

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.06.041

生物滤池工艺应用于地下式污水厂的优缺点

陈旺源¹, 杨炯男², 张一倩³

[1.上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092; 2.杭州水务工程建设有限公司,浙江 杭州 310000;
3.杭州水务工程建设有限公司,浙江 杭州 310000]

摘要: 随着城市化水平和居民对环境要求的提高,能与周边环境协调、封闭性强、无二次污染的地下式污水处理厂可能成为城镇污水处理厂的新发展趋势和发展方向。曝气生物滤池工艺因具有容积负荷大、水力负荷大、可通过增加填料高度来减少占地面积等特点,从而可以被应用于全地下式污水处理厂。通过假定设计条件,比较曝气生物滤池工艺、Bardenpho 工艺、MBR 工艺在占地、投资、运行上的区别,介绍曝气生物滤池的种类及设计要点,分析曝气生物滤池在全地下式污水处理厂运用中的优缺点。分析结果表明:对于地下式污水厂项目,曝气生物滤池是一种良好的选择,为地下式污水厂发展提供了新的方向。

关键词: 地下式污水处理厂;曝气生物滤池工艺;Bardenpho 工艺;MBR 工艺

中图分类号: TU992.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)06-0172-06

0 引言

随着我国城市发展水平的提高以及居民环境意识的增强,地下式污水处理厂因其具有良好的封闭性、与周边环境的协调性以及最大化减小邻避效应的特点,使其可能成为城市污水处理厂建设的新方向^[1],而且许多城市已展开地下式污水处理厂的尝试和探索。

目前,地下空间开发技术日新月异,全国范围内已有大量的大规模地下空间实施案例,地下式污水处理厂的建设已具备了良好的技术支撑,具备施工可行性^[1]。

然而,污水处理厂占地面积大、开挖深度深,导致地下式污水处理厂的前期投资较大,是制约其推广的主要因素。因此,采用合适的处理工艺,降低污水厂占地面积,减少地下式污水处理厂的前期投资将有助于地下式污水处理厂的进一步推广普及。

曝气生物滤池工艺因其具有较大的容积负荷、较大的水力负荷以及可通过增加填料高度来减少占地面积等特点,若用于地下式污水处理厂将显著降低土建投资。

本研究通过假定设计条件,比较曝气生物滤池工艺、Bardenpho 工艺、MBR 工艺在占地、投资、运行

上的优劣,详细介绍了曝气生物滤池工艺在全地下式污水处理厂运用中的优缺点。

1 设计条件

本文以 5 万 t/d 城镇污水处理厂设计为例,变化系数取 1.58,参考浙江省、江苏省城镇污水处理厂的地方标准^[2-3],假定设计进出水水质,比较曝气生物滤池工艺、Bardenpho 工艺、MBR 工艺在占地、投资、运行上的区别。具体设计进出水水质见表 1。

表 1 设计进出水水质

单位:mg/L

污染项目	COD	BOD	SS	TN	NH ₃ -N	TP
设计进水水质	350	180	250	45	35	5.0
设计出水水质	30	10	10	10(12)	1.5(3)	0.3

说明:括号内数值为每年 11 月 1 日至次年 3 月 31 日执行。

2 Bardenpho 工艺

Bardenpho 生反池分为五段,即厌氧段、缺氧段、好氧段、缺氧段、好氧段。厌氧段、第一个缺氧段、第一个好氧段分别去除磷、氮、碳。其中第一个好氧池中经硝化反应产生的硝酸盐通过回流进入到第一个缺氧区,在第一个缺氧区内通过反硝化反应实现脱氮。未回流的部分流入后端的第二个缺氧段,其中的硝酸盐在第二个缺氧段内实现进一步脱氮。第二个好氧段进一步去除可能存在的碳,同时通过曝气作用去除反硝化产生的氮气,同时通过充氧以避免于二沉池

收稿日期: 2024-02-11

作者简介: 陈旺源(1990—),男,硕士,工程师,从事给排水设计工作。

中形成厌氧环境造成磷的释放^[4]。

2.1 Bardenpho 工艺设计

本次设计为达到设计出水水质要求,采用的工艺流程见图1。

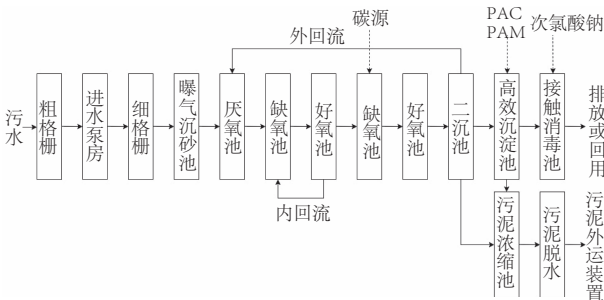


图1 Bardenpho 工艺处理流程图

预处理区主要设置格栅、进水的提升泵房以及沉砂池,根据《室外排水设计标准》^[5]以及部分文献^[6-7],预处理区占地面积约300 m²。

为减少占地面积,生反池水深按8 m考虑。生反池设计规模5万 m³/d,根据《室外排水设计标准》^[5]确定具体设计参数如下:设计水温20℃,系统设计泥龄12 d,污泥浓度3.5 g/L,水池水深为8 m,厌氧池设计停留时间为1.0 h,第一缺氧池设计停留时间为4.5 h,第一好氧池设计停留时间为11.5 h,脱氧池设计停留时间0.5 h,第二缺氧池设计停留时间1.5 h,第二好氧池设计停留时间1 h,总水力设计停留时间20 h,污泥外回流比取值为100%,第一个好氧池末端回流至第一个缺氧池前端的混合液回流比取值为300%,生反池总容积41 666.67 m³,生反池水面占地面积5 208.3 m²。考虑隔墙及管廊,生反池总占地面积约5 700 m²。

为降低占地面积,二沉池形式为矩形周进周出的形式,根据《室外排水设计标准》^[5]确定设计参数如下:单渠长36 m,宽6 m,共12渠;最大表面负荷 $q_{\max}=1.27 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,平均表面负荷 $q_{\text{av}}=0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,有效水深4.0 m,高峰流量停留时间3.15 h,平均流量停留时间4.98 h,二沉池水面占地面积2 592 m²。考虑隔墙及管廊,二沉池总占地面积约2 850 m²。

为确保设计出水水质,后续增加高效沉淀池工艺进一步降低SS和TP,根据《室外排水设计标准》^[5]确定具体设计参数如下:混合时间1 min,混合池水深6 m,池容54.86 m³,水面占地面积9.1 m²;絮凝时间10 min,絮凝池水深6 m,池容548.61 m³,水面占地面积91.4 m²;沉淀区表面水力负荷(高峰流量)为8 m³/(\text{m}^2 \cdot \text{h});水面占地面积411.5 m²。考虑混合池、隔墙及管廊,高效沉淀池总占地面积约550 m²。

接触消毒池高峰停留时间根据《室外排水设计标准》^[5]按30 min设计,水深按6 m考虑,则加氯接触池池容为1 645.8 m³,水面占地面积274.3 m²。考虑隔墙及管廊,接触消毒池总占地面积约300 m²。

污泥处理首先采用重力浓缩初步降低含水率,随后采用离心脱水机进一步处理至含水率不大于80%后输送至场外处置。根据《室外排水设计标准》^[5]及部分文献^[6-7],污泥处理区占地面积约1 200 m²。

综上,采用Bardenpho工艺的地下一体化污水处理箱体总占地面积约10 900 m²。

2.2 Bardenpho 工艺优缺点分析

(1)bardenpho工艺属于传统AAO工艺的一种改良工艺,仍采用活性污泥法进行污染物的处理,对水质、水量的波动都具有较强的适应性;通过适当的池型分配可以实现更高的TN去除效果,以达到出水TN要求^[8]。

(2)AAO工艺具有较长的使用历史,积累了丰富的运行维护和生产管理方面的经验,形成了成熟的运行管理办法,运行管理方便^[8]。

(3)水头损失小,吨水运行电耗、药剂费用较MBR工艺和生物滤池有较大的优势^[8]。

(4)设备较为常见,采购成本较低,更换、维修方便^[8]。

(5)由于池内MLVSS浓度低,单体尺寸较大,占地面积较大,一次性土建投资较高^[8]。

3 MBR 工艺

膜生物反应器(简称MBR)工艺是污水处理中重要的工艺技术路线之一,通过膜分离的方法去除污染物,具有去除污染物效率高、吨水处理用地面积小、经受不同水质冲击能力强和出水水质较好等方面的优点^[9]。另一方面,MBR工艺具有投资成本较高、运行能耗较高、膜使用寿命较短等传统痛点,严重影响了MBR的推广使用。随着近年来膜价格的显著下降,膜材料和膜应用的技术进步^[6-7,9],MBR工艺正在逐步克服其传统痛点。

3.1 MBR 工艺设计

本次设计为达到设计出水水质要求,采用典型的两级AO-MBR工艺^[9],工艺流程见图2。

预处理区主要设置格栅、进水的提升泵房以及沉砂池,根据《室外排水设计标准》^[5]以及部分文献^[6-7],预处理区占地面积约300 m²。

为减少占地面积,生反池水深按8 m考虑。生反

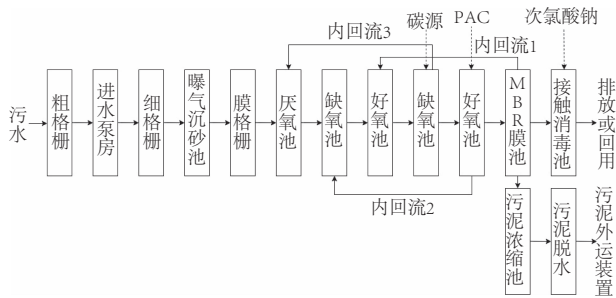


图2 MBR工艺处理流程图

池设计规模 5 万 m^3/d , 根据《室外排水设计标准》^[5] 及部分文献^[6-8] 确定具体设计参数如下: 设计水温 20°C , MBR 膜池污泥浓度 10.00 g/L , 回流至生反池好氧池污泥回流比 5.00, 回流至生反池缺氧池污泥回流比 3.00, 回流至生反池厌氧池污泥回流比 2.00, 生反池好氧池及后缺氧区污泥浓度 8.33 g/L , 生反池缺氧池污泥浓度 6.25 g/L , 生反池厌氧池污泥浓度 4.17 g/L , 系统设计泥龄 12 d, 生反池水深为 8 m, 厌氧池设计停留时间为 1.0 h, 第一缺氧池设计停留时间为 4.0 h, 第一好氧池设计停留时间为 6.0 h, 第二缺氧池设计停留时间为 1.5 h, 第二好氧池设计停留时间为 1 h, 生反池总水力设计停留时间为 13.5 h, 生反池容积 $28\ 125\text{ m}^3$, 生反池水面占地面积 $3\ 515.6\text{ m}^2$ 。考虑隔墙及管廊, 生反池总占地面积约 $3\ 900\text{ m}^2$ 。

根据相关文献^[6-7,9] 确定 MBR 膜池设计参数如下: 设计平均膜通量为 $18\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 膜池停留时间 1.0 h, 膜池水深 3.5 m, 膜池容积 $2\ 083.33\text{ m}^3$, 膜池水面占地面积 595 m^2 , 考虑隔墙及管廊, 膜池总占地面积约 650 m^2 。

接触消毒池高峰停留时间根据《室外排水设计标准》^[5] 按 30 min 设计, 水深按 6 m 考虑, 则加氯接触池池容为 $1\ 645.8\text{ m}^3$, 水面占地面积 274.3 m^2 。考虑隔墙及管廊, 接触消毒池总占地面积约 300 m^2 。

污泥处理首先采用重力浓缩初步降低含水率, 随后采用离心脱水机进一步处理至含水率不大于 80% 后输送至场外处置。根据《室外排水设计标准》^[5] 及部分文献^[6-7], 污泥处理区占地面积约 $1\ 200\text{ m}^2$ 。

综上, 采用 MBR 工艺的地下一体化污水处理箱体总占地面积约 $6\ 350\text{ m}^2$ 。

3.2 MBR 工艺优缺点分析

(1) 膜生物反应器内部膜材料通常为 PVDF 膜, 该种膜材料能够高效地将污染物从水体中分离出来, 通过合理的运行管理, 可以实现出水稳定达标。

(2) PVDF 膜的物理分离作用, 实现的固液分离, 微生物无法跟随水流进入后续处理单元, 始终位于

生物反应池中, 使得生物反应池中的污泥浓度是传统 AAO 工艺生物反应池中污泥浓度的 2~3 倍, 达 $8\ 000\sim 10\ 000\text{ mg/L}$, 污泥负荷较低, 耐水质冲击负荷强。

(3) 膜生物反应器内部具有容积负荷高、污泥负荷低、污泥龄长的特点, 此运行工况下产生的剩余污泥量不到传统 AAO 工艺产泥量的 50%^[10]。

(4) 模块化设计易于扩容, 而且具有较高的容积负荷, 单位处理能力所需要的面积小。

(5) MBR 为延长膜寿命, 需采用较大的吹扫曝气量, 回流量大, 同时膜需要定期清洗, 电费、药剂费、人工费较高, 运行费用高于常规工艺^[8]。

(6) 不耐水量冲击, 膜产品质量参差不齐, 部分产品膜通量衰减严重, 使污水处理能力逐年下降。

(7) 膜设备成本高, 膜的使用寿命较短, 国内厂商生产的膜产品一般保用期在 3~5 a, 国外厂商生产的膜产品一般保用期在 5~10 a。膜的定期更换使 MBR 的运行成本更高^[8]。

(8) 对管理水平要求高。

4 曝气生物滤池工艺

曝气生物滤池(简称 BAF)属于生物处理中的生物膜法, 通过不同的运行模式具有去除 COD、SS、BOD、硝化、脱氮等能力^[11-17]。曝气生物滤池工艺将生物好氧化、滤料截留悬浮固体融为一体, 因而无需单独设置二次沉淀池, 从而减少了处理构筑物占地, 降低了土建投资; 同时还具有操作流程简单等优点, 因而在水处理行业中得到了广泛运用^[11-17]。但过高的悬浮物含量会对曝气生物滤池处理效率产生较大的影响, 污水进水的固体悬浮物浓度通常要低于 60 mg/L , 因此, 当污水进水悬浮物含量超过 60 mg/L 时, 需要对来水进行预处理^[5,15-16]。

根据水流方向划分, 曝气生物滤池分为上向流滤池和下向流滤池, 其中上向流滤池的布水布气更加均匀, 因而逐渐取代了下向流滤池。上向流曝气生物滤池中 BIOSTYR 生物滤池与 BIOFOR 生物滤池应用的最为广泛^[18]。同时, 人们对曝气生物滤池的研究改造始终没有停止, 如邹伟国等^[19] 开发的采用了脉冲反冲洗、气水同向流形式的 BIOSMEDI 曝气生物滤池。

(1) BIOSTYR 生物滤池

BIOSTYR 生物滤池是由法国 OTV 公司所开发。其采用轻质的、大比表面积的球形悬浮滤料(比重小

于1),滤料填充于中上部,约2.5~3.0 m厚,并于顶部设置防止滤料流失的挡板,出水通过挡板上均匀分布的出水滤池进入上部出水区,同时出水区存水作为反洗水。进水管、反洗水排放管、反冲洗空气管路设置于滤池底部。同时于滤料层中设置曝气管路,用于池内充氧,曝气管路将滤池分为上方的好氧区和下方的缺氧区。曝气管位的高度变化可以灵活调整滤池的好氧区和缺氧区停留时间,从而实现不同处理能力。BIOSTYR滤池适用于处理城市生活污水,允许进水COD浓度可达到800~1 000 mg/L,COD有机负荷最高可达到 $5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})^{[20]}$ 。

(2) BIOFOR 生物滤池

BIOFOR生物滤池是由法国Degremont公司所开发。BIOFOR与BIOSTRY相比不同的是采用重质滤料(比重大于1),滤料填充于底部,约2.5~3.0 m厚,并于池底设置支撑滤料的挡板和滤头,而BIOSTRY于滤料顶部设置防止滤料流失的挡板和滤头。BIOFOR其余的结构、运行方式、功能等方面与BIOSTYR基本相同。BIOFOR滤池适用于处理可生化性较好的废水,允许进水COD浓度可达到1000~1 200 mg/L,COD有机负荷最高可达到 $8 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})^{[20]}$ 。

(3) BIOSMEDI 生物滤池

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司于2001年推出BIOSMEDI滤池,其采用下进上出的形式。底部为进水管、反洗水排放管、反冲洗空气管,滤料层位于中部,上部为出水区及反洗水存水区。滤料采用适宜微生物生长的轻质EPS发泡塑料粒子,该滤料比重小,粒径分布均匀(3~8 mm),比表面积能达到 $650 \text{ m}^2/\text{m}^3$,化学稳定性好、能均匀分布于水中。BIOSMEDI生物滤池其余的结构、运行方式、功能等方面与BIOSTYR生物滤池、BIOFOR生物滤池基本相同。BIOSMEDI滤池适用于微污染源水预处理或污水深度处理^[20]。

同时,曝气生物滤池根据功能可分为碳氧化曝气生物滤池、碳氧化/硝化曝气生物滤池、硝化曝气生物滤池、前置反硝化曝气生物滤池、后置反硝化曝气生物滤池,不同类型曝气滤池相关设计参数见表2。

目前,我国许多城市已展开地下式污水处理厂的尝试和探索,生物滤池工艺因其占地小的特点,使其在地下式污水处理厂中的应用日益广泛。部分国内地下式或半地下式污水处理厂生物滤池工艺使用案例见表3。

表2 不同曝气生物滤池功能及设计参数^[6]

类型	功能	参数	单位	取值
碳氧化曝气生物滤池	降解污水中含碳有机物	滤池表面水力负荷(滤速)	$\text{m}^3/[\text{m}^2 \cdot \text{h}(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})]$	3.0~6.0
		BOD ₅ 负荷	$\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	2.5~6.0
碳氧化/硝化曝气生物滤池	降解污水中含碳有机物并对氨氮进行部分硝化	滤池表面水力负荷(滤速)	$\text{m}^3/[\text{m}^2 \cdot \text{h}(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})]$	2.5~4.0
		BOD ₅ 负荷	$\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	1.2~2.0
		硝化负荷	$\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	0.4~0.6
硝化曝气生物滤池	对污水中氨氮进行硝化	滤池表面水力负荷(滤速)	$\text{m}^3/[\text{m}^2 \cdot \text{h}(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})]$	3.0~12.0
		硝化负荷	$\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	0.6~1.0
前置反硝化曝气生物滤池	利用污水中的碳源对硝态氮进行反硝化	滤池表面水力负荷(滤速)	$\text{m}^3/[\text{m}^2 \cdot \text{h}(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})]$	8.0~10.0(含回流)
		反硝化负荷	$\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	0.8~1.2
后置反硝化曝气生物滤池	利用外加碳源对硝态氮进行反硝化	滤池表面水力负荷(滤速)	$\text{m}^3/[\text{m}^2 \cdot \text{h}(\text{m} \cdot \text{h}^{-1})]$	8.0~12.0
		反硝化负荷	$\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	1.5~3.0

表3 部分地下式或半地下式污水处理厂生物滤池工艺使用案例

序号	项目名称	规模/(万 $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	工艺描述	排放标准
1	广州大沙地污水处理厂	20	硝化+反硝化滤池	一级A
2	深圳公明水质净化厂	10	硝化+反硝化滤池	地表准IV类
3	深圳西丽污水处理厂	5	硝化+反硝化滤池	一级A
4	重庆唐家桥污水处理厂	6	前置反硝化+硝化	一级A
5	杭州之江净水厂	8	前置反硝化+硝化+后置反硝化	地表准III类

4.1 曝气生物滤池工艺设计

本次设计为达到设计出水水质要求,采用预处理区+高效沉淀池+反硝化生物滤池+硝化生物滤池+反硝化生物滤池+高效沉淀池+接触消毒池工艺,工艺流程见图3。

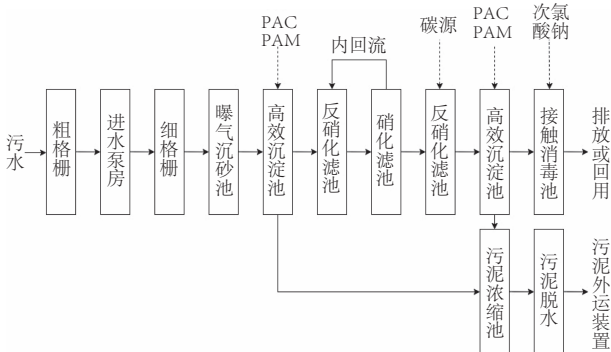


图3 曝气生物滤池工艺处理流程图

预处理区主要设置格栅、进水的提升泵房以及沉砂池,根据《室外排水设计标准》^[5]以及部分文献^[6-7],预处理区占地面积约300 m²。

为降低进水中SS含量,预处理区后增加高效沉淀池进行初步的混凝沉淀,以控制进入生物滤池的污水中SS浓度不超过60 mg/L,根据《室外排水设计标准》^[5]确定具体设计参数如下:混合时间1 min,混合池水深6 m,池容54.86 m³,水面占地面积9.1 m²;絮凝时间8 min,絮凝池水深6 m,池容438.9 m³,水面占地面积73.1 m²;沉淀区表面水力负荷(高峰流量)为13 m³/(m²·h),沉淀区水面占地面积253.2 m²。考虑混合池、隔墙及管廊,第一座高效沉淀池总占地面积约400 m²。

第一座反硝化滤池设计参数根据《室外排水设计标准》^[5]确定如下:表面负荷(高峰流量) $q_{\max}=8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (含回流,回流比100%)。水面占地面积822 m²,考虑隔墙及管廊,第一座反硝化滤池总占地面积约900 m²。

硝化滤池设计参数根据《室外排水设计标准》^[5]确定如下:表面负荷(高峰流量) $q_{\max}=10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (含回流,回流比100%)。水面占地面积658 m²,考虑隔墙及管廊,硝化滤池总占地面积约700 m²。

第二座反硝化滤池设计参数根据《室外排水设计标准》^[5]确定如下:表面负荷(高峰流量) $q_{\max}=10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。水面占地面积329 m²,考虑隔墙及管廊,第二座反硝化滤池总占地面积约350 m²。

为确保设计出水水质,后续增加高效沉淀池工艺进一步降低SS和TP,根据《室外排水设计标准》^[5]确定具体设计参数如下:混合时间1 min,混合池水

深6 m,池容54.86 m³,水面占地面积9.1 m²;絮凝时间10 min,絮凝池水深6 m,池容548.61 m³,水面占地面积91.4 m²;沉淀区表面水力负荷(高峰流量)为8 m³/(m²·h);水面占地面积411.5 m²。考虑混合池、隔墙及管廊,高效沉淀池总占地面积约550 m²。

接触消毒池高峰停留时间根据《室外排水设计标准》^[5]按30 min设计,水深按6 m考虑,则加氯接触池池容为1645.8 m³,水面占地面积274.3 m²。考虑隔墙及管廊,接触消毒池总占地面积约300 m²。

污泥处理首先采用重力浓缩初步降低含水率,随后采用离心脱水机进一步处理至含水率不大于80%后输送至场外处置。根据《室外排水设计标准》^[5]及部分文献^[6-7],污泥处理区占地面积约1200 m²。

综上,采用生物滤池工艺的地下一体化污水处理箱体总占地面积约4700 m²。

4.2 曝气生物滤池工艺优缺点分析

(1)曝气生物滤池不需设固液分离构筑物,可以减少占地面积;而且具有高水力负荷、高容积负荷的特点^[21],停留时间短,占地面积小于传统AAO工艺和MBR工艺,前期投资费用低。

(2)滤池中滤料对污染物具有一定的截留功能,滤料上生物膜的存在,也具有一定的絮凝作用,因此生物滤池具有较强的抗冲击负荷能力,低温状态下也不易发生污泥膨胀^[22],出水水质可以稳定达标。

(3)曝气生物滤池运行管理自动化程度高,运行管理方便^[21]。

(4)曝气生物滤池对进水的SS要求较高,因此前端需要进行预处理以降低SS含量^[23]。该预处理工艺容易去除进水中碳源,增加外加碳源投加量。

(5)曝气生物滤池为过滤工艺,水头损失相较常规工艺偏大^[20],需多级提升,运行成本较高。

(6)曝气生物滤池缺乏生物除磷能力,需依靠化学除磷去除TP,除磷药剂投加量大。

(7)曝气生物滤池需要根据滤料堵塞情况进行反冲洗,反冲洗效果至关重要。如果不能对滤料进行充分冲洗,可能会导致滤料局部板结,从而丧失过滤能力,造成出水不达标。而且反冲洗出水中污染物含量较大,需要进入污水厂前端重新处理,大量污染物含量高的反冲洗水会对水厂运行造成冲击^[21]。

5 结语

(1)由以上分析可知,在假定设计条件下,Bar-denpho工艺,MBR工艺以及曝气生物滤池工艺均可

运用于城镇污水处理厂,并能确保出水稳定达标。

(2)采用 Bardenpho 工艺,MBR 工艺以及曝气生物滤池工艺的地下一体化污水处理箱体总占地面积分别约为 10 900 m²、6 350 m² 以及 4 700 m²。由此可知在设定的进出水水质情况下,生物滤池工艺的占地最小。仅为 Bardenpho 工艺总占地的约 43%,MBR 工艺总占地的约 74%。故采用曝气生物滤池工艺占地面积小,前期土建投资低。

(3)曝气生物滤池工艺为确保进水 SS 含量不对滤池运行产生影响,需要对进水进行预处理以降低 SS 含量^[23],该预处理工艺容易去除进水中碳源,导致外加碳源投加量高于 Bardenpho 工艺及 MBR 工艺。曝气生物滤池因缺乏生物除磷能力,需依靠化学除磷,除磷药剂投加量高于 Bardenpho 工艺及 MBR 工艺。但无 MBR 工艺所需的膜清洗药剂消耗。曝气生物滤池因水头损失较大,需多级提升,且曝气生物滤池需反冲洗,故其运行电耗略高于 Bardenpho 工艺,但无需 MBR 工艺所需的三级回流及膜吹扫曝气。总体而言,曝气生物滤池工艺运行成本高于 Bardenpho 工艺,与 MBR 工艺仿佛。

(4)曝气生物滤池工艺自动化程度高,无 MBR 工艺所需的膜反洗,运行管理便捷性略差于 Bardenpho 工艺,但优于 MBR 工艺。

(5)运用于全地下厂时,因曝气生物滤池工艺占地面积小,可以大幅降低前期投资,但其运行成本略高。

因此,对于土地紧张的地下式污水厂项目,曝气生物滤池工艺是一种良好的选择。

参考文献:

- [1] 谭学军,唐利,郭东军.地下污水处理厂优势分析与前景展望[J].地下空间与工程学报,2006(2):1313-1319,1345.
 [2] DB 33/2169—2018,城镇污水处理厂主要水污染物排放标准[S].
 [3] DB 32/4440—2022,城镇污水处理厂污染物排放标准[S].
 [4] 王延萍.Bardenpho 工艺与多级 AO 工艺对比分析 [J]. 天津建设科

- 技,2019,29(6):41-43.
 [5] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].
 [6] 李一龙,包宇,邸文正,等.高排放标准下分段进水多级 AO+MBR 工艺的设计[J].中国给水排水,2022,38(4):76-81.
 [7] 刘金星,胡邦,张鑫,等.多模式 AO+MBR 工艺在工业污水处理厂中的应用[J].中国给水排水,2023,39(20):83-88.
 [8] 邓海波.徐州市奎河污水处理厂改建方案研究[D].扬州:扬州大学,2012.
 [9] 张显忠,程俊,徐波.基于低碳节能的城镇污水处理厂 MBR 工艺设计要点[J].中国市政工程,2023(1):36-40,92-93.
 [10] 李冰,张向超.西泉眼水库污水处理的 MBR 膜技术[J].黑龙江水利科技,2009,37(3):47-48.
 [11] 张连科.曝气生物滤池处理生活污水的试验研究[D].西安:西安建筑科技大学,2006.
 [12] 朱加乐,林燕,王欣泽,等.曝气生物滤池脱氮的研究进展[J].化工进展,2017,36(3):1077-1083.
 [13] 崔福义,张兵,唐利.曝气生物滤池技术研究与应用进展[J].环境污染治理技术与设备,2005,6(10):1-7.
 [14] 张小玲,李强,王靖楠,等.曝气生物滤池技术研究进展及其工艺改良[J].化工进展,2015,34(7):2023-2030.
 [15] 菅志华.曝气生物滤池技术研究进展及其工艺改良[J].中国化工贸易,2021(16):73-74.
 [16] 邓宇,杨东海,陈慧珍,等.生物载体在污水处理中的研究进展[J].环境科学与管理,2022,47(4):107-112.
 [17] 唐少宇,周如金,钟华文,等.曝气生物滤池技术的研究进展[J].现代化工,2013,33(2):24-27.
 [18] Chen J J,Macarty D,Slack D,et al.Full scale case studies of a simplified aerated filter (BAF) for organics and nitrogen removal[J].Water Science & Technology,2000,38(1):79-86.
 [19] 邹伟国,孙群,王国华,等.新型 BIOSMEDI 滤池的开发研究[J].中国给水排水,2001,17(1):1-4.
 [20] 贾国正,张林生,张显球.曝气生物滤池技术的研究与应用[J].水资源保护,2006,22(4):71-74.
 [21] 王霞芳.厌氧悬浮填料床-BAF 处理农村生活污水的试验研究[D].扬州:扬州大学,2010.
 [22] 丁洁.耦合生物膜反应器中水力学条件对生物膜稳定性的影响[D].广州:广东工业大学,2018.
 [23] 张友德,戴曹培,杨超,等.污水处理厂提标改造工艺研究和运行效果分析[J].工业安全与环保,2022,48(6):90-94.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com