

第一部分 总述

1.1 工程概况

为某一城市设计一座二级处理的城市污水处理厂，要求出水达标，工厂适中，满足当地污水处理需求。

1.2 基本资料

1.2.1 污水水量、水质

污水处理水量 10 万 m³/d;

污水水质为：COD_{Cr} ≤ 500mg/L, BOD₅ ≤ 250 mg/L, SS ≤ 250 mg/L, 氨氮 ≤ 35mg/L, 总磷 ≤ 4.0 mg/L。

1.2.2 处理要求

城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918—2002)，一级 B 标准

污水经二级处理后应符合以下具体要求：

COD_{Cr} ≤ 60mg/L, BOD₅ ≤ 20 mg/L, SS ≤ 20mg/L, 氨氮 ≤ 8(15)mg/L, 总磷 ≤ 1.0 mg/L。

1.2.3 气象与水文资料

风向：多年主导风向为东北风；

气温：最冷月平均为-3.5℃；

最热月平均为 32.5℃；

极端气温，最高为 39.9℃，最低为-11.6℃，最大冻土深度：0.38m；

水文：降水量，多年平均为每年 728mm；

蒸发量，多年平均为每年 1210mm；

地下水水位，地面下 5-6m。

最高洪水位：55.36m

1.2.4 厂区地形

污水厂选址区域海拔标高在 64-66 米之间，平均地面标高为 64.5 米。

平均地面坡度为 0.3-0.5‰，地势为西北高，东南低。厂区征地面积为东西长 600 米，南北长 400 米。

1.2.5 市政污水进厂管：

管径：1800mm

管底绝对标高： 54.37

第二部分 处理工艺流程

2.1 污水处理工艺流程

原水→泵→格栅→沉砂池→→氧化沟→二沉池→出水

2.2 污水处理工艺的选择

按《城市污水处理和污染防治技术政策》要求推荐，10 万 t/d 规模大型污水厂一般采用常规活性污泥法工艺，10-20 万 t/d 污水厂可以采用常规活性污泥法、氧化沟、SBR、AB 法等工艺，小型污水厂还可以采用生物滤池、水解好氧法工艺等。对脱氮除磷有要求的城市，应采用二级强化处理，如 A²/O 工艺，A/O 工艺，SBR 及其改良工艺，氧化沟工艺，以及水解好氧工艺，生物滤池工艺等。由于该设计中的污水属于生活污水对脱氮除磷有要求故选取二级强化处理可供选取的工艺：氧化沟工艺，SBR 及其改良工艺等。

2.2.1 氧化沟

严格地说，氧化沟不属于专门的生物除磷脱氮工艺。但是随着氧化沟技术的发展，它早已超出原先的实践范围，出现了一系列除磷脱氮技术与氧化沟技术相结合的污水处理工艺流程。按照运行方式，氧化沟可以分为连续工作式、交替工作式和半交替工作式。连续工作式氧化沟，如帕斯韦尔氧化沟、卡鲁塞尔氧化沟。奥贝尔氧化沟在我国应用比较多，这些氧化沟通过设置适当的缺氧段、厌氧段、好氧段都能取得较好的除磷脱氮效果。连续工作式氧化沟又可分为合建式和分建式。交替工作式氧化沟一般采用合建式，多采用转刷曝气，不设二沉池和污泥回流设施。交替工作式氧化沟又可分为单沟式、双沟式和三沟式，交替式氧化沟兼有连续式氧化沟和 SBR 工艺的一些特点，可以根据水量水质的变化调节转刷的开停，既可以节约能源，又可以实现最佳的除磷脱氮效果。

氧化沟具有以下特点：

- (1) 工艺流程简单，运行管理方便。氧化沟工艺不需要初沉池和污泥消化池。有些类型氧化沟还可以和二沉池合建，省去污泥回流系统。
- (2) 运行稳定，处理效果好。氧化沟的 BOD 平均处理水平可达到 95%左右。
- (3) 能承受水量、水质的冲击负荷，对浓度较高的工业废水有较强的适应能力。这主要是由于氧化沟水力停留时间长、泥龄长和循环稀释水量大。
- (4) 污泥量少、性质稳定。由于氧化沟泥龄长。一般为 20~30 d，污泥在沟内已好氧稳定，所以污泥产量少从而管理简单，运行费用低。
- (5) 可以除磷脱氮。可以通过氧化沟中曝气机的开关，创造好氧、缺氧环境达到除磷脱氮目的，脱氮效率一般 > 80%。但要达到较高的除磷效果则需要采取另外措施。

2.2.2 A²/O

A2/O 处理工艺是 Anaerobic—Anoxic—Oxic 的英文缩写，它是厌氧—缺氧—好氧生物脱氮除磷工艺的简称，A2/O 工艺是在厌氧—好氧除磷工艺的基础上开发出来的，该工艺同时具有脱氮除磷的功能。

A2/O 工艺的特点：

(一)：厌氧、缺氧、好氧三种不同的环境条件和不同种类的微生物菌群的有机配合，能同时具有去除有机物、脱氮除磷功能；

(二)：在同时脱氮除磷去除有机物的工艺中，该工艺流程最为简单，总的水力停留时间也少于同类其它工艺。

(三)：在厌氧—缺氧—好氧交替运行下，丝状菌不会大量繁殖，SVI 一般小于 100，不会发生污泥膨胀。

(四)：污泥中含磷量高，一般为 2.5%以上。

2.2.3 SBR

SBR 是一种间歇式的活性污泥系统，其基本特征是在一个反应池内完成污水的生化反应、固液分离、排水、排泥。可通过双池或多池组合运行实现连续进出水。SBR 通过对反应池曝气量和溶解氧的控制而实现不同的处理目标，具有很大的灵活性。SBR 池通常每个周期运行 4-6 小时，当出现雨水高峰流量时，SBR 系统就从正常循环自动切换至雨水运行模式，通过调整其循环周期，以适应来水量的变化。SBR 系统通常能够承受 3-5 倍旱流量的冲击负荷。

SBR 工艺具有以下特点：

(1) SBR 工艺流程简单、管理方便、造价低。SBR 工艺只有一个反应器，不需要二沉池，不需要污泥回流设备，一般情况下也不需要调节池，因此要比传统活性污泥工艺节省基建投资 30%以上，而且布置紧凑，节省用地。由于科技进步，目前自动控制已相当成熟、配套。这就使得运行管理变得十分方便、灵活，很适合小城市采用。

(2) 处理效果好。SBR 工艺反应过程是不连续的，是典型的非稳态过程，但在曝气阶段其底物和微生物浓度变化是连续的(尽管是处于完全混合状态中)，随着时间的延续而逐渐降低。反应器内活性污泥处于一种交替的吸附、吸收及生物降解和活化的变化过程之中，因此处理效果好。

(3) 有很好的除磷脱氮效果。SBR 工艺可以很容易地交替实现好氧、缺氧、厌氧的环境，并可以通过改变曝气量、反应时间等方面来创造条件提高除磷脱氮效率。

(4) 污泥沉降性能好。SBR 工艺具有的特殊运行环境抑制了污泥中丝状菌的生长，减少了污泥膨胀的可能。同时由于 SBR 工艺的沉淀阶段是在静止的状态下进行的，因此沉淀效果更好。

(5) SBR 工艺独特的运行工况决定了它能很好的适应进水水量、水质波动。

其中改进工艺包括了 ASBR，它是在 20 世纪 90 年代，由美国 Dague 教授等将过去用于好氧生物处理的 SBR 工艺用于厌氧生物处理，开发了厌氧序批式活性污泥法(Anaerobic Sequencing Batch Reactor，简称 ASBR)。ASBR 法是一种以序批间歇运行操作为主要特征的废水厌氧生物处理工艺，一个完整的运行操作周期按次序分为进水、反应、沉淀和排水 4 个阶段。与连续流厌氧反应器相比，ASBR 具有如下优点：不会产生断流和短流；不需大阻力配水系统，减少了系统能耗；不需要二次沉淀池及出水回流；所需要的搅拌设备和滗水器在国内

为定型设备，便于建设运行；运行灵活，抗冲击能力强，能适应废水间歇无规律排放。

根据该地区污水水质特征，污水处理工程没有脱氮除磷的特殊要求，主要的去除目的是 BOD₅，COD_{Cr} 和 SS，本设计采用传统活性污泥法生物处理，曝气池采用传统的推流式曝气池。

2.3 设计说明

2.3.1 格栅

格栅是用以去除废水中较大的悬浮物，漂浮物，纤维物质和固体颗粒物质，以保证后续处理单元的正常运行，减轻后续处理单元的处理负荷，防止阻塞排泥管道和设备。

按形状分为平面格栅和曲面格栅两种。按格栅栅条的净间隙，可分为粗格栅，中格栅和细格栅。按清渣方式可分为人工清渣和机械清渣两种。

本设计选用的中格栅和细格栅，机械清渣。

2.3.2 沉砂池

沉砂池的作用是从废水中分离密度比较大的无机颗粒，例如：直径为 0.1mm，密度为 2.5g/cm³ 以上的砂粒。沉砂池有平流式、竖流式、曝气式和旋流式四种形式。

本设计选用停留时间 $t=2\text{min}$ 的曝气沉砂池。因为平流式沉砂池的主要缺点是沉砂中约夹有 15% 的有机物，使沉砂的后续处理难度加大，而曝气池就能克服这一缺点。曝气池的优点还有通过调节曝气量可以控制污水旋流速度，使除砂效率较稳定，受流量变化的影响较小，同时还起预曝气的作用，但其构造比平流式沉砂池复杂。

2.3.3 二沉池

二沉池有别于其他沉淀池，首先在作用上有其特点。它除了进行泥水分离外，还进行污泥浓缩，并由于水量、水质的变化，还要暂时贮存污泥。由于二次沉淀池需要完成污泥浓缩的作用，所需要的池面积大于只进行泥水分离所需要的池面积。

其次，进入二次沉淀池的活性污泥混合液在性质上有其特点。活性污泥混合液的浓度高，具有絮凝性能，属于成层沉淀。

活性污泥的另一特点是质轻，易被出水带走，并容易产生二次流和异重流现象，使实际的过水断面远远小于设计的过水断面。

池型说明：分为平流式沉淀池，辐流式沉淀池，竖流式沉淀池，斜管（板）沉淀池四类，本设计选用中心进水周边出水幅流式沉淀池。

第三部分 污水处理构筑物设计计算

3.1 泵前中粗格栅

3.1.1 粗格栅设计要求

- 1) 经初步核算每日栅渣量 $> 0.2 \text{ m}^3/\text{d}$ 。所以采用机械除渣。
- 2) 我国过栅流速一般采用 $0.6-1.0 \text{ m/s}$ 。此次设计采用 0.9 m/s 。
- 3) 格栅倾角一般采用 $45^\circ - 75^\circ$ 。机械清除国内一般采用 $60^\circ - 70^\circ$ 本设计采用 60° 。
- 4) 格栅前渠道内水流速度一般取 $0.4-0.9 \text{ m/s}$ 。本设计取 0.7 m/s 。

3.1.2 设计参数：

设计排水量 $Q = 10 \text{ 万 m}^3/\text{d} = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$

日平均时设计秒流量 $\bar{Q} = K_d Q = 1.3 \times 10 \text{ 万 m}^3/\text{d} = 13 \text{ 万 m}^3/\text{d} = 1.505 \text{ m}^3/\text{s}$

日最高时设计秒流量 $Q_{\text{max}} = K_h \bar{Q} = 1.54 \times 13 \text{ 万 m}^3/\text{d} = 20.02 \text{ 万 m}^3/\text{d} = 2.317 \text{ m}^3/\text{s}$

栅前水深 $h = 1.29 \text{ m}$ ，进水渠宽 $B_1 = \sqrt{\frac{2Q}{v_1}} = 1.49 \text{ m}$

栅前流速 $v_1 = 0.7 \text{ m/s}$ ，过栅流速 $v_2 = 0.9 \text{ m/s}$

栅条宽度 $s = 0.01 \text{ m}$ ，格栅间隙 $e = 20 \text{ mm}$

栅前部分长度 0.5 m ，格栅倾角 $\alpha = 60^\circ$

渐宽部分展开角 $\alpha_1 = 20^\circ$

单位栅渣量 $W_1 = 0.05 \text{ m}^3 \text{ 栅渣}/10^3 \text{ m}^3 \text{ 污水}$

3.1.3 设计计算

$$(1) \text{ 栅条间隙数 } n = \frac{\text{max}}{ehv_2} = \frac{2.317}{0.02 \times 1.29 \times 0.9} = 92.9 \quad (\text{取 } n=100)$$

设计两组格栅，每组格栅数 $n=50$ 条

$$(2) \text{ 栅槽有效宽度 } B_2 = s(n-1) + en = 0.01 \times (50-1) + 0.02 \times 50 = 1.49 \text{ m}$$

总水槽宽 $B = 2B_2 + 0.2 = 2 \times 1.49 + 0.2 \text{ m} = 3.18 \text{ m}$ （考虑中间隔墙厚 0.2 m ）

$$L = \frac{B - B_1}{2 \tan \alpha_1} = \frac{3.18 - 1.49}{2 \tan 20} = 2.32m$$

(1) 进水渠道渐宽部分长度 L_1
(其中 α_1 为进水渠展开角)

(2) 栅槽与出水渠道连接处的渐窄部分长度 $L_2 = \frac{L_1}{2} = \frac{2.32}{2} = 1.16m$

(3) 过栅水头损失 h_1

因栅条边为矩形截面, 取 $k=3, \beta=2.42$ 则

$$h_1 = k\beta \left(\frac{s}{e}\right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha = 3 \times 2.42 \times \left(\frac{0.01}{0.02}\right)^{4/3} \times \frac{0.9^2}{2 \times 9.81} \sin 60^\circ = 0.103m$$

(4) 栅后槽总高度 H

取栅前渠道超高 $h_2=0.3m$, 则栅前槽总高度 $H_1=h_1+h_2=1.03+0.3=1.33m$

栅后槽总高度 $H=H_1+h_1=1.33+0.103 \approx 1.34m$

(5) 格栅总长度 $L=L_1+L_2+0.5+1.0+H/\tan \alpha$

$$= 2.32 + 1.16 + 0.5 + 1.0 + 1.333 / \tan 60^\circ = 5.75m$$

(6) 每日栅渣量

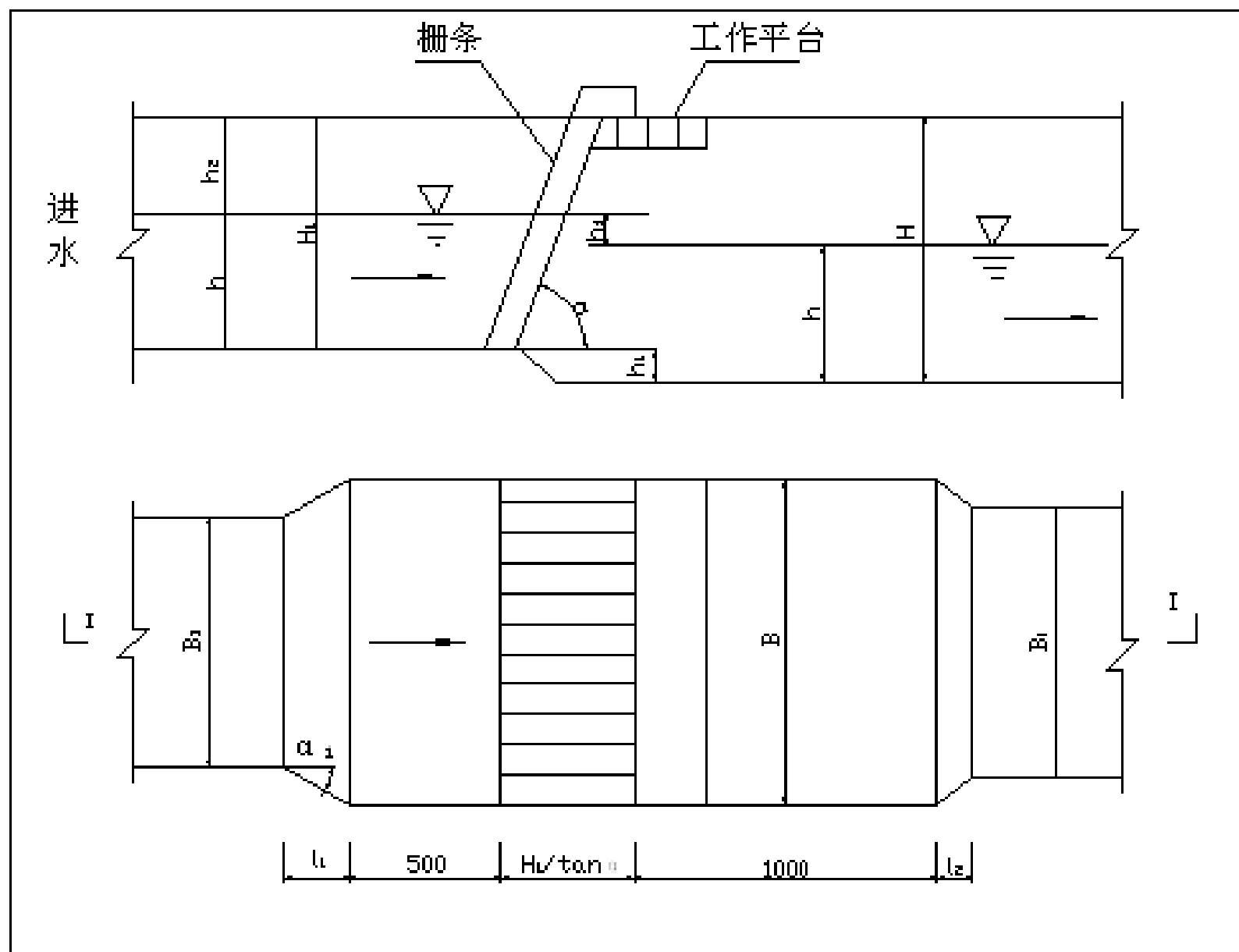
$$W = \frac{86400Q_{\max}}{1000K} = \frac{86400 \times 2.317 \times 0.05}{1000 \times 1.3} = 7.7m^3/d > 0.2m^3/d$$

所以宜采用机械格栅清渣

3.1.4 进水与出水渠道

城市污水通过 $DN1250mm$ 的管道送入进水渠道, 然后, 就由提升泵将污水提升至细格栅。

格栅计算草图如下:



3.2 泵房

3.2.1 泵房设计说明

本设计采用传统活性污泥法工艺系统，污水处理系统简单，只考虑一次提升。污水经提升后再过细格栅，然后经平流沉砂池，自流通过初沉池、曝气池、二沉池及接触池，最后由出水管道排入纳污河流。

1) 泵房进水角度不大于 45 度。

2) 相邻两机组突出部分得间距，以及机组突出部分与墙壁的间距，应保证水泵轴或电动机转子再检修时能够拆卸，并不得小于 0.8。如电动机容量大于 55KW 时，则不得小于 1.0m，作为主要通道宽度不得小于 1.2m。

3) 泵站采用矩形平面钢筋混凝土结构半地下式，尺寸为 15 m×12m，高 12m，地下埋深 7m。

4) 水泵为自灌式。

3.2.2 集水池设计

设计中选用 5 台污水泵（4 用 1 备），则每台污水泵的设计流量为：

$$Q = \frac{Q_{\max}}{4} = \frac{2.317}{4} = 0.579m^3/s$$

，按一台泵最大流量时 5min 的出水量设计，则集水池的容积为：

$$V = Qt = 0.579 \times 5 \times 60 = 173.7m^3$$

取集水池的有效水深为 $h = 2.0m$

集水池的面积为：

$$F = \frac{V}{h} = \frac{173.7}{2} = 86.85m^2$$

集水池保护水深 0.5m，实际水深为 2.0+0.5=2.5m。

3.2.3 泵设计

$$Q_{\max} = 200200m^3/d = 8342m^3/h$$

选 400WL 型螺旋离心泵 5 台，单台流量 2100m³/h，最大提升高度 16.5m，由于水厂地势较高，运行时泵的扬程定为 15m. 4 台工作 1 台备用。

设计总流量为 2100×4=8400m³/h>8342m³/h，可以满足要求。

3.3 泵后细格栅设计计算

3.3.1 细格栅设计说明

污水由进水泵房提升至细格栅沉砂池，细格栅用于进一步去除污水中较小的颗粒悬浮、漂浮物。细格栅的设计和中格栅相似。

3.3.2 设计参数：

设计流量 $Q=2.317m^3/s$ ，设四组并列的细格栅，每组流量为 $0.579m^3/s$

栅前流速 $v_1=0.7m/s$ ，过栅流速 $v_2=0.9m/s$

栅条宽度 $s=0.01m$ ，格栅间隙 $e=10mm$

栅前部分长度 0.5m, 格栅倾角 $\alpha = 60^\circ$
 栅前水深 $h = 0.64\text{m}$, 进水渠宽 $B_1 = 1.29\text{m}$
 渐宽部分展开角 $\alpha_1 = 20^\circ$
 单位栅渣量 $W_1' = 0.10\text{m}^3$ 栅渣/ 10^3m^3 污水

3.3.3 设计计算

$$(1) \text{ 栅条间隙数 } n = \frac{Q_{\max} \sqrt{\sin \alpha}}{ehv_2} = \frac{0.579}{0.01 \times 0.64 \times 0.9} = 94$$

$$(2) \text{ 栅槽有效宽度 } B_2 = s(n-1) + en = 0.01 \times (94-1) + 0.01 \times 94 = 1.87\text{m}$$

所以总槽宽为 $B = 1.87 + 0.2 = 2.07\text{m}$ (考虑中间隔墙厚 0.2m)

$$(3) \text{ 进水渠道渐宽部分长度 } L_1 = \frac{B - B_1}{2 \tan \alpha_1} = \frac{2.07 - 1.29}{2 \tan 20^\circ} = 1.07\text{m}$$

(其中 α_1 为进水渠展开角)

$$(4) \text{ 栅槽与出水渠道连接处的渐窄部分长度 } L_2 = \frac{L_1}{2} = \frac{1.07}{2} = 0.53\text{m}$$

(5) 过栅水头损失因栅条边为矩形截面, 取 $k=3, \beta=2.42$ 则

$$h_1 = k\beta \left(\frac{s}{e} \right)^{4/3} \frac{v_2^2}{2g} \sin \alpha = 3 \times 2.42 \times \left(\frac{0.01}{0.01} \right)^{4/3} \times \frac{0.9^2}{2 \times 9.81} \sin 60^\circ = 0.26\text{m}$$

(6) 栅后槽总高度 (H)

取栅前渠道超高 $h = 0.3\text{m}$, 则栅前槽总高度 $H_1 = h + h_2 = 0.72 + 0.3 = 1.02\text{m}$

栅后槽总高度 $H = H_1 + h_1 = 1.02 + 0.26 = 1.28\text{m}$

$$(7) \text{ 格栅总长度 } L = L_1 + L_2 + 0.5 + 1.0 + H / \tan \alpha$$

$$= 1.07 + 0.53 + 0.5 + 1.0 + 1.28 / \tan 60^\circ = 3.84\text{m}$$

(8) 每日栅渣量

$$W = \frac{86400 Q_{\max} W_1'}{1000 K} = \frac{86400 \times 2.317 \times 0.10}{1000 \times 1.3} = 15.4\text{m}^3/d > 0.2\text{m}^3/d$$

所以宜采用机械格栅清渣

3. 进水与出水渠道

城市污水通过 DN800 的管道送入进水渠道, 格栅的进水渠道与格栅槽相连, 格栅的出水直接进入沉砂池, 进水渠宽度 $B_1 = 1.2\text{m}$, $h_1 = 0.6\text{m}$

3.4 平流式沉砂池

3.4.1 设计参数

设计流量: $Q = 2.317\text{m}^3/\text{s}$, 设计 4 组沉砂池, 每组分为 2 格, 每组沉砂池

流量 $Q = Q/4 = 0.58\text{m}^3/\text{s}$

设计流速: $v = 0.25\text{m}/\text{s}$

水力停留时间: $t = 30\text{s}$

$I = 0.0015$

3.4.2 设计计算

(1) 沉砂池长度:

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

(2) 水流断面积:

$$A=Q/v=0.58/0.25=2.3\text{m}^2$$

(3) 有效水深:

有效水深介于 0.25~1.0m 之间, 本设计取 $h_2=1.0\text{m}$

(4) 池总宽度:

$$\text{设计 } n=2 \text{ 格, 每格宽 } B_1 = \frac{A}{2h_2} = \frac{2.3}{2 \times 1.0} = 1.16\text{m}, \text{ 取 } B_1 = 1.2\text{m} > 0.6\text{m}。 \text{ 池}$$

$$\text{总宽度 } B=2B_1=2.4\text{m}$$

(5) 沉砂室所需容积:

$$V = \frac{86400Q \cdot X_1}{10^6 K}$$

式中: T——清除沉砂的间隔时间, 一般采用 1~2d, 本设计取 2 d;

X_1 ——城市污水沉砂量, 一般采用 $30\text{m}^3 / (10^6\text{m}^3 \text{ 污水})$;

K——污水流量总变化系数, 本设计中 $K = 1.3$

$$\text{代入各数据得, } V = \frac{86400 \times 2.317 \times 2 \times 30}{10^6 \times 1.3} = 9.25\text{m}^3$$

(6) 每个沉砂斗容积

每格沉砂池设两个沉砂斗, 则每个沉砂斗容积

$$V_1 = V/16 = 9.25/16 \text{ m}^3 = 0.58\text{m}^3$$

(7) 贮砂斗各部分尺寸及容积:

设计斗底宽 $a=0.5\text{m}$, 斗壁与水平面倾角为 60° , 斗高 $h'_3=1.0\text{m}$

$$\text{则沉砂斗上口宽: } a_1 = \frac{2h'_3}{\tan 60^\circ} + a = \frac{2 \times 1.0}{\tan 60^\circ} + 0.5 = 1.7\text{m}$$

贮砂斗容积

$$V_0 = \frac{1}{3}(a_1^2 + a_1a + a^2) \times h'_3 = \frac{1}{3}(1.7^2 + 1.7 \times 0.5 + 0.5^2) \times 1 = 1.1\text{m}^3 (> 0.58\text{m}^3, \text{ 符合})$$

符合要求

(8) 沉砂斗高度:

采用重力排砂, 设计池底坡度为 0.06, 坡向沉砂斗长度为

$$L_2 = \frac{L - 2a - 0.2}{2} = \frac{7.5 - 2 \times 1.7 - 0.2}{2} = 1.95\text{m} \text{ (两个沉砂斗之间隔壁厚取 } 0.2\text{m)}$$

$$\text{则沉砂斗高度 } h_3 = h'_3 + 0.06L_2 = 1.0 + 0.06 \times 1.95 = 1.12\text{m}$$

(9) 池总高度:

取超高 $h=0.3\text{m}$,

$$\text{池总高度 } H = h_1 + h_2 + h_3 = 0.3 + 1.0 + 1.12 = 2.42\text{m}$$

(10) 校核最小流量时的流速: