



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪环境类专业新编系列教材

新 2 版

紧跟最新标准 打造精品教材

环境工程基础

主 编 李倦生 曾桂华

副主编 钟真宜 周世美



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪环境类专业新编系列教材

环境工程基础

(新 2 版)

主 编 李倦生 曾桂华
副主编 钟真宜 周世美

武汉理工大学出版社
· 武 汉 ·

内 容 简 介

《环境工程基础》重点介绍了环境工程的基础知识,主要包括水污染防治工程、大气污染防治工程、固体废物污染防治工程、噪声及其他污染防治工程四大部分。本书深入浅出地介绍了水污染防治、大气污染防治、固体废物的处理与处置、噪声及其他污染防治技术的基本原理、工艺流程、设备结构及重要常用设备的简明设计。本书在兼顾传统成熟工艺介绍的基础上,重视并采纳了国内外最新的实用治理技术。

本书可作为高等学校及高等职业技术学院环境工程、环境监测、环境管理以及其他环境类相关专业的教材和非环境类专业学生的环境素质教育教材,也可作为在环境保护领域工作的在职人员培训教材和学习参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

环境工程基础/李倦生,曾桂华主编.—2版.—武汉:武汉理工大学出版社,2018.12
ISBN 978-7-5629-5789-8

I. 环… II. ①李… ②曾… III. 环境工程-教材 IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 292923 号

项目负责人:徐 扬 陈军东 彭佳佳

责任编辑:陈军东

责任校对:陈 硕

封面设计:兴和设计

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:湖北恒泰印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:21.75

字 数:520千字

版 次:2018年12月第2版

印 次:2018年12月第1次印刷

印 数:1~2000册

定 价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

21 世纪环境类专业新编系列教材

编审委员会

名誉主任:张晓健

主任委员:李倦生 刘晓冰 高红武 张仁志 黄功学
石光辉 田 高

委 员:(按姓氏拼音排序)

蔡德民 陈剑虹 陈 雷 陈玉玲 郭璐璐
黄 玲 胡振华 蒋成义 梁 红 李 理
李 莉 李 庄 刘 辉 刘青龙 秦文淑
孙 颖 谢光健 徐 扬 杨保华 余良谋
余秋良 曾桂华 张小广 张 新 张 勇

总责任编辑:彭佳佳

秘 书 长:徐 扬 陈军东

出版说明

早在 2002 年我社就组织了全国十多所院校参与编写本套教材,时任教育部高等学校环境工程专业教学指导委员会秘书长、清华大学张晓健教授担任系列教材编审委员会名誉主任。全套教材各门课程的教学大纲、具体内容均由教学指导委员会审订,并将此系列教材确定为教学指导委员会向全国推荐的重点教材。

本套系列教材正式出版后,已被众多学校选用,同时也得到了广大师生的一致好评。其中有 6 种教材被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,它们是《大气污染控制工程》、《环境工程微生物学》、《环境工程基础》、《噪声控制工程》、《环境监测》、《水污染控制工程》;还有多种教材荣获教育部全国高等学校优秀教材奖或优秀畅销书奖。这充分说明了教材编审委员会关于教材的定位、内容、结构和编写宗旨是符合专业教学需要和专业建设需要的。但整套教材仍然存在缺点和不足,于是我社于 2008 年进行了第二次修订。第二次修订后,本套教材更加符合教学实际要求,更加完善,同样获得了广大师生的好评。

随着时代的发展、科技的进步、教学的改革和知识的更新,自 2008 年到目前,该系列教材部分内容也渐渐稍显陈旧,亟待再次修订。于是我社自 2013 年开始重新进行大规模调研,并整合相关资源后,组织相关院校的一些知名教授、教学名师,重新根据当前高等院校的最新教学改革要求,参考国家最新标准进行了一次较大的、全面的修订。

此次修订依据最新教学模式和教学方法,牢牢把握住了理论够用、实践为重的原则,并吸收了近年来国内外环境治理工程的最新技术、最新方法;更加强调了依据培养目标培养一线从事生产、服务和管理的应用型、技能型人才。

我们将切实做好为教学服务、为科研事业服务的工作,加强与行业的联系,使系列教材能及时地反映国家环保政策的变化、学术界最新的理论成果、行业应用的新设备及工艺流程,以达到提高专业人才培养质量的目的。

我们诚挚地希望使用本教材的师生在教学实践中对教材提出批评和建议,以便我们不断修订、改善、精益求精!

武汉理工大学出版社
2014 年 8 月

新 2 版前言

本书自 2014 年出版以来,作为环保类专业的基础课程教材,受到了众多高等院校师生的欢迎。

近年来,国家对环境保护越来越重视,不断加大对环境污染治理的力度,把环境保护上升到了一个新的高度。多部关于环境保护的法律法规近年来进行了修正,关于生态环境的各种国家标准也在不断进行修订和完善。鉴于此,本次改版对书中的部分陈旧内容进行了更新,对错漏之处进行了订正,并更新了书中的一些旧的标准,使本书内容更具时效性,以适合教学实际需要。

由于本书内容涉及领域广泛,又因技术发展迅速,加之编者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请读者批评指正!

2018 年 12 月

编 者

新 1 版前言

新的环境问题和国家提出的“资源节约型和环境友好型”社会及生态文明建设目标，对培养环保行业生产服务一线的高端技术技能型人才提出了新的要求，为满足社会发展和环境保护工作的需求，适应环境类专业的教学需要，结合多年的教学和科研工作经验，在原版的基础上，同时参考了大量同类教材和其他专业书籍，组织编写了新版《环境工程基础》教材。

本书主要介绍了水污染防治、大气污染防治、固体废物污染防治、噪声及其他污染防治四大部分内容。每部分重点介绍了各类污染治理技术的常用方法、基本原理、工艺流程、主要工艺参数、设备结构及重要常用设备的简明设计。

本书的特色是理论联系实际，注重基本概念、基本原理、基本工艺的介绍，突出知识传授和技能培养，强调实用性。以介绍传统成熟的常用技术为主，同时吸收了国内外环境工程方面的新技术、新方法、新工艺，突出“宽、浅、新、实”，力求浅显易懂，突出重点，削枝强干，并保持了教学内容的系统、连续、完整，循序渐进地培养学生的分析问题和解决问题的能力。

本书在编写过程中注重启发式教学的应用，书中每章都明确了学习目标，以案例导入的方式启发读者的思考，通过每个章节后附有的思考与练习题巩固和检查学习效果，通过知识链接和课后阅读，引导读者对相关内容做更深入的了解，拓宽读者的学习领域和知识面。

本书由李倦生、曾桂华担任主编，由钟真宜、周世美担任副主编，参加编写的人员有李倦生（绪论、第 1 章）、王晓娜（第 2、3 章）、曾桂华（第 4 章）、徐肖卉（第 5 章）、蔡涛（第 6、7 章）、周世美（第 8 章）、钟真宜（第 9、10 章）、钟剑平（第 11、12 章），全书由曾桂华统稿。

书稿在编写过程中参考并借鉴了大量国内外高校教材及专业科技文献资料，在此谨向各位专家及参考文献资料的原作者表示衷心的感谢！对在参考文献目录中遗漏的作者在表示衷心感谢的同时也表示深深歉意，希望得到你们的谅解和支持。

由于本书内容涉及领域广泛，又因技术发展迅速，加之编者水平有限，书中缺点、错误和不当之处在所难免，敬请读者批评指正，以便进一步修改，使其日臻完善。

2014 年 8 月 10 日

目 录

0 绪论	(1)
0.1 水污染防治工程	(2)
0.1.1 水污染源	(2)
0.1.2 污废水处理方法	(3)
0.1.3 污废水分级处理	(3)
0.2 大气污染防治工程	(4)
0.2.1 大气污染源	(4)
0.2.2 大气污染物净化技术	(4)
0.3 固体废物处理与处置	(5)
0.3.1 固体废物环境污染特征	(5)
0.3.2 固体废物处理技术	(5)
0.4 噪声及其他公害防治技术	(6)
0.4.1 噪声的危害及防治	(6)
0.4.2 电磁辐射污染的危害及防治	(6)
0.4.3 放射性污染的危害及防治	(6)
0.4.4 热污染的危害及防治	(7)
0.4.5 光污染的危害及防治	(7)
0.5 环境污染综合防治	(7)

第一篇 水污染防治工程基础篇

1 水污染防治概述	(9)
1.1 水资源与水体污染	(10)
1.1.1 水资源(water resources)	(10)
1.1.2 水体污染(pollution of waters)	(11)
1.2 水污染物与水质指标	(12)
1.2.1 水污染物	(12)
1.2.2 水质指标	(14)

1.3	水质标准	(17)
1.3.1	水环境质量标准	(17)
1.3.2	水污染物排放标准	(19)
1.4	水体自净	(23)
1.4.1	物理净化	(23)
1.4.2	化学及物理化学净化	(23)
1.4.3	生物净化	(24)
1.5	水污染防治原则与方法	(24)
1.5.1	水污染防治原则	(24)
1.5.2	废水处理流程的选择	(25)
1.5.3	城市污水和工业废水处理	(26)
2	废水的物理处理	(28)
2.1	废水预处理	(28)
2.1.1	格栅和筛网	(28)
2.1.2	调节池	(31)
2.2	沉降	(33)
2.2.1	沉降原理	(33)
2.2.2	沉淀池	(36)
2.2.3	沉淀池的选择	(44)
2.2.4	沉淀池维护管理	(45)
2.3	隔油	(46)
2.3.1	隔油原理	(46)
2.3.2	隔油池的结构和设计原理	(47)
2.3.3	隔油池的维护管理	(48)
2.4	气浮	(49)
2.4.1	气浮的原理	(49)
2.4.2	气浮法的分类	(49)
2.4.3	加压溶气气浮系统的运行管理	(51)
2.5	过滤	(52)
2.5.1	过滤原理	(52)
2.5.2	滤池分类	(52)
2.5.3	滤池的构造	(53)
2.5.4	快滤池的运行管理	(54)
3	废水的化学及物理化学处理	(58)
3.1	中和法	(58)
3.1.1	中和原理	(58)
3.1.2	酸性废水的中和	(60)

3.2	混凝法	(62)
3.2.1	混凝原理	(62)
3.2.2	混凝剂和助凝剂	(63)
3.2.3	影响混凝效果的主要因素	(65)
3.2.4	化学混凝的工艺流程及设备	(66)
3.3	化学沉淀法	(69)
3.3.1	化学沉淀的基本原理	(69)
3.3.2	化学沉淀的分类	(70)
3.4	氧化还原法	(72)
3.4.1	氧化还原	(72)
3.4.2	氧化法	(72)
3.4.3	还原法	(74)
3.5	电解法	(75)
3.5.1	电解	(75)
3.5.2	废水处理中常用的电解法简介	(75)
3.6	吸附法	(77)
3.6.1	吸附原理	(77)
3.6.2	吸附剂的种类	(77)
3.6.3	影响吸附的因素	(78)
3.7	离子交换法	(80)
3.7.1	离子交换原理	(80)
3.7.2	离子交换剂	(81)
3.7.3	离子交换工艺在废水处理中的应用	(82)
3.8	膜分离法	(83)
3.8.1	膜分离原理	(84)
3.8.2	电渗析	(85)
3.8.3	反渗透	(86)
3.8.4	超滤	(87)
4	废水的生物处理	(89)
4.1	废水的好氧生物处理	(90)
4.1.1	概述	(90)
4.1.2	活性污泥法	(92)
4.1.3	生物膜法	(97)
4.2	废水的厌氧生物处理	(107)
4.2.1	概述	(107)
4.2.2	升流式厌氧污泥床法(UASB)	(109)
4.2.3	厌氧复合床反应器(UBF)	(111)
4.2.4	内循环厌氧反应器(IC)	(111)

4.3	自然条件下的生物处理	(112)
4.3.1	生物稳定塘	(113)
4.3.2	废水的土地处理	(115)
4.4	生物处理典型工艺简介	(121)
4.4.1	缺氧-好氧生物处理法	(121)
4.4.2	厌氧-好氧生物除磷工艺	(122)
4.4.3	厌氧-缺氧-好氧生物脱氮除磷工艺	(122)
4.4.4	吸附-生物降解法	(123)
4.4.5	氧化沟活性污泥法	(124)
4.4.6	间歇式活性污泥法	(126)
5	污泥处理与处置	(131)
5.1	污泥处理与处置概述	(131)
5.1.1	污泥的分类	(132)
5.1.2	污泥的性质及指标	(133)
5.1.3	污泥量	(137)
5.1.4	污泥处理工艺	(139)
5.2	污泥浓缩	(140)
5.2.1	重力浓缩	(141)
5.2.2	气浮浓缩	(143)
5.2.3	离心浓缩	(145)
5.3	污泥消化	(147)
5.3.1	厌氧消化	(147)
5.3.2	好氧消化	(150)
5.4	污泥脱水	(151)
5.4.1	自然脱水	(151)
5.4.2	机械脱水	(153)
5.5	污泥的最终处置	(160)
5.5.1	综合利用	(160)
5.5.2	卫生填埋	(161)
5.5.3	干燥与焚烧	(161)

第二篇 大气污染防治工程基础篇

6	大气污染防治概述	(163)
6.1	大气与大气污染	(164)
6.1.1	大气污染的基本概念	(164)
6.1.2	大气污染物的种类及其性质	(164)
6.1.3	大气污染源	(165)

6.1.4	大气环境标准	(167)
6.2	大气污染与气象	(170)
6.2.1	气象要素	(170)
6.2.2	污染物排入大气后发生的物理和化学变化	(173)
6.3	大气污染的综合防治	(175)
7	颗粒污染物的净化技术	(179)
7.1	除尘技术基础	(179)
7.1.1	粉尘的性质	(180)
7.1.2	除尘器的性能指标和分类	(181)
7.2	重力除尘设备	(184)
7.3	离心除尘设备	(185)
7.4	惯性除尘设备	(185)
7.5	湿式除尘设备	(186)
7.5.1	湿式除尘器的除尘机理	(186)
7.5.2	湿式除尘器的分类和特点	(187)
7.5.3	常用湿式除尘器简介	(188)
7.5.4	湿式除尘器的运行管理	(189)
7.6	阻隔除尘设备	(190)
7.6.1	袋式除尘器	(190)
7.6.2	颗粒层除尘器	(192)
7.6.3	其他滤料除尘器	(193)
7.7	静电除尘设备	(194)
7.7.1	静电除尘器的工作原理	(195)
7.7.2	静电除尘器的主要特点	(196)
7.7.3	静电除尘器的基本结构	(197)
8	气态污染物的净化	(203)
8.1	吸收净化法	(204)
8.1.1	吸收基本原理	(204)
8.1.2	吸收剂的选择	(207)
8.1.3	常用吸收设备及运行管理	(209)
8.1.4	吸收与解吸操作技能训练	(216)
8.2	吸附净化法	(218)
8.2.1	吸附原理	(218)
8.2.2	吸附剂及其特性	(219)
8.2.3	吸附操作	(220)
8.3	催化转化法	(223)
8.3.1	催化转化法原理	(224)

8.3.2	催化转化装置	(225)
8.4	燃烧法	(226)
8.4.1	直接燃烧法	(226)
8.4.2	热力燃烧	(227)
8.4.3	催化燃烧	(230)
8.4.4	汽车尾气的催化净化	(233)
8.5	生物净化法	(234)
8.5.1	生物净化法原理	(234)
8.5.2	生物处理工艺和设备	(235)
8.5.3	工业废气生物处理法的应用	(236)
8.6	烟气脱硫技术简介	(237)
8.6.1	湿式石灰石/石灰-石膏法烟气脱硫	(237)
8.6.2	半干法烟气脱硫	(243)
8.6.3	干法烟气脱硫	(245)
8.7	烟气脱硝技术简介	(246)
8.7.1	选择性非催化还原技术(SNCR)	(246)
8.7.2	选择性催化还原技术(SCR)	(246)
8.7.3	电子束辐照氨法脱硫脱硝技术	(247)
8.7.4	活性炭联合脱硫脱硝法	(247)

第三篇 固体废物污染防治工程基础篇

9	固体废物处理处置概述	(249)
9.1	固体废物概述	(250)
9.1.1	固体废物的定义	(250)
9.1.2	固体废物的分类	(250)
9.1.3	固体废物的特征	(251)
9.1.4	固体废物的污染及危害	(251)
9.2	固体废物管理	(252)
9.2.1	固体废物管理原则	(253)
9.2.2	我国固体废物的管理制度	(253)
9.2.3	我国固体废物管理的法律法规	(254)
9.2.4	我国固体废物管理的技术标准	(255)
10	固体废物处理的基本方法	(257)
10.1	固体废物预处理方法	(258)
10.1.1	压实	(258)
10.1.2	破碎	(259)
10.1.3	分选	(261)

10.2	固体废物的固化处理方法	(267)
10.2.1	水泥固化技术	(267)
10.2.2	石灰固化处理	(267)
10.2.3	热塑性材料固化处理	(267)
10.2.4	热固性塑料固化	(268)
10.2.5	玻璃固化处理	(268)
10.2.6	自胶结固化	(268)
10.3	固体废物化学处理方法	(268)
10.3.1	中和法	(268)
10.3.2	氧化还原法	(269)
10.3.3	化学浸出法	(269)
10.4	固体废物生物处理	(269)
10.4.1	好氧堆肥	(269)
10.4.2	厌氧消化	(272)
10.5	固体废物热处理	(272)
10.5.1	焚烧	(272)
10.5.2	控制参数	(272)
10.5.3	焚烧工艺及系统	(273)
10.5.4	焚烧设备	(275)
10.5.5	焚烧二次污染物的控制	(278)
10.5.6	热解	(278)
10.6	固体废物填埋处置	(280)
10.6.1	卫生填埋	(280)
10.6.2	安全填埋法	(282)

第四篇 噪声及其他污染防治工程基础篇

11	噪声控制技术	(286)
11.1	概述	(287)
11.1.1	噪声的概念	(287)
11.1.2	噪声的来源与分类	(287)
11.1.3	噪声的危害	(288)
11.2	噪声的基本声学知识	(290)
11.2.1	声音产生与传播	(290)
11.2.2	描述声音的基本物理量	(291)
11.2.3	噪声的评价量	(292)
11.2.4	噪声的测量	(295)
11.3	环境噪声标准	(297)

11.3.1	声环境质量标准	(297)
11.3.2	环境噪声排放标准	(298)
11.4	噪声控制原理与原则	(301)
11.4.1	噪声控制的基本原理	(301)
11.4.2	噪声控制的一般原则	(302)
11.5	噪声控制技术	(302)
11.5.1	吸声技术	(302)
11.5.2	隔声技术	(306)
11.5.3	消声技术	(308)
11.5.4	阻尼与隔振技术	(310)
11.6	噪声综合治理案例	(313)
12	其他公害防治技术	(317)
12.1	电磁辐射污染及防治	(318)
12.1.1	电磁辐射污染	(318)
12.1.2	电磁污染源	(318)
12.1.3	电磁污染的传播途径	(320)
12.1.4	电磁辐射污染的防护	(320)
12.2	放射性污染	(321)
12.2.1	放射性污染源	(322)
12.2.2	放射性污染的危害	(323)
12.2.3	放射性污染的防治	(323)
12.3	热污染	(325)
12.3.1	热污染的成因	(325)
12.3.2	热污染的危害	(326)
12.3.3	热污染的防治	(326)
12.4	光污染	(327)
12.4.1	光污染的分类和危害	(327)
12.4.2	光污染的防治	(329)
	参考文献	(332)



0 绪 论



学习目标

1. 全面了解环境工程学的内容；
2. 了解目前主要环境问题和主要防治措施；
3. 了解环境污染综合防治的原则。



案例导入

八大公害事件

八大公害事件是指在世界范围内,由于环境污染而造成的八次较大的轰动世界的公害事件。公害事件是指因环境污染造成的在短期内人群大量发病和死亡事件。

(1) 比利时马斯河谷烟雾事件

1930年12月1—5日,比利时的马斯河谷工业区,外排的工业有害废气(主要是二氧化硫)和粉尘对人体健康造成了综合影响,其中毒症状为咳嗽、流泪、恶心、呕吐,一周内有几千人发病,近60人死亡,市民中心心脏病、肺病患者的死亡率增高,家畜的死亡率也大大增高。

(2) 美国洛杉矶光化学烟雾事件

1943年5—10月,美国洛杉矶市的大量汽车废气产生的光化学烟雾,造成大多数居民患眼睛红肿、喉炎、呼吸道疾患恶化等疾病,65岁以上的老人死亡400多人。

(3) 美国多诺拉事件

1948年10月26—31日,美国宾夕法尼亚州多诺拉镇大气中的二氧化硫以及其他氧化物与大气烟尘共同作用,生成硫酸烟雾,使大气严重污染,4天内42%的居民患病,17人死亡,其中毒症状为咳嗽、呕吐、腹泻、喉痛。

(4) 英国伦敦烟雾事件

1952年12月5—8日,英国伦敦由于冬季燃煤引起的煤烟形成烟雾,导致4天时间



内 4000 多人死亡。

(5) 日本水俣病事件

1953—1956 年,日本熊本县水俣湾,由于人们食用了海湾中含汞污水污染的鱼虾、贝类及其他水生动物,造成近万人中枢神经疾患,其中甲基汞中毒患者 283 人中有 60 余人死亡。

(6) 日本四日市哮喘病事件

1955—1961 年,日本的四日市由于石油冶炼和工业燃油产生的废气严重污染大气,引起居民呼吸道疾患骤增,尤其是使哮喘病的发病率大大提高。

(7) 日本爱知县米糠油事件

1968 年 3 月,在日本爱知县一带,由于对生产米糠油业的管理不善,造成多氯联苯污染物混入米糠油内,人们食用了这种被污染的油之后,酿成有 13 000 多人中毒,数十万只鸡死亡的严重污染事件。

(8) 日本富山痛痛病事件

1955—1968 年,生活在日本富山平原地区的人们,因为饮用了含镉的河水和食用了含镉的大米,以及其他含镉的食物,引起“痛痛病”,就诊患者 258 人,其中因此死亡者达 207 人。

环境工程是一门研究环境污染防治技术原理和方法的学科,是在人类同环境污染做斗争、保护和改善生存环境的过程中形成的。其内容广泛而复杂,涉及化学、物理学、生物学、医学、给排水工程、土木工程、机械工程、化学工程等学科中的原理和手段。该学科以环境污染综合防治作为基本指导思想,研究防治环境污染和公害的技术措施,自然资源的保护和合理利用,各种废物的资源化,以及对局部的规划等,以获取最优的环境效益、社会效益和经济效益。

环境工程学的主要内容包括水污染防治工程、大气污染防治工程、固体废物的处理和利用、噪声及其他公害(如放射性物质、电磁波、热、光等)的防治技术。

0.1 水污染防治工程

水污染防治工程是防治、减轻直至消除水环境的污染,改善和保持水环境质量,合理利用水资源所采取的工程技术措施。

0.1.1 水污染源

水体污染主要由点源污染与面源污染造成。点源污染主要是来自未经妥善处理的城市污水或工业废水。面源污染主要是因为农田肥料、农药及城市地面污染物随雨水进入水体,或大气中的有毒有害物质自然沉降和随雨雪沉降过程进入水体造成的。