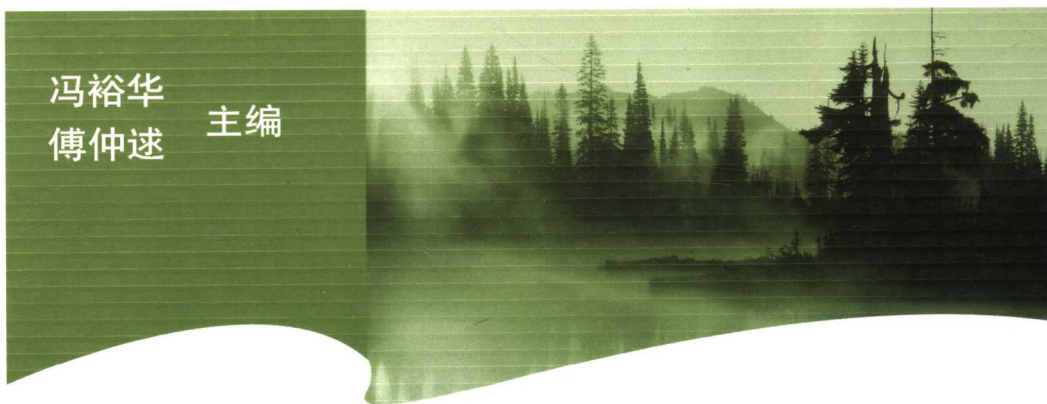


环境污染控制

(修订版)

冯裕华 主编
傅仲述



HUANJING WURAN KONGZHI

中国环境科学出版社

高等院校环境类系列教材

X506
F-919

环境污染控制

(修订版)

冯裕华 傅仲速 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境污染控制 / 冯裕华, 傅仲逮主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2003.11

(高等院校环境类系列教材)

ISBN 7-80163-760-7

I. 环… II. ①冯… ②傅… III. 环境污染—污染控制—高等学校—教材 IV. X506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 089233 号

责任编辑 沈 建

责任校对 扣志红

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行电话: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2004 年 2 月第一版 2006 年 8 月修订版
印 数 5 001—8 000
印 次 2006 年 8 月第二次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 21.25
字 数 428 千字
定 价 32.00 元

【版权所有, 未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

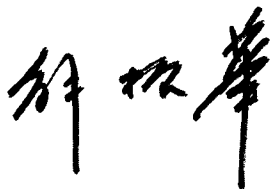
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本发行部更换

序

环境保护工作包括污染防治、生态保护和核安全三大领域，正在发生四个重要转变：一是从点源治理向流域区域综合治理转变；二是从末端治理向源头和全过程控制转变；三是从污染物排放浓度控制向排放总量和浓度控制相结合转变；四是从污染防治为主向污染防治与生态保护并重转变。“九五”以来，在党中央、国务院的正确领导下，各地、各部门积极贯彻落实可持续发展战略和环境保护基本国策、加大环境保护工作力度，加强工业污染防治和城乡环境保护，推动我国环境保护事业进入了一个新的发展阶段。从总体上看，在国民经济保持快速增长的情况下，主要污染物排放总量得到控制，部分地区环境质量有所改善，生态保护明显加强，关心环境、爱护环境、积极参与环境保护的良好社会氛围正在形成，全国环境保护取得重要进展。

但是要清醒地看到，我国的环境形势还相当严峻，污染物排放总量还明显超过环境容量，与社会、经济发展和人民群众的要求，与全面建设小康社会的目标差距还相当大。环境问题仍然是制约经济发展、影响人民群众健康和一些地区社会稳定的重要因素，环境保护的任务十分艰巨。刚刚召开的全国重点流域区域污染防治工作会，对“十五”后期重点流域区域污染防治工作作出了部署，提出要坚持突出重点与全面推进相结合，集中力量抓好重点流域区域污染防治；坚持预防为主、防治结合，更加重视预防，加快环境治理步伐，坚持标本兼治、综合治理等项原则，确保重点流域区域污染防治任务按期完成。

希望本书的出版会对进一步深化污染防治工作和人才培养起到积极的作用。



内容介绍

本书对环境污染控制方面的有关理论、政策, 计算、操作方法, 污染源的识别与解析、生产工艺与控制技术的选择确定, 以及重污染行业典型工艺流程、污染状态和控制技术进行了全面系统地阐述。

全书共八章。第一章导论, 从环境问题本质说明了环境污染控制是人类文明进程自身行为的调整和修正。第二章环境污染控制的理论及实践, 内容包括理论、政策性概念, 目标和任务。第三章污染源识别与解析, 内容包括污染源识别的方法, 污染源调查与评价、解析的方法, 环境审计与产品的生命周期分析。第四章物料衡算法, 内容包括衡算步骤, 各种不同条件下计算的例题示范讲解。第五章工业生产过程及污染源控制, 共分九节, 除生产工艺的选择确定方法外, 每一节为一类工业行业的典型工艺及污染控制, 在每节的结尾处评价所讲工艺及控制技术的类型, 并介绍一些具有推广价值的清洁工艺和控制技术。第六章农业污染及控制, 以农业非点源污染为重点介绍。第七章交通运输污染及控制, 重点介绍汽车、摩托车的排气污染、火车的噪声污染、船舶的水域污染及其控制。第八章生活污染及控制, 根据生活污染的特点介绍生活废气、生活废水、生活垃圾粪便的污染及控制。

本书适合大专院校环境各专业作正规教材, 也适合环境管理干部和技术人员阅读和参考。

前 言

环境污染控制是环境工作的重要组成部分，面对经济的高速发展对环境增加的污染压力和市场经济新体制的要求，工业环境污染约束机制与市场调节的矛盾等，环境污染控制的任务是艰巨的。

编者在自己多年讲授研究本课程的基础上，为更好解决上述问题广泛吸纳了国家对环境污染控制方面最新的政策规范，国内外本学科的前沿进展，以环境污染控制是人类在这一进程中对自身行为的调整和修正开篇，详细阐述了环境污染控制的理论依据、操作、计算方法，以及工业、农业、交通、生活过程中的污染发生及控制。

全书贯穿了按全过程控制来选择工艺，选择产品，选择原料，优化设备，循环套用，强化管理。同时介绍了污染控制技术的选择确定，没有排斥必要的末端治理，顾及了中国国情。

本书不但是教科书也是实用性很强的工具书，不仅可以作为大中专教材，还可以供环保现职人员阅读参考。为了帮助读者牢固掌握基本内容，书中第一、二、三、四、六、七、八章各章和第五章的每一节都编写有习题。

全书由冯裕华、傅仲速主编，并编写了前言、第一、二、三、四、五章和第六章第一节、第七章第一、三节，张洋、王玉萍、闫永生编写了第八章，许涛编写了第七章第二节，卓胜广编写了第六章第二节，李金铃编写了第六章第三节，马达、张辉国编写了第八章的污水处理厂部分。

感谢广大读者对本书第一版的欢迎和好评。在本书修订时编者加入

了第六次全国环境保护大会的内容：包括温家宝总理在会议上重要讲话中的贯彻科学发展观，实现三个转变，做好四个方面工作，从八个方面采取有效措施；也包括周生贤局长关于环保工作要站在历史的新起点，肩负起新使命的工作部署；还包括了“十一五”环境保护计划的主要内容和《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》。党中央国务院对环保工作的重视、支持和关怀，必将鼓舞每个环保工作者努力工作的信心和恪尽职守的勇气。

在编辑和加工过程中得到了傅晓乐、牛志才、胡中伟的热情支持和帮助；中国环境科学出版社沈建副编审对本书的编写、编辑给予了大力帮助并花费了大量心血，在此一并表示感谢。

由于内容涉及面广，科技性强，虽经努力，书中仍难免有错误和不当之处，请广大读者批评指正。

编 者

2006年7月18日

目 录

第一章 导 论	1
第一节 对环境污染控制认识的渐进性	1
第二节 环境污染控制的主要内容	7
第三节 学习环境污染控制将获得的效果	8
第二章 环境污染控制的理论及实践	9
第一节 环境污染控制的有关理论	9
第二节 有关环境污染控制的政策性概念	22
第三节 环境污染控制现状及趋势	38
第三章 污染源识别与解析	49
第一节 污染源	49
第二节 污染源的识别	51
第三节 污染源解析	59
第四章 物料衡算法	67
第一节 物料衡算的原理及步骤	67
第二节 单纯物理变化过程的物料衡算	72
第三节 有化学变化过程的物料衡算	75
第五章 工业生产过程及污染源控制	85
第一节 生产工艺与污染控制技术的选择确定	85
第二节 钢铁工业（黑色金属冶炼）污染及控制	89
第三节 有色金属冶炼污染及控制	113
第四节 煤的清洁利用、火力发电的污染及控制	125
第五节 石油化工的污染及控制	149
第六节 化学工业污染及控制	160
第七节 轻工业污染及控制	170
第八节 建材行业污染及控制	183

第九节 高技术、电磁辐射、放射性污染及控制	202
第六章 农业污染及控制	223
第一节 农业生产及污染概述	223
第二节 农业非点源污染及其危害	225
第三节 农业污染及控制	246
第七章 交通运输污染及控制	259
第一节 交通污染概述	259
第二节 陆地交通污染及控制	263
第三节 船舶水域污染及控制	284
第八章 生活污染及控制	289
第一节 生活污染概述	289
第二节 生活污染的发生现状	290
第三节 生活污染及控制	302
参考文献	324

第一章 导 论

第一节 对环境污染控制认识的渐进性

1 环境污染控制是人类文明进程中对自身行为的调整和修正

1.1 环境问题的出现

人类自诞生以来,经历了敬畏自然、依赖环境的原始文明(采猎文明);改造自然、干扰环境的农业文明(黄色文明);征服自然、破坏环境的工业文明(黑色文明)。环境问题是渐进性地显现出来的。它突出表现在 20 世纪中期,爆发于一些发达国家的公害事件,以及之后频频发生的各种污染事故,警示人类在陶醉于精心策划的工业化进程所带来的辉煌时,生存的危机已经严酷地摆在了面前,其带来的人力、物力损失是巨大的。据世界银行测算,各国损失程度虽有不同,但无一例外损失巨大。中国 2000 年经济的发展状态,仅水、空气污染一年造成的损失就高达 540 亿美元,占国民生产总值的 8% 左右。很多先驱学者早就在提醒人们保护环境、控制污染的重要。如美国科学家 R. 卡逊在 1962 年就发表了《寂静的春天》,告诉人们如果继续使用毒性大的农药,很多鸟类及其他小生命会减少,乃至灭绝,再也听不到鸟的叫声,人类将面临一个寂静的春天。我国诗词歌赋中描绘“春眠不觉晓,处处闻啼鸟。”“两个黄鹂鸣翠柳,一行白鹭上青天”“草长莺飞二月天……”等多彩景象,如果没有了鸟语花香,没有了蜂蝶翻飞,世界还有什么色彩?但卡逊的著作当时引起了轩然大波,遭到了来自各方面的指责与攻击。文章的价值只在卡逊过世之后才为世人认可。1972 年英国经济学家 B. 沃德和美国微生物学家 R. 杜博斯合著的《只有一个地球》是人类环境意识觉醒的一个全面总结。地球上的智慧人无论理性思维多么发达,创造力多么强大,终究无法摆脱其自身的生物性,也就无法摆脱对环境的依赖。因此人类经过反思自己的行为,从那时已经开始着手研究和解决环境问题了,已经开始向关爱自然、善待环境的环境文明迈进。

1.2 环境问题的本质

(1) 三种生产

人与自然组成的世界系统的结构，在基本层次上，可以抽象为是由三种生产——人口生产、物资生产、环境生产构成的环状结构。见图 1-1。

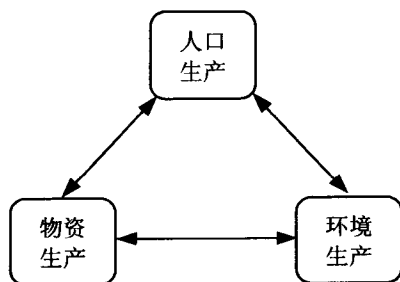


图 1-1 人与自然组成的世界系统的结构

这种首尾互动的环状联系使得任何一种生产不畅都会危害整个世界系统的运行，也就是说，人与自然世界系统的畅通程度取决于三种生产的和谐程度。

人口生产：是指人类生存繁衍的总过程，是人类社会生存，维持生命体扩大再生产和生命力简单再生产的社会活动形式。该过程消费物资生产产出的生活资料和环境生产所提供的生活资源，产生人力资源以支持物资生产和环境生产，同时产生消费废弃物返回环境，产生消费再生物返回物资生产环节。

物资生产：是为满足人口生产需要所从事的商品生产、经济活动。其含义近乎通常所谓的劳动生产，指人类从环境中索取生产资源并接受人口生产环节所产生的一部分消费废弃物，再将它们转化为生活资料的总过程。该过程在产出生活资料满足人类物资需要的同时还产生加工废弃物返回环境。

环境生产：指在自然力和人力的共同作用下对环境的自然结构和状态维持与改善的全过程。包括消纳污染（加工废弃物、消费废弃物）和产生资源（生活资源和生产资源）。它不同于传统的第一、二、三产业，它的根本任务不是向人口生产环节提供生活资料，而是保证环境能够源源不断地产生生活资源和生产资源。

(2) 三种行为

人类的社会行为由政府行为、市场行为（企业行为）和公众行为组成。

其中政府行为处于主导地位，它可以把属于自己的各种权力结合成一个系统的整体行为去调控市场行为，引导公众行为；

市场行为可以在经济利益的驱动下干扰、影响政府行为，刺激公众行为；

公众行为可以以民众意志约束政府行为，以公众的购买取向作为市场行为的

动力。

三种行为直接影响着三种生产。

(3) 环境承载力

环境是人类社会存在和发展的物质载体，它不仅是人类赖以生存、活动的空间，也是人类物质能量的唯一来源。这反映出环境对人类活动力具有支持能力。“环境承载力”一词在国内外文献、辞典中均有出现，又称环境承受力、环境忍耐力、环境负担能力或环境负荷量。可将其定义为：某一环境状态和结构在不发生对人类生存发展有害变化的前提下所能承受的人类社会作用，在规模、强度和速度上的限值，它是环境的基本属性——环境具有有限性的自我调节能力的量度。

从本质上说环境承载力是环境系统中物质流特性的表现，需要与自然界的再生能力匹配综合考虑。它可以用以下数学模式表述：

$$\phi(\text{环境承载指数}) = \frac{\text{人类活动强度}}{\text{环境承载力}}$$

若 $\phi > 1$ ，表明人类社会对环境的作用无论在规模、强度还是在速度上都超过了它的限值，即人类发展对环境的索取、对资源的配置大于环境对发展的支持度。此时的环境结构和状态将发生不利于人类进一步生存发展的变化，处于危机状态。

若 $\phi = 1$ ，表明环境基本处于满负荷状态，此时人类对环境的索取、对资源的配置只有重新调整，社会才能继续发展，处于警戒状态。

若 $\phi < 1$ ，表明人类发展对环境的索取、对资源的消费小于环境所支持的社会发展度，此时环境允许人类进一步发展，处于可持续发展状态。

以此为基础建立起一个可以观控，可以操作的指标体系，用来判别一个国家一个地区的生存环境是处于危机状态、警戒状态还是处于可持续发展状态。

(4) 环境问题的实质

结合上面讲的三种生产、三种行为和环境承载力的分析，在工业文明时代，世界系统运行中存在着三大基本矛盾：一是产品供应与社会需求之间的矛盾；二是自然资源的供应与社会需求之间的矛盾；三是废弃物的弃置和环境消纳能力之间的矛盾，而其最根本的是两种生产和环境承载力之间的矛盾。在很多时空段，环境承载指数往往在大于或等于 1 的状态下运作，使环境生产的输入、输出不平衡。此外商品生产为了单纯追求“经济利润最大化”，形成过量的物资生产，强化了对自然资源的恶性索取，超过了承载阈值；另外索取后的资源又加工成产品，在生产、分配和消费时将大量的污染物和废弃物排入环境，使环境进一步恶化。

因此环境问题的实质在于人类采取的不利于三种生产和谐发展的政府、市场、公众行为，从而丧失了与自然的友善关系。

换句话说，环境问题的实质一是人类经济活动索取资源的速度超过了资源本身

及其替代品的再生速度（自然资源的补给和再生、增殖都是需要时间的）；二是向环境排放废弃物的数量超过了环境的自净能力（环境容量是有限度的）。

（5）调整三种行为是控制污染、解决环境问题的基础和前提

有益于环境的政府行为：政府应制定切合实际的法律、法规、规范，调控、引导整个社会行为，正确、恰当的环境政策能够调动社会舆论和个人行为朝着有利于环境保护的方向发展，反之环境政策如果不当会对整个社会产生误导，将造成严重不良后果。

有益于环境的市场（企业）行为：市场、企业应遵守环境保护法律，执行对环境保护的承诺。企业的经营活动朝着有利于环境的方向发展，向消费者提供安全、节能、无公害的产品和服务，即所谓绿色投资、绿色技术、绿色产品、绿色营销、绿色标志、绿色服务等。

有益于环境的公众行为：公众应监督企业和政府行为是否符合“双赢”，并以爱护环境作为自身的行为取向。如果每个公民都能认识到环境是人类社会共同的资源，保护环境是自己不可推卸的义务和责任，政府的环境政策才能顺利实施，效果才会达到最大。因此环境政策制定过程中公众的知情程度、参与程度、反馈程度是重要的。

2 污染控制不是末端、尾部治理，而是全过程控制

2.1 全过程控制是经历了多年末端治理弯路之后理智的选择

20 世纪 70 年代初期斯德哥尔摩会议后，环境保护受到世界各国的认同，并取得了可喜的进展，但终究没有跳出末端治理的基本格局而使路越走越窄，出现了一方面人类耗巨资保护环境，治理污染，如美国当时用于环境保护的投资每年 300 亿~900 亿美元，日本达 700 亿美元以上，我国也在 100 亿人民币以上，而另一方面环境仍处于局部有所改善、总体继续恶化的状态。直到 1992 年，里约热内卢世界环境发展大会提出了可持续发展、全过程控制污染、清洁生产等新观点，并付诸实施，才为人类现代文明保护环境控制污染带来了生机与活力。我国也审时度势，在第二次全国工业污染防治工作会议上明确提出了“三个转变”。

三个转变：在污染防治战略上要从侧重末端治理逐步转变为工业生产全过程控制；在污染排放控制上，要由浓度控制转变为浓度与总量双轨控制；在工业污染治理上要由分散的点源治理转变为集中控制与分散治理相结合。

2.2 全过程控制的步骤

全过程控制是指对生产准备过程、基本生产过程、辅助生产过程以及生产服务过程全面进行控制。这些生产过程遵照一定专业化原则（工艺专业化或对象专业化

形成的原则)在一定空间范围内通过相互联系的生产单元来实现控制。

(1) 生产准备过程控制: 包含产品的设计、生产工艺设计、设备的选型和安装、原辅材料的准备等过程控制。它要求使用无毒、无害的(或尽量少用有毒、有害的)原辅材料, 合理的配比数量、优质成分, 通过先进的生产工艺流程、配套的设备和合理的安装, 达到生产出无毒、无害(或尽量是少毒、少害)的产品, 而且要求此产品使用安全、寿命长、产品报废后易于处置、处理, 不构成对环境的有害影响。

(2) 基本生产过程控制: 它是指生产过程中通过人工或自动化电子仪表对温度、压力、流量、时间、湿度、速度等一系列参数条件的过程控制。它要求与当时的生产工艺和设备管线的运行管理以及原辅材料的供给条件相适应、相协调, 使得原辅材料尽量减少流失和不产生(或少产生)有毒、有害的废弃物(或副产品)。

(3) 辅助生产过程控制: 是指生产过程中的供水、供汽、供电等设施的运行管理和生产过程的控制。它要求在生产过程中节水、省汽、节电从而达到减少污染物的排放。

(4) 生产服务过程控制: 一般是指产品和原辅材料的储运和包装过程控制。它要求减少产品和原辅材料在仓储和运输过程中的损耗和交叉污染; 对包装使用的材料要求质量轻、数量少, 易于回收处置、处理。

2.3 生产全过程控制系统图

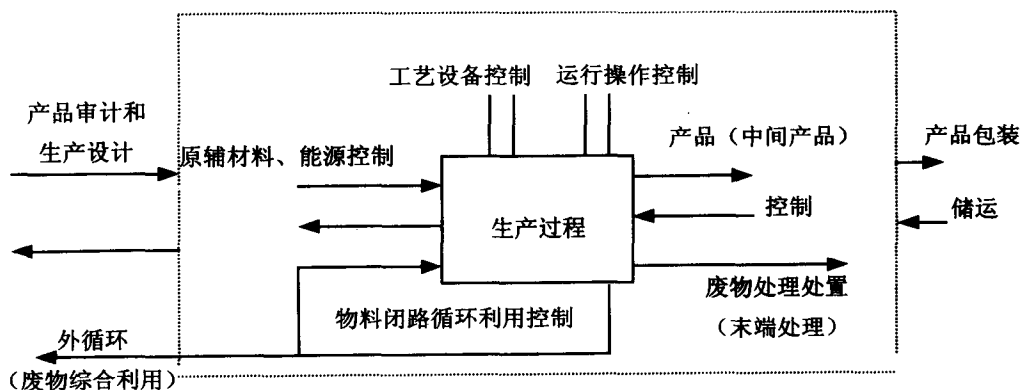


图 1-2 生产全过程控制系统图

2.4 末端治理与污染控制的三角形图式

图 1-3 示出了末端治理与污染控制的三角形图式。这一三角形图式表述了以点

源的末端治理为主逐渐进步为以污染预防、废物最小量化为主。

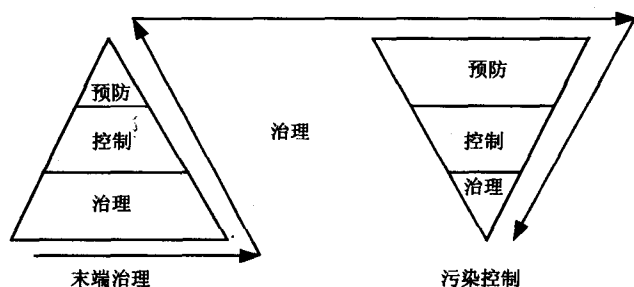


图 1-3 末端治理与污染控制的三角形图示

3 与环境污染控制相适应的新价值观

3.1 传统价值观

传统价值观：长期以来，人们所遵循的传统经济理论，只把人类劳动确定为商品价值的先决条件，且价值只有在参与市场交换时才转化为商品价格。这使没有劳动参与的自然资源，如空气、水等，以及没有体现在市场交易中的环境保护费用等全部被排除在商品价格之外，从而导致了贸易中的资源无价、原料低价、产品高价的不合理现象，强化了“大量索取、大量生产、大量消耗、大量废弃”，放纵了浪费资源、破坏环境的行为。

3.2 现代价值观

现代价值观：现代经济学在修正了原有产品价格误差的基础上，提出了环境成本内在化理论。其重点是：自然资源是有价值的，破坏环境是要赔偿的。其价值和赔偿来源于它的有效性和回馈性。它实现了人类价值观的一次飞跃。

3.3 环境成本及其内在化

环境成本：包括资源本身的价值，以及开采、生产、运输、使用、回收、处理产品时，为避免环境污染、生态破坏所需费用。

环境成本内在化：将商品在生产过程中消耗资源的成本价值与破坏环境的风险值“内部化”计入商品价格之中，其大小、多少取决于它们的稀缺程度和开发、利用、废弃全过程中环境的风险程度。这样把商品加工所需的生产成本和环境成本同时纳入商品市场价格，更客观、更真实地反映了产品的价值与价格，是控制污染有效、实用的经济措施。

第二节 环境污染控制的主要内容

本书导论部分从环境污染控制是人类文明进程中对自身行为的调整和修正；污染控制不是末端、尾部治理，而是全过程控制；与环境污染控制相适应的新价值观三个层面上阐述了人类对环境污染控制认识的渐进性。

1 有关理论，政策性概念

内容包括环境污染控制的概念、控制的原则、污染排放控制路线、几种通用可供选择的控制方法，政策性概念包括清洁生产、ISO 14000、循环经济、绿色供应链、关停“十五小”企业、水质报告、空气质量日报和预报、一控双达标、两控区、三三二一一工程、渤海碧海行动计划、环渤海地区禁磷，还囊括了 2006 年环保工作要点，“十一五”环境保护计划目标和任务中有关污染控制的部分。

2 有关环境污染控制方面的操作规范、计算方法

污染源识别包括污染源识别的概念、作用以及采用污染调查与评价的方法来识别污染源；有关污染源解析包括污染源解析的概念以及采用环境审计与产品生命周期分析的方法来解析污染源，并以专门独立的一章详细演示了各种生产状况下如何进行物料衡算等。

3 有关环境污染控制的实际案例

有关内容集中在第五、六、七、八章，第五章工业生产污染及控制共分九节：在学会如何选择、确定对环境有益的生产工艺、控制技术的基础上，后八节每一节为一种工业行业的典型工艺及采用的控制技术，通过解剖这些具有典型意义的工业生产的过程，加深对重点污染源、污染产业的认识，从熟悉企业的生产过程中学习产生污染的重点部位、重污染的岗位设备，有针对性地在生产工艺上选择清洁工艺，在控制技术上选择最佳实用技术。

第六章农业污染及控制，以农业非点源污染为介绍的重点。

第七章交通运输污染及控制，重点介绍汽车、摩托车的排气污染、火车的噪声、船舶的水域污染及控制。

第八章生活污染及控制，根据生活污染的特点介绍生活废气、生活废水和生活垃圾粪便的污染及控制。

第三节 学习环境污染控制将获得的效果

这个学科是一个实践性很强的学科，如果大家随时将书本知识理论联系本地、身边环保实际，既能加深记忆，又能锻炼大家分析问题解决问题的能力，取得事半功倍的效果。

本书从必要的理论、概念、计算方法入手，着重介绍污染源识别与解析和物料衡算法为环境监理、排污收费打下更科学的、定量的基础。通过剖析在国民经济中占有重要地位、污染严重的典型工业生产工艺过程产生污染物的数量、部位及控制方法，对照地融入可行、有效的清洁工艺、清洁技术。对农业、交通、生活污染及控制也进行了恰当的介绍。在广泛阐述污染及控制动态的基础上对照地融入效果明显、实用性强、国家推荐的最佳实用技术和示范工程实例。它源于实践，经加工、提炼、升华后指导实践，具有很强的可操作性。因此通过学习和深入阅读此教材可获得具有运用所学理论、概念、计算方法等进行污染源调查与评价的能力，为环境监理、排污收费服务；掌握人类活动全过程的污染控制方法，引导生产部门实行清洁工艺、清洁技术、清洁产品；熟悉建立产品的原料路线、工艺流程、单元技术组合匹配、单元操作组合匹配、单元设备组合匹配与污染物的输入响应关系，从而能够在实践中对众多生产工艺技术、污染防治措施进行筛选和优化。

习题一

1. 请解释下列词语

人口生产 物资生产 环境生产 三种行为 环境承载力
三个转变 全过程控制 环境成本 环境成本内在化

2. 怎样渐进地认识环境污染控制？
3. 人类诞生以来经历了哪几种文明？
4. 画图说明人与自然组成的世界系统运行的概念模型。
5. 从两种角度解释环境问题的实质。
6. 怎样用环境承载力数学模型来判定环境状态？
7. 怎样调整三种行为来解决环境问题？
8. 画出全过程控制系统图。
9. 以三角形模式说明末端治理和污染控制的区别。
10. 在环境价值问题上传统的经济学和现代经济学有什么不同？