

污水检查井盖调研及其预留孔对井内气体组分影响

刘艳涛, 卢金锁, 闫帅军

(西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 检查井盖预留小孔是污水管道与外界进行气体交换的重要通道。对比分析国内外关于检查井盖的相关规范及其在工程实践中的应用,虽然都规定在污水井盖上设置通气孔,但我国工程实践中几乎不在污水检查井盖上设置通气孔,而仅仅预留开启孔。对西安市污水检查井盖现状进行调查,发现井盖上的开启孔极易堵塞,堵塞率超过70%。对检查井内气体组分24 h的检测结果显示,开启孔虽然有一定的通气作用,但极为有限。将开启孔完全堵塞,断绝管道内、外气体的交换,对堵塞后井内的气体组分进行检测,发现管道内 O_2 不断被消耗,有害气体 CH_4 不断积累,最终对管道的安全运行和维护造成威胁。

关键词: 污水检查井盖; 开启孔; 通气; 堵塞率

中图分类号: TU961 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)03-0097-05

Survey on Sewage Manhole Cover and Impact of Its Reserved Holes on Gas Components in Manhole

LIU Yan-tao, LU Jin-suo, YAN Shuai-jun

(School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: The reserved holes of manhole cover are the important channel for gas exchange of sewage pipeline with the outside. The domestic and international standards on the manhole cover and its application in engineering practice were compared and analyzed. It was found that both standards require that the vent should be set in sewage manhole cover, but the vent was almost not set in sewage manhole cover in engineering practice of China, only opening holes reserved. The survey on the status of sewage manhole covers in Xi'an found that the opening holes were easy to be blocked, with the blockage rate of over 70%. The 24-hour test results of the gas in the manhole showed that the opening holes had some ventilation effect, but it was very limited. The opening holes were completely blocked, and the channel of gas exchange was cut off to detect the gas components in the blocked manhole. The results showed that the O_2 in the pipeline was consumed continuously, the harmful gas CH_4 was accumulated continuously, which posed a threat to the safety operation and maintenance of pipelines.

Key words: sewage manhole cover; opening hole; ventilation; blockage rate

基金项目: 西部绿色建筑国家重点实验室培育基地开放研究基金资助项目(LSKF201703); 国家科技支撑计划课题(2013BAJ10B08)

通信作者: 卢金锁 E-mail: lujinsuo@163.com

污水管道内通常处于厌氧状态,污水中的有机物很容易被厌氧微生物利用,产生有毒有害气体 CH_4 、 H_2S 、 CO 等^[1],这是造成近年来我国城市污水管道中毒、爆炸事故频发的主要原因,给市民的生命财产安全造成了严重威胁,已引起了社会的高度关注。研究表明,通过检查井向污水管道中通入氧气能够有效控制 H_2S 和 CH_4 的产生^[2,3]。

检查井是污水管道系统中连接、检修和维护管路以及确保管路安全运行的关键构筑物,同时也是管道与外界接触的主要场所^[4]。当管内污水牵引上部空间气体移动至检查井时,部分气体会从检查井盖上预留的小孔逸出或将外界新鲜空气吸入^[5]。因此,检查井盖上预留的小孔成了管道内气体与外界交换的主要通道,尤其对于分流制污水管道来说。目前,关于污水检查井盖预留孔在管道通气方面的研究非常鲜见,为了探明污水检查井盖预留小孔的现状,以及预留孔对井内气体分布的影响,笔者进行了一定的调查研究和试验,希望对今后排水管网系统的设计及安全运行管理提供一定的参考。

1 污水检查井盖预留孔现状

1.1 国内外相关规范

当前国际上普遍采用欧洲检查井盖现行标准《车用及行人用区域下水道盖板和人孔盖板设计要求、类型试验、标记、质量控制》(EN 124),参考欧洲标准,我国于2009年颁布了《检查井盖》(GB/T 23858—2009)作为现行标准。基于两个标准并参考国内一些地方标准,污水检查井盖上的预留小孔主要包括:

① 通气孔

欧洲标准建议污水检查井盖设置用于通气的通气孔,并规定:当井盖直径 ≤ 600 mm时,通气孔最小面积为井盖面积的5%;当井盖直径 > 600 mm时,通气孔的最小面积为 140 cm^2 。

② 开启孔

污水检查井盖上设有便于井盖开启和安装的开启孔,通常是一个或两个直径为30 mm左右的圆孔。

③ 防反涌泄水孔

北京市地方标准规定污水检查井盖上应设置防反涌泄水孔,并规定:当井盖直径 ≤ 700 mm时,最大泄水孔面积为井盖面积的5%;当井盖直径 > 700 mm时,最大泄水孔面积为 140 cm^2 。

1.2 检查井通气孔在实际工程中的应用

我国现行检查井盖标准在检查井盖设通气孔方面沿用欧洲标准,建议在井盖上设专用通气孔,但在实际工程中并没有应用,而国外街区时常会发现这样的检查井。图1为国外街区常见的下水道井盖。



图1 国外街区上的污水检查井

Fig. 1 Sewage manhole covers abroad

设有专用通气孔的检查井盖,通气孔通常是直径为30 mm左右的圆孔,井盖上一般有15~20个预留小孔用于通气。在污水检查井盖上设置专用通气孔有以下好处:①可以避免井盖小孔被全部堵塞,保持管道内部与大气连通,平衡管道内、外气压,有利于保持污水运输的通畅;②使管道内气体与外界有一定的交换,一方面使 CH_4 、 H_2S 等有害气体由通气孔排出,另一方面外界空气能及时进入管道补充管道内氧气的损失;③通气孔可用于防反涌泄水,保证大水量时污水管道安全运行。

现阶段我国所采用的污水检查井盖通常只预留开启孔,工程中常见的污水检查井盖见图2。



图2 国内主要检查井盖种类

Fig. 2 Manhole covers in China

① 钢纤维混凝土井盖

钢纤维混凝土井盖种类众多,井盖一般为圆形,表层预留便于工人开启和安装的开启孔,小孔面积一般为井盖面积的 $1/1\,000 \sim 1/500$,广泛应用于城市建设中。

② 传统的球墨铸铁井盖

传统的球墨铸铁井盖开启方便,壁薄,承载能力强。井盖表面预留开启孔,形状一般为旋转钥匙型。长轴尺寸: $D=40\text{ mm}$, $R=4\text{ mm}$;中心圆: $R=8\text{ mm}$ 。大小约为井盖面积的 $1/1\,000$ 。

③ 防沉降球墨铸铁井盖

这是一种新型的检查井盖,主要应用在市政干道、主干道下的区域。井座与井盖接触面有垫圈,垫圈一端固定,另一端预留开启插口,插口一般为 $20\text{ mm}\times 8\text{ mm}$ 的矩形,同时垫圈上预设开启孔。

对比国外污水检查井盖,我国在选用污水检查井盖时几乎不考虑其通气作用。这样,一方面外界新鲜空气很难进入管道,管道内长时间处于厌氧环境,给有害气体的产生提供了有利条件;另一方面产生的有害气体不能及时排出管道,在管道内大量积累,这可能是引起我国污水管道中毒、爆炸事故频发的重要原因之一。

2 西安市检查井盖开启孔状态的调查

对西安市污水检查井盖开启孔的状况进行随机调研,调研过程中,混凝土型井盖和传统的铸铁井盖通常有两个开启孔,开启孔部分堵塞时则认为其全部堵塞。防沉降球墨铸铁型井盖开启孔复杂,且大小不一,主开启孔大且位置固定,两个侧开启孔面积小,若侧开启孔有一个堵塞则认为全部堵塞,主开启孔部分堵塞则认为全部堵塞。

本次共调研了西安市主城区2 238个污水检查井盖,包括混凝土型井盖962个、防沉降球墨铸铁型井盖716个、传统的球墨铸铁型井盖560个,井盖开启孔堵塞状态的调查分析结果如图3所示。

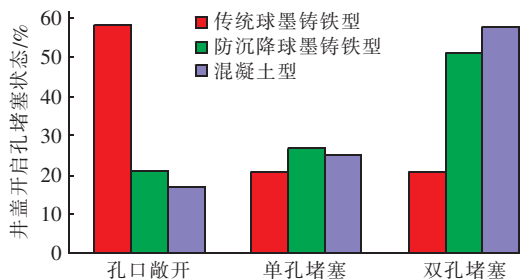


图3 不同类型井盖开启孔堵塞情况

Fig. 3 Blocking condition of different types of manhole cover's opening holes

在随机调查的污水井盖中孔口敞开、单孔堵塞、双孔堵塞的比例分别为28.5%、24.7%、46.8%,开启孔的堵塞率超过70%。混凝土型、防沉降球墨铸铁型、传统球墨铸铁型开启孔敞开率依次增加,传统球墨铸铁型井盖敞开率达58.2%,但在实际应用中所占的比例却相对最少。单孔堵塞率则是三者相近。在实际中应用最多的混凝土型井盖,开启孔被完全堵塞的情况最为严重,堵塞率接近

60%,而应用较少的传统球墨铸铁型井盖的开启孔堵塞率不到25%。

分析原因,混凝土型井盖质量大、壁厚,井盖开启孔较深且表面粗糙,因此,落叶、泥土、粉尘等极易堆积直至完全堵塞。而防沉降球墨铸铁井盖结构特殊,主开启孔通常为矩形且在开启孔底部有嵌入式胶条,底部台阶式入口容易沉积地面粉尘、沙土等杂物,另一方面,此类井盖主要应用在市政干道、主干道上,在道路施工过程中,施工人员操作不规范,时常将沥青路面残留物等堵塞井盖开启孔。传统球墨铸铁型井盖壁薄,开启孔形状通常为“腰子型”,孔内不易沉积树叶、泥土等小的杂物,在调查中发现其堵塞物主要是绒絮状花瓣残留物、大颗粒的石子及一些粘稠物等较大的物体。

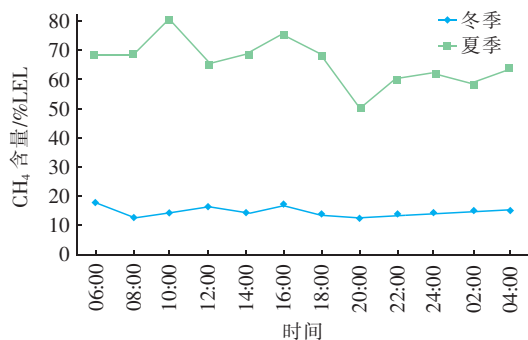
另外,在调查中还发现,新建城区周边检查井开启孔敞开数量要多于旧城区,同时其检查井开启孔被完全堵塞的概率也相对较大,主要是因为新建城区多为新设置的检查井盖,敞开数量多,而周边施工的残留垃圾以及街边商贩经营不规范等原因极易引起开启孔的堵塞。非机动车道上检查井盖开启孔的完全敞开率和完全堵塞率均高于机动车道,其主要原因可归咎于非机动车道检查井盖被开启的概率和接触堵塞物的概率均相对较高。

污水井盖开启孔堵塞对下水道的安全运行极为不利,一方面造成管道内气压不稳,使管道中污水的输送受到阻碍,另一方面管道中产生的有害气体不能及时排出,在管道中积累而带来很大的安全隐患。因此,应采取措施对检查井盖进行维护,有关人员需定期对检查井盖进行检查,对堵塞的开启孔进行疏通。另外,有关部门应该规范对环卫工的管理,避免在进行街道清扫时地面垃圾对开启孔的堵塞。

3 开启孔敞开时井内气体随时间的变化

按照《城镇排水设施气体的检测方法》(CJ/T 307—2009)规定的各气体采样的垂直高度,确定 O_2 、 H_2S 的检测位置在检查井污水液面至井口的1/2处, CH_4 的检测位置则在4/5处。

选定某一市政干管上的检查井,在开启孔完全敞开的状态下,采用气体检测仪对检查井内 CH_4 、 H_2S 进行检测,检测时间为冬季和夏季两个时间段的早上6:00至次日凌晨4:00,每2 h检测一次。检测过程中 H_2S 很少被检出, CH_4 的检测结果如图4所示(LEL是指甲烷爆炸下限)。

图4 CH₄含量在24 h内的变化Fig. 4 Change of CH₄ content with 24 hours

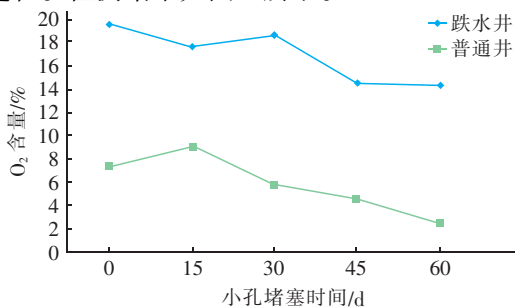
由图4可以得出,夏季温度较高,有利于甲烷的生成,井内甲烷浓度明显高于冬季。在用水高峰时段(8:00、12:00、20:00)井内甲烷含量相对较低,这是由于在用水高峰时段管道内较大的水量有利于气体与外界的交流,一方面外界空气进入管道,井内氧气含量较高而有利于甲烷的生成,另一方面甲烷也可通过开启孔释放到外界,含量降低。一天当中井内甲烷含量有一定的波动,说明开启孔有一定的通气作用,但井内甲烷含量并没有有效降低,表明开启孔在气体交换方面的作用非常有限。

4 开启孔堵塞对井内气体的影响

将井盖开启孔用橡皮泥完全堵塞,现场检测堵塞一定时间后检查井内 O₂、CH₄ 和 H₂S 的含量,分析其变化。

4.1 堵塞后井内O₂的变化

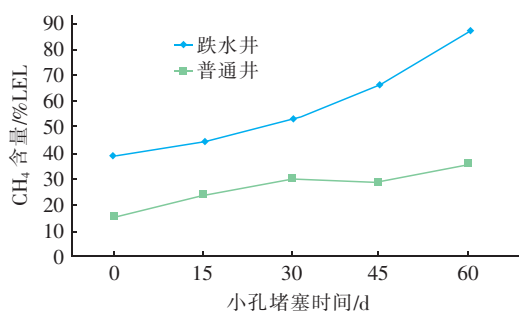
采用便携式氧气检测仪对检查井中 O₂ 进行检测,试验中选取同一市政主干上的一个普通类型的检查井和一个跌水井进行检测,跌水井在普通检查井的下游。检测时间为8月—10月,检测期间有降雨过程。检测结果如图5所示。

图5 O₂含量随开启孔堵塞时间的变化Fig. 5 Change of O₂ content with blocked time of opening holes

从图5可以得出,在两种常见检查井内,随着井盖小孔堵塞时间的增加,井内 O₂ 含量呈明显降低趋势。随着氧气含量的降低,管道内逐渐呈现厌氧状态,这给有害气体(CH₄、H₂S)的产生创造了有利条件。与普通检查井相比,跌水井内氧气含量明显较高,主要是因为跌水造成井内水流流态的急剧变化,能夹带周围空气进入检查井,使井内氧气含量升高。

4.2 堵塞后井内CH₄的变化

采用气体检测仪对检查井内 CH₄、H₂S 进行检测,检测时段为第二年5月—7月。在检测时间段内 H₂S 气体偶尔会被检出,但含量较少,未达到危险值。CH₄ 的检测结果如图6所示。

图6 CH₄含量随开启孔堵塞时间的变化Fig. 6 Change of CH₄ content with blocked time of opening holes

检测结果表明,随着小孔堵塞时间的增加,检查井内 CH₄ 含量不断升高。在检测后期 CH₄ 含量均超过爆炸下限危险报警值 25% LEL,在跌水井中甚至达到了 87% LEL,几乎达到 CH₄ 爆炸下限值。跌水井中 CH₄ 含量明显高于普通检查井,其原因是跌水造成的水力扰动能使污水中产生的 CH₄ 更容易释放到气体空间中,另外,跌水井在下游,上游产生的 CH₄ 在水流拖拽力的作用下会逐渐向下游积累,从而使跌水井中甲烷含量较高。

在温度较高的5月—10月,由于管道内微生物活性较高,对净空区域中 O₂ 的消耗量大,当检查井开启孔堵塞时,管道内、外气体交换被隔绝,消耗的 O₂ 得不到及时补充,管道系统中 O₂ 含量迅速降低,一段时间以后管道内就处于缺氧状态,这为 CH₄、H₂S 等的产生和积累创造了有利条件,在检测阶段末期井内 CH₄ 含量均超过爆炸下限危险控制值。

另外,1月—3月的检测结果显示,开启孔堵塞对井内气体组分的影响并不明显,在堵塞周期内井内 O₂ 量基本不变,维持在 19% 左右, H₂S 未被检

出,CH₄含量也未超过高危险报警值。这是因为气温相对较低的冬季管道内生物活性较弱,对氧气的消耗量少,管道内氧组分含量较高,不利于CH₄和H₂S的产生和积累。

由试验结果可以看出,开启孔无论是堵塞还是开启,在温度较高的夏季,污水管道中有害气体的浓度都处于一个较高的水平,这表明我国现有污水管道系统存在较大的安全隐患,建议在今后的工程中应加强对设有通气孔的检查井盖的应用。参考国外现行标准和工程实例,结合我国现状,在对设专用通气孔的检查井盖的应用过程中,可以参考欧洲此类检查井铸造标准,将现有部分检查井盖更换为设有通气孔的球墨铸铁井盖。

5 结论

① 污水井盖的开启孔极易被堵塞,在随机调查的2 238个污水检查井盖中开启孔的堵塞率超过了70%,西安市运用较多的混凝土型和防沉降球墨铸铁型井盖的堵塞率达到80%以上。

② 对检查井内气体组分的24 h检测结果表明,检查井的开启孔有一定的通气作用,但极为有限,在夏季管道仍处于较危险的状态,建议在今后的设计和施工中应加强对设有通气孔的检查井盖的应用。

③ 当开启孔被堵塞后,污水管道与外界进行气体交换的途径被阻断,随着堵塞时间的增加,管道内O₂不断被微生物消耗,逐渐形成厌氧环境,CH₄等有害气体不断积累,一段时间后管道内CH₄含量超过爆炸下限危险报警值(25% LEL),对管道的安全运行和管理造成威胁。

参考文献:

- [1] Hvitved-Jacobsen T. Sewer Systems and Processes[M]. Florida: CRC Press, 2002.
- [2] Gutierrez O, Mohanakrishnan J, Sharma K R, et al. Evaluation of oxygen injection as a means of controlling sulfide production in a sewer system[J]. Water Res, 2008, 42(17): 4549-4561.
- [3] 许小冰, 王怡, 王社平, 等. 城市排水管道中有害气体控制的国内外研究现状[J]. 中国给水排水, 2012, 28(14): 18-21.
- [4] 方德琼. 山地城市污水管道中有害气体的检测及分布规律研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.
- [5] Edwini-Bonsu S, Steffler P M. Air flow in sanitary sewer conduits due to wastewater drag: a computational fluid dynamics approach[J]. J Environ Eng Sci, 2004, 3(5): 331-342.



作者简介:刘艳涛(1990-),男,河南洛阳人,硕士研究生,从事污水管网有害气体的控制研究。

E-mail: liuyantao200909409@163.com

收稿日期:2016-07-12

保护河流生态,维护河流的健康生命