

生物转盘工艺在城镇污水处理中的工程应用

孙怀谷, 周 丹, 袁铁夫, 李宏斌

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘 要: 宁波白峰污水处理站一期工程采用生物转盘的核心处理工艺, 转盘直径为 4 m, 是目前国内直径最大的生物转盘, 污水处理能力为 $0.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。介绍了主要构筑物及设备的设计参数, 并对运行效果进行了分析, 此外, 针对生物转盘工艺在不同水力负荷情况下的处理能力进行了分析, 结果显示, 高、低水力负荷情况下生物转盘的处理能力无太大变化。

关键词: 生物转盘; 水力负荷; 生物膜

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)04-0062-04

Application of Rotating Biological Contactors in Municipal Wastewater Treatment Project

SUN Huai-gu, ZHOU Dan, XI Tie-fu, LI Hong-bin

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: The first phase of Ningbo Baifeng wastewater treatment station adopted the treatment process of rotating biological contactors. The diameter of the rotating disc was 4 meters, which was currently the largest rotating biological contactors in China. The wastewater treatment capacity was $0.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The effluent quality was in accordance with the first level A criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The design parameters of main structures and equipments, operation performance were introduced. The treatment capability of rotating biological contactors process under various water load was analyzed, the processing capacity of rotating biological contactors was stable under either high or low influent load.

Key words: rotating biological contactors; water load; biofilm

目前, 在国外生物转盘处理工艺的运行已经比较成熟^[1-3], 而在国内大规模工程实践鲜见报道, 笔者结合课题研究, 依托宁波白峰污水处理站一期工程项目, 研究生物转盘处理城镇污水的工艺流程和参数。

1 工程概况

本工程规划的收水范围主要为白峰镇区, 总面积约为 9.5 km^2 。现状常住人口约 8 000 人。一期工程设计污水处理能力为 $0.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。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 A 标准, 具体见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目	BOD ₅	COD	SS	氨氮	TN	TP
进水	240	450	250	25	40	6
出水	10	50	10	5	15	0.5

2 污水处理工艺流程

2.1 工艺流程

污水处理工艺流程见图 1。生活污水及达到城市下水道水质标准的工业废水经市政污水管网收集后, 自流进入粗格栅和调节池, 然后经提升进入细格

栅渠,之后自流进入曝气沉砂池,经过沉砂后进入高效生物转盘进行缺氧和好氧生化处理,然后进入絮凝反应池,出水进入高效沉淀池,再进入DE型滤池,滤后水进入紫外线消毒渠消毒后外排。

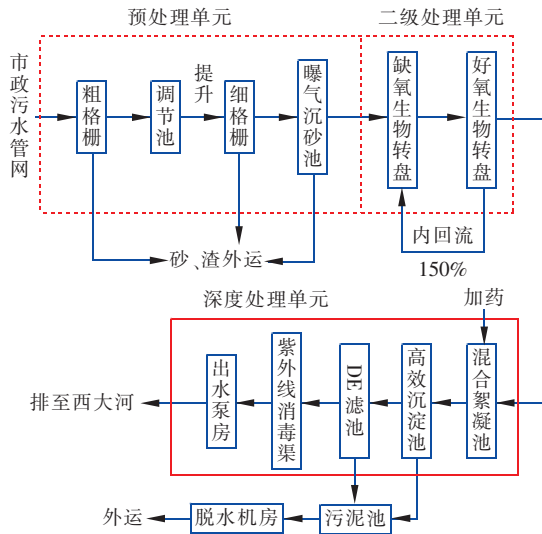


图1 污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

缺氧生物转盘和好氧生物转盘是核心工艺,缺氧段安装淹没式生物转盘,好氧段安装半淹没式生物转盘。生物转盘采用特殊的立体网络结构,利用立体网络结构圆盘上的生物膜来净化污水。

缺氧段运行过程中,生物转盘全部浸没在水中,缓慢旋转,盘片上反硝化细菌为大量优势菌种,高浓度的反硝化菌群将回流污水中的大量硝酸盐氮还原为氮气,从而实现污水脱氮。好氧段运行过程中,生物转盘约40%浸没在污水中,并维持这种状态缓慢旋转,不断吸收空气中的氧气和吸附水中的污染物,利用生化反应对有机污染物进行降解。通过生物转盘的缓慢旋转,加快新老微生物更新速度,确保各段生物膜的高效性。

半淹没式生物转盘见图2。



图2 半淹没式生物转盘

Fig.2 Semi-submerged rotating biological contactors

2.2 主要构筑物及设备参数

① 粗格栅

粗格栅渠1座,平面尺寸为7.5 m×2.0 m,深为8.0 m,主要作用是拦截较大的污物,以保护污水提升泵不受损害。粗格栅栅隙为20 mm。回转式耙栅除污机2台,近期1用1备,远期互为备用,过栅流量为0.35 m³/s,栅条有效宽度为600 mm,栅条间隙为20 mm,功率为0.55 kW。控制方式:根据格栅前后液位差,PLC自动控制。

② 调节池

污水调节池1座,平面尺寸为29.0 m×10.0 m,深为11 m,调节水深为4.0 m,调节时间为4 h。潜水搅拌机4台,单台功率为1.5 kW,潜水污水泵3台(2用1备),1台变频,流量为150 m³/h,扬程为160 kPa,电机功率为15 kW。

③ 细格栅及曝气沉砂池

细格栅与曝气沉砂池合建,架空设置,采用钢制一体化设备。细格栅渠2条,平面尺寸为4.2 m×2.2 m,渠深为2.0 m,设置于沉砂池前,细格栅栅隙为5 mm。曝气沉砂池2座,平面尺寸为10.7 m×3.1 m,单池有效长度为9 m,宽度为1.35 m,池内有效水深为1.0 m,池高为1.8 m,泥斗高为0.92 m。回转式耙栅除污机2台,单机过栅流量为63 L/s,栅条有效宽度为600 mm,栅条间隙为5 mm,功率为0.75 kW。刮砂桥一套,长度为3.5 m,功率为6.5 kW。

④ 生物转盘

淹没式高效生物转盘2组,单组尺寸为10 m×4.4 m×5.5 m,好氧式高效生物转盘10组,单组平面尺寸为10 m×4.4 m×3 m,好氧段生物转盘分为4级,前4组为第一级,后面每2组为一级。高效生物转盘12台(缺氧段2台,好氧段10台),单组转盘直径为4 000 mm、轴长为10 m、总片数为368片、电机功率为3 kW。立式污水泵5台(4用1备),流量为150 m³/h,扬程为60 kPa,电机功率为3 kW。

⑤ 混合池

混合池2座,池体尺寸为1.2 m×1.2 m×2.5 m,絮凝搅拌机2台,功率为0.75 kW。在混合池内投加絮凝剂除磷,并同时投加助凝剂。

⑥ 高效沉淀池

高效沉淀池2座,池体尺寸为7 m×7 m×13.2 m,原水在絮凝区停留时间为10.0 min,有效水深为6.3 m。絮凝搅拌机2台,变频,功率为0.75 kW;污

泥浓缩机2台,功率为0.75 kW;刮臂直径为5 000 mm;污泥回流泵3台(2用1备),2台变频, $Q_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$,功率为3 kW;剩余污泥排放泵3台(2用1备),2台变频, $Q_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$,功率为3 kW。

⑦ DE型滤池

DE型滤池2座,池体尺寸为 $6.4 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 3.85 \text{ m}$,滤芯规格为 9 m^2 ,装机功率为4.0 kW。

⑧ 紫外线消毒渠

明渠2条,尺寸为 $5.8 \text{ m} \times (0.5 \times 2) \text{ m} \times 1.6 \text{ m}$,采用1组 $4 \times 8 = 32$ 支320 W紫外灯。

⑨ 脱水机房及加药间

脱水机房与加药间合建,尺寸为 $15 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 12 \text{ m}$,泥棚位于一侧,尺寸为 $6 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 5.5 \text{ m}$ 。隔膜板框脱水机1台,间歇工作模式,一个周期运行时间约为4 h,每天运行2个周期,脱水机处理能力为270 kg/周期,处理前污泥含水率为96%~97%,脱水后污泥含水率<80%,功率为33.5 kW。混凝剂采用液体聚合氯化铝,浓度为11%的投加量为104 mg/L,日投加量为0.62 t/d,采用隔膜式压力计量泵投加。助凝剂采用阴离子PAM,投加点为高效沉淀池絮凝区内,投加浓度为0.1%~0.2%,投加量为0.5~1 mg/L。

3 运行效果

3.1 生物转盘挂膜情况

2016年1月—3月,水温为12~18℃,经过3个月的调试运转,生物膜生长良好,出水水质稳定。转盘生物膜形态数据见表2。

表4 低负荷下进、出水水质

Tab.4 Influent and effluent quality under low influent load

项目	COD			TP			NH ₃ -N		
	最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值
进水/(mg·L ⁻¹)	179	108	143	2.2	1.1	1.65	27.4	9.8	15.1
出水/(mg·L ⁻¹)	45	25	35.5	0.49	0.32	0.41	0.86	0.17	0.75
去除率/%	76.8	74.8	75.1	77.7	70.9	75.2	96.8	93.3	95.0

低负荷时COD的平均去除率约为75.1%,NH₃-N的平均去除率为95.0%。从表4可以看出,在低负荷下,进水COD的高值和低值对COD的去除率影响不大;而NH₃-N去除效果比较好,说明硝化反应完成较好;TP的去除随着进水浓度变化,进水TP为2.2 mg/L时,去除率为77.7%,进水TP为1.1 mg/L时,去除率为70.9%,都能达到出水标准。

表2 转盘生物膜形态

Tab.2 Biofilm morphology of rotating biological contactor

转盘级数	一	二	三	四
生物膜厚度/mm	4	3	2	1.5
生物膜颜色	灰	浅褐	黄	黄
污水颜色	褐	浅褐	黄	浅黄
转速/(r·min ⁻¹)	1.2	1.2	1.2	1.2

3.2 运行数据

2016年4月—9月,水温为12~25℃,经过6个月的正常运行,污水厂出水水质稳定,具体进、出水水质见表3。可见,出水COD能够稳定在50 mg/L以下,并且与进水COD呈现关联性。进水TP个别时间有较大的波动,最高能达到4.5 mg/L,不能排除进水中含有工业废水,但是出水TP能够稳定在0.5 mg/L以下,达到排放标准,说明生物转盘工艺具有一定的抗冲击负荷能力。出水氨氮也能够稳定达标,脱氮效果有保证。

表3 实际进、出水水质

Tab.3 Actual influent and effluent quality

mg·L⁻¹

项目	COD	TP	NH ₃ -N
进水	100~220	1.5~4.5	10~30
出水	20~45	0.2~0.4	1~3

3.3 不同水力负荷下的工艺处理能力

① 低负荷

当处理污水量为2 000 m³/d时,转盘水力负荷为0.018 m³/(m²·d),末级转盘出水DO浓度大于0.7 mg/L,水质情况见表4。

② 高负荷

当日处理量为5 000 m³/d时,转盘水力负荷为0.046 m³/(m²·d),末级转盘出水DO浓度大于0.5 mg/L,水质情况见表5。可见,相对低负荷,高负荷下对COD和TP的去除率都有较大的提升。生物转盘具备一定的抗冲击负荷能力。但由于高负荷时进水COD浓度较低,碳源不足影响到硝化反应的进行,NH₃-N去除率比低负荷时更低,平均为93.7%^[4]。

表 5 高负荷下进、出水水质

Tab. 5 Influent and effluent quality under high influent load

项目	COD			TP			NH ₃ - N		
	最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值
进水/(mg · L ⁻¹)	135	80	107.5	2.96	1.02	1.55	17.1	7.7	10.65
出水/(mg · L ⁻¹)	27.2	14.4	20.8	0.43	0.22	0.33	1.0	0.45	0.67
去除率/%	82.0	79.9	80.7	86.1	72.4	78.2	95.2	92.2	93.7

4 技术经济分析

4.1 投资

主要设备国产化率达到 100%,投资相对较省。本项目处理规模为 6 000 m³/d,生物转盘投资约为 600 万元,吨水投资约为 1 000 元/m³。

4.2 运行费用

生物转盘工艺的运行费用包括电费、药剂费、设备维修费。本项目处理成本为 0.17 元/m³。由于相对于传统活性污泥法,没有鼓风机,充氧通过转盘转动实现,电费比活性污泥法大幅度减少,而且生物转盘工艺的设备维修维护简便,可形成多种组合运行方式,即使个别生物转盘出现故障也不影响整体运行。设备 100% 国产化,设备配件充足,有利于污水厂的稳定运行。

4.3 运行管理要点

生物转盘运行后期,由于生物膜增长较快,厚重的生物膜附着在转盘上,使得生物转盘自重较大,对转盘的轴承等传动系统质量要求较高,需要重点关注转盘有无异响、扭矩的变化以及运行电流的变化等,及时做好机械润滑等保养工作。

5 结论

① 工程实例证明,大直径生物转盘工艺在处理城镇生活污水时效果良好,出水水质可以稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。

② 高效生物转盘处理工艺在高、低水力负荷工况下,出水水质指标没有太大的变化,适应力较强,且污水厂运营运行成本、维护成本较低。

参考文献:

[1] 刘富军,郭福生,曾华,等. 生物转盘在污水生物处理中的研究进展[J]. 工业安全与环保,2007,33(9): 32 - 34.
Liu Fujun, Guo Fusheng, Zeng Hua, et al. Study and progress for RBC in wastewater treatment[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2007, 33(9): 32 -

34(in Chinese).

[2] 韦真周,范庆丰,容继,等. 生物转盘处理小城镇生活污水工程实例[J]. 水处理技术,2016,42(2): 133 - 136.
Wei Zhenzhou, Fan Qingfeng, Rong Ji, et al. A case of treating urban sewage by rotating biological contactor[J]. Technology of Water Treatment, 2016, 42(2): 133 - 136 (in Chinese).
[3] 詹宏宇. 生活污水处理中对生物转盘的成功应用[J]. 经营管理者,2013(26): 382.
Zhan Hongyu. Successful application of rotating biological disk in domestic sewage treatment[J]. Manager' Journal, 2013(26): 382(in Chinese).
[4] 娄高彬,刘金泉,赵淑萍,等. 低温条件下生物转盘处理城镇污水的研究[J]. 中国给水排水,2015, 31(23): 101 - 103.
Lou Gaobin, Liu Jinquan, Zhao Shuping, et al. Experimental study on treatment of municipal wastewater by rotating biological contactor under low temperature conditions [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(23): 101 - 103(in Chinese).



作者简介:孙怀谷(1977 -),男,天津人,大学本科,高级工程师,主要从事市政给水排水专业的项目管理工作,包括项目设计、采购、施工、调试运营等。

E - mail:sunhuaigu1220@ 163.com

收稿日期:2019 - 05 - 06