

# 曝气沉砂池 $H_2S$ 排放浓度的时间变化与影响因子

韩彩云<sup>1,2</sup>, 张晶宇<sup>1</sup>, 丁永伟<sup>3</sup>, 陈鹏<sup>4</sup>, 朱强<sup>2</sup>, 席劲瑛<sup>1,2</sup>

(1. 清华大学环境学院 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084; 2. 清华苏州环境创新研究院, 江苏 苏州 215163; 3. 苏州水务集团有限公司, 江苏 苏州 215131; 4. 苏州市排水有限公司, 江苏 苏州 215006)

**摘要:** 为了解污水构筑物中  $H_2S$  排放浓度的时间变化特征与影响因子, 选取恶臭污染较重的8月—10月, 分别于2014年和2015年对苏州某污水处理厂曝气沉砂池内  $H_2S$  浓度进行了实时在线监测(采样间隔为30 s)。结果表明, 污水厂的  $H_2S$  排放浓度波动较大, 具有明显的变化特征, 一天中11:00—14:00、17:00—19:00、22:00—02:00是  $H_2S$  排放的3个高峰期, 05:00—09:00、15:00—16:00是  $H_2S$  排放的低谷期。进一步考察了污水流量、污水中硫化物浓度、pH值和水温的变化对  $H_2S$  排放浓度的影响, 发现  $H_2S$  排放浓度与污水流量( $1\ 180 \sim 2\ 360\ m^3/h$ )、污水中硫化物浓度( $0.36 \sim 0.71\ mg/L$ )和水温( $26.8 \sim 27.1\ ^\circ C$ )呈显著正相关性, 其中污水中硫化物浓度和水温与  $H_2S$  排放浓度的 Pearson 相关系数分别为0.84和0.62。在一天的变化范围内, pH值波动范围( $7.07 \sim 7.23$ )小, 与  $H_2S$  排放浓度未表现出显著的相关性。

**关键词:** 曝气沉砂池;  $H_2S$ ; 时间变化特征; 影响因子

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)07-0074-05

## Temporal Variation Characteristics and Influencing Factors of $H_2S$ Emission Concentration in Aerated Grit Chamber

HAN Cai-yun<sup>1,2</sup>, ZHANG Jing-yu<sup>1</sup>, DING Yong-wei<sup>3</sup>, CHEN Peng<sup>4</sup>, ZHU Qiang<sup>2</sup>, XI Jin-ying<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Research Institute for Environmental Innovation < Suzhou > Tsinghua, Suzhou 215163, China; 3. Suzhou Water Group Company Limited, Suzhou 215131, China; 4. Suzhou Drainage Company Limited, Suzhou 215006, China)

**Abstract:** In order to understand temporal variation characteristics and influencing factors of  $H_2S$  emission concentration in wastewater treatment structures, real-time online monitoring of  $H_2S$  concentration in an aerated grit chamber of a wastewater treatment plant (WWTP) in Suzhou was carried out from August to October with heavy odor pollution in 2014 and 2015 respectively (the sampling interval was 30 s). The  $H_2S$  emission concentration of WWTP fluctuated greatly and had obvious variation characteristics, which was the highest at 11:00–14:00, 17:00–19:00 and 22:00–02:00 and the lowest at 05:00–09:00 and 15:00–16:00 in a day. The effects of wastewater flow rate, sulfide

concentration, pH value and water temperature on  $\text{H}_2\text{S}$  emission concentration were further investigated. The emission concentration of  $\text{H}_2\text{S}$  had significant positive correlations with wastewater flow rate (1 180 – 2 360  $\text{m}^3/\text{h}$ ), sulfide concentration (0.36 – 0.71  $\text{mg/L}$ ) and water temperature (26.8 – 27.1  $^\circ\text{C}$ ). The Pearson correlation coefficients of sulfide concentration and water temperature with  $\text{H}_2\text{S}$  concentration were 0.84 and 0.62, respectively. Within a day, pH value fluctuated within a small range (7.07 – 7.23), showing no significant correlation with  $\text{H}_2\text{S}$  concentration.

**Key words:** aerated grit chamber; hydrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ); temporal variation characteristics; influencing factor

城市污水厂在改善水环境的同时,也带来了诸多环境问题,其中最为典型的就恶臭污染问题<sup>[1-2]</sup>。污水厂中有8类化合物可以产生恶臭,而 $\text{H}_2\text{S}$ 是影响最大的一类<sup>[3-4]</sup>。此外,城市污水厂周边多为居民区、学校等风险敏感区域<sup>[5]</sup>。因此,污水厂的恶臭污染问题已成为人们关注的焦点<sup>[6]</sup>。

近年来,针对污水厂构筑物产生的恶臭气体主要通过加盖<sup>[7]</sup>或采用生物法、吸附法和吸收法等来控制<sup>[1]</sup>。由于污水厂水质条件及恶臭排放规律存在差异性,在选取和设计污水厂除臭方案时,应先掌握污水厂排放恶臭气体的时间变化特征及影响因子<sup>[8]</sup>。曝气沉砂池是污水厂中 $\text{H}_2\text{S}$ 的重要来源<sup>[9]</sup>,其内部 $\text{H}_2\text{S}$ 的变化规律可用来预测其他构筑物内恶臭物质的排放规律。因此,有必要对污水厂中曝气沉砂池内恶臭气体排放特征进行深入研究<sup>[10]</sup>。

本研究选取苏州某污水厂的曝气沉砂池为研究对象,以 $\text{H}_2\text{S}$ 为典型恶臭物质,研究曝气沉砂池中 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度的时间变化特征,并分析其影响因子,以期对污水厂恶臭污染控制提供基础数据。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 污水处理厂概况

苏州某城市污水处理厂一期处理规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,二期处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。污水经泵提升进入格栅、曝气沉砂池进行一级处理,随后进入UNITANK工艺进行二级处理,二级出水经絮凝沉淀、紫外消毒后外排。污泥经浓缩池、储泥池,由带式压滤机脱水后外运。

### 1.2 采样点及采样频率

用风机对曝气沉砂池内部的臭气进行收集,收集气量为 $4\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。由曝气沉砂池前段廊道的电磁流量计显示水量,每1 h记录1次。在曝气沉砂池内部空气中设置 $\text{H}_2\text{S}$ 监测探头,以30 s的时间间隔实时监测 $\text{H}_2\text{S}$ 浓度的变化。此外,在曝气沉砂池

中设置pH值和水温监测探头,每15 min记录1个数值。每1 h取1次水样,检测溶解态硫化物浓度。

### 1.3 监测指标与方法

监测指标有溶解态硫化物浓度、pH值、水温、 $\text{H}_2\text{S}$ 浓度。水中溶解态硫化物浓度采用 $0.45 \mu\text{m}$ 滤膜过滤-亚甲基蓝分光光度法测定。pH值、水温采用Hanna HI 9828多参数水质测量仪监测,其中pH值测量范围为 $0 \sim 14.00$ 、精度为 $\pm 0.02$ ,温度测量范围为 $-5.00 \sim 55.00 \text{ }^\circ\text{C}$ 、精度为 $\pm 0.15 \text{ }^\circ\text{C}$ 。 $\text{H}_2\text{S}$ 浓度采用JAS5- $\text{H}_2\text{S}$ -50及其无线监测系统监测,监测范围为 $0 \sim 100 \text{ mg/m}^3$ 、灵敏度为 $0.01 \text{ mg/m}^3$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 曝气沉砂池中 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度的时间变化特征

选取恶臭污染较重的8月—10月,分别于2014年和2015年对苏州某污水厂曝气沉砂池内的 $\text{H}_2\text{S}$ 浓度进行了实时在线监测(采样间隔为30 s)。 $\text{H}_2\text{S}$ 浓度的时间变化特征见图1。可知,污水厂的 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度波动较大。调研期间 $\text{H}_2\text{S}$ 浓度最大值出现在2014年10月9日17:49:00,为 $13.11 \text{ mg/m}^3$ ,最小值出现在2014年10月10日06:59:00,浓度为 $0.01 \text{ mg/m}^3$ 。席劲瑛等<sup>[9]</sup>的研究结果表明, $\text{H}_2\text{S}$ 主要从污水预处理的后端处理单元(曝气沉砂池)排放,其 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度最高达到 $8.9 \text{ mg/m}^3$ 。

污水厂的 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度具有明显的时间变化特征。从图1可知,一天中11:00—14:00、17:00—19:00、22:00—02:00是 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度的高峰期,05:00—09:00、15:00—16:00是 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度的低谷期。这可能与该污水厂附近居民的生活用水时间相关,且生活用水到污水厂存在一定的时间滞后性。这与王智超等人<sup>[11]</sup>对格栅和曝气沉砂池内 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度的时间变化特征的研究结果相似,他的研究表明,每天11:00—12:00、18:00—19:00时间段

$\text{H}_2\text{S}$  排放浓度较高,而在 04:00—06:00 时间段  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度较低。

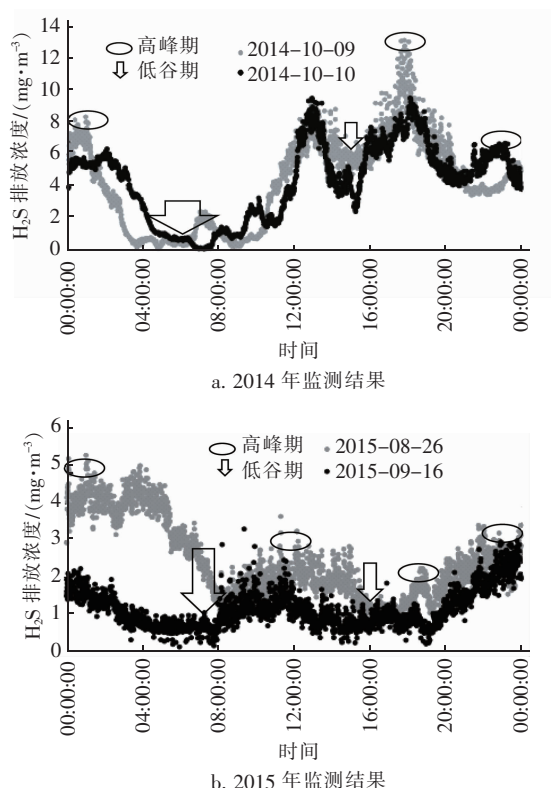


图1  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度的时间变化特征

Fig. 1 Temporal variation characteristics of  $\text{H}_2\text{S}$  emission concentration

## 2.2 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度的影响因子分析

### 2.2.1 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度与污水流量的关系

依据 2015 年 9 月 16 日的监测数据,分析  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与污水流量的关系,结果如图 2 所示。

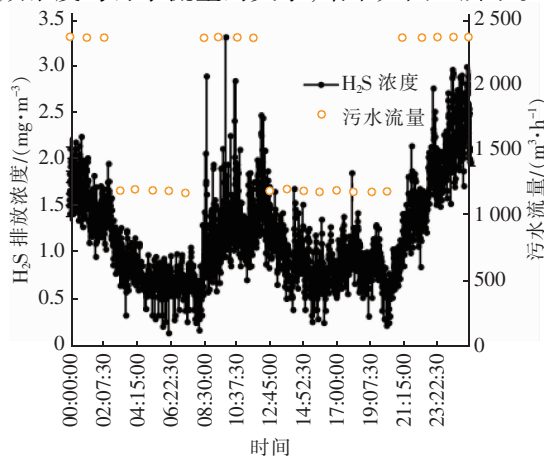


图2  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与污水流量的关系

Fig. 2 Correlation between  $\text{H}_2\text{S}$  emission concentration and wastewater flow rate

由图 2 可以看出,当污水流量为  $1\ 180\ \text{m}^3/\text{h}$  时,  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度范围为  $0.12 \sim 1.84\ \text{mg}/\text{m}^3$ ,当污水流量增至  $2\ 360\ \text{m}^3/\text{h}$  时,  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度范围为  $0.53 \sim 3.3\ \text{mg}/\text{m}^3$ 。  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与污水流量呈正相关性,这可能是因为污水流量增加时,流速增大,增大了污水的搅动,有利于  $\text{H}_2\text{S}$  逸出;反之亦然。

### 2.2.2 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度与污水中硫化物浓度的关系

依据 2015 年 8 月 26 日监测数据,分析  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与污水中硫化物浓度的关系,结果如图 3 所示。可以看出,  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与污水中硫化物浓度有极强的相关性, Pearson 相关系数  $R$  为 0.84,表明污水厂构筑物的  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度受污水中硫化物浓度的影响较大。此外,  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与污水中硫化物浓度呈正相关性,当硫化物浓度降低时,  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度降低;当硫化物浓度升高时,  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度升高。根据气液平衡和电离平衡关系可知,污水中硫化物浓度升高时,水中分子形态的  $\text{H}_2\text{S}$  浓度增加,有利于  $\text{H}_2\text{S}$  的逸出;反之亦然。

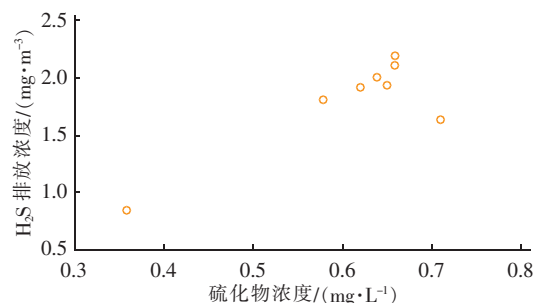


图3  $\text{H}_2\text{S}$  浓度与污水中硫化物浓度的线性相关性

Fig. 3 Correlation between  $\text{H}_2\text{S}$  emission concentration and sulfide concentration in wastewater

### 2.2.3 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度与水温的关系

监测结果表明,  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与水温呈强相关性, Pearson 相关系数  $R$  为 0.62。  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与水温呈正相关性,当水温降低时,  $\text{H}_2\text{S}$  浓度降低,当水温升高时,  $\text{H}_2\text{S}$  浓度升高,这与眭光华等<sup>[12]</sup>的研究结果相似,因此  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度随季节变化呈现夏季高、冬季低的规律。

### 2.2.4 $\text{H}_2\text{S}$ 排放浓度与 pH 值的关系

$\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与 pH 值的 Pearson 相关系数  $R$  为 -0.13,可见  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与 pH 值并无显著相关关系。而有研究表明<sup>[13]</sup>,进水区各处理单元中的  $\text{H}_2\text{S}$  浓度随着污水 pH 值的升高而降低,当污水 pH 值由 6.8 升至 7.2 以上时,曝气沉砂池中的  $\text{H}_2\text{S}$  浓

度从最高值  $115.69 \text{ mg/m}^3$  降至  $1.37 \text{ mg/m}^3$  以下。造成研究结果差异的原因可能是:在不同 pH 值范围内, $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度的变化幅度是不一样的<sup>[13-14]</sup>,在一天变化范围内,pH 值波动范围(7.07 ~ 7.23)很小,与  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度没有表现出明显的相关性。

### 3 结论

① 以天为周期,污水厂的  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度存在显著波动,一天中 11:00—14:00、17:00—19:00、22:00—02:00 是  $\text{H}_2\text{S}$  排放的 3 个高峰期,05:00—09:00、15:00—16:00 是  $\text{H}_2\text{S}$  排放的低谷期。

② 污水流量影响  $\text{H}_2\text{S}$  的排放浓度:当污水流量减少时, $\text{H}_2\text{S}$  浓度降低;当污水流量增加时, $\text{H}_2\text{S}$  浓度升高。

③  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度与污水中硫化物浓度、水温呈显著正相关性,Pearson 相关系数  $R$  分别为 0.84 和 0.62。

④ 在一天变化范围内,pH 值波动范围(7.07 ~ 7.23)很小,与  $\text{H}_2\text{S}$  排放浓度未表现出显著的相关性。

### 参考文献:

- [1] Lewkowska P, Cieslik B M, Dymerski T, *et al.* Characteristics of odors emitted from municipal wastewater treatment plant and methods for their identification and deodorization techniques [J]. *Environmental Research*, 2016, 151: 573 – 586.
- [2] 刘建伟,陈雪威,张波,等. 城市污水厂污泥脱水间除臭工程设计和运行[J]. *中国给水排水*, 2019, 35(8): 91 – 95.  
Liu Jianwei, Chen Xuewei, Zhang Bo, *et al.* Deodorization engineering design and operation of sludge dewatering room in urban sewage treatment plant [J]. *China Water & Wastewater*, 2019, 35(8): 91 – 95 (in Chinese).
- [3] Chen D, Szostak P. Factor analysis of  $\text{H}_2\text{S}$  emission at a wastewater lift station: a case study [J]. *Environmental Monitoring & Assessment*, 2013, 185(4): 3551 – 3560.
- [4] Latos M, Karageorgos P, Kalogerakis N, *et al.* Dispersion of odorous gaseous compounds emitted from wastewater treatment plants [J]. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2011, 215(1): 667 – 677.
- [5] Godoi A F L, Grasel A M, Polezer G, *et al.* Human exposure to hydrogen sulphide concentrations near wastewater treatment plants [J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 610/611: 583 – 590.
- [6] Fisher R M, Le-Minh N, Alvarez-Gaitan J P, *et al.* Emissions of volatile sulfur compounds (VSCs) throughout wastewater biosolids processing [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 616/617: 622 – 631.
- [7] 于方田,宁靓,张东生. 城市污水处理厂含硫恶臭气体的产生与治理[J]. *中国给水排水*, 2012, 28(8): 87 – 90.  
Yu Fangtian, Ning Liang, Zhang Dongsheng. Generation and control of malodorous sulfur gases at wastewater treatment plant [J]. *China Water & Wastewater*, 2012, 28(8): 87 – 90 (in Chinese).
- [8] 林坚,李琳,刘俊新,等. 城市污水厂主要处理单元恶臭及挥发性有机物的逸散[J]. *环境工程学报*, 2016, 10(5): 2329 – 2334.  
Lin Jian, Li Lin, Liu Junxin, *et al.* Odors and volatile organic compounds emission from main processing units of wastewater treatment plant [J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2016, 10(5): 2329 – 2334 (in Chinese).
- [9] 席劲瑛,胡洪营,罗彬,等. 城市污水处理厂主要恶臭源的排放规律研究[J]. *中国给水排水*, 2006, 22(21): 99 – 103.  
Xi Jinying, Hu Hongying, Luo Bin, *et al.* Odorants emission characteristics in a municipal wastewater treatment plant [J]. *China Water & Wastewater*, 2006, 22(21): 99 – 103 (in Chinese).
- [10] 孙池. 城市污水典型处理工艺气态无机硫化物与臭气的排放特征研究[D]. 北京:北京林业大学,2016.  
Sun Chi. Inorganic Sulfide Gaseous and Odor Characteristics of Typical Municipal Wastewater Treatment Plants [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016 (in Chinese).
- [11] 王智超,席劲瑛,程志强,等. 城市污水厂不同时间尺度下恶臭排放特征[J]. *环境科学与技术*, 2014, 34(2): 84 – 88.  
Wang Zhichao, Xi Jinying, Cheng Zhiqiang, *et al.* Emission characteristics of odorants in a municipal wastewater treatment plant under different time scales [J]. *Environmental Science & Technology*, 2014, 34(2): 84 – 88 (in Chinese).
- [12] 睦光华,李建军,孙国萍. 城市污水处理厂恶臭污染源调查与研究[J]. *环境工程学报*, 2008, 2(3): 399 –

(下转第 83 页)