

娄金生 等编著  
吴俊奇 审校

# 污染治理 新工艺与设计



海洋出版社

# 水污染治理新工艺与设计

娄金生 等编著  
吴俊奇 审校

海洋出版社

1999年·北京

**图书在版编目(CIP)数据**

水污染治理新工艺与设计/娄金生等编著. - 北京:海洋出版社,  
1999.1

ISBN 7-5027-4571-8

I.水… II.娄… III.城市污水-污水处理 IV.X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 23396 号

**海洋出版社 出版发行**

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京海洋印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1999 年 3 月第 1 版 1999 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17

字数: 418 千字 印数: 1~2000 册

定价: 25.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

## 前 言

由于防治水体污染和保护水体环境日益受到广泛重视,水处理技术得到了深入研究和迅速发展,从而促使了水质净化新工艺的不断出现和广泛应用。但作为高等院校给排水专业用的排水工程第二版教材已出版 10 年,其内容远不能涵盖近 10 年来水质净化的新工艺,同时作为工程界也已出版 10 年之久的排水工程设计手册也未涉及最近出现的一些水质净化新工艺的设计。为了弥补这方面的不足,笔者收集了近 10 年来有关水质净化新工艺方面的资料,整理编写了“水污染治理新工艺与设计”,重点介绍了目前已广泛应用的 A/O 工艺、 $A^2/O$  工艺、A-B 工艺、氧化沟工艺、SBR 工艺等新工艺的原理,以及影响因素、设计参数、设计要点和方法等,同时也兼顾了水质净化整个工艺流程的介绍与设计。虽然书中所涉及的水质净化新工艺是以城市污水为对象进行讨论,但对含有机物的工业废水也同样有效。本书可作为高等学校给排水专业学生辅助教材,以补充现有教材的不足,有助于扩充学生的专业知识面和提高其应用能力。同时该书也可作为该专业毕业设计的重要指导资料,尤其有助于学生在毕业设计中正确合理的选择水质净化的先进工艺,在提高学生毕业设计质量和水平,增强设计能力和今后对工作的适应性等方面也有很大作用。

参加本书的其他编著人员:吴俊奇、李星文、李耀辉、樊建军、王宇、舒宁原、王立章。

由于笔者水平有限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

娄金生

1998 年 5 月

# 目 次

## 第 1 部分 城市污水处理新工艺与设计

|                                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| <b>第 1 章 概 述</b> .....                  | ( 1 )  |
| 1.1 城市污水处理厂的设计水量 .....                  | ( 2 )  |
| 1.2 城市污水处理厂污水设计水质的确定 .....              | ( 3 )  |
| 1.3 污水处理程度的确定 .....                     | ( 3 )  |
| <b>第 2 章 城市污水处理厂的厂址选择</b> .....         | ( 4 )  |
| 2.1 总体考虑 .....                          | ( 4 )  |
| 2.2 厂址选择应遵循的主要原则 .....                  | ( 6 )  |
| <b>第 3 章 城市污水处理工艺流程的选择</b> .....        | ( 6 )  |
| 3.1 一般原则 .....                          | ( 6 )  |
| 3.2 处理工艺选择概述 .....                      | ( 7 )  |
| 3.3 普通活性污泥法 .....                       | ( 14 ) |
| 3.4 缺氧-好氧生物脱氮工艺( $A_1/O$ 工艺) .....      | ( 19 ) |
| 3.5 厌氧-好氧生物除磷工艺( $A_2/O$ 工艺) .....      | ( 24 ) |
| 3.6 厌氧-缺氧-好氧生物脱氮除磷工艺( $A^2/O$ 工艺) ..... | ( 27 ) |
| 3.7 A-B 活性污泥法工艺 .....                   | ( 32 ) |
| 3.8 氧化沟活性污泥法 .....                      | ( 35 ) |
| 3.9 间歇式活性污泥法(SBR 工艺) .....              | ( 43 ) |
| <b>第 4 章 城市污水处理厂污泥处置</b> .....          | ( 46 ) |
| 4.1 概 述 .....                           | ( 46 ) |
| 4.2 污泥处理的一般流程 .....                     | ( 47 ) |
| 4.3 污泥量的计算 .....                        | ( 47 ) |
| 4.4 污泥浓缩 .....                          | ( 48 ) |
| 4.5 污泥厌氧消化 .....                        | ( 53 ) |
| 4.6 污泥机械脱水 .....                        | ( 56 ) |
| <b>第 5 章 主要处理构筑物的设计与计算</b> .....        | ( 60 ) |
| 5.1 格 栅 .....                           | ( 60 ) |

|      |                                      |      |
|------|--------------------------------------|------|
| 5.2  | 沉砂池                                  | (62) |
| 5.3  | 沉淀池                                  | (68) |
| 5.4  | 普通活性污泥法设计                            | (75) |
| 5.5  | A <sub>1</sub> /O 缺氧-好氧生物脱氮工艺设计      | (81) |
| 5.6  | A <sub>2</sub> /O 厌氧-好氧生物除磷工艺设计      | (84) |
| 5.7  | A <sup>2</sup> /O 厌氧-缺氧-好氧生物脱氮除磷工艺设计 | (84) |
| 5.8  | A-B 活性污泥法工艺设计                        | (85) |
| 5.9  | 氧化沟的工艺设计                             | (87) |
| 5.10 | 间歇式活性污泥法工艺(SBR 工艺)设计                 | (89) |
| 5.11 | 污泥浓缩池设计                              | (91) |
| 5.12 | 污泥厌氧消化工艺设计                           | (94) |

## 第 2 部分 工业废水处理新工艺与设计

|              |                       |       |
|--------------|-----------------------|-------|
| <b>第 6 章</b> | <b>概 述</b>            | (98)  |
| 6.1          | 工业废水治理原则              | (98)  |
| 6.2          | 工业废水处理方法的选择           | (99)  |
| 6.3          | 工业废水调节池的设计的预处理        | (101) |
| 6.4          | 工业废水的中和               | (108) |
| <b>第 7 章</b> | <b>印染废水治理新工艺与设计</b>   | (111) |
| 7.1          | 印染废水的来源及水质、水量         | (111) |
| 7.2          | 印染废水处理工艺概况            | (113) |
| 7.3          | 印染废水处理工艺流程的选择         | (117) |
| 7.4          | 印染废水处理新工艺与设计          | (119) |
| <b>第 8 章</b> | <b>煤气洗涤废水治理新工艺与设计</b> | (130) |
| 8.1          | 概述                    | (130) |
| 8.2          | 熄焦除尘废水治理              | (133) |
| 8.3          | 煤气洗涤废水治理              | (133) |
| <b>第 9 章</b> | <b>制革废水处理新工艺与设计</b>   | (148) |
| 9.1          | 废水的来源,水质及水量           | (148) |
| 9.2          | 制革废水处理工艺概况            | (150) |
| 9.3          | 废水处理工艺流程的选择           | (152) |
| 9.4          | 制革废水处理新工艺与设计          | (154) |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| <b>第 10 章 制浆造纸工业废水处理</b>       | (162) |
| 10.1 制浆造纸工业废水中的污染物             | (162) |
| 10.2 主要制浆法排放的污染物及可能采取的污染治理方法   | (162) |
| 10.3 造纸过程废水及处理                 | (172) |
| 10.4 制浆造纸废水厂外处理                | (175) |
| <b>第 11 章 有机磷农药废水处理</b>        | (187) |
| 11.1 农药合成工艺及废水的产生              | (188) |
| 11.2 有机磷农药废水的水量、水质             | (191) |
| 11.3 有机磷农药废水的处理方法              | (192) |
| 11.4 有机磷农药废水预处理技术              | (192) |
| 11.5 有机磷农药废水的生物处理方法            | (194) |
| 11.6 有机磷农药废水的回收利用              | (195) |
| 11.7 有机磷农药废水处理系统的设计            | (197) |
| 11.8 应用实例                      | (198) |
| <b>第 12 章 电镀废水处理新工艺与设计</b>     | (202) |
| 12.1 废水的来源、水质及水量               | (202) |
| 12.2 废水处理工艺概况                  | (203) |
| 12.3 废水处理工艺选择                  | (207) |
| 12.4 废水处理新工艺与设计                | (208) |
| <b>附 录</b>                     | (215) |
| 附录 1 地面水环境质量标准 GB 3838—1986    | (215) |
| 附录 2 污水综合排放标准 GB 8978—88       | (220) |
| 附录 3 污水排入城市下水道水质标准 CJ 18—86    | (241) |
| 附录 4 农田灌溉水质标准 GB 5084—92       | (243) |
| 附录 5 城市污水厂污水污泥排放标准 CJ 3025—93  | (248) |
| 附录 6 生活杂用水水质标准 CJ 25.1—89      | (251) |
| 附录 7 纺织染整工业水污染物排放标准 GB 4287—92 | (253) |
| 附录 8 造纸工业水污染物排放标准 GB 3544—92   | (257) |
| <b>主要参考文献资料</b>                | (261) |

# 第 1 部分 城市污水处理新工艺与设计

## 第 1 章 概 述

城市污水由生活污水和工业废水组成,由城市排水系统收集与输送。各城市的生活污水与工业废水的比例因具体情况而各不相同。建有城市污水处理厂的城市,应对生活污水与工业废水进行合并处理,这是因为合并处理比工业废水分散处理,具有建设费用与运行费用较低、便于运行管理、节省管理人员、占地面积小等优点,同时还能够保证污水的处理效果。因为分散的工业废水,其水质、水量在一天内波动很大,给分散的工业废水处理的运行管理带来一定的困难,并影响处理效果。而与城市生活污水合并处理,工业废水水质、水量的波动因与生活污水混合而得到均衡。此外,工业废水中的某些有毒物也得到了稀释,微生物所需的营养物质氮、磷等也得到了保证,所以合并处理是十分合理的技术路线。

工业废水排入城市排水系统前,必须符合《污水排入城市下水道水质标准》[CJ18-86],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,保障养护管理人员的人身安全。所以,工业废水应视其具体情况,在厂内进行局部处理,以达到其 CJ18-86 的水质标准,方可排入城市排水系统。

工业废水排入城市排水管网前必须首先满足下列要求:

1. 不得含有腐蚀城市排水管道的物质,如酸性物质和可燃可爆的物质;
2. 不得排入剧毒物质和易于凝集堵塞水道的物质;
3. 所含的大部分污染物质必须能为微生物所降解,同时污水中不得含有对微生物代谢活动产生抑制作用的物质;
4. 不得含有在数量上能够影响污泥肥料价值的物质,如重金属等;
5. 水温不得高于 35℃;
6. 含有病原体的污水必须在单位内经严格消毒处理,方可排入下水道;
7. 放射性污水还应同时遵守《放射防护规定》[GBJ8-74]的标准,方可排入城市下水道。

表 1-1 污水排入城市下水道水质标准

单位:mg/L

| 序号 | 项 目 名 称 | 最 高<br>允许浓度     | 序号 | 项 目 名 称  | 最 高<br>允许浓度 |
|----|---------|-----------------|----|----------|-------------|
| 1  | pH 值    | 6~9             | 16 | 氟化物      | 15          |
| 2  | 悬浮物     | 400             | 17 | 汞及其无机化合物 | 0.05        |
| 3  | 易沉固体    | 10mL/L<br>15min | 18 | 镉及其无机化合物 | 0.1         |



续表

| 序号 | 项 目 名 称          | 最 高<br>允许浓度  | 序号 | 项 目 名 称  | 最 高<br>允许浓度 |
|----|------------------|--------------|----|----------|-------------|
| 4  | 油 脂              | 100          | 19 | 铅及其无机化合物 | 1           |
| 5  | 矿物油类             | 20           | 20 | 铜及其无机化合物 | 1           |
| 6  | 苯系物              | 2.5          | 21 | 锌及其无机化合物 | 5           |
| 7  | 氰化物              | 0.5          | 22 | 镍及其无机化合物 | 2           |
| 8  | 硫化物              | 1            | 23 | 锰及其无机化合物 | 2           |
| 9  | 挥发性酚             | 1            | 24 | 铁及其无机化合物 | 10          |
| 10 | 温 度              | 35℃          | 25 | 锑及其无机化合物 | 1           |
| 11 | 生化需氧量<br>(5d20℃) | 100<br>(300) | 26 | 六价铬无机化合物 | 0.5         |
| 12 | 化学耗氧量<br>(重铬酸钾法) | 150<br>(500) | 27 | 三价铬无机化合物 | 3           |
| 13 | 溶解性固体            | 2000         | 28 | 硼及其无机化合物 | 1           |
| 14 | 有机磷              | 0.5          | 29 | 硒及其无机化合物 | 2           |
| 15 | 苯 胺              | 3            | 30 | 砷及其无机化合物 | 0.5         |

注:括号内数字适用于有城市污水处理厂的下水道系统。

## 1.1 城市污水处理厂的设计水量

### 1. 平均日流量( $\text{m}^3/\text{d}$ )

该流量一般用来表示污水处理厂的规模,同时也用来计算污水厂的栅渣量、沉砂量、污泥量、处理总水量、耗药量及年抽升电量等。

目前我国对污水处理厂的规模按平均日流量划分如下:小型污水处理厂:等于或小于 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ;中型污水处理厂:5 万~10 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ;大型污水厂:大于 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。

### 2. 设计最大流量( $\text{m}^3/\text{h}$ 或 $\text{L}/\text{s}$ )

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。

### 3. 最小污水流量( $\text{m}^3/\text{d}$ )

根据经验估计,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( $\text{m}^3/\text{d}$ 或 $\text{L}/\text{s}$ )

该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,初沉池污水停留时间大于或等于 30min 即可,并用该流量校核初沉池以前的构筑物和设备。

5. 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最大日平均流量来作为曝气池的设计流量。

6. 当污水厂分期建设时,则采用相应各期的有关流量来设计。

## 1.2 城市污水处理厂污水设计水质的确定

城市污水的设计水质主要是确定  $BOD_5$  和 SS 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。

设计人口数  $N$ :

$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

式中: $N$ ——设计人口数(人)。

$N_1$ ——居住区人口数(人)。

$N_2$ ——工业废水折合的当量人口数(人)。

$N_3$ ——公共建筑(如火车站、汽车站、大旅馆)或集中流量折合的当量人口数(人)。

1.  $N_2$  的计算

$$N_2 = \sum C_i Q_i / a_s (\text{人})$$

式中: $C_i$ ——某工厂工业废水中的  $BOD_5$  或 SS 的浓度( $\text{g}/\text{m}^3$ )。

$Q_i$ ——某工厂工业废水平均日流量( $\text{m}^3/\text{d}$ )。

$a_s$ —— $BOD_5$ 、SS 污染物的排放标准。 $BOD_5$  为  $20 \sim 35\text{g}/(\text{人} \cdot \text{d})$ ; SS 为  $35 \sim 50\text{g}/(\text{人} \cdot \text{d})$

$\sum C_i Q_i$ ——各个工厂排放污染物量的总和。

2. 集中流量折合的当量人口数  $N_3$

$$N_3 = Q/P$$

式中: $Q$ ——集中流量( $\text{m}^3/\text{d}$ )。

$P$ ——每人每天污水量排放标准 [ $\text{m}^3/(\text{人} \cdot \text{d})$ ], 由室外排水规范中查出。

3. 城市污水  $BOD_5$ 、SS 设计浓度的确定

$$C_s = a_s \times N / Q_{\text{平均}}$$

式中: $N$ ——设计人口数,分别用  $BOD_5$ 、SS 折合的当量人口数代入。

$a_s$ ——污染物排放标准。

$Q_{\text{平均}}$ ——平均日污水量( $\text{m}^3/\text{d}$ )。

$C_s$ —— $BOD_5$  或 SS 的设计浓度( $\text{mg}/\text{L}$  或  $\text{g}/\text{m}^3$ )。

## 1.3 污水处理程度的确定

城市污水处理程度的主要污染指标一般采用  $BOD_5$ 、SS,有时辅以 COD 作为参数指标,其处理程度可按下式计算:

$$\eta = (C_o - C_e) / C_o \times 100\%$$

式中: $\eta$ ——污水需要处理的程度,以百分率计。

$C_o$ ——未经处理的城市污水中某种污染物质的平均浓度( $\text{mg}/\text{L}$ )。

$C_e$ ——允许排入水体的已经处理的污水中该污染物质的平均浓度( $\text{mg}/\text{L}$ )。

确定污水处理程度的几种方法:

### 1. 根据受纳水体对主要污染指标的要求来确定

该方法是根据受纳水体对主要污染指标的一般要求和污水厂所在地的地方要求,要求将污水处理到出水符合受纳水体对主要污染指标的要求来确定的。

### 2. 据城市污水厂所能达到的处理程度来确定

该方法是根据二级污水处理厂一般能达到的处理程度来确定,如美国环保局规定达到30-30标准(即 $BOD_5$ 和SS出水都达到 $30\text{mg/L}$ ,通常称为双30标准)。

### 3. 根据受纳水体的稀释自净能力确定

当设计的污水厂所在地水体环境容量的潜力很大,利用水体的稀释和自净能力,能取得暂时的经济上的好处,但需慎重考虑。

目前根据我国技术经济水平的实际情况,一般采用城市污水厂所能达到的处理程度来确定,采用双30标准,即将 $C_e$ 等于 $30\text{mg/L}$ 代入上式来计算确定污水应达到的处理程度。

## 第2章 城市污水处理厂的厂址选择

### 2.1 总体考虑

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作出多方案的技术经济比较论证后,选择其最佳方案。

在对城市排水系统包括污水处理厂进行规划时,应首先处理好如下四个问题。

#### 1. 集中与分散

因为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。例如广东某市城市污水采用集中处理的方案,如图1所示。近期在该市运河以东修建了合流式截流干管,将运河以东的城市旱流污水和雨水送到污水处理厂进行处理。而远期再兴建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,城市规划区比较分散,现有的排水系统的排水方向不同或排入水体不同等城市条件不允许时,则应考虑分散处理,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。例如华北某市被一条河分隔成东西两部分,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分散处理方式是适合的。现已建成西部污水厂,而东郊污水厂也正在筹建之中(见图2)。

#### 2. 近期与远期

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和远期分开,以便

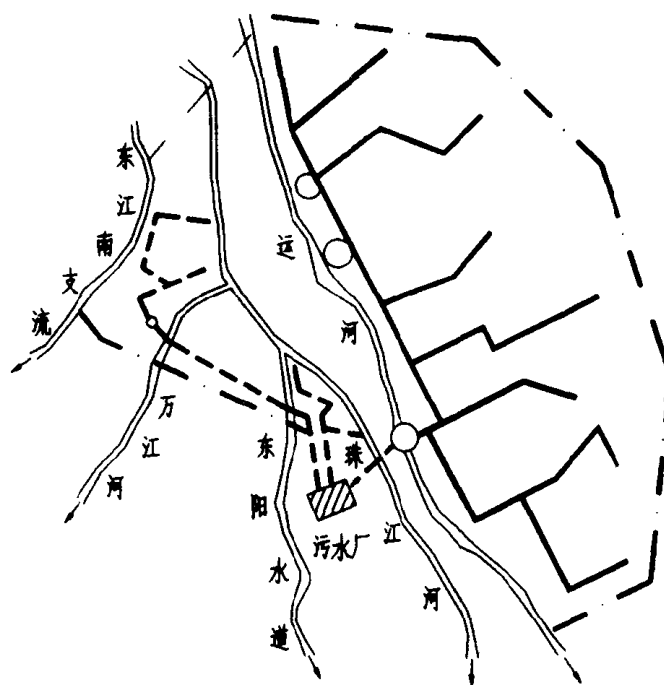


图 2-1 广东某市污水厂厂址

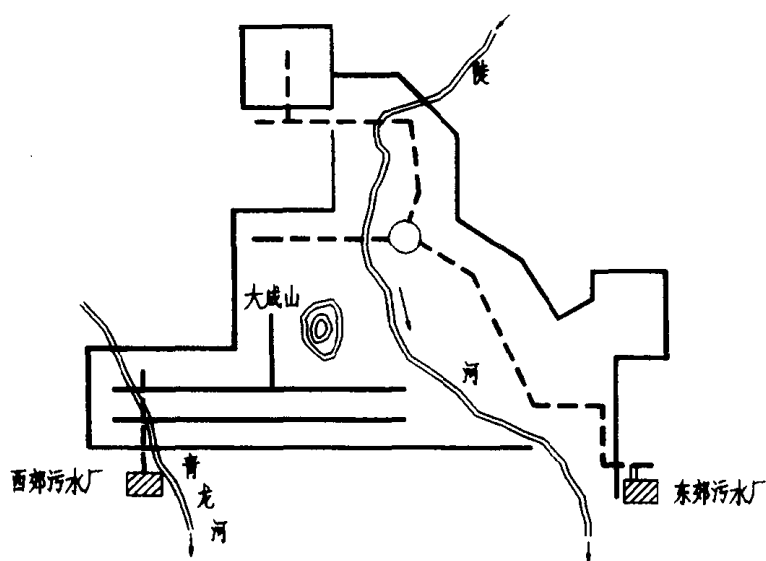


图 2-2 华北某市污水厂厂址

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

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. 排放与利用

污水厂处理后出水应考虑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。尤其是对于干旱缺水的城市尤为重要。

## 2.2 厂址选择应遵循的主要原则

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 and 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和洪水的威胁。
6. 应有良好的工程地质条件、地下水位较低的地区。
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,使污水和污泥有自流的可能,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。

# 第 3 章 城市污水处理工艺流程的选择

## 3.1 一般原则

城市污水处理的目的是使之达标排放或污水回用,以使环境不受污染,处理后出水回用于农田灌溉、城市景观和工业生产等,以节约水资源。

污水处理工艺流程的选择应考虑下列因素:

### 1. 污水应达到的处理程度

这是选择工艺的主要依据。污水处理程度主要取决于处理以后水的出路和去向。处理后出水排放水体是最常采用的去向。所以当处理水排放水体时,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  $BOD_5$  与 SS 都达到小于或等于 30mg/L 来确定工艺流程。城市污水处理后出水的第二个去向则是回用,主要回用于农业灌溉,其水质应达到《农田灌溉水质标准》[GB 5084 - 92]。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。要达到上述回用于城市用水的目的,城市污水必须首先经过二级处理后,再进行一定程度的深度处理。通常采用混凝沉淀过滤再经消毒处理,以便进一步降低  $BOD_5$  和 SS,使处理水达到对回用水规定的各项指标,即:

$COD < 30mg/L$

$BOD_5 < 15mg/L$

pH 值: 5.8~8.6

大肠菌群  $< 10$  个/mL

臭味: 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. 污水处理工艺的投资和运行费用

工程投资和运行费用也是工艺流程选择的重要因素。在处理水应达到的水质标准的前提下,根据处理的水质、水量,选择可行的几种工艺流程进行全面的经济比较,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。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(吸附-再生活性污泥法),不仅比普通活性污泥法处理效果好,同时能去除  $NH_3-N$  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. 要根据当地自然、地形条件及土地与资源情况,因地制宜、综合考虑选择适合当地情况的处理工艺。要尽量少占农田或不占农田,充分利用河滩沼泽地、洼地或旧河道。

4. 选择工艺应考虑分期分级处理与排放和利用情况。例如根据当地城市规划,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海,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。

5. 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行简单、操作方便。

## 3.2 处理工艺选择概述

### 3.2.1 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 3-1 所示。

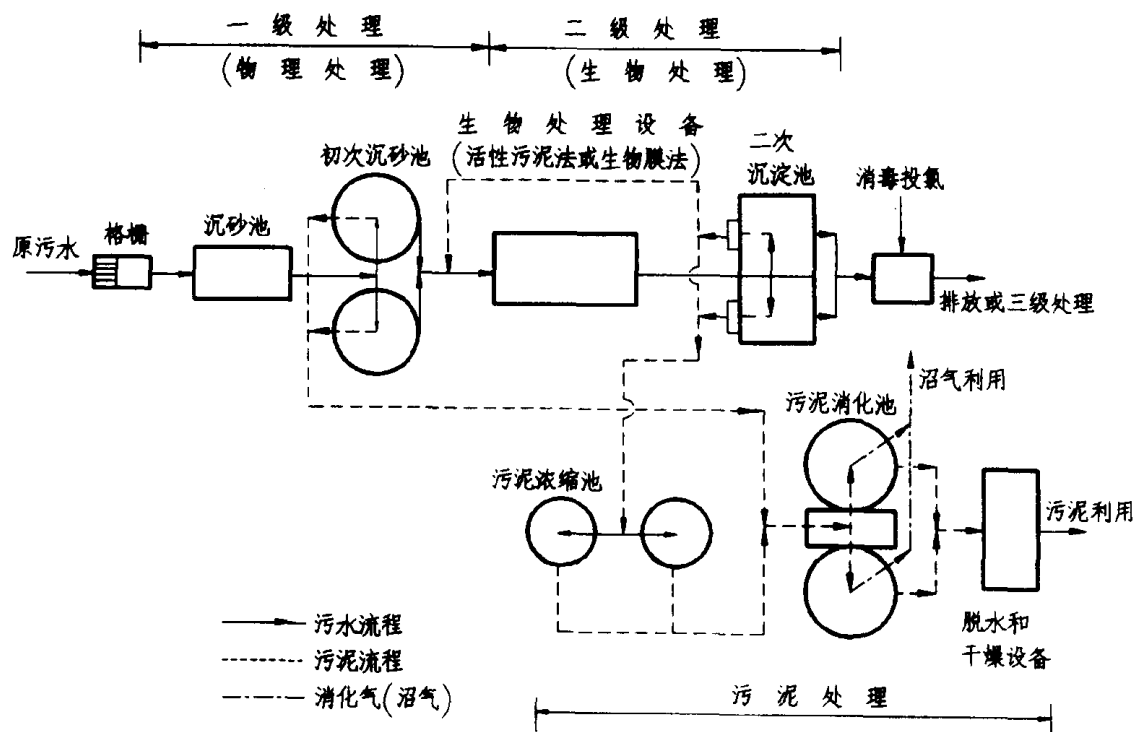


图 3-1 城市污水处理厂典型工艺流程

该流程由污水二级处理系统和污泥处理系统组成。污水的一级处理也称前处理,它由格栅-沉砂池和初次沉淀池组成,属于物理处理,主要是去除污水中从大块垃圾到粒径为数毫米的悬浮物(无机和有机),一级处理的处理效率 SS 为 40%~55%,BOD<sub>5</sub> 为 20%~30%,主要靠沉淀池去除。

二级处理又称生化处理,一般由生物处理构筑物或设备与二次沉淀池组成,它的主要作用去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物。生物处理通常为活性污泥法或生物膜法。二级处理(活性污泥法)的处理效率 SS 为 70%~90%,BOD<sub>5</sub> 为 65%~95%。经二级处理后出水 SS 和 BOD<sub>5</sub> 均可降至 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<sub>5</sub>,以达到杂用水的水质标准。目前我国城市污水处理厂很少采用三级处理。

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,从初沉池排出沉淀污泥,从二沉池排出剩余活性污泥经浓缩处理后,其浓缩污泥和初沉池污泥进行厌氧消化稳定处理和脱水,最后使之变成泥饼状作为农业肥料。其污泥水一般通过重力返回污水处理工艺前的提升泵房集水井。目前我国城市污泥干化处理工艺尚未见报道。

### 3.2.2 一级处理工艺

1. 典型一级处理工艺在水泵前和污水处理系统均须设置格栅,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。一般应设计粗、中二道格栅,以拦截较大杂物,保护后续处理设备和构筑物的正常运行。水泵前一般设置栅条间隙较大的粗格栅,其栅条间隙的大小取决于水泵的构造与大小,见表 3-1。

表 3-1 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·年)] |
|-----------------------|------------|----------|----------------|
| 污<br>水<br>离<br>心<br>泵 | 2½PW、2½PWL | ≤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<br>流<br>泵           | 20ZLB-70   | ≤60      | 参照离心泵确定        |
|                       | 28ZLB-70   | ≤90      |                |
| 清<br>水<br>泵           | 14sh       | ≤20      | 参照离心泵确定        |
|                       | 20sh       | ≤25      |                |
|                       | 24sh       | ≤30      |                |
|                       | 32sh       | ≤40      |                |

在污水处理系统前一般仍需设置栅条间隙较小的中格栅,其栅条间隙如采用机械清渣为 16~25mm,若人工清渣,则为 25~40mm。同时污水处理厂可再设置一道细格栅。

2. 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。沉砂池通常有平流式、竖流式、曝气沉砂池、比式和钟氏沉砂池五类,后两类是日益广泛应用的新型圆形沉砂池。除竖流式沉砂池外除砂效率都良好。曝气沉砂池、比式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。而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。

另外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比氏、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:沉淀池的功能是去除污水中的悬浮物,进行液固分离。

根据污水处理工艺布置不同,沉淀池可分为初次沉淀池和二次沉淀池。初沉池必须具有除泥和除渣的功能,二沉池一般可不考虑除浮渣。根据池内水流方向,可分为平流式、辐流式、竖流式三大类;辐流式又有普通辐流式、向心辐流式二种;向心辐流式又有周边进水中中心出水和周边进出水二类。

(1)平流式沉淀池适用于大、中、小污水处理厂,一般用于初沉池,作为二沉池较少。并且对地下水位较高和地质条件较差地区较适宜,但平流式沉淀池配水不易均匀,它适合于作为大型污水处理厂的初沉池。由于普通辐流式沉淀池是池中心进水,池周边出水,其进口处流速大,出现紊流现象,影响了沉淀池的分离效率。为了克服这一缺点,所以目前许多污水厂采用周边进、出水辐流式沉淀池,特别是二沉池更是如此。根据国内外资料介绍,这种沉淀池比普通辐流式沉淀池其处理能力可高出 1 倍。所以在设计时可采用表面水力负荷  $q$  为  $2\sim 3\text{m}^2/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。对于二沉池一般以表面水力负荷计算沉淀池的有效面积,而用固体负荷校核。我国许多大型污水厂初沉池采用平流式或辐流式,二沉池采用辐流式,或二者都采用辐流式。在设计周边进出水沉淀池时必须注意周边配水槽的设计,应使之配水均匀。

(2)辐流式沉淀池一般采用对称布置,配水用集配水井,这样每池间配水均匀,结构紧凑。辐流式沉淀池排泥机械已定型化,运行效果好,但施工难度较大,运行管理水平要求较高。

(3)竖流式沉淀池一般适用于小污水处理厂,但它也适合于作为中小污水厂的污泥浓缩池。该池型占地小、运行管理简单,但埋深大,施工困难,耐冲击负荷差。

(4)斜管式沉淀池:去除率高,停留时间短,占地面积小。对于升流式异向流斜管沉淀池的设计表面水力负荷一般可按普通沉淀池的设计表面水力负荷提高 1 倍来设计。但对于二沉池,还应以固体负荷校核。斜管沉淀池常用于污水处理厂挖潜或扩大处理能力,一般宜用作初沉池,而不宜用作二沉池。因活性污泥易粘在管壁上,容易发生厌氧消化,产生气泡,使污泥上浮,或阻塞斜管,影响沉淀。用于污水处理的斜管的管径应比给水处理用的要大,一般为 80~100mm。

### 3.2.3 二级处理工艺的选择

城市污水处理厂二级处理为二级处理系统的核心工艺,该工艺主要是生化处理的活性



污泥法和生物膜法,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。二级处理工艺应根据所要求达到的处理程度和水质水量及当地情况来选择几种可行的处理工艺进行技术经济比较后以确定最优方案。最优方案应具有处理效果好且稳定、投资省、能耗和运行费用低、管理简单、占地少等优点,当然也不能十全十美,所以应结合实际情况和特点来侧重考虑。

我国城市污水水质一般为  $BOD_5$  等于  $150 \sim 250 \text{mg/L}$ ,  $SS$  等于  $200 \sim 300 \text{mg/L}$ 。但各个城市的污水中工业污水所占的比例不同,一般城市的生活污水与工业污水的比例为  $1:1 \sim 1:2$  范围之内,因此各座城市的生活污水的可生化性( $\frac{BOD_5}{COD_{cr}}$ )比值也不同。( $\frac{BOD_5}{COD_{cr}}$ )值越大,则可生化性越好,生化处理效率高;反之,可生化性差,生化处理效率亦差。即使两个城市的生活污水的  $BOD_5$ 、 $SS$  值相同,如果  $COD_{cr}$  值不同,当采用同样处理工艺,其处理效率也不会相同。所以选择处理工艺,还应考虑城市污水的可生化性的大小。

活性污泥法工艺,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)、 $SBR$  间歇式活性污泥法等 7 种常用工艺。下面简单介绍这些处理工艺的处理效率和适用条件,以供其选择。

### 1. 普通活性污泥法

普通活性污泥法是最普遍采用和最成熟的处理工艺,它有传统活性污泥法、阶段曝气、吸附再生、延时曝气、完全混合、混合-推流等 6 种形式,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。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,对  $BOD_5$  和  $SS$  的总处理效率均为  $90\% \sim 95\%$ ,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弱,曝气时间较长,一般为  $6 \sim 8 \text{h}$ ,适于大中型城市污水厂,其曝气方法有推流式和完全混合式。阶段曝气为污水沿池长多点进入,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上述缺点,其曝气方式一般为推流式。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,在再生段进行曝气再生,而再生后的活性污泥在吸附段迅速吸附污水中的有机物。该工艺具有较强的耐冲击负荷的能力,且曝气时间较短,一般为  $3 \sim 5 \text{h}$ ,故曝气池容积较小。对处理污水中悬浮性有机物较高的污水,其处理效果较好,而对处理溶解性有机物较多的污水,则处理效果低于传统活性污泥法,一般  $BOD_5$  和  $SS$  的总处理效率均为  $80 \sim 90\%$ 。

延时曝气活性污泥法,又叫完全氧化活性污泥法,一般都采用完全混合式曝气池,曝气反应时间长,一般多在  $16 \sim 24 \text{h}$ ,其污泥负荷率很低,只有  $0.05 \sim 0.15 \text{kgBOD}_5/\text{kgMLVSS} \cdot \text{d}$ ,剩余污泥量少,不需再进行厌氧消化处理,所以这种工艺是污水、污泥综合处理构筑物,该工艺处理效果佳,且稳定、耐冲击负荷强、不需设初沉池等优点,但其池容大、基建费和运行费都较高、占地多。该工艺适用于处理水质要求高,且又不宜采用污泥厌氧消化处理技术的小镇污水和工业废水的处理,一般水量不宜超过  $1000 \text{m}^3/\text{d}$ 。

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,采用表曝机曝气,污泥回流化为  $100\% \sim 500\%$ ,污水在池内的名义水力停留时间为  $3 \sim 5 \text{h}$ ,但实际水力停留时间往往不到  $1 \text{h}$ ,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