

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.22.003

广东省《城镇地下污水处理设施通风与臭气处理技术标准》的编制思路

刘承东

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘 要: 对正在编制的广东省标准《城镇地下污水处理设施通风与臭气处理技术标准》主要内容进行了介绍,包括压差控制、设置缓冲间、臭气风量、气流组织、主要恶臭污染物室内外排放指标、防烟排烟设计等方面的规定,以及最基本的节能措施等。该标准考虑了地下污水处理厂现状与发展趋势,从工艺、建筑、风、水、电等方面做好对恶臭污染源的监测、控制与臭气处理,避免不同区域之间臭气的扩散。该标准在地下污水处理设施内外部空气环境控制效果方面做出了目前我国现有标准规范中最严格的规定,体现了对地下污水处理厂的臭气处理只有在设计、建设、运营等各个环节全过程中严密控制才能满足要求的编制思路与特点。

关键词: 地下污水处理设施; 通风; 臭气处理; 压差控制; 气流组织; 防烟排烟; 节能

中图分类号: TU992 文献标识码: A 文章编号: 1000-4602(2020)22-0013-06

Thoughts of Compiling Guangdong Technical Standard for Underground Municipal Wastewater Treatment Plant Ventilating & Odor Controlling System

LIU Cheng-dong

(Guangzhou Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510060, China)

Abstract: The main contents of Guangdong Technical Standard for Underground Municipal Wastewater Treatment Plant Ventilating & Odor Controlling System being compiled is introduced, including the differential pressure control, buffer room setting, odor air volume, air diffusion, indoor and outdoor emission indexes of main odor pollutants, smoke control and exhaust design, as well as basic energy saving measures, etc. This standard takes into account the current situation and development trend of underground wastewater treatment plants, and does a good job in monitoring, controlling and treating odor pollution sources from the aspects of technology, architecture, ventilating, water and electricity, so as to avoid the diffusion of odor between different areas. The standard has made the most stringent provisions in the existing standards and specifications in China in terms of the control effect of internal and external air environment of underground sewage treatment facilities, which reflects the compilation ideas and characteristics that only by strict control in the whole process of design, construction and operation can it meet the requirements of odor treatment of underground sewage treatment plants.

Key words: underground municipal wastewater treatment plant; ventilating; odor controlling system; differential pressure control; air diffusion; smoke management; energy saving

自2010年6月国内第一座全地下污水处理厂——广州市京溪净水厂投产以来,我国已先后建成投产了约100座地下污水处理厂,“十二五”期间我国地下污水处理厂为29座,处理水量为 $319 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,到了“十三五”期间(2016年1月—2019年2月),地下污水处理厂已增至70座,处理水量超过 $700 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,地下污水处理厂将成为今后大型、超大型城市污水处理厂建设的重要方式和发展趋势。然而,截至2018年底,国内一直没有专门针对地下污水处理厂设计、建设和运营阶段的规范,其中遇到的突出问题就是该类污水处理厂地下空间的空气品质如何控制没有设计依据,相关消防问题更不能在现有的设计防火规范中直接找到答案,给设计、各级审查、工程验收工作带来较大争议和困扰。

结合广州市市政工程设计研究总院有限公司(简称广州市政院)在地下污水处理厂通风除臭系统近10年、近20座地下污水处理厂的设计经验,以及对多座已建成运行的省内外地下污水处理厂通风除臭系统多年跟踪研究的成果,广州市政院于2019年获批作为主编单位编制了广东省《城镇地下污水处理设施通风与臭气处理技术标准》(简称本标准),目前已完成了正式审查工作,提交了报批稿。

1 臭气源密闭收集与压差控制

地下污水处理厂与地面式最大的不同在于地下空间相对密闭,污水处理过程中产生的大量有害有毒污染物如不能得到有效收集与处理,并送入足够的新风量,则这些污染物将不断富集,对工作人员乃至设备正常运行带来极大危害,即使进行了机械通风,如果不能对污染源保持有效密闭、及时收集并处理污染物的话,地下空间的空气环境仍将处于失控状态,对工作人员的身心健康带来较大损害,不能满足国家有关劳动卫生、职业健康方面的规定,甚至不满足有关工作场所化学污染物接触限值方面的规定,因此,为防止臭气在地下空间内的扩散,阻断因气流、浓度差发生的传质现象,本标准规定对地下污水处理设施内各臭气源应采取密闭隔离、负压抽吸、集中处理等措施。

本标准对于各类格栅、砂水分离器、栅渣装运区、膜池、生物反应池的密闭加盖加罩,预处理区和生化区工艺设备的各类检修盖板以及各工艺阀门、砂水分离器等设备露出在操作车间内部分与楼板处缝隙设置要求进行了详细的规定;对于出渣口、板框

压滤机等污泥干化脱水设备建议采用透明钢化玻璃密闭罩。

为防止臭气污染物从臭气源区域进入非臭气源区域、从高浓度区域进入低浓度区域,本标准规定了各区域间根据臭气源的分布和臭气浓度的高低必须保持一定的压力梯度(高浓度臭气相对于低浓度区、低浓度区相对于无臭气源区应分别均保持不小于10 Pa的负压),以抑制因浓度差带来的污染物扩散,使地下空间各功能区间维持一定的压差来有效避免和降低相互污染。

首次提出设置缓冲间,目的是为了隔断地下污水处理设施中臭气浓度较高的预处理区和泥区与其他区域直接连通,同时向缓冲间送入离子风以加强隔断效果。

对于地下污水处理厂的脱水机房、干化车间等操作空间,由于紧邻高浓度臭气源,即使采取了一定的密闭和负压控制法,仍难以完全避免有少量的臭气泄漏和积聚,加之广东省大部分属于冬暖夏热地区、北部为夏热冬冷地区,夏季室外为高温高湿环境,而地下车间由于绝大部分均为水池,即使加盖密闭,通过各种缝隙、孔洞及结构壁面散发到空间中的湿气仍使得地下空间的相对湿度略大于室外环境空气相对湿度,其通风系统不能有效消除室内的湿负荷,造成地下空间环境即使在满足臭气设计标准情况下,仍感觉闷臭。本标准提出在有条件时,可以考虑采用冷风降温方式实现进一步控制臭气扩散和改善工作环境的目的。在广州市政院完成的相关研究成果^[1-2]中也证明,当控制室内温度在20℃时效果明显:在15~20℃条件下,温度升高, H_2S 和 NH_3 浓度降低,20~35℃条件下,温度升高, H_2S 和 NH_3 浓度升高,即在20℃能够使脱水机房内的 H_2S 和 NH_3 浓度最低。在工程实施上应结合实际条件,通过技术经济比较来确定合理的降温幅度。

2 通风及除臭系统主要技术参数

地下污水处理设施各构筑物臭气源产生的臭气应及时排除,臭气流量的计算标准及方法是在总结广东省及北京、上海、昆明、郑州、温州、太原等城市地下污水处理厂的实际运行情况,并充分了解和分析了地下污水处理厂各构筑物污水处理工艺特点,在有效控制地下污水处理厂臭气、保证地下人员巡视和操作空间空气品质要求的基础上制定的。制定时在根据现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气

调节设计规范》(GB 50019—2015)相关规定的基础上,结合了主要编制单位开展的《地埋式污水处理厂通风除臭系统关键技术研究》主要研究结论,通过仿真模拟^[1]与现场实测相结合,并经第三方检测验证的方式予以确定。通过仿真模拟得到了 H₂S 和 NH₃ 逸散浓度与雷诺数(Re)自然对数关系,显示臭气浓度与换气次数并非线性关系,随着雷诺数的增加,室内 NH₃ 和 H₂S 的浓度将减小,也就是增加室内气流扰动或者提高换气风量可减小恶臭浓度,

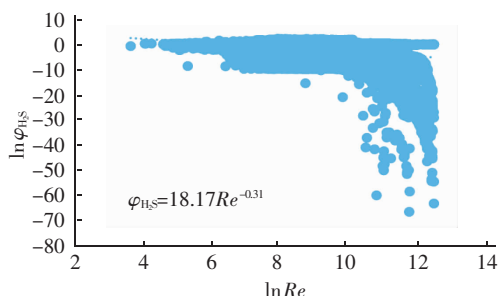
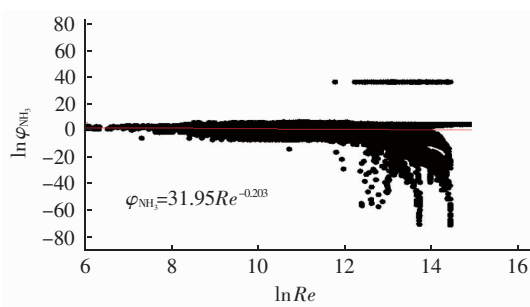
但即使提高至 10 倍雷诺数,NH₃ 和 H₂S 的浓度仅减少了 37% ~ 57%,效果很不明显,说明仅采取通风不能有效控制其逸散^[2]。因此,本标准在臭气风量规定中对污水池上方大空间首次提出采用送入 70% 臭气排除风量的离子新风的负压控制方式。换气次数的选取还综合考虑臭气消除效果、投资及节能运行方面的因素。

地下污水处理设施臭气风量指标如表 1 所示,仿真模拟结果如图 1、2 所示。

表 1 地下污水处理设施臭气风量

Tab. 1 Odor flow rate of underground sewage treatment plant

区域	空间	换气次数/ (次·h ⁻¹)	单位水面积 通风指标/ (m ³ ·m ⁻² ·h ⁻¹)	臭气排风量/ (m ³ ·h ⁻¹)	空间离子送风量/(m ³ ·h ⁻¹)	
预处理区、 污水泵站	进水池、格栅池、旋流沉砂池、 膜格栅等池内空间①	2	10	换气次数 + 单位 水面风量计算 + 110% 曝气风量③	—	
	粗格栅间、提升泵房、细格栅间、膜格 栅间、沉砂池等操作间,垃圾存放间	6(12)	—		70% 排风量	
	格栅罩②	8	—		—	
	各类格栅、砂水分离器及出渣口 密闭罩②	10	—		—	
初雨区	高效初雨沉淀池内空间	1	3		—	
生化区	缺氧池和厌氧池内空间	2	3		—	
	生化池、好氧池内空间	4	—		—	
膜区	膜池内空间	4	—		④	
二沉池	二沉池内空间	2	3			
深度 处理区	生物滤池内空间	4	—		—	
	V 型滤池间	1	—		—	
	高效沉淀池内空间	2	3		—	
污泥区	污泥浓缩池、储泥池	2	3	—	—	
	脱水机房污泥料仓	6	—		按换气次数 + 脱 水机、干化机尾气 ⑤	70% 排风量
	污泥浓缩池操作间、污泥输送泵间	8	—			
	脱水机房	6(12)	—			
	装泥间	12	—			
	脱水机、干化机密闭罩③	10 ~ 12	—			
	污泥干化间⑥	4 ~ 8(12)	—	按排除余热风量 和计算除臭风量 的大值选取		
	PAM 加药间	2	—	按换气次数	自然补风或 80% 排风量	
池内空间	1 ~ 2	—	70% 排风量			
	附属砂水分离间、打包间	4 ~ 6	—			
注: ①各处理池均按密闭加盖后的池内水面以上空间计算其换气次数。②各臭气源密闭罩应尽量靠近罩内设备或装置,并满足其正常运行、巡检、维修、保养所需空间要求。③是否设有曝气及其风量大小由污水处理工艺设计计算确定。④膜池、二沉池加盖后池内空间除臭收集系统的补风宜由其上部操作空间新风系统提供。⑤脱水机、干化机尾气处理量根据具体的脱水、干化工艺确定。⑥污泥干化间换气次数的确定与建筑空间高度有关,高度 >6 m 时,可取小值,高度 <6 m 时,宜按上限取值。括号内数值为事故通风时的最小排风换气次数。						

图1 $\ln \varphi_{\text{H}_2\text{S}}$ 与 $\ln Re$ 的线性关系Fig. 1 Line relation between $\ln \varphi_{\text{H}_2\text{S}}$ with $\ln Re$ 图2 $\ln \varphi_{\text{NH}_3}$ 与 $\ln Re$ 的线性关系Fig. 2 Line relation between $\ln \varphi_{\text{NH}_3}$ with $\ln Re$

3 气流组织

本标准是国内首次对地下污水处理厂不同区域的通风及除臭系统提出气流组织方面的规定,要求预处理区、生化区、泥区等人员操作检修空间的气流组织设计应避免通风死角。这是因为气流组织设计不当可能导致某些局部空间臭气积聚,对操作检修人员造成伤害。

不同区域的气流组织应根据其特点有针对性地进行设计和优化,气流组织设计主要包括送风气流组织和臭气收集(排风)气流组织,要特别重视并做好臭气收集气流组织设计。

以预处理区为例,应重点组织的臭气收集包括:对粗、细格栅以及出渣口用密闭罩进行密封,通过支风管引入密闭罩内进行臭气收集;通过支风管引入泵池、格栅池、沉砂池等池体进行臭气收集。

预处理区和泥区气流组织的另一重要组成部分就是通过离子送风系统进行的补风,要求将经过离子发生器处理后的新风送至人员操作检修空间,采用水平风管上送风口和垂直风管下送风相结合的立体送风形式。下送的垂直风管宜根据建筑内空间具体情况采用圆形或矩形风管,沿墙或柱垂直安装,宜设计在人员行走通道和操作检修区域。水平风管上送风口宜设计在工艺设备安装区域,不影响工艺设

备检修。

预处理区、生化区和泥区检修、巡视空间还可利用柱、墙布置工业用壁挂式风扇,尤其在检修口和排风较弱处加强大空间气流扰动,减少气流死角,改善操作检修环境。

4 主要恶臭污染物室内外排放指标

本标准不同于国内其他标准的显著特征是首次将通风及除臭系统应实现的环境控制效果纳入其中,并且该标准结合我国进入新时代,建设美丽中国,尤其是国家设立粤港澳大湾区之后,对环境方面的要求显著提高的背景,对主要臭气浓度限值和恶臭特征污染物的浓度限值进行了规定,相关指标在国内处于领先水平,也是结合广州市近年来来地下污水处理厂的建设标准来确定的。

本标准将周界(厂界)臭气浓度限值按工业区和非工业区分别控制不超过20、10,高于国家标准的均为不超过20;其恶臭特征污染物的浓度限值相比现行20~30年前颁布的国家标准均有较大幅度提高,这也是考虑到目前采用地下污水处理厂的区域均属于城市高速发展区,周边靠近居民区,对于恶臭污染物零容忍的现状决定的。

5 防烟排烟设计

本标准明确了地下污水处理厂各水池上方操作空间的火灾危险等级为戊类,其布置的各种污水处理工艺设施常温下均为不燃烧物质,对于部分采用燃气锅炉进行污泥干化的地下厂房,其锅炉房属于丁类生产厂房,燃气调压间属于甲类生产厂房,但通常锅炉房面积不大于其所在层建筑面积的5%,根据现行《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014, 2018年版)相关规定,地下污水处理厂整体的火灾危险等级可按低火灾危险等级确定。

根据地下污水处理厂的特点和运行管理要求,其各生物池、二沉池及污泥处理设施操作间等区域无可燃物,其防火分区的划分与《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014, 2018年版)相关条文一致,以减少不必要的疏散楼梯,有利于地面景观及其开发利用。而上述区域下方的池内空间在污水处理过程中产生大量的 CO_2 气体(经实测,气体浓度最高可达到33 393 mg/m^3),属于灭火气体;同时,地下污水处理厂各区域正常运行时无人经常停留,仅在巡视期间有人,通常每2 h安排2~5名工作人员开展巡视、取水样等工作,考虑到地下污水处理厂空间

高度较高、空间内无可燃物以及工作人员对地下空间包括避难走道、疏散楼梯等设置情况非常熟悉,可不设置排烟系统。

对于地下污水处理厂内仅用于运送污泥及垃圾的地下车道,本标准提出可不设置排烟系统。这是因为地下污水处理厂地下车行通道的车辆数量及频率均不同于普通的地下停车场,大部分时间没有车辆停留,很少出现会车及追踪驾驶情况,驾驶人员熟悉工作环境,火灾危险性极低,如设置机械排烟及补风管道占用了较多地下管线空间,必然要提高土建投资,造成不必要的浪费。

广州近年新建的地下污水处理厂在污水池上方操作层等大空间均不考虑设置排烟设施,不划分防烟分区,获得了《建筑设计防火规范》规范管理组的认可,见公津建字[2011](28号文《关于“关于请求指导‘地下污水处理厂消防设计问题’的函”的复函》。

6 设备与材料

在本标准中专门对主要设备和材料提出规定,这也是首次,目的是体现全过程控制的理念,主要针对生物除臭设备、离子除臭设备进行了规定,做到在满足功能的基础上实现节能、安全、稳定运行,并且针对在实际实施过程中容易出现的将风机柔性短管作为变径管的做法做出了禁止的规定,以保证系统稳定运行。

7 节能

污水处理属于能耗密集型行业,地下污水处理厂的能耗叠加了地下空间通风系统的能耗,比地面污水处理厂能耗更高,因此有必要对此做出规定,在设备选型时应使风机的工作点位于风机经济工作区内,风机应与系统“流量(Q)—压力(H)”特性匹配。即在风机最高全压效率的90%对应的两个工况的流量值范围内;同时注意风机的工作稳定性,应使工作点位于 $H-Q$ 曲线最高点的右侧下降段。

8 建设与运营管理

8.1 建设基本要求

施工单位应严格按设计文件要求施工,保证臭气收集系统施工质量。臭气收集系统施工质量对整个除臭系统效果具有关键作用。目前从多个已建成的地下污水处理设施项目来看,臭气收集点的密闭性能差和管线漏风率大是比较突出的问题。

臭气收集点密闭性能不好,一是会导致臭气收

集短路,臭气收集系统未收集到高浓度臭气;二是臭气未被有效收集,通过各种孔隙散逸到大空间,污染大空间环境。臭气收集系统一般都处在负压段,且安装在大空间内,管线漏风率大意味着从收集口收集到的风量减少,严重时可能出现臭气收集点臭气散发量大于臭气收集量而在局部形成正压,进而扩散到大空间。施工单位应严格按设计文件要求的措施以及相关规范进行施工,保证臭气收集系统施工质量。

8.2 运行管理基本要求

与地面污水处理厂相关技术标准不同的是,本标准规定地下污水处理厂投入试运行前,应进行安全生产评估,评估合格方可投入试运行。为确保安全生产安全进行,地下污水处理厂建成投产前,落实安全生产设施投入是否符合要求,需要委托具备相关资质的机构进行安全生产评估。

本标准规定应确保地下污水处理设施内所有通风除臭系统按设计要求连续运行,当现场情况发生变化时,应经授权方可进行必要调整,并保证甲烷、 H_2S 和 NH_3 等有毒有害气体浓度在线监测设备的正常运行,对臭气浓度进行定期检测。

本标准规定操作人员进入密闭空间进行检修维护前,应强制通风换气,测试安全后方可进入,作业时须连续通风,并有专业人员旁站。为确保操作人员的生命安全,操作人员在每次进入密闭空间作业前,都要求先测试密闭空间内有有毒有害气体浓度达到安全标准后,做好安全保护措施方可进入。

9 结语

由于地下污水处理设施处于全封闭状态,与周边环境协调性强,可节约土地资源,特别适合在土地资源高度紧张、环境要求高的地区建设,符合资源节约、人与自然和谐发展的科学发展观要求。广州市政院设计的广州京溪地下净水厂、石井净水厂项目中采用全地下生态型污水处理厂模式,有机融合城市“三旧”改造、景观提升与环保设施建设功能,依不同处理工艺在整体上可以节约30%~50%的建设用地,使厂区绿化率达到50%以上的做法得到了广东省领导的高度赞赏,并提出在珠三角地区推广。

本标准正是在这种形势下,为进一步总结经验,统一认识,提高设计、建设及运维水平,并更好地指导广东省发展地下污水处理厂事业而编制的。本标准采用全面控制、全过程控制及关键点控制理念,考

考虑地下污水处理厂现状与发展趋势,借鉴了医疗手术室净化技术相关综合措施,从工艺、建筑、风、水、电等方面做好对恶臭污染源的监测、控制与臭气处理,避免不同区域之间臭气的扩散,该做法已在新建的地下污泥干化车间中应用,设置送离子风的正压缓冲室与其他区域连接,使地下污水处理厂内部的工作环境以及厂界周边环境均受控,为城市可持续发展打下良好基础。

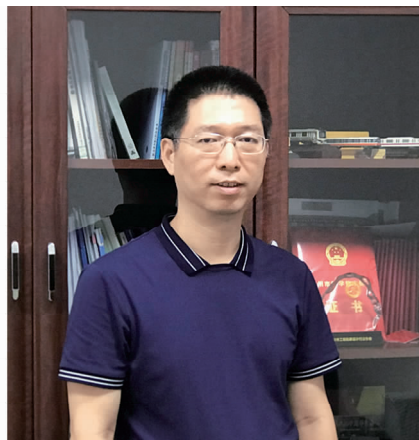
本标准在地下污水处理设施内外部空气环境控制效果方面做出了目前我国现有标准规范中最严格的规定,体现了对地下污水处理厂的臭气处理只有在设计、建设、运营等各个环节全过程中严密控制才能满足要求的编制思路与特点。

参考文献:

- [1] 刘承东,杨鹏,刘雪峰,等. 地下污水处理厂恶臭污染物空间分布特性仿真分析[J]. 制冷与空调,2017,17(1):79-87.
Liu Chengdong, Yang Peng, Liu Xuefeng, et al. Simulation analysis on odor dissipation and distribution characteristics of underground sewage treatment plant [J]. Refrigeration and Air-Conditioning, 2017, 17(1): 79-87 (in Chinese).
- [2] 杨鹏,刘雪峰,门玉葵,等. 多因素对地下污水处理厂

H_2S 与 NH_3 浓度的影响[J]. 土木建筑与环境工程, 2018,40(5):124-132.

Yang Peng, Liu Xuefeng, Men Yukui, et al. Effect of multi-factor on H_2S and NH_3 concentration in underground wastewater treatment plants[J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2018, 40(5):124-132 (in Chinese).



作者简介:刘承东(1968-),男,江苏如皋人,硕士,教授级高级工程师,研发中心主任,总院副总工程师,从事市政工程暖通空调及臭气处理设计与研究工作。

E-mail:940298418@qq.com

收稿日期:2020-10-05

加强湖泊管理保护

改善湖泊生态环境

维护湖泊健康生命