



中国科学院环境化学研究所
彭天杰 余文涛 袁清林 毛文永



工业污染 治理技术手册

四川科学技术出版社

工业污染治理技术手册

中国科学院环境化学研究所

彭天杰 余文涛 袁清林 毛文永

四川科学技术出版社

一九八五年·成都

责任编辑：崔泽海 罗孝昌

封面设计：夏扬金

版面设计：翁宜民

工业污染治理技术手册

出版：四川科学技术出版社

印刷：自贡新华印刷厂

发行：四川省新华书店

开本：850×1168毫米 1/32

印张：18.25 插页：1

字数：454千

印数：1—5,440

版次：1985年10月第一版

印次：1985年10月第一次印刷

书号：15298·100

定价：4.60元

· 内 容 简 介 ·

本手册根据国家公布的工业“三废”（废水、废气、废渣）排放标准，针对工业生产中所排放的量面广的污染物，提供有关污染治理、综合利用、分析监测方面的适用技术。其中，第一章为工业三废治理技术原理；第二章至第五章为重金属、无机物、有机物和各主要行业废水的治理技术；第六章为工业废气的治理技术；第七章为工业废渣的综合利用技术。书后附有排放标准及有关表格。

本手册为环境保护工作人员提供了较为全面的污染治理参考资料；为中小型工矿企业提供了较为适用的污染治理技术；并可供大专院校环境保护专业教学参考。

· 前 言 ·

当前，我国环境污染和生态破坏尚未得到有效的控制，甚至在不断恶化，主要由于工业布局和自然资源开发利用不合理、工艺技术装备落后、科学管理水平低，以及对环境问题认识不足所造成。随着经济建设和社会的发展，如不采取相应措施，环境状况将会更趋恶化，其后果不堪设想。

环境保护是关系到社会主义物质文明和精神文明建设的大事。它不仅直接影响到当前的生产和生活，也关系到未来的生存和发展。党和国家在四化建设中十分重视环境保护，环境保护工作也日益为人们所关心和支持。在四化建设中解决好环境问题，这是时代赋予我们的责任。

在我国，环境问题有两大方面：一是如何控制污染；一是如何维护生态平衡。从一九七三年第一次全国环境保护会议以来，党和国家为解决这两大问题，曾做了大量工作，取得很大的成绩。但这两大问题至今仍很严重。就环境污染而言，主要由大量的工业废水、废气、废渣（即工业“三废”）未经必要的处理而随意排放所造成。据一九八一年的统计，全国38万多个工业企业，中小企业占90%以上。这些企业的技术装备一般都比较落后，原材料、能源的消耗定额大，加之布局不合理，对环境的危害不小。另外，全国一百多万个社队企业及街道工厂的兴办，也带来了大量污染问题。一九八一年全国废水总排放量为303亿吨，80%是工业废水；废气中排放的各种有害物质达4200多万吨；每年排放的各种工业废渣4.3亿吨，历年废渣总堆积量已达50多亿

吨，占地面积达400平方公里。

从一九七三年第一次全国环境保护会议起，十年来我国工矿企业遵循会议精神；按照环境保护方针，开展了环保工作。起初，开展污染源调查，重点放在工业“三废”，在调查的基础上，开始了工业污染治理技术的研究，包括物理、化学、生物净化等防治技术。其时，无害工艺、闭路循环、综合利用技术也有一定的进展。继开展工业污染治理技术研究后，又开展了环境质量评价的研究工作，并开始探讨污染物的成因、迁移、转化规律，污染物对生态、人体健康的影响，进而开展了综合防治方面研究工作。这样，我国的环境保护事业已由工业“三废”单项治理技术，发展到综合治理技术；由一个工厂治理扩展到区域综合防治；由污染防治发展到对自然生态的保护。

一九八三年底，召开了第二次全国环境保护会议，在总结十年来环境保护工作的基础上，明确我国环境保护工作的战略思想、战略目标和任务；提出到本世纪末，环境保护的奋斗目标是：“力争全国环境污染基本得到解决，自然生态基本恢复良性循环，城乡生产生活环境清洁、优美、安静，全国环境状况基本上同国民经济的发展和人民物质文化生活的提高相适应”。这一目标是宏伟的，任务是严峻的，从广度和深度上讲，意味着追溯污染的根源，积极根治现有的污染，严格控制新的污染；意味着使用一切控制污染的手段和措施，如调整布局，加强立法，加强管理，进行技术改造，开展综合利用，进行区域防治，充分利用环境自净能力等。不难看出，这对工矿企业提出的要求是高的，无论新、老企业，控制“三废”排放，治理“三废”污染，已成为他们的一项基本工作和必须认真对待的任务了。

为了帮助中小企业控制生产过程中的“三废”和治理“三废”，这本《工业污染治理技术手册》即应运而生。这是一本从我国现状出发、结合我国的特点和国情、较为实用的手册。看过之后，认为有其价值，所以将此手册推荐给广大的工矿企业和读

者。

衷心祝愿《工业污染治理技术手册》能成为从事工矿企业工作者和环保工作者所喜爱的读物。

申葆诚

1984年元月30日

· 说 明 ·

为了帮助新建企业更好地贯彻“三同时”原则（三废处理工程应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产），帮助现有企业治理“三废”，使工矿企业生产过程中的“三废”达到国家排放标准，我们特编写了这部《工业污染治理技术手册》。

《手册》的第一章介绍了工业污染治理的技术原理，重点介绍工业废水处理的化学法、物理法和生物法，以及三种方法相互组合的处理方法。根据污染物的成分、数量、性质等，选择适合本企业的、经济有效的处理技术，为简明和实用起见，我们尽量多列数据，少作公式推导和机理说明。

《手册》的第二章至第五章为工业废水处理技术，其中包括重金属、无机物、有机物和各主要行业废水的处理技术；第六章为工业废气的处理技术；第七章为工业废渣的处理和综合利用技术。书中所介绍的各种治理污染物均属国家排放标准中规定的污染物，为量大面广的污染物。所有治理技术都是以立足国内、经济有效、比较成熟、比较先进及比较实用的原则选择的，根据需要也介绍一些国外的和最近出现的处理技术。目的是尽量为工业“三废”处理工程、设计、施工、操作、技术改造提供更多的信息，力求使本手册成为中小工厂污染治理的指南。对于一些国内已经实用的技术，在书中均注明使用单位名称，读者在必要时可直接向有关单位查询更详细的资料。

三废处理的效果如何？需要经过测试确定。为了便于使用本书的三废治理工作者的分析测试，在第二章至第四章和第六章

的最后一节写上主要工业污染物的分析测试方法。并于书末尾附有排放标准、环境标准等若干表格，供使用、参考。

本手册主要是供中小企业环保技术干部和管理人员使用的，鉴于他们具有较丰富的环保知识和实践经验。因此，对常见的环保名词术语。本书即不作解释。对于同一事物的不同名称，应以中国大百科全书出版社出版的《大百科全书·环境卷》和有关部门审订的名词为准。

本手册在编写过程中，曾得到四川科技出版社的支持和鼓励。中国科学院环境化学研究所研究员申葆诚先生曾给予详尽的指导，提出许多宝贵意见，并对书稿作了详细认真的审阅和亲自撰写前言，在此一并表示衷心的感谢。

本手册完稿后，正值第二次全国环境保护会议闭幕之后，党中央和国务院非常重视我国环境保护工作，把环境保护做为我国的一项基本国策。为了实现四个现代化建设的总任务，适应国民经济和社会发展的需要，防治工业三废造成的环境污染，编写和出版这本手册更有实用价值。但是，限于水平，编写难免错误，望广大读者在使用中给予指正。

编 者

1984年元月

· 目 录 ·

第一章 工业“三废”治理技术原理

第一节 化学处理法 ····· 2	八、反渗透法····· 34
一、中和法····· 2	九、渗析法····· 40
(一) 酸性废水中和····· 2	十、萃取法····· 41
(二) 碱性废水中和····· 5	十一、汽提法····· 42
二、化学混凝沉淀法····· 6	十二、深井注入法····· 42
三、还原法····· 8	第三节 生物处理法 ····· 44
四、氧化法····· 9	一、生物处理的定义、 分类及条件····· 44
(一) 空气氧化····· 10	二、活性污泥法····· 49
(二) 氯氧化····· 12	(一) 活性污泥法的特征 和类型····· 49
(三) 臭氧氧化····· 12	1. 活性污泥法的特征····· 49
五、离子交换法····· 14	2. 活性污泥法的类型····· 51
六、电解法····· 15	3. 曝气装置····· 52
第二节 物理处理法 ····· 16	(二) 各种活性污泥法流 程····· 58
一、筛分及沉沙法····· 16	1. 传统曝气法····· 58
二、均化法····· 16	2. 阶段曝气法····· 58
三、沉降法····· 18	3. 变量曝气法····· 59
四、浮选法····· 23	4. 完全混合曝气法····· 60
五、蒸发法····· 27	5. 吸附再生法····· 60
六、过滤法····· 28	
七、吸附法····· 31	

6. 加速曝气法	61
7. 活性曝气法	63
8. 延时曝气法	64
9. 变形曝气法	65
10. 氧化渠法	65
11. 减量曝气法	65
12. 高悬浮物短曝气法	65
13. 克劳斯法和哈特菲尔 德法	66
14. 纯氧曝气法	66
15. 深水曝气法	69
16. 其它曝气法	70
(三) 活性污泥法的参 数	
1. 活性污泥法的参数计算	70
(1) 曝气池容积 (V_{AT})	70
(2) 需氧量 (O_2)	71
(3) 污泥指数 (SVI)	72
(4) 污泥龄	72
(5) 复氧常数	73
(6) 氧容量 (OC)	73
(7) 氧总转移速度系数 (K_{La})	74
(8) 污泥负荷 (F_w)	75
(9) 容积负荷 (Fr)	75
(10) BOD降解率 (E_{BOD})	75
(11) 污泥沉降比 (SV)	76
(12) 污泥密度指数 (SDI)	76
(13) 污泥浓度 (N_w)	76
(14) 污泥回流比 (p)	76
(15) 剩余污泥 (ΔS)	76
2. 活性污泥的培驯	77
(四) 活性污泥法的运 行故障	

(五) 活性污泥性质的 测定与计算方法	
三、生物滤池法	
(一) 生物滤池法的特 征	
1. 特征	82
2. 典型构造	83
(二) 生物滤池的类型	
1. 普通生物滤池	84
2. 高率生物滤池	84
3. 加速生物滤池	85
4. 通气滤池	85
5. 塔式滤池	85
(三) 生物滤池的运行	
1. 挂膜	86
2. 供氧	87
3. 回流	88
4. 运行故障	88
(四) 影响净化效果的参 数	
1. 生物相	89
2. BOD 负荷对降解率的 影响	90
3. 接触时间的影响	91
4. 温度的影响	91
四、生物转盘法	
(一) 生物转盘的特点, 构造及工作原理	
1. 特点	92

2. 构造	92	2. 氧平衡	105
3. 工作原理	94	3. 生物氧化塘的规划与利用	106
(二) 影响去除效果的参数	94	(三) 曝气式氧化塘	107
1. 表面负荷与氧化能力、处理效果的关系	94	1. 曝气式氧化塘的特点	107
2. 停留时间与处理效果的关系	95	2. 曝气式氧化塘的某些参数	107
3. 转盘的级数与处理效果的关系	95	七、稀释法和土地处理法	108
4. 转盘转速对处理效果的影响	97	(一) 稀释处理法	108
5. 进水方式对处理效果的影响	100	1. 采用稀释处理法的条件	108
(三) 运转管理	100	2. 河流的稀释排放	108
1. 培养和驯化生物膜	100	3. 湖泊的稀释排放	108
2. 生物相变化的掌握	100	4. 向海洋排放	109
3. 停产时的管理	100	(二) 土地处理法	109
五、接触氧化法	100	1. 特点、目的与类型	109
(一) 接触氧化法的特点和构造	100	2. 预处理	110
(二) 接触氧化法的处理效果	102	3. 规划、规模和效果	110
六、生物稳定塘	103	八、厌氧处理法	112
(一) 生物稳定塘的类型	103	(一) 厌氧处理的机理、条件和特点	112
1. 好氧塘	103	1. 机理	112
2. 厌氧塘	104	2. 条件	112
3. 兼性塘	104	3. 特点	112
(二) 生物氧化塘	104	(二) 厌氧处理的效果和运行	113
1. 净化机理	104	1. 效果	113
		2. 运行	113
		(三) 普通消化处理法	116
		1. 流程	116

2.运行·····	117
(四)高负荷厌氧消化	
法·····	118
(五)厌氧接触法·····	118
第四节 复合处理法 ·····	119
一、电解浮选法·····	119
(一)电解浮选处理废	
水的基本原理··	120
(二)电解浮选法处理	
废水的效果·····	120
二、活性炭-生物法·····	123
(一)活性炭-生物法	
的流程·····	123
1.粉末活性炭-活性污	
泥	
法·····	123
2.粒状活性炭-生物膜法	
·····	124
三、溶气浮选在生物处	
理中的应用·····	127

1.生物凝聚气浮·····	127
2.代替二次沉淀池·····	127
3.气浮浓缩污泥·····	128
4.分离某些溶解的污染	
物质·····	129

第五节 废水处理的分类及	
 程序 ·····	129
一、废水处理的分类··	129
1.一级处理·····	129
2.二级处理·····	129
3.三级处理·····	129
二、处理方法的选择··	130
1.减少废水量·····	131
2.降低废水浓度·····	131
3.根据污染质不同选择处	
理方法·····	131
4.根据感官性状选择处理	
方法·····	132
三、废水处理工程的工	
作程序·····	132

第二章 重金属废水的处理

第一节 含铬废水 ·····	136
一、铬及其化合物的性	
质与危害·····	136
二、铬及其化合物的治	
理技术·····	137
(一)化学还原法·····	137
1.药剂还原法·····	137
2.铁氧体法·····	138

3.铁粉和铁屑处理法··	140
4.钡盐法·····	143
5.中和沉淀法·····	145
(二)离子交换法·····	145
1.双阴柱全饱和流程处理	
系统·····	146
2.复床二塔体外树脂再生	
流程·····	148
3.离子交换法处理含铬废	

水装置	149	2. 锌粒还原法	164
(三) 电解还原法	151	3. 铜屑还原法	164
1. 电解法处理含铬废水	151	4. 硼氢化钠还原法	166
2. 隔膜电解法回收镀铬废液	152	(三) 离子交换树脂法	166
(四) 活性炭吸附法	152	1. 大孔巯基离子交换树脂法	167
1. 活性炭法处理菲醌生产中含铬废水	153	2. 用大孔巯基树脂处理甲基汞废水	167
2. 活化煤处理含铬废水	154	3. 腐植酸树脂处理含汞废水	168
3. 腐植酸类物质处理含铬废水	154	4. 沉淀法与离子交换纤维法两级处理含汞废水	168
(五) 蒸发浓缩法	155	(四) 活性炭吸附法	169
(六) 其它方法	156	(五) 闭路循环法	169
1. 表面活性剂法	156	第三节 含镉废水	170
2. 电渗析法	156	一、镉及其化合物的性质与危害	170
3. 反渗透法	157	二、镉及其化合物的废水治理技术	170
4. F-53 铬雾抑制剂	158	(一) 化学法	171
5. TBP 萃取处理含铬废水	159	1. 中和沉淀法	171
第二节 含汞废水	159	2. 漂白粉氧化法处理镀铬废水	171
一、汞及其化合物的性质与危害	159	3. 化学沉淀法处理含锌废水	172
二、汞及其化合物废水的治理技术	161	4. 硫化物沉淀法	172
(一) 化学沉淀法	162	5. 铁氧体法	173
1. 化学沉淀法处理电石厂含汞废水	162	6. 不溶性淀粉黄原酸酯法处理高浓度含镉废水	174
2. 硫化钠沉淀法处理含汞废水	162	(二) 吸附法	175
(二) 还原法	163	1. 用褐煤和风化煤粉处理含镉废水	175
1. 铁屑还原法	163		

2. 用磺化煤处理含镍锌	
镉铬废水·····	175
(三) 离子交换法·····	176
1. 离子交换法处理氰化	
镀镉废水·····	176
2. 用370型树脂处理含	
镉废水·····	176
3. 732离子交换树脂处	
理含镉废水·····	177
(四) 其它方法·····	177
1. 电渗析法处理氰化镀	
镉废水·····	177
2. 反渗透法处理无氰镀	
镉废水·····	177
3. 浮选法·····	177
第四节 含砷废水 ·····	178
一、砷及其化合物的性质	
与危害·····	178
二、砷及其化合物的治理	
技术·····	179
(一) 化学法·····	179
1. 铁氧体法·····	179
2. 石灰乳硫酸亚铁法··	179
3. 石灰铁盐中和法·····	179
4. 二次沉降处理硫酸厂	
含砷废水·····	180
5. 高分子凝聚剂处理含	
砷废水·····	180
(二) 离子交换法·····	180
(三) 反渗透法处理含	
砷废水·····	181

第五节 其它金属离子废水	
·····	181
一、含镍废水·····	181
(一) 镍及其化合物的性	
质与危害·····	181
(二) 含镍废水的治理技	
术·····	182
1. 沉淀法·····	182
2. 表面活性剂处理镀镍	
废液·····	182
3. 反渗透法处理镀镍废	
水·····	183
4. 反渗透法浓缩回收电	
镀含镍废水·····	183
二、含铅废水·····	183
(一) 铅及其化合物的性	
质与危害·····	183
(二) 含铅废水的治理技	
术·····	184
1. 聚氯化铝和氯纶纤维	
净化含铅废水·····	184
2. 蓄电池厂含铅废水的	
治理·····	184
三、含铜废水·····	185
(一) 铜及其化合物的性	
质与危害·····	185
(二) 含铜废水的治理技	
术·····	186
1. 置换法·····	186
2. 含铜磷酸溶液的处理	
	186

3. 用萃取和电解法处理印 刷电路板版氨腐蚀液	186
4. 由铜洗废水回收铜	187
四、放射性元素废水	187
(一) 放射性元素的性质 与危害	187
(二) 放射性废水的治理 技术	188
1. 稀土冶炼放射性废水	188
2. 放射性发光粉废水	189

3. 医院放射性污水的处理	189
---------------	-----

第六节 主要重金属元素的分析方法	190
一、铬的测定	190
二、镉的测定	198
三、汞的测定	202
四、砷的测定	205
五、废水样品的采集与保 存	208

第三章 废水中无机物的处理

第一节 酸碱度与pH值

一、酸碱废水的性质与危 害	211
二、酸碱废水的治理技术	212

(一) 中和法处理酸性废 水

1. 处理方式	212
2. 中和剂选用	214
3. 中和剂量	215
4. 酸碱废水中和方法	215
5. 注意事项	216

(二) 碱性废水处理 技术

1. 二氧化碳气中和法	216
2. 浸没燃烧法	217
3. 酸中和法	217
4. 生物处理法	218

5. 回收或重复利用	219
------------	-----

第二节 硫酸废水

一、硫酸废水的性质与危 害	220
二、硫酸废水的治理技术	220

(一) 回收法

1. 自然结晶法	220
2. 浸没燃烧高温结晶法	221
3. 真空浓缩法	221
4. 塔式浓缩法	222
5. 扩散渗析-隔膜电解法	222

(二) 中和法

(三) 其它处理法

1. 铁屑处理	223
2. 硫酸法	224

3. 热裂解法·····	224
4. 重复使用法·····	225
第三节 含盐废水·····	225

一、含盐废水的性质与危害·····	225
-------------------	-----

二、含盐废水的治理技术·····	225
------------------	-----

(一) 蒸发浓缩·····	226
---------------	-----

1. 真空蒸发法·····	226
---------------	-----

2. 喷雾蒸发法·····	226
---------------	-----

3. 沸腾造粒法·····	226
---------------	-----

(二) 冷分离法·····	226
---------------	-----

(三) 其它方法·····	227
---------------	-----

1. 电渗析·····	227
-------------	-----

2. 离子萃取·····	227
--------------	-----

3. 离子吸附·····	227
--------------	-----

第四节 含硫废水·····	227
----------------------	------------

一、硫及其硫化物的性质与危害·····	227
---------------------	-----

二、硫及其硫化物废水的治理技术·····	228
----------------------	-----

(一) 汽提法·····	228
--------------	-----

1. 单塔汽提法·····	228
---------------	-----

2. 双塔汽提法·····	229
---------------	-----

(二) 氧化法·····	231
--------------	-----

1. 空气氧化法·····	231
---------------	-----

2. 催化氧化法·····	231
---------------	-----

3. 化学氧化法·····	232
---------------	-----

(三) 生化法·····	233
--------------	-----

(四) 其它处理法·····	234
----------------	-----

1. 活性炭吸附·····	234
---------------	-----

2. 电渗析·····	234
-------------	-----

3. 离子交换·····	234
--------------	-----

4. 反渗透·····	234
-------------	-----

第五节 含氟化物废水·····	234
------------------------	------------

一、氟化物废水的性质与危害·····	234
--------------------	-----

二、氟化物废水的治理技术·····	235
-------------------	-----

(一) 回收利用·····	235
---------------	-----

(二) 钙盐沉淀法·····	236
----------------	-----

(三) 混凝沉淀法·····	238
----------------	-----

1. 硫酸铝(明矾)处理·····	238
-------------------	-----

2. 石灰-二氧化碳曝气法·····	238
--------------------	-----

3. 混凝氧化法·····	240
---------------	-----

4. 电凝聚法·····	240
--------------	-----

(四) 吸附法·····	240
--------------	-----

1. 活性氧化铝吸附法·····	240
------------------	-----

2. 离子交换树脂吸附法·····	241
-------------------	-----

3. 磺化煤、磺化木屑吸附法·····	242
---------------------	-----

4. 活性炭吸附法·····	242
----------------	-----

5. 过磷酸钙吸附法·····	242
-----------------	-----

(五) 焚烧法·····	243
--------------	-----

(六) 其它处理方法·····	245
-----------------	-----

1. 反渗透法·····	245
--------------	-----

2. 电渗析法·····	245
--------------	-----

第六节 其它废水·····	245
----------------------	------------

一、氨氮废水·····	245
-------------	-----

(一) 氨氮废水的性质与危害·····	245
---------------------	-----