

GONGYEFESHUI

WURANFANGZHI

# 工业废水污染防治

章非娟 主编



同济大学出版社

# 工业废水污染防治

章非娟 主编

同济大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

工业废水污染防治/章非娟编. —上海: 同济大学出版社, 2001. 5

ISBN 7-5608-2235-5

I. 工… II. 章… III. 工业废水-污染防治  
IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000) 第 78822 号

**工业废水污染防治**

**作者** 章非娟 **主编**

**责任编辑** 陶文文 **责任校对** 郁 峰 **装帧设计** 潘向葵

---

**出 版**  
**发 行** 同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

**经 销** 全国各地新华书店

**印 刷** 常熟市印刷八厂印刷

**开 本** 787mm × 1092mm 1/16

**印 张** 14

**字 数** 358 400

**版 次** 2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

**书 号** ISBN 7-5608-2235-5/X·25

**定 价** 23.00 元

---

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

# 前 言

工业废水是我国水环境污染的主要来源,工业废水污染防治是影响国民经济能否持续发展、自然资源能否持续保存和永续利用的一个重要因素。因此,我国一直把工业污染防治作为环境保护的重点,采取了许多行之有效的对策和策略,以缓解工业废水对环境的污染。但由于我国经济的发展十分迅猛,加之工业生产长期以来是高投入、高消耗、低效率、低产出,资源浪费十分严重,污染物与废水排放量很大,导致了我国水环境污染依然很严重,生态环境日益恶化。

为了人民的身心健康,为了社会和经济的可持续发展以及子孙后代的可持续生存,必须严格控制工业废水污染,积极开展工业废水污染防治和水资源保护工作。

工业废水污染防治涉及工业可持续发展战略、水环境保护的法规与标准、水资源的可持续利用、工业废水污染防治的技术政策与技术途径等多方面内容。本书以可持续发展理论为指导思想,主要通过工业废水污染防治的技术政策、清洁生产、废水净化、再用与再生等章节,对上述内容进行阐述,并将其贯穿于整书中。在废水处理技术方面,本书主要介绍其技术途径、典型处理流程和工业废水处理厂(站)的设计方法等。

本书各章的编写人员为:章非娟(第一、二、三、四、六章),余志荣(第一、七、八章),徐竟成(第五、十一章),吴志超(第一、九、十章)。

由于编写人员水平有限,书中的错误和不当在所难免,热忱欢迎广大读者批评指正。

编 者  
2001年3月

# 目 录

<b>第一章 总论</b> .....	1
<b>第一节 概述</b> .....	1
一、工业废水对水环境的污染 .....	1
二、工业废水的分类 .....	2
三、工业废水的主要特点 .....	3
<b>第二节 工业废水污染防治的主要原则与策略</b> .....	5
一、工业废水污染防治的主要原则 .....	5
二、工业废水污染防治的主要策略 .....	5
<b>第三节 工业废水的主要污染物与排放标准</b> .....	6
一、工业废水的主要污染物 .....	6
二、工业废水的排放标准 .....	9
三、污染物排放总量控制、污染物排放申请登记与排放许可证制 .....	11
<b>第四节 工业废水污染防治技术措施和末端处理技术</b> .....	11
一、工业废水污染治理技术措施 .....	11
二、工业废水处理方案选择 .....	12
三、工业废水处理的主要技术途径 .....	13
四、工业废水处理技术 .....	14
<b>第二章 清洁生产</b> .....	27
<b>第一节 清洁生产概论</b> .....	27
一、清洁生产的必要性 .....	27
二、清洁生产的基本概念 .....	29
三、清洁生产与可持续发展的关系 .....	30
四、清洁生产的主要途径 .....	31
<b>第二节 清洁生产审计</b> .....	31
一、清洁生产审计的概念与目的 .....	31
二、清洁生产审计的步骤 .....	32
<b>第三节 清洁生产防治工业废水污染的应用实例</b> .....	34
一、纺织印染行业的清洁生产 .....	34
二、电镀行业的清洁生产 .....	35
<b>第三章 废水净化再生与再用</b> .....	37
<b>第一节 废水再用的意义</b> .....	37
一、水资源 .....	37
二、我国水资源开发利用中的主要问题 .....	37
三、废水再用的意义 .....	39

<b>第二节 废水再用的形式与再生技术</b> .....	40
一、废水再用的主要形式 .....	40
二、再生水的水质问题 .....	41
三、废水再用的基本要求和净化再生技术 .....	42
<b>第三节 废水再用的危害评价</b> .....	51
一、废水再用于工业的危害评价 .....	51
二、再生水的卫生危害评价 .....	51
<b>第四节 费用-效果分析</b> .....	53
<b>第五节 再生水回用的实例</b> .....	57
一、美国的废水再用 .....	57
二、西南非洲的废水再用 .....	59
三、印度棉纺工业的废水再用 .....	59
四、我国的废水再用 .....	60
<b>第四章 工业废水与城市污水合并处理</b> .....	62
<b>第一节 概述</b> .....	62
一、工业废水的主要处理与处置方式 .....	62
二、工业废水与城市污水合并处理的优点 .....	62
<b>第二节 工业废水排入城市污水系统的水质要求和预处理</b> .....	63
一、工业废水排入城市污水系统的水质要求 .....	63
二、工业废水排入城市污水管道前的预处理 .....	64
三、进入生物处理构筑物的有毒有害污染物允许浓度 .....	65
<b>第五章 纺织工业废水</b> .....	68
<b>第一节 纺织工业生产工艺概述</b> .....	68
一、毛纺织工业 .....	68
二、丝绸工业 .....	69
三、针织工业 .....	70
四、印染工业 .....	70
<b>第二节 纺织工业废水的来源与特性</b> .....	70
一、纺织工业废水的分类与来源 .....	70
二、纺织工业废水的特点和危害 .....	71
<b>第三节 纺织工业废水的污染防治</b> .....	71
一、纺织工业的清洁生产 .....	72
二、末端处理技术途径 .....	72
三、存在的问题与处理技术的进展 .....	74
<b>第四节 印染生产工艺与废水污染物成分分析</b> .....	76
一、印染生产工艺 .....	76
二、印染废水污染物成分分析 .....	78
<b>第五节 印染废水的水质水量</b> .....	80
一、印染废水的来源 .....	80
二、印染废水的水质水量 .....	81

第六节 印染废水的处理技术与典型流程 .....	82
一、预处理 .....	82
二、生物处理技术 .....	82
三、物化处理与其他处理技术 .....	83
四、典型工艺流程 .....	84
五、实例 .....	85
<b>第六章 制浆造纸工业废水 .....</b>	<b>87</b>
第一节 概述 .....	87
第二节 制浆造纸工业的生产工艺 .....	88
一、制浆方法的分类 .....	88
二、制浆造纸的生产工艺 .....	88
第三节 制浆造纸废水的来源与性质 .....	91
一、制浆造纸废水种类、来源和性质 .....	91
二、废水中的主要污染物 .....	92
第四节 制浆造纸废水的污染防治 .....	93
一、改进生产方法和加工工艺,提高化学药品、热能和纤维等的回收率 .....	93
二、废水再用 .....	94
第五节 制浆造纸工业废水末端处理技术 .....	96
<b>第七章 食品工业废水 .....</b>	<b>99</b>
第一节 食品工业废水的来源及其特点 .....	99
第二节 肉类加工废水的处理 .....	99
一、肉类加工的废水来源 .....	99
二、水质水量特性 .....	101
三、废水处理技术和典型工艺流程 .....	105
第三节 肉类加工废水处理实例 .....	110
一、浅层曝气活性污泥工艺 .....	110
二、卡鲁塞尔氧化沟法 .....	112
三、射流曝气工艺 .....	113
四、厌氧塘-兼性塘组合工艺 .....	114
五、间歇式活性污泥法(SBR法) .....	115
第四节 食品工业废水污染防治综合评述 .....	116
<b>第八章 金属制品加工工业废水 .....</b>	<b>117</b>
第一节 概述 .....	117
第二节 电镀废水污染防治 .....	118
一、电镀工艺概述 .....	118
二、电镀废水的来源 .....	118
三、电镀废水中污染物的危害性 .....	121
四、电镀废水的综合治理 .....	123
五、污泥的处理与利用 .....	129

<b>第三节 含油废水污染防治</b> .....	129
一、概述 .....	129
二、机械加工含油废水的来源和性质 .....	130
三、含油废水的污染防治 .....	130
<b>第四节 电镀废水和含油废水处理实例</b> .....	135
一、含钒、铬废水处理(三氯化铁-硫化钡法) .....	135
二、含铬废水处理(离子交换法) .....	136
三、含铬废水处理(铁氧体法) .....	137
四、含氰废水处理(碱性氯化法) .....	138
五、综合电镀废水处理(铁炭还原法) .....	139
六、二级混凝气浮-生物接触氧化法处理含油废水 .....	140
<b>第九章 制革工业废水</b> .....	142
<b>第一节 制革工艺概述</b> .....	142
<b>第二节 制革废水的来源和特点</b> .....	143
一、制革废水的来源 .....	143
二、制革废水的主要特点 .....	145
<b>第三节 制革废水的水质水量</b> .....	146
<b>第四节 制革废水的清洁生产</b> .....	147
一、改革制革生产工艺,减少污水和污染物排放量 .....	147
二、从含油废水中回收油脂 .....	148
三、从含铬废水中回收三价铬 .....	148
<b>第五节 制革废水的无害化处理与实例</b> .....	149
一、含硫废水的预处理 .....	149
二、混合废水的处理工艺 .....	150
三、实例 .....	151
<b>第十章 焦化制气工业废水</b> .....	154
<b>第一节 焦化制气工艺概述</b> .....	154
<b>第二节 焦化制气废水的来源和性质</b> .....	157
<b>第三节 焦化废水的资源回收</b> .....	159
一、酚的脱除和回收 .....	159
二、氨的脱除和回收 .....	160
三、氰的脱除和回收 .....	160
<b>第四节 焦化废水末端处理技术和应用实例</b> .....	161
一、末端处理技术 .....	161
二、实例 .....	163
<b>第五节 焦化废水污染防治的对策和措施</b> .....	164
<b>第十一章 工业废水处理厂(站)的设计</b> .....	166
<b>第一节 工业废水处理厂(站)的设计程序</b> .....	166
一、前期工作 .....	167



二、设计工作 .....	167
<b>第二节 工业废水处理厂(站)设计的基础资料 .....</b>	<b>168</b>
一、作为设计依据的原始资料 .....	168
二、自然条件资料 .....	168
三、有关编制概算、预算等方面的资料 .....	168
<b>第三节 工业废水处理厂(站)址和工艺流程的选择 .....</b>	<b>168</b>
一、工业废水处理厂(站)址的选择 .....	168
二、废水处理工艺流程的选择 .....	169
<b>第四节 工业废水处理厂(站)的平面布置与高程布置 .....</b>	<b>175</b>
一、工业废水处理厂(站)的平面布置 .....	176
二、工业废水处理厂(站)的高程布置 .....	177
三、工业废水处理厂(站)的配水、计量与水质监测 .....	182
<b>第五节 技术经济分析 .....</b>	<b>184</b>
一、基本建设投资 .....	185
二、废水处理厂(站)的成本计算 .....	185
三、建设项目的效益分析 .....	187
附录一 《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) .....	188
附录二 《污水排入城市下水道水质标准》(GJ 18—86) .....	201
附录三 《市政工程设计文件编制深度规定》(DGJ 08—76—1999) .....	203
主要参考文献 .....	213

# 第一章 总 论

## 第一节 概 述

工业企业的生产活动,是从环境取得资源、把资源加工和转化为生产资料与生活资料,使之造福人类的过程,同时又是向环境输出废弃物(排放污染物)污染环境的过程。当污染物排放量在环境自净能力允许的限度之内,环境可以自动恢复原态,工业生产可以持续发展;如果工业部门对环境资源的开发和利用不合理,污染物排放量超过环境容量的允许极限,将造成严重的环境污染问题,使工业发展难以持续下去。

### 一、工业废水对水环境的污染

工业企业包括冶金工业、电力工业、煤炭工业、石油与天然气工业、化学工业、机械工业、建材工业、木材与木制品加工工业、食品工业、纺织工业、轻工业等部门的企业。工业生产过程产生的废水因工业部门、生产工艺、设备条件与管理水平等不同,在水质、水量与排放规律等方面差异很大;即使生产同一产品的同类工厂所排放的废水,其水质、水量与排放规律也有所不同。废水中除含有不能被利用的废弃物外,常含有流失的原材料、中间产品、最终产品和副产品等,均构成危害环境的污染物。这些污染物大量排入江、河、湖、水库、河口、海湾和近海海域,造成了水环境的严重污染。

工业废水对水环境的污染主要表现为水质恶化、改变水体功能(如灌溉、水产养殖)、污染饮用水源、危及人体健康。兹举数例,以见一斑。

(1) 随着现代有机化学工业的高速发展,成千上万的难生物降解有机化合物排入水体,其中有些毒性很大,有致癌的潜在危险,如多氯联苯、多环芳烃和有机磷农药等;有的有机化合物能与氯反应生成有机卤化物,如氯仿、溴仿、碘仿、氯二溴甲烷、二氯溴甲烷、二碘氯甲烷等,其总量以三卤甲烷(TTHM)表示。卤代烃能使人的肝脏肿大、变异,使细胞坏死并致癌,已成为当前饮用水的主要污染物。据统计,目前已有十万余种化合物进入环境,造成严重污染。如德国鲁尔河因受污染,使一家以该河水为水源的自来水管厂的出水含大量有机卤化物;我国北京的官厅水库因受到河北省宣化和下花园等地区工业废水的污染,已不适宜作饮用水源。

(2) 随工业废水排入水体的重金属,可通过食物链富集后危及人体健康。如日本曾发生两次闻名世界的由于水污染引起的公害病——“水俣病”和“痛痛病”。1953年,日本九州熊本县的水俣镇发现的“水俣病”,是由于日本氮肥公司生产氯乙烯和醋酸乙烯时采用低成本的汞催化剂(氯化汞和硫酸汞)工艺,把含有大量甲基汞的废水、废渣排入水俣湾,使汞在鱼体内富集,人吃毒鱼慢性中毒而得病。1955年,日本神通川两岸的群马县等地区发现的“骨

痛病”(又名“痛痛病”),是由于日本神通川上游三井金属矿业公司的神岗矿业所炼铅炼锌排放的含镉废水,顺灌渠流入两岸农田,使大米的含镉量超过 1 mg/L,居民因长期吃这种大米引起骨骼软化萎缩,骨折疼痛而死。

工业废水对水体的污染还表现为降低捕鱼量、鱼种减少和鱼品质量下降,造成渔业损失。如美国五大湖曾受多氯联苯污染,使鱼肉中多氯联苯的含量超标,失去食用价值,经十年的治理,才使湖中的多氯联苯、DDT 和其他污染物的浓度明显降低。据统计,目前我国有 47.6% 的河段不符合渔业用水标准,渔业生态环境恶化,水产养殖业受到严重影响。

此外,水体受到严重污染还将增加给水排水处理费用,如需从远距离取水;难降解有机污染物和植物营养物的大量排入水体,使处理技术复杂化,增大工程投资和运行费用,等等。

工业废水是我国水环境的主要污染源。根据国家环保局发布的“1995 中国环境状况公报”,1995 年全国废水排放总量(不含乡镇工业)为  $356.2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,其中工业废水排放量  $222.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,外排的化学需氧量(COD)  $770 \times 10^4 \text{ t/a}$ ,重金属 1 823 t/a,砷 1 084 t/a,氰化物 2 504 t/a,挥发酚 6 366 t/a,石油类污染物 64 341 t/a,悬浮物  $808 \times 10^4 \text{ t/a}$ ,硫化物  $4.3 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。1995 年全国乡镇工业废水中的 COD 排放量为  $670 \times 10^4 \text{ t/a}$ ,占全国工业废水中 COD 排放量的 46.5%。目前,我国工业废水处理率虽达 70% 左右,但其中仅 30% 左右的处理设施出水能达标排放。由于大量工业废水未经处理直接排放和多数处理设施出水未能达标排放,不仅造成江、河、湖、海与地下水严重污染,而且浪费大量资源。据 1994 年统计,长江、黄河、淮河、松花江分别有 39%,66%,44% 与 71% 的河段污染严重,属四类和五类水体。据 1986—1989 年对我国 23 个湖泊水库的调查,我国大部分城市湖泊、水库已富营养化或超富营养化,如安徽巢湖、江苏太湖属富营养化湖泊,杭州西湖、南京玄武湖等属超富营养化湖泊。可见,我国水环境的污染与破坏问题十分严峻,而工业废水引起的污染问题更为突出。

## 二、工业废水的分类

工业废水分类的方法有三种。

### 1. 按污染物性质分类

通常分为有机废水、无机废水、重金属废水、放射性废水、受热污染废水等。有时还可根据废水中主要污染物种类命名,如含酚废水、含丙烯腈废水、酸性废水、碱性废水、含铬废水等。这种分类方法主要用于废水处理技术的研究与讨论。例如,低浓度有机废水常用好氧生物处理技术,高浓度有机废水常采用厌氧生物处理法与好氧生物处理法结合处理,酸、碱废水用中和法处理,重金属废水用离子交换、吸附法等物化法处理。

### 2. 按产生废水的工业部门分类

通常分为冶金工业废水、化学工业废水、煤炭工业废水、石油工业废水、纺织工业废水、轻工业废水和食品工业废水等。有时也按产生废水的行业分类,如制浆造纸工业废水、印染工业废水、焦化工业废水、啤酒工业废水、乳品工业废水、制革工业废水等。这种分类方法主要用于对各工业部门、各行业的工业废水污染防治进行研究与管理。

### 3. 按废水的来源与受污染程度分类

(1) 生活污水 来源于为职工设置的卫生设备、洗涤设备与食堂。生活污水水质与城市污水区别不大,可直接排入城市污水管道,或与厂内有机工业废水合并处理。

(2) 冷却水 来源于去除反应热或冷却器、泵、压缩机轴的冷却。冷却水在工业废水中占的比例最大,正常情况下比较清洁,但因受到热污染,直接排放会增加接纳水体的热量。大多数工业部门都在工厂内将其循环再用。冷却水循环系统产生的浓缩废水(排污)受盐类和缓蚀剂的污染严重,通常需进行处理。

(3) 洗涤废水 洗涤废水来源于原材料、产品与生产场地的冲洗。这类废水的水量仅次于冷却水,通常受到污染,处理后或许可以循环再用。

(4) 工艺废水 工艺废水通常受到较严重的污染,是工业废水的主要污染源,需进行处理。

(5) 地表径流(雨水) 许多工业企业(如炼油工业、化学工业、铸造冶炼工业以及一些其他工业)所在地的地表径流常受到污染,含有与工业废水一样的污染物,需考虑进行处理(如初期雨水)。

这种分类方法主要用于对各工业部门、各行业的工业废水污染防治进行研究与管理。

### 三、工业废水的主要特点

表 1-1 为工业废水中有毒有害污染物的来源以及对人体健康的影响。表 1-2 为几种主要工业废水的污染物与水质特点。由这两个表说明,工业废水具有下述主要特点:

- (1) 工业废水种类繁多,工业废水污染防治途径远比城市污水污染防治复杂;
- (2) 工业废水的成分十分复杂,常难以用单一的处理技术净化,这是工业废水处理难度大、处理费用高的主要原因之一;
- (3) 污染物浓度高(远高于生活污水),如不加处理直接排放,对环境有严重污染;
- (4) 许多工业部门排放多种有毒有害污染物,对人体健康危害大,如不经预先处理而直接排入城市污水系统,会危害污水管网和影响处理效果;
- (5) 工业废水排放量大,约占全国废水排放总量的 70% 左右;
- (6) 各工厂废水的水质水量变化幅度大,使处理工艺复杂化。因受产品变更、生产设备检修、生产季节变化等多种因素影响,通常各工厂内废水的水质水量每日每时都在变化着。

表 1-1 工业废水中有毒有害污染物的来源与对人体的危害

污 染 物	主 要 来 源	对 人 体 健 康 的 影 响
汞	氯碱工厂、汞催化剂、纸浆与造纸工厂、杀菌剂、种子消毒剂、石油燃料的燃烧、采矿与冶炼、医药研究实验室	1. 对神经系统有累积性毒害影响(特别是甲基汞); 2. 摄取被汞污染的贝类和鱼后,因甲基汞中毒而死亡
铅	汽车燃料防爆剂、铅的冶炼、化学工业、农药、石油燃料的燃烧、含铅的油漆、搪瓷等	1 影响酶及正铁血红素合成,也影响神经系统; 2 在骨骼及肾中累积,有潜在的长期影响
镉	采矿及冶金生产、化学工业、金属处理、电镀、高级磷酸盐肥料、含镉农药	1 进入骨骼,造成骨痛; 2. 可能成为心血管病的病因
硝酸盐及亚硝酸盐	城市废水、石油燃烧、硝酸盐肥料工业	在食物及水中的亚硝酸盐能引起婴儿正铁血红蛋白血症
氟化物	化工生产、煤的燃烧、磷肥生产等	低浓度时有益,浓度超过 1 mg/L 时,引起齿斑,更高时,能使骨骼变形
有机氯农药	农业杀虫、农药制造工业排出物	一般人主要从食物中摄取,一年为 10 ~ 20 mg/kg

续 表

污 染 物	主 要 来 源	对 人 体 健 康 的 影 响
多氯联苯	电力工业、塑料工业、润滑剂、含有多氯联苯的工业排放物与工业废水、未加控制的处理多氯联苯	1 目前尚不清楚存在环境中的多氯联苯的浓度对人体有多大影响； 2. 长期工作在高浓度环境中可使皮肤损伤及肝破坏； 3 日本的米糠油事件是由多氯联苯引起的
多环芳香烃	有机物质的燃烧、汽油与柴油机废气中的煤烟、煤气工厂、冶炼与化学工业的废物	长期接触苯并(a)芘有致癌作用，个别化合物的作用不清楚
油 类	船只意外漏油事件、炼油厂、海上采油、工业废水废物中的油	除对职业者外，环境中未见对人的直接影响； 油类中有害物质肯定对人体健康会有影响，如石油及其制品含有多数种致癌作用的多环芳烃，可通过食物链进入人体诱发癌症
可分解的有机物质	城市污水、垃圾、工业废弃物	没有直接影响，废水中分解的某些有机物质与病菌有关
放 射 性	医药应用、武器生产、试验性核能生产、工业与研究方面放射性同位素与放射源的应用	经常与放射性接触会引起疾病，并且会遗传给后代

表 1-2 几种主要工业废水的污染物与水质特点

工业部门	工 厂 性 质	主 要 污 染 物	废 水 特 点
动 力	火力发电、核电站	冷却水热污染、火电厂冲灰、水中粉煤灰、酸性废水、放射性污染物	热，悬浮物高，酸性，放射性，水量大
冶 金	选矿、采矿、烧结、炼焦、金属冶炼、电解、精炼、淬火	酚、氰化物、硫化物、氟化物、多环芳烃、砷、焦油、煤粉、As、Pb、Cd、B、Mn、Cu、Zn、Ge、Cr、酸性洗涤剂、冷却水热污染、放射性废水	COD 较高，含重金属，毒性较大，废水偏酸性，有时含放射性废物，水量较大
化 工	肥料、纤维、橡胶、染料、塑料、农药、油漆、洗涤剂、树脂	酸、碱、盐类、氰化物、酚、苯、醇、醛、酮、氯仿、氯苯、氯乙烯、有机氯农药、有机磷农药、洗涤剂、多氯联苯、Hg、Cd、Cr、As、Pb、硝基化合物、胺基化合物	BOD 高，COD 高，pH 值变化大，含盐量高，毒性强，成分复杂，难降解
石油化工	炼油、蒸馏、裂解、催化、合成	油、氰化物、酚、硫、砷、砒、芳烃、酮类	COD 高，毒性较强，成分复杂，水量大
纺 织	棉毛加工、纺织印染、漂洗	染料、酸碱、纤维悬浮物、洗涤剂、硫化物、砷、硝基物	带色，毒性强，pH 值变化大，难降解
制 革	洗毛、鞣革、人造革	硫酸、碱、盐类、硫化物、洗涤剂、甲酸、醛类、蛋白酶、As、Cr	含盐量高，BOD 高，COD 高，恶臭，水量大
造 纸	制浆、造纸	黑液、碱、木质素、悬浮物、硫化物、As	污染物含量高，碱性大，恶臭，水量大
食 品	屠宰、肉类加工、油品加工、乳制品加工、水果加工、蔬菜加工等	病原微生物、有机物、油脂	BOD 高，致病菌多，恶臭，水量大
机械制造	铸、锻、机械加工、热处理、电镀、喷漆	酸、氰化物、油类、苯、Cd、Cr、Ni、Cu、Zn、Pb	重金属含量高，酸性强
电子仪表	电子器件原料、电讯器材、仪器仪表	酸、氰化物、Hg、Cd、Cr、Ni、Cu	重金属含量高，酸性强，水量小
建筑材料	石棉、玻璃、耐火材料、化学建材、窑业	无机悬浮物、Mn、Cd、Cu、油类、酚	悬浮物含量高，水量小
医 药	药物合成、精制	Hg、Cr、As、苯、硝基物	污染物浓度高，难降解，水量小
采 矿	煤矿、磷矿、金属矿、油井、天然气井	酚、硫、煤粉、酸、氟、磷、重金属、放射性物质、石油类	成分复杂，悬浮物高，油含量高，有的废水含有放射性物质

## 第二节 工业废水污染防治的主要原则与策略

### 一、工业废水污染防治的主要原则

工业废水污染防治一直是我国环境保护工作的重点。经过 20 多年的努力,在吸取国内外环境保护的经验与教训的基础上,我国的工业废水污染防治,逐步从早期的较强调在工业企业内建设废水处理设施,要求达到国家和地方排放标准后排放的末端处理战略,转变为强调以预防为主,在生产全过程控制污染的战略。通过这一战略的转变,我国的工业废水污染防治必将取得显著成效。1973 年,在我国第一次全国环境保护会议上,制定了“全面规划,合理布局,综合利用,化害为利,依靠群众,大家动手,保护环境,造福人民”的基本方针。20 世纪 70 年代末又制定了工业废水排放环境影响评价制和“三同时”制(工业企业的防治污染设施与生产主体工程,必须同时设计、同时施工、同时投产使用)。1983 年,在第二次全国环境保护会议上,国务院把环境保护列为我国的一项基本国策,并进一步提出,环境污染问题要尽力在计划过程和生产过程中解决,实行经济效益、社会效益和环境效益三统一的指导方针;要求在我国进行四个现代化建设的过程中,重视发展生产、保护环境和保护生态平衡的统一。此外,还制定了三大环境保护政策,即预防为主、防治结合;谁污染,谁治理;强化环境管理、政策与法规,如结合技术改造防治工业污染,推进环保技术政策、环保产业政策的实施,等等。

对工业废水污染防治应贯彻上述环境保护基本方针与政策,遵循以下主要原则:

- (1) 水污染防治应与国民经济建设互相协调,同步规划、同步实施、同步发展;
- (2) 工业企业应实施清洁生产,实行工业污染生产全过程控制;
- (3) 工业废水污染防治应遵守国家颁布的有关环境保护的法律、规章与标准;
- (4) 应根据城市水污染防治规划,统筹兼顾,进行工业废水污染防治的规划。

### 二、工业废水污染防治的主要策略

1. 积极推广与实施清洁生产,实行污染预防、工业污染生产全过程控制,促进工业持续发展

长期以来,我国工业企业的污染防治主要是采用“末端治理”的技术方针,强调在企业内建设处理设施,要求出水达标排放,但效果不理想。国内外工业污染防治的实践表明,末端治理存在着耗资大、环境效果有限、资源浪费、工业企业环境差等弊端。同时,由于世界经济持续发展的需要,20 世纪 90 年代以来,世界各国对环境保护与经济发展之间的关系有了新的认识,认识到工业废水污染防治必须由过去的侧重于末端治理的方针,转变为对工业生产全过程进行控制,只有通过实施清洁生产,才能促进环境与经济协调发展,促进工业持续发展。

2. 提倡工业废水与城市污水的合并处理

工业废水与城市污水的合并处理具有许多优点,可以发挥城市污水处理系统的规模效应,如基建费用省、运行费用低、处理效果好和运行管理方便等,因此,城市污水管道系统和城市污水处理厂的建设过程,应考虑接纳城市范围内的工业废水,并制定接纳工业废水的接管标准。当工业废水主要含易生物降解的有机污染物(如食品加工废水)时,应鼓励将其与城市污水合并处理。对这类工业建设,不必要求其废水一律分散进行厂内处理,实行“三同时”,

但有时需在厂内进行适当的预处理,以削减污染物排放量,使水质符合接管标准,减轻城市污水处理厂的负荷;对于含有会危害城市管道系统与污水处理厂运行的污染物的工业废水(化工废水、金属制品加工废水、制药工业废水等),则应执行“三同时”的方针,进行分散处理,或通过厂内适当预处理,去除某些对城市污水系统危害严重的污染物,使水质符合接管标准,然后再排入城市管道系统。

### 3. 调整乡镇企业的布局与产品结构,综合防治乡镇企业水污染

一般情况下,乡镇企业的生产技术与设备较落后,规模小,资源转化率低,多数都是低产出、高排污,污染较严重,再加上企业本身环保意识与技术水平较差,乡镇环保执法力度弱,导致我国环境污染呈现从城市向农村扩散的局面。为控制乡镇企业排污带来的严重污染,促进我国经济与社会的可持续发展,除了在乡镇企业大力推广清洁生产外,还必须采取综合措施,切实防治乡镇企业水污染。这些措施主要如下:

(1) 调整产业结构和产品结构,关闭和淘汰污染严重、生产技术落后的小型乡镇企业,如小造纸厂、小皮革厂、小化肥厂等,以减轻乡镇工业废水对环境的污染和农村生态的危害。

为防治和控制乡镇企业水污染,迄1996年10月31日为止,全国27个省市已经关闭52782个小工业污染源,约占应关闭工业污染源的75%。

(2) 合理工业布局,使分散的乡镇企业按行业相对集中,便于统一规划、加强管理;建立乡镇企业区的工业废水处理设施,以收到高的投资效益,有效地控制污染;建立工业区间的废水重复使用系统,减少污染物的排放。

我国各省市均已积极采取措施,进行工业布局调整,以减少乡镇工业废水污染。如江苏省某镇建设一乡镇印染企业区,该企业区内集中了七个小型印染厂,并投建了一座日处理量4000 m<sup>3</sup>的污水厂,统一处理各厂排放的废水。此处理厂处理效果好,出水能达标排放,很好地解决了各印染厂的水污染防治问题。

(3) 加强执法管理,要求乡镇企业严格遵守各项环保法规;加强环保教育和培训,提高乡镇企业管理人员的环保意识和技术水平。

## 第三节 工业废水的主要污染物与排放标准

### 一、工业废水的主要污染物

如前所述,工业废水成分十分复杂,反映各企业工业废水的主要污染指标,依工业部门不同而异。有的废水主要含有机污染物(如碳水化合物、蛋白质),有的废水主要含无机污染物(如酸、碱、盐),有的则含毒性很大的污染物(如重金属、氰化物、多氯联苯、有机氯农药),因此,难以用统一的水质指标来反映各工业废水的污染状况,一般是各工业部门依行业特点确定各工业废水的主要污染指标。例如,制革废水的主要考核指标是BOD、pH值、悬浮物、硫化物、氯离子、三价铬等,焦化废水的主要考核指标是BOD、氨氮、苯酚、氰等,制糖废水主要是pH值、悬浮物、BOD等。

工业废水中的污染物包括易生物降解的耗氧有机物(需氧有机物)、难生物降解的有机物、无机有害污染物、悬浮物(有机、无机)、重金属、植物营养物(N,P)、病原微生物、放射性污染物、油类与热污染等。在各类污染物中,重金属、难降解有机物和植物营养物是当前最受人们关注的三类污染物。

## 1. 重金属

重金属污染水体后,可通过食物链进入人体,在人体内积累,造成慢性中毒或致癌。重金属引起的疾病潜伏期长,对人体危害很大。如前所述,“水俣病”、“痛痛病”分别是由于汞、镉通过食物链慢性中毒引起的疾病,而铬与类金属砷有潜在致癌危险。此外,有些重金属在微生物作用下会转化为毒性更大的有机重金属,如无机汞在微生物作用下能转化为毒性剧烈的甲基汞。

几种主要重金属与类金属砷的来源与危害如下:

(1) 汞 水体汞污染主要通过食物链经消化道侵入人体。主要来源于氯碱、造纸、电子、仪表、塑料、石油化工等工业废水。汞及其化合物对人体的危害是累积性的,当摄入量大于人体排泄能力时,汞会在体内积累(生物半衰期说法不一,约 65~240 天)。无机汞是积累在肾脏、肝脏和脾脏中的,而有机汞则极易在脑中积累。汞中毒主要症状为神经中枢失调,如协调动作障碍、语言障碍、步态失调、听觉和视觉障碍,最终导致全身瘫痪、吞咽困难、痉挛以至死亡。

(2) 镉 镉污染主要来源于金属矿山、冶金、电镀、油漆、颜料、电池、玻璃、陶瓷等工业废水。水体镉污染主要通过消化道侵入人体引起镉中毒。成年人摄入的镉超过 0.057~0.071 mg/d,则会在体内积累(生物半衰期 16~33 年),潜伏期一般为 10~30 年(最短潜伏期 2~8 年)。镉主要累积在肾脏和骨骼中,引起肾功能衰退、肾功能失调、骨质中的钙被镉取代、骨骼软化、骨折等疾病。

(3) 铬 铬污染主要来源于有机合成、橡胶、电镀、塑料、染料、涂料、制革、化工等工业废水。铬化合物可通过消化道、呼吸道、皮肤和黏膜侵入人体,主要积聚在内分泌腺、心、胰和肺中(生物半衰期 27 天)。六价铬毒性最大,三价铬毒性较小。三价铬是人体必需的微量元素之一。有人认为六价铬毒性比三价铬大 100 倍。铬中毒的主要症状是肠胃痛、肠胃功能紊乱等。六价铬与三价铬都有致癌的潜在危险(诱发肺癌)。

(4) 铅 铅污染主要来源于油漆、颜料、釉料、塑料、橡胶、电池等工业废水。它主要通过消化道、其次从呼吸道和皮肤进入人体。当人体摄入的铅超过 1.0 mg/d 时,会在体内积累(生物半衰期约 1460 天)。长期摄入铅,会引起慢性中毒,主要是损害造血和心血管系统、神经系统与肾脏。对造血和心血管系统的危害表现为抑制血红蛋白合成、溶血和血管痉挛等。

(5) 砷化物 元素砷不溶于水和强酸,几乎无毒,但暴露于空气时,其表面极易氧化为剧毒的三氧化二砷(砒霜)。砷主要来源于砷的开采与冶炼,以及农药、化肥、皮革、制药、颜料、涂料等工业废水。砷主要是通过消化道、呼吸道和皮肤进入人体。砷在人体的积蓄性强,长期持续低剂量摄入砷,其发病潜伏期为十几年甚至几十年。慢性中毒主要表现为神经末梢症状,如四肢对称向心性感觉障碍、肌肉萎缩、头发变脆易脱落、皮肤色素高度沉着等。五价砷较易通过肾脏排出体外,故毒性较小;三价砷易与细胞内酶的巯基结合,毒性较大。但五价砷也能在体内逐步还原为三价砷,所以,两者对慢性中毒影响的差异不明显。砷还能引起皮肤癌和肺癌。

## 2. 难降解有机物

随着有机化学工业的高速发展,产生了成千上万的难以被微生物降解的有毒有害的有机物,如有机氯化物、芳香胺类化合物、有机重金属化合物等。它们的共同特点是毒性较强,化学性能稳定,能通过食物链在人体积蓄,导致慢性中毒或致癌、致畸、致突变等。例如,



染料废水中的萘胺、联苯胺等芳香胺多环有机化合物毒性强,有致癌、致畸、致突变作用;有机氯化物在自然环境中,毒性降低一半需十几年甚至几十年。它们的主要工业污染源为农药、染料、塑料、化纤、合成橡胶、石油化工、炼焦等工业废水。

### 3. 植物营养物

植物营养物是指含有氮或磷的无机化合物与有机化合物。植物营养物的主要危害是会引起流速缓慢或更新期长的地表水(湖泊、河口、海湾)富营养化。大量磷、氮化合物排入这些水体,会引起藻类及其他浮游生物迅速繁殖,藻类的种类逐渐减少;随着营养化状况的加剧,会由原先的以硅藻、绿藻为主最终变为以蓝藻为主。富营养化水体的溶解氧含量下降,鱼类与其他生物大量死亡。植物营养物的主要工业污染源是皮革、造纸、食品加工、化肥、煤炭化工等工业废水。

### 4. 耗氧有机物(BOD,COD)

耗氧有机物是指碳水化合物、蛋白质、油脂、氨基酸、酯类、脂肪酸等有机物。这些有机物本身没有毒性,但在水环境中易被微生物分解,分解时要消耗水中的溶解氧。耗氧有机物的主要危害表现为降低水中的溶解氧,影响水体功能。当耗氧有机物排放量超过水体自净能力而使水中溶解氧耗尽时,有机物将进行厌氧分解,产生甲烷、硫化氢、胺和硫醇等,使水体黑臭,水质恶化。有机废水的主要工业源有制浆造纸、食品加工、制革、制糖、酿造、印染、焦化、石油化工等工业废水。其中,制浆造纸排放的耗氧有机物占我国工业废水排放的耗氧有机物总量的1/4。

### 5. 无机悬浮物

无机悬浮物主要指泥沙、铁屑、炉渣、煤灰等颗粒状物质。这些物质本身没有毒性,但它们在水体中可吸附有机毒物(如农药)、重金属等,形成危害更大的复合污染物,并随水流迁移,扩大污染范围。此外,悬浮物还有使水浑浊、影响水生植物的光合作用、伤害鱼鳃和产生淤积等问题。其主要工业污染源为火力发电、冶金、洗煤、化肥、煤炭和建筑材料等工业部门的废水。

### 6. 热污染

水体热污染是指向水体排放废热(如冷却水)使水温升高的污染。它的主要污染源是火力发电、核电站、金属冶炼和石油化工等工业部门废水。水体热污染的主要危害是水温升高后,水中溶解氧减少,水生生物代谢速率增大,增大某些污染物的溶解度或毒性,引起某些鱼种死亡或局部水体生物群体变异。

### 7. 石油类

石油污染的主要危害是石油进入水体后漂浮于水面,形成油膜,阻止水面复氧,妨碍浮游生物的光合作用,使水体自净能力下降,水质恶化。此外,还对鱼贝类和鸟类造成危害,如油膜堵塞鱼鳃,使其呼吸困难以至死亡;使水产品带有油臭味,失去食用价值。石油及其制品含有多种有致癌作用的多环芳烃,可通过食物链进入人体诱发癌症。水体的石油污染主要来源于石油开采与事故泄漏、石油炼制与石油化工排放的含油废水、油船排水(压舱水、洗舱水和舱底水)与油船事故等。

### 8. 无机有害物

无机有害物常指酸、碱和氰化物、氟化物等有毒有害物质。

酸性废水主要来源于冶金、金属加工、制酸、农药、人造纤维、酸法造纸等工业排水和矿