



全国高等院校环境科学与工程统编教材

环境污染控制原理

HUANJING WURAN KONGZHI YUANLI

陆晓华 主编
成官文



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

环境污染控制原理

主 编 陆晓华 成官文
副主编 周 珊 刘乃瑞 王凯荣 刘延湘
参 编 石 零 陈 静

8506

[862

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书系统介绍了各种环境污染控制技术的方法原理,包括物理学、物理化学、化学、微生物学以及生态学方法和原理。在介绍各种方法原理的基础上,介绍了这些方法在水、大气、土壤、固体废物污染控制中的应用。

本书可作为环境科学本科生教学的教材以及环境工程本科生和硕士研究生的教学参考书,也可以供环境污染控制和环境管理的工程技术人员参考使用。

全国高等院校环境科学与工程统编教材

编写指导委员会

(按姓氏拼音排序)

陈亮 东华大学教授,2006—2010 环境工程专业教学指导分委员会委员
韩宝平 中国矿业大学教授,2006—2010 环境科学类专业教学指导分委员会委员
胡筱敏 东北大学教授,2006—2010 环境工程专业教学指导分委员会委员
李光浩 大连民族学院教授,2006—2010 环境科学类专业教学指导分委员会委员
刘勇弟 华东理工大学教授,2006—2010 环境工程专业教学指导分委员会委员
刘云国 湖南大学教授,2006—2010 环境科学类专业教学指导分委员会委员
陆晓华 华中科技大学教授,2001—2005 环境科学类专业教学指导分委员会委员
吕锡武 东南大学教授,2006—2010 环境工程专业教学指导分委员会委员
王成端 西南科技大学教授,2006—2010 环境工程专业教学指导分委员会委员
夏北成 中山大学教授,2006—2010 环境科学类专业教学指导分委员会委员
严重玲 厦门大学教授,2006—2010 环境科学类专业教学指导分委员会委员
赵毅 华北电力大学教授,2006—2010 环境工程专业教学指导分委员会委员
郑西来 中国海洋大学教授,2006—2010 环境工程专业教学指导分委员会委员
周敬宣 华中科技大学教授,2006—2010 环境工程专业教学指导分委员会委员

作者所在院校

南开大学	中山大学	中国地质大学	东南大学
湖南大学	重庆大学	四川大学	东华大学
武汉大学	中国矿业大学	华东理工大学	中国人民大学
厦门大学	华中科技大学	中国海洋大学	北京交通大学
北京理工大学	大连民族学院	成都信息工程学院	河北理工大学
北京科技大学	东北大学	华东交通大学	华北电力大学
北京建筑工程学院	江苏大学	南昌大学	广西师范大学
天津工业大学	江苏工业学院	景德镇陶瓷学院	桂林电子科技大学
天津科技大学	扬州大学	长春工业大学	桂林理工大学
天津理工大学	中南大学	东北农业大学	仲恺农业工程学院
西北工业大学	长沙理工大学	哈尔滨理工大学	华南师范大学
西北大学	南华大学	河南大学	嘉应学院
西安理工大学	华中师范大学	河南工业大学	茂名学院
西安工程大学	华中农业大学	河南理工大学	浙江工商大学
西安科技大学	武汉理工大学	河南农业大学	浙江林学院
长安大学	中南民族大学	湖南科技大学	太原理工大学
中国石油大学(华东)	湖北大学	洛阳理工学院	兰州理工大学
山东师范大学	长江大学	河南城建学院	石河子大学
青岛农业大学	江汉大学	韶关学院	内蒙古大学
山东农业大学	福建师范大学	郑州大学	内蒙古科技大学
聊城大学	西南交通大学	郑州轻工业学院	内蒙古农业大学
泰山医学院	成都理工大学	河北大学	

前 言

当前环境污染及其控制已经成为国际社会共同关注的一个问题,环境污染控制原理不但是环境工程专业的科技工作者必须掌握的专业知识,也是从事环境科学研究和环境管理等领域的科技工作者需要掌握的基础知识。

物理学、化学、生物学和生态学等基本原理与工程科学结合,形成了各种不同的环境污染控制技术,这些技术已经广泛应用于水污染控制、大气污染控制、污染土壤修复以及固体废物处理处置等领域。当前环境污染控制技术的研究和应用是环境科学与工程学科中最重要、最活跃的研究领域之一。环境污染控制技术也是环境科学与工程专业学生的重要的必修课程之一。

教育部环境科学与工程教学指导委员会环境科学和环境工程分委员会分别就我国高等学校环境科学和环境工程的本科教学提出了若干门核心课程。在环境工程本科教学中有关污染控制的课程有环境污染控制工程原理、水污染控制工程、大气污染控制工程等几门核心课程,国内相关的教材也较多。环境污染控制技术也是环境科学本科教学的重要内容,但是由于环境科学与环境工程本科生教学的培养目标有所不同,在污染控制技术方面的教学内容和学时都不能与环境工程本科生教学完全相同。目前由于缺乏适用于环境科学本科生教学的环境污染控制技术的教材,许多院校的环境科学专业环境污染控制技术的本科教学基本上是借用环境工程的本科教材。从环境科学专业本科教学的实际需要出发,需要有一本能够包括环境工程本科教材中有关环境污染控制工程、水污染控制、大气污染控制、固体废物处理等课程中主要内容的适用于环境科学本科生的教材。这一教材可以参照目前环境工程专业本科生上述教材的有关内容,即以水、大气、固体废物等对象为主线,分别阐述各种污染控制原理和技术。本书作者则尝试编写一本以水、大气、土壤等污染控制中各种技术的原理为主线的环境科学本科教材。

鉴于环境科学本科教材基础性、系统性、科学性和前瞻性的需要,本书既包括了目前环境污染控制技术中的常用方法原理,如混凝、化学氧化、生物处理等传统的教学内容,还包括了光化学、电化学等高级氧化技术原理以及污染控制的生态学方法原理等新的内容。本教材的内容包括污染控制的物理学原理、物理化学原理、化学原理、生物学原理以及生态学原理等几个部分。

本书由华中科技大学陆晓华教授和桂林理工大学成官文教授主编,浙江林学院周珊副教授、西北工业大学刘乃瑞副教授、青岛农业大学王凯荣教授、江汉大学刘延湘副教授任副主编。江汉大学石零副教授和陆晓华教授编写第1章,刘乃瑞副教授编写第2、3章,江汉大学刘延湘副教授编写第4章中的4.1~4.4节,华中科技大学陈静副教授编写第4章中的4.5节,陆晓华教授编写第4章中的4.6~4.7节,成官文教授编写第5章中的5.1~5.2节和5.4~5.7节,周珊副教授编写第5章中的5.3节,青岛农业大学王凯荣教授编写第6章。全书由陆晓华教授、成官文教授和周珊副教授统稿。

本书的出版得到了华中科技大学出版社的大力支持和帮助,作者在此表示衷心感谢。

由于受编写人员的学术水平、教学经验以及编写时间等因素的影响,本书难免有疏漏和不妥之处,敬请读者给予批评指正,以便进一步修改和完善。

编 者

2009年7月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 环境污染	(1)
1.1.1 水污染	(1)
1.1.2 大气污染	(3)
1.1.3 土壤污染	(4)
1.1.4 固体废物污染	(6)
1.1.5 物理性污染	(6)
1.2 环境污染控制方法分类	(7)
1.2.1 按环境介质的分类方法	(8)
1.2.2 按方法原理的分类方法	(10)
1.3 环境污染控制技术发展现状	(12)
1.3.1 新型环境污染物	(12)
1.3.2 污染控制技术发展现状	(13)
【思考与练习题】	(16)
【主要参考文献】	(16)
第 2 章 环境污染控制的物理方法与原理	(17)
2.1 机械分离	(17)
2.1.1 重力沉降	(19)
2.1.2 沉淀	(20)
2.1.3 气浮	(28)
2.1.4 离心分离	(29)
2.1.5 其他沉降分离	(33)
2.2 过滤分离	(35)
2.2.1 悬浮液过滤	(35)
2.2.2 气体过滤	(36)
2.3 电分离	(39)
2.4 膜分离	(46)
2.4.1 基本概念	(46)
2.4.2 反渗透	(47)
2.4.3 电渗析	(49)
2.4.4 渗透汽化	(50)
2.4.5 湿式除尘	(51)
2.5 其他物理分离	(52)
【思考与练习题】	(70)
【主要参考文献】	(70)

第3章 环境污染控制的物理化学方法与原理	(72)
3.1 吸收	(72)
3.1.1 基本概念	(72)
3.1.2 基本原理	(72)
3.1.3 吸收塔的设计计算	(80)
3.1.4 吸收设备	(86)
3.2 吸附	(88)
3.2.1 基本概念	(88)
3.2.2 固定床吸附器的设计计算	(91)
3.2.3 吸附剂和吸附设备	(96)
3.3 离子交换	(100)
3.3.1 基本概念	(100)
3.3.2 基本原理	(101)
3.3.3 离子交换装置的设计计算	(107)
3.3.4 离子交换法的应用	(109)
3.4 萃取	(111)
3.4.1 基本概念	(111)
3.4.2 基本原理	(112)
3.4.3 萃取法的应用	(120)
3.5 其他物理化学分离	(122)
3.5.1 汽提法	(122)
3.5.2 吹脱法	(122)
【思考与练习题】	(123)
【主要参考文献】	(124)
第4章 环境污染控制的化学方法和原理	(125)
4.1 化学中和法	(125)
4.1.1 基本原理	(125)
4.1.2 主要化学中和法及其应用	(125)
4.2 化学沉淀法	(131)
4.2.1 基本原理	(131)
4.2.2 主要化学沉淀法及其应用	(132)
4.3 化学混凝/絮凝	(135)
4.3.1 胶体结构及其脱稳凝聚机理	(135)
4.3.2 影响混凝/絮凝效果的主要因素	(138)
4.3.3 混凝/絮凝工艺的应用	(140)
4.4 氧化还原法	(140)
4.4.1 空气氧化法	(141)
4.4.2 药剂氧化法	(149)
4.4.3 化学还原法	(161)
4.5 光化学氧化	(164)

4.5.1 光化学反应基础	(164)
4.5.2 光化学氧化技术	(168)
4.5.3 光催化氧化技术	(170)
4.5.4 光催化氧化应用	(175)
4.6 电化学氧化还原	(178)
4.6.1 污染控制电化学基础	(178)
4.6.2 污染物的电化学降解原理和方法	(179)
4.6.3 电化学污染控制技术应用	(185)
4.7 其他化学处理方法	(190)
4.7.1 微波化学处理	(190)
4.7.2 超声化学氧化	(191)
4.7.3 辐射化学法	(194)
4.7.4 等离子体氧化法	(195)
4.7.5 高温热解反应	(196)
【思考与练习题】.....	(197)
【主要参考文献】.....	(198)
第5章 环境污染控制的微生物方法和原理.....	(199)
5.1 污染环境中微生物的主要类型	(199)
5.1.1 细菌	(199)
5.1.2 放线菌	(201)
5.1.3 真菌	(201)
5.1.4 原生动物	(203)
5.1.5 微型后生动物	(206)
5.1.6 藻类	(207)
5.2 环境污染控制的微生物学原理	(209)
5.2.1 微生物营养	(209)
5.2.2 微生物生长	(210)
5.2.3 微生物代谢	(211)
5.2.4 生化反应动力学基础	(214)
5.2.5 微生物生长与环境的关系	(219)
5.2.6 微生物生态系统	(222)
5.3 污染物的微生物转化和降解	(231)
5.3.1 耗氧有机污染物的生物转化	(231)
5.3.2 难降解有机污染物的生物转化	(235)
5.3.3 其他污染物的生物转化	(242)
5.4 微生物在水污染控制中的应用	(248)
5.4.1 废水好氧生物处理方法	(248)
5.4.2 废水厌氧生物处理方法	(277)
5.4.3 废水生物脱氮除磷	(287)
5.5 微生物在固体废物生物处理处置中的应用	(296)

5.5.1 好氧堆肥	(296)
5.5.2 厌氧堆肥	(301)
5.5.3 堆肥工艺	(301)
5.6 微生物在气态污染物处理中的应用	(303)
5.6.1 废气生物处理的基本原理	(303)
5.6.2 废气生物处理的基本原理及装置	(303)
5.7 其他微生物处理方法	(305)
5.7.1 固定化微生物技术	(305)
5.7.2 生物絮凝剂	(306)
【思考与练习题】.....	(310)
【主要参考文献】.....	(310)
第6章 环境污染生态控制方法与原理	(311)
6.1 环境污染生态控制概述	(311)
6.1.1 定义与内涵	(311)
6.1.2 环境污染生态控制的基本特点	(312)
6.1.3 环境污染生态控制的发展方向	(313)
6.2 环境污染生态控制的理论基础	(313)
6.2.1 植物对环境污染物的响应与反馈	(313)
6.2.2 植物对污染的适应性与抗污染进化	(318)
6.2.3 环境污染生态控制的理论基础	(322)
6.3 环境污染生态控制的作用机制	(324)
6.3.1 植物吸收与代谢机制	(324)
6.3.2 微生物降解与同化机制	(326)
6.3.3 植物-微生物协同作用机制	(327)
6.3.4 土壤动物作用机制	(328)
6.4 土壤污染生态处理技术	(329)
6.4.1 土壤污染生态稳定化技术	(329)
6.4.2 土壤污染生态净化技术	(331)
6.4.3 污染土壤生态利用工程	(333)
6.5 采矿区生态恢复与污染控制工程技术	(336)
6.5.1 植被重建技术的选择	(336)
6.5.2 物种选择	(337)
6.5.3 基质改良	(338)
6.5.4 种植与管理	(340)
6.5.5 监测、评价和后期维护	(340)
6.6 水体富营养化生态控制工程技术	(340)
6.6.1 水生植被系统的特点	(341)
6.6.2 水体富营养化控制的植被设计原则	(341)
6.6.3 植被恢复中的优化设计	(341)
6.6.4 不同类型湖泊水体的植被配置	(342)

6.6.5 水生植被的收割利用	(343)
6.7 污水土地处理生态工程技术	(343)
6.7.1 湿地污水处理生态工程技术	(343)
6.7.2 陆地污水处理生态工程技术	(346)
6.8 城市大气污染生态控制技术	(349)
6.8.1 抗污染绿化植物筛选的原则	(349)
6.8.2 噪声、降尘与大气生物污染控制	(349)
6.8.3 大气化学污染控制	(350)
【思考与练习题】.....	(353)
【主要参考文献】.....	(354)

第1章 绪论

本章要点

本章在介绍水污染、大气污染、固体废物污染、物理性污染等内容的基础上,简要介绍了以上各种污染控制方法的原理和部分环境质量标准,同时讨论了环境污染控制技术的发展现状。

1.1 环境污染

环境问题是当今世界人类面临的最重要的问题之一,已得到世界各国的高度重视。环境保护是我国的一项基本国策,也是实施可持续发展战略的关键环节。环境污染控制技术是实施环境保护基本国策的重要技术支撑,环境污染控制技术的原理是环境科学工作者必须掌握的基础知识。

环境污染是指污染物进入水、大气和土壤等环境介质,使这些环境介质的结构和功能发生变化,对人类及其他生物的生存和发展产生不利影响的现象。环境污染的类型按环境介质可分为水污染、大气污染和土壤污染。按污染物的来源可分为工业污染、农业污染、交通污染以及生活污染等。按污染物的性质可分为物理污染、化学污染和生物污染等。

1.1.1 水污染

水是分布最广的重要自然资源,是人类赖以生存的基础。地球上约有 $136\,000\text{万 km}^3$ 的水。存在于地面的,称为地表水;储存于地下的,称为地下水。地表水体包括海洋、湖泊、江河、水库、冰川等。地下水又分为潜水和承压水。涌出地面的地下水,叫做泉水。地球上的水处于川流不息的循环运动中。人类使用的水主要有生活用水、工业用水和农业灌溉用水。大部分水在使用过程中不可避免地混入多种无机物、有机物、细菌和病毒等污染物质,这些污染物以溶解态、胶态或悬浮态形式存在于水中,导致水质变化、水生态平衡和使用功能的破坏。在人类社会水平较低的初期,人类排放的各种废水可以通过水体的稀释和自净作用,使水质得到恢复,成为人类可以循环利用的水资源。但是随着社会和经济的快速发展和人口的不断增长,大量废水排入水体,水体的稀释和自净功能已经不能满足水体水质恢复的要求,导致了水污染。

(1) 水体主要污染物。

水污染可分为化学性污染、物理性污染和生物性污染三种类型。

① 化学性污染。

水体的化学性污染是指由化学物质造成的水污染。根据污染物的性质,化学污染物质可分为有机污染物、无机污染物和营养性污染物等。

根据生物可降解性的差异,有机污染物可分为耗氧有机污染物和持久性有机污染物两类。

耗氧有机污染物通常是指动植物残体、生活废水及某些工业废水中所含的碳水化合物、蛋白质、脂肪和木质素等有机化合物。耗氧有机污染物在好氧菌的作用下可分解为简单的无机

化合物、二氧化碳和水等,在分解过程中消耗水中的溶解氧(DO),因此被称为耗氧有机污染物。由于废水中有机物成分复杂,难以分别测定各类有机物的含量,因此通常根据水中有机物消耗溶解氧这一特点,采用生化需氧量(BOD)、化学需氧量(COD)和总需氧量(TOD)等指标来反映水中耗氧有机污染物的含量。

废水中难以被微生物所降解的有机物叫做持久性有机污染物(persistent organic pollutants, POPs)。这些污染物进入环境后通常滞留时间较长,在生物体内富集对生物体产生致癌、致畸、致突变效应和遗传毒性,DDT、六六六等有机氯农药以及多氯联苯等都属于这类污染物。由于持久性有机污染物对人类和生物的危害,根据斯德哥尔摩关于持久性有机污染物的国际公约,已经要求这些污染物在全世界范围内禁止生产和使用。由于持久性有机污染物和重金属都具有难生物降解性和生物毒性,因此有时也将持久性有机污染物和重金属统称为持久性毒物(persistent toxic substances, PTSs)。持久性毒物的环境行为、生物效应和污染控制是当前国内外环境科学学科领域的研究前沿。

无机污染物包括汞、镉、铅、铬、镍、铍等金属污染物和砷、氰化物、氟化物、硫化物、亚硝酸盐等非金属污染物。重金属可在生物体内积累和转化导致生物毒性,并通过食物链作用危害人体健康。

水体中的营养性污染物主要指生活污水、工业废水和农田排水中能够引起水体富营养化的氮、磷等物质。当水体中氮、磷等营养性物质浓度较高时,会促使藻类大量繁殖,形成水华或赤潮,使水体中的BOD猛增,DO急剧下降,导致水体腐败,危害水体生态系统平衡。水体长期的富营养化过程,可能导致湖泊的消亡。

② 物理性污染。

水体的物理性污染包括固体颗粒物污染、热污染和放射性污染等。

水体中的固体颗粒物不但使水体混浊,而且使管道和设备堵塞、磨损,影响生活和生产用水质量。根据粒径大小,水中的颗粒污染物可分为溶解态(直径小于1 nm)、胶态(直径在1~100 nm间)、悬浮态(直径大于100 nm)三种形态。在水处理中通常分成两部分,即能透过0.45 μm滤膜的叫溶解性固体(DS),不能透过滤膜的叫悬浮固体或悬浮物(SS)。两者之和称为总固体(TS)。

温度过高的废水排入水体,会造成水体的热污染。热污染使水体水温升高、藻类繁殖速率加快、水中各种化学和生物化学反应速率加快,溶解氧浓度下降,水生生物因缺氧而死亡。核能开发、矿物冶炼等工业废水中常含有放射性污染物质,放射性污染物质发出的射线会诱发癌症或造成遗传变异等危害。

③ 生物性污染。

生物性污染是指废水中的致病微生物及其他有害生物进入水体而引起的水污染。生物性污染物主要包括病毒(如肝炎病毒)、病原菌(如伤寒菌、霍乱菌)、寄生虫(如血吸虫等)等病原性微生物。此外,废水中含有的铁细菌、硫细菌、藻类、水草和贝壳类动物等也会导致水质恶化及管道腐蚀,也属于生物性污染物。

(2) 主要水质指标和水环境质量标准。

水质是指水与其中所含杂质共同表现出来的物理学、化学和生物学的综合特性。在水污染控制工程中,常用水质指标来衡量水质的好坏,并以此来判断水体受污染的程度。水质指标分为物理学指标、化学指标和生物学指标三大类。

物理学指标包括水的温度、浊度、色度、臭味、电导率等。化学指标常用来衡量水体中化学

物质的种类和浓度,评价水体受化学物质污染的程度。水质的主要化学指标有 pH 值、酸碱度、氯化物和余氯、含氮化合物(氨氮、亚硝酸盐、硝酸盐和总氮等)、含磷化合物(正磷酸盐和总磷等)、含硫化合物(硫化物、亚硫酸盐、硫酸盐等)、重金属(汞、铅、砷、镉、铬等)。反映有机物污染的指标有 COD、BOD、TOC 等,对各类有机化合物,如酚、硝基化合物、农药、表面活性剂、油等都有具体的指标。微生物指标用来衡量水体中有害微生物的种类和数量,评价水体受到有害生物污染的程度,常用的有总大肠杆菌、粪大肠杆菌和细菌总数等指标。此外,毒理学指标可用来评价污染物对基体的毒性作用,包括急性毒性试验、亚急性毒性试验和慢性毒性试验等。常用的毒性参数有最大耐受剂量 LD_0 、半致死剂量 LD_{50} 和绝对致死剂量 LD_{100} 等,还有半致死浓度 LC_{50} 等。

针对水域不同的使用功能,国家制定了分类水域水质标准,如《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)、《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)等。

1.1.2 大气污染

大气污染是指大气中的污染物质达到了一定程度,以致破坏生态系统和人类正常生存和发展的条件,对人和生物造成危害的现象。大气污染来源于人为污染源和自然污染源。人为污染源是指人类生活和生产活动过程形成的污染源,可分为化石燃料燃烧、工业生产和交通运输三大方面,前两类污染源称为固定源,交通运输工具(火车、轮船、机动车、轮船)称为移动源。自然污染源是指因自然原因向环境释放污染物而产生的污染,如火山喷发、森林火灾、海啸、岩石风化以及生物腐烂等现象形成的污染源。

(1) 大气主要污染物。

大气中的各种污染物,按其存在形态可分为气溶胶污染物和气态污染物。

气溶胶污染物是固体微粒、液体粒子在气体介质中的悬浮体。按气溶胶的来源和物理性质可以分为粉尘、烟尘、烟雾等。

① 粉尘。

粉尘是指悬浮在气体介质中的小固体颗粒,其粒径一般小于 $100\ \mu\text{m}$ 。粉尘受重力作用可发生沉降,但在一定时间内能够保持悬浮状态,因此也称为悬浮颗粒物。粉尘通常是由于固体物质的破碎、研磨、筛分等机械过程,粉状物质的搬运、加工过程以及土壤、岩石的风化过程而形成的。在大气污染控制中,根据大气中固体颗粒物的大小,又将粉尘分为飘尘和降尘,两者之和为总悬浮颗粒物(TSP)。

② 烟尘。

烟尘是指生产过程中形成的粒径在 $1\ \mu\text{m}$ 以下的固体颗粒的气溶胶,它是熔融物质挥发后生成的气态物质的冷凝物,如炼钢烟尘、燃煤烟尘等。

③ 雾。

雾一般泛指小液体粒子悬浮体。气象学中特指造成能见度小于 $1\ \text{km}$ 的水滴悬浮体。液体蒸气的凝结、液体的雾化均可形成雾。化学反应过程也可形成化学烟雾,如硫酸烟雾、光化学烟雾等。

气态污染物是指以分子状态存在的污染物。气态污染物主要可分为五大类,即含硫化合物、含氮化合物、碳氧化合物、碳氢化合物以及卤素化合物等,如表 1-1 所示。

表 1-1 气态污染物的分类

污 染 物	一次污染物	二次污染物
含硫化合物	SO ₂ 、H ₂ S	SO ₃ 、H ₂ SO ₄ 、MSO ₄
含氮化合物	NO、NH ₃	NO ₂ 、HNO ₃ 、MNO ₃
碳氧化合物	CO、CO ₂	无
碳氢化合物	C ₁ ~C ₁₀ 化合物	醛、酮、过氧乙酰硝酸酯、O ₃
卤素化合物	HF、HCl	无

(M表示金属离子)

气态污染物还可以分为一次污染物和二次污染物。一次污染物是指从污染源直接排入空气中的原始污染物；二次污染物是指一次污染物进入大气后经过一系列化学或光化学反应而生成的与一次污染物性质不同的新污染物。在大气污染控制中受到重视的一次气态污染物主要有硫氧化物(SO_x)、氮氧化物(NO_x)、碳氧化合物(CO、CO₂)以及碳氢化合物(C₁~C₁₀化合物)等，二次污染物主要有硫酸烟雾、光化学烟雾等。

除了以上大气主要污染物以外，目前人们对于室内有害气体污染以及生产过程中有毒有害气体污染的危害及其污染控制给予越来越多的重视。居室内有害气体主要来源于室内装修过程，其主要污染物有甲醛、甲苯等有害有机气体和氨等无机气体。许多工业生产过程排放各种有毒有害气体，如苯系物、挥发酚、硝基化合物等。这些气体的治理也是目前大气污染控制技术的重要研究内容。

(2) 大气环境质量。

大气环境质量可以作定性和定量描述。用于定量描述的有各种质量指标、质量指数和质量模型；用于定性描述的是各种反映污染程度的描述性语言，如好、差、符合标准、不符合标准等。大气环境质量控制标准是大气环境质量管理及大气污染防治的依据。

环境大气质量控制标准按其用途可分为环境空气质量标准、大气污染物排放标准、大气污染控制技术标准及大气污染报警标准等。按其使用范围又可分为国家标准、地方标准和行业标准。除这几类标准外，我国还实行大中城市空气污染指数报告制度。

环境空气质量标准是以保护生态环境和人群健康的基本要求为目标而对各种污染物在环境空气中的允许浓度所作的限制规定。它是进行环境空气质量管理、大气环境质量评价以及制定大气污染防治规划和大气污染排放标准的依据。

大气污染物排放标准是以实现环境质量标准为目标，对从污染源排入大气的污染物浓度(或数量)所作的限制规定。它是控制大气污染物的排放量和进行净化装置设计的依据。

大气污染控制技术标准是根据污染物排放标准而制定的辅助标准，如净化装置选用标准、排气筒高度标准及卫生防护距离标准等。这些标准是为保证达到污染物排放标准而从某一方面做出的具体技术规定，其目的是使生产、设计和管理人员容易掌握和执行。

大气污染报警标准是为保护环境空气质量不致恶化或根据大气污染发展趋势，预防发生污染事故而给定的污染物含量的限值。报警标准的制定，是建立在对人体健康的影响和生物承受限度的综合研究基础之上的。

1.1.3 土壤污染

土壤是一个重要的环境要素，它位于陆地表面具有肥力的疏松层，具有独特的组成成分、

结构和功能。土壤是由矿物质、有机质、水分和空气四种物质组成的。土壤系统与大气、水体、生物和岩石等自然因素是相互联系、相互制约、相互转化和相互作用的。在人类活动中,通过大气、水体和生物间接地向土壤系统排放“三废”,当排入土壤系统“三废”的量超过土壤系统的自净能力,破坏了土壤系统原来的平衡,引起了土壤系统成分、结构和功能发生变化,称为土壤污染。

(1) 土壤污染来源和主要污染物。

土壤中的污染物和大气、水体中的污染物质有很多是相同的,主要有有机污染物、重金属、放射性物质、有害微生物等,其中最重要的土壤污染物是农药类有机污染物和重金属。

① 有机污染物。

化学农药是最重要的一类有机污染物。有机氯类农药,如 DDT、六六六、艾氏剂、狄氏剂等;有机磷类农药,如马拉硫磷、对硫磷、敌敌畏等;氨基甲酸酯类农药、苯氧羧酸类、苯酰胺类除草剂等。

② 重金属。

砷、镉、汞、铬、铜、锌、铅等重金属和大部分农药(尤其是有机氯类农药)都具有生物难降解的特点,一旦进入环境,就长期滞留、逐渐累积在土壤中,成为土壤中的重要污染物。农药类污染物主要来源于农田作业过程的人为施用,冶金、矿山等工业废水排放和农田灌溉是土壤重金属的主要来源。

随着我国工业化和城市化发展,近年来出现了一大批关闭搬迁的化工、农药等生产企业。例如农药企业搬迁后废弃的场地土壤中存在有机氯农药 DDT、六六六、氯丹、灭蚁灵等的严重污染,染料厂、焦化厂等企业搬迁后的废弃场地存在严重的硝基化合物、氯苯类、多环芳烃类有机污染物。冶金矿山企业由于废水排放、废渣堆放等造成了大量场地重金属污染。石油开采、炼制等也形成了大片被石油烃污染的场地,这些污染场地已经成为城市社会和经济发展的又一个新的环境问题。

(2) 土壤环境质量。

土壤环境质量标准规定了土壤中污染物的最高允许含量。污染物在土壤中的残留积累,以不造成作物的生长障碍、在籽粒或可食部分中的过量积累(不超过食品卫生标准)或影响土壤、水体(地下水和地表水)等环境质量为界限。20 世纪 70 年代以后,世界各国就开始系统研究土壤标准。为防止土壤污染,保护生态环境,我国也已经开始对农药和某些重金属元素进行土壤标准的研究,按土壤应用功能、保护目标和土壤主要性质,制定了《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995),规定了土壤中污染物的最高允许浓度指标及其相应的监测方法。表 1-2 是土壤环境质量的部分标准值。

表 1-2 土壤环境质量部分标准值 单位:mg/kg

级 别		一 级				三 级
		自然背景	<6.5	6.5~7.5	>7.5	
pH 值						>6.5
项 目						
镉	≤	0.20	0.30	0.30	0.60	1.0
汞	≤	0.15	0.30	0.50	1.0	1.5
砷	水田 ≤	15	30	25	20	30
	旱地 ≤	15	40	30	25	40
铜	果园 ≤	—	150	200	200	400
铅	≤	35	250	300	350	500

1.1.4 固体废物污染

固体废物是指人类在生产、日常生活和其他活动中产生的、在一定时间和地点无法利用而被废弃的固体或半固体物质。由于固体废物所产生的环境污染,称为固体废物污染。

固体废物主要来源于人类的生产和生活活动。在资源开发、产品制造和使用以及生活物质消费过程中都会产生相应的废物,表 1-3 给出了主要工业固体废物的来源。

表 1-3 主要工业固体废物的来源

发 生 源	产生的主要固体废物
采矿、选矿业	废石、尾矿、金属、砖瓦、水泥、混凝土等建筑材料
冶金、机械、金属结构、交通工业	金属渣、砂石、废模型、陶瓷、涂层、管道、黏结剂、绝缘材料、污垢、木、塑料、橡胶、布、纤维、填料、各种建筑材料、纸、烟尘、破汽车、废机床、废仪表、构架、废电器等
食品工业	烂肉、蔬菜、水果、谷物、硬果壳、金属、玻璃、塑料、烟草、玻璃瓶、罐头盒等
橡胶、皮革、塑料工业	橡胶、皮革、塑料、线、布、纤维、染料、废渣等

固体废物的分类方法较多,按其性状可分为有机废物和无机废物、从气体中分离出来的固体颗粒物和泥状废物。按其来源可分为矿业废物、工业固体废物、城市垃圾(包括粪便和生活污泥)、农业废物和放射性废物等。在工业固体废物中,又把有毒、易燃、腐蚀和具有反应性的废物称为有害废物。

1.1.5 物理性污染

物理性污染是由于生产或生活环境中的声、光、热、电磁、放射性等能量性物理环境要素,通过振动、电磁辐射、核辐射或过量照射以及热累积,干扰了人们的生活、工作和学习,危害了人类健康。

物理性污染和化学性、生物性污染相比有两个特点。第一,物理性污染是局部性的,区域性和全球性污染较少;第二,物理性污染在环境中不会有残余物质存在,一旦污染源消除以后,物理性污染也即消失。

(1) 物理性污染分类。

① 噪声污染。

噪声是指人们不需要的声音。噪声可以是自然现象产生的,也可以是由人类活动产生的。噪声污染是一种能量污染,声音是否成为污染,不仅与声音的能量有关,还与受众的主观感受有关。因此,也把噪声污染定义为被测环境的噪声级超过国家或地方规定的噪声标准限值,并影响人们的正常生活、工作或学习的声音。

噪声主要来源于物体的振动,根据噪声来源的不同,可以将噪声分为气体动力噪声(如鼓风机、压缩机等迫使气体通过进气口和排气口时产生的噪声)、机械噪声(如锻锤、打桩等产生的噪声)和电磁性噪声(如发电机、变压器等产生的噪声)。噪声会损伤人的听力,干扰人们的日常休息和生活,对人们产生不良的心理影响,甚至导致心脏病、高血压等疾病。噪声是一种影响面很广的环境污染。

描述噪声的物理量有声压、声强和声功率等。声压和声强反映噪声的强弱,声功率反映声

源辐射噪声的能力。在实际应用中,一般用分贝作为上述物理量的单位。

② 放射性污染。

放射性(radioactivity)是放射性物质自发衰变过程中放射出电离辐射(如 α 、 β 、 γ 射线)的性质。人类生存环境中,天然的本底放射性辐射主要来源于宇宙射线以及空气、地表水等环境介质中的放射性物质。放射性的人为污染主要来源是核武器爆炸、核工业生产及使用放射性物质时排出的放射性废物等。

放射性污染可引起生物体细胞内遗传信息的突变,导致恶性肿瘤、生长发育缓慢、生育能力降低等生物效应,还可能出现胎儿性别比例变化、先天性畸形等遗传效应。

我国的核能事业和放射性应用工作起步相对较晚,环境放射性标准的制定基本与核能和放射性应用工作发展同步,最早于1960年2月,发布了我国第一个放射卫生法规《放射性工作卫生防护暂行规定》。随着辐射防治工作的深入和对辐射危害认识的加深,修订出台了《辐射防护规定》(GB 8703—88)、《核设施流出物监测的一般规定》(GB 11217—89)和《核辐射环境质量评价一般规定》(GB 11215—89)等一系列关于辐射防护的国家标准及规定。

③ 电磁辐射污染。

由于无线电广播、电视以及微波技术的应用和普及,电磁辐射的强度大幅度增加,当电磁辐射强度超过人体能承受的或仪器设备允许的限度时就构成电磁辐射污染。电磁辐射对人体健康的影响已经开始被人们所认识。

天然的电磁污染来源有雷电、火山喷发、地震、太阳黑子活动等。人为的电磁辐射污染来源有脉冲放电、工频交变电磁场(大功率电机、变压器和输电线)和射频电磁辐射(无线电、电视和微波通信等),射频电磁辐射是电磁环境污染的主要来源。

高频电磁波会引起神经衰弱和植物神经功能失调的症状,微波会引起白内障和角膜伤害。长时间的高频电磁波微波辐射会导致人头痛、乏力、失眠、记忆力衰退等。

④ 热污染。

由于人类的活动,使局部环境和全球环境温度升高,并对人类和生态系统产生间接和直接危害的现象称为热污染。热污染的主要来源有:燃料和工业生产过程产生的废热直接排放;温室气体的排放,增强了大气的温室效应;消耗臭氧层物质的排放,破坏了大气臭氧层,导致太阳辐射增强;地表状态的改变,影响了地表和大气间的热交换过程。

水体的热污染主要来自燃料燃烧和化学反应过程产生的热量。以火力发电为例,在燃料燃烧的能量中,40%转化为电能,12%随烟气排放,48%随冷却水进入水体。在核电站,能耗的33%转化为电能,其余67%均变为废热转入水中。水体热污染使水体中溶解氧的浓度下降,加快水生生物的代谢速率以及水体和底泥中有机物的生物降解速率,加剧水体富营养化进程,水温的升高还会使水体蒸发量增大,导致湖泊、水库储水量和水质的下降,影响正常的居民生活及生产用水。

燃料燃烧时会产生大量的 CO_2 等碳氧化合物,使地球表面大气升温。在人口集中的城市,混凝土建筑物改变了地表的热反射率和蓄热能力。工业生产、机动车辆和家用空调等居民生活排出的热量加剧了城市环境的升温,形成了城市的热岛效应。

1.2 环境污染控制方法分类

环境污染控制技术按环境介质分,可以分为水污染控制技术、大气污染控制技术、土壤污