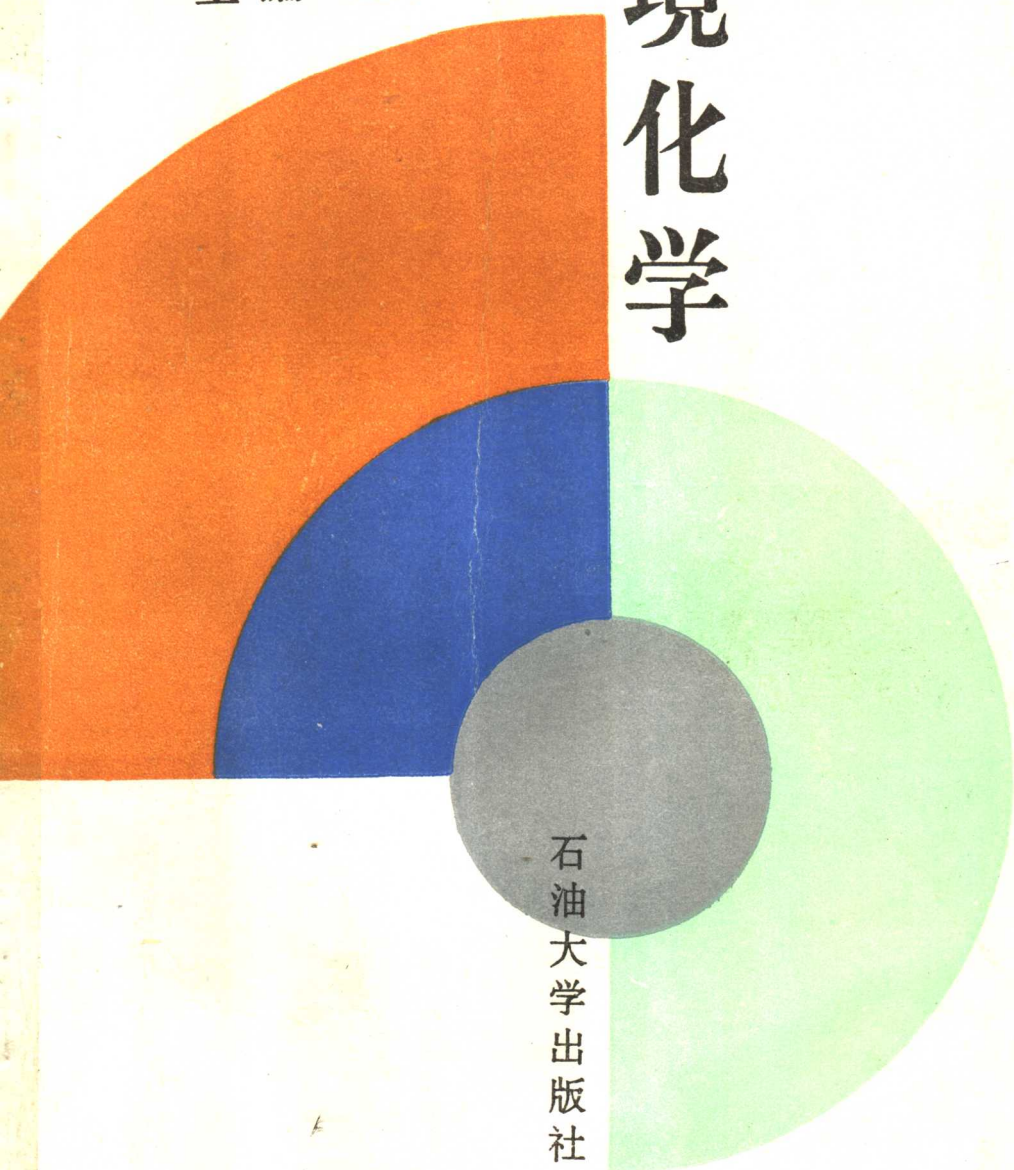


环境化学

主编 董升山



石油大学出版社

环 境 化 学

主 编 董升山
副主编 张岳启
辛衍维
刘绪良

石油大学出版社

鲁新登字 10 号

内 容 提 要

本书共分六章,分别讨论了环境化学的基本概念、基本知识及生态系统中的物质循环等;大气、水体、土壤的基本性质,污染源、污染质及其迁移、危害、防治、监测等;煤炭、石油、天然气等各类能源的性质、使用和对环境的污染,以及清洁能源的开发和利用;多环芳烃、亚硝胺、黄曲霉素,香烟烟雾等化学致癌物质的产生条件及去除。

本书可作高等师范专科学校化学专业的教材,也可作其他专科学校及中等专业学校相应专业的教材,也可作中学化学教师及生物教师的教学参考书。

环 境 化 学

主编 董升山

*

石油大学出版社出版

(山东省东营市)

新华书店发行

石油大学印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 11.5 印张 295 千字

1995 年 9 月第 1 版 1995 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—3200 册

ISBN 7-5636-0722-6/X·05

定价:12.00 元

序

我记得国家科委主任宋健曾一再告诫过:如果我们现在及 21 世纪初不大力防治环境污染,那么我们将犯如同 20 世纪 50 年代忽视人口计划生育那样的、永远无法弥补的错误。

随着现代生产活动的迅速发展与生活质量的不断提高,环境污染的防治问题与之共生。人类生存与环境污染的矛盾愈来愈突出。环境化学的任务是从化学的角度探讨由于人类活动而引起的环境质量变化的规律及其保护和治理的原理。在众多环境污染因素中,化学污染十分突出,危害极大。环境化学虽是一门年轻的学科,但其研究受到广泛的重视,其发展也十分迅速。现在不少的高等学校和中等专业学校的有关专业已将环境化学列为必修课或选修课。

本书共有六章,分别为绪论、大气环境化学、水体环境化学、土壤环境化学、能源与环境和环境中的化学致癌物质。本书内容丰富,取舍适当,配有较多图表,每章后附有问题与作业,表达清楚流畅,通俗易懂,适合于专科学校和中等专业学校使用及中学化学教师阅读,也便于自学。

宁世光

1995. 4. 10

(山东师范大学化学系教授,
原化学系系主任)

前 言

随着工业的迅速发展,煤、炭、石油、原子能等能源的广泛利用,地下矿藏和资源的大量开发,城市人口的高度集中,尤其近年来化学工业的发展,人类环境——大气、水体(江河、湖泊和海洋)、土壤和食物日益变到严重的污染。因而环境问题已在世界范围内受到普遍的重视。

环境化学的任务是从化学的角度探讨由于人类活动而引起的环境质量变化规律以及保护和改善的原理。由于各类人为污染中化学污染的危害最大,环境化学的研究也就被人们广泛的重视,从而得到迅速的发展。

本书分为六章,分别为:绪论、大气环境化学、水体环境化学、土壤环境化学、能源与环境和环境中的化学致癌物质。内容的安排和取舍,既反映了作者的兴趣,也考虑到高等专科学校学生的知识水平,同时也想为提高人们的环境意识作点贡献,以便保护好环境,留给子孙后代一个干净美好的环境,这就是我们的心愿。所以本书不仅可作高等师范专科学校化学专业的教材,也可作为其他高等专科学校和中等专业学校相应专业的教材,还可作为中学化学课教师、生物课教师及自然地理课教师的教学参考书。

本书由吕新之、孟繁宗写第一章,刘绪良、辛广勤写第二章,董升山、信师军写第三章,张岳启、王金栋写第四章,辛衍维、李金耀写第五章,赵智、付强写第六章。全书由董升山、张岳启、辛衍维、刘绪良分别修改后,由董升山修改定稿。

由于水平所限,时间又十分仓促,书中的错漏和谬误一定难免,敬请各位读者批评指导。

编者

1995年7月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 环境	1
一、环境	1
二、人与环境	3
三、环境科学	5
第二节 化学与环境	6
第三节 环境化学的内容和特点	11
第四节 环境的发生与演变	14
一、大气圈的形成	14
二、水圈的形成	15
三、土壤-岩石圈的形成	16
四、生物圈的形成	16
第五节 环境中的物质循环	18
一、水循环	19
二、碳循环	21
三、氮循环	23
四、氧循环	24
五、其他物质的循环	25
六、物质循环和能量交换	26
七、环境要素的特性	27
第六节 生态学基础知识	28
一、生态学	29
二、生态系统	30
三、生态系统的组成	31
四、食物链和食物网	33

五、生态系统平衡	34
第七节 常用基本概念	35
一、环境本底	35
二、环境容量	36
三、浓缩系数	36
四、生物半衰期	37
五、生物效应	38
六、协同作用和拮抗作用	40
七、阈值	40
八、富营养化	41
第八节 污染物浓度的表示方法	41
一、表示方法	41
二、单位换算	42
问题与作业	44
第二章 大气环境化学	46
第一节 大气的组成和结构	46
一、大气的组成	46
二、大气组分的停留时间	48
三、大气的结构	49
第二节 大气的污染	52
一、大气污染的概念	52
二、大气污染源	53
三、大气的污染概况	55
第三节 大气污染物	59
一、大气污染物的分类	59
二、主要大气污染物的发生源	60
三、大气污染物的危害	64
第四节 大气污染与气象因素	68
一、风、湍流对大气污染的影响	68
二、气温对大气污染的影响	69
三、气象与烟型	71

四、云和降水	72
第五节 大气污染的化学过程	73
一、光化学反应	74
二、含氮化合物在大气中的反应	75
三、含硫化合物在大气中的反应	76
四、碳氢化合物的氧化	79
第六节 光化学烟雾	80
一、光化学烟雾的定义	81
二、光化学烟雾形成的化学机制	82
三、光化学烟雾形成的环境条件	84
四、光化学烟雾的危害	85
第七节 酸雨	86
一、酸雨的定义	86
二、酸雨的形成	87
三、酸雨的化学组成和离子平衡	88
四、影响酸雨的因素	90
五、酸雨对环境的影响	92
六、酸雨的防治	93
第八节 全球性污染	94
一、二氧化碳的环境效应	94
二、大气污染物对臭氧层的破坏	97
第九节 大气质量标准与监测	100
一、大气质量标准	100
二、大气污染物的分析和监测	102
第十节 大气污染的防治	108
一、控制大气污染的措施	109
二、大气污染的治理措施	113
问题与作业	116
第三章 水体环境化学	118
第一节 水的结构及其物理化学特性	119
一、水分子的结构	119

二、水的物理化学特性	120
第二节 天然水的分类及组成	123
一、天然水的分类	123
二、天然水的组成	124
第三节 天然水的性质	132
一、硬度	132
二、天然水的 pH 值	134
三、碱度	134
四、酸度	136
第四节 水体中的污染物	137
一、水体污染源	137
二、水体中的主要污染物	141
三、热污染	150
第五节 重金属污染物的转化反应	151
一、重金属的沉淀反应	151
二、重金属的配合反应	154
三、氧化还原反应	157
四、天然水中的金属形态	159
第六节 有机污染物的化学降解	161
一、氧化反应	161
二、还原反应	164
三、水解反应	165
第七节 有机污染物的光化学降解	170
一、石油污染物的光化学降解	173
二、卤代芳族化合物的光化学降解	174
三、有机磷农药的光化学降解	176
四、其他有机物的光化学降解	177
第八节 有机污染物的生物化学降解	179
一、生物化学降解的机理	179
二、有机物质的生物化学降解途径	181
三、几种有机物的生物化学降解	190

第九节 水质标准与监测	194
一、水质标准	194
二、水质监测	199
第十节 废水处理	204
一、水体的自净作用	204
二、废水的处理	208
第十一节 水源的合理利用及保护	217
一、我国水资源的概况	217
二、水源的分区保护	218
三、控制水体污染的基本措施	219
问题与作业	221
第四章 土壤环境化学	224
第一节 土壤的组成	224
一、土壤矿物质	225
二、土壤有机质	228
三、土壤溶液	230
四、土壤空气	230
五、土壤中的营养元素	231
第二节 土壤的性质	233
一、土壤的疏松多孔性	234
二、土壤的胶体性质	234
三、土壤的配合和螯合作用	235
四、土壤的氧化还原性质	236
五、土壤的酸碱性	237
六、土壤的生物化学性质	239
七、土壤的自净作用	240
第三节 土壤的污染	241
一、土壤的污染源	241
二、土壤中的重要污染物	243
三、土壤污染的特点	248
第四节 土壤污染物的转化	249

一、化学农药在土壤中的转化	249
二、重金属在土壤中的转化	255
第五节 土壤污染的防治	260
一、控制和消除土壤污染源	260
二、提高和发挥土壤的净化能力	261
三、利用生物吸收除去重金属	262
四、利用微生物防治	262
五、在土壤中施加抑制剂	262
六、客土、翻土	263
七、创造病原菌的敌对环境	263
八、施用有机肥料	264
问题与作业	265
第五章 能源与环境	266
第一节 能源	266
一、能量与能源	266
二、能源与人类社会	268
三、能源的消耗	269
四、矿物能源的储量	271
五、解决能源危机的途径	272
第二节 煤	274
一、煤的来源及其组成	275
二、煤的利用及其对环境的污染	276
第三节 石油和天然气	284
一、石油的来源及其组成	284
二、石油的利用及其对环境的污染	285
第四节 原子能	291
一、核裂变反应堆发电及其环境问题	291
二、核聚变发电及其环境问题	296
第五节 太阳能	298
一、太阳能的特点	298
二、太阳能的利用	300

第六节 地热能 and 氢能	306
一、地热能	306
二、氢能	309
问题与作业	315
第六章 环境中的化学致癌物质	317
第一节 概论	317
第二节 多环芳烃	322
第三节 亚硝胺	329
第四节 霉菌毒素	333
第五节 重金属	338
第六节 香烟烟雾	341
第七节 其他常见致癌物质	345
问题与作业	350
参考资料	351

第一章 绪 论

第一节 环 境

一、环境

1. 环境的概念 环境是相对于中心事物而言的。与某一中心事物有关的周围事物就叫做中心事物的环境。例如在化学热力学中,为了明确研究的对象,人为的将研究的对象与其他的物质和空间分开,研究对象称为体系,也就是研究的主体,而体系以外的其他部分则称为环境。中心事物与环境既相互对立,又相互依存、相互制约、相互作用、相互转化。它们相互之间,存在着对立统一的相互关系。在环境科学中,一般把围绕人群的空间,即直接或间接影响人类生活和发展的各种物质和自然因素及其能量的总体称为环境。环境包括自然环境和社会环境两个方面。我们在环境化学中讲的环境当然是自然环境。

自然环境是一个复杂多变的体系。具有因素多,层次多和各系统交错联系多的特点。研究环境问题,必须从整体出发。若只看一点,不计其余,就会造成重大的损失。如毁林造田,能使水土流失;围湖造田,能影响气候变迁。

2. 环境的分类 我们讲的环境分类是指自然环境的分类。其分类方法和标准目前尚不统一,一般是按环境的主体、环境的要素、环境的范围和人类对环境的利用或环境的功能来进行分类。

按环境的主体有两种分类法:一种是以人或人类为主体,其他生命体和非生命物质都被视为环境要素,环境即人类生存、发展的环境。环境科学多采用此种分类法。另一种是以生物界作环境的主体,不把人以外的生物看成环境要素。生态学中往往采用这种分

类方法。

按环境要素的属性可分为自然环境和社会环境两类。自然环境按其主要的环境组成要素又可分为大气环境、水环境（如海洋环境、湖泊环境等）、土壤环境、生物环境（如森林环境、草原环境）等。自然环境按人类对它们的影响程度以及它们目前所保存的结构形态，又可分为：

原生环境：受人类影响较少，如原始森林区、冻原区，大洋中心区等。次生环境：受人类活动影响，在景观和功能上都发生了改变，但仍受自然规律的制约。如耕地、种植园、城市等。

3. 环境系统 环境系统是地球表面各种环境因素及其相互关系的总和。环境因素包括各种非生物（温度、光、辐射、水、大气、土壤、岩石、重力、声音等）和生物（各种有机体）因素。它们彼此间是一个相互作用、密切联系着的不可分割的整体。通常把地球环境系统分为大气圈、水圈、岩石圈（或土壤-岩石圈）和生物圈。这些圈层的交界面上各种物质的相互渗透、相互依赖和相互作用的关系，表现得尤其明显。

环境系统中，各物质之间在太阳能和地壳内部能量的作用下，进行着永恒的物质循环和能量流动。各种生命元素如碳、氧、氮、硫、磷……在环境中循环，并保持其恒定的浓度。环境系统是一个开放系统，其能量的纳入和支出保持平衡，因而地球表面能保持恒定的温度。环境系统又是一个动态平衡体系，其中任何一个因素发生了变化，都会影响整个系统的平衡，推动它的发展，直至建立新的平衡。

环境系统是一个能自我调节的系统，具有缓冲和补偿来自外界比较小的冲击的能力，以维持环境系统的稳定性。这是生命发展繁衍的不可缺少的必要条件。如海洋、土壤和植物被是巨大的调节系统，对维护环境的稳定性有巨大的作用。海洋巨大的热容量可调节地表温度；海洋也是二氧化碳的巨大储存库，使海水和大气中二氧化碳的交换处于动态平衡，从而使大气中二氧化碳浓度保持恒

定。

环境系统中也存在某些不稳定的因素,对外来影响比较敏感。在一定条件下,某个关键因素发生甚至小的变化,也会引起一系列链式反应,对整个环境系统造成不可挽救的严重后果。

二、人与环境

人和生物是地球和环境进化到一定阶段的必然产物。在生存竞争中,人的大脑能思维,灵巧的双手会劳动,使人类区别于其他动物而成为大自然的主人。人类生存的基本要素,如空气、水和食物虽是由自然环境提供的,但为了生存,力求创造一个更美好的生存环境,便开始了改造自然环境的活动。与此同时,整个自然界也就进入了人与环境相互依存、相互作用,既对立又统一的阶段。人类从自然界摄取生存必要的物质,相应地,这种生产活动也使自然环境不断发生变化。人类对环境改造的能力越大,自然环境的反作用也越大。因而,环境问题的出现,是改造自然环境的必然结果。

人类对自然环境的改造,是随着社会生产力的发展,生产方式的不断演变,利用自然能力的不断提高,而影响自然环境的程度也逐步的增强。迄今为止,人与自然环境的关系大体可分四个历史阶段。

1. 原始社会到 18 世纪后叶,即工业革命之前。这个时期,生产力和生产关系虽有很大的发展,但工业基本上属于手工操作。那时的能源,主要是风力、水力和畜力,燃料主要是木材。虽后期个别地区由于燃煤而引起了环境污染,但从全球看,工业污染是次要的,主要是由农牧业生产活动造成的。由于演变速度缓慢,不易被人们所察觉,尚未超过人类所适应的限度,因此人与环境可维持在一定的动态平衡条件下同时发展。

2. 18 世纪后半叶到 20 世纪初。由于蒸汽机的出现,在资本主义社会兴起了工业革命,使生产力和生产规模空前地发展。当时,主要能源来自煤的燃烧。由于工业的高速发展,使煤的消耗量激

增,例如,1870年全世界煤产量为 $2.5 \times 10^8 \text{t}$,到1915年增加到 $13.4 \times 10^8 \text{t}$ 。由此带来的空气污染相当明显。美国工业发展最早,用煤量也最大,煤烟污染的历史也最长。英国伦敦在1873~1931年间多次发生煤烟引起的污染事件,每次都造成数百人的死亡。另外,许多工业生产先进的国家,由于工业群的建立,使人口集中,形成许多工业城市,例如1800年全世界拥有70万以上人口的城市仅为65座,到1900年增至299座。城市人口和工业的集中,造成了空气、水及土壤的污染。同时,也为病原菌的滋生和扩散提供了方便。在这些地方,人类生活的环境发生了明显的恶化。但是,这个污染从全球来看,只是一些点源污染,还没有达到严重影响生产力发展的程度。

3. 自20世纪初到20世纪60年代,尤其是第二次世界大战之后,科学和工业均得到迅猛的发展。工业的现代化和城市现代化,使工业过分集中和城市人口过密,环境污染由点源污染扩大到区域性污染。由于石油等新能源的利用,又带来了新的污染现象——光化学烟雾。还有自20世纪以来化学工业的发展,大量人工合成的化学物质取代天然物质,例如合成纤维、塑料、有机氯农药和多氯联苯(PCB)的使用,给环境增加了种类繁多的新的有害污染物。而且有相当一部分是自然界不易降解的,如DDT在土壤中可残留多年,并通过大气、水和生物等途径扩散到世界各地,具有潜在性的危害。总之,在这一时期,环境的污染,是以能察觉到的速度在变化。由于超过了环境和人体所能承受的限度,破坏了自然界原有的动态平衡,已严重地威胁到人类的生存和发展。

4. 在20世纪60年代以后,由于科学技术的突飞猛进,工业发展的速度超过以往的任何历史时期,人力所及的范围,上及太空,下及海底,无处不及。利用的能源除煤和石油之外,还有原子能和合成的高能燃料(如硼烷类化合物)。在这种强大的人力作用下,对自然界影响的程度是可想而知的了。由于以往各历史时期污染物的多年积累和扩散,再加上现今污染物排放量的剧增,致使区域

性的污染已发展成为全球性的污染。据估计全世界每年生产的人工合成的有毒化合物约 50×10^4 种,共 4×10^6 t,所有这些物质,几乎一半滞留在大气和水中。每年还将有 18×10^4 t 的铅和磷, 3×10^7 t 的汞以及各种有毒的重金属流进水中。另外,每年还有 2×10^6 t 石油流进海洋。而且由于燃料的燃烧所排放出的余热及污染物的量也随燃料消耗量的激增而加大,仅大气中二氧化碳含量的增加速度,有人推测会造成全球性的气温变化,可能带来灾难性的后果。现今人类正处在一个被各种污染物所毒化了的环境中生活,通过空气、饮水及食物,有毒有害的物质随时随地都可侵入人体。任何人都无法逃脱污染了的环境对人的报复作用。环境污染的日益扩展,不仅危害了人类的生命健康,而且阻碍了生产的发展,从而推动了改善环境质量的研究,促进了环境科学的形成与发展。

三、环境科学

环境为人类的生存创造了一切条件,而人类为了更好的生存,又不懈地适应环境和改造环境。人类和环境的这种既协调又演变的关系,是人类生存繁衍的基础。但是环境变化是不可逆的。过去的永远过去了,就像今天的猿猴不能再演变成人一样,因为由猿变人的环境已经一去不复返了。

人类在认识环境、利用环境、改善环境的过程中逐渐形成了一门新的科学——环境科学。

环境科学是研究在人类活动的影响下,环境质量变化的规律以及环境保护与改善的科学。环境科学是近 20 年来年新兴的一门综合性科学,它把人与环境作为一个对立统一的整体来研究,从理论上阐明环境的变化及其后果,从而达到认识环境、保护环境和改善环境的目的。其具体内容包括:① 人与环境关系的研究;② 污染源的研究;③ 污染物进入环境系统中迁移、转化过程和规律的研究;④ 环境污染危害的研究;⑤ 环境污染评价的研究;⑥ 环境污染控制及消除措施的研究;⑦ 环境污染预测、预报的研究;⑧ 环