

普通高等教育“十一五”规划教材

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

本书将环境监测的对象进行了明确的分类,详细讲述了各种监测技术的基础理论和手段。内容包括环境和环境污染概述、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、环境监测新技术以及环境监测的质量管理。为了培养学生的动手能力,本书在书后附加了12个实验。

本书可作为高等院校环境工程和环境科学专业的本科生教材使用,同时可供环境监测站、科研院所相关工作人员参考阅读。

环境工程

主 编 赵建夫
副主编 夏四青

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, 2008.7

普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-03098-6

I. 环… II. ①陈…②赵… III. 环境监测-高等学校-教材 IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 088990 号

责任编辑:满悦芝
责任校对:凌亚男

装帧设计:尹琳琳

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 装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张21¼ 字数581千字 2008年8月北京第1版第1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:35.00 元

版权所有 违者必究

前 言

《环境监测》(普通高等教育“十一五”规划教材)是高等院校环境类学科的专业基础课教材。本教材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,包括监测方案的制订、监测方法的基本理论、监测过程的质量保证等方面基础知识,同时也力求反映国内外环境监测技术新进展。本书共分八章: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、环境监测新技术发展和环境监测质量管理等。配合理论教学,本教材还附有12个实验。

与以往各类《环境监测》教材相比,本教材具有以下特点:

1. 及时补充了我国近年来新颁布或更新的环境标准,阐明了环境标准制订的重要依据,以及更新标准的必要性和紧迫性。

2. 鉴于饮用水及其水源地水质安全保障的重要性,增加了饮用水及其水源地监测方案的制订、饮用水供水系统水质监测等方面内容,体现了环境监测内容的跟踪性。

3. 现代生物技术的快速发展,使捕捉生物信息的能力大大增强,正在给传统的生物监测技术(细菌学检验、毒性或慢性毒理试验等)注入新的活力,对于了解污染的性质、分析污染的程度、追踪污染发生的历史、预测污染的影响及发展趋势等方面都具有十分重要的意义。本教材增加了这方面基本知识的介绍,包括环境指示生物的特征及其在环境监测中的重要作用。

4. 针对环境介质的复杂性和普遍存在的污染物低浓度的特点,简要补充介绍了环境样品的预处理技术,充实金属元素的消解处理新方法(如微波消解等);增加微量,适当增加了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。

5. 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、DO荧光法、BOD压力传感器法等)近年来发展迅速,这部分内容也及时补充进入本教材。

6. 随着工业固体废物、有毒废物与城市生活垃圾等固体废物中各类污染物的检测方法不断完善,相应的国家标准更新速度很快,本教材填补了以往教材中的空白。

7. 环境领域中适合现场监测的仪器、自动化在线监测仪器、突发污染应急监测等的基本原理、方法和技术等方面的新知识、新技术,也是本教材中重点补充的内容。

总之,本教材既有环境监测理论的更新,也有分析技术上的完善,更能反映当前国内外环境监测领域的现状及其发展趋势。因此,本书适用于环境监测、环境科学、环境工程、给水排水、资源环境等专业的本科生、研究生作教材使用,亦可作为环境工作者参考用书。

本书共分八章,由陈玲教授和赵建夫教授任主编,仇雁翎副教授和夏四清教授任副主编。参加本书编写的人员主要有陈玲、李飞鹏(第1章、实验部分),仇雁翎、刘颖(第2章),李飞鹏、羌宁(第3章),刘强、夏四清、黄帆(第4章、第5章),李伟英、王学江、仇雁翎(第6章、第7章、第8章)。陈玲教授对全书进行了内容统稿,李飞鹏和张雨墨对全部书稿进行了文字校对和格式调整,赵建夫教授对全书进行了审核与定稿。

本书出版得到了同济大学教材、学术著作出版基金委员会资助,化学工业出版社对本书的出版给予了大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

限于我们的水平和经验有限,书中疏漏和错误之处,恳请同行专家、学者和广大读者提出宝贵意见。

编者于同济
2008年6月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 环境和环境污染	1
1.2 污染物来源和性质	4
1.2.1 污染物的化学类别	4
1.2.2 污染物的性质	5
1.2.3 优先控制污染物	6
1.2.4 持久性有机污染物	8
1.3 污染源及其监测	8
1.3.1 污染源类别及其监测(或普查)	8
1.3.2 污染源监测的法律依据	10
1.3.3 污染源在线监测系统	10
1.4 环境监测的基本概念	10
1.4.1 环境监测技术的发展	11
1.4.2 环境监测的内涵	11
1.4.3 环境监测的特点	12
1.4.4 环境监测的技术路线	12
1.5 环境标准	13
1.5.1 环境标准的作用	13
1.5.2 环境标准的分类和分级	14
1.5.3 制订环境标准的原则	15
1.5.4 环境标准的实施	16
1.5.5 水环境标准	16
1.5.6 大气环境标准	24
1.5.7 土壤和固体废物控制标准	27
1.5.8 污水处理厂污染物排放标准	29
1.6 环境监测的特点与学习目的	31
习题与思考题	31
第2章 水质监测和分析	33
2.1 水资源和水污染	33
2.1.1 水资源	33
2.1.2 水污染	34
2.1.3 水质监测与分析的目的	34
2.1.4 监测项目的选择	35
2.1.5 水质监测分析方法	39
2.1.6 排污总量监测项目与监测方法	41
2.2 水质监测方案制订	42
2.2.1 地表水水质监测	42
2.2.2 饮用水源地水质监测	47
2.2.3 水污染源水质监测方案的制定	52

2.2.4	水生生物监测	53
2.2.5	底质(沉积物)监测	54
2.2.6	供水系统水质监测	55
2.2.7	流量监测	56
2.3	水样采集和保存	59
2.3.1	水样类型	59
2.3.2	水样及其相关样品采集	60
2.3.3	水样的运输和保存	67
2.4	水样的预处理	69
2.4.1	样品的消解	69
2.4.2	样品分离与富集	70
2.5	适合现场监测的水质指标	76
2.5.1	温度	76
2.5.2	浊度与透明度	77
2.5.3	电导率	79
2.5.4	pH 值	80
2.5.5	溶解氧	82
2.6	感官物理性质	86
2.6.1	颜色	86
2.6.2	固体物质	87
2.6.3	硬度	90
2.7	酸碱性质	91
2.7.1	水的酸度	91
2.7.2	水的碱度	92
2.8	主要阴离子	94
2.8.1	氯化物和余氯	94
2.8.2	硫酸盐与硫化物	96
2.8.3	氟化物	99
2.8.4	主要阴离子的离子色谱法测定	100
2.9	有机物综合指标	102
2.9.1	化学需氧量	103
2.9.2	生化需氧量	106
2.9.3	总有机碳	110
2.9.4	有机物综合测试方法比较	112
2.9.5	矿物油和动植物油	114
2.10	痕量有机污染物的分离与测定	116
2.10.1	气相色谱法	117
2.10.2	高效液相色谱法	121
2.11	营养性物质	130
2.11.1	含氮化合物	130
2.11.2	含磷化合物	137
2.12	痕量金属和非金属物质	138
2.12.1	痕量金属	138
2.12.2	痕量非金属	146

习题与思考题	149
第3章 环境空气及气体污染源监测	153
3.1 概述	153
3.1.1 大气层及大气污染	153
3.1.2 大气污染物的来源及类型	153
3.1.3 环境空气质量监测网	153
3.1.4 气体监测的标准及规范	154
3.1.5 气体污染监测的分类	156
3.2 气体监测中的采样方法	157
3.2.1 固定源采样方法	157
3.2.2 环境和室内空气采样	162
3.2.3 其他采样方法	164
3.3 大气环境质量监测分析方法	164
3.3.1 颗粒物的测定	165
3.3.2 二氧化硫的测定	169
3.3.3 氮氧化物的测定	171
3.3.4 空气中总烃的测定	173
3.3.5 空气中颗粒铅的测定	174
3.3.6 环境空气中氟化物的测定	175
3.3.7 臭氧的测定	176
3.3.8 大气中苯并[a]芘的测定	178
3.4 大气污染源监测分析方法	179
3.4.1 氨的测定	180
3.4.2 苯乙烯的测定	181
3.4.3 恶臭的测定	182
3.4.4 三甲胺的测定	184
3.4.5 甲苯、二甲苯和苯乙烯的测定	185
3.4.6 硫化物的测定	186
3.4.7 氮氧化物的测定	188
3.4.8 硝基苯类化合物的测定	189
3.4.9 苯胺类的测定	191
3.4.10 甲醛的测定	192
3.5 室内空气监测	193
3.5.1 概述	193
3.5.2 室内空气中苯的检验方法	194
3.5.3 室内空气中总挥发性有机物(TVOC)的监测	195
3.5.4 室内空气中菌落总数检验方法	196
习题与思考题	196
第4章 土壤污染监测	198
4.1 土壤污染源及主要污染物	198
4.1.1 土壤污染物来源和种类	198
4.1.2 土壤标准	200
4.2 土壤污染监测方案的制定	201
4.2.1 土壤污染监测项目及方法	201

4.2.2	土壤样品采集	201
4.3	土壤样品的前处理与保存	203
4.3.1	土壤样品的风干	203
4.3.2	磨碎和过筛	203
4.3.3	土壤样品保存	204
4.4	土壤污染物监测	204
4.4.1	土壤污染物测定	204
4.4.2	土壤生物监测指标	209
	习题与思考题	210
第5章	固体废物监测	212
5.1	危险废物	212
5.1.1	危险废物概述	212
5.1.2	危险废物管理及标准	213
5.1.3	危险废物样品的采集和预处理	215
5.1.4	危险废物的检测方法	220
5.1.5	危险废物检测结果的判断	226
5.2	生活垃圾	226
5.2.1	城市垃圾及其分类	226
5.2.2	生活垃圾采样与样品制备	227
5.2.3	生活垃圾特性分析	228
5.2.4	垃圾渗滤液分析	229
5.2.5	垃圾的渗漏模型试验	231
5.3	垃圾的毒理学试验	231
	习题与思考题	232
第6章	生物污染监测	233
6.1	环境污染的生物监测	233
6.1.1	细菌学指标检验	234
6.1.2	生物毒性基础及试验	236
6.1.3	微囊藻毒素的测定	248
6.1.4	叶绿素测定	250
6.1.5	水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫测定及其活性	252
6.1.6	水中军团菌的检验	253
6.2	指示生物的环境监测	254
6.2.1	指示生物的特征及其作用	254
6.2.2	生物样品的采集、保存与制备	256
6.2.3	指示生物污染物测定	258
	习题与思考题	264
第7章	环境监测新技术发展	266
7.1	自动监测系统	266
7.1.1	自动监测系统的组成	266
7.1.2	水质自动监测系统	267
7.1.3	大气污染自动监测系统	273
7.2	污染源在线监测	274
7.2.1	水污染源在线监测	274

7.2.2 大气污染源在线监测	275
7.3 突发性应急监测系统	276
7.3.1 突发性环境污染事故与应急监测	276
7.3.2 突发性应急监测方案制定	277
7.3.3 突发性应急监测仪器	280
7.4 遥感环境监测技术	281
7.4.1 遥感技术概述	281
7.4.2 大气环境遥感监测	283
7.4.3 水环境遥感监测	284
7.4.4 生态环境遥感监测	287
习题与思考题	289
第8章 环境监测质量管理	290
8.1 数据处理与结果表述	290
8.1.1 误差	290
8.1.2 准确度、精密度和灵敏度	292
8.1.3 监测数据的处理	293
8.2 环境监测质量保证	296
8.2.1 环境监测质量保证工作的内容	296
8.2.2 监测质量保证的关键	298
8.3 环境监测质量控制	298
8.3.1 监测过程质量控制	298
8.3.2 实验室内质量控制	301
8.3.3 实验室间质量控制	306
8.4 计量认证(实验室资质认定)	308
8.4.1 计量认证的内容及特点	308
8.4.2 计量认证的程序	308
习题与思考题	310
实验	311
实验一 酸度和总碱度的测定	311
实验二 化学需氧量(COD _{Cr})的快速法测定	313
实验三 溶解氧(DO)的测定	314
实验四 五日生化需氧量(BOD ₅)的测定	316
实验五 氨氮的测定	317
实验六 亚硝酸盐氮的测定	319
实验七 硝酸盐氮的测定	320
实验八 氰化物的测定	321
实验九 挥发酚类的测定	323
实验十 土壤中铅、镉、汞含量的测定	325
实验十一 二氧化硫的测定	329
实验十二 氮氧化物的测定	333
参考文献	336

第1章

绪论

1.1 环境 and 环境污染

环境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、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，从而改变了环境的性质和质量，使环境受到污染和破坏。

环境问题可以分为两大类：由自然力引起的原生环境问题，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；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）超过了环境的自净能力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，在创造了灿烂的古代文明的同时对环境的破坏也增加了，这时环境问题是

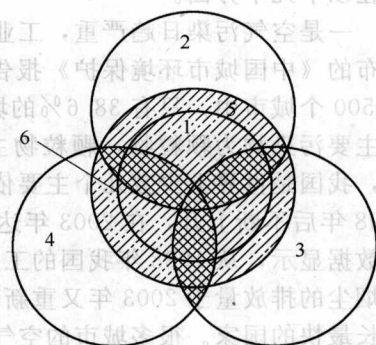


图 1-1 环境介质与化学圈间的相互关系

- 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

以土地破坏为特征的。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,工业过分集中,城市人口过分密集,城市化进程的加快,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。

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协调。人类从敬畏、漠视自然到善待自然,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。我国的环境保护起步较晚,但随着国家对环境问题的重视,我国的环保事业取得了较大的成就。然而,我国的环境问题依然十分严重,迅速增长的经济和不断增长的人口都在为严峻的环境状况增加压力。目前,我国的环境问题主要表现在以下几个方面。

一是空气污染日趋严重,工业主要污染物排放大幅反弹。据国家环保总局 2005 年 6 月公布的《中国城市环境保护》报告显示:我国城市目前总体上空气质量较差,2004 年检测的 500 个城市中,只有 38.6%的城市达到国家环境空气质量二级标准,影响城市空气质量的主要污染物为颗粒物,颗粒物主要来自机动车尾气,机动车尾气的排放量增长过快。另外,我国是世界上少数几个主要依赖煤炭资源的国家,近年来,重工业占工业产值的比重在 1998 年后不断上升,在 2003 年达到 64.3%,重工业的加速发展,促使煤炭消费陡增,据有关数据显示,从 1988 年我国的工业废气排放量减小或保持相对稳定,然而,工业 SO_2 和一些烟尘的排放量于 2003 年又重新攀升。同样, CO_2 排放量上升很快,中国成为全球碳排放增长最快的国家。很多城市的空气污染水平超过了世界卫生组织规定的宜居标准,大气灰霾在城市密集区频繁出现,室内污染成为城市空气污染的重要方面,极大地妨害了人民群众的生命健康。

二是水体普遍受到污染,水质快速恶化。水污染物排放总量居高不下,水体污染相当严重。据环保总局监测,2005 年全国七大水系的 411 个地表水监测断面中有 27%的断面为劣 V 类水质,全国约二分之一的城市市区地下水污染严重,一些地区甚至出现“有河皆干、有水皆污”的现象。据环保总局最新调查数据,全国 113 个重点环保城市的 222 个饮用水地表水源的平均水质达标率仅为 72%,不少地区的水源地呈缩减趋势,有的城市没有备用水源。特别是北方城市的地下水,不仅污染元素多,而且超标率高,仅海河流域水质劣于国家地下水质量 III 类标准的水体面积就有 7 万平方公里左右。城市化的迅速发展使得水质恶化问题突出,一些水污染事故接踵而至,如 2004 年的四川沱江氨氮含量超标特大污染事件、2005 年底的中国石油吉林石化分公司双苯厂爆炸事故引起的松花江水污染事件等,对城市的可持续发展构成了巨大的威胁,饮用水源污染问题成为目前公众最为关心的问题。

三是城市固体废物污染普遍,有毒有害成分增加。随着城市数目和城市人口的不断增加,作为城市公害的垃圾带来的污染问题也日渐严重。目前我国的 668 座城市中,2/3 已经被垃圾包围。由于我国现有的垃圾处理场数量和规模远不能适应城市垃圾增长的要求,我国历年堆放未及时处理的垃圾已经占用了大量的农田,而且还在逐年递增。垃圾已经成为城市

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年12月	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、恶心想吐、胸闷窒息;几千人中毒,60人死亡
洛杉矶光化学烟雾事件	1943年5~10月	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,85岁以上老人死亡400人
多诺拉烟雾事件	1948年10月	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年12月	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年	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、面部麻木、耳聋、眼瞎、全身麻木,最后精神失常;截止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,其中含铅、锰、钒等重金属颗粒	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年	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,重症患者恶心想吐、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年	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	用河水灌溉水稻,使米中也含镉,变成镉米;当地居民长期被镉污染的河水和食用镉米而中毒	开始时关节痛,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;截止到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

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 年 3 月	法国西北部布 列塔尼半岛	藻类、潮间带动物、海鸟灭绝、 工农业生产、旅游业损失大	油轮触礁,22×10 ⁴ t 原 油入海
三哩岛核电 站泄漏	1979 年 3 月 28 日	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 年 1 月	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 年 11 月 9 日	墨西哥	4200 人受伤,400 人死亡,300 栋房毁,10 万人被疏散	石油公司一个油库爆炸
博帕尔农药 泄漏	1984 年 12 月 2~3 日	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 年 4 月 26 日	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 年 11 月 1 日	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 剧毒物入河
莫农格希拉 河污染	1988 年 11 月 1 日	美国	沿岸 100 万居民生活受严重 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 年 3 月 24 日	美国阿拉斯加	海域严重污染	漏油 4.2×10 ⁴ m ³

的新“肿瘤”。更为严重的是,随着现代生活方式的转变,电子垃圾已成为目前增长最快的固体垃圾,往往含有水银、镉、铅等有害物质,会对公众与环境健康造成严重的伤害。

四是污染由城市向农村,由东部向西部转移。城市地区,尤其是大城市和经济发达地区的环境状况开始有所好转,与此同时,随着工业化向农村的深入,农村地区的水源受污染的情况日趋严重。农药、化肥、农膜过量不科学地使用,集约化畜禽养殖业的迅猛发展,以及生活污水的排放,使农村的面源污染问题加剧。随着西部大开发的深入进行,包括大规模的能源、水电开发、铁路等建设工程及旅游资源开发,西部更为脆弱的生态环境面临着巨大的压力。

此外,沙尘暴、热带雨林、转基因食品、冰川退缩和物种入侵等都成为我国环境问题的焦点。

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直接或间接有害于人类的变化物质。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。

环境污染物是环境监测研究的对象。

1.2.1 污染物的化学类别

对环境产生有危害的化学污染物概括可分为九类,具体如下所述。

- (1) 元素 包括铅、镉、铬、汞、砷等重金属元素和准金属、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、

BrF₃、IF₅、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 PH₃、PX₃、PX₅)、硫的无机化合物(如 H₂S、SO₂、H₂SO₃、H₂SO₄)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、饱和或不饱和卤代烃(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。

1.2.2 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 Cr⁶⁺ 的毒性很强,而 Cr³⁺ 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,如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。如苯酚虽有剧毒性,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蓄积而引

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订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, 合理进行采样点的布设, 准确评价污染物对环境的影响都是十分有必要的。

1.2.3 优先控制污染物

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, 以及污染物的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, 只能对具有: ①潜在危险性大(难降解、生物积累性、毒性大和属三致物质); ②在环境中出现频率高, 高残留; ③检测方法成熟的化学物质制订优先监测目标, 实施优先和重点监测。

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、化学品的样本以及从水中检出的频率, 公布了 129 种优先控制污染物 (Priority Pollutants), 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名单。

表 1-3 美国环保局环境优先控制污染物名单

1. 二氢萸	24. 2-氯苯酚	45. 氯化甲烷
2. 丙烯醛	二氯苯类	46. 溴化甲烷
3. 丙烯腈	25. 1,2-二氯苯	47. 溴仿
4. 苯	26. 1,3-二氯苯	48. 二氯二溴甲烷
5. 联苯胺	27. 1,4-二氯苯	49. 三氯氟甲烷
6. 四氯化碳	二氯联苯胺类	50. 二氯二氟甲烷
氯化苯类	28. 3,3'-二氯联苯胺	51. 氯溴甲烷
7. 氯苯	二氯乙烯类	52. 六氯丁二烯
8. 1,2,4-三氯苯	29. 1,1-二氯乙烯	53. 六氯环戊二烯
9. 六氯苯	30. 反 1,2-二氯乙烯	54. 异佛尔酮
氯乙烷类	31. 2,4-二氯苯酚	55. 萘
10. 1,2-二氯乙烷	二氯丙烷和二氯丙烯类	56. 硝基苯
11. 1,1,1-三氯乙烷	32. 1,2-二氯丙烷	硝基苯酚类
12. 六氯乙烷	33. 反 1,3-二氯丙烯	57. 2-硝基苯酚
13. 1,1-二氯乙烷	34. 2,4-二甲苯酚	58. 4-硝基苯酚
14. 1,1,2-三氯乙烷	二硝基甲苯类	59. 2,4-二硝基苯酚
15. 1,1,2,2-四氯乙烷	35. 2,4-二硝基甲苯	60. 4,6-二硝基-邻甲酚
16. 氯乙烷	36. 2,6-二硝基甲苯	亚硝胺类
氯烷基醚类	37. 1,2-二苯胍	61. N-亚硝基二甲胺
17. 二(氯甲基)醚	38. 乙苯	62. N-亚硝基二甲胺
18. 二(氯乙基)醚	39. 蒽蒽	63. N-亚硝基-二正-丙胺
19. 2-氯乙基乙烯基醚	卤代醚类	64. 五氯苯酚
氯蒽类	40. 4-氯苯基苯醚	65. 苯酚
20. 2-氯蒽	41. 4-溴苯基苯醚	邻苯二甲酸酯类
氯苯酚类	42. 双(2-氯异丙基)醚	66. 邻苯二甲酸双(2-乙基己基)酯
21. 2,4,6-三氯苯酚	43. 双(2-氯乙氧基)甲烷	67. 邻苯二甲酸丁基苯酯
22. 对氯间甲酚	卤甲烷类	68. 邻苯二甲酸二正丁酯
23. 氯仿	44. 二氯甲烷	69. 邻苯二甲酸二正辛酯

续表

70. 邻苯二甲酸二乙酯	DDT和代谢物	110. PCB-1248
71. 邻苯二甲酸二甲酯	92. 4,4'-DDT	111. PCB-1260
多环芳烃类	93. 4,4'-DDE	112. PCB-1016
72. 苯并[a]蒽	94. 4,4'-DDD	113. 毒杀芬
73. 苯并[a]芘	硫丹和代谢物	114. 2,3,7,8-四氯二苯并-对二噁唑
74. 3,4-苯并芘	95. α -硫丹	重金属及其化合物
75. 苯并[k]荧蒽	96. β -硫丹	115. 铈
76. 蒽	97. 硫丹硫酸酯	116. 铈
77. 萘	异狄氏剂和代谢物	117. 铍
78. 蒽	98. 异狄氏剂	118. 镉
79. 苯并[g,h,i]芘	99. 异狄氏醛	119. 铬
80. 茚	七氯和代谢物	120. 铜
81. 菲	100. 七氯	121. 铅
82. 二苯并[a,b]蒽	101. 七氯环氧化物	122. 汞
83. 茚并[1,2,3-c,d]芘	六氯环己烷类	123. 镍
84. 芘	102. α -六六六	124. 硒
85. 四氯乙炔	103. β -六六六	125. 银
86. 甲苯	104. γ -六六六	126. 铊
87. 三氯乙炔	105. δ -六六六	127. 铋
88. 氯乙炔	多氯联苯(PCB)	其他
农药和代谢物	106. PCB-1242	128. 石棉
89. 艾氏剂	107. PCB-1254	129. 氰化物
90. 狄氏剂	108. PCB-1221	
91. 氯丹	109. PCB-1232	

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1-4。

表1-4 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. 三氯乙炔	31. 三硝基甲苯	54. 除草醚
9. 四氯乙炔	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. 荧蒽	62. 镉及其化合物
17. 氯苯	40. 苯并[b]荧蒽	63. 铬及其化合物
18. 邻二氯苯	41. 苯并[k]荧蒽	64. 铜及其化合物
19. 对二氯苯	42. 苯并[a]芘	65. 铅及其化合物
20. 六氯苯	43. 茚并[1,2,3-c,d]	66. 汞及其化合物
21. 多氯联苯	44. 苯并[g,h,i]芘	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	

在我国的优先控制污染物“黑名单”中,共有19类,68种优先控制的污染物。其中有12类58种,占总数的85.3%,包括10种卤代烃类,6种苯系物,4种氯代苯类,1种多氯联苯,7种酚类,6种硝基苯,4种苯胺,7种多环芳烃,3种酞酸酯,8种农药,丙烯腈和2种亚硝胺。其余10种优先控制污染物为重金属及其化合物。

1.2.4 持久性有机污染物

1999年夏季发生的二噁英食品污染事件使世界普通公众第一次听到了这个名词,也使国际社会愈来愈认识到持久性有机污染物(POPs—Persistent Organic Pollutants)产生的环境问题,即①持久性有机污染物具有毒性、难以降解、可产生生物蓄积以及往往通过空气、水和迁徙物种作跨越国际边界的迁移并沉积在远离其排放地点的地区,随后在那里的陆地生态系统和水域生态系统中蓄积起来;②持久性有机污染物属环境激素威胁着人类的繁衍和生存;③持久性有机污染物的生物放大作用致使北极生态系统受到严重的威胁。

2001年5月签署的《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》,标志着人类正式启动了向有机污染物宣战的进程。根据该公约,各缔约国将通过法律,禁止或限制使用12种对人体健康和自然环境特别有害的持久性有机污染物。这12种污染物是:艾氏剂、氯丹、滴滴涕、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、灭蚁灵、毒杀芬8种杀虫剂,以及多氯联苯、六氯代苯、二噁英和呋喃。这些污染物能够沿食物链传播,在动物体内的脂肪上聚集,它们还会引起过敏、先天缺陷、癌症、免疫系统和生殖系统受损。这些污染物已经在土壤和水里残存了几十年,它们不仅难于进行生物降解,而且流动性很强,能够通过自然循环散布到世界各地。

在12种的持久性有机污染物中,我国曾经工业化生产过滴滴涕(DDT)、毒杀酚、六氯苯、氯丹、七氯和多氯联苯。其中DDT曾经作为主导农药,累计产量最大;其次是毒杀酚,用作农药;六氯苯、氯丹和七氯也曾有少量生产,分别用于生产五氯酚及五氯酚钠和灭白蚁及地下虫害。其中DDT、氯丹和灭蚁灵三种农药目前在中国尚有少量生产和使用,DDT用作中间体生产三氯杀螨醇,氯丹用于构筑物基础防腐,灭蚁灵用于杀灭白蚁;一些含多氯联苯的电器设备还在我国使用。

虽然我国曾进行过多次全国性的大规模环境调查,但有关持久性有机污染物对中国生态环境影响的数据严重缺乏。仅有的资料多集中于DDT。DDT作为主要农药品种曾长期大量使用,在中国大多数农田土壤、江河湖泊水体、底泥和近海海域水体中都能检出DDT,但未达到污染的程度。

1.3 污染源及其监测

污染源,是指因生产、生活和其他活动向环境排放污染物或者对环境产生不良影响的场所、设施、装置以及其他污染发生源。污染源监测是全面掌握各类污染源的数量、行业和地区分布情况,了解主要污染物的产生、排放和处理情况,建立健全重点污染源档案、污染源信息数据库和环境统计平台,污染源监测是环境监测的重要组成部分,是先进的环境监测预警体系建设的重点,建设科学的污染源监测体系,对于摸清污染源排放状况、制定总量减排计划、减缓环境污染和生态破坏等具有重要的意义。

1.3.1 污染源类别及其监测(或普查)

目前我国将污染源分为:工业污染源,农业污染源,生活污染源,集中式污染治理设施和其他产生、排放污染物的设施等几个方面。

(1) 工业污染源 工业污染源是指工业生产中的一些环节,如原料生产、加工过程、燃