



塑料的有毒添加剂与循环经济

2020年9月

鸣谢

本出版物的编写工作是在国际消除持久性有机污染物网络 (IPEN) 的宝贵支持下, 由可持续消费和生产区域活动中心 (SCP/RAC), 亦即《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》(下文简称“《斯德哥尔摩公约》”) 区域中心协调完成的。同样, 海洋垃圾专题组成员(列于本出版物的附录) 也为本文件的编写做出了贡献, 但个别成员(及其所代表的组织) 未必对文件中所述的每一个观点均有所承诺。

2020年9月
(2019年3月开始的更新修订版)

序言

本出版物名为《塑料的有毒添加剂与循环经济》，借鉴了最近的一些科学出版物和报告，以及海洋垃圾专题组成员的专业知识。它描述了若干一般性议题，它们涉及塑料相关问题，以及采用循环经济方式所面临的阻碍，并特别关注与化学添加剂有关的问题。化学添加剂种类繁多，其中许多已被确定为持久性有机污染物 (POPs)，现已被列入《斯德哥尔摩公约》，例如许多溴化阻燃剂。然而，许多得到豁免的化学品仍在使用。其它潜在的持久性有机污染物尚未依照公约得到处理。由于含有持久性有机污染物或潜在持久性有机污染物的塑料的生产或循环再利用将继续使生态系统和人类受到有害化学品的影响，因此仍有一系列议题需要解决。

《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》(下文简称“《巴塞尔公约》”)和《斯德哥尔摩公约》承认：塑料废弃物可能含有包括塑化剂和阻燃剂等添加剂在内的潜在危险物质，或可能被危险物质污染，因此可能对人类健康和环境(包括海洋生态系统)构成风险。鉴于塑料制品中使用的添加剂种类繁多，并且在相关调查中收集到的大型和微型塑料碎片中也发现了这些添加剂，因此预计它们将在环境基质，即水、沉积物和生物区系中被发现，并可能构成重大的环境关切 [\(1\)](#)。此外，有毒添加剂的存在可能会严重制约塑料的循环再利用和人类向循环经济的发展。

本报告是由可持续消费和生产区域活动中心，即《斯德哥尔摩公约》和《保护地中海海洋环境和沿海区域巴塞罗那公约》(下文简称“《巴塞罗那公约》”)的区域中心编写的，最初发布时是一份致2019年《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》缔约方大会代表的资料文件 (UNEP/CHW.14/INF/29/Add.1和UNEP/POPS/COP.9/INF/28/Add.1)。本报告是在《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》的其它区域中心、相关国际组织和海洋垃圾专题组专家的积极参与下编写的。 [\(参见附录\)](#)

为使科学机构、决策者和公益组织更容易获得本报告，《斯德哥尔摩公约》西班牙区域中心与IPEN合作开展本报告的格式设计、翻译和分发。

报告内容未作改动，包含与2019年《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》会议代表相关的具体细节文本。原始资料文件可[在此在线查阅](#)。

该区域中心正与联合国环境署化学品和卫生部门合作，编制与本出版物主题有关的进一步资料，新的报告将在未来几个月内发布。

《巴塞罗那公约》和三公约秘书处序言

塑料,特别是海洋塑料垃圾造成的污染,是一个非常复杂和多维度的议题。目前,数量庞大的各级利益攸关方都在着手处理这一议题。世界各地都在开展这方面的工作,例如联合国环境署在海洋垃圾和微塑料问题不限成员名额特设专家组的框架内实施的旨在减少海洋塑料垃圾和微塑料的清点调查。而我们确实认识到需要进一步加强并妥善协调这些工作,以扭转塑料对环境和人类健康影响的严峻形势。

正如人们今天所知的那样,塑料可能会在环境中留存数百年,并可能分解成微塑料和纳米塑料,然后被生物体吸收并进入食物链。塑料污染的另一个方面几乎是不可见的,但同样重要:塑料生产所用的有毒化学品成分可能会残留在废弃物流中。我们欢迎这份新出版物对这方面情况所做的说明,如果我们想实现更安全的循环经济,就必须立即针对这方面采取行动。

三项全球性化学品和废弃物公约,即《巴塞尔公约》、《关于在国际贸易中对某些危险化学品和农药采用事先知情同意程序的鹿特丹公约》(下文简称“《鹿特丹公约》”)和《斯德哥尔摩公约》(三者合称“三公约”),以及区域性海洋公约《巴塞罗那公约》有着共同的关切和优先事项,如海洋塑料垃圾和微塑料议题、塑料废弃物的环境无害化管理及塑料的潜在危险成分。2018年12月在日内瓦签署的三公约秘书处与《巴塞罗那公约》秘书处之间加强合作框架谅解备忘录,旨在推进这些共同的目标和目的。两个秘书处建立的协调关系是全球和区域层面衔接的范例。

地中海被认为是世界上受海洋垃圾影响最严重的地区之一。海洋垃圾是地中海海洋和沿海生态系统及其濒危物种面临的一个紧迫问题,对人类健康和旅游行业,特别是沿海地区的居民和相关单位产生影响。因此,联合国环境署地中海行动计划(MAP)一直致力于根据《巴塞罗那公约》的委托,通过具有法律约束力的专门的《海洋垃圾问题区域行动计划》来解决地中海区域的海洋垃圾问题。

在区域层面,诸如《塑料消除者倡议》(Plastic Busters)之类的现行倡议正在研究塑料释放的有毒物质对地中海生物区系的影响。除了海洋生物区系摄取塑料可能带来的有害后果外,海洋垃圾令人担忧的环境后果还可能影响海洋生物区系本身,这既是由于它们被摄入后的物理性质,也是由于与它们相关的化学品的转移,包括持久性有机污染物和内分泌干扰物(EDCs)。地中海盆地被认为是世界生物多样性热点地区之一,对它的保护至关重要。

在全球层面,《巴塞尔公约》、《鹿特丹公约》和《斯德哥尔摩公约》提供了一个框架,以通过生命周期方法来保护人类健康和环境,使其免受危险化学品和废弃物的影响。**2019**年的《巴塞尔公约》缔约方大会对公约予以修订,以便在其具有法律约束力的框架下更好地控制塑料废弃物,这将使全球塑料废弃物贸易更加透明并得到严格监管。修正案还认识到一系列含有危险添加剂的塑料废弃物所造成的危害。修正案增加的新条目自**2021**年1月1日起生效。此外,缔约方还建立了"塑料废弃物伙伴关系",这是一个新的多个利益攸关方全球伙伴关系,旨在动员企业、政府、学术界和民间社会行动者解决塑料污染。

为呼应这些努力,《斯德哥尔摩公约》列出了几类在塑料中用作化学添加剂且有待消除的物质,包括许多溴化阻燃剂。这些物质也必须遵守《鹿特丹公约》规定的事先知情同意程序。

最后,《斯德哥尔摩公约》和《巴塞罗那公约》得到了某个组织的支持,它就是设在巴塞罗那的《斯德哥尔摩公约》区域中心暨可持续消费和生产区域活动中心,在全球和区域两级之间建立了联系,并为采取行动消除塑料污染提供了令人感兴趣的机会。

本报告是由该中心牵头的协同努力的结果,旨在进一步说明在塑料的生命周期中由于有毒化学品的存在而可能出现的一系列潜在问题,并就如何前行提出了建议。本报告有助于相关人士和组织在实施循环经济的背景下更好地把握这一议题,并促进各项减轻塑料毒害作用的行动。



Gaetano Leone

联合国环境规划署地中海行动计划协调处协调员
《巴塞罗那公约》秘书处



Rolph Payet

三公约秘书处执行秘书



Enrique de Villamore

可持续消费和生产区域活动中心主任

IPEN序言

塑料产量的不断增加使全球各国出现了大量的废旧塑料填埋场，并正将原始海洋变成塑料垃圾场。不幸的是，还有另一种不太明显的塑料危害，即大多数塑料制品中的有毒化学品对人类健康的威胁。这类制品包括儿童玩具、食品包装、厨房产品、服装、电子产品和其它多种日常消费品。

塑料制品中添加化学品的原因多种多样。但它们对人类健康的有害影响或许很深远。即使是少量的塑料化学添加剂也可能导致免疫系统和生殖系统受损、癌症、智力功能受损和/或发育迟缓。

在某些情况下，添加到塑料中的化学品非常危险，以至于被国际和国家法律禁用。产业游说集团的干预导致相关法规存在漏洞，并使有关公约包含豁免条款，这使得某些化学品获准继续使用。然而在大多数情况下，有毒化学添加剂并没有受到监管或控制，导致人类健康和环境得不到保护，直到造成损害。而此时化学和塑料工业只是将某种新的未经测试的化学品投入市场，监管过程又重新开始。

家庭和儿童几乎不可能避免接触化学添加剂：

儿童玩具。“再生塑料”，即来自各种来源并被熔化重新成型的塑料，被用于制造儿童玩具，并已被证明含有许多被禁止的、受限制的或有其它危险的化学品。由于制造商缺乏透明度，对循环再利用活动的监管不力，加上标签不严格，因此这种做法得以继续。

食品包装。大多数塑料包装使用一次后就被扔掉。有毒化学添加剂会在使用前、烹调过程中和食物处于高温状态或被加热时释放出来。当此类制品被焚烧或填埋时，这些化学品也会被释放到环境中。

电子产品。电子废弃物搬运者和循环再利用业者会在无意中暴露于塑料电子元件中的一些危险化学品。当这些产品被焚烧、填埋或在循环再利用过程中被转化为其它产品时，就会造成更广泛的社区暴露。例如有证据表明，被广泛用于制造儿童玩具和厨房用品的“黑塑料”所含的阻燃化学品和二噁英的浓度达到了危险程度。

纺织品、室内装饰品和家具。聚酯、尼龙、腈纶和其它合成纤维是不同形式的塑料，占我们服装面料的60%以上。地毯和家具通常会以危险阻燃剂和全氟/多氟烷基化合物 (PFAS) 来处理。消费者通常不知道这些产品的生产所用的化学品，因为它们不需要贴相关标签。

在过去的15年, 全球塑料产量翻了一番, 预计在未来20年还会再翻一番。塑料、包装和化学品制造商认为废弃物管理和循环再利用是解决方案。这些都是相关的工具, 但对减轻“看不见的”塑料添加剂的危害毫无帮助。

必须采取四个步骤来保护儿童和家庭, 使其不再暴露于这些化学品:

材料创新。必须投资开发新的、更安全的材料和系统, 它们能够避免生产和使用含有危险化学添加剂的塑料。材料的设计应符合下列目标: 不损害环境和人类健康; 不产生任何废弃物。

与工业界的合作。工业界必须与民间社会合作, 根据危害来制定标准和条例, 并且必须对其生产的危险材料负责。

清洁且更安全的循环再利用系统。循环再利用业者者需要了解他们所搬运材料的化学成分。塑料生产商还应缴纳费用, 以资助废弃物收集和循环再利用系统。

透明度。公众和循环再利用业者应有权就其购买或搬运的产品作出知情决定。应在塑料材料上贴标签, 标明用于生产这些材料的化学添加剂的信息。

这本名为《塑料的有毒添加剂与循环经济》的新出版物揭示了与塑料有关的隐形危害。我们希望决策者和制造商转变思维和做法, 对塑料从生产到处置的整个生命周期采取预防措施。



Tadesse Amara博士
IPEN联合主席



Pamela Miller
IPEN联合主席

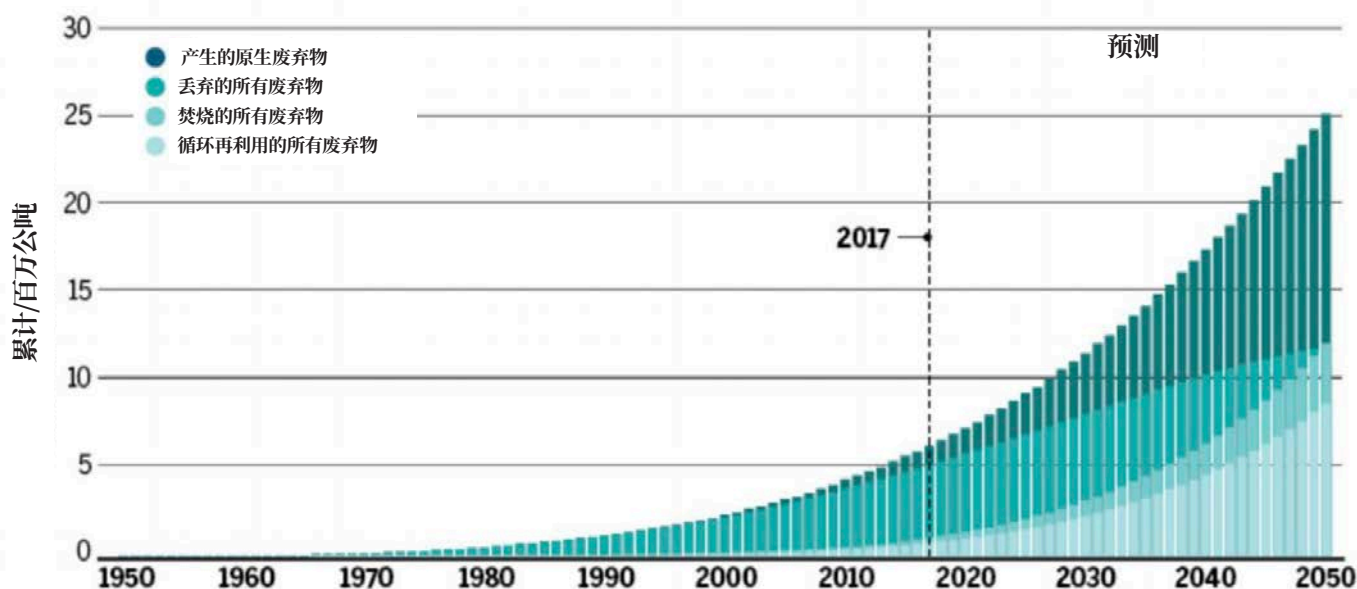
目录

鸣谢.....	2
序言.....	3
《巴塞罗那公约》和三公约秘书处序言.....	4
IPEN序言.....	6
1.引言.....	9
2.塑料污染与循环经济.....	12
2.1. 循环经济的塑料生命周期管理挑战, 以及持久性有机污染物和其它有毒化学添加剂议题.....	17
2.1.1. 设计和生产阶段: 逐步淘汰, 并代以无毒替代品.....	17
2.1.2. 使用阶段: 塑料添加剂的迁移和释放潜力.....	19
2.1.3. 报废阶段: 难以对产品实施基于暴露情况的循环再利用风险评估.....	20
2.1.4. 报废阶段: 潜在有毒物质的排放和渗出.....	21
2.2. 令人关切的物质.....	24
2.2.1. 阻燃剂.....	26
2.2.2. 全氟化学品.....	25
2.2.3. 邻苯二甲酸盐.....	27
2.2.4. 双酚.....	28
2.2.5. 壬基酚.....	29
2.3. 优先行业.....	30
2.3.1. 儿童产品.....	31
2.3.2. 包装: 食品和饮料接触材料.....	32
2.3.3. 电子电气设备及相关废弃物.....	34
2.3.4. 纺织品、室内装饰品和家具.....	35
2.3.5. 建筑行业.....	36
2.4. 微塑料: 具有迁移能力、阻碍循环经济实施的持久性污染物.....	37
3.议题的主要解决方法.....	39
4.结论.....	42
参考资料.....	44
附录: 为本出版物做出贡献的人士和机构.....	50
注释.....	51



1. 引言

塑料和其它聚合物废弃物数量的持续增长及其在海洋环境中造成的问题突出表明: 人类迫切需要控制这一陆海污染源。



塑料废弃物产生量和处置量历史数据及直至2050年的预测数量。原生废弃物是指首次成为废弃物的塑料, 不包括已经循环再利用的塑料废弃物。数据来源: (Geyer, Jambeck et al. 2017, Guglielmi 2017)



照片来源: Brian Yurasits

毫无疑问，人类迫切需要处理塑料污染源，特别是塑料所用添加剂，以便适当实施循环经济战略，避免在由再生材料制成的产品中出现被禁用的有毒化学品，并降低人类健康和环境所受的风险。循环再利用业者和循环经济方式推广者在塑料流的处理方面正面临着多个环境挑战和技术挑战。

塑料制品所含持久性有机污染物和其它有毒或潜在有毒物质，对环境和 [人类健康](#) 产生了负面影响，并影响到塑料制品生命周期的所有阶段。

需要用非化学替代品或无毒物质来取代有毒添加剂，以使循环再利用工作变得更容易，避免有毒化学品（其中包括那些现有化学品协议已经禁用的化学品）污染再生材料，并减少原生材料的消耗[\(2\)](#)。



图片来源：捷克共和国Amika协会的Martin Holzkecht

塑料制品所含持久性有机污染物和其它有毒或潜在有毒物质, 对环境和人类健康产生了负面影响, 并影响到塑料制品生命周期的所有阶段。

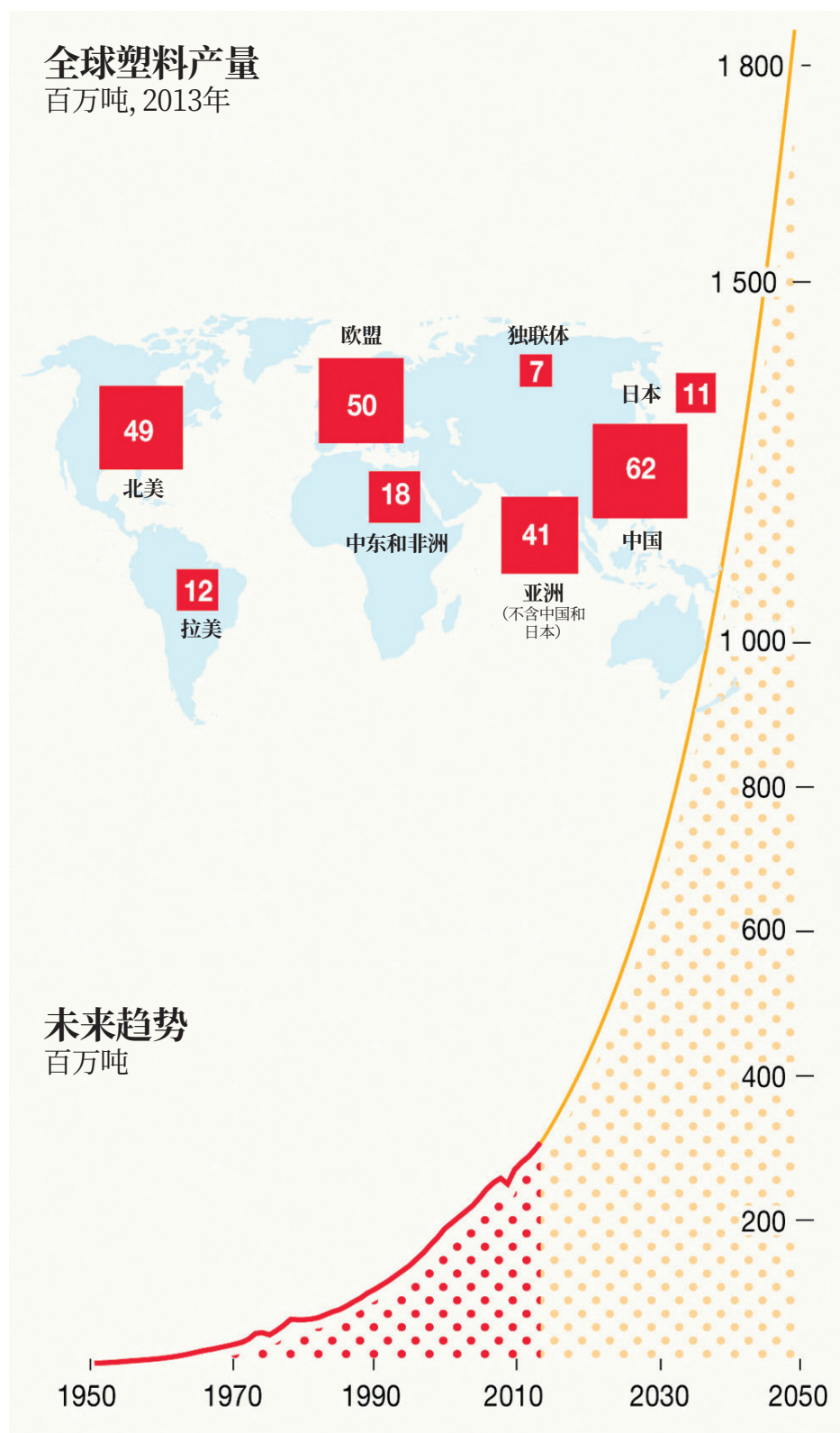
持久性有机污染物在大量的塑料和其它聚合物中被用作添加剂, 例如在电子产品、车辆和其它运输工具、建筑以及施工活动中都可以发现这些物质。《斯德哥尔摩公约》可通过诸如最佳可行技术 (BAT) /最佳环境实践 (BEP) 指南之类的指导方针来处理这些重要行业中使用的塑料或聚合物的管理问题, 以便对受影响和不受影响的塑料/聚合物予以循环再利用和分离; 有关方面已制定了各种指导文件(3.a)(3.b)。由于聚氯乙烯 (PVC) 和乙烯-醋酸乙烯酯 (EVA) 中所用的短链氯化石蜡 (SCCPs) 已被列入该公约, 因此公约范围内的聚合物比例将大幅提高。同样, 全氟辛烷磺酸 (PFOS) 和全氟辛酸 (PFOA) 清单的扩充将使更多的塑料制品被纳入公约范围。这两种物质被添加到合成地毯和纺织品中, 或作为聚合物用于纸张的表面处理, 可能造成海洋垃圾或微塑料污染。

此外, 已提交给第四届联合国环境大会 (UNEA4) 的《全球化学品展望-II》(GCO-II) 确定了一些案例, 其中的新证据表明人类健康和环境所面临的某些风险尚未在国际层面得到处理。在一些公共机构自2010年以来对化学品或化学品类别采取的监管风险管理行动中, 《全球化学品展望-II》被当作出发点, 它确定了11种化学品或化学品类别。其中几种化学品^(iv) (例如双酚A (BPA)、镉、铅、塑料微珠、多环芳烃、邻苯二甲酸盐) 被用作塑料添加剂, 或以污染物的形式出现于塑料中。

《全球化学品展望-II》确定了11种化学品或化学品类别。其中几种化学品 (例如双酚A、镉、铅、塑料微珠、多环芳烃、邻苯二甲酸盐) 被用作塑料添加剂, 或以污染物的形式出现于塑料中。



2. 塑料污染与循环经济



数据来源: Ryan, A Brief History of Marine Litter Research in M. Bergmann, L. Gutow, M. Klages (Eds.) Marine Anthropogenic Litter, Berlin: Springer, 2015; Plastics Europe

在过去的15年, 全球塑料产量翻了一番

在过去的15年, 全球塑料产量翻了一番, 2013年约为2.99亿吨(3), 预计在未来20年还会再翻一番(4)。这就产生了大量的塑料废弃物, 其中很大一部分来自寿命很短的产品。如此庞大而多样的废弃物流造成了严重的环境问题和管理问题(5)。

填埋是全世界最主要的塑料废弃物处置途径, 非法倾倒现象并未完全杜绝。

填埋目前是世界最主要的塑料废弃物处置途径, 非法倾倒现象在发展中国家并未完全杜绝, 许多垃圾场要么是非法的, 要么管理不善。更令人担忧的是, 还有很多家庭尚未被市政垃圾收集系统覆盖, 而这种塑料废弃物不受控制的情况, 增大了轻质塑料(及其有毒负荷)进入水体并流入大海的可能性(6)。



线性经济模式（提取、制造、使用、处置）的后果是显而易见的：资源损失、废弃物产生、持续的环境污染和生态系统退化。即使我们或许仍需更好地了解塑料污染的全面影响，但许多报告和科学文章提供了明确的证据，证明了情况的严重性和变革的必要性。

正是在这种情况下，循环经济概念作为传统线性经济的替代物，越来越受到人们的关注。[\(7\)\(8\)\(9\)](#)。循环经济使资源的使用时间尽可能长。在使用过程中，它提取了资源的最大价值，然后在产品和材料的使用寿命结束时对其予以循环再利用和再生。循环经济的原则包括：确定废弃物概念；重建自然资本；并使产品、材料和分子以其最高价值在经济中保持有效流动[\(10\)](#)。

这就需要生命周期思维，采纳循环设计原则——在设计产品时适当选材

这就需要生命周期思维，采纳循环设计原则——在设计产品时适当选材，并建立合适的回收系统。二者均为当今各项产业面临的重大挑战。有些材料应避免使用，因为它们含有一些已被确定的令人关切的物质[\(iii\)](#)。在另一些情况下，材料在产品中的组合方式妨碍了它们在使用后的分离和采集，从而限制了它们的回收和循环再利用能力。

在很大程度上，工业界的努力只集中于处理废弃物和/或增加循环再利用成分的使用，以使材料在价值链中停留更长时间[\(10\)](#)。但在实践中，工业界目前正在循环使用那些从未针对人类和环境健康而优化的材料。例如泡沫塑料、塑料食品包装、纸张、橡胶和纺织品等高分子材料可能含有阻燃剂、软化剂、塑化剂、涂料、改性剂、催化剂、其它旨在提高性能的添加剂和残留物。当它们被循环再用于新产品时，产物往往是高污染、非均质的，也是不纯的，甚至连玩具和食品接触材料也是如此[\(11\)\(12\)\(13\)\(14\)\(15\)](#)。问题在于目前无法获得关于混合废弃物流配方的全部信息，并且试图对受污染的一批材料开展逆向工程以确定所有化学成分一事也是不切实际的[\(10\)](#)。由于产物过于复杂，无法彻底评估毒理学影响，因此在无意中，人类和环境越来越多地通过一些循环再利用制品和材料暴露于风险中。



在更好地管理并预防塑料废弃物方面，发达国家和发展中国家不仅认识到了该项工作造成的挑战，也认识到了由此而来的机遇，例如它有望提高竞争力并创造新的经济活动和就业机会。这促使私营行动者和公共行动者采取了一些措施。一些国家已经商定了塑料循环再利用、此类塑料在产品中的使用或一次性塑料禁用目标。2018年联合国环境报告《一次性塑料和微塑料的法律限制：国家法律和法规的全球审查》着重介绍了多个实例(16)。例如欧盟在2018年发布了欧盟循环经济塑料战略 [\(欲知详情, 请点击此处\)](#)。

艾伦·麦克阿瑟基金会的“新塑料经济”倡议也是这方面的例子，表明了塑料经济中主要行动者的承诺。它强调必须从源头上解决塑料泛滥的问题，消除塑料的不必要使用，并开展创新和一切材料的循环。它还强调了生产者延伸责任的重要性(17)。

塑料废弃物的国际转移带来了若干挑战。一个国家可能会收集塑料以便循环再利用，并在此类塑料被视作资源的领域促进循环经济，但随后又将这些塑料废弃物出口到另一个国家进行循环再利用。在亚洲，海关官员不得不扣押登记为“可再生塑料”的进口商品，因为它们含有多种塑料与其它市政和工业废弃物组成的不明混合物。许多国家现已禁止或正提议禁止进口塑料废弃物。

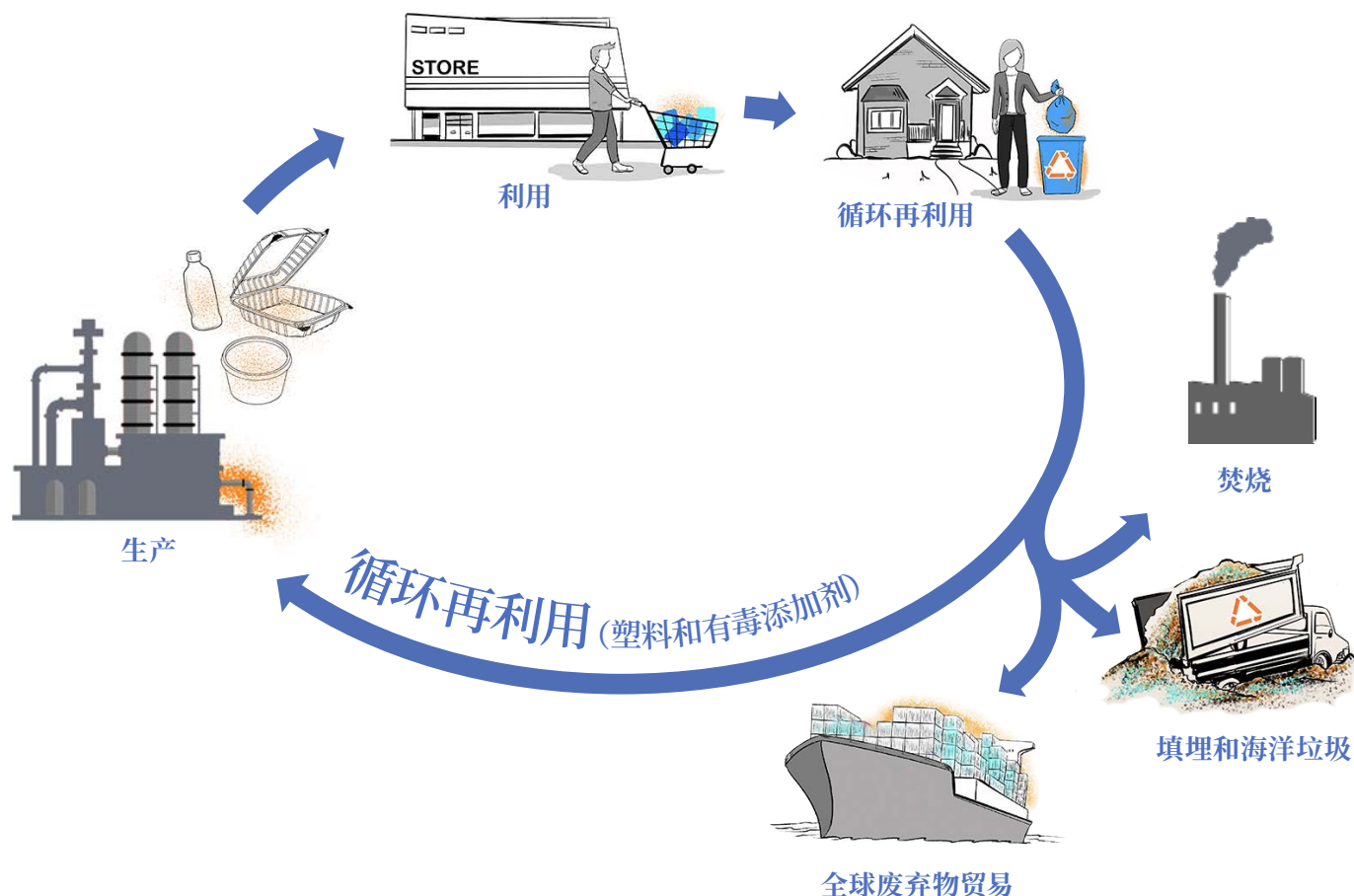
综上所述，人们日渐意识到变革的必要性，而循环经济模式作为下一个最佳可行解决方案，其发展势头越来越好(18)。但仍有许多议题需要处理。



《巴塞尔公约》塑料废弃物修正案

在2019年4月29日至5月10日举行的《巴塞尔公约》缔约方大会期间，与会国政府对公约做了修订，将塑料废弃物纳入了一个具有法律约束力的框架，这将使塑料废弃物的全球贸易更加透明和规范，同时也确保塑料废弃物的管理对人类健康和环境更加安全。同时还建立了新的塑料废弃物伙伴关系，以调动企业、政府、学术界和民间社会的资源、利益和专业知识来协助实施新措施，提供一套切实可行的支持，包括工具、最佳实践以及技术和财政援助。

2.1. 循环经济的塑料生命周期管理挑战, 以及持久性有机污染物和其它有毒化学添加剂议题



有关方面在试图“闭环”时, 遭遇了许多挑战, 它们出现在塑料寿命的每个阶段, 从初始设计一直到寿命结束。以下各段列明了其中的一些挑战和可能的解决方案。

2.1.1. 设计和生产阶段: 逐步淘汰, 并代以无毒替代品

当前, 仍有大量有毒化学品被用作塑料或聚合物添加剂, 例如尚未受到国际管制的化学品 (如许多内分泌干扰物) 或依照豁免获准使用的公认持久性有机污染物。这些物质将对以它们为原料的产品未来的循环再利用产生影响。它们应被逐步淘汰, 并代以无毒替代品, 以鼓励循环经济。

为了使“安全”的分子长期处于循环再利用状态, 工业界需要创造安全的材料并建立相关系统、基础设施和技术。这就需要使用化学危害评估工具来评估并优化材料化学, 以促进人类和环境健康, 从而在设计阶段做出更好的决定。必须根据一套全面的人类和环境健康标准对化学品予以评估, 以便选择危险性较低的化学成分⁽¹⁰⁾。

然而有科学报告指出, 由于供应链十分复杂, 并且制造商对其产品所用化学品的信息披露加以限制, 因此外界很难获得关于化学品毒性及其环境影响的高质量数据。由于相关单位声称这些信息属于商业机密, 因此信息的业内分享经常面临阻碍(19)。

由于相关单位声称这些信息属于商业机密, 因此信息的业内分享经常面临阻碍。

然而有人担心单纯基于受限物质清单的方法的充分性, 因为它并未确定什么物质是安全的或应该优先使用的(10)。循环经济战略需要侧重于主动评估筛选材料化学成分, 以避免出现令人遗憾的替代品, 并降低未来商用材料的毒性。那些基于效果的测试方法的更广泛应用和进一步发展也是值得期盼的, 以指导替代品寻找工作, 并确保循环经济中塑料的毒理学安全性(20)。



面向可持续发展的化学品战略 (欧盟的无毒环境)

正如《欧洲绿色新政》中所宣布的那样, 在为实现无毒环境而设定的零污染目标的背景下, 欧盟委员会将提出一项面向可持续发展的化学品战略。该战略将基于近期与欧盟化学品立法相关的政策评估和倡议, 特别是第二次《化学品注册、评估、许可和限制法规》(下文简称“**REACH**法规”) 审查、最相关的化学品立法 (不包括**REACH**法规) 的适用性检查, 以及关于化学品、产品和废弃物立法之间接口处理备选项的沟通, 同时也将基于环境和健康保护、产品、食品和工人保护领域开展的具体政策评估。该战略旨在降低与化学品的生产和使用相关的风险。它将简化并加强欧盟关于化学品的规则, 并审查欧盟各部门和科学机构如何才能合作实现相关物质只由一个部门审查的进程。

2.1.2. 使用阶段：塑料添加剂的迁移和释放潜力

塑料中存在的化学品有可能从塑料制品中迁移到与之接触的介质，也可能从塑料内部缓慢迁移到表面。例如有科学研究评审了塑料包装材料在不同的储存条件下，在微波加热和常规加热过程中，各种化学品的迁移情况。研究发现，诸如塑化剂（如聚氯乙烯玩具或浴帘中的短链氯化石蜡）或阻燃剂（如电视机或电脑的塑料外壳中的阻燃剂）等添加剂会发生不必要的迁移和释放。有些迁移物质可能有毒。其它添加剂可能给食物带来令人不快的味道，或加剧药物中活性物质的降解。塑料中化学品的初始浓度，以及塑料的厚度、结晶度和表面结构，都是影响迁移速度的因素 [\(21\)](#)。

为查明各种塑料产品潜在释放情况而接受研究的有毒物质的具体例子包括溴化阻燃剂（BFRs）[\(22\)](#)、短链氯化石蜡/中链氯化石蜡（MCCPs）[\(23\)\(24\)](#)、邻苯二甲酸盐[\(25\)](#)、双酚A[\(26\)](#)、双酚A二甲基丙烯酸酯、铅/锡/镉、甲醛/乙醛、4-壬基酚、甲基叔丁基醚（MTBE）、苯和其它多种挥发性有机化合物。尽管其中几份研究报告公布的浓度低于既定的法定限值，但有时也会高出很多。还有人强调：指导值没有考虑到内分泌干扰物在低浓度也可能起作用，也没有考虑到混合物的毒性[\(21\)](#)。



图片来源：IPEN

2.1.3. 报废阶段: 难以对产品实施基于暴露情况的循环再利用风险评估

当含有塑料的物品寿命结束时, 循环再利用是一种选择, 但如果塑料含有有毒添加剂, 就会出现~~问题~~——例如目前生产的很大一部分塑料制品被发现含有多溴二苯醚 (PBDEs) 和其它来自循环再利用活动的溴化阻燃剂⁽²⁷⁾。

化学品风险评估是人类健康和环境影响评估基础。这反映了《斯德哥尔摩公约》内含的预防办法。为确保人类健康和环境能够得到有效保护, 风险评估应基于实际数据而非估计或假设。然而, 最近的一份审查报告指出: 这在科学研究领域会成问题, 例如关于具体化学品的使用方式, 或者关于哪些化学品用于何种用途、使用数量及其在塑料包装成品中的含量等方面的信息非常缺乏, 也无法获得。由于开展暴露情况准确评估的能力有限, 审查得出的一个结论是: 在处理消费品中可能存在的大量化学品时, 基于危害的评估仍然是首选方法⁽²⁰⁾。

关于塑料中化学品的使用情况、成品的确切化学成分以及持久性有机污染物和其它来自循环再利用活动的有毒添加剂的影响, 迫切需要有关方面公开信息。

关于塑料中化学品的使用情况、成品的确切化学成分以及持久性有机污染物和其它来自循环再利用活动的有毒添加剂的影响, 迫切需要有关方面公开信息。其次, 对于许多与塑料包装有关的化学品, 甚至是学术研究中已经确定了危险性及其特征的物质, 目前还没有统一的毒理学信息, 如联合国全球化学品统一分类和标签制度 (GHS) 下的危险分类。许多化学品缺乏统一的分类, 这影响了危险等级的划分。对于科学研究中确定的一些主要危险化学品, 应开展更详细的分析, 包括评估替代系统或产品的可用性, 以及整个生命周期的危害。化学品使用模式的相关信息不足, 导致无法开展基于暴露情况的评估, 这是因为产业外的任何人都几乎不可能采用系统的科学方法来填补数据空白⁽²⁰⁾。

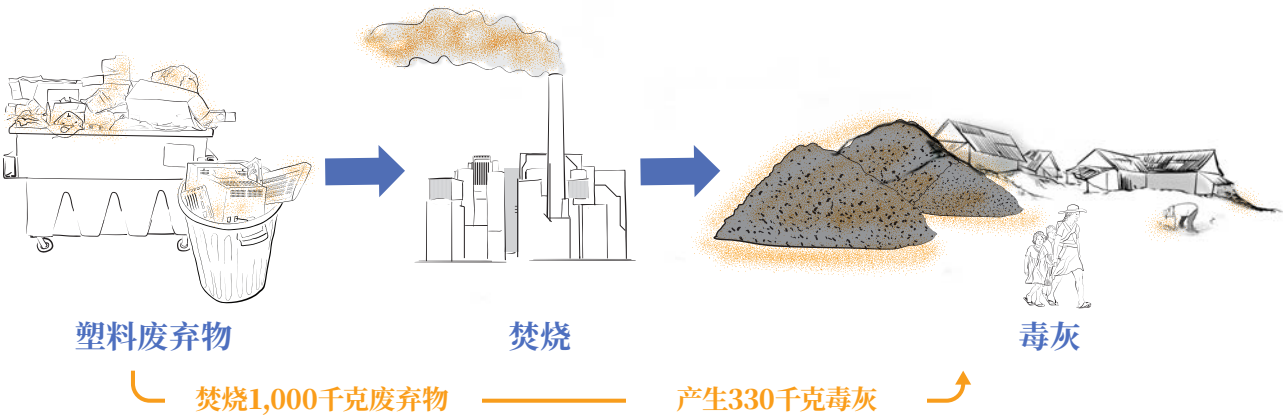
2.1.4. 报废阶段: 潜在有毒物质的排放和渗出



全球范围内, 79%的塑料最终被丢弃在填埋场或环境中, 其中只有9%得到循环再利用(112)。在工业国家, 很大一部分塑料废弃物被用于能源回收。在欧洲, 能源回收的比例(39.5%) 高于循环再利用的比例(29.7%(28)。然而, 不加控制地焚烧塑料废弃物, 特别是含有卤素的塑料, 如聚氯乙烯、聚四氟乙烯(别称“特氟龙”)或溴化阻燃剂, 可能会导致有害物质的排放, 例如二噁英等无意中产生的持久性有机污染物(29)。此外, 氟化聚合物或其分散体的热解或燃烧也可能导致氟化持久性有机污染物(如全氟辛酸)、其它全氟/多氟烷基化合物、其它有毒物质、臭氧消耗物质和温室气体的无意形成和释放(30)(31)(32)(33)。

塑料废弃物燃烧时释放的卤素还可能导致焚烧炉和其它热力设施被腐蚀。氯和溴可能会在水泥窑系统中积累, 限制其对塑料的热回收能力(34)。此外, 由于大多数塑料都基于化石燃料, 因此焚烧也可能会加剧全球变暖和石化资源的耗竭。在配备了最先进空气污染控制技术(APC) 技术的变废为能(iv)工厂和水泥窑实施受控焚烧, 或许是限制持久性有机污染物扩散的最佳途径(2)。然而, 空气污染控制技术的一些改进措施虽然旨在减少空气中的持久性有机污染物排放量, 但却导致其转移到残留物上, 如飞灰和底灰(转移到后者的程度较轻)。这就要求对灰烬予以严格的管理和控制, 以避免持久性有机污染物的进一步扩散, 并避免食物链污染(35)。

空气污染控制技术虽然旨在减少空气中的持久性有机污染物排放量, 但却导致其转移到残留物上, 如飞灰和底灰(转移到后者的程度较轻)。这就要求对灰烬予以严格的管理和控制, 以避免持久性有机污染物的进一步扩散, 并避免食物链污染



非焚烧方法也可被用于销毁或不可逆转地转化那些受持久性有机污染物影响的塑料。然而, 这些方法均未显示出经过验证的全面性能。**CreaSolv**工艺已作为一项新兴技术被列入《斯德哥尔摩公约》关于含多溴二苯醚的塑料处理方式最佳可行技术/最佳环境实践指南。机械化学处理(球磨)已被证明可以销毁受影响塑料中的全氟/多氟烷基化合物和多溴二苯醚(36)(37), 而**CreaSolv**则能将溴化持久性有机污染物从发泡聚苯乙烯(EPS)中分离出来, 从而使回收的清洁苯乙烯实现循环再利用(38)。该工艺还可被用于处理含溴化持久性有机污染物的电子废弃物塑料。

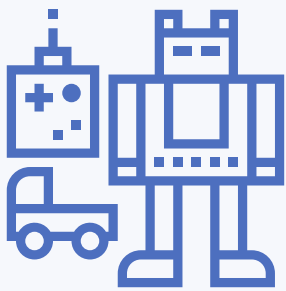
在全球废塑料贸易中, 大量的塑料废弃物从发达国家流向发展中国家, 而后者的那些损害环境的循环再利用和处置做法会加剧有毒化合物的暴露。据估计, 2016年, 经合组织(OECD)成员国占全球塑料废弃物出口量的70%, 主要是向东亚和太平洋地区的低收入国家出口(39)。中国已经决定禁止进口受污染的塑料废弃物。预计到2030年, 该决定将导致1.11亿公吨塑料废弃物的转移。

最近在加纳发现, 由于进口塑料管理不善, 当地人暴露于持久性有机污染物的程度日渐严重。在某个“循环再利用场站”开展的抽样调查显示, 二噁英的含量达到了历史最高水平(40)。



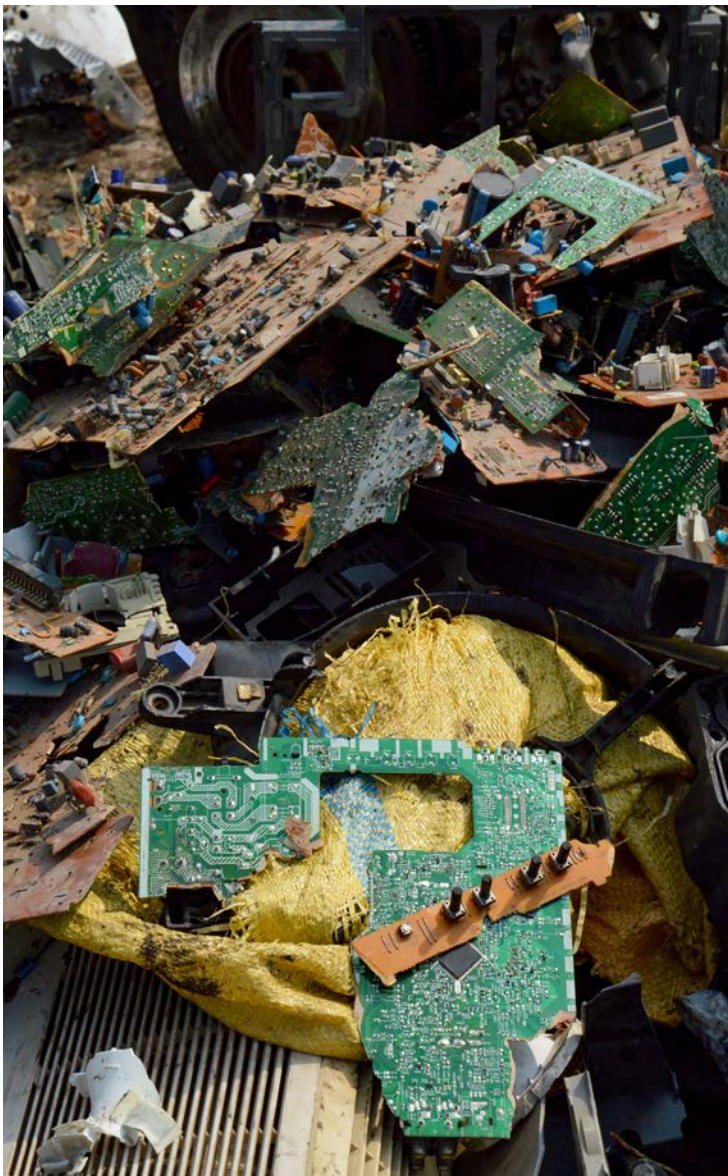
照片来源: Balifokus/Nexus3基金会

同样重要的是要认识到，在许多国家，非正规循环再利用经济是塑料废弃物管理的一个基本要素。但对于塑料添加剂在这些非正规“循环再利用”实践中的命运，人们知之甚少。



玩具中检测出很高的多溴代二苯并二噁英/呋喃 (PBDD/Fs) 含量和二噁英类活性

越来越多的报道表明：多溴代二苯并二噁英和二苯并呋喃在各种基质中的含量日渐升高，基质包括用含有某些溴化阻燃剂的塑料制造的消费品。一项研究确定了玩具塑料成分中的多溴代二苯并二噁英/呋喃含量可能对儿童健康构成威胁。多溴代二苯并二噁英/呋喃与多氯代二苯并二噁英/呋喃 (PCDD/Fs) 的不同之处在于，世界卫生组织 (WHO) 尚未正式为前者分配毒性当量因子 (TEF)。有关方面根据儿童的咀嚼习惯，估算了儿童每天从受多溴代二苯并二噁英/呋喃污染的塑料玩具中摄取的毒性当量 (TEQ)。研



照片来源：捷克共和国Amika协会的Martin Holzknicht



2.2. 令人关切的物质

下一节介绍了塑料生产所用的最令人担忧的化学品类别，这是因为它们存在于消费品中，而且对人类健康有明确影响。该节涉及的是化学品类别而非个别物质，目的是侧重于减少整个类别的使用，而非每次只是逐步淘汰某一种有问题的化学品。这种方式有助于制定协调的战略，以减少有关化学品的生产和使用，并避免出现令人遗憾的替代品。

处理整个化学品类别或许会更有效，这是因为有大量的化学品在使用，其中大多数未得到很好的研究，它们对人类和环境健康的影响也未得到充分的了解。此外，当一种有害化学品被逐步淘汰时（经常是在多年的研究和谈判之后才被淘汰），替代品却可能是一种结构和潜在危害类似的“化学表亲”⁽⁴¹⁾⁽⁴²⁾。绿色和平组织与欧盟委员会等机构和环境组织⁽⁴³⁾以及绿色科学政策研究所^(v)提出了分类战略。虽然下列许多化学品不符合《斯德哥尔摩公约》规定的持久性有机污染物标准，但许多化学品可能会长期存在并远距离迁移，同时因塑料和微塑料的摄入而产生相关的暴露和毒性，因此同样值得关切⁽⁴⁴⁾。

2.2.1. 阻燃剂

阻燃剂是一类用于塑料和其它聚合物产品的添加剂,旨在降低可燃性并防止火势蔓延。它们被用于电子设备、绝缘泡沫等多种消费品中。塑料中使用的主要阻燃剂包括以锑为增效剂的溴化阻燃剂(如多溴二苯醚、十溴二苯乙烷(**DBDPE**)、四溴双酚A(**TBBPA**))、磷系阻燃剂(如三(2-氯乙基)磷酸酯(**TCEP**)和三(2-氯异丙基)磷酸酯(**TCPP**)、短链氯化石蜡/中链氯化石蜡/长链氯化石蜡(**LCCPs**)、硼酸、六溴环十二烷(**HBCDD**[\(2\)](#)),以及各种形式的被称为“得克隆”(Dechlorane)的系列化合物,如得克隆602、得克隆603、得克隆604和得克隆增强版[\(45\)](#)。

多溴二苯醚是一种疏水性物质,有三种商业配方,即商用五溴二苯醚(**PentaBDE**)、商用八溴二苯醚(**OctaBDE**)和商用十溴二苯醚(**DecaBDE**)。它们无处不在,具有毒性和持久性,而且会在生物体内累积,对人类健康造成极大的影响[\(46\)](#)。2009年,四至七溴二苯醚和六溴代二苯(**HBB**)被列入《斯德哥尔摩公约》附录A以便淘汰,并获得循环再利用豁免。[\(vi\)](#)2017年,十溴二苯醚被列入《斯德哥尔摩公约》附录A,并获得几项特定的使用豁免[\(47\)](#)。2013年,六溴环十二烷被列入《斯德哥尔摩公约》附录A以便淘汰,并获得豁免以便用于发泡聚苯乙烯和挤塑聚苯乙烯(**XPS**)的生产,而这正是六溴环十二烷的主要用途 [\(113\)](#)。

最近,其它新出现的溴化阻燃剂,如1,2-双(2,4,6-三溴苯氧基)乙烷(**BTBPE**)、十溴二苯乙烷和六溴苯(**HBBz**)受到关注,这是因为在许多环境区隔、生物体、食物和人体中都发现了这些物质[\(118\)](#)。由于它们不与聚合物基质化学结合,因此可以渗入周围环境中 [\(48\)](#) [\(49\)](#),唯有四溴双酚A例外,它在正常情况下会与聚合物化学结合[\(50\)](#)。四溴双酚A以双酚A溴化方式生产,是最常见的溴化阻燃剂,占溴化阻燃剂市场的60%[\(51\)](#)。

2.2.2. 全氟化学品

自2009年以来,全氟辛烷磺酸及相关物质已被列入《斯德哥尔摩公约》,而全氟辛酸及相关物质则被建议在本届缔约方大会列入公约。全氟己烷磺酸(**PFHxS**)已被认定符合持久性有机污染物标准。所有全氟和多氟^(vii)物质都是《国际化学品管理战略方针》(**SAICM**)所关注的议题。全氟辛烷磺酸和全氟辛酸并不遵循典型持久性有机污染物的模式——二者不会在脂肪组织中累积,而是与蛋白质结合。因此,它们主要积聚在肝脏、肾脏、大脑和脾脏等器官中。在动物研究中,全氟辛烷磺酸会导致癌症、幼体死亡、身体发育迟缓和内分泌紊乱。母体中全氟辛烷磺酸和全氟辛酸水平如果较高,会导致怀孕延迟[\(52\)](#)。较高的全氟辛烷磺酸/全氟辛酸水平与人类精液质量和阴茎尺寸下降有关[\(53\)](#)[\(54\)](#)。其它多数全氟/多氟烷基化合物的毒性数据不充分[\(55\)](#)。

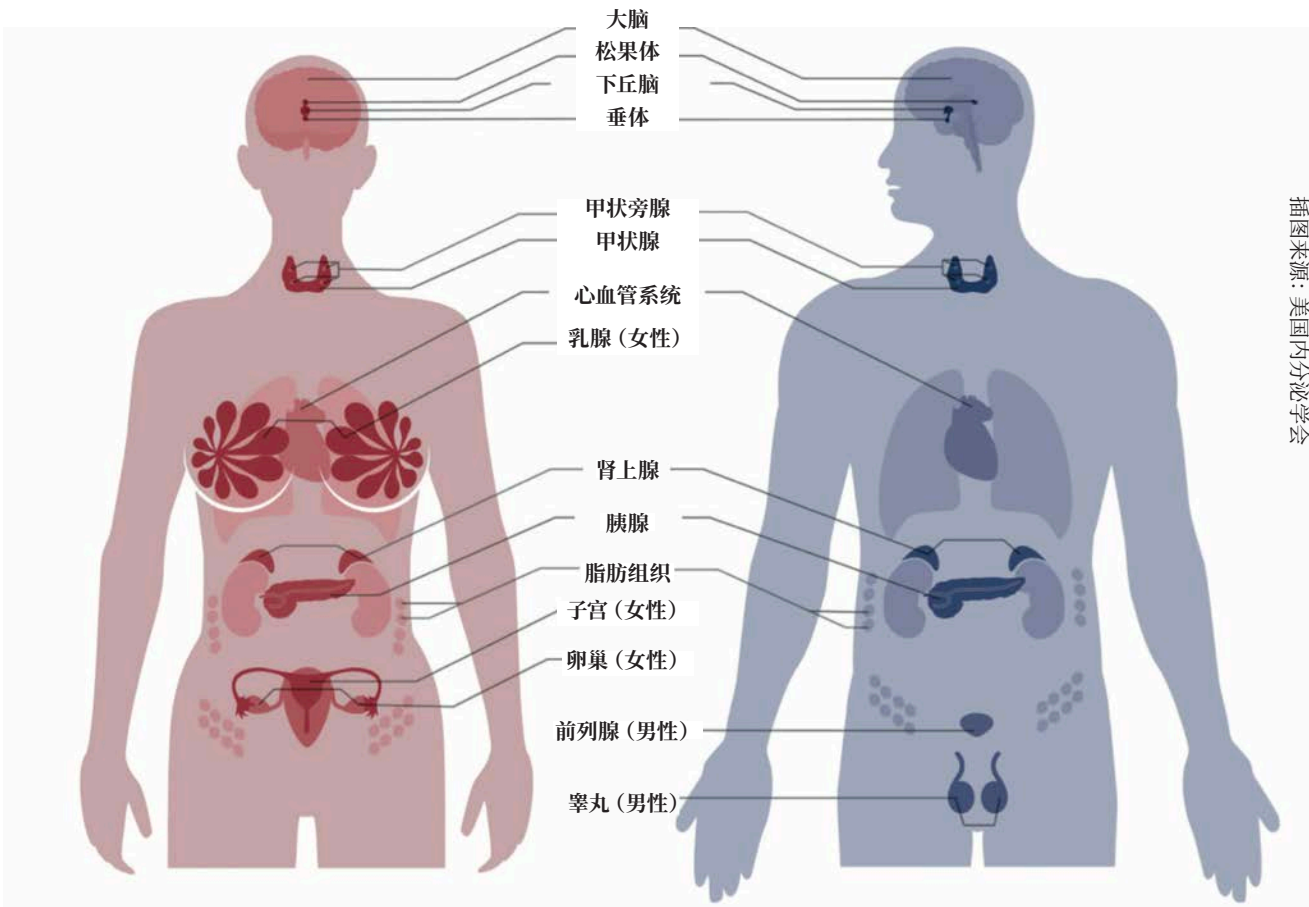
全氟辛烷磺酸相关物质(全氟辛烷磺酸前体)的主要用途之一是侧链氟化聚合物,如氟化(甲基)酰基聚合物、氟化聚氨酯聚合物或氟化氧杂环丁烷聚合物[\(56\)](#)[\(57\)](#)。全氟辛酸相关物质也被列入其中。这些聚合物被用于地毯、纺织品或家具的表面处理,并可能以颗粒和微塑料形式释放。侧链氟化聚合物降解时可能会释放包括全氟辛烷磺酸和全氟辛酸在内的全氟/多氟烷基化合物,具体取决于其以前的合成情况[\(58\)](#)[\(57\)](#)。

2.2.3. 邻苯二甲酸盐

邻苯二甲酸酯或邻苯二甲酸盐是一系列用作塑化剂的添加剂，主要用于聚氯乙烯生产(59)。它们为产品增添了香味，并使其更加柔韧。但有些邻苯二甲酸盐已被认定为内分泌干扰物，即使在低浓度下也是如此(60)。邻苯二甲酸盐会干扰雄性激素（睾丸激素）的产生，而雄性激素是男性发育的关键激素，对女性也有影响。

聚氯乙烯的邻苯二甲酸盐含量为10%至60%

若按重量计算，聚氯乙烯的邻苯二甲酸盐含量为10%至60%(61)。它们在制造、使用和处置过程中很容易渗入环境中(61)。由于它们已被发现存在于多种环境中，因此备受关注。2015年，全世界共使用了840万吨塑化剂。邻苯二甲酸二酯（DEHP）曾是最常用的，占全球塑化剂市场的37%。欧洲议会把循环再利用聚氯乙烯中的邻苯二甲酸二酯塑化剂视为目标(117)。不过邻苯二甲酸二酯已逐渐被邻苯二甲酸二异壬酯（DiNP）、邻苯二甲酸二异癸酯（DiDP）和邻苯二甲酸二（2-丙基庚）酯（DPHP）所取代，三者占欧洲2015年塑化剂消耗量的57%(59)。



2.2.4. 双酚

双酚是一类具有两种羟基功能的化合物。它们存在于多种聚碳酸酯 (PC) 塑料制品 (包括水瓶、食品储存容器和包装、运动器材和光盘) 和铝罐的环氧树脂内衬中, 而且还经常被用作热敏纸 (如收银机收据) 的显影剂。

它们存在于多种聚碳酸酯塑料制品 (包括水瓶、食品储存容器和包装、运动器材和光盘) 中

双酚A是双酚类别中最具代表性的化学品, 也是全世界最常生产的化学品之一, 年产量超过300万吨⁽⁶²⁾。在人体内, 它与寻求生育治疗的女性患者的卵子质量和其它方面的卵子活力下降有关。

双酚A主要用作聚碳酸酯塑料 (占使用量的65%) 和环氧树脂 (占使用量的30%) 的单体, 而环氧树脂是铝罐内衬层的主要成分⁽⁶³⁾。双酚A还可用作抗氧化剂或其它聚合物 (聚丙烯 (PP)、聚乙烯 (PE) 和聚氯乙烯) 的塑化剂⁽⁶⁴⁾。双酚A可能会发生渗出⁽⁶⁵⁾, 导致其从食品和饮料包装中释放出来, 这是人类接触双酚A的来源之一⁽⁶⁶⁾。在美国开展的人类接触双酚A和4-叔辛基酚的研究表明, 在选定的人口和收入群体中, 浓度与人口之间存在着相关性: 从统计学上看, 女性的浓度高于男性; 儿童的浓度高于青少年, 而青少年的浓度又高于成人。家庭收入最高的参与者的浓度最低⁽⁶⁷⁾。



全氟辛烷被列入《斯德哥尔摩公约》，全氟己烷磺酸进入持久性有机污染物审查委员会 (POPRC) 流程



《斯德哥尔摩公约》缔约方一致投票决定将全氟辛酸增列入2004年减少持久性有机污染物协议的应消除物质清单。氟聚合物中间体与各种癌症，以及甲状腺疾病、溃疡性结肠炎和出生缺陷有关。

《鹿特丹公约》化学品审查委员会在其第十四次会议上通过了关于全氟己烷磺酸、其盐类以及与全氟己烷磺酸有关的化合物的风险简介，将该化学品推进到需要风险管理评估的下一个审查阶段。

其它双酚类物质，如双酚B (BPB)、双酚F (BPF) 和双酚S (BPS)，也被用于塑料中，并可能对环境构成威胁。[\(欲知详情，请点击此处\)](#)。在动物研究中，双酚S破坏的激素途径以许多不同的方式表现出来：子宫生长变化；雄性和雌性性激素浓度变化；生殖扰乱，包括卵子生成和精子数量的变化[\(68\)](#)；统计学上显著的体重增加和激素代谢状况的改变[\(69\)](#)。最近的一项研究[\(70\)](#)表明：在怀孕/哺乳期接触双酚S的小鼠及其雌性后代中，双酚S会改变母性行为和大脑功能。关于双酚S对激素活动的影响，可参见发表于《**Environmental Health Perspectives**》期刊的一篇综合评论文章[\(71\)](#)。

尽管对双酚F的研究不如双酚A或双酚S充分，但它似乎具有类似双酚A的效果。最近的受体结合研究表明：当双酚F通过至少一种核雌激素受体发挥作用时，其效力与双酚A相近[\(72\)](#)。这些研究得到了动物试验的补充，后者显示了双酚F对子宫生长和睾丸重量的影响，从而分别表明了对雌激素和雄激素途径的影响[\(73\)](#)。双酚F与双酚A一样，似乎也会扰乱甲状腺途径[\(74\)](#)。





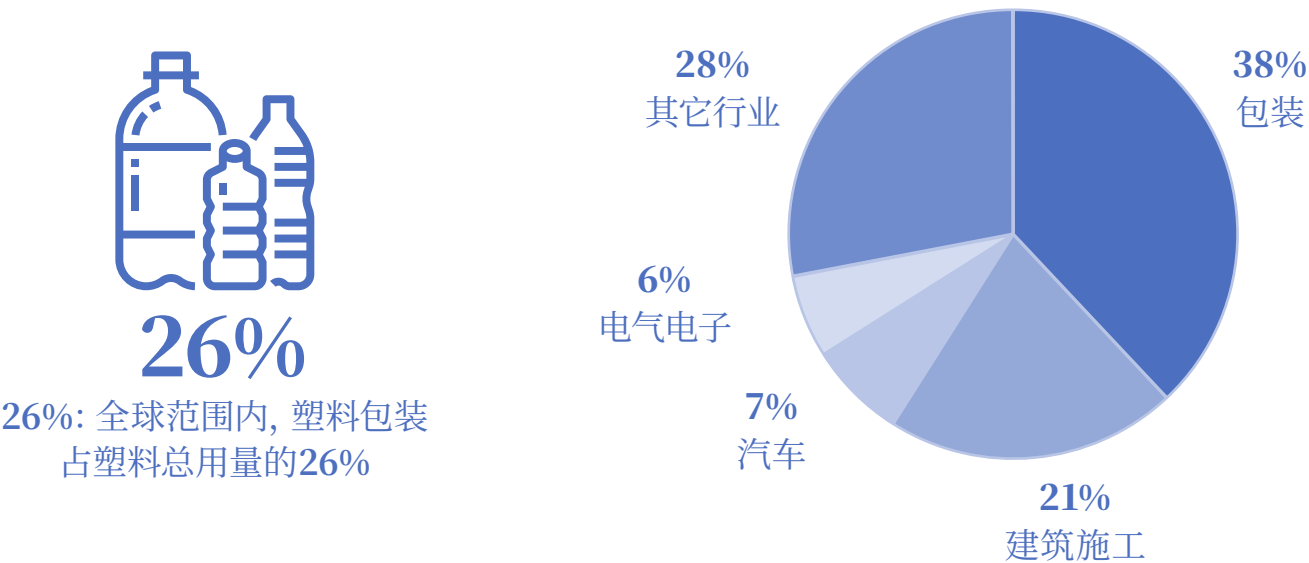
2.2.5. 壬基酚

壬基酚 (NP) 和壬基酚聚氧乙烯醚 (NPE) 被广泛应用于油漆、杀虫剂、洗涤剂和个人护理产品等领域

壬基酚是一类广泛使用的表面活性剂和抗氧化剂——壬基酚聚氧乙烯醚——降解的中间产物⁽¹¹⁴⁾。壬基酚和壬基酚聚氧乙烯醚被广泛应用于油漆、杀虫剂、洗涤剂和个人护理产品等领域，还可用作塑料中的抗氧化剂和塑化剂⁽¹¹⁵⁾。

有关方面已发现壬基酚会从塑料瓶渗入水中⁽¹¹⁶⁾。此外，废水处理厂的废水是环境中壬基酚和壬基酚聚氧乙烯醚的主要来源。壬基酚在环境中的影响包括水生生物的雌性化，雄性繁殖力以及幼体存活率下降，即使在低浓度下也是如此⁽⁷⁵⁾。壬基酚被认为是内分泌干扰物。例如欧盟由于壬基酚对环境 and 人类健康的影响而禁用该类物质⁽¹¹⁵⁾。

2.3. 优先行业



聚合物及其添加剂被广泛用于消费品以及合成纤维、泡沫塑料、涂料、粘合剂和密封剂制造。全球范围内, 塑料包装占塑料总用量的26%(4)。在欧洲, 它们主要用于包装行业 (38%), 其次是建筑施工 (21%)、汽车 (7%)、电气电子 (6%) 以及其它行业 (28%), 如医疗和休闲(76)。

塑料和其制成的消费品可能含有持久性有机污染物, 如短链氯化石蜡、多溴二苯醚、多氯联苯 (PCBs)、多氯萘 (PCNs)、与全氟辛烷磺酸/全氟辛酸有关的化学品, 以及其它有毒物质。含有持久性有机污染物的塑料也被广泛用于建筑施工、汽车和电气电子行业, 它们占塑料使用量的三分之一以上。在循环再利用过程中, 其它塑料也会受到有毒物质的影响, 而这些物质最初根本没有被用于食品接触材料中(77)(78)(79)(80)。《斯德哥尔摩公约》秘书处编写的一份审查报告指出: 包括玩具在内的物品中多溴二苯醚的含量很低, 这表明它们的存在不是有意使用的结果——它们很可能出现在由含有多溴二苯醚的再生塑料制成的新产品中 (见上图) (UNEP/POPS/COP.8/INF/12) (欲知详情, 请点击此处)。

在循环再利用过程中, 其它塑料也会受到有毒物质的影响, 而这些物质最初根本没有被用于食品接触材料中

鉴于内分泌干扰物的存在及其对人类健康的不良影响, 下节讨论的行业被认为是最令人担忧的行业 (欲知详情, 请点击此处)。



2.3.1. 儿童产品

儿童玩具经常含有内分泌干扰物。一些司法管辖区域正对儿童玩具、游戏和诸如婴儿奶瓶之类物品中的某些内分泌干扰物予以管制或禁止, 但仍然存在许多问题。已使用较长时间的产品、在非管制国家制造的产品或使用电池的产品可能会引起特别关切 ([欲知详情, 请点击此处](#))。

在含有持久性有机污染物-溴化阻燃剂的再生塑料制成的玩具中检测出了持久性有机污染物([81](#)), 其源头是短链氯化石蜡在软质聚氯乙烯玩具中的大量使用([82](#)) ([83](#))。再生塑料中的持久性有机污染物-溴化二苯醚和其它塑料添加剂的暴露表明了玩具所致的儿童相关暴露情况([84](#))([85](#))。IPEN在2017年的一项研究显示: 在全球26个国家的不同商店购买的由再生材料制成的玩具中, 多溴二苯醚(如八溴二苯醚和十溴二苯醚)以及短链氯化石蜡的浓度升高(欲知详情, 请点击如下链接: [1](#)、[2](#) 和 [3](#))。一些化学品的含量是国际推荐上限的五倍以上。这些化学品已被列入《斯德哥尔摩公约》。然而, 尽管这些物质被禁用或限用, 但它们在新产品中的出现促使有关各方探讨循环经济中的循环再利用法规不充分这一问题。

人们在发达国家可以看到邻苯二甲酸盐标签, 但在发展中国家或转型国家则看不到。最近在尼泊尔、菲律宾、亚美尼亚、塞尔维亚和白俄罗斯开展的项目清楚地表明: 当地的玩具没有贴邻苯二甲酸盐标签, 因此产品标签上的信息无法帮助消费者选择无毒玩具, 使他们意识不到产品对健康的毒性影响 ([欲知详情, 请点击此处](#))。



人们在发达国家可以看到邻苯二甲酸盐标签，但在发展中国家或转型国家则看不到。

其它内分泌干扰物（如金属及其盐类）也早已得到认定。IPEN的研究（[欲知详情，请点击此处](#)）报告表明：俄罗斯及周边国家儿童产品中铅含量为**18%**，菲律宾为**15%**，中国五个城市为**10%**。镉是一种用于电池、颜料、塑料稳定剂、合金和涂料的天然元素。近年来，它作为致癌物和污染物受到越来越严格的管制。镉也可能是一种内分泌干扰物，研究表明它与生殖系统所受的各种有害影响相关。

2.3.2. 包装：食品和饮料接触材料

塑料在包装中主要是作为一种低成本的一次性产品来使用, 通常不能重复使用或未被预定重复使用。如今, **95%**的塑料包装价值在短暂的一次性使用后就会流失到经济中去(4)。塑料包装种类繁多, 制造材料包括多种聚合物和添加剂以及其它成分, 如粘合剂或涂料。最令人担忧的是, 它可能含有制造过程所用物质(如溶剂)的残留物, 以及无意添加的物质, 如杂质、低聚物或降解产物(20)。氟化持久性有机污染物, 如全氟辛酸和以前的全氟辛烷磺酸, 被用于食品包装的氟化聚合物涂料中(86)(87)。

邻苯二甲酸盐被用于种类数以百计的产品中, 包括许多食品饮料容器和保鲜膜。由于邻苯二甲酸盐会渗入食品中或在容器被微波加热时释放出来, 使人们与之接触, 因此有关方面对包装的关注度上升。一些企业已自愿将其从产品中去除, 并在广告中声明自己的产品“不含邻苯二甲酸盐”。在被认为是内分泌干扰物的酚类化合物中, 双酚A是最著名最常用的化合物之一。虽然在一些国家, 双酚A已被禁止用于婴儿奶瓶等儿童产品, 但它仍被用于许多水瓶和塑料容器以及保护罐装食品不受污染的环氧树脂中(viii)。





2.3.3. 电子电气设备及相关废弃物

持久性有机污染物-溴化阻燃剂（四至七溴二苯醚、十溴二苯醚、六溴代二苯、六溴环十二烷）正在或曾被用作电子产品所用塑料中的阻燃剂。十溴二苯醚的使用曾经非常广泛，并且在电子电气设备（EEE）外壳中的使用方面仍享受豁免。

2009年，《国际化学品管理战略方针》认定电子产品中的危险化学品是一个全球关切的议题。2011年，联合国工业发展组织（工发组织）、《巴塞尔公约》秘书处和《斯德哥尔摩公约》秘书处主办了一次专家组会议，以提出电子产品所含危险化学品处理建议，这些建议随后在2012年和2015年的《国际化学品管理战略方针》会议上得到了100多个国家政府的认可。

“电子产品中的危险化学品是一个全球关切的议题”

越来越多的证据表明：消费品制造商采购的材料可能来自含有相关持久性有机污染物的报废电子电气设备（WEEE）的塑料外壳，从而在部分程度上满足其对黑色塑料的需求⁽⁷⁸⁾⁽⁷⁹⁾⁽⁸⁴⁾⁽⁸⁵⁾⁽¹⁴⁾。分拣效率低下的报废电子电气设备塑料有可能将受限物质和危险物质引入再生材料中。除持久性有机污染物-溴化阻燃剂外，作为阻燃增效剂的锑以及重金属镉、铬、汞和铅也会通过循环再利用被重新引入⁽⁸⁸⁾。

必须指出的是，电子电气设备和相关电子废弃物上没有贴这些化学品的标签。由于缺乏关于这些化学品在产品 and 废弃物中存在情况的信息，循环再利用过程因此变得复杂起来，破坏了循环经济方式，剥夺了消费者的知情权，并危及废弃物搬运者。



2.3.4. 纺织品、室内装饰品和家具

“纺织品上没有贴这些化学品的标签,这使得消费者无法做出知情决定,也使得循环再利用业者无法安全工作。结果,消费者无法了解他们所购买的产品中相关物质的含量,而政府也不知道它们是否符合《斯德哥尔摩公约》的要求——该公约不允许含有十溴二苯醚的产品被循环再利用。”

聚酯、尼龙、腈纶和其它合成纤维都是不同形式的塑料,目前占全世界服装材料的60%以上(89)。合成塑料纤维价格便宜,用途极广,具有弹性、透气性、保暖性和坚固性。这些纤维以一种微妙而又普遍的方式加剧了海洋塑料污染,这是因为它们所制造的织物,以及合成-天然混合材料,只要经过洗涤就会渗入环境中。尽管估算结果有所不同,但每洗一次衣服就有可能将衣服上的数十万条纤维和微纤维释放到废水收集系统中。纺织品也会从填埋场进入河流和海洋。

一些持久性有机污染物,如商用五溴二苯醚、十溴二苯醚、六溴环十二烷、短链氯化石蜡、全氟辛烷磺酸和全氟辛酸,被用于服装面料,特别是被用于交通工具和家具饰品,以及其它阻燃或经过表面处理的纺织品或地毯。十溴二苯醚和短链氯化石蜡在纺织品中的使用已获得豁免(了解详情)。纺织品上没有贴这些化学品的标签,这使得消费者无法做出知情决定,也使得循环再利用业者无法安全工作。结果,消费者无法了解他们所购买的产品中相关物质的含量,而政府也不知道它们是否符合《斯德哥尔摩公约》的要求——该公约不允许含有十溴二苯醚的产品被循环再利用。



2.3.5. 建筑行业

塑料和聚合物的一个主要用途是在建筑领域。大量的聚合物泡沫塑料被用作建筑物和其它建筑领域的隔热材料。大多数聚合物泡沫是聚苯乙烯, 包括发泡聚苯乙烯/挤塑聚苯乙烯、聚氨酯 (PUR) 和聚异氰脲酸酯 (PIR)。这些泡沫塑料经常使用溴化阻燃剂或其它阻燃剂来实现阻燃, 以符合可燃性标准。商用六溴环十二烷虽于**2013**年被列为持久性有机污染物, 却仍被用于发泡聚苯乙烯/挤塑聚苯乙烯, 原因是它在建筑隔热方面的使用得到了特定豁免。十溴二苯醚虽于**2017**年被列为持久性有机污染物, 但目前仍凭借特定豁免而被用于建筑领域的聚氨酯泡沫塑料。这些泡沫塑料的使用寿命长达数十年, 甚至可能长达一个世纪, 使发展中国家在报废隔热泡沫塑料管理领域面临挑战⁽⁹⁰⁾。

在建筑领域使用十溴二苯醚或其它阻燃剂处理的其它聚合物包括聚乙烯隔热泡沫塑料、聚乙烯塑料板和聚丙烯塑料板。此外, 短链氯化石蜡仍在使用, 多氯萘和多氯联苯也曾被用于建筑领域的聚合物, 特别是在密封剂和油漆中⁽⁹¹⁾⁽⁹²⁾。短链氯化石蜡还被用于建筑业、聚氯乙烯、密封剂/粘合剂和橡胶中, 因此也被用于各种聚合物中⁽⁹³⁾。十溴二苯醚和六溴环十二烷还被用于建筑业的膨胀油漆/涂料。这些塑料的使用寿命长达数十年。关于通常含有多氯联苯或短链氯化石蜡等涂料塑化剂且以聚氯乙烯为基础的涂料和密封剂, 事实表明: 通过喷砂清除这些涂料和密封剂的作业已经污染了环境, 包括数百公里的河流沉积物或峡湾, 其中的多氯联苯来自单个桥梁⁽⁹⁴⁾⁽⁹⁵⁾。

2.4. 微塑料: 具有迁移能力、阻碍循环经济实施的持久性污染物



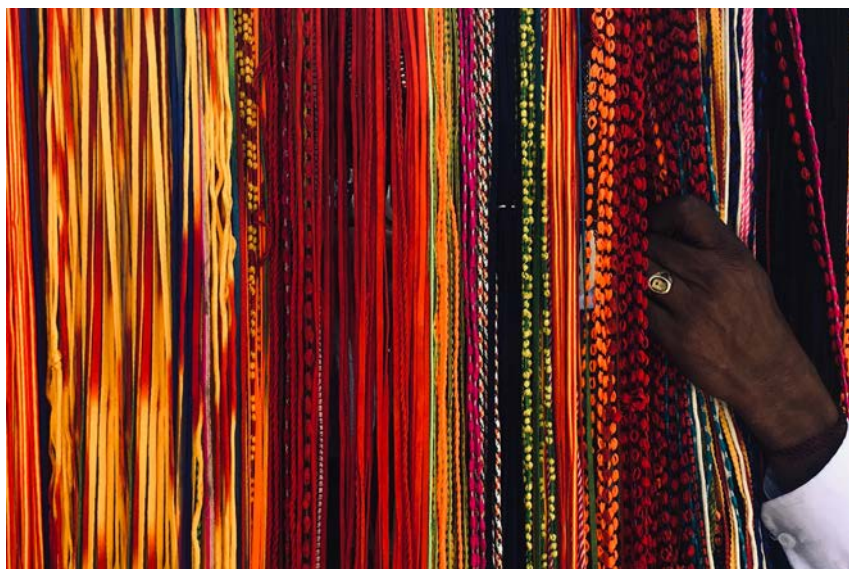
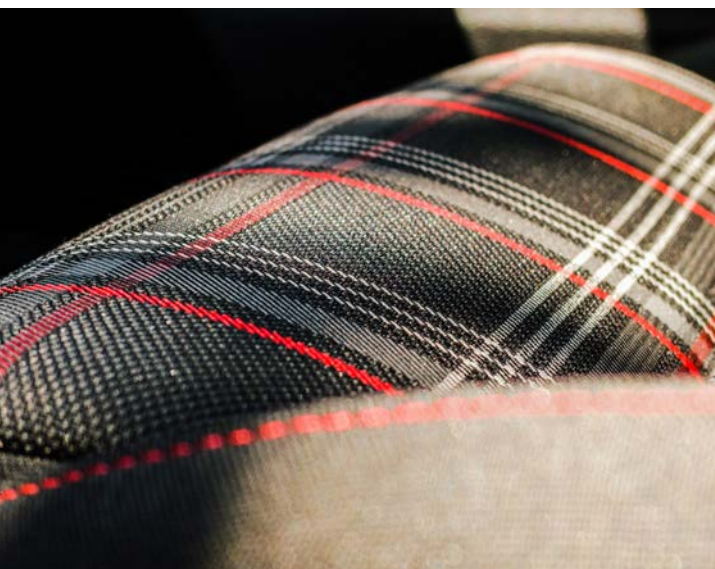
更好地了解微塑料的毒性

塑料含有添加剂(包括内分泌干扰物),可被吞食塑料的动物组织吸收。本项研究将有助于根据塑料的成分确定毒性最强的塑料,以便从我们的消费活动中优先消除这些塑料。

海里的塑料: 解决方案来自陆地!

我们无法在海上收集大量的微塑料。最有效的解决方案是阻止各大洲的废弃物流入海洋。

微塑料是非常小的塑料材料颗粒,通常小于5毫米,可能是由较大的塑料(包括合成纺织品)磨损而无意形成的,也可能是为特定目的而制造并有意添加到产品中的,例如作为面部或身体磨砂膏中的去角质微珠。一旦被释放到环境中,它们就会在鱼类和贝类中积累,从而进入食物链。

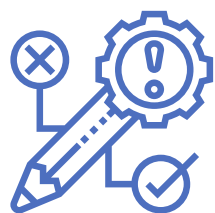
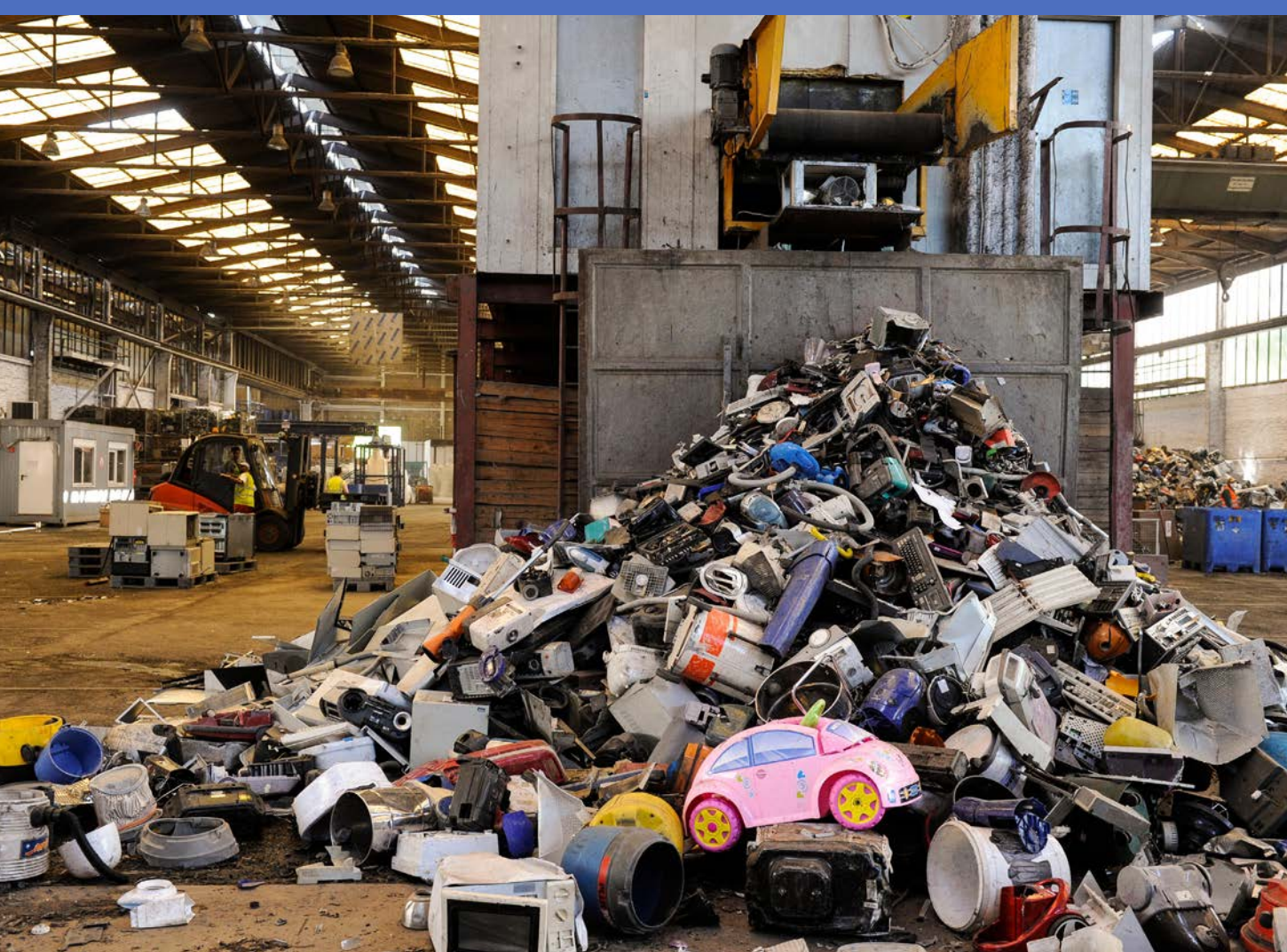


出于对环境和人类健康的关心,一些国家已经颁布或提议颁布国家禁令,在某些消费品中禁止有意使用微塑料([了解详情](#)),主要涉及在冲洗类化妆品中使用塑料微珠,或者正在考虑进一步限制某些产品中有意添加的微塑料,因为它们将不可避免地被释放出来。这些限制措施涵盖了微塑料在多个行业的多种消费品和专业产品中的使用,包括化妆品/洗涤剂/保养产品、油漆/涂料、建筑材料、医药产品,以及农业、园艺和石油天然气行业中使用的各种产品。[了解详情](#)。



已有报告称, 各种物种因摄入大型塑料、微塑料和纳米塑料或被大型塑料缠绕而产生各种后果⁽⁹⁶⁾⁽⁹⁷⁾, 包括窒息或消化道堵塞而导致死亡⁽⁹⁶⁾。而且我们已经知道塑料吸收持久性有机污染物的能力也会引起额外的问题⁽²⁾, 检测出的塑料添加剂的浓度最多可比周围水中的浓度高六个数量级⁽⁹⁸⁾。此外, 就海洋环境中的行为和后果而言, 微塑料中的内分泌干扰物可能与清单所列的持久性有机污染物一样有害, 这是因为它们的活动水平、广泛分布、毒性风险和生物累积性或许与持久性有机污染物相当。

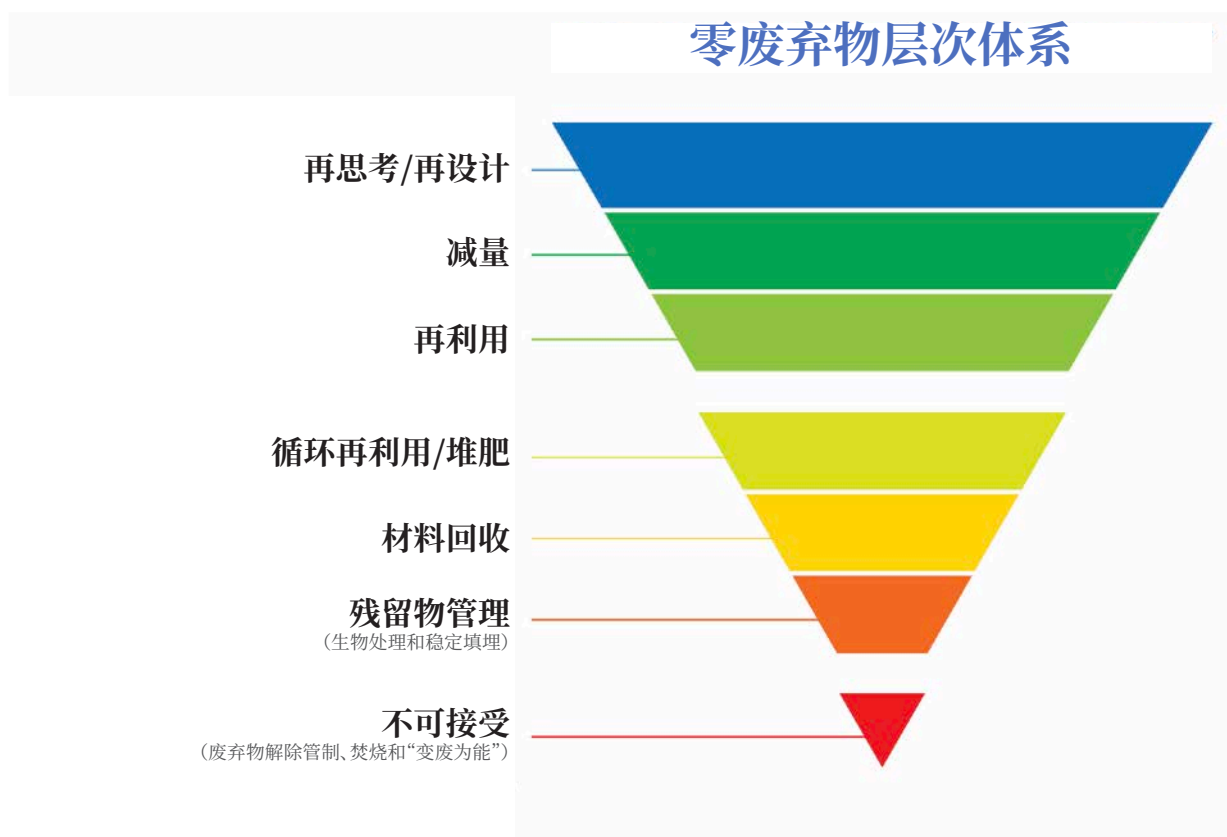
在封装于聚合物基质中或从受污染环境中吸收的有毒化学污染物的全球迁移过程中, 海洋环境中的塑料发挥着重要作用。据估算, 它们在海洋环境条件下的持久性可达数十年甚至数百年, 因此可通过洋流或海洋生物的迁徙完成远距离迁移, 从而对鱼类种群、海洋生物多样性构成直接威胁, 并可能危及人类健康⁽⁹⁹⁾⁽¹⁰⁰⁾⁽¹⁰¹⁾。



3. 议题的主要解决方法

有若干一般方法可帮助减少与塑料及其可能含有的有毒添加剂相关的危害, 以便安全地实现“闭环”。有关方面日渐认识到需要在“上游”着手解决污染议题, 以减少最终产生的危险废弃物和其它废弃物。然而, 如果不在早期适当处理生态毒性和健康风险, 则促进循环再利用可能会产生负面的副作用。

废弃物管理和循环再利用是安全循环经济方式的关键部分, 但它不限于这两部分。这一概念还包括其它许多方面, 如生态设计、新商业模式的开发、产品服务系统、产品寿命的延长、终身保修、再利用、再制造、翻新战略、维修权条例、向伴以高绩效目标的生产者完全责任的转移, 以及由严格执行来支持的成果。



以下一些要点可能与联合国环境署正在开展的工作或在《国际化学品管理战略方针》框架下开展的工作有关,也可能为《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》下的具体工作提供信息:

(a) 加快更安全材料的创新:

有关方面显然越来越需要开展创新,以开发更安全的材料,并向市场投放更多更安全的无毒替代品(如短链氯化石蜡和十溴二苯醚的替代品,《斯德哥尔摩公约》秘书处2019a,b)[\(102\)\(103\)](#)。由于有害物质经常会被结构和潜在危害类似的化学品所取代[\(42\)](#),因此需要建立制度来避免出现这种令人遗憾的化学替代品。

最近的一些举措,如欧洲化学品管理局(ECHA)开展的信息提供工作[\(了解详情\)](#),可作为实现上述目标的第一步。欧洲化学品管理局和产业代表通过这一联合项目制定了塑料中使用的400多种功能性添加剂或颜料的清单,其中包含最常见的聚合物及其典型浓度范围的信息。信息提供工作考虑了根据REACH法规登记的年产量超过100吨的物质,重点是塑化剂、阻燃剂、颜料、抗氧化剂、抗静电剂、成核剂和各种类型的稳定剂。

(b) 促进产业协作:

共同的工具和方法提供重点并加快变革。人们已经认识到,当各产业相互协作并商定与安全化学这一共同愿景相一致的标准、认证和规章时,就可以加快实现优化型产品。生产者延伸责任方案如果设计良好,也可以支持闭环。应通过各项公约和其它促进化学品和废弃物妥善管理的全球文书,以及向辛迪加和企业财团提供指导,来推广上述方法,从而向整个产业发出更强烈的需求信号,以实现成本降低,并凭借成熟产品使健康材料具有竞争力。各协作平台使产业能够测试新的商业模式,这些模式则使各利益攸关方之间的激励措施协调一致。

(c) 循环再利用系统的创新:

尽管这一领域是循环经济战略的大部分工作的重点,但仍有许多方面有待改进。含有危险物质的材料不应与其它材料一起加工。不含危险物质的材料和产品的循环再利用目标应显著高于在循环再利用过程中需要分离的含有危险物质的材料类别。强烈建议在源头推广经过改进的分离和收集措施,以避免危险废弃物流与那些可被安全循环再利用的材料混合。

此外,还需要研究对材料化学成分的不加区分的解聚、解构和解离,以便将由此产生的副产品和成分升级再造为新工艺和现有工艺的价值更高的原料。受控的高效循环再利用和回收作业将带来新的就业机会,并使目前被丢弃的材料有机会重新融入经济循环。

此外,有必要推动循环再利用技术和基础设施的创新。持久性有机污染物-溴化二苯醚最佳可行技术/最佳环境实践指南汇编了塑料和泡沫塑料的分离和循环再利用技术(《斯德哥尔摩公约》秘书处2017a)。其它可能出现的技术包括利用催化剂、细菌(酶)、离子液体和其它技术,将聚酯对苯二甲酸酯(PET)、聚乙烯和聚碳酸酯等塑料的分子成分转化为有用的原料(10)。

(d) 获取塑料化学成分信息:

迫切需要公开关于塑料中化学品使用情况以及塑料制品确切化学成分的信息。通过更多地跨行业获取高质量的化学品危害评估数据,以及提高化学品成分及其影响数据的透明度,可以帮助实现这一目标。

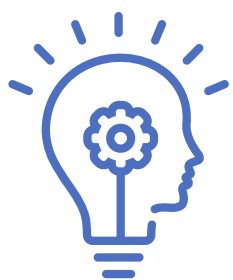
了解塑料制品中的添加剂种类是一个全球性议题。它需要在全球范围内,跨越利益攸关方的界限,并贯穿产品生命周期开展协作。参与产品生命周期的所有利益攸关方之间需要共享塑料化学成分信息,这对于保护人类健康和环境至关重要。在降低危险化学品风险方面,相关产品化学成分信息的缺乏是一大障碍。获取塑料制品化学成分信息,是对日常用品中的化学品予以妥善管理的必要条件和前提,这项工作不仅涵盖制造过程,也涵盖整个产品生命周期。强制要求生产企业就塑料制品所含危险物质提交报告并贴标签,这将为消费者、搬运者、加工者和监管者提供关键信息。

《国际化学品管理战略方针》产品化学成分计划是一个独特的全球倡议,它推广多种不同的备选方式,以披露产品中可能用于塑料有毒添加剂的化学品的信息。

或许有必要对不合理的商业保密要求提出质疑。《国际化学品管理战略方针》产品化学成分计划遵循《国际化学品管理战略方针》的总体政策战略,而根据该计划的概述,与人类和环境的健康和安全相关的化学品信息不应视为机密(第15段)。



图片来源：环保组织Ecoton的Prigi Arisandi



4. 结论

塑料产量和用于制造塑料的化学添加剂的数量正呈指数增长。**2014年全球塑料产量约为3.11亿吨**（欧洲塑料协会，2015年）：如果目前的生产和使用趋势延续下去，那么**2050年**的产量估计将接近**20亿吨**。

有关方面对海洋塑料垃圾和微塑料问题的认识日益提高，因此呼吁立即采取全球行动，以减轻并预防塑料污染。第四届联合国环境大会在结束时发表了一项部长宣言，承诺到**2030年**大幅减少一次性塑料制品，并通过了**26项**决议和决定。《**巴塞尔公约**》和《**斯德哥尔摩公约**》显然具有重要的潜在作用，事实上，《**巴塞尔公约**》缔约方大会将审议若干具体行动。

虽然塑料污染作为一般议题已得到越来越多的关注，但迄今为止，人们对添加剂的关注较少。它们的使用非常广泛，任何塑料的生产都离不开添加剂。虽然它们存在于多种产品中，包括许多家用产品，但在供应链之外，很少能获得相关信息。许多添加剂可能具有毒性，一些添加剂符合持久性有机污染物的定义。当它们从塑料碎片中渗出时，会对环境和人类健康构成风险。添加剂在循环再利用方面也存在問題，它们的使用是人类向循环经济迈进的一个潜在障碍。

《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》已通过列入清单或发布技术指导,对若干种物质采取了行动。但仍有许多化学品尚未在国际层面得到充分控制,对此采取进一步行动,将可为减轻与塑料的使用相关的风险以及促进生命周期方法和循环经济做出重大贡献。

《巴塞尔公约》缔约方大会在审议不限成员名额工作组的建议时,有若干机会来确保添加剂议题得到处理,例如在审查附录一和附录三时,以及在委托修订塑料废弃物管理技术指南时。拟议的新《巴塞尔公约》塑料废弃物伙伴关系也提供了另一个重要机会。同样,《斯德哥尔摩公约》也可以发挥重要作用。各区域中心和协调中心的海洋垃圾专题组将继续就这一议题开展工作,并希望有机会充分促进有关这些议题的相关工作。

2020年9月

参考资料

1. Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review. Hermabessiere, Ludovic, et al. s.l. : Elsevier, May 2017, Chemosphere.
2. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. Hahladakis, John N., et al. s.l. : Elsevier, 2017, Hazardous Materials.
3. PlasticsEurope, Brussels. PlasticsEurope, Plastics -the Facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data. 2015. PlasticsEurope, Plastics -the Facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data. PlasticsEurope, Brussels. [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150227150049 final plastics the facts 2014 2015 260215.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150227150049%20final%20plastics%20the%20facts%202014%202015%2020215.pdf), 2015.
- 3.a Preliminary draft guidance on preparing inventories of decabromodiphenyl ether. Secretariat of the Stockholm Convention, 2019. UNEP/POPS/COP.9/INF/18
- 3.b Preliminary draft guidance on alternatives to short-chain chlorinated paraffins (SCCPs). Secretariat of the Stockholm Convention, 2019. UNEP/POPS/COP.9/INF/##.
4. Ellen MacArthur Foundation. The new plastics economy: Rethinking the future of plastics and catalysing action. 2017.
5. D.S. Achilias, C. Roupakias and P. Megalokonomos. Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP). s.l. : J. Hazard. Mater. 149, 2007. pp. 536–542.
6. European Commission. On a European Strategy on Plastic Waste in the Environment. European Commission. Brussels : s.n., 2013. Green Paper.
7. GEF. Circular Economy. Sixth GEF Assembly. Viet Nam : s.n., 2018.
8. UNIDO. Circular Economy. Vienna : s.n., 2017.
9. European Commission. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. . Brussels : s.n., 2018.
10. Werner, Mike, et al. The role of safe chemistry and healthy materials in unlocking the circular economy. Ellen MacArthr Foundation, Google.
11. Downsides of the recycling process: harmful organic chemicals in children' s toys. Ionas AC, Dirtu AC, Anthonissen T, Neels H, Covaci A. 2014, Environ Int. 65, pp. 54-62.
12. Occurrence of brominated flame retardants in black thermo cups and selected kitchen utensils purchased on the European market. Samsonok J, Puype F. 2013, Food Addit Contam Part A: Chem Anal Control Expo Risk Assess. 30(11), pp. 1976-1986.
13. Evidence of waste electrical and electronic equipment (WEEE) relevant substances in polymeric food-contact articles sold on the European market. Puype F, Samsonok J, Knoop J, Egelkraut-Holtus M, Ortlieb M. 2015, Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Exposure Risk Assess. 32, pp. 410-426.
14. Evidence of bad recycling practices: BFRs in children' s toys and food-contact articles. Guzzonato A, Puype F, Harrad SJ. 2017, Environ Sci Process Impacts. 19(7), pp. 956-963.
15. Brominated flame retardants in black plastic kitchen utensils: Concentrations and human exposure implications. Kuang J, Abdallah MA, Harrad S. 2018, Sci Total Environ, pp. 610-611, 1138-1146.
16. Legal limits on single-use plastics and microplastics: A global review of national laws and regulations. UN Environment. 2018.
17. World Economic Forum and Ellen MacArthur Foundation. The New Plastics Economy – Catalysing action. 2017.
18. Tuladhar, Alisha. Circular Economy: A Zero-Waste Model for the Future. [Online] Feb 2018. <https://www.fairobserver.com/world-news/circular-economy-zero-waste-recycling-environment-davos-economic-forum-news-14318/>
19. The Chemicals in Products Programme . SAICM. s.l. : SAICM, 2015. http://www.saicm.org/Portals/12/Documents/EPI/CiP%20programme%20October2015_Final.pdf
20. Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. Groh, Ksenia J., et al. s.l. : Elsevier, 2018, Science of the Total Environment.
21. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. Hahladakis , John N., et al. s.l. : Elsevier, 2017, Hazardous Materials.

22. Leaching characteristics of polybrominated-diphenyl ethers (PBDEs) from flame-retardant plastics, . Y.-J. Kim, M. Osako, S.-i. Osako,. 2006, *Chemosphere* 65, pp. 506–513.
23. High levels of medium-chain chlorinated paraffins and polybrominated diphenyl ethers on the inside of several household baking oven doors. Gallistl C, Sprengel J, Vetter W. 2018, *Sci Total Environ*, pp. 615, 1019-1027.
24. Chlorinated paraffins leaking from hand blenders can lead to significant human exposures. Yuan B, Strid A, Darnerud PO, de Wit CA, Nyström J, Bergman Å. 2017, *Environ Int*, pp. 109, 73-80.
25. Final Report. Migration of Phthalate Plasticisers from Soft PVC Toys and Child Care Articles. TNO Report V3932. . Rijk, R. and Ehlert, K. 2001, TNO Nutrition and Food Research, Zeist.
26. Increased migration levels of bisphenol A from polycarbonate baby bottles after dishwashing, boiling and brushing, . C. Brede, P. Fjeldal, I. Skjevrak, H. Herikstad,. 2003, *Food Addit. Contam.* , pp. 684–689.
27. Towards development of a rapid and effective non-destructive testing strategy to identify brominated flame retardants in the plastics of consumer products. Gallen C, Banks A, Brandsma S, Baduel C, Thai P, Eaglesham G, Heffernan A, Leonards P, Bainton P, Mueller JF. 2014, *Sci Total Environ.*, pp. 491-492, 255-265.
28. PlasticsEurope. Plastics -The Facts 2016 An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data. Plastics Europe. Brussels. s.l. : Plastics Europe. Brussels, 2016.
29. Relevance of BFRs and thermal conditions on the formation pathways of brominated and brominated-chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans. Weber, Roland and Kuch, Bertram. s.l. : Elsevier, 2003.
30. Thermolysis of fluoropolymers as a potential source of halogenated organic acids in the environment. Ellis DA, Mabury SA, Martin JW, Muir DC. 2001, *Nature* 412(6844), pp. 321-324.
31. Thermal degradation products of polytetrafluoroethylene (PTFE) under atmospheric condition. Ochi K, Kawano M, Matsuda M, Morita M. 2008, *Organohalogen Compounds* 70, pp. 2090-2093.
32. Quantitation of gas-phase perfluoroalkyl surfactants and fluorotelomer alcohols released from nonstick cookware and microwave popcorn bags. Sinclair E, Kim SK, Akinleye HB, Kannan K. 2007, *Environ Sci Technol.* 41(4), pp. 1180-1185.
33. Pyrolysis products of polytetrafluoroethylene and polyfluoroethylenepropylene with reference to inhalation toxicity. Arito H, Soda R. 1977, *Ann Occup Hyg.* 20(3), pp. 247-255.
34. A.C. Buekens. s.l. : Elsevier, 2010, PVC and waste incineration – modern technologies solve old problems, in: *The 6th International Conference on Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control: Waste to Wealth.*.
35. Reviewing the relevance of dioxin and PCB sources for food from animal origin and the need for their inventory, control and management. Weber R, Herold C, Hollert H, Kamphues J, Blepp M, Ballschmiter K. 2018, *Environmental sciences Europe*, 30(1), p. 42.
36. Destruction of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA) by Ball Milling. Zhang K, Huang J, Yu G, Zhang Q, Deng S, Wang B. 2013, *Environmental Science & Technology* 2013 47 (12), pp. 6471-6477.
37. Mechanochemical destruction of decabromodiphenylether into visible light photocatalyst BiOBr. Zhang K, Huang J, Wang H, Yu G, Wang B, Deng S, Kanoband J, Zhang Q. 2014b, *RSC Advances* 4(28), pp. 14719-1472 .
38. Recovery of bromine and antimony from WEEE plastics 2016 ,, pp. 1-5. Schlummer M, Popp L, Trautmann F, Zimmermann F, Mäurer A. 2016, *Electronics Goes Green 2016+ (EGG) Berlin*, 2016, pp. 1-5.
39. The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade . Brooks, Wang, Jambeck. 2018, *Sci. Adv.* 2018, p. 4.
40. The state of POPs in Ghana- A review on persistent organic pollutants: Environmental and human exposure. Bruce-Vanderpuije P, Megson D, J.Reiner E, Bradley L, Adu-Kumi S, A.Gardella J. 2019, *Environmental Pollution*, Volume 245, pp. 331-342.
41. Weber, Roland, et al. 20 case studies on how to prevent the use of toxic chemicals frequently found in the Mediterranean Region. Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production (SCP/RAC). Barcelona : s.n., 2018.

42. From incremental to fundamental substitution in chemical alternatives assessment. Fantke P, Weber R, Scheringer M. 2015, Sustainable Chemistry and Pharmacy 1, pp. 1-8.
43. Camboni, Marco. Substitution, including grouping of chemicals & measures to support substitution. European Commission. 2017.
44. Marine litter plastics and microplastics and their toxic chemicals components: the need for urgent preventive measures. Gallo, Frederic, et al. s.l. : SpringerOpen, 2018, Environmental Sciences Europe.
45. Dechlorane plus and related compounds in the environment. A review. Sverko, E., et al. 2011, Environmental Science and Technology. 45:5088-5098.
46. Perfluorooctanoic acid (PFOA) — main concerns and regulatory developments in Europe from an environmental point of view. Vierke, Lena, Staude, Claudia and Bieg, Annegret. s.l. : Springer Berlin Heidelberg, May 2012, Environ Sci Eur (2012) 24: 16. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-16>.
47. Stockholm Convention. Risk management evaluation on decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE). Persistent Organic Pollutants Review Committee Eleventh meeting. 2015.
48. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. Engler, RE. Nov 2012, Environ Sci Technol. 2012 Nov 20;46(22):12302-15. doi: 10.1021/es3027105. Epub 2012 Nov 2.
49. Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes. Meeker, John D, Sathyanarayana, Sheela and H. Swan, Shana. s.l. : The Royal Society, Jul 2009, Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.
50. Distribution and Fate of HBCD and TBBPA Brominated Flame Retardants in North Sea Estuaries and Aquatic Food Webs. Morris, et al. s.l. : PubMed, Dec 2004, Environmental Science and Technology 38(21):5497-504.
51. Scientific Opinion on Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and its derivatives in food. European Food Safety Authority. 2013, EFSA Journal 2011;9(12):2477.
52. Maternal levels of perfluorinated chemicals and subfecundity. Fei, C, et al. 2009, Hum Reprod. 24(5):1200-1205.
53. Do perfluoroalkyl compounds impair human semen quality? Joensen, UN1, et al. 2009, Environ Health Perspect. 117(6), 923-927. doi: 10.1289/ehp.0800517.
54. Endocrine disruption of androgenic activity by perfluoroalkyl substances: clinical and experimental evidence. Di Nisio, A, et al. 2018, J Clin Endocrinol Metab. doi: 10.1210/jc.2018-01855.
55. The Madrid Statement on Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs). Blum, Arlene, et al. 2015, Environmental health perspectives. 123. A107-A111. 10.1289/ehp.1509934. Xenia & Goldenman, Gretta & Cousins, Ian & Diamond, Miriam & Fletcher, Tony & Higgins, Christopher & E Lindeman, Avery & Peaslee, Graham & De Voogt, Pim & Wang, Zhanyun & Weber, Roland. (2015). The Madrid Statement on Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs).
56. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins. Buck, RC, et al. [ed.] doi: 10.1002/ieam.258. 2011, Integr Environ Assess Manag. 7(4):513-541.
57. A critical review of the application of polymer of low concern and regulatory criteria to fluoropolymers. Integr Environ Assess Manag. 14(3):316-334. Henry, BJ, et al. Mar 2018. doi: 10.1002/ieam.4035. Epub 2018 Mar 30.
58. Structure and surface properties of polyacrylates with short fluorocarbon side chain: Role of the main chain and spacer group. J. Wang, Q, et al. 2010, Polym. Sci., Part A: Polym. Chem., 2010, 48, 2584–2593.
59. Arbeitsgemeinschaft and P.V.C., Umwelt, e.V. Plasticizers Market Data. (Accessed 31 May 2016). [Online] 2006. http://www.pvc-partner.com/fileadmin/user_upload/downloads/Weichmacher/Marktdaten_Weichmacher_230106.lin_en.pdf
60. Effect of Bisphenol A (EDC) on the reproductive potential of *Helisoma duryi* (Wetherby, 1879). Gabr, Mostafa, et al. 2015, Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries. 19. 35-49. 10.21608/ejabf.2015.2275.
61. Occurrence, fate, behavior and ecotoxicological state of phthalates in different environmental matrices. Net, S, et al. 2015, Environ. Sci. Technol. 49, 4019e4035. <http://dx.doi.org/10.1021/es505233b>.
62. Bisphenol A causes reproductive toxicity, decreases dnmt1 transcription, and reduces global DNA methylation in breeding zebrafish (*Danio rerio*). Laing, LV, et al. Jul 2016, pp. 11(7):526-38. doi: 10.1080/15592294.2016.1182272. Epub 2016 Apr 27.

63. An ecological assessment of bisphenol-A: evidence from comparative biology. Crain, DA, et al. 2007, Repr Toxic, pp. 225-39.
64. Bisphenol A and Reproductive Health: Update of Experimental and Human Evidence, 2007–2013. Peretz, J, et al. Aug 2014, Environ Health Perspect., pp. 122(8): 775–786.
65. Leaching of bisphenol A (BPA) to seawater from polycarbonate plastic and its degradation by reactive oxygen species. Sajiki, J and Yonekubo, J. Apr 2003, Chemosphere.
66. Environmental contaminants of emerging concern in seafood – European database on contaminant levels. Vandermeersch, G, et al. Nov 2015, Environmental Research Volume 143, Part B., pp. 29-45.
67. Exposure of the U.S. Population to Bisphenol A and 4-tertiary-Octylphenol: 2003–2004. M. Calafat, Antonia, et al. 2004, Division of Laboratory Sciences, National Center for Environmental Health, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, Georgia, USA.
68. Developmental exposure of zebrafish (*Danio rerio*) to bisphenol-S impairs subsequent reproduction potential and hormonal balance in adults. Naderia, M, Y.L.Wong, Marian and Fatemeh, Gholamic. 2014, Aquatic toxicology Volume 148,, pp. 195-203.
69. Obesogen effects after perinatal exposure of 4,4'-sulfonyldiphenol (Bisphenol S) in C57BL/6 mice. Del Moral, Ivry, et al. May 2016, NCBI. doi: 10.1016/j.tox.2016.05.023. Epub 2016 May 27.
70. Bisphenol S (BPS) Alters Maternal Behavior and Brain in Mice Exposed During Pregnancy/Lactation and Their Daughters. Catanese, MC and Vandenberg, LN. s.l. : NCBI, 2017, Endocrinology.
71. Bisphenol S and F: A Systematic Review and Comparison of the Hormonal Activity of Bisphenol A Substitutes. Rochester, JR and Bolden, AL. Jul 2015, Environ Health Perspect. , pp. 123(7): 643–650.
72. Exposure to the BPA-Substitute Bisphenol S Causes Unique Alterations of Germline Function. Chen, Yichang, et al. s.l. : NCBI, Jul 2016, Plos Genetics.
73. Subacute oral toxicity study of bisphenol F based on the draft protocol for the “Enhanced OECD Test Guideline no. 407. Higashihara, N, et al. s.l. : Springer Link, Jul 2007, Arch Toxicol. <https://doi.org/10.1007/s00204-007-0223-4>
74. Exposure to bisphenol S alters the expression of microRNA in male zebrafish. Lee, J, et al. 2018, Toxicol Appl Pharmacol. , pp. 1;338:191-196.
75. Nonylphenol in the environment: A critical review on occurrence, fate, toxicity and treatment in wastewaters. Soares, A, et al. s.l. : Elsevier, 2008, Env Int Vol 34 Iss7 1033-1049.
76. Brussels: PlasticsEurope. PlasticsEurope, Compelling facts about plastics. An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2008. 2009. <http://www.plasticseurope.org/Documents/Document/20100225141556Brochure UK FactsFigures 2009 22sept 6 Final-20090930-001-EN-v1.pdf>
77. Occurrence of brominated flame retardants in black thermo cups and selected kitchen utensils purchased on the European market. Samsonsek, J and Puype, F. 2013, Food Additives & Contaminants. Food Addit Contam Part A: Chem Anal Control Expo Risk Assess. 30(11), 1976-1986.
78. Evidence of bad recycling practices: BFRs in children's toys and food-contact articles. Guzzonato, A, Puype, F and Harrad, SJ. 2017, Environ Sci Process Impacts, pp. 19(7):956-963.
79. Brominated flame retardants in black plastic kitchen utensils: Concentrations and human exposure implications. Kuang, J, Abdallah, MA and Harrad, S. 2018, Sci Total Environ, pp. 610-611, 1138-1146.
80. 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 Exposure Risk Assess. Puype, F, et al. 2015, pp. 32, 410-426.
81. Downsides of the recycling process: harmful organic chemicals in children's toys. Ionas, AC, et al. 2014, Environ Int., pp. 65, 54-62.
82. Short Chain Chlorinated Paraffins (SCCP) CAS 85535-84-8 Regulation (EU) 2015/2030 amending Regulation (EC) 850/2004 (POPS). BTHA. 2016. <http://www.btha.co.uk/wp-content/uploads/2016/08/SCCP-Guide.pdf>
83. Draft technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with short-chain chlorinated paraffins. . UNEP. 2018, UNEP/CHW/OEWG.11/INF/10.

84. Children's exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) through mouthing toys. Ionas AC, Ulevicus J, Gómez AB, Brandsma SH, Leonards PE, van de Bor M, Covaci A. 2016, *A4Environ Int.* 87, pp. 101-107.
85. Brominated flame retardants in children's toys: concentration, composition, and children's exposure and risk assessment. Chen SJ, Ma YJ, Wang J, Chen D, Luo XJ, Mai BX. 2009, *Environ Sci Technol.* 43(11), pp. 4200-4206.
86. Fluorinated Compounds in U.S. Schaidler, LA, Balan, SA and Blum, A. 2017, *Fast Food Packaging Environ Sci Technol Lett.* , pp. 4(3), 105-111.
87. PFAS in paper and board for food contact — Options for risk management of poly- and perfluorinated substances. Trier, X, et al. 2017, *Nordic Council of Ministers. TemaNord*, p. 573.
88. Black plastics: Linear and circular economies, hazardous additives and marine pollution. Turner, Andrew. s.l. : Elsevier, 2018, *Environment International*.
89. The Statistics Portal. Distribution of fiber consumption worldwide in 2017, by type of fiber*. [Online] <https://www.statista.com/statistics/741296/world-fiber-consumption-distribution-by-fiber-type/>
90. Long-term emissions of hexabromocyclododecane as a chemical of concern in products in China. Li, L, et al. 2016, *Environ Int.* 91, 291-300.
91. Secretariat of the Stockholm Convention. Draft guidance on preparing inventories of polychlorinated naphthalenes (PCNs). 2017.
92. Draft guidance on preparing inventories of short-chain chlorinated paraffins. 2019.
93. Petersen, K. Short and medium chained chlorinated paraffins in buildings and constructions in the EU. Submission of Netherland to POPRC, 5.01.2015. 2012.
94. ELSA. PCB in der Elbe – Eigenschaften, Vorkommen und Trends sowie Ursachen und Folgen der erhöhten Freisetzung im Jahr 2015. Behörde für Umwelt und Energie Hamburg, Projekt Schadstoffsanierung Elbsedimente. 2016.
95. Painted surfaces—important sources of polychlorinated biphenyls (PCBs) contamination to the urban and marine environment. Jartun, M, et al. 2009, *Environ Pollut.*, pp. 157(1), 295-302.
96. Environmental implications of plastic debris in marinesettings—entanglement ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions,. Gregory, M.R. . 2009, *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B: Biol. Sci.* 364 2013-2025.
97. Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel. Steer, M, et al. 2017, *Environ. Pollut.* 226 , pp. 250-259.
98. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. Rochman, C.M., et al. s.l. : ResearchGate, Sep 2015, *Scientific Reports.* 5. 10.1038/srep14340. . DOI: 10.1038/srep14340.
99. Marine anthropogenic litter. Bergmann, M, Gutow, L and Klages , M. 2015, Springer, Berlin, pp 57-74.
100. UNEP/MAP. Marine Litter Assessment in the Mediterranean . United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP). 2015.
101. McKinsey & Company and Ocean Conservancy. Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean. 2015.
102. Preliminary draft guidance on preparing inventories of decabromodiphenyl ether. Secretariat of the Stockholm Convention. 2019a. UNEP/POPS/COP.9/INF/18.
103. Preliminary draft guidance on alternatives to short-chain chlorinated paraffins (SCCPs). Secretariat of the Stockholm Convention. 2019b. UNEP/POPS/COP.9/INF/##.
104. Can the Basel and Stockholm Conventions provide a global framework to reduce the impact of marine plastic litter? Raubenheimer, Karen and McIlgorn, Alistair. s.l. : ELSEVIER, Marine Policy.
105. Electronic waste – an emerging threat to the environment of urban India. Needhidasan, Santhanam, Samuel, Melvin and Chidambaram, Ramalingam. s.l. : Springer, 2014, *J Environ Health Sci Eng.* 2014; 12: 36.
106. Greenpeace. Dirty Discount Supermarkets: Dangerous Chemicals in Supermarket Clothing . 2014. https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/factsheet_dangerous_chemicals_in_supermarket_clothing.pdf
107. Endocrine society. Common EDCs and Where They Are Found. Hormone science to health. [Online] <https://www.endocrine.org/topics/edc/what-edcs-are/common-edcs>
108. Parker, Ceri. <https://www.weforum.org/agenda/2018/01/macron-at-davos-i-will-shut-all-coal-fired-power-stations-by-2021/> [Online] 2018.

109. Progress Toward a Circular Economy in China. Mathews, John A. s.l. : Wiley Online Library, March 2011, Journal of Industrial Ecology.
110. Watson, Anna. Companies putting public health at risk by replacing one harmful chemical with similar, potentially toxic, alternatives. Chemtrust. 2018. <https://www.chemtrust.org/toxicsoup/#more-4775>.
111. McGrath, Meredith. EU approves use of recycled plastics containing DEHP. Reuters. Apr 2016. <https://www.reuters.com/article/us-europe-regulations-plastics-idUSKCN0XI29T>
112. Production, use, and fate of all plastics ever made. Roland Geyer, Jenna R. Jambeck and Kara Lavender Law. Science Advances, 2017: Vol. 3, no. 7, e1700782.
113. Guidance for the inventory, identification and substitution of Hexabromocyclododecane (HBCD), Secretariat of the Stockholm Convention, 2017. UNEP-POPS-NIP-GUID-InventoryAndSubstitution-HBCD-201703.En (1).
114. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. Engler, RE. Nov 2012, Environ Sci Technol. 2012 Nov 20;46(22):12302-15. doi: 10.1021/es3027105. Epub 2012 Nov 2.
115. Qualitative Analysis of Additives in Plastic Marine Debris and Its New Products. Manviri Rani, Won Joon Shim, Gi Myung Han, Mi Jang, Najat Ahmed Al-Odaini, Young Kyong Song, Sang Hee Hong. Arch Environ Contam Toxicol DOI 10.1007/s00244-015-0224-x.
116. Migration of Nonylphenol from Plastic Containers to Water and a Milk Surrogate Jorge E. Loyo-Rosales, Georgina C. Rosales-Rivera, Anika M. Lynch, Clifford P. Rice, and Alba Torrents. J. Agric. Food Chem. 2004, 52, 7, 2016–2020 Publication Date: March 11, 2004 <https://doi.org/10.1021/jf0345696>
117. European Parliament targets DEHP plasticizer in recycled PVC. Health & Safety Environment, Health and Safety Issues. [Additives for Polymers Volume 2016, Issue 2, February 2016, Page 11.](#)
118. [Brominated flame retardants, European Food Safety Authority, 2012.](#)

附录：为本出版物做出贡献的人士和机构

文件编写工作协调人: 可持续消费和生产区域活动中心团队负责人**Magali Outters**及该中心相关专家**Kimberley De Miguel**。

为文件编写助力的海洋垃圾专题组成员:

姓名

职位

Alexandra Caterbow	健康和环境正义支持组织 (HEJSupport)
Anton Purnomo	《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》印度尼西亚区域中心
Arturo Gavilán García	《斯德哥尔摩公约》墨西哥区域中心/墨西哥环境和自然资源部国家生态和气候变化研究所
Bjorn Beeler	国际消除持久性有机污染物网络
Carolina Pérez Valverde	地中海城市网络 (MedCities)
Dana Lapešová	《巴塞尔公约》斯洛伐克区域中心
Dania Abdul Malak	马拉加大学欧洲专题中心 (ETC-UMA)
David Santillo	绿色和平研究实验室
Denise Delvalle-Borrero	巴拿马技术大学
Dolores Romano	“生态学家在行动”组织
Esther Kentin	莱顿大学莱顿塑料宣传项目
Francesca Cenni	《巴塞尔公约》、《鹿特丹公约》和《斯德哥尔摩公约》秘书处
Gabriela Nair Medina Amarante	《巴塞尔公约》乌拉圭协调中心暨《斯德哥尔摩公约》乌拉圭区域中心
Giulia Carlini	国际环境法中心 (CIEL)
Hildaura Acosta de Patiño	《巴塞尔公约》巴拿马区域中心
Imogen P Ingram	岛屿可持续发展联盟CIS公司 (ISACI)
Jewel Batchasingh	《巴塞尔公约》加勒比海区域中心
Joao Sousa	世界自然保护联盟 (IUCN)
John Roberts	温布尔登化学品管理有限公司
Kei Ohno Woodall	《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》秘书处
Lady Virginia Traldi Meneses	《斯德哥尔摩公约》巴西区域中心
Lee Bell	IPEN澳大利亚办事处
Leila Devia	《巴塞尔公约》阿根廷区域中心
Mariann Lloyd-Smitth	澳大利亚全国有毒有害物质网络 (NTN)
Maurissa Charles	《巴塞尔公约》加勒比海区域中心
Melissa Wang	绿色和平国际
Mostafa Hussein Kamel	《巴塞尔公约》埃及区域中心
Olga Speranskaya	健康和环境正义支持组织 (HEJSupport)
Patricia Eisenberg	阿根廷国家工业技术研究所塑料研发中心 (INTI-Plásticos)
Pedro Fernández	《斯德哥尔摩公约》西班牙区域中心/可持续消费和生产区域活动中心
Rémi Lefèvre	欧洲化学品管理局
Roland Weber	持久性有机污染物环境咨询组织
Sara Brosché	国际消除持久性有机污染物网络

注释

(i) 研究表明: 在各种塑料制品的制造过程中添加的化学
品, 如阻燃剂、稳定剂、双酚A和多溴二苯醚, 可能会从
生物日后摄入的塑料中渗出, 并在其体内生物累积。微
塑料也存在类似的摄入、化学吸收和渗出问题。

(ii) UNEP/EA.4/21, 《全球化学品展望-II: 政策制定者
摘要》, 第20段。

(iii) 例如在欧盟, 高度关切物质是指某种应依照
REACH法规来授权的化学物质 (或某类化学物质的一
部分)。

(iv) 变废为能是指通过对废弃物的初级处理或将其加
工成燃料来源, 产生电能和/或热能的过程。

(v) 绿色科学政策研究所制定了” 六个类别 “计划
(<http://www.sixclasses.org/>)。

(vi) 含有十溴二苯醚产品的循环再利用没有获得特定豁
免。然而, 很难识别并分析含有这种阻燃剂的产品, 也不
清楚谁将负责分析这些化学品。因此, 尽管有《斯德哥尔
摩公约》的相关限制, 但最初用于塑料的所有多溴二苯
醚和短链氯化石蜡全都出现在由再生塑料制成的新产品
中, 玩具也未能幸免。

(vii) 多氟烷基化合物会部分降解为《国际化学品管理战
略方针》所审议的全氟/多氟烷基化合物。

(viii) 1994年12月20日颁布的《欧盟包装和包装废弃物
指令 (94/62/EC) 》。



<http://www.cprac.org>



<https://www.unenvironment.org/uneppmap/>



<http://www.brsmeas.org>



<https://ipen.org>