

七格污水厂三期工程生物除臭系统的运行效果

张丽丽, 郭红峰, 严国奇, 姚旭峰

(杭州市排水有限公司 城东水处理分公司, 浙江 杭州 310018)

摘要: 在七格污水厂三期工程不同区域、不同气温条件下,分析两级串联生物除臭系统的运行效果,并研究一级除臭系统中煤质活性炭更换前后生物除臭系统的运行效果。结果表明,不同区域和气温下,生物除臭系统对 H_2S 的去除率均能达到 99% 以上; NH_3 的进气浓度均低于厂界排放标准,生物除臭系统对 NH_3 的去除率为 10% ~ 40%;生物除臭系统对臭气的去除率为 70% ~ 99%。煤质活性炭的主要作用是去除臭气,更换活性炭后,前 4 个月活性炭对臭气的去除率从 14% 提高到 23% ~ 65%,6 个月后活性炭吸附对臭气的去除效果明显下降。

关键词: 生物除臭系统; 煤质活性炭; 硫化氢; 氨气; 臭气浓度

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)01-0069-06

Operation Effect of Biological Deodorization System in Qige Sewage Treatment Plant (Phase III Project)

ZHANG Li-li, GUO Hong-feng, YAN Guo-qi, YAO Xu-feng

(City East Sewage Treatment Company, Hangzhou Drainage Co. Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract: The operation effect of a two-stage biological deodorization system under different region and temperature conditions in Qige Sewage Treatment Plant (phase III project) was analyzed, and the effect of the biological deodorization system before and after the replacement of coal-based activated carbon in the first-stage deodorization system was studied. The removal rates of H_2S by the biological deodorization system could reach more than 99% in different regions at different temperatures. The intake concentration of NH_3 was lower than the emission standard of the plant boundary, and the removal rate of NH_3 by the biological deodorization system was about 10% - 40%. The removal rate of odor by the system was 70% - 99%. The main function of coal-based activated carbon was to remove odor. After the replacement of coal-based activated carbon, the removal rate of odor by adsorption of the activated carbon increased from 14% to 23% - 65% during the first 4 months. However, the removal of odor by adsorption of the activated carbon decreased significantly after 6 months.

Key words: biological deodorization system; coal-based activated carbon; hydrogen sulfide; ammonia; odor concentration

随着国家对环境治理要求和居民对生活环境要求的提高,污水厂臭气治理被提升到了与污水同步处理、同时达标排放的新高度^[1]。目前,对于污水厂臭气的处理,关于除臭系统设计、技术总结的报道较多^[2-3],而关于污水厂臭气中污染物浓度、除臭系

统的运行效果等研究较少。因此,笔者针对七格污水厂三期工程中生物除臭系统的运行效果进行研究,以了解污水厂臭气中实际污染物浓度、生物除臭系统对臭气的去除效果,以及活性炭吸附对整个除臭系统的贡献情况。

1 材料和方法

1.1 七格污水厂三期工程概述

七格污水厂三期工程位于浙江省杭州市东北角下沙七格村,紧邻钱塘江下游段,设计规模为 $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,污水处理采用 $\text{A}^2/\text{O} + \text{反硝化深床滤池}$ 工艺^[4],污泥处理采用离心脱水工艺,脱水至含水率为 80% 后外运处置,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。臭气处理采用两级串联生物除臭工艺,执行 GB 18918—2002 中厂界废气排放二级标准。

七格污水厂三期工程的污水预处理区域、生物处理区域以及污泥处理区域全部加盖封闭,产生的臭气经收集后送入除臭系统,除臭系统共有 8 座,包括 1 座服务于预处理区域的除臭系统(设计除臭风量为 $25\,000 \text{ m}^3/\text{h}$),6 座服务于生物处理区域的除臭系统(每座设计除臭风量为 $33\,500 \text{ m}^3/\text{h}$)和 1 座服务于污泥处理区域的除臭系统(设计除臭风量为 $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$)。每座除臭系统分为一级除臭和二级除臭,两级串联除臭流程如图 1 所示。

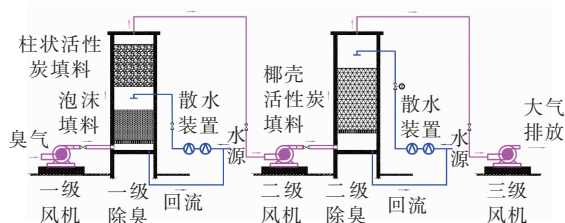


图1 七格污水厂三期工程两级生物除臭系统示意

Fig. 1 Schematic diagram of two-stage biological deodorization system in Qige Sewage Treatment Plant (phase III project)

一级除臭为生物滴滤+活性炭吸附法,生物滴滤填料采用泡沫填料,活性炭采用煤质柱状活性炭。臭气通过风机和管道收集后进入一级除臭系统,先经过中水喷淋对恶臭气体进行加湿,循环水连续喷洒在泡沫填料组成的生物滤床上,使臭气中的 H_2S 、 NH_3 以及能溶于水的臭味物质溶解到水中,溶解于水中的臭气成分被栖息于填料表面的微生物吸收,部分作为微生物的营养物,部分被氧化分解,水喷淋和生物滴滤阶段的液气比为 $1.2 \sim 2 \text{ L}/\text{m}^3$,填料层停留时间为 $16 \sim 25 \text{ s}$ 。臭气经过煤质柱状活性炭层,利用活性炭吸附去除臭气中的臭味物质。二级除臭采用生物滴滤法,采用椰壳活性炭作为微生物生长的媒介。一级除臭的出气通过风机进入二级除臭装置,此前未完全去除的臭味物质,在二级除臭系

统中被进一步降解,臭气经两级生物除臭后通过排气筒排放到大气。

1.2 臭气取样位置及取样时间

2018 年每个季度对预处理区域、生物处理区域(选取其中 1 座)、污泥处理区域的除臭系统沿处理流程取样,取样位置分别设置在:一级除臭系统进口、经过一级除臭喷淋和泡沫生物滤床后的中间出气口、经过一级除臭活性炭吸附之后的出气口、经过二级除臭系统的出气口。取样后分析各样品中 H_2S 、 NH_3 和臭气浓度。

1.3 活性炭的更换

生物除臭装置中,泡沫填料和椰壳活性炭填料作为微生物生长的介质,不需要经常维护更换,但一级除臭装置内的煤质柱状活性炭作为吸附剂,需对其吸附性能进行检测或评估,并定期进行更换。碘吸附值、四氯化碳吸附率是用于表征活性炭吸附性能的常用指标。对于气体净化效果良好的活性炭,其四氯化碳吸附率应大于 50%^[5]。2018 年 6 月更换了预处理区域一级除臭装置中的活性炭,对新炭及使用后的活性炭进行取样并分析其吸附性能。

1.4 检测项目及分析方法

臭气中 H_2S 的浓度根据 GB/T 11742—1989 进行检测, NH_3 浓度根据 HJ 533—2009 进行检测,臭气浓度根据 GB/T 14675—1993 进行检测。煤质活性炭的碘吸附值根据 GB/T 7702.7—2008 进行检测,四氯化碳吸附率根据 GB/T 7702.13—1997 进行检测。

2 结果与讨论

2.1 各区域臭气指标沿处理流程的变化

2018 年 4 月 3 日,取样时气温约为 30°C ,对预处理区域、生物处理区域和污泥处理区域的除臭系统进行取样,检测 H_2S 、 NH_3 和臭气浓度沿流程的变化,结果如图 2 所示。从图 2(a)可以看出,预处理区域的进气臭气浓度较高,达到 1 200 左右,进气 NH_3 浓度较低,低于厂界排放要求($1.5 \text{ mg}/\text{m}^3$),约为 $0.7 \text{ mg}/\text{m}^3$, H_2S 进气浓度约为 $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。 H_2S 极易溶于水,在一级除臭泡沫生物滤床阶段基本完全去除(去除率 $>99\%$),二级除臭出气口 H_2S 浓度 $<0.03 \text{ mg}/\text{m}^3$,符合厂界排放要求。臭气主要在一级除臭泡沫生物滤床阶段去除,去除率为 81%;部分在活性炭吸附阶段去除,去除率为 14%;部分在二级除臭中去除,去除率为 4%,二级除臭出气口

的臭气浓度 < 30 , 臭气浓度总去除率达到 99% 以上。 NH_3 进气浓度较低, 经两级生物除臭后从 0.7 mg/m^3 降低到 0.5 mg/m^3 , 去除率接近 30%。

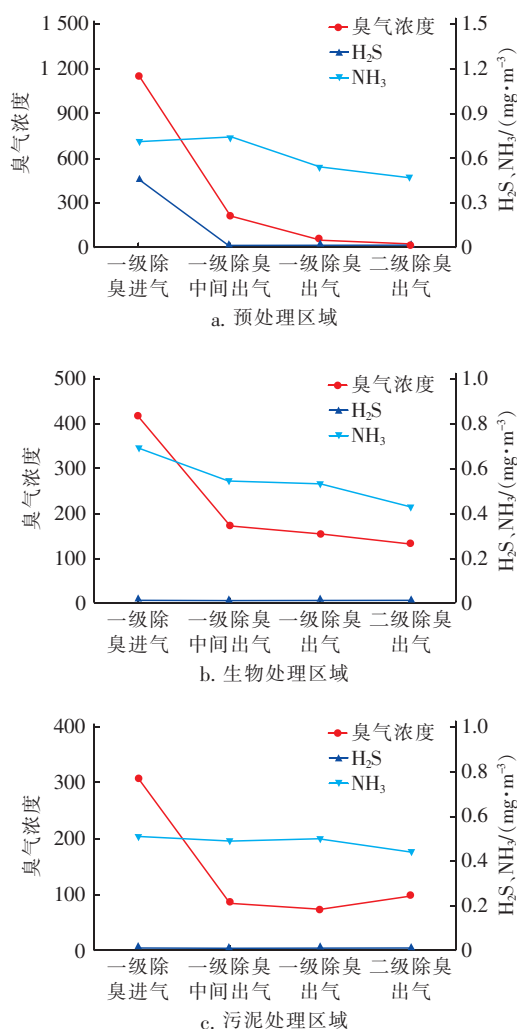


图2 不同区域除臭系统各指标沿流程的变化

Fig. 2 Variation of indicators in different treatment regions along process of deodorization system

从图 2(b) 可以看出, 与预处理区域相比, 生物处理区域的进气浓度较低, 臭气浓度约为 400, NH_3 浓度约为 0.7 mg/m^3 , 低于厂界排放要求, H_2S 未检出。臭气主要在一级除臭泡沫生物滤床阶段去除, 去除率为 58%; 部分在活性炭吸附阶段去除, 去除率为 5%; 部分在二级除臭阶段去除, 去除率为 5%, 二级除臭出气口臭气浓度约为 130, 臭气总去除率约为 70%。 NH_3 的进气浓度较低, 经两级生物除臭后从 0.7 mg/m^3 降低到 0.4 mg/m^3 , 去除率在 40% 左右。

从图 2(c) 可以看出, 污泥区域的进气浓度比预

处理区域、生物处理区域都低, 臭气浓度为 300 左右, NH_3 浓度约为 0.5 mg/m^3 , H_2S 未检出。臭气主要在一级除臭泡沫生物滤床阶段去除, 去除率为 72%; 部分在活性炭吸附阶段去除, 去除率为 4%。二级除臭出气口的臭气浓度约为 100, 臭气总去除率约为 70%。 NH_3 进气浓度较低, 经两级生物除臭后, 从 0.5 mg/m^3 降低到 0.44 mg/m^3 , 去除率约为 10%。

综上所述, H_2S 、 NH_3 和臭气的主要去除途径如下: ①臭气中的 H_2S 在一级除臭泡沫生物滤床阶段基本被去除, 去除率达到 99% 以上。②臭气进气中的 NH_3 浓度较低, 且均低于厂界臭气排放标准, 生物除臭系统对 NH_3 的去除率为 10% ~ 40%。③预处理区域、生物处理区域和污泥处理区域的进气中臭气浓度相差较大, 这与 3 个区域的特性有关, 对臭气的去除主要在一级除臭泡沫生物滤床阶段完成, 活性炭吸附阶段对臭气的去除作用有限, 二级除臭的去除作用较小。

煤质活性炭对臭气的去除作用有限可能与煤质活性炭的吸附能力有关, 也可能与臭气中水蒸气的影响有关。有研究表明, 当存在水蒸气时, 活性炭对挥发性有机物 (VOCs) 的吸附量随水蒸气含量的增大而减小^[6]。王守滨^[7]研究了水分对活性炭吸附甲苯、乙醇的影响, 发现水分对活性炭吸附甲苯的影响较大, 而对吸附乙醇的影响要小一些, 可能是由于水分子与乙醇能互溶, 甲苯基本不溶于水, 水分子会与甲苯产生竞争吸附。周剑峰等^[8]研究了水分对活性炭吸附挥发性有机物的影响, 发现当气体中水分含量过多时, 吸附会受到干扰, 并且会产生脱附现象, 吸水饱和的活性炭几乎没有吸附作用。七格污水厂三期工程的一级除臭经过中水喷淋后的气体中, 水蒸气含量较大, 且经过中水喷淋后臭气的主要成分为不易溶于水的有机物, 水分对这部分臭气的吸附去除可能会产生影响。

七格污水厂三期工程的二级除臭工艺按最不利工况进行设计, 预处理区域、生物处理区域和污泥处理区域的臭气进气浓度均为 2 000。而实际运行过程中, 二级除臭的进气浓度远低于设计浓度, 取出二级除臭装置内的椰壳活性炭发现, 其表面较光滑, 生长的微生物数量有限, 所以二级除臭工艺对臭气的去除率较低一方面与浓度效应有关, 另一方面可能与填料表面的微生物数量有关。

2.2 不同气温条件下对臭气的去除效果

在气温分别为 13、21、30 和 38 °C 条件下,考察生物处理区域和污泥处理区域除臭装置对 H_2S 、 NH_3 和臭气浓度的去除情况。结果表明,当气温为 13、21、38 °C 时, H_2S 和 NH_3 的去除规律与 2018 年 4 月 3 日(30 °C)的结果一致, H_2S 的进气浓度均低于 0.1 mg/m^3 ,生物除臭系统对 H_2S 的去除率达到 99% 以上; NH_3 进气浓度均低于 1 mg/m^3 ,低于厂界排放要求,生物除臭系统对 NH_3 的去除率为 10% ~ 50%。对臭气的去除情况如图 3 所示。

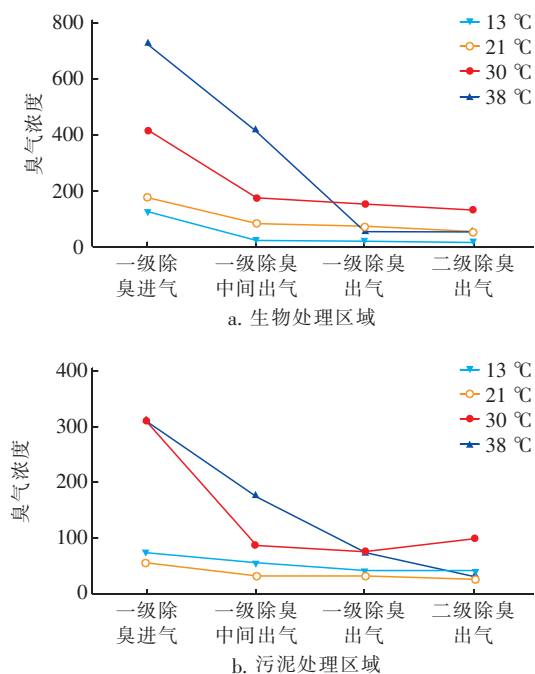


图3 不同气温下生物处理区域和污泥处理区域臭气浓度的变化

Fig. 3 Variation of odor concentration in biological and sludge treatment regions of deodorization system at different temperatures

从图 3 可以看出,随着气温的升高,臭气进气浓度整体增大,生物处理区域从 200 左右增加到 700 左右,污泥处理区域从 50 左右增加到 300 左右。生物处理区域的臭气进气浓度高于污泥处理区域,这主要是由于七格污水厂三期工程的污泥采用离心脱水外运处置,脱水污泥在污泥处理区域的停留时间较短,臭气浓度不高。不同气温下,经两级生物除臭系统处理后,生物处理区域二级除臭出口臭气浓度能达到 130 以下,污泥处理区域出口臭气浓度能达到 100 以下。

从臭气的去除途径来看,气温为 13、21 和 30 °C

条件下,主要通过一级除臭的泡沫生物滤床去除,活性炭吸附去除效果不明显。如生物处理区域,当气温为 13、21 和 30 °C 时,对臭气的总去除率分别为 87%、76% 和 70%,其中一级除臭的泡沫生物滤床对臭气的去除率分别为 82%、51% 和 58%,而活性炭吸附阶段对臭气的去除率分别为 0%、5%、5%。当气温为 38 °C 时,活性炭吸附对臭气的去除作用较为明显,如生物处理区域对臭气的总去除率为 93%,其中一级除臭的泡沫生物滤床去除率为 42%,活性炭吸附的去除率为 50%,这可能与浓度效应有关。

2.3 更换活性炭的影响

更换完预处理区域一级除臭内煤质柱状活性炭后,检测更换后 1 个月(气温为 38 °C)、4 个月(气温为 21 °C)、6 个月(气温为 13 °C)的 H_2S 、 NH_3 和臭气浓度。结果表明, H_2S 和 NH_3 的去除规律与 2018 年 4 月 3 日的结果一致, H_2S 进气浓度最高达到了 3.25 mg/m^3 ,生物除臭系统对 H_2S 的去除率达到 99% 以上; NH_3 的进气浓度 $< 1 \text{ mg/m}^3$,低于厂界排放要求,生物除臭系统对 NH_3 的去除率为 10% ~ 50%。对臭气浓度的检测结果如图 4 所示。

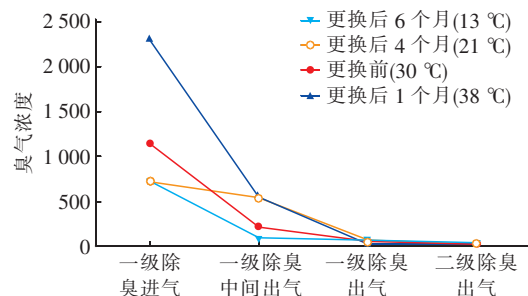


图4 活性炭更换前后预处理区域臭气浓度的变化

Fig. 4 Variation of odor concentration in pretreatment region of deodorization system before and after replacement of coal-based activated carbon

由图 4 可知,预处理区域臭气进气浓度随温度的升高而上升,在 38、30、21 和 13 °C 的气温下,预处理区域进气臭气浓度分别为 2 291、1 147、733 和 733,经两级生物除臭系统处理后,出口臭气浓度能达到 30 左右。对比预处理区域一级除臭活性炭更换前后,活性炭吸附对 H_2S 、 NH_3 的去除效果不变,活性炭更换后 4 个月内,对臭气的去除率由 14% 提高到 23% ~ 65%,6 个月后,对臭气的去除作用明显下降,去除率约为 4%,这可能与活性炭吸附能力下降有关,也可能与浓度效应有关。

在预处理区域一级除臭活性炭更换过程中发现,底层活性炭有霉变(见图5)。霉变活性炭外观发白,含水率较高,达到60%左右,易结块,影响气体通过。新活性炭使用6个月后,活性炭含水率达到30%。

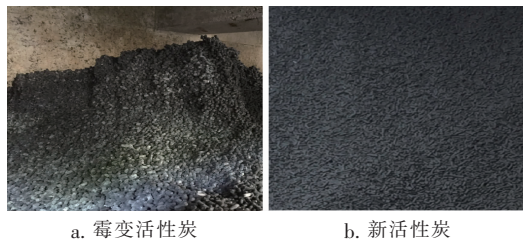


图5 霉变活性炭和新活性炭的照片

Fig.5 Photos of moldy activated carbon and new activated carbon

对霉变活性炭、更换的新活性炭以及使用6个月后的活性炭进行取样,测其碘吸附值、四氯化碳吸附率,结果见表1。可以看出,霉变活性炭的吸附性能大幅下降,碘吸附值、四氯化碳吸附率均比新炭下降约38%。新活性炭使用6个月后的碘吸附值、四氯化碳吸附率比新炭分别下降67%、65%,活性炭吸附性能下降明显,与图4的结果一致。

表1 不同活性炭的吸附性能

Tab.1 Adsorption performance of different activated carbon

项 目	碘吸附值/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	四氯化碳 吸附率/%
霉变活性炭	567 ± 9	34 ± 1
新活性炭	917 ± 13	55 ± 2
新炭使用6个月后	305 ± 12	19 ± 3

3 结论

① 七格污水厂三期工程的生物除臭系统中, H_2S 在一级除臭的泡沫生物滤床阶段基本被去除,去除率达到了99%以上; NH_3 进气浓度较低,均低于厂界臭气排放标准,生物除臭系统对 NH_3 的去除率为10%~40%;生物除臭系统对臭气的去除率为70%~99%,主要在一级除臭的泡沫生物滤床阶段去除(去除率为58%~81%),煤质活性炭吸附、二级除臭阶段对臭气也有部分去除。

② 不同区域收集的臭气浓度相差较大,预处理区域的臭气浓度最大,其次为生物处理区域,污泥处理区域的臭气浓度最低,这与各区域收集的气体来源不同有关。各区域收集的臭气浓度随着气温的

升高而上升,经两级生物除臭后二级除臭出口臭气浓度能达到100左右。

③ 更换预处理区域一级除臭装置内的煤质活性炭后,前4个月内活性炭吸附过程对臭气的去除率从14%提高到23%~65%,6个月后活性炭吸附对臭气的去除作用明显下降,降低到4%左右,同时6个月后活性炭的四氯化碳吸附率也比新活性炭下降65%,表明更换活性炭对臭气去除效果的提高有一定作用,但一段时间后吸附去除效果仍会下降。

参考文献:

- [1] 洪青春. 上海城镇污水厂臭气处理的思考[J]. 中国市政工程,2018(6):53-54.
Hong Qingchun. Considerations on odor treatment in Shanghai urban sewage treatment plant[J]. China Municipal Engineering,2018(6):53-54(in Chinese).
- [2] 龚文瑾,尹兴蕾,高伟,等. 污水污泥处理中臭气收集系统设计总结[J]. 中国给水排水,2016,32(18):45-48.
Gong Wenjin,Yin Xinglei,Gao Wei,et al. Design of odor collection system in wastewater and sludge treatment[J]. China Water & Wastewater,2016,32(18):45-48(in Chinese).
- [3] 周立,李桥龙,陈晓华,等. 北京槐房埋地式污水厂除臭通风一体化系统设计[J]. 中国给水排水,2018,34(16):55-60.
Zhou Li, Li Qiaolong, Chen Xiaohua, et al. Design of integrated system of deodorization and ventilation for Beijing Huaifang Underground WWTP[J]. China Water & Wastewater,2018,34(16):55-60(in Chinese).
- [4] 严国奇,张丽丽. 七格三期污水处理厂反硝化深床滤池的调试与运行[J]. 中国给水排水,2017,33(16):127-132.
Yan Guoqi,Zhang Lili. Commissioning and operation of deep-bed denitrification filter in Qige phase III wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater,2017,33(16):127-132(in Chinese).
- [5] GB/T 7701.1—2008,煤质颗粒活性炭 气相用煤质颗粒活性炭[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
GB/T 7701.1-2008, Granular Activated Carbon from Coal—Granular Activated Carbon from Coal for Gas Adsorption[S]. Beijing: Standards Press of China,2008(in Chinese).
- [6] 龚燕飞. VOCs和水蒸气在活性炭上的吸附平衡研究(下转第79页)