

废水处理  
技术培训  
系列教材



# 废水物化处理

上海市环境保护局 编

同济大学出版社

X703

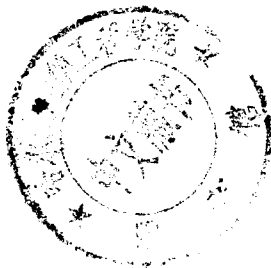
S29-2

444460

废水处理技术培训系列教材

# 废水物化处理

上海市环境保护局 编



00444460

3

同济大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

废水物化处理/上海市环境保护局编. 上海:同济大学出版社, 1999.10

ISBN 7-5608-2104-9

I. 废… II. 上… III. 废水-物理化学处理

IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 60946 号

**废 水 物 化 处 理**

上海市环境保护局编

同济大学出版社出版发行

(上海四平路 1239 号 邮编:200092)

新华书店上海发行所经销

常熟市印刷八厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:10.25 字数:295千字

1999年10月第1版 1999年10月第1次印刷

印数:1—6000 定价:18.00元

ISBN7-5608-2104-9/X·22

如遇印装质量问题,可直接向承印厂调换

地址:常熟市梅李镇通江路21号 邮编:215511

## 序

由上海市环境保护局组织专家、教授编写的废水处理系列培训教材终于问世。该书是我国实施环保操作人员培训工作的成果展示,又是环境教育百花园中一枝盛开的鲜花。

90年代初,上海市环境保护局会同市经委、市劳动局、市工业技术发展基金会和高等院校等单位,开展了上海市环保设施操作工技术等级标准的调研,并编制了相应的标准草案。经多方协调后,上海市劳动局和环境保护局联合颁发了上海市《工业废水生化法处理操作工技术等级标准》和《工业废水物化法处理操作工技术等级标准》(试行),为废水处理设施操作人员的培训工作提供了法规依据。在该领域里堪称范例。在总结培训实践经验的基础上,历时两年,数易其稿,编写成选材恰当、内容丰富、通俗易懂,且具有可操作性的系列培训教材。

众所周知,工欲善其事,必先利其器,器欲尽其利,必先习其技。有了系统的教材,加上良好的培训,可以较大程度地提高环保操作工的知识、技能,更好地发挥环保设施的效益。我相信,这套教材的推广,必将对完成上海市乃至全国各地的工业污染源达标排放的任务产生巨大的推动作用,进而为环境保护与经济建设的协调发展作出贡献。

吴祝序

1999年10月

# 目 录

序 .....	吕淑萍
<b>第一章 总 论 .....</b>	<b>(1)</b>
1-1 废水的来源与特性 .....	(1)
1-1-1 废水的来源 .....	(1)
1-1-2 工业废水的特征 .....	(2)
1-2 水质指标 .....	(2)
1-2-1 物理指标 .....	(3)
1-2-2 化学指标 .....	(3)
1-2-3 生物指标 .....	(4)
1-3 控制水污染的基本途径 .....	(4)
1-3-1 改革工艺,减少废水的产生 .....	(4)
1-3-2 综合利用,从废水中回收有用物质 .....	(5)
1-3-3 加强管理 .....	(5)
1-3-4 净化处理,达标排放 .....	(6)
1-4 废水处理方法与处理流程 .....	(6)
1-4-1 废水处理方法 .....	(6)
1-4-2 废水处理系统 .....	(7)
<b>第二章 物理处理法 .....</b>	<b>(11)</b>
2-1 均和调节 .....	(11)
2-1-1 均和调节作用 .....	(11)
2-1-2 调节池 .....	(12)
2-2 格栅与筛网 .....	(14)

2-2-1	格栅	(14)
2-2-2	筛网	(16)
2-3	沉淀与隔油	(19)
2-3-1	沉淀的基本原理与类型	(19)
2-3-2	沉砂池的类型与特征	(24)
2-3-3	沉淀池的类型与特征	(25)
2-3-4	隔油	(30)
2-4	过滤	(32)
2-4-1	过滤的作用与净水原理	(32)
2-4-2	快滤池的工艺系统	(33)
2-4-3	压力式过滤装置	(37)
2-4-4	快滤池的异常问题与解决对策	(38)
2-5	离心分离	(41)
2-5-1	离心分离的基本原理	(41)
2-5-2	离心分离设备的类型、特点与应用	(42)
<b>第三章</b>	<b>化学处理法</b>	<b>(45)</b>
3-1	混凝	(45)
3-1-1	混凝的基本原理	(45)
3-1-2	混凝剂与助凝剂	(48)
3-1-3	影响水混凝的主要因素及其控制	(50)
3-1-4	混凝工艺过程	(52)
3-1-5	澄清池的特点、类型与应用	(56)
3-2	中和	(60)
3-2-1	酸性废水中和处理	(60)
3-2-2	碱性废水中和处理	(64)
3-2-3	中和处理的异常问题与解决对策	(65)
3-3	氧化还原	(66)

3-3-1	氧化还原的基本原理 .....	(66)
3-3-2	化学氧化法 .....	(67)
3-3-3	化学还原法 .....	(75)
3-4	化学沉淀 .....	(77)
3-4-1	化学沉淀法的基本原理 .....	(78)
3-4-2	氢氧化物沉淀法 .....	(80)
3-4-3	硫化物沉淀法 .....	(81)
3-4-4	其他化学沉淀法 .....	(82)
3-4-5	铁氧体沉淀法 .....	(86)
3-5	消毒 .....	(88)
3-5-1	消毒的目的与方法 .....	(88)
3-5-2	化学法消毒 .....	(88)
3-5-3	物理法消毒 .....	(94)
3-5-4	医院污水的氯化消毒处理 .....	(96)
<b>第四章</b>	<b>物理化学处理法 .....</b>	<b>(99)</b>
4-1	气浮 .....	(99)
4-1-1	气浮的基本原理 .....	(99)
4-1-2	充气气浮 .....	(101)
4-1-3	溶气气浮 .....	(103)
4-1-4	气浮运行操作中应注意的若干事项 .....	(107)
4-2	吸附 .....	(108)
4-2-1	吸附的基本原理与类型 .....	(108)
4-2-2	吸附剂 .....	(110)
4-2-3	吸附操作方式 .....	(111)
4-2-4	活性炭的再生 .....	(113)
4-2-5	吸附法处理废水举例 .....	(114)
4-3	离子交换 .....	(116)

4-3-1	概述	(116)
4-3-2	离子交换操作方式与工艺过程	(119)
4-3-3	离子交换法处理废水举例	(121)
4-3-4	离子交换系统的操作管理与维护	(123)
4-4	萃取	(125)
4-4-1	萃取法基本原理	(125)
4-4-2	萃取剂及其选择	(125)
4-4-3	萃取工艺过程	(126)
4-4-4	萃取装置其特点	(128)
4-4-5	萃取法处理废水举例	(130)
4-5	电解	(133)
4-5-1	电解法的基本原理	(133)
4-5-2	电解装置的类型与特点	(134)
4-5-3	电化学氧化法	(135)
4-5-4	电化学还原法	(136)
4-5-5	电气浮法和电解凝聚法	(137)
4-6	膜分离法	(140)
4-6-1	膜分离法的分类与特点	(140)
4-6-2	扩散渗析法	(141)
4-6-3	电渗析法	(142)
4-6-4	反渗透法	(145)
4-6-5	超滤法	(148)
4-7	吹脱与汽提	(150)
4-7-1	吹脱法	(150)
4-7-2	汽提法	(156)
4-8	蒸发与结晶	(162)
4-8-1	蒸发法	(162)
4-8-2	结晶法	(169)



4-9	磁分离法 .....	(172)
4-9-1	磁分离法基本原理 .....	(172)
4-9-2	磁分离装置的类型与特点 .....	(175)
4-9-3	磁分离法在废水处理中的应用 .....	(178)
<b>第五章</b>	<b>污泥处置 .....</b>	<b>(181)</b>
5-1	污泥的来源、性质与处理系统 .....	(181)
5-1-1	污泥的来源 .....	(181)
5-1-2	污泥的分类与特性 .....	(181)
5-1-3	污泥的处置及处理系统 .....	(185)
5-2	污泥的浓缩 .....	(188)
5-2-1	污泥浓缩的基本概念 .....	(188)
5-2-2	污泥重力浓缩法 .....	(191)
5-2-3	污泥气浮浓缩法 .....	(195)
5-2-4	污泥离心浓缩法 .....	(197)
5-3	污泥的稳定 .....	(199)
5-3-1	污泥的厌氧消化法 .....	(199)
5-3-2	污泥的好氧消化法 .....	(207)
5-3-3	污泥的石灰稳定法 .....	(210)
5-4	污泥的调节 .....	(213)
5-4-1	化学调节法 .....	(213)
5-4-2	淘洗调节法 .....	(214)
5-5	污泥的脱水与干化 .....	(214)
5-5-1	概述 .....	(214)
5-5-2	污泥脱水方法的基本原理 .....	(216)
5-5-3	污泥的机械脱水 .....	(219)
5-5-4	污泥的自然干化 .....	(229)
5-5-5	污泥的热处理 .....	(234)

5-6 污泥的综合利用与最终处置 .....	(242)
5-6-1 污泥的综合利用 .....	(242)
5-6-2 污泥的最终处置 .....	(246)
<b>第六章 某些废水的物化处理系统实例 .....</b>	<b>(249)</b>
6-1 废水物化法处理系统实例 .....	(249)
6-1-1 某自行车厂酸碱废水、电泳漆废水处理 .....	(249)
6-1-2 某彩色显像管厂废水处理实例 .....	(254)
6-2 物化法与生化法的组合处理系统实例 .....	(261)
6-2-1 某焦化总厂酚氰废水处理实例 .....	(261)
<b>第七章 废水物化法处理实验指导 .....</b>	<b>(267)</b>
实验一 混凝实验 .....	(267)
实验二 过滤实验 .....	(275)
实验三 压力溶气气浮实验 .....	(285)
实验四 活性炭吸附实验 .....	(295)
实验五 离子交换实验 .....	(303)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(315)</b>
<b>编后记 .....</b>	<b>(316)</b>

# 第一章 总 论

## 1-1 废水的来源与特性

### 1-1-1 废水的来源

废水是人们生活用过的水、工矿企业生产过程中排出的工业废水和雨水的总称。按照来源和性质可分为生活污水、工业废水、雨水三大类。

#### 1. 生活污水

生活污水是居民日常生活中的污水,包括厨房洗涤、厕所等排出的污水。生活污水所含的污染物主要是有机物,一般不含毒物,水质状况与浓度比较一致。

#### 2. 工业废水

工业废水是在工业生产中所排出的废水,不同工业企业产生不同性质的废水,同类工业如采用的生产工艺不同,产生的废水也不同,工业废水按照污染程度的不同分为净废水或浊废水(或称生产污水)两类。净废水来自设备间接冷却用水,污染程度轻微,可直接排入水体或经简单处理后循环使用。浊废水主要是在生产过程中与物料直接接触而排出的废水,污染程度较重,必须经过处理后方可排放。

#### 3. 雨水

雨水是指降雨所形成的径流,水质比较洁净,但初期雨水受到

屋面、地面等污染,常需进行处理。

## 1-1-2 工业废水的特征

(1) 工业废水种类繁多,成分复杂,且各类工厂的水质、水量相差悬殊。例如棉纺厂废水含悬浮物仅 200 ~ 300mg/L,而羊毛厂废水含悬浮物可达到 20000mg/L。制碱厂废水的 BOD<sub>5</sub> 有时仅 30 ~ 100mg/L,而合成橡胶厂废水可达 20000 ~ 30000mg/L。

(2) 许多工业废水中含有有毒或有害物质,例如酚、氰、汞、铬等,可对水生物以及人体健康造成直接的危害。

(3) 污染物浓度往往较高,有些有机废水可用生物法处理,而有些废水中含有难以生物降解的高分子有机物,采用生物处理难度高。对于以含无机物为主的废水,则不宜用生物法处理。

(4) 废水的水温与 pH 值随生产工艺而异,有些工业废水(如电厂废水、化工废水)的水温较高,有些废水可能偏酸性或偏碱性。

由于工业废水成分复杂,为达到处理要求,涉及的处理方法与技术十分广泛,遍及物理法、化学法、物理化学法、生物法。诸如沉淀、过滤、混凝、中和、氧化还原、吸附、萃取、蒸发以及活性污泥法、生物膜法等。

目前对于工业废水的命名还没有统一的叫法,有时以行业来命名,如印染废水、造纸废水、制革废水等;有时也以产品来命名,如丙烯腈废水、乐果废水等;有时也以废水中含量最多或毒性最大的某一成分来命名,如含酚废水、含汞废水、含铬废水等。

## 1-2 水质指标

用于表示废水的水质特性,并用于评价处理方法的优劣,某些指标还可预测废水排入水体后对水体的影响。采用的水质指标可概括为物理指标、化学指标和生物指标。

### 1-2-1 物理指标

物理指标主要有总固体、悬浮物、溶解物、浊度、色度、放射性、电导率等。

总固体是水样在一定温度下蒸干后所残余的固体物质总量。

悬浮物是水样过滤后在 103 ~ 105℃ 温度下把滤纸上截留物烘干所得的固体量,是常用的重要水质指标。在沉淀设备中,悬浮物的去除率是反映沉淀效果的重要指标。

溶解物是水样过滤后滤过液蒸干的残余固体量。溶解物含量与悬浮物含量两者之和即为总固体量。

浊度是在外观上判断水是否遭受污染的主要特征之一。浊度的标准单位规定为  $1\text{mgSiO}_2/\text{L}$  所构成的浑浊度为 1 度。

电导率是指一定体积溶液的电导,可以间接表示水中溶解盐的含量。

### 1-2-2 化学指标

化学指标主要有生化需氧量、化学需氧量,总需氧量、总有机碳、有机氮、氨氮、亚硝酸氮、硝酸氮、总氮、pH 值、有机毒物(酚、苯、有机汞、稠环芳烃、有机农药等)、无机毒物(氰、汞、铬、镉、砷等)。

生化需氧量(BOD)是在一定条件下使水样有机物进行生物氧化、在一定期间内所消耗的溶解氧量,可以间接地反映水中有机物含量。一般采用 20℃ 作为测定 BOD 的标准温度,测定时间采用 5 天,故称为五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)。

化学需氧量(COD)是指水样中能被化学氧化剂氧化的物质。在一定条件下进行化学氧化所消耗的氧量,以  $\text{O}_2\text{mg/L}$  表示。常用的化学氧化剂是重铬酸钾或高锰酸钾。用高锰酸钾测得的值,

也称耗氧量,记作 OC,或以 COD<sub>mn</sub> 表示。COD 的测定较 BOD 测定要简便、迅速,但不能完全反映有机污染物在水的含量和降解的实际情况。COD 测定可把大部分有机物氧化,也包括了水中存在的无机性还原物质,其所用单位一般都换算为 O<sub>2</sub>mg/L。

总需氧量(TOC)是在 900℃ 高温下使有机物燃烧所耗去的氧量,一般采用仪器测定,此法测定迅速,但仪器价格昂贵。

总有机碳(TOD)是在触媒参与下用燃烧法测定水样中产生的二氧化碳量,从而求出水样的总有机碳量,用以间接表示有机物含量。

有机氮是反映水中蛋白质、氨基酸、尿素等含氮有机物总量的一个水质指标。

NH<sub>3</sub> 和 NH<sub>4</sub> 称为氨氮,NO<sub>2</sub> 称为亚硝酸氮,NO<sub>3</sub> 称为硝酸氮。

总氮是有机氮与氨氮亚硝酸氮、硝酸氮之和。

PH 值用以表示水的酸碱性,当 pH = 7 时,水呈中性,PH < 7 时,水呈酸性,pH > 7 时,水呈碱性。

酚、汞、镉、铬等均已作为单独的水质指标。

### 1-2-3 生物指标

生物指标主要有细菌总数、大肠菌群、病原菌等。

直接测定水中病原菌还有很多困难,通常是用测定水中细菌总数和大肠菌群。细菌总数是指 1mL 水中所含各种细菌的总数。大肠菌群指数是指 1L 水中所含大肠菌落的个数。

## 1-3 控制水污染的基本途径

### 1-3-1 改革工艺,减少废水的产生

改革工艺就是优先采用无污染或少污染的新工艺、新设备,使

生产过程不产生或少产生有害物质,这是消除污染、保护环境的有效途径之一。

废水及其污染物都是在生产过程中产生的。因此,通过改革某些生产过程、方法和原料路线,可作到少排或不排废水,少排或不排危害性大的污染物。这方面潜力很大,可采取如下措施:改革工艺、综合利用、降低单位产品耗水量等。例如,在制革行业中,采用酶法脱毛代替灰碱法,可不产生含碱废水。在电镀行业中,采用无氰电镀和微氰电镀,采用多级逆流漂洗,设置蒸发浓缩等措施,可消除或减轻含氰废水的污染。在制碱行业中,采用隔膜法制碱代替水银电解制碱,可消除食盐电解法制碱过程中产生汞污染等。

### 1-3-2 综合利用,从废水中回收有用物质

废水中的污染物质,往往是宝贵的工业原料或产品、半产品的流失物,若予以回收和综合利用,便可变废为宝,化害为利。例如,从染料废水中回收染料,从含油废水中回收油品,从高浓度含酚废水中回收酚,从洗毛废水中回收羊毛脂等。这样不仅回收了废水中有用物质,也降低了废水污染物的浓度,有利于进一步净化处理。

### 1-3-3 加强管理

控制水污染必须有完善的管理措施,包括立法管理、资源管理和规划管理,建立专门机构,实施监督、执法的权力。例如,对水体、污染源、污水处理厂等搞好环境监测与管理;加强对水资源的全面规划;制订水域保护条例;实施排污收费,贯彻“三同时”方针,使环境保护设施与主体工程同时设计,同时施工,同时投产。

为了保护水体不受污染,保护水资源,按照水体的不同用途,我国制订了《地面水环境质量标准》、《污水综合排放标准》等。

### 1-3-4 净化处理,达标排放

对于外排的废水,应妥善处理,做到无害化排放,这是防止环境污染的重要措施,国外工业发达国家近几十年来建造了许多污水或废水处理厂,从而使环境污染状况得到控制与改善。例如,美国已建有 22600 多个污水或废水处理厂,英国、德国各建有 7000 多个污水或废水处理厂。我国约有 50% ~ 70% 废水未经处理,因此,应建设必要的环境污染处理设施,并使废水处理设施正常运行。

工业企业的废水,是单独处理或归口集中处理,或适当处理后排入城市排水系统,与城市污水一并处理,需视水质、水量、当地条件等因素,通过技术经济比较确定。

## 1-4 废水处理方法与处理流程

废水处理的任务,是采用必要的处理方法与处理流程,使废水污染物去除或回收,使废水得到净化。

### 1-4-1 废水处理方法

废水处理方法很多,按其作用原理,可分为物理法、化学法、物理化学法、生物法四类。

#### 1. 物理法

物理法是利用物理作用分离废水中主要呈悬浮状态的污染物质,在处理过程中不改变物质的化学性质,如沉淀法、筛滤法、离心分离法等。



## 2. 化学法

化学法是利用化学反应作用来分离或回收废水中的污染物质,或使其转化为无害的物质。如混凝法、中和法、氧化还原法等。

## 3. 物理化学法

物理化学法是通过物理和化学的综合作用使废水得到净化的方法。如吸附、萃取、离子交换、膜分离等方法。

## 4. 生物法

生物法是利用微生物的作用来去除废水中溶解的和胶体状态的有机物的方法。生物法可分为好氧生物处理(主要有活性污泥法、生物膜法、氧化塘及污水灌溉等)和厌氧生物处理两大类。

### 1-4-2 废水处理系统

由于废水污染物质多种多样,只用一种处理方法往往不能把所有的污染物质全部除去,而是需要通过由几种方法组成的处理系统或处理流程,才能达到处理要求的程度。

按照处理任务与处理程度的不同,可分为一级处理(包括预处理)、二级处理和三级处理。

#### 1. 一级处理

一级处理主要是去除水中漂浮物与悬浮物,调整 pH 值,减轻后续处理的工艺负荷。采用的方法有沉淀、上浮、预曝气等。废水经一级处理后,一般达不到排放标准,还必须进行二级处理。但是有些情况,废水经一级处理后,可出水排放或用于灌溉农田。此外,应该指出,有些高浓度废水在进行净化处理前往往先回收水中的有用物质。因此把这种称为预处理的过程也列入一级处理。