

重庆市典型小城镇污水处理厂进水水质特征分析

王晓丹^{1,2}, 龙腾锐¹, 丁文川¹, 高祥¹

1. 重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045; 2. 西南大学 化学化工学院, 重庆 400715

摘要: 以重庆市某典型小城镇污水处理厂进水为研究对象, 通过对其水质监测结果的分析, 了解小城镇污水处理厂进水水质情况、各水质指标月变化及周变化规律, 并对进水水质指标相关性进行了分析, 研究结果对小城镇污水处理厂的设计与运行管理有一定的借鉴意义。

关键词: 重庆市; 小城镇污水处理厂; 进水水质

中图分类号: X832

文献标志码: A

随着城镇化建设进程的加快, 城镇水污染问题日益突出, 如何有效控制城镇水污染, 是小城镇建设和实施可持续发展的重要内容。建设小城镇污水处理厂是有效控制城镇水污染的重要手段之一, 而充分了解小城镇污水处理厂进水的水质特征, 对于选择合理的处理工艺、科学设计和运行管理污水处理厂、节省污水处理厂工程建设费用及运行费用具有重要的现实意义^[1-3]。本研究以重庆市北碚区某典型小城镇污水处理厂为例, 对其进水的水质水量特征进行分析。该小城镇污水处理厂采用典型 CASS 工艺, 2005 年建成并投入使用, 工艺设计为双系列, 目前只运行单系列。设计处理规模为 1 500 t/d, 实际处理能力为 550 t/d, 仅达到设计能力的 37%。

1 材料与方法

以重庆市某小城镇污水处理厂进水为研究对象, 数据来源于该小城镇污水处理厂 2010 年每周水质监测资料, 选取化学需氧量(COD)、悬浮物(SS)、总氮(TN)、总磷(TP)4 项水质指标, 分别计算各项指标的年平均值和月平均值, 分析小城镇污水处理厂进水水质情况及其月变化规律和周变化规律。

2 结果分析与讨论

2.1 进水水质情况

该小城镇污水处理厂进水水质情况见表 1。COD, SS, TP 和 TN 的质量浓度范围分别为 103.0~1 074.0 mg/L, 101.0~700.0 mg/L, 0.96~49.0 mg/L 和 16.5~71.5 mg/L, 表明进水污染物浓度范围宽, 水质波动较大。进水水质波动大, 导致冲击负荷大, 对小城镇污水处理厂的稳定运行和管理带来一定的难度。在小城镇污水处理厂的设计中, 应根据小城镇污水的实际水质情况进行设计, 并考虑进水水质的波动对处理工艺稳定性的影响。小城镇可分为 3 种类型: 居住型小城镇、工业型小城镇及旅游型小城镇。通常对于居住型小城镇而言, 小城镇污水处理厂收集的污水主要为生活污水, 进水中各种污染物浓度较低。工业型小城镇产生的污水除了居民产生的生活污水以外, 还包括工业废水, 工业废水的浓度和种类与

收稿日期: 2011-03-28

基金项目: 水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07315-005-01)。

作者简介: 王晓丹(1974-), 女, 辽宁铁岭人, 讲师, 博士研究生, 主要从事废水处理理论及技术研究。

工业企业的类别和工艺密切相关。一般来说,工业型小城镇污水处理厂的进水中污染物浓度更高。旅游型小城镇污水处理厂的进水主要为生活污水,进水污染物浓度一般。但由于夏季和周末旅游客流量增大,产生的污水量明显比冬季和平常更大,对小城镇污水处理厂的稳定运行也造成一定的影响。COD,SS,TN,TP 质量浓度的中位数均小于其算术平均值,尤其是 TP 的质量浓度的中位数远小于其算术平均值,表明 4 种污染物的质量浓度分布均符合偏态分布,而不是典型的正态分布。TP 的变异系数最大,TN 的变异系数最小,COD 和 SS 的变异系数相近,介于中间,表明 TP 的质量浓度的离散程度最大,其波动最大,而 TN 的质量浓度的离散程度最小,其波动最小。

表 1 该小城镇污水处理厂的进水水质情况统计

mg/L

水质指标	COD	SS	TP	TN
最大值	1 074.0	700.0	49.0	71.5
最小值	103.0	101.0	0.96	16.5
算术平均值	275.7	164.8	4.41	37.9
中位数	239.0	148.0	2.62	35.9
标准差	165.3	92.20	7.02	11.7
变异系数/%	59.96	55.95	159.2	30.9

注: $n=49$ 。

该小城镇污水处理厂进水水质与其他小城镇污水处理厂进水水质比较见表 2。从表 2 中可看出,该小城镇污水处理厂与其他 4 个小城镇污水处理厂相比,进水水质的指标均处于同一数量级,差异不大。武隆羊角镇污水处理厂、奉节公平镇污水处理厂进水的 COD 和 SS 质量浓度偏高,忠县石宝镇污水处理厂进水的 COD 和 SS 年平均质量浓度最低,而我们选取的小城镇污水处理厂进水的 COD 和 SS 年平均质量浓度介于其间。奉节公平镇污水处理厂和我们选取的小城镇污水处理厂进水的 TP 质量浓度偏高,忠县石宝镇污水处理厂进水的 TP 质量浓度偏低。奉节公平镇污水处理厂进水的 TN 质量浓度明显比我们选取的小城镇污水处理厂进水的 TN 质量浓度高。武隆羊角镇紧邻乌江,豆腐干和老醋等食品工业较为发达,是比较典型的工业型小城镇,污水处理厂的进水中除生活污水外,还有部分食品工业废水,导致进水中 COD 和 SS 的质量浓度偏高。忠县石宝镇位于长江北岸,地处三峡库区腹地,镇内因有世界八大奇特建筑之一的石宝寨而闻名,是典型的旅游型小城镇。石宝镇的户籍人口约为 5 000 人,常住人口近 3 000 人,规模较小,生活水平较低。石宝镇污水处理厂进水主要为生活污水,污染物浓度较低。石宝镇污水处理厂于 2006 年建成并投入使用,由于资金的原因,连接污水干管和居民污水的支管安装没有全部完工,从而降低了对生活污水的收集能力,收集量仅占城镇生活污水总量的 30% 左右^[6],这可能是导致石宝镇污水处理厂进水污染物浓度偏低的主要原因之一。我们选取的小城镇是比较典型的居住型小城镇,既没有工业企业,也没有旅游业,污水处理厂进水中 COD 和 SS 的质量浓度属中等水平,TP 的质量浓度较高,而 TN 的质量浓度偏低。奉节公平镇也是居住型小城镇,但污水处理厂进水水质与我们的研究对象相比有一定差异,估计是地区差异造成。

表 2 该小城镇污水处理厂的进水水质与其他小城镇污水处理厂的进水水质比较

mg/L

小城镇污水处理厂名称	COD	SS	TP	TN
武隆羊角镇污水处理厂 ^[4]	350.0	220.0	—	—
奉节公平镇污水处理厂 ^[5]	263.0~653.0	186.0~350.0	1.65~9.02	49.8~106.2
忠县石宝镇污水处理厂	199.1	98.3	2.67	—
某小城镇污水处理厂	275.7	164.8	4.41	37.9

注:忠县石宝镇污水处理厂数据为 10 周的平均浓度,数据来源于该污水处理厂的监测资料。

2.2 进水水质指标的月变化规律

进水水质指标 COD 和 SS 的月变化规律见图 1,进水水质指标 TP 和 TN 的月变化规律见图 2。COD 和 SS 月平均质量浓度在 11,12 月份最高,其他月份质量浓度相对较低。COD 和 SS 月平均质量浓度的变化趋势基本相同,同时上升或者下降,具有较好的相关性。TP 和 TN 月平均质量浓度呈现出比较典型的“两

头高、中间低”趋势. TP 和 TN 月平均质量浓度在 1,2,11,12 月份较高, 其他月份质量浓度相对较低. 由于小城镇居民一般流动性较小, 用水量变化与季节有较好的相关性. 而这种月份之间污水量的波动主要由相应月份的气温变化导致用水活动的变化. 由于重庆属于亚热带气候, 夏季时间长, 几乎占全年时间的一半, 气温高, 居民夏季淋浴次数和淋浴水量明显高于冬季. 而重庆的夏季是典型的雨季, 降水量占全年的 70% 左右. 夏季由于以淋浴污水为主的大流量低污染物质量浓度的用水活动增加以及雨季的到来对生活污水的稀释作用, 使得夏季生活污水中污染物质量浓度较低. 进入了 11 月份, 气温降低, 天气转冷, 小城镇居民淋浴次数和淋浴水量明显减少, 用水量锐减, 在一定程度上对生活污水起到浓缩作用^[7]. 加之进入旱季, 雨水较少, 使得冬季生活污水中污染物质量浓度偏高.

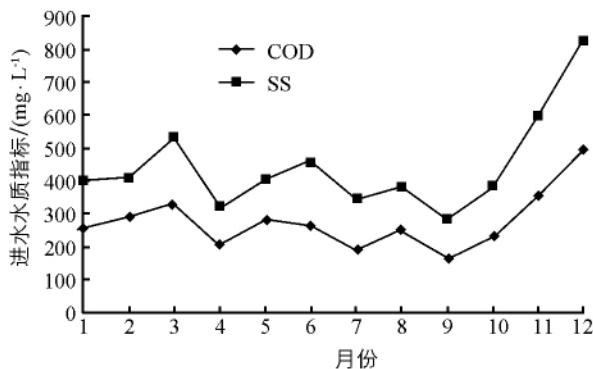


图 1 进水水质指标 COD 和 SS 的月变化规律

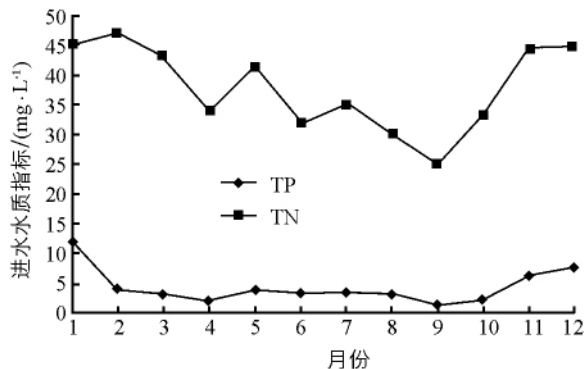


图 2 进水水质指标 TP 和 TN 的月变化规律

2.3 进水水质指标的周变化规律

进水水质指标 COD 和 SS 的周变化规律见图 3, 进水水质指标 TP 和 TN 的周变化规律见图 4. 从图 3 和图 4 中可看出, 每周进水中的 COD, SS, TP 和 TN 的质量浓度波动较大, COD, TN 和 SS 峰值质量浓度均出现在 12 月份, TP 峰值质量浓度出现在 1 月份. COD, SS, TN 和 TP 峰值质量浓度均出现在冬季. 到了冬季, 居民生活用水量明显降低, 产生的生活污水量也明显减少, 造成晴天时污水管道中污水流量很小, 从而在污水管道中形成沉积物. 重庆冬季处于旱季, 雨量较少, 但一旦有降雨, 由于雨水和污水对污水管道的冲刷作用, 可能导致污水处理厂进水水质中污染物峰值质量浓度的出现. 冬季污水量小, 污染物质量浓度高, 而夏季污水量大, 污染物质量浓度低, 这种水量和水质的波动对污水处理厂的稳定运行和保证一定的处理效果带来一定的困难. 在小城镇污水处理厂的设计和运行中, 必须充分考虑进水量和水质的瞬时波动, 尽量减少或消除其不利的影响.

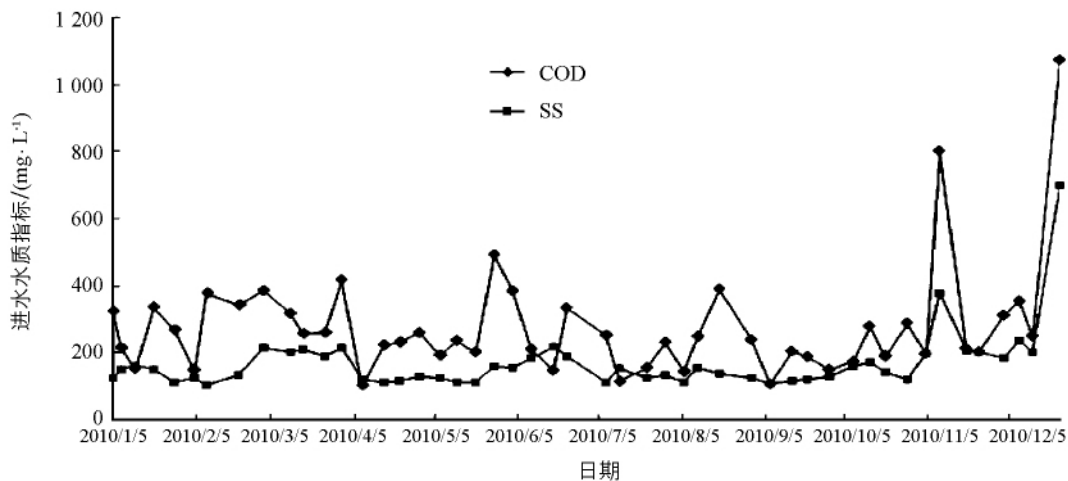


图 3 进水水质指标 COD 和 SS 的周变化规律

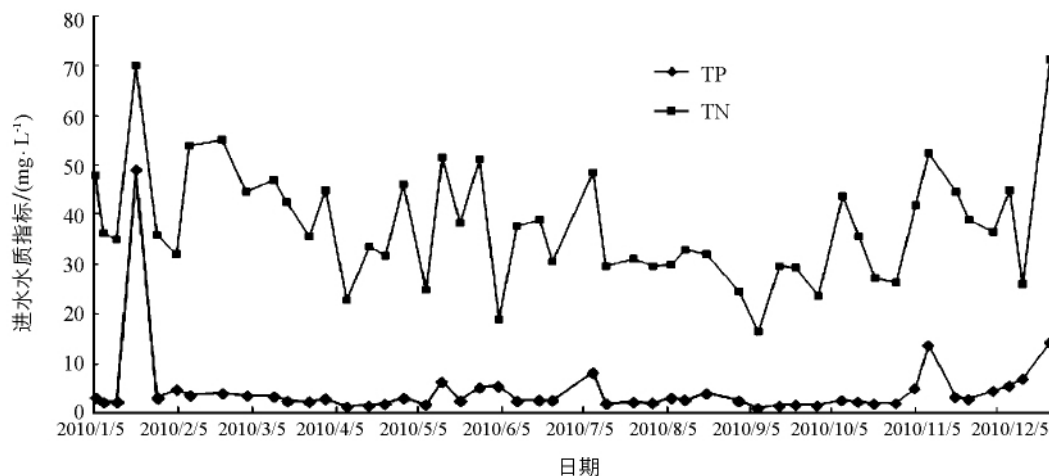


图 4 进水水质指标 TP 和 TN 的周变化规律

2.4 进水水质指标的相关性分析

进水水质指标相关性分析见表 3。从表 3 中可看出, COD-SS 的相关系数最大, 为 0.817。TP-SS 的相关系数最小, 为 0.257。显著性分析如下: 假设显著性水平 $\alpha=0.01$, 自由度 $f=n-2=49-2=47$, 相关系数 γ 的临界值为 0.363。COD-SS 的相关系数为 0.817, COD-TN 的相关系数为 0.613, SS-TN 的相关系数为 0.502, TP-TN 的相关系数为 0.586, 均大于临界值 0.363, 故 SS, TN 与 COD 显著相关, SS, TP 与 TN 显著相关, COD 与 TP 无显著性相关, SS 与 TP 无显著性相关。采用最小二乘法确定线性回归方程。SS, TN 与 COD 的线性回归方程分别为 $y=0.456x+39.36(\gamma=0.817)$, $y=0.043x+25.87(\gamma=0.613)$, SS 与 TN 的线性回归方程为 $y=0.063x+27.35(\gamma=0.502)$, TP 与 TN 的线性回归方程为 $y=0.978x+33.62(\gamma=0.586)$ 。根据相关性分析结果, 只需要测试一个水质指标, 就可以通过水质指标间建立的线性回归方程推算出其他的水质指标, 大大减少了测试次数和工作量, 提高了工作效率。例如: 选择测试进水水质指标 COD, 通过 SS, TN 与 COD 的线性回归方程可以推算出进水中 SS 和 TN 的质量浓度, 再通过 TP 与 TN 的线性回归方程可以推算出进水中 TP 的质量浓度。

表 3 进水水质指标的相关性分析

相关系数(γ)	COD	SS	TP	TN
COD	1.000	0.817	0.356	0.613
SS	—	1.000	0.257	0.502
TP	—	—	1.000	0.586
TN	—	—	—	1.000

注: 显著性水平 $\alpha=0.01$, $n=49$ 。

3 结 论

通过对重庆市某小典型城镇污水处理厂进水水质一年的监测, 结果表明, 进水中 COD, SS, TP 和 TN 的质量浓度范围分别为 103.0~1074.0 mg/L, 101.0~700.0 mg/L, 0.96~49.0 mg/L 和 16.5~71.5 mg/L。每月和每周进水中的 COD, SS, TP 和 TN 的质量浓度波动较大, 峰值质量浓度主要出现在 1~2, 11~12 月份。进水水质指标相关性分析结果表明, SS, TN 与 COD 显著相关, SS, TP 与 TN 显著相关。SS, TN 与 COD 的线性回归方程分别为 $y=0.456x+39.36(\gamma=0.817)$, $y=0.043x+25.87(\gamma=0.613)$, SS 与 TN 的线性回归方程为 $y=0.063x+27.35(\gamma=0.502)$, TP 与 TN 的线性回归方程为 $y=0.978x+33.62(\gamma=0.586)$ 。在小城镇污水处理厂的设计和运行管理中, 必须充分了解进水水质的基本情况, 并考虑进水水质和水量的波动, 尽量减少或消除这种波动带来的不利影响。

参考文献:

- [1] 姜应和, 张发根, 叶舟, 等. 武汉市城市污水水质特征及其处理对策 [J]. 武汉理工大学学报, 2002, 24(5): 29—31, 35.
- [2] 张翔凌, 姜应和, 叶舟, 等. 武汉黄孝河地区城市污水水质特征 [J]. 市政技术, 2007, 25(2): 128—130, 133.
- [3] 胡霞, 傅永胜, 傅强, 等. 拉萨市城市生活污水的水质监测分析 [J]. 环境化学, 2003, 22(6): 627—628.
- [4] 杨小俊, 袁德玉, 关凯, 等. 三峡库区小城镇污水处理厂的设计 [J]. 中国农村水利水电, 2004, (3): 20—22.
- [5] 翟俊, 何强, 陈垚, 等. 重庆奉节公平镇污水处理示范项目工艺设计 [J]. 给水排水, 2007, 33(8): 23—26.
- [6] 郭劲松, 王磊, 方芳, 等. 三峡库区典型移民小城镇给排水现状调查和居民用水情况研究 [J]. 给水排水, 2009, 35(5): 19—23.
- [7] 方芳, 王磊, 郭劲松, 等. 三峡库区典型临江村镇排放污水的水质水量特征分析 [J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(8): 1661—1668.

Analysis of Influent Quality for a Sewage Treatment Plant in a Typical Small Town in Chongqing

WANG Xiao-dan^{1,2}, LONG Teng-rui¹,
DING Wen-chuan¹, GAO Xiang¹

1. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, China;

2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest University 400715, Chongqing, China

Abstract: It is very important to understand the quality of influent for designing, operating and managing sewage treatment plants in small towns. In this study, the influent quality for a sewage treatment plant in Beibei of Chongqing was monitored to investigate the monthly and weekly variations in COD, SS, TP and TN in the influent. The correlation among the above influent quality parameters was analyzed. The results obtained are meaningful for the design, operation and management of sewage treatment plants in small towns.

Key words: Chongqing Municipality; sewage treatment plant in a small town; influent quality

责任编辑 潘春燕