

工业废水处理工程实例

张学洪 赵文玉 曾鸿鹄 王敦球 编著



冶金工业出版社

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

工业废水处理工程实例

张学洪 赵文玉 曾鸿鹄 王敦球 编著

北 京

冶金工业出版社

2009

内 容 简 介

本书简要地介绍了工业废水处理技术及方法,重点是对作者研究、设计、调试的几种工业废水处理的实际工程进行详细论述。全书共分六章及附录,第一章简要介绍工业废水的基本情况和工业废水处理技术的基本情况,第二章至第六章详细介绍几种工业废水(如高盐度采油废水、富硫酸盐味精废水等)从试验研究到工程应用的全部过程,附录中的附录1介绍了高盐度采油废水处理工程设计计算的详细步骤,并将采油废水处理工程所有工艺设计图放在附录2中。

本书可作为高等院校给水排水工程、环境工程、环境规划管理专业以及理、工、农、林、医等与水处理有关的本科生、研究生的教学或学习用书,也可作为工程设计人员、工程技术管理人员、企业环境保护管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工业废水处理工程实例/张学洪等编著. —北京:冶金工业出版社,2009.3

ISBN 978-7-5024-4789-2

I. 工… II. 张… III. 工业废水—废水处理 IV. X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第192581号

出版人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 王之光 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 侯 璐 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-4789-2

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009年3月第1版,2009年3月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;10.25印张;244千字;153页;1-3000册

28.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

随着经济的发展,工业化进程加快,排放水体的工业废水污染负荷不断增加,水环境污染面临着空前的挑战。当前,国家在水污染治理中重点要解决的问题之一是工业废水的污染治理,最大限度地削减水污染负荷。为此,作者多年来在工业废水处理研究与技术应用方面做了大量的工作,把一些典型的工程实例,通过本书进行了总结,希望与从事工业废水处理的同行进行交流。

本书未把工业废水处理的各种技术再作详细介绍,而是对所列的工程实例(均是作者自己完成的)从实验研究、工程设计到调试运行作全过程介绍,并把其中的高盐度采油废水处理工程的详细设计计算过程和工程设计图纸编入本书中,因此,本书具有非常实用的参考价值。本书不仅可作为环境工程、给水排水工程专业本科毕业生毕业设计的参考教材,也可作为环境工程和市政工程研究生进行课题研究的参考资料,还可作为工程设计人员、工程技术管理人员、企业环境保护管理人员参考资料。

本书分为6章及附录,第一章由赵文玉、曾鸿鹤编写,第二章由张华、王敦球编著,第三章由赵文玉、刘康怀编著,第四章由黄海涛、张学洪编著,第五章由许立巍、曾鸿鹤编著,第六章由魏彩春、张学洪编著,附录1由陶笈汛、张华编著,附录2及书中插图由张华、陶笈汛、赵文玉、梁延鹏等完成。全书由张学洪统稿。

由于作者水平所限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者
2008年10月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 工业废水概述	1
一、工业废水的含义与特点	1
二、工业废水的分类	1
三、工业废水中的主要污染物及水质指标	2
四、工业废水对环境的污染和危害	2
五、工业废水相关的排放标准	3
第二节 工业废水处理技术概述	4
一、工业废水污染源调查	4
二、控制工业废水污染源的基本途径	5
三、工业废水处理的基本方法	6
四、工业废水处理方法的选择	6
五、工业废水处理方案的优化规划	7
六、工业废水处理方案的设计原则	8
参考文献	9
第二章 高盐度采油废水处理工程	10
第一节 高盐度采油废水处理概述	10
一、采油废水来源	10
二、采油废水水质特点	10
三、采油废水处理技术简介	11
第二节 高盐度采油废水处理试验研究	13
一、高盐度采油废水处理试验概述	13
二、高盐度采油废水处理实验结果	16
三、高盐度采油废水处理实验研究结论	21
第三节 高盐度采油废水处理工程设计	21
一、高盐度采油废水处理工程概述	21
二、高盐度采油废水处理工艺选择	22
三、高盐度采油废水处理工程主要构筑物及设计说明	23

四、高盐度采油废水处理工程调试与运行	24
五、处理系统运行效果	26
六、高盐度采油废水处理工程效益分析	26
参考文献	27
第三章 富硫酸盐味精废水处理工程	29
第一节 富硫酸盐味精废水处理概述	29
一、味精生产工艺及废水来源	29
二、味精废水水质特点	30
三、味精废水处理技术简介	31
第二节 富硫酸盐味精废水处理试验研究	32
一、富硫酸盐味精废水处理试验概述	32
二、富硫酸盐味精废水处理实验结果	34
三、富硫酸盐味精废水处理实验研究结论	37
第三节 富硫酸盐味精废水处理剩余污泥蛋白回收试验研究	37
一、富硫酸盐味精废水处理剩余污泥特点	37
二、实验用材料、设备及测试项目	38
三、剩余污泥蛋白回收实验方法	38
四、剩余污泥蛋白回收利用实验结果	38
五、剩余污泥资源化利用研究结论	40
第四节 富硫酸盐味精废水处理工程设计	41
一、味精废水处理工程设计任务来源	41
二、味精废水处理工艺选择	41
三、味精废水处理工程主要构筑物及设计说明	41
四、味精废水处理工程调试与运行	43
五、剩余污泥蛋白回收工程应用及运行效果	45
六、味精废水处理工程经济效益分析	45
参考文献	47
第四章 电镀废水处理工程	48
第一节 电镀废水处理概述	48
一、电镀废水的来源及性质	48
二、电镀废水处理技术简介	49
第二节 含多种重金属电镀废水处理实验研究	53
一、化学还原沉淀法处理含铬电镀废水实验研究	53
二、化学共沉淀法处理含多种重金属的混合电镀废水试验研究	58

三、化学分类沉淀法处理电镀废水试验研究	59
第三节 含氟含铬电镀废水处理技术研究	60
一、概述	60
二、硫酸亚铁还原 + 粉煤灰沉淀吸附集成技术除铬	60
三、碱性氟氧化法处理含氟废水	62
四、研究结论	62
第四节 含多种重金属电镀废水处理工程设计	63
一、废水来源与水质水量特征	63
二、工艺流程	64
三、主要构筑物 and 参数	64
四、处理效果	64
五、污泥处理与处置	65
第五节 含氟含铬电镀废水处理工程	65
一、水质与水量	65
二、工艺流程	66
三、主要构筑物及其设计参数	66
四、调试及运行	66
五、经济技术指标	67
第六节 铁氧体法处理镀锌废水工程	67
一、水质与水量	67
二、工艺流程	67
三、主要构筑物和工艺参数	68
四、处理效果	68
第七节 化学沉淀法处理镀锌废水工程	68
一、水质与水量	69
二、工艺流程	69
三、构筑物及主要设备	69
四、调试及运行	70
五、经济技术指标	70
参考文献	70
第五章 高含氟稀土冶炼废水处理工程	71
第一节 高含氟稀土冶炼废水概述	71
一、氟的来源及危害	71
二、含氟废水的特点	71
三、含氟废水处理技术简介	72

第二节 高含氟废水处理实验研究	73
一、高含氟稀土冶炼废水的水质特征	73
二、高含氟废水处理实验研究	73
第三节 高含氟稀土冶炼废水处理工程设计	79
一、设计水质水量	79
二、处理工艺流程	79
三、主要构筑物 and 参数	80
四、处理效果	80
五、污泥处置	80
六、技术经济指标	80
参考文献	80
第六章 选矿废水回收处理工程	82
第一节 选矿废水概述	82
一、广西矿业概况	82
二、选矿废水特点	82
三、选矿废水的危害	83
四、选矿废水处理技术简介	84
第二节 选矿废水处理实验研究	85
一、试验废水水质特点	85
二、混凝试验研究结果	85
第三节 废水处理工程设计	86
一、设计水量与水质	86
二、处理工艺流程	86
三、主要构筑物及工艺参数	87
四、运行情况	87
五、主要经济技术指标	87
六、工程设计总结	88
参考文献	88
附 录	91
附录 1 某油田石油废水处理工程工艺计算实例	91
第一节 设计任务及设计资料	91
一、设计任务	91
二、设计文件及设计资料	91
第二节 废水处理站工艺设计	91

一、废水处理站的设计规模	91
二、废水处理程度的确定	91
三、废水处理站设计	92
第三节 污水、污泥处理构筑物的设计计算	96
一、ABR 反应池	96
二、中间调节池	96
三、SBR 反应池	97
四、滤池设计计算	101
五、污泥浓缩池	105
六、清水池	106
七、回流水池	107
第四节 高程计算	107
一、构筑物水头损失	107
二、管渠水力计算	107
三、处理站高程布置	108
附录 2 某油田石油废水处理工程全套工艺设计图	109

第一章 绪 论

第一节 工业废水概述

一、工业废水的含义与特点

(一) 工业废水的含义

所谓工业废水是指各行业生产过程中所产生和排出的废水。它可分为生产污水（包括生活污水）和生产废水两大类。

(1) 生产污水是指在生产过程中所形成的，被有机或无机性生产废料所污染的废水（包括温度过高而能够造成热污染的工业废水）。

(2) 生产废水是指在生产过程中形成的，但未直接参与生产工艺、只起辅助作用，未被污染物污染或污染很轻的水，有的只是温度稍有上升（诸如冷却水等）。

(二) 工业废水的特点

工业废水对环境造成的污染危害，以及应采取的防治对策，取决于工业废水的特性，即污染物的种类、性质和浓度。工业废水的水质特征，不单依废水的类别而异，往往因时因地而多变。

工业废水的特点主要表现为排放量大、组成复杂和污染严重。对废水水质常用两项最主要的污染指标来表示，也就是指悬浮物和化学需氧量。不同的工业废水，其水质差异很大。以化学需氧量为例，较低的也在 250 ~ 3500mg/L 之间，高的常达每升数万毫克，甚至几十万毫克。

二、工业废水的分类

工业废水分类通常有以下三种分类方法：

第一种是按行业的产品和加工对象分类，如冶金废水、造纸废水、纺织废水、制革废水等。

第二种是按工业废水中所含的主要污染物性质分类，含无机污染物为主的称无机废水，含有机污染物为主的称有机废水。如电镀和矿物加工过程中所产生的废水为无机废水；食品或石油加工过程所产生的废水为有机废水。

第三种按废水中所含污染物的主要成分分类，如酸性废水、碱性废水、含氟废水、含酸废水、含铬废水、含有机磷废水等。这种分类方法突出了废水中主要污染成分，针对性强，有利于制定适宜的处理方法。

除上述分类方法外，还可根据工业废水处理的难易程度和废水的危害性，将废水中的主要污染物归纳为以下三类：

第一类为易处理危害小的废水。生产工艺过程中的热排水或冷却水，对其稍加处理后可以回用或排放。

第二类为常规污染物，水中污染物无明显毒性，含有易于生物降解的物质，可作为生物营养物的化合物、悬浮固体。

第三类为有毒污染物，水中污染物含有毒性又不易被生物降解的物质，包括重金属、有毒化合物和生物难以降解的有机化合物。

上述工业废水的分类方法只能作为了解污染源时的参考。实际上，一种工业可以排出几种不同性质的废水，而一种废水又可能含有多种不同的污染物。例如染料废水，即排出酸性废水，又排出碱性废水。纺织印染废水由于织物和染料的不同，其中污染物和浓度往往有很大的差别。

三、工业废水中的主要污染物及水质指标

了解工业废水中污染物的种类、性质和浓度，对于废水的收集、处理、处置设施的设计和运行，以及环境的技术管理都是重要的；对于该废水危害环境的评价，也是至关重要的。废水中污染物种类较多。根据废水对环境污染所造成危害的不同，大致可分为固体污染物、有机污染物、油类污染物、有毒污染物、生物污染物、酸碱污染物、需氧污染物、营养性污染物、感官污染物和热污染物等。

为了表征废水水质，规定了许多水质指标。主要有化学需氧量、有毒物质、有机物质、悬浮物、细菌总数、pH值、色度、氨氮、磷、生物需氧量等。一种水质指标可能包括几种污染物的综合指标，而一种污染物也可以造成几种水质指标的表征。如悬浮物可能包括有机污染物、无机污染物、藻类等，而一种有机污染物就可以造成COD、BOD、pH值等几种水质指标的表征。

四、工业废水对环境的污染和危害

水污染是我国面临的主要环境问题之一。随着我国工业的发展，工业废水的排放量日益增加，达不到排放标准的工业废水排入水体后，会污染地表水和地下水。几乎所有的物质，排入水体后都有产生污染的可能性。各种物质的污染程度虽有差别，但超过某一浓度值后会产生危害。

(1) 含无毒物质的有机废水和无机废水的污染。有些污染物质本身虽无毒，但由于量大或浓度高而对水体有害。例如排入水体的有机物，超过允许量时，水体会出现厌氧腐败现象；大量的无机物流入时，会使水体内盐类浓度增高，造成渗透压改变，对生物（动植物和微生物）造成不良影响。

(2) 含有毒物质的有机废水和无机废水的污染。例如含氰、酚等急性有毒物质、重金属等慢性有毒物质及致癌物质等造成的污染。

(3) 含有大量不溶性悬浮物废水的污染。例如，纸浆、纤维工业等的纤维素，选煤、选矿等排放的微细粉尘。这些物质沉积水底有的形成“毒泥”，发生毒害事件的例子很多。如果是有机物，则会发生腐败，使水体呈厌氧状态。这些物质在水中还会阻塞鱼类的鳃，导致呼吸困难，并破坏产卵场所。

(4) 含油废水产生的污染。油漂浮在水面既有损美观，又会散发出令人厌恶的气味。

燃点低的油类还有引起火灾的危险。动植物油脂具有腐败性，消耗水体中的溶解氧。

(5) 含高浊度和高色度废水产生的污染。引起光通过量不足，影响生物的生长繁育。

(6) 酸性和碱性废水产生的污染。除对生物有危害作用外，还会损坏设备和器材。

(7) 含有多种污染物质废水产生的污染。各种物质之间会产生化学反应，或在自然光和氧的作用下产生化学反应并生成有害物质。例如，硫化钠和硫酸产生硫化氢，亚铁氰盐经光分解产生氰等。

(8) 含氮、磷工业废水产生的污染。对湖泊等封闭性水域，由于含氮、磷物质的废水流入，会使藻类及其他水生生物异常繁殖，使水体产生富营养化。

五、工业废水相关的排放标准

(一) 国家标准《污水综合排放标准》(GB8978—1996)

该标准包括四部分内容：(1) 第一类污染物最高允许排放浓度（见标准中的表1）；(2) 第二类污染物最高允许排放浓度（见标准中的表2）；(3) 部分行业污染物最高允许排放浓度和污水排放定额（见标准中的表3）；(4) 污水分析采样方法（见标准中的表4）。

该标准中的表1和表2是以浓度表示的通用排放标准，表3是以排放浓度与排水量表示的负荷标准。

第一类污染物，指汞、镉、砷、铅、镍、苯并(a)芘等在动植物体内长期蓄积、毒性较大、影响长远的有毒物质。含有此类污染物的废水，不分其排放去向和方式，也不按受纳水体功能区分，一律在车间或车间处理设施的排出口取样，其最高允许浓度必须符合表1的规定。表1中的污染物和标准值不存在分级问题，也不存在按行业分类问题。

第二类污染物，指pH值、色度、SS、COD、BOD、石油类等26项污染物质。这类污染物的排放标准，按污水排放去向分别执行一、二、三级标准，而对新老企业又制定了不同的标准。这就使得排放标准与地面水环境质量标准有机地联系起来，与不同水域的环境目标联系起来，污水排入不同的水域功能区则执行不同的标准值。

标准中的表3~表5是部分行业的排放标准和排水定额标准。为了表格形式上的简化，凡是行业排放标准值与表3~表5所列基本一样的就不再单列而执行表2的标准值；有些特殊项目或在经济和技术上达到表2标准要求目前还难于做到的，在表3~表5中给予适当放宽后列出，所以表3~表5所列的排放标准基本上都是二级标准。一级和三级标准仍按表2的规定执行。最主要的是部分行业规定了排水定额和水重复利用率，这不仅是为了压缩排水量，降低排污负荷，也是为了进一步采用负荷排放标准。不但要控制排污浓度，还要控制排水量和排污负荷。

(二) 部级标准《污水排入城市下水道水质标准》(CJ3082—1999)

为了保护城市下水道设施不受破坏，保护城市污水处理厂的正常运行，保障养护管理人员的人身安全，保护环境，防止污染，充分发挥设施的社会效益、经济效益、环境效益，制定了本标准。

标准规定如下：

(1) 严禁排入腐蚀下水道的污水。

(2) 严禁向城市下水道倾倒垃圾、积雪、粪便、工业废渣和排放易于凝集堵塞下水道

的物质。

(3) 严禁向城市下水道排放剧毒物质(氰化钠、氰化钾)、易燃、易爆物质(汽油、煤油、重油、润滑油、煤焦油、苯系物、醚类及其他有机溶剂)和有害气体。

(4) 医疗卫生、生物制品、科学研究、肉类加工等含有病原体的污水,必须经过严格的消毒处理,除遵守本规定外,还必须按有关专业标准执行。

(5) 放射性污水向城市下水道排放,除遵守本标准外,还必须按《放射防护规定》[GBJ8—74(内部试行)]执行。

(6) 水质超过本标准的污水,不得用稀释法降低其浓度,排入城市下水道。

部标 CJ18—86 与国标 GB8978—88 之间基本精神是一致的,某些地方由于侧重点不同,而有些差别。

(1) 国标列出了总汞、烷基汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅、总镍和苯并(a)芘等九项一类污染物。部标也列出类似项目,如汞及其无机化合物、镉及其无机化合物、六价铬无机化合物、砷及其无机化合物、铅及其无机化合物、镍及其无机化合物等。除镍外,两标准基本一致。镍的标准值国标为 1.0mg/L,部标为 2.0mg/L; Cr^{3+} 国标为 1.0mg/L,部标为 3.0mg/L。国标所列苯并(a)芘对二、三级标准区暂不考核。

(2) 国标中所列二类污染物共 20 项,对排入城市下水道并有城市二级生物处理厂者执行三级标准的数值;对于排入城市下水道并无城市二级生物处理厂者,按水体功能划分,执行一级或二级标准数值。后者要执行国标。由于城市下水道及污水处理厂设施属市政部门管辖,对有城市下水道且有集中二级生物处理厂者,一般执行部标。

一般来说,应有一个统一的标准。

(三) 国标《农田灌溉水质标准》(GB5084—1992)

为了防止土壤、地下水和农产品污染,保障人体健康,维护生态平衡,促进经济发展,制定了本标准。该标准规定了农田灌溉水质要求,标准实施办法和采样监督方法。标准适用于全国以地面水、地下水和处理后的城市污水及与城市污水水质相似的工业废水作为水源的农田灌溉用水,不适用于医药、生物制品、化学制剂、农药、石油炼制、焦化和有机化工等处理后的废水进行灌溉。严禁使用污水灌溉生食的蔬菜和瓜果。向农田灌溉渠道排放处理后的工业废水和城市污水,应保证其下游最近灌溉取水点的水质符合本标准。

废水排向渔业水体或海洋时应符合《渔业水质标准》(试行 1979—2003 发布)及《海水水质标准》(GB3097—1983)。

我国有关部门规定,各地方可以根据当地情况制定水质标准,但原则上应严格执行国家、部和行业标准。

第二节 工业废水处理技术概述

一、工业废水污染源调查

(一) 现场调查

现场调查的内容如下:

(1) 查明工厂在所有操作条件(正常及高负荷)下的水平衡状况;

- (2) 记下所有用水工序，并编制每个工序的水平衡明细表；
- (3) 从各排水工序和总排水口取水样进行分析；
- (4) 确定排放标准。

(二) 资料分析

资料分析应明确下列事项：

- (1) 哪些工段是主要污染源；
- (2) 有无可能将要处理的废水和不需处理就可以排放的废水进行分流；
- (3) 能否通过改进工艺和设备减少废水量和浓度；
- (4) 能否使某工段的废水不经处理就可用于其他工段；
- (5) 有无回收有用物质的可能性；
- (6) 采取上述措施后，还需要怎么处理才能满足排放标准的要求等。

二、控制工业废水污染源的基本途径

控制工业废水污染源的基本途径是减少废水排出量和降低废水中污染物浓度，现分述如下。

(一) 减少废水排出量

减少废水排出量是减小处理装置的前提，必须充分注意，可采取以下措施：

(1) 废水进行分流。将工厂所有废水混合后再进行处理往往不是好办法，一般都需进行分流。对已采用混合系统的老厂来说，无疑是困难的，但对新建工厂，必须考虑废水的分流问题。

(2) 节约用水。每生产单位产品或取得单位产值排出的废水量称为单位废水量。即使在同一行业中，各工厂的单位废水量也相差很大，合理用水的工厂，其单位废水量低。常见这样的例子，许多工厂在枯水季节，工业用水限制为原用水量的50%时，生产能力并未下降，但用水限制解除后，又恢复到原有水平，这说明有些工厂的节水潜力是很大的。

(3) 改革生产工艺。改革生产工艺是减少废水排放量的重要手段。措施有更换和改善原材料、改进装置的结构和性能，提高工艺的控制水平、加强装置设备的维修管理等。如若能使某一工段的废水不用处理就可用于其他工段，就能有效地降低废水量。

(4) 避免间断排出工业废水。例如电镀工厂更换电镀废液时，常间断地排出大量高浓度废水，若改为少量均匀排出，或先放入贮液池内再连续均匀排出，能减少处理装置的规模。

(二) 降低废水污染物的浓度

通常，生产某一产品产生的污染物质是一定的，若减少排水量，就会提高废水污染物的浓度，但采取各种措施也可以降低废水的浓度。废水中污染物的来源有两个：一是本应成为产品的成分，由于某种原因而进入到废水中，如制糖厂的糖分等；二是从原料到产品的生产过程中产生的杂质，如纸浆废水中含有的木质素等。后者是应废弃的成分，即使减少废水量，污染物质的总量也不会减少，因此废水中污染物浓度会增加。对于前者，若能改革工艺和设备性能，减少产品的流失，废水的浓度便会降低。可采取以下措施降低废水污染物的浓度：

(1) 改革生产工艺，尽量采用不产生污染物的工艺。例如，纺织厂棉纺的上浆，传统都采用淀粉作浆料，这些淀粉在织成棉布后，由于退浆而变为废水的成分，因此纺织厂废

水中的总 BOD₅ 的 30% ~ 50% 来自淀粉。最好采用不产生 BOD 的浆料, 如羧甲基纤维素 (CMC) 的效果很好, 目前已有厂家使用。但在采用此项新工艺时, 还必须从毒性等方面研究它对环境的影响。其他例子很多, 例如电镀工厂镀锌、镀铜时避免使用氰的方法, 已在生产上采用。

(2) 改进装置的结构和性能。废水中的污染物质是由产品的成分组成时, 可通过改进装置的结构和性能, 来提高产品的收率, 可降低废水的浓度。以电镀厂为例, 可在电镀槽和水洗槽之间设回收槽, 减少镀液的排出量, 使废水的浓度大大降低。又如炼油厂, 可在各工段设集油槽, 防止油类排出, 以减少废水的浓度。

(3) 废水进行分流。在通常情况下, 避免少量高浓度废水与大量低浓度的废水互相混合, 分流后处理往往是经济合理的。例如电镀厂含重金属废水, 可先将重金属变为氢氧化物或硫化物等不溶性物质与水分离后再排出。电镀厂有含氰废水和含铬废水时, 通常分别进行处理。适于生物处理的有机废水应避免有毒物质和 pH 值过高或过低的废水混入。应该指出的是, 不是在任何情况下高浓度废水或有害废水分开处理都是有利的。

(4) 废水进行均和。废水的水量和水质都随时间而变动, 可设调节池进行均质。虽然不能降低污染物总量, 但可均和浓度。在某种情况下, 经均质后的废水也可达到排放标准。

(5) 回收有用物质。这是降低废水污染物浓度的最好的方法。例如从电镀废水中回收铬酸, 从纸浆蒸煮废液中回收药品等。

(6) 排出系统的控制。当废液的浓度超出规定值时, 能立即停止污染物发生源工序的生产或预先发出警报。

三、工业废水处理的基本方法

工业废水处理过程中将工业废水中所含有的各种污染物与水分离或加以分解, 使其净化的过程。

工业废水处理按作用原理大体可分为物理处理法、化学处理法、物理化学处理法和生物处理法。

物理处理法是利用物理作用来分离废水中的悬浮物或乳浊物。常见的有格栅、筛滤、离心、澄清、过滤、隔油等方法。

化学处理法是利用化学反应的作用来去除水中的溶解物质或胶体物质。常见的有中和、沉淀、氧化还原、催化氧化、光催化氧化、微电解、电解絮凝、焚烧等方法。

物理化学处理法是利用物理化学作用来去除废水中溶解物质或胶体物质。常见的有混凝、浮选、吸附、离子交换、膜分离、萃取、汽提、吹脱、蒸发、结晶、焚烧等方法。

生物处理法是利用微生物代谢作用, 使废水中的有机污染物和无机微生物营养物转化为稳定、无害的物质。常见的有活性污泥法、生物膜法、厌氧生物消化法、稳定塘与湿地处理等。生物处理法也可按是否供氧分为好氧处理和厌氧处理两大类, 前者主要有活性污泥法和生物膜法两种, 后者包括各种厌氧消化法。

四、工业废水处理方法的选择

(一) 污染物在废水中的存在状态

选择废水处理方法前, 必须了解废水中污染物的形态。一般污染物在废水中处于悬

浮、胶体和溶解三种形态。一般来说,易处理的污染物是悬浮物,可通过沉淀、过滤等与水分离;胶体和溶解物则较难处理,必须用特殊的物质使之凝聚或通过化学反应使其粒径增大到悬浮物的程度,或利用微生物或特殊的膜等将其分解或分离。

(二) 废水处理方法的选择和确定

可参考已有的相同工厂的工艺流程确定。如无资料可参考时,可通过试验确定,简述如下。

1. 有机废水

(1) 含悬浮物时,用滤纸过滤,测定滤液的 BOD_5 、 COD 。若滤液中的 BOD_5 、 COD 均在要求值以下,这种废水可以采用物理处理法,在悬浮物的去除同时,也能将 BOD_5 、 COD 一道去除。

(2) 若滤液中的 BOD_5 、 COD 高于要求值,则需考虑采用生物处理方法。进行生物处理试验时,确定能否将 BOD_5 和 COD 同时去除。

好氧生物处理法去除废水中的 BOD_5 和 COD ,由于工艺成熟,效率高且稳定,所以获得十分广泛的应用,但由于需供氧,故耗电较高。为了节能并回收沼气,常采用厌氧法去除 BOD_5 和 COD ,特别是处理高浓度 BOD_5 和 COD 废水比较适用 ($BOD_5 > 1000\text{mg/L}$),现在也将厌氧法用于低浓度 BOD_5 、 COD 废水的处理,亦获得成功。但是,从去除效率看, BOD_5 去除率不一定高,而 COD 去除率反而高一些。这是由于难降解的 COD ,经厌氧处理后转化为容易生物降解的 COD ,使高分子有机物转化为低分子有机物。对于某些工业废水也存在这种现象。如仅用好氧生物处理法处理焦化厂含酚废水,出水 COD 往往保持在 $400 \sim 500\text{mg/L}$,很难继续降低。如果采用厌氧作为第一级,再串以第二级好氧法,就可使出水 COD 下降到 $100 \sim 150\text{mg/L}$ 。因此,厌氧法常常用于含难降解 COD 工业废水的预处理。

(3) 若经生物处理后 COD 不能降低到排放标准时,就要考虑采用深度处理。

2. 无机废水

(1) 含悬浮物时,需进行沉淀试验,若在常规的静置时间内达到排放标准时,这种废水可以采用自然沉淀法处理。

(2) 若在规定的静置时间内达不到要求值时,则需进行絮凝沉淀试验。

(3) 当悬浮物去除后,废水中仍含有有害物质时,可考虑通过调节 pH 值或采用化学沉淀、氧化还原等化学方法。

(4) 对上述方法仍不能去除的溶解性物质,为了进一步去除,可考虑采用吸附、离子交换等深度处理方法。

3. 含油废水

首先做静置上浮试验分离浮油,再进行分离乳化油的试验。

总而言之,工业废水中的污染物质是多种多样的,不能设想只用一种处理方法,就能把所有的污染物质去除殆尽。一种废水往往要采用多种方法组合成的处理工艺系统,才能达到排放标准。

五、工业废水处理方案的优化规划

(一) 技术路线可行性实验

许多工业废水,特别是化工类型的废水,污染物种类和浓度差异比较大。即使是单一

的工业废水，如印染废水、电镀废水、造纸废水、制革废水等，工业废水中污染物的组成与类别也未必相似，绝不能完全套用同一种技术路线。

技术路线可行性实验，其目的在于通过小型工艺路线实验，验证所设计技术路线的可行性，提供工艺设计必需的参数，预见工程实施时的处理效果与技术难点，优化工业废水处理的初步方案。

(二) 最佳工艺条件的确定

通过技术路线可行性实验研究，如果证实所选定的技术路线是可行的，则需要继续进行最佳工艺条件的实验研究，一般可以采用单因素法与正交试验法确定最佳工艺参数。所得的最佳工艺参数，必须再经过重现性实验，才能最后确定为最佳工艺条件。但有时影响因素复杂，难于立即着手正交试验，也可通过单因素法实验，找出最佳工艺条件。

(三) 药剂选择

工业废水处理工程中，通常要使用药剂，如混凝剂、吸附剂等。同样是无机盐类混凝剂，铁系的和铝系的金属盐或聚合盐，它们在废水中的絮凝效果不一定相同。如处理低温废水时硫酸铝水解困难，形成的絮体较松散，而用三氯化铁处理低温、低浊度水的效果比用铝盐好。

吸附剂的选用不同，效果也有差异，如活性炭、树脂吸附剂的吸附能力都很强，其中树脂吸附剂最适宜于吸附处理难溶于水、易溶于甲醇等有机溶剂、相对分子质量略大和带极性的有机物。如脱酚、脱色、除油等；而活性炭则多用于去除呈溶解于水状态的有机物，这些有机物采用生物、化学法不能得到去除。

(四) 设备的选用

不同种类、浓度的废水，选择同类设备（如气浮、曝气等）也大有讲究。如对于低浓度废水的气浮设备，可选择设备简单、操作简便的射流气浮装置，对于亲水性染料、农药、表面活性剂物质、脂肪类、植物油等废水，则选择电解气浮装置的效果更好。

(五) 多方案的技术经济比较

工业废水处理要进行多方案的技术经济比较，力求废水处理方案在技术上先进可行，经济上也合理。近几十年来，废水处理技术得到了突飞猛进的发展，新技术、新工艺、新材料、新设备不断问世，使工业废水处理技术不断创新，既降低了技术成本，又实现了资源回收，取得了较好的社会效益、经济效益和环境效益。

前苏联学者在研究了城市污水处理系统（包括一次沉淀、生物净化和沉淀处理等子系统）后，提供了 128 种具有可比性的城市污水处理和沉渣处理工艺系统。又对用沉渣处理不同的 12 种污水净化系统加以比较和计算后，发现最大和最小的折算费用可相差 1.8 ~ 2.5 倍。

六、工业废水处理方案的设计原则

工业废水处理方案的设计取决于废水处理程度，而废水的处理程度又取决于废水中污染物的特征、处理后水的排放去向。各种接纳水体对处理后水的排放要求不尽相同。因此，工业废水处理方案的设计原则是实现处理后的排放水达到规定的标准，同时还应注意以下问题：

(1) 当地的自然条件。当地的地形、地质、气候等自然条件，对废水处理设计方案有