

“十五”国家科技攻关计划项目
《重大环境问题对策与关键支撑技术研究》系列丛书

持久性有机污染物 调查监控与预警技术

STUDY ON INVESTIGATION, MONITORING OF PERSISTENT ORGANIC
POLLUTANTS AND EARLY WARNING TECHNIQUES

黄业茹 田洪海 郑明辉 胡建信 刘征涛 主编

中国环境科学出版社

“十五”国家科技攻关计划项目
《重大环境问题对策与关键支撑技术研究》系列丛书

持久性有机污染物调查监控与 预警技术

黄业茹 田洪海 郑明辉 胡建信 刘征涛 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

持久性有机污染物调查监控与预警技术/黄业茹等主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2009

(“十五”国家科技攻关计划项目“重大环境问题对策与关键支撑技术研究”系列丛书)

ISBN 978-7-80209-846-6

I. 持… II. 黄… III. ①有机污染物—环境监测—研究②有机污染物—预警系统—研究 IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 163966 号

图书策划 沈 建
责任编辑 沈 建
责任校对 刘凤霞
封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2009 年 4 月第 1 版
印 次 2009 年 4 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 15.75
字 数 370 千字
定 价 55.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

序 言

国家“十五”科技攻关计划项目“重大环境问题对策与关键支撑技术研究”，是在我国环境总体形势依然十分严峻，生态系统和环境质量恶化、核和电磁辐射污染等重大环境问题日益凸显的社会大背景下设立的。2003 年，在原国家环保总局科技标准司的组织和领导下，中国环境科学研究院联合了 20 余家在环境领域具有较强影响的科研和教学单位，开始了“重大环境问题对策与关键支撑技术研究”项目研究。该项目设立了 15 个课题，着重研究我国环境领域急需的管理政策、管理手段和相关支撑技术。

通过近 3 年的研究，项目组完成了项目计划任务书设定的总体目标和任务，提出了一系列重大环境技术政策，为完善国家环境技术政策体系和环境管理决策提供了支持；建立了区域大气污染物、面向水生态安全的流域水污染物总量控制理论与技术方法体系，为我国实施污染物总量控制管理制度提供了科学依据和技术支持；构建了区域生态环境质量及生物多样性评估理论与方法体系，为我国生态保护管理提供了技术支撑；突破了一批重大环境监控技术，为我国环境污染控制和监督管理提供了可操作手段和工具。本项目建立了 18 项具有国际水平的重大环境技术（体系），取得了 20 项重大环境科技成果，形成了 8 项技术标准，52 项技术导则与规范，16 项技术指南，以及若干技术政策、战略研究专题报告，大大提升了我国环境管理的整体技术水平，为“十一五”期间环境管理提供了强有力的科学技术支撑。

本丛书全面总结、归纳了国家“十五”科技攻关计划项目“重大环境问题对策与关键支撑技术研究”在重要环境政策、污染防治管理支撑技术、生态保护管理支撑技术、环境监管技术等领域所取得的关键技术和重大成果，同时对成果转化和推广应用前景进行了详细的分析和评估，总结了项目组织管理过程中得到的宝贵经验，分析了项目研究中存在的问题，并对今后的研究提出了技术和组织管理方面的建议。

本丛书涉及内容大多是国家当前重要的环境保护技术政策和环境管理制度。在当前推进环境保护历史性转变、环保工作进入国家政治经济社会生活主干线、主战场和大舞台的重要历史时期。该书的出版将对我国制定新的环境技术政策、完善环境管理制度、

理顺环境保护管理体制起到很好的推动作用，使环保科技在环保工作中真正发挥先导性、基础性、支撑性和保障性作用，同时对今后我国环保科学技术的进一步研究和创新提供了宝贵的经验。

路漫漫其修远兮，吾将上下而求索。环境问题的复杂性决定了环境科技的重要性和艰巨性。当前，尚有许多环境领域的问题需要环境科研工作者艰苦探索、不断攻克。在此，我祝愿我国环境保护科学事业不断取得新的进步，创造繁花似锦、硕果累累的未来。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2008年5月10日

前 言

持久性有机污染物 (persistent organic pollutant, POPs) 的化学结构稳定, 难降解, 而且亲脂性, 毒性高, 极易在生物体内蓄积, 能够迁移到远离排放源的区域, 成为全球性污染物和世界环境科学研究的热点。大量研究表明, POPs 环境污染对生态环境污染的严重性和复杂性远远超过酸性气体、重金属等, 很多 POPs 不仅具有致癌、致畸、致突变性, 而且还具有内分泌干扰作用, 直接威胁野生动物甚至人类的生存和繁衍。

我国作为经济快速增长的发展中国家, 目前正面临比工业发达国家更加复杂的环境问题, 在前两类污染物尚未完全得到有效控制的同时, POPs 污染控制又成为了我国迫切需要解决的环境问题。从一些初步的研究结果分析, 我国 POPs 环境污染现状还是十分严峻的。尽管国家已禁止使用 DDT 等有机氯农药, 但环境中仍然发现有 DDT 等农药类 POPs 新的环境输入迹象。过去, 我国没有针对生产过程中副产物类 POPs (如二噁英类、多氯联苯、六氯苯等) 采取过控制措施, 致使一些化学品的生产和使用可能是中国二噁英类最主要的污染源之一。由于在对持久性有机污染物 (简称 POPs) 的环境监测、监控和管理方面还没有建立起系统的安全评估系统, 包括评估指标、评估方法和检测技术等, 同时缺乏足够的 POPs 基础数据 (包括由于监测技术匮乏或落后导致的数据可靠性及可比性差), 曾经是我们编写国际公约实施计划中遇到的最大困难。同时, 缺乏环境中 POPs 污染水平的数据还严重影响了对人类和生态系统的背景暴露评价。因此, 根据目前所面临的环境监管和监测技术问题, 急需对 POPs 的调查技术规范和控制技术政策开展科学攻关。

作为一个农业大国, 我国在 20 世纪 60—80 年代曾经大量生产和使用了滴滴涕、毒杀酚、六氯苯和氯丹等 POPs 农药。自 1982 年我国实行农药登记制度以后, 先后停止生产和使用氯丹、七氯和毒杀酚, 但是目前还仍保留滴滴涕农药登记和六氯苯生产。另外, 我国还从来没有针对副产物类 POPs 进行调查, 更没有采取控制措施。因此, 本课题将着重研究我国主要 POPs 即滴滴涕、六氯苯、氯丹和二噁英类的调查监控与管理 (预警) 技术。

目 录

第一篇 绪 论

第 1 章 持久性有机污染物	3
第 2 章 我国主要持久性有机污染物的生产和使用现状分析	7
2.1 滴滴涕	8
2.2 六氯苯	8
2.3 氯丹和灭蚁灵	8
2.4 多氯联苯	9
2.5 主要排放源分析	9
第 3 章 我国环境中持久性有机物污染调查研究状况	12
第 4 章 环境中主要持久性有机污染物检测技术研究进展	15

第二篇 我国典型地区主要持久性有机污染物的污染调查

第 5 章 调查区域	25
5.1 北京市	25
5.2 安徽省	26
5.3 江苏省	26
5.4 湖南省	27
5.5 湖北省	28
第 6 章 土壤中主要持久性有机污染物的污染现状评估	29
6.1 土壤样品的采集	29
6.2 我国典型地区土壤样品中主要 POPs 污染现状	32
第 7 章 地表水体中主要持久性有机污染物的背景调查和污染现状评估	39
7.1 采样点位和采样时间	39
7.2 采样及样品分析	42

7.3 我国典型地区地表水中主要 POPs 污染现状	44
第 8 章 大气中主要农药类持久性有机污染物的污染现状评估	53
8.1 采样点位及时期	57
8.2 采样及样品分析	59
8.3 我国典型地区大气中主要 POPs 污染现状调查	60
第 9 章 典型地区农药类持久性有机污染物的排放源清单研究	67
9.1 六氯苯	67
9.2 氯丹	69
9.3 滴滴涕	70
9.4 艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂	71
9.5 七氯	72
9.6 灭蚁灵	72
9.7 农药类 POPs	73
第 10 章 我国废物焚烧二噁英类排放源清单研究	74
10.1 调查方法	74
10.2 废物焚烧二噁英类排放源现状调查	75
 第三篇 主要持久性有机污染物的生态效应判别指标研究	
第 11 章 生态效应判别指标研究	89
11.1 洞庭湖地区二噁英类生态环境污染特征及生物暴露水平研究	89
11.2 天津海河区域水体环境中有机污染物污染现状及环境归趋研究	100
11.3 环渤海贝类样品中有机氯化化合物的研究	107
11.4 建立泥鳅中卵黄蛋白原的酶联免疫分析方法评价持久性 有机污染物的生态效应	109
11.5 持久性有机污染物内分泌干扰作用的生物检测及筛选	112
第 12 章 环境毒理学识别指标研究	117
12.1 环境毒理学初筛评价试验方法	117
12.2 POPs 类污染物环境毒理学实验研究	144
12.3 DDT 的生态效应研究	174
 第四篇 监控持久性有机污染物排放国家行动计划研究	
第 13 章 我国 POPs 监控的政策法规和管理体系	183
13.1 综合性政策和法律	183

13.2 专门性政策和法律	185
13.3 中国 POPs 相关管理标准	191
13.4 我国 POPs 管理的相关部门	195
13.5 小结	198
第 14 章 国际上 POPs 管理的经验	199
14.1 有意生产 POPs	199
14.2 副产物类 POPs	215
第 15 章 我国监控 POPs 污染的困难和需求	221
15.1 面临的困难	221
15.2 我国监控 POPs 的需求	223
第 16 章 监督和控制 POPs 的行动计划建议	228
16.1 POPs 监测活动	229
16.2 研究活动	233
16.3 开发活动	235
16.4 加强和完善我国 POPs 管理体系的建议	236



第一篇

绪 论

第 1 章 持久性有机污染物

一些痕量有机污染物在环境中难降解、广泛扩散，进入自然界食物链严重威胁着地球上的所有生命，这成为联合国环境署（UNEP）近年来重点考虑解决的一个全球性环境问题，即持久性有机污染物（POPs）问题。这些化学物质有些曾经是效能很高的农药，有一定范围的工业用途；而有些 POPs 是在焚烧或工业生产过程中释放出来的副产物。每种 POPs 的致险水平不同，在定义上这些化学品具有如下的共通性质：① 高毒性。② 难降解和持久性，在降解为低毒性化合物之前需要几年或几十年的时间。③ 经蒸发，它们可以通过各种媒介（空气、水和迁徙物种）迁移到远离释放源的地方。④ 在活组织中积聚，含量高于周围环境。POPs 的持久性和移动性意味着全世界都有它们的存在，因此，针对全球性的 POPs 污染问题，各国政府于 2001 年 5 月在斯德哥尔摩签署的《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》旨在通过全世界签约国的合作，在全球采取共同行动减少并最终淘汰 12 种 POPs 的生产和排放。这 12 种 POPs 是：有机氯杀虫剂（艾氏剂、氯丹、滴滴涕、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、毒杀芬、六氯苯、灭蚁灵），工业用产品（多氯联苯等）以及工业废物焚烧产生的副产物（多氯二苯并对二噁英类和多氯二苯并呋喃等）见表 1-1、表 1-2 和图 1-1。

在我国，对于持久性有机污染物等全球关注的化学品所造成的污染还缺乏技术跟踪和前瞻性研究，难以确认其污染源、对生态环境和人体健康的危害以及相关评价指标、有效监测与污染物削减技术。近十年来，虽然我国的环境保护监测技术和监测能力取得了长足的进展，但是，距离环境管理要求还相差甚远。在环境污染监测方面，特别是对持久性有机污染物污染还没有建立系统的安全评估体系，包括评估指标、评估方法和检测技术等。因此，根据目前所面临的环境监测技术问题，急需对 POPs 的调查技术导则与控制技术政策开展科技攻关。本课题将着重研究我国主要 POPs 即滴滴涕、六氯苯、氯丹和二噁英类的污染调查监控与管理（预警）技术。

POPs 问题不仅是一个关系公众健康的重要环境问题，也是一个现实的国家外交问题，因此，应该作为一项紧迫的科技基础工作，早做安排，才能在国内做好现状调查、污染控制和防范工作。在“十一五”期间，我国的环境保护工作无论从内容范围还是从深度方面都将有较大的扩大和提高，一些新的环境问题即将摆在环境保护部门面前，因此相关的环境科技研究必须对这些需求给予充分的响应，提出相应的技术方法体系，为“十一五”乃至未来的环境保护工作提供强有力的环境管理技术支撑。

表 1-1 12 种持久性有机污染物用途

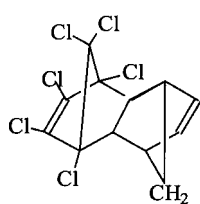
POPs	用途
滴滴涕 (DDT)	“二战”期间曾在部队与平民中广泛用于防止疟疾、伤寒及其他由昆虫传染的疾病。“二战”之后, DDT 仍被继续用于控制疾病并在多种农作物中广泛使用, 特别是棉花作物。其稳定性、持续性 (50%可在土壤中残留 10~15 年) 以及广泛的应用意味着 DDT 的残留物在世界各地都能发现
六氯苯 (HCB)	六氯苯最早于 1945 年用于种子处理, 可用于杀死影响农作物根部的真菌, 也广泛用于控制小麦黑穗病。HCB 也是某些工业化学品的副产品和一些杀虫剂中的杂质
氯丹	氯丹是一种广泛用于农作物和控制白蚁等的广谱杀虫剂, 可在土壤中存在相当长的时间, 半衰期长达一年。氯丹对于人类的影响主要通过空气传播
灭蚁灵	灭蚁灵主要用于控制红蚁, 也曾用于灭治各种类型的蚂蚁和白蚁。它还可用于塑料、橡胶及电子产品中用作火焰延缓剂。同时, 它是一种持续性强、极为稳定的杀虫剂, 其半衰期长达 10 年。人类受灭蚁灵危害的途径主要是食物, 特别是肉类、鱼类及野味
七氯	七氯主要用于杀死土壤中的昆虫和白蚁, 也广泛用于杀死棉花害虫、蝗虫、农作物害虫及携带疟疾的蚊子
毒杀芬	毒杀芬用于棉花、谷物、水果、坚果和蔬菜, 也用于控制家畜所寄生的扁虱和螨虫。毒杀芬在 1975 年曾是美国应用最为广泛的一种杀虫剂。多达 50%的毒杀芬可在土壤中持续存在 12 年。食物是人类受到暴露危害最主要的来源, 而直接暴露对人类的毒性并不大
多氯联苯	用于工业中液体载热剂, 电子变压器、电容器、涂料添加剂、无碳复印纸及塑料等。在 209 种不同的 PCB 中, 13 种具有二噁英的毒性。它们在环境中的持久性取决于氯化的程度, 其半衰期从 10 天至一年半不等
艾氏剂	是一种应用于土壤中, 杀死白蚁、蝗虫、玉米食虫及其他害虫的杀虫剂, 它对鸟类、鱼类和人都有致命危害。通过食用奶制品与肉类, 人类是艾氏剂最为严重的受害者
狄氏剂	主要用于控制白蚁及纺织品害虫, 同时也用于控制昆虫引起的疾病以及农作物土壤中的昆虫, 半衰期为 5 年。由于艾氏剂可很快转化为狄氏剂, 因此, 狄氏剂在环境中的实际含量比其表现的单独使用量要高。狄氏剂残留物已在空气、水源、土壤、鱼类、鸟类、哺乳动物包括人体内发现。食物是其暴露的主要载体
异狄氏剂	这种杀虫剂用于喷洒在棉花和谷物等农作物的叶子上, 同时也用于控制老鼠和野鼠等啮齿类动物。它的半衰期很长, 可在土壤中持续存在 12 年。尽管目前估计人类异狄氏剂的摄入量是在世界卫生组织认定的安全标准之内, 但仍然对人类产生危害, 危害途径主要是通过食物
二噁英	这类化学物质是由于不完全燃烧、生产杀虫剂和其他氯化物时产生的。它们主要是在燃烧医用垃圾、城市垃圾、有毒废物、汽车尾气、泥炭、煤、木头时排放的, 食物 (特别是肉类) 是人类受危害的主要来源
多氯二苯并呋喃	这类化合物是在生产多氯联苯时产生的。它们可在垃圾焚烧和机动车尾气排放中发现。呋喃类化合物结构上近似于二噁英, 毒性也相似。 ¹³⁵ 种呋喃的毒性各不相同。呋喃在环境中存留时间长, 被认为是可能致癌的物质。食品, 特别是动物食品, 是人类主要的污染源

表 1-2 12 种持久性有机污染物的物理化学性质

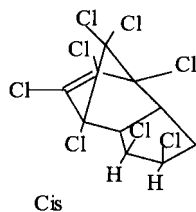
POPs	化学名称	分子式	CAS 编号	水中溶解度 (25℃) / ($\mu\text{g/L}$)	蒸气压(mmHg (20℃) ①	$\log K_{ow}$ ②	持久性
艾氏剂	1,2,3,4,10,10-六氯-1,4,4a,5,8,8a-六氢-1,4-内,外-5,8-二亚甲基萘	$\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_6$	309-00-2	27	2.3×10^{-5}	5.17~7.4	土壤和地表水中的半衰期为 20 d~1.6 a
狄氏剂	1,2,3,4,10,10-六氯-6,7-环氧-1,4,4a,5,6,7,8,8a-八氢-1,4-桥-5,8-挂二甲撑萘	$\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_6\text{O}$	60-57-1	140 (20℃)	1.78×10^{-7}	3.69~6.2	土壤中半衰期 3~4 a, 空气中保留 4~40 h
异狄氏剂	1,2,3,4,10,10-六氯-6,7-环氧-1,4,4a,5,6,7,8,8a-八氢-1,4-挂-5,8-挂二甲撑萘	$\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_6\text{O}$	72-20-8	220~260	2.7×10^{-7}	3.21~5.34	土壤中半衰期约 12 a
氯丹	1,2,4,5,6,7,8,8-八氯-2,3,3a,4,7,7a-六氢-4,7-亚甲基茚	$\text{C}_{10}\text{H}_6\text{Cl}_8$	57-74-9	56	0.98×10^{-5}	4.58~5.57	土壤中半衰期约为 4 a
滴滴涕	1,1,1-三氯-2,2,-二-(4-氯苯)-乙烷	$\text{C}_{14}\text{H}_9\text{Cl}_5$	50-29-3	1.2~5.5	0.2×10^{-6}	p,p' -DDT 6.19 p,p -DDD 5.5 p,p' -DDE 5.7	土壤中半衰期 15 a, 空气中为 7 d
七氯	1,4,5,6,7,8,8-七氯 3a,4,7,7a 四氢-4,7-亚甲基茚	$\text{C}_{10}\text{H}_5\text{Cl}_7$	76-44-8	180	0.3×10^{-5}	4.4~5.5	土壤中半衰期 0.75~2 a
六氯苯		C_6Cl_6	118-74-1	50 (20℃)	1.09×10^{-5}	3.93~6.42	土壤中半衰期 2.7~5.7 a, 空气中为 0.5~4.2 a
灭蚁灵	1,1a,2,2a,3,3a,4,5,5a,5b,6-十二氯-氢-1,3,4-甲基-1H-环丁二烯[cd]并环戊二烯	$\text{C}_{10}\text{Cl}_{12}$	2385-85-5	0.07	3×10^{-7} (25℃)	5.28	土壤中半衰期长达 10 a
毒杀芬	多氯茱烷/多氯茱烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{Cl}_8$	8001-35-2	550 (20℃)	3.3×10^{-5}	3.23~5.50	土壤中半衰期 100 d~12 a
多氯联苯		$\text{C}_{12}\text{H}_{10-n}\text{Cl}_n$	53469-21-9 (Aroclor 1242) 11097-69-1 (Aroclor 1254)	0.01~0.000 1	1.6×10^{-6} ~ 0.003×10^{-6}	4.3~8.26	空气中半衰期 3 周~2 a, 土壤和沉积物中半衰期约 6 a, 美洲鲑体中半衰期 10 a
多氯二苯 并对二噁 英/多氯二 苯并呋喃		$\text{C}_{12}\text{H}_{8-n}\text{Cl}_n\text{O}_2$	1 746-01-6 (2,3,7,8-TCDD) 51207-31-9 (TCDF)	0.43~0.000 2 ng/L	2×10^{-6} ~ 0.007×10^{-6}	6.60~8.20	土壤中半衰期 10~12 a

注: ① 1mmHg=133.32 Pa.

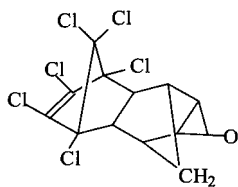
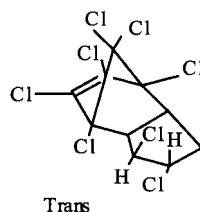
② $\log K_{ow}$ 为折光率.



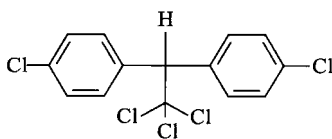
艾氏剂



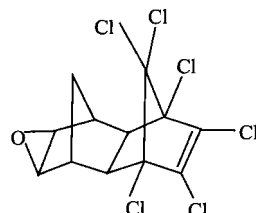
顺、反氯丹



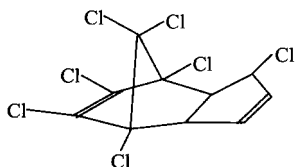
狄氏剂



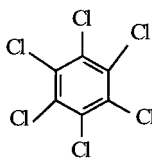
滴滴涕



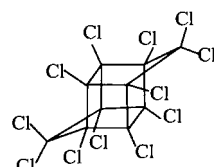
异狄氏剂



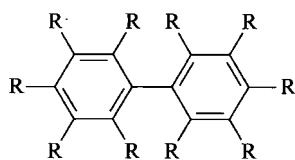
七氯



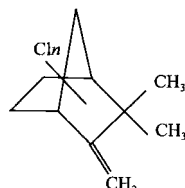
六氯苯



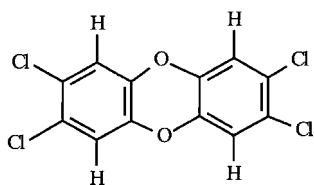
灭蚁灵



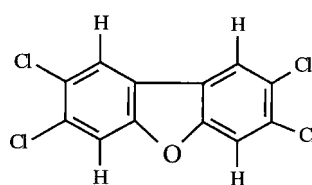
多氯联苯



毒杀芬



2,3,7,8-TCDD
多氯二苯并对二恶英



2,3,7,8-TCDF
多氯二苯并呋喃

图 1-1 12 种 POPs 的化学结构

第 2 章 我国主要持久性有机污染物的生产和使用现状分析

由于 POPs 的持久性、全球性、生物蓄积性和高毒性，国际上许多国家尤其是美国、英国、法国、德国、日本、挪威和奥地利等西方国家相继投入了大量的人力和财力，对 POPs 的污染现状、环境迁移及转化行为、生态毒性、污染源的控制策略以及污染治理途径等各方面开展了深入的基础研究和应用研究。印度、智利等一些发展中国家也正在努力跟上这一研究趋势。

表 2-1 中国的杀虫剂类 POPs 基本情况

POPs	生产能力/ (t/a)	产量/ (t/a)	使用量/ (t/a)	出口/ (t/a)	工厂数量	备注
目前仍在生产的 POPs						
滴滴涕	16 000	4 000~6 000	3 000~4 500	~500	2	现存
六氯苯	—	1 000~10 000	—	—	1~2	现存
氯丹（原油）	—	~800	~700	~100	~5	现存
灭蚊灵	—	~15	~15	—	~3	现存
目前已经停止生产的 POPs						
毒杀芬	—	3 000（20 世纪 70 年代产量最高）	—	—	无	20 世纪 80 年代停止生产
七氯	—	1.0（1969 年）	—	—	无	20 世纪 80 年代停止生产
艾氏剂	—	无	—	—	无	无生产
狄氏剂	—	无	—	—	无	无生产
异狄氏剂	—	无	无	无	无	无生产

我国是农药生产和使用大国，历史上曾经工业化生产过滴滴涕、六氯苯、氯丹、七氯和毒杀芬，特别是滴滴涕等有机氯农药在 20 世纪 80 年代以前的相当长时期里一直是中国的主导农药。为了保护人类健康和环境，中国政府采取了很多措施，发布了一系列政策法规，禁止或限制这些有机氯农药的生产和使用。但是，由于在某些特殊用途上暂时还没有经济有效的替代技术和替代品，我国目前还在生产和使用滴滴涕、六氯苯、氯丹（原油）和灭蚊灵。其中，目前生产的 DDT 主要用作中间体生产三氯杀螨醇及用于病媒控制，其使用总量比 20 世纪 70 年代大大下降。但是，由于 DDT 在我国曾作为主要农药品种长期大量使用，目前在环境、农作物、水果、茶叶、肉类、动物体和人体组织中均能检出。此外由于三氯杀螨醇中有残留 DDT，在大多数三氯杀螨醇产品中 DDT 含量高

达 5%~10%，因此部分使用三氯杀螨醇的地区 DDT 的污染浓度并没有下降。六氯苯主要用作中间体生产五氯酚钠，尽管我国直接使用的六氯苯数量不大，但是在环境中经常能够检出它的存在。氯丹和灭蚁灵是两种药效良好并持久的白蚁防治药剂。中国有 2/3 的省份受到白蚁危害，在这些受到白蚁危害的地区，目前或多或少还在使用氯丹和灭蚁灵。9 种杀虫剂类 POPs 的生产、使用和出口情况如表 2-1 所示。

2.1 滴滴涕

在我国，滴滴涕曾经作为主导农药，累计产量和使用量最大，自 1983 年起，我国开始禁止滴滴涕在农业上的使用，目前滴滴涕主要作为三氯杀螨醇的中间体（占总产量的 80%以上，1995—2002 年三氯杀螨醇的年产量约 3 000 t）。三氯杀螨醇是一种高效低毒的重要农药产品，广泛应用于棉花、果树、甘蔗等农作物，对其他作物及天敌无害。因其生产工艺简单、价格低廉，目前尚无其他产品能完全取代。另外，滴滴涕还出口用于疟疾防治、船舶防污漆生产、蚊香生产及应急性病媒控制。我国将 DDT 按传染病防治法作为药品来少量使用，在我国当前的疟疾防治工作中，大部分省、市已经停用 DDT，仅有少数省还在使用。20 世纪 50 年代，我国在滴滴涕生产能力缺乏时曾进口过滴滴涕，1991 年海关统计资料中也有滴滴涕进口约 20 t 的记录，目前没有查实近年有滴滴涕的进口。我国主要向东南亚和非洲等疟疾猖獗的热带地区出口滴滴涕，用于病媒防治，出口量随市场变化而变化，近 5 年年均出口量在 400 t 左右。

2.2 六氯苯

目前，在我国六氯苯主要用作中间体生产五氯酚和五氯酚钠，也有少量用于生产烟花。因此，五氯酚、五氯酚钠等农药中含有一定量的六氯苯杂质，而五氯酚钠主要用途是杀灭钉螺，是中国防治血吸虫病的主要用药，其应用广、效果好。我国有多个省/区为血吸虫病发病区，以五氯酚钠防治血吸虫病的传媒钉螺已经有四十多年的历史，在长江中下游 11 个省、市、自治区长期使用。目前年生产量约在 2 000 t。中国历史上曾有六氯苯生产企业 6 家，目前只有 1 家企业（天津大沽化工厂）在生产，另有 1 家企业仍保留生产设备（沈阳化工厂），但已经停产。近年中国没有六氯苯的进出口。

2.3 氯丹和灭蚁灵

中国已知白蚁 400 多种，主要分布于华南一带，全国除了黑龙江、吉林、内蒙古、宁夏、青海、新疆尚未发现白蚁外，其余省市自治区都有白蚁的分布（图 2-1）。中国是一个发展中国家，白蚁防治药物与技术相对比较落后，防治措施以化学防治为主，基本上采用氯丹和灭蚁灵进行白蚁防治，这两种杀虫剂被广泛用于预防危害房屋建筑、土质堤坝和电线电缆的白蚁。近年又将氯丹用于绿地和草坪防治白蚁。我国历史上共有氯丹生产企业近 20 家，主要分布在江苏、上海地区。20 世纪 80 年代初曾停产，但因南方地区白蚁危害严重，缺少高效、廉价的防治药剂，1988 年以后又恢复生产。目前，中国有氯丹生产企业约 9 家，基本都