

“十二五”国家重点图书出版规划项目

环境化学

Environmental Chemistry

李立欣 刘德钊 主编

李 明 魏少红 任广萌 王 冬 副主编

天津理工大学出版社

市政与环境工程系列丛书

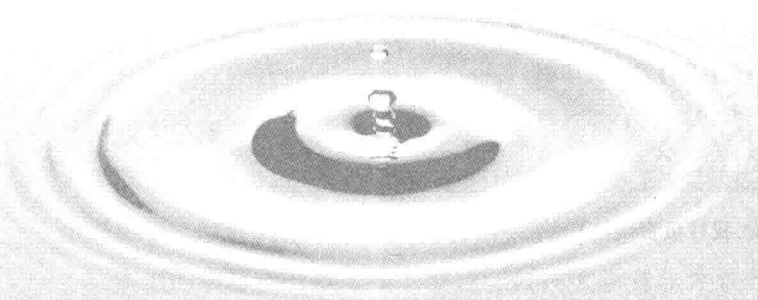
“十二五”国家重点图书出版规划项目

环境化学

Environmental Chemistry

李立欣 刘德钊 主编

李 明 魏少红 任广萌 王 冬 副主编



内容简介

全书共 8 章,主要包括大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学、生物体内污染物质的运动过程及毒性、污染控制与受污染环境的修复和绿色化学的基本原理与应用等。以阐述化学物质在大气、水、土壤、生物各环境介质中迁移转化过程及其效应为主线,论述这些过程的机制和规律,并反映环境化学及环境工程领域最新研究成果和进展。适当列举了一些环境化学领域的新技术及新方法的研究进展,如“高级氧化技术”“微生物修复技术”“绿色化学”等,并对当今人们比较关注的环境化学问题进行了简要介绍,如“室内环境的污染”“沙尘暴的成因及防治”“水土流失”和“环境内分泌干扰物”等。本书的内容注重基础理论和应用实例相结合,与我们面临的全球性、区域性及局部地区的实际环境问题相结合。

本书可供高等学校环境科学、环境工程、化学等相关专业的本科生和研究生以及环境领域的研究人员选用和参考。

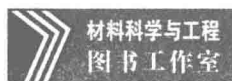
图书在版编目(CIP)数据

环境化学/李立欣,刘德钊主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2017.8

ISBN 978-7-5603-6584-8

I. ①环… II. ①李… ②刘… III. ①环境化学-教材
IV. ①X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 088378 号



责任编辑 何波玲

封面设计 高永利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 21 字数 485 千字

版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-6584-8

定 价 38.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

环境化学是在化学学科基本理论和方法学原理的基础上发展起来的,以有毒有害化学物质所引起的环境问题为研究对象,以解决环境问题为目标的一门新兴交叉学科。它是研究有害化学物质在环境介质中的存在、化学特性、行为和效应及其控制的化学原理和方法的科学。它既是化学科学的一个新的重要分支,也是环境科学的核心组成部分,在环境科学领域中占有十分重要的地位。随着当前环境问题的日益突出,环境化学无论是在控制或防治环境污染、生态恶化,还是在改善环境质量、保护人体健康、促进国民经济可持续发展方面都发挥着越来越重要的作用。

环境化学是高等院校环境科学与工程专业的一个重要专业基础课,也是一门发展迅速的基础理论课程。为适应当前工科专业培养人才的教育目标,本书力求理论联系实际,注重提高学生分析和解决环境问题的能力。本书以阐述化学物质在大气、水、土壤、生物各环境介质中迁移转化过程及其效应为主线,论述这些过程的机制和规律,并注重反映环境化学及环境工程领域最新研究成果和进展。书中适当列举了一些环境化学领域的新技术及新方法的研究进展,如“高级氧化技术”“微生物修复技术”“绿色化学”“新型脱氮除磷技术”等,并对当今人们比较关注的环境化学问题进行了简要介绍,如“室内环境的污染”“水土流失”等。本书的内容注重基础理论和应用实例相结合,与我们面临的全球性、区域性及局部地区的实际环境问题相结合。本书可供高等学校环境科学、环境工程、化学相关专业的本科生和研究生以及环境领域的研究人员选用和参考。

本书编写分工如下:第1章1.1节和第8章由安阳师范学院魏少红编写,第1章1.2节至第2章2.1节和第6章6.3节由浙江大学刘德钊编写,第2章2.2、2.3节、第3章3.3节至第4章4.1节和第5章至第6章6.1节由黑龙江科技大学李立欣编写,第2章2.4、2.5节和第4章4.2、4.3节由黑龙江东方学院李明编写,第3章3.1、3.2节由黑龙江科技大学任广萌编写,第6章6.2节、第7章和中英文关键词对照表及参考文献由黑龙江科技大学王冬编写。黑龙江东方学院单德臣参与了部分编写及校对工作,黑龙江科技大学邱龙、关君男、李笑甜、蔡王燕四位同学参与了文字整理及校对工作,在此表示感谢。全书由李立欣和刘德钊统稿。

本书的编写和出版得到了黑龙江科技大学青年才俊培养计划(No. Q20120201)、黑

龙江省教育科学“十二五”规划课题(No. GJD1215038)、国家第十二批“青年千人”计划和浙江大学百人计划引进人才的资助,在此深表谢忱!

本书编写过程中,编者参考、借鉴了其他《环境化学》教材以及相关著作和文献,在此,向各位作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促,作者水平有限,书中不妥及疏漏之处在所难免,敬请学者提出宝贵意见,以使本书得以完善。

作者

2017年3月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 环境和环境问题	1
1.2 环境化学的定义、内容和研究方法	5
1.3 环境污染与环境污染物	7
第2章 大气环境化学	12
2.1 大气的组成及其主要污染物	12
2.2 大气中污染物的迁移	33
2.3 大气中污染物的转化	37
2.4 全球大气环境问题	60
2.5 大气中的颗粒物	77
第3章 水环境化学	87
3.1 天然水的特征及水中污染物	87
3.2 无机污染物的迁移转化	105
3.3 有机污染物的迁移转化	121
第4章 土壤环境化学	135
4.1 土壤的组成与性质	135
4.2 土壤污染物及其迁移转化	147
4.3 土壤污染防治及其修复	162
第5章 生物体内污染物质的运动过程及毒性	166
5.1 生物机体的组成及环境中的微生物	166
5.2 生物转运	173
5.3 生物富集、放大与积累	179
5.4 生物转化	181
5.5 污染物质的毒性	201

第 6 章 污染控制与受污染环境的修复	206
6.1 物理化学技术	206
6.2 水处理中化学氧化技术原理及应用	220
6.3 环境污染修复技术	241
第 7 章 绿色化学的基本原理与应用	257
7.1 绿色化学概况	257
7.2 绿色化学的研究及应用	260
第 8 章 环境化学其他专题	269
8.1 室内环境的污染	269
8.2 恶臭的污染	276
8.3 沙尘暴的成因及防治	283
8.4 水土流失	288
8.5 新型脱氮除磷技术	290
8.6 环境内分泌干扰物	305
8.7 垃圾焚烧与二噁英	308
中英文关键词对照表	317
参考文献	328

第 1 章 绪 论

工业革命使得生产力得以迅速发展,机械化生产在创造大量财富的同时,在生产过程中排出废弃物,从而造成环境污染。特别是对自然资源的不合理开发利用,造成了全球性的环境污染和生态破坏。目前,存在的主要环境问题有:温室效应、臭氧层破坏、气候变化、水资源的短缺和污染、有毒化学品和固体废弃物的危害、酸雨、土地沙漠化以及生物品种的减少等,这已对人类的生存和发展构成了威胁。

从七八百年前因人类开始用煤产生的空气污染,发展到 21 世纪各方面的全球环境问题,无不与化学科学密切相关。所以,如何阐明这些危害人类的环境问题的化学机制,并为解决这些问题提供科学依据,已成为化学科学工作者的一个重要职责。环境科学与化学交叉形成的环境化学学科在这方面负有特殊的使命。

1.1 环境环境问题

1.1.1 地球环境

对某一生物体而言,环境原是与遗传相对的名称,指的是那些影响该主体生存、发展和演化的外来原因和后天因素。因此,我们将围绕着某一生命主体的外部世界称为环境。例如相对于人这一主体而言的外部世界,就是人类的生存环境。广而言之,人类生存环境指的是围绕着人群的充满各种生命和无生命物质的空间,是人类赖以生存并直接或间接影响人类生产以外的自然世界中的一切事物。目前环境科学所研究的环境范围局限于包括自然环境在内的地球环境系统。地球环境是人类活动的最基本范围,人和环境的交互作用也主要发生在这一范围内。

作为太阳系中九大行星之一的地球是目前唯一已知的可适合人类和各种生物生息繁衍的星球,其半径平均约为 6 371 km,质量约为 5.977×10^{24} kg,其中所构成物质皆由 92 种化学元素组成。地球环境在地球所占的空间范围包括地球大气圈(主要是对流层和平流层下部)、水圈、岩石圈(也可包含土壤圈)及生物圈中的元素组成,地球各圈层的质量见表 1.1。

作为环境化学主要研究对象的化学物质几乎遍布整个地球环境,所以也可以将地球环境全体看成是一个“化学圈”,各种化学物质将在其中进行着不间断的物质循环。

表 1.1 地球各圈层的质量

圈 名	估计质量/ 10^{20} kg	圈 名	估计质量/ 10^{20} kg
(1)大气圈		(3)岩石圈	
对流层的质量(至 11 km 处)	40	沉积圈	3 000
总质量	52	沉积岩	29 000
(2)水圈		变成岩	76 200
河、湖泊	2	火成岩	189 300
地下水	81	(4)土壤圈	16
两极冰帽、冰山、冰河	278	(5)生物圈	0.018(干物质)
海洋	13 480		

1.1.2 环境要素和太阳辐射

环境要素包括水、大气、岩石、土壤、生物、地磁、太阳辐射等,这些要素是组成环境的结构单元,即由此组成环境系统或环境整体。在这些要素间存在互相影响和互相作用的基本关系,而地球环境也正是通过这些要素来显示出它对环境主体的各种功能,显示出它对进入环境的各种污染物的影响,以推动它们发生迁移和转化。

太阳是太阳系的中心天体,其半径为 70 万 km,平均密度为 1.4 g/cm^3 。太阳是一个炽热的气球体,中心温度约为 $1.5 \times 10^7\text{ K}$,表面温度约为 6 000 K,距地球约 1.496 亿 km,是地球上光和热的主要来源。太阳上最丰富的元素是氢和氦,它们分别占 78.4%(质量分数)和 19.8%(质量分数),此外还含有碳、氮、氧和各种金属元素。太阳中通过核聚变反应后产生光辐射能($h\nu$),氦核的质量约比 4 个氢核的质量之和少 0.7%,这一质量亏损即转化为辐射能(太阳光能)。在太阳中每秒钟约 5.96 亿 t 氢通过以上反应转化为氦,由此产生的累计辐射度为 $7.22 \times 10^7\text{ W/m}^2$,而地球的外层大气在日平均距离处每单位时间(秒)、每单位面积内从垂直方向接收到的太阳能平均值为 $1\,360\text{ W/m}^2$ (此值称为太阳能常数)。太阳能发射光谱中约 99% 能量包含在 $0.15 \sim 4\text{ }\mu\text{m}$ 的波长范围内。从地球看太阳犹如盘子般大,而从太阳看地球则像从运动场上百米跑道一端看另一端地面上的一枚硬币那么大,能到达地球的太阳能仅是太阳总能量的 25 亿分之一,但这仍相当于太阳每年向地球提供 $90 \times 10^{12}\text{ t}$ 优质煤。按热力学第二定律,若无外界能量输入,则作为封闭体系的地球上的一切事物将随时间的推延而变成无序性,地球上的一切将变得毫无生机。

到达地面的太阳能总量的约 19% 被大气层中臭氧、水汽、二氧化碳所吸收;约 34% 被地面反射折回空间而被云层吸收;仅有约 47% 辐射能到达地球表面后被地表吸收,而其中约半数又消耗在地球表面水蒸发;用于发生光合作用的太阳辐射能仅约占总能量的 0.1%。用于蒸发水分的太阳能又以动能和势能的形式重现。地表水经蒸发化为雨雪,再流入河海是太阳能转化为动能的表现。由于纬度不同的地面受太阳光直射或斜射的

情况不同,致使各地区吸收辐射的程度有所差异。这种地区间的不平衡又可通过风流和水流来抵消,以使太阳能的吸收在全球范围内达到平衡,从而使地球平均温度大致恒定。

1.1.3 环境问题

环境问题是指由于环境受到破坏所引起的后果,或是引起环境破坏的原因。大多数环境问题是因果兼而有之的问题。例如温室效应既是由环境破坏产生的后果,而其本身又是引起环境进一步破坏的原因。

20 世纪 30 ~ 70 年代发生的最著名的世界八大公害中,有五个公害是由于污染气体和浮尘引起的,另外三个公害是由于污染而引起食物中毒的事件。世界上发生过的八大公害事件为:

(1)比利时马斯(Meuse)河谷烟雾事件:发生在 1932 年 12 月,重工业排放的 SO_2 使数千人中毒,60 余人死亡。

(2)美国洛杉矶光化学烟雾事件:发生在 1943 年 5 ~ 10 月,造成 400 余人死亡。

(3)多诺拉烟雾事件:1948 年 10 月 26 ~ 31 日,美国宾夕法尼亚州多诺拉镇冶炼厂排放的 SO_2 和烟尘,使 5 911 人发病,17 人丧生。

(4)伦敦烟雾事件:发生在 1952 年 12 月 5 ~ 8 日,四天内中毒死亡 4 000 多人。

(5)四日市哮喘事件:1955 年以来日本四日市石油提炼和工业燃油产生的废气严重污染城市大气,哮喘病患者达 817 人,死亡 36 人。

(6)痛痛病事件:1955 ~ 1972 年日本富山县内的锌、铅冶炼厂等排放的含镉废水污染神通川水体,两岸居民利用河水灌溉农田,使稻米含镉,居民食用含镉米和饮用含镉水而中毒,患者超过 280 人,死亡数十人。

(7)水俣事件:1953 ~ 1956 年,日本熊本县水俣市,居民食用含有甲基汞的鱼,导致水俣湾和新县阿贺野川下游有机汞中毒者 283 人,其中 60 人死亡。

(8)米糠油事件:1968 年 3 月,日本北九州市,爱知县一带生产米糠油时,混入多氯联苯,造成 13 000 人中毒,死亡 16 人。

20 世纪 70 年代以来,所发生的许多公害的严重程度已远超过了八大公害事件。在印度,波帕尔农药厂化学品泄漏造成约 3 000 人死亡;在墨西哥城,液化气罐爆炸使千人遇难等。近年来,全世界平均每年约发生 200 起比较严重的公害事件。世界瞩目的有下面八起:

(1)意大利塞维索化学污染事故。1976 年 7 月 10 日意大利北部塞维索地区的一家农药厂爆炸,导致剧毒化学品二噁英的污染,使许多人中毒,附近居民被迫迁走,几年内当地畸形儿的出生率大为增加。

(2)美国三里岛核电站泄漏事故。这次事故发生在 1979 年 3 月 28 日,直接经济损失达 10 多亿美元。

(3)墨西哥的液化气爆炸事故。1984 年 11 月 19 日,墨西哥国家石油公司所属的液化气供应中心发生爆炸,死亡 1 000 多人,伤 400 多人,3 万多人无家可归。

(4)印度博帕尔农药泄漏事故。1984 年 12 月 3 日,美国联合碳化物公司设在博帕尔市的农药厂剧毒化学品异氰酸甲酯罐爆裂外泄,受害人数 20 万,死亡 2 000 人以上。

(5)原苏联切尔诺贝利核电站泄漏事故。1986年4月26日,位于基辅地区的切尔诺贝利核电站四号反应堆爆炸,造成重大放射性污染,周围十多万居民被疏散,伤数百人,死亡31人。

(6)莱茵河污染事故。1986年11月1日,瑞士巴塞赞德兹化学公司的仓库起火,使大量有毒化学品随灭火用水流进莱茵河,造成西欧10年来最大的污染事故。

(7)海湾战争造成的环境污染。1990年底爆发的海湾战争历时42天,期间油田大火昼夜燃烧,是迄今历史上最大的石油火灾及海洋石油污染事故,也是人类历史上最严重的一次环境污染,其污染程度超过切尔诺贝利核电站发生的核泄漏事故。这次战争所造成的环境污染是灾难性的,已给世界带来了影响。

(8)北约轰炸南联盟造成环境污染。1999年,北约军事集团连续78天轰炸南联盟国土,弹头中所含23t贫铀产生严重的放射性污染。

更为严重的是,现在不是局部的污染,而是生态环境的恶化。空气污染,全球有11亿人口生活在空气污染的城市中,世界卫生组织于1998年公布的世界十大空气严重污染城市中,我国有七个,太原和北京分别名列第一和第三;臭氧层破坏,按1998年9月记录的南极上空臭氧空洞的面积已达到2720万 km^2 ,近南极大陆面积的一倍;酸雨来袭,世界各国皆不同程度地受其之害,当前我国酸雨覆盖率以国土面积计已近30%,并有近半数以上城市受酸雨之害;水之源污染,世界范围已经确定存在于饮水中的有机物达11000余种,每年至少有1500万人死于水污染引起的疾病;土地荒漠化,2.5亿人直接受害;绿色屏障锐减,世界深林每年约减少2000 hm^2 ;垃圾大量积留,全球年积留量达100亿t以上;人口激增,世界人口数由1960年的30亿(历经数百万年的累计数)增至2016年的近73亿,有10亿人口处于贫困生活线以下;温室效应,自1993年以来,北极冰盖体积逐年缩减,1998年成为有气象记录以来最炎热的一年。由以上列举的各种环境问题显示全球范围的环境污染问题已经达到了危险程度,资源枯竭和生态破坏也都达到了十分严重的程度。

我国的环境污染也相当严重。污染物排放量大而广,环境污染重。我国化学需氧量、二氧化硫等主要污染物排放量仍然处于2000万t左右的高位,环境承载能力超过或接近上限。78.4%的城市空气质量未达标,公众反映强烈的重度及以上污染天数比例占3.2%,部分地区冬季空气重污染频发高发。饮用水水源安全保障水平亟须提升,排污布局与水环境承载能力不匹配,城市建成区黑臭水体大量存在,湖库富营养化问题依然突出,部分流域水体污染依然较重。全国土壤点位超标率16.1%,耕地土壤点位超标率19.4%,工矿废弃地土壤污染问题突出。城乡环境公共服务差距大,治理和改善任务艰巨。

山水林田湖缺乏统筹保护,生态损害大。中度以上生态脆弱区域占全国陆地国土面积的55%,荒漠化和石漠化土地占国土面积的近20%。森林系统低质化、森林结构纯林化、生态功能低效化、自然景观人工化趋势加剧,每年违法违规侵占林地约200万亩,全国森林单位面积蓄积量只有全球平均水平的78%。全国草原生态总体恶化局面尚未根本扭转,中度和重度退化草原面积仍占1/3以上,已恢复的草原生态系统较为脆弱。全国湿地面积近年来每年减少约510万亩,900多种脊椎动物、3700多种高等植物生存受

到威胁。资源过度开发利用导致生态破坏问题突出,生态空间不断被蚕食侵占,一些地区生态资源破坏严重,系统保护难度加大。我国是化学品生产和消费大国,有毒有害污染物种类不断增加,区域性、结构性、布局性环境风险日益凸显。环境风险企业数量庞大、危险化学品安全事故导致的环境污染事件频发。突发环境事件呈现原因复杂、污染物多样、影响地域敏感、影响范围扩大的趋势。

1.1.4 环境问题的认识过程

20 世纪 60 年代,人们把环境问题只当成一个污染问题,没有把环境问题与自然生态、社会因素联系起来,低估了环境污染的危害性和复杂性,未能追根寻源。

1972 年,联合国在瑞典斯德哥尔摩召开了人类环境会议,第一次把环境问题与社会因素联系起来。这次会议是人们对环境问题的一个里程碑。但它没有从战略高度上指出防治环境问题的根本途径,没有明确环境问题的责任,没有强调需要全球的共同行动。

20 世纪 80 年代,人们对环境的认识有了新的突破性发展,提出了可持续发展的战略,指明了解决环境问题的根本途径。

1992 年,联合国在巴西里约热内卢召开了联合国环境与发展大会,有 183 个国家代表团和 70 个国际组织的代表出席,并有 102 位国家元首或政府首脑到场,大会高举可持续发展的旗帜,通过了《里约环境与发展宣言》《21 世纪议程》等重要文件。这是 20 世纪人类社会的又一重大转折点,树立了人类环境与发展关系史上新的里程碑。

1.2 环境化学的定义、内容和研究方法

环境化学能独树一帜,成为环境科学领域中一门重要分支学科大约始于 20 世纪 70 年代初。在此之前,大气化学、土壤化学、海洋化学、生物化学等早已有了长足的发展,它们也都是以环境中的化学现象为其主要研究内容。这些学科似乎都可归纳为环境化学范畴之内,但实际上这些学科的研究对象主要在于资源利用而不在于环境。而环境化学则主要着重于研究在资源利用过程中产生危及环境质量的诸多化学污染物的化学行为。由此看来,两方面所涉及的学科范围是不同的,但在它们之间无疑有着密切的联系。

有关环境化学的研究工作大多由非化学专业人员承担,他们是对生物学、生态学、湖泊学等进行研究的专业人员。生物学家首先发现和研究了施用农药后产生的种种不良生态效果;卫生工程技术人员发现和研究了污水处理工厂曝气池壁覆盖的厚层泡沫;也正是湖泊研究专家最早发现正常湖水突然萌生大量蓝绿藻并发生恶臭的现象,如此等等。由此看来,环境化学和环境生态、工程技术等方面也有密切的联系。

目前,对环境化学下一确切定义并明确划定其研究范围还是很困难的。一般可将其定义为是一门研究有害化学物质在环境介质中的存在、化学特性、行为和效应及其控制的化学原理和方法的科学。从实用观点来看,环境化学主要任务是研究环境质量、变化规律和改善环境质量的技术等方面的有关化学问题。由此,我们可将环境化学的研究内

容归纳为三个方面:环境分析化学、各圈层的环境污染化学和污染控制化学。在其研究领域中有时还涉及化学污染物对生物体产生毒性的化学原理。以上几个方面内容是相互联系而又互相沟通的。简而言之,环境化学是研究化学物质,特别是危及环境质量的化学污染物在环境中所发生各种化学反应的科学。环境化学是一门综合性很强的学科,它与众多的其他学科相邻、相关、相沟通。实际上,环境系统是一个有机整体,不是哪一门学科能够包容环境全体和单独地解决问题的,包括环境化学在内的有关环境的研究课题都需要各门基础自然学科的合作和密切配合才能完成。

另一方面,为了便于研究,通常将宏大的地球环境整体分为大气、水、土壤、生物四个圈层来研究它们各自的环境性质,同时又将这四个圈层的问题分解为若干个环境化学专题,逐一地进行研究。如大气环境化学专题有温室效应、臭氧层破坏、酸雨、光化学烟雾、居室空气污染等;水环境化学专题有水体富营养化、好氧有机物生物降解、污染物形态分析、无机污染物的迁移转化等;土壤环境化学专题有农药和重金属对生态系统的破坏等;生物圈的环境化学专题有污染物的生物迁移、转化和生物毒理等。

环境化学与许多理论性和实用性的化学学科及环境学科的其他分支科学有密切的联系。大多数环境化学的研究工作还是袭用那些老学科的研究方法,但应指出,环境化学还有如下与其研究对象特性相关联的独特的研究方法。环境化学的研究方法一般可以概括为以下四类:

(1)现场实测。在所研究区域直接布点采样、采集数据,了解污染物时空分布,同步检测污染物变化规律,有地面监测、航测数据支持等。

(2)实验室研究。包括环境物质分析、基础研究、环境物质基础物理化学性质测定等。

(3)实验室模拟系统研究。由于体系组成的复杂性,所发生的多种过程交互重叠,所以在研究问题时经常要用简化手段,以单体系、单组分、单过程作为研究问题的起点,尽可能地把影响环境质量的主要因素和次要因素分开,以便找出最本质的东西。在此基础上,进一步考虑环境整体性和相关性,使所得最后结果能与实际情况一致。实验室模拟系统研究是指试图把自然环境的某个局部置于可以控制、调节和模拟的系统内,对化学物质在诸多因子影响下的环境行为进行研究。在大气环境化学研究中,实验室模拟系统通常是“烟雾箱”。在水、土壤环境化学研究中,实验室模拟系统通常是微生态系统,也称微宇宙系统。

(4)计算机模拟计算研究。环境体系是宏大、多元的,对化学物质造成环境污染的现象做综合的宏观研究,还需借助于物理和数学的手段。一般是在掌握了体系的有关结构、功能和性能数据之后运用物理图像作为模型,运用数学关系式作为模式,在计算机上将化学污染物在环境中的种种宏观行为分别做出定性和定量的表述。在此基础上,再以模拟实验(实验室模拟、现场模拟、计算机模拟)来验证之前所提出的模型和模式。

综上所述,环境化学研究方法需运用多方法结合的手段,即多种学科结合、宏观和微观结合、动静结合、简繁结合、“软硬”结合等。

1.3 环境污染与环境污染物

1.3.1 环境污染

最初,人们将环境问题和环境污染联系起来。确实,从本质上来看,大多数环境问题是
由环境污染,特别是化学物质的污染引起的。目前,从人们的认识水平来看,环境污
染,是指由于人为因素使环境的构成或状态发生变化,环境素质下降,从而扰乱和破坏
了生态系统和人们的正常生活和生产条件。环境污染的概念可以简要表述如下:

(自然因素或人为因素的冲击破坏) - (包括自净能力在内的自然界动态平衡恢复能力) = (环境污染造成的危害)

关于由物质(污染物)因素引起环境污染的概念如图 1.1 所示。

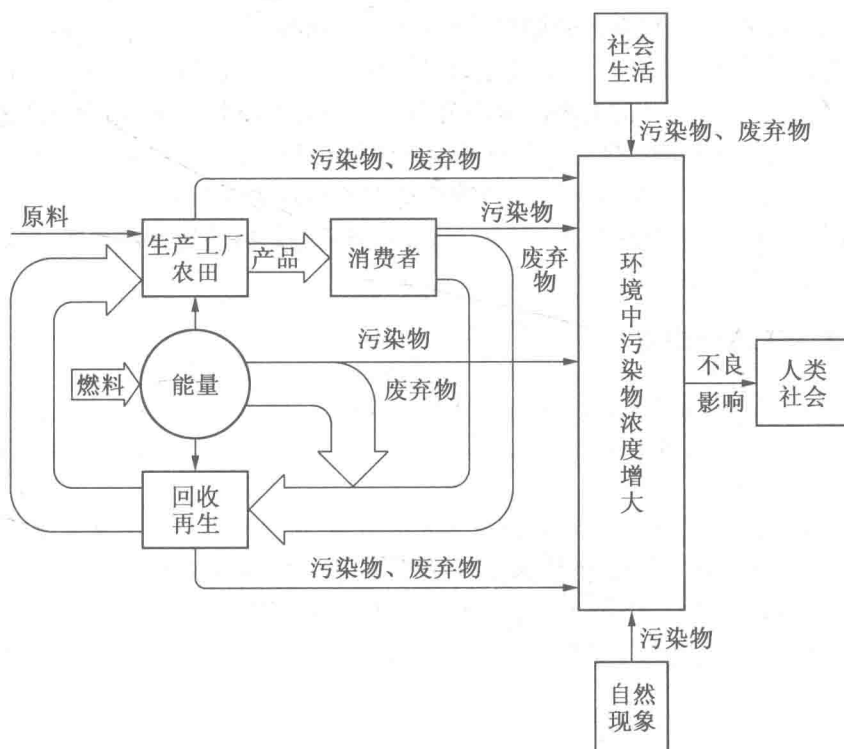


图 1.1 环境污染概念图

这里所说的自然原因是指火山爆发、森林火灾、地震、有机物的腐烂等。以火山爆发
为例,火山喷发出的气体中含有大量硫化氢、二氧化硫、三氧化硫、硫酸盐等,严重污染了
当地的区域环境;从一次大规模火山喷发中喷出的气溶胶(火山灰)其影响有可能波及全

球。首先,大量火山灰将遮蔽日光,使太阳光(能)反射,转回到宇宙空间,从而影响了那些需要阳光的地球生物类生长。另一方面,火山灰在地球表层形成一层薄膜,使地面上各处洒满了火山灰,影响了土壤生态系统。另外空气中的火山灰易成为水滴的凝结核心,使雨云易于集结,造成某些地区降雨量“前所未有”地增多;由于地球表层进行循环的水量是大体恒定的,局部地区持久降雨,则必然造成一些地区发生严重的干旱;有的地方大雨,有的地方大旱,这扰乱了地球表层热能分布平衡状态,造成局部地区产生热流,另一些地区则产生寒潮。以上这些现象综合来看,会严重影响人们正常生活,破坏农业生产,导致农产品减产。许多环境污染问题如同上述火山爆发情况一样,对于环境的质量能引起“牵一发而动全身”的作用。

环境污染概念中所说的人为原因主要是人类的生产活动,包括矿石开采和冶炼、化石燃料燃烧、人工合成新物质(如农药化学药品)等。有关这方面的问题,将在后面的有关章节中阐述。

近年,随着人类社会进步、生产发展和人们生活水平的不断提高,同时也造成了严重的环境污染现象,如大气污染、水体污染、土壤污染、生物污染、噪声污染、农药污染和核污染等。特别在20世纪的五六十年代,污染已成为世界范围的严重社会公害,许多人因患公害病而受难或死亡,许多人的健康受到环境污染的损害,环境污染已对人们生活 and 经济发展造成了严重危害。在对环境污染问题有了较深刻认识并经过反省后的人们逐渐认识到,作为自然一部分的人不应该作为与自然对立的事物存在,而应该改变以自体为中心来审视客观事物的习惯。人与自然应该和谐相处,即做到“天人合一”。而要达到这种“合一”,人类一方面必须对自身的能动力和创造力有所抑制,在“自行其是”和“自我约束”之间行一条中庸之道。另一方面,人类又必须勇敢地面对现实,积极寻求解决环境污染问题的出路。

1.3.2 环境污染物

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变化的物质称为环境污染物。大部分环境污染物是由人类的生产和生活活动产生的。环境污染物是环境化学研究的对象。

环境污染物按环境要素分类,包含有大气污染物、水体污染物和土壤污染物;按污染物的形态分类,有气体污染物、液体污染物和固体污染物;按污染物的性质分类,有化学污染物、物理污染物和生物污染物;按人类社会不同功能产生分类,有工业污染物、农业污染物、交通运输污染物和生活污染物;按化学污染物分类,可分为元素、无机物、有机化合物和烃类等。

1.3.3 化学污染物

1. 化学污染物

由于环境发生污染,当然会影响到环境的质量。自然环境的质量包括化学的、物理的和生物学的三个方面。这三个方面质量相应地受到三种环境污染因素的影响,即化学污染物、物理污染因素和生物污染体。物理污染因素主要是一些能量性因素,如放射性、

噪声、振动、热能、电磁波等。生物污染体包括细菌、病毒、水体中有毒的或反常生长的藻类。至于化学污染物,其种类繁多,它们是环境化学研究的主要对象物。

水体中的主要化学污染物质有如下几类:

(1)有害金属,如 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Zn 等。

(2)有害阴离子,如 CN^- 、 F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 S^{2-} 、 SO_4^{2-} 等。

(3)过量营养物质,如 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 等。

(4)有机物,如酚、醛、农药、表面活性剂、多氯联苯、脂肪酸、有机卤化物等。1978 年美国环境保护局(EPA)曾提出水体中 129 种应予优先考虑的污染物,其中有机污染物占 114 种。

(5)放射性物质,如 ^3H 、 ^{32}P 、 ^{90}Sr 、 ^{131}I 、 ^{144}Ce 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 等核素。

大气中的主要化学污染物来自于化石燃料的燃烧。燃烧的直接产物 CO_2 和 H_2O 是无害的。污染物产生于这样一些过程:

(1)燃料中含硫,燃烧后产生污染气体 SO_2 。

(2)燃烧过程中,空气中 N_2 和 O_2 通过链接式反应等复杂过程产生各种氮氧化物(以 NO_x 表示)。

(3)燃料粉末或石油细粒未及燃烧而散逸。

(4)燃烧不完全,产生 CO 等中间产物。

(5)燃料使用过程中加入化学添加剂,如汽油中加入铅有机物,作为内燃机气缸的抗震剂,经燃烧后,铅化合物进入大气,进而污染空气。

土壤中的主要化学污染物是农药、化肥、重金属等。

化学工业在最近数十年来有了长足的发展,为人类文明和社会经济繁荣做出了贡献。目前已知化学物质总数超过 2 000 万种,且这个数字还在不断增长,其中 6 万~7 万种是人们日常使用的,而约 7 000 种是工业上大量生产的。目前为止,在环境中已经发现近 10 万不同种类的化合物。其中有很多对于各种生物具有一定危害性,或是立即发生作用,或是通过长期作用而在植物、动物和人的生活中引起这样或那样不良影响。

2. 化学污染物的环境行为及其危害

化学污染物的环境行为十分复杂,但可归结为以下两个方面:

(1)进入环境的化学物质通过溶解、挥发、迁移、扩散、吸附、沉降及生物摄取等多种过程,分配散布在各环境圈层(水体、大气、生物)之中。与此同时,又与各种环境要素(主要是水、空气、光辐射、微生物和别的化学物质等)交互作用,并发生各种化学的、生物的变化过程。经历了这些过程的化学物质,就发生了形态和行为的变化。

(2)这些化学物质在环境中行迹所到之处,也留下了它们的印记,使环境质量发生一定程度的变化,同时引起非常错综复杂的环境生态效应。

化学污染物的危害指的是它们对人、生物或其他有价值物质所产生的现实的或潜在的危险,其主要方面可列举如下:

(1)可燃性,如低闪点液态烃类等。

(2)腐蚀性,如强酸、强碱等。

(3)氧化反应性,如硝酸盐、铬酸盐等。

- (4) 耗氧性,如水体中的有机物等。
- (5) 富营养化,如水体中含氮、磷的化合物。
- (6) 破坏生态平衡,如农药等。
- (7) 致癌、致畸、致突变型,如有机卤化物、多环芳烃等。
- (8) 毒性,如氰化物、砷化物等。

对人体健康来说,环境污染物所引起的直接而又至关重要的危害是它们的毒性。某些化学污染物对人体或生物有明显的急性毒害作用,如三氧化二砷、氰化钾等被称为毒物;还有一些化学污染物在一定条件下才显示毒性,被称为毒剂。这些条件包括剂量、形态、进入生物体的途径和个体抗毒能力等,如一般铁的化合物是无毒的,但作为多种维生素添加剂的 $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ 对小儿的死亡剂量为 $4 \sim 10 \text{ g}$ 。Cr 是人体的必需元素,但高价的 Cr 有很强的毒性;与此情况相反,高价的 As 毒性小于低价的 As;同样是三价砷,其氧化物 As_2O_3 (砒霜) 是剧毒的,其硫化物 As_2S_3 (古代术士炼丹的主要原料) 却是低毒的。以蒸汽形态进入人体呼吸道的汞是剧毒的,与此相反,进入人体消化道的液态汞可通过粪便很快地全部排出体外,因而是低毒或无毒的。

由人为原因引起化学有害物质污染环境而产生的突发事件通常称为公害。公害事件会在短时间内引起公众生活环境恶化,常表现为人群大量发病和死亡的案例。有的公害事件还具有事件延续性,其影响可及数十年之久。在 20 世纪 30 ~ 70 年代世界上曾发生过著名的八大公害事件,其中由硫氧化物或氮氧化物等空气污染物引发的有五起,由甲基汞、镉、多氯联苯引发的各有一起。可以看出肇事物都是化学污染物,而且具有显著的人为性、突发性和区域性。

思考题与习题

1. 什么是环境地球? 其所包含空间范围包含地球的哪些部分? 什么是环境要素? 化学物质释入环境后,与之相遇并发生作用的最主要的环境因素有哪些? 可能发生作用又有哪些?
2. 用文字简要描述到达地球表面的太阳辐射的状况。地球表面接收到的太阳能如何能在地表和生物圈内进一步流动?
3. 由自然因素或人为因素引发的环境问题各有哪些特点? 考虑到当前由人为因素引起的环境污染问题日益严重,是否应该在今后实施极端严厉的环境控制政策? 为什么?
4. 空气中乙烯体积分数达到 1×10^{-9} 时,对兰花的干萼有损害作用,但对大多数其他生物无害,也不触发人的嗅觉,当体积分数达到 0.1% 时,对水果有催熟作用;含 2.7% (体积分数) 乙烯的混合空气有爆炸性。此外,处于天然成熟过程的水果能释放乙烯;内燃机排放气中也含乙烯。综合以上情况,是否可以判断乙烯是一种空气污染物? 根据是什么?
5. 二氧化碳在人体中是一种正常的代谢产物。如果因控制失当使潜水艇座舱中