

餐饮业油烟净化技术发展及研究现状

张秀东 刘有智 樊光友 王立达 陈建

(中北大学(山西省超重力化工工程技术研究中心) 太原 030051)

摘 要 介绍了油烟对人体的危害,指出了目前国内外各种油烟净化技术的优缺点,对油烟净化技术未来的发展方向进行了展望。

关键词 餐饮业油烟 环境污染 净化技术

The Development and Research on the Cooking Oil Fume Purification Technology

ZHANG Xiudong LIU Youzhi FAN Guangyou WANG Lida CHEN Jian

(Shanxi Research Center of High Gravity Chemical Engineering and Technology, North University of China Taiyuan 030051)

Abstract This paper introduces the harm of oil fume to human, puts forward the advantages and disadvantages of all kinds of oil fume purification technology at home and abroad and prospects the future development direction of purification technology.

Key Words cooking oil fume environmental pollution purification technology

饮食业油烟污染逐渐成为人们关心的一个焦点话题。据报道,在许多城市中,有关饮食业油烟污染的投诉已占环境投诉的 30%~40%。油烟是烹饪过程中食用油及食品在高温裂解下的产物。这种油烟既有油脂、蛋白质及原料、佐料在受热条件下进行物理化学反应而产生的有机烟气,也有加热操作过程液滴溅裂、油料和物料分解、氧化、聚合产生的高分子化合物,存在的状态既有悬浮颗粒物又有气态有机污染物,所以油烟含有气、液、固三态污染物^[1-3]。

1 油烟对人体健康的影响

油烟含有多有毒化学成分,对机体具有肺脏毒性、免疫毒性、致癌性,对人体健康的危害应引起高度重视。烹饪过程中的污染物是以油烟形式排放的,油烟中既有悬浮颗粒物(TSP),又有气体状态的有机污染物。油烟污染物中多环芳烃类(PAH)等为致癌物。据研究,我国肺癌发病率同烹饪油烟污染物密切相关,一些地区女性肺癌发病率远远高于男性。刘占琴等人的研究结果表明,烹调油烟中存在着能引起基因突变、DNA 损伤、染色体损伤等不同生物学效应的细胞遗传毒性物质,不但具有遗传毒性,而且具有潜在的致癌性。陈宇炼报道较高浓度的油烟可引起大鼠肺部炎症和组织细胞损伤,有人短期接触烹调油烟引起肺活量明显下降,这证实了较高浓度的油烟对肺脏具有毒性。陈华的研究发现,烹调油烟能影响机体的细胞免疫、削弱细胞功能和抗肿瘤效应等,从而使机体的免疫功能下降^[4-6]。

2 饮食业油烟净化技术

2.1 国外油烟净化技术

国外餐饮业烹饪方法与我国不大相同,饮食主要生吃或加工成半成品,厨房污染程度低,油烟浓度低。大饭店一般采用热氧化焚烧法,即利用热推进的氧化反应,将油烟中有害成分转化为 CO₂ 和水蒸气;中小饭店一般采用催化剂净化法,即采用各种具有自净化功能的催化剂,通过催化氧化,燃

烧将油滴转化为 CO₂ 和水蒸气,从而消除污染和臭味。

2.1.1 氧化焚烧法

氧化焚烧法的原理是利用热推进的氧化反应,将油烟气中的有害有毒成分转换成安全状态,为了使所有的排放物燃烧完全,使热效率最佳,同时又保持 NO_x 排放最低,所采用的技术是复杂的。斯特林亚洲公司开发成功获得专利的多级燃烧系统,可以在高效处理快餐业油炸废气的同时采用焚烧产生的废热来加热烹调油,达到有效利用热量的目的,既经济又环保,适合大型油炸食品加工厂、大型饮食业。氧化焚烧法的缺点是设备庞大,造价较高,不适合中小型餐馆^[7]。

2.1.2 催化氧化法

催化氧化法是指将排出的油烟气中有机组分在催化剂的作用下,于一定温度完全氧化为对环境无害的 CO₂ 和 H₂O。目前,催化氧化净化法处理油烟气在国内尚无应用实例,李峻雷采用浸渍 Pd、电镀 Pt 的方法开发电热丝热处理二甲苯/乙酸丁酯取得一定效果,但尚未直接应用于油烟净化体系^[8]。在国外,有报道德国人发明了“厨房油烟过滤分解器”,采用催化燃烧法处理油烟,取得较满意的效果。郑州大学提出了蜂窝陶瓷负载贵金属催化剂的净化方法^[9],该方法可以将油雾及气态有机物转化为 CO₂ 和 H₂O。相对其他方法,催化净化法具有无二次污染、操作简单及处理能力强等特点。但催化剂的选择、使用存在一定的困难,使得推广应用范围较小,尚不适合我国国情。

2.2 国内油烟净化技术

由于我国的饮食习惯是将食用油加热至很高温度,再进行煎、炒、烹、炸,所以在烹饪过程中产生的油烟浓度要比国外高很多,而且国外常用的氧化焚烧法和催化氧化法技术复杂,设备成本高,不适合我国的现实情况,以下是国内目前常用的油烟净化方法。

2.2.1 惯性分离法

惯性分离法的原理是通过惯性碰撞使油烟气流运动方向发生强烈转折,使油烟气体中的颗粒物在惯性作用下到达沉积面而从气流中脱离出来。主要设备为工业上惯用的惯性分离除雾设施,有金属网罩、格栅等,这些设备目前在家用厨房抽油烟机中被广泛采用,一些老式饮食业也在使用^[10]。惯性分离法的主要优点是设备简单,压降较小(通常为 50~100 Pa),缺点是对粒径较小的颗粒去除率低,总去除率也较低,通常为 50%~70%,而且由于油烟中颗粒物黏度很大,清洗维护工作量较大,故推广应用受到限制,而且随着城市环保执法的要求越来越严,这一方法的应用越来越受到限制。

2.2.2 普通过滤法

普通过滤法的原理是采用亲油性的高分子复合材料(活性炭、无纺布、海绵和球形滤料)等作为滤层,油烟通过时,颗粒物由于扩散、截留、惯性碰撞等动力捕集作用而被脱除,从而实现油烟的净化。普通过滤法的优点是投资小,净化效率高,能达到 90%,运行稳定可靠;缺点是随着过滤过程的进行,滤层阻力逐渐增大,由于颗粒物黏度大,易堵塞,清洗困难,滤料无法重复使用,需要定期更换,导致运行成本高,而且设备占地面积大,只能安装在室外,压降也较大(如玻璃纤维滤床压降高达 1 500 Pa),滤料的处理还可能造成二次污染^[11]。

2.2.3 蜂窝式油烟净化设备

蜂窝式油烟净化设备是把蜂窝型腔表面制成光洁、光滑的硬质膜层。烹调时产生的油烟、油雾及水蒸气在腔内快速冷却、凝聚,逐渐聚合成颗粒状油珠,产生液化集油现象。液化油珠沿着型腔通道流入下端的集油槽内,达到过滤净化油烟气的目的。优点是价格较低,直接安装于吸风罩内,不占场地。缺点是易堵塞,处理效率变化大,每月需清洗 1 次,且要用专门的清洗液。阻力较大,需匹配较大功率的风机,造成噪音偏高^[12]。

2.2.4 活性炭吸附法

活性炭吸附方式是让油烟雾通过吸附过滤层,吸附油烟雾中的小颗粒气溶胶。这种方式对气溶胶的去除率为 40%~70%,且对气味的净化有明显作用,但一般刚开始安装时吸附效果好,随着油烟雾的附着,吸附能力会逐渐减弱,必须经常更换滤料,运行成本高。由于风阻过大,造成工作间油烟雾排除不佳,只有增加风机的引风量,从而产生噪声污染。

2.2.5 液体洗涤法

液体洗涤法的原理是将油烟气通过特殊的气体分布装置与吸收液充分接触,将油烟气中的颗粒物从气相转移到液相而得以脱除。通常采用喷淋、水膜以及与集气罩相连的“运水烟罩”净化器。对直径大于 2 μm 的油烟颗粒有较高的去除效率,而对直径小于 1 μm 的油烟颗粒去除效率较差^[13]。液体洗涤法的优点是改变洗涤液的性质可以同时去除油烟中的 SO_2 、 CO_2 、 NO_x 等废气,颗粒物的净化效率较高,占地面积小,运行费用低,易于操作维护,且无消防隐患;缺

点是受湿式除尘器性能的限制,对亚微米级的颗粒物净化效率较低,洗涤废液不能较好解决,一般处理方法是直接将洗涤废液排入下水道,容易产生二次污染,而且洗涤液的消耗也会造成运行费用增加。

2.2.6 静电沉积法

静电沉积法的工作原理是将油烟引入高压电场,在高压电场中发生电离而使油烟中颗粒物荷电,在电场力作用下向集尘极运动,并在集尘极凝聚沉积下来从油烟中脱除,从而使气体得到净化。静电净化设备主要有 2 个工作区域,前区安装放电极,称为电离区,油烟颗粒进入后首先荷电,后区安装除尘极,称为收尘区,荷电颗粒在此区域被捕集。静电净化设备的优点是设备紧凑、占地面积小,净化效率高,通常可达 90%以上,压降较小,噪音和能耗低,运行费用低;缺点是不能去除气态污染物,由于集尘极上油烟冷凝物黏度较高,形成油膜层,阻碍电场放电,导致净化效率下降,而且集尘极清洗困难,维护工作量大,清除集尘极上的颗粒物时又易产生废液的二次污染,还存在火灾隐患^[14]。另外,对中小型饮食业而言,静电沉积型油烟净化器设备投资费用较高。

2.2.7 复合法

复合法是指将 2 种或 2 种以上净化方法结合起来。从治理效果看,复合法是今后发展的方向。目前常见的有机械、静电相结合,湿式、静电相结合等方式,特别是湿式与静电结合居多,此法可以将静电沉积法与液体洗涤法的优势有机地结合起来。这 2 种除油方式的结合,不是简单的效果叠加,而是相互补充、相互加强且相互克制对方的二次污染。静电处理区能有效地去除油烟中的大颗粒污染物,使处理后的烟气基本达到国标要求,静电处理虽然不能有效地清除小颗粒污染物和气味分子,但能将其充分荷电,大大加强了后级的水喷淋处理效果;喷淋处理区充分利用了带电粒子和离子与零电位物体之间的电荷镜像力,增强除尘效果,对一般净化器很难处理的烟气、气味等污染物,进行了比较彻底的净化;利用臭氧溶于水生成过氧化氢作为强氧化剂氧化被水滴及填料捕获的污染物,减少了循环水的二次污染,同时减轻了静电除尘器的必然产物——臭氧对大气的污染^[14]。

3 总结

目前国内常见的油烟净化技术存在设备成本高、分离设备有效作用时间短、设备结构复杂、操作维修要求较高、往往只注重颗粒物的去除、运行费用高、存在二次污染以及占地面积大等问题,因此开发处理效率高、运行稳定、投资少、占地面积小、运行管理费用低、操作维护简单的新型油烟净化技术和设备是当前油烟净化处理研究的重点。

参考文献

- [1]贾随堂,汤力同.实用高效的油烟净化技术及设备[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(2):91-94.
- [2]师莉娟,马世萍,李慧萍.厨房油烟废气的产生及防治对策[J].太原科技,1999(1):30-31.
- [3]李中山,杨杰.厨房内空气污染危害及治理对策的探讨[J].环境保护科学,1995,42(1):68-72.

(下转第 36 页)

4个,长度1 000 mm为3个,表明增加长度,波数减少。而且,失稳波数并不是同时产生而是逐个产生的。表1给出了依次产生波数的临界压力试验值与理论值的比较。由表1可知,产生第1个波的临界压力要明显低于其他波数,此后每新增1个波,临界压力变化并不明显,最终撕裂压力比实

际临界压力高一些。此外,由表1可知,试验值小于理论值,这主要是因为内筒3 mm的Q 235B钢板卷圆后采用焊接,存在一定的焊接变形(棱角度),降低了失稳压力。因此,实际应用时要考虑 $m=3$ 的失稳系数。

观察夹套圆筒试件内筒水压失稳后焊缝撕裂情况可知,

表1 失稳波数临界压力试验值与理论值比较

试件内筒 失稳波数 n	试验临界压力 P_{cr}/MPa				焊口撕裂压力 P_{cr}/MPa	理论计算临界压力 P_{cr}/MPa
	1	2	3	4		
$L=560\text{ mm}$	1.85	2.0	2.0	2.0	2.1	2.54
$L=1\,000\text{ mm}$	0.75	0.8	0.8	—	0.9	1.42

裂口处于内筒与环板相连接的角焊缝上。角焊缝本来就是应力和缺陷集中区域,再加上失稳造成弯曲应力增加,所以在此处焊缝撕裂。因此,立式锅炉通常在锅炉下脚圈与筒体连接的对接焊缝,炉胆、筒体和炉门圈的角焊缝处最易造成焊缝失稳撕裂,引起锅炉爆炸。

图4为2夹套圆筒试件临界压力与失稳波数关系曲线。由图可知,对于几何尺寸和材质已知的夹套圆筒,不同波数会得到不同的临界压力,且临界压力不是随着波数的增大而单调增大,而有一个极小值,临界压力的极小值才是真正的临界压力,这与试验时的实测值相一致(实测值正处于临界压力的极小值处)。

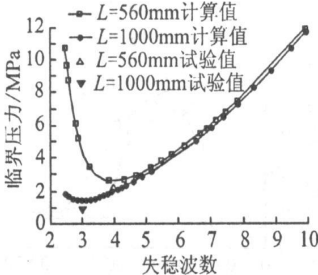


图4 临界压力与失稳波数关系

4 结论

立式锅炉运行严重缺水,致使炉胆过热超温,材料抗拉强度、弹性模量、刚度和抗失稳能力大幅度下降,若严重缺水后再进水,冷水遇到炽热的钢材迅速汽化,锅炉内压骤升,炉胆在外压作用下造成失稳;同时在弯曲应力作用下,造成炉胆与炉门圈或下脚圈、横水管连接处撕裂,引起锅炉从裂口中喷出,瞬间膨胀,因圆周喷射不均匀,致使锅炉本体向外飞出数米、数十米远,这就是立式锅炉爆炸机理。故当锅炉发生严重缺水事故时(缺水到什么程度为严重缺水视炉型而定)切不可加水,应当采取措施紧急停炉。

参考文献

[1]周跃庆,张媛媛,程亦晗.感应淬火电磁-热耦合场的有限元分析[J].金属热处理,2007,32(2).
[2]郑津洋,董其伍,桑芝富.过程设备设计[M].北京:化学工业出版社,2005.
[3]穆霞英.蠕变力学[M].西安:西安交通大学出版社,1990.
作者简介 盛水平,1964年生,工学硕士,高级工程师,高级检验师,1988年毕业于南京化工大学,已发表40余篇学术论文,主要从事锅炉、压力容器及压力管道检验、科研及失效分析工作。

(收稿日期:2009-08-28)

(上接第33页)

[4]张杰,袁寿其,袁建平,等.烹饪油烟污染与处理技术探讨[J].环境科学与技术,2007,30(9):80-82.
[5]陈华,叶舜华.吸入烹调油烟对机体免疫功能的影响[J].预防医学情报杂志,1993,8(3):148-150.
[6]陈宇炼.烹调油烟的毒性研究进展[J].环境与健康杂志,1999,16(2):120-122.
[7]龚文抗.西方国家的化学加工技术[M].北京:斯特林出版集团公司,1997:57-58.
[8]叶长明.油烟的催化净化研究[D].郑州:郑州大学化学系,2002.
[9]缪建玉.生物滤塔净化饮食业油烟废气的研究[D].杭州:浙江大学材料与化工学院,2004.
[10]张金凤,李群勇.饮食业油烟治理技术的探讨[J].江苏环境科技,2004,17:31-32.

[11]李俊华.超重力技术净化油烟实验研究[D].太原:中北大学,2007.
[12]吴学军,余新民.餐饮油烟净化处理技术与发展趋势[J].江汉大学学报,2004,32(4):73-75.
[13]刘章现,肖晓存,杜玲枝,等.饮食业油烟净化技术与应用[J].环境污染治理技术与设备,2006,7(9):103-106.
[14]牛晓民.饮食业油烟污染现状分析与对策[J].科技情报开发与经济,2006,16(1):5-7.
[15]江静杰,张航.油烟净化设备分类及特性[J].工业安全与环保,2004,30(4):5-7.

作者简介 张秀东,男,1983年生,山西清徐人,中北大学2006级硕士研究生。

(收稿日期:2009-04-09)