



教育部高职高专规划教材

环保设备及应用

► 王爱民 张云新 主编



化学工业出版社
教材出版中心



教育部高职高专规划教材

环保设备及应用

王爱民 张云新 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环保设备及应用/王爱民, 张云新主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 2
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-4989-7

I. 环… II. ①王…②张… III. 环境保护-设备-高等学校: 技术学院-教材 IV. X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 010902 号

教育部高职高专规划教材

环保设备及应用

王爱民 张云新 主编

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 张燕文 宋 薇

责任校对: 王素芹

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18 $\frac{1}{4}$ 字数 456 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4989-7/G·1298

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

高职高专环境教材

编审委员会

顾问

刘大银

主任委员

沈永祥

副主任委员

李居参 许 宁 王文选 王红云

委员

(按姓氏汉语拼音排序)

白京生	陈 宏	冯素琴	傅梅绮	付 伟
顾 玲	郭 正	何际泽	何 洁	扈 畅
胡伟光	蒋 辉	金万祥	冷士良	李党生
李东升	李广超	李 弘	李洪涛	李居参
李旭辉	李耀中	李志富	牟晓红	司 颐
宋鸿筠	苏 炜	孙乃有	田子贵	王爱民
王春莲	王红云	王金梅	王文选	王小宝
王小平	王英健	魏振枢	吴国旭	徐忠娟
许 宁	薛叙明	杨保华	杨永红	杨永杰
尤 峥	于淑萍	于宗保	袁秋生	岳钦艳
张柏钦	张洪流	张慧利	张云新	赵连俊
智恒平	周凤霞	朱惠斌	朱延美	庄伟强

内 容 提 要

本书是根据高职高专环境类专业教材的要求编写的,具有突出工程应用能力和职业能力培养的特色。全书除绪论外有八章:第一章力学的基本知识;第二章常用工程材料;第三章机构、传动及零件;第四章大气污染治理设备;第五章大气污染净化设备;第六章典型污水处理设备;第七章噪声与振动污染控制设备;第八章固体废物处理设备。本书系统阐述了常用环保设备的工作原理、结构设计及应用与维护等相关知识。

本书为高职高专环境类专业的教材,也可供环保设备技术人员及相应岗位操作人员参考。

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言



随着世界人口的增长、工农业生产快速发展和科学技术的不断进步,环境保护和环境污染治理问题越来越引起人们的普遍关注。环境保护事业的发展,促进了环保设备制造业的迅速发展。目前,开设环境类专业的各高职高专院校都在积极探索培养在生产现场从事环保设备操作、管理、维护及技改等急需的应用性技术人才,因而渴望有一本涵盖环保设备设计与应用的专业课教材。

本书结合环境污染治理工程的特点,比较全面、系统地介绍了常用环保设备的工作原理、结构组成、设计计算及应用维护等知识。全书共分八章,以力学、常用工程材料、机构传动及零件的知识为基础,由浅入深重点论述了大气、水、噪声、振动及固体废物污染的治理设备。以环保设备的设计与应用两大内容为基础框架,并以设计为重点;在环保设备设计方面,则以结构(构造)设计的介绍为主。并且以大气污染治理及控制、污水治理设备作为重点,讨论设备的设计与应用。为便于学生学习,安排了例题、思考题和习题。

本书的初稿完成后,由化学工业出版社教材出版中心主持了审稿会。根据审稿会的意见完成的修改稿又经有关专家审阅后定稿。

本书由王爱民、张云新主编。编写分工为:绪论、第四章,王爱民;第一章、第二章,张云新;第三章、第七章,李旭辉;第五章、第八章,付伟;第六章,李洪涛。全书由王爱民负责统稿,侯文顺主审。参加本书审定工作的还有梁丽萍、张宏,在此向他们表示诚挚的谢意!

本书在编写过程中,编者参考并引用了大量文献资料,这些文献资料对本书的编写工作起到举足轻重的作用。在引用的这些资料中的图、表时,因篇幅容量所限,没有一一标注其来源,考虑到本书是教材,不是以营利为目的,笔者恳请被引用者予以谅解,在此向所有被引用的参考文献的作者们致以诚挚的敬意!

本书涉及的内容较多,因编写人员知识水平、实践经验所限,加之时间仓促,书中难免存在不完善之处,热忱欢迎专家、读者予以批评指正。

编 者

2004年1月

目 录

绪论

一、环保设备的概念	2
二、环保设备的分类	2
三、中国环保设备制造业的发展前景	3
四、本课程学习任务与学习方法	3

第一章 力学的基本知识

第一节 物体的受力分析	5
一、基本概念	5
二、力的性质	6
第二节 约束和约束反力	8
一、约束和约束力的概念	8
二、约束的种类	8
三、受力分析	9
第三节 平面汇交力系	10
一、工程中的平面汇交力系问题	10
二、平面汇交力系的合成与平衡的几何法	10
三、平面汇交力系的合成与平衡的解析法	11
思考题与习题	14

第二章 常用工程材料

第一节 力学性能	17
一、拉伸实验	17
二、强度	18
三、刚度	19
四、塑性	19
五、硬度	19
六、韧性	20
七、疲劳极限	21
第二节 常用金属材料	21
一、钢	21
二、铸铁	24

三、有色金属及其合金	25
第三节 金属材料的腐蚀与防护	28
一、化学腐蚀	28
二、电化学腐蚀	29
三、金属腐蚀的防护措施	30
第四节 常用非金属材料	31
一、橡胶	32
二、塑料	32
三、陶瓷	34
四、复合材料	35
思考题与习题	36

第三章 机构、传动及零件

第一节 平面运动机构	38
一、机构的组成	38
二、平面机构的运动简图	39
三、平面连杆机构	42
第二节 凸轮机构和间歇运动机构	47
一、凸轮机构	48
二、间歇运动机构	51
第三节 齿轮传动	53
一、齿轮传动的特点和种类	53
二、渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	54
三、一对渐开线齿轮的啮合传动	57
四、齿轮的材料、结构、失效形式	58
五、齿轮传动的维护与润滑	60
六、蜗杆传动、轮系与减速器简介	61
第四节 带传动和链传动	66
一、带传动	66
二、链传动	71
第五节 常用机械零件	74
一、键、销连接	74
二、螺纹连接	76
三、轴	79
四、联轴器与离合器	82
五、轴承	84
思考题与习题	88

第四章 大气污染治理设备

第一节 重力沉降室与惯性除尘器	89
-----------------------	----

一、重力沉降室	89
二、惯性除尘器	95
第二节 旋风除尘器	97
一、旋风除尘器分类	97
二、旋风除尘器的设计计算	99
三、旋风除尘器的影响因素	101
四、旋风除尘器的选择	105
五、旋风除尘器的运行维护	107
第三节 袋式除尘器	107
一、袋式除尘器的除尘机理与分类	108
二、滤料的选用	110
三、袋式除尘器的性能与主要参数	111
四、袋式除尘器的选用与运行维护	114
第四节 颗粒层除尘器	115
一、颗粒层除尘器的分类	116
二、颗粒层除尘器的性能与影响因素	116
三、典型颗粒层除尘器的应用	117
四、颗粒料的选择	121
第五节 湿式除尘器	121
一、湿式除尘器的常见类型	121
二、脱水装置	125
三、湿式除尘器的运行维护	126
第六节 电除尘器	127
一、电除尘器的性能特点	127
二、电除尘器类型	128
三、电除尘器的除尘效率和主要参数	129
四、影响电除尘器性能的因素	131
五、电除尘器的结构设计	132
六、电除尘器的供电设备	139
七、电除尘器的选用、安装与维护	140
第七节 集气罩与气体输送管网	142
一、集气罩的设计	142
二、气体输送管网的设计	147
思考题与习题	150

第五章 大气污染净化设备

第一节 吸收设备	152
一、吸收塔的类型与特点	152
二、吸收塔的选用	155
三、填料塔的设计	155

四、填料塔的应用	160
五、填料吸收塔的基本操作	160
第二节 吸附设备	161
一、吸附设备的类型与特点	161
二、固定床吸附器的设计	163
三、吸附设备的应用注意事项	164
第三节 冷凝设备	165
一、接触冷凝器及其选用	165
二、表面冷凝器	166
三、冷凝器的使用与维护	167
第四节 气固催化反应设备	168
一、废气催化反应净化机理	168
二、固定床催化反应器的类型与选择	169
三、固定床催化反应器设计与应用	170
第五节 除尘脱硫一体化设备	172
一、湿式除尘脱硫设备	172
二、电晕放电除尘脱硫装置	174
思考题与习题	174

第六章

典型污水处理设备

第一节 格栅	176
一、格栅的结构与分类	176
二、格栅的设计与计算	177
三、格栅的运行与维护	180
第二节 沉淀池	181
一、平流式沉淀池	181
二、辐流式沉淀池	187
三、竖流式沉淀池	190
四、斜板(管)沉淀池	192
五、沉淀池的运行与管理	193
第三节 气浮设备	195
一、气浮设备的类型与应用	195
二、加压溶气气浮设备的设计	198
三、加压溶气气浮设备的调试与运行	202
第四节 快滤池	203
一、快滤池的构造与工作原理	203
二、快滤池的设计	204
三、快滤池的操作与维护	210
第五节 混凝设备	210
一、混凝剂的调制与投加	210

二、混合与搅拌设备·····	211
三、反应设备·····	213
四、澄清池·····	216
第六节 活性污泥法污水处理设备·····	217
一、活性污泥法基本原理·····	217
二、曝气池的设计·····	218
三、污泥回流设备的设计·····	221
四、二次沉淀池的设计·····	222
五、曝气设备的设计·····	222
六、活性污泥法污水处理设备的运行管理·····	223
第七节 生物滤池·····	226
一、典型生物滤池·····	226
二、生物滤池的运行管理·····	232
第八节 生物转盘·····	232
一、生物转盘的结构与净化机理·····	232
二、生物转盘的设计·····	233
三、生物转盘的运行管理·····	234
第九节 生物接触氧化反应装置·····	234
一、生物接触氧化反应装置的特点·····	234
二、生物接触氧化反应装置的构造·····	235
三、生物接触氧化反应装置的设计·····	236
四、生物接触氧化反应装置的运行管理·····	237
思考题与习题·····	238

第七章 噪声与振动污染控制设备

第一节 噪声控制概述·····	240
一、多孔吸声结构·····	240
二、共振吸声结构·····	243
三、隔声装置·····	245
第二节 消声器·····	249
一、消声器的性能和形式·····	249
二、阻性消声器·····	251
三、抗性消声器·····	253
四、消声器的选用和安装·····	255
第三节 隔振器·····	256
一、隔振原理·····	256
二、隔振设计的基本原则·····	257
三、橡胶隔振器·····	258
四、金属弹簧隔振器·····	260
思考题与习题·····	262

第八章

固体废物处理设备

第一节 固体废物处理概述·····	263
一、固体废物处理与资源化·····	263
二、固体废物处理设备选用的基本要求·····	264
第二节 固体废物处理设备·····	265
一、破碎设备及选用·····	265
二、分选设备与选用·····	269
三、压实设备与选用·····	272
四、脱水与浓缩设备及其选用·····	273
五、典型焚烧设备与选用·····	277
六、热分解设备与选用·····	280
七、堆肥和发酵设备·····	282
思考题与习题·····	284

主要参考文献

绪 论



随着工业化进程和世界经济的快速发展,在不断提高人们生活水平的同时,也出现了全球性人口增长过快、资源耗竭、环境恶化等严重问题,这些已引起世界各国的忧虑和关注,因此,环境保护和环境污染治理问题越来越引起人们的普遍重视。特别是1992年在里约热内卢召开了联合国“环境与发展”大会之后,实施可持续发展战略,促进经济与环境的协调发展已成为世界各国的共识。

中国作为实现可持续发展战略的大国,经济与环境保护必须协调持续发展,才能在经济持续、快速、健康发展的同时,创造一个清洁安静、舒适优美的生存环境。环境保护是中国的一项基本国策,随着社会主义现代化建设的发展和经济的快速增长,环境保护工作已得到党和政府及社会的关注和重视。

发展环保产业已成为世界共识,作为一个新兴行业——中国的环保产业也在迅速兴起,同时也促进了环保设备制造业的快速发展。目前中国已开发、生产六大类约240多个品种、2400多种型号的环保设备产品,除一些大型成套设备外,环保设备产品及配套元器件基本齐全,一些环保技术和设备、产品的技术指标或产品质量已达到或接近国际水平,部分产品已出口到东南亚和中东等国家。这表明中国环保产业和环保设备制造业已取得实质性的进展。但从整体水平上看,与欧、美、日等发达国家相比还有很大差距,还存在有产品水平低、可靠性能差、外观造型不美、品种不够齐全等不足。环保产业在中国还处于发展初期阶段,今后一段时间内将会有巨大发展。随着环保产业的发展,在环保工程的一线岗位上,急需从事环保设备操作、管理、维护和设计的高等技术实用性人才,中国开办环境类专业的高职高专学校,也积极探索开设了环保设备课或试办环保设备专业。为此编写一本供高职高专环境类专业使用的教材已成为当务之急。本教材包含的内容是以力学知识、常用工程材料和机械基础的知识体系和理论为基础,对除尘及气态污染物控制设备、污水治理设备、噪声与振动控制设备、固体废弃物处理设备等的设计与应用进行论述。

一、环保设备的概念

环境保护的基础是严格的组织管理和先进的技术装备，而先进的技术装备要依靠环保产业来提供。为了深入了解环保设备及其设计和应用的一系列问题，必须了解环保设备这个概念。

1. 环保设备

要定义和理解环保设备的概念，首先应该从定义设备的概念入手。所谓设备，“是由工业和建筑安装部门制造和建造出来的，能够在社会生产和生活中发挥物质手段的物质资料”。按照这一定义，设备不仅包括各种机械，还包括建筑物和各种线路等。在理解设备概念的基础上，对环保设备的定义就方便了。

环保设备是指用于控制环境污染、改善环境质量而由工业生产部门或建筑安装部门制造和建造出来的机械产品、构筑物及其系统。目前有一些人在概念上认为环保设备是指治理环境污染的机械加工产品，如除尘器、单体水处理设备、噪声控制器等是不全面的。

2. 环保产业

环保产业是指从事环境保护工业产品的科研、设计、研制、生产和销售的完整体系。环保设备从属于环保产业体系。

根据课程教学计划要求，本书仅对环保设备进行讨论。

二、环保设备的分类

1. 按设备的功能分类

按照设备功能通常将环保设备分为大气污染控制及除尘设备、水污染治理设备、噪声与振动控制设备、固体废弃物处理设备、环境监测及分析设备等。而且，各类设备又可分为若干小类，如大气污染治理设备又可分为机械式除尘器、旋风除尘器、过滤式除尘器、湿式除尘器和电除尘器等设备类型，其中每类还可细分成若干小类。按功能分类是环保设备分类的常用方法，本书以下各章就是按这种分类方法分类展开和阐述的。

2. 按设备的构成分类

(1) 单体设备 这类设备是环保设备的主体，如各种除尘器、单体污水处理设备等。单体设备可为机械设备，也可是混凝土或其他材料（如玻璃钢等）建造的构筑物。

(2) 成套设备 指以单体设备为主，包含各种附属设备（如风机、电机等）组成的整体。

(3) 生产线 指由一台或多台单体设备、各种附属设备及其管线所构成的整体，如污水处理生产线等。

3. 按设备的性质分类

(1) 机械设备 指各种用于治理污染和改善环境质量的由工业部门制造的机械产品，如各种除尘器、机械式水处理设备、噪声控制器、振动控制器、机械式固体废弃物处理设备等。目前，机械设备是环保设备中种类型号最多、应用最普遍、使用最方便的环保设备。

2 (2) 仪器设备 指各种用于环境监测及环境工程实验的仪器，如各种分析仪器（包括光学分析、色谱分析、电化学分析仪器等），各种采样器，各种监测仪器等。

(3) 构筑物 一般指钢筋混凝土结构件，如用于污水处理过程的各种沉淀池、反应池等。构筑物也可以用玻璃钢、钢结构或其他材料建造。

三、中国环保设备制造业的发展前景

从世界范围内来看,美国、欧洲和日本等国家的环保产业最发达,环境保护和环保产品的开发、生产较早,在各主要环保领域都居世界领先地位,环保产业已发展成为门类相当齐全的热门行业,并形成集团化竞争势头,产品的标准化、系列化、成套化工作做得出色,并向着高技术、高质量方向发展。中国改革开放后,特别是经过近20年,不少国外厂商已占领了中国国内相当数量的市场,特别是高技术大型项目的附属环保设备,几乎都是成套地引进。面对国际、国内形势,1996年底中国将环保产业正式列入国家计划并成为重要组成部分,为环保产业发展开拓了广阔的空间。在积极推动环保产业发展的进程中,力争尽快缩短与发达国家的差距,逐步建立具有中国特色的环保工业及环保设备制造业体系。

1. 企业组织集团化

目前国内环保企业是以乡镇企业为主,大中型国有企业为数不多。中国加入WTO之后,为在环保产品的质量和价格方面与国际接轨,参与国际竞争形成较强的竞争力,必须形成一定规模的生产能力,降低成本,提高质量,在科研、生产、销售方面成龙配套。这就要求环保工业和环保设备制造业也必然要走以集约化程度较高的企业集团的宽广大道。如江苏省宜兴市有100多家生产水处理设备乡镇企业组成了水处理设备企业集团,发挥了集团整体优势,避开了乡镇企业的个体劣势,形成较强的竞争力。

2. 专业技术高新化

环境科学的迅速发展,新技术和新材料的出现和应用,都促进环保设备的研制和开发。中国环保设备制造业要真正地发展起来,就必须突破技术水平不高这一关,环保设备业只有以高新技术和新材料武装才会有强大的生命力。如江苏宜兴市水处理设备集团主动与清华大学开展产学研结合,由企业向高校提供科研项目和经费,研制高新科技的污水处理设备,提高企业产品的技术水平,改进工艺装备,建立实验基地,使企业走上环保设备生产的前沿领域。

3. 设备产品标准化

环保产品尽可能采用国际通用标准,建立和完善产品的标准体系,逐步减少和淘汰目前众多的非标准产品和非定型产品,使中国环保产业与世界经济接轨。为增加参与国际市场竞争能力,应该充分发挥行业的优势,制定包括国家标准、部颁标准和地方标准的三级标准体系,推进标准化和标准监督体系的形成。

四、本课程学习任务与学习方法

环保设备及应用课程涉及的知识面较广,既包含有设备设计的基础理论知识,也包括除尘、气态污染物净化、污水治理、噪声和振动控制、固体废物处理等各类设备的工作原理、结构组成、设计计算、运行维护等内容。在教学内容上,本书以力学知识、工程材料和机械传动为基础,以环保设备设计和环保设备应用两个方面内容为重点。在环保设备设计方面,为避免与环境工程学、大气污染控制技术、水污染控制技术、噪声控制技术和固体废物处理与处置等专业课程中的工艺设计重复,力求突出构造设计。在环保设备应用方面,尽可能涉及选型、安装、调试、运行管理、维护等方面知识。环保设备及应用课程的主要任务有以下几个方

① 学习掌握静力学的基本知识,理解物体受外力作用时的平衡问题,学会分析受力物

体的受力情况，能确定各力的大小和方向，为今后设计计算奠定基础。

② 掌握常用工程材料的种类、主要性能，为选择环保设备的材料提供理论依据。

③ 掌握机械传动的工作原理、运动规律及通用零部件的结构、性能和选用等知识，掌握环保设备机械传动部分的使用、维护和一般设计等知识。

④ 掌握大气污染治理和净化设备、典型污水治理设备、噪声和振动控制设备及固体废物治理设备的工作原理、结构设计、选型和应用。提高对设备正确使用、维护和故障分析的能力。

⑤ 了解与本课程有关的新材料、新工艺、新技术及其发展概况。

本课程侧重环保设备的设计与应用，课程的实践性较强。因此，学习本课程，要求学生具有一定的实践基础。要特别强调理论与实践相结合的学习方法，在学好工艺设计的基础上学习设备构造设计，只有构造设计与工艺设计学习相结合，才能根据工艺需要，确定使用具备哪些性能和特点的环保设备，进而正确地选择设备构造设计的有关参数，更好地把握环保设备的发展与改进方向；也才能了解和逐步熟悉环保设备的安装、调试、运行管理和维护。

学校要为学生提供参与实践的机会。培养学生在车、钳、铆、电、焊工种的技能训练和动手能力，有条件的学校可要求达到一定的技术等级水平；组织学生到环保设备制造和使用单位去学习或实习，为学生提供参与设备设计和应用的实践过程；创造机会让学生参与环保设备安装、调试、运行管理和维护的实际工作，不断积累实践经验。注意在理论指导下进行有目的的实践学习，加深对理论的理解；同时也要在实践中弄懂、弄通、消化有关理论。通过这样的学习方法，使本课程的学习获得较好的效果。