

# 利用生物滤池处理城市污水处理厂恶臭气体的工程实践

张现宝<sup>1</sup>, 姜开屏<sup>2</sup>

(1. 青岛市团岛污水处理厂, 山东 266002; 2. 青岛市排水管理处, 山东 266071)

**摘要:** 结合青岛市团岛污水处理厂利用生物滤池处理恶臭气体的工程实践, 介绍生物滤池处理污水处理过程中产生的恶臭气体的工程方法, 初步探讨生物滤池工艺处理恶臭气体的除臭原理和影响因素。

**关键词:** 污水处理厂; 恶臭气体; 生物滤池; 工程实践

## 1 概述

作为世界七大环境公害之一, 恶臭对人体健康和生态环境造成严重危害, 《中华人民共和国国家标准—恶臭污染排放标准》(GB14554—93) 将恶臭定义为: 一切刺激嗅觉器官引起人们不愉快及损坏生活生态环境的气体物质。在城市污水处理厂污水污泥处理过程中会产生大量的恶臭气体—异味, 这些臭味主要是由有机物腐败产生的气体造成, 大致有鱼腥臭(胺类  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ 、 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ ), 氨臭(氨  $\text{NH}_3$ ), 腐肉臭(二元胺类  $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ ), 腐蛋臭(硫化氢  $\text{H}_2\text{S}$ ), 腐甘蓝臭(有机硫化物  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ), 粪臭(甲基吡啶  $\text{C}_8\text{H}_5\text{NHCH}_3$ ) 以及某些生产废水的特殊臭味, 臭味给人以感官不悦, 甚至会危及人体生理健康, 诸如呼吸困难、倒胃、胸闷、呕吐等。随着社会经济的发展, 人民生活水平的提高和日益增强的公众环境意识。城市污水处理厂在生产运行过程中产生的臭气问题已引起社会越来越广泛的关注, 因此, 污水处理厂除臭问题就不可避免地提到议事日程上来。

## 2 生物滤池对恶臭气体的处理

目前恶臭气体的处理方法主要有: 物理法、燃烧法、化学氧化法、吸收法、吸附法和生物法。生物法是利用微生物将恶臭气体中的有机污染物降解或转化为无害或低害类物质的过程。与其他方法相比, 生物法处理废气投资少、运行费用低、不产生二次污染, 主要有生物滤池、生物洗涤塔和生物滴滤池三种形式, 其中生物滤池具有较强的恶臭去除能力、装置简单、能耗低、不受冬季寒冷气候的影响, 且运行和维护费用较低。

### 2.1 生物滤池脱臭原理

生物滤池处理过程是在适宜条件下由天然滤料吸附和吸收恶臭气流中的臭气, 然后由生长在滤料中的细菌和其它微生物来氧化降解。其净化过程一般要经历以下几个过程:

① 由于气液相之间存在浓度梯度, 废气中的污染物从气相转移到液相或固体表面液膜, 此过程遵循亨利法则。

② 液相或固体表面液膜中的污染物质被微生物吸附、吸收。

③ 进入微生物细胞的污染物作为营养物质被微生物分解、利用, 将污染物去除。在此过程中, 不含氮成分被氧化分解成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ; 含氮成分则被氧化分解为  $\text{S}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NH}_4$ 、 $\text{NO}^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 。

通过上述处理, 臭气中的有机物不断减少, 从而完成臭气的除臭过程。为了使微生物保持高的活性, 必须为之创造一个良好的生存环境, 比如适宜的湿度、pH 值、氧气含量、温度和营养成分等。

### 2.2 影响因素

① 填料

生物滤池的最主要部分是填料。一种好的载体填料必须满足: 容许生长的微生物种类丰富; 为

微生物提供较大的栖息生长比表面积；营养成分合理（N、P、K 和微量元素）；有好的吸水性，自身无异味；吸附性好，结构均匀、孔隙率大；材料易得，且价格便宜；耐老化，运行、养护简单。常用的填料有：塑料、半软性塑料、干树皮、干草、纤维性泥炭或其混合物，团岛污水处理厂采用了碎木块和干树皮作为填料。

生物滤池填料的堆放高度取决于停留时间和表面负荷。工程上填料高度一般为 1.0 ~ 1.2 m。如果选择的填料合适，且工艺能确保布气均匀、排除气流短路，那么最低高度可以为 0.5 m。

### ② 湿度

填料的湿度即含水率是生物滤池重要的控制参数。水是微生物生长不可缺少的条件：如果填料的含水率太低，则会使微生物失活，进而引起填料收缩，从而产生气体短流；如果填料湿度过高，则会使气体通过滤床的压降增高、停留时间缩短，并产生厌氧区域，使降解速率降低。很多试验表明，填料的湿度在 40% ~ 60% 范围内时，生物滤膜的性能较稳定。对于密度较小、多孔性的填料最佳湿度在 60% 左右。

### ③ 温度

温度是影响微生物活性的重要因素，一般情况下无论自养微生物还是异养微生物，均是中、高温均占优势。一般生物滤池可在较宽的温度范围内运行，在极端低温下可采用加热器进行加热，这样就保证了冬季的正常处理运行。

### ④ pH

生物滤池的最佳 pH 值是 6 ~ 7。由于在有机物的降解中会产生酸性物质（硫化氢和含硫有机物），从而导致硫酸的积累；氨和含氮有机物会导致硝酸的积累；氯代有机物会导致盐酸的积累。这些过程会造成 pH 的变化，一般可在填料中添加石灰、贝壳等进行缓冲。

## 3 利用生物滤池处理恶臭气体的工程实践

### 3.1 团岛污水处理厂恶臭气体的来源

团岛污水处理厂是中德技术合作而建的一座大型污水处理厂，位于前海旅游商贸区，周边分布有宾馆、居民区和农贸市场，占地 9.6 公顷，进水来自青岛市南区中西部及市北部分地区，服务人口 26 万，服务区域 10.6 平方公里，工程设计规模 10 万 m<sup>3</sup>/d，实际日进水量为 40000 m<sup>3</sup> 左右，污水来源除少部分工业污水外，主要为生活污水，采用较为先进的 A/A/O 处理工艺。其工艺流程如图 1。

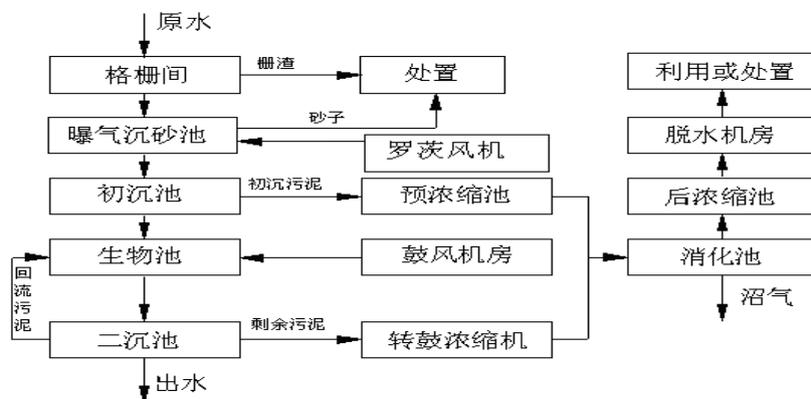


图 1 全厂工艺流程图

青岛市是一严重缺水城市，市民的节水意识好，水的重复利用率高，加之建筑物不设化粪池，

故而污水中污染物质的浓度很高。该厂粗细两道格栅产生的浮渣和带除油槽的曝气沉砂池产生的油脂、浮渣及初次沉淀池所刮除的浮渣全部由进水格栅间的栅渣压实机进行压实脱水，并暂时储存于栅渣斗内，平均日产栅渣 6 m<sup>3</sup>，砂水分离器也设置在格栅间内，平均日产砂渣 3 m<sup>3</sup>，在格栅间内平均停留 3 天时间，在清运前的暂存期间会产生大量恶臭；在进水泵房内由于污水在泵坑内的积存也会产生大量的恶臭。这几部分构筑物位于厂区靠近居民区附近，投入运行以来，尤其是在夏季，对周边居民正常生活造成了不良影响。按照恶臭强度的 6 级分类法，团岛污水处理厂进水格栅间恶臭级别处于 4 级，而进水泵房由于在一个较为封闭的环境中，恶臭级别处于 5 级，同时该处 H<sub>2</sub>S 浓度较高，对值班操作人员构成了安全隐患。在 2002 年进行的 ISO14001 环境管理体系的认证过程中，恶臭气体被识别为重要环境因素，为了保护和提高处理现场及周围的环境卫生质量，减少对空气造成二次污染，对恶臭进行有效的控制已势在必行。

### 3.2 恶臭气体的处理方案

污水污泥处理厂、污水泵站等各类污水行业所产生的废气，成分相当复杂，很难进行详尽的分析，而其对环境最直接的污染表现形式就是异味。要解决问题，必须从两方面考虑，一是气体的收集与运送；二是气体的处理方法与投入。青岛市团岛污水处理厂利用生物滤池进行恶臭处理，采用的是预洗—生物滤池工艺对进水格栅间及进水泵房所产生的恶臭进行处理。气体的收集采用两种形式，在栅渣斗加装集气罩，利用风机抽力将气体送入除臭设备；在进水泵房进行加装封闭盖板，通过排气管道用风机抽入除臭设备。整个除臭装置安装在格栅间房顶，产生的处理废水由排水管直接排入污水厂进水，进行统一处理。恶臭气体收集处理排放流程如图 2。

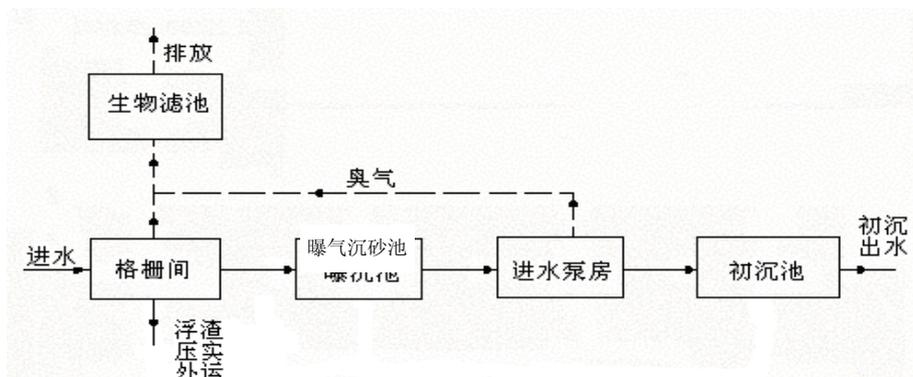


图 2 恶臭气体收集处理排放流程图

#### ① 设计参数

处理能力：8000 m<sup>3</sup>/h；

压力：1500 Pa；

生物滤池尺寸：表面积 45 m<sup>2</sup>，滤床高度 1.4 m；

填料：树皮、碎木片。

#### ② 设备及材料清单

电器部分见表 1，监测与控制部分见表 2，组合及安装部分见表 3。

表 1 电器

编号	项目	型式	制造商	型号	材质	技术参数	
VM 01	风机	离心	Colasit	CMV400	PP/ PPs	8000 m <sup>3</sup> /h	1500 Pa
						400 V	11.0 kW
PM 01	循环水泵	化学立式泵	Schemit	T150ET400	PP	155 L/min	16 m
						400 V	0.75 kW
E 01	加热器		Schniewindt	ERCT35	SS	230 V	3.0 kW

表 2 监测与控制设备

编号	项目	型式	制造商	型号	材质	范围	标注
LSA-01	泵空转保护	浮子开关	E.L.B	QFS10	PVC		2 个开关点
FI01	水流量控制	流量计	Gemu	855	PVC	20-250 L/h	
PI01	压力测量	压力表	Labom	NG63	1.4301	0-2.5 bar	填充流体

表 3 安装组件

编号	项目	型式	制造商	型号	材质	尺寸	数量
F01	过滤器	管道过滤	GF	305	PVC	D32	1
V02	新鲜水流通	隔膜阀	GF	314	PVC	D20	1
X1	喷嘴	螺旋形	Tholander	TF16FC	PP	R 3/8"	4 只
X2	洗池填料		Air Cure	螺旋玫瑰型	PP	1"	1.1 m <sup>3</sup>
	生物填料支撑板	网格	Tholander		PP	1000×1000×60	45 块

### ③ 工艺流程

针对团岛污水处理厂生产实际，采用了带预洗池的生物滤池，并安置于格栅间房屋的顶部。除臭构筑物示意图如图 3 所示。

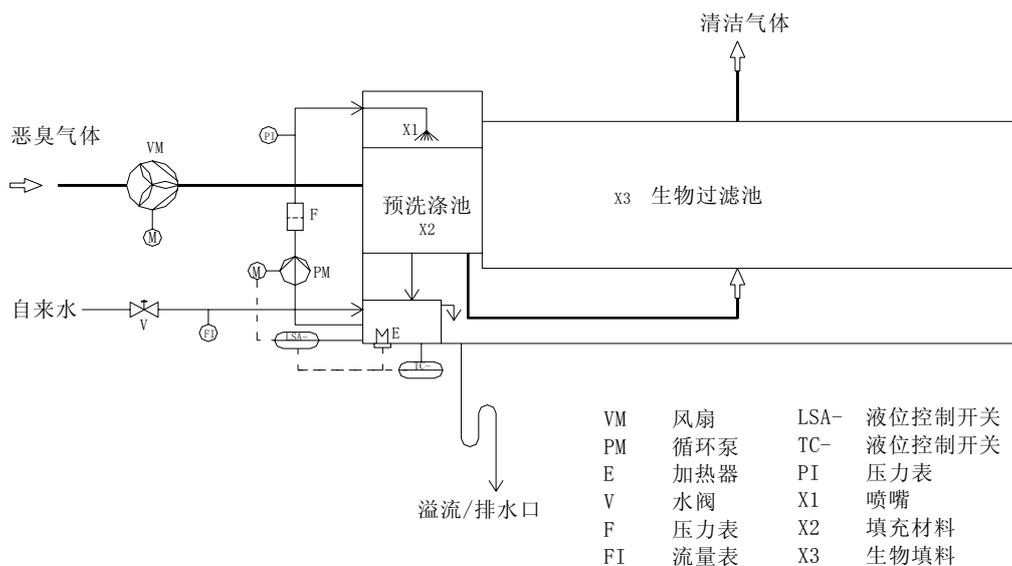


图 3 生物滤池示意图

(a) 所需净化的气体（即恶臭气体）通过一台离心风机进行抽吸进入预洗池（X2），预洗也起到缓冲器的作用，降低高污染负荷的峰值。在预洗池中，气流水平的经过装有螺旋玫瑰填料的填料床进行湿润，该填料床由水泵（PM01）提供持续的循环水，经由喷嘴（X1）从顶部持续的喷淋。喷嘴处的压力在压力计（P1）上显示。通常情况下，若压力大大超过正常范围（1.5 Pa），必须清洗喷嘴（X1），若压力小于正常范围（0.5 Pa），则需要清洗水泵的管路过滤器（F）。

预洗池需要持续提供新鲜水，供水量（100 ~ 200 L/h），通过隔膜阀（V01）控制。调节的原则是避免过量的有害物质通过。如果供水出现故障，浮子开关（LSA-01）将给出报警，水泵停止运行。

多余的水通过溢流口排到排水管中，过量的雨水或凝结水也在此排除。

(b) 经湿润后的气流从生物滤池填料（X3）的底部扩散到池体，气体分布到整个生物滤池的长度。然后气体缓慢的通过活性生物层，在活性生物层由微生物的氧化分解和同化合成对臭气进行处理，并以一种扩散气流的形式离开滤池。其净化过程可表述为：



由于水是这些微生物生存的环境，因此微生物的转化过程取决于气体在滤池中的停留时间、滤料中的水分以及气体的相对湿度。

在此工艺中，水量是经过调整的，因此可以达到吸收与干化速度的平衡，这样能够获得恒定的湿度，为生物的生长和分布提供最佳的条件。同时生物滤池中填充性能良好的生物滤料，即使在污染气体中断的条件下，它的作用也不会停止。

#### ④ 运行效果

团岛污水处理厂生物滤池除臭装置自投入运行以来，运行较为稳定，格栅间及进水泵房内的恶臭等级降为 2 级，同时  $\text{H}_2\text{S}$  含量由原来的 10 ~ 15 ppm 降为 0。在委托青岛市环境监测站所进行的监测评价中显示厂界空气符合《恶臭污染物排放标准》（GB14554—93）二级（新扩改建）标准的要求。

## 4 结论

生物过滤法处理过程是由天然滤料来吸附和吸收恶臭气流中的臭气，然后由生长在滤料中的细菌和其它微生物来氧化降解。通常情况下，这些天然滤料本身固有的细菌和其它微生物就足以用来除去臭气。作为生物过滤法的一种布置方式，生物滤池纯粹采用自然的方法将污染物分解成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，无二次污染；全自动控制，全天候工作，维修维护量少，耐冲击负荷，运行稳定；启动速度快，可间断运行；压力损失小，运行能耗低，运行费用低；池体采用组装式，便于运输和安装、便于气源分散条件下的分别处理；其缺点是需要一定的占地面积，但可放置在建（构）筑物的顶部，以节省空间。

## 参考文献

- [1] 赵丽君, 范淑平, 梁力. 污水处理厂除臭技术与工程化研究. 污泥处理处置技术与装备国际研讨会, 2003.
- [2] 黄兵, 社永林, 等. 生物法净化低浓度硫化氢废气的基础研究. 云南化工, 1998, 3: 17-19.
- [3] 陈建孟, 等. 生物技术在有机废气处理中的研究进展, 环境科学进展, 1998, 6(3): 30-35.
- [4] 毕列锋, 李旭东. 微生物法净化含  $\text{NO}_x$  废气. 环境工程, 1998, 16(3): 37-39.
- [5] 范运湘, 侯书林. 污水、污泥处理过程中恶臭控制技术. 污泥处理处置技术与装备国际研讨会, 2003.