

环境化学导论

第二版

王麟生 乐美卿 张太森*编著

H u a n j i n g H u a X u e D a o L u n

华东师范大学出版社

环境化学导论

(第二版)



王麟生 乐美卿 张太森 编著

华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境化学导论(第二版)/王麟生,乐美卿,张太森编
著. —上海:华东师范大学出版社,2006.5

ISBN 7-5617-2320-2

I. 环... II. ①王... ②乐... ③张... III. 环境
化学-师范学校:高等学校-教材 IV. X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 64202 号

华东师范大学教材出版基金资助出版

环境化学导论(第二版)

编 著 王麟生 乐美卿 张太森

责任编辑 应向阳

封面设计 卢晓红

版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社

市场部 电话 021-62865537

传真 021-62860410

门市(邮购)电话 021-62869887

门市地址 华东师大校内先锋路口

http: // www. ecnupress. com. cn

社 址 上海市中山北路 3663 号

邮编 200062

印 刷 者 上海丽娃河印业发展有限公司

开 本 787×1092 16 开

印 张 15.25

字 数 360 千字

版 次 2006 年 5 月第二版

印 次 2006 年 5 月第一次

印 数 5100

书 号 ISBN 7-5617-2320-2/O·083

定 价 24.80 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)

再版前言

数百年来人们为了发展生产、改善生活,发现和创造了两千多万种地球上原来存在的和不存在的化学物质。这些物质提供给我们能源、材料、化肥、医药,直至各种各样的生活用品。蓦然回首,人们发现,部分物质在带给人类各种各样生活享受的同时,也造成了严重的环境污染。而原本许多造福人类的化学物质,却出现于自然界的各个角落,从格陵兰的冰原到南极的海水,从阿拉伯的沙漠到西藏高原的云层中,甚至出现在各种动植物体内,直至进入我们人体,其对生命的危害是毋庸置疑的。

人们对化学或化学品的误解之一,就是化学有害于环境,化学品是造成环境污染的罪魁祸首。其实这是错怪了化学和化学品。正是由于化学家合成了氨和尿素,养活了将近一半的世界人口;发明了抗生素和新药物,人类平均寿命增加了 25 年。同样,没有化学家的努力,我们的世界也决不会如此绚烂多彩。然而正如一切事物都有其两重性一样,化学品的滥用和化学废弃物的不当处理也会造成危害,环境污染就是最严重的后果之一。

原先我们考虑的是怎样发明和制取一种新物质,它具有什么性质,可以应用于我们社会生活的什么方面;我们研究制取它的方法越容易越好,成本越低越好,它的使用寿命越长越好。然而今天,我们不得不花更多的时间和更多的精力来研究这种物质在制取、使用和使用后处置的过程中,会对环境造成什么样的危害,以及如何防止、减少直至消除这种危害。这样一种责任毫无疑问降落在化学工作者的身上。

不是不使用化学品,而是需要正确地使用化学品;不是随意地丢弃废弃化学品,而是对废弃的化学品加以适当的回收、利用和处理以保护环境。这是我们人类,特别是化学家的责任。了解我们使用的化学品的特性,以及它们可能对环境造成什么样的危害,还有如何来防止和消除这种危害,这就是我们写作这样一本书的初衷。

《环境化学导论》出版已经五年多了,相比五年之前,环境保护和可持续发展的理念已经如此深刻地进入当今中国人的思想理念之中,这是我们这个社会的幸运。

当然,这五年中,环境科学和环境化学也获得了长足的进步,越来越多的科技工作者投身于这一领域的研究之中,新理论、新方法、新技术、新成果接踵而至,目不暇接。

我们的教材也要与时俱进,为了反映环境科学和环境化学的新发展,我们对本书进行了认真的修改,力求能跟上环境化学的快速发展,然而我们知道,这是一件十分困难的事情,我们的学识,我们的能力都有待提高,错误和缺点仍有可能存在,我们期待着读者提出批评。

这次再版,我们增加了各章之后的练习题,更新了某些数据,修正了原书中个别的文字错

误,补充了一些新内容,书后的参考文献则增加了近年来新发表的文章。

我们的研究生王海霞、方海红、周琳、李强、卢荣丽、杨翠、刘甜参加了修订中的很多工作,付出了辛勤的劳动,访问学者,广西右江医学院的黄锁义老师也参加了部分工作,在这里表示衷心的感谢。

编 者
2005 年 12 月

前 言

人类叩响了新世纪的大门。作为当今地球面临的重大问题之一,作为在可持续发展中迫切需要解决的难题之一,作为一门年轻的综合性科学,环境科学的发展具有十分重要的作用,而环境化学无疑在其中更是举足轻重。化学曾经为人类的生存与发展提供了能量与资源;化学曾经为社会的进步发现了或合成了成千上万种新的化合物,今天这些化合物出现在我们社会生活的每一个角落;为了消除环境的化学污染,今天化学又走上了一条寻求清洁生产,“绿色”工艺和减少以至消除化学污染物质的艰难的探索之路。

环境化学是研究化学物质在环境中存在、化学特性、行为和效应及其控制的化学原理和方法的科学,它是化学科学的一个重要分支,也是环境科学的核心组成部分。环境化学主要包括环境分析化学,大气、水体、土壤环境化学,污染生态化学和污染控制化学等。本书主要阐述对生态环境可能带来影响的化学物质在大气、水和土壤中的产生、迁移、转化、积累和毒害,主要环境污染物质及其对环境的影响;同时扼要论述了污染防治化学的一些内容,介绍了清洁生产和污染防治的基本原理;而对于环境分析化学这部分内容,因另有较多的专著和教材论及,本书限于篇幅,基本上就不涉及了。

本书共分为四章:第一章绪论,介绍自然圈层、环境生态和物质循环等基本概念,同时介绍了当今世界和我国环境污染的现状,环境中的污染源和主要污染物以及污染防治的基本对策,特别是介绍了绿色化学的概念;第二章大气环境化学,介绍大气污染物在大气中的存在和转化规律,尤其是对人体危害严重的各种烟雾和酸雨的形成过程及其危害,二氧化碳增多形成的温室效应和地球臭氧层的破坏对环境的影响,同时简单介绍了主要大气污染物的防治;第三章水环境化学,在溶液平衡理论的基础上,介绍了重金属、化学农药等污染物在水体中的存在、化学转化及其对环境的影响,同时介绍了废水处理的基本原理和一般方法;第四章土壤环境化学,介绍了化学污染物在土壤中的存在、迁移、转化和归宿以及固体废弃物的环境效应及其处理。

环境保护意识,这是现代社会公民必须具有的社会意识和科学意识。环境教育已经成为科学教育的一个重要组成部分,对在校大学生进行环境意识的教育刻不容缓。本书的主要对象是高等学校非环境专业的学生,同时也可以作为广大中学教师和从事环境科学研究的工作人员的参考用书。

环境化学虽然是一门年轻的科学,近年来却获得了长足的发展,新理论、新方法、新成果、新技术不断涌现,我们力求在本书中对此有所反映。

本书中,我们引用了近年来国内外学者在环境科学和环境化学领域里的许多研究成果,在

此我们表示衷心的感谢,我们在全书的最后列出了引用的主要参考文献,并在有关图表下面尽可能标明其出处。

本书在成书过程中得到张五昌教授的热诚指导,在此谨表示衷心感谢。我们的学生赵丽萍、林月环、何苏萍、陈燕等帮助整理书稿,在此一并表示感谢。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 化学和环境	2
1.1 环境的化学污染	2
1.2 化学污染物的危害	4
1.3 绿色化学及其研究	20
第二节 环境化学研究的内容和特点	27
第三节 环境生态学基础和物质循环	30
3.1 环境的自然圈层	31
3.2 环境生态学基础	35
本章思考题和练习题	43
第二章 大气环境化学	44
第一节 大气的组成和结构	44
1.1 大气的组成	44
1.2 大气的结构	45
1.3 大气能量吸收与发射	47
第二节 大气污染物与污染源	49
2.1 大气污染源	50
2.2 大气污染物	51
第三节 大气光化学反应	54
3.1 光子的能量与分子能级	54
3.2 光化学反应原理	56
3.3 污染大气中重要的光化学反应	59
第四节 污染大气中的自由基反应	60
4.1 自由基的形成和反应	60
4.2 大气中主要自由基的来源	61
第五节 气溶胶化学	62
5.1 气溶胶的定义	62
5.2 气溶胶的分类	63
5.3 气溶胶污染的危害	64

第六节 大气硫氧化物化学	65
6.1 大气中的硫氧化物	65
6.2 二氧化硫的均相氧化	66
6.3 二氧化硫的非均相氧化	68
第七节 氮氧化物的化学	70
7.1 大气中的 N_2O	71
7.2 NO 的产生	72
7.3 NO_2 的形成和光解	75
7.4 HNO_3 和 HNO_2 的形成	76
第八节 光化学烟雾	77
8.1 大气中的碳氢化合物	77
8.2 臭氧和光化学氧化剂	78
8.3 光化学烟雾形成的化学特征	78
8.4 光化学烟雾形成的反应机制	80
8.5 光化学烟雾的控制	82
第九节 酸雨	82
9.1 降水的酸度	83
9.2 酸雨的形成	84
9.3 降水的化学组成和离子平衡	85
9.4 酸雨的危害	88
9.5 酸雨的防治	88
第十节 大气中的碳化合物	89
10.1 一氧化碳	89
10.2 二氧化碳和温室效应	91
10.3 其他温室气体和地球气候的变化	94
第十一节 平流层化学	98
11.1 卤素及其化合物	98
11.2 大气污染物对平流层臭氧层的破坏	98
11.3 南极臭氧洞的成因	101
第十二节 室内空气污染及其防护	102
第十三节 大气污染的防治	106
13.1 大气质量标准	106
13.2 空气污染预报	108
13.3 主要大气污染物的控制技术	112

本章思考题和练习题	119
第三章 水环境化学	120
第一节 天然水体的组成和性质	120
1.1 地球上的水资源	120
1.2 我国水资源及其利用中的问题	121
1.3 水的组成和结构	122
1.4 水的物理化学性质	123
1.5 天然水的分类和成分	125
第二节 水体污染和污染物	129
2.1 无毒污染物	130
2.2 有毒污染物	131
2.3 污染物质在天然水中的运动过程	136
第三节 天然水的酸碱平衡	138
3.1 天然水的 pH	138
3.2 天然水体的碳酸平衡	138
3.3 天然水的碱度和酸度	141
第四节 水体中的重金属污染	142
4.1 重金属元素在环境中的存在和影响	142
4.2 重金属污染元素在水体中的迁移和转化	144
第五节 几种重要的重金属污染元素的水环境化学	156
5.1 汞	156
5.2 镉	160
5.3 铅	161
5.4 铬	162
5.5 砷	163
第六节 水体的氮、磷污染和富营养化	166
6.1 引起富营养化的物质	166
6.2 氮和磷在水体中的存在及其形态	167
6.3 氮和磷的发生源	168
6.4 氮、磷污染的危害性	169
6.5 富营养化的防治	171
第七节 有机污染物的水环境化学	172
7.1 有机物污染程度的指标	172
7.2 有机物的化学降解反应	173

7.3 有机物的生化降解反应	177
7.4 有机物的光化降解反应	181
第八节 水污染防治	183
8.1 水质标准	183
8.2 控制水体污染	184
8.3 污水处理的基本方法	185
8.4 水污染处理基本工艺流程	188
本章思考题和练习题	189
第四章 土壤环境化学	191
第一节 土壤的形成和性质	191
1.1 土壤的形成	191
1.2 土壤的组成	192
1.3 土壤的性质	196
第二节 土壤的化学污染	199
2.1 土壤污染源和土壤污染物	199
2.2 重金属在土壤中的行为	202
2.3 化学农药在土壤中的行为	213
2.4 固体废弃物对土壤环境的影响	219
2.5 稀土元素在土壤环境中的生态效应	222
第三节 土壤污染的防治	224
3.1 控制和消除土壤污染源	224
3.2 增加土壤环境容量和提高土壤净化能力	225
3.3 其他防治土壤污染的措施	225
本章思考题和练习题	225
主要参考文献	227

第一章 绪 论

走可持续发展的道路,是 1992 年在巴西里约热内卢联合国环境与发展首脑会议上签署通过的《21 世纪议程》中正式确立的当代人类发展的主题,是中国迈向 21 世纪过程中与科教兴国相并列的两大发展战略之一。

可持续发展(sustainable development)就是要努力寻求一条人口、经济、社会、环境和资源相互协调的,既能满足当代人的需求又不对满足后代人需求的能力构成危害的可持续发展的道路。

某些国家,目前还在沿袭传统的非可持续性的发展模式。这一模式虽然也十分强调发展,但它却是以牺牲环境、掠夺资源、破坏生态平衡为代价的,其最终结果必然是人口的激增、食物的短缺、能源的紧张、资源的枯竭和环境的污染,最终导致人类赖以生存和发展之全部基础的地表自然环境和资源条件的丧失,因而是不可取的。

可持续发展强调发展是有条件的,即必须以清洁自然、美化环境、保护资源、维护生态平衡为前提,其基本方针是“持续发展,永久利用”。可持续发展以保护自然为基础,与资源和环境的承载能力相协调。因此,发展的同时必须保护环境,控制环境污染,改善环境质量,保持生态平衡,保证以可持续的方式利用自然环境。

长期以来,我们始终把人与自然的关系视为彼此对立、对抗和不可调和的关系,视为征服与被征服、战胜与被战胜的关系,提出了“征服自然,战胜自然,做大自然的主人”的错误指导方针。

恩格斯说,我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利,自然界都报复了我们。人类在开发自然,发展社会生产力方面取得了伟大的胜利,但与此同时,自然界也报复了人类。由于不合理地开发和利用自然资源,由于任意排放各类废弃物使地球生态平衡破坏,造成人类生存的大气、水和土壤环境的污染。在导致人类环境污染的因素中,化学物质引起的环境污染约占 80%~90%,人类活动尤其是工业排放的废弃物急剧增加,废气、废水、固体废弃物大量地排入环境,同时各种新的化学物质在造福人类的同时,也迅速地进入人类环境,引起生态环境的破坏,给人类带来潜在的或即时的危害。

在治理环境、防治污染的过程中,化学工作者发挥着十分重要的作用。20 世纪 60 年代以来,对化学物质在大气、水体、土壤等自然环境中引起的化学现象的研究,在环境科学和化学结合的基础上,形成了一门新的学科——环境化学。环境化学主要是运用化学的理论和方法,鉴定和测量化学污染物在大气圈、水圈、土壤—岩石圈和生物圈中的含量,研究它们在环境中存在的形态及其迁移、转化和归宿的规律,研究消除化学污染物的化学技术及原理。

目前由于汽车排放尾气中的氮氧化物和碳氢化合物在光照下发生的光化学烟雾污染,由于矿物燃料燃烧造成的大气中二氧化碳浓度增大而形成的温室效应问题,由于硫氧化物和氮氧化物大量排放造成的酸雨污染,由于喷气式飞机排放的氮氧化物和大量使用氟氯甲烷类制冷剂而造成的地球高空平流层中臭氧层的破坏,由于各种有毒有害重金属和有机农药大量排放造成的水污染问题,已经成为世界性的重大的环境污染问题,威胁着地球上人类和其他生物的生存,严重影响着人类社会的发展,成为化学家开展研究的重要领域。

环境污染是人类活动和环境相互作用而产生的,是社会生产非良性发展的结果,绝不是个别学科领域或某个产业系统单独造成的。化学在为社会提供各种物质财富的同时,也为治理环境、保护环境作出了重大贡献。化学家在从事物质变化规律的研究、追求目标产物高产率的同时,注重改革旧工艺,设计无污染或低排放的“绿色”工艺,并积极探索各种有害有毒污染物的防治、转化、处理及综合利用的途径,变废为宝,化害为利。在解决环境问题中,化学具有举足轻重的地位,化学工作者理应也必将作出重大的贡献。

第一节 化学和环境

1.1 环境的化学污染

人类的生产活动和社会活动必然给环境带来相应的影响,如果这种影响超过了环境的承受能力,就会发生环境的污染。环境污染(environmental pollution)随着人类社会的工农业生产规模的快速发展而日益严重,给人类社会带来了严重的危害。从20世纪30年代至60年代,先后发生了世界有名的八大公害事件,导致人类生命财产的巨大损失。

(1) 马斯河谷烟雾事件(Meuse River Valley smog episode): 1930年12月3~5日,比利时列日市马斯河谷大气中 SO_2 浓度高达 $25\sim 100\text{ mg/m}^3$,几千人发病,一周内死亡60余人。

(2) 洛杉矶光化学烟雾事件(Los Angeles photochemical smog episode): 20世纪40年代初期至50年代,美国洛杉矶光化学烟雾污染严重,其中1952年的一次最为严重,大批居民发生眼睛红肿、喉痛、咳嗽等症状,65岁以上老人有近400人死亡。

(3) 多诺拉烟雾事件(Donora smog episode): 1948年10月26~31日,美国宾夕法尼亚州多诺拉镇 SO_2 烟雾污染,占全镇总人口43%的5911人中毒,17人死亡。

(4) 伦敦烟雾事件(London smog episode): 1952年12月5~8日,伦敦大气中烟尘达 4.46 mg/m^3 ,二氧化硫达 3.8 mg/m^3 ,居民出现喉痛、咳嗽、胸闷、头痛、呼吸困难、眼睛刺激等症状,死亡人数较常年同期超过4000多人。

(5) 四日市哮喘(Yokkaichi asthma): 1961年日本四日市因大量使用含硫量高的重油,大气污染严重,二氧化硫和烟尘含量很高,导致支气管哮喘发病率明显增加。1972年共确认全市哮喘病患者达817人,10多人死亡。

(6) 痛痛病事件(itai-itai disease event): 1955~1972年,日本富山县神通川流域锌、铅冶炼工厂排放的含镉废水污染了神通川水体,河水及用河水灌溉的农田的稻米食用后,导致痛痛病,其症状为腰、背、膝关节疼痛,骨骼严重畸形,骨质疏松易折,1963~1979年期间共有患者130人,其中81人死亡。

(7) 水俣病事件(minamata disease event): 1956 年日本熊本县水俣市的含甲基汞的工业废水污染水体,使水俣湾和附近海域的鱼中毒,人食用后导致水俣病,中毒居民 283 人,其中 60 人死亡。

(8) 米糠油事件(yusho disease incident): 1968 年 3 月,日本北九州市、爱知县一带所产米糠油中含有多氯联苯(PCB),销售后造成大量人中毒,患病者超过 5 000 人,其中 16 人死亡,实际受害者约 13 000 人。

20 世纪 80 年代以后,全球环境进一步恶化,影响广、范围大、危害严重的重大污染事件多次发生: 1984 年 12 月 2 日夜,在印度中央邦博帕尔市,美国联合碳化物公司的博帕尔农药厂,由于管理混乱,地下储罐中 40 吨用以制造农药的异氰酸甲酯(剧毒、低沸点、易燃液体)渗进了水,毒液变成气体,罐内压力升高而爆裂外泄,当地居民 70 万人中有 20 万受到影响,其中 5 万人可能双目失明,到 1989 年 2 月,共有 3 300 多人丧失生命。毒气泄漏使大批食品和水源遭受污染,4 000 头牲畜和其他动物死亡,生态环境受到严重破坏,这是迄今为止世界上最严重的污染事故。

1986 年 4 月 26 日,前苏联境内乌克兰基辅市郊的切尔诺贝利核电站(Chernobly Nuclear Power Plant),由于管理不善和操作失误,4 号核反应堆爆炸起火,大量放射性物质外泄,造成环境严重污染,当即造成 31 人死亡,200 多人受严重放射性伤害,数万人受到放射性影响,直接经济损失达 120 亿卢布,核污染飘尘扩散至周围国家,西欧各国乃至世界大部分地区都检测到了核电站泄漏的放射性物质。事故发生多年后,放射性污染带来的危害还在继续,不断有报道该地区受放射性伤害的人群死亡或患病、患癌症的消息,伤亡人数不断扩大,该地区的生态环境也遭到严重的破坏。类似的核事故据透露在前苏联曾发生过不止一次。

1986 年 11 月 1 日,瑞士巴塞尔市桑多兹化工公司仓库爆炸起火,近 30 吨剧毒的碳化物、磷化物与含有汞的化工产品随灭火机喷出液和水流入莱茵河,其中有毒化学品达 30 多种,河内水生生物鳗鱼、鲱鱼、水鸭、鸬鹚等大量死亡,沿莱茵河而下 150 公里内大约 60 多万条鱼被毒死,500 公里内河岸两侧的井水不能饮用,许多自来水厂和啤酒厂被迫关闭。据专家们估计,由于有毒物质沉积在河流底泥中,有可能使莱茵河死亡 20 年。

1999 年 2 月,比利时养鸡业者发现母鸡产蛋率下降,蛋壳坚硬,肉鸡出现病态反应。经研究发现,这是由于比利时九家饲料公司生产的饲料中含有致癌物质二噁英。据悉,此种饲料已出售给比利时的 400 多家养鸡场和 500 多家养猪场,并已输往德国、法国、荷兰。据调查,比利时某些养鸡场肉鸡体内二噁英含量高于正常极限的 1 000 倍。事件发生后,美国、日本、新加坡、韩国、我国大陆和香港、台湾地区纷纷禁止从欧洲进口畜禽类和乳制品,这是近年来世界上影响最大的污染事件之一。

2000 年 1 月底到 2 月初,东欧地区连降大雨,1 月 30 日,在罗马尼亚奥拉迪亚镇,澳大利亚埃斯梅拉达采矿公司所属的巴雅梅尔金矿发生堤坝漫水事件,用于生产黄金的剧毒氰化物漫过大坝,随洪水流入附近的河水。污水向西流入邻国匈牙利境内的蒂萨河,河水中的氰化物含量是正常指标的 700 倍,在某些地区,一立方米水中含有氰化物 0.064 mg,然后河水中的污染物随着水流以平均每小时 2.5 英里的速度向南方蔓延,一夜之间,蒂萨河内 80% 的鱼类和其他生物死亡。300 万立方米受氰化物污染的河水流向莫什河(匈—罗)、蒂萨河(匈—捷—

南),并向南斯拉夫蔓延,开始扩散到多瑙河。这是自前苏联切尔诺贝利核电站事故以来欧洲最大的环境灾难,也是世纪之交世界上最严重的一次环境事故。

大量人工制取的化合物(包括有毒物质)进入环境,在环境中经扩散、迁移、转化和累积,不断地恶化环境,可以这样说,今天的地球上已没有一块干净的土地。栖息在爱尔兰海上的海鸟,体内含有高浓度的多氯联苯;生活在荒无人烟的南极大陆上的企鹅体内也测到了 DDT 存在;北极附近格陵兰冰盖层中,近几十年来铅和汞的含量在不断上升!

近年来,随着经济的高速增长,由于技术水平低、管理能力差以及环境保护意识薄弱,我国的环境污染十分严重,资源浪费、生态平衡破坏、重大环境污染事件时有发生,废气、废水和固体废弃物排放量仍在上升(见表 1-1),以城市为中心的环境污染仍在发展,并蔓延到农村,一些经济发达、人口稠密的地区的环境问题尤为严重。生态环境破坏的范围在扩大,程度在加剧。环境污染和生态破坏已成为制约经济发展,影响改革和社会稳定的一个重要因素。(《全国环境保护纲要》,1993~1998)

国家环境保护“九五”计划和 2010 年远景目标提出:到 2000 年,基本建立比较完善的环境管理体系和与社会主义市场经济体制相适应的环境法规体系,力争使环境污染和生态破坏加剧的趋势得到基本控制,部分城市和地区的环境质量有所改善,建成若干经济快速发展、环境清洁优美、生态良性循环的示范城市和示范地区。到 2010 年,可持续发展战略得到较好贯彻,环境管理法规体系进一步完善,基本改变环境污染和生态恶化的状况,环境质量有比较明显的改善,建成一批经济快速发展、环境清洁优美、生态良性循环的城市和地区。国家环境保护“十五”计划进一步指出:保护环境是我国的一项基本国策。今后五到十年,是我国经济和社会发展的重要时期,是进行经济结构战略性调整和改革开放的重要时期,也是减轻环境污染和遏制生态恶化趋势的重要时期。紧紧抓住新世纪的历史机遇,下大力气解决全国突出的环境问题,促进经济、社会与环境协调发展和实施可持续发展战略,是“十五”乃至到 2010 年环境保护工作重要而又艰巨的任务。

1.2 化学污染物的危害

化学是研究物质化学变化规律的基础科学。人类居住的地球环境是由各类物质组成的,其演化的历程也是物质遵循化学规律变化的过程。研究环境问题不能离开化学。

造成环境污染的因素大体上可分为物理的(噪声、振动、热、光辐射及放射性等)、生物的(微生物、寄生虫等)和化学的(重金属、有机物等)三方面,而其中化学物质引起的环境污染约占到 80%~90%。

化学为社会的进步发现了或合成了成千上万种新的化合物,据 20 世纪 50 年代初的统计,当时发现和合成的化合物不过 200 万种,到了 1985 年,在美国化学文摘(Chemical Abstracts, CA)上正式登录的化合物数目已达到了 600 万种,这个数目到 1990 年就超过了 1 000 万种,当人类跨进 21 世纪时,已知的化合物已增加到 2 000 万种以上!全球人工合成的化学物质,1950 年产量约为 700 万吨,到 1970 年已达 6 000 多万吨,到 1985 年更是增加到约 2.5 亿吨。值得注意的是合成有机化学品,如人造纤维、塑料、染料、化肥、农药和多氯联苯等,其产量早在 20 世纪 80 年代初已超过了 1 亿吨。这些人工合成的化学物质,在过去

表 1-1 中国环境状况

排放污染物名称	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
废气排放总量/亿标立方米	113 630	123 380					138 145			188 903	
其中：工业废气排放总量/亿标立方米	97 463	107 478									
二氧化硫排放总量/万吨	1 825	1 891		2 346	2 090	1 857.5	1 995.1	1 947.8	1 926.6	2 158.7	2 254.9
其中：工业二氧化硫排放量/万吨	1 341	1 405	1 397	1 852	1 593	1 460.1	1 612.5	1 566.6	1 562.0	1 791.4	1 891.4
其中：生活二氧化硫排放量/万吨	484	486		494	497	397.4	382.6	381.2	364.6	367.3	363.5
烟尘排放总量/万吨				1 873	1 452	1 159.0	1 165.4	1 069.8	1 012.7	1 048.7	1 095.0
其中：工业烟尘排放量/万吨	807	838	758	1 565	1 175	953.4	953.3	851.9	804.2	846.2	886.5
其中：生活烟尘排放量/万吨				308	277	205.6	212.1	217.9	208.5	202.5	208.5
工业粉尘排放量/万吨	583	639	562	1 505	1 322	1 175.3	1 092.0	990.6	941.0	1 021.0	904.8
废水排放总量/亿吨	365	373	205.9	415.8	395.3	401.1	415.2	433.0	439.5	460.0	482.4
其中：工业废水/亿吨	216	222		226.7	200.5	197.3	194.3	202.7	207.2	212.4	221.1
其中：生活污水/亿吨	149	151		189.1	194.8	203.8	220.9	230.3	232.3	247.6	261.3
化学需氧量排放量/万吨	770	768.38		1 757	1 499	1 388.9	1 445.0	1 404.8	1 366.9	1 333.6	1 339.2
其中：工业化学需氧量排放量/万吨	1 832	71.227		1 073	806	691.7	704.5	607.5	584.0	511.9	509.7
其中：生活污水中化学需氧量排放量/万吨	1 084			684	693	697.2	740.5	797.3	782.9	821.7	829.5
工业固体废物产生量/万吨	61 704	64 474	65 898	105 849	80 000.0	78 441.9	81 608	88 746	94 509	100 428	120 030.0
工业固体废物综合利用量/万吨	26 693	28 511	28 365	42 777	33 387	35 755.9	34 751	47 290	50 061	56 040	67 795.9
工业固体废物储存量/万吨	24 828	24 779	26 364	29 912	27 546	26 294.8	28 921	30 183	30 040	27 667	26 011.9
工业固体废物处置量/万吨	17 642	14 204	11 491	19 461	10 527	10 764.3	9 152	14 491	16 618	17 751	26 634.8
工业固体废物排放量/万吨	1 932	2 242	1 690	18 412	7 000.0	3 880.5	3 186	2 894	2 635	1 941	1 762.0
工业固体废物累计储存量/万吨			649 000	658 309		637 624.1					
工业固体废物占地面积/万平方米	55 697	55 440	51 680	51 147		62 808.3					

全国环境统计公报(1994~2004)

的约 100 年间,其在全球的浓度已从稍大于零增加到约 1 ppb^①,如以目前工业产量年递增 2%~3% 速度发展的话,那么不出 100 年,其在全球的浓度将会达到 ppm 级^②!大量的化学物质通过各种途径进入环境,在环境中相互反应,通过自然或生物、化学降解,又会形成许多新的化学品。它们存在于复杂的自然环境中,含量不一,变化多端,必然会对环境带来巨大的不可预见的影响,给地球生物(包括人类)带来各种即时的或潜在的危害。

1. 环境优先控制污染物(environmental priority pollutant)

环境中有毒化学物质数量众多,在环境管理中,不可能对全部污染物进行控制,只能根据社会经济条件和技术条件,有重点地控制最具代表性的、具有较大排放量的、对人体健康和生态平衡危害大的、或潜在危险性大的有毒污染物。世界各国发展情况不同,污染状况也不同,优先控制的污染物也有所不同。

美国职业卫生研究所 1973 年登记的有毒化学物质已达 25 043 种,主要化学毒物可分为:重金属如 Hg、Pb、As、Cd、Cr 等,有机物如有机氯农药、多环芳烃、多氯联苯、氯代苯、亚硝胺类、有机汞、有机锡等。

欧洲共同体(今欧盟)在 1975 年根据物质的毒性、持久性和生物积累性列出了有害有毒物质的“黑名单”,“黑名单”中不包括那些生物学上无害的物质和易转化为生物学上无害物的物质。

表 1-2 欧洲共同体(今欧盟)公布的有毒物质“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

王连生,《环境健康化学》,科学出版社,1994

联邦德国在 1980 年公布了 120 种水中有害物质名单,其中毒性最强的有 16 种,它们是:丙酮氰醇、丙烯腈、砷酸氢二钠、苯、四乙基铅、镉化合物、氰化物、DDT、3-氯环氧丙烷-1,2、乙酰亚胺、水合肼、林丹、硫醇、乙基对硫磷、汞化合物、银化合物。

杨友明等研究者对约 1 万种化学品经过筛选,确定了 52 种有毒化学品为我国优先控制的名单。这些有毒化学品均具有较强毒性,具有致癌(carcinogenicity)、致畸(teratogenesis)和致突变性(mutagenicity),其中国际限用或禁用的化学品达 24 种(见表 1-3)。

筛选有毒物质的原则是在环境中具有一定的残留水平,稳定,不易分解;易在生物体中富集和在人体中积累;具有较大的毒性,容易致癌、致畸、致突变,因此能造成普遍的、长期的和严重的中毒事件,对生态环境和人体健康会造成严重的威胁。

① ppb——十亿分之一。非国际单位制,因历史原因,本书大量原始检测数据均涉及,故仍沿用。下同,不另注。

② ppm——百万分之一。非国际单位制,因历史原因,本书大量原始检测数据均涉及,故仍沿用。下同,不另注。