

安全工程技术丛书

工业水污染控制 技术与设备

© 张建伟 冯颖 吴剑华 编著



化学工业出版社
教材出版中心

安全工程技术丛书

工业水污染控制技术与设备

张建伟 冯颖 吴剑华 编著



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

本书系统介绍了工业废水的来源、特性、危害及各类废水处理技术和设备。全书共分为8章,分别介绍了工业废水处理的物理方法、化学方法、物理化学方法、生物技术、物理场技术以及污泥的处理技术,内容包括过滤、沉降、浮选、筛滤、混凝、中和、氧化还原、萃取、吸附、离子交换、膜分离、好氧和厌氧生物处理、电磁场水处理以及污泥浓缩、稳定、脱水、焚烧等废水处理领域通用的各种技术和单元操作,详细讲述了各种方法的基本原理、工艺流程,每个单元操作所用的设备结构、工作原理、参数设计、操作管理等,结合工业废水的污染特征和污水处理的实践,列举了多项工业废水处理实例,最后阐述了废水处理厂的设计管理等知识。

本书重视基本概念和基础理论的阐述,力求理论结合实际,技术与管理、工艺与设备兼顾,内容丰富,实用性强。本书可作为高等学校相关专业的教材和教学参考书,也可作为工业废水处理技术、管理人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

工业水污染控制技术与设备/张建伟,冯颖,吴剑华
编著. —北京:化学工业出版社,2006.4

(安全工程技术丛书)

ISBN 7-5025-8482-X

I. 工… II. ①张…②冯…③吴… III. ①工业
废水-污染控制-技术②工业废水-污染控制-设备 IV. X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第029340号

安全工程技术丛书

工业水污染控制技术与设备

张建伟 冯颖 吴剑华 编著

责任编辑:程树珍

文字编辑:张燕文

责任校对:边涛

封面设计:于兵

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本787mm×1092mm 1/16 印张15½ 字数381千字

2006年6月第1版 2006年6月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8482-X

定价:35.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

水是生命之源!

中国水资源十分短缺,人均水资源占有量仅为世界平均水平的四分之一。随着人口的增加、工农业生产的发展和人民生活水平的提高,水环境的污染又日益严重,水体污染已严重威胁到用水安全!

目前,全国70%以上的河流、湖泊遭受不同程度的污染,水污染不仅加剧了水资源的短缺,水质的恶化严重威胁着人民群众的身心健康。尤其是工业废水,因为其来源广、排放量大、含有大量有毒有害和污染物质(如氟、氯、砷、氨氮、磷、重金属、有机物等)而成为水污染的主要源头。在此情况下,全面深入了解和掌握工业水污染控制技术与设备,解决中国面临的水污染问题,已经成为科技工作者的重要历史使命。本书力求全面系统地介绍工业水污染控制的各种方法,阐述其基本原理、工艺流程以及每个单元操作所用的设备结构、工作原理、参数设计、操作管理等,使读者能掌握基本理论和培养解决实际问题的初步能力。

本书按照处理机理不同,将各种处理技术归纳为物理方法、化学方法、物理化学方法、生物法、物理场处理方法以及污泥处理方法来建立编写体系。与其他同类出版物相比,本书在阐述基本理论的基础上,着重介绍了每个单元操作所涉及设备的种类、结构原理、运行特点等,因此,本书对工艺和设备类专业都具有很强的实用性。本书在编写过程中,力求做到文字通俗易懂,图文并茂,并适当结合设计实例,便于读者应用时参考。

本书可作为高等学校安全工程、环境工程、过程装备与控制工程和给水排水专业学生的必修或选修课程的教材,也可作为相关专业自学考试教材,并可供安全监理、环境保护、过程设备设计和给水排水工程设计、管理部门、环保设备生产厂家和给水及污水处理厂运行管理等技术人员参考。

参加本书主要编写工作的是沈阳化工学院张建伟教授、冯颖副教授和吴剑华教授,本书编写过程中得到了有关专家、教授的大力支持和协助,深表谢意。

本书引用了一些从事教学、科研、生产工作同行撰写的著作、教材、手册等,书后附有主要参考文献,在此也表示深切谢意。

由于编写人员水平有限,书中缺点和错误在所难免,欢迎各位读者批评指正。

编 者

2005年12月

目 录

1 工业废水的性质与公共安全	1
1.1 工业废水的来源和性质	1
1.2 主要污染物及其对公共安全的影响	3
1.3 主要水质指标及排放标准	5
1.3.1 主要水质指标	5
1.3.2 排放标准	6
1.4 工业废水的控制与处理方法	7
1.4.1 控制废水污染的基本途径	7
1.4.2 工业废水控制与处理方法	7
1.5 工业废水处理工艺	8
1.5.1 典型的工业废水处理工艺流程	8
1.5.2 处理工艺的选择	10
1.6 中国工业废水处理现状和发展	11
2 物理法处理技术与装置	13
2.1 沉降法	13
2.1.1 影响沉降的因素	13
2.1.2 沉降装置	15
2.2 气浮法	20
2.2.1 压力溶气气浮装置	20
2.2.2 真空气浮装置	24
2.2.3 分散空气气浮装置	25
2.2.4 电解气浮装置	25
2.2.5 生物及化学气浮装置	26
2.3 过滤法	26
2.3.1 过滤的分类	26
2.3.2 过滤机理	27
2.3.3 过滤装置	29
2.4 筛分法	36
2.4.1 格栅	36
2.4.2 筛网	44
2.4.3 捞毛机	46
2.5 磁分离法	48
2.5.1 磁分离原理	48
2.5.2 磁分离装置	49

2.6	蒸发工艺	53
2.6.1	列管式	53
2.6.2	薄膜式	55
2.6.3	浸没燃烧式	56
2.6.4	蒸发工艺系统	57
3	化学法处理技术与设备	59
3.1	中和原理及其装置	59
3.1.1	中和法的基本原理	59
3.1.2	中和法及其装置	59
3.2	混凝原理及其装置	66
3.2.1	混凝法的基本原理	66
3.2.2	影响混凝效果的因素	69
3.2.3	常用混凝剂	71
3.2.4	混凝装置	71
3.3	氧化还原、氧化剂和消毒装置	80
3.3.1	药剂氧化法及其装置	81
3.3.2	药剂还原法及其装置	88
3.3.3	光氧化还原法及其装置	89
3.3.4	电解法及其装置	90
3.3.5	常用消毒装置	94
4	物理化学法技术及其处理设备	98
4.1	萃取原理及装置	98
4.1.1	萃取原理	98
4.1.2	萃取剂的选择和再生	99
4.1.3	萃取操作流程	99
4.1.4	萃取装置	100
4.1.5	萃取法在废水处理中的应用	104
4.2	吸附理论及其处理设备	105
4.2.1	吸附的基本原理	105
4.2.2	吸附剂及其解吸再生	107
4.2.3	吸附工艺及设备	110
4.2.4	吸附装置的设计	112
4.2.5	吸附法在废水处理中的应用	112
4.3	离子交换理论及其处理设备	113
4.3.1	离子交换原理	114
4.3.2	离子交换剂	115
4.3.3	离子交换的工艺和设备	117
4.3.4	离子交换设备的计算	121

4.3.5	离子交换法在废水处理中的应用	123
4.4	膜分离原理及其设备	124
4.4.1	反渗透法的基本原理及设备	124
4.4.2	电渗析法的基本原理及设备	128
4.4.3	超滤法的基本原理及设备	131
5	生物法处理技术及其处理设备	134
5.1	有机物去除机理	134
5.1.1	综合水质污染指标与废水中有机污染物分类	134
5.1.2	生物转化机制	136
5.1.3	好氧与厌氧生物转化	138
5.2	好氧生物处理技术及其设备	140
5.2.1	好氧生物的代谢及影响因素	140
5.2.2	活性污泥法	141
5.2.3	生物膜法	145
5.2.4	自然生物处理法	154
5.3	厌氧生物处理技术及其设备	156
5.3.1	厌氧生物法的基本原理	157
5.3.2	厌氧生物法的影响因素	158
5.3.3	厌氧生物法的设备	161
5.4	厌氧-好氧联合处理设备	176
6	物理场水处理设备与用水安全	179
6.1	水垢及其控制	179
6.1.1	水垢的产生	179
6.1.2	水垢控制方法	180
6.2	腐蚀及其控制	181
6.2.1	腐蚀发生机理	181
6.2.2	循环冷却水系统控制方法	182
6.3	磁化器	183
6.3.1	磁水器的原理	184
6.3.2	磁化法及磁水器的分类与构造	185
6.4	高频水改器	188
6.5	静电除垢器	190
6.5.1	静电除垢原理	190
6.5.2	静电除垢器的结构	191
6.6	低压电场式水处理器	192
6.6.1	低压电场式水处理器的的工作原理	192
6.6.2	低压电场式水处理器的构造	193
6.7	物理场水处理设备间的比较及与传统设备的对比	193

6.7.1	各类物理场水处理器的比较	193
6.7.2	物理场水处理方法与传统方法的比较	194
7	污泥处理过程及其装置	196
7.1	污泥来源及处理特点	196
7.1.1	污泥的来源及分类	196
7.1.2	污泥特性的表征指标	196
7.1.3	污泥的危害及处理	198
7.2	污泥浓缩	199
7.2.1	重力浓缩	200
7.2.2	气浮浓缩	202
7.2.3	离心浓缩	203
7.3	污泥稳定处理	203
7.3.1	污泥好氧消化	204
7.3.2	污泥厌氧消化	204
7.3.3	污泥化学稳定	207
7.4	污泥脱水干化	207
7.4.1	污泥的调理	207
7.4.2	真空过滤	208
7.4.3	板框压滤机	211
7.4.4	带式压榨过滤机	213
7.4.5	螺旋压滤机	214
7.4.6	离心脱水机	215
7.4.7	污泥干化	216
7.5	污泥的处置和利用	218
7.5.1	污泥焚烧	219
7.5.2	污泥填埋	221
7.5.3	综合利用	221
8	废水处理厂设计	224
8.1	设计原则和程序	224
8.2	设计资料	225
8.3	流程选择	226
8.4	废水处理厂址选择及总体布置	227
8.4.1	厂址选择	227
8.4.2	平面布置	228
8.4.3	高程布置	229
8.5	城市污水处理厂设计实例	231
	参考文献	238

1

工业废水的性质与公共安全

1.1 工业废水的来源和性质

水是宝贵的自然资源，是人类赖以生存的必要条件。在人类生活和生产活动中，从自然界取用了水资源，经过生活和生产活动后，又向自然界排出受到污染的水。这些改变了原来的组成，甚至丧失了实用价值而废弃外排的水称为废水。由于废水中混进了各种污染物，排进自然界水体，日积月累，最终会造成地表水和地下水的污染，严重时将导致自然界中的某一水系丧失实用价值。

中国是水资源匮乏的国家，人均水资源占有量仅为世界人均占有量的 1/4，在分布上又很不均匀，严重缺水城市有 50 多个。根据有关资料统计，截止到 1997 年底，全国污水日排放量为 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，全国各类水体 82% 的河段受到污染，其中已有 39% 的河段受到严重污染。70% 以上的城市河段不适宜作饮水水源，50% 的城市地下水受到污染，长江等 7 大水系水质不断恶化，湖泊水库普遍受到污染，沿海水体发生赤潮和富营养化现象增多。

根据来源不同，废水可分为生活污水和工业废水两类。

生活污水是人们在日常生活中所产生的废水，主要包括厨房洗涤、冲洗厕所和沐浴等污水。

工业废水是在工业生产中所排出的废水。工业企业历来是用水大户，其各个生产工序，如清洁、溶解、冷却、加热、加工、传送等都需要大量的水。例如，生产 1t 电炉钢需水 $18 \sim 25 \text{ m}^3$ ；生产 1t 纸需水 $130 \sim 165 \text{ m}^3$ ；生产 1t 化学纤维需要水 $1000 \sim 2000 \text{ m}^3$ ；生产 1t 氮肥需要水 600 m^3 ；一个年处理 $3 \times 10^6 \text{ t}$ 原油的炼油厂，若不重复循环使用水，每小时耗水量高达 1000 m^3 。

工业废水的来源一般是按行业分的，如食品工业废水、化工行业废水、造纸工业废水、纺织工业废水、石油工业废水、冶金工业废水、轻工业废水和制药废水等。根据工业废水中所含污染物质的不同，又可分为有机废水、无机废水、混合废水、放射性废水等。

工业生产废水是最重要的污染源，废水中含有多种有害成分，主要包括消耗溶氧的可溶性有机物、悬浮固体、微量有机物、重金属、氰化物及有毒有机物、氮和磷、难生物降解的物质、油与漂浮物质以及挥发性物质等。不同行业废水由于其自身的生产工艺差别较大，废水中主要污染物也各不相同，表 1-1 为部分工业部门排放废水的主要污染物和水质特点。

工业废水的特点主要表现为如下。

(1) 排放量大、污染范围广、排放方式复杂

工业生产用水量大，相当一部分生产用水中都带有一定量的原料、中间产物、副产物及产物等。工业企业遍布全国各地，污染范围广。不少工业产品在使用过程中又会产生新的污

表 1-1 部分工业部门排放废水的主要污染物和水质特点

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、吡啶、焦油、煤粉、As、Pb、Cd、B、Mn、Cu、Zn、Ge、Cr、酸性洗涤水、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、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、氨基化合物	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、吡啶、芳烃、酮	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	燃料、酸、碱、纤维悬浮物、洗涤剂、硫化物、砷、硝基化合物	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、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、电信器材、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、硝基化合物	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,悬浮物与油含量高,有的废水含有放射性物质

染,如全世界化肥施用量约 5×10^8 t, 农药用量大于 2×10^6 t, 使遍及全世界广大地区的地表水和地下水都受到不同程度的污染。工业废水的排放方式复杂,有间歇排放、连续排放、规律排放和无规律排放的区别,给水污染的防治造成很大困难。

(2) 污染物种类繁多、浓度波动幅度大

由于工业产品品种多,因此工业生产过程中排出的污染物也是数不胜数。不同污染物性质有很大差异,浓度也相差甚远。高的可达每升几万毫克以上,如生产酚醛树脂时排出的含酚废水可达 4×10^4 mg/L; 低的仅在每升几毫克以下,有的甚至不含任何污染物,只是温度发生变化。

(3) 污染物质有毒性、刺激性、腐蚀性、pH 值变化幅度大,悬浮物和富营养物多

被酸碱类污染的废水有刺激性、腐蚀性,而有机含氧化合物如醛、酮、醚等则有还原性,能消耗水质的溶解氧,使水缺氧而导致水生生物死亡。工业废水中含有大量的氮、磷、钾等营养物,使藻类大量生长耗去水中溶解氧,造成水体富营养化污染。工业废水中悬浮物含量也很高,最高可达 3000mg/L,为生活污水的 10 倍。

(4) 污染物排放后迁移变化规律差异大

工业废水中所含各种污染物的物理性质和化学性质差别很大,有些还有较强毒性,较大的蓄积性及较高的稳定性。一旦排放,迁移变化规律很不相同,有的沉积水底,有的挥发转入大气,有的富集于生物体内,有的则分解转化为其他物质,甚至造成二次污染,使污染物具有更大的危险性。例如,某些有机氮在水中经微生物作用可分解为硝酸盐,然后进一步还原为亚硝酸盐进入人体后与仲胺作用生成亚硝胺,有强烈的致癌作用。

(5) 恢复比较困难

水体一旦受到污染,即使减少或停止污染物的排放,要恢复到原来状态仍需要相当长的时间,甚至有些根本无法恢复。

1.2 主要污染物及其对公共安全的影响

工业废水中所含污染物种类很多,对公共安全造成的危害也各不相同,主要包括以下几种。

(1) 固体污染物

固体污染物分为溶解性固体污染物和悬浮性固体污染物两类。

溶解固体中的胶体是造成废水混浊和色度的主要原因,少数废水含有很高的无机盐,对农业和渔业有不良影响。

悬浮固体的主要危害是造成沟渠管道和抽水设备的堵塞、淤积和磨损;造成接纳水体的淤积和土壤空隙的堵塞;造成水生动物的呼吸困难;造成给水水源的混浊;干扰废水处理和回用设备的工作。

(2) 需氧污染物

能通过生物化学的作用而消耗水中溶解氧的化学物质,统称为需氧污染物。

无机的需氧物为数不多,主要有 Fe 、 Fe^{2+} 、 NO_2^- 、 S^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 CN^- 等。绝大多数需氧物是有机物,因而在特定情况下,需氧物即指有机物。

需氧物对环境水体造成两方面的危害。好氧微生物和兼性微生物在吸收利用需氧物的生化过程中,要消耗溶解氧,导致水中溶解氧浓度降低,使水生生物的生活受到影响。例如,水中氧的浓度低于 4mg/L 时,会使鱼群大量死亡。当溶解氧消耗殆尽时,厌氧微生物和改变了代谢方式的兼性微生物就进行厌氧分解。代谢产物中的硫化氢对生物有致毒作用,硫化氢、硫醇和氨等还能散发出刺鼻的恶臭,形成的硫化铁能使水色变黑,还出现底泥冒泡和泥片泛起,严重影响环境卫生和水的使用价值。

(3) 重金属及其化合物

汞、镉、锰、铬、锌、铜、镍、铅等重金属及其化合物在工业生产中用途广泛,它们都可通过食物链富集,人体如摄取过量的重金属就会引起中毒,重金属通过抑制人体化学反应酶的活动,以细胞质中毒的形式伤害神经组织,还可导致直接的组织中毒,损害人体解毒功能的关键器官——肝、肾等。

过量的 Cr^{3+} 易引起肺癌,也会引起肝和肾的障碍; Cr^{6+} 不仅是常见的致癌物质,而且会引起溃疡、喉炎和肠炎,影响红细胞携气机能,甚至导致发生内窒息;铜过量会刺激消化系统,长期过量还会导致肝硬化;锌过量时,会引起发育不良,新陈代谢失调、腹泻等;镍过量初期头晕、头痛,有时恶心呕吐,长期过量则高烧、呼吸困难等,甚至导致中枢神经障

碍，发生精神错乱等。慢性汞中毒能使汞被血液吸收并送到大脑，严重损害了中枢神经系统。急性汞中毒会危害呼吸系统、消化系统和泌尿系统。镉中毒会对人的肝脏和肾脏造成损害，引起贫血、肾功能衰退、高血压等，还有致癌、致畸形等危害。铅是一种蓄积性毒物，它的毒性作用主要会损害造血系统、神经系统及肾脏，也可能产生致癌、致突变、致畸形作用。

(4) 有机化学毒物

有机化学毒物多为人工合成物质，它们可通过各种途径进入人体，损害人的健康。

酚类化合物的毒性以苯酚为最大，苯酚、甲酚都能对人的神经系统造成很大危害。环境中的酚中毒呈慢性状态，使人出现头昏、头痛、精神不安等神经症状及呕吐、腹泻等消化道症状。高浓度酚可引起急性中毒，以至昏迷死亡。芳烃及其衍生物如苯、二甲苯、苯酚等会损害人的中枢神经，造成神经系统障碍，危害造血器官和生殖系统。氰及氰化物，如丙烯腈、乙腈、氰醇等急性中毒时造成细胞氧化作用障碍，引起组织缺氧使人窒息，意识丧失直至死亡。酸、醇、醛、酯、环氧化合物等有机氧化物有刺激作用，如甲醛可引起皮肤炎、鼻炎、支气管哮喘等。不少有机氯化物都有致癌作用。多氯联苯的急性中毒会造成人的死亡，还可通过胎盘造成胎儿中毒。

(5) 油类污染物

石油及其加工成品的应用十分广泛，因此含油废水的排出和石油产品的泄漏使石油成为污染水体的重要物质。石油及其产品一旦排入水体，便会浮出水面形成油膜，进一步扩展成薄膜，每升石油扩展面积可达 $100\sim 1000\text{m}^2$ 。油膜覆盖海面，不仅影响海洋生物生长，破坏海岸设施，还可能影响局部地区的水文气象条件和降低海洋的自净能力。

(6) 无机污染物

工业生产排出的废水中含有酸性污染物、碱性污染物及各种无机盐。酸、碱性污染物污染水体使 pH 值发生变化，当 $\text{pH}>8.5$ 或 $\text{pH}<6.5$ 时，则会消灭或抑制微生物的生长，妨碍了水体的自净能力，从而对生态系统发生不良影响。无机盐的存在能增加水的渗透压，对淡水生物和植物生长不利，还会造成水的硬度增大，增加工业用水的处理费用。某些无机盐类，如砷的化合物、氰化物、氟化物等也都是毒性较大的污染物。

(7) 氮、磷、钾等营养物质

氮、磷、钾等营养物质是植物生长所必需的物质，但水体中营养物质含量过多，就会产生“富营养化”现象，导致水生生物主要是各种藻类的大量繁殖和旺盛生长，使水中溶解氧大量消耗，水体处于严重缺氧状况，造成鱼类死亡。

(8) 放射性物质

放射性物质主要来自核电站放射性废水处理不当时所造成的泄漏，核试验产生的放射性尘埃的降落以及放射性同位素在化学、冶金、医学、农业等部门的广泛应用而随污水排入水体、污染水体的放射性物质，主要有 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 等，这些物质经水和食物进入人体以后，能产生积累，增加对人体的放射性辐射，引起遗传变异或癌症。

(9) 热污染

废水温度过高引起的危害称为热污染，其危害表现为熔化和破坏管道接头、破坏生物处理过程、危害水生物和农作物、加速水体的富营养化进程。

(10) 生物性污染物

生物性污染物主要是病原微生物，来自生活污水和医院废水，制革、食品加工等工业废

水及牲畜污水。病原微生物有细菌、病毒、寄生虫三类，对人体健康影响很大，造成传染病发病率和死亡率的提高。

1.3 主要水质指标及排放标准

1.3.1 主要水质指标

水质是指水和水中所含杂质共同表现出来的综合特性。水质指标是判断水质的具体指标。对工业污水进行的处理需要从化学、物理、生物学性质三个方面的指标加以控制，主要有以下几种。

(1) 悬浮固体

悬浮固体是水中呈固体状的不溶性物质，如淤泥、黏土、微生物体、不溶性有机物、无机物等。

(2) pH 值

pH 值是反映污水酸碱性大小的指标，对污水处理、利用以及水中生物生长繁殖都有很大影响。

(3) 温度

温度是反映热污染的水质指标。

(4) 色度、嗅和味

色度、嗅和味是反映感观污染的水质指标。废水中由于主要污染物不同，会带有不同的颜色和气味，有时会造成感观上的不快。

(5) 有机物

有机物种类繁多，组成也较复杂，很难测定水中各类有机物的含量，一般采用间接指标表示。常用的指标如下。

① 生物化学需氧量 (BOD, Biochemical Oxygen Demand) 表示在有氧的情况下，微生物可降解有机物稳定化所需的氧量。是反映水中可生物降解的含碳有机物的含量以及排入水体后产生耗氧影响的指标，BOD 值越大，说明水中的有机物含量越高，污染越严重。

② 化学需氧量 (COD, Chemical Oxygen Demand) 表示在一定条件下用化学强氧化剂氧化水中有机污染物时所需氧的量，常用的强氧化剂包括重铬酸钾和高锰酸钾，当以重铬酸钾作为氧化剂时，化学需氧量常表示为 COD_{Cr} ，当以高锰酸钾作为氧化剂时，化学需氧量常表示为 COD_{Mn} 。

③ 总有机碳 (TOC, Total Organic Carbon) 以碳的数量表示水体中有机物质总量，即把水样中所有有机碳转化成二氧化碳后测定二氧化碳的量来确定水样中碳的含量。

④ 总需氧量 (TOD, Total Oxygen Demand) 指水中能被氧化的物质，主要是有机物在燃烧中变成稳定氧化物时所需的氧量。

(6) 氮和磷含量

氮和磷含量是表示水体中含氮化合物和含磷化合物在水中存在的形式和浓度，是重要水质指标之一，在污水处理的生物技术应用时，要加以考虑。

(7) 有害化学物质

主要指对生物体有害的有毒化合物、重金属的含量，如酚类、氰化物、汞、镉等。

(8) 细菌污染指标

指对生物体有害的细菌的多少，通常用细菌总数和大肠菌群数两个指标表示。

1.3.2 排放标准

根据污水排放途径和排放要求不同，可以确定工业废水经过处理后排放所执行的排放标准。

处理后出水排入地表，要达到《地面水环境质量标准》(GB 3838—88)和《污水综合排放标准》(GB 8978—96)；处理后出水排入海洋，要达到《海洋水质标准》(GB 3097—82)；处理后污水排入城市下水道必须达到《污水排入城市下水道水质标准》(CJ 18—86)；处理后污水进行回用，要达到有关污水回用的标准。水环境保护水体质量标准见表 1-2。

表 1-2 水环境保护水体质量标准

序号	标准编号	标准名称
1	GB 3097--1997	中华人民共和国海水水质标准
2	GB 5084--1992	农田灌溉水质标准
3	GB 12941--1991	景观娱乐用水水质标准
4	GB 3838--1988	地面水环境质量标准
5	GHZB 1--1999	地表水环境质量标准
6	CJ 3020--1993	生活饮用水水源水质标准

注：GB—国家强制标准；GHZB—国家环境质量标准；CJ—国家环保总局标准。

除国家及下属职能部门制定的有关排放标准外，有些行业和地方部门也根据行业情况和当地具体情况制定了一些排放标准。在进行工业废水处理工程设计时，要根据具体情况选择参考和设计标准。环境保护水体排放标准见表 1-3。

表 1-3 环境保护水体排放标准

序号	标准编号	标准名称
1	GB 8978—1996	污水综合排放标准
2	GB 15580—1995	磷肥工业水污染物排放标准
3	GB 14470.1—1993	兵器工业水污染物排放标准(火炸药)
4	GB 14470.2—1993	兵器工业水污染物排放标准(火工品)
5	GB 14470.3—1993	兵器工业水污染物排放标准(弹药装药)
6	GB 14374—1993	航天推进剂水污染物排放标准
7	GB 13457—1992	肉类加工工业水污染物排放标准
8	GB 15581—1995	烧碱、聚氯乙烯工业水污染物排放标准
9	GB 13456—1992	钢铁工业水污染物排放标准
10	GB 4287—1992	纺织染整工业水污染物排放标准
11	GB 13458—1992	合成氨工业水污染物排放标准
12	GB 8978—1996	《污水综合排放标准》中石化工业 COD 标准值修改单
13	GB 4914—1985	海洋石油开发工业含油污水排放标准
14	GB 4286—1984	船舶工业污染物排放标准
15	GB 3552—1983	船舶污染物排放标准
16	GB 35/424—2001	九龙江流域水污染物排放总量控制标准
17	GB 31/199—1997	上海市污水综合排放标准
18	GWKB 4—2000	污水海洋处置工程污染控制标准
19	GWPB 2—1999	造纸工业水污染物排放标准
20	GWPB 4—1999	合成氨工业水污染物排放标准

注：GB—国家强制标准；GWKB—国家污染物控制标准；GWPB—国家污染物排放标准。

1.4 工业废水的控制与处理方法

1.4.1 控制废水污染的基本途径

(1) 减少污染因子的产生量

废水和其中的污染物是一定生产工艺过程的产物，因此，解决工业废水污染问题，首先要从改革生产工艺和合理组织生产过程做起，尽量使污染因子不产生或少产生。这方面的措施包括改变生产程序、变更生产原料、工作介质或产品类型，重复使用废水，加强生产管理等。

改变生产程序、变更生产原料可从开发干法生产工艺（如干法印染）、采用无毒工艺（如酶法制革）和无毒原料（如无氰电镀）、采用逆流漂洗等方面入手。

重复使用废水有循环和接续两种方式。在一般情况下，废水再用的必要条件是进行适当的处理，例如，洗煤废水和轧钢废水，经澄清、冷却降温后，可用作工业用水。废水的重复使用是一项解决环境污染和水资源短缺的重要途径。我国各工业部门都规定了废水再用率的指标。

在有些工厂，往往由于生产程序不合理和管理制度不健全，人为地造成了许多废水问题，例如，倒料时大量漏失，不合理地用水冲洗地面并使污水任意溢流，频繁改变生产工艺及倒料，任意向下水道倾倒入料及剩液等。因此，加强生产管理，防止这些人为的“废水废液”的产生，也能减少废水的污染危害程度。

(2) 减少污染因子的排放量

减少污染因子的排放量的方法之一是在车间或工厂内回收废水中的有价物质，既创造财富，又减少污染危害；方法之二是进行最终的水质处理，以达到排放标准。

1.4.2 工业废水控制与处理方法

(1) 按对污染物实施的作用不同划分

按对污染物实施的作用不同，废水处理可分为两类：一类是通过各种外力作用，把有害物从废水中分离出来，称为分离法，在分离过程中并不改变污染物的化学本性；另一类是通过化学或生化的作用，使其转化为无害的物质或可分离的物质（此部分物质再经过分离予以除去），称为转化法。

分离和转化的技术是多种多样的，其详细种类见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 废水处理的分离法技术

污染物存在形式	分离法技术
离子态	离子交换法、电解法、电渗析法、离子吸附法、离子浮选法
分子态	萃取法、结晶法、精馏法、浮选法、反渗透法、蒸发法
胶体	混凝法、气浮法、吸附法、过滤法
悬浮物	重力分离法、离心分离法、磁力分离法、筛滤法、气浮法

表 1-5 废水治理的转化法技术

技术机理	转化法技术
化学转化	中和法、氧化还原法、化学沉淀法、电化学法
生物转化	活性污泥法、生物膜法、厌氧生物处理法、生物塘法和氧化沟法

(2) 按处理机理的不同划分

按处理机理的不同, 将废水污染控制治理技术分为四类, 见表 1-6。

表 1-6 工业废水处理技术

方 法	技 术 名 称
物理法	沉降、浮选、过滤、筛分、磁分离、蒸发
化学法	中和、混凝、氧化还原
物理化学法	萃取、吸附、离子交换、膜分离
生物化学法	好氧生物处理、厌氧生物处理、厌氧-好氧联合处理

(3) 按处理的程度划分

按处理的程度, 废水处理可划分为一级处理、二级处理和三级处理。

一级处理主要是去除废水中的悬浮固体和漂浮物质, 同时起到中和、均衡, 调节水质的作用。主要采用筛滤、沉淀等物理处理技术。处理水达不到排放标准, 必须进行再处理。

二级处理主要是去除废水中呈胶体和溶解状态的有机污染物质。主要应用各种生物处理技术, 处理水可以达标排放。

三级处理是在一级、二级处理的基础上, 对难降解的有机物、磷、氮等营养性物质进一步处理。采用的处理技术有混凝、过滤、离子交换、反渗透、超滤、消毒等, 处理水可直接排放地表水系或回用。

废水中污染物的组成相当复杂, 往往需要采用几种技术方法的组合, 才能达到处理要求。对于某种废水, 具体采用哪几种技术组合, 要根据废水的水质、水量、污染物特性、有用物质回收的可能性等, 进行技术和经济的可行性论证后才能决定。

1.5 工业废水处理工艺

工业废水的处理工艺, 一般都是多个处理技术的组合。各工业行业、不同规模企业的生产工艺不同, 废水治理技术的选择和组合也就有差别。每一种工业废水都有相应的处理工艺。

1.5.1 典型的工业废水处理工艺流程

典型的工业废水处理工艺流程如图 1-1 所示。

图 1-1 所示为处理各类工厂废水的综合系统。该流程图以初级和二级处理过程为中心, 但同时包括三级处理过程和某些废水的单独处理过程。

初级和二级处理过程用来处理多数无毒废水; 而其他的废水在加入到这一流程中之前必须预处理。这些过程基本与工厂中公用大型处理过程 (POTW) 相同。

初级处理是废水生化处理的准备工作, 大量固体被筛网格栅除去, 并进行沉降。

均化, 是在一个混合器内, 保持流动和浓度变化时刻稳定。

中和, 是指具有不同 pH 值的酸性和碱性废水, 彼此部分进行中和。

油、油脂和悬浮固体利用浮选、沉降或过滤方法加以除去。

二级处理则是可溶的有机化合物的生化降解, 将 BOD 值由 50~1000mg/L 甚至更高, 降到 15mg/L 以下。它是在一个敞开的曝气池内进行的, 但废水必须经过预处理。在生化处理后, 微观组织和所携带的其他固相允许被沉积下来。在特定过程中, 部分污泥可以被回用, 但过多的污泥最终同沉降物一起排放掉。

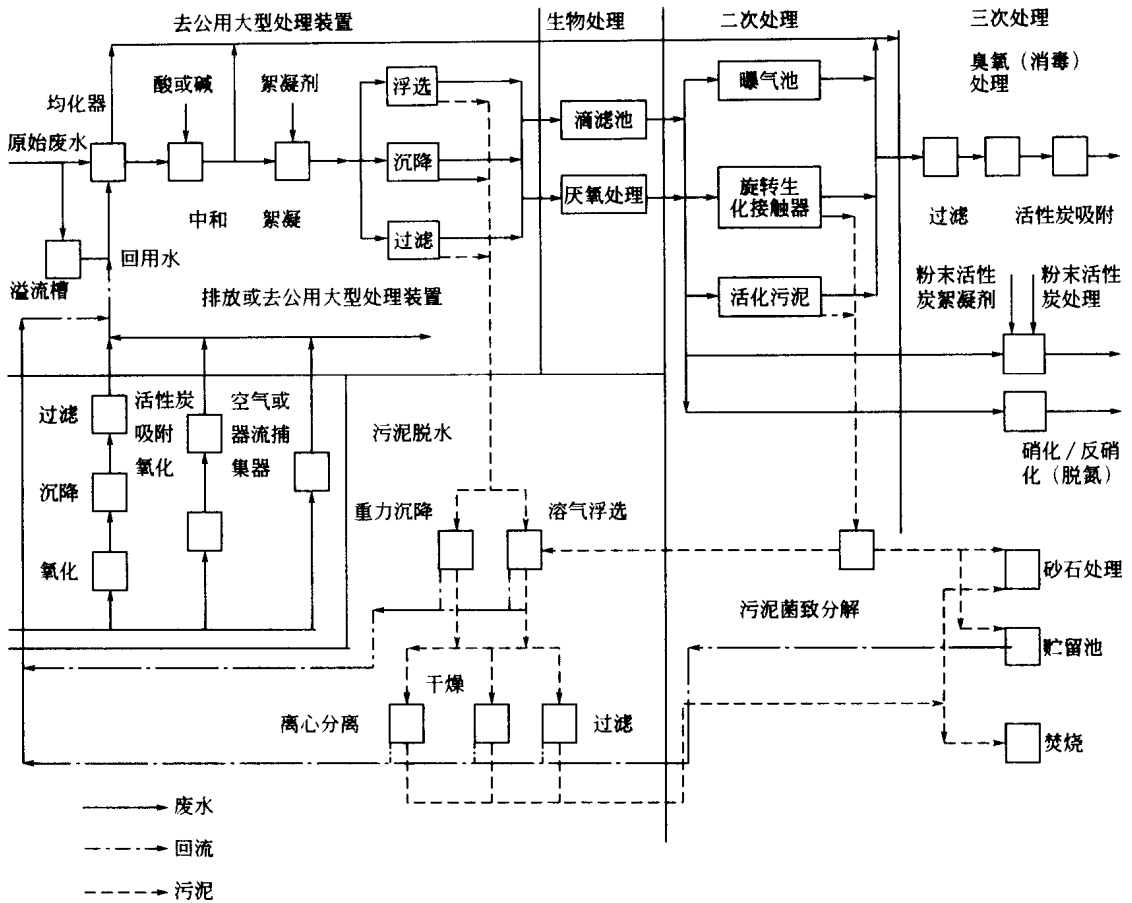


图 1-1 典型的工业废水处理工艺流程

许多现存的废水处理系统仅有初级和二级处理系统。在过去是合适的，但现在则落后了，因为现在必须改进或设计新装置使其能够去除对水中生物有毒的污染物和残留物。

三级处理过程安装在生化处理后，以便去除特定类型的残留物。过滤去除悬浮固体或胶状固体，用颗粒活性炭（GAC）吸附可以去除有机物；而化学氧化也可以去除有机物。遗憾的是，三级处理必须用来处理大容积的废水，因此成本非常高。另外，此过程并非专对某些污染物，因此也无特效。

内置装置处理对于流体中富含重金属、杀虫剂，以及其他由初级处理和生化处理所无法去除的物质，是必要的。内置装置处理对于去除小容积流体的不可降解物也是有效的，因为它从一个少量的、浓缩的流体中去除污染物，要比从一个大量的、稀释的流体中去除污染物，成本要低，而且更容易。

在装置内进行处理的过程包括降解、活性炭吸附、化学氧化、空气或蒸汽捕集、离子交换、反渗透、电渗析和湿空气氧化。

现存的处理系统也可以进行调整来扩展其能力、改善其性能。例如，在生化处理过程中加入粉末活性炭（PAC）来吸附不能降解或缓慢降解的微生物，这被称为 PACT 过程。又如，在生化处理池之后加凝结剂，以便去除磷和残留的悬浮固体。

所有上述过程在整个废水处理流程图中都有它们自己的位置，废水处理过程的选择或组合取决于以下几点。