

环境化学 与人体健康

唐森本 编著

中国环境科学出版社

环境化学与人体健康

唐森本 编著

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

本书论述的是与人群健康有关的环境化学问题，包括各环境要素的本底化学、地域化学和污染化学特征以及由此而引起的环境疾病。还介绍了与此有关的环境化学原理以及检测、预防和研究的方法。

本书可供从事环境保护、环境化学、地方病、职业病环境病因等方面的研究工作者、防治工作者、管理人员以及大专院校师生参考。

环境化学与人体健康

唐森本 编著

责任编辑 杨吉林

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

三河县二百户印刷厂印装

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1988年12月第 一 版 开本 850×1168 1/32

1989年5月第一次印刷 印张 13 3/4

印数 1—4000 字数 355 千字

ISBN7-80010-211-4/X·154

定价: 3.65元

前 言

在我国，因环境问题而引起的人体疾病是多种多样的，问题也是相当严重的。例如，大骨节病患区达十多个省区，患者上千万人，已有一百余年的研究史，至今病因仍然未搞清楚，病情仍在扩大。现在，我国工业已有相当大的发展，但环境污染又对人们引起了很多疾病。寻找这些疾病的环境病因，决非易事。要搞好这方面的工作，必须要有三方面的知识，一是医学知识，一是环境知识，另一就是化学知识。与人群健康有关系的环境问题的实质是环境化学的平衡与不平衡。要维持人群的良好健康状况，就必须有一个相对平衡的化学环境，如果出现环境化学物质的缺乏、过剩或形态变化，就会导致人群健康的破坏，出现各种疾病。本书就是从以上思路出发，分门别类加以论述。并引用大量国内外资料以及作者本人研究工作的有关结果，充实和丰富文中的论述和观点。

本书分七章。第一章讲述环境的本底化学，第二章讲述自然环境的地球化学特征以及生命元素的地域分异，第三、四章分别叙述环境一次污染物和二次污染物的化学状态、过程以及生物毒性，第五、六章讲述污染物的化学降解以及保护环境 的化学措施，第七章叙述了为保护人群健康为目的的环境化学问题的研究方法，包括环境调查、实验室操作和动物试验等。

由于人群罹患的与环境化学有关的疾病仅是环境中化学物质变迁的外观表现，因而本书内容立足于环境问题的化学原理和化学论证。其目的是为探寻环境疾病的环境病因的工作有所裨益。但由于本人的水平有限，难免有所谬误，敬请广大读者批评指正。

在编写过程中，曾得到中国科学院西北水土保持研究所地方病研究组的同志、西安医科大学大骨节病研究室的同志、西安冶金建筑学院环保专业的同志提供资料和给予帮助，对此深表感谢。

作者

1987.5.于西安

目 录

第一章 环境本底化学	(1)
第一节 地表环境的化学特征	(1)
第二节 大气层的本底化学特征	(12)
第三节 天然水体的本底化学特征	(20)
第四节 土地资源的本底化学特征	(46)
第五节 食物的营养化学特征	(60)
第二章 地域化学特征与地方性疾病	(81)
第一节 环境的地域景观特征	(81)
第二节 环境的化学风化作用	(87)
第三节 环境的氧化还原特征	(96)
第四节 生命元素的地域差异	(114)
第五节 地方病的环境化学病因	(138)
第三章 环境一次污染物的化学性状与生物毒性	(149)
第一节 进入大气的一次污染物质	(149)
第二节 进入水体的一次污染物质	(169)
第三节 进入环境的化学农药	(207)
第四节 进入环境的人工合成物质	(221)
第四章 环境二次污染的化学过程	(227)
第一节 大气环境的二次污染过程	(227)
第二节 水体环境的二次污染过程	(247)
第三节 土壤污染的化学过程	(273)
第四节 食物的化学污染与霉变	(285)
第五章 污染物质在环境中的化学降解	(296)
第一节 氧化还原降解	(297)
第二节 光化学降解	(301)

第三节	水解	(313)
第四节	生物降解	(323)
第六章	保护环境的化学措施	(351)
第一节	劣化环境的化学改良	(351)
第二节	有害气体的化学净化	(362)
第三节	废水的化学净化	(372)
第四节	污染土壤的化学改良	(388)
第七章	研究方法	(392)
第一节	环境化学因素的现场调查	(392)
第二节	实验室操作	(411)
第三节	环境化学物质的毒性试验	(424)

第一章 环境本底化学

人类生存的环境是地球表面的水圈、气圈和土壤圈。从与人体健康的关系来看，人类生存的环境是一些大大小小的化学体系，在这些体系中进行着各种各样的化学物质的迁移、转化和循环。用化学的方法研究各种化学物质在环境中的化学行为、转化规律以及对人体健康和生态体系的影响，就是环境化学的研究内容。环境化学在环境科学发展以及在人体健康方面有其独特的作用。例如，在一些山区曾流行过甲状腺肿疾病，经过40年的研究，终于弄清了是由于环境中碘的缺乏所致。1953年日本水俣病发现后，经过分析研究，证明是由于甲基汞中毒所致。1943年美国洛杉矶发生了光化学烟雾，到1950年才查清是由于汽车排放物造成的一种新的大气污染，一直到1978年美国和日本等国家还在研究光化学生成的机制问题。至今，人们对许多环境问题认识还比较贫乏，对因环境中某些化学物质的缺乏和过剩所产生的疾病还难于找到病因，其主要原因就是与人体健康有关系的环境化学方面的基础知识比较薄弱，这方面的研究还处于开始阶段。

环境的化学本底状况就是自然环境中各种化学物质的本来状况，是人类生存的基本环境，是环境污染的背景状态。本章仅就这方面的内容分别予以叙述，

第一节 地表环境的化学特征

地球表面是人类生存的环境，它既是在太阳辐射参与下包括地球表面上由岩石、空气、水体、土壤和生物组成的一层复杂特有的物质体系，这个体系的环境条件最适合人类的生存；同时也

是人类长期斗争和生产的场所，是经过人类加工利用的环境。

一、地表环境的化学演化

地球形成于40亿年前，它的早期面貌及其化学特征的遗迹很难找到。大约在距今19亿年前地壳开始形成，逐渐形成了由大气圈、水圈、生物圈和岩石圈组成的地球表面，随着时间的推移，由地球深处进入地球表面的化学物质不断减少，生物合成物质，从无到有，不断增多。

地球的能量，主要来自太阳。太阳每秒钟所放出的热量相当于燃烧116000亿吨煤放出的热量。太阳的巨大能量以8分钟的时间通过150000000公里的距离传到地球。到达地球大气层上界的热量，在垂直于太阳光线的每平方厘米面积上，每分钟为8.368焦耳，这个数字几乎维持不变，称为太阳常数。全球每分钟接受的热量为 10.431×10^{13} 焦耳，仅为太阳辐射总量的20亿分之一。太阳辐射还不能全部到达地面，在大气圈中经散射、吸收，最后一部分到达地面。这种辐射能到达地面后，又以红外波长辐射返回宇宙空间，又从太阳得到补充，形成“日地能量开放系统”。

在主要来自太阳能的作用下，地球表面各个图层（见图1-1）中的化学物质，不断进行着迁移、转化。虽然各自有其独特的化学演化过程，但每一个圈层的化学性状都与其他圈层的化学性状相互联系，彼此依存。最终导致形成一定的环境化学特征。例如，在太古代，大气圈成分主要是 CH_4 、 NH_3 、 N_2 、 H_2O 、 CO_2 ，相应的生物是嫌气和异养型，水圈是以氯化物为主的成分，在地表中Fe和Mn以低价形态存在，硫以硫化氢形态存在，整个地球表面呈现还原环境；到了后来，由于生物放氧作用，大气圈主要成分变为 N_2 — O_2 的氧化性，水圈是氯化物—碳酸盐—硫酸盐为主，Fe和Mn呈高价形态，硫呈硫酸盐状态存在，地表环境变为

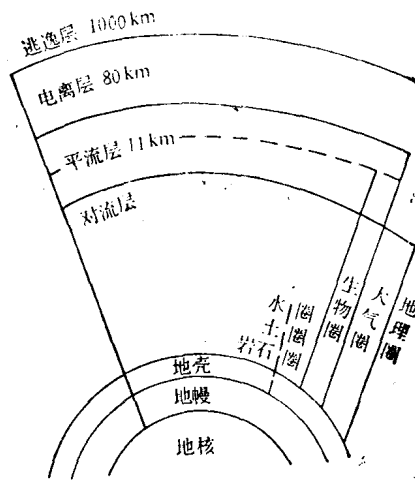


图1-1 地球构造的分层性

氧化态。

在我们的地球上，地表环境化学各个阶段的化学特征，都是元素及化合物在地表环境中迁移转化的结果，也是元素迁移转化的内因和外因统一作用下的必然表现，内因是元素的物理化学性质，外因是所处环境的热力条件，发展到人类环境时，人类活动因素又是一个影响元素迁移的强大因素。表 1-1 列出了地球环境化学演化的类型。

二、生物圈的化学特性

在地球表面，最有活力，且最根本区别于其它星球的是它具有生物圈。地球的年龄约为45亿年，而生物圈存在约在20—30亿年前。经过发展进化，我们今天讲的生物圈就是指地球上生命的那部分。就是地球表面那薄薄一层气体、水和土壤。生物就在其中生活。

表 1-1 地球环境化学演化的类型

		分 级		
现代以前的年代(亿年)	I 级	II 级	III 级	
45	非生源化学环境	还原型的非生源化学环境	还原型的主导因素 气圈化学特征 水圈化学特征 (H)元素的非生物迁移 H_2O, CH_4, NH_3, CO_2 (He, H ₂ S, HF, HCl, ...) 氯化物(可能有较酸水体)	
35		还原型的生源化学环境	(H)元素的水生源核生物迁移 $nCO_2 + 2nH_2A \xrightarrow[\text{载色体}]{\text{光}} CH_2O + nA_2 + nH_2O$ $CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{叶绿体}]{\text{光}} CH_2O + O_2$ (N ₂ , CO ₂ (CO, H ₂ , Ar) 氯化物→碳酸盐	
19—20	生源化学环境	氧化型的生源化学环境	(O)元素的水生真核生物迁移 $CH_2O + O_2 \xrightarrow[\text{叶绿素}]{\text{光}} N_2, CO_2 \rightarrow N_2, O_2, CO_2 (Ar, \dots)$ 氯化物→碳酸盐(硫酸盐)	
4			(O)元素的水-陆生物迁移 $N_2, O_2, CO_2 (Ar, \dots)$ 氯化物—碳酸盐, 硫酸盐	
0.02—0.03	人类影响的化学环境	氧化型的人类影响的化学环境	(O)人类活动影响元素迁移 $N_2, O_2, CO_2, \dots (Ar, \dots)$ 元素的生物迁移 氯化物—碳酸盐, 硫酸盐	

生物圈是如何形成的呢？追溯到天体在圈层的分化过程中，在它的内部都会产生一些气体。地球在脱气的过程中，由于距太阳不太近又不太远，温度不高，加上重力比较大，结果就保存住了相当多的气体，这便是大气圈。而水圈主要是从大气圈中分化出来的，原始的大气含有大量的水汽。这些水汽以及大气本身都是地球内部的物质在高温条件下分化出来的。火山的爆发也释放着大量的水汽。水汽起初存在于大气之中，以后由于温度逐渐降低，大气中一部分水汽凝结为液态水而降落到地面。在原始的洼地之中形成了最早的江河湖海，也就是原始的水圈。以后又由于水量的逐渐增加，原始的水圈逐渐变成了今天这样的千川万壑和汪洋大海。

当原始大气圈和原始水圈在地球上出现的时候，地球上还是一个没有生命的世界。但在原始的地壳和水圈中，早就存在着碳氢化合物，正是这些东西以后和其它元素如氮、氧等在一定的条件下，经过漫长的时期，终于演变成为能够生长和繁殖的原始生物。原始生物首先出现在海洋中。在一定的发展阶段中，它们才扩展到陆地上，并占领了海洋、陆地和低层大气的每一角落，形成了生物圈。生物圈形成之后，便参与了对地壳（岩石圈）、大气圈和水圈的改造，也促进了地球的发展，使得整个地球万象更新。它的出现标志着地球的发展进入了一个新的更加高级的阶段。地球成为目前我们知道的唯一能形成生物圈的行星，其主要原因是地球距太阳既不太近又不太远，由此出现了地球既不太热又不太冷的情况。同时，地球大部分地区昼夜交替的周期不长不短，这样便使得地球表面的温度变化不大不小，正是在这种适当的条件下，地球的水才出现“三态”并存的状态，有利于地球上生命的产生和生物圈的形成。

近代地球上的生物圈是生物界和水、大气及地壳（岩石）三个圈层长期交流的结果。一切生物都含有大量的水，这些水来自水圈，而植物是由根部吸收水的。一切生物体内部都含有大量的

碳素，它是绿色植物吸收一部分太阳能进行光合作用使大气中的二氧化碳中的碳素转化为生物体中的碳素。一切生物体也都含有矿物质，动物的骨骼和甲壳虫主要是由矿物质组成的。它们多从土壤中来的，也就是从岩石圈中来的。植物不断从地壳中吸收矿物质，从大气中吸收碳素，从水圈中吸收水分，在太阳的作用下把这些东西加以改造，使植物茁壮成长并维持了动物的生命。落到大地上的太阳能照暖了地表，没有被吸收利用的部分最终又辐射回空间。大气中97%是氮素，但它却不能被多数生物直接利用。可是生物非常需要氮素，这首先依靠专一化的有机体或工业方法把它固定下来然后才能被生物吸收与利用。生物圈主要由碳、氢、氧和氮组成，但其它元素如磷和硫也是值得注意的。

生物圈内的各个圈层在相互作用中也改造了自身，目前地球大气的主要成分是氮和氧。但在原始的绿色植物出现以前，原始大气是以二氧化碳、一氧化碳、甲烷和氨为主的。在绿色植物出现以后，植物在光合作用中放出了游离氧，从而使得原始大气中的一氧化碳经氧化而成为二氧化碳，甲烷经氧化而成为水汽和二氧化碳，氨经氧化而成为水汽和氮。以后由于植物的光合作用持续进行，大气中的二氧化碳被植物的光合作用吸收了大部分，使得大气中的氧越来越多，终于形成了以氮和氧为主的现代大气。

在陆地地壳的表面，有一层薄薄的土壤，其中有水、空气及大量的矿物质和丰富的有机质。这是地球上植物赖以生长的重要物质基础，也是我们人类从事农业生产活动的场所。

在生物圈内，最主要的是存在着生物，包括动物、植物和微生物。它们与其周围的环境组成许多大大小小的生态系统。一个湖泊，一条河流，一块森林绿地都可构成一个生态系统。

每个生态系统，都有各自的物质循环。自然界维持生命的最基本的物质循环有：

水循环——海洋、湖泊、河川和大地上的水通过蒸发进入大气层，然后通过降雨回到地面，再流入江河湖海。

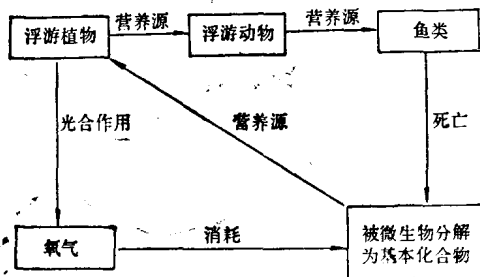


图1-2 水中微生物—浮游动植物—鱼类之间建立的生态平衡

碳循环——二氧化碳通过植物的光合作用转化为氧和葡萄糖，葡萄糖构成植物体内的碳化合物。动物吃了这些碳化合物，一部分通过氧化作用产生能量，而呼出二氧化碳，一部分从排出的粪便返回土壤，一部分储于体内，死后返回到土壤，回到土壤的碳化合物，经细菌、真菌的分解和氧化作用，又以二氧化碳的形式回到大气，再参加光合作用。

氮循环——植物从土壤中吸收硝酸盐等含氮分子，在体内与复杂的含碳分子结合生成各种氨基酸、氨基酸联结在一起生成蛋白质，动物吃了这些蛋白质，构成体内组织的一部分。动物死后，蛋白质回到土壤，经微生物分解转化为硝酸盐再被植物吸收。

氧循环——大气中的氧是在光合作用中分解水分子而产生的，它是维持生命所必需的元素。动物吸入氧气用于氧化体内的碳化合物，使其转化为能量，并排出二氧化碳。

到目前为止已发现生物有机体含有60多种化学元素，其中大部分是微量和超微量元素，在对6000种以上的动物和植物化学分析的基础上，得出地球上生命的平均成分见表1-2。

从表列数据可以看出：氧、碳、氢、氮、铜、磷、硫、钾、镁、钠、氯、铁是有机体的特征元素，按其重量来说占有有机体的

表1-2 地球上生命物质的平均成分

元 素	在有机体中的平均含量(重量%)	元 素	在有机体中的平均含量(重量%)
O	70.0	Br	1.5×10^{-4}
C	18.0	Mg	4×10^{-2}
H	10.5	P	7×10^{-2}
Na	5×10^{-1}	S	5×10^{-2}
K	3×10^{-1}	Na	5×10^{-2}
Si	2×10^{-1}	N	3×10^{-1}
Fe	1×10^{-2}	Cl	2×10^{-2}
Al	5×10^{-3}	Ge	1×10^{-4}
Ba	3×10^{-3}	Ni	5×10^{-5}
Sr	2×10^{-3}	Pb	5×10^{-5}
Mo	1×10^{-3}	Sn	(5×10^{-5})
B	1×10^{-3}	As	3×10^{-5}
Zr	$n \times 10^{-3}$	Li	2×10^{-5}
Ti	8×10^{-4}	Mo	1×10^{-5}
F	5×10^{-4}	Y	1×10^{-5}
Zn	5×10^{-4}	Cs	1×10^{-5}
Rb	5×10^{-4}	Se	$< 10^{-6}$
Cu	2×10^{-4}	U	$< 10^{-6}$
V	$n \times 10^{-4}$	Hg	$n \times 10^{-7}$
Cr	$n \times 10^{-4}$	Ra	$n \times 10^{-12}$

99%以上,剩下1%是微量元素。生物能从周围介质中浓缩一些元素。如某些海生有机体中元素含量就比周围水中高很多。例如F、B、K、S可增高几十倍;Fe、Br、Sr、As、Ag可增高数百倍;Si、P可增高数千倍;Cu、I可增高数万倍;Zn、Mn可增高数十万倍。

三、人和环境的依存关系

人是生物圈的主体。地球表面生物圈的环境,即地表的热、

表1-3 元素在地壳中的丰度，在人体中的含量以及对人体所产生的疾病

元素	70公斤成人 体内元素之 含量(g)	地壳中 的浓度 (ppm)	海水中的 浓度(ppb)	缺乏引起的地方性 疾病	过剩引起的地方性 疾 病
O	45500	466000	85700009		
C	12600	200	28000		
H	7000	1400	10800009		
N	2000	20	500		
Ca	1050	41500	400000	龋齿, 老年性骨质疏松	骨质硬化
P	700				
S	175				
K	140	20900	380000		
Na	105	28600	10500000		
Cl	105				
Mg	35	23300	1350000		某些癌症
Fe	4	56300	10	贫血	含铁血黄素沉着
Zn	2.3	70	10	侏儒症, 肝硬化	胃肠炎
Rb	1.2				
Sr	0.14	375	8100	龋齿, 老年性骨质疏松	大骨节病
Cu	0.1	55	3	营养不良	胃肠炎、肝炎、类风湿关节炎
Al	0.1	82300	10		
Pb	0.08	10	0.03		营养不良, 失眠, 癌症
Sn	0.03	2	3		胃肠炎
I	0.03	0.5	60	甲状腺肿	
Cd	0.02	0.2	0.11		高血压, 日本骨疼痛病, 癌症
Mn	0.02	1000	2	营养不良, 软骨, 狼疮	锰性癫狂病, 心肌梗死
Ba	0.016	425	30		四川痹症
As	<0.01	18	3		台湾黑脚病、砷中毒
Sb	<0.09	0.2	0.33		
La	<0.05				
Nb	<0.05				
Ti	<0.015	5700	1		
Ni	<0.01	75	5.4		心肌梗死, 癌症