

地下污水处理厂除臭工程设计问题探讨

林培真¹, 宋旭^{2,3}, 祝雅杰^{2,3}, 陈志平¹, 郑理慎^{2,3}

(1. 广州中洲环保科技有限公司, 广东 广州 510000; 2. 广东省南方环保生物科技有限公司, 广东 广州 510000; 3. 广东省工业有机废气及恶臭控制工程技术研究中心, 广东 广州 510000)

摘要: 针对地下污水处理厂通风和建筑结构的特殊性,结合工程经验及新颁布的《城镇污水处理厂臭气处理技术规程》(CJJ/T 243—2016),对地下污水处理厂除臭工程设计进行总结。地下污水厂除臭应遵循全面收集、分区收集、就近处理、除臭通风合理分工密切配合的设计原则。在沉砂池和周边传动浓缩池采用加罩方式时,应通过合理设计加罩将臭气限定在最小范围内,提高收集效果,降低能耗;结合地下污水厂多立柱且层高受限的结构特点,对地下污水厂风管布置和除臭装置形式进行优化设计;对《城镇污水处理厂臭气处理技术规程》(CJJ/T 243—2016)未明确的构筑物臭气量计算方法提出了补充建议,为设计提供参考。

关键词: 地下污水处理厂; 臭气收集系统; 除臭工程设计

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)16-0050-05

Discussion on Deodorization Project Design of Underground Wastewater Treatment Plant

LIN Pei-zhen¹, SONG Xu^{2,3}, ZHU Ya-jie^{2,3}, CHEN Zhi-ping¹, ZHENG Li-shen^{2,3}

(1. Guangzhou Middleland Environmental Protection Technology Co. Ltd., Guangzhou 510000, China;
2. Guangdong Nanfang Environmental Protection Bio-Technology Co. Ltd., Guangzhou 510000, China;
3. Guangdong Industrial Organic Waste Gas and Odor Control Engineering Technology Research Center, Guangzhou 510000, China)

Abstract: With regard to the characteristic in ventilation and architectural structure of the underground wastewater treatment plants, the underground wastewater treatment plant deodorization project design was summarized according to the project experience and the newly issued specification named *Technical Specification for Odor Control of Municipal Wastewater Treatment Plant* (CJJ/T 243-2016). The design process should take basis on the following principles: comprehensive collection, sub-regional collection, on-site processing, combination of ventilation and deodorization. Particularly, when the sand settling tank and the peripheral drive condensing tank adopt the cover, the odor should be limited to the minimum range by reasonable design of the cover, so as to improve the collection effect and reduce the energy consumption. Combined with the structural characteristics of multiple columns and limited height of underground wastewater treatment plant, the air pipe arrangement and deodorization device form of un-

derground wastewater treatment plant were optimally designed. Moreover, several supplementary suggestions were put forward on the calculation methods of odor gas emissions for some structures, which were not clarified in *Technical Specification for Odor Control of Municipal Wastewater Treatment Plant* (CJJ/T 243-2016).

Key words: underground wastewater treatment plant; odor collection system; design of deodorization system

地下污水处理厂选址多靠近市区,因此,其通风除臭要求比地上污水处理厂更高。目前地下污水处理厂除臭通风设计以下问题较为突出:①由于相对密闭,厂区恶臭气体不易扩散,传统地上污水处理厂的臭气收集和处理方法已无法满足要求;②国内已投入运行的各地下污水处理厂臭气收集系统设计差异颇大,未形成统一标准;③部分地下污水处理厂在设计之初并未将除臭系统纳入设计范围内,导致在后期设计局限较多,无法达到理想的除臭效果;④目前部分正在运行的地下污水处理厂已出现局部臭气外逸扩散的现象,虽持续整改,但除臭效果仍不太理想。对于以上问题,其根本原因在于目前我国尚无地下污水厂除臭工程的相关设计规范。笔者在分析总结多个地下污水处理厂除臭系统实践经验的基础上,探讨其解决方法,为今后的设计提供参考。

1 收集系统

1.1 收集范围、加罩方式、风管布置建议

① 全面收集

由于地下污水处理厂一般采用箱体结构,其空间密闭性的特点决定了臭气将在其产生区域大量富集并沿浓度梯度向周围缓慢扩散,且无法像地上污水处理厂一样通过自然通风迁移和稀释,若对臭源密封收集不到位,将导致厂区操作环境十分恶劣。因此,对于臭源的收集一定要考虑全面,特别注意易忽视的臭源点,如粗/细格栅排渣口、垃圾小车、砂水分离器及其卸渣口、浮渣池排渣口、膜格栅渣清洗压榨机出口等。北京某地下污水处理厂由于设计时未将上述臭源点纳入收集范围,导致此部分臭气外逸扩散,严重影响整个预处理车间除臭效果,后经改造,车间环境得到很大改善。

② 分区收集、就近处理

由于处理工艺、水质不同,地下污水处理厂不同工艺段的臭气产生情况及产生量不同。根据各工艺段臭气浓度大小,可初步分为高浓度、中浓度和低浓度区域。其中,高浓度区域包括预处理工艺段、污泥

处理工艺段及生化区的厌氧池,中浓度区域包括好氧池、MBR池,低浓度区域指进行臭气集中收集后的脱水机房等区域。针对不同浓度的臭源,一般采用分区收集、就近处理的模式。分区收集可将臭气按浓度高低分别汇总至不同处理装置,有利于针对性选择处理工艺和调整工艺参数,方便实现工艺优选。就近处理可避免收集风管过长导致管道阻力损失过大,从而造成收集效果不佳、能耗高的问题,此外,收集风管的管损平衡的调节也将更加简便。

③ 除臭、通风合理分工、密切配合

除臭和通风的有机结合在地下污水处理厂非常重要,在设计时就应该综合考虑。首先,对高浓度臭源,应先进行密封加罩,将臭气逸散区域限定在较小范围,然后除臭风管应重点收集加罩空间内的高浓度臭气。罩外车间的换气应在通风系统设计时进行考虑。相比于对整个空间进行臭气收集,该设计思路将收集范围缩小,在维持较高换气次数的同时,总臭气风量反而减少,此时风机功率和除臭装置尺寸均变小,节能节地。另外,将臭气局限在小范围内收集,可维持较高的换气次数,收集效果更好,恶臭不易扩散至车间,减少了对车间大环境的污染。

根据工程经验,需进行密封加罩重点收集的臭源主要有:预处理区(粗/细格栅卸渣口、栅渣小车、沉砂池、砂水分离器、初沉池)、生化区(厌氧池、缺氧池、好氧池、膜池,其中好氧池和膜池臭气浓度较低,换气次数可适当减少)、泥区(污泥浓缩池、储泥池、脱水设备、脱水污泥输送及储存设备),其余空间可由通风系统整体换气。

④ 加罩方式优化建议

加罩的原则:在不影响运行操作的情况下,尽量使臭气源在最小范围内进行封闭和收集,不宜让臭气扩散稀释后再收集,这样不仅可以减少臭气总量,而且可以获得更好的外部工作环境。因此,对于地下污水处理厂构筑物及设备加罩的建议如下:

a. 对于水解酸化池、生化池厌/缺氧区,首推混

凝土顶板形式。在污水处理厂设计阶段就将污水处理构筑物设计成混凝土顶板形式,与常规拱形盖板加罩对比,可节约 50% 左右的收集空间,显著减小收集气量。此外,这部分的臭气处理设备可就近摆放在池顶,不增加额外占地,还可减少风管长度,经济美观。

b. 对于旋流沉砂池,可考虑预制玻璃钢拱形盖板或 PC 耐力板加罩密封,这两种材料耐腐蚀性强,安装方便,受力性能好。对于采用行走式吸砂机的曝气沉砂池,由于吸砂桥高出池面 2~3 m,不建议在沉砂池上修建高于吸砂桥的密封房,因为该方案将导致收集空间剧增。建议将沉砂池设计成混凝土顶板,只预留吸砂机行走轨道,对行走轨道采用柔性密封。该密封形式在确保不妨碍吸砂机行走的同时保证较高的密封性,大大减小收集空间(见图 1)。



图 1 某曝气沉砂池密封加罩

Fig. 1 Adding cover of aerated sand settling tank

c. 初沉池、污泥浓缩池,若池径较小,可采用玻璃钢盖板或 PC 耐力板紧贴池顶加罩;若池径很大,则推荐采用反吊膜加罩。反吊膜加罩形式根据刮吸砂机运行方式不同可分为两种^[1]。若刮吸泥机为中心传动式,采用固定式反吊膜加罩。若刮吸泥机为周边传动式,按传统做法需先在工作桥外侧做一圈高于工作桥的围挡,然后以围挡顶端为基础再用反吊膜加盖,该方式无形中增大了收集风量,且耗费材料更多,增大了池体的承重负担。推荐采用随动式反吊膜加罩,比传统围挡+固定式膜加罩更贴近池面,收集范围更小,结构更轻。

d. MBR 池密封加罩需考虑膜组件的吊出、更换和清洗。推荐采用可拆卸式加罩,如采用拱形盖板加罩密封,应在满足密封罩受力的情况下尽可能降低罩体高度,避免罩体过高影响膜组件的转运过程。

e. 粗格栅、细格栅、栅渣小车、砂水分离器,非密闭的污泥脱水设备(如带式脱水机、板框脱水机)、污泥输送过程存在泄漏可能性的部位(如污泥脱水

设备出泥口、螺旋输送机进出料口、皮带输送机),以及无法采用混凝土盖板的构筑物(如浮渣池排渣口),可采用“透明 PC 耐力板+不锈钢骨架”加罩形式,既满足受力、耐腐蚀及美观要求,又方便观察密封罩内设备运行情况。需要注意的是,加罩时应预留必要的设备操作空间。出于方便操作和节约加罩材料成本考虑,可将并排安装的几台设备(如粗、细格栅,脱水机等)统一加罩。

f. 建议在设备选型时就将除臭设计纳入考虑。如细格栅机可采用孔板式格栅机,整机密闭,防止臭气外逸;沉砂池刮砂设备可优先考虑安装后不露出池面的刮砂设备,方便对构筑物密封加罩,如链板式刮砂机等;污泥储存设备建议采用污泥料仓等密封除臭装置,少用污泥料斗、污泥堆场等敞开的储泥设备或方式。

1.2 收集气量及换气次数建议

除臭系统的总风量由构筑物臭气收集量、设备臭气收集量及收集系统渗入风量几部分组成。其中,构筑物臭气收集量与构筑物所在工艺段、散发臭气的水面面积、臭气空间体积等有关;设备臭气收集量与设备种类、密封程度、密闭空间体积等方面有关。地下污水处理厂由于发展时间较短,缺乏除臭相关技术规范等指导性文件,导致臭气量设计值的随意性较大,不同项目气量计算存在很大差异。如北方某地下污水处理厂规模为 $32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计总除臭气量达 $57 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$,平均每万吨污水设计除臭气量为 $1.78 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$;南方某地下污水处理厂,污水处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计总除臭气量为 $11 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$,平均每万吨污水设计除臭气量仅为 $1.10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 。这两处地下污水处理厂主体工艺均为 MBR 法,除臭效果均达标,但单位污水的设计除臭气量却相差 61.8%,由此可见,不合理的收集设计将导致不小的资源、能源浪费,更有甚者,除臭效果还得不到保障。

现行《城镇污水处理厂臭气处理技术规程》(CJJ/T 243—2016)中对除臭风量作出的规定如下^[2]:

① 进水水泵吸水井或沉砂池的臭气风量可按单位水面面积臭气风量指标 $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算,并可增加 1~2 次/h 的空间换气量;

② 初沉池或浓缩池等构筑物臭气风量可按单位水面面积臭气风量指标 $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算,并可

增加1~2次/h的空间换气量;

③ 曝气处理构筑物臭气风量可按曝气量的110%计算;

④ 半封口设备臭气风量可按机盖内换气次数8次/h和机盖开口处抽气流速0.6 m/s两种计算结果的较小者取值。

通过上述介绍,不难发现该规程还有值得完善的地方。第一,对需除臭构筑物列举不全,如格栅渠、配水配泥井、生化池厌、缺氧段、储泥池、污泥脱水机房等均未表明如何计算除臭气量。第二,对吸水井等构筑物可增加1~2次/h的空间换气量,由于吸水井(即进水泵房)等水面空间很高,1次空间换气的气量差距对总气量影响很大。另外,不同的加罩设计形式,对同一构筑物的臭气量设计也会产生很大的影响。对于上述第一点,建议参考工艺段相近,臭气浓度较类似的构筑物气量计算方法进行,如格栅渠可参考进水水泵吸水井气量计算,配水配泥井、生化池厌、缺氧段、储泥池可参考沉砂池、浓缩池气量计算。对于脱水机房,由于重点收集后致臭物质不会外逸,工人操作环境将大大改善,建议进行重点收集后由通风系统考虑换气即可。对于上述第二点,原则上只要收集气量大于臭气产生量,确保吸水井内微负压臭气不外逸即可,考虑到地下污水处理厂特殊性,建议按2次/h的空间换气量考虑。

1.3 风管布置优化建议

针对地下污水厂箱体结构中设有立柱网的特点,风管可沿顶板、立柱敷设,既方便固定又避免对其他设备运行及维护造成干扰;对于地下污水处理厂常用的MBR工艺,风管的布置还要考虑膜清洗的便利性(见图2)。另外,出于安全考虑,风管与除臭风机,排风管和通风井之间一般需设置防火阀。

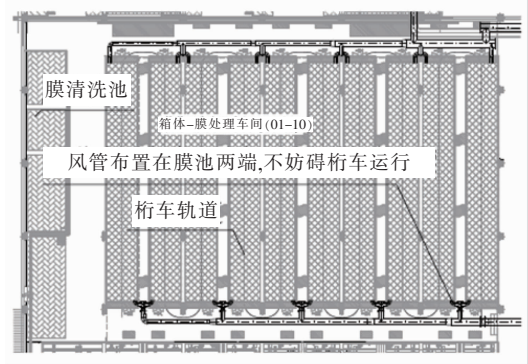


图2 某MBR池风管平面布置图

Fig. 2 Plane layout of MBR tank air duct

2 处理系统

2.1 针对性选择处理工艺和工艺参数

① 除臭工艺优选生物滤池

目前市政污水处理厂常用的除臭工艺有生物滤池、生物土壤除臭、紫外-光催化、高能离子风、低温等离子体、植物液喷淋、活性炭吸附、化学洗涤等,其中以生物滤池最为常用。经验表明:生物滤池具有运行成本低、除臭效果好、无二次污染、维护简便等优点,是地下污水处理厂除臭工艺的首选,而活性炭吸附、紫外-光催化、高能离子风等可作为辅助工艺用于末端处理提标,或作为通风系统的辅助设施来改善人员操作环境等。

② 针对不同区域选用不同工艺参数

如前所述,针对不同浓度的臭源,一般采用就近分区收集并处理的模式。根据《城镇污水处理厂臭气处理技术规程》(CJJ/T 243—2016),污水处理厂生物除臭主要工艺参数如下:

a. 空塔停留时间不宜小于15 s。严寒和寒冷地区宜根据进气温度情况延长空塔停留时间。

b. 空塔气速不宜大于300 m/h。

多个地下污水处理厂除臭系统设计和实施经验表明:对于高浓度区域,采用以上工艺参数可以满足达标要求,另外,由于地下污水处理厂保温性能好,严寒和寒冷地区无需延长空塔停留时间;对于中浓度区域,空塔停留时间缩短至~12 s,空塔气速可设计为~400 m/h;对于低浓度区域,可结合通风工程进行换气,改善操作人员工作环境即可。

2.2 优化设计除臭装置

根据地下污水处理厂箱体结构所具有的整体密闭、结构层功能划分明显、立柱分布规则且密集、层高受限等特点,除臭装置可进行以下优化:

① 针对地下污水处理厂立柱多的结构特点,除臭装置布置应尽可能避开立柱,且除臭装置池体宽度应小于立柱间距(一般小于6 m)。当臭气量较大时,若采用单套装置可能出现长宽比过大进而影响布气均匀的情况,此时可采用多套除臭装置并联的方式进行处理。特殊情况时,采用单套装置进行臭气处理,此时需将立柱包覆在池体内,使池体宽度不受立柱间距影响,现场施工时注意做好立柱附近的密封和防腐。

② 针对地下污水处理厂层高受限的结构特点,气量较大时,除臭装置的进气管、排气管可采用

矩形管,以减小转弯半径、风管高度,避免安装空间不足。

③ 针对地下污水处理厂空间相对密闭、臭气稍有泄漏即容易富集的特点,建议将风机置于除臭装置之后,使整套除臭设备处于负压状态,避免臭气从除臭装置外泄。

④ 在充分考虑水池顶板承重的情况下,对于放置在水池顶板的生物滤池,滤池排水管的水可直接排入下部水池,无需引到排水井。

⑤ 风机压力除考虑收集系统、除臭装置自身压损外,还需考虑除臭装置至排气风道压损,避免风压过小。

⑥ 对于地下污水处理厂离子送风设备,风机一般与装置分开布置,方便安装。

⑦ 设计时还需针对地下污水处理厂结构特点考量施工限制因素,如厂内运输通道允许通过的运输车辆长度、高度,允许进入的吊车吨位,预留的设备吊装口是否满足设备最大部件吊装要求等。

3 结论

地下污水处理厂属于污水处理行业产业结构调整的一项重大举措,其与地上污水处理厂相比,既有共同点又有其特殊性。目前我国还没有地下污水处理厂除臭工程的相关设计规范,亟需一套针对地下污水处理厂除臭系统的设计和和实施指引。除臭系统作为地下污水处理厂的配套工程,必须与通风结合考虑,并在充分理解污水处理厂工艺特点的情况下,合理设计和实施才能真正达到除臭效果。

① 收集范围应考虑全面,并尽可能使臭气在扩散前的最小范围内被收集,并根据臭气浓度高低分区收集、就近处理。

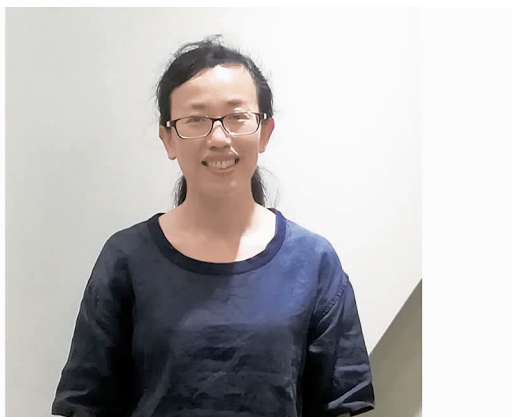
② 除臭工艺需根据臭气浓度和场地限制综合选择,对于中高浓度臭气,建议选用生物滤池工艺,采用不同停留时间;对于很低浓度臭气区域,做好密

封后可采用吹送外部风源方式改善操作人员工作环境,并结合通风换气即可。

③ 风管布置、除臭装置形式应根据地下污水处理厂结构特点进行设计。

参考文献:

- [1] 黄剑,孟建国. 污泥浓缩池除臭工程的设计与实施[J]. 中国给水排水,2014,30(22):107-110.
Huang Jian, Meng Jianguo. Design and implementation of deodorization project for sludge thickening tank[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(22): 107-110 (in Chinese).
- [2] CJJ/T 243—2016, 城镇污水处理厂臭气处理技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.
CJJ/T 243-2016, Technical Specification of Odor Control for Municipal Wastewater Treatment Plant[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016 (in Chinese).



作者简介:林培真(1981-),女,广东饶平人,本科,工程师,副主任工程师,主要从事废气治理、污泥处理处置研究及工程设计工作。

E-mail: linpeizhen@gdnfhh.com.cn

收稿日期:2017-11-13

落实绿色发展理念,全面推行河长制