联合国 环境署

SC

UNEP/POPS/POPRC.11/2

Distr.: General
29 June 2015

关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约

Chinese
Original: English

持久性有机污染物审查委员会
第十一次会议
2015 年 10 月 19-23 日，罗马
临时议程*项目 5(a)

技术工作：审议对十溴二苯醚（商用混合物，商用十溴二苯醚）的风险管理评价草案

风险管理评价草案：十溴二苯醚（商用混合物，商用十溴二苯醚）

秘书处说明

一、 导言

1. 持久性有机污染物审查委员会在其第十次会议上通过了关于十溴二苯醚（商用混合物，商用十溴二苯醚）的第 POPRC-10/2 号决定（UNEP/POPS/POPRC.10/10，附件一）。在此项决定的第 3 段中，委员会决定设立一个闭会期间工作组，以根据《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》附件 F 编制一项风险管理评价，其中包括就针对五氯苯酚及其盐类和酯类采取的各种可能的管控措施进行分析。

2. 根据委员会通过的第 POPRC-10/2 号决定以及拟定一份风险管理评价草案的工作计划（UNEP/POPS/POPRC.10/10，附件三），闭会期间工作组编制了一份风险简介草案。该草案载于本说明附件，未经正式编辑。文件 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6 载有一份佐证文件，文件 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/7 汇编了与风险管理评价草案相关的各项评论和答复。

二、 提议采取的行动

3. 委员会不妨：

(a) 在做出任何修正之后，通过本说明附件所载的风险管理评价草案；

(b) 依照《公约》第 8 条第 9 款并基于第十次会议通过的风险简介 (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2) 和风险管理评价，决定是否应建议缔约方大会考虑将十溴二苯醚（商用混合物，商用十溴二苯醚）列入《公约》附件 A、B 和/或 C。

* UNEP/POPS/POPRC.11/1。

附件

十溴二苯醚

（商用混合物，商用十溴二苯醚）

风险管理评价草案

十溴二苯醚闭会期间工作组编写

持久性有机污染物审查委员会

2015年7月

目录

执行摘要 4
1. 导言 5
1.1 拟议物质的化学特性 5
1.2 审查委员会的结论，附件 E 信息 7
1.3 数据来源 7
1.4 该化学品在国际公约中的现状 7
1.5 所采取的任何国家或区域控制行动 8
2. 与风险管理评价相关的摘要资料 10
2.1 可行控制措施的确认 10
2.2 达到降低风险目标的可行控制措施的效能和效率 11
2.3 替代（产品和工艺）的相关资料 16
2.3.1 替代物质 17
2.3.2 塑料制品 19
2.3.3 纺织品 21
2.3.4 其他用途 23
2.3.5 替代技术和自身阻燃材料 23
2.3.6 防火标准、要求及解决方案 26
2.4 关于实施可行控制措施的社会影响的相关资料摘要 27
2.4.1 卫生，包括公共卫生、环境卫生和职业健康 28
2.4.2 农业（包括水产业和林业） 29
2.4.3 生物群（生物多样性） 30
2.4.4 经济方面和社会影响 30
2.4.5 向可持续发展迈进 32
3. 信息综述 33
3.1 风险简介信息摘要 33
3.2 风险管理评价信息摘要 34
3.3 拟议风险管理措施 35
4. 结论声明 36
参考资料 37

执行摘要

1. 挪威 2013 年提交了将商用十溴二苯醚作为持久性有机污染物列入《斯德哥尔摩公约》的提案。在 2014 年持久性有机污染物审查委员会第十次会议上决定商用十溴二苯醚的主要成分 BDE-209 很可能因其远距离环境迁移而导致对人体健康和环境产生重大不利影响，因此必须对之采取全球性行动。成立一个特设工作组，负责根据《公约》附件 F 编写一份商用十溴二苯醚的风险管理评价报告，供持久性有机污染物审查委员会在 2015 年 10 月的第 11 次会议上审议。

2. 商用十溴二苯醚是一种有意生产的化学品，由完全溴化的十溴二苯醚同系物或 BDE-209 （≥90-97%）和少量的九溴二苯醚和八溴二苯醚构成。十多年来，商用十溴二苯醚一直在接受关于其潜在健康和环境影响的调查，一些国家和地区以及一些公司限制商用十溴二苯醚，并对其采取自愿风险管理行动。全球范围内数个国家仍在生产商用十溴二苯醚。

3. 商用十溴二苯醚是一种添加阻燃剂，各种应用包括塑料制品、纺织品、粘合剂、密封剂、涂料和油墨。含商用十溴二苯醚的塑料制品用于电气与电子设备、电线和电缆以及管道和地毯。在纺织品中，商用十溴二苯醚主要用于公共和民居建筑及运输行业中的座椅垫套、百叶窗、窗帘和床垫。全球范围内用于塑料制品和纺织品的商用十溴二苯醚数量有所不同，但高达约 90%的商用十溴二苯醚用于塑料和电子产品，剩余的在涂层纺织品、软包家具和床垫中。

4. 在其生命周期的所有阶段，商用十溴二苯醚都会排放到环境中，但据推算其在使用寿命期间和报废阶段的排放量最高。监控数据显示，在污水排放口和电子废物和回收站附近区域的商用十溴二苯醚水平一般最高。电气与电子设备的平均使用寿命约为十年，因此在未来数年中商用十溴二苯醚会通过在用物品继续排放到环境中。最有效的减少商用十溴二苯醚及其主要成分 BDE-209 向环境排放的控制措施是将 BDE-209 （商用十溴二苯醚）列入《公约》附件 A，无特定豁免情形。此外，对含有商用十溴二苯醚的废物处理采取有效控制措施也将至关重要。由于将商用十溴二苯醚曾经和现在作为阻燃剂使用，大量在用产品将在未来变为废物。对含有商用十溴二苯醚的废物加以控制的高温焚烧是一种销毁方式，需要除掉过程中产生的可能存在的溴化呋喃/二噁英化合物的系统，以及持续监测和严格依照《公约》最佳可得技术/最佳环保做法指导原则和对飞灰的环境无害化处理。

5. 依照《公约》第 6 条，废物应以销毁其持久性有机污染物成分或使之发生永久质变的方式予以处置，从而使之不再显示出持久性有机污染物的特性；或在永久质变并非可取的环境备选方法或在其持久性有机污染物含量低的情况下，以环境无害化的其他方式予以处置。鉴于此，不建议对超过低持久性有机污染物含量阈值的含商用十溴二苯醚材料进行回收利用，并应避免。最近在数项由回收材料制成的物品中检测到 BDE-209，其中包括接触食品的物品。这表明难以控制最终回收利用的塑料材料中商用十溴二苯醚的含量，而且回收利用可能导致人接触到商用十溴二苯醚。 监测数据还表明回收利用导致当地人口的严重环境污染和健康风险，在回收利用在非正规经济部门进行的发展中国家尤其如此。废物部门拥有实现更加可持续废物管理的技术解决方案，例如通过分类含有危险化学品的组件。目前，对含有商用十溴二苯醚的塑料制品和纺织品进行的回收利用在很大程度上不被所知，现有信息表明不回收利用商用十溴二苯醚的社会经济影响可能有限。

6. 依据缔约方和观察员提交的附件 F 信息，尚未确定商用十溴二苯醚的关键用途。在稍后阶段一些行业观察员建议可能需要豁免，用于部件的维护和替换，以及在运输部门在现有型号批准证下生产新的车辆和飞机。但是市场上已经有数种化学品替代品，用来替代塑料制品和纺织品中的商用十溴二苯醚。此外还有非化学品替代品和技术解决方案，例子分别为非易燃材料和物理屏障。附件 F 信息和其他现有信息表明纺织品、家居和电子制品市场正在从使用商用十溴二苯醚的状态过渡，大多数甚至所有的已知应用都已实施替换或在进行过程中。此外，少数几个缔约方已建议对含商用十溴二苯醚的材料实施可能的回收利用豁免。

7. 预计全球的商用十溴二苯醚削减或消除将为人类健康和环境带来有利影响。商用十溴二苯醚的主要成分 BDE-209 及其降解产物在室内外环境中广泛检测到，并发现其在某些生物体中的水平接近或达到报告的发育、神经毒性和内分泌干扰作用的影响浓度。

1.1 导言

8. 2013 年 5 月 13 日，作为《斯德哥尔摩公约》缔约国，挪威提交了一份提案，建议将十溴二苯醚（商用混合物，商用十溴二苯醚）列入《公约》的附件 A、B 和/或 C。该提案（UNEP/POPS/POPRC.9/2）依照《公约》第 8 条提交，2013 年 10 月的持久性有机污染物审查委员会第九次会议审查了该提案。在此次会议上委员会商定附件 D 中的标准已满足。在 2014 年 10 月的第十次会议上，委员会依据附件 E 评价了商用十溴二苯醚的风险简介草案（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2），将其通过（UNEP/POPS/POPRC.10/10），并决定成立一个闭会期间工作组来编写该物质的风险管理评价（第 POPRC-10/2 号决定）。

9. 在本文件中，缩略语 c-decaBDE 被用于指称技术用途或商业用途的十溴二苯醚产品。十溴二苯醚（BDE-209）系指单一的完全溴化多溴二苯醚，在其他地方有时也指十溴二苯醚。

1.1 拟议物质的化学特性

10. 本风险管理评价涉及商用十溴二苯醚及其主要成分 BDE-209。商用十溴二苯醚是一种商用的多溴二苯醚制剂，它广泛用作纺织品和塑料中的添加型阻燃剂，此外还用作涂料和油墨中的胶黏剂（欧洲化学品管理局，2013b）。商用十溴二苯醚主要由同系物 BDE-209（≥97%）构成，此外还包含少量的其他多溴二苯醚同系物，例如九溴二苯醚（0.3%-3%）和八溴二苯醚（0%-0.04%）。Chen 等人（2007 年）报告称，来自中国的两种商用十溴二苯醚产品的八溴二苯醚和九溴二苯醚含量范围在 8.2%至 10.4%之间，这表明某些商用混合物的杂质含量较高。BDE-209 历来的含量范围在 77.4%-98%之间，有报告称其中还包含少量的同系物，即九溴二苯醚（0.3%-21.8%）和八溴二苯醚（0%-0.85%）（欧洲化学品管理局，2012 a；美国环保局，2008 年；RPA，2014 年）。出现的所有三、四、五、六和七溴二苯醚的浓度通常低于 0.0039%w / w（欧洲化学品管理局，2002 年；欧洲化学品管理局，2012 年 a）。微量的其他化合物也可能作为杂质出现，这些化合物被认为是羟基溴联苯。此外，有报告称在一些商用十溴二苯醚产品中存在多溴代二苯并二噁英和多溴二苯并呋喃杂质（Renet 等人，2011 年）。

11. 下文图 1 及表 1 和 2 列示了商用十溴二苯醚的主要成分 BDE-209 的化学数据（欧洲化学品管理局，2012 a）。根据现有资料，目前商用十溴二苯醚可从全球多个生产商和供应商购得（Ren 等人，2013 年；RPA，2014 年），且使用不同的商品名上市销售（表 1）。

图 1. 结构式

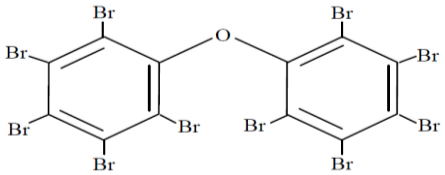

表 1. 商用十溴二苯醚及其主要成分 BDE-209 的化学特性

化学文摘社编号：	1163-19-5[1]
化学文摘社名称：	苯，1，1'-氧代双 [2，3，4，5，6-五溴-]
国际理论化学和应用化学联合会名称：	2，3，4，5，6 -五溴– 1（2，3，4，5，6 -五溴苯基）苯
欧洲委员会编号：	214-604-9
欧洲委员会名称：	十溴二苯基醚
分子式：	$C_{12}Br_{10}O$
分子量：	959.2 克/摩尔
别名：	decabromodiphenyl ether, decabromodiphenyl oxide, bis(pentabromophenyl) oxide, decabromo biphenyl oxide, decabromo phenoxybenzene, benzene 1,1’ oxybis-, decabromo derivative, decaBDE, DBDPE[2], DBBE, DBBO, DBDPO
商品名	DE-83R, DE-83, Bromkal 82-ODE, Bromkal 70-5, Saytex 102 E, FR1210, Flamecut 110R. FR-300-BA（二十世纪七十年代生产，目前已不再在市场上出售（加拿大环境部，2010 年））。

[1] 以前曾使用的化学文摘社编号包括 109945-70-2、145538-74-5 和 1201677-32-8。目前这些编号已正式删除，但一些供应商和制造商可能仍在实际使用。
[2] DBDPE 也是十溴二苯乙烷（化学文摘社编号：84852-53-9）的缩写。

表 2. 商用十溴二苯醚及其主要成分 BDE-209 的相关理化特性综述

属性	**数值**	**参考资料**
温度为 20 ℃，气压为 101.3 千帕时的物理状态	白色或类白色微细晶状粉末	欧洲化学品管理局（2002 年）
熔点/冰点	300-310 ℃	死海溴化物集团（1993 年），转引自欧洲化学品管理局（2002 年）
沸点	温度高于 320 ℃时分解	死海溴化物集团（1993 年），转引自欧洲化学品管理局（2002 年）
蒸汽压	21 ℃时为 4.63×10^{-6} 帕	Wildlife International 有限公司（1997 年），转引自欧洲化学品管理局 （2002年）
水溶性	25 ℃时低于 0.1 微克/升（圆柱层析法）	Stenzel 和 Markley （1997 年），转引自欧洲化学品管理局 （2002 年）
辛醇-水分配系数（对数值）	6.27（利用产生柱法测量） 9.97（利用高效液相色谱法估计）	MacGregor 和 Nixon，1997 年；Watanabe 和 Tatsukawa，1990 年，转引自欧洲化学品管理局 （2002 年）
辛醇-空气分配系数（对数值）	13.1	Kelly 等人 （2007 年）

1.2 审查委员会关于附件 E 资料的结论

12. 委员会在其第十次会议上得出的结论认为“商用十溴二苯醚是一种人工合成物质，已知不会自然出现，在全世界的许多应用中被用作阻燃剂。 被调查的所有地区都继续向环境释放商用十溴二苯醚。 BDE-209 是商用十溴二苯醚的主要成分，在环境中具有持久性，在多种鱼类、鸟类和哺乳动物和食物链中具有生物累积性和生物放大性。 有证据表明该物质对包括生殖、生存、神经系统和内分泌系统在内的关键端点有不良影响。 商用十溴二苯醚也可降解为低溴的多溴二苯醚，已知这些降解产物具有持久性、生物累积性和毒性/高持久性和高生物累积性及持久性有机污染物的特性。低溴的同系物促成产生 BDE-209 毒性。 由于脱溴且环境中历来会存储商用五溴二苯醚和商用八溴二苯醚同系物，生物会在环境中接触多溴二苯醚的复杂混合物，其合并后的风险要高于单独的 BDE-209 。 在来源地和偏远地区的一些生物物种（包括在鸟类、哺乳类等较高营养级的物种）中测得的 BDE-209 浓度水平接近于已报告的影响浓度，表明 BDE-209 与其他多溴二苯醚会共同对人类健康和环境造成显著影响。 因此，由于远距离环境迁移导致以 BDE-209 为主要成分的商用十溴二苯醚有可能对人类健康和环境造成显著的不利影响，所以有必要采取全球行动。”

13. 委员会还决定设立一个特设工作组，以便根据《公约》附件 F 编制包括可能的十溴二苯醚管制措施分析在内的风险管理评估文件，供下次会议审议。

1.3 数据来源

14. 风险管理评估文件的编写使用了风险简介（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）包含的信息以及缔约方及其他利益攸关方（包括非政府组织和业界）提交的附件 F 信息。八个缔约方和观察员提交了信息：澳大利亚、加拿大、中国、日本、马里、荷兰、塞尔维亚和美国。四个非政府观察员提交了信息：欧洲汽车制造商协会、溴科学与环境论坛、ICL Industrial Products 公司、Paxymer AB 公司以及国际消除持久性有机污染物联盟。所有依据附件 F 提交的信息公布在《公约》网站（www.pops.int）上。

15. 收录了从国际研究所科学网和 PubMed 等科学数据库获得的科学文献以及“灰色”文献，例如政府报告、风险和危害评估、行业概况介绍等。

1.4 该化学品在国际公约中的现状

16. 1992 年，保护东北大西洋海洋环境公约(OSPAR)行动计划将溴化阻燃剂列为优先事项，1998 年，商用十溴二苯醚和其他多溴二苯醚被列入 “优先行动化学品”清单和 OSPAR 的联合评估和监测方案。OSPAR 推动了欧盟的商用十溴二苯醚风险降低策略和电子废弃物立法。

17. 1995 年，经合组织成员国同意监测一些溴化阻燃剂全球制造商（其中一些是商用十溴二苯醚制造商）作出的一项自愿性行业承诺，以开展一些风险管理行动。美国、欧洲和日本实施了自愿性行业承诺。欧洲已停止生产商用十溴二苯醚，美国继续逐步淘汰商用十溴二苯醚。日本正在履行自愿性行业承诺。与此同时，经合组织在成员国中对含溴化阻燃剂产品的废物管理做法开展了调查。《含溴化阻燃剂产品焚烧报告》记录了这次调查的结果（经合组织，1998 年）。在经合组织的环境、健康和安全方案下编写了关于 BDE-209 的筛选信息数据集初步评估简介，该评估简介由第 16 次筛选信息数据集初步评估会通过，后于 2003 年获得经合组织联席会议核可。关于商用十溴二苯醚和其他四种溴化阻燃剂的灾害/风险信息表已于 2005 年、2008 年和 2009 年更新（经合

组织，2014 年）。包括 BDE-209 在内的多溴二苯醚作为引起关切的化学品被列入世卫组织/环境署《内分泌干扰物科学研究现状》报告（世卫组织/环境署，2013 年）。

1.5 所采取的任何国家或区域控制行动

18. 十多年来，商用十溴二苯醚一直因其潜在健康和环境影响而受审查。一些国家和地区以及一些主要的电子公司已经采取措施严格限制使用商用十溴二苯醚（情况概述见：UNEP / POPS/ POPRC.9/2，Ren 等人，2011 年）。

19. 在欧洲，欧盟和挪威已制定关于商用十溴二苯醚的条例。《限制电气电子设备中的有害物质指令》规定，欧盟内禁止在电子及电气设备中使用按均质材料重量计浓度超过 0.1%的多溴二苯醚 （包括商用十溴二苯醚）。尽管该指令于 2008 年 2 月生效，但医疗设备起初享受豁免。2011 年 6 月该豁免取消，医疗设备纳入《限制电气电子设备中的有害物质指令》管辖，2014 年 7 月 22 日起生效。2012 年，十溴二苯醚在欧盟被确认为是一种具有持久性、生物累积性和毒性的物质，以及一种具有高持久性和高生物累积性的物质，已根据《化学品注册、评价、授权和限制条例》将该物质列入高度关注物质候选清单。欧盟目前考虑提议限制商用十溴二苯醚作为一种物质或作为其他物质或混合物成分的生产、使用和销售，前提是其浓度按重量计等于或超过 0.1% 。也提议限制含有浓度按重量计超过 0.1% 的商用十溴二苯醚的物品。但建议对二手市场的物品、遵循此类产品禁令的电子及电气设备和依照型号批准证或受限的型号批准证（欧洲化学品管理局 2014 a）生产的用于航空部门的物品（如用于任何飞机或允许安装部件的生产、维护、修理或改装的物品）实施克减。挪威禁止对浓度等于或大于 0.1 %的商用十溴二苯醚作为一种物质、在制备中和在产品中进行生产、进口、出口、销售和使用。于 2008 年生效的禁令包含所有用途，除了商用十溴二苯醚在运输用途中的使用。此外，商用十溴二苯醚收录在规定含有浓度等于或超过 0.25% 的商用十溴二苯醚的废物必须作为危险废物处理的条例中。

20. 在北美，加拿大率先于 2008 年对该物质实施限制，在《多溴二苯醚条例》（加拿大环境部，2008 年）中颁布了多溴二苯醚（包括商用十溴二苯醚）的生产禁令。2010 年 8 月，加拿大环境部与加拿大卫生部联合发布了《多溴二苯醚风险管理战略（最终修订版）》，其中重申了将加拿大环境中的多溴二苯醚浓度尽量减少至最低水平的目标。据此，加拿大与世界三家最大的多溴二苯醚生产商达成协议，三家生厂商将自愿逐步停止向加拿大出口商用十溴二苯醚。这一自愿协议包括以下内容：2010 年底之前逐步停止用于电气电子设备的商用十溴二苯醚的出口和销售，2013 年底之前逐步停止用于运输和军事用途的出口和销售，2012 年底之前逐步停止其他所有用途的出口和销售（加拿大环境部，2010 年）。2015 年 4 月 4 日，加拿大出版了禁止四溴二苯醚、五溴二苯醚、六溴二苯醚、七溴二苯醚、八溴二苯醚、九溴二苯醚和十溴二苯醚及含其产品（如树脂、混合物、聚合物）的使用、销售、要约销售和进口的拟议条例。该监管提案未包括制成品。加拿大已就规定除树脂、混合物、聚合物外产品中的多溴二苯醚的计划进行咨询：http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/fact-fait/glance-bref/pbde-eng.php。美国也在进行自愿的逐步淘汰。2009 年 12 月 17 日，通过与美国环保局谈判，两家美国商用十溴二苯醚生产商和美国最大的进口商宣布承诺自愿在美国逐步淘汰商用十溴二苯醚（附件 F 美国）。该承诺包括从 2010 年起削减国内商用十溴二苯醚的生产、进口和销售。美国环保局此后鼓励其他商用十溴二苯醚进口商加入该举措。作为该鼓励政策的一部分，美

国环保局开发了商用十溴二苯醚的“环境与绿色化学设计”替代品评估，以帮助使用者挑选恰当的替代品。此外，美国环保局提议更新多溴二苯醚的显著新用途规则，同时提议《有毒物质管制法》第 4 节加入对商用五溴二苯醚、八溴二苯醚、十溴二苯醚的测试规则。根据提议，测试规则将要求对确定制造、加工或涉及这些商用多溴二苯醚的其他活动对人类健康及环境影响所需要的信息进行编制。在提议中，美国环保局提出有意为愿为被指定的显著新用途的活动制造（包括进口）或加工任何此种化学品的任何人颁布显著新用途规则，并颁布一项《有毒物质管制法》第 4 节测试规则，前提是其确定生产（包括进口）或加工商用多溴二苯醚（包括物品中的）在 2013 年 12 月 31 日前未停止。此外，美国环保局协助成立了家具阻燃伙伴关系（作为美国环保局“为环境而设计方案”的一部分）。该伙伴关系是家具业、化学品生产商、环保组织和美国环保局的合资企业，目的是更好地了解家具业的防火备选方案。此类集团已帮助纺织品和泡沫行业迅速过渡到不使用溴化阻燃剂状态（美国环保局，2014b）。此外，美国多个州也已对某些应用中生产和/或使用商用十溴二苯醚设定限制，涵盖床垫、床褥及其他床上用品、座椅、家具和电子产品（美国环保局，2014a）。各州条例的最新信息公布在美国州级化学品政策数据库，见 http://www.chemicalspolicy.org/chemicalspolicy.us.state.database.php (LSCP 2015 年)。

21. 在亚洲，中国、印度和韩国已采取限制措施。中国版限制电气电子设备中的有害物质指令立法（《电子信息产品污染控制管理办法》）在修改时对电子及电气设备的商用十溴二苯醚使用进行了限制（溴科学与环境论坛 2012 年）。依据中国提交的附件 F 信息，多溴二苯醚在电子及电气设备中的浓度按重量计不能超过 0.1% 。此外，在多溴二苯醚用于扫描仪、真空吸尘器、摄像机、打印机、传真机、多功能设备、数字光盘播放器、录音机、彩色电视广播接收器、移动硬盘驱动器、照相机、喷墨印刷用墨、皮革及合成皮革、数码速印机、微型电脑及显示器、家用洗衣机、房间空调器、家具、冰箱、管形荧光灯镇流器和家用微波炉时，应加以标示。电子废物必须按关于电气电子设备废物的立法进行处理（Jinhui 等人，2015 年；溴科学与环境论坛，2015a）。而且据报告含多溴二苯醚阻燃剂的电子废物在中国必须分离并作为危险废物处理（Jinhui 等人 2015 年）。韩国于 2008 年实施一项法律，涵盖电子产品和车辆的报废和限制。其中豁免、阈值和限用物质的内容与欧盟《限制电气电子设备中的有害物质指令》相同。商用十溴二苯醚未被列入《电子设备及汽车中的资源回收条例》下的聚合物应用危险物质列表（溴科学与环境论坛 2012 年）。在印度，电子废物（管理与处理）规则于 2012 年 5 月生效。电子废物规则中关于限制危险物质的章节限制多溴二苯醚在电子及电气设备中的使用，阈限值为 0.1%（溴科学与环境论坛，2012 年，2015b）。在日本，《化学物质控制法》规定，BDE-209 的年产量或进口量以及装运量都应报告（附件 F，日本）。

22. 除了各国采取的以上措施，产业界也已采取自愿逐步淘汰商用十溴二苯醚的举措。许多电子产品公司已经依据欧盟《限制电气电子设备中的有害物质指令》淘汰或承诺淘汰商用十溴二苯醚，包括飞利浦、伊莱克斯、索尼、戴尔、英特尔、夏普、苹果和惠普（Ren 等人，2011 年）。其他的产业利益攸关方也已实施/发起自愿举措。1986 年，德国化学工业协会自愿同意不再继续使用商用十溴二苯醚，由于担心不完全燃烧可能导致的溴化二噁英/呋喃排放（欧洲化学品管理局，2012c）。此外，欧洲阻燃剂协会同该行业的全球组织、溴

科学与环境论坛一道发起了一项自愿举措，即会员公司致力通过与供应链的伙伴关系管理、监测和尽量减少高产量溴化阻燃剂（包括商用十溴二苯醚）的工业排放。该“自愿排放控制行动方案”于 2004 年在欧洲开始，后来引入北美和日本。此外，溴科学与环境论坛的会员公司赞同美国环保局和加拿大当局，同意自愿在 2013 年底之前在美国和加拿大自愿淘汰商用十溴二苯醚的生产、进口和销售。而且大型全球家具制造商，如宜家，已逐步淘汰对多溴二苯醚（包括商用十溴二苯醚）的使用，多家床垫生产商全球范围提供不含多溴二苯醚的床垫（例子参见 http://mattresszine.com/mattress-news/pbde-free-manufacturer-product-list/）。宜家同许多其他公司一道在积极推广不含多溴二苯醚的家具。

2. 与风险管理评价相关的摘要资料

23. 如风险简介中讨论的，商用十溴二苯醚在全球大量生产（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2, UNEP/POPS/POPRC.10/INF/6）。过去商用十溴二苯醚占全世界多溴二苯醚总产量的 75%到 80% （瑞典化学品管理署, 2005 年；RPA, 2014 年），1970 年到 2005 年间的全球商用十溴二苯醚总产量为 110 万吨-125 万吨之间，与多氯联苯的生产规模相当（Breivik, 2002 年）。

24. 风险简介审查了商用十溴二苯醚的许多用途和应用（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2，也参见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 1），但大致可分为两大主要类别：塑料聚合物和纺织品。如风险简介详细讨论的，这些应用中的商用十溴二苯醚使用在不同的国家和地区有所不同。而且如风险简介中所描述的，商用十溴二苯醚向环境排放在其生命周期各个阶段都会发生；在工业/专业场所的生产、制备以及其他一线和二线期间，以及在物品的使用寿命、作为废物处理和回收作业期间（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2 及其中的参考资料）。监测数据证实了商用十溴二苯醚通过这些途径向环境释放和发散（UNEP/POPS/POPRC.10/INF/6），并可能在长时间内持续。

25. 基于建模进行了数项排放评估（英国环境署，2009 年；RPA，2014 年；欧洲化学品管理局，2014a；Earnshaw 等人， 2013 年）。这些评估共同表明商用十溴二苯醚在使用寿命和产品处理（作为废物）期间的释放量最大，与报告的环境监测数据（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）一致。

26. 应当考虑对以上描述的所有暴露来源和释放来源采取控制措施，包括生产、使用和废物管理阶段。

2.1 可行控制措施的确认

27. 《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。这可以通过将商用十溴二苯醚列入《公约》附件 A、B 和/或 C 实现，并可能伴随某些用途和/或可接受用途豁免。鉴于商用十溴二苯醚的主要成分 BDE-209 可能由于远距离环境迁移而对人类健康和环境造成重大不利影响，所以需要采取全球行动（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2, UNEP/POPS/POPRC.10/10），并铭记《公约》第 1 条所订立的预先防范方针，任何商用十溴二苯醚的风险降低战略都应以尽量减少和消除商用十溴二苯醚的排放和释放为目标。最有效的控制措施是将商用十溴二苯醚列入《公约》附件 A，无生产和使用豁免情形。

28. 如果商用十溴二苯醚列入《公约》，第 6(1)(d)（二）条的规定必须满足。这意味着废物应以销毁其持久性有机污染物成分或使之发生永久质变的方式予以处置，从而使之不再显示出持久性有机污染物的特性；或在永久质变并非可取的环境备选方法或在其持久性有机污染物含量低的情况下，以环境无害化的其他方式予以处置。缔约方应当考虑减排措施和在废物管理阶段使用最佳可得技术和最佳环境实践。此外，缔约方应努力制定适宜的战略，用以查明那些受到商用十溴二苯醚污染的场址。如果被污染的场址得以查明并开展修复，应以无害环境方式进行。

29. 如果缔约方大会同意特定豁免和/或可接受用途，也应考虑减排措施和在生产和制造期间使用最佳可得技术和最佳环境实践。其他与潜在豁免和/或特殊用途相关的措施可以包括要求对含商用十溴二苯醚的产品进行恰当和信息详尽的标示及其他方式的识别，与列入六溴环十二烷时商定的条件类似(SC-6/13)。对持久性有机污染物容器的标示可能是有效管理即将成为废物的产品的一项必要措施（《巴塞尔公约》，2015b）。

30. 尽管大部分缔约方和观察员支持将商用十溴二苯醚列入附件 A 且无豁免情形，一些缔约方和观察员也已查明需要对回收利用进行可能的豁免。而且，某些运输行业协会查明需要对符合现有型号批准证的飞机和车辆生产、维护、修理和改装时使用商用十溴二苯醚进行豁免。这些豁免的必要性也在欧盟目前进行的限制过程中提出，欧盟不支持对汽车行业进行豁免，原因除其他外包括此项用途潜在的高排放和提供此项豁免的原因主要是经济原因。加拿大汽车制造商协会提出，因为需要为市场上的车辆提供维护和替换部件而担心对商用十溴二苯醚实施生产和使用禁令。而且，波音公司和欧洲航空航天与国防工业协会称在较新产品中商用十溴二苯醚已大部分被替代，但是目前还未实现所有用途替代。此外，航空和航天工业提出需要在飞机的部件和备件中使用商用十溴二苯醚作为阻燃剂，包括一系列聚合物、纺织品和电气产品。对在车辆中使用豁免的请求，应当注意到对大部分汽车塑料制品而言，欧盟的防火要求不十分严格，因此大部分塑料制品不阻燃。而且大部分汽车制造商遵守欧洲新车安全评估协会的安全性标准，该标准比法律要求的标准更严格（IVM，2013 年）。

31. 逐步淘汰商用十溴二苯醚可包括阻燃剂替代、树脂/材料替代和产品再设计以及对防火要求的重新评估。如本文件第 2.3 章进一步讨论的，尽管危险简介不同，所有商用十溴二苯醚的替代品都已存在并可获得（欧洲化学品管理局 2014a；美国环保局，2014a）。而且，对使用商用十溴二苯醚的广泛应用而言，其他阻燃剂已经取代商用十溴二苯醚（瑞典化学品管理署 2005 年）。此外，运输行业请求的某些豁免可能不必然带来《公约》下的豁免，因为它们涉及已经进入市场的产品和物品。根据《公约》的案文，将化学品列入附件 A 或 B 不适用于“在某一化学品的相关义务生效之日或该日期之前已生产或已在用的物品中作为组分存在的该化学品数量，不应视为本附件所列”。这表明可以从所有用途中完全逐步淘汰商用十溴二苯醚，生产和使用的豁免在很大程度上不是关键的。

2.2 达到降低风险目标的可行控制措施的效能和效率

32. 为了减少商用十溴二苯醚的排放，在其生命周期的所有阶段都必须有控制措施。

33. 尽管废物被确认为商用十溴二苯醚排放的重要来源，近来有报告称使用寿命期间的物品是商用十溴二苯醚排放的最重要来源（RPA，2014 年；欧洲化

学品管理局，2014a）。对物品而言，各种可能的风险管理备选方案可以考虑。但是，最有效减少全球排放的控制措施是全球禁止物品中的商用十溴二苯醚生产和使用，并避免回收利用含商用十溴二苯醚的产品。根据第 2.3 节中的信息，在新产品中逐步淘汰商用十溴二苯醚技术上可行，只要所有已知用途的替代品已存在并可获得则可以在短期内实现。但是，在用物品将在全球禁止或限制使用失效后的一段时间内继续对环境的排放。难以精确预测产品在多长时间内会继续成为商用十溴二苯醚排放源。含商用十溴二苯醚产品的预计使用寿命因产品不同（即电子及电气设备或座椅垫套）和全球区域不同而有所不同。而且，使用商用十溴二苯醚的产品多种多样，为每种产品预测使用寿命存在挑战。欧洲排放预估基于平均 10 年的使用寿命（Earnshaw 等人， 2013 年）。Buekens 和 Yang （2014 年）称，电子及电气设备全球范围的平均使用寿命为 3 到 12 年，其中较大设备的使用寿命较长。在中国， 除了电脑的报告使用寿命不超过 4 到 6 年，大部分电子及电气设备产品的预计使用寿命为 10 到 16 年（Yuan，2015 年）。在某些发展中国家，不同商用十溴二苯醚产品的使用寿命甚至会更长。

34. 除了物品在使用寿命期间的释放，即将成为废物的产品和物品的释放也令人颇为关切（Earnshaw 等人，2013 年；Tsydenova 和 Bengtsson 2011 年；英国环境署 2009 年）。在商用十溴二苯醚列入《斯德哥尔摩公约》后，将会与《巴塞尔公约》合作设定一个低持久性有机污染物含量的浓度水平，《巴塞尔公约》的任务也包括决定构成无害环境处理的方法。依照《公约》第 6 条采取废物管理措施，包括即将成为废物的产品和物品的措施，将确保含商用十溴二苯醚浓度高于低持久性有机污染物含量的废物被切实有效和高效率的方式处理，以便销毁或以无害环境方式处理废物中的持久性有机污染物成分。这些措施也将解决恰当的废物处理、收集、运输和储存，并确保尽量减少商用十溴二苯醚在废物中的排放和相关接触。设定低持久性有机污染物数值和《巴塞尔公约》制订的指导原则将有助于缔约方以无害环境方式处理含商用十溴二苯醚的废物（UNEP/CHW.12/INF/9）。

35. 商用十溴二苯醚预计会出现在数个废物流的塑料制品和纺织品中，如“报废车辆”、电子废物、纺织品及混合废物。这些废物流中商用十溴二苯醚水平的信息有限。为确保全球措施的高效，恰当的废物处理将要求查明含有 BDE-209 的材料，以促进废物中持久性有机污染物成分的销毁（UNEP/CHW.12/INF9）。收集来的废物流中含商用十溴二苯醚的材料可以通过手动或使用自动分类和分拣系统分离出来。自动分类不总是可行，因为含商用十溴二苯醚的材料不使用先进技术设备不容易辨别，或者由于含商用十溴二苯醚的材料与其他材料混合，使得分类在技术上更具挑战性。但是，订立一份含商用十溴二苯醚废物的清单可能协助缔约方及废物行业辨别可能含商用十溴二苯醚的废物成分，从而可以采用恰当但更原始的手动方法分类废物。依据北欧部长理事会新近出版的研究报告，电子废物处理流程如包含大量低科技要素，包括手动拆卸和分拣电子废物，目前可实现大大优于高度机械化和自动化替代方法的塑料制品回收利用。较低科技的方法相对成本较高，可能在科技进步似乎至关重要的一个部门看起来不具吸引力。但是，电子废物塑料制品的回收利用特别具有挑战性，依赖高质量的流程（北欧部长理事会，2015a）。

36. 分类含卤素废物较常用技术之一是 X 射线荧光光谱法，该方法仅确定存在溴而非存在如 BDE-209 具体化合物。该方法与手动和自动分类废物皆兼容。废物也可以使用其他光学方法分类。与 X 射线荧光光谱法类似，这些技术与自

动化兼容，基于颜色、形状或聚合物类型分拣废物。双色颜色分拣机可以通过颜色和形状分拣，而近红外线相机可以辨别不同的聚合物。但是，除非使用可测黑色着色剂，自动光学分拣机不能探测黑色塑料废物（北欧部长理事会，2015b）。而且，据报告密度（沉浮）技术可用于一些塑料制品废物的必要分离。该技术在全球实现商用，并可以将含阻燃剂塑料制品与不含阻燃剂塑料制品分离，但是不能区分不同的阻燃剂（Peeters 等人，2014 年，北欧部长理事会，2014a 及其中的参考资料，《斯德哥尔摩公约》，2012a）。在从电子及电气设备废物分离塑料制品方面，可以使用近红外技术以及不同的浮选方法来达到最大纯度。

37. 荷兰最近的一项研究报告了在持久性有机污染物-溴化二苯醚（包括 BDE-209）在塑料废物流中的状况。总体来看，持久性有机污染物-多溴二苯醚在单独汽车中或电子垃圾中非常少见。但是，BDE-209 却频频出现（92-100%）在电子废物粉碎的材料中和回收利用的塑料颗粒（100%）中，其浓度高于其他持久性有机污染物-多溴二苯醚（IVM，2013 年）。在欧洲，已经设立了生产者延伸责任计划和废弃车辆保证金，来自报废车辆的材料被回收利用。欧洲报废车辆的总体回收率达到 90%（RPA 2014 年）。瑞典报告称报废车辆中的塑料通常在粉碎的轻质碎片中，主要通过焚烧和一些情况下废弃物填埋的方式处理。在挪威，BDE-209 确认存在于来自亚洲的座椅套垫中，其水平为 1.5-2.5% w/w ，废物组成部分如果含有超过 0.25% 的商用十溴二苯醚，则被认为是危险垃圾，在粉碎后进行焚烧。德国报废车辆的大型塑料部件大部分被回收，但是大约 10%被再利用。高热值的粉碎的轻质碎片被焚烧，或用于能量回收，而含较高矿物质含量的低热值碎片可以用于废弃物填埋建设或矿山回填（RPA 2014 年）。在荷兰最新的研究中，BDE-209 未在欧洲废弃车辆的部件中发现，但却在 2001 年前组装的较旧美国和亚洲车辆中发现。经分析其浓度在每克＜2 微克-2.3 万微克之间（IVM，2013 年及分别在表 2 和 3，见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6）。这些研究共同表明在销毁和回收作业前分离和拆除含商用十溴二苯醚的部件将是避免废物中所含商用十溴二苯醚更广泛分布的重要和有效措施。关于生产者延伸责任的政策可以在实施这些做法方面发挥关键作用。

38. 依据《公约》第 6.1 d （二）和 6.2 条销毁含有商用十溴二苯醚的废物将有助于消除来自废物的排放和暴露。现有多种以无害环境方式处理含有持久性有机污染物废物的不同技术（《巴塞尔公约》2015a,b，《斯德哥尔摩公约》2012a）。 受控焚烧时，阻燃剂在焚烧过程降解，这是一种处理含商用十溴二苯醚废物的方法（欧洲化学品管理局 2014 年）。高温焚烧一般被看作销毁如商用十溴二苯醚/多溴二苯醚等持久性有机污染物或含此类化学品产品的有效方式，如在危险废物焚烧炉中或水泥窑协同焚烧（《巴塞尔公约》2015a）。实验证据表明在某些情况下，包括在最先进的焚化炉中，焚烧有机污染物废物可能导致形成多氯二苯并对二噁英、多氯二苯并呋喃、 多卤代二苯并二噁英和多氯二苯并呋喃（北欧部长理事会，2005 年；加拿大环境部，2011 年；《斯德哥尔摩公约》，2012a ；Weber 及 Kuch，2003 年）。这些含商用十溴二苯醚废物形成的焚烧产物可以在超高的持续操作温度下销毁，并通过烟气处理系统一定程度上控制环境中的排放量，尽管受污染的飞灰也会形成，需要在危险废物填埋场处理。焚烧效率和烟气处理系统的操作条件对于导致的二噁英排放具有重要作用（北欧部长理事会，2005 年；5EBFRIP，2005 年）。全球范围许多国

家和地区有能力焚烧持久性有机污染物废物，例如在危险垃圾焚烧炉或通过在水泥窑中协同处理。但尚无全球能力或具体区域焚烧能力的概览。

39. 在销毁或永久性质变方法均不属无害环境处理办法的情况下，对于那些其持久性有机污染物的含量超过低持久性有机污染物含量的废物，可以使用其他无害环境的处理技术。特别设计的填埋可以是一种备选方案，但是商用十溴二苯醚在填埋场的长期状况尚不明确，填埋场被认为是废物中最重要的商用十溴二苯醚排放源（欧洲化学品管理局，2014a）。通过对填埋场渗滤液的监测发现存在 BDE-209 （挪威污染控制管理局，2009 年；Chen 等人，2013 年），而且发现 BDE-209 是垃圾填埋场沉积物的主要多溴二苯醚同系物（挪威污染控制管理局，2009 年）。但是，目前在许多国家填埋是废物处理最常见的方法，导致含商用十溴二苯醚的废物在废物填埋场累积（美国环保部，2007 年）。所含商用十溴二苯醚超过持续性有机污染物低含量水平的废物只能在特别设计的填埋场填埋，这些填埋场的设计为了防止《巴塞尔公约》指导（《巴塞尔公约》，1995 年，2015a,b；《斯德哥尔摩公约》，2012a）中所描述的危险化学品的渗漏和扩散。所含商用十溴二苯醚低于持续性有机污染物低含量水平的废物应当依据相关国家立法和国际规则、标准和准则以无害环境方式处理。

40. 另外担心的是污水处理产生的淤泥（生物固体）。这些淤泥可能用于农业土壤的肥料，而且在许多情况下已发现含有 BDE-209（de Wit 等人，2005 年；挪威环境局 2012 年；NERI，2003 年；Ricklund 等人，2008a,b；Earnshaw，2013 年）。在许多国家，污水处理厂的淤泥由于环境污染物水平高而被焚烧或填埋处理。

41. 防止和尽量减少持久性有机污染物废物是对此类废物实行综合无害环境管理的首要步骤。《斯德哥尔摩公约》的“最佳可行技术与最佳环境实践准则”强调了源头减少的重要性，包括尽量减少废物数量和减轻毒性和其他危险特性（《斯德哥尔摩公约》，2012a）。《巴塞尔公约》在第 4 条第 2 款中要求各缔约方“确保将生成的危险废物及其他废物减少至最低限度”。防止废物生成应该是任何废物管理政策的首选选项。根据危险废物和其他废物的无害环境管理框架，通过不生成废物以及确保所生成废物的危险性较小，降低了管理废物的需求和/或与管理废物相关的风险及成本（环境署，2013a）。

42. 废物管理的另一备选方案是能量回收。含阻燃剂的塑料可以在焚烧炉中销毁来回收能量。能量回收焚烧是回收塑料废物燃烧过程产生的能量，并用来发热和/或发电供家庭或工业使用的过程。在欧盟，有报告称报废车辆的一些粉碎的塑料废物碎片焚烧用来能量回收（IVM，2013 年；RPA，2014 年）。2010 年，德国 40%的报废车辆粉碎碎片的 40%焚烧用于能量回收，而报废车辆的大型塑料部件主要用来回收利用，而 10%被再利用（RPA，2014 年）。

43. 禁止对含商用十溴二苯醚的材料进行回收利用可以帮助消除与回收利用过程和通过产品和废物持续暴露相关的风险。依照《公约》第 6(d)条，旨在减少或消除所含商用十溴二苯醚超过持久性有机污染物低含量的库存和废物（包括即将成为废物的产品和物品）所致排放的废物管理措施将被要求减少商用十溴二苯醚的排放。持久性有机污染物审查委员会关于从废物流中消除多溴二苯醚的建议指出目标是尽管从回收流中消除多溴二苯醚。如果不能做到，势必造成更广泛的人类和环境污染，导致多溴二苯醚分散到各种载体中，届时再回收将不具备技术和经济可行性；另外还会损害回收的长期可信度（第 POPRC-6/2 号决定）。

44. 尽管含商用十溴二苯醚的材料可以被回收多次而同时商用十溴二苯醚成分的损失很小（Hamm 等人，2001 年；见 Earnshaw 等人的引用，2013 年），该做法将继续将商用十溴二苯醚扩散到环境中，并导致人类接触。只要回收利用的做法继续，流通中含商用十溴二苯醚物品的数量将逐年增加。用来制造新物品的回收塑料制品的碎片情况尚不明确（欧洲化学品管理局，2014a）。但是，市场上含低浓度 BDE-209 的回收产品越多，查明含商用十溴二苯醚废物的难度就将越大。作为将回收利用的混合塑料废物的一部分，含商用十溴二苯醚塑料将可能扩散到难以跟踪的新产品中。已在用回收塑料制品制成的产品中发现 BDE-209 ，包括食物接触物品（Samsonek 和 Puype 2013 年；Puype 等人，2015 年）。最近的一项研究在食品接触物品（如用回收的电子废物制成的保温杯盖和蛋刀）中发现了 BDE-209（Puype 等人，2015 年） 。这些研究清楚地表明含商用十溴二苯醚回收材料制成的产品重新进入市场，而其中的一些产品（如玩具和食品接触物品）的使用方式可能对人类健康造成威胁。

45. 此外，一些含商用十溴二苯醚的废物最终进入没有基础设施或技术对废物进行无害环境方式处理的国家。发展中国家面临经济上的挑战，缺少无害化危险垃圾管理的基础设施，而且在此方面面临特殊挑战（国际劳工组织 2012 年）。鉴于对环境负责的废物管理备选方案技术性很强，而且需要巨额资金投入，目前有大量电子垃圾越境转移（常常非法转运）至发展中国家进行廉价回收（SAICM/ICCM.2/INF36）。电子垃圾越境出口的现有估算量大不相同（由 Breivik 等人评论，2014 年）。巴塞尔行动网络 2002 年出版的一份报告称美国西部收集的电子垃圾 50-80%出口到亚洲，其中 90%运往中国。此外还报告发达国家收集并送去回收利用的电子垃圾，其中 80%最终被运往（常常非法转运）至发展中国家被几十万非正规劳动者回收利用（国际劳工组织，2012 年）。无管制的回收过程可能通过对有毒化学品的暴露对工人和公众造成风险（美国环保部，2014a；Bi 等人，2007 年；Tue 等人，2010 年；Tsydenova 和 Bengtsson，2011 年）。例如，含商用十溴二苯醚和其他有毒物质的电子及电气设备的回收条件常常导致 BDE-209 对环境的较高释放量和现场的污染（Zhang 等人，2014 年）、对儿童的较高释放量（Xu 等人，2014 年）和工人的暴露（Tue 等人，2010 年）。如上所述，发展中国家缺少妥善污染废物管理的基础设施，废物管理通常在非正规部门使用原始技术进行，露天焚烧和和垃圾场是含有商用十溴二苯醚的物品和电子废物的常见归宿（Li 等人，2013 年；Gao 等人，2011 年；国际劳工组织，2012 年）。

46. 在过去几年中，收集和回收电子制品的基础设施显著增加，主要集中在欧洲和亚洲的部分地区，使用自动化技术来收集电子制品中的金属和塑料。每年产生的电子垃圾中 25%-30%是塑料，该塑料不足 10%目前被回收利用。根据荷兰的一项质量流量分析，电子垃圾中 22%的持久性有机污染物-溴化二苯醚预计最终会在回收利用的塑料制品中。该研究还表明在汽车行业，14%的持久性有机污染物-溴化二苯醚预计最终会在塑料制品的回收利用中，而另外 19%预计会在二手部件（再利用）中（IVM 2013 年）。此外，在 100%的隔离材料和地毯衬垫中和在 25%的塑料玩具中发现 BDE-209；这两类产品都由回收的塑料制品制成（IVM 2013 年）。在美国，约 15%-20%的报废电子及电气设备被回收利用，而 80%-85%之间的填埋或焚烧处理（美国环保局，2007 年）。在欧洲及其他地区的纺织品废物管理情况尚不明确。但是欧洲化学品管理局规定含商用十溴二苯醚的纺织品目前不在欧盟回收利用（欧洲化学品管理局，2014a）。基于这些结论，对回收进行限制可能对回收行业的经济影响有限。

47. 多溴二苯醚商用混合物五溴二苯醚和八溴二苯醚被列入《公约》附件A，但回收用途属特定豁免。为支持缔约方落实旨在减少或含多溴二苯醚材料回收的各项战略，持久性有机污染物审查委员会（第 POPRC-6/2 号决定，UNEP/POPS/POPRC.6/2/Rev.1）概述了也与商用十溴二苯醚相关的一系列建议。综上所述，持久性有机污染物审查委员会建议从回收流中尽快消除多溴二苯醚。为遵循此建议，含多溴二苯醚的物品应当在回收前从废物流中分离出来。如果无法做到这一点，就必然会造成更大范围的人类和环境污染，并导致溴化二苯醚散布到各种基质中，而要从中回收溴化二苯醚无论在技术上还是经济上都不具备可行性。此外，多溴二苯醚不应被稀释，因为这样并不会降低其在环境中的总体数量。

48. 为了分离含商用十溴二苯醚的废物而实现无害环境管理，并避免和/或尽量减少含商用十溴二苯醚物品的回收利用，需要对含阻燃剂的材料采用有效的筛选和分离技术。当没有可用的筛选和分离技术且浓度被认为超过持久性有机污染物低水平，应当避免回收利用。此外，含商用十溴二苯醚的废物不应出口至发展中国家，鉴于其总体上以无害环境方式处理废物的能力和技术有限，而且对劳动者的保护有限或缺乏。

49. 商用十溴二苯醚的生产和下游工业使用也导致商用十溴二苯醚的排放（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2），尽管总体认为生命周期这些阶段的排放较少，但是工业生产和使用可能带来巨大的环境影响，有可能取决于使用的技术以及管理实践。尽管业界采取自愿的生产和工业使用中减排措施（欧洲化学品管理局，2014a），但是环境中未出现减少的趋势，这表明实施最佳可得技术/最佳环境做法还不够，而需要禁止生产来完全消除商用十溴二苯醚在生命周期这些阶段和从使用中物品中的排放。

50. 禁止生产和使用商用十溴二苯醚的 BDE-209 部分，并采取减少或消除库存和废物（包括即将变成废物的产品和物品）排放的废物管理措施，将是消除所有 BDE-209 排放的高效方法，也可以认为是依照《斯德哥尔摩公约》逐步淘汰 BDE-209 的最适当的备选方案。

51. 替代备选方案是将商用十溴二苯醚的 BDE-209 部分列入附件 A、B 和/或 C，允许豁免和/或可接受用途。但是，根据缔约方提交的附件 F 信息，技术上可行的替代品似乎在所有应用中都存在。但是，在稍后阶段一些业界观察员提出对已经使用中物品的部件维护和替换的关切，并确定可能需要在运输部门进行豁免。鉴于航空和车辆行业正在逐步淘汰商用十溴二苯醚，且某些材料和部件可能仍含商用十溴二苯醚，还可能需要对该部门的新使用进行限制于具体用途的豁免。此外，少量的缔约方已建议，可能需要对回收利用进行豁免。

2.3 替代（产品和工艺）的相关资料

52. 美国环保局和欧洲化学品管理局最近出版了对商用十溴二苯醚化学替代品的综合评估（美国环保局，2014a；欧洲化学品管理局，2014a）。美国环保局的评估为在数种应用中确定为商用十溴二苯醚潜在替代品的 29 种物质和混合物提供了详尽的人体健康和生态危险信息（见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 4）。欧洲化学品管理局出版的报告确定了作为商用十溴二苯醚替代品的 13 种化学品，进行进一步评估和评价（欧洲化学品管理局；2014a；见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 5）。在过去也进行过对商用十溴二苯醚替代品的其他评估（LSCP，2005 年；伊利诺伊州，2006 年；洁净产品行动 2007 年；丹麦环境部，2007 年；欧洲化学品管理局，2007

年；华盛顿州，2008 年；缅因州，2010 年；ENFIRO，2013 年）。研究项目 ENFIRO 通过比较关于危险的信息和测试不同用途下的防火及应用性能评估了所选溴化阻燃剂的替代备选方案。

53. 迄今为止，大部分商用十溴二苯醚/BDE-209 替代品的评估集中于用替代化学品（即具有阻燃属性可以在物品中直接被商用十溴二苯醚取代的化学品）取代商用十溴二苯醚。但也存在改善防火安全性的替代技术，在一些评估中也有描述（欧洲化学品管理局，2014a；美国环保局，2014a）。

54. 下文第 2.3.2-2.3.5 节及 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6 综述了现有的商用十溴二苯醚替代品。

55. 下文（表 3）是商用十溴二苯醚已经或正在全球使用的材料及行业/产品的类别（更多信息也参见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 1、6、7）

表 3 商用十溴二苯醚用作阻燃剂的聚合物及其按类别的最终用途应用摘要

聚合物组别	**最终用途应用**								
	电子制品	**电线及电缆**	**公共建筑物**	**建筑材料**	**汽车**	**航空**	**储存及配送类产品**	**纺织品**	**水性乳液和涂料**
聚烯烃 [1] (PE, PP, EVA)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
苯乙烯 [2] (PS, HIPS, ABS)	x		x	x	x	x	x		
工程热塑性塑料 [3] (聚酯纤维 (PET, PBT), PA, PC, PC-ABS, PEE-HIPS)	x	x	x	x	x	x		x	x
热固性材料 [4] (UPE、环氧树脂、三聚氰胺系树脂)	x		x	x	x	x	x	x	x
弹性体 [5] (三元乙丙橡胶、热塑性聚氨酯、EVA)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
水性乳液和涂料 [6]	x	x	x	x	x			x	x

来源：美国环保部，2014a（表 2.3.1）

[1]聚烯烃：聚乙烯 (PE)、聚丙烯(PP)、乙烯 - 乙酸乙烯酯(EVA).
[2]苯乙烯：聚苯乙烯(PS)、高抗冲聚苯乙烯(HIPS)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯共聚物(ABS).
[3]工程热塑性塑料：聚酯纤维 （聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)）、聚酰胺 （PA，尼龙）、聚碳酸酯(PC) 和聚碳酸酯-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物和混合物、高抗冲聚苯乙烯/聚苯醚复合物(PE-HD)、聚苯醚/高抗冲聚苯乙烯混合物。
[4]热固性材料：不饱和聚酯(UPE)、环氧树脂、三聚氰胺系树脂。
[5]弹性体：三元乙丙橡胶、热塑性聚氨酯、 EVA。
[6]水性乳液和涂料：丙烯酸 - 、聚氯乙烯(PVC)-、乙烯、氯乙烯-和聚氨酯乳液。

2.3.1 替代物质

56. 在挑选商用十溴二苯醚替代品时有不同的相关考虑因素。《斯德哥尔摩公约》第 3 条第 3 款要求制订了新工业化学品管制和评估方案的缔约方采取管制措施，以防止生产和使用显现出持久性有机污染物特性的新工业化学品。此外，依据第 3 条第 4 款，缔约方应当在对目前使用的化学品进行评估时考虑附件 D 中的持久性有机污染物标准。根据持久性有机污染物审查委员会关于备选品和替代品的指导，替代品还应当是已有、可得、高效并且技术上可行（UNEP/POPS/POPRC.5/10/Add.1）。此外，理想情况下替代物质应当不会大

大增加成本——既包括生产成本也包括由于对环境和人类健康危害而产生的成本。但对下游用户而言，在一种化学品替代另一种化学品时，生产成本可能不必然是最关键的要素。例如对具有优异机械性能的材料工程聚合物而言，人们认为其整体功能比价格更重要（瑞典化学品管理署，2005 年）。此外，在考虑使用化学替代品的应用中，应当首先进行评价来解决阻燃性是否必要的问题，如果必要，如何在不造成环境和人类健康负面后果的情况下实现适当的防火安全性（欧洲化学品管理局，2014a）。例如，如下文第 2.3.5 章所讨论的，在电子及电气设备中，去除点火源或降低工作电压可以消除对阻燃剂的需求（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。

57. 欧洲化学品管理局（2014a）称，行业选择一种新的替代化学品“将取决于何时预知可能采取进一步的监管行动和使用替代品取得商用十溴二苯醚的容易程度”。换言之，下游用户被认为较不可能选择一种取决于现在或未来监管风险管理的替代物质。他们也被认为会选择所谓的现成替代品，即与已经使用的化学品有相似技术特性的替代物质，并可以几乎不费力得将其采用到制造流程中。尽管如此，一种替代化学品的取代可能需要对产品配方更多的改动或转而使用不同类别的聚合物，并且过渡到新阻燃剂的产品制造商可能需要测试数种化学品或化学品组合来决定它们是否满足最终产品的性能要求（美国环保局，2014a）。

58. 美国环保局编写的危险简介（美国环保局，2014a；UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 4）表明“一些化学品替代品具有与商用十溴二苯醚类似的危险简介；其他替代品在危险的终端点存在折衷；一些替代品与商用十溴二苯醚相比简介更优。简介类似的阻燃剂具有持久性、潜在生物累积性，而且往往具有致癌性、神经发育毒性和重复给药毒性。其他替代品与对基于不同终端点危险（如水生生物毒性）的担心有关，与商用十溴二苯醚相比呈现危险折衷。” 预计大聚合物因其体积限制了生物利用度而较为安全。但是，他们在环境的长期境况尚不明确，卤化聚合物可在燃烧过程产生卤代二噁英和呋喃。本报告未评估燃烧副产品”（美国环保局，2014a）。基于欧洲化学品管理局报告（2014a）的危险和风险信息可得出类似结论。

59. 在不同类别的化学替代品中，溴化阻燃剂似乎可以作为多种已知商用十溴二苯醚应用的现成代用品（欧洲化学品管理局，2014a；美国环保局，2014a）。此外，可用的非卤化阻燃剂/聚合物组合已被列为大部分商用十溴二苯醚用途的代用品。一些非卤化阻燃剂/聚合物组合也可能性能优于商用十溴二苯醚/聚合物（ENFIRO，2013 年；见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 8）。

60. 从着重于制造成本的技术和经济角度的行业角度看，十溴二苯乙烷被认为是商用十溴二苯醚最可行的替代物质（欧洲化学品管理局，2014a）。加拿大环保部称，对与加拿大制造商相关的商用十溴二苯醚应用，十溴二苯乙烷是一种成本效益高的替代品，而且据说在美国和加拿大“可能正在进行”从商用十溴二苯醚向十溴二苯乙烷的过渡（欧洲化学品管理局，2014a）。十溴二苯乙烷还被认为是欧盟内商用十溴二苯醚最可能的替代品（欧洲化学品管理局，2014a）。但是，美国环保局已基于实验数据将十溴二苯乙烷列为“发育毒性的高风险”、“生物累积性高风险”和“持久影响的极高风险”（美国环保局，2014a）。此外，由于其潜在的持久性、生物累积性、毒性 /高持久性和生物积累性特征，十溴二苯乙烷正在欧盟接受物质评价（欧洲化学品管理局，2104b，英国环保署 2007 年）。其他物质也可能在商用十溴二苯醚的具体用途上作为技术上可行价格适当的替代品。乙撑双四溴邻苯二甲酰亚胺被认为是可

以在许多应用中取代商用十溴二苯醚的另一种含溴阻燃剂（欧洲化学品管理局，2014a）。欧洲化学品管理局(2014a)比较了商用十溴二苯醚与其替代品的市场价格，但来自供应网站 Alibaba.com 的信息显示乙撑双四溴邻苯二甲酰亚胺比商用十溴二苯醚和十溴二苯乙烷的价格都高。因此从制造成本的角度，乙撑双四溴邻苯二甲酰亚胺作为替代品的吸引力不如十溴二苯乙烷。

61. 尽管下文第 2.3.2- 2.3.4 节进一步讨论了在塑料制品、纺织品和其他用途中取代商用十溴二苯醚的替代物质，有关美国环保局（2014 年）确认的商用十溴二苯醚替代品的环境及健康危险详尽信息见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 4。同样，欧盟限制提案中 13 种替代物质的详尽概述、其不同用途的适用性、价格、负荷、环境及健康属性和经济适用性见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 5（更多细节也可参见欧洲化学品管理局，2014a）。ENFIRO 项目确认的可用的非卤化阻燃剂/聚合物组合见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 8，而附件 F 流程确认的其他替代品见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 9。

2.3.2 塑料制品

62. 塑料业是目前阻燃剂的主要使用者，而且最大数量的阻燃剂提供给了原材料制造商（瑞典化学品管理署，2005 年）。用于塑料制品和纺织品的商用十溴二苯醚数量全球范围有所不同，但是高达 90%的商用十溴二苯醚最终用于塑料和纺织品，而剩下的用于涂层纺织品、软包家具和床垫（欧洲化学品管理局，2014a；美国环保局，2014a）。如同任何其他的添加剂，一种阻燃剂因其自身属性及与聚合物的兼容性被制造商选中，目的为了达到行业消费者（如汽车或家具制造商）设立的最终产品的技术规格。

63. 对塑料制品的商用十溴二苯醚而言，最广的下游使用存在于电子及电气设备应用，并包括电子及电气设备的外壳、电线及电缆、以及小型电子元件（美国环保局，2014a；见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 1）。在美国，报告的主要用途是高抗冲聚苯乙烯制成的电视机前后板（Levchick，2010 年），但是商用十溴二苯醚也用于使用玻璃填充剂的聚对苯二甲酸丁二醇酯或尼龙制成的电子连接器中。商用十溴二苯醚阻燃塑料制品的其他确定用途存在于建筑物、建筑材料、如塑料托盘等储存及配送类产品、运输部门（汽车、飞机、火车和船舶）。因为欧洲和中国等重要市场对在电子及电气设备中使用商用十溴二苯醚的限制，许多大型电器及电子产品公司已经过渡到停止使用商用十溴二苯醚（瑞典化学品管理署，2005 年；美国环保局，2014a）。商用十溴二苯醚已被逐步淘汰的终端应用包括高抗冲聚苯乙烯制成的电视机前后板、使用玻璃填充剂的聚对苯二甲酸丁二醇酯或尼龙制成的电子连接器（美国环保局，2014a 中的 Levchik，2010 年）。一则关于电子及电气医疗设备的限令于 2014 年 7 月 22 日起在欧盟开始实行。但是，含商用十溴二苯醚阻燃剂的塑料制品仍在全球范围多种电子及电气设备中使用，包括家用电器和工具，如真空吸尘器（外壳及内部零件中）和洗衣机。这些电器的外壳通常由聚丙烯、高抗冲聚苯乙烯、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯共聚物制成（美国环保局 2014a；Levchick, 2010 年）。另一种全球范围的用途是小型电子元件，例如灯座或装饰灯以及通常由高密度聚乙烯、高抗冲聚苯乙烯或聚苯醚制成的电线及电缆（美国环保局 2014a；Levchick, 2010 年）。全球范围内，商用十溴二苯醚仍然用于聚对苯二甲酸丁二醇酯和聚酰胺塑料中，用于外壳、开关等电子、汽车和水暖部件以及较大电气设备的其他较小内部零件（Weil 和 Levchik 2009 年）。对通常使用商

用十溴二苯醚的大部分塑料聚合物应用而言，其他阻燃剂已经可得并已投入使用（瑞典化学品管理署 2005 年）。

64. 民航业仍在电线及电缆、内部元件和较旧的飞机及宇宙飞船中使用商用十溴二苯醚。运输部门继续在电子及电气设备的塑料制品、强化塑料、发动机及内部部件及汽车内饰中使用商用十溴二苯醚。商用十溴二苯醚还用于其他的运输途径（美国环保局，2014a；见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 1）。车辆中大部分阻燃塑料制品位于发动机舱（常为聚酰胺）。此外，发动机和座舱之间的防火墙是重要的阻燃部件。但是，也应该指出欧洲的防火安全性要求不是非常严格，因此大部分车用塑料制品不阻燃（IVM，2013 年）。全球其他区域是否也如此尚不明确。

65. 据报告商用十溴二苯醚在中国仍用于玩具（附件 F 中国；Chen 等人 2009）、作为阻燃剂用于合成橡胶行业、用于矿井（包括地下煤矿）使用的传送带，以及用来制造用来密封矿井通风系统的通风管附近的通风带（附件 F 澳大利亚）。就在不久前，商用十溴二苯醚在美国还用于塑料运货托盘（美国环保局，2014a），但是生产这些托盘的公司已不存在（美国环保局，私人联系），而且美国三个州（缅因州、俄勒冈州和佛蒙特州）已禁止制造、销售和配送含商用十溴二苯醚的货运托盘（缅因州，2008；俄勒冈州，2011 年；佛蒙特州，2013 年）。

66. 对电子及电气设备中的塑料制品而言，替代战略包括树脂系统和阻燃剂之间的交流和产品本身的全部重新设计。重新设计在内的替代技术在下文第 2.3.3 节有进一步描述。欧盟的限制提案评估了商用十溴二苯醚不同的替代品，其中八种可能的替代化学品似乎可能在塑料聚合物中替代商用十溴二苯醚（欧盟化学品管理局，2014a）：

(a) 十溴二苯乙烷；

(b) 双酚 A-双(二苯基磷酸酯)；

(c) 间苯二酚双（二苯基磷酸酯）；

(d) 乙撑双（四溴邻苯二甲酰亚胺）；

(e) 氢氧化镁；

(f) 磷酸三苯酯；

(g) 氢氧化铝；

(h) 红磷。

67. 此外，据报告 Paxymer®阻燃系统可在聚烯烃塑料中替代商用十溴二苯醚（附件 F Paxymer AB）。Paxymer®是一种不含持久性有机污染物的产品（UNEP-POPS-COP.5-INF-34）。制造商 Paxymer AB 提供的信息显示 Paxymer®不具持久性、生物累积性和毒性，也不具致癌性、诱变性和生殖毒性，并且不是一种内分泌干扰物质。但是，应当注意制造商提供的关于该系统的化学特性和环境及健康的信息尚未获独立消息来源证实。而且 ICL 工业产品公司报告已生产一种聚合溴化环氧树脂阻燃添加剂（F-2100），可以用于聚对苯二甲酸丁二醇酯以及聚碳酸酯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯合金，包括建筑应用（附件 F ICL-IP）。对含商用十溴二苯醚的塑料聚合物以及这些用途的替代阻燃剂（包括下游应用）的概述见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 5-9。如上

文提到的，报告称最有可能的是十溴二苯乙烷（欧洲化学品管理局，2014a；美国环保局，2014a；加拿大环境部，2014 年）。

68. 关于塑料制品中商用十溴二苯醚替代品的用途/应用、负荷、费用和危险的详尽信息见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 5 和 9。通常用于塑料/聚合物的商用十溴二苯醚的负荷水平为 10-15%按重量计，尽管据报告在某些情况下负荷水平高达 20%（欧洲化学品管理局，2012c）。制造商的信息显示 Paxymer ®在添加水平为 2-32%（取决于下游应用和用途）时，在聚丙烯和聚乙烯中的性能优良已获证实。据报告用于塑料制品的其他替代品的负荷水平和费用分别为 1-60%和每千克 1 欧元至 12 欧元（见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 5 和表 9）。

69. 在某些用途中，塑料制品需要满足作为强制技术规格的防火安全性监管要求。是否符合防火要求由明确规定的易燃性测试来控制，如国际电工委员会或根据保险商实验室的规定和批准流程，该实验室主要在美国市场营运（瑞典化学品管理署，2005 年）。但是，尽管此类防火规定对市场具有强制性，没有防火规定要求使用阻燃剂来符合这些标准或规定。因此，由制造商来决定使用何种技术。塑料制品的理想化学阻燃剂应当具有兼容性（即不改变塑料的机械属性），不改变塑料的颜色，具有良好的光稳定性，并且抗老化和水解。此外，理想的化学阻燃剂应当在塑料制品热分解之前匹配和开始其热性能、不会导致腐蚀、不产生有害的生理影响，并且不排放或至少排放低水平的有毒气体。理想情况的阻燃剂也应该尽量价廉。但是，如上文所述，总的来说对工程聚合物而言，功能比价格更重要，价格不必然是挑选替代品的最重要因素（瑞典化学品管理署，2005 年）。如上文所述，欧洲的车辆防火安全性要求并不十分严格。尽管如此，大部分欧洲车辆制造商遵守欧洲新车安全评估协会的安全性标准，该标准比法律要求的标准更严格（IVM，2013 年，又见 www.euroncap.com/home.aspx）。

70. 总体而言，取代商用十溴二苯醚在塑料制品（和合成橡胶）中使用的、高效和技术可行的阻燃剂替代品在市场上存在并可得（欧洲化学品管理局，2014a）。十溴二苯乙烷是大部分塑料制品中最可能的商用十溴二苯醚化学替代品，但是上文提及的其他替代品或非化学品技术可能与十溴二苯乙烷相比提供更加可持续的长期替代。

2.3.3 纺织品

71. 商用十溴二苯醚长期以来与氧化锑一道作为增效剂用于纺织品的背面涂层（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。卤素-氧化锑只能作为树脂粘合剂局部使用。商用十溴二苯醚先与氧化锑混合形成水分散液，然后与如含有天然或合成橡胶、乙烯-醋酸乙烯共聚物、苯乙烯 - 丁二烯共聚物或聚氯乙烯等聚合物乳液混合（欧洲化学品管理局，2012c）。该商用十溴二苯醚/氧化锑阻燃剂混合可占产品总重量的 18%到 27%（华盛顿州，2006 年）。较轻面料通常需要比较重面料更高的阻燃剂负荷水平。阻燃背面涂料对许多种面料有效，包括聚酰胺/尼龙、聚丙烯、丙烯酸树脂和如尼龙-聚酯等混合物。

72. 在美国，商用十溴二苯醚用于运输类纺织品应用（公交巴士、火车、航空和船舶）、公共职业场所使用的窗帘、高风险职业场所（如敬老院、医院、监狱和宾馆）的家具以及军队中的防水布、帐篷和防护服，但是不用于消费类服装（罗威尔可持续生产中心，2005 年；美国环保局，2014a 中引用的溴科学与环境论坛 2007 年）。但是在美国的多个州，不再允许在住宅的座椅垫套和

床垫中使用商用十溴二苯醚（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。在欧盟，商用十溴二苯醚也用于家用窗帘和家具（用于泡沫、填充物和背面涂料），主要在有某些安全性标准的国家，如英国（欧洲化学品管理局，2014a）。在日本，车辆座椅占商用十溴二苯醚使用的 60%，而另外 15%据报告用于其他纺织品应用（Sakai 等人，2006 年）。根据美国家具业消息来源，在 99%的情况下，不需要化学阻燃剂来达到住宅窗帘的待定国家标准（伊利诺州，2007 年；缅因州，2007a）。欧洲可能也是如此。通过测试欧盟市场上 20 种覆盖织物的 320 种组合以及 18 种软包家具的填充物，结果无阻燃剂组合的 38%通过了火柴和香烟两项测试，而在只通过了香烟测试的组别中，无阻燃剂组合占 62%（Guillaume 等人，2008 年引用的 CBUF）。

73. 由于消费类商品缺少关于阻燃剂使用的标示和信息，很难评估人类接触源。各种环保或绿色认证可能表示该产品不含阻燃剂。但是，阻燃剂仍广泛应用于家具。例如，一项研究分析了在美国 1985 年至 2010 年购买的住宅沙发提取的 102 份聚氨酯泡沫样本，其中 85%的样本发现了阻燃剂。2005 年全球禁止使用五溴二苯醚之后购买的沙发的样本中，52%中测出磷酸三(1,3-二氯异丙基)酯，18%测出与 Firemaster 550 混合物相关的成分。此外，13%的样本发现非卤化有机磷阻燃剂的混合物（Stapleton 等人，2012 年）。因为预计泡沫可能含有商用十溴二苯醚，此项研究未分析覆盖泡沫的纺织品。

74. 由于最终产品的复杂性以及可能的取代方法的多样性，在纺织品中替代商用十溴二苯醚不是简单直接的。这些方法包括阻燃剂替代品、替代纤维、自身防火的纤维、阻燃层和非织造布。但是，已有多种负担得起的备选方案用来取代商用十溴二苯醚在家具、床垫、窗帘和其他纺织品应用中的使用。纺织品的替代备选方案包括溴化阻燃添加剂（如十溴二苯乙烷）和替代技术和自身阻燃的材料，参见本文件第 2.3.3 节的描述。

75. 基于其与现有流程的兼容性和与商用十溴二苯醚的价格对比，多个欧洲产业利益攸关方已确认十溴二苯乙烷将是纺织品中商用十溴二苯醚受推崇的替代品（欧洲化学品管理局，2014a；RPA，2014 年；Klif，2008 年）。但是，集中于“现成”解决方案可能会限制发现有效和无害环境解决方案的创新思维（罗威尔可持续生产中心，2009 年）。

76. 合成纤维存在一些商用十溴二苯醚替代品，但是其水溶性导致其持久性有限，即在洗衣时“被洗掉”。天然纤维比合成纤维更容易通过化学方法实现阻燃，现有多种天然纤维素纤维（如棉、毛、人造丝（粘胶、莫代尔和莱赛尔）以及亚麻）可以使用的化学非卤化商用十溴二苯醚替代品。包括：

(a) 聚磷酸铵；

(b) 二甲基膦（N-羟甲基）丙酰胺；

(c) 磷酸如(3 - {[羟甲基]氨基}-3-氧代丙基) - 二甲基酯；

(d) 四（羟甲基）鏻尿素铵盐。

77. 共聚合是指在纤维熔融纺织过程中加入添加剂，从而使阻燃剂成为纤维基质的一部分。聚酯最常用的阻燃剂是聚酯骨架中内置膦的聚对苯二甲酸乙二酯。这种改造的聚酯应用于大部分的纺织品应用，抗洗涤，被认为是商用十溴二苯醚/锑阻燃剂的一种优良替代品。聚酯占世界纤维产量的 30%（见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 1）。应用包括服装和窗帘。采用自身阻燃

聚酯的窗帘可以在水中洗涤，因为磷酸酯阻燃剂成为聚酯骨架的一部分，而且不具水溶性（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。

78. 欧洲化学品管理局(2014a)和美国环保局(2014a)都审查了已确认替代品的风险-危险信息。尽管不存在商用十溴二苯醚在纺织品应用的单一替代品（UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 11 和 12），市场上备选方案的多样性清楚地表明存在可行的方法（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。一项纺织品中常用化学品的研究查明了多种卤化和非卤化阻燃剂，更加证实了这一点（瑞典化学品管理署，2014 年，见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 13）。以下七种物质被确认为商用十溴二苯醚纺织品中使用的最可能的替代品（欧洲化学品管理局，2014a）：

(a) 氢氧化铝；

(b) 氢氧化镁；

(c) 磷酸三(1,3-二氯异丙基)酯；

(d) 乙撑双(四溴邻苯二甲酰亚胺)；

(e) 2,2'-氧双[5,5-二甲基-1,3,2-二氧磷杂环己烷] -2,2'-二硫；

(f) 四溴双酚 A-双(2,3-二溴丙基醚) ；

(g) 红磷；

(h) 十溴二苯乙烷。

2.3.4 其他用途

79. 除了在纺织品和塑料制品中使用，商用十溴二苯醚还用于密封剂、粘合剂、建筑泡沫、涂料以及建筑物和建筑的某些应用。商用十溴二苯醚用于通常由不饱和聚酯玻璃复合材料制成的墙和屋顶板；地砖；以及商业级地毯。商用十溴二苯醚也用于如保温材料，发泡聚烯烃和如用于房顶下保护建筑物区域的膜和薄膜等屋面材料（UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 1）。商用十溴二苯醚还用于管道元件，如管道覆盖物或绝缘物。欧盟对商用十溴二苯醚的限制提案确定了以下六种化学品作为这些应用的替代物质：

(a) 氢氧化镁；

(b) 氢氧化铝；

(c) 乙撑双(四溴邻苯二甲酰亚胺)；

(d) 取代磷酸胺的混合物（P-N膨胀体系）；

(e) 红磷

(f) 十溴二苯乙烷。

2.3.5 替代技术和自身阻燃材料

80. 有的替代品通过材料替代或设计不再需要化学阻燃剂而达到相关防火安全性标准的性能要求，此类替代品较好，尤其如果加入低毒性化学品，并含有可回收或可堆肥材料（纽约州，2013 年）。对商用十溴二苯醚替代品的技术和经济可行性的评估主要集中于直接可以在物品中取代商用十溴二苯醚的替代化学品（上文第 2.3.2 节）。但是，阻燃性可以通过使用自身防火材料、使用不同的技术解决方案（即阻燃物或产品的完全重新设计）来实现。例如，电源可

以通过金属屏蔽甚或从产品中去掉来去除阻燃剂，这在打印机和充电式电话上已经实现（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。自身阻燃材料可以不经特殊处理或使用化学添加剂而符合消防规范标准。而且，这种保护纳入纤维，且不太可能被磨损掉或洗掉（杜邦，2010 年）。这些提到的替代技术可以用于多种材料和应用，并用于纺织品、电子产品、飞机和地面运输车辆，可以在某些情况下取代商用十溴二苯醚使用。与此项评估相关的不同替代技术、其属性和终端产品的例子见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 14 和 15。

塑料制品

81. 使用化学阻燃剂的一种替代方法是对产品本身重新设计。重新设计已在多种电子及电气设备中成功取代商用十溴二苯醚。产品的重新设计如（一）将需要较高点火保护的高压元件同低压元件分离以及（二）降低工作电压要求，从而减少对阻燃外壳材料的需求。

82. 另一种产品重新设计替代办法是将电源从产品中移除。这在包括打印机和充电式电话内的许多设备中常见。这些独立的电源通常是连接电线的黑盒子，但是没包括在产品本身。这种独立电源减少了电子产品外壳的阻燃性要求。改变产品设计及其实施将需要比用一种替代化学品阻燃剂取代商用十溴二苯醚更高水平的研发活动，但是作为长期的替代方案更可持续。

83. 金属或自身阻燃塑料可在某些电子产品中用作替代材料。通过材料替代而不再需要阻燃剂并达到防火安全性标准和性能规格的替代方案被认为可取，尤其如果产品材料来自低毒性化学品，而且产品和/或材料能够回收或堆肥（洁净产品行动，2015 年）。苹果公司展示了有可能通过材料替代消除/减少对化学阻燃剂的需要，该公司已在其许多电脑产品（如笔记本电脑、电脑显示器、中央处理器和服务器）中逐步淘汰溴化阻燃剂（包括商用十溴二苯醚）（苹果公司）。苹果公司将以前用聚碳酸酯制成的电子设备外箱用铝合金质地外箱取代，从而不再需要使用阻燃剂（苹果公司）。多个国际电子设备生产商（爱立信网络科技公司、伊莱克斯、IBM、阿特拉斯·科普柯、索尼爱立信和惠普）报告它们已在其产品中逐步淘汰或从未使用过商用十溴二苯醚（瑞典化学品管理署，2005 年）。

84. 也展示了引入将产品最易燃部分同产品其他部分分离或隔离的阻燃金属物，从而不再需要如商用十溴二苯醚等阻燃剂（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。

85. 欧盟的评估报告（欧洲化学品管理局，2014a）中确认了可能用来在塑料制品中取代商用十溴二苯醚作为阻燃剂的各种替代技术。包括膨胀体系、纳米复合材料、可膨胀石墨、抑烟剂、聚合物共混物、利用自身阻燃材料和产品的重新设计。这些替代技术在 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6 的表 14 中有详述。另一种替代方案是分层，即使用多层高阻燃性材料填充的聚合物和低或无阻燃聚合物而产生一种物体。这显然与处理整个聚合物达到类似的防火性能，而同时有助于保持聚合物的机械特性（欧洲化学品管理局，2012c）。

86. 使用自身阻燃的材料是可以考虑的另外替代技术。卤化聚合物如聚氯乙烯有阻燃剂特性，因为在燃烧过程释放卤素基团。常常通过在卤化聚合物共混物中添加氧化锑等增效剂来加强效果。但是，同溴化阻燃剂一样，聚氯乙烯在燃烧过程形成二噁英和酸，因此不是一种较好的替代阻燃材料（Blomqvist 等人，2007a）。以下是自身阻燃的聚合物材料，且可能被考虑作为如聚对苯二

甲酸丁二醇酯或聚酰胺/尼龙等商用十溴二苯醚基聚合物的替代品（丹麦环境部，2006 年）：

(a) 无卤聚酮（比聚对苯二甲酸丁二醇酯和聚酰胺价格高出较多）；

(b) 高性能热塑性塑料如聚砜、聚芳醚酮或聚醚砜；

87. 对某些用途而言，自身阻燃材料可以包括使用金属外壳和其他的重新设计解决方案。如聚酰亚胺、聚芳酰胺、液晶聚酯、聚苯硫醚、聚亚芳基和许多热固性材料等会烧焦的聚合物也较为防火。在基础聚合物有防火特性的情况下，取决于最终用途，在不使用化学阻燃剂或在较低的负荷水平下就可达到足够的防火性能水平（欧洲化学品管理局，2012c）。

88. 文献或商业网站提及新型阻燃材料的一些例子，常作为商用十溴二苯醚的替代品推广（欧洲化学品管理局，2012c 年； Albemarle， 2013 年； Great Lakes，2013 年； PR Newswire，2010 年）。可能需要改变产品设计来采用这些替代材料，而实施可能需要比在化学替代品中选阻燃剂取代商用十溴二苯醚更高水平的研发活动。但是，更安全的环境和公共安全简介是额外的益处。

纺织品

89. 在家具中实现阻燃性的替代方法是重新设计产品，加入阻燃材料或屏障物技术（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。产品设计的选择可以成功地满足所有现有和待定的防火安全性标准。两种方法是恰当的：1) 使用自身阻燃材料制成的覆盖织物，2) 在覆盖织物和易燃缓冲泡沫之间使用阻燃屏障物。

90. 不同纤维和织物的阻燃性有巨大差别。如果材料本身阻燃或易燃性低可以避免在纺织品中使用阻燃剂。多种合成纤维自身阻燃，包括芳族聚酰胺、粘胶纤维、诺沃洛伊德、聚酰胺和蜜胺纤维。其中一些纤维开始在家具坐垫和床垫中大量使用。长久以来，它们被用来满足最严格的应用标准，如战斗机消防服、宇航员服装和赛车手服装。如卤代烯烃等自身阻燃纤维含有卤素，如聚氯乙烯和溴乙烯，而其他则不含卤素，包括聚芳酰胺和蜜胺纤维（罗威尔可持续生产中心，2005 年；见 UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6，表 10）。其他内在阻燃材料包括磷添加剂的人造丝、聚酯纤维和芳族聚酰胺（Weil 和 Levchik，2009 年）。此外，一些如皮革和羊毛等天然材料有自身阻燃的特性。根据编织的松紧度，这些材料可以在不进行其他阻燃处理的情况下满足防火安全性要求。因而如羊毛等一些天然材料可以用作家具的屏障物材料（Klif，2011 年）。

91. 鉴于天然纤维有更高的阻燃性，将天然纤维与合成纤维混合是另一种方法。纤维混合是减少易燃纤维易燃性的常用方法。聚酯纤维通常与棉花混合，这种“聚酯-棉花”混合物在聚酯纤维含量低于 50%的情况下可以通过简单的垂直可燃性实验。此外，棉花-尼龙混合常用来降低棉花以及棉花或聚酯与蜜胺纤维的混合物的可燃性（Gnosys 等人，2010 年）。某些座椅套垫、床垫和窗帘的织物由数种自身防火的纤维与阻燃性能较差纤维的混合物制成。在某些情况下，“手感”较好的纤维如棉花或聚酯可以同更加阻燃的纤维混合（如密胺）形成一种舒适性和防火性俱佳的织物（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。

92. 家具和床垫防火保护的重要方面是在表面织物和内部泡沫芯之间使用屏障物。床垫业已改弦易张，现在常常使用防火屏障物（缅因州 2007b；宜家 2014 年）。防火屏障物由如羊毛、段芳族聚酰胺、蜜胺纤维、改性聚丙烯腈纤维或玻璃纤维等自身阻燃的纤维制成，且不依赖使用阻燃化学品。此外，许多

此类纤维由非卤化材料制成。一些屏障物也可由价廉纤维和昂贵的自身阻燃纤维的混合物制成。这些屏障物为床垫、沙发床或弹簧床垫核心材料提供阻燃保护。它们把内部材料完全封装好，且必须与阻燃的边框接缝、胶带和线结合（罗威尔可持续生产中心 2005 年）。除了使用纤维混合物，许多制造商使用硼酸处理过的棉絮材料。此类棉花材料是成本最低的屏障物技术，用来促进达到防火安全性要求。但是，使用硼酸令人担忧，鉴于硼酸疑为人类生殖毒物。动物研究报告，大鼠和小鼠在交配前和交配中暴露于饮食中的硼酸，对其生殖产生了负面影响（Weir 和 Fisher 1972 年；纽约州卫生署 2013 年引用国家毒理学项目 1990 年）。塑料薄膜也被用作屏障物，尤其是用自身阻燃塑料如氯丁橡胶（氯丁）制成的薄膜（罗威尔可持续生产中心，2005 年）。

93. 同塑料制品相同，在纺织品中，也可以通过使用膨胀体系来实现防火安全性（Klif，2011 年；美国环保局，2014a）。膨胀过程形成了用来隔热的泡沫炭层。膨胀体系通常由生成炭层的碳源、一种产酸化合物和一种产生吹气来形成泡沫炭层的分解化合物组成（Weil 和 Levchik，2009 年）。该泡沫达到原本应用的涂层厚度的 10 倍到 100 倍，通过低导热性绝缘衬底材料，让膨胀体系能够有效地降低易燃性和减少在烟气中的暴露（瑞典化学品管理署，2006 年）。多个与纺织品应用相关的膨胀体系投入市场约 20 年，已成功展示其巨大的潜能。膨胀体系包括使用可膨胀石墨浸渍泡沫、表面处理和高分子材料的屏障技术（Klif，2011 年）。膨胀体系可能不可应用于使用溴化阻燃剂基背层涂料的各类纺织品。

2.3.6 防火标准、要求及解决方案

94. 社会需要各种系统来减少和预防火灾并保护生命。火灾每年在世界各地带来伤亡和财产损毁。另一方面，在防火安全性法规严格的国家，据称一些阻燃剂的使用及其带来的环境污染和人体负担高于其他防火要求的法规较宽松的国家（Klif，2011 年）。这表明在寻求危险阻燃剂替代方案时，对这些问题的认识很重要。

95. 一项研究将欧洲、美国和新西兰的火灾数据进行对比，得出结论：吸烟和烹饪外加周围的软包家具和纺织品是致命的家庭火灾的最常见原因和事故模式（荷兰国家安全研究院，2009 年）。遇难者中男性、儿童和老人最多，而饮用酒精是致命的家庭火灾的又一重要方面。多数致命火灾在周末夜晚发生在客厅或卧室，涉及（软包）家具、纺织品、技术设备或衣物。在欧洲，软包家具在几乎家庭火灾导致的所有死亡事故的近 50%中发挥重要作用。在美国，在家庭火灾死亡事故的 18%中，软包家具被首个引燃（ACFSE，2011 年；美国消防协会，2013 年）。软包家具中的聚氨酯泡沫是有毒烟雾增加的主要因素（Molyneux 等人，2014；Stec 等人，2011 年）。挪威的数据显示所有家庭火灾中 23%从厨房开始，而从有软包家具客厅和卧室开始的火灾分别占 19%和 9%（挪威消防协会，2014 年）。

96. 一种材料或产品的防火性能主要通过可燃性、灭火容易程度、火焰传播速度、热量释放速度和烟雾的形成进行测试（Weil 和 Levchik 2009 年）。产品的防火要求取决于其预期用途（例如与住宅相比，机构建筑的要求更高）。通常防火法规规定使用标准化组织，如国家标准化组织、国际电工委员会 或欧洲标准化委员会，和安全性咨询和认证公司（如保险商实验室）制订的验证技术标准。但是，国家防火安全性法规和技术标准均未要求使用具体阻燃剂化学品来达到防火安全性要求。此外，产品在此类测试标准中的表现不总与具体火情

中的表现相符。英国、爱尔兰和加利福尼亚州先前对软包家具依赖明火测试，导致溴化阻燃剂的较高使用和身体负荷加重（UNEP/POPS/POPRC.10/10.Add.2, UNEP/POPS/POPRC.10/INF/6）。英国法规中的测试指导正在修改。一个可能的变化是将现有的“火柴和打火机测试”（需要覆盖织物在非燃烧改性的聚氨酯泡沫上进行测试），改为需要测试实际最终复合材料的防火性能（英国商业、创新和技能部 2014 年）。英国商业、创新和技能部相信这将导致现有阻燃剂的使用减少高达 50%。加利福尼亚州家具和易燃性标准已修改，这样未来不许使用阻燃剂（TB117-2013）。

97. 阻燃剂可在短时间内暂时放缓火焰的扩散和随之的热量释放，但是也可能增加排放物的毒性。可以通过在使用阻燃剂的同时引入屏障材料减少有毒排放物。火灾毒性是火灾导致伤亡的最主要原因，但通常未被监管者考虑到。火灾中产生多种有毒气体，一些和使用溴化阻燃剂有关，一些则没有关系。含卤化阻燃剂材料在火灾中和焚烧含阻燃剂废物中的燃烧可以通过增加一氧化碳、如氢溴化物等酸性气体、以及溴化和氯化二恶英和呋喃的释放增加消防废水的毒性（Simonson 等人， 2000 年；Blomqvist 等人， 2007b，Shaw 等人， 2010 年）。此外，研究表明溴化阻燃剂和锑一同生成大量一氧化碳和氰化氢，两种火灾中主要的窒息气体（Molyneux 等人，2014 年；Stec 等人，2011 年）。因而在防火安全性可以通过其他方法实现的情况下，阻燃材料的总体减少可能降低大众和消防员的健康问题风险。与这些结论一致，多位科学家质疑了使用这些物质来达到防火安全性要求的总体防火安全性益处（Jayakody 等人， 2000 年；DiGangi 等人， 2010 年）。

98. 在住宅和机构建筑中，防火安全性可以通过每年进行的宣传行动进行强化，主要集中于电子元件、蜡烛、壁炉、炉灶和新一代烟雾探测器等的安全使用。要求清楚标示逃生通道和消防水带、自动喷淋器、灭火器和消防毯等灭火器材，这是防止和减少火灾损失和协助从着火建筑中逃生的重要措施。更进一步的安全解决方案包括无人时可自灭设计的“低燃性”香烟。该方案明显将纽约州的火灾死亡人数减少了 41%。目前该方案在美国全境、加拿大、澳大利亚和欧盟都强制实行。儿童安全打火机自 2006 年起在欧盟强制实行（世卫组织，2014 年）。电气产品的解决方案可以加入在太热时关闭物品的内置热感应器。电气布线系统的常规控制和改变也防火。

99. 在储存时（如仓库），防火安全性可以通过管理措施进行加强。根据国际消除持久性有机污染物联盟提供的附件 F 信息，在使用塑料托盘时，可以通过实施如托盘储存管理做法（如托盘堆放的高度以及托盘堆之间的距离限制）等系统和/或使用喷淋系统，在不使用阻燃剂的情况下达到防火安全性。

100. 根据航空业提供的信息，航天产品都经过严格的适航规章和规范认证，设定了包括易燃性在内的性能标准。这些消防和防火安全性要求旨在飞行中（逃生的备选方案有限）和坠机后（从燃烧燃料的大火中撤离是最主要的担忧）预防和/或控制火灾。这些影响对所用物质的选择。飞机部件和组件预期能够在具体时间内耐火，根据面积和应用以及内部使用的材料而不同，必须在着火时不会产生有毒烟雾或过多热量。由于以上原因，如阻燃剂等材料应用于热和火敏感区域（如发动机附近）（波音公司，个人通讯）。

2.4 关于实施可行控制措施的社会影响的相关资料摘要

101. 全球减少或取消使用商用十溴二苯醚可以为人类健康和环境带来积极影响。持久性有机污染物审查委员会第十次会议得出结论，商用十溴二苯醚的主

要成分 BDE-209 在目前暴露和影响水平下，鉴于其具有远距离环境迁移性，可能对人类健康和环境造成重大不利影响，因此有必要对之采取全球性行动（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。

2.4.1 卫生，包括公共卫生、环境卫生和职业健康

102. BDE-209 在全球环境中广泛探测到，而且一些物种的身体负荷很高，尤其是一些鸟类，也包括分布在城区和郊区的水獭和狐狸（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。此外，在蛙类、鱼类和鸟类等一些生物体中，BDE-209 水平接近或低于报告的发育、神经毒性和内分泌干扰作用的影响浓度。报告北极鳕鱼（北极生态系统的重要物种之一）中的 BDE-209 浓度水平可以导致负面影响，而相应地可以对北极鳕鱼种群和整个北极生态系统带来负面影响。让人更加担忧的是 BDE-209 和其他类似作用的多溴二苯醚之间可能的低剂量和联合作用以及可能的多重压力因素影响（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2,UNEP/POPS/POPRC.7/INF/16）。实施控制措施的积极影响在于减少排放量，在一段时间内将减少在人类和野生动物中的接触和生物累积。因此，对商用十溴二苯醚实施全球禁令或限制将有助于保护和保存被认为遭受持久性有机污染物特别风险的北极生物体和生态系统（北极监测评价方案 2009 年；UNEP/POPS/POPRC.7/INF/16）。

103. 在短时间内，实施全球控制措施的最积极成效将可能作用于室内环境和公众健康；通过在室内纺织品和设备中不再使用而正在减少和最终消除灰尘中的商用十溴二苯醚水平。实施控制措施还会确保如奶/奶制品、各种肉类产品和鱼等农业产品中的水平逐步下降。对于人类，在早期发育阶段和整个生命过程都能接触到 BDE-209。在人类血液、血浆、母乳中都发现了 BDE-209，并在发育的关键阶段通过胎盘转移到胚胎。目前已知的人类接触的主要源头是灰尘和受污染食品（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。婴幼儿由于会把手放入口中，其 BDE-209 和其他多溴二苯醚的身体负荷高于成年人，被确认为可能遭受风险的易感群体，尤其因为已在动物研究中观察到的神经内分泌和神经发育毒性（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。因此消除和限制商用十溴二苯醚的使用将对发育中的儿童尤其有利。

104. 消除和限制商用十溴二苯醚的使用将带来对工人健康的更好保护，尤其是在个人保护设备有限的发展中国家，从而减少人类和环境对有毒的降解产物（包括溴化程度较低的多溴二苯醚、溴化二噁英和呋喃、五溴苯和六溴苯）的接触。有毒降解物（包括溴化二噁英和呋喃）可以通过多种方式形成；在热加工（挤出、成型和回收）、塑料制品的生产、光解、准备食物（烹饪鱼）和废物处理过程（Vetteret al.，2012 年；Kajiwara 等人，2008 年，2013a,b；Hamm 等人，2001 年；Ebert 和 Bahadir 2003 年；Weber 和 Kuch 2003 年；Thoma 和 Hutzinger 1987 年；Christiansson 等人，2009 年；UNEP/POPS/POPRC.6/INF/6）。在职业暴露方面，升高的 BDE-209 水平报告出现在多个职业中（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。而且，对美国 12 名消防员的研究发现他们血液中的 BDE-209 浓度上升（占血清中多溴二苯醚总浓度的 50%以上），并且溴化二噁英和呋喃的数量上升（Shaw 等人，2013 年）。此项研究的作者“认为溴化二噁英和呋喃可能很大程度上导致了个体消防员的二噁英类毒性”，而且在灭火过程对此类化合物的职业暴露非常大。因此，这种暴露可能带来负面的健康后果，该假定被其他研究的数据所支持。这些研究中消防员的已知癌症发病率增高，包括四类可能与多氯二苯并对二英 和多氯二苯并呋喃接触有关的癌症：多发性骨髓瘤，非何杰金氏淋巴瘤，前列腺

癌和睾丸癌（Hansen 等人，1990 年；国际癌症研究机构 2010 年；Le Masters 等人，2006 年；Kang 等人， 2008 年）。另一方面，研究表明，如果采取恰当措施，如个人保护设备和通风系统，接触可以大大降低。一项最近研究表明，在瑞典一家电子设备回收站，通过采取恰当的风险管理措施，BDE-209 对工人健康不构成威胁（Rosenberg 等人，2011 年；Thuresson 等人， 2006 年）。但是，在发展中国家和经济转型期国家由于通常没有风险降低措施，工人比发达国家的工人可能更多接触到 BDE-209 和其他物质（Tsydenova 和 Bengtsson，2011 年；UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2；国际劳工组织 2012 年）。

105. 商用十溴二苯醚水平总体在废水排放处附近和电子废物和回收站周围地区最高（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。因此废物的无害环境管理对达到足够的人类健康和环境保护水平很重要。这在发展中国家尤其重要，因为这些国家的废物处理常常在原始条件下进行，不使用现代工业流程，而且对工人的保护常常欠缺。鉴于商用十溴二苯醚在电子及电气设备中的广泛使用，而且电子废物是世界上增长最快的废物流（解决电子废物问题项目，2013 年）。电子及电气设备和电子废物尤其引人担忧。去年，全世界产生了 5000 万吨电子废物，地球上每个人平均约 7 公斤。此外，几百万吨的旧电子商品被非法出口至发展中国家及经济转型期国家，主要出口到东南亚，越来越多出口到西非和东欧。塞内加尔、乌干达、摩洛哥、哥伦比亚、秘鲁、肯尼亚、南非、柬埔寨和伊拉克也越来越成为电子废物的目的地（Ni 和 Zeng，2009 年；Zoeteman 等人，2010 年；国家劳工组织 2012 年引用 Schluep 等人， 2009 年）。这些国家中的处理通常是在非正规部门，导致很严重的环境污染和当地人口的健康风险。妇女和儿童构成了劳动力的重要部分（国际劳工组织 2012 年）。中国目前接收电子废物的比例全球最高，在中国的电子废物堆放点和回收站土壤中的 BDE-209 水平非常高（国际劳工组织 2012 年；Wang 等人，2010 年, 2011a,b, 2014 年；Gao 等人，2011 年， Li 等人，2013 年）。除了因职业暴露的拆卸工，居住在生产和回收厂周围的居民血液中的 BDE-209 水平也有所升高（见 UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。在孟加拉国和尼加拉瓜，废物处理点生活和工作的儿童血液中有 BDE-209 和其他危险化学品（Linderholm 等人，2011 年；Athanasiadou 等人，2008 年）。而且含多溴二苯醚电子废物的露天焚烧预计将数吨溴化二噁英和呋喃以及多氯二苯并对二英和多氯二苯并呋喃释放到环境中（Zennegg 等人，2009 年）。Ma 等人， （2009 年）报告称中国一处电子废物回收站的溴化二噁英和呋喃毒性当量浓度超过了环境样本中的多氯二苯并对二英和多氯二苯并呋喃的毒性当量浓度。而且，含商用十溴二苯醚的塑料电子垃圾还进入由回收塑料制成的接触食物物品，从而导致人类暴露和风险（Samsonek 和 Puype 2013 年；Puype 等人， 2015 年）。尽管对不含危险化学品材料的回收具有环境和经济效益，对含持久性有机污染物和其他危险化学品材料的回收应为了保护人类健康和环境而避免。对含商用十溴二苯醚材料回收的禁令也可以推动创新流程来探测废物中的持久性有机污染物，从而推动整个生命周期的产品标示系统，最终有可能促进实现高回收率，因为回收物已知不含危险化学品。这也可以对工人的条件产生积极影响，尤其在发展中国家（例如通过作为将回收业正规化的诱因）（国际劳工组织，2012 年）。

2.4.2 农业（包括水产业和林业）

106. 淘汰商用十溴二苯醚可以通过进一步终结一种持久性有机污染物向土壤的散布，而有利于农业和人类及野生动物健康。农业土壤受 BDE-209 污染是全球性问题，部分原因是使用污水淤泥作为肥料

（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。如 Sellstrøm（2005 年）和 de Wit（2005 年）所述，作为肥料施用淤泥之后，施用地点的 BDE-209 浓度水平比参考地点高出 100-1000 倍。如果将淤泥施用于土壤上，BDE-209 将转移进入生物群，并最终可能在生物链顶端的生物体内聚集（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。将污水淤泥施用于农业用地是一种管理污水淤泥的方法，但同时充分利用了农业中关键植物营养物质和有机物质。但是，如上文讨论的，该做法导致了 BDE-209 的环境释放。这也可能由于有机污染物的出现，如淤泥中的 BDE-209，带来人类和生态风险。因此，任何减少污水淤泥中 BDE-209 水平的措施和/或更好控制污水淤泥作为肥料使用的措施可能对一段时间内减少农业产品中的 BDE-209 水平发挥积极作用。

2.4.3 生物群（生物多样性）

107. 淘汰商用十溴二苯醚对于避免增加已处于危险的野生生物中的水平很重要。报告的负面作用引起人们对商用十溴二苯醚可能在人口和生态系统水平带来影响，并最终对生物多样性产生影响的担忧（见上文第 2.4.1 节 UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2）。除了对北极生态系统和生物多样性带来威胁，不仅是单独还是和其他持久性有机污染物一起（UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2，UNEP/POPS/POPRC.7/INF/16），商用十溴二苯醚和其他物质单独或一道可以在环境相关浓度下延迟蛙类的发育和变态（Shricks 等人，2006 年; Qin 和 Xia 2010 年），并改变雄蛙发声系统的解剖和功能（Ganser 2009 年）引人担忧。世界自然保护联盟濒危物种红色名录已将两栖类（蛙类包含其中）确定为被评估的最濒危的脊椎动物群，其中 41%面临灭绝危险，并敦促必须立即采取行动保护全世界剩下的两栖动物种群（世界自然保护联盟 2014 年，也见 Stuart 等人 2004 年）。两栖物种的灭绝和大幅减少已被归因于栖息地丧失、污染、火灾、气候变化、疾病和过度开发（世界自然保护联盟 2014 年；Hayes 等人，2010 年）。人造化学品可能会通过影响免疫系统/免疫反应、幼虫发育和成长、避免捕食的能力、繁殖成功率和存活率导致两栖动物数量的下降（Carey 和 Bryant 1995 年，也见 Hayes 等人， 2010 年）。由于接触商用十溴二苯醚导致的雄蛙发声系统的改变和延迟的变态/发育可能对一生的健康有影响（交配成功、捕食等）以及最终影响种群补充（van Allen 等人，2010 年；Hayes 等人，2010 年）。因此，在蛙类观察到的负面影响表明商用十溴二苯醚可能是导致全球蛙类数量下降的污染物之一。

2.4.4 经济方面和社会影响

108. 基于不同替代品价格、可用性和可得性的信息以及关于不同国家监管措施和使用的信息，对商用十溴二苯醚的使用实施禁令和/或限制的社会经济成本被认为很小，不及实行淘汰/管理的益处。欧盟限制提案中讨论的一个重要因素是尽管商用十溴二苯醚目前比评估的替代品价廉，成本差距可能随着对替代品需求的增加而逐步改变（欧洲化学品管理局，2014a）。

109. 仍生产商用十溴二苯醚的制造商的成本取决于一项限令/禁令如何影响商用十溴二苯醚化学替代品的生产与市场，也取决于制造工厂由商用十溴二苯醚向其他替代品过渡相关的技术费用（欧洲化学品管理局，2014a）。但是，已知商用十溴二苯醚仅在全球几个国家中制造，因此对生产的限令/禁令不会给世界大部分国家带来费用（或影响），将只会影响少数几个制造商，其中一些已经在生产和销售商用十溴二苯醚的替代品。而且，现有信息表明，替代品可在商用十溴二苯醚同一家生产工厂/生产线制造而无需对工厂进行大规模技术改造。因此，全球范围产业过渡费用被认为很低。

110. 该限令也可能影响商用十溴二苯醚进口商/供应商和下游工业/专业用户的经济。但是大部分进口商/供应商也进口和销售其他物质，包括商用十溴二苯醚的替代品（欧洲化学品管理局，2014a）。类似地，含商用十溴二苯醚物品的进口商可能也继续进口含替代阻燃剂的物品。关于下游工业/专业用户，已知它们转向替代品的能力可能有所不同。尽管大部分下游工业/专业用户能在不大幅增加费用的情况下过渡到商用十溴二苯醚替代品，在欧盟的一次公共协商中航空业收到的评论意见表明可能难以立即在用于飞机和国防硬件的产品中取代商用十溴二苯醚（欧洲化学品管理局 2014a）。航空业称，这主要因为技术挑战、与开发相关的费用和时间、资质和对飞机使用的替代材料的认证（由于严格的安全性和技术性能要求以及供应链复杂性）（欧洲化学品管理局，2014a）。一些汽车协会提出了类似的担忧，它们请求对现在生产的车辆和汽车部件进行豁免。

111. 对商用十溴二苯醚的限令也有可能影响回收业，但是很难预估具体的利与弊。目前，欧盟平均每年回收所有塑料废物的约 20%，其中仅有很小一部分为阻燃剂塑料（RPA，2014 年；欧洲化学品管理局，2014a）。在美国，电子及电气设备回收由于州法律要求，预计在未来有所上升，但 2012 年产生的全部塑料废物仅有 9%通过回收再利用（美国环保局，2014a,c）。将商用十溴二苯醚列入《斯德哥尔摩公约》将意味着含超过低持久性有机污染物阈限值的商用十溴二苯醚的塑料部件将不会被回收。尤其是废物电气及电子塑料和报废车辆的塑料（通常含有高水平的商用十溴二苯醚）可能受到影响（如 IVM，2013 年，也见第 2.2 节）。这可能带来社会成本，以投资分类塑料废物的昂贵设备和/或增加体力劳动需求的形式，或因对原生材料需求的增加以临时增加的资源需求的形式。但是，基于以上提及的研究，对回收业的经济影响似乎有限，鉴于含商用十溴二苯醚的塑料制品仅占目前回收的数量相对较少的塑料制品中较小的一部分。此外，多项研究（包括瑞典化学品管理署，2012 年；Wäger 等人，2010 年；Stenvall 等人，2013 年；北欧部长理事会，2015b）强调危险物质对回收塑料的市场价格有负面影响，被认为是回收废物电气及电子塑料和其他类型塑料的主要障碍。而且，多个国家和区域已经禁止或严格控制商用十溴二苯醚在电子及电气设备中的使用，意味着如果商用十溴二苯醚被列入《公约》，这些国家中对废物电气及电子塑料的回收不一定会受影响。对纺织品而言，欧盟和美国没有回收或仅有非常有限的回收（欧洲化学品管理局，2014a；美国环保局，2014a；RPA，2014 年）。因此，对此类废物不回收的假定社会成本很低。

112. 除了产业的代价，限制将商用十溴二苯醚投放市场可能会影响生产该物质公司的就业机会，以及包括商用十溴二苯醚本身及含商用十溴二苯醚物品进口商/出口商在内的供应链上的行为者。类似地，废物收集、分类、回收企业的就业也可能受影响。对就业的影响取决于如这些公司是否也生产和/或销售替代商用十溴二苯醚的替代品。根据欧洲化学品管理局（2014 年），没有理由假定生产商用十溴二苯醚或基于替代品的物品和产品所需的劳动力投入存在差异，而且对一家公司就业的负面影响（如果存在的话）应被对其他公司的正面影响大体抵消。换言之，对就业的影响主要是分布式的，对社会而言不构成代价。但是，雇员的重新部署总带来一些调整成本，例如与寻找新工作时临时失业相关的成本，尽管很难在实践中具体量化这些调整成本（欧洲化学品管理局，2014 年）。类似机制有可能也会影响废物和回收业的就业（见国际劳工组织，2012 年；北欧部长理事会，2015b）。降低的利润整体将倾向于更少的就业机

会，而潜在的新任务，例如分类，可能增加就业需求。在回收业对就业的净效应因此不确定。

113. 进一步探讨社会成本，由北欧部长理事会编写的一份新报告和最新的科学出版物表明如商用十溴二苯醚等内分泌干扰物质对社会是巨大的经济负担（北欧部长理事会 2014b；Bellanger 等人，2015 年；Hauser 等人，2015 年；Trasande 等人，2015 年；Legler 等人，2015 年）。根据北欧部长理事会的报告，内分泌干扰物质造成的男性生殖健康的负面影响，每年在欧盟国家因工作能力丧失和医疗费用造成至少 5900 万欧元到 12 亿欧元的经济损失。Hauser 等人 （2015 年）也报告了类似的结论，Hauser 推断欧盟男性生殖障碍和疾病的损失每年达到将近 150 亿欧元。此类研究中可能最相关的 Bellanger 等人（2015 年）表明多溴二苯醚和其他内分泌干扰物质很大程度上导致欧盟内的神经行为缺陷和疾病，很可能导致每年经济损失 1500 亿欧元以上。但是，北欧部长理事会的出版物、Bellanger 等人(2015 年) 和 Hauser 等人 (2015 年)都集中关注具体内分泌干扰物质、障碍和疾病，归因于神经干扰物质的总社会成本可能比这些研究提到的高得多。根据 Trasande 等人(2015)，仅最可能与障碍和疾病相关的内分泌干扰物质的中位损失就达到每年 1570 亿欧元，即欧盟国内生产总值的 1.23%。欧盟健康与环境联盟早先的一份报告（HEAL，2014 年）为该结论提供了支持。该报告包括与治疗人类不孕、隐睾、尿道下裂、乳腺癌、前列腺癌、儿童多动症、孤独症、超重、肥胖和糖尿病相关的费用，但未包括睾丸癌，推断欧盟与接触内分泌干扰物质相关的总费用每年可能高达 130 亿到 310 亿欧元（HEAL，2014 年）。

114. 除了健康及福利系统的损失，还有与含商用十溴二苯醚废物管理相关的费用和对受污染土壤和沉积物的补救。基于其他持久性有机污染物（如多氯联苯）的经验，这种补救既费时间又费资金。

115. 根据欧盟限制提案，欧盟所建议的对生产和使用商用十溴二苯醚进行限制被认为是控制其生产和使用所产生风险的恰当措施。更具体的是，显示的成本效益与先前依据《化学品注册、评价、授权和限制条例》对汞（该化学品在先前欧盟对汞和苯基汞的评估中被认为与具有持久性、生物蓄积性和毒性物质一样令人担忧，并具有远距离迁移特性）的限制相当（或更低）（欧洲化学品管理局，2014a）。

2.4.5 向可持续发展迈进

116. 消除商用十溴二苯醚符合旨在减少有毒化学品排放的可持续发展计划，并将化学品安全、可持续发展与减贫之间联系起来。有毒化学品（包括废物）的无害环境管理是《21 世纪议程》和《关于环境与发展的里约热内卢宣言》的一部分（联合国环境与发展会议，1992a,b）。这也是是国际化学品管理战略方针的一部分。《国际化学品管理战略方针全球行动计划》中包含支持降低风险的具体措施，通过推动使用安全有效的化学品替代品，包括那些具有剧毒性、持久性和生物蓄积性的有机化学品的非化学替代品（环境署，2006 年）。《化管战略方针》总体政策战略将持久性有机污染物列为需优先停止生产和使用并以更安全的替代品代替的一类化学品。

117. 对循环经济而言，回收和标示的设计对提升回收材料的质量和数量很重要（北欧部长理事会，2014c）。应用技术和系统让含危险化学品的部件能够以无害环境的方式分离和处理，将使得废物管理更加可持续，尤其在材料回收、再循环和再利用方面（见第 2.2 节）。

118. 在发展中国家，电子废物回收业的正规化，即将非正规部门加入到正规废物管理中，可以推动创造可持续的就业机会，而与此同时减少持久性有机污染物和其他危险化学品释放带来回收活动的负面环境和健康影响（国际劳工组织，2012 年）。

2.5 其他考虑因素

119. 将商用十溴二苯醚列入附件 A 无豁免情形将涉及易于沟通的控制措施，因此即使在化学管理基础设施有限的国家，也应当既有效又合适。关于替代品的信息已经可得，可以根据需要方便地进行沟通。在环境监测和生态监测方面，商用十溴二苯醚可以加入现有的其他持久性有机污染物的监控方案。缺乏必要基础设施充分监控商用十溴二苯醚生产和使用的国家可能需要额外的资源和基础设施。但是，分析化学的最新发展使得商用十溴二苯醚可以和其他多溴二苯醚（如列入《公约》的四溴二苯醚、五溴二苯醚、六溴二苯醚和七溴二苯醚同系物）一道被监控和测量，而不需要太多的额外费用。

120. 所有修订都已对其生效的《公约》缔约方需要履行《公约》规定的义务。为协助缔约方履行义务，《斯德哥尔摩公约》缔约方曾为列出的持久性有机污染物制定过编目指南，其目的是为缔约方提供一步步的指导，使其能够为新增持久性有机污染物编写清单，并制定战略/行动计划（第 SC-6/12 号决定，环境署 2014a,b）。该清单的目的是协助缔约方收集新增持久性有机污染物的国家基准数据，可以供《公约》国家联络点、国家实行计划审查和更新流程的协调人和负责编写清单工作组使用的信息。关注淘汰所列持久性有机污染物的其他利益攸关方也可能关心该清单。此外，也已制定其他类型的指导意见，例如依据《巴塞尔公约》的指导意见。

121. 确定哪些物品/产品含有和物品/产品是否含有某种化学品可能是一项挑战。国际化学品管理战略方针在国际化学品管理大会上承认这些挑战，并确定全球需要产品中所含化学品在整个生命周期的信息（SAICM/ICCM.2/15）。已启动了全球范围获取和交流此种信息的方案。这包括如电子产品、纺织品和玩具等产品，已知这些产品含有商用十溴二苯醚。

122. 为制订可以带来消除商用十溴二苯醚的有效战略，缔约方需要准确了解其本国与此类化学品相关的国内情况。如果商用十溴二苯醚被列入《公约》，缔约方大会因此不妨让持续性有机污染物审查委员会承担更新“《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》所列多溴二苯醚的编目指南”的任务，以协助《公约》缔约方履行其《公约》规定的义务，并协助他们逐步淘汰商用十溴二苯醚（环境署 2014a）。

3. 信息综述

3.1 风险简介信息摘要

123. 在 2014 年举行的第十次会议上，持久性有机污染物审查委员会通过了风险简介，并决定商用十溴二苯醚中的十溴二苯醚成分（BDE-209）由于远距离环境迁移可能导致对人体健康和环境造成严重的不利影响，因此有必要采取全球行动。

124. BDE-209 在土壤和沉积物中具有高度持久性，但已知其能够在环境和生物群中脱溴成为低溴多溴二苯醚。脱溴作用导致生物更多地合并接触多溴二苯醚的复杂混合物，包括已经被列为持久性有机污染物的各种溴化二苯醚。

125. BDE-209 是一种已在全球各地的城市、农村和偏远区域检测到的无处不在的全球性污染物。在北极和其他偏远区域的各种环境分区，包括空气、沉积物、雪、冰、土壤和生物群中都发现了 BDE-209。海洋和大气过程都会促成 BDE-209 远距离环境传输，但据信随空气颗粒物传输是主要的传输机制 。

126. 由于 BDE-209 的水溶性极低，膳食是水生和陆生食物链中接触 BDE-209 的最重要途径。尽管一些研究并未显示 BDE-209 具有生物累积性，而且也观察到营养稀释作用（TMF<1），但报告称一些水生和陆生生物中出现了生物累积现象。现有生物累积数据的含糊不清在很大程度上反映出物种在摄取、代谢和消除方面的差异。

127. 生物群中广泛监测到商用十溴二苯醚，在一些物种中的身体负荷量很高。BDE-209 可以从母体转移至后代，在早期发育阶段就会接触该物质。 有报告称在鱼类、两栖类、鸟类和驯鹿中出现了从母体向卵和后代转移的情况。对于人类，在早期发育阶段就能通过经胎盘转移在子宫接触 BDE-209 或经母乳在产后接触 BDE-209。此外，由于灰尘接触量较高，婴幼儿体内的 BDE-209 和其他多溴二苯醚负载量高于成人。

128. 有证据显示 BDE-209 能对鱼类、蚯蚓、小鼠和大鼠的生殖健康和产出造成不良影响，还会对两栖类、啮齿类和人类产生发育毒性和神经毒性作用。而且人们担心 BDE-209 和其他多溴二苯醚叠加发挥作用，可能在达到环境相关浓度的情况下在人类和野生动物中诱导发育神经毒性。现有毒性数据表明，BDE-209 可能作为内分泌干扰物质，干扰鱼类、两栖类、大鼠、小鼠和人类体内的甲状腺素平衡，并且可能干扰类固醇激素平衡。再加上脱溴、合并接触 BDE-209 与其他有类似作用的多溴二苯醚以及 BDE-209 在土壤和沉积物中的高持久性，共同增加了出现慢性长期不良影响的可能性。

3.2 风险管理评价信息摘要

129. 淘汰商用十溴二苯醚预计会在全球范围对可持续发展的带来积极影响。但是，如果对商用十溴二苯醚的生产、使用和废物管理不加控制，环境中的水平（包括人类和野生动物）将可能继续上升，甚至在偏远地区也是如此。

130. 商用十溴二苯醚是一种人工合成物质，不会自然出现。目前商用十溴二苯醚只在全球几个国家中生产。许多国家已经限制或启动自愿方案来淘汰使用商用十溴二苯醚。这成功带来了使用替代阻燃剂、重新设计和替代方法来实现产品的阻燃要求。但是，商用十溴二苯醚及其主要成分 BDE-209 的环境释放在所有被调查地区都在继续。

131. 尽管释放也可能在生产过程中出现，商用十溴二苯醚的排放主要归因于使用中物品和废物的释放。因此，对商用十溴二苯醚的生产和使用实施全球禁令，并采取恰当的废物管理措施对实现未来人类和野生动物减少接触至关重要。

132. 商用十溴二苯醚有许多应用，用于社会不同部门。不仅用于电脑和电视等电子及电气设备、电线和电缆，还用于粘合剂、密封剂、涂料、油墨和管道。商用十溴二苯醚也广泛用于公共建设的商业纺织品、住宅家具的纺织品和运输部门中。全球高达 90%的商用十溴二苯醚用于塑料制品，主要用于电子产品，而剩下的用于涂层纺织品、软包家具和床垫。

133. 汽车和航空业正在逐步淘汰商用十溴二苯醚。但是，一些业内观察人士对使用中物品的维护和替换部件以及根据现有型号批准证正在生产的车辆/飞机

提出担忧。提供的理由和技术及经济问题相关，表明可能需要在运输部门实行豁免。但是，防火安全新要求和认证机制不一定需要使用商用十溴二苯醚或其他阻燃剂。在需要以另一种阻燃剂替代的情况下，已有现成的化学替代品，可以在大部分塑料和纺织品应用中取代商用十溴二苯醚。但是，在许多情况下，也可以通过使用如内在阻燃材料和使用不同的技术方案（即屏障或产品的完全重新设计）等替代技术实现阻燃性。这些替代技术可以在多种材料和应用中使用，已用在纺织品、电子制品、飞机和其他运输方式上。

134. 含商用十溴二苯醚商品的使用寿命全球范围有所不同，但是预计平均达到 10 年，因此报废产品将在未来多年内进入废物流，成为未来的排放源。根据《公约》（第 6(1)(d)（二）条），含商用十溴二苯醚的废物以销毁其持久性有机污染物成分或使之发生永久质变的方式予以处置，从而有效消除废物中商用十溴二苯醚的排放和相关暴露。现有不同以无害环境方式处理含持久性有机污染物废物的技术。在不间断监控的先进设施中的受控焚烧和严格遵守《公约》最佳可得技术/最佳环保做法指南，是处理含商用十溴二苯醚废物的一种方式，可以进行能量回收。高温焚烧一般被认为可以有效地销毁如商用十溴二苯醚等持久性有机污染物，同时形成少量的二噁英和呋喃。在销毁或永久质变并非可取的环境备选方法的情况下，各国也可以将此类废物以无害环境的其他方式予以处置，如采用特别设计的土地填埋方式加以处置。

135. 分类和分离废弃物成分可以用来实现更加可持续的废物管理，分离技术包括手动和自动地分类废物组成部分，也包括含有如溴化阻燃剂等危险化学品的组成部分。先进分离技术已经应用于废物管理部门，全球范围内可得。但是，在发展中国家废物处理主要由非正规部门完成，未使用先进的工业流程，分类手动进行而未使用足够的保护和通风设施，导致人员和环境的暴露。在发展中国家将非正规部门纳入正规的废物管理可以推动提升可持续性。

136. 少数几个缔约方建议可能需要对回收进行豁免。但是，对含十溴二苯醚材料的回收将不可避免地导致更广的人员和环境污染和多溴二苯醚的扩散。如果目标是消除商用十溴二苯醚的排放和接触，此种回收应当避免。最近有报告称受商用十溴二苯醚污染的回收材料制成的塑料托盘有可能出口，而且该回收物可能会用于产品而对人类健康构成危害。最近的研究在接触食物的材料和源于回收塑料的塑料托盘制成的儿童玩具中探测到商用十溴二苯醚。而且，不允许对持久性有机污染物阈限值以上的商用十溴二苯醚进行回收的社会经济影响似乎有限，一个重要原因是含商用十溴二苯醚的塑料制品和纺织品的回收率很低。

3.3 拟议风险管理措施

137. 减少商用十溴二苯醚释放的最有效控制措施是将商用十溴二苯醚中的十溴二苯醚成分（BDE-209）列入附件 A，无豁免情形。将商用十溴二苯醚中的十溴二苯醚成分（BDE-209）列入附件 A 还将意味着《公约》第 3 条关于进出口的规定和第 6 条关于库存和废物的识别和妥善处理的规定同样适用。根据缔约方和观察员提交的附件 F 信息，未确定商用十溴二苯醚的关键用途。除了上文讨论的提出需要回收豁免，多位业内观察人士提出可能需要对运输部门在用物品的维护和部件替换进行豁免。但是，根据《公约》附件 A 或 B 的淘汰或限制不适用于在某一化学品的相关义务生效之日或该日期之前已生产或已在用的物品。这表明对商用十溴二苯醚所有用途的全面淘汰是可能的，其用途很大程度上并不关键。

4. 结论声明

138. 决定商用十溴二苯醚中的十溴二苯醚成分（BDE-209）由于远距离环境迁移很可能会导致对人体健康和/或环境产生严重的不利影响，因此有必要采取全球行动；

139. 编制了一份风险管理评价并审议了管理备选方案；

140. 持久性有机污染物审查委员会建议斯德哥尔摩公约缔约方大会根据《公约》第 8 条第 9 款考虑将商用十溴二苯醚中的十溴二苯醚成分（BDE-209）列入附件 A 并列明同其相关的控制措施。

参考资料

ACAP, Arctic Contaminants Action Programme (2007). Final Report of Phase I of the ACAP Project on Brominated Flame Retardants (BFRs) Phase I: Inventory of sources and identification of BFR alternatives and management strategies. AMAP Report 2007:6, SFT Report TA-2440/2008.

AMAP. Arctic Monitoring and Assessment Programme (2009). Arctic Pollution 2009, Oslo. 83 pp.

ACFSE (2001) The Fire Safety of Upholstered furniture, Alliance for Consumer Fire Safety in Europe, Belgium.

Albemarle (2013). Product selector guide. [Online] Available at: http://www.albemarle.com/. [Accessed 15 November 2013].

Apple Inc.[Online] Available at: http://www.apple.com/environment/toxins/[Accessed 6 July 2015].

Athanasiadou M, Cuadra SN, Marsh G, Bergman A, Jakobsson K. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and bioaccumulative hydroxylated PBDE metabolites in young humans from Managua, Nicaragua. Environ Health Perspect. 2008 Mar;116(3):400-8.

The Basel Action Network (BAN), The Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC), Toxics Link India, SCOPE (Pakistan), Greenpeace China. Exporting harm: the high-tech trashing of Asia. Seattle,WA, and San Jose, CA;February 25th, 2002.

Basel Convention (2015a). Draft Technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether, and tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether.

Basel Convention (2015b). Draft updated general technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (Draft of 1 December 2014). [Online] Available at: http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/TechnicalGuidelines/tabid/2381/Default.aspx[Accessed 6 July 2015].

Basel Convention (1995). Basel Convention Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill (D5).

Bellanger M, Demeneix B, Grandjean P, Zoeller RT, Trasande L. Neurobehavioral Deficits, Diseases and Associated Costs of Exposure to Endocrine Disrupting Chemicals in the European Union. J Clin Endocrinol Metab. 2015 Mar 5:jc20144323. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 25742515.

Bi XH, Thomas GO, Jones KC, Qu WY, Sheng GY, Martin FL, (2007). Exposure of electronics dismantling workers to polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, and organochlorine pesticides in South China. Environ Sci Technol 41(16):5647-5653.

BIR, Bureau of International Recycling. [Online] Available online at: http://www.bir.org/industry/textiles/?locale=en_US. [Accessed 11 March2015].

Blomqvist P, Andersson P and Simonson M (2007a). Fire emissions of organics into the atmosphere. Fire Technology 43, 213-231.

Blomqvist P, Andersson P and Simonson M (SP) and van den Berg M and Canton RF (IRAS) (2007b). Review of fire emissions from products with and without BFRs and the hazard of exposure for fire fighters and clean-up crews. Report from SP (SP Technical Research Institute of Sweden) and IRAS (Institute for Risk Assessment Sciences): 74, pp1-39.

Breivik K, Armitage JM, Wania F, Jones KC (2014). Tracking the global generation and exports of e-waste. Do existing estimates add up? Environ Sci Technol. 48(15):8735-43.

Breivik K, Sweetman A, Pacyna J, Jones K (2002). Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach: 1. Global production and consumption. Sci Total Environ 290:181-198

BSEF, Bromine Science and Environmental Forum (2015a).[Online] Available at: http://www.bsef.com/regulation/asia-pacific/china [Accessed 5 March2015].

BSEF, Bromine Science and Environmental Forum (2015b).[Online] Available at: http://www.bsef.com/regulation/asia-pacific/india. [Accessed 5 March 2015]

BSEF, Bromine Science and Environmental Forum (2012). Brominated flame retardant: decabromodiphenyl ether fact sheet. October 2012. [Online] Available at: http://www.bsef.com/uploads/Deca_factsheet_25-10-2012.pdf[Accessed 6 July 2015].

BSEF, Bromine Science and Environmental Forum. (2007). About Bromine. [Online] Available at: http://www.bsef.com/. [Accessed October 2007].

Buekens A and Yang J (2014). Recycling of WEEE plastics: a review. J. Mater. Cycles Waste Manage. 16, 415–434.

Buser AM, Morf LS, Taverna R, Bader HP, Scheidegger R (2007a). Temporal behaviour of the anthropogenic metabolism of selected brominated flame retardants: Emissions to the environment. BFR 2007, 4th International Workshop on Brominated Flame Retardants, Amsterdam, The Netherlands, 24-27 April, 2007.

Carey C, Bryant CJ. Possible interrelations among environmental toxicants, amphibian development, and decline of amphibian populations. Environ HealthPerspect. 1995 May;103 Suppl 4:13-7.

CBUF, Sundström, B. (ed.) (1995): Fire Safety of Upholstered Furniture – The final report on the CBUF research programme. Appendix A7 Furniture Calorimeter test protocol Report EUR 16477 EN Directorate-General Science (Measurements and Testing). European Commission. Published by Interscience Communication Ltd, London.

Chen S, Ma YJ, Wang J, Chen D, Luo XJ, Mai BX (2009). Brominated flame retardants in children's toys: Concentration, composition, and children's exposure and risk assessment. Environ Sci Technol; 43:4200–4206.

Chen D, Mai B, Song J, Sun Q, Luo Y, Luo X, (2007a). Polybrominated Diphenyl Ethers in Birds of Prey from Northern China. Environ Sci Technol 41(6):1828-1833.

Christiansson A, Eriksson J, Teclechiel D, Bergman A. (2009). Identification and quantification of products formed via photolysis of decabromodiphenyl ether. Environ Sci Pollut Res Int 16(3):312-21.

CPA, Clean Production Action (2007). The Green Screen for Safer Chemicals version 1.0: Evaluating Flame Retardants for TV Enclosures. [Online] Available at:http://www.chemicalspolicy.org/downloads/Green_Screen_Report.pdf.[Accessed 6 July 2015].

CPA, Clean Product Action (2015). http://www.cleanproduction.org/news/article/greenscreen-science-at-its-best

Danish EPA, Danish Environmental Protection Agency(2007). Mapping of decabromodiphenyl ether (decaBDE) in other products than electrical and electronical products.

DiGangi J, Blum A, Bergman A, de Wit CA, Lucas D, Mortimer D, Schecter A, Scheringer M, Shaw SD, Webster TF, (2010). San Antonio statement on brominated and chlorinated flame retardants. Environ Health Perspect 118:516 – 518.

DME, Danish Ministry of the Environment (2007). Health and Environmental Assessment of Alternatives to Deca-BDE in Electrical and Electronic Equipment.

DME, Danish Ministry of the Environment (2006). Deca-BDE and Alternatives in Electrical and Electronic Equipment, Environmental project No. 1141/2006, pp. 1-93. Authors: Lassen C. et al.

DBIS, 2014, Department for Business Innovation & Skills, London UK. Furniture and Furnishings (Fire) (Safety) Regulation 1988; Consultation on proposed amendments to Schedule 5 –the Match Test-Part 1 and Schedule 4 -the Cigarette Test, August 2014.

De Wit C, Ulla Sellström U, Nadja Lundgren N, Mats Tysklind M (2005). Higher brominated diphenyl ethers in earthworms and reference and sewadge-sludge amended soils. Organohalogen Compounds - Volume 67.

Dong Y, Fu S, Zhang Y, Nie H, Li Z (2014) Polybrominated diphenyl ethers in atmosphere from three different typical industrial areas in Beijing, China. Chemosphere S0045-6535(14)01363-0. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.11.043

DuPont. (2010). Inherent versus Treated Flame Resistant Fabrics. [Online] Available at: http://www2.dupont.com/Personal_Protection/en_US/products/Nomex/nomexind/nomex_industrial_faq.html#5QD.[Accessed 6 July, 2015].

ECA, Environment Canada (2011) Environmental Monitoring and Surveillance in Support of the Chemicals Management Plan. PBDEs in the Canadian Environment. Environment Canada Fact sheet.p. 1-10.

ECA, Environment Canada (2010) Proposed risk management strategy for polybrominated diphenyl ethers (PBDEs).

ECA, Environment Canada (2008). The Polybrominated Diphenyl Ethers Regulations (SOR/2008-218) under the Canadien Environmental Protection Act, 1999.

ECB, European Chemicals Bureau (2007). Review on production processes of decabromodiphenyl ether (decaBDE) used in polymeric application in electrical and electronic equipment, and assessment of the availability of potential alternatives to decaBDE. Institute on Health and Consumer Protection.

ECB, European Chemicals Bureau (2002). European Union Risk Assessment Report: Bis(pentabromophenyl) ether. 1st priority list, Volume 17, Luxemburg: European Communities.

ECHA, European Chemicals Agency (2014a). Annex XV restriction report proposal for a restriction. Substance name: Bis(pentabromophenyl) ether, IUPAC name: 1,1'-oxybis(pentabromobenzene), EC number: 214-604-9, CAS number:

1163-19-5. European Chemicals Agency, Helsinki, Finland prepared in collaboration with the Norwegian Environment Agency. Version number: 1.0.

ECHA, European Chemical Agency (2014b). Decision on substance evaluation pursuant to Article 46 (1) of regulation (EC) NO 1907/2006 for 1,1'-(ethane-l,2-diyl)bis[pentabromobenzene], CAS No 84852-53-9 (EC No284-366-9)

ECHA, European Chemicals Agency (2013b). ECHA dissemination portal. [Online] Available at: http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/registered-substances[Accessed 12 November 2013].

ECHA European Chemicals Agency (2012a). Support Document Bis(pentabromophenyl) ether [decabromodiphenyl ether] (Member State Committee, 29 November 2012).

ECHA, European Chemicals Agency (2012b). Agreement of the member state committee On the identification of bis(pentabromophenyl) ether [decabromodiphenyl ether], (Member State Committee, 29 November 2012).

ECHA, European Chemicals Agency (2012c). Annex XV dossier. Proposal for Identification of a PBT/vPvB Substance. Bis(pentabromophenyl)ether (decabromodiphenyl ether; decaBDE). July 2012-final. Submitted by the United Kingdom, August 2012. [Online] Available at: http://echa.europa.eu/documents/10162/13638/SVHC_AXVREP_pub_EC_214_604_9_decabromodiphenylether_en.pdf [Accessed 6 July 2015].

Ebert J, Bahadir M (2003). Formation of PBDD/F from flame-retarded plastic materials under thermal stress. Environ Int. 2003;29(6):711-6.

EFSA, European Food Safety Authority Panel(2011). European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food. EFSA Journal, 9 (5), 2156. doi.10.2903/j.efsa.2011.2156. [Online] Available at: http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2156.pdf[Accessed 6 July 2015].

Ebert J, Bahadir M (2003) Formation of PBDD/F from flame-retarded plastic materials under thermal stress, Environ Int 29: 711-716.

EBFRIP, European Brominated Flame Retardant Industry Panel. (2005): Recycling of bromine from plastics containing brominated flame retardants in state-of the-art combustion facilities.

ENFIRO (2013). Final Report Summary - ENFIRO (Life Cycle Assessment of Environment-compatible Flame Retardants (Prototypical case study)).[Online] Available at:http://cordis.europa.eu/publication/rcn/15697_en.html[Accessed 6 July 2015].

Earnshaw MR, Jones KC, Sweetman AJ (2013). Estimating European historical production, consumption and atmospheric emissions of decabromodiphenyl ether. Sci tot Environ 447: 133-142.

Gao S, Hong J, Yu Z, Wang J, Yang G, Sheng G, Fu J (2011). Polybrominated diphenyl ethers in surface soils from e-waste recycling areas and industrial areas in South China: concentration levels, congener profile, and inventory. Environ Toxicol Chem. 30(12):2688-96.

Ganser, LR (2009), Anatomy and Function of the African Clawed Frog Vocal System is Altered by the Brominated Flame Retardant, PBDE-209. University of Miami 2009. Open Access Dissertations. Paper 245. [Online]Available at: http://scholarlyrepository.miami.edu/oa_dissertations[Accessed 6 July 2015].

Gnosys, University of Bolton & Oakdene Hollins 2010. Fire Retardant Technologies: safe products with optimised environmental hazard and risk performance, s.l.: s.n.

Great Lakes (2013). Emerald Innovation™ 1000. [Online]Available at: http://www.greatlakes.com/Flame_Retardants/Products/Emerald_Innovation_1000. [Accessed 19 November 2013].

GuillaumeE, Chivas C and Sainrat A (2008). Regulatory issues and flame retardant usage in upholstered furniture in Europe. [Online]Available at:http://www.see.ed.ac.uk/FIRESEAT/2008.html

Hamm S, Strikkeling M, Ranken PF, Rothenbacher KP (2001).Determination of polybrominated diphenyl ethers and PBDD/Fs during the recycling of high impact polystyrene containing decabromodiphenyl ether and antimony oxide. Chemosphere 44(6):1353-60.

Hansen, ES (1990). Acohort study on the mortality of firefighters.Br.J.Ind.Med.47, 805–809.

Hayes TB, Falso P, Gallipeau S, Stice M (2010). The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's perspective. J Exp Biol. 15;213(6):921-33.

Hauser R, Skakkebaek NE, Hass U, Toppari J, Juul A, Andersson AM, Kortenkamp A, Heindel JJ, Trasande L (2015).Male Reproductive Disorders, Diseases, and Costs ofExposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union. J ClinEndocrinol Metab. 5:jc20144325. [Epub ahead of print]

HEAL, Health and Environment Alliance (2014) Health costs in the European Union – How much is related to EDCs?[Online]Available at: http://www.env-health.org/IMG/pdf/18062014_final_health_costs_in_the_european_union_how_much_is_realted_to_edcs.pdf[Accessed 6 July 2015].

IARC, International Agency for Research on Cancer (2010).Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans.Volume 98.Painting, firefighting, and shiftwork. [Online]Available at: http://www.monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol98/mono98-7.pdf[Accessed 6 July 2015].

IKEA 2014. Sustanability report FY14. [Online]Avalable at: http://www.ikea.com/ms/no_NO/pdf/sustainability_report/sustainability_report_2014.pdf

Illinois, Illinois Environmental Protection Agency (EPA) (2007). Report on Alternatives to the Flame Retardant DecaBDE: Evaluationof Toxicity, Availability, Affordability, and Fire Safety Issues. A report to the Governor and the General Assembly.

Illinois, Illinois Environmental Protection Agency (EPA) (2006). A Report to the General Assembly and the Governor In Response to Public Act 94-100 DecaBDE Study: A Review of Available Scientific Research.

ILO, International Labour Office (2012). The global impact of e-waste: Addressing the challenge. Author Karin Lundgren. Program on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork), Sectorial activities Department (SECTOR), Geneva, pp 1-71.

IUCN, International Union for Conservation of Nature (2915). [Online] Available at:http://www.iucn.org/about/. [Accessed 02 February.2015].

IVM (2013) POP Stream, POP-BDE waste streams in the Netherlands: analysis and inventory (R13-16). Institute for Environmental Studies, The Netherlands.

Jayakody C, Myers D, Sorathia U, Nelson GL. 2000. Fire-retardant characteristics of waterblown molded flexible polyurethane foam materials. J Fire Sci 18:430-455

Jinhui L, Yuan C, Wenjing X. Polybrominated diphenyl ethers in articles: a review of its applications and legislation. Environ Sci Pollut Res Int. 2015 May 20. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 25987476

Kajiwara, N., J. Desborough, S. Harrad, and H. Takigami. (2013). Photolysis of brominated flame retardants in textiles exposed to natural sunlight ENVIRONMENTAL SCIENCE-PROCESSES & IMPACT 15:653-660.

Kajiwara N, Takigami H (2013b). Emission behavior of hexabromocyclododecanes and polybrominated diphenyl ethers from flame-retardant-treated textiles. Environ Sci Process Impacts.15(10):1957-63.

Kajiwara, N., Y. Noma, and H. Takigami. (2008). Photolysis studies of technical decabromodiphenyl ether (DecaBDE) and ethane (DeBDethane) in plastics under natural sunlight. Environmental Science & Technology 42:4404-4409.

Kang, D.,Davis,L.K.,Hunt,P.,Kriebel,D.,2008.Cancer incidence among male Massachusetts firefighters, 1987–2003.Am.Ind.Hyg.Assoc.51,329–335.

Kelly BC, Ikonomou MG, Blair JD, Morin AE, Gobas FA (2007). Food web-specific biomagnification of persistent organic pollutants. Science 2007:13;317(5835):236-9. Erratum in: Science. 2007;318(5847):44.

KemI, Swedish Chemical Agency (2014). Chemicals in textiles – Risks to human health and the environment. Report from a government assignment. Report 6/14, pp 1-140.[Online]Available at: http://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Rapporter/Report6-14-Chemicals-in-textiles.pdfAccessed 6 July 2015].

KemI, Swedish Chemical Agency (2012). Material Recycling without Hazardous Substances – Experiences and future outlook of ten manufacturers of consumer products. Report PM 14/12, pp 1-88.[Online]Available at: https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/PM/PM14-12-Recycled-materials.pdf [Accessed 6 July 2015].

KemI, Swedish Chemical Agency (2006).Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD. Report 1/06. Author: Posner, pp 1-43. [Online]Available at: https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/PM/PM1_06.pdf [Accessed 6 July 2015].

KemI, Swedish Chemical Agency (2005).Survey and technical assessment of alternatives to Decabromodipenyl ether (decaBDE) in plastics. Authors: Posner S, Börås. Report No 1/05, pp 1-34.[Online]Available at: https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Rapporter/Rapport1_05.pdf[Accessed 6 July 2015].

Kim M, Guerra P, Theocharides M, Barclay K, Smyth SA, Alaee M (2013a). Polybrominated diphenyl ethers in sewage sludge and treated biosolids: effect factors and mass balance. Water Res. Nov 1;47(17):6496-505.

Kim, M., et al. (2013b). "Parameters affecting the occurrence and removal of polybrominated diphenyl ethers in twenty Canadian wastewater treatment plants." Water Res 47(7): 2213-2221.

Klif, Climate and Pollution Agency (2011). Exploration of management options for HBCDD. Report to the 8th meeting of the UNECE Task Force on Persistent Organic Pollutants, Montreal 18-20 May 2010 (updated 18 August 2010). Report TA-2818/2011. Authors: Posner S, Roos S, Olsson E., Swerea IVF AB pp 1-84.[Online]Available at: http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2818/ta2818.pdf[Accessed 6 July 2015].

Klif,Climate and Pollution Agency Norway (2008). Current State of Knowledge and Monitoring requirements for emerging ”new” brominatedflame retardants in flame retarded products and the Environment.Report TA-2462/2008.[Online]Available at: http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2462/ta2462.pdf [Accessed 6 July 2015].

LCSP, Lowell Center for Sustainable Production (2015). US State-level Chemicals Policy Database. [Online]Available at: http://www.chemicalspolicy.org/chemicalspolicy.us.state.database.php[Accessed 16 March 2015].

LCSP, Lowell Center for Sustainable Production (2009). A new way of thinking: The Lowell Center Framework for Sustainable Products. University of Massachusetts Lowell.

LCSP, Lowell Center for Sustainable Production (2005).Decabromodiphenylether: An investigation of non-halogen substitutes in electronic enclosure and textile applications. University of Massachusetts Lowell.

Legler J, Fletcher T, Govarts E, Porta M, Blumberg B, Heindel JJ, Trasande L. Obesity, Diabetes, and Associated Costs of Exposure to Endocrine-DisruptingChemicals in the European Union. J Clin Endocrinol Metab. 2015 Mar 5:jc20144326. [Epub ahead of print]

LeMasters GK, Genaidy AM, Succop P, Deddens J, Sobeih T, Barriera-Viruet H, Dunning K, Lockey J (2006). Cancer risk among firefighters: a review and meta-analysisof 32 studies. J Occup Environ Med. 2006;48(11): 1189-202.

Levchik, S. (2010). Uses of Decabromodiphenyl Oxide (DecaBDE) Flammability Standards Design for the Environment Kick Off Meeting, Crystal City, VA.

Li Y, Duan YP, Huang F, Yang J, Xiang N, Meng XZ, Chen L (2013). Polybrominated diphenyl ethers in e-waste: Level and transfer in a typical e-waste recycling site in Shanghai, Eastern China. Waste Manag.S0956-053X(13)00409-1.

Lin, Y.-M., et al. (2012). "Emissions of Polybrominated Diphenyl Ethers during the Thermal Treatment for Electric Arc Furnace Fly Ash." Aerosol and Air Quality Research 12: 237-250.

Linderholm L, Jakobsson K, Lundh T, Zamir R, Shoeb M, Nahar N, Bergman Å. Environmental exposure to POPs and heavy metals in urban children from Dhaka,Bangladesh (2009). J Environ Monit. 2011;13(10):2728-34.

Ma J, Addink R, Yun SH, Cheng J, Wang W, Kannan K. Polybrominated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans and polybrominated diphenyl ethers in soil, vegetation, workshop-floor dust, and electronic shredder residue from an electronic waste recycling facility and in soils from a chemical industrial complex in eastern China. Environ. Sci. Technol., 43 (2009), pp. 7350–7356.

Maine, Maine Department of Environmental Protection (2010). Decabromodiphenyl Ether Flame Retardant in Plastic Pallets: A Safer Alternatives Assessment. By Pure Strategies Inc.

Maine (2008). Second Regular Session - 124th Maine Legislature. An Act To Clarify Maine's Phaseout of Polybrominated Diphenyl Ethers.[Online] Available at: http://www.mainelegislature.org/legis/bills/bills_124th/billtexts/HP110501.asp[Accessed 16 March 2015].

Maine, Maine Department of Environmental Protection and Maine Center for Disease Control and Prevention (2007a), Brominated Flame Retardants: Third Annual Report to the Maine Legislature (p.25-26, 35), January 2007.

Maine, Maine Department of Environmental Protection and Maine Center for Disease Control and Prevention (2007b), Brominated Flame Retardants: Third Annual Report to the Maine Legislature (p.26, 35), January 2007 2007b.

Molyneux, Stec AA, Hull R (2014) The effect of gas phase flame retardants on fire effluent toxicity, Polymer Degradation and Stability 106:36-46

Morf LS, Buser AM, Taverna R, Bader H-P, Scheidegger R (2008). Dynamic substance flow analysis as a valuable risk evaluation tool a case study for brominated flame retardants as an example of potential endocrine disrupters. CHIMIA Int J Chem62:424–31.

Morf, LS, Buser AM, Taverna R, Bader HP, Scheidegger R. (2007). Efficient measures in waste management as a key factor to reduce emissions of BFRs: Case study results for DecaBDE in Switzerland and global implications. Organohalogen Compounds, 69, 916-919.

Morf L, Smutny R, Taverna R, Daxbeck H. Selected polybrominated flame retardants, PBDEs and TBBPA—substance flow analysis. Berne: Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape; 2003.

NCM, Nordic Council of Ministers (2015a). WEEE Plastics Recycling. A guide to enhancing the recovery of plastics from waste electrical and electronic equipment. Authors: John B et al[Online]Available at: http://dx.doi.org/10.6027/ANP2015-713 [Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers. (2015b). Economic Policy Instruments for Plastic Waste – A review with Nordic perspectives. Report TemaNord 2014:569. Authors: Hennlock M et al. [Online]Available at: http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:791794/FULLTEXT02.pdf[Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers (2014a). Plastic value chains.Case: WEEE (Waste Electric and electronicequipment) in the Nordic region. Baxter et al., Report TemaNord 2014:542[Online]Available at: http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:721021/FULLTEXT01.pdf[Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers (2014b). The Cost of Inaction - A Socioeconomic analysis of costs linked to effects of endocrine disrupting substances on male reproductive health. Authors: Olsson I.M. et al. Report TemaNord 2014:557[Online]Available at:http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:763442/FULLTEXT04.pdf[Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers (2014c). Addressing resource efficiency through the Ecodesign Directive. A review of opportunities and barriers. Authors: Dalhammar C. et al. Report TemaNord 2014:511,[Online]Available at: http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:710881/FULLTEXT01.pdf[Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers (2005). Measurements During Incineration of Waste Containing Bromine. Report TemaNord 2005:529Authors: Borgnes D. et al.[Online] Available at: http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:702261/FULLTEXT01.pdf[Accessed 6 July 2015].

NEA, Norwegian Environment Agency (2012). Some environmentally harmful substances in sewage sludge – occurrence and environmental risk. Report TA-3005/2012.pp 1-37.[Online]Available at: http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/3005/ta3005.pdf[Accessed 6 July 2015].

NERI Technical Report No. 481 2003. Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Sewage Sludge and WastewaterMethod Development and Validation. National Environmental Research Institute Ministry of the Environment. Denmark. pp.1-34.

New York State Department of Health (2013) Report of the New York State Task Force on Flame Retardant Safety[Online]Available at: http://www.health.ny.gov/environmental/investigations/flame/docs/report.pdf[Accessed 6 July 2015].

NFPA, National Fire Protection Association (2013). Home structure fires. [Online]Available at: http://www.nfpa.org/~/media/Files/Research/NFPA%20reports/Occupancies/oshomes.pdf[Accessed 6 July 2015].

NFPA, The Norwegian Fire Protection Association (2014). [Online]Available at: http://www.brannvernforeningen.no/Brannstatistikk/Boligbranner-antatt-arnested[Accessed 6 July 2015].

Ni, H.-G.; Zeng, E.Y. 2009. “Law enforcement and global collaboration are the keys tocontaining e-waste tsunami in China”, in Environmental Science & Technology, Vol. 43,No. 11, pp. 3991–3994.

NIFV,Netherlands institute for safety(2009). Consumer fire safety: European statistics and potential fire safety measures. Authors: M. Kobes (BBE, MIFireE), K. Groenewegen, (Ter Morsche), M.G. Duyvis, J.G. Post. Report commissioned by Consumer Council, Austrian Standards Institute, pp 1-57.[Online]Available at: http://www.verbraucherrat.at/content/01-news/05-archiv-2009-2010/01-studie-brandschutz/firesafetyconsumer.pdf [Accessed 6 July 2015].

NTP (National Toxicology Program). 1990. Final Report on the Reproductive Toxicity of Boric Acid (CAS NO. 10043-35-3) in CD-1 Swiss Mice. National Toxicology Program. NTP Report no.90-150

Odabasi M, Bayram A, Elbir T, Seyfioglu R, Dumanoglu Y, Bozlaker A, Demircioglu H, Altiok H, Yatkin S, Cetin B (2009). Electric arc furnaces for steel-making: hot spots for persistent organic pollutants. Environ Sci Technol. 43(14):5205-11.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (2014): Risk management of installations and chemicals. Brominated Flame Retardants. [Online]Available at: http://www.oecd.org/env/ehs/risk-management/brominatedflameretardants.htm[Accessed; 27 February 2014].

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (1998). Waste Management Policy Group 1998. Report on incineration of products containing brominated flame retardants. pp. 1-11.

OSPAR, The Convention for the Protection of the marine Environment of the North-East Atlantic (2009). OSPAR Background Document on certain brominated flame retardants – Polybrominated Diphenylethers, Polybrominated Biphenyls, Hexabromo Cyclododecane, Update 2009. Hazardous Substances Series. OSPAR Commission.

Oregon (2011). Decabrominated diphenyl ether and other flame retardants banned inOregon products. Interpretive and Policy Guidance from the Oregon Health Authority. [Online] Available at: http://3vlyi21yjf3t3ecx1148lncoeyk.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2011/02/PBDEGuidance.Final_.pdf[Accessed 6 July 2015].

Palm A, Cousins IT, Mackay D, Tysklind M, Metcalfe C, Alaee M (2002). Assessing the environmental fate of chemicals of emerging concern: a case study of the polybrominated diphenyl ethers. Environ Pollut117:195–213.

Peeters, JR, Vanegas P, Tange L, Van Houwelingen J, Duflou JR (2014). Closed loop recycling of plastics containing flame retardants. Resources, Concervation and Recycling 84: 35-43.

PR Newswire, 2010. ICL-IP Launches Polyquel™ Eco-Friendly Polymeric Flame Retardants. [Online]Available at: http://www.prnewswire.com/news-releases/icl-ip-launches-polyqueltm-eco-friendly-polymeric-flame-retardants-93928309.html[Accessed 6 July 2015].

Puype F, Samsonek J, Knoop J, Egelkraut-Holtus M, Ortlieb M (2015). Evidence of waste electrical and electronic equipment (WEEE) relevant substances in polymeric food-contact articles sold on the European market. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 2015 Jan 19. [Epub ahead of print].

Qin, X., X. Xia, (2010). Thyroid disruption by technical decabromodiphenyl ether (DE-83R) at low concentrations in Xenopus laevis. J Environ Sci 22(5): 744-751.

Qu WY, Bi XH, Sheng GY, Lu SY, Fu H, Yuan J, (2007). Exposure to polybrominated diphenyl ethers among workers at an electronic waste dismantling region in Guangdong, China. Environ Int 33(8):1029-1034.

Ren Z, Xiao X, Chen D, Bi X, Huang B, Liu M, Hu J, Peng P, Sheng G, Fu J. (2014). Halogenated organic pollutants in particulate matters emitted during recycling of waste printed circuit boards in a typical e-waste workshop of Southern China. Chemosphere. 2014;94:143-150.

Ren, G., Z. Wang, Z. Yu, Y. Wang, S. Ma, M. Wu, G. Sheng, and J. Fu. (2013). Primary investigation on contamination pattern of legacy and emerging halogenated organic pollutions in freshwater fish from Liaohe River, Northeast China. Environmental Pollution 172:94-99.

Ren M, Peng P, Cai Y, Chen D, Zhou L, Chen P, Hu J. PBDD/F impurities in some commercial deca-BDE. Environ Pollut. 2011;159(5):1375-80.

Ricklund N, Kierkegaard A, McLachlan MS, Wahlberg C (2008a). Mass balance of decabromodiphenyl ethane and decabromodiphenyl ether in a WWTP. Chemosphere 74: 389–394.

Ricklund, N., A. Kierkegaard, (2008b). "An international survey of decabromodiphenyl ethane (deBDethane) and decabromodiphenyl ether (decaBDE) in sewage sludge samples." Chemosphere 73(11): 1799-1804.

Rosenberg C, Hämeilä M, Tornaeus J, Säkkinen K, Puttonen K, Korpi A, Kiilunen M, Linnainmaa M, Hesso A. Exposure to flame retardants in electronics recycling sites. Ann Occup Hyg. 2011;55(6):658-65. doi: 10.1093/annhyg/mer033.

RPA, Risk and Policy Analysts P (2014). Multiple Framework Contract with Re-opening of competition for Scientific Services for ECHA. Reference: ECHA/2011/01 Service Request SR 14:Support to an Annex XV Dossier on Bis-(pentabromophenyl) ether (DecaBDE).Authors: Georgalas B, Sanchez A, Zarogiannis.[Online]Available at: http://echa.europa.eu/documents/10162/13641/annex_xvi_consultant_report_decabde_en.pdf[Accessed 6 July 2015].

RTKnet.org. [Online]Available at: http://www.rtknet.org/db/tri/tri.php?database=tri&reptype=f&reporting_year=2013&first_year_range=&last_year_range=&facility_name=&parent=&combined_name=&parent_duns=&facility_id=&city=&county=&state=&zip=&district=&naics=&primall=&chemcat=&corechem=y&casno=001163195&casno2=&chemname=&detail=-1&datype=T&rsei=y&sortp=D[Accessed 6 July 2015].

Sakai SI, Hirai Y, Aizawa H, Ota S, Muroishi Y (2006). Emission inventory of deca-brominated diphenyl ether (DBDE) in Japan. J. Mater. Cycles Waste Manage. 8:56–62.

Samsonek J, Puype F (2013). Occurrence of brominated flame retardants in black thermo cups and selected kitchen utensils purchased on the European market. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess 30:1976-86. doi: 10.1080/19440049.2013.829246.

Schriks M, Zvinavashe E, Furlow JD, Murk AJ (2006). Disruption of thyroid hormone-mediated Xenopus laevis tadpole tail tip regression by hexabromocyclododecane (HBCD) and 2,2',3,3',4,4',5,5',6 nona brominated diphenyl ether (BDE206). Chemosphere 65(10):1904-8.

Sellstrom U, C. De Wit, N. Lundgren, and M. Tysklind (2005). Effect of Sewage-Sludge Application on Concentrations of Higher-Brominated Diphenyl Ethers in Soils and Earthworms. Environ. Sci. Technol., 39: 9064-9070.

SFT, Norwegian Pollution Control Authority (2009). PolybrominateddiphenylethersandperfluorinatedcompoundsintheNorwegian environment. ReportTA-2450. [Authors: Skoog K, Hauglid-Formo G, Økland T. Edited by: Bergfald & Co AS. [Online] Available at:http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2450/ta2450.pdf [Accessed 6 July 2015]

Shaw SD, Berger ML, Harris JH, Yun SH, Wu Q, Liao C, Blum A, Stefani A, Kannan K. Persistent organic pollutants including polychlorinated and polybrominateddibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in firefighters from Northern California.Chemosphere. 2013 Jun;91(10):1386-94. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.12.070.Epub 2013 Feb 8. Erratum in: Chemosphere. 2014;102:87.

Shaw SD, Blum A, Weber R, Kannan K, Rich D, Lucas D, Koshland CP, Dobraca D, Hanson S, Birnbaum LS (2010). Halogenated flame retardants: do the fire safety benefits justify the risks? Rev Environ Health.25: 261-305.

Sjödin A, Hagmar L, Klasson-Wehler E, Kronholm-Diab K, Jakobsson E and Bergman A (1999). Flame retardant exposure: polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. Environmental Health Perspectives, 107,8, 643-648.

Simonson, Margaret et al (2000): TV case study, a life cycle analysis. SPSwedish National Testing and Research Institute Fire Technology SP Report 2000:13, 2000

Stapleton HS, Sharma S, Getzinger G, Ferguson PL, Gabriel M, Webster TF and Blum A (2012). Novel and high volume use of flame retardants in US couches reflective of the 2005 PentaBDE phase out. Environmental Science & Technology, 46, 13432-13439.

Stec AA, Hull R (2011.) Assessment of the fire toxicity of building insulation materials, Energy and Buildings 43:498-506

Stenvall, E., Tostar, S., Boldizar, A., R.StJ.Foreman, M., Moller, K. (2013).”An analysis of the composition and metal contamination of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE)”, Waste Management, vol33, pp 915–922.

StEP - Solving the E-waste problem (2013). Annual report 2012/2013. [Online] Available at:http://www.step-initiative.org/files/step/StEP_AR/StEP_AR.html [Accessed online: 6 July 2015].

Stockholm Convention (2012a) Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants; Draft July 2012

Stockholm Convention (2012b). Guidance for the inventory of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants.

SAICM, Strategic Approach to International Chemicals Management (2009). Background information in relation to the emerging policy issue of electronic waste, paper presented at the International Conference on Chemicals Management, Geneva, 11–15 May (SAICM/ICCM.2/INF36).

Stuart SN, Chanson JS, Cox NA, Young BE, Rodrigues AS, Fischman DL, Waller RW (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. Science. 3;306(5702):1783-6.

Tang, Z., et al. (2014). "Polybrominated Diphenyl Ethers in Soils, Sediments, and Human Hair in a Plastic Waste Recycling Area: A Neglected Heavily Polluted Area." Environmental Science & Technology 48(3): 1508-1516.

TB117-2013. Technical Bulletin 117-2013. Requirements, Test Procedure and Apparatus for Testing the Smolder Resistance of Materials Used in Upholstered Furniture. State of California Department of Consumer Affairs.

Thoma H, Hutzinger O, 1987. Pyrolysis and GC/MS-analysis of brominated flame 602 retardants in on line operation. Chemosphere 16, 1353–1360.

Thuresson K, Bergman K, Rothenbacher K, Herrmann T, Sjödin S, Hagmar L, Päpke O, Jakobsson K. Polybrominated diphenyl ether exposure to electronics recyclingworkers--a follow up study. Chemosphere. 2006 Sep;64(11):1855-61.

Tomy GT, Pleskach K, Oswald T, Halldorson T, Helm PA, MacInnis G, et al (2008). Enantioselective bioaccumulationof hexabromocyclododecane and congener specific accumulation of brominated diphenyl ethers in an eastern Canadian Arctic marine food web. Environ Sci Technol 42:3634–9.

Trasande L, Zoeller RT, Hass U, Kortenkamp A, Grandjean P, Myers JP, DiGangi J, Bellanger M, Hauser R, Legler J, Skakkebaek NE, Heindel JJ. Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the EuropeanUnion. J Clin Endocrinol Metab. 2015 Mar 5:jc20144324. [Epub ahead of print]

TsydenovaO, Bengtsson M(2011). Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic wquipment. Waste Management 31:45-58.

Tue NM, Sudaryanto A, Binh Minh T, Isobe T,Takahashi S, Hung Viet P, Tanabe S(2010). Accumulation of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in breast milk from women living in Vietnamese e-waste recycling sites. Science of the Total Environment 408 (2010) 2155–2162.

UK EA, United Kingdom Environment Agency (2009). Environmental risk evaluation report. Decabromodiphenyl ether (CAS no. 1163-19-5). Authors Brooke, D.N., Burns, J., Crookes, M.J. and Dungey, S.M Report to the. 290 pp.

UK EA, United Kingdom Environment Agency (2007). Environmental Risk Evaluation Report: 1,1'-(Ethane-1,2-diyl) bis[pentabromobenzene] (CAS No. 64852-53-9). Environment Agency, Bristol, UK. Science Report no.:ScH0O5O7BM0R-E-P. Authors: Dungey S. et al. [Online] Available at: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290840/scho0507bmor-e-e.pdf[Accessed 6 July 2015].

UNCED 1992a, United Nations Conference on Environment and Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992.AGENDA 21. [Online] Available at: https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&nr=23&type=400[Accessed 6 July 2015].

UNCED 1992b, United Nations Conference on Environment and Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. Rio Declaration on Environment and Development. [Online] Available at: http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?documentid=78&articleid=1163[Accessed 6 July 2015].

UNEP, United Nations Environment Programme (2014a). Draft revised guidance for the inventory of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on POPs (31 March 2014). [Online] Available at: http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-InventoryPBDE.En.docx [Accessed 6 July 2015].

UNEP, United Nations Environment Programme (2014b). Draft revised guidance for the inventory of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and related chemicals listed under the Stockholm Convention (31 March 2014). [Online] Available at: http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-InventoryPFOS.En.docx [Accessed 6 July 2015].

Recycling: From e-waste to resources, Sustainable Innovation andTechnology Transfer Industrial Sector Studies. Solving the E-Waste Problem (StEP) Initiative Finalreport, July 2009. 1-120 pp. Authors Schluep, M. et al. 2009. [Online] Available: http://www.unep.org/pdf/Recycling_From_e-waste_to_resources.pdf [Accessed 6 July 2015].

UNEP, United Nations Environment Programme (2006). Strategic Approach to International Chemicals Management SAICM texts and resolutions of the International Conference on Chemicals Management.Comprising the Dubai Declarationon International Chemicals Management, the Overarching Policy Strategy and the Global Plan of Action ISBN: 978-92-807-2751-7.

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2015). Toxics Release Inventory (TRI) Program. [Online] Available at:http://www.epa.gov/tri/ [Accessed 10 March 2015].

U.S. EPA, U.S .Environmental Protection Agency (2014a). An alternatives assessment for the flameretardant decabromodiphenyl ether (decaBDE).http://www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/actionplans/aa-for-deca-full-version.pdf[Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2014b). What is the Furniture Flame Retardancy Partnership? [Online] Available at:http://www2.epa.gov/sites/production/files/2013-12/documents/ffr_foam_alternatives_fact_sheet.pdf[Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2014c). Common Wastes & Materials – Plastics. [Online] Available at: http://www.epa.gov/osw/conserve/materials/plastics.htm[Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2010). An Exposure Assessment of Polybrominated Diphenyl Ethers. National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC; EPA/600/R-08/086F. Available from the National Technical Information Service, Springfield, VA.[Online] Available at: http://www.epa.gov/ncea[Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2008). Toxicological Review Of Decabromodiphenyl Ether (BDE-209) (CAS No. 1163-19-5). In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). Report EPA/600/R-08/086F,pp. 1-126. Authors: Donohue JM et al. [Online] Available at: http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0035tr.pdf [Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2007). Dermal Exposure Assessment: A Summary of EPA Approaches. [Online] Available at:http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=183584.[Accessed 18November 2013].

Van Allen BG, Briggs VS, McCoy MW, Vonesh JR. Carry-over effects of the larval environment on post-metamorphic performance in two hylid frogs. Oecologia. 2010;164(4):891-8.

VECAP, The Voluntary Emissions Control Action Programme(2014). Sound results from a proactive industry. European annual progress report 2013.

VECAP, The Voluntary Emissions Control Action Programme(2012). Maintaining Momentum - European Annual Progress Report 2012, Brussels: VECAP.

VECAP, The Voluntary Emissions Control Action Programme(2010a). The Voluntary Emissions Control Action Programme. Annual progress report 2010a.

VECAP, The Voluntary Emissions Control Action Programme (2010b). Benchmarking for success. North American annual progress report 2010.

Vermont (2013). No. 85. An act relating to the regulation of octaBDE, pentaBDE,decaBDE, and the flame retardant known as Tris in consumerproducts. [Online] Available at: http://legislature.vermont.gov/assets/Documents/2014/Docs/ACTS/ACT085/ACT085%20As%20Enacted.pdf [Accessed 6 July 2015].

Vetter W, Bendig P, Blumenstein M , Hägele F (2012). Cooking processes with food; The heating of the flame retardant BDE-209 in fish genereated toxic polybrominated dibenzofurans. Organohalogen Compounds 74, 620-623 (2012).

Wang S, Zhang S, Huang H, Niu Z, Han W (2014). Characterization of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and hydroxylated and methoxylated PBDEs in soils and plants from an e-waste area, China. Environmental Pollution, 184, pp.405–413.

Wang Y, Luo C, Li J, Yin H, Li X, Zhang G (2011a). Characterization of PBDEs in soils and vegetations near an e-waste recycling site in South China. Environ Pollut.159(10):2443-8.

Wang, J., et al. (2011b). Polybrominated diphenyl ethers in water, sediment, soil, and biological samples from different industrial areas in Zhejiang, China. J Hazard Mater 197: 211-219.

Wang, J., et al. (2011d). Polybrominated diphenyl ethers in water, sediment, soil, and biological samples from different industrial areas in Zhejiang, China. J Hazard Mater 197: 211-219.

Wang Bin, Fukuya Iino, Gang Yu, Jun Huang, and Masatoshi Morita (2010b).The Pollution Status of Emerging Persistent Organic Pollutants in China. Environmental Engineering Science Volume 27, Number 3.

Wang, L.-C., et al. (2010d). Characterizing the Emissions of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Polybrominated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans (PBDD/Fs) from Metallurgical Processes. Environmental Science & Technology 44(4): 1240-1246.

Washington State Department of Health (2008). Alternatives to Deca-BDE in Televisions and Residential Upholstered Furniture. Department of Ecology. Olympia, WA.

Washington (2006). Washington State Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Chemical Action Plan: Final Plan, Washington Department of Ecology and Washington Department of Health: 328.

Weber R and Kuch B (2003) Relevance of BFRs and thermal conditions on the formation pathways of brominated and brominated-chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans. Environment International, 29:699-710.

Wäger, P., Schluep, M., Müller, E. (2010), RoHS substances in mixed plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment, Final Report, Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology. pp. 1-99[Online] Available at:http://new.weee-forum.org/system/files/documents/rohs20in20mixed20plastics_empa_final_2010200920171.pdf[Accessed 6 July 2015].

Weil, E. D. and S. V. Levchik (2009). Flame Retardants for Plastics and Textiles: Practical Applications, Hanser.

Weir RJ Jr, Fisher RS (1072). Toxicologic studies on borax and boric acid. ToxicolAppl Pharmacol. 23(3):351-64.

WHO, World Health Organization(2014). Fact sheet on reduced ingnition propensity (RIP) cigarettes.[Online] Available at: http://www.who.int/tobacco/industry/product_regulation/factsheetreducedignitionpropensitycigarettes/en/ [Accessed 6 July 2015].

WHO/UNEP, World Health Organization and the United Nations Environment Programme (2013). State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals-2012. An assessment of the state of the science of endocrine disruptors prepared by a group of experts for the United Nations Environment Programme and World Health Organization. p1- 296. Eds: Bergman Å, Heindel JJ, Jobling S, Kidd KA and Zoeller T. IOMC (Inter-organizational program for the sound management of chemicals). [Online] Available at: http://www.who.int/ceh/publications/endocrine/en/[Accessed 6 July 2015].

Xu X, Liu J, Zeng X, Lu F, Chen A, Xia H (2014) Elevated serum polybrominated diphenyl ethers and alteration of thyroid hormones in children from Guiyu, China, PLoS ONE 9 (11):1-18.

Yang Q, Qiu X, Li R, Liu S, Li K, Wang F (2013). Exposure to typical persistent organic pollutants from an electronic waste recycling site in Northern China. Chemosphere 91:205–211.

Yu X, Zennegg M, Engwall M, Rotander A, Larsson M, Ming Hung W, Weber R (2008) E-waste recycling heavily contaminates a Chinese city with chlorinated, brominated and mixed halogenated dioxins. Organohalogen Compounds 70:813-816.

Yuan C. (2015). Management of PBDEs Flame Retarded Plastics from WEEE in China. Basel Convention Regional Centre for Asia and the Pacific. Stockholm Convention Regional Centre for Capacity-building and the Transfer of Technology in Asia and the Pacific, China. Presentation. [Online] Available at: www.synergies.pops.int [Accessed 6 July 2015].

Zennegg M, Xiezhi Y, Wong MH, Weber RR (2009). Fingerprints of chlorinated, brominated and mixed halogenated dioxins at two e-waste recycling sites in Guiyu China. Organohalogen Compd., 71 (2009), pp. 2263–2267

Zhang, Y., et al. (2013d). Polybrominated diphenyl ethers in soil from three typical industrial areas in Beijing, China. J Environ Sci (China) 25(12): 2443-2450.

Zhang S, Xu X, Wu Y, Ge J, Li W, Huo X (2014). Polybrominated diphenyl ethers inresidential and agricultural soils from an electronic waste polluted region inSouth China: distribution, compositional profile, and sources. Chemosphere, 102:55-60.

Zoeteman, B.C.J; Krikke, H.R.; Venselaar, J. 2010. Handling WEEE waste flows: On the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world, in International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 47, pp. 415–436.