

环境科学基本知识丛书

环 境 化 学

邵敏 赵美萍 编著

中国环境科学出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

环境化学/邵敏等编. —北京:中国环境科学出版社,
2000.10
(环境科学基本知识丛书)
ISBN 7-80135-954-2

I.环... II.邵... III.环境化学-基本知识
IV.X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 51212 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
北京市联华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

2001 年 3 月 第 一 版 开本 787 × 1092 1/32
2001 年 3 月 第一次印刷 印张 6 3/8
印数 1—6 000 字数 140 千字

定价:7.60 元

序 言

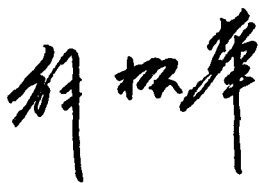
回首二十世纪，既是人类社会获得物质财富最多的世纪，也是人为破坏环境最严重的世纪。在品尝了自己酿成的恶果后，国际社会于1972年在瑞典斯德哥尔摩召开了人类环境会议，开始了防治污染，保护环境的征程，实现了人类环境认识史上的第一次飞跃。20年后的1992年，100多位国家首脑出席了在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会，共同探讨环境与发展问题，明确提出摒弃传统增长模式，实施可持续发展战略，实现了环境认识史上的第二次飞跃。正是伴随人类对环境问题认识水平的不断提高，环境保护事业才得以不断深入和发展。

二十多年来，在党和国家的重视和领导下，我国环境保护工作从小到大，从弱到强，取得了很大的进展，与此同时，全民环境意识也有了很大的提高。刚刚过去的五年，是我国公众环境意识提高幅度最大的时期，是环境保护与经济发展结合最紧密的时期，也是环境保护发展最快的时期。正是由于各级党委、政府把环境保护作为一项基本国策落实到各项发展进程之中，加快产业结构调整，增加环保投入，加大环境执法力度，才使环境污染恶化的趋势得以基本控制，一些地区和城市的环境质量开始得到改善；正是由于工业企业不断改革创新，采用清洁生产技术，淘汰落后设备工艺，加强污染治理，才使全国污染物排放总量得以控制并有所减少；新闻界环境宣传和舆论监督的日益广泛和深入，既揭露了破坏环境的行为，促进了环境问题的解决，又提高了

公众的环境意识；在自觉运用法律武器，维护自身环境权益的同时，广大群众也越来越多地参与到保护和改善环境的活动中，这为环境保护事业的深入发展奠定了极其重要的社会基础。

但是，必须承认，目前我国公众环境意识还不是很高。不顾环境承载能力，追求暂时片面发展的现象依然存在；为了企业短期利益，污染一条河，破坏一方土的行为在一些地方还比较普遍。江泽民总书记曾明确指出，环境意识和环境质量如何，是衡量一个国家和民族文明程度的一个重要标志。今后十年，我国将实现第三步战略目标，国民经济仍将保持较快的增长速度，人口也将持续地增长，生态环境面临着巨大的压力。只有尽快提高全民环境意识，形成一个全社会都来关心环境保护，全民都来参与环境保护的局面，我国的生态环境才能得到更加有效的保护，环境质量才能不断得到改善，天更蓝、地更绿、水更清，山川更加秀美的景象才能永驻中华大地。

相信这套丛书的出版将对增进公众环境科学知识，提高全民环境意识起到积极的促进作用。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '解', '平', and '萍'. The characters are written in a fluid, cursive style.

二〇〇一年一月

目 录

第一章 开篇的话	(1)
第二章 什么是大气层	(4)
第一节 大气层简介	(4)
第二节 大气层中的痕量化学组成	(8)
第三节 臭氧层	(15)
第四节 温室效应	(17)
第五节 我国大气环境基本状况	(19)
第三章 酸雨问题	(23)
第一节 什么是酸雨	(23)
第二节 酸雨的形成及环境影响	(24)
第三节 我国的酸雨状况与对策	(28)
第四章 城市光化学烟雾污染	(33)
第一节 什么是光化学烟雾	(33)
第二节 光化学烟雾的形成	(34)
第三节 光化学烟雾污染的控制	(38)
第五章 室内空气污染	(41)
第一节 室内空气的污染来源	(41)
第二节 室内气体污染物和颗粒物	(44)
第三节 室内放射性污染	(47)
第六章 全球气候变化	(50)
第一节 地球系统的能量平衡	(50)
第二节 人类活动对气候变化的影响	(54)
第三节 全球气候变化及可能影响	(66)

第四节	全球气候变化的对策	(68)
第七章	臭氧层破坏	(73)
第一节	大气平流层的基本特征	(73)
第二节	臭氧层破坏	(75)
第三节	臭氧层破坏的原因	(78)
第四节	臭氧层破坏的后果	(81)
第五节	人类的臭氧层保护行动	(82)
第八章	地球上的水	(87)
第一节	天然水的基本特征	(87)
第二节	水资源问题	(97)
第九章	天然水体中的化学平衡	(102)
第一节	酸碱平衡	(102)
第二节	配位平衡	(107)
第三节	氧化还原平衡	(109)
第四节	沉淀 - 溶解平衡	(113)
第五节	吸附 - 解吸平衡	(114)
第十章	水污染概述	(116)
第一节	水体中的污染物	(116)
第二节	如何评价水的质量	(123)
第十一章	水体的富营养化问题	(129)
第一节	什么是富营养化	(129)
第二节	富营养化的成因	(131)
第三节	富营养化的危害	(134)
第四节	富营养化的防治	(136)
第十二章	重金属污染	(139)
第一节	重金属污染概述	(139)
第二节	汞污染	(143)
第三节	镉污染和铅污染	(150)

第四节	铬污染和砷污染·····	(156)
第五节	铜和锌·····	(160)
第十三章	有毒有机物污染 ·····	(163)
第一节	多环芳烃·····	(163)
第二节	多氯联苯·····	(165)
第三节	表面活性剂·····	(167)
第四节	酚类·····	(169)
第五节	石油污染·····	(170)
第十四章	土壤的基本性质 ·····	(172)
第一节	土壤的形成和组成·····	(172)
第二节	土壤的物理化学性质·····	(177)
第十五章	农药污染问题 ·····	(184)
第一节	概述·····	(184)
第二节	农药的环境危害和降解机制·····	(187)
第三节	农药污染的综合防治·····	(192)

第一章 开篇的话

上溯到远古蛮荒时期,人类的远祖在电闪雷鸣,或惊涛骇浪,或风雪肆虐的大自然面前是颤栗而敬畏的。那时的人们认识和利用自然的能力十分有限,他们在与飞禽猛兽搏斗的过程中获取食物,或者被食;他们在山石林木间寻觅栖身之地,亦或四处流落。可以想见,他们的生存和生活是异常艰辛的。然而,同样可以想见的是,我们的远祖在粗糙简单的生存的同时,也享受着悠悠的白云、清新的空气和湛蓝的水,而这份人类与大自然的和谐却成为了现代人的奢望。

问题出在人类自身。人类天赋的巨大潜能,使人类在与自然斗争的过程中,逐渐占据了“上风”,至少很长一段时间人们自己这样认为。自从瓦特发明蒸汽机以后,人类惊喜地发现了自己巨大的能力。工业革命以来,尤其是第二次世界大战以后,全球许多国家和地区走上了以工业化和城市化为特征的发展道路。沿着这条道路,地球上出现了经济庞然大物日本,出现了超级大国美国,和一大批经济高速发展的“小龙小虎”,出现了工厂和摩天大楼,以及汽车、飞机和机器等。与之相伴随的,人类历史上也出现了酸雨、臭氧洞、水俣病,美国洛杉矶发生光化学烟雾事件,中国的本溪一度成为“卫星上看不见的城市”,南极企鹅的身体内检测出了人类生产活动中释放出的农药,全球的气候面临着能源消费过程中排出的二氧化碳的威胁。

当人类发展到今天的程度,尤其是科学技术的进步使人类具有了对环境和资源巨大的支配能力时,人类自然单一索取的态度遭到了来自大自然的报复。这一过程也引发了人们对传统发展模式,及人类与自然关系的深刻思考。中国的圣贤先哲很早就开始了对人类与自然关系的思索。我国伟大的思想家孔子说:“天人者,与天地合其德”。孟子也曾批评过“竭泽而渔”的愚蠢做法,《易经》上也有“天地之大德曰生”。这些观点均体现人类应与自然和谐相处的思想。西方许多有识之士也在人类的发展与自然的冲突中,提出了警世的真知灼见。“罗马俱乐部”对人类为自身的发展而无休止地攫取自然资源发出了“增长的极限”的呼吁,《寂静的春天》则向我们描绘了一幅由于大量使用杀虫剂,各种生命面临灭顶之灾,大地寂静,春天消失的可怕景象。

20世纪中期,人类第一次从宇宙空间上看见了我们一直生存的家园——地球。从这样一个角度进入我们视野的不再是比肩接踵的高楼大厦、立体交叉的高速公路和林立的工厂企业,而是一个有着白云碧水黑土地的静谧、美丽然而脆弱的小小寰球。回想为了自己更富裕美好地生活,而疯狂地掠夺资源、破坏环境和生态而给这个地球造成的灾难,从茫茫宇宙中看到了地球的人类所受的震动是可以想象的。

这本书后面的章节将详细介绍上述种种环境问题发生的原因,介绍有机的、无机的污染物的来源,进入大气、水体和土壤之后的行踪、转化和归宿,讲述如何越来越多的化学物质进入环境以后,被发现对人类有直接或潜在的危害,还将探讨环境污染的可能影响和解决这些问题目前所知的对策。

然而,作者在描述各种有毒有害的污染物弥散在大气、水体、土壤,甚至可怕地进入人体的种种途径时,内心的感觉仿佛在向已病入膏肓的患者述说他得病的原因;在分析各种类

型的污染的控制措施和方法时,又常常不由自主地想,与其竭尽心智地去打捞消散在水中极微量的重金属和有机物,捕捉飘逸在大气中的二氧化硫、臭氧和微细的颗粒物质,我们就没有更好的办法吗?

21世纪是人类文明的新世纪——环境文明的世纪。在这样的世纪里,可持续发展的理论和实践将不再仅是人们心中的目标,而是时时刻刻体现在日常生活、社会经济活动和国际交往中的一项规范、准则和自觉行动。人类将在自身进一步发展和完善的过程中,重建与大自然的和谐和统一,在高度发展的层次上回归“天人合一”。

第二章 什么是大气层

第一节 大气层简介

一、地球大气的演变过程

大气无时无刻地不与人类朝夕相处,但和我们睁开双眼就能看到的河流、山川、土地、森林不同,它是无色又无形的。大气是指包围在我们生存的地球表面,并随着地球一起旋转的空气层。地球大气的总重量是 5.2×10^{15} 吨。在太阳系的九大行星中,除了地球以外,火星和金星的表面也有大气层。但是,迄今为止,只有在地球上才有生命的存在和繁衍。地球成为我们人类的家园,原因是什么呢?

这是一个有趣但复杂的问题,至今我们仍无法给出一个统一的答案。但是地球大气层的存在却是这个答案的一部分。我们知道,地球的大气层经历了漫长的演变,才由最初的所谓还原型的大气,也就是主要由氢气、甲烷、氨气、水蒸气等组成的大气变成了现代氧化型的大气。这一演变的详细过程在科学界还存在许多争议,但是一般认为,漫长的生物形成和进化的过程与大气的化学演变是相伴而行,相互影响的。也

就是说,大气的不断变化为地球生命的生存和进化提供现实的条件,而生命的演化也逐步改变了大气的组成和结构。现代的大气中,氧气和氮气是永久性的成分,而且这两种成分的相对含量也始终保持不变。大气中氮气约占 78%,氧气约占 21%,其余的成分包括:惰性气体、二氧化碳、水蒸气及许多其他微量成分。

地球的大气层具有适宜的化学组成,同时 这些化学组分的空间分布,也有利于保护地球生命,如离地表 15 ~ 25 千米的臭氧层阻挡了紫外射线的伤害作用,大气中适宜的水汽、二氧化碳和氧气提供了人类和动植物生命的需要。大气层的另一个重要作用,是形成了适中的地球温度。火星只有一层薄薄的大气,因此火星表面的温度比冰箱的冷冻室还低,大约只有零下 47℃;而金星有一层厚厚的大气,结果金星的表面温度比烘箱还高,达到 400℃左右。只有地球的大气温度处于 15℃左右,是人类和地球上许多其他生命最适宜的温度。

二、大气的分层结构

一般地,根据大气层温度的垂直分布特点将大气圈分为几层,其中与我们息息相关的是对流层和平流层(图 2-1)。从图中可以看到,世界第一高峰——位于我国和尼泊尔交界处的珠穆朗玛峰大约位于对流层顶,即对流层和平流层的结合处。

对流层是大气的最低层,它的高度并不是固定不变的。在赤道附近,对流层的高度最高,为 16 ~ 18 千米,在中纬度地区为 10 ~ 12 千米,而在南极和北极地区,这一高度只有 8 ~ 9 千米,而且对流层的高度还有季节性变化,一般夏季较厚,冬季较薄。对流层最显著的特点是,气温随高度的增加而减小,大约每上升 100 米,气温降低 0.6℃。这样按照空气运动的一

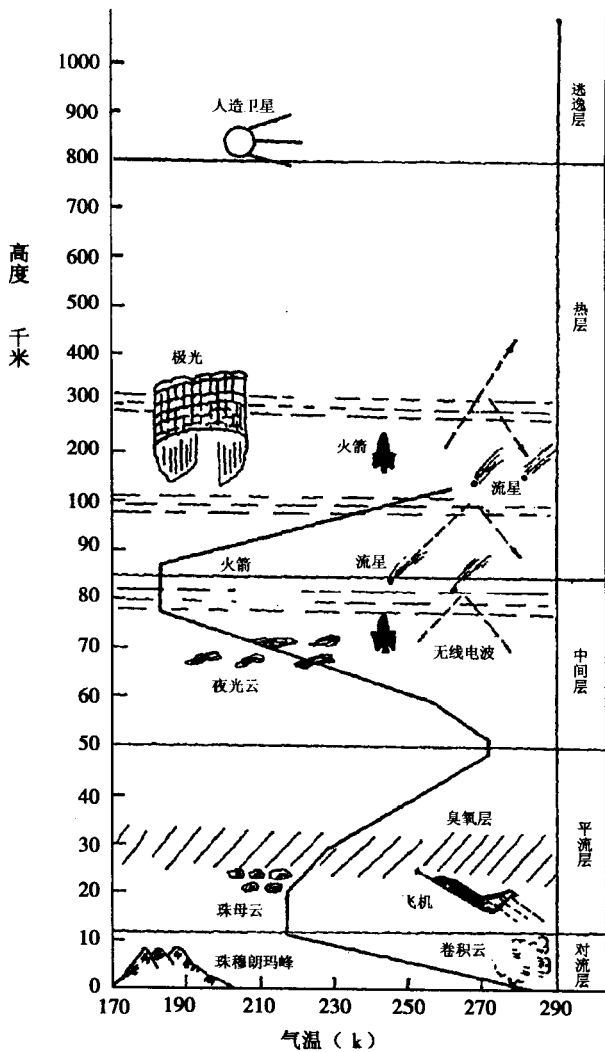


图 2-1 地球大气的分层结构

般规律,低层的空气因受热膨胀而上升,而高层的空气会因冷缩而下降,这样在垂直方向上空气就会形成强烈的对流运动,“对流层”也因此而得名。此外,对流层是大气中密度最大的一层,由于地球引力的作用,大气的密度在垂直方向是极不均匀的,离地表越远,空气越稀薄,在地表向上5千米内集中了大气总重量的50%,12千米内的大气占到大气总重量的90%。对流层是离人类最近的一层大气,雨、雪、雹等天气现象出现在对流层,大气中污染物的产生、迁移和转化也主要发生在这一层,因此,对流层与人类关系最为密切。

对流层含有许多重要的化学组分,其中水汽是一个十分重要的环境因素。水在地球的土壤层、生物圈和大气之间存在十分活跃的循环。在大气层中,水汽可以凝结成云和雾,在适宜的条件下,还可以生成雨、雪和冰雹等降水现象,而且水汽在地球的热平衡中具有重要的作用。这些过程使得地球具有了丰富多彩的天气现象。假如空气中没有水汽,我们每天十分关心的天气预报就会失去意义,因为科学家将能够准确地预知将来几百年内的天气情况。

从对流层顶向上至大约50千米之间的大气层称为平流层。与对流层不同,在平流层的下部,即30~35千米以下,温度随高度的变化很小;而在30~35千米以上,温度随高度的上升而上升。

平流层的最大特点是这里的空气很少上下方向的交换,主要是分层的平流运动,而且空气远比对流层空气稀薄,水汽和颗粒物的含量极少,几乎没有天气现象发生。平流层最引人关注的是其中的“臭氧层”,臭氧是这一层最重要的化学物质,臭氧层的变化会对对流层及地表生物圈产生重大影响。

自平流层而上还有所谓的中间层、热层和逃逸层,均具有不同的特点,但由于离人类的距离较远,一般研究涉及的也比

较少。

第二节 大气层中的痕量化学组成

在上面的内容中,陆续涉及到了—些大气中的化学组分,例如氧气、氮气、水汽、二氧化碳等。尽管这些组分会以一定的方式影响大气的物理和化学性质,在大气中的浓度比较高,但通常我们并没有把这些物质列入污染物质的行列。那么哪些组分是我们最关心的污染物质呢?

研究表明,大气中的化学成分是非常复杂的。大致上,可以将这些化学物质划分成含碳化合物、含氮化合物、含硫化合物、氧化剂及颗粒物质等五类。这些物质的浓度范围通常为 ppm 到 ppb 量级,也就是在 1 个单位体积的大气中,这些物质的含量只有百万分之一至十亿分之一的体积。有的甚至更低。因这些物质在大气中的含量远低于 CO_2 和 H_2O ,一般我们统称之为痕量组分。经过大气中的化学过程,这些痕量组分还能发生相互转化或生成新的物质,对人类和生态环境造成多方面的影响。在此,我们将对各类物质逐一进行简要的介绍。

一、含碳化合物

大气中的含碳化合物是种类极其丰富的一类,包括一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)、有机碳氢化合物(HC_s)以及含氧衍生物如醛,酮,醚,醇和酸等。

CO 是一种无色、无味、无臭的气体,在人体内能与铁红细胞结合,从而阻碍体内氧气的输送,浓度高时会使人发生窒

息。CO 在大气中由于扩散和氧化,一般不会达到造成人体室息的浓度水平。但是,CO 是清洁大气中含量较高的还原态化合物,因此对大气的氧化能力有重要的影响,而且 CO 参与大气光化学反应过程,并对全球环境产生影响。

CO 主要是在燃料不完全燃烧时产生的,而由于 CO 分子较为稳定,一旦生成,它转化为 CO₂ 的速度很慢。在全球范围内,汽车尾气是 CO 的最主要的人为排放来源。

CO₂是无毒的气体,CO₂之所以引起普遍的关注是因为它是最重要的温室气体,在全球气候变化中具有重要作用。据估计,如果大气中的 CO₂ 浓度升高一倍,全球的气温将上升 3.6℃。人为活动产生的 CO₂ 主要来源于化石燃料的燃烧,而一些重要的天然过程包括海洋脱气、动植物的呼吸作用等,也是大气 CO₂ 的来源。

碳氢化合物则是一类化合物的总称,这一类化合物有碳和氢两种元素组成,是大气中还原态的物质。据目前的研究结果,大气中的碳氢化合物种类超过 400 种。我们知道,大气本身是氧化性的。因此,碳氢化合物在大气中具有很高的化学活性,其氧化产物也非常复杂,生成很多含氧化合物如醛,酮和酸等,最终的产物是 CO₂。同时,碳氢化合物在大气化学中的反应又丰富了整个大气化学过程,加快了大气中其他组分的化学转化。因此,碳氢化合物的研究一直是大气化学一个非常活跃的领域。即使是碳氢化合物中最惰性的甲烷,也引起人们高度的重视。这主要是因为甲烷也是一种重要的温室气体,单个分子甲烷的温室效应是 CO₂ 分子的大约 20 倍,只是甲烷的大气浓度远低于 CO₂,甲烷总的温室效应仅次于 CO₂ 而居第二位。

碳氢化合物中还有一类被称为多环芳烃的化合物,所谓多环芳烃是指含有两个以上苯环(有的具有含氮的杂环)的碳

氢化合物,以气溶胶也就是大气中的颗粒物质的形式存在。苯并[a]芘是这类物质的一个典型代表。由于这一类化合物具有致癌和致突变作用,因此一直是人们极为关心的一种大气污染物。苯并[a]芘是具有五个苯环的分子,作为多环芳烃的代表性物质在国家环境质量标准中制定了严格的浓度限值。一般而言,多环芳烃主要来源于汽车尾气的排放。从人体与多环芳烃的接触途径而言,香烟的烟雾和肉类食品的烹调过程也带来不容忽视的威胁。

二、含氮化合物

在含氮化合物这一家族中,目前研究的较多的包括氧化亚氮(N_2O)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO_2)、氨(NH_3)等。另外,含氮化合物还包括硝酸(HNO_3)、亚硝酸(HNO_2)等多种分子形态。

氧化亚氮(N_2O)又称“笑气”,在医疗中可用于麻醉作用。虽然它在大气中的浓度远不足以产生这样的效果,但 N_2O 是低层大气中含量最高的含氮化合物。 N_2O 主要来自天然来源,是土壤中固氮细菌在固氮过程中的产物。其人为源主要是燃烧和含氮化肥使用后的微生物分解。其实, N_2O 并不被认为是一种污染物质。由于 N_2O 在对流层中的化学活性很低,因此在对流层的大气寿命超过百年, N_2O 可以在对流层均匀分布,并有可能进入平流层。这样 N_2O 的环境影响表现为对流层中的温室效应,以及在平流层参与臭氧层的破坏。

氨是对流层中唯一呈碱性的气态组分,因此在酸雨的研究中引起广泛的兴趣。氨主要来源于施用的肥料、人和动物的排泄物、生物腐殖质的细菌分解过程和一些工业过程。大气中的氨也不是重要的污染物,但是氨参与一系列的大气化学过程,如在气相和液相中转化为气溶胶,并可能进一步氧化