

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.22.021

珠海某接收工业废水污水处理厂工艺调控措施

周亚梁, 郭俊希, 谢势导, 罗海华, 董伟
(珠海市城市排水有限公司, 广东 珠海 519000)

摘要: 珠海某污水处理公司下属三座污水处理厂均接收部分工业废水,由于工业废水水质复杂,导致三厂均存在一些特定的生产问题。通过创新管网监控方法以及工艺检测手段,采取科学有效的调控措施,较好地解决了进水COD、总氮及氨氮异常及时控制,进水余氯偏高应急生产调控、生物池DO异常偏低原因排查,二沉池藻类和青苔生长抑制,MBBR工艺填料挂膜性能科学监测评估等问题,确保出水水质长期稳定达标。

关键词: 污水处理厂; 工业废水; 工艺调控; 总氮; 氨氮

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)22-0131-06

Process Control Measures of a Sewage Treatment Plant Receiving Industrial Wastewater in Zhuhai

ZHOU Ya-liang, GUO Jun-xi, XIE Shi-dao, LUO Hai-hua, DONG Wei
(Zhuhai Urban Drainage Co. Ltd., Zhuhai 519000, China)

Abstract: Three sewage treatment plants in Zhuhai have some specific problems because they receive some industrial wastewater with complicated quality. By innovating the monitoring methods of sewage pipe network and process detecting means, they solve the problems such as timely control of abnormal influent COD, total nitrogen and ammonia nitrogen, emergency process control of high influent residual chlorine, cause investigation of abnormal low DO in the biological pool, inhibition of algae and moss growth in the second sedimentation tank, and scientific evaluation of biofilm growth on the filler of MBBR process to ensure that the effluent quality meets the discharge standards for a long time.

Key words: sewage treatment plant; industrial wastewater; process control; total nitrogen; ammonia nitrogen

1 污水处理厂概况

广东珠海某城镇污水处理公司下设A、B和C三座水质净化厂,设计规模分别为 8×10^4 、 8×10^4 和 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中A、B两厂采用的主体工艺为改良AAO氧化沟+转盘滤池,C厂采用的主体工艺为MBBR氧化沟+混凝沉淀+膜过滤+臭氧催化氧化。三厂的出水标准均执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准和广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)的第二时段一级标准的较严者。

三座水质净化厂设计定位均为市政污水处理厂,但由于排水规划、建设等问题,目前均承接了部分工业废水,其中A、B厂进水中工业废水约占30%,而C厂达到了90%;A厂上游企业以制药、电镀和新能源为主,B厂上游企业以机械加工和制药化妆品为主,C厂上游企业以精细化工和装备制造为主。

2 存在的问题

由于长期接纳处理工业废水,导致三厂进水水质复杂多变,加上个别企业违规偷排,造成各厂进水水质部分时段会出现异常波动,进水COD达到

1 000 mg/L以上,总氮、氨氮达到200 mg/L以上,严重影响工艺生产,无法按照设计流程正常稳定运行,进而引起出水水质波动,面临超标风险。为确保生产有序和水质达标,充分发挥治污减排作用,该公司在厂内外的工艺调控和管网排查上开展了一些优化改造和创新探索,明显提升了污水处理厂工艺运行的稳定性和生产效率。

3 生产运行调控措施

3.1 上游来水异常排查及应急处置

从2022年4月开始,C厂进水氨氮、总氮、COD等出现频繁、不定时的异常升高情况,给生物处理系统带来严重的负荷冲击,造成出水氨氮、总氮严重波动,面临较大的运行压力。

C厂当即组织开展管网排查,及时联系上游各个泵站自查水质,通过快速氨氮测定试纸,自查确定各个泵站来水无异常后,立刻对自流进厂区域污水管道进行排查。经摸查发现,海工一路管网内污水水质严重偏高并且淤堵严重,经疏通淤堵后进一步排查发现,珠海某公司厂区外的市政管网污水水质有明显的恶臭味,且与C厂进水异常时的臭味很接近,同时经采样分析发现,相关水质指标浓度与C厂极端来水也存在高度的契合(见表1)。

表1 上游管网排查数据汇总

Tab.1 Summary of water quality data of the upstream sewage pipe network $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

采样地点	COD	氨氮	总氮
海工二路口	1 858	258	349
海工一路交三虎大道	1 964	248	346
海工一路中	10 200	468	639
海能路	6 400	640	956
海能路后端	600	161	297
洁能路	800	263	452
企业与海油发电间路口	9 400	97.8	1 340
企业排放口接入管网处	26 500	142	3 160

由于C厂进水约98%通过泵站提升,摸清异常进水来源后,首先通过泵站调度配合抬高进厂管道液位,反压稀释自流进厂的超高浓度污水,减缓进水冲击负荷;同时降低处理量,推动生物系统尽快恢复。通过查阅该企业环评资料,初步锁定该企业厂外污水管中的恶臭物质可能是二甲基乙酰胺(DMAC)。随后立刻联系第三方对该物质含量进行分析,发现其浓度高达10 000 mg/L以上。

为有效监管该企业的排水,A厂与仪表厂家沟通,在该企业厂外污水排放接驳井安装在线分析仪(见图1),通过外接电池和无线网卡,对该企业排水中的氨氮和COD进行实时监测,并可在手机端口随时查看;同时继续坚持人工巡查采样。在强大严密、全方位、全天候的监管压力下,该企业最终停止了违法行为。



图1 在污水井中安装在线监测仪表

Fig.1 Installation of on-line monitoring instrument in the sewage well

近两年通过创新管网排查方法,C厂在行业内率先将在线监测仪表用于管网排查,有效补齐了动态监管短板,有力提升了监控强度。该类在线仪表测定的原理以光学法为主,即使定期校准,因受各种因素影响,测定精度也无法和化验室相比。但针对一些已基本确定涉嫌偷排但藐视法律存在侥幸心理的企业,该种监管方式能够高效弥补人力巡查的不足,实时掌握企业排水的浓度变化,对企业违法产生直接威慑。通过这种监管方式,A厂和B厂分别彻底杜绝了某制药厂和某食品加工厂多年的违规排污行为。

3.2 进水余氯偏高对生物系统的影响及应对措施

2022年初,C厂出水氨氮突然发生波动,在逐一排除进水水质、生物池设备及工艺参数等因素后,偶然发现C厂进水余氯相对其他两厂明显偏高。C厂进水混合样多次检测到余氯 $>1.5 \text{ mg/L}$ 的情况,最高甚至达到 5 mg/L ,其他两厂该指标基本在 0.2 mg/L 以下。经过对比分析,初步判断进水余氯和出水氨氮波动之间有一定的相关性,具体如图2所示。

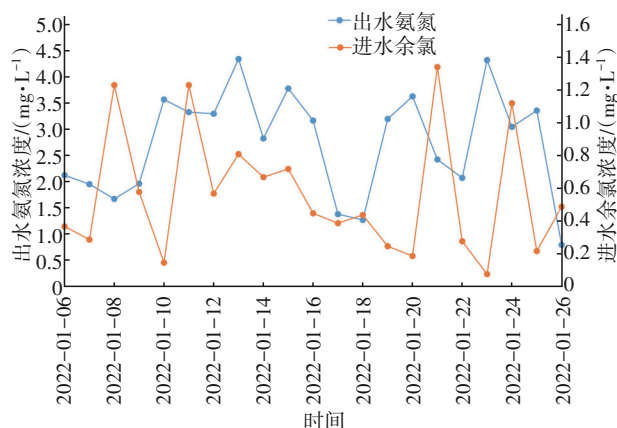


图2 出水氨氮和进水余氯浓度变化

Fig.2 Variations curve of effluent ammonia nitrogen and influent residual chlorine

为进一步验证进水余氯对活性污泥中硝化菌的影响,迅速开展研究试验。取5 L好氧段污泥,加5 L蒸馏水,分为空白组和试验组,空白组不加次氯酸钠,试验组模拟进水异常时的有效氯含量添加次氯酸钠。同步加入氨氮溶液和次氯酸(有效氯分别为1.5、3 mg/L),再分别测试两组试验中硝态氮和氨氮浓度的变化,分析对比余氯对硝化菌的抑制程度,具体结果见表2。

表2 分别投加1.5、3 mg/L有效氯后污泥上清液的硝态氮和氨氮变化

Tab.2 Variations of nitrate and ammonia nitrogen after dosing 1.5 and 3 mg/L effective chloride

反应时间/h	空白组硝态氮浓度/(mg·L ⁻¹)	试验组硝态氮浓度(有效氯投加1.5 mg/L)/(mg·L ⁻¹)	空白组氨氮浓度/(mg·L ⁻¹)	试验组氨氮浓度(有效氯投加3 mg/L)/(mg·L ⁻¹)
0	3.37	3.32	22.3	22.4
1	4.68	3.08	20.6	20.6
2	6.93	3.09	18.0	20.2
4	11.9	2.86	17.0	20.1
6	14.7	2.83	10.2	20.0
12	29.6	2.71	3.8	20.0

通过以上试验,可以得出余氯对微生物活性影响非常直接,尤其是作为生物系统指示菌的硝化菌。在余氯达到1.5 mg/L时,硝化菌的硝化作用几乎被完全抑制,且抑制的速度很快,该结果也与行业内相关的研究符合^[1-2]。为消除该影响,C厂立刻启动管网排查,但未发现明显异常点位。初步推断,相关片区内可能存在采用折点加氯处理高氨氮废水的企业。

为尽快降低进水余氯异常对生化系统的影响,C厂通过试验筛选出一种温和的中性还原药剂(硫代硫酸钠),并开展试验研究该药剂对余氯的中和效果。试验条件为进水20 L,投加次氯酸钠1 mL(有效含量10%),模拟进水余氯浓度5 mg/L,然后投加硫代硫酸钠0.5 mL(含量为30%),其中0 min表示未加硫代硫酸钠。当反应时间分别为0、5、10、30、60 min时,相应余氯浓度分别为0.94、0.35、0.29、0.17、0.12 mg/L。

从试验结果可以看出,30 min余氯去除率约为82%。C厂立刻开展进水余氯在线监测仪及硫代硫酸钠药剂等的采购工作,同时调大预处理段罗茨风机曝气频率,提高中和反应效率,降低余氯对活性污泥的抑制。经过一段时间的生产观察,出水氨氮完全恢复正常。

3.3 生物池DO异常偏低排查及处置

自2022年底开始,A厂生物池好氧段DO值与往年同期相比明显偏低,为确保好氧段DO在设计范围内,A厂及时将备用风机打开。经初步计算,A厂生物池气水比已达到(8~10):1,此时吨水电耗同比已增大约20%。

由于A厂运行10多年来,该情况是首次出现,当即组织技术力量首先对表面活性剂以及COD、总氮等常规指标进行排查,发现并没有明显变化。然后又对整个曝气系统进行检查,发现也处于正常的工作状态。

此次异常主要表现为生物池DO偏低,出水水质基本没有受到影响。经过综合分析,初步判断可能是由于某些工业废水进入后,改变了微生物的生长特性。耗氧速率指微生物进行呼吸作用消耗氧气的速度,可以作为判断污泥活性的参照值。基于此,决定对不同厂污泥耗氧速率进行检测对比,以期发现根源所在。此次测定采用A和B厂好氧段活性污泥,试验方案为取两厂生化池好氧段污泥8 L,曝气至DO饱和后停止曝气,记录DO逐渐下降的过程,然后拟合曲线作线性回归得到污泥耗氧速率曲线,再根据污泥浓度推算出系统的耗氧速率。

具体结果见图3和表3。

同时,对A厂过去3年的污泥耗氧速率监测值进行统计,发现此前污泥耗氧速率为0.98~5.32 mgDO/(gVSS·h),平均为2.574 mgDO/(gVSS·h)。不管是与历史数据对比,还是与同期B厂比较,A厂

该段时间内的污泥耗氧速率均明显偏高。经过近半年的持续观察和检测, A厂污泥耗氧速率基本都在 $5.4 \text{ mgDO}/(\text{gVSS}\cdot\text{h})$ 以上。根据以上数据, 基本可以确定, A厂曝气需求量突然增大的原因就是复杂进水导致微生物的生长特性发生变化。由于该公司无法掌握企业的工艺和排水水质变化, 为彻底消除问题, A厂将周边涉及制药企业名单提交至属地环保局, 要求在年底前将相关工业废水全部转移至新建的工业废水厂处理。

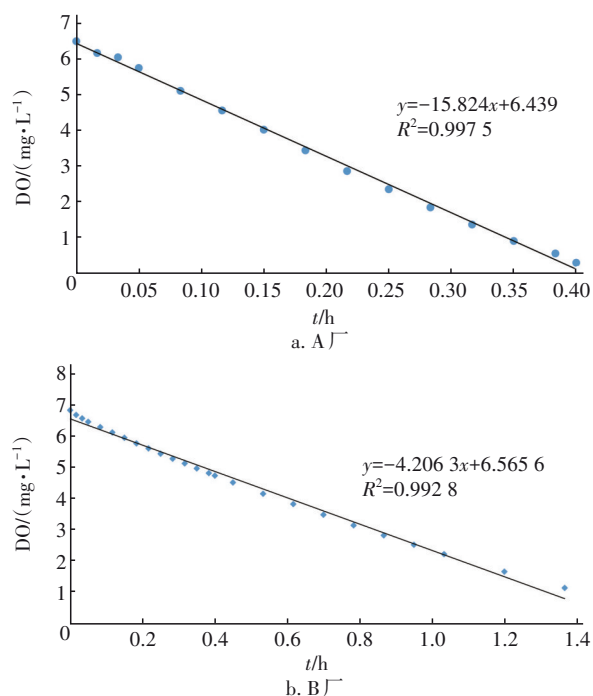


图3 A、B厂污泥耗氧速率曲线

Fig.3 Oxygen consumption rate curve of WWTP A and B

表3 A和B厂污泥耗氧速率对比

Tab.3 Comparison of oxygen consumption rates between WWTP A and B

项目	斜率	耗氧速率/ ($\text{mgDO}\cdot\text{g}^{-1}\text{VSS}\cdot\text{h}^{-1}$)	MLVSS/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	MLSS/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	MLVSS/ MLSS
A厂	15.824	6.57	2 410	6 101	0.395
B厂	4.206 3	1.24	3 379	8 240	0.410

3.4 二沉池出水堰青苔及藻类处置

在光合作用下, 若水体中含有一定的氮、磷, 则青苔和藻类的生长会非常迅速。二沉池恰好满足这样的条件, 一方面泥水分离后, 上清液中仍然含有氮、磷等营养物质, 另一方面二沉池一般不加盖, 南方的光照又很充足, 所以出水堰和出水槽壁上会有很多青苔。另外, 在刮吸泥机平衡架和挡渣裙板

上会生长很多细长的绵藻和丝藻。B厂因为进水中生活污水比例相对较高, 该问题比其他厂更严重。

由于生长条件适宜, 青苔和藻类疯长, 随着团块的逐步增大青苔和藻类会突然脱落, 从而影响到出水水质和后段工艺设施, 必须定期清理。一般通过机械或者人工清刷处理, 但无法从根本上抑制青苔的生成, 有些污水处理厂会对二沉池加盖, 但是加盖会影响设备的检修。如何简单有效地去除青苔和藻类, 也是目前行业内遇到的一个普遍问题。

新冠疫情暴发以来, 为阻断病毒流传播, 各污水处理厂均在出水末端新增了次氯酸钠辅助消毒, 所以污水处理厂出水有一定残留的有效余氯。基于此, 尝试将出水引到二沉池, 用含有余氯的中水对二沉池池壁进行冲淋, 以抑制青苔和藻类的生长。将中水管固定在刮吸泥机移动架上, 随着设备的转动, 对出水堰槽周边进行均匀喷淋。经过初步尝试, 发现该方法效果较好, 可以从根本上抑制藻类的生长(见图4)。



图4 投加含氯中水抑制青苔及藻类生长

Fig.4 Adding effluent with chlorine to inhibit the growth of moss and algae

另外, 还发现, 南方的罗非鱼及鲤鱼比较喜欢啃食二沉池挡渣裙板及刮吸泥平衡架上生长的丝藻和绵藻, 通过放置3~5条相关的鱼类即可解决。

3.5 MBBR挂膜性能的有效分析及检测

C厂原一期生物池采用AAO工艺, 但由于服务片区内的工业水质比较复杂, 硝化菌的培养富集差, 系统硝化功能很弱, 同时来水中氨氮和总氮波动较频繁, 原系统无法满足对氮的去除。在提标改造设计中, 为了提高生物系统的脱氮能力和抗冲击能力, 在原生物池好氧段分隔出1/2的空间(水力停留时间4.9 h)投加悬浮填料, 将部分好氧段改为MBBR工艺。其中填料的一次投配率约30%, 由于

填料填充率较高,对设备产生较大负荷压力,也使得生物池曝气能耗增大。如何科学评判填料挂膜性能成为C厂工艺运行的关键。

由于C厂来水水质复杂,进水BOD₅很低(常年在30 mg/L以下),同时进水B/C基本在0.3以下,可生化性差,与其他生活污水厂MBBR工艺相比,挂膜直观效果较差(见图5)。填料表面仅为非常薄的泥饼层,并不是厚厚的生物膜。目前还没有简单方便的监测方法用于了解生物膜的微观生长情况。

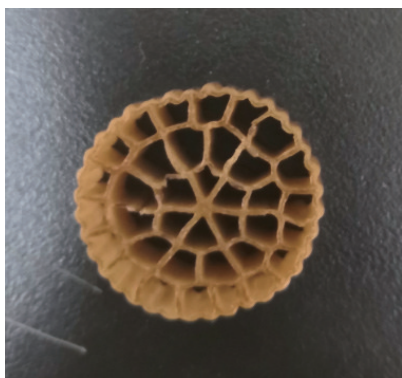


图5 C厂MBBR填料的挂膜情况

Fig.5 Biofilm of the MBBR packing in WWTP C

经过多种方法、多次尝试后,发现直接将填料平放在显微镜载玻片上,然后放大100倍观察填料结构孔隙表面,很容易看到累枝虫,且活跃度很高,从侧面说明填料挂膜成功(见图6)。由于C厂进水可生化性差,因此生物膜层较同类工艺的挂膜偏薄。

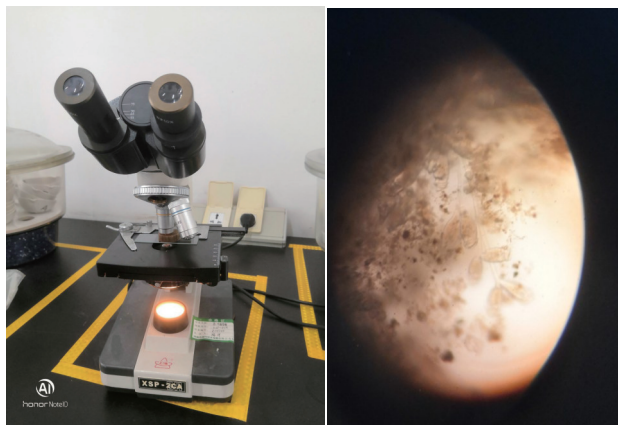


图6 填料挂膜镜检结果

Fig.6 Microscopy of biofilm on the MBBR packing

针对填料挂膜微生物的硝化性能也进行了试验,将填料捞起后放到清水中简单浸泡,将表面黏附的松散污泥洗掉,按照活性污泥硝化速率测定方

法进行分析,然后与同等体量的悬浮污泥比较拟合曲线的斜率,即可判断生物膜的硝化性能(见图7)。

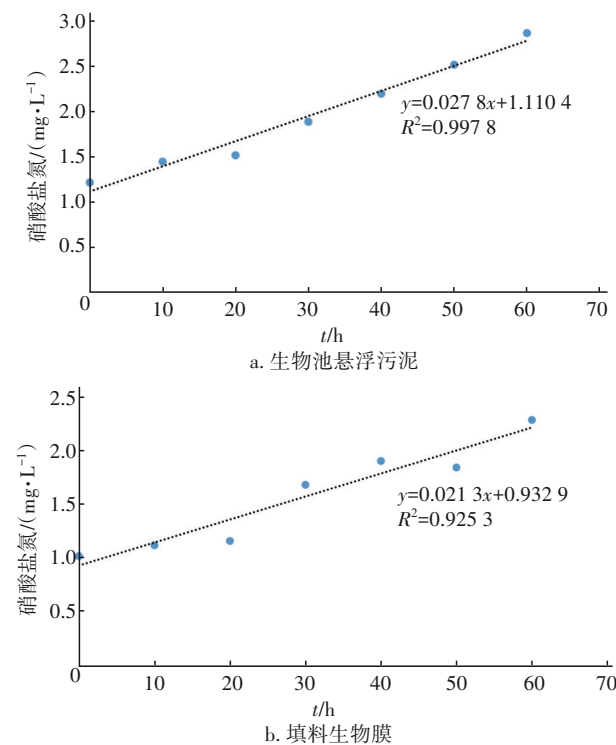


图7 生物池悬浮污泥和填料生物膜硝化速率曲线

Fig.7 Nitration rate curves of suspended activated sludge and biofilms in biological tank

通过曲线斜率可知,两者基本接近,但由于悬浮污泥中的微生物数量远远多于生物膜,所以生物膜的硝化速率远大于悬浮污泥,这也充分说明C厂MBBR填料区挂膜是成功的。由于生物膜的选择性更强,生物膜上硝化菌的生长丰度远高于普通悬浮活性污泥,因此生物膜的硝化性能好于悬浮活性污泥^[3]。

MBBR是目前污水处理厂提标改造常用的一种工艺,改造成本低,适用性强。但如何及时有效监测填料的挂膜性能,以更好地管理MBBR工艺,目前研究极少。根据一般污水处理厂的生产化验分析条件,探索了一套简单高效的监测管控方法,具有一定的推广价值。

4 结语

珠海某污水处理公司下属三座城镇污水厂由于接收部分工业废水,其水质的复杂性和不稳定性导致各厂均存在一些特定的生产问题。通过创新管网监控方法以及工艺检测手段,克服工艺运行管理的短板,精准锁定工艺调控的重点,较好地解决

了进水COD、总氮及氨氮异常及时控制、进水余氯偏高应急生产调控、生物池DO异常偏低原因排查、二沉池藻类和青苔生长抑制、MBBR工艺填料挂膜性能科学监测评估等问题,有效提升了技术管理水平,改善了生产运行的平稳性,提高了工艺处理效率,确保出水水质长期稳定达标。

参考文献:

- [1] 李志华,高兴东,杭振宇,等.含氯消毒液对活性污泥的影响及其应对措施[J].中国给水排水,2020,36(6):28-32.
- LI Zhihua, GAO Xingdong, HANG Zhenyu, *et al.* Effect of chlorine disinfectant on activated sludge and its countermeasures[J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(6):28-32(in Chinese).
- [2] 陈琳凤,王怡,王若卿.高浓度消毒剂对活性污泥系统中微生物的影响[J].中国给水排水,2020,36(9):7-11.

CHEN Linfeng, WANG Yi, WANG Ruqing. Effect of high concentration disinfectant on microorganisms in activated sludge system[J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(9): 7-11 (in Chinese).

- [3] 黄崇,袁林江,牛晚霞,等.投加填料对微生物群落结构的影响及对水质的变化研究[J].中国环境科学,2021,41(1):207-213.

HUANG Chong, YUAN Linjiang, NIU Wanxia, *et al.* Effect of dosing suspended fillers on microbial community structure and investigation on variation in water quality[J]. China Environmental Science, 2021, 41(1):207-213(in Chinese).

作者简介:周亚梁(1986-),男,河南南阳人,硕士,环保工程师,主要从事污水处理运行管理工作。

E-mail:272490896@qq.com

收稿日期:2023-12-05

修回日期:2024-01-02

(编辑:衣春敏)

·信息·

中国市政华北院中标东阳市江北污水处理厂北片厂区建设工程项目

近日,中国市政华北院第二设计研究院中标东阳市江北污水处理厂北片厂区建设工程总承包项目。

东阳市江北污水处理厂设计规模:新建全地埋污水处理厂规模 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (南片厂区和北片厂区合计总规模 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$),北片厂区上部地块建设商业邻里中心。用地面积为 $14\,800 \text{ m}^2$ 。主体工艺:采用改良AAO(五段)生物池+气浮池+滤布滤池+次氯酸钠消毒工艺。尾水排放执行浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 33/2169—2018)。

该项目是涉及民生的市重点工程项目,也是东阳市探索建设土地使用权分层出让的一种新模式,既可满足建设商业建筑、污水处理设施各项功能需要,又可有效提升土地的空间利用效率。运用土地空间分层利用理念,通过实行项目立体组合来实现节约集约,充分利用地上、地下空间,实现同一土地范围地上、地下不同竖向空间的地块多维立体开发利用。地上建设多层商业建筑,地下建设污水处理设施,提高土地利用综合效率,充分挖掘地下空间,将污水设施的“邻避”效应变为“邻利”效应。

该项目的建设能够改善区域水环境质量,提高居民生活质量,促进地区经济可持续发展。

(转载自“中国市政华北总院”微信公众号)