

饮食业油烟控制技术现状分析

张 楷, 马永亮, 徐康富

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘 要: 油烟中含有很多影响人体健康的有害成分, 同时油烟也是城市中颗粒物和挥发性有机物的一个重要来源。本文分类讨论了目前国内外使用的油烟控制技术, 对其特点进行了分析, 指出静电净化器和湿式净化器已成为中国油烟控制的主力设备, 并提出了油烟控制技术未来发展的趋势要求。

关键词: 油烟; 饮食业; 控制技术; 颗粒物; 挥发性有机物; 气味

中图分类号: X 51

文献标识码: A

文章编号: 1001-2141(2003)4-0055-05

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%。国内外学者对油烟进行的研究表明, 饮食业排放的油烟已成为城市颗粒物中有机物和挥发性有机物(VOCs)的重要来源之一; 油烟中含有多种致突变、致癌物质, 烹调烟雾与肺癌等呼吸道疾病的发生有关。因此, 治理饮食业的油烟污染具有重要的意义。本文简单论述了饮食业油烟污染的环境影响, 集中讨论了目前国内外使用的油烟控制技术, 对其特点进行了分析比较, 并对未来发展趋势进行了预测。

1 空气污染问题

烹调操作排放的烟气当中含有的污染物主要有颗粒物(PM)、挥发性有机物(VOCs)、一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、硫氧化物等, 其中油雾和气味是油烟污染的两个主要问题。崔明珍^[1]等对饭店等烹调现场的烟雾采样分析表明, 烹调烟雾中含有20余种含氮、含硫化合物及多环芳烃类物质。厉曙光^[2]等用薄层扫描法对用滤膜采集的样品进行分析发现, 精制油、豆油、菜油的油烟雾中存在苯并(a)芘、苯并(e)芘、苯并(a, h)蒽、苯并(a, b)蒽、苯并(a)蒽等5种具有强致癌性的多环芳烃。有文献报道^[3], 在实验条件下用GC/MS法测定菜油、豆油、花生油等油烟雾样品发现有54种易挥发性化学物质。

据报道^[4], 平均型号的烤肉炉排放油烟的不透明度20%—50%是由操作方式和肉的种类导致的。烤肉炉的气味主要由醛、乙醇、有机酸、氮氧化物、硫化物等引起的。有报道^[5], 醛、酮、有机酸、硫化物和硫醇是油

烟气味的主要污染源。影响油烟产生的因素包括烹调方式、食物、食用油种类、温度、燃料等。

以炒、煎或烤为主的菜系其油烟排放中油雾浓度明显大于以蒸、煮为主的菜系^[6]。烹调过程比纯油加热过程排放的总悬浮颗粒物和可吸入颗粒物浓度高^[7]。Jill. Whynot^[8]等报道, 在对底燃式烤肉炉、链式烤肉炉、平底煎锅、油炸锅四种烹调器具的测试中, 底燃式烤肉炉排放的PM和VOCs最多。底燃式烤肉炉的污染物产生取决于烹调食物种类。汉堡包肉类(含有25%脂肪)产生的污染物质最大, 平均32.65gPM/kg肉; 鱼产生的污染物质最少, 平均3.3gPM/kg; 鸡肉产生的污染物位于其中, 平均10.48gPM/kg。G. Z. FRANCIS^[4]等报道, 肉的种类和肉中脂肪的含量将会对污染物产生量有着直接的影响。

林晔^[7]等报道, 普通豆油排放的总悬浮颗粒物浓度和可吸入颗粒浓度比精炼油高; 在同样条件下, 普通豆油的多环芳烃(PAHs)浓度均高于精炼油; GC/MS检出普通油挥发物中的有机组分比精炼油多11种, 精炼油未检出芳烃化合物, 普通豆油检出两种芳烃化合物。鲍子平^[9]等人报道菜油、豆油加热氧化、分解的挥发性冷凝物, 经GC/MS分析, 含巴豆醛等不饱和醛, 但花生油的冷凝物没有检测出。有报道^[10], 中国菜籽油油烟中1,3-丁二烯、苯的含量高于花生油和豆油油烟。

林晔^[7]等报道, 同一采样位置, 同一加热方式, 温控范围越高, 多环芳烃(PAHs)浓度越高; 在较高温控范围内, 除检出苯并芘(Bap)外, 还检出其它三种成分, 而在较低温控范围内, 只检出苯并芘(Bap)。J. M. Lin^[11]等报道, 烹调时油分解的醛种类和数量取决于油温。G. Z. FRANCIS等报道^[4], 在烤肉炉中, 温度是最关键的因素, 随着温度的升高, 污染物的数量会增

收稿日期: 2002-02-20

作者简介: 张楷, (1978-), 男, 河南省人, 现为清华大学环境科学与工程系硕士研究生, 从事大气污染控制研究。

加。

2 控制技术现状

饮食业油烟污染控制主要应解决油雾气溶胶和气味问题,即有效去除油烟中的颗粒物和挥发性有机物。目前国内采用的技术设备大多是针对颗粒物的去除,国外采用的技术由于立法要求则多数都考虑了颗粒物和挥发性有机物的同时去除。本文主要讨论目前国内外广泛使用的六种技术。

2.1 静电法控制技术

该法原理与静电除尘器原理相同,利用电场力去除油烟中颗粒物和挥发性有机物。其基本过程包括气体分子电离、油雾粒子荷电、荷电粒子在电场力作用下向极板运动并最终到达极板从而达到与气体相分离的目的、极板的清理。

静电型油烟净化器如设计和维修妥善,应可获得高的油烟收集效率。据文献介绍^[5],双区电除尘器、冲洗式双区电除尘器、湿式电除尘器可以几乎完全消除可见排放物,并可使气味完全消失或显著减少。静电技术对亚微米颗粒物有很高的捕集效率,可有效去除细微的油雾颗粒;同时,气体放电过程中产生的臭氧对于气味的去除也有一定的效果。但带有粘性的油滴附着在电极和集尘板上,会使电除尘器在运行一段时间后效果明显劣化,特别是对于所收集油雾流动性差的情况,这个问题更为突出。为了解决这个问题,必须要经常清洗,维护工作量可能很大。

United Air Specialists Inc^[4]早在 20 世纪 70 年代就研制出一种带有自清洗系统的静电除尘器,使用清洗剂喷头或者清洗剂发泡器来保持静电除尘器的清洁,从而能够在去除油烟的同时保持连续运行,较好地解决了饮食业中静电除尘器的清洗问题。

Knapp, J. N^[12]报道了一种改进型的静电除尘器,成功地用于快餐业的平底煎锅和油炸锅的油烟处理。在 1993 年以前的 10 几年中,已有 3000 多个应用实例。

在中国静电收尘技术应用于饮食业油烟的净化始于 20 世纪 90 年代,在深圳、广州、上海等地都有大量的应用实例。特别是国家环境保护总局颁布的《饮食业油烟排放标准》^[13]于 2000 年 7 月 1 日开始实施后,各地掀起了开发研究油烟净化设备的高潮,静电设备以其体积小、净化效率高、能耗小的显著特点而成为油烟净化市场上的主力设备之一。目前在应用中暴露出的最大问题也是极板的清理问题,在使用初期各种静电设备的净化效果普遍很好,但运行一段时期后(通常为 1-4 个月不等,有些甚至不到一个月),效果会明显恶

化。为了解决极板清理困难的问题,目前各厂家采用最普遍的做法是加强售后服务,定期清理极板。有少量设备尝试安装了自动清洗系统,但运行效果尚有待长时间稳定运行的考验。清华大学开发的梯度单元电场静电油烟净化装置采用梯度分级概念和模块化设计,有效延长了净化器的清理周期,提高净化效果,方便极板清理,并且可以通过单机单元的并列和垒置构成更大的净化装置以适应不同流量气体的净化要求。

部分静电油烟净化设备在应用中暴露出的问题还包括在高潮湿恶劣环境下绝缘子的性能差和高压电源与本体不相匹配等。由于电源与本体不能很好地匹配,两极间所施加电压不够,或净化器整机电晕功率低,从而严重影响到净化器的性能。对于流动性极差的烧烤油烟,静电油烟净化器的应用受到限制。

从实际运行情况看,静电油烟净化器对于气味的去除有一定的效果,但并不明显。因此对于静电油烟净化器的研究应在继续关注本体结构、电源与本体匹配、极板自动清理等环节的基础上,加强复合型净化器的研制,寻求低温等离子体、吸附、催化氧化等技术 with 静电技术的结合,全面解决饮食油烟雾和 VOCs 污染的问题。

2.2 洗涤法控制技术

该法的原理是利用液体与油烟的接触,从而去除颗粒物和挥发性有机气体。具体说来,有多少种气液接触方式,就有多少种具体的技术。

郑展飞^[14]等采用液体吸收法治理饭店厨房的油烟和火烟。该净化器较合理地将冲击除尘和筛板除尘两种机理结合在一起。油烟、火烟废气经过喷头高速冲击液面,并急剧改变方向,气体中大的尘粒、油滴被吸收液捕获,然后气体通过筛板的液体和气泡层,使油烟得到再次净化。

刘祖文^[15]等采用液膜过滤法治理宾馆厨房油烟和火烟。在净化器靠近进风口一边安装多个环形喷头,配制好的液体吸收剂经加压后由环形喷头喷出,形成一定厚度的液膜。厨房油烟或火烟由风管进入净化器,经过此液膜的净化,油雾、油污和碳烟溶于液体中,相互凝聚,最后被金属网阻截,污染物从金属网滑落进入净化器底部后随液体排出。液体中的污染物在净化器底部的储液池中过滤清除,过滤后的液体进入液体循环器循环使用。净化后的气体经脱水板脱水后,由排气管排出。

杨纯华^[16]等报道过一种 CP 型水幕净化式排油烟装置,采用水幕方式去除油烟,在水中加入了一定的乳化剂,净化效率大于 95%,同时还有一定的除臭效

果。

徐方成^[17]等通过研究湿式和干式除尘器的除尘机理, 结合油烟特点, 提出一种新式的油烟净化工艺, 根据该工艺设计的净化器为二级净化装置, 前级用水基润湿剂吸收异味, 并润湿粗化小颗粒油雾, 后级为一种特种旋风除尘器。该净化器对油雾净化效率为 87% ~ 90%。

林斌^[18]等设计了水雾水膜式厨房油烟净化装置。通过喷嘴在罩内的空间形成水雾、水膜, 油烟通过引风机负压吸到罩内后, 油雾粒子与水雾、水膜充分接触, 通过惯性作用、截留作用、扩散作用而粘附在水滴上, 从而达到去除目的。

在香港地区^[19], 就洗涤工艺而言, 现在的普遍设计是将运水烟罩和空气清洗器合并使用来控制油烟, 空气清洗器内置多块特别设计的挡板以提高性能, 其效率较常用的机械过滤油隔为高, 但两者若单独使用则不能有效地将油烟减低至可接受水平。有些情况下也使用文丘里式洗涤器来控制油烟。清除油烟的效率视文丘里喉管的压力降及油烟粒子尺寸而定。填充塔式洗涤器内装满特别设计的填充物料, 藉以增加洗涤器和废气流的接触面, 从而提高吸收效能。填充塔式洗涤器一般须占用较多空间。文丘里式洗涤器和填充塔式洗涤器通常都使用清水作为洗涤液。这两种洗涤器如果配合适当的洗涤液, 可更有效控制气味。文丘里式洗涤器和填充塔式洗涤器由于压力降较大, 其配套的风机通常会产生噪音污染问题, 在选择工艺设备时应予考虑。

洗涤法对于 2 微米或更大的颗粒具有较高的去除效率, 对于 0.1 微米或更小颗粒去除效率则较差, 对于 0.1—2 微米的颗粒捕集效率与压降呈正相关。由于油烟雾滴的疏水性, 在洗涤水中需加入各种表面活性剂、乳化剂等改善油水混合性能。加入适当的化学药品还可以同时去除油烟中的气味和部分气体。但目前直接将洗涤废液排入下水道, 存在二次污染问题。

2.3 过滤吸附法控制技术

该法的原理是当油烟通过过滤材料时, 通过拦截、碰撞、筛分等作用从而去除颗粒物和挥发性有机气体。

羌宁^[20, 21]等采用有机高分子材料作为滤料, 有效地净化厨房排放的烹调油烟气。此外, 由于采用一次性滤料的过滤方式, 避免了某些净化装置需定期清洗的麻烦。

李铁^[22]等报道, 用吸收液做一级处理, 然后用三种吸附剂串联, 进行二级三级四级处理, 在实验条件下, 对油烟去除效率大于 87%。

林晔^[7]等报道, 采用鸡毛作为过滤填充料, 结果表明, 采用稀硫酸进行前处理的鸡毛对油烟的过滤吸附效果比用碱或水处理的鸡毛效果好, 去除率可达到 88.5%; 鸡毛的使用周期为一个月, 一次性使用, 避免了定期清洗的麻烦。

在香港地区^[19], 有使用活性炭过滤器的吸附作用来消除气味的例子。带气味的化合物渗透入碳粒孔隙之后, 会被吸附存留在活性炭内的孔隙表面上。但由于饮食油烟的特殊性, 活性炭的性能会受到影响: 湿度高的油烟会堵塞用以吸附的空间, 降低活性炭的性能和吸附介质寿命; 高温时气体分子活动加速, 吸附能力减弱; 气流中如含有油雾粒子, 会堵塞吸附空间, 减低活性炭的性能和吸附介质寿命, 并增加维修费用。因此在使用活性炭或其它吸附剂控制饮食油烟的气味时, 需与其它控制油烟的装置配合使用。

Hardee's Food Systems Inc^[4]报道了一种纤维垫湿式过滤装置, 该装置综合了纤维过滤和水洗涤两种原理, 主要用来去除亚微米级的油滴和可溶性固体, 对去除可见污染物效果很好, 并且去除气味的效果比燃烧法和静电法好。

过滤法的优点是净化效率高, 通常达 90% 以上, 运行稳定可靠, 但由于纤维垫捕集的颗粒物粘度较高, 靠通常的重力自流或挤压清除都很难实现, 且压降较大, 如玻璃纤维滤床压降高达 1500Pa。这些问题使织物过滤法的应用受到一定限制。因此今后织物过滤法的研究重点应着眼于开发新型过滤材料, 使其具有持油能力强、单层压降小、纳污能力高的特性。

2.4 机械控制技术

该法原理为通过强制使油烟气气流运动方向发生强烈转折, 使油烟气中的颗粒物在惯性作用下到达沉积面而从气体中分离出来。

林晔^[7]等设计了六层百叶窗作为惯性油烟净化器, 每层作为一个整体, 以便于拆卸和清洗, 试验测定平均净化效率为 70% 左右。

杨纯华^[16]报道, 滤网式排烟罩, 采用过滤网格, 捕集效率 40—50%。

据报道^[19], 香港市面上供应的金属油隔, 可滤去大的油滴, 因此适用于油烟的初步处理。以细密合成纤维制成的油隔, 过滤油烟的效能较金属油隔为佳, 但通常仍须与运水烟罩一并使用, 作为控制油烟的初步处理。

近年来市场上出现的蜂窝式油烟滤清器选用轻型合金材料制造, 采用变截面无连结点的“U”字波纹型带条经相互交叉叠片组合在框架上, 形成蜂窝板块状

结构。由于滤清器型腔表面光洁,所捕集的冷凝水可有效清除型腔表面的油脂和灰尘,减少了滤清器的清洗次数。

机械法控制技术的主要优点是设备简单,压降较小(通常为 50~200Pa),弊端在于对小粒径的颗粒去除率低,总去除率亦较低,通常和其它类型净化器结合起来使用,作为预处理。由于油烟中颗粒物粘度很大,清洗维护工作量较大。

2.5 燃烧法控制技术

该法原理为利用热推进的氧化反应,将油烟气中的有毒有害成分转变为无害产物。

直燃式燃烧炉技术广泛应用于控制烤肉炉排放废气^[4]。将废气和燃料气体充分混合后燃烧,能够使颗粒物浓度、可见污染物降低,气味减少。但是,如果燃烧不充分的话,气味不仅不会减少,而且还会增加。为了解决这个问题,必须在高温燃烧时提供充足的氧。直燃式燃烧炉技术的燃料消耗费用比较大,为了减少费用,开发出的催化式燃烧炉技术能够在比较低的温度下促进废气的燃烧反应。

斯特林亚洲公司^[25],开发成功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。

燃烧技术适合于废气主要由可燃的气溶胶、燃料气体组成的情况,比较适合于以油炸为主的快餐业和食品加工业。在我国,饮食业的烹调方式多种多样,与西方的快餐业有很大不同,油烟性质存在着大的差异,因此这种技术总体上不大适合我国的国情,适用的情况不多。

2.6 催化法控制技术

该法原理为采用各种具有自净化功能的催化剂,在烹调过程中于烹调温度上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。

最近几年来,美国、日本等国家比较多的采用催化剂来治理饮食业油烟。美国加州南岸空气质量管理区制定的法规^[24]中,优先推荐的就是催化氧化控制设备,如果采用其他设备,对 PM 和 VOCs 去除效率必须大于催化氧化控制设备。

Jill. Whynot^[8]等报道,采用一种无烟型催化氧化剂治理链式烤肉炉的油烟,去除效率大于 83%,费用也经济合算。

Eltron Research, Inc^[24]研制了一种可以在低温下治理油烟中 VOCs 的催化剂。在实验条件下,对 VOCs 中的丁醇、甲苯有较好的去除效率。

有报道^[26],日本已开发出的自净化催化剂已广泛

应用于烹调废气处理中,主要形式包括借低熔点 Li 玻璃粘合的 γ -MnO₂、分子筛、铁氧体以及由有机粘合剂粘合的金属氧化物。这些催化剂除了具有净化排气的特点之外,同时还具有热浸透性远红外发射功能,可达到改善烹调速度和菜肴味色的功能,特别适合于中小型餐饮业及家庭烹调使用。但是催化剂控制技术在在我国应用还不是太多,在价格上还是比较昂贵,国内对此的研究也不是太多。

3 未来发展趋势

我国在 2000 年 7 月起实施《饮食业油烟排放标准(试行)》。该标准考虑到中国的现有国情和监管手段的可操作性,主要对油烟中油雾气溶胶的排放浓度做了明确的限制,但对于 VOCs 的排放没有具体的限制,只是提及饮食业产生特殊气味时,参考《恶臭污染物排放标准》。从长远角度来看,VOCs 含有许多致癌物、致突变物,而且是气味产生的主要来源,并且香港对气味有明确的控制条款^[19],美国加州南岸空气质量管理区对于 VOCs 的排放也有限制^[24]。所以,在饮食业油烟污染控制中采用不同的技术组合同时去除油雾和 VOCs 的技术设备将会得到广泛的应用。

4 参考文献

- 崔明珍等. 饭店厨房空气中的化学成分分析. 中国公共卫生, 1994, 10(1): 21.
- 厉曙光. 家庭厨房油烟冷凝物化学成分及对果蝇口染毒遗传毒性的研究, 卫生研究, 1999, 28(1): 15~17.
- 沈孝兵. 烹调烟雾的健康危害, 环境监测管理与技术, 1999, 11(1): 13~15.
- G. Z. Francis, et al, Control of Air Pollution from Restaurant Char-broilers, Journal of the Air Pollution Control Association, July 1977, 27: (7): 643~647.
- S. 卡尔弗特, H. M. 英格伦. 《废气污染控制手册》, 海洋出版社, 1989, 北京, 216.
- 《饮食业油烟排放标准》编制课题组. 《饮食业油烟排放标准》编制说明, 2000- 6- 12.
- 林晔. 烹饪对大气污染及其防治技术的研究, 硕士论文, 沈阳农业大学, 1995.
- Jill. Whynot, et al, Control of Fine Particulate (PM_{2.5}) Emissions from Restaurant Operations, Journal of the Air & Waste Management Association, September 1999, 49: 95~99.
- 鲍子平. 食用油油雾冷凝物中某些致变物的 GC/MS 分析及生成机制的研究, 环境科学学报, 1994. 9, P385~388.
- Pellizzari E. D, et al, Identification of 1, 3 Butadiene, Benzene, and Other Volatile Organics from Cook Oil Emission, J Expo Anal Environ Epidemiol, 1995, 1: 77~87.
- J. M. Lin, et al, Aliphatic Aldehydes Produced by Heating Chinese Cooking, Bull. Environ. Contam. Toxicol, 2000, 64: 817~824.
- Knapp, J. N, et al, Development of high-efficiency air cleaners for

转移联单,并向危险废物移出地的环境保护行政主管部门报告。

3.1.4 危险废物经营许可证制度。凡从事收集、贮存、运输危险废物经营活动的单位必须向环境保护行政主管部门申请身份编号,如未获得身份编号,其不能处理、处置、运输或委托运输危险废物,也不得委托未持有环保局身份编号的运输者运输其危险废物。

3.2 充分利用“环保例外权”

目前,几乎所有的贸易协定中都有关于保护环境的规定——即“环保例外权”,一国有权采取措施来阻止某些有损进口国环境的贸易。如《建立世界贸易组织协议》序言指出:允许根据可持续发展的目标,优先使用世界资源,根据各自的需求和经济发展的实际水平,寻求既保护和保存环境,又达到上述目的和手段,强调扩大贸易的同时要力求保护环境。《技术贸易壁垒协议》中规定:不得阻止任何国家采取必要的措施来保护人类、动物和植物的生命与健康、保护环境。《补贴与反补贴措施协议》中规定:若有助于消除严重的环境压力,且采取最合适的环境手段,可考虑接受环境补贴。⁽⁷⁾

我国已经进入 WTO,今后国门将会越敞越大,为了有效地防止境外危险废物转移,我们应该充分利用各种贸易协定中所规定的环保例外权,采取关税、配额、许可证、补贴等各种措施来限制危险废物的入境。如废物进口时可对其征收高额限制性关税;对危险废物采取进口配额制度;对于列入我国危险废物名录的商品采用许可证制度,未取得进口许可证的商品一律不得进口等。

3.3 加强国际合作,促使发达国家限制污染出口

1989年3月22日,联合国环境规划署在瑞士巴塞尔召开了“制定控制危险废物越境转移及其处置公约”的专家组会议和外交大会,签署了《关于有害废物越境转移及其处置的巴塞尔公约》(以下简称《巴塞尔公约》)。该公约生效时间为1992年5月5日,有104个国家成为该公约的缔约国。我国政府也参加了这次会议并成为缔约国,于1990年签署了此项公约。公约签定的目的是控制并把隶属公约管辖的废弃物越境减少到最小程度,把产生有害废弃物减少到最低程度,包括尽可能对废弃物产生源进行处置和回收;帮助发展中国家和经济转轨国家对他们产生的有害废弃物和其他废弃物进行有利于环境的管理。

《巴塞尔公约》的出台对缔约国和非缔约国、有害废物的出口国和进口国来说都是一个制约。在缔约国和非缔约国之间,有害废物的越境转移被禁止。在缔约

国之间,在有害废物的越境转移被限制在以下条件中:(一)出口国须是由于技术能力和设备方向的原因不能恰当处理有害废物;(二)进口国须是需要该有害废物等作为循环利用的原料;(三)须根据缔约国制定的标准进行越境转移。

但是,《巴塞尔公约》仍然存在着许多未尽完善的地方。如发展中国家希望停止所有的废物出口,而公约中唯一明文禁止的是向南极的废物转移。1994年3月,终于达成了全面禁止废物由发达国家向发展中国家出口的协议。但是,由于公约中存在着许多没有绝对明确的定义而且其限制范围也不是很广泛,因此,仍然存在着污染转移的可能。所以,发展中国家仍然要团结合作,促使发达国家进一步落实其在《巴塞尔公约》中承诺的义务与责任;另外还要为制定其他的关于限制污染转移的国际公约做准备。

4 参考文献:

- 1 叶汝求等,环境与贸易,北京:中国环境科学出版社,2001.
- 2 Thomas Andersson, Carl Forke 等著,黄晶、周乃君等译,环境与贸易——生态、经济、体制和政策,北京:清华大学出版社,1998.
- 3 中国统计年鉴,中国国家统计局,1990—1997.
- 4 刘晓荻,危险的有毒废物贸易,环境导报,2002.2.
- 5 韩文辉、曹利军、李晓明,可持续发展的生态伦理与生态理性,科学技术与辩证法,2002.3.
- 6 保罗·萨缪尔森、威廉·诺德豪斯著,萧琛等译,经济学,北京:华夏出版社,1999.
- 7 万后芬、马瑞婧、夏祖洋等,绿色营销武汉:湖北人民出版社,2000.
- 8 郭文华、罗宏等,中国的绿色壁垒措施现状,环境科学研究,2002.1.

(上接第58页)

grilling and deep-frying operations, ASHRAE Transactions, Jun 27-30, 1993, 99(2): 884~889.

- 13 国家环境保护总局,《饮食业油烟排放标准(试行)》,GWPB5-2000.
- 14 郑展飞,用液体吸收法治理饭店厨房的油烟和火烟,环境工程,1994,1(4): 28.
- 15 刘祖文,用液膜过滤法治理宾馆饭店厨房油烟和火烟,环境工程,1999,17(1): 41~44.
- 16 杨纯华,二谈公共建筑的厨房,全国暖通空调制冷1996年学术年会论文集,1996: 174~177.
- 17 徐方成,旋流式饮食业厨房油烟净化器的实验研究,环境污染与防治,2000,22(12): 12~13.
- 18 林斌,水雾水膜式厨房油烟净化装置,环境保护科学,1999,25(2): 26~29.
- 19 香港环境保护署,控制食肆及饮食业油烟及煮食气味小册子,2000.12.
- 20 羌宁、季学李,实用厨房油烟净化设备研制,环境工程,1998,16(1): 26.

(下转第42页)

采集降水样品时,由聚氯乙烯材质带入的氯离子成游离态,必然导致降水样品的电导率升高。另外三种降水样品的电导率相差也较聚氯乙烯材质的低。综合不同材质对 pH 值和电导率的影响结果,同样说明聚氯乙烯不能作为降水采样器的材质,此结果与前面的结果是吻合的。

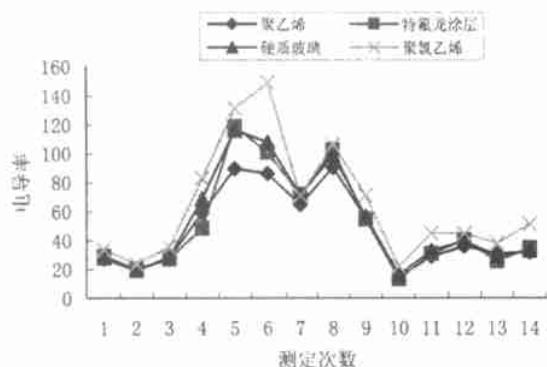


图 2 不同材质采样器所采实际降水样品的电导率 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

表 3 阳离子组分分析结果

采样 时间	材质	采样量 (ml)	测定项目				
			Na^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)
98.5.11	A	6750	0.18	1.59	0.22	0.08	0.64
	B	2380	0.20	1.28	0.19	0.04	0.36
	C	2310	0.15	1.26	0.20	0.06	0.48
	D	1060	0.13	1.65	0.23	0.07	0.72
98.6.11	A	1270	0.09	3.27	0.24	0.09	1.30
	B	580	0.31	3.90	0.24	0.20	1.87
	C	410	0.15	4.23	0.38	0.18	2.32
	D	180	0.13	5.46	0.38	0.19	2.42
98.6.16	A	3680	0.18	4.20	0.37	0.26	3.79
	B	1700	0.19	5.31	0.43	0.32	4.81
	C	1180	0.19	3.73	0.27	0.29	4.60
	D	660	0.16	4.27	0.36	0.30	4.09
98.7.15	A	5090	0.09	1.36	0.09	0.10	0.81
	B	2500	0.06	2.51	0.18	0.12	1.36
	C	1640	0.06	1.55	0.18	0.11	1.15
	D	890	0.06	1.68	0.14	0.11	1.02
98.7.16	A	660	0.09	1.49	0.27	0.55	4.57
	B	300	0.09	2.84	0.39	0.46	4.10
	C	220	0.11	1.67	0.22	0.47	3.95
	D	70	0.17	2.89	0.49	0.30	2.80
98.7.17	A	11000	0.04	1.27	0.20	0.06	0.72
	B	7560	0.12	1.62	0.25	0.10	0.85
	C	3390	0.06	1.46	0.24	0.07	0.85
	D	3100	0.04	1.40	0.20	0.06	0.62
98.7.21	A	6900	0.10	1.89	0.41	0.18	2.63
	B	3110	0.16	2.78	0.46	0.31	3.61
	C	2140	0.09	1.83	0.39	0.19	2.86
	D	1220	0.04	1.75	0.21	0.12	1.05
98.7.22	A	530	0.25	6.38	1.12	0.65	10.0
	B	260	0.60	6.98	1.17	0.81	9.04
	C	190	0.25	6.01	1.06	0.61	8.95
	D	80	0.26	5.85	0.88	0.46	5.76

4 结论

聚乙烯、聚氯乙烯、硬质玻璃和金属加特氟龙涂层四种材质中,聚氯乙烯材质采样对降水中的氯离子浓度带来显著性差异,其余几种材质采样对各离子浓度不产生显著性差异;聚氯乙烯材质使降水样品 pH 值降低,电导率升高;因此聚氯乙烯不能用作降水监测采样器的材质,其余三种材质均可用作降水监测采样器的材质。在进行降水采样器的选择时,一定注意科学合理选择其材质。

5 参考文献

- 1 国家环保局. 环境监测技术规范(第二册), 大气和废气部分, 1986.
- 2 Acid Deposition Monitoring Guideline and Manual for East Asia Net, Adopted at the Second Interim Scientific Advisory Group Meeting of Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, 2000, 3.
- 3 美国环境保护局编, 任官平译. 《降水测量系统质量保证手册》. 北京: 中国环境科学出版社, 1991, 6.

(上接第 35 页)

构造层厚度、压实机械行程次数、垃圾含水率等因素影响显著。实验结果表明: 为取得最佳的垃圾堆体压实效果, 最佳垃圾摊铺厚度在 0.5m~0.7m 之间, 最佳机械行程次数为 3 次, 增加碾压次数有利于提高垃圾堆体密实度, 垃圾最佳含水率在 30%~50% 之间。

4 参考文献

- 1 高光, 董雅文等. 城市垃圾处理与管理对策研究. 城市环境与城市生态, 2000, 13(2): 39~41.
- 2 钟振洋, 周启祥等. 垃圾卫生填埋技术. 城市环境与城市生态, 1999, 12(2): 45~49.
- 3 王学华等. 山谷型垃圾填埋场渗滤液水量计算方法比较研究. 城市环境与城市生态学, 1995, 8(4): 38~41.
- 4 黄仁华等. 城市生活垃圾压实的工程试验研究. 同济大学学报, 2000, 28(3): 376~378.
- 5 Lee J. J., Jang I. H., Lee W. B., et al. Computer and experimental simulations of the production of methane gas from municipal solid waste. Water Science and Technology, 1993, 27(2): 225~234.
- 6 张彦敏. 垃圾填埋压实机械的选用与经济性分析. 环境卫生工程, 1999, 7(4): 158~159.

(上接第 6 页)

- 21 羌宁, 季学李. 实用厨房油烟净化方法. 环境科学, 1998, 19(5): 85~86.
- 22 李铁. 烹饪气溶胶净化方法的研究. 沈阳化工, 1994, 2: 57~59.
- 23 苏壮军. 餐饮业外排烹调油烟气的危害及净化方法研究进展. 环境污染治理技术与设备, 2000 年 6 月, 1(3): 77~81.
- 24 South Coast Air Quality Management District. Rule 1138. Control of Emissions from Restaurant Operations.