

中国履行斯德哥尔摩公约系列研究丛书之六

中国二噁英类 持久性有机污染物排放清单 研究

郑明辉 孙阳昭 刘文彬 编著



中国环境科学出版社

中国履行斯德哥尔摩公约系列研究丛书之六

中国二噁英类持久性 有机污染物排放清单研究

郑明辉 孙阳昭 刘文彬 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

中国二噁英类持久性有机污染物排放清单研究/郑明辉等编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2008.10

(中国履行斯德哥尔摩公约研究系列丛书)

ISBN 978-7-80209-720-9

I. 中… II. 郑… III. 二噁英—污染防治—研究—中国 IV. X781

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 163430 号

责任编辑 邵 葵
责任校对 尹 芳
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.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2008 年 4 月第 1 版
印 次 2008 年 4 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 8
字 数 105 千字
定 价 60.00 元(全套)

【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

序

在我国签署《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》7 周年即将到来之际，欣闻《中国履行斯德哥尔摩公约系列》研究丛书即将出版，这是我国履行斯德哥尔摩公约的重要成果，也是我国控制、淘汰和削减持久性有机污染物（POPs）的重要文献。

POPs 与常规污染物不同，它在自然环境中极难降解，能在全球范围内长距离迁移；它被生物体摄入后不易分解，并沿着食物链浓缩放大，对人体危害巨大；它不仅具有致癌、致畸、致突变性，而且还对内分泌有干扰作用。有研究表明，POPs 对人类的影响会持续几代，对人类的生存繁衍和可持续发展构成了重大威胁。斯德哥尔摩公约正是国际社会为了保护人类免受 POPs 危害而采取的共同行动。

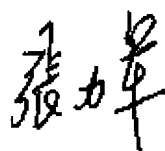
党中央和国务院对 POPs 危害的控制工作非常重视。2002 年，时任国务院副总理的温家宝同志就强调 POPs 的削减、淘汰和控制不仅关系到履约，更重要的是为了保护环境安全和人民的健康，要求环保总局早谋对策。几年来，在党中央、国务院的领导下，地方政府和各有关部门积极按照国家履约工作总体部署，不断加大工作力度，履约工作取得积极进展：①《中国履行关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约国家实施计划》（简称《国家实施计划》）得到了国务院批准和国际社会的认可，履约蓝图已经绘就；②成立了由环保、外交、发改、科技、财政、建设、农业、外贸、卫生、海关、质检、安监和电监 13 个部门组成的国家履约工作协调组和协调组办公室，履约机制已经建成；③进一步巩固和深化国际合作与交流，引进了先进的管理理念、技术和资金，有力地支持了我国的履约工作；④以多种形式广泛宣传 POPs 危害和履约工作，社会各界参与意识不断提高。

目前履约工作已取得一定的进展，但我们应清醒地认识到，我国 POPs

削减、淘汰和控制的形势仍然十分严峻。在 2005 年国务院发布的《关于落实科学发展观 加强环境保护的决定》中指出，“持久性有机污染物的危害开始显现”。在公约首批受控的 12 种 POPs 中，我国仍在生产和使用的 POPs 有氯丹、灭蚁灵和滴滴涕；工业用途的多氯联苯早在 20 世纪 70 年代初停产，但是部分含多氯联苯的变压器和电容器依然在使用；随着社会经济的持续快速发展，二噁英排放重点行业的生产规模还在进一步扩大；历史上遗留下来了大量含 POPs 的废物和污染场地，实现其无害化管理的任务十分艰巨。由于公约受控清单的开放性，新的 POPs 还会不断加入，我国的履约工作任重而道远。

为了推进履约工作，我们在组织编制《国家实施计划》之前，完成了有关杀虫剂、多氯联苯、非有意生产 POPs 和 POPs 废物及污染场地等方面的系列战略研究。这些成果汇集了大量第一手科研资料，凝聚了众多专家、学者和相关部门同志的心血，不仅为我国履约工作打下了坚实的基础，为地方政府和相关部门落实《国家实施计划》提供了支持，也是从事 POPs 研究和关心 POPs 问题的环境工作者不可或缺的参考资料。

“雄关漫道真如铁，而今迈步从头越。”控制、淘汰和削减 POPs 是一项长期而艰巨的任务，是一项造福子孙的事业，是政府的责任，也是全社会的责任。让我们携起手来，在科学发展观的指引下，切实执行《国家实施计划》，履行国际环境义务，为生态环境和人类健康免受 POPs 危害而不懈奋斗！



环境保护部副部长

2008 年 4 月

中国履行斯德哥尔摩公约系列研究丛书编委会

主 编：庄国泰

编 委：余立风 罗高来 胡建信 余 刚 郑明辉

杨志峰 杨小玲 丁 琼 鲁成钢

参 编：郑明辉 孙阳昭 刘文彬

田洪海 高丽荣 任志远

目 录

执行摘要	1
第 1 章 二噁英类排放清单编制方法概述	5
第 2 章 二噁英类排放清单概述	9
第 3 章 废物的焚烧	15
1 生活垃圾焚烧	15
2 危险废物焚烧	20
3 医疗废物焚烧	28
4 轻度粉碎废物焚烧	29
5 废木材/废生物质焚烧	29
6 污泥焚烧	29
7 废物焚烧二噁英类排放状况分析	30
第 4 章 钢铁和有色金属生产	31
1 铁矿石烧结	31
2 焦炭生产	32
3 钢铁冶炼、铸铁与镀锌钢生产	33
3.1 钢铁冶炼	34
3.2 铸铁生产	35
3.3 热浸镀锌钢生产	36
4 再生铜生产	36
5 再生铝生产	38

6 再生铅生产	40
7 再生锌生产	41
8 黄铜和青铜生产	41
9 镁生产	41
10 其他有色金属生产	43
11 金属粉碎	43
12 焚烧金属导线外皮回收金属	44
13 钢铁和有色金属生产二噁英类排放状况分析	44
 第 5 章 发电和供热	 46
1 基于化石燃料的发电厂和工业中热能的生产	46
1.1 基于化石燃料的发电厂	47
1.2 工业中热能的生产	52
2 生物质发电厂	53
3 填埋气和沼气燃烧	53
4 家用取暖和烹调燃用生物质	56
4.1 秸秆燃烧	56
4.2 薪柴燃烧	58
5 家庭燃用化石燃料	59
5.1 家庭燃煤	59
5.2 家庭燃油	61
5.3 家庭燃气	62
6 发电和供热二噁英类排放状况分析	63
 第 6 章 硅酸盐类生产	 64
1 水泥生产	64
2 石灰生产	67

3 砖瓦生产	68
4 玻璃生产	69
5 陶瓷生产	71
6 沥青加工	74
7 硅酸盐生产二噁英类排放状况分析	75
第 7 章 化学品的生产和使用过程	77
1 制浆造纸行业	77
2 化工生产	82
2.1 五氯酚和五氯酚钠生产	82
2.2 多氯联苯生产	84
2.3 2,4-D,2,4,6-三氯苯酚和其他氯酚类衍生物生产	84
2.4 四氯苯醌生产	85
2.5 CNP 生产	86
2.6 氯苯生产	86
2.7 氯碱生产	88
2.8 聚氯乙烯生产	88
2.9 氯化脂肪族化合物生产	91
2.10 无机氯化物	91
3 石油工业	92
4 纺织印染	92
5 皮革加工	93
6 化学品的生产和使用过程二噁英类排放状况分析	93
第 8 章 废物处理	94
1 废物填埋	94
2 废水处理	94

3 污水直接排放	96
4 堆肥	96
5 废油处理	96
6 废物处理二噁英类排放状况分析	96
第 9 章 露天燃烧	98
1 生物质的燃烧	98
1.1 森林火灾和草原火灾	98
1.2 秸秆露天焚烧	99
2 废物的露天燃烧和意外失火	99
第 10 章 交通运输	101
1 四冲程发动机	102
2 二冲程发动机	103
3 柴油发动机	103
4 重油发动机	104
5 交通运输行业二噁英类排放状况分析	104
第 11 章 其他来源	105
1 生物质的烘干	105
2 遗体火化	105
3 熏制食品	107
4 服装干洗	107
5 吸烟	108
6 其他来源二噁英类排放状况分析	109

第 12 章 热点地区 110

1 含氯有机物的生产地点 110

2 氯碱的生产地点 110

3 氯酚的生产地点 111

4 氯酚的使用地点 111

5 木材加工和处理地点 111

6 含多氯联苯的变压器和电容器储存地点 111

7 来源于分类 1~9 中的废物的倾倒地点 112

8 火灾等事故地点 112

9 港湾和工业废水管道沉积物的堆放地点 112

10 高岭土和球黏土矿区 112

参考文献 113

执 行 摘 要

二噁英类（dioxins）是多氯代二苯并-对-二噁英（Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, PCDDs）和多氯代二苯并呋喃（Polychlorinated dibenzofurans, PCDFs）的总称，它们是氯代三环芳香化合物，其结构式见图 1。由于氯原子的取代数目和位置不同，构成了 75 种 PCDD 和 135 种 PCDF。其中有 17 种（2,3,7,8 位全部被氯原子取代的）二噁英类化合物被认为对生态环境和人类健康有巨大的危害。

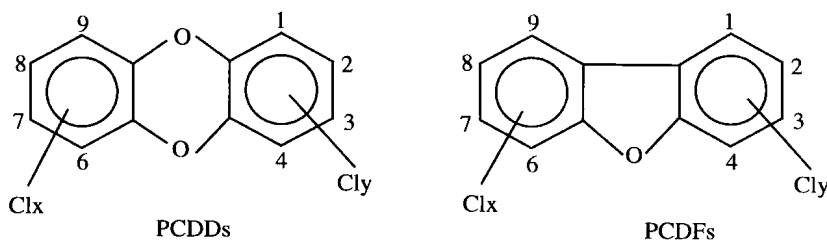


图 1 多氯代二苯并-对-二噁英和多氯代二苯并呋喃的结构式

除进行科学研究外，人类从来没有有意生产或使用过二噁英类，环境中的二噁英类主要来源于人类生产生活过程中释放的副产物。废物焚烧、有机氯化学品生产、金属冶炼、纸浆漂白等过程都可能会产生二噁英类。

2004 年 11 月 11 日，《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（以下简称公约）在中国正式生效。公约第五条规定，“自本公约对该缔约方生效之日起两年内，作为第 7 条中所列明的实施计划的一个组成部分，制订并实施一项旨在查明附件 C 中所列化学物质的排放并说明其特点……考虑到附件 C 所确定的来源类别，对目前和预计的排放进行评估，包括编制和持续更新排放源清单和对排放量进行估算……”^[1]

按照公约的要求，中国需要对二噁英类排放源进行系统的调查研究。在此背景之下，2004 年 12 月 1 日，国家环保总局斯德哥尔摩公约履约办公室（以下简称履约办）向相关单位发出了“中国实施‘关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约’的能力建设及国家实施计划的制定（GF/CPR/04/002）”的子项目招标邀请函，邀请函亦同时在互联网上公布。2005 年 2 月 18 日，履约办组织了对该子项目的评标，原则上同意了中国科学院生态环境研究中心提出的项目实施方案，确定该单位成为该子项目的咨询机构。2005 年 4 月 8 日，履约办再一次组织专家对生态环境研究中心提出的实施方案进行论证。生态环境研究中心在投标书的基础上，综合专家和履约办的意见，经过认真修改，提出了详细的实施方案并认真执行。

作为中国履行 POPs 公约国家实施计划的重要组成部分，本项目全面调查了中国现有及潜在的二噁英类排放源，并参考联合国环境规划署（UNEP）的《鉴别及量化二噁英类排放标准工具包》（以下简称工具包），结合实际测试和文献调研，确定了各类排放源的排放因子，对中国各行业二噁英类排放量进行了评估。

调查发现，中国存在着工具包中列出的 10 大类 62 个子类中几乎所有类别的排放源。在二噁英类排放源评估的过程中，根据排放因子的编制依据，分为以下四种情况：①排放因子依据实际监测数据编制，其二噁英类排放量占总排放量的 5.6%；②排放因子结合监测数据和工具包编制，其二噁英类排放量占总排放量的 39.9%；③排放因子依据工具包编制，其二噁英类排放量占总排放量的 42.8%；④排放因子依据文献编制，其二噁英类排放量占总排放量的 11.7%。表 1 给出了中国 2004 年二噁英类排放清单总表。

从表 1 中可以看出，中国 2004 年各类源二噁英类排放总量为 10.2 kg TEQ，其中向空气中排放 5.0 kg TEQ，向水体中排放 0.041 kg TEQ，通过产品排放 0.17 kg TEQ，通过残渣、飞灰等向环境排放 5.0 kg TEQ。在所有排放源中，金属冶炼排放二噁英类量最大，占 45.6%，其次是发电和供热，第三是废物焚烧，这三类源排放量合计占到了总排放量的 81%。

表 1 2004 年二噁英类排放清单总表

单位: g TEQ

排放源分类	大气	水	产品	残渣	小计
废物焚烧	610.5	0	0	1 147.1	1 757.6
金属生产	2 486.2	13.5	0.0	2 167.2	4 667.0
发电和供热	1 304.4	0	0	588.1	1 892.5
矿物产品生产	413.6	0	0	0	413.6
交通运输	119.7	0	0	0	119.7
未加控制的燃烧	63.5	0	0	953.2	1 016.7
化学品的生产和使用	0.68	23.16	174.39	68.9	267.13
其他来源	44.2	0	0	11.0	55.2
废物处理	0	4.5	0	43.2	47.7
共计	5 042.4	41.2	174.4	4 978.7	10 236.8

本次清单调查以 2004 年为参考年, 为获得准确可靠的数据资料, 课题组开展了一系列的清单调查培训工作。组织召开了造纸、钢铁、水泥行业清单调查宣传培训会, 发放了废物焚烧、造纸、钢铁、水泥、再生有色金属、遗体火化、化工等行业的调查问卷表。另外还广泛咨询了废物焚烧、钢铁、造纸、水泥、化工、再生有色金属、遗体火化、硅酸盐生产、火电厂及工业锅炉等行业的专家。对部分重点行业进行了实地考察和监测, 包括了造纸、钢铁、水泥、化工、废物焚烧、污水处理、遗体火化等行业。

本研究项目是在履约办的领导下完成的, 项目经费得到了全球环境基金 (GEF) 的资助, 项目执行得到了联合国工业发展组织 (UNIDO) 的指导。在项目研究过程中, 得到了国家环保总局污染控制司固体废物与有毒化学品管理处、清华大学、北京大学、中国环境科学研究院、国家环保总局政策研究中心、北京化工研究院、中国钢铁工业协会、中国造纸协会、中国水泥协会、民政部 101 研究所、中国建材工业协会、中国石油和化学工业协会、中国有色金属工业协会、中国物资再生协会等单位的大力支持和帮助。项目也要感谢上海宝钢集团公司、太原钢铁 (集团) 有限公司、泰格林纸集团、山东华泰造纸集团等单位有关领导和技术人员为监测采样提供的便利, 在此一并致谢。

本项目由中国科学院生态环境研究中心和国家环保总局环境分析测试中心共同完成, 项目顾问为中国科学院生态环境研究中心的徐晓白院士, 项目负责人为

中国科学院生态环境研究中心的郑明辉研究员。

项目主要参加人员及参与本书编写的其他人员包括中国科学院生态环境研究中心的刘文彬副研究员、高丽荣博士、莫汉宏研究员、杨克武副研究员、张庆华研究员、任志远博士、国家环保总局环境分析测试中心的田洪海研究员、北京科技大学的弓爱军教授、华北电力大学的赵毅教授和中国科学院文献情报中心的邢颖博士等人。

第 1 章 二噁英类排放清单编制方法概述

项目工作目标是全面调查中国现有及潜在二噁英类排放源和评估来自各种排放源的二噁英类排放量。项目采用的研究方法是以联合国环境规划署（UNEP）的《鉴别及量化二噁英类排放标准工具包》（以下简称工具包）为指导，以中国现有的和潜在的各种二噁英类排放源为调查对象，分行业进行调查，根据工具包和实际测试的各种不同排放源的排放因子数据，结合中国特殊的行业工艺技术水平现状和专家咨询的结果，科学评估确定各行业排放因子水平，并据此计算中国各行业二噁英类排放量和二噁英类排放总量^[1, 2]。

项目的技术路线如图 1.1 所示。

公约附件 C 列出了如下 17 类潜在的二噁英类排放源：

- ① 废物焚烧炉，包括生活垃圾、危险废物、医疗废物等焚烧炉；
- ② 燃烧危险废物的水泥窑；
- ③ 使用元素氯或可生成元素氯的化学品作为漂白剂的纸浆生产；
- ④ 冶金工业中的下列热处理过程：再生铜的生产、钢铁工业的烧结工厂、再生铝的生产、再生锌的生产；
- ⑤ 在露天场地焚烧废物，包括填埋场地的焚烧；
- ⑥ 上述中未提及的冶金工业中的其他热处理过程；
- ⑦ 家庭燃烧来源；
- ⑧ 使用矿石燃料的公用事业和工业锅炉；
- ⑨ 使用木材和其他生物质燃料的燃烧装置；
- ⑩ 特定化学品生产过程，特别是氯酚和氯醌的生产；
- ⑪ 遗体火化；
- ⑫ 机动车辆，特别是使用含铅汽油的车辆；

- ⑬ 动物遗骸的销毁；
- ⑭ 纺织品和皮革染色及涂料；
- ⑮ 处理报废车辆的破碎作业工厂；
- ⑯ 铜制电缆线的低温焚烧；
- ⑰ 废油提炼厂。

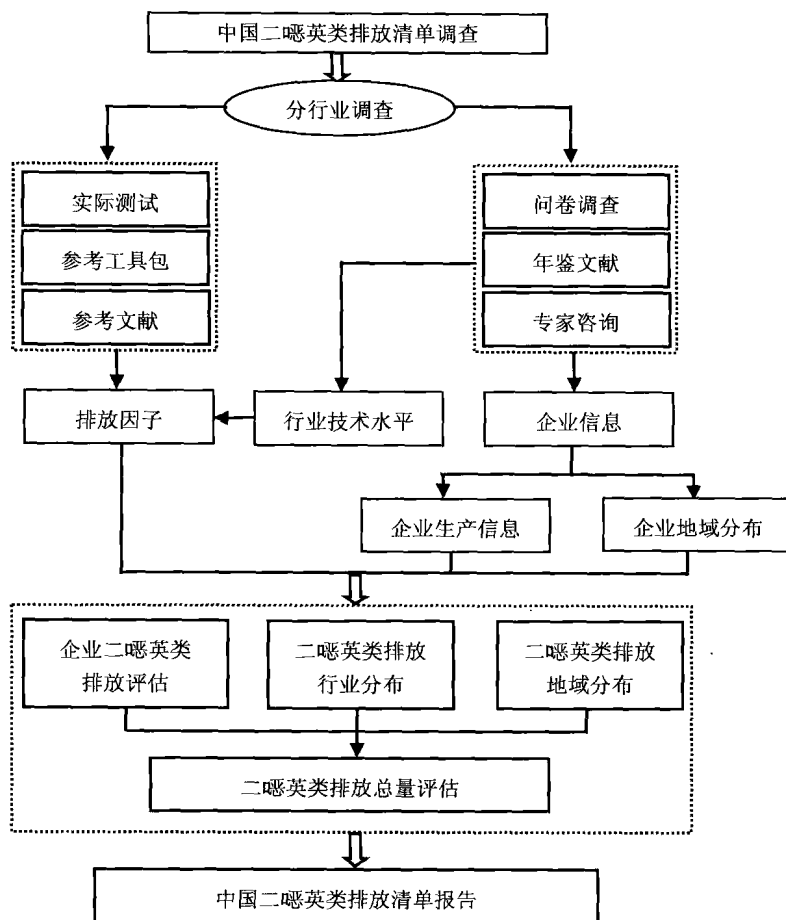


图 1.1 二噁英类排放清单调查技术路线图

UNEP 编制的工具包是各国评估二噁英类排放源的重要参考依据。工具包于 2003 年首次发表，2005 年发表了修订的第 2 版，2006 年发表了最新的 2.1 版。工具包将附件 C 的 17 类排放源进行了分类细化，按照行业类别将其分成 10 大