

持久性有机污染物 及其防治

环境保护部宣传教育中心
环境保护部环境保护对外合作中心 编著
中国环境管理干部学院



**CHIJIUXING YOUJIWURANWU
JIQI FANGZHI**

中国环境出版社

高等院校环境类系列教材

持久性有机污染物及其防治

环境保护部宣传教育中心

环境保护部环境保护对外合作中心 编著

中国环境管理干部学院

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

持久性有机污染物及其防治/环境保护部宣传教育中心,
环境保护部环境保护对外合作中心, 中国环境管理干部
学院编著. —北京: 中国环境出版社, 2014.8

(高等院校环境类系列教材)

ISBN 978-7-5111-1894-3

I. ①持… II. ①环…②环…③中… III. ①持久性
—有机污染物—污染防治—高等学校—教材 IV. ①X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 120542 号

出版人 王新程
责任编辑 张维平
封面设计 彭杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112738 (管理图书编辑部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 11 月第 1 版
印 次 2014 年 11 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 13
字 数 290 千字
定 价 48.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《持久性有机污染物及其防治》

编审指导委员会

主任：贾 峰 余立风

副主任：何家振 耿世刚 陈海君

编 委：洪少贤 牛玲娟 杨 俊 苏 畅 颜莹莹

张雅京 郑 妍 董明昊 李铮男

《持久性有机污染物及其防治》

编写委员会

主 编：耿世刚

副主编：陈海君 齐海云

成 员：颜莹莹 苏 畅 李鹏辉 彭玉丹 郑艳芬

曹东杰 张一婷 张亚楠

专家指导：杨宏伟 吴昌敏 刘建国

前 言

持久性有机污染物 (POPs) 具有持久性、半挥发性、生物富集性和高毒性, 在自然界中难降解, 对人体健康和生态环境具有严重的危害, 对人类的生存和 社会的可持续发展构成了重大威胁。POPs 对人类健康和全球生态环境的巨大危害引起世界各国政府、学术界、工业界和公众的广泛重视。

通过国际社会的共同努力, 来自 100 多个国家的环境部长或高级官员于 2001 年 5 月 22 日在瑞典首都斯德哥尔摩签署了《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》(简称“斯德哥尔摩公约”、“POPs 公约”或“公约”), 2004 年 5 月 17 日, 公约生效。2001 年 5 月 23 日, 中国政府在公约供开放签署的首日签署了公约。2004 年 6 月 25 日, 第十届全国人民代表大会常务委员会第十次会议批准公约, 2004 年 11 月 11 日, 公约对中国生效。公约义务下的《国家实施计划》(NIP) 也于 2007 年经国务院批准并启动实施。

履行《斯德哥尔摩公约》, 对我国来说既是一个十分难得的机遇, 同时又是一个严峻的挑战。机遇意味着我国将全面履行承诺, 利用公约资金机制、双边、多边合作以及国家和地方的支持来逐步削减和淘汰公约中首批控制及后续增列的 DDT、灭蚁灵、二噁英等 POPs, 逐步解决我国的持久性有机污染物问题。挑战则是历史遗留的 POPs 废物和污染场地环境隐患突出; 二噁英排放量 大面广、新增列物质不断增加; 政策法规体系不完善, 监督管理能力不足; 替代品/替代技术缺乏, 污染控制技术水平较低; POPs 履约资金缺口大, 投入不足等方面。

我国作为经济快速增长的发展中国家, POPs 污染问题是我国迫切需要解决的问题。而公众特别是大学生对于 POPs 及其污染问题的正确、足够的认识和

理解,对我国开展 POPs 污染防治具有重要作用。

本教材以大学本科或专科学学生为教学对象,精心设计章节,论述了 POPs 的定义、特性、名单、基本性质,以及 POPs 的环境存在、危害、分析方法、环境行为、控制技术,探讨了国际国内针对 POPs 物质的应对措施,使学生掌握持久性有机污染物及其防治的基础知识,了解国际国内对持久性污染防治的措施和手段,激发其进一步深入学习持久性有机污染物相关知识的兴趣,培养环境保护理念,使学生在今后的工作岗位上,成为环境友好的伙伴。

本书中第一章由彭玉丹编写,第二章由颜莹莹、彭玉丹编写,第三章由郑艳芬、曹东杰编写,第四章由郑艳芬、李鹏辉编写,第五章由曹东杰编写,第六章由张一婷、张亚楠编写,第七章由陈海君、张一婷编写,第八章由苏畅、齐海云编写。全书由耿世刚、齐海云统编。

感谢联合国工业发展组织 (UNIDO) 对本书提供的大力支持!

目 录

第一章 持久性有机污染物概述	1
第一节 持久性有机污染物的定义和特性	1
一、持久性有机污染物的定义	1
二、持久性有机污染物的特性	2
第二节 典型持久性有机污染物的分类与名单	5
一、国际公约中的 POPs 名单	5
二、POPs 物质分类	6
三、正在审议的 POPs 名单	17
思考题	18
参考文献	18
第二章 持久性有机污染物的基本性质	19
第一节 持久性有机污染物的基本性质概述	19
一、POPs 的鉴别信息	20
二、POPs 的物理性质	22
三、POPs 的化学性质	23
第二节 农药类 POPs 的基本性质	24
一、物质概述	24
二、鉴别信息	25
三、物理性质	27
四、化学性质	30
第三节 工业化学品 POPs 的基本性质	31
一、多氯联苯类 POPs 的基本性质	31
二、多溴联苯醚类 POPs 的基本性质	35
三、全氟辛烷磺酸及其盐类 POPs 的基本性质	38
四、六溴联苯 POPs 的基本性质	40
五、六溴环十二烷 POPs 的基本性质	41

第四节 非故意生产的副产品类 POPs 的基本性质.....	43
一、二噁英和呋喃类 POPs 的基本性质.....	43
二、五氯苯的基本性质.....	46
思考题.....	47
参考文献.....	47
第三章 持久性有机污染物的环境分布及其危害.....	49
第一节 持久性有机污染物的环境分布.....	49
一、水环境中的持久性有机污染物.....	50
二、大气环境中的持久性有机污染物.....	53
三、土壤环境中的持久性有机污染物.....	56
四、生物体内的持久性有机污染物.....	57
第二节 持久性有机污染物对生态系统的危害.....	61
一、POPs 对动物和微生物的急性毒性.....	62
二、POPs 对动物和微生物的亚慢性和慢性毒性.....	63
三、POPs 对植物的危害.....	65
第三节 持久性有机污染物对人体健康的危害.....	67
一、POPs 对人体的急性毒性.....	67
二、POPs 对人体的亚慢性和慢性毒性.....	69
思考题.....	73
参考文献.....	73
第四章 持久性有机污染物的分析方法.....	75
第一节 环境中持久性污染物的监测方案.....	75
一、大气环境和废气监测方案的制订.....	75
二、水环境和废水监测方案的制订.....	79
三、土壤环境的监测方案的制订.....	81
第二节 持久性有机污染物样品的采样方法.....	83
一、大气样品的采集.....	83
二、水样的采集.....	86
三、固体样品的采集.....	88
第三节 持久性有机污染物样品的预处理技术.....	91
一、萃取.....	91
二、浓缩.....	93
三、净化.....	95

第四节 常见持久性有机污染物的检测技术简介	95
一、环境中多氯联苯检测技术	95
二、环境中有机氯农药检测技术	98
三、环境中二噁英检测技术	100
思考题	103
参考文献	103
第五章 持久性有机污染物的环境行为	105
第一节 单一介质中持久性有机污染物的环境行为	105
一、化学物质在环境介质中的环境行为概述	105
二、大气中 POPs 的环境行为	107
三、水中 POPs 的环境行为	109
四、土壤和沉积物中 POPs 的环境行为	110
五、植物表面 POPs 的环境行为	112
第二节 多介质间持久性有机污染物的环境行为	113
一、跨介质转移	114
二、全球归趋机制	121
第三节 持久性有机污染物的多介质环境模型	124
一、多介质环境模型的基本原理	124
二、POPs 的多介质环境模型	129
思考题	130
参考文献	131
第六章 持久性有机污染物的控制技术	132
第一节 持久性有机污染物的减排技术	132
一、防止和尽量减少持久性有机污染物的生成	132
二、持久性有机污染物替代品的开发	134
第二节 持久性有机污染物的处理与处置技术	136
一、安全填埋技术	137
二、原位玻璃化技术	137
三、高温焚烧技术	139
四、水泥窑共处置技术	141
五、等离子体电弧技术	142
六、热脱附技术	143
七、碱性催化分解工艺	145

八、碱金属还原工艺	146
九、加氢脱氯催化工艺	146
十、气相化学还原技术	146
十一、超临界水氧化工艺	147
十二、球磨/机械化脱卤技术	149
第三节 未商业化处理技术	150
一、熔盐氧化技术	150
二、湿式氧化技术	150
三、电化学氧化法	151
四、光催化氧化技术	152
第四节 持久性有机污染物污染场地修复技术	152
一、物理修复技术	153
二、化学修复技术	154
三、生物修复技术	155
思考题	159
参考文献	160
第七章 应对持久性有机污染物的全球行动	161
第一节 针对持久性有机污染物的国际公约制定过程	161
第二节 《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》	163
一、主要内容	163
二、各国签署进程	164
第三节 斯德哥尔摩公约的相关机构	165
一、缔约方大会	165
二、公约秘书处	166
三、审查委员会	166
四、联合国环境规划署 (UNEP)	166
五、政府间组织 (IGO)	167
六、非政府组织 (NGO)	168
第四节 国际上持久有机污染物的国家管理经验	169
一、农药类 POPs	169
二、工业化学品类 POPs	174
三、无意生产类 POPs	179
思考题	181
参考文献	181

第八章 我国持久性有机污染物的应对	182
第一节 批约进程	182
第二节 履约管理	183
一、机构建立	183
二、战略规划制定	184
三、政策法规制修订	186
四、长效机制建立	188
五、能力加强	188
六、宣传教育	190
第三节 削减淘汰	190
思考题	192
参考文献	192

第一章 持久性有机污染物概述

近年来,持久性有机污染物作为一个新的全球性环境问题,成为各国政府、管理部门、学术界、工农业界以及社会公众共同关注的焦点。国际社会在对其特性进行详细考察后,出台了针对持久性有机污染物的国际公约《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》(简称《斯德哥尔摩公约》或“POPs 公约”或公约),与《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》(简称《鹿特丹公约》)、《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》(简称《巴塞尔公约》)等公约成为人们控制有毒化学品的指导性文件。

本章将介绍持久性有机污染物的定义和特性,以及《斯德哥尔摩公约》中典型持久性有机污染物的分类与名单。

第一节 持久性有机污染物的定义和特性

一、持久性有机污染物的定义

根据《斯德哥尔摩公约》,持久性有机污染物(Persistent Organic Pollutants, POPs)是指高毒性的、持久的、易于生物积累并在环境中长距离转移的化学品。

我国著名持久性有机污染物方面的专家学者余刚在其教材中也给出了学术界普遍认可的定义:POPs 物质是指具有长期残留性、生物蓄积性、半挥发性和高毒性,并通过各种环境介质(大气、水、生物体等)能够长距离迁移并能持久存在于环境中、通过生物食物链(网)累积、具有很长的半衰期、并对人类健康及环境造成不利影响的有机化学物质。

POPs 物质包括农药、工业化学物质、某类焚烧和化学工业过程中形成的非故意生产副产物。比如滴滴涕、多氯联苯和二噁英等都被界定为 POPs。

二、持久性有机污染物的特性

根据 POPs 的定义，国际上公认 POPs 具有下列四个重要的特性：环境持久性、生物富集性、半挥发性、高毒性。以下分别介绍 POPs 的这四个主要特性。

1. 环境持久性

POPs 对生物降解、光解、化学分解等作用有较强的抵抗能力，因此，这些物质一旦排放到环境中就难以被分解，并且能够在水体、土壤和底泥等多介质环境中残留数年或更长的时间。POPs 对整个生态系统、对人体健康的威胁都会长期的存在。目前常采用半衰期 ($t_{1/2}$) 作为衡量 POPs 在环境中持久性的评价参数。半衰期是指污染物挥发到其浓度减少到一半所需的时间。根据《斯德哥尔摩公约》附件 D 中的要求：该化学品在水中的半衰期大于两个月，或在土壤中的半衰期大于六个月，或在沉积物中的半衰期大于六个月；或具有其他足够持久性，因而足以有理由考虑将之列入本公约适用范围。通常，POPs 在水体、土壤和沉积物中的 $t_{1/2}$ 值分别大于 60 d、180 d 和 180 d。

2. 生物富集性

有机化合物在生物体内浓度升高的现象称为生物富集作用。生物富集的基本机制是有机化合物在脂肪和水体系中的分配过程。POPs 具有低水溶性、高脂溶性（高脂亲水性），导致 POPs 从周围媒介物质中富集到生物体内，并通过食物链的生物放大作用达到中毒浓度。它的特点是通过食物链可以逐级地放大，也就是说 POPs 在自然环境，如大气、水、土壤里可能浓度很低，甚至监测不出来，但是它可以通过大气、水、土壤进入植物或者低等的生物，然后逐级对营养级放大，营养级越高蓄积越高，人类作为最高营养级，受到的影响很大。人类、动物和水生生物通过饮食和环境污染接触到 POPs，都会造成健康危害。

生物富集作用通常用生物富集因子 (BCF) 来表示。BCF 是指有机化合物在生物体内或生物组织内的浓度与水中浓度之比。它是估算水生生物富集化学物质能力的一个量度。在自然界的水生生物中，鱼的种类多、数量大，是人类和其他食肉动物的重要食物来源。因此，鱼可用来作为测定 BCF 值的有效标准测试物。BCF 为在稳定状态下，鱼体内受试化学物质的浓度与试验水体中受试物质浓度的比值。研究发现，BCF 与有机污染物的正辛醇/水分配系数 (K_{ow}) 有很好的相关性。 K_{ow} 是化合物重要的理化性质参数之一，它是该化合物在正辛醇相中的物质的量浓度与其在水相中的物质的量浓度达到平衡时的比值：

$$K_{ow} = \frac{[c_o]}{[c_w]} \quad (1.1)$$

式中， c_o ——有机物在正辛醇相中的浓度，mol/L；

c_w ——有机物在水相中的浓度，mol/L。

通常, K_{OW} 值是在室温 (25°C) 下测定所得, 且测定时有机物的总浓度不超过 0.01 mol/L。在实际应用中, 为方便起见, 常使用其对数形式 $\lg K_{OW}$ 来表示。有机物的对数值的分布范围从亲水性化合物 -4.0 到憎水性化合物的 8.5; 由于 POPs 具有较强的亲脂性, 其 $\lg K_{OW}$ 值一般大于 4.0, 公约中 POPs 物质的 $\lg K_{OW}$ 值范围是 1.11~8.26 (详见第二章表 2-1)。根据《斯德哥尔摩公约》附件 D 中的要求: 该化学品在水生物种中的生物浓缩系数或生物蓄积系数大于 5 000, 或如无生物浓缩系数和生物蓄积系数数据, $\lg K_{OW}$ 值大于 5; 或在其他物种中的生物蓄积系数值较高, 或具有高度的毒性或生态毒性; 或生物区系的监测数据显示, 所具有的生物蓄积潜力足以有理由考虑将其列入本公约的适用范围。此外, $\lg K_{OW}$ 还与有机物的多种生物活性, 如多种药效、毒性、杀虫活性等具有较明显的相关性, 它作为一种亲脂性或疏水性的量度参数, 在阐述化合物和大分子或受体相互作用中具有重要的意义。

同时, 在研究 POPs 的生物富集过程时, 有机化合物在水中的溶解度 (S_w) 与 K_{OW} 密切相关, 也是一个必须考虑的重要参数。当 POPs 的 S_w 减小时, 其 BCF 值将会增加; 反之, 则减小。除以上的参数外, 有机碳分配系数 (K_{OC})、土壤/沉积物分配系数 (K_d) 等参数在研究 POPs 的环境行为和毒性时也可作为重要的评价指标。

3. 半挥发性

POPs 一般是半挥发性物质, 它们能够从土壤、水体挥发到空气中, 在室温下就能挥发进入大气层, 并以蒸气的形式存在于空气中或吸附在大气颗粒物上, 可以通过风和水流传播到很远的距离, 从而能在大气环境中进行远距离迁移。由于其具有持久性, 所以能在大气环境中远距离迁移而不会全部被降解, 同时这一适度挥发性又使得它们不会永久停留在大气层中, 会在一定条件下重新沉降到地球表面, 然后在某些条件下挥发。这样的挥发和沉降重复多次就可以导致 POPs 分散到地球上各个地方。因此, 这种性质使得 POPs 容易从比较暖和的地方迁移到比较冷的地方, 像北极圈这种远离污染源的地方都发现了 POPs 的踪迹。

这种性质体现出全球蒸馏效应和蚱蜢跳效应 (详见本书第五章第二节)。POPs 透过挥发或是风力的影响, 不断地释放至大气中, 然后再借由沉降作用 (例如降雨) 回到陆地上, 并随季节变化一直在反复进行着, 并能从热温带地区向寒冷地区迁移的现象。从全球来看, 由于温度的差异, 地球就像一个蒸馏装置——在低、中纬度地区, 由于温度相对高, POPs 挥发进入到大气; 在寒冷地区, POPs 沉降下来, 最终导致 POPs 从热带地区迁移到寒冷地区, 这也就是从未使用过 POPs 的南北极和高寒地区发现 POPs 存在的原因。因为在中纬度地区在温度较高的夏季 POPs 易于挥发和迁移, 而在温度较低的冬季 POPs 则易于沉降下来, 所以 POPs 在向高纬度迁移的过程中会有一系列距离相对较短的跳跃过程, 这种特性又被称为“蚱蜢跳效应” (Grasshopper Effect)。

通常以饱和蒸气压 (p_s , Pa) 和亨利常数 (K_H) 作为评价化学物质挥发性的指标参数。

所谓饱和蒸汽压是指化学物质在一定温度下,与液体或固体处于相互平衡时的蒸汽饱和压力,即化学物质从溶液或固体中脱离进入空间的程度。在一定温度下,当化学物质与液体或固体处于相互平衡时,此时的蒸气压力称为饱和蒸气压。由于 p_s 在一定的温度下是定值,因而通常用 p_s 来作为评价化学物质挥发性的指标参数。一般而言,相对分子质量 (M_r) 较低的化合物具有较高的饱和蒸气压; POPs 的 M_r 中等,因而它们表现出半挥发性。根据《斯德哥尔摩公约》附件 D 中的要求:该化学品在远离其排放源的地点测得的该化学品的浓度可能会引起关注;或监测数据显示,该化学品具有向某一环境受体转移的潜力,且可能已通过空气、水或迁徙物种进行了远距离环境迁移;或环境转归特性模型结果显示,该化学品具有通过空气、水或迁徙物种进行远距离环境迁移的潜力,以及转移到远离物质排放源地点的某一环境受体的潜力。对于通过空气大量迁移的化学品,其在空气中的半衰期应大于 2 d,因而有理由将之列入本公约适用范围。POPs 的 p_s 范围是 $1.0 \times 10^{-10} \sim 53.3$ (详见第二章表 2-1)。除此之外, K_H 也可以用来表示化合物挥发性的大小,它是指在标准状态下,当空气和水中的化合物达到相对平衡时,化合物的蒸气压和水溶解度的比值,其单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ 或 $\text{atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$, 范围是 $0.13 \sim 1.01 \times 10^4$ (详见第二章表 2-1)。

4. 高毒性

在公约规定的 POPs 中,大多数 POPs 具有很高的毒性,部分 POPs 还具有致癌性、致畸性、致突变性、生殖毒性和免疫毒性等(详见本书第三章第二节)。这些物质严重危害生物体的健康,对人类和动物的生殖、遗传、免疫、神经、内分泌系统等具有强烈的危害作用,而且这种毒性还能由于污染物的持久性而持续一段时间。在低浓度时也会对生物体造成伤害,例如,二噁英类物质中最毒者,号称是世界上最毒的化合物之一,每人每日能容忍的二噁英摄入量为每千克体重 1 皮克 (pg),二噁英中的 2,3,7,8-TCDD 只需几十皮克就足以使豚鼠毙命,连续数天施以每千克体重若干皮克的喂量能使孕猴流产。POPs 物质还因为其生物放大效应,通过生物链逐渐积聚成高浓度,从而造成更大的危害。根据《斯德哥尔摩公约》附件 D 中的要求:该化学品对人类健康或对环境产生不利影响;或可能会对人类健康或对环境造成损害的毒性或生态毒性,因而有理由将之列入本公约适用范围。研究表明,多数 POPs 会导致生物体内分泌紊乱、生殖及免疫机能失调、神经行为和发育紊乱等疾病。

POPs 进入生物体后,其毒性作用大致可分为两种:

一是来自 POPs 本身特定的化学结构的毒性,其毒性作用相当于物质所具有的生理作用。由于物质的生理作用浓度与该物质进入机体的量成比例,当 POPs 的浓度特别低时,不显示任何作用,称为无作用剂量 (NOEL)。但是,当 POPs 进入生物体的浓度超过阈值时,开始出现固有的生理作用;如果进入的量进一步增加而达到致死剂量时,生物体就无法维持正常的生理代谢功能,最后会导致生物体的死亡。若 POPs 进入生物体体内,随后被生物代谢、转化,由于物质的极性作用而被排出体外,致使生物体内的 POPs 浓度下降,

中毒症状也随之好转,这种毒性称为单纯性急性毒性。

二是 POPs 进入生物体后,在生物代谢酶与极化过程中产生具有较强反应能力的不稳定中间体,其一部分与蛋白质、核酸等细胞高分子成分发生共价结合,产生不可逆的化学改性。蛋白成分的改性可导致组织发生坏死和变态反应,而核酸的化学改性,可破坏细胞正常的信息传递,引起细胞死亡或突变,进而导致组织出现肿瘤。

与常规污染物不同,持久性有机污染物对人类健康和自然环境危害更大:在自然环境中滞留时间长,极难降解,毒性极强,能导致全球性的传播。被生物体摄入后不易分解,并沿着食物链浓缩放大,对人类和动物危害巨大。很多持久性有机污染物不仅具有致癌、致畸、致突变性,而且还具有内分泌干扰作用。

第二节 典型持久性有机污染物的分类与名单

2001年5月23日签署的《斯德哥尔摩公约》是国际社会为保护人类免受持久性有机污染物危害而采取的共同行动,是继《蒙特利尔议定书》后第二个对发展中国家具有明确强制减排义务的环境公约,落实这一公约对人类社会的可持续发展具有重要意义。它是国际社会鉴于 POPs 对全人类可能造成的严重危害,为淘汰和削减 POPs 的生成和排放、保护环境和人类免受 POPs 的危害而共同签署的一项重要国际环境公约。

一、国际公约中的 POPs 名单

公约旨在减少、消除和预防 POPs 污染,保护人类健康和环境。公约建立了一份含 POPs 特性的 12 种化学物质的最初清单,规定公约缔约方政府应对这些物质进行控制。另外,意识到该清单并非一份囊括所有 POPs 物质的完整清单,公约制定了标准以供未来界定其他含 POPs 特性的化学物质。为了控制其他具有 POPs 特性的化学物质,公约建立了一项程序以扩大 POPs 物质的清单。

第一批列入公约受控名单的 12 种 POPs 有:

- (1) 有意生产的有机氯杀虫剂 (OCPs): 艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、滴滴涕、氯丹、灭蚁灵、七氯、毒杀酚和六氯苯;
- (2) 有意生产的工业化学品: 六氯苯和多氯联苯 (PCBs, 209 种);
- (3) 无意产生 (工业生产或燃烧生产的副产品): 多氯代二苯并-对-二噁英 (简称二噁英, PCDD) 和多氯二苯并呋喃 (简称呋喃, PCDF)。

第二批新增物质 (第四次缔约方大会, 2009 年) 包括: α -六氯环己烷、 β -六氯环己烷、林丹、六溴二苯醚和七溴二苯醚、四溴二苯醚和五溴二苯醚、六溴联苯、十氯酮、五氯苯以及 PFOS 类物质 (全氟辛磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟)。