

上海市泗塘污水处理厂脱氮除磷达标改造工程实践

晏振辉¹, 李剑波², 周琪², 陆小青³

(1 上海城投环境投资有限公司, 上海 200001; 2 同济大学 污染控制与资源化研究
国家重点实验室, 上海 200092; 3 上海市建设和交通委员会 科学技术委员会, 上海
200032)

摘要: 在对泗塘污水处理厂现有处理工艺优化诊断基础上,指出了该厂升级改造的瓶颈所在,介绍了污水处理厂达标改造的原则,比较论证了分点进水倒置 A/A/O、生物除磷+辅助化学除磷工艺和分流处理工艺两个方案,介绍了工艺除臭及尾水消毒措施。该工程为老厂脱氮除磷工艺改造提供了一套完整的技术方案和工作流程,出水水质能稳定达标。

关键词: 污水处理厂; 达标改造; 分点进水倒置 A/A/O; 分流处理

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2007)02-0029-04

Project Practice of Up-to-standard Reconstruction of Sitang Wastewater Treatment Plant for Phosphorus and Nitrogen Removal in Shanghai

YAN Zhen-hui¹, LI Jian-bo², ZHOU Qi², LU Xiao-qing³

(1 Shanghai Chengtou Environment Industry Development Co Ltd, Shanghai, 200001,
China; 2 State Key Lab of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai
200092, China; 3 Science and Technology Committee, Shanghai Municipal Commission of
Construction and Transportation, Shanghai 200032, China)

Abstract: Based on the optimization and diagnosis of the existing treatment process in Sitang WWTP, the bottle neck of upgrading reconstruction of the plant was pointed out, and the principle of up-to-standard reconstruction of WWTP was introduced. Inverted A/A/O process with step feed for biological phosphorus removal with supplement of chemical phosphorus removal and diffluent treatment process was compared, and deodorization and disinfection of the existing treatment process were improved and optimized. The project provides a whole set of technical scheme and operating flow sheet for the reconstruction of nitrogen and phosphorus removal process in old plants. The effluent quality can steadily fulfill the standard.

Key words: wastewater treatment plant; up-to-standard reconstruction; inverted A/A/O process with step feed; diffluent treatment

1 工程概况

泗塘污水处理厂位于上海市宝山区,始建于 20 世纪 90 年代初,并于 2002 年—2003 年对部分设备、设施进行了更新改造。该厂设计规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,处理对象为典型的城市生活污水,采用传统活性污泥处理工艺,主要去除 BOD_5 和 SS,尾水排入

蕰藻浜。污泥经重力浓缩后,经由蕰藻浜用船外运处置。

目前,泗塘污水厂实际处理规模达 $(2.2 \sim 2.3) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,且有进一步增加的趋势,处理规模的增加将直接削弱污水处理效果。随着国家对环境保护的日益重视及一系列环境保护法律、法规的制定,泗

塘污水处理厂现有的处理设施已无法达到国家关于城镇污水厂污染物 (特别是氮、磷) 排放的标准。另外, 剩余污泥未进行稳定化处理, 外运污泥含水率较高, 体积庞大, 受运输成本和河道汛情的影响, 目前的污泥处置方式存在相当大的风险。因此, 对泗塘污水处理厂进行升级改造是十分必要的。

2 达标改造原则

达标改造遵循达标不减量的指导思想, 按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 中规定的二级标准, 综合考虑污水、噪声、污泥、除臭处理 4 个方面, 依据如下原则进行方案选择和设计。

- ① 工艺方案的选择应最大限度地保证工程实施期间的不断水运行, 尽可能减少施工作业对污水厂服务范围内排水单位的影响。
- ② 理顺污水厂内已建污水、污泥处理设施设备之间的关系, 充分利用原有构筑物 and 机电、仪表设备。
- ③ 污泥处理工艺方案应满足污泥稳定化和减量化处理要求, 提高污泥处理效率, 充分重视磷的再释放问题。
- ④ 以技术先进、经济合理、运行可靠、管理便捷为出发点, 积极稳妥地采用新工艺、新技术、新材料和新设备。

3 工艺方案论证

3.1 污水水量

泗塘污水厂规划服务范围内污水总量为 $3.05 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 其中泗塘污水厂改建规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 多余污水量 ($1.05 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$) 经合流污水一期总管纳入竹园污水外排系统。

3.2 设计水质

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

项目	BOD ₅	COD	SS	NH ₄ ⁺ - N	TP
进水 / (mg · L ⁻¹)	200	400	200	45	7
出水 / (mg · L ⁻¹)	≤30	≤100	≤30	≤25	≤3
去除率 / %	≥85	≥75	≥85	≥44. 4	≥57

3.3 污水处理工艺方案

3.3.1 方案一

由于泗塘污水厂的设计进水 NH₄⁺ - N、TP 浓度较高, 为达到良好的生物脱氮除磷效果, 必须强化处理工艺的反硝化。在进水碳源不充足、NH₄⁺ - N 浓度又较高的情况下, 加强反硝化意味着需更大的反

硝化区容积。在占地紧张的情况下, 化学除磷对反硝化要求可适当降低, 减少池容。因此, 方案一拟采用分点进水倒置 A/A/O、生物除磷 + 辅助化学除磷工艺 (见图 1)。

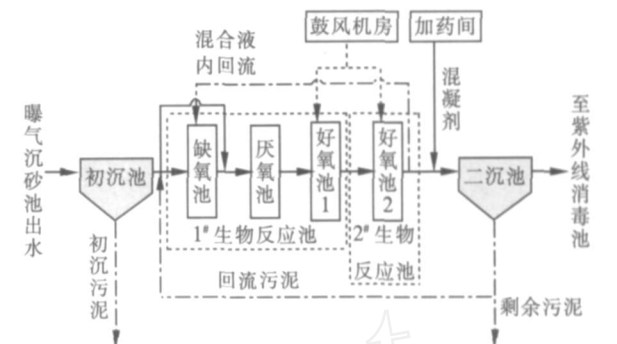


图 1 倒置 A/A/O、生物除磷 + 辅助化学除磷工艺流程图

Fig 1 Technological process of inverted A/A/O process with step feed for biological phosphorus removal with supplement of chemical phosphorus removal

该厂现有曝气池有效水深为 5.5 m, 通过适当的土建和设备改造, 有效水深可增至 6 m, 划分为缺氧池、厌氧池和部分好氧池, 同时新建 1 座容积为 4 502 m³ 的好氧池, 已建和新建曝气池分别被称之为 1[#]生物反应池和 2[#]生物反应池, 串联。污泥产量为 4 050 kg/d, 经浓缩脱水后运送至石洞口污水处理厂干化焚烧。方案一的主要工艺设计参数见表 2。

表 2 方案一主要设计参数

Tab 2 Designed parameters of scheme one

项目	数值
设计流量 / (m ³ · h ⁻¹)	833
设计最大流量 / (m ³ · h ⁻¹)	1 208
污泥浓度 / (g · L ⁻¹)	3
剩余污泥产量 / (kgMLSS · d ⁻¹)	1 800
缺氧区水力停留时间 / h	3. 4
厌氧区水力停留时间 / h	1
硝化区泥龄 / d	11. 9
硝化区水力停留时间 / h	8. 6
总反应池水力停留时间 / h	13
有效水深 / m	6
气水比	8. 6 : 1
需去除的磷量 / (mg · L ⁻¹)	1. 85
药剂投量 / (mg · L ⁻¹)	45. 7
化学污泥产量 / (kgSS · d ⁻¹)	250
初沉污泥量 / (m ³ · d ⁻¹)	66. 7
二沉剩余污泥量 / (m ³ · d ⁻¹)	342
初沉干污泥量 / (kg · d ⁻¹)	2 000
二沉干污泥量 / (kg · d ⁻¹)	2 050
脱水后污泥含固率 / %	25
脱水后污泥体积 / (m ³ · d ⁻¹)	16. 2
絮凝剂用量 / (mg · g ⁻¹ SS)	4. 5
絮凝剂消耗量 / (kg · d ⁻¹)	18. 2

3.3.2 方案二

方案二保留现有完整的 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 常规活性污泥法处理流程线,新建 1 座 2[#] A/O 生物反应池。初沉池出水分为两路,一路进入现有曝气池,将现有曝气池分成厌氧区和好氧区,现有鼓风机系统维持不变,在厌氧区将原曝气管阀门关闭。厌氧区前分隔出 45 min 污泥反硝化区域,以消除回流污泥释磷影响。另一路进入新建 2[#] 生物反应池(缺氧/好氧池),采用高效微孔盘式曝气器供气。方案二处理工艺流程和主要设计参数分别见图 2 和表 3。污泥经浓缩脱水后,运送至石洞口污水处理厂干化焚烧。

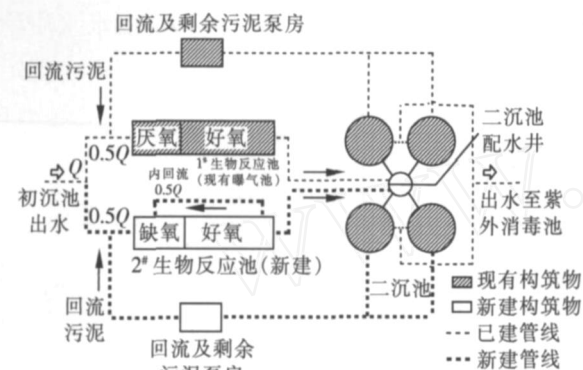


图 2 分流方案工艺流程示意图

Fig 2 Technological process of diffluent treatment

表 3 方案二主要设计参数

Tab 3 Designed parameters of scheme two

设计参数	1 [#] 生物反应池		2 [#] 生物反应池	
$Q/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$	10 000		10 000	
工况	除磷	脱氮	除磷	脱氮
污泥产率/ ($\text{kgTSS} \cdot \text{kg}^{-1}\text{BOD}_5 \cdot \text{d}^{-1}$)	0.85	0.80	0.85	0.80
剩余污泥产量/ ($\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$)	1 020	960	1 020	960
MLSS/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	2	3.5	2	3.5
缺、厌氧区停留时间/h	4.7	4.7	2.88	2.88
好氧区停留时间/h	9.4	9.4	8.64	8.64
好氧区 N_s / ($\text{kgBOD}_5 \cdot \text{kg}^{-1}\text{MLSS} \cdot \text{d}^{-1}$)	0.19	0.12	0.21	0.12
泥龄/d	7.7	14.3	7.0	13.1
需氧量/ ($\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$)	1 456	3 754	1 398	3 796
氧利用率/%	8(双螺旋穿孔)		16(微孔曝气盘)	
计算供气量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	77	165	35	95

表 4 对 1[#]生物反应池和 2[#]生物反应池的运行模式进行了比较。

表 4 运行模式比较

Tab 4 Comparison on operating pattern

项目	模式一	模式二
运行模式	1 [#] 池脱氮、2 [#] 池除磷	1 [#] 池除磷、2 [#] 池脱氮
鼓风机总运行功率/kW	344	242
新增鼓风机(kW)×台数	80×2	110×2
对现处理工艺影响	较大	很小
脱氮程度	高	一般

从表 4 可以看出,模式一虽然脱氮程度高,但需在 1[#]池新建污泥内回流渠道,必然需较长时间停水才能实施,且鼓风机运行功率比模式二多 102 kW,一年将增加电费 54 万元。因改造工程具有工期紧、不得停水的特点,故推荐按模式二运行,即 1[#]池除磷、2[#]池脱氮,在工程改造后期,待 1[#]生物反应池改造后,可采用 1[#]池脱氮、2[#]池除磷的模式一运行。模式二的设计水量、水质参数见表 5。

表 5 模式二的设计水量、水质参数

Tab 5 Designed parameters of operating pattern two

设计参数	1 [#] 生物反应池	2 [#] 生物反应池	平均
流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	10 000	10 000	
SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	30	30	30
BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	30	30	30
出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	35	3~5	19~20
出水 TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1.52	4.4	2.96

3.3.3 方案比较

① 方案一由于增加了内回流量,1[#]生物反应池 DN600 的出水管需放大至 DN800,这将不可避免地造成整厂停水,而分流处理方案的 1[#]反应池由于分流了 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 至 2[#]生物反应池,故原 DN600 出水管可以使用,不需改造。

② 方案一中二沉池—回流污泥泵房管道由于流量的增大而无法利用,需新建。方案二由于 1[#]生物反应池水量减小,1[#]生物反应池→二沉池—加氯接触池的已建管道可利用;二沉池—回流污泥泵房—反应池的已建回流泥管也可利用。

③ 方案一中 1[#]生物反应池的螺旋曝气器及空气支管需全部更换,鼓风机和回流污泥泵也需更换;方案二中 1[#]生物反应池几乎不需改动,只需增加 2 台新鼓风机,回流污泥泵全部利用,无需增加。

④ 方案一由于高程限制,1[#]生物反应池水面标高需比现在抬高 0.5 m,水面距池顶只有 0.5 m,鼓风机倒灌水的情况将更严重;方案二中 1[#]生物反

应池水位不需抬高,新建 2[#]生物反应池出水水头也有较多富余。

经比较,方案二更适合泗塘污水厂的现状及工期要求。

3.4 除臭方案

污水处理过程中产生的恶臭气体主要有硫化氢、甲烷、氨、胺类、硫醇、有机硫化物、粪臭素、吲哚等,经脱臭处理后须达到 GB 18918—2002 中大气污染物二级排放标准。目前城市污水处理厂的脱臭方法通常采用生物滤池法、液体吸收法或天然植物提取液除臭法。生物滤池法具有处理效果稳定、投资和运行费用低、管理维护简便等优点,从处理工艺的可靠性出发,推荐采用生物滤池脱臭工艺。

3.5 消毒方案

该工程的尾水排放应达到《城镇污水处理厂污

染物排放标准》(GB 18918—2002)的二级标准,即大肠杆菌数 $\leq 1 \times 10^4$ 个/L。因此,需要采用适当的消毒方式杀灭污水中大量细菌及病毒。近年来,随着紫外线消毒技术的不断进步和国际市场竞争的日益激烈,紫外线灯管的价格大幅度下降,所以改造工程将原加氯消毒改造为紫外线消毒。

4 改造工程实践

泗塘污水处理厂升级改造是上海市“2003 年—2005 年环保三年行动计划”的重点和突破口之一。改造工程已于 2005 年底完成,工程总投资约 3 600 万元,年经营成本为 506.04 万元,单位处理成本为 0.931 元/m³,其中单位处理可变成本为 0.452 元/m³。自 2006 年 1 月投入运行以来,出水水质稳定,氮、磷等指标均能满足 GB 18918—2002 中规定的二级排放标准(见表 6)。

表 6 2006 年 1 月—10 月泗塘污水厂进、出水水质

Tab 6 Influent and effluent quality of Sitang WWTP from January to October in 2006 mg·L⁻¹

月份	BOD ₅		COD		SS		NH ₄ ⁺ - N		TP		月份	BOD ₅		COD		SS		NH ₄ ⁺ - N		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	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
1月	150.4	10.8	377.5	38.3	179.2	23.4	35.6	19.1	7.1	2.4	7月	144.7	11.2	349.5	38.9	155.4	21.4	40.1	24.9	7.1	1.5
2月	142.9	9.7	342.2	36.7	160.0	21.5	38.7	22.8	6.2	2.5	8月	141.7	10.6	344.3	36.5	162.3	21.5	40.0	24.6	6.8	1.8
3月	133.6	10.6	327.2	33.6	148.1	19.8	31.5	15.6	6.0	2.7	9月	125.7	9.8	326.2	33.8	143.7	21.4	34.2	17.6	6.2	1.7
4月	142.3	9.8	349.7	36.9	152.8	21.4	37.2	20.7	5.2	1.8	10月	144.2	10.4	330.5	35.4	163.3	19.4	38.7	22.4	5.2	1.1
5月	154.3	9.8	365.6	36.0	168.7	21.9	40.5	24.5	6.2	2.1	平均值	143.4	10.3	342.4	42.4	161.5	21.3	37.5	21.4	6.3	2.0
6月	154.5	9.9	352.5	100.0	182.5	21.2	39.1	22.9	6.8	2.3											

改造工程的主要特色有:

- ① 保留现有完整的常规活性污泥法处理流程线,将现有曝气池分成厌氧区、好氧除磷工艺;新建 2[#]生物反应池(缺氧、好氧脱氮工艺),最后将两路出水混合达标排放。
- ② 采用微孔曝气盘提高充氧效率,减少鼓风机能耗,降低运行电费。
- ③ 改造过程中充分利用了现有构筑物和机械设备、仪表等。
- ④ 改造工程实现了达标不减量的指导思想,同时最大限度地保证了工程实施期间的不断水运行,具有工期短、处理效果好的优点。
- ⑤ 综合考虑投资、运行成本和工期等因素,经多方案比选后推荐了最优方案。

参考文献:

[1] George Lee, Jim Goodley, 尚爱安, 等. 工艺优化诊断技

术用于污水厂的改造[J]. 中国给水排水, 2006, 22(2): 26 - 30.

[2] 罗广寨, 盛丽敏, 马鲁铭. 上海某工业区污水处理厂工艺改造方案论证[J]. 给水排水, 2005, 31(9): 58 - 61.

[3] 张辰, 李春光. 浅谈城市污水处理厂的技术改造[J]. 中国给水排水, 2004, 20(4): 20 - 23.

[4] Sevinli M F, Aydin A F, Ozturk I, et al. Evaluation of the alternative treatment processes to upgrade an opium alkaloid wastewater treatment plant[J]. Water Sci Technol, 2000, 41(1): 223 - 230.

[5] Coen F, Vanderhaegen B, Boonen I, et al. Nitrogen removal upgrade of a wastewater treatment plant within existing reactor volumes: A simulation supported scenario analysis[J]. Water Sci Technol, 1996, 34(3 - 4): 339 - 346.

电话: (021) 65985839
E-mail: ljb1ion@163.com
收稿日期: 2006 - 09 - 25