

论成都市第七再生水厂中采用的生物除臭装置

赵 亚, 张建家

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘要:微生物处于生物除臭的核心地位。成都市第七再生水厂二期工程利用生物过滤法将多种微生物共同作用,更有利于吸收、分解生物除臭系统产生的 VOC、SO₂、H₂S 等具有异味的有害气体。同时,这些微生物产生的无机酸可以形成不利于腐败微生物生活的酸性环境,经济且可靠地运行,从根本上降解了废气污染物。阐述了成都市第七再生水厂采用的生物除臭装置。

关键词:成都市第七再生水厂;生物除臭;装置;降解;废气污染物

中图分类号:X52;X38;[X33]

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)04-0085-04

Discussion on Biological Deodorization Device in Chengdu No. 7 Reclaimed Water Plant

ZHAO Ya, ZHANG Jianjia

(First Branch of Sinohydro Bureau 7 Co. Ltd., Chengdu, Sichuan 610213)

Abstract: Microorganism is the core of biological deodorization. The phase 2 project of Chengdu No. 7 reclaimed water plant uses biofiltration method to combine multiple microorganisms, which is more conducive to absorbing and decomposing VOC, SO₂, H₂S and other harmful gases with odor generated by the biological deodorization system. At the same time, the inorganic acids produced by these microorganisms can form an acidic environment that is not conducive to the life of the spoiling microorganisms to operate economically and reliably, and fundamentally degrade the exhaust gas pollutants. The biological deodorization device used in Chengdu No. 7 reclaimed water plant is described as well.

Key words: Chengdu No. 7 reclaimed water plant; Biological deodorization; Device; Degradation; Exhaust gas pollutants

1 概 述

成都市第七再生水厂二期工程由中国水电七局承建。该项目为地理式,设计污水处理建设规模为 8 万 m³/d,总变化系数为 1.3。除臭介质为城市污水处理厂混合致臭气体,臭气温度为 5℃~40℃;生物除臭采用 4 套 FRP 材质、处理风量为 40 000 m³/h 的高效生物滴滤及生物过滤系统有组织地排放。

该生物除臭装置按照预处理、二级处理和污泥处理流程对所产生的臭气进行收集与处理。除臭系统出口的出气指标^[1]为: NH₃ ≤ 5 mg/m³, H₂S ≤ 0.2 mg/m³, 臭气浓度 ≤ 200(无量纲)。

该生物除臭装置具有建设成本投入低、绿色环保、运行安全性高、处理效率高等优点,是一套经济且高效的生物除臭装置。详细介绍了该生物

除臭装置具有的特点。

2 生物过滤原理

第一步:滤料表面覆盖着湿润的生物膜,废气污染物与滤料接触后逐渐溶解进入这层生长着大量微生物的水膜中,从气相转化为液相以便于微生物对其进行吸收和分解。滤料的多孔性使其具有超大的比表面积,以保证气、液相接触面积,有效增大了气相化学物质在液相中的传送扩散速率。该溶解渗透过程其实是一种物理过程,高速的传送扩散意味着气体在滤床中短暂的停留过程,将臭气浓度降至极低的水平。

第二步:溶于水的废气污染物被微生物吸收利用,自液相进入微生物体内。

第三步:滤料中的专性细菌以污染物为食,将污染物转化为自身的营养物质,使碳、氢、氧、氮、

收稿日期:2022-04-10

硫等元素从有机化合物的形式转化为游离态或无机盐、进入微生物的自身循环过程,从而达到降解的目的。与此同时,这些微生物可以实现自身的繁殖,整个系统内作为食物的污染物与专性细菌的营养需要达到平衡。

3 除臭系统的设计与计算

40 000 m³/h 风量的具体设计参数为:

(1)除臭箱体的尺寸。

滴滤尺寸(长×宽×高):5 m×5.5 m×3.2 m

过滤尺寸(长×宽×高):20 m×5.5 m×3.2 m

一体化箱体尺寸(长×宽×高):25.5 m×

5.5 m×3.2 m

(2)生物滴滤段的设计参数。

滤床压差:<490 Pa

滤料类型:LWE

滤料体积:22.4 m³(每座滤池)

EBRT:4 s

循环水流量:47.5 m³/h(每座滤池)

滤料高度:1.62 m

(3)生物过滤段的设计参数。

滤床压差:<490 Pa

滤料类型:XLD

滤料体积:222.2 m³(每个滤池)

EBRT:20 s

滤床灌溉水量:1.1 m³/d(每个滤池)

空床流速:0.1 m/s

滤料高度:2.02 m

(4)计算。

①过滤池空床流速 v :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{40\,000\text{ m}^3/\text{h}}{20\text{ m} \times 5.5\text{ m} \times 3\,600} = 0.1\text{ m/s}$$

②过滤池接触时间 t_1 :

$$t_1 = \frac{V}{Q} = \frac{20\text{ m} \times 5.5\text{ m} \times 2.02\text{ m}}{40\,000\text{ m}^3/\text{h}} \times 3\,600 = 20\text{ s}$$

滴滤接触时间 t_2 :

$$t_2 = \frac{V}{Q} = \frac{5\text{ m} \times 5.5\text{ m} \times 1.62\text{ m}}{40\,000\text{ m}^3/\text{h}} \times 3\,600 = 4\text{ s}$$

故其总接触时间 $T = t_1 + t_2 = 20 + 4 = 24$ (s)。

③循环水量 Q_{re} 的计算。循环水量 Q_{re} 根据

进气量确定,单位循环水量为每 1 万 m³ 气体所需的循环水量为 9~25 m³/h,该系统选择 11.87 m³/h,则:

$$Q_{re} = 11.84\text{ m}^3/\text{h} \times 4 = 47.5\text{ m}^3/\text{h}$$

④系统排水量 Q_{dr} 的计算:

系统排水量应为循环水量的 0.2%~2%,该系统选择为 0.8%,则:

$$Q_{dr} = Q_{re} \times 0.019 = 47.5\text{ m}^3/\text{h} \times 0.8\% = 0.4\text{ m}^3/\text{h}$$

⑤运行费用的计算:

单套 40 000 m³/h 风量生物除臭系统的电耗为 63 kW/h,水耗为 1.1 m³/d,电价为 0.7 元/kW·h,水价为 5 元/m³,则每年每套生物除臭系统的运行费用为:

$$\text{电费: } 63 \times 365 \times 25 \times 0.7 = 402\,412.5(\text{元})$$

$$\text{水费: } 1.1 \times 365 \times 5 = 2\,007.5(\text{元})。$$

综上所述,成都市第七再生水厂二期工程的四套生物除臭系统年运行费用为:

$$4 \times (402\,412.5 + 2\,007.5) = 1\,617\,680(\text{元})。$$

4 生物除臭装置采用的工艺

该生物除臭装置包括:生物滴滤过滤一体化除臭箱体、循环水泵、离心风机、电控箱柜、配套仪表以及使整个系统稳定、有效和安全运行所需的所有设施和臭气收集系统。

生物除臭装置的组成设备包括:生物滴滤过滤一体化除臭箱体、生物滴滤滤料、生物过滤滤料、滤床灌溉系统、循环水泵及配套仪表、电磁阀及配套电控柜、水仪表箱、管道、管件、阀门以及使整个系统稳定、有效和安全运行所需的所有设施及附件,具体介绍于后。

(1)生物滴滤过滤一体化除臭箱体。该除臭设备为固定全封闭结构,防腐金属骨架,骨架的断面尺寸不小于 70 mm×70 mm^[2],壁厚不小于 3.5 mm,骨架各向间距不大于 1 m,采用周边连续焊接而成。其塔体内部填料支撑层采用断面尺寸不低于 38 mm×38 mm、壁厚不小于 2.5 mm 的玻璃钢格栅板,支撑柱均由耐腐蚀的玻璃钢材质制作。内壳为有机玻璃钢板(板厚≥6 mm),底板厚度不小于 10 mm。其最内层为乙烯基酯材质,其余为不饱和间苯型聚酯树脂材质;外层钢结构采用 FRP 与内层玻璃板相连接,厚度不小

于 3 mm。

箱体具备填料承托层支架以及内部结构骨架,除臭塔配置有风管接口、管道接口、填料收纳架、填料、检修门、喷淋散水装置等完善的附件。在生物除臭箱体上配备有压差计,压差计安装在塔体上,用来监测填料受到的压损情况。

(2) 生物滤料。填料采用具有 BIOREM 专利的永久性无机滤料,其具有以下特点:比表面积须大于 $350 \text{ m}^2/\text{g}$,填料颗粒的平均直径为 $5\sim 10 \text{ mm}$;具有良好的保湿性和透气性,载体表面具亲水性及抗酸耐腐蚀性;结构稳定,不易板结,不需连续散水,使用过程中无压实。特别适用于臭气浓度高、硫化氢浓度低、还原硫化物含量大的污染气体的处理。填料使用寿命不低于 10 a,正常运行期间不用更换、不会腐烂;填料对人体无害,不会造成二次污染。养分和酸碱调节剂均在填料体内,系统运行期间不需要添加任何营养液,其能够在运行初期、微生物驯养期间以及冲击负荷时达到除臭效果。

(3) 生物填料加湿系统。每套生物除臭系统各设置了 1 套生物滤池滤床灌溉系统以保证滤床的最佳湿度。滤床灌溉系统由循环泵、管道系统仪表及喷头组成。循环水及生物填料灌溉用的水质采用厂区再生水。为满足其 24 h 不中断运行,滤床灌溉系统配有备用循环水泵。填料的上部和下部均留有不小于 0.7 m 的喷淋及检修空间。

每套生物除臭系统配有 2 台喷淋泵(一用一备),以确保过滤滤床内的喷头正常运行,对生物过滤填料进行定期、间断性的喷淋。过滤滤床的喷淋由电磁阀控制,电磁阀处于常闭状态,每天开启一次,一次喷淋时间大约需要 30 min。

(4) 生物除臭系统的排水系统。在生物滴滤过滤一体化箱体底部设有排水系统,其作用为最终将水排入水厂的排污系统。

(5) 除臭风机。生物除臭系统离心风机的风量 Q 为 $40\,000 \text{ m}^3/\text{h}$,风压 P 为 $3\,200 \text{ Pa}$ 。4 套生物除臭系统各自配置 2 台离心风机,采用变频控制。

风机采用 FRP 制造,为离心式并配模制加强

外壳,外壳为一体成形,外层为树脂含量高的涂层并加 UV 抑制剂。风机由三角皮带带动并设计为连续运行。风扇轴心由 SUS316L 制造,须超径以保证其在临界速度下运行。叶轮和轴均通过静态和动态平衡。

风机的电机功率与风量配套,防护等级为 IP55,50 Hz, F 绝缘等级, B 级温升,配置散热风扇,机座为滑轨式设计以易于调整及更换。电机由变频器(VFD)起动,配置风扇散热。电机服务系数为额定轴能力的 15 倍,并能满足整个风机性能曲线要求。电机的效能最小为 88.5%。

风机的轴承为 SKF,轴承座为油浴式,机油填加省时方便,采用密闭式轴承设计,可防止酸碱气体的侵入,以避免轴承、轴心直接受腐蚀气体侵蚀,轴承寿命达 100 000 h。

风机性能测试:对全机组进行了 ANSYS 力及 RSR 转子动态分析,强化结构安全。叶轮动平衡符合现行规范,振动等级小于 $2.5 \text{ mm/s}^{[3]}$ 。风机组装后依据相关规范进行了测试,其振动等级小于 $4.5 \text{ mm/s}^{[4]}$ 。风机配有隔音罩,风机噪音不大于 $70 \text{ dBA}^{[5]}$ (在距离风机 1 m 处度量)。

离心风机与阀门间设置有柔性连接,以避免风机的正常震动影响到风管及除臭设备。该风阀的调节范围为 50%~100%。

离心风机可以通过人在就地控制柜上或中央控制系统调节,并与 VFD 联动以达到 0%~100%的送风。

(6) 电气控制柜。每套除臭系统配套一台电气控制柜,电气控制柜的防护等级为 IP65,防腐等级为 WF2。

每套生物除臭系统各配置了 1 套 PLC(集成安装于电气控制柜内),主要控制范围为每套除臭系统内的所有机械设备及配套阀门、仪表等,该 PLC 设备的选型与厂区控制系统兼容(厂区主控制设备能够直接读取和直接控制 CPU 和 I/O 模块控制点),其具有以太网接口并通过以太网接口向厂区自动控制系统传输设备手动、自动状态、开停情况以及故障等工况状态信号,在自动控制方式下可以通过该以太网接口接受厂

区自动控制系统信号以用于控制系统的开停。所选用的以太网通讯协议与厂区自动控制系统一致,其与厂区自控系统不经任何转换即可正常通讯。

(7)臭气收集系统。以除臭滤池为界限,用于收集的除臭风管为有机玻璃钢风管,排放风管采用不锈钢材质。

有机玻璃钢风管采用的树脂为优质不饱和聚酯树脂,其不含氧化镁、氯化镁、氢氧化镁、碳酸钙等无机玻璃钢材料附加添加剂,结构层树脂含量不大于40%,防腐层树脂含量不小于60%。

(8)附属设施。风阀泄漏率小于2%。顺时针方向开启,逆时针方向关闭且具有开启角度指示、锁定调节限位指示和允许气流方向指示。

外层密封罩材质为不锈钢骨架+透明轻质材料。

5 生物过滤系统具有的优点

(1)绿色环保。全系统采用生物法处理,不使用化学药品,无二次污染,为真正的绿色方法。系统在保证处理效果的前提下,能够满足企业环保化的设计要求,对环境无不利影响。

(2)低成本。生物除臭系统与生物滴滤滤料(生物菌种生长环境:PH1-9)和生物过滤滤料(生物菌种生长环境:PH5-9)均为无机滤料,其表面含营养涂层,无需营养液、无需加药,其建设投入成本低,运行成本低于其他所有废气处理技术。

(3)耐腐蚀。鉴于污染物气体具有较强的腐蚀性,该生物除臭装置使用的结构材料、管道材料、风机水泵等设备均满足耐腐蚀要求。

(4)生物填料为无机填料,具有良好的机械强度与生物适应性。适用于间歇性处理,不会因为短期气流中断而影响处理效果;大比表面积有利于生物膜的生长,降低停留时间,能够减小工程投资及占地面积;滤料性质均匀,具有长期、稳定的运行效果,系统免维护,使用寿命不低于15 a。

(5)生物填料本身具备酸碱平衡功能,无需另外添加调节溶液。

(6)生物滤池的系列产品设计灵活,方便维护与检修,占地面积小,安装简便,调试时间短。

(7)该工艺经多年工程应用和技术革新成熟可靠。

(8)该生物滤池除臭设备的运行采用全自动控制,无需人工干预。

(9)该生物除臭设备运行过程中不需要提供特殊菌种。

(10)在设备调试初期即可确保臭气排放达标,效率高。

(11)臭气收集系统在大面积的臭气源设有多个集气口,从而保证了构筑物的恶臭气体能够被均匀抽吸;该装置在每个臭气源构筑物上配备了必要的阀门,用以调节风量和风压,保证了集气系统压力和风量平衡。

6 结语

成都市第七再生水厂二期工程的生物除臭装置结构布置紧凑,与厂内以及周围环境协调一致,与厂区的整体设计风格一致,能够满足企业景观化要求。生物除臭装置系统设计时充分考虑了污染气体直排的影响、封闭系统易燃易爆因素,以保证工人健康为宗旨,设计符合国家安全规范要求,构筑物的强度符合相关要求。该生物除臭装置采用的无机填料为全球首创的永久性无机工程填料,其处理后的尾气达到相应排放标准。同时,该生物除臭装置具有除臭处理效率高、运行稳定可靠、管理方便、投资合理等诸多优点,可在类似市政污水处理厂的废气处理工程中推广运用。

参考文献:

- [1] 城镇污水处理厂污染物排放标准,GB 18918-2002[S].
- [2] 冷拔异型钢管,GB/T 3094-2012[S].
- [3] 机械振动-刚性转子的平衡精度要求,ISO 1940-2-1997[S].
- [4] 设备振动标准,ISO 2372-1974[S].
- [5] 工业企业厂界环境噪声排放标准,GB 12348-2008[S].

作者简介:

赵亚(1984-),女,重庆涪陵人,工程师,从事市政工程项目技术与管理工作;

张建家(1996-),男,甘肃白银人,助理工程师,从事市政工程项目技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)