



联合国
环境规划署

Distr.: General
29 August 2007

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
第三次会议

2007年11月19-23日，日内瓦
临时议程*项目6(e)

审议风险管理评估草案：全氟辛烷磺酸

风险管理评估草案：全氟辛烷磺酸

秘书处的说明

1. 在第二次会议上，持久性有机污染物审查委员会通过了关于全氟辛烷磺酸的第 POPRC-2/5 号决定。¹在决定第 4 段，委员会决定成立特设工作小组，以便根据《公约》附件 F 拟订包括可能的全氟辛烷磺酸管制措施分析在内的风险管理评估。
2. 全氟辛烷磺酸问题特设工作小组的成员及其观察员见列于 UNEP/POPS/POPRC.2/17 号文件附件五。
3. 委员会在第二次会议上通过了关于拟订风险管理评估的标准工作计划。²

* UNEP/POPS/POPRC.3/1/Rev.1。

¹ 见 UNEP/POPS/POPRC.2/17，附件一。

² 同上，第 39 段和附件二 B。

K0762861 101007 101007

为节省开支，本文件仅作少量印发。请各位代表自带所发文件与会，勿再另行索要文件副本。

4. 根据第 POPRC-2/5 号决定和委员会通过的标准工作计划，全氟辛烷磺酸问题特设工作小组拟订了本说明附件中提出的风险管理评估草案。尚未正式编辑风险管理评估草案。

委员会可能采取的行动

5. 委员会或愿：

(a) 通过本说明附件中提出的风险管理评估草案以及任何视为适当的修正案。

(b) 根据《公约》第 8 条第 9 款，在委员会第二次会议通过的风险简介（UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5）和风险管理评估的基础上，决定是否应建议缔约方大会审议该化学物质能否列入附件 A、B 和/或 C。

附件

全氟辛烷磺酸

风险管理评估草案

《斯德哥尔摩公约》持久性有机污染物审查委员会
全氟辛烷磺酸问题特设工作组起草

2007年8月

目 录

执行摘要	6
1. 导言	6
1.1 拟议物质的化学特性	6
1.1.1. 全氟辛烷磺酸	6
1.1.2. 与全氟辛烷磺酸相关物质有关的问题	7
1.2 审查委员会关于附件 E 资料的结论	8
1.3 数据来源	8
1.4 该化学品在各项国际公约中的现状	8
1.5 所采取的任何国家或区域管制行动	8
2. 与风险管理评估有关的资料摘要	11
2.1 查明可能的管制措施	11
2.2 可能管制措施在实现风险降低目标方面的功效和效率	12
2.3 替代（产品和工艺）的相关资料	12
A. 根据收到的答复，目前没有可用的技术上可行替代品的各项用途	13
2.3.1 摄影成像	13
2.3.2 光阻材料和半导体	14
2.3.3 半导体和液晶显示器（LCD）工业中的遮光膜	16
2.3.4 航空液压油	16
2.3.5 在生产用于控制切叶蚁的蚂蚁毒饵时使用的全氟辛烷磺酸衍生物	16
2.3.6 医疗设备	17
B. 可能具有替代化学品或技术但需逐步采用的各项用途	17
2.3.7 金属覆镀	17
2.3.8 灭火器泡沫	18
2.3.9 电气和电子零部件	19
2.4 关于实施可能的管制措施对社会的影响的资料摘要	20
2.4.1 健康问题，包括公共健康、环境健康和职业健康	20
2.4.2 农业，包括水产业和林业	20
2.4.3 生物群（生物多样性）	20

2.4.4	经济方面，包括生产者和消费者的成本和效益以及成本效益的分配.....	21
2.4.5	可持续发展方面的进展	22
2.4.6	其他影响	22
2.5	其他组织	23
2.5.1	获得资料和公共教育	23
2.5.2	管制和监测能力的现状	23
3.	信息综述	23
3.1	风险简介资料摘要	23
3.2	建议的风险管理措施	24
4.	结论意见	27
	参考资料	28

执行摘要

2005 年瑞典提议将全氟辛烷磺酸和 96 种全氟辛烷磺酸相关物质作为候选的持久性有机污染物。由于全氟辛烷磺酸的远距离环境迁移很可能对人类健康和环境造成重大不利影响，因此持久性有机污染物审查委员会第二次会议决定应当采取全球行动。

全氟辛烷磺酸可有意合成，也可由相关人工合成化学物质意外降解产生。在《公约》项下，最适当的管制措施包括列于《公约》附件 A 或 B 和/或 C 的各项措施。考虑到全氟辛烷磺酸和最终可降解为全氟辛烷磺酸的全氟辛烷磺酸相关物质的一些关键用途，只有在必须生产指定用于这些关键用途的其他化学物质时，才能对全氟辛烷磺酸的使用和作为中间体的全氟辛烷磺酸的生产给予容许特殊/特定（定期）豁免，同时需在附件 A 或 B 新的第三部分中详细描述这些用途的使用条件。[附件 A 和 C 或附件 B 和 C 中列明了制造、使用、销售和进出口全氟辛烷磺酸的条件以及全氟辛烷磺酸相关物质意外生成全氟辛烷磺酸的条件]。含有全氟辛烷磺酸或全氟辛烷磺酸相关物质的库存和废物应遵守第 6 条的规定。

1. 导言

1.1 拟议物质的化学特性

2005 年 7 月 14 日，瑞典政府提出把全氟辛烷磺酸（PFOS）以及 96 种全氟辛烷磺酸相关物质列入《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（POPs）附件 A 的提案。

1.1.1 全氟辛烷磺酸

化学名：全氟辛烷磺酸（PFOS）

分子式： $C_8F_{17}SO_3$

全氟辛烷磺酸，作为一种阴离子，并没有单独的化学文摘社编号，但其原体磺酸却有明确的化学文摘社编号（化学文摘社编号：1763-23-1）。与之相关的一些具有重要商业用途的盐类实例如下：

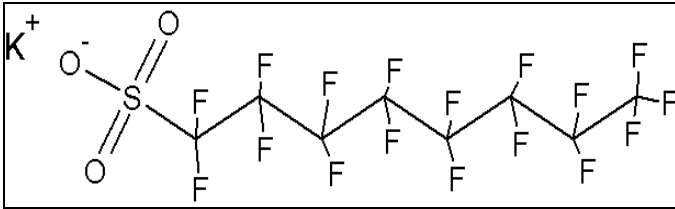
钾盐（化学文摘社编号：2795-39-3）

二乙醇胺盐（化学文摘社编号：70225-14-8）

铵盐（化学文摘社编号：29081-56-9）

锂盐（化学文摘社编号：29457-72-5）

结构式：全氟辛烷磺酸的钾盐结构式



1.1.2 与全氟辛烷磺酸相关物质有关的问题

全氟辛烷磺酸是完全氟化的阴离子，以盐的形式广泛使用或渗入较大的聚合物。全氟辛烷磺酸及那些与之密切相关的化合物，即可能包含全氟辛烷磺酸杂质或能够形成全氟辛烷磺酸的物质，均为全氟烷基磺酸盐物质大族系中的成员。欧洲联盟（欧盟）在对全氟辛烷磺酸进行规范性测查过程中，检测了具有下列分子式的所有分子： $C_8F_{17}SO_2Y$ ，其中 $Y = OH$ 、金属盐或其他盐类、卤化物、氮化物，以及包括聚合物在内的其他衍生物（欧洲联盟，2006 年）。根据本风险管理评估草案，使用了关于全氟辛烷磺酸的定义。

全氟辛烷磺酸可由全氟辛烷磺酸相关物质即含有半全氟辛烷磺酸的分子（通过环境微生物降解或较大生物的新陈代谢）形成。尽管每一种全氟辛烷磺酸相关物质对全氟辛烷磺酸的环境负荷所产生的最终影响尚无法预计，但任何含有半全氟辛烷磺酸的分子均有可能成为全氟辛烷磺酸的前体。对全氟化合物在环境中的最终结果的模拟进一步支持了这一观点（加拿大，2007 年）。

大多数全氟辛烷磺酸相关物质都是高分子量物质，全氟辛烷磺酸只是其中的一部分聚合物和最终产品（经合组织，2002 年）。全氟辛烷磺酸相关物质在不同情况下具有不同定义，目前已有多份全氟辛烷磺酸相关物质清单，清单上列有数目不等的全氟辛烷磺酸相关物质，这些物质据认为有可能分解为全氟辛烷磺酸。

经济合作与发展组织（经合组织）已在组织间健全管理化学品方案（化学品方案）框架下发布了“《风险管理丛编》第 21 期：全氟辛烷磺酸、全氟烷基磺酸盐、全氟辛烷磺化物和和相关化合物以及可降解为全氟羧酸的初步清单（ENV/JM/MONO(2006)15）”。附件一和附件二载有全氟辛烷磺酸（PFOS）和相关化合物以及全氟烷基磺酸盐和相关化合物的清单。目前正在更新这些清单，不久将予以公布。

英国环境、食品和农业事务部（风险与政策分析局和英国建筑研究所，2004 年）最近制定了一份列有 96 种全氟辛烷磺酸相关物质的清单。不过，这 96 种物质的特性尚未大致确定。据 3M 公司称（该公司提交斯德哥尔摩公约秘书处的文件，2006 年），这些物质在诸如可溶性、稳定性和被吸收或新陈代谢能力等环境特征上截然不同。尽管如此，联合王国提交的相关文件推断，所有这些物质的最终降解产物都将生成全氟辛烷磺酸（风险与政策分析局和英国建筑研究所，2004 年）。

加拿大环境组织在进行生态风险评估时针对全氟辛烷磺酸所下的定义为：可转化或降解为全氟辛烷磺酸的、含有半全氟辛基磺酰（ $C_8F_{17}SO_2$ 、 $C_8F_{17}SO_3$ 或 $C_8F_{17}SO_2N$ ）的物质（加拿大，2007 年）。“前体”一词适用于但不限于生态评估中查明的约 51 种物质。不过，这一清单考虑的并不全面，因为许多其他全氟烷基化合物

也可能是全氟辛烷磺酸的前体。这一资料是根据对加拿大的工业调查、专家意见和分解代谢模拟汇编而成的，其中共检测了 256 种全氟烷基化合物，以确定每种物质中的无氟成分是否都能化学降解和/或生化降解，以及最终的氟化降解产物是否可能是全氟辛烷磺酸。虽然评估中并未考虑全氟辛烷磺酸及其前体的累加效应，但已其中确认了全氟辛烷磺酸的前体对最终的全氟辛烷磺酸环境负荷是有影响的。前体也可能在远距离迁移中发挥重要作用，并继而在遥远的地区，如加拿大北极地区降解为全氟辛烷磺酸。

2005 年根据国际文献对瑞士进行了初步物质流分析，在取消使用 3M 公司的产品后，残留的全氟辛烷磺酸相关物质估计约为 230 千克/公顷（瑞士，2007 年）。

1.2 审查委员会关于附件 E 资料的结论

持久性有机污染物审查委员会根据《公约》附件 E 制定并通过了“关于全氟辛烷磺酸的风险简介”（载于 UNEP/POPS/POPRC/17/Add.5 号文件）。委员会得出结论认为，根据《公约》第 8 条第 7 (a) 款，在远距离环境迁移之后，全氟辛烷磺酸很有可能对人类健康和环境造成重大不利影响，因此应采取全球行动（第 POPRC-2/5 号决定）。委员会还认为（该决定的项目 3），关于将全氟辛烷磺酸的潜在前体纳入草案的相关问题应在编制全氟辛烷磺酸风险管理评估草案时予以解决。

1.3 数据来源

关于附件 F 的数据是由下列缔约方提交的：阿尔及利亚、亚美尼亚、澳大利亚、巴西、加拿大、捷克共和国、欧洲联盟委员会、前南斯拉夫的马其顿共和国、德国、日本、毛里求斯、摩纳哥、瑞士；下列观察员也提交了数据：欧洲影像协会、欧洲半导体产业协会（EECA-ESIA）、国际印第安人条约理事会（印约理事会）-土著环境网、国际持久性有机污染物清除网（IPEN）、日本电子资讯技术产业协会-日本半导体产业协会（JEITA-JSIA）、摄影感光材料制造商协会、半导体产业协会（SIA）、国际半导体设备和材料协会（SEMI）以及美利坚合众国。

1.4 该化学品在各项国际公约中的现状

目前正根据联合国欧洲经济委员会的《关于持久性有机污染物的远程越境空气污染议定书》对全氟辛烷磺酸进行风险管理评估。持久性有机污染物工作队于 2007 年 6 月在维也纳举行了会议，探索可能的全氟辛烷磺酸风险管理备选办法。工作队将于 2007 年 9 月向战略和审查工作组提交评价成果，并于 2007 年 12 月向执行机构提交该评价成果供进一步审议。

1.5 所采取的任何国家或区域管制行动

澳大利亚通过其国家工业化学品通知与评估计划（NICNAS）制定了三项关于全氟辛烷磺酸的警报。澳大利亚目前没有制造以全氟辛烷磺酸为基础的化学品；不过，澳大利亚生产并使用含有这些化学品的产品。

第一项警报指出，要在 2002 年 9 月之前逐步淘汰含有全氟辛烷磺酸的防水、防油、防污和防脂产品。同样，到 2003 年 3 月之前要逐步淘汰用于皮革产品的全氟辛烷磺酸。澳大利亚的某些地区仍有含全氟辛烷磺酸的灭

火器泡沫库存，但在库存耗尽或有效使用期满之后将被取代。国家工业化学品通知与评估计划正考虑制定一项战略，以便在澳大利亚淘汰全氟辛烷磺酸的使用。

第二项警报就全氟辛烷磺酸、全氟烷基磺酸盐以及全氟辛烷磺化物提出了建议。这些建议包括：

- 全氟辛烷磺酸（和以全氟辛烷磺酸为基础的化学品）仅能用于没有适当替代品的必要用途，例如某些 B 类的灭火器泡沫，但不得用于消防训练演习；并且
- 由于全氟辛烷磺化物对环境和人类健康造成的影响可能与全氟辛烷磺酸相同，因此在选择全氟辛烷磺化物作为全氟辛烷磺酸的替代品时应谨慎从事。

第三项警报于 2007 年 2 月公布，对全氟辛烷磺酸在澳大利亚的各项用途和相关物质进行了更新。这项警报提出了以下建议：

- 全氟辛烷磺酸（和以全氟烷基磺酸盐为基础的化学品）仅能用于没有适当替代品的必要用途。
- 为了限制全氟辛烷磺酸向环境排放，不得将现有的以全氟辛烷磺酸为基础的灭火器泡沫用于消防训练目的。
- 由于全氟辛烷磺化物对环境和人类健康造成的影响可能与全氟辛烷磺酸相同，因此不得将全氟辛烷磺化物作为全氟辛烷磺酸的替代品。

加拿大提出了关于禁止生产和使用全氟辛烷磺酸及其含有 $C_8F_{17}SO_2$ 、 $C_8F_{17}SO_3$ 或 $C_8F_{17}SO_2N$ 等基的盐类或物质的《条例》（加拿大 2007 年[加拿大第 50 号公报，第 140 卷，2006 年 12 月 16 日]）。

拟议的关于全氟辛烷磺酸的《条例》如下：

- 禁止制造、使用、销售、许诺销售或进口全氟辛烷磺酸或含有这些物质的产品；
- 对于在拟议《条例》生效之前制造或生产的以全氟辛烷磺酸为基础的泡沫（有时也指水成灭火器泡沫），在拟议《条例》生效之后五年内豁免对其的使用（但不得将此类水成灭火器泡沫用于训练或测试目的）；
- 在拟议的关于铬电镀、铬阳极处理、逆向蚀刻、电解镍-聚四氟乙烯电镀以及塑胶基底覆镀金属之前的蚀刻的《条例》生效后五年内，豁免对以全氟辛烷磺酸为基础的喷雾抑制剂的使用，并豁免为此目的而进行销售、许诺销售和进口；
- 豁免以下制造物品的使用、销售、许诺销售和进口：半导体、电子或其他微型化装置的相似部分和照相胶卷、相纸和印版；
- 豁免在拟议《条例》生效之前制造或进口的物品的使用、销售和许诺销售；以及

- 为实验室、科学研究和式样分析标准提供标准豁免。

以全氟辛烷磺酸为基础的喷雾抑制剂进口商应提交年度报告，详细说明所进口物资的类型、数量、销售情况和最终用途。

欧洲联盟通过了欧洲议会第 2006/122/EC 号指令和欧洲理事会 2006 年 12 月 12 日就各成员国关于限制销售、使用和配制全氟辛烷磺酸及相关物质的法律、条例和行政规定的相似性问题做出的第 76/769/EEC 号理事会指令。其中包括以下限制：

- 禁止在浓度等于或高于 0.005% 的配剂和浓度为 0.1% 的半成品和物品中将全氟辛烷磺酸和相关物质作为配制成分或组成成分，但纺织品或涂布材料除外（其全氟辛烷磺酸限量为 1 微克/平方米）。
- 豁免以下全氟辛烷磺酸的用途以及生产这些用途所需的物质和配剂：光刻胶或用于照相平版印刷过程的抗反光涂层、工业照相涂层、用于镀铬和其他电镀用途的喷雾抑制剂以及航空液压油；此外，对于在这项立法生效之前 12 个月供给的以全氟辛烷磺酸为基础的水成膜泡沫库存，可豁免使用 54 个月。

美国环境保护局（US EPA）通过了关于 88 种全氟辛烷磺酸物质的联邦《重大新用途规则》（SNURs），该规则适用于这些物质的新制造和新用途。拟议的关于 183 种额外的全氟烷基磺酸盐物质的《重大新用途规则》已于 2006 年 4 月公布以征求公众意见，预计将于 2007 年公布该《规则》的定稿。《重大新用途规则》要求，除某些有限的、正在进行的用途以外，制造商和进口商必须至少在制造和进口此类物质 90 天之前通知美国环境保护局。这样美国环境保护局就有充分时间来评价拟用的新用途，并在必要时禁止或限制新活动。如果《重大新用途规则》不要求目前的制造商停止制造或销售这些物质，最初的美国制造商应在 2000 年至 2002 年期间自行停止生产。因此，一旦关于这 88 种物质的《重大新用途规则》生效，全氟辛烷磺酸的所有制造和进口基本上都要受到限制，但被《规则》排除在外的用于其他某些特定用途的制造和进口除外。这些用途包括：

- 航空液压油用途；
- 光刻胶物质的组成成分，包括光酸产生剂（PAG）或表面活性剂；或者作为反射涂层的组成部分，用于生产半导体、电子或其他微型化装置中的相似部分的显微摄影平版印刷过程；
- 表面张力涂层、静电放电和合成化学物质粘着控制及模拟或数字成像胶片、相纸和印版；
- 仅作为中间体来生产其他专门用于上述用途的化学物质。

公众对拟议的关于 183 种额外物质的《重大新用途规则》提出的评论意见指出，这些化学品中至少有一种目前正用于金属覆镀作业的酸雾抑制剂，并询问《重大新用途规则》是否也排除了这一用途。《重大新用途规则》的定稿中将处理这些评论意见。

美国环境保护局还就含有氟虫氨（利用全氟辛烷磺酸衍生物制造的一种物质，能降解为全氟辛烷磺酸或全氟

辛烷磺酸的锂盐（LPOS）的全氟辛烷磺酸相关杀虫剂产品的逐步淘汰问题进行了谈判，同时于 2002 年公布了关于 88 种全氟辛烷磺酸物质的《重大新用途规则》定稿。在毒饵站配制的氟虫氨和全氟辛烷磺酸锂盐用于控制蚂蚁、蟑螂、白蚁、黄蜂和大黄蜂，在一项传播式粒剂中配制的氟虫氨和全氟辛烷磺酸锂盐用于控制松树再造林区域的切叶蚁。相关产品的注册人同意自行取消其某些产品，并根据商定的时限逐步淘汰剩余产品。仍在继续淘汰的产品是利用 2002 年美国完全淘汰全氟辛烷磺酸产品之前生产的氟虫氨生产的。

2. 与风险管理评估有关的资料摘要

2.1 查明可能的管制措施

《斯德哥尔摩公约》的目标（第 1 条）在于保护人类健康和环境免受持久性有机污染物的危害。在根据《公约》评估各项管制措施时，应考虑到所有全氟辛烷磺酸相关物质都有可能降解为全氟辛烷磺酸，从而对整个环境负荷产生影响。在评估特定豁免是否适当时，除《公约》附件 F 中确定的其他考虑之外，诸如暴露、产量、社会成本、普遍存在的对人类和环境的污染以及可能对后代产生的影响等因素都应考虑在内。

根据《公约》，可以通过不同方式实现这一目标：

- 全氟辛烷磺酸和/或全氟辛烷磺酸相关物质可能被列于附件 A，随附或不随附特定豁免，或者随附新的第三部分，其中详细说明了关于每种或每类全氟辛烷磺酸相关物质的行动或此类物质的用途；或者
- 全氟辛烷磺酸和/或全氟辛烷磺酸相关物质可能被列于附件 B，随附容许特殊/特定豁免；或者随附附件 B 的第三部分，其中详细说明了关于每种或每类全氟辛烷磺酸相关物质或此类物质的用途的行动；或者
- 全氟辛烷磺酸可能作为意外持久性有机污染物被列于附件 C，以涵盖所有一旦被排入环境就可能产生全氟辛烷磺酸的全氟辛烷磺酸相关物质；或者
- 如上所述，全氟辛烷磺酸可能被列于附件 A 或 B，但同时又被列于附件 C。

在关于附件 F 的进程中，各缔约方和观察员查明了某些用途。可将这些用途分为两个分组。

A 分组。根据提交给秘书处的资料，某些用途可能没有技术上可行的替代品。这些用途为：摄影成像、遮光膜；半导体；航空液压油；无线电不透明导管，如用于血管造影的导管和留置针封导管；以及制造切叶蚁毒饵。

B 分组。根据提交秘书处的资料，某些用途可能具有替代性物质或技术，但需要逐步采用。这些用途为：金属覆镀；电气或电子零件；以及灭火器泡沫。

下文第 2.3 节将进一步讨论这些用途和可能的代用品。

2.2 可能管制措施在实现风险降低目标方面的功效和效率

美国的淘汰活动和条例成功地将美国生产和/或使用的这些化学品从 2000 年的约 2,900 吨减少为 2006 年的不到 8 吨。

加拿大对拟议的加拿大全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酸相关物质条例进行了成本效益分析。成本效益分析中使用的重要假定如下：

- 时间框架：拟议的管制措施可于 2009 年生效，但水成膜泡沫和金属覆镀部门可获得 5 年的豁免，直至 2014 年；
- 分析期间：选定了 25 年作为说明含水成膜泡沫全氟辛烷磺酸的存在期限以及金属覆镀设备的使用期的时间框架。因此，用于分析的时间框架为 2008 年至 2032 年；
- 成本效益观点：尽可能在分析中纳入了直接或间接影响人类健康和环境的成本与效益；
- 贴现率：贴现率为 5.5%，所有货币化的成本和效益都以 2006 年的欧元或美元表示。

对于加拿大，拟议条例的净效益估计为 337,000 美元。应当提到的是，其中并不包括为生态环境带来的效益，由于数据有限且不确定，无法对这种效益进行量化（加拿大，2007 年）。

2.3 替代（产品和工艺）的相关资料³

持久性有机污染物审查委员会同意，由于全氟辛烷磺酸能进行远距离环境迁移，而且会对人类健康和环境产生重大不利影响以至于要采取全球行动，因此全氟辛烷磺酸很可能是一种持久性有机污染物。任何风险降低战略都应当以降低或消除全氟辛烷磺酸的释放和排放量为目标或目的，同时考虑到附件 F 的指示清单所列技术上可行的可能控制措施和替代品、这些物质的风险和效益以及它们的持续生产和使用。在审议任何降低此类风险的战略时，都必须审议替代品在所涉部门是否可用。在这方面，在使用其他化学品或替代系统来取代全氟辛烷磺酸相关物质时必须考虑以下因素：

- 技术可行性
- 成本，包括环境成本和健康成本
- 功效
- 风险
- 可用性和可得性

下文中将对全氟辛烷磺酸相关物质“持续用途”的代用品的可用性和适宜性进行讨论。讨论重点在于持续用

³ 不适用于无意生产的持久性有机污染物。

途；由于缺乏相反的资料，因此认为其他行业已经发生了替代情况。

全氟辛烷磺酸相关物质以前的用途中有很一部分已被其他含氟化合物产品所取代（调聚物和相关产品）。这些调聚物与全氟辛烷磺酸无关，但在某些环境下可能会降解为全氟辛烷磺化物（PFOA）或相关全氟羧酸。值得注意的是，虽然目前只获得很少关于调聚物对环境和健康的影响的资料，但美国和其他关注这些物质的结果和活动的国家目前正在开展大量工作。在这些研究结束之前，不可能就使用调聚物和相关产品替代全氟辛烷磺酸相关物质带来的环境/人类健康优势得出任何确定的结论。

如上文第 1.5 节所示，包括美国在内的多个国家已淘汰了对全氟辛烷磺酸的制造。加拿大和澳大利亚都没有制造全氟辛烷磺酸。经济合作与发展组织 2006 年开展的调查提到在某些国家出现了制造全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酸相关物质的情况（经合组织，2006 年）。

A. 根据收到的答复，目前没有技术上可行的替代品的各项用途

除下文所列各项用途外，最近报告还有一项用途可能没有替代品，即作为蚀刻剂的组成成分用于生产电子器件的电镀过程的用途（包括表面活化剂或喷雾抑制剂）。没有获得更多关于这一用途的资料。

2.3.1 摄影成像

根据照相业的报告，虽然某些化学品或某类化学品被视为可在整个工业（或者甚至整个企业）替代全氟辛烷磺酸或全氟辛烷磺酸相关物质，但这些化学品目前还不可用。可以成功替代全氟辛烷磺酸的化学品包括非全氟化学品，如碳氢表面活性剂、具有短氟链（C3-C4）的化学品、硅酮、调聚物等。在极少数情况下，可以重新配制涂层，这样这些化学品对静电聚集的内部敏感性较低。

根据该工业的资料，以下成像产品/用途为关键用途，但目前没有已查明的全氟辛烷磺酸相关物质的替代品：

- 在涂于胶片、相纸和印版的涂层中使用的混合物表面活性剂；调制高混合高稠度涂层所必需的全氟辛烷磺酸化学品，这样可避免因涂层厚度不均而产生大量废物；
- 涂于胶片、相纸和印版的涂层中使用的混合物静电荷控制介质。全氟辛烷磺酸材料的抗静电特性可控制静电的聚集和释放，从而提供了重要的安全保障，可以防止雇员和用户受伤、避免损坏运行中的设备和产品并防止出现火灾和爆炸；
- 涂于胶片、相纸和印版的涂层中使用的混合物摩擦控制和防尘剂；以及
- 涂层中使用的混合物粘着控制剂。由于使用了全氟辛烷磺酸材料作为涂层辅料，胶片涂层才具有了粘着控制特性。

关于摄影成像工业的全氟辛烷磺酸排放量，根据联合王国 Defra 的估计，欧盟的制造用途向废水和空气中排放的全氟辛烷磺酸分别为 1.02 千克和 0.051 千克。据推断，该工业在全世界的估计排放总量不足 2 千克。

对该工作场所的个人和区域监测显示，气载浓缩水平低于探测到的水平（< 0.013 毫克/立方米）。关于工人在

制造过程中暴露于全氟辛烷磺酸的研究表明，女工的自发性流产与氟暴露（RR = 1.79 95% CI = 1.22-2.54）及光阻化学品（分别为 RR = 1.35 – 2.18 95% CI = 0.89 – 2.01; 1.30 – 3.40）之间存在剂量反应联系，尽管这种相互联系并非是与全氟辛烷磺酸特有的。⁴

大多数消耗装置和专业成像相纸都不含全氟辛烷磺酸相关物质。对于不含该物质的相纸，涂层所含的浓度范围为 0.1-0.8 微克/平方厘米。大多数此类材料都不在涂层表层，因为全氟辛烷磺酸相关物质含于基质内部用于涂覆基质。

到目前为止，估计替代成像产品中所有全氟辛烷磺酸材料的费用为 2,000 万至 4,000 万欧元。这一费用是以目前实现将全氟辛烷磺酸相关物质减少 83% 的估算费用为基础得出的。由于替代工作的难度正日益加大，预计今后的替代工作（替代剩余的 17%）所支出的费用额将远远高于上述数额。

以往估算的 2000 年至 2004 年之间出现的削减费用为 2,000 万至 4,000 万美元，即削减约 15 吨，平均每吨的削减费用为 200 万美元。进一步的削减工作估计将花费两倍以上，高达每吨 500 万美元。替代剩余的 10 吨全氟辛烷磺酸的费用将为 5,000 万美元。由于据估计仅有 2 千克将被排入环境，因此根据以上估计值，要将排放量削减为零，则每千克的费用为 2,500 万美元。这一计算指明了削减排放量的费用水平。

2.3.2 光阻材料和半导体

在照相平板印刷过程中，以全氟辛烷磺酸为基础的光酸产生物（PAGs）的运作对半导体工业来说是至关重要的。ESIA、JSIA、SIA 和 SEMI 均指出，目前还没有具备同等重要功能的已知代用品，能够有效、高效地转化前沿光阻材料并用于批量制造。

对于在与光阻材料化合时使用的抗反光涂层，ESIA 指出，目前也没有符合必要的具体技术要求的可用替代品（ESIA，2003 年）。该工业还对一种额外的专门用途——在遮光膜初涂过程中用于液态蚀刻剂——进行了评价，该用途中使用的全氟辛烷磺酸目前也可能没有代用品。

半导体工业指出，该工业及其供应商继续寻找这些关键用途的替代品。半导体生产的特征是，如果在基础研究阶段最终查明了全氟辛烷磺酸的替代品，对全氟辛烷磺酸等用于照相平板印刷过程的投入物的化学性质做出了重大调整，那么整个制造过程和供应链都要发生大范围的变动，以确保整个生产过程中的化学工艺仍然保持一致。因此，半导体工业相信，一旦查明了新技术，可再用十年时间来进行设计和运转，并将新技术并入半导体制造过程。据该工业称，半导体技术开发周期必然会出现迟延：技术创新通常需要 10 年时间的进一步开发才能用于大批量制造（ESIA、JSIA、SIA、SEMI，2007 年）。

值得注意的是，在配制照相平版印刷产品所使用的化学品的过程中，工人们的暴露可能性非常低，因为这一

⁴ Schenker MB、Gold EB、Beaumont JJ、Eskenazi B、Hammond SK、Lasley BL、McCurdy SA、Samuels SJ、Saiiki CL、Swan SH 合著 (1995 年)，《自发性流产及其他生殖影响与半导体行业工作的联系》，《美国工业医学杂志》，28: 639 – 659。

过程是在高度自动化且极为封闭的系统环境下进行的。同样，电子装配过程也是类似的自动化流程，其中只使用了少量的全氟辛烷磺酸，并且采用了保护设备。化学隔离也是质量控制程序的内在组成部分。

全氟辛烷磺酸的环境释放潜力并不强。由于全氟辛烷磺酸的气压不高，而且该生产流程具有特殊性，预计不会有全氟辛烷磺酸排放到空气中。不过，废品，包括 93% 的抗蚀剂（光酸产物和表面活性剂）都被焚化了。释放到水中的全氟辛烷磺酸的数量也被认为是可以忽略不计的。此外，在制造的微处理器中没有残留的全氟辛烷磺酸化合物，因此不会出现消费者暴露于全氟辛烷磺酸的问题或者电子废物的处置和回收利用过程中释放全氟辛烷磺酸的问题。

与其他工业部门使用的全氟辛烷磺酸相比，照相平版印刷用途所释放的全氟辛烷磺酸的数量很少。2002 年，整个欧洲的照相平版印刷用途所释放的全氟辛烷磺酸估计为 43 千克，仅占当年欧洲释放的全氟辛烷磺酸总量的 0.45%。2004 年欧洲的物料平衡数据指出，估计排放了 54 千克的全氟辛烷磺酸。根据最近的过往使用模式，估计美国和日本的全氟辛烷磺酸释放比例低也要归功于照相平版印刷用途。

考虑到目前还没有可用的替代品，因此很难确定用替代物质代替照相平版印刷工业中使用的全氟辛烷磺酸所需的最终费用额。对创新性的要求以及技术可行性限制是导致目前无法获得替代品的主要因素。不过，如果最终克服了这些障碍，在照相平版印刷过程中过渡到使用替代物质将会带来巨大的相关费用。例如，将新系统用于大批量生产中可能会带来高额的相关推广费用，包括重新审核费用和因新系统上线产量较低而造成的相关收入损失。许多抗蚀剂是专门为某个公司的生产流程设计的，这意味着某种有效的替代品不一定能适用于整个工业。除这些不确定因素之外，本评价所得出的以下估计额仅表示所涉费用的大概数额。

替代现有的抗蚀系统需要进行大量的研发工作，随后还要对制造过程进行耗时长久的审核。为该工业开发一个完全新的光阻系统的费用估计为：替换 193nm 的抗蚀剂需 19,200 万美元；替换 157nm 的抗蚀剂需 28,700 万美元；替换 EUV 抗蚀剂需 21,800 万美元。开发 157nm 抗蚀剂的费用最高，因为与 193nm 的抗蚀剂或 EUV 抗蚀剂相比其新要求更多。

开发新光阻系统的费用为 70,000 万美元。假设变动成本与目前系统的变动成本一样，需花费 5 年时间开发新系统，分析期间则长达 25 年。这意味着削减的全氟辛烷磺酸相关物质的释放量等于 20 年的释放量（每年 50 千克），即共计 1,000 千克。削减每千克全氟辛烷磺酸需花费 70 万美元。这一计算指明了削减释放量所需的费用额水平。比较而言，半导体工业在 2006 年的全球销售额为 2,480 亿美元。⁵

半导体工业最近签署了一份协议，以在全球削减以全氟辛烷磺酸为基础的化学品的使用。根据该协议，世界半导体理事会（由代表世界大多数领先的半导体生产国的微芯片企业贸易协会组成）的成员和 SEMI 都承诺采取以下行动：（一）结束目前尚无其他可用材料的非关键用途；（二）致力于查明目前尚无其他可用材料的全氟辛烷磺酸关键用途的代用品；（三）销毁关键用途产生的溶剂废物；以及（四）采取其他措施降低全氟辛烷磺酸在这些关键用途中的使用可能对环境造成的影响。

⁵ http://www.sia-online.org/pre_facts.cfm。

2.3.3 半导体和液晶显示器（LCD）工业中的遮光膜

遮光膜是半导体和液晶显示器的照相平版印刷过程的重要组成部分。遮光膜生产主要是半导体或液晶显示器生产商向其他公司外购的。

据称日本三家主要遮光膜生产商的大多数遮光膜都是用湿法工艺生产的。半导体和薄膜晶体管（TFT）的蚀刻剂中含有全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酸相关物质，因为这些产品必须有良好的制版。对于半导体使用的遮光膜，在某些特定情况下也可以使用干法工艺。而所有的薄膜晶体管遮光膜都是使用湿法工艺生产的，因为它们的尺寸很大。

日本用于该目的的全氟辛烷磺酸的总量估计约为每年 70 千克。据估计，日本公司在遮光膜生产中占主导地位，并占据了世界遮光膜市场的 70% 强。因此估计全世界用于该用途的全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酸相关物质的总量约为 100 千克。

由于蚀刻剂具有强酸性，且蚀刻剂中的非氟表面活性剂不稳定，因此蚀刻剂不能用于这一生产过程。此外，其他含氟表面活性剂，如短链全氟烷基磺酸盐也不适用，因为它们降低表面张力的能力较低。

干法蚀刻过程适用于半导体遮光膜的高端超微细模型。不过，干法蚀刻过程的产量和生产率远远低于湿法过程（15 到 20 倍）。此外，干法过程不能用于液晶显示器面板，因为面板的尺寸很大（超过 1 米×1 米）。

2.3.4 航空液压油

根据从一家液压油主要生产商收到的资料，航空系统目前使用的全氟辛烷磺酸物质还没有替代品，而且也没有已知的替代化学品可为航空器提供适当的保护。

从概念到实际的商业制造，对商业航空器使用的新液压油的审查过程已花费了约 10 年时间。航空系统目前使用的全氟辛烷磺酸物质还没有替代品，也没有关于替代品的费用及其对环境/人类健康的影响的资料。

2.3.5 在生产用于控制切叶蚁的蚂蚁毒饵时使用的全氟辛烷磺酸衍生物

氟虫氨（1-辛烷磺胺-N-乙基-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十七氟；化学文摘社编号：4151-50-2），是利用全氟辛烷磺酸衍生物（全氟辛基磺酰氟，化学文摘社编号：307-35-7）制造的。氟虫氨是制造现成的蚂蚁毒饵制剂的活性成分，且已知其可降解为全氟辛烷磺酸。据估计，巴西生产的氟虫氨约为每年 30 公吨。每年约有 10,000 公吨的蚂蚁毒饵是使用浓度为 0.3% 的氟虫氨生产的。2006 年，约有 400 公吨的蚂蚁毒饵（氟虫氨浓度为 0.3%）被出口至南美洲和中美洲的 13 个国家。没有全氟辛烷磺酸衍生物就无法制造氟虫氨。使用氟虫氨意味着向环境直接排放全氟辛烷磺酸。

对包括各种配方在内的多项机械、文化、生物和化学办法进行了研究，以控制切叶蚁。颗粒状毒饵是最广泛使用的切叶蚁控制办法，毒饵呈颗粒状，是由引诱剂（通常为橙浆和植物油）和活性成分（杀虫剂）组成的混合物。与其他办法相比，这种方法具有重要优势：成本低、高效、适用时对人类健康和环境的损害较低而且专门针对切叶蚁。配制毒饵制剂时使用了低浓度活性成分，局部适用时不需使用设备。使用现成的配方可

减少或阻止向人类释放全氟辛烷磺酸，但每年向环境释放的 30 吨氟虫氨最终将降解为全氟辛烷磺酸。

目前，蚂蚁毒饵中使用的活性成分为：氟虫氨、氟虫晴和毒死蜱。与氟虫氨相比，氟虫晴和毒死蜱对哺乳动物、水生物、鱼类和蜂类的毒性更强。对比试验显示，使用氟虫晴和毒死蜱的蚂蚁毒饵的功效不高。根据巴西附件 F 所载资料，其他用于同一目的的商业化已注册产品目前还不能有效地替代巴西使用的氟虫氨。在欧盟，全氟辛烷磺酸相关物质没有被用于制造杀虫剂（RPA，2004 年）。

目前没有关于工人在制造氟虫氨毒饵时暴露于全氟辛烷磺酸的资料，也没有关于可能暴露于使用氟虫氨毒饵的群落和环境的资料

2.3.6 医疗设备

医疗设备工业长期以来一直在使用多种含全氟辛烷磺酸的原材料。例如，全氟辛烷磺酸作为有效的分散剂被用于将造影剂混入乙烯-四氟乙烯共聚物（ETFE）层。全氟辛烷磺酸在无线电不透明乙烯-四氟乙烯共聚物的生产过程中起到了重要作用，使医疗设备所需的准确度和精确度得以实现（例如，无线电不透明导管，如用于血管造影术的导管和留置针导管）。

自 2000 年以来，由于确认全氟辛烷磺酸会对环境产生影响，乙烯-四氟乙烯共聚物的制造商一直在与化学材料供应商合作寻找替代品。

2006 年的经合组织的调查查明了全氟丁烷磺酸盐（PFBS）的涂料产品表面活化剂用途。在有些情况中，如果与乙烯-四氟乙烯共聚物混合，该物质可作为分散剂用于无机造影剂。不过，对许多其他医疗设备而言，还有待寻找符合相同标准的替代品。由于全氟辛烷磺酸独特的特性，预计该物质将继续用于各种医疗设备。

B. 可能具有替代化学品或技术但需逐步采用的各项用途

2.3.7 金属覆镀

全氟辛烷磺酸相关物质主要用于以下用途：

- 装饰性镀铬；和
- 硬镀铬。

其他重要用途包括：塑料电镀预处理剂；聚四氟乙烯粉末电镀处理剂；印刷电路板覆镀预处理剂；铬酸阳极电镀；镉镍或铅覆镀；碱锌覆镀；不锈钢电磨光剂；以及铜合金的化学研磨剂。

2006 年经合组织的调查查明了全氟丁烷磺酸盐（C4 PFAS）的喷雾抑制剂用途。其他资料显示，目前在这些用途方面还没有已知的能够替代全氟辛烷磺酸相关物质的有效替代性喷雾抑制剂（日本，2007 年；美国，2007 年）。

不过，从多个工业和管理当局获得的资料显示，在装饰电镀用途中使用危害较小的 Cr（III）来代替 Cr（VI）

或六价铬将消除全氟辛烷磺酸相关物质在这一用途中的应用。这种替代可省下大笔费用，还能为金属电镀行业带来安全和环境方面的惠益。

Cr(III)的使用成本高昂，无法与通过减少废物处理费、空气监测费、记录保管费和废品率所节省的费用相抵。不过主要的惠益是可以显著减少雇员罹患六价铬相关职业病的风险。由于不同的市场的质量要求各有不同，因此替代程序也大相径庭。例如日本约 1,000 家公司中仅有 40-50 家公司改变了程序。在此类情况下，仍需使用全氟辛烷磺酸喷雾控制介质来保护工人的健康。

关于硬镀铬，所收到的资料显示，目前还没有可直接替代 Cr(VI) 和 Cr(III) 的备选办法。虽然该工业指出已开发了某些小规模用途的 Cr(VI) 硬镀铬的替代工艺，但对于绝大多数 Cr(VI) 的电镀用途，目前还没有可用的大规模商业性替代技术。日本的硬镀铬以外用途的替代品尚未得到确认，部分原因是可靠性的要求很高，例如机动车的机泵零件。

有人建议以萃取物作为以全氟辛烷磺酸为基础的喷雾抑制剂的代用品，预计运用萃取物改善通风的成本为每生产单位每年 3,400 欧元，且投资期为 15 年 (PRA, 2004 年)。设想欧盟数百个生产单位的总成本为一或两百万欧元。估计日本每个 1,000 升电镀槽的成本为 40,000 美元 (日本, 2007 年)。

按公司规模计，预计拟议的加拿大《条例》(见第 1.5 节)的成本为：65 万美元用于 34 家小公司，260 万美元用于 52 家中等规模公司，68 万美元用于 14 家大公司。加拿大使用全氟辛烷磺酸烟雾抑制剂的设施为遵守拟议《条例》所需的履约费用总额预计约为 390 万美元 (25 年内折价 5.5%)。这将使全氟辛烷磺酸在 2013 至 2032 年期间的排放量削减约 86 吨 (加拿大, 2007 年)。根据加拿大的计算，削减费用为每千克全氟辛烷磺酸 46 美元。

2.3.8 灭火器泡沫

目前有许多可用/正在开发的替代品可替代灭火器泡沫中使用的以全氟辛烷磺酸为基础的含氟表面活性剂。这些替代品包括：不以全氟辛烷磺酸为基础的全氟表面活性剂；以硅酮为基础的表面活性剂；烃基表面活性剂；无氟灭火器泡沫；以及其他正在开发的不使用氟的灭火器泡沫技术。替代品的效用有待审议。

无氟泡沫比以全氟表面活性剂为基础的泡沫贵约 5%-10% 以上 (包括以前销售的以全氟辛烷磺酸为基础的泡沫)。不过制造商指出，如果市场规模扩大，无氟泡沫的价格将会下降。因此设想这种价格具有广泛的可比性。

鉴于许多国家早已在转换大多数用途中使用的以全氟辛烷磺酸为基础的产品，灭火器泡沫制造商或用户替换以全氟辛烷磺酸为基础的泡沫只需花费很少的开发或经营成本。淘汰以全氟辛烷磺酸为基础的泡沫的主要成本是管理库存和含此类物质的废物的相关成本。

关于以非全氟辛烷磺酸为基础的全氟表面活性剂的毒理学和生态毒理学适合性的数据目前还很有限。正在另行审查调聚物是否会对人类健康和环境带来显著影响，目前还未得出相关结论。

关于无氟泡沫，目前的资料显示，相比于以全氟辛烷磺酸为基础的泡沫，无氟泡沫不会在环境中持久存留或富积（因为缺少氟）。在剧毒性方面，尽管迄今为止提供的资料尚未做出结论，但无氟泡沫的剧毒性似乎略低。

关于加拿大，估计在 2008 至 2032 年期间拟议的《条例》将把向环境排放的以全氟辛烷磺酸为基础的水成膜泡沫减少约 2.83 吨。机场、军事设施和精炼厂目前花费的处置和替代成本价值约为 64 万美元（以 2006 年的美元计），25 年期间的折现率为 5.5%（加拿大，2007 年）。根据加拿大所做的这些计算，削减成本为每削减一千克全氟辛烷磺酸需花费 226 美元。

关于加拿大，替代和销毁泡沫的成本估计为 6,000 欧元每吨。欧盟的库存为 122 吨（RPA，2004 年）。根据 RPA 的计算，削减成本为每千克全氟辛烷磺酸 6 欧元。一旦灭火器泡沫全部更新，销毁成本最低可达每千克 1 欧元。

在日本，估计市场上的水成膜泡沫产品中含有 86 吨当量的全氟辛烷磺酸。根据这一资料，估计日本市场上灭火器泡沫浓缩液中的全氟辛烷磺酸总量少于 200 吨。日本市场储存了约 21,000 吨全氟辛烷磺酸灭火器泡沫浓缩液，其中 11,400 吨为含全氟辛烷磺酸的灭火器泡沫，剩余的 9,600 吨则含有全氟辛烷磺酸衍生物。日本市场上的绝大多数灭火器泡沫库存为不能混溶于水的液体，如油、石脑油和烃类油以及已销售用于该用途的非全氟辛烷磺酸替代品。按照现在的产能，估计替代工作将花费约 15 年。另一方面，约 2,000 吨的水乳液灭火器泡沫市场库存，如醇类乙二醇和丙酮，不久之后对生物燃料（如生物乙醇）而言更加不可或缺。水乳液泡沫需符合政府标准，由于技术困难和技术可行性等原因，尚未开发出非全氟辛烷磺酸替代品。估计替代品开发将花费数年时间，替代工作也要花费约 15 年时间。此外，机场也储存有含全氟辛烷磺酸的灭火器泡沫（日本，2007 年）。

美国的各项《重大新用途规则》仅限制新制造或新出口的全氟辛烷磺酸化学品和含全氟辛烷磺酸产品。对于在各项《重大新用途规则》的生效日期之前制造或进口到美国的以全氟辛烷磺酸为基础的现有水成膜泡沫库存，这些条例并没有加以限制，目前没有实行对这些现有库存的强制性淘汰，也不打算这样做。

2.3.9 电气和电子零部件

全氟辛烷磺酸广泛用于生产电气和电子零部件。主要的用途为密封剂和粘合剂。这些用途都有可用的替代品或者有正在开发的替代品，全氟辛烷磺酸将被相对较快地取代。不过，已查明有些用途不会很快具有可用替代品，其中之一是彩色复印机/多功能印刷机的中间传输带。

中间传输带是彩色印刷机和彩色复印机的重要部件。根据提供给日本政府的资料，日本最大的制造商（60% 以上的聚酰亚胺中间传输带由其提供）使用了全氟辛烷磺酸来确保必需的特性。这家制造商生产的中间传输带含有高达百万分之 100 的全氟辛烷磺酸。有 12 家主导全球市场的彩色复印机/多功能印刷机制造商使用中间传输带；它还是全球供应的备件。中间传输带的特性决定了复印机/多功能印刷机的设计。由于复印机/多功能印刷机的使用寿命长，如果停止供应中间传输带，将有数以百万计的复印机/多功能印刷机在使用寿命结束之前被废弃，可能造成不必要的环境损害。

与中间传输带类似，出于同样的原因 PFA 滚筒和传送带也是含全氟辛烷磺酸的固定设备中不可或缺的部分。这些固定设备的最大制造商报告说，在生产这些设备时使用的添加剂为 3 微克/平方厘米，其中含有百万分之 8×10^{-4} 的全氟辛烷磺酸。每个月的产量为 300,000 单位，每年消费的全氟辛烷磺酸低于 3 克。

此外，全氟辛烷磺酸被用于多种添加剂，如用于机械滑块和测微计的润滑脂添加剂，还被用于电气和电子工业中更广泛的其他用途。不过，如上所述，由于所涉浓度极低，且供应链非常复杂，全氟辛烷磺酸在该领域的使用最近才获得承认，因此有必要对此进行进一步研究。

尚不清楚使用全氟辛烷磺酸的替代品会对产品的性能产生怎样的影响。

2.4 关于实施可能的管制措施对社会的影响的资料摘要

2.4.1 健康问题，包括公共健康、环境健康和职业健康

预计全球规模的全氟辛烷磺酸管制性削减或消除措施将为人类健康和环境带来有利影响。据推测，建立关于尚无代用品的全氟辛烷磺酸各项用途的进一步管制措施肯定有助于人类健康和环境，尤其是关于生殖毒性和血液的价值。

由于全氟辛烷磺酸具有生殖毒性，因此管制措施的主要受益人是易受伤害人群，如孕期妇女、胎儿和婴儿。北极土著居民也会受益于这种积极影响，他们以传统的当地食物为生，考虑到全氟辛烷磺酸污染物广泛分布在北极食物链中，他们暴露于全氟辛烷磺酸的风险比其他社区更高。《公约》序言中承认持久性有机污染物会对北极生态系统和土著社区造成特殊影响。

如果不对全氟辛烷磺酸的生产和使用加以管理，放任其继续存在或增长，那么全氟辛烷磺酸在环境中，包括在人类和动物体内的含量很可能会上升，甚至在远离产地和使用地的地方也是如此。该工业提到，预计正在进行的少量关键用途，如成像工业和半导体工业，不会带来负面影响。

2.4.2 农业，包括水产业和林业

消除全氟辛烷磺酸可能会对巴西的农业造成负面影响，巴西声称全氟辛烷磺酸对于生产农业或林业企业所需的控制切叶蚁的氟虫氨蚂蚁毒饵具有不可或缺的影响。要继续将全氟辛烷磺酸用于生产氟虫氨蚂蚁毒饵需获得特殊豁免或列明容许目的，这将为商业性农业利益提供保护。

2.4.3 生物群（生物多样性）

由于《关于持久性有机污染物的远程越境空气污染议定书》和《斯德哥尔摩公约》中都显示全氟辛烷磺酸具有持久性、生物蓄积性和毒性特征，预计关于这种物质的禁令/限制将为生物群带来有利影响。

科学文献早已查明，按照目前的暴露水平，全氟辛烷磺酸可对某些野生生物造成伤害（如北极熊、吃鱼的鸟类），包括在加拿大北极地区等地发现的野生生物。全氟辛烷磺酸可影响的鸟类和水生无脊椎动物的生长地；哺乳动物的肺部和甲状腺；会对鱼类和咸水无脊椎动物产生致命影响（美国环境署，OPPT AR226-0097；经

合组织，2002年）；以及改变生物多样性（Boudreau 及其他人合著，2003年，Sanderson 及其他人合著，2002年）（加拿大，2007年）。

尽管2005年的北极熊和环斑海豹抽样资料显示，自2000年开始在世界范围内削减全氟辛烷磺酸的生产以来，全氟辛烷磺酸的含量第一次出现下降，但在证实这种减少情况是否确实意味着全氟辛烷磺酸的含量开始呈长期下降趋势之前，必须在今后几年收集更多的抽样资料（加拿大，2007年）。

2.4.4 经济方面，包括生产者和消费者的成本和效益以及成本效益的分配

拟议的加拿大《条例》（禁止生产、销售和使用全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酸相关物质）可避免支出替代供水费用，预计因此带来的潜在惠益为年均49万美元。应当承认，这种惠益具有不确定性；不过，这一价值接近拟议《条例》将要带来的惠益。为加拿大人带来的总惠益估计约为557万美元（加拿大，2007年）。应当承认这种惠益具有不确定性，而且其中仅有一部分能转换为货币。

摄影成像

据该工业称，限制全氟辛烷磺酸相关物质的剩余用途将严重影响摄影成像工业运用现有工艺制造包括诊断医疗产品、工业X射线（非破坏性测试）、图形打印（印刷掩膜）在内的多种产品，而且由于必须进行实质性研发投入，摄影成像产品的制造商只得支出高昂费用，不仅如此，用户也得支付大笔费用，因为他们被迫用新系统，如替代性数字系统来替换旧系统。

光阻材料和半导体

2005年的全球销售额为2,280亿美元，初步估计2006年的销售额将高于2,600亿美元。美国和欧洲的半导体工业分布雇用了226,000和87,000名雇员。2003年该工业在全球雇用了约500,000名雇员，但这一数字肯定已上升。

不过，半导体工业认为执行可有效排除全氟辛烷磺酸在半导体制造中的关键用途的管制措施将有可能在相当长的时间内停止大量制造生产半导体。该工业相信这一行动可对全球经济产生剧烈影响。

金属覆镀

有人建议使用萃取物替代以全氟辛烷磺酸为基础的喷雾抑制剂，经计算，使用萃取物改善通风的费用为每年每生产单位3,400欧元，在欧盟的投资期为15年（RPA，2004年）。推定欧盟数百个生产单位的总费用将为一百万或两百万欧元。估计日本的费用为每1,000升电镀槽40,000美元，1,000多家电镀公司将受到影响，其中主要是中小型企业（日本，2007年）。根据加拿大的计算，削减成本为每千克全氟辛烷磺酸46美元。

灭火器泡沫

估计替代和销毁欧盟的灭火器泡沫的费用为每吨 6,000 欧元。欧盟存有 122 吨灭火器泡沫（RPA，2004 年）。根据 RPA 的计算，削减成本为每千克全氟辛烷磺酸 6 欧元。一旦灭火器泡沫被更新，削减成本可低至每千克 1 欧元。根据加拿大的计算，削减成本为每千克 226 美元。估计焚烧日本的全氟辛烷磺酸灭火器泡沫的费用约为每吨 1,000 美元，且日本的焚烧能力有限，因此很难估计需用多少时间（日本，2007 年）。

医疗设备

根据日本的呈文，每年日本至少要生产 7,500 种用于血管造影的导管和 4,800 万留置针封导管，全氟辛烷磺酸是这些导管生产工艺中必不可少的一部分。目前，尚未在日本发现这些医疗设备的替代品。为了查明适当的替代品，医疗设备制造商必须在数年内开展大量覆盖诸如可行性和可浸出性等领域的研究，而且管理当局还需核准替代品的安全性和必要性。因此，在本阶段很难预测替代品何时才能用于该用途。

成本比较

根据有限的现有数据和估计做出的粗略计算显示，全氟辛烷磺酸相关物质的削减成本差距很大。摄影成像工业的成本估计为每千克 2,500 万美元（1,860 万欧元），半导体工业的成本为 70 万美元（52 万欧元），销毁灭火器泡沫的成本为 184 美元（137 欧元），而金属覆镀行业的成本为 46 美元（40 欧元）。由于缺乏数据，因此不可能估计金属覆镀、航空液压油、医疗设备、电气和电子零部件以及蚂蚁毒饵的类似成本。据判断，这些用途的成本应不高于两种削减成本高昂的用途，也不低于两种削减成本相对较低的用途。

2.4.5 可持续发展方面的进展

由于《关于持久性有机污染物的远程越境空气污染议定书》和《斯德哥尔摩公约》审查委员会议定的风险简介都显示全氟辛烷磺酸具有持久性、生物蓄积性和毒性特征以及远程越境转移潜力，因此预计消除/限制该物质将对全球可持续发展产生积极影响。

2.4.6 其他影响

尽管欧盟不再使用全氟辛烷磺酸制造灭火器泡沫，但仍有约 122 吨的库存（德国，2007 年）。

尽管美国没有生产或进口新的以全氟辛烷磺酸为基础的水成膜泡沫，但仍在使用现有库存。据工业团体灭火器泡沫联盟估计，2004 年美国含氟水成膜泡沫产品总库存中包括约 990 万加仑的浓缩液，其中 460 万加仑为浓度为 3% 和 6% 的以全氟辛烷磺酸为基础的水成膜泡沫浓缩液，剩下的 530 万加仑为以调聚物为基础的材料。

全氟辛烷磺酸大量用于消费品会影响城市废物及其处置，还会影响对产品库存的关注。将含有全氟辛烷磺酸的废物、产品或物品列入附件 A 或 B 可使它们遵循《斯德哥尔摩公约》第 6 条的规定，并要求以“安全、有效和无害环境的方式”处置它们。

2.5 其他组织

2.5.1 获得资料和公共教育

更多关于全氟辛烷磺酸替代品的工业创新的资料，见以下网站：

SIA: <http://www.sia-online.org/home.cfm>

EECA-ESIA: <http://www.eeca.org/esia.htm>

SEMI: <http://www.semi.org/>

（半导体）

通过美国环境署立法程序在线摘要可获得美国关于这些化学品的条例以及该工业的答复的资料。关于这些程序和摘要的资料可从环保局的网站上获得：<http://www.epa.gov/opptintr/pfoa/pubs/related.htm>。

可公开从环保局摘要办公室维护的非规范性数据库中的 AR-226 号行政记录中获得更多关于全氟辛烷磺酸和全氟化合物的资料。AR-226 号行政记录不能在线获得，但可通过向电子信箱 oppt.ncic@epa.gov 发送电子邮件的方式要求获得该文件的索引，AR-226 所记录的文件均载于光盘（美国，2007 年）。

目前还没有与今后获得资料和公共教育相关需求有关的具体资料。

2.5.2 管制和监测能力的现状

全世界的半导体工业协会将每 2 年收集和公布一次汇编工业资料，以供各成员公司坦率地交流各自的进展，包括：

- a) 全氟辛烷磺酸废水处理评价结果，包括任何废水测量数据；
- b) 对当前相关研发活动的描述和任何结论，包括与设备和化学品供应商协作的成果；
- c) 已知用于半导体制造和加工的关键和非关键用途的工业淘汰时间表；以及
- d) 全氟辛烷磺酸质量平衡模式的成果（SIA，2007 年）。

3. 信息综述

3.1 风险简介资料摘要

全氟辛烷磺酸是完全氟化的阴离子，以盐的形式广泛用于某些用途或并入较大的聚合物。由于具有表面活性特征，全氟辛烷磺酸历来就被用于多种用途，尤其是包括灭火器泡沫和表面活性剂/防油、防水、防脂或防污剂。全氟辛烷磺酸可通过多种相关物质，即通常所指的全氟辛烷磺酸相关物质（其定义见第 1.1.2 节）降解形成。

全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酸相关物质均可在工业制造、使用和消费应用过程中释放进入环境，还可因处置化学品或含有这些物质的废旧产品或物品而进入环境。

在很大程度上，并不清楚相关化学品形成全氟辛烷磺酸的比例和程度，而且各种物质之间可能也不尽相同。由于缺乏数据，因此很难估计各种全氟辛烷磺酸相关物质发生转变会对全氟辛烷磺酸的环境负荷带来多大的净影响。不过，由于极其稳定，因此预计全氟辛烷磺酸有可能是所有的全氟辛烷磺酸相关物质最终的降解产品。

全氟辛烷磺酸具有很强的持久性，在任何水解、光解和生物降解环境条件下进行测试都没有出现降解情况。目前仅知的全氟辛烷磺酸发生降解的情况是在一定条件下进行高温焚化。

关于生物蓄积潜力，考虑到在顶层肉食动物如北极熊、海豹、白头海雕和水貂体内发现了高浓度全氟辛烷磺酸，因此全氟辛烷磺酸符合附件 D 的标准。最值得注意的是，在远离人为来源的北极动物体内也发现的高浓度的全氟辛烷磺酸。在较高食性层次的生物群和肉食动物如鱼类、食鱼鸟类、水貂以及北极生物群中都发现了全氟辛烷磺酸。同样，鹰类等肉食性种类体内蓄积的全氟辛烷磺酸浓度高于较低食性层次的鸟类。即使一些制造商削减了全氟辛烷磺酸的制造，但野生动物如鸟类，仍将继续暴露于具有持久性和生物蓄积性的物质，如全氟辛烷磺酸，因为这些物质具有持久性和长期蓄积性。

根据可获得的数据，全氟辛烷磺酸符合远距离迁移潜力标准。证据是，监测数据显示北半球不同区域都有高浓度全氟辛烷磺酸，特别是在远离人为来源的北极生物群中也有高浓度全氟辛烷磺酸。全氟辛烷磺酸也符合特定的大气半衰期标准。

全氟辛烷磺酸符合不利影响标准。亚慢性多次量低浓度研究显示全氟辛烷磺酸对哺乳动物具有毒性，对老鼠具有生殖毒性，小鼠出生后不久即死亡。全氟辛烷磺酸对糠虾和摇蚊等最敏感的水生物具有毒性。

美国主要厂商自愿淘汰全氟辛烷磺酸生产加上政府的调控行动，使得当前全氟辛烷磺酸相关物质的生产和使用都得到了削减。不过，一些国家仍在生产全氟辛烷磺酸或全氟辛烷磺酸相关物质，许多国家也仍在使用这些物质。考虑到全氟辛烷磺酸的固有特性，以及经证实或潜在的环境浓度可能接近或超过某些较高食性层次生物群如食鱼鸟类和哺乳动物的有效水平；并考虑到全氟辛烷磺酸在生物群，包括边远地区生物群中的广泛分布；以及全氟辛烷磺酸前体可能有助于全氟辛烷磺酸在整个环境中存在，持久性有机污染物审查委员会第二次会议做出结论认为，全氟辛烷磺酸在经过远距离环境迁移之后，很可能对人类健康和环境产生重大不利影响，因此应当采取全球行动。

3.2 建议的风险管理措施

根据《公约》第 1 条，应当以保护人类健康和环境免受持久性有机污染物的影响为目标来管理全氟辛烷磺酸。还应考虑到所有全氟辛烷磺酸相关物质都有可能降解为全氟辛烷磺酸从而增加环境总负荷。

将全氟辛烷磺酸列于《公约》项下，能解决该物质生命周期各方面的问题，包括制造、使用、进出口以及指定排放措施如 BAT/BEP 或其他旨在消除这些物质的削减排放措施。将全氟辛烷磺酸列于《公约》项下还将

使其遵循第 6 条中关于库存和废物的规定。

在《公约》附件 A 中列出全氟辛烷磺酸，可禁止全氟辛烷磺酸的制造、使用和进出口（按照无害环境处置条约允许的除外），并能与指明最终消除剩余全氟辛烷磺酸制造和使用的最后期限的具体豁免挂钩。也可将全氟辛烷磺酸列入附件 A 的第三部分，这样就能更详细地描述全氟辛烷磺酸和/或全氟辛烷磺酸相关物质的各项用途以及制造和使用这些物质的适当条件，包括时限在内。

在《公约》附件 B 中列出全氟辛烷磺酸，可禁止除指定容许目的/具体豁免，如上文中提及的尚无可用替代品的物质之外的全氟辛烷磺酸的制造、使用和进出口。也可将全氟辛烷磺酸列入附件 B 的第三部分，这样就能更详细地描述全氟辛烷磺酸和/或全氟辛烷磺酸相关物质的关键用途以及使用这些物质的适当条件，可酌情包括审查和订正时限在内。

在《公约》附件 C 中列出全氟辛烷磺酸，可解决因全氟辛烷磺酸相关物质转变或降解而意外生产的全氟辛烷磺酸，并将最终消除所有全氟辛烷磺酸的排放，还有可能削减或消除可不同程度地降解为全氟辛烷磺酸的所有全氟辛烷磺酸相关物质的制造和使用。

建议的全氟辛烷磺酸管制措施备选办法如下：

1. 可将全氟辛烷磺酸列入附件 A，随附或不随附特定[有具体时限]豁免，并随附新的附件 A 第三部分，其中详细说明了关于每种或每类全氟辛烷磺酸相关物质的行动或此类物质的用途；或者
2. 可将全氟辛烷磺酸列入附件 B，随附指定的容许目的[或具有特定时限的豁免]，并随附新的附件 B 第三部分，其中详细说明了关于每种或每类全氟辛烷磺酸相关物质的行动或此类物质的用途；
3. 可将全氟辛烷磺酸作为意外的持久性有机污染物列入附件 C，以涵盖所有一旦被排入环境就可能产生全氟辛烷磺酸的所有全氟辛烷磺酸相关物质的当前、今后以及目前未知的用途；或者
4. 如上所述，全氟辛烷磺酸可能被列于附件 A 或 B，但同时也可能被列于附件 C。

下文将进一步介绍这些备选办法。

备选办法 1. 将全氟辛烷磺酸列入附件 A

将全氟辛烷磺酸列入附件 A 符合这一有意生产的物质的持久性有机污染物特性。这种列入清楚地表明，必须淘汰全氟辛烷磺酸的生产和使用。考虑到还没有为有些进行中的用途开发出替代品，这种列入也可能对某些加入《公约》的国家对该物质的使用产生影响。

要许可在关键应用中[具有时限]地使用全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酸相关物质，应发出生产或使用豁免，如“要求生产其他仅能按照本附件第三部分使用的其他化学物质”。如果没有替代品，可能很难制定或适用某些关键用途的特定豁免，不过，除其他原因之外，考虑到通常的时限为五年，特定豁免的时限可能会被延长。

所有缔约方都可以实行这种备选办法，在这种情况下各缔约方可不必对豁免进行登记。这也意味任何关于时间的限制都将载于新的附件 A 第三部分。所提供的资料显示，对于某些用途，目前很难确定此种时间限制。

备选办法 2. 将全氟辛烷磺酸列入附件 B

将全氟辛烷磺酸列入附件 B 符合这一有意生产的物质的持久性有机污染物特性。由于目前还不确定多种关键用途在今后五到十年间是否能有替代品，因此全氟辛烷磺酸列入附件 B 可允许指定容许目的/特定[具有时限]豁免的存在。

要许可在关键应用中[具有时限]地使用全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酸相关物质，应发出生产或使用豁免，如“要求生产其他仅能按照本附件第三部分使用的其他化学物质”。

备选办法 3. 将全氟辛烷磺酸列入附件 C

这种备选办法也将全氟辛烷磺酸作为因全氟辛烷磺酸相关物质降解而意外生产的持久性有机污染物。这一备选办法的证据是，全氟辛烷磺酸已不再生产，除非作为生产将用于关键用途的全氟辛烷磺酸相关物质的中间体。只有在全氟辛烷磺酸相关物质发生降解时才会向环境中释放全氟辛烷磺酸。但这一证据的缺陷在于，将全氟辛烷磺酸列入附件 C 并不能控制全氟辛烷磺酸自身的生产。消除或限制全氟辛烷磺酸不能仅靠将全氟辛烷磺酸列入附件 C，而要依靠关于自愿停止生产全氟辛烷磺酸（中间体除外）的承诺。将全氟辛烷磺酸列入附件 C 将对所有可降解为全氟辛烷磺酸的全氟辛烷磺酸相关物质的用途产生影响，应采取一切措施来削减这些用途，目的是消除因这些用途造成的全氟辛烷磺酸排放。应由用户来承担查明全氟辛烷磺酸相关物质的特定用途是否会降解为全氟辛烷磺酸的责任。

有争议的是，条约第5条可适用于人为来源无意形成或释放的持久性有机污染物。由于全氟辛烷磺酸相关物质不能自然存在于环境中，因此只能因人类活动才会出现在自然中并降解为全氟辛烷磺酸。因此，将全氟辛烷磺酸相关物质列入附件C对于减少和消除全氟辛烷磺酸相关物质降解为全氟辛烷磺酸是适当的。不过，也有一点可争议之处，即条约第5条并没有预计“意外生产”中包括非人力转换过程产生的物质。因此，将其其他有意生产的化学品降解产生的全氟辛烷磺酸列入附件C是不适当的。

仅将全氟辛烷磺酸列入附件C是不适当的，因为目前正在生产全氟辛烷磺酸，且将继续有意生产至少几年，而且全氟辛烷磺酸不会仅因其他化学品的意外转换或降解而出现。

备选办法 4. 将全氟辛烷磺酸列入附件 A 或 B 和 C

这一备选办法结合了把全氟辛烷磺酸列入附件 A 或附件 B 的做法，随附上文提及的容许目的/特定[具有时间限制]豁免，并将全氟辛烷磺酸作为意外持久性有机污染物列入附件 C，以覆盖所有可能降解为全氟辛烷磺酸的物质的现有用途和今后的用途。这一备选办法可解决全氟辛烷磺酸的制造和使用问题以及全氟辛烷磺酸相关物质意外生成全氟辛烷磺酸的问题。

结论意见

把备选办法 1 和 2 与备选办法 3 和 4 比较,可见最符合逻辑的做法是将全氟辛烷磺酸作为最终应淘汰的有意产生的持久性有机污染物纳入《公约》项下调整。考虑到全氟辛烷磺酸的毒性和超强的持久性,应当将消除或限制全氟辛烷磺酸的生产、使用和排放作为目标。因此,预计全氟辛烷磺酸将被列入《公约》的附件[A 或 B]。

根据提供给委员会的资料,尚不确定替代品是否可用。因此,在可预见的将来仍有必要保留一些关键用途。为了允许这些关键用途,缔约方可根据该用途的代用品的可行性和时间框架,介绍仅能生产其他专门用于这些关键用途的化学品的特定/容许目的和[具有时限]的生产豁免,并进一步在附件 A 或 B 的新的第三部分中描述使用全氟辛烷磺酸相关物质的各项条件。INF 文件中载有所提议的关于第三部分的大纲。新的第三部分应由缔约方大会定期审查,以确保最大程度地减少使用。

4. 结论意见

根据《公约》第 8 条第 9 款,委员会建议斯德哥尔摩公约缔约方大会审议列入事宜,并详细说明上文所述 附件[A 或 B 和/或附件 C]中所载全氟辛烷磺酸相关管制措施。

参考资料

Boudreau, T.M., C.J. Wilson, W.J. Cheong, P.K. Sibley, S.A. Mabury, D.C.G. Muir and K.R. Solomon (2003) Response of the zooplankton community and environmental fate of perfluorooctane sulfonic acid in aquatic microcosms. *Environ. Toxicol. Chem.* 22: 2739–2745.

Brazil (2007) Submission to the Stockholm Secretariat.

Canada (2007) Submission to the Stockholm Secretariat.

ESIA (2007) Submission to the Stockholm Secretariat.

European Union (2006), EU Directive 2006/122/EC.

Germany (2007) Submission to the Stockholm Secretariat.

Japan (2007), Submission to the Stockholm Secretariat.

JSIA (2007), Submission to the Stockholm Secretariat.

OECD (2002) Co-operation on Existing Chemicals - Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate and its Salts, Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 21 November 2002.

OECD 2002. Hazard assessment of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and its salts. ENV/JM/RD (2002)17/FINAL, November 21, Paris. 362 pp.

RPA (2004) RPA & BRE, Risk & Policy Analysts Limited in association with BRE Environment, Perfluorooctane Sulfonate – Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks, Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales.

Sanderson, H., T.M. Boudreau, S.A. Mabury, W. Cheong and K.R. Solomon (2002) Ecological impact and environmental fate of perfluorooctane sulfonate on the zooplankton community in indoor microcosms. *Environ. Toxicol. Chem.* 21: 1490–1496.

SIA (2007) Submission to the Stockholm Secretariat

Switzerland (2007) Submission to the Stockholm Secretariat

US EPA OPPT AR226-0097 (2000) 3M submission dated 4/26/00. PFOS: an early life-stage toxicity test with the fathead minnow (*Pimephales promelas*), with protocol.

US EPA OPPT AR226-0101 (2000) 3M submission dated 4/26/00. PFOS: a flow-through life cycle toxicity test with the saltwater mysid (*Mysidopsis bahia*), with protocol.

USA (2007) Submission to the Stockholm Secretariat.