

通风系统衔接鼓风曝气系统用于地下污水厂通风除臭

李 胜, 何东岳

(北京市市政工程设计研究总院有限公司 广东分院, 广东 广州 510060)

摘 要: 地下污水厂由于设施的密封性问题,其地下空间一般充有少量臭气,对地下操作空间和厂区周边环境造成影响。需通过增大通风换气量,提高除臭气量和扩大除臭区域,以获得更良好的厂区及周边环境,但这也带来了运行费用的进一步增加。在深圳民治地下污水厂工程设计中,将地下空间的通风系统与生化鼓风曝气系统有效衔接,可以实现污水处理工艺、地下空间通风及除臭工艺的一体化结合,在简化系统设置的同时亦可减少地下污水厂通风除臭的运行能耗,并极大地改善厂区及周边空气环境。

关键词: 臭气泄漏; 通风与曝气的衔接; 地下空间环境

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)06-0053-04

Improvement of Deodorization by Connection of Ventilation and Aeration Systems in Underground Wastewater Treatment Plants

LI Sheng, HE Dong-yue

(Guangdong Branch, Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510060, China)

Abstract: Due to the sealed space of underground wastewater treatment plants, there is generally a small amount of odor, which could affect the underground environment and surrounding areas. It is necessary to increase the air volume for ventilation and deodorization, and expand the deodorizing area, so as to get a better plant and surrounding environment. However, it also brings a further increase in the operation cost. In the design of the Minzhi Underground Wastewater Treatment Plant in Shenzhen City, through connecting the ventilation system and biochemical blast aeration system in the underground space, an integrated system of wastewater treatment process, ventilation and deodorization process could be established. This simplified system can reduce the operation energy consumption of ventilation and deodorization, and greatly improve the air quality of the plant and surrounding areas.

Key words: odor leaked; connection of ventilation and aeration; underground space environment

为减小地下污水厂的尾气排放和对周边环境的影响,通过增大通风换气量,提高除臭气量和扩大除臭区域,可获得更良好的操作环境,减少对周边环境的影响,但也带来运行费用进一步增加。在深圳民治地下污水处理厂(规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)工程中进行了改进设计,采取了新的途径协调地下污水厂面临的环境与能耗之间的矛盾。

1 地下污水厂通风除臭方式及存在问题

1.1 地下污水厂通风除臭情况

污水厂的地下各构筑物为一个相对封闭的空间,自然通风难以满足设计要求,因此应设置机械通风换气系统,以满足各工艺要求以及保证室内空气质量满足国家标准要求,确保员工的身心健康。

传统的污水处理厂地下各构筑物除恶臭系统与

通风系统分开设置,以减少设备容量并便于运营管理。各臭气源构筑物进行加盖密封并设置除恶臭抽吸系统,而污水处理厂地下其他大空间、设备房均考虑普通的机械通风系统。

对于污水厂地上的综合楼,根据各类房间的性质以及使用要求,设置分体空调系统、通风系统或预留相应的通风空调设施接口。

① 大型设备空间

细格栅、沉砂池、精细格栅、脱水机房、装泥间的设备进行加罩密封,对密闭空间设置生物除臭系统进行臭气收集,使收集的恶臭气体统一经过生物过滤塔处理后集中高空排放,以满足《恶臭污染物排放标准》要求。同时对于有人员操作的区域,设置离子除臭新风系统。室外新鲜空气经过离子发生器,形成离子新风气流后送入上述区域的人员操作区,与区域内的臭气发生离子反应从而达到净化除臭的效果,保证操作人员的卫生要求。

② 生化池体构筑物空间

对于 MBR 生化池(包括厌氧池、缺氧池、好氧池)、MBR 膜区的负一层操作面,进行密封加盖处理并设置生物除臭系统,使臭气源处于负压状态收集后集中处理集中排放,以满足标准要求。

③ 不存在恶臭污染物的构筑物空间

对于配电间、高压柜室、鼓风机房、消防泵房等设备房间,由于不存在恶臭污染物,因此对上述设备房间仅设置普通的通风换气系统以满足房间通风散热换气要求,排风分散就近排放。设备房间的送风量为排风量的 1.05 倍以保证房间处于微正压状态防止其他污染物进入设备房间。

1.2 存在问题

从现已建设的国内地下污水厂的运行情况^[1]看,通风除臭系统存在以下问题:

① 传统的污水厂除臭工艺流程中,虽然对细格栅、沉砂池、精细格栅、脱水机房、装泥间采取了局部加盖以及负压抽吸等措施,但由于时常需要清理污水垃圾外运、运送污泥,且上述构筑物的设备由于时常需要检修造成密闭罩并不能完全处于密封状态,从而使少量的臭气飘散到负一层的操作空间;另外水解池、生物反应池等密闭池体空间,容易积聚大量的恶臭气体,影响厂区安全、卫生的生产要求。

② 加盖池体空间(如水池)上方的人工操作段,虽然工艺对上述臭气源水面进行了密封加盖处

理,但检修孔和设备吊装孔难以全密封,仍有可能受到逸出、泄漏、渗透的恶臭气体影响,积累少量臭气,为低浓度臭气空间,影响地下操作空间的工作环境。地下空间通风通过高空排放塔时需设活性炭吸附尾气中的少量有害气体,维护管理复杂。

③ 传统的污水厂需设有大量的通风除臭设备,产生高能耗。且随着近年来各地城市对污水厂的尾气排放及污水厂自身工作环境提出了更高要求,通风除臭能耗占比有进一步增加的现象。

2 除臭通风改进设计

2.1 技术改进设计

深圳民治地下污水厂(规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)位于深圳龙华区体育公园内,地下负一层和二层为全地理式地下污水厂,地面层为体育馆,周边为居民区,环境质量要求很高。污水厂室内工作环境应满足《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1—2010)等相关国家标准规定以保证企业员工的身心健康。污水厂处理后的排放气体要满足《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)、《大气污染物综合排放标准》(GB 16297—1996)等相关标准,保证污水厂周围居民身心健康,减少排放气体对周围环境的影响。

根据《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2015)^[2]第 6.3.8 条“同时放散热、蒸汽和有害气体或仅放散密度比空气小的有害气体的工业建筑,除设局部排风外,宜从上部区域进行自然或机械的全面排风,其排风量不应小于每小时 1 次换气;当房间高度大于 6 m 时,排风量可按 $6 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ 计算”。由于除臭系统对臭气源进行局部排风抽吸,因此对于污水厂地下负一层无污染源的操作空间的通风换气的排风量不应小于 1 次/h。

本项目提出对地下污水处理厂通风除臭工艺的改进设计,通过优化厂区空间布局,平衡低浓度臭气空间与生化处理曝气的风量及风压,实现污水处理工艺及除臭工艺的一体化设计。

① 除臭通风改进技术流程

当污水处理厂平时运行时,地下空间内密封困难、臭气泄漏的区域(细格栅等负一层、装泥间、脱水机房和 MBR 膜组负一层等)通风廊道与鼓风机房的风廊连通,含低浓度臭气的人工操作区域的空气,被强制吸入鼓风机并形成高压气流,鼓入生化处理区的氧化区,进一步与生化处理区的高浓度生物污泥混合,再经生化池体内生物活性污泥处理,不能

完全处理的臭气逸出水面后,通过除臭风管送至生物过滤塔处理后再集中排放。室外新鲜空气从室外自然流入地下厂区内,对这些空间的受污染的空气进行有效置换,从而形成了新鲜空气→地下操作空间→受污染空气→鼓风机→生化区→逸出→除臭风管收集→生物滤塔处理→高空排放的通风除臭流程。工艺改进设计布局见图 1。

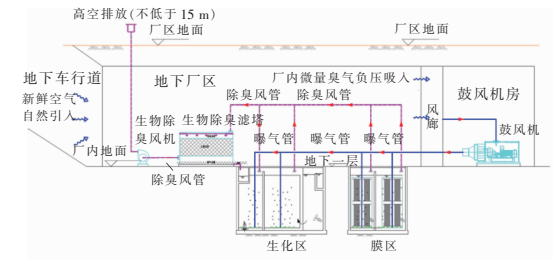


图 1 通风除臭改进后流程

Fig. 1 Process of improved ventilation and deodorization system

通风连接通道采用对称两条 1 000 mm × 1 000 mm 的玻璃钢风管与鼓风机房进风廊道相接,直接利

用鼓风机进口形成负压,风管设计流速≤5 m/s,单风管送风机设计风量为 30 000 m³/h,总送风设计风量为 60 000 m³/h。

与传统污水厂相比,此新型除臭工艺简化了系统设置,改善了厂区工作环境,减少了厂区通风除臭的运行能耗及恶臭气体排放,提高了恶臭气体处理效率,为同类项目提供了一种解决途径及借鉴。

② 改进后的厂区风量平衡情况

民治地下污水厂采用 MBR 膜处理工艺,生化曝气量的气水比为 6.5 : 1,膜过滤器反冲洗气量气水比为 10 : 1,生化充氧风量和反冲洗吹扫风量之和为 55 000 m³/h,即为地下空间通风的采风量。

根据已建的地下污水厂运行情况统计,一般地下污水厂密封困难、臭气泄漏的区域为细格栅等负一层、装泥间、脱水机房、MBR 膜组负一层和 MBR 泵房。因此这些区域通过鼓风系统实现负压通风,完全独立的消防泵房、配电房和鼓风机房采用正压通风,其他区域通过厂区通风系统实现负压通风。各构筑物空间换气情况见表 1。

表 1 污水厂各构筑物空间换气情况

Tab. 1 Ventilation in different structures

编号	项 目	排风标准/ (次 · h ⁻¹)	排风量/ (m ³ · h ⁻¹)	新风量/ (m ³ · h ⁻¹)	备 注
1	细格栅等负一层	2	20 000	排风的 80%	鼓风系统负压通风
2	装泥间、脱水机房	2	13 000	排风的 80%	鼓风系统负压通风
3	MBR 生化池负一层	2	76 000	排风的 80%	通风系统负压通风
4	MBR 膜组负一层	2	16 000	排风的 80%	鼓风系统负压通风
5	MBR 泵房	2	4 800	排风的 80%	鼓风系统负压通风
6	负一层车道	2	8 500	排风的 80%	通风系统负压通风
7	负二层管廊	3	10 500	排风的 80%	通风系统负压通风
8	消防泵房	4 ~ 6	4 000	排风 1.05 倍	正压通风
9	配电房	按发热量计	5 500	排风 1.05 倍	正压通风
10	鼓风机房	按发热量计	6 800	排风 1.05 倍	正压通风
11	卫生间	10 ~ 15	1 600	自然进风	通风系统负压通风

通过鼓风系统实现负压通风的负压通风的 1、2、4、5 的排风量合计为 53 800 m³/h,因此风机房运行风量(55 000 m³/h)完全能满足这些区域 2 次/h 的换气要求。

2.2 技术可行性分析

① 地下空间主要气体污染物浓度

根据统计数据^[3],地下污水厂长期运行后,地下空间主要气体污染物形成的最高浓度见表 2。可见,主要污染物为硫化氢和氨,按 20 ℃ 空气密度为 1.2 kg/m³ 计算,则鼓风机吸气中污染物质量分数

分别为 0.42% 和 0.05%。对工作介质的物性参数影响很小,离心式鼓风机能够自行调整适应,无需特殊操作。即鼓风机仍能保证额定的流量和升压。

表 2 主要气体污染物浓度限值

Tab. 2 Concentration limit of major air pollutants

项 目	硫化氢/ (mg · m ⁻³)	氨/ (mg · m ⁻³)	臭气浓度
污水预处理和污水处理区域	1 ~ 10	0.5 ~ 5	1 000 ~ 5 000
污泥处理区域	5 ~ 30	1 ~ 10	5 000 ~ 100 000

② 鼓风机空气接触元件

地下含泄漏臭气的操作间区域空气通过风管进入鼓风机的进风风廊,廊内空气经鼓风机进风管压缩后进入送风管,不会流入风机房内,因此,有机会和这部分空气接触的风机元件不多(见表3)。

表3 鼓风机接触空气元件

Tab.3 Blower components exposed in the air

鼓风机零部件	材质	是否可以在该工况下使用
叶轮	铝合金	是
集流器	铝合金	是
蜗壳	球墨铸铁	是,铸钢材质可满足
叶轮锁紧螺母	高强不锈钢	是
叶轮锁紧拉杆	高强不锈钢	是
紧固件	达克罗表面处理	是

③ 鼓风机腐蚀环境运行情况分析

a. 硫化氢的腐蚀

干燥的硫化氢设备对金属材料无腐蚀破坏作用,硫化氢只有溶解在水中才具有腐蚀性。关于湿硫化氢环境的定义,可以参照美国腐蚀工程师协会NACE MR0175(2003)对气体硫化氢环境的规定:酸性气体,温度在0~65℃,气体总压 ≥ 0.4 MPa,并且硫化氢分压 ≥ 0.0003 MPa,介质中还有液相水或在水的露点温度以下。

b. 氨的腐蚀

氨能与铜离子形成稳定的铜氨络合物,加速铜的腐蚀。其实,氨对铜的腐蚀是有条件的,只有当溶解氧存在,同时氨的浓度较大时,才能导致铜的腐蚀;有关资料表明:只有当氨的浓度超过10 mg/L时,黄铜的腐蚀速度才有明显上升。氨对铜及铜合金腐蚀性较强,由于通流元件不含铜制品,故腐蚀性无太大影响。

2.3 节能降耗效果

对比原通风除臭系统,以民治地下污水厂(10×10^4 m³/d 规模)为例,优化改进后节能效果:可减少排风机2台,单台风量为40 000 m³/h,功率为15 kW,两台共节省收集风量80 000 m³/h,功率为30 kW;降耗效果:减少泄漏气体外排空气吸附的活性炭耗量,节省活性炭吸附迎风面积30 m²,按现地下污水厂通风塔活性炭更换频率分析,每年节省活性炭消耗量约60 m³。

3 结论

① 通过将地下空间的空气作为生化鼓风机曝气

气源,可减少泄漏臭气进入操作空间和逸出厂区,增加地下空间的新鲜空气补充量,能很好地改善地下操作间工作环境和厂区周边环境。

② 实现污水处理工艺及除臭工艺的一体化结合,在简化通风系统设置的同时亦减少了污水厂通风除臭的运行能耗。

③ 地下空间空气内臭气的腐蚀性对鼓风机接触的通风元件的运行无影响,新的通风除臭流程技术上完全可行。

参考文献:

- [1] 赵丽君,范淑平,梁力. 污水处理厂除臭技术及工程化[J]. 中国给水排水,2003,19(6):46-48.
Zhao Lijun, Fan Shuping, Liang Li. Deodorization technology and engineering of wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2003, 19(6): 46-48 (in Chinese).
- [2] GB 50019—2015, 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2015.
GB 50019 - 2015, Design Code for Heating Ventilation and Air Conditioning of Industrial Buildings[S]. Beijing: China Planning Press, 2015 (in Chinese).
- [3] GB 14554—1993, 恶臭污染物排放标准[S]. 北京:中国标准出版社,1993.
GB 14554 - 1993, Emission Standards for Odor Pollutants[S]. Beijing: Standards Press of China, 1993 (in Chinese).



作者简介:李胜(1970—),男,湖北荆门人,本科,工程硕士,高级工程师,工艺总工程师,从事城市给排水工程和环境工程设计工作。

E-mail:907735024@qq.com

收稿日期:2017-08-28