

温州市西片污水处理厂的设计与优化要点

严立¹, 陆广², 吴生余³, 唐晓亮⁴

(1. 温州市公用事业投资集团有限公司, 浙江 温州 325000; 2. 温州市住建委, 浙江 温州 325000; 3. 温州市创源水务有限公司, 浙江 温州 325000; 4. 无锡唯拓环保设备有限公司, 江苏 无锡 214196)

摘要: 温州市西片污水处理厂总规模为 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 一期工程规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 总占地面积为 4.7 hm^2 , 采用水深为 7 m、最大撇水深度为 2.11 m 的 CAST 工艺。通过污水厂的设计、调试和运行, 总结了 CAST 工艺设计要点和优化经验, 包括生物选择器和回流污泥泵、曝气系统和滗水器等。

关键词: 污水处理厂; CAST 工艺; 水深

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2014)12-0106-04

Design and Optimization of Wenzhou Xipian Wastewater Treatment Plant

YAN Li¹, LU Guang², WU Sheng-yu³, TANG Xiao-liang⁴

(1. Wenzhou Public Utilities Investment Group Co. Ltd., Wenzhou 325000, China; 2. Wenzhou Housing and Urban-Rural Development Committee, Wenzhou 325000, China; 3. Wenzhou Chuangyuan Water Co. Ltd., Wenzhou 325000, China; 4. Wuxi Weituo Environmental Protection Equipment Co. Ltd., Wuxi 214196, China)

Abstract: The total design capacity of Wenzhou Xipian WWTP is $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ with a total floor area of 4.7 hm^2 . In the first phase, the design capacity is $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The WWTP uses CAST technology with wastewater depth of 7 meters and the maximum wastewater discharge depth of 2.11 meters. Through the design, commissioning and operation of the WWTP, the design essentials and optimization experience of CAST technology were summarized, including biological selector, sludge return pump, aeration system and decanter.

Key words: wastewater treatment plant; cyclic activated sludge technology (CAST) process; water depth

1 工程背景

温州市西片污水处理厂工程从 2003 年启动前期工作, 原采用改良 A^2/O 工艺, 一期工程规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 一期占地面积约 10 hm^2 。由于规划的甬台温高铁横跨原温州市西片污水处理厂厂区, 导致工程的用地面积发生极大变化。2008 年, 通过城市专项规划调整, 确定西片污水处理厂总规模为 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 总用地面积减小到 4.7 hm^2 。受制于占地面积因素的影响, 最终采用水深为 7.0 m 和最大

撇水深度为 2.11 m 的循环式活性污泥法工艺 (Cyclic Activated Sludge Technology Process)。本工程除 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 CAST 生物池外, 其余构(建)筑物土建一次建成, 设备分期采购, 于 2010 年 11 月通水调试, 2011 年 11 月竣工验收。

1.1 设计水量与水质

设计进、出水水质见表 1, 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	pH 值	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)	TN/ (mg · L ⁻¹)	TP/ (mg · L ⁻¹)
进水	6 ~ 9	400	220	200	40	50	5
出水	6 ~ 9	60	20	20	8	20	1

1.2 工艺方案

针对总占地面积为 4.7 hm² 的前置条件,选择对比了曝气生物滤池(BAF)和 CAST 工艺,结合投资、能耗、运行管理和设计进出水水质要求等因素,最终选用 CAST 工艺。

CAST 工艺是间歇式活性污泥法即 SBR 的一种先进变型,目前国内外应用较多。主要优点如下:①其生物反应池分二个区域,第一区作为生物选择器,第二区为主反应区。通过泵将主反应区沉淀期的活性污泥回流到生物选择器中。生物选择器呈厌氧状态,基质浓度梯度较大,污泥负荷较高,可有效避免污泥膨胀,提高系统运行的稳定性。②通过间歇曝气方式,可使活性污泥周期性地经历好氧、缺氧和厌氧阶段,生物选择器的设置可以促进和强化系统的生物脱氮除磷效果,无需在系统中设置独立的缺氧和厌氧搅拌阶段,系统即可具有良好的生物脱氮除磷功能。

通过工艺核算,CAST 工艺需设置水深为 7.0 m 和最大撇水深度为 2.11 m 才能满足本工程 5.31 m³/m² 的占地指标要求,上述 2 项指标均为国内 CAST 工艺和滷水器的新高。这也是本工程能否顺利实施的关键。

工艺流程见图 1。

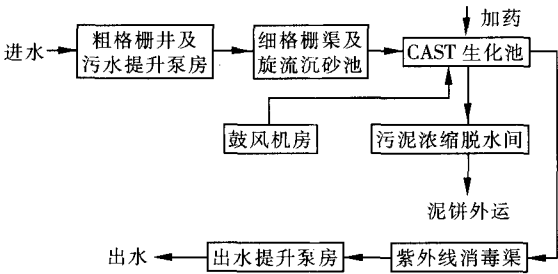


图1 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

1.3 主要构筑物设计

1.3.1 粗格栅间及进水泵房

厂外管网为两路进水,一路为重力自流方式,规模为 15 × 10⁴ m³/d,一路为压力管方式,规模为 10

× 10⁴ m³/d。一期工程进水为重力自流方式,水量为 10 × 10⁴ m³/d,远期增加到 15 × 10⁴ m³/d。一期工程粗格栅间与进水泵房合建,沉井按 15 × 10⁴ m³/d 规模建设,安装 2 台粗格栅,每台宽为 2 m,泵房共设 4 个泵位,安装潜污泵 3 台(2 用 1 备),单台流量为 1 800 m³/h,扬程为 100 kPa,电机功率为 70 kW。同时,采用大开挖方式建设规模为 10 × 10⁴ m³/d 的压力管进水泵房,设 5 个泵位(4 用 1 备),远期作为压力管进水提升泵房。

1.3.2 细格栅间及旋流沉砂池

细格栅与旋流沉砂池合建(按 25 × 10⁴ m³/d 规模)。采用循环式齿耙清污机 2 台,预留 2 台,栅条宽 5 mm。旋流沉砂池 2 座运行,采用钟式,每座直径为 5.0 m,池深为 2.0 m,砂斗直径为 1.50 m,砂斗深度为 2.50 m,设 2 台可调速的桨叶分离机,功率为 1.5 kW,排砂量约 3.0 m³/d,含水率为 60%。

预处理各构筑物均加盖收集臭气,通过电离离子法除臭。

1.3.3 CAST 生物池

CAST 生化池共 8 格,分成 4 组,各组交替进水、交替排水,系统可以连续处理,同时,由于总占地面积有限,池内水深设计为 7.0 m。单格尺寸为 44.0 m × 28.50 m × 8.0 m,分为生物选择区和主反应区两个部分,生物选择区约占总容积的 15%。平均污泥负荷为 0.086 kgBOD₅/(kgMLSS · d),平均容积负荷为 0.32 kgBOD₅/(m³ · d),最高水位(7.0 m)时污泥浓度为 3 700 mg/L,最低水位(4.89 m)时污泥浓度为 5 700 mg/L,总泥龄为 16 d,污泥产率为 0.71 kgDS/kgBOD₅,污泥回流比为 20%。

采用滷水器 8 台,单台流量为 2 800 m³/h,最大撇水深度为 2.11 m,平均撇水深度为 1.69 m,撇水时间为 1 h/周期,堰负荷为 30 ~ 32 L/(s · m),采用精密伺服变频马达进行驱动。

主反应区设置辅助混合搅拌装置,每格设置两台,单台搅拌功率为 7.5 kW;曝气方式采用微孔曝气,单格设 1 675 个盘式曝气器,单个出气量为 4.5

m³/h。

1.3.4 鼓风机房

鼓风机房建筑面积为660 m²,采用5台罗茨鼓风机(4用1备),每两组反应池交替曝气,设一台为公共备用风机,每台最大风量为140 m³/min,压差为80 kPa,配套电机功率为280 kW,整个鼓风机系统的供气量调节范围为60%~100%。

1.3.5 脱水机房及污泥储存池

脱水机房建筑面积为637.8 m²,机房下设置污泥储存池2个,单个有效容积为900 m³,穿孔管曝气。机房内设带式机械浓缩脱水机2台(单台处理能力为65 m³/h),污泥进料螺杆泵2台(单台泵流量为80 m³/h,扬程为200 kPa,电机功率为15 kW),冲洗水泵2台(单台泵流量为40 m³/h,扬程为600 kPa,电机功率为15 kW),加药螺杆泵4台(单台泵流量为2 m³/h,扬程为200 kPa,电机功率为0.75 kW),以及溶药装置2套。

1.3.6 紫外消毒

采用开放渠道式紫外线消毒槽1座,平面尺寸为23.65 m×14.35 m。共5条槽,单条消毒槽设紫外C灯矩阵数量1组,每组C灯矩阵含C模块10个,每个模块含紫外C灯数量8支,单条消毒槽共有紫外C灯数量80支,消毒接触时间为6~10 s,清洗方式为机械加化学方式。

1.3.7 出水提升泵房

提升泵房土建按25×10⁴ m³/d设计,平面尺寸为14.5 m×8.0 m,地下部分深为4.30 m,共设5个泵位,安装3台轴流泵(每台泵的流量为2 750 m³/h,扬程为35 kPa,电机功率为55 kW,2用1备)。

1.3.8 配电房

污水厂设两回路10 kV供电电源,1用1备。配电房内设高压配电室、低压配电室和控制室。一期工程设备安装容量约2 520 kW,选择二台1 600 kVA的环氧树脂浇注干式变压器,采用单母线分段运行方式,低压配电装置选用GGD式低压开关柜,10 kV高压配电柜选用中置式金属铠装开关柜。

2 调试、运行效果和工艺设计优化经验

2.1 调试和运行效果

温州市西片污水处理厂于2010年11月通水并进行污泥培养,2011年1月开始出水调试。调试期(2011年1月—4月)和运行期的进、出水水质如表2所示。

表2 调试期和运行期进、出水水质(月平均值)

Tab.2 Influent and effluent quality during commissioning and operation mg·L⁻¹

项 目	COD		NH ₃ -N		TN		TP	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
2011年1月	252.3	41.3	43.5	35.1	51.2	42.7	3.1	0.4
2011年3月	226.2	35.6	32.1	28.3	39.1	30.6	3.9	0.4
2011年5月	219.5	35.1	28.5	4.2	38.5	19.8	3.7	0.6
2011年7月	155.8	36.3	27.3	2.5	34.6	11.1	2.7	0.8
2011年9月	321.3	35.7	30.1	4.8	37.2	12.3	2.6	0.8
2011年11月	231.9	34.3	33.4	4.1	31.3	12.3	3.2	0.7
2012年2月	142.6	42.8	26.2	2.5	35.3	9.8	2.5	0.6
2012年4月	149.6	40.2	28.8	0.8	36.8	8.1	3.3	0.6
2012年6月	131.3	39.5	21.5	1.3	25.4	13.4	1.9	0.6
2012年8月	181.2	37.3	31.1	1.3	31.3	13.4	2.7	0.6
2012年10月	171.5	39.8	27.6	2.1	38.6	13.5	3.5	0.6
2012年12月	181.3	41.3	26.1	2.3	30.8	13.6	2.9	0.6

调试期分为3个阶段。第一阶段为通水后采用污泥接种培养阶段,时间为2个月,即2010年11月—12月。污泥取自温州市中心片污水处理厂脱水后的泥饼,经泵车打入1组生化池,不排泥进行曝气,使池内MLSS值逐步升高,期间,池内产生大量泡沫,覆盖整个池面。继续曝气,使MLSS达到3 000 mg/L以上,SV值在30%~40%,活性污泥形成,泡沫消失。第二阶段为带负荷污水调试,时间为1个月,即2011年1月。在此阶段,连续进水,通过剩余污泥排放系统对泥龄进行控制,使污泥负荷、浓度和泥龄达到设计要求,同时,回流污泥系统也达到设计要求,COD和TP出水指标满足设计要求,但是出水氨氮和总氮不达标,即系统对氨氮基本没有处理效果,总氮的降低可能仅为内源呼吸消耗所致。调整各项设计参数均无法改变上述现象。第三阶段为全面达标阶段,特别是氨氮和总氮指标,时间为3个月,即2011年2月—4月。在此阶段,池内水温随着气温的升高由10℃上升至20℃,氨氮指标不断下降,至4月中旬降低至5 mg/L以内,总氮指标亦达标。上述结果表明在调试过程中,温度是硝化菌群培养的关键因素。至此,污水厂进入运行阶段,设计电耗为0.259 kW·h/m³,实际运行电耗为0.185 kW·h/m³,分析原因可能为进水水质指标低于设计指标导致。

2.2 工艺设计优化要点

2.2.1 生物选择器和回流污泥泵

CAST池的生物选择器属于缺氧-厌氧生物选

择器,既能反硝化脱氮和厌氧释磷,又能抑制丝状菌的生长。根据本厂调试和运行期的经验,生物选择器内絮体负荷梯度是其能否发挥作用的关键。为了保证絮体负荷梯度,设计中应分格,本厂设计采用从生物选择器中间进水,每侧分9格,从两侧末端进入主反应区,回流比为20%。调试和运行过程中发现单台回流污泥泵控制有限,设计应采用20%~40%,同时,回流污泥泵应在池一侧对称设置2处(1用1备,单台满足回流比为20%的要求)。

2.2.2 曝气系统

曝气系统运行良好与否是整厂正常运行的关键。设计中应注意以下几点:

① 能耗。本厂一个运行周期为4 h,1 h进水、曝气,1 h纯曝气,1 h沉淀,1 h滗水。第1小时DO设定为0.5 mg/L,第2小时DO设定为2.5 mg/L。第1小时的DO设定既可节省能耗又可避免回流污泥中DO过高,影响生物选择器的脱氮除磷功能。同时,在7.0 m水深压力下,带变频的罗茨风机虽能周期性根据不同的水位进行自动控制,但调节风量范围无法达到25%~100%(设计值)。设计中应考虑能满足调节风量范围的其他类型风机。

② 曝气管布置。本厂生化池面积较大,为使污泥和污水良好混合,每池均设置了2台搅拌器,放空检修中发现曝气管布置时未考虑搅拌器水流冲击的影响,导致搅拌器周边曝气头损坏严重。设计中宜根据搅拌器水流合理布置曝气管。

③ 鼓风机。本厂未单独为污泥储存池设置鼓风机,导致池内变水位时,污泥储存池下穿孔管内的风压不够,引起数次堵塞,影响脱水机房运行,设计中宜单独为污泥储存池设置鼓风机。

2.2.3 滗水器

CAST单池的设计宽度达到28.50 m,导致滗水器的设计堰长为25 m,最大撇水量为2 800 m³/h,设计过程中为避免双台滗水器动作不一致的情况而提出采用单台滗水器两侧出水的方式,但国内尚无此规模的单台滗水器应用案例。为此,专门对滗水器进行受力分析,发现虽然原有的四连杆结构合理地考虑了受力的影响,但是承受荷载较小,可以通过改变原驱动杆的受力位置,把受力点从中心轴外移

了原有尺寸的50%,从点受力改成面受力,使设备能承受25 m长的荷载。虽然设备材料有所增加,但驱动受力情况却减少了30%,使设备承受的荷载范围更大,实际运行结果也证明了上述设想。

3 结语

针对5.31 m³/m²的占地指标条件,温州市西片污水处理厂采用水深为7.0 m和最大撇水深度为2.11 m的CAST工艺是可行的,出水水质指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准。

参考文献:

- [1] Sudarno U, Winter J, Gallert C. Effect of varying salinity, temperature, ammonia and nitrous acid concentrations on nitrification of saline wastewater in fixed-bed reactors[J]. Bioresour Technol, 2011, 102(10): 5665–5673.
- [2] Sun Hongwei, Yang Qing, Peng Yongzhen, et al. Advanced landfill leachate treatment using a two-stage UASB-SBR system at low temperature[J]. Environ Sci, 2010, 22(4): 481–485.
- [3] 李彩斌, 李京. 生物选择器的作用机理和设计方法[J]. 中国给水排水, 2003, 19(4): 69–70.
- [4] 张颖, 汪慧贞, 李彩斌, 等. 北京经济技术开发区CAST工艺污水处理厂二期工程的启动与调试[J]. 环境工程, 2005, 23(6): 78–80.



作者简介:严立(1978—),男,浙江温州人,博士,高级工程师,副教授,副总经理,研究方向为城市污水厂脱氮除磷工艺等。

E-mail: 24439192@qq.com

通讯作者:唐晓亮

收稿日期:2014-03-10