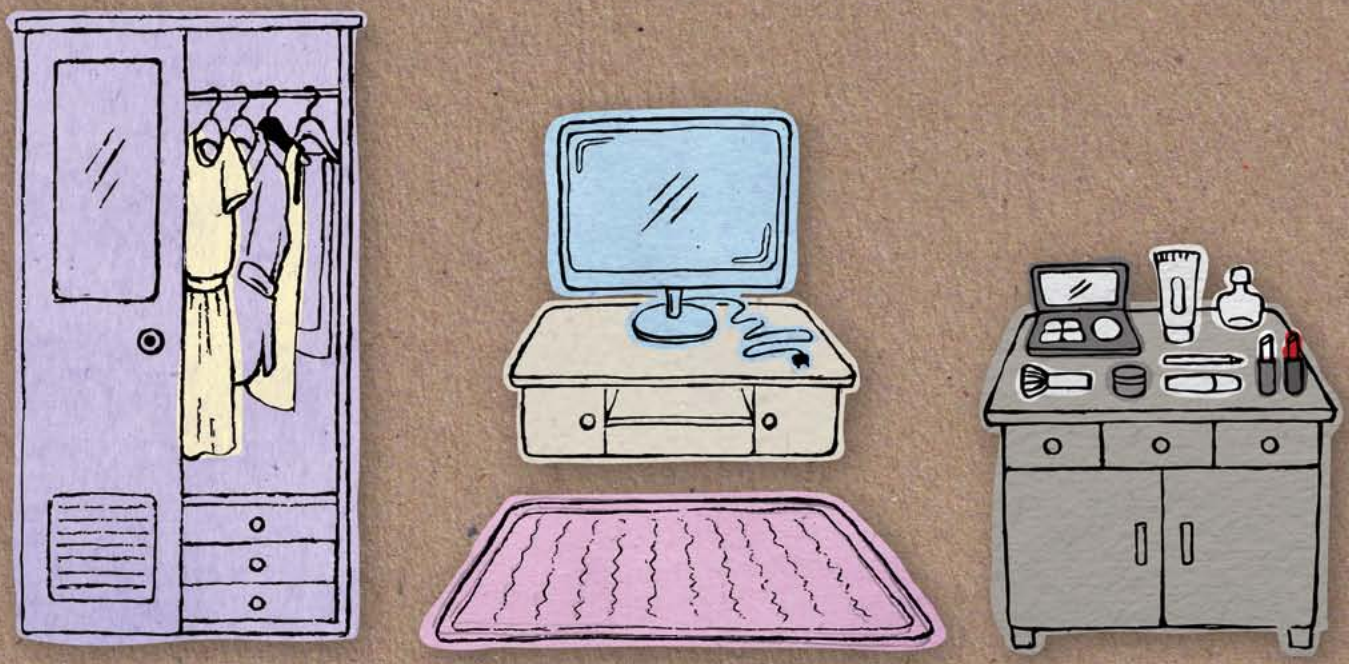
# 家里的灰霾



## 中国家庭室内灰尘中有毒有害物质抽样调查

GREENPEACE 绿色和平

# 目 录


第一章　背景介绍　1

第二章　室内灰尘——家庭室内污染的“晴雨表”　2

第三章　调查方法及主要发现　5

采样过程　5

检测发现　5

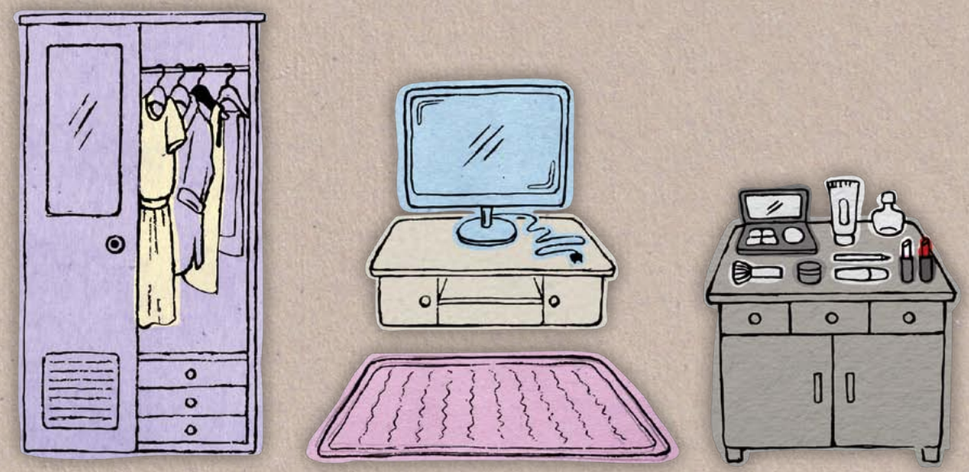
有毒有害物质分类检测结果与常见用途介绍　7

第四章　结论与建议　9

附录1：本研究的具体检测检测结果　10

附录2：研究针对的有毒有害物质简介　12

参考文献　14



# 摘 要


家庭室内灰尘是考察室内污染情况的“晴雨表”。2012年3月至4月，绿色和平采集了中国五个城市十一个家庭的室内灰尘样本进行检测。检测针对目前国际国内关注度较高的四类有毒有害物质。结果显示全部样本中都存在上述四类有毒有害物质，且浓度范围与其他国家和地区的研究相一致。这表明中国公众可能通过室内灰尘暴露于多种有毒有害物质的复合影响之下。基于此发现，绿色和平建议完善中国化学品管理体系，为公众创造一个“无毒”的未来。

# 第一章 背景介绍

相对于人们所熟知的空气污染、水污染等环境问题，室内环境的污染问题所受到的关注往往较小。虽然人们对因装修引起的室内空气环境问题（如甲醛污染）等有所警觉，但可能尚未意识到在日常室内环境中潜藏的其他污染物以及可能存在的风险。

在家庭室内环境中，灰尘作为有毒有害物质的“汇集池”，是人们，尤其是儿童，暴露于一些有毒有害物质中的潜在途径[1]。灰尘中的有毒有害物质可以通过呼吸、食物摄入，以及皮肤接触等方式进入人体[2]。其他国家和地区的相关研究已经显示了在家庭环境中，尤其是室内灰尘中存在着各种各样的有毒有害物质：一些污染物来自于室外，例如重金属铅可能来自于汽车尾气[3]；一些则来自家庭使用的化工制品，例如杀虫剂[4]。但是最主要的，也是最容易被忽略的来源是家庭日常使用的消费产品。

我们日常使用和接触的消费品产品中被人为添加了一些化学物质，从而赋予产品一些我们想要的特性，比如让塑料制品更加柔软、让家居产品具有防火功能，或者能够除菌杀虫。不可否认，这些化学物质在一定程度上使我们的生活更加便利；但是另一方面，这些化学物质可能会带来一些容易被我们忽视的危害。随着产品的频繁使用和老化，这些化学物质可以从产品中“逃逸”出来，最终进入我们的家庭室内环境，从而增加我们暴露于有毒有害物质中的风险。

在中国，对有毒有害物质在室内环境，特别是灰尘中的污染情况的科学研究还很有限。对暴露于多种化学物质之下的人体可能受到何种影响的研究也十分匮乏。因此，为弥补一部分研究空白，帮助人们初步了解中国家庭室内有毒有害物质的污染情况，绿色和平进行了这次中国城市家庭室内灰尘中有毒有害物质的抽样调查。我们希望本次研究有助于人们了解中国公众暴露于有毒有害物质中的多种途径，并为后续研究提供数据支持和科研依据①。

① 本研究通过收集和分析室内灰尘中有害化学品，旨在初步了解中国普通城市家庭室内灰尘中部分有毒有害物质的存在情况，提高大家对生活环境中有毒有害物质的认识和理解，并予以重视。需要强调的是，本次研究只是截取了家庭环境中的一个侧面，很难据此全面评估家庭室内环境所带来的健康风险。



# 第二章 室内灰尘

## ——家庭室内污染的“晴雨表”

室内灰尘本身并不是一种单一的物质，而是各种不同的有机、无机颗粒物和化学物质的混合体。在一栋特定的建筑物甚至是一间房间内，灰尘的精确构成往往取决于多种因素，比如：建筑物的位置、结构，房间的用途及所使用的装饰材料和家具，空调以及通风系统，清扫的频率和程度，甚至与季节变换有关[5,6]。

近年来，不同国家和地区对室内灰尘中有毒有害物质的科学研究也逐渐增多。例如，为了研究欧洲室内环境的污染情况，绿色和平进行了一系列不同地区室内灰尘的检测分析：在2000年对欧洲各国的议会大楼办公室进行了灰尘采集，在所有样本中都发现了含量可观的溴化阻燃剂和有机锡化合物[7,8]；2003年，调查了来自英国的100个家庭及其他场所的灰尘样本，在所有的灰尘样本中都发现了邻苯二甲酸酯、溴化阻燃剂和有机锡化合物，并在超过四分之三的样本中发现了壬基酚（nonylphenol）和短链氯化石蜡（SCCPs）。这两项研究均发现，十溴联苯醚（Deca-BDE，即本研究中的BDE-209）是所检测溴化阻燃剂中浓度最高的同系物。发现浓度最高的邻苯二甲酸酯是可能具有生殖毒性的邻苯二甲酸二异辛酯（DEHP）[9,10]。

除绿色和平外，还有许多国家的研究学者针对室内灰尘中的有毒有害物质这一问题开展了广泛的调查。例如，2001年，有研究调查了119个美国的办公室和家庭，发现灰尘样本中含有邻苯二甲酸酯、农药残留物以及多环芳烃类物质[11]。他们也在灰尘中发现了壬基酚。此外，他们还发现了一系列其他的化合物，许多可能具有内分泌干扰作用。2005年，有研究调查了德国28个室内灰尘中有机锡化合物的浓度，检出二丁基锡（DBT），单丁基锡（MBT）以及二辛基锡（DOT）等[12]。再如，2003年，日本首次报道了灰尘中全氟化合物(PFCs)的存在情况，在16个室内灰尘样品中检出PFOS和PFOA的平均浓度值分别为200ng/g和380ng/g[13]。

随着研究的深入，人们发现室内灰尘中普遍存在多种有毒有害物质[14]。越来越多的研究发现灰尘作为家庭环境中有毒有害物质的“汇集池”，是人们暴露于许多污染物中的潜在途径[15]。人们可能通过呼吸、食物摄入和皮肤接触等方式而暴露于灰尘及其所携带的有毒有害物质中[16]。

有一些研究者更是逐渐开始重视室内灰尘在儿童的化学物质暴露中所扮演的角色[17]。对

于儿童而言，无论是室内还是室外的灰尘都可能成为他们暴露于有毒有害物质中的重要途径[18]。例如，幼儿通常会在地上爬，这样他们就会暴露于地板、地毯上吸附的灰尘中的化学物质中等等；他们在玩玩具的时候还会不时地把手指放进嘴里或者直接把玩具放进嘴里，这样就更增加了他们暴露于有毒有害物质中的几率。

这些有毒有害物质在消费品中的广泛使用可能是它们存在于室内灰尘中的原因之一[19]。已经发表的科学研究显示了室内灰尘分析作为了解室内环境的一种途径的价值。可以说，室内灰尘正是人们了解家庭室内污染的“晴雨表”。

特别值得注意的一点是，虽然有其他国家和地区的研究发现，如邻苯二甲酸酯、有机锡化合物或溴化阻燃剂等化学品会在产品使用和废弃的过程中“逃逸”，然而在中国，关于它们在室内灰尘中存在情况的研究却较少，综合了解多种有毒有害物质在同一场所的灰尘中复合存在的研究就更是寥寥无几，多数现有的研究往往只针对某一类物质（详见表1）。

因此，绿色和平希望通过本次研究揭示同一场所灰尘中多种有毒有害物质复合存在的情况。



## 表1：中国家庭室内灰尘中检测出的有毒有害物质（文献汇总）

| 研究者 | 研究地区 | 样本数 | 检出化学物质 | 平均值（单位：ng/g） | 含量范围（单位：ng/g） |
|---|---|---|---|---|---|
| 袁康（音）等人，2011 [20] | 珠三角地区，包括广州，深圳和香港 | 23 | 多溴联苯醚（PBDEs） | 4203 | 685—18385 |
| 齐虹等人，2011 [21] | 23 个省市自治区 41 个地区 | 29 | 多溴联苯醚（PBDEs） | 12.1 | 0.55—427 |
| 黄玉妹等人，2009 [22] | 广州 | 46 | 多溴联苯醚（PBDEs） | 3407 | 564.3—9654 |
| 黄玉妹等人，2010 [23] | 广州，海口和武汉 | 76 | 多溴联苯醚（PBDEs） | 2662 | 186.6—9654 |
| 王璟 等人，2010 [24] | 广州清远，电子废弃物处理地室内灰尘 | 24 | 多溴联苯醚（PBDEs） | 9412.4 | 229.5—157480.1 |
| 郭莹（音）等人，2011[25] | 北京，上海，广州，济南，齐齐哈尔，乌鲁木齐 | 75 | 邻苯二甲酸酯（Phthalates） | 295000 | 24400—8590000 |
| Lan Q等人，2011 [26] | 广州 | 包括室内和室外的灰尘样品 | 邻苯二甲酸酯（Phthalates） | 840000 | 121000—3223000 |
| 张涛（音）等人，2010 [27] | 北京，南京，上海，天津 | 28 [28] | 全氟化合物（PFCs） | 233 | / |
| Tong和Lam，2000 [29] | 香港 | 151 | 重金属 | / | 铅 0.1—1415.2 μg/g<br>锰 44.7— 2463.8 μg/g<br>镉 0.2—2340.6 μg/g<br>铜 46.0—32611.0 μg/g |

# 第三章 调查方法及主要发现

## 采样过程

2012年3月至4月间，绿色和平采集了位于北京、上海、长沙、深圳、广州这5个城市的11个家庭的室内灰尘。其中3个家庭位于北京，3个家庭位于上海，2个家庭位于长沙，1个家庭位于深圳，2个家庭位于广州。

为了能采集到足够的灰尘样品进行分析，所有参与的志愿者家庭都被要求至少1周不打扫室内卫生。所有的灰尘样品，都由绿色和平的专业样品采集人员，使用同一个型号的吸尘器进行采集。为了防止污染，每个家庭的灰尘样品都使用单独的未使用过的吸尘纸袋。灰尘采集结束后，立即将吸尘袋从吸尘器中取出，用清洁的铝箔纸包裹密封，再装入厚实的纸袋后密封。最后，所有的样品都被送往位于欧洲的第三方独立实验室，进行有毒有害化学物质的分析研究。

此次检测的化学物质为邻苯二甲酸酯、溴化阻燃剂(包括多溴联苯醚和六溴环十二烷)、有机锡化合物和全氟化合物，四大类共54种化学物质。对于这四类化学物质的介绍，详见附录2。

## 检测发现

在所有的家庭室内灰尘样本中，均发现了全部四类有毒有害物质，即没有干净的样本。并且大部分检出的有毒有害物质的浓度范围（见表2）与已有的其他国家和地区的研究结果（详见下文“分类检测结果”部分）相当。此结果表明，普通家庭室内灰尘可能是人们在家庭中暴露于有毒有害物质中的途径之一，而针对这一途径的深入研究目前还非常有限，公众也普遍缺乏这方面的认知。另外，灰尘当中有毒有害物质的构成十分复杂，普通人群可能暴露于多种的化学物质的复合影响之下。

**表2： 中国5城市家庭室内灰尘中主要有毒有害物质浓度结果②**

| 化学物质 | 浓度平均值 | 浓度最低值 | 浓度最高值 |
|---|---|---|---|
| 邻苯二甲酸酯(phthalates) | 731.4 μg/g | 330.0 μg/g | 1261.0 μg/g |
| 溴化阻燃剂—多溴联苯醚（PBDEs） | 4811.8 ng/g | 169.9 ng/g | 38124.5 ng/g |
| 溴化阻燃剂—六溴环十二烷（HBCD） | 1148.5 ng/g | 93.2 ng/g | 9200.0 ng/g |
| 有机锡化合物(Organotins) | 2801.6 ng/g | 287.2 ng/g | 7654.8 ng/g |
| 全氟化合物(PFCs) | 94.4 ng/g | 1.1 ng/g | 600.8 ng/g |

② 本次研究的具体检测结果请见附录1

# 有毒有害物质分类检测结果与常见用途介绍

## 1 溴化阻燃剂类

检测结果：本类检测覆盖了18种多溴联苯醚（PBDEs）和六溴环十二烷（HBCD），结果发现，家庭灰尘中PBDEs的主要成分是十溴联苯醚（BDE209），其平均浓度为4811.8ng/g，和袁康（音）等人（2011）[30]在珠三角地区的报道，以及世界其他地区的报道相似[31,32]。另外， HBCD也是灰尘样本中占主要地位的溴化阻燃剂，其平均浓度约为1148.5ng/g，和世界其他地区已有的报道相似[33]。

常见用途：PBDEs是溴化阻燃剂中最常见的一类，主要用作纺织品等各种材料的防火成分。工业上使用最广泛的溴化阻燃剂还包括HBCD。它们是用来防止燃烧或燃烧的扩散的物质，通常用作添加剂，被广泛添加在日常生活所能接触到的各种产品中，比如电器、汽车、灯具、电线、地毯、家具，以及其他包装材料等等。

## 2 邻苯二甲酸酯类

**检测结果**：通常来说，邻苯二甲酸二异辛酯（DEHP）是家庭灰尘中最常见的邻苯二甲酸酯[34,35]，本研究也发现DEHP是所有灰尘样本中浓度最高的邻苯二甲酸酯，其次分别是邻苯二甲酸酯二丁酯（DBP）和邻苯二甲酸二异丁酯（DiBP），平均浓度分别为576.3μg/g，96.7μg/g和58.0μg/g。

值得注意的是，本研究中邻苯二甲酸丁酯苯甲酯（BBP）的浓度和西方国家的报道存在显著性差异。一般而言，西方国家室内灰尘中BBP的浓度较高[36,37,38]，但在本次研究中BBP的浓度却很低，同样郭莹（音）等人[39]（2011） 在中国的6个城市中检测到的BBP的浓度也非常低。

**常见用途**：DEHP作为一种最普遍使用的增塑剂（或译作“塑化剂”），在大量产品中被添加，包括各种建材、装饰材料、地板、家具，以及食品包装、玩具、衣服、汽车内饰、电缆，还有医疗器材比如血袋。因此每个人的接触途径可能有很大的不同，本研究显示，室内灰尘可能也是主要的暴露途径之一。

## 3 有机锡化合物类

**检测结果**：本研究发现单丁基锡（MBT）和二丁基锡（DBT）在灰尘样本中的平均浓度最高，其次分别是单辛基锡（MOT）和二辛基锡（DOT），平均浓度分别为1073.8ng/g，893.6ng/g，438.1ng/g和325.9ng/g。

**常见用途**：有机锡化合物被广泛用于聚氯乙烯PVC材料的稳定剂,工农业上的生物杀灭剂、各种化学反应的催化剂和船舶防污涂料等。单取代的有机锡如单丁基锡（MBT）通常用作稳定剂，二取代的有机锡如二丁基锡（DBT）作为催化剂用在聚氨酯泡沫和硅树脂的生产中，三取代的有机锡被广泛用于农业作为杀菌剂。

## 4 全氟化合物类

**检测结果**：本研究发现全氟辛酸（PFOA）在灰尘样本中的平均浓度最高。从世界其他国家和地区的科研成果来看，通常全氟辛烷磺酸（PFOS）在室内灰尘中的浓度可能会显著高于PFOA的浓度，或者至少两者的浓度水是平相似的[40,41,42]；但是张涛等人（2010）[43]检测了中国17个城市的室内灰尘，也发现PFOS浓度低于PFOA的浓度。而在本次研究中，全氟辛烷磺酸（PFOS）甚至低于检出限。

**常见用途**：PFOA和PFOS是最常见的两种全氟化合物。它们是人造化学品，很难被降解，难溶于水和油，被广泛应用于纺织品和纸张的防水、防油及防污层，表面活性剂，并用于制作化妆品、塑料、防火泡沫以及高温润滑剂。

# 第四章 结论与建议

家庭应该是每一个人休憩的避风港，而不是环境风险的来源地。要有效减少室内污染，必须逐步减少日常消费品在生产过程中使用的有毒有害物质，并通过更安全的替代方式进行替代，最终完全消除有毒有害物质的使用。

有毒有害物质的污染已经成为全球面临的重大环境问题之一，国际社会上已经有了广泛关注度和相关的行动。为妥善管理有毒有害物质，保护人类健康和环境，许多国家和地区已经确立了有毒有害物质“零排放”的长期目标，通过设置量化的有毒有害物质减量目标及明确的淘汰时间表来减少并最终消除有毒有害物质的使用和排放。

在中国，相关的科学研究还亟待加强，同时，化学品环境管理法律体系也才刚刚起步。我们正处在化学品管理的转折点之上。对于正在使用的数以万计的化学物质，现行研究还远远不足以帮助我们了解其健康风险和环境威胁，现行管理体系还远远不足以防范这些风险和威胁，保护我们的健康。包括在本次研究中关注的四类有毒有害化学物质在内的一批可能具有致癌性、致畸性和生殖毒性的化学品，或可能具有内分泌干扰作用的“环境激素”类物质，以及其他具有持久性、生物蓄积性的化学物质，还尚未纳入政府的监管名录。

绿色和平建议加强对有毒有害物质对环境与人体健康造成影响的可能途径和后果的研究；同时建议中国政府部门加紧政策制定和执行的步伐，加快构建完整的化学品管理体系。另外，绿色和平持续呼吁企业和公众对有毒有害物质污染问题给予关注，并且提高认识。只有全社会的共同关注和行动，才能真正推动“无毒”未来。

## 免责声明

1.本报告所采用的检验数据均来源于实验室检测结果，绿色和平对本次检测数据的准确性及完整性不作任何保证；

2.本报告中引用的信息均来源于已公开的资料，绿色和平对这些信息的准确性及完整性不作任何保证；

3.本报告所援引的法律条文仅限于绿色和平所能搜集的法律文件，仅代表绿色和平对相关法律法规的理解；

4.由于获得信息的局限性，本报告所援引的信息和检验数据仅基于报告时限内绿色和平所能获得的信息。



# 附录1：本研究的具体检测结果

| 化学物质 | 发现频率 | 平均值 | 中值 | 最小值 | 最大值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 溴化阻燃剂BFRs [ng/g ] | | | | | |
| BDE17 | 11/11 | 2.5 | 2.1 | 0.7 | 6.4 |
| BDE28 | 9/11 | 0.4 | 0.2 | <0.15 | 1.4 |
| BDE47 | 11/11 | 4.0 | 1.7 | 0.2 | 18.0 |
| BDE49 | 7/11 | 2.8 | 0.2 | <0.15 | 27.4 |
| BDE66 | 0/11 | / | / | / | / |
| BDE71 | 3/11 | 0.5 | <0.15 | <0.15 | 4.4 |
| BDE75 | 3/11 | 0.9 | <0.15 | <0.15 | 9.5 |
| BDE77 | 5/11 | 1.4 | <0.15 | <0.15 | 14.0 |
| BDE85 | 10/11 | 3.4 | 2.8 | <0.15 | 8.2 |
| BDE99 | 11/11 | 5.6 | 4.2 | 1.0 | 22.4 |
| BDE100 | 11/11 | 1.6 | 0.5 | 0.2 | 10.3 |
| BDE119 | 5/11 | 1.3 | <0.15 | <0.15 | 13.3 |
| BDE138 | 10/11 | 3.0 | 2.1 | 1.8 | 9.3 |
| BDE153 | 11/11 | 4.4 | 2.6 | 0.9 | 17.3 |
| BDE154 | 10/11 | 1.6 | 0.8 | 0.0 | 9.8 |
| BDE183 | 11/11 | 6.9 | 4.9 | 1.9 | 24.0 |
| BDE190 | 0/11 | <0.30 | <0.30 | <0.30 | <0.30 |
| BDE209 | 11/11 | 4771.8 | 500.0 | 160.0 | 38100.0 |
| Total PBDEs | 11/11 | 4811.8 | 540.8 | 169.9 | 38124.5 |
| total HBCD | 11/11 | 1148.5 | 370.0 | 93.2 | 9200.0 |
| 邻苯二甲酸酯Phthalates [μg/g ] | | | | | |
| DMP | 0/11 | < 2.5 | < 2.5 | < 2.5 | < 2.5 |
| DEP | 0/11 | < 2.5 | < 2.5 | < 2.5 | < 2.5 |
| DPP | 0/11 | < 2.5 | < 2.5 | < 2.5 | < 2.5 |
| DiBP | 11/11 | 58.0 | 44.0 | 26.0 | 230.0 |
| DBP | 11/11 | 96.7 | 84.0 | 24.0 | 260.0 |
| BBP | 1/11 | < 2.5 | < 2.5 | < 2.5 | 3.0 |
| DEHP | 11/11 | 576.4 | 470.0 | 220.0 | 1100.0 |
| DiNP | 0/11 | <500 | <500 | <500 | <500 |
| DiDP | 0/11 | <500 | <500 | <500 | <500 |
| Total Phthalates | 11/11 | 731.4 | 609.0 | 330.0 | 1261.0 |

| 化学物质 | 发现频率 | 平均值 | 中值 | 最小值 | 最大值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 全氟化合物PFCs[ng/g] | | | | | |
| PFBuS | 6/11 | 0.8 | 0.3 | < 0.25 | 3.1 |
| PFHxS | 1/11 | 1.0 | < 0.25 | < 0.25 | 11.0 |
| PFHpS | 1/11 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 | 0.8 |
| PFOS | 0/11 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 |
| PFDS | 0/11 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 |
| PFPA | 3/11 | 0.6 | < 0.25 | < 0.25 | 2.7 |
| PFHxA | 2/11 | 0.8 | < 0.25 | < 0.25 | 6.9 |
| PFHpA | 4/11 | 1.0 | < 0.25 | < 0.25 | 9.2 |
| PFOA | 11/11 | 86.5 | 10.1 | 1.1 | 580.0 |
| PFNA | 3/11 | 0.4 | < 0.25 | < 0.25 | 2.0 |
| PFDA | 3/11 | 1.7 | < 0.25 | < 0.25 | 8.3 |
| PFUnA | 1/11 | 0.7 | < 0.25 | < 0.25 | 7.5 |
| PFDoA | 2/11 | 0.8 | < 0.25 | < 0.25 | 6.3 |
| PFTrDA | 0/11 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 |
| PFTeDA | 0/11 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 |
| FOSA | 0/11 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 | < 0.25 |
| Total PFCs | 11/11 | 94.4 | 15.8 | 1.1 | 600.8 |
| 有机锡化合物Organotin compounds [ng/g ] | | | | | |
| MBT | 11/11 | 1073.8 | 680.0 | 73.8 | 2590.0 |
| DBT | 11/11 | 893.6 | 380.2 | 140.0 | 4620.0 |
| TrBT | 4/11 | 67.0 | <10 | <10 | 620.0 |
| TeBT | 0/11 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| MOT | 10/11 | 438.1 | 110.0 | <10 | 3580.2 |
| DOT | 9/11 | 325.9 | 59.1 | <20 | 2860.0 |
| TrChT | 0/11 | / | / | / | / |
| MPhT | 1/11 | <5 | <5 | <5 | 6.0 |
| DPhT | 1/11 | <5 | <5 | <5 | 15.2 |
| TrPhT | 2/11 | <5 | <5 | <5 | 7.2 |
| Total organotins | 11/11 | 2801.6 | 2071.7 | 287.2 | 7654.8 |



# 附录2：研究针对的有毒有害物质简介

| | | |
|---|---|---|
| 邻苯二甲酸酯 | 危害 | 可能对哺乳类动物和人类的生殖系统产生毒性作用。其中DEHP是最为广泛使用的邻苯二甲酸酯之一，可能对哺乳动物的生殖系统产生毒性，可能（以单酯形式）干扰早期的睾丸发育[44]。亦有迹象表明暴露于邻苯二甲酸酯可影响人类男性生殖发育[45]。此外，有研究发现大鼠暴露于几种不同的邻苯二甲酸酯混合物，即使含量很低，可能产生累积效应[46]。 |
| | 限制 | –OSPAR[47]将DEHP和DBP列入需要优先采取行动的化学品名单。<br>–欧盟REACH法规将DEHP、DBP、BBP和DIBP列入其附录XIV。<br>–欧洲议会和理事会指令2008/105/EC[48]将DEHP列入《水框架指令优先物质名单》。<br>–76/769 EEC（及修正案2002/61/EC）[49]限制DEHP、DBP、BBP、DNOP、DIDP、DINP的使用。 |
| 溴化阻燃剂 | 危害 | 有些PBDEs可能影响内分泌系统，从而影响生长、发育以及免疫和神经系统。PBDEs在人体中也被广泛发现，其现有暴露量对人体健康的潜在影响引发担忧[50,51]。<br>HBCD是一种新型的持久性有机污染物（POPs），其具有POPs 的一系列特点[52]，迁移性、持久性和蓄积性。具有内分泌毒性，有研究还发现，HBCD可使大鼠发情周期不规律，卵细胞数量减少，前列腺重量增加，后代甲状腺功能减弱，这说明HBCD 具有致畸潜力[53,54] 。 |
| | 限制 | –《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》将Tetra BDE（四溴联苯醚），PentaBDE（五溴联苯醚），HexaBDE（六溴联苯醚）和HeptaBDE（七溴联苯醚）（即本研究中的BDE-47，49，66，71，75，77，85，99，100，119，138，153和154）列入附录A（即彻底消除），中国也是该公约的缔约方之一。<br>–OSPAR[55]将包括PBDE、PBBP、HBCD在内的溴化阻燃剂列入需要优先采取行动的化学品名单。<br>–HELCOM 将PentaBDE（五溴联苯醚）、PctaBDE（八溴苯醚）、DecaBDE（十溴联苯醚）、HBCD列入《优先管理有毒有害物质名单》。<br>–欧洲议会和理事会指令2008/105/EC 将五溴联苯醚列入《水框架指令优先物质名单》。 |

| | | |
|---|---|---|
| 有机锡化合物 | 危害 | 三丁基锡（TBT）被认为是所有锡化合物中最有害的。它能持久存在于环境中，具有高度的生物蓄积性，还能影响包括哺乳动物在内的许多生物的免疫和生殖系统，故此TBT现被广泛禁止[56]。有报告显示包括三苯基锡（TPhT）在内的其他有机锡化合物也能产生类似的影响[57]。此外TBT还能影响人体免疫系统和神经系统[58,59]。三丁基锡（TBT）和二丁基锡（DBT）对哺乳动物的免疫系统具有副作用，体外实验表明TBP和DBT在微摩尔甚至更低浓度下就会对鼠胸腺细胞和白细胞产生毒性和抑制作用[60]。 |
| | 限制 | –OSPAR将有机锡化合物列为需要优先采取行动的化学品名单中的一类，但不包括月桂酸三丁锡（CAS:3090-36-6）。<br>–HELCOM 将TBT 和TPhT（三苯基锡）列入《优先管理有毒有害物质名单》。<br>–欧洲议会和理事会指令2008/105/EC将三丁基锡化合物（三丁基锡正离子）列为《水框架指令》下的优先管理有毒有害物质。 |
| 全氟化合物 | 危害 | 全氟化合物是一种人造化学品，很难降解。例如PFOS极难降解，性质十分稳定，所以会在环境中长期存留[61]。PFOS在世界各地的淡水、地下水和海水的沉淀物及土壤中均被发现[62]。<br>科学研究显示PFOS能在身体组织中蓄积，且通过食物链进行生物放大（随着食物链等级的提升检测出越来越高的浓度）[63]。PFOS通过黏着在血液中的蛋白质上积聚在动物体内，因此在肝脏组织中的浓度特别高[64,65,66]。<br>有动物研究显示PFCs可能影响激素水平——例如改变大鼠的生殖激素水平（降低睾酮水平和增高雌二醇水平），这能导致睾丸细胞的改变[67]。 |
| | 限制 | –OSPAR将全氟辛烷磺酸及其盐类（PFOS）列入需要优先采取行动的化学品名单。<br>–HELCOM将PFOS和PFOA（全氟辛酸）列入《优先管理有毒有害物质名单》。<br>–76/769 EEC的修正指令2006/122/ECOF限制PFOS的使用。<br>–《斯德哥尔摩公约》将全氟辛烷磺酸（PFOS）、全氟辛烷磺酸盐和全氟辛基磺酰氟列入附录B（即限制）。<br>–加拿大法令SOR/2008-178限制PFOS的生产、使用和销售。<br>–美国在有毒物质控制法的框架下发布相关“显著新用途规则”限制含PFOS 在内的全氟烷基物质（PFAS）的生产和进口。 |



# 参考文献


1 Abb, M., Heinrich, T., Sorkau, E., Lorenz, W., 2009. Phthalates in dust. Environment International 35, 965-970.

2 Lewis, R.G., Fortmann, R.C. &Camann, D.E. (1994) Evaluation of methods for monitoring the potential exposure of small children to pesticides in the residential environment. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 26: 37-46.

3 Ismail M. Madany, M. SalimAkhter, O.A. Al Jowder (1994). The correlations between heavy metals in residential indoor dust and outdoor street dust in Bahrain. Environment International, 20:4, 483–492.

4 Hyun-Min Hwanga, Eun-KeeParkb, Thomas M. Younga, Bruce D. Hammockb (2008).Occurrence of endocrine-disrupting chemicals in indoor dust. ScienceoftheTotal-Environment. 404 (1): 26-35.

5 Edwards, R.D., Yurkow, E.J. &Lioy, P.J.(1998) Seasonal deposition of house dusts onto household surfaces. The Science of the Total Environment 224: 69-80.

6 Butte, W. &Heinzow, B. (2002) Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination. Reviews in Environmental Contamination and Toxicology 175: 1-46.

7 Santillo, D., Johnston, P. &Brigden, K. (2001) The presence of brominated flame retardants and organotin compounds in dusts collected from Parliament buildings from eight countries. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 03/2001, March 2001: 24 pp.

8 Leonards, P.E.G., Santillo, D., Brigden, K.,van der Ween, I., Hesselingen, J.v., de Boer, J. & Johnston, P. (2001) Brominated flame retardants in office dust samples. In: Asplund, L.; Bergman, Å.; de Wit, C., et al. eds. Proceedings of the Second International Workshop on Brominated Flame Retardants, BFR 2001, Stockholm, May 14-16 2001: 299-302.

9 Santillo, D., Labunska, I., Fairley, M. & Johnston, P. (2003b) Consommationtoxique: Les substances dangereusesdans les poussières du logementcommeindicateurs de l'expositionchimiquedansl'environnementdomestique. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 02/2003, October 2003: 84 pp.

10 Santillo, D., Labunska, I., Davidson, H., Johnston, P., Strutt, M. & Knowles, O. (2003a) Consuming chemicals: hazardous chemicals in housedust as an indicator of chemical exposure in the home. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 02/2003, May 2003: 71 pp.

11 Rudel, R.A., Brody, J.G., Spengler, J.C., Vallarino, J., Geno, P.W., Sun, G. &Yau, A. (2001) Identification of selected hormonally active agents and animal mammary carcinogens in commercial and residential air and dust samples. Journal of the Air & Waste Management Association 51(4): 499-513.

12 H. Fromme, A. Mattusch, T. Lahrz, H. Rüden, Occurrence of organotin compounds in house dust in Berlin (Germany), Chemosphere, 58 (2005) 1377-1383.

13 Hiroshi Moriwaki, Yumiko Takatab and RyuichiArakawab, Concentrations of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in vacuum cleaner dust collected in Japanese homes J. Environ. Monit., 2003, 5, 753–757 753.

14 Lagesson, H.V., Nilsson, A. &Tagesson, C. (2000) Qualitative determination of compounds adsorbed on indoor dust particles using GC-UV and GC-MS after thermal desorption. Chromatographia 52(9- 10): 621-630.

15 Abb, M., Heinrich, T., Sorkau, E., Lorenz, W., 2009. Phthalates in dust. Environment International 35, 965-970.

16 Lewis, R.G., Fortmann, R.C. &Camann, D.E. (1994) Evaluation of methods for monitoring the potential exposure of small children to pesticides in the residential environment. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 26: 37-46.

17 Wilson, N.K., Chuang, J.C. &Lyu, C. (2001) Levels of persistent organic pollutants in several child day care centers. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology 11(6): 449-458.

18 Butte, W. &Heinzow, B. (2002) Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination.Reviews in Environmental Contamination and Toxicology 175: 1-46.

19 Butte, W. &Heinzow, B. (2002) Pollutants inhouse dust as indicators of indoorcontamination. Reviews in EnvironmentalContamination and Toxicology 175: 1-46.

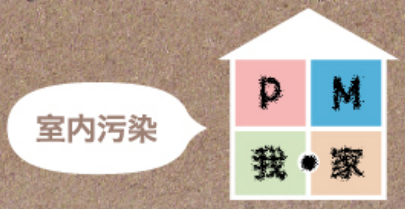
20 Kang, Y., Wang, H.S., Cheung, W.C., Wong, M.H., 2011. Polybrominateddiphenyl ethers (PBDEs) in indoor dust and human hair. AtmosphericEnvironment 45, 2386-2393.

21 齐虹，张凤，马万里，李一凡：《中国室内灰尘中卤代阻燃剂的残留特征研究》。2011年，持久性有机污染物论坛，《2011暨第六届持久性有机污染物全国学术研讨会论文集》。

22 黄玉妹，陈来国，文丽君，许振成，彭晓春，叶芝祥，曾敏：《广州市室内尘土中多溴联苯醚的分布特点及来源》。《中国环境科学》，2009，29(11)：1147—1152。

23 Yumei Huang, Laiguo Chen, XiaochunPeng, ZhenchengXu, Zhixiang Ye, PBDEs in indoor dust in South-Central China: Characteristics and implications,

Chemosphere 78 (2010) 169–174.
24 王璟，陈社军，田密，马云娟，罗孝俊，麦碧娴：《电子废弃物处理地室内外灰尘中多溴联苯醚的污染及其人群暴露水平》。《环境科学》，2010，01(31):173—178。
25 Ying Guo, KurunthachalamKannan. ComparativeAssessment of Human Exposure to Phthalate Esters fromHouse Dust in China and the United States.Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 3788–3794.
26 Lan Q, Cui K, Zeng F, Zhu F, Liu H, Chen H, Ma Y, Wen J, Luan T, Sun G, Zeng Z.Characteristics and assessment of phthalate esters in urban dusts in Guangzhou city, China.Environ Monit Assess. 2011 Sep 14.
27 Tao zhang, Hong Wensun, Qian Wu, XianzhouZhuang, Sehun Yuan, KuruntanchalamKannanPerfluorochemicals in Meat, Eggs and Indoor Dust in China: Assessment of Sources and Pathways of Human Exposure to Perfluorochemicals, Environ. Sci. Technol. 2009, 43, 7350–7356.
28 28个室内灰尘样品包括：12个家庭样品，11个办公室样品，5个学生宿舍样品。
29 Susanna T.Y. Tong, Kin CheLam.Home sweet home? A case study of household dust contamination in Hong Kong.The Science of the Total Environment.2000,256:115-123.
30 Kang, Y., Wang, H.S., Cheung, W.C., Wong, M.H., 2011. Polybrominateddiphenyl ethers (PBDEs) in indoor dust and human hair. AtmosphericEnvironment 45, 2386-2393.
31 Al Bitar, 2004. Hazardous chemicals in Belgian house dust. Greenpeace Belgium, Brussels.
32 SICK OF DUST : Chemicals in Common Products—A Needless Health Risk in Our Homes Pat Costner, Beverley Thorpe & Alexandra McPherson MARCH 2005.
33 Abdallah, M.A.E., Harrad, S., Covaci, A., 2008a. Hexabromocyclododecanes and tetrabromobisphenol-A in indoor air and dust in Birmingham, UK: implications for human exposure. Environ. Sci. Technol. 42, 6855–6861.
34 Abb, M., Heinrich, T., Sorkau, E., Lorenz, W., 2009. Phthalates in dust. Environment International 35, 965-970.
35 Ying Guo, KurunthachalamKannan. Comparative Assessment of Human Exposure to Phthalate Esters from House Dust in China and the United States. Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 3788–3794.
36 Bornehag, C.-G., Lundgren, B., Weschler, C.J., Sigsgaard, T., Hagered-Engman, L., Sundell, J., 2005. Phthalates in indoor dust and their associationwith building characteristics. Environmental Health Perspectives 113, 1399-1403.
37 Al Bitar, 2004. Hazardous chemicals in Belgian house dust. GreenpeaceBelgium, Brussels.
38 Ruthann A. Rudel, Julia G. Brody, John D. Spengler, Jose Vallarino, Paul W. Geno, Gang Sun & Alice Yau(2001): Identification of Selected Hormonally Active Agents and Animal Mammary Carcinogens in Commercial and ResidentialAir and Dust Samples, Journal of the Air & Waste Management Association, 51:4, 499-513.
39 Ying Guo, KurunthachalamKannan. ComparativeAssessment of Human Exposure to Phthalate Esters fromHouse Dust in China and the United States.Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 3788–3794.
40 Knobeloch, L., et al. Perfluoroalkyl chemicals in vacuum cleaner dust from 39 Wisconsin homes. Chemosphere (2012),http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.082.
41 SICK OF DUST :Chemicals in Common Products—A Needless Health Risk in Our HomesPat Costner, Beverley Thorpe & Alexandra McPhersonMARCH 2005.
42 Kato, K., Calafat, A.M., Needham, L.L., 2009. Polyfluoroalkyl chemicals inhouse dust. Environmental Research 109, 518-523.
43 Tao zhang, Hong Wensun, Qian Wu, XianzhouZhuang, Sehun Yuan, KuruntanchalamKannanPerfluorochemicals in Meat, Eggs and Indoor Dust in China: Assessment of Sources and Pathways of Human Exposure to Perfluorochemicals, Environ. Sci. Technol. 2009, 43, 7350–7356.
44 Howdeshell, K. L., Wilson, V. S., Furr, J., Lambright, C. R., Rider, C. V., Blystone, C. R., Hotchkiss, A. K. & Gray Jr, L. E. (2008) A mixture of five phthalate esters inhibits fetal testicular testosterone production in the Sprague Dawley rat in a cumulative dose additive manner. Toxicological Sciences, 105: 153–165.
45 Swan, S.H., Main, K.M., Liu, F., Stewart, S.L., Kruse, R.L., Calafat, A.M., Mao, C.S., Redmon, J.B., Ternand, C.L., Sullivan, S. & Teague, J.L. (2005) Decrease in anogenital distance among male. infants with prenatal phthalate exposure. Environmental Health Perspectives, 113 (8): 1056-1061.
46 Martino-Andrade, A. J., Morais, R. N., Botelho, G. G., Muller, G., Grande, S. W., Carpentieri, G. B., Leão, G. M. &Dalsenter, P. R. (2008) Coadministration of active phthalates results in disruption of foetal testicular function in rats. International Journal of Andrology, 32(6): 704-12.
47 OSPAR（《奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约》）是由位于欧洲西海岸及流域的十五个政府与欧共体一起合作保护东北部大西洋海洋环境的机制。为达到OSPAR的目标，有毒有害物质的定义是具有持久性、生物蓄积性的和有毒性的物质（PBT物质），或引起与PBT物质相同程度的关注的物质。目标是在2020年以前停止有毒有害物质的排放、释放及其造成的损害。被确定为PBT物质的化学品则被列入优先行动物质名单。
48 “2008年12月16日关于水政策领域环境质量标准的欧洲议会和理事会指令2008/105/EC”包括一份《水框架指令优先物质名单》。名单中确定了33种/类化学物质为欧洲水环境“需要重点关注的物质”。对内陆水域、过渡水域、沿海水域和领海的水环境来说，这份名单中有11种物质被认为是“需要特别关注的有毒有害物质”。这些物质将按照一个适当的时间表逐步淘汰或停止其排放、释放及泄漏，而此期限不应超过20年。
49 76/769 EEC（及修正案2002/61/EC）是《1976年7月26日关于统一各成员国有关限制销售和使用某些有害物质和制品的法律法规和管理条例的理事会指令（76/769/EEC）》。欧盟成员国必须采取所有必要措施保证附录中列出的危险物质和制品只有在符合指令规定条件的情况下方可销售或使用。该指令已于2009年6月1日成为REACH法规的附录ⅩⅦ。.
50 Johnson-Restrepo, B., Kannan, K. (2009) An assessment of sources and pathways of human exposure to polybrominateddiphenyl ethers in the United States. Chemosphere 76(4): 542–548.
51 Costa, L.G., Giordano, G., Tagliaferri, S., Caglieri, A. &Mutti, A (2008) Polybrominateddiphenyl ether (PBDE) flame retardants: environmental contamination, human body burden and potential adverse health effects.Acta Biomed 79: 172–183.
52 Arnot J，McCarty L，Cousins I.，et al. An evaluation of hexabromocyclododecane(HBCD) for Persistent Organic Pollutant (POP)properties and the potential for adverse effects in the environment〔R〕.European Brominated Flame Retardant Industry Panel (EBFRIP)，2009：214.
53 吴艳娣：《几种典型持久性有机污染物对斑马鱼胚胎发育的毒性效应研究〔D〕》。武汉：华中农业大学，2008。
54 Yvonne F，Inga B. Technical pentabromodipheny ether and hexabromocyclododecane as activators of the pregnane-X-receptor(PXR)〔J〕.Toxicology，2009，264：45-51.
55 HELCOM（波罗的海海洋环境保护委员会）是《保护波罗的海地区海洋环境公约》的主管部门，该公约更为人熟知的名字是《赫尔辛基公约》。《优先管理有毒有害物质名单》（HELCOM建议书31E/1“达成针对有毒有害物质的目标”附件2附录Ⅱ）中的化学品在缔约国被限制或禁止使用，而最终目标是彻底地淘汰。
56 IMO (2001) International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships, International Maritime Organisation (IMO). www.imo.org.
57 OSPAR (2004b) OSPAR Background Document on Organic Tin Compounds, updated 2004, OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, OSPAR Commission, London, ISBN 0946956561: 19 pp.
58 OSPAR (2004b) OSPAR Background Document on Organic Tin Compounds, updated 2004, OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, OSPAR Commission, London, ISBN 0946956561: 19 pp.
59 Jenkins S.M. & Barone S. (2004). The neurotoxicant-trimethyltin induces apoptosis via capase activation, p38 protein kinase, and oxidative stress in PC12 cells. Toxicology Letters, 147 (1): 63-72.
60 Vos JG, Klerk D,Krajnc A, etal. Immunotoxcity of bis(tri-n-butyltin)oxide in the rat:effects on thymus-dependent immunity and on nonspecific resistance following long-term expoese in your versus aged rats [J].Toxicology and applied prharmacology, 1990,105:144-155.
61 Kannan, K., Corsolini, S., Falandysz, J., Oehme, G., Focardi, S. and Giesy, J.P. (2002)“Perfluorooctanesulfonate and related fluorinated hydrocarbons in marine mammals, fishes, and birds from coasts of the Baltic and the Mediterranean Seas”, Environmental Science & Technology, vol. 36, no. 15, pp.3210-3216.
62 Mak, Y.L., Taniyasu, S., Yeung, L.W.Y., Lu, G., Jin, L., Yang, Y., Lam, P.K.S., Kannan, K. & Yamashita, N. (2009) Perfluorinated compounds in tap water from China and several other countries. Environmental Science & Technology 43(13): 4824–4829.
63 Giesy, J.P. &Kannan, K. (2001) Global Distribution of PerfluorooctaneSulfonate in Wildlife. Environmental Science & Technology 35(7): 1339–1342.
J., Oehme, G., Focardi S. &Giesy J.P. (2002) Perfluorooctanesulfonate and related fluorinated hydrocarbons in marine mammals, fishes, and birds from coasts of the Baltic and the Mediterranean Seas. Environmental Science and Technology 36 (15): 3210-3216.
64 Giesy, J.P. &Kannan, K. (2001) Global Distribution of PerfluorooctaneSulfonate in Wildlife. Environmental Science & Technology 35(7): 1339–1342.
65 Martin, J.W., Mabury, S.A., Solomon, K.R. and Muir, D.C.G. (2003) “Bioconcentration and tissue distribution of perfluorinated acids in rainbow trout (Oncorhynchus-mykiss)”, Environmental Toxicology & Chemistry, vol. 22, no. 1, pp.196–204.
66 Martin, J.W., Mabury, S.A., Solomon, K.R. and Muir, D.C.G. (2003) “Dietary accumulation of perfluorinated acids in juvenile rainbow trout (Oncorhynchusmykiss)”, Environmental Toxicology & Chemistry, vol. 22, no. 1, pp.189-195.
67 Jensen, A. A., and Leffers, H. (2008). Emerging endocrine disrupters: perfluoroalkylated substances. Int. J. Androl. 31, 161–169.




PMwojia.com

GREENPEACE 绿色和平

北京市东城区新中街68号聚龙商务楼3层

绿色和平是一个全球性环保组织，
致力于以实际行动推进积极改变，
保护地球环境与世界和平。

greenpeace.cn

再生纸印刷