

防治技术

# 小型餐厨垃圾处理厂恶臭分析及工艺选择

陈丽,刘兰英

(中国天楹股份有限公司,江苏南通,226600)

**摘要:**某小型餐厨垃圾处理厂的恶臭组分、浓度及致臭贡献值进行了分析。介绍了目前主要的除臭技术及其特点,并优选制定了处理方案:1)处理间内难以收集的臭气采用“低温等离子体除臭装置”除臭;2)负压抽出的 40 000 m<sup>3</sup>/h 臭气采用“碱吸收塔+低温等离子体除臭装置”除臭,经 15m 烟囱排放。对该方案进行了技术论证,为小型餐厨垃圾处理站除臭工艺选择和污染控制提供参考。

**关键词:**小型餐厨垃圾处理厂;臭气治理;低温等离子体;碱喷淋塔

中图分类号:X701 文献标识码:B 文章编号:1006-8759(2017)06-0052-04

## STENCH EFFECT ANALYSIS AND PROCESS SELECTION OF SMALL FOOD WASTE TREATMENT STATION

CHEN Li, LIU Lan-ying

(China Tianying Inc., Nantong 226600, China)

**Abstract:**The odor components, concentration and odor contribution value of a small food waste treatment station were analysed. The main deodorizing technologies and their characteristics were introduced, and an optimal process was selected: 1) using "non-thermal plasma deodorization device" to treat odor in processing room which is very difficult to collect; 2) using "alkali absorption tower + non-thermal plasma deodorization device" to treat 40000m<sup>3</sup>/h odor gas extracted by negative pressure. The treated gas was then discharged by 15m chimney. The technical feasibility was studied. A reference was put forward for the process selection and pollution control of small food waste treatment stations.

**Key words:** small food waste treatment station; stench treatment; non-thermal plasma; alkali absorption.

餐厨垃圾是餐饮垃圾和厨余垃圾的总称,包括 a)餐馆、饭店、单位食堂等的饮食剩余物以及后厨的果蔬、肉食、油脂、面点等的加工过程废弃物;b)家庭日常生活中丢弃的果蔬及食物下脚料、剩菜剩饭、瓜果皮等易腐有机垃圾<sup>[1]</sup>。随着人民生活水平的提高,餐厨垃圾产量日益增加,清华大学固废污染控制及资源化研究所的统计数据表明,中国城市每年产生的餐厨垃圾总量不低于 6 000

万吨<sup>[2]</sup>。一些地方用餐厨垃圾提炼“地沟油”,带来严重食品安全隐患。2010 年 7 月,国务院发布《关于加强地沟油整治和餐厨废弃物管理的意见》,要求加强餐厨废弃物管理,规范餐厨废弃物处置。此后,各地纷纷响应,建设餐厨垃圾处理厂。

餐厨垃圾处理过程中会产生大量挥发性无机物和有机物,包括 NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S、烃类、酮类、酯类、醇类、醛类、萜类和有机硫化物等<sup>[3-5]</sup>,不仅气味刺鼻,还会对人体健康造成威胁,必须加以处理,达标排放。

收稿日期:2017-05-12

第一作者简介:陈丽 1987- 江苏省南通人 毕业于南京理工大学硕士、工程师,主要研究方向为污水、废气和固废的处理。

## 1 工程概况

某餐厨垃圾处理厂建设规模共 100 t/d, 一期 50 t/d, 与城市垃圾焚烧厂合建, 处理工艺如图 1, 所有设备均在同一个处理车间内。处理车间抽气保持负压, 风量 40 000 m<sup>3</sup>/h, 臭气单独处理, 达标排放。

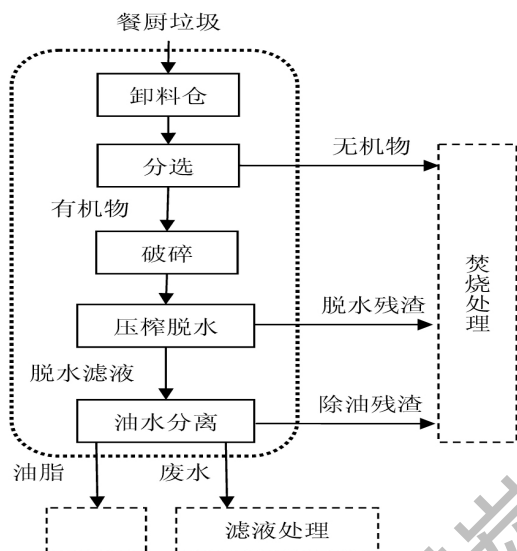


图 1 餐厨垃圾处理工艺

## 2 臭气性质和排放标准

经处理后, 排放气体应符合《恶臭污染物厂界标准值》(GB 14554-93)表 1, 厂界标准值二级标准(新扩改建)。

餐厨垃圾处理过程中, 卸料仓和破碎机出口臭气成分、浓度及限值如表 1。

表 1 臭气成分浓度及限值

序号	控制项目	单位	标准限值 <sup>[6]</sup>	卸料仓	破碎机出口
1	氨	mg/m <sup>3</sup>	1.5	0.004-0.034	0.037-0.084
2	硫化氢	mg/m <sup>3</sup>	0.06	0.055	0.361
3	甲硫醇	mg/m <sup>3</sup>	0.007	0.013	0.168
4	甲硫醚	mg/m <sup>3</sup>	0.07	ND	0.061
5	二甲二硫	mg/m <sup>3</sup>	0.06	0.088	0.311
6	二硫化碳	mg/m <sup>3</sup>	3	0.009	0.067
7	臭气浓度	无量纲	20	88	794

注: 加粗数字表示超过限值。ND 代表未检测出。

由表 1 可知, 卸料仓超标项目为甲硫醇、二甲二硫和臭气浓度, 破碎机出口超标项目为硫化氢、甲硫醇、二甲二硫和臭气浓度。

臭气浓度是多种污染物综合的结果, 卸料仓和破碎机出口主要致臭成分的浓度和致臭贡献值如表 2。

表 2 主要致臭成分浓度及致臭贡献值

卸料仓				
序号	控制项目	实测浓度	臭阈值 <sup>[7]</sup>	致臭贡献值
1	乙醛	0.360	2.90E-03	124
2	H <sub>2</sub> S	0.0550	6.22E-04	88
3	甲硫醇	0.0130	1.50E-04	87
4	二甲二硫醚	0.0876	9.23E-03	9.5
5	乙醇	9.18	1.07E+00	8.6
破碎机出口				
序号	控制项目	实测浓度	臭阈值 <sup>[7]</sup>	致臭贡献值
1	甲硫醇	0.168	1.50E-04	1120
2	乙醛	1.85	2.90E-03	638
3	H <sub>2</sub> S	0.361	6.22E-04	580
4	二甲二硫醚	0.311	9.23E-03	33.7
5	乙醇	13.7	1.07E+00	12.8
6	柠檬烯	2.69	2.31E-01	11.6
7	甲硫醚	0.0611	8.30E-03	7.36
8	α-蒎烯	0.423	1.09E-01	3.88
9	β-蒎烯	0.483	2.00E-01	2.42

## 3 除臭技术的选择

### 3.1 除臭技术的选择

目前主要除臭技术及其特点列于表 3。

表 3 主要除臭技术及其特点

除臭技术	投资费用	运行费用	占地	除臭效率	运行操作	二次污染	适用范围	缺点
生物法	高	低	大	高 稳定	复杂	无	适于处理中低浓度可生物降解臭气	处理气量大于 2000m <sup>3</sup> /h, 耐冲击负荷差, 影响因素较多, 系统启动需 1~2 月驯化期。
化学吸收法	低	较高	小	较高 不稳定	简单	有	适用于酸性、碱性、易氧化分解的臭气	恶臭气体浓度较高时, 需要多级吸收, 复合性恶臭需要几种吸收液。
活性炭脱臭法	低	高	小	高 不稳定	简单	有	适用于低浓度不含尘恶臭气体, 一般作更换/再生吸附剂工作量大, 对硫化氢等物理吸附为复合恶臭的末级净化	对处理的废气有针对性, 国内尚无很好的吸收液。
天然植物液除臭法	低	高	小	中 稳定	简单	无	适宜处理低浓度、非密闭空间内的臭气	处理效果受臭气浓度影响大, 催化剂易堵塞或中毒。
光催化氧化除臭	中	高	小	较高 稳定	简单	无	适用于不含尘恶臭气体	处理效果受臭气浓度影响大, 需要定期更换离子管, 维护成本高, 有自然的风险。
等离子法	高	低	小	较高 稳定	简单	有	适用于处理中高浓度、气量大的废气, 抗冲击负荷能力高, 可对废气集中处理, 也可在非密封空间送离子风处理	处理效果受臭气浓度影响大, 需要定期更换离子管, 维护成本高, 有自然的风险。
直接燃烧法	高	高	小	高	复杂	有	适用于高浓度小气量的可燃性有机废气	温度控制复杂, 需要补充辅助燃料。
催化燃烧法	高	较高	小	高	简单	有	适用于低温可燃性恶臭气体	催化剂价格昂贵, 易堵塞或中毒。
臭氧氧化法	高	高	小	中 稳定	简单	有	适用于易被臭氧氧化分解的恶臭成分	不适用于开放环境, 臭氧对人体有害。

基于表3对各种除臭技术的比选,考虑餐厨臭气的特点、与各处理工艺的匹配性和处理规模等因素,拟对负压抽风收集的40 000 m<sup>3</sup>/h臭气采用图2工艺。

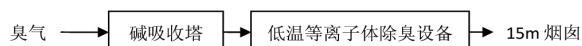


图2 拟用臭气处理工艺

餐厨处理间内臭气收集困难,选择将低温等离子体除臭设备中的部分等离子体喷入其内,以分解去除臭味气体。为保证工作人员的人身安全,控制处理间内臭氧浓度不大于0.15 ppm<sup>[8]</sup>。

### 3.2 除臭工艺的论证

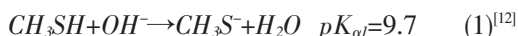
碱吸收塔吸收即利用臭气组分的酸性和水溶性等,用碱液进行吸收。目前化学吸收塔在除臭方面的应用比较广泛,技术成熟,运行方便,本团队也有很好的设计和运行经验。

低温等离子体的作用机理为:电子在电场中加速,获得极高速度,高速运动的电子与周围的分子碰撞,从而发生一系列物理化学反应。大多数情况下,电子与空气碰撞,可使空气电离,产生活性离子,活性离子的反应性很强,可降解恶臭组分;少数情况,电子与恶臭组分碰撞,可直接将恶臭组分降解。等离子体法尤其可以高效处理低浓度的含硫恶臭气体,能耗低、成本低、处理时间短<sup>[9]</sup>。添加吸附剂或催化剂后,可降低能耗,提高产物的选择性。等离子除臭技术也有应用实例,运行效果好<sup>[10-11]</sup>。

下面对各个恶臭组分在各处理阶段的去除情况进行分析。

乙醛和乙醇与水互溶,可用碱液吸收,达标排放<sup>[31]</sup>,二者又易被氧化,可用等离子体技术完全去除<sup>[26]</sup>。

甲硫醇不溶于水,但本身具有酸性,可与碱发生中和反应,如式(1)。



西南制药一厂甲氟咪生产车间采用废碱液吸收甲硫醇气体,取得较好的效果<sup>[25]</sup>。将碱液配合氧化剂使用,可以彻底去除甲硫醇,去除率90%~96%以上<sup>[12,22-24]</sup>。采用低温等离子体技术处理甲硫醇,去除率也很高,达83%~100%<sup>[27-28]</sup>。硫化氢25℃时,溶解度为0.3375 g/100 g水,且硫

化氢为酸性气体,可与碱中和,从而可用碱吸收塔去除。张永等<sup>[13]</sup>用碳酸钠溶液吸收硫化氢,pH=9.5时,吸收效率便可以维持在80%以上。等离子体处理低浓度硫化氢,去除率达93%~99.9%<sup>[29-30]</sup>。

甲硫醚不溶于水,二甲二硫醚和柠檬烯几乎不溶于水<sup>[14]</sup>,这三种物质皆不可用碱吸收塔吸收,但它们均能被氧化,可用光催化、等离子体等技术处理。Chen等<sup>[16]</sup>利用微等离子体处理氩气作载气的甲硫醚,在进气浓度为400 ppm、输入功率90 W的条件下,将甲硫醚100%分解,分解产物主要为CS<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S、H<sub>2</sub>和一些含C-和S-比率较大的固态产物。夏兰艳等<sup>[15]</sup>用介质阻挡放电等离子体降解二甲二硫废气,降解产物为CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O和少量的N<sub>2</sub>O、醇类和含有-C=C-的化合物,停留时间0.067 s、供电电压7 500 V、进气量8.4 m<sup>3</sup>/h、进气浓度80 mg/m<sup>3</sup>时,降解率达到64.3%。柠檬烯中存在-C=C-,易被氧化,预测可以用等离子体高效去除。

蒽烯微溶于水,在稀酸的催化下,可与水作用生成水合蒽二醇,但反应速率低,所得水合蒽二醇微溶于水,部分析出<sup>[17-18]</sup>。蒽烯含有特殊的双环双键结构,从而反应活性较高,可被多种氧化剂氧化,如臭氧<sup>[19]</sup>和高锰酸钾<sup>[20]</sup>等。目前其去除技术研究较少,主要有生物法<sup>[21]</sup>和真空紫外光解法<sup>[21]</sup>,预测可用等离子体技术去除完全。

各主要臭气组分去除效果整理如表4。

表4 各主要臭气组分去除效果

序号	项目	碱吸收塔	低温等离子体除臭设备
	甲硫醇	较好效果	83%~100%
	乙醛	达标排放	100%
	H <sub>2</sub> S	达标排放	93%~99.9%
	二甲二硫醚	几乎不去除	64.3%
	乙醇	达标排放	100%
	柠檬烯	几乎不去除	100%
	甲硫醚	几乎不去除	100%
	α-蒽烯	几乎不去除	100%
	β-蒽烯	几乎不去除	100%

注:百分比代表去除率。

经分析,除二甲二硫的去除率不高,其它组分均可采用图2工艺有效去除。鉴于现场臭气中二甲二硫浓度低,<0.5 mg/m<sup>3</sup>,我们查阅资料发现,王玲玲等<sup>[32]</sup>曾对二甲二硫浓度为3.24 mg/m<sup>3</sup>的臭气进行等离子体处理,处理后异味去除率>99%,基

于此,我们认为,现场二甲二硫完全可以处理。

另外,我们注意到,主要臭气组分均可以用等离子体高效去除,从而餐厨垃圾处理间内的臭气处理效率也可以得到保证。

#### 4 结论

餐厨垃圾处理过程中的主要恶臭组分为甲硫醇、乙醛、硫化氢和二甲二硫醚等,氨气含量较低,不超标。采用"碱吸收+低温等离子体除臭"技术可以有效处理餐厨垃圾处理过程中产生的臭气。低温等离子体同时可以去除餐厨垃圾处理车间内无法收集的臭气,保证处理间内的空气质量。等离子体除臭装置一机两用,大大节省基建费用。该工艺过程简洁、有针对性、运行操作简单、运行费用低、抗冲击负荷能力强,适合餐厨垃圾臭气的处理。

#### 参考文献

[1] CJJ 184-2012, 餐厨垃圾处理技术规范[S].  
[2] 龚咏梅, 木晓丽, 赵秀兰. 餐厨垃圾与污泥联合两步厌氧发酵产酸阶段条件优化试验[J]. 环境化学, 2011, 30 (4):856-862.  
[3] Wu T, Wang XM. Release of volatile organic compounds from food wastes during the aerobic decomposition[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2012, 32 (10):2575-2583.  
[4] Mao IF, Tsai CJ, Shen SH, et al. Critical components of odors in evaluating the performance of food waste composting plants [J]. Science of The Total Environment, 2006, 370(2-3):323-329.  
[5] Tsai CJ, Chen ML, Ye AD, et al. The relationship of odor concentration and the critical components emitted from food waste composting plants [J]. Atmospheric Environment, 2008, 42 (35):8246-8251.  
[6] GB 14554-93, 恶臭污染物厂界标准值[S].  
[7] Nagata Y. Measurement of odor threshold by triangle odor bag method, in: Janpan Ministry of the Environment, Odor measurement review, 2003:118-127.  
[8] CJJ/T 243-2016, 城镇污水处理厂臭气处理技术规程[S].  
[9] 宁平, 徐可, 王学谦, 等. 低温等离子体技术处理含硫恶臭气体的研究进展[J]. 材料导报 A:综述篇, 2015, 29(11):62-67.  
[10] 陈俊, 彭淑婧, 马华敏, 等. 南京某生活垃圾运转站臭气治理[J]. 中国给水排水, 2015, 31(20): 101-103.  
[11] 马旭东, 耿秀新. 除臭技术在海河工程地下排水泵站中的应用[J]. 施工技术, 2009, 38(Z):550-552.  
[12] Couvert A, Sanchez C, Laplanche A. Scrubbing intensification for sulphur and ammonia compounds removal[J]. Chemosphere, 2008, 70:1510-1517.  
[13] 张永, 王学谦, 宁平, 等. 碳酸钠溶液吸收处理硫化氢试验研

究[J]. 云南化工, 2006, 33(2):32-34.  
[14] Burdock GA. Fenaroli's handbook of flavor ingredients[M]. Boca Raton: CRC Press, 2004. 1180.  
[15] 夏兰艳, 房豪杰, 何坚, 等. 介质阻挡放电降解流动态二甲二硫废气[J]. 环境科学学报, 2007, 27(6):1000.  
[16] Chen HH, Weng CC, Liao JD, et al. Conversion of emitted dimethyl sulfide into eco-friendly species using low-temperature atmospheric argon micro-plasma system [J]. Journal of Hazardous Materials, 2012, 201-202:185.  
[17] 李移, 李尚德, 尹刚强, 等. 蒎烯水合反应及其副产物分析[J]. 广东化工, 2009, 36(195):215-216,235.  
[18] 李凝.  $\alpha$ -蒎烯化学性质的应用[J]. 广西化工, 2000, 29(1):36-38,48.  
[19] Khamaganov V G, Hites T A. Rate constants for the gas-phase reaction of ozone with isoprene,  $\alpha$ - and  $\beta$ -pinene, and limonene as a function of temperature[J]. J Phys Chem, 2001, 105(5):815-822.  
[20] 金建忠, 沈敏敏.  $\beta$ -蒎烯氧化反应研究进展 [J]. 广州化学, 2006, 31(3):51-56.  
[21] 应佳, 成卓伟, 蒋轶锋, 等. 生物过滤塔和生物滴滤塔净化  $\alpha$ -蒎烯性能比较[J]. 环境科学学报, 2010, 30(6):1121-1129.  
[21] 成卓伟, 魏莹莹, 蒋轶锋, 等. 真空紫外光解  $\alpha$ -蒎烯的去除特性和产物分析[J]. 化工学报, 2010, 61(10):2679-2687.  
[22] 杨世迎, 冯琳玉, 王雷雷, 等. pH 对过一硫酸氢盐湿法氧化去除甲硫醇恶臭气体的影响[J]. 环境科学学报, 2014, 34(12):3138-3143.  
[23] 杨世迎, 王雷雷, 冯琳玉, 等. 过二硫酸盐降解碱液吸收的甲硫醇恶臭[J]. 环境科学, 2013, 34(11):4178-4185.  
[24] 杨世迎, 王雷雷, 冯琳玉, 等. 湿式洗涤/过氧化物氧化法脱除甲硫醇恶臭气体:  $H_2O_2$ 、过二硫酸盐、过一硫酸盐的比较[J]. 环境化学, 2014, 33(1):81-86.  
[25] 黄胜炎. 甲硫醇治理方法综述[J]. 医药工程设计, 1994, 6:42-43,16.  
[26] 李一倬, 范泽云, 施建伟, 等. 氧化铝负载不同晶型  $MnO_2$  用于低温等离子体催化耦合降解乙醛和苯[J]. 2012, 20(11):9-14.  
[27] Tsai C H, Lee W J, Chen C Y, et al. Decomposition of  $CH_3SH$  in a RF plasma reactor: Reaction products and mechanisms [J]. Ind Eng Chem Res, 2001, 40(11):2384-2395.  
[28] Czernichowski A. Plasmas pour la destruction de  $H_2S$  et des mercaptans[J]. Oil Gas Sci Technol, 1999,54(3):337-355.  
[29] Huang L, Xia L Y, Ge X X, et al. Removal of  $H_2S$  from gas stream using combined plasma photolysis technique at atmospheric pressure[J]. Chemosphere, 2012, 88(2):229-234.  
[30] Chen J, Xie Z M. Removal of  $H_2S$  in a noval dielectric barrier discharge reactor with photocatalytic electrode and activated carbon fiber[J]. J Hazard Mater, 2013, 261:38-42.  
[31] 张会娟. 乙醛吸收塔内件损坏原因分析及处理 [J]. 河北化工, 2012, 35(1):44-45,54.  
[32] 王玲玲, 张建平. 低温等离子体在废气处理中的应用[J]. 中国环保产业, 2013(01):35-37.