

低温等离子体在废气处理中的应用

王玲玲, 张建平

(山东派力迪环保工程有限公司, 山东 淄博 255086)

摘要: 目前对异味恶臭废气的常用处理方法存在运转费用高、设备及运行管理要求高、占地面积大、净化效率不高、极易产生二次污染、易受污染物浓度及温度影响等缺点。低温等离子体降解污染物是利用高能电子、自由基等活性粒子与废气中的污染物作用, 使污染物分子在极短的时间内发生分解, 以达到降解污染物的目的。通过山东某制药公司废气处理项目应用实例, 显示出低温等离子体处理废气的效果和经济效益的优势。

关键词: 废气处理; 二次污染; 低温等离子体

中图分类号: X701 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-5377 (2013) 01-0035-03

异味是大气、水、土壤、固体废弃物等物质中的异味物质, 通过空气介质作用于人的嗅觉器官而引起的不愉快感觉, 并有害人体健康的一类公害气态污染物质。恶臭气体的来源广泛。主要来自于固体垃圾处理场, 以石油为原料的化工厂、钢铁厂、污水泵站、污水处理厂、制药厂、饲料和肥料加工厂、畜牧产品农场、化纤厂、皮革厂、制浆厂, 以及公厕、粪便转运站等场所。恶臭气体散发到空气中不仅使人感到不快、恶心、头疼、食欲不振、妨碍睡眠、嗅觉失调、情绪不振以及诱发哮喘等, 甚至会引起急性疾病。

为了提高居民生活环境质量、杜绝空气污染隐患, 异味恶臭源的控制处理已成为目前一些地区亟待解决的环境问题。

1 常用的废气处理技术

目前国内外用于处理异味恶臭的废气有多种技术, 其中常用的技术为燃烧法、氧化法、吸收法^[1]、吸附法、生物法^[2]、光催化法^[3]、等离子体法等。其中吸收法的净化效率不高, 消耗吸收剂, 易形成二次污染; 低温等离子体法的适用范围^[4]、净化效率高, 尤其适用于其它

方法难以处理的多组分异味恶臭气体, 但一次性投资较高; 吸附法的吸附剂费用昂贵, 再生较困难, 要求待处理的异味恶臭气体有较低的温度和含尘量; 生物法的占地面积大, 填料需定期更换, 脱臭过程不易控制, 运行一段时间后容易出现問題, 对疏水性和难生物降解的物质处理还存在较大难度。

2 DDBD低温等离子体技术

DDBD低温等离子体是继固态、液态、气态之后的物质第四态。低温等离子体降解污染物是利用高能电子、自由基等活性粒子和废气中的污染物作用, 使污染物分子在极短的时间内发生分解, 并发生后续的各种反应以达到降解污染物的目的。

2.1 DDBD低温等离子体去除污染物的机理

介质阻挡放电是一种获得高气压下低温等离子体的放电方法, 这种放电产生于两个电极之间。介质阻挡放电可以在 $0.1 \times 10^5 \sim 10 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下进行, 具有辉光放电的大空间均匀放电和电晕放电的高气压运行等特点。整个放电过程由许多在空间和时间上随机分布的微放电构成, 这些微放电的持续时间很短, 一般在10ns量级。见图1所示。

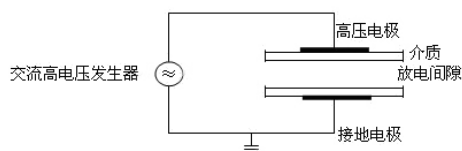
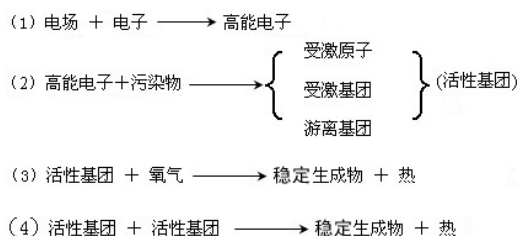


图1 介质阻挡放电示意图

介质阻挡放电过程中，电子从电场中获得能量，通过碰撞将能量转化为污染物分子的内能或动能，这些获得能量的分子被激发或发生电离形成活性基团，同时空气中的氧气和水分在高能电子的作用下也产生大量的新生态氢、臭氧和羟基氧等活性基团，这些活性基团相互碰撞后便引发了一系列复杂的物理、化学反应。从低温等离子体的活性基团组成可以看出，低温等离子体内部富含极高化学活性的粒子，如电子、离子、自由基和激发态分子等。废气中的污染物质与这些具有较高能量的活性基团发生反应，最终转化为无二次污染的 CO_2 和 H_2O 等物质，从而达到净化废气的目的。

低温等离子体化学反应的过程大致如下：



从上述反应过程可以看出，电子先从电场获得能量，通过激发或电离将能量转移到污染物分子中去，获得能量的污染物分子被激发，部分分子被电离，从而成为活性基团。然后这些活性基团与氧气、活性基团与活性基团之间相互碰撞后生成稳定产物和热。

另外，高能电子也能被卤素和氧气等电子亲和力较强的物质俘获，成为负离子。这类负离子具有很好的化学活性，在化学反应中起着重要的作用。

2.2 DDBD低温等离子体技术的特点

低温等离子体裂解氧化废气处理技术具有能耗低（处理相同气量的废气能耗降低2/3）、处理废气量大、无需对发生管进行冲洗等优点。

低温等离子体技术应用于异味恶臭气体治理，处理效果好（几乎可以处理目前常见的各种异味恶臭气体）；运行费用低廉（每立方米气量运行费用仅为1~5

分）；运行稳定、操作管理简便，即开即用。

该技术可广泛应用于石油化工、制药、食品、污水处理、涂料、皮革加工、感光材料、汽车制造、稀土等诸多行业有机废气的治理以及采用其它方法很难解决的废气的治理。

3 DDBD低温等离子体在废气处理中的应用

3.1 项目概况

山东某制药有限公司污水站异味气体主要来源于特高调节池、兼氧池等工艺段散发的异味气体，主要污染因子包括：硫化氢、亚硫酸、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫、氨以及吡啶、有机酸等其它有机废气，总废气量为 $3500\text{m}^3/\text{h}$ ，具体情况见表1。

表1 山东某制药有限公司的废气情况

项目	浓度
非甲烷总烃 (mg/m^3)	≤ 1500
臭气浓度 (无量纲)	3090
H_2S (mg/m^3)	2.78
甲硫醇 (mg/m^3)	≤ 0.04
甲硫醚 (mg/m^3)	≤ 1.91
二甲二硫 (mg/m^3)	≤ 3.24
氨 (kg/h)	≤ 6.7

3.2 废气处理工艺介绍

对比目前的废气处理方法，针对废气中污染物的特性，考虑处理效果及工程投资的前提，确定该废气工程适合选择“低温等离子体裂解氧化废气处理工艺”。

废气首先进行溶剂吸收，再经现有的预处理系统处理，预处理后的气体通过气体分配器均布后进入低温等离子体反应器，以使每个低温等离子体反应管中通过的的气体量大致相等，同时也使来自不同工段的废气进行充分混合，达到均质目的（见图2）。

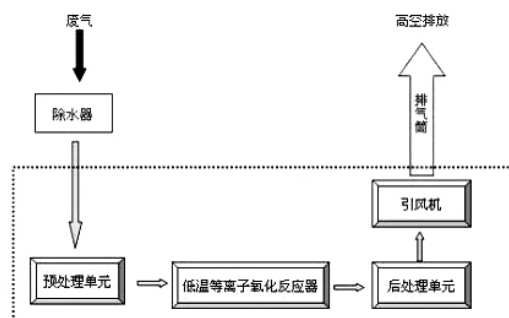


图2 低温等离子体裂解氧化废气处理工艺流程

3.3 废气处理前后对比

低温等离子体氧化反应器正常运行后,由第三方PONY谱尼测试集团废气检测,检测参照标准《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)、《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T16157-1996)、《空气和废气监测分析方法》、《空气质量 恶臭的测定 三点比较式臭袋法》(GB/T 14675-1993)、《大气污染物综合排放标准》(GB16279-1996)中规定的标准值。处理后废气中污染物的成分见表2。

表2 低温等离子处理前后废气成分对照表

项目	检测项目 (mg/m ³)	废气温度 (℃)	标态废气量 (m ³ /h)	排放浓度 (mg/m ³)
处理前	H ₂ S	33.8	2.06×10 ³	2.78
处理前	臭气浓度	33.8	2.06×10 ³	3090
处理后	H ₂ S	27.1	3.38×10 ³	0.027
处理后	臭气浓度	27.1	3.38×10 ³	179

3.4 处理效果及费用

采用“DDBD低温等离子体技术+催化氧化技术”工艺处理该项目废气,异味去除率>99%。处理废气量3500m³/h,电耗0.003kW/Nm³,即处理1m³废气的费用仅为0.013元。

4 结论

经过项目工程案例分析后,显示低温等离子体处理

废气有以下优点:

(1) 介质阻挡放电产生的低温等离子体,电子能量高,对污染物的降解无选择性,几乎可以和所有的异味恶臭气体分子作用。

(2) 废气经过低温等离子体氧化反应器处理后的最终产物为二氧化碳、水等,不对外界环境产生二次污染。

(3) 低温等离子体氧化反应器处理废气的反应快,在0.01~0.1s内完成,几乎不受气速限制。

(4) 低温等离子体氧化反应器采用防腐蚀材料,且电极不与废气直接接触,从根本上解决了废气对设备的腐蚀问题。

(5) 低温等离子体氧化反应器采用智能远程控制,操控方便;不受时间限制,即用即开,即关即停,无需专业技术人员操作监控,节省人工费。

(6) 结构简单、占地面积小。

参考文献:

- [1] 陈凡植.活性炭吸附法处理低浓度苯类废气的研究[J].广东工业大学学报, 1994, 11(3): 80-85.
- [2] 安莹玉, 兴文, 等.有机废气生物处理技术现状与展望[J].四川环境, 2006, 25(1): 65-69.
- [3] Smith F L, Sorial G A, Suidan M T. Development of two biomass control strategies for extended stable operation of high efficiency bio-filters with high toluene loading [J]. Environ. Sci. and Tech., 1996,30:1744-1751.
- [4] 朱伟, 刘建新.石油化工中有机废气处理研究进展[J].化工时刊, 2008, 22(3): 71-75.

Application of Low Temperature Plasm in Exhaust Gas Treatment

WANG Ling-ling, ZHANG Jian-ping

(Shandong Pallet Environmental Engineering Co., Ltd, Zibo Shandong 255086, China)

Abstract: The treatment methods for exhaust gas of peculiar smell and malodor show shortcomings, such as high operation costs, strict requirement of equipment and operation management, big area of land required, low purification efficiency, the secondary pollution caused, influence of pollutant concentration and temperature. Pollutant is degraded by low temperature plasm that uses the effect of active particle and pollutant of energetic electron and free-radicals and cause the degradation of pollutant molecule in a short period of time so as to degrade the pollutants. Through the application example of exhaust gas treatment project in a certain pharmacy company of Shandong, it shows the effect of low temperature plasm in treatment of exhaust gas and the advange of economic benefits.

Keywords: exhaust gas treatment; secondary pollution; low temperature plasm