

团 体 标 准

T/ACEF 012—2020

餐饮业油烟污染防治可行技术指南

Guidelines on available techniques of pollution prevention and control for
cooking fume

2020-12-31 发布

2021-01-01 实施

中华环保联合会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 行业生产与污染物的产生.....	2
5 污染治理技术.....	3
6 环境管理措施.....	6
附录 A（资料性附录）台账记录示范.....	7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件起草单位：北京市环境保护科学研究院、深圳市生态环境监测站、北京大学、上海市环境科学研究院。

本文件主要起草人：李珊珊、刘德全、郭松、胡敏、周志华、黄晓锋、朱雯斐、陈鹏、林子吟、邢敏、张月。

餐饮业油烟污染防治可行技术指南

1 范围

本文件提出了餐饮业油烟污染防治可行技术和环境管理措施要求。
本文件适用于排放油烟污染物的食品加工单位和单位内部非经营性职工食堂。
本文件不适用于居民家庭油烟污染防治。

2 规范性引用文件

本文件引用了下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本文件。最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 18483	餐饮业油烟污染物排放标准
GB/T 16157	固定污染源排气中颗粒物和气态污染物采样方法
HJ 38	固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法
HJ 732	固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法
HJ 1077	固定污染源废气 油烟和油雾的测定 红外分光光度法
HJ/T 397	固定源废气监测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

餐饮服务单位 catering service unit

通过即时制作加工、商业销售和服务性劳动等，向消费者提供食品和消费场所的服务机构。处于同一建筑物内，隶属于同一法人的所有排烟灶头，计入一个餐饮服务单位。

3.2

参比状态 reference state

大气温度为298.15K，大气压力为1013.25hPa时的状态。

[来源：GB 3095-2018，修改单]

3.3

油烟 cooking fume

按照规定的监测方法测得的食物烹饪、加工过程中挥发的油脂、有机质及其加热分解或裂解的产物。

3.4

非甲烷总烃 non-methane hydrocarbons

采用规定的监测方法,在氢火焰离子化检测器上有响应的扣除甲烷以后的其他气态有机化合物的总和(结果以碳计)。本标准使用“非甲烷总烃”作为餐饮业排放废气中挥发性有机物的综合控制指标。

3.5

油烟去除效率 removal efficiency of cooking fume

指油烟经净化设施处理后,被去除的油烟与净化之前的油烟的质量的百分比。

[来源:GB 18483-2001,定义3.6]

3.6

油烟污染物净化设施 cooking fume abatement equipment

对餐饮油烟污染物进行净化处理的各种设备组合。

4 行业生产与污染物的产生

4.1 基本情况

餐饮业原料主要为肉禽类、蔬菜类等食材以及配料和调料等。餐饮业的加工过程可以描述如下:准备阶段:洗、切、解冻食品;烹调阶段:煎、炸、炒、烤、蒸、煮等;结束阶段:倾倒剩余食品,洗涤锅、碗、瓢、盆等器皿、地面清洗等。

生产工艺与污染物的产生

煎、炸、炒、烤等烹调阶段会产生油烟污染物。炒是中餐最为常用的烹饪方法。中餐炒菜时按油烟产生过程可分为热锅干锅、放油热油、食材入锅、翻炒颠勺、调味收尾、菜品出锅几个阶段,每个阶段油烟污染物成分有较大的变化。

热锅干锅阶段:炒锅加热,锅体迅速升温,残留在锅体表面的油膜迅速蒸发,之后凝聚成油烟。此阶段产生的油烟的颗粒物主要为 $PM_{1.0}$,气态污染物主要是燃烧产物与食用油蒸汽;**放油热油阶段:**食油加入锅中,油温逐渐升高,如食油中含有水分,当油温升至 $100^{\circ}C$ 以上时,会出现爆鸣声,同时有油滴溅开,热油迅速将热量传递给锅底的水珠,水珠瞬间气化体积爆增,水滴爆炸时产生油烟颗粒物属于总悬浮颗粒物(TSP)。油温持续升高,食油开始沸腾,此时炒锅温度不均匀,油边缘温度大于中心温度。锅中食油表面大量蒸发的食油分子在油面上空形成过饱和油蒸汽,边缘油烟量较中央部更浓。此阶段产生的油烟的颗粒物主要为 $PM_{2.5}$,气态污染物主要是燃烧产物与食用油蒸汽;**食材入锅阶段:**当温度达到要求时,食材下锅。通常新鲜食材表面带有大量的清洗水,水滴与高温油相遇瞬间产生大量的爆炸,爆炸出来的油滴溅到炒锅边缘油烟迅速蒸发,在锅面形成浓烟,也是油烟产生的一个高峰,此过程产生的油烟包含爆炸与挥发凝聚两种状态,粒径在纳米至毫米量级之间均有分布。此过程开始油烟VOCs成分开始变得极为复杂。食材入锅初期,伴随着翻炒,锅面温度降低,食材温度上升,温差逐渐减小,油烟浓度随之下降。从锅面到食材中心呈现不均匀的温度梯度,在食材与锅面之间有一个油水接触层,此层产生的油烟包含爆炸与挥发凝聚两种状态,其挥发凝聚过程与单纯空气中的过饱和和凝聚不同,存在过饱和食油蒸汽在水泡表面瞬间凝聚的过程,会产生超过毫米级别的油包水与水包油粗颗粒物。**翻炒颠勺阶段:**中餐炒菜在菜即将起锅之前往往有一个猛火爆炒使得锅内食材起火燃烧的过程,而这个过程并非食材起火,而是食材腾空翻起时产生的小油滴和细小的食材渣燃烧起火,并产生大量的油烟,这是油烟浓度产生的另一个峰值,此过程产生的油烟包含爆炸与挥发凝聚以及食材不完全燃烧产物聚集三种状态,此过程颗粒物的成分最为复杂。**调味收尾阶段:**由于食材边缘温度较高外,锅

温比较均匀,此时主要产生少量油水气溶胶污染;菜品出锅阶段:食材炒好后起锅,在食材盛入碟子的过程中,由于炒锅外沿温度往往高于食材集中的锅底,导致汤汁受高温挥发产生一个短时间的极浓油,随即,锅体温度迅速下降,油烟产生量迅速减少,此过程产生的油烟包含爆炸与挥发凝聚两种状态,产生油烟颗粒物属于 TSP。

5 污染治理技术

5.1 油烟颗粒物污染治理技术

5.1.1 静电沉积法

静电沉积法是利用油烟颗粒物在通过高压电场时获电并在电场力的作用下沉积下来,以达到净化的目的。该法对油烟的去除效率较高,设备占地面积小,技术已趋于成熟并得到了广泛的应用。但静电式油烟净化设备使用后形成的油垢黏度较高,不易清洗,若用清洗剂清洗会导致二次污染,长期使用会在集尘极表面形成一层油膜层,使去除效率大幅下降。为解决维护清洗的问题,可采用模块化和分体抽屉式设计,委托第三方运营清洗维护也是可以采用的方式。从实践来看,采用静电沉积法的油烟治理设备处理后的洁净烟气完全可以达到国家餐饮业油烟排放标准要求,其油烟去除效率高,一般达到 90%以上,是当前最主流的油烟净化方法,但维护成本较高。

5.1.2 机械分离法

按照分离油烟原理的不同,机械分离法可分为 3 类:第一类是通过重力使油烟粗颗粒分离出来,从而达到净化的目的,如空气沉降器;第二类是利用惯性使油烟颗粒发生碰撞而分离出来,多采用金属加工成折板式、滤网式、蜂窝波纹形的滤油格栅,设备简单,阻力较小,能耗较低;第三类是利用海绵、无纺布、活性炭、球形滤料、陶瓷、海泡石等材料的表面吸附原理开发的油烟分离技术。机械分离法的技术设备简单,实际使用时分离率为 30%~75%,可单独使用,也可用于油烟的预处理。

5.1.3 离心分离法

离心分离法利用离心力分离净化油烟,按照设备形式可分为两类:第一类为动态离心,烟气中的油烟颗粒物在高速旋转金属丝网盘的碰撞截击下吸附于金属丝网,由于离心力的作用又沿着呈径向分布的金属丝被甩向网盘外围的集油槽收集,进而完成油烟的净化。该法设备无本体阻力,有一定的净化效果,不产生二次污染,拦截的废油可作为化工原料或生物柴油,目前常安置于集烟罩前端作预处理,有效减少了安全隐患,减少了排烟管道维护清洗频次,延长了风机和后端治理设备的使用寿命;第二类为旋风分离,即在油烟管道系统中增设旋风分离器,使气流发生旋转,利用旋转气流产生的离心力使油烟中的颗粒物分离出来,该法设备简单,压降小,成本较小,但油烟的去除效率不高,通常只有 50%~70%,难以分离油烟细颗粒物,且分离的油烟污染物易堆积且不易清洗,一般只作为净化工艺的预处理。

5.1.4 湿式净化法

湿式净化法是根据喷雾水膜除尘器的工作原理,以喷头喷洒水或其它净化液(水与一定量的表面活性剂、乳化剂的混合物)形成水膜、水雾的方式来吸收油烟,从而达到净化的目的。设备有两种类型:第一类是运水烟罩,通常安装在集烟罩的前端作为油烟初步清除设施,对直径 $>2\mu\text{m}$ 的油烟颗粒有较高的去除效率,其油烟净化效率在 30%~40%之间,具有系统阻力小、无噪声污染、工程造价低等优点,在香港以及国内的一些港式餐厅应用较多;第二类是洗涤塔,该型设备利用正反向喷雾,增设中间隔板等方式,甚至使用流化床,增加净化液与油烟的接触时间和接触面积,以达到净化效果,一般安装在后端。由于油烟雾滴的疏水

性，在净化液中加入的表面活性剂可改善油水混合性能，提高去除效率。洗涤塔的油烟净化效率可达 50%~70%，选用的洗涤液对油烟异味有一定的去除效果，但洗涤塔会产生大量含油废水，需定期清洗并更换洗涤液，由于存在污水排放等二次污染问题，已很少使用。

5.1.5 复合净化法

由于油烟废气的成分、特征复杂，每一种净化方法均有其优点和缺点，且差异较大，实践中为达到良好的去除效果，餐饮行业目前常采用由两种或多种净化技术相结合的复合净化方法。复合法的特点是适应性强、普及率高、净化效率高，油烟去除效率可达到 95%。目前最常用的是机械净化法与静电沉积法相结合的复合方法；其次，还有机械净化法与静电沉积紫外光解法不同组合的复合方法。针对不同餐饮行业特点，选择不同的复合净化法，方法灵活，去除率高，适用于大部分的餐饮行业油烟颗粒物的去除。

5.2 挥发性有机物（VOCs）污染治理技术

5.2.1 吸附法

采用具有大比表面积和多孔结构的活性炭等材料对废气中的VOCs进行吸附。由于前期投资较低，净化效果好（不低于60%），是目前低浓度VOCs治理中应用最多的处理方法。当前，该方法的主要困难是活性炭的再生问题，由于原位再生成本投入较高，经济可行性不高，但采用现场换炭、统一回收、集中再生的方式可较好解决安全问题和净化效率问题，切实可行，能够带动产业发展。

5.2.2 光催化氧化法

利用催化剂在一定波长（一般采用紫外光）的光照下产生的强氧化能力的活性物质，将吸附在催化剂表面上的VOCs催化氧化分解。理论上，光催化反应过程快，效率高，且无二次污染问题，但是在实际使用过程中，由于反应时间太短，VOCs经光催化氧化反应后会生成臭氧和醛、酮等中间副产物排放到大气环境中。对催化剂的要求高，催化剂活性易降低，如何解决催化剂的失活问题成为该技术的关键。该方法对去除率高，但是由于会产生副产物，增加对副产物的处理，提高了成本，因此不适用于VOCs排放较高的餐饮行业。

5.2.3 吸附-催化氧化法

“吸附-催化氧化”是近年来新发展的一种低浓度 VOCs 净化技术，该技术利用活性炭或者分子筛等作为催化剂的载体和氧化反应床，通过活性炭的吸附缓冲功能比较理想地解决了 VOCs 浓度动态范围变化大、瞬态浓度高的问题，即在浓度较低时吸附实时催化氧化、在浓度较高时吸附削峰逐步催化氧化。配合现阶段主流的静电式油烟净化技术，该技术可把完成油烟颗粒物净化后的残余污染物中的臭氧进行回收利用，在空速不大于 10000m³/h 的实际工程案例中，该技术对油烟中 VOCs 的净化效率可以达到 95%以上，在实现对油烟颗粒物及 VOCs 全面高效净化的同时兼具节能降耗、避免臭氧二次污染、减少维护等优势，尤其是其大幅度延长活性炭更换周期（可长达 1 年及以上）的特点可极大降低餐饮服务单位频繁更换活性炭带来的经济成本与处置风险，具备很强的适用性和较为广阔的发展前景。

5.2.4 紫外光解法

利用一定波长下的紫外线产生臭氧等物质的强氧化性，将油烟中的VOCs氧化分解。实际应用中，多其他净化技术组合使用：置于吸烟罩内，与机械分离或离心分离技术联用，起到去除异味的作用，长期照射可矿化油脂等有机物，减少油烟管道中油烟的黏附；置于末端静电设备后，安置紫外灯管排架阵列，达到去除异味的效果。理论上，光氧化反应过程快，效率高，且无二次污染问题，但是在实际使用过程中，应注意避免由于反应时间太短，VOCs经光氧化反应后会生成臭氧等副产物排放到大气环境中。与光催化氧化法类似，由于会产生

副产物，增加对副产物的处理，提高了成本，因此单独使用不适用于VOCs排放较高的餐饮行业。可考虑与吸附-催化氧化法联用，将产生的臭氧回收利用，同时提高VOCs的净化效率。

5.2.5 低温等离子法

利用低温等离子体产生的高能电子，与空气中的 O_2 、 H_2O 等经过复杂的物理和化学反应生成各种活性粒子或基团，再与 VOCs 分子发生碰撞致其化学键断裂而变成活性分子，最终分解生成 CO_2 、 H_2O 和其他小分子化合物。当前大量在用的小功率低温等离子体设施实际上对油烟颗粒物有一定的净化效果，用于油烟中 VOCs 处理时，由于功率小且反应时间短致使反应不完全而生成大量中间副产物和臭氧，设施在运行时产生的拉弧可引燃、引爆排放的有机废气，有较大的安全隐患。因此该方法仅适用于 VOCs 排放量较少的小型餐饮行业。

5.2.6 生物法

包括生物洗涤、生物过滤和生物滴滤等。生物洗涤法是先通过洗涤塔将废气中的VOCs吸收至液相，再由含有微生物活性污泥将液相中的VOCs分解。生物过滤和生物滴滤主要是采用多孔、比表面积大的惰性无机物作填料，当VOCs流经表面长有微生物的填料层时，可被吸附和生物降解而去除。整个处理过程比较环保，但存在优势菌种驯化难、生物补养繁琐、占地空间大、反应时间长、运维复杂等问题，适用性较差。

5.2.7 热分解法

通过直接燃烧或者添加催化剂进行低温燃烧，利用“烧”将有机废气彻底降解为 CO_2 和 H_2O 。目前热分解法的处理效率和效果相对理想，适用于中、高浓度且连续排放的有机废气的治理，是大型工业企业排放VOCs的主要治理方法，但对餐饮服务单位而言，热分解法不仅设备昂贵，运行费用、额外的能源消耗和污染物排放也不少，难以推广。

5.3 污染防治技术方向

5.3.1 油烟颗粒物污染治理技术推荐

据统计，2018年通过中国环境保护产业协会认证的油烟净化设备大约有350个型号，其中单一静电式设备占比约60%，含静电的复合式设备约占30%，合计占比约为90%，其他类型设备约占10%。从油烟去除效率来看，静电及其复合式油烟净化设备对油烟的平均去除效率可达90%以上，其他类型油烟净化设备对油烟的平均去除效率不到90%。采用静电及其复合式技术的油烟净化设备对油烟的去除效率优于其他类型的产品，是当前主流的油烟净化技术。

5.3.2 挥发性有机物污染治理技术推荐

我国餐饮服务单位数量大、覆盖面广、单体规模小，餐饮服务单位生产营业时间不连续，排放的油烟污染物浓度较低（相对其他工业行业而言）且属间歇式排放。考虑到治理效果和成本等因素，目前推荐以活性炭吸附作为油烟中挥发性有机物的主要处理方式。

5.4 推荐的油烟污染物净化技术流程

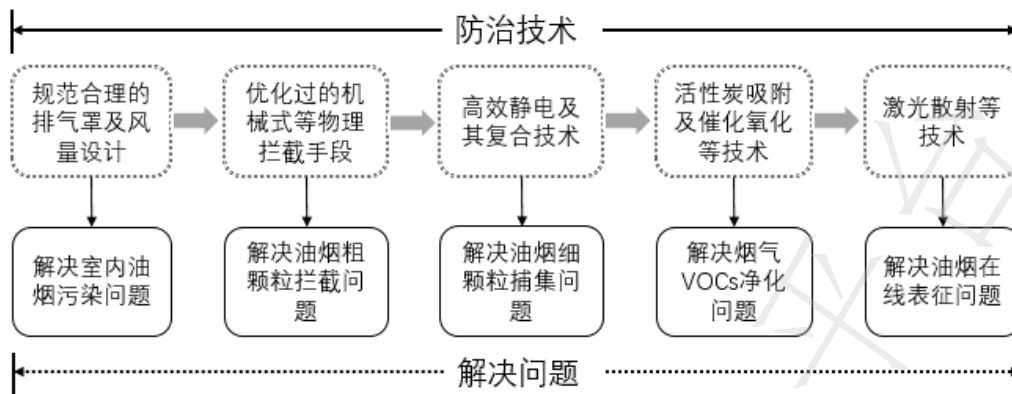


图 2 油烟污染防治技术组合

5.4.1 吸烟罩高效捕集及初效净化

规范合理的吸烟罩，吸烟罩内可采用机械分离、离心分离、UV 光解、湿式净化等净化技术的组合，实现对油烟粗颗粒物的初效净化。

吸烟罩还可扩展自动清洗、智能变频、内置灭火系统等功能。

5.4.2 油烟细颗粒物高效净化

推荐采用高效静电沉积法，实现对油烟细颗粒的净化效果。

5.4.3 烟气 VOCs 净化

推荐采用活性炭吸附、吸附-催化氧化或紫外光解等技术实现对油烟中 VOCs 的净化及异味的去除。

5.4.4 油烟浓度在线表征

推荐采用激光散射技术对油烟颗粒物进行在线监测，需注意粘性的油烟颗粒物对光学元器件表面的污染问题。

6 环境管理措施

6.1 餐饮服务单位应采取必要的油烟污染物捕集措施。

6.2 餐饮服务单位宜采取低油脂、密闭烹饪器具、自动化烹饪、清洁燃料等措施，减少油烟污染物的产生。

6.3 餐饮服务单位应建立环境保护管理制度，安排专人或委托第三方运营管理、维护保养油烟污染物净化设施，台账记录示范见附录 A。建议餐饮服务单位定期开展监测，保障设施的稳定运行。

6.4 餐饮服务单位在油烟污染物净化设施的建设、运行和维护过程中产生的大气、水、噪声等污染物应符合所在地的生态环境保护要求。鼓励餐饮服务单位选择对人体健康和环境友好的烹饪方式。

附录 A

(资料性附录)

台账记录示范

附表 1 油烟净化设施日常巡检台账示例 (___ 年 ___ 月)

单位名称:		设施名称与编号:						
日期	开机时段	设施运转状态			运行参数 是否正常	巡检时间	记录人	备注
		设施管道密封	可见油烟	可嗅气味				

台账须每日如实记录。
设施发生故障时，应在备注栏中注明发生时间和修复时间。

附表 2 油烟净化设施维护保养台账示例

单位名称:		设施名称和编号:		
日期	维护保养检修项目	废水、废弃物去向	操作人	备注