

污水处理厂生物反应设施集约化设计探讨

王 彬

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

摘 要: 对污水处理厂生物反应设施进行集约化设计,可以有效减少污水处理厂建设用地面积,提高污水处理厂的土地利用效益,满足国家节约土地资源的需要。生物反应设施集约化设计难点主要体现在:①平面组合设计既要考虑生物反应池和二沉池的相对独立设计,又要综合考虑二者的平面整体性,同时还要与建设用地形状相匹配;②配水渠道及污泥渠道(管)设计既要考虑二沉池的配水均匀性,又要考虑污泥回流和剩余污泥排放的合理性;③在设计阶段要充分考虑污泥泵设备安装以及今后运营维护的要求。介绍了生物反应池与初沉池、生物反应池与二沉池的集约化设计方法和设计要点,分析了生物反应设施集约化设计难点,并结合实例提出了具体措施。

关键词: 污水处理厂; 生物反应设施; 集约化设计

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)10-0061-05

Discussion on the Intensive Design of Biological Reaction Facilities in Wastewater Treatment Plant

WANG Bin

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: The intensive design of biological reaction facilities in wastewater treatment plant may effectively reduce the construction land area of wastewater treatment plant, improve the benefit of land use in wastewater treatment plant. The difficulties in the intensive design of biological reaction facilities were mainly as follows: ①In the combined design of the plane, with regard to the biological reaction tank and the secondary settling tank, not only the relative independent design but also the plane integrity of the two and the shape of the construction land should be considered; ②In the design of water distribution channel and sludge channel (pipe), not only the water distribution uniformity of the secondary settling tank but also the rationality of the sludge reflux and the excess sludge discharge should be considered; ③In the design stage, the installation of sludge pump equipment and the requirements for future operation and maintenance should be fully considered. As to the two intensive treatment processes of the primary settling tank followed by the biological reaction tank and the biological reaction tank followed by the secondary settling tank, this paper introduces the intensive design method and design points. Some concrete measures are provided in combination with an example to resolve difficulties in the intensive design of biological reaction facilities.

Key words: wastewater treatment plant; biological reaction facilities; intensive design

根据《城市生活垃圾处理和给水与污水处理工程项目建设用地指标》(建标[2005]157号),城市

污水处理厂的建设用地面积不应超过表1的规定^[1]。

表1 城市污水处理厂建设用地控制面积

Tab.1 Control area of construction land for WWTP

建设规模/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	污水处理厂用地/hm ²		
	一级处理	二级处理	深度处理
I类(50~100)	—	25.00~45.00	—
II类(20~50)	6.00~10.00	12.00~25.00	4.00~7.50
III类(10~20)	4.00~6.00	7.00~12.00	2.50~4.00
IV类(5~10)	2.25~4.00	4.25~7.00	1.75~2.50
V类(1~5)	0.55~2.25	1.20~4.25	0.55~1.75

有些污水处理厂项目建设用地远小于表1中建设用地控制面积,可考虑采用集约化设计。

在污水厂各处理构筑物单体中,初沉池、生物反应池、二沉池等设施占地面积较大,可考虑进行集约化设计,如生物反应池分别与二沉池、初沉池集约化组团共壁布置,可减少生物反应池和沉淀池之间的道路及绿化用地,提高整个污水厂土地利用效益。

1 生物反应池与初沉池集约化设计要点

1.1 生物反应池与初沉池的类型及主要参数选择

生物反应池一般选择廊道式的生物反应池。主要设计参数如下:廊道式生物反应池的池宽与有效水深之比宜采用1:1~2:1。

初沉池形式主要分为圆形辐流式和矩形平流式两种,若考虑与生物反应池合建,一般选择矩形平流式。

根据《室外排水设计规范》^[2],初沉池的主要设计参数沉淀时间为0.5~2.0 h,表面水力负荷为1.5~4.5 m³/(m² · h)。

对于设计出水标准为国家一级A标准的污水处理厂,为了尽可能使有限的碳源不被初沉池截留,初沉池的停留时间建议适当缩短,一般考虑40~50 min,表面水力负荷建议适当增加,一般考虑3.5~4.0 m³/(m² · h)。若进水浓度较低,也可考虑超越初沉池。

同时,根据规范,平流沉淀池的平面布置设计还应符合:每格长度与宽度之比不宜小于4,长度与有效水深之比不宜小于8,池长不宜大于60 m。

1.2 设计要点

由于初沉池的平面尺寸一般远小于生物反应池,因此生物反应池与初沉池的组合布置中一般首先考虑生物反应池的平面设计。

AAO生物反应池及初沉池的组合布置如图1所示。

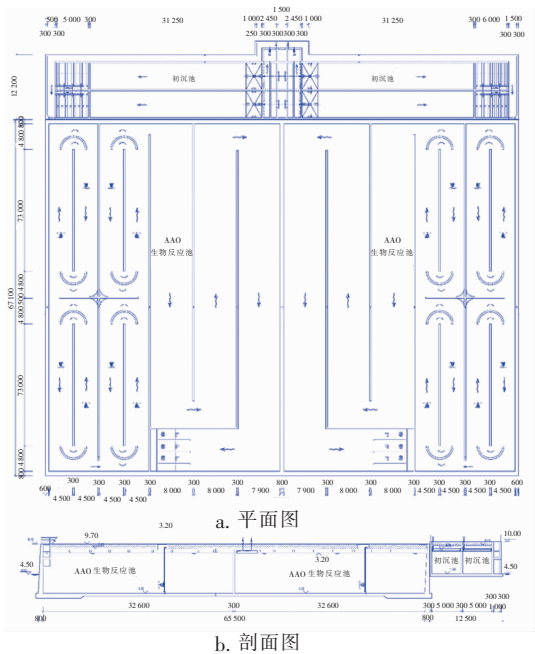


图1 AAO生物反应池及初沉池组合布置

Fig.1 Combination layout of AAO biological reaction tank and primary settling tank

待生物反应池的平面尺寸基本确定以后,矩形初沉池的平面设计首先需根据设计规模(高峰水量) Q_m (m³/h)与设计表面水力负荷 q [m³/(m² · h)],得出矩形初沉池的总表面积 $A = Q_m/q$ 。

考虑到组合构筑物的整体性,矩形初沉池的总长度(含进水管、出水管)一般与生物反应池的总宽度基本一致。

矩形初沉池的分组数 n 一般根据单组设备最大允许宽度、初沉池设备总费用来综合确定。在矩形初沉池总表面积 A 和分组数 n 确定以后,可以根据生物反应池的总宽度,并结合矩形初沉池的进水管、出水管的尺寸,来确定设计池长 L 。规范规定“池长不宜大于60 m”,因此一般 $L < 60$ m。

在总表面积 A 、分组数 n 、设计池长 L 确定以后,可得出矩形初沉池的单组宽度 $b = A/(L \cdot n)$ 。

在此过程中,一方面可以结合初沉池的平面布置情况,对生物反应池的布置进行反馈调整;另一方面在矩形初沉池和生物反应池的平面布置都完成之后,还要把二者的组合布置平面与污水处理厂的 actual 用地情况进行对照,看是否满足用地要求。

2 生物反应池与二沉池集约化设计要点

2.1 生物反应池与二沉池的类型及主要参数选择

与二沉池组合布置时,一般选择廊道式生物反

应池。根据《室外排水设计规范》,廊道式生物反应池的池宽与有效水深之比宜采用1:1~2:1。

若考虑与生物反应池合建,二沉池形式一般选择矩形,同时根据进、出水方式的不同又分为矩形平流式和矩形周进周出式。根据《室外排水设计规范》,二沉池的主要设计参数沉淀时间为1.5~4.0 h,表面水力负荷为0.6~1.5 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

矩形平流式二沉池表面水力负荷一般设计取值小于1.0 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,而矩形周进周出二沉池表面水力负荷一般设计取值为1.2~1.4 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。同时,根据规范,平流沉淀池的平面布置设计每格长度与宽度之比不宜小于4,长度与有效水深之比不宜小于8,池长不宜大于60 m。

2.2 设计要点

由于矩形周进周出二沉池的表面水力负荷要高于矩形平流式二沉池,节地效果也更加明显,因此在组合布置中得到更多的选用。图2为AAO生物反应池及二沉池组合布置图。

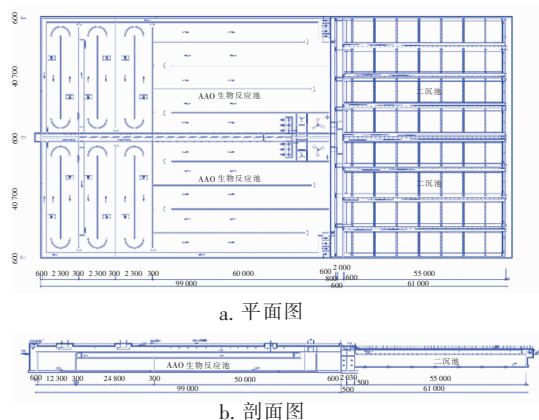


图2 AAO生物反应池及二沉池组合布置

Fig.2 Combination layout of AAO biological reaction tank and secondary settling tank

由于生物反应池的平面布置受制因素相对较少,因此在生物反应池与二沉池的组合布置中一般首先考虑二沉池的平面设计。

矩形二沉池的平面设计首先需根据设计规模(高峰水量) $Q_m(\text{m}^3/\text{h})$ 与设计表面水力负荷 q [矩形周进周出二沉池一般设计取值为1.2~1.4 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$],从而得出矩形二沉池的表面积 $A = Q_m/q$ 。

在矩形二沉池表面积确定以后,由于在规范中有“池长不宜大于60 m”的相关规定,因此一般设计池长 $L < 60 \text{ m}$ 。在池长 L 确定以后,二沉池的总池

宽 $B = A/L$ 也相应得出,二沉池总池宽 B 的选择还要考虑污水处理厂用地的允许宽度。矩形二沉池的分格数 n 一般根据单组设备最大允许宽度(目前国内应用案例中单组渠道宽度一般不大于11 m)、二沉池设备总费用来综合确定(分格数 n 一般为双数),同时也需要同步结合生物反应池的廊道布置。在分格数 n 确定以后,矩形二沉池的单组宽度 $b = B/n$ 也就相应得出。

矩形二沉池的平面尺寸基本确定以后,生物反应池的总宽度与矩形二沉池的总宽度基本一致。生物反应池在总宽度基本确定的情况下,继续进行其中各区段的廊道平面布置。

在此过程中,一方面可以结合生物反应池的廊道布置情况,对二沉池的布置进行反馈调整;另一方面在生物反应池和矩形二沉池的平面布置都完成之后,还要把二者的组合布置平面与污水处理厂的实际用地情况进行对照,看是否满足用地要求。

3 生物反应设施集约化设计难点

3.1 平面组合设计难点

生物反应池的总宽度一般与矩形二沉池的总宽度基本一致,二沉池的设计在规范中有“池长不宜大于60 m”的相关规定。每座生物反应池一般分组为两池独立运行,平面布置要考虑廊道数量和各分区停留时间,而二沉池分格数量一般设计为偶数格。因此在设计中既要考虑生物反应池和二沉池的相对独立设计,又要综合考虑二者的平面整体性,同时还要与建设用地形状相匹配。

以广东某污水处理厂为例,设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,分为2座,单座设计平均流量为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,高峰设计水量 Q_m 为5 417 m^3/h 。由于用地限制,AAO生物反应池和二沉池的总用地范围仅为178.7 m×98.7 m,因此生物反应池和二沉池采用集约化组合布置,二沉池采用矩形周进周出式。二沉池设计表面水力负荷 q 取值1.26 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,单座二沉池表面积 $A = Q_m/q = 4 300 \text{ m}^2$,二沉池设计池长 L 取值55 m,则二沉池的总有效宽度 $B = A/L = 78 \text{ m}$,分格数 n 按8格考虑,得出二沉池单组宽度为9.8 m(小于单组设备最大允许宽度)。考虑每格二沉池之间的分隔墙池壁厚度,二沉池总宽度为81 m,宽度方向两侧各距离厂区道路8.7 m,满足总平面宽度方向布置要求。二沉池平面尺寸基本确定以后,AAO生物反应池的总宽度与二沉池基本一致,

也考虑约为81 m。每座AAO生物反应池分2组独立运行,与二沉池相接的部分属于好氧区,一般采用廊道式,结合好氧区进水和出水方向,每组好氧区廊道数量考虑采用5条廊道,每条廊道宽度为7.8 m,考虑每条廊道之间的分隔墙池壁厚度,则总宽度为81 m,与二沉池总宽度一致,好氧区的长度根据设计停留时间及廊道总宽度来确定,厌氧段和缺氧段也根据设计停留时间及好氧区廊道总宽度来确定相应长度和宽度。经过平面组合设计,AAO生物反应池和矩形周进周出二沉池总长度为160 m,分别距离长度方向前后两侧道路10.7 m和7.9 m;总宽度为81 m,距离宽度方向左右两侧道路8.7 m,均满足厂区总体平面布置要求,AAO生物反应池及二沉池厂区总平面布置见图3。

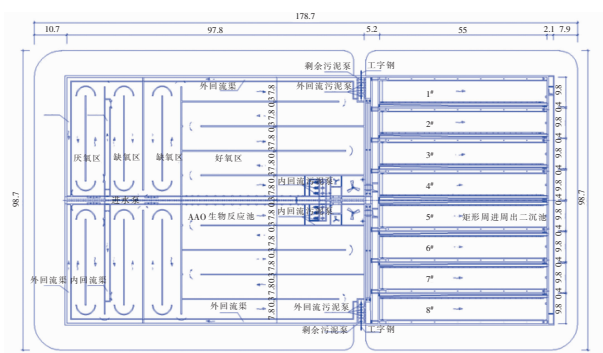


图3 AAO生物反应池及二沉池厂区总平面布置

Fig.3 Plane layout of the AAO biological reaction tank and the secondary settling tank in WWTP

3.2 配水渠道及污泥渠道(管)设计难点

矩形二沉池的配水均匀性一般存在一定的设计难度,在生物反应池与二沉池合建之后,二沉池的进水配水均匀性的问题会更加突出,因此在设计中要充分考虑这一点。同时,二沉池的外回流污泥需要回流至生物反应池的进水端,剩余污泥要排放至污泥处理构筑物,这两点在生物反应池和二沉池合建时会给设计带来一定难度,也要充分考虑。

以前述广东某污水处理厂为例,为满足二沉池进水配水均匀性要求,在设计中生物反应池的出水进入二沉池时首先设置了向上的竖向进水渠道,然后又设置了总宽度为2 m的总进水渠进行均匀配水,克服了原先进水渠道仅有水平流布置时的布水距离短引起的配水不均匀问题,保证了二沉池的处理效果。

二沉池进水渠布置见图4。

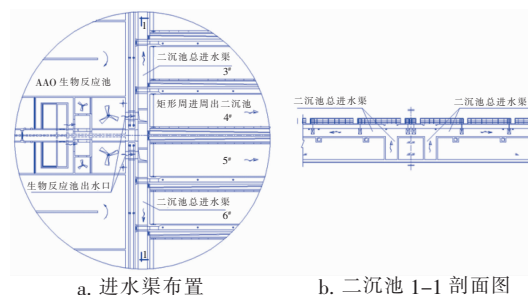


图4 二沉池进水渠布置

Fig.4 Layout of the inlet channel in the secondary settling tank

为了满足二沉池回流污泥和剩余污泥的需要,设计考虑将外回流污泥泵和剩余污泥泵设置在AAO生物反应池和二沉池靠近外侧池壁的结合处(见图5),外回流污泥沿生物反应池内侧池壁设置污泥渠接至生物反应池进水端,剩余污泥通过污泥管就近穿过池壁外接至储泥池,减少了污泥渠道(管)的长度,保证了污泥外回流和剩余污泥排放。

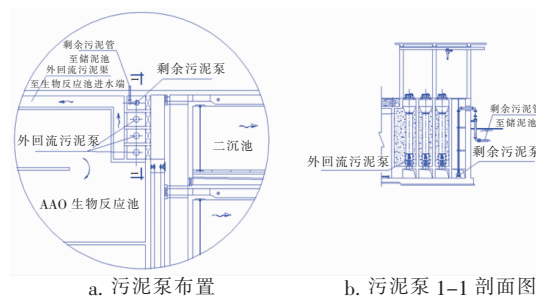


图5 二沉池污泥泵布置

Fig.5 Layout of the sludge pumps in the secondary settling tank

3.3 运营维护方面的问题

生物反应池与二沉池分建时,一般在各自构筑物四周都要布置厂区道路,以便于设备安装维修。但合建时,部分设备(主要是回流污泥泵及剩余污泥泵等)所处位置变成了构筑物中间而不靠近道路,这个可能给设备安装维修带来一定的问题,在设计阶段需要充分考虑以方便将来的运营维护。

以前述广东某污水处理厂为例,设计中考虑将外回流污泥泵和剩余污泥泵设置在AAO生物反应池和二沉池靠近外侧池壁的结合处,在污泥泵上部设置起吊设备用的电动葫芦,电动葫芦工字钢伸出池壁外1.5 m,同时在电动葫芦下方设置与厂区道路相连的道路,从而满足污泥泵设备安装以及运营维护要求,二沉池污泥泵安装布置见图6。

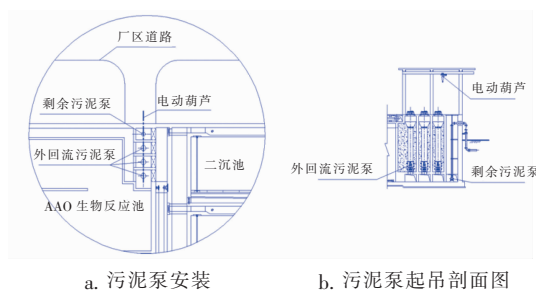


图 6 二沉池污泥泵安装布置

Fig. 6 Installation layout of the sludge pumps in the secondary settling tank

4 建设费用及运行费用比较

4.1 建设费用

矩形沉淀池的刮泥设备目前较多采用非金属链板刮泥机。受单套设备宽度的制约(一般不大于 11 m),同时室外排水规范规定“池长不宜大于 60 m”,刮泥设备数量要比采用圆形沉淀池多。圆形沉淀池的设备目前国产厂家的质量已基本过关,因此大部分采用国产设备。而矩形沉淀池采用的非金属链板刮泥机设备目前国产设备业绩较少,大部分均采用进口设备。因此,与生物反应池合建的矩形沉淀池建设成本要比常规分建的圆形沉淀池高。

以前述广东某污水处理厂为例,若 AAO 生物反应池与二沉池分建,二沉池采用圆形周进周出沉淀池,AAO 生物反应池与二沉池(同时包含需增加单独设置的二沉池配水井及污泥泵房构筑物)的合计工程费用约为 1.2 亿元。若 AAO 生物反应池与二沉池合建,沉淀池采用矩形周进周出形式,合计工程费用约为 1.6 亿元,约增加了 4 000 万元,折合成单位工程费用约增加 200 元/m³。

4.2 运行费用

生物反应池与沉淀池集约化组合设计采用共壁布置,一方面水流和污泥流可通过渠道形式输送,另一方面也减少了构筑物之间的平面距离和管道(渠道)长度,可节省全厂水头损失和回流污泥泵的扬程,因此运行费用比分建形式低。

以前述广东某污水厂为例,若 AAO 生物反应池与二沉池分建,生物反应池设计水位至二沉池水位差约为 1.0 m,外回流污泥泵扬程约为 3.7 m;若 AAO 生物反应池与二沉池合建,生物反应池设计水位至二沉池水位差约为 0.8 m,外回流污泥泵扬程约为 3.0 m,全厂水头损失少了 0.2 m,外回流污泥

泵的扬程少了 0.7 m,从而节约了运行费用。

5 结语

① 在生物反应设施集约化设计中,生物反应池一般选择廊道式,沉淀池一般选择矩形沉淀池。

② 生物反应池与初沉池的集约化组合布置中一般首先考虑生物反应池的平面设计,待生物反应池的平面尺寸基本确定以后,再结合生物反应池总宽度来确定初沉池平面尺寸。

③ 生物反应池与二沉池的集约化组合布置中一般首先考虑二沉池的平面设计,待二沉池的平面尺寸基本确定以后,再结合二沉池总宽度来确定生物反应池平面尺寸。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部. 城市生活垃圾处理和给水与污水处理工程项目建设用地指标[M]. 北京:中国计划出版社,2005.
Ministry of Construction of the PRC. Construction Land Index of Urban Domestic Garbage Treatment and Water & Wastewater Treatment Project[M]. Beijing: China Planning Press,2005(in Chinese).
- [2] GB 50014—2006, 室外排水设计规范(2016 年版)[S]. 北京:中国计划出版社,2016.
GB 50014—2006, Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering(2016 ed)[S]. Beijing: China Planning Press,2016(in Chinese).



作者简介:王彬(1974—),男,上海人,大学本科,高级工程师,主要从事排水工程设计工作,曾获 2013 年度全国优秀工程勘察设计行业奖二等奖、2014 年度上海市优秀工程咨询成果一等奖等。

E-mail: wangbin@smedi.com

收稿日期:2018-02-01