

---

## 纺织品中持久性有机污染物 (POPs) 的分析

持久性有机污染物 (Persistent organic pollutants, 简称 POPs) 是一系列在环境中长期残留和长距离迁移, 具有脂溶性和生物蓄积性, 对人类和野生动植物有高毒的含碳化合物。尽管在 20 个世纪 60 年代人类对持久性有机污染物的概念、特性和危害还不是很清楚, 但当时已有人在呼吁关注持久性有机污染物的早期代表 DDT 等有机氯农药对人类健康和未来发展的影响, 随着科学研究和人类认识的深入, 在各个领域禁用持久性有机污染物在全球已形成共识。

### 1 POPs 特点

#### 1.1 持久性

POPs 的化学性质非常稳定, 在自然环境中很难通过生物代谢、光降解、化学分解、微生物作用等方式进行降解。POPs 之所以稳定主要是因为其构成分子的化学键一般是强极性键且键能很大, 目前已发现的 POPs 的成员如某些氯代芳香族化合物和氟代烷烃化合物等都具有这些特性。

#### 1.2 远距离迁移性

POPs 的持久性决定了其在环境中长期残留, 某些 POPs 具有挥发性或者是半挥发性, 在一定的温度条件下, POPs 从污染的土壤、植被或者水体中挥发到大气中, 然后随着大气载体进行长距离迁移, 最后在一定的环境条件下沉积下去对新的地区造成污染。美国密西根州立大学食品安全中心研究发现, 在从未使用过持久性有机污染物 PFOS (全氟辛烷磺酰基化合物) 的北极地区的北极熊和信天翁的肝脏中检测到了 PFOS, 这充分证实了 POPs 的长距离迁移特性。

---

### 1.3 生物蓄积性

POPs 憎水憎油，但却有良好的亲脂性。无论 POPs 污染的是气体、水体还是土壤，最终都会直接通过人类饮水、呼吸或间接通过人类的食物来源动植物而进入人体，然后在人体内的脂肪中富聚。美国疾病预防控制中心和环保署在一项研究中发现了非职业性人员的血清和乳汁中检测到了持久性有机污染物 PFOS。

### 1.4 毒性

POPs 对生态环境和人体健康造成的不良影响具有长期性、隐蔽性和滞后性，因此在过去一直被人们忽视。近年的研究发现，POPs 对人、动物具有致癌、致畸、致突变性，某些 POPs 还能够导致生物体内分泌紊乱、生殖及免疫机能失调。如持久性有机污染物——二恶英就是一种很强的多位点致癌物，动物实验表明二恶英可诱发肝、肺、粘膜和皮肤内癌症；流行病学调查显示二恶英与人群呼吸系统癌和乳腺癌的发生、发展有关。

## 2 POPs 的分类和在纺织品上的应用情况

POPs 对环境的污染和对人类健康的危害已引起世界各国的高度关注，2001 年 5 月 23 日，114 个国家和地区在斯德哥尔摩签署了《有关持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》，明确规定在全球范围内采取行动控制和削减 12 种主要的 POPs，这 12 种物质是：艾氏剂、氯丹、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、六氯代苯、灭蚁灵、毒杀芬、滴滴涕、多氯联苯、二恶英和多氯代二苯并呋喃。然而 POPs 清单是开放的，随着科学研究的深入，预计更多的 POPs 将被发现并被添加到监控的清单中去。2006 年底，持久性有机污染物审查委员会在日内瓦召开第二次会议，审议五溴二苯醚、开蓬、六溴代二苯、林丹和全氟辛烷磺酸的风险草案，同时审议新近由欧共体提议列入禁用名单的八溴代二苯、五氯苯、短链氯化石蜡、

甲型六氯环己烷、乙型六氯环己烷。由于这些化学品都具有 POPs 的典型特征，估计在不久的将来都会被列入 POPs 禁用黑名单。

可以将 POPs 初步分为三类：第一类是杀虫剂，第二类是工业用化学品，最后一类是生产中的副产品。斯德哥尔摩公约中提到的所有化学物质的具体分类和应用可见表 1。需要说明的是，实际的持久性化学物并不只是表 1 中所列出来的这些，如商用八溴二苯醚是一种由若干种多溴二苯醚及其同系物（五溴二苯醚异构体、六溴二苯醚异构体、七溴二苯醚异构体、八溴二苯醚异构体、九溴二苯醚异构体和十溴二苯醚异构体）组成的混合物，其中六、七、八溴二苯醚也是持久性有机污染物。

表 1 POPs 分类和应用

序号	化学物质	类别	应用
1	艾氏剂、氯丹、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、六氯代苯、灭蚁灵、毒杀芬、滴滴涕、开蓬、林丹（包括甲乙型六氯环己烷）	农业用 化学品	杀虫、杀菌剂
2	多氯联苯	工业用 化学品	增塑剂、绝缘剂、热媒体、 高温润滑剂、防腐涂料等
	全氟辛酸磺酸		表面活性剂
	五氯苯		化学中间体
	短链氯化石蜡		添加剂、增塑剂和阻燃剂
	五溴二苯醚、六溴代二苯、八溴代二苯		阻燃剂
3	二恶英、多氯代二苯并呋喃	副产物	---

工农业生产中使用 POPs 有可能使得某些 POPs 污染纺织品。POPs 污染纺织品的途径有两种：一种是在原料阶段使用了杀虫剂，如棉花种植过程中可能使用某些有机氯农药，或者是在动物饲养阶段使用了某些杀虱、蝇等的杀虫剂；二是在生产加工阶段使用了某些含 POPs 的整理剂，如使用含全氟辛烷磺酸的整理剂对某些纺织制成品进行防污后整理，或者使用五溴二苯醚等对纺织品进行阻燃后整理。对表 1 中的 POPs 应用领域进行分析，就可以分离出与纺织品生产相关并有可能污染纺织品的 POPs 清单（表 2）。

表 2 与纺织品相关的 POPs

序号	化学物质	污染阶段	应用
1	艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、滴滴涕、六氯代苯、氯丹、灭蚁灵、毒杀芬、开蓬、林丹	原料阶段	杀虫剂、除草剂
2	多氯联苯	生产阶段	抗静电剂及阻燃剂
3	全氟辛烷磺酸		防污剂
4	五溴二苯醚、六溴代二苯、八溴代二苯、短链氯化石蜡		阻燃剂

### 3 POPs 的检测

对于表 2 中涉及到与纺织品相关的大部分持久性有机污染物，目前已制定了相关的检测方法标准。测试的原理一般是先使用相关溶剂对样品中的待测残留物进行超声波提取，然后对提取液进行浓缩定容，最后用气相色谱-质谱（GC-MS）或配有电子俘获检测器的气相色谱仪（GC-ECD）测定。纺织品中大部分持久性有

---

机污染物的检测方法类似、原理相同，只是具体的分析测试步骤有些差异，一般来讲，纺织品中持久性有机污染物分析测试包括如下步骤。

### 3.1 提取

进行纺织品中 POPs 的分析检测首先要做好的就是样品的前处理，纺织品中 POPs 的提取有固相萃取和液相萃取两种方式，目前应用的最多的是液相萃取。根据待测物化学性质的不同，萃取液也不相同。对于艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、滴滴涕、六氯代苯、氯丹、灭蚁灵、林丹等农药残留可以使用正己烷-乙酸乙酯或丙酮-正己烷作萃取液。对毒杀芬、多氯联苯可采用正己烷作萃取液，萃取的方式一般是超声波萃取。

### 3.2 浓缩定容

提取的萃取液转移到真空圆底烧瓶中，然后将圆底烧瓶置于真空水浴旋转蒸发器上，在一定温度下低真空浓缩至一定的体积，然后用特定的溶剂定容作为样液供仪器检测。

### 3.3 测定

目前纺织品中持久性有机污染物一般都使用气相色谱质谱法进行测定和确证，然后采用外标法进行定量，实验证明气相色谱质谱法对艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、滴滴涕、六氯代苯、氯丹、灭蚁灵、林丹、毒杀芬和多氯联苯等有很好的检测效果。但不是所有的 POPs 都适合做 GC-MS 分析，例如 PFOS 由于有着不同的支链的异构体，很难有高纯度的直链标准物，因此对于 PFOS 就要求使用特殊的仪器进行检测，目前，PFOS 的检测应用最广泛的是高效液相色谱/电喷雾串联质谱，这种方法的优点是精度、灵敏度高，可以检测 ng/mg 级的 PFOS。

---

#### 4 结语

纺织品是人们生活中密切接触的生活用品,受到 POPs 污染的纺织品是扩散、传播持久性有机污染物的一类重要载体。由于认识上的不足,我国境内曾经大量销售和使用过用含 PFOS 的“思高洁”纺织产品,为了提高产品的附加值,也使用过用多氯联苯整理过的阻燃、抗静电纺织产品。为了更好的维护环境和人类的健康,作为纺织品生产、销售和消费大国,我们有必要制定相关的法律法规,在纺织品中限制使用 POPs,有必要进一步深入研究纺织品中 POPs 的检测方法,从而切断 POPs 通过纺织品传播的途径。

[www.cwta.org.cn](http://www.cwta.org.cn)

中国毛纺织行业协会