

同济大学“十五”规划教材资助项目

环境监测

陈玲 赵建夫 主编
仇雁翎 夏四清 副主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

同济大学“十五”规划教材资助项目

环 境 监 测

陈 玲 赵建夫 主编
仇雁翎 夏四清 副主编



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

环境监测/陈玲, 赵建夫主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 12
ISBN 7-5025-4984-6

I. 环… II. ①陈… ②赵… III. 环境监测
IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 117935 号

同济大学“十五”规划教材资助项目

环 境 监 测

陈 玲 赵建夫 主编

仇雁翎 夏四清 副主编

责任编辑: 管德存 邹 宁

责任校对: 李 林

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京聚鑫印刷有限公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 26½ 字数 661 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4984-6/X·355

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

同济大学“十五”规划教材——《环境监测》一书是高等院校环境类学科的专业基础课教材。本书共分十章：绪论、水质监测和分析、环境空气及气体污染源监测、土壤污染监测、固体废物监测、生物污染监测、噪声污染监测、放射性污染监测、环境监测技术的发展、环境监测质量控制。配合理论教学，本教材还附附有相应实验。

本书侧重于系统介绍与我国国家标准密切相关的环境监测方法和技术，包括监测方案的制定、监测方法的基本理论、监测过程的质量保证等方面的基础知识，同时也力求反映国内外环境监测技术的现状及其发展趋势。与以往各高校使用的《环境监测》类教材相比，本教材具有以下特点。

1. 及时更新国内外相关环境质量标准，阐明了标准制定的背景依据，国内外标准之间存在的差异以及各类环境标准的发展趋势。

2. 增加环境背景值（土壤、地下水等）调查方面的内容，着重介绍环境背景值的调查方法及其在环境保护中的作用。

3. 针对环境介质的复杂性和普遍存在的污染物浓度低的特点，详细介绍环境样品的预处理技术，充实金属元素的消解处理新方法（如混合酸消解、微波消解等）；增加微量，甚至痕量有机污染物的萃取、富集与分离方面的样品预处理内容，简明扼要地介绍了当今国际上发展迅速的固相萃取、固相微萃取及微波萃取等前沿样品预处理技术。

4. 省时、省力便携式监测仪器（如密闭催化 COD 分光光度法快速测定仪、TOP 数字显示 BOD 培养瓶等）近来发展迅速，这部分内容已编写进本教材。

5. 固体废弃物、有毒废物与城市生活垃圾、城市污水厂污泥中化学成分复杂，判别较难。通过借鉴国外教材和标准，填补了以往教材中的空白。

6. 环境领域中自动化在线监测仪器和设备、便携式现场监测仪器的原理、操作程序、控制系统及数据处理系统等方面的新知识、新技术，也是本教材中需要重点补充的内容。

在此基础上，修订后的教材既有环境监测理论的更新，也有实用价值，更能反映当前国际上环境监测领域最新的研究成果及其发展趋势。因此，本教材适用于环境监测、环境科学、环境工程和给水排水等专业的本科生、研究生，亦可作为环境工作者参考用书。

限于作者的水平和经验有限，书中可能存在疏漏和错误之处，恳请同行专家、学者和广大读者提出宝贵意见。

本书共分十章，由陈玲教授和赵建夫教授任主编，仇雁翎讲师和夏四清教授任副主编。参加本书编写的人员有陈玲、赵建夫、仇雁翎（第一、二章）、羌宁、张志斌（第三章）、夏四清、李宇庆、张继荣（第四、五、八章及实验）、方萍、陈玲（第六章）、王学江、张志刚（第九章）、张红（第七章）、杨建国（第十章）。陈玲教授对全书进行了统稿和清稿，赵建夫教授对全书进行了审核与定稿。

本书出版获得了同济大学教材、学术著作出版基金委员会的资助，在此表示由衷的感谢。

编 者

2003 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.3 水样的采集和保存	51
1.1 环境和环境污染	1	2.3.1 水样的类型	51
1.2 污染物来源和性质	4	2.3.2 水样的采集	52
1.2.1 污染物的类别	4	2.3.3 水样的运输和保存	58
1.2.2 污染源的形式	5	2.4 水样的预处理	60
1.2.3 污染物的化学类别	6	2.4.1 样品的消解	60
1.2.4 污染物的性质	6	2.4.2 样品的分离与富集	62
1.2.5 优先控制污染物	7	2.5 分析结果的表示方法	67
1.2.6 持久性有机污染物	10	2.6 水的感官物理性质	68
1.3 环境监测的基本概念	10	2.6.1 温度	68
1.3.1 环境监测技术的发展	10	2.6.2 臭与味	68
1.3.2 环境监测的任务	11	2.6.3 颜色	69
1.3.3 环境监测的特点	12	2.6.4 浊度	75
1.3.4 环境监测的分类	12	2.6.5 水中的固体物质	76
1.4 环境标准	12	2.6.6 水的硬度	79
1.4.1 环境标准的作用	13	2.6.7 水的电导率	80
1.4.2 环境标准的分类和分级	13	2.6.8 污泥中的固体	81
1.4.3 制定环境标准的原则	14	2.7 水的酸碱性质	82
1.4.4 水质标准	15	2.7.1 酸碱的质子理论	82
1.4.5 气体质量标准	22	2.7.2 水的 pH 值	83
1.4.6 土壤和固体废物控制标准	26	2.7.3 水的酸度	85
1.5 环境监测的特点与学习目的	28	2.7.4 水的碱度	86
习题与思考题	29	2.8 水中的氯化物和余氯	88
第 2 章 水质监测与分析	30	2.8.1 水中的氯离子	88
2.1 水资源和水污染	30	2.8.2 水的氯化与消毒	91
2.1.1 水资源	30	2.8.3 水的余氯与需氯量	92
2.1.2 水污染	31	2.9 水中的溶解气体和溶解氧	94
2.1.3 水质分析的目的	31	2.9.1 水中的溶解气体	94
2.1.4 监测项目的选择	32	2.9.2 水中的溶解氧	95
2.1.5 水质监测分析方法	36	2.10 水中的有机物质	97
2.1.6 排污总量监测项目与监测方法	38	2.10.1 化学需氧量	98
2.2 水质监测方案的制定	39	2.10.2 生化需氧量	101
2.2.1 地表水水质监测	39	2.10.3 总有机碳	105
2.2.2 地下水水质监测方案的制定	44	2.10.4 总需氧量	106
2.2.3 水污染源水质监测方案的制定	46	2.10.5 有机物综合测试方法比较	107
2.2.4 给水管网中水质的监测	47	2.10.6 矿物油和动植物油	110
2.2.5 流量监测	47	2.10.7 痕量有机污染物的分离与 测定	112
2.2.6 底质监测	49		

2.11 水中的含氮化合物	126	3.4 大气污染源监测分析方法	187
2.11.1 氮的分类与循环	126	3.4.1 氨的测定	188
2.11.2 水中含氮化合物测定的环境 意义	127	3.4.2 苯乙烯的测定	190
2.11.3 各种含氮化合物测定的方法	127	3.4.3 恶臭的测定	191
2.12 水中的含磷化合物	131	3.4.4 三甲胺的测定	193
2.12.1 含磷化合物测定的环境意义	132	3.4.5 甲苯、二甲苯和苯乙烯的同时 测定	194
2.12.2 水中含磷化合物的测定	132	3.4.6 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二 甲二硫的测定	195
2.13 水中的含硫化合物	133	3.4.7 二硫化碳的测定	196
2.13.1 含硫化合物测定的环境意义	134	3.4.8 氮氧化物的测定	197
2.13.2 含硫化合物的测定方法	134	3.4.9 硝基苯类化合物的测定	198
2.14 水中的有毒有害物质	135	3.4.10 苯胺类的测定	200
2.14.1 有毒有害金属化合物	135	3.4.11 甲醛的测定	201
2.14.2 有毒有害非金属化合物	143	3.5 室内空气监测	202
2.14.3 有毒有害有机化合物	147	3.5.1 概述	202
2.15 水污染的生物监测	151	3.5.2 室内空气中苯的检验方法 (毛细管气相色谱法)	204
2.15.1 细菌学监测法	151	3.5.3 室内空气中总挥发性有机物的 监测	205
2.15.2 浮游生物检验法	153	3.5.4 室内空气中菌落总数检验 方法	206
2.15.3 底栖大型无脊椎动物监测法	155	3.6 大气监测的新技术	206
2.15.4 生物群落法	156	3.6.1 便携式仪器	206
2.15.5 污水生物系统法	159	3.6.2 现场在线监测	208
2.15.6 生物测试	160	3.6.3 大气环境遥测技术	211
习题与思考题	161	习题与思考题	213
第3章 环境空气及气体污染源 监测	165	第4章 土壤污染监测	214
3.1 概述	165	4.1 土壤的组成及其污染	214
3.1.1 气体监测的目的和作用	165	4.1.1 土壤的基本组成	214
3.1.2 气体监测中常用的定义术语	165	4.1.2 土壤污染物的来源和种类	217
3.1.3 涉及气体监测的现有国家 标准	166	4.1.3 土壤背景值	219
3.2 气体监测中的采样方法	168	4.1.4 土壤环境容量	221
3.2.1 污染源采样方法	168	4.1.5 土壤标准	222
3.2.2 环境和室内空气采样	172	4.2 土壤污染监测	223
3.3 大气环境质量监测分析方法	173	4.3 土壤样品的采集	224
3.3.1 可吸入颗粒物的测定	174	4.3.1 土壤采样点的选择	224
3.3.2 自然降尘的测定	175	4.3.2 采样深度	225
3.3.3 总悬浮颗粒物的测定	175	4.3.3 采样时间	226
3.3.4 二氧化硫的测定	176	4.3.4 采样量	226
3.3.5 氮氧化物的测定	178	4.3.5 土壤背景值样品采集	226
3.3.6 空气中总烃的测定	181	4.4 土壤样品的前处理与保存	226
3.3.7 空气中颗粒铅的测定	182	4.4.1 土样的风干	226
3.3.8 环境空气中氟化物的测定	183	4.4.2 磨碎和过筛	226
3.3.9 臭氧的测定	184		
3.3.10 大气中苯并[a]芘的测定	186		

4.4.3 土样保存	227	6.4.3 化学物对 DNA 损伤的研究	294
4.5 土壤污染物监测	227	6.5 PCR 技术在环境微生物检测中的 应用	295
4.5.1 土壤污染监测项目及方法	227	6.5.1 PCR 的原理	295
4.5.2 土壤污染物测定	227	6.5.2 PCR 的操作	296
习题与思考题	232	6.5.3 PCR 在环境微生物检测中 应用	296
第 5 章 固体废物监测	234	6.6 土壤生物监测指标	296
5.1 有害固体废物	234	6.6.1 蚯蚓数量的测定	296
5.1.1 有害固体废物的定义	234	6.6.2 微生物种群的测定	297
5.1.2 有害固体废物标准	236	6.6.3 土壤生物酶的测定	297
5.1.3 有害固体废物样品的采集和 预处理	237	习题与思考题	299
5.1.4 有害固体废物的检测方法	242	第 7 章 噪声污染监测	300
5.2 生活垃圾	244	7.1 声音的物理特性和量度	300
5.2.1 城市垃圾及其分类	244	7.1.1 声音的物理特性	300
5.2.2 生活垃圾采样与样品制备	245	7.1.2 声音的量度	300
5.2.3 生活垃圾特性分析	246	7.2 噪声的影响与危害	304
5.2.4 垃圾渗滤液分析	248	7.2.1 计权声级	304
5.2.5 垃圾的渗漏模型试验	250	7.2.2 声级评价	305
5.2.6 垃圾的毒理学试验	250	7.2.3 噪声的影响与危害	306
5.3 污泥	250	7.3 环境噪声标准	306
5.3.1 污泥的分类和性质	250	7.3.1 关于听力保护的噪声允许 范围	307
5.3.2 污泥主要指标的分析	253	7.3.2 城市区域环境噪声标准 (GB 3096—93)	308
习题与思考题	264	7.3.3 工业企业厂界噪声标准 (GB 12348—90)	308
第 6 章 生物污染监测	265	7.3.4 机动车辆允许噪声标准 (GB 1495—79)	308
6.1 污染物在生物体内的分布及其 测定	265	7.3.5 机场周围飞机噪声环境标 准 (GB 9660—88)	309
6.1.1 污染物在生物体内的分布	265	7.3.6 建筑施工场界噪声限值 (GB 12523—90)	309
6.1.2 生物样品的采集、保存	268	7.3.7 铁路边界噪声限值 (GB 12525—90)	309
6.1.3 生物样品的预处理	270	7.3.8 城市港口及江河两岸区域环 境噪声标准 (GB 11339—89) ...	309
6.1.4 生物样品中污染物测定	271	7.4 噪声的测量	310
6.2 环境污染生物监测	271	7.4.1 噪声测量仪器	310
6.2.1 细菌学指标检验	271	7.4.2 噪声的测量方法	311
6.2.2 生物毒性基础	274	习题与思考题	316
6.2.3 生物毒性试验	276	第 8 章 放射性污染监测	318
6.2.4 微型生物群落——PFU 法	286	8.1 放射性的基本概念	318
6.3 叶绿素的测定	290	8.1.1 放射性	318
6.3.1 叶绿素 a 和叶绿素 b 的分光光 度法测定	290		
6.3.2 叶绿素 a 的荧光法测定	291		
6.4 分子生态毒理学指标	292		
6.4.1 腺三磷酸酶 (ATPase) 作为多种 污染物胁迫的指标	292		
6.4.2 抗氧化剂防御系统与污染物的 作用	293		

8.1.2 放射性物质的计量方法	319	10.2 准确度、精密度和灵敏度	359
8.1.3 环境放射性污染的来源及危害	320	10.2.1 准确度	359
8.2 放射性量测方法	323	10.2.2 精密度	360
8.2.1 环境放射性测量实验室	323	10.2.3 灵敏度	360
8.2.2 环境放射性检测仪器	324	10.2.4 检出限	360
8.2.3 监测对象及内容	328	10.3 监测数据的处理	361
8.2.4 放射性监测方法	328	10.3.1 有效数字及其运算规则	361
8.3 中子活化分析在环境监测中的应用	332	10.3.2 可疑数据的取舍	362
8.3.1 中子活化分析基本原理	332	10.3.3 分析结果的统计学表示法——置信区间	364
8.3.2 中子活化分析方法	333	10.4 环境监测的分析质量控制	364
8.3.3 中子活化分析应用举例	334	10.4.1 实验室内部分析质量控制	364
习题与思考题	334	10.4.2 实验室外部分析质量控制	370
第9章 环境监测技术的发展	335	习题与思考题	370
9.1 自动监测系统	335	实验	371
9.1.1 自动监测系统的组成	335	实验一 酸度和总碱度的测定	371
9.1.2 数据通信及数据处理系统	336	实验二 化学需氧量(COD _{Cr})的测定	373
9.1.3 水质自动监测系统	336	实验三 溶解氧(DO)的测定	375
9.1.4 水质污染连续自动监测仪	337	实验四 五日生化需氧量(BOD ₅)的测定	377
9.1.5 大气污染自动监测系统	345	实验五 氨氮的测定	379
9.1.6 空气质量连续监测仪器	346	实验六 亚硝酸盐氮的测定	381
9.2 便携式现场监测仪器	347	实验七 硝酸盐氮的测定	382
9.3 样品预处理设备	349	实验八 氰化物的测定	383
9.4 遥感遥测技术	353	实验九 挥发酚类的测定	386
9.4.1 感应遥测	353	实验十 土壤中铅、镉、铬、汞含量的测定	388
9.4.2 激发遥测	354	实验十一 二氧化硫的测定	395
9.4.3 “3S”技术的开发	355	实验十二 氮氧化物的测定	399
9.5 我国环境监测技术的现状和发展趋势	357	实验十三 石油类和动植物油油的测定(红外分光光度法)	401
9.5.1 我国环境监测领域的现状	357	实验十四 水中总大肠菌群的测定(多管发酵法)	404
9.5.2 我国环境监测技术发展趋势	357	实验十五 环境噪声监测	407
习题与思考题	357	实验十六 固体废物浸出毒性实验	409
第10章 环境监测质量控制	358	实验十七 工业废渣渗漏模型试验	409
10.1 分析误差	358	参考文献	411
10.1.1 误差来源	358		
10.1.2 误差的表示方法	359		

第1章 绪 论

1.1 环境和环境污染

环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。

概括地讲，环境是由大气圈、水圈和土壤各圈层的自然环境与以生物圈为代表的生态环境共同构成的物质世界——自然界，包括自然界产生的和人类活动排放的各种化学物质形成的“化学圈”(chemosphere)。环境并不是以上几个圈的零散集合，而是一个有机整体，包括以上所有物质与形态的组合及其相互关系，如图 1-1 所示。

所谓环境也是指环绕于人类周围的所有物理因素、化学因素、生物因素和社会因素的总和。几个圈层共存于环境中，互相依赖、互相制约，并保持着动态平衡。人类与环境所构成的这样一个复杂的多元结构的平衡体系一旦被打破，必然会导致一系列的环境问题。虽然环境对一定的刺激有着调节作用和缓冲能力，可以经过一系列的连锁反应建立起新的动态平衡，但若超过了环境本身的缓冲能力，就会由量变而引起质变，从而改变环境的性质和质量，使环境受到污染和破坏。

环境问题可以分为两大类：一类是由自然力引起的环境问题，称之为原生环境问题，又称第一环境问题，如火山爆发、洪涝、干旱、流行病和地震等自然界的异常变化；另一类是由人类活动引起的环境问题，称之为次生环境问题，又称第二环境问题。需要指出的是，这两类环境问题在今天常常是相互影响、相互作用的。

第二环境问题是人类目前面临的最为严峻的挑战之一。第二环境问题包括由工农业生产、交通运输和人类生活所排放的有害废物（废气、废水、废渣等）超过了环境自净能力的负荷而引起的环境质量的恶化，这类污染通过大气和江河流域由城市的局部地区扩散到广阔的自然界，对人体健康和农林牧渔各业造成很大的损害；还包括由于对自然资源不适当的开发活动引起的生态环境的破坏，突出表现在植被破坏、水土流失、土壤退化、沙漠化、气候变异等多方面，造成生物生产量的急剧下降。

环境问题是随着人类社会的迅速发展而产生并加剧的。人类历史初期，使用的劳动工具很简单，对自然界的作用也很有限，那时的环境问题主要是过度采集和狩猎，使食物来源受到破坏，反过来威胁人类的生存。随着生产工具的进步，农业革命兴起，人类具有了一定的改造自然的能力，也创造了灿烂的古代文明，但同时环境的破坏也增加了，这时环境问题是土地破坏为特征的。18 世纪以来，机器的出现，生产技术的进步，使人类生产力突飞

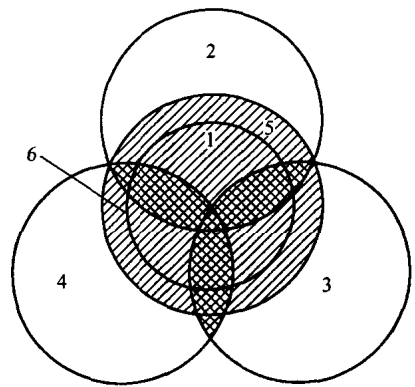


图 1-1 环境介质与化学圈间的相互关系
1—生物圈；2—大气圈；3—水圈；4—土壤圈；5—化学圈；6—环境介质交界面

表 1-1 世界“八大公害”事件

事件名称	发生时间	发生地点	污染类型	污染源/物	扩散途径/致害原因	受体(人)反应/后果
马斯河谷 烟雾事件	1930.12	比利时马斯 河谷	大气污染	谷地中工厂密布,烟 尘、SO ₂ 排放量太 大	河谷地形,逆温天气且有雾,不利于 污染物稀释扩散;SO ₂ 、SO ₃ 和金属氧 化物颗粒进入肺部深处	咳嗽、呼吸短促、流泪、喉痛、恶心、呕吐、胸闷 窒息;几千人中毒,60 人死亡
洛杉矶光 化学烟雾 事件	1943.5~10	美国洛杉矶	大气污染 光化学污染 (二次污染)	该市 400 万辆汽车每 天耗油 2400 万升,排放 烃类 1000 多吨	三面环山,静风,不利于空气流通; 阳光充足,石油工业废气和汽车废气 在紫外线作用下生成光化学烟雾	刺激眼、喉、鼻,引起眼病和咽喉炎,大多数居 民患病,65 岁以上老人死亡 400 人
多诺拉烟 雾事件	1948.10	美国多诺 拉镇	大气污染	河谷内工厂密集,排放 大量烟尘和 SO ₂	河谷形盆地,又遇逆温和多雾天气, 不利于污染物稀释扩散;SO ₂ 、SO ₃ 和 烟尘生成硫酸盐气溶胶,吸入肺部	咳嗽、喉痛、胸闷、呕吐、腹泻;4 天内 43% 的 居民(6000 人)患病,20 人死亡
伦敦烟雾 事件	1952.12	英国伦敦	大气污染	居民取暖燃煤中含硫 量高,排放大量 SO ₂ 和 烟尘	逆温天气,不利于污染物稀释扩散; SO ₂ 等在金属颗粒催化下生成 SO ₃ 、硫酸和磷酸盐,附着在烟尘上吸 入肺部	胸闷、咳嗽、喉痛、呕吐;5 天内死亡 4000 人, 历年共发生 12 起,死亡近万人
水俣(病) 事件	1953~1961	日本熊本县 水俣镇	海洋污染 汞污染 (二次污染)	氮肥厂含汞催化剂随 废水排入海湾	无机汞在海水中转化成甲基汞,被 鱼类、贝类摄入,并在鱼体内富集,当 地居民食用含甲基汞的鱼而中毒	口齿不清、步态不稳、面部痴呆、耳聋眼瞎,全 身麻木,最后精神失常;截至 1972 年有 180 多人 患病,50 多人死亡,22 个婴儿生来神经受损
四日事件 (哮喘病)	1955 年以来	日本四日市, 并蔓延到几十 个城市	大气污染	工厂大量排放 SO ₂ 和 煤尘,其中含钴、锰、钛等 重金属颗粒	重金属粉尘和 SO ₂ 随煤尘进入 肺部	支气管炎、支气管哮喘、肺气肿;患者 500 多 人,其中 36 人因哮喘病死亡
米糠油 事件	1968	日本爱知县 等 23 个府县	食品污染 多氯联苯污染	米糠油生产中使用多氯 联苯作热载体,因管理不 善,多氯联苯进入米糠 油中	食用含多氯联苯的米糠油	眼皮浮肿、多汗、全身有红丘疹,重症患者恶 心呕吐、肝功能下降、肌肉疼痛、咳嗽不止,甚至 死亡;患者 500 多人,死亡 16 人,实际受害者超 过 1 万人
富山事件 (骨痛病)	1931~1975	日本富山县 神通川流域,并 蔓延至其他七 条河的流域	水体污染 土壤污染 镉污染	炼锌厂未处理的含镉 废水排入河中	用河水灌溉稻米,使米中也含镉,变 成镉米,当地居民长期饮用被镉污染 的河水和食用镉米而中毒	开始有关节痛,继而神经痛和全身骨痛,最后 骨骼软化萎缩、自然骨折、饮食不进、衰弱疼痛 至死;截至 1968 年 5 月确诊患者 258 例,其中死 亡 128 例,至 1977 年 12 月又死亡 79 例

猛进地发展，人们的物质和文化生活日益提高，但对环境的破坏也超过了以往的任何时代。尤其是随着石油工业的崛起，工业生产过分集中，城市人口过分密集，环境污染由局部逐步扩大到区域，由单一的大气污染扩展到大气、水域、土壤和食品等各方面的污染，酿成了不少震惊世界的公害事件，如举世闻名的“八大公害”事件，如表 1-1 所示。20 世纪 80~90 年代，又发生了一些突发性的严重公害事件，如印度博帕尔毒气泄漏事故和前苏联切尔诺贝利核事故等，如表 1-2 所示。而且，当前人类还面临着臭氧层破坏、温室效应、酸雨、海洋污染、有害废物越境转移、物种减少等全球性环境问题的挑战。

表 1-2 突发性的严重公害事件

事 件	时 间	地 点	危 害	原 因
阿摩柯卡的斯油轮泄油	1987. 3	法国西北部布列塔尼半岛	藻类、湖间带动物、海鸟灭绝，工农业生产、旅游业损失大	油轮触礁，22×10 ⁴ t 原油泄漏入海
三哩岛核电站泄漏	1979. 3. 28	美国宾夕法尼亚州	周围 80km 200 万人口极度不安，直接损失 10 多亿美元	核电站反应堆严重失水
威尔士饮用水污染	1985. 1	英国威尔士	200 万居民饮水污染、44% 的人中毒	化工公司将酚排入迪河
墨西哥油库爆炸	1984. 11. 9	墨西哥	4200 人受伤，400 人死亡，300 栋房屋被毁，10 万人被疏散	石油公司一个油库爆炸
博帕尔农药泄漏	1984. 12. 2~3	印度中央邦博帕尔市	1408 人死亡，2 万人严重中毒，15 万人接受治疗，20 万人逃离	45t 异氰酸甲酯泄漏
切尔诺贝利核电站泄漏	1986. 4. 26	前苏联、乌克兰	31 人死亡，203 人受伤，13 万人疏散，直接损失 30 亿美元	4 号反应堆机房爆炸
莱茵河污染	1986. 11. 1	瑞士巴塞尔市	事故段生物绝迹，160km 内鱼类死亡，480km 内的水不能饮用	化学公司仓库起火，30t S、P、Hg 剧毒物排入河流
莫农格希拉河污染	1988. 11. 1	美国	沿岸 100 万居民生活受到严重影响	石油公司油罐爆炸，1.3×10 ⁴ m ³ 原油入河
埃克森·瓦尔迪兹油轮漏油	1989. 3. 24	美国阿拉斯加	海域严重污染	漏油 4.2×10 ⁴ m ³

人类对环境问题的认识伴随着人类社会的发展进程在不断地加深。人类在被动地适应环境，被动地解决环境问题的进程中，也在逐步地改善、调节着人类生产、生活活动与自然环境的关系。人类从敬畏自然到漠视自然再到善待自然，终于认识到了环境问题的实质：人类经济活动索取资源的速度超过了资源本身及其替代品的再生速度，人类向环境排放废弃物的数量超过了环境的自净能力。人类也终于认识到，要进一步生存和发展，就要协调经济、社会和环境的关系，走“可持续发展”之路。

我国是一个发展中的社会主义国家。由于对环境问题认识晚，历史上遗留的问题多，再加上经济力量的局限，清洁生产还处于初级阶段，污染治理技术和水平较低，因此目前也还存在着比较严重的环境问题，具体表现在以下几个方面。

(1) 大气普遍受到污染 我国的能源构成中，消费往往以煤为主，煤炭消费比例超过 70%。燃煤，造成了大量烟尘、二氧化硫等的污染。特别是北方城市，在冬季采暖期间这种污染更为严重。1998 年世界卫生组织对全世界 272 个城市的大气污染物的浓度进行了测定，并推出了全球十大污染城市，其中包括北京。就北京而言，空气污染类型最早就是单一的煤烟型污染，之后，随着机动车的发展才由煤烟型污染转化为混合型污染。这包括原来的煤烟型污染，还包括混合排放污染、地面扬尘污染、工业污染等。机动车不仅仅是尾气排放污

染，还在运动中造成的扬尘污染，使北京道路上空的污染明显高于城市区域上空的污染，在主要路口和机动车道，大气污染时常出现超标。

(2) 城市附近的水体普遍受到污染 近些年来，我国加大了环保投入，并加强了环境整治的力度，使大江大河的干流水质有了明显改善，但在城市沿岸排污口附近存在的污染带是明显的。城市周围的地表水和地下水则普遍污染严重。在调查的 42 个城市的 44 条河流中，有 93% 的城市河流受到不同程度的污染，小城市周围的小河基本上都成了排污沟，甚至出现了几十里河段无大型生物的恶况。

(3) 城市固体废物污染普遍 城市垃圾包括工业废渣和生活垃圾。工业废渣是指工业生产、加工过程中产生的废弃物，主要包括煤矸石、粉煤灰、钢渣、高炉渣、赤泥、塑料和石油废渣等。生活垃圾主要是厨房垃圾、废塑料、废纸张、碎玻璃、金属制品等。

随着城市规模、人口数量的增加，垃圾的产量迅速增加。我国的 688 个城市，2000 年城市生活垃圾生产量达 1.9 亿吨，且将以 10% 的年增长率递增。现在城市生活垃圾存量达 600 亿吨，有 200 多座城市已陷入城市生活垃圾的包围之中。传统的城市垃圾随意堆放，不仅侵占农田，污染大气和地下水，也造成了资源的巨大浪费。

(4) 农业面源污染加剧 我国环境污染正在转型，工业污染比例下降，经过大力调整产业结构、积极治理工业污染，我国城市环境质量有一定改善。与 1998 年相比，2002 年全国主要污染物如二氧化硫、烟尘、工业粉尘、工业固体废物排放量分别削减了 10.3%、26.1%、35.5% 和 58.9%，城市空气质量和居民生活环境有了可喜的变化。但是农药、化肥、农膜过量不科学的使用，导致部分地区农业面源污染加剧；特别是集约化畜禽养殖业的迅猛发展，产生的大量畜禽粪便更加剧了环境污染，导致农业污染日益突出，规模化畜禽养殖造成的有机污染已相当于全国工业污染的总量，成为目前我国最为严重的污染问题之一。根据国家环保总局对我国规模化畜禽养殖业污染情况的调查，从畜禽粪便的土地负荷来看，我国总体的土地负荷警戒值已经体现出一定水平的环境压力。

此外，由于滥伐森林、毁坏草原、盲目垦殖而使水土流失、土壤沙化、气候变异等农业生态和自然环境破坏的现象也是相当严重的。

1.2 污染物来源和性质

环境污染物是指进入环境后使环境的正常组成和性质发生变化、直接或间接有害于人类生存或造成自然生态环境衰退的物质，是环境监测研究的对象。大部分环境污染物是由人类的生产和生活活动产生的。有些物质原本是生产中的有用物质，甚至是人和生物必需的营养元素，由于未充分利用而大量排放，不仅造成资源上的浪费，而且可能成为环境污染物。一些污染物进入环境后，通过物理或化学反应或在生物作用下会转变成危害更大的新污染物，也可能降解成无害物质。不同污染物同时存在时，可因拮抗或协同作用使毒性降低或增大。

1.2.1 污染物的类别

环境污染物按污染类型分为大气污染物、水体污染物、土壤污染物等；按污染物的形态分为气体污染物、液体污染物和固体废物；按污染物的性质分为化学污染物、物理污染物和生物污染物。也可以根据人类社会活动的不同功能产生的污染物进行分类，主要考虑工业、农业、交通运输和生活四个方面。

(1) 工业 工业生产对环境造成污染主要是由于对自然资源的过量开采，造成多种化学元素在生态系统中的超量循环；能源和水资源的消耗与利用；生产过程中产生“三废”物质

等。工业生产过程中产生的污染物特点是数量大、成分复杂、毒性强。常见的有酸、碱、油、重金属、有机物、有毒物质、放射性物质等。有的工业生产过程还排放致癌物质，如苯并[a]芘、亚硝基化合物。食品、发酵、制药、制革等一些生物制品加工工业，除排放大量需氧有机物外，还会产生微生物、寄生虫等。

当前人类在生产中还不能将能源和原材料全部有效利用，不得不使其中一部分成为未能利用的废料排出，既浪费了资源又造成了污染。

(2) 农业 粗放型的农业生产一味追求高产量、高效益，超过了环境的承载能力，这是农村面源污染日趋严重的原因。现在农村面源污染源有农药、化肥、地膜和畜禽养殖等，这些污染对农村生态环境的破坏是十分严重的。尤其是一些农药化学性质稳定，不易分解，能通过食物链积累在动物和人体的脂肪组织中。根据调查，目前至少有 25% 的农药会附着在农作物上，使粮食、茶叶、蔬菜、水果等农副产品受到污染，进而威胁人类健康。农村大搞规模化的畜禽养殖，但大量的畜禽粪便没有得到处理，严重污染环境。

(3) 交通运输 交通运输过程中产生的污染主要有汽油（柴油）等燃料油燃烧产生的尾气，油料泄漏、扬尘和洗车废水和噪声等。汽车尾气中含有 CO、CO₂、NO_x、飘尘、烷烃、烯烃和四乙基铅等物质。这些物质在阳光作用下，发生光化学反应，会产生具有氧化性和刺激性的蓝色烟雾——光化学烟雾，其主要成分是臭氧、酮类、醛类、过氧化乙酰（或丙酰）硝酸酯。在我国汽车发展速度很快的北京市，机动车保有量已达到 170 万辆，大气污染的主要来源为汽车尾气排放，机动车排放的氮氧化物和一氧化碳已分别占排放总量的 43% 和 83%。伴随着轿车保有量以 10% 速度增长，汽车污染在大气污染中所占比例有上升趋势。

(4) 生活 生活源污染物质主要是生活污水和垃圾。每人每日的生活污水量和污染物质的浓度随所在地的生活水平和生活习惯不同而有很大差异。未经处理的生活污水用作灌溉或排入水体，会污染土壤和水体，导致寄生虫病和肠道传染病的传播，并使水体生化需氧量增加，溶解氧降低，水质恶化，破坏水生资源。

燃煤是城市主要的大气污染源之一。生活污水主要包括洗涤和粪便污水，它含有有机物和病菌、病毒与寄生虫等病原体。城市垃圾中含大量废纸、玻璃、塑料、金属、动植物食品的废弃物等，亦成为传播病菌、寄生虫的媒介。

未经处理的医院污水和污水厂产生的污泥含有大量病原菌和有害物质，是特别值得关注的城市生活中的重要污染源。

随着我国综合国力的提高，我国城市绿化面积、绿化率逐年提高，园林和绿化植物的日常维护使用了一定量的化肥和农药，使原本在农村才有的农药和化肥类污染进入了城市污染源的行列，给城市污染治理增加了新课题，面临新挑战。

1.2.2 污染源的形式

大多数污染物是以散逸至大气、排泄至水体或在土壤表面堆积和填埋的方式进入环境的。污染源的形式归纳起来有三种。

(1) 点污染源 浓稠集中的排放，如从工厂烟囱或污水排放口排放，固体废物在某一堆放点的集中堆放。

(2) 线污染源 如行驶中的汽车沿街排放尾气。

(3) 面污染源 稀淡分散的排放，如农田径流和灌溉排水就是水体污染的主要面源。由于降雨对大气的淋洗使污染物进入水体，这也是一种面源。过量农药和化肥的大面积施用也会构成一个区域性的面污染源。

污染源形式按污染源存在的形式又可分为固定污染源和移动污染源；按污染物质排放的时间可分为连续源、间断源和瞬时源等。

不同形式的污染源对污染物质的扩散、分布、迁移和转化有很大的影响。

1.2.3 污染物的化学类别

对环境产生危害的化学污染物概括起来可分为九类。

(1) 元素 包括铅、镉、铬、汞、砷等重金属元素和类金属、卤素、氧（臭氧）、黄磷等。

(2) 无机物 包括氰化物、一氧化碳、氮氧化物、卤化氢、卤素化合物（如 ClF 、 BrF_3 、 IFS 、 BrCl 、 IBr 等）、次氯酸及其盐、硅的无机化合物（如石棉）、无机磷化合物（如 PH_3 、 PX_3 、 PX_5 ）、硫的无机化合物（如 H_2S 、 SO_2 、 H_2SO_3 、 H_2SO_4 ）等。

(3) 有机烃化合物 包括烷烃、不饱和烃、芳烃、多环芳烃（PAH）等。

(4) 金属有机和准金属有机化合物 如四乙基铅、羰基镍、二苯铬、三丁基锡、单甲基或二甲基胂酸、三苯基锡等。

(5) 含氧有机化合物 包括环氧乙烷、醚、醇、酮、醛、有机酸、酯、酐和酚类化合物等。

(6) 有机氮化合物 包括胺、腈、硝基甲烷、硝基苯、三硝基甲苯（TNT）和亚硝酸胺等。

(7) 有机卤化物 包括四氯化碳、脂肪烃和饱和和不饱和卤化物（如氯乙烯）、卤代芳烃（如氯代苯）、氯代苯酚、多氯联苯（PCBs）和氯代二噁英类等。

(8) 有机硫化合物 如烷基硫化物、硫醇、巯基甲烷、二甲砷、硫酸二甲酯等。

(9) 有机磷化合物 主要是磷酸酯类化合物，如磷酸三甲酯、磷酸三乙酯、磷酸三邻甲苯酯、焦磷酸四乙酯、有机磷农药、有机磷军用毒气等。

1.2.4 污染物的性质

污染物质的种类繁多，性质各异，污染物质的性质可归纳如下。

(1) 自然性 长期生活在自然环境中的人类，对于自然物质有较强的适应能力。有人分析了人体中 60 多种常见元素的分布规律，发现其中绝大多数元素在人体血液中的百分含量与它们在地壳中的百分含量极为相似。但是，人类对人工合成的化学物质，其耐受力则要小得多。所以区别污染物的自然或人工属性，有助于估计它们对人类的危害程度。

(2) 毒性 环境污染物中的氰化物、砷及其化合物、汞、铍、铅、有机磷和有机氯等的毒性都是很强的。决定污染物毒性强弱的主要因素是其性质、含量和存在形态。有些污染物具有剧毒性，处于痕量级就能危及人类和生物的生存。例如简单氰化物（氰化钾、氰化钠等）的毒性强于络合氰化物（铁氰络离子等）；又如铬有二价、三价和六价三种形式，其中 Cr^{6+} 的毒性很强，而 Cr^{3+} 则具有生物化学效应，是人体新陈代谢的重要元素之一。

(3) 时空分布性 污染物进入环境后，随着水和空气的流动被稀释扩散，可能造成由点源到面源更大范围的污染，而且在不同空间的位置上，污染物的浓度和强度分布随着时间的变化而不同，这是由污染物的扩散性和环境因素所决定的，水溶解性好的或挥发性强的污染物，常能被扩散输送到更远的距离。

(4) 活性和持久性 表明污染物在环境中的稳定程度。活性高的污染物质，在环境中或在处理过程中易发生化学反应生成比原来毒性更强的污染物，构成二次污染，严重危害人体及生物。垃圾焚烧过程中产生的二噁英就是最典型的例子。

与活性相反，持久性则表示有些污染物质能长期地保持其危害性，如持久性有机污染物（POPs）和重金属铅、镉和铍等都具有毒性且在自然界难以降解，并可产生生物蓄积，长期威胁人类的健康和生存。

（5）生物可分解性 有些污染物质能被生物所吸收、利用并分解，最后生成无害的稳定物质。大多数有机物都有被生物分解的可能性。如苯酚虽有毒性，但经微生物作用后可以被分解无害化。但也有一些有机物长时间不能被微生物作用而分解，属难降解有机物，如二噁英等。

（6）生物累积性 有些污染物质可在人类或生物体内逐渐积累、富集，尤其在内脏器官中的长期积累，由量变到质变引起病变发生，危及人类和动植物健康。如镉可在人体的肝、肾等器官组织中蓄积，造成各器官组织的损伤；水俣病则是由于甲基汞在人体内的蓄积引起的。

（7）对生物体作用的加和性 在环境中，只存在一种污染物质的可能性很小，往往是多种污染物质同时存在，考虑多种污染物质对生物体作用的综合效应是必要的。根据毒理学的观点，混合物对生物体的相互作用有两类：一类是使其对环境的危害比污染物质的简单相加更为严重，称其为协同作用，如伦敦烟雾事件的严重危害就是由烟尘颗粒物与二氧化硫之间的协同作用所造成的；另一类是污染物质共存时反而使危害互相削弱，这类相互作用称为拮抗作用，如有毒物质硒可以抑制甲基汞的毒性。

在研究环境容量和制定各种污染物质的排放标准时，首先要了解各种环境污染物的性质，这对于确定目标监测污染物质，合理进行采样点的布设，准确评价污染物质对环境的影响都是十分有必要的。

1.2.5 优先控制污染物质

世界上已知的化学物质超过 700 万种，而进入环境的化学物质已达 10 万种。就目前的人力、物力、财力，以及污染物质危害程度的差异性而言，人们不可能对每一种化学物质进行监测，只能将潜在危险性大（难降解、具有生物累积性、毒性大和三致类物质），在环境中出现频率高，残留高，检测方法成熟的化学物质定为优先监测目标，实施优先和重点监测，这些物质即为优先控制污染物质（priority pollutants）。

美国是最早开展优先监测的国家。1976 年美国国家环保局（USA EPA）根据当时的筛选原则、数据手册、化学品的样本及其从水中检出的频率，公布了 129 种优先控制污染物质，见表 1-3。其中包括 114 种有机化合物，15 种无机重金属及其化合物。其后又提出了 43 种空气优先控制污染物质名单。

表 1-3 美国环保局环境优先控制污染物质名单

1. 二氯萘	氯乙烷类	氯烷基醚类
2. 丙烯醛	10. 1,2-二氯乙烷	18. 二(氯乙基)醚
3. 丙烯腈	11. 1,1,1-三氯乙烷	19. 2-氯乙基乙烯基醚
4. 苯	12. 六氯乙烷	氯萘类
5. 联苯胺	13. 1,1-二氯乙烷	20. 2-氯萘
6. 四氯化碳	14. 1,1,2-三氯乙烷	氯苯酚类
氯化苯类	15. 1,1,2,2-四氯乙烷	21. 2,4,6-三氯苯酚
7. 氯苯	16. 氯乙烷	22. 对氯间甲酚
8. 1,2,4-三氯苯	氯烷基醚类	23. 氯仿
9. 六氯苯	17. 二(氯甲基)醚	24. 2-氯苯酚

二氯苯类	硝基苯酚类	硫丹和代谢物
25. 1,2-二氯苯	59. 2,4-二硝基苯酚	95. α -硫丹
26. 1,3-二氯苯	60. 4,6-二硝基-邻甲酚	96. β -硫丹
27. 1,4-二氯苯	亚硝胺类	97. 硫丹硫酸酯
二氯联苯胺类	61. <i>N</i> -亚硝基二甲胺	异狄氏剂和代谢物
28. 3,3'-二氯联苯胺	62. <i>N</i> -亚硝基二苯胺	98. 异狄氏剂
二氯乙烯类	63. <i>N</i> -亚硝基-二正-丙胺	99. 异狄氏醛
29. 1,1'-二氯乙烯	64. 五氯苯酚	七氯和代谢物
30. 反 1,2-二氯乙烯	65. 苯酚	100. 七氯
31. 2,4-二氯苯酚	邻苯二甲酸酯类	101. 七氯环氧化物
二氯丙烷和二氯丙烯类	66. 邻苯二甲酸双(2-乙基己基)酯	六氯环己烷类
32. 1,2-二氯丙烷	67. 邻苯二甲酸丁基苄酯	102. α -六六六
33. 反 1,3-二氯丙烯	68. 邻苯二甲酸二正丁酯	103. β -六六六
34. 2,4-二甲苯基苯酚	69. 邻苯二甲酸二正辛酯	104. γ -六六六
二硝基甲苯类	70. 邻苯二甲酸二乙酯	105. δ -六六六
35. 2,4-二硝基甲苯	71. 邻苯二甲酸二甲酯	多氯联苯(PCB)
36. 2,6-二硝基甲苯	多环芳烃类	106. PCB-1242
37. 1,2-二苯胂	72. 苯并[<i>a</i>]蒽	107. PCB-1254
38. 乙苯	73. 苯并[<i>a</i>]芘	108. PCB-1221
39. 茋蒽	74. 3,4-苯并茋蒽	109. PCB-1232
卤代醚类	75. 苯并[<i>k</i>]茋蒽	110. PCB-1248
40. 4-氯苯基苯醚	76. 蒽	111. PCB-1260
41. 4-溴苯基苯醚	77. 萘	112. PCB-1016
42. 双(2-氯异丙基)醚	78. 蒽	113. 毒杀芬
43. 双(2-氯乙氧基)甲烷	79. 苯并[<i>g, h, i</i>]花	114. 2,3,7,8-四氯二苯并-对二噁唑
卤甲烷类	80. 芴	重金属及其化合物
44. 二氯甲烷	81. 菲	115. 镉
45. 氯化甲烷	82. 二苯并[<i>a, b</i>]蒽	116. 砷
46. 溴化甲烷	83. 茚并[1,2,3- <i>c, d</i>]芘	117. 铍
47. 溴仿	84. 芘	118. 镉
48. 二氯二溴甲烷	85. 四氯乙烯	119. 铬
49. 三氯氟甲烷	86. 甲苯	120. 铜
50. 二氯二氟甲烷	87. 三氯乙烯	121. 铅
51. 氯溴甲烷	88. 氯乙烯	122. 汞
52. 六氯丁二烯	农药和代谢物	123. 镍
53. 六氯环戊二烯	89. 艾氏剂	124. 硒
54. 异佛尔酮	90. 狄氏剂	125. 银
55. 萘	91. 氯丹	126. 铊
56. 硝基苯	DDT 和代谢物	127. 锌
硝基苯酚类	92. 4,4-DDT	其他
57. 2-硝基苯酚	93. 4,4-DDE	128. 石棉
58. 4-硝基苯酚	94. 4,4'-DDD	129. 氰化物

欧洲共同体则根据物质的毒性、持久性和生物积累性于 1975 年公布了所谓“黑名单”(见表 1-4)和“灰名单”(见表 1-5),其中不包括那些在生物学上无害的物质和易转化为生物学上无害的物质。

表 1-4 欧洲共同体公布的“黑名单”

1. 有机卤化物和可以在环境中形成卤化物的物质；	5. 汞及其化合物；
2. 有机磷化合物；	6. 镉及其化合物；
3. 有机锡化合物；	7. 持久性油类和来自石油的烃类；
4. 在水环境中或由于水环境介入而显示致癌活性的物质；	8. 可漂浮、悬浮或下沉和妨碍水质的任何持久性物质

“灰名单”列于表 1-5。这些物质对水环境有不利影响，但影响只限于某一方面。

表 1-5 欧洲共同体公布的“灰名单”

1. 下列非金属和金属及其化合物： (1) 锌，(2) 铜，(3) 镍，(4) 铬，(5) 铅，(6) 硒，(7) 砷，(8) 锑，(9) 钼，(10) 钛，(11) 锡，(12) 钡，(13) 铍，(14) 硼，(15) 铀，(16) 钒，(17) 钴，(18) 铊，(19) 碲，(20) 银
2. 不在“黑名单”中的杀虫剂及其衍生物；
3. 从水环境带来的对食品的味觉和嗅觉有不利影响的物质；
4. 除了那些在生物学上无害或在水中易转化为生物学上无害的物质以外，有毒的或有持久性的化合物和在水中可以产生这些化合物的物质；
5. 有机磷化合物；
6. 非持久性矿物油和来自石油的烃类；
7. 氰化物和氟化物；
8. 某些对氧平衡有不利影响的物质，特别是氨和亚硝酸盐

我国在环境优先控制污染物的筛选方面做了大量的工作，反映我国环境特征的污染物“黑名单”，见表 1-6。

表 1-6 我国环境优先控制污染物名单

1. 二氯甲烷	24. 2,4-二氯酚	47. 酞酸二辛酯
2. 三氯甲烷	25. 2,4,6-三氯酚	48. 六六六
3. 四氯化碳	26. 五氯酚	49. 滴滴涕
4. 1,2-二氯乙烷	27. 对硝基酚	50. 敌敌畏
5. 1,1,1-三氯乙烷	28. 硝基苯	51. 乐果
6. 1,1,2-三氯乙烷	29. 对硝基甲苯	52. 对硫磷
7. 1,1,2,2-四氯乙烷	30. 2,4-二硝基甲苯	53. 甲基对硫磷
8. 三氯乙烯	31. 三硝基甲苯	54. 除草醚
9. 四氯乙烯	32. 对硝基氯苯	55. 敌百虫
10. 三溴甲烷	33. 2,4-二硝基氯苯	56. 丙烯腈
11. 苯	34. 苯胺	57. N-亚硝基二丙胺
12. 甲苯	35. 二硝基苯胺	58. N-亚硝基二正丙胺
13. 乙苯	36. 对硝基苯胺	59. 氰化物
14. 邻二甲苯	37. 2,6-二氯-1-硝基苯胺	60. 砷及其化合物
15. 间二甲苯	38. 萘	61. 铍及其化合物
16. 对二甲苯	39. 蒽蒽	62. 镉及其化合物
17. 氯苯	40. 苯并[b]蒽蒽	63. 铬及其化合物
18. 邻二氯苯	41. 苯并[k]蒽蒽	64. 铜及其化合物
19. 对二氯苯	42. 苯并[a]蒽	65. 铅及其化合物
20. 六氯苯	43. 茚并[1,2,3-c,d]蒽	66. 汞及其化合物
21. 多氯联苯	44. 苯并[g,h,i]蒽	67. 镍及其化合物
22. 苯酚	45. 酞酸二甲酯	68. 铊及其化合物
23. 间甲酚	46. 酞酸二丁酯	