

Research on the Law of Gas Overflow in Sewage Pipe

Shuaijun Yan Long Fan

North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710018, China

Abstract

Through the analysis of the gas overflow law in the sewage pipe, the methane and hydrogen sulfide gas spillage in some sewage pipes in Xi'an city of China were detected, the results showed that the flow rate in the sewage pipe increased, the methane content increased, and the oxygen decreased gradually; when the branch pipe and slope changed, the methane content increased, and the oxygen in the pipe decreased; when there was water drop in the well, the methane content in the upstream decreased and the downstream increased, while the flow rate increased the oxygen content remained unchanged.

Keywords

sewage pipe; harmful gas; turbulent kinetic energy

污水管内气体溢出规律研究

闫帅军 樊龙

中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 中国·陕西 西安 710018

摘要

通过对污水管内气体溢出规律分析, 检测了中国西安市城区部分污水管内甲烷、硫化氢气体溢出量, 结果表明污水管内流速增大, 甲烷含量增加, 氧气逐渐减少; 支管和坡度变化时甲烷含量呈增加趋势, 管内氧气减少; 井内有跌水时上游甲烷含量减少下游增大, 而氧气含量基本不变。

关键词

污水管道; 有害气体; 紊动能

1 引言

随着城镇化快速发展, 城市排水系统带来的管道爆炸事故、人员中毒、恶臭弥漫等现象日趋严重^[1]。对于排水管道的研究主要集中于水力学方面如管道坡度、断面流速、流量设计及优化, 以确保污水有效输送^[2-3]。对排水设施衔接处如新旧管道连接、支管接入、跌水等现象引起成水流的紊动, 引发管内气体溢出水面并集聚在管道净空区域研究鲜见。

利用多气体检测仪对西安市城区部分污水管内 CH₄、H₂S、O₂ 现场检测, 分析了管内气体溢出流动规律, 初步探讨了管内紊动能对管内气体分布的影响, 为污水管内有毒爆炸现象预测提供了参考。

2 管内污水中气体溢出因素分析

厌氧条件下管内产生的有害气体溶于污水中, 在适当的污水流速 0.61~1.07m/s 能有效抑制气体溢出水面, 同时影响

污水中气体释放速率^[4]。污水紊动能过大则会有大量溶解气体溢出。

(1) 新旧管道衔接: 新旧管道衔接处管径变化, 坡度变大等导致水流速改变, 水中悬浮颗粒沉降速率引发淤泥沉积。水流紊动能改变, 溶解气体溢出并释放至管道净空区域向上下游扩散^[5]。

(2) 支管接入: 在街区干道、主干道中有多条支管汇入, 支管汇入后改变管内原有水流流态。另一方面支管汇流量随居民生活规律有关, 在排水高峰期流量大、流速快, 对干管内淤泥冲击严重, 大量悬浮物缓慢沉积在管底。

(3) 坡度变化: 污水管道顺坡布置, 地形坡度变化较大区域难免需要改变管径、坡度, 减小水流速。当管道坡度变小时溶解气体溢出速率减缓, 坡度变大时溶解气体溢出速率将增大。

(4) 检查井内跌水: 穿越地下障碍物时采用跌水并连

接管道, 跌落水流冲击井底搅动底部沉积淤泥, 推动污水管内气体流通速率, 进而影响管内气体释放速率。

3 实验与结果讨论

参照《城镇排水设施气体的检测方法》(CJ/T307-2009)规定的各种气体检测办法, 利用气体检测仪对西安市部分污水检查井内 CH₄、H₂S、O₂ 现场检测。CH₄ 检测位置为检查井垂直高度自上而下的五分之四处, H₂S 与 O₂ 为二分之一处, 管道设计坡度、流量、流速等参考相关设计资料。

3.1 流速变化对管内气体分布影响

在新旧管道衔接处, 两支不同管径汇入新管道如图 1 所示, 2[#]、3[#] 井内水流汇流后经 1[#] 井; 2[#] 井下游管道设计流速 1.15m/s, 流量为 58.74L/s; 3[#] 井下游管道设计流速为 1.15 m/s, 设计流量为 52.31 L/s; 1[#] 井上游管道设计流速为 0.86 m/s, 设计流量为 101.05 L/s。井内甲烷与氧气分布如图 2 所示。

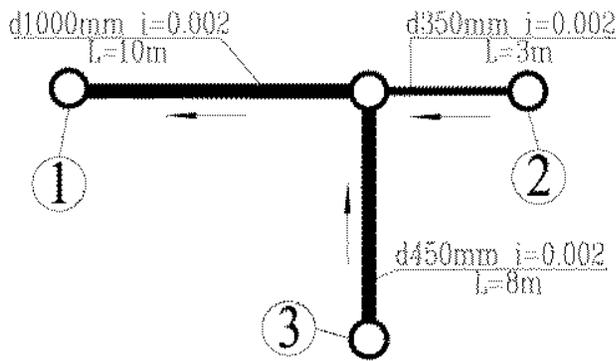


图1 检测位置示意图

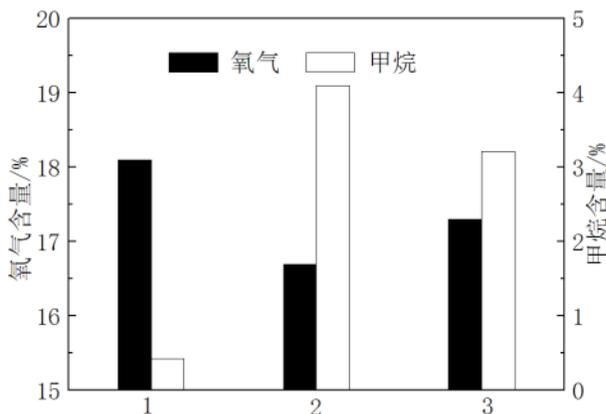


图2 流速对管内气体分布影响

从图中看出, 旧管道相连检查井 2[#]、3[#] 井上下游管道设

计流速较大, 井内甲烷含量分别为 19.21、18.16%vol, 远高于甲烷爆炸上限 15.6% vol, 在下游 1[#] 井内甲烷含量相对较低约为 15.40% vol; 在上游 2[#]、3[#] 井内氧气含量较低, 均低于最低安全浓度 19.5% vol 且在所有井内均未检测出硫化氢气体。

上游 2[#]、3[#] 井连接管内污水流速较大, 管内水流紊动导致溶解气体逐渐溢出水体, 而在下游管内污水流速较小, 溶解气体不易溢出, 同时管内流速较小, 水流表层拖拽力对气体牵引作用较弱, 因此在下游 1[#] 井内甲烷浓度较低。

3.2 支管汇流对管内气体分布影响

测试管段全长 204 m, 相邻检查井间隔 51 m, 管道坡度 $i=0.0015$, 沿水流方向 1~5[#] 井如图 3 所示。其中 3[#] 井有支管汇流, 流量为 30.16 L/s, 1[#]、2[#] 管段流量为 153.6 L/s。井内气体分布如图 4 所示。

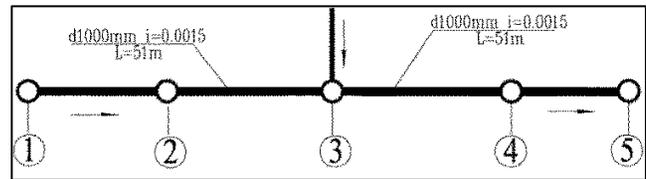


图3 检测位置示意图

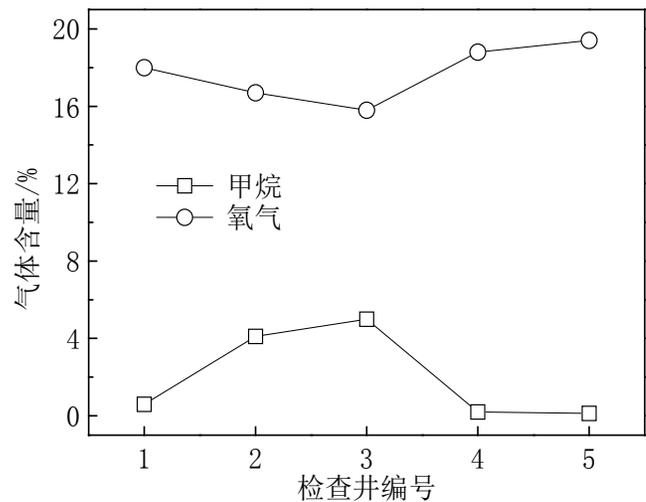


图4 支管汇流对井内气体分布影响

结果表明: 其中在 3[#] 井内甲烷浓度达到 5% vol, 在 3[#] 井上下游井内均未发现甲烷气体超过爆炸下限, 并呈递减的趋势; 在上游井内甲烷含量递减趋势相对

较慢, 而在下游井内甲烷含量变最低约为 0.2% vol; 在 3[#] 井内氧气含量最低为 15.9% vol, 尤其在下游 5[#] 井内氧气含量约为 20.1% vol。调查表明在 3[#] 井内检测出硫化氢气体约为 2.5 ppm。由于污水表层拖拽力影响管内净空区域气体随

水流向上下游缓慢扩散,因此在上下游检查井内甲烷含量呈递减趋势。

污水管道内有害气体的产生与多种因素有关,而已产生气体在管道内主要受水流表层拖拽力影响,在检查井内大流量汇入对上下游管道内气体流通有一定的推动作用,上游管内气体向下游流动,可能在汇流井内出现气体集聚现象。

3.3 坡度变化对管内气体分布的影响

全长 270 m, 相邻检查井间距为 54m 的连续五个井,如图 5 所示。其中 3# 井上游管道坡度 0.001, 下游坡度为 0.0015, 上下游道直径分别为 $d=1000$ 、 $d=1200$ mm, 设计流速为 1.29m/s 设计流量为 442.82L/s。

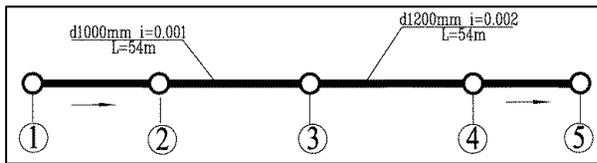


图 5 检测位置示意图

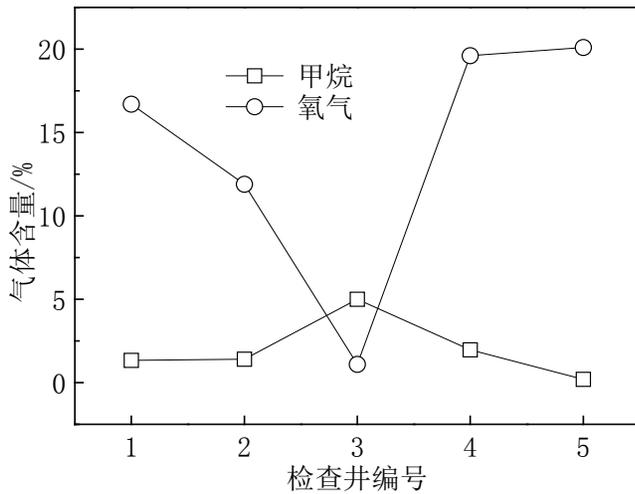


图 6 坡度对管道内气体分布影响

如图 6 所示, 结果表明: 在 3# 井内甲烷含量最高且超过 5%vol, 而在上下游井内甲烷含量呈递减趋势, 尤其在下游 5# 井内甲烷含量降低至 0.2% vol; 在 3# 井内氧气含量最

少约为 1.2% vol, 在上下游井内氧气含量均较高且呈递增趋势, 尤其在下游 5# 井内氧气含量约为 20.1% vol。管道坡度变化, 管径变化对管内水流流态有一定影响, 而在变化区域由于污水表层拖拽力的改变, 导致净空区域气体流通情况改变, 在变化区域气体极有可能集聚, 引发爆炸现象发生。调查表明在 3# 井内检测出硫化氢气体, 约为 2.5 ppm。因此, 在实际中管道坡度变化影响井内气体的流通, 同时对管道底

部沉淀物堆积有一定影响。

3.4 井内跌水对管内气体分布影响

管长 220m, 居民区周边管径 400mm, 坡度 0.002, 设计流量 28.16L/S, 跌水井深 5.5m, 跌水高度 2.5m, 跌水流量 14.12 L/S, 流速 1.09m/s。其中 3# 井为跌水井, 井内气体分布如图 7 所示。

从图中看出: 起始井内氧气含量为 13.6%vol, 沿水流方向逐渐增加, 在 3# 井下游井内氧气含量基本不变, 末端井内氧气含量约为 20.04%vol。在 3# 井上游井内甲烷含量逐渐增加, 起始井内甲烷含量约为 0.34%vol, 而在 3# 井下游井内甲烷含量缓慢增加, 末端井内甲烷含量约为 0.13%vol。在所有井内均未检测出硫化氢气体。由于井内跌落水流冲击底部垫层, 导致底部淤泥层堆积微弱, 水流急速, 部分溶解气体释放后随水流向下游扩散。另一方面, 井内跌落水流扰动井内气体由检查井盖边缘缝隙及开启孔溢出, 因此在跌水井内甲烷浓度较低。

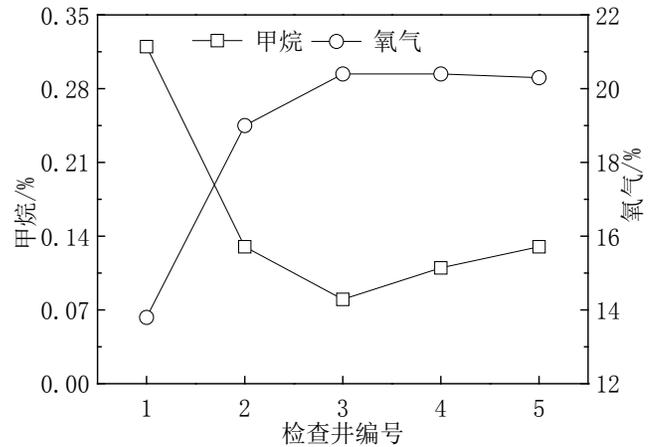


图 7 跌水现象对井内气体分布影响

4 结语

通过对污水管内气体溢出规律分析, 对污水管内 CH_4 、 H_2S 、 O_2 现场检测发现: 污水管道内溶解气体释放与多种因素有关, 具体结论如下。

(1) 在新旧管道衔接处管内流速聚变, 上下游管内污水流速分别为 1.15、0.86 m/s, 甲烷浓度分别为 19.20%、15.41%vol, 管内内氧气分别为 16.9%、18.9%vol; 管内流速越大污水紊动越剧烈, 溶解气体从水中溢出量越多。

(2) 在全长为 204m, 中间有 30.6L/s 流量汇入时, 汇流井内甲烷含量超过爆炸下限 (5%vol) 上下游管内甲烷含量

呈递减趋势, 汇流井内氧气为 15.9%vol, 上下游井内氧气呈递增趋势。汇流污水流速变化频繁, 井内淤泥沉积严重加之侧入水流加速管内污水流动, 因此溶解气体溢出量较大。

(3) 在长 240m 上下游管道坡度分别为 0.001、0.0015, 坡度变化井内甲烷达 5%vol, 上下游管内甲烷呈递减趋势, 井内氧气含量最低约为 1.2%vol, 上下游井内氧气含量呈递增趋势。坡度变化影响井内污水流速, 导致井内淤泥沉积严重, 厌氧条件下有害气体产生量较大并随水流向上下游扩散。

参考文献

- [1] Melcer. H, Tam. P, Corsi, R. L. (1997) Ventilation Rate and its Impact on Estimating VOC Emissions in Collection Systems. Proceedings of the Water Environment Federation Specialty Conference on Control of Odors and VOC Emissions[J]. Water Environment Federation Houston,1997(04):20 - 23.
- [2] 栾春桥. 城市污水管道系统设计流量的确定 [J]. 科技创业家,2013(08):191.
- [3] 吕英勇. 分流制排水管道设计中的问题和解决方案 [J]. 中国市政工程,2013(01):40-42.
- [4] 周青, 杨华, 周敏, 等. 复杂环境下大口径市政排水管道的设计和施工 [J]. 中国给水排水,2012(20):020.
- [5] 陈卫, 宋佩娣, 郑兴灿, 等. 污水系统中导致硫化氢中毒的影响因素与控制措施 [J]. 给水排水,2006(01):15-19.