

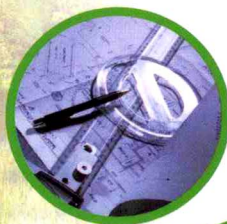
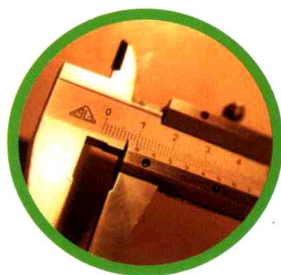


21世纪全国高等院校
环境系列 实用规划教材



环境监测实验技术

施文健 周化嵐 主 编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校环境系列实用规划教材

环境监测实验技术

主 编	施文健	周化岚
副主编	闻海峰	陶 红
参 编	陈树薇	王亚伟



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书按照环境测试技术的基本原理共分为7章,第1章为绪论部分,主要介绍当今环境现状、环境监测技术的发展、目前各种分析方法的特点及其在环境监测中的适用范围。第2章至第6章依次为质量法、容量法、电化学方法、光谱法、色谱法在环境监测中的应用,详细介绍各方法的基本原理和实验技术手段,并结合实验基地的具体实例展示该方法在环境监测中的应用情况。第7章为现代生物技术简介,读者可作了解部分内容进行选读。通过本书的学习,在理论和实践紧密结合的过程中,可以让学生从基本理论上掌握各类环境监测技术的使用方法,并能达到举一反三的程度,以适应当今社会对此方面人才的需要。

本书适用于环境监测、环境科学、环境工程等专业的本、专科生,也可供理、工、农等高等院校作为相关专业教材或教学参考书,还可作为环境、化学及冶金等相关专业人员、科技人员、技术人员、工程技术人员人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

环境监测实验技术/施文健,周化岚主编. —北京:北京大学出版社,2009.1

(21世纪全国高等院校环境系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-14454-1

I. 环… II. ①施… ②周… III. 环境监测—实验—高等学校—教材 IV. X83-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第204769号

书 名: 环境监测实验技术

著作责任者: 施文健 周化岚 主编

责任编辑: 张 玮

标准书号: ISBN 978-7-301-14454-1/X·0029

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印刷者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 11.75印张 250千字

2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷

定 价: 22.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

丛 书 序

当今社会随着经济的高速发展,人民生活质量的普遍提高,人类在生产、生活的各个方面都在不断影响和改变着周围的环境,同时日益突出的环境问题也逐渐受到人类的重视。环境学科以人类—环境系统为其特定的研究对象,主要研究环境在人类活动强烈干预下所发生的变化和为了保持这个系统的稳定性所应采取的对策与措施。环境问题已经成为一个不可忽视的、必须要面对和解决的重大难题。多年来,党和国家领导人多次在不同场合提到了环境问题的重要性,同时对发展环境教育给予了极大的关注。为推进可持续发展战略的实施,我国的环境工作在管理思想和管理制度方面也都发生了深刻的变化,不仅拓宽了环境学科的研究领域急需的综合性学科,也使其成为科学技术领域最年轻、最活跃、最具影响的学科之一。

环境学科是一门新兴的学科,并且还处在蓬勃发展之中,许多社会科学、自然科学和工程科学的部门已经积极地加入到了环境学科的研究当中,它们相互渗透、相互交叉,从而使环境学科变得更加宽广和多样化。为了更好地向社会展示环境学科的研究成果,进一步推进环境学科的发展,北京大学出版社于2007年6月在北京召开了《21世纪全国高等院校环境系列实用规划教材》研讨会,会上国内几十所高校的环境专家学者经过充分讨论,研究落实了适合于环境类专业教学的各教材名称及其编写大纲,并遴选了各教材的编写组成员。

本系列教材的特点在于:按照高等学校环境科学与环境工程专业对本科教学的基本要求,参考教育部高等学校环境科学与工程教学指导委员会研究制定的课程体系和知识体系,面向就业,定位于应用型人才的培养。

为贯彻应用型本科教育由“重视规模发展”转向“注重提高教学质量”的工作思路,适应当前我国高等院校应用型教育教学改革和教材建设的迫切需要,培养以就业市场为导向的具备职业化特征的高等技术应用型人才,本系列教材突出体现教育思想和教育观念的转变,依据教学内容、教学方法和教学手段的现状和趋势进行了精心策划,系统、全面地研究普通高校教学改革、教材建设的需求,优先开发其中教学急需、改革方案明确、适用范围较广的教材。

环境问题已经成为人类最为关注的焦点,每位致力于环境保护的人士都在为环境保护尽自己最大的努力,同时还有更多的人加入到这个队伍中来,为人类能有一个良好的居住环境而共同努力。参与本系列教材编写的每一位专家学者都希望把自己多年积累的知识和经验通过书本传授给更多的有志于为人类——环境系统的协调和持续发展出一份力的同仁。

在本系列教材即将出版之际,我们要感谢参加本系列教材编写和审稿的各位老师所付出的辛勤劳动。我们希望本系列教材能为环境学科的师生提供尽可能好的教学、研究用书,我们也希望各位读者提出宝贵意见,以使编者与时俱进,使教材得到不断的改进和完善。

《21世纪全国高等院校环境系列实用规划教材》

编写指导委员会

2008年3月

前 言

伴随着经济的发展,环境污染日趋严重,环境污染物种类也日益繁多,世界上已知的化学品有 700 万种之多,而进入环境的化学物质已达 10 万种。目前,我国环境优先污染物黑名单中包括 14 种化学类别共 68 种有毒化学品。如何让学生扎实而灵活地掌握环境测试技术以满足社会发展的需要是当务之急。而传统的教学方法所讲授的污染物的测试方法都是针对具体几种污染物,面对种类繁多的污染物种类,仅仅掌握几种远远不够,而学生由于不能从理论上掌握环境测试技术的原理方法等,因此,对于学生毕业后从事环境监测方面的工作有一定的难度和局限性。为了改变此种现状,本书将克服传统的就事论事的教学方法,把环境测试的理论及实践教学有效地结合在一起,让学生通过实验掌握环境测试的基本理论与技术方法,把污染物的监测方法按其测试基本原理进行归类和组合,将它们分成:质量法、容量法、电化学方法、光谱法、色谱法及现代生物技术等几大类监测技术。学习和掌握环境监测的基本原理和实验技术手段,并将所学到的知识和实践能力运用于污染物的监测,培养学生实际的应用能力,达到灵活巧用、融会贯通的程度,以适应当今社会对这方面人才的要求。

本书按照环境测试技术的基本原理共分为 7 章,第 1 章为绪论部分,主要介绍当今环境现状、环境监测技术的发展、目前各种分析方法的特点及其在环境监测中的适用范围。第 2 章至第 7 章依次为质量法、容量法、电化学方法、光谱法、色谱法及现代生物技术的环境监测中的具体应用,详细介绍各方法的基本原理,并结合本实验基地的实际事例展示该方法在环境监测中的应用情况。其中,第 5 章光谱法中又根据仪器分析的不同原理,详细分为原子发射光谱分析、原子吸收光谱分析、紫外光谱分析及红外光谱分析;第 7 章现代生物技术简单介绍了各种现代生物技术的进展及发展趋势,读者可作为了解部分进行选读。本书共囊括了环境监测中的 33 个实验,读者可以根据情况自行选择必做环境监测实验,剩余部分可作为选做部分。通过本书的学习,在理论和实践紧密相结合的过程中,可以让学生从基本理论上掌握各类环境监测技术的使用方法,并能达到举一反三的程度。本书适用于环境监测、环境科学、环境工程等专业的本、专科生,也可供理、工、农等高等院校作为相关专业教材或教学参考书,还可作为环境工作者、化学工作者及冶金等相关专业工作人员、科技人员、技术人员、工程技术人员参考用书。

本书编写过程中得到张道方教授的热心指导,在此表示衷心的感谢!

本书出版获得了上海市教委本科高地项目的资助,在此表示由衷的感谢!

由于编者的水平和经验有限,书中不足之处在所难免,恳请同行专家、学者和广大读者提出宝贵意见。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论..... 1	第 4 章 电化学分析方法在环境 监测中的应用..... 45
1.1 环境、环境污染和环境污染物..... 1	4.1 电化学分析法导论..... 45
1.1.1 环境和环境污染..... 1	4.1.1 电化学分析中的基本概念 和术语..... 45
1.1.2 环境污染物..... 5	4.1.2 电分析化学特点及应用..... 47
1.2 环境监测技术概述、发展、任务 及特点..... 10	4.1.3 电分析化学新进展..... 47
1.2.1 环境监测技术概述..... 10	4.2 电位分析法..... 48
1.2.2 监测技术的发展..... 11	4.2.1 电位分析法基本原理..... 48
1.2.3 环境监测的任务和特点..... 12	4.2.2 离子选择性电极与膜电位..... 49
1.3 环境优先污染物和优先监测..... 12	4.2.3 直接电位分析方法..... 50
1.4 与环境监测相关学科发展概况..... 16	4.2.4 电位滴定法..... 51
1.4.1 环境分析化学的发展趋势..... 16	4.3 库仑分析法..... 52
1.4.2 分析化学中的仪器分析方法... 18	4.3.1 基本原理..... 52
1.4.3 环境化学的发展趋势..... 18	4.3.2 控制电位库仑分析法..... 53
1.5 本实验指导书的特色和目的..... 19	4.3.3 恒电流库仑滴定法..... 54
第 2 章 质量法在环境监测中的应用..... 21	4.4 伏安与极谱分析法..... 56
2.1 质量法概述..... 21	4.4.1 伏安与极谱分析法概述..... 56
2.2 气体样品的采集..... 22	4.4.2 极谱法的基本原理..... 56
2.2.1 气体样品的采集方法..... 22	4.4.3 示差脉冲极谱法..... 57
2.2.2 气体样品采集的装置..... 24	4.5 电化学方法在环境监测中的应用..... 58
2.3 质量法的应用..... 25	4.5.1 水中氟化物的测定——氟 离子选择电极法..... 58
2.3.1 废水悬浮固体和浊度的测定... 25	4.5.2 氨氮的测定—— NH_3 气敏 电极法..... 61
2.3.2 污水中油的测定..... 28	4.5.3 化学需氧量库仑滴定法..... 62
2.3.3 大气中总悬浮颗粒物的测定... 29	4.5.4 示差脉冲极谱法测定污水中 的硝基苯..... 64
第 3 章 容量法在环境监测中的应用..... 32	4.5.5 催化极谱法测定农作物中 的铅..... 65
3.1 容量法简介..... 32	第 5 章 光学分析法在环境监测中的 应用..... 67
3.2 容量法的应用..... 33	5.1 光学分析法导论..... 67
3.2.1 化学需氧量的测定..... 34	
3.2.2 五日生化需氧量的测定..... 36	
3.2.3 酸度和碱度的测定..... 39	
3.2.4 总硬度-EDTA 滴定法..... 41	
3.2.5 碘量法测定水中溶解氧..... 43	

第 6 章 色谱分析法在环境监测中的应用 132



6.4.1 废水中酚类的测定(气相色谱法)	155
6.4.2 大气中苯系化合物的气相色谱测定	156
6.4.3 室内空气中总挥发性有机化合物(TVOC)的测定(气相色谱法)	158
6.4.4 GC-MS 定性分析沉积物中多氯有机化合物	160
6.4.5 高效液相色谱法测定环境样品中的多环芳烃	162

第7章 现代生物技术	
环境	
监测中的应用简介	165
7.1 生物酶技术简介	165
7.1.1 生物酶抑制技术	165
7.1.2 酶免疫测定技术	166
7.2 金标免疫速测技术简介	166
7.3 PCR 技术简介	167
7.4 生物芯片技术简介	169
7.5 生物传感器简介	170
参考文献	173

第1章 绪 论

学习目标

了解环境污染的原因、污染物的来源及环境监测的目的和任务；了解环境监测中涉及的分析方法，并对与环境监测相关各学科的发展趋势有系统的认识；了解本实验指导书的特色和目的。

随着全球经济的发展，人们的生活质量越来越高，然而在人们越来越奢侈的物质享受的背后，却是生态的失调、环境的恶化。到处可见的水污染、大气污染、土壤污染、水土流失等一系列严峻的问题正在威胁着人们的正常生活，同时也严重影响着经济的进一步高速发展。环境污染已经到了不可不解决的程度，环境问题已成为人类生存和发展的重大挑战问题。目前，人类已经部分认识到了自身与环境的唇亡齿寒的关系，同时人类也提出了很多有益的解决办法。下面来了解一下环境和环境污染的情况及相关解决办法。

1.1 环境、环境污染和环境污染物

1.1.1 环境和环境污染

所谓环境，总是相对于某一中心事物而言的。环境因中心事物的不同而不同，随中心事物的变化而变化。人们通常所称的环境就是指人类的环境。人类环境分为自然环境和社会环境。《中华人民共和国环境保护法》则从法学的角度对环境的概念进行阐述，环境是指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。概括地讲，环境是由大气圈、水圈和土壤圈各圈层的自然环境与以生物圈为代表的生态环境共同构成的世界——自然界，包括自然界产生的和人类活动所排放的各种化学物质形成的“化学圈”。环境也是指围绕着人类的生存空间，并可以直接、间接地影响人类生存和发展的各种自然因素和社会因素的总体。人类和环境所构成的是一个复杂的多元结构的平衡体系，这个平衡体系一旦被打破，必然会导致一系列的环境问题。对自然界一定程度的刺激，或许可以通过其本身的调节作用和缓冲能力，经过一系列的连锁反应再次建立起新的动态平衡。但是，若这种刺激超过了环境本身的缓冲能力，就会由量变引起质变，从而改变环境的性质和质量，使环境受到污染和破坏。

环境问题是由于人类活动作用于周围环境所引起的环境质量变化，以及这种变化对人类的生产和健康造成的影响。人类在改造自然环境和创建社会环境的过程中，自然环境仍以其固有的自然规律变化着。社会环境一方面受自然环境的制约，另一方面也以其固有的规律运动着。人类与环境不断地相互影响和作用，产生环境问题。环境问题多种多样，归纳起来有两大类：一类是自然演变和自然灾害引起的原生环境问题，也叫第一环境问题，如地震、洪涝、干旱、台风、崩塌、滑坡、泥石流等。另一类是人类活动引起的

次生环境问题，也叫第二环境问题。次生环境问题一般又分为环境污染和环境破坏两大类，如乱砍滥伐引起的森林植被的破坏、过度放牧引起的草原退化、大面积开垦草原引起的沙漠化和土地沙化、工业生产造成大气和水环境恶化等。

由于人为因素使环境的构成或状态发生变化，环境素质下降，从而扰乱和破坏了生态系统和人们的正常生活和生产条件，就叫做环境污染。具体来说，环境污染是指人类直接或间接地向环境排放超过其自净能力的物质或能量，从而使环境的质量降低，对人类的生存与发展、生态系统和财产造成不利影响的现象，具体包括：水污染、大气污染、噪声污染、放射性污染等。造成环境污染的因素有物理的、化学的和生物的共 3 个方面，其中因化学物质引起的约占 80%~90%。

环境问题是随着人类社会的迅速发展而产生并加剧的。18 世纪以来，机器的出现，生产技术的进步，生产力的迅猛发展，人们的物质和文化生活也得到了日益的提高，但对环境的破坏也超过了以往的任何时代。尤其是随着石油工业的崛起，工业生产过分集中，城市人口过分密集，环境污染由局部逐步扩大到区域，由单一的大气污染扩展到大气、水域和食品等各方面的污染，酿成了不少震惊世界的公害事件，如举世闻名的“八大公害”事件，见表 1-1。

表 1-1 世界“八大公害”事件

事件名称	发生时间	发生地	污染类型	污染源/物	扩散途径/致害原因
马斯河谷 烟雾事件	1930.12	比利时马斯 河谷	大气污染	谷地中工厂密布，烟 尘、SO ₂ 排放量大	河谷地形，逆温天气且有雾， 不利于污染物稀释扩散； SO ₂ 、SO ₃ 和金属氧化物颗粒 进入肺部深处
洛杉矶光 化学烟雾 事件	1943.5~10	美国洛杉矶	大气污染 光化学污染	该市 400 万辆汽车每 天耗油 2400 万升，排 放烃类 1000 多吨	三面环山，静风，不利于空 气流通；阳光充足，石油废 气和汽车废气在紫外线的作用 下生成光化学烟雾
多诺拉烟 雾事件	1948.10	美国多诺拉 镇	大气污染	河谷内工厂密集，排 放大量烟尘和 SO ₂	地形和气候不利于污染物稀 释扩散；SO ₂ 、SO ₃ 和烟尘生 成硫酸盐气溶胶，吸入肺部
伦敦烟雾 事件	1952.12	英国伦敦	大气污染	居民取暖燃煤中含硫 量高，排放大量 SO ₂ 和烟尘	逆温天气，不利于污染物稀 释扩散；SO ₂ 等在金属颗粒 物催化下生成 SO ₃ 、硫酸和 磷酸盐，附着在烟尘上吸入 肺部
水俣(病) 事件	1953~1961	日本熊本县 水俣镇	海洋污染汞 污染(二次 污染)	氮肥厂含汞催化剂随 废水排入海湾	无机汞在海水中转为甲基 汞，被鱼、贝类摄入，并在 鱼体内富集，居民使用含甲 基汞的鱼而中毒

事件名称	发生时间	发生地	污染类型	污染源/物	扩散途径/致害原因
四日事件 (哮喘病)	1955 年以来	日本四日市, 并蔓延到几十个 城市	大气污染	工厂大量排放 SO_2 和 煤尘, 其中含钴、锰、 钛等重金属颗粒	重金属粉尘和 SO_2 随煤尘进 入肺部
米糠油 事件	1968	日本爱知县 等府县	食品污染, 多氯联苯 污染	米糠油生产中用多氯 联苯作热载体, 多氯 联苯进入米糠油	食用含多氯联苯的米糠油
富山事件 (骨痛病)	1931~1975	日本富山县 神通川流域, 并蔓延至其 他七条河的 流域	水体污染 土壤污染 镉污染	炼锌厂未处理的含镉 废水排入河中	用河水灌溉稻米, 使米变成 镉米, 当地居民因长期饮用 被镉污染的河水和食用镉米 而中毒

20 世纪 50 年代以来, 世界主要发达国家的经济从恢复逐步走向高速发展, 人工合成化学品的种类和数量也在迅猛增长, 这对于改善人们生活质量、提高人类社会的物质文明和精神文明起到了不可磨灭的作用。然而十分遗憾的是, 这些人工合成化学品中的许多有毒物质随工业废水排放、商业制品流通以及固体和气体排放等过程而进入环境, 产生了诸如水体富营养化、温室气体效应、土地退化和生物多样性锐减等许多全球性生态环境问题, 甚至导致了多起严重突发性事故, 见表 1-2。

表 1-2 突发性的严重公害事件

事 件	时 间	地 点	危 害	原 因
阿摩柯卡的斯油轮 泄油	1987. 3	法国西北部布列 塔尼半岛	藻类、动物、海鸟灭绝, 工 农业生产、旅游业损失大	$22 \times 10^4 \text{t}$ 原油入海
三哩岛核电站泄漏	1979. 3. 28	美国宾夕法尼亚	周围 80km、200 万人口极度 不安, 直接损失 10 多亿美元	核电站反应堆严 重失水
威尔士饮用水污染	1985. 1	英国威尔士	200 万居民饮水污染, 44% 的 人中毒	化工公司将酚排 入河中
墨西哥油库爆炸	1984. 11. 9	墨西哥	4200 人受伤, 400 人死亡, 10 万人被疏散	油库爆炸
博帕尔农药泄漏	1984. 12. 2	印度中央邦博帕 尔市	1408 人死亡, 2 万人中毒, 20 万人逃离	异氰酸甲酯泄漏
切尔诺贝利核电站 泄漏	1984. 4. 26	苏联、乌克兰	31 人死亡, 203 人受伤, 13 万人疏散, 损失 30 亿美元	反应堆机房爆炸
莱茵河污染	1986. 11. 1	瑞士巴塞尔市	生物绝迹, 160km 内鱼类死 亡, 480km 内的水不能饮用	化学公司仓库失 火, 30t 的 S、P、 Hg 剧毒物入河
莫农格希拉河污染	1988. 11. 1	美国	100 万居民生活严重影响	原油入河
埃克森·瓦尔迪兹 油轮漏油	1989. 3. 24	美国阿拉斯加	海域严重污染	漏油 $4.2 \times 10^4 \text{m}^3$

然而,环境问题并非只限于环境污染,人们对现代环境问题的认识有个发展过程。

在 20 世纪 60 年代,人们把环境问题只当成一个污染问题,认为环境污染主要指的是城市和工农业带来的对大气、水质、土壤、固体废弃物和噪声的污染。对土地沙化、热带森林破坏和野生动物某些品种的濒危灭绝等并未从战略上予以重视。我国当时以污染控制为中心进行了环境管理,曾对改善城市和生活环境的质量起了重要作用。而明显不足的是没有把环境问题与自然生态联系起来,低估了环境污染的危害性和复杂性;没有把环境污染与社会因素相联系,未能追根寻源。

1972 年联合国在瑞典首都斯德哥尔摩召开了人类环境会议。会议发表的《人类环境宣言》明确指出环境问题不仅表现在水、气、土壤等的污染已达到危险程度,而且表现在对生态的破坏和资源的枯竭;同时宣告一部分环境问题是由于贫穷造成的,并明确提出发展中国家要在发展中解决问题。这是作为联合国组织第一次把环境问题与社会因素联系起来。会后正式组建了联合国环境规划署(UNEP)。此次会议可以说是人类认识环境问题的一个里程碑。然而,它并未从战略高度指明防治环境问题的根本途径,没明确解决环境问题的责任,没强调需要全球的共同行动。

20 世纪 80 年代对环境认识有新的突破性发展,提出持续发展战略。由挪威前首相布伦特夫人任主席的联合国世界环境发展委员会,组织来自 21 个国家的著名专家学者到各国实地考察后,于 1987 年 4 月发表了题为“我们共同的未来”的长篇报告。在“全球的挑战”的标题下,指出地球正发生着急剧改变,从而威胁许多物种,包括人类生命的环境恶化趋势。每年有 600 万公顷具有生产力的旱地变成沙漠,有 1100 多万公顷的森林遭到破坏……在列举的令人震惊的事件中有:在墨西哥城,液化气罐爆炸使千人遇难;在非洲,干旱将 3500 万人置于危难之中;在瑞士,农用化学品、溶剂和汞污染了莱茵河,使数百万尾鱼被毒死;在印度,博帕尔农药厂化学品泄漏造成 2000 人死亡;在前苏联,切尔诺贝利核反应堆爆炸使核尘遍布欧洲;由于饮用水被污染和营养不良,全球每年约有 6×10^7 人死于腹泻……报告告诫人们,决定地球人类前途和命运的是“环境”。它以持续发展为基本纲领,从保护环境和资源、满足当代和后代的需要出发,强调世界各国政府和人民要对经济发展和环境保护两大任务负起历史责任,并把二者结合起来。这一时期逐步形成的持续发展战略指明了解决环境问题的根本途径。

进入 20 世纪 90 年代,巩固和发展了这种指导思想,从而形成了当代主导的环境意识。1992 年 6 月在巴西里约召开了联合国环境与发展大会,又称“地球会议”,有 183 个国家代表团和 70 个国际组织的代表出席,并有 102 位国家元首或政府首脑到场。这次大会是继 1972 年瑞典斯德哥尔摩举行的联合国人类环境大会之后,规模最大、级别最高的一次国际会议。大会的会徽是一只巨手托着的插着一支鲜嫩树枝的地球,它向人们昭示“地球在我们手中”。这次会议的宗旨是回顾第一次人类环境大会召开后 20 年来全球环境保护的历程,敦促各国政府和公众采取积极措施协调合作,防止环境污染和生态恶化,为保护人类生存环境而共同做出努力,会议通过了关于环境与发展宣言的《里约环境与发展宣言》、《21 世纪行动议程》、《保护生物多样性公约》等重要文件。大会指出,和平、发展和保护环境是互相依存、不可分割的,世界各国应在环境与发展领域加强国际合作,为建立一种新的、公平的全球伙伴关系而努力。这是 20 世纪人类社会的又一重大转折点,树立了人类环境与发展史上新的里程碑。

巴西联合国环境与发展大会之后,各国为履行环保承诺,作出了许多努力。2002 年 10



月，为纪念联合国环境与发展大会 10 周年，联合国在南非召开环境会议，时任国务院总理的朱镕基出席会议并讲了话。

2007 年 2 月 2 日，巴黎全球生态管理大会在爱丽舍宫举行，来自 100 多个国家的政要和科学家出席了开幕式。会议就人类目前面临的共同生存环境问题和为应对地球日益严重的生态危机所采取的措施举行了 6 个分论坛研讨，即气候变化、共同促进生物多样性、污染与健康、水资源、开拓思路面对生态问题的挑战和加强环境领域的国际管理。宋健主席在水资源专题组做了题为“水，而不是石油是中国最珍贵的液体”的演讲。出席巴黎环境大会的代表发表了《巴黎呼吁》，倡议将联合国环境规划署改造成一个全球参与的联合国环境组织。

我国是一个发展中国家，由于我国人口众多、资源相对不足和经济的快速发展等种种原因，目前的环境形势依然严峻，各项污染物总量仍会很大，一些地区的环境质量仍在恶化，生态恶化加重的趋势尚未得到有效遏制，不断发生的污染事件给群众生产生活带来严重的影响，环境压力持续加大。来自 2006 年全国环境统计公报的数字表明：2006 年，全国废水排放总量为 536.8 亿吨，比上年增长 2.3%。其中，工业废水排放量 240.2 亿吨，占废水排放总量的 44.7%，比上年减少 1.1%；城镇生活污水排放量 296.6 亿吨，占废水排放总量的 55.3%，比上年增长 5.8%。废水中化学需氧量排放量 1428.2 万吨，比上年增长 1.0%。其中，工业废水中化学需氧量排放量 541.5 万吨，占化学需氧量排放总量的 37.9%，比上年减少 2.4%；城镇生活污水中化学需氧量排放量 886.7 万吨，占化学需氧量排放总量的 62.1%，比上年增长 3.2%。废水中氨氮排放量 141.3 万吨，比上年减少 5.7%。其中，工业氨氮排放量 42.5 万吨，占氨氮排放量的 30.0%，比上年减少 19.0%；生活氨氮排放量 98.8 万吨，占氨氮排放量的 70.0%，比上年增长 1.6%。2006 年，全国废气中二氧化硫排放量 2588.8 万吨，比上年增长 1.5%。其中，工业二氧化硫排放量为 2234.8 万吨，占二氧化硫排放总量的 86.4%，比上年增长 3.1%；生活二氧化硫排放量 354.0 万吨，占二氧化硫排放总量的 13.6%，比上年减少 7.1%。烟尘排放量 1088.8 万吨，比上年减少 7.9%。其中，工业烟尘排放量 864.5 万吨，占烟尘排放总量的 79.5%，比上年减少 8.9%；生活烟尘排放量 224.3 万吨，占烟尘排放总量的 20.5%，比上年减少 4.0%。工业粉尘排放量 808.4 万吨，比上年减少 11.3%。全国工业固体废物产生量 15.2 亿吨，比上年增长 12.7%；工业固体废物综合利用率为 59.6%，比上年提高 6.7 个百分点；工业固体废物排放量 1302.1 万吨，比上年减少 21.3%。

1.1.2 环境污染

进入环境后使环境的正常组成和性质发生直接或间接有害于人类的变化的物质称为环境污染物。大部分环境污染物是由人类的生产和生活活动产生的。有些物质原来是生产中的有用物质，甚至是人和生物必需的营养元素，由于未充分利用而大量排放，就可能成为环境污染物。有的污染物进入环境后，通过物理或化学反应或在生物作用下会转变成危害更大的新污染物，也可能降解成无害物质。不同污染物同时存在时，可因拮抗或协同作用使毒性降低或增大。所以环境污染是指有害物质或因子进入环境，并在环境中扩散、迁移、转化，使环境系统结构与功能发生变化，对人类以及其他生物的生存和发展产生不利影响的现象。例如，工业废水和生活污水的排放，使水体水质变坏；因燃料的大量燃烧，使大气中颗粒物和 SO_2 浓度急剧增高等现象均属环境污染。在通常情况下，环境污染主要是指人类活动所引起的环境质量下降而有害于人类及其他生物的正常生存和发展的现象。而自



然过程引起的同类现象，称为自然突变或异常。因而在实际的环境管理工作中，通常以环境质量标准为尺度来评定环境是否发生污染以及受污染的程度，这样，在世界不同的国家或不同的地区，由于社会、经济、技术等方面存在着差异，制定和使用的环境质量标准也有所不同，因而环境污染的衡量方面也存在着一定的差别。

可以说，环境污染的产生和存在由来已久，然而它真正引起人们重视和普遍关注却是在 20 世纪 50 年代后。正是由于公害事件，导致了人群在短时间内大量致病和死亡，产生了不利于社会、经济发展的社会效应，促使环境污染成为一个全球社会性的问题而被人们所重视，从而促进了全球环境保护事业的发展。

1. 污染物的类型

环境污染有不同的类型，因目的、角度的不同有不同的划分方法。按环境要素可分为大气污染、水体污染和土壤污染等；按污染物的性质可分为生物污染、化学污染和物理污染；按污染物的形态可分为废气污染、废水污染和固体废弃物污染，以及噪声污染、辐射污染等；按污染产生的原因可分为生产污染和生活污染，生产污染又可分为工业污染、农业污染、交通污染等；按污染涉及范围又可分为全球性污染、区域性污染、局部污染等。

下面就环境污染物的不同类型进行简单介绍。

1) 水污染

地球上的水似乎取之不尽，其实就目前人类的使用情况来看，只有淡水才是主要的水资源，而且只有淡水中的一小部分能被人们使用。淡水是一种可以再生的资源，其再生性取决于地球的水循环。随着工业的发展、人口的增加，大量水体被污染；为抽取河水，许多国家在河流上游建造水坝，改变了水流情况，使水的循环、自净受到了严重的影响。20 世纪 80 年代后期全球淡水实际利用的数量大约为每年 3000 亿立方米，占可利用总量的 1/3。但是随着人口的增长及人均收入的增加，人们对水资源的消耗量也以几何级数增长。另外，淡水资源的分布与人口的分布并不一致。例如，1980 年加拿大人均取水量 1500 立方米，仅占人均淡水资源拥有量的 1.2%；而埃及 1976 年人均取水量为 1180 立方米，已接近该国人均可利用总量 1470 立方米的极限。人类的活动会使大量的工业、农业和生活废弃物排入水中，使水受到污染。目前，全世界每年约有 4200 多亿立方米的污水排入江河湖海，污染了 5.5 万亿立方米的淡水，这相当于全球径流总量的 14% 以上。1984 年颁布的《中华人民共和国水污染防治法》中为“水污染”下了明确的定义，即水体因某种物质的介入，而导致其化学、物理、生物或者放射性等方面特征的改变，从而影响水的有效利用，危害人体健康或者破坏生态环境，造成水质恶化的现象称为水污染。水的污染有两类：一类是自然污染，另一类是人为污染。当前对水体危害较大的是人为污染。水污染可根据污染杂质的不同而主要分为化学性污染、物理性污染和生物性污染三大类。

2) 大气污染

在干洁的大气中，痕量气体的组成是微不足道的。但是在一定范围的大气中，出现了原来没有的微量物质，其数量和持续时间都有可能对人、动物、植物及物品、材料产生不利影响和危害。当大气中污染物质的浓度达到有害程度，以致破坏生态系统和人类正常生存和发展的条件，对人或物造成危害的现象叫做大气污染。造成大气污染的原因，既有自然因素又有人为因素，尤其是人为因素，如工业废气、燃烧、汽车尾气和核爆炸等。随着人类经济活动和生产的迅速发展，在大量消耗能源的同时，也将大量的废气、烟尘物质排



入大气，严重影响了大气环境的质量，特别是在人口稠密的城市和工业区域。大气污染对气候的影响很大，大气污染对局部地区和全球气候都会产生一定的影响，尤其对全球气候的影响，从长远的观点看，这种影响将是很严重的。燃料中含有各种复杂的成分，在燃烧后产生各种有害物质，即使不含杂质的燃料达到完全燃烧，也要产生水和二氧化碳，正因为燃烧使大气中的二氧化碳浓度不断增加，破坏了自然界二氧化碳的平衡，以至可能引发“温室效应”，致使地球气温上升。“温室效应”是指大气中的二氧化碳浓度增加，阻止地球热量的散失，使地球发生可感觉到的气温升高。它破坏了大气层与地面间红外线辐射的正常关系，吸收地球释放出来的红外线辐射，就像“温室”一样，促使地球气温升高的气体称为“温室气体”。二氧化碳是数量最多的温室气体，约占大气总容量的 0.03%。

3) 固体污染

凡人类一切活动过程产生的，且对所有者已不再具有使用价值而被废弃的固态或半固态物质，通称为固体废物。各类生产活动中产生的固体废物俗称废渣，生活活动中产生的固体废物则称为垃圾。“固体废物”实际只是针对原所有者而言的。在任何生产或生活过程中，所有者对原料、商品或消费品，往往仅利用了其中某些有效成分，而对于原所有者不再具有使用价值的大多数固体废物中仍含有其他生产行业中需要的成分，经过一定的技术环节，可以转变为有关部门行业中的生产原料，甚至可以直接使用。可见，固体废物的概念随时、空的变迁而具有相对性。提倡资源的社会再循环，目的是充分利用资源，增加社会与经济效益，减少废物处置的数量，以利于社会发展。垃圾正成为困扰人类社会的一大问题，全世界每年要产生超过计划 10 亿吨的垃圾，大量的生活和工业垃圾由于缺少处理系统而露天堆放，垃圾围城现象日益严重，成堆的垃圾臭气熏天、病菌滋生，有毒物质污染地表和地下水，严重危害人类的健康，这种现象若得不到遏制，人类将被自己生产的垃圾埋葬掉。

4) 水土流失

水土流失是指在水流作用下，土壤被侵蚀、搬运和沉淀的整个过程。在自然状态下，纯粹由自然因素引起的地表侵蚀过程非常缓慢，常与土壤形成过程处于相对平衡状态，这种侵蚀称为自然侵蚀，也称为地质侵蚀。在人类活动的影响下，特别是人类严重地破坏了坡地植被后，由自然因素引起的地表土壤破坏和土地物质的移动、流失过程加速，即发生水土流失。水土流失是我国土地资源遭到破坏的最常见的地质灾害，其中以黄土高原地区最为严重。我国目前水土流失总的情况是：点上有治理，面上有扩大，治理赶不上破坏。

环境污染物的类型也可以根据人类社会活动的不同功能产生的污染物进行分类，主要考虑工业、农业、交通运输和生活 4 个方面。

(1) 工业。工业生产对环境造成的污染主要是由于对自然资源的过量开采，造成多种化学元素在生态系统中的超量循环，能源和水资源的消耗与利用，生成过程中产生的“三废”。工业过程中产生的污染物的特点是数量大、分成复杂、毒性强，常见的有酸、碱、油、重金属、有机物、毒物、放射性物质等。有的工业过程中还排放致癌物质，如苯并(α) 芘、亚硝基化合物。食品、发酵、制药、制革等一些生物制品加工工业，除排放大量需氧有机物外，还会产生微生物、寄生虫等。

(2) 农业。农业对环境产生的污染主要是由于使用农药、化肥、农业机械等工业品，农业本身造成的水土流失和农业废弃物。农家肥料中常含有细菌和微生物。



(3) 交通运输。汽车、火车、飞机、船舶等具有可移动性的特点。它们的污染主要是由于噪声、汽油(柴油)等染料燃烧产物的排放和有毒有害物质的泄漏、清洗、扬尘和污水等。石油燃烧排放的废气中含有一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物、铅、硫氧化物和苯并(α)芘等。

(4) 生活。生活活动也能产生物理的、化学的和生物的污染,排放“三废”、分散取暖和炊事燃煤是城市主要的大气污染源之一。生活污水主要包括洗涤和粪便污水,它含有耗氧有机物和病菌、病毒与寄生虫等病原体。城市垃圾中含有大量废纸、玻璃、塑料、金属、动植物饰品的废弃物等。

2. 污染物的化学类别

对环境产生危害的化学污染物概括分为 8 类。

(1) 元素:如铅、镉、铬、汞、砷等重金属和准金属、卤素、氧(臭氧)、黄磷等。

(2) 无机物:如氰化物、一氧化碳、氮氧化物、卤化氢、卤间化合物(如 ClF 、 BrF_3 、 IF_5 、 BrCl 、 IBr_3 等)、卤氧化物(ClO_2)、次氯酸及其盐、硅的无机化合物(如石棉)、无机磷化合物(如 PH_3 、 PX_3 、 PX_5)、硫的无机化合物(H_2S 、 SO_2 、 H_2SO_3 、 H_2SO_4)等。

(3) 有机化合物和烃类:包括烷烃、不饱和芳香烃、芳烃、多环芳烃(PAH)等。

(4) 金属有机和准金属有机化合物:如四乙基铅、羰基镍、二苯铬、三丁基锡、单甲基或二甲基胂酸、三苯基锡等。

(5) 含氧有机化合物:包括环氧乙烷、醚、醇、酮、醛、有机酸、酯、酐、酚类化合物等。

(6) 有机氮化合物:如胺、腈、硝基甲烷、三硝基甲苯(TNT)、亚硝胺等。

(7) 有机卤化物:如四氯化碳、脂肪基和烯烃的卤化物(如氯乙烯)、芳香族卤化物(如氯代苯)、氯代苯酚、多氯联苯(PCBs)乃至氯代二噁英类等。

(8) 有机硫化合物:如烷基硫化物、硫醇、巯基甲烷、二甲砷等。

3. 主要环境污染物简介

1) 空气主要污染物

空气中的主要污染物有二氧化硫、氮氧化物、粒子状污染物、酸雨等。

(1) 二氧化硫(SO_2):二氧化硫主要由燃煤及燃料油等含硫物质燃烧产生,其次是来自自然界,如火山爆发、森林起火等。二氧化硫对人体的结膜和上呼吸道黏膜有强烈的刺激性,可损伤呼吸器管,可致支气管炎、肺炎,甚至肺水肿呼吸麻痹。短期接触二氧化硫浓度为 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 空气的老年或慢性病人死亡率增高,浓度高于 $0.25 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 可使呼吸道疾病患者病情恶化。长期接触浓度为 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 空气的人群呼吸系统病症增加。另外,二氧化硫对金属材料、房屋建筑、棉纺化纤织品、皮革纸张等制品容易引起腐蚀,剥落、褪色而损坏,还可使植物叶片变黄甚至枯死。国家环境质量标准规定,居住区日平均浓度低于 $0.15 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,年平均浓度低于 $0.06 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

(2) 氮氧化物(NO_x):空气含氮的氧化物有一氧化二氮(N_2O)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO_2)、三氧化二氮(N_2O_3)等,其中占主要成分的是一氧化氮和二氧化氮,以 NO_x (氮氧化物)表示。 NO_x 污染主要来源于生产、生活中所用的煤、石油等燃料燃烧的产物(包括汽车及一切内燃机燃烧排放的 NO_x);其次是来自生产或使用硝酸的工厂排放的尾气。当 NO_x 与碳



氢化物共存于空气中时,经阳光紫外线照射,发生光化学反应,产生一种光化学烟雾,它是一种有毒性的二次污染物。 NO_2 比 NO 的毒性高4倍,可引起肺损害,甚至造成肺水肿。慢性中毒可致气管、肺病变。吸入 NO ,可引起变性血红蛋白的形成并对中枢神经系统产生影响。 NO_x 对动物的影响浓度大致为 $1.0\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$,对患者的影响浓度大致为 $0.2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。国家环境质量标准规定,居住区的平均浓度低于 $0.10\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$,年平均浓度低于 $0.05\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

(3) 粒子状污染物:空气中的粒子状污染物数量大、成分复杂,它本身可以有有毒物质或是其他污染物的运载体。其主要来源于煤及其他燃料的不完全燃烧而排出的煤烟、工业生产过程中产生的粉尘、建筑和交通扬尘、风的扬尘等,以及气态污染物经过物理化学反应形成的盐类颗粒物。在空气污染监测中,粒子状污染物的监测项目主要为总悬浮颗粒物、自然降尘和飘尘。

① 总悬浮颗粒物(TSP)。总悬浮颗粒物是指粒径在 $100\mu\text{m}$ 以下的颗粒物,简称TSP。其对人体的危害程度主要决定于自身的粒度大小及化学组成。TSP中粒径大于 $10\mu\text{m}$ 的物质,几乎都可被鼻腔和咽喉所捕集,不进入肺泡。对人体危害最大的是 $10\mu\text{m}$ 以下的浮游状颗粒物,称为飘尘。可经过呼吸道沉积于肺泡。慢性呼吸道炎症、肺气肿、肺癌的发病与空气颗粒物的污染程度明显相关,当长年接触颗粒物浓度高于 $0.2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 的空气时,其呼吸系统病症增加。国家环境质量标准规定居住区日平均浓度低于 $0.3\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$,年平均浓度低于 $0.2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

② 自然降尘。自然降尘指粒径大于 $10\mu\text{m}$ 在空气中经重力作用就能沉降到地面上的灰尘,其来源以风沙扬尘为主。人吸入灰尘会增加呼吸道的阻力,呼吸道出现狭窄现象。

(4) 酸雨:降水的 $\text{pH}<5.6$ 时,降水即为酸雨。煤炭燃烧排放的二氧化硫和机动车排放的氮氧化物是形成酸雨的主要因素;其次,气象条件和地形条件也是影响酸雨形成的重要因素。降水酸度 $\text{pH}<4.9$ 时,将会对森林、农作物和材料产生明显的损害。

(5) 一氧化碳(CO):一氧化碳是无色、无臭的气体,主要来源于含碳燃料、卷烟的不完全燃烧,其次是炼焦、炼钢、炼铁等工业生产过程所产生的。人体吸入的一氧化碳易与血红蛋白相结合生成碳氧血红蛋白,而降低血流载氧能力,导致意识力减弱,中枢神经功能减弱,心脏和肺呼吸功能减弱;受害人感到头昏、头痛、恶心、乏力,甚至昏迷死亡。我国空气环境质量标准规定居住区一氧化碳日平均浓度 $<4.00\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

(6) 氟化物(F):指以气态与颗粒态形成存在的无机氟化物,主要来源于含氟产品的生产、磷肥厂、钢铁厂、冶铝厂等工业生产过程。氟化物对眼睛及呼吸器官有强烈刺激,吸入高浓度的氟化物气体时,可引起肺水肿和支气管炎。长期吸入低浓度的氟化物气体会引起慢性中毒和氟骨症,使骨骼中的钙质减少,导致骨质硬化和骨质疏松。我国环境空气质量标准规定城市地区日平均浓度为 $7\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

(7) 铅及其化合物(Pb):指存在于总悬浮颗粒物中的铅及其化合物,主要来源于汽车排出的废气。铅进入人体,可大部分蓄积于人的骨骼中,损害骨髓造血系统和神经系统,对男性的生殖腺也有一定的损害。引起临床症状为贫血、末梢神经炎,出现运动和感觉异常。我国尿铅 $80\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 为正常值,血铅正常值小于 $50\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。

2) 地面水主要污染物

地面水主要污染物有氨氮、石油类、挥发酚、汞和氰化物。

