

# 无锡芦村污水处理厂一级 A 达标难度分析与对策措施探讨

郑兴灿<sup>1</sup> 李 激<sup>2</sup> 孙永利<sup>1</sup> 尚 巍<sup>1</sup> 游 佳<sup>1</sup> 李鹏峰<sup>1</sup> 宁 冰<sup>1</sup>

(1 国家城市给水排水工程技术研究中心,天津 300074; 2 无锡市排水总公司,无锡 214023)

**摘要** 通过无锡芦村污水处理厂多年进出水水质数据的统计分析,结合其污水处理工艺流程的单元构成和实际运行控制参数选择,研究判断该工程的污水处理工艺运行特性和进出水的水质特点,剖析该污水处理厂一级 A 标准提标改造的难点及其主要影响因素,重点针对 TN、NH<sub>3</sub>-N、TP、COD<sub>Cr</sub>、SS 等的稳定达标需求,提出相应的污水处理工艺技术选择和提标改造的工艺流程建议。

**关键词** 城镇污水处理厂 深度处理 提标改造 除磷脱氮 运行参数 无锡市

## Difficulty analysis and countermeasures discussion on the first class A effluent limits attainment of Lucun Wastewater Treatment Plant in Wuxi City

Zheng Xingcan<sup>1</sup>, Li Ji<sup>2</sup>, Sun Yongli<sup>1</sup>, Shang Wei<sup>1</sup>, You Jia<sup>1</sup>, Li Pengfeng<sup>1</sup>, Ning Bing<sup>1</sup>

(1. National Engineering Research Center for Urban Water & Wastewater, Tianjin 300074, China; 2. Wuxi Drainage Company, Wuxi 214023, China)

**Abstract :** Based on statistical analysis of influent and effluent water quality data of Wuxi Lucun Wastewater Treatment Plant in the past years and associated with the treatment processes and actual operation parameters, the influent and effluent characteristics and the operation performance in the plant were studied and evaluated in detail and the difficulty and key influence factors for the plant upgrading to meet the first class A standards were analyzed. Aiming at the attainment of the first class A standards, such as TN, NH<sub>3</sub>-N, TP, COD<sub>Cr</sub> and SS, the corresponding wastewater treatment processing techniques selection and the upgrading reconstruction treatment process suggestion were brought forward.

**Keywords :** Municipal wastewater treatment plant; Advanced treatment; Upgrading reconstruction; Nitrogen and Phosphorus removal; Operation parameters; Wuxi City

2007年5月,太湖流域发生无锡供水危机和蓝藻暴发重大水污染事件之后,太湖流域所在省(市)全面加强水污染源的治理,中央和地方环境保护部门要求太湖流域城镇污水处理厂严格执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。根据国家和江苏省太湖流域水污染防治工作的总体部署,到 2008 年年底之前,江苏省需完成对太湖流域 139 座已投运、30 座在建城镇污水处理厂项目的除磷脱氮技术改造<sup>[1]</sup>,以达到 GB 18918—2002 一级 A 标准和江苏

省地方标准<sup>[2]</sup>。无锡市芦村污水处理厂是列入提标改造计划的重点工程,规模 20 万 m<sup>3</sup>/d。在分析和确定其提标改造工艺流程的技术决策过程中,通过一级 A 标准的达标难度分析和主要影响因素判断,形成相应的技术对策和工艺流程建议。

### 1 进水水质特性分析

#### 1.1 进水 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub> 和 SS 浓度

无锡芦村污水处理厂 2005~2007 年进水水质的统计分析表明(见图 1),进水 BOD<sub>5</sub> 日平均浓度有非常明显的波动,日平均值低至 55 mg/L,高至

545 mg/L,大部分时间为 100~350 mg/L,年平均  
值约 225 mg/L。进水 COD<sub>Cr</sub> 日平均浓度的波动比  
BOD<sub>5</sub> 还要明显,最低 130 mg/L,最高 1 950 mg/L,年  
平均值约 525 mg/L,大部分时间为 300~800 mg/L。  
进水日平均 SS 浓度的波动很大,最低 103 mg/L,最  
高 1 673 mg/L,年平均 412 mg/L,大部分时间为  
200~700 mg/L。进水 SS/BOD<sub>5</sub> 的日平均值高达  
1.9,说明进水 SS 中的无机组分含量明显偏高,对  
二级生物处理系统的不利影响是不容忽视的。因  
此,对于这样的进水水质浓度和水质变化特点,初沉  
池或等效构筑物的设置和优化运行对于全工艺流程  
的稳定运行是十分重要的。

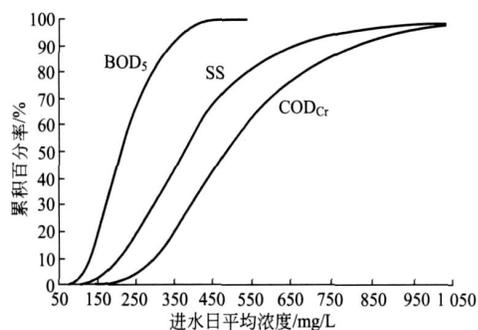


图1 进水 BOD<sub>5</sub>、SS 和 COD<sub>Cr</sub> 日平均浓度的累积频率

### 1.2 进水 TN 和 NH<sub>3</sub>-N 浓度

与进水 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub> 和 SS 日平均浓度相比,  
进水 TN 和 NH<sub>3</sub>-N 的日平均浓度变化相对小一  
些,但不同时段的日均值差异仍相当明显,见图 2、  
图 3。进水 TN 和 NH<sub>3</sub>-N 的峰值变化容易导致推  
流式为主导水力流态的处理系统的出水水质出现  
峰值效应,明显增加出水稳定达标的运行难度。

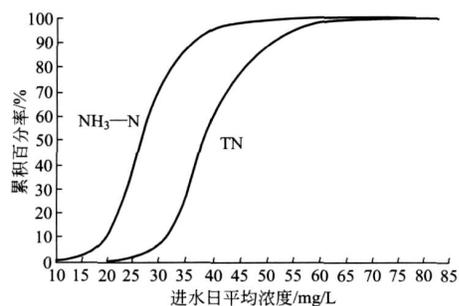


图2 进水 TN 与 NH<sub>3</sub>-N 日平均浓度的累积频率

### 1.3 进水 TP 浓度

日平均进水 TP 浓度存在明显的波动,某些时  
段甚至呈现异常的急剧升高(见图 4),表明进 waters

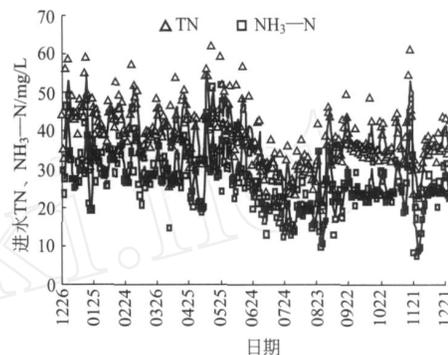


图3 进水 TN 与 NH<sub>3</sub>-N 日平均浓度变化

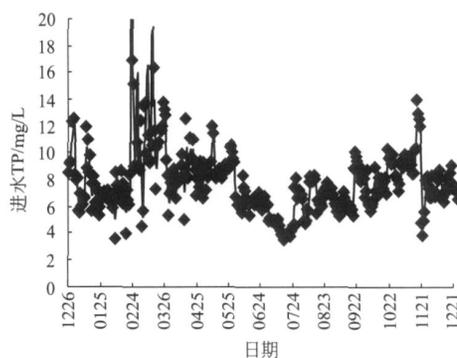


图4 进水 TP 日平均浓度变化

质受到某些工业废水排放的强烈影响。在 2004~  
2006 年期间,TP 日平均值最低为 2.2 mg/L,最高  
为 64.8 mg/L,年平均 10 mg/L,大部分时间为  
6~15 mg/L。

## 2 出水水质特性分析

### 2.1 出水 COD<sub>Cr</sub> 浓度

芦村污水处理厂多年运行数据的统计分析结  
果表明(见图 5、图 6),约 93% 天数的日平均出水  
COD<sub>Cr</sub> 浓度低于 60 mg/L,70% 天数低于 50 mg/L,  
年平均出水 COD<sub>Cr</sub> 约 45 mg/L,一级 B 达标率很  
高,但仍然会有 7% 左右的天数超过 60 mg/L。增加

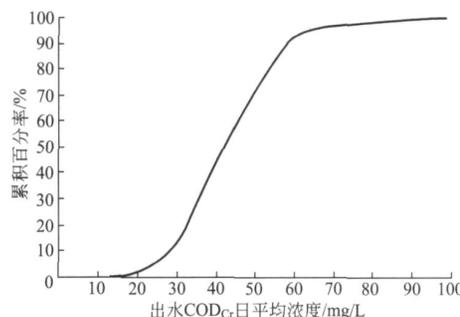


图5 出水 COD<sub>Cr</sub> 日平均浓度的累积频率

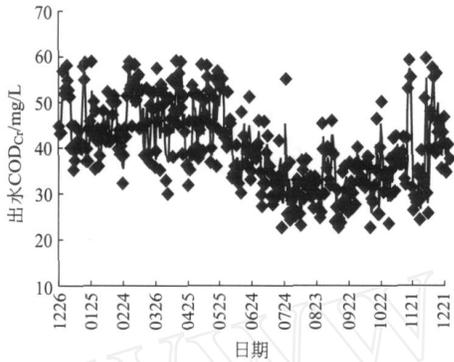


图6 出水日平均 COD<sub>Cr</sub>浓度变化

化学絮凝和过滤处理之后,预计出水达到一级 A 标准的天数在 95 %左右,年平均出水 COD<sub>Cr</sub> 浓度约为 35 mg/L,仅为一级 A 标准值的 70 %。

### 2.2 出水 BOD<sub>5</sub> 浓度

如图 7 和图 8 所示,约 98 %天数的日平均出水 BOD<sub>5</sub> 低于 20 mg/L,基本上都达到一级 B 标准,约 75 %的天数低于 10 mg/L,即达到一级 A 标准,年平均出水 BOD<sub>5</sub> 仅 7 mg/L。增加化学絮凝和过滤处理之后,预计出水 BOD<sub>5</sub> 达到一级 A 标准的天数可提高到 95 %左右,年平均出水浓度可降低到 4 mg/L 以下。

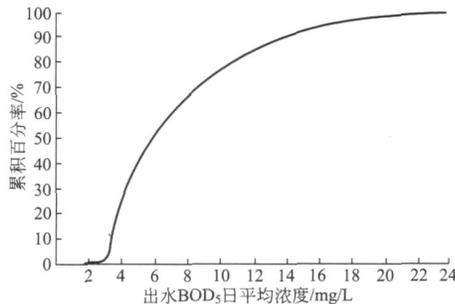


图7 出水 BOD<sub>5</sub> 日平均浓度的累积频率

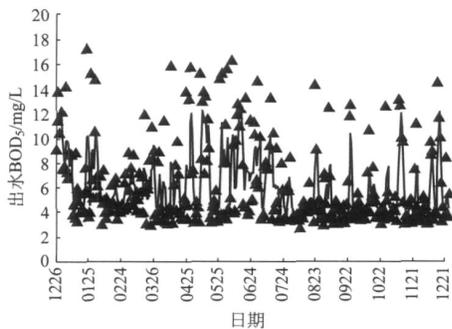


图8 出水 BOD<sub>5</sub> 日平均浓度变化

### 2.3 出水 SS 浓度

如图 9 和图 10 所示,芦村污水处理厂出水 SS 日平均浓度低于 20 mg/L 的天数达 93 %,绝大多数天数能够达到一级 B 标准,年平均出水 SS 约 15 mg/L,但达到一级 A 标准的天数仅 15 %左右,不能直接达到一级 A 标准。增加化学絮凝和过滤处理之后,预计出水 SS 浓度达到一级 A 标准的天数可提高到 99 %以上,年平均浓度降低到 5 mg/L 以下。

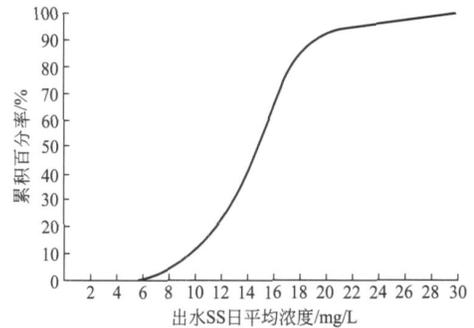


图9 出水 SS 日平均浓度的累积频率

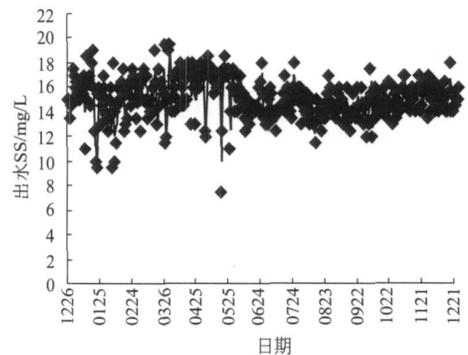


图10 出水 SS 日平均浓度变化

### 2.4 出水 TN 和 NH<sub>3</sub>-N 浓度

如图 11 和图 12 所示,出水 TN 和 NH<sub>3</sub>-N 的日平均浓度是相当不稳定的。年平均出水 NH<sub>3</sub>-N 浓度 4 mg/L,日平均值基本上都低于 10 mg/L,基本上能够达到一级 B 标准,但低于 5 mg/L 的天数为 55 %,与稳定达到一级 A 标准还有较大的差距。

日平均出水 TN 为 6.5 ~ 38.5 mg/L,年平均浓度约 16 mg/L,低于 20 mg/L 的天数为 83 %,基本上能够达到一级 B 排放标准;但低于 15 mg/L 的天数仅为 45 %,要稳定达到一级 A 标准的难度还是相当大的,这表明部分时段需要补充反硝化碳源来强化其处理效果。

### 2.5 出水 TP 浓度

如图 13 和图 14 所示,虽然出水 TP 浓度有一定的波动,但总的来说,除磷效果还是比较理想的,日平

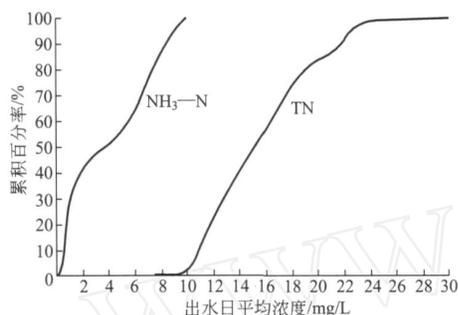


图 11 出水 TN 和 NH<sub>3</sub>-N 日平均浓度的累积频率

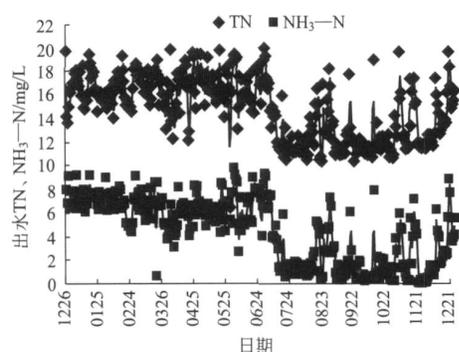


图 12 出水 TN 和 NH<sub>3</sub>-N 日平均浓度变化

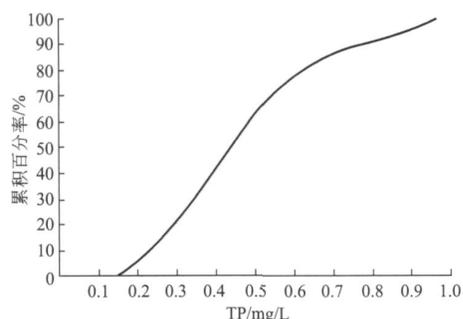


图 13 出水 TP 日平均浓度的累积频率

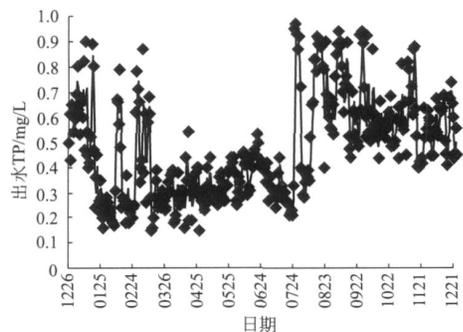


图 14 出水 TP 日平均浓度变化

均值可以比较稳定地达到一级 B 标准(1 mg/L),其中达到一级 A 标准(0.5 mg/L)的天数达到 60%。增加化学混凝和过滤处理之后,预计出水 TP 达到一级 A 标准的天数可提高到 99%以上,年平均出水浓度在 0.3 mg/L 左右。

### 3 一级 A 稳定达标的主要影响因素分析

对 2007 年 6 月 1 日~2008 年 3 月 16 日的进水水质进行统计分析(见表 1),结果表明,随着无锡市“6699 行动”的实施,加强工业废水的排放控制之后,进水水质有较大的改善,平均进水浓度处于中等浓度水平,但日平均值变动大,主要水质指标最大值与平均值的比值均在 2 倍以上,影响运行稳定达标的时平均值变动会更明显。进水存在碳氮比(BOD<sub>5</sub>/TN)偏低、SS/BOD<sub>5</sub> 偏高、水质水量波动大的特点。TN 和 NH<sub>3</sub>-N 存在较大的一级 A 达标难度,尤其是 TN,难以稳定达标。

表 1 日平均进水水质统计分析

项目	最大/ mg/L	最小/ mg/L	平均/ mg/L	最大 平均
BOD <sub>5</sub>	392	69	161	2.44
COD <sub>Cr</sub>	755	157	337	2.24
SS	680	139	302	2.25
TP	18	2	8	2.22
TN	83	15	41	2.02
NH <sub>3</sub> -N	43	7	26	1.68
SS/BOD <sub>5</sub>	5.40	0.65	1.98	2.72
BOD <sub>5</sub> /TN	9.60	1.48	4.00	2.4

从表 1 可以看出,进水平均 SS/BOD<sub>5</sub> 为 1.98,最大值为 5.4,明显高于正常分流制城市污水的 1~1.25,这样高的比值无疑会明显影响污水生物处理系统的污泥产率和污泥活性。进水平均 BOD<sub>5</sub>/TN 为 4,总体上是偏低的,尤其是低于 3 的天数接近 25%,最低的还不到 1.5。由于一级 A 标准对 TN 的要求偏高<sup>[3]</sup>,这些影响因素对于污水处理厂出水 TN 的稳定达标是相当不利的。

根据进水和出水水质数据分析,影响稳定达标的运行水质因素为:

(1) 进水碳氮比偏低且波动大, TN 稳定达标的难度大。

(2) 进水 SS/BOD<sub>5</sub> 偏高,不设初沉池或初沉池不运行时,生物反应池的污泥活性和反硝化速率低,

脱氮效率低,所需水力停留时间长,能耗高;设初沉池,则可能进一步加剧碳源的不足。

(3) 进水水质水量明显波动,冬季水温低,明显不利于出水氨氮和 TN 的稳定达标。

(4) 工业企业污水排放对进水水质有一定的不利影响。

(5) 存在进水氨氮和 TN 的冲击性波动,需要加强源头控制。

#### 4 一级 A 稳定达标的对策措施探讨

##### 4.1 主要水质指标的的稳定达标措施

###### 4.1.1 出水 SS 的稳定达标

对于城镇污水处理厂,工艺设计合理、运行控制优化和进水水质相对稳定时,部分时段的二级生物处理出水 SS 浓度可以接近 10 mg/L,直接达到排放标准的要求,但绝大多数城镇污水处理厂的进水水质水量是明显波动的、环境条件是变动的(例如季节变换、温差等),实际运行参数只能控制在一定的变化范围内,其多数时段的二级生物处理出水 SS 浓度高于 10 mg/L 或者明显波动,采用混凝沉淀、介质过滤或膜过滤方法是合理可行的技术措施。

###### 4.1.2 出水 TP 的稳定达标

城镇污水生物脱氮除磷系统的出水中,多数时间 TP 可以达到 1 mg/L,部分时间可以达到 0.5 mg/L 的排放标准,因此需要采用投加化学药剂的方法进行化学除磷,作为 TP 达标的把关措施。化学处理可以与二级生物处理系统协同(在二沉池之前投加药剂)来实现,也可以与二级生物处理出水的化学混凝沉淀和过滤处理相结合,通过化学药剂的筛选和投加方式的优化选择,可提高 TP 和 SS 的去除效果,降低药剂成本。

###### 4.1.3 出水 TN 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的稳定达标

对于太湖流域城镇污水处理厂,出水 TN 稳定达标是最大的难题,除了强化生物脱氮除磷系统对内部碳源的利用效率和提高反硝化效率之外,外部投加碳源进行反硝化是必要的稳定达标把关措施。外部碳源的投加可以在二级生物处理阶段进行,也可以与二级生物处理出水的过滤处理结合,同时实现 TN 和 SS 等水质指标的的稳定达标。需要特别指出的是,外加碳源会导致能耗的提高。

###### 4.1.4 出水 $\text{BOD}_5$ 的稳定达标

根据已有运行数据,碳源  $\text{BOD}_5$  稳定达标基本没有问题,出水浓度一般在 5 mg/L 左右。但部分时段要注意进水水质浓度的冲击性波动所造成的影响,以及污泥中毒问题。

##### 4.1.5 出水 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 的稳定达标

一般情况下出水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  可以达标,超标情况主要源自工业废水的不利影响,应通过监控工业废水中难生物降解有机物的排放来解决;较长的泥龄一定程度上也有助于  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的降解。出水的混凝过滤处理一般可以去除 10 mg/L 左右的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 。

##### 4.2 一级 A 提标改造的工艺流程建议

经过反复研讨和分析研究,芦村污水处理厂提标升级改造工程采用了多模式运行的  $\text{A}^2/\text{O}$  工艺且在生物池的好氧段投加填料(见图 15),同时改进初沉池的运行工况,深度处理采用转盘过滤和膜过滤相结合的过滤工艺,并辅以除臭设施及加药除磷工艺。通过对原有生物池的改造,充分体现运行工艺的灵活性,以适应进水水质的不同变化。主要工程改造内容包括:改造原有生物池、一期和三期污泥泵房、三期污泥浓缩脱水机房、变配电室;主要新建内容包括:鼓风机房、加药间、化学除磷一体化设备、二氧化氯消毒间、紫外线消毒渠、总出水井、储泥池及初沉污泥脱水机房、微滤布过滤车间及出水提升泵房、滤布滤池车间及出水提升泵房和膜过滤车间。

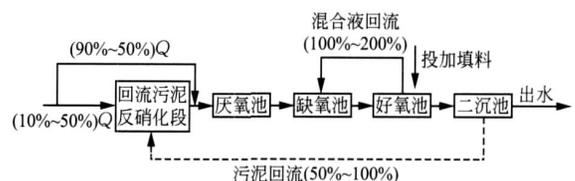


图 15 提标改造的生物处理工艺流程(改良  $\text{A}^2/\text{O}$  运行模式)

#### 参考文献

- 何伶俐. 太湖流域城镇污水处理厂除磷脱氮改造技术. 建设科技, 2007, (7): 110 ~ 111
- DB 32/ 1072—2007 太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值
- 郑兴灿. 太湖流域城镇污水处理厂执行一级 A 标准的问题讨论. 建设科技, 2008, (23): 14 ~ 15

& 通讯处: 300074 天津市气象台路 99 号

E-mail: tjzxc@vip.sina.com

收稿日期: 2009 - 02 - 04