



面向21世纪课程教材

化工环境工程

概论

第二版

汪大翠 徐新华 杨岳平 编



化学工业出版社
教材出版中心

面向 21 世纪课程教材

化工环境工程概论

第 二 版

汪大肇 徐新华 杨岳平 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

化工环境工程概论/汪大羣等编.—2版.—北京:化学工业出版社,2002,6
(面向 21 世纪课程教材)
ISBN 7-5025-3614-0

I.化… II.汪… III.化学工业-环境工程-概论-高等学校-教材 IV.X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 007561 号

面向 21 世纪课程教材

化工环境工程概论

第二版

汪大羣 徐新华 杨岳平 编

责任编辑:骆文敏 王文峡

责任校对:凌亚男

封面设计:蒋艳君

*

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

三河市宇新装订厂装订

开本 787×960 毫米 1/16 印张 19 1/4 字数 349 千字

2002 年 7 月第 2 版 2002 年 7 月北京第 4 次印刷

ISBN 7-5025-3614-0/G·965

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

序

《化工类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践》为教育部(原国家教委)《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》的 03-31 项目,于 1996 年 6 月立项进行。本项目牵头单位为天津大学,主持单位为华东理工大学、浙江大学、北京化工大学,参加单位为大连理工大学、四川大学、华南理工大学。

项目组以邓小平同志提出的“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”为指针,认真学习国家关于教育工作的各项方针、政策,在广泛调查研究的基础上,分析了国内外化工高等教育的现状、存在问题和未来发展。四年多来项目组共召开了由 7 校化工学院、系领导亲自参加的 10 次全体会议进行交流,形成了一个化工专业教育改革的总体方案,主要包括:

——制定《高等教育面向 21 世纪“化学工程与工艺”专业人才培养方案》;

——组织编写高等教育面向 21 世纪化工专业课与选修课系列教材;

——建设化工专业实验、设计、实习样板基地;

——开发与使用现代化教学手段。

《高等教育面向 21 世纪“化学工程与工艺”专业人才培养方案》从转变传统教育思想出发,拓宽专业范围,包括了过去的各类化工专业,以培养学生的素质、知识与能力为目标,重组课程体系,在加强基础理论与实践环节的同时,增加人文社科课和选修课的比例,适当削减专业课分量,并强调采取启发性教学与使用现代化教学手段,因而可以较大幅度地减少授课时数,以增加学生自学与自由探讨的时间,这就有利于逐步树立学生勇于思考与走向创新的精神。项目组所在各校对培养方案进行了初步试行与教学试点,结果表明是可行的,并收到了良好效果。

化学工程与工艺专业教育改革总体方案的另一主要内容是组织编写高等教育面向 21 世纪课程教材。高质量的教材是培养高素质人才的重要基础。项目组要求教材作者以教改精神为指导,力求新教材从认识规律出发,阐述本门课程的基本理论与应用及其现代进展,并采用现代化教学手段,做到新体系、厚基础、重实践、易自学、引思考。每门教材采取自由申请及择优选定的原则。项目组拟定了比较严格的项目申请书,包括对本门课程目前国内外教材的评述、拟编写教材的特点、配套的现代化教学手段(例如提供教师

在课堂上使用的多媒体教学软件, 附于教材的辅助学生自学用的光盘等)、教材编写大纲以及交稿日期。申请书在项目组各校评审, 经项目组会议择优选取立项, 并适时对样章在各校同行中进行评议。全书编写完成后, 经专家审定是否符合高等教育面向 21 世纪课程教材的要求。项目组、教学指导委员会、出版社签署意见后, 报教育部审批批准方可正式出版。

项目组按此程序组织编写了一套化学工程与工艺专业高等教育面向 21 世纪课程教材, 共计 25 种, 将陆续推荐出版, 其中包括专业课教材、选修课教材、实验课教材、设计课教材以及计算机仿真实验与仿真实习教材等。本教材就是其中的一种。

按教育部要求, 本套教材在内容和体系上体现创新精神、注重拓宽基础、强调能力培养, 力求适应高等教育面向 21 世纪人才培养的需要, 但由于受到我国目前对教学改革的研究深度和认识水平所限, 仍然会有不妥之处, 尚请广大读者予以指正。

化学工程与工艺专业的教学改革是一项长期的任务, 本项目的全部工作仅仅是一个开端。作为项目组的总负责人, 我衷心地对多年来给予本项目大力支持的各校和为本项目贡献力量的人们表示最诚挚的敬意!

中国科学院院士、天津大学教授

余国琮

2000 年 4 月于天津

前 言

本书结合化工的特点,比较完整、系统地论述了化工环境保护及工程的基本概念、基础理论和“三废”处理的基本方法,曾为浙江大学化工学院化工类专业本科“环境学概论”和“环境工程”教材及环境工程专业本科生、研究生的入门教材。全书共分九章,在介绍环境、环境污染及环境保护等概念的基础上,重点阐明了化工废水、废气、废渣的污染控制及资源化、环境影响评价等,并以一定的篇幅介绍了化工清洁生产工艺、绿色化工及化工可持续发展等最新内容。

本教材着眼于面向 21 世纪化工类专业人才的培养,力求做到章节层次分明、内容重点突出、概念理论清晰、应用实例丰富。力争使化工类的学生在研修本书后,不仅对环境和环境保护有深刻的认识,而且能在以后的化工生产、管理、设计及研究等工作中能自觉地把化工污染控制及污染排放最小化放在重要地位,因此具有相当的实用性。

使用本书进行教学,可以根据不同的专业和不同的课时选择教学内容。一般以 60 学时为宜,本书可作为高等院校化工类、石化类、制药类、材料类、冶金类及其他相关专业的教材或教学参考书,也可供从事化工及有关专业的管理、设计、研究等工作的工程技术人员参考。

本书由浙江大学汪大羣(第一、二、三章)、徐新华(第四、五、七章)、杨岳平(第六、八、九章)编写,全书由汪大羣审阅。

因编写人员学术水平和时间经验所限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2001 年 9 月

内 容 简 介

结合化工的特点,本书在介绍环境、环境污染及环境保护等概念的基础上,重点阐明了化工废水、废气、废渣的污染控制及资源化、环境评价等,并以一定的篇幅介绍了化工清洁生产工艺、绿色化工及化工可持续发展等最新内容。

本书可作为高等院校化工类、石化类、制药类、材料类、冶金类及其他相关专业的教材或教学参考书,也可供从事化工及有关专业的管理、设计、研究等工作的工程技术人员参考。

目 录

第一章 环境与环境保护	1
第一节 环境与环境科学.....	1
一、环境的概念与定义.....	1
二、环境科学及其研究的目的和对象.....	1
三、环境科学的任务.....	2
四、环境科学的分支学科.....	2
第二节 环境问题.....	3
一、环境问题及其发展.....	3
二、当前世界环境的主要问题.....	5
第三节 环境污染对人体的危害	15
一、环境污染的分类	15
二、环境污染物侵入人体的途径	17
三、环境污染对人体健康的危害	18
第四节 环境工程概况	20
一、环境污染防治工程	20
二、环境系统工程	20
三、环境质量评价工程	21
四、环境工程的其他内容	21
第五节 我国的环境保护	21
一、我国环境污染的特征	21
二、我国的环境保护及方针对策	22
第二章 化工对环境的污染	27
第一节 化工环境污染概况	27
第二节 化工污染物种类及来源	29
一、化工生产的原料、半成品及产品	29
二、化工生产过程中排放出的废弃物	30
第三节 化工生产的污染特点	32
一、水污染的特点	32
二、大气污染的特点	33
三、固体废弃物污染的特点	34

第四节 化工污染防治的发展趋势	35
一、采用和开发少废无废工艺	35
二、加强废弃物综合利用实现资源化	37
第三章 化工废水处理	38
第一节 化工废水的来源及特点	38
一、废水的来源及特征	38
二、水体污染物	40
第二节 化工废水处理方法概述	46
第三节 物理处理法	49
一、重力分离	49
二、离心分离	56
三、过滤法	58
第四节 化学处理法	64
一、中和法	65
二、混凝沉淀法	69
三、氧化还原法	75
四、电解法	82
第五节 物化处理法	85
一、吸附法	86
二、浮选法	90
三、电渗析	94
四、反渗透	95
五、超过滤法	96
第六节 生物处理法	97
一、生化处理方法分类	97
二、微生物及生物处理	98
三、活性污泥法	102
四、生物膜法	105
五、厌氧生化法	108
六、生化处理法的技术进展	110
第四章 化工废气污染控制	113
第一节 化工废气的来源、分类及特点	113
一、化工废气的来源	113
二、化工废气的分类	113
三、化工废气的特点	114

四、主要大气污染物·····	114
五、废气中主要污染物的影响·····	118
六、大气污染物的治理技术·····	118
第二节 除尘技术·····	119
一、粉尘的特性·····	119
二、除尘效率及压力损失·····	120
三、各种尘粒爆炸浓度的下限·····	123
四、除尘装置·····	124
第三节 气态污染物的处理技术·····	129
一、吸收法·····	129
二、吸附法·····	132
三、催化法·····	134
四、燃烧法·····	137
五、冷凝法·····	138
六、气态污染物处理的高新技术·····	139
第四节 二氧化硫污染及其治理·····	140
一、二氧化硫排放来源及其毒性·····	141
二、脱硫技术概述·····	142
三、石灰/石灰石法·····	144
四、氨法·····	145
五、钠碱法·····	147
六、双碱法·····	150
七、稀硫酸/石膏法(千代田法)·····	151
八、吸附法·····	152
第五节 氮氧化物污染及其治理·····	153
一、氮氧化物的来源及危害·····	153
二、氮氧化物的治理方法概述·····	155
三、改进燃烧法·····	156
四、吸收法·····	156
五、催化还原法·····	161
六、固体吸附法·····	162
第五章 化工废渣处理及资源化·····	164
第一节 概述·····	164
一、化工废渣的来源·····	164
二、化工废渣的分类·····	164

三、化工废渣的特点	166
四、固体废弃物的影响	167
第二节 化工废弃物处理技术	167
第三节 主要化工废渣回收利用技术	176
一、塑料废渣的处理和利用	176
二、硫铁矿渣的处理和利用	184
三、碱渣及电石渣的处理和利用	190
第四节 污泥处理与处置	195
一、污泥的来源与特性	195
二、污泥调理	196
三、浓缩	198
四、脱水	201
五、焚烧	206
六、综合利用	207
第六章 其他化工污染防治工程	210
第一节 噪声污染与控制	210
一、噪声的含义、特点与来源	210
二、化工企业噪声的特征	211
三、噪声的度量	213
四、噪声级的相加和平均值	214
五、环境噪声评价值	215
六、噪声的危害	215
七、噪声控制措施	218
第二节 热污染与防治	222
一、热污染的来源和危害	222
二、热污染的控制	223
第三节 电磁污染与防护	224
一、电磁污染的含义和来源	224
二、电磁污染的危害	224
三、电磁污染的防护	225
第七章 化工清洁生产工艺	226
第一节 概述	226
一、清洁生产的由来	226
二、什么是清洁生产	229
三、清洁生产的内容	231

第二节 清洁生产的途径·····	233
第三节 清洁生产面临的障碍和实施步骤·····	235
一、清洁生产面临的障碍·····	235
二、促进清洁生产的手段·····	236
三、清洁生产审核·····	238
四、实施清洁生产的步骤·····	239
第四节 清洁生产的研究进展·····	241
第五节 我国的清洁生产研究·····	243
第六节 典型化工清洁生产工艺·····	246
一、乙苯生产的干法除杂工艺（化学合成行业）·····	246
二、蒽醌制取四氯蒽醌工艺（染料行业）·····	247
三、合成氨废水综合利用（化肥工业）·····	248
四、加压冷凝法回收敌百虫生产副产物氯甲烷（农药行业）·····	249
第七节 绿色化工·····	250
一、绿色技术·····	250
二、环境标志·····	252
第八章 环境质量评价 ·····	254
第一节 概述·····	254
一、环境质量评价的概念和类型·····	254
二、环境质量评价的目的和任务·····	255
三、环境质量评价的由来和发展·····	255
四、环境质量评价的一般方法·····	255
第二节 环境标准·····	256
第三节 环境质量现状评价·····	258
一、环境质量现状评价的内容·····	258
二、环境质量现状评价的步骤和程序·····	259
三、环境质量现状评价的方法·····	259
四、大气环境质量评价·····	260
五、水体环境质量评价·····	265
第四节 环境质量影响评价·····	267
一、环境质量影响评价的由来·····	267
二、环境质量影响评价的必要性·····	267
三、环境质量影响评价的程序·····	268
四、环境质量影响评价的方法·····	268
五、环境质量影响评价报告书的编制·····	271

第九章 环境保护对策与化工可持续发展	275
第一节 环境保护法律、法规	275
一、环境保护法的概念	275
二、环境保护法的特点	275
三、环境保护法的任务与作用	276
四、我国环境保护法规体系	277
五、我国环境保护法的基本原则	278
六、1992 年以来我国环境保护立法简介	280
第二节 环境管理和环境教育	281
一、环境管理	281
二、环境教育	289
第三节 发展环境科学技术	293
一、发展环境科学技术的重要性	293
二、我国环境科学技术发展状况及问题	294
三、加强环境科学技术研究及应用	296
第四节 环境与化工可持续发展	298
一、可持续发展	298
二、资源与可持续发展	299
三、环境与可持续发展	300
四、化工的可持续发展	300
主要参考文献	302

第一章 环境与环境保护

第一节 环境与环境科学

一、环境的概念与定义

环境是一个应用广泛的名词或术语，因此它的含义和内容极其丰富又随着各种具体状况的差异而不同。从哲学上来说，环境是一个相对于主体的客体，它与其主体之间相互依存；其内容随着主体的不同而不同。这样，在不同的学科中，环境一词的科学定义也不相同，其差异源于主体的界定。对于环境科学而言，“环境”的含义应是“以人类社会为主体的外部世界的总体”。这里所说的外部世界主要指人类已经认识到的、直接或间接影响人类生存和社会发展的周围世界，主要是指地球表面与人类发生相互作用的自然要素及其总体。它是人类生存发展的基础，也是人类开发利用的对象。环境是以人类为主体的客观物质体系，它具有整体性、区域性、变动性等最基本的特征。更通俗意义上讲，环境指的就是我们人类生存的周围空间，我们生存的这个星球及这一星球上各种自然要素的相互关系。中华人民共和国1989年12月26日公布的《中华人民共和国环境保护法》明确地对“环境”概念做了如下规定：“本法所称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和，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”。这是一种把环境中应当保护的要素或对象界定为环境的一种工作定义，其目的是从实际工作的需要出发，对环境一词的法律适用对象或适用范围作出了规定，以保证法律的准确实施。

二、环境科学及其研究的目的和对象

环境科学是一门新兴、边缘、综合性学科，是在人们亟待解决环境问题的社会需要下迅速发展起来的。它是一个多学科到跨学科的庞大体系组成的新兴学科，是涉及到自然科学、工程技术、医学和社会科学的一门边缘学科，所以可以讲环境科学是一门还处于初生阶段、尚未成型的边缘学科。目前环境科学可定义为：“是一门研究人类社会活动与环境演化规律之间相互作用，寻求人类社会与环境协同演化、持续发展途径与方法的科学”。

环境科学研究的目的与我国环境保护法的任务是一致的，环境法总则第二章指出：“中华人民共和国环境保护法的任务是保护在社会主义建设中，

合理利用自然环境，防治环境污染和生态破坏，为人民造成清洁适宜的生活和劳动环境，保护人民健康，促进经济发展。”

一般认为，环境科学是以“人类和环境”这对矛盾之间的关系作为研究对象的科学。就是人类社会活动与环境演化规律之间相互作用关系，只有认识和掌握这种关系，才能根据此种关系发展过程的规律，进一步对此关系的发展进程进行预测和控制，从而寻求人类社会与环境协同演化、持续发展的途径与方法。即“人类生活和劳动的自然环境”，它具体研究环境质量的形成、变化和发展规律的科学。通过对这些方面的研究，其目的是要通过调整人类的社会行为，保护、发展和建设人类的生存环境，从而使环境永远为人类社会持续、协调、稳定的发展提供良好的支持和保证。

当前，环境科学的具体研究内容包括：人类社会经济行为引起的环境污染和生态破坏，环境系统在人类活动影响下的变化规律；确定当前环境质量恶化的程度及其与人类社会经济活动的关系；寻求人类社会经济与环境协调、持续发展的途径和方法，争取人类社会与自然界的和谐。

三、环境科学的任务

从某些国家的环境科学和环境保护工作的发展动向来看，大致可以分为三个阶段。第一阶段是应急阶段，面对严重的环境污染现实，进行应急治理。第二阶段进入防、治结合阶段，以防止污染的发生为主，并加以综合治理。这一阶段目前仍处于发展时期。第三阶段是完善和美化环境阶段，这一阶段中将更加强调环境的综合性，即强调人类与环境的协调发展，强调环境管理、全面规划、合理布局和资料的综合利用等等，把环境教育当做解决环境保护问题的根本手段。从事这些问题的研究教育是环境科学的重要任务。

环境科学的任务实质上是与环境科学的研究对象是一致的。它的主要任务是：揭示人类活动同自然生态之间的对立统一关系；探索全球范围内环境演化的规律；探索环境变化对人类生成的影响；研究区域环境污染综合防治的技术措施和管理措施。

四、环境科学的分支学科

环境科学的研究领域，在 20 世纪 70 年代以前比较侧重于自然科学和工程技术的方面，目前已扩大到社会学、经济学、法学等社会科学方面。对环境问题的系统研究，要运用地学、生物学、化学、物理学、医学、工程学、数学以及社会学、经济学、法学等多种科学知识。所以，环境科学是一门综合性很强的学科。

在现阶段，环境科学主要是运用自然科学和社会科学的有关学科的理论、技术和方法来研究环境问题，形成与其有关的学科相互渗透、交叉的许多分支学科。

属于自然科学方面的有：环境工程学、环境地学、环境生物学、环境化学、环境物理、环境数学、环境水利学、环境系统工程、环境医学等。

属于社会科学方面的有：环境社会学、环境经济学、环境法学及环境管理学等。

因此，环境科学体系好像一株大树，树上分枝，枝上分枝，但它们都是“同根生”，即各分支学科都以环境为共同的研究对象。

环境是一个有机的整体，环境污染又是极其复杂的、涉及面相当广泛的问题。因此，在环境科学发展过程中，环境科学的各个分支学科虽然各有特点，但又互相渗透、互相依存，它们是环境科学这个整体的不可分割的组成部分。

其中，环境工程学指运用工程技术的原理和方法，防治环境污染，合理利用自然资源，保护和改善环境质量。主要研究内容有大气污染防治工程、水污染防治工程、固体废物的处理和资源化、噪声控制等，同时研究环境污染综合防治，运用系统分析和系统工程的方法，从区域环境的整体上寻求解决环境问题的最佳方案。

第二节 环境问题

一、环境问题及其发展

环境问题的发生经历了一个从轻到重、从局部到区域到全球的发展过程。环境问题是指由于自然或人为活动而使环境发生的不利于人类的变化。这些变化影响人类的生存、生产和生活，甚至带来灾难，是人类违背自然规律所受到的大自然的报复。人类对环境问题的认识是从环境污染与资源破坏开始的。

人类早期的生产活动比较简单，规模较小，对环境影响不大，自然界的自我调节也抵消了许多不利的影响。因此，人们对环境问题的认识不深，没有采取任何治理环境污染、保护环境的措施，这种状况一直延续到 19 世纪初叶。

而环境污染作为一个重大的社会问题，是从产业革命开始的。由于当时只顾生产，不顾对环境的污染，造成了严重的后果。产业革命的故乡——英国伦敦市早在 1873 年、1880 年、1882 年、1891 年和 1892 年连续发生了一系列煤烟型大气污染事件，每次都造成众多人员的伤亡。

进入 20 世纪，特别是二次世界大战之后，科学、工业、交通都发生了迅猛的发展，尤其是石油工业的崛起，工业过分集中，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大到大气、水体、土壤和食品等各方面的污染，酿成了不少震惊世界的公害事件。所谓世界八大

公害事件，就是指 20 世纪 30~60 年代在一些工业发达国家中发生的对公众造成严重危害的事件。其中，比利时马斯河谷烟雾事件，一周内几千人受害发病，60 人死亡。美国多诺拉镇烟雾事件，该镇仅有 1.4 万人，4 天内就有 5900 人因空气污染而患病，20 人死亡。1952 年，英国伦敦烟雾事件，5 天内死亡 4000 人。日本水俣事件，因甲基汞中毒受害发病 1004 人，死亡 206 人。日本富山事件，因镉中毒，10 年内患“骨痛病”惨死者近 100 人。日本四日市事件，10 年内全国患四日市气喘病者高达 6376 人。其实世界上大的污染事件，还远不止这八件。1970 年 7 月 13 日发生在东京市的光化学烟雾事件，受害者达 6000 多人。1972 年发生在伊拉克的汞中毒事件，受害者 7000 人，死亡 500 人等。这些国家的环境污染已经到了忍无可忍的地步，公众不断对环境公害提出诉讼，甚至有些公众愤怒而起砸坏工厂。

随着环境问题的不断发展，人类对环境问题的认识也在不断发展。20 世纪 50 年代以来，环境污染问题出现了两次高潮，人类的认识也随之出现了两次高潮。第一次是在 20 世纪的五六十年代。在工业发达国家环境污染达到了相当严重程度，直接威胁到人们的生命和安全，成为重大的社会问题，激起了广大人民的强烈不满，也影响了经济的顺利发展，如在 1970 年 4 月 22 日，美国环境保护主义者还推动组织了 2000 万人大游行，提出“先污染、后治理”这条路不能再继续走下去了。被动的防治局面必须改变，预防为主的综合防治办法必须尽早实施。这就是 1972 年 6 月联合国在斯德哥尔摩召开的人类环境会议的历史背景。这次会议通过了《人类环境宣言》，唤起了全世界的注意。这次会议对人类环境问题来说是一个里程碑。工业发达国家把环境问题摆上了国家的议事日程，制定法律，建立机构，加强管理，采用新型技术，环境污染得到了有效控制，环境质量有了很大的改善。第二次高潮是 20 世纪 80 年代初伴随环境污染和大范围生态破坏而出现的。人们关心的是一些影响范围大和危害严重的环境问题，主要有酸雨、臭氧层破坏和“温室效应”等。这些全球性环境问题严重威胁着人类生存和发展，不论是广大公众还是政府官员，也不论是发达国家还是发展中国家，都普遍对此表示不安。1988 年 11 月在德国汉堡召开的全球气候变化会议上指出：如果“温室效应”不被阻止，世界在劫难逃。各国政府都充分认识到了这些问题的严重性和预防污染的必要性。为治理和改善已被污染的环境，为防止新的污染发生，就要求加强环境管理。这首先就有一个如何全面正确地认识环境的问题。

各国积极建立环保机构，国际组织踊跃参与推动环境保护的发展。斯德哥尔摩人类环境会议之后，许多国家相继成立了环保管理机构（局、部、理事会、委员会等）。据统计，20 世纪 70 年代初成立环保管理机构还不到 10