

废气卷

三废处理 工程技术手册

■ 刘天齐 主编 黄小林 邢连璧 耿其博 副主编

化学工业出版社

SANFEICHUJINGONGCHENGJISHUSHOUCE

三废处理工程技术手册

废 气 卷

刘天齐 主 编
黄小林 邢连壁 副主编
耿其博

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

三废处理工程技术手册: 废气卷/刘天齐主编. —北京:
化学工业出版社, 1999.5
ISBN 7-5025-2470-3

I. 三… II. 刘… III. ①废物处理-技术手册②废气治
理-技术手册 IV. X7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 00209 号

三废处理工程技术手册

废 气 卷

刘天齐 主编

黄小林 邢连壁 副主编
耿其博

责任编辑: 张婉如 郭乃铎

责任校对: 马燕珠

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 49 字数 1226 千字

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000

ISBN 7-5025-2470-3/X·19

定 价: 85.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

编写人员名单

主 编 刘天齐
副主编 黄小林 邢连壁 耿其博
编写人员

刘天齐	绪论 第十八章
黄炜孟	第一章
邢连壁	第二、十九、二十章
耿其博	第三、六、七章
石学军	第四、五章
王海燕	第八章 附录
奚振声	第九章
马民涛	第十章
孟繁坚	第十一章
黄小林	第十二、十七章
张小青	第十三章
叶惠芝	第十四章
纪树兰	第十五章
陈业勤	第十六章

前 言

1992年联合国环境与发展大会之后，全球环境与发展事业发生了重大变革，人类开始接受并着手实施可持续发展战略。保护大气资源、保护大气环境、解决和控制臭氧层损耗，全球气候变暖、大范围的酸雨以及城市和地区的严重大气污染，引起了人们的普遍关注。但是，要保护大气环境首先应从源头抓起，控制和治理污染破坏大气环境的污染源。编写本书的目的，就是为控制和治理大气污染源（主要是工业源和机动车污染源）提供技术方案、治理方法、设备（或装置）造型、设备（或装置）设计方法，以及地区（或区域）大气污染综合防治的基本理论和方法。供使用者参考和应用。

本书是在1996年3月全国人大四次会议明确提出实施可持续发展战略，确定了跨世纪的环境保护目标之后的新形势下编写的，具有自己的特点。适用于高等院校环境工程专业作参考书和工具书，工业企业的环保人员、工程技术人员进行废气治理的工具书和参考书，也可作为环境管理干部、工程技术人员自学的参考书和工具书。

需要说明的是，除特殊说明之外，书中的气体体积均为标准状态下的数值。

本书是北京工业大学化学与环境工程系专业教师集体劳动的成果，并由刘天齐、黄小林、邢连璧、耿其博主编。在编写过程中，我们虽力争反映环保新形势下的观念和技术成就，达到科学、实用、先进的目标，但因水平所限，仍可能有疏漏、甚至错误，欢迎广大读者及专家指正。

刘天齐
1998年10月

内 容 提 要

本书为《三废处理工程技术手册》的废气卷，主要为控制和治理大气污染提供技术方案、治理方法、设备（或装置）选型和设计方法，以及地区（或区域）大气污染综合防治的基本理论和方法。

全书共分四篇 20 章。第一篇污染源，主要介绍污染源调查评价，废气的种类、来源、特征及危害，以及废气污染物产生量和排放量的估算等；第二篇废气治理技术，按污染来源及污染物性质特征分别介绍；第三篇废气治理设备设计，主要包括除尘装置、吸收和吸附装置、换热装置和净化系统等的设计；第四篇大气污染综合防治，主要介绍大气污染综合防治的原则和方法，大气污染物理和化学，推行清洁生产、实施清洁生产审计等。最后附有常用参数和部分国家标准。

本书可供工业企业的环保人员、工程技术人员使用，也可供环境管理干部及技术人员参考，还可作为高等院校环境工程专业师生的参考书和工具书。

目 录

绪论	1
一、大气污染	1
二、大气污染的影响	3
三、废气治理工程在环境保护中的地位 and 作用	7
四、大气污染管理	14

第一篇 污 染 源

第一章 概述	19
第一节 污染源的定义、分类及调查评价	19
一、污染源的定义	19
二、污染源的分类	19
三、污染源调查及评价	20
第二节 废气的种类及来源	23
一、废气的种类	23
二、废气及所含污染物的来源	28
第三节 废气中主要污染物特征及危害	53
一、几种主要污染物的物理、化学特性	53
二、主要污染物对人体的危害	60
三、主要污染物对生物、水、土资源及器物的影响	65
第二章 废气污染物产生量和排放量的估算	69
第一节 估算的一般方法	69
一、有组织排放的估算方法	69
二、无组织排放的估算方法	71
第二节 燃煤设备污染物产生量和排放量的估算	72
一、工艺描述	73
二、产污量和排污量的估算	74
三、燃煤工业锅炉污染物的产污和排污系数	74
四、燃煤茶浴炉、食堂大灶烟气中污染物的产污和排污系数	78
第三节 主要工业部门污染物产生量和排放量的估算	79
一、产污量和排污量的估算方法	79
二、主要工业部门产污和排污系数	80
第四节 乡镇工业污染物产生量和排放量的估算	94
一、产污量和排污量的估算方法	94
二、乡镇工业污染物排放系数	94

第二篇 废气治理技术

第三章 概述	102
第一节 废气治理的对象与要求	102
一、废气治理对象.....	102
二、废气治理的要求.....	103
第二节 废气治理方法	103
一、除尘方法.....	103
二、气态污染物治理方法.....	107
第四章 颗粒污染物的分类及性质	117
第一节 颗粒污染物的分类	117
一、根据进入大气环境的颗粒污染物来源分类.....	117
二、根据气溶胶的概念分类.....	117
第二节 颗粒污染物的物理性质	122
一、密度.....	122
二、粉尘粒径.....	122
三、粒子形状.....	123
四、粒径分布.....	123
五、粉尘的比表面.....	123
六、粉尘的浸润性.....	123
七、粉尘的荷电性及导电性.....	124
八、粉尘的粘附性.....	125
九、安息角与滑动角.....	125
十、磨损性.....	125
十一、光学特性.....	126
十二、自燃性和爆炸性.....	126
十三、粘性.....	127
十四、电性.....	129
第五章 颗粒污染物的控制技术	131
第一节 除尘装置的性能及分类	131
一、除尘装置的性能.....	131
二、除尘器的分类.....	138
三、除尘器的选择.....	139
第二节 机械式除尘器的除尘原理	140
一、重力沉降室.....	141
二、惯性除尘器.....	142
三、离心力除尘器.....	143
第三节 湿式除尘器	146
一、气液两相间的接触表面及捕尘体的型式.....	148
二、湿式除尘器效率计算.....	148

三、湿式除尘器的流体阻力	150
四、湿式除尘器型式介绍	150
第四节 过滤除尘器	162
一、过滤除尘器的类型及滤尘过程	163
二、袋式除尘器	164
三、颗粒层除尘器	171
第五节 电除尘器	176
一、电除尘器的分类	177
二、电除尘器的除尘效率	178
第六章 气态污染物控制方法	183
第一节 控制机理	183
一、气体扩散	183
二、气体吸收	184
三、气体吸附	187
四、气-固催化反应	190
五、可燃气体组分的燃烧	191
第二节 主要气态污染物的控制途径	192
一、采用低硫、低氮燃料	192
二、燃料脱硫、脱氮	193
三、改善燃烧方法, 改变燃烧条件	193
四、高烟囱排放	193
五、排烟治理	194
第七章 低浓度二氧化硫废气的治理	195
第一节 氨法	197
一、氨法吸收原理	197
二、氨-酸法	200
三、氨-亚硫酸铵法	203
四、氨-硫酸法	207
第二节 钠碱法	208
一、钠碱法的吸收原理	209
二、钠碱法工艺	210
第三节 石灰/石灰石法	216
一、石灰/石灰石直接喷射法	216
二、流化态燃烧法	219
三、石灰-石膏法	219
四、石灰-亚硫酸钙法	224
第四节 双碱法	225
一、钠碱双碱法	225
二、碱性硫酸铝-石膏法	227
三、CAL法	230

第五节 金属氧化物吸收法	232
一、氧化镁法	232
二、氧化锌法	234
三、氧化锰法	235
第六节 活性炭吸附法	236
一、方法原理	236
二、工艺方法与流程	237
三、影响因素	238
第八章 氮氧化物废气的净化	241
第一节 催化还原法	242
一、非选择性催化还原法	242
二、选择性催化还原法	243
第二节 液体吸收法	246
一、稀硝酸吸收法	246
二、氨-碱溶液两级吸收法	248
三、碱-亚硫酸铵吸收法	249
四、硫代硫酸钠法	250
五、硝酸氧化-碱液吸收法	251
六、络合液吸收法	253
七、尿素还原法	253
八、尿素溶液吸收法	254
第三节 固体吸附法	256
一、分子筛吸附法	256
二、活性炭吸附法	258
第四节 氮氧化物废气治理技术的选择及发展趋势	260
一、氮氧化物废气治理技术的选择	260
二、发展趋势	261
第九章 汽车排气的净化	263
第一节 燃料的改进与替代	264
一、燃料的改进	264
二、氢替代燃料	266
三、可燃性气体替代燃料	266
四、可燃性液体替代燃料	267
五、混合燃料或电力的替代	267
第二节 汽车排气的机内净化	267
一、汽油箱汽油蒸汽的控制系统	267
二、汽油直接喷射系统	268
三、曲轴箱排气的回收	274
第三节 汽车排气的机外净化	274
一、催化剂的制备	275

二、汽车排气的二元净化催化剂	276
三、汽车排气的三元净化催化剂	278
四、三效催化净化工艺流程	281
第四节 柴油车的排烟净化	282
一、机前的预防	282
二、机内净化措施	282
三、机后处理	282
第十章 其他气态污染物的控制	284
第一节 硫化氢的治理	284
一、干法脱硫	284
二、湿法脱硫	286
第二节 含氟废气的治理	290
一、干法净化技术	290
二、湿法净化技术	291
第三节 氯、氯化氢及酸雾的治理	293
一、氯气的治理	293
二、氯化氢废气的治理	294
三、酸雾的治理	295
第四节 含铅及含汞废气的治理	300
一、含铅废气的治理	300
二、含汞废气的治理	303
第五节 恶臭的治理	306
一、恶臭物质概述	306
二、恶臭的治理方法	307
第六节 沥青烟的治理	309
一、沥青烟的来源	309
二、沥青烟的组成与性质	310
三、沥青烟的治理方法	310
第七节 碳氢化合物的净化	312
一、燃烧法	314
二、催化燃烧法	317
三、吸附法	319
四、吸收法	322
五、冷凝法	322
第十一章 主要污染行业废气的治理	324
第一节 钢铁工业废气的治理	324
一、概述	324
二、烧结厂废气治理	324
三、炼铁厂废气治理	327
四、炼钢厂废气治理	327

五、轧钢厂及金属制品厂废气治理	329
六、铁合金厂废气治理	330
七、耐火材料厂废气治理	335
第二节 有色冶金工业废气的治理	337
一、概述	337
二、铝工业废气治理	337
三、重有色金属冶炼废气治理	339
四、稀有色金属冶炼废气治理	340
五、有色金属加工废气治理	341
第三节 电力工业废气的治理	342
一、概述	342
二、电力工业废气的治理	343
第四节 建材工业废气的治理	344
一、概述	344
二、水泥工业废气治理	344
三、建筑卫生陶瓷工业废气治理	345
第五节 化学工业废气的治理	349
一、概述	349
二、氮肥工业废气治理技术	350
三、磷肥工业废气治理技术	353
四、无机盐工业废气治理技术	356
五、氯碱工业废气治理技术	357
六、硫酸工业尾气中二氧化硫的治理	360
七、其他化学工业废气治理技术	360
第六节 石油化学工业废气治理技术	366
一、概述	366
二、石油化学工业废气治理技术	366

第三篇 废气治理设备设计

第十二章 概述	376
第一节 废气治理设备设计的指导思想和设计依据	376
一、废气治理设备设计的指导思想	376
二、废气治理设备设计的依据	376
第二节 设计的理论和方法	377
一、设计的基本理论	377
二、设计方法与步骤	377
第十三章 除尘装置的选择和设计	380
第一节 重力沉降室及惯性除尘器设计	380
一、重力沉降室的设计计算	380
二、惯性除尘器	381

第二节 旋风除尘器的选型设计	383
一、旋风除尘器各部分的尺寸比例	383
二、常用旋风除尘器的结构和性能	384
三、旋风除尘器的基本选型设计	392
第三节 过滤式除尘器的选型设计	393
一、袋式除尘器的滤料和结构型式	393
二、常用袋式除尘器的结构和性能	394
三、袋式除尘器的选择和设计	407
四、颗粒层除尘器	408
第四节 电除尘器的选型设计	410
一、电除尘器的设计计算	410
二、常用的电除尘器	412
第五节 湿式除尘器的选型设计	418
一、喷淋除尘器	418
二、水膜除尘器	418
三、洗浴式除尘器	423
第六节 除尘系统的设计	429
一、管道设计	429
二、排灰装置	430
三、风机和电机的选择	436
四、除尘系统设计步骤	439
五、设计实例	440
第十四章 吸收装置的设计	444
第一节 吸收塔概述	444
一、吸收塔的构造	444
二、对塔设备的要求	444
三、塔型选择原则	445
第二节 填料塔及其吸收过程设计	446
一、填料	446
二、吸收过程的物料衡算与操作线方程	449
三、塔径的计算	453
四、喷淋密度	455
五、填料层高度的计算	458
六、填料层阻力	473
七、填料塔的附属结构	475
第三节 板式塔的设计	478
一、板式塔的主要塔板类型	478
二、板式塔的流体力学性能	479
三、浮阀塔主要工艺尺寸的设计	481
四、浮阀塔板的流体力学验算	492

第十五章 吸附装置的设计	496
第一节 概述	496
一、吸附装置设计的基本要求.....	496
二、吸附剂的种类和应用.....	496
三、吸附剂的选择与再生.....	498
四、吸附剂的残留吸附量与劣化现象.....	500
第二节 固定床吸附装置的设计	501
一、固定床吸附器的分类与结构特征.....	501
二、固定床吸附器的设计计算.....	503
第三节 移动床吸附装置的设计	509
一、移动床吸附器的结构特征.....	509
二、移动床吸附器的设计计算.....	511
三、移动床吸附器设计举例.....	513
第四节 流化床吸附装置的设计	515
一、流化床吸附器的结构特征.....	515
二、流化床吸附器操作速度的确定.....	517
三、流化床吸附器设计举例.....	518
第十六章 换热装置的设计	521
第一节 概述	521
一、换热器的分类.....	521
二、换热器的特征与选型.....	521
三、换热器的近代成果和发展趋势.....	524
第二节 管壳式换热器的设计	526
一、管壳式换热器的型式及结构.....	526
二、管壳式换热器的设计.....	532
三、管壳式换热器的应用.....	542
第三节 螺旋板式换热器的设计	545
一、螺旋板式换热器的结构特点及分类.....	545
二、螺旋板式换热器的设计.....	547
三、螺旋板式换热器的应用.....	550
第四节 板式换热器的设计	553
一、板式换热器结构特点.....	553
二、板式换热器的设计计算.....	554
三、板式换热器的应用.....	557
第五节 螺旋管式换热器	559
一、结构.....	559
二、基本传热公式.....	560
三、传热系数.....	561
四、压力损失.....	563
五、螺旋的最大直径.....	565

第十七章 净化系统的设计	566
第一节 净化系统概述	566
一、通风的重要性.....	566
二、通风方法.....	566
第二节 排气罩	569
一、排气罩气流流动的特性.....	569
二、排气罩的基本型式.....	575
三、排气罩的设计计算.....	577
第三节 管道系统的设计	584
一、管道布置的一般原则.....	584
二、管道系统的设计.....	585
三、风机和电机的选择.....	612
第四节 净化系统的防爆、防腐与防振	621
一、净化系统的防爆.....	621
二、净化系统的防腐.....	623
三、净化系统的防振.....	626

第四篇 大气污染综合防治

第十八章 大气污染综合防治的原则与方法	629
第一节 大气污染综合防治的概念及重要意义	629
一、概念.....	629
二、重要意义.....	629
第二节 大气污染综合防治的原则	631
一、以源头控制为主, 推行清洁生产.....	631
二、合理利用环境自净能力与人为措施相结合.....	632
三、分散治理与综合防治相结合.....	632
四、按功能区实行总量控制与浓度控制相结合.....	633
五、技术措施与管理措施相结合.....	634
第三节 制定大气污染综合防治规划的程序与方法	634
一、制定大气污染综合防治规划的目的与指导思想.....	634
二、大气污染综合防治规划与宏观环境规划.....	635
三、制定大气污染综合防治规划的程序与方法.....	637
第十九章 大气污染物理与大气污染化学	659
第一节 污染物在大气中的行为及其研究的意义	659
一、污染物在大气中的行为.....	659
二、研究污染物在大气中行为的意义.....	661
第二节 大气污染物理	661
一、污染物在大气中的运动行为.....	661
二、建设项目选址.....	674
三、布局.....	676

四、烟囱高度设计·····	677
五、大气污染预报·····	679
六、卫生防护距离的确定·····	681
第三节 大气污染化学·····	682
一、含硫化合物·····	682
二、氮氧化物·····	685
三、光化学烟雾·····	687
四、酸雨·····	689
五、大气污染物对平流层臭氧的破坏·····	690
第二十章 推行清洁生产，减少废气污染物排放 ·····	692
第一节 清洁生产的基本概念·····	692
一、清洁生产的定义·····	692
二、清洁生产的内容·····	693
三、清洁生产的指导思想·····	694
四、清洁生产谋求达到的目标·····	695
第二节 清洁生产的产生背景·····	695
一、国内外所面临的环境问题·····	695
二、世界环境保护战略的发展历程·····	699
第三节 推行清洁生产的必要性·····	700
一、清洁生产是实现可持续发展战略的需要·····	700
二、由末端治理向全过程控制转变·····	701
三、清洁生产潜力巨大·····	702
四、清洁生产是提高企业潜力的必由之路·····	702
第四节 清洁生产的审计方法·····	703
一、准备阶段·····	703
二、审计阶段·····	704
三、方案制定·····	705
四、方案实施·····	706
第五节 实现清洁生产的主要途径·····	706
一、原料的综合利用·····	706
二、改革原有工艺，开发全新流程·····	707
三、实现物料的闭路循环·····	707
四、工业废料转化成二次资源·····	709
五、改进产品设计，加强废品回收利用·····	709
第六节 主要工业部门创建清洁生产的方向和进展·····	710
一、矿产工业·····	710
二、冶金工业·····	711
三、电力工业·····	713
参考文献 ·····	716
附 录 ·····	718

附录一	通用常数	718
附录二	干空气的有关参数	719
附录三	一些气体水溶液的亨利系数	721
附录四	环境空气质量标准 (GB 3095—1996)	722
附录五	大气污染物综合排放标准 (GB 16297—1996)	726
附录六	锅炉大气污染物排放标准 (GB 13271—91)	742
附录七	工业炉窑大气污染物排放标准 (GB 9078—1996)	745
附录八	恶臭污染物排放标准 (GB 14554—93)	752
附录九	轻型汽车排气污染物排放标准 (GB 14761.1—93)	755
附录十	车用汽油机排气污染物排放标准 (GB 14761.2—93)	758
附录十一	汽油车燃油蒸发污染物排放标准 (GB 14761.3—93)	760
附录十二	汽车曲轴箱污染物排放标准 (GB 14761.4—93)	761
附录十三	汽油车怠速污染物排放标准 (GB 14761.5—93)	762
附录十四	柴油车自由加速烟度排放标准 (GB 14761.6—93)	764
附录十五	汽车柴油机全负荷烟度排放标准 (GB 14761.7—93)	765