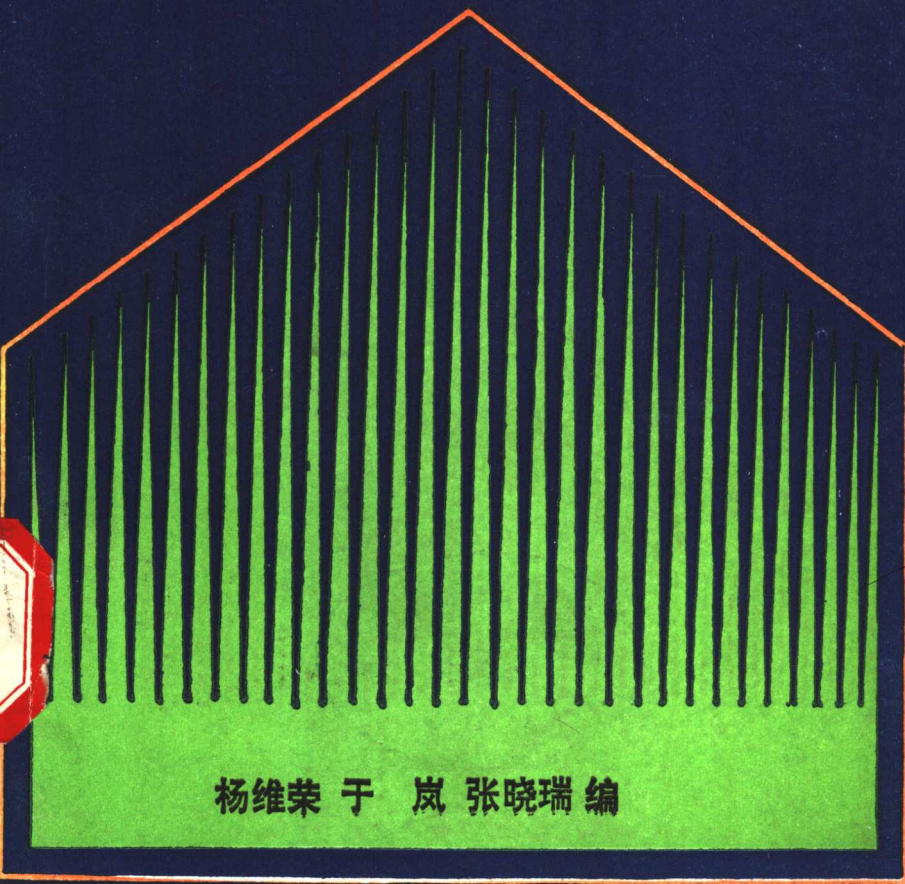


高等学校教学参考书

环境化学

【第二版】



杨维荣 于 岚 张晓瑞 编

高等教育出版社

高等学校教学参考书

环 境 化 学

(第二版)

杨维荣 于岚 张晓瑞 编

高等教育出版社

(京) 112号

内 容 简 介

本书主要介绍了环境化学的基本概念和基本知识,对水、大气、土壤的性质,污染物和污染源,污染物质在环境中存在形态和变化规律,环境质量标准及防治等问题的化学原理进行了分析;特别是对水的石油污染,水体的富营养化,大气的臭氧层、酸雨、温室效应及室内空气质量等进行了专题讨论;阐述了各类能源性质、使用及对环境的污染,能量散失的热力学分析及新能源的开发和利用;对食品、洗涤剂和城市垃圾的环境化学问题进行了概述。

本书可作为高等学校《普通化学》教学参考书,又可作为非环境类专业选修课教材及环境科学工作者的参考书。

本书经吉林大学杜尧国教授审阅。

高等学校教学参考书

环境化学

(第二版)

杨维荣 于岚 张晓瑞 编

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

高等教育出版社激光照排技术部照排

高等教育出版社印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 7.875 字数 200 000

1980年7月第1版 1991年10月第2版 1991年10月第1次印刷

印数 0 001—2 446

ISBN7-04-003491-3/O·1060

定价 3.45 元

第一版前言

根据 1977 年 11 月在杭州召开的高等学校工科化学教材会议制订的计划,我们编写了《环境化学》这本小册子,作为高等学校普通化学课程的教学参考书。

环境化学是环境科学的一个分支,是应环境污染问题的提出而新兴起的一门综合性的基础学科。随着大工业的飞速发展,由于环境的污染(大气被毒化,垃圾成灾,河流,海洋被污染,水生生物的减少,土壤及植被的破坏,农副业产品中农药残毒的过量等……),破坏了自然界原有的动态平衡,严重地威胁着人类的生存和发展,必然推动了人们对改善环境质量的研究。从化学角度探讨由于人类活动而引起的环境质量的变化规律及其保护和改善的原理,就成为环境化学的任务。

环境化学大体包括三方面的内容:即环境污染的化学分析监测;环境中造成化学污染的机理;应用化学法、物理化学法防治污染及其化学原理。本书编排有绪论,组成环境的物质,水,大气,土壤和能源等六章。第一、二章主要对环境科学,环境化学,生态学,环境污染及保护,自然环境的四个圈层,生态系统中的物质循环等环境化学中的基本概念及基本知识作了较详尽的阐述,也是后面几章的准备。第三、四、五章对水、大气、土壤的性质,污染,污染物的来源、存在形式、变化规律、监测,环境质量标准及防治等问题在化学原理方面分别进行了较深刻的分析,是本书之重点。第六章对各类能源的性质、使用及对环境的污染进行了论述,特别是对各类能源的综合利用和清洁的新能源的开发和利用做了较全面的介绍。大力发展清洁能源是减少污染极其重要的一环。由上述内容可见,本书不仅可作普通化学课程的教学参考书,也可供干部和科技工作者阅读,以引起各行各业的人们对环境问

题的关注。

本书初稿由哈尔滨工业大学化学教研室周定同志审阅，后又由北京工业大学环化系主任刘天齐同志复审，都提出了不少宝贵意见，一并表示衷心感谢。

由于水平有限，时间仓促，书中缺点和错误在所难免，恳请各位读者批评指正。

编 者

1979年12月

第二版前言

本书初版至今已有十载,在此期间,为了创造美好的生活环境,科学家们对环境科学的理论与实践进行了深入和广泛的研究,并取得了新的成就和发展,使环境科学的学科体系日臻完善,理论水平迅速提高。作为环境科学的重要分支——环境化学,也取得相应的发展。一方面对旧有问题加深了认识;另一方面接受了大量新的问题,特别是对区域性、全球性的大气污染和环境生态以及室内环境质量等问题的研究,使环境化学的理论更深入,内容更丰富。为了更好地反映出当代环境化学的水平,同时也为广大学生的学习和工程技术人员知识更新提供一本好的教材和参考书,故对原书进行修订。希望它能反映出当代环境化学的基本理论和新的内容,为广大读者所喜爱。

本书的前六章与原第一版的安排相同,分别为绪论、组成环境的物质、水、大气、土壤、能源,最后的第七章增加了有关食品、洗涤剂 and 垃圾处理等内容。第一章和第二章主要介绍环境化学的基本概念和基础知识,包括自然环境的四个圈层和生态系统中的物质循环等。在第一章中增加了我国环境保护法的内容,以加强环境保护的法制观念。第三、四、五章主要论述水、大气、土壤的性质,污染物和污染源,污染物质在环境中的存在形态、变化规律,环境质量标准及防治等。删去各章中有关监测方法的内容。在第四章增加了室内空气质量问题一节。还加强了对若干环境化学污染专题的阐述:如水体的石油污染,水质的富营养化,各种有毒重金属在水体中的形态和迁移变化;大气的臭氧层、酸雨、温室效应等;土壤的农药污染等问题。第六章主要论述能源的性质、使用及对环境的污染,清洁能源的开发和利用。增加了能量与热力学概念,加强了对核能的使用、污染和防治的分析。新设的第七章

则涉及食品、洗涤剂和城市垃圾等人们日常生活中的环境化学问题。体现出环境化学工作的日趋深入细致,已注意到对低浓度污染物长期效果的考查,其成果对于保护人类健康提供必要的科学依据。

本书编写者为:杨维荣(第一、二、四、五章),张晓瑞(第三章),于岚(第六、七章)。并由于岚、杨维荣先后统稿。

本书修订过程中得到高等教育出版社的同志们热情支持和帮助,在此表示衷心感谢。

欢迎广大读者对本书的疏漏和不足,提出宝贵意见。

编 者

1990年9月于北京工业大学

目 录

第一章 绪论	1
1-1 人与环境的关系	1
1-2 什么是环境科学	3
1-3 环境化学的研究内容	5
1-4 生态学的基本概念	8
1-5 环境污染与环境保护	11
1-6 关于环境保护法	19
第二章 组成环境的物质	22
2-1 自然环境中的四个圈层	22
2-2 物质的来源	23
一、核聚变反应	23
二、大气圈	25
三、水圈	30
四、岩石圈	30
五、生物圈	32
2-3 生态系统中的物质循环	35
一、物质与能量	35
二、水循环	35
三、碳循环	36
四、氮循环	38
五、氧循环	39
第三章 水	42
3-1 水的物理化学特性	43
3-2 天然水的分类与成分	46
3-3 水化学条件对污染物迁移转化的影响	48
3-4 水的污染	56
一、悬浮固体物质	57
二、酸、碱、盐等无机污染物	58

三、重金属污染物	59
四、有机污染物	60
五、热污染	64
六、放射性污染物	64
3-5 水质标准与水质监测	65
一、水质标准	65
二、水质监测	68
3-6 几种污染物在水体中的行为	70
一、汞的污染	70
二、镉的污染	72
三、铬的污染	73
四、铅的污染	74
3-7 污水处理	75
一、水体的自净作用	75
二、污水的处理	78
3-8 水资源的合理利用与保护	84
第四章 大气	86
4-1 大气与生命的关系	86
4-2 大气圈的结构与运动状态	87
4-3 大气污染与气象因素	90
4-4 大气中的污染物	93
一、颗粒物	95
二、二氧化硫	98
三、碳的氧化物	100
四、氮氧化物	102
五、烃类和卤代烃	103
六、有毒金属	106
4-5 几个综合性的大气污染问题	109
一、光化学烟雾	109
二、汽车尾气	112
三、臭氧层问题	115
四、酸雨	117
五、温室效应	117

六、室内空气质量问题	118
4-6 大气污染的防治	122
第五章 土壤	125
5-1 土壤的成分与来源	125
一、矿物性固体	126
二、有机质	132
三、空气和水	134
四、土壤中的营养元素	135
5-2 土壤的性质	138
一、物理性	138
二、离子交换作用	139
三、土壤的 pH 值及其与营养物质可利用性的关系	141
四、土壤中的氧化还原反应	143
五、土壤的自净作用与去毒能力	144
5-3 土壤污染	145
一、土壤污染与污染源	146
二、土壤中主要污染物质	147
三、关于污灌问题	157
5-4 土壤处理与土壤保护	158
一、从土壤中除去污染物	158
二、降低污染物对植物的有效性	158
三、创造病原菌的敌对环境	159
第六章 能源	160
6-1 能量与能源	160
6-2 能量与热力学	165
6-3 能源与污染	172
一、煤	172
二、石油和天然气	185
三、原子能	191
6-4 清洁能源的开发	198
一、太阳能	198
二、氢能	202
三、燃料电池	205

四、地球热能	209
五、陆地上的水力资源和海洋动力资源	211
第七章 食品、洗涤剂 and 垃圾	215
7-1 食品的污染化学	215
7-2 肥皂和洗涤剂	223
一、肥皂和洗涤剂的主要成分和作用	223
二、肥皂和洗涤剂的降解作用	227
三、肥皂和洗涤剂对环境的污染	229
7-3 城市垃圾	232
一、城市垃圾的组成	232
二、城市垃圾对环境的污染	233
三、垃圾的处理	233
四、垃圾的回收	235
结束语	237
主要参考资料	240

第一章 绪 论

1-1 人与环境的关系

人类的环境就是大气圈、水圈、岩石圈和生物圈共同组成的物质世界——自然界。由地球的开始形成到四个圈层的逐一出现,经历了漫长的历史岁月,也即在没有人力参与之前的一切自然变迁,其速度均是极端缓慢的,每个时期的划分动辄以亿万年计(参阅图2-3和表2-2)。但当地球上有人类出现之后,情况便发生了根本的变化。

人和生物是地球和环境进化到一定阶段的必然产物。在生存斗争中,人的大脑能思维,灵巧的双手会劳动,故使人类有别于其它动物而成为改造自然的主人。人类为什么要改造自然呢?因为人类生存的基本要素,如空气、水和食物虽然是由自然环境提供的,但是“人的生存条件,并不是他一从狭义的动物中分化出来就现成具有的;这些条件只是通过以后的历史的发展才能造成”(恩格斯:《自然辩证法》,人民出版社,1971年北京版,第174页)。这个历史也就是人类改造自然环境的历史,为了生存斗争,人类力求为自己创造一个新的更美好的生存环境,因而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、相互作用即对立统一的新的历史阶段,人类从自然环境中摄取生存所必需的物资,相应地,这种生产活动使自然环境不断发生变化,而这种变化的速度是人类史前任何自然界的变难以比拟的。但是,要知道人类对环境改造的能力越大,自然环境的反作用也越大,则环境问题的发生亦是必然的后果。现在就让我们来粗略地回顾一下各个历史时期,人类对环境的作用以及所发生的问题。

人类对自然环境的改造,影响的程度,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逐步增强的。从原始社会到18世纪后半叶,即工业革命之前,生产力和生产关系虽有很大的发展,但工业基本上属手工操作。尽管后一时期在个别地区由于烧煤引起了环境污染(19世纪后在英国伦敦)而且也造成了某些危害,但那时的能源主要是风力、水力和畜力,燃料主要是木材,所以从全球来看,工业革命以前的时代,工业污染是次要的,环境问题主要是由农牧业生产活动造成的。其演变的速度缓慢,不易为人们所察觉,还未超过人类所能适应的限度和环境的自净能力,因此人与环境尚可维持在一定的动态平衡条件下同时得到发展。

在18世纪后半叶至20世纪初,由于蒸汽机的出现,引起了生产工具的巨大变革,在资本主义社会兴起了工业革命,使生产力和生产规模以空前的速度发展起来,这个时期的工业生产活动逐渐成为环境污染的主要原因。当时主要能源来自煤的燃烧,工业的发展使煤的消耗量激增,由此带来的空气污染相当明显。英国工业发展最早,用煤量也最大,因此,煤烟污染的历史也最长。伦敦在1873年到1931年间曾经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,由于工业企业群的建立,使人口逐渐集中于城市,城市内人口和工业的集中,造成的环境问题便是空气和水体以及土壤的污染。同时,也为病原菌的滋生与扩散提供了方便。在这些地方,人类的生活环境明显恶化,也就是由工业革命的兴起而带来了工业污染,但是,这个时期的污染从全球来看,只是一些点源污染,还没有严重影响生产力的发展。

自本世纪起,特别是自第二次世界大战之后,科学技术迅猛发展,工业的现代化和城市的现代化使工业过分集中,城市人口过密,环境的污染由点源污染扩大到区域性污染。并在50年代以后,酿成了社会公害。由于石油等能源的利用,又带来了新的污染现象——光化学烟雾。还有,从化学工业兴起之后,以大量

人工合成的化学物质取代天然物质，比如各种合成纤维、塑料、有机农药、多氯联苯(PCB)等的使用，给环境增加了种类繁多的新的污染物。这些物质有相当一部分是自然界不能降解的，如DDT在土壤中可残留多年，并且通过大气、水和生物等多种途径扩散到世界各地，形成全球性污染。总之，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、饮水和食物，有毒有害的物质随时可能侵入人体，任何人都无法逃脱污染了的环境对人的报复作用。环境污染日益扩展，不仅危害人类的生命健康，而且阻碍了生产的发展，因而强烈地推动改善环境质量的研究，环境科学这门新兴的学科则应运而生。

1-2 什么是环境科学

人类在不断提高驾驭自然环境的能力，使自然环境为自己目的服务的同时，自然环境对人类的反作用力也随之增大。但是，人类正是在改造客观物质世界的同时，也改造了自己的主观世界。人类在不断地同自然反复斗争中，不断地取得自由，而创造着新的生存环境。环境科学就是在这种生产斗争发展的过程中产生的。

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。环境科学是近二、三十年新兴的一门综合性科学，它把人和环境作为一个对立统一的整体来研究，从理论上阐明环境系统内在的矛盾和运动的规律，并探讨在人类活动的干预下，环境系统的变化及其后果，以达到认识环境、保护和改善环境的目的。而在当前，环境科学的基本任务就在于解决以污染为中心的各种环境问题。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)环境污染区划及环境保护规划的

研究；(9)环境法规的研究等。

实际上人对环境的研究并非从 60 年代开始的。早在工业革命以前，已经有研究自然环境的地理学，研究地球大气的气象学，研究元素和无机化合物性质的化学，但均未触及由人改变了的环境同时又对人起着相反作用这样根本的环境问题。因此，在工业革命以前较长的历史时期中，人们对环境影响的研究只停留在直观的零散的表面观察上。至于环境污染的治理技术则更为少见。不过，此时已包含了对环境问题认识的萌芽。

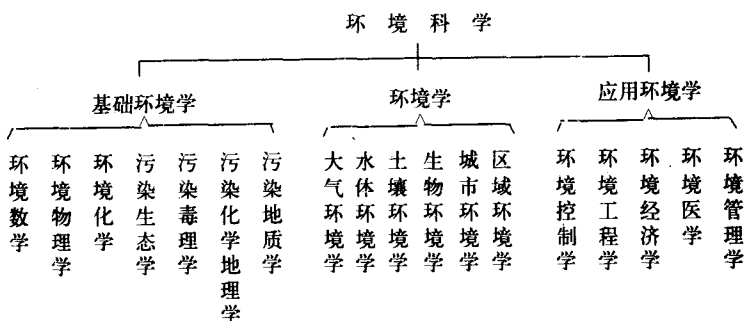
在完成工业革命之后，随着工业环境污染的不断发生，开展起一些治理污染的技术，如修建下水道及安设机械除尘装置等。这个时期人们不断积累和扩大了对环境的感性认识，特别对空气及水体的污染进行了较多的探讨，但作为专门的科学理论还不可能建立。

大约从 19 世纪末叶起，自然科学开始向更为专门化的方向发展，逐渐形成一些分支学科。如从化学中又分化出无机化学、有机化学、分析化学、胶体化学等，并且各个学科之间由于越来越紧密地相互渗透而产生了一些介于许多学科之间的边缘科学，如物理化学、地质化学、生物化学、大气物理学等。这些科学的产生，为环境问题的研究提供了理论基础和新的实验手段，分别承担所触及的环境问题，并从各自的角度所做的探讨，为环境科学的形成积累了大量的资料，但还没有综合起来形成一个完整的独立的科学体系。

有鉴于人与环境构成的体系是一个错综复杂的多元结构的平衡体系，因此，对环境问题的研究就不仅要涉及数学、物理、化学、生物、地质、气象等多种自然科学的分支及边缘学科，还要涉及到工程技术、法学和经济学等社会科学的学科。以往的各个自然科学的分支学科和边缘学科对研究环境的污染问题，只能从微观方面认识污染物在环境中变迁的机理，却不能从宏观方面认识物质与能量在人与环境的综合平衡体系中交换和转移的运动规律。人与

环境的问题，从广度来看，物质与能量是在一个地球、天体以及人类的形成和演变的广阔空间和漫长的时间内运动；从深度来看，物质和能量又是以离子、原子和分子的微小粒子在人与生物的细胞的狭小空间和短暂的时间内运动。因此，研究人与环境的问题就必须从宏观和微观的两个领域同时开展，才能把握它的运动规律。近几十年形成的环境物理学、环境化学、环境生物学、环境地质学等就是应环境科学研究的需要而新兴的综合性边缘学科。而且现代科学技术的发展又为环境科学的研究提供了必要的实验手段，从而奠定了“环境科学”的基础。1968年国际科学联合会理事会设立了环境问题科学委员会，70年代出现了以环境科学为书名的综合性专门著作。

虽然环境科学是这样一门由分科的精细分工转而向综合、整体化发展的科学，但因其涉及面极广，对环境不同方面的问题还是需要分别加以研究，因而出现了环境科学中的各个分科。环境科学现在尚处于发展阶段，无论对于研究范畴及分科体系，意见均不一致，现将一种比较普遍的分类法列表于下。



由上表可知环境科学所包括的内容极其广泛，本书着重介绍的仅是其中的一部分——环境化学。

1-3 环境化学的研究内容

环境化学的研究内容是运用化学的理论与方法，鉴定和测量

化学污染物在环境中的含量,研究它们在环境中的存在形态、迁移转化和归宿的规律,探讨污染物的回收利用和分解成无害的简单化合物的机理。目前,环境化学的基础理论尚在发展过程中,其研究领域主要有环境污染化学和环境分析化学及环境监测等方面。

环境污染化学以研究污染物在环境中迁移、转化的基本规律为主。其内容包括污染物在环境中的来源、扩散、分布、循环、形态、反应、归宿等各个环节。研究目的是为环境质量评价、分析监测和污染防治等方面的工作提供依据。

了解污染物的来源才能防患于未然,也为分析污染物的本质提供线索。污染物的扩散、迁移与循环,并非只是空间位置的改变,实际上同时伴有污染物本质的转化。污染物质在一定的条件下将进行自身的或各种污染物之间的、甚至污染物与环境物质(包括生物)之间的种种反应。反应的种类繁多,历程复杂,因而产物(归宿)的形态(包括价态、化合态、结构、结合形式等)也各异。不同形态的污染物在环境中的化学行为不同,并表现出不同的污染效应(如甲基汞的毒性远远高于其它含汞污染物)。至于污染物的分布,不只是指在环境空间的浓度分布,而且还指污染物以不同形态、不同相态的分配。因此,只根据污染物的总存在量,并不能确切掌握环境污染的真实状况。更为困难的问题是污染物的种种变化发生在环境中,而环境为一开放体系,反应又是在随时进行着,参与反应的物质至多处于一种稳态,而绝大多数反应处于非平衡态。因此,需要采用的研究手段与研究封闭体系反应所采用的传统化学方法自然不同。目前,污染化学的研究有直接测定、理论推算、模拟实验等方法,但往往单独使用其中一种方法都不能充分反映环境体系的真实状况,因而需要互相补充,综合运用。

环境分析化学是研究环境污染物的种类、成分以及如何对环境中化学污染物进行定性分析和定量分析的一个学科。其研究对