

基于乳化的智能型高效油烟废气净化装置研究

黄晓林, 杨懿

(广东松山职业技术学院 电气工程学院, 广东 韶关 512126)

摘要: 餐饮业产生的油烟废气蕴含大量有害气体, 而传统抽油烟废气设备将没有经过任何去污染净化处理的油烟废气直接排放到空中, 严重污染生活环境, 危害人体健康, 急需治理; 针对治理餐饮业油烟废气污染环境难题, 提出一种以提高油烟废气净化效率为目标进行优化控制的智能装置设计; 装置实时监测油烟废气浓度和电解液 pH 值大小, 通过控制超声波雾化强度喷射适量碱性水雾促进油烟废气乳化, 又不会过量喷射碱性水雾造成二次环境污染; 同时监测环境污染物颗粒浓度, 开启负离子发生器, 产生适量负离子与油烟废气颗粒结合使油烟废气颗粒变大更容易沉积, 提高油烟废气净化效率; 沉积的油烟废气沿着管道下流不但自动清洗黏附油垢, 而且方便收集循环再利用; 实验结果表明, 装置不仅净化油烟废气控制有效, 而且提升环境空气质量, 既节能又环保, 特别适合在食堂、街头地摊等规模使用排油烟废气地方, 具有较好的实用性和广泛的应用前景。

关键词: 油烟净化; 净化效率; 净化装置; 智能控制

Research on the Intelligent and Efficient Lampblack Exhaust Gas Purification Device Based on Emulsification

HUANG Xiaolin, YANG Yi

(Department of Electric Engineering, Guangdong Songshan Polytechnic College, Shaoguan 512126, China)

Abstract: The cooking fume generated by the catering industry contains a lot of harmful gases, and traditional cooking fume exhaust devices directly emit unprocessed fume into atmosphere, thus seriously polluting living environment and endangering harm to human health, the environment is urgently needed for treatment. In order to solve the above problem, this paper proposes an optimal control intelligent device with the goal of improving the purification efficiency of cooking fume. The device monitors the concentration of oil fume and the PH value of electrolyte in real time, and the emulsification of oil fume is promoted by controlling the intensity of ultrasonic atomization and spraying an appropriate amount of alkaline water mist, it will not cause secondary environmental pollution due to excessive spraying of the alkaline water mist. At the same time, The devices monitor the particle concentration of environmental pollution, turn on the negative ion generator, produce the combination of appropriate negative ions and oil fume particles to make the oil fume particles larger and easier to deposit, and improve the efficiency of the oil fume exhaust gas purification. The deposited oil fumes flow down the pipeline not only to automatically clean the adhesive oil and dirt, but also to facilitate the collection and recycling. Experimental results show that the device not only effectively purifies the oil fume, but also improves the environmental air quality. It is energy-saving and environment-friendly, and has a good practicability and wide application prospect.

Keywords: fume purification; purification efficiency; purification device; intelligent control

0 引言

随着我国经济的快速发展和人民生活水平的日益提高, 人们对家居环境的追求也慢慢地发生了深刻的变化, 不但要求家居环境优美, 而且要求家居环境空气质量清新少污染。然而餐饮业的油烟废气含有大量有害气体颗粒物, 国内传统排油烟废气设备只是将油烟废气简单地收集, 没有经过任何的去污染净化处理就直接排放到室外大气环境中, 严重污染了日常生活环境, 危害人民身体健康^[1-2]。餐饮业的油烟废气污染环境已成为民众关注最为强烈的环保问题之一, 已经引起了人们的广泛关注^[3]。近年来, 全国各地加大治理餐饮业油烟废气力度, 陆续出台相关配套的法规

政策, 严控排放限值, 积极推动餐饮行业安装油烟废气净化装置, 已取得了初步成效^[4]。因此研究经济可行、适合国情的餐饮环保新型的高效油烟废气净化技术尤为必要, 成为当前解决环境污染问题的重大需要, 势在必行。油烟废气净化设备必将成为餐饮业必不可少的环保设备^[5-6]。

为推动餐饮业油烟废气污染全面减排, 提升产品质量, 针对治理餐饮业油烟废气污染环境难题等实际存在的问题, 提出一种以提高油烟废气净化效率为目标进行优化控制的智能装置设计^[7-9]。装置具有智能自主决策系统, 实时监测油烟废气浓度和电解液 pH 值大小, 通过控制超声波雾化强度喷射适量碱性水雾与油烟废气充分接触并促进乳化, 降

收稿日期: 2023-08-31; 修回日期: 2023-10-26。

基金项目: 2021 年度韶关市支持科研工作者项目(210720104530630)

作者简介: 黄晓林(1971-), 男, 硕士研究生, 讲师。

引用格式: 黄晓林, 杨懿. 基于乳化的智能型高效油烟废气净化装置研究[J]. 计算机测量与控制, 2024, 32(10): 175-179, 193.

低油烟废气对环境污染,优化居住环境和保护人体身体健康,又不会过量喷射碱性水雾造成二次环境污染。同时监测环境污染颗粒浓度,开启负离子发生器,产生适量负离子与油烟废气颗粒结合使油烟废气颗粒变大更容易沉积,提高油烟废气净化效率。沉积的油烟废气沿着管道下流不但自动清洗黏附油垢,而且方便收集循环再利用。装置既节能环保又提升环境空气质量,特别适合食堂、街头地摊等规模使用排油烟废气的地方^[10-11]。

1 系统总体方案设计

油烟废气净化装置以单片机为智能控制核心,由雾化强度控制电路、负离子控制电路、电极切换控制电路、液位检测电路、烟雾浓度检测电路、电解液 pH 值检测电路、环境污染检测电路、蜂鸣器报警电路、触摸按键电路和液晶显示电路等功能模块电路组成^[12-15],油烟废气净化装置系统总体架构如图 1 所示。

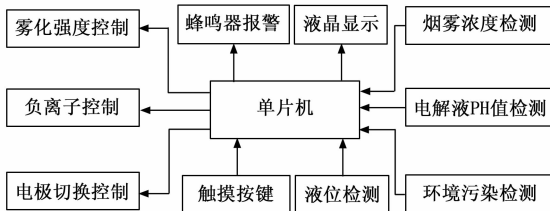


图 1 系统总体架构示意框图

油烟废气净化装置具有智能自主决策系统,通过烟雾浓度检测电路采集油烟废气烟雾浓度,电解液 pH 值检测电路采集电解液 pH 值,经智能自主决策系统综合评判后决策控制电解液 pH 值保持一定范围的前提下,控制雾化强度喷射适量的碱性水雾,既可实现碱性水雾与油烟废气充分接触并乳化,达到净化油烟废气目的,又可以防止过量喷射碱性水雾造成二次环境污染^[16-17]。乳化油烟废气的碱性水雾由电解液电解产生,电解液必须保持一定的液位。油烟废气净化过程中要实时检测电解液液位,当电解液的液位低于阈值时,报警提示增加电解液,否则超声波雾化片长期露出液面容易发热损坏。电解液电解时电极两端的正负极不能长期保持不变,需要在适当周期内不断切换,否则容易在电解槽底部积累污垢,影响电解液电解效果。油烟废气净化装置在乳化油烟废气的同时通过环境污染检测电路采集油烟废气颗粒浓度,由智能自主决策系统启动多个负离子控制电路产生相适量负离子。负离子与油烟废气电荷颗粒结合不但使油烟废气颗粒变大更容易沉积,提高油烟废气净化效率,而且还可提高环境空气质量,沉积的油烟废气沿着管道下流可自动清洗黏附油垢。

2 硬件电路设计

2.1 液位检测电路

油烟废气净化装置控制雾化强度喷射适量的碱性水雾,碱性水雾与油烟废气充分接触并乳化实现净化油烟废气,降低油烟废气对环境污染^[18]。碱性水由电解液电解产生,电解液必须保持一定的液位。油烟废气净化过程中要实时

检测电解液液位,当电解液的液位低于阈值时,报警提示增加电解液,否则超声波雾化片长期露出液面容易发热损坏。液位检测电路原理如图 2 所示,其中 D13 和 D14 为电路保护二极管,电阻 R_{18} 与液位检测探头组成串联电路。当电解液液位低于阈值时,液位检测电路输出高电平,报警提示添加电解液;当电解液液位在阈值之上时,液位检测电路输出的电平信号小于高电平,输出的电平信号经 A/D 转换后可计算当前电解液浓度,电解液浓度越大则输出的电平信号越小,电解液浓度是智能自主决策系统控制电解强度决策依据之一。

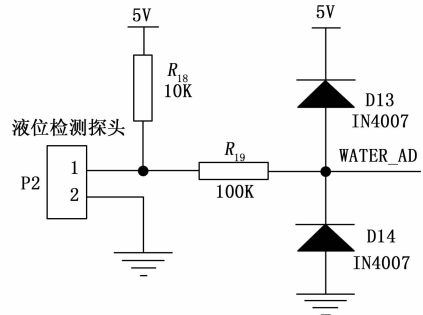


图 2 液位检测电路原理图

2.2 电极切换及电解强度控制电路

电解液电解过程中电极两端电解液的 pH 值是不平衡的,其中一端呈酸性,另外一端呈碱性,乳化油烟废气的水雾是从碱性端抽取并通过超声波雾化。电极两端的正负极不能长期保持不变,需要在适当周期内不断切换,否则容易在电解槽底部的碱性电极端沉淀积累污垢,影响电解液电解效果。电极两端的正负电极需要周期性切换,电解液呈酸端也将跟随周期性变换,达到实现自动清洗电解槽底部沉淀积累污垢的目的。电极切换及电解强度控制电路原理如图 3 所示。电极正负极控制由电阻 R_{12} 、三极管 Q13、二极管 D11 和继电器 RL2 组成,其中二极管 D11 的作用是保护继电器 RL2。电极切换控制信号 REVERSE 输入为低电平时,继电器 RL2 维持原有状态;当电极切换控制信号 REVERSE 输入为高电平时,继电器 RL2 常开触点闭合,常闭触点断开,自动切换电解电极两端的正负极。

碱性水雾乳化油烟废气过程中,为防止过量喷射碱性水雾造成二次环境污染,电解液电解碱性端的 pH 值尽量维持在一定范围内。电解液电解时碱性端的 pH 值不仅与电解液的浓度有关,还与电解强度有关。电解液电解强度控制由 DJ_PWM 电极电流控制信号决定, DJ_PWM 电极电流控制信号是 PWM 信号,即电解液电解强度由 PWM 信号的占空比决定,占空比越高电解强度越强。当输入的电极电流控制信号 DJ_PWM 为低电平,三极管 Q12 截止,场效应管 Q11 的栅极与源极等电平,场效应管 Q11 不导通,无电流流经电解电极两端,不启动电解液电解;当输入的电极电流控制信号 DJ_PWM 为高电平,三极管 Q12 导通,场效应管 Q11 的栅极电平被拉低,场效应管 Q11 导通,电

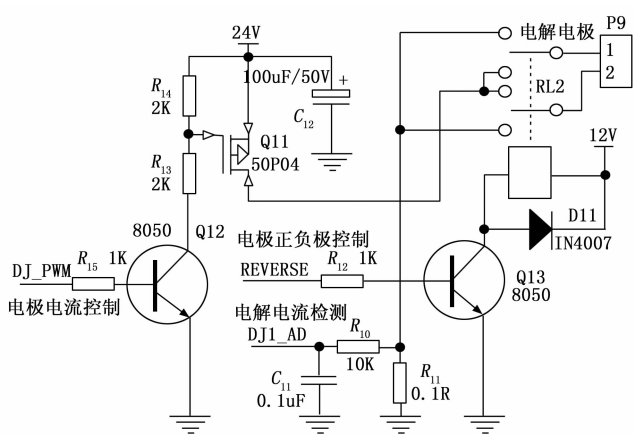


图 3 电极切换及电解强度控制电路原理图

流经电极两端, 开启电解液电解。电阻 R_{11} 为电流取样提供反馈信号, 反馈信号经电容 C_{11} 和电阻 R_{10} 滤波后, 经 A/D 转换后可计算正在电解的电解强度, 反馈信号和电解液的 pH 值一起为智能自主决策系统提供控制电解液电解强度的决策依据。

2.3 雾化强度控制电路

超声波换能器将碱性水雾化成细微水雾与油烟废气充分接触并乳化实现净化油烟废气。乳化油烟废气时实时采集油烟废气的烟雾浓度, 智能自主决策系统将根据烟雾浓度大小控制雾化强度高, 实现最优控制使喷射的碱性水雾适量, 既提高了油烟废气的净化效率, 又不会过量喷射碱性水雾造成二次环境污染, 雾化强度控制电路原理如图 4 所示。

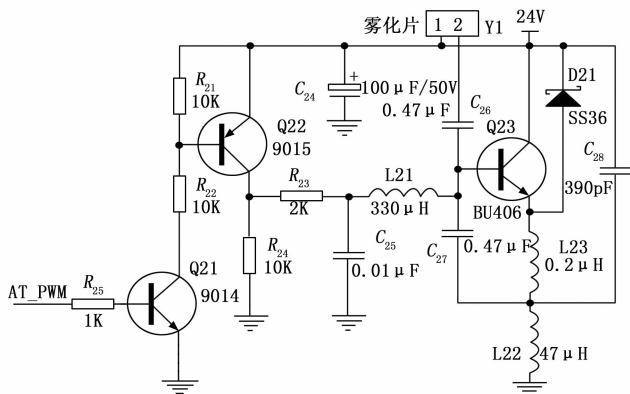


图 4 雾化强度控制电路原理图

Y1 接入超声波换能器的雾化片, 雾化片必须浸泡在电解液碱性电极端中, 超声波换能器工作时产生的超声波能量将水雾化, 选取超声波换能器固有工作振荡频率为 1.65 MHz。由三极管 Q23、电容 $C_{25} \sim C_{28}$ 、电感 $L_{21} \sim L_{23}$ 和肖特基二极管 D21 组成电容三点式 LC 超声波振荡器。电阻 R_{23} 和电感 L_{21} 为三极管 Q23 提供基极偏置电流, 使三极管 Q23 振荡工作。调整电阻 R_{23} 阻值, 改变三极管 Q23 的基极偏置电流, 直接控制超声波振荡电路的工作电流。

超声波振荡电路工作时, 肖特基二极管 D21 对三极管 Q23 起保护作用, 电容 C_{28} 和电感 L_{23} 共同决定超声波振荡幅度, 其等效并联谐振频率比工作频率稍低。电容 C_{27} 和电感 L_{22} 共同决定超声波振荡器的正反馈量, 保证振荡器振荡和维持电路正常震荡, 其等效串联谐振频率比工作频率稍高。超声波振荡电路的工作频率主要由超声波换能器的固有工作振荡频率决定, 超声波振荡器等效的并联谐振频率和串联谐振频率皆能自动跟随工作频率而工作。超声波换能器的雾化强度由 AT_PWM 雾化强度控制信号调节, 雾化强度控制信号 AT_PWM 是 PWM 信号, 即超声波换能器的雾化强度由 PWM 信号的占空比决定, 占空比越高则雾化强度越大。当输入的 AT_PWM 雾化强度控制信号为低电平, 三极管 Q21、Q22 截止, 三极管 Q23 无偏置电流导致超声波振荡电路停止振荡。当输入的 AT_PWM 雾化强度控制信号为高电平, 三极管 Q21、Q22 导通, 三极管 Q23 偏置电流导致超声波振荡电路震荡, 超声波换能器将碱性水雾化。

2.4 负离子控制电路

为提高油烟废气的净化效率, 乳化油烟废气的同时开启负离子发生器。负离子与油烟废气电荷颗粒结合不但使油烟废气颗粒变大更容易沉积, 而且还可提高环境空气质量。油烟废气净化装置的智能自主决策系统根据环境污染检测电路采集油烟废气颗粒浓度, 通过负离子控制电路启动多个负离子发生器产生适量负离子。负离子控制电路原理如图 5 所示, 其中二极管 D12 在电路的作用是保护继电器 RL1。负离子发生器工作在市电, 由继电器 RL1 控制负离子发生器工作电源。当控制信号 ANION 输入为高电平时, 三极管 Q14 导通, 继电器 RL1 由常开变为长闭, 接通负离子发生器的工作电源并开始工作产生负离子。

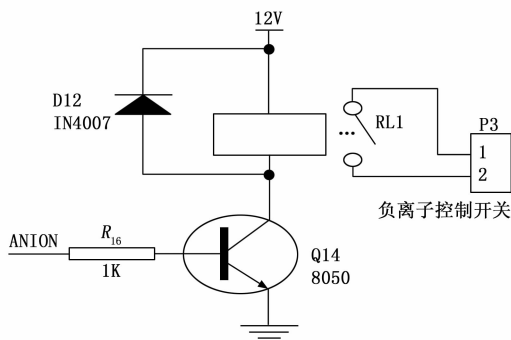


图 5 负离子控制电路原理图

2.5 A/D 转换电路

智能自主决策系统只有检测到油烟废气浓度时才开启超声波雾化器和负离子发生器净化油烟废气。在净化油烟废气过程中需要不断采集油烟废气烟雾浓度为控制雾化强度提供决策依据, 采集油烟废气颗粒浓度为启动负离子发生器产生适量负离子提供决策依据, 同时采集电解液浓度和电解液 pH 值为控制电解强度提供决策依据。这些采

集信号都是模拟信号，必须进行 A/D 转换，采集信号的 A/D 转换电路原理如图 6 所示。芯片 PCF8591 具有 4 个通道的模拟信号输入，一个通道的模拟信号输出和一个串行 12c 总线接口，其中 A/D 转换器是采用逐次逼近转换技术的 8 位模数转换，4 个通道分别输入采集的油烟废气烟雾浓度、电解液浓度、电解液 pH 值和油烟废气颗粒浓度信号。芯片 PCF8591 采用典型的 I2C 总线接口器件寻址方式，由器件地址、引脚地址和方向 3 部分组成。根据规定 PCF8591 芯片的器件地址为 1001，3 个地址引脚 A0, A1 和 A2 皆接地线则引脚地址为 000，读 A/D 转换数据是方向地址为 1，故 PCF8591 芯片读写操作时器件的编码地址分别是 0x91 和 0x90。

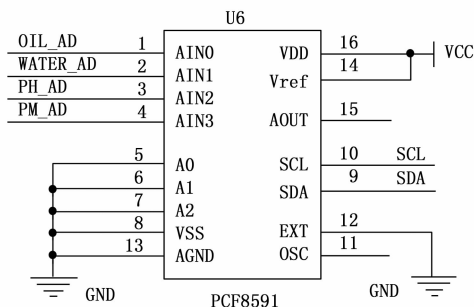


图 6 A/D 转换电路原理图

3 软件系统设计

3.1 智能自主决策系统主程序设计

智能自主决策系统主程序流程如图 7 所示。

油烟废气净化装置每次通电开始工作，智能自主决策系统首先判断电解电极两端的正负极保持时间是否超过设定的周期，如超过设定周期则控制切换电解电极两端的正负极，否则容易在电解槽底部的碱性电极端沉淀积累污垢，影响电解液的电解效果。电解液必须保持一定的液位，否则超声波雾化片长期露出液面容易发热损坏。电解液电解过程中要实时监测电解液液位，一旦检测到电解液液位低于阈值时，立即关闭电解液电解、雾化强度控制和负离子控制，同时启动报警装置报警提示加装电解液。只有检测到油烟废气时，智能自主决策系统才启动雾化强度控制和负离子发生器控制。为提高乳化油烟废气效果，实现净化油烟废气的最优控制，需要实时检测电解液浓度和电解液碱性端的 pH 值，为智能自主决策系统控制电解强度决策依据。不断调整电解液电解强度，控制电解液碱性端的 pH 值维持一定范围之内前提下，同时根据检测的烟雾浓度，智能自主决策系统实时调整雾化强度控制喷射适量的碱性水雾，不会过量喷射碱性水雾造成二次环境污染。智能自主决策系统在乳化油烟废气的同时还采集油烟废气颗粒浓度，而后根据油烟废气颗粒浓度大小实时调整控制多个负离子发生器产生相适量负离子，不仅提高了油烟废气净化效率，还可提高环境空气质量。油烟废气净化装置的各个功能模块在工作中实时状态可在液晶显示器显示以便于观察。

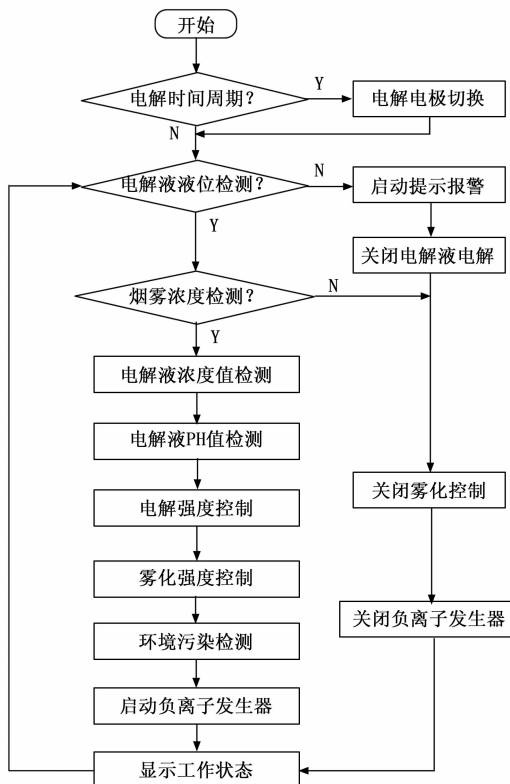


图 7 主程序流程图

3.2 检测信号 A/D 转换程序设计

在净化油烟废气过程中需要不断采集油烟废气烟雾浓度、油烟废气颗粒浓度、电解液浓度和电解液 pH 值等数据信息，这些采集的数据信息皆是模拟信号，必须进行 A/D 转换才能为智能自主决策系统使用。A/D 转换时设置 PCF8591 芯片模拟输入为四路单独输入，不进行 D/A 转换，每次 A/D 转换后信号输入通道号自动增量无效，因此 4 个输入通道的控制值分别为 0x00、0x01、0x02、0x03。程序读取指定输入通道的 A/D 转换值时，先要发起起始信号，再发出写操作的器件的编码地址 (0x90) 寻址器件，然后检测器件的应答信号。检测到检测器件的应答信号后，发出需要读取 A/D 转换值的输入通道控制值，使器件处于 A/D 转换模式，同时内部指针指向对应通道的 A/D 转换值。重新发起起始信号，再发出读操作的器件的编码地址 (0x91) 寻址器件，检测到检测器件的应答信号后，就可以读取当前内部指针指向对应通道的 A/D 转换值，读取 A/D 转换值的程序如下：

```

uchar
Read_PCF8591(ucharAin,ucharAD_Adr)
{
    uchar temp;
    Iic_Start(); //启动
    Iic_SendByte(AD_Adr); //写模式寻址
    Iic_ReadACK(); //检测应答
    Iic_SendByte(Ain); //输入通道
    Iic_ReadACK(); //检测应答
}
    
```

```

Delay(10); //延时
Iic_Start(); //启动
    Iic_SendByte(AD_Adr|0x01); //读模式寻址
    Iic_ReadACK(); //检测应答
temp=Iic_ReadByte(); //读转换值
Iic_SendACK(); //发送应答
Iic_Stop(); //停止
Return temp;
}

```

3.3 雾化强度控制程序设计

智能自主决策系统根据采集的烟雾浓度决定超声波换能器的雾化强度控制, 实现最优控制使喷射的碱性水雾适量, 既提高了油烟废气的净化效率, 又不会过量喷射碱性水雾造成二次环境污染。超声波换能器的雾化强度控制信号是 PWM 波, 调整控制信号 PWM 波的占空比大小即可调整雾化强度高。程序变量 AT_Cycle 为雾化强度控制信号 PWM 波的周期, 变量 AT_PWM 为周期内开启超声波换能器雾化时间, 雾化强度控制程序如下:

```

void Sev_Tim0() interrupt 1
{
    AT_Tim++; //计时值
    if(AT_Tim>AT_Cycle) AT_Tim=0; //重新计时
    if(AT_Tim<AT_PWM) AT_CTR=1; //启动雾化
    else AT_CTR=0 //关闭雾化
    TH0=0xff;
    TL0=0x9b;
}

```

4 实验结果及分析

参照《饮食业油烟排放标准》(GB18483—2001) 为基础搭建油烟废气净化效率测试平台。在排油烟废气管道垂直的正下方中心处放置加热的微波炉, 微波炉上放置试验锅, 试验锅距离排油烟废气管道进气口 20 cm。油烟废气排气垂直管道进气口向上 10 cm 横向切面处放置 3 个测量油烟废气浓度传感器, 油烟废气排气管道弯头后横向底部 10 cm 处开始放置三排超声波雾化器, 每排间隔距离 5 cm 放置, 同时负离子发生器安装在对应超声波雾化器位置的排气管道弯头后横向顶部。用两根细软管并列作为往试验锅底内连续滴水和滴油管道, 滴水和滴油管道与试验锅边沿平行, 滴水速率和滴油速率皆可手工控制, 然后分别在油烟废气排气管的进气口和出气口各放置 1 台青岛聚创环保集团有限公司的便携式 JCY-1301us 型油烟检测仪测量排气管道内油烟废气浓度。

为使测量油烟废气净化效率的实验数据准确可靠, 在测量过程中十分注重测量流程和测量细节的科学性。测量油烟净化效率实验开始时, 设置油烟检测仪每 2 分钟采样油烟废气 1 次, 同时调整微波炉的加热温度, 使试验锅锅底的温度始终保持在 230 ℃ 左右, 并用聚烟装置从试验锅锅口到排气管的进气口完全围住。将抽油烟废气风机调整到最高档, 启动微波炉。当试验锅预热至实验温度 230 ℃ 左右时, 开始连续滴水和滴油到试验锅中, 同时启动油烟

检测仪开始计时测量油烟废气浓度。实验过程中连续重复测量油烟废气浓度 5 次, 每次实验连续滴水量和滴油量的速率是不一样的, 确保在抽风速度一样的前提下, 测量不同的油烟废气浓度对应净化效果。实验结束后油烟废气净化效率按照如下公式计算:

$$P = \frac{C_{前} \times Q_{前} - C_{后} \times Q_{后}}{C_{前} \times Q_{前}} \times 100\%$$

式中, P 为油烟废气净化效率 (%); $C_{前}$ 为排油烟废气管道进气口的烟雾浓度 (mg/m^3); $Q_{前}$ 为排油烟废气管道进气口的排风量 (m^3/h); $C_{后}$ 为排油烟废气管道出气口的烟雾浓度 (mg/m^3); $Q_{后}$ 为排油烟废气管道出气口的排风量 (m^3/h)。

默认排油烟废气管道的进气口的排风量与出气口的排风量是一样的前提下, 5 次在排油烟废气管道的进气口和出气口采集的油烟废气浓度以及对应的净化效率如表 1 所示。

表 1 油烟废气浓度及净化效率

次数	进气口油烟/(mg/m^3)	出气口油烟/(mg/m^3)	净化率/%
1	1.41	0.31	78.01
2	1.91	0.43	77.49
3	1.27	0.28	77.95
4	2.62	0.66	74.81
5	2.94	0.72	75.51
平均	2.03	0.48	76.35

虽然测量实验设备比较简陋, 但是基本能满足测量油烟废气净化效率任务要求。从表 1 数据分析可知, 智能装置控制油烟废气净化有效, 净化后的油烟废气达到国家排放标准, 符合设计预期, 但是油烟废气净化效率还是偏低, 有待进一步优化设计及提高净化效率。

5 结束语

餐饮业产生的油烟废气蕴含大量的有害气体颗粒物, 国内传统抽油烟废气没有将油烟废气经过任何的去污染净化处理而直接排放到室外大气环境中, 严重污染日常生活环境, 危害人民身体健康, 已成为民众关注最为强烈的环保问题之一。加强油烟废气的净化治理, 推动开发和完善适合国情的节能环保型油烟废气净化技术, 积极引导产业升级, 全面提高油烟废气净化效率, 有效保护日常生活环境, 是当前解决国内环境污染问题的重大需要, 势必使油烟净化设备必将成为餐饮业必不可少的重要环保设备。

智能油烟净化装置以提高油烟废气净化效率为目标进行优化控制, 不但能净化油烟废气, 自动清洁黏附油垢, 而且还能把乳化后的油烟废气还能收集进行循环再利用, 既节能又环保。实验结果表明, 系统操作简捷, 智能化程度高, 净化油烟废气污染控制有效, 还提高环境的空气质量, 具有较好的实用性和广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 杨振亚, 刘伟, 惠斌, 等. 居民住宅油烟排放特征及综合治理技术研究 [J]. 环境科技, 2022, 35 (3): 73-78.

(下转第 193 页)