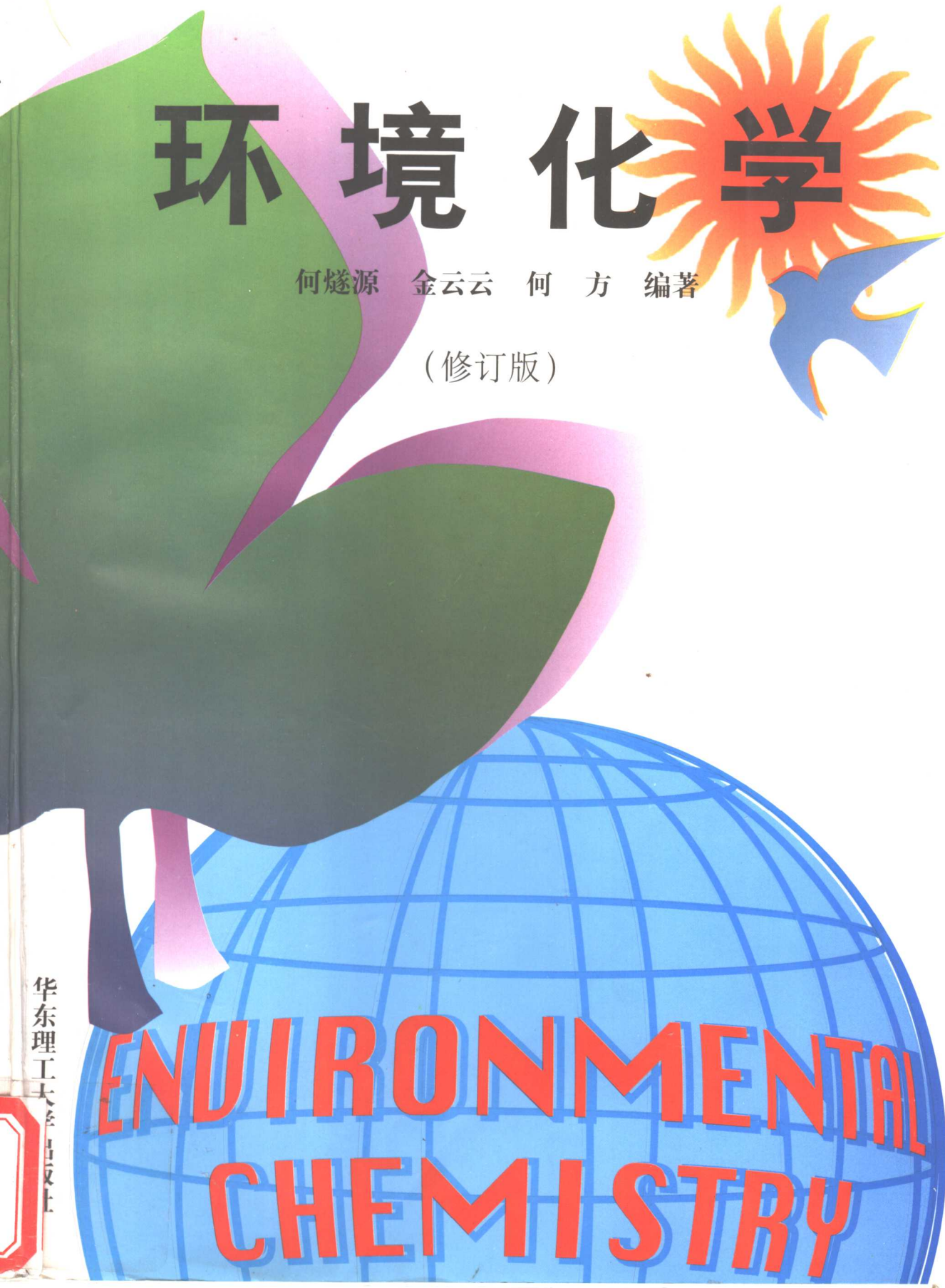


环境化学

A stylized logo featuring a sun with orange and yellow rays and a blue bird in flight, positioned to the right of the main title.

何燧源 金云云 何 方 编著

(修订版)

The background of the cover features a large, stylized green plant with pinkish-purple outlines on the left side, and a blue globe with a white grid pattern on the right side. The English title is superimposed on the globe.

ENVIRONMENTAL
CHEMISTRY

华东理工大学出版社

环 境 化 学

(修订版)

何燧源 金云云 何方 编著

华东理工大学出版社

内 容 简 介

本书在第一版基础上作了较大幅度修改,并增加了习题分量。全书的基本框架依旧,大体上仍按环境的三个主要圈层(水体、大气、土壤)依次进行阐述。着重介绍环境化学的基本知识和原理,各主要化学污染物的环境特性及其治理和分析的技术。在最后一章还编入了有关环境放射性的最基本内容。

本书可作工科类大专院校有关专业的教材,也可供从事环境科学研究的人员和环境保护技术人员参考。

(沪)新登字 208 号

环境化学(修订版)

何燧源 金云云 何方 编著

华东理工大学出版社出版发行

上海市梅陇路 130 号

邮政编码 200237 电话 64104306

新华书店上海发行所发行经销

南京理工大学激光照排公司照排

上海展望印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 482 千字

1996 年 12 月第 2 版 1997 年 3 月第 1 次印刷

印数 1-4000 册

ISBN 7-5628-0710-8/TQ·57 软精装定价 27.00 元

再版前言

自本书第一版(1989年)问世以来,环境化学学科又在很多方面取得了新的进展,且在环境科学理论研究和环境保护实际应用方面愈发显示其独特的作用。鉴于这种情况,我们对第一版作了较大幅度修改。在新版书中拓宽了大气环境化学等方面内容,精简了某些污染治理技术的过于详细的叙述,删去了土壤化学性质、放射性监测等章节。考虑到本书已为一些兄弟院校采纳作为有关专业教材,所以在内容深度方面基本维持原来水平,以适应本科学生学习之需。此外,通过教学我们深感加强学生独立思考能力和培养其基本计算能力的重要性,故在每章之后列出相当数量的思考题和计算题,并在附录中提供了为计算所需的基本数据表和计算题全部答案。读者还可从我们最近编写出版的“环境化学计算”一书(中国环境科学出版社1996年)中查获大多数计算题的详解过程。

与第一版相比,除增删部分内容外,全书基本框架不变,大体上仍按环境的三个主要圈层(水体、大气、土壤)依次进行阐述并在第10章中编入了有关环境放射性的内容。

本版编写时参考和引用了许多近期文献资料,因本书体例所限,不能在书中一一注明,仅在书后列出部分参考书目,以供读者查阅。本书习题由何方负责编写。陆福宽先生曾为本书初稿作序,在此番修订成书过程中又蒙赵庆祥、姚重华先生热情鼓励和支持,徐惠娟先生为本书出版作了大量工作,李宏秀等绘制了插图,在本书出版过程中还得到王吉风、张健、金锡标、童步清、董献芹、徐知音等同志的帮助,在此表示衷心感谢。

本书虽经修订,但限于编者水平,错误和不足仍在所不免,敬请读者批评指正。

编 者

1996年12月于华东理工大学

原 序

在我的书桌上,放着一叠厚厚的书稿,是由华东化工学院何燧源和金云云两位老师编写的《环境化学》。这是近年来我所看到的一本内容丰富、结构严谨,具有特色的环境科学方面的好课本。

化学是重要的基础学科,环境科学则是一门多学科交汇的综合性边缘科学。环境化学作为环境科学的一个重要分支,兼具化学学科的通性,而且比其他任何一门化学分支学科具有内容更为丰富的特点。环境化学研究的是化学物质,特别是化学污染物在环境中的迁移、转化规律、污染物的各种状态特性及其对生态环境和人类的影响。它是环境科学的基础之一。从某种意义上讲,环境科学的众多学科都离不开环境化学这一基础,因而编写一本好的环境化学教材,无论对学校教学或干部培训,都是极有意义和极富紧迫感的工作。

《环境化学》共分十章,计40余万字。作者在本书中充分运用了化学学科的有关理论,从总体上阐述了污染物质在环境中的来源、迁移、转化等基本内容。既体现了《环境化学》的框架,又综合地运用了有关的化学专门学科(如地球化学、生物化学、有机化学、无机化学、物理化学等)中的许多理论,加以概括和论述。另一方面,又以不同环境介质为主体,将影响环境质量的几种污染物在这些介质中的环境化学行为进行专题性的阐述,以使全书主题突出。其中水体污染物化学、大气污染物化学和土壤污染物化学三大部分,内容翔实,重点突出,符合我国当前环境科学教学和研究实际,使本书具有较明确的现实指导意义。

在《环境化学》编写指导思想上,作者既注意了教科书的特点和需要,尽可能从理论上对有关基本内容进行简明的阐述,又考虑到理论与实践相结合的原则,以较大篇幅列举了一些典型污染物的治理原理和方法。作者在这方面的探索是很有意义的。我们期望有更多的教授、学者和环境保护实际工作者,结合我国环境保护工作十多年来的丰富实践,编写出更多适合我国国情的高水平的有关教科书和论著,为培养我国宏大的环境科学技术人才和管理干部,提供更多更好的精神食粮。

我们在此祝贺《环境化学》的出版,同时相信,经过进一步教学实践,本书在内容和形式等方面更臻完美,终将成为众所周知的一份好教材。

陆福宽

目 录

1 绪 论

- 1.1 地球的形成及其演化 (1)
- 1.2 有关环境的一些基本概念 (4)
- 1.3 环境化学的定义、内容和研究方法 (6)
- 1.4 环境污染和环境污染物 (8)
- 习题 (15)

2 自然环境中的能量流动和物质循环

- 2.1 自然环境中的能流和物流 (17)
- 2.2 水的循环 (21)
- 2.3 碳的循环 (22)
- 2.4 氧的循环 (33)
- 2.5 氮的循环 (42)
- 2.6 硫的循环 (47)
- 2.7 磷的循环 (49)
- 2.8 污染物在环境中迁移和分布 (51)
- 习题 (55)

3 天然水系的组成和性质

- 3.1 水的特性和水分子结构 (57)
- 3.2 天然水系的类别 (58)
- 3.3 天然水体中化学物质的存在形态 (65)
- 3.4 天然水体中的异相物质 (66)
- 3.5 天然水的水质 (71)
- 习题 (75)

4 天然水系中的化学平衡

- 4.1 气态物质和液态物质在水中的溶解平衡 (77)
- 4.2 酸碱平衡 (84)
- 4.3 固体物质在水中的溶解沉淀平衡 (93)
- 4.4 络合平衡 (99)
- 4.5 氧化还原平衡 (110)
- 4.6 吸附平衡 (120)
- 习题 (122)

5 水体污染物化学(一)

- 5.1 概述 (125)
- 5.2 水体中无机酸、碱和盐类污染物 (128)

5.3	水体中富营养污染物	(133)
5.4	水体中重金属污染物——汞	(137)
5.5	水体中重金属污染物——镉	(144)
5.6	水体中重金属污染物——铅	(149)
	习题	(156)
6	水体污染物化学(二)	
6.1	水体中需氧性有机污染物和水体自净	(159)
6.2	水体中的芳烃类和酚类污染物	(175)
6.3	水体中合成洗涤剂污染物	(184)
6.4	海洋水体中油类和其他化学污染物	(185)
	习题	(187)
7	大气和大气化学	
7.1	大气组成的演化	(191)
7.2	大气层的层间划分和区域划分	(192)
7.3	大气组分浓度表示法	(195)
7.4	对流层大气的组成	(196)
7.5	平流层大气的组成	(200)
7.6	各地理区域近地面大气的化学	(200)
7.7	温室效应和地球暖化	(207)
7.8	臭氧层消失	(212)
	习题	(217)
8	大气污染物化学	
8.1	概述	(220)
8.2	天然污染源	(223)
8.3	人为污染源	(225)
8.4	大气中一氧化碳(CO)污染物	(232)
8.5	大气中氮氧化物(NO _x)污染物	(235)
8.6	大气中硫氧化物(SO ₂)污染物	(240)
8.7	酸雨	(244)
8.8	光化学烟雾	(251)
8.9	居室空气污染	(259)
	习题	(261)
9	土壤及土壤污染物化学	
9.1	土壤的形成及其环境意义	(265)
9.2	土壤的结构和组成	(266)
9.3	土壤污染	(272)
9.4	土壤中的农药污染物	(273)
9.5	土壤中的重金属类污染物	(277)
	习题	(280)

10 环境中的放射性

10.1 有关放射性的基本知识..... (283)

10.2 环境中的放射性..... (289)

习题..... (294)

计算题答案..... (296)

附录

一、国际原子量表(1993 年) (300)

二、基本物理常数 (301)

三、热力学数据 (302)

四、具有重要环境意义有机化合物的物性参数(20 C)* (304)

五、某些弱酸的电离常数 (304)

六、某些弱碱的电离常数 (305)

七、溶度积常数(25 C) (305)

八、络合物稳定常数 (307)

九、标准电极电位(25 C) (307)

参考资料..... (310)

1 绪 论

1.1 地球的形成及其演化

“四方上下曰宇，往古来今曰宙”，这是我国古代学者尸佼(公元前四世纪)为宇宙所下的定义，与 20 世纪爱因斯坦提出的宇宙是时间和空间统一体的观点不谋而合。可以认为，是我国学者在世界上首先提出了科学的宇宙观。

作为宇宙中极小一分子的地球，有其空间和时间上的形成和演化过程。人们对这方面的认识也有一个漫长的和递进的过程。到 18 世纪，欧洲处在剧烈的社会变革时期，工业革命高潮正在形成，生产技术的发展刺激着自然科学的进步，大量观测和实验材料的积累给自然观的革命奠定了坚实的基础。恰在其时，由德国哲学家康德和法国数学家拉普拉斯先后独立提出关于地球起源的第一个科学的天体演化理论“星云假说”。康德星云说的重要意义在于给当时占统治地位的形而上学思维观念打开了第一个缺口。这种假说认为：地球的形成是由星云状物质^①凝聚的结果。这种星云由尘埃和气体质点组成。原始的星云体积很大，当初曾散布在整个太阳系所占据的空间：星云中质点分布是不均匀的，有的空间较密，有的空间较疏，在引力收缩过程中，星云范围内的大部分物质向中心集结，逐渐形成了具有一定形体而且开始发光的原始太阳。与此同时，环绕在原始太阳周围的稀疏质点由于互相碰撞，向原始太阳的某一轨道面集中，而后凝聚为环绕太阳旋转的、包括地球在内的各个行星。

星云假说虽然有其科学和合理的方面，但因这种假说单纯地建立在牛顿力学基础上，不可避免地含有形而上学因素。随着科学技术的进步，人们的思想认识在不断发展，迄今提出过的太阳系演化学说已有 40 多种，有代表性的为俘获说、灾变说、星子说等。这些学说也各有其合理部分，但其中大部分是以现有的事实为基础，又提出一些任意的假说，这样的思想方法不免带有很大的片面性。

无疑，探索太阳系及地球起源的问题确实是有许多困难，因为这是遥远年代前的事，没有人目睹其事。在前人思想和学识的基础上，目前人们确实地认为，在约 46 亿年前，距太阳约 1.5 亿千米处就已存在着具有固态外壳的地球实体。地球形成初期，由于引力收缩产生能量，使这个初生天体变得非常炽热，当然谈不上有大气、海洋、花草鸟兽以至于人类存在。

在地球形成之后的漫长的地质年代，位于宇宙空间的地球逐渐冷却，内中物质同时发生分异作用，使地球逐步分出了不同的圈层，即在地球内部形成了三个同心排列的圈层：地核、地幔和地壳(图 1-1)。打个比方说，地球就像一个煮熟的鸡蛋，其中的蛋黄、蛋白和蛋壳就分

^① 18 世纪上半叶，天文学家曾通过望远镜观察到十几个云雾状天体。由于距离太远，望远镜分辨率不足，当时统称为星云。

别相当于地球内部三个不同的圈层。

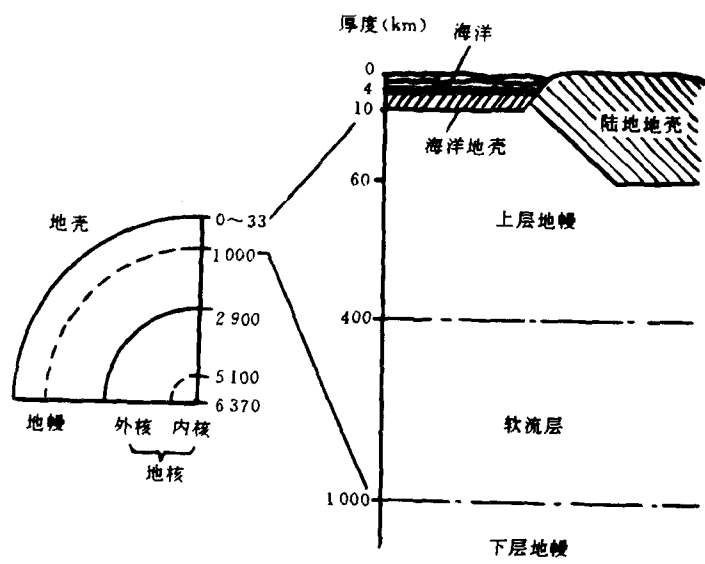


图 1-1 地球的结构

地球内部的三个圈层位于不同深度,具有不同物理性质。地球内部的密度、压力和温度都随着深度的增大而增加(表 1-1)。

表 1-1 地球内部各圈层物理状态

圈 层	深度(km)	密度(g/cm ³)	压力(MPa)	温度(°C)
地 壳	0~33	2.7~2.9		15~1 000
地 幔	33~2 900	3.32~5.66	900	1 500~2 000
地 核	2 900~6 371	9.71~16(?)	136 800	大于 2 000
			约 360 000	

地核处于地球中心部(即深度超过 2 900km 的地层),压力达 30 多万 MPa,温度可达 2 000°C 以上。它的主要成分中可能有铁和镍,所以有非常大的密度。地幔是紧紧包在地核外面的一圈,因为它夹于地壳和地核之间,也称中间层。地幔厚度大约有 2 900km,其密度和整个地球的平均密度比较接近。在上下地幔层之间有一个软流层,在这里集中着大量放射性物质,所产生的蜕变热使地层呈局部熔融状态,被认为是岩浆的发源地。地壳是地球最外面的一层,其厚度各处不一,最薄的只有 5~6km,最厚的地方有 70~80km,平均是 33km。由地壳和地幔顶部坚硬岩石组成了厚度约 70~100km 的岩石圈。此外,在地球上还分异出了水圈和大气圈。水圈包括地球上的海洋、江河、湖泊、冰川等,按其体积大约占整个地球的千分之一。包围在地球最外面的一层气体就是大气圈,厚度从地面到高空 1 000~3 000km。大气圈越离开地面越稀薄,100km 高空的大气密度约是地面的百万分之一。地球上有了水和空气,给生物的发生和发展提供了条件,于是在地球上又形成了生物圈。整个人类的社会活动几乎都是在地球表面的生物圈内进行的。

地球各圈层形成之后,也并不是彼此孤立、静止不变的,而是相互制约、相互渗透、相互影响,不断发展和变化的。原始大气中主要成分可能是 H 和 He,通过聚变反应部分转化为

重元素 C、N、O，再通过化学反应生成 CH₄、NH₃ 和 H₂O 等。此后发生的各种演化过程(特别是长时期的光合作用)，使大气圈成分发生了进一步变化，逐渐形成了今天地球大气圈所具有的成分。最初海洋中也没有这么多盐分，由于河流的搬运作用，把地面上的可溶性盐类带入了海洋，通过年长日久的贮积，使海水中含盐量越来越多，达到了目前的水平。地壳也是一直不断地运动着。近代的地质观测表明，地壳是由“漂浮”在地幔之上的一些板块组成的。这些板块的互相推碰或互相靠拢以至于剧烈碰撞，是一切地壳运动现象的根源。例如，古大陆的分裂，迄今所发生的大陆漂移以及当前发生的火山爆发和地震活动等，全都由这些板块的运动所引起。地壳上连绵不断的山脉和纵横交错的河流也都是地壳运动的产物，它们都各有其发生和发展的历史。

生物圈也是在长时期内渐次演变的，而且与地球表面上的环境变化息息相关。通常人们将整个地质历史划分为五个代和十余个纪，如表 1-2 所示，最原始的生物发生在太古代晚期，在此后的漫长时期中，生物不断地由低级向高级发展。在距今约 7 000 万年的新生代，哺乳动物、鸟类和被子植物开始繁衍昌盛，只是在新生代最晚一个阶段，即第四纪出现了人类，因此人类不过有大约 100 万年的历史。

表 1-2 地质年代表

代	纪	距今年龄 (百万年)	生物发展阶段		大气演化	
			动物界	植物界		
新生代 Kz	第 四 纪 Q	1	人类时代	被子植物 时 代	富	
	新第三纪 N	25	哺乳动物 时 代			
	老第三纪 E	70				
中生代 Mz	白 垩 纪 K	135	爬行动物 时 代	裸子植物 时 代		氧
	侏 罗 纪 J	180				
	三 迭 纪 T	225				
古生代 Pz	二 迭 纪 P	270	两栖动物 时 代	陆生孢子 植物时代		
	石 炭 纪 C	350				
	泥 盆 纪 D	400	鱼类时代			
	志 留 纪 S	440				
	奥 陶 纪 O	500		海生无脊椎 动 物 时 代		
	寒 武 纪 C	600				
	元古代 Pt	震 旦 纪 Z	1 000?	动物孕育、 萌芽、发展 的初级阶段	海生藻类 时 代	含氧,开始 出现臭氧
		1 800				
太古代 Ar		4 600	最低等原始生物产生		少氧	
地球的初期发展阶段		6 000?			无氧	

以上所述的地球的产生和演化过程告诉我们，整个地球有一部漫长的历史，生物的出现和进化只是其中的一小段，而人类的历史更是短暂的“一瞬”。

地球各圈层的质量和各圈层的化学元素组成分别如表 1-3 和表 1-4 所示。从表列数据可见，元素氧是各圈层中最普遍存在的元素。

表 1-3 地球各圈层的质量

圈 名	估计质量(10^{20} g)	圈 名	估计质量(10^{20} g)
1. 大气圈		两极冰帽、冰山、冰河	278
对流层的质量(至 11km 处)	40	海洋	13 480
总质量	52	4. 岩石圈	
2. 土壤圈	16	沉积物	3 000
3. 水圈		沉积岩	29 000
河流和湖泊	2	变成岩	76 200
地下水 ^①	81	火成岩	189 300

注：① 地下水也可归入岩石圈

表 1-4 地球及各圈层中元素的质量百分组成

(按元素丰度次序排列)

地 球	地 壳	海 洋	大 气(不含水汽)	生 物 圈
Fe 35	O 46.6	O 85.8	N 75.5	O 53
O 29	Si 27.7	H 11	O 23.2	C 39
Si 14	Al 8.1	Cl 1.94	Ar 1.3	H 6.6
Mg 14	Fe 5.0	Na 1.05	C 9.3×10^{-3}	N 0.5
S 2.9	Ca 3.6	Mg 0.13	Ne 1.3×10^{-3}	Ca 0.4
Ni 2.4	Na 2.8	S 0.09	Kr 0.45×10^{-3}	K 0.2
Ca 2.1	K 2.6	Ca 0.041	He 72×10^{-6}	Si 0.1
Al 1.8	Mg 2.1	K 0.039	Xe 40×10^{-6}	P 0.1
Na 0.3	Ti 0.57	Br 0.007	H 23×10^{-6}	Mg 0.1
P 0.2	H 0.22	C 0.003	S 70×10^{-9}	S 0.07

1.2 有关环境的一些基本概念

1) 环境和人类生存环境

对某一生物主体而言,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性的因素。在此,我们将围绕着某一有生命主体的外部世界称之为环境。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,充满各种有生命和无生命物质的空间,是人类赖以生存,直接或间接影响人类生产、生活和发展的各种外界事物和力量的总和。也可以说,人类的生存环境包容了人类以外的自然界中的一切事物。由此看来,它是一个有序的、广度可及至宇宙的无比巨大的系统。对于如此巨大的系统,人们是无从下手研究的。目前环境科学所研究的环境范围主要包括自然环境,特别是其中的生物圈部分(人类的社会环境不在其内)。因为这是人类活动的最基本范围,人和环境间的交互作用也主要发生在这一范围之内。

2) 自然环境

指的是人类生存环境中的自然条件部分。概括地讲,它指的是客观物质世界中和人类、

人类社会发生相互影响的各种自然因素的总和。其中主要因素(环境要素)有水、大气、阳光、岩石、土壤、生物等。

3) 生物圈

可定义为地球上所有生物体的总和,也可定义为由生活在大气圈、水圈、岩石圈和土壤层(岩石圈的附属层)界面上的生物所构成的一个有生命的圈层。应用后一定义便于显现出生物体与其周围非生物环境之间的相互作用。自从生命在地球上诞生之后,生物就在这个圈层上生存、发展和演化。生物圈也正是生物活动的最大环境。根据生物分布幅度,生物圈上界可达海平面以上 10km,下界达海平面以下 12km。也就是说,在地球表面包裹了 22km 厚的一层生物圈。在这个广阔的自然界里,最活跃的是生物。

生活在生物圈某区域范围内某生物物种的所有个体总和被称为种群。在此范围内所有种群之和被称为群落。对某一确定种群来说,只能生活在变动幅度不大的环境条件下,但不同种群的生物可能在相差悬殊的环境条件下各自生活。例如极地动物和嗜热细菌间虽然有着共通的遗传密码和相似的蛋白质结构,但前者生活在 0°C 以下的陆地,而后者却能在 80°C 的热泉水中生长、繁殖。表 1-5 列举了对全体生物而言的生存环境的条件限度。一般说来,只有微生物类才能在极端环境条件下生存。

表 1-5 地球生物的生存条件

条 件	下 限	上 限
温 度	-18°C (细菌类)	104°C (反硫化细菌, 10km 深水下)
电极电位 E_h	-450mV (pH9.5)(反硫化细菌)	$+850\text{mV}$ (pH3)(铁细菌)
pH	0(硫细菌等)	13? (织线藻属, 念珠藻属)
水 压	~ 0	140MPa(深海细菌)
盐 度	重蒸馏水(异养细菌)	饱和食盐水(好盐细菌等)

在考虑一个实际的环境系统时,自然环境和生物圈还是一个过于巨大的系统。比这更小的环境系统依次是区域环境、生境、小环境、微环境和内环境。

4) 区域环境

指的是某生物群落所处的生存环境。组成生物圈的各圈层是不均匀的,在物质的组成和分布方面有着很大差异,形成了彼此可相区别的各种各样区域,即为区域环境。例如:湖、河、江海、沙漠、山地、平原以及热带、亚热带、温带和寒带等,都有各自突出的自然环境景观。不同区域环境中生存着与环境相适应的动物、植物和微生物。

5) 生境

指的是生物群落中某一种群所处的生存环境。种群能有效地利用周围能源而得以良好生长和发育的环境就是生境。如盐沼是网茅的生境,干旱的石灰岩山坡是毛枝栎的生境,北方森林和苔原是驯鹿的生境等。

6) 小环境和微环境

指的是生物个体所占据生境的一个特定范围。例如:居室是人们生活的小环境;根系表面的土壤环境,即为根系环境;叶片表面附近的大气环境及随温度、湿度变化所形成的小气候或微气候,就是植物的小环境。微生物形体微小,其所处生境被称为微环境。

7) 内环境

指的是生物体内的环境,例如植物的细胞空腔、气孔、气室都是植物的内环境。生物体内光能的转化、光合作用的发生、呼吸作用的过程等生理功能活动,无一不在内环境中进行。维持内环境的正常平衡就能促进生命的发展;相反,内环境的平衡失调,将导致生物死亡。

8) 人工环境

与上述具有多个层次的自然环境相对应的是人工环境。包括人工栽培的植物,引种驯化的动物,农作物、人工经营管理的森林、草地、绿化园林甚至自然保护区内的一些控制和防治等措施都是人工环境。此外,如人为形成的污染环境、资源被开发后所形成的环境等,也都是在人为影响下所形成的人工环境。

9) 生态学

如前所述,以人作为主体的自然环境可分出多个环境层次。在各个层次中又生活着各种各样的生物群落和种群,它们也“生老病死”于环境之中,与环境间发生各式各样的关系。1868年德国人赫克尔首先把“研究有机生物体与环境相互关系的一门科学”命名为生态学。也有人提出,生态学可与环境生物学同义。如是,生态学的蕴义就显得浅近和容易理解了。生态学和环境学虽是两门不同学科,但两者有着非常密切的联系。

10) 系统

为了便于研究,常将环境作为“系统”考虑。在此我们将系统定义为:由相互间存在着依赖和作用关系的许多组分所组成的完整实体。以一个水池为例,试静态地观察其中以一定时间和空间相组合的各种生态组分(生命的和非生命的),则我们所能见到的就是一个生态环境。如果要研究这个生态环境中各组分在结构和功能间的关系,那么我们所面临的就是一个动态的生态系统。生态系统具有一般系统的下列通性:① 它由物质组成,且具有一定的结构;② 是实际环境在一定程度上一般化、抽象化和理想化了的形式;③ 它是活动的。所谓活动,指的是其中所包含的物质是流动的或不断迁移的;④ 正因为系统是活动的,在其各组分间会发生功能性的或结构性的相互影响;⑤ 需要外界向系统注入能量,这样才有可能推动其中物质流动或迁移。

当前,在对自然环境有了较深刻认识并经过痛苦反省后的人们逐渐认识到,作为自然一部分的人不应作为与自然对立的事物而存在,从而应该改变历来以自体为中心来审视客观事物的习惯。现在已有很多人认为:从终极意义上说,“人定胜天”是不可能的,人与自然间只能和谐相处,即只能做到“天人合一”。而要达到这种“合一”,人类一方面要发现自身的智慧和能力,另一方面又必须对自身的能动力和创造力有所抑制,在“自行其事”和“自我约束”之间行一条中庸之道。

1.3 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的一门重要分支学科大约始于本世纪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的。这些学科似乎都可归入环境化学范畴之内,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,但在它们之间无疑是有着密切联系的。

有关环境化学的初期研究工作大多由非化学专业人员作出,他们是对生物化学、生态学、湖泊学等进行研究的专业人员。是生物学家首先发现和研究了施用农药后产生的种种不良的生态效果;是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着密切的联系。

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。一般似可将其定义为研究环境中危及环境质量的化学物质,特别是化学污染物的来源、迁移、分布、反应、转化、效应、归宿以及人类活动对这些过程可能发生的作用和影响。从实用观点来看,环境化学的主要任务是要研究环境质量、其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内容归纳为三个方面:环境污染物的分析监测;从分子级水平研究环境污染的化学机理;应用化学方法、物理化学方法和生物化学方法等防治污染的有关技术中所涉及的化学原理。在其研究领域中有时还旁及化学污染物对生物体产生毒性的化学机理。以上几方面内容是互相联系而又互相沟通的,并可借以阐明环境质量的变化规律、控制污染的发生和发展,保持生态环境的良性循环。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现象的科学。图 1-2 显示了包括环境化学在内的环境科学的学科组成及其在自然科学中的地位。由此图可看出,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科学(还包括社会科学)的合作和密切配合才能完成。

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学科有着最密切的联系。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:① 由于被研究对象(主要是化学污染物)在环境中微量、低浓、形态多歧,又随时随地发生迁移和形态间的转化,所以需要以非常准确而又灵敏的环境分析监测手段作为研究工作的先导。例如对许多结构不明的有机污染物,经常需要用强有力的结构分析仪(如红外光谱仪、色质联用仪)予以分析鉴定;对污染物在环境介质中的相间平衡或反应动力学机理研究常需用高灵敏度的同位素示踪技术等。② 实际的环境体系是自然体系,它所发生的一切过程都是自发进行的,不可逆的,体系中污染物与其所处介质间也往往处于不平衡状态,所以单用化学热力学来处理这类体系的有关问题就有可能远离实际情况。目前正在兴起的环境化学动态学针对热力学的不足,以研究化学物质在环境流体中迁移、转化历程为目标,取得了许多有意义的成果,已有很多专著发表。但还应指出,目前仍不能舍弃化学热力学方法,因为它是我们研究动态问题的出发点。再则,在前人工作基础上,化学热力学具备着充分的现成数据可资利用。③ 由于体系组成的复杂性,所发生的多种过程又交互重叠,所以在研究问题时经常需要用简化手段,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,再进一步考虑环境的整体性和相关性,使所得最后结果能与实际情况一致。④ 环境体系是宏大、多元的,对化学物质造成环境污染的现象作综合的宏观研究,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,将化学污染物在环境中的种种宏观行

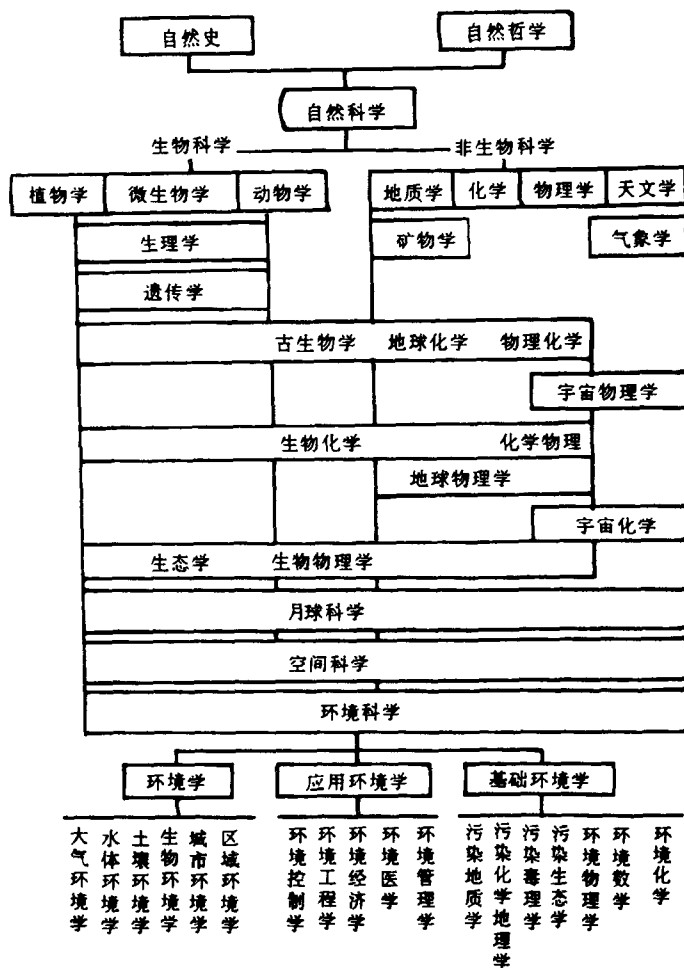


图 1-2 环境科学的学科组成及其在自然科学中的地位

为分别作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)来验证前所提出的模型和模式。综上所述,在环境化学研究方法中需运用多方结合的手段,即多种学科结合、宏观和微观结合、静动结合、简繁结合,“软硬”结合等。

1.4 环境污染和环境污染物

1.4.1 环境污染

对环境产生各种危害的问题可归结为两类。第一类是自然界各因素间相互作用或自然界自身不断运动产生的那些危及人类生存的问题。如各种自然灾害:火山爆发、地震、滑坡、洪水、风暴等。第二类是人类生产和生活活动所引起的问题,对此又可归纳为四个方面:①在资源开发过程中过度地向自然索取物质和能量(特别是化石燃料、矿物和木材等);②在物质生产和日常生活过程中向环境释放出废物和废能(特别是化学污染物和辐射能);③经

济建设(如农村城市化、围湖造田、兴建水坝等)引起对环境干扰;④ 人口增殖引起单位时间和空间中人类活动频度增多。以上这些人类活动也都将导致环境污染和自然生态的破坏。

近代,随着人类社会进步、生产发展和人们生活的不断提高,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。特别在本世纪的 50~60 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苦难或死亡,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和发展造成了严重危害。在这种情况下,人们逐渐对环境污染问题有了深刻的认识,在人们的思想上也就形成了环境污染的新概念。就目前人们的认识水平来看,所谓环境污染,指的是“由于自然的或人为的(生产、生活)原因,往原先处于正常状况的环境中附加了物质、能量或生物体,其数量或强度超过了环境的自净能力(自动调节能力),使环境质量变差,并对人们的健康或环境中某些有价值物质产生有害影响者。”对于环境污染的概念可以用图 1-3 示意,也可用类似数学的公式表示如下:

$$(\text{自然因素或人类活动的冲击破坏}) - (\text{包括自净机能在内的自然界动态平衡恢复能力}) \\ = (\text{环境污染造成的危害})$$

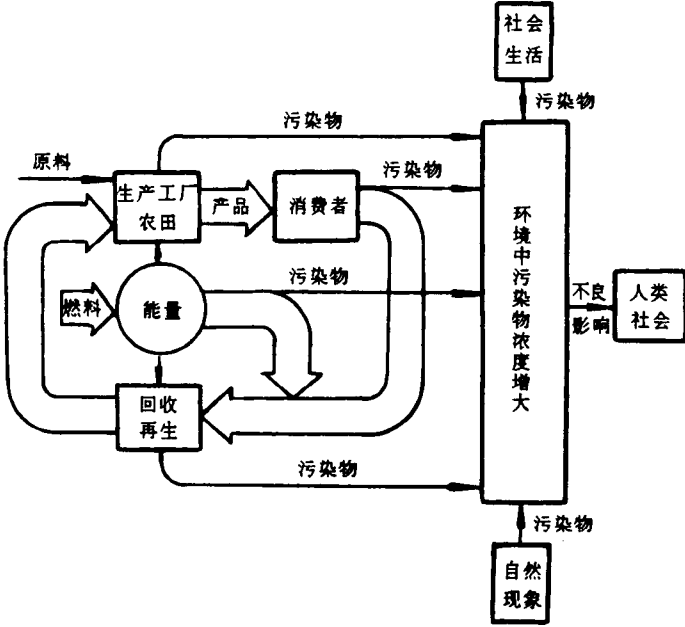


图 1-3 环境污染概念图

这里所说的自然原因即是指火山爆发、森林火灾、地震,有机物的腐烂等。以火山爆发为例,活动性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;从一次大规模的火山爆发中喷出的气溶胶(火山灰)有可能将其影响波及全球。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,从而影响了那些必需需要阳光的地球生物类的生长。另一方面,火山灰在地球表层形成一层薄膜,使地面上的各种形式能量无法散发,这如同二氧化碳造成的温室效应所起的作用一样。再则,大气中到处散满了火山灰,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,局部地区大雨经久,则必然造成另