

环境污染化学

赵睿新 编

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环境污染化学/赵睿新编. —北京:化学工业出版社,
2004.2

ISBN 7-5025-5184-0

I. 环… II. 赵… III. 环境污染化学 IV. X131

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 006231 号

环境污染化学

赵睿新 编

责任编辑:陈丽 刘俊之

文字编辑:刘志茹

责任校对:凌亚男

封面设计:蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 461 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5184-0/X · 378

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

环境问题是现代人类普遍关注的全球性大问题。随着现代工业生产的迅猛发展,不可避免地给人类的生存环境造成比较大的威胁,环境污染的研究、控制已变得越来越重要和迫切。在环境污染的所有因素中,化学因素是最重要的。众所周知,污染和生产总是相伴而生,所以人类与环境污染的抗衡是长期的、艰巨的和永恒的。当代人类的智慧不仅能够创造出高度物质文明,同时也能够将物质文明生产过程中所产生的环境污染物质降低到最低水平,并且加以综合利用。所以在控制环境污染的过程中,环境污染化学原理显然具有特殊的重要性。

环境污染化学在我国还是一门比较年轻的学科。在基础理论和防治技术两方面都存在许多薄弱环节。这方面的书籍、文献等资料正在从不同的角度研究和介绍环境污染化学的诸多方面,环境污染化学基础理论和技术正处于发展阶段。现在普遍使用的教材,有些比较偏重基础理论,有些比较偏重技术介绍,能够将化学基础理论与污染防治技术结合起来的书籍作为教材的比较少。本书正是基于上述问题,应用化学科学的体系从物质的基础化学理论(物质分类、结构、物理性质、化学性质)出发,讨论环境污染物特别是化学污染物在环境中的变化规律、对人和动植物的生物效应,以及对环境的生态效应、环境中化学污染物的控制原理和污染源的污染控制化学原理,从而有效地将基础理论应用于污染防治技术之中。

为了使广大读者对环境污染化学内容有比较全面地了解,本书把环境分为天然环境和污染环境两方面,将生物环境中的生物、特别是微生物作为大气环境、水体环境和土壤环境等空间环境中的一种物质讨论,因为它分散于这些空间环境之中,所以不作为单独的生物环境进行讨论。在天然环境中,我们主要讨论化学污染物的分类、结构、物理性质、化学性质;在污染环境中,我们主要讨论化学污染物的来源、分布、物理性质、化学性质、生物性质(含生态效应)和污染控制化学原理。对于放射性污染,特别是几次局部战争所造成的放射性污染给我们的环境启示,使我们决心将放射性污染用比较多的内容加以讨论,以应对可能发生的放射性污染造成的危害。

《环境污染化学》是目前环境科学专业、环境工程专业的一门专业基础课,在作者讲授该门课程的十几年中,本书的绝大部分内容都曾经作为多年的讲授内容,而今,为了适应环境科学、环境工程等理工学科在新形势下的需要,将本人的讲义和多年收集的资料撰写成此书。本书的完成是在前辈和同行的辛勤劳动成果上结合自己的观点和研究完成的,成功之处是前辈和同行的劳动成果的体现。在本书编写过程中,得到许多同事和朋友的支持。李群女士完成了本书初稿的打字工作,中国农业大学2002级潘佳川帮助收集整理部分资料,在此一并表示感谢。

由于环境污染化学内容十分庞杂,学科的综合性和交叉性都很强,各种资料瀚如烟海,要在有限的篇幅内把环境污染化学中最重要和最有用的知识筛选出来,并使之系统化,实在不是一件容易的事。书中难免有许多错漏,敬请读者批评指正。

赵睿新

2003年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 环境、环境问题和环境科学的产生	1
1.1.1 环境和环境问题	1
1.1.2 环境污染和环境科学	9
1.2 环境化学及其研究内容和研究特点	10
1.2.1 环境化学的定义	10
1.2.2 环境化学的研究内容	11
1.2.3 环境化学研究的特点	11
1.2.4 环境化学中的几个基本概念	12
习题	14
第 2 章 天然大气环境化学	15
2.1 大气的构造	15
2.1.1 对流层	15
2.1.2 平流层	16
2.1.3 中间层	16
2.1.4 热成层	17
2.1.5 逸散层	17
2.2 天然大气的化学组成	18
2.3 天然大气的物理性质	18
2.3.1 温度	19
2.3.2 大气压和空气的密度	20
2.3.3 湿度	23
2.3.4 露点	24
2.3.5 大气的分子自由程	24
2.3.6 大气的黏性	24
2.3.7 大气的扩散性	24
2.4 天然大气的化学性质	25
2.4.1 天然大气中氧的化学性质	25
2.4.2 天然大气中氮的化学性质	30
2.4.3 天然大气中含氢物质的化学性质	32
2.4.4 天然大气中含碳化合物的化学性质	34
2.5 大气中光化学反应动力学	37
2.5.1 光化学反应的机理	38
2.5.2 光化学反应的速率方程	39
习题	43

第3章 污染大气环境化学	44
3.1 环境空气质量标准	44
3.1.1 空气质量标准	44
3.1.2 空气污染指数	44
3.2 大气污染概述	45
3.2.1 大气污染	45
3.2.2 大气污染源	46
3.2.3 大气污染物	47
3.3 大气污染物在环境中的物理性质	48
3.3.1 扩散	48
3.3.2 沉降	49
3.4 大气污染物化学	51
3.4.1 大气中一氧化碳的污染化学	51
3.4.2 大气中二氧化碳的污染化学	53
3.4.3 大气中氮氧化物的污染化学	57
3.4.4 大气中含硫化合物的污染化学	61
3.4.5 大气中烃类的污染化学	68
3.4.6 大气中含卤素化合物的污染化学	75
3.4.7 大气中颗粒物的污染化学	76
3.4.8 大气中放射性污染物的污染化学	79
3.4.9 大气中的微生物污染	87
习题	87
第4章 天然水体环境化学	92
4.1 水体环境概论	92
4.1.1 水的重要性	92
4.1.2 地球水资源的分类和分布	93
4.2 天然水体的化学组成	94
4.2.1 天然水体的化学组成概述	94
4.2.2 海水的化学组成	95
4.2.3 降水的化学组成	96
4.2.4 地表水和地下水的化学组成	97
4.3 天然水体的物理性质	98
4.3.1 纯水的物理性质	98
4.3.2 水分子和冰的结构	98
4.3.3 天然水体中的溶解过程	100
4.3.4 水体中的吸附过程	102
4.4 天然水体的化学性质	106
4.4.1 天然水体中的酸碱平衡	106
4.4.2 天然水体中的配位反应	123
4.4.3 天然水体中的化学沉淀和溶解	139

4.4.4	天然水体中的氧化还原反应	152
4.5	天然水体的生物性质	163
4.5.1	天然水体中的生物种类	164
4.5.2	天然水体中微生物的特征	165
4.5.3	天然水体中微生物的性质	169
	习题	188
第5章	污染水体环境化学	190
5.1	水体质量标准与水体污染	190
5.1.1	水体质量标准	190
5.1.2	水体污染	194
5.2	水体污染的环境化学	195
5.2.1	水体中悬浮物的环境化学	196
5.2.2	水体中酸、碱的环境化学	196
5.2.3	水体中重金属的环境化学	199
5.2.4	水体中放射性污染物的环境化学	213
5.2.5	水体中有机污染物的环境化学	220
5.2.6	水体中生物污染的环境化学	246
	习题	249
第6章	天然土壤环境化学	251
6.1	土壤的形成和结构	251
6.1.1	土壤的形成	251
6.1.2	土壤的结构	251
6.2	土壤的组成	252
6.3	土壤的物理性质	253
6.3.1	土壤的电性	253
6.3.2	土壤的吸附性	256
6.3.3	土壤的导热性	256
6.4	土壤的化学性质	256
6.4.1	土壤的酸碱性	256
6.4.2	土壤中的氧化还原反应	258
6.5	土壤的生物化学性质	259
	习题	260
第7章	污染土壤环境化学	261
7.1	土壤污染的概论	261
7.1.1	土壤污染及其特点	261
7.1.2	土壤污染物及其分类	261
7.1.3	土壤污染源及其分类	262
7.2	土壤污染化学	263
7.2.1	土壤中重金属污染的环境化学	263
7.2.2	土壤中有机污染物的环境化学	265

7.2.3	土壤中固体废弃物的环境化学	266
7.2.4	土壤中微生物的污染	272
7.2.5	土壤中放射性污染化学	273
习题.....		285
附录.....		286
附录一	本书使用的几个不常用单位符号.....	286
附录二	常用的环境标准.....	286
主要参考文献.....		288

第 1 章 绪 论

1.1 环境、环境问题和环境科学的产生

1.1.1 环境和环境问题

1.1.1.1 环境

环境是与中心事物有关的周围事物。它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叫做该中心事物的环境。在环境科学中，一般把围绕人类的周围事物，即直接和间接影响人类生活和发展的各种物质和自然及其能量的总体叫做环境。所以，人类的环境包括两个范围：一个是自然环境，即大气、水体、土壤、生物等；另一个就是社会环境。换言之，相对于人类这个主体而言的外部世界就是人类的生存环境。围绕人类群体的外部世界，充满着各种有机体和无机体，这些物质是人类赖以生存、直接或者间接影响人类生产、生活和发展的事情。这些各种外界事物和力量的总和即是人类生存、发展的环境，由此可见，环境是一个有序的、广度可以涉及宇宙的无比巨大的系统。

为此，《中华人民共和国环境保护法》明确定义环境为“影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等”。这个环境的概念就把人类生存的环境局限在地球这个星体上，目前环境科学也主要将环境这个概念局限在人类生存的地球上。

为了更好地研究环境，人类将其生存环境分成不同的类型。根据自然环境的结构单元，可将环境分为水体环境（如海洋、湖泊、江河等）、大气环境（如对流层、平流层、中间层等）、土壤环境（表土环境、深土环境、岩石环境等）、生物环境（森林环境、草原环境、沙漠环境等）；根据人类活动的范围，环境可以被分为特定空间环境（如航空、航天的密封舱、潜艇等）、劳动车间环境（机械车间、电子车间、化工车间等）、生活环境（居室环境、院落环境、小区环境等）、城市环境（商业区环境、工业区环境、交通区环境等）、区域环境（流域环境、行政区环境等）、全球环境和宇宙环境；根据环境功能，人们将环境分为聚落环境（如院落、村落、城市等）、生产环境（如工厂、矿山、农场、林场等环境）、交通环境（如机场环境、港口环境等）、文化环境（如学校、文教区、文物保护区、风景游览区、自然保护区）。

人类生存的自然环境是由空气、水、土壤、阳光和各种生物所构成的，在环境科学中常常把这些自然要素描述为大气环境、水体环境、土壤环境和生物环境，即大气圈、水圈、土壤圈、生物圈。从地球的开始形成到这些自然环境的逐一出现，经历了漫长的历史岁月。这四个环境主要在太阳能的作用下进行着物质循环和能量循环，使“四圈”环境呈现出万物更新、生生不息的景象。但是，人类的出现却彻底打乱了地球环境演变的节奏。

1.1.1.2 环境的历史和环境问题的出现

从远古到工业革命之前，伴随着人类活动、利用和制造工具，人类对环境的破坏也随之发生，因为从人类诞生伊始，改造世界便一直是人类的梦想。江河湖海的滔滔之水带给人类

无穷的灾难，人类梦想征服它，于是便有了《圣经》中 3 次洪水的记录，便有了大禹治水的故事。由于用火不慎，大片草地、森林发生火灾，再加上人们过度狩猎，使生物资源遭到破坏。干旱和沙漠迫使人们离开曾经生活过的家园而远走他乡，为寻找水草丰美的定居点，不得不迁往其他地方以谋生存。不过，当时人口很少，人类活动范围很小，以采集和猎取天然动植物为主，人类对自然影响力还很低，地球生态系统有足够的自行恢复平衡，环境基本上按照自然的规律运行，人类改造自然环境的活动还不足以干扰自然生态的平衡。

(1) 伦敦烟雾事件 工业革命以后到 20 世纪 60 年代，社会生产力迅速发展，机器的广泛使用，为人类创造了大量财富，但是工业生产排出的废弃物也使人类环境不堪重负。19 世纪下半叶，世界最大的工业中心之一——伦敦曾经多次发生因排放煤烟而引起的烟雾事件，每一次烟雾事件，都造成数百人死亡。早在 1873 年 12 月就发生过烟雾事件，当时有 268 人受害致死。在历史上有据可查的伦敦烟雾事件有 12 起，受害总人数近万人。比较严重的伦敦烟雾事件是 1952 年 12 月 5~8 日的一次烟雾事件。当时工业发展大量用煤，居民用烟煤取暖，排入到空气中的煤烟含硫量和粉尘量很高，而从 1952 年 12 月 5 日起，伦敦又处于大型移动型高压脊气象，使伦敦上空的空气处于无风状态，气温呈逆温状态，城市上空烟尘积累，持续 4~5 天浓雾弥漫，大气中烟尘达到 $4.5\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ，二氧化硫为 $3.8\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ，使几千市民胸口窒闷并发生咳嗽、咽喉肿痛、呕吐等症状。事故发生当天死亡率上升，到第 3 天和第 4 天，发病率和死亡率急剧增加。4 天中死亡人数比常年同期多 4000 人，支气管炎、冠心病、肺结核、心脏衰竭、肺炎、肺癌、流感等病的死亡率均成倍增长。甚至在烟雾事件后两个月内，还陆续有 8000 人病死。这次事件之后才引起英国政府重视，采取有力措施控制了空气污染，从 1965 年以后，便再没有出现烟雾事件。

(2) 马斯河谷烟雾事件 1930 年 12 月 1~5 日比利时马斯河谷工业区发生了持续 5 天的燃煤有害气体和粉尘污染引起的烟雾事件。马斯河两侧高山矗立，许多重型工厂如炼焦、炼钢、电力、玻璃、炼锌、硫酸、化肥厂等鳞次栉比地分布在长 24km 的河谷地带。1930 年 12 月初，这里气候反常，出现逆温层，整个工业区被烟雾覆盖，工厂排出的有害气体在靠近地表的浓雾层中积累。从第 3 天起，有几千人的发生呼吸道疾病，不同年龄的人开始出现流泪、喉痛、声嘶、咳嗽、呼吸短促、胸口窒闷、恶心、呕吐等症状，有 60 人死亡，大多数是心脏病和肺病患者，同时大批家畜死亡。学者们在解剖死者尸体时证实，刺激性化学物质二氧化硫损害呼吸道内壁是致死的主要原因。当时大气中二氧化硫浓度为 $25 \sim 100\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ，再加上空气中的氮氧化物和金属氧化物尘埃加速了二氧化硫向三氧化硫的转化，当这些气体深入人体肺部时，加剧了致病作用，造成这次灾难。

(3) 多诺拉烟雾事件 1948 年 10 月 26~31 日发生于美国宾夕法尼亚州多诺拉镇。当时记者作了这样的记载“10 月 27 日早晨，烟雾笼罩着多诺拉。气候潮湿寒冷、阴云密布，地面处于死风状态，整整两天笼罩在烟雾之中，而且烟雾越来越稠厚，吸附凝结成一块。视线也仅仅能看到企业的对面，除了烟囱之外，工厂都消失在烟雾中。空气开始使人作呕，甚至有种怪味，是二氧化硫的刺激性气味。每个外出的人都明显感觉到这点，但是并没有引起警觉。二氧化硫气味是在燃煤和熔炼矿物时放出的，在多诺拉的每次烟雾中都有这种污染物。这一次看来只是比平常更为严重”。在空气污染的 4 天内，1.4 万人的小镇发病者达 5511 人，占全镇总人口的 43%。症状较轻的是眼痛、喉痛、流鼻涕、干咳、头痛、肢体酸乏；中度患者咳嗽、胸闷、呕吐、腹泻；重症患者是综合性症状，共有 17 人死亡。根据死者的尸体解剖证明，肺部有急剧刺激引起的变化，如血管扩张出血、水肿、支气管含脓等。

一些慢性心血管病人由于病情加剧，促成心脏病发作导致死亡。根据推断，由于二氧化硫浓度高，它与金属元素和某些化合物反应生成硫酸铵是这次事件的主要危害物，二氧化硫及其氧化作用产物与大气中烟尘颗粒结合是致害因素。

(4) 洛杉矶光化学烟雾事件 1943年5~10月，在美国滨海城市洛杉矶发生由汽车排放的尾气在日光作用下形成的毒雾对人造成危害的事件。洛杉矶背山临海，三面环山，是一个口袋形的长50km的盆地，一年中有300天是逆温现象。当时，洛杉矶有250万辆汽车，每天耗油1893L。由于汽车的能源利用率不高，每天有1000多吨碳氢化合物——石油烃尾气、一氧化碳和氧化氮、铅烟等进入空气。汽车尾气在阳光作用下与空气中其他化学成分发生化学反应，产生一种淡蓝色烟雾。这种烟雾在逆温状态下扩散不出去，长期滞留在市内，刺激人的眼、鼻、喉，引起眼病、喉头炎和不同程度的头痛，严重的造成死亡。同时也使家畜患病，妨碍农作物和植物生长，腐蚀材料和建筑物，使橡胶制品老化。由于烟雾使大气浑浊，降低了大气的能见度，影响了汽车和飞机的安全，造成车祸和飞机坠毁事件增多等危害。经过研究，证明淡蓝色烟雾中含有臭氧、氧化氮、乙醛、过氧化物如过氧化乙酰硝酸酯等刺激性的物质。

(5) 四日市哮喘事件 1961年发生于日本四日市。四日市位于日本东部海岸的伊势湾，有近海临河的交通之便，1955年在这里建成第一座炼油厂，接着建成3个大的石油联合企业，三菱石油化工等10多个大厂和100多个中小企业都集中在这里。石油工业和矿物燃料燃烧排放的粉尘和二氧化硫总量达13亿吨，超过容许浓度的5~6倍。烟雾中含有有毒的铅、锰、钛等重金属粉尘。二氧化硫在重金属粉尘的催化下形成硫酸烟雾，被人吸入肺部后引起支气管炎、支气管哮喘以及肺气肿等许多呼吸道疾病。1961年全市哮喘病大发作，1964年严重患者开始死亡，1967年有些患者不堪忍受痛苦而自杀，到1970年患者已经达到500多人，1972年确认哮喘病人817人，死亡10多人。

(6) 水俣病事件 1953~1956年，发生于日本熊本县水俣镇。原来这里只是一个小镇，周围村庄住着10000多渔民和农民。1925年在这里兴建新日本氮肥公司，后来扩建成合成醋酸厂，1949年开始生产聚氯乙烯，成为一个大企业。1950年，这里的渔村发现“猫自杀”的怪现象，即有些猫步态不稳，抽筋麻痹，最后跳入水中溺死。1953年在水俣镇渔村出现了原因不明的中枢神经性疾病患者，患者开始口齿不清，步态不稳，面部痴呆，后来耳聋瞎，全身麻木，继而神经失常，一会儿酣睡，一会儿异常兴奋，最后身体如弯弓，在高声叫喊声中死去。1956年这类患者增加至96名，其中死亡18人。1958年春，新日本氮肥公司把废水引至水俣川北部，在六七个月后，这个新的污染区出现18个同样症状的病人。1959~1963年学者们才分离得到氯化甲基汞结晶这个导致“水俣病”发生的罪魁祸首，经喂猫试验，结果猫出现典型的“水俣病”症状，揭开了污染之谜。原来是新日本氮肥公司在生产聚氯乙烯和醋酸乙烯时，采用低成本的水银催化剂工艺，将含有汞的催化剂和大量含有甲基汞的废水和废渣排入水俣湾中，甲基汞在鱼、贝中积累，通过食物链使人食鱼后中毒致病。

(7) 骨痛病事件 1955~1972年，发生于日本富山县神通川流域。由于锌、铝冶炼厂排放含镉废水，污染了神通川水体，两岸居民利用河水灌溉农田，使稻米含镉，居民食用含镉稻米和饮用含镉废水而中毒。据记载，日本三井金属矿业公司在神通川上游于1913年就开始在这里炼锌，1931年就出现过怪病，当时既不知道是什么病，也不知道是怎样得的。1955年，神通川河里的鱼大量死亡，两岸稻田大面积死秧减产。1955年以后，又出现怪病，

患者初期是腰、背、膝关节疼痛，随后遍及全身，身体各部位神经痛和全身骨痛，使人无法行动，以致呼吸都带来难以忍受的痛苦，最后骨骼软化萎缩、自然骨折，直到饮食不进，在衰弱和疼痛中死去。从患者的尸体解剖发现，有的骨折达到 70 多处，身长缩短 30cm，骨骼严重畸形。1961 年查明骨痛病与锌厂的废水有关，到 1965 年井冈山大学教授发表论文阐述骨痛病与上游矿山废水之间的关系，用原子吸收光谱分析证实了骨痛病是三井金属公司废水中的镉造成的。据统计，从 1963~1968 年 5 月共有确诊患者 258 人，死亡 128 人，1977 年 12 月又死亡 79 人。

(8) 米糠油事件 1968 年 3 月日本九州、四国等地有几十万只鸡突然死亡，经检验发现饲料中有毒，但没有引起人们注意。不久，在北九州、爱知县一带发现一种奇怪的病：起初患者眼皮发肿，手掌出汗，全身起红疙瘩，严重者呕吐不止，肝功能下降，全身肌肉疼痛、咳嗽不止，有的医治无效死亡。这种病来势很猛，患者很快达到 1400 多人，并且蔓延到北九州 23 个府县，当年 7 月、8 月达到高潮，患者达到 5000 多人，有 16 人死亡，实际受害者达 1.3 万多人。后来查明，这是九州大牟田市一家粮食加工公司食用油工厂在生产米糠油时，为了降低成本，在脱臭工艺中使用多氯联苯作为热载体，因管理不善，这种化合物混进米糠油中，有毒的米糠油销往各地，造成许多人生病或者死亡。生产米糠油的副产品——黑油作为家禽饲料，又造成几十万只鸡死亡，这就是所谓“米糠油事件”。

上述事件是典型的由环境污染造成的“八大公害”事件。它发生在资本主义最发达的国家里，在这些国家里一方面是物质文明高度发展，另一方面环境污染严重扩展。从 20 世纪 70 年代以来还相继发生了许多重大的环境污染事件。如博帕尔农药泄露事件，发生于 1984 年 12 月 3 日，在印度博帕尔市的美国联合碳化物公司农药厂生产氨基甲酸酯所使用的原料异氰酸甲酯罐爆炸外泄，约 45t 异氰酸甲酯进入大气，受害面积达 40km²，死亡 1048 人，2 万人严重中毒，15 万人接受治疗，20 万人逃离。又如莱茵河灾难，1986 年 11 月 8 日，瑞士巴塞尔桑多兹化工厂的第 956 号仓库中盛放的 1246t 成品、半成品和原料，其中包括 824t 高效有机磷杀虫剂、71t 除草剂、12t 含汞化合物以及 4t 易燃物起火爆炸。熊熊大火形成高达 60 余米的火柱，烈火将成吨的二氧化硫、一氧化碳以及硫醇和胺卷上天空，整个城市上空飘浮着恶臭气味的云团，刺鼻的臭味无孔不入。为了扑灭这场化学灾难，灭火所使用的四氯化碳等灭火剂在高温下发生化学反应生成有害气体光气——碳酰氯毒气，大量用来灭火的水通过排水管道将 10~30t 农药和至少 200kg 汞带入了邻近的莱茵河，致使这条人们世代歌颂的河流中几百千米以内的生物逐渐死亡。然而，对于莱茵河以后接二连三地被污染来说，桑多兹事故只不过是引子，同年 11 月 21 日，联邦德国的 BASF 公司将 2t 落叶剂二氯苯氧基醋酸从它的巴登苯胺和苏打公司在路德维希港流入了莱茵河；11 月 22 日，赫希斯特康采恩的凯尔斯特巴赫公司将至少 850kg 氯苯从排水道倒入了莱茵河的支流美茵河；11 月 26 日，联邦德国第三化学巨人拜耳股份公司将未经处理的杀菌液和 800kg 甲醇倒入了莱茵河。向美茵河和莱茵河排放废物的可耻事件最近几年时有发生，给两岸人民造成了无法估量的危害。

1942 年 12 月，美国科学家首次实现了铀的链式核裂变反应，这一举世瞩目的事件标志着人类“原子时代”的开端，3 年后，于 1945 年 7 月 16 日，美国在新墨西哥州成功地试验了第 1 颗核装置。1946~1947 年间，美国在太平洋区域实施了一系列核试验计划。美国从 1952 年 11 月 1 日在太平洋埃尼威托克岛第 1 次进行热核实验后的 10 年里，共进行了几百次核试验。前苏联于 1949 年 8 月 29 日第 1 颗原子弹爆炸成功以后，于 1961 年 10 月 30 日

爆炸了第 1 颗氢弹。从此以后，他们进行了几百次的大规模核武器试验活动，对全球放射性污染造成不可估量的损失。当前的印度、伊朗、朝鲜等国家也进行着核武器研究，这些国家都将成为潜在的放射性污染源。特别是 1986 年 4 月 26 日，前苏联乌克兰基辅地区切尔诺贝利核电站四号反应堆发生爆炸，引起大火，放射性物质大量外漏扩散，造成人类核能开发史上最严重的事故。释放出的核素达 1.85EBq (5000 万居里)，比 1979 年 3 月 28 日美国宾夕法尼亚州的三哩岛核电站事故释放的 629GBq (17Ci) 大几百万倍，另外还有 185TBq (5000Ci) 在化学上不活泼的放射性气体，使周围 11.6 万居民被疏散，300 多人受严重辐射而送进医院抢救，死亡 31 人。科学家根据有限的前苏联资料预测：在今后几十年里，受切尔诺贝利核电站辐射损害的 2.4 万转移居民中将有 100 ~ 200 人患癌症死亡，对前苏联西部和欧洲其他部分受切尔诺贝利核电站影响的死亡人数的估计从 5000 ~ 75000 万人不等。

由此可见，环境污染问题首先出现在发达资本主义国家，因为这些工业社会是建立在大量消耗能源，尤其是化石燃料基础上并以矿产资源库作为主要原料的工业生产。随着市场经济的发展，经济国际化越来越发展，使第三世界不发达国家和发展中国家成为发达国家的资源和能源的掠夺地，最典型的就是 1991 年 1 月 17 日至 2 月 28 日的历时 6 周的第 1 次海湾战争，它是以美国为首的多国部队为控制中东石油而发动的有史以来环境污染和生态破坏最严重的战争之一。在总面积为 1.7 万平方千米的科威特境内的 727 口油井被焚或损毁，许多油井大火到 1991 年 11 月才完全被扑灭；科威特、伊拉克沿海两处输油设施被破坏，大约 1.5GL 原油发生漂流；伊拉克境内大批炼油和储油设备、居民点和弹药库、制造化学武器和核武器的工厂遭空袭后起火爆炸，大量有毒有害气体排入大气中，巨大的烟雾笼罩在沙漠上空，遮天蔽日，西北风把有毒烟雾刮到其他海湾国家，在伊朗已经降了几次“黑雨”；漂浮在海面上的油污染持续多年，已有大批海鸟死于油污；使数百万人死于干旱和饥饿，甚至影响到今后几代人的生存。

1999 年 3 月 24 日至 6 月 10 日，以美国为首的北约对南联盟境内的炼油厂、化工厂、桥梁等民用工业设施进行狂轰滥炸 78 天，并大量使用了具有放射性的贫铀炸弹和日内瓦公约禁用的集束炸弹，给南联盟以及周边国家造成严重的生态污染，并将对整个欧洲的生态环境产生长期的灾难性的影响。北约对诺维萨德、贝尔格莱德和潘切沃等地的石油化工厂轰炸后，多瑙河上出现了长 15km，宽于 400m 的石油污染带，对多瑙河和黑海的动植物生存环境构成了严重的威胁。在罗马尼亚南部与南斯拉夫接壤的卡拉什-塞维林县连降酸雨，一些地区的植物出现了树叶枯斑，甚至出现大面积植被掉叶现象。据科学家估计，北约飞机扔下的贫铀弹在今后将导致新生儿白血病和各种畸形病态的大量出现。

由此可知，在现代社会，新一轮环境问题不仅表现为小范围的区域性的环境污染和生态破坏，而且是大范围的乃至整个全球性的环境问题；不仅对于某个国家、某个地区造成危害，而且对人类赖以生存的整个地球环境造成危害。无论是发达国家还是发展中国家，环境恶化都已成为制约经济和社会发展的重大问题，人类的生存和发展正面临着前所未有的严峻挑战，解决这些环境问题要靠众多国家乃至全球人类的共同努力来完成。

1.1.1.3 环境问题

所谓环境问题，就是指由于人类活动和自然因素使周围环境发生了不利于人类的变化，以至于对人类生产、生活和健康产生影响等问题。

由此可知，产生环境问题的因素有两个：一是自然因素，二是人类活动。自然因素如洪水、干旱、风暴、地震、海啸等，这些环境问题对目前人类而言还是无能为力，人类只能采

取措施减少其不利影响和破坏力，如采取提前预报以减少损失。对于人类自身的活动，由于人们对自然规律的认识能力和科学水平限制，往往会产生意料不到的后果，这样造成的污染和破坏，人类可以控制，前提条件是必须使大多数人认识到人类自身的生存环境远远比暂时的经济利益重要。没有可持续发展的外部环境，人类发展、经济利益迟早要遭受严重挫折，导致全球环境问题的出现。

(1) 当代全球的重大环境问题

① 人口膨胀对环境造成很大压力。人口是人类开发环境的劳动力，保持适度人口，有利于合理开发、利用资源，有利于保护生态环境。当人口的生产同物质生产以及资源环境的再生产相适应时，就能促进经济发展，推动社会发展。当人口过少时，会导致生产资源和条件闲置、资源的低效使用，减缓发展过程。如果人口增长失控，人口过多，又会造成劳动力过剩和消费人口过多，对环境造成巨大压力，人类为了供养如此大量的人口，会不断地破坏自然环境和开发自然资源，导致资源枯竭，环境恶化，产生严重环境问题。1650 年文艺复兴时期，世界人口约为 5 亿，1850 年工业革命时期，世界人口为 10 亿。随后人口增长越来越快，1930 年世界人口增加到 20 亿，其间隔时间为 80 年；1960 年，达到 30 亿人口，其间隔为 30 年；1975 年达到 40 亿，间隔为 15 年；1987 年，地球上人口达到了 50 亿，间隔仅为 12 年。1999 年，世界人口已经达到 60 亿，时间间隔为 12 年。

② 土地退化，粮食供给产生危机。在全球干旱和半干旱地区发生的土地荒漠化，不仅造成长期的农业和生态环境问题，如农牧业减产，水土流失，土壤贫瘠等，还曾经引发严重的环境灾难，如非洲和南亚次大陆的土地退化，粮食严重短缺，造成大量儿童营养不良，饥饿死亡等。目前，全世界每年大约有 600 万公顷的土地变成沙漠，有 2000 万公顷的土地被严重侵蚀而不能再耕种或者放牧，损失表土为 230 亿~260 亿吨。

③ 能源紧缺，资源耗竭。人口的剧增，生产活动的加强，人类消费水平的提高，使能源紧缺；矿产资源如煤、石油等不可再生的资源，随着工业经济和人类生活的物质需求而逐年大量消耗，面临枯竭的危险。世界人口每年要燃烧 $4 \times 10^8 \text{ t}$ 煤， $25 \times 10^8 \text{ t}$ 石油，并以每年 2% 的速率增长。目前，煤炭资源可以维持 200~300 年，石油、天然气以及核能的铀只能维持 50~60 年。

④ 森林破坏，物种消失加快。人口增长，树木和型材需求的增长，将森林转变为农业用地等成为对全球森林的不断增长的压力，特别是热带雨林的破坏造成赖以生存的物种迁移、消失，并已严重影响了森林对气候的调节作用。1980~1995 年世界森林净损失 $1.8 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ，热带美洲森林以每年 $4.12 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 的速率消失，热带非洲每年砍伐森林 $1.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，热带亚洲森林每年砍伐量为 $1.82 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。目前全球濒临灭绝的动物有 1000 多种，濒危植物有 25000 多种。如今每小时大约有 100~150 种生物消失，每年约有 4 万种生物灭绝。物种的消亡，破坏了生态平衡，对人类的发展而言将是难以挽回、无法估量的损失。

⑤ 淡水匮乏，水体污染。随着全球经济的发展，人类对淡水资源的需求也不断增加，而人类可以比较经济地、方便地使用的河水、湖水及其浅层地下水又几乎都遭受了不同程度的污染，更加剧了对淡水资源的超量掠夺开采，出现了淡水匮乏。对淡水资源利用的浪费，则是加剧淡水匮乏的另一个原因。目前全世界有 100 多个国家缺水，43 个国家和地区严重缺水。现在全世界污水排放量达到 $4000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，使大约 $5.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的水体受到污染，占全球径流量的 14% 以上。

⑥ 温室效应加剧，气候变化无常。人类经济活动的加剧，使温室气体大量排放，加剧

了温室效应，从而对全球气候变暖起到了推波助澜的作用。全球厄尔尼诺现象频繁发生，拉尼娜现象接踵而来，给全球带来了洪涝、干旱、暖冬等一系列环境问题，对全球经济造成了不可估量的损失。

⑦ 酸雨蔓延，大气臭氧层破坏。人类对煤和石油等化石燃料的过度依赖，造成大量向大气排放二氧化硫、氮氧化物等污染物，这些物质在大气中转变成酸性物质而发生酸沉降，对环境造成一系列危害。人类又发明了诸如氟里昂等化学物质，对大气平流层的臭氧造成了灭顶之灾，从而使地球生物遭受到更多来自太阳和宇宙的紫外线辐射，影响生长发育。

⑧ 垃圾成灾。随着资源的大量消耗，全球废物排放量与日俱增，垃圾堆积成山，特别是不可降解的塑料制品垃圾，给环境带来了一系列严重问题，如垃圾渗水污染水体，垃圾气体造成空气污染，垃圾产生重金属、放射性物质等。

⑨ 住房拥挤，居室污染。

⑩ 交通公害，噪声污染。

随着社会发展，交通运输量增大，因而使汽车噪声污染加剧，不断发生的交通堵塞、交通事故不断，再加上其尾气污染，使环境问题更加突出。

(2) 当代中国的重大环境问题

① 人口增长，资源耗损。从 1949 年中华人民共和国成立时的 4.5 亿人口到 2003 年的 13 亿多人口，中国人口增长了 2 倍多。其中，20 世纪 50 年代和 60 年代两次人口增长高峰，使人口数量到 1969 年底已突破 8 亿，人口自然增长率高达 25.83%。从 70 年代开始实行计划生育，控制人口增长，但是由于人口基数庞大，人口总量增长仍然迅速，到 1999 年底已经达到 12.6 亿多，占世界总人口的 21%。人口迅速增长对资源环境造成巨大压力，使各类资源始终处于一种超负荷的状态，再加上我国人口受教育程度相对较低，资源管理水平滞后，人类的资源利用粗放、浪费严重，加剧了资源耗竭的严峻形势，并且加重了环境污染和生态破坏。

② 环境污染不断加剧。由于我国当前正处于迅速推进工业化和城市化的发展阶段，对自然资源的开发利用不断加剧，加上当前粗放型经济增长方式的技术水平和管理水平落后，污染物排放总量很大，污染程度仍然处于相当高的水平。一些地区的环境质量仍然在恶化，相当多的城市水体、大气、土壤环境污染仍然严重。全国 7 大水系的水质继续恶化，污染面积日益突出，其中辽河、海河、淮河、黄河污染严重。主要湖泊富营养化严重，如太湖、滇池、巢湖等处于富营养状态。近海海域水体污染日趋严重，其中东海污染最重，其次是南海，而且近海污染范围扩大，已出现海洋荒漠化问题，渔业资源减少、赤潮等危害不断，1998 年和 1999 年共发生赤潮 37 起。我国大气污染问题突出，表现在大气污染仍然以煤烟型为主，大气中总悬浮颗粒物和二氧化硫含量全球最高，全球空气污染严重的 50 座城市中，我国有 31 座，其中污染最重的 10 大城市我国占 8 座，太原、重庆、济南等位于全球污染最严重的城市之首。我国室内空气质量有时比室外空气更糟。由于城镇人口增长过快，目前城镇居民住房拥挤并大量使用小煤炉。占全国人口 70% 以上的农村居民家庭燃煤、烧柴排放出大量颗粒物和有害气体，使冬天室内空气严重污染。城镇垃圾污染源日趋严重，全国工业固体废物量为 $65 \times 10^8 \text{ t}$ 。城市生活垃圾年清运量在 $1.4 \times 10^8 \text{ t}$ 以上，而且每年以大约 10% 的速率增长，再加之垃圾处理率低（仅 50%~60%），将近一半的垃圾未经处理随意堆积，使垃圾包围城市的现象严重。

城市噪声污染日益严重，我国大多数城市噪声污染处于中等水平，各类功能区噪声普遍超标。

③ 生态恶化，积重难返。我国生态系统严重恶化，首先表现在耕地质量下降，荒漠化现象严重。我国地域辽阔，总面积约 960 万平方千米，但人均土地面积只为 0.777hm^2 ，相当于世界人均水平的 $1/3$ 。况且我国耕地总体质量不高，全国大于 25° 的陡坡耕地近似占耕地面积的 35% ，有水源保证和灌溉设施的耕地只占 40% ，中低产田占耕地面积的 79% ，耕地养分含量不高、土壤有机质含量低的比例高达 31.3% 。耕地重复使用很少、干旱退化、水土流失、污染严重。1999 年全国沙化土地总面积为 $1.69 \times 10^6 \text{km}^2$ ，占国土总面积的 17.6% 。更为严重的是，我国荒漠化土地面积平均每年扩展 1560km^2 ，使 4 亿人口受害，每年造成的直接经济损失为 541 亿元，相当于西北 5 省区每年财政收入的 3 倍。由于土地不断沙化，沙尘暴频繁袭击我国，2000 年春天，我国北方特别是华北地区连续多次出现沙尘天气，时间早、频率高、范围广、强度大，为历史同期所罕见。

其次是森林资源贫乏，草地退化严重。我国现有森林面积 $1.59 \times 10^8 \text{hm}^2$ ，人均占有森林面积仅相当于世界人均水平的 21.3% 。森林质量不高，森林年龄结构不合理，中幼林占全国林业面积的 71% ，人工林中的中幼林比重高达 87% ，可开采资源继续减少；森林资源分布不均，主要分布于东北、西南、东南地区，而西北、华北地区稀少；森林资源破坏严重，乱砍滥伐现象比较普遍。我国拥有天然草地 $3.9 \times 10^8 \text{hm}^2$ ，人均草地面积仅 0.33hm^2 。我国草地质量不高，低产量草地占 61.9% ，中产量草地占 20.9% ，难以利用的草地比例高达 5.57% ，且草地生产能力低下，平均每公顷草地生产能力约为 7.02 个畜产品单位，仅为新西兰的 $1/80$ 。近年来，由于对草地的掠夺式开发，乱开乱垦，过度放牧，草地面积逐年减少，草的质量逐渐下降。

再次是生物多样性减少，许多物种濒危。我国生物资源无论种类和数量都在世界上占有重要地位，我国有高等植物 3 万种，脊椎动物 6347 种，鱼类 3862 种，均居世界前茅。我国生物总量与全球范围内生物多样性一样，遭受到严重威胁。我国目前濒危动植物约 1496 种，大约占我国高等动植物总种数的 4% 。

④ 自然灾害频繁发生。我国本来就是一个自然灾害频繁而又严重的国家，每年都有一些地区遭受干旱、洪涝、沙尘暴、泥石流、滑坡、台风、冰雹、霜冻、病虫鼠草等灾害的袭击，地震灾害也时有发生，给我国经济建设和人民生命财产造成严重损失。

需要指出的是这些自然灾害除了是地球周期性自然规律外，不能不考虑人为因素，例如从 20 世纪 80 年代以来，我国 7 条大江大河的水灾面积和成灾年都比 20 世纪 60 年代和 70 年代有所增加。1996 年 7 月长江发生了建国史上最大的洪水，以洞庭湖地区受害最重。1998 年夏季发生了历史上罕见的特大洪涝灾害，波及 29 个省（市、区），特别是长江发生了自 1954 年以来又一次全流域性大洪水，松花江、嫩江则出现了历史纪录的特大洪水，受灾人口 2.23 亿，死亡 3004 人，农作物受灾面积 $0.21 \times 10^8 \text{hm}^2$ ，成灾面积达 $0.13 \times 10^8 \text{hm}^2$ 。1999 年，太湖流域发生了百年不遇的特大洪水，长江下游出现了仅次于 1998 年的历史第 2 高水位，这也从一个侧面说明长江上游地区植被减少、水土流失严重，土壤保水能力急剧下降。再例如沙尘暴的发生，20 世纪 60 年代共发生过 8 次特大沙尘暴，70 年代发生 13 次，80 年代发生 14 次，从 90 年代以来，由于生态环境不断恶化，每年都发生多次沙尘暴天气，特别是 2000 年春季，京津地区先后遭受 12 次沙尘暴袭击，其发生的时间之早、频率之高、强度之大、影响范围之广为近 50 年来所罕见。丰宁沙丘离北京最近处只有 18km，并且以每年 3.5km 的速度逼近北京城。频繁出现的沙尘暴敲响了我生态的警钟。

以上论述表明当今世界包括我国的大气、水体、土壤和生物所遭受到的污染和破坏已经

达到危险的程度。自然界的平衡受到日益严重的干扰，自然资源受到大规模破坏，自然环境正在弱化。正像恩格斯告诉我们：“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。每一次胜利，在第一步都确实取得了我们预期的结果，但是在第二步和第三步却有了完全不同的、出乎预料的影响，常常把第一个结果又取消了。”因此，环境问题已经成为当代人类面临的一个重大问题。环境科学就是为解决人类面临的严重环境问题、为创造更好的环境而逐渐发展起来的。环境科学的兴起发展，标志着人类对环境的认识、利用和改造进入了一个新的阶段。

1.1.2 环境污染和环境科学

1.1.2.1 环境污染

环境污染是指人类活动中的有害物质在自然环境中积累，其数量达到或者超过环境对这些物质的转化能力，从而引起环境质量下降的现象。

环境污染方面很多，人们可根据不同的认识侧面来加以分类。

根据环境的结构单元，将环境污染分为：大气污染、水体污染、土壤污染、生态污染。

根据污染物的形态，将环境污染分为：废水污染、废气污染、固体污染。

根据污染物的性质，将污染方式分为：化学污染、物理污染、生物污染、放射性污染。

1.1.2.2 环境科学

环境科学是随着环境问题的出现而产生的，环境科学是研究人类与环境之间关系的一门科学，是研究与人类这个中心事物有关的所有环境因素（空气、土地、水、能源、资源、生物等）与人类的关系，以及人类活动对这些环境因素的影响。具体来说，环境科学是以生态学和地球化学的理论和方法，充分运用化学、生物学、地学、物理学、数学、医学、工程学以及社会学、经济学、管理学等各种学科的知识，对人类活动引起的环境变化，对环境变化造成对人类的影响及其控制途径进行系统的综合研究的一门科学。

环境科学的任务就是环境科学的定义，具体地说，环境科学是以人类-环境为系统，一是对全球范围内环境演化的规律进行探索；二是揭示人类活动同自然生态间的关系；三是探索环境变化对人类生存的影响；四是研究区域环境污染综合防治的途径。

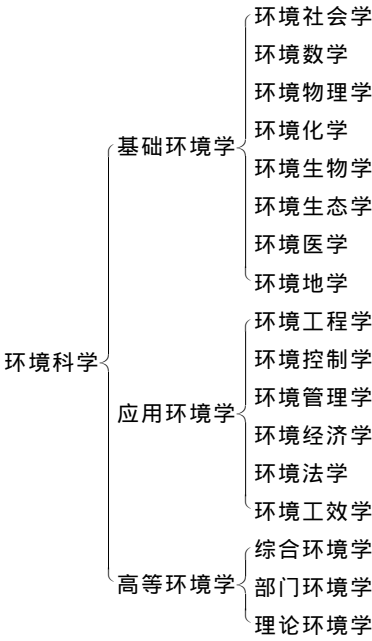
环境科学涉及自然科学的各个领域和社会科学的许多部门，但就其主要内容和任务进行分析，环境科学主要属于自然科学，但也属于社会科学，是综合性科学，也是一门发展中的科学。她的许多学科还很很不成熟，其分类也不统一，一种比较普遍的分类方法是按照环境科学的性质和作用划分为基础环境学、应用环境学和高等环境学。

(1) 基础环境学 基础环境学是环境科学的基础，涉及数学、物理、化学、生物、地理等多种自然科学的分支以及边缘学科，它包括环境社会学、环境数学、环境物理学、环境化学、环境生物学、环境生态学、环境医学、环境地学等。

(2) 应用环境学 应用环境学是基础环境学的应用，涉及工程技术以及法学、经济学等社会科学的学科，它包括环境工程学、环境控制学、环境管理学、环境经济学、环境法学等。

(3) 高等环境学 高等环境学是基础环境学和应用环境学之间的交叉、渗透学科，是与其他学科在更高的基础上建立和发展起来的。它是综合的基本理论及其应用，是在更高层次上出现的环境科学分支。它不再从属于传统学科体系，而是开始建立环境科学独立的学科体系。它的主要内容包括环境科学方法论，环境质量综合评价的理论、方法，环境综合承载力的分析，经济与环境协调度的分析，环境区划理论及不合理布局的原理方法等，最终建立一

套调整“人类-环境”体系的理论和方法，促进人类生态系统的良性循环，为解决环境问题提供方向性和战略性的科学依据，以上内容包括在理论环境学、综合环境学、部门环境学之中。



总之，环境科学是一门独立的较高层次的新兴科学，它是自然科学、技术科学以及社会科学综合学科。它在宏观上研究人类同自然环境之间相互作用、相互促进、相互制约等对立统一关系，揭示社会经济发展和环境保护协调的基本规律；在微观上研究环境中的物质，尤其是人类活动排放的污染物的分子、原子等微粒在环境中的物理性质、化学性质和生物性质等运动规律，探索它们对生命影响及其作用机理等。

众所周知，环境问题首先是化学污染物引起的生存问题，如煤烟污染、酸沉降的危害。环境问题现在主要是化学污染物引发的生态问题，如大气臭氧层的减少，温室气体对气候变暖影响，电子垃圾的污染，白色塑料的污染等，而这些问题的解决依靠的主要是化学的理论和技术，故环境化学是环境科学的核心内容，是环境科学的重要组成部分。

1.2 环境化学及其研究内容和研究特点

1.2.1 环境化学的定义

环境化学作为一门学科起源于 20 世纪 50 年代，它的历史仅有半个世纪，正处于形成和发展的阶段。环境化学作为一门独立的学科是 1972 年由美国密执安大学化学系首先提出的，它把化学、生物和环境联系起来使人们对环境化学有一个广义的不确切的概念。环境化学的定义到目前为止还没有统一，大部分学者认为，环境化学是运用化学的理论和方法，鉴定和测量化学污染物在大气圈、水圈、土壤-岩石圈和生物圈中的含量，研究讨论它们在环境中的存在形式及其迁移、转化和归宿的规律。

因此环境化学并不像它字面上的意思“研究环境中化学现象”，即研究物质在自然界这个开放性系统中所发生的一切现象，而是研究以化学污染物为主要对象的物质在自然界（大气圈、水圈、土壤-岩石圈和生物圈）中的行为。具体地说，环境化学是一门研究化学污染