



关于持久性有机污染物的 斯德哥尔摩公约

Distr.: General
8 November 2011

Chinese
Original: English

持久性有机污染物审查委员会

第六次会议

2010年10月11-15日，日内瓦

持久性有机污染物审查委员会第六次会议工作报告

增编

关于全氟辛烷磺酸及其衍生物的替代品的指导文件

1. 持久性有机污染物审查委员会第六次会议根据会议期间修正的载于文件 UNEP/POPS/POPRC.6/INF/8 之中的指导文件草案，核可了关于全氟辛烷磺酸及其衍生物的替代品的指导文件。
2. 委员会第七次会议审议了各缔约方和观察员根据第 POPRC-6/5 号决定而针对该指导文件提出的评论意见¹，并根据上述评论意见修订了该指导文件。经会议期间修订的该指导文件文本载于下文。该文本系原文照发，未经正式编辑。

1 UNEP/POPS/POPRC.7/INF/13/Rev.1。

附件

**关于全氟辛烷磺酸及其衍生物的替代品的
指导文件**

2011年10月14日

免责声明

本文件是依据有关全氟辛烷磺酸及其衍生物的替代品的现有资料而编制的状况报告。必须注意的是，全氟辛烷磺酸及其衍生物的可能性替代品的毒理学和生态毒理学数据仍存在缺口。本文件中介绍的数据仅供参考，必须继续努力生成更多有关健康和环境的数据，以加深对文中介绍的替代品的毒理学和生态毒理学影响的了解，这一点很重要。本文件回答了有关《斯德哥尔摩公约》的具体问题，未涉及与持久性有机污染物无关的问题。

目录

关于全氟辛烷磺酸及其衍生物的替代品的指导文件	2
缩写词和缩略词一览	6
执行摘要	11
一、 概述、背景和目标	13
A. 建议将全氟辛烷磺酸列入《斯德哥尔摩公约》的提案历史	13
B. 缔约方大会第四次会议的决定	13
C. 研究的目的	13
D. 其它信息	13
二、 全氟辛烷磺酸及其衍生物的特点	14
A. 全氟辛烷磺酸相关物质	14
B. 全氟辛烷磺酸相关物质的属性	16
C. 全氟辛烷磺酸相关物质的生产和消费	16
三、 全氟辛烷磺酸用途的替代品	16
A. 纺织品浸渍和表面保护	17
B. 包装（纸/纸板）的浸渍	18
C. 汽车和地板清洁剂、蜡和抛光剂	19
D. 表面涂层、涂料和清漆	19
E. 石油生产和采矿	20
F. 摄影行业	20
G. 电气和电子部件	21
H. 半导体行业	22
I. 航空液压油	23
J. 农药	23
K. 医疗设备	24
L. 金属镀层	24
M. 消防泡沫	27
N. 其它用途	29
O. 全氟辛烷磺酸替代品的有关资料总结	29
四、 替代物质的属性及危害评估	30
A. 概述	30
B. 短链全氟烷基磺酸	32
C. 短链全氟烷基酮和全氟烷基醚	33
D. 多氟二烷基醚磺酸盐	33
E. 含氟调聚物和氟磷	34
F. 含氟类共聚物	36
G. 含氟类聚醚	37
H. 硅氧烷和硅酮聚合物	37
I. 丙醇芳香剂	40
J. 磺基琥珀酸酯	41
K. 氯化硬脂酰胺甲基吡啶	42
L. 聚丙二醇醚、聚丙二醇胺和聚丙二醇硫酸盐	42
五、 全氟辛烷磺酸与可能性替代品的比较评估	43

六、 结论、建议和未来发展.....	45
A. 低表面张力是关键	45
B. 可以获得全氟辛烷磺酸的替代品	45
C. 需要更好的替代品	45
D. 需要激励机制	45
E. 复杂的评估	45
F. 需要更多关于替代品的公共数据和资料	46
G. 需要在价值链内进行更好的沟通	46
H. 需要更多开展国际合作	46
I. 查阅的其它资料来源	46

缩写词和缩略词一览

AFFF	水成膜泡沫
AR-AFFF	抗溶性水成膜泡沫
AR-FFFP	抗溶性成膜氟蛋白泡沫
BCF	生物浓缩系数
CAS	化学文摘社
CCD	电荷耦合器件（捕获数字图像的技术）
CEN	欧洲标准化委员会
D4	八甲基环四硅氧烷
D5	十甲基环五硅氧烷
D6	十二甲基环六硅氧烷
diPAPs	多氟烷基膦酸及磷酸二元酸酯
ECETOC	欧洲化学品生态毒理学和毒理学中心
ETFE	乙烯-四氟乙烯
EtFOSA	<i>N</i> -乙基全氟辛基磺酰胺（氟虫胺）
EtFOSE	<i>N</i> -乙基全氟辛基磺酰氨基乙醇
EtFOSEA	<i>N</i> -乙基全氟辛基磺胺丙烯酸酯
EtFOSEP	双[<i>N</i> -乙基全氟辛基磺酰胺基乙基]磷酸盐
EU	欧洲联盟
FC-53	1,1,2,2-四氟-2-（全氟己氧基）乙烷磺酸/全氟[乙基醚磺酸]钾
FC-53B	2-（6-氯-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-十二氟己氧基）-1,1,2,2-四氟乙烷磺酸钾
FC-80	全氟辛烷磺酸钾盐
FC-98	全氟乙基环己基磺酸钾
FC-248	全氟辛烷磺酸四乙基胺盐
FFFP	成膜氟蛋白泡沫
INCI	国际化妆品成分名称
LD ₅₀	半数致死量
MeFOSA	<i>N</i> -甲基全氟辛基磺酰胺
MeFOSE	<i>N</i> -甲基全氟辛基磺酰胺基乙醇
MeFOSEA	<i>N</i> -甲基全氟辛基磺酰胺基乙基丙烯酸酯
MDM	八甲基三硅氧烷
MD2M	十甲基四硅氧烷
MD3M	十二甲基五硅氧烷
MM (或 HMDS)	六甲基二硅氧烷
NGLF	Norsk Galvanoteknisk Landsforening 出版社
NOAEC	无可见有害作用浓度
NOAEL	无可见有害作用剂量
OECD	经济合作与发展组织（经合组织）

PAPs	多氟磷酸和磷酸
PFAAs	全氟烷基酸
PFAS	全氟烷基磺酸盐
PFBS	全氟丁烷磺酸/全氟丁烷磺酸钾
PFBSF	全氟辛基磺酰氟
PFBSK	全氟丁烷磺酸钾盐
PFCs	多氟化学品
PFCA	全氟羧酸
PFDA	全氟癸酸
PFDS	全氟癸烷磺酸
PFHpA	全氟庚酸
PFHxS	全氟己烷磺酸
PFNA	全氟壬酸
PFOA	全氟辛酸
PFOS	全氟辛烷磺酸
PFOSA	全氟辛基磺酰胺
PFOSF	全氟辛基磺酰氟
PTFE	聚四氟乙烯
ZVO	德国国家金属电镀协会
QSAR	定量结构活性关系

下文是《斯德哥尔摩公约》缔约方大会第四次会议通过的关于增列全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟的决定。表中列出了可接受用途和特定豁免。

根据《公约》第 4 条第 4 款，除非某一缔约方在全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟特定豁免登记簿中另立了一个更早的终止日期，或者依照第 4 条第 7 款准予续展，特定豁免登记应自针对该缔约方的这一修正生效之日起五年后终止。

就可接受用途而言，根据附件 B 第三部分第 1 段，建立了可接受用途登记簿。秘书处负责管理该可接受用途登记簿。如果尚未列入该登记簿的某一缔约方决定请求将全氟辛烷磺酸、其盐类或全氟辛基磺酰氟用于列于附件 B 第一部分的^a可接受用途，该缔约方应尽快通知秘书处，以便立即将其增列入该登记簿。

依照附件 B 第三部分第 6 段，缔约方大会应对继续将上述化学品用于各种可接受用途和特定豁免用途的必要性进行评估。对继续为可接受用途而使用和生产全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟的必要性所做的评估应不迟于 2015 年进行，此后每四年结合缔约方大会的常会进行一次。

SC-4/17: 列入全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟

缔约方大会，

审议了由持久性有机污染物审查委员会转交的全氟辛烷磺酸的风险简介、风险管理评价和风险管理评价增编，²

注意到持久性有机污染物审查委员会有关将全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟列入《公约》附件 A 或附件 B 中的建议，³

1. 决定修正《公约》附件 B 第一部分，列入全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟，做法是在这部分插入下表，表栏里列明可接受用途和特定豁免：

化学品	活动	可接受用途或特定豁免
全氟辛烷磺酸 (化学文摘社编号: 1763-23-1)，其盐类和全氟辛基磺酰氟 (化学文摘社编号: 307-35-7)	生产	可接受用途: 根据本附件第三部分，其它化学品的生产仅限于以下用途。为下列用途而生产。 特定豁免: 限于登记册所列缔约方被允许的豁免
	用途	可接受用途: 根据本附件第三部分用于下列可接受用途，或在生产下列可接受用途的化学品的过程中用作中间物质： • 照片成像 • 半导体的光阻剂和防反射涂层 • 化合物半导体的蚀刻剂和陶瓷过滤器 • 航空液压油 • 只用于闭环系统的金属电镀（硬金属电镀）

² UNEP/POPRC.2/17/Add.5、UNEP/POPRC.3/20/Add.5 及 UNEP/POPRC.4/15/Add.6。

³ UNEP/POPS/COP.4/17。

<p>29457-72-5) ; 全氟磺酸铵 (化学文摘社编号: 29081-56-9) ; 全氟辛烷磺酸二乙醇铵 (化学文摘社编号: 70225-14-8) ; 全氟辛烷磺酸四乙基铵 (化学文摘社编号: 56773-42-3) ; 全氟辛烷磺酸二癸二甲基铵 (化学文摘社编号: 251099-16-8)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 某些医疗设备 (比如乙烯-四氟乙烯 (ETFE) 层和无线电不透明乙烯-四氟乙烯的生产, 体外诊断医疗设备和电荷耦合颜色过滤器) • 消防泡沫 • 用于控制切叶蚁 (从 <i>Attasp.</i> 到 <i>Acromyrmexsp.</i>) 的昆虫毒饵。 <p>特定豁免: 用于下列特定用途, 或在生产下列可接受用途的化学品的过程中用作中间物质:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 半导体和液晶显示器行业所用的光罩 • 金属电镀 (硬金属电镀) • 金属电镀 (装饰电镀) • 某些彩色打印机和彩色复印机的电气和电子元件 • 用于控制红火蚁和白蚁的杀虫剂 • 利用化学品生产石油 • 地毯 • 皮革和服装 • 纺织品和室内装饰 • 纸和包装 • 涂料和涂料添加剂 • 橡胶和塑料
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. 还决定在附件 B 中编写一个名为“全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟”的新的第三部分, 内容如下:

第三部分

全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟

1. 所有缔约方均应停止生产和使用全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟, 但本附件第一部分规定的那些通知秘书处打算生产和 / 或使用它们并用于可接受用途的缔约方除外。因此, 设立了可接受用途登记册, 向公众开放。秘书处应保留可接受用途登记册。如果尚未列入登记册的缔约方决定请求在列于本附件第一部分的接受用途范围内使用全氟辛烷磺酸、其盐类或全氟辛基磺酰氟, 该缔约方应当尽快通知秘书处, 以将其增列至该登记册。
2. 生产和 / 或使用这些化学品的缔约方应酌情考虑诸如《公约》附件 C 第五部分所载的有关最佳可得技术和最佳环保做法的一般性指导的相关部分等提供的指导。
3. 使用和 / 或生产这些化学品的各缔约方应每四年一次就消除全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟方面的进展情况进行汇报, 并依照《公约》第 15 条并在依照该条进行的汇报过程中将其有关情况提交缔约方大会。
4. 为减少和最终消除对这些化学品的生产和 / 或使用, 缔约方大会应鼓励:
 - (a) 使用这些化学品的各缔约方在出现合适的替代物质或方法时, 采取行动逐步淘汰其使用;
 - (b) 生产和 / 或使用这些化学品的各缔约方制定和实施一项行动计划, 将此作为《公约》第 7 条规定的实施计划的一部分;

(c) 各缔约方在其能力范围内，促进为使用这些化学品的缔约方研究和开发安全的化学和非化学替代品及过程、方法和战略，此种研究和开发应符合那些缔约方的国情。在考虑替代品或不同替代品的结合时，应予以重视的因素应当包括这些替代品对人类健康的危害及环境影响。

5. 缔约方大会应当在现有科学、技术、环境和经济信息的基础上，评价是否需要继续使用这些用于各种可接受用途的化学品以及特定豁免，此类信息包括：

- (a) 第 3 段所述报告中提供的信息；
- (b) 关于这些化学品的生产和使用情况的信息；
- (c) 关于这些化学品的替代品的可获得性、适宜性和应用情况的信息；
- (d) 关于在加强各国能力以安全过渡到使用此类替代品方面的进展信息。

6. 应当不迟于 2015 年进行上一段所提及的评价，并在之后每四年在缔约方大会举行常会的同时进行一次评价。

7. 鉴于使用的复杂性和使用这些物质所涉社会部门之多，可能存在这些化学品的其他使用情况，而各国尚不知晓。鼓励已认识到这些化学品其他使用情况的缔约方尽快向秘书处通报。

8. 缔约方可以随时以书面通知通报秘书处，将该物质从登记册中除名。除名在通知确定的日期生效。

9. 附件 B 第一部分注 (三) 的条款内容不适用于这些化学品。

执行摘要

1. 《斯德哥尔摩公约》缔约方大会第四次会议决定，所有缔约方均应终止生产和使用全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟，但《公约》附件 B 第三部分规定的可接受用途和特定豁免所许可的用途和生产除外。虽然实际使用的与全氟辛烷磺酸相关的化学品通常是全氟辛烷磺酸的前体，可能本身不会被特别列入《公约》，但其生产和使用受增列全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟的限制。
2. 本研究的目的在于：总结有关全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟替代品，及利用这些替代品作为中间物质生产出来的其它物质的现有知识；考虑到需要针对某些用途制定较长期的替代品逐步采用时间表，并考虑到某些用途目前尚无替代品，加强发展中国家和经济转型国家在逐步淘汰全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟方面的能力。
3. 本文件讨论了全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟作为表面活性剂在浸泡、涂料、金属电镀、消防泡沫等方面的各种用途，并指出哪些用途上已建议使用替代品、哪些用途上已可以获得替代品，以及哪些用途的替代品已在某些国家投放市场。目前几乎所有用途都有含氟或不含氟的替代品。可获得的替代品也许并不理想，且在经济上和技术上可能不如全氟辛烷磺酸；此外，它们在一定程度上还有可能带来环境和健康危害。
4. 含氟表面活性剂的主要性能特点是极其稳定，且表面张力较小，目前优于其它表面活性剂。具备这些属性的最理想物质是全氟辛烷磺酸。然而，由于全氟辛烷磺酸会造成环境和健康影响，在不要求达到全氟辛烷磺酸的性能水平的使用情况下，可以使用其它含氟或不含氟的表面活性剂作为替代品。鉴于某些含氟表面活性剂的价格相对较高，在某些情况下转而使用替代品还能节省经济成本。
5. 目前最常用的全氟辛烷磺酸替代品是含氟调聚物，此类物质是全氟羧酸的前体。之前通常选择使用 C₈ 含氟调聚物作为替代品；然而，已发现这些物质会降解为全氟辛酸，其危险特性和远距离迁移特性也是引发担忧的原因。由于这种原因，全球主要氟化物生产商已与美国国家环境保护局商定于 2015 年前逐步淘汰 C₈ 含氟调聚物。因此，现在改用 C₆-、C₄-和 C₃-全氟烷基化学品作为替代品，因为此类物质的危害性也许较小。
6. 根据德国于 2011 年提供的资料，由于碳原子少于 6 的构体吸附能力非常有限，上述化学品难以从水中去除。迄今为止，尚无已知方法。遗憾的是，河流和某些地下水的水样之中，已可以检测出短链多氟化学品。没有针对毒性的长期研究活动。
7. 对于某些用途，硅酮、脂肪醇和磺基琥珀酸酯等不含氟的化学品已被用作替代品。在其它情况中，某些特定用途或产品已经过时，或者可能已经出现变化，因而不需要再使用全氟辛烷磺酸，例子包括摄影业的数码技术和镀铬采用的物理阻挡层。
8. 在技术、社会、经济、环境、健康和安全性方面对全氟辛烷磺酸及其可能性替代品进行比较评估是一项非常复杂的任务，除了通常可获得的数据和资料外，还需要大量的数据和其它资料。通常来说，有关全氟辛烷磺酸的现有资料

比有关其可能性替代品的资料丰富，因为这些替代品可能是新研发的物质或配方，属于商业机密。

9. 此外，关于某种特定替代品的很多信息通常未经同行审查，科学质量也许相对较低。也许需要建立一项机制，以持续更新有关替代品的替代属性和危害性方面的信息。该机制应符合关于持久性有机污染物替代品的信息交换问题的《公约》第9条第1款第(b)项的要求。

10. 现有的经济数据也可能远远不足，且存在偏差。然而，迄今收到的资料表明，替代品的价格与全氟辛烷磺酸相关化合物的价格相当。不含氟的替代品价格更低，涂层和油漆尤其如此。

11. 全氟辛烷磺酸及其衍生物都是危险物质，一旦排放到环境中，将永远不会消失，因为它们不会降解。最终的汇很可能是水体。因为不可能从环境中重新捕获已排放的物质，全球全氟辛烷磺酸的所有用途都应停止——重点是那些造成高排放量的用途，以防患于未然。

12. 以含全氟辛烷磺酸的消防泡沫为例。现在的普遍做法是将此类泡沫的库存用尽，但若收集并销毁现有库存，则可以防止某些地区的进一步污染（如机场附近区域）。目前的管理措施是将全氟辛烷磺酸集中到容器中，很可能会防止其释放。《公约》附件 B 第三部分描述了减少并最终消除所列全氟辛烷磺酸物质的生产和使用的目标。

13. 需要采取激励措施，鼓励开发和使用安全、负担得起以及技术上可行的替代物质和工艺，并需要发现此类开发工作背后的推动力。《斯德哥尔摩公约》所有缔约方均必须通过国内立法来落实的《公约》各项要求可以充当推广激励措施的重要工具。

14. 由于全氟辛烷磺酸目前受到了限制，生产商很可能会将那些与全氟辛烷磺酸密切相关但不受监管的化学品作为替代品进行商业生产。应考虑此类物质造成的风险及社会经济影响，以决定是否及如何监管其使用。

15. 需要加大努力研究替代品的毒理学和环境属性，并通过进行同行审查、在科学杂志上登载等方法，公开研究数据和资料。

16. 很多国家的主管部门正同步研究和评价全氟辛烷磺酸及其替代品。加强国际合作将节约资源并加速研究和评价进程。

一、 概述、背景和目标

A. 建议将全氟辛烷磺酸列入《斯德哥尔摩公约》的提案历史

17. 2005年7月14日，瑞典环境部提交了一份函件，建议将全氟辛烷磺酸列入《公约》附件A。2005年11月举行的持久性有机污染物审查委员会第一次会议讨论了一份关于此事项的提案⁴。委员会得出结论（第POPRC-1/7号决定），收到的有关全氟辛烷磺酸的资料符合《公约》附件D中具体规定的筛选标准。2006年11月举行的委员会第二次会议通过了一份关于全氟辛烷磺酸的风险简介，该简介随后于2006年11月21日公布。⁵2007年11月举行的委员会第三次会议通过了一份有关全氟辛烷磺酸的风险管理评价文件⁶，该评价文件随后于2007年12月4日公布。最后，2008年10月举行的委员会第四次会议通过了该风险管理评价的增编，该增编随后于2008年10月30日公布。⁷

B. 缔约方大会第四次会议的决定

18. 缔约方大会第四次会议决定修正附件B，增列全氟辛烷磺酸、其盐类及全氟辛基磺酰氟。⁸由于多种用途缺乏替代品——发展中国家和经济转型国家尤其如此，因此商定了一些可接受用途和特定豁免。

C. 研究的目的

19. 本研究的目的在于：总结有关全氟辛烷磺酸、其盐类和全氟辛基磺酰氟的替代品的现有知识；考虑到需要针对某些用途制定较长期的替代品逐步采用时间表，并考虑到某些用途目前尚无替代品，加强发展中国家和经济转型国家在逐步淘汰全氟辛烷磺酸方面的能力。

D. 其它信息

20. 列于文件中的某些替代品方面可能缺乏数据，但其它替代品方面却存在着大量的数据（比如全氟丁酸、全氟丁烷磺酸和全氟己酸），其研究报告经过同行审查，并在期刊中发表。此外，美国环保局自2000年以来一直在对全氟辛烷磺酸、全氟辛酸及其它长链全氟物质的替代品进行审评。迄今为止，美国环保局已收到并审评了150多种各类替代品。同样，其它政府机构也收到并审评了替代品的有关信息。最近，建立了一个门户网站，分享替代品的有关信息 http://www.oecd.org/document/34/0,3746,en_21571361_44787844_44799586_1_1_1_1,00.html。⁹

21. 一份题为《用于非装饰性硬铬电镀的全氟辛烷磺酸代用品》的新报告已在《环保项目1371,2011》上发表。该报告见以下网址：<http://www.mst.dk/publikationer/publications/2011/06/978-87-92779-10-6.htm>。¹⁰

22. 已遵循“优良实验室规范”的指导规程（该指导规程的一项核心要点是对研究活动进行独立审查），开展了研究活动（例如，经合组织、“污染预防、农药及有毒物质管理办公室”），并作为登记程序的组成环节，向监管人

4 UNEP/POPS/POPRC.1/9 和 UNEP/POPS/POPRC.1/INF/9。

5 UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5。

6 UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.5。

7 UNEP/POPS/POPRC.4/15/Add.6。

8 UNEP/POPS/COP.4/38。

9 美国国家环境保护局于2011年提供的资料。

10 北欧产品可持续性研究所于2011年提供的资料。

员提供了研究报告。氟问题理事会（FluoroCouncil）鼓励所有用户要求替代品供应商提供环境、健康和安全隐患信息。¹¹

二、全氟辛烷磺酸及其衍生物的特点

A. 全氟辛烷磺酸相关物质

23. 表 1 概述了作为全氟辛烷磺酸、其盐类及全氟辛基磺酰氟而列于附件 B 的化学品的名称和化学文摘社编号。

表 1: 作为全氟辛烷磺酸、其盐类及全氟辛基磺酰氟而列于附件 B 的化学品的名称和化学文摘社编号

全氟辛烷磺酸物质	化学文摘社编号
全氟辛烷磺酸	1763-23-1
全氟辛烷磺酸钾	2795-39-3
全氟辛烷磺酸锂	29457-72-5
全氟辛基磺酰胺	29081-56-9
全氟辛烷磺酸二乙醇铵	70225-14-8
全氟辛基磺酰氟	307-35-7
全氟辛烷磺酸四乙基铵	56773-42-3
全氟辛烷磺酸二癸二甲基铵	2551099-16-8

24. 存在着更多的全氟辛烷磺酸相关化学品和全氟辛烷磺酸前体。瑞典有关将全氟辛烷磺酸列入《公约》附件的提案列出了全氟辛烷磺酸和 96 种全氟辛烷磺酸相关物质。英国 2004 年的一份报告载列了一份清单草案，列有 98 种可能在环境中降解成全氟辛烷磺酸的化合物。¹²来自中国的一份报告指出，中国国家清单（2009 年）确定了 66 种全氟辛烷磺酸相关化学品。2007 年，丹麦登记了在产品中使用的 92 种多氟物质（包括 13 种全氟辛烷磺酸相关物质）。¹³在经济合作与发展组织（经合组织）出版的有关可能降解为全氟烷基磺酸的全氟辛烷磺酸、全氟烷基磺酸盐、全氟辛酸和相关混合物及化学品的初级清单中，列出了更多的全氟辛烷磺酸相关化学品。¹⁴加拿大列出了 60 多种全氟辛烷磺酸相关化学品。¹⁵

25. 更多未在附件 B 中列出的全氟辛烷磺酸的复杂衍生物也在广泛使用。将其基本生产原料全氟辛烷磺酰氟加入列表后，这些衍生物也将被涵盖在内。全

11 氟问题理事会于 2011 年提供的资料。

12 英国风险和策略分析师有限公司（RPA）和英国建筑研究院（BRE）。2004 年。Perfluorooctane sulphonate: risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks。英国环境、食品和农村事务部以及英格兰和威尔士环境局。

13 Jensen, A.A., Poulsen, P.B., Bossi, R. 2008. Survey and environmental/health assessment of fluorinated substances in impregnated consumer products and impregnating agents. Survey of Chemical Substances in Consumer Products, 99。丹麦环境保护局。

14 文件 ENV/JM/MONO (2006) 15（未公布在网上）。

15 加拿大政府。Completed Assessments of Existing Substances: www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/about-apropos/assess-eval/caes-ecse/caes-pp-eng.php。

氟辛烷磺酰氟是生产所有 C₈-全氟烷基磺酸化化合物的直接原料。全氟辛烷磺酰氟以及其他所有 C₈-全氟烷基磺酸化化合物的生产和使用仅限于可接受用途和特定豁免用途。因此，本文件亦描述了《公约》没有直接列出、但业已涵盖的物质的替代品。

26. 全氟辛烷磺酸的某些最重要的衍生物列于表 2。

表 2: 附件 B 中未列出的部分全氟辛烷磺酸衍生物

化学名	缩写	化学文摘社编号
全氟辛基磺酰胺	PFOSA	754-91-6
N-甲基全氟辛基磺酰胺	MeFOSA	31506-32-8
1N-甲基全氟辛基磺酰胺基乙醇	MeFOSE	2448-09-7
N-甲基全氟辛基磺酰胺基乙基丙烯酸酯	MeFOSEA	25268-77-3
双[2-N-乙基全氟辛烷磺酰胺乙基]磷酸铵 ¹⁶		30381-98-7
N-乙基全氟辛基磺酰胺（氟虫胺）	EtFOSA	4151-50-2
N-乙基全氟辛基磺酰胺基乙醇	EtFOSE	1691-99-2
N-乙基全氟辛基磺酰胺基乙基丙烯酸酯	EtFOSEA	432-82-5
双[N-乙基全氟辛基磺酰胺基乙基]磷酸盐	EtFOSEP	67969-69-1
3-[(十七烷氟辛基)-磺酰]氨基-N,N,N-三甲基-1-丙铵碘化物/全氟辛基磺酰季胺碘化物	Fluorotenside-134	1652-63-7
N-乙基-N-[(十七烷氟辛基)磺酰基]甘氨酸钾		2991-51-7
N-乙基-N-[3-(三甲氧基硅基)丙基]全氟辛基磺酰胺		61660-12-6

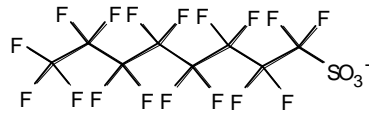
27. 还有很多用途与全氟辛烷磺酸类似或相关、烷基链较长或较短的全氟烷基磺酸盐和衍生物，换言之，全氟辛烷磺酸替代品。表 3 列出了部分此类物质。

表 3: 部分全氟烷基磺酸盐

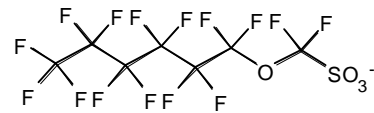
化学名	缩写	化学文摘社编号
全氟乙基环己基磺酸钾	FC-98	67584-42-3
全氟丁烷磺酸	PFBS	59933-66-3
全氟丁烷磺酸钾		29420-49-3
全氟己烷磺酸	PFHxS	432-50-7
全氟癸烷磺酸	PFDS	335-77-3
全氟癸酸		67906-42-7

28. 由于全氟辛烷磺酸的用途受到限制，预计与其紧密相关但又不受管制的化学结构（如全氟[己基甲基醚磺酸盐]）可以商业化。下列结构公式显示了这些物质与全氟辛烷磺酸的相似性：

¹⁶ 化学文摘社别名：1-辛烷磺酰胺，N,N'-[磷酰双(氧代-2,1-乙亚基)]双[N-乙基]-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十七氟-,铵盐。



全氟辛烷磺酸



全氟[己基甲基醚磺酸盐]

29. 相关的全氟[己基甲基醚磺酸盐] (FC-53) 在中国镀铬企业用作水雾抑制剂。

B. 全氟辛烷磺酸相关物质的属性

30. 坚固的碳氟键使全氟辛烷磺酸中的全氟烷基链非常稳定且无反应。全氟辛烷磺酸甚至抗强酸和高温，并且不会在环境中降解。全氟辛烷磺酸的基本结构是恒定的，而表 3 中所列的更复杂的与全氟辛烷磺酸有关的化学品在使用或环境中存放时会降解成基本的全氟辛烷磺酸结构，这也就是为什么它们被称为全氟辛烷磺酸衍生物。

31. 全氟辛烷磺酸的表面活性剂属性使其表面张力非常低。全氟化碳链是既疏油又疏水的，因而防水、防油、防尘并绝缘。这些特性在许多用途中都十分有用。不过，包括全氟辛酸在内的其它全氟烷基酸不具备疏油和疏水特性。全氟烷基酸不防水、不防油，也不防污。带有全氟烷基功能的含氟聚合物是既疏油又疏水的物质，防水、防污且防油。这是全氟表面活性剂和含氟聚合物特性方面的一个关键、根本的区别所在。¹⁷

32. 全氟辛烷磺酸作为盐类，更具亲水性，易溶于水。非游离酸和磺胺类物质亲水性较差，但比盐类更具挥发性，因而可以在空气中远程飘移。更多详情载于全氟辛烷磺酸风险简介。¹⁸

C. 全氟辛烷磺酸相关物质的生产和消费

33. 2002 年，3M 公司主动淘汰了全氟辛烷磺酸的生产，转而生产短链多氟化学品。审查委员会文件中的国家资料只含有少量关于全氟辛烷磺酸生产的数据。例如，2003 年，在美国主动暂停全氟辛烷磺酸和全氟辛烷磺酰氟的生产后，中国启动了这两种物质的生产。2006 年，中国全氟辛烷磺酰氟的年产量超过 200 吨，其中 100 吨出口至其它国家，包括巴西和欧盟成员国。2003 年，德国和意大利分别生产了不到 60 吨和 22 吨的全氟辛烷磺酸。美国估计其 2006 年全氟辛烷磺酸的总使用量不到 8 吨，爱尔兰报告 2006 年的全氟辛烷磺酸进口和使用量为 10 千克。瑞士对全氟辛烷磺酸的相对近期使用量作了几次估计（2007 年 3 月），每年的使用量从 230 千克到 5 吨不等。

34. 根据近期估计，1970 至 2002 年间，全氟辛烷磺酰氟，即生产全氟辛烷磺酸衍生物的基本化学品的全球产量为 96,000 吨。¹⁹

三、全氟辛烷磺酸用途的替代品

35. 在缔约方大会第四次会议上，一些国家询问全氟辛烷磺酸各种应用的可接受用途和特定豁免，这些信息汇总起来反映了全氟辛烷磺酸过去总的使用情况。

¹⁷ 氟问题理事会于 2011 年提供的资料。

¹⁸ UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5。

¹⁹ Paul, A.G., Jones, K.C., Sweetman, A.J. 2009. A first global production, emission, and environmental inventory for perfluorooctane sulfonate. *Environmental Science and Technology* 43: 386–392。

36. 物品中的全氟辛烷磺酸仍然是、而且可能继续是所有进口含全氟辛烷磺酸产品的国家需面临的一个问题，即便该国并不制造或进口全氟辛烷磺酸。
37. 本章介绍了目前可以获得的替代品的范围，并描述了已建议使用替代化学品、已推出替代化学品，或在某些国家已将替代化学品投放市场的各种全氟辛烷磺酸用途。
38. 这些替代品并不一定在技术上完全适合全氟辛烷磺酸的用途，也不一定没有潜在风险。并不总是有足够信息来决定这些替代品是否足够安全。只有在替代品比全氟辛烷磺酸更安全的情况下才能投入商业化使用。
39. 更为安全的替代品是那种较之全氟辛烷磺酸，或者能降低危害人类健康或环境的可能性，或者其本身没有被证实是潜在的持久性有机污染物的替代品。
40. 另一种可能情况是，一种特定用途或产品过时了、不再是必需的，或是可以改变工艺而不再需要使用全氟辛烷磺酸。
41. 氟化物的主要生产商已同意在 2015 年前逐步淘汰 C₈-全氟调聚物——一类会降解成全氟辛酸的可能性替代品。然而，这可能不会阻止其它公司开始或继续将这些化学品作为全氟辛烷磺酸的替代品销售。²⁰

A. 纺织品浸渍和表面保护

42. 多氟化学品被纺织业和消费者广泛用于处理风雨衣、雨伞、箱包、船帆、帐篷、遮阳伞、遮阳篷、座垫、皮革制品、鞋、地毯、地垫等，以达到防水、防油和防污（渍）的效果。
43. 此前用于纺织品和地毯表面处理的主要全氟辛烷磺酸衍生物（通常是纺织品纤维重量的 2-3%，而地毯则高达 15%）是丙烯酸酯、甲基丙烯酸甲酯、己二酸和 *N*-乙基全氟辛基磺酰胺基乙醇的聚氨酯聚合物。
44. 去污剂的知名品牌有：
- (a) Scotchgard™ (3M 公司)²¹
 - (b) Zonyl® 和 Foraperle® (杜邦公司)。²²
45. 2000 年前，这些是全氟辛烷磺酸衍生物最重要的用途。自从许多国家禁止这一物质以来，全氟辛烷磺酸主要为短链的类似物质和含氟调聚物所替代，但有些替代品是非氟化学品。商品名称得以保留。
46. 挪威空气研究所代表挪威污染控制局开展的对纺织品中全氟化物的分析显示，纺织品所含的全氟辛烷磺酸浓度很低，或者没能检测出全氟辛烷磺酸的存在。这些分析表明，全氟酸物质和聚物醇目前在浸渍剂中用作全氟辛烷磺酸的替代品。²³
47. 用于浸渍纺织品纤维、皮革、地毯、地垫、坐垫及类似物品的表面活性剂替代品有：

20 www.epa.gov/oppt/pfoa/pubs/stewardship/index.html and www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/actionsplans/pfcs.html.

21 http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Scotchgard/Home/.

22 www2.dupont.com/Zonyl_Foraperle/en_US/products/zonyl_pgs/zonyl.html.

23 信息来自挪威污染控制局（其前身为 Statens Forurensningstilsyn），2009 年。

- (a) 其他烷基链较短的多氟化合物：
 - (一) 基于全氟丁烷磺酸的物质
 - (二) 基于含氟调聚物的物质，包括聚合物
- (b) 硅酮产品
- (c) 硅酮和硬脂酰氯甲基吡啶的混合物，有时还与尿素和三聚氰胺树脂混合
- (d) 含氟调聚物硅酮，如多氟辛基三乙氧基硅烷（1H,1H,2H,2H-全氟辛基三乙氧基硅烷，是一种 NanoCover™ 产品）被用在一种浴室地面喷雾产品中。2010年4月，丹麦以对小鼠肺部有毒性作用为由，禁止了这种物质及其类似物质。²⁴

48. 根据阿根廷于2011年提供的资料，皮革工业过去曾用全氟辛烷磺酸作防水防油剂。现全氟辛烷磺酸已被全氟丁烷磺酸取代。

49. 3M公司生产的 Scotchgard™ 保护产品（通用喷雾剂）含1-5%的全氟磺酰氨基甲酸乙酯（该化学品属商业秘密）也被认为是纺织品、皮革和地毯去污浸渍剂的替代品。

50. 杜邦推出了一个新品牌 Capstone™，针对一系列基于短链含氟调聚物不同用途的替代产品，主要涉及 C₆ 化学品。

51. Bluestar Silicones 公司销售商品名为 Advantex™ 的一些用于纺织品的全氟辛烷磺酸硅酮替代品。这种技术提供持久的除水、速干、防水和透气性能。²⁵

52. 鲁道夫化工集团与新保适（Sympatex）合作，推出了 BIONIC-FINISH®ECO，用作纺织品的无氟碳防水处理剂。BIONIC-FINISH®ECO 由形成星形、超枝化聚合物或树枝状物质的烃类基质构成。²⁶这种化学品的具体特性是商业秘密。

B. 包装（纸/纸板）的浸渍

53. 含氟化学品在造纸业中用于制造防水、防油纸。为实现保护纸的目的，需要占纤维干重 1.0–1.5%浓度的含氟化学品。下面列出了造纸业的主要含氟化学品供应商及其商品名：

- | | | |
|-----|---------|---------------------------|
| (a) | 3M | Scotchban® |
| (b) | 拜耳 | Baysize S® |
| (c) | 汽巴（巴斯夫） | Lodyne® ²⁷ |
| (d) | 科莱恩 | Cartafluor® ²⁸ |
| (e) | 杜邦 | Zonyl® |

24 www.mst.dk/Nyheder/Pressemeddelelser/Nanospray.htm。

25 www.advantex-textiles.com/。

26 www.rudolf.de/innovations/hydrophobic-future/bionic-finish/self-organisation.htm。

27 www.ciba.com/pf/default.asp?search=1&DApname=lodyne。

28

www.paper.clariant.com/businesses/paper/internet.nsf/vwWebPagesByID/65137D7B8419F6EDC12571E0003D5C16。

54. 全氟辛烷磺酸衍生物既用于接触食品的用途，如盘子、食品容器、爆米花袋、比萨饼盒和食品包装等，也用于不接触食品的用途，如折叠纸盒、容器、无碳复写纸和蒙版纸等。通过使用下列物质中的一种，全氟辛烷磺酸衍生物实现了对纸的保护作用：

- (a) *N*-乙基全氟辛基磺酰胺基乙醇的单、双或三磷酸酯
- (b) *N*-甲基全氟辛基磺酰胺基乙醇丙烯酸酯聚合物

55. 2000 年以前，欧盟全氟辛烷磺酸总使用量中约有 32% 用于纸张涂层；全氟辛烷磺酸的这种用途目前已经禁止，主要由其他含氟化学品替代。

56. 用于浸渍包装用纸和纸板的表面活性剂的已知替代品是短链聚合物、多氟烷基磷酸酯、膦酸酯类化合物和聚（二甲基硅氧烷）。

57. 在全氟辛烷磺酸技术面市以前，防油纸的确已经存在，并且其他技术也可以实现这种功效。挪威食品安全局于 2006 年开展的一次调查得出结论，挪威快餐包装业没有使用任何含氟物质。挪威的造纸商 Nordic Paper 在制造防止油脂渗透纸张的超厚纸时，使用机械工艺，而不使用任何持久性化学品。²⁹

C. 汽车和地板清洁剂、蜡和抛光剂

58. 全氟辛烷磺酸衍生物历来被用作多种工业和家用清洁产品的表面活性剂，用于降低表面张力，提高润湿性和易冲洗性，这些产品如汽车用蜡、碱性清洁剂、假牙清洁剂、洗发水、地板蜡、洗洁精和洗车用品。全氟辛烷磺酸衍生物还用于地毯的除渍剂。

59. 一种经常用于清洁剂、地板蜡和汽车抛光剂的全氟辛烷磺酸衍生物是 *N*-乙基-*N*-[(十七烷氟辛基)磺酰基]甘氨酸钾（化学文摘社编号为 2991-51-7）。这种用于最终产品的全氟辛烷磺酸衍生物的浓度一般在 0.005% 和 0.01% 之间，但有时可能达十倍之高。

60. 已确定可能用于清洁剂、蜡和地板蜡的替代化学品为：

- (a) 基于调聚物的表面活性剂和聚合物
- (b) 各种 C₄-全氟化合物：Novec™ 产品（3M 公司生产），用于商业和工业清洁，包含甲基九氟丁基醚（化学文摘社编号：163702-07-6）和甲基九氟异丁基醚（化学文摘社编号：163702-08-7）
- (c) 含氟聚醚：PolyFox™ 产品（OMNOVA Solutions 公司生产），包含一系列含氟表面活性剂，是分子量超过 1,000、基于醚链接并以 C₂F₅ 或 CF₃ 作为起始原料的聚合物。

61. 如果转用更易生物降解或可完全生物降解的较软的蜡，则可完全消除对持久性多氟化合物的需求。在这些产品中，含氟表面活性剂为具有良好润湿性能的非离子或阴离子表面活性剂所替代。

D. 表面涂层、涂料和清漆

62. 全氟辛烷磺酸的衍生物在涂层、涂料和清漆方面有多种用途，可减少表面张力——例如，用于浸湿基底、晕染，用作分散剂，以及用来提升光泽和抗静电性。这些衍生物可用作染料和油墨中的添加剂、色素助磨剂以及解决浮色问题的助剂。其使用浓度低于 0.01 重量百分比。

29 信息来自挪威污染控制局（前身为 Statens Forurensningstilsyn），2009 年。

63. 用于涂料和清漆用途的已查明可能替代品有下列表面活性剂：
- (a) 基于含氟调聚物的表面活性剂（如 CapstoneTM 产品）
 - (b) 基于全氟丁基磺酸的 C₄-化合物，特别是在电子涂层领域
 - (c) 含氟类聚醚（PolyFoxTM）
 - (d) 磺基琥珀酸酯，如溶于乙醇和水中的双（2-乙己基）磺基丁二酸钠盐，被作为替代品用于木材底漆和印刷油墨
 - (e) 硅酮聚合物，如聚醚改性聚二甲硅氧烷被用于在乙醇和水中与双（2-乙己基）磺基丁二酸相混合（WorléeAdd[®]）
 - (f) 丙基化萘和丙基联苯可在防锈系统、船舶涂料、树脂、印刷油墨及电子应用涂层中用作防水剂
 - (g) 脂肪醇聚乙二醇醚硫酸盐，有时和某种磺基琥珀酸酯一起使用。
64. 涂料和清漆行业供应商提供的资料表明，含氟表面活性剂一般比其他替代性的表面活性剂价格昂贵许多，³⁰因此在涂料和清漆行业中仅用于一种情况：需要超低表面张力，而且没有任何其他（非含氟的）替代品能具有这样的张力（如一些必须保证表面极为平滑的产品）。

E. 石油生产和采矿

65. 全氟辛烷磺酸的衍生物在石油和采矿行业中可用作表面活性剂以提高井内石油或天然气的采收率，用作汽油中的蒸发抑制剂，用作航空燃料和烃类溶剂，并在铜矿和金矿中用于提高矿石所含金属的采收率。根据中国在缔约方大会第四次会议上提交的资料，当时中国的老油田仍将全氟辛烷磺酸用作表面活性剂，来采收岩石颗粒间的小孔中蕴藏的石油。在这次会议上，其他国家的几位代表对全氟辛烷磺酸的这一用途提出质疑，并表示他们国家的石油生产和采矿活动没有使用全氟辛烷磺酸，这说明存在无需全氟辛烷磺酸的替代工艺。
66. 根据 2006 年经合组织的调查资料，³¹一些成员国的采矿行业把全氟辛烷磺酸四乙基胺和全氟辛烷磺酸钾用作灭火剂，每年的总用量多达 50 吨。
67. 目前有关石油和采矿行业中替代品的资料奇缺。根据经合组织的资料，3M 公司引进全氟丁烷磺酸作为替代品，杜邦公司对基于调聚物的含氟表面活性剂（Zonyl[®]和 CapstoneTM）进行营销，以用于石油行业。³²用于石油采收的其他已申请专利（美国专利号 20030153780）的全氟化合物有全氟烷基取代的胺、酸、氨基酸和硫醚酸。³³

F. 摄影行业

68. 在摄影行业中，与全氟辛烷磺酸相关的物质（全氟辛烷磺酸四乙基胺和全氟磺丙基四碘化胺）一直用于制造胶片、纸张和底版。这些化合物会发挥防

30 Poulsen, P.B., Jensen, A.A., Wallström, E. 2005. More environmentally friendly alternatives to PFOS-compounds and PFOA. Environmental Project no. 1013. Danish Environmental Protection Agency. www2.mst.dk/Udgiv/publications/2005/87-7614-668-5/pdf/87-7614-669-3.pdf.

31 经济合作与发展组织，2006 年。2006 年经合组织关于全氟辛烷磺酸、全氟烷基磺酸盐、全氟辛酸、全氟烷基磺酸以及相关物质和含有此类物质的产品/混合物的生产及使用调查。

ENV/JM/MONO(2006)36。可登陆以下网址查阅：
[www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO\(2006\)36&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO(2006)36&doclanguage=en)。

32 www2.dupont.com/Capstone/en_US/uses_apps/Fluorosurfactants/oil_field_services.html。

33 美国国家环境保护局提供的资料，2009 年。

尘作用，用作摩擦控制剂，并用于减少表面张力和静电。一些对光线非常敏感的成像材料（如高速感光胶片）尤其得益于基于全氟辛烷磺酸的材料属性。与全氟辛烷磺酸相关的物质在胶片、纸张和底版涂层中的浓度范围为 0.1-0.8 微克/平方厘米。

69. 随着数码相机的普及，胶片的使用有所减少，预计该领域全氟辛烷磺酸的使用量将不再增加。全氟辛烷磺酸在全世界彩色胶片生产中的消耗量从 2000 年的 23 吨降至 2004 年的 8 吨。目前，欧洲联盟摄影行业的年消费量为 1 吨。根据摄影行业的数据，这一 83% 的降幅所需的年度成本估计为 2000 万至 4000 万欧元。

70. 根据 2006 年经合组织的调查资料，³⁴在调查期间，摄影行业每年用作抗反射剂的全氟辛烷磺酸锂和全氟辛烷磺酸多达 20 吨。

71. 全氟辛烷磺酸（可能数量较少）仍被用在 X 射线胶片中，以用于医疗和工业用途（无损检测）的成像，而且也被用在其他行业（如电影行业）的胶片中，因为据称这方面的替代品质量相对不高。欧洲联盟和加拿大对全氟辛烷磺酸的禁令都不包括全氟辛烷磺酸的工业摄影涂层用途。

72. 全氟辛烷磺酸的相关混合物还被用在摄影胶片的显影剂中。欧盟第 2006/122/EC 号指令现已禁止这一用途。日本摄影行业报告称，全氟辛烷磺酸已不再用于欧洲、日本、北美洲及其他一些地区的摄影处理。由于采用全氟辛烷磺酸的摄影处理溶液属于高度精密的产品，因此只有少数制造商生产和供应此类产品，而这些制造商已停止将全氟辛烷磺酸用于其摄影处理产品。

73. 摄影行业已查明的可能性替代方法包括：

- (a) 数字技术
- (b) 不同全氟烃链长的调聚物产品
- (c) C₃-和 C₄-全氟化合物
- (d) 碳氢表面活性剂
- (e) 硅酮产品。

74. 为了达到全氟辛烷磺酸化合物的质量要求，替代品必须具备以下属性：能使表面张力动态化、抑制静电、可溶解、有光灭活作用、耐热且不易与化学品发生反应。

G. 电气和电子部件

75. 电气和电子设备通常需要数百个部件和数千道工艺。基于全氟辛烷磺酸的化学品被用来制造数码相机、手机、打印机、扫描仪、卫星通信系统、雷达系统及类似产品。全氟辛烷磺酸的相关化合物被用作制程化学品，最终产品大都不含有全氟辛烷磺酸。目前没有任何关于电子废物中的全氟辛烷磺酸对环境或人类健康的影响或者关于其浓度水平的资料。

76. 彩色复印机和打印机的中间传送带所含的全氟辛烷磺酸高达百万分之 100，而在生产 PFA（全氟烷氧基）墨辊时所使用的某种添加剂中，全氟辛烷磺酸含量为百万分之 8×10^{-4} 。行业团体报告称，这些用途不存在替代品。

34

[www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO\(2006\)36&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO(2006)36&doclanguage=en)

H. 半导体行业

77. 全氟辛烷磺酸可以减少蚀刻溶液的表面张力并降低其反射性，这些属性对于半导体行业的精确微影制程（光致抗蚀剂和光掩模）来说十分重要。³⁵在制造半导体晶片时，下列关键的微影制程用途都需要用到少量基于全氟辛烷磺酸的化合物：³⁶

- (a) 作为光致酸发生剂和表面活性剂的超精细图案制作/光致抗蚀剂
- (b) 作为特种表面活性剂的抗反射涂层。

78. 全氟辛烷磺酸衍生物的具体用途尚未公开。

79. 这些用途对于达到制造高性能的微型半导体晶片所需要的精确度而言至关重要。2000 年之前，欧洲联盟半导体行业每年的全氟辛烷磺酸使用量为 470 千克，排放量为 54 千克。

80. 据半导体行业报告，没有任何替代品可以在这些关键用途中完全替代全氟辛烷磺酸，这些关键用途也一直得到对全氟辛烷磺酸用途限制的豁免。行业机构世界半导体协会曾致力于在 2007 年 5 月前和 2009 年 5 月前分别终止联合国欧洲经济委员会成员国和全球的其他全氟辛烷磺酸用途；但半导体行业已说服该协会改变其立场。

81. 日本半导体行业一直在使用全氟辛烷磺酸蚀刻高频率的化合物半导体和压电陶瓷滤波器，年用量低于 5 千克。目前不存在具备同等质量的替代品，需要开展更多的研发工作来生产这样的替代品。根据日本的一份呈文，预计 2014 年将出现替代方法。³⁷

82. 根据中国代表团在缔约方大会第四次会议上提交的资料，中国半导体行业每年使用 30-40 千克的全氟辛烷磺酸生产光致抗蚀剂，以用作抗反射涂层、除胶剂和显影剂，该行业 2007 年的销售额为 1000 亿元人民币。

83. 新的光刻技术在每个晶片上所使用的光致抗蚀剂比旧技术要少，而且新的光致抗蚀剂配方所含全氟辛烷磺酸的浓度也要低得多。因此，全氟辛烷磺酸的总用量在逐步减少，总排放量也随之下降。2002 年，整个欧洲在这些关键用途上的污水排放总量中估计含有 43 千克全氟辛烷磺酸。

84. 开发新的光致抗蚀剂系统估计需花费 7 亿美元，对于 2006 年全球销售额达 2480 亿美元的半导体行业来说，这项成本仅占其年度销售额的 0.3%。

85. 全氟辛烷磺酸还被用于生产显影剂和晶片边缘球状物去除剂。这些非关键用途的确存在替代方法，而且半导体行业正努力逐步淘汰使用全氟辛烷磺酸。不同替代方法所需的研发时间长短各异。据半导体行业称，顺利的替代方法往往需要 10 年以上的时间，而未获得客户许可的替代方法可能会阻碍其生产线的投放。客户都希望替代品能具备与含有全氟辛烷磺酸的产品相同的性能。

86. 据半导体行业的资料来源，可能有另外一种特殊的用途目前不存在针对全氟辛烷磺酸的替代品：用于光掩模渲染工艺中的蚀刻液。在使用强酸蚀刻光

35 光掩模是一种光学透明的熔融石英白版，上面刻有金属铬边框的图案，这种模版被用来刻制光致抗蚀剂中的电路图案。

36 欧洲半导体行业协会提供的资料。

37 UNEP/POPS/POPRC.4/INF/17。

掩模的工艺中，不含氟的表面活性剂不够稳定，而短链的含氟表面活性剂表面张力则不够低。虽然在一些情况下可以使用无需表面活性剂的干刻工艺，但这种工艺不适于长宽超过 1 米×1 米的液晶显示平板。

I. 航空液压油

87. 从 20 世纪 70 年代起，民用和军事飞机一直使用含浓度约 0.1% 的全氟辛烷磺酸钾的液压油（美国专利号 3679587，始于 1972 年），以防止蒸发、火灾和腐蚀。全球市场上航天器液压油每年使用的含氟化合物总量约为 2 吨。欧洲联盟在这一用途上的全氟辛烷磺酸年消费量约为 730 千克。

88. 该领域的替代物质尚存在不确定性。例如，目前存在不含含氟化学品但使用磷酸盐酯的航空液压油³⁸，而且可以采用除全氟辛烷磺酸之外的含氟化学品。据称，有一项替代品研究已经开展了 30 年（在全氟辛烷磺酸被认定为问题物质之前就已开始）。虽然据称已检测了约 2500 种不同化合物，但其中不论是含氟调聚物还是不含氟的化学品都未能达到该行业的性能要求和高度安全标准。³⁹

89. 上段所引述的该行业说法可能已经过时。五氟乙基十氟环己磺酸钾盐（化学文摘社编号：67584-42-3）不属于全氟辛烷磺酸的相关物质，已取代全氟辛烷磺酸用在液压油中。然而，过去生产该化学品的 3M 公司已停止生产。

J. 农药

90. *N*-乙基全氟辛烷磺酰胺（氟虫胺；化学文摘社编号：4151-50-2）既是一种表面活性剂，又是一种农药，在巴西等热带地区被用来防治白蚁、蟑螂及其他害虫。

91. 根据 2006 年经合组织的调查资料，氟虫胺按 0.01%-0.1% 的浓度用于杀虫剂中，每年用量高达 17 吨。

92. 含氟表面活性剂还可作为“惰性”表面活性剂（促渗剂）用在农药产品中。美国已批准把 *N*-乙基-*N*-[(十七烷氟辛基)磺酰基]-甘氨酸钾盐（化学文摘社编号：2991-51-7）和全氟辛基磺酰胺丙基三甲基铵碘化物（化学文摘社编号：1652-63-7）这两种全氟辛烷磺酸的相关物质用于农药配制。⁴⁰这两种化学品都还具有其他用途，如清洁剂等。把全氟辛烷磺酸衍生物用于农药是因为它们的惰性强且具有无毒性。

93. 在欧洲联盟，全氟辛烷磺酸已不再被用来制造蚂蚁诱饵或防治甲虫和蚂蚁的杀虫剂，美国环境保护局也于 2008 年 5 月取消了氟虫胺的登记。⁴¹根据《斯德哥尔摩公约》秘书处所收到的资料，中国曾使用氟虫胺防治害虫（防治蟑螂、白蚁和火蚁），巴西有超过 95% 的诱饵都使用氟虫胺来防治切叶蚁，但都没有报告全氟辛烷磺酸的使用量。

94. 巴西代表团表示，巴西每公顷林地会有高达 14.5 % 的树木受到损害，使用氟虫胺后避免了这一损失。每次切叶蚁害造成的损失估计为 67 亿美元。其

38 www.freepatentsonline.com/6319423.html 和 www.freepatentsonline.com/WO2006138081.html。

39 英国风险和策略分析师有限公司（RPA）和英国建筑研究院（BRE）。2004 年。Perfluorooctane sulphonate: risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks。英国环境、食品和农村事务部以及英格兰和威尔士环境局。

40 www.fluoridealert.org/pesticides/pfos.pfoas-page.htm。

41 www.epa.gov/fedrgstr/EPA-PEST/2008/May/Day-16/p10919.htm。

他可能遭受严重损失的农产品为大豆和玉米。此外，若供牲畜食用的牧草数量因蚁害而减少，则每公顷土地供养牲畜的能力可能会下降。

95. 目前，巴西登记的用于生产控制切叶蚁饵剂的活性成分为氟虫胺、氟虫腈和毒死蜱。然而，后两种物质对人体和环境的毒性比氟虫胺更为剧烈。另外，这些物质的有效性受到了质疑；因此，巴西正在研究新的替代品。⁴²根据有关巴西的附件 F 的信息，目前巴西没有任何其他已登记用于相同目的的商业化产品能有效替代氟虫胺。氟虫胺是唯一一种具备有效灭蚁饵剂所必需的所有属性的活性成分，是控制切叶蚁的唯一有效备选方案。⁴³

96. 切叶蚁与外来种蚂蚁（城市蚂蚁）之间有很多不同之处，在消化行为方面也不尽相同。这就解释了为何某些活性成分可有效控制城市蚂蚁，却无法控制切叶蚁。已测试了苯氧威、吡丙醚、除虫脲、伏虫隆、silaneafone、苯基噻二唑基脲、氟苯脲、丙德朗和烯虫丙酯，但发现它们均无法有效控制切叶蚁。⁴⁴适合配制控制切叶蚁饵剂的杀虫剂应当在低浓度下就可致命，饵剂通过摄取发挥效用，毒性发作时间迟缓。此外，饵剂应该无味、无趋避作用，以便通过交哺扩散至蚁巢中的大多数工蚁体内。⁴⁵自 1958 年以来，很多国家已经对 7,500 余种用于控制蚂蚁的化合物做了研究，其中只有不到 1% 的化合物有希望成为饵剂。⁴⁶

K. 医疗设备

97. 电子内镜被用于检查和治疗医院病人。全球所使用的电子内镜中，约 70%（约 20 万台）配备了使用少量（150 纳克）全氟辛烷磺酸的电荷耦合器件⁴⁷滤色器。根据日本代表团的一份呈文，修复此类电子内镜需要使用含全氟辛烷磺酸的电荷耦合器件滤色器。

98. 从技术上来说，生产不含全氟辛烷磺酸的电荷耦合器件滤色器供新设备使用是可行的。然而，目前有 20 万台内窥镜使用含全氟辛烷磺酸的滤色器。逐步淘汰现有内窥镜后，可启用不含全氟辛烷磺酸的设备。

99. 在将造影剂混入乙烯-四氟乙烯共聚物涂层时，全氟辛烷磺酸还可作为有效的分散剂。全氟辛烷磺酸在不透射线的乙烯-四氟乙烯生产过程中发挥了关键作用，有助于实现医疗设备所要求的准确度和精密度（例如，不透射线的导管，如造影导管和留置针导管）。

100. 自 2000 年查明全氟辛烷磺酸的有害环境影响后，不透射线的乙烯-四氟乙烯生产商一直在与化学材料供应商合作寻找替代品。经合组织 2006 年的调查确认，全氟丁烷磺酸被用作涂料产品的表面活性剂。当该物质被混入乙烯-四氟乙烯后，在某些情况下可作为无机造影剂的分散剂。

L. 金属镀层

101. 全氟辛烷磺酸可作为镀铬的表面活性剂、润湿剂和水雾抑制剂，有助于降低浮质排放和改善工作环境。之前，镀装饰铬和镀铬的工艺中均使用了该物质，但是使用三价铬而非六价铬的新技术淘汰了全氟辛烷磺酸在镀装饰铬工

42 UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.5。

43 Cameron 1990；Forti 等人，2007 年；Nagamoto 等人，2007 年。

44 Forti 等人，1998 年；Nagamoto 等人，2004 年。

45 Forti 等人，1998 年。

46 Forti 等人，1998 年。

47 电荷耦合器件（数码图像捕获技术）。

艺中的用途。然而，三价铬在电镀硬铬工艺中行不通。因此，全氟辛烷磺酸作为电镀硬铬润湿剂的用途属于必要用途，被列入可接受目的和特殊豁免清单。

102. 在电镀硬铬工艺中，全氟辛烷磺酸可降低表面张力，并在铬酸浴的表面形成厚度约为 6 纳米的单一泡沫膜屏障，以维持其浮质（气雾）成分，从而降低六价铬在铬酸浴中因接触空气而产生的损失，并减少了工人对该致癌剂的接触。

103. 电镀硬铬工艺中最常用的全氟辛烷磺酸衍生物为季铵盐全氟辛基磺酸四乙基铵（销售商品名称为 Fluorotenside-248 和 SurTec 96 等），常用溶液浓度为 5–10%。还可使用全氟辛烷磺酸的钾盐、锂盐、二乙醇胺盐和铵盐。

104. 在丹麦，安美特公司销售 Fumetrol® 140 和 Fumetrol® 21，前者含全氟辛烷磺酸，后者不含全氟辛烷磺酸，但含有含氟调聚物衍生物 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十三氟辛磺酸（化学文摘社编号：27619-97-2）。丹麦的电镀硬铬行业每年约消耗 28 千克的全氟辛烷磺酸。全氟辛烷磺酸浓度为 2-7% 的产品的价格为 100-200 丹麦克朗/公升（约为 30 美元/公升）。有些替代品较便宜，而有些则较贵。⁴⁸

105. 丹麦一家电镀硬铬厂商已连续两年使用一种含氟但与全氟辛烷磺酸无关的产品（可能是某种含氟调聚物），没有出现任何技术问题。欧洲市场上提供了用于非装饰性硬铬的无氟替代品，但这些产品都很新，有些仍在测试中。这些替代品（化学品描述和化学文摘社信息为保密资料）似乎有效，但是需要不断增加和搅拌铬浴，而且只有在做出一些技术变革后方可使用。

106. 在电镀工艺中，全氟辛烷磺酸被分解，约 7 个月后，仅剩下原物质的 1% 左右。因此，一旦泡沫层不足以支撑六价铬浮质，必须再次添加全氟辛烷磺酸。⁴⁹有人认为，全氟辛烷磺酸衍生物的替代品在铬浴中的稳定性和耐久性较低。

107. 经与丹麦镀铬行业的利益攸关方讨论后发现，他们未收到关于全氟辛烷磺酸含量的资料，以及关于作为安全产品销售的氟表面活性剂所产生危害的资料。⁵⁰因此，对引进替代物质和工艺的激励不够。由于氟表面活性剂未被归类为危险物质，因此未向国家产品登记处报告丹麦的这一用途，主管部门也不清楚其使用程度。⁵¹

108. 铬浴耗尽后，必须处理剩余的液体。在丹麦，该液体被运送至化学废物工厂，工厂对铬进行沉淀，并通过填埋的方式加以处理。全氟化学品残留顺着废水流最终进入下水道污泥，这些污泥有时被用作农业土壤的肥料。因此，镀铬行业中所使用的很大一部分全氟化学品很可能最终进入环境。美国和德国农业土壤中全氟辛烷磺酸浓度很高，这一近期发现似乎证明了这一点。⁵²而另一方面，德国国家金属镀层协会声明，该国仅流失了 20% 的全氟化学品。⁵³

48 FORCE Technology 公司 Pia B. Poulsen 的个人通信，2010 年 8 月。

49 Nichro 首席执行官 Carsten Ree Jørgensen 的个人通信，2009 年。

50 丹麦科技大学 Per Møller，2009 年 3 月 16 日。

51 丹麦环境保护局 Frank Jensen，2009 年 3 月 17 日。

52 Renner R. 2009. EPA finds record PFOS, PFOA levels in Alabama grazing fields. *Environmental Science and Technology* 43: 1246–1247.

53 Zentralverbandes Oberflächentechnik e. V. (ZVO) 组织 Christoph Matheis 的个人通信，2009 年 3 月 6 日。

109. 2003 年，欧洲联盟镀铬行业的全氟辛烷磺酸年度用量约为 10 吨，但最近用量有所下降。根据欧洲委员会（2010 年）⁵⁴的数据，欧洲联盟目前的总用量估计约为 4 吨。

110. 中国报告说，其镀铬行业每年的全氟辛烷磺酸用量为 25 吨。中国使用的含全氟辛烷磺酸的铬雾抑制剂为全氟辛基磺酸钾盐（化学文摘社编号：2795-39-3—全氟辛基磺酸钾盐）和全氟辛烷四乙基氨基盐基盐（化学文摘社编号：56773-42-3—全氟辛烷磺酸四乙基胺盐）。该行业营业额为 300 亿人民币。中国主管部门表示，在不存在有效替代品的情况下就进行逐步淘汰将使得 10 万中国工人因接触六价铬而导致健康恶化。在中国，可以获取的用于镀铬的全氟辛烷磺酸替代品为 FC-53（1,1,2,2-四氟-2-（全氟己氧基）乙烷磺酸钾）、FC-53B（2-（6-氯-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-十二氟己氧基）-1,1,2,2-四氟乙烷磺酸钾）和 Fumetrol® 21（3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十三氟辛磺酸）。⁵⁵

111. 加拿大报告，该国于 2004 年从美国进口了 3 公吨左右的全氟辛烷磺酸，用于制作金属镀层。自 2008 年实施《全氟辛烷磺酸管理条例》以来，加拿大为这一用途而进口的数量已大幅降低。2013 年 5 月之后，将禁止将含有全氟辛烷磺酸的物质用于该用途。法国报告，2006 年在金属镀层工艺中使用了 200 千克的全氟辛烷磺酸。上述数字涵盖了各类镀铬形式，包括镀装饰铬。可参阅美国国家环境保护局编制的电镀行业综合报告。⁵⁶

112. 德国国家金属镀层协会介绍了 10 家德国供应商提供的不含全氟辛烷磺酸的替代产品。⁵⁷虽然缺乏有关这些化合物的确切品种的信息，但是已得知其中三种为含氟化学品，七种为无氟化学品。无氟替代品在硬铬浴中不够稳定。据称，这十种产品均可用于镀装饰铬工艺，目前似乎已存在三价铬替代工艺。德国乌珀塔尔大学目前正在研究用于该工艺的替代表面活性剂。⁵⁸镀装饰铬工艺可使用的一种无氟表面活性剂替代品为 Enthone®（乙氧基油醇胺，化学文摘社编号：26635-93-8）。

113. 挪威电镀协会报告说，其供应商已不再向镀铬行业提供全氟辛烷磺酸润湿剂/抗雾剂，而是提供不含全氟辛烷磺酸的表面活性剂。然而，该协会认为这些替代品的性能不高，正在开发更好的全氟辛烷磺酸替代品和替代技术，以解决铬浴中的六价铬因接触空气而出现损失的问题。该协会估计，用三价铬替代铬浴中的六价铬的成本约为 100,000 挪威克朗（15,000–16,000 美元）/次。但是该协会报告，其镀铬行业已开始酌情使用三价铬而非六价铬工艺，以逐步淘汰使用含全氟辛烷磺酸的润湿剂/抗雾剂。⁵⁹

114. 日本也已停止在镀硬铬工艺中使用全氟辛烷磺酸。⁶⁰

115. 有人提议，采用大型封闭储罐，增加通风，以及从过滤器中提取六价铬，作为那些尚无法使用三价铬的应用的替代解决方案。然而，增加通风将增

54 欧洲委员会。2010 年 1 月 29 日。Implementation of the restriction on PFOS under the Directive 2006/122/EC – electroplating applications and fire fighting foams containing PFOS stocks.

55 清华大学 Jun Huang 在 2010 年 7 月 1-2 日在北京举办的关于九种新增持久性有机污染物和在中国实施《斯德哥尔摩公约》问题的国家讲习班上的发言。

56 www.epa.gov/r5water/npdestek/pdf/pfoschromeplaterstudypdf_final.pdf.

57 Zentralverbandes Oberflächentechnik e. V. (ZVO)组织 Christoph Matheis 的个人通信，2009 年 3 月 6 日。

58 乌珀塔尔大学 Jutta Hildenbrand 的个人通信，2009 年 10 月 15 日。

59 信息来自挪威污染控制局（前身为 Statens Forurensningstilsyn），2005 年。

60 Roland Weber 的个人通信，2010 年 3 月。

加能源消耗，从而增加二氧化碳排放，造成铬浴中的铬出现损失。因此，增加通风不是一个可行的解决方案，应研究其他的解决方案，如采用实物覆盖（网状物、球状物等），以减少铬浴中的氢爆裂和浮尘排放。为探索这种可能性，2009年，FORCE Technology 公司和产品开发研究所在丹麦环境保护局的资助下，为丹麦发起了一个研究项目。

116. 除镀铬行业外，含氟表面活性剂（包括全氟辛烷磺酸）还用于其它金属电镀应用中，例如：

(a) 调节泡沫并提高其稳定性的试剂，可防止电镀铜变浊

(b) 镍电镀浴中的无泡表面活性剂，可降低表面张力

(c) 锡电镀浴中的添加剂，可确保镀层厚度均匀

(d) 向含氟聚合物颗粒传递正电荷的试剂，可促进将聚合物（如聚四氯乙烯）电镀到钢板表面，以起保护作用

117. 尚未就上述用途的替代品做出评估或编制报告。

M. 消防泡沫

118. 配备含氟表面活性剂的消防泡沫可高效扑灭机场、炼油厂和储存设施发生的液体燃料火灾。它们包括：

(a) 氟蛋白泡沫，用于碳氢化合物储罐保护和海洋应用

(b) 20世纪60年代研制成功的水成膜泡沫，用于航空、海洋和浅泄露火灾；

(c) 成膜氟蛋白泡沫，用于航空和浅泄露火灾

(d) 抗溶性水成膜泡沫，为多用途泡沫

(e) 抗溶性成膜氟蛋白泡沫，也是多用途泡沫；于20世纪70年代研制成功

119. 通常，将碳氢表面活性剂和含氟表面活性剂的混合物用于水成膜泡沫，原因是使用这一混合物比单独使用表面活性剂成本效益更高且性能更好。消防泡沫中全氟化物的浓度约为0.9-1.5%。⁶¹

120. 水成膜泡沫中使用的碳氢表面活性剂会在油的表面形成一层水成膜，用于阻止在化学品工厂、燃料储存设施、机场、地下停车设施和隧道发生的火灾。过去使用的全氟辛烷磺酸类化合物是全氟辛基季胺碘化物。

121. 如今，大部分消防泡沫的生产使用的是基于全氟己烷（C₆）链的氟化物/调聚物，而不是全氟辛烷磺酸。但是，中国有50多家生产水成膜泡沫的公司仍在使用的全氟辛烷磺酸，每年消耗量超过100吨。在国际社会的支持下，水成膜泡沫于20世纪90年代逐步引入中国，作为臭氧消耗物质哈龙的替代品。

122. 由于消防泡沫的储存期限长（10年-20年或更长），因此含全氟辛烷磺酸的消防泡沫(FC-600)可能仍将在世界范围内用于意外油类火灾。2004年，欧洲联盟储存的含全氟辛烷磺酸的消防泡沫总量为122吨。2005年，挪威含全氟辛

61 Pabon M, Corpart JM. 2002. Fluorinated surfactants: synthesis, properties, effluent treatment. Journal of Fluorine Chemistry 114: 149-156.

烷磺酸的消防泡沫存量估计为 21 吨，主要用于海洋石油工业。⁶² 2007 年，瑞士含全氟辛烷磺酸的消防泡沫存量估计为 13 吨，每年消耗 15%-20%。⁶³ 2006 年，加拿大报告，其含有全氟辛烷磺酸的消防泡沫储备量估计为 300 吨，约含 3 吨全氟辛烷磺酸。继 2008 年《全氟辛烷磺酸管理条例》生效后，上述库存已大部分销毁。日本的水成膜泡沫储量达 19,000 吨（其中一半储存于 23,000 平方米的地下停车场地，而不含全氟辛烷磺酸的替代消防泡沫的每年最大生产能力为 2,100 吨。

123. 收集并销毁这些全氟辛烷磺酸的库存而不去使用它们，将可避免此类持久性有机污染物造成的大量污染（例如，机场周围）。替换并销毁目前欧洲联盟消防泡沫库存中的全氟辛烷磺酸的费用估计为 6,000 欧元/吨，总计约 700,000 欧元。在日本，以环保方式（包括收集、再填充、运输、储存和焚烧）用替代品取代全氟辛烷磺酸将耗费 170 万日元（13,000 欧元）/吨，或总计 220 亿日元（1.7 亿欧元）。加拿大在 2006 年处理和替换含全氟辛烷磺酸的消防泡沫估计需要 700,000 加元（500,000 欧元）。

124. 水成膜泡沫消防剂及其化学成分的制造商、经销商和使用者组成了一个非营利贸易协会——消防泡沫联盟，他们宣扬的宗旨是确保向合适的受众提供有关全氟辛烷磺酸替代品（包括调聚物产品）的准确行业信息。⁶⁴ 行业立场于《亚太消防杂志》2008 年 6 月刊上公布。⁶⁵

125. 消防泡沫中全氟辛烷磺酸含氟表面活性剂的替代品有：

- (a) 不使用全氟辛烷磺酸的短链含氟表面活性剂，如：
 - (一) C₆-含氟调聚物，如全氟己烷乙酯磺酰甜菜碱，常与烃类一起使用，如 FORAFACTM 产品（杜邦公司）
 - (二) 全氟(2-甲基-3-戊酮)（3M 公司）
- (b) 重新采用以前使用的技术，利用不含氟的消防泡沫，例如：
 - (一) 硅酮表面活性剂，常与含氟表面活性剂一起使用
 - (二) 碳氢表面活性剂，常与含氟表面活性剂一起使用
 - (三) 合成洗涤剂泡沫，常用于林业和高倍数应用以及培训（“Trainol”）；使用乙二醇的新产品（AngusFire 公司的 Hi Combat ATM）⁶⁶
 - (四) 蛋白质泡沫（如 Sthamex F-15），这种泡沫对于易燃液体燃料火灾不够有效，主要用于培训，也有一些船舶用途。

126. 消防泡沫联盟称，使用含氟表面活性剂生产的消防泡沫已被证实是能够快速有效扑灭高度可燃及易燃材料引发的火灾的唯一技术。不含氟的消防泡沫在某些应用中可以作为替代品，但灭火水平（能力、耐久性等）不同。

62 信息来自挪威污染控制局（前身为 Statens Forurensningstilsyn），2005 年。Kartlegging av PFOS in brannskum [Survey of PFOS use in fire-fighting foam]. TA-2139。

63 Buser, A., Morf, L. 2009. Substance flow analysis of PFOS and PFOA in Switzerland. Environmental Studies 0922. Federal Office for the Environment, Bern。

64 www.ffc.org/。

65 Asia Pacific Fire Magazine 26: 2008。

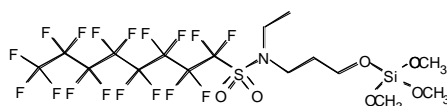
66 www.kiddecana.com/utcfs/Templates/Pages/Template-50/0,8061,pageId%3D2587&siteId%3D463,00.html。

127. 在挪威，海洋石油工业在 2007 年发布禁令前就已主动并系统地逐步淘汰使用全氟辛烷磺酸。挪威的其他使用者也逐步淘汰了使用含有全氟辛烷磺酸的消防泡沫。目前挪威最常用的替代品是不含全氟辛烷磺酸的调聚物含氟表面活性剂，另外市场上也有不含氟的替代品，如澳大利亚 3M 公司研制的 Arctic Re-Healing Foam™ RF。挪威生产商 Solberg Scandinavian AS 公司称，不含氟的替代品不及水成膜泡沫有效，因此无法作为替代品用于海上设施或石油工业，但其灭火性能接近水成膜泡沫，可作为其它用途的良好替代品。这一点已在控制和扑灭 B 类火灾——易燃液体碳氢和极地燃料火灾方面得到了证实。Arctic Re-healing Foam RF 符合欧洲标准化委员会制定的《欧洲标准目录》第 1568 号性能规格第 3 和 4 部分的要求。⁶⁷

128. 一份英国调查表明，英国不含氟的消防泡沫替代品比含氟表面活性剂泡沫约贵 5-10%。⁶⁸根据一家不含氟替代品的制造商所言，如果市场规模扩大，价格将会下降。更谨慎地转向使用不含氟的消防泡沫替代品将有可能消除成本差异。

N. 其它用途

129. 根据 2006 年经合组织调查得出的资料，不到 1 吨的 *N*-乙基-*N*[3-(三甲氧基硅烷)丙基]全氟辛基磺酰胺（化学文摘社编号：61660-12-6）被作为添加剂用于增色剂和油墨。还有少量含全氟辛烷磺酸的物质被用于密封材料和粘合产品。



N-乙基-*N*[3-(三甲氧基硅烷)丙基]全氟辛基磺酰胺

O. 全氟辛烷磺酸替代品的有关资料总结

130. 表 4 归纳总结了全氟辛烷磺酸替代品的有关资料。

表 4: 全氟辛烷磺酸替代品的有关资料总结

用途	用途情况	采用的替代品
纺织品、皮革和地毯的浸渍	含全氟辛烷磺酸的物质在大部分经合组织国家已逐步淘汰。	其他含氟化合物，如 C ₆ -含氟调聚物和全氟辛基磺酰氟、含硅产品、氯化硬脂酰胺甲基嘧啶、用于皮革的全氟丁烷磺酸盐 ⁶⁹ 。
纸张和硬纸板的浸渍	含全氟辛烷磺酸的物质在大部分经合组织国家已逐步淘汰。	含有含氟调聚物的物质及磷酸盐，机械加工
用于汽车和地板的清洁剂、蜡和抛光剂	含全氟辛烷磺酸的物质在大部分经合组织国家已逐步淘汰。	含有含氟调聚物的物质、含氟类聚醚、C ₄ -全氟化合物
表面涂层、油漆和清漆	含全氟辛烷磺酸的物质在大部分经合组织国家已逐步淘	含调聚物的化合物、含氟类聚醚、全氟辛基磺酰氟、丙基芳香化合物、硅

67 信息来自挪威污染控制局（前身为 Statens Forurensningstilsyn），2009 年。

68 英国风险和策略分析师有限公司（RPA）和英国建筑研究院（BRE）。2004 年。Perfluorooctane sulphonate: risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks。英国环境、食品和农村事务部以及英格兰和威尔士环境局。

69 阿根廷于 2011 年提供的资料。

用途	用途情况	采用的替代品
	汰。	酮表面活性剂、磺基琥珀酸酯、聚丙烯乙二醇醚
石油生产和采矿	全氟辛烷磺酸衍生物有时可能作为表面活性剂用于石油和采矿产业。	全氟辛基磺酰氟、含调聚物的含氟表面活性剂、用全氟烷基替代的胺、酸、氨基酸和硫醚酸
摄影行业	改用数码技术已显著减少这一用途。	含调聚物的表面活性剂产品、碳氢表面活性剂、含硅产品、C ₃ -C ₄ -含氟化学品
电气电子组件	含全氟辛烷磺酸的化学品正在或已被用于制造数码相机、手机、打印机、扫描仪、卫星通信、雷达系统等。	就大部分用途而言，已有可得替代品或替代品正在研制中。
半导体行业	全氟辛烷磺酸仍在使用，但浓度较低。	尚未确定具有可比有效性的替代品，根据该行业的情况，研制此类替代品可能需要5年时间。应该可以使用全氟辛基磺酰氟、含氟类聚醚或调聚物
航空液压油	含全氟辛烷磺酸的化合物可能仍在使用。	可使用其他含氟物质和磷酸盐化合物。
农药	氟虫胺在一些国家作为活性物质和表面活性剂用于针对白蚁、蟑螂和其他害虫的农药产品。其他含氟表面活性剂可能作为惰性表面活性剂用于其他农药产品。	合成胡椒基类化合物，如S-烯虫酯、吡丙醚、氟虫腈和毒死蜱，是活性物质替代品，有时会混合使用。可能存在表面活性剂的替代品。
医疗设备	医院里老旧的电子内镜含有电荷耦合器件滤色器，其中含少量全氟辛烷磺酸。全氟辛基磺酰氟还被作为有效分散剂用于不透射线导管的造影剂。	修复这些电子内镜需要含有全氟辛烷磺酸的电荷耦合器件滤色器。新的电荷耦合器件彩色滤光片不含全氟辛烷磺酸。就不透射线乙烯-四氯乙烯而言，全氟辛基磺酰氟可替代全氟辛烷磺酸
金属镀层	全氟辛烷磺酸化合物仍用于镀硬铬。就装饰镀铬而言，三价铬已替代六价铬。	一些不含氟的替代品已经上市，但在镀硬铬方面不够有效。C ₆ -含氟调聚物已用作替代品，可能会有效。也可使用全氟辛基磺酰氟衍生物。还可使用物理阻挡层。
消防泡沫	大部分经合组织国家已逐步淘汰使用含全氟辛烷磺酸的物质。储备正在耗尽。	C ₆ -含氟调聚物作为替代品用于新产品；不含氟的替代品用于培训练习，除海上设施外还可用于其他设备。

四、替代物质的属性及危害评估

A. 概述

131. 本章节将简要介绍全氟辛烷磺酸替代品的环境、安全和健康属性。就某些替代品而言，由于缺少具体资料，也许只能泛泛地讨论属性。就所讨论的每组化学品而言，可能会有更全面的资料汇编，但不在本研究范围内。

132. 含氟表面活性剂的性能关键是超低的表面张力。目前，没有其他表面活性剂的表面张力可与全氟辛烷磺酸的低表面张力相匹敌。但是由于环境和健康

关切问题以及含氟表面活性剂的价格高昂，在不需要超低表面张力的情况下应使用其他表面活性剂作为替代品。

133. 美国于 2002 年停止生产全氟辛烷磺酸，改用其他化学品，主要是短烷基链全氟烷基磺酸的衍生物以及 C₈-含氟调聚物。自 2006 年，根据美国国家环境保护局 2010/2015 年全氟辛酸管理方案⁷⁰，C₈-含氟调聚物的主要制造商开始致力于在 2015 年前消除 C₈-全氟烷基磺酸和长链多氟化学品。因此，C₆-含氟调聚物现在占据贸易主流。鉴于既有的供应商关系（这是部分原因），不含氟的替代品因此很难在市场上有立足之地。

134. 表 5 简要概述了各组全氟辛烷磺酸替代品。

表 5：全氟辛烷磺酸化合物的主要替代品概览

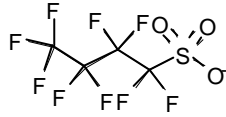
替代化合物	产品名称	公司	用途
全氟丁基磺酸衍生物或含不同 C ₄ -全氟化合物的其他替代品	Novec™ Scotchgard™	3M	油漆和涂料工业、电子涂装、工业和商业清洁，地毯、皮革和家具防污剂、汽车用途、硬面及其他服装、催化剂、阻燃剂、塑料添加剂、工业涂层、细水雾灭火、电镀中的橡胶消泡剂等
全氟丁基甲醚	Novec™	3M	工业涂层
全氟(2-甲基-3-戊酮)	Novec™ 1230	3M	消防泡沫
聚氟双烷基醚磺酸盐	FC-53	上海中科合臣股份有限公司 ⁷¹	水雾抑制剂、镀硬铬
全氟乙基环己基磺酸钾	FC-98	3M	液压油
调聚全氟烷基醇和酯	Zonyl® Capstone®	杜邦	表面活性剂、涂层、油漆、纺织品和化学工业，镀铬
C ₆ 含氟调聚物磺酰胺化合物	Forafac™ 1157, 1183	杜邦	消防泡沫
含氟共聚物	Foraperle® 225,等	杜邦	皮革浸渍和汽车内部装饰
CF ₃ 或 C ₂ F ₅ 含氟烷基聚醚	PolyFox™	OMNOVA Solutions Inc.	表面活性剂以及涂料配制和地板上光的润湿剂
丙基化萘或联苯	Ruetasolv™	Rütgers Kureha Solvents	防锈系统、船舶漆、涂料等的防水剂
磺基琥珀酸酯	Lutensit™	巴斯夫	匀染剂和湿润剂
	Edaplan™ LA 451	Münzing Chemie	油漆和涂料工业：水性应用（如木用底漆）中的湿润剂和分散剂
	Hydropalat™ 875	Cognis	
硅氧烷和硅酮聚合物	WorléeAdd™	Worlée-Chemie	油漆油墨行业中的湿润剂
	Advantex™	Bluestar Silicones	晴雨纺织品的浸渍。还有汽车抛光剂、清洁剂、消泡剂、车蜡等相关产品。
聚丙二醇醚	Emulphor™ Enthone	巴斯夫 Cookson Electronics	匀染剂和湿润剂，镀装饰铬等

70 www.epa.gov/oppt/pfoa/pubs/stewardship/index.html。

71 www.synica.com.cn/zk/cn/products.asp?id=5&id2=72。

B. 短链全氟烷基磺酸

135. 在逐步淘汰全氟辛烷磺酸后，3M 公司开始引入基于全氟丁基磺酸（全氟丁烷磺酸；C₄-化学品）的聚合阴离子含氟表面活性剂（Scotchgard™ 和 Novec™ 产品）：



136. 这些化合物的动态表面张力低，或表面迁移快速，这在高速涂装工艺和低粘度系统中很重要。一般说来，这些表面活性剂的表面张力比碳氢化合物和硅酮表面活性剂的表面张力低。其使用量比碳氢类表面活性剂少。与硅酮表面活性剂或传统氟化表面活性剂相比，这些化合物对第二层涂层的粘附力影响较小。

137. 这些短链替代品可用于：油漆和涂层工业的表面活化剂；纺织品、皮革和地毯的防污浸渍液；电子涂装；工业商业清洁；以及热焊接溶剂残留物的清洁剂。

138. 根据 2006 年经合组织调查的资料，2005 年生产了 50-160 吨全氟乙基环己基磺酸钾和 40-60 吨全氟丁基磺酰氟，作为中间体来生产催化剂、阻燃剂、塑料添加剂、工业涂层、细水雾灭火系统以及用于电镀的橡胶成型消沫剂等。

1. 短链全氟烷基磺酸盐对人类健康的影响

139. 没有关于正在使用的具体化学品的可得资料；只有未出版的实验室试验报告中的全氟丁烷磺酸及其钾盐（全氟丁烷磺酸钾盐）的资料。澳大利亚在评估中审查并评价了这些报告。下文以该审查为依据。

140. 给猴子静脉注射的全氟丁烷磺酸钾盐在体内的半衰期是 4 天。未发现降解情况，尿排泄是该化学品从猴子体内排出的主要途径。在血液中发现全氟丁烷磺酸与人体白蛋白的结合度高。急性毒性低；大鼠经口毒性和经皮毒性半数致死剂量均大于 2,000 毫克/千克体重。试验材料对眼睛有刺激性，符合刺激眼睛(R36)的分类标准。但是，该化学品不会产生皮肤刺激或过敏现象。在大鼠经口毒性研究中发现，无可见有害作用剂量值为 100-300 毫克/千克体重/天。试验材料在应用的细菌试验中无致突变效应。

141. 据称，全氟丁烷磺酸不同于全氟辛烷磺酸和其它长链类似物，不会产生特别严重的毒性作用，但同行审评文献中缺乏相关数据。此外，迄今尚不存在长期毒性测试。

2. 短链全氟烷基磺酸盐对环境的影响

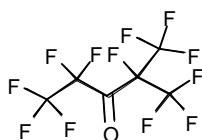
142. 全氟丁烷磺酸是酸性强、水溶性高的物质，蒸气压低，对土壤和沉积物的吸附能力差，因此释放到环境中后将留在有水区域。全氟丁烷磺酸和其他全氟化的化合物一样，会持久存在于环境中。在包括北海在内的一些水体中发现，全氟丁烷磺酸的浓度正日益增加。不过，其在野生动植物和人类的生物累积水平似乎比全氟辛烷磺酸的累积水平低很多。全氟丁烷磺酸大部分滞留在水层中，因为其水溶性大大高于高级同系物的水溶性。在鱼类的实验室试验中，全氟丁烷磺酸的生物累积可能性小。

143. 早先提及的一份澳大利亚报告总结道，随着全氟丁烷磺酸的使用增多，例如作为全氟辛烷磺酸的替代品，全氟丁烷磺酸的浓度会升高，并广泛分布于环境中，因为其前体虽然结构上与全氟辛烷磺酸非常相似，但挥发性较高。

144. 一系列未公开的试验显示，全氟丁烷磺酸对鸟类、藻类、水生无脊椎动物、鱼类或污水微生物的毒性低。在一项鹌鹑繁殖研究中，饮食 NOAEC（无观测不良效应浓度）为 900 毫克全氟丁烷磺酸/千克湿重饲料。⁷²但是，摇蚊（*Chironomus tentan*）中没有检测到全氟丁烷磺酸。试验显示，摇蚊（*Chironomus tentan*）对全氟辛烷磺酸效应的敏感性比其他水生生物的敏感性高二至三个数量级。尚不清楚摇蚊（*Chironomus tentan*）是否对全氟丁烷磺酸同样敏感。

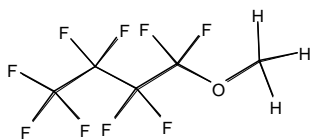
C. 短链全氟烷基酮和全氟烷基醚

145. 根据 3M 公司网站，Novec™ 1230 被作为一种 C₆ 含氟化合物用于该公司所生产的灭火剂中。该化合物为十二氟-2-甲基戊烷-3-酮（化学文摘社编号：756-13-8）：



十二氟-2-甲基戊烷-3-酮

146. 3M 公司还销售一些 C₄ 全氟化合物用于商业和工业清洁，商标是 Novec™，如甲基九氟丁醚（化学文摘社编号：163702-07-6）和全氟丁基甲醚（化学文摘社编号：163702-08-7）。此处的甲基没有被氟化。



甲基九氟丁醚

1. 短链全氟烷基酮和全氟烷基醚对人类健康的影响

147. 已出版的同行审评数据不足。

2. 短链全氟烷基酮和全氟烷基醚对环境的影响

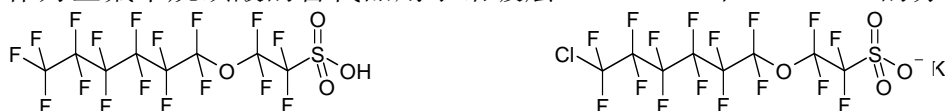
148. 已出版的同行审评数据不足。

D. 多氟二烷基醚磺酸盐

149. 在中国，FC-53（1,1,2,2-四氟-2-（全氟己氧基）乙烷磺酸）和 FC-53B（2-（6-氯-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-十二氟己氧基）-1,1,2,2-四氟乙烷磺酸钾）可

72 Newsted JL, Beach SA, Gallagher SP, Giesy JP. 2008. Acute and chronic effects of perfluorobutane sulfonate (PFBS) on the Mallard and Northern Bobwhite quail. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 54: 535-545.

作为全氟辛烷磺酸的替代品用于铬镀层。⁷³ FC-53 和 FC-53B 的分子式如下：



1. 多氟二烷基醚磺酸盐对人类健康的影响

150. 无数据。

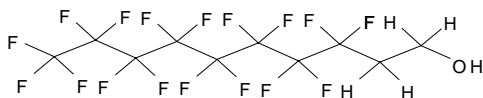
2. 多氟二烷基醚磺酸盐对环境的影响

151. 中国定量构效关系模型对多氟二烷基醚磺酸盐在水体、沉积物、土壤和空气中的持久性（半衰期）、生物浓缩系数和对鱼类的毒性的研究结果显示，多氟二烷基醚磺酸盐的潜在危险性比全氟辛烷磺酸低。除此之外，无其他数据。

E. 含氟调聚物和氟磷

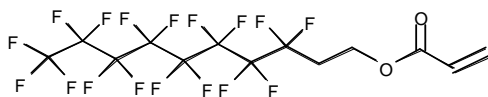
152. 总的来说，含氟调聚物一直是全氟辛烷磺酸最常见的替代品。它们没有完全氟化，但含有更多的活性碳氢化合物和官能基。不过，全氟化的尾部与全氟辛烷磺酸的尾部相似且具同样持久，这些化学品是全氟羧酸的前体。根据 2006 年经合组织调查的资料，2005 年生产并使用了 5,000 多吨全氟羧酸前体。

153. 基本结构之一是 8:2 调聚全氟辛基乙醇（8:2 FTOH），也称为 1H,1H,2H,2H-全氟辛基乙醇；分子中含有 C8 全氟碳结构：



154. 杜邦公司专门研究含氟调聚物，销售各种 Zonyl® 产品，通常与 8-2 乙醇结构的产品相关，以及 Capstone™ 产品，通常与 6:2-含氟调聚物结构的产品相关。

155. 杜邦公司一直将一种名为 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10-全氟癸基丙烯酸酯（化学文摘社编号：27905-45-9）的含氟调聚物丙烯酸酯作为调聚物中间体来销售，商品名称是 Zonyl® TA-N：



156. 如上文所述，这两种化学品均涵盖于美国环保局“2010/15 年全氟辛酸逐步淘汰管理方案”中。虽然短链和长链调聚物不在此逐步淘汰计划中，但它们在 2010 年美国国家环境保护局近期的长链全氟烷基磺酸行动计划中。⁷⁴

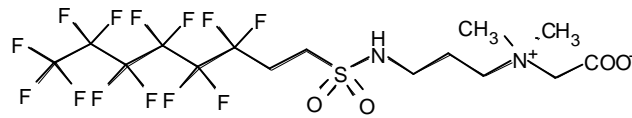
157. 杜邦公司生产了很多名为 DuPont™ Forafac® 产品的含氟调聚物，其中有基于全氟己基乙磺酰胺的 65-95% C₆ 含氟两性调聚物，用于消防泡沫配方中。⁷⁵ 两性化合物 1H, 1H, 2H, 2H-perfluorooctane sulfonamidopropyl

73 清华大学 Jun Huang 在 2010 年 7 月 1-2 日在北京举办的关于九种新增持久性有机污染物和在中国实施《斯德哥尔摩公约》问题的国家讲习班上的发言。

74 www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/pfcs_action_plan1230_09.pdf.

75 www2.dupont.com/Forafac/en_US/index.html.

carboxybetaine 现已替代了类似的完全氟化的全氟辛烷化合物，其分子式可能是：

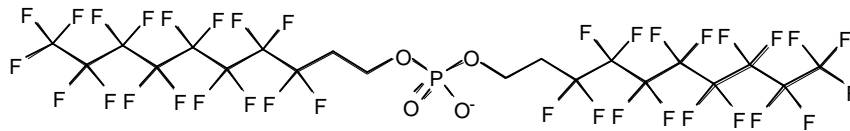


158. 近来在环境和人体中发现了主要用于食品包装的多氟烷基磷酸和磷酸及其二酯（磷脂酸磷酸酶和多氟磷酸及磷酸二元酸酯）。⁷⁶ 以下是分子式：



全氟辛基磷酸酯

8:2 磷脂酸磷酸酶



多氟磷酸及磷酸二元酸酯

159. 在这一类别，杜邦公司销售较多的 Zonyl[®] 产品，如名为 Zonyl[®] 9027 的污渍和灰尘防护剂，这是一种调聚物 B 磷酸酯二乙醇胺（化学文摘社编号：65530-63-4）。这些化学品也基于 C₈-含氟化学结构，而且根据一份全球协定，大多数生产企业将在 2015 年 12 月 31 日前逐步淘汰这些化学品。链较短的类似化学品可继续使用。

160. 基于 C₈ 调聚物的物质正在消失，让位于基于 C₆ 的物质。与 C₈-或基于调聚物的物质相比，基于 C₆ 的物质本身就更昂贵（价格高出很多）。⁷⁷

1. 含氟调聚物和氟磷酸对人类健康的影响

161. 很多实际使用的具体和复杂化学品的含氟调聚物及氟磷酸的健康影响数据不足。存在一些有关在实验动物和前体及最终降解产物（全氟羧酸/盐（全氟羧酸），如全氟辛酸）的实验室试验中观测到的不利影响的数据。一些全氟羧酸对健康的不利影响众所周知。例如，在实验动物中观测到，全氟辛酸具有致癌性和免疫毒性。尽管经常在人类血液、脐带血和母乳中检测到全氟羧酸，但这些物质的毒理学或生态毒理学资料很少。含氟链越长，降解产物的毒性越大。

2. 含氟调聚物和氟磷酸对环境的影响

162. 实际使用的含氟调聚物和氟磷酸的环境影响数据不足。一些物质具有挥发性，可能会在空气中进行长程飘移。它们在生物体内和自然界中降解成全氟

⁷⁶ D'eon JC, Crozier PW, Furdul VI, Reiner EJ, Libelo EL, Mabury SA. 2009. Observation of a commercial fluorinated material, the polyfluoroalkyl phosphoric acid diesters, in human sera, wastewater treatment plant sludge, and paper fibers. *Environmental Science and Technology* 43: 4589–4594.

⁷⁷ 2010 年 1 月，Richard Thomas 的个人通信。

羧酸，如全氟庚酸、全氟辛酸、全氟壬酸和全氟癸酸。已在多种环境和野生动植物中检测到全氟酸。已在北极环境中发现全氟辛酸，且达到了非常高的含量（例如，在海冰雪中含有目前正处于调查中的所有全氟化学品的最高含量，且其含量高于已经被禁的持久性有机污染物，比如多氯联苯和多溴二苯醚）⁷⁸。链越长，环境危险就越大，包括越容易形成生物累积，而且所有全氟烷基链在自然界中都具有完全持久性。

F. 含氟类共聚物

163. 杜邦公司销售很多多种用途的 Zonyl[®] 共聚物，如用于纺织品的 Zonyl[®] G 织物保护剂，其中含有 2-甲基-2-丙烯酸十二烷基酯聚合物，有 10-15%的 α -氟- ω -[2-[（2-甲基-1-氧代-2-丙烯基）氧]乙基聚（二氟亚甲基）（化学文摘社编号：65605-58-5）。

164. Foraperle[®] 225（杜邦）是溶剂介质（75%的乙酸丁酯）中的一种含氟丙烯酸酯共聚物（25%），通过防水抗油来修整并保护皮革和装潢汽车。其中含有化合物 2-丙烯酸，2-甲基-，十六烷基酯（十六烷甲基丙烯酸酯），2-十六烷甲基丙烯酸酯的聚合物， γ - ω -全氟-C₁₀-C₁₆-丙烯酸酯和甲基丙烯酸十八烷基酯（化学文摘社编号：203743-03-7）。另一种含氟丙烯酸酯共聚物是与 α -氟- ω -[2-[（1-氧代十八烷基）氧]-乙基]-聚（二氟亚甲基）的甲醛丙烯酸十二酯高聚物（化学文摘社编号：65530-65-6），使用浓度为 0.085–0.45%。

165. 加拿大已禁止生产、使用、进口、销售或代销以下作为长链全氟羧酸前体的物质：2-丙烯酸，2-甲基-，十六烷基酯（十六烷甲基丙烯酸酯），2-十六烷甲基丙烯酸酯的聚合物， γ - ω -全氟-C₁₀-C₁₆-丙烯酸酯和甲基丙烯酸十八烷基酯（化学文摘社编号：203743-03-7）。还禁止了以下物质：

(a) 己烷，1,6-二异氰酸基-，均聚物，与 α -氟- ω -2-羟乙基-聚(二氟亚甲基)的反应产物，C₁₆₋₂₀-支链醇和 1-十八醇

(b) 2-丙烯酸，2-甲基-，2-甲基丙酯，2-丙烯酸丁酯和 2,5-呋喃二酮的聚合物， γ - ω -全氟-C₈₋₁₄-烷基酯，tert-Butyl benzenecarboperoxoate-initiated

(c) 2-丙烯-1-醇，与五氟一碘乙烷四氟乙烯调聚物的反应产物，dehydroiodinated，与环氧氯丙烷和三乙烯四胺的反应产物。

166. 在大多数情况下，产品的确切构成及其活性物质都是商业秘密，供应商并未公开。

1. 含氟类共聚物对人类健康的影响

167. 有关活性含氟物质的具体健康数据不足，但在市场上交易的配方，包括溶剂和无氟类共聚物，通常经过了测试，其结果可在互联网上查询。⁷⁹聚合物的可得性/摄取性通常较低，毒性也低。

2. 含氟类共聚物对环境的影响

168. 数据不足。可能只有聚合物的溶剂和降解产物是危险的。最终降解产物可能是全氟烷基酸，包括全氟辛酸。

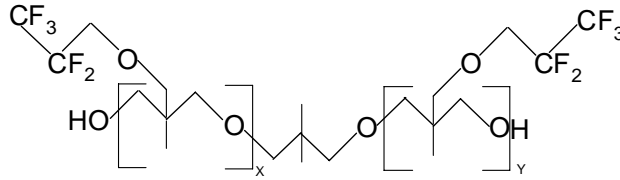
⁷⁸ 因努伊特人北极圈理事会于 2011 年提供的资料。

⁷⁹ www.nicnas.gov.au/publications/CAR/new/NA/NAFULLR/NA0600FR/NA651FR.pdf;
www.epa.gov/r5water/npdestek/pdf/pfoschromeplaterstudy.pdf_final.pdf。

G. 含氟类聚醚

169. OMNOVA Solutions Inc.的 PolyFox™商品名称下包括一系列基于含氟类聚醚的短链含氟表面活性剂，其分子量大于 1,000，并含有 C₂F₅ 或 CF₃ 全氟烷基侧链结构。PolyFox™产品线包括阴离子和非离子表面活性剂、紫外线辐射固化丙烯酸单体衍生物和多元醇。

170. PolyFox™ 656 化合物的基本结构如下图所示（x + y 约等于 6）：



171. 似乎这些表面活性剂的表面张力适中，不像传统含氟表面活性剂的表面张力那么小。这些新表面活性剂具有宽泛的加工宽容度，对其他化合物的干扰较小。泡沫减少了，涂层质量就提高了。后者是生产和加工水性涂层的一个重要因素。

172. PolyFox™含氟表面活性剂已用于水性和溶剂型半导体涂层配方。在大量实例中，半导体涂层已实现了绝佳的润湿性、流动性和均涂性。

173. 此外，与丙烯酸等商业聚合物相比，所有 PolyFox™材料的聚乙烯（烯化氧）链固有的折射率较低。每个即使很短的（-CF₃, -C₂F₅）侧链都会进一步降低折射率。PolyFox™材料已作为减反射层用于光阻和液晶屏幕。在美国、欧洲和亚洲，PolyFox™配方当前正作为表面活性剂用于地板抛光产品。

174. PolyFox™产品目前的价格与新的基于 C₆的材料相比很有竞争力，但是其价格高于基于 C₈的材料。目前正逐步淘汰基于 C₈的材料⁸⁰。

1. 含氟类聚醚对人类健康的影响

175. 含氟类聚醚的剧毒性较弱（半数致死量 > 2 克/千克体重），但是会刺激皮肤和呼吸系统。总体而言，这方面的数据很缺乏。

2. 含氟聚醚对环境的影响

176. 含氟类聚醚的分子量高，使其不易在生物膜间进行漂移，因此在生物学方面含量也很低。此外，PolyFox™分子的聚合物骨架链接是乙醚链接，这比全氟辛烷磺酸和基于调聚物的含氟表面活性剂的酯/氨基化合物链接在环境中更为稳定。这使得 PolyFox™分子不易降解为分子量低的羧酸。PolyFox™对水生生物的剧毒性很低，未发现生物累积的情况。

177. 与市场上的所有其他含氟表面活性剂相比，PolyFox™产品对环境造成的影响似乎在降低，原因是 PolyFox™ 材料使用的是基于 C₁ 或 C₂ 的平台，而非基于 C₈ 或 C₆-调聚物的平台。

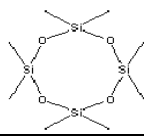
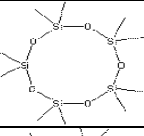

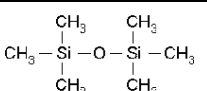
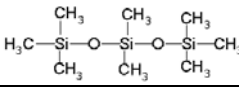
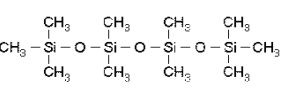
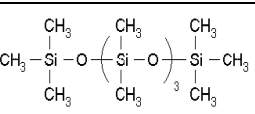
H. 硅氧烷和硅酮聚合物

178. 硅氧烷这一化学物质包含的单位通式为 R₂SiO，其中 R 代表氢或碳氢化合物组。可能是直链或闭链化合物，高聚物的分子量从几百到几十万克/摩尔不等。硅氧烷是硅酮产品的构成部分。

80 Richard Thomas 的个人通信，OMNOVA，2010 年 1 月。

179. 从环境的角度出发最主要的硅氧烷是有短 SiO 骨架的有挥发性的甲基硅氧烷，尤其是闭链硅氧烷，如八甲基环四硅氧烷、十甲基环五硅氧烷和十二甲基环己硅氧烷，以及线性硅氧烷，如六甲基二硅氧烷、八甲基三硅氧烷、十甲基四硅氧烷和十二甲基五硅氧烷。具体如表 6 所示。

表6：近期关注的硅氧烷⁸¹

缩写	名称	化学文摘社编号	结构
D4	八甲基环四硅氧烷	556-67-2	
D5	十甲基环五硅氧烷	541-02-6	
D6	十二甲基环己硅氧烷	540-97-6	
MM (or HMDS)	六甲基二硅氧烷	107-46-0	
MDM	八甲基三硅氧烷	107-51-7	
MD2M	十甲基四硅氧烷	141-62-8	
MD3M	十二甲基五硅氧烷	141-63-9	

180. 在这些投入商业使用的硅氧烷中，八甲基环四硅氧烷、十甲基环五硅氧烷和六甲基二硅氧烷是欧洲联盟大量生产的化学品，前两种也是北欧国家最常用的硅氧烷⁸²。

181. 近期在北半球开展的活动着重调查上述硅氧烷在环境中出现的情况。这些物质被广泛用于一系列工业品和消费类产品中，如密封剂、燃料、车体抛光剂、清洁剂、抑泡剂、车蜡，以及个人护理和生物医学产品⁸³。硅氧烷具有很高的挥发性，而且可能有毒，目前在许多领域广泛使用，因此环境科学内的多门学科对这些化合物表示关切。近期研究表明这些化合物在环境中大量存在。

182. 硅酮聚合物是另一类硅酮衍生物，具有独特的表面活性剂属性。主要生产商包括 Bluestar、Dow Corning、Evonik-Goldschmidt、Momentive 和 Wacker。其他公司主要销售用于特殊用途的专门配制的混合物。

81 Cousins AP, Kaj L, Broström-Lundén E. 2009. Siloxanes in the Nordic environment. Norman Bulletin no. 1. www.norman-network.net.

82 Kaj L, Schlabach M, Andersson J, Cousins AP, Schmidbauer N, Brorström-Lundén E. 2005. Siloxanes in the Nordic Environment. TemaNord 2005:593.

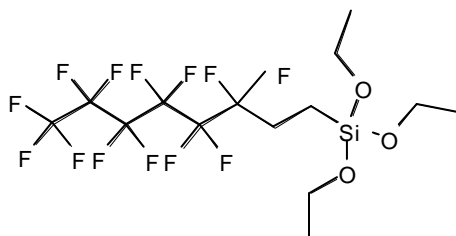
83 Lassen C, Hansen CL, Mikkelsen SH, Maag J. 2005. Siloxanes – consumption, toxicity and alternatives. Environmental Project no. 1031. Danish Environmental Protection Agency.

183. Bluestar Silicones 销售一些基于硅酮的全氟辛烷磺酸替代品，用于纺织品行业，商品名为 Advantex™。

184. Worlée-Chemie 生产硅酮聚合物，在油漆和油墨行业很多情况下能将其用作含氟表面活性剂的替代品，作为润湿剂使用。WorléeAdd® 340 是一种低粘度、非离子的特别改性的硅酮聚醚（包含 3-（聚氧化乙烯）丙基七甲基三硅氧烷，化学文摘社编号：67674-67-3），它能够提高坚硬底材（如聚乙烯和聚丙烯）或受污染底材上水相体系的表面润湿性。该物质的表面张力很低，据说能够非常有效地提高水性涂料的润湿性、延展性和平整性，还能在不使用泡沫稳定剂的情况下去除表面瑕疵。有人进一步指出该化合物一般而言不会对重新涂漆产生负面影响。

185. 另一种产品 WorléeAdd® 345 是在水和乙醇中混合硅酮聚醚（10%-15%）和二辛基磺基琥珀酸酯（50%-55%）的混合物。这种表面活性剂能改善不同底材水性涂层的润湿性，而且向吸收界面的渗透也得到了改善。

186. 还存在硅氧烷的全氟烷基衍生物，其中包括 1H,1H,2H,2H-全氟烷基三乙氧基硅烷，这是非常有效的玻璃和表面处理剂⁸⁴。丹麦禁止使用化合物多氟烷基三乙氧基硅烷（1H,1H,2H,2H-全氟烷基三乙氧基硅烷），其化学式为：



1. 硅氧烷和硅酮聚合物对人类健康的影响

187. 丹麦技术大学国家粮食学院开展的一项研究调查了硅氧烷的毒性影响，以便为周围的空气设定基于健康的质量标准。调查 D3、D4、D5、D6 和六甲基二硅氧烷的毒性影响时使用的是“交叉参照”办法，这一方法主要根据结构相似性及其与毒性的关系。与环型物质相比，线型的硅氧烷——六甲基二硅氧烷对肝脏的毒性似乎较低，但对肺部的毒性较高。研究还发现，链越长，毒性越小。根据对肺的毒性，制定了 0.01 毫克/立方米的环境质量标准，其中包括安全系数 250⁸⁵。硅酮业内人士不同意这一研究的结论⁸⁶。

188. 数年前，欧洲化学品生态毒理学和毒理学中心发表了一份全面的专题论文，其中评价了聚硅氧烷或硅酮聚合物⁸⁷。

189. 业内人士广泛研究了分子量低的聚二甲硅氧烷，以界定其安全特性。这些研究表明其中涉及的聚二甲硅氧烷均有极低的毒性。

⁸⁴ ABCR 2006–2007 catalogue: Fluorochemicals. Karlsruhe, Germany.

⁸⁵ Greve K, Nielsen E, Ladefoged O. 2008. Toxic effects of siloxanes: group evaluation of D3, D4, D5, D6 and HMDS in order to set a health-based quality criterion in ambient air. Toxicology Letters 180: S67.

⁸⁶ Pascal-Louis Caillaut 的个人通信, Bluestar Silicones, 2010 年 2 月 11 日。

⁸⁷ 欧洲化学品生态毒理学和毒理学中心, 1994 年。可从 www.ecetoc.org/index.php?mact=MCSOap,cntnt01,details,0&cntnt01by_category=3&cntnt01order_by=Reference%20Desc&cntnt01template=display_list_v2&cntnt01display_template=display_details_v2&cntnt01document_id=96&cntnt01returnid=91 查看对商品化学品 026-线型聚二甲硅氧烷（化学文摘社编号 63148-62-9）开展的联合评估报告；目前正在更新该报告。

190. 欧洲联盟消费类产品科学委员会针对 D4 发表了一份意见文件，其中并未质疑 D4 作为化妆品成分使用时的安全性⁸⁸。美国的化妆品成分评估小组即将发表对环硅氧烷 D3、D4、D5、D6 和 D7 安全性的最终评估结果。该小组认为可以安全地将 D4、D5、D6 和 D7 用在化妆品中。D3 将不再出现在国际化妆品成分命名的列表中，因为它不是商业产品。

191. 但是，针对硅氧烷开展的其他研究表明吸入这一物质时可能对人类健康产生危害，而且接触这一物质可能对眼睛造成严重伤害。皮肤长期频繁地接触 WorléeAdd® 340 可能会对皮肤产生刺激。简言之，硅氧烷毒性方面的研究还不完善。

192. 丹麦禁止使用上文讨论的多氟烷基硅氧烷，因为在小鼠试验中发现这一物质会对肺部造成伤害⁸⁹。

2. 硅氧烷和硅酮聚合物对环境的影响

193. 硅氧烷在北半球分布广泛。总体而言，硅氧烷非常稳定，是持久性化合物，不会在环境中降解。在北极也发现了硅氧烷，所以说，它们会进行远距离迁移。⁹⁰环型硅氧烷和短链线型硅氧烷会在水生生物中形成生物累积。这些硅氧烷可能对水生生物体有毒，具有生物累积性，但是人类对其的了解非常有限。

194. 根据 WorléeAdd® 340 的材料安全性表，该产品中使用的硅酮聚合物被界定为会对环境造成危害，等级为 R51（“对水生生物体有毒”）和 R53（“可能对水生环境造成长期不利影响”）。R-53 表明该物质具有生物累积性。

195. 加拿大认为，十甲基环五硅氧烷（D5）和八甲基环四硅氧烷（D4）“对野生动植物有毒”。⁹¹

196. 英国环境署利用《欧洲联盟技术指南》，对环型硅氧烷 D4、D5 和 D6 开展了环境风险评估。环型硅氧烷环境属性的审查结果已在互联网上公布。⁹²

I. 丙醇芳香剂

197. Rütgers Kureha Solvents 生产多种芳香表面活性剂，商品名均为 Ruetasolv®。这些产品含有丙醇萘和联苯基，可在多种情况下用作防水剂，如防腐系统、船用漆、树脂、印刷油墨、涂料以及电气、电子和机械设备的防水剂。

198. 这些产品还能在乳胶漆和黏合剂中用作增塑剂和成膜助剂。异丙酯萘和异丙酯联苯基均为疏水物质，几乎适用于各种原材料，如环氧树脂、聚氨酯树脂、树脂酯、烃类树脂、聚苯乙烯、弹性体、分散液、乳胶、苯乙烯丙烯酸酯的共聚物、醋酸乙烯酯、乙烯醋酸乙烯共聚物、矿物油和沥青。

199. 丙醇芳香剂产品都为无色液体，沸点约为 300°C，水溶性极低。

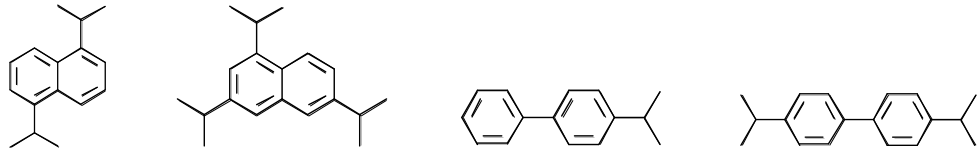
88 http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_sccp/docs/sccp_o_035.pdf.

89 Nørgaard AW, Larsen ST, Hammer M, Poulsen SS, Jensen KA, Nielsen GD, Wolkoff P. 2010. Lung damage in mice after inhalation of nanofilm spray products: the role of perfluorination and free hydroxyl groups. *Toxicological Sciences* 116 (1): 216–224.

90 因努伊特人北极圈理事会于 2011 年提供的资料。

91 www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca。

92 www.cyclosiloxanes.eu。



化学文摘社编号: 38640-62-9 化学文摘社编号 35860-37-8 化学文摘社编号: 69009-90-1 化学文摘社编号: 25640-78-2

1. 丙醇芳香剂对人类健康的影响

200. 若皮肤多次接触 *p*-异丙基-1,1'-联苯 (Ruetasolv BP 4103) 和 *p,p'*-二异丙基-1,1'-联苯 (Ruetasolv BP 4201), 可能造成皮肤过敏或皮肤炎, 而长期接触可能对眼、鼻、喉咙、粘膜和呼吸道产生刺激。*p*-异丙基-1,1'-联苯剧毒性很低, 老鼠口服的半数致死量大于 4 克/千克。但是, 已报告的事例证明其对中枢神经系统、肝脏和肾脏产生了危害, 说明该化学品会对动物产生慢性影响。

201. 异丙基萘也是刺激性物质。二异丙基萘 (Ruetasolv DI) 剧毒性低, 老鼠口服的半数致死量为 3900 毫克/千克。

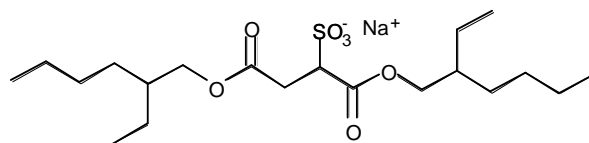
2. 丙醇芳香剂对环境的影响

202. 联苯基和萘都有很高的辛醇/水分配系数, 这些物质的生物浓缩系数大于 100。因此, 这些化学品很可能具有生物累积性。联苯基很容易进行生物降解, 而萘基的生物降解进行非常缓慢。可参考的有限资料表明联苯基对水生生物有剧毒, 而萘对受调查的鱼类没有剧毒影响。

J. 磺基琥珀酸酯

203. 许多公司利用 50%-75% 的双 (2-乙己基) 磺基丁二酸钠盐生产表面活性剂, 可用作洗涤剂、清洁剂、涂料和涂层等水相体系的润湿剂。还可将该物质用作农药。

204. 以下列出了双 (2-乙己基) 磺基丁二酸钠盐 (化学文摘社编号: 577-11-7) 的化学结构:



205. 在巴斯夫生产的一种产品 (Lutensit[®] A-BO) 中, 磺基琥珀酸酯与水和乙醇混合使用; 在 Cognis 生产的一种产品 (Hydropalat[®] 875) 中, 磺基琥珀酸酯与水和 2,2-甲基丙烷-1,3-二醇混合使用。

206. Cognis 的产品可用作水性涂层系统的润湿剂, 尤其适用于难以湿润的基板, 如塑料、金属、纤维素薄膜、使用硅酮处理过的纸张和玻璃。这种表面活性剂还能用作溶液聚合的乳化剂。其另一种用途是氟化表面活性剂的替代品, 可以优化不同涂层水性浓缩颜料的色彩吸收性。该产品泡沫组分适中。

207. Münzing Chemie 也利用乙醇和水中的磺基琥珀酸酯衍生物生产表面活性剂 (Edaplan[®] LA 451), 可将其用作水性涂料和涂层的润湿剂。磺基琥珀酸酯的存在尚未披露。据说, 该产品有很好的润湿性, 泡沫不会增加, 再涂适应

性很好。表面张力适中。使用范围包括装饰涂料、木材和家具涂层、汽车涂层、修复涂层、工业涂层、印刷用油墨和罩光油。

1. 磺基琥珀酸酯对人类健康的影响

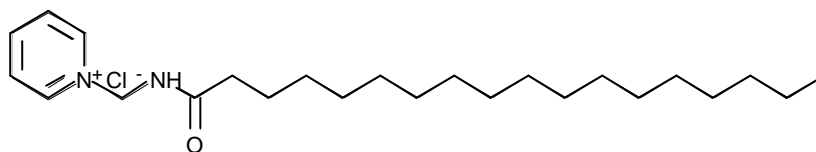
208. 毒理学资料非常缺乏。磺基琥珀酸酯对眼睛、皮肤和呼吸系统有刺激作用，在长期接触或反复接触的情况下尤为如此。监测发现长期影响会导致皮炎，同时会导致中枢神经系统衰退，并对心脏、肝脏和造血器官造成伤害。口服双（2-乙己基）磺基丁二酸钠盐的剧毒性低（老鼠口服的半数致死量为 1.9 克/千克）。美国政府有害物质数据库的资料表明摄入磺基琥珀酸酯后会对人体有轻微毒性，人体的口服致死剂量为 0.5-5 克/千克。一种可能的代谢物是其分枝 2-乙己醇，它会对生殖系统产生影响。

2. 磺基琥珀酸酯对环境的影响

209. 双（2-乙己基）磺基琥珀酸酯很容易发生生物降解，不易生物累积；但是，96 小时内圆腹雅罗鱼（一种淡水鲤科鱼）的半数致死量为 10-100 毫克/升，这表明磺基琥珀酸酯对水生生物有害。需获取更多资料，以开展更为精确的评估。

K. 氯化硬脂酰胺甲基吡啶

210. 氯化硬脂酰胺甲基吡啶是一种典型的阳离子纺织物表面活性剂，先前由英国 ICI 公司以 Velan PF 为商品牌号进行销售：



211. 该物质在高温中与纤维素发生反应，在棉花上形成一层持久的、防水的涂层。后来发现该反应仅限于在织物表面上，而且高烘焙温度会损坏织物。必须加入醋酸钠以防止纤维素被形成的盐酸分解。另外，在反应中释放出来的吡啶有难闻的气味，必须在烘焙织物之后冲刷织物。由于吡啶具有毒性，20 世纪 70 年代终止了其使用，针对该物质的政府法规在该时期日益增加。如今对吡啶的评价可能会不同。目前尚待获得关于其属性的进一步资料。

1. 氯化硬脂酰胺甲基吡啶对人类健康的影响

212. 关于该化学品的出版数据不足。

2. 氯化硬脂酰胺甲基吡啶对环境的影响

213. 关于该化学品的出版数据不足。

L. 聚丙二醇醚、聚丙二醇胺和聚丙二醇硫酸盐

214. 制自脂肪醇的阴离子表面活性剂在部分应用中可能可以替代含氟表面活性剂。巴斯夫产品 Emulphor® FAS 30 是脂肪醇聚丙二醇醚硫酸盐的钠盐，优先在丙烯酸与甲基丙烯酸酯以及苯乙烯与乙烯酯的乳浊聚合中使用。这些阴离子

乳化剂还会与非离子 Emulan[®] 乳化剂系列结合使用，以达到理想的属性，例如特定的颗粒度或乳化稳定性。由于脂肪醇聚丙二醇醚硫酸盐具有“泡沫”性质，也用于化妆品和消防泡沫。

215. 脂肪醇聚丙二醇醚硫酸的通式如下：



其中 R 代表线性或支化的烷基和/或烷基团（例如有 12 至 16 个碳原子的烷基团）， n 代表主要为 2 至 4 的数字，而 X 代表从含有钠、铵或替代铵的基团中选出的阳离子。

216. Enthone[®]（乙氧基油醇胺，化学文摘社编号：26635-93-8）是一种与此相关的不含氟表面活性剂，用于装饰性镀铬和很多其他应用。⁹³其通式如下：



1. 聚丙二醇醚、聚丙二醇胺和聚丙二醇硫酸盐对健康的影响

217. Emulphor FAS 30 对消化系统的急性毒性低（口服半数致死量 > 2 克/千克体重），不具刺激性。目前缺乏关于该化学品的数据。Enthone 和其他聚丙二醇胺是无毒、无刺激性的非离子乳化剂。

2. 聚丙二醇醚、聚丙二醇胺和聚丙二醇硫酸盐对环境的影响

218. Emulphor FAS 30 容易被生物降解（根据经合组织生物降解筛选测试（301E），降解率大于 70%），而且似乎不会对水生物产生急性毒性，据报告，其对鱼类（圆腹雅罗鱼）96 小时内的半致死浓度值大于 100 毫克/升。Enthone 易于降解，毒性低。然而目前缺乏关于这些化学品的数据。

五、全氟辛烷磺酸与可能性替代品的比较评估

219. 比较评估全氟辛烷磺酸与其潜在替代品的技术、社会经济、环境、健康和安全性等因素是一项非常复杂的任务，除了通常可以获得的数据和资料之外，还需要更多的数据和其它资料。通常来说，关于全氟辛烷磺酸的现有资料远比有关其潜在替代品的资料丰富，因为这些替代品可能是新研发的物质，属于专利和商业机密。因此，严格的甄选标准并无用处；关于替代品的资料将会少之又少，而且由于很多资料没有经过同行审评，其科学质量会较低。

220. 此外，如果可以获得充足的资料，人们就可能不得不主观地在短期的经济考虑和现实可行性与长期的经济和安全考虑之间做出权衡。没有一种替代品是完美无害的，但最起码它们应该比全氟辛烷磺酸的危害小。例如，其含氟烷基链比 C_8 短的含氟替代品就属于这种情况。它们的毒性和生物累积性较低，但仍然会持久存在于环境中。

221. C_6 -化学品的安全性可能并不够高。例如，在人类血液中全氟己烷磺化物的半衰期与全氟辛烷磺酸的类似。此外，含氟链比 C_8 长的化学品似乎比全氟辛烷磺酸的毒性和生物累积性更高。

222. 根据氟问题理事会 2011 年提供的资料，一份近期发布的经过同行审查的研究报告显示，全氟己酸是 C_6 含氟调聚物产品的一种可能性降解产物，其生

态影响较之 C₆ 全氟己烷磺酸大有不同。例如，全氟己酸在血浆中的半衰期很短，在多种物种体内可迅速消除，而全氟己烷磺酸的半衰期极长。

223. 此外，在评价替代品在各应用中的技术属性、适用性和耐用性时，还需要评价如下因素：社会经济因素，包括由于其对环境和健康的影响而造成的长期成本；不同分支、企业（包括规模）、国家和区域之间的差异；产品重要性；经济限制因素；以及社会成本。替代品的可获得性问题似乎对全球各地而言都是相同的，因为供应商主要是大型的跨国公司。

224. 在经济方面有用的数据也可能会极少。大致而言，尽管已就这些资料专门询问了替代产品生产商，但只能在丹麦的调查⁹⁴中找到关于替代品价格的极少量资料。然而据已获得的资料显示，这些替代品的定价通常与相关全氟辛烷磺酸化合物相似。一家公司指出，替代品的价格通常是被有意定在与相关全氟辛烷磺酸化合物相似的水平。虽然无法获得确切价格，不含氟替代品在涂料和油漆领域的价格相对较低。

225. 据最新资料显示，部分替代品之间的定价水平可能相似，但比全氟辛烷磺酸衍生物价格高。表 7 为部分实验室化学品的价格示例。散装材料的纯度和价格可能会更低。

表 7：部分基本全氟实验室化学品价格⁹⁵

化学品	化学文摘社 编号	分子量	每 100 克 的价格 (欧元)
全氟辛基磺酰氟	375-72-4	303.09	136
全氟丁烷磺酸	59933-66-3	300.10	1,800
全氟辛烷磺酸	1763-23-1	500.13	1,122
全氟辛烷磺酰氟	307-35-7	502.12	92
含氟调聚物 6:2 酒精	647-42-7	364.10	130
含氟调聚物 8:2 酒精	678-39-7	464.12	187
含氟调聚物 10:2 酒精	865-86-1	564.14	1,440
甲基九氟丁醚	163702-07-6	250.06	745

226. 与表中所示相反，C₆-氟化学替代品通常可能比 C₈-氟化学替代品的价格高，因为后者正在被逐步淘汰，因此已极少使用。

227. 尤其在初始阶段，购买或使用替代品可能更为昂贵；然而，这种可能出现的短期成本增加应该是为消除非常危险而持久的化学品而带来的一种可以接受的副作用。随着市场增长和竞争加剧，代替品的价格在长期内会有所降低。

228. 在决定即便在没有明显优越的替代品的情况下，是应继续某种用途还是应逐步淘汰该用途时，该用途的必要性或“公益性”也可能是一个考虑因素。全氟辛烷磺酸当然有各种用途，但似乎没有一种用途缺乏可行的替代品。

94 Poulsen PB, Jensen AA, Wallström E. 2005. More environmentally friendly alternatives to PFOS-compounds and PFOA. Environmental Project 1013. Danish Environmental Protection Agency. www.mst.dk/Udgivelser/Publications/2005/06/87-7614-668-5.htm.

95 ABCR 2006–2007 catalogue: Fluorochemicals. Karlsruhe, Germany.

六、 结论、建议和未来发展

A. 低表面张力是关键

229. 除了稳定性之外，含氟表面活性剂性能的一个关键因素是其极低的表面张力，目前优于其它表面活性剂。具备这一属性的最理想物质是全氟辛烷磺酸。然而，由于全氟辛烷磺酸会造成环境和健康影响，在不要求达到如此之低的表面张力的情况下，可以使用不含氟的表面活性剂作为替代品。鉴于含氟表面活性剂的价格相对较高，在某些情况下转而使用替代品还能节省经济成本。

B. 可以获得全氟辛烷磺酸的替代品

230. 目前，全氟辛烷磺酸的所有用途几乎都存在着含氟或不含氟的替代品。虽然这些替代品起初可能价格稍高，有效性较低，但它们的危害性通常较低。在日本，只有三种必要用途仍然使用全氟辛烷磺酸：1) 用于半导体的蚀刻剂；2) 半导体电阻器以及 3) 工业用胶片。⁹⁶

231. 目前最常用的全氟辛烷磺酸替代品是含氟调聚物。此类物质是全氟羧酸的前体。之前通常选择使用 C₈-含氟调聚物作为替代品；然而已发现它们会降解为也具有危险属性的全氟辛酸。由于这种原因，全球主要含氟化合物生产商已与美国国家环境保护局商定于 2015 年前逐步淘汰 C₈-含氟调聚物。因此，现改用危险性较低的 C₆-、C₄-和 C₃-全氟烷基化学品。

C. 需要更好的替代品

232. 已在部分用途中引入不含氟化学品作为替代品，例如硅酮、脂肪醇和磺基琥珀酸酯。此外，某种特定用途或产品也可能不再必要，或者某种工艺可以改良，从而消除使用全氟辛烷磺酸的必要性，在摄影业和镀铬方面正是如此。

D. 需要激励机制

233. 需要采取激励措施，鼓励开发和使用安全、负担得起以及技术上可行的替代物质和工艺，还需要发现此类开发工作背后的推动力。《斯德哥尔摩公约》所有缔约方均必须在其国内法律中予以落实的各项国际规定，可以成为一种激励机制。制定国家法律是推广激励机制，以发现和使用替代品和替代工艺的一项重要工具。等到可以获得理想替代品的时候才制定国家法律是不明智的，因为如果不强制生产商开发替代品的话，它们可能不会这样做。

E. 复杂的评估

234. 比较评估全氟辛烷磺酸及其可能性替代品的技术、社会经济、环境、健康和安全因素是一项非常复杂的任务，除了通常可获得的数据和资料外，还需要大量的数据和其它资料。通常来说，有关全氟辛烷磺酸的现有资料远比有关其可能性替代品的资料丰富，因为这些替代品可能是新研发的物质或配方，属于商业机密。此外，关于替代品的资料通常没有经过同行审评，科学质量较低。可能需要一项机制，以持续更新替代品的替代属性和危险性方面的资料。该机制应符合关于持久性有机污染物替代品的信息交换问题的《公约》第 9 条第 1 款第(b)项的规定。

235. 现有的有用的经济数据也可能远远不足，且存在偏差。然而，迄今收到的为数很少的资料表明，替代品的价格通常与全氟辛烷磺酸相关化合物的价格

⁹⁶ 日本经济产业省的 Takashi Fukushima 在 2010 年 7 月 1-2 日在北京举办的关于新增列入《斯德哥尔摩公约》的九种持久性有机污染物以及在中国实施《公约》问题的国家讲习班上的发言。

相当。在涂层和油漆领域，不含氟的替代品价格更低。替代品的价格较高不一定总是问题所在；事实上，有时候继续使用少量全氟辛烷磺酸所带来的高成本可能会成为行业面临的一个问题。

F. 需要更多关于替代品的公共数据和资料

236. 目前可公开获得的替代品数据远比可公开获得的全氟辛烷磺酸数据少。大部分资料来自专利文献，而所使用的实际化学品的特性通常不公开。这进一步证实，有必要落实关于持久性有机污染物替代品的信息交换问题的第 9 条第 1 款。

237. 与列于《公约》中的全氟辛烷磺酸物质结构相似的化学品可能会引起与后者类似的关切。在评价替代品时应考虑到这一点。

238. 需要加大努力研究替代品的毒理学和环境属性，并把研究成果登载于经过同行审查的科学期刊中，使其变得公开且可信。

239. 为了加快生成理解与各类替代品有关的问题和关切所需的数据，需要一种具有战略性的综合测试方法。据美国国家环境保护局称，测试可通过科学方法完成，而无需对每一终端的每种替代化学品进行测试。

G. 需要在价值链内进行更好的沟通

240. 全氟辛烷磺酸是全球公认的持久性有机污染物，必须让各供应商和各行业充分了解与全氟辛烷磺酸相关的问题，包括其健康和环境风险。生产商需要更好地掌握在各工艺、产品和物品中使用全氟辛烷磺酸的知识。向顾客和消费者提供资料也很重要，以使他们能够在知情的情况下判断是否需要改变产品或工艺。在逐步淘汰诸如全氟辛烷磺酸等非常危险的化学品的使用方面积极主动的行业，很可能在将来获得市场优势。

H. 需要更多开展国际合作

241. 很多国家的主管部门正在同步研究和评价全氟辛烷磺酸及其替代品。更多地开展国际合作可以节省资源并加快进程。就全氟辛烷磺酸及其它引起关切的多氟化学品的可能性替代品的评估问题开展国际合作时，经合组织的“新列化学品通知工作并程序”是一种可以考虑的有用方法（对新列化学品而言）。

I. 查阅的其它资料来源

Bruinen de Bruin Y, Zweers P, Bakker J, Beekman M. 2009. Estimation of emissions and exposures to PFOS used in industry. A PFOS use inventory in metal plating and fire fighting. Bilthoven: RIVM Report 601780002.

Perfluorinated substances and their uses in Sweden. 2006.
www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/Rapporter/Report7_06.pdf

PFOA in Norway. 2007. Survey of national sources, Report 2354, SFT.
www.sft.no/publikasjoner/2354/ta2354.pdf

PFOS Regulatory Impact Analysis Statement. 2008. *Canada Gazette*, part II (Vol. 142, No. 12), 11 June 2008. www.ec.gc.ca/ceparegistry/documents/regs/g2-14212_rias1.pdf

2007年经合组织就有关全氟羧酸及前体的报告（2007）举办的讲习班。
[www.oilis.oecd.org/olis/2007doc.nsf/LinkTo/NT00002AB6/\\$FILE/JT03229256.PDF](http://www.oilis.oecd.org/olis/2007doc.nsf/LinkTo/NT00002AB6/$FILE/JT03229256.PDF)

含氟表面活性剂会议。2008年6月。 <http://pft.fh-fresenius.de/>

经合组织。[提供日期] Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and related chemical products. www.oecd.org/document/58/0,,en_2649_34375_2384378_1_1_1_1,00

Shuji Tamura 所做的介绍。2008年。“Substitution and alternatives”。持久性有机污染物审查委员会第四届会议，2008年10月。

Ryo Usami 所做的介绍。2008年。“Case study on PFOS”。持久性有机污染物审查委员会第四届会议，2008年10月。

关于全氟化学品管理和向更为安全的替代品过渡问题的国际讲习班上所做的介绍，2009年2月12-13日，瑞士日内瓦。

Overview of Existing Information on PFOS Production, Use, Emissions and Pathways to the Environment and Cost/Benefits with alternatives/substitutes. 25 January 2006.⁹⁷

97

www.unece.org/env/lrtap/TaskForce/popsxg/2006/Overview%20of%20existing%20information%20on%20PFOS%20emissions%20and%20pat..pdf