

城市污水处理厂除臭技术

孙 政 周建忠 王 胤 罗本福

摘 要 针对城市污水处理厂运行过程中产生的恶臭气体,本文简要介绍了生物过滤除臭、化学吸收除臭、土壤除臭、活性炭吸附除臭、臭氧氧化除臭、直接焚烧除臭和掩蔽剂除臭等除臭技术的作用原理,并对各种除臭技术进行了工艺比较。最后分析得出生物除臭法和化学吸收除臭法将是今后除臭技术发展的主流。

关键词 臭气 除臭技术 城市污水处理厂

随着人类生活水平的提高和公众环境保护意识的增强,城市污水处理厂的除臭问题已引起人们越来越多的关注和重视。早在 20 世纪 50、60 年代国外就开始关注城市污水处理厂臭气对大气环境的污染问题,60、70 年代欧美等一些发达国家已经开始大规模建设除臭装置。日本也在 1972 年颁布了《恶臭防止法》,开始在污水处理厂建设除臭装置。至 1987 年,日本城市污水处理厂就约有 166 座除臭装置用以治理恶臭物质。

早期的除臭技术主要是借鉴化工单元操作技术如吸收、吸附、氧化、燃烧等方法。如化学吸收法、活性炭吸附法、燃烧法等。国外的除臭技术经过几十年的发展,现在形成了以生物除臭法、化学吸收法为主;其它方法,例如臭氧氧化法、活性炭吸附法、直接焚烧法、掩蔽剂法等为辅的除臭工艺^[1-4]。

1 几种除臭技术

1.1 生物过滤法

收集后的臭气通过湿润、多孔和充满活性微生物的滤层,利用微生物细胞对恶臭物质的吸附、吸收和降解功能,微生物的细胞个体小、表面积大、吸附性强、代谢类型多样的特点,将恶臭物质吸附后分解成 CO_2 、 H_2O 、 H_2SO_4 、 HNO_3 等简单无机物。

致臭物质 + O_2 $\xrightarrow{\text{微生物}}$ 细胞物质 + CO_2 + H_2O 等

生物过滤除臭过程主要以三个步骤进行:(1)水溶渗透;(2)生物吸收;(3)生物氧化。

第一步:滤料表面覆盖有水层,臭气中的化学

物质与滤料接触后在表层溶解,并从气相转化为液相,以利于滤料中的细胞作进一步的吸收和分解。另外,滤料的多孔性使其具有超大的比表面积,使气、液两相有更大的接触面积,有效增大了气相化学物质在液相中的传送扩散速率。故水溶渗透过程其实是一物理作用过程,高速的传送扩散意味着滤料可迅速将臭气的浓度降至极低的水平。

第二步:水溶液中的恶臭成分被微生物吸附、吸收,恶臭成分从水中转移至微生物体内。

第三步:滤料中的专性细菌(根据臭源的类型筛选而得到的处理菌种)将以污染物为食,把污染物转化为自身的营养物质,使碳、氢、氧、氮、硫等元素从化合物的形式转化为游离态,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,专性细菌等微生物又可实现自身的繁殖过程,当作为食物的污染化合物与专性细菌的营养需要达到平衡,而水分、温度、酸碱程度等条件均符合微生物所需时,专性细菌的代谢繁殖将会达到一稳定的平衡,而最终的产物是无污染的二氧化碳、水和盐,从而使污染物得以去除。

生物过滤法除臭工艺流程简图如图 1 所示。

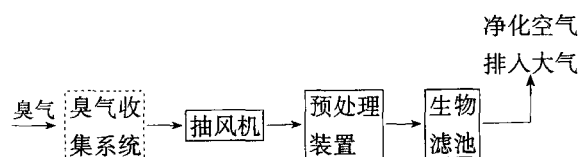


图 1 生物过滤法除臭工艺流程简图

1.2 化学吸收法

利用化学介质 (NaOH 、 NaCl 或 NaClO) 与 H_2S 、 NH_3 等无机类致臭成分进行反应,从而达到

除臭的目的。化学除臭法耐冲击负荷强，可间歇工作，工作方式灵活。化学法对 H_2S 、 NH_3 等的吸收比较彻底，反应速度快；但对部分挥发性有机化合物的去除存在一定的困难。化学吸收法必须配备较多的附属设施，如药液贮存装置、药液输送装置、排出装置等。

1.3 土壤除臭法

土壤除臭机理主要可分为物理吸附和生物降解两类。水溶性恶臭气体（如胺类、硫化氢、低级脂肪酸等）被土壤中的水分吸收去除；而非溶性臭气则被土壤的有机质及矿物质物理吸附后，利用土壤中的微生物将其降解。

1.4 臭氧氧化法

利用臭氧的强氧化性来分解氧化恶臭物质，从而达到除臭的目的。臭氧氧化法有气相和液相之分，由于臭氧发生的化学反应较慢，一般先通过药液清洗，去除大部分致臭物质，然后再进行臭氧氧化。臭氧是一种必须现场生成的氧化剂，它的浓度取决于恶臭物质的种类或浓度。在恶臭物质浓度很高时，臭氧就不能完全氧化这些污染物，而未使用的残余臭氧本身又成为一种空气污染物。

1.5 活性炭吸附法

吸附法是一种以活性炭为原料，利用活性炭的吸附功能对臭气进行处理的除臭方式。为了有效地除臭，通常利用各种不同性质的活性炭，在吸附塔内设置吸附酸性物质的活性炭，吸附碱性物质的活

性炭和吸附中性物质的活性炭，臭气和各种活性炭接触后，排出吸附塔。活性炭吸附法可以去除许多恶臭物质，主要是通过活性炭的吸附作用，将产生恶臭的 VOC 等吸附在活性炭微孔。其中乙醛、吡啶、3-甲基吡啶等恶臭成分是通过物理吸附去除的；其它一些致臭成分（如 H_2S 或硫醇等）则是在活性炭表面进行氧化反应而进一步吸附去除的。活性炭达到饱和后，需通过热空气、蒸汽或苛性碱浸没进行再生或替换。由于活性炭的吸附能力极易受臭气中的潮气、灰尘等杂物的影响而下降，因此常需在脱臭管道上安装除湿、除尘等装置防止活性炭受潮。

1.6 直接焚烧法

将臭气直接点燃和催化氧化也可以去除恶臭。将可燃气体与臭气混合，分别加热至 $800^{\circ}C$ （对直接点燃）和 $400^{\circ}C$ （对催化氧化），停留时间一般为 $0.3\sim 3s$ 。据有关文献报道，对于超高浓度的臭气，直接焚烧法是非常有效的方法。

1.7 掩蔽剂法

在臭气源（例如格栅、沉砂池、曝气池、污泥脱水间等）的周围喷洒化学物质以掩盖臭气。但由于大气环境和臭气浓度是不断变化的，故用掩蔽剂的效率是不可靠的。

2 几种除臭技术工艺比较

几种除臭技术工艺比较结果见表 1。

表 1 几种除臭技术工艺比较

序号	工艺类型	工程应用	费用	优点	缺点
1	生物过滤法	低至中度污染；小至大型设施	低投资，低运行成本	1、简单、经济、高效，吸收率达 90% 以上； 2、低投资，操作和维护费用低，运行、维护量最小； 3、不产生二次污染。	1、占地面积稍大； 2、对温度、pH 值、湿度的要求较高； 3、表面负荷过大会产生堵塞； 4、对混合臭气需要不同的菌种，需提供有效菌种。
2	化学吸收法（湿式）	中至重度污染；中至大型设施	中等投资，中等运行成本	1、较高的去除率和可靠的处理方法，可高达 95% 以上； 2、可处理气量大、浓度高的恶臭污染物； 3、多级的洗涤，可去除各种混合的恶臭污染物； 4、占地面积小，土建投资小； 5、运行稳定，停机后可迅速恢复到稳定的工作状态。	1、维修要求高； 2、运行管理较复杂，对操作人员素质要求较高； 3、运行费用（能耗、药耗）稍高。

序号	工艺类型	工程应用	费用	优点	缺点
3	土壤除臭法	低至中度污染; 小至大型设施	低投资, 低运行成本	1、维护管理费用低; 2、除臭效果好, 与活性炭吸附效果相当; 3、抗冲击负荷能力强, 不会堵塞。	1、占地面积大, 处理占地为 2.5-3.3m ² /m ³ 气体; 2、不适于多暴雨、多雪地区; 3、对于高温、高湿和含水尘等气体须进行预处理。
4	活性炭吸附法	低至中度污染; 小至大型设施	取决于活性炭填料的置换和再生次数	1、可有效去除 VOC; 2、对低浓度的恶臭物质的去除经济、有效、可靠; 3、维护简单; 4、可用于湿式化学吸收后的深度处理。	1、对于 NH ₃ 、H ₂ S 等去除率有限; 2、不能用于大气量和高浓度情况; 3、活性炭的再生与替换价格昂贵、劳动强度大; 4、再生后的活性炭吸附能力明显降低。
5	臭氧氧化法	低至中度污染; 小至中型设施	低投资, 中等运行成本	1、简单易行; 2、占地面积小; 3、维护量小。	1、臭氧本身为污染物, 经处理后仍有轻微恶臭味; 2、适应工况变化能力差, 因而工艺控制困难; 3、功率要求高; 4、对残余臭氧的分解处理的费用昂贵; 5、残余的臭氧会腐蚀金属构件、其后续处理费用大。
6	直接焚烧法	重度污染; 大型设施	高投资, 高运行成本	1、可分解高浓度的臭气; 2、可分解各种类型的臭气。	1、仅适用于浓度高、气量小的臭气; 2、会向大气排放 SO ₂ 、CO ₂ 等气体; 3、应用方面仍需研究、有待进一步的完善。
7	掩蔽剂法	低至中度污染; 小至大型设施	取决于化学药品的消耗量	1、设备简单、维护量小; 2、占地面积小; 3、投资省, 经济。	1、对臭气仅是掩盖作用, 臭气去除率有限; 2、因恶臭浓度和大气是不断变化的, 该方法的有效性不可靠。

3 工程实例

某城市污水处理厂进水流量为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用曝气生物滤池处理污水。根据环境要求, 需收集粗格栅、提升泵房、细格栅、曝气沉砂池、曝气生物滤池、沉泥池和脱水机房等处的废气, 采用生物过滤法处理收集到的废气。

3.1 废气量计算

(1) 粗格栅、提升泵房、细格栅及曝气沉砂池

对粗格栅、提升泵房、细格栅及曝气沉砂池修建一座房子进行整体密封, 液面外空间的体积为 6560 m^3 , 空气交换量取 5 次/h (经常有人出入)。则换气量为:

$$Q_1 = 6560 \times 5 = 32800 \text{ m}^3/\text{h}$$

(2) 曝气生物滤池

对曝气生物滤池加盖密封, 液面和加盖空间的体积为 8500 m^3 , 空气的交换量取 2 次/h (不进入空间)。则换气量为:

$$Q_2 = 8500 \times 2 = 17000 \text{ m}^3/\text{h}$$

(3) 沉泥池

对沉泥池加盖密封, 液面和加盖空间的体积为 8 m^3 , 空气的交换量取 2 次/h。则换气量为:

$$Q_3 = 8 \times 2 = 16 \text{ m}^3/\text{h}$$

(4) 脱水机房

脱水机房总面积 120 m^2 , 高度 5m, 空气的交换量取 5 次/h。则换气量为:

$$Q_4 = 120 \times 5 \times 5 = 3000 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2 生物滤池设计计算

该污水处理厂需处理的废气总量为:

$$Q_{\text{总}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 52816 \text{ m}^3/\text{h}$$

选用两套离心风机,其进口流量为 $26500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。风机压力为收集管网的阻力加滤池阻力,滤池总阻力损失可选用 2.2 kPa 。滤池表面负荷能力选用 $200 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,故滤池总表面积为 265 m^2 ,分两格。塑料填料和生物填料的堆放高度分别采用 0.7 m 和 1.0 m ,则塑料填料和生物填料的需要量分别是 185.5 m^3 和 265 m^3 。

4 结论

通过对几种除臭技术工艺的分析比较,各种除臭技术均有自己相应的特点,在城市污水厂臭气处理过程中均有一定的应用前景。针对我国城市污水处理过程中日益突出的恶臭问题,以及目前国内外各种除臭技术的成熟程度,笔者认为生物除臭法和化学吸收法这两类技术将是今后除臭技术发展的主流。

生物除臭法以工艺简单、投资省、运行费用低、维护管理方便、去除率高、无二次污染等优点

而快速发展,欧美、日本等发达国家多采用该技术处理污水处理厂内的恶臭。在占地面积不受局限的条件下,针对中、低浓度的恶臭气流,生物除臭法将成为我国除臭技术的一大主流。而化学吸收法具有处理气量大、浓度高、操作稳定、效率高和占地面积小等优点,针对中、高浓度的恶臭气流,该技术也是一个很好的选择。

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.中国给水排水,2003,19(6):46~48.
- 2 魏德江,龚梦锡.污水处理厂恶臭控制技术评价分析.能源环境保护,2004,18(4):27~30.
- 3 郑国华.生物除臭在污水上的应用.环境保护,2003,(10):20~21.
- 4 G. Leson, A. M. Winer. Biofiltration: an innovative air pollution control technology for VOC emissions. J. Air Waste Manage. Assoc, 1991, 41(8): 1045~1054.

△作者通讯处:610081 四川省成都市星辉中路11号,中国市政工程西南市政设计研究院

电话:(028) 83310956

E-mail: zjzhongf2002@126.com



广州能源所反渗透海水淡化装置有新进展

近日,中科院广州能源研究所海洋能实验室研制出用于反渗透海水淡化技术的新型能量回收装置,并制作出 10 t/d 反渗透海水淡化装置样机,该样机由于安装了新型能量回收装置,能耗有很大降低。产出淡水总的能耗低于 $5 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ (包括取水能耗),其中高压能耗为 $2.3 \sim 2.7 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 。

海水淡化作为淡水资源的替代与增量技术,对

于解决沿海(近海)地区淡水资源短缺,保障沿海地区经济社会可持续发展,具有重大的现实意义和战略意义。广州能源所此次用于反渗透海水淡化技术的新型能量回收装置的研制成功,对中小型反渗透海水淡化装置的大范围推广应用,必将起到较大推动作用。

(摘自 www.c-water.com.cn, 2006-07-26)

四川康定污水处理厂开工

2006年6月7日,由我国政府和荷兰政府发起的“中国西部小城镇环境基础设施经济适用技术及示范”项目——四川示范项目康定污水处理厂开工,填补了甘孜州无污水处理厂的空白。

此次开工项目总投资2389万元,其中荷兰赠款580万元。近期目标为日处理污水1万立方米。

中荷两国政府选择11个国家级贫困小城镇开

展环境基础设施示范,完全成后将解决50万城镇居民的污水和垃圾污染处理、安全饮用水问题,四川有5个项目,其中九寨沟县项目已开工,除康定项目外,其余泸沽湖景区、彭州、马尔康的3个项目都将于年内开工,明年完工。

(摘自 www.c-water.com.cn, 2006-06-16)