

高等院校环境工程专业教材

水处理工程 设计

SHUI
CHULI
GONGCHENG
SHEJI

刘红 主编

中国环境科学出版社

版权声明：

此图书文件仅供试看，

若喜欢，请购买正版图书

切勿用于商业目的！！！！

编者的话

本书共分六章，由北京师范大学环境科学与工程系刘红（第一章、第二章）、浙江大学环境工程系李文红和北京师范大学环境科学与工程系李安婕（第五章）、中国农业大学环境工程系宋瑞平（第六章）、南京农业大学生命科学学院陈立伟（第四章）、福建农林大学地理与环境科学系林君峰（第三章）等同志编写，北京师范大学刘红担任主编。

由于我们的水平限制，本教材可能有很多不足，热忱希望读者提出批评和意见。

编 者

2003 年 6 月

011

目 录

第一章 污水处理厂设计步骤	(1)
第一节 设计前期工作	(1)
第二节 初步设计(扩大初步设计)	(3)
第三节 施工图设计	(6)
第二章 废水处理方法的选择与评价	(8)
第一节 影响废水处理方法、流程的各种因素	(8)
第二节 废水处理方法的选择与标准	(11)
第三节 废水处理方法、流程的综合评价	(14)
第三章 城市污水处理厂设计特点	(21)
第一节 城市污水的特征	(21)
第二节 城市污水处理厂设计的水质水量及处理程度	(23)
第三节 城市污水处理工艺流程的选择	(28)
第四节 城市污水处理构筑物的选型	(32)
第四章 企业污水处理厂(站)设计	(40)
第一节 企业污水的分类和特点	(40)
第二节 各类企业废水的水质特点和处理工艺	(43)
第五章 污水处理厂的设计和计算	(82)
第一节 污水常规处理设施的设计和计算	(82)
第二节 污水处理厂的平面布置设计	(117)
第三节 污水处理厂的高程布置设计	(122)
第四节 污水处理厂设计计算实例	(127)

第六章 工程概算的编制.....	(143)
第一节 基本概念.....	(143)
第二节 概算的内容及编制方法.....	(144)
第三节 用概算定额编制单位工程概算表.....	(147)
参考文献.....	(151)

附图：扩大初步设计例图

附图 1. 平面布置图

附图 2. 水力坡降图

第一章 污水处理厂设计步骤

污水处理厂设计步骤可分为三个阶段：(1) 设计前期工作；(2) 初步设计(扩大初步设计)；(3) 施工图设计。

第一节 设计前期工作

设计前期工作包括预可行性研究(项目建议书)和可行性研究(设计任务书)。设计前期工作非常重要。它比设计本身复杂得多。它不仅要求设计人员有很宽的知识面，而且要求他们具有丰富的实际经验和公共关系的知识及能力。

一、预可行性研究

我国规定，比较大(投资在3000万元以上)的工程项目，需进行预可行性研究，作为建设单位(亦称甲方，英美国家称为业主、俄罗斯称为甲方)向上级机关申报“项目建议书”的技术附件。预可行性研究报告需经专家评审，并将评审意见附在报告后面送上级报告需专家评审，并将评审意见附在报告后面送上级机关审批。我国的审批机关属科学委员会系统。经审批以后就可以“立项”，然后才能进行可行性研究和其它正式设计工作。

二、可行性研究

可行性研究报告往往可以代替设计任务书，其经济性很强，它是国家控制投资的重要决策依据。可行性研究报告批准以后，甲方就可以委托设计单位进行设计。

但是，从1989年初开始，国家和省市建委成立了设计招标办公室，对大型项目要求进行招标，增强竞争性，使设计搞得更好，以便从中选择最优设计。由甲方准备好设计标书(英美国家设计标书详细程度介于初步设计和施工图之间)发给(或售给)各有设计执照的单位(至少3个以上)，让设计单位搞设计方案

(可行性研究可以作为设计方案)。建委制订了一套评审办法,对各设计方案进行评选。中标(被选中)后就可以进入初步设计。

三、关于引进设备和利用外资问题

污水处理厂工程中,有时需引进国外设备和利用国外资金。

引进设备一般指用自由外汇向国际市场购买所需设备。这种引进一般比较简单,只要有自由外汇即可。在引进前可以向任何国家的厂商寄发“询价书”。这种询价书发给多家厂商,让他们报价后,可以择优选购。但这种引进往往受国家或省市进出口公司控制,由他们代理进出口业务,询价书也由他们代发。虽然引进设备比贷款简单,但由于我国自由外汇有限,所以,我国在污水处理方面利用贷款较普遍。

国外贷款一般通过政府间谈判获得。这种贷款都是附带条件的。例如某国同意贷款 5 亿美元给我国,其条件是:①全部购买他的设备;②归还期 20~30 年;③年利率 2%~4%。

目前,我国获得的国外贷款一般有三个来源,即日本、欧洲和北美。日本贷款的条件比较优惠,即利率比较低,不要求一定买日本货。但日本的污水处理设备质量差。欧洲贷款的条件较苛刻,一般要求绝大部分贷款需购买他的设备(5%可以买第三国的设备)。他们设备的价格非常高(性能相似设备的价格比国内高 4~10 倍),但欧洲设备质量高、技术先进。特别是联邦德国及其影响的国家(奥地利、丹麦等)。美国贷款条件介于欧洲和日本之间,贷额的 40%可以购买第三国产品。

四、可行性研究的主要内容

可行性研究是一门运用多种科学成果保证实现工程建设最佳社会、经济和环境效益的综合性科学。它对与工程有关的所有方面进行调查研究和综合论证,为拟建项目提供科学依据,从而保证所建项目技术上先进可行,经济上合理有利,社会及环境效果皆优。其主要内容包括:

- (1) 项目的背景和历史;
- (2) 工程规模;
- (3) 污水收集系统;
- (4) 厂址选择;
- (5) 多技术方案比较及推荐方案;
- (6) 管理机构及人员配备;

- (7) 工程费用估算;
- (8) 项目实施时间安排;
- (9) 项目的经济及环境评价。

下面列出某污水处理厂工程可行性研究报告的主要标题以供参考。

[例 1-1]

某污水处理厂工程可行性研究报告

一、概述

- (一) 编制依据、原则和范围
- (二) 污水水量、水质和接管要求

二、工程方案

- (一) 管道系统
- (二) 处理厂位置及用地
- (三) 污水处理工艺选择
- (四) 生物处理方案
- (五) 方案比较
- (六) 推荐比较
- (七) 人员编制、辅助建筑及水耗、药耗、电耗
- (八) 排放口方案

三、工程投资估算及资金筹措

- (一) 工程投资估算原则
- (二) 工程投资估算表
- (三) 资金筹措

四、工程近远期结合问题

五、工程效益分析

六、工程进度安排

七、存在问题及建议

八、附图及附件

第二节 初步设计 (扩大初步设计)

一般说来,初步设计应在设计任务书(可行性研究报告)批准以后才能进行,但有时批文还未下达设计已经开始。

初步设计文件一般主要由以下五方面组成:

一、设计说明书

(一) 工程概况

1. 设计依据

(1) 设计任务书(可行性研究报告)的批准文件

(2) 甲方的委托书

2. 其它有关文件

这部分内容包括与有关部门达成的协议书,如用电、用水、环保部门允许流入哪个水体的批文等。

3. 城市概况及自然条件

这部分内容包括地形、地貌、城市总体规划、工程地质、水文地质、气象等。

4. 现有排水工程概况

5. 现有的环境问题

(二) 工程设计

1. 工厂选择 应说明所选厂址的地形、地质、防洪、卫生防护、城市布局、风向、用地面积等。

2. 污水水质水量 应包括污水的平均流量、高峰流量、现状流量、发展流量的水量和水质数据。

3. 工艺流程的选择与布置 叙述所选工艺的合理性、适用性、先进性、优越性,总平面布置,处理达到的要求,方案比较及建议等。

4. 描述各处理构筑物 按流程顺序描述各处理构筑物尺寸、构造、材料;选用设备型号、性能、台数;详细说明某新工艺、新技术,主要目的是让甲方能接受。第一次采用时风险大,甲方有时不愿意冒风险。

5. 处理后污水和污泥的出路。

6. 污水厂内辅助建筑物扼要说明。

7. 污水厂的总体布置。

8. 分期建设说明。

9. 存在的问题。

二、主要工程数量

需列出工程所需的混凝土量、挖土方量、回填土方量、池子的容积等。

三、主要材料和设备数量

需列出钢材、水泥、木材的数量和所需设备的清单。

四、工程概算书

五、图 纸

初步设计的图纸包括系统图 (1:5000~1:10000)、构筑物图 (1:200~1:500)、流程图、构筑物布置图、总平面布置图等。

下面列出某污水厂工程初步设计的主要标题以供参考。

[例 1-2]

某污水处理厂工程初步设计 (扩大初步设计)

一、概论

(一) 设计依据

(二) 概述 (位置、服务范围、排水系统、污染状况等)

二、污水工艺设计

(一) 污水量计算

(二) 排水系统选择与污水管设计

(三) 污水处理设计

1. 水质

2. 处理流程

3. 处理厂平面布置

4. 污水及污泥处理构筑物设计

(1) 污水部分: ①格栅; ②污水泵房; ③曝气沉砂池; ④初沉池; ⑤曝气池; ⑥回流泵房; ⑦二沉池; ⑧风机房; ⑨配电间; ⑩集控室。

(2) 污泥部分: ①浓缩池; ②浓缩污泥加热; ③消化池; ④污泥泵和集控室; ⑤储气柜; ⑥熟污泥地; ⑦锅炉房。

(3) 辅助构筑物: 厂前区 ①综合楼; ②食堂、厨房; ③浴室、厕所、传达

室：④机修、车库。污水处理区 ①场地管理工值班室；②场地仪表间。污泥消化区 ①配电、厕所；②空压机小间。

三、结构建筑设计

(一) 工程地质概况

(二) 主要建(构)筑物及标准

(三) 主要工程材料

四、机电及自动化控制设计

(一) 非标准机械设备

1. 帘格除污机

2. 螺旋泵

3. 推进式污泥搅拌器

(二) 配电设计

(三) 自控及热工检测仪表

五、生产管理

(一) 人员编制

(二) 电力消耗

(三) 污泥及沼气

六、工程概算

(一) 编制依据

(二) 维修运输设备

(三) 污水厂主要设备

(四) 厂外管道、材料数量

(五) 处理厂管道、材料数量

(六) 主要非标准设备

(七) 主要配电设备

(八) 自控及热工仪表

第三节 施工图设计

施工图设计在扩大初步设计批准以后进行。它以扩大初步设计的图纸和说明书为依据进行编制，使扩大初步设计进一步详细化，以便进行施工。所以，施工图是整个设计过程的终结，是全部设计内容的体现。

在施工图设计以前，工程中所有的重大技术问题都已经确定了。所以，施工图设计的任务是将污水厂各构筑物的每个细节都用图纸表现出来，将污水厂的各

构筑物的平面位置及高程精确地表示在图上，所以图纸的数量很大，每张图需按比例、用标准图例精确绘制，以便施工人员准确地将各构筑物按设计要求造在预定的位置上。所以编制施工图需花大量的时间。

第二章 废水处理方法的选择与评价

在水处理课上已经介绍了各种类型的废水处理单元或方法，这些单元或方法对处理废水中所含的某些污染物是有效的。但是，对于某一具体的废水而言，往往是复杂的，它可能含有多种污染物质。因此，对于废水处理，首先要弄清它所含有的污染物的性质与数量，并考虑其可处理性，在此基础上选择最佳处理方法与流程。

第一节 影响废水处理方法、流程的各种因素

影响废水处理方法、流程的主要因素是：①原废水的特性，其可处理性；②处理目标，要求出水的水质标准；③基建投资费用；④运行维护费用；⑤能耗、物耗，能否回收有用物料，是否会产生二次污染；⑥流程的稳定性等。此外，气候条件、场址可用地等因素也有影响。因此，必须综合考虑以上因素，结合当地情况、条件，因地制宜地选择废水的处理方法及其工艺组合与流程，使之达到既定的水质目标，而且在技术上可行，经济上适宜，具有明显良好的环境效益、经济效益和社会效益。

一、废水的性质

根据废水中污染物选择处理方法（单元操作及其组合即流程），表 2-1 为废水中污染物及其处理方法的选择。

若要正确地选择适用的处理方法需要对废水中的成分做详尽分析与测定。以废水中的有机物为例，它可分为不同的组分，其可处理性也各不相同，如图 2-1 所示。

此外，有机污染物的可处理性，还可包含以下特性：

（1）可吹脱性

即在常温高压（或减压）或升温减压等条件下对低沸点，易吹脱的有机污染物进行吹脱回收或处理，以避免污染大气或燃烧爆炸。

表 2-1 废水中污染物及其处理方法的选择

污水中的污染物	处理方法（单元操作或其组合）的选择
悬浮物	格栅、磨碎、筛网、筛滤、沉淀、气浮、离心分离、混凝沉淀（投加混凝剂、聚合电解质等药剂）
可生物降解有机污染物	活性污泥法（悬浮生长型生物处理系统）、生物膜法（固着生长型生物处理系统）、稳定塘处理系统、土地处理系统
难降解有机污染物	物理-化学处理系统：活性炭吸附、臭氧氧化或其它强氧化剂氧化；土地处理系统
病原体	消毒处理：加氯、臭氧、二氧化氯、紫外线、加溴或碘、辐射以及超声波-紫外线-臭氧复合消毒；土地处理系统
植物营养素	
氮	生物硝化与脱氮、氨吹脱解析、离子交换法、土地处理系统
磷	投加药剂：铝盐、铁盐、石灰或复合盐、生物-化学法除磷、A/A/O 生物法除磷脱氮、土地处理系统
重金属	化学混凝沉淀或浮除法、离子浮除、离子交换法、电渗析、反渗透、活性炭吸附、铁氧化法
溶解性无机固体	离子交换法、反渗透、活性炭吸附、铁氧体法
油	隔油、气浮、混凝过滤、粗粒化、过滤、电解-絮凝-浮除
热	冷却池、冷却塔
酸、碱	中和、渗析分离、热力学回收
放射性污染	化学混凝沉淀、离子交换、蒸发、贮存等

（2）可化学氧化性

即在强化学氧化剂（如臭氧剂等）作用下对有机污染物进行氧化分解。

（3）可吸附性

即在恒温条件下测定单位重量活性炭吸附量或通过一系列定量的活性炭来吸附恒定体积的有机污染物，以求得其吸附等温线，并判断该污染物的可吸附性。

（4）生物毒性

把有机污染物引入生物系统，促使生物进行生化反应的过程，即是对生物的繁殖生长、细胞分裂、呼吸速度与特性、代谢速度与特性等方面表现出的影响与作用，其反应程度取决于污染物的结构、理化性质和生物对其的适应能力、降解

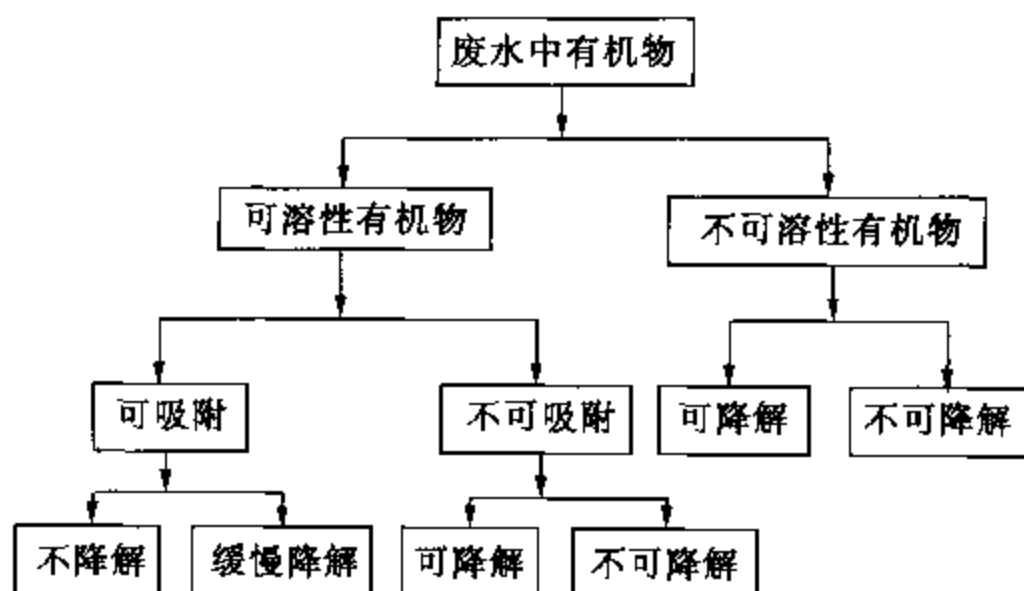


图 2-1 废水中的有机成分及其可处理性

能力等。

(5) 生物降解性

由于微生物的作用，更确切地由于其酶系统的作用而产生的对有机污染物的分解，同时消耗了水中的溶解氧，其过程可用微生物呼吸特性曲线来表示。除测定其好氧生物降解性外，近年来还发展测定其厌氧生物降解性。

(6) 可燃烧性和爆炸性

有机污染物在热和火焰的作用下表现出的若干特性，如热值 (MJ)、闪点、爆炸极限等。有机污染物在不同温度、压力下会产生各种热力学方面的现象。

当含有机物的废水拟选用生物法处理时可遵照如图 2-2 所示程序。

二、处理的目标

处理的目标对选择处理方法是十分重要的。根据废水排放的去向、国家或地方对各类废水的排放标准，确定废水应去除的主要污染物，以及其处理的程度，而后选择能达到该目标的处理方法，如单元操作及流程等。例如生物法处理系统的主要目标是去除可生物降解的有机物，使出水达到排放标准规定的浓度。对于难生物降解的有机物的去除，有时生物法无能为力，要选用化学法、物化法或与生物法相结合的流程。对于不能降解的污染物只有采取物理法或化学法处理。

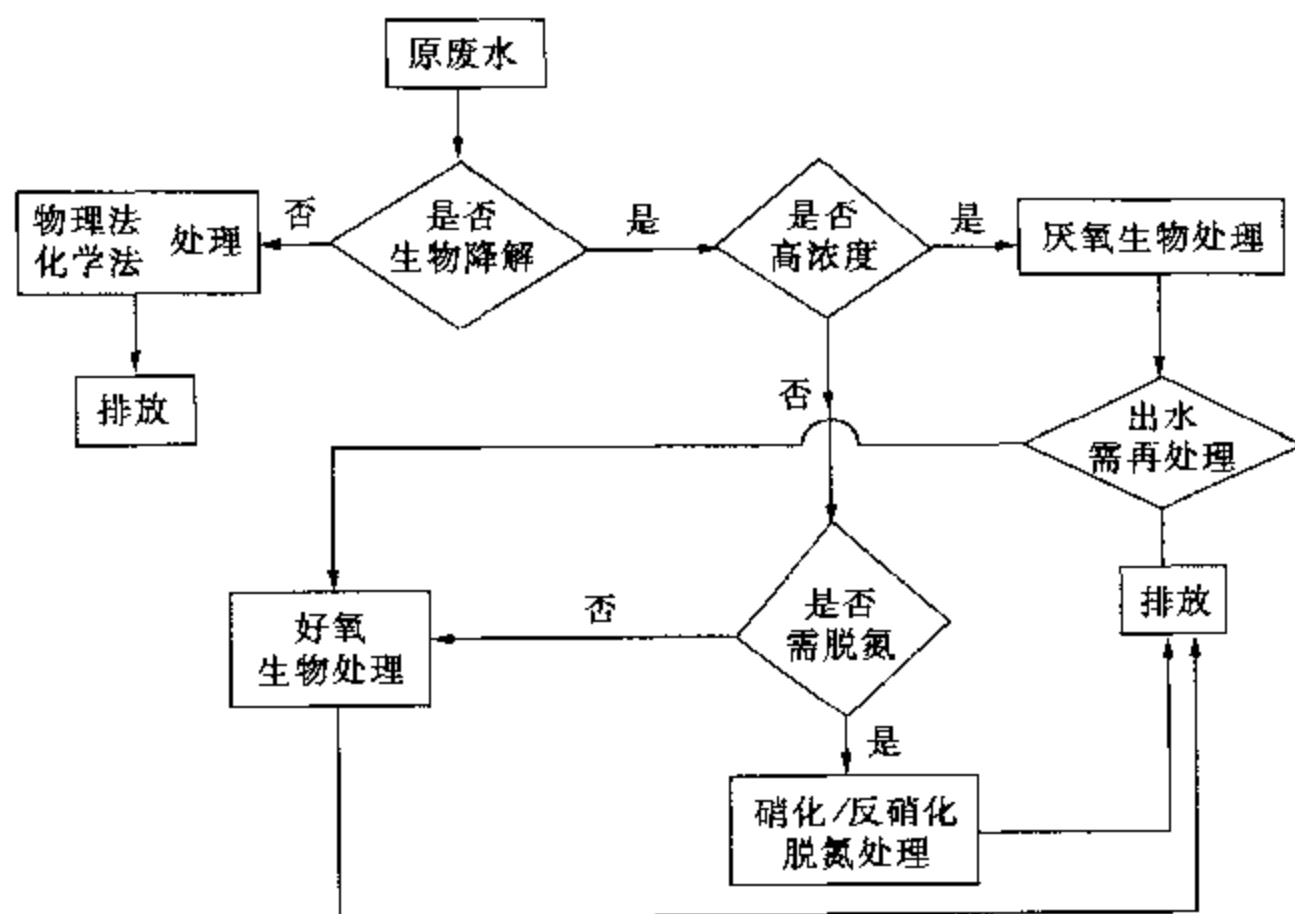


图 2-2 选择生物法处理的程序

第二节 废水处理方法的选择与标准

确定了废水的特性和处理目标后就可进行方法或单元操作及流程的筛选和选择，选择的标准简要介绍如下

一、物理法、化学法与生物法处理

物理法主要利用物理作用来分离或回收废水中的悬浮物。它既可用于废水的预备处理或初步处理，也可用于一级处理，但在二级处理及三级处理或深度处理中，只是配合其它主要处理单元。

化学法主要利用化学反应的作用来处理或回收废水中的溶解物或胶体物，如酸碱中和、某些有用物质的萃取、有害溶解气体的吹脱等。化学法既可单独使用，也可用于二级处理或三级处理（深度处理）。

生物法是利用微生物的作用处理废水的方法。有机物通过生物法处理最后转化为 CO_2 与无机盐类，但它不能回收废水中有用物质。它可用于进行二级处理或三级处理（脱氮除磷）。

以上各种处理方法都有它的特点和适用条件。一般来说,化学法往往消耗的物料(如药剂)及能耗(燃料、电能)比其它两类方法要大,有时大得很多,有时污泥产生量也大,所以运行费用较贵。但是,处理设备较简单,占地面积较小,也可以连续运行。有的废水采用化学处理后能回收一些副产品,补偿较高的支付费用,其优点就比较突出。

生物法处理废水具有净化能力强,费用低廉,支付可靠性好等优点,是废水处理的主要方法。对于某种污染物若化学法与生物法都能净化的话,一般选用生物法为宜。

二、好氧生物处理法与厌氧生物处理法

根据电子受体的性质,生物法可分为好氧和厌氧两类(介于其间的为缺氧),这两类又可分为固着生长系统与悬浮生长系统。废水的好氧处理与厌氧处理既可单独使用,亦可组合使用,这取决废水的性质、浓度及处理目标。

好氧生物处理法与厌氧生物处理法的特性比较列于表2-2。

表2-2 废水好氧处理法与厌氧处理法的比较

比较因素	厌氧处理	好氧处理
能源要求	低	高
处理程度	BOD ₅ 去除率可达 60% ~ 90%	BOD ₅ 去除率可达 90% ~ 95%
污泥产生量	少	多
过程的稳定性 (对毒物和负荷变化)	低至中等	中至高等
启动时间	2~4 个月	2~4 周
对营养物的要求	低	对某些工业废水较高
臭气	可能有臭气问题	较少
对碱度的要求	对某些工业废水要求高	低
沼气产生	有	无

厌氧处理法的局限性在于它的净化出水的水质不能达到很高的水平(如 BOD₅ 20~30mg/L, 去除率最高达 90%~95%)。但它作为高浓度有机废水在好氧处理前的预处理是经济有效的。厌氧处理法能耗省,且可回收沼气补偿处理过程的能耗,因此,引起目前科技界的瞩目。通过对两种方法的费用比较,一般认

为进水 BOD_5 1000mg/L 为其交叉点, 即认为 $BOD_5 \leq 1000\text{mg/L}$ 采用好氧法在费用上是适宜的, 而 $BOD_5 \geq 1000\text{mg/L}$ 时, 采用厌氧法较适宜。但是, 国内外一些学者还在进行低 BOD_5 废水采用厌氧法处理的可行性探索, 并且已有一些科研成果产出。如北京市环境保护科学研究院推出酸化池(水解池)作为低浓度城市废水的预处理单元操作, 获得成功。它既可免除初次沉淀池, 使污泥量减少, 又可使一些难生物降解物转化为较易生物降解的物质, 提高后继好氧处理的净化能力和效果。荷兰亦将酸化(水解)与污泥消化串接成复合流程, 有成功的希望。总之, 厌氧处理应用到低浓度废水是当前水处理研究的热点之一。

三、天然净化与人工净化

目前, 世界上普遍推广废水的二级生物处理以控制水污染, 改善水质, 这需要大量的基本建设投资与运行维护费用。实践证明, 即使全部采用二级生物处理, 也未必能解决水体的污染问题, 如富营养化问题日益严重。因此, 国外有些国家为消除大量生活污水和工业废水对受纳水体的污染, 维护其良好水质, 提出三级处理的要求。但是, 废水三级处理设施, 其基建投资和运行维护费用比二级处理设施普遍高 3 倍, 而且要消耗大量的能耗与物耗, 并产生一些二次污染, 整体上得不偿失。在这种情况下, 开发、开展了既能改善水质, 又经济、节能、节省物耗的有效处理技术, 即所谓革新和代用技术 (Innovative and Alternative Technology), 即简称 IA 技术。这种 IA 技术包括废水土地处理、稳定塘处理、废水养殖、污泥回用于农田等。美国对采用此类技术, 优先给予补助。我国在水污染防治技术政策 (1968 年) 亦做出明文规定, 优先采用天然净化技术。国家在“六五”、“七五”及“八五”科技攻关项目均列有这方面的课题, 并在选用不同处理方法、流程时, 若当地条件许可的话, 应尽量优先考虑采用天然净化系统。这既符合国情, 亦符合世界潮流, 是一种保护生态环境的明智之举。

天然处理技术具有许多明显的优点:

- (1) 它们是一些生态工程, 符合当前“绿化地球”、“恢复环境生态”的目的。在系统内, 藻类、微生物、浮游动物、底栖动物、水生植物和农作物、水生动物等的多层次多功能的代谢过程 (生物的、物理的、化学的), 使废水中的污染物进行多级转换、利用和去除, 从而实现了废水的无害化、资源化和再利用。
- (2) 有利于创造优美环境, 使环境舒适, 增添秀色, 为人类增添佳胜境地。
- (3) 基建投资费约为传统二级处理的 $1/3 \sim 1/2$ 。
- (4) 运行管理费低廉, 约为传统二级处理的 $1/3 \sim 1/5$ 。
- (5) 能耗省, 相当于传统二级处理的 $1/3 \sim 1/5$ 。
- (6) 出水水质好, 一般能达到二级处理水平, 如 SS 、 $BOD_5 \leq 30\text{mg/L}$, 且

有些过程的出水优于二级水平，相当于二级半甚至三级水平，如慢速渗滤、渗滤湿地、人工苇床等。

(7) 物耗省，不需人为地投加药剂。

(8) 能回收利用水资源，产出鱼、牧草、农作物，可以喂养鸡、鸭、牛、羊等，可用来发展生态农场，经济效益显著。

(9) 天然处理系统作用机制复杂、功能多层次，因此，能去除一些为一般二级处理难以降解的化合物，使出水清澈透明。

(10) 能消除污染的排放、污染物基本上能在系统内部转化、去除，不排入外环境。

(11) 系统稳定性好，当组成塘——土地处理复合系统后，能解决系统的终年运行问题。

(12) 不需要好地，只要有废地、坑洼塘淀即可利用，并可将它们改造成好地肥田。

当然，天然处理系统也有其局限性。它受气候因素的制约，且所需土地面积较大。对于人口密集、土地紧缺，或气候恶劣地区，它的使用就会受到限制。

由于我国当前全面推广传统二级处理，而财政能力尚嫌不足，因此，在选择废水处理方法、流程时，更应考虑天然净化系统。

第三节 废水处理方法、流程的综合评价

以上阐述了废水处理方法、流程的选择。但是，所选用的方法、流程是否是最佳方案？有待对它进行全面的综合评价。虽然当前新的废水处理技术不断涌现，工艺不断完善，但是由于废水的多样性和复杂性以及在实际应用上不尽完美，而且每种技术都有其特点，适用条件和存在问题。因此，如果根据当地实际情况，根据需要处理废水的特性及处理目标，选择其经济效益上统一的最佳技术方案，则需对多种处理方法、流程进行综合评价，通过评价、比较和论证，确定出最佳方案。

国外从 20 世纪 70 年代就开始对废水处理技术的评价问题进行探讨、研究，他们探讨各种处理方法的优缺点，经济效益、二次污染、能源消耗、资源消耗以及对环境和人体健康的影响问题等。美国曾对城市废水的 11 种处理方法以及 12 种污泥处理方法进行了评价，目前这项工作仍在深入而系统地进行中。

我国在过去几年内曾对数千套废水处理装置进行调研、评价，发现了不少问题。如今国务院环委会及国家环境保护局在发展我国环保产业的同时，特别强调了对最佳技术的评价，对其优秀者以国家指令方式进行推广、应用。这说明我国



0623310

对废水处理技术的综合评价工作已开始重视并开展起来。

废水处理技术的综合评价,是研究分析各种废水处理技术的优缺点,如流程组合、处理效果、技术经济指标等,并分析其对环境和社会的影响,根据实际情况和条件,选择、推荐最优化的技术方案。

废水处理技术综合评价的内容列于表2-3中。

表2-3 废水处理方法、流程的综合评价

技术性能	经济效益	环境效益	二次污染 (多介质污染)
1. 选用的处理方法	1. 污染损失费(处理前)	处理前的环境	处理前与处理
2. 选用的处理流程	①直接损失费	与处理后的环	后的
3. 处理废水量	②间接损失费	境比较,可采	大气污染
4. 进水水质	2. 处理费	用某些指数表	水污染
5. 处理后的水质	①基建投资费	示,它们分别	固体废弃物
6. 诸水质指标的去除率	②运行维护费	表示;	(污泥)
7. 运行操作	③设备折旧费	对人体健康之	噪声污染
8. 占地面积	①偿还期	影响;	电磁波污染
9. 基本建设	3. 经济效益(用于对废水进	对水体水质之	其它污染等
10. 设备加工	行处理)	影响;	新污染物之产
11. 原料、药剂	①直接效益(物料、回收、节	对周围环境之	生、转化形
12. 二次污染	水、水的回收、免交排污费、	影响等	态、迁移转化
13. 水的回用率	排污罚款、污染赔偿费等)	评价(可采用	规律等
14. 物料回收率	②间接效益(环境污染的降	指数评价法)	评价
15. 稳定可靠性	低,水质改善、人体危害之减		
16. 对工作人员要求	轻、污染损失之降低等)		
17. 事故处理	其它		
18. 其它因素评价	评价		

进行综合评价的程序包括以下若干步骤:

(1) 基础准备工作

①收集废水来源、处理量、水质等资料;

②通过改革工艺、采用无废少废技术,压缩排污之可能性;

③了解当地环境现状,对废水处理的要求,预期的出水水质目标、废水处理

效率等；

④了解当地环境保护和市政部门对废水处理有关的法规、标准等；

⑤了解当地的土地条件、资源和能源条件、财政经济条件及技术力量等。

(2) 确定评价目标

确定拟选用的各种废水处理技术（单项技术或流程），组成不同方案。

(3) 调查、收集综合评价所需的技术经济参数。

(4) 对拟选用的各种废水处理技术进行详尽的分析（如优缺点、技术、经济、管理等）。

(5) 建立数据体系（或数据库）及评价模型。

(6) 进行分项评价，如：技术性能评价、经济效益评价、环境效益评价、能源消耗评价、资源消耗评价、可能产生为二次污染评价以及对人体健康的评价等

(7) 在分项评价基础上进行综合评价

(8) 选择与决策采用最优化的废水处理技术方案。

(9) 专家论证，提交评价结论与报告

在进行综合评价时，可将分项评价因素，如技术性能、经济效益、环境效益、能源消耗、资源消耗、可能产生的二次污染及健康影响等列为横项，而各类推荐的方案（如方案 1、2……）列为纵项，组成交互矩阵、并对不同因素视当地情况及实际需要赋予不同权重，可得出总的效益值矩阵，经过计算，其具有最大效益的方案即为最佳方案。

在实际应用过程中，有些因素往往难以定量化，或以货币形式表达，造成一些困难。而且有些参数在不同废水不同地域相差迥异。因此，这种评价也不是绝对的，而是一种相对的评价，正确与否尚需在实践中进行检验。

为了便于应用，特将废水和污泥的某些处理方法的能耗列于表 2-4 至表 2-12，供参考使用。

表 2-4 废水生物处理运行情况和能耗

项目	传统活性 污泥法	纯氧活性 污泥法	氧化沟或延 时曝气法	生物滤池	生物转盘	活性生物 滤池	曝气塘
1. 废水处理量(m^3/d)	38×10^3	38×10^3	38×10^3	38×10^3	38×10^3	38×10^3	38×10^3
2. SRT(d)	4	4	25	—	—	—	10
3. BOD ₅							
进水(mg/L)	300	300	300	300	300	300	300
出水(mg/L)	30	30	20	45~90	45~90	30	50~100

项目	传统活性 污泥法	纯氧活性 污泥法	氧化沟或延 时曝气法	生物滤池	生物转盘	活性生物 滤池	曝气塘
去除率(%)	90	90	93	70~85	70~85	90	67~83
4. 剩余污泥(kg/d)	3200	3200	450	3200	3200	3200	--
5. 充氧效率 (kW·h/kgO ₂)	0.80~ 2.40	0.80~ 1.10	1.1~ 2.4	—	—	0.8~ 2.2	—
6. 能耗							
①kW·h/kg 去除 BOD ₅	10.8~ 30.1	0.88~ 1.20	1.50~ 3.30	0.53~ 0.93	0.93~ 2.20	0.56~ 1.44	6.80~ 17.2
②MJ/kg 去除 BOD ₅	10.8~ 30.1	11.5~ 15.1	18.9~ 41.5	6.7~ 11.7	11.7~ 27.5	7.0~ 18.0	85~ 216
典型使用场合	各种处理 规格的深 度处理	大规模的 深度处理	小规模 深度处理	不完全处 理或深度 处理	不完全处 理或深度 处理		不完全处 理或深度 处理

表 2-5 各种除磷法的能耗

各种除磷法	直接能耗 (kW·h/ kg 除 P)	间接能耗		合 计		总 计 (MJ/ kg 除 P)
		电 耗 (kW·h/ kg 除 P)	燃 料 (MJ/ kg 除 P)	电 耗 (kW·h/ kg 除 P)	燃 料 (MJ/ kg 除 P)	
①化学法——投铝盐	2.0	—	55.59	2.0	55.69	80.8
②化学法——投 Ca(OH) ₂	15.8	—	36.43	15.8	36.43	235.9
③化学法——投 Ca(OH) ₂ , 再投其它含钙化合物	52.8	—	2.93	52.8	2.93	666.1
④化学法——投 FeCl ₃	2.4	10.6	—	13.0	—	163.3
⑤生物法——Phostrip	2.6	—	61.13	2.6	61.13	93.8
⑥生物法——A/O 过程	1.3	—	—	1.3	—	16.3

注:废水含磷 10mg/L, 碱度 6mg/L。

表 2-6 各种脱氮方法的能耗

各种脱氮法	直接电耗 (kW·h/ kg 去除 N)	间接能耗		合 计		总 计 (MJ/ kg 除 N)
		电 耗 (kW·h/ kg 除 N)	燃 料 (MJ/ kg 除 N)	电 耗 (kW·h/ kg 除 N)	燃 料 (MJ/ kg 除 N)	
①单级硝化	6.8	—	16.75	6.8	16.75	102.2
②两级硝化	9.0	—	16.75	9.0	16.75	129.8
③悬浮污泥床法反硝化	2.6	—	12.14	2.6	12.14	44.8
④生物膜法反硝化	1.1	—	12.14	1.1	12.14	26.0
⑤汽脱法(18~24℃)脱氮	15.8	—	—	15.8	—	222.3
⑥汽脱法(13℃)脱氮	30.8	—	—	30.8	—	428.3
⑦选择性离子交换法脱氮	4.4	12.8	13480	17.2	13480	13700
⑧折点加氯法脱氮	7.5	30.8	6.7	38.3	6.7	478.8

表 2-7 脱氮除磷系统的能耗

处理系统	电能(kW·h/kg)		燃料(MJ/kg)	
	N	P	N	P
A/A/O	6.4	15.9	23.03	57.36
Bardenpho	10.6	26.4	38.10	95.09

表 2-8 生物难降解有机物去除处理的能耗

处理方法	直接能耗 (kW·h/ kg 除 P)	间接能耗		合 计		总 计 (MJ/ kg 除 P)
		电 耗 (kW·h/ kg 除 P)	燃 料 (MJ/ kg 除 P)	电 耗 (kW·h/ kg 除 P)	燃 料 (MJ/ kg 除 P)	
(1)粒状活性炭吸附	1.32	—	4.6	1.32	4.6	20.19
粒状活性炭再生	—	0.033	13.83	0.03	13.83	14.80
(2)粉状活性炭吸附	1.44	—	6.70	1.44	6.70	24.80
粉状活性炭再生	—	—	—	—	—	—
①流化床 (进水 COD 40mg/L)	—	1.54	27.63	15.4	27.63	46.98
②湿式氧化 (进水 COD 450mg/L)	—	0.33	无	0.33	无	4.14
(3)臭氧氧化	17.6	—	—	17.6	—	223.1

表 2-9 总溶解固体去除的能耗

处理方法	直接电耗 (kW·h/kg TDS)	间接燃料 (MJ/kg TDS)	合计能耗 (MJ/kg TDS)
反渗透	1.76	—	22.10
电渗析	1.32	—	15.58
离子交换	0.011	48.82	48.87

表 2-10 污泥浓缩的能耗

浓缩方法	污泥种类	范围值 (kW·h/t 干泥)	脱水量 (MJ/m ³)
1. 重力法*	初次沉淀池污泥	8.55(6.4~13.9)	12.05
2. 浮上浓缩法	剩余活性污泥	42.7(21.4~64.1)	5.40
3. 筐式离心机浓缩	剩余活性污泥	1026(908~1176)	139.60
4. 滚筒式离心机浓缩	剩余活性污泥	566(427~693)	75.10

注：* 将固体含量为 0.6% 的初次沉淀污泥和剩余活性污泥浓缩至初次沉淀池污泥固体含量为 8%、剩余活性污泥固体含量为 3%。

表 2-11 污泥脱水的能耗

污泥脱水方法	燃 料 (MJ/kg 干泥)	电 耗 (kW·h/ t 干泥)	投药量		间接能耗 (kW·h/ t 干泥)	总能耗 (kW·h/ t 干泥)
			种类	(kg/ t 干泥)		
1. 干化床法	23.24	1.76(1.1 ~2.2)	聚合物	25	5.51	14.6(13.9 ~15.0)
2. 真空滤机法	无	57(33 ~77)	聚合物	4	0.88	61(37 ~81)
3. 离心机法	无	22(11 ~33)	聚合物	4	0.88	26(15 ~37)
4. 板框压缩法	无	39(33 ~55)	Ca(OH) ₂ + FeCl ₃	150	1.21	169(157 ~179)
5. 带式压缩法	无	40(33 ~66)	聚合物	4	0.88	61(37 ~ 81)
6. 双辊挤压法	无	35(33 ~ 55)	聚合物	4	0.88	39(37 ~ 59)
7. 投药法	无	3.1	—	—	—	—

表 2-12 污泥稳定的能耗

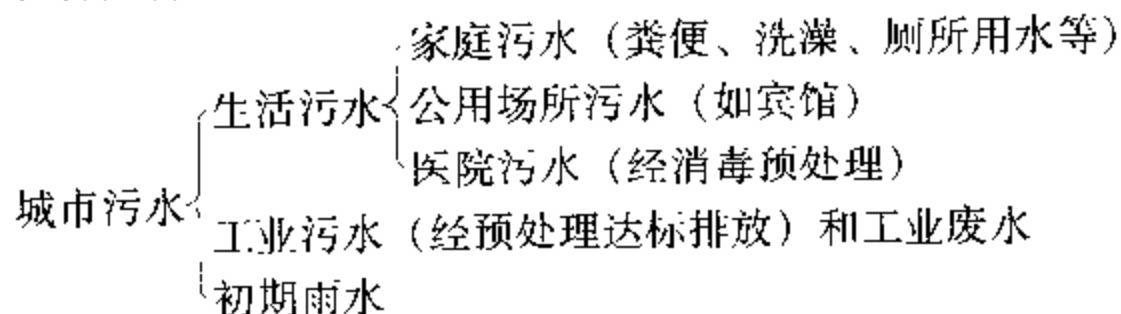
污泥稳定的方法	特 点	操作条件	电 耗 (kW·h/kg 干泥)	燃 料 (MJ/kg 干泥)	总能耗 (MJ/kg 干泥)
1. 好气消化	不利用沼气 加热所需能量	污泥停留时间:15d 通入空气电耗: 0.91kgO ₂ (kW·h)	0.53	15.76	24.52
2. 厌氧消化	利用沼气 加热所需能量	污泥停留时间:15d 投配负荷 6% 污泥混合搅拌耗能: 13.2kW·h/100m ³	0.24 0.19	7.04 2.14	10.05 4.58
3. 堆肥	自然通风 强制通风	污泥投配率:25% 污泥投配率:25% 强制通风耗电: 0.325kW·h/m ³ 堆肥	— 0.004	0.054 0.054	0.06 0.10
4. 焚化		多数炉温度保持:760℃ 污泥投配率:24%	0.988	14.18	15.29

第三章 城市污水处理厂设计特点

第一节 城市污水的特征

一、城市污水的组成

城市污水，是排入城镇排水系统污水的总称，是生活污水和工业废水的混合液，在合流制排水系统中还包括降水。详细组成如下：



在特定条件下，下水道有一定的渗漏（渗入或漏损），可根据具体情况考虑。

1. 生活污水

是人类在日常生活中所用过，并为生活废料所污染的水，如家庭污水，即粪便、洗澡、厕所用水等；公用污水，即公共场所污水；医院污水，即经消毒预处理过的污水。生活污水含有较多的有机物，如蛋白质，动植物脂肪、碳水化合物、尿素和氨氮等，还含有肥皂和合成洗涤剂，以及常在粪便中出现的病原菌微生物，如寄生虫和肠系传染病菌等。

2. 工业废水

是企业生产过程中所产生和排放的水。工业废水分为生产污水和生产废水两类。生产污水是在生产过程中形成，被有机或无机性的生产废料所污染，其中也包括温度过高能够造成热污染的工业废水。生产废水也是在生产过程中形成，但未直接参与生产工艺，在生产中只起辅助性作用，未被污染或污染很轻，有的只

是温度稍有上升。前一种废水需要处理,后者不需要处理或只需要进行简单的处理。工业污水进入城市排水系统前必须进行预处理达到城市下水道系统排放标准,以保护城市下水道设施不受损坏,保证城市污水处理厂的正常运行。

3. 降 水

是在地面上流泄的雨水和冰雪融化水。降水通常叫雨水。雨水虽然比较清洁,但初降雨时却挟带着大量地面和屋面上的各种污染物质,使其受到污染。尤其流经工厂地区的雨水,可能含有生产部门的污染物质,污染程度较严重,因此,流经工厂地区的雨水应排入城市下水道经城市污水处理厂处理后才能排入水体。

二、城市污水的水质

功能综合的城市,排水系统接纳的生活污水约占总污水量的 45%~65%,相应城市污水具有生活污水的特征。城市污水的水质随接纳的工业污水水量和工业企业生产性质的不同而有所不同,尤其是一些特殊的污染物指标,如重金属离子与冶金工业,有毒有机物与农药、染料等工业等,但由于特殊工业的数量与其排水量所占比例很小,因而对城市污水整体影响不大,特别是经预处理后的工业污水。典型的生活污水水质变化范围可参考表 3-1。

表 3-1 典型的生活污水水质变化

序 号	指 标	浓 度 (mg/L)		
		高	中	低
1	总固体 (TS)	1200	720	350
2	溶解性总固体	850	500	250
3	非挥发性	525	300	145
4	挥发性	325	200	105
5	悬浮物 (SS)	350	220	100
6	非挥发性	75	55	20
7	挥发性	275	165	80
8	可沉降物	20	10	5
9	生化需氧量 (BOD_5)	400	200	100
10	溶解性	200	100	50
11	悬浮性	200	100	50
12	总有机碳 (TOC)	200	60	80
13	化学需氧量 (COD)	1000	400	250
14	溶解性	400	150	100

序 号	指 标	浓 度 (mg/L)		
		高	中	低
15	悬浮性	600	250	150
16	可生物降解部分	750	300	200
17	溶解性	325	150	100
18	悬浮性	325	150	100
19	总氮 (N)	85	40	20
20	有机氮	35	15	8
21	游离氮	50	25	12
22	亚硝酸氮	0	0	0
23	硝酸氮	0	0	0
24	总磷 (P)	15	8	4
25	有机磷	5	3	1
26	无机磷	10	5	3
27	氯化物 (Cl^-)	200	100	60
28	碱度 (CaCO_3)	200	100	50
29	油脂	150	100	50

第二节 城市污水处理厂设计的水质水量及处理程度

一、设计水质的确定

1. 设计进水水质

目前,城市污水处理厂的设计水质主要是确定 COD、 BOD_5 、SS、TN、TP 等的浓度。在无资料时,一般是根据设计人口数及室外排水设计规范中的污染物排放标准来进行计算确定。

①设计人口数 N :

$$N = N_1 + N_2 + N_3 \quad (3-1)$$

式中: N ——设计人口数,人;

N_1 ——居民区人口数,人;

N_2 ——工业废水折合的人口当量数,人;

N_3 ——公共建筑集中流量折合人口当量数,人。

② 工业废水折合人口当量数 N_2 :

$$N_2 = \sum C_i Q_i / a_s \quad (3-2)$$

式中: C_i ——某工厂工业废水的 BOD_5 或 SS 的浓度, g/m^3 ;

Q_i ——某工厂工业废水平均日流量, m^3/d ;

a_s —— BOD_5 或 SS 等污染物每人每日排放量, $\text{g}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 。

其中, BOD_5 为 $22 \sim 35 \text{ g}/(\text{人} \cdot \text{d})$; SS 为 $35 \sim 50 \text{ g}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 。

③ 公共建筑集中流量折合人口当量数 N_3 :

$$N_3 = Q/P \quad (3-3)$$

式中: Q ——集中流量, m^3/d ;

P ——每人每日污水量排放标准, $\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{d}$ 。

④ 城市污水污染物设计浓度 C_s 的确定:

$$C_s = a_s \cdot N / Q_{\text{平均}} \quad (3-4)$$

式中: C_s ——污染物的设计浓度, mg/L 或 g/m^3 ;

N ——设计人口数, 人;

a_s —— BOD_5 或 SS 等污染物每人每日排放量, $\text{g}/(\text{人} \cdot \text{d})$;

$Q_{\text{平均}}$ ——平均日污水量, m^3/d 。

2. 出水水质标准

① 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)

② 《地面水环境质量标准》(GB3838-88)

③ 《生活杂用水水质标准》(GJ25.1-89)

④ 《农田灌溉水质标准》(GB5084-92)

出水水质校准应根据排放去向、纳污水体功能与被保护水体的关系由①或②确定, 亦可根据③或④确定。

二、设计水量的确定

用于城市污水处理厂的设计水量有平均日流量、设计最大流量、最小污水流量、降雨时的设计流量等。

1. 平均日流量 (m^3/d)

这种流量一般用来表示污水处理厂的规模, 并用来计算污水厂的栅渣量、沉

砂量、年抽升电量、耗药量、处理总水量、总泥量等。目前,我国对污水处理厂的规模按平均日流量划分如下:

- ① 小型污水处理厂: 等于或小于 5 万 m^3/d ;
- ② 中型污水处理厂: 5 万~10 万 m^3/d ;
- ③ 大型污水处理厂: 大于 10 万 m^3/d 。

2. 设计最大流量 (m^3/h 或 L/s)

污水处理厂进水管设计用此流量,污水厂各构筑物(除另有规定外)及厂内管渠都应满足此流量。由平均日流量根据“室外排水设计规范”的规定,选用其总变化系数 K_z , 而得到设计最大流量。当污水用泵抽升进入污水处理厂时,可用水泵组合流量作为设计最大流量,但组合流量应尽量与设计流量相吻合。设计最大流量用来计算各构筑物工艺尺寸(曝气池除外)及厂内管道的大小。

(1) 计算方法:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (3-5)$$

式中: Q ——城市污水设计最大流量, L/s ;

Q_1 ——居住区生活污水设计流量, L/s ;

Q_2 ——工业企业生活污水及淋浴污水设计流量, L/s ;

Q_3 ——工业废水设计流量, L/s 。

$$Q_1 = n \cdot N \cdot K_z / (24 \times 3600) \quad (3-6)$$

式中: n ——居住区生活污水量标准, $\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$;

N ——设计人口数;

K_z ——为生活污水总变化系数。

变化系数分日、时及总变化系数。其中, K_d 为一年中最大日污水量与平均日污水量的比值变化系数; K_h 为最大日中最大时污水量与该日平均时污水量的比值; K_z 为最大日最大时污水量与平均日平均时污水量的比值。它们之间的关系为:

$$K_z = K_d K_h \quad (3-7)$$

当缺乏日变化系数和时变系数的数据时,可用流量变化幅度与平均流量之间的关系式,即:

$$K_z = 2.7 / Q_p^{0.11} \quad (Q_p \text{ 为平均日平均时污水流量, } \text{L}/\text{s}) \quad (3-8)$$

居住区生活污水量总变化系数也可按表 3-2 计算:

表 3-2 生活污水量总变化系数

污水平均日流量 (L/s)	5	15	40	70	100	200	500	≥ 1000
总变化系数 (K_t)	2.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3

$$Q_2 = (A_1 B_1 K_1 + A_2 B_2 K_2) / (3600 T) + (C_1 D_1 + C_2 D_2) / 3600 \quad (3-9)$$

式中: A_1 —— 一般车间最大班人数, 人;

A_2 —— 热车间最大班人数, 人;

B_1 —— 一般车间职工生活污水量标准, 以 25[L/人班] 计;

B_2 —— 热车间职工生活污水量标准, 以 35[L/人班] 计;

K_1 —— 一般车间生活污水量时变化系数, 以 3.0 计;

K_2 —— 热车间生活污水量时变化系数, 以 2.5 计;

C_1 —— 一般车间最大班使用淋浴的职工数, 人;

C_2 —— 热车间最大班使用淋浴的职工数, 人;

D_1 —— 一般车间的淋浴用水量标准, 以 40[L/人班] 计;

D_2 —— 高温、污染严重车间的淋浴污水量标准, 以 60[L/人班] 计;

T —— 每班工作时数, h。

淋浴时间以 1 小时计。

$$Q_3 = m \cdot M \cdot K_z / (3600 T) \quad (3-10)$$

式中: m —— 生产过程中每单位产品的废水量标, m^3 /单位产品;

M —— 产品的平均日产量;

T —— 每日生产时数, h;

K_z —— 总变化系数, $K_z = K_d K_h$, 各参数含义同上。

工业废水量的日变化一般较少, 其日变化系数 K_d 为 1; 时变化系数 K_h 可实测, 其可参考有关资料。某些工业废水量的时变化系数 K_h 大致如下, 可供参考:

冶金工业: 1.0~1.1

化学工业: 1.3~1.5

纺织工业: 1.5~2.0

食品工业: 1.5~2.0

皮革工业: 1.5~2.0

造纸工业: 1.3~1.8

(2) 计算方法二: 根据所设计地区的实际污水量变化资料, 采用综合流量计算方法求得污水的最大流量。

3. 最小污水流量 (m^3/d)

根据经验,一般为平均日污水量的 $1/2 \sim 1/4$ 。最小污水流量常用来作为污水泵选型或处理构筑物分组的考虑因素,当最小污水流量进入处理厂时,可以开启一台泵或使并行构筑物的一组(个)运行。

4. 降雨时的设计流量 (m^3/h 或 L/s)

降雨流量用于截流合流式的排水系统,它包括旱天流量和截流几倍的初期雨水流量。用该流量校核初沉池以前的构筑物和设备,此时初沉池停留时间大于或等于 30min 。

由于设计最大流量持续时间较短,当曝气池设计水力停留时间较长(如 6h 以上)时,则用比设计最大流量略小的流量(如最大日平均流量)来作为曝气池的设计流量。

当污水厂为分期建设时,设计流量用相应的各期流量。

三、城市污水处理程度的确定

城市污水处理程度可按下式计算:

$$P = (C_i - C_e) / C_i \times 100\% \quad (3-11)$$

式中: P —— 污水需要处理的程度,以百分率计;

C_i —— 未经处理的污水中,某种污染质的平均浓度, mg/L ;

C_e —— 允许排入水体的已处理污水中该污染物的平均浓度, mg/L 。

确定污水处理程度的几种方法:

1. 根据受纳水体的稀释自净能力

当设计的污水厂所在地的水体环境容量大,可利用水体稀释和自净能力,使水处理过程中的经济投入相对小,但需要慎重研究决定,因为污染物中有可生物降解的和不可生物降解的部分,前者可在水体中自净,后者只能稀释。该方法的计算一般采用氧垂曲线方程。

2. 根据城市污水厂能达到的处理程度来确定

该方法是根据污水处理工艺能达到的处理程度确定的。我国目前一般污水处理厂所能达到的处理程度为 $30\text{mg}/\text{L}$,也就是所谓的“双 30”标准,即 BOD_5 、SS 均为 $30\text{mg}/\text{L}$ 。

3. 按水体的水质要求确定

这种方法是根据水体的一般要求和污水厂所在地的地方要求,将污水处理到出水符合水体的水质要求。

4. 根据污水厂所在地地方要求确定

第三节 城市污水处理工艺流程的选择

一、城市污水处理工艺流程应考虑的因素

1. 污水应达到的处理程度

是选择处理工艺的主要依据,污水处理程度主要取决于处理后水的出路和去向。

(1) 处理后出水排放水体,其是最常采用的去向

处理后出水排放水体时,污水处理程度一般以城市污水二级处理工艺技术所能达到的处理程度,即 BOD_5 、SS 均为 30mg/L 来确定工艺流程。

(2) 回用

主要回用于农业灌溉,其水质应达到《农田灌溉水质标准》。其次是作为城市杂用水,如喷洒绿地、公园、冲洗街道和厕所,以及作为城市景观的补给水等。回用水的水质指标为:

$CO_D < 30\text{mg/L}$

$BOD_5 < 15\text{mg/L}$

pH 值: $5.8 \sim 8.6$

大肠菌群 < 10 个/ml

气味: 不使人有不快的感受

消毒杀菌: 并应保证出水有足够的余氯。

2. 工程投资与运行费用

在处理污水应达到的水质标准的前提下,根据处理水质、水量,选择可行的几种工艺流程进行全面的技术经济比较,从而择优确定工艺先进合理、工程投资和运行费用较低的处理工艺流程。如城市污水 BOD_5 、SS 浓度较高,水质水量变

化较大情况下,采用 A-B 法活性污泥工艺不仅比普通活性污泥法处理效果好,同时能去除 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 P,而且在一般情况下可节省基建投资约 20%,节省能耗 15% 左右。

3. 选择工艺应考虑分期分级处理与排放和利用情况

根据当地城市规划,先建一期工程,以后再建二期工程;根据当地财力情况可先建一级处理,以后再建二级处理。同时根据排放和利用情况,某市污水处理厂一部分采用一级处理后排入水体,一部分采用二级处理回用于农田灌溉,还有一部分采用深度处理后回用于城市杂用水。

施工和运行管理也是确定处理工艺应考虑的因素,如地下水较高、地质条件较差的地区,就不宜选用深度大、施工难度高的处理构筑物。另外,也应考虑所确定处理工艺应运简单、操作方便。

4. 污水量和水质变化情况

污水量的大小也是选择工艺需要考虑的因素,水质、水量变化较大的污水,应考虑设置调节池或事故贮水池,或选用承受冲击负荷能力较强的处理工艺,或间歇式处理工艺。

5. 当地的其它条件

当地的地形、气候、地质等自然条件,也对污水处理工艺流程的选择具有一定的影响。可利用洼地、沼泽地等,设置稳定塘、土地处理等污水自然处理系统;寒冷地区应当采用适合于低温季节运行的或在采取适当的技术措施后也能在低温季节运行的处理工艺;地下水位高、地质条件差的地方不宜选取用深度大、施工难度高的处理构筑物。

总之,污水处理工艺流程选择是一项比较复杂的系统工程,必须对上述各因素加以综合考虑,进行多种方案的经济技术比较,还应进行深入的调研及试验研究工作,才可能选择技术先进可行、经济合理的理想工艺流程。

二、城市污水二级处理工艺的典型流程

1. 污水中杂质与处理工艺

水中杂质与处理工艺之间的关系详见图 3-1。

2. 城市污水处理工艺典型流程

城市污水处理厂的典型工艺流程如图 3-2、图 3-3 所示,该流程包括污水

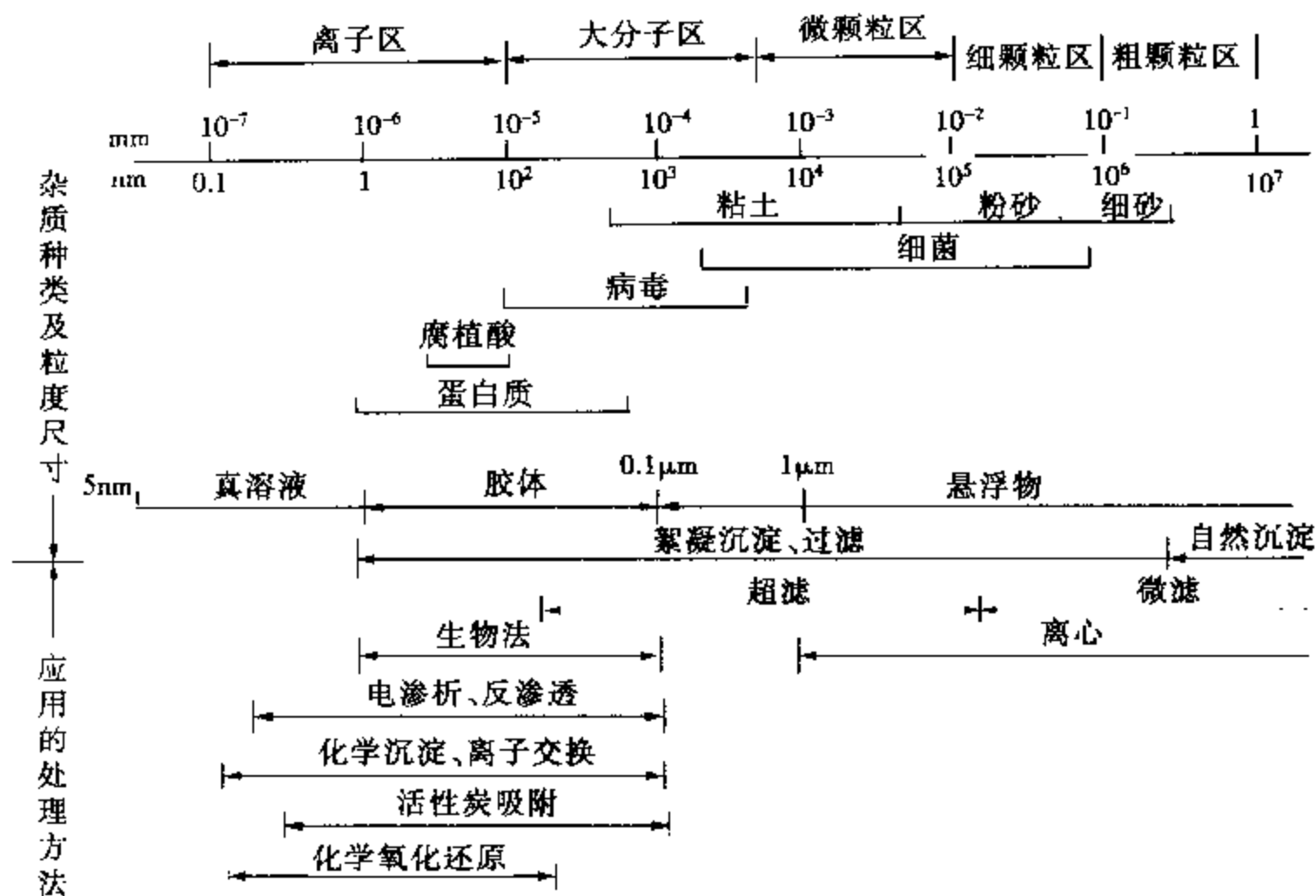


图 3-1 水中杂质与处理工艺之间的关系

二级处理系统和污泥处理系统。

污水的一级处理也称前处理，它由格栅—沉砂池组成，属于物理处理。其作用是去除污水中的固体污染物，从大块垃圾到粒径为数毫米的悬浮物（溶解性的和非溶解性的）。一级处理的处理效率 SS 为 40%～55%， BOD_5 为 20%～30%，主要靠沉淀池去除。

污水的二级处理又称生化处理（通常为活性污泥法或生物膜法），它是城市污水处理厂的核心，一般由生物处理构筑物或设备与二次沉淀池组成，它的主要作用是去除污水中呈胶体和溶解状态的有机物（以 BOD_5 或 COD 表示）。通过二级处理，污水的 SS、 BOD_5 值可降至 20～30mg/L，一般可达到排放水体和灌溉农田的水质标准。

在上述典型的工艺流程中，根据水质、水量，二级处理活性污泥法可采用不同的工艺，有时在一级处理工艺中可不采用初沉池。如果二级处理后出水要回用于城市杂用水，则要进行三级处理（又叫深度处理），以进一步降低 SS 和 BOD_5 ，以达杂用水的水质标准。

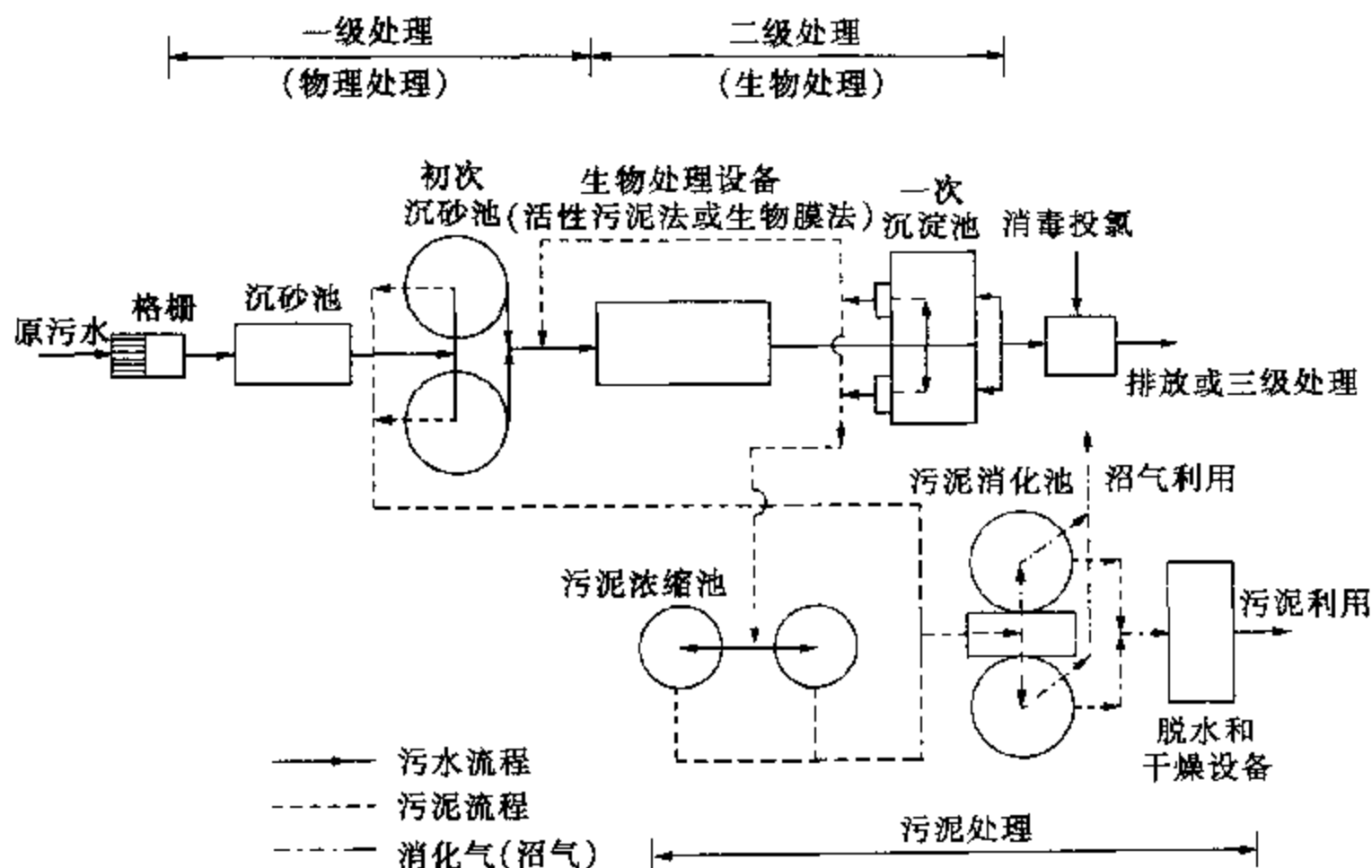


图 3-2 城市二级污水处理厂典型工艺流程

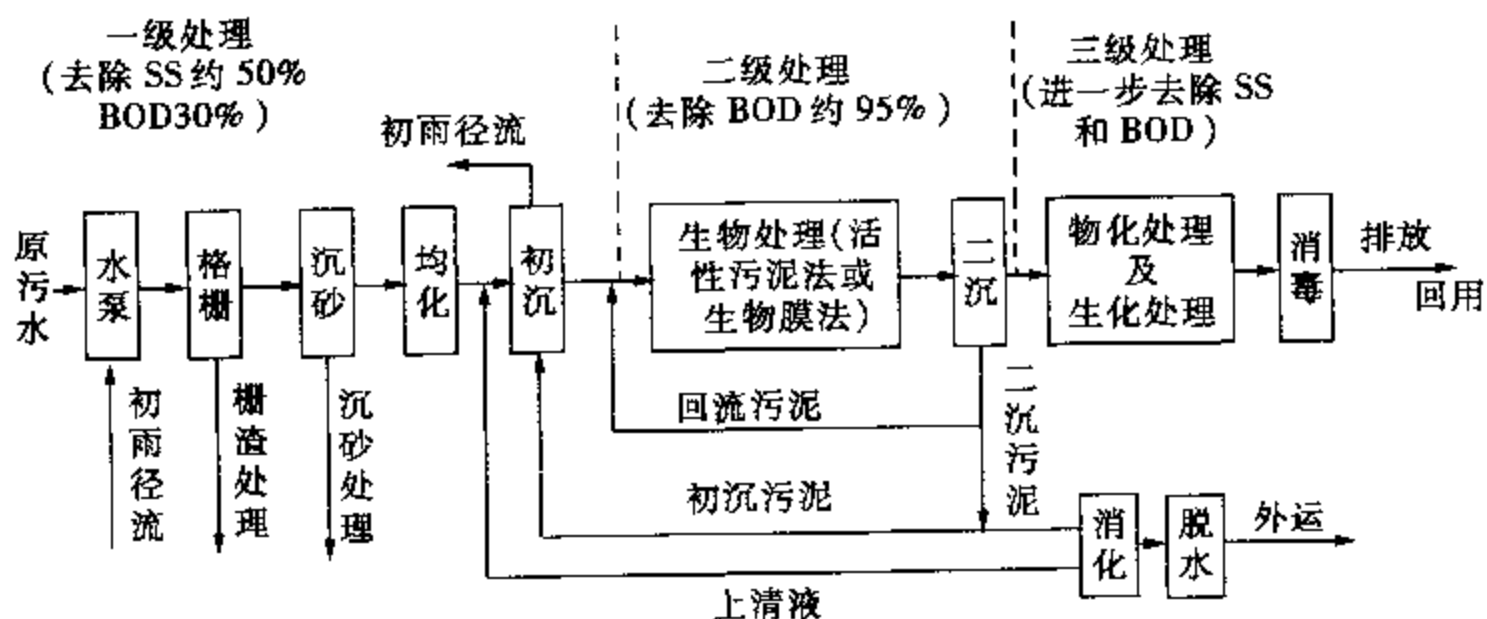


图 3-3 城市污水处理工艺典型流程

在污水处理工艺中必然会产生污泥，污泥要经过减容稳定处理，以便于处置和防止造成二次污染，从二沉池排出的剩余污泥经浓缩处理后，其浓缩污泥和初

沉池排出的沉淀污泥进行厌氧消化稳定处理和脱水，最后使之变成泥状作为农业肥料。其污泥水一般通过重力返回污水处理工艺前的抽升泵房集水井。

第四节 城市污水处理构筑物的选型

不同的构筑物型式具有各自的特点，表现在它的工艺系统、构造形式、适应性能、处理效果、运行与维护管理等。同时，其建造费用和运行费用也存在差异。因此，处理工艺系统确定以后，应对不同的构筑物进行选型，同时还可通过技术经济比较确定。

一、一级处理构筑物的选型

一般城市污水都含有一定数量的悬浮物质。由于污水来源广泛，污水中 SS 的含量及其粒径变化较大。这些悬浮物会损坏、堵塞污水处理设备并影响污水处理的效果。一级处理的主要目的就是去除这些悬浮物质、保护污水处理设备、提高污水处理效率。城市污水处理厂典型流程中的一级处理构筑物主要有格栅、沉砂池、沉淀池。

1. 格 栅

典型一级处理工艺在水泵前和污水处理系统前均需设置格栅。格栅是由一组平行的金属条制成的框架，斜置在进水渠道上，或泵站集水池的进口处，用以拦截污水中大块的呈悬浮或漂浮状态的污物。格栅按栅条间隙大小，可分为粗格栅（50~100mm）、中格栅（10~40mm）、细格栅（3~10mm）三种。水泵前格栅间隙，应根据水泵要求确定（表 3-3）：

在污水处理系统前仍需设置格栅，栅条间隙应符合下列要求：

- ① 人工清除格栅条间隙：25~40mm；
- ② 机械清除：16~25mm；
- ③ 最大间隙：40mm。

大型污水处理厂应设置粗细两道格栅，粗格栅条间隙为 50~150mm。

表 3-3 水泵前格栅的栅条间隙

项 目	水泵型号	栅条间隙 (mm)	截留污物量 [L/(人·4)]
污水离心泵	2 ^{1/2} PW、2 ^{1/2} PWL	≤20	人工: 4~5; 机械: 5~6
	4PW、4PWL	≤40	2.7
	6PWL	≤70	0.8
	8PWL	≤90	0.5
	10PWL	≤110	<0.5
	32PWL	≤150	<0.5
轴流泵	20ZLB 70	≤60	参照离心泵确定
	28ZLB 70	≤90	
清水泵	14sh	≤20	参照离心泵确定
	20sh	≤25	
	24sh	≤30	
	32sh	≤40	

2. 沉砂池

沉砂池的作用是去除比重较大的无机颗粒砂粒, 应尽量使无机砂粒与有机颗粒得到较彻底分离, 使沉砂池中夹杂的有机物小于 10%, 从而得到较清洁的沉砂, 防止晒砂或堆砂时产生厌氧而污染环境。沉砂池可分平流式、竖流式、曝气沉砂池、钟式沉砂池四类, 后一类是日益广泛应用的新型圆形沉砂池。平流式沉砂池是常用的形式, 具有构造简单、处理效果较好的优点。竖流式沉砂池是污水由中心管进入池内后自下而上流动, 无机物颗粒借助重力沉于底部, 处理效果一般较差。曝气沉砂池是在池的一侧通入空气, 使污水沿池旋转前进, 从而产生与主流垂直的横向恒速环流, 其优点是通过调节器调节曝气量, 可以控制污水的旋流速度, 使除砂效率较稳定, 受流量变化的影响较小, 同时对污水起预曝气作用。钟式沉砂池是利用机械力控制流态与流速, 加速砂粒的沉淀, 并使有机物随水流带走的沉砂装置。曝气沉砂池的有机物分离效率高达 90%~95%, 沉砂中有机物小于 10%, 可得到清洁沉砂。平流式和钟氏沉砂池有机物分离效率较低, 为 60%~70%, 沉砂中有机物多于 15%, 得不到清洁沉砂。平流式沉砂池适用于小型城市污水处理厂, 中、大型污水厂则以选用曝气沉砂池和钟氏沉砂池较普遍。竖流式沉砂池处理效果较差, 埋深大, 可应用于小型污水厂, 但较少应用。

3. 沉淀池

按水流形式划分, 沉淀池可分平流式沉淀池、竖流式沉淀池、辐流式沉淀池

和斜板（管）沉淀池。每种沉淀池均包括五个区，即进水区、沉淀区、缓冲区、污泥区和出水区。平流沉淀池静压排泥时，可不设刮泥机，采用多斗排泥。竖流沉淀池一般可采用单斗静压排泥，不需排泥机械。辐流沉淀池一般采用刮泥机或吸泥机。大型污水处理厂用平流式沉淀池和辐流式沉淀池作二沉池时，须采用吸泥机排泥，排泥系统较复杂。各种沉淀池及其沉淀池排泥方法的比较见表 3-4 和表 3-5。

表 3-4 沉淀池的比较

池 型	优 点	缺 点	适用条件
平流式	沉淀效果好 耐冲击负荷	配水不易均匀 多斗式构造复杂，排泥操作不 方便，造价高	适用地下水位高， 大中小型污水厂
竖流式	平底单斗式施工容易，造价低 静压排泥系统简单 排泥方便 占地面积小	链带式刮泥机维护困难 池深池径比值大，施工较困难 耐冲击负荷能力差	适用地下水位低， 小型污水厂
辐流式	沉淀效果较好 周边配水时容积利用率高 排泥设备成套性能好管理简单	池径大时，布水不均匀 中心进水时配水不易均匀 机械排泥系统复杂、安装要求高 进出配水设施施工困难	适用地下水位高， 地质条件好，大 中型污水厂
斜板式	沉淀效果效率高 停留时间短 占地面积小 维护方便	构造比较复杂 造价较高	适用于地下水位 低、小型污水厂

表 3-5 沉淀排泥方法比较

方 法	优 点	缺 点	适用对象
斗式静 压排泥	单斗操作方便不易堵塞 设施简单，造价低	增加池深，池底构造复杂 多斗时操作不方便 排泥不彻底	中、小型、含泥 量少污水厂
穿孔管 排泥	操作简便排泥历时短 系统简单，造价低	孔眼易堵塞，池宽太大时 不宜采用 泥沙量大时效果差 有时需配排泥泵	小型、含泥砂量 少污水厂
吸泥机	排泥效果好 可连续排泥 操作简便	机械构造复杂，安装困难 造价高 故障不多，但维修麻烦	大、中型污水厂

方 法	优 点	缺 点	适用对象
刮泥机	排泥彻底, 效果好 可连续排泥 操作简便	机械构造较复杂 水力部分设备维修量大 还需配排泥管或泵	大、中型污水厂

二、二级处理构筑物选型

城市污水二级处理为二级处理系统的核心工艺, 该工艺主要分为活性污泥法和生物膜法两类, 前者广泛采用于城市污水处理, 后者多用于生活小区或小镇的生活污水处理, 以及某些工业废水的生化处理。

1. 活性污泥法

目前, 国内外城市污水处理厂常采用的二级处理工艺有普通活性污泥法、 A_1/O 生物脱氮活性污泥法、 A_2/O 活性污泥法除磷工艺、 A^2/O 生物脱氮除磷工艺、AB工艺、氧化沟法(循环混合式活性污泥法)、SBR 间歇式活性污泥法 7 种常用工艺。

(1) 普通活性污泥法

普通活性污泥法的工艺有多种形式, 如传统活性污泥法、阶段曝气活性污泥法、吸附-再生活性污泥法、延时曝气活性污泥法、完全混合活性污泥法、混合-推流等形式, 目前一般的普通活性污泥法应设计成能按上述前三种方式都能分别运行的工艺。

①传统活性污泥法

传统活性污泥法的污水和回流污泥均由曝气池池首流入, 处理效果好, 但曝气池前段供氧不足, 后段供氧过剩, 同时耐冲击负荷能力较弱, 曝气时间较长, 适用于大中型城市污水厂, 其曝气方式有推流式和完全混合式两种。

②阶段曝气活性污泥法

阶段曝气为污水沿池开设多点进入, 使 BOD 负荷沿池长得到了均衡, 增强了耐冲击负荷的能力, 并克服了传统活性污泥法的缺点, 其曝气方式一般为推流式。

③吸附-再生活性污泥法

吸附再生法是污水从沿曝气池池长方向的某一点进入, 而回流污泥进入池首, 在再生段实行曝气再生, 而再生后的活性污泥在吸附段迅速吸附污水中的有机物。该工艺有较强的耐冲击负荷的能力, 且曝气时间较短, 一般为 3~5h。

①延时曝气活性污泥法

延时曝气活性污泥法也叫完全氧化活性污泥法,曝气反应时间长(一般多在16~24h),其污泥负荷率很低(只有 $0.05\sim 0.15\text{kgBOI}_5/\text{kgMLVSS}\cdot\text{d}$),剩余污泥量较少。此工艺是污水、污泥综合处理构筑物且处理效果佳,同时稳定、耐冲击负荷且不需设初沉池,但其池容大、基建费用和运行费用较高、占地大。

⑤完全混合式活性污泥法

常用的池型是将二沉池和曝气池合建的曝气沉淀池,采用表曝气,水力停留时间不超过1h,为短时曝气。该工艺优点是无需鼓风机房和管道,耐冲击负荷能力强;缺点是处理效率比普通活性污泥法低,易发生污泥膨胀。此工艺只适用于我国南方地区的小镇或居民区的污水处理,特别是用于工业废水处理。

(2)特殊活性污泥法

在某些特殊情况下采用的活性污泥法工艺有:浅层曝气活性污泥法、深井曝气活性污泥法、深水曝气活性污泥法、纯氧曝气活性污泥法。

①浅层曝气活性污泥法

其原理基于,在气泡刚刚形成的瞬息间,液体的吸氧率最高。曝气设备装在距液面800~900mm处,可采用低压风机。单位输入能量的相对吸氧量可达最大,它可充分发挥曝气设备的能力。风机的风压约1000mm左右即可满足要求。池中间设置纵向隔板,有利于液流循环,充氧能力可达 $1.80\sim 2.60\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。工艺缺点是曝气栅管孔眼容易堵塞。

②深井曝气活性污泥法

深井曝气装置,一般平面呈圆形,直径大约为1~6m,深度50~150m。在井身内,通过空压机作用形成降流和升流的流动。深井曝气处理废水的特点是:处理效果良好,并具有充氧能力高、动力效率高、占地少、设备简单、易于操作和维修、运行费用低、耐冲击负荷能力强、产泥量低、处理不受气候影响等优点。此外,在大多数情况下可取消一次沉淀池,对高浓度废水容易提供大量的氧,也可用于污泥的好氧消化。

③深水曝气活性污泥法

曝气池内水深可达8.5~30m,由于水压较大,故氧利用率较高;但需要的供风压力较大,因此动力消耗并不节省。近年来发展了若干种类的深水曝气池,主要有深水底层曝气、深水中层曝气,其中包括单侧旋流式、双侧旋流式、完全混合式等。为了减小风压,曝气器往往装在池深的一半,形成液-气流的循环,可节省能耗。当水深超过10~30m时,即为塔式曝气池。

④纯氧曝气活性污泥法

纯氧曝气又称富氧曝气,可分为三类:

第一类为多级密封式,氧从密闭顶盖引入池内,污水从第一级逐级推流前

进, 氧由离心压缩机经中空轴进入回转叶轮, 它使池中污泥与氧保持充分混合与接触, 使污泥能极大地吸收氧, 未用尽的氧与生化反应代谢产物从最后一级排出;

第二类为对旧曝气池进行改造, 池上设幕篷, 既通入纯氧又输入压缩空气, 部分尾气外排, 也可循环回用;

第三类为敞开式纯氧曝气池。该工艺与空气曝气相比, 其具有的优点是:

- 纯氧气曝气能大大提高氧在混合液中的扩散能力;
- 达到同等氧浓度所需的气体体积可大大减少;
- 在相同有机负荷时, 容积负荷可大大提高;
- 污泥指数低, 仅 100 左右, 不易发生污泥膨胀;
- 处理效率高, 所需的曝气时间短;
- 产生的剩余污泥量少。

(3) 除氮磷等工艺

随着城市污水厂出水中 N、P 控制标准的提高 (为了防止受纳水体富营养化), A_1/O 生物脱氮活性污泥法、 A_2/O 活性污泥法除磷工艺、 A^2/O 生物脱氮除磷工艺、氧化沟法 (循环混合式活性污泥法)、SBR 间歇式活性污泥法得到广泛应用。

① A_1/O 生物脱氮活性污泥法

原理: A_1/O 工艺是将曝气池分为前段缺氧 ($DO \leq 0.5 \text{ mg/L}$) 和后段好氧 ($DO = 2.0 \text{ mg/L}$)。将好氧段出水 (氨氮已被硝化) 部分回流到缺氧段。在微生物作用下, 利用进水中 BOD_5 作碳源, 利用硝酸盐的结合氧, 使硝酸氮还原成 N_2 由水中逸出, 完成脱氮。进而在好氧段完成 BOD_5 的去除和氨氮的硝化。处理效率: BOD_5 和 SS 为 90%~95%, 总氮为 70% 以上。低温时脱氮效果明显下降。

与一般的传统活性污泥法相比, A_1/O 工艺的反应池的总停留时间增加 (一般为 8~12h), 并增加了内回流系统及搅拌设备, 扩大了鼓风曝气系统; 用电量和运行费用均高于传统活性污泥法。

② A_2/O 活性污泥法除磷工艺

A_2/O 工艺曝气池前段为厌氧段, DO 不大于 0.2 mg/L , 回流污泥与进水靠浸没式搅拌器混合接触, 此时活性污泥中的聚磷菌向污水中释放磷, 然后在后段好氧段进行曝气充氧, DO 等于 2 mg/L 左右, 此时聚磷菌在好氧状态下从污水中变本加厉摄取磷, 从而产生高磷污泥, 通过排放剩余污泥的方式将磷去除, 而有机物在厌氧-好氧段得到了生物降解而被去除。

该工艺因曝气池总停留时间较短 (一般为 2.5~4 小时), 所以其基建费用和运行费用较普通活性污泥法低。 A_2/O 工艺较适合于对出水水质要求较严的情况。

③A²/O 生物脱氮除磷工艺

A²/O 工艺是将曝气池分为厌氧段、缺氧段和好氧段。在厌氧段 ($DO < 0.2 \text{ mg/L}$), 回流污泥与进水混合, 回流污泥中的聚磷菌释放磷, 同时 BOD_5 也得到了部分去除, 在好氧段污泥中的聚磷菌又变本加厉地吸收磷, 污泥成为高磷污泥, 最后通过排放剩余污泥的方式将磷去除。而污水中的氨氮在好氧段被硝化, 通过含硝酸盐混合液的内回流方式, 使其 $NO_3 - N$ 在缺氧段进行反硝化脱氮。该工艺处理效率高, BOD_5 和 SS 为 90% ~ 95%, 总氮为 70% 以上, 磷为 90% 左右。该工艺的基建费用和运行费用均高于普通活性污泥法, 运行管理要求高, 一般适用于要求脱氮除磷且处理后的水要排入封闭性或缓流水体引起富营养化的大中型城市污水厂。

④氧化沟工艺

氧化沟作为传统活性污泥的变型工艺, 其曝气呈封闭的沟渠形, 由于污水和活性污泥混合在渠内呈循环流动, 因此被称为“氧化沟”, 又称“环行曝气池”。氧化沟一般采用延时曝气, 具有去除 BOD_5 和脱氮的功能, 采用机械曝气。同活性污泥法一样, 氧化沟的型式和构造也是多种多样的, 自从第一座氧化沟问世以来, 氧化沟已演变成多种工艺方法和设备。氧化沟的类型有: 卡鲁塞尔氧化沟、交替式氧化沟、Orbal 氧化沟、一体化氧化沟及其它类型氧化沟包括射流曝气 (JAC) 系统、U-型氧化沟和采用微孔曝气的逆流氧化沟等。

氧化沟工艺具有工艺流程短、处理效率高、出水水质稳定、运行管理简单等优点。但是对于中、大型污水厂, 基建费用和运行费比普通活性污泥高。

⑤间歇式活性污泥法 (SBR) 工艺

间歇式活性污泥法又叫序批式活性污泥法。原污水流入到间歇式曝气池, 按时间顺序依次实现进水—反应—沉淀—出水—闲置等五个基本过程组成的处理周期, 并周而复始地进行。该工艺具有均匀水量水质、曝气氧化、沉淀排水等三种功能。工艺流程简单, 基建费用和运行费用均较低, 不易产生污泥膨胀, 同时对运行方式的调节, 可做到脱氮的功效。但工艺要求程序控制, 自动化水平较高。

2. 生物膜法

生物膜法是一种通过附着在某种物体上的生物膜来处理废水的好氧处理法, 包括生物滤池、生物转盘、生物接触氧化法等工艺。它们在工艺构造、运行管理、要求的水质与环境条件、配套设施等方面均有较大差异。

(1) 生物滤池

按生物滤池负荷、处理要求、高度、工艺流程的不同, 可将生物滤池分成普通生物滤池、高负荷生物滤池和塔式生物滤池。它们都具有运行过程比较省电、进水悬浮有机物浓度低时管理简单的优点, 但它们都具有占地面积大、卫生条件

差、易堵塞、不适宜低温环境等缺点。由于应用受到限制,该工艺仅适用于低浓度、低悬浮物的小型污水厂。

(2) 生物转盘

生物转盘在二级处理系统中是核心构筑物,主要由盘片、转轴和驱动装置、接触反应槽三部分组成。其优点是构造简单、动力消耗低、抗冲击负荷能力强、操作管理方便、污泥净生长量小且稳定性比较好、不发生污泥膨胀,不需污泥回流,具有脱氮和除磷能力。但处理效率易受环境条件影响,卫生条件差。适用于气候温和的地区、水量小的污水厂。

(3) 生物接触氧化

其优点是处理能力较大、占地面积小,对冲击负荷适应性强,不发生污泥膨胀现象,污泥产量少且稳定性好,不需污泥回流,出水水质较好。但是布水、布气不易均匀,运行不当易堵塞。适用于含悬浮有机物浓度较低的中小型污水厂。

3. 三级处理工艺选择

城市污水经二级处理以后,为了达到更高的水质要求,还需经三级处理。三级处理方法有混凝法或过滤法、吸附法、臭氧氧化法、电渗析、液氯或次氯酸钠氧化,其中混凝、过滤为常用的方法,有时处理后的水用作循环冷却水系统补充水时也用吸附处理,其它方法应用较少。

污水三级处理又称为深度处理,其目的是为了满足水环境标准、防止封闭式水域富营养化和满足污水再利用的水质要求,即:①去除处理水中残留的悬浮物(包括微生物絮体);脱色、脱臭等使水进一步得到澄清,一般用过滤、混凝等技术。②进一步降低 COD、BOD₅、TOC 等指标以使水质进一步稳定,可采用混凝、过滤、吸附、臭氧氧化等技术。③脱氮除磷,消除水体富营养化,可使用 A₁/O 生物脱氮活性污泥法、A₂/O 活性污泥法除磷工艺、A²/O 生物脱氮除磷工艺。④消毒杀菌,去除水中有毒的物质,可用臭氧氧化、液氯或次氯酸钠消毒法。常用三级处理方法比较见表 3-6。

表 3-6 常用三级处理方法比较

方法	净化对象	处理效果(%)			工艺系统与设施	运行管理	占地 面积	投资	运行 成本
		SS	BOD	COD					
混凝	悬浮有机物	70	40	25	混合、反应、沉淀	简单	大	低	中
过滤	悬浮有机物	65(80)	35(50)	20(35)	(混合、反应)过滤	复杂	中	中	中
吸附	有机悬浮物	90	90	80	过滤、吸附	复杂	大	高	高

注:表中处理效果是指一般城市污水厂二级处理水采用该方法能达到的效果。占地面积、投资、运行费用包括整个系统,括号内指接触过滤时的效果。

第四章 企业污水处理厂（站）设计

在各种类型的企业生产过程中，几乎都离不开水。但是企业所使用的水中往往只有极小一部分被真正消耗掉，绝大部分水都以废水的形式向环境排放。这些排放的废水中一般含有生产过程中进入水体的原料、辅助用料、中间产物、低值副产品等，不能或者不适合被再次使用，进入环境后会对水体造成严重的污染。

根据国家环保局提供的数据，2001 年全国废水排放总量 428 亿 t，其中工业废水排放量 201 亿 t，占废水排放总量的 46.8%；废水中化学需氧量排放总量 1407 万 t，其中工业废水中化学需氧量排放量 608 万 t，占化学需氧量排放总量的 43.2%。以上数据表明，在目前国内污水排放中，企业生产排放的污水占有相当大的比例。

第一节 企业污水的分类和特点

工业污水的组成非常复杂，不同行业排放的污水成分千差万别；即使是同一行业的废水由于生产工艺、控制条件和使用原料等方面的不同，排放的污水性质也会有明显的差别。习惯上我们根据污水的行业来源、产生方式、主要污染物特征的不同对企业污水进行分类。

一、根据产生污水的行业不同进行分类

行业的不同在一定程度上决定了污水中主要污染物的类型，根据行业不同我们将企业污水简单分为食品行业污水、发酵行业污水、轻工行业污水、化工行业污水、冶金与机械行业污水、养殖行业污水等一些大类。根据这一分类，我们可以粗略了解污水的特征，如食品和发酵行业的污水主要以有机污染为主，污染物的可生化性较好；在冶金与机械行业污水中往往含有一些金属离子等。

即使是在同一类行业中各种污水的水质差别仍然很大，因此按行业分类难以为我们提供充分的水质信息。在此基础上又根据企业具体产品情况进行细致的分类，例如发酵行业污水可以按产品分为味精废水、柠檬酸废水、酶制剂废水等，

化工行业污水可以分为染料化工废水、医药化工行业废水、合成氨工业废水等。

某些情况下,为了掌握一种废水的详细水质情况,我们直接以具体产品名称和生产工艺为污水命名,例如发酵法生产核黄素废水(为了与化学合成法区别)、亚硫酸盐法制纸浆废水(与碱法和硫酸盐法区别)、 α -淀粉酶生产废水等。

在后面我们对各种废水水质情况及处理工艺介绍中,主要根据产生污水的行业不同进行分类说明。

二、根据污水的来源进行分类

1. 工艺废水

这类废水是直接由生产的工艺过程排放的,一般具有水量小、浓度高的特点,其水质波动情况与生产密切相关。工艺废水在产生过程中与生产原料、辅助用料、产品等直接接触,因而污染物成分复杂、浓度高,是企业污水处理的主要目标。例如在化学合成法生产氯霉素的废水中,工艺污水一般仅占总污水量的15%~25%,但所含污染物总量却占到企业污染物排放总量的70%~90%。

2. 洗涤冲洗废水

洗涤冲洗废水主要来自于生产过程中对最终产品、管道、反应釜、生产包装线、回收容器以及车间地面的洗涤冲洗。这类废水的最大特点是浓度波动大,一般为间歇性排放,废水中所含污染物成分复杂。企业废水的排放量和浓度受生产管理的影响非常大,例如在生产分散大红染料过程中,每吨产品洗涤水一般在0.6~8.0t之间变化,而污染物总量则相差不大。由于洗涤冲洗废水的水质水量波动较大,这类废水主要影响后续处理工艺的稳定运行。

3. 微污染废水

在企业生产过程中还排放一些轻微污染的废水,又称为低浓度污水。例如由于生产中的跑冒滴漏造成的循环冷却水污染,化工行业水循环真空泵运行中排放的废水,电子、制药行业车间内人员服装冲洗水等。这类污水的污染物浓度一般很低,应当通过改进生产工艺或加强管理来减少这类废水的排放量,同时尽量实现循环使用。

4. 生活污水

企业生产人员排放的生活污水,如厂区内食堂、澡堂、厕所等排放的污水。由于受到企业生产规律、职工生活方式的影响,企业内排放的生活污水在水质水

量和排放规律上与城市生活污水有所差别,在实际处理过程中应根据具体情况进行分析。在企业内建有生化处理设施的情况下,生活污水可以和其它工业废水混合后一起进行生化处理。

三、根据污水中主要污染物进行分类

总体上根据污水中所含主要污染物是否为有机物,我们将污水分为有机污水和无机污水两大类。在此基础上按照污水中最主要的污染物对污水进行分类命名,如含油废水、含悬浮物废水、重金属废水、含酚废水、硝基苯废水、酸性废水等。需要说明的是,在这类废水中名称仅代表废水中的主要污染物,而不是唯一的污染物。例如习惯上说的含酚废水中不仅含有苯酚类物质,往往还含有其它一些醛类、有机胺类和苯系物等污染物,因此在确定处理工艺流程时除了针对苯酚的降解外,还必须考虑到可能含有的其它有机污染物,否则就有可能使处理工艺失败。

相对于城市生活污水,企业排放的污水具有以下一些特点:

1. 污染物成分的复杂性

不同城市、不同时段的生活污水水质浓度会发生一定程度的变化,但污水中污染物组成往往差别不大,因此在城市生活污水处理过程中一般将 COD、BOD、SS、氮、磷等作为主要控制水质指标。但是在企业污水中的污染物种类繁多,除了生活污水中常用的一些指标以外,还需要对其它许多的污染物指标进行控制。目前在国家《综合污水排放标准》(GB8978—1996)中规定的 69 类污染物(包括第一类污染物和第二类污染物)指标,有超过 60 种污染物指标与企业污水密切相关。

2. 难降解性

由于企业污水中排放的有机污染物大多是通过人工合成或化学提取得到的,以前在自然界中存在量极少甚至根本不存在(例如卤代化合物),一般微生物无法利用这类有机物,需要通过长时间的微生物培养驯化或接种专门的高效降解微生物才有可能对其进行降解;还有许多被广泛使用的高分子有机化合物,如 PVA、CMC、合成橡胶等,由于具有较长的分子链,微生物降解的速率非常缓慢。这些因素严重制约了常规生化处理在企业污水处理中的应用。

3. 毒害性

企业污水中所含的污染物有许多具有毒害性,如多环芳烃、多氯联苯、有机

磷和有机氯系农药、氰化物、酚类物质、硝基苯类物质、重金属离子等。在污水生化处理过程中,由于存在某些具有毒害性的污染物,使微生物的生长受到严重抑制,整个生化处理无法进行。

4. 水质水量波动性

在一个企业排放的混合污水中,一般来自于几个不同的污水排放点,由于各排放点生产工艺、操作内容不同,因此各股废水的水质水量存在很大的差别;不同的排放点之间的废水排放量有时没有一个确定比例,也造成混合废水的水质水量波动;由于某些废水排放点以连续形式向外界排放废水,而部分排放点则是间歇性的排放废水,这样也会造成混合污水水质的周期性波动;一些企业往往具有生产某一系列产品的能力,他们一般根据市场的实际需求来调整具体的生产情况,当具体生产的产品发生更换时,废水水质水量就会发生变化。因此在企业污水处理工艺的确定过程中,必须考虑到污水水质水量波动对处理系统的影响,否则就有可能造成工程失败。

5. 处理工艺复杂性

在城市污水处理工程中,处理工艺路线相对较短,处理流程变化不大,但企业污水的污染物组成的复杂性和水质水量不稳定性决定了污水处理工艺的复杂性。根据实际污水的污染物成分和污染物浓度变化,我们可以单独采用物理化学处理工艺或生化处理工艺,也可以将物化和生化处理相结合;在生化处理中则可以将不同的处理类型和处理方法进行结合,最终达到预期的处理要求。同时这种处理工艺的具体变化还涉及工程建设经济分析、处理工程的可操作性、稳定性等因素。

第二节 各类企业废水的水质特点和处理工艺

一、食品工业废水的水质特点和处理工艺

食品废水的来源非常广泛,主要包括乳制品加工废水、酿造废水、水产加工废水、果蔬加工废水、谷物和豆制品加工废水等,由于采用的原料和生产工艺不同,废水水质也各不相同。但对食品加工废水总体上有一些共同特点,如含有大量的有机污染物和悬浮物,废水的可生化性好,大多数食品加工废水水量很大,一般不含有有毒污染物等。食品工业废水水质与生活污水相似,排放后主要造成

环境水体的有机物和悬浮物浓度增加, 水体缺氧腐败, 部分食品废水中含有过量的 N、P 元素, 造成受纳水体的富营养化。

1. 乳制品废水

(1) 乳制品废水来源及特性

乳制品行业虽然生产的产品种类不同, 但废水性质很接近, 主要污染物为蛋白质、脂肪、碳水化合物等营养物质, 有机物含量较高。除了酪干素、奶酪等品种以外, 绝大多数乳品厂的废水主要来自以下三个方面:

- ①生产设备、容器、管道、加工面的冲洗水, 产生高浓度废水;
- ②生产车间、场地的冲洗和工人卫生用水, 产生低浓度废水;
- ③生活用水, 一般是低浓度废水。

乳制品工业包括乳场、乳品接收站和乳制品加工厂三个部分。乳场废水主要来自洗涤水、冲洗水等; 乳品接收站废水主要是为运送乳品所用设备的洗涤水; 乳品加工厂废水主要是生产工艺废水、设备及管道的冲洗水和大量的冷却水等。废水的排放量与乳品厂的生产规模、加工工艺与管理水平都有关系, 一般说来, 生产规模大的企业, 废水的排放量反而要小, 企业的加工工艺和管理水平越高, 则废水的排放量越小。乳品加工厂废水中含有大量的有机物质, 主要是含乳固形物(乳脂肪、酪蛋白及其它乳蛋白、乳糖、无机盐类等), 其含量视乳品的不同品种和加工方法而不同, 并在水中呈可溶性或胶体悬浮状态。乳品加工厂的废水的平均 pH 值接近中性, 有的略带碱性, pH 值的变化主要受清洗消毒时所使用的清洗剂和消毒剂的影响。

(2) 乳制品工业废水处理工艺

乳制品废水的成分主要是一些可生化性较好的有机物, 因此经过隔栅、沉淀池、隔油池等工艺处理后的乳制品废水, 可以用于喷灌农田或牧场灌溉, 这被认为是目前处理乳制品废水最经济的方法。需要注意的是, 为防止可能使牲畜感染结核菌的危险, 从牧场灌溉到放牧应保持较长的时间间隔。但是, 大部分的乳制品厂不具备实施污水灌溉的条件, 因此, 废水的物化或生化处理显得非常重要。

早期的乳制品废水处理主要采用简单的物化工艺, 如气浮、混凝沉淀、砂滤等, 但其处理效果不理想。考虑到废水中含有大量蛋白质、脂肪、碳水化合物等营养物质, pH 值接近中性, 易于进行生物处理, 后来又出现了以好氧为主的处理技术, 实现了对有机物的高效去除, 但是完全采用好氧处理工艺运行能耗太大。近年来出现的厌氧与好氧相结合的处理工艺, 不但处理效率高, 而且投资少, 运行费用低, 便于管理, 从而受到了普遍青睐。目前国内对于乳制品废水的处理方法, 主要是在沉淀法、气浮法等物化处理工艺的基础上, 采用活性污泥法、生物滤池法、生物接触氧化法、厌氧等生化处理组合工艺进行处理。下面对

几种较为典型的乳制品废水生化处理工艺流程做简要的介绍:

①接触氧化工艺

由于乳品废水进水浓度高,所以采用生物接触氧化工艺进行处理。其工艺流程见图 4-1。

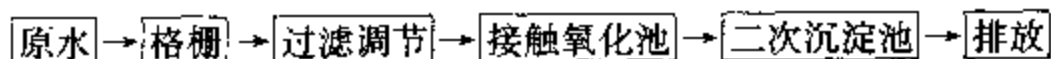


图 4-1 接触氧化工艺流程

乳制品废水综合收集后经过格栅流入废水调节池,经水质和水量调节后用泵提升进入接触氧化池,在微生物的作用下实现有机物大幅度降解,接触氧化池出水经过二次沉淀池沉淀后直接排放。这种方法对于废水的处理效果较好,COD 的去除率可以达到 90% 以上,运行也比较稳定,但缺点是需要鼓风曝气,动力消耗大,运行费用较高。

②UASB—TF 处理工艺

将上流式厌氧污泥床(UASB)与基本无动力消耗的滴滤床(TF)结合使用处理奶制品废水是目前比较有前途的处理工艺路线。来自车间的废水先进入调节池进行水质水量的调节后,直接进入 UASB 反应器(如果在冬季低温时则需进行加温以满足 UASB 的进水要求)。UASB 反应器内采用中温厌氧消化,厌氧出水一般不能达到排放要求,还需要进行后续好氧处理。好氧采用滴滤床技术,在滴滤床内添加生物填料,通过无动力自动旋转布水器将厌氧出水均匀地洒在滴滤床填料的表面,利用自然通风方式向水中供氧。滴滤床出水部分回流以保证水力负荷及布水器转速的需要。实际工程运行结果表明,UASB—TF 处理工艺投资省、运行费用低,COD 总去除效率高(一般达到 95% 以上),同时系统耐冲击负荷能力强,剩余污泥产量少,运行稳定,管理方便,是一种较为理想的处理系统。

③炭渣填料固定 PSB 混合菌膜技术

光合细菌(PSB)是一种革兰氏阴性细菌,已经被广泛应用于各种有机废水的净化处理。该处理工艺分为三段:预处理段,PSB 处理段,混凝处理段。废水先经格栅去除粗悬浮物,混合流入总排水管,再进入调节预曝气池,加定量石灰乳调节 pH 到中性,稳定水质,出水流入生物反应器,反应器出水流入沉淀池,加混凝剂、搅拌、沉降、排出污泥,上清液出水即为净化水。其工艺流程见图 4-2。

当今应用于实际运行的处理技术还包括了人工湿地处理技术、高浓度活性污泥法处理技术、化学预处理技术、移动床生物膜处理技术等,这里不做一一介绍。

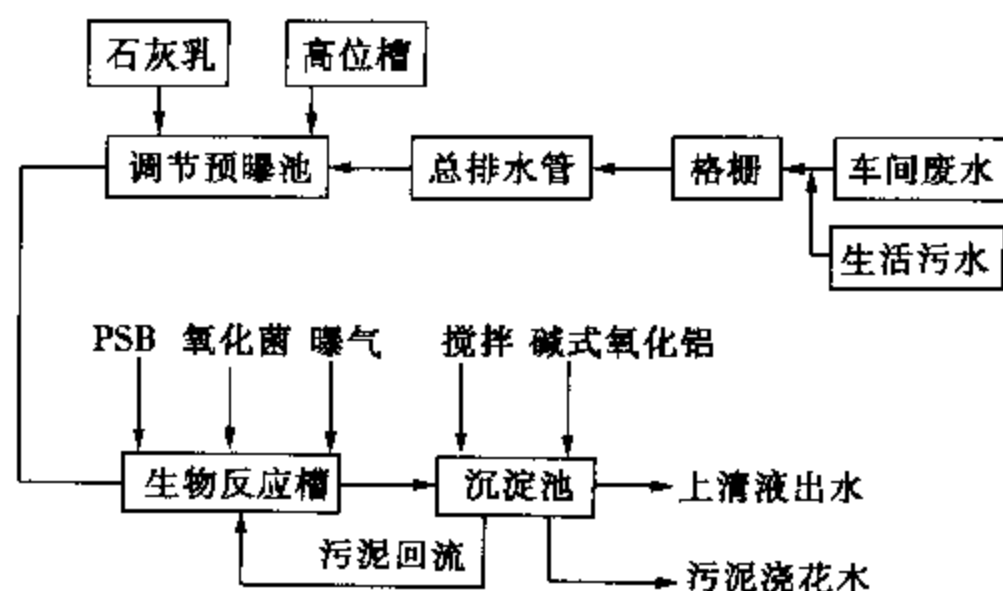


图 4-2 炭渣填料固定混合菌膜处理工艺流程图

2. 啤酒行业废水

(1) 啤酒行业废水来源与水质情况

啤酒工业生产过程排放的废水根据受污染程度可以分为以下两部分：

①高浓度有机废水：主要包括洗槽废水、糖化锅和糊化锅冲洗水、贮酒槽前期的冲洗水、过滤废藻泥冲洗水以及酵母压缩机冲洗水。这部分废水约占啤酒厂总废水量的 10% 左右，废水中有机污染物浓度较高，COD 在 2000mg/L 左右。

②低浓度有机废水：主要包括酿造和包装车间的地面冲洗水、洗瓶机排放废水、灭菌机废水以及厂区内的生活污水等，这部分废水水量较大，约占总废水量的 70% 左右，COD 一般在 100~700mg/L 之间。

在啤酒生产过程中需要消耗大量水，管理和技术水平较高的啤酒厂每吨啤酒耗水量在 8~12t 之间，而目前国内啤酒厂的吨啤酒耗水量普遍达到 10~30t，这其中有大约 70%~80% 的水最终作为废水排放。不同的啤酒生产工艺，每吨啤酒用水量差别很大，同时生产技术和水平管理的差异也导致不同啤酒厂之间耗水量相差较大。因此可以说，要治理好啤酒厂的污水，首要工作是如何采用先进的生产工艺和管理方式来减少啤酒生产过程的废水排放量。

由于啤酒酿造的主要原料是大麦、酒花和酵母等，因此啤酒废水中含有糖类、蛋白质、淀粉、果胶、醇酸类、矿物盐、纤维素以及多种的维生素，属高浓度有机废水，可生化性较好。啤酒废水的水质随季节不同有一定差别，尤其在春夏两季处于高峰流量时的啤酒废水，其有机物含量也处于高峰。按目前国内平均水平计算，每生产 1t 成品需要排放 25kg 的 COD 和 15kg 的 BOD，悬浮性固体约 15kg。在啤酒厂排放的混合废水中 COD 浓度一般在 1000~1200mg/L，BOD 浓

度在 600~800mg/L 之间。

(2) 啤酒废水的处理工艺

早期的啤酒废水处理主要以好氧处理工艺为主,包括传统的活性污泥法、生物接触氧化法、氧化沟等,这些好氧处理工艺被广泛应用于啤酒废水的实际工程处理,取得了很好的处理效果,表 4-1 中列出了各种好氧工艺的主要设计参数。

表 4-1 常见的啤酒废水好氧处理工艺参数

名称	容积负荷 [kgBOD/(m ³ ·d)]	污泥负荷 [kgBOD/(kgSS·d)]	污泥浓度 (mg/L)	供氧量 (kgO ₂ /kgBOD)	剩余污泥量 (kg/kgBOD)	去除率 BOD%
活性污泥法	0.3~1.0	0.2~0.4	2.0~4.0	0.8~1.1	0.2~0.4	85~95
接触氧化法	4.0~6.0	0.3~0.7	—	1.0~1.5	0.4~0.6	85~95
氧化沟工艺	0.05~0.2	0.03~0.15	2.0~5.0	1.5~2.0	0.2~0.4	90~98
SBR	0.5~1.0	0.1~0.3	2.0~3.0	1.0~1.5	0.3~0.6	80~95

但是由于啤酒废水的 BOD₅ 浓度很高,而 N、P、Fe 等营养元素缺乏,在传统的活性法处理过程中容易出现污泥膨胀问题,现在啤酒行业开始较多的采用序批式活性污泥法(SBR)、循环式活性污泥法(CASS)等工艺处理废水,这些处理方法可以很好地控制污泥膨胀的发生。

虽然好氧工艺能够有效处理啤酒废水,但是较高的能耗(主要是用于供氧系统的电耗)给啤酒企业造成很大的经济负担。随着厌氧处理技术在低浓度有机废水处理方面的逐渐延伸,厌氧-好氧处理工艺开始被应用于啤酒废水的处理。这种处理工艺前端采用了高效厌氧反应器(如上流式厌氧污泥床反应器,简称 UASB),常温下可以去除 60% 以上的有机物,大幅降低后续好氧处理的负荷;同时,悬浮固体物质(包括进水有机悬浮物和好氧处理中的剩余污泥)被水解为水溶性有机物,减少了整个处理系统中的剩余污泥。与单一的好氧处理工艺相比,厌氧-好氧串联处理工艺能够大幅度地降低运行能耗,出水水质也有明显的提高,同时这种处理工艺运行稳定,剩余污泥量少。目前国内已经有包括北京啤酒厂、苏州狮王啤酒厂、杭州中策啤酒厂等几十家啤酒企业采用了这种工艺,并且运行情况良好,该工艺的简单流程框图见图 4-3。

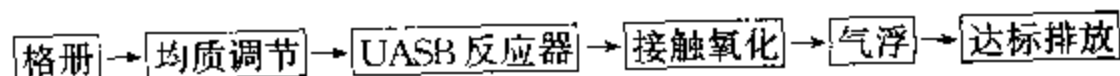


图 4-3 工艺流程

目前还有其它一些针对啤酒废水处理的工艺正在研究开发中,在实际处理工程中具体采用何种处理工艺,关键在于如何根据企业自身的废水特点以及企业环境状况进行选择,同时要在处理过程中加强对工艺、操作和设施的管理,确保废水最终达标排放。

3. 水产加工废水

(1) 水产品加工废水主要来源和水质水量情况

水产品加工废水主要来自原料清洗水、加工设备和器具的冲洗水、除臭设备的排放水等。鱼类产品加工厂所产生的废水中,有机物含量高,一般 COD 浓度在 2000~5000mg/L,废水中所含的大量蛋白质、氨基酸造成有机氮含量很高。此外由于水产品腌制过程中用到大量食盐,因此水产品加工废水往往盐度较高。实际水产品加工企业的污水水质水量随制品种类及加工工艺而变化,主要因素有以下几点:

所用的原料新鲜程度直接影响污水水质,当水产品原料的新鲜程度降低时,容易造成微生物大量生长繁殖,引起机体组织破坏甚至腐败,可溶性有机物增加,水产品冲洗废水中有机物含量也随之增加;

水产加工企业废水量的日变化很大,这主要是由于工人交接班和作业结束时冲洗加工器具和工作台形成的大量冲洗水排放,同时在水产品生产工艺中的用水主要是间歇性用水;

加工厂废水的水质水量年变化非常大,除了由于季节性温度不同造成水产品鲜度差异而引起变化以外,还因不同季节捕获及加工的原料不同、加工工艺不同而引起变化。

(2) 水产品加工废水的处理工艺

水产品加工废水中含有丰富的蛋白质、脂肪等有机物质,首先可以考虑对废水中的营养物质进行回收和综合利用。例如在海洋渔获量中贝类占的比重较大,贝类产品加工后产生大量废弃物(贝壳、内脏、汁液等),如扇贝裙边的资源量很大,目前仅仅只有一小部分被用于加工成饲料,其余大部分被白白扔掉,造成严重的资源浪费和环境污染。研究表明,扇贝裙边含有丰富的蛋白质、脂肪、维生素、微量元素等营养成分,并含有活性多糖、不饱和脂肪酸、抗癌活性成分等多种生物活性物质,完全可以通过深度加工提取有效成分。此外,鱼的内脏等下脚料可以收集起来进行饲料加工、有机堆肥等处理,既增加了经济效益,又减少了污染排放。其实无论是淡水水产品还是海水水产品的加工废水和废弃物,其综合利用价值都不容忽视。

对于目前不能用于回收处理的其它水产品加工废水,需要进行进一步处理以消除污染。我们首先可以通过加酸调节 pH 的方式将废水中的蛋白质、氨基酸等

沉淀,利用混凝沉淀、混凝气浮等处理将悬浮的有机物去除。简要处理工艺流程如图 4-4。

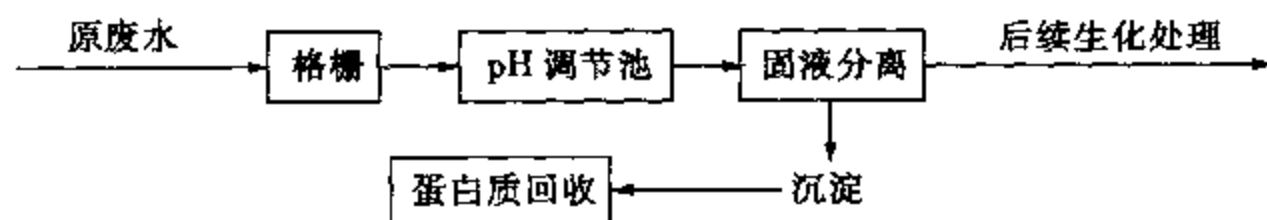


图 4-4 水产加工废水中蛋白质回收工艺

对剩余的水溶性有机污染物的处理主要依靠生化处理工艺,这其中包括厌氧生物法、活性污泥法、生物膜法等。目前国内外实际运行的水产加工废水的处理厂并不多,图 4-5 是一种可供参考的处理工艺流程。

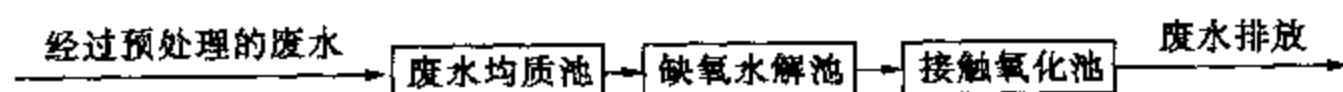


图 4-5 水产加工废水处理工艺流程

由于水产加工废水中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量非常高,碳氮比明显过低 ($\text{BOD}_5:\text{TN}$ 值为 3~8),经过常规工艺处理后的出水中总氮很难达到排放标准,一般需要进入城市污水处理厂进一步处理。对于厂区排水不进入城市污水管网而直接排放的情况,则必须考虑在生化处理中增加专门的脱氮工艺,如利用反硝化脱氮池、 A^2/O 法、具有脱氮功能的氧化沟等处理工艺进行硝化反硝化脱氮。从目前国内大多数水产品加工企业的污水处理现状来看,要使出水中的氨态氮和总氮达到排放标准相当困难,极少一部分企业通过严格的硝化反硝化工艺降低了出水中的总氮浓度,但所花费的高昂的工程总投资和极高的运行费用对大多数企业来说是难以承受的。

二、发酵法生产抗生素废水

目前除了氯霉素等少数几种抗生素以外,大部分抗生素的生产仍然需要通过生物合成或半生物合成来生产。抗菌素生产一般以淀粉为主要原料,生产过程中消耗大量粮食;而在抗生素的后期分离过程(特别是溶剂萃取法)往往需要消耗大量有机溶剂。因此可以说,抗生素生产废水属于有机污染废水。

1. 抗生素废水来源

抗菌素生产工艺主要包括菌种制备及保藏、培养基制备（培养基的种类与成分、培养基原材料的质量和控制在）与灭菌及空气除菌、发酵工艺与设备、发酵液的预处理和过滤、提取工艺和设备、干燥工艺与设备。以粮食或糖蜜为主要原料生产抗菌素的生产工艺流程框图见图 4-6。

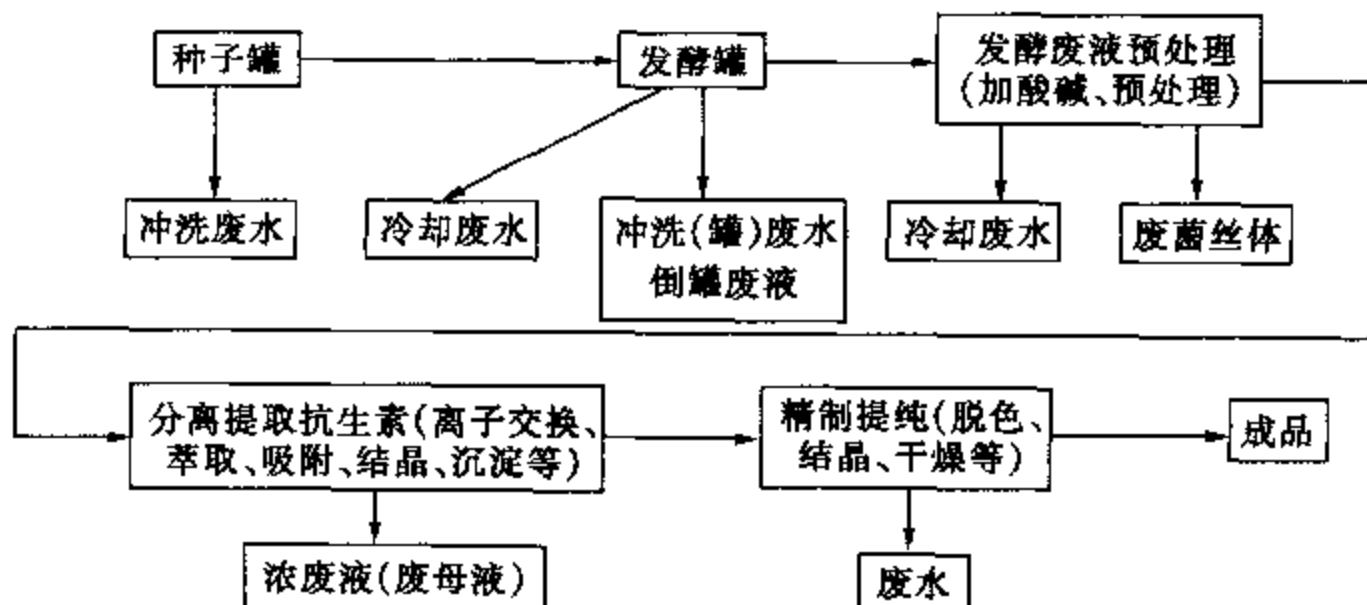


图 4-6 抗生素生产工艺及废水排放情况

由图 4-6 可见，采用发酵法生产抗菌素的生产工艺流程，前期发酵生产段与其它发酵行业非常类似，主要的差别在后提取工艺。因此抗生素的后提取工艺决定了抗生素的自身特点。

根据对许多抗生素生产厂家的调查分析，抗生素生产废水的来源主要可以归结为以下几类：

(1) 发酵母液废水

利用生物发酵得到含有高浓度抗生素的发酵母液以后，一般可以采用沉淀法、萃取法、离子交换法等工艺将所需要的抗生素进行分离提取，提取后的废母液、滤饼冲洗水等直接排放形成发酵母液废水。发酵母液废水的有机污染负荷非常高，含有大量发酵剩余的淀粉、残糖和无机营养盐的浆体。特别需要说明的是，在许多抗生素生产过程中（其它发酵行业也同样存在）会遇到发酵不正常情况，如污染了杂菌或噬菌体，这导致整个发酵过程失败。当发酵失败时，废弃的发酵液会同菌丝体一起被排放到废水中，从而在短时间内迅速增大废水中有机物及抗菌素类药物的浓度，使得废水中 COD 值出现波动高峰，此时废水的 COD 可高达 40000~70000 mg/L。因此在发酵法生产抗生素的废水处理过程中，一般都

需要设置事故排放池,用来缓冲这种冲击性废水排放。

(2) 酸碱废水和有机废水

主要为发酵产品的提取过程中需要采用一些提取工艺和特殊的化学药品造成的。

(3) 设备与地板等的冲洗水

种子罐、发酵罐等的冲洗废水,其成分与发酵废水相似, BOD_5 为 $500 \sim 1500 \text{ mg/L}$ 。

(4) 冷却水

废水中污染物的主要成分是发酵残余的营养物,如糖类、蛋白质、脂肪和无机盐类,其中包括酸、碱、有机溶剂和化工原料等。

为了提高抗生素的抗菌谱、缓减病原微生物的抗药性,目前许多的抗生素都采用化学、生物或生化等方法对抗生素分子结构进行修饰,制成各种抗生素衍生物,即半合成抗生素。这一部分的废水特性完全取决于生产过程所采用的后加工工艺,总体上与精细化工废水相似。

2. 水质特征

抗菌素废水成分复杂,有机物浓度高,溶解性和胶体性固体浓度高;由于采用了离子交换等分离工艺,排放的废水 pH 经常发生变化;混合废水有一定的温度,同时往往带有颜色和气味,悬浮物含量高。由于废水中残留部分具有抑菌作用的抗菌素,因此采用一般的微生物进行处理,效率很低。具体水质特征分析如下:

(1) COD 浓度高

与其它发酵行业废水一样,大量的废酵母液进入综合废水,因此废水平均有有机物浓度很高。

(2) 废水中 SS 浓度高

产生抗生素的微生物主要是霉菌和放线菌,在排放的综合废水中带有许多残余培养基质和发酵产生的微生物菌体(丝)。

(3) 存在有抑菌作用的抗菌素等毒性物质

由于抗生素在提取分离阶段的产率较低,一般维持在 $60\% \sim 70\%$ 的水平,因此废水中必然会残留一定浓度的抗生素。由于一些广谱的抗生素在非常低的浓度下就能够有效抑制细菌的生长,而常规的生化处理中主要依靠细菌来分解废水中的有机污染物,因此抗生素的存在有可能造成处理的失败。

(4) 硫酸盐浓度高

由于在后提取的许多工艺段会用到硫酸和硫酸钠,因此抗生素生产废水中的硫酸根离子浓度较高。在好氧处理工艺中硫酸根离子的存在一般对整个处理没有太大的影响,但厌氧条件下,由于反硫化作用产生的硫化氢将严重抑制其它微生

物的正常生长和代谢。

(5) 水质成分复杂

大多数的发酵法生产抗生素的企业中存在精细化工的生产工艺，因此所排放的废水中往往会有精细化工废水的一些特征，如含有一些无机酸、碱、盐以及表面活性剂（破乳剂、消沫剂等）、有机溶剂等化工原料。

(6) 废水呈间歇排放，冲击负荷较高

由于发酵法生产抗菌素多为分批生产，废水呈间歇性排放，废水成分和水力负荷随时间有很大变化，这种冲击给后续的生物处理带来许多不稳定因素。

表 4-2 是国内几种主要的抗生素发酵生产过程中平均废水排放情况。

表 4-2 几种抗菌素产品排放废水水质、水量

产品名称	排水量 (m ³ /t 产品)	COD 浓度 (mg/L)	COD 产生量 (t/t 产品)	产品名称	排水量 (m ³ /t 产品)	COD 浓度 (mg/L)	COD 产生量 (t/t 产品)
青霉素	340	29000	9.86	庆大霉素	1188	35000	41.85
链霉素	240	12000	2.88	金霉素	385	15400	5.33
土霉素	214	12000	2.57	洁霉素	833	22500	18.7

3. 抗菌素生产废水的处理工艺

抗菌素废水中含有大量的有机物，有时还会含有菌丝体，因此，与其它发酵废水的治理相似，抗生素废水的处理首先考虑废水的综合利用，如利用萃取法、离子交换法等，实现废水中有用物质的回收，这样不但具有重大的经济价值，而且降低了废水的污染程度，从而有利于后续废水的进一步处理。

抗生素废水具有抑制普通细菌生长的特点，而采用物化处理工艺则不受限制，因此有部分企业考虑采用物化方法进行废水处理。目前用于抗生素废水处理的物化方法主要有混凝沉淀、吸附、气浮、焚烧和反渗透等，这些方法反应时间短，处理效率高，对废水水质波动有较强的耐受能力。但是采用物化处理工艺往往需要投加大量化学药剂，使得处理成本提高，操作相对复杂；部分处理过程中生成大量副产物，处理不当容易造成二次污染。

早期对抗生素废水的生化处理主要采用好氧降解，通过较长时间的污泥驯化培养出对抗生素有较强耐受能力和分解能力的微生物菌群，利用这些微生物来降解废水中的有机物。但由于许多发酵法生产抗生素产生的废水 COD 浓度高达 10000mg/L 以上，直接好氧降解所需要的能耗是非常巨大的。此外，随着一些广谱抗菌性的和微生物难以产生耐药性的新型抗生素不断出现，采用常规的驯化方式来培养能够处理抗生素废水的好氧污泥变得越来越困难，目前国内外许多环

境工作者在解决生化处理中的抗生素抑制问题上进行了大量研究。

许多研究表明,在缺氧或厌氧条件下微生物对抗生素的耐受能力高于好氧处理。对于严格的厌氧处理,由于抗生素废水中的盐类(如硫酸根离子、氯离子)和一些添加剂会严重影响厌氧微生物的正常代谢活动,直接进行厌氧处理的效率不高,一般考虑在厌氧处理之前进行各种预处理去除抑制性物质或用生活污水稀释,以降低废水中抑制性物质的浓度。图4-7是采用预处理工艺与厌氧-好氧工艺相结合的处理流程框图。

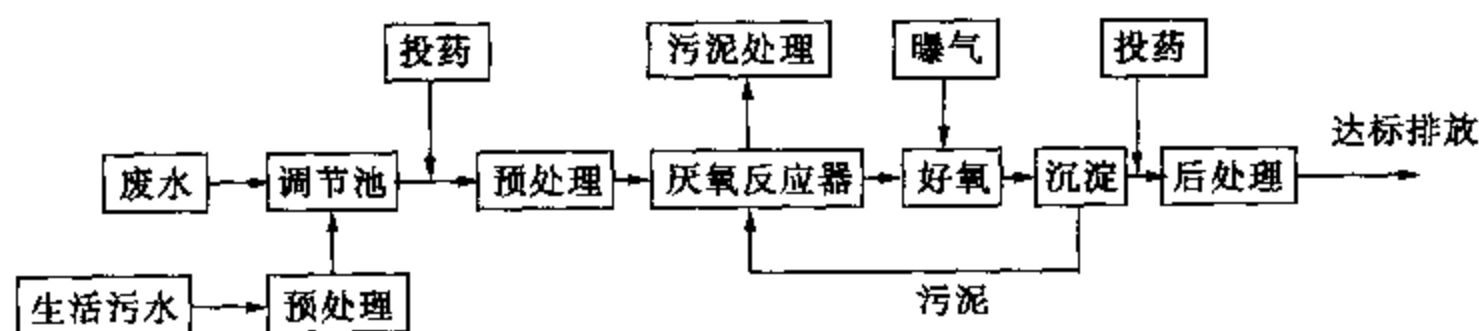


图4-7 采用厌氧-好氧工艺处理抗生素废水

近年来在抗生素废水处理中水解工艺应用逐渐增多,由于水解处理对废水中硫酸根的耐受浓度大大高于厌氧处理,对进水冲击的承受能力也比较强,因此使用水解酸化-好氧处理工艺处理抗生素废水具有较高的可靠性。在缺氧水解酸化阶段,虽然废水的COD去除率并不是很高,一般仅达到25%~40%,但废水中大量难降解的有机物通过水解处理转化为易降解的有机物,从而提高了废水的可生化性。经过水解处理后的废水进入后续好氧反应器进行处理,COD的去除率大大提高了。可以说水解酸化-好氧处理工艺是目前行之有效的处理抗菌素废水的方法。表4-3总结了国内外部分抗生素废水水解-好氧处理工艺主要运行参数。

表4-3 国内外部分抗生素废水水解-好氧处理工艺主要运行参数

污染物类型	水力停留时间(h)		处理水量 (t/d)	COD浓度		容积负荷 (kgCOD/m ³ ·d)
	缺氧水解	接触氧化		进水(mg/L)	去除率(%)	
洁霉素	7	10	中试	5000	95	1.32
强力霉素	11.3	10	小试	1500	89	
利福平类	91	86	450	18000	90	
青霉素	17	14.3	2700	5273	85	4.93
乙酰螺旋霉素	14.4		2000	<12000	90	
上霉素	12	4	小试	2500	92	
阿维霉素	10	6	小试	6000	90	16.2
卡那霉素			小试	2000	92.9	

针对抗生素废水的另外一种处理思路,是在废水处理设施内投加专门分离培养的高效微生物,这又被称为投菌法。其操作方式是首先在实验室通过常规诱变、基因工程等方法,分离筛选到能够耐受废水中特定的抗生素、同时又有较高的有机污染物降解能力的菌株,通过预先扩大培养后直接投加到废水处理装置内发挥作用。目前投菌法在一些难降解有毒工业废水的处理中均有报道,如抗生素废水、高浓度苯酚废水、农药废水等,在投菌后一段时期内的处理效率是得到肯定的。但有许多报道表明,所投加的高效菌株在长期运行中有的会逐渐衰退,在污水处理系统中被其它优势菌株所代替,从而失去作用。由于受到处理成本高和有效期短等因素限制,目前在实际工程处理中采用投菌法的情况还不多。

三、造纸废水

1. 造纸废水的来源

整个造纸工艺可以分为制浆和造纸两部分,其中污染最为严重的部分是制浆部分。目前国内外制浆主要采用化学法,化学法制浆主要是利用化学药剂处理除去造纸原料中的木质素,保留纤维素。根据所使用的化学药剂不同,化学制浆法又可以分为亚硫酸盐法和碱法两种。亚硫酸盐法又称为酸法,主要是以亚硫酸钙或亚硫酸镁溶液作为蒸煮液,在 pH 小于 5 的条件下处理造纸原料生产纸浆,酸法制浆有时也采用亚硫酸铵、亚硫酸钠作为蒸煮液,在酸法制浆工艺中排放的洗浆水呈黑褐色,偏酸性,对环境危害极大。碱法制浆主要使用的是氢氧化钠作为蒸煮液,目前国内制浆主要采用的是碱法工艺。

碱法制浆中首先用碱性药剂(一般是氢氧化钠溶液或氢氧化钠和硫化钠的混合溶液)对植物纤维原料进行蒸煮处理,将原料中的木质素溶出,尽可能保留纤维素和不同程度地保留半纤维素。化学制浆的核心是“蒸煮”,即在高温高压下使原料与蒸煮剂反应形成浆料,反应后的制浆废液因其色黑而被称为“造纸黑液”。据统计,造纸黑液中的 BOD_5 产生量一般占整个造纸厂总 BOD_5 发生量的 90% 左右,而且残留碱度非常高,是目前造纸废水中处理难度最大的一部分。另外,在后期纸浆的漂白过程中主要使用氯气作为漂白剂,漂白过程中排放的废水有机物浓度并不大,但因漂白过程中可能有剧毒的有机氯化物产生,因此需要特别关注。

造纸车间是制浆造纸生产线的最终工序,制好的浆料再制造成纸或纸板。各种纸浆先需要经过打浆工序以提高自身强度,并且还要根据抄纸或纸板的性能要求,配加一定量的辅助化学剂,如胶料(松香等)、填料(如高岭土)甚至涂料等,必要时还需要加入少量化学助剂,如增强剂、助留剂等。

制浆造纸工艺流程及用水情况见图 4-8。

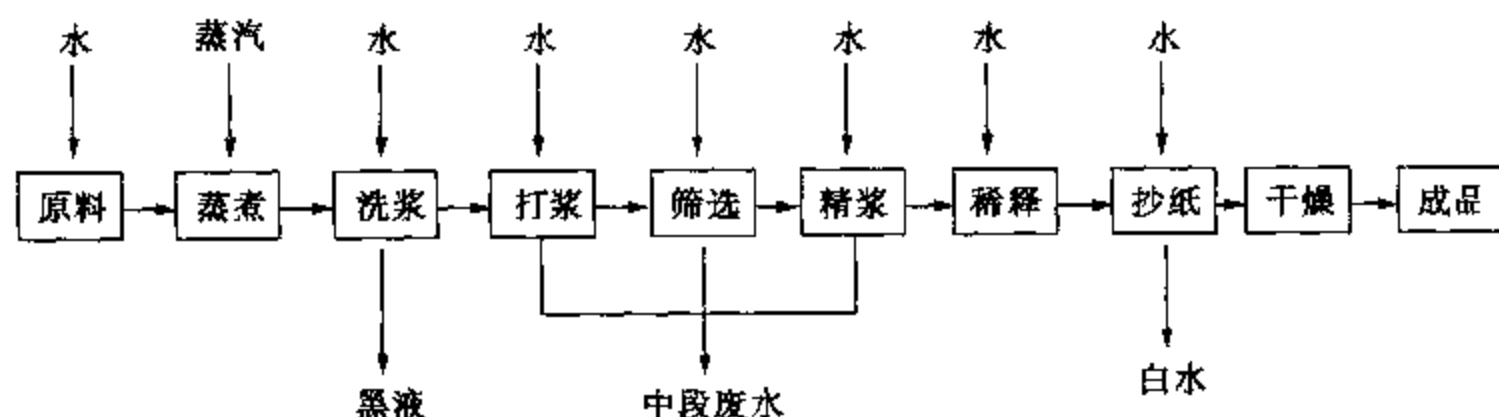


图 4-8 常规造纸生产工艺流程及用水情况

由于在纸浆的生产过程中需要消耗大量的木材资源，造成严重的环境污染，因此废弃纸张的回收利用是非常重要的。目前国内有许多造纸企业主要依靠回收大量废纸制成再生纸浆，用于生产瓦楞纸、包装纸、新闻纸等对纸质要求不高的纸制品。与常规纸浆生产相比，利用回收的废纸再生浆料造纸所消耗的水量较少，平均每吨纸的耗水量在 60~80t，而且由于再生纸浆造纸过程中没有造纸黑液排放，因此综合废水中的污染物浓度也低得多。但是由于在废纸再生纸浆前一般需要进行脱除油墨、色素等操作，因此废水中除了含有细小纤维外，废纸中的许多非水溶性污染物也会进入废水，如油墨胶体、高岭土、滑石粉、二氧化硅、淀粉、氢氧化铝胶质等。

2. 造纸废水水质水量分析

根据废水来源和废水受污染程度的不同，我们一般将造纸废水分为蒸煮废液、制浆中段废水和抄纸废水三大类，由于这三类废水在理化性质上具有显著差异，在实际处理中需要分别对待。

(1) 蒸煮废水

通过蒸煮木浆（或草浆）过程中所生成的蒸煮液，颜色黑或黑褐色，俗称黑液，污染负荷高，是造纸工业的主要污染源，排放以后会造成环境水体变黑、发臭，危害极大。在造纸黑液中主要含有大量的木质素和半纤维素，同时包括色素、戊糖类、残碱以及其它一些碱溶出物，国内每生产 1t 纸浆平均排放 10t 造纸黑液（草浆造纸），造纸黑液的 pH 一般在 11~13 之间，平均 COD 浓度为 110000~160000mg/L，BOD 为 30000~45000mg/L，SS 为 23000~28000mg/L。

(2) 制浆中段废水

打浆机和精浆机生产过程中排放的废水，是排掉黑液以后的蒸煮浆料在洗涤、筛选、漂白以及打浆等工序中所排出的废水，也被称为打浆废水或中段废

水,这部分废水的排放量比较大,平均每生产 1t 纸浆需要排放中段水 50~200t。制浆中段废水中的污染物组成与黑液比较相似,但浓度远远低于造纸黑液,中断废水引起的污染负荷约占造纸废水总污染负荷的 8%~9%,主要含有一些木质素、纤维素及有机酸类物质,pH 在 7~9,COD 浓度为 1200~3000mg/L,BOD 在 400~1000mg/L,SS 为 500~1500mg/L。

(3) 抄纸废水

造纸机生产过程排放的废水,也被称为白水。由于造纸过程需要大量水对纤维进行输送并使纤维与胶料、填料及助剂均匀分散,因而用水量非常大,达到 100~150t 白水/t 纸。抄纸废水中主要含有一些细小纤维和抄纸时添加的填料、胶料等,整体受污染程度较轻。这在抄纸废水中的污染物以非水溶性 COD 为主,易于处理,回收纤维的同时还可以将处理后的水回用,一般的抄纸废水 pH 在 6~8,COD 浓度为 150~500mg/L,SS 为 300~700 mg/L。

与常规的纸浆造纸工艺相比,在再生纸生产过程中没有蒸煮黑液排放,相对应的是在废纸再生纸浆过程中排放的一部分纸浆再生废水。而后续的中段废水和抄纸废水则与纸浆造纸工艺基本一致。整个再生纸生产过程排放的废水颜色为黑黄色,pH 一般在 6.3~7.0 之间,悬浮物浓度在 1000mg/L 左右,废水平均 COD 浓度为 300~600mg/L。

3. 造纸行业废水处理工艺

造纸黑液由于其具有有机污染物浓度高、悬浮物浓度高、碱度高等特点,一直是造纸废水处理中的难点。目前用于治理造纸黑液的方法主要有碱回收法、酸析絮凝沉淀法、生物化学法、膜分离技术等。

对制浆蒸煮黑液采用燃烧法实施碱回收的工艺基本成熟,并已经被部分造纸厂家成功应用。特别是以木材为原料的大型制浆造纸厂,大多采用碱回收法对制浆造纸过程中产生的蒸煮黑液进行处理,不但可削减约 90% 的有机污染负荷,又能够回收制浆生产中消耗的大量氢氧化钠和热能,这对解决碱法制浆厂黑液污染问题是非常有效的。图 4-9 是目前国内常用的蒸发燃烧法造纸黑液碱回收工艺流程示意图。

但是对于我国为数众多的中小制浆造纸厂而言,应用造纸黑液的碱回收处理工艺目前还存在较大的困难,主要原因包括:①碱回收处理工程的一次性投资非常大,对于一些小规模制浆企业无法承受;②采用草纤维原料制浆过程中产生的黑液,由于草纤维中的硅含量比较高,造成黑液黏度增大,难以将其浓缩到适合进入碱回收炉燃烧的浓度要求;③草浆黑液的热值低,在燃烧过程中需要外界补充燃料来保持炉温,运行成本太高。可以说,对于中小规模的草浆造纸蒸煮黑液目前还没有一个比较合理的处理工艺,在现阶段国家主要采用关闭小型纸浆生

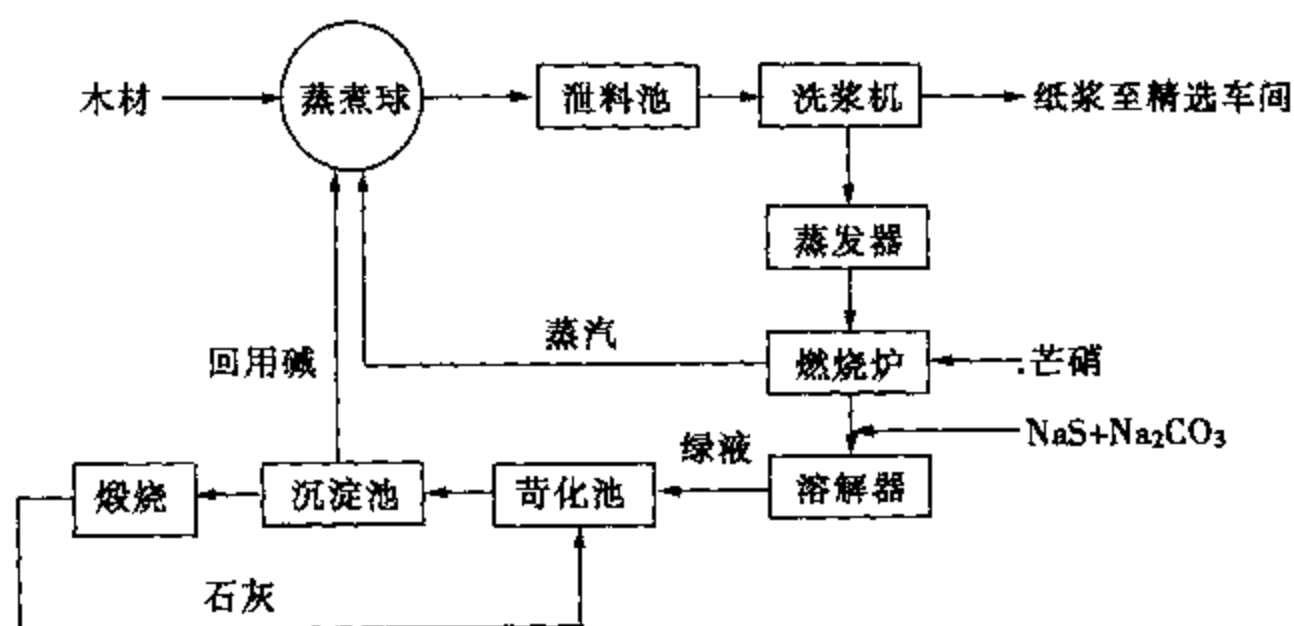


图 4-9 蒸发燃烧法造纸黑液碱回收工艺

产企业、鼓励企业进行大规模集中制浆的方法来减缓造纸黑液的污染问题。

造纸黑液中有机污染物主要成分是碱木素，其在碱性溶液中呈亲水状态，因此能够溶解在废水中，但是在酸性溶液中碱木素由于发生亲电子性取代反应产生木质素沉淀。因此可以在造纸黑液中投加硫酸，将废水中大量木质素酸析沉淀，该法处理造纸黑液可以使 COD 的去除率达到 70% 左右，处理后出水悬浮物浓度低于 1500mg/L。采用硫酸酸析法的主要困难在于硫酸投加量较大，其运行费用是一般造纸企业无法承担的，有的企业采用烟道气中的二氧化硫对造纸黑液进行酸化以降低酸析成本，取得比较好的效果。当然经过酸析处理后的出水仍需要经过后续处理。

有许多环境工作者尝试将膜分离技术应用于造纸工业的废水中，具体包括超滤 (UF)、反渗透 (RO) 和电渗析 (ED) 等。通过这些方法把造纸黑液中的木质素分离出来直接作为一种副产品，同时可以大大降低黑液中的 COD、BOD 和 SS。在一些科技发达国家，膜分离技术处理造纸黑液已经由试验阶段逐渐进入实际应用阶段，但还存在许多工业化需要解决的问题。

中段废水和白水中都携带有大量的细小纤维，滤网过滤可以回收其中的纸纤维直接用于纸张生产，是一种经济有效的预处理方法。这一工序已经在造纸行业得到普遍应用。对于滤网无法过滤的悬浮物，可以通过混凝沉淀或气浮处理后被去除，考虑到造纸行业污水水量太大，大多数企业为了节约用地采用了停留时间较少的气浮处理工艺。

生化处理仍然是解决造纸废水的最为有效和经济的方法，自从 1983 年荷兰的 Roermond BVI 造纸厂首次使用 UASB 系统处理造纸废水以来，高速厌氧反应器被广泛应用于制浆造纸废水的处理。目前应用于制浆造纸废水处理的厌氧反应

器主要是 UASB 反应器和 Anamox (厌氧接触反应器) 两大类, 前者的应用最为广泛, 表 4-4 列举了一些制浆造纸废水采用 UASB 反应器的厌氧处理情况。

表 4-4 利用 UASB 反应器处理造纸废水情况

造纸废水类型	反应器规模 (m ³)	温度 (℃)	进水 COD 浓度 (mg/L)	容积负荷 (kgCOD/m ³ ·d)	COD 去除率 (%)
石灰草类半化学浆	34	38~40	10000	5.5	65~75
箱板纸	70	35	6300	9.0	70
卫生纸、餐巾纸	700	20~25	1200	5.0	60
纸板、信封纸	2200	29	1100	6.0	70
挂面纸板	1600	35	2880	9.0	75
箱板纸	1500	35~40	2500	10.0	65
废纸浆瓦楞原纸	1000	30~35	3500	8.5	70
瓦楞原纸	150	25~30	15000	15.0	80
制浆、纸板废水	6400	35	20000	19.0	50
印刷纸、书写纸	95	27	3000	7.0	75

白腐真菌是一类能够有效分解木质素、纤维素的微生物, 大多数白腐真菌能够分泌一些具有破坏木质素芳香结构的酶 (如漆酶、锰过氧化物酶等), 利用白腐真菌处理造纸废水已经显现出良好的应用前景, 大量研究表明白腐真菌对于造纸废水的脱色、提高可生化性具有非常好的效果, 同时对废水中的有毒物质具有较好的耐受能力和分解能力。目前要将白腐真菌真正应用于实际造纸废水的工程化处理, 还需要解决白腐真菌的固定化、营养条件控制等具体问题。

四、纺织印染行业废水

纺织印染行业废水中的污染物主要是棉毛等纺织纤维上的污物、盐类、油类和脂类, 以及加工过程中投加的各种浆料、染料、表面活性剂、助剂、酸碱等。纺织工业废水水量大, 色度高, 是比较严重的工业污染源之一。由于所加工的纤维原料、产品的品种、加工工艺和加工方式不同, 纺织印染行业排放的废水组成和性质变化很大, 因此在实际处理印染废水时, 要有一定的针对性。

1. 纺织印染行业废水来源与水质特点

棉纺织工业废水主要来自染整工艺部分, 根据产生的工序可以分为退浆废水、煮炼废水、漂白废水、丝光废水、印花废水和整理废水等。

(1) 退浆废水

由于在织布工艺中有一个上浆工序(在棉纱线上刷一层浆料),同时棉纤维本身也带有部分杂质,在进行漂染之前必须将它们去除干净。由于退浆过程采用了氢氧化钠溶液,因此退浆废水呈强碱性,废水中的有机污染物主要是浆料、浆料的分解物、纤维屑、酸和酶等污染物,废水呈淡黄色。废水的污染程度和性质视浆料的种类而异,早期的纺织行业主要使用天然淀粉作为浆料,因此退浆废水的可生化性比较好。但随着后来各种化学浆料的出现,化学浆料在纺织生产中表现出许多淀粉浆料无法比拟的优点,逐渐取代了天然淀粉浆料。由于化学浆料主要是一些人工合成的有机高分子聚合物,如聚乙烯醇(PVA)、羧甲基纤维素(CMC)、合成橡胶等,它们的微生物降解性能非常差,直接影响了棉纺织行业的废水处理效果。近年来考虑最终的废水处理问题,许多企业开始使用改性淀粉来代替化学浆料。虽然退浆废水一般仅占染整废水总量的15%左右,但其所含的污染物却占总量的一半,因此棉纺织生产过程中具体使用的浆料类型对棉纺织生产废水的处理难易程度影响很大,在废水处理前必须要调查清楚。表4-5为几种常见浆料的COD和BOD值。

表4-5 几种常见浆料的BOD₅和COD_{Cr}值

浆料	BOD ₅ (mg/mg)	COD _{Cr} (mg/mg)	BOD ₅ /COD
可溶性淀粉	0.55	0.81	0.68
合成橡胶	0.14	0.61	0.22
海藻酸钠	<0.05	0.55	
羧甲基纤维素(CMC)	0.009	0.79	0.01
聚乙烯醇(PVA)	0.016	1.49	0.01

(2) 煮炼废水

煮炼的目的是为了去除纤维中的棉蜡、油脂、果胶类含氮化合物等天然杂质,增加纤维的柔软性和润湿性,以保证漂白和染整的加工质量。煮炼主要使用氢氧化钠的水溶液,此外煮炼液中还需要投加表面活性剂和助炼剂(如硅酸钠、亚硫酸钠和磷酸钠等)。在120℃、pH10~13的条件下对棉纤维进行煮炼处理。煮炼呈强碱性,含碱浓度约0.3%,废水呈深褐色,污染物浓度高,主要污染物是纤维中的各种杂质和洗涤剂。一般的化学纤维中所含的油剂等杂质较少,因此化学纤维的煮炼废水污染物浓度较低。

(3) 漂白废水

经过退浆和煮炼处理的纤维中还含有一些天然色素,需要用次氯酸钠、过氧化氢、亚氯酸钠等氧化剂去除纤维表面和内部的有色物质,使织物漂白。由于大部分漂白剂在漂白过程中已经分解,因此,漂白废水的特点是量大污染程度小,

BOD 和 COD 均较低,可以在印染生产中循环使用。

(4) 丝光废水

为了增加纤维的表面光泽、提高纤维对染料的吸收性能,需要对织物进行丝光处理,即将织物在 3%~5% 氢氧化钠溶液中浸透处理。丝光废水中含有大量氢氧化钠,一般经过多效蒸发浓缩后,先供丝光应用,排放的废碱液可以再用于调配煮炼液和用于退浆,所以丝光废水实际排放量很少。丝光废水中含有许多纤维屑等悬浮物,其有机污染程度则根据加工漂白布或本色布而异。加工漂白布时,织物先经漂炼后再丝光,因此丝光废水受污染程度降低;在加工本色布时,织物在退浆处理后直接进行丝光处理,致使原来应该进入煮炼废水的纤维杂质转到丝光废水,此时丝光废水的受污染程度就很高。

(5) 染色废水

染色废水是纺织印染生产过程中水质变化最大的一股废水,废水中的主要污染源是染料和染色助剂。由于所使用染料类型、助剂、染色方法、染料上色率、染料浓度以及染色设备和规模的不同,废水水质变化很大。染色废水中还有许多有毒物质:如硫化染料在染色过程中使用的还原剂硫化钠,酸性媒染染料染色过程中使用的媒染剂重铬酸钾,分散染料染色载体中所含的三氯苯等。一般染色废水的碱性都很强,特别是采用硫化染料和还原染料时,pH 都高达 10 以上。染色废水中的许多物质不易被生物降解,生物处理对印染废水 COD 的去除率仅 60%~70%,脱色率也仅 50% 左右。

(6) 印花废水

印花废水污染物主要来自调色、印花滚筒、印花筛网的冲洗水,以及后处理的皂洗、水洗、洗印花衬布的废水。在织物的印花过程中,印花浆中含有染料增稠剂、吸湿剂和其它印花助剂,废水的污染物浓度很高。此外,在使用活性染料过程中还用到大量尿素,使印花废水的氮含量升高。

(7) 整理废水:整理废水主要含有纤维屑、多种树脂、甲醛、表面活性剂和浆料等,但废水量较少。

2. 纺织印染工业废水的处理工艺

根据纺织印染行业自身的特点,印染废水的处理应尽量采用重复回用和综合利用措施,与纺织印染生产工艺改革相结合,尽量减少水、碱以及其它印染助剂的用量,对废水中的染料、浆料进行回收。例如对于合成纤维及含合成纤维 75% 以上的织物采用干法印花工艺,可以消除生产过程中的印花废水;在使用酸性媒染染料染色过程中,如果用硝酸钠或双氧水代替重铬酸钾作为氧化剂,就可以消除废水中的铬污染。目前在许多纺织印染企业普遍将丝光工序排放的碱液用于煮炼工序作为煮炼液,煮炼工序排放的废碱液用于退浆工序,多次重复使用可

以大大减少整个生产过程中排放的总碱量。对于含有硫化染料的废水,可以首先在反应锅内加酸,使废水中的硫化氢释放,然后经过沉淀过滤后回收再用。对含有还原染料和分散染料废水,可采用超滤技术将非水溶性的染料颗粒回收使用。通过以上这些生产技术的革新,可以有效减少纺织印染行业的污染物排放量,同时也为生产企业节约了许多原料,增加企业经济效益。

棉纺印染工业废水的主要处理对象是碱度、不易生物降解或生物降解速度极为缓慢的有机质、染料色素以及有毒物质。在美国,印染废水多数采用二级处理,即物化预处理与生化处理相结合的工艺路线,个别企业使用了三级处理系统,即在生化处理以后增加活性炭吸附处理。日本的纺织印染企业采用的处理工艺与美国相似,但应用臭氧氧化处理的情况多一些。在我国,处理印染废水也主要采用物化预处理与二级生化处理工艺结合,其中物化处理以混凝沉淀和混凝气浮为主,而在已经投入运行的生化处理设施中,大部分采用了活性污泥法,近年来接触氧化、SBR工艺的应用也在逐步增加。下面我们主要介绍混凝预处理工艺和后续生化处理工艺。

(1) 混凝预处理

混凝法是向废水中投加化学混凝药剂,使印染废水中大部分非水溶性的染料颗粒和胶体有机物互相凝聚形成较大的颗粒,然后通过自然沉淀、气浮等方式被去除,由于混凝过程中絮凝剂形成的矾花有较强的吸附能力,因此也有一部分水溶性有机物可以被吸附去除。印染废水通过混凝处理后有80%以上的悬浮性有机污染物被去除,同时色度的去除率也可以达到50%~95%。

对印染废水的混凝处理,关键在于选择合适的絮凝剂。目前常规适用于印染废水处理的絮凝剂主要有硫酸铝、硫酸铁、氯化铁等,这些絮凝剂在处理一些非水溶性染料废水时效果非常明显,例如分散染料、还原染料、硫化染料等,COD和色度的去除率都非常高。

常规的絮凝剂在处理一些水溶性染料,特别是在处理阳离子染料、活性染料的印染废水时,单独采用无机型絮凝剂的脱色效果不理想,一般需要使用无机絮凝药剂和高分子絮凝剂复合药剂进行处理。如目前在处理阳离子染料印染废水中经常采用硫酸铝与改性聚丙烯酰胺配合使用。

对于絮凝处理后形成的矾花密度较大的情况,可以采用直接沉淀的方法进行处理,而对于自然沉淀速度太慢或无法沉淀的情况,则需要采用气浮处理进行固液分离。但由于自然沉淀处理所需要的沉淀池占地面积远远大于气浮处理,在一些用地紧张的印染企业往往直接采用了气浮。

采用混凝法的缺点是投药量大,造成运行费用较高,特别是对于水溶性染料,要想取得较好的脱色效果需要投加大量药剂,投药量有时高达1500mg/L,相应的混凝处理过程产生的泥量非常大。混凝法处理还存在另一个困难,纺织印

染企业在生产过程中会使用多种类型的染料，造成排放的废水中含有不同类型的印染废水，且没有明确的变化规律，这就要求在絮凝剂的使用上应根据废水水质变化情况进行灵活调整，否则就难以达到良好的效果，但这对于实际废水处理而言操作难度非常大。

(2) 生化处理

国内印染废水生化处理中多采用好氧处理为主的工艺，早期应用最多的为完全混合活性污泥法。纯棉织物染色废水中由于含有大量的浆料，因此采用生物处理效果的好坏很大程度上取决于所用的浆料，对于使用淀粉等易生化降解的浆料的情况，用好氧生物处理印染废水 COD 去除率可以达到 85%~90%；但是在以化学浆料（如 PVA、CMC 等）为主的印染废水中，直接好氧处理的效果就非常有限了。与纯棉织物染色废水相比，棉混纺织物染色废水及纯化纤织物染色废水的生化处理效果更差。而针织产品因无退浆废水，其废水的进水浓度低于同种机织产品的废水，一般处理难度也相对低一些。

棉纺工业废水经好氧生物处理一般达不到排放标准，国外的一些做法通常是在生物处理装置后还串联不同型式的化学处理装置作进一步处理，如活性炭吸附和化学强氧化等，但其处理费用比较高。目前国内为了提高印染废水处理最终出水水质，主要采用的措施是在好氧生物处理装置前增加缺氧水解酸化装置，通过缺氧水解过程使纺织印染废水中难生物降解的有机物被水解为较易生物降解的物质，改善废水的可生物降解性，从而提高整个生化处理流程的处理效率。实践证明，采用缺氧水解—好氧生物处理工艺，即使对于以 PVA 为浆料的印染废水，其整体生化处理的 COD 去除率仍然能够达到为 75%~85%。

图 4-10 是国内普遍应用于纺织印染废水处理的混凝沉淀—缺氧水解—接触氧化处理工艺流程图。

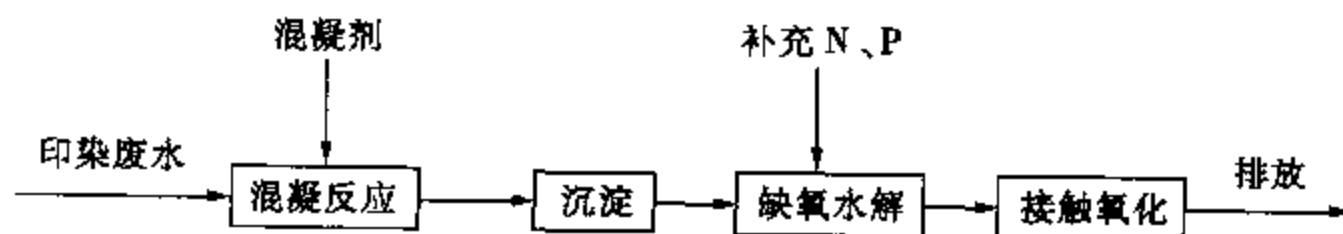


图 4-10 物化—生化联合工艺处理印染废水流程图

五、制革工业废水

1. 制革生产工艺及废水来源

(1) 制革生产加工过程主要分为三个部分：准备工段、鞣制工段和整理工段。

①准备工段：准备工段包括浸水、脱脂、脱毛、软化浸酸等工序，这其中主要操作程序为：首先用石灰和硫化钠的混合液对原皮浸泡，然后用铵盐和盐酸的混合液脱灰，最后用硫酸和食盐的混合液浸泡。主要目标是去掉原料皮中的杂质、毛发、表皮和脂肪等，将皮质中的胶原纤维分散，便于后道鞣制。

②鞣制工段：鞣制的主要目的是使鞣剂与皮质结合，从而使皮革在使用过程中不易被微生物降解、不易变脆等特性。鞣制工段所用鞣剂主要有铬鞣剂和植物鞣剂（栲胶）两类。铬鞣剂一般用于轻革生产，如一般的鞋面革、衣料革等；而在重革生产中多用植物鞣剂。

③整理工段：整理阶段包括皮革的染色、加脂、冲洗、晾干等工序，主要使用染料、加脂剂，最终得到成品皮革。这一阶段使用的水量非常少。

制革过程是一个机械与手工、科学测试与个人经验相结合的生产过程。原料皮的种类不同、皮革风格要求不同决定了制革工艺细节不同。

(2) 皮革生产企业排放的废水主要来自准备和鞣制两个工段，我们根据它们在制革生产中的具体来源，可以分为以下五股废水：

①浸水脱脂及清洗水：这股废水的特点是呈碱性，油脂含量高，含有易产生泡沫的洗涤剂；大部分时候皮革原料产地与皮革加工企业不在一起，传统的生皮防腐是采用盐腌法，因此在浸水脱脂及清洗水中含有大量的氯化钠。目前部分生皮的防腐储存采用低温冷藏或化学防腐剂来代替氯化钠，可以大大降低制革废水中的盐度；

②脱毛脱灰及洗水：废水呈碱性，蛋白质含量高；由于传统的碱法脱毛工艺中大量使用硫化钠，平均每1万张猪皮的硫化钠使用量达到1.2t，而这些硫化钠几乎全部进入了废水中，因此废水中硫化物的含量可达到800~2500mg/L。近年来，我国皮革生产中使用酶法脱毛工艺已经成熟，采用酶法脱毛工艺可以彻底解决皮革生产中的硫化物污染；

③浸酸、铬鞣及洗水：在高档皮革的鞣制中主要使用铬鞣剂，由于铬鞣剂中用到大量的重铬酸盐，而整个鞣制过程中铬的利用率只有60%~70%，其余的部分进入废水排放，造成最终废水中含有大量铬离子，浓度在1000~3000mg/L，废水呈酸性；

④染色加脂及洗水：这部分水量很少，废水一般呈酸性，其中含有一些染料和染色助剂，废水色度高；

⑤其它污水：包括在生产过程中地面、机器的冲洗水，各生产工序中跑、冒、滴、漏产生的污染水等。

2. 制革废水的特性

制革工业生产用水量非常大，平均每生产 1t 原料皮需要用水 60~120t。这其中准备工段用水量约占 40%~60%、鞣制工段约占 25%~35%、整饰工段约占 10%~25%，以上比例根据产品品种和生皮类别的不同存在差异。制革企业的废水排放量还与制革工艺有很大关系，目前我国皮革企业生产过程中废水排放量一般为：猪皮 0.5~0.6m³/张、羊皮 0.2~0.3 m³/张、牛皮 1.2~1.6 m³/张。

制革过程中，原料皮的大部分蛋白质、油脂被遗弃掉，进入废渣和废水中，造成废水中 COD、BOD 较高，水中含有大量的蛋白质、油脂、铬离子、硫化物、氯化物以及毛、皮屑等悬浮物。总体特点是：臭味重、碱度大、色度高、悬浮物多、耗氧物多等。从一些制革企业统计的情况看，未经处理的综合废水中含有 BOD 为 1500~2000mg/L，COD_{Cr} 为 3000~4000mg/L，Cl⁻ 浓度 2000~3000mg/L，Cr³⁺ 浓度在 40~100mg/L，S²⁻ 浓度 100~200mg/L。制革废水一般有颜色，色度主要是由染料和部分鞣剂所造成的，而废水中的臭味主要是由废水中硫化钠在 pH 偏低的条件下释放出硫化氢所致，同时废水中大量蛋白质分解也造成了制革废水的臭味。需要特别说明的是，由于制革废水中硫化物和铬离子的含量比较高，制革废水具有一定的生物毒性，在实际处理中需要预先去除。

3. 制革废水处理工艺

我国的制革废水处理技术研究起步比较晚，20 世纪 80 年代中期才取得了突破性进展，经过这些年来的有益探索和研究，在制革废水治理水平上与国外的差距已经大大缩小了，有的方面甚至还处于领先水平。

制革废水处理常用的方法有物理处理法、物化处理法（包括气浮法、化学絮凝法）、生化处理法（活性污泥法、生物转盘法）等。从实际处理情况来看，单纯的物化处理很难达到处理要求，常规的制革废水处理一般都包括物化预处理和生化处理两个部分，采用物化与生化相结合的方式已经成为主流。

（1）预处理部分

制革废水的预处理部分工艺一般包括格栅、沉淀、曝气氧化、混凝沉淀（气浮）等工序。这些工序对于制革废水处理而言是非常必要的。

利用格栅处理可以将废水中的大颗粒悬浮物和碎皮、毛发等杂物有效拦截；利用初沉池将废水中的泥砂等悬浮物去除；通过在调节池内的曝气处理可以防止

制革废水在调节池内缺氧腐化,同时利用水中的溶解氧氧化废水中硫化物;通过调节废水中的 pH 和投加絮凝剂后混凝沉淀处理,不仅可以将制革废水中的悬浮性有机物去除,同时能够将废水中的三价铬离子以氢氧化铬沉淀的形式去除,为后续生化处理提供条件。许多制革企业将废水预处理中产生的氢氧化铬沉淀物进行回收后,应用于鞣制生产,实现了有用资源的回收再利用。

(2) 生化处理部分

经过预处理的制革废水与厂区内生活污水混合在一起进行生化处理。国内在制革废水的生化处理上应用最为成熟的是氧化沟工艺,东南大学在利用氧化沟工艺处理制革废水的工艺研究和工程实践方面积累了大量经验。近年来一些其它的处理工艺如接触氧化法、SBR 法等开始在制革废水处理中尝试性应用。在制革废水处理中以下一些问题需要设计人员特别注意:

①当鞣制工段使用植物鞣剂进行鞣制时,虽然废水中铬离子污染问题被解决了,但由于植物鞣剂中单宁类物质难于直接好氧降解,因此可以在生物处理系统之前需要考虑增加水解酸化等工艺以改善其生化性;

②由于制革生产是间歇性操作,目前国内的制革厂大都采用两班制生产,因而实际废水排放的不均匀系数很大,为有效调节废水的水质水量,设计调节池体积要求不少于日排放量的 50%;

③制革生产过程中脱落的毛渣进入废水后会形成毛球,容易造成水泵叶轮和管道的堵塞,目前解决这一问题的最好方法是在普通格栅和调节池之间设置一道旋转格栅;

④在利用猪皮制革时,排放的废水中含大量油脂,需要设置撇油井。

某企业建设了一套日处理量为 2000t 的制革废水处理工程,采用了物化-生化处理工艺,工艺流程简述如下:废水经格栅去除较大的碎皮屑及其它杂物后,由污水泵将废水打入固液分离机,将细小的毛球分离后进入废水调节池曝气均质,氧化其中的硫化物;调节池内的废水在投加了硫酸亚铁和聚丙烯酰胺复配的絮凝剂以后,泵提升进入气浮池,利用气浮处理去除其中的悬浮物(包括非水溶性有机物和氢氧化铬沉淀);气浮处理后的废水自流进入一套卡鲁塞尔(Carrousel)氧化沟内处理,大幅度降解其中的有机污染物。氧化沟出水通过二沉池沉淀后直接排放。具体工艺流程框图如图 4-11。

以上的处理系统经过近三年多的实际运行,运行状况稳定,废水中 COD 去除率为 86%~88%,SS 去除率为 90%, Cr^{6+} 去除率为 95%以上,完全达到了预期的处理效果。



图 4-11 采用物化预处理-氧化沟工艺处理制革废水工艺

六、化工行业废水水质特点和处理工艺

化工行业废水一般具有排放水量大、废水中污染物组成复杂的特点，许多化工废水含有一些有毒有害物质，处理难度比较大。

由于化学工业包括了 20 多个行业，近 4 万种产品，而且即使在生产的产品完全相同的企业，由于具体生产工艺和生产水平的差异，所排放废水也差别比较大。但总体上可以根据废水中主要污染物的情况将化工废水分成含无机污染物的化工废水和含有机污染物的化工废水两大类，含无机污染物的化工废水包括含有酸、碱、盐、硫化物、砷化物、重金属离子等污染物的废水，主要来自于无机盐化工、肥料化工、硫酸、硝酸等行业的生产排放；而含有机污染物的化工废水来源则广泛得多，具体污染物种类也非常多，习惯上往往根据废水中某一种典型的污染物来对废水进行分类，如一般所说的油脂废水、含酚废水、硝基苯废水、苯胺废水、卤代烃废水等。当然在许多化工企业排放的废水中会同时含有无机污染物和有机污染物，这种情况下一般按污染物所占比例和处理难度进行归类。

对于废水中的无机污染物，废水中的污染物组成相对比较清楚（通过水质调查和分析），而且对于不同的无机污染物往往有一些比较成熟稳定的处理方法。例如对于酸（碱）性废水一般加碱（酸）中和的方法进行处理；处理含高浓度氨氮的废水可以采用加碱吹脱提浓的工艺；废水中的硫化物一般可以通过曝气氧化、金属硫化物沉淀或酸性条件下硫化氢吹脱等工艺进行处理；含重金属离子则通过沉淀、吸附、离子交换等工艺进行处理。

与无机污染物相比，化工废水中的有机污染物成分要复杂的多。在生产过程中所使用的原料、反应中使用的溶剂、中间产物和最终产品都会有一部分进入废水中成为有机污染物，不仅如此，由于在有机化工生产过程中存在着大量的副反应，许多生产过程中最终产品产率很低，而生产者只是将所需要的产品分离提取，大量的副反应产物直接进入废水中。环境工作者很难通过生产情况调查来确定这些副反应产物的具体结构成分和浓度，即使是企业生产上的技术人员也无法完全了解这些情况，这些都造成了有机化工废水的实际处理难度。下面我们主要

对一些典型的有机污染物的处理技术进行论述。

1. 含油废水的处理

(1) 含油废水介绍

所谓含油废水,是指在废水中含有一些液态或低熔点的石油制品,它们是多复杂烃类物质的混合物。在实际生产中含油废水的种类非常多,废水中的油来源也很广。在有机化学工业,烃类化合物既是许多产品和中间体生产的原料,也经常作为反应溶剂被使用,在这些生产过程中就会产生含油废水;另外,在一些使用石油制品的生产中也会有大量的含油废水产生,如油田生产、炼油厂的生产 and 运输、机械加工行业的切削液、润滑油使用过程中,都有含油废水产生。在很多时候,我们所指的含油废水中的油还包括动植物油脂、蜡质和其它一些非水溶性有机溶剂。

废水中的油来源不同,成分也不相同。在油制品的使用和加工过程中会带入许多杂质,与油制品混合在一起,例如许多含油废水中都同时含有洗涤剂、乳化剂等一些表面活性物质,他们的存在给含油废水的处理造成了一定的困难。

根据油在废水中的存在形式,我们可以将废水中的油分为浮油、分散油、乳化油和溶解油四种。

所谓浮油,是指废水中油以一个连续相的形式漂浮在水面上(对于油的密度大于 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 时,则沉在水面以下),浮油一般可以通过机械方法直接撇除。分散油是指油珠直径在 $100 \sim 150 \mu\text{m}$ 之间,能够在短时间内通过自然上浮方式聚集到水面上形成浮油的那一部分,习惯上以静置状态 2 小时内能否有效上浮作为区别分散油和乳化油的标志。乳化油的油珠直径极小,有时甚至可以达到 $0.1 \mu\text{m}$ 左右,由于乳化油油珠表面存在双电层或受乳化剂的保护,它们可以长时间稳定存在于废水中,不易从废水中分离出来。溶解油是指油以溶解形式存在于废水中,由于一般的烃类、油脂类物质在水中溶解度非常小,因此占废水中总含油量的比例极低。

(2) 含油废水物化处理技术

对于废水表面的浮油和分散油,采用处理方法包括自然上浮法、旋涡分离法、吸除法和凝固法等。

①自然上浮法:这种方法一般在除油池内进行的操作,除油池是一个长条形水池,含油废水从池的一端进入,从池的另一端流出。当含油废水流经除油池时,经过一定的水力停留时间 ($1 \sim 2 \text{ h}$),废水中的浮油和分散油均浮于水面。在除油池的出水口设置一个集油管,定期将浮于水面上的浮油收集外排。除油池的管理和运行非常方便,效果稳定,关键在于除油需要较长的水力停留时间。目前也有根据浅池理论设计的斜板隔油池,可以大大减少常规除油池的体积。

②旋涡分离法：这种方法利用旋涡产生较大离心加速度，从而加速油珠和水的分离。含油废水沿切线方向进入分离器，在分离器内形成快速圆周运动。由于废水和油珠的密度存在差别，在较高的离心加速度下两者所受的离心力也有明显差别，受力较小的浮油集中在旋涡的中心，通过分离器中心的出油导管被排放。这种装置可以快速有效地分离工业废水中的分散油。

③吸除法：吸除法是利用一些具有亲油性多孔材料从水面上将浮油吸入，然后通过机械挤压等方式将油从材料中排除并回收。如目前在工业上大量使用的转鼓式吸附除油器，利用软质泡沫聚氨酯塑料从水面上将浮油大量吸收后，提升到上面先利用轮压将其中的水挤出，然后再用较强的挤压方式将其中的油挤出，直接回收。

④凝固法：凝固法是在油面上喷洒固化剂或胶凝剂，使水面上的浮油变成凝胶状或固体油块，直接机械捞除。常用的凝胶剂有氨基酸衍生物、熔融的高熔点烃类、石蜡粉末、磨碎的聚苯乙烯等。这种方法对于海洋石油泄露的紧急处理非常有效，浮油被凝胶化后，不仅限制了油膜扩展，同时低沸点烃类物质的挥发速度也大大降低，减少了大气污染和发生火灾的危险性。

对于废水中的乳化油，特别是当废水中存在着高分子表面活性剂时，可以很好地保持乳化油珠的稳定性。此外，由于细小的乳化油珠表面带有电荷，在油珠外围形成双电层，油珠之间相互排斥，采用物理的方法难以进行有效处理。目前处理乳化油主要采用破乳-混凝-气浮处理工艺，这种工艺处理的关键在于选择合理的破乳方法和破乳条件。常用的破乳方法有高压电场法、化学药剂法、超声波法、高速离心法等，在实际处理中应用最广的是化学药剂法。

药剂法破乳是向废水中投加破乳剂来破坏油珠的水化膜，压缩双电层，达到细小油珠凝合并形成大粒径油滴的目的，从而从水中将其去除。药剂法根据使用的药剂类型不同，主要采用以下两种：

①电解质法：这种方法是向含油废水中投加高浓度的电解质溶液，如使用 CaCl_2 、 MgCl_2 等实现乳化油的破乳。在机械加工的切削液中含油量为 4500mg/L ，通过投加 0.5g/L 的 MgCl_2 并激烈震荡，可以有效破乳使废水中的乳化油上浮后被撇除，出水中的油含量可以降低到 60mg/L 以下。

②絮凝剂法：这种方法是向乳化油中投加絮凝剂，主要是铝系和铁系絮凝剂，其处理机理与胶体物质的化学混凝处理类似。絮凝剂中的阳离子可用于压缩乳化油珠表面的双电层，混凝过程产生的絮状沉淀物与油珠一起以矾花的形式被去除。絮凝剂一般和气浮处理联合使用，对于废水中的乳化油具有很高的去除效率，是目前工业上应用最广的处理乳化油的方法。

化学药剂破乳的方法还有许多，如酸析法、盐析法等，但由于需要投加的药剂剂量比较大，而且投加的药剂在废水中容易形成二次污染，目前实际使用的情况

还不多。

(3) 含油废水的生化处理工艺

对于废水中含量在 50mg/L 以下的乳化油和溶解在水中的溶解油, 主要依靠生化处理来去除。

大量研究表明, 好氧生化处理能够有效分解大部分烃类、油脂类物质。常见的烃类物质如戊烷、环己烷、苯、甲苯、二甲苯、乙苯等均属于可生物降解的有机物, 在其它条件合适的情况下, 以上物质在废水中浓度为 1000mg/L 时不会对好氧活性污泥产生抑制, 在反应器中污泥负荷一般可以达到 $0.3\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。在同系列的化合物中, 一般碳链越长其可生物降解性能越好。

国内早期处理含油废水主要采用合建式曝气池, 从实际处理情况看, 合建式曝气池的有效停留时间较短, 实际处理情况不理想。近年来较多的开始采用接触氧化工艺和 SBR 工艺处理含油废水, 取得了较好的处理效果。

某炼油厂日排放含油废水 5000t , 废水中含油量 $6000 \sim 10000\text{mg/L}$ 。在处理过程中: 首先通过除油池将废水中的大部分浮油撇除, 然后在废水中投加聚合氯化铝进行混凝气浮处理, 气浮处理自流进入接触氧化池。出水完全能够达到排放标准, 其中的部分出水再经过活性炭吸附处理后进行回用, 其余的部分可以直接排放。具体处理工艺流程如图 4-12。

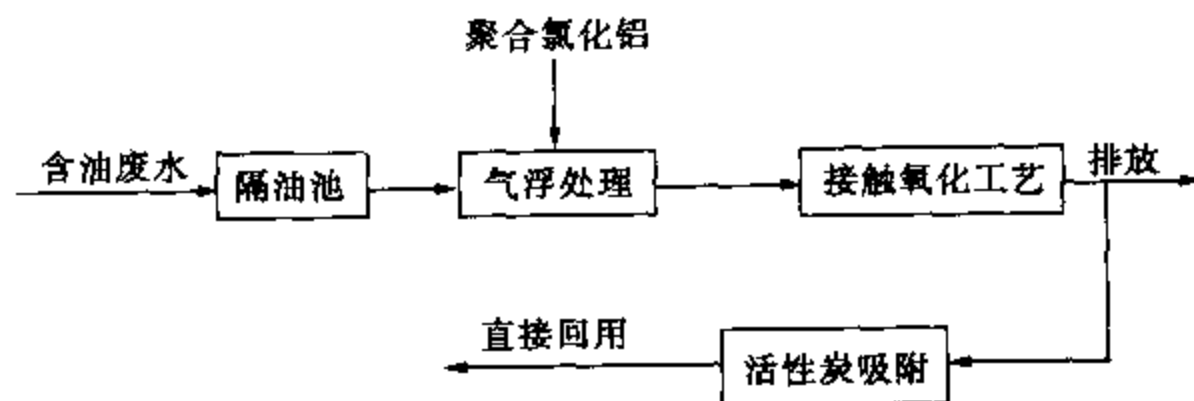


图 4-12 某炼油企业含油废水处理工艺流程图

2. 含特种污染物废水的处理

在化工生产中排放的废水, 经常含有某些有代表性的污染物, 由于他们在化工废水中的普遍存在以及对环境污染的特殊性, 尤其需要在污水处理过程中加以重视。在国家污水综合排放标准 (GB8978-1996) 中对这些污染物作出了单独的排放要求, 如苯酚类、苯胺类、硝基苯类和卤代烃等, 这些特定的污染物在许多化工行业废水中广泛存在, 在对它们的处理过程中一般需要选择有针对性的处理工艺才能达到排放标准提出的处理要求。我们对化工废水中最常见的一些污染

物的处理工艺进行论述:

(1) 含酚废水

含酚废水是精细有机化工生产废水中非常普遍的一类废水, 酚类物质是指与芳香环直接连接羟基的化合物, 在工业上经常遇到的酚类物质有苯酚、甲苯酚、对苯二酚、萘酚等。利用酚类化合物可以生产树脂、染料、医药、炸药等产品。根据废水酚类物质的沸点高低, 可以将其分为挥发性酚和非挥发性酚两大类, 其中对环境影响最大的是挥发性酚, 即沸点低于 230°C 的酚类物质。

废水中的苯酚类物质对环境的危害是非常严重的, 由于苯酚可以通过人体皮肤吸收, 进入人体后将严重损害人的神经系统和肝脏等器官, 长期饮用含酚浓度高的水, 会使人产生脱发、头晕、恶心、呕吐、贫血和乏力等症状。在渔业养殖水体中, 苯酚类物质浓度达到 $0.1\sim 0.2\text{mg/L}$ 就会影响鱼类的正常生长, 当浓度超过 $1\sim 10\text{mg/L}$ 后, 会造成鱼类大量死亡。此外在自来水水源中如果含苯酚类物质的浓度超过 0.002mg/L , 在自来水厂氯气消毒过程中就会产生有明显臭味的氯酚, 造成自来水无法饮用。因此排放废水中的苯酚类物质必须得到严格控制。

根据废水中酚类物质的浓度不同, 在处理废水时也相应的采用不同的处理工艺。习惯上将含酚浓度大于 1000mg/L 的废水称为高浓度含酚废水, 对于高浓度废水主要考虑采用物化的方法对其进行回收或资源化利用; 对于含酚浓度比较低的废水, 则考虑采用化学氧化或生化的方式进行处理。

①高浓度含酚废水的处理方法

高浓度含酚废水的处理工艺有蒸汽气提法、吸附法、萃取法、离子交换法、化学沉淀法等。

a. 蒸汽气提法: 由于废水中含有许多挥发性酚类物质, 在高浓度的含酚废水中直接通入蒸汽, 废水中的挥发酚与蒸汽一起被带出, 使废水中的酚浓度大大降低。随蒸汽出来的酚类物质可以通过冷凝或氢氧化钠吸收的方法直接回收酚或酚钠盐。常规蒸汽气提法对酚的去除率在 $80\%\sim 85\%$, 为了进一步提高去除率可以在废水中预先加入一些能够与水形成共沸的添加剂, 如丁醇或醋酸丁酯等, 可以有效降低蒸汽气体中的共沸温度, 提高酚的蒸出率, 同时它们自身在蒸汽气提过程中也比较完全地被蒸出。

蒸汽气提法设备简单, 处理效果稳定。但目前该方法所遇到的主要问题是蒸汽消耗量大, 运行费用比较高, 因此主要应用在废水中单一酚浓度非常高的情况下, 回收酚所产生的经济效益可以补偿废水处理中的运行费用。

b. 吸附法: 对于废水水量小、浓度高的含酚废水, 可以考虑采用吸附处理工艺, 吸附剂吸附饱和后一般采用蒸汽脱附的方法再生, 同时回收蒸汽中的酚。吸附法处理的关键是选择合理的吸附剂, 对吸附剂的要求一般包括对酚类物质有

较强的吸附能力、吸附容量大、脱附容易等方面,实际处理中常用的吸附剂有活性炭、磺化煤、焦炭、褐煤等。采用吸附法处理的脱酚效率一般可以达到85%~95%。近年来大孔树脂作为吸附剂用于高浓度含酚废水的处理取得了比较好的处理效果,如采用大孔树脂 Amberlite XAD-4 作为吸附剂处理 8000mg/L 的苯酚废水,其吸附容量可以达到 0.10~0.15g 苯酚,出水中苯酚浓度低于 0.5mg/L,是一种非常具有应用前途的吸附剂。

c. 萃取法:对于废水水量比较大、含酚浓度高的废水,经常采用萃取法进行处理。萃取法选用一种与水互不相溶的有机溶剂作为萃取剂,利用苯酚在水中和在萃取剂中的溶解度的差异,将酚类物质从水相中萃取到萃取剂中,从而降低废水中的酚类物质浓度。进入萃取剂中的酚类物质一般通过碱吸收或蒸馏分离的方法被回收,萃取剂则被重复使用。

常用的萃取剂包括燃料油和粗柴油、异辛烷、苯、甲苯、异丙苯、醋酸丁酯、异丙醇等,由于不同萃取剂的分配系数不同,采用萃取法处理高浓度含酚废水的处理效率也不完全相同,一般的萃取法脱酚效率在 70%~99%之间。

d. 化学沉淀法:化学沉淀法主要是让酚类物质形成溶解度非常小的碳酸酯、磺酸酯或磷酸酯,也可以利用甲醛和酚类物质聚合产生非水溶性的聚合物被去除。这种方法一般需要另外投加药剂进行沉淀,最终得到的不是酚类物质本身,而是以酚类物质为原料的其它产品。例如在高浓度苯酚废水中,在 40℃ 碱性条件下通入适量光气,可以得到碳酸二苯酯沉淀,废水中的残余苯酚浓度低于 200mg/L。此外在碱性条件下,按照苯酚:甲醛:尿素摩尔数 1:3:0.6 的比例向废水中投加甲醛和尿素可以生成大量非水溶性树脂,出水中残余苯酚浓度一般在 10~80mg/L。

化学沉淀法处理过程产生的副产品(沉淀物)必须要能够找到一个合理的用途并获得一定的经济效益,否则一方面大量的有机固体废弃物将难以处置,另一方面化学沉淀法所消耗的大量药剂经济成本太高,企业无法承受。

②低浓度含酚废水的处理

一些企业排放的废水中含有低浓度的酚类物质,此外高浓度含酚废水经过前面的处理后无法直接达到废水排放标准,这些废水中的酚浓度太低,一般不再具有回收价值,需要作进一步处理。

目前处理低浓度含酚废水的工艺主要集中在化学氧化法和生化法两类。

化学氧化法是利用氧化剂将废水中的酚类物质氧化分解或部分氧化分解,消除废水中酚污染的一种方法。根据使用的氧化剂不同,化学氧化法一般包括空气催化氧化法、臭氧氧化法、氯系氧化剂氧化法、电解氧化法等,由于氧化剂的投加量需要根据废水中的酚含量来确定,因此氧化法处理含酚废水的处理费用与废水中的含酚浓度密切相关。

生化法处理含酚废水是在所有处理方法中最为经济的一种处理工艺,在目前实际处理中、低浓度含酚废水中应用最为广泛。对含酚浓度较低的废水一般直接采用好氧处理工艺,如活性污泥法或接触氧化处理工艺,经过一段时间的污泥驯化和培养后,好氧处理系统的脱酚效率一般可以达到 95%~99%,而且运行稳定可靠。

对于含酚浓度在 500~1000mg/L 的废水,完全依靠好氧工艺还不能直接达到排放标准,在好氧出水还需要进一步采用化学氧化或活性炭吸附等深度净化工艺确保排放的水质。目前国内解决这一问题的方法是在好氧处理工艺前增加厌(缺)氧处理工艺,有报道表明苯酚、甲酚、硝基酚等均可进行厌氧处理,当苯酚浓度不高于 5000mg/L 的条件下,在工程化的 UASB 反应器内通过长时间的驯化能够培养出降解苯酚的厌氧颗粒污泥,在水力停留时间 24h 处理后,苯酚的去除率能够达到 80%~98%。因此我们完全有可能直接采用生化工艺来处理高浓度的含酚废水。

某化工企业生产环烷酸过程中排放 120m³/d 的含酚废水,废水中含有挥发性酚含量在 400~2400mg/L。经过前期的预处理将废水中的石油类污染物和悬浮物、硫化物去除后,采用了 UASB 反应器处理。厌氧反应器内采用颗粒活性炭作为泥核培养厌氧颗粒污泥,在水力停留时间为 24h 条件下,反应器容积负荷达到 6~7kgCOD/m³·d,酚的去除率为 84%,COD 去除率达到 80%~88%。图 4-13 是该种废水合理的生化处理工艺流程图。

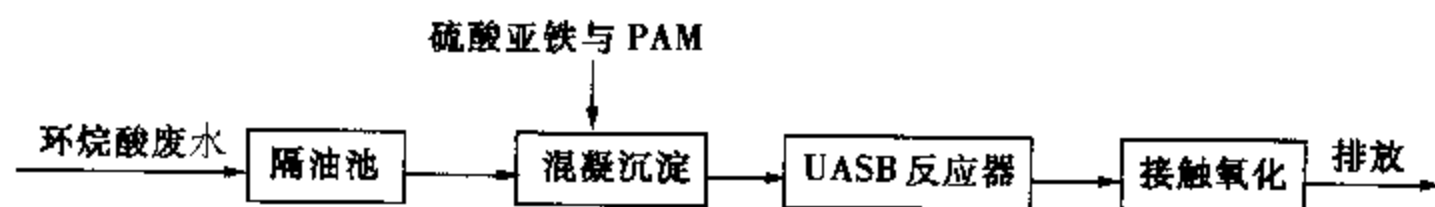


图 4-13 含酚废水的厌氧-好氧处理工艺

(2) 含硝基苯类、苯胺类废水

硝基化合物在化学工业上经常作为制备各种苯胺类化合物的原料,在炸药、医药、染料行业的废水中往往含有硝基苯和苯胺类物质,这两类污染物对人体的毒性非常大,因此国家对其排放标准作了严格规定,即使排水进入城市污水处理厂,其排放浓度上限不得超过 5.0mg/L。

含有高浓度的硝基苯和苯胺类的废水,一般采用物化工艺进行处理,其具体处理方法与含酚废水比较相似,包括蒸馏法、吸附法、萃取法、离子交换树脂法等,实现废水中硝基苯和苯胺类物质的回收。在此不作详细的介绍。

从实际处理情况看,虽然有一些好氧微生物能够直接降解废水中的硝基苯,

但处理效率非常低。而苯胺类污染物的好氧降解性能则好得多,因此考虑采用预先处理的方法将硝基苯还原成苯胺后再采用好氧处理。目前对硝基苯还原应用最多的工艺是铁屑还原法(又被称为微电解法),在偏酸性条件下利用铁屑直接将废水中的硝基苯类物质还原成苯胺类,这种方法的优点是硝基苯还原率高,但处理过程中产生的大量铁泥不易处置。另外一种还原硝基苯的方法是在缺氧条件下,利用缺氧微生物将废水中的低浓度硝基苯直接还原成为苯胺。

含有苯胺类污染物的废水(包括经过预处理还原的硝基苯废水)可以采用好氧处理直接降解,对含苯胺类污染物的废水好氧工艺主要有接触氧化法和序批式工艺(SBR工艺),好氧处理的苯胺去除率可以达到98%以上。

某企业在利用化学合成法生产氯霉素过程中,排放一股含硝基乙苯的废水,硝基苯类浓度达到450mg/L,首先采用铁屑还原工艺将废水中95%以上的硝基苯还原成为苯胺,出水进入缺氧水解池,经过18h的缺氧水解处理,废水中的硝基苯浓度已经小于2.8mg/L,苯胺类污染物浓度240mg/L。最终通过接触氧化工艺处理后,出水中的硝基苯浓度为1.5mg/L,苯胺类污染物浓度0.8~1.2mg/L。其基本处理工艺流程图如图4-14。

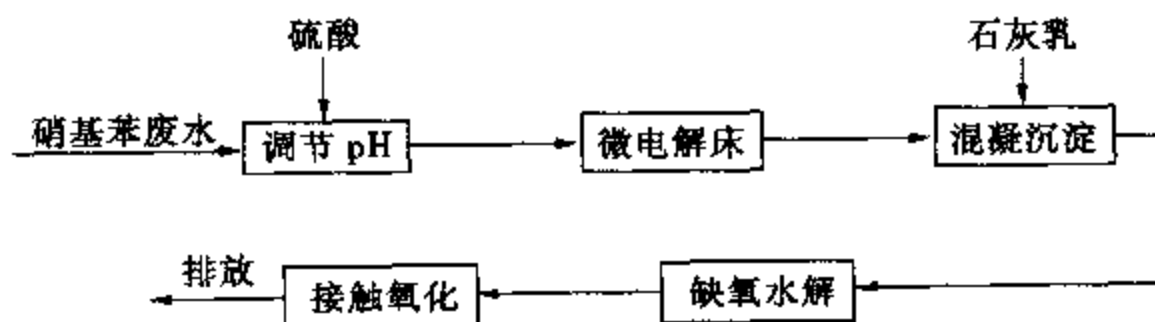


图 4-14 还原-生化工艺处理含硝基苯废水

七、重金属废水水质特点和处理工艺

重金属废水主要来自金属矿山矿坑内排水、废石场浸淋水、选矿厂尾矿排水、有色金属冶炼厂除尘废水、有色金属加工厂酸洗水、电镀厂镀件洗涤水、钢铁工业酸洗水以及金属电解、农药、医药、油漆、颜料生产等企业,废水中重金属的种类、含量及存在形态随不同生产种类而异,变化比较大。

废水中常见的几种重金属有汞、镉、铅、砷、铜、锌、硒、镍、钴、锰、铋及钒等。

1. 电镀废水处理

电镀行业废水属于典型的含重金属废水，相对与其它的重金属废水，电镀废水中重金属离子组成比较明确，主要取决于电镀的品种，因此常规的处理重金属离子的方法也同样适用于处理电镀废水中的重金属离子。

电镀废水的来源主要有三部分：①镀件在电镀之前的酸、碱处理清洗水；②电镀后的镀件洗涤水，主要含有一些废电镀液；③设备、车间地面的冲洗水，以及由于镀槽渗漏或操作管理不当造成的跑、冒、滴、漏的各种槽液和排水。

由于电镀生产工艺的特殊性，电镀废水中除了含有大量重金属离子以外，往往还有一些特殊的污染物，对他们一般需要单独采用有针对性的工艺进行预处理，然后才能与其它电镀废水混合后进行综合处理。下面我们主要介绍在电镀生产废水中需要单独处理的几种废水：

(1) 含 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的废水

在镀铬和化学钝化生产时排放的废水中一般含有六价铬，由于六价铬的生物毒性远远高于 Cr^{3+} ，而且重铬酸根离子不能通过常规的氢氧化物沉淀法或硫化物沉淀法去除，因此需要在废水排放时将含有 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的废水单独收集。目前针对 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的处理方法主要是化学还原法，即在废水中投加还原剂硫代硫酸钠或亚硫酸钠将 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 还原成为 Cr^{3+} 。在早期的处理中，工人在操作时主要根据废水颜色的变化（ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 呈橙黄色，而 Cr^{3+} 呈蓝绿色）来控制还原剂的投加量，操作难度比较大。目前在实际处理中大量采用氧化还原电位自动控制装置来控制药剂的投加量，以确保处理后的水质达到排放标准且还原剂不过量。经过还原后的废水中的铬主要以 Cr^{3+} 的形式存在，可以与其它废水一起混合后进行综合处理。

也有采用薄膜蒸发的方法对含 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的废水进行有效浓缩处理，然后将浓缩液返回到镀槽内用于生产，可以实现废水的零排放。但采用这种工艺时，长期运行后电镀液中的一些杂质阳离子会产生积累，需要通过离子交换的方法定期处理回收液，以去除其中的杂质阳离子。

(2) 含 CN^- 离子废水

在一些电镀工艺中需要在电镀液中添加 CN^- 离子，如氰化镀铜、氰化镀锌等。由于 CN^- 离子能够和其它许多重金属离子形成非常稳定的络合物，因此在有 CN^- 离子存在的时候无法使用沉淀法来处理重金属离子，同时 CN^- 离子本身就是一种需要严格控制的污染物，会对环境造成严重污染。因此含有 CN^- 离子的废水也需要集中收集后单独进行破氰处理。

目前用于电镀行业中含 CN^- 离子废水处理的工艺主要是化学氧化工艺，即在碱性条件下向含 CN^- 离子的废水中投加氯系氧化物（一些电镀厂采用次氯酸

钠发生器现场产生氧化剂), 将废水中的 CN^- 离子氧化去除。氧化剂的投加量对于氰的分解效果影响很大, 为了控制合理的氧化剂投加量, 目前工业上也大量采用氧化还原电位自动控制氧化剂的投加量, 确保废水中的 CN^- 离子被有效去除。经过破氰处理的废水与其它电镀废水混合进行综合处理。

(3) 含金、银等贵金属废水处理

对于含有金、银等贵金属的废水, 主要考虑回收法进行处理。如目前对于氰化镀金的废水, 可以采用阴离子交换树脂进行处理, 以回收其中的金元素。含银废水则主要采用电解法进行回收, 目前这些回收工艺已经在电镀生产中得到广泛的应用。

随着人们环保意识的不断增强以及金属回收技术的提高, 电镀企业开始对其它的一些重金属元素采用了回收处理工艺, 如 Cu 、 Al 、 Zn 、 Ni 等元素的回收。不仅降低了综合废水中的污染物浓度, 同时实现了对金属资源的回收利用。应该说, 在电镀行业更多的采用回收处理工艺是今后电镀行业污水处理的发展方向。

电镀生产过程中排放的废水最终汇集后进行综合处理。目前电镀综合废水处理主要采用氢氧化物沉淀法和硫化物沉淀法, 在控制合适的沉淀条件下将重金属沉淀物分离, 达到去除废水中重金属离子的目的。图 4-15 是某电镀企业污水处理工艺流程简图。

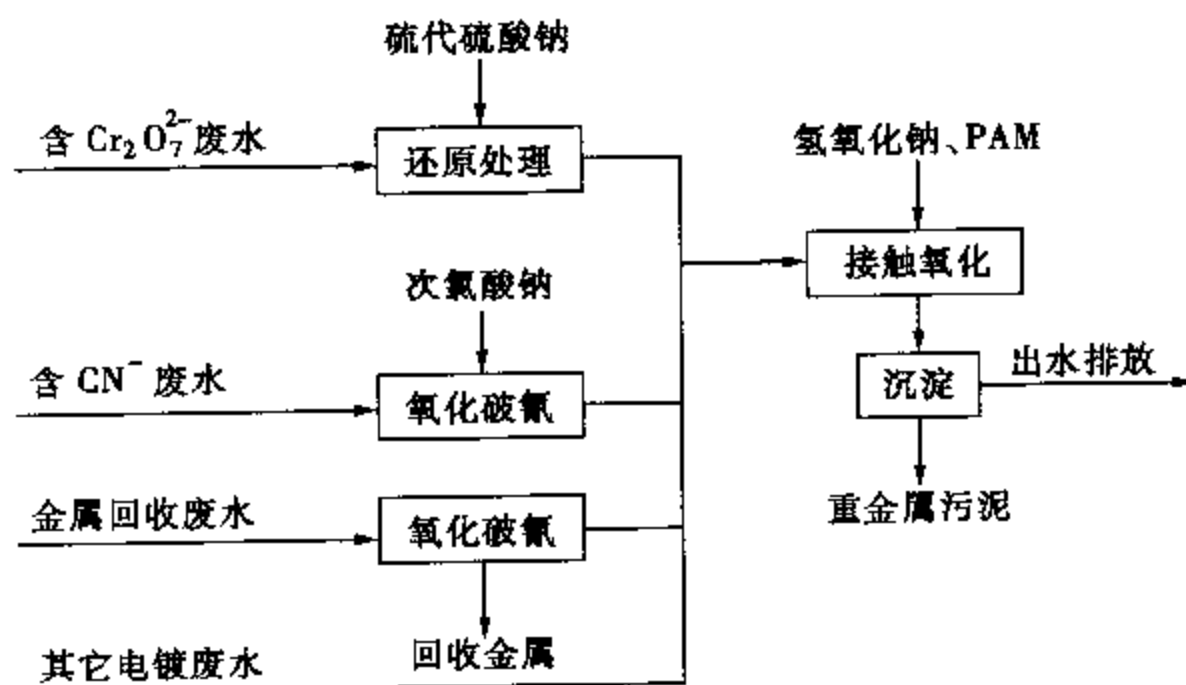


图 4-15 某电镀企业污水处理工艺流程图

八、养殖行业废水处理

1. 养殖场污水特性和治理对策

由于畜牧场规模越来越大,集约化和机械化程度的提高,畜牧村、规模养殖小区及千头牛场、万头猪场、百万只鸡场等规模化养殖场引起的环境问题引起了全社会的关注。畜牧业已成为一个不可忽视的污染源,畜牧污染已经超过了工业污染。由畜牧产业所引起的环境污染主要包括水质污染和空气污染。

由于规模化养殖场往往建在大中城市的近郊和城乡结合部,这些养殖场在建场初期由于土地紧张没有设置配套的吸纳相应数量的粪便污水的土地,加之由于环境法规不健全和资金短缺,绝大多数养殖场也没有考虑畜禽粪便污水的处理问题。如我国1998年产的5360万t肉中主要来自肉猪,而猪粪占畜禽粪便总量的55%,年粪尿总量是全国人粪尿BOD的11倍。而冲洗式和水泡粪式猪舍排出的粪尿水混合液,由于含水量高,可溶性物质多,处理难度大,一般的处理技术难以彻底解决,极易造成环境污染。由此造成的环境污染问题当推首位。且随着我国养殖业的发展,其情况还会更严重。

目前我国98%以上的养殖场都没有对其排出的粪便污水进行任何处理而直接排放,猪场附近,恶臭熏天,蚊蝇孳生,细菌繁殖,疫病传播,并且通过周围水渠、河道造成地表水及地下水的污染。严重影响周围居民的生活环境和身体健康,经常引起环境纠纷。同时环境的恶化直接影响着养殖场本身的卫生防疫,降低了畜产品的质量,已经成为限制畜牧业持续发展的主要因素之一。

综合分析目前我国农业生产中存在的问题可以发现,一方面大量的畜禽粪便这类优质有机肥由于缺乏有效的处理和利用,对环境造成严重污染,另一方面花费大量的能源和资源生产化肥,由于缺乏合理的有机、无机肥的配合施用等原因,造成大量化肥淋溶损失,对环境造成更严重的面源污染;同时,造成农产品的品质低下。

形成这种状况的根本原因是农牧脱节!要改变这种状况,只有想办法将脱节的链条连接上。由于我国人口众多,传统意义上狭义的农牧结合难以大范围推广。采用清洁生产工艺,减少废物的产生和能源消耗,通过一系列技术措施,使畜禽粪便污水转化为固态或液态的有机肥料商品,进入农业大循环,从而实现农牧业的良性循环,才是其根本出路。

推行清洁生产是解决我国规模化养殖场环境问题、生产无公害畜产品实现畜牧业可持续发展的根本途径。通过采用科学合理的饲料配方、先进的清粪工艺和饲养管理技术可大幅度降低污染物的产生量。

以养猪场为例,我国规模化养殖场目前存在的主要清粪工艺有三种:水冲式、水泡粪(自流式)和干清粪工艺。水冲式和水泡粪清粪工艺耗水量大,排出的污水和粪尿混合在一起,给后处理带来很大困难,而且固液分离后的干物质肥料价值大大降低,粪中的大部分可溶性有机物进入液体,使得液体部分的浓度很高,增加了处理难度。北方地区应用较多的水泡粪清粪工艺由于粪便长时间在猪舍中停留,形成厌氧发酵,产生大量的有害气体如硫化氢、甲烷等,危及动物和饲养人员的健康。干清粪工艺粪便一经产生便分流,可保持猪舍内清洁,无臭味,产生的污水量少,且浓度低,易于净化处理;干粪直接分离,养分损失小,肥料价值高。这是目前比较理想的清粪工艺。日本多采用这种工艺,欧美国家也开始倾向于这种工艺。在北京、天津、上海等的一些养猪场已经应用,并显示它的优越性。三种清粪的猪场方式产生的污水水质和水量见表4-6

表 4-6 不同清粪工艺的猪场污水水质和水量

清粪工艺		水冲清粪	水泡清粪	干清粪
水 量	平均每头 (L/d)	35 ~ 40	20 ~ 25	10 ~ 15
	万头猪场 (m ³ /d)	210 ~ 240	120 ~ 150	60 ~ 90
水质 指标 (mg/L)	BOD ₅	5000 ~ 60000	8000 ~ 10000	302 700 -
	COI _{Cr}	11000 ~ 13000	16000 ~ 24000	989 1476 1255
	氨态氮 (NH ₃ -N)	2120 ~ 4768	2120 ~ 4768	1200 ~ 2100
	SS	17000 ~ 20000	28000 ~ 35000	340 - 132

采用水冲式和水泡式清粪工艺的万头猪场粪便污水处理工程的投资和运行费用比采用干清粪工艺的大一倍(表4-7)。采用干清粪工艺收集的畜粪,最大限度地保存了它的肥料价值,经过适当堆制后,可制作出高效生物活性有机肥,具有很好的市场前景。

表 4-7 采用水泡式清粪工艺和干清粪工艺的万头猪场粪便污水处理费用对比

清粪工艺 费 用	采用水泡式清粪工艺 的养猪场	采用干清粪工艺 的养猪场
污水处理投资(万元)	100 ~ 120	25 ~ 30
污水处理运行费用(万元/年)	6 ~ 9	2 ~ 3
肥料收入(万元/年)	无	36

由此可见,对养殖场的粪便污水治理,应该改变过去的末端治理模式,首先应从生产工艺上进行改进,采用用水量少的清粪工艺——干清粪工艺,减少污水量,使干粪与尿污水分流,最大限度地保存粪的肥效,减少污水中污染物的浓

度,是解决畜牧业环境问题、保证畜牧业可持续发展的根本途径。

2. 养殖场的粪便污水处理与资源化利用技术

我国是水资源和肥料资源都非常缺乏的国家,畜牧场的粪便污水只要处理得当就可转化为宝贵的资源,污水经过适当的净化处理可以用于农田、绿地的灌溉,或经过好氧或厌氧稳定处理后投加适量的氮磷钾和各种微量元素可制作液体叶面肥料,这是一种价值很高的肥料,可作为追肥使用,快速补充植物所需营养,并可预防多种病虫害,是农作物的良好肥料,特别是对于瓜果蔬菜,施用这种肥料可明显提高产品品质。随着中国加入世贸组织,中国的农产品将大量进入国际市场,在发达国家具有有机食品标志的产品的价格比一般的产品高出几倍,因此获得有机食品标志才能更好地参与国际竞争,而用有机肥替代化肥是通过有机食品认证的最基本条件,有机肥生产具有广阔的市场前景。

(1) 规模化养猪场污水处理技术

传统的养猪废水处理一般包括固液分离、厌氧处理、好氧处理等工艺段。

① 养猪场废水的固液分离

养猪废水中一般都含有非常高浓度的悬浮物,SS含量达到 140000mg/L ,非水溶性的有机物占总有机污染物的比例很高,因此几乎所有的养猪场污水处理系统采用的第一道工序就是固液分离,将废水中大量的悬浮物去除,降低后续处理的污染物负荷。

养殖场排放的废水一般自流进入废水接收池,废水接收池除了用于均衡水质水量以外,还起到了初沉池的作用,大约有 $30\% \sim 50\%$ 的悬浮物可以自然沉淀在接收池底部,因此接收池需要定期清除底部的沉积物。

目前国内最常用的养猪场废水固液分离方法是使用筛网过滤,根据废水过滤时筛网的工作状态将筛网分为固定筛、振动筛和旋转筛三种,其中固定筛因为结构简单、价格低等优势而得到普遍使用。采用筛网过滤法进行固液分离操作中遇到的最大问题是筛网网眼堵塞问题,当筛网部分网眼发生堵塞后整个筛网的过滤速度就迅速下降,因此要求操作人员经常检查筛网工作情况,及时清洗。

由于养殖废水中极高的悬浮物含量与生化剩余污泥有一定的相似性,因此一些剩余污泥脱水设备被用于养猪场废水的固液分离操作。最典型的是处理能力较大的带式压滤机,在许多大型城市污水处理厂,带式压滤机被用于剩余污泥的脱水,从20世纪70年代起美国开始将它用于畜禽粪便的脱水处理,可以大批量处理高悬浮物的废水,处理效果非常理想。但是带式压滤机的价格比较昂贵,投资一般在十几万元到几十万元之间,国内的规模化养猪场还很少使用。

其它用于废水中悬浮物处理的工艺在处理养猪场废水中同样适用,例如常规的混凝沉淀、气浮等物化处理工艺,其中一些已经在实际养猪废水处理中得到应

用,但普遍存在运行费用过高的问题,使得部分企业对这些污水处理设施“只建不用”,不能正常发挥作用。

②厌氧处理工艺

由于养殖废水中有毒有害污染物较少,废水中的有机物极易生化降解,因此适合于采用厌氧处理工艺,在几乎不消耗能源的条件下大幅度降解废水中的有机污染物,同时还能够回收部分能源——沼气。在我国,小型的人畜粪便厌氧发酵设施非常多,相关技术也比较成熟,在早期分散养殖阶段许多农户就自发地建了一些小型的厌氧装置用于处理畜禽粪便废水,其中应用最多的是水压式沼气池,它将发酵和贮气设置在同一空间内,操作方便简单,曾经在我国的许多农村地区得到推广。小型沼气池内产生的沼气一般被农户用作厨房燃气、点沼气灯照明和取暖等用途。

由于这种水压式厌氧反应器处理能力比较低,不适用于规模化养殖场的大水量处理。目前已经有许多高效率的厌氧处理装置开始在养殖废水处理中得到应用,这其中包括工业废水处理中使用非常广泛的 UASB 反应器和厌氧生物滤池,国内外许多工程化运行结果表明对高浓度的养殖废水采用厌氧处理是非常有效的,在水力停留时间 6~10 天条件下,厌氧滤池反应器的 COD 去除率可以达到 80% 以上,产气情况稳定。

但是目前要将高效厌氧反应器真正应用于规模化养猪场废水处理还存在许多急需解决的问题:

a. 投资规模大:规模化养猪场排放废水量比较大,要修建大型厌氧反应器需要的投资也非常大。以一个 1 万头猪的养殖场日排放废水水量 200t 为例,按照厌氧处理水力停留时间 8d 计算,就需要修建一个有效容积 1600m³ 的厌氧反应器。结合厌氧处理系统其它的附属设施(尚不包括沼气净化系统、安全系统和沼气使用设备),厌氧处理段投资规模保守的估计需要 60~80 万元。这样的投资使大部分养猪场难以承受。

b. 沼气利用困难:厌氧处理过程中产生的沼气是一种能源,在分散式养殖模式下沼气被农户有效的利用了。但是在规模化养殖场内厌氧反应器产生的沼气的量大,就养猪场自身使用肯定过剩,如果要将沼气输送到周围企业、生活区去使用,则又需要增加安全系统和管道工程投资。此外,随着能源消费模式的发展,普通居民对沼气的接受程度越来越差。为此部分地区提出了利用沼气发电设想,目前来看要真正实现也还存在许多困难。

c. 稳定运行和管理困难:厌氧反应器的长期稳定运行需要有良好的设备维护,包括电气设备、动力设备和管道的定期检修和维护,这些工作在普通的工厂企业不存在困难。但是在养殖场内往往不具备所需条件,而专门为厌氧处理配备相应的设备和人员又会增加处理成本,这也是目前许多养殖场厌氧处理设施不能

正常运行的主要原因。

③好氧处理工艺

从处理工艺的合理性和完成性来看,厌氧处理出水应该进入好氧处理,一些常规的好氧处理工艺如活性污泥法、氧化沟法、SBR 工艺和接触氧化法等都是可行的,如传统的活性污泥法处理猪粪废水 COD 去除率能够达到 90% 以上,而 BOD 去除率更是达到 97%;美国的一些畜牧场采用人工曝气的氧化沟对养殖废水进行好氧处理,BOD 去除率也达到了 90%。好氧处理工艺的选择关键在于比较它们之间的经济可行性,即选择一种投资小、运行费用低的工艺。

由于运行费用的关系,我国的养猪场废水很少采用人工曝气充氧的方式进行好氧处理,一般情况下厌氧处理出水直接进入一个稳定塘进行自然降解。在猪场废水后期处理中,应用比较广泛的是好氧塘、水生植物塘,在比较低的污染物负荷率下,采用稳定塘处理系统也能够获得一定的污染物去除率。但国内在使用稳定塘上存在许多问题:①目前养猪场废水处理中所用的稳定塘也许大部分是天然池塘或人工开挖泥塘,塘底没有任何防渗漏措施,容易污染地下水;②进水浓度高但从整体上看,通过厌氧—稳定塘处理工艺要使出水达到一级排放标准几乎是不可能的。

④土地处理系统

污水的土地处理系统是利用土壤—微生物—植物这一陆生生态系统的自我调控机制和对污染物的综合净化功能来处理污水的一种方法,是在土地灌溉的基础上逐渐发展起来的。根据土壤渗透能力的大小和污水流动方式,一般将土地处理系统分为慢速渗滤系统(SR)、快速渗滤系统(RI)、地表漫流处理系统(OF)、湿地处理系统(WI)和地下渗滤处理系统等。

土地处理系统污水净化效果显著,容易建设,工程投资小,运行费用非常低,不需要动力供氧设备,运行稳定且具有较强的缓冲能力,比较适合于规模化养猪场的后期废水处理。土地处理系统在其它工业废水处理上难以应用的主要原因是占地面积太大,但由于规模化养猪场一般都建在农村,周围土地资源丰富,在土地处理系统内可以种植一些观赏植物,在污水处理的同时进行农业生产。土地处理系统已经受到规模化养猪场的普遍关注。

图 4-16 给出了规模化养猪场污水处理工艺流程。

(2) 粪便污水处理利用系统

图 4-17 给出了对于水冲或水泡粪清粪工艺的养殖场粪便污水高效处理和利用系统。图 4-18 给出了对于采用干清粪工艺的养殖场污水处理利用系统。



图 4-16 规模化养猪场废水处理工艺流程

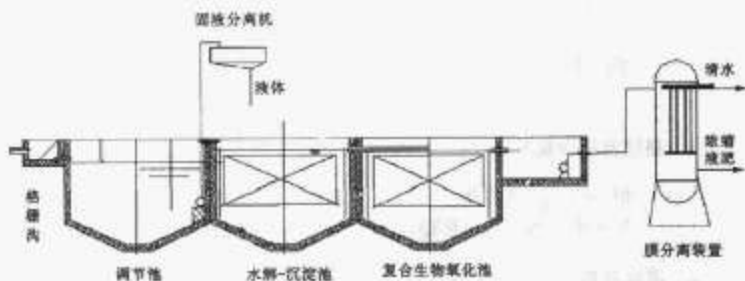


图 4-17 对于水冲或水泡粪清粪工艺的养殖场粪便污水高效处理和利用系统

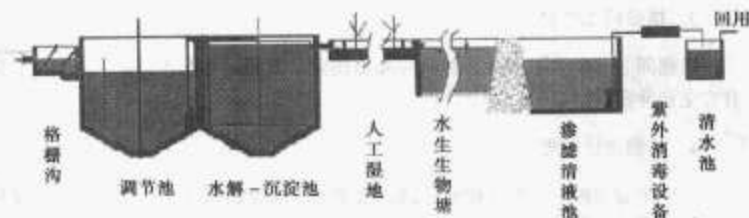


图 4-18 对于采用干清粪工艺的养殖场污水处理利用系统

第五章 污水处理厂的设计和计算

第一节 污水常规处理设施的设计和计算

一、格 栅

1. 格栅常规设置方法

- (1) 一粗一中，二道格栅。
- (2) 一粗一中一细，三道格栅。

2. 清渣方式

- (1) 人工清渣：栅渣量 $\leq 0.2\text{m}^3/\text{d}$ 时采用，适合于小型污水处理厂。
- (2) 机械清渣：栅渣量 $> 0.2\text{m}^3/\text{d}$ 时采用。

3. 格栅间工作台

格栅间必须设置工作台，台面应高出栅前最高设计水位 0.5m。工作台上应有安全和冲洗设施。

4. 格栅设计数据

- (1) 栅前流速：污水在栅前渠道内的流速一般控制在 $0.4\sim 0.8\text{m/s}$ ，以保证大颗粒物质不在渠道内淤积。
- (2) 过栅流速：污水通过格栅的流速一般控制在 $0.6\sim 1.0\text{m/s}$ 。
- (3) 过栅水头损失：污水的过栅水头损失与污水的过栅流速有关，一般在 $0.08\sim 0.15$ 之间。
- (4) 栅渣量：在无当地运行资料时，可采用：
①格栅间隙 $16\sim 25\text{mm}$ ； $0.05\sim 0.10\text{m}^3$ 栅渣/ 10m^3 污水；

②格栅间隙 30~25mm; 0.01~0.03 m³ 栅渣/10m³ 污水。

(5) 栅渣容重: 960kg/m³, 含水率 80%。

(6) 格栅倾角: 格栅倾角一般为 45°~75°, 机械格栅一般为 60°~70°, 特殊类型可达 90°。

5. 格栅设计计算公式

名 称	公 式	符号说明
1. 栅槽 宽度	$B = s(n-1) + en \quad (\text{m})$ $n = \frac{Q_{\max} \sqrt{\sin \alpha}}{ehv}$	B ——栅槽宽度, m s ——格栅条宽度, m e ——栅条净间距, m n ——格栅间隙数 Q_{\max} ——最大设计流量, m ³ /s
2. 通过格 栅的水 头损失	$h_1 = kh_0 \quad (\text{m})$ $h_0 = \xi \frac{v^2}{2g} \sin \alpha$	α ——格栅倾角, 度 h ——栅前水深, m v ——过栅流速, m/s h_1 ——过栅水头损失, m h_0 ——计算水头损失, m
3. 栅后槽 总高度	$H = h + h_1 + h_2 \quad (\text{m})$	k ——系数, 格栅受污物堵塞后, 水头损失增加的倍数, 一般 $k = 3$ g ——重力加速度, m/s ² ξ ——阻力系数, 与栅条断面形状有关, 可按表 6-1 计算
4. 栅槽总 长度	$L = l_1 + l_2 + 1.0 + 0.5 + \frac{H_1}{\tan \alpha} \quad (\text{m})$ $l_1 = \frac{B - B_1}{2 \tan \alpha_1} \quad (\text{m})$ $l_2 = \frac{l_1}{2} \quad (\text{m})$ $H_1 = h + h_2$	h_2 ——栅前渠道超高, m, 一般用 0.3m H_1 ——栅前槽高, m l_1 ——进水渠道渐宽部分长度, m B_1 ——进水渠道宽度, m α_1 ——进水渠展开角, 一般用 20° l_2 ——栅槽与出水渠连接渠的渐缩长度, m
5. 每日栅 渣量	$W = \frac{Q_{\max} W_1 \times 86400}{K_Z \times 1000} \quad (\text{m}^3)$	W_1 ——栅渣量 (m ³ /10 ³ m ³ 污水), 取 0.1~0.01, 粗格栅用小值, 细格栅用大值, 中格栅用中值 K_Z ——生活污水流量总变化系数, 见表 6-2

表 5-1 栅条断面形状、尺寸及阻力系数计算公式


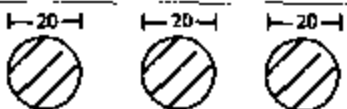

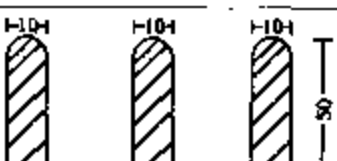
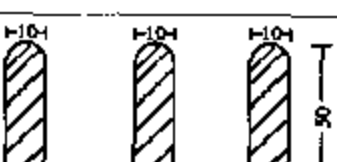
栅条断面形状	一般采用尺寸 (mm)	公 式	说 明
正方形		$\zeta = \left(\frac{b+s}{\epsilon b} - 1 \right)^2$	ϵ ——收缩系数一般采用 0.64
圆形		$\zeta = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3}$	形状系数 $\beta = 1.79$
锐边矩形		$\zeta = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3}$	$\beta = 2.42$
迎水面为半圆形的矩形		$\zeta = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3}$	$\beta = 1.83$
迎水、背水面均为半圆的矩形		$\zeta = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3}$	$\beta = 1.67$

表 5-2 生活污水量总变化系数 K_Z

平均日流量 (l/s)	4	6	10	15	25	40	70	120	200	400	750	1600
K_Z	2.3	2.2	2.1	2.0	1.89	1.80	1.69	1.59	1.51	1.40	1.30	1.20

[例题 5-1]

已知某城市处理厂的最大设计污水量 $Q_{\max} = 0.2\text{m}^3/\text{s}$, 总变化系数 $K_Z = 1.50$, 计算格栅各部分尺寸。

[解] 格栅计算草图见图 5-1。

(1) 栅条的间隙数

设栅前水深 $h = 0.4\text{m}$, 过栅流速 $v = 0.9\text{m/s}$, 栅条间距宽度 $e = 20\text{mm}$, 格栅安装倾角 $\alpha = 60^\circ$

$$n = \frac{Q_{\max} \sqrt{\sin \alpha}}{ehv} = \frac{0.2 \sqrt{\sin 60^\circ}}{0.02 \times 0.4 \times 0.9} \approx 26$$

(2) 栅槽宽度

设栅条宽度 $s = 0.01\text{m}$

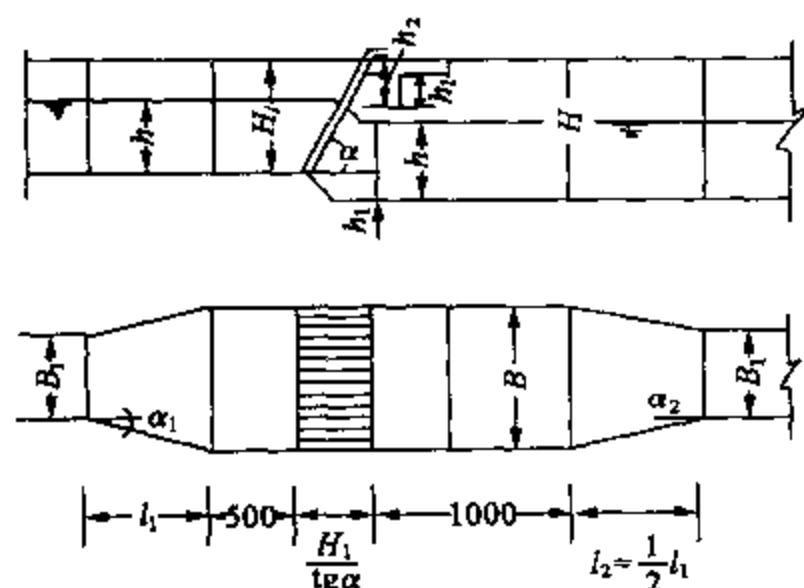


图 5-1 格栅计算草图

$$B = s(n - 1) + en = 0.01 \times (26 - 1) + 0.02 \times 26 = 0.8\text{m}$$

(3) 进水渠道渐宽部分长度

设进水渠宽 $B_1 = 0.65\text{m}$, 渐宽部分展开角 $\alpha_1 = 20^\circ$, 此时进水渠道内的流速为 0.77m/s

$$l_1 = \frac{B - B_1}{2\text{tg}\alpha_1} = \frac{0.8 - 0.65}{2\text{tg}20^\circ} \approx 0.22\text{m}$$

(4) 栅槽与出水渠道连接处的渐窄部分长度

$$l_2 = \frac{l_1}{2} = \frac{0.22}{2} = 0.11\text{m}$$

(5) 过栅水头损失

设栅条为矩形断面, 取 $k = 3$

$$h_1 = k\zeta \frac{v^2}{2g} \sin\alpha = 3 \times 2.42 \times \left(\frac{0.01}{0.02}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{0.9^2}{2 \times 9.81} \sin 60^\circ = 0.097\text{m}$$

(6) 栅后槽总高度

取栅前渠道超高 $h_2 = 0.3\text{m}$, 栅前槽高 $H_1 = h + h_2 = 0.7\text{m}$

$$H = h + h_1 + h_2 = 0.4 + 0.097 + 0.3 = 0.8\text{m}$$

(7) 栅槽总长度

$$L = l_1 + l_2 + 1.0 + 0.5 + \frac{H_1}{\text{tg}60^\circ} = 0.22 + 0.11 + 0.5 + 1.0 + \frac{0.7}{\text{tg}60^\circ} = 2.24\text{m}$$

(8) 每日栅渣量

取 $W_1 = 0.07 \text{ m}^3/10^3 \text{ m}^3$

$$W = \frac{Q_{\max} W_1 \times 86400}{K_z \times 1000} = \frac{0.2 \times 0.07 \times 86400}{1.5 \times 1000} = 0.8 \text{ m}^3/\text{d}$$

适宜采用机械清渣。

二、沉砂池

1. 设计要点

- (1) 城市污水厂一般应设置沉砂池；
- (2) 沉砂池按可去除比重 2.65、颗粒 0.2mm 以上的砂粒设计；
- (3) 设计流量应按分期建设考虑：

当污水自流进入时，应按每期的最大设计流量计算；

当污水为提升进入时，应按每期工作水泵的最大组合流量计算；

在合流制处理系统中，应按降雨时的设计流量计算。

- (4) 沉砂池的格数不应少于 2 格，并按并联设计，当污水量较小时，可考虑一格工作，一格备用；

(5) 城市污水的沉砂量可按 $15 \sim 30 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$ 计算，含水率为 60%，容重为 1500 kg/m^3 。砂斗容积应按不大于 2 天的沉砂量计算，斗壁倾角应不小于 55° ；

(6) 除砂一般采用机械方法，并设置贮砂池或晒砂场。采用人工排砂时，排砂管直径不应小于 200mm；

(7) 当采用重力排砂时，沉砂池和贮砂池应尽量靠近，以缩短排砂管长度，并设排砂闸门于管的首端，使排砂管畅通并易于养护；

(8) 沉砂池的超高不宜小于 0.3m。

2. 沉砂池设计计算

(1) 平流式沉砂池设计计算

平流式沉砂池截留无机颗粒效果较好、工作稳定、构造简单、排沉砂较为方便。

① 设计数据

- a. 最大设计流速为 0.3 m/s ，最小设计流速为 0.15 m/s ；
- b. 最大设计流量时，污水在池内的停留时间不少于 30s，一般为 30~60s；
- c. 设计有效水深不应大于 1.2m，一般采用 $0.25 \sim 1.0 \text{ m}$ ，每格池宽不宜小于 0.6 m ；
- d. 池底坡度一般为 $0.01 \sim 0.02$ ，当设置除砂设备时，可根据设备要求考虑

坡底形状。

② 设计计算公式

名 称	公 式	符号说明
1. 长度	$L = vt \text{ (m)}$	v —— 最大设计流量时的流速, m/s t —— 最大设计流量时的停留时间, s
2. 水流断面面积	$A = \frac{Q_{\max}}{v} \text{ (m}^2\text{)}$	Q_{\max} —— 最大设计流量, m ³ /s h_2 —— 设计有效水深, m
3. 池总宽度	$B = \frac{A}{h_2} \text{ (m)}$	X —— 城市污水沉砂量, m ³ /10 ⁶ m ³ T —— 清除沉砂间隔时间, d
4. 沉砂室所需容积	$V = \frac{Q_{\max} X T \cdot 86400}{K_Z \cdot 10^6} \text{ (m}^3\text{)}$	K_Z —— 污水流量总变化系数 h_1 —— 超高, 0.3m
5. 池总高度	$H = h_1 + h_2 + h_3 \text{ (m)}$	h_3 —— 贮砂斗高度, m Q_{\min} —— 最小流量, m ³ /s
6. 验算最小流速	$v_{\min} = \frac{Q_{\min}}{n\omega} \text{ (m/s)}$	n —— 最小流量时, 工作的沉砂池数 ω —— 工作沉砂池的水流断面面积, m ²

[例题 5-2]

已知某城市处理厂的最大设计污水量为 0.2m³/s, 最小设计流量为 0.1m³/s, 总变化系数 $K_Z = 1.50$, 计算沉砂池各部分尺寸。

[解] 平流式沉砂池计算草图见图 5-2。

(1) 长度

设 $v = 0.25\text{m/s}$, $t = 30\text{s}$,

$$L = vt = 0.25 \times 30 = 7.5 \text{ m}$$

(2) 水流断面面积

$$A = \frac{Q_{\max}}{v} = \frac{0.2}{0.25} = 0.8 \text{ m}^2$$

(3) 池总宽度

设 $n = 2$ 格, 每格宽 $b = 0.6\text{m}$, 则

$$B = nb = 2 \times 0.6 = 1.2 \text{ m}$$

(4) 有效水深

$$h_2 = \frac{A}{B} = \frac{0.8}{1.2} = 0.67 \text{ m}$$

(5) 沉砂斗所需容积

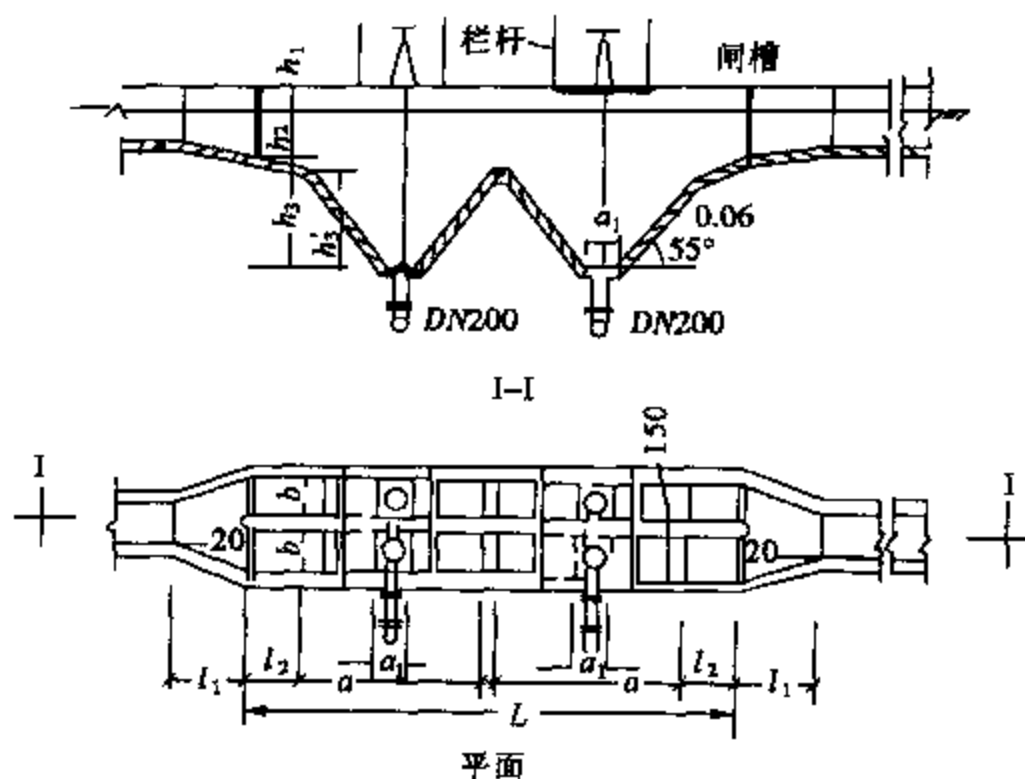


图 5-2 平流式沉砂池计算草图

设 $T = 2d$,

$$V = \frac{Q_{\max} X T \cdot 86400}{K_z \cdot 10^6} = \frac{0.2 \times 30 \times 2 \times 86400}{1.5 \times 10^6} = 0.69 \text{ m}^3$$

(6) 每个沉砂斗容积

设每一分格有 2 个沉砂斗,

$$V_0 = \frac{0.69}{2 \times 2} = 0.17 \text{ m}^3$$

(7) 沉砂斗各部分尺寸, 见图 5-3。

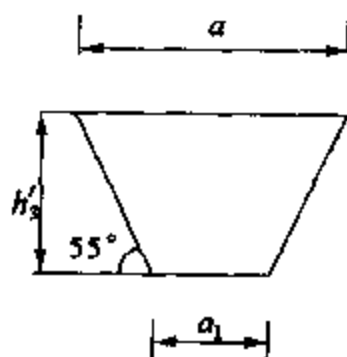


图 5-3 沉砂斗示意图

设斗底宽 $a_1 = 0.5\text{m}$, 斗壁倾角 55° , 斗高 $h'_3 = 0.35\text{m}$, 砂斗上口宽

$$a = \frac{2h'_3}{\lg 55^\circ} + a_1 = \frac{2 \times 0.35}{\lg 55^\circ} + 0.5 = 1.0 \text{ m}$$

沉砂斗容积

$$V_0 = \frac{h'_3}{6} (2a^2 + 2aa_1 + 2a_1^2) = \frac{0.35}{6} (2 \times 1^2 + 2 \times 1 \times 0.5 + 2 \times 0.5^2) \\ = 0.2 \text{ m}^3 (\approx 0.17 \text{ m}^3)$$

(8) 沉砂室高度

采用重力排砂, 设池底坡度为 0.06, 坡向砂斗,

$$h_3 = h'_3 + 0.06 \times l_2 = 0.35 + 0.06 \times 2.65 = 0.51 \text{ m}$$

(9) 沉砂池总高度

设超高 $h_1 = 0.3 \text{ m}$

$$H = h_1 + h_2 + h_3 = 0.3 + 0.067 + 0.51 = 1.48 \text{ m}$$

(10) 验算最小流速

在最小流量时, 只用一格工作 ($n = 1$),

$$v_{\min} = \frac{Q_{\max}}{n\omega} = \frac{0.1}{1 \times 0.6 \times 0.67} = 0.25 \text{ m/s} > 0.15 \text{ m/s}$$

3. 曝气沉砂池设计计算

为了去除沉砂中夹杂的 15% 的有机物, 减小沉砂后续处理的难度, 可以采用曝气沉砂池。图 5-4 所示为曝气沉砂池的断面图。

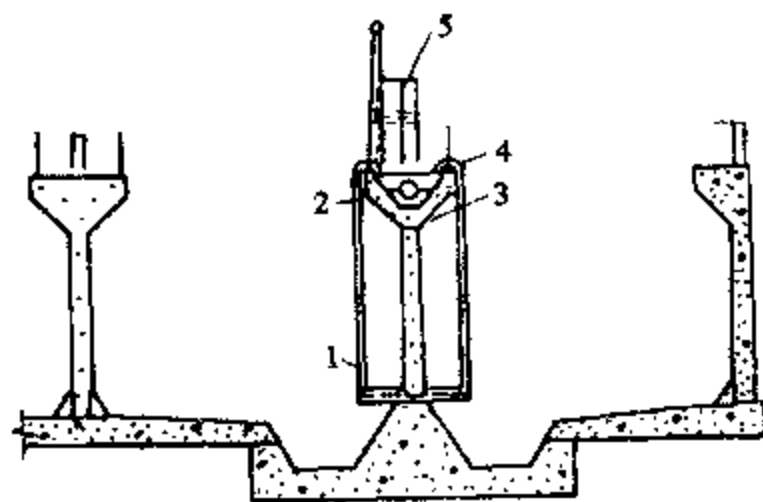


图 5-4 曝气沉砂池断面图

1——扩散器组件；2——空气管道；3——头部支座；4——活动接头；5——单轨吊车支架

(1) 设计数据

- ①旋流速度应保持 $0.25 \sim 0.3 \text{ m/s}$;
- ②水平流速为 $0.06 \sim 0.12 \text{ m/s}$;
- ③最大流量时停留时间为 $1 \sim 3 \text{ min}$;
- ④有效水深为 $2 \sim 3 \text{ m}$, 宽深比一般采用 $1 \sim 2$;
- ⑤长宽比可达 5, 当池长比池宽大得多时, 应考虑设置横向挡板;
- ⑥每立方米污水的曝气量为 $0.1 \sim 0.2 \text{ m}^3$ 空气;
- ⑦空气扩散装置设在池的一侧, 距池底约 $0.6 \sim 0.9 \text{ m}$, 送气管应设置调节气量的闸门;
- ⑧池子的形状应尽可能不产生偏流或死角, 在集砂槽附近可安装纵向挡板;
- ⑨池子的进口和出口布置, 应防止发生短路, 进水方向应与池中旋流方向一致, 出水方向应与进水方向垂直, 并宜考虑设置挡板;
- ⑩池内应考虑消泡装置。

(2) 设计计算公式

名 称	公 式	符号说明
1. 池子总有效容积	$V = Q_{\max} t \cdot 60 \quad (\text{m}^3)$	Q_{\max} ——最大设计流量, m^3/s t ——最大设计流量时的流行时间, min v_1 ——最大设计流量时的水平流速, m/s h_2 ——设计有效水深, m d ——每立方米污水所需空气量, m^3
2. 水流断面积	$A = \frac{Q_{\max}}{v_1} \quad (\text{m}^2)$	
3. 池总宽度	$B = \frac{A}{h_2} \quad (\text{m})$	
4. 池长	$L = \frac{V}{A} \quad (\text{m})$	
5. 每小时所需空气量	$q = dQ_{\max} \cdot 3600 \quad (\text{m}^3/\text{h})$	

[例题 5-3]

已知某城市处理厂的最大设计污水量为 $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$, 计算曝气沉砂池各部分尺寸。

[解] 曝气沉砂池计算草图见图 5-5。

(1) 池子总有效容积

设 $t = 2 \text{ min}$,

$$V = Q_{\max} t \cdot 60 = 0.8 \times 2 \times 60 = 96 \text{ m}^3$$

(2) 水流断面积

设 $v_1 = 0.1 \text{ m/s}$,

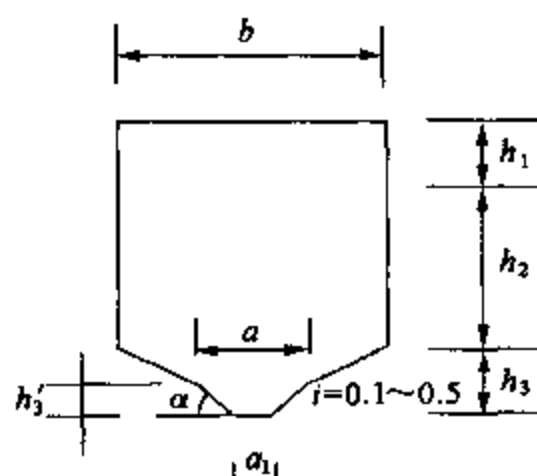


图 5-5 曝气沉砂池计算草图

$$A = \frac{Q_{\max}}{v_1} = \frac{0.8}{0.1} = 8 \text{ m}^2$$

(3) 池总宽度

设 $h_2 = 2 \text{ m}$

$$B = \frac{A}{h_2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ m}$$

(4) 每格池宽度

设 $n = 2$ 格

$$b = \frac{B}{n} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m}$$

(5) 池长

$$L = \frac{V}{A} = \frac{96}{8} = 12 \text{ m}$$

(6) 每小时所需空气量

设 $d = 0.2 \text{ m}^3/\text{m}^3$

$$q = dQ_{\max} \cdot 3600 = 0.2 \times 0.8 \times 3600 = 576 \text{ m}^3/\text{h}$$

沉砂室计算同平流式沉砂池。

4. 竖流式沉砂池设计计算

(1) 设计数据

- ①最大流速为 0.1 m/s ，最小流速为 0.02 m/s ；
- ②最大流量时停留时间不小于 20 s ，一般采用 $30 \sim 60 \text{ s}$ ；
- ③进水中心管最大流速为 0.3 m/s 。

(2) 设计计算公式

名 称	公 式	符号说明
1. 中心管径	$d = \sqrt{\frac{4Q_{\max}}{\pi v_1}} \text{ (m)}$	v_1 ——污水在中心管内流速, m/s Q_{\max} ——最大设计流量, m ³ /s
2. 池子直径	$D = \sqrt{\frac{4Q_{\max}(v_1 + v_2)}{\pi v_1 v_2}} \text{ (m)}$	v_2 ——池内水流上升速度, m/s t ——最大流量时的停留时间, s
3. 水流部分高度	$h_2 = v_2 t \text{ (m)}$	X ——城市污水沉砂量, m ³ /10 ⁶ m ³ T ——清除沉砂间隔时间, d
4. 沉砂部分所需容积	$V = \frac{Q_{\max} X T \cdot 86400}{K_z \cdot 10^6} \text{ (m}^3\text{)}$	K_z ——污水流量总变化系数 R ——池子半径, m
5. 沉砂部分高度	$h_4 = (R - r) \operatorname{tg} \alpha \text{ (m)}$	r ——圆截锥部分下底半径, m α ——截锥部分倾角, 度
6. 圆截锥部分实际容积	$V_1 = \frac{\pi h_4}{3} (R^2 + Rr + r^2) \text{ (m}^3\text{)}$	h_4 ——沉砂池锥底部分高度, m h_1 ——超高, m
7. 池总高度	$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \text{ (m)}$	h_3 ——中心管至沉砂砂面的距离, 一般采用 0.25m

[例题 5-4]

已知某城市处理厂的最大设计污水量为 0.2m³/s, 中心管流速 $v_1 = 0.3\text{m/s}$, 池内水流上升流速 $v_2 = 0.05\text{m/s}$, 最大设计流量时的停留时间 $t = 20\text{s}$, 总变化系数 $K_z = 1.50$, 沉砂每 2 天清除一次, 计算竖流式沉砂池各部分尺寸。

[解] 竖流式沉砂池计算草图见图 5-6。

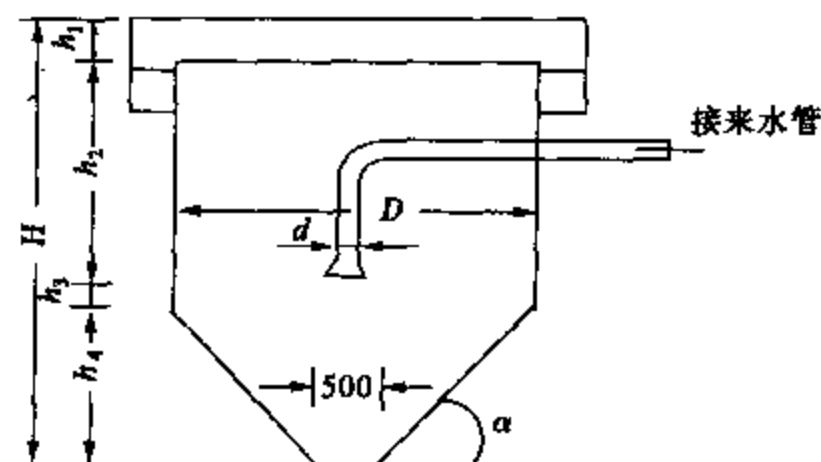


图 5-6 竖流式沉砂池计算草图

(1) 中心管直径

设 $n = 2$, 每格最大设计流量

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{n} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\max}}{\pi v_1}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.1}{\pi \times 0.3}} = 0.65 \text{ (m)}$$

(2) 池子直径

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{\max}(v_1 + v_2)}{\pi v_1 v_2}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.1(0.3 + 0.05)}{\pi \times 0.3 \times 0.05}} = 1.72 \text{ (m)}$$

(3) 水流部分高度

$$h_2 = v_2 t = 0.05 \times 30 = 1.50 \text{ (m)}$$

(4) 沉砂部分所需容积

$$V = \frac{Q_{\max} X T \cdot 86400}{K_Z \cdot 10^6} = \frac{0.2 \times 30 \times 2 \times 86400}{1.50 \times 10^6} = 0.69 \text{ (m}^3\text{)}$$

(5) 每个沉砂斗容积

$$V_0 = \frac{0.69}{2} = 0.35 \text{ m}^3$$

(6) 沉砂部分高度

设沉砂室锥底直径为 0.5m

$$h_4 = (R - r) \operatorname{tg} \alpha = (0.86 - 0.25) \operatorname{tg} 55^\circ = 0.87 \text{ (m)}$$

(7) 圆截锥部分实际容积

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\pi h_4}{3} (R^2 + Rr + r^2) \\ &= \frac{\pi \times 0.87}{3} (0.86^2 + 0.86 \times 0.25 + 0.25^2) \\ &= 0.92 \text{ (m}^3\text{)} (> 0.35 \text{ m}^3) \end{aligned}$$

(8) 池总高度

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 0.3 + 1.50 + 0.25 + 0.87 = 2.92 \text{ (m)}$$

(9) 排砂方法

采用重力排砂或水射器排砂。

5. 涡流式沉砂池设计

(1) 设计数据

①沉砂池水力表面负荷约 $200\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，水力停留时间约为 $20\sim 30\text{s}$ ；

②进水渠道直段长度应为渠宽的 7 倍，并且不小于 4.5m ，以创造平稳的进水条件；

③进水渠道流速，在最大流量的 $40\%\sim 80\%$ 情况下为 $0.6\sim 0.9\text{m/s}$ ，在最小流量时大于 0.15m/s ；但最大流量时不大于 1.2m/s ；

④出水渠道与进水渠道的夹角大于 270° ，以最大限度地延长水流在沉砂池内的停留时间，达到有效除砂的目的。两种渠道均设在沉砂池上部以防扰动砂子；

⑤出水渠道宽度为进水渠道的 2 倍。出水渠道的直线段长度要相当于出水渠道的宽度；

⑥沉砂池前应设格栅。沉砂池下游设堰板或巴氏计量槽，以保持沉砂池内所需的水位。

(2) 布置形式

涡流式沉砂池的总体布置形式如图 5-7 所示；平面布置形式如图 5-8 所示。

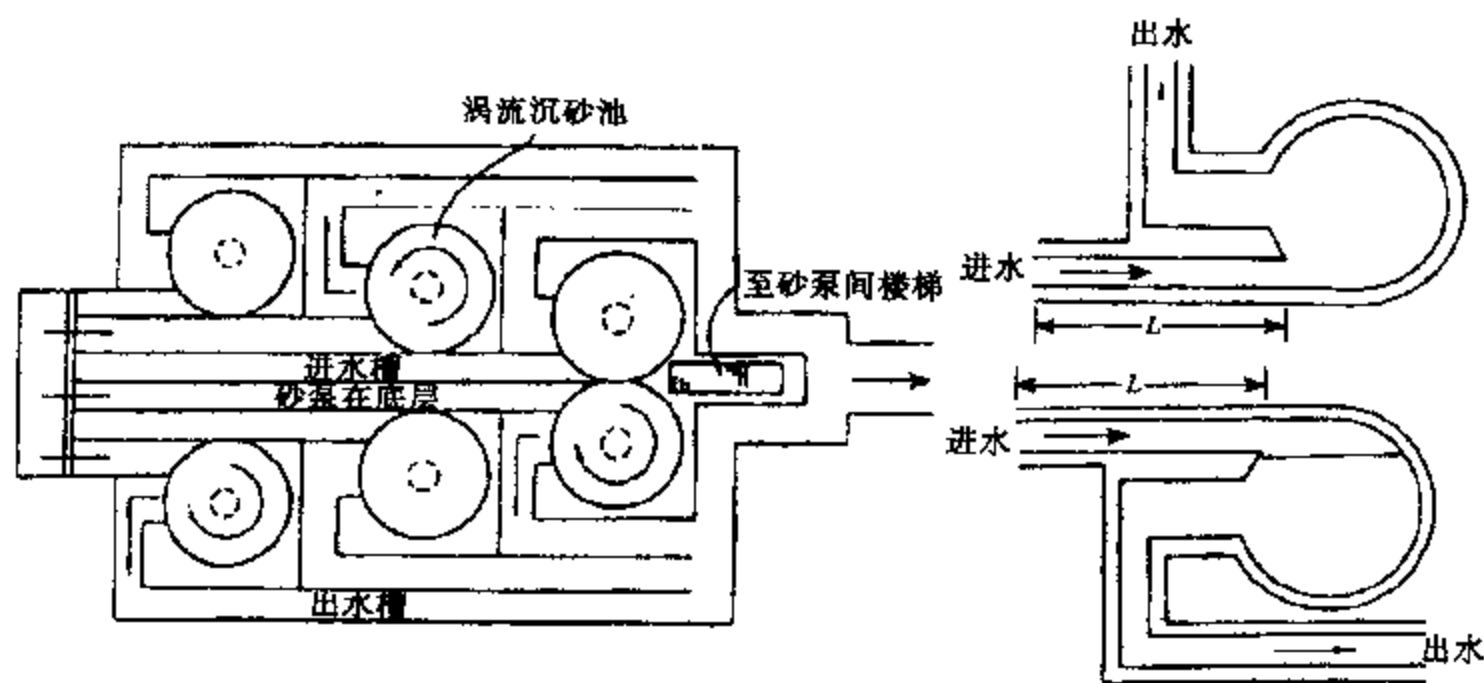


图 5-7 涡流式沉砂池总体布置

图 5-8 涡流式沉砂池平面布置

根据设计水量的不同，沉砂池有不同的规格可以选用，见表 5-3。

表 5-3 涡流式沉砂池选择表

设计水量 (万 m^3/d)	0.38	0.95	1.50	2.65	4.5	7.6	11.4	18.9	26.5
沉砂池直径 (m)	1.83	2.13	2.44	3.05	3.66	4.88	5.49	6.10	7.32
沉砂池深度 (m)	1.12	1.12	1.22	1.45	1.52	1.68	1.98	2.13	2.13
砂斗直径 (m)	0.91	0.91	0.91	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.83
砂斗深度 (m)	1.52	1.52	1.52	1.68	2.03	2.08	2.13	2.44	2.44
驱动机构 (W)	0.56	0.86	0.86	0.75	0.75	1.5	1.5	1.5	1.5
浆板转速 (转/min)	20	20	20	14	14	13	13	13	13

三、沉淀池

沉淀池主要去除悬浮于污水中的可以沉淀的固体悬浮物质。按在污水处理流程中的位置,主要分为初次沉淀池和二次沉淀池。初次沉淀池和二次沉淀池的适用条件及设计要点如表 5-4 所示。

表 5-4 初沉池和二沉池的适用条件及设计要点

池型	适用条件	设计要点
初次沉淀池	对污水中的以无机物为主体的、比重大的固体悬浮物进行沉淀分离	<ol style="list-style-type: none"> 1. 考虑沉淀污泥发生腐败, 设置刮、排泥设备, 迅速排除沉泥。 2. 考虑固体悬浮物及污泥上浮, 设置浮渣去除设备。 3. 表面负荷以 $25 \sim 50 \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 为标准。 4. 进水端考虑整流措施, 采用阻流板、有孔整流壁、圆筒形整流板。 5. 采用溢流堰, 堰上负荷小于等于 $250 \text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$。 6. 长方形池, 最大水平流速为 7mm/s。 7. 污泥区容积, 静水压排泥时考虑小于等于 2d 污泥量; 机械排泥时考虑 4h 污泥量。 8. 排泥静水压大于等于 1.50m。
二次沉淀池	对污水中的以微生物为主体的、比重小的、因水流作用易发生上浮的固体悬浮物进行沉淀分离	<ol style="list-style-type: none"> 1. 考虑沉淀污泥发生腐败, 设置刮泥、排泥设备, 迅速排除沉泥。 2. 考虑沉泥上浮, 设置浮渣去除设备。 3. 表面负荷以 $20 \sim 30 \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 为标准。 4. 进水端考虑整流措施, 采用阻流板、有孔整流壁、圆筒形整流板。 5. 采用溢流堰, 堰上负荷小于等于 $150 \text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$。 6. 长方形池, 最大水平流速为 5mm/s。 7. 注意溢流设备的布置, 防止污泥上浮出流而使处理水恶化。 8. 考虑 SVI 值增高引起的问题。 9. 排泥静水压, 生物膜法后采用大于等于 1.20m, 曝气池后采用大于等于 0.90m。

沉淀池按水流方向可分为平流式、辐流式和竖流式 3 种形式, 各种池型的优缺点和适用条件见表 5-5。

表 5-5 各种池型的特点比较

池型	优 点	缺 点	适用条件
平流式	1. 沉淀效果好 2. 对冲击负荷和温度变化的适应能力较强。 3. 施工简易, 造价较低。	1. 池子配水不易均匀。 2. 采用多斗排泥时, 每个泥斗需单独设排泥管各自排泥, 操作量大; 采用链带式刮泥机排泥时, 链带的支承件和驱动件都浸于水中, 易锈蚀。	1. 适用于地下水位高而地质较差地区。 2. 适用于大、中、小型污水处理厂。
竖流式	1. 排泥方便, 管理简单。 2. 占地面积较小。	1. 池子深度大, 施工困难。 2. 对冲击负荷和温度变化的适应能力较差。 3. 造价较高。 4. 池径不宜过大, 否则布水不匀。	适用于处理水量不大的小型污水处理厂。
辐流式	1. 多为机械排泥, 运行较好, 管理较简单。 2. 排泥设备已趋定型。	机械排泥设备复杂, 对施工质量要求高。	1. 适用于地下水位较高地区。 2. 适用于大、中型污水处理厂。

1. 沉淀池设计要点

(1) 设计流量应按分期建设考虑:

①当污水为自流进入时, 应按每期的最大设计流量计算;

②当污水为提升进入时, 应按每期工作水泵的最大组合流量计算;

③在合流制处理系统中, 应按降雨时的设计流量计算, 沉淀时间不宜小于 30min。

(2) 沉淀池的个数或分格数不应小于 2 个, 并应按并联系列考虑。

(3) 当无实测资料时, 城市污水沉淀池的设计数据可参照表 5-6 选用。

表 5-6 城市污水沉淀池设计数据

类型	沉淀池位置	沉淀时间 (h)	表面负荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	污泥量 (干物质) (g/人·d)	污泥含水率 (%)	固体负荷 ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	堰口负荷 ($\text{L}/\text{s} \cdot \text{m}$)
初次 沉淀 池	单独沉淀池	1.5~2.0	1.5~2.5	15~17	95~97		≤ 2.9
	二级处理前	1.0~2.0	1.5~3.0	14~25	95~97		≤ 2.9
二次 沉淀 池	活性污泥法后	1.5~2.5	1.0~1.5	10~21	99.2~99.6	≤ 150	1.5~2.9
	生物膜法后	1.5~2.5	1.2~2.0	7~19	96~98	≤ 150	1.5~2.9

(4) 池子的超高至少采用 0.3m。

(5) 沉淀池的有效水深(H)、沉淀时间(t)与表面负荷(q')的关系见表 5-7。当表面负荷一定时,有效水深与沉淀时间之比为定值。即 $H/t = q'$ 。一般沉淀时间不小于 1.0h;有效水深多采用 2~4m,对辐流沉淀池则指池边水深。

表 5-7 沉淀池的有效水深(H)、沉淀时间(t)与表面负荷(q')的关系

表面负荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	沉淀时间(t, h)				
	$H = 2.0\text{m}$	$H = 2.5\text{m}$	$H = 3.0\text{m}$	$H = 3.5\text{m}$	$H = 4.0\text{m}$
3.0			1.0	1.17	1.33
2.5		1.0	1.2	1.4	1.6
2.0	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
1.5	1.33	1.67	2.0	2.33	2.67
1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	

(6) 沉淀池的缓冲层高度,一般采用 0.3~0.5m。

(7) 污泥斗的斜壁与水平面的倾角,方斗不宜小于 60° ,圆斗不宜小于 55° 。

(8) 排泥管直径不应小于 200mm。

(9) 沉淀池的污泥,采用机械排泥时可连续排泥或间歇排泥。不用机械排泥时应每日排泥,初次沉淀池的静水头不应小于 1.5m;二次沉淀池的静水头,生物膜法后不应小于 1.2m,曝气池后不应小于 0.9m。

(10) 采用多斗排泥时,每个泥斗均应设单独的闸阀和排泥管。

(11) 当每组沉淀池有 2 个池以上时,为使每个池的入流量均等,应在入流口设置调节阀门,以调整流量。

(12) 当采用重力排泥时,污泥斗的排泥管一般采用铸铁管,其下端伸入斗

内, 顶端敞口, 伸出水面, 以便于疏通。在水面以下 1.5~2.0m 处, 由排泥管接出水排出管, 污泥借静水压力由此排出池外。

(13) 进水管有压力时, 应设置配水井, 进水管应由池壁接入, 不宜由井底接入, 且应将进水管的进口弯头朝向井底。

2. 沉淀池的设计计算

(1) 平流式沉淀池的设计计算

1) 设计数据

- ①池子的长宽比以 3~5 为宜。大型沉淀池可考虑设导流槽。
- ②采用机械排泥时, 宽度根据排泥设备确定。
- ③池子的长深比一般采用 8~12。
- ④池底纵坡: 采用机械刮泥时, 不小于 0.005, 一般采用 0.01~0.02。
- ⑤一般按表面负荷计算, 按水平流速校核。最大水平流速: 初次沉淀池为 7mm/s; 二次沉淀池为 5mm/s。
- ⑥刮泥机的行进速度不大于 1.2m/min, 一般采用 0.6~0.9m/min。
- ⑦入口的整流措施 (见图 5-9), 可采用溢流式入流装置, 并设置有孔整流墙 (穿孔墙) (见图 5-9a); 底孔式入流装置, 底部设有挡流板 (图 5-9b); 淹没孔与挡流板的组合 (图 5-9c); 淹没孔与有孔整流墙的组合 (图 5-9d)。有孔整流墙上的开孔总面积为过水断面的 6%~20%。

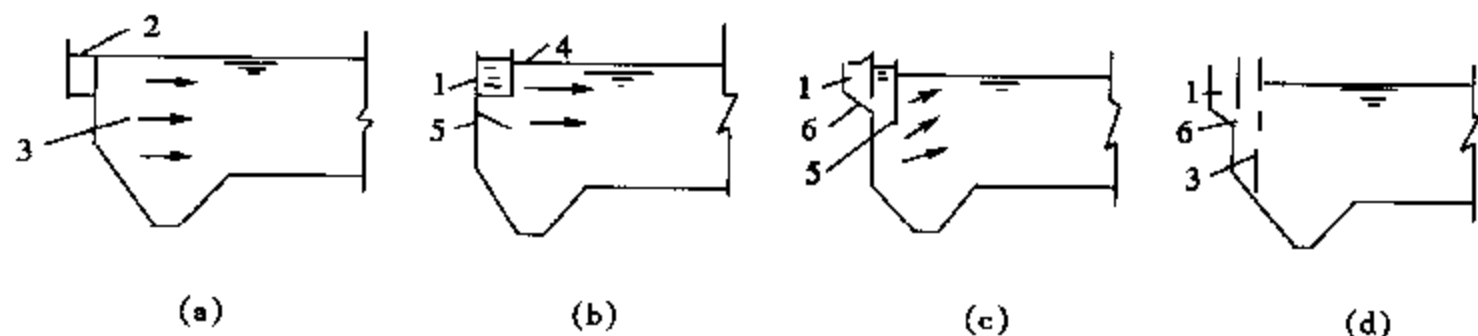


图 5-9 平流式沉淀池入口的整流措施

1——进水槽; 2——溢流槽; 3——有孔整流墙; 4——底孔; 5——挡板; 6——潜孔

⑧出口的整流措施可采用溢流式集水槽。集水槽的形式见图 5-10。溢流式出水堰的形式见图 5-11, 其中锯齿形三角堰应用最普遍, 水面宜位于齿高的 1/2 处。为适应水流的变化或构筑物的不同沉降, 在堰口处需设置使堰板能上下移动的调整装置。

⑨进出口处应设置挡板, 高出池内水面 0.1~0.15m。挡板淹没深度: 进口处视沉淀池深度而定, 不小于 0.25m, 一般为 0.5~1.0m; 出口处一般为 0.3~

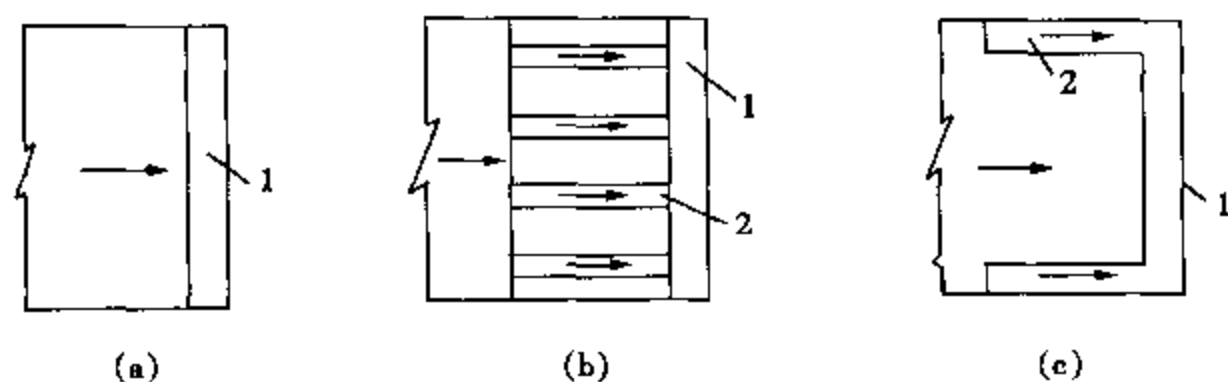


图 5-10 平流式沉淀池的集水槽形式

1——集水槽；2——集水支渠

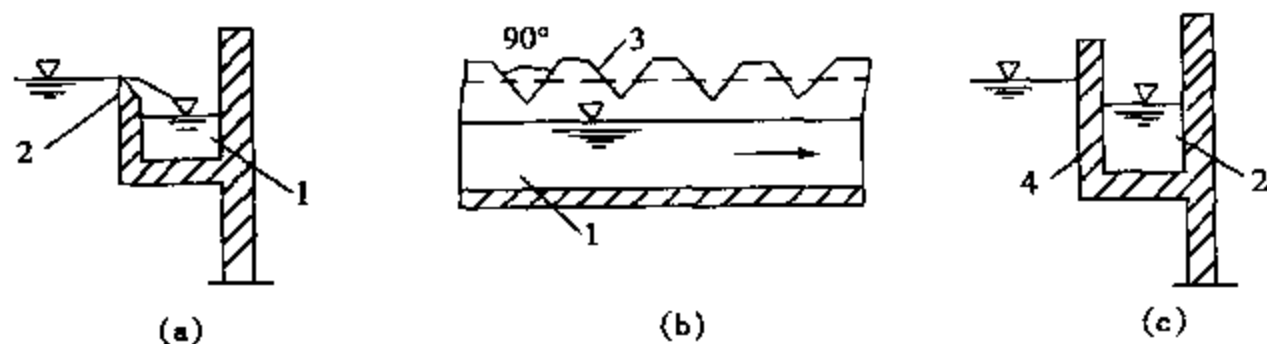


图 5-11 平流式沉淀池出水堰形式

1——集水槽；2——自由堰；3——锯齿三角堰；4——淹没堰口

0.4m。挡板位置：距进水口为 0.5~1.0m；距出水口为 0.25~0.5m。

⑩在出水堰前应设置收集与排除浮渣的设施（如可转动的排渣管、浮渣槽等）。当采用机械排泥时，可一并结合考虑。当沉淀池采用多斗排泥时，污泥斗平面呈方形或近于方形的矩形，排数一般不宜多于两排。

2) 设计计算公式

名 称	公 式	符号说明
1. 池子总表面积	$A = \frac{Q_{\max} \cdot 3600}{q'} \text{ (m}^2\text{)}$	Q_{\max} ——最大设计流量, m^3/s q' ——表面负荷, $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ t ——沉淀时间, h
2. 沉淀部分有效水深	$h_2 = q' t \text{ (m)}$	v ——最大设计流量时的水平流速, mm/s b ——每个池子(或分格)宽度, m

名称	公式	符号说明
3. 沉淀部分有效容积	$V' = Q_{\max} \cdot 3600 (\text{m}^3)$ 或 $V' = Ah_2 (\text{m}^3)$	S ——每人每日污泥量, L/人·d, 一般采用 0.3~0.8
4. 池长	$L = vt \cdot 3.6 (\text{m})$	N ——设计人口, 人
5. 池子总宽度	$B = A/L (\text{m})$	T ——两次清除污泥间隔时间, d
6. 池子个数 (或分格数)	$n = B/b (\text{个})$	c_1 ——进水悬浮物浓度, t/m ³
7. 污泥部分所需的容积	1. $V = \frac{SNT}{1000} (\text{m}^3)$	c_2 ——出水悬浮物浓度, t/m ³
	2. $V = \frac{Q_{\max}(c_1 - c_2) \cdot 86400 \cdot T \cdot 100}{K_Z \gamma (100 - p_0)} (\text{m}^3)$	K_Z ——生活污水量变化系数
8. 池子总高度	$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 (\text{m})$	γ ——污泥容重, t/m ³ , 取 1.0
		p_0 ——污泥含水率, %
9. 污泥斗容积	$V_1 = \frac{1}{3} h_4'' (f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2}) (\text{m}^3)$	h_1 ——超高, m
		h_3 ——缓冲层高度, m
10. 污泥斗以上 梯形部分污泥容积	$V_2 = (\frac{l_1 + l_2}{2}) h_4' \cdot b (\text{m}^3)$	h_4 ——污泥部分高度, m
		f_1 ——斗上口面积, m ²
		f_2 ——斗下口面积, m ²
		h_4'' ——泥斗高度, m
		l_1 ——梯形上底长, m
		l_2 ——梯形下底长, m
		h_4' ——梯形的高度, m

[例题 5-5]

某城市污水处理最大设计流量 43200m³/d, 设计人口 25 万人, 沉淀时间 1.5h, 采用链带式刮泥机, 求沉淀池各部分尺寸。

[解]

(1) 池子总表面积

设表面负荷 $q' = 2.0 \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, 设计流量为 $0.5 \text{m}^3/\text{s}$, 则

$$A = \frac{Q_{\max} \cdot 3600}{2} = 900 (\text{m}^2)$$

(2) 沉淀部分有效水深

$$h_2 = q' \times 1.5 = 3.0 \text{ (m)}$$

(3) 沉淀部分有效容积

$$V' = Q_{\max} \times t \times 3600 = 2700 \text{ (m}^3\text{)}$$

(4) 池长

设 $v = 3.70 \text{ mm/s}$

$$L = vt \times 3.6 = 3.7 \times 1.5 \times 3.6 = 20 \text{ (m)}$$

(5) 池子总宽度

$$B = A/L = 900/20 = 45 \text{ (m)}$$

(6) 池子个数

设每个池子宽 4.5 m

$$n = B/b = 45/4.5 = 10 \text{ (个)}$$

(7) 校核长宽比

$$\text{长宽比 } L/b = 20/4.5 = 4.4 > 4.0 \text{ (符合要求)}$$

(8) 污泥部分需要的总容积

设 $T = 2.0 \text{ d}$, 污泥量为 $25 \text{ g/人} \cdot \text{d}$, 污泥含水率为 95% , 则

$$S = \frac{25 \times 100}{(100 - 95) \times 1000} = 0.50 \text{ (1/人} \cdot \text{d)}$$

$$V = SNT/1000 = 0.5 \times 250000 \times 2.0/1000 = 250 \text{ (m}^3\text{)}$$

(9) 每格池污泥所需容积

$$V'' = \frac{V}{n} = 250/10 = 25 \text{ (m}^3\text{)}$$

(10) 污泥斗容积

采用污泥斗见图 5-12

$$h_4'' = \frac{4.5 - 0.5}{2} \text{tg}60^\circ = 3.46 \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{3} h_4'' (f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2}) \\ &= \frac{1}{3} \times 3.46 (4.5 \times 4.5 + 0.5 \times 0.5 + \sqrt{4.5^2 \times 0.5}) \end{aligned}$$

③中心管下口应设有喇叭口和反射板（见图 5-13）。

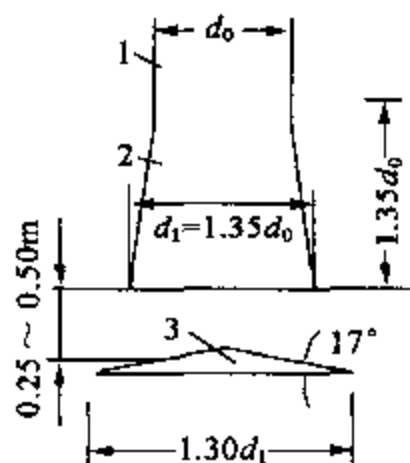


图 5-13 中心管尺寸构造

a. 反射板板底距泥面至少 0.3m。

b. 喇叭口直径及高度为中心管径的 1.35 倍。

c. 反射板的直径为喇叭口直径的 1.30 倍。

d. 反射板表面积与水平面的倾角为 17° 。

e. 中心管下端至反射板表面之间的缝隙高在 0.25 ~ 0.50m 范围内时，缝隙中污水流速，在初次沉淀池中不大于 30mm/s，在二沉池中不大于 20mm/s。

④当池子直径（或正方形的一边）小于 7.0m 时，澄清污水沿周边流出；当直径 $D \geq 7.0$ m 时，应增设辐射式集水支渠见图 5-14。

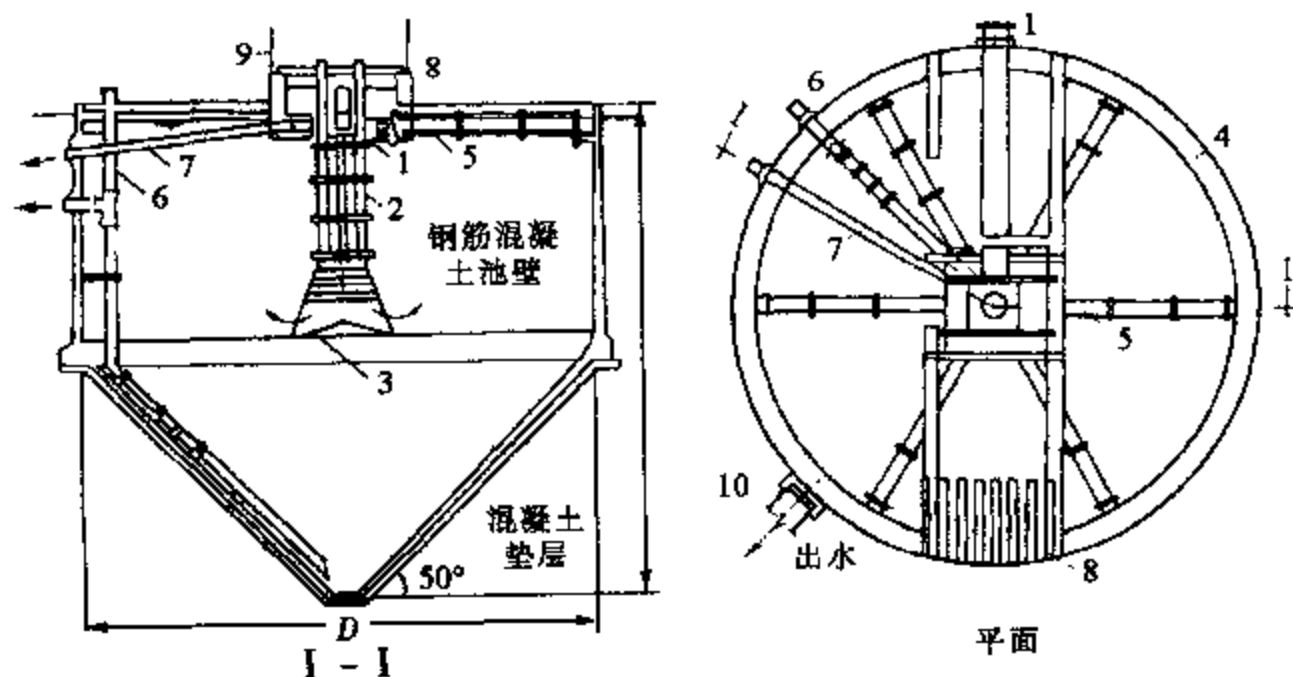


图 5-14 设有辐射式支渠的竖流式沉淀池

1——进水槽；2——中心管；3——反射板；4——集水槽；5——集水支渠；
6——排泥管；7——浮渣管；8——木盖板；9——挡板；10——闸板

⑤排泥管下端距池底不大于0.20m,管上端超出水面不小于0.40m。

⑥浮渣挡板距集水槽0.25~0.5m,高出水面0.1~0.15m;淹没深度0.3~0.4m。

2) 设计计算公式

名 称	公 式	符号说明
1. 中心管面积	$f = \frac{q_{\max}}{v_0} \text{ (m}^2\text{)}$	q_{\max} ——每池最大设计流量, m^3/s v_0 ——中心管内流速, m/s
2. 中心管直径	$d_0 = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} \text{ (m)}$	v_1 ——污水由中心管喇叭口与反射板之间的缝隙流出速度, m/s
3. 中心管喇叭口 与反射板之间 的缝隙高度	$h_3 = \frac{q_{\max}}{v_1 \pi d_1} \text{ (m)}$	d_1 ——喇叭口直径, m v ——污水在沉淀池中流速, m/s t ——沉淀时间, h
4. 沉淀部分有效 断面积	$F = \frac{q_{\max}}{v} \text{ (m}^2\text{)}$	S ——每人每日污泥量, $\text{L}/\text{人} \cdot \text{d}$, 一般采用0.3~0.8
5. 沉淀池直径	$D = \sqrt{\frac{4(F_1 + F_2)}{\pi}} \text{ (m)}$	N ——设计人口, 人
6. 沉淀部分有效 水深	$h_2 = vt \cdot 3600 \text{ (m)}$	T ——两次清除污泥间隔时间, d c_1 ——进水悬浮物浓度, t/m^3 c_2 ——出水悬浮物浓度, t/m^3
7. 沉淀部分所需 总容积	1. $V = \frac{SNT}{1000} \text{ (m}^3\text{)}$ 2. $V = \frac{q_{\max}(c_1 - c_2) \cdot 86400 \cdot T \cdot 100}{K_z(100 - p_0)} \text{ (m}^3\text{)}$	K_z ——生活污水量变化系数 γ ——污泥容重, t/m^3 , 取1.0 p_0 ——污泥含水率, %
8. 圆截锥部分容 积	$V_1 = \frac{\pi h_5}{3} (R^2 + Rr + r^2) \text{ (m}^3\text{)}$	h_1 ——超高, m h_4 ——缓冲层高度, m h_5 ——污泥室圆截锥部分的高 度, m
9. 沉淀池总高度	$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \text{ (m)}$	R ——圆截锥上部半径, m r ——圆截锥下部半径, m

[例题5-6] 某城市设计人口 $N = 60000$ 人, 设计最大污水量 $Q_{\max} = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$

[解] 竖流式沉淀池计算草图见图5-15。

(1) 设中心管内流速 $v_0 = 0.03 \text{ m/s}$, 采用池数 $n = 4$, 则每池最大设计流量

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{n} = \frac{0.13}{4} = 0.0325 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$f = \frac{q_{\max}}{v_0} = \frac{0.0325}{0.03} = 1.08 \text{ (m}^2\text{)}$$

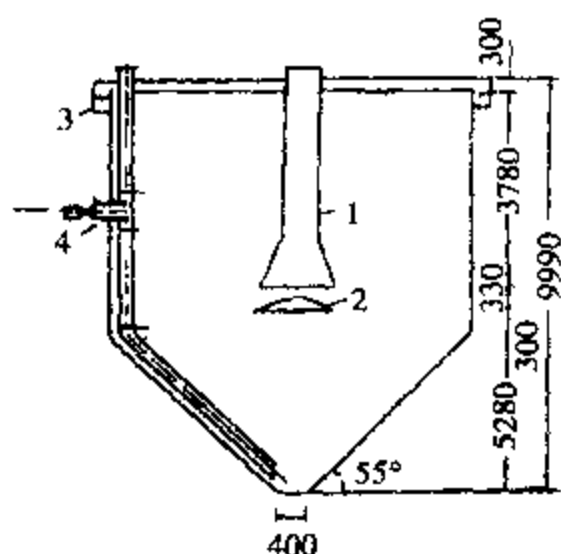


图 5-15 竖流式沉淀池计算草图

1——中心管；2——反射板；3——集水槽；4——排泥管

(2) 沉淀部分有效断面积

设表面负荷 $q' = 2.52 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, 则上升流速

$$v = u_0 = 2.52(\text{m/h}) = 0.0007 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{q_{\text{max}}}{v} = \frac{0.0325}{0.0007} = 46.43(\text{m}^2)$$

(3) 沉淀池直径

$$D = \sqrt{\frac{4(F + f)}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(46.43 + 1.08)}{\pi}} = 7.8(\text{m}) < 8\text{m}$$

(4) 沉淀池有效水深 h_2

设沉淀时间 $T = 1.5\text{h}$, 则

$$h_2 = vT \times 3600 = 0.0007 \times 1.5 \times 3600 = 3.78(\text{m})$$

(5) 校核池径水深比

$$D/h_2 = 7.8/3.78 = 2.06 < 3(\text{符合要求})$$

(6) 校核集水槽每米出水堰的过水负荷 q_0

$$q_0 = \frac{q_{\text{max}}}{\pi D} = \frac{0.0325}{\pi \times 7.8} \times 1000 = 1.33 \text{ L/s} < 2.9 \text{ L/s}$$

符合要求,可不另设辐射式集水槽。

(7) 污泥体积 V

设污泥清除间隔时间 $T_g = 2\text{d}$, 每人每日产生的湿污泥量 $W = 0.5\text{L}$, 则

$$V = \frac{WNT_g}{1000} = \frac{0.5 \times 60000 \times 2}{1000} = 60(\text{m}^3)$$

(8) 每池污泥体积 V_1

$$V_1 = V/n = 60/4 = 15(\text{m}^3)$$

(9) 池子圆截锥部分实有容积 V_2

设圆锥底部直径 d' 为 0.4m, 截锥高度为 h_2 , 截锥侧壁倾角 $\alpha = 55^\circ$, 则

$$h_2 = (D/2 - d'/2) \operatorname{tg} \alpha = \left(\frac{7.8}{2} - \frac{0.4}{2} \right) \operatorname{tg} 55^\circ = 5.28(\text{m})$$

$$V_2 = \frac{\pi h_2}{3} (R^2 + Rr + r^2) = \frac{\pi \times 5.28}{3} \times (3.9^2 + 3.9 \times 0.2 + 0.2^2) \\ = 88.63(\text{m}^3) > 15\text{m}^3$$

可见池内足够容纳 2d 污泥量。

(10) 中心管直径 d_0

$$d_0 = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.08}{\pi}} = 1.17(\text{m})$$

(11) 中心管喇叭口下缘至反射板的垂直距离 h_3 , 设流过该缝隙的污水流速 $v_1 = 0.02\text{m/s}$, 喇叭口直径

$$d_1 = 1.35d_0 = 1.35 \times 1.17 = 1.58(\text{m})$$

$$\text{则 } h_3 = \frac{q_{\max}}{V_1 \pi d_1} = \frac{0.0325}{0.02 \times \pi \times 1.58} = 0.33(\text{m})$$

(12) 沉淀池总高度 H

设池子保护高度 $h_1 = 0.3\text{m}$, 缓冲层高 $h_4 = 0$ (因泥面很低), 则

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 0.3 + 3.78 + 0.33 + 0 + 5.28 \approx 10(\text{m})$$

(3) 辐流式沉淀池的设计计算

1) 设计数据

①池子直径 (或正方形一边) 与有效水深的比值, 一般采用 6~12。

②池径不宜小于 16m。

③池底坡度一般采用 0.05~0.10。

④一般均采用机械刮泥, 也可附有空气提升或静水头排泥设施 (此法多用于二沉池) (见图 5-16)。

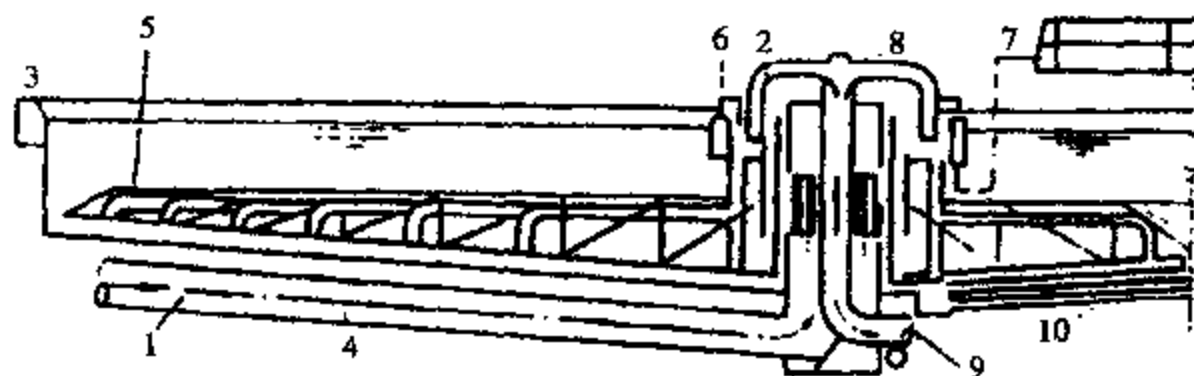


图 5-16 带有中央驱动装置的吸泥型辐流式沉淀池

1——进11; 2——挡板; 3——堰; 4——刮板; 5——吸泥管; 6——冲洗管的空气升液器;
7——压缩空气入口; 8——排泥虹吸管; 9——污泥出口; 10——放空管

⑤当池径（或正方形一边）较小（小于20m）时，也可采用多斗排泥（见图5-17）。

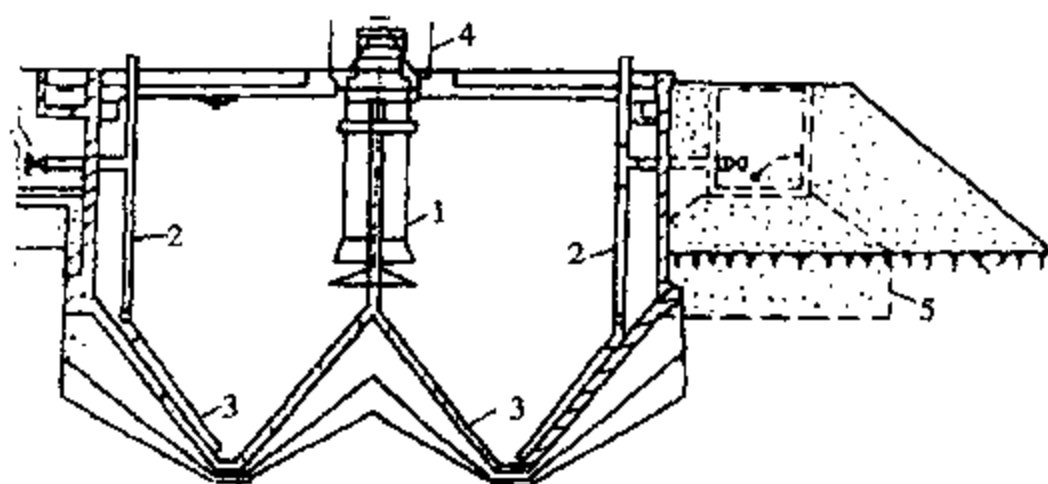


图 5-17 多斗排泥的辐流式沉淀池

1——中心管；2——污泥管；3——污泥斗；4——栏杆；5——砂垫

⑥进、出水的布置方式可分为：

- a. 中心进水周边出水（见图5-18）；
- b. 周边进水中心出水（见图5-19）；
- c. 周边进水周边出水（见图5-20）。

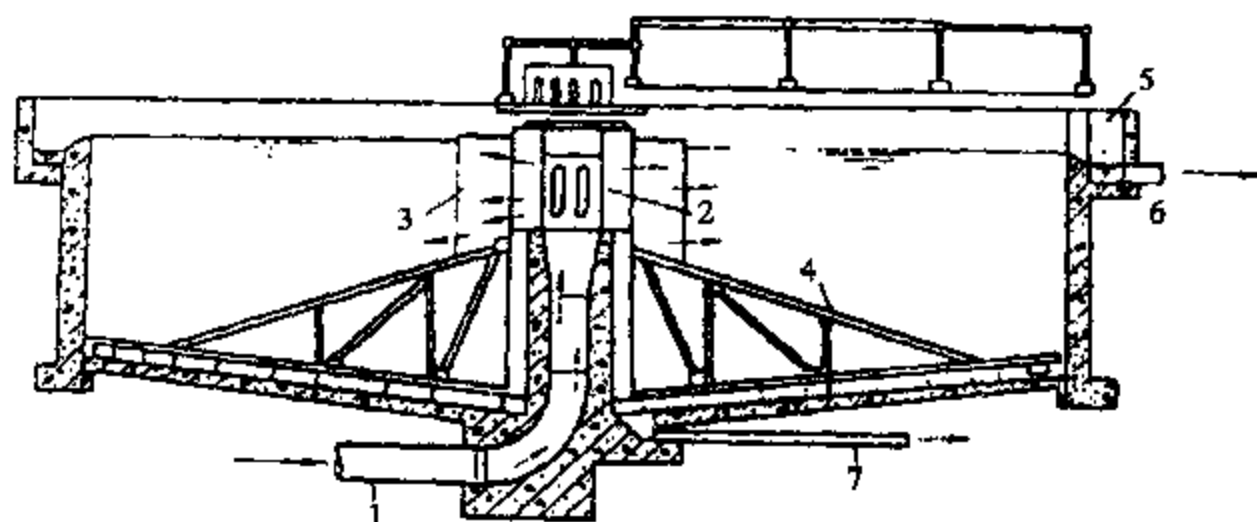


图 5-18 中心进水周边出水的辐流式沉淀池

1——进水管；2——中心管；3——穿孔挡板；4——刮泥机；
5——出水槽；6——出水管；7——排泥管

⑦池径小于20m，一般采用中心传动的刮泥机，其驱动装置设在池子中心走道板上（见图5-21），池径大于20m时，一般采用周边传动的刮泥机，其驱动装置设在桁架的外缘（见图5-22）。

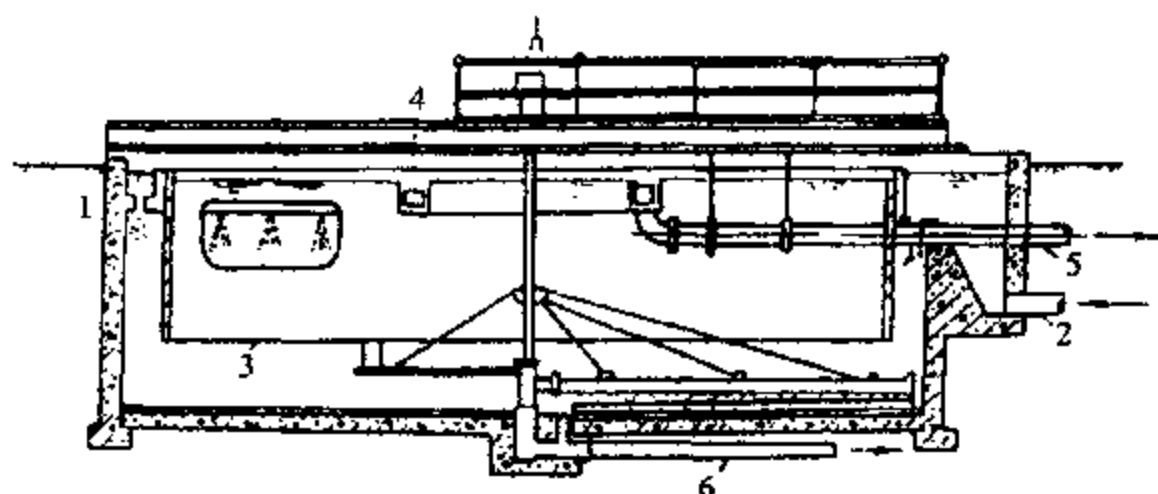


图 5-19 周边进水中心出水的辐流式沉淀池

1——进水槽；2——进水管；3——挡板；4——出水槽；5——出水管；6——排泥管

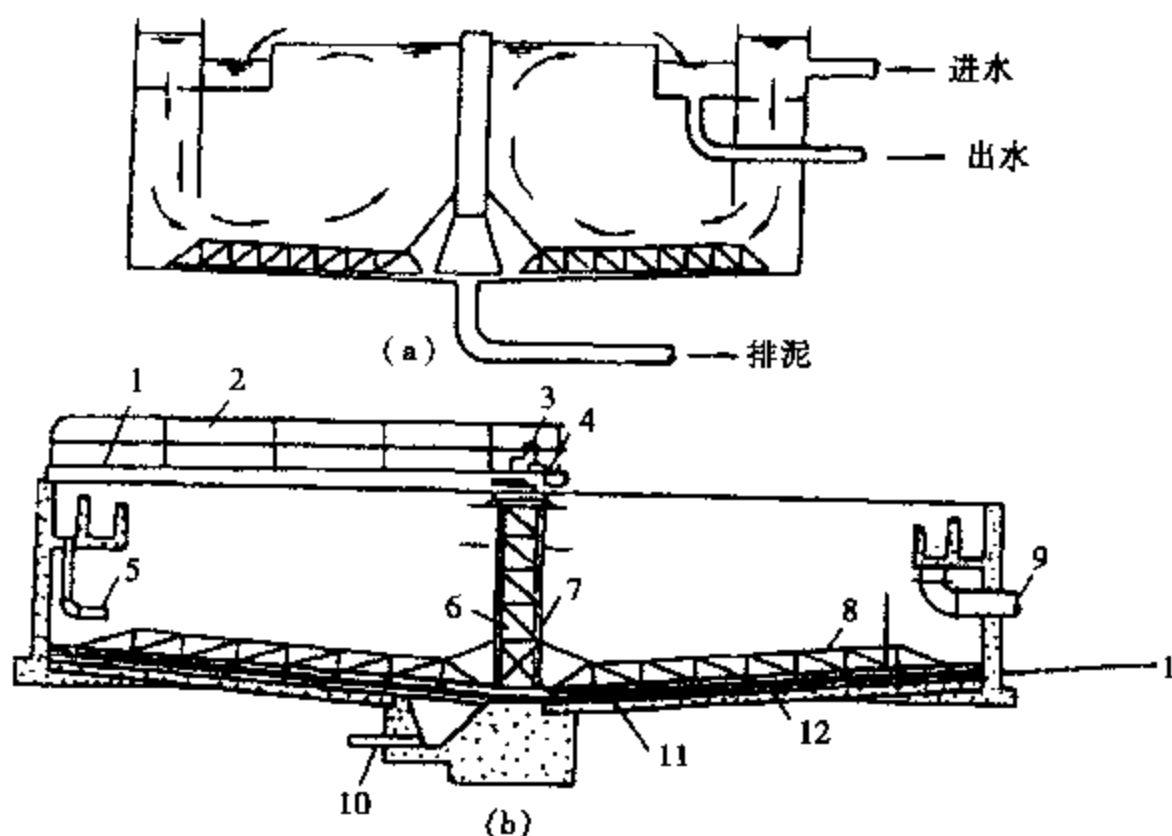


图 5-20 周边进水周边出水的辐流式沉淀池

1——过桥；2——栏杆；3——传动装置；4——转盘；5——进水下降管；
6——中心支架；7——传动器罩；8——桁架式耙架；9——出水管；10——排泥管；
11——刮泥板；12——可调节的橡皮刮板

⑧刮泥机的旋转速度一般为 1~3 转/h，外周刮泥板的线速不超过 3m/min，一般采用 1.5m/min。在进水口的周围应设置整流板，整流板的开孔面积为过水断面的 6%~20%。

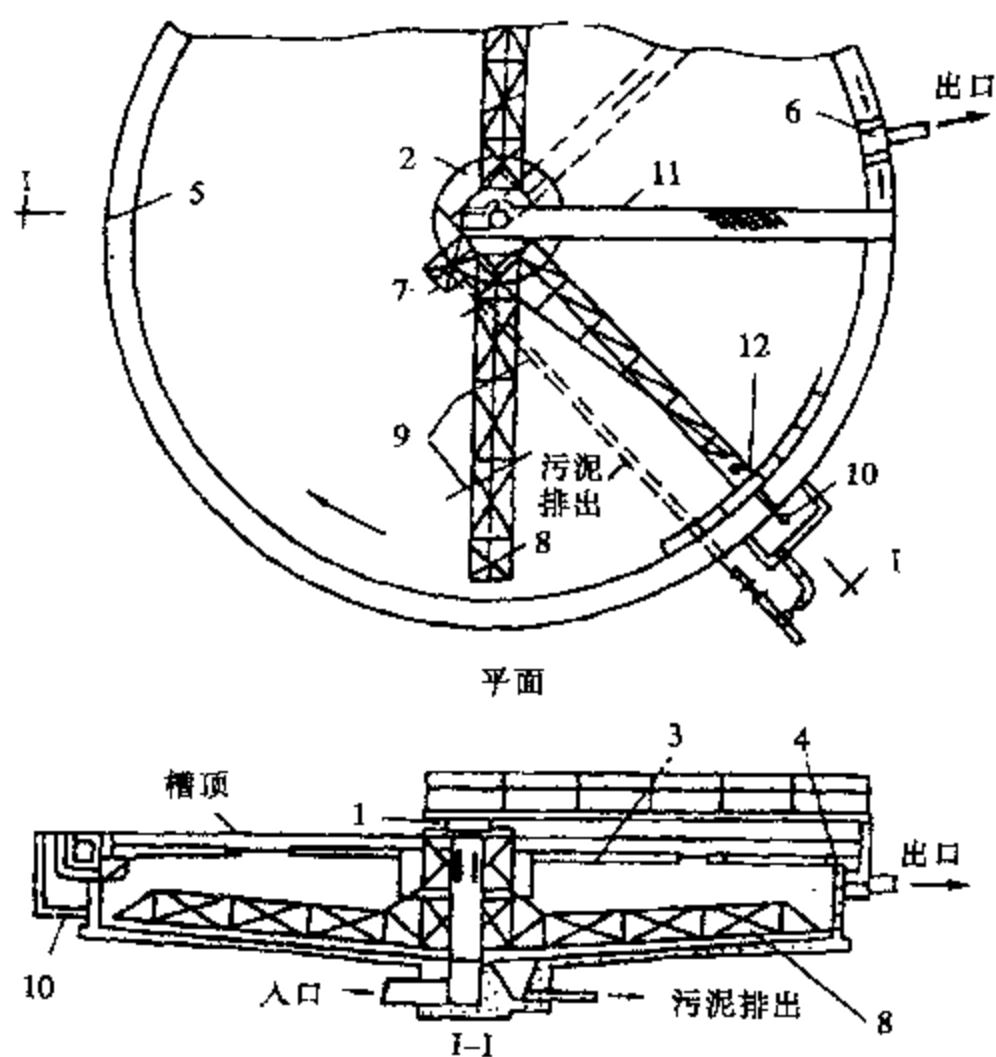


图 5-21 中央驱动式辐流式沉淀池

1—驱动装置；2—整流筒；3—撇渣挡板；4—堰板；5—周边出水槽；6—出水井；
7—污泥斗；8—刮泥板桁架；9—刮板；10—污泥井；11—固定桥；12—球阀式撇渣机构

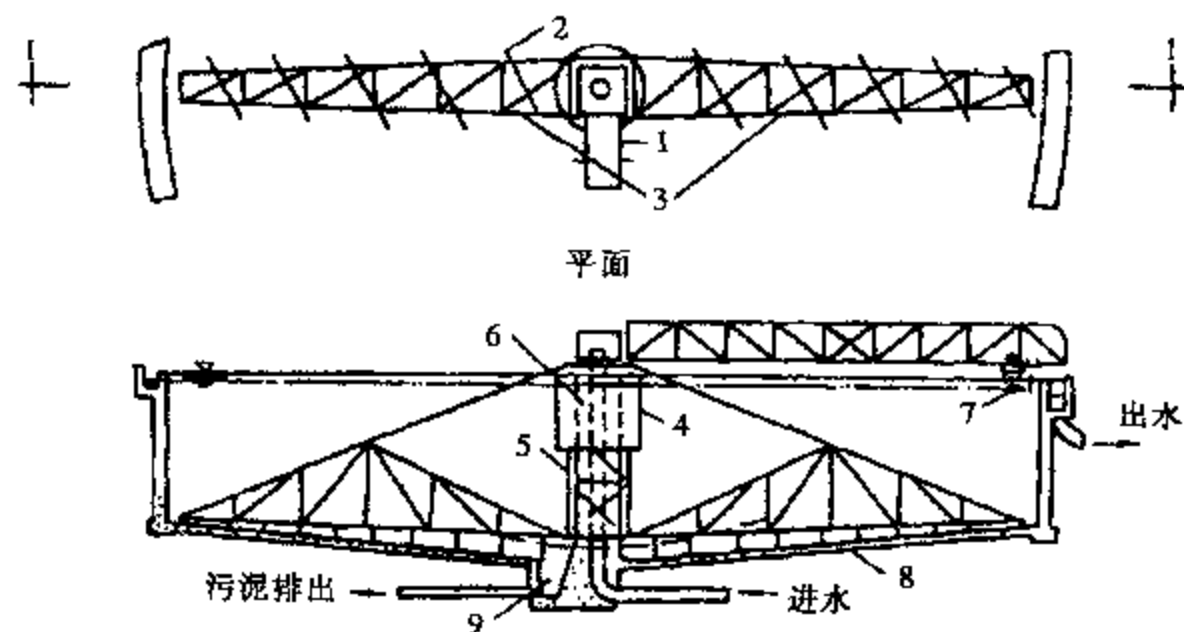


图 5-22 周边驱动式辐流式沉淀池

1—步道；2—弧形刮板；3—刮板旋臂；4—整流筒；5—中心架；
6—钢筋混凝土支承台；7—周边驱动；8—池底；9—污泥斗

⑨浮渣用浮渣刮板收集，刮渣板装在刮泥机桁架的一侧，在出水堰前应设置浮渣挡板（见图 5-23）。

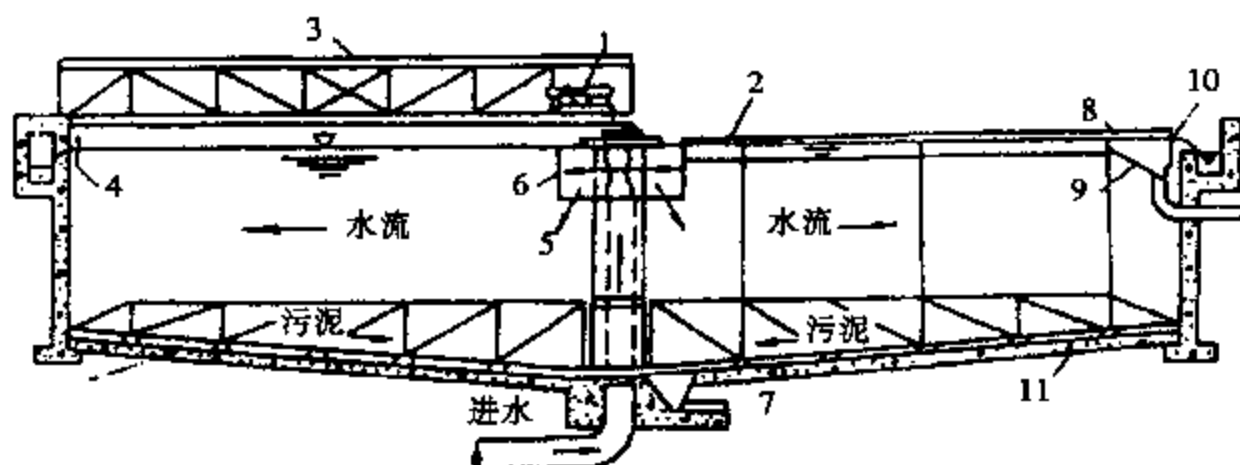


图 5-23 辐流式沉淀池（刮渣板装在刮泥机桁架的一侧）

1——驱动；2——装在一侧桁架上的刮渣板；3——桥；4——浮渣挡板；5——转动挡板；6——转筒；7——排泥管；8——浮渣挡板；9——浮渣箱；10——出水堰；11——刮泥板

⑩周边进水的辐流式沉淀池是一种沉淀效率较高的池型，与中心进水、周边出水的辐流式沉淀池相比，其设计表面负荷可提高 1 倍左右。

2) 设计计算公式

辐流式沉淀池取池半径 1/2 处的水流断面作为计算断面，设计计算公式如下：

名 称	公 式	符号说明
1. 沉淀部分水面面积	$F = \frac{Q_{\max}}{nq'} \quad (\text{m}^2)$	Q_{\max} ——最大设计流量, m^3/h n ——池子个数, 个
2. 池子直径	$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (\text{m})$	q' ——表面负荷, $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ t ——沉淀时间, h
3. 沉淀部分有效水深	$h_2 = q't \quad (\text{m})$	S ——每人每日污泥量, $\text{L}/\text{人} \cdot \text{d}$, 一般采用 0.3 ~ 0.8 N ——设计人口, 人
4. 沉淀部分有效容积	$V = \frac{Q_{\max}}{N} \cdot t \quad (\text{m}^3)$ 或 $V' = Fh_2 \quad (\text{m}^3)$	T ——两次清除污泥间隔时间, d C_1 ——进水悬浮物浓度, t/m^3 C_2 ——出水悬浮物浓度, t/m^3 K_z ——生活污水量变化系数 γ ——污泥容重, t/m^3 , 取 1.0
5. 污泥部分所需的容积	1. $V = \frac{SNT}{1000n} \quad (\text{m}^3)$ 2. $V = \frac{Q_{\max}(C_1 - C_2) \cdot 24 \times 100T}{K_z\gamma(100 - p_0)n} \quad (\text{m}^3)$	p_0 ——污泥含水率, % h_5 ——污泥斗高度, m r_1 ——污泥斗上部半径, m

名 称	公 式	符号说明
6. 污泥斗容积	$V_1 = \frac{\pi h_5}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) \quad (\text{m}^3)$	r_2 ——污泥斗下部半径, m
7. 污泥斗以上圆锥体部分污泥容积	$V_2 = \frac{\pi h_4}{3} (R^2 + R r_1 + r_1^2) \quad (\text{m}^3)$	h_4 ——圆锥体高度, m R ——池子半径, m
8. 沉淀池总高度	$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \quad (\text{m})$	h_1 ——超高, m h_3 ——缓冲层高度, m
9. 污泥斗容积	$V_1 = \frac{1}{3} h_4'' (f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2}) \quad (\text{m}^3)$	f_1 ——斗上口面积, m^2 f_2 ——斗下口面积, m^2 h_4'' ——泥斗高度, m
10. 污泥斗以上梯形部分污泥容积	$V_2 = \frac{l_1 + l_2}{2} h_4' \cdot b \quad (\text{m}^3)$	l_1 ——梯形上底长, m l_2 ——梯形下底长, m h_4' ——梯形的高度, m

周边进水沉淀池的设计计算公式如下:

名 称	公 式	符号说明
1. 沉淀部分水面面积	$F = \frac{Q_{\max}}{nq'} \quad (\text{m}^2)$	Q_{\max} ——最大设计流量, m^3/h n ——池子个数, 个
2. 池子直径	$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (\text{m})$	q' ——表面负荷, $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ Q_0 ——单池设计流量, m^3/h ;
3. 校核堰口负荷	$q_1' = \frac{Q_0}{3.6\pi D} \quad (\text{L/s} \cdot \text{m})$	$Q_0 = Q/n$, 一般 $q_1' \leq 4.34$ N_w ——混合液悬浮物浓度 (MLSS), kg/m^3
4. 校核固体负荷	$q_2' = \frac{(1+R)Q_0 N_w \times 24}{F} \quad (\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d})$	R ——污泥回流比 q_2' ——一般可达 150 左右
5. 澄清区高度	$h_2' = \frac{Q_0 t}{F} \quad (\text{m})$	t ——沉淀时间, h, 一般采用 1 ~ 1.5
6. 污泥区高度	$h_2'' = \frac{(1+R)Q_0 N_w t'}{0.5(N_w + C_u)F} \quad (\text{m})$	t' ——污泥停留时间, h C_u ——底流浓度, kg/m^3
7. 池边水深	$h_2 = h_2' + h_2'' + 0.3 \quad (\text{m})$	0.3——缓冲层高度, m h_1 ——超高, 一般采用 0.3m
8. 沉淀池总高度	$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (\text{m})$	h_3 ——池中心与池边落差, m h_4 ——污泥斗高度, m

表 5-8 各种活性污泥处理系统设计与运行参数的建议值(对城市污水)

活性污泥运行方式	表示符号	FOD-SS 负 荷(kgBOD ₅ /kgMLVSS·d)		BOD—容积 负荷(kgBOD ₅ /m ³ ·d)	污泥龄 (d)	混合液悬浮固体浓度(mg/L)		污泥回流比 (%)	曝气时间 (h)
		N _S	N _V			MLSS	MLVSS		
1. 传统活性污泥法		0.2~0.4	0.3~0.6	5~15	1500~3000	1200~2400	0.25~0.50	4~8	
2. 阶段曝气活性污泥法		0.2~0.4	0.6~1.0	5~15	2000~3500	1600~2800	0.25~0.75	3~5	
3. 吸附—再生活性污泥法		0.2~0.6	1.0~1.2	5~15	吸附池		吸附池	0.25~1.0	吸附池 0.5~1.0 再生池 3~6.0
					再生池		再生池		
					4000~10000		3200~8000		
4. 延时曝气活性污泥法		0.05~0.15	0.1~0.4	20~30	3000~6000	2400~4800	0.75~1.50	20~36~48	
5. 高负荷活性污泥法		1.5~5.0	1.2~2.4	0.2~2.5	200~500	160~400	0.05~0.15	1.5~3.0	
6. 完全混合活性污泥法		0.2~0.6	0.8~2.0	5~15	3000~6000	2400~4800	0.25~1.0	—	
7. 深井曝气活性污泥法		1.0~1.2	5.0~10.0	5	5000~10000	—	—	>0.5	
8. 纯氧曝气活性污泥法		0.4~0.8	2.0~3.2	5~15	—	—	—	—	

[例题 5-7] 某污水处理厂的设计流量 $Q = 4000 \text{ m}^3/\text{h}$, 曝气池混合液悬浮浓度 $N_w = 2 \text{ kg/m}^3$, 回流污泥浓度 $C_u = 6 \text{ kg/m}^3$, 污泥回流比 $R = 0.5$, 试求周边进水二次沉淀池的各部尺寸。

[解] 辐流式沉淀池计算草图见 5-24。

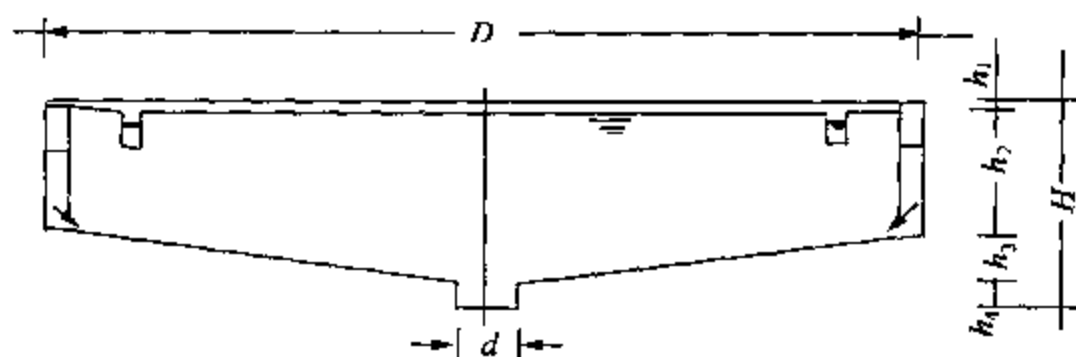


图 5-24 辐流式沉淀池计算草图

(1) 沉淀部分水面面积

设池数 $n = 2$ 个, 表面负荷 $q' = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

$$F = \frac{Q}{nq'} = \frac{4000}{2 \times 2} = 1000 (\text{m}^2)$$

(2) 池子直径

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1000}{\pi}} = 35.7 (\text{m}) \quad \text{取 } D = 37 \text{ m}$$

(3) 实际水面面积

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 37^2}{4} = 1075 (\text{m}^2)$$

(4) 实际表面负荷

$$q' = \frac{Q}{nF} = \frac{4000}{2 \times 1075} = 1.86 (\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

(5) 单池设计流量

$$Q_0 = \frac{Q}{n} = \frac{4000}{2} = 2000 (\text{m}^3/\text{h})$$

(6) 校核堰口负荷

$$q_1' = \frac{Q_0}{2 \times 3.6 \pi D} = \frac{2000}{2 \times 3.6 \times \pi \times 37} = 2.39 \text{ l/s} \cdot \text{m} < 4.34 \text{ l/s} \cdot \text{m}$$

(7) 校核固体负荷

$$\begin{aligned} q_2' &= \frac{(1+R)Q_0N_w \times 24}{F} = \frac{(1+0.5) \times 2000 \times 2 \times 24}{1075} \\ &= 134 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d} < 150 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d} (\text{符合要求}) \end{aligned}$$

(8) 澄清区高度

设 $t = 1\text{h}$

$$h_2' = \frac{Q_0 t}{F} = \frac{2000 \times 1}{1075} = 1.86(\text{m})$$

按在沉淀池澄清区最小允许深度 1.5m 考虑, 取 $h_2' = 1.5\text{m}$

(9) 污泥区高度

设 $t' = 1.5\text{h}$

$$h_2'' = \frac{(1+R)Q_0 N_w t'}{0.5(N_w + C_u)F} = \frac{(1+0.5) \times 2000 \times 2 \times 1.5}{0.5(2+6) \times 1075} = 2.09(\text{m})$$

(10) 池边深度

$$h_2 = h_2' + h_2'' + 0.03 = 1.5 + 2.09 + 0.3 = 3.89(\text{m})$$

取 $h_2 = 4\text{m}$

(11) 沉淀池高度

设池底坡度为 0.06 , 污泥斗直径 $d = 2\text{m}$,

池中心与池边落差

$$h_3 = 0.06 \times \frac{D-d}{2} = 0.06 \times \frac{37-2}{2} = 1.05(\text{m})$$

超高 $h_4 = 0.3\text{m}$, 污泥斗高度 $h_4 = 1.0\text{m}$

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 0.3 + 4.0 + 1.05 + 1.0 = 6.35(\text{m})$$

四、普通曝气池

1. 传统活性污泥法工艺流程及活性污泥法运行方式

活性污泥系统主要由曝气池、曝气系统、二沉池、污泥回流系统和剩余污泥排放系统组成。其工艺流程如图 5-25 所示。

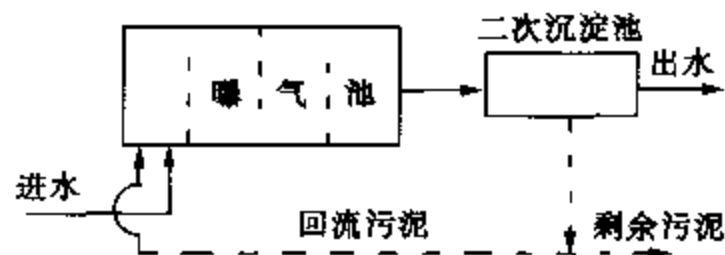


图 5-25 传统活性污泥法处理流程

活性污泥法有多种运行方式, 各种运行方式的设计与运行参数建议值列于表 5-8 中。

2. 普通曝气池设计计算公式

名 称	公 式	符号说明
1. 处理效率	$\eta = \frac{S_a - S_e}{S_a} \times 100\%$ $= \frac{S_r}{S_a} \times 100\%$	η ——BOD 去除效率, % S_a ——进水 BOD 浓度, kg/m^3 S_e ——出水 BOD 浓度, kg/m^3 S_r ——去除 BOD 浓度, kg/m^3
2. 曝气池容积	$V = \frac{QS_r}{N_s X_v} \quad (\text{m}^3)$ $X_v = fX \quad (\text{kg}/\text{m}^3)$	V ——曝气池容积, m^3 Q ——污水设计流量, m^3/d N_s ——BOD - 污泥负荷, $\text{kgBOD}_5/\text{kgMLVSS} \cdot \text{d}$ X_v ——混合液挥发性悬浮固体浓度 $\text{MLVSS}, \text{kg}/\text{m}^3$
3. 水力停留时间	$t_m = \frac{V}{Q} \quad (\text{d})$ $t_n = \frac{V}{(1+R)Q} \quad (\text{d})$	X ——混合液悬浮固体浓度 $\text{MLSS}, \text{kg}/\text{m}^3$ f ——系数, 一般 0.7 ~ 0.8 t_m ——名义水力停留时间, d t_n ——实际水力停留时间, d
4. 污泥产量	$Y = aQS_r - bVX_v \quad (\text{kg}/\text{d})$	R ——污泥回流比 Y ——系统每日排出剩余污泥量, kg/d a ——污泥增殖系数, 一般为 0.5 ~ 0.7 b ——污泥自身氧化率, $1/\text{d}$, 一般为 0.04 ~ 0.1
5. 泥龄	$t_s = \frac{1}{aN_s - b} \quad (\text{d})$ $q = \frac{VR}{(1+R)t_s} \quad (\text{m}^3/\text{d})$	t_s ——污泥龄, d , 亦称污泥停留时间即 SRT q ——剩余污泥量, m^3/d
6. 曝气池需氧量	$O_2 = a'QS_r + b'VX_v \quad (\text{kg}/\text{d})$	O_2 ——混合液每日需氧量, 千克 O_2/d a' ——氧化每千克 BOD 需氧千克数, $\text{kg } O_2/\text{kg BOD}$, 一般为 0.42 ~ 0.53 b' ——污泥自身氧化需氧率, $1/\text{d}$, 亦即 $\text{kg } O_2/\text{kg MLVSS} \cdot \text{d}$, 一般为 0.188 ~ 0.11

3. 曝气设施的一般要求

- (1) 除满足生化需氧量以外, 还应使曝气池混合液的 DO 为 $2\text{mg}/\text{L}$ 。
- (2) 混合液在池中平均流速为 $0.25\text{m}/\text{s}$ 左右, 使活性污泥保持悬浮状态, 不致沉淀。
- (3) 在满足需氧要求的前提下, 曝气的动力效率 $[\text{kgO}_2/\text{kW} \cdot \text{h}]$ 和氧转移

效率 E_A (%) 应力求较高。

(4) 曝气设施的充氧能力应便于调节, 以灵活适应需氧变化。

(5) 曝气设施应有清水试验资料, 曝气器应不易堵塞。

(6) 在同一供气系统中, 鼓风机应尽可能选择同一类型。鼓风机的备用台数: 工作风机不多于 3 台时, 备用 1 台; 工作风机不少于 4 台, 备用 2 台。

「例题 5-8」设城市污水一级出水 $BOD_5 = 200\text{mg/L}$, 设计流量 $Q = 400\text{m}^3/\text{h}$ ($9600\text{m}^3/\text{d}$), 要求二级出水 $BOD_5 = 20\text{mg/L}$, 求普通推流式曝气池的有关数据。

「解」根据要求, 处理效率

$$\eta = \frac{200 - 20}{200} = \frac{180}{200} = 90\%$$

设 $X = 3\text{kg}/\text{m}^3$, $f = 0.7$, 则 $X_v = 0.7 \times 3 = 2.1\text{kg}/\text{m}^3$, 采用 $N_s = 0.4$, 曝气池容积为

$$V = \frac{QS_r}{N_s X_v} = \frac{9600 \times 0.18}{2.1 \times 0.4} = 2057 (\text{m}^3)$$

故水力停留时间

$$t_m = \frac{V}{Q} = \frac{2057}{9600} = 0.214\text{d} = 5.1\text{h}$$

污泥产量, 设 $a = 0.6$, $b = 0.08$

则系统每日排出剩余污泥量为

$$Y = aQS_r + bVX_v = 0.6 \times 9600 \times 0.18 + 0.08 \times 2057 \times 2.1 = 691.2 (\text{kg}/\text{d})$$

泥龄为

$$t_s = \frac{1}{aN_s - b} = \frac{1}{0.6 \times 0.4 - 0.08} = 6.25 (\text{d})$$

取 $R = 0.5$, 由二沉池底排剩余污泥, 则污泥量为

$$q = \frac{VR}{(1+R)t_s} = \frac{2057 \times 0.5}{(1+0.5)6.25} = 110 (\text{m}^3/\text{d})$$

需氧量, 设 $a' = 0.5$, $b' = 0.16$, 则曝气池每日需氧量为

$$\begin{aligned} O_2 &= a'QS_r + b'VX_v = 0.5 \times 9600 \times 0.18 + 0.16 \times 2057 \times 2.1 \\ &= 1555 (\text{kgO}_2/\text{d}) \end{aligned}$$

第二节 污水处理厂的平面布置设计

一、总体规划

城市污水处理厂厂址应根据城市建设总体规划,结合城市地形、排入水体、城市排水设施状况等条件,对城市排水系统包括污水处理厂厂址做出多方案的技术经济比较论证后,选择最佳方案。

对污水处理厂进行总体规划时,应首先处理好以下四个方面。

1. 集中与分散建设

由于建设集中处理的大型污水厂比建设分散的小型污水厂,具有基建投资少、运行费用低、管理方便等优点。所以当城市条件允许,同时排水系统和污水处理厂可分期实施的情况下,应首先考虑集中处理的原则。例如某城市污水采用集中处理的方案,如图 5-26 所示。近期在该市运河以东修建了合流式截流干管,将运河以东的城市干流污水和雨水送到污水处理厂进行处理。而远期再兴建

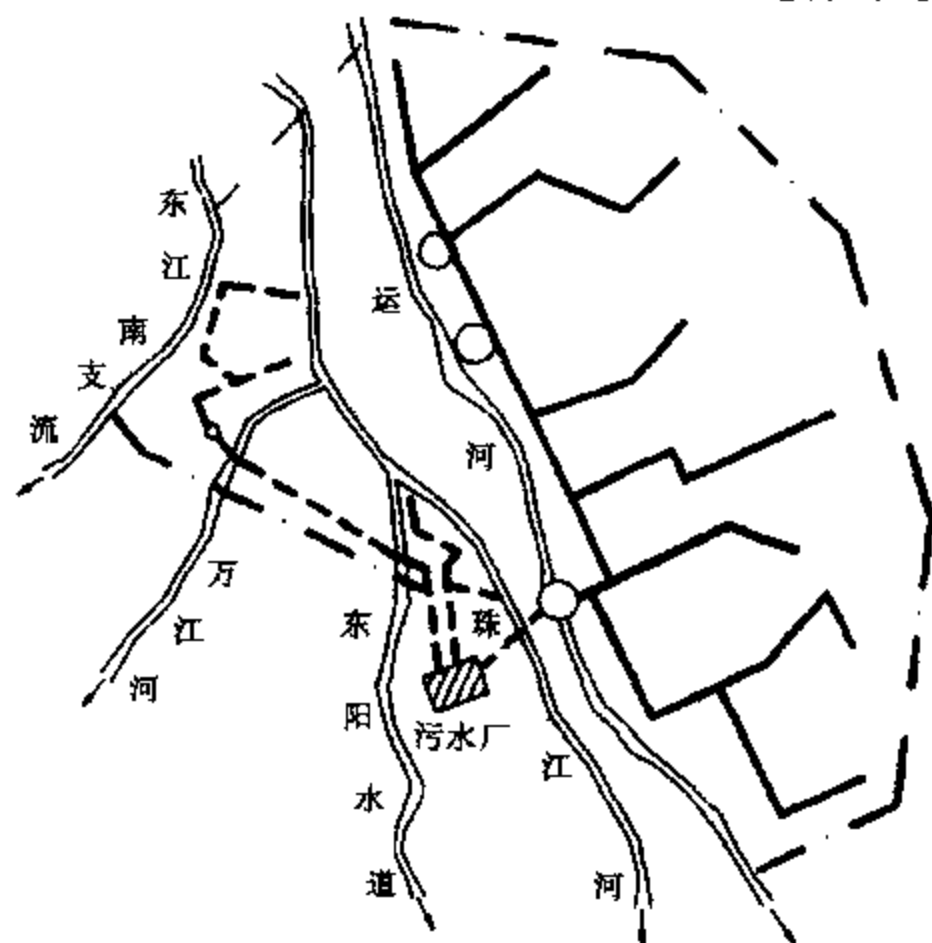


图 5-26 某市污水处理厂厂址选择

运河以西的两条管道系统，将收集的城市污水送回原污水厂，通过扩建污水厂来处理新增的污水。

但是当城市被山或大江大河分隔，城市规划比较分散，现有的排水系统的排水方向不同或排入的水体不同时，应考虑分散处理，而不宜集中处理。如上所述，虽然集中处理比分散处理具有许多优点，但分散建厂处理却具有可分期投资，逐个建成及见效快的优点，同时还具有适应城市总体规划发展和变化的灵活性。例如某市被一条河分隔成东西两部分，见图 5-27，同时市内因大成山而形成分水岭，所以根据具体情况，排水规划成两个排水系统，采用分建两座污水处理厂的方式是合适的。

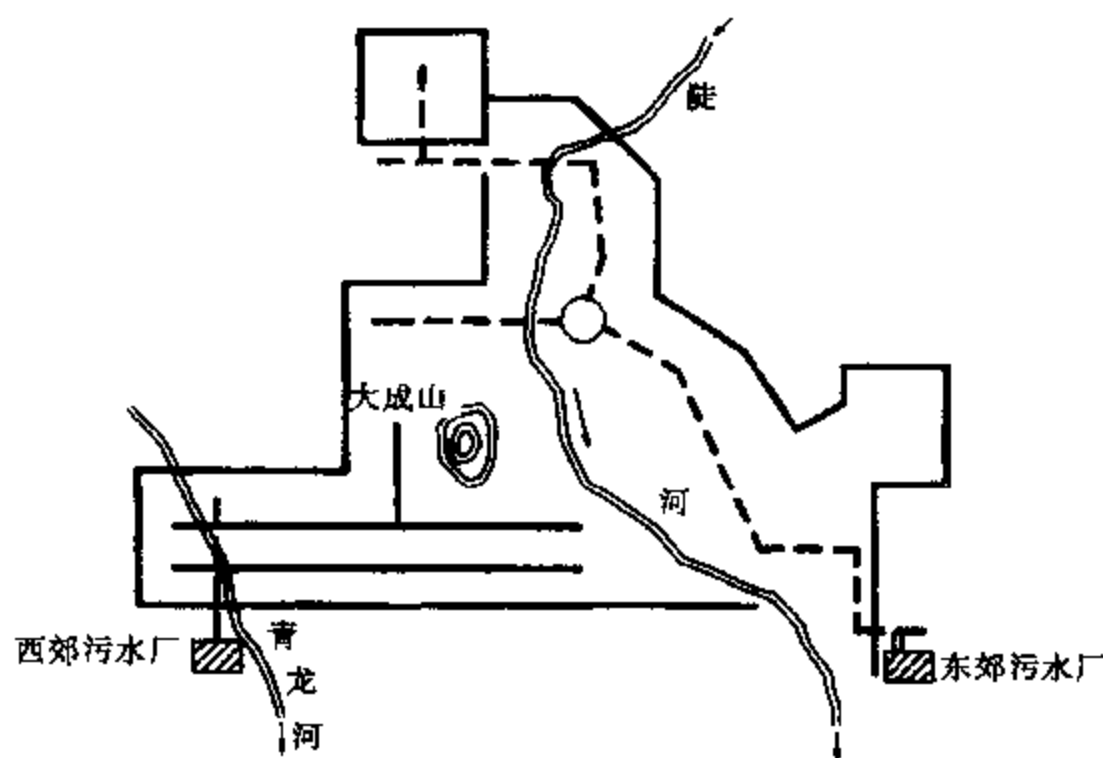


图 5-27 某市污水处理厂厂址选择

2. 近期与远期建设

根据城市总体规划的建设分期，对于集中处理或分散处理都应将近期与远期分开，以便节省近期投资，又能适应远期城市建设总体规划的变化或调整。

3. 排水与水源影响

城市污水处理厂应建在城市河流的下游，以保护地面水水源。在有潮汐河流的城市，其污水处理厂的排放口应考虑河水涨潮上溯对上游集中取水点水源的影响。

4. 出水出路与利用

由于水资源的日益缺乏,应考虑污水厂处理后出水回用于农业灌溉和市政与工业回用,所以污水厂应尽量靠近农业灌溉区和工业区。对于干旱缺水的城市,污水厂出水的回用显得更加重要。

二、污水厂厂址选择的主要原则

(1) 厂址必须位于城镇水体的下游,与城市集中供水水源的距离应不小于500m。

(2) 为了保证环境卫生的要求,厂址应与规划居住区或公共建筑保持一定的卫生防护距离,一般不小于300m,同时处理厂周围应有充分的绿化带。

(3) 厂址应设在城市和工厂的夏季主导风向的下风向。

(4) 厂址选择应尽可能少占农田,同时又应便于农田灌溉与回用于市政和工业。

(5) 厂区地形应不受水淹没和洪水的威胁。

(6) 应有良好的工程地质条件,地下水位应较低。

(7) 要充分利用地形,将厂址选在地形有适当坡度的地区,以满足污水处理高程布置的需要,以节约能耗。

(8) 应有扩建的余地,以满足城市总体规划远期发展的需要。

(9) 应有方便的交通运输和水电供应等条件。

三、污水处理厂的平面布置

污水处理厂厂区内有各处理单元构筑物、连通各处理构筑物之间的管、渠及其它管线、辅助性建筑物、道路以及绿地等。对于污水处理厂厂区平面规划、布置时,应考虑以下原则。

1. 各处理单元构筑物的平面布置

处理构筑物是污水处理厂的主体建筑物,在作平面布置时,应根据各构筑物的功能要求和水力要求,结合地形和地质条件,确定它们在厂区内平面的布置,应考虑:

(1) 贯通、连接各处理构筑物之间的管、渠应便捷、直通,避免迂回曲折。

(2) 土方量做到基本平衡,并避开劣质土壤地段。

(3) 在处理构筑物之间,应保持一定的间距,以保证敷设连接管、渠的要

求，一般的间距可取 5~10m，某些有特殊要求的构筑物，如消化池、消化气罐等，其间距应按有关规定确定。

(4) 各处理构筑物在平面布置上，应考虑尽量紧凑。

2. 管、渠的平面布置

(1) 在各处理构筑物之间，设有贯通、连接的管渠。此外，还应设有能够使各处理构筑物独立运行的管、渠，当某一处理构筑物因故停止工作时，使其后接处理构筑物，仍能够保持正常的运行。

(2) 应设超越全部处理构筑物，直接排放水体的超越管。

(3) 在厂区内还设有给水管、空气管、消化气管、蒸汽管以及输配电线路。这些管线有的敷设在地下，但大部分都在地上，对它们的安排，既要便于施工和维护管理，但也要紧凑，少占用地，也可以考虑采用架空的方式敷设。

(4) 在污水处理厂厂区内，应有完善的排雨水管道系统，必要时应考虑设防洪沟渠。

3. 辅助建筑物

污水处理厂内的辅助建筑物有泵房、鼓风机房、办公室、集中控制室、水质分析化验室、变电所、机修、仓库、食堂等。它们是污水处理厂不可缺少的组成部分。其建筑面积大小应按具体情况与条件而定。有可能时，可设立试验车间，以不断研究与改进污水处理方法。辅助建筑物的位置应根据方便、安全等原则确定。如鼓风机房应设于曝气池附近，以节省管道与动力；变电所宜设于耗电量大的构筑物附近等。化验室应远离机器间和污泥干化场，以保证良好的工作条件。办公室、化验室等均应与处理构筑物保持适当距离，并应位于处理构筑物的夏季主风向的上风向处。操作工人的值班室应尽量布置在使工人能够便于观察各处理构筑物运行情况的位置。

在污水处理厂应合理的修筑道路，方便运输。应广为植树绿化美化厂区，改善卫生条件。

在工艺设计计算时，就应考虑各构筑物、管、渠以及辅助建筑物之间的平面位置关系，在进行平面布置时，也可根据情况调整构筑物的数目，修改工艺设计。

总平面布置图可根据污水厂的规模采用 1:200~1:1000 比例尺的地形图绘制，常用的比例尺是 1:500。

图 5-28 所示为某污水处理厂的总平面布置图。该厂泵站设于厂外，主要处理构筑物有：格栅、曝气沉砂池、初次沉淀池、曝气池、二次沉淀池等。该厂未设污泥处理系统，污泥（包括初次沉淀池排出的生污泥和二次沉淀池排出的剩余

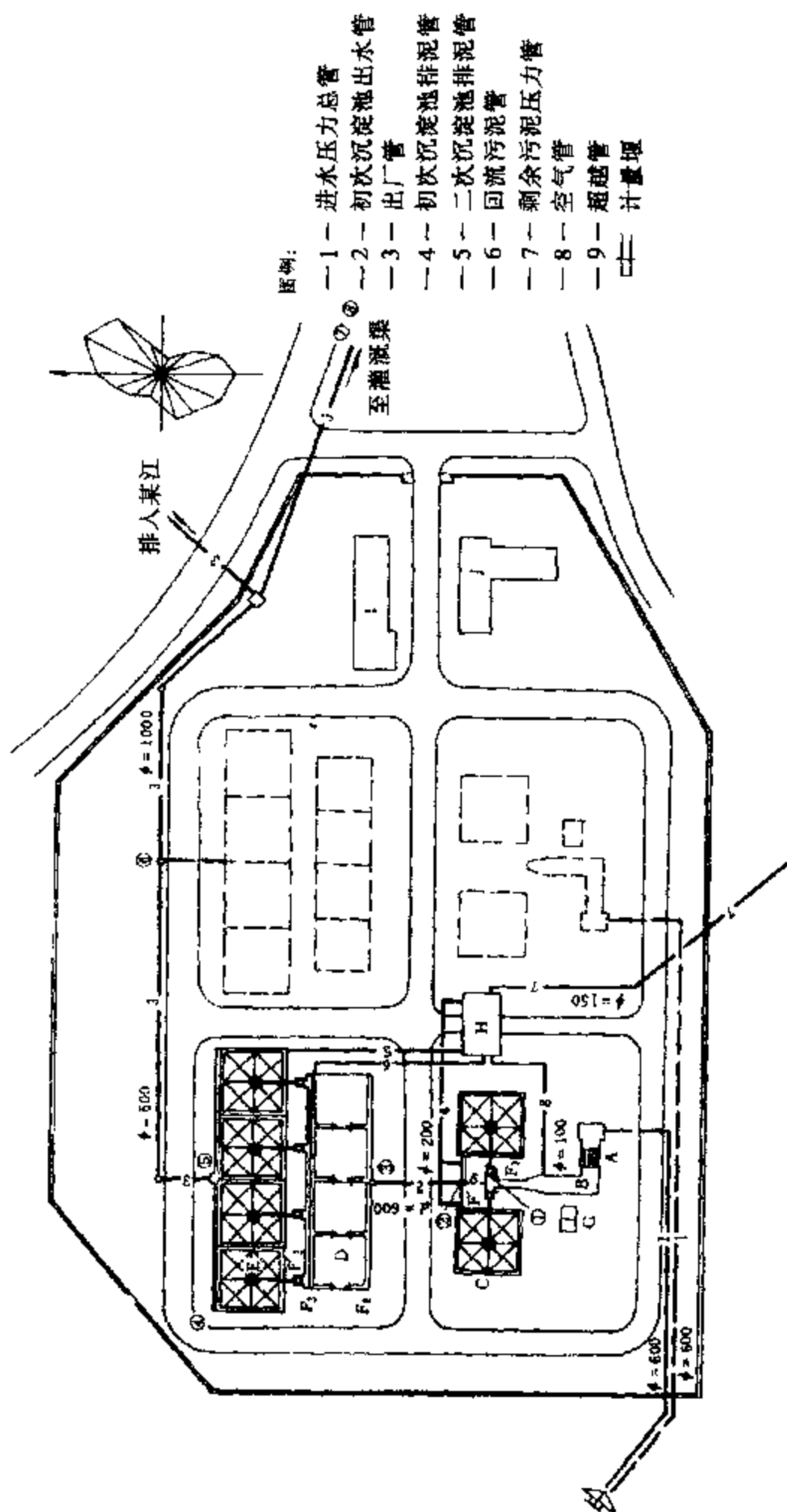


图 5-28 某污水处理厂总平面布置图

A——格栅; B——曝气沉砂池; C——初次沉淀池; D——曝气池; E——二次沉淀池; F₁、F₂、F₃——计量堰; G——除渣池;
H——污泥泵房; I——机修车间; J——办公及化验室等

污泥)通过污泥泵房直接送往农田作为肥料使用。

第三节 污水处理厂的高程布置设计

污水处理厂污水处理流程高程布置的主要任务是确定各处理构筑物 and 泵房的标高、确定处理构筑物之间连接管渠的尺寸及标高、通过计算确定各部位的水面标高,目的是使污水沿处理流程在处理构筑物之间通畅地流动,保证污水处理厂的正常运行。

一、污水流动的水头损失

为了降低运行费用和便于管理,污水在处理构筑物之间的流动,以按重力流考虑为宜,为此,必须精确地计算污水流动中的水头损失,水头损失包括:

(1) 污水流经各处理构筑物的水头损失,在做初步设计时,可按表 5-9 所列数据估算。但应当认识到,污水流经处理构筑物的水头损失,主要产生在进口和出口以及需要的跌水,流经处理构筑物本体的水头损失则较小。

表 5-9 污水流经各处理构筑物的水头损失

构筑物名称	水头损失 (cm)	构筑物名称	水头损失 (cm)
格栅	10~25	生物滤池(工作高度为 2m 时):	
沉砂池	10~25	1) 装有旋转式布水器	270~280
沉淀池		2) 装有固定喷洒布水器	450~475
平流	20~40	混合池或接触池	10~30
竖流	40~50	污泥干化场	200~350
辐流	50~60	配水井	10~20
双层沉淀池	10~20	混合池(槽)	40~60
曝气池		反应池	40~50
污水潜流入池	25~50		
污水跌水入池	50~150		

(2) 污水流经连接前后两处理构筑物管渠(包括配水设备)的水头损失,包括沿程与局部水头损失。

(3) 污水流经量水设备的水头损失。

二、污水处理高程布置原则

1. 选择一条距离最长, 水头损失最大的流程进行水力计算, 并应适当留有余地, 以保证在任何情况下, 处理系统能够运行正常。

2. 计算水头损失时, 一般应以近期最大流量(或泵的最大出水量)作为构筑物和管渠的设计流量; 计算涉及远期流量的管渠和设备时, 应以远期最大流量为设计流量, 并应考虑扩建时的备用水头。

3. 污水处理后污水应能自流排入下水道或水体, 包括洪水季节(一般按 25 年一遇防洪标准考虑)。

4. 布置高程时既要考虑某些处理构筑物(如沉淀池、调节池、沉砂池等)的排空, 但构筑物的挖土深度又不宜过大, 以免土建投资过大和增加施工的困难。

5. 在作高程布置时还应注意污水流程与污泥流程的配合, 尽量减少需提升的污泥量。污泥干化场、污泥浓缩池、消化池等构筑物高程的确定, 应注意它们的污泥水能自动排入污水入流干管或其它构筑物的可能性。

6. 进行构筑物高程布置时, 应与厂区的地形、地质条件相联系。当地形有自然坡度时, 有利于高程布置; 当地形平坦时, 既要避免二沉池埋入地下过深, 又应避免沉砂池在地面上架得过高, 这样会导致构筑物造价的增加。

绘制污水与污泥的纵断面图或工艺流程图时, 横向比例尺与总平面图的比例尺相同, 纵向比例尺一般为 1:50~1:100。

三、污水处理厂污水处理高程设计计算举例

以图 5-28 所示污水处理厂为例, 说明污水处理厂污水处理流程高程设计计算过程。

该厂初次沉淀池和二次沉淀池均为方形, 周边均匀出水。曝气池为 4 座方形完全混合式方形池, 用表面机械曝气器充氧与搅拌。

在初沉池、曝气池和二沉池之前, 分别设有薄壁计量堰 (F_1 为梯形堰, 底宽 0.5m, F_2 、 F_3 为矩形堰, 堰宽 0.7m)。

设计流量:

$$\text{近期} \quad Q_{\text{avg}} = 174\text{L/s}$$

$$Q_{\text{max}} = 300\text{L/s}$$

$$\text{远期} \quad Q_{\text{avg}} = 348\text{L/s}$$

$$Q_{\text{max}} = 600\text{L/s}$$

回流污泥量按污水量的 100% 计算。

在高程布置前, 要先设计连接处理构筑物的管渠, 连接管渠的水力计算见表 5-10。

表 5-10 连接管渠水力计算表

设计 点编 号	管渠 名称	设计 流量 (L/s)	管渠设计参数					
			尺寸 $D(\text{mm})$ 或 $B \times H(\text{m})$	$\frac{h}{D}$	水深 $h(\text{m})$	i	流速 $v(\text{m/s})$	长度 $l(\text{m})$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
⑧-⑦	出厂管入灌溉渠	600	1000	0.8	0.8			
⑦-⑥	出厂管	600	1000	0.8	0.8	0.001	1.01	390
⑥-⑤	出厂管	300	600	0.75	0.45	0.0035	1.37	100
⑤-④	沉淀池出水总渠	150	0.6×1.0		$0.35 \sim 0.25^{①}$			28
④-E	沉淀池集水槽	75/2	0.30×0.53^{③}		$0.38^{③}$			28
E-F ₃	沉淀池入流管	150 ^①	450			0.0028	0.94	10
F ₃ -F ₃	计量堰	150						
F ₃ -D	曝气池出水总渠	600	0.84×1.0		$0.64 \sim 0.42$			48
	曝气池集水槽	150	0.6×0.55		$0.26^{③}$			
D-F ₂	计量槽	300						
F ₂ -③	曝气池配水渠	300 ^②	0.84×0.85		$0.62 \sim 0.54$			
③-②	往曝气池配水渠	300	600			0.0024	1.07	27
②-C	沉淀池出水总渠	150	0.6×1.0		$0.35 \sim 0.25$			5
	沉淀池集水槽	150/2	0.35×0.53		0.44			28
C-F ₁	沉淀池入流管	150						
F ₁ -F ₁	计量槽	150						
F ₁ -①	沉淀池配水渠	150	0.8×1.5		$0.48 \sim 0.46$			3

① 包括回流污泥量在内。

② 按最不利条件, 即推流式运行时, 污水集中从一端入池计算。

③ 按堰上水头公式计算, 即 $B = 0.9Q^{0.4}$, $h_0 = 1.25B$ 。式中: Q 为设计流量, 为确保安全, 常对设计流量再乘以 1.2~1.5 的安全系数, m^3/s ; B 为集水

槽宽, m ; h_0 为集水槽起端水深, m 。

④ 出口处水深: $h_K = \sqrt[3]{(0.15 \times 1.5)^2 / 9.8 \times 0.6^2} = 0.25m$ (1.5 为安全系数), 起端水深可按巴克梅切夫的水力指数公式用试算法确定, 得 $h_0 = 0.35m$ 。

⑤ 曝气池集水槽采用潜孔出流, 此处 h 为孔口至槽底高度 (也为损失了的水头)。

在计算管渠的水头损失时, 沿程水头损失按表 5-10 所定坡度计算, 局部水头损失按流速水头的倍数计算。

处理后的污水排入农田灌溉渠道以供农田灌溉, 故构筑物高程受灌溉渠水位控制, 计算时, 以灌溉渠水位作为起点, 逆流程向上推算各水面标高。为了不使二沉池挖土太深, 排水总管道底标高与灌溉渠中的设计水位平接 (跌水 0.8m)。

污水处理厂的设计地面标高为 50.00m, 污水流程计算如下:

污 水 流 程 计 算		高 程 (m)
灌溉渠道 (点 8) 水位		49.25
排水总管 (点 7) 水位		
跌水 0.8m		50.05
窖井 6 后水位		
沿程损失 $= 0.001 \times 390 = 0.39m$		50.44
窖井 6 前水位		
管顶平接, 两端水位差 0.05m		50.49
二次沉淀池出水井水位		
沿程损失 $= 0.0035 \times 100 = 0.35m$		50.84
二次沉淀池出水总渠起端水位		
沿程损失 $= 0.35 - 0.25 = 0.10m$		50.94
二次沉淀池中水位		
集水槽起端水深 $= 0.38m$		
自由跌落 $= 0.10m$		
堰上水头 (计算或查表) $= 0.02m$		
合计	0.50m	51.44
堰 F ₁ 后水位		
沿程损失 $= 0.0028 \times 10 = 0.03m$		
局部损失 $= 6.0 \times \frac{0.94^2}{2g} = 0.28m$		
合计	0.31m	51.75

污 水 流 程 计 算		高 程 (m)
堰 F ₃ 前水位		
堰上水头 = 0.26m		
自由跌落 = 0.15m		
合计 0.41m		52.16
曝气池出水总渠起端水位		
沿程损失 = 0.64 - 0.42 = 0.22m		52.38
曝气池中水位		
集水槽中水位 = 0.26m		52.64
堰 F ₂ 前水位		
堰上水头 = 0.38m		
自由跌落 = 0.20m		
合计 0.58m		53.22
点 3 水位		
沿程损失 = 0.62 - 0.54 = 0.08m		
局部损失 = $5.85 \times \frac{0.69^2}{2g} = 0.14m$		
合计 0.22m		53.44
初次沉淀池处水井 (点 2) 水位		
沿程损失 = $0.0024 \times 27 = 0.07m$		
局部损失 = $2.46 \times \frac{1.07^2}{2g} = 0.15m$		
合计 0.22m		53.66
初次沉淀池中水位		
出水总渠沿程损失 = 0.35 - 0.25 = 0.10m		
集水槽起端水深 = 0.44m		
自由跌落 = 0.10m		
堰上水头 = 0.03m		
合计 0.67m		54.33
堰 F ₁ 后水位		
沿程损失 = $0.0028 \times 11 = 0.04m$		

污 水 流 程 计 算		高 程 (m)
局部损失 = $6.0 \times \frac{0.94^2}{2g} = 0.28\text{m}$		
合计	0.32m	54.65
堰 F ₁ 前水位		
堰上水头 = 0.30m		
自由跌落 = 0.15m		
合计	0.45m	55.10
沉砂池起端水位		
沿程损失 = $0.48 - 0.46 = 0.02\text{m}$		
沉砂池出口局部损失 = 0.05		
沉砂池中水头损失 = 0.20m		
合计	0.27m	55.37
格栅前水位		
过栅水头损失 = 0.15m		55.52
总水头损失 = 6.27m		

根据计算结果绘制污水处理流程图, 见图 5-29。

第四节 污水处理厂设计计算实例

一、天津市东郊污水处理厂设计实例

天津市东郊污水处理厂是天津市纪庄子污水处理厂投产后修建的又一座大型污水处理厂。该厂的建设, 吸取了纪庄子污水处理厂建设和运行的经验, 改进工艺设计, 引进关键技术、监控装置和设备, 提高污水处理效率, 充分利用生物能, 节约能耗, 节省用地, 降低工程造价和运行成本。该工程于 1989 年 8 月开工, 1993 年 4 月建成, 污水厂占地 29.5hm^2 , 工程总造价 (含国外设备) 20159 万元。

东郊污水处理厂的工艺设计, 在进行各种工艺方案比较的基础上, 仍选用鼓风曝气的设计方案。其理由是大型污水处理厂采用鼓风曝气工艺管理简便、运行

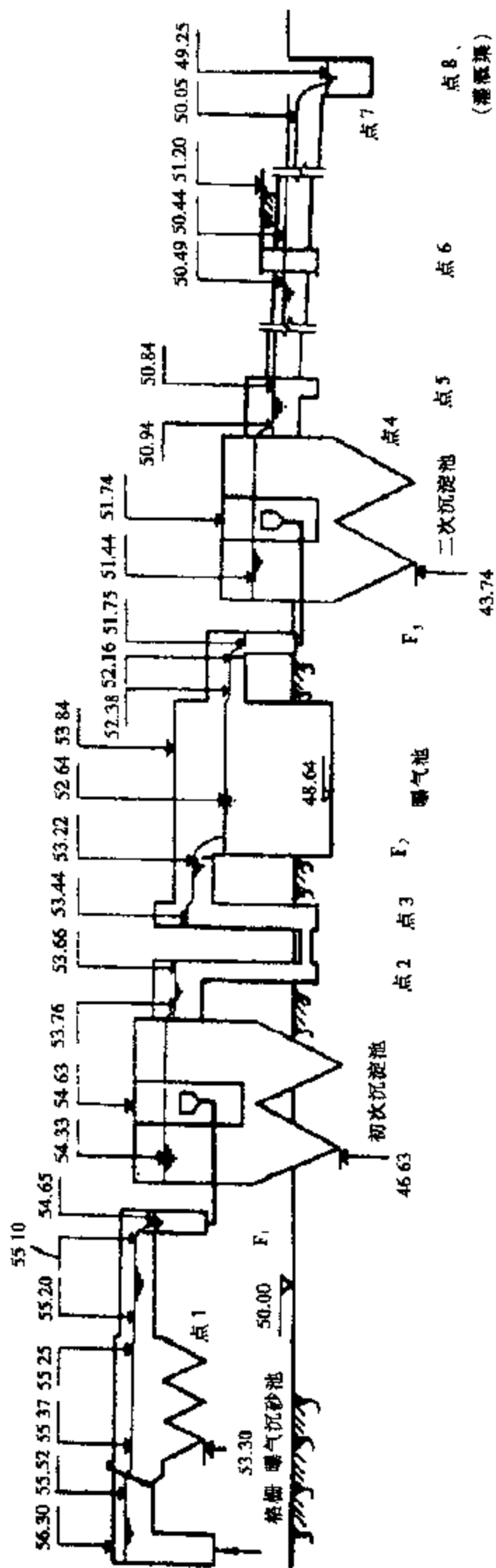


图 5-29 某污水处理厂污水处理流程高程布置图

可靠。东郊污水处理厂在总结纪庄子污水处理厂设计经验的基础上,消化吸收了国外 20 世纪 80 年代的先进技术,对每个单项构筑物及污水、污泥处理的细部方案都做了改进,如进水泵房及污水量计量的自动控制、洗砂排砂、排泥浓度控制、溶解氧自控、脱氮反硝化工艺、二沉池出水槽新工艺、消化池投泥方式、大型消化池的沼气搅拌、沼气发电升压联网、沼气锅炉及排泥阀、可调堰、细格栅等先进技术都在该厂得到了应用。

1. 水质水量

设计处理能力为 40 万 m^3/d ; 最高日流量(不脱氮) 48 万 m^3/d 。进水 BOD_5 280mg/L, 出水 40mg/L; 进水 SS 240mg/L; 出水 60mg/L。

2. 污水处理工艺流程设计

天津东郊污水处理厂工艺流程见图 5-30, 污水处理厂总平面布置见图 5-31

3. 主要处理构筑物及设备参数

(1) 进水格栅

格栅是污水处理厂的第一道预处理设施。该厂设 6 台垂直格栅, 由计算机程序控制。高水位时格栅清污机将连续工作, 运送格栅拦截的浮渣的皮带运输机与格栅清污机联锁运行, 在所有格栅停止工作后, 皮带运输机仍将运行一段时间。

6 台垂直格栅每台宽 2m, 栅条净距 25mm。

(2) 进水泵房

设 6 台 HLWB-10 型立式涡壳混流泵, 5 用 1 备。

水泵参数: 流量 $1.32\text{m}^3/\text{s}$, 扬程 13.2m, 电机功率 260kW。

泵房设有 6 个控制水位, 控制 5 台泵的运行。为避免个别水泵负荷偏重而反复起动, 水泵将依次循环投入运行。当某台泵因故障停止工作时, 另一台泵将自动投入运行。

(3) 曲面格栅

8 台曲面格栅设在沉砂池的端部。每台格栅宽度 1.2m, 栅条曲率半径 2.0m, 栅条净距 10mm。

每台格栅的清污动作根据水位模拟信号由计算机控制。当水位差处于正常值时, 清污工作将按设定时间动作; 当前后水位差超过设定值时, 清污工作将连续运行。如果清污工作连续操作时间过长, 计算机将发出报警信号。

曲面格栅刮出的浮渣落在皮带运输机上, 皮带运输机的运行与格栅清污机联锁, 清污工作停止后, 运输机仍将运行一段时间。

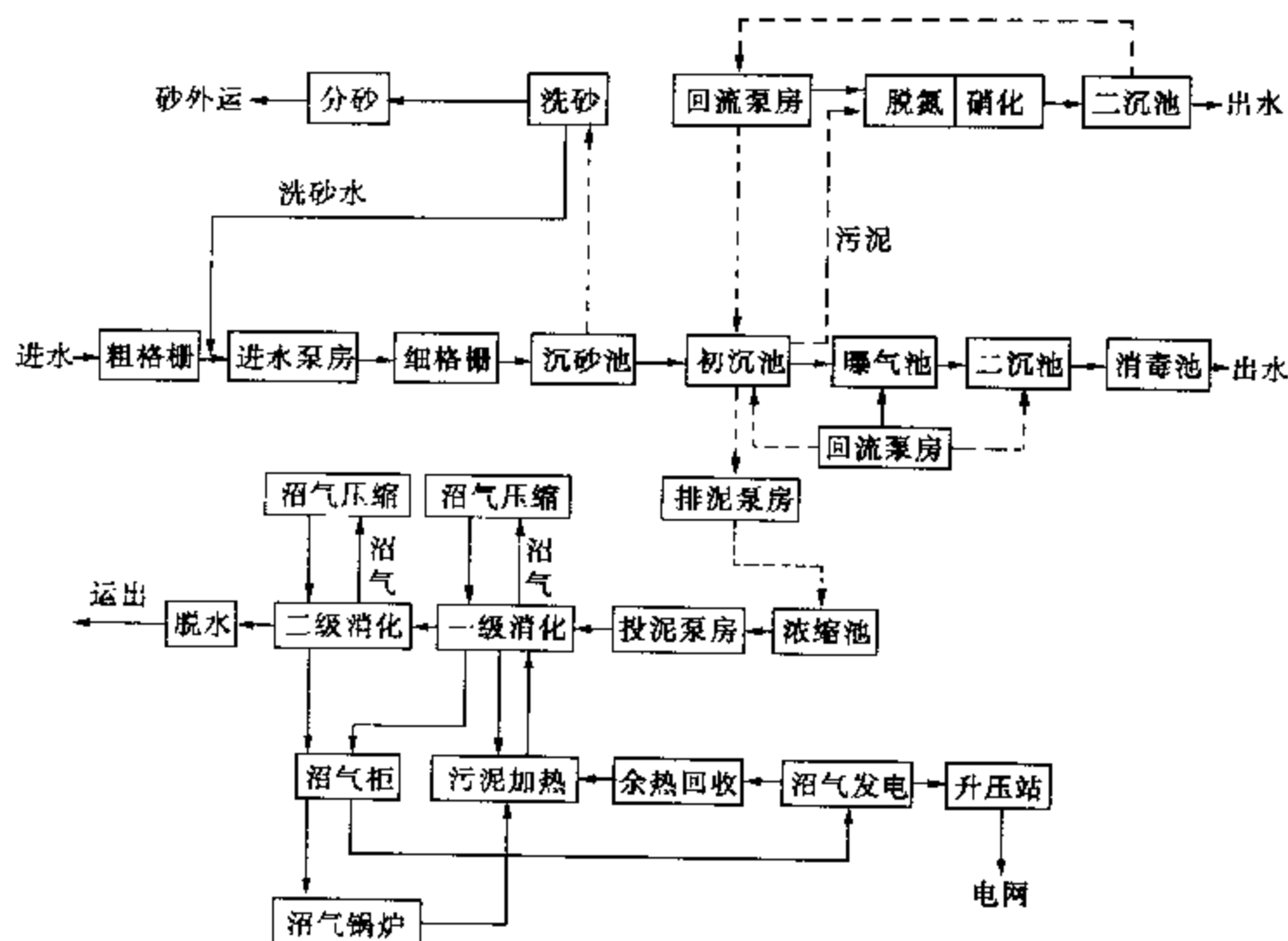


图 5-30 天津东郊污水处理厂工艺流程图

(4) 沉砂池

曝气沉砂池设有 6 条廊道，每条长 30m、宽 4m、深 4.3m，水力停留时间约 6min。

池内设有振动空气 (VIBRAIR) 曝气器 648 个，供气量为 $5184\text{m}^3/\text{h}$ 。全池设两座吸砂工作桥。每个工作桥上有 3 个空气提砂装置，负责 3 条廊道的吸砂。污移的砂水被提升到洗砂槽，经搅拌后，有机物随洗砂水流回进水泵房，砂水被送至分砂机进行进一步脱水。分砂机设在进水泵房的上部建筑顶层，以便脱水的砂粒流入砂斗运走。

吸砂工作桥用行程开关控制，其上设有刮渣设施，以清除池内浮渣。空气提砂装置要求连续工作，由计算机控制。当空气压缩机发生故障时，备用机可自动投入。空气压缩机、分砂机和泵的运行状态由计算机监控，如出现故障将自动报警。

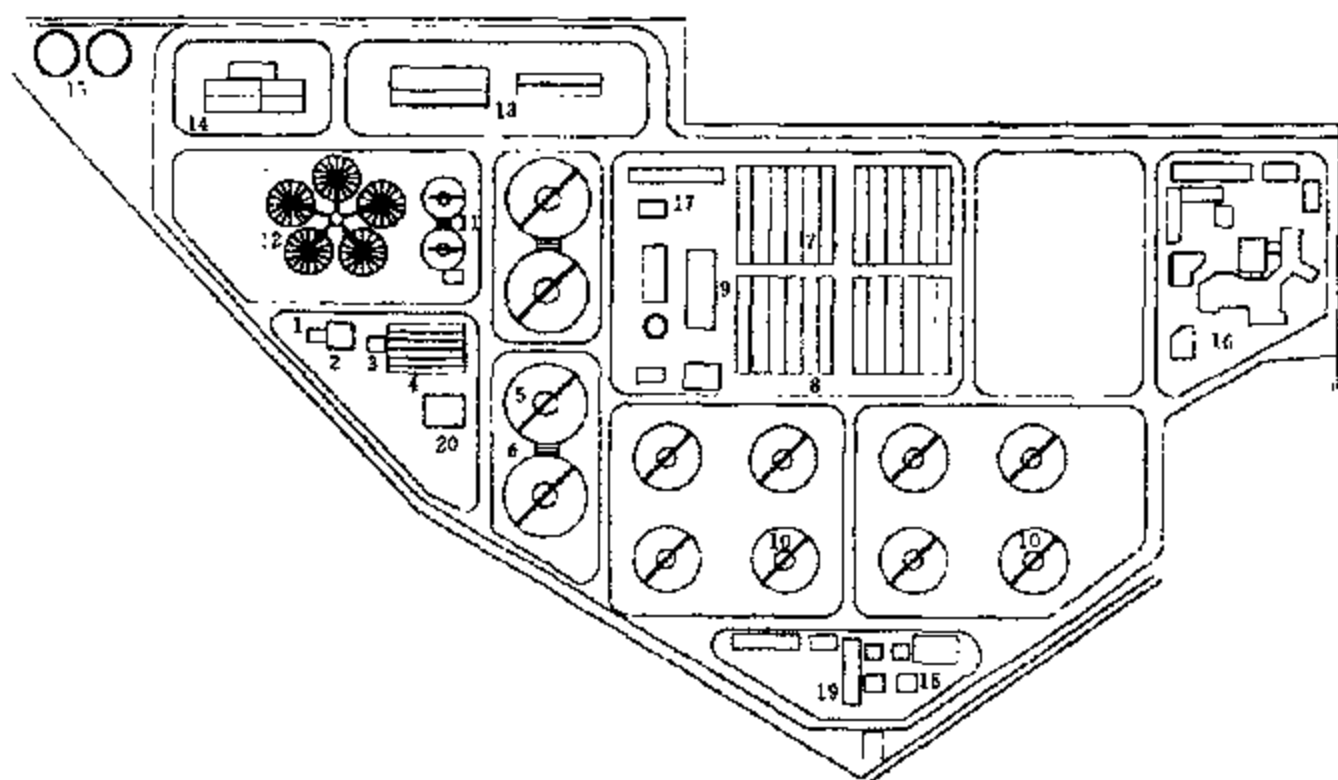


图 5-31 天津东郊污水处理厂平面布置图

(5) 初沉池

初沉池曾设计了矩形和圆形两种方案, 从运行管理、占地和混凝土用量等方面进行比较, 认为圆形辐流式沉淀池设备运转可靠、管理方便, 故采用了 4 座配有周边驱动全桥式刮泥机的辐流式沉淀池, 直径达 60m, 水深 4.5m, 沉淀时间 2.26h, 表面负荷 $1.77\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。

初沉池运行的关键是排泥, 4 座池轮流排泥的程序由计算机控制。每个排泥阀靠频率/时间自动操作。其功率/时间将根据计算机监测到的污泥浓度和流量来进行调整。排泥阀分两部分, 启用的是电动阀门, 排泥口用的是可手动调节的升降阀, 该阀属非标设备。

由于沉淀池直径大, 池壁将有很大的环向拉力, 设计采用了钢筋混凝土拼装块件, 外侧缠绕高强钢丝, 施加环向预应力。

(6) 初沉污泥泵房

为防止排泥系统出现堵塞故障, 在两座初沉池之间设一座污泥泵房。安装 GF 单螺杆泵 4 台, 两座泵房共装 8 台污泥泵。污泥泵按频率/时间自动操作, 并由计算机进行调整, 两座污泥泵房交替运行, 在泵房的出口处设有污泥浓度模拟测量装置, 污泥进入浓缩池前进行流量检测。这些信号进入计算机后, 将用于计算污泥的排放量, 以调整排泥频率和排泥的持续时间。

(7) 曝气池

共设 4 座曝气池, 总容积 90522m^3 。每池长 68m、宽 64m、水深 5.2m, 设 8

条廊道, 每条宽 8m。

三座曝气池按传统曝气工艺设计。每池流量 12 万 m^3/d , 进水 BOD 210mg/L , SS 120mg/L ; 出水 BOD 40mg/L , SS 60mg/L ; 曝气时间 4.5h (DP230 型曝气器 6531 个); 供气量 $29000\text{m}^3/\text{h}$; MLSS = 3000mg/L ; 回流比 75%; 回流污泥浓度 7000mg/L ; 污泥负荷 $0.5\text{kgBOD}_5/\text{kgMLVSS}\cdot\text{d}$ 。

第一座曝气池按前置缺氧生物脱氮工艺设计。流量 $Q = 6$ 万 m^3/d ; 水力停留时间 9h (内设 DP230 型曝气器 6556 个, VIBRAIR 曝气器 180 个, 缺氧区设潜水搅拌器 5 台); 供气量约为 $29000\text{m}^3/\text{h}$; MLSS = 5000mg/L ; 回流比 150%; 硝化速度 $2.2\text{mgNH}_3 - \text{N}/(\text{gMLVSS}\cdot\text{h})$, 反硝化速率 $2.7\text{mgNO}_3 - \text{N}/(\text{gMLVSS}\cdot\text{h})$; 缺氧池 BOD 去除率 33%, 脱氮率 60%。

曝气池中设有溶解氧检测仪, 其输出的模拟量信号进入计算机, 通过计算机控制调节鼓风机的风量, 节省电耗。曝气池还设有各种测量仪表, 可将进入每个池的水量、回流污泥量、pH 值和水量输入计算机, 以进行集中监视。计算机将可显示曝气池的全部工作状态和故障报警。

(8) 回流污泥泵房

4 座曝气池各配有一座回流污泥泵房, 每座泵房安装 4 台 $\Phi 1400\text{mm}$ 螺旋泵。每台流量 $0.41\text{m}^3/\text{s}$, 扬程 3.6m, 倾角 30° , 电机消耗功率 22kW。螺旋泵的启动和停止由水位通过计算机控制, 但开哪台泵可由操作人员决定。泵的工况由计算机根据曝气池发送的模拟量信号进行选择。泵的进水池设有低位开关保护, 池内还设有潜水泵, 将剩余活性污泥排至初沉池, 流量可手动调节, 连续工作。

(9) 鼓风机房

鼓风机房内设有 4 台单级高速离心风机, 此种风机的进风口设有可调导叶片, 用以调节风量。每台风机的风量 $39000\text{m}^3/\text{h}$; 进风压力 1500Pa, 出风压力 65kPa, 风机转速 7895 转/min, 电机消耗功率 1000kW。钢筋混凝土进风廊道设在机房的上部, 内装两道袋式空气过滤器, 第一道效率 50%, 第二道 90% ~ 95%。出风管设在地面, 压缩空气通过分配罐同时向 4 个曝气池供气, 4 个曝气池分别设有控制阀, 以调节风量, 每台鼓风机都可向计算机输出温度故障、传振故障和误差检测信号, 以随时掌握风机运行工况。鼓风机的启动或停止由计算机控制。

(10) 二沉池

设有 8 座直径 55m 的辐流式沉淀池, 水深 4.5m, 沉淀时间 3.8h, 表面负荷 $1.05\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。二沉池是污水处理厂出水水质的关键, 而进水因活性污泥之故呈异重流状态, 根据对纪庄子污水处理厂直径 45m 的二沉池运行情况的调查, 活性污泥混合液进入二沉池后, 在未遇到逆流和池壁之前就潜入池底, 沿池底密实泥面向池边流动, 至池壁后便上升至水面。一小部分污泥沿出水槽壁进入槽内

随出水排走，一部分向池中心回流，形成环流。据实测，水面 SS 差别较大（见表 5-11），出水最佳水质在池边 2~4m 处。

为改进出水水质，降低出水槽堰口负荷，在离池边 4.5m 处增设了出水槽，支承水槽的立柱用来兼作水管，将水引出池外。池内所装刮泥机上有 22 根 $\Phi 200\text{mm}$ 吸泥管，用以排出活性污泥。吸泥机绕池运行一周需 72min，周边速度 2.41m/min。每池都设有污泥层界面传感器，可将检测信号输往计算机。出水设有计量装置。

表 5-11 二次沉淀池不同位置水质指标

项 目	距 池 边 距 离						
	出水槽	2m	4m	6m	8m	12m	中心
SS (mg/L)	20.5	16.5	29.5	39.5	65.5	62.5	51.5
BOD ₅ (mg/L)	14.2	8.59	13.0	23.1	12.0	9.34	9.49
COD (mg/L)	110	72	88	89	77	75	99

(11) 污泥浓缩池

设两座污泥浓缩池，采用上部进泥方式，装有中心传动刮泥机。连续进泥，两池交替排泥。

浓缩池直径 26m，水深 4m，进泥量（含水 97%） $1640\text{m}^3/\text{d}$ ，出泥量（含水 96%） $1230\text{m}^3/\text{d}$ ，停留时间约 30h。

浓缩池与投泥泵房相连，泵房内设三台螺杆式投泥泵，每台泵流量 $55\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 21m，消耗功率 15kW。

(12) 污泥消化池

采用中温三级消化，设四个一级消化池，一个二级消化池。控制室设在五池中央，用管廊相连。

消化池直径 28.8m，容积 1 万 m^3 ，投配率 5%。进泥最低温度 10°C ，污泥挥发成分占 55%，降解 30% 时 1m^3 污泥产沼气 5.4m^3 ，预期日产沼气（1.33~2.4354）万 m^3/d 。

每个消化池配一台沼气压缩机，流量 $652\text{m}^3/\text{h}$ ，用于搅拌污泥。压缩机开动后，沼气通过 20 根直径 30mm 的不锈钢管对污泥进行搅拌，搅拌强度 $1.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。污泥加热采用套管式热交换器，4 座一级消化池每池设一套。热源来自沼气发电机的余热，不足时再辅以沼气锅炉。污泥来自消化池，加热后仍排入池内，循环连续工作。消化池的进泥、排泥、加热、搅拌都由计算机控制，4 个一级池轮流进泥，自动溢流排泥进入二级池。二级池只搅拌不加热。消化污泥排往

脱水机房。消化池结构采用现浇钢筋混凝土，顶盖用球壳结构，池壁外缠绕高强钢筋，施加预应力，基础采用钻孔灌注桩，桩径 0.8m，5 个池子共用 449 根。

(13) 污泥脱水机房

选用 Deg843 型带式压滤机 8 台，每台生产干泥 685kg/h，进泥含水率 96.7%，泥饼含水率 80%，药剂（有机高分子）用量 2%~4%。压滤机按程序自动运行，亦可手动操作，还可以间歇工作。

(14) 沼气发电机房与沼气锅炉房

发电机房与锅炉房联建，中间设控制室。发电机房选用单燃料发电机 5 台，每台功率 284kW，沼气用量 3312m³/d，回收热量 34310×10³ kJ/d。另设有发电升压站，升压后将电量输入电网，为发电机连续运行创造条件。

锅炉房选用沼气锅炉 4 台，每台供热 75240×10³ kJ/d，沼气用量 3348m³/d。发电机和锅炉的启动是根据给污泥加热的换热器出口温度决定的，操作人员可根据恒温阀的差值调整回水温度，如发电机已全部运行，回水温度仍没有达到要求，计算机将发出信号，点燃锅炉。相反，回水温度过高，计算机将发出关闭沼气锅炉的信号。

(15) 沼气贮气罐

厂内设湿式贮气罐 2 座，每座容量 5000m³，气罐装有浮动高度测量和高低位报警装置，分别将模拟信号及开关信号送至计算机。

(16) 中央控制室

全厂运行采用集中监视、分散控制的集散系统。中央控制室设有操作站、CRT、打印机、彩色硬拷和彩色模拟盘。4 个分控室内设现场控制器 PLC，按编制的程序控制运行，并将采集的大量信息输至中央控制室进行处理。厂内还设有电视监视系统，对厂区主要部位及进水泵房、鼓风机房、发电机房等 10 处主要设备的运行情况，通过电视进行监视。

(17) 总变电站

全厂设备装机容量约 8000kW，设一座 35/6kV 总变电站，安装两台 5000kVA 变压器。另有 4 座 6/0.4kV 分变电站，将沼气发电机与 6kV 配电网并网运行，另设有 0.4/6kV 升压站一座。

(18) 回用水系统

设滤池、回用水池及回用水泵房等，设计能力 4000 m³/d，供厂内回用。

(19) 加氯间、计量槽

(20) 采暖锅炉房

（资料提供：天津市市政工程勘测设计院 冯生华）

二、某厂啤酒废水处理设计实例

啤酒废水属于较高浓度的有机污染废水，主要污染物来源于糖化、主酵、后酵、罐装清洗等生产工序。因生产规模、设备和管理而异，一般啤酒生产废水的 COD 为 1000~2500mg/L 左右，BOD 为 600~1400mg/L。吨产品的 COD 排放量约为 28~32kg，BOD 排放量为 17~19kg。

杭州中策啤酒股份有限公司年产啤酒 12 万 t，设备生产能力为 15 万 t/a。该厂于 1994 年引进国外技术，采用厌氧—好氧的方法建造了一座处理能力为 8000m³/d 的废水处理设施。该工程由（台湾）水美工程企业股份有限公司和浙江水美环保工程有限公司总承包。经过一年的运行，出水 COD 一般在 100mg/L 以下，处理效果较好，达到了预期的目的。

1. 水质水量

设计废水处理量为 8000m³/d，设计水质如表 5-12 所示。处理水水质要求达到《污水综合排放标准》(GB8978-88) 的二级标准。

表 5-12 设计水质要求

序 号	项 目	原 水	处理水
1	pH	4~9	6~9
2	COD _{Cr} (mg/L)	≤2500	≤150
3	BOD ₅ (mg/L)	≤1400	≤60
4	SS (mg/L)	332~464	≤200
5	温度 (°C)	<35	

2. 废水处理工艺流程设计

(1) 废水处理流程的选择

该厂啤酒废水的污染物浓度高，COD 和 BOD 分别达到 2500mg/L 和 1400mg/L。如果直接采用好氧生物处理，一则处理难度较大，二则能耗较大，处理费用较高，污泥量较大。为此，根据同类型废水的处理经验，选择和引进了 UASB-A/O 处理技术，平面布置及流程高程布置见附图 3。

(2) 废水处理流程的特点

①工程所采用的是由波兰 Lettinga 教授开发，并由 PAQUES B.V 成功地应用于工业废水处理的 UASB。UASB 具有省能源、占地小、去除率高且稳定、污泥产量少、处理成本低，同时产生的沼气可回收利用等特点。

②工程所采用的 A/O 技术, 是标准活性污泥中包含厌氧 (Anaerobic) 和好氧 (Oxic) 状态下并存的一种活性污泥法, 其特点是利用厌氧和好氧两相的交替操作达到筛选微生物的目的, 这样, 一是可以利用微生物更有效地去除有机物, 提高处理效果; 二是经由筛选作用抑制了丝状菌的繁殖, 能避免通常活性污泥法中易于产生的污泥膨胀现象。

③考虑到 UASB-A/O 处理后出水水质较好, 为此, 有部分处理水再经过滤后回收利用。为方便操作, 过滤器的运行采用 PLC 控制。

3. 主要处理构筑物和设备参数

(1) 主要构筑物

主要构筑物见表 5-13。

表 5-13 主要构筑物

序 号	名 称	尺 寸 (m)	数 量	结 构
1	抽水井	4.0×4.0×3.85	1	除控制室为混合结构以外, 其余均为钢筋混凝土结构
2	调节池	25.0×18.0×5.0	1	
3	初次沉淀池	Φ21.0×4.0	1	
4	酸化池	21.0×10.4×4.86	1	
5	UASB	13.95×5.3×4.75	2	
		13.95×7.8×4.75	1	
6	A/O 处理系统			
6-1	A 系统	8.4×5.3×5.0	2	
6-2	O 系统	12.5×12.5×5.0	5	
7	二次沉淀池	Φ16.0×4.0	2	
8	排放井	3.0×3.0×3.5	1	
9	回收井	3.0×2.0×3.0	1	
10	污泥浓缩池	Φ7.2×5.0	1	
11	厌氧污泥槽	6.0×4.0×4.5	1	
12	控制室	12.0×7.5, 2F	1	

(2) 主要设备

主要设备见表 5-14。

表 5-14 主要设备表

序 号	名 称	规 格	数 量	备 注
1	格栅	$B = 10\text{mm}$, 人工清理, SUS304	1	
2	抽水井提升泵	$Q = 350\text{m}^3/\text{h}$, $H = 20\text{m}$, $N = 30\text{kW}$	2	
3	细筛机	$B = 1\text{mm}$, 人工清理, SUS304	1	
4	调节池潜水搅拌机	$N = 8.5\text{kW}$	2	
5	初沉池刮泥机	$\Phi 21.0\text{m}$, 周边传动, $N = 0.37\text{kW}$	1	
6	UASB 进流泵	$Q = 190\text{m}^3/\text{h}$, $H = 10\text{m}$, $N = 1\text{kW}$	3	
7	UASB Module	$50\text{m}^3/\text{组}$, 含模组标准单元, 槽内管件支撑料件及附属配件等		荷兰 PAQUESE B.V
8	沼气贮罐	60m^3	1	荷兰 PAQUESE B.V
9	沼气燃烧器	约 $200\text{m}^3/\text{h}$	1	
10	A 系统搅拌机	$N = 5.5\text{kW}$	2	
11	O 系统搅拌机	$N = (22 \sim 30)\text{kW}$	5	
12	二次沉淀池刮泥机	$\Phi 16.0\text{m}$, 周边传动, $N = 0.37\text{kW}$	2	
13	回流污泥泵	$Q = 233\text{m}^3/\text{h}$, $H = 1\text{m}$, $N = 15\text{kW}$	2	
14	污泥浓缩池刮泥机	$\Phi 7.2\text{m}$, 中心传动, $N = 0.75\text{kW}$	1	
15	砂滤槽	$\Phi 2.5\text{m}$, SS-41	1	
16	回收泵	$Q = 42\text{m}^3/\text{h}$, $H = 20\text{m}$, $N = 5.5\text{kW}$	2	
17	污泥脱水机	$B = 1.0\text{m}$, 带式压滤	1	瑞士 VONROLL
18	加药设备	含 NaOH, HCl, Polymer, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ H_3PO_4 加药设备	5	德国 ALLTECH 计量泵
19	仪器设备	pH 检测计	4	日本 DKK
		温度检测计	3	
		流量计	4	德国 KROHNE
		沼气流量计	1	德国 KROHNE
		PLC 程序控制器	1	日本 KOYO
		液位控制器		

4. 系统运行情况与结果

工程自 1996 年 5 月投入试运行, 用时一年, 基本上达到了设计要求与效果。

(1) 污泥接种与驯化

采用接种培菌动态驯化的方法。

① 上流式厌氧污泥床反应器 (UASB)

接种污泥来源: 国外进口颗粒厌氧污泥 32m^3 ; 国内啤酒废水 UASB 厌氧污泥 10t (含水率 80%)。

起动时, 反应器有机负荷按 $2\sim 3\text{kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 考虑。据测定, 杭啤废水中含有一定数量的氮磷, 起动时未投加营养盐, 只是控制进水 pH 在 $6.8\sim 7.5$ 左右。然后再以少量原废水循序渐进提高负荷, 慢慢驯化污泥。起动 5 个月, 污泥负荷提高到 $5\text{kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$, COD 去除率为 50% 以上, 产气率 $0.4\text{m}^3/\text{kgCOD}$ 左右, 据此, 判断厌氧污泥接种驯化阶段基本完成, UASB 可进入运行阶段。但是, 从反应器内污泥状况来看, 颗粒污泥的数量和质量尚属欠缺, 还需要继续运行一段时期后可能全部形成。

② A/O 系统

接种污泥来源: 杭州纺织印染厂活性污泥处理浓缩污泥 24m^3 (含水率 94%)。

连续三天将接种污泥投入曝气池 (O 池), 每天 8m^3 。用控制废水进水量的方式驯化污泥, 控制混合液 pH 在 $6.5\sim 8$ 左右, 溶解氧 $2\sim 4\text{mg}/\text{L}$ 。污泥全部回流, 使 MLSS 逐渐由 $500\text{mg}/\text{L}$ 左右增加到 $3000\text{mg}/\text{L}$ 左右。驯化一个月, 进水量为 $2500\sim 3500\text{m}^3/\text{d}$, COD 去除率达 70% 以上, 观察生物相有钟虫、等枝虫等, 生物相稳定且较活跃, 据此判断 A/O 系统可进入连续正常运行阶段。

(2) 对有机物的去除效果

自培菌驯化基本完成进入正常运行以后, 对有机物的去除效果是稳定的, 表 5-15 为 1997 年 5~6 月连续一个月的运行结果。

从表中可见:

① 一般情况下, 在处理水量 $3500\sim 6000\text{m}^3/\text{d}$, 进水 COD 为 $1800\sim 3600\text{mg}/\text{L}$ 、SS 为 $1200\sim 6200\text{mg}/\text{L}$ 的条件下, 处理水 COD 通常在 $100\text{mg}/\text{L}$ 以下, COD 去除率为 95% 以上, 处理效果较好。

② 因生产原因, 5 月 31 日~6 月 4 日, 连续 5 天受到高负荷冲击, COD 为 $10000\sim 7500\text{mg}/\text{L}$, 使处理水水质受到严重影响。但是, 经过约 10 天的调整, 至 6 月 10 日 COD 为 $189\text{mg}/\text{L}$, 处理系统基本恢复正常。说明该系统受到高负荷冲击后恢复较快。

表 5-15 杭啤废水运行结果 (1997 年)

日期	处理 水量	水 质												备注
		调节池			初沉池出水			UASB 出水			二沉池出水			
		pH	COD	SS	pH	COD	SS	pH	COD	SS	pH	COD	SS	
5.22		5.3	3606		5.0	3410		6.2	392		7	59		
5.23		5.4	3062	1200	5.4	2048	976	6.2	644	1972	7	84	<50	
5.24		4.8	1725		4.8	1372		6.3	431		7	71		
5.27		4.8	1818		5.0	1304		6.3	435		7	59		
5.28	3500	4.2	2235	1208	4.8	956	1958	6.2	279	1056	7	84	171	
5.29	4456	8.4	2253		5.8	1778		6.2	435		6.4	158		
5.30	4300	5.2	2401	766	5.4	2440	990	6.2	142	110	6.7	<50		
5.31	4236	5	>10000		4.8	8378		6.2	198	153	7			
6.3		4.3	8839											
6.4	3965	4.4	7579	3486	4.6	5436	1678	6.5	254	474	6.6	333	116	
6.7	6250	4	2093		4.2	1472		6.1	620	890	6.4			
6.10		4.2	2200		5.1	909		6.2	303	189	6.7			
6.13	4370	4.7	2165		4.8	1344		6.4	119	67	7			
6.14	3890	4.7	2419		5.3	1895		6.2	363		6.7	56		
6.17	5056	4.2	2128		4.2	924		6	257		6.8	52		
6.18	4310	4	3600	6252	4	1360	293	5.8	336	334	7.1	52	156	
6.19	5050	4.2	2200		4.3	1800		6	280		7.2	36		
6.20	5500	4.7	2261	849	4.6	1456		6	307		7	27	<50	
6.21	5950	4.8	3274		4.7	1349		6	381	44	6.9			
6.24	6154	5.2	1589		5.5	1008		6.2	426	116	7.1			
6.25	5900	4.8	1825	3799	4.8	1760	893	6	754	746	7.1	79	68	
6.26	5216	4.8	1504		4.9	1429		6.2	226		7	41		

受高负荷冲击期

(3) UASB 运行状况

①COD 去除率：从表 5-15 可见，一般情况下 UASB 的 COD 为 1400~2000mg/L，出水 COD 为 250~450mg/L，COD 去除率为 70%~85%。

②有机负荷：UASB 处理水量一般为 2500m³/d，UASB 反应槽共 3 座，合计有效容积为 916m³，按运行资料计算，COD 容积负荷约为 5kgCOD/m³·d，尚低于设计负荷，说明 UASB 的颗粒污泥还在进一步形成之中。

③产气率：本期工程沼气尚未利用，在贮气罐中作调节贮存后，再自动点火烧掉。按贮气罐贮存容积计算，产气量约 800~1200m³/d，产气率为 0.40m³/kgCOD，沼气中甲烷含量为 60%左右。

(4) A/O 系统运行状况

①处理水量：A/O 系统处理水量为 5000~6000 m³/d，其中 3000 m³/d 左右

未经 UASB 处理而直接进入 A/O 系统。

②有机负荷：曝气池共 5 座，合计有效容积为 3125m^3 ，正常运行时，MLSS 平均值为 $3000\sim 4000\text{mg/L}$ ，DO 为 $2\sim 4\text{mg/L}$ ，COD 容积负荷为 $2.1\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ ，COD 污泥负荷为 $0.55\sim 0.7\text{kg}/\text{kg}\cdot\text{d}$ ，COD 去除率一般为 85% 左右。

(5) 污泥处理与干污泥出路

采用宽度为 1m 的带式压滤脱水机。按设计能力，系统产生的干污泥量重约为 2400kg/d ，每天操作 12h。脱水后污泥量约为 12t/d （含水率 80%）。为改善污泥脱水性能，在污泥脱水前添加助凝剂 Polymer。添加量按干污泥重的 0.3% 计算，Polymer 溶液浓度按 0.2% 配制。干污泥的主要出路是掺入煤渣中运弃。据测定，污泥热值为 12540kJ/kg 左右，目前有一部分污泥掺入燃煤中，作为锅炉燃料烧掉。

（资料提供：浙江水美环保工程有限公司 余淦申）

三、小型生活污水处理设计计算

某机场有限公司建设国际候机楼，并配套建设有餐饮、宾馆、住宅和公共设施等。根据国家“三同时”的环境政策要求，候机楼正常运营后产生的污水应经处理后达标排放。

该机场位于海岛上，淡水资源相对紧缺，为此，该机场决定对污水进行深度处理达到景观回用水标准后，回用到机场绿化及水景用水。

1. 水量水质与排放标准

设计水量为 $240\text{m}^3/\text{d}$ ，设计水质如表 5-16：

表 5-16 设计水质要求

pH 值	COD_{Cr}	BOD_5	SS	$\text{NH}_3\text{-N}$	粪大肠菌群数
6~9	$\leq 300\text{mg/L}$	$\leq 180\text{mg/L}$	$\leq 200\text{mg/L}$	50mg/L	> 16000 个/L

要求处理出水应用于景观用水，故处理出水按《景观娱乐用水水质标准 C 类》（GB12941—91），即表 5-17：

表 5-17 处理出水水质标准

pH 值	COD_{Cr}	COD_{Mn}	BOD_5	SS	$\text{NH}_3\text{-N}$	DO	LAS
6.5~8.5	$\leq 50\text{mg/L}$	$\leq 10\text{mg/L}$	$\leq 8\text{mg/L}$	$\leq 70\text{mg/L}$	15mg/L	$\geq 3\text{mg/L}$	$\leq 0.3\text{mg/L}$

2. 污水处理工艺流程

(1) 基本设计原则

① 工艺可靠, 确保出水达到《景观娱乐用水水质标准 C 类》(GB12941—91)。

② 设备简单, 处理效果稳定。

③ 投资省, 操作简便, 运行费用低。

④ 必须考虑污水中细菌和蠕虫卵的数量, 应采取相应消毒措施。

⑤ 处理设施为地埋式, 彻底解决噪声及臭味问题。

⑥ 进入污水处理站入口处设计要美观, 整体设计与周边绿化协调。

(2) 污水处理工艺流程

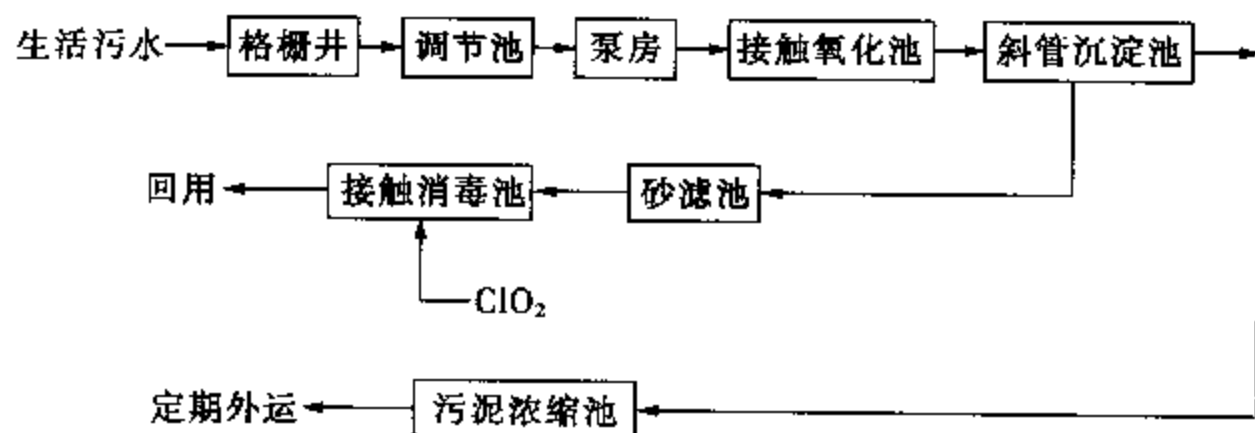


图 5-32 工艺流程

生活污水经格栅去除粗大杂物后, 自流进入调节池进行水质水量的调节, 出水用泵提升至生物接触氧化池进行生物降解, 生物接触氧化池出水进入斜管沉淀池, 进行泥水分离, 分离后上清液自流至砂滤池, 砂滤可以进一步去除残留的颗粒活性污泥, 还能强化后续消毒处理效果, 节省消毒剂的用量。之后, 污水进入接触消毒池内, 在消毒池内投加 ClO_2 , 消毒后的出水回用。斜管沉淀池内的污泥定期引入污泥浓缩池, 经浓缩、消毒后运出作农肥。

3. 主要处理构筑物和设备参数

由于污水处理站的建设、运行不能对周围环境产生二次污染 (如噪声及气味等), 故本污水处理站为地埋式, 上面种植花草, 一方面可以美化环境, 另一方面可起到草坪除臭的功效。

(1) 格栅井

平面尺寸 $0.5\text{m} \times 1.5\text{m}$, 深 1.5m , 砖混结构。内设自动格栅 1 只, 格栅条间距 5mm 。

(2) 调节池

有效容积 80m^3 , 平面尺寸 $4.0\text{m} \times 7.0\text{m}$, 有效水深 3.0m , 总深 3.9m 。钢

钢筋混凝土结构。

(3) 接触氧化池

有效容积 140m^3 ，内挂组合填料，采用鼓风曝气形式，底部设穿孔曝气管，平面尺寸 $7.0\text{m} \times 7.0\text{m}$ ，有效深 3.0m ，总深 3.9m ，钢筋混凝土结构。

(4) 斜管沉淀池

取表面溢流率 $2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ，平面尺寸 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，内设斜管填料，底部设泥斗，钢筋混凝土结构。

(5) 砂滤池

滤速取 $4\text{m}/\text{h}$ ，平面尺寸 $2.5\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，内设石英砂滤料，钢筋混凝土结构，设反冲泵一台。

(6) 综合间

埋地式钢筋混凝土结构，平面尺寸： $7.0\text{m} \times 4.0\text{m}$ 。内设二氧化氯发生系统一套，风机两台，污泥泵一台，电磁流量计一套，电控系统一套，钢筋混凝土结构。

(7) 浓缩池

按间歇流设计，浓缩池有效体积 15m^3 ，平面尺寸 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，有效深 3.0m ，总深 3.9m 。钢筋混凝土结构。

(8) 消毒池

平面尺寸 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ ，钢筋混凝土结构。

第六章 工程概算的编制

第一节 基本概念

一、概 算

概算是指项目初步设计或可行性研究阶段的投资计算工作。由设计单位根据初步设计的图纸、定额指标、其它工程费用定额等，对工程投资进行的概略计算，这是初步设计文件的重要组成部分。项目的初步设计、技术设计方案均应有概算，采用三段设计的技术设计阶段还应编制修正概算。概算是确定工程设计阶段的投资依据，经过主管部门批准的设计概算是控制工程投资的最高限额。

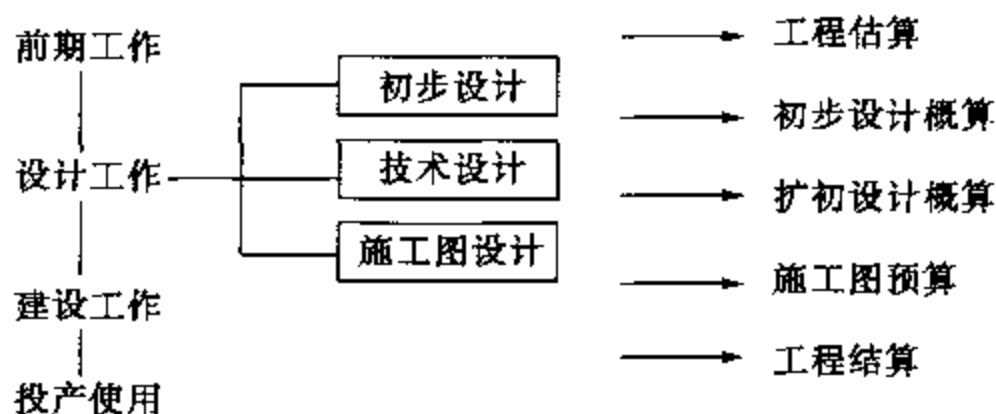


图 6-1 概预算在建设程序中的位置

概算按照范围分为三级：单位工程概算，单项工程综合概算，建设项目总概算。

单位工程概算，指确定单项工程中的各单位工程（如工厂中办公楼的建筑工程或安装工程）建设费用的文件，是编制单项工程综合概算的依据。

单项工程概算，是确定一个单项工程（如工厂中的办公楼或车间）所需建设费用的文件，是根据单项工程内各专业工程概算汇总编制而成的。

建设项目总概算，是确定整个建设项目（如工厂）从筹建到竣工验收所需全部费用的文件。它是有各个单项工程综合概算以及工程建设其它费用和准备费用概算汇总而成的。

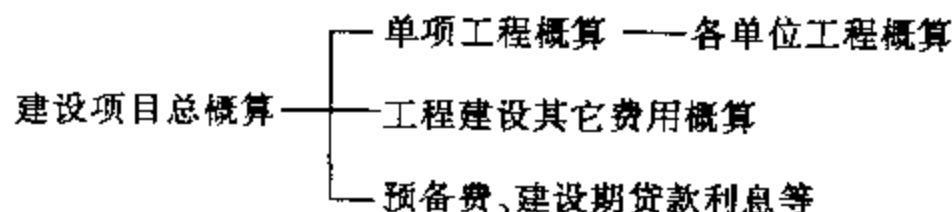


图 6-2 概算的编制内容及相互关系

概算定额，是确定完成一定计算量单位的扩大结构构件或扩大分项工程的人工、材料和机械台班消耗数量的标准。它是编制和使用概算指标的基础。各行政区都有相应工程的概算定额发布，以供查阅使用，全国未编制统一的概算定额。

二、预 算

预算，是指项目施工图设计阶段或项目实施阶段的工程费用计算。一般按照单位工程或单项工程，根据施工图设计图纸及预算定额编制。

施工图预算经审定后，是确定工程预算造价，签订建筑安装合同和办理工程结算的依据；同时也是施工单位编制计划、控制工程成本的依据；在实行招标的工程中，预算编制标底的基础。

概算与预算相比较，预算比概算更细，原则上，工程预算不应该大于工程概算，工程概算不大于工程估算。

第二节 概算的内容及编制方法

一、概算文件的组成

建设项目概算文件包括：（1）封面、签署页；（2）编制说明；（3）总概算表；（4）单项工程综合概算表；（5）单位工程概算表；（6）其它费用概算表；（7）主要建筑材料及设备清单表。

1. 概算编制说明

①工程概况及其建设规模和建设范围，明确总概算书所包括的和不包括的工程项目和费用。

②资金来源、借贷条件及年度用款计划。

③编制的依据，如可行性研究报告、有关文件和设计图纸，采用的定额、价格和收费标准。

④采用的编制方法和计算原则。

⑤外汇总额度、外汇折算率、进口设备报价、关税和增值税及从属费用的计算。

⑥工程投资和费用构成的分析。

⑦有关问题的说明，对于文件中存在的问题及材料的市场价格的确定、超运费、建设进度和用款计划均应加以必要的说明。

2. 建设项目总概算表

总概算表由各综合概算及工程建设其它费用概算组成，应包括建设项目从筹建到竣工验收所需的全部建设费用。它由各单项工程综合概算表与工程建设其它费用概算表、预备费汇总而成，如表 6-1 所示。

表 6-1 总概算表

项目名称:		金额单位:							万元		
序号	工程或费用名称	建筑 工程费	设备 购置费	设备 安装费	其它 费用	合计	占总 投资 (%)	技术经济指标			
								单位	数量	单位投资 (元/单位)	
1	第一部分: 工程 项目费用										
1.1	主要项目										
1.2	辅助项目										
1.3	公共设施项目										
1.4	生活福利服务性 项目										
	小计										
2	第二部分: 工程建设 其它费用										
3	预备费										
	总计										
审核:		校对:		编制:		年 月 日					

3. 单项工程综合概算书

是确定一个单项工程所需建设费用的文件,是根据单项工程内各专业工程概算汇总编制而成的。单项工程的综合概算表中应包括工程建设其它费用、预备费,当建设项目只有一个单项工程时,单项工程综合概算即为建设项目总概算。单项工程综合概算的形式可以参照表 6-1 编制。

4. 单位工程概算书

单位工程概算表是指独立建筑物中分专业工程计算费用的概算文件,它是综合概算的基础。只要编制出各单位工程概算表,经过汇总即可编制出综合概算表,再进行汇总则可以编制出总概算书。

5. 工程建设其它费用

二、概算的编制方法

1. 建筑安装工程

(1) 主要工程项目应按照国家或省、市、自治区等主管部门规定的概算定额、单位估价表和取费标准等文件,根据初步设计图纸及说明书,按照工程所在地的自然条件和施工条件,计算工程数量套用相应的概算定额或单位估价表编制概算。

概算定额的项目划分和包括的工程内容较预算定额有所扩大。按概算定额计算工程量时,应与概算定额每个项目所包括的工程内容和计算规则相适应,避免内容的重复和漏算。

按预算定额编制预算时,次要零星项目费用可按主要项目总价的百分比计算。

(2) 次要工程项目可以按照概算指标或参照类似工程预算的单位造价指标和单位材料消耗指标进行编制,但应根据单项工程的设计标准和结构特征以及工程所在地的实际情况进行调整。

2. 设备及其安装工程

(1) 设备购置概算:设备原价按设备清单逐项进行计算。

设备运杂费根据工程所在地规定的运杂费率,按照设备原价的百分比计算。进口设备的关税、增值税及从属费用的计算。

(2) 设备安装费用概算

按设备安装概算定额或设备安装费用定额进行编制。

按设备原价的百分比计算。

3. 工程建设其它费用及预备费的计算

工程建设其它费用及预备费的计算内容和方法与投资估算的编制相仿,初步设计概算的基本预备费率按5%~8%计算。

第三节 用概算定额编制单位工程概算表

一、概算定额的内容

概算定额一般由目录、总说明、建筑面积计算规则、分部工程说明、工程量计算规则和定额项目表等组成。

1. 总说明

主要包括:定额的作用、编制依据、适用范围以及有关规定的说明和使用方法。

2. 建筑面积计算规则

它规定了建筑面积的计算范围和计算方法。

3. 分部工程说明

它主要介绍分部工程定额的工作内容、适用范围和使用方法。

4. 工程量计算规则

它主要介绍分部工程量计算范围、计算方法、计量单位及有关规定。

5. 定额项目表

定额项目表是定额手册的核心内容,其中规定的人工、材料、机械台班消耗和基价是编制设计概算的主要依据。它由定额项目名称、定额单位、定额编号、估价表、综合内容、工料消耗组成。

① 定额项目名称。指明了定额项目名称、规格、幅度范围、类型,它是计

算工程量时，划分项目的依据。

② 定额单位。是定额规定消耗指标的计量单位，计算工程量时应以它作为计量单位。

③ 定额编号。为了便于查阅和使用，定额的章、子目都做了统一编号，

④ 估价表。反映定额项目基价、人工费、材料费和机械费，是编制设计概算时计算直接费用的依据，基价 = 人工费 + 材料费 + 机械费。

⑤ 综合内容。

⑥ 工料消耗。反映定额项目的工料消耗额，是进行概算工料分析，进而计算、调整材料价格差的依据。

二、编制步骤与方法

1. 收集编制概算的基础资料

采用概算定额编制单位工程概算，编制前应重点针对工程特点，深入到建设地点，收集可能影响本工程造价的基础资料。

2. 熟悉设计文件，掌握施工现场情况

熟悉初步设计文件，是准确编制概算的前提。只有充分了解设计意图，掌握工程全貌，明确工程的结构形式的特点，才能准确快速地计算工程量，编制设计概算。

另外，掌握施工现场情况，是正确编制概算的必备步骤。概算编制人员只有深入施工现场，对建设地点的地形、地貌和作业环境等有关基础资料进行分析、核对和修正，才能保证概算内容更好地反映客观实际，为提高概算编制质量提供可靠的原始依据。

3. 分列工程项目

编制概算所分列的工程项目，主要是根据概算定额手册所列项目及顺序，结合初步设计图纸内容进行划分并列。在编制概算的过程中，应仔细阅读概算定额的总说明和各章说明，明确各工程项目的范围及其所包含的工程内容，正确地分列工程项目。

4. 计算工程量

工程量是编制概算的原始数据，其计算的快慢和精确与否，直接影响着概算编制的速度和质量。工程量计算要严格按照定额规定范围、计算规则和计量单位

进行。

5. 套用概算定额

当分列的工程项目及相应汇总的工程量,经复核无误后,即可套用概算定额,确定单位概算价值。

①把定额编号、工程项目名称及其相应的定额计量单位、工程量，按定额顺序填入单位工程概算表 6-2 或表 6-3。填写时，应注意工程量计算单位与定额计量单位的换算。

②从概算定额查出各工程项目的概算单价和主要材料的定额单位消耗量,并计算各工程项目概算单价、复价和主要材料消耗量,分别填入表 6-2、表 6-3 和表 6-4 的相应栏目中。

③汇总。同时考虑建筑物超高费、大型机械场外运输费、一次安拆费、脚手架费。计算整个单位工程的定额直接费和主要材料消耗量。

套用概算定额过程中,应注意工程项目内容、规格与定额规定是否一致,如不一致,应按定额规定加以调整换算。

表 6-2 单位工程概算表 (土建)

项目名称:				共 页 第 页		
序号	定额编号	项 目 名 称	单位	数量	概算价值 (元)	
					单价	复价
审核:		校对:		编制:		年 月 日

表 6-3 单位工程概算表 (安装)

[illegible]

表 6-4 主要建筑材料表

项目名称:		共 页 第 页						
序号	单项工程名称	钢筋 (t)	钢管 (t)	木材 (m ³)	水泥 (t)	玻璃 (m ³)	油毡 (m ²)
审核:		校对:		编制:				
						年 月 日		

6. 计算各项费用, 确定建筑工程概算造价

当工程概算直接费确定之后, 可按当地费用定额规定的程序和方法计算其它直接费、间接费、计划利润和税金, 然后计算工程概算造价。表 6-5 为河北省建筑安装单位工程概算造价计算表, 仅供参考。

表 6-5 建筑安装单位工程概算造价计算表

费用代号及项目	计算基础	计 算 方 法	
		以直接费或工程直接费为基础计算的工程	以人工费为基础计算的工程
(一) 直接工程费	实物工程量	(1) + (2)	
(1) 定额直接费		Σ 实物工程量 \times 定额基价	
(2) 其它直接费		(1) \times 费率	人工费 \times 费率
(二) 间接费	(一)	(一) \times 综合费率	人工费 \times 费率
(三) 计划利润	(一) (二)	[(一) + (二)] \times 费率	人工费 \times 费率
(四) 税金	(一) (二) (三)	[(一) + (二) + (三)] \times 税金费率	
(五) 合计		(一) + (二) + (三) + (四)	
概算造价	(五)	(五) \times (1 + 概算指数)	

注: 概算指数由地方工程造价管理站发布

7. 编制工程概算书

当工程概算造价计算完毕, 即可按概算文件组成, 经填写、整理, 将概算书封面、签署面、编制说明、概算造价计算表、工程概算表和主要建筑材料表等按顺序装订成册, 形成工程概算书。

参考文献

1. 北京水环境技术与设备研究中心等. 三废处理工程技术手册 (废水卷). 北京: 化学工业出版社, 2001
2. 丁尔捷等. 给水排水工程快速设计手册 (2 排水工程). 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
3. 罗辉等. 环保设备设计与应用. 北京: 高等教育出版社, 1997
4. 重庆建筑工程学院编. 排水工程 (上、下). 北京: 中国建筑工业出版社, 1986
5. 孙力平等. 污水处理新工艺与设计计算实例. 北京: 科学出版社, 2001
6. 曾科等. 污水处理厂设计与运行. 北京: 化学工业出版社, 2002
7. 国家环境保护局编. 污水处理厂设计概要. 北京: 中国环境科学出版社, 1992
8. 上海市政设计院. 给水排水设计手册 (技术经济). 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
9. 上海市政工程设计院主编. 给水排水设计手册 2—城市给水. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986
10. 建设部. 城市污水处理工程项目建设标准 (修订). 北京: 中国计划出版社, 2001
11. 邱元拔. 工程造价概论. 北京: 经济科学出版社, 2001
12. 袁建新. 建筑工程概预算. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
13. 中国勘察设计协会, 中国建筑工程造价协会. 造价工程师基本知识问答. 北京: 中国计划出版社, 1998
14. 张建平. 工程概预算. 重庆: 重庆大学出版社, 2001
15. 赵世强. 小城镇建设工程造价. 北京: 科学出版社, 2001
16. 《三废治理与利用》编委会. 三废治理与利用. 北京: 冶金工业出版社, 1996
17. 张珂等. 造纸工业污染防治技术与环境管理. 北京: 轻工业出版社, 1988
18. 北京市环境保护科学研究院等主编. 三废处理工程技术手册: 废水卷. 北京: 化学工业出版社, 2000
19. 陈坚主编. 环境生物技术. 北京: 中国轻工业出版社, 1999
20. 刘红. 养殖场的环境污染状况、原因和治理技术. 农业环境保护, 2000, 19 (2)
21. 马文漪, 杨柳燕主编. 环境微生物工程. 南京: 南京大学出版社, 1998
22. R. E. Speece 著. 工业废水的厌氧生物技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
23. 王凯军, 秦人伟编著. 发酵工业废水处理. 北京: 化学工业出版社, 2000
24. 唐受印等. 食品工业废水处理. 北京: 化学工业出版社, 2001
25. 贺延龄. 废水的厌氧生物处理. 北京: 中国轻工业出版社, 1998
26. 李顺鹏主编. 环境生物学. 北京: 中国农业出版社, 2002
27. 钱汉卿. 化工清洁生产及其技术实例. 北京: 化学工业出版社, 2000
28. 农业部乡镇企业局. 纺织印染工业生产与污染防治. 北京: 中国环境科学出版社, 1991
29. 我国几种工业废水治理技术研究. 第三分册: 高浓度有机废水. 北京: 化学工业出版社, 1988
30. 张自杰, 林荣忱, 金儒霖主编. 排水工程 (下册). 北京: 中国建筑工业出版社, 1996

31. 王宝贞主编. 水污染控制工程. 北京: 高等教育出版社, 1990
32. 李田、胡汉明主编. 给水排水工程快速设计手册 5——水力计算表. 北京: 中国建筑工程出版社, 1994
33. 北京市市政设计院主编. 给水排水设计手册 5——城市排水. 北京: 中国建筑工程出版社, 1986
34. 娄金生等编著. 水污染治理新工艺与设计. 北京: 海洋出版社, 1999
35. 张统主编. 污水处理工艺及工程方案设计. 北京: 中国建筑工程出版社, 2000
36. 沈耀良、王宝贞主编. 废水生物处理新技术. 北京: 中国环境科学出版社, 1999
37. 崔玉田、马志毅等编著. 废水处理工艺设计计算. 北京: 水利电力出版社, 1994
38. 钱汤、米祥友主编. 现代废水处理新技术. 北京: 中国科学技术出版社, 1993
39. 许保玖编著. 当代给水与废水处理原理. 北京: 高等教育出版社, 1990
40. 高廷耀主编. 水污染控制工程 (下册). 北京: 高等教育出版社, 1989
41. 张禹卿编著. 污水处理厂设计概要. 北京: 中国环境科学出版社, 1992
42. 羊寿生主编. 污水处理厂工程设计中一些问题讨论. 给水排水: 1996 22 (8)
43. 秦麟源编著. 废水生物处理. 上海: 同济大学出版社, 1989
44. 何俊新、刘廷彦等编著. 工程建设投资控制. 北京: 中国建筑工程出版社, 1997
45. Smearman C.S. External Costs of Aquaculture Production in West Virginia. Environment and Resource Economics. 1997, 10: 167 ~ 175
46. Irvine R.L. and Bhamrah A.S. Sequencing batch treatment of wastewater in rural areas, J. Wat. Pollut. Control. Fed. 1979, 51 (2): 244 ~ 254