

# 基于“MSBR + 滤布滤池 + 超滤”工艺的污水厂扩建设计

华 佳<sup>1,2</sup>, 柏双友<sup>1,2</sup>, 张茂刚<sup>2</sup>, 张 军<sup>2</sup>, 王 涛<sup>2</sup>

(1. 无锡环境科学与工程研究中心, 江苏 无锡 214153; 2. 无锡城市职业技术学院 建筑  
与环境工程学院, 江苏 无锡 214153)

**摘 要:** 某污水处理厂原有三期工程存在的主要问题包括频繁出现超负荷运行, 导致污水处理系统不稳定; 一体化 MBR 工艺成本高, 运行和管理要求严格; 碳源不足、氮磷偏高, 影响生化处理效率和出水达标。四期工程建设总结了前三期工程的运行经验, 在生物处理段采用优化 MSBR 工艺, 以多点进水、合理分配碳源来强化脱氮除磷; 池型组合上增加功能分区, 形成多级 A/O 以利于脱氮; 深度处理段采用滤布滤池 + 超滤工艺来保证出水水质。四期项目“MSBR + 滤布滤池 + 超滤”组合工艺占地小、设备少、管理与维修方便, 出水水质达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 中的一级 A 标准, 且 COD < 30 mg/L, 满足设计要求。

**关键词:** 扩建工程; MSBR; 滤布滤池; 超滤

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)24-0046-06

## Expansion Design of a WWTP by MSBR – Cloth Media Filter – UF Process

HUA Jia<sup>1,2</sup>, BAI Shuang-you<sup>1,2</sup>, ZHANG Mao-gang<sup>2</sup>, ZHANG Jun<sup>2</sup>, WANG Tao<sup>2</sup>

(1. Wuxi Research Center for Environmental Science and Engineering, Wuxi 214153, China;

2. College of Architectural and Environmental Engineering, Wuxi City College of Vocational  
Technology, Wuxi 214153, China)

**Abstract:** There are some problems existing in a three-phase project of a WWTP including frequent influent overload leading to unstable operation, and the main drawbacks of the integrated MBR system were high cost and strict management requirement. In addition, shortage of carbon sources and high concentration of nitrogen and phosphorus had a severe impact on processing performance and effluent quality. Based on the operation experience of the three-phase project, an optimized MSBR technology was adopted in the fourth-phase expansion project, which enhanced the removal of nitrogen and phosphorus by the way of multi-point-water-inflow and reasonable distribution of carbon sources. The biological reaction tanks were divided into different functional partitions (multistage A/O) to enhance nitrogen removal, and cloth media filter and UF were used in advanced treatment stage to assure effluent quality. The combined process of MSBR, cloth media filter and UF in the fourth-phase expansion project had many advantages such as less space occupation, less equipment and convenience of management and maintenance. The effluent quality of the plant could meet the first level A criteria in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 – 2002) and the COD concentration of effluent was lower than 30 mg/L, which satisfied the design requirements.

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目 (2014M561688); 无锡城市职业技术学院科研创新团队项目 (KYCXTD201801)

**Key words:** expansion project; MSBR; cloth media filter; UF

长三角某市新区污水处理厂,已有污水处理项目含一期、二期和三期工程。一期工程 2004 年 6 月建成投产、2008 年 6 月完成提标,规模为  $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。二期及三期的一阶段和二阶段工程分别于 2009 年 12 月、2012 年 10 月和 2013 年 12 月投入运营,总处理规模达  $11 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。随着新区经济的持续发展和污水收集管网系统的不断完善,污水量增长越来越快,该厂开始满负荷甚至超负荷运行,因

此四期扩建工程的实施势在必行。

1 扩建前现状

1.1 已有项目简介

本厂一期工程采用 CAST 工艺,提标工程将 CAST 池改为  $\text{A}^2\text{O} - \text{SBR}$  池,同时增加滤布滤池。其他各期工程的处理工艺、处理规模、出水标准及主要构筑物见表 1。监测数据表明,各期项目出水满足相应的设计标准。

表 1 现有项目工艺概况

Tab. 1 Treatment processes of current project

项 目	处理工艺	处理规模/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	尾水排放标准	主体工程构筑物(未加说明均为 1 座)
一期工程	$\text{A}^2/\text{O} + \text{SBR} +$ 滤布滤池	$3 \times 10^4$	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准	一期单建: $\text{A}^2/\text{O} + \text{SBR}$ 池(2 座)、滤布滤池 与二期合建:粗格栅及进水泵房、细格栅及旋流沉砂池、配水井、贮泥池、紫外消毒池、计量井、出水井、鼓风机房
二期工程	一体化 MBR 池	$3 \times 10^4$	COD、 $\text{BOD}_5$ 执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) IV 类水质标准;SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TN、TP 执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准	膜格栅池、一体化 MBR 池、清水池
三期一段	BNR - MBR	$3 \times 10^4$		进水泵房、曝气沉砂池、膜格栅间、一体化 MBR 生化池(2 座)、膜设备间、预处理构筑物(沉淀调节池、复合厌氧池、一级 $\text{A}/\text{O}$ 池、中沉池、二级 $\text{A}/\text{O}$ 池、二沉池、中间水池)、脱水机房、出水池、污泥浓缩池(一、二、三期共用)、鼓风机房
三期二段		$2 \times 10^4$		

1.2 存在问题

① 自 2016 年 7 月起,本厂既有工程出现了满负荷甚至超负荷运行状况,最大进水量达到  $11.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,水量增势明显。频繁超负荷运行易导致污水处理系统和设备的不稳定,因此本厂处理规模亟需扩大,否则容易产生非正常排放状况。

② 二期、三期工程均采用一体化 MBR 工艺,根据实际运行情况来看,虽然能够保证出水达标,但是 MBR 工艺对运行和管理技术要求高,需要定期对膜进行反冲洗和药剂冲洗,并定期更换膜组件,运行成本较高。

③ 实测发现,项目进水可生化性一般,实际运

行中有时会表现出碳源不足、氮磷偏高的情况。为保证生化处理效率和出水达标,需要增加碳源投加和化学除磷设计。同时,为满足本市污水再生利用的要求,应进一步强化深度处理工艺。

2 四期工程进水设计

2.1 水量确定

有 42 家企业产生的污水接入本厂四期工程,工业废水量为  $5\,760 \text{ m}^3/\text{d}$ (企业排放生活污水  $1\,303 \text{ m}^3/\text{d}$  纳入工业废水计算)。拟接入四期工程的生活污水主要来自新建商品住宅小区和拆迁安置小区等,共计  $9\,025 \text{ m}^3/\text{d}$ 。四期扩建工程所需规模及发展情况见表 2。

表 2 水量分析

Tab. 2 Water quantity analysis

$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

项 目	已有规模		本项目			总规模
	已接管水量	接管余量	拟接管水量	接管余量	小计	
工业废水	49 500	0	7 063	4 187	11 250	63 250
生活污水	60 500	0	9 025	4 725	13 750	71 750
合计	110 000	0	16 088	8 912	25 000	135 000

据此,四期工程设计水量为  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 全厂总处理规模达  $13.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在满足区域总量控制要求的前提下,本期尚有  $8\,912 \text{ m}^3/\text{d}$  的发展余量,因此四期工程设计水量是合适的。

## 2.2 设计水质

四期工程以服务范围内 90% 涵盖率对应的水质作为基础水质,再结合一、二、三期工程设计水质和进水监测数据,确定设计进水水质(见表 3),同时禁止接入含重金属的废水和含氮、磷的工业废水。结合已有工程实际排放情况、远期发展中水回用要求、新区相关规定及接纳水体要求,确定四期工程出水排放应达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级 A 标准,COD 执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类标准( $30 \text{ mg/L}$ ),具体限值见表 3。

表 3 设计进、出水水质

Tab. 3 Design influent and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$						
项目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水	360	150	300	38	43	5
出水	30	10	10	5(8)	15	0.5

## 3 污水处理工艺设计

四期项目生活污水与工业废水的比例为 55 : 45,B/C 值为 0.42,适合生化法处理。所选工艺要在保证出水达标的基础上做到经济高效、管理方便,同时强化脱氮除磷功能。据此,确定了“二级生物处理+深度处理”的工艺框架。现有工程二、三期项目均采用一体化 MBR 工艺,实际运行费用高、管理复杂,在四期项目中不再沿用。

### 3.1 预处理方案

预处理主要涉及格栅、沉砂池,前者依托三期工程,后者新建。沉砂池既能去除城市污水中一定直径的砂粒,也能去除部分浮渣和油脂,为后续生物处理创造条件。在此方面,曝气沉砂池比旋流沉砂池更具优势,能在生化处理之前进行预曝气,提高污水的可生化性。因此四期扩建工程选择曝气沉砂池作为预处理方案,与三期工艺保持一致。

### 3.2 二级生物处理工艺

#### ① 水质条件与处理要求

根据四期项目进水设计,生活污水占有较高比例,且 B/C 值为 0.42,所以四期处理工艺应以生化法为主体。此外,鉴于太湖流域对排水水质的敏感

性,要求污水处理工艺不仅能有效去除有机物,还要有较强的脱氮除磷功能。能够较好满足此要求的工艺包括 A<sup>2</sup>/O 及其前置 A<sup>2</sup>/O 工艺、SBR 及改良 MSBR 工艺、前置厌氧池的氧化沟工艺与 UNITANK 工艺等。相对而言,MSBR 法运行稳定、操作灵活、污泥浓度较高、耐冲击及耐毒性强、运行费用较低<sup>[1]</sup>,更适合本项目。

#### ② 处理规模和当地条件

本厂剩余用地较为紧张,三、四期工程的综合用地指标为  $0.44 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ ,三期实际用地指标较高,为  $0.70 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ 。因此,四期项目必须选择集约化、一体化的设计方案,如双沟或三沟式氧化沟、MSBR 及 UNITANK 等。前者虽为集约一体化系统,但其工艺本质属于延时曝气,负荷率低,水力停留时间长,用地指标高。MSBR 与 UNITANK 用地指标均很低,区别在于 MSBR 功能区划分细致明确、布局严谨,并具有强化除磷功能的针对性设计,系统整体的协调性与可控性较强;UNITANK 除磷效果不如 MSBR 系统,泥水分离和出水控制也缺乏针对性的设计和特色设备。

#### ③ 实例比较与工艺优化

与本厂同位于新区、同属于一家水务公司的新城污水处理厂采用传统 MSBR 工艺,项目已运行十余年,出水稳定达标。将两厂 2016 年 TN 去除情况进行比较(见图 1),发现 MSBR 工艺更具优势。采用 MSBR 工艺的新城污水厂除氮效果更好、更稳定,TN 去除率平均值为 66.5%,而本厂仅为 54.3%。从工艺延续性角度来讲,三期和四期工程除了共用进水泵房外,不涉及污水处理工艺上的相互依托,所以四期项目可以选择与现有工艺不同、处理效果更好的处理工艺。

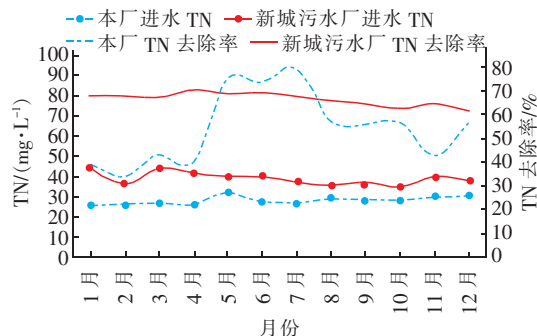


图 1 TN 去除效果比较

Fig. 1 Comparison of the removing effect on TN

考虑到本项目远期出水 TN 指标可能进一步提高,所以设计中在借鉴新城污水厂传统 MSBR 工艺的基础上做了如下优化:a.采用多点进水,优化碳源分配。通过设置进水渠道和调节堰门,调节厌氧区、缺氧区和预缺氧区的进水比例,根据脱氮、除磷等不同功能要求合理分配进水流量和碳源。b.池型组合进一步优化,增加功能分区。在好氧区后增加后缺氧区,与后续序批池在时间布置上形成多级 A/O,进行深度脱氮。综合考虑,四期工程的二级生物处理系统采用多点进水的优化 MSBR 工艺。

### 3.3 深度处理工艺

#### ① 化学除磷

由于要求出水  $TP \leq 0.5 \text{ mg/L}$ ,因此四期工程在生物除磷的基础上引入化学除磷设计。根据药剂投加点的不同,化学除磷分前置投加、同步投加和后置投加三种类型,本次工程采用药剂利用率较高、投资较低的同步投加方式。

#### ② 过滤方案

目前常用过滤工艺有 V 型滤池、滤布滤池等。滤布滤池总投资与 V 型滤池相当,但较 V 型滤池具有占地小、设备少、管理与维修方便等优点,运营费用大幅降低<sup>[2-3]</sup>。2008 年一期提标工程采用滤布滤池工艺运行至今,出水达标、运行良好。故四期扩建工程深度处理仍采用滤布滤池工艺。

#### ③ 超滤处理系统

在滤布滤池工段后增加超滤工艺作为尾水达标排放的保障措施。按照膜系统型式不同超滤膜可分为压力膜与浸没式膜两类。浸没式膜能适应波动较大的水质,但其膜系统是开放系统,操作环境较差。另外,选用浸没式膜时土建与设备投资都较高,膜更换费用昂贵,尤其是本项目在土建投资已经较高的情况下,选择压力膜更为合适。

#### ④ 消毒工艺

三期 MBR 工艺采用次氯酸钠消毒,故四期工程也采用次氯酸钠消毒。

### 3.4 工艺流程

根据以上分析,四期扩建工程采用“MSBR+滤布滤池+超滤”处理工艺。该工艺占地少、出水好、自动化程度高,具体流程如图 2 所示。污水经厂外污水管自流进入污水处理厂,先由粗格栅去除较大漂浮物,然后由进水泵房提升泵进入细格栅、曝气沉砂池,去除较小漂浮物和砂粒。砂粒由螺旋分离机

分离后外运。沉砂池出水在 MSBR 池进行生化反应,降解有机物的同时进行脱氮除磷。MSBR 出水进入滤布滤池、消毒池及超滤池,再次去除 SS、进一步削减污染物,最后出水回用或排放水体。

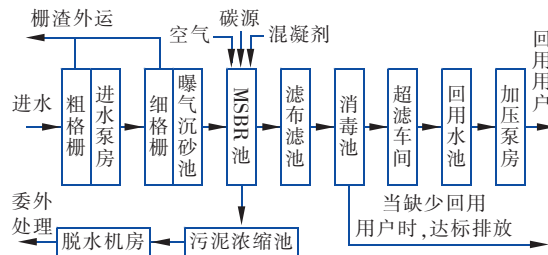


图2 四期扩建工程污水处理工艺流程

Fig. 2 Flow chart of sewage treatment in the fourth-phase expansion project

### 4 主要构筑物及设备、工艺参数

四期工程新建构筑物主要有曝气沉砂池、MSBR 池、滤布滤池、消毒池、超滤车间、回用水池和污泥浓缩池等。曝气沉砂池、MSBR 池、滤布滤池及消毒池土建按  $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模一次性建成,设备按  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模配置;超滤车间土建规模按  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  建设,设备按  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模配置;进水泵房、鼓风机房、变配电间土建工程在三期工程中已经完成,四期工程只需增加配套设备;脱水机房在三期工程中已按远期  $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模进行建设,本次不需新增设备。

#### 4.1 设备参数

##### ① MSBR 池

潜水搅拌机 2 台,  $N = 7.5 \text{ kW}$ ;混合液回流泵 1 台,变频,  $Q = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 8 \text{ kPa}$ ,  $N = 13 \text{ kW}$ ;污泥回流泵 2 台,变频,  $Q = 1650 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 9 \text{ kPa}$ ,  $N = 10 \text{ kW}$ ;厌氧混合液回流泵 2 台,变频,  $Q = 260 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 10 \text{ kPa}$ ,  $N = 2.0 \text{ kW}$ ;剩余污泥泵 4 台,  $Q = 80 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 80 \text{ kPa}$ ,  $N = 3.1 \text{ kW}$ ;污泥提升泵 2 台,变频,  $Q = 550 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 8 \text{ kPa}$ ,  $N = 2.5 \text{ kW}$ ;管式曝气器 660 根,  $Q = 8 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ ,  $L = 1 \text{ m}$ ;可提升曝气器 620 根, DN65;空气控制出水堰 4 条,  $Q = 550 \text{ m}^3/\text{h}$ ;撇渣管 4 条,  $N = 1.5 \text{ kW}$ ;2#生物除臭装置 1 套,处理量  $25000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

##### ② 滤布滤池

滤布过滤装置 1 套,  $Q = 1350 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $N = 0.75 \text{ kW}$ ;反冲洗泵 2 台,  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 70 \text{ kPa}$ ,  $N = 2.2 \text{ kW}$ 。



### ③ 超滤车间

膜组件3套,  $Q = 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$ ; 供水泵2台(1用1备),  $Q = 1\,650\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 250\text{ kPa}$ ,  $N = 200\text{ kW}$ ; 反冲洗泵2台(1用1备),  $Q = 1\,690\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 330\text{ kPa}$ ,  $N = 250\text{ kW}$ ; 盐酸加药计量泵:  $Q = 1\,500\text{ L/h}$ ,  $H = 350\text{ kPa}$ (2台, 1用1备),  $Q = 500\text{ L/h}$ ,  $H = 350\text{ kPa}$ (1台); 氢氧化钠加药泵:  $Q = 1\,500\text{ L/h}$ ,  $H = 350\text{ kPa}$ (2台, 1用1备),  $Q = 500\text{ L/h}$ ,  $H = 350\text{ kPa}$ (1台); 次氯酸钠加药泵1台,  $Q = 500\text{ L/h}$ ,  $H = 350\text{ kPa}$ ; PAC加药计量泵3台(2用1备),  $Q = 50\text{ L/h}$ ,  $H = 350\text{ kPa}$ ; PAC计量箱1套,  $V = 2\text{ m}^3$ , 材质PE; 中和泵2台(1用1备),  $Q = 200\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 150\text{ kPa}$ ,  $N = 15\text{ kW}$ ; 中和加药计量泵2台(1用1备),  $Q = 600\text{ L/h}$ ,  $H = 400\text{ kPa}$ ; 清洗水泵1台,  $Q = 220\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 150\text{ kPa}$ ,  $N = 15\text{ kW}$ ; 空压机2台(1用1备),  $Q = 15\text{ Nm}^3/\text{min}$ ,  $H = 0.7 \sim 0.8\text{ MPa}$ 。

### 4.2 工艺参数

MSBR池是四期扩建工程的核心, 各区规格见表4。MSBR池体上部加盖除臭, 同时布置绿化和太阳能板。MSBR池工艺参数: 设计计算温度为 $12^\circ\text{C}$ , 总水力停留时间为 $19.15\text{ h}$ , 污泥龄为 $20\text{ d}$ , MLSS为 $3\,500\text{ mg/L}$ , 污泥负荷为 $0.1\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ ; 剩余污泥量为 $3\,772\text{ kg/d}$ , 化学污泥量为 $698\text{ kg/d}$ , 总污泥量为 $4\,470\text{ kg/d}$ , 湿污泥量为 $559\text{ m}^3/\text{d}$ (含水率为 $99.2\%$ ), 浓缩后污泥量为 $147\text{ m}^3/\text{d}$ (含水率为 $97\%$ ), 脱水后污泥量为 $11.2\text{ t/d}$ (含水率为 $60\%$ ); 实际需氧量为 $2\,910\text{ kg/d}$ (标准供气量为 $60\text{ m}^3/\text{min}$ ), 氧利用率为 $20\%$ ; 内回流比为 $150\%$ , 污泥回流比为 $100\% \sim 150\%$ 。

表4 MSBR池各区规格参数

Tab.4 Parameters of different compartment in MSBR tank

项 目	长/m	宽/m	有效水深/m	池容/ $\text{m}^3$
序批池1	32.50	16.00	6.00	3 120
缺/好氧池1	8.10	16.00	6.00	778
污泥浓缩池	7.00	16.00	8.00	627.2
预缺氧池	4.00	16.00	8.00	512
厌氧池	9.00	16.00	8.00	1 420.8
缺氧池	20.00	16.00	8.00	2 560
好氧池	24.00	48.80	6.00	7 027
序批池2	32.50	16.00	6.00	3 120
缺/好氧池2	8.10	16.00	6.00	778

滤布滤池1座, 规模为 $5 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ , 过滤装置共3组, 每组过滤面积为 $60\text{ m}^2$ 、12个过滤转盘。滤

料为尼龙针状结构, 聚酯支撑, 有效过滤深度为 $3 \sim 5\text{ mm}$ , 滤速为 $9.0\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 过滤精度为 $10\text{ }\mu\text{m}$ , 反洗水量为 $1\% \sim 3\%$ , 反洗周期为 $1 \sim 2\text{ h}$ 。滤池后新建回用水池1座, 设计规模为 $10 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ , 用于存放和调节回用水量, 兼作接触消毒池。滤池出水约 $2.5 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 经次氯酸钠消毒后达标排放, 另约 $2.5 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 进入超滤系统。超滤采用压力式膜组件, 中空纤维膜, 有效孔径 $\leq 0.1\text{ }\mu\text{m}$ , 膜通量为 $50\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 过滤周期为 $30\text{ min}$ , 产水率 $\geq 93\%$ 。

### 5 中水回用、固废处理与除臭设计

根据市排水专项规划, 2015年后城市污水厂再生水利用率需达 $33\%$ 。四期工程将 $1.5 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 尾水接入区域中水厂进行处理, 然后通过中水管网输送至中水用户, 剩余 $1.0 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 排放水体。

四期工程运行期间, 污泥等固废产量约为 $12.9\text{ t/d}$ (含水率 $< 60\%$ ), 其中生化污泥为 $11.2\text{ t/d}$ 、格栅渣 $1.0\text{ t/d}$ 、沉砂 $0.7\text{ t/d}$ , 合计 $4\,721\text{ t/a}$ 。污泥脱水处理后, 全部运至市垃圾热电有限公司焚烧处置。

四期项目臭气产生单元主要有进水泵房、曝气沉砂池、MSBR、污泥浓缩池、污泥脱水机房等, 主要来自废水中的腐烂有机物质和原发性恶臭物质(如氨、硫化氢等)。进水泵房臭气处理依托三期工程除臭设施。曝气沉砂池进行密闭加盖, 并配套建设1套活性氧净化除臭设施。MSBR池加盖, 废气收集处理, 设1套生物除臭装置。污泥浓缩池配套建设1套活性氧净化除臭设施。污泥脱水机房除臭依托三期工程的活性氧净化除臭设施。采取上述措施后, 本厂恶臭物质去除率可达 $80\%$ 以上。

### 6 运行效果

2018年6月四期工程投入运行, 实际平均进水COD、 $\text{BOD}_5$ 、SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TN、TP分别为 $280.5$ 、 $118.7$ 、 $174.4$ 、 $28.3$ 、 $34.8$ 、 $2.6\text{ mg/L}$ , 出水平均值分别为 $21.3$ 、 $2.6$ 、 $2.8$ 、 $1.1$ 、 $6.2$ 、 $0.1\text{ mg/L}$ , 达到设计要求。四期项目投资为 $11\,866.18$ 万元, 在其经济寿命年限内投资内部收益率为 $9.80\%$ , 高于行业基准收益率( $2.09\%$ ), 抗风险能力强, 经济效益较好。

### 7 结语

某污水处理厂实施四期扩建工程主体工艺为“MSBR + 滤布滤池 + 超滤”, 全厂处理规模达 $13.5 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ , 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准要求, 且 $\text{COD} < 30\text{ mg/L}$ , 满足设计要求。该工程经

济、社会和环境效益明显,为太湖流域的节能减排和城镇化建设作出了贡献,也为类似工程提供了借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 李炎华,解庆林,欧锦铭,等. MSBR 和滤布滤池组合工艺在广西藤县污水厂的应用[J]. 中国给水排水, 2013,29(10):67-69.  
Li Yanhua, Xie Qinglin, Ou Jinming, *et al.* Application of combined process of MSBR and cloth media filter in Tengxian wastewater treatment plant in Guangxi [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(10): 67-69 (in Chinese).
- [2] 蒋富海,安鹏. 高密度澄清池-滤布滤池在污水深度处理中的应用及控制[J]. 给水排水, 2017, 43(4): 24-28.  
Jiang Fuhai, An Peng. Application and control of high density clarifier - cloth filter in advanced wastewater treatment [J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43(4): 24-28 (in Chinese).
- [3] 张武刚. 污水深度处理中滤布滤池工艺设计方案探讨

[J]. 净水技术, 2018, 37(4): 101-105.

Zhang Wugang. Discussion on design proposal of cloth media filter process for advanced wastewater treatment [J]. Water Purification Technology, 2018, 37(4): 101-105 (in Chinese).



作者简介:华佳(1970-),男,江苏徐州人,博士,副教授,研究方向为水污染控制工程。

E-mail: huaj252003@163.com

收稿日期:2019-04-10

(上接第45页)

北京:中国建筑工业出版社,2014.

- GB 50333 - 2013, Architectural Technical Code for Hospital Clean Operating Department [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014 (in Chinese).
- [2] 赵颖,李天荣. 医院手术部热水供应方式分析[J]. 给水排水, 2010, 36(2): 74-76.  
Zhao Ying, Li Tianrong. Analysis on the hot water supply mode for the operating department of hospital [J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(2): 74-76 (in Chinese).
- [3] 杨琦. 医疗建筑给水排水和灭火系统设计特点[J]. 给水排水, 2019, 45(2): 82-86.  
Yang Qi. Design characteristics of plumbing and fire prevention system in medical buildings [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(2): 82-86 (in Chinese).
- [4] 杨琦,季能平,胡明. 可调式减压阀设定压力与流量的测试分析[J]. 中国给水排水, 2015, 31(3): 46-49.  
Yang Qi, Ji Nengping, Hu Ming. Test analysis of set pressure and flow rate of adjustable relief valve [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(3): 46-49 (in

Chinese).



作者简介:杨琦(1963-),男,江苏苏州人,大学本科,教授级高级工程师,专业院总工程师,研究方向为建筑给水排水和水灭火设计技术,曾参与了几十项工程项目的设计以及多项国家和地方规范的编写,获得市科技进步三等奖和若干项全国勘察设计奖。

E-mail: qi\_yang@ecadi.com

收稿日期:2019-05-22