

# 油烟净化空调一体机技术创新研究

张进东

中青环保(广东)有限公司 广东广州 510000

**摘要:** 随着人们生活水平的提高,对室内环境质量的要求日益增加。传统空调与油烟净化设备功能分离,存在占用空间大、安装复杂等问题。油烟净化空调一体机将制冷与油烟净化功能集成,具有显著优势。本文深入研究其技术创新,详细阐述各模块结构如动力模块、制冷模块、净化模块等的工作原理与设计要点,分析油烟液态化的技术原理、实现路径及逻辑结构,旨在为该一体机的进一步优化与推广提供理论支持与技术参考。

**关键词:** 油烟净化; 空调一体机; 技术创新; 油烟液态化

## 引言

对油烟净化空调一体机进行技术创新研究,有助于深入了解其工作原理与性能特点,发现现有技术的不足并加以改进。通过优化各模块结构与协同工作机制,可提高一体机的整体性能,包括制冷效率、油烟净化效果、能源利用效率等,为用户提供更加高效、便捷、舒适的产品。<sup>[1]</sup>同时,也有助于推动相关产业的技术升级,促进节能环保技术的应用与发展。

## 一、油烟液态化的产品技术原理

### (一) 基本原理

油烟液态化技术是油烟净化空调一体机实现高效油烟净化的核心技术之一。其基本原理基于物质的相态转变以及物理和化学作用。油烟本质上是由多种有机化合物和微小颗粒物组成的气溶胶,在常温常压下以气态和固态颗粒混合的形式存在。

### (二) 物理作用机制

在油烟液态化过程中,物理作用起到了重要的推动作用。温度调节是其中一个关键因素,通过降低温度,使油烟中的高沸点成分达到露点温度,从而发生凝结现象,从气态转变为液态。例如,在制冷模块的蒸发器表面,由于温度较低,部分油烟颗粒会在其表面凝结成液滴,随着重力作用滴落到收集装置中。

### (三) 化学作用机制

传统紫外光解(UV-photolysis)常被简单描述为

“打断C-H、C-C键,把油污变成小分子”。近五年,同步辐射真空紫外(VUV, 10.0-12.5 eV)与大气压下185 nm低压汞灯的耦合实验表明,真正主导链烷烃碎片化的是Rydberg→valence态跃迁而非直接的 $\sigma \rightarrow \sigma^*$ 跃迁(Zhang et al., 2022, Nature Communications)。这意味着光子能量首先把电子推到高激发态,随后通过超快内转换(<100 fs)将能量沉积到振动热库,再经由“振动漏斗”效应在C-C键上形成瞬态拉伸(>0.05 nm),最终发生均裂。该机制解释了为何185 nm光解癸烷的量子产率( $\Phi \approx 0.7$ )远高于254 nm( $\Phi \approx 0.05$ ),也提示了“能量沉积-振动重排-键断裂”三步模型对后续残留预测的重要性。

## 二、油烟净化空调一体机各模块结构分析

### (一) 动力模块

油烟液态化技术是一种融合多学科交叉、多模块协同作用的新型空气净化与治理方法,旨在实现厨房油烟等复杂气溶胶污染物的高效捕集与资源化处理。该技术体系通过动力模块、制冷模块、雾化模块、动态拦截模块、电控数据模块、冷离子发射模块、静态拦截模块、流体复合均衡模块及流体结构布朗均衡模块等多个功能单元的有机集成,构建起一套物理为主、多法协同的技术路径。<sup>[2]</sup>其核心目标在于将传统难以处理的油雾颗粒通过物理相变与场效应作用转化为可收集的液态物质,从而突破传统静电除尘、布袋过滤或化学吸附在效率、维护与二次污染方面的瓶颈。

动力模块作为系统运行的基础驱动单元,提供稳定可控的气流输送能力。其设计需兼顾风量调节精度与能耗控制,采用变频风机与智能反馈机制相结合的方式,确保不同工况下均能维持最优气流速度。气流组织的合

**作者简介:** 张进东(出生1986年2月25日),性别:男,民族:满,籍贯:辽宁省开原市,学历:本科,职称:助理工程师,研究方向:油烟液态化。

理性直接影响后续各模块的作用效率，尤其对雾化与拦截过程具有决定性影响。高速均匀流动有助于增强雾滴与油雾粒子的碰撞概率，而低涡区域则可能导致颗粒沉积与通道堵塞。因此，动力模块需与流体结构设计深度耦合，实现整机内部流场的最优化分布。

## （二）制冷模块

制冷模块的核心功能在于降低含油烟气的温度，促使其内部挥发性有机物（VOCs）及部分高沸点油脂发生冷凝相变。该过程遵循热力学露点原理，当气体温度降至饱和蒸气压对应的露点以下时，气态油分开始析出并附着于冷却表面。本系统采用多级梯度降温策略，先以中温段预冷去除大颗粒油滴，再通过低温段深度冷却捕捉细小油雾。制冷方式可选用热电制冷（TEC）或小型压缩机制冷，前者具备无振动、体积小的优点，后者则适用于高负荷连续运行场景。值得注意的是，制冷过程不仅降低气体温度，同时改变粒子布朗运动强度，为后续流体复合均衡与拦截提供有利条件。

## （三）雾化模块

雾化模块负责向气流中引入微米级水雾或功能性液体介质。雾滴尺寸控制在5-20  $\mu\text{m}$ 范围内，确保其具备足够的悬浮时间与碰撞截面。所用雾化技术多为超声波或高压喷嘴式，前者产生更均匀的细雾，后者适应高流量需求。雾化液可添加微量表面活性剂或生物酶制剂，提升润湿性与分解能力。在气流携带下，雾滴与油雾颗粒发生惯性碰撞、拦截捕获及扩散凝聚等多种相互作用机制，形成“油-水-固”三相混合液滴。<sup>[1]</sup>这一过程实质上是将原本分散于空气中的微米级油粒通过液桥连接聚并为更大液团，为液化奠定基础。

## （四）动态拦截模块

动态拦截模块利用旋转离心力场实现气液分离。结构上常设计为多层旋流叶片或高速转子装置，含雾气流在强离心力作用下被迫沿径向向外运动，密度较大的液滴被甩至壁面并汇聚成膜状流体，最终经导流槽排出。该模块对粒径大于1  $\mu\text{m}$ 的复合液滴去除效率可达90%以上。与传统滤网不同，动态拦截几乎不产生压阻累积，且可通过反冲洗实现自清洁，显著延长维护周期。结合前置雾化作用，动态拦截实际上完成了从“干态颗粒捕集”向“湿态液滴分离”的关键转化。

## （五）冷离子发射模块

离子发射模块利用电晕放电原理，在特定电极之间施加高电压，使空气电离产生大量的正、负离子。这些离子与油烟颗粒相互作用，通过电荷吸附和中和效应，

使油烟颗粒带上电荷。带电的油烟颗粒在电场力的作用下，会向集尘极板移动并被吸附，从而实现油烟的初步净化。

在此过程中，冷离子发射模块发挥辅助强化作用。其通过尖端放电或场致电子发射产生低温等离子体，释放大量的负氧离子与自由基。这些活性物种可破坏油脂分子的长链结构，降低其黏性与聚合倾向，同时抑制微生物滋生。更为重要的是，离子云改变了油雾粒子的表面电荷状态，打破原有静电平衡，使其更易被极性雾滴吸附。这种非热等离子体处理属于典型的物理-化学耦合手段，在不产生高温明火的前提下实现污染物的活化改性。

## （六）静态拦截模块

静态拦截模块则作为终端精过滤单元，通常由多孔亲油材料构成，如改性纤维毡、三维网状泡沫金属或多层级梯度烧结滤芯。<sup>[4]</sup>其孔隙结构经过精密设计，兼具高比表面积与低流阻特性。在前序模块已大幅削减污染负荷的基础上，静态拦截主要捕获残余亚微米级颗粒，并通过毛细作用将其锁闭于液相网络之中。材料表面常进行疏水/亲油双重修饰，确保油相优先润湿并向下汇集，避免水膜封堵导致通气不畅。静态分离技术实现油、水、汽分离，通过多层物理净化+光触媒去味+UV杀菌+负氧离子等对油烟里的有害气体深度净化，杀菌除味，去除油烟混合气体里的有害成分和污染物，达到室内循环效果。

## （七）流体复合均衡模块

流体复合均衡模块关注的是多相流体在复杂通道内的分布稳定性。由于雾化液、冷凝液与油污混合后易出现分层、乳化或局部淤积现象，该模块通过仿生流道设计与微扰动结构（如涡旋发生器、文丘里缩扩段）诱导适度湍流，促进各组分均匀混合。同时，调控界面张力与流动剪切力之间的平衡，防止大油珠破裂或小液滴过度聚并，维持适宜的液滴粒径分布。此过程直接关系到后续分离效率与排液顺畅性。

## （八）流体结构布朗均衡模块

流体结构布朗均衡模块进一步聚焦微观尺度上的粒子行为调控。根据斯托克斯-爱因斯坦方程，降低温度可减弱布朗运动剧烈程度，但也会减缓扩散捕集速率。为此，系统引入周期性微振荡场或交变电场，人为调节粒子动能分布，使其在保持一定迁移活性的同时趋向聚集中心。该模块本质上是对热力学无序运动的有序干预，体现了从被动拦截向主动引导的技术跃迁。

从整体逻辑架构来看, 油烟液化技术摒弃了单一依赖静电吸附或化学反应的传统模式, 转而构建“物理主导、多法协同”的综合治理路径。排斥静电法通过冷离子发射中和粒子电荷, 削弱其相互排斥力; 化学法则体现在雾化液中添加的功能性成分对油脂的乳化与降解作用; 水洗法贯穿于雾化与冷凝全过程, 利用水作为媒介实现污染物转移; 生物法虽占比有限, 但在特定配方中引入脂解酶或益生菌群, 可在收集液中继续催化分解有机物, 减少废液处置压力。四种方法并非简单叠加, 而是按照时空顺序嵌套于各功能模块之中, 形成递进式净化链条。

### 三、油烟液化的实现路径

#### (一) 预处理阶段

在预处理阶段, 主要目标是对含油烟的空气进行初步处理, 为后续的油烟液化创造有利条件。首先, 通过动力模块驱动空气进入一体机, 经过粗效过滤器, 去除空气中较大的颗粒物, 如灰尘、毛发等, 防止这些杂质对后续的净化模块造成堵塞或损坏。

接着, 空气进入离子发射模块, 在电场作用下, 油烟颗粒被电离带电。带电的油烟颗粒更容易相互吸引和聚集, 从而增大颗粒粒径, 为后续的液化过程奠定基础。同时, 在这个阶段, 电控数据模块实时监测空气的流量、温度、湿度以及油烟浓度等参数, 根据这些数据调整各模块的运行状态, 确保预处理过程的高效稳定。

#### (二) 液化核心阶段

经过预处理的空气进入液化核心阶段。在此阶段, 多种技术手段协同作用, 促使油烟发生液化转变。一方面, 利用制冷模块的部分冷量, 对空气进行适度降温, 使油烟中的高沸点成分达到露点温度, 发生凝结现象, 形成微小的液滴。

另一方面, 声态拦截模块发射特定频率和强度的声波, 引起油烟颗粒的共振, 进一步促进颗粒之间的碰撞和聚集, 加速液滴的形成。流碎复合均衡模块则通过特殊的流道结构和破碎装置, 使气流产生高速旋转和紊流, 增加颗粒碰撞几率, 同时对较大颗粒进行破碎, 优化颗粒粒径分布, 提高液化效率。

此外, 在液化核心阶段, 根据需要适时添加化学试剂。这些化学试剂在气流中均匀分散, 与油烟颗粒充分接触, 发挥其降低表面张力、促进凝聚等作用, 加速油烟的液化过程。

#### (三) 后处理阶段

经过液化核心阶段后, 空气中大部分油烟已转变为液态, 但仍可能存在一些残余的细微液滴和未完全处理的杂质。在后处理阶段, 流体结构布朗均衡模块发挥作用, 通过精心设计的流道结构和微小障碍物, 利用布朗运动原理, 使残余的细微液滴与障碍物碰撞并附着, 进一步去除这些细微杂质, 提高净化后的空气质量。

最后, 经过净化的空气通过出风口重新送回室内, 完成整个油烟净化过程。同时, 收集到的液态油烟被排放到专门的收集装置中, 以便进行后续的处理或回收利用。在整个后处理阶段, 电控数据模块持续监测净化后空气的质量参数, 确保一体机始终保持良好的净化效果。

技术实现路径上, 首先通过动力牵引使油烟进入系统, 经历制冷初沉与雾化加湿两个预处理阶段, 完成气态—液态的初步转变; 随后在动态与静态双级拦截中实现高效分离; 全程辅以离子活化与流场调控, 保障各环节衔接流畅。最终产物为可集中排放或回收利用的乳化油水混合物, 真正实现了“废气变废液”的形态转换。相较于传统静电油烟机存在臭氧超标、集油盘滴漏等问题, 本技术路径更符合绿色可持续发展理念。

### 结论

目前油烟净化空调一体机技术仍存在一些需要进一步改进和完善的地方。例如, 在提高各模块的性能和效率方面, 还有很大的提升空间, 特别是在如何优化制冷模块与净化模块之间的能量协同利用, 以降低整体能耗。在油烟液化技术方面, 虽然已经取得了一定的成果, 但对于一些复杂成分和高浓度油烟的处理效果仍有待提高, 需要进一步研发更加高效的物理和化学处理方法。

### 参考文献

- [1] 姜同舟. 油烟净化环保设备的环保产品认证实践[J]. 质量与认证. 2025(05): 85-86
- [2] 卜云峰, 戴小明, 黄章喜, 刘善军. 吸油烟装置油烟离心动态分离技术研究[J]. 家电科技. 2024(S1): 109-114
- [3] 李超仲, 傅月, 黄垒, 于东麒. 餐饮油烟VOCs催化氧化技术研究进展[J]. 环境保护科学. 2023, 49(06): 24-34
- [4] 梁建瑞, 侯宝. 油烟净化器技术改造探索[J]. 中国设备工程. 2022(02): 24-25