

苏州城东污水处理厂升级改造工程设计及运行

吴魏刚, 徐菲

(苏州市排水有限公司, 江苏 苏州 215001)

摘要:苏州城东污水处理厂改造前采用初沉池+中心筒曝气池的二级处理工艺,设计规模为4万t/d。随着《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002的实施,城东污水处理厂出水已不能满足新标准一级A标准的要求,故需对污水处理厂进行升级改造。在充分利用原有构筑物的基础上,最终采用A/A/O+微滤池的工艺改造方案,并增加生物土壤滤池和植物液除臭工艺。实际运行表明,工程设计的工艺完全能使各项出水指标优于一级A标准,且整个污水处理过程中实现了无臭味、低噪音、低能耗。

关键词:污水处理厂;升级改造;A/A/O工艺;生物除臭

中图分类号:X505 **文献标识码:**A

Design and Operation of the Upgrading Project of the Municipal Sewage Treatment Plant in East Suzhou

WU Wei-gang, XU Fei

(Suzhou Municipal Drainage Co., Ltd, Suzhou, Jiangsu, 215001)

Abstract: The primary settling tank + center tube aeration tank, the secondary treatment process was used, the design scale of 40,000 tons / day in the municipal sewage treatment plant in east Suzhou east. With the implementation sewage treatment plant pollutant emission standards of GB18918-2002, the municipal sewage treatment plant effluent cannot meet the requirements of the new standard A, so there is a great need to upgrade the wastewater treatment plant. Based on the full use of existing structures, the reform scheme, final A/A/O + micro-filter technology is used, and the biological soil filter and plant liquid deodorizing process added. The actual operation shows that the designed process completely make the outlet water quality better than standard A, and no odor, low noise, and low power consumption.

Key words: sewage treatment plant; upgrade and reform; A/A/O process; process of biological deodorization

1 项目背景

苏州城东污水处理厂是长三角地区较早建设的污水处理厂,属建设部首批国内资金建设的污水项目,1984年建成的一期工程规模为2.5万m³/d,1994年建成的二期工程规模为1.5万m³/d,总规模为4万m³/d。污水处理为简单的二级处理,服务对象是苏州市主城区的合流污水。2007年6月太湖流域蓝藻的爆发,引起江苏省和苏州市的高度重视,城东污水处理厂的升级改造也被正式提上议程。经专家论证,于2007年8月决定采用A/A/O+微滤池的工艺改造方案,并充分考虑了臭气、噪声对周边环境的影响,基于此,建设一个全封闭、低噪声、环境优雅、风格独特的城东污水处理厂成为此次改造方案中的特色和亮点。

2 污水处理厂旧状及改造要求

城东污水处理厂主要接纳城东区污水,处理规模为4万m³/d,实际处理水量已超过设计处理水量,污水、污泥处理系统均已满负荷运行。同时,原有污水处理系统不具备脱氮除磷功能,出水水质中的SS尚不能稳定达到原设计标准,出水水质中的NH₃-N、TN、TP和粪大肠菌群数均不能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002一级A标准的要求,需增加深度处理及消毒设施,以确保出水的SS、TP、粪大肠菌群数稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002

收稿日期:2012-05-29;修订日期:2012-07-13

作者简介:吴魏刚(1982—),男,本科学位,主要从事污水处理及水污染控制工作。

一级 A 标准的要求。

际运行进、出水水质见表 1。

城东污水处理厂改造前设计进、出水水质及实

表 1 城东污水处理厂改造前进、出水水质(2007 年)

指标	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	SS /(mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N /(mg·L ⁻¹)	T-N /(mg·L ⁻¹)	T-P /(mg·L ⁻¹)	粪大肠菌 群数
设计进水水质	350	180	200	35	50	4	
实际月 平均进水水质	332	130	175	20	32	3.5	
一级 B 出水水质	≤60	≤20	≤20	≤8(15)	≤20	≤1.0	10000 个/L
实际月 平均出水水质	31	5	14	18	22	1.2	5 600

城东污水处理厂改造前采用传统活性污泥法的二级生物处理工艺,曝气池采用中层曝气筒曝气,污泥处理设计采用污泥消化,但考虑到周边居民距离污水处理厂较近以及运行成本等因素,污泥

消化部分一直没有运行。同时,由于运行成本及运行安全等原因污水处理中的加氯接触池亦未正常进行加氯消毒。改造前污水处理工艺流程见图 1。

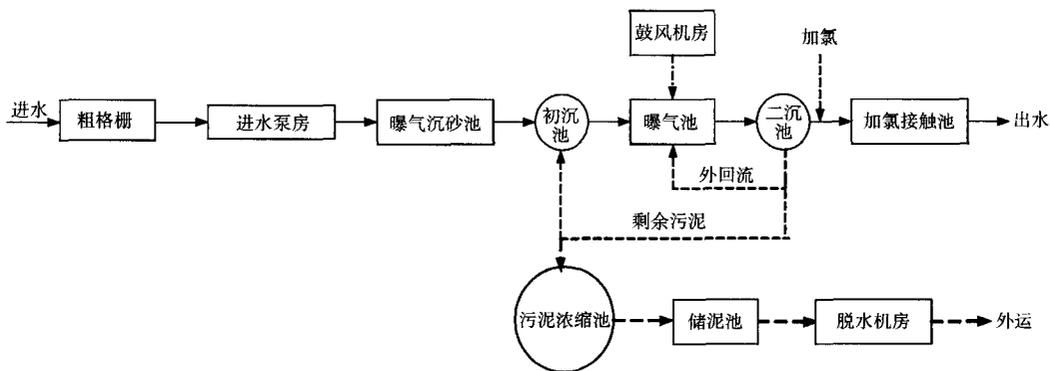


图 1 改造前污水处理工艺流程

3 改造工程设计

城东污水处理厂污水处理工艺系统的改造,内容包括已建 4 万 m³/d 规模污水处理系统水质提升改造及深度处理,并结合水质提升改造方案,对现有运行不佳或故障率较高的机电设备、自控系统进行升级改造,保证全厂能在安全、高效、可靠的状态下稳定达标运行。

3.1 工艺改造

城东污水处理厂升级改造后生物段采用的处理流程为 A/A/O 工艺,该工艺是一种典型的除磷脱氮工艺,其生物反应池由厌氧、缺氧和好氧三段组成,各段功能明确,界线分明,可根据进水条件和出水要求,控制三段的时空比例和运转条件。只要碳源充足,便可根据需要,达到比较高

的脱氮除磷率。另外,考虑到不同进水水质、不同季节以及生物脱氮和生物除磷所需碳源的变化,此次设计的 A/A/O 工艺还可通过内外回流闸门的调节以及进水水量的分配实现倒置 A/A/O 工艺,该工艺将缺氧池置于厌氧池前面,来自二沉池的回流污泥和 30~50% 的进水、50~150% 的混合液回流均进入缺氧段。回流污泥和混合液在缺氧池内进行反硝化,去除硝态氧,再进入厌氧段,保证了厌氧池的厌氧状态,强化除磷效果。由于污泥回流至缺氧段,缺氧段污泥浓度可较好氧段高出 50%,单位池容的反硝化速率明显提高,反硝化作用能够得到有效保证,系统中的除磷效果也有保证。

城东污水处理厂升级改造后工艺流程见图 2。

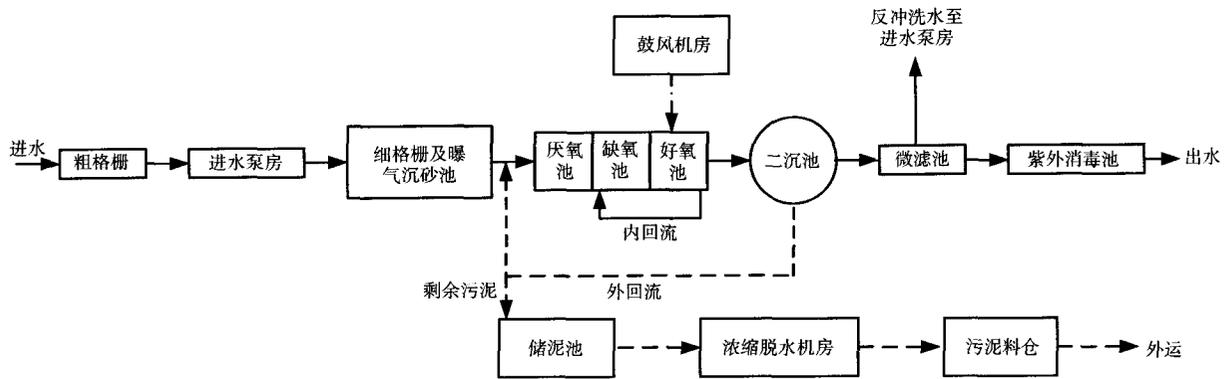


图2 改造后污水处理工艺流程

3.2 构筑物改造

(1) 粗格栅井及进水泵房

粗格栅井平面尺寸为 9.6×5.4 m, 地下部分高度为 5.4 m。安装有 2 台 1.8 m 宽度的机械格栅和配套的螺旋输送机及压榨机, 由于该构筑物经过一次改造, 目前设备情况良好, 因此不需要进行改造。进水泵房平面尺寸为 20.24×11.45 m, 地下部分高度为 6.5 m。安装有 3 台大泵和 2 台小泵, 大泵: 流量 = $900 \text{ m}^3/\text{hr}$, 扬程 = 12 m, 电动机功率 = 55 kw; 小泵: 流量 = $600 \text{ m}^3/\text{hr}$, 扬程 = 12 m, 电动机功率 = 40 kw。目前设备情况良好, 无需进行改造。

(2) 曝气沉砂池

曝气沉砂池为 1 座 2 池, 其平面尺寸为 20.58×8.3 m, 高度为 8.2 m, 埋深 2.10 m。已安装有 2 台宽度为 600 mm 的链板式刮砂机。目前构筑物运行情况良好, 此次改造仅更换了回转式分离机 2 套, 链板式刮砂机 2 台, 以及无轴螺杆输送压榨机 1 套, 不锈钢垃圾小车 2 套。更换了曝气沉砂池内穿孔曝气管以及池子上方的除臭盖板。

(3) A/A/O 生物池

改造前城东污水处理厂分别建设了普通曝气池, 共 3 座, 每座曝气池分为 6 格, 每格平面尺寸为 8.5×8.5 m, 有效水深为 7.5 m。采用曝气筒进行中层曝气, 水力停留时间为 6.24 hr。根据新的出水水质标准, 该曝气池容积无法满足脱氮除磷工艺的要求, 因此必需作较大改造。

此次改造工程拆除原有初沉池和配水井, 新建 A/A/O 池。A/A/O 池分为 3 组, 每组设计流量为 $1667 \text{ m}^3/\text{h}$, 第一组由 A/A/O 池和原有二期工程 1 座二沉池组成完整的生化处理系统, 第二组、第三组由 A/A/O 池和原有的一期工程 2 座二沉池组成

完整的生化处理系统。新建 A/A/O 池有效水深 9.0 m, 容积为 $30\,000 \text{ m}^3$, 厌、缺、好氧段水力停留时间分别为 1.5 hr、6 hr 和 10.5 hr, 设计内回流比为 300%, 外回流比为 100 ~ 150%。

同时, 新建 A/A/O 池厌、缺氧段设潜水搅拌机 ($N = 7.5 \text{ kw}$) 18 台, 通过潜水搅拌机叶轮旋转, 促使池内污水搅动, 避免污泥沉积。在好氧区设置管式曝气器 ($\text{DN}90, L = 1\,000 \text{ mm}$, 单根风量 8 ~ $10 \text{ m}^3/\text{hr}$) 1400 套, 为微生物生长提供氧气, 同时确保池内混合液呈悬浮状态。新建 A/A/O 池进水渠、内回流渠、外回流渠共设置电动调节堰门 ($1\,00 \times 500 \text{ mm}, N = 0.37 \text{ kw}$) 15 台, 用于向两组 A/A/O 池内配水、配泥。每组 A/A/O 池好氧段设置潜水平轴流泵 ($Q = 556 \text{ m}^3/\text{h}, H = 1.5 \text{ m}, N = 10 \text{ kw}$) 3 台, 共计 9 台, 作为内回流泵; 第一组设外回流潜水平轴流泵 ($Q = 280 \text{ m}^3/\text{h}, H = 5.0 \text{ m}, N = 6.0 \text{ kw}$) 3 台 (2 用 1 备), 第二组和第三组共用一条外回流渠, 设外回流潜水平轴流泵 ($Q = 556 \text{ m}^3/\text{h}, H = 5.0 \text{ m}, N = 22 \text{ kw}$) 3 台 (2 用 1 备)。

(4) 二沉池

一、二期工程共有 3 座二沉池, 运行状况较好, 此次改造予以保留, 考虑现有的浮渣挡板、浮渣斗、钢制出水槽机器堰板锈蚀严重, 该次改造予以更新。

(5) 鼓风机房由于新建 A/A/O 池水深 9 m, 需对原有鼓风机房内的鼓风机进行更换, 此次改造新设 3 台 (2 用 1 备) 单级离心鼓风机, 鼓风机性能参数调整为: 风量 $Q = 105 \text{ m}^3/\text{min}$, 风压 $H = 0.107 \text{ MPa}$, 电动机功率 $N = 250 \text{ kw}$, 汽水比: 7.6:1。

原鼓风机房建筑物及起吊设备保留。

(6) 储泥池及脱水机房

城东污水处理厂原有污泥处理区位于厂区的

东北角,由北向南依次布置污泥脱水机房、污泥堆棚、污泥浓缩池、污泥消化池。该区域东侧及北侧紧邻周边居民区,且臭气散发严重,对周边居民和环境产生了较大污染,此次升级改造经多方论证,决定取消并拆除原有的污泥消化池、浓缩池和污泥堆棚,并在此区域建设集中绿化和景观水池,同时改造现有的污泥脱水机房。

由于一期工程为配合污泥消化建设储泥池 2 格,有效容积 1138 m^3 ,单格有效容积 569 m^3 ,此次改造工程予以利用。同时考虑到臭气污染,2 格储泥池新添加了加盖除臭装置,同时为防止污泥在池内停留时间长发生沉淀,每格储泥池内新设 2 台潜水搅拌机,规格 5.0 kW ,共 4 套。

一期工程建设的平面尺寸为 $12.0 \times 18.0 \text{ m}$ 的污泥脱水机房,原安装两台带式污泥脱水机,该设备损坏严重,因此将其废除,新增 2 套污泥离心浓缩脱水一体机: $N=40 \text{ kW}$, $Q=40 \sim 110 \text{ m}^3/\text{h}$,干固体处理能力不小于 550 Kg/h 。考虑到污泥堆放问题,污泥堆棚拆除后新建 2 座污泥料仓,料仓有效容积为 50 m^3 ,脱水后的泥饼通过柱塞泵输送至料仓暂时储存,有效避免了污泥对环境产生的恶臭影响,改善了周边环境。同时,为减轻脱水机房内的异味,改善工人的操作环境,在脱水机房内设置通风设备,通风次数按 7 次/hr 计。

3.3 深度处理构筑物

根据出水水质需达到一级 A 标准的要求,需将生物池的出水进行深度处理。因此增设混凝沉淀过滤的深度处理工艺,相关构筑物有微滤池、紫外消毒池和加药间。该工艺首先在 A/A/O 生物池末端投加混凝剂和助凝剂,生物池混合液进入二沉池后发生混凝沉淀,实现较好泥水分离的同时水中总磷得到进一步去除,出水再进入微滤池,经转盘过滤器过滤后出水 SS 稳定在 10 mg/l 以下,最后出水经紫外消毒后排入苏州护城河。

(1) 微滤池

微滤池为新构筑物,平面尺寸为 $16.6 \times 8.1 \text{ m}$,池高 3.2 m ,基础埋深 2.0 m ,内设快速搅拌机($N=5.5 \text{ kW}$)2 台,用于药剂和原水的快速混合,设转盘过滤器($Q=1083 \text{ m}^3/\text{h}$, $N=1.1 \text{ kW}$)2 套,用于深度处理。

转盘过滤器的运行主要是通过过滤转盘在旋转过程中,通过冲洗泵冲洗精密的网状过滤布,实现 SS 的进一步降低。过滤器滤网采用聚酯材料编织而成,其孔径为 $10 \mu\text{m}$,运行时,二沉池出水通过

中央给水渠进入转盘过滤器,向外侧流动通过滤网。在正常操作条件下,盘表面面积的 $60\% \sim 70\%$ 浸没于水中,并根据水头损失的不同,以 $1 \sim 8.5 \text{ r/min}$ 转速旋转,旋转过程中,水和小于滤网孔径的颗粒通过滤网进入出水槽内,大于滤网孔径的颗粒截留在滤网表面。当盘面旋转露出水面时,冲洗水以一定的压力把截留在滤网表面的颗粒进行冲离,并收集于冲洗水槽内,最后经管道流入进水泵房集水井进行再处理。

(2) 紫外消毒池

紫外线消毒池由一期原有构筑物加氯接触池改造而成,其有效容积 439 m^3 。紫外消毒设备总装机容量约 30 kW 。另外,为保证厂区内再生水供应,内增设再生水回用泵($Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=30 \text{ m}$, $N=11 \text{ kW}$)2 台,1 用 1 备。

紫外线消毒装置采用模块式结构,模块数量共计 15 套,模块的灯管总数量为 240 根,灯管使用低压高强度紫外灯管及多级变功电子整流器,单根灯管功率为 $N=250 \text{ W}$,并带有机械式自动清洗功能。另外,该系统配套设备包括 2 套安装在末端的水位控制器及监控系统,监控系统包括低水位传感器,以保证在使用时维持一个最低水位及最小水位变化,从而在此变化范围内保持灯管全部被淹没。

(3) 加药间

加药间为原有加氯间及氯库改造而成,其平面尺寸: $20.4 \times 5.6 \text{ m}$,高度为 4.5 m ,加药间主要配置混凝剂和絮凝剂加药设备,配制好的药剂通过计量泵投加至生物池和微滤池,强化絮凝和除磷效果。

加药间外设混凝剂储罐($V=25 \text{ m}^3$)2 只,轮换使用,混凝剂储罐内设搅拌机($P=2.0 \text{ kW}$)。

混凝剂储罐配套进料泵($Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=10 \text{ m}$, $N=3.0 \text{ kW}$)1 台,用于向储罐内输送液体混凝剂。加药间内设混凝剂投加泵 4 台,(3 用 1 备),其单泵性能: $Q=1.0 \sim 2.0 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=40 \text{ m}$, $N=0.37 \text{ kW}$ 。设絮凝剂制备装置(制备能力: 8 kg/h)2 套,用于制备浓度为 3% 的高分子絮凝剂,絮凝剂制备装置附设絮凝剂计量偏心螺杆泵($Q=100 \sim 300 \text{ L/h}$, $H=40 \text{ m}$, $N=0.25 \text{ kW}$)2 台,1 用 1 备。混凝剂及絮凝剂投加点设置 2 处,1 处是曝气池末端出水井,另 1 处是微滤池前方进水井。

考虑到剩余污泥采用堆肥处理,混凝剂选型为铁盐系列,暂定三氯化铁(有效浓度在 40% 以上),投加量为 20 mg/L ,助凝剂采用固态聚丙烯酰胺,投加量为 3% ,实际投加量根据生产性实验确定。

3.4 除臭技术

由于城东污水处理厂位于苏州古城区,厂址四周都是居民区,污水处理厂的异味对周边环境有一定程度的影响。臭气能使人食欲不振、头昏眼花、恶心、呕吐和精神上受到干扰,因此除臭对保护环境、保护人身健康、延长污水处理厂设备的使用寿命,都具有重要意义。所以,对城东污水处理厂内部构筑物进行除臭处理是十分必要的,也是改善环境的一项重要措施。

目前,城东污水处理厂产生臭气的主要构筑物有泵房、格栅、沉砂池、生化反应池、储泥池、污泥堆棚等。根据不同构筑物结构及臭气产生源的特点,升级改造中采用了不同的除臭设备和工艺。

(1) 土壤生物滤池除臭

对于进水泵房、曝气沉砂池、生物池厌、缺氧段和储泥池等构筑物散发的臭味采用了加盖密封措施,然后通过管路收集系统经离心鼓风机排入到活性土壤滤池,当臭气接触含有大量微生物的透气土壤滤池时,被微生物完全氧化并转化为 CO_2 和水分及微生物细胞生物质,目前该工艺运行管理方便,除臭效果显著。

密封盖采用玻璃钢制作,加盖高度比池顶高出 1.0 m,池两侧安装导轨,盖子能沿导轨自由滑动,以便人员巡视和构筑物内设备能维修安装。设计生物滤池面积共 780 m^2 ,除臭风量约为 $750 \text{ m}^3/\text{min}$,单位空间每小时抽气频率为 5~7 次。同时,

考虑到厂区整体环境的美化,滤池表层均种植了优质草坪,这样不仅达到了除臭的目的,也美化了厂区环境。

(2) 植物液除臭

植物液除臭技术是将纯天然植物提取液雾化喷洒或挥发在空气中,与异味分子结合发生中和、酯化、复合等反应,改变异味分子特性而达到除臭、净化空气的目的。该技术比较成熟,集成度高,运行成本低,基本无需维护。

根据苏州城东污水处理厂生物池好氧段开放性的构造特点,因此在每组 A/A/O 生物池好氧段安装 1 套植物液喷洒主控设备,并沿池边布置约 448 套雾化装置,雾化装置交错相向喷洒,使在整个好氧池上方形成一个覆盖式控制网。主控系统将植物除臭液进行自动定时雾化喷洒,使在污水处理过程中散发出来的臭味分解消除,达到除臭的目的。异味控制系统可根据臭气产生的特点,随时调节控制器的操作参数,以达到最佳除臭效果。

4 改造后运行情况

城东污水处理厂升级改造于 2010 年 10 月份进行设备联动调试,随后 A/A/O 池进水开始污泥培养,至 2011 年 1 月份完成污泥培菌工作。目前,日处理水量为 3.5~4.0 万 t/d ,基本达到设计要求,且各项出水指标已能稳定达到国家一级 A 标准,其监测结果见表 2。

表 2 改造后(2011年)城东污水处理厂进、出水水质

(mg/h)

月份	SS		BOD_5		COD_{Cr}		$\text{NH}_3 - \text{N}$		TN		TP	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
1	114	10	94.6	6.76	263	33.6	16.1	4.51	25.0	14.2	2.56	0.24
2	122	9	93.3	7.75	323	34.0	16.7	3.64	31.0	12.8	3.97	0.27
3	164	8	149	5.07	333	32.0	21.3	2.14	36.3	10.8	4.10	0.20
4	163	8	146	3.12	343	25.2	24.0	0.99	37.8	7.49	5.78	0.12
5	215	7	177	2.48	354	22.3	23.9	1.18	34.5	7.45	6.02	0.10
6	273	8	180	2.35	385	22.6	25.0	1.44	33.6	7.66	6.86	0.10

从表 2 可见,即使在冬天气温较低的情况下,城东污水处理厂出水水质各项指标仍能达到一级 A 标准。这是由于采用 A/A/O 活性污泥法能对氮、磷和有机物具有较好的去除效果;而采用混凝沉淀和转盘过滤的深度处理工艺,能保证出水 SS 稳定在 $10 \text{ mg}/\text{l}$ 以下。

5 结语

苏州城东污水处理厂的升级改造,由于限制因素较多,且要考虑周边居民居住环境的影响,改造难度较大。经采用 A/A/O + 混凝沉淀 + 转盘过滤 + 紫外消毒工艺,对各污染物的去除能稳定达到设计出水水质标准(GB18918-2002 一级 A 标准),同时各构筑物布置紧凑合理,美化了厂区环境,改善了周边的环境质量和居民的生活质量,取得了经济效益和社会效益的双赢。