

高等学校教材

环境工程学

(第三版)

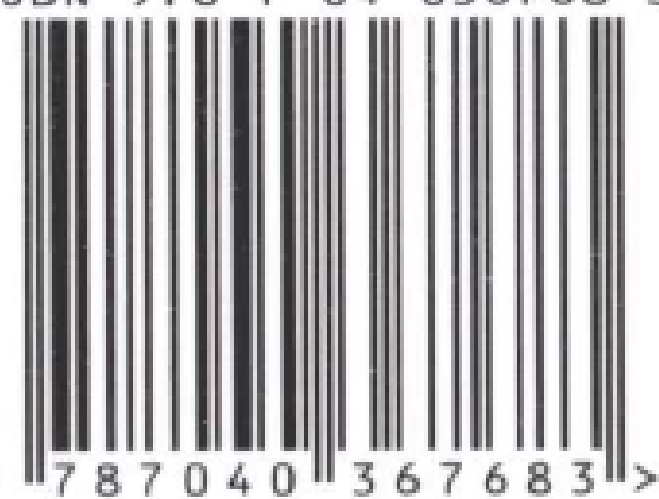
蒋展鹏 杨宏伟 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



ISBN 978-7-04-036768-3



9 787040 367683 >

定价 52.00元

高等学校教材

环境工程学

Huanjing Gongchengxue

(第三版)

蒋展鹏 杨宏伟 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书全面、系统地论述了环境工程的基本理论、污染防治技术与控制工程及其发展趋势。全书分为3篇,共12章。第一篇水质净化与水污染控制工程,内容包括水质与水体自净、水的物理化学处理方法、水的生物处理方法,以及水处理工程系统与废水最终处置。第二篇大气污染控制工程,内容包括大气污染与空气质量管理、颗粒污染物控制技术、气态污染物控制技术以及机动车污染控制技术。第三篇固体废物污染控制工程及其他污染防治技术,内容包括固体废物管理系统、城市垃圾处理技术、固体废物资源化、综合利用与最终处置,以及噪声、电磁辐射、放射性与其他污染防治技术。

本书可作为普通高等院校环境科学、环境工程、化学工程、环境生态等专业学生的教材,也可供相关领域的科技人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

环境工程学 / 蒋展鹏, 杨宏伟主编. --3版.
-- 北京: 高等教育出版社, 2013.3
ISBN 978-7-04-036768-3

I. ①环… II. ①蒋… ②杨… III. ①环境工程
学-高等学校-教材 IV. ①X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 019978 号

策划编辑	陈文	责任编辑	陈文	封面设计	杨立新	版式设计	于婕
插图绘制	郝林	责任校对	杨雪莲	责任印制	田甜		

出版发行	高等教育出版社
社址	北京市西城区德外大街4号
邮政编码	100120
印刷	北京宏伟双华印刷有限公司
开本	787mm×960mm 1/16
印张	48.5
字数	890千字
购书热线	010-58581118
咨询电话	400-810-0598

网 址	http://www.hep.edu.cn
	http://www.hep.com.cn
网上订购	http://www.landraco.com
	http://www.landraco.com.cn

版 次	1992年1月第1版
	2013年3月第3版
印 次	2013年3月第1次印刷
定 价	52.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 36768-00

第三版前言

《环境工程学》(第一版)成书于1992年,后经修订于2005年出版了第二版。20年来,本书一直受到广大读者厚爱,被许多高等院校环境类各专业选作本科生教材,相关专业的科技人员也选用作为参考书。

当今,环境问题已成为全人类的生存发展重大问题之一。在这20年中,经过人们的努力,环境质量虽有改善,但环境形势依然严峻,仍需我们为进一步改善人类环境共同努力。

本书第三版在二版原有体系的基础上,吸收了近年来环境工程学领域在理论、工艺、技术和标准等方面的新发展和新成果,并对大气污染控制工程的个别章节作了部分调整。在书中还增加了例题内容,以加深读者对理论的理解和理论与实际的联系。

全书由蒋展鹏、杨宏伟主编,清华大学许保玖教授主审。参加编写的有蒋展鹏(绪论、第一章、第二章),杨宏伟(第三章、第四章、第十二章),王书肖(第五、六、七、八章),杨志华(第九、十、十一章)。因年龄和健康的原因,原参编者朱联锡和祝万鹏没有参与第三版的编写。编者对朱、祝两位教授曾经付出的辛劳和为本书打下的基础表示诚挚感谢。

由于编者水平有限,恳请广大读者批评指正。

编 者

·2012年7月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

绪论	1
一、环境科学与环境工程学	1
二、环境工程学的形成与发展	2
三、环境工程学的主要内容	4
思考题与习题	5

第一篇 水质净化与水污染控制工程

第一章 水质与水体自净	9
第一节 水的循环与污染	9
一、地球上水的分布	9
二、水循环	10
三、自然污染和人为污染	13
四、水污染的分类和影响	14
第二节 水质指标与水质标准	17
一、水质指标	17
二、水质标准	36
第三节 废水的成分与性质	55
一、生活污水	55
二、工业废水	57
三、农业废水	58
第四节 水体自净作用与水环境容量	58
一、废水在水体中的稀释和扩散	59
二、水体的生化自净	61
三、水体中生物物种和数量的变化	66
四、水环境容量	67
第五节 水处理的基本原则和方法	68
一、给水处理的基本方法	68

二、废水处理的基本方法	69
思考题与习题	75
第二章 水的物理化学处理方法	78
第一节 水中粗大颗粒物质的去除	78
一、格栅、筛网和微滤机	78
二、沉砂池	81
三、离心分离	86
第二节 水中悬浮物质和胶体物质的去除	88
一、沉淀	88
二、混凝	115
三、澄清	126
四、过滤	128
五、气浮	141
第三节 水中溶解物质的去除	147
一、水的软化和除盐	147
二、离子交换法	149
三、吸附法	159
四、膜分离技术	169
第四节 水中有害微生物的去除	180
一、概述	180
二、氯消毒	181
三、其他消毒法	185
第五节 水的其他物理化学处理方法	188
一、中和法	188
二、高级氧化技术	189
三、化学还原法	200
四、化学沉淀法	201
五、电化学法	203
六、磁力分离法	206
七、溶剂萃取	207
八、吹脱与汽提	212
九、蒸发、结晶和冷冻	216
思考题与习题	219
第三章 水的生物化学处理方法	222
第一节 废水处理微生物学基础	222
一、废水处理中的微生物	222
二、微生物的生理学特性	223

三、细菌生长曲线及 Monod 公式	225
第二节 好氧悬浮生长处理技术	228
一、活性污泥法	228
二、氧化塘	255
第三节 好氧附着生长处理技术	260
一、生物膜的构造及其对有机物的降解机理	260
二、生物滤池	261
三、生物转盘	268
四、生物接触氧化法	270
五、生物流化床	272
六、高效生物膜法工艺	274
第四节 厌氧生物处理技术	274
一、厌氧生物处理的机理	275
二、影响厌氧生物处理的主要因素	276
三、污泥的厌氧消化	278
四、有机废水的厌氧生物处理	280
五、厌氧生物处理技术的发展	284
六、厌氧 - 好氧联合处理系统	285
第五节 生物脱氮除磷技术	286
一、生物脱氮处理技术	287
二、生物脱磷工艺	293
三、同步脱氮除磷工艺	295
第六节 水处理厂污泥处理技术	297
一、污泥的性质	298
二、污泥浓缩处理	301
第七节 废水土地处理技术	308
一、土地处理系统的类型	308
二、土地处理过程机理	312
三、水力负荷与污染物负荷	315
四、土地使用面积	316
第八节 废水人工湿地处理技术	317
一、人工湿地的类型	318
二、湿地系统的净化机理	319
三、湿地系统设计	319
思考题与习题	319
第四章 水处理工程系统与废水最终处置	321
第一节 给水与排水工程系统	321

一、给水工程系统	321
二、排水工程系统	325
第二节 再生水系统	333
一、水的回用与废水资源化	333
二、水回用标准体系	335
三、水再生处理工艺流程	341
第三节 废水的最终处置	352
一、废水最终处置的途径与水污染控制	352
二、废水湖泊(水库)处置及数学分析	352
三、废水江河处置	354
四、废水河口处置	358
五、废水排海处置	360
思考题与习题	365

第二篇 大气污染控制工程

第五章 大气污染与空气质量管理	369
第一节 大气结构与大气污染	369
一、大气及其垂直结构	369
二、大气组成	371
三、大气污染	373
第二节 大气污染的来源和影响	373
一、大气污染物	373
二、大气污染物的来源	376
三、大气污染的影响	380
四、中国大气污染现状	386
第三节 大气污染综合防治途径	387
一、大气污染综合防治的含义	387
二、大气污染综合防治措施	387
第四节 大气环境质量控制标准	389
一、环境空气质量标准	390
二、大气污染物排放标准	392
三、大气污染控制技术标准	394
四、大气污染警报标准	394
思考题与习题	395
第六章 颗粒污染物控制技术	397

第一节 颗粒污染物控制原理	397
一、颗粒的粒径及粒径分布	397
二、颗粒的物理性质	402
三、颗粒物捕集的理论基础	406
第二节 机械除尘器	413
一、重力沉降室	413
二、惯性除尘器	414
三、旋风除尘器	415
第三节 电除尘器	421
一、电除尘器的工作原理	421
二、电除尘器的性能及其影响因素	424
三、电除尘器的类型和结构	429
四、电除尘器的选择和设计	435
五、电除尘器技术的新进展	438
第四节 袋式除尘器	438
一、袋式除尘器工作原理	439
二、袋式除尘器的性能及其影响因素	440
三、袋式除尘器的滤料	443
四、袋式除尘器的类型和结构	445
五、袋式除尘器的选择和设计	448
六、电袋除尘器	451
第五节 湿式除尘器	454
一、湿式除尘器的工作原理	455
二、湿式除尘器的效率	455
三、湿式除尘器的类型和结构	457
四、湿式除尘器的设计	464
第六节 除尘设备的比较和选择	465
一、常用除尘器的性能比较	465
二、除尘器的选择原则	465
思考题与习题	469
第七章 气态污染物控制技术	473
第一节 气态污染物净化原理	473
一、吸收法净化气态污染物	473
二、吸附法净化气态污染物	485
三、催化法净化气态污染物	496
第二节 二氧化硫污染控制技术	503
一、石灰石/石灰湿法烟气脱硫	503

二、氧化镁湿法烟气脱硫技术	509
三、海水烟气脱硫技术	511
四、湿式氨法烟气脱硫技术	513
五、喷雾干燥法烟气脱硫技术	515
六、循环流化床烟气脱硫	518
第三节 氮氧化物污染控制技术	520
一、低氮燃烧技术	521
二、选择性催化还原烟气脱硝	526
三、选择性非催化还原法脱硝	532
四、湿法烟气脱硝技术	534
五、烟气同时脱硫脱硝技术	535
第四节 挥发性有机物污染控制技术	539
一、燃烧法控制 VOCs 污染	540
二、吸收法控制 VOCs 污染	545
三、冷凝法控制 VOCs 污染	547
四、吸附法控制 VOCs 污染	550
五、生物法控制 VOCs 污染	554
第五节 大气污染物的稀释法控制技术	557
一、大气扩散模式	557
二、大气污染物落地浓度计算	559
三、烟囱高度要求	563
思考题与习题	564
第八章 机动车污染控制技术	566
第一节 车用燃料改进和燃料替代技术	566
一、常规燃料的质量改善	566
二、车用燃料替代技术	569
三、电动汽车	571
第二节 汽油车污染物的形成和排放控制技术	578
一、汽油机的工作原理	578
二、汽油机污染物形成机理	579
三、汽油机排放机内控制技术	584
四、汽油车尾气排放后处理技术	588
五、曲轴箱的污染物排放与控制	591
六、燃油蒸发排放控制	592
第三节 柴油发动机污染物的形成与控制	593
一、四冲程柴油机的工作原理	593
二、柴油机污染物的形成过程	594

三、控制柴油机污染物排放的发动机技术	598
四、柴油车尾气排放后处理技术	601
思考题与习题	605

第三篇 固体废物污染控制工程及其他污染防治技术

第九章 固体废物管理系统	609
第一节 固体废物的产生、分类与管理系统的简介	609
一、固体废物的涵义	609
二、社会物流与固体废物产生的途径	609
三、固体废物的分类	610
四、固体废物对人类环境的危害	611
五、固体废物与城市垃圾管理系统简介	612
第二节 固体废物的性质	613
一、城市垃圾物理组成与分析方法	613
二、城市垃圾的物理性质	617
三、城市垃圾的化学性质	619
四、危险废物的性质与鉴别标准	624
第三节 固体废物的产量与减少产量的途径	634
一、工业固体废物与城市垃圾的产量与测算方法	634
二、城市垃圾与工业固体废物产率统计分析法	635
三、减少固体废物产量的途径	638
第四节 城市垃圾的收集、储存与运输	639
一、城市垃圾的就地管理	639
二、城市垃圾的收集	640
三、城市垃圾的转运	650
思考题与习题	654
第十章 城市垃圾处理技术	655
第一节 城市垃圾压实技术	655
一、压实的含义与性质	655
二、压实机械	656
三、城市垃圾压实工程设计要点	657
第二节 城市垃圾破碎技术	657
一、城市垃圾破碎的意义	657
二、破碎机械	657
三、城市垃圾破碎工程设计要点	658

第三节 城市垃圾分选技术	659
一、分选方法评述	659
二、分选效果	660
三、风力分选技术	661
四、磁选	666
五、筛选	669
六、其他分选技术简介	670
第四节 固体废物的脱水与干燥	671
一、固体废物的脱水与脱水设备	671
二、城市垃圾干燥设备	675
第五节 危险废物的化学处理与固化	676
一、危险废物的化学处理	676
二、危险废物的固化处理	678
思考题与习题	681
第十一章 固体废物资源化、综合利用与最终处置	682
第一节 固体废物资源化的意义与资源化系统	682
一、固体废物资源化的意义	682
二、城市垃圾资源化系统	682
第二节 材料回收系统	683
一、建立材料回收系统的条件	683
二、材料回收系统流程与设计要点	683
第三节 生物转化产品的回收	685
一、城市垃圾堆肥化	685
二、城市垃圾厌氧消化处理与沼气回收	689
三、生物化学处理新技术在固体废物资源化中的应用	692
第四节 城市垃圾焚烧与热转化产品的回收	693
一、城市垃圾焚烧技术的发展	693
二、焚烧过程的基本条件与热量、物料衡算	694
三、城市垃圾焚烧系统	695
四、焚烧炉的效率	698
五、焚烧炉类型	698
六、固体废物热解处理	699
七、热转化产品与能源的利用	702
第五节 固体废物的最终处置	706
一、最终处置的涵义与处置途径	706
二、城市垃圾陆地填埋处置	706
三、危险废物安全填埋场的结构与安全措施	717

思考题与习题	717
第十二章 噪声、电磁辐射、放射性与其他污染防治技术	719
第一节 噪声污染与防治技术	719
一、噪声的基本概念	719
二、噪声对人体的危害	720
三、噪声的测量	723
四、噪声的控制技术	729
第二节 电磁辐射污染与防治技术	734
一、电磁辐射危害	734
二、电磁污染的测量	737
三、电磁辐射的控制技术	738
第三节 放射性污染与防治技术	740
一、放射性废物的危害性	740
二、放射性污染的特点	740
三、放射性污染的控制技术	745
第四节 其他物理性污染及其防治技术	750
一、振动污染及其防治技术	750
二、光污染及其防治技术	756
思考题与习题	758
 主要参考书目	 759

绪 论

一、环境科学与环境工程学

随着全球人口的增长和社会经济与科学技术的飞速发展,环境和环境问题已越来越引起人们的普遍关注。

“环境”一词是相对于人类而言的,即指的是人类的环境。人类与其环境之间是一个有着相互作用、相互影响、相互依存关系的对立统一体。人类从周围环境中获得赖以生存、发展的空间和条件,同时其生产和生活活动作用于环境,又会对环境产生影响,引起环境质量的变化;反过来,被污染或受损害的环境也会对人类的身心健康和经济发展等造成不利的影响。

当代社会的发展使人类与环境之间的作用和反作用不断加剧。在人力所及的范围,上至太空,下至海底,人类的活动对环境的影响空前强化,环境污染和生态环境被破坏已达到危险的程度。环境问题已向人们提出了挑战。

1972年在瑞典斯德哥尔摩举行了世界各国政府第一次共同讨论当代环境问题的联合国人类环境会议。会议通过的宣言呼吁各国政府和人民为维护 and 改善人类环境、造福全体人民和后代而共同努力。此后,1992年在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会和2002年在南非约翰内斯堡召开的世界可持续发展首脑会议再次重申了人类对环境与发展的共同关心。2012年再次在巴西里约热内卢举行的联合国可持续发展大会又为全球可持续发展进程注入新的活力,并为推进全球可持续发展合作提供了重要契机。多年来,许多国家都采取了不少措施和对策来防治污染和解决环境问题。各国科学技术工作者也集中精力进行研究和实践,从而促进了环境科学的兴起和发展。

环境科学是在现代社会经济和科学发展过程中逐步形成的一门新兴的综合性科学。它的主要任务是研究在人类活动的影响下,环境质量的变化规律和环境变化对人类生存的影响,以及保护和改善环境质量的理论、技术和方法。

环境科学所涉及的内容异常广阔,包括自然科学和社会科学的许多重要方面,因而形成了与有关科学之间相互渗透、相互交叉的许多分支学科,如环境地质学、环境生物学、环境化学、环境物理学、环境工程学、环境管理学、环境经济学、环境法学和环境伦理学等。它们是环境科学不可分割的组成部分,而且还都处

于蓬勃发展的时期。随着环境问题的发展和人类认识的进一步深化,环境科学及其各分支学科也必将不断地得到充实与完善。

环境工程学是环境科学的一个分支,又是工程学的一个重要组成部分。它是一门运用环境科学、工程学和其他有关学科的理论和方法,研究保护和合理利用自然资源,控制和防治环境污染与生态破坏,进而改善环境质量,使人们得以健康和舒适的生存与发展的学科。

因此,环境工程学有着两个方面的任务:既要保护环境,使其免受和消除人类活动对它的有害影响;又要保护人类的健康和安全,免受不利环境因素的伤害。

二、环境工程学的形成与发展

环境工程学是在人类保护和改善生存环境,并同环境污染作斗争的过程中逐步形成的。这是一门历史悠久而又正在迅速发展的工程技术学科。

人们很早就认识到水对人类生存和发展的重要性。例如,早在公元前两千多年,中国就创造了凿井取水技术,促进了村落和集市的形成。为了保护水源,还建立了持刀守卫水井的制度,并已用陶土管修建地下排水道,在明朝以前就开始用明矾净化水。古罗马则大约在公元前6世纪才开始修建下水道;英国在19世纪初开始用沙滤法净化自来水,并在1850年把漂白粉用于饮用水消毒,以防止水性传染病的流行;1852年,美国建立了木炭过滤的自来水厂。19世纪后半叶,英国开始建立公共污水处理厂;第一座有生物滤池装置的城市污水处理厂建于20世纪初,并在1914年出现了活性污泥法处理污水的新技术。第二次世界大战后的半个多世纪,全球经济迅速发展,各种水处理新技术、新方法不断涌现,给水排水和水污染控制工程得到了极大的发展。

在大气污染控制方面,公元61年,罗马哲学家 Seneca 就已谴责因烹饪和供热用火而引起的空气污染为“烟囱劣行”。公元8世纪,我国唐朝诗人杜甫在《卖炭翁》诗中描述了烧炭污染对人健康的摧残。公元1081年,宋朝的沈括在著名的《梦溪笔谈》中也叙述了炭黑生产所造成的烟尘污染。18世纪中叶,清朝康熙皇帝下旨命令煤烟污染严重的琉璃工厂迁往北京城外。西方工业革命以后,英国不少学者提出了消除烟尘污染的见解。在19世纪后半叶,消烟除尘技术已有所发展。1855年,美国发明了离心除尘器,20世纪初开始采用布袋除尘器和旋风除尘器。随后,燃烧装置改造、工业废气净化和空气调节等工程技术也逐渐得到推广和应用。

人类对固体废物的处理和利用也有着悠久的历史。古希腊早有垃圾填埋覆土的处置方法。我国自古以来就利用粪便和垃圾堆肥施田。在欧洲,1822年,