对于原铝生产导致的排放而言也是同样的情况（英国，2018 年）。

59. 《风险管理评价》提供的资料显示，全氟辛酸可能会在不适当的焚化或以中等温度进行露天焚烧的过程中无意形成和释放。瑞士提供的最新研究（瑞士联邦环境署，2017 年）显示，在 250℃至 600℃的温度下焚烧可以产生少量但可测出的全氟辛酸。因此，已经得出结论，认为这对于发展中国家和转型国家而言可能尤其重要，在这些国家，废物通常不会被焚烧到足够高的温度，对烟气也没有适当的处理。消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提交的材料与瑞士提交的资料一致，而且还包括关于在荷兰最先进的焚烧设施中检测到的全氟辛酸的资料（浓度约为 0.01-0.04 纳克/立方米）。消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）得出结论认为，需要严格遵守最佳可行技术和最佳环境实践技术，以避免产生和释放全氟辛酸，并且应将全氟辛酸作为一种无意产生的持久性有机污染物列入附件 C。然而，荷兰（2018 年 a）表示，将全氟辛酸列入附件 C 并不是正确的方法，因为估计的年排放量似乎可以忽略不计，用以减少排放的成本也过高。另外，荷兰（2018 年 a）指出，其他持久性有机污染物（如十溴联苯醚）的检出量与全氟辛酸的数量级相似，但其目前尚未被列入附件 C。

60. 缔约方和观察员尚未就在原铝生产过程中可能释放全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的情况提交相关资料。

61. 总之，用于进一步评价因不完全燃烧和原铝生产而无意形成和释放全氟辛酸、其盐类及其相关化合物情况的现有资料有限。对于铝生产过程中可能释放的全氟辛酸，文献中确定的大部分资料都涉及铝生产过程中排放的 CF_4 和 C_2F_6。从目前掌握的资料来看，无法得出结论认为原铝生产是释放到环境中的全氟辛酸的一个相关来源。有人担心全氟辛酸的来源并非焚烧，而是原先存在于产品中。根据所评估的资料，委员会并不建议将全氟辛酸、其盐类及其相关化合物列入《公约》附件 C。其他资料，最好是来自其他废物焚烧炉、露天焚烧和其他无意产生的持久性有机污染物来源的进一步测量值（或定量数据），尤其是来自发展中国家的数据，将有助于今后的审议工作。

4 可能需进一步豁免的全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的用途

4.1 导言

62. 《风险管理评价》确定了一系列用途[18]，涵盖用于生产含氟聚合物（主要是聚四氟乙烯）、用作表面活性剂以及用于生产中间体以便进一步加工的多种应用。《风险管理评价》中记录的所有七种用途在生产、使用期间和物品寿命结束时均有可能产生释放物。在 2017 年 10 月举行的持久性有机污染物审查委员会第十三次会议期间，委员会讨论了这些用途中的每一种用途以及是否需要豁免，但未能得出结论。委员会邀请缔约方和观察员就本文件所列每种用途（见第 1.1 节）的具体方面提供更多资料。

63. 国家和区域当前的管制行动在化学范围和豁免方面有所不同。本文件附录一（《风险管理评价》表 3）概述了加拿大、欧盟和挪威的风险管理管制办法和各项豁免情况。背景文件（UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6）第 3 节进一步详细说明这些国家的立法办法。

[18] 其中涵盖的若干用途在卫生保健领域有所应用。《风险管理评价》根据不同的应用对卫生保健用途作了分类，如“膜”涵盖了全氟辛酸在膜中的所有用途，其中一些将包括医疗应用。为了继续这种区分，可以在以下标题下按应用找到与卫生保健相关的用途：关于膜的第 4.2 节、关于照片成像的第 4.6 节、关于植入式医疗器械的第 4.5 节以及关于所有其他医疗器械的第 4.4 节。

4.2 (a)用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜

4.2.1 导言

64. 《风险管理评价》强调，需要提供更多资料说明是否可能为用于医用纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜设置豁免。需要提供更多资料，阐明应用范围、用量、替代品的可用性和社会经济方面情况，以便设置豁免。

65. 委员会请缔约方和观察员提交关于应用范围、用量、替代品的可用性和社会经济方面的进一步资料及其他相关资料。加拿大（2018 年）、中国（2018 年）、墨西哥（2018 年）以及消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提供了用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜的相关资料。另外，在欧洲无害卫生保健组织（2018 年）和欧洲医学技术联盟（2018 年）提交的材料中确定了更多与医疗器械有关的资料。

4.2.2 可能的管控措施的效能和效率

66. 消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）指出，应确定全氟辛酸的具体用途，以便考虑特定豁免。因此，消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）得出结论认为，不应建议对在用于水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜中使用全氟辛酸的情况设置豁免，因为在评价过程中没有说明具体用途。对于在医疗纺织品中的应用也得出了相同结论（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018 年）。

67. 欧洲医学技术联盟证实，手术用消毒帷帘中可能存在全氟辛酸：“全氟辛酸的存在主要与含氟聚合物如聚四氟乙烯的使用有关”（欧洲医学技术联盟，2018 年）。根据欧洲无害卫生保健组织（2018 年）提交的资料，可在包括纺织品在内的多种保健产品中发现全氟辛酸。然而，尚未掌握关于该部门全氟辛酸使用情况的完整资料。因此，欧洲无害卫生保健组织认为，必须首先收集进一步资料并确定卫生保健部门使用的产品中存在哪些含氟化合物（欧洲无害卫生保健组织，2018 年）。

68. 根据加拿大提交的资料（2018 年），商用过滤膜可由不同材料制成，其中一些基于含氟化合物，如聚偏二氟乙烯（PVDF）、聚（醚砜）（PES）和聚四氟乙烯（PTFE）。全氟辛酸在聚四氟乙烯的乳液聚合中用作表面活性剂。另外，根据加拿大的资料，聚四氟乙烯膜还用于制造纯净水和特需水、饮料和乳制品、化学试剂、生化试剂、发酵罐的空气过滤、微电子设备的净化和过滤、抗菌液体的过滤和分离、医药生产、医院和商业建筑的空调（加拿大，2018 年）。

4.2.3 关于替代品的资料

69. 根据美国环境保护署 2010/15 管理计划，阿科玛公司、朝日公司、巴斯夫公司、科莱恩公司、大金公司、3M/泰良公司、杜邦公司和苏威苏莱克斯公司同意自 2015 年年底开始，在生产含氟聚合物时不使用全氟辛酸（作为加工助剂）。该提议的目标是限制进口和使用以全氟辛酸制造的含氟聚合物并将其投放市场，同时允许使用不是以全氟辛酸制造的含氟聚合物。据报道，2015 年约 70％的全球市场上对含氟聚合物进行了替代（欧洲化学品管理局，2014 年 a）。

70. 《风险管理评价》指出，对于用于过滤油和燃料的过滤材料，一些公司声称没有替代品可用。中国（2018 年）最近提交的材料也如此陈述。但是，还有人进一步指出，正在制定几种策略来使用可能不具有生物蓄积性的全氟辛烷磺酸和全氟辛酸替代品（中国，2018 年）。

71. 《风险管理评价》已经确定了几种用于纺织品的替代品，如短链氟化替代品、不含氟替代品和非化学替代品。在下面的段落中，简要概述了相关替代品（完整详情见《风险管理评价》，但其中并不包括讨论内容）。

短链氟化替代品

72. 《风险管理评价》确定了短链氟化替代品的相关资料。对基于 8:2 氟调聚醇（8:2 FTOH）的含氟调聚物产品，可使用短链 6:2 氟调聚醇作为包括纺织品在内的多种用途的替代产品。该物质不会降解为全氟辛酸而是降解为其它酸，如全氟丁酸（PFBA）、全氟戊酸（PFPeA）、全氟己酸（PFHxA）和 2H,2H,3H,3H-氟辛酸（5:3 氟调聚酸）。未根据《斯德哥尔摩公约》对全氟辛酸的氟化化学替代品（6:2 氟调聚醇、全氟己酸、6:2 甲基丙烯酸酯和 6:2 丙烯酸酯）进行评价。然而，消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案强调有几个相关的科学文献来源，并得出结论认为，这些替代品引起了各方面的关注，包括持久性、长距离运输、水和土壤中的高流动性以及潜在的毒性。例如，在北极和南极发现的 6:2 氟调聚醇具有内分泌干扰特性，在室内空气、制造厂空气、房屋灰尘、食品接触材料和消费品（基于科学文献研究）中均发现了 6:2 氟调聚醇。此外，全氟己基磺酸目前已被提名并正在接受委员会审查（加拿大，2018 年）。《风险管理评价》进一步探讨了关于短链氟化替代品是否符合持久性有机污染物标准的问题，例如在第 179 段中。

73. 在《风险管理评价》编制过程中，行业协会指出，特别是在专业、技术和防护纺织品及其他先进纺织品领域，目前还没有符合法律要求和客户高需求的替代品。不过，以前用全氟辛酸相关化合物处理的仅需满足低性能要求的纺织品可用 C6 产品甚至无氟替代品进行处理（见《风险管理评价》）。

74. 欧洲服装和纺织联合会指出，与使用 C_8 化学品所观察到的排放相比，使用基于 6:2 含氟调聚物的整理剂处理的技术纺织品在生命周期中的多氟和全氟烷基物质总排放量通常多 4-8 倍（见《风险管理评价》）。

无氟替代品

75. 《风险管理评价》指出，纺织业中的无氟替代品包括石蜡、α-烯烃改性硅氧烷、脂肪酸改性三聚氰胺树脂和脂肪酸改性聚氨酯等，可用于防水要求低的纺织品。在某些情况下，当使用无氟替代品时，由于化学、拒油和（或）拒污属性差；不够耐磨和（或）耐洗涤，导致无法达到技术纺织品的质量要求。可用于润滑剂和拒污剂的替代品有限。据报道，最主要的拒水剂替代品是硅基制剂。其中包括高分子量聚二甲基硅氧烷（PDMS）、硅硐与氯化硬脂酰胺甲基嘧啶（有时与碳酰胺（尿素）和三聚氰胺树脂组合）的混合物、蜡和石蜡（通常由改性三聚氰胺基树脂组成）以及正在开发中的模仿莲花拒水能力的树形化合物。目前已有用于拒污和拒水等类似功能的替代品可用，包括基于丙烯酸酯、甲基丙烯酸乙酯和聚氨酯聚合物的纺织品表面处理应用（见《风险管理评价》）。

76. 《风险管理评价》指出，不含氟碳的纺织品拒水整理剂商业产品包括：德国格雷茨里德的鲁道夫化工公司销售的 BIONIC-FINISH®ECO 和 RUCO-DRY®ECO；德国魏因海姆的弗罗伊登堡集团公司销售的 Purtex®WR、Purtex®WA、Purtex®AP；以及瑞士塞沃伦的希尔技术有限公司销售的 ecorepel®（见《风险管理评价》）。

77. 《风险管理评价》指出，石蜡拒水剂是液体乳剂，生产者认为其不应被分类为对健康有害物质。然而，一些确定的成分似乎有害。大多数产品的主要成分是石蜡油/蜡（长链烷烃的混合物），其被认为在纯净形式下无害。一些产品还含有异氰酸酯、二丙二醇、金属盐，这些可能是有害的（见《风险管理评价》）。

78. 《风险管理评价》指出，聚二甲基硅氧烷是惰性的，一般没有不良影响。各种硅氧烷，特别是称为 D4、D5 和 D6 的环状硅氧烷和特定的线性硅氧烷是用于合成织物浸渍所用硅酮聚合物的中间体。某些硅氧烷在环境中具有持续性且分布广泛。主要是在城市地区和水生环境中测出。在污水处理厂排水口附近捕获的鱼类肝脏中发现较高含量。硅氧烷通常通过沉淀从水相中除去，并且在沉积物中表现出较长的半衰期。在土壤中，硅氧烷根据条件转化为羟基化形式，其仍然可能具有持久性。在加拿大，得出的结论是，D4 正在以较大数量或较高浓度进入环境，或所处状况已经或可能对环境或其生物多样性产生短期或长期的有害影响（见《风险管理评价》）。在欧洲，根据《化学品注册、评价、授权和限制条例》，鉴于其持久性、生物蓄积性和毒性及（或）高持久性和高生物蓄积性的属性，将 D4、D5 和 D6 确定为高度关注物质。[19]最近对澳大利亚环状硅氧烷工业用途形成的生态风险进行了评估。该评估得出结论认为，D4、D5 和 D6 在空气和沉积物介质中具有持久性，并且 D4 和 D5 可以在鱼类中生物富集。根据澳大利亚国家工业化学品通报和评估计划（NICNAS），尽管一小部分使用中的环状硅氧烷被排放到水生环境中，但目前这些排放并未被认为对水生生物构成直接风险（澳大利亚国家工业化学品通报和评估计划，2018 年）。

79. 消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提交的资料显示，已有符合监管要求但不含全氟辛酸且在技术上可行的替代品。其中包括手术服和帷帘。[20] [21] [22] [23] Wang 等人（2015 年）和鲁道夫集团（2018 年）表示，用于纺织品预处理、涂层、上浆和精加工的“基于高分子量和高支化聚合物的非氟化纺织品拒水整理剂已实现了商业化”，并可能应用于医疗纺织品。

80. 《风险管理评价》指出，对于基于树形化合物的拒水剂，没有关于活性物质及其他成分的健康属性的数据，但商业产品的生产者已经在物质安全资料表中提供了健康数据，并就产品分类提出一些建议。据生产者提供的资料，这些产品不应被归类为对环境有害，但根据现有资料无法评估此种说法。产品成分不够具体，不足以进行评估，但是某些产品包括未知的硅氧烷、阳离子聚合物、异氰酸酯或刺激性的有机酸。总之，这组化学品的现有资料不足以就浸渍剂可能的健康影响进行评估（见《风险管理评价》）。

81. 《风险管理评价》确定了用于水和污水处理反渗透膜的全氟辛酸替代品。《风险管理评价》指出，对于膜而言，一种聚四氟乙烯替代品是疏水性聚酯与亲水性聚合物的复合物，形成允许织物透气的微观结构（见《风险管理评价》）。

82. Syndar Filtration 制造用于各种目的的膜，包括用于水过滤、污水处理、生产工艺和医疗应用的膜。它们在这些应用中使用无氟材料，包括：聚丙烯腈（PAN），最常用于油/水分离和类似应用；聚醚砜（PES），最常用于蛋白质浓缩和提纯；以及薄膜复合材料，这些

[19] https://echa.europa.eu/documents/10162/23843530/msc-60_minutes_en.pdf/f407b9e7-78a4-966d-cc51-9d36b8c7ee3e；https://echa.europa.eu/de/candidate-list-table/-/dislist/details/0b0236e18263bf5e；https://echa.europa.eu/de/candidate-list-table/-/dislist/details/0b0236e1826466a3；https://echa.europa.eu/de/candidate-list-table/-/dislist/details/0b0236e18263c05e。

[20] http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSu9n_zu8l00xm8mBl8t94v70k17zHvu9lxtD7xt1evSSSSSS-。

[21] https://www.daikinchem.de/products-and-performance/water-oil-repellency。

[22] https://products.halyardhealth.com/surgical-solutions/surgical-gowns/breathable-high-performance-gowns/halyard-microcool-breathable-high-performance-surgical-gown-with-secure-fit-technology.html。

[23] https://www.agcchem.com/news/2016/june-1-2016-asahiguard-ag-e600-repellent-provides-sustainable-solution-for-nonwoven-medical-textiles。

膜使用聚醚砜与聚酰胺涂层，用于各种浓缩和净化应用[24]（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018 年）。

非化学替代品

83. 鉴于消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提供的资料，基于在猪笼草属植物中所发现物质的仿生注液光滑多孔表面虽然仍处于开发阶段，但应用广泛，包括生物医学设备、光学传感、流体/燃料处理和防污; 并为表面处理提供了可行的替代品。[25]

4.2.4 关于社会影响的资料

84. 根据纺织业提交的文件，技术纺织部门必须满足很多不同的性能标准，特别是医疗、化学和环保标准。纺织品必须通过漫长认证程序，可能需数年时间，并且几种纺织品受到其他多项欧盟和国内法律的监管（见《风险管理评价》）。

85. 欧洲化学品管理局（2014 年）指出，全球约 70%的市场在含氟聚合物生产行业中采用了替代品，价格涨幅适中（见《风险管理评价》）。

86. 消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）在其最近提交的材料中指出，禁止在这些应用中使用这些物质可限制进一步释放和接触全氟辛酸，从而对人体健康和环境产生积极影响， 并对制造替代品，特别是非氟化替代品的企业产生积极影响。

87. 墨西哥（2018 年）将支持为在医疗实践中使用的膜提供特定豁免，以防对患者造成影响，但没有提供进一步资料或理由。

4.2.5 资料综述

88. 欧洲无害卫生保健组织表示，用于医疗纺织品的膜可能包括用来防止接触血液或液体的产品，如手术用消毒帷帘，其中全氟辛酸的存在主要与使用含氟聚合物有关。然而，它们指出，已有技术上可行但不含全氟辛酸的替代品可以满足监管要求，其中包括手术服和手术用消毒帷帘。[26] [27] [28] [29]

89. 根据加拿大提交的资料（2018 年），全氟辛酸可用作聚四氟乙烯乳液聚合中的表面活性剂。聚四氟乙烯膜据报告被用于各种应用（例如，见加拿大，2018 年）。

90. 根据《风险管理评价》，对于用于过滤油和燃料的过滤材料，一些公司声称没有替代品可用。但具体资料不详。

[24] http://synderfiltration.com/，以及 2017 年 1 月 9 日与 Syndar Filtration 公司全球销售经理 Kevin Donohue 的私人通信。

[25] Wong、T-S 等人，2011 年。“具有压力稳定全方位疏水性的仿生自修复光滑表面”。《自然》477：443-447。

[26] http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSu9n_zu8l00xm8mBl8t94v70k17zHvu9lxtD7xt1evSSSSSS-。

[27] https://www.daikinchem.de/products-and-performance/water-oil-repellency。

[28] https://products.halyardhealth.com/surgical-solutions/surgical-gowns/breathable-high-performance-gowns/halyard-microcool-breathable-high-performance-surgical-gown-with-secure-fit-technology.html。

[29] https://www.agcchem.com/news/2016/june-1-2016-asahiguard-ag-e600-repellent-provides-sustainable-solution-for-nonwoven-medical-textiles。

91. 根据现有资料，对于用于医疗纺织品和水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜，存在技术和（或）经济上可行的替代品。没有确定需要 C_8 化学品的具体应用。

92. 消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）指出，禁止将全氟辛酸用于这些应用，将有利于制造替代品，特别是非氟化替代品的公司。到 2015 年年底，70％生产含氟聚合物的市场已取代了全氟辛酸的用途，价格涨幅适中（欧洲化学品管理局，2014 年 a）。这表明用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜可能无需全氟辛酸就能生产。

93. 委员会要求提供关于应用范围、用量、替代品的可用性和社会经济方面的信息。欧洲无害卫生保健组织（2018 年）、加拿大（2018 年）、消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提交了关于应用范围和替代品的可用性的资料。消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）表示，由于可行的替代品已存在并正在使用，所以不允许将全氟辛酸用于这些用途而造成的社会经济影响应该更为有限。为了进一步评价可能设置的豁免，需要提供具体应用的用量和相关资料，以便能够评价社会经济方面情况和关于替代品可能不具有可用性的资料。最后，关于应用范围、用量、替代品不可用性和社会经济方面情况的更多具体资料仍然缺乏，经审查的资料并没有为委员会评价是否有设置豁免的具体需求提供实质性帮助。

4.2.6 结论

94. 根据对现有资料的评价，不建议为用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜设置豁免。

4.3 (b) 将全氟辛基碘（PFOI）用作分离中间体，以便能够在生产场地以外的另一个场地再处理成四氟乙烯（TFE）和六氟丙烯（HFP）

95. 《全氟辛酸风险管理评价》强调，可能需要提供更多资料说明是否可能为运输的分离中间体设置豁免。欧盟限制条例第 4（c）款（修正欧盟第 1907/2006 号指令的欧盟第 2017/1000 号指令）给予分离中间体运输无时限的豁免，前提是该用途符合《化学品注册、评价、授权和限制条例》第 18(4)条给出的严格控制条件的定义（下文进一步描述）。因此，应根据《斯德哥尔摩公约》评估是否需要提供豁免，以便在生产场地以外的不同场地进行再处理。《风险管理评价》中引用的条件可能与欧盟限制条例中规定的条件类似：“（1）在物质的整个生命周期内，通过技术手段加以严格控制，包括制造、纯化、设备清洁和维护、取样、分析、设备或车辆的装载和卸载、废物处置或净化，以及储存；（2）应采用各种程序和控制技术，尽量减少排放和由此导致的任何接触；（3）只有经过适当培训和授权的人员才能处理该物质；（4）在开展清洁和维护工作的情况下，在打开和进入系统之前应用吹洗和冲洗等特殊程序；（5）在发生事故和产生废物的情况下，在净化或清洁和维护程序中使用各种程序和（或）控制技术来尽量减少排放和由此导致的接触；（6）物质处理程序有详细的文件记载，并由现场操作员严格监督”。

96. 委员会邀请缔约方和观察员提供资料，协助界定可能的特定豁免，特别是有关运输的分离中间体的特定豁免，以便能够在生产场地以外的不同场地进行再处理。委员会要求提供与用量、运输范围和可能的风险以及使用情况相关的信息。

97. 消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）、氟理事会（2018 年）、挪威（2018 年）和荷兰（2018 年 a）已提交相关资料。

4.3.1 可能管控措施的效能和效率

98. 应考虑根据《斯德哥尔摩公约》给予豁免，其条件与根据欧盟限制措施（欧盟第2017/1000 号指令）方法设定的条件相似。消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）指出，提议对在全球一级运输分离中间体提供豁免，损害了《斯德哥尔摩公约》的完整性。《公约》将与中间体有关的通用豁免限于在制造其他化学品过程中发生化学变化的、有限场地严密封闭系统内的中间体，而考虑到附件 D 第1段所列标准，那些化学品并未显示出持久性有机污染物的特性。[30] 但是，仍然可以要求对中间体运输给予豁免。

99. 《风险管理评价》中有关全氟辛基碘（PFOI，化学文摘社编号：2043-57-4）运输的部分已考虑了对大金工业有限公司运输分离中间体提供豁免，全氟辛基碘在生产基于6:2含氟调聚物的物质的过程中产生，然后其中一部分全氟辛基碘作为分离中间体被运输到日本的另一个场地生产全氟溴辛烷，用于制药应用（见《风险管理评价》第 89 和第 201 段）。

100. 氟理事会（2018 年）提交了为“将全氟辛基碘作为中间体生产四氟乙烯（TFE，化学文摘社编号：116-14-3）和六氟丙烯（HFP，化学文摘社编号：116-15-4）的用途”提供豁免的请求。氟理事会提供资料介绍了其成员昂高公司研究和开发（研发）活动的过程，以及全氟辛基碘使用的严格条件（从其在制造 C_6 含氟调聚物的过程中作为一种意外侧链组分（副产品）产生到将其再处理成四氟乙烯）。

101. Brown 等人（2008 年）完成的研究表明，全氟辛基碘是一种全氟辛酸相关化合物（120 种物质中的一种），根据模拟研究预测，全氟辛基碘会成为北极地区的一种污染物。Brown 等人（2008 年）还称，全氟辛基碘与已知的北极地区污染物的结构特征相匹配。雄性青鳉鱼的体内研究表明，全氟辛基碘对雌激素基因有剂量依赖性上调作用，这表明它对内分泌有影响（Wang 等人，2011 年）。Wang 等人（2015 年）指出，在体外人类肾上腺皮质细胞中，微摩尔浓度（uM）的全氟辛基碘上调了 10 种类固醇合成基因。全氟辛基碘的全球化学品统一分类和标签制度危险说明指出，它“可能对水生生物造成长期持久的有害影响”，欧盟的防范说明代码包括 P273（避免释放到环境中）。

102. 昂高公司（氟理事会成员）在德国的一个单独场地生产 C_6 含氟调聚物。在 C_6 调聚期间，全氟辛基碘作为 C_8 /长链含氟调聚物的意外侧链组分产生，残余组分包括一些链长较长的物质，例如 $C_{10}F_{21}$-I 和可能的 $C_{12}F_{25}$-I 以及其他非氟化物质。在削减工作影响下，预计到 2020 年残余组分的构成将从 C_{12} 和 C_{10} 进一步向 C_8 转移。这一组分也由 $C_{10}F_{21}$-I 和可能的 $C_{12}F_{25}$-I 组成，被装入封闭的桶中送往大韩民国的一家工厂，该公司声称碘回收和再加工成四氟乙烯和六氟丙烯是在封闭系统条件下进行的。四氟乙烯和六氟丙烯用作生产含氟聚合物和 C6 氟代调聚物的原料。关于此事项，韩国的这家公司已告知韩国政府，该设施将在 2019 年底之前停止进口全氟辛基碘中间体。

103. 在欧盟，全氟辛基碘依据《化学品注册、评价、授权和限制条例》[31]被注册为一种运输的分离中间体，以便进行异地再处理，并且获得豁免，不受《化学品注册、评价、授权和限制条例》对全氟辛酸的限制（氟理事会，2018 年 a）。氟理事会表示，不能通过热解直接对全氟辛基碘进行再处理来获得所需产品四氟乙烯和六氟丙烯，原因是这样做会产生碘污染，所以不能将全氟辛基碘用于下游聚合反应（氟理事会，2018 年 a）。

104. 氟理事会没有报告目前拟议豁免所涵盖的全氟辛基碘组分的数量，但表示研发项目正在进行中，目的是进一步减少这一组分（3 到 6 倍）。到 2020 年，昂高公司估计在其制

[30] 《斯德哥尔摩公约》附件 A 和 B 第一部分注（三）。

[31] 欧盟关于化学品注册、评价、授权和限制的第 1906/2006 号条例。

造场地生产 C_6 含氟调聚物时产生的意外侧链组分（副产品）全氟辛基碘的数量每年将在 50 吨至 100 吨之间（氟理事会，2018 年 a）。

105. 根据氟理事会提交的材料，全氟辛基碘进行再处理后转变为四氟乙烯和六氟丙烯是通过碘回收和随后的热解实现的（氟理事会，2018 年 a）。四氟乙烯和六氟丙烯都是气体，可用于作为生产含氟聚合物和 C_6 含氟调聚物的原料。与全氟辛基碘焚烧相比，预计这一过程不会显著增加全氟辛基碘的释放量，特别是由于前者因缺少现场碘回收环节而需要运输并且焚烧可能产生排放量。如果豁免申请没有获得批准，昂高公司认为只能对全氟辛基碘进行贮存。由于贮存不是一个可行的办法，可能不得不设想关闭生产场地（氟理事会，2018 年 a）。

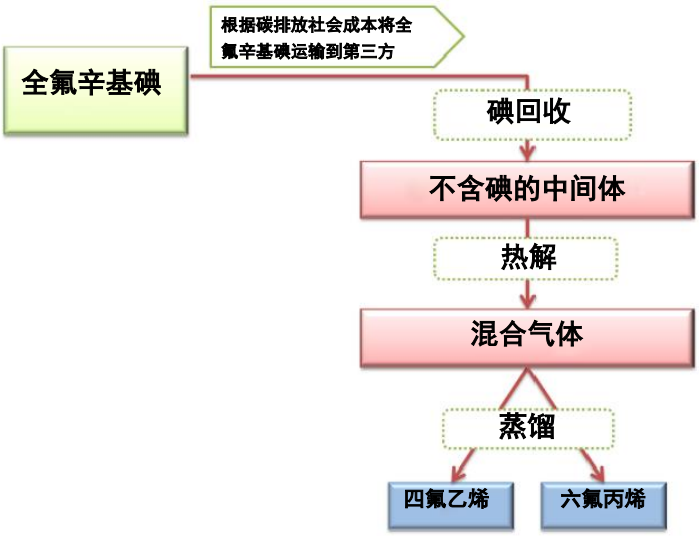

图 4.1 全氟辛基碘封闭系统再处理（氟理事会, 2018 年 a）

106. 氟理事会指出，在《公约》关于全氟辛酸的条款生效后，开发一项由其成员进行现场碘提取的技术还将花费若干年，并将导致产生 1-H-PFO，而该物质目前属于全氟辛酸相关化合物的定义范畴。氟理事会认为，从未观察到 1-H-PFO 降解为全氟辛酸。假如 1-H-PFO 不会被确定为全氟辛酸相关化合物，全氟辛基碘在封闭系统内转化为 1-H-PFO 的过程就可能有资格获得关于在生产非持久性有机污染物物质过程中在封闭系统内使用现场中间体的附件 A 第一部分注（三）或附件 B 第一部分注（三）规定的通用豁免（氟理事会，2018 年 a）。现场碘提取的可行性取决于物质 1-H-PFO 的状态。1-H-PFO，而不是全氟辛基碘，则需要运输后进行再处理。有关 1-H-PFO 作为全氟辛酸相关化合物情况的更多资料可在关于化学特性的章节中找到（见关于化学特性的第 2 节）。

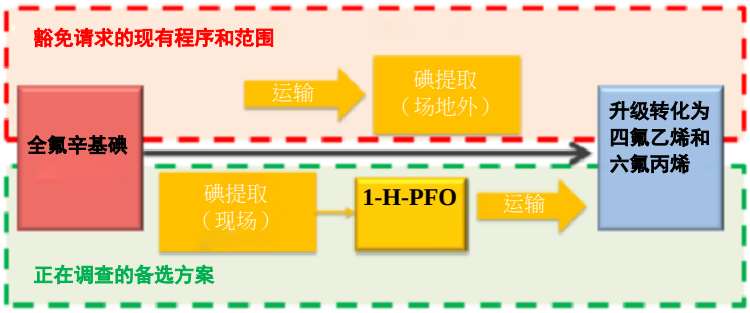

图 4.2 目前场外再处理程序（红色虚线）和现场处理办法（绿色虚线）（氟理事会, 2018 年 a）

107. 氟理事会提交的材料（氟理事会，2018 年 a）指出，其成员之一昂高公司打算将作为中间体的全氟辛基碘运至另一个场地进行再处理，至少以此作为过渡期间做法。氟理事会的成员提交了有关采取风险管理措施以避免释放的资料。昂高公司认为，豁免请求所涵盖的所有步骤都采用最佳可行技术，并在封闭系统中进行，其一不接触水，其二对废气进行焚烧处理。唯一的例外涉及用于运输全氟辛基碘组分的集装箱的装载/卸载，氟理事会声称在此过程中已经实施了严格管控的条件（氟理事会，2018 年 b）。没有提供有关这些程序的独立验证情况。

108. 昂高公司指出，生产人员受到监督和培训，所有程序都有详细记录，大多数程序由程序控制系统控制。维护操作（通常是清除堵塞）是对使用后被焚烧的产品进行的。产生全氟辛基碘组分的 C_6 生产发生在一个封闭系统中，所有的生产单元都通过封闭管道连接。单元之间有用于缓冲产品的容器。2016 年，昂高公司进行了大量投资，在生产过程中终止了与水的任何接触，从而防止在废水中出现任何含氟化学品（氟理事会，2018 年 b）。氟理事会报告称，唯一可能的排放物是在焚烧的废气中。集装箱运输的装卸步骤是在局部通风的情况下进行的。昂高公司称，全氟辛基碘组分以挥发性很低的液体形式存在，这进一步降低了排放风险。然后通过活性炭吸附过滤空气流。过滤器将被焚烧。进行该操作的工作人员身穿防护服。昂高公司称，整个无意侧链组分通过专用的集装箱运输，由一个经验丰富的化学品专业运输公司进行。将全氟辛基碘再处理为四氟乙烯和六氟丙烯，包括碘提取、热解和蒸馏的中间步骤，均在封闭系统和惰性气体条件下进行，且该过程不接触水。昂高公司称，唯一可能的排放物是焚烧后的残余废气（2018 年）。该工艺造成的排放量估计是，对于每年 100 吨全氟辛基碘产量，排放量约为每年 10 千克。排放仅限于空气，因为此工艺不涉及与水接触。排放仅限于装载和卸载步骤，并且将随着全氟辛基碘馏分的减少而进一步下降。没有提供有关这些程序的独立验证情况。

109. 昂高公司风险管理措施概要如下：

程序步骤	风险管理措施-大体	风险管理措施-具体
利用全氟辛基碘组分生产 C_6	封闭系统	不接触水，废气焚烧
装载	严格受控条件	防护装备、局部通风，通过活性炭吸收过滤的废气，焚化过滤器
运输	密闭容器	专用密闭容器，配备运输危险化学品的船舶
卸载	严格受控条件	防护装备、局部通风，通过活性炭吸收过滤的废气，焚化过滤器
碘回收	封闭系统	惰性气体条件，不与水接触，焚烧废气
热解	封闭系统	惰性气体条件，不与水接触，焚烧废气
蒸馏	封闭系统	惰性气体条件，不与水接触，焚烧残留气体

图 4.3 处理全氟辛基碘组分的风险管理措施（氟理事会, 2018 年 b）

110. 消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案提供的资料表明，四氟乙烯在水、沉积物或土壤中不易生物降解，据合理预期属于人类致癌物[32]，

[32] https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono110-02.pdf；https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono71-54.pdf；http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/eleventh/profiles/s170tfe.pdf。

而六氟丙烯具有持久性，大气半衰期为 21-95 天[33]。有一种六氟丙烯衍生物会损害肝脏，在鲤鱼中生物蓄积，并已在人体中发现[34]。确有关于通常制造的 C_6 含氟调聚物的数据表明，这些物质具有的特性让人担忧其具有持久性有机污染物的特性（消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018 年 a；Brendel 等人，2018 年；Ritscher 等人，2018 年）。例如，消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案提供了同行评审出版物中关于 6:2 氟调聚醇（6:2 FTOH）特性的资料（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018 年 a）。此外，中国担心 6:2 全氟和多氟烷基物质的用量增加会导致环境中 6:2 氟调羧酸浓度增加（中国，2018 年）。

111. 最后，消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）表示，委员会不应建议为无场地限制的分离中间体提供豁免。消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案指出，拟议豁免也将打开以“再处理”为幌子在发展中国家和转型国家倾销废料的大门。消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案认为，这种豁免可能导致进一步大量释放全氟辛酸（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案, 2018 年 a）。昂高公司称，运输过程将遵守《公约》第 3 条的严格规定。

4.3.2 关于替代品的资料

112. 氟理事会没有提及替代物质，但提到了现场处理全氟辛基碘的可能性。据报告，这种工艺流程并不能及时到位，而且会导致产生 1-H-PFO，后者目前属于全氟辛酸相关化合物的定义范畴。

4.3.3 关于对社会影响的资料

113. 氟理事会认为，如果不给予豁免，则需要现场存储，这可能会导致其成员公司的生产场地关闭。关闭会直接导致失业并影响供应商和下游用户。由于碘含量会导致装置在高温下快速腐蚀，因此不可能在没有提取碘的情况下对焚化设施中的全氟辛基碘组分进行处理（氟理事会，2018 年 b）。在考虑对社会的影响时，必须也要考虑到在全氟辛基碘（意外）释放情况下的影响等可能的负面影响。

4.3.4 资料综述

114. 在昂高公司（氟理事会成员）的场地，全氟辛基碘是在生产 C_6 含氟调聚物时产生的意外侧链组分（副产品）。氟理事会表示，其成员目前不能在现场对全氟辛基碘进行再处理以转化为四氟乙烯和六氟丙烯。因此，它们要求豁免将全氟辛基碘作为一种分离中间体运输到另一个场地进行再处理以转化成四氟乙烯和六氟丙烯。Brown 等人（2008 年）完成了对 120 种物质的模拟研究，表明全氟辛基碘是一种全氟辛酸相关化合物，有可能成为北极地区的一种污染物。

115. 昂高公司（2018 年）指出，在《公约》关于全氟辛酸的条款生效后，开发一项现场碘提取技术还将花费若干年，并将导致生产 1-H-PFO，而该物质目前属于全氟辛酸相关化合物的定义范畴。如果现场进行碘提取，1-H-PFO 将被运输用于再处理。总之，昂高公司的提议要求为运输作为中间体的全氟辛基碘提供豁免，因为 1-H-PFO 是一种全氟辛酸相关化合物（见上文第 48 段）。

[33] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hexafluoropropene#section=Ecological-Information。

[34] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28780851。

4.3.5 结论

116. 在持久性有机污染物审查委员会第十四次会议讨论期间，上述韩国公司告知韩国政府，该设施将在 2019 年底之前停止进口全氟辛基碘中间体。在此次会议上，昂高公司还告知，已计划寻找全氟辛基碘的新客户。由于这个时间早于将全氟辛酸列入《公约》附件 A 的修正生效之日，而且并未提供关于预计待定用途的详细资料，所以委员会得出结论认为，无法充分评价特定豁免的必要性。因此，不建议为使用无意产生的副产品全氟辛基碘（PFOI）作为分离中间体提供有时限的特定豁免，以便能够在生产场地以外的另一个场地再处理成四氟乙烯（TFE）和六氟丙烯（HFP）。

4.4 (c)除植入式器械之外的医疗器械

4.4.1 导言

117. 《全氟辛酸风险管理评价》强调，可能需要提供更多资料说明是否可能为医疗器械设置豁免。资料请求明确要求提供资料说明具体应用/用途以及需要潜在相关豁免的预期时间表。

118. 加拿大（2018 年）、消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年、欧洲医学技术联盟（2018 年）提交了相关资料。欧洲无害卫生保健组织（2018 年）也提供了与医疗器械（包括植入式医疗器械）有关的资料。

119. 欧洲医学技术联盟（2018 年）在其提交的材料中提供了详细资料，指出全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物在医疗环境中既被用作非聚合物质，也被用作侧链氟化聚合物[35]（包括聚四氟乙烯）。欧洲化学品管理局（2015 年 a）的报告作为欧洲限制措施的一部分估计，欧洲用于医疗器械的全氟辛酸数量低于每年 1 千克。按欧洲占 20%全球市场份额计算，从欧盟的估计数可以推断出相应的全球用量低于每年 5 千克。

120. 在欧盟限制措施（修正欧盟第 1907/2006 号指令的欧盟第 2017/1000 号指令）中，对第 93/42/EEC 号指令（欧盟有关医疗器械的指令）范围内的某些植入式医疗器械以外的医疗器械给予有时限的豁免（至 2032 年 7 月 4 日）。对于植入式医疗器械的生产，欧盟给出了无时限的豁免。挪威对医疗器械实行豁免（没有时限）。在加拿大，进口、使用、销售和标价出售含全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的医疗器械不受限制。消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提交的资料指出，依照《公约》规定，需要明确说明获得豁免的具体用途，以便已获批准的缔约方轻松执行豁免。已经提供了关于医疗设备内具体用途的有限数据。

121. 《全氟辛酸风险管理评价》指出，可以考虑为医疗器械的使用提供豁免（有或没有时限）。然而，持久性有机污染物审查委员会第十三次会议尚未得出结论，委员会邀请缔约方和观察员进一步提交资料说明具体应用/用途以及需要潜在相关豁免的预期时间表。

4.4.2 可能的管控措施的效能和效率

<u>确定医疗器械中全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物的用途</u>

122. 欧洲医学技术联盟（2018 年）和欧洲地中海联盟（2015 年）评论称，医疗器械制造商包括多达 11,000 家供应商，其供应链在全球有五至七层。它们表示，全球供应链使收集关于具体应用的资料变得困难。欧洲医学技术联盟（2018 年）进一步评论说，供应链的多

[35] 基于含氟调聚物的聚合产品也被称为“侧链氟化聚合物”。这些产品由具有多氟烷基侧链的烃骨架组成，如同梳齿一样突出。这些聚合物用于处理纺织品、地毯、无纺布和纸张，以具备防水、抗尘、拒油和抗污属性。https://fluorocouncil.com/fluorotechnology/terminology/。

种应用和复杂性使得编制详细的用途清单非常具有挑战性。然而，欧洲医学技术联盟（2018 年）指出，根据对其成员的调查，全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物将作为在制造聚四氟乙烯过程中的一种副产品出现在医疗器械中，其中全氟辛酸被用作乳化剂。聚四氟乙烯在医疗器械中的用途是根据其耐化学性、耐热性、润滑性和生物相容性来选择的。然而，必须认识到，在聚四氟乙烯中使用的全氟辛酸替代品和不含全氟辛酸的聚四氟乙烯产品已经开发出来（在关于替代品资料的第 4.4.3 节中进一步讨论），并在某些地理区域通过了商业化监管测试。

123. 2010/15 全氟辛酸管理计划（由美国环境保护署主持）涉及全球的八家主要的全氟辛酸制造商，通过这项计划，全氟辛酸在欧盟已停止制造，在美国和日本大幅减少。[36]然而，欧洲医学技术联盟（2018 年）还评论指出，主要组件在欧洲以外的地区生产，可能会使用全氟辛酸（在中国和印度生产）作为生产应用聚合物的一种原材料投入（欧洲地中海联盟，2015 年）。

124. 欧洲医学技术联盟（2018 年）指出，当全氟辛酸用于生产通用组件所用的聚四氟乙烯时，微量物质最终可能会出现在医疗设备中，例如：

(a) 电缆和接线；

(b) 电子产品（绝缘体、焊铁套筒、气相焊接介质）；

(c) 摄影应用（见第 4.6 节）；及

(d) 医疗物品（无纺布服装、手术用消毒帷帘和手术服的防污和防水剂（见第 4.2 节）、手术贴片和血管导管。

125. 上述部件可应用于各种医疗器械，包括传感器、心血管设备、血管导管、保护管、植入物和整形外科装置。可以用含有全氟辛酸的聚四氟乙烯制造侵入式医疗器械，包括但不限于导丝、球囊导管和导引器片。

126. 欧洲化学品管理局关于欧洲限制措施的一份报告（欧洲化学品管理局，2015 年 a）评论指出，医疗器械中聚四氟乙烯的总使用量及全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物的数量未知。然而，欧洲化学品管理局（2015 年 a）根据与该行业开展的一项调查估计，整个欧洲使用的医疗器械中全氟辛酸的总量不会超过 1 千克。欧洲化学品管理局（2015 年 a）估计，欧盟使用的聚四氟乙烯占全球总需求量的 20%，因此，假设全氟辛酸在其他非欧盟地理区域的使用情况相似，可以推断全球医疗器械中全氟辛酸的总量不超过 5 千克。

可能豁免的预期时间表

127. 欧洲医学技术联盟（2018 年）指出，医疗部门内的物质替代可能与其他部门的替代不同。这是因为医疗设备须接受审查并遵循严格的监管要求。欧洲医学技术联盟（2018 年）进而指出，材料的变化可能会影响器械的可靠性，因此需要像评价一种新设备一样予以评价，包括临床试验的潜在需求，而这会推迟过渡。欧洲医学技术联盟（2018 年）指出，已进入供应链的产品将具有 3 至 5 年的保存期，这主要与产品的无菌化有关，因此，在相关时间段内需要获得豁免。目前尚不清楚这仅涉及植入式医疗器械还是所有医疗器械。

128. 欧盟限制措施（欧盟第 2017/1000 号指令）允许对所有医疗器械（不包括植入式医疗器械）提供 15 年豁免，对植入式医疗器械提供无时限的豁免。预计 2032 年 7 月 4 日期满。欧洲化学品管理局认为（在欧洲化学品管理局内，2015 年 a），设置豁免期限的原因与医

[36] https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/risk-management-and-polyfluoroalkyl-substances-pfass#tab-3。

疗设备的严格监管要求有关，这可能延迟替代品的替代，而且较短时间的豁免可能意味着医疗保健部门将无法获得某些关键应用。

4.4.3 关于替代品的资料

129. 加拿大（2018 年）在邀请提交的材料中指出，全氟辛酸在医疗器械中的主要用途是在聚四氟乙烯乳液聚合中作为加工助剂；然而，加拿大表示零全氟辛酸聚四氟乙烯产品现已投放市场。消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）也评论指出，不含全氟辛酸的聚四氟乙烯产品已经商业化并已投放美国市场。

130. 《风险管理评价》概述了市场上现有的主要的不含全氟辛酸的聚四氟乙烯产品。由于缺乏更多新资料并为便于阅读，以下段落所提供的这方面的资料来自《风险管理评价》。

131. 在欧盟的限制进程中评估了三种全氟辛酸的替代品（GenX、ADONA 和 EEA-NH_4），这些产品通常具有较短和（或）氟化程度较低的醚部分（欧洲化学品管理局，2015 年 b，C3 节）。C_3 二聚盐[37]、ADONA 和 EEA-NH_4 作为全氟辛酸的替代品用作聚合加工助剂，在此应用中，其作为乳化剂，使水相中的反应物与疏水相中的反应物在乳液中接触并彼此发生反应（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。欧洲化学品管理局指出，大多数利益攸关方表示，用全氟辛酸生产的含氟聚合物与用替代品生产的含氟聚合物之间没有技术上的差别（或利益攸关方不了解是否存在差别）（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。在欧盟公众咨询期间，含氟聚合物制造商表示，使用替代品时，生产成本的变化为零至增加 20%（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。增加的原因是替代品的成本较高，以及制造一个单位含氟聚合物所需的替代品数量较多。一些下游用户提到，用替代品取代全氟辛酸之后，没有产生成本效应。

132. 关于潜在替代品的持久性、生物蓄积性和毒性的更多资料详见《风险管理评价》。

4.4.4 关于社会影响的资料

133. 欧洲医学技术联盟（2018 年）评论指出，在医疗器械投放市场之前，会在执行监管程序的过程中对其健康风险进行充分评估。欧洲医疗器械行业表示完全支持逐步淘汰全氟辛酸，但要求提供有时限的豁免，以避免扰乱市场，并便于采取可正常执行的替代措施。关于废物影响，所涉全氟辛酸的数量被视为很小，并且可以预料到大多数医疗器械将按照适用于医院的严格的废物处置要求得到处置。但是，医疗废物处置措施的严格程度将有所不同。

4.4.5 其他考虑因素

134. 无。

4.4.6 资料综述

135. 欧洲医学技术联盟（2018 年）指出，根据对其成员的调查，全氟辛酸将主要作为制造聚四氟乙烯过程中的一种副产品出现在医疗器械中。但是，必须认识到，已经开发了在聚四氟乙烯中使用的全氟辛酸替代品和不含全氟辛酸的聚四氟乙烯产品（Nesbitt，2017 年）。欧洲医学技术联盟（2018 年）和欧洲地中海联盟（2015 年）都强调，由于聚四氟乙烯的使用方式非常多样，所以很难编制卫生保健领域具体应用的详细清单。但是，依照《公约》规定，应具体确定全氟辛酸的用途，以便考虑设置豁免。聚四氟乙烯在医疗器械中的通用用途包括电缆和接线、电子产品（如绝缘体、焊铁套管和气相焊接介质）、摄影

[37] 国际化联名称： Ammonium 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)-propanoate；化学文摘社编号 62037-80-3。

应用、医疗物品（如无纺布服装、手术用消毒帷帘和手术服的防污和防水剂及血管导管）。欧洲化学品管理局（2015 年）对医疗器械中全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物进行了量化，估计欧洲的这些化合物在 1 千克以下，全球在 5 千克以下。

136. 欧洲化学品管理局（2015 年 a）指出，由于实行严格的法规，在卫生保健部门替换替代物质会更具挑战性，可能需要进行临床试验等。欧洲医学技术联盟（2018 年）和欧洲地中海联盟（2015 年）也提出了这一点。欧洲限制措施包括为 2032 年 7 月 4 日到期的医疗器械提供 15 年豁免。欧洲化学品管理局评论指出（2015 年 a），需要此类豁免来协助过渡并防止关键应用不可用。

137. 《风险管理评价》指出，零全氟辛酸聚四氟乙烯等替代品已经开发出来并商业化。

138. 《风险管理评价》指出，在欧盟的限制进程中评估了三种主要的替代产品（GenX、ADONA 和 EEA-NH_4），这些产品通常具有较短和（或）氟化程度较低的醚部分（欧洲化学品管理局，2015 年 a，C3 节）。C_3二聚盐、ADONA 和 EEA-NH_4作为全氟辛酸的替代品用作聚合加工助剂，在此应用中，其作为乳化剂，使水相中的反应物与疏水相中的反应物在乳液中接触并彼此发生反应（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。欧洲化学品管理局指出，大多数利益攸关方表示，用全氟辛酸生产的含氟聚合物与用替代品生产的含氟聚合物之间没有技术上的差别（或利益攸关方不了解是否存在差别）（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。在欧盟公众咨询期间，含氟聚合物制造商表示，使用替代品时，生产成本的变化为零至增加 20%（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。增加的原因是替代品的成本较高，以及制造一个单位含氟聚合物所需的替代品数量较多。一些下游用户提到，用替代品取代全氟辛酸之后，没有发生成本效应（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。

139. 与继续使用基于全氟辛酸的聚四氟乙烯或限制基于全氟辛酸聚的四氟乙烯用于医疗器械相关的主要社会影响涉及用于卫生保健部门的设备的可用性（欧洲医学技术联盟，2018 年）。欧洲医学技术联盟（2018 年）和欧洲地中海联盟（2015 年）均强调卫生保健部门的法规非常严格，更换器械内的物质意味着需要重新测试，可能包括临床试验。据报告，这延误了向替代产品过渡。但是，不使用或不含有全氟辛酸的替代品至少在某些地理区域已经通过了医疗法规，并且可以在市场上买到。

4.4.7 结论

140. 根据《风险管理评价》中经汇编和讨论并在本文件中得到进一步阐述的资料，委员会建议仅对侵入式医疗器械给予特定豁免。

4.5 (d)植入式医疗器械

141. 《全氟辛酸风险管理评价》强调，可能需要提供更多资料说明是否有可能为植入性医疗设备提供豁免。委员会邀请缔约方和观察员提交关于使用范围、用量、运输范围与风险的更多资料以及社会经济方面的其他相关资料。加拿大（2018 年）、消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）、欧洲无害卫生保健组织（2018 年）和欧洲医学技术联盟（2018 年）已提交相关资料。

142. 在欧盟限制措施（欧盟第 2017/1000 号指令）内，目前为生产某些植入式器械提供无时限的豁免。

4.5.1 可能管控措施的效能和效率

143. 提交给欧洲化学品管理局（2015 年 a）的资料表明，与此用途有关的全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物的用量估计很低。对于植入式器械，一家制造商此前估计，如果不受限制，2018 年至 2025 年欧盟市场上销售的所有器械中全氟辛酸的总量将达到 20 克（但不清楚这

一数量是否仅包括全氟辛酸还是也包括全氟辛酸相关化合物）。假设欧盟占 20％的市场（假设在其他非欧盟地理区域的用途类似），推测全球范围内的这一数字将达到 100 克（欧洲医学技术联盟，2018 年）。据称乳化路线材料所用聚四氟乙烯中的全氟辛酸浓度范围为 0.001-0.5％（欧洲化学品管理局，2015 年 b），欧洲化学品管理局评论指出，机密资料表明，植入式医疗器械的工作浓度将处于最低浓度范围（欧洲化学品管理局，2018 年）。

144. 欧洲医学技术联盟（2018 年）评论指出，到 2030 年之前为植入式心血管装置提供的豁免足以使其在不影响欧洲卫生保健部门的情况下向替代品过渡。欧洲化学品管理局（2015 年 a）评论指出，鉴于所涉全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物的数量很少，而且立即过渡据称成本很高，所以需要在欧盟对植入式医疗器械给予克减。

145. 尚未针对提供资料的请求进一步提供资料和数据，说明用量、运输范围与风险以及全氟辛酸在植入式医疗器械中的使用情况。

4.5.2 关于替代品的资料

146. 可以用含有全氟辛酸的聚四氟乙烯制造的植入式医疗器械，包括但不限于合成血管移植物、血管内和介入装置、用于疝修补术的外科用网片，以及用于血管、心脏和一般外科手术的缝合线。其中可能含有不超过 1ppm 的全氟辛酸残留水平。但是，聚四氟乙烯的制造可以不使用全氟辛酸（欧洲无害卫生保健组织，2018 年），据报告替代品现在已经商业化，并已获得美国食品药物管理局的批准，是全氟辛酸行之有效的替代品（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018 年）。目前已有多种商业化的不含全氟辛酸的聚四氟乙烯医疗器械。[38] [39] [40] [41]

147. 替代品的主要问题在于对盐溶液的抗性，但也可能仍存在一些摩擦力低等技术问题（Nesbitt，2017 年）。2016 年，由于体内剥落和脱层问题，美国食品药物管理局召回了美国用于医疗植入物的不含全氟辛酸的聚四氟乙烯产品[42]（Gupta 等人，2016 年）。如果这些薄片进入血液，有可能给健康造成严重影响，如心脏病发作、中风和血栓（Nesbitt，2017 年；Gupta 等人，2016 年）。第二代不含全氟辛酸的聚四氟乙烯产品通过改变与表面处理、涂料粘度和固体含量、湿度、气载微粒、喷雾压力、温度、静电电压、喷雾模式、涂装线湿度和线路速度等相关的制造工艺，解决了粘接问题（Nesbitt，2017 年）。Nesbitt（2017 年）还指出，采用了经过改变的工艺后，食品药物管理局的一级召回次数为零。

148. 含氟聚合物制造商在欧盟公众咨询期间表示，在使用替代品时，生产成本从不增加到增加 20％不等（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。成本增加是由于要使用的替代品成本较高和（或）数量较多，但在之前的一项资料请求（2015 年）中，欧盟业界表示，使用替代品制造的聚四氟乙烯的质量没有变化（欧洲化学品管理局，2015 年 b）。

149. 在欧盟公众咨询过程中，行业利益攸关方表示，由于供应链和认证程序的复杂性，替代正在进行，但是过程漫长（欧洲化学品管理局，2015 年 a）。针对植入式医疗器械的具体情况，一家制造商请求提供 15 年的过渡期（欧洲化学品管理局，2015 年 c）。一项比较了不使用这些器械的成本与可以避免的排放量的社会经济分析为这项请求提供了支持。

[38] http://www.surfacesolutionsgroup.com/site/files/785/69121/273265/759549/no-pfoa-ptfe-coatings-guidewires-brochure.pdf。

[39] https://meritoem.com/composite-reinforced-coatings-the-future-of-medical-device-coatings/。

[40] http://store.tegramedical.com/zero-pfoa-green-ptfe-wire/。

[41] https://wytech.com/wire-components/。

[42] Nesbitt（2017）称，2016 年 10 月，医疗植入物所用导丝的主要供应商美敦力公司在导丝出现问题后不得不召回 84,000 件产品。 Nesbitt 指出，美敦力公司并非唯一需要按美国食品药物管理局要求召回产品的供应商。

欧洲化学品管理局认为，即使所有成本都没有明确的合理理由，并且可能有些估计过高，但该社会经济分析表明，比所请求的过渡期时间短将不具有成本效益（欧洲化学品管理局，2015 年 a）。

150. 关于聚四氟乙烯替代品的更多资料，见关于医疗器械的第 4.4.3 节。

4.5.3 关于社会影响的资料

151. 植入式医疗器械使人能够进行微创插入等操作，并且创新材料具有生物相容性、同质性和通用性。欧洲医学技术联盟（2018 年）指出，如果因缺少过渡到不含全氟辛酸的替代品所需时间而导致没有关键的植入式医疗器械可用，则患者的安全堪忧（欧洲医学技术联盟，2018 年）。《风险管理评价》和附录指出，已经提供了一些案例，表明不含全氟辛酸的替代品已经开发出来并在某些地理区域投入使用。但是，目前还不清楚全球所有地理区域的情况是否都是如此。

4.5.4 资料综述

152. 用于植入式医疗器械的全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物（主要用于生产聚四氟乙烯）的数量很少（估计欧盟为 20 克，全球为 100 克），最终产品中全氟辛酸及其相关化合物的浓度很低（聚四氟乙烯中全氟辛酸的含量范围据称为 0.001-0.5％；与欧洲化学品管理局的个人通信指出，根据与业界的接触和机密数据，植入式医疗器械中的浓度低于聚四氟乙烯的一般浓度）。此外，由于医疗器械材料变更有严格的监管要求，开发用于替换的替代品很复杂，但聚四氟乙烯涂层的替代方法已经存在并已投入使用。不含全氟辛酸的聚四氟乙烯替代品以往的性能一直受到美国食品药物管理局的关注（由于体内剥落和脱层问题），但改进制造方法后，一级召回次数为零。《风险管理评价》指出，替代品的使用也会导致生产成本出现中小幅度的增加（0-20％），但通过减少在人体植入物中使用全氟辛酸，会在人类健康影响方面给社会带来净惠益。

4.5.5 结论

153. 具有成本竞争力的替代品，如不含全氟辛酸的聚四氟乙烯产品已经过临床测试，获得批准并已用于北美洲等一些地理区域的医疗植入物，包括心血管器械（Nesbitt，2017 年）。然而，目前还不清楚这种过渡是否已经在全球所有地理区域实行。尽管行业代表（欧洲医学技术联盟，2017 年）表示，在植入式医疗器械中逐步淘汰全氟辛酸方面取得了重大进展，但业界表示，供应链非常复杂，且物品须满足严格的监管测试要求。因此，委员会建议对植入式医疗器械给予有时限的豁免，包括但不限于合成血管移植物、血管内和介入装置、用于疝修补术的外科用网片，以及用于血管、心脏和普通外科手术的缝合线。

4.6 (e)照片成像部门

4.6.1 导言

154. 《风险管理评价》建议缔约方大会考虑为用于胶卷的摄影涂料提供五年（自生效之日起）的豁免。然而，《风险管理评价》还强调，需要更多关于全氟辛酸在照片成像部门少量相关用途的资料，尤其是关于用于纸张和印刷版的摄影涂料。在欧盟，《化学品注册、评价、授权和限制条例》为应用于胶卷、纸张或印版的摄影涂料提供无时限的豁免（欧盟第 2017/1000 号指令）。挪威和加拿大在 2016 年之前实行豁免，但现在已经结束（见附录一）。挪威风险管理方法仅适用于消费品，加拿大的方法不适用于制成品。

155. 在持久性有机污染物审查委员会第十三次会议上，欧洲照片成像行业的代表为《风险管理评价》提供了资料，建议不再需要为应用于纸张和用于印版的摄影涂料提供特定豁

免。非氟化替代品和改用数字成像已经成功取代了成像和印刷行业的这些用途（欧洲成像与印刷协会）。不过，有人指出，对发展中国家来说，缺乏这方面的资料。

156. 持久性有机污染物审查委员会第十三次会议没有就应用于纸张和印版的摄影涂料得出结论，委员会邀请缔约方和观察员提供有关照片成像的资料，特别是关于应用于纸张和印版的摄影涂料的资料和发展中国家在这方面的资料。

157. 荷兰（2018 年 a）、消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）及欧洲无害卫生保健组织已提供了相关资料（欧洲无害卫生保健组织，2018 年）。

4.6.2 可能管控措施的效能和效率

158. 消除持久性有机物污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提供了多个实例（来自加蓬、哈萨克斯坦、肯尼亚、南非等国家，以及拉丁美洲区域和偏远的北极社区），在这些地区，数字成像已被发展中国家采用，以支持硬拷贝印刷。又如，国际原子能机构（原子能机构）和世界卫生组织（世卫组织）指出，发展中国家和转型国家已明显向数字技术过渡。特别是，原子能机构和世卫组织指出，数字技术在卫生保健领域的快速应用源于“数字采集、存储和显示的内在效率，以及这类系统与涉及胶卷的替代品相比具有竞争力的成本结构”（原子能机构和世卫组织，2015 年）。[43]

159. 尚未针对提供资料的请求进一步提供资料，说明全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物在发展中国家其他工业部门（卫生保健部门除外）中的使用情况。

管控措施

160. 欧洲摄影行业的代表提供的资料表明，全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物不再用于生产应用于纸张和印刷版的摄影涂料。这反映了欧洲的情况（消除持久性有机污染物国际网络对风险管理评价初稿的评论意见）。其他地理区域的资料尚未确定。

161. 由于缺乏数据，无法估计限制摄影应用所产生的替代成本，尚未收到针对资料请求提交的更多最新资料。这可能是由于已经出现了向数字技术的大范围过渡，但有关替代成本的更多资料仍将有所助益。

162. 欧洲以外与摄影部门直接相关的监测数据非常有限，尚未针对最近提供资料的请求提供更多数据。

4.6.3 关于替代品的资料

163. 欧洲成像与印刷协会指出，自 2000 年以来，欧洲该行业已重新配制/停止生产大量产品，导致全球范围内的全氟辛酸相关化合物使用量减少 95%以上。尽管其余的少数应用目前还没有替代品，但随着继续向数字成像的过渡，预计全氟辛酸相关化合物的使用量将进一步减少。欧洲成像与印刷协会认为，不需要对目前持续的用途采取额外管控措施（欧洲成像与印刷协会，2016 年）。van der Putte 等人（2010 年）的一项研究指出，目前没有任何替代品，而且研发所需的重大投资转向某种替代品意味着照片成像部门可能停止制造和使用全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物（欧洲化学品管理局，2014 年 a）。据报告，最大的发展障碍仍然是技术和研发成本。他们认为，一种摄影材料要替换全氟辛酸通常需要耗费 500-1 000 000 欧元。在大多数情况下，在其余少数关键的摄像用途中替代全氟辛酸涉及的经济成本过高，其余少量关键用途仍然是市场上的小众产品，欧洲成像与印刷协会成员预

[43] 请注意，《风险管理评价》中说明的一项豁免已经涵盖用于胶卷的全氟辛酸。当前文件涵盖了在纸张和印版上印刷的用途。然而，纳入这个实例是为了证明向数字技术的转型。

计数量将进一步减少（欧洲成像与印刷协会，2015 年）。出于这些原因，该行业已经转向数字技术。根据欧洲摄影行业的代表在持久性有机污染物审查委员会第十四次会议上提供的资料，全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物不再用于生产应用于纸张和印刷版的摄影涂料。

164. 荷兰（2018 年 a）提供的资料表明，一家欧洲摄影公司制定了全氟辛酸的替代方案。为了实行替代，第一种办法是研究可适用的无氟物质。相关全氟辛酸产品在可能的情况下被非氟化产品和（或）可降解的含氟化合物替代，这些物质在降解后不会产生全氟辛酸。

4.6.4 关于社会影响的资料

165. 欧洲成像与印刷协会指出，自 2000 年以来，欧洲的相应行业重新配制（或停止生产）了大量产品。 因此，其会员不再使用全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物来生产应用于纸张和印刷版的摄影涂料。其他地区的资料尚待提供。

4.6.5 资料综述

166. 欧洲成像与印刷协会表示，自 2000 年以来，欧洲业界重新配制（或停止生产）了大量产品，因此，其会员不再使用全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物来生产应用于纸张和印刷版的摄影涂料。模拟印刷正在被逐步淘汰，被数字印刷迅速取代，包括在发展中国家和转型国家。原子能机构和世卫组织指出，“数字采集、存储和显示的内在效率，以及这类系统与涉及胶卷的替代品相比具有竞争力的成本结构”，使数字技术得到快速应用。目前没有任何化学替代品，主要是因为这个小规模商业用途部门的发展需要投入经济成本和时间，而这可能导致在找到替代品之前已经逐步淘汰了相关产品。

4.6.6 结论

167. 由于目前正在快速向数字成像转型、发展中国家和转型国家广泛使用数字技术，以及该部门全氟辛酸的用量进一步减少，委员会并不建议为应用于纸张和印版的摄影涂料提供豁免。

4.7 (f) 汽车行业

4.7.1 导言

168. 《风险管理评价》强调，需要提供更多资料说明在汽车保养和替换备件领域的用途。《风险管理评价》指出，根据《斯德哥尔摩公约》，可以考虑为汽车保养和替换备件提供豁免。但是，需要提供相关的汽车保养和替换备件的规格，以及为何需要豁免的充分理由。欧盟和挪威没有给予相关豁免（见《风险管理评价》），欧盟《化学品注册、评价、授权和限制条例》限制措施中没有给予豁免。

169. 委员会邀请缔约方和观察员提交关于汽车备件的更多资料和其他相关资料。加拿大汽车制造商协会（2018 年）、欧洲汽车制造商协会（2018 年）、印度汽车制造商协会（2018 年）、加拿大 （2018 年）、消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）提交了相关资料。

4.7.2 可能管控措施的效能和效率

170. 在《风险管理评价》编制过程中，加拿大汽车制造商协会要求为汽车保养和替换备件提供特定豁免。欧洲（欧洲汽车制造商协会）和印度（印度汽车制造商协会）汽车行业也支持豁免申请。加拿大汽车制造商协会指出，该行业一直以来在积极主动地淘汰全氟辛酸，但保养和替换备件仍可能含有全氟辛酸。加拿大汽车制造商协会指出，这些备件占全

氟辛酸用量的比例很小，并将随着车辆更新换代而逐渐自然减少。汽车制造商表示需要确保原始设备和备件的可用性，以满足客户需求（见《风险管理评价》）。

171. 鉴于该部门的复杂性和该行业已经采取的行动，加拿大汽车制造商协会在最近提交的材料中要求为汽车保养和替换备件以及当前生产车辆提供豁免。新车豁免申请与全氟辛酸相关化合物的潜在用途有关，这些化合物未被列入全球汽车申报物质清单，或者虽被列入全球汽车物质申报清单，但其使用浓度低于 0.1％的申报浓度。有人进一步指出，《公约》在审议添加十溴联苯醚时为保养和替换备件提供了豁免，应当对全氟辛酸适用同样的豁免。据报告，所涉问题和挑战将会与之类似（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）指出，持久性有机污染物审查委员会建议提供的豁免仅限于传统车辆所用部件。

172. 加拿大汽车制造商协会进一步解释说，很难提供有意义的资料来支持为用于汽车行业的全氟辛酸提供必要豁免。加拿大汽车制造商协会指出，其难处尤其在于全氟辛酸不同于在《斯德哥尔摩公约》下受到审查的其他物质，无法通过单一的化学文摘社编号识别。由于没有关于全氟辛酸相关化合物大体数量的相关资料，因此迄今为止，工作重点一直放在部分全氟辛酸相关化合物上。加拿大汽车制造商协会怀疑，作为成品（车辆）的制造商，如果不使用清晰、准确的物质识别标记，是否有可能从庞大、复杂的分层全球供应链中收集信息。欧洲汽车制造商协会（2018 年）和印度汽车制造商协会也表示这将需要大量时间（印度汽车制造商协会，2018 年）。另外，加拿大汽车制造商协会指出，汽车制造商是大量化学品和产品的用户与购买者，而这些化学品和产品由当地供应或从世界各地进口，用于组装车辆。关于全氟辛酸和其他物质的资料来源于供应基地通过国际材料数据系统披露的资料或安全数据单提供的资料，披露资料的程度取决于披露限值和化学文摘社编号的可用性。如果无法获取资料或资料不可用，该行业就无法确认某种物质的存在（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。

173. 加拿大汽车制造商协会指出，汽车行业已经认识到对某些全氟辛酸相关化合物的担忧，并积极努力追踪和减少产品中的这些物质。2008 年全球汽车物质申报清单（www.gadsl.org）增加了 5 种化合物，2016 年增加了 3 种物质，2018 年又增加了 4 种物质（见下表）。这些物质的使用量往往很低，可能并非所有用途都已被确定（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。

表 4.1 加拿大汽车制造商协会提供的已列入全球汽车物质申报清单的全氟辛酸相关化合物清单（2018 年）

名称	化学文摘社编号	加入全球汽车物质申报清单的日期
全氟辛酸的铵盐	3825-26-1	2008年2月1日
全氟辛酸的钾盐	2395-00-8	2008年2月1日
全氟辛酸的银盐	335-93-3	2008年2月1日
全氟辛酸的钠盐	335-95-5	2008年2月1日
PFOA – 全氟辛酸	335-67-1	2008年2月1日
全氟辛酸乙酯	3108-24-5	2016年2月1日
全氟辛酸甲酯	376-27-2	2016年2月1日
全氟辛酰氯	335-66-0	2016年2月1日

聚(氧代-1,2-亚乙基)、α-(4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,11,11,11-十七氟-2-羟基十一烷基)-ω-[(4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,11,11,11-十七氟-2-羟基十一烷基)氧代]-	122402-79-3	2018 年 2 月
2-丙烯酸, C16-18-烷基脂、利用 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-全氟癸基丙烯酸酯制成的 聚合物	160336-09-4	2018 年 2 月
环四硅氧烷、2-(4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,11,11,11-十七氟十一烷基)-2,4,6,8-四甲基-, 硅-[3-(环氧乙烷基甲氧基)丙基] 衍生物	206886-57-9	2018 年 2 月
三硅氧烷、3,3'-(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8-十二氟-1,10-癸烷取代基)之二[3-[(二甲硅基)氧代]-1,1,5,5-四甲基-, 与 4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,11,11,11-十七氟-1-十一碳烯反应的产物	185701-89-7	2018 年 2 月

174. 只有 12 种全氟辛酸盐和前体可以在全球汽车物质申报清单下申报，因此，在制造商不了解的情况下，许多其他全氟辛酸盐和前体可能出现在生产车辆中。对全氟辛酸相关化合物非详尽清单的初步评价（UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6/Add.1）显示，供应商已确定 24 个该部门可能正在使用的单独的化学文摘社编号。这是全球汽车物质申报清单目前所列化学文摘社编号数量的两倍，这意味着仍不清楚备件中是否存在全氟辛酸相关化合物。这也说明，保养和替换用的备件可能使用了该行业不了解的其他全氟辛酸相关物质，因为加拿大汽车制造商协会指出这些用途尚未申报。此外，有必要强调的是，如果另外 12 种全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物的使用浓度高于 0.1％，则会被列入全球汽车物质申报清单。因此，加拿大汽车行业可能不了解所有用途，并且需要充分的准备时间来收集有意义的资料。这一过程通常至少需要一个完整的设计周期，约为 5 年（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。

175. 关于保养和替换备件，加拿大汽车制造商协会指出，保养和替换备件很可能仍含有全氟辛酸、其盐类和全氟辛酸相关化合物。加拿大汽车制造商协会表示，这些备件中的全氟辛酸占全氟辛酸用量的比例很小，并将随着车辆更新换代而逐渐自然减少。汽车制造商通常确保原始设备保养和替换备件的可用性至少达到 15 年，以满足客户需求以及可能的认证和质量要求。通常情况下，备件可以在生产车辆时制造并储存，也可以按照原始规格（包括部件）在新车生产结束后短时间批量生产。加拿大汽车制造商协会表示，替换一小部分备件中的一类物质成本过高。然而，没有披露关于成本的更多资料。加拿大汽车制造商协会还指出，应当注意的是，备件需要符合与原始零件相同的性能规格。根据上述的替换备件供应义务，汽车制造商正在努力，争取到 2036 年取缔列出的替换备件所用全氟辛酸相关化合物，前提是该禁令的生效日期为 2021 年；对于尚不了解的全氟辛酸相关物质而言，这需要更长的时间（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。

176. 加拿大汽车制造商协会进一步解释说，每个汽车制造商一般都有超过 250,000 个有效替换备件，每年新增大约 20,000 个新的保养零件。库存及其所在地（加拿大或美国）保留的零件数量取决于预期消费量和未来的制造能力。如果客户需要的零件超出最初库存，会有一个“按需生产市场”，供应商继续使用原始工具、材料和生产工艺生产替换备件（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。

177. 重新开发的替换备件必须与原件功能一致，以确保车辆的功能和安全性不会受到不利影响。这也可能导致部分消费者从可以获得原始类型部件或性能较差的变体的管辖区购买（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。

178. 关于备件（成品车辆中的制成品）中的全氟辛酸数量，由于资料和化学文摘社编号有限，加拿大汽车制造商协会无法提供这方面的资料。根据全氟辛酸相关化合物的一般功能，即防止污垢和水分或湿气，它通常出现在车辆安全约束系统和气囊系统，以及专门的

垫圈、密封条和挡风雨条、发动机的衬垫、燃料和传动系统、挡风玻璃清洗器、软管、配线、O形圈、电缆和其他尚未确定的区域（可能会更改）。材料中的浓度往往不足1%，许多浓度低于0.2%。加拿大汽车制造商协会的两个成员公司报告的浓度分别为比全球汽车物质申报清单0.1%的阈值低5倍和低于0.01%（未披露关于所调查的备件和确切的全氟辛酸相关化合物的资料）。由于浓度低，全氟辛酸在各个部件中的含量也很少（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。加拿大汽车制造商协会没有提供具体资料（如备件中含有的全球汽车物质申报清单所载12种全氟辛酸相关化合物的数量）。印度汽车制造商协会报告了全氟辛酸在车辆安全约束系统和气囊系统、燃料和传动系统、燃油软管、电线绝缘和轴承中的用途（印度汽车制造商协会，2018年）。

179. 关于含全氟辛酸物品的回收活动，没有提供任何资料（加拿大汽车制造商协会，2018年）。

180. 与加拿大汽车制造商协会提交的豁免请求相关资料相反，消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）规定，主要的汽车行业协会已通知公司成员和供应商，全氟辛酸将被列入《斯德哥尔摩公约》，在欧盟受到管制，“这些物质应该被替代”。[44]然而，加拿大汽车制造商协会（2018 年）表示其并不知道主要的汽车协会在全球范围内通知了其成员，这种情况可能是在区域范围内而不是更广泛的全球范围内出现。汽车行业还指出，“大多数生产防水敞篷车顶或聚四氟乙烯涂层密封条等相关物品的供应商，已不再使用全氟辛酸或其他长链全氟化学品。”[44] 过去，全氟辛酸一直用于制造汽车燃料系统所用的含氟聚合物，但有几家公司使用可作为替代品的乳化剂，因而在这类汽车产品中全氟辛酸已被淘汰。[45]消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018 年）评论指出，在编制《全氟辛酸风险管理评价》的一年期间，尽管该行业因参与委员会针对十溴联苯醚开展的工作而非常了解其工作流程，但并未对豁免表现出任何兴趣（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018年）。加拿大汽车制造商协会（2018 年）进一步评论指出，尽管已经努力参与委员会的工作流程，但在这种情况下提供进一步资料存在局限性，因为全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物涵盖许多物质，因此，与基于单一物质的十溴联苯醚相比，这方面的数据收集是一项重大挑战。消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案建议，不应对汽车行业中的全氟辛酸用途给予豁免（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018年）。

4.7.3 关于替代品的资料

181. 《风险管理评价》和新提交的材料证实，汽车行业正在逐步淘汰全氟辛酸、其盐类和全氟辛酸相关化合物。全氟辛酸的技术替代品和（或）经济上可行的替代品至少部分可用于汽车行业。汽车行业已经明确了一般的应用领域，但目前还没有完整概述。

182. 收集到的资料表明，在清单生效之前完全淘汰汽车保养和备件中的全氟辛酸的主要障碍似乎不是缺乏替代品，而是成本等其他障碍，因为不含全氟辛酸的备件替代品认证会额外产生成本。汽车行业认为这种成本令人望而却步；然而，该行业并未进一步提供与相关成本有关的资料。

[44] http://www.acea.be/uploads/publications/20160704_INFORMATION_LETTER_TO_SUPPLIERS_ON_PFOA.pdf。

[45] http://atozplastics.com/upload/literature/Fluoropolymers-application-automotive-fuel-engine-systems.asp。

4.7.4 关于社会影响的资料

183. 《风险管理评价》指出，欧盟行业利益攸关方普遍关注的问题与投放市场和使用已经制造出的各种备件（例如在航空、电信、半导体等领域）有关。其意见认为，在不获得克减的情况下，这些备件将被迫销毁，这将导致欧盟制造商蒙受经济损失（见《风险管理评价》）。然而，这种损失不会发生，因为在根据《斯德哥尔摩公约》列出的清单生效之前制造的含有全氟辛酸、其盐类及其相关化合物的备件不在清单范围之内（分别见附件 A 第一部分注（二）和附件 B 第一部分注（二））。

184. 加拿大汽车制造商协会和印度汽车制造商协会指出，汽车制造商通常确保原始设备保养和替换备件的可用性至少达到 15 年。加拿大汽车制造商协会表示，通常情况下，备件可以在车辆生产时制造并储存，也可以按照原始规格（包括部件）在新车生产结束后短时间批量生产。应当注意的是，备件需要符合与原始零件相同的性能规格。

185. 重新开发的替换备件必须与原件功能一致，以确保车辆的功能和安全性不会受到不利影响。该行业指出，替换一小部分备件中的一类物质成本过高。这也可能导致部分消费者从可以获得原始类型部件或性能较差的变体的管辖区购买（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案表示，测试结果可用于新旧车辆。

186. 通过进一步限制释放和接触全氟辛酸，禁止将全氟辛酸用于汽车应用将对人类健康和环境产生积极影响，并对制造替代品，特别是非氟化替代品的企业产生积极影响（消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案，2018 年）。

4.7.5 资料综述

187. 《风险管理评价》和新提交的材料证实，全氟辛酸、其盐类和全氟辛酸相关化合物的逐步淘汰在汽车行业进展良好并持续进行。

188. 在最近提交的材料中，加拿大汽车制造商协会要求为汽车保养和替换备件以及当前生产车辆提供豁免。依照《斯德哥尔摩公约》附件 A 第一部分注（二）和附录 B 第一部分注（二），在全氟辛酸、其盐类及其相关化合物清单生效日期之前，不需要为保养和替换备件以及已生产的车辆提供豁免。因此，豁免仅适用于义务生效后的保养和替换备件及制造出的车辆。但是，加拿大汽车制造商协会进一步规定，即使有上述规定，出于多种原因，仍然需要为逐步淘汰汽车保养和替换备件设定时间。加拿大汽车制造商协会指出，除其他外，该行业不能因披露阈值和其他限制而假定某种物质不存在。现有和已经生产的车辆的保养和替换备件的可用性至少达到 15 年。此外，加拿大汽车制造商协会强调，鉴于有关汽车部门使用的所有全氟辛酸相关化合物的资料范围或详细程度，与先前适用于十溴联苯醚的数据要求进行比较是不公平的（加拿大汽车制造商协会，2018 年）。

189. 加拿大汽车制造商协会表示，在对附件 A 可能作出的修正生效之前完全淘汰汽车保养和备件中的全氟辛酸的一个主要障碍似乎是成本过高。但是，尚未提交资料说明可能的成本影响。此外，加拿大汽车行业也对与受影响物质的化学文摘社编号众多相关的实际挑战表示担忧。欧洲汽车制造商协会和印度汽车制造商协会也表达了这一点。

190. 加拿大汽车制造商协会指出，该部门的全氟辛酸使用量未知，但根据报告的浓度，预计使用量不大。但是，加拿大汽车制造商协会已宣布将 12 种全氟辛酸盐和前体列入全球汽车物质申报清单。有鉴于此，该行业掌握了关于 12 种物质的一些资料，加拿大汽车制造商协会确定，在全球汽车物质申报清单所列物质中，至少有 1 种正在被该部门使用。至少一家原始设备制造商或供应商确定，尚未被列入全球汽车物质申报清单的另一种全氟辛酸

相关化合物正在被该部门使用。迄今为止，加拿大汽车制造商协会尚未提供任何具体资料（如全球汽车物质申报清单上的八种全氟辛酸相关物质的数量）。

191. 对于这些确定被列入非详尽物质清单的全氟辛酸相关化合物和其他物质（UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6/Add.1），应提供在一般的保养和备件领域的具体用途以及数量，以便评价是否可能提供豁免。到目前为止，仅提供了一份大体的应用领域清单。正如加拿大汽车制造商协会在最近提交的材料中所要求的，如果这项豁免采用的方法类似于用于十溴联苯醚的方法，则尤其需要这样做。根据有关相关备件的具体资料，可按照与用于十溴联苯醚的方法类似的方法确定相关备件和类别清单。这可以依据上文已经明确说明的备件或类别，例如，车辆安全约束系统和气囊系统、涂层或润滑剂中的垫片或密封条、发动机的垫圈、密封条和衬垫、燃料和传动系统。对于这些资料，可以进一步提供关于已经商业化且投入使用的替代品的资料作为补充。

192. 委员会要求说明相关的汽车保养和替换备件的规格，以及为何需要豁免的合理理由。委员会邀请缔约方和观察员提交更多关于汽车备件的资料和其他相关资料。关于社会经济方面和替代品的可用性，提交的资料有限。目前尚未就相关汽车保养和替换备件的规格以及在不同应用中使用的相关物质的数量提交确凿的资料。不同部件所用数量等进一步的资料被认为是证明豁免建议是否合理所必需的。

4.7.6 结论

193. 已提交的资料足以支持豁免。关于相关汽车保养和替换备件（特定部件或其他类别的部件）的规格以及在不同应用中使用的相关物质的数量，尚未提供确凿资料。此外，有关逐步淘汰所需时间、经济影响估计、现有替代品和改造能力，尚未提供确凿资料。鉴于资料不足和缺乏适当理由，委员会并不建议豁免。

4.8 (g) 消防泡沫

4.8.1 导言

194. 《风险管理评价》确定，水成膜泡沫可能含有全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物。这在持久性有机污染物审查委员会第十三次会议上引起关切，因为使用消防物品导致污染物分散并有可能直接释放到环境中。

195. 含氟化合物已在水成膜泡沫中使用，因为事实证明它们可以有效扑灭液体燃料火灾。水成膜泡沫专用于扑灭液体燃料火灾（欧洲化学品管理局，2014 年 a）。过去，业界倾向于使用 C_8 基全氟化合物，[46]包括全氟辛烷磺酸 （后来作为一种持久性有机污染物列入《斯德哥尔摩公约》）。这些物质大部分使用电化氟化法制造，其中氟化氢用作原料和有机材料（瑞典化学品管理局， 2015 年）。全氟辛酸最初以铵盐形式作为水成膜泡沫的组分（Seow，2013 年）。然后开发出由 C6 和 C8 化合物混合而成的水成膜泡沫，并且泡沫历经数年逐步纯化，C8 组分被去除。最新配方中的 C8 杂质含量很低。然而，由于商业敏感性等原因，关于混合物和制剂的具体资料有限。据昆士兰州政府（2016 年 a）对 2014 年的一项研究所作的评论，在澳大利亚市场上可以买到的 10 种商用水成膜泡沫产品中，发现了 103 种不同的含氟化合物。Barzen-Hanson 等人在 2017 年对 1980 年代和 1990 年代生产的水成膜泡沫（以电化氟化法和调聚法两种方法制造）开展了一项分析，证明了水成膜泡沫混合物的复杂性。该研究表明，有 240 多种单独的全氟和多氟烷基物质与水成膜泡沫有关，其中还发现了 40 种新类别的全氟和多氟烷基物质（其中 30 种用电化氟化法制造，10 种用调聚法制造），并检测出 17 种先前报告的全氟和多氟烷基物质。作者表示，这些新发现的全氟

[46] UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2。

和多氟烷基物质将对有效修复构成挑战，因为所假定的其溶解度各不相同。为捕获全氟辛烷磺酸和全氟辛酸而设计的系统（例如颗粒状活性炭）不会发挥有效作用，因为短链物质很可能从系统中逸出。

196. 在就使用全氟辛烷磺酸对人体健康和环境造成的影响提出关切后，尽管也开发了无氟替代品，但业界基本上转向使用 C_6 氟化技术[47, 48]。《风险管理评价》也对这种转型作了评论。瑞典化学品管理局 （2015 年）评论指出，C_6 技术并不是基于电化氟法，而是基于调聚法，首先将全氟烷基碘作为原材料。如果全氟化合物参与调聚反应，就有可能形成 C_8 全氟化合物，包括全氟辛酸，成为 C_6 类物质中的一种污染物。瑞典化学品管理局 （2015 年）评论称，在清理前的最后阶段，C_8 最多可残留 20%， 清理后，最终商品中的残余浓度可达到 0.01% （重量比）。不过，瑞典化学品管理局 （2015 年）还指出，现有研究证明，作为 C_6 含氟调聚物产品出售的商品仍含有 C_8 （包括全氟辛酸），其浓度远远高于痕量残余浓度，在某些情况下，其浓度甚至等同于 C_6 和 C_8 的浓度。 欧洲化学品管理局 （2014 年 a）还评论称，水成膜泡沫中使用的 C_8 氟调聚醇一旦进入自然环境就会降解成为全氟辛酸 。

197. 在欧盟《化学品注册、评价、授权和限制条例》针对全氟辛酸的限制措施中（欧洲化学品管理局， 2015 年 a），对已投放市场的泡沫混合物给予了豁免。[49]有人认为全面、快速地替换基于 C_6 技术的水成膜泡沫不会解决环境污染问题，因为短链氟化替代物具有持久性和迁移性，并且水污染难以修复。在欧盟，根据《化学品注册、评价、授权和限制条例》限制措施，在投放欧盟市场的消防泡沫中，全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物可作为副产品出现，其中全氟辛酸的浓度不得超过十亿分之 25，或者全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物浓度不超过十亿分之 1 000。此外，澳大利亚昆士兰州规定，消防泡沫中的氟浓度不得超过十亿分之 50 000（昆士兰，2016 年 a），对于超过该限量的商品，必须予以撤回并作为受管制废物来处理。另外，加拿大对基于含氟调聚物的水成膜泡沫中全氟辛酸的痕量给予了豁免。还有，《欧盟持久性有机污染物法规》规定，在欧洲，对已经安装或已投放市场的泡沫所含全氟辛烷磺酸化合物给予了有时限[50]的豁免。

198. 根据《斯德哥尔摩公约》，已投放市场的物品可免于纳入附件 A 第一部分项目注（二）中详列的列表。不过，对于作为浓缩物投放市场、与水混合使用的消防泡沫，仍不清楚这类物质可否被视为《公约》所界定的库存。[51]此外，业界回应表示，为协助实现逐步淘汰，对于正在使用的货品库存，可能需要给予消防泡沫豁免。鉴于没有在持久性有机污染物审查委员会第十三次会议上得出正式结论，秘书处被要求编写一份关于《公约》附件 A 第一部分注（二）以及《公约》第 6 条中库存参考范围的文件，并提交委员会审议。委员会邀请各缔约方和观察员提供关于混合物的化学成分以及正在使用的预先安装的消防泡沫混合物数量的资料。秘书处的报告载于 UNEP/POPS/POPRC.14/INF/6 号文件。

[47] http://www.chemguard.com/pdf/TFPP%20C8%20to%20C6%20Transition%20Bulletin.pdf。

[48] https://www.solbergfoam.com/Technical-Documentation/Foam-Concentrate-Data-Sheets/Arctic-Foam/Brochures/Transition-C8-C6-Foam-Spotlight_F-2017004.aspx。

[49] 欧盟《化学品注册、评价、授权和限制条例》限制措施规定，允许使用在 2020 年 7 月 4 日之前或当天投放到市场上的基于全氟辛酸的消防泡沫混合物。还规定对在 2020 年 7 月 4 日前投放市场使用，或者用于制造其他消防泡沫混合物的浓缩消防泡沫混合物给予豁免。

[50] 根据欧盟第 757/2010 号指令，在 2006 年 12 月 27 日前投放欧盟市场的含有全氟辛烷磺酸的消防泡沫可以用到 2011 年 6 月 27 日为止。

[51] 请注意，根据 POPRC-13/2 号决定第 6 段，即请秘书处就《公约》附件 A 第一部分注（二）以及《公约》第 6 条内所指“库存”的范围编写一份文件，并提交委员会，供其第十四次会议审议。这样做的目的是明确《公约》规定的已投放市场的商品范围。

199. 白俄罗斯（2018年）、加拿大（2018年）、荷兰（2018年a）、瑞典（2018年）、消防泡沫联盟（2018年）、消除持久性有机污染物国际网络和阿拉斯加应对有毒物质社区行动方案（2018年）提交了相关资料。

4.8.2 可能管控措施的效能和效率

200. 本节介绍了正在使用的含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防泡沫总量、为限制释放采取的管制措施以及关于最后销毁此类消防泡沫的详情。

已投放市场的库存

201. 消防泡沫联盟行业协会（消防泡沫联盟，2004 年；及消防泡沫联盟，2011 年）提供了美国基于全氟辛烷磺酸的水成膜消防泡沫的详细清单，作为含有全氟辛酸的消防泡沫库存数量的一种可能的参照，所假定的前提是全氟辛烷磺酸和全氟辛酸相关化合物均在 C_8 全氟化产品中使用。该清单显示，基于全氟辛烷磺酸的消防泡沫主要用于有可能发生石油火灾的设施，主要是军事设施、石化产品设备和炼油厂。2011 年，根据美国基于全氟辛烷磺酸的水成膜泡沫清单记录，正在使用的基于全氟辛烷磺酸的水成膜泡沫浓缩物的剩余库存量为 330 万加仑（1 250 万升），假定含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的水成膜泡沫的库存量与之类似。作为一种替代估计方法，挪威（2007 年）提供了关于在水成膜消防泡沫中使用的全氟辛酸铵（全氟辛酸的一种主要铵盐）的全球产量清单。根据挪威（2007 年）引用的由 Prevedouros 等人（2006 年）所做的估计，在 1951 年至 2004 年间，全氟辛酸铵的全球产量介于 3 600 吨至 5 700 吨之间。Prevedouros （2006 年） 进一步评论指出，水成膜泡沫中的全氟羧酸在该浓缩物中的浓度为 0.1%至 1%（重量比），其中全氟辛基磺酸酯的比重最大。作为一种替代估计方法，Sontake 和 Wagh （2014 年） 评论指出， 水成膜泡沫浓缩物在使用时要与水混合，一般施用率为 1%、 3% 或 6%（与浓缩物的重量比）， 这意味着在使用时（混水后），施用的泡沫中的表面活性剂浓度（含氟表面活性剂、烃表面活性剂）为 0.03% 至 0.45%（重量比）。

202. 考虑到水成膜消防泡沫中全氟辛酸铵的有效浓度在 0.1%至 1%之间、Prevedouros 等人（2006 年）对全球产量的估计并假定所生产的全氟辛酸铵全部用于消防泡沫，可以设想一种最坏的情况，即水成膜泡沫中的所有全氟羧酸均为全氟辛酸/全氟辛酸相关化合物，由此可以估算出在 1951 年至 2004 年间生产的含有全氟辛酸铵的水成膜泡沫浓缩物的全球数量在 3.09 亿升至 49.01 亿升之间，[52]这相当于年平均产量在 600 万升至 9 600 万升之间。假设水成膜泡沫的储存寿命在 10 年至 25 年之间（氟理事会，2018 年），则全球基于全氟辛酸铵的浓缩物的剩余库存相当于在 6 000 万升至 24 亿升之间。

203. 根据挪威（2007年）引用的 Armitage 等人（2006年）所作的评论，在 1951 年至 2004 年间，用电化氟化法制造的 C_8 全氟化水成膜泡沫预计向环境中排放 50 吨至 100 吨全氟辛酸相关化合物，其中因制造全氟辛酸铵本身而产生的排放量最大（在 1951 年至 2004 年间，全氟辛酸的排放量在 2 060 吨至 4 090 吨之间）。

[52] 估计全氟辛酸铵的全球产量在 3 600 吨至 5 700 吨之间（从 1951 年到 2004 年），相当于 3 600 000 千克至 5 700 000 千克。全氟辛酸铵的比重是 1.163 克/厘米（http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB7258194.htm） 3 600 000 千克 / 1.163 比重 = 3 095 442 升。5 700 000 千克 / 1.163 比重 = 4 901 117 升。全氟辛烷磺酸和全氟辛酸铵化合物在消防浓缩物中的浓度介于 0.1% 至 1%（重量比）之间。按最低估计，309 544 282 升全氟辛酸铵的浓度为 0.1%，按最高估计， 4 901 117 799 升全氟辛酸铵的浓度为 1%（重量比）。

204. 欧洲化学品管理局 （2014 年 a）估计， 2014 年，消防泡沫中使用了 50 吨至 100 吨全氟辛酸相关化合物（化学文摘社编号：70969-47-0；含丙烯酰胺的 C_8-C_{20}-ω-全氟调聚物硫醇）。这项估算依据的是挪威产品登记册中的数据，并根据人口基数推算出整个欧洲的使用数量，但由于该方法存在不确定性，只能提供数量级估算。欧盟报告（欧洲化学品管理局， 2014 年 a）假定混合泡沫中的全氟辛酸浓度相似。采用与美国清单比较进而推算全氟辛酸铵的办法，按照在消防泡沫浓缩物中 0.1%至 1%（重量比）的活性浓度将这一数量换算成美制加仑[53]和升。这相当于欧洲使用了 120 万至 2 360 万加仑（450 万至 8 930 万升）基于全氟辛酸相关化合物的消防泡沫。

205. 白俄罗斯（2018 年）指出，氟化表面活性剂用于水成膜泡沫生产。其表明没有使用全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物，并且提到将全氟烷基甜菜碱和全氟烷基酰胺氧化物作为发泡剂。制造商没有提供关于目前和以前使用的氟化表面活性剂的组成的详细资料。根据清单披露，2017 年白俄罗斯企业生产了约 130 吨水成膜泡沫。

206. 澳大利亚（2018 年）评论称，澳大利亚从未制造过全氟辛酸或其前体全氟辛酸铵。不过，澳大利亚过去进口过含有全氟辛酸相关化合物的水成膜泡沫。在 2002 年和 2003 年分别进口了相当于约 48 克和 0.6 克的全氟辛酸。2003 年之后停止了进口。澳大利亚航空管理局（澳大利亚，2016 年 b）的一封来信指出，澳大利亚全境现有约 260 个大小型飞机场。澳大利亚航空管理局承认，虽然管理局已作出努力消除含有全氟辛烷磺酸、全氟辛酸及相关化合物的水成膜泡沫，但一些机库和燃料库租户仍在灭火系统中使用此类泡沫。管理局正在讨论以最佳方式管理这些库存的处置工作。Seow （2013 年）进一步评论称，根据 2009 年《国家工业化学品通报和评估计划》调查，尽管已停止进口新库存，但澳大利亚仍有 C_8 全氟化水成膜泡沫的库存（主要由全氟辛烷磺酸构成）；不过，Seow （2013 年） 还指出，业界已转向在消防泡沫中使用短链（C_4–C_6） 全氟化合物（用调聚法制造） 或全氟丁烷磺酸（PFBS）。

207. 与 1990 年至 2010 年间（期间包含最后一次提交日期）从工业场地消防设施中采集的样本（样本数量=27）相比，2012 年至 2013 年在瑞士市场上获取的水成膜泡沫（样本数量=35）中的全氟和多氟烷基物质浓度明显下降。从消防设施中采集的样本显示其主要成分为具有 $C_{4–13}$ 烷基链的全氟羧酸、全氟磺酸、全氟烷基磺酰胺和全氟烷基磺酰胺基乙醇。相比之下，2012 年可通过商业途径获得的混合物更多地表现出链长较短的 $C_{4–6}$ 全氟羧酸、4:2 和 6:2 氟调聚磺酸盐以及 6:2 氟调聚醇。全氟辛酸的平均浓度从百万分之 40 下降到了百万分之 0.8（Favreau 等人，2017 年）。2005 年的一项估算认为瑞士水成膜泡沫的库存量在 2 200 吨至 2 600 吨之间，据此，水成膜泡沫中的全氟辛酸库存量可能在 2 千克至 100 千克之间。 昆士兰州（澳大利亚）发现，目前使用的声称是“C6 基”的水成膜泡沫含有大量含有以 8：2 氟代调聚物形式存在的全氟辛酸前体，这些前体不仅会转化为全氟辛酸，而且可能形成包括酮和醛在内的一系列令人关切的中间体化合物（Butt 等人，2013 年）。

208. 除了在水成膜泡沫现有库存中有意将全氟辛酸作为其铵盐（全氟辛酸铵）使用以及使用全氟辛酸相关化合物的问题外，瑞典化学品管理局 （2015 年）和欧洲化学品管理局

[53] 欧盟限制措施提案估计，全氟辛酸相关化合物产量在 50 吨至 100 吨之间，相当于在 50 000 千克至 100 000 千克之间。含有丙烯酰胺的 C8-C20-ω-全氟调聚物硫醇的比重是 1.12 克/厘米（http://www.interstateproducts.com/fire_fighting/home/FS%20MSDS/FS-818-11.pdf） 50 000 千克 / 1.12 比重 = 44 640 升。100 000 千克 / 1.12 比重 = 89 300 升。1 美制加仑等于 3.785 升。44 640 升 / 3.785 升每加仑 = 11 800 加仑全氟辛酸相关化合物。 89 300 升 / 3.785 加仑每升 = 23 600 美制加仑。

假设全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物在消防浓缩物中的使用浓度介于 0.1% 至 1%（重量比）之间。11 890 加仑的全氟辛酸相关化合物= 118 万–1 179 万–100 万美制加仑浓缩物。23 600 美制加仑的全氟辛酸相关化合物= 236 万- 2 359 万-200 万美制加仑浓缩物。

（2014 年 a）强调全氟辛酸可能会继续作为 C_6 含氟调聚物的无意污染物出现。尽管制造 C_6 含氟调聚物的过程中没有使用全氟辛酸，但用调聚法制造全氟化合物会产生 C_8 类物质，包括作为一种副产品的全氟辛酸。瑞典化学品管理局（2015 年）评论称，生产过程结束后，最多有 20%的混合物可能是 C_8 全氟化类物质。经清理之后，最终商品预计含有约 0.01%的痕量残余，但是瑞典化学品管理局 （2015 年）强调，研究发现实际残余浓度要高得多，并且在一些 C_6 类销售产品中，C_6:C_8 的重量比可以高达 50:50%。荷兰 （2018 年 b）评论称，矿油管理贸易协会在关于受《化学品注册、评价、授权和限制条例》管制的全氟己基磺酸及其盐类的公共评论期提交的数据中，有一个数据显示水成膜泡沫和 14 种其他泡沫均含有一种全氟辛烷磺酸。含有全氟辛烷磺酸的水成膜泡沫也含有全氟辛酸，浓度为 220 毫克/升，比全氟辛烷磺酸大约低 20 倍。作为该研究的一部分，对两类基于含氟调聚物的泡沫（4:2 氟调聚磺酸盐， 6:2 氟调聚磺酸盐或 8:2 氟调聚磺酸盐）作了分析，发现全氟辛酸的浓度不超过 1.2 毫克/升。这些样本的检测限度介于 0.010 毫克/升至 0.050 毫克/升（十亿分之 10 至十亿分之 50）之间。Seow（2013 年）评论称，业界已致力于改进生产流程并减少 C_6 类产品中的 C_8 类物质的数量，然而，Seow （2013 年）还指出，许多公司也愿意保持其标准流程，将 C_6 与 C_8 相混合。特别是， Seow （2013 年）强调，在一些 C_6 含氟调聚物产品中，存在基于丙烯酰胺的含氟表面活性剂 （化学文摘社编号：70969-47-0），其链长在 C_8–C_{20} 之间，并且可作为全氟辛酸的前体使用。

209. 监管机构关注的问题是氟化泡沫中存全氟辛酸和全氟辛酸相关物质。制造商和供应商提供的产品信息和安全数据表未能说明全氟和多氟烷基物质含量，并且应注意的是，标准的全氟和多氟烷基物质分析无法检测出原始配方或过渡化合物中的很大部分全氟和多氟烷基物质。这导致有必要开发总可氧化前体测定（TOP 测定）以揭示存在的所有全氟和多氟烷基物质类型。

与消防泡沫有关的环境释放管控措施

210. 消防泡沫联盟 （2016 年）详细介绍了使用 B 类消防泡沫的最佳做法指南，[54]这类泡沫包括无氟类产品和水成膜泡沫类产品。该指南所关注的措施可以分为以下三类：

(a) 选择何时使用 B 类消防泡沫。消防泡沫联盟 （2016 年）评论称，B 类消防泡沫应当仅在确定发生最严重的易燃液体危害时使用。对于有潜在液体易燃风险的设施而言，应当事先进行危害评估，调查其他无氟技术是否可以达到灭火和抗复燃标准。这包括考虑替代方法可能具有的潜在缺陷。此外，考虑到对环境污染的关切，在训练演习中，不应当使用氟化消防泡沫；

(b) 在使用 B 类消防泡沫扑灭实发火灾的过程中控制环境释放。消防泡沫联盟 （2016 年）指出，各类潜在事件变数无常，并强调不可能在所有情况下抑制和收集火灾逸出物。不过，消防泡沫联盟 （2016 年）也强调说，易燃液体火灾所产生的逸出物含有由水、碳氢产品残余物和消防泡沫组成的混合物，因此应当避免将其排入环境。对于使用易燃液体的设施（如燃料存储所、石油/化学加工、机场运营、特定铁路运输、海事和军事储备和工业设施），消防泡沫联盟（2016 年）的最佳做法指南规定，应当事先制定消防用水收集计划，对于有自动启动装置的固定消防系统，在设计系统时应嵌入抑制开关。然而，目前并不清楚有多少设施在实践中是这样操作的；

(c) 处置受污染的逸出物和泡沫浓缩物。消防泡沫联盟 （2016 年） 评论称，B 类消防泡沫浓缩物（其中包括基于全氟辛酸的泡沫） 没有有效期，但一般使用期为 10 至

[54] 国际上一般根据火灾性质对火灾分类，从而界定了最适合使用的灭火介质。B 类火灾涉及易燃液体，在这种情况下，可能需要消防泡沫来抑制火灾（例如石油引发的火灾）。http://surreyfire.co.uk/types-of-fire-extinguisher/。

25 年。还可以定期对它们进行测试，以评估库存泡沫是否符合要求。B 类消防泡沫浓缩物应当通过热破坏销毁。消防泡沫联盟 （2016 年）指南强调，对于因使用泡沫而受到污染的消防用水，处置方法是抑制化合物自相混合，因此热破坏是较可取的方案。其他备选方案包括综合采用凝固法、凝絮法、电凝絮法、反向渗透法以及颗粒活性炭吸附法。

211. Klein （2013 年）提供了更多资料，进一步说明了采用热破坏法降解全氟化消防泡沫（包括全氟辛烷磺酸和全氟辛酸）可能产生的成本。这种成本高低取决于所采用的技术手段，等离子弧设施比水泥窑设施更加昂贵 （注意水泥窑在高温下运行）[55]。根据 Klein 提供的总体成本评估，在欧洲，每升浓缩物的成本为 0.77 欧元。在澳大利亚，水泥窑的成本在每升 1 至 1.5 美元之间，等离子弧的成本为每升 17 至 20 美元。Klein （2013 年）还评论称，使用颗粒活性炭吸附法、电凝固法或反向渗透法能有效降低成本，因为这些工艺流程可以减少含氟化合物成分。建立使用这些技术的处理厂的基本建设成本在 92 000 欧元至 230 000 欧元之间。Klein（2013 年）评论称，处置氟化消防泡沫的管理费用相当高，促使某一大型航空运营商在其运营的所有国内机场转而使用无氟消防泡沫。等离子弧设备和水泥窑还会产生其他成本，包括因严格执行现有最佳技术或最佳环境实践所产生的成本，例如连续监测，以避免产生更多氟化物质或其他有毒物质。

4.8.3 关于替代品的资料

212. 《风险管理评价》强调称，有许多可行的化学物质可作为含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的水成膜泡沫的化学替代品，并且这些替代品正在全球范围内出售使用。以下各段取自《风险管理评价》，以便参考。在标明处添加了新的参考材料。

短链氟化替代品

213. 过去几年来，基于含氟聚合物的水成膜泡沫制造商已经用短链氟化表面活性剂替代长链氟化表面活性剂（环境署，2017 年）。开发了基于纯 6:2 含氟调聚物的水成膜泡沫，以取代主要基于 6:2 和 8:2 含氟调聚物混合物的早期产品（Klein，2012 年；Kleiner 和 Jho，2009 年）。例如，杜邦公司基于 6:2 氟调聚磺酰胺烷基甜菜碱 （6:2 FTAB） 或 6:2 氟调聚磺酰胺氨基氧化物开发了两种商业化水成膜泡沫（Wang 等人，2013 年）。提供基于短链含氟调聚物的表面活性剂产品组合的供应商包括 Chemguard、Chemours 和 Dynax（环境署，2017 年）。

214. 化学替代品包括 C_6 基含氟调聚物，例如 6:2 氟调聚磺酰基甜菜碱，有时与烃和 3M 公司的产品十二氟-2-甲基戊-3-酮组合。由于物质直接释放到环境中，并且在包括北极、人类和野生动物在内的环境中检测到 C_6 化合物，因而使用氟化替代品并不可取（见 UNEP/POPS/POPRC.13/INF/6）（消除持久性有机污染物国际网络，2016 年）。应当指出，要修复短链全氟和多氟烷基物质造成的水污染即使并非完全不可能，至少也会非常困难，并且 Holemes（2017 年）指出“释放作为替代物的短链 C_6 以及经降解的全氟和多氟烷基物质不会造成危害”的这种观点是错误的。有大量证据表明，短链全氟和多氟烷基物质已经对健康和环境造成了潜在影响，包括流动性增强、作物吸收、生物积累、与蛋白质结合、接触量增加，并且一旦释放到环境中，便难以采集和清理（Brendel 等人，2018 年；Ritscher 等人，2018 年）。

215. 欧盟《限制报告》附件十五（欧洲化学品管理局， 2014 年 a）强调，尽管在制造基于 6:2 含氟调聚物的消防泡沫时，没有使用全氟辛酸或全氟辛酸相关化合物，但基于含氟调聚物的泡沫中可能含有作为副产品的痕量全氟辛酸。根据欧盟《化学品注册、评价、授权和

[55] 技术参考文件，2010 年，关于欧洲水泥窑一般操作温度高达 2 000 摄氏度的评论。烧结区的材料温度要达到 1 450 摄氏度，并且恒温时间不得低于 8 秒。

限制条例》实施的限制对在 2020 年 7 月 4 日当天或之前投放市场的含有全氟辛酸及其相关化合物的消防泡沫适用豁免。另一方面，对在 7 月 4 日之后投放欧盟市场的消防泡沫，则适用全氟辛酸浓度不得超过十亿分之 25，或者全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物浓度不超过十亿分之 1 000 的标准。

216. 针对氟辛烷磺酸和全氟辛酸引起的关切，美国海军部于 2017 年修正了 MIL-PRF-24385F（军用标准）。该修正案指出美国国防部的目标是开发和过渡到非氟化制剂，并鼓励水成膜泡沫制造商在此期间尽量减少其产品中全氟辛烷磺酸和全氟辛酸的含量。该修正案规定氟辛烷磺酸和全氟辛酸的最大浓度为当前测试方法的定量限值（每种物质浓度为十亿分之 800（ppb））[56]。

无氟替代品

217. 不过，Cousins （2016 年） 和 Hetzer （2014 年）评论称，已经取得了令人鼓舞的进展，一些泡沫制造商认为不再需要水成膜泡沫。此外，Norstrom （2011 年）评论称，出于环境安全考虑，瑞典和挪威的民用机场已将基于全氟和多氟烷基物质的防火泡沫替换为无氟泡沫。自 2008 年以来，Swedavia 公司在其于瑞典各机场组织的消防演习中已不再使用水成膜泡沫，并从 2011 年开始使用无氟耐酒精消防泡沫 （Moussol FF 3/6）（Nordstrom 等人，2015 年）。Moussoll-FF 3/6 在环境中可以降解成二氧化碳和水。在必须满足高安全标准的机场，其被认为能够有效地灭火。瑞典武装部队从 2011 年开始逐步停止在瑞典消防泡沫中使用全氟化物质。如今，瑞典武装部队采用基于含氟调聚物的消防泡沫，即该物质分解为全氟化物质（详见瑞典化学品管理局，2015 年）。挪威的机场、军事设施和几家海事公司也引进了无氟泡沫（挪威，对《风险管理评价》第三稿的评论意见）。

218. 索尔伯格公司开发了一款高性能的无氟泡沫浓缩物，可用于 B 类碳氢化合物燃料火灾。2017 年公布的最新独立测试结果发现，索尔伯格公司的 Re-Healing RF3 无氟泡沫达到了国际民用航空组织（国际民航组织）制定的《性能等级 B 类火灾测试标准》。此外，凭借创新研发无氟泡沫配方“Re-Healing”并实现其商业化，索尔伯格公司在 2014 年荣获美国环境保护局美国总统绿色化学挑战奖[57]。澳大利亚航空管理局决定在其监管的 23 个澳大利亚城市（包括首府和主要区域城市）机场中[58]将索尔伯格公司的 Re-Healing RF6 6%泡沫用作首选消防泡沫（澳大利亚议会，2017 年）。如果贮存得当，Re-healing 泡沫的使用期可达 20 年（索尔伯格公司，2017 年）。在澳大利亚，国家航空消防局（AirServices Australia）在 2010 年左右改用无氟泡沫，澳大利亚和其他地区的其他大型用户和行业，包括散装燃料储存、港口、石油天然气平台以及消防队已经或正在向无氟泡沫过渡。

219. 依照《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》使用全氟辛烷磺酸和相关化学品的现有最佳技术或最佳环境实践指导文件（环境署，2017 年）证实，非氟化泡沫已存在并且在用。根据澳大利亚昆士兰州政府开展的审查，已确认许多无氟泡沫被达到了最严格的消防标准，在各种情况下超过成膜氟化泡沫的性能，并且无氟泡沫已在机场和包括石油和天然气平台在内的其他设施广泛使用（见昆士兰州政府，2016 年 b）。瑞典军队表示其难以找到符合特定安全要求的无氟替代品（见瑞典化学品管理局，2016 年）。

220. Castro 等人 （2017 年） 根据 Auxquimia 开展的 80 项测试就水成膜泡沫（基于氟调聚物）和无氟泡沫产品之间的可比性能作了评论。在控制火灾方面，基于庚烷和柴油的无氟泡沫比水成膜泡沫的速度慢 6%至 7%；基于汽油和 A1 航空燃油的无氟泡沫比水成膜泡沫

[56] 国防部向国会提交的关于水成膜泡沫替代品的报告，2018 年 6 月。

[57] http://www.solbergfoam.com/getattachment/28194868-f365-4da5-ba40-860f1a3bd9eb/Presidential-Award-Bestowed-on-Solberg.aspx。

[58] 注意澳大利亚全境共有 260 个大、小型机场（澳大利亚，2015 年）。

的速度慢 50%至 60%。不过，在提高施用率（从每分钟 2.31 平方米提高到每分钟 3.75 平方米）之后，无氟产品达到了与水成膜泡沫产品类似的性能水平。Castro 等人 （2017 年）继续对出现这种差异的原因进行假设，指出含氟化合物在泡沫中发挥多种作用，其中一种是作为防油剂以便泡沫扩散，控制液体燃烧产生的火灾。Castro 评论称，无氟产品缺少这一特性，不过通过提高施用率，无氟泡沫可以更快地扩散并覆盖液体火灾。

221. 据消防泡沫联盟称，含有基于含氟调聚物的含氟表面活性剂的水成膜泡沫灭火剂是目前在军事、工业、航空和市政应用中扑救易燃液体火灾的最有效的泡沫灭火剂。美国海军研究实验室 （2016 年）提供的测试数据显示，在油槽火灾测试中，水成膜泡沫灭火剂的灭火速度为 18 秒，而无氟泡沫为 40 秒。不过，从 2004 年起与美国海军实验室开展的另一项研究（Lerner， 2018 年）评论称，对 3M 公司的水成膜泡沫和无氟替代品进行的一项测试显示，两者的灭火速率相当。无氟替代品在 39 秒内灭火，而水成膜泡沫的灭火时间在 25 秒至 36 秒之间。2018 年 9 月 17 日（星期一），在持久性有机污染物审查委员会第十四次会议举行的会外活动期间，与会者认为现代无氟泡沫的开发大大降低了性能水平方面的差异。

222. 在泡沫降解测试中，无氟泡沫在 1 至 2 分钟后降解，而水成膜泡沫在降解前持续了 35 分钟。不过，最近的测试证实 F3 泡沫效果相当或更好，并符合行业规定的灭火性能认证。消防泡沫联盟不支持已不再需要水成膜泡沫灭火剂的观点，并建议仅在发生重大可燃液体危险的特定情况下使用水成膜泡沫，并且在使用水成膜泡沫灭火剂时应采取所有可行措施尽量降低排放水平（消防泡沫联盟，2017 年）。不过，在无氟泡沫与测试的两种水成膜泡沫之间，阻燃因素（即蒸汽抑止）没有什么区别（Williams 等人，2011 年）。此外，索尔伯格公司提供的资料（挪威，2018 年个人来信） 证实，不含氟表面活性剂和不含氟聚合物的消防泡沫不仅可以在不产生持久性污染、生物蓄积或毒素分解等环境问题的情况下有效扑灭燃料火灾，还表现出传统水成膜泡沫所具备的扑灭 B 类火灾的性能[59]。世界各地的机场和海事公司都已经引进了无氟泡沫，并对性能表示满意。

223. 获得国际民航组织不同级别认证（在民用机场使用需满足的要求）的无氟泡沫已在市场上销售（见消防泡沫联盟，2017 年），并实际上已引入机场。例如，英国民用航空管理局指出，无氟泡沫已获得国际民航组织 B 级认证，并且经大规模消防测试证实，无氟泡沫与水成膜泡沫一样有效；而哥本哈根机场则出于环境考虑将水成膜泡沫替换为索尔伯格公司的 RF Re-Healing 泡沫。[60]目前进入市场的无氟泡沫生产商包括：国家泡沫公司（Jetfoam—用于航空应用; 以及 Respondol—一种 B 类产品）; Bioex 公司 （Ecopol）; Fomtec 公司 （Enviro 3x3 Plus）; 索尔伯格公司 （Re-Healing 泡沫 RF6/RF3）以及德国斯坦默公司（Moussol F-F3/6）， Auxquimia 公司（Unipol）; Vsfocum 公司 （Silvara）；生物安全技术公司（Trident）以及 3F 公司 （Freefor SF、 Hyfex SF、 Freedol SF）。

224. Bioex 公司坚称其生产的四种名为 Ecopol、Bio For、Bio T 和 Bio Foam 的无氟泡沫与最好的水成膜泡沫一样有效，并且获得了 EN 1568-3 标准之下的性能分级最佳级——1A 级认证（1A 级/淡水和 1A 级/海水认证）。索尔伯格公司的 Re-Healing RF3 泡沫达到了保险商实验室 （UL 标准 162）和加拿大保险商实验室（标准 S564）的防火性能测试标准、 FM 认可标准 5130、欧洲标准 EN 1568 第 3 部分以及国际民用航空组织的《性能等级 B 类火灾测试标准》。[61]

[59] http://www.solbergfoam.com。

[60] https://www.solbergfoam.com/getattachment/b706ff4d-1f47-4030-bd7d-cc8762d3bfed/CAFS-FFF-In-ARFF.aspx。

[61] https://www.solbergfoam.com/getattachment/b706ff4d-1f47-4030-bd7d-cc8762d3bfed/CAFS-FFF-In-ARFF.aspx。

225. 德国 Heyrothsberge 消防和灾难控制研究所测试了六种无氟耐酒精消防泡沫和一种含有全氟和多氟烷基化合物的泡沫，以了解其扑灭五种不同极性液体火灾的能力。作者的结论是，有的无氟泡沫的性能与含有全氟和多氟烷基化合物的泡沫相似（见 Keutel 和 Koch，2016 年）。

226. 根据目前的数据，无氟和含氟水成膜泡沫的价格相当（Roger Klein 博士在持久性有机污染物审查委员会第十四次会议上提供的资料）。消防泡沫联盟（2018 年）评论称，基于短链含氟调聚物的水成膜泡沫的储存寿命为 10 至 25 年，而一家无氟替代品制造商（索尔伯格公司， 2014 年）引述称，此类产品的储存寿命为 20 年。荷兰方面的评论意见（2018 年 b）指出，根据与荷兰某消防队的讨论，认为专用设施很少发生火灾，并且水成膜泡沫不得用于消防演习，这可能意味着泡沫库存还没来得及使用就已经完全过期，也就是说储存寿命是一个重要的考虑因素。另一个考虑因素是非氟化替代品也可用于消防员培训。Castro（2017 年）评论称，在施用泡沫时，特别是对油气和 A1 喷气机燃料施用泡沫时，要达到水成膜泡沫含氟调聚物的控火速度，需要施加更多的无氟泡沫（从每分钟 2.31 平方米提高到每分钟 3.75 平方米）。不过，消除持久性有机污染物国际网络在《风险管理评价》中评论称，在考虑成本时，应当将更广泛的环境成本考虑在内。这将包括继续依赖含氟表面活性剂泡沫的内化成本，包括地下水修复费用、水生环境污染、自给和商业渔民，以及环境和公共卫生（消除持久性有机污染物国际网络，对《风险管理评价》第二稿的评论意见）。使用水成膜泡沫、氟蛋白泡沫或成膜氟蛋白泡沫的生命期成本远高于无氟泡沫，原因在于使用上述含氟化合物泡沫要承担法律和财务责任（见昆士兰州政府，2016 年 a 和 2016 年 b），包括违反经营许可证条件、声誉及品牌形象损害等（见 Klein，2013 年）。越来越多的证据表明，地下水的含氟化合物污染是影响农业、渔业、物业价格的严重的持续性问题，而政治和公众关注带来的负面影响，导致代价极为昂贵且具有破坏性的法律挑战。在水成膜泡沫、氟蛋白泡沫或成膜氟蛋白泡沫的氟化分解产物造成环境污染的情况下，修复费用（尤其是场外修复费用）仍相当庞大，而且还要付出高昂的分析和咨询费用（实例见 Klein，2013 年）。

227. 在持久性有机污染物审查委员会第十四次会议期间，一个专家小组讨论了氟基和无氟泡沫的使用情况。

(a) 德国工业消防协会称，将无氟泡沫用于以下用途是可行的：(一) 市政消防队扑救的典型火灾，包括房屋结构火灾、汽车火灾、固体火灾、中小型燃料泄漏，(二)木材、纸张、织物、垃圾等可燃材料火灾（“A 级”火灾），(三) 约 500 平方米以下的易燃液体火灾（“B 级”火灾）。

(b) 迄今为止，实践经验和（或）科学证据不足以说明无氟泡沫可作为可接受替代品，用于扑救约 500 平方米以上的易燃液体火灾（“B 类”火灾）（通常发生在炼油厂、石油化工厂和油库）及特殊化学品大规模火灾（通常仅发生在化工厂）。

(c) 伦敦希思罗机场的消防车一直使用无氟泡沫，没有任何操作缺陷。使用无氟泡沫具有以下优点：在两起事故后，机场很快恢复全面运营，没有清理费用；符合运营和环境责任；定期培训建立了对新产品的信心。

(d) 社会经济影响推动昆士兰州制定泡沫政策，以便到 2019 年逐步淘汰含有全氟和多氟烷基物质的消防泡沫，这些影响包括：受污染的地点数量众多且不断增加；水和土壤的清理费用非常高（例如 2017 年的一次机场泄漏耗资 4 700 万欧元）；废物处理、处置和销毁非常昂贵；饮用水供应存在风险；海鲜（或渔业）可能受到限制；畜牧业和园艺产品可能无法销售；法律诉讼和索赔越来越多（针对制造商和最终用户）。

228. 《风险管理评价》中提出的证据表明基于全氟辛酸的水成膜泡沫的化学替代品不仅存在，而且还在全球范围内积极使用。其中包括短链氟化泡沫以及无氟替代品。从无害环境管理的角度来看，功效得到证明的无氟产品应该是首选方案。

4.8.4 关于社会影响的资料

229. 《风险管理评价》强调了对以分散和直接的方式使用消防泡沫的关切。《风险管理评价》还指出，在消防泡沫中继续使用全氟辛酸将导致使用含有全氟辛酸及全氟辛酸相关产品的水成膜泡沫的设施（主要是军事场所和机场）周围的地下水和土壤持续受到污染。《风险管理评价》举例说明了这种情况，指出了污染和修复成本的大小。作为所要求提供的资料的一部分，以下各段更加详细地说明与使用含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的水成膜消防泡沫有关的地面污染。

230. Military.com （2017 年）（引自消除持久性有机污染物国际网络，2018 年）提供了在美国参议院开展讨论的详情，讨论的内容是在约 400 处军事设施中，先前使用过并向环境排放了含有全氟辛烷磺酸、全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防泡沫，从而造成地面污染的情况（例如费尔柴尔德空军基地）。根据文内引用的资料，地面污染恢复总成本估计高达 20 亿美元。

231. Klein （2013 年）提供的实例表明，在各种设施（军事设施、机场和炼油厂）使用含有全氟烷基 （主要是全氟辛烷磺酸） 的消防泡沫进行消防训练或应对实发火灾后，地下水受到了污染，这种情况已出现若干起。Klein 特别提到了在先前使用过全氟辛烷磺酸的美国军事消防训练场开展的一项案例研究，在训练场停用全氟辛烷磺酸 10 至 15 年后进行监测，竟仍发现地下水含有高浓度的含氟调聚物（氟调聚磺酸盐 14.6 毫克/升）。另一项在泽西岛的泽西机场开展的案例研究报告称，在消防训练场使用含全氟辛烷磺酸的水成膜泡沫对该岛的含水层和饮用水造成了污染。根据所选方案，修复费用估计在 370 万英镑至 3 000 万英镑之间（根据 1999 年至 2000 年物价）。这包括有可能清除和销毁 30 米深的土壤以及重建场地。据挪威估计，受全氟辛烷磺酸污染的机场土地的补救费用为每个机场 400 万至 4 000 万美元（挪威 2018 年 a）。

232. Cousins （2016 年） （引自消除持久性有机污染物国际网络 （2018 年）） 进一步强调称，清理受污染场地的费用只是与含全氟和多氟烷基物质的消防泡沫（包括长链和短链）所致遗留污染有关的多项成本中的一项；其他成本包括与分析监测全氟和多氟烷基物质、销毁旧库存、清理因先前的使用而受到污染的设备有关的费用，以及可持续替代品开发与商业化费用、新研究资助费、医疗费和法律费用等。这些费用将由纳税人承担，因为在实践中，确定首要责任方或多名责任方非常困难并且往往过于昂贵。不过，许多国家的环境法已经采取了“谁污染谁负责”原则，要求污染责任方负责清理。这被视为一种区域惯例，因为大部分经合组织成员国以及欧盟和挪威都大力支持这种做法。它也是美国环境法的一项基本原则（挪威，2018 年）。

233. 发展中国家直到最近仍在使用含有全氟辛烷磺酸和全氟辛酸的泡沫，甚至最近仍在进口。使用含有全氟辛烷磺酸及可能含有全氟辛酸的泡沫进行消防演练的场地或火灾事故现场可能受到污染（苏里南，2017 年）。虽然此类场地包括饮用水水库区域，但由于缺乏监测能力和可用资金，往往没有对其开展调查。

234. 在认识到含全氟和多氟烷基物质的消防泡沫污染饮用水源对公共健康造成严重影响以及有必要防止进一步造成伤害之后，华盛顿州（美国）[62]的政策制定者最近颁布了美国第一部禁止将含全氟和多氟烷基物质的消防泡沫用于消防训练之目的（自 2018 年 7 月 1 日

[62] https://toxicfreefuture.org/new-law-protects-drinking-water-firefighters-toxic-perfluorinated-chemicals/。

起实行）以及禁止在华盛顿州销售含有全氟和多氟烷基物质的消防泡沫以供使用（自 2020 年 7 月 1 日起实行）的州法律。此外，Land 等人（2018 年）对全氟烷基酸在人体和环境中的留存时间趋势作了评论，表示“在实施法规和逐步淘汰做法的区域，当地居民身体中的氟辛烷磺酸、全氟癸烷磺酸和全氟辛酸浓度一般都在下降，而此前浓度不断提高的全氟己基磺酸及其盐类也开始趋于平稳”。

235. 瑞典化学品管理局估计，在两个案例中，受全氟和多氟烷基物质污染的饮用水的治理费用分别是：Uppsala 木炭过滤为每年 100 万欧元，而 Ronneby 的新水源为每年 300 万欧元，后者是一个小城市，在 2013 年发现全氟和多氟烷基物质含量超标时，大约 5 000 千户居民立刻受到影响（瑞典化学品管理局，2016 年）。

236. 美国疾病控制与预防中心的国家环境卫生中心主任 Patrick Breysse[63]将受水成膜泡沫中氟化化学物对饮用水的污染称为“未来几十年最严峻的公共卫生挑战之一”。与多氯联苯和二恶英等其他具有持久性和生物蓄积性的有毒化学品不同，全氟和多氟烷基物质具有高度水溶性，且不会在环境中分解。特别令人关切的是，全氟烷基酸一旦与地下水接触，就“有可能永远留在水中，对后代的饮用水源造成影响”。仅在美国，在全国多个社区超过 600 万居民的饮用水中发现了极高浓度的高度氟化的化学品。Cousins（2016 年） 建议采取一种尊重绿色化学之“降解设计”原则的预防性做法，并指出，“根据这一原理，全社会应当用非持久性消防产品取代所有基于全氟和多氟烷基物质的消防泡沫，因为它们会导致严重不可逆的接触。”这种预防性做法符合《斯德哥尔摩公约》规定的任务授权。

4.8.5 其他考虑因素

237. 考虑到储存寿命，欧洲化学品管理局（2015 年 a）允许对 2020 年 7 月 4 日当天或之前投放市场的现有含有全氟辛酸的消防泡沫混合物（包括浓缩泡沫混合物） 给予克减， 将使用期再延长 20 年。这种克减与给予在用泡沫的豁免一致，将避免需要提早更换受豁免的泡沫。[64]据消除持久性有机污染物国际网络在《风险管理评价》以及在持久性有机污染物审查委员会第十三次会议上的讨论中评论指出，消防泡沫的正常寿命随温度和储存条件而差别很大。他们认为，对于这种导致许多国家大量地下水污染的持续分散的持久性有机污染物用途而言，长达 20 年的时限并不恰当。消防泡沫联盟（2016 年）最佳做法指南评论称，含有全氟辛酸的消防泡沫并没有有效期，但有 10 至 25 年的储存寿命。荷兰 （2018 年 b）指出，根据与荷兰比尔特霍芬消防队的同事、海尔德兰省地区安全管理员进行的讨论以及他们自己的经验，专用设施（如机场、炼油厂和军事场所） 极少主动使用水成膜泡沫，并且水成膜泡沫的库存很可能没来得及使用就已超过其 25 年的储存寿命。索尔伯格（2012 年）评论称，它们公司无氟消防泡沫的储存寿命为 10 年。荷兰（2018 年 b）进一步评论称，如果专用设施（例如机场、炼油厂和军事场所）的火灾较少，消防泡沫的储存寿命也是一项重要的成本考虑因素。

4.8.6 资料综述

238. 氟化消防泡沫一直被用作一种扑救 B 类（石油）火灾的有效手段，过去偏向于使用通过电化氟化法开发的 C_8 技术 （瑞典化学品管理局， 2015 年）。这包括全氟辛烷磺酸， 现已列为《斯德哥尔摩公约》下的一种持久性有机污染物， 以及主要作为铵盐 （全氟辛酸铵）使用的全氟辛酸。对于 C_8 全氟化合物给人体健康和环境所造成影响引发的关切，业界转向使用通过调聚法开发的短链 C_6 技术（瑞士化学品管理局，2015 年）。尽管在制造 C_6 含氟调聚物的过程中没有使用全氟辛酸，但最终产品可能含有作为副产品无意产生的全氟辛酸

[63] https://www.theguardian.com/australia-news/2017/oct/18/toxic-firefighting-chemicals-the-most-seminal-public-health-challenge。

[64] UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2。

及全氟辛酸相关化合物。瑞典化学品管理局 （2015 年） 和 Seow （2013 年）指出，这是一种典型的痕量残余，但也强调，现有研究证明利用 C_6 技术制造的 C_8 类物质（包括全氟辛酸）可能以更高的浓度存在，最高有可能达到 50:50% 重量比，并可能包含全氟辛酸前体，例如基于丙烯酰胺的含氟表面活性剂 （化学文摘社编号：70969-47-0）。

239. 由于资料有限，难以量化已投放市场的含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物杂质或组分的消防泡沫。欧洲化学品管理局（2014 年 a） 估计，在 2014 年，在欧洲的消防泡沫中使用的全氟辛酸相关化合物（化学文摘社编号：70969-47-0） 在 50 至 100 吨之间。2015 年之后，该数量降低至每年 15 至 30 吨全氟辛酸相关物质。据此可假设使用了同等数量的含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的浓缩物。Prevedouros 等人（2006 年）所作的其他估计指出，从 1951 年到 2004 年，全氟辛酸铵的全球产量在 3 600 吨至 5 700 吨之间，假设它们全部用于消防泡沫，则这相当于在此期间全球总共生产了 5 100 万至 4.9 亿升全氟辛酸铵浓缩物。消防泡沫联盟 （2016 年）制定了一份关于使用 B 类消防泡沫（包括含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防泡沫）的最佳做法指南。其中包括，考虑到对环境污染的关切，仅在最需要的时候使用氟基泡沫并避免将 B 类消防泡沫用于消防训练。最佳做法指南还包括对使用易燃液体的设施进行前瞻性规划，以建立逸出物捕获和抑制系统。目前尚不清楚有多少设施执行了指南的这部分内容。消防泡沫联盟 （2016 年）指南还指出，各类事件变数无常，不可能在所有情况下捕捉逸出物。该指南还详细介绍了销毁消防逸出物和泡沫浓缩物的适当方式，指出热破坏是一种首选办法。Klein（2013 年）提供了销毁泡沫浓缩物的指示性成本，每升大约为 0.77 欧元，或每升 1 至 1.5 澳元。

240. 根据《风险管理评价》的详细介绍，有多种含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防泡沫替代品已投放市场并可随时购买。其中包括基于氟化选择方案的含氟调聚物（C6:2）和无氟替代品。欧洲化学品管理局 （2014 年 a） 指出，生产基于含氟调聚物的消防泡沫可能含有作为副产品出现的痕量全氟辛酸 。相关限制措施规定全氟辛酸不得超过十亿分之 25，全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物不得超过十亿分之 1 000。

241. 《风险管理评价》详细介绍了氟化消防泡沫及其降解产物对地下水的污染情况，指出清理受污染场地需要承担巨额成本和作出大量努力，并说明了污染产生的潜在长期影响。这包括介绍了一个关于泽西岛的案例，该岛为清理基于全氟辛烷磺酸的泡沫所污染的含水层大约花费了 370 万至 3 000 万英镑。其他来自美国的实例强调，受全氟辛烷磺酸污染的地下水在污染后的 5 至 10 年内仍能在开采时产生泡沫。

242. 最后，欧洲化学品管理局 （2015 年 a）讨论了投放市场的基于全氟辛酸的消防泡沫的克减期限。根据欧盟《化学品注册、评价、授权和限制条例》限制措施，对在 2020 年 7 月 4 日前投放市场的消防泡沫（包括浓缩剂）给予克减。考虑到消防泡沫混合物的储存寿命，这意味着它们仍可使用 20 年，而制造商的保质期通常为 10 年。《斯德哥尔摩公约》可以采用类似的豁免，尽管持久性有机污染物的持续分散用途有悖于《公约》各项目标。消除持久性有机污染物国际网络（2018 年）评论称，泡沫的寿命随气候和储存条件而差别很大，因此，根据《斯德哥尔摩公约》，20 年的克减期是不可接受的。消防泡沫联盟 （2016 年）指出，泡沫没有有效期，但有 10 至 25 年的储存寿命。

4.8.7 结论

243. 根据在《风险管理评价》中汇编和审查的资料，使用中的含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防泡沫库存量可能很大，尤其是考虑到此类化合物还可能作为杂质存在于链长较短的 C_6 调聚物技术中。各方着重关注消防泡沫中链长较短的全氟化合物的流动性及其对环境的潜在影响。与场地净化有关的庞大的社会经济成本也引起关注，强烈建议在生效之前，不要为训练目的用尽库存或已安装的含有全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物的消防

泡沫，以避免产生处置和去污成本。在性能和满足几乎所有用途的相关认证方面，无氟泡沫与氟基水成膜泡沫以及含有全氟辛酸的消防泡沫相当，但有一些例外，例如美国军用标准对传统水成膜泡沫有一定要求。根据在《风险管理评价》及其附录中汇编和审查的资料，委员会得出结论认为，消防泡沫中的全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物有替代品可供选择。因此，委员会并不建议对生产可能含有全氟辛酸杂质和全氟辛酸相关化合物成分的灭火泡沫给予豁免。但是，有人对于采用有效的消防泡沫扑灭液体燃料火灾的重要性、可能无法获得合适替代品以及使用和实施成本表示关切。一名会员表示，需要对于使用全氟辛酸及全氟辛酸相关化合物来生产消防泡沫（例如用于液体燃料火灾的消防泡沫）设置豁免，因为他认为，过渡到生产短链全氟和多氟烷基物质从环境角度而言并非合适的方案，并且改用不含全氟和多氟烷基物质的替代品尚需时日。委员会进一步得出结论认为，需要对使用系统（包括移动和固定系统）中已安装的含有全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物的消防泡沫给予特定豁免，并设置特定条件。

5 资料综述

5.1 资料摘要和用途结论声明

244. 委员会邀请各缔约方和观察员，包括相关行业提供资料，以协助委员会界定全氟辛酸、其盐类和全氟辛酸相关化合物生产与使用的特定豁免。本文件附录二中的表 5.1 提供了本文件和结论声明中的关键资料摘要。

化学特性

245. 由于氟虫胺（N-乙基全氟辛烷磺酰胺，化学文摘社编号：4151-50-2）是用全氟辛基磺酰氟生产的，因此，尽管没有明确提及，但其已被涵盖在全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟列表下，因此不应列入全氟辛酸列表，以避免双重监管。根据进一步提交的资料，不应将 1-H-PFO 排除在全氟辛酸相关化合物的范围之外，因为研究表明，1-H-PFO 有可能转化为全氟辛酸。8:2 含氟调聚物甲基丙烯酸酯，即含甲基丙烯酸甲酯的聚合物（化学文摘社编号：93705-98-7）应列入全氟辛酸相关化合物的非详尽清单。

列入附件 C

246. 根据所评估的资料，委员会不建议将全氟辛酸、其盐类及其相关化合物列入《公约》附件 C。其他资料，最好还有来自其他废物焚烧炉、露天焚烧和其他无意产生的持久性有机污染物来源的进一步测量值（或定量数据），尤其是来自发展中国家的数据，将有助于今后的审议工作。

用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜

247. 根据对现有资料的评价，并不建议为用于医疗纺织品、水处理过滤、生产工艺和污水处理的膜设置特定豁免。

运输的分离中间体

248. 根据对现有资料的评价，并不建议为作为无意副产品产生及作为分离中间体使用（以便在生产场地以外的另一个场地再处理成为四氟乙烯（TFE）和六氟丙烯（HFP））的全氟辛烷碘化物（PFOI）设置特定豁免。

医疗器械

249. 委员会建议仅对侵入式医疗器械给予特定豁免。

植入式医疗器械

250. 委员会建议对植入式医疗器械给予特定豁免。

照片成像部门

251. 由于目前正在快速向数字成像转型、发展中国家和转型国家广泛使用数字技术，以及该部门全氟辛酸的用量进一步减少，委员会不建议为应用于纸张和印版的摄影涂料设置特定豁免。

汽车行业

252. 鉴于资料不足和缺乏适当理由，委员会并不建议给予汽车行业特定豁免。

消防泡沫

253. 有人对于采用有效的消防泡沫扑灭液体燃料火灾的重要性、可能无法获得合适替代品以及使用和实施成本表示关切，因为改用不含全氟和多氟烷基物质的替代品可能尚需时日。委员会不建议对生产可能含有全氟辛酸杂质和全氟辛酸相关化合物成分的灭火泡沫给予豁免。

254. 委员会进一步得出结论认为，需要对使用系统（包括移动和固定系统）中已安装的含有全氟辛酸和全氟辛酸相关化合物的消防泡沫给予特定豁免，并设置特定条件。

Appendix I

Overview of regulatory risk management approaches, their chemical scope and exemptions for uses related to PFOA, its salts and PFOA-related compounds in Canada, the EU and Norway

(for details see Canada, 2016c, European Commission, 2017 and Norway, 2016)

Table 3 of the RME set out in document UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2

	Canada	EU	Norway
	Prohibit manufacture, use, sale, offer for sale or import of the substances and products containing these substances	Prohibit manufacturing, use or placing on the market (1) as substances, as constituents of other substances and (2) articles or any parts thereof containing one of the substances	Prohibit to manufacture, import, export and make available on the market (1) textiles, carpets and other coated consumer products that contain the substances and (2) consumer products that contain the substances
Chemical scope	PFOA and its salts; Compounds that consist of a perfluorinated alkyl group that has the molecular formula C_nF_{2n+1} in which n=7 or 8 and that is directly bonded to any chemical moiety other than a fluorine, chlorine or bromine atom; Perfluorocarboxylic acids that have the molecular formula $C_nF_{2n+1}CO_2H$ in which $8 \leq n \leq 20$, and their salts; Compounds that consist of a perfluorinated alkyl group that has the molecular formula C_nF_{2n+1} in which $8 \leq n \leq 20$ and that is directly bonded to any chemical moiety other than a fluorine, chlorine or bromine atom. (see Canada, 2016c)	PFOA and its salts; Any related substance (including its salts and polymers) having a linear or branched perfluoroheptyl group with the formula C_7F_{15}- directly attached to another carbon atom, as one of the structural elements. Any related substance (including its salts and polymers) having a linear or branched perfluorooctyl group with the formula C_8F_{17}- as one of the structural elements. Exclusions: C_8F_{17}-X, where X= F, Cl, Br; C_8F_{17}-C(=O)OH, C_8F_{17}-C(=O)O-X' or C_8F_{17}-CF_2-X' (where X'=any group, including salts). Does not apply to PFOS and its derivatives, which are listed in Part A of Annex I to Commission Regulation (EC) No 850/2004 (see European Commission, 2017) PFOA<25ppb, related compounds <1,000 ppb	PFOA and individual salts and esters of PFOA (CAS No: 335-67-1, 3825-26-1, 335-95-5, 2395-00-8, 335-93-3, 335-66-0, 376-27-2, 3108-24-5) as a pure substance or in a mixture, when the mixture contains 0.001 weight percent or more of the substance. (See Norway, 2016)
Exemptions for photo-imaging	Photo media coatings until 31 December 2016 Since then partially captured under exemptions for manufactured items	Photographic coatings applied to films, papers or printing plates	Photographic coatings for film, paper or printing plate until 2016
Exemptions for semiconductor industry	Partially captured under exemptions for manufactured items	- Equipment used to manufacture semiconductors (until 4 July 2022); - Photo-lithography processes for semiconductors or in etching processes for compound semiconductors; - Semiconductors or compound semiconductors.	Adhesives, foil or tape in semiconductors until 2016

	Canada	EU	Norway
Exemptions for fire-fighting	Aqueous film-forming foams used in fire-fighting applications	- Concentrated fire-fighting foam mixtures that were placed on the market before 4 July 2020 and are to be used, or are used in the production of other fire-fighting foam mixtures; - Fire-fighting foam mixtures which were: a) placed on the market before 4 July 2020; or b) produced in accordance with paragraph 4(e), provided that, where they are used for training purposes, emissions to the environment are minimized and effluents collected are safely disposed of.	Not covered by the restriction
Exemptions for medical uses	Partially captured under exemptions for manufactured items	- Medical devices (until 4 July 2032); - Production of implantable medical devices within the scope of Directive 93/42/EEC.	Medical devices are exempted from restrictions
Exemptions for textiles	Partially captured under exemptions for manufactured items	- Textiles for the protection of workers from risks to their health and safety (until 4 July 2023); - Membranes intended for use in medical textiles, filtration in water treatment, production processes and effluent treatment (until 4 July 2023).	Textiles for consumer use are restricted when PFOA concentration is above 1ug/m^2 for any part of the product.
Exemptions for inks	Water-based inks until 31 December 2016	Latex printing inks (until 4 July 2022)	
Exemptions for nano-coating	Partially captured under exemptions for manufactured items	Plasma nano-coating (until 4 July 2023)	
Exemptions for food packaging	Partially captured under exemptions for manufactured items		Food packaging, food contact materials are exempted from this regulation

The scope of the regulatory actions presented in the Table above differ in scope compared to each other and the scope set out in the RME based on the principles of the Stockholm Convention. The RME covers degradation to PFOA from long-chain PFASs with more than eight perfluorinated carbon atoms except for those explicitly excluded in the definition of PFOA-related compounds as they do not degrade to PFOA under natural conditions. This goes beyond the EU risk management approach which does not cover the degradation to PFOA from long-chain PFASs. The degradation from long-chain PFASs is also not considered in the Norwegian risk management approach. The Canadian risk management approach also applies to long-chain PFCAs, their salts, and their precursors. However, long-chain PFASs have been included on Norway's priority list of substances whose release to the environment should be eliminated by 2020, and they are included in the US Stewardship Program (IPEN Comments on 2nd draft RME).

A general definition of "long-chain PFCAs" (CnF2n+1COOH, n≥7) is provided by the OECD (OECD, 2017). As a result of the existing production processes, fluorotelomer-based substances have been generally manufactured as mixtures of homologues with a range of perfluoroalkyl chain lengths (for examples, see DuPont, 1998), including those that have more than eight perfluorinated carbon atoms.[65] Therefore, the information provided in the RME covers to a certain extent also those fluorotelomer-based substances with longer chain PFAS (longer than 8:2).

[65] Commercial products containing primarily >99% of one individual homologue may exist; this requires additional purification processes.

Appendix II

Summary of evaluation of uses and conclusions regarding specific exemptions for PFOA, its salts and PFOA-related compounds

Table 5.1 Summary of evaluation of uses and conclusions regarding specific exemptions for PFOA, its salts and PFOA-related compounds

Use	Requested information	Estimated tonnages for PFOA and PFOA-related compounds per use globally	Summary of key points	Conclusion
Membranes intended for use in medical textiles, filtration in water treatment, production processes and effluent treatment	Information on the scope of the applications, used amounts, availability of alternatives and socio-economic aspects	Unknown	The RME for PFOA highlights the need for further information to justify a possible exemption for these uses. In particular, the Committee requested additional information on the scope of the applications, used amounts, availability of alternatives and socio-economic aspects. Limited information on the scope of the applications and the availability of alternatives has been submitted. However, alternatives including non-fluorinated alternatives for these uses are in current use. No relevant information has been provided or could be identified on used amounts in relevant applications. Used amounts in specific applications and related information which would also enable the socio-economic aspects and information on the possible non-availability of alternatives to be further evaluated would be required to justify exemptions. In summary, there is a lack of information about specific uses and amounts but indication that alternatives are available for a variety of uses.	Based on the evaluation of available information a specific exemption for use in membranes intended for use in medical textiles, filtration in water treatment, production processes and effluent treatment is not recommended.
Transported isolated intermediates in order to enable reprocessing in another site than the production site	Information on the quantities used, extent of transport and risks, and use	50–100 tonnes	IPEN and ACAT and the FluoroCouncil provided relevant information in response to the current information request. Both submitters and Norway commented on the first draft. IPEN and ACAT also expressed concerns that an exemption for transported isolated intermediates could “open the door to waste dumping in developing and transition countries under the guise of “reprocessing”.” The FluoroCouncil requests an exemption on behalf of its member, Archroma for the transport of PFOI, an unintended side fraction in the production of C_6 fluorotelomers, as a transported isolated intermediate. Archroma argues that they cannot reprocess PFOI, a PFOA-related compound, on-site as a closed-system site-limited intermediate. PFOI is currently transported in closed barrels to a facility in South Korea where iodine recovery and reprocessing to TFE and HFP, take place under closed system conditions. The Korean company informed the Korean government	Based on the evaluation of available information, a specific exemption is not recommended for the use of perfluorooctane iodide (PFOI) generated as an unintentional by-product and used as an isolated intermediate to enable reprocessing to tetrafluoroethylene (TFE) and hexafluoropropylene (HFP) in another site than the production site.

Use	Requested information	Estimated tonnages for PFOA and PFOA-related compounds per use globally	Summary of key points	Conclusion
			that the facility will stop importing the PFOI intermediate by the end of 2019. Archroma is developing a method for on-site iodine extraction, a prerequisite for reprocessing PFOI. A transitional exemption for the transport of PFOI as a transported isolated intermediate would be necessary, since the process will not be available on-site before the entry into effect of the Convention's provisions on PFOA. Moreover, the process leads to the production of 1-H-PFO, that also falls under the definition of a PFOA-related compound (questioned by the FluoroCouncil) and is therefore not a viable solution. Archroma submitted information about risk management measures during taken to avoid releases and informed that all steps of the process covered by the exemption request apply the best available techniques and are conducted in closed systems with (1) no contact with water and (2) incineration of off-gases. The only exception relates to the loading/unloading of containers used for the transport of the PFOI fraction, where they claim that strictly controlled conditions are in place. IPEN and ACAT (2018) note that the proposal to exempt transport of isolated intermediates at the global level undermines the integrity of the Stockholm Convention. The Convention limits generic exemptions relating to intermediates to strictly closed-system site-limited intermediates that are chemically transformed in the manufacture of other chemicals that, taking into consideration the criteria in paragraph 1 of Annex D, do not exhibit the characteristics of POP. IPEN and ACAT (2018) add that PFOI is a PFOA-related compound that is predicted to become an Arctic contaminant, disrupts the endocrine system, and may cause long lasting harmful effects to aquatic life.	
Medical devices	Information on specific applications/uses and timelines foreseen as needed for potential related exemptions	Unknown	MedTech (2018) and Euromed (2015) commented that gathering information on specific applications was challenging and indicated that PFOA would chiefly be present as a by-product of PTFE manufacture, PFOA has been used as an emulsifier. MedTech (2018) also provided a summary of generic potential uses. To ease the decision at the COP, IPEN and ACAT (2018) commented that a specific list of applications is needed to help maintain clarity and enforcement of the Convention.	The Committee recommends a specific exemption for invasive medical devices.

Use	Requested information	Estimated tonnages for PFOA and PFOA-related compounds per use globally	Summary of key points	Conclusion
			ECHA (ECHA, 2015) estimated in use quantities of <1kg in the EU extrapolated to <5kg globally. ECHA (ECHA, 2015). As part of the REACH restriction process an exemption was granted for non-implantable medical devices of 15 years to allow phase-out and development of alternatives. The RME noted that PFOA free PTFE options have already been developed, passed stringent regulatory requirements and have been commercialised in some geographies. The ECHA Annex XV restriction report comments that 70% of global PTFE production is now PFOA free under the PFOA product stewardship programme chaired by the US EPA which covers Japan, Europe and the USA. However, many medical devices are manufactured outside of these areas (MedTech, 2018).	
Implantable medical devices	Information on the quantities used, extent of transport and risks, and use;	20g for EU extrapolated to 100g globally	ECHA (ECHA, 2015a) indicates that amounts of PFOA and PFOA-related compounds related to this use are extremely low. Further information and data on quantities used, extent of transport and risks, and use of PFOA in implantable medical devices was not provided in response to the request for information. Implantable medical devices, which may be manufactured with PTFE containing PFOA can include but are not limited to synthetic vascular grafts, endovascular and interventional devices, surgical meshes for hernia repair, to sutures for use in vascular, cardiac, and general surgery procedures. These can include PFOA residual levels at or below 1 ppm (MedTech 2018). However, PTFE can be made without PFOA and alternatives are reportedly now commercially available, approved by US FDA, and are a feasible and effective alternative to the use of PFOA.	The Committee recommends a specific exemption for implantable medical devices.
Photo imaging sector	Information relevant for paper and printing sector and use in developing countries;	Unknown	I&P Europe (2018) state that non-fluorinated alternatives and the move to digital imaging have successfully replaced most uses in the imaging and printing industry. Indeed, digital imaging has been adopted in developing countries in favour of hardcopy printing (IPEN and ACAT, 2018). The IAEA and WHO provided a further example of the transition to digital technologies within developing and transition countries, noting in particular that the rapid adoption of digital technology in healthcare results from “efficiencies inherent in digital capture, storage and display and the competitive cost structures of such systems when compared to alternatives involving film.”	Based on the existing and rapid transition towards digital imaging, the wide use of digital techniques in developing and transitional countries, and the further reduction in use of PFOA in this sector, the Committee does not recommend specific exemptions for photographic coatings applied to paper and printing plates.

Use	Requested information	Estimated tonnages for PFOA and PFOA-related compounds per use globally	Summary of key points	Conclusion
			Further information on use of PFOA or PFOA-related compounds in other industry sectors was not received in response to the call for information. According to I&P Europe, since 2000, European industry has reformulated/discontinued a large number of products, as a result of which PFOA or PFOA-related compounds are no longer used in photographic coatings applied to paper and in printing plates manufactured by their members.	
Automotive industry	Information on spare parts	Unknown	The Canadian automotive association, CVMA, requested specific exemptions for automotive service and replacement parts as well as for current production vehicles. The request for exemption is also supported by industry associations ACEA (Europe) and SIAM (India). According to CVMA, the industry has been proactively phasing out PFOA use for some time. However, service and replacement parts might still contain PFOA. According to CVMA, these parts represent a small percentage of PFOA use and will decrease naturally over time as the vehicle fleet turns-over. Automotive manufacturers reportedly need to ensure the availability of original equipment and spare parts to satisfy customer demand. Further, according to the Canadian automotive industry, a key obstacle in a complete phase-out of PFOA in automotive service and spare parts appears to be the prohibitive costs. However, no information on possible cost implications has been submitted. In addition, the Canadian automotive industry has concerns regarding practical challenges related to numerous CAS numbers of affected substances. This has also been expressed by ACEA and SIAM, stating that a considerable amount of time would be required to collect relevant data. In contrast to the request for exemption, IPEN and ACAT stipulate that key automotive industry associations have notified company members and suppliers that PFOA will be listed under the Stockholm Convention as well as being regulated in the EU and that these substances should be substituted. The automotive industry also notes that, most suppliers producing relevant articles no longer use PFOA or other long-chained perfluorinated chemicals. In the past PFOA has been used to make fluoropolymers used in automotive applications but several companies have alternative emulsifiers so that PFOA has been eliminated in this class of automotive products. In summary, the Committee requested specification of relevant automotive service and replacement parts as well as sound justification as to why an	Based on the insufficient information and lack of an appropriate justification, the Committee does not recommend a specific exemption.

Use	Requested information	Estimated tonnages for PFOA and PFOA-related compounds per use globally	Summary of key points	Conclusion
			exemption is required. Limited information has been submitted on specific applications, socio-economic aspects and the availability of alternatives. No conclusive information was submitted so far on the specification of relevant automotive service and replacement parts and on the quantities of relevant substances used in different applications. CVMA indicates in their recent submission that they are currently working to see if any further information can be provided.	
Fire-fighting foams	Information on chemical composition of mixtures and the volumes of pre-installed amount of fire-fighting foam mixtures	APFO potentially between 10–230 million litres of AFFF concentrate. PFOA and PFOA-related compounds as by-product in C_6 assumed as 50–100 tonnes of concentrate for EU.	Perfluorinated compounds have been used within fire-fighting foams as they prove effective against liquid fuel fires (Class B) (ECHA, 2014a). In the past C_8 based perfluorinated compounds have been used including PFOS and PFOA. PFOA was initially used as a component of AFFF in its ammonium salt form (Seow 2013). Only limited information has been identified stockpiles for in-use intentionally added PFOA fire-fighting foams. The FFFC (2011) estimated 3.3 million gallons of AFFF stockpiles containing PFOA and PFOA-related compounds in use for the USA in 2011, which is indicative of PFOA based stocks. Conversely Norway (2007) report on a global inventory for APFO manufactured between 1951–2004, with between 3,700–5,600 tonnes produced. Prevedouros (2006) further comments that the concentration of PFCAs within AFFF foams was between 0.1 and 1% wt/wt of the concentrate. Assuming a worst case that all of the 0.1–1% wt/wt was APFO would equate to between 309 and 4,901 million litres of concentrate produced between 1951 and 2004. Based on annual average production and shelf-life of 10–25 years, would estimate remaining stockpiles of 60–2,400 million litres of concentrate. Industry moved away from C_8 based perfluoro technologies over concerns for health and environment, with preference towards shorter chain C_6 perfluorinated compounds produced through telomerisation. The Swedish Chemicals Agency (2015) comments that while C_6 fluorotelomers are not manufactured using PFOA, it can be created as a by-product of the process. At the concluding step around 20% C_8 can be present in C_6 mixtures (including PFOA), which then undergoes a clean-up process to reduce C_8 species down to trace residues. However, studies exist suggesting that the concentration of C_8 within C_6 products can be much higher than a trace (Swedish Chemicals Agency, 2015; Seow, 2013). Seow (2013) further	Some concerns were expressed about the importance of effective fire-fighting foams for liquid fuel fires, the potential unavailability of suitable alternatives and the cost of their use and implementation, considering that some time to move to alternatives without PFASs may be needed. The Committee does not recommend an exemption for the production of fire-fighting foams that may contain PFOA as impurities and PFOA-related compounds as constituents. The Committee further concludes that there is a need for a specific exemption for use of fire-fighting foams containing PFOA and PFOA-related compounds already installed in systems including both mobile and fixed systems with specific conditions.

Use	Requested information	Estimated tonnages for PFOA and PFOA-related compounds per use globally	Summary of key points	Conclusion
			comments that remaining C_8 perfluoro compounds in C_6 products can also degrade to PFOA in the environment. ECHA (ECHA, 2015) estimates 50–100 tonnes of PFOA-related compounds (CAS No: 70969-47-0) were in use in 2014 in Europe, calculated to be between 1.18–23.6 million US gallons of concentrate (assuming 0.1–1% wt/wt active ingredient in concentrates). The FFFC (2018) provided details of best practice for class B fire-fighting foams including non-fluorinated and AFFF based products which included selective use, containment of runoff and appropriate destruction. The guidance did however note that runoff cannot be contained in all incidents due to variability The RME provided details of clean-up costs for contaminated ground water where PFOS based foams had been used. Similar costs can be expected for PFOA based fire-fighting foams. For one example, this amounted to between £3.7–£30 million pounds (Klein, 2013). The Swedish Chemicals Agency estimates the costs related to PFAS contamination of drinking water for two case examples amounting to 1 million € per year for charcoal filtering of water in Uppsala and to 3 million € for new water supply in Ronneby. Norway also estimated that the costs of remediation of airport land contaminated with PFOAS would be in the range of 4-40 million dollars per airport	

References

ABRAISCA	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
Australia	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
Belarus	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
Brazil	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
Canada	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
CVMA	2018	Submission from Canadian Vehicle Manufacturer's Association of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
FFFC	2018	Submission from the Fire-Fighting Foam Coalition of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
FluoroCouncil	2018a	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
FluoroCouncil	2018b	Comment received on PFOA first draft.
HCWH	2018	Submission from Healthcare Without Harm of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
IPEN and ACAT	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
MedTech Europe	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
Netherlands	2018a	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
Netherlands	2018b	Comment received on PFOA second draft.
Sweden	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.
Switzerland	2018	Comment received on PFOA second draft.
UK	2018	Submission of information specified in Annex F to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention.

Other References:

Acerboni et al.	1999	Acerboni G, Jensen NR, Rindone B, Hjorth J; Chemical Physics Letters 309: 364-368; 1999
Acerboni et al.	2001	Acerboni G, Beukes JA, Jensen NR, Hjorth J, Myhre G, Nielsen CJ, and Sundet JK; Atmospheric Environment, 35:4113-4123; 2001
Armitage et al.	2006	Modeling global-scale fate and transport of perfluorooctanoate emitted from direct sources. Environmental Science & Technology 40 6969-6975
Australia	2015	Contamination of Australian Defence Force facilities and other Commonwealth, state and territory sites in Australia Submission 120 - Attachment 2
Australia	2016b	Letter from the Airservices Australia 2016 Contamination of Australian Defence Force facilities and other Commonwealth, state and territory sites in Australia Submission 120 - Attachment 5 https://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Foreign_Affairs_Defence_and_Trade/ADF_facilities
Avendano and Liu	2015	Production of PFOS from aerobic soil biotransformation of two perfluoroalkyl sulfonamide derivatives, Chemosphere 119:1084-1090
Australian Parliament	2017	Development of Infrastructure, Regional Development and Cities portfolio, https://www.aph.gov.au/~/media/Estimates/rrat/add1718/report/c02.pdf?la=en see also Proof Hansard, 26 February 2018, p. 82.
Barzen-Hanson et al.	2017	Discovery of 40 Classes of Per- and Polyfluoralkyl Substances in Historical Aqueous Film-Forming Foams (AFFF) and AFFF-Impacted Groundwater. Environ. Sci. Tech. 51 (4): 2047-2057
Benskin et al.	2009	Isomer-Specific Biotransformation Rates of a Perfluorooctane Sulfonate (PFOS)-Precursor by Cytochrome P450 Isozymes and Human Liver Microsomes, Environ. Sci. Technol., 2009, 43 (22), pp 8566–8572
Brendel et al.	2018	Short-chain perfluoroalkyl acids: environmental concerns and a regulatory strategy under REACH. Environmental Sciences Europe 30, 2018, DOI:10.1186/s12302-018-0134-4
Brown et al.	2008	Screening chemicals for the potential to be persistent organic pollutants: A case study of Arctic contaminants, Environ Sci Technol 42:5202-5209
Butt et al.	2013	Biotransformation pathways of fluorotelomer-based polyfluoroalkyl substances: a review. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 33, No. 2, pp. 243–267. Washington, Jenkins & Weber. Identification of Unsaturated and 2H Polyfluorocarboxylate Homologous Series and Their Detection in Environmental Samples and as Polymer Degradation Products Environ. Sci. Technol. 2015, 49, 13256−13263.
Castro et al.	2017	"Fuel for thought", Industrial Fire Journal 2nd Quarter 2017 34-36. https://issuu.com/hemminggroup/docs/ifj_q2_2017
Chen et al.	2003	Rate constants for the gas-phase reaction of CF3CF2CF2CF2CF2CHF2 with OH radicals at 250-430 K. International Journal of Chemical Kinetics, 36(1), pp.26-33
Chen et al,	2011	Kinetics and mechanism of gas-phase reaction of CF3CF2CF2CF2CF2CF2CF2CF2H with OH radicals in an environmental reaction chamber at 253–328 K, Chemical Physics Letters, 501, 4–6, pp 263-266
Cousins	2016	The precautionary principle and chemicals management: the example of perfluoroalkyl acids in groundwater. Environment International 94:331-340.
D'eon et al.	2006	Atmospheric Chemistry of N-Methyl Perfluoro butane sulfonamide ethanol, C4F9SO2N(CH3)CH2CH2OH: Kinetics and Mechanism of Reaction with OH, Environ. Sci. Technol. 2006, 40, 1862-1868
ECHA	2014a	EU ANNEX XV Restriction report on a Proposal for a restriction of PFOA, it salts and PFOA-related compounds under the REACH regulation EC 1907/2006
ECHA	2014b	Registered substances. Available from: https://echa.europa.eu/ de/information-on-chemicals/registered-substances Cited in Wang et al., 2015
ECHA	2015a	RAC and SEAC opinion on Annex XV dossier proposing restrictions on Perfluorooctanoic acid (PFOA), PFOA salts and PFOA-related substances under the REACH regulation EC 1907/2006

ECHA	2015b	Background document to the RAC and SEAC opinion on Annex XV dossier proposing restrictions on Perfluorooctanoic acid (PFOA), PFOA salts and PFOA-related substances under the REACH regulation EC 1907/2006
ECHA	2015c	Committee for Risk Assessment (RAC) Committee for Socio-economic Analysis (SEAC) – Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on Perfluorooctanoic acid (PFOA), PFOA salts and PFOA-related substances. Compiled version prepared by the ECHA Secretariat of RAC's opinion (adopted 8 September 2015) and SEAC's opinion (adopted 4 December 2015). Available from: https://echa.europa.eu/documents/10162/2f0dfce0-3dcf-4398-8d6b-2e59c86446be.
EFSA	2011	EFSA panel on food contact materials. Scientific opinion on the safety evaluation of the substance, 3H-perfluoro-3-[(3-methoxy-propoxy)propanoic acid] ammoniumsalt, CAS No: 958445-44-8, for use in food contact materials. EFSA J. 9 (6), 1–11.
Euromed	2015	ECHA public consultation on the proposed restriction on the manufacturing, use and placing on the market of Perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related substances. Joint EDMA-Eucomed Input, 17th June 2015.
Favreau et al.	2017	Multianalyte profiling of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in liquid commercial products. 'Chemosphere 171, 2017, p. 491–501, doi:10.1016/j.chemosphere.2016.11.127.
FFFC	2004	Estimated Quantities Of Aqueous Film Forming Foam (AFFF) In The United States, Report prepared for the Fire-Fighting Foam Coalition.
FFFC	2011	2011 update to the 2004 report entitled "Estimated Quantities of Aqueous Film Forming Foam (AFFF) In The United States" Prepared for the Fire-Fighting Foams Coalition
FFFC	2016	Best Practice Guidance for Use of Class B Firefighting Foams, Guidance document by the Fire-fighting foams coalition
FFFC	2018	Submission as part of the call for information in development of the RME
FOEN	2017	Additional Information in Relation to the Risk Management Evaluation of PFOA, its Salts, and Related Compounds. Prepared by ETH Zurich on behalf of the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN). Available at http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAComments/tabid/5950/Default.aspx
Gibbs et al.	2001	PFC emissions from primary aluminium production, International Panel on Climate Change: Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories,
Gilljam et al.	2015	Is Ongoing Sulfluramid Use in South America a Significant Source of Perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production Inventories, Environmental Fate, and Local Occurrence, Environ. Sci. Technol., 2016, 50 (2), pp 653–659
Gordon	2011	Toxicological evaluation of ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoate, a new emulsifier to replace ammonium perfluorooctanoate in fluoropolymer manufacturing. RegulToxicolPharmacol 59(1): 64-80.
Gupta et al	2016	In vivo delamination of coronary guidewire polytetrafluoroethylene layer – A dreaded complication. Indian Heart J. 2016 Mar-Apr; 68(2): 182–183.
Hakkinen JM, Posti AI	2014	Hakkinen JM, Posti AI (2014) Review of maritime accidents involving chemicals – Special focus on the Baltic Sea, TransNav 8:295 - 305
Hetzer et al.	2014	Fire testing a new fluorine-free AFFF Based on a novel class of environmentally sound high performance siloxane surfactants. Fire Safety Science-draft Proceedings of the Eleventh International Symposium, Canterbury, New Zealand, pp. 1–10.
Holmes	2017	Nigel Holmes of Queensland Department of Environment and Heritage Protection speaking at the Foam summit, Budapest Hungary 17/18th October 2017. http://www.hemmingfire.com/news/fullstory.php/aid/3027/Solutions_in_foam.html
IAEA, WHO	2015	Worldwide implementation of digital imaging in radiology, IAEA Human health series No. 28, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1647web.pdf
I & P Europe	2015	ECHA public consultation on the proposed restriction on the manufacturing, use and placing on the market of Perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related substances. Imaging and Printing Europe, 2015.

I & P Europe	2016	Imaging & Printing Association Europe. Annex F form. Submitted 24 November 2016. Available from: http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx.
IPEN	2016	Submission as part of the call for information in development of the RME
Keutel and Koch	2016	Untersuchung fluortensidfreier Löschmittel und geeigneter Löschverfahren zur Bekämpfung von Bränden häufig verwendeter polarer (d. h. schaumzerstörender) Flüssigkeiten. Brandschutzforschung der Bundesländer. Forschungsbericht 187 von Karola Keutel und Mario Koch. Available at https://idf.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MI/IDF/IBK/Dokumente/Forschung/Fo_Publikationen/imk_ber/bericht_187.pdf
Klein	2012	Comments on the draft technical paper on the identification and assessment on alternatives to the use of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) in open applications submitted as a follow up to POPRC-7.
Klein	2013	the cost and still counting - fire-fighting foam, disposal, remediation, and lifetime costs. Industrial Fire Journal.
Kleiner and Jho	2009	Recent developments in 6:2 fluorotelomer surfactants and foam stabilizers.4th Reebok Foam Seminar. 6-7 July 2009. Bolton, UK. (Krippner et al., 2014) Krippner J, Brunn H, Falk S, Georgii S, Schubert S, Stahl T (2014) Effects of chain length and pH on the uptake and distribution of perfluoroalkyl substances in maize (Zea mays), Chemosphere 94:85-90
Land et al.	2018	Temporal trends of perfluoroalkyl acids in humans and in the environment, EviEM, 2018 systematic review 5
Lerner Lehmler et al.	20182007	"The US military is spending millions to replace toxic firefighting foam with toxic firefighting foam', Article from The Intercept, 10th February 2018 https://theintercept.com/2018/02/10/firefighting-foam-afff-pfos-pfoa-epa/Synthesis of environmentally relevant perfluorinated sulphonamides, J Fluor Chem 128: 595-607
Liu et al.	2017	Pollution pathways and release estimation of perfluoro octane sulfonate (PFOS) and perfluoro octanoic acid (PFOA) in central and eastern China, Sci. Total Environ. 2017, 580, 1247-1256
Martin et al.	2006	Atmospheric Chemistry of Perfluoro alkane sulfonamides: Kinetic and Product Studies of the OH Radical and Cl Atom Initiated Oxidation of N-Ethyl-perfluoro butane sulfonamide, Environ. Sci. Technol.2006, 40, 864-872
Michiels	2018	Personal communication during development of the current document with Eddy Michiels at I&P Europe.
Mil Tech	2017	Performance specification, fire extinguishing agent, aqueous film forming foam (AFFF) liquid concentrate for fresh and sea water. MIL-PRF-24385F(SH) w/AMENDMENT. Available from: http://quicksearch.dla.mil/qsSearch.aspx
Military.com	2017	https://www.military.com/daily-news/2017/09/07/cleanup-bill-firefighting-chemicals-bases-could-cost-2-billion.html
Nesbitt	2017	PTFE Guidewire Application Process Eliminates Delamination', Article for Medical Products Outsourcing. https://www.mpo-mag.com/contents/view_online-exclusives/2017-12-06/ptfe-guidewire-application-process-eliminates-delamination/
NICNAS	undated	IMAP Environment Tier II Assessment for Indirect Precursors to Perfluorooctanoic Acid (PFOA). National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme, Sydney, Australia.
NICNAS	2018	NICNAS-IMAP Environment tier II assessment of cyclic volatile methyl siloxanes (CAS Registry Numbers: 541-05-9, 556-67-2, 541-02-6, 540-97-6, 107-50-6, 69430-24-6) https://www.nicnas.gov.au/chemical-information/imap-assessments/imap-assessments/tier-ii-environment-assessments/cvms
Norstrom	2011	Årsrapport för projektet RE-PATH. IVL rapport B2060, 2011 (in Swedish). Available at: http://repath.ivl.se/download/18.488d9cec137bbdebf94800056018/1350483917062/B2060.pdf.
Nordstrom et al.	2015	http://repath.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b557e/1443615397431/B2232_RE-PATH%20FINAL_20150923.pdf).
Norway	2007	PFOA in Norway, survey of national sources. TA-2354/2007
Norway	2018	Two case studies for remediation of PFAS contaminated fire-fighting sites in Norway. Vanja Alling, Thomas Hartnik, Olaug Bjærtnes.

NRL	2016	Evaluating the Difference in Foam Degradation between Fluorinated and Fluorine-free Foams for Improved Pool Fire Suppression. Katherine Hinnant, RamagopalAnanth, Michael Conroy, Bradley Williams. Naval Research Laboratory. Presented at the 2016 ACS Symposium. (Oda et al., 2007) Negative results of umu genotoxicity test of fluorotelomer alcohols and perfluorinated alkyl acids. Environ Health Perspect 12:217-9.
Nguyen et al.	2013	Rate laws and kinetic modeling of N-ethyl perfluorooctane sulfonamidoethanol (N-EtFOSE) transformation by hydroxyl radical in aqueous solution, Water Res. 2013 May 1;47(7):2241-50
Plumlee et al.	2009	Indirect Photolysis of Perfluoro chemicals: Hydroxyl Radical-Initiated Oxidation of N-Ethyl Perfluoro octane Sulfonamide Acetate (N-EtFOSAA) and Other Perfluoro alkane sulfonamides, Environ. Sci. Technol.2009, 43, 3662–3668
Poulsen et al.	2005	Danish Ministry of Environment. More environmentally friendly alternatives to PFOS-compounds and PFOA. Available from: http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/ Publications/ 2005/87-7614-668-5/html/default_eng.htm
Prevedouros et al.	2006	Sources, fate and transport of perfluorocarboxylates. Environmental Science & Technology 40 32-44.
OECD	2018	New Comprehensive Global Database of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs).
Queensland	2016a	Environmental Management of Firefighting Foam Policy. 7 July 2016
Queensland	2016b	Environmental Management of Firefighting Foam Policy. Explanatory Notes, Revision 2. State of Queensland. Revision 2.2–July 2016. Available at http://www.ehp.qld.gov.au/assets/documents/regulation/firefighting-foam-policy-notes.pd
Ritscher et al.	2018	Zürich Statement on Future Actions on Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs). Environmental Health Perspectives 126, 2018, 84502, DOI:10.1289/EHP4158
Rudolf Group	2018	http://www.rudolf.de/en/
Seow	2013	Fire-fighting foams with perfluorochemicals - a review, report by Dr Seow on behalf of the Australian NICNAS
Solberg	2014	Technical reference guide for Re-Healing foam concentrate, white paper. http://www.solbergfoam.com/Technical-Documentation/Foam-Concentrate-Data-Sheets/ReHealing-Foam/CEN-EN-Concentrates/RE-HEALING-RF3x3-FP-ATC-F-2014021.aspx
Sontake and Wagh	2014	The Phase-out of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and the Global Future of Aqueous Film Forming Foam (AFFF), Innovations in Fire-fighting Foam. Chemical Engineering and Science 2, 11–14.
SSG	2017	Perfecting PFOA-free PTFE Coating Adhesion on Stainless Guidewires, Industry paper produced by Surface Solutions Group Inc.
Suriname	2017	National Inventory Report for Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) and related substances in Suriname
Swedish Chemicals Agency	2015	Occurrence and use of highly fluorinated substances and alternatives. 2015
Swedish Chemicals Agency	2016	Förslag till nationella regler för högfluorerade ämnen i brandsläckningsskum (in Swedish). Rapport 1/16. ISSN 0284-1185.
The Intercept	2016	Available from: https://theintercept.com/2016/03/03/how-dupont-concealed-the-dangers-of-the-new-teflon-toxin/. (Online access: 2 March 2017).
UNEP	2017	Guidance on best available techniques and best environmental practices for the use of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and related chemicals listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Available from: http://chm.pops.int/Implementation/NIPs/Guidance/GuidanceonBATBEPfortheuseofPFOS/ tabid/ 3170/Default.aspx.
Van der Putte	2010	Analysis of the risk arisng from the industrial use of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Ammonium Perfluorooctanoate (AFPO) and from their use in consumer articles. Evaluation of the risk reduction measures for potential restrictions on the manufacture, placing on the market and use of PFOA and APFO. European Commission.DG Enterprise and Industry. Report TOX08.7049.FR03.

Wang et al.	2011	Estrogen-like response of perfluorooctyl iodide in male medaka (Oryzias latipes) based on hepatic vitellogenin induction, Wiley Periodicals, Inc. Environ Toxicol
Wang et al.	2013	Fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCAs), perfluoroalkane sulfonic acids (PFSAs) and their potential precursors. Environ Int 60: 242-8
Wang et al.	2014	Global emission inventories for C_4–C_{14} perfluoroalkyl carboxylic acid (PFCA) homologues from 1951 to 2030, Part I: production and emissions from quantifiable sources, Environment International 70 (2014) pp62–75
Wang et al.	2015	Hazard assessment of fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl acids and their precursors: Status quo, ongoing challenges and possible solutions. Environment International 75:172-179
Wang et al.	2015	Perfluorooctyl Iodide Stimulates Steroidogenesis in H295R Cells via a Cyclic Adenosine Monophosphate Signaling Pathway, Chem. Res. Toxicol., 2015, 28 (5), pp 848–854
Williams et al.	2011	Extinguishment and Burnback Tests of Fluorinated and Fluorine-free
Wilson	2016	Can F3 agents take the fire security heat? Mike Wilson. International Airport Review 20(6).
Young et al.	2009	Atmospheric chemistry of CF3CF2H and CF3CF2CF2CF2H: Kinetics and products of gas-phase reactions with Cl atoms and OH radicals, infrared spectra, and formation of perfluorocarboxylic acids. Chemical Physics Letters, 473(4-6), pp.251–256.
Zabaleta et al.	2018	Biodegradation and Uptake of the Pesticide Sulfluramid in a Soil–Carrot Mesocosm, Environmental Science & Technology 2018 52 (5), 2603-2611 DOI: 10.1021/acs.est.7b03876