



# 小型污水厂设计

## 1 前言

在我国，随着经济飞速发展，人民生活水平的提高，对生态环境的要求日益提高，要求越来越多的污水处理后达标排放。在全国乃至世界范围内，正在兴建及待建的污水厂也日益增多。有学者曾根据日处理污水量将污水处理厂分为大、中、小三种规模：日处理量大于 10 万  $m^3$  为大型处理厂，1-10 万  $m^3$  为中型污水处理厂，小于 1 万  $m^3$  的为小型污水处理厂。近年来，大型污水处理厂建设数量相对减少，而中小型污水厂则越来越多。如何搞好中、小型污水处理厂，特别是小型污水厂，是近几年许多专家和工程技术人员比较关注的问题。

不同规模的处理厂的设计原则基本相同，主要是以节省基建投资和运行费用的为主要目的，而实现的具体措施则有所不同。本文研究的是小型污水处理厂在设计中需注意的问题。与前面不同的是，本文的小型污水厂指的是日处理规模在 3000-20000  $m^3$  之间。笔者认为，这种规模的污水处理厂，在工艺方案选择、设备选型、总平面布置方面也存在值得总结和注意的原则和特点。

## 2 工艺方案确定

### 2.1 方案比较

无论何种规模的处理厂，在确定污水处理工艺时，除了保证处理效果这一基本条件外，主要目的是降低基建投资，节省日常的运行费用，



以求在保证达标排放的前提下，使经营成本最小。要做到这一点，首先应根据实际情况，选择合适的处理工艺。小型污水厂处理厂往往具有这样的特点：

(1) 由于负担的排水面积小，污水量较小，一天内水量水质变化较大，频率较高；

(2) 一般在城镇小区或企业内修建，由于所在地区一般不大，而且厂外污水输送管道也不会太长。所以，其占地往往受到限制，处理单元应当尽量布置紧凑。

(3) 一般要求自动化程度较高，以减少工作人员配置，降低经营成本。

(4) 污水厂往往位于小区或工业企业内，平面布置可能会受实际情况限制，有时可能靠近居民区或地面起伏不平等，平面布置应因地制宜，变蔽为利。

(5) 由于规模较小，一般不设污泥消化，应采用低负荷，延时曝气工艺，尽量减少污泥量同时使污泥部分好氧稳定。

鉴于以上的特点，对于小型城市污水厂，SBR 法及氧化沟法为首先考虑的工艺方案。这两种工艺都具有以下优点：

(1) 都属完全混合型，具有较高的耐冲击负荷的能力；

(2) 一般不设初沉池，工艺简化，节省占地；

(3) 一般采用低负荷延时曝气方式运行，处理效果好，污泥好氧稳定，同时可减少污泥产量（如果污泥出路可靠，也可适当提高负荷）；

氧化沟目前常用的有卡鲁塞尔氧化沟、奥贝尔氧化沟、三沟及双沟

等交替式氧化沟等几种形式，其中以前两种更为常用。氧化沟的共同特点是污水在循环水池中流动，曝气方式主要采用表曝方式（近年来，也有鼓风曝气方式的氧化沟，也被称作氧化沟池型的普曝，结合了氧化沟及微孔曝气的优点）。SBR 工艺包括传统 SBR 法、ICEAS 工艺、DAT-IAT 工艺、CAST 工艺、UNITANK 工艺等不同方法。从严格意义上讲，交替式运行的氧化沟实际上也是 SBR 工艺的一种。

SBR 法与氧化沟相比又具有以下优点：

- （1）SBR 工艺省去二沉池和回流污泥泵房，使布置更加紧凑；
- （2）氧化沟的曝气设—表曝机在运行时，溅起水花较大，对周围环境产生不利影响。某些特殊情况下，对污水厂有很高的环保要求，反应池上部需要加盖或增设上部建筑，以隔绝臭气，这样则会影响表曝的曝气效率。
- （3）由于 SBR 池是间歇运行，很较强的调节能力，对于水质水量变化较大的情况，也不需要高调节池（实际上，SBR 池本身就有调节池的作用）。
- （4）在北方严寒地区，冬季室外气温较低，氧化沟的表曝曝气方式也不适宜。
- （5）SBR 池池深也不受限制，必要时可适当加深。

综合上述各种因素，在小型污水处理厂设计中，SBR 工艺比氧化沟更广泛的被采用。各种 SBR 法的特点及适用范围见下表：

因为 SBR 池本身实际上就等于一个调节池。这也是 SBR 工艺用在小型污水厂中的一个非常重要的优越性。

### 3.2 格栅

由于设计流量较小，导致格栅都比较小。比如规模为 5000 吨/日的污水厂，设粗细格栅各设两台，并联设置，经计算格栅尺寸如下表：

|            |      |     |
|------------|------|-----|
| 污水厂规模（吨/日） | 5000 |     |
| 总变化系数取为    | 1.7  |     |
| 设计参数       | 细格栅  | 粗格栅 |
| 栅条间隙（mm）   | 20   | 5   |
| 栅前水深（mm）   | 300  | 500 |
| 过栅流速（mm）   | 0.8  | 0.8 |
| 安装角度（°）    | 60   | 60  |
| 格栅宽度（mm）   | 300  | 350 |

由上表可见，处理规模 5000 吨/日的处理厂，总变化系数  $K_z=1.7$  时，计算得粗、细格栅尺寸都很小。这种情况下若采用机械格栅，渠道上部的驱动部分及栅渣输送机所需的空间一般都在 2m 以上，造成很大的空间浪费，对于小型污水处理厂，格栅间往往有上部建筑，则增加了土建投资。所以在栅渣量不是很多的情况下，如果计算得格栅较小，可采用人工格栅代替机械格栅。

3.3 沉砂池

沉砂池一般选用钟式沉砂池或类似产品。如果钟式沉砂池池径不太，沉砂池可采用碳钢制成的成套设备。另外沉砂池进出水渠也可采用相应碳钢制作。这样不仅增加了方便施工安装，而且由于尺寸较小，造价不见得高出钢筋砼池多少。

3.4 曝气系统

活性污泥法的曝气方式可分为两大类：鼓风曝气及机械曝气两大类。鼓风曝气系统的主要设备是鼓风机及扩散系统。小污水厂的鼓风机一般采用罗茨风机及小型离心风机。分散系统一般采用微孔曝气器。但必须是适应于间歇曝气的运行方式。鼓风机往往安装在 SBR 池旁边，以减少管路系统的造价。由于污水厂较小，一般不设鼓风机房，仅在鼓风机上设置棚。这主要适用于厂矿企业内的污水处理厂，不严格控制噪音的情况。如果污水厂毗临生活小区，若采用鼓风曝气则必须建鼓风机房，同时还要有相应的降噪措施，这样情况下宜采用机械曝气方式。

机械曝气相对于鼓风曝气而言，具有噪音低、安装简单等优点，特别适用于小型污水厂。主要的机械曝气设备原理、适用条件及参考生产设备厂家见下表。

| 序号 | 设备名称      | 供氧量           | 深度     | 工作原理                                                                                | 参考厂家                                                 |
|----|-----------|---------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1  | 离心式潜水曝气机  | 2-90kgO2/hr   | 3-6m   | 潜水电机驱动叶轮转动，排开污水，靠负压吸入空气，吸入的空气与水混合，在离水力作用下向四周排出，达到传氧的目的。                             | 台湾川源股份有限公司的 AR 系列产品；<br>南京蓝深公司 QXB 系列产品；             |
| 2  | 射流式潜水曝气机  | 0.5-8kgO2/hr  | 2-4m   | 利用水射器原理，以反应池中的污水为介质，经水泵加压，高速通过喉管，形成负压，吸入空气，并与污水充分混合，经扩散管喷出。也可采用设在反应池外的干式泵结合水射器工作的方式 | 台湾川源股份有限公司的 GR 系列；广州绿蓝环保公司 QPJ 系列产品；南京蓝深公司 QSB 系列产品； |
| 3  | 立轴式推流式曝气机 | 7.5-24kgO2/hr | 3-6m   | 曝气机靠浮筒浮在水面上，驱动轴与水面垂直，驱动轴带动叶轮高速旋转在叶轮前部中心区产生较强的负压，将空气从空心主轴吸入紊流室，搅动后扩散到污水中             | 浙江诸暨宏宇环保设备厂 O2BG 型设备；                                |
| 4  | 斜轴式推流式曝气机 | 5-30kgO2/hr   | 1-5.5m | 原理同 3，只是驱动轴与水面呈 0-45°的夹角，在具有曝气功能的同时，也具有推流的作用。                                       | 上海明智环保公司代理的美国 AIRE-O2 系列产品；浙江诸暨宏宇环保设备厂 O2JBG 型设备；    |

上表中 1、2 类设备为潜水电机，具有结构紧凑、安装方便、噪音小、曝气效率高等优点，只是潜水电机对设备加工能力及设备自保护能力要求较高。而 3、4 类电机在水面上，运行安全，寿命相对较长，但噪



音较 1、2 稍大，安装需要拉索，不太美观。

在很多情况下，曝气机都是首选设备。在近年来兴建的小型污水厂中，上述四类曝气机都被广为采用。但相对于鼓风曝气动力效率较低。

### 3.5 脱水机

一般可采用带式脱水机。因为国产设备较过关，设备费用不高，不必连续运行。虽然卫生条件较差，但也可采取相应措施进行改善，如强制通风或后面提到的除臭。在有条件的情况下，也可采用离心脱水机，以改善工作环境，减少加药量。

## 4 总图布置

### 4.1 输配水

由于污水厂较小，各构筑物之间一般用渠道相连，既节省了占地，又减少了水头损失。有专家统计，采用渠道输配水的污水处理厂的水头损失要比管道输配水的小 2-3m。对于采用 SBR 法的小型污水处理厂，一般将沉砂池与 SBR 池通过渠道相连、污泥浓缩池与脱水机房和泥饼堆放场合建。这样，在常规的设计中，小型污水厂内至多有三个主要的处理单元：辅助生产区（含办公、变配电及总控等）、水处理单元、泥处理单元。有时泥处理和水处理单元也可合建。

由于方便输配水，各构筑物采用了合建方式，在设计时应注意距离较近的构筑物的基础处理，埋深上尽量接近。通过连接构筑物的渠道应做沉降缝。

多座反应池的排泥管也可采用渠道而非管道和止回阀连接的方式，这样不仅减少了设备的维护管理，而且没有阀门堵塞的问题。连接方式如图 1。在小型污水处理厂内多采用类似策略，可以大大节省工程费用，方便维护管理。

### 4.2 总平面布置

小型污水处理厂受服务区域的现状及污水收集输送系统的限制，其厂址往往是小区内或厂矿企业内不规则、不好利用的地块，有的高低起伏较大、有的存在地面障碍和架空线路、有的靠近居住区，这些不利因素在总平面布置时必须充分考虑。

一般来讲，对于污水厂的现状情况应充分考虑，因地制宜，若厂址高差变化太大，厂区内的设计地坪也应随之调整，采取不同标高。整个全厂看来，呈台阶式布置。有条件的尽量放坡处理，不做挡墙，以节省土建投资。在护坡上做绿化小品，起到美化全厂、改善环境的目的。若空中有高压线，则在地面上可考虑大量的进行绿化，在满足电气相关规范的同时，尽可能的增加厂区的绿化面积。

再比如，如果厂址靠近居民区，则要在总图上更要加以注意，首先污水及污泥处理构筑物应尽量布置在远离居民区的地方，而且在有条件的情况下，处理构筑物可以采取增设上部建筑或加盖的方式以减少对周围环境的影响。必要时，增加相应的环保措施。

## 5 环保措施

如前所述，在小型污水处理厂的设计，有时因毗邻居民区或处于小区内的重要地区，往往有较高的环保要求，这就要求进行必要的环保方面的考虑。大致可分为以下几个方面。

### 5.1 降噪

尽量采用潜水电机。如水泵应首先选用潜水泵，这不仅可以降低土建造价，而且同时减少污水处理厂的噪音。对于曝气系统，应选用机械曝气方式而不是鼓风曝气方式。

### 5.2 处理构筑物的处理

对于环保要求较严格的污水处理厂，可考虑在处理构筑物增设上部建筑或加盖的方式，以隔绝臭气。如果增设上部建筑，可采用透光阳光板或彩色压型钢板的罩棚，外形做成圆拱形。其特点外形美观，视觉效果好，设备设在室内，便于维护管理。在高出地面的池子部分，做成天蓝色或湖绿色彩带。既与罩棚相呼应，又减弱了纯构筑物的僵硬、呆板。阳光板的造价大约为 300 元/平米左右。而压型板则较低，仅为 100 元/平米左右。

构筑物上部加盖的方式，是在其上设混凝土盖板，在可能的情况下，在盖板上可填 300-500mm 的土，种植绿化，增加全厂的绿化面积。这种处理办法特别适用于需采用自重抗浮的情况。



两种方法比较各有优缺点,采用阳光板或压形钢板拱形罩棚的办法,外形美观,管理方便,但为了日常的检修,往往需要增加吊车,另外,采用这种圆拱顶应注意在严寒地区冬季结露的问题;第二种方案造价较省,但需在混凝土盖板上开孔,以便池内设备的安装及维护管理。另外由于上部加了混凝土盖,对于表曝机不太适合。

### 5.3 除臭措施

污水处理厂在污水处理的同时,会产生的具有异味的副产品。臭气的主要成份是硫化氢( $\text{H}_2\text{S}$ )、氨、四硫醇类等,主要来自腐化污水和污泥。 $\text{H}_2\text{S}$  在空气中会有一部分氧化成为  $\text{SO}_2$ ,一般空气中 30%的  $\text{SO}_2$  是由  $\text{H}_2\text{S}$  转化过来的。这些臭气难免对周围环境造成影响,为了减少臭气对周围环境的不利影响,在很多要求比较严格的小型污水处理厂内,设置了生物除臭措施。常用的方法有:化学吸收法、生物法、土壤法三大类。

(1) 化学吸收法是通过化学药剂(主要是碱液)吸收空气中的  $\text{H}_2\text{S}$  等污染物。脱臭装置由脱臭罐各及再生塔组成。罐体直径与高度之比一般为: 1: 5 左右,臭气由通风设备收集,通过风道从罐体下部进入脱臭罐。用浓度为 2%-3%的碳酸钠溶液作为臭气吸收剂。这种方法的优点是:处理效果好,运行稳定,耐冲击负荷能力强;缺点是药剂需定期更换,运行费用较高。

(2) 生物法是通过附着在填料上的生物膜来降解空气中的臭味,生物膜生长、成熟并达到生物降解能力过程是一个生物培养的过程。生物膜中微生物需要的养料来自于污水中有机物,对于污水处理厂一般采用原污水对填料进行喷淋。除臭罐空池停留时间为 1-3min(可视臭气浓度变化),进气流速 2-3m/s。这种方法的优点是加强管理的情况下,处理效果良好,运行费用很低(相对于其它两种方法),缺点是:处理效果受进气浓度影响,不太稳定,对于喷淋污水中有机物浓度有一定要求。

(3) 土壤脱臭法是将气体收集后通过管道输入脱臭池底部并扩散于其中的土壤内(土壤以天然土、腐植土为宜),臭气在通过土壤过程中受土壤颗粒表面吸附作用,多种致臭物质被截留。经过一段时间,在土壤颗粒表面可逐渐培养出针对致臭物质的微生物,并可不断将致臭物质分解,完成脱臭。同时,土壤脱臭池表面可天然生长或人工栽植花草,形成良好的环境效果。土壤脱臭的优点是投资少,运行费用低,且可与厂区绿化结合,无任何副产品产生。缺点是易受地下水及冬天低气温的影响,除臭效果一般。

在工程设计中,往往需要根据实际情况选择合适的除臭方案。

## 6 电气自控设计

在厂区电气自控的总体设计上,应在允许的条件下,提高污水处理厂的自动化程度。尽量做到无人值守。这一点对减少小型污水处理厂的单方经营成本有很重要的意义。因为,尽管污水厂较小,如果没有自动化程度较高的自控系统,往往需要按岗定员,这样 3000-20000 吨/日的污水处理厂也需要 10-30 人。实际上,对于规模稍大的污水厂,定员也不过如此,所以相对人力成本很高。在条件允许的情况下,尽量提高污水厂的自动化程度。有条件时,还可在反应池等重要地方安装摄像头,以监视污水厂的运行状况。

在电缆布置上,也有着与大型污水处理厂不同的特点。各处理构筑物的电气与信号电缆的铺设应尽量结合构筑物上的管沟和渠道,从整体效果来看,整个处理构筑物表面看不到任何电缆和管线的敷设,只有走道板及盖镀锌钢格板的管沟,既美观又便于维护管理。在某些情况下,全厂的电缆沟可以借助某个构筑物实现。一般来讲,配电与信号传输从辅助处理单元(包括办公及变配电)要到水处理和泥处理单元,无论是先经过哪个处理单元,都可以在处理构筑物的侧壁上向池内挑出管沟,做为管道与电缆的通道,服务于本处理单元的同时,又可使电力和信号到达另一个处理单元。这样既方便了总图的布置,又节省的工程造价。

## 7 工程实例

### 7.1 沈阳采油厂污水处理厂

本项目位于辽宁省沈阳新民沈阳采油厂,污水日处理能力为 6000 立方米,该处理厂由大连树源环保公司进行总承包,于 1999 年底建成通水,并通过有关部门的验收。