

中国持久性有机污染物污染防治与管理研究丛书

# 中国持久性有机污染物 环境管理

臧文超 王琪 主编

POPs



化学工业出版社

中国持久性有机污染物污染防治与管理

# 中国持久性有机污染物 环境管理

臧文超 王 琪 主编

POPs



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分 7 章,第 1 章介绍了公约管制持久性有机污染物 (POPs) 的种类和性质;第 2 章简述国外发达国家 POPs 环境管理政策法规;第 3、4、5 章分别介绍了我国二噁英类 POPs、杀虫剂类 POPs、多氯联苯的环境管理;第 6 章主要介绍了有关 POPs 污染场地环境管理的框架以及涉及的相关管理内容;第 7 章则对我国 POPs 环境管理方面提出了建议,为我国 POPs 的环境管理提供参考。

本书可供各级化学品和固体废物管理部门的工作人员参考,并可为从事化学品和固体废物污染治理的科研人员和教师提供参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国持久性有机污染物环境管理/臧文超,王琪主编.  
北京:化学工业出版社,2013.3  
(中国持久性有机污染物污染防治与管理研究丛书)  
ISBN 978-7-122-16375-2

I. ①中… II. ①臧… ②王… III. ①持久性-有机  
污染物-环境管理-中国 IV. ①X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 011870 号

责任编辑:傅四周 刘莉珺  
责任校对:吴 静

装帧设计:刘亚婷

出版发行:化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 9½ 字数 130 千字 2013 年 10 月北京第 1 版第 2 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.00 元

版权所有 违者必究

## 本书编写人员名单

主    编：臧文超    王    琪

编写人员：臧文超    王    琪    黄启飞    赵子鹰

姚    薇    杨玉飞    唐阵武    朱晓华

刘文彬    尚    屹    高新华

主    审：赵华林    李    蕾    李新民

# 序

持久性有机污染物（POPs）是具有环境持久性、可远距离传输、并随食物链在动物和人体中累积和放大、具有普遍生物毒性的有毒有机污染物。《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》于 2004 年 11 月 11 日对中国生效。

为保护我国环境和人体健康，我国政府高度重视 POPs 污染防治和履约工作。2007 年国务院批准了《中国履行〈关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约〉国家实施计划》。2009 年 5 月，环境保护部等十部委共同宣布在中国境内全面禁止滴滴涕、氯丹、灭蚁灵及六氯苯的生产、流通、使用和进出口，兑现了履约承诺，实现了阶段性履约目标。2010 年 10 月，环境保护部等九部委联合发布了《关于加强二噁英污染防治的指导意见》，明确提出了对二噁英排放行业的技术和环境管理要求。2012 年 7 月，环境保护部会同发展改革委、工业和信息化部等 12 个部门联合印发了《全国主要行业持久性有机污染物污染防治“十二五”规划》，进一步要求完善政策，强化监管，构建 POPs 污染防治长效机制。

十年来，中国在履约机制建立、战略规划制定、基础数据调查、管理手段创新以及能力建设、削减和淘汰技术示范等方面取得了积极进展，标志着中国对二噁英的削减进入了实质性的监管阶段。

为宣传中国 POPs 污染防治和履约的工作成果，普及 POPs 特性、危害及环境状况等知识，环境保护部污染防治司组织编制了《中国持久

性有机污染物污染防治与管理研究丛书》。丛书汇集了我国近年来在 POPs 排放源调查统计、POPs 环境污染状况调查和污染防治工作的代表性成果，全面阐述了当前我国 POPs 环境管理体系和相关政策法规标准体系，系统评估了我国重点区域 POPs 污染状况，管理性和政策性较强，对于地方环保部门开展 POPs 污染防治工作具有较强的指导意义。我们希望本丛书的出版，能够提高社会各界对 POPs 污染防治的认识，为各级环保部门开展 POPs 污染防治工作提供参考。

当先，POPs 污染防治的形势依然十分严峻，人民群众对 POPs 环境问题越来越关注。我们要进一步做好 POPs 污染防治和履约工作，以科学发展观为指导，优先解决损害人民群众健康的突出环境问题，积极探索新形势下加强 POPs 污染防治新道路，共同开创 POPs 污染防治和履约工作新局面！



2012 年 11 月

# 前言

持久性有机污染物 (POPs) 是具有环境持久性、可远距离传输、并随食物链在动物和人体中累积和放大、具有普遍生物毒性的有毒有机污染物。各类含 POPs 化学品的大量使用和工业生产过程中的非故意排放,使得 POPs 不断释放到环境中。由于 POPs 具有环境持久性和长距离迁移性,这些污染物可以通过全球蒸馏效应 (Global distillation effect) 或蚱蜢跳 (Grass-hopping) 在全球范围内迁移、循环,引起全球范围的污染。POPs 具有致癌、致畸和内分泌干扰等毒性以及强的亲脂性,能够在生物脂肪内进行积累并可以沿着食物链逐级放大,对生态环境和人类健康造成潜在的危害。2001 年 5 月,经多轮谈判,旨在全球范围内淘汰和削减 POPs 的《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》(以下简称《斯德哥尔摩公约》) 在瑞典斯德哥尔摩开放签署。该公约已于 2004 年 11 月 11 日对我国正式生效。

2007 年,国务院批准了《中国履行〈关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约〉国家实施计划》(以下简称《国家实施计划》),明确了我国履约总体目标,确定了分阶段、分行业 and 分区域的履约目标、措施和具体行动。为有效开展 POPs 履约和污染防治工作,我国组建了由环境保护部牵头、14 个相关部委组成的国家履约工作协调组;开展了全国 POPs 调查工作,初步摸清了有关行业 and 企业的 POPs 排放源相关基础数据;启动了主要行业 POPs 污染防治相关政策、排放标准和技术导则制定修订工作,初步架构了 POPs 环境污染防治监督和管理框架。

在多年管理和研究的基础上,本书汇集了我国近年来在 POPs 排放源调查统计、POPs 环境污染状况调查和污染防治工作方面的代表性成

果，全面阐述了当前我国 POPs 环境管理体系和相关政策法规标准体系。本书共分为 7 个章节，第 1 章，主要介绍了二噁英类 POPs、杀虫剂类 POPs 和多氯联苯的性质；第 2 章，主要介绍了相关国际公约、美国、欧盟和日本等国家和地区有关二噁英类 POPs、杀虫剂类 POPs 和多氯联苯的环境管理政策和法规；第 3 章，主要介绍了我国现有的二噁英类 POPs 管理政策和规定，以及近些年我国在二噁英类 POPs 环境管理方面开展的工作；第 4 章，主要介绍了我国现有的杀虫剂类 POPs 管理政策和规定，以及近些年我国在杀虫剂类 POPs 环境管理方面开展的工作；第 5 章，主要介绍了我国现有的多氯联苯管理政策和规定，以及近些年我国在多氯联苯环境管理方面开展的工作；第 6 章，主要介绍了有关 POPs 污染场地环境管理的框架以及涉及的相关管理内容；第 7 章，主要介绍了对我国 POPs 环境管理方面的建议。

本书适合环境保护工作人员在开展 POPs 环境管理工作中参考，也可供从事 POPs 研究的科研人员参考。本书的编写得到了环境保护部领导的大力支持，张力军副部长十分重视我国的 POPs 污染防治工作，特为本书作序。

本书在编写过程中参考了前辈学者的著作以及相关领域的科研成果，特向这些学者致以深深的谢意。尽管编者多年从事固体废物污染治理和化学品环境管理的研究工作，但限于水平，存在疏漏在所难免，敬请专家、同行和广大读者批评指正。

编者

2012 年 11 月

# 目 录

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 第 1 章 公约管制 POPs 的种类及性质 .....                        | 1  |
| 1.1 POPs 种类 .....                                   | 1  |
| 1.2 POPs 性质 .....                                   | 2  |
| 1.2.1 二噁英类 POPs 性质 .....                            | 2  |
| 1.2.2 杀虫剂类 POPs 性质 .....                            | 4  |
| 1.2.3 多氯联苯的性质 .....                                 | 6  |
| 第 2 章 国外 POPs 环境管理政策法规 .....                        | 9  |
| 2.1 关于 POPs 的国际环境公约 .....                           | 9  |
| 2.1.1 关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约 .....                      | 9  |
| 2.1.2 控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约 .....                     | 11 |
| 2.1.3 关于在国际贸易中对某些危险化学品和农药采用<br>事先知情同意程序的鹿特丹公约 ..... | 12 |
| 2.2 国外二噁英类 POPs 管理政策法规 .....                        | 13 |
| 2.2.1 美国有关二噁英类 POPs 政策法规 .....                      | 13 |
| 2.2.2 欧盟有关二噁英类 POPs 政策法规 .....                      | 18 |
| 2.2.3 日本有关二噁英类 POPs 政策法规 .....                      | 22 |
| 2.3 国外杀虫剂类 POPs 管理政策法规 .....                        | 29 |
| 2.3.1 国外危险化学品管理政策法规 .....                           | 30 |
| 2.3.2 国外农药管理政策法规 .....                              | 37 |
| 2.3.3 杀虫剂类 POPs 废物管理 .....                          | 39 |

|                                                |           |
|------------------------------------------------|-----------|
| 2.4 国外多氯联苯管理政策法规·····                          | 41        |
| 2.4.1 美国多氯联苯相关政策法规·····                        | 41        |
| 2.4.2 欧盟多氯联苯相关政策法规·····                        | 43        |
| 2.4.3 日本多氯联苯相关政策法规·····                        | 43        |
| 2.5 小结·····                                    | 45        |
| 2.5.1 二噁英类 POPs 管理和政策借鉴·····                   | 45        |
| 2.5.2 杀虫剂类 POPs 管理和政策借鉴·····                   | 46        |
| 2.5.3 多氯联苯管理和政策借鉴·····                         | 47        |
| <b>第3章 我国二噁英类 POPs 环境管理</b> ·····              | <b>49</b> |
| 3.1 二噁英类 POPs 环境管理框架·····                      | 49        |
| 3.2 二噁英类 POPs 排放清单管理·····                      | 50        |
| 3.2.1 二噁英类 POPs 排放清单调查·····                    | 50        |
| 3.2.2 统计报表制度·····                              | 51        |
| 3.3 二噁英类 POPs 排放控制战略与规划·····                   | 52        |
| 3.3.1 国家实施计划中有关二噁英类 POPs 的目标和<br>行动计划·····     | 52        |
| 3.3.2 POPs 污染防治“十二五”规划中有关二噁英类<br>POPs 的要求····· | 53        |
| 3.4 二噁英类 POPs 环境管理政策体系·····                    | 55        |
| 3.4.1 二噁英类 POPs 管理的有关环境保护法律法规·····             | 55        |
| 3.4.2 二噁英类 POPs 专项政策·····                      | 58        |
| 3.4.3 二噁英类 POPs 全过程环境管理制度·····                 | 62        |
| 3.5 二噁英类 POPs 环境管理标准体系·····                    | 68        |
| 3.5.1 二噁英类 POPs 环境质量标准·····                    | 68        |
| 3.5.2 二噁英类 POPs 污染控制标准·····                    | 69        |
| 3.5.3 二噁英类 POPs 监测方法标准·····                    | 70        |
| 3.5.4 二噁英类 POPs 有关技术规范和技术指南·····               | 70        |
| 3.6 小结·····                                    | 73        |
| 3.6.1 完善二噁英类 POPs 全过程管理制度·····                 | 73        |

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| 3.6.2 完善我国二噁英类 POPs 环境管理法规标准体系 .....            | 74        |
| <b>第4章 我国杀虫剂类 POPs 环境管理 .....</b>               | <b>77</b> |
| 4.1 杀虫剂类 POPs 环境管理框架 .....                      | 77        |
| 4.2 杀虫剂类 POPs 清单调查 .....                        | 79        |
| 4.3 杀虫剂类 POPs 管理战略和规划 .....                     | 82        |
| 4.3.1 国家实施计划中有关杀虫剂类 POPs 的目标和<br>行动计划 .....     | 82        |
| 4.3.2 POPs 污染防治“十二五”规划中有关杀虫剂类<br>POPs 的要求 ..... | 83        |
| 4.4 杀虫剂类 POPs 环境管理的基本制度 .....                   | 84        |
| 4.4.1 农药管理体系 .....                              | 84        |
| 4.4.2 化学品管理体系 .....                             | 86        |
| 4.5 首批受控杀虫剂类 POPs 管理制度 .....                    | 88        |
| 4.5.1 杀虫剂类 POPs 化学品禁止生产和进出口管理 .....             | 88        |
| 4.5.2 杀虫剂类 POPs 废物管理 .....                      | 89        |
| 4.6 新增列杀虫剂类 POPs 管理制度 .....                     | 91        |
| 4.7 潜在杀虫剂类 POPs 管理制度 .....                      | 92        |
| 4.7.1 登记和跟踪制度 .....                             | 92        |
| 4.7.2 杀虫剂类 POPs 危害性鉴别与风险评估 .....                | 95        |
| 4.8 小结 .....                                    | 96        |
| 4.8.1 杀虫剂类 POPs 化学品的环境管理 .....                  | 96        |
| 4.8.2 杀虫剂类 POPs 废物环境管理 .....                    | 97        |
| <b>第5章 有意生产工业化学品类 POPs 环境管理 .....</b>           | <b>99</b> |
| 5.1 多氯联苯环境管理框架 .....                            | 99        |
| 5.2 我国多氯联苯清单调查 .....                            | 100       |
| 5.2.1 多氯联苯清单调查 .....                            | 100       |
| 5.2.2 统计报表制度 .....                              | 101       |
| 5.3 PCBs 无害化环境管理战略和规划 .....                     | 102       |
| 5.3.1 国家实施计划中有关 PCBs 的目标和行动计划 .....             | 102       |

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| 5.3.2 POPs 污染防治“十二五”规划中有关 PCBs 的要求 ..... | 103        |
| 5.4 危险废物管理方面的有关法规 .....                  | 103        |
| 5.4.1 国家危险废物名录 .....                     | 103        |
| 5.4.2 危险废物污染防治技术政策 .....                 | 104        |
| 5.5 现有的 PCBs 环境管理规定 .....                | 104        |
| 5.5.1 含多氯联苯设备管理 .....                    | 104        |
| 5.5.2 含 PCBs 废物管理 .....                  | 106        |
| 5.6 在编 PCBs 环境管理规定 .....                 | 107        |
| 5.6.1 含多氯联苯装置与废物污染控制技术规范 .....           | 107        |
| 5.6.2 多氯联苯废物焚烧处置工程技术规范 .....             | 110        |
| 5.7 小结 .....                             | 112        |
| <b>第 6 章 我国 POPs 污染场地环境管理 .....</b>      | <b>113</b> |
| 6.1 我国 POPs 污染场地环境管理框架 .....             | 113        |
| 6.2 POPs 污染场地清单调查 .....                  | 115        |
| 6.3 POPs 污染场地管理战略和规划 .....               | 116        |
| 6.3.1 国家实施计划的相关要求 .....                  | 116        |
| 6.3.2 POPs 污染防治“十二五”规划中有关污染场地的要求 .....   | 117        |
| 6.4 有关 POPs 污染场地管理的法律法规 .....            | 117        |
| 6.5 POPs 污染场地有关管理规定 .....                | 118        |
| 6.5.1 污染场地土壤环境管理暂行办法 .....               | 118        |
| 6.5.2 废弃危险化学品污染环境防治办法 .....              | 119        |
| 6.6 POPs 污染场地环境管理有关标准 .....              | 119        |
| 6.7 有关 POPs 污染场地风险评估与修复管理 .....          | 119        |
| 6.7.1 污染场地环境监测技术导则 .....                 | 119        |
| 6.7.2 污染场地环境调查技术规范 .....                 | 120        |
| 6.7.3 污染场地风险评估技术导则 .....                 | 121        |
| 6.7.4 工业企业环境质量风险评价基准 .....               | 122        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 6.7.5 展览会用地土壤环境质量评价标准（暂行） .....   | 123        |
| 6.7.6 污染场地土壤修复技术导则 .....          | 124        |
| 6.8 小结 .....                      | 126        |
| <b>第7章 我国 POPs 污染环境管理建议 .....</b> | <b>129</b> |
| 7.1 我国 POPs 污染防治工作的主要进展 .....     | 129        |
| 7.1.1 初步摸清了我国 POPs 污染现状 .....     | 129        |
| 7.1.2 编制了 POPs 污染防治规划 .....       | 129        |
| 7.1.3 消除有意生产 POPs 的使用和排放 .....    | 130        |
| 7.1.4 POPs 相关法规得到完善 .....         | 130        |
| 7.1.5 POPs 管理的标准和规范体系得到加强 .....   | 131        |
| 7.1.6 履约执法能力得到提高 .....            | 131        |
| 7.2 我国 POPs 环境管理建议 .....          | 132        |
| 7.2.1 实施环境统计报表制度，实现信息动态更新 .....   | 132        |
| 7.2.2 完善 POPs 环境管理政策法规体系 .....    | 132        |
| 7.2.3 完善 POPs 污染防治标准体系 .....      | 133        |
| 7.2.4 加强 POPs 环境监管能力 .....        | 135        |
| 7.2.5 加强监督执法 .....                | 135        |
| <b>附录 相关文件资源 .....</b>            | <b>137</b> |

## 第1章

# 公约管制POPs的种类及性质

## 1.1 POPs 种类

《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》首批管控了 12 种持久性有机污染物（以下简称 POPs），包括艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、滴滴涕、七氯、氯丹、灭蚁灵、毒杀芬、六氯代苯（六氯苯）、多氯联苯、多氯代二苯并-对-二噁英和多氯二苯并呋喃。2009 年 5 月，公约第四次缔约方大会正式通过了将开蓬（十氯酮）、五氯苯、六溴代二苯（六溴联苯）、林丹、甲型六氯环己烷（ $\alpha$ -六氯环己烷）、乙型六氯环己烷（ $\beta$ -六氯环己烷）、商用五溴二苯醚、商用八溴二苯醚、全氟辛烷磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟（PFOS/PFOSE）9 种化学物质列入公约受控名单的决议。2011 年 4 月召开的第 5 次缔约方大会通过了将硫丹列入公约受控清单的决议，使公约受控持久性有机污染物增加到 22 种。

根据公约，持久性有机污染物分为杀虫剂、工业化学品和无意产生的副产物三类。首批受控的 POPs 中，杀虫剂包括艾氏剂、氯丹、滴滴涕、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、六氯苯、灭蚁灵、毒杀芬。工业化学品为多氯联苯。副产物包括多氯二苯并-对-二噁英和多氯二苯并呋喃（合称二噁英类 POPs）。

本书主要介绍首批受控的 12 种 POPs 的环境管理。

## 1.2 POPs 性质

### 1.2.1 二噁英类 POPs 性质

二噁英类 POPs (Dioxin) 是多氯代二苯并-对-二噁英 (Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, PCDDs) 和多氯二苯并呋喃 (Polychlorinated dibenzofurans, PCDFs) 的总称, 它们是氯代三环芳香化合物。多氯代二苯并-对-二噁英 (PCDDs) 由两个氧原子连接两个被氯原子取代的苯环构成, 多氯二苯并呋喃 (PCDFs) 则是由 1 个氧原子连接 2 个被氯原子取代的苯环构成 (结构见图 1-1)。由于氯原子的取代数目和位置不同, 构成了 75 种 PCDDs 和 135 种 PCDFs。

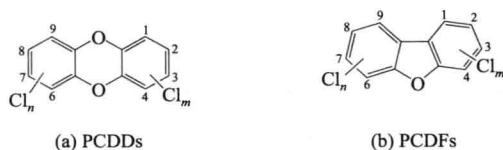


图 1-1 PCDDs 和 PCDFs 的化学结构式

二噁英类 POPs (以下简称二噁英) 在常温下是无色晶体状固体, 这类物质非常稳定, 具有耐酸、抗腐蚀等特性, 在 700℃ 以上才开始分解, 挥发性较小, 自然界的微生物和水解作用对二噁英的分子结构影响较小, 人体内二噁英的半衰期为 1~10 年, 平均为 7 年。二噁英非常容易在生物体内积累, 以及通过食物链传递、放大, 它们可以溶于大多数有机溶剂但极难溶于水, 具有较高的辛醇-水分配系数 ( $K_{ow}$ ), 在对环境中对土壤或底泥具有强烈的亲和性。二噁英的理化性质随着氯代程度和取代位置的不同变化也较大。随着氯化程度的增强, PCDD/Fs 的溶解性和挥发性减小。另外, 不同氯代的二噁英异构体其辛醇-大气分配系数 ( $K_{oa}$ ) 不同, 例如, 单氯代的异构体其  $\lg K_{oa}$  为 7~8, 八氯代的异构体  $\lg K_{oa}$  为 11~12, 相差几个数量级之多, 具体的理化性质见表 1-1。

表 1-1 部分二噁英异构体的物理化学性质

| 同类物   | 蒸汽压(25℃)<br>/mmHg <sup>①</sup> | lgK <sub>ow</sub> | 溶解度(25℃)<br>/(mg/L)  | 亨利系数                  |
|-------|--------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| TCDD  | $8.1 \times 10^{-7}$           | 6.4               | $3.5 \times 10^{-4}$ | $1.34 \times 10^{-3}$ |
| PeCDD | $7.3 \times 10^{-10}$          | 6.6               | $1.2 \times 10^{-4}$ | $1.07 \times 10^{-4}$ |
| HxCDD | $5.9 \times 10^{-11}$          | 7.3               | $4.4 \times 10^{-6}$ | $1.83 \times 10^{-3}$ |
| HpCDD | $3.2 \times 10^{-11}$          | 8.0               | $2.4 \times 10^{-6}$ | $5.14 \times 10^{-4}$ |
| OCDD  | $8.3 \times 10^{-13}$          | 8.2               | $7.4 \times 10^{-8}$ | $2.76 \times 10^{-4}$ |
| TCDF  | $2.5 \times 10^{-8}$           | 6.2               | $4.2 \times 10^{-4}$ | $6.06 \times 10^{-4}$ |
| PeCDF | $2.7 \times 10^{-9}$           | 6.4               | $2.4 \times 10^{-4}$ | $2.04 \times 10^{-4}$ |
| HxCDF | $2.8 \times 10^{-10}$          | 7.0               | $1.3 \times 10^{-5}$ | $5.87 \times 10^{-4}$ |
| HpCDF | $9.9 \times 10^{-11}$          | 7.9               | $1.4 \times 10^{-6}$ | $5.76 \times 10^{-4}$ |
| OCDF  | $3.8 \times 10^{-12}$          | 8.8               | $1.4 \times 10^{-6}$ | $4.04 \times 10^{-5}$ |

①1mmHg=133.322Pa。

二噁英的毒性因氯原子的取代数量和取代位置不同而有差异，含有 1~3 个氯原子的被认为无明显毒性；含 4~8 个氯原子的有毒，其中 2,3,7,8-四氯代二苯-并-对二噁英（2,3,7,8-TCDD）是迄今为止人类已知的毒性最强的污染物，国际癌症研究中心已将其列为人类一级致癌物。如果不仅 2,3,7,8 位置上被 4 个氯原子所取代，其他 4 个取代位置上也被氯原子取代，那么随着氯原子取代数量的增加，其毒性将会有所减弱。由于二噁英主要以混合物的形式存在，在对二噁英的毒性进行评价时，国际上常把各同类物折算成相当于 2,3,7,8-TCDD 的量来表示，称为毒性当量（Toxic Equivalent Quantity，简称 TEQ）。为此引入毒性当量因子（Toxic Equivalency Factor，简称 TEF）的概念，即将某 PCDDs/PCDFs 的毒性与 2,3,7,8-TCDD 的毒性相比得到的系数。样品中某 PCDDs 或 PCDFs 的质量浓度或质量分数与其毒性当量因子 TEF 的乘积，即为其毒性当量（TEQ）质量浓度或质量分数。而样品的毒性大小就等于样品中各同类物 TEQ 的总和。

美国环保局（USEPA）的报告指出，90%以上的二噁英是由人为活动所引起的，另外有少量是由森林火灾、火山喷发等一些自然过程所

产生的。根据公约，下列工业来源类别是主要排放源：①废物焚烧炉，包括城市生活垃圾、危险废物或医疗废物、下水道污泥焚烧炉；②共处置危险废物的水泥窑；③以元素氯或可生成元素氯的化学品为漂白剂的纸浆生产；④冶金工业中的热处理过程，包括再生有色金属生产、铁矿石烧结、炼钢生产。

二噁英亦可从下列来源类别无意生成和排放出来，包括：①废物露天焚烧；②冶金工业中的其他热处理过程；③住户燃烧源；④使用矿物燃料的设施和工业锅炉；⑤使用木材和其他生物质能的燃烧装置；⑥化学品生产过程，特别是氯代酚和氯代醌的生产；⑦火化机；⑧机动车，特别是使用含铅汽油的车辆；⑨动物尸体焚烧；⑩纺织品和皮革染色（使用氯代醌）和修整（碱萃取）；⑪金属导线焚烧回收。

### 1.2.2 杀虫剂类 POPs 性质

杀虫剂类 POPs 包括艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、滴滴涕（DDT）、七氯、氯丹、灭蚁灵、毒杀芬、六氯苯。我国除了艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂未生产之外，曾大量生产和使用过 DDT、七氯、六氯苯、毒杀芬、氯丹、灭蚁灵。DDT 和七氯曾是我国主要的农药品种，于 20 世纪 50 年代开始使用，70 年代达到使用高峰，1983 年开始禁止生产。另外，虽然六氯苯在中国不作为农药使用，农业部也未对六氯苯实施过农药登记，但我国曾大量生产过六氯苯产品并将其作为生产五氯酚及五氯酚钠的中间体使用。

杀虫剂类 POPs 的性质稳定，挥发性不高，在环境中难以降解，同时杀虫剂类 POPs 还具有生物累积性、生物放大和“三致”（致癌、致畸、致突变）作用，因此，其对生态环境和人体健康的潜在风险一直被人们关注。一些典型的杀虫剂类 POPs 的结构如图 1-2 所示，部分物理化学性质见表 1-2。

杀虫剂类 POPs 具有下列特性：①蒸气压低，挥发性小；②脂溶性强，水中溶解度大多低于 1mg/L；③氯苯架构稳定，不易为体内酶降解，在生物体内消失缓慢；④降解转化产物往往存在残留毒性，如 DDT 经还原生成 DDD，经脱氯后生成 DDE；⑤有些杀虫剂类 POPs，