

# 臭气治理技术分析和新技术介绍

## The analysis of odor treatment technologies and the introduction to new technologies

■文 / 李建军<sup>1</sup> 马嘉乐<sup>1</sup> 董芳<sup>1</sup> 刘辉<sup>2</sup>

恶臭污染作为一种大气污染物,以空气为传播介质、通过呼吸系统对人体产生影响,而且其具有自身的特殊性。恶臭污染具有以臭味作为主要污染特征的特殊性,即恶臭气体的臭阈浓度较低,处理后要求气体中的恶臭物质浓度更低甚至为零,这就使得恶臭污染的治理有别于一般空气污染的治理。

### 1. 目前常见臭气处理工艺

早期的除臭技术是借鉴化工上吸收、吸附、氧化、燃烧等原理,形成了传统的化学吸收、活性炭吸附、焚烧、催化氧化等除臭方法。

#### (1) 化学吸收法

利用化学介质(碱等)与无机类致臭成分进行反应,从而达到除臭目的。化学除臭法耐冲击负荷强,可间歇工作,工作方式灵活。化学法对硫化氢、氨气等的吸收比较彻底,反应速度快;但对部分挥发性有机物的去除存在一定的困难。另外,化学法会产生大量要处理的废水。

#### (2) 活性炭吸附法

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VOCs等吸附在活性炭微孔中。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;其他一些致臭成分(例如硫化氢和硫醇等)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。

活性炭吸附法通常和湿式洗涤器法一起使用。湿式洗涤器可以去除恶臭中绝大多数的硫化氢和氨等,活性炭则主要吸附恶臭中的碳氢化合物。活性炭的预期寿命在1年以上。

#### (3) 臭氧处理法

利用臭氧的强氧化性分解氧化恶臭物质。但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和浓度。在恶臭物质浓度很高时,臭氧不能完全氧化这些污染物。另外,未使用的残余臭氧本身又是一种空气污染物。

#### (4) 焚烧法

将废气直接点燃和催化氧化也可以去除恶臭。将可燃气体与废气混合,分别加热到800℃(对直接点燃)和400℃(对催化氧化),停留时间为0.3-3s。有文献报道,对于超高浓度废气,此法是比较有效的方法。

#### (5) 掩蔽剂法

在废气源的周围喷洒化学物质以掩盖臭味。但由于大气环境和废气浓度是变化的,所以,掩盖剂法的效果是不可靠的。

#### (6) 低温等离子法

低温等离子法是通过高电压放电形式,获得非热平衡等离子体,即产生大量的高能电子或高能电子激励产生的·O、·OH基等活性粒子,破坏C—H、C—C等化学键,使尾气分子中的H、Cl、F等发生置换反应,最终生成CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O,将工业废气通过放电处理最终变为无害物质。

#### (7) 新型吸附—催化氧化法

应用新型活性炭(多为蜂窝炭或纤维炭)吸附浓缩低浓度的有机废气,吸附接近饱和后引入热空气加热活性炭,使有机废气脱附出来进入催化氧化床进行无焰燃烧净化处理,热气体在系统中循环使用或增设二级换热器进行热能回收。该法将低浓度的有机废气通过活性炭将其浓缩成高浓度的有机废气再通过

催化燃烧彻底净化。该法具有吸附法和催化燃烧法的优点,克服了各自单独使用的缺点,适用治理低浓度、大风量有机废气。

#### (8) 生物法

该法是基于成熟的生物处理污水技术发展起来的,具有能耗低、运行费用少的特点,在国外有一定规模的应用。其缺点在于污染物在传质和消解过程中需要有足够的停留时间,从而增大了设备占地,同时由于微生物具有一定的耐冲击负荷限值,增加了整个处理系统在停启时的控制难度。该法目前在国内污水站废气治理中有少量应用,在工业废气治理的应用中很少。

#### (9) 羟基氧化法

羟基氧化作用下废气迅速被电荷强度和极性不断变化的立体微电荷场网系统捕获,被带电荷流体吸收及反应。流体中存在的各种有机物以游离胶体、黏附颗粒、溶解状的有机物为主,这些有机物质通过连续获得金属阳离子作用而发生氧化还原反应,使污染物彻底分解、降解,使得挥发性有机污染物生成 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 等其他小分子排放。

经过几十年的发展,现在形成了以光催化、羟基氧化法为主,其他方法为辅的除臭工艺。近年来,光催化技术处理气态污染物也愈来愈受到世界各国的重视,研究表明,该技术在常温、常压条件下能将废气中的有机物分解为 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 和其他无机物。

## 2. 臭气处理工艺比较

表1 恶臭气体处理工艺比较

工艺		燃烧法	吸附法	吸收法	生物法	光催化
高浓度	处理效率	高	中	高	低	高
	费用	高	中	高	中	较低
低浓度	处理效率	高	高	中	中	高
	费用	高	高	高	中	低
最终产物		$\text{CO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$	解吸有机物	有机物	$\text{CO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$
使用范围		高浓度, 范围广	低浓度, 范围广	高浓度, 特定范围	低浓度, 范围广	低浓度, 范围广
其他		燃烧不完全, 产生有毒的VOCs中间产物	运行费用高, 废液需处理	操作压力低时, 吸收率很低, 需回收溶液	占地面积大, 反应时间长, 用水量大, 运行不稳定	工艺简单, 操作方便, 去除率高, 投资低, 无二次污染

## 3. 光催化和羟基氧化为核心工艺的臭气治理技术介绍

### (1) 工艺简图

废气收集管路系统主要由吸风罩及排风管道组成,在风机动力的作用下,将来自车间等区域的室内空气抽走,最终输送至安装于室外的处理系统。废气首先通过水喷淋,将恶臭气体中易于被水吸收的成分进行简单水吸收,同时提高气体中的水分,以促进

后续的光化学反应。喷淋吸收系统主要由填料、喷淋装置、除雾装置、喷淋液循环泵、吸收塔组成。光催化氧化设备和羟基氧化塔是该工艺的核心设备。排风风机作为整个净化系统的排风动力源,为了保证整套系统所需要的高风压以及使用寿命,风机采用玻璃钢材质。最后将处理后的无臭无害气体通过烟囱高空达标排放。

整套系统的控制采用独立PLC总控单元,触屏操

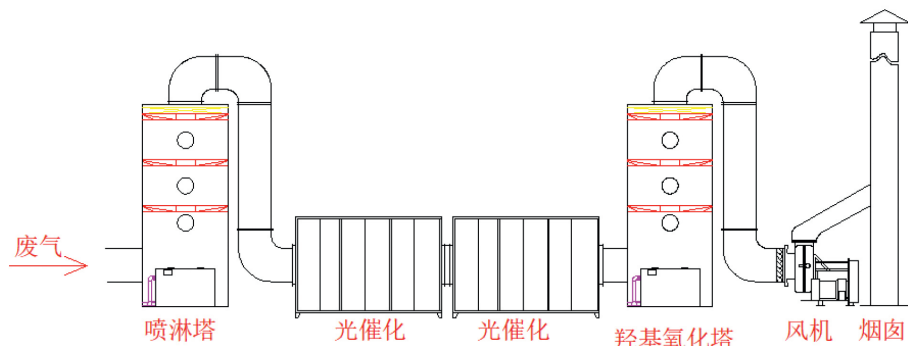


图1 工艺简图

作,采用一键启停,并设置变频控制风机根据实际工况调整排风量,并可以通过按钮控制切换风机工作状态,可全自动运行,无须配备操作人员。

### (2) 光催化氧化设备

经过预处理之后的废气导入光催化氧化系统。光催化废气处理技术在常温、常压条件下能将废气中的有机物分解为 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 和其他无机物,二次污染少,并且反应速度快、效率高。

在光催化氧化处理废气过程中,最为核心的是光源和催化剂。光催化膜是以钛板为基材,采用波长185nm和254nm紫外灯管为光源。 $\text{TiO}_2$ 的带隙能量为3.2eV,相当于波长为380nm的光。当波长小于380nm的紫外光照射到 $\text{TiO}_2$ 表面时,半导体的价带电子受激发发生带间跃迁,即从价带跃迁到导带,会在 $\text{TiO}_2$ 表面生成光生电子( $e^-$ -CB)和空( $h^+$ +VB),此时吸附在纳米颗粒表面的溶解氧俘获电子形成超氧负离子,而空穴将吸附在催化剂表面的氢氧根离子和水氧化成羟基自由基。

超氧负离子和羟基自由基具有很强的氧化性,能使几乎所有的有机污染物氧化至最终产物 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ,甚至对一些无机污染物也能彻底分解,不存在吸附饱和与二次污染问题。

此外,光催化氧化系统的光解作用主要是通过高能UV紫外线对空气中的氧气产生分解作用,促进氧分子分解成为游离态的氧,由于游离态氧上的正负电子处于不平衡状态,因此游离态氧极易与氧分子结合生成臭氧,而臭氧的强氧化作用能够促进有机挥发性废气的分解。

研究表明,该技术在常温、常压条件下能将废

气中的有机物分解为 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 和其他无机物,有较大潜在应用价值。各国学者围绕多相光催化机理及提高 $\text{TiO}_2$ 的光催化效率等方面做了大量的探索工作。

$\text{TiO}_2$ 具有化学稳定性好、无毒、价廉、易得、具有较正的价带电位和较负的导电电位等特点,是理想的光催化剂,也是目前使用最多的一类光催化剂。

光催化技术具有以下优点:

- 1) 反应条件温和,常温常压下即可进行。无须添加任何氧化剂如臭氧( $\text{O}_3$ )、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 等化学药剂,避免进一步的化学污染,并降低了成本;
- 2) 能耗低;
- 3) 基本上无二次污染。光催化氧化反应彻底,产物彻底矿化为 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、酸和无机盐等;
- 4) 适用性广;
- 5) 在处理过程中,同时具有杀菌作用;
- 6) 工艺及设备简单、占地面积小、易于操作控制。

### (3) 羟基氧化塔

废气从底部切向进入羟基氧化塔,在羟基氧化作用下废气中还未被光催化氧化的成分可以迅速被带电荷的填料和极性不断变化的立体微电荷场系统捕获,同时被带电荷的流体吸收并进行羟基氧化反应。使污染物彻底分解、降解,最终生成 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 等其他小分子排放。

在这个羟基氧化塔中,由于填料全部采用合金制作,同时表面施加一定的电流,因此前面光催化氧化设备所产生的富余的臭氧,在这里会继续参加氧化反应,从而减少了臭氧的排放。

羟基与氢氧根不同,氢氧根主要是无机化学上的术语;而羟基是有机化学上的术语。第二个不同点在于:羟基中的氧原子与氢原子是以共价键连接起来

表2 主要恶臭污染物排放标准值

控制项目	单位	二级
氨	mg/m <sup>3</sup>	1.5
硫化氢	mg/m <sup>3</sup>	0.06
甲硫醇	mg/m <sup>3</sup>	0.007
臭气浓度	无量纲	20

的,而共价键就是一个电子对(两个电子,一般是两个原子各出一个电子,这两个电子是两个原子共有),共价键分为极性和非极性(两个电子如果往一边偏,就是极性,不偏就是非极性),偏的越大,极性越强;小短线是表示含有一个电子,一般易于其他元素上的电子结合,而成为一个新的官能团或新的物质,例如, -CHO, -COOH。氢氧根离子就可以看成是羟基中极性共价键的极端结果即氧原子夺取了氢原子上一个电子,从而形成了稳定的和带一个负电荷的离子,一般易与其他带正电荷的离子结合形成离子化合物。

羟基氧化塔中设有一个稳定的电场层。这个电场层的电极材料采用特殊的网孔设计,在外加电源的作用下可以产生一个电荷强度及极性不断变化的立体电场。在工作与清洗时电场层的上下部极性可以倒换,中间采用绝缘材料隔开。废气中污染物颗粒多带正电荷,可以被下层负电场层中的材料吸附。而在反

向工作时,这部分被吸附的粒子则会在同性相斥的作用下进行解吸,从而随着从上面喷淋下来的水流入下面的循环水池中。在循环水池中同样设有一套羟基处理设备,可以对这部分污染物质进行电化学的催化氧化降解及絮凝沉淀。处理后水在循环水泵的作用下通过管道从反应器的最上面喷入电场层,循环重复使用。本设备采用自动控制系统,可以根据各类工业污染废气因子不同,设置不同的程序和参数,同时在运行时污染物浓度不断变化而自动控制系统也自动调节其反应状态,使其反应连续进行。

#### 4. 排放标准

恶臭排放应严格执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93),主要指标见表2(表中指标值应为厂界标准值)。

作者单位:1.北京蓝白蓝科技有限公司;2.嘉兴性天环保科技有限公司

