

采用水解酸化/氧化沟/高效纤维滤池工艺的污水厂设计

徐超¹, 丁宁², 蒋燃刚³

(1. 江苏省环科院环境科技有限责任公司, 江苏 南京 210036; 2. 中冶华天南京工程技术有限公司, 江苏 南京 210019; 3. 无锡博美环境科技有限公司, 江苏 宜兴 214204)

摘要: 某县城经济开发区污水处理厂一期设计规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 针对污水厂来水中含有一定比例工业废水的特点, 采用水解酸化/氧化沟/高效纤维滤池工艺进行处理。该污水厂于2018年11月投入运行, 在进水水质波动较大的情况下, 出水 $\text{COD} < 50 \text{ mg/L}$, $\text{SS} < 10 \text{ mg/L}$, $\text{NH}_3 - \text{N} < 3 \text{ mg/L}$, $\text{TN} < 15 \text{ mg/L}$, $\text{TP} < 0.4 \text{ mg/L}$, 能稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级A标准。污水厂厂区工程费用为6333.8万元, 平均运行成本为0.78元/ m^3 。介绍了该污水处理厂的设计特点、主要构筑物参数、投资及运行成本, 可供类似项目参考。

关键词: 污水处理; 水解酸化; 氧化沟; 高效纤维滤池

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)06-0050-05

Project Design of Wastewater Treatment Plant by a Combined Process of Hydrolytic Acidification, Oxidation Ditch and High-efficiency Fiber Filter

XU Chao¹, DING Ning², JIANG Ran-gang³

(1. Jiangsu Provincial Academy of Environmental Science Co. Ltd., Nanjing 210036, China;
2. MCC Huatian Engineering & Technology Corporation, Nanjing 210019, China; 3. Wuxi Bomei
Environtec Co. Ltd., Yixing 214204, China)

Abstract: The influent of a wastewater treatment plant with the design scale of $15\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ consists of domestic sewage and industrial wastewater. The treatment process consists of hydrolytic acidification, oxidation ditch and high-efficiency fiber filter according to the characteristics of industrial wastewater in the wastewater treatment plant. The project was put into operation in November 2018, and under the great fluctuation of influent quality the effluent concentration of COD, SS, $\text{NH}_3 - \text{N}$, TN and TP were respectively lower than 50 mg/L , 10 mg/L , 3 mg/L , 15 mg/L and 0.4 mg/L , which met the first class A standard of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The project cost was 63.338 million yuan, and the average operating cost was 0.78 yuan/ m^3 . The design features, parameters of main structures, investment and operation cost were introduced, that could provide reference for similar projects.

Key words: wastewater treatment; hydrolytic acidification; oxidation ditch; high-efficiency fiber filter

某县城经济开发区定位为以新材料、机械装备、轻工纺织等产业为主导,以文化娱乐为特色的产业主导型经济开发区。

随着该县总体规划的修编,近年来东部片区发展迅速,人口迅速增加,工业废水和生活污水的排放量也不断增加,而该片区目前尚无完整的污水收集和处理系统,部分污水未经处理直接就近排入水体造成污染,因此该县城开发区污水处理厂及配套管网工程的建设显得尤为迫切。

为此,决定新建开发区污水处理厂。

1 设计进、出水水质

根据相关污水量预测结果,该污水厂处理规模为一期 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,远期 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据环评要求,经济开发区内各工业企业的废水需经过预处理达到《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)中的 A 级标准后再接入开发区污水厂处理。

根据县城给水规划及用水量统计数据,结合经济开发区实际,预测工业废水量占污水厂总进水量的 40%。

由于工业类型较多,其水质水量波动较大,废水中成分较复杂,含有部分不易生物降解有机物,可生化性不高。

根据环评要求,污水厂出水需达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。

具体设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

mg · L ⁻¹						
项目	BOD ₅	COD	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水	130	350	200	30	40	3.5
出水	≤10	≤50	≤10	≤5	≤15	≤0.5

2 工艺流程

由于开发区入驻企业的不确定性,导致排入污水厂的水质水量变化较大,具有一定冲击性;进水中含一定比例工业废水,BOD₅/COD 较低,可生化性一般;排放标准对脱氮除磷均有要求,且进水氮、磷含量均较高。考虑进水水质及项目特点,本工程采用“预处理+主体生化处理(生物脱氮除磷)+深度处理(物化法)”的污水处理工艺路线。

在主体生化处理工艺的选择中,氧化沟工艺与 A²/O 工艺相比的优势在于:好氧段采用倒伞曝气加潜水推流的方式,具有氧化沟工艺循环混合抗冲击负荷高、适应水质变化大的特点,既能满足近期进水低碳高磷氮的处理要求,也能满足远期进水水质变浓的问题,进一步确保出水的稳定达标;倒伞曝气机设备台数较少,运行管理维护方便;采用倒伞曝气机可减少气溶胶对周围环境的影响。

考虑工艺的先进性、运行的稳定性、调整的灵活性及出水的安全性,本工程采用水解酸化工艺为预处理工艺,改良型卡鲁塞尔氧化沟为生化主体工艺,混凝、沉淀、过滤为深度处理工艺的工艺流程。采用次氯酸钠消毒。污泥处理采用机械浓缩脱水工艺。具体工艺流程见图 1。

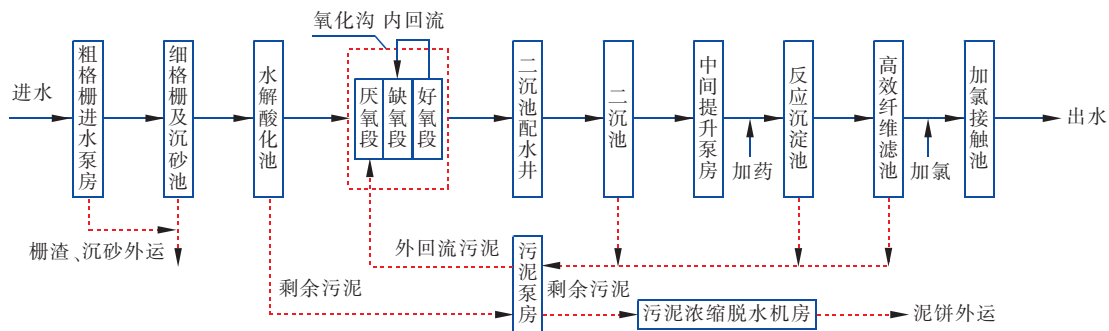


图 1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

3 工程总体设计

3.1 厂址现状

污水处理厂拟建厂址现状为农田,该处地势呈

东西高、中间低态势,地面自然标高为 29.8 ~ 33 m。厂区建设位置北临河道,南靠山体,地处山坳,雨季有山洪流经。

3.2 总平面布置

本次设计在用地紧张条件下,根据以往设计经验,厂区西侧围墙仍需退让征地边界线约12 m,设置山体护坡,同时沿厂区围墙设置浆砌块石排水沟撇除山洪,以保障厂区构筑物的安全。

总平面设计按照进出水水流方向和处理工艺要求,同时预留远期构筑物的建设用地。平面按功能分为厂前生产管理区、预处理区、二级处理区、深度处理区及污泥处理区。

综合楼处在夏季主导风向的上风向,受厂区气味影响较小;整个厂区布局紧凑,用地节省,功能分区明确;污水由厂区西北角进,从东北角排出,水力流程顺畅。

3.3 高程设计

综合考虑土方平衡、防汛排涝、竖向高程等诸多因素,确定厂区设计地面标高为32.0 m,建设后的厂区与周边地块高程衔接顺畅合理,交通便利,且尾水排放方便。为消除山洪冲刷影响,沿厂区周边围墙兼作防洪墙,顶高程不低于32.5 m,形成封闭的防洪圈堤。

4 主要构筑物及参数

除粗格栅及进水泵房、细格栅及曝气沉砂池、中间提升泵房、加氯接触池、加氯加药间、储泥池和污泥浓缩脱水机房土建按远期 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模设计外,其余构筑物均按一期 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模设计。一期规模总变化系数为1.56,远期总变化系数为1.45。

4.1 水解酸化池

共2座,平面尺寸为 $24 \text{ m} \times 17 \text{ m}$,为钢筋混凝土结构。可将污水中的固体、大分子和不易生化降解的有机物降解为易于生化降解的小分子有机物,提高废水的可生化性^[1-2]。采用上向流式耦合水解反应器,上部配水区通过配水软管与底部布水区相连,沉淀耦合反应区以倾斜平板填料促进泥水分离,同时作为微生物载体为世代周期长的微生物创造条件,丰富微生物相;沉淀区与污泥反应区无物理隔离。该装置解决了现有装置配水不均匀、处理效率低、易堵塞的问题,具有占地少、投资省的特点。

水解酸化池有效水深为7.1 m,平均时流量停留时间为9.3 h,COD负荷为 $0.95 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。设置框架式平板填料96套,外形尺寸为 $4000 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm} \times 1500 \text{ mm}$,填料间距为300 mm,倾

角为 60° ;多点布水器16套,单套 $Q=30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{h}$;剩余污泥泵2台(1用1备), $Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=150 \text{ kPa}$, $N=5.5 \text{ kW}$ 。

4.2 氧化沟

共2座,平面尺寸为 $67.9 \text{ m} \times 25.9 \text{ m}$,钢筋混凝土结构,采用卡鲁塞尔2000池型,由厌氧段、缺氧段和好氧段组成。厌氧段分为3格,有效容积为 473 m^3 ;缺氧段和好氧段均为环形廊道,缺氧段分2廊道,每廊道宽为4.1 m,有效容积为 931 m^3 ;好氧段分4廊道,每廊道宽为6 m,有效容积为 4313 m^3 。

在好氧段与缺氧段廊道间设置内回流旋转门,用于混合液内回流。在氧化沟配水井出水管道上分两路管道,一路进入厌氧段,另一路进入缺氧段,根据不同的情况,合理分配厌氧段和缺氧段的进水量,同时满足脱氮除磷对碳源合理分配的要求。

厌氧区尺寸为 $20.6 \text{ m} \times 5.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$ (有效水深为4.6 m),设计停留时间为1.5 h。设置不锈钢高速潜水推流器3台,叶轮直径为260 mm,电机功率为1.5 kW。

缺氧、好氧区总尺寸为 $61.7 \text{ m} \times 24.9 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$ (有效水深为4.5 m),混合液浓度(MLSS)为 4000 mg/L ,污泥龄为15 d,污泥负荷为 $0.058 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,污泥最大回流比为100%,单池需氧量为 $210.2 \text{ kgO}_2/\text{h}$ 。缺氧区、好氧区水力停留时间分别为2.98、13.8 h。好氧区设置倒伞型表面曝气机2台(其中1台变频),叶轮直径为2800 mm,电机功率为55 kW;不锈钢电动调节堰门1台,有效宽度为3000 mm,可调节高度为500 mm,电机功率为0.55 kW;不锈钢手电两用内回流闸门1台, $B \times H=1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$,电机功率为1.5 kW。缺氧区设置低速潜水推流器2台,叶轮直径为1400 mm,电机功率为4.0 kW;好氧区设置低速潜水推流器4台,叶轮直径为1800 mm,电机功率为5.5 kW。

4.3 二沉池

共2座,为辐流式周进周出二沉池,钢筋混凝土结构,单池直径为25 m,远期增加1座(直径35 m)。单池面积为 491 m^2 ,最大表面负荷约为 $0.99 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,池边有效水深为3.5 m,高峰流量停留时间为3.5 h。单池设置中心传动水平管式吸泥机1台,吸泥机直径为25 m,功率为0.37 kW。

4.4 反应沉淀池

共1座分2格,单格尺寸为 $13.6 \text{ m} \times 14.9 \text{ m} \times$

5.0 m,钢筋混凝土结构,由管式静态混合器、筛板絮凝池以及水平管沉淀池组成。中间提升泵房来水进入管道混合器,混凝剂采用聚合氯化铝(PAC),投加量为20 mg/L。筛板絮凝池在廊道中布置筛板填料,筛板上下交错开孔,通过开孔大小控制絮凝反应强度,反应时间为17.8 min。沉淀工艺采用水平管沉淀池,与絮凝池合建,内设布水区、沉淀区和集水区。水平管高效沉淀池采用“浅池理论”设计,将竖直的过水断面分割成沉降距离相等的沉淀管和滑泥斜道,缩短了沉淀时间,降低了占地面积^[3]。

设置DN350管道混合器1套;筛板装置1套,尺寸为1.6 m×4.5 m;整流装置1套,尺寸为5 250 mm×2 200 mm;布水装置1套,尺寸为7 000 mm×2 000 mm;水平管沉淀分离装置1套,尺寸为7 000 mm×2 000 mm×2 000 mm。

4.5 高效纤维滤池

高效纤维滤池采用纤维滤料、小阻力配水系统,气水分别反冲洗。过滤时滤层上部截留水中较大的颗粒,滤层下部窄通道截留细小颗粒,过滤效果较好。反冲洗时纤维滤料处于自由运动状态,纤维束随反冲洗水流散开和摆动,滤料之间相互碰撞,使附着在纤维表面的固体杂质颗粒很容易脱落,提高了滤料的洗净度,减少了反冲洗耗水量^[4]。

本工程一期设置高效纤维滤池4座,远期再增加4座,单座滤池罐体 $D=4.6$ m。设计滤速为14.7 m/h,反冲洗气冲强度为32 L/(s·m²),反冲洗水冲强度为6 L/(s·m²)。设置反冲洗用罗茨风机2台(1用1备),单台 $Q=32$ m³/min, $P=54$ kPa, $N=45$ kW。

4.6 加氯接触池

采用4廊道平流式加氯接触池1座,尺寸为20.8 m×13.7 m×5.2 m;消毒剂采用次氯酸钠,投加量为10 mg/L(以Cl⁻计),消毒时间为30 min。设置潜水泵2台用于厂区再生水回用(1用1备),单泵 $Q=36$ m³/h, $H=400$ kPa, $N=11$ kW;设置高效纤维滤罐反冲洗水泵2台(1用1备),单泵 $Q=360$ m³/h, $H=150$ kPa, $N=30$ kW。

4.7 污泥浓缩脱水机房

本工程将污水处理系统产生的剩余污泥和化学污泥,经带式浓缩机浓缩后输送至污泥调理改性系统进行化学调理改性,再利用隔膜板框压滤工艺脱水,将污泥含水率降低到60%以下,脱水后的泥饼

外运。

污泥浓缩脱水机房为框架结构,平面尺寸为26.9 m×13.7 m。污泥螺杆泵 $Q=15$ m³/h, $H=800$ kPa, $N=7.5$ kW。板框压滤机的压滤面积为120 m²,功率为13 kW。

5 工程特点

① 目前污水厂服务区域大部分还是以村庄、农田为主,现状污水量还比较小。县城正积极开展经济开发区的基础设施建设,加大招商引资力度,后期污水量将呈直线上升态势。考虑到现状实际进水量可能达不到一期设计规模的1/2,本着节约能耗、运转灵活的原则,各主要处理构筑物均设计成两组或两组以上并联运行。

② 污水进水水质变化较大,具有较大的水质冲击负荷。进厂污水具有工业废水的性质,BOD₅/COD比较低,可生化效果差,出水要求高,污水处理难度较大。针对上述水质特点,工艺选择时考虑:a. 设置水解酸化池,将废水中大分子难生物降解的物质转化为易生物降解的物质,改善污水的可生化性,为后续的好氧生物处理创造条件;b. 沉砂池采用沉砂效果较好,可去除浮渣、浮油,沉砂较清洁的曝气沉砂池,去除进水中的大颗粒物质,控制去除相关污染物,减轻后续生物处理的负担;c. 污水处理主体工艺采用较长泥龄延时曝气氧化沟工艺,利用其缓冲稀释能力和抗冲击负荷能力强的优势,提高有机物去除率,使出水水质稳定。

③ 改良型氧化沟工艺可以根据进水水质的变化,运用不同运行模式来保证处理效果。为保证脱氮除磷效果,设计时调整传统氧化沟进水点,从最初的全部污水进入厌氧池改为分别进入厌氧段和缺氧段,并可调整流量比。通过污水进水的合理布点,实现不同运行工况,同时通过对进水不同位置的流量分配,达到碳源合理分配的目的。

④ 污水厂用地紧张且场地不规则。该污水处理厂建设位置位于两山中间的山坳处,考虑山体护坡影响及厂区围墙退让红线,可利用地块面积较少且为不规则三角形,厂区构建筑物布置难度较大。设计中二次沉淀池采用表面负荷大、处理效果稳定可靠的周边进水周边出水形式,深度处理采用占地面积小的反应沉淀池和高效纤维滤池。

6 调试及运行效果

本工程好氧污泥的培养及驯化采用接种和直接

培养的方式进行,考虑进水浓度和费用等情况,主要以直接培养为主,接种部分的污泥为城市污水处理厂脱水后污泥。开始阶段,采用间歇曝气的方法进行培养,控制氧化沟中的有关参数;间歇曝气三天后随着污泥的增长,按比例逐渐提高进水量;随着污泥的增长,系统的处理效果开始体现,通过计算和控制系统 COD 容积负荷和氮氮容积负荷,逐渐延长曝气时间;污泥体积指数(SVI)增长到控制比例后,开始连续进水的培养驯化阶段,其配水比仍按比例逐渐提高,直到全部污水都进入系统处理为止。

本工程于2018年11月投入运行,实际运行进、出水水质见表2。在进水水质波动较大的情况下,出水各项指标平均值均能满足设计要求。

表2 实际运行进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项目	COD	SS	NH ₃ - N	TN	TP
进水	283	190	25	37	3.3
出水	<50	<10	<3	<15	<0.4

污水厂厂区工程费用为6 333.8万元,平均运行成本为0.78元/m³。

7 结论

某县城经济开发区污水处理厂一期工程设计规模为1.5 × 10⁴ m³/d,采用水解酸化/氧化沟/高效纤维滤池工艺,出水水质能稳定达到一级A标准。选用的改良型氧化沟工艺可以合理选择进水点,实现不同运行工况,同时通过对进水不同位置的流量分配,达到合理分配碳源的目的,提高了对进水水质变化的适应性。在山坳处建设污水处理厂需考虑雨季山洪的影响,除修建必要的山体护坡外,厂区外围也需设置撇洪沟以避免洪水冲刷。在用地紧张的情况下,污水深度处理工艺可选用占地面积小、处理效果好的水平管沉淀池和高效纤维滤池。

参考文献:

- [1] 黄焕娣. 水解酸化-微生物电辅助系统处理抗生素废水的效能研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.

Huang Huandi. Effectiveness Research on Antibiotic Wastewater Treatment in Coupled Hydrolysis Acidification and Microbial Electro - Assisted System [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2015 (in Chinese).

- [2] 王明健. 水解酸化-生物接触氧化法处理中药制药废水[J]. 广东化工, 2011, 38(7): 237-238, 241.

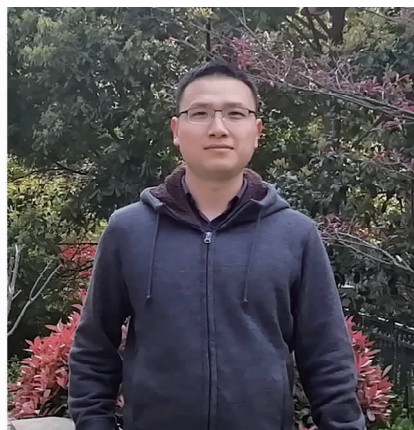
Wang Mingjian. Treatment of traditional Chinese pharmaceuticals wastewater with hydrolytic acidification - biological contact oxidation process [J]. Guangdong Chemical Industry, 2011, 38(7): 237-238, 241 (in Chinese).

- [3] 方素梅,丁德功,张建国,等. 水平管高效沉淀技术在污水深度处理中的应用[J]. 中国给水排水, 2018, 34(13): 95-97.

Fang Sumei, Ding Degong, Zhang Jianguo, et al. Application of horizontal tube sedimentation technology in advanced treatment of wastewater [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(13): 95-97 (in Chinese).

- [4] 杨延鑫,黄光阳. 高效纤维滤池在市政污水中的应用[J]. 环境工程, 2015, 33(增刊): 132-133, 144.

Yang Yanxin, Huang Guangyang. The application of efficient fiber filter in the treatment of municipal sewage [J]. Environmental Engineering, 2015, 33(S): 132-133, 144 (in Chinese).



作者简介:徐超(1987-),男,湖北咸宁人,硕士,工程师,主要从事给排水设计工作及水污染控制技术研究。

E-mail: tjotto@126.com

收稿日期:2019-04-01