


环境科学基本知识丛书



环境 化学



刘静宜 汪安璞 彭安
徐瑞薇 周定等 编著



中国环境科学出版社

环境科学基本知识丛书

环境化学

刘静宜 汪安琪 彭安
徐瑞薇 周定等 编著

中国环境科学出版社

1987

内 容 简 介

本书主要介绍有关环境化学中的一些基本知识和原理、某些研究方法，有重点地对环境污染化学的一些基本问题、污染规律、变化机制与发展动向等作了简要的论述。书中分别对环境的三个主要圈层：大气、水和土壤进行叙述，对环境化学的研究对象及内容、环境化学在现代化经济建设中的关系与作用，分别另列两章进行专论。

本书适用于从事环境科学与环境保护工作的中级技术管理人员、科技人员和各级领导干部阅读，也可供大专院校的有关专业师生参考。

环境科学基本知识丛书

环 境 化 学

刘静宜 汪安璞 彭 安

徐瑞薇 周 定 等 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

北京市永乐印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1987年9月第一版 开本 787×1092 1/32

1987年9月第一次印刷 印张 7 1/2

印数 0001—8 000 字数 167千字

ISBN 7-80010-048-0/X0049

统一书号 13239·0106

定价 1.80元

出版者的话

保护环境，造福人类，使广大人民群众以及子孙后代有一个良好的生息和工作环境，这是环境保护的根本目的。

为了提高全民族的环境意识，普及环境科学基本知识，本社组织环境科学方面的专家编写了一套《环境科学基本知识丛书》。这套丛书包括：环境化学、环境物理学、环境生物学、环境地学、环境工程学、环境医学六个分册。每个分册对各该学科的基础理论，基本内容和基本知识进行了比较全面的、系统的介绍和阐述。书中附有图表以加深对内容的了解，力求做到深入浅出。

本丛书可供环境保护系统中的中级技术管理人员和各级领导干部阅读，也可供从事环境保护工作的科技人员和大专院校的有关专业的师生参考。

环境科学是一门新兴的边缘学科，它的研究对象、任务、内容和学科体系等都在发展之中，还有许多问题尚待进一步研究和探讨。同时由于我们组织编写这套丛书的时间仓促，经验不足，难免存在某些缺点和错误，热忱地期望广大读者批评、指正。

在组织编写这套丛书过程中，得到许多同志的大力支持与协助，谨致谢意。

中国环境科学出版社

一九八五年十月

前 言

环境化学作为环境科学的一门分支学科，正在不断充实与发展中。近十年来，它在环境科学的研究中、在环境保护的实际应用中，都起了应有的作用。现在它仍按其学科自身的特点，并与其它学科结合，以阐明环境变化的规律、控制污染的发展、保持生态环境的良性循环，为创造人类良好的生存环境而服务。

为了使环境工作者更好地为我国四个现代化建设服务，使环境化学的知识更为普及，更广泛地被人们所了解，我们编写了这本书。书中主要介绍有关环境化学中的一些基本知识和原理、某些研究方法，有重点地对环境污染化学的一些基本问题、污染规律、变化机制与发展动向等作了简要的论述。鉴于污染情况的概述，国内这类书籍已有不少，限于篇幅，在此较少叙述。对某些领域的综合性交叉性的问题，因涉及到许多其它学科，有的已有专著，只作一般提及，未予展开。本书可作为从事环境科学与环境保护工作者的参考材料。

本书按环境的三个主要介质(圈层)：大气、水和土壤，分三章进行叙述。着重于环境化学的概况、原理和机制方面。对环境化学的研究对象及内容、环境化学在现代化经济建设中的关系与作用，分别另列两章进行专论；以便纵横联系，反映环境化学这门学科的基本内容与社会效用。

本书由六位同志参加撰写。一、二、三分别由中国科学

院环境化学研究所刘静宜、汪安璞和彭安编写，四和五分别由中国科学院南京土壤研究所徐瑞薇和张水铭，哈尔滨工业大学周定负责编写。由于环境保护问题涉及的学科领域较广，又相互交叉；环境化学还是一门发展中的学科；因水平有限，缺乏经验，书中错误与不妥之处，在所难免，敬请读者批评指正。

编 著 者

1986年11月

目 录

一、概论	(1)
(一)国内外的环境问题	(2)
(二)环境化学的发展和研究内容	(14)
二、大气污染化学	(23)
(一)大气与环境	(23)
(二)天然大气与污染大气	(27)
(三)大气环境标准与监测	(28)
(四)大气中的化学反应	(36)
(五)大气气溶胶(颗粒物)化学	(49)
(六)降水化学	(76)
(七)大气污染的防治对策	(90)
(八)大气污染的评价与预测	(99)
三、水污染化学	(103)
(一)水与环境	(103)
(二)水质标准、评价及模式	(109)
(三)污染各论	(117)
(四)水体污染防治	(149)
(五)结语	(157)
四、土壤污染化学	(159)
(一)土壤	(159)
(二)土壤污染	(169)
(三)土壤中农药的污染化学	(176)

(四) 土壤中重金属的污染化学·····	(198)
(五) 土壤污染的防治对策·····	(215)
五、化学品、环境化学与环境·····	(220)
(一) 化学品增长与生产发展 人类环境的关系·····	(221)
(二) 要加强对化学品在环境中物理 化学行为的研究·····	(223)
(三) 环境化学与化学品的环境安全性评价·····	(227)

一 概 论

环境问题是当前世界上面临的重大问题之一。联合国把人口、资源、环境与发展并列为国际社会面临的四大问题。由于工业生产、交通运输和人类生活活动，直接排放的有毒有害物质以及生产的许多有毒有害化学物质引起了环境污染。通过大气、水体和人类活动，环境污染可由城市扩展到乡镇、农村、对农、牧、林、渔业造成很大损害，对人体健康产生不良影响。此外，由于人类活动对自然资源不适当的开发而引起的生态环境破坏、植被破坏、水土流失、土壤退化、气候变异等等，引起了大量生物资源急剧减少，甚至直接威胁人类生活。在很长一段时间里，环境问题主要指工业“三废”造成的污染；随着工业污染的蔓延，特别是城市、交通等方面污染发展严重，人们才认识到污染的广泛性，不能再把环境污染视作孤立或局部的现象，而应视为一种社会的公害；并逐步认识到资源、能源不适当开发所造成的破坏，问题众多；污染和环境破坏复合，使问题更为复杂、严重。

我国是一个发展中的社会主义国家，在实现四个现代化的建设过程中，求得经济发展和环境保护同步发展，相互协调，是我国经济发展战略的一个重要方针。经济发展在很大程度上受环境、资源条件的制约；不保护好环境，水资源污染、森林破坏、水土流失、农业生态环境恶化，都能使工农业生产的基础受到影响，经济发展受到制约；相反地，保护好了环境，资源的再生增殖能力及其持续的利用能力都将大

大提高，从而促进了国民经济持续稳定地发展，人类的生活环境也得到了保证。

目前我国已比较严重地存在着生态环境的破坏和城市环境污染问题，如何控制污染和保持生态环境的良性循环，对于加速现代化建设，实现工农业总产值翻番的宏伟目标，具有重要的现实意义。经济发展和保护环境是有矛盾的，但是从战略上来看，也是可以统一的。经济发展带来了环境问题，即又是经济发展增强了解决环境问题的能力；环境问题的解决，又可为经济的发展创造有利条件。工业发达国家在这方面已有不少经验和教训可供借鉴。

随着对环境问题的认识不断深化，污染防治和环境保护的效果愈来愈显著，人们认识到只有对环境的整体性和相关性有比较全面认识时，防治才能产生优化的效果。环境科学就是在保护和改善环境的实践中诞生和发展的。环境化学是环境科学的重要分支之一。

(一) 国内外的环境问题

从本世纪二十年代以来，一些工业发达国家，环境公害问题不断出现。世界重大公害事件简况列表1-1。这些国家大多数经历了公害发展，泛滥和控制发展的阶段。迫于群众压力，它们的政府也付出了很大代价。到七十年代后期，它们的环境质量已有显著改善；例如日本是发生公害严重的国家，也是研究公害最早，环境有明显改善的国家，1974年还施行《公害健康被害补偿法》，确认了与大气污染有关的四日市哮喘病，与水污染有关的水俣病，痛痛病等。但是这些国家

至今仍存在着一些难以解决的重大问题。突出的是全球性的若干环境问题以及有毒有害化学品的控制问题，

表1-1 世界重大公害事件简况

名称	发生时间	发生地点	发生原因	主要后果
马斯河谷事件	1930年12月1—5日	比利时马斯河谷工业区	工业区处于狭窄盆地中，12月1—5日发生气温逆转，工厂排出的气体在近地层积累，大气中SO ₂ 浓度达25—100mg/m ³ ，并有氟化物污染	三天后有人胸痛、咳嗽、呼吸困难等，一周内60多人死亡，心脏病、肺病患者死亡率最高，许多家畜死亡
多诺拉事件	1948年10月26—31日	美国宾夕法尼亚州多诺拉镇	该镇处于河谷中，10月末大部地区受反气旋和逆温控制，26—30日有雾，污染物在近地层积累，SO ₂ 浓度0.5—2.0ppm，并明显有尘粒。有人认为SO ₂ 和金属、金属化合物生成金属硫酸铵，SO ₂ 及其氧化作用产物与大气中尘粒结合是致害因素	发病者5911人。（全镇人口43%），症状是眼病、喉痛、头痛、胸闷、呕吐或综合症状，死亡17人
洛杉矶光化学烟雾事件	40年代初期	美国洛杉矶市	全市250万辆汽车，向大气排放大量碳氢化合物，NO _x ，CO，该市临海依山，处于长盆地中，一年约有300天出现逆温层，5—10月阳光强烈。汽车排气在日光作用下，形成以臭氧为主的光化学烟雾	

续表

名称	发生时间	发生地点	发生原因	主要后果
伦敦烟雾事件	1952年 12月 5—8日	英国 伦敦市	5—8日英国全境浓雾覆盖, 温度逆增, 逆温层在40—150m低空, 致使燃煤产生的烟雾不断积累, 烟尘粒浓度高达4.46mg/m ³ , 为平时的10倍, SO ₂ 高达1.34ppm, 为平时6倍, 烟雾中Fe ₂ O ₃ 促使SO ₂ 氧化产生硫酸盐, 凝聚在烟尘或凝结核上形成酸雾	四天中死亡人数较常年同期多4000人, 约为平时的2—3倍。一周内因支气管炎、冠心病、肺结核、心脏衰弱死亡者分别为事件前一周同类死亡人数的9.3倍、2.4倍、5.5倍、2.8倍, 肺炎、肺癌等患者死亡率成倍增加
四日市哮喘事件	1961年	日本 四日市	石油冶炼, 工业燃油产生的废气, 严重污染城市空气。全市工厂粉尘, SO ₂ 年排放量13万吨, SO ₂ 超标5—6倍。500m烟雾中飘浮着有毒气体和粉尘, 重金属微粒与SO ₂ 形成硫酸烟雾	1961年哮喘病发作。1964年连续三天烟雾不散, 哮喘病患者开始死亡。1972年全市确立哮喘病患者达817人, 死亡10余人
水俣病事件	1953— 1956年	日本熊 本县水 俣市	含甲基汞的工业废水污染水体, 使水俣湾和不知火海的鱼中毒, 人食毒鱼后受害	1972年日本环境厅公布: 水俣湾和新海县阿贺野川下游有汞中毒者283人, 其中60人死亡(实际人数还超过此数)
痛痛病事件	1955— 1972年	日本富 山县神 通川流 域	锌、铅冶炼工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镉水而中毒	1963年前患者人数不明, 1963—1979年3月共有患者130人, 其中死亡81人

续表

名称	发生时间	发生地点	发生原因	主要后果
米糠油事件	1968年 3月	日本北 九州市 爱知县 一带	生产米糠油时用多氯联苯作脱臭工艺中的热载体, 由于生产管理不善混入米糠油中, 食用后中毒	患病者超过1400人, 至7—8月超过5000人, 其中16人死亡, 实际受害者约13000人, 大批家禽死亡
博帕尔事件	1984年 2月	印度博 帕尔市	农药厂生产氨基甲酸酯, 所用原料甲基异氰酸酯泄漏, 进入大气, 约45万吨, 造成中毒死亡	有十余万居民受害, 2500人中毒死亡
切尔诺贝利核电站事故	1986年 4月26日	苏联乌克兰基辅市北部130公里	核电站四号反应堆发生猛烈爆炸, 引起熊熊大火, 反应堆内放射性物质大量外泄, 对环境造成严重污染, 演成人类核能开发史上最严重的事故。七天后, 核电站大火终于扑灭, 十三万居民完成疏散, 又经过一百五十多天, 已毁坏的四号反应堆被埋葬在一口巨大的“石棺”之下, 沉寂已久的一号机组重新开机并网发电	核事故造成的损失是惨重的。除事故发生当场死亡的两人外, 先后有三百多人因受严重辐射被送进医院抢救, 其中三十一人死亡。更多的人受到不同程度的辐射。据苏联官方宣布, 此次事故造成的直接经济损失达二十亿卢布(约合二十九亿多美元)放射性尘埃飘落邻国, 北欧瑞典、挪威、芬兰、丹麦等国亦受其害
剧毒化学品污染莱茵河事件(或: 莱茵河污染事件)	1986年 11月1日	瑞士巴塞 尔桑多兹 化工厂	桑多兹化工厂一座仓库爆炸起火使大量有毒化学品随灭火剂溶液和水一起流入莱茵河, 随河水流向中下游	大量硫化物、磷化物及汞等有毒化学品30多吨流入莱茵河。大量鱼类、水鸭、鸬鹚死亡, 沿岸法国、联邦德国、芬兰、卢森堡等国家受其害, 一些城镇的河水, 自来水和水井禁止使用, 这次污染十分严重, 莱茵河有可能因此而“死亡”二十年之久

1 大气污染问题

能源造福人类，同时却又给人类带来了环境污染。以燃煤引起的大气污染问题，在产业革命开始就已出现，只是直到五十年代伦敦烟雾事件伤亡数千人，问题达到严重程度后才受到人们的重视。可燃矿物中煤和石油的燃烧，几乎成为环境污染的祸首。

大气主要污染物大部分来自可燃矿物及其再生能源的燃烧；其主要来源见表1-2。

从污染源直接排放出来的污染物，称为一级污染物；由一次污染物在大气中转化产生的污染物称为二次污染物。以使

表1-2 大气污染物的主要来源

来 污 染 物 % 源	粉 尘	SO _x	NO _x	CO	HC*
燃料燃烧	42	73	43	2	2.4
交通运输（内燃机）	55	1.3	49	68	60.0
工业过程	35	23	1.3	11.3	12.0
固体物处理	45	0.3	5.1	8.1	5.2
其 它		2.0	3.2	10.2	20.5

* 碳氢化合物。

用燃煤、燃油和天然气的1000千瓦发电厂来看，每年向大气排放的大气污染物列表1-3。从表上可看到以燃煤排放的二氧化硫和颗粒物最多。

伦敦烟雾事件的发生就是燃煤排放的SO₂和颗粒物上的金属在特定环境和气象条件下发生催化作用所引起。由于当

表1-3 火力发电厂大气污染物排放情况

污 染 物	千 吨	燃煤火力发电厂	燃油火力发电厂	天然气火力发电厂
CO		0.52	0.008	—
HC		0.21	0.67	—
NO _x		21	21.7	12
SO _x		139	52.6	0.02
颗粒物		4.5	0.73	0.46

时还缺乏治理技术，以石油代替煤炭才解决了这个问题。目前，可采用加强原煤洗选加工，改善煤的燃烧技术，采用必要的脱硫脱硝技术，净化废气等等措施，解决燃煤引起的环境问题。若从原煤气化净化着手，技术上也是可行的，问题是需要大量的投资。

大气圈是一切生物生存所必不可少的条件，不适当的人类活动，可改变大气组成；反过来，又给生物圈以不良影响。由于大气的整体性和流动性，大气环境问题带有全局性。全球性的酸雨、CO₂浓度的增加、臭氧层的破坏已成为国际关注的三大问题。

(1) 酸雨

酸雨或酸沉降指排入大气中的硫(氮)氧化物转化为硫酸、硝酸后随雨雪降落。这在西欧、北美一些地区已严重发生，使水体、土壤严重酸化，在缺碳酸盐母质的瑞典已有18000个湖泊酸化，严重影响水生生态系统，鱼类受到很大影响；土壤酸化使树木中的营养物质溶出，破坏土壤生物化学过程，影响了森林生长，西欧已有大片森林受到破坏。建筑



物、材料的腐蚀作用也很明显。如联邦德国慕尼黑的大画廊、伦敦英王查理一世塑像以及许多金属建筑物损坏等等。有人对2000年环境问题的估算和预测研究中认为由于可燃矿物的大量使用及金属矿产资源冶炼排放等引起大量硫(氮)氧化物等酸性气体排放所引起的酸沉降或酸雨以及危害将更为普遍。

(2) 温室效应

工业、能源的发展,使排入大气中的二氧化碳浓度越来越高。1850年大气中二氧化碳浓度为290ppm(10^{-6}),1978年已达330ppm,增加了10%。由于大气中的二氧化碳是红外线的强烈吸收物,能显著地阻止地球上长波辐射返回太空,加上吸收贮存二氧化碳的森林又日趋减少,因而全球性大气中二氧化碳浓度升高有可能引起全球气温的升高,从而引起两极冰雪融化、海面上升,对农作物生长也将有较大的影响。虽然国外对其后果的看法还不尽同,但是,对于保护森林,维持碳循环的平衡重要性的认识还是一致的。

(3) 臭氧层的破坏

大气平流层中臭氧低于十万分之一,但是这薄层阻挡着过量紫外线到达地表,有效地保护了地面生物的生存。臭氧浓度的降低,使大量紫外线辐射,严重损害生物基本结构,影响人体健康。大气中氟里昂、氟卤化合物的释放,航天工业发展后飞机的氮氧化物的排放,都能减少臭氧或破坏臭氧层。

2 水体污染问题

环境污染大量来自工业污染,主要工业排放的污染物。

列于表1-4中。从污染物来源及其进入途径来看，水体的化学污染物包括了来自工矿、居民点、城市地表面、农田、林区等点污染源和面污染源，施入农田的农药，化肥残留物；大量城市生活污水、垃圾以及含有大量有机物和氮磷营养物质的水体。

水体中化学污染物众多，主要有毒有害物质是重金属和难分解的有机物。汞、镉、铬、铅等重金属在自然界一般不易消失，它们可通过食物链被富集，作用于人体而引起疾病或促进慢性病的发展。如由甲基汞、镉引起的水俣病、痛痛病等。

随伴着现代石油化工、炼焦工业的发展，塑料、合成纤维、树脂、染料、农药、洗涤剂工业相继迅速发展，有机物的来源日益增多。如用量大的六六六、滴滴涕等有机氯农药不易降解，能在土壤、食品中长期残留，在生物体中富集（人体脂肪），慢性中毒出现在伤害肝、肾和神经系统；有机磷农药在自然界极易分解，但是急性事故较多；西维因等氨基甲酸酯类农药较易分解，但是能与亚硝酸合成亚硝酸胺类物质，动物试验证明有致癌作用。橡胶本身不能为人体吸收，但是所添加的某些促进剂、防老剂和填充剂，如 β -萘胺，联苯胺等有毒性和致癌性。总之，日益增加的工业化学品如

表1-4 主要工业排放污染物

工 业	排 放 物		
	气 体	液 体	固 体
火力发电 核电站 黑色冶金	粉尘、SO ₂ 放射性尘 粉尘SO ₂ 、CO ₂ 、CO、 H ₂ S、重金属	冷却水热污染 放射性废水 酚、氰、多环芳烃、酸性废水	灰 渣 — 矿石渣、炼 制废渣