

餐厨垃圾臭气控制技术的研究与探讨

Research and Discussion on the Control Technology of Odor Pollution Source of Food Waste

张耀亮 王春荣 卢 明 蔡 华
ZHANG Yaoliang WANG Chunhua LU Ming CAI Hua

文章编号: 1000-0283 (2020) 06-030-05

DOI: 10.12193/j.la.ing.2020.06.030.006

中图分类号: TU986

文献标识码: A

收稿日期: 2020-04-26

修回日期: 2020-05-05

摘要

餐厨垃圾资源化处理, 在其收集、集装运输处置过程中伴随发酵产生臭气是不可避免的, 如何有效控制臭气成为大家关心的问题, 文章研究分析上海生物能源再利用中心餐厨垃圾综合臭气控制以及当前主流臭气控制技术及方法, 对其中的化学喷淋法、生物喷淋法、活性炭吸附、离子除臭法进行说明和介绍, 对当前主流臭气控制技术逐一介绍对比。

关键词

臭气控制; 餐厨垃圾; 物理法; 化学法; 空间设计

Abstract

It is inevitable to produce odors along with fermentation during the process of collecting, containerizing, transporting, and disposing of food waste in the kitchen. How to control odors effectively becomes a concern of everyone. The article studies and analyzes the comprehensive odor control of kitchen waste in Shanghai Bioenergy Reuse Center and the current mainstream odor control technology and methods. It explains and introduces the chemical spray method, organic spray method, activated carbon adsorption, and ion deodorization method. At the same time, present and compare the current mainstream odor control technology one by one.

Key words

odor control; kitchen waste; physical method; chemical method; space design

张耀亮

1984年生/男/山东郓城人/上海老港废弃物处置有限公司/从事餐厨垃圾资源化处置设备技术管理(上海200120)

王春荣

1982年生/男/上海松江人/上海老港废弃物处置有限公司/从事餐厨垃圾资源化处置运营管理(上海200120)

卢 明

1980年生/男/福建莆田人/硕士/上海老港废弃物处置有限公司生物能源再利用中心经济师/从事餐厨垃圾资源化处置技术与研究开发(上海201600)

蔡 华

1985年生/男/上海浦东人/上海老港废弃物处置有限公司工程师/从事餐厨垃圾资源化处置电气管理(上海200120)

餐厨垃圾是居民生活中的主要产物, 有易腐、易烂、含水率高、有机质高的特点, 具有典型的资源与污染双重性。伴随人们生活水平不断提高以及餐饮行业的快速发展, 中国餐厨垃圾产量与日俱增。数量庞大的餐厨垃圾在收集、运输中转、处置处理过程中, 往往伴随着二次环境污染, 给作业区域、周边居民和周围环境造成严重污染问题, 同时大量餐厨垃圾汇集处理, 会产生大量粉尘及臭气气体。因此, 研究臭气控制技术非常必要。

餐厨垃圾处置过程中的臭气气体主要成分为烷烃、烯烃、芳香烃、卤代烃、含氮、含硫的有机物, 以及部分胺类物质。以上海生物能源再利用中心工艺为例, 臭气气体产生量: 料坑>地下沥液坑>厨余车间>卸料大厅>处置设备>干式厌氧>餐饮车间>厌氧系统>沼渣干化>脱水车间>气浮车间>锅炉、发电机房。

上海生物能源再利用中心是上海市生活垃圾全程分类体系重要的末端处置设施建设项目, 作为上海市重大工程, 目前是上海市规模最大的湿垃圾资源

化处理设施。项目建设规模为处理湿垃圾 10^6 kg/d (其中餐饮垃圾 4×10^5 kg/d, 厨余垃圾 6×10^5 kg/d), 采用“餐饮预处理+湿式厌氧产沼”及“厨余预处理+干式厌氧产沼”的组合工艺, 日产沼气约60 000 m³, 年发电量超过2 000万 kWh。

上海生物能源再利用中心餐饮垃圾处理流程为: 车辆称重后, 垃圾倒入料坑, 经粗分机筛选后, 筛下有机质进入精分机进一步筛选, 符合要求的有机质进入到制浆机制成浆液, 浆液经过两相除杂后, 进入浆液暂存池, 暂存池的浆液经过加热后, 进入三相离心机, 进行提油、除杂、除水; 水作为设备冲洗水, 渣与部分水混合后进入均质罐, 经过降温后, 进至厌氧罐; 分离出来的油相则经过进一步提纯后, 制成生物柴油。目前控制臭气的主流技术方法有化学、生物、物理三类方法。

1 臭气控制工艺原理

1.1 前端臭气控制工艺

与机械送风结合使用的离子氧送风净化工艺, 由离子发生设备通过界面放电, 使空气中部分氧离子化, 形成含离子氧新风, 室内部分污染物、微粒与离子氧新风混合, 致臭气污染物可降解成其他物质, 从而降低臭气浓度, 改善工作环境空气质量。

1.2 植物液空间雾化喷淋净化工艺

从多种纯天然植物中萃取植物液, 配制成与臭气分子反应的工作液, 通过专用空间雾化喷淋系统, 将工作液雾化喷淋需要控制臭气的区域, 通过催化氧化、酯化、氧化还原、水解等作用, 将空气中的臭气成分分解成无害物质以降低臭气浓度, 达到控制臭气净化空气的目的。

1.3 末端臭气控制工艺

臭气源产生的臭气经管道集中输送至外部处理: 首先经过酸碱化学洗涤, 除去甲硫醇等恶臭有机气体; 其次, 经过生物过滤, 进一步除去甲硫醇、硫化氢等臭气, 臭气经过化学、生物两次处理后, 可达到《DB31/933-2015上海恶臭污染物排放标准》, 最后活性炭吸附和末端燃烧技术作为臭味控制备用最终端, 及时补充化学洗涤和生物过滤产生的不足。

2 臭气控制方法

目前老港生物能源臭气控制系统主要采取化学喷淋(洗

涤)、生物喷淋、活性炭吸附、离子氧送风、植物液空间净化以及车间点对点对接设计方案, 控制效果达到上海DB31/933-2015标准要求。

2.1 化学喷淋法

利用部分臭气与针对性药剂溶液产生中和反应的特性, 将臭气成分吸收进入液相或者变成无毒无害物质, 一般药剂仅能除去H₂S、NH₃等, 对于控制臭气效果不理想, 且存在二次污染风险, 需要附带处理所产生的污水。就经济性而言, 性价比不高。如甲硫醇在常温下与臭氧可以发生化学反应, 将甲硫醇氧化为二氧化硫, 二氧化硫在后端生物喷淋阶段氧化为硫酸: $\text{CH}_3\text{SH}+2\text{O}_3=\text{SO}_2+\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$; $\text{SO}_2+\text{O}_2 \xrightarrow{\text{微生物}} \text{H}_2\text{SO}_4$ 。

2.2 生物喷淋法

生物喷淋法即生物过滤净化工艺, 将臭气气体通过管道收集至生物净化设备, 臭气气体经过生物净化设备时, 与附着在填料上的微生物菌落接触, 利用微生物群降解气体中的臭气气体, 气流流经生物活性滤料, 滤料上的生物菌群分解臭气气体, 将气体中的恶臭污染气体成分吸收, 转化为相应的硫酸、二氧化碳、水、硝酸等其他无臭低浓度无害小分子, 实现臭气控制目的。

微生物分解臭气成分的化学反应式:

硫化氢: $\text{H}_2\text{S}+2\text{O}_2=\text{H}_2\text{SO}_4$

甲硫醇: $2\text{CH}_3\text{SH}+7\text{O}_2=2\text{H}_2\text{SO}_4+2\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$

硫化醇: $(\text{CH}_3)_2\text{S}+5\text{O}_2=\text{H}_2\text{SO}_4+2\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$

二甲二硫: $2(\text{CH}_3)_2\text{S}_2+13\text{O}_2=4\text{H}_2\text{SO}_4+4\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$

氨: $\text{NH}_3+2\text{O}_2=\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{O}$

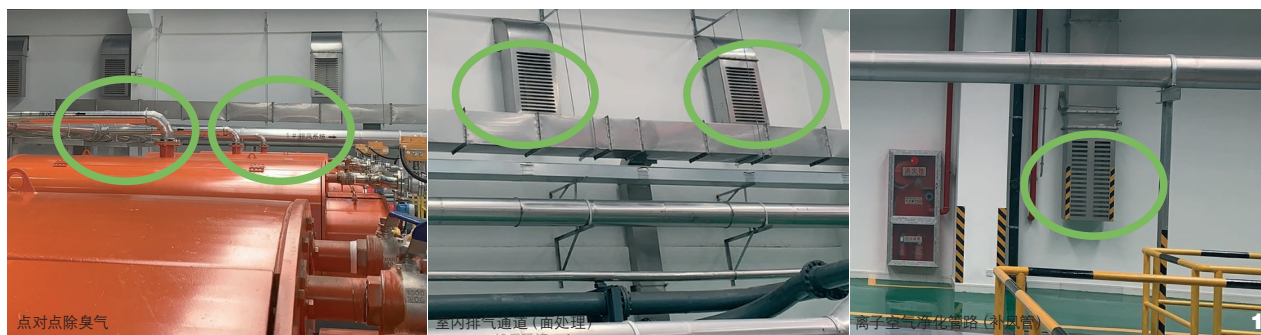
三甲胺: $2(\text{CH}_3)_3\text{N}+13\text{O}_2=2\text{HNO}_3+6\text{CO}_2+8\text{H}_2\text{O}$

2.3 其他控制方法

(1) 活性炭吸附法。臭气气体净化采用表面积大、吸附能力强、化学稳定性好、机械强度高的活性炭作为吸附剂, 对收集臭气气体中的有机物成分进行吸收溶解; 吸附过程快, 通常只需要3~5秒时间即可吸附大量臭气气体, 使处理后的气体达到排放要求。

(2) 稀释法。将臭气或者固体粉尘含量高的气体由烟囱排向大气扩散, 以保障下风向和周边居民生活不受臭气影响。

(3) 土地填埋法。将大量的生活/餐厨垃圾通过填埋方式



1. 不同控制臭气的方式

埋于地下，这种方法的优点表现在：处置量巨大，可以有效缓解生活/餐饮垃圾对托底工程的压力；其中易降解物质降解后可以融入土壤，为表层绿化提供丰富营养。但也存在一些缺陷：填埋底层防水稍有失误，沥液会渗入地层，甚至污染地下水；填埋前，其与空气大面积接触，臭气控制难度较大。

3 臭气净化系统设计

3.1 净化原则

(1) 重点区域重点处理。即产生臭气量大的区域，如餐饮、厨余预处理车间，卸料大厅，以及厌氧罐、均质罐、高浓度污水池、沼渣干化车间、干式厌氧罐、1#-7#料坑、浆液暂存坑。

(2) 阻止臭气外溢、扩散。臭气集中过程中，各管路、管路设备衔接需要密封处理，防止臭气集中过程中外溢，造成除臭效果不理想。

(3) 通过点、面结合。管道收集后经过化学、生物、活性炭组合处理及离子氧补风双管齐下，不仅有效控制臭气，气体排放亦能达到标准。

3.2 净化规模

臭气气体处理总量达650 000 m³/h (表1)，其中重点区域：餐厨预处理车间高浓度总气体处理规模120 000 m³/h，餐厨预处理车间低浓度总气体处理规模230 000 m³/h，其余区域总处理规模300 000 m³/h，这其中，前端离子氧送风总规模150 000 m³/h，预处理车间离子氧送风规模120 000 m³/h，沼渣干化车间离子氧送风规模30 000 m³/h。

3.3 空间布局

采用点面结合处理方案。点处理即具体到每台设备、浆液容器、渣暂存容器接通负压通风孔，利用负压将设备、暂存容器中高浓度臭气气体集中到室外处理容器内，这样从设备、暂存容器内外溢的臭气气体会急剧减少；面处理即车间平面空间内布设负压风孔，利用负压再次抽取室内气体，然后通过离子氧送风净化，经过两次负压排风，室内臭气可得到有效控制。具体空间布局分为点对点除臭气；室内排气管道（面处理）；离子空气净化管路（补风管）等方式来进行有效臭气控制（图1）。

臭气控制系统作为餐厨垃圾资源化工程中的重要系统，是衡量整个处理系统环评是否达标的重要参考之一。除上海生物能源再利用中心所采用的控制技术外，主流臭气控制工艺还有：燃烧法、吸收法、化学氧化法、生物过滤法。

(1) 燃烧法。臭气气体经集中后，在高温条件下燃烧，以达到控制臭气的目的。燃烧法必须具备的条件：臭气气体与燃烧物质瞬间充分混合；燃烧温度要达到700 ~ 900℃。该法在去除臭气上效果明显，能产生大量热能，可加以利用；此法经济效益相对较低，需要配合生物柴油、汽油等燃油助燃。燃烧法还有一种为催化燃烧法，即在催化剂的作用下，可以实现较低温度的燃烧，去除臭气效果亦可达标。催化燃烧法比较经济适用，也是一种比较重要的除臭气方法，上海生物能源再利用中心臭气控制系统终端同时具备活性炭和燃烧法以备应急使用。

(2) 吸收法。吸收法包括水吸收法、酸吸收法和碱吸收法。甲硫醇作为餐厨垃圾发酵产生的一种臭气浓烈有机气体，

表1 生物能源中心臭气净化表

臭气净化区域	空间容 (m³)	换气次数 (次/h)	排风量 (m³/h)	计算净化风量 (m³/h)	设计净化风量 (m³/h)
1#臭气净化系统					
预处理车间（高浓度）					
厨余料池、原料坑	11730	3	35186	35186	38700
除渣间	2074	8	16594	16594	18300
餐饮料坑	1489	10	14889	14889	16400
餐饮组合池	454	3	1361	1361	1500
餐饮沥液池	161	3	482	482	500
设备局部排风	/	局部	35000	35000	38500
2#臭气控制系统					
预处理车间（低浓度）					
卸料大厅	12068	3	36205	36205	39800
卸料间	5859	6	35153	35153	38700
出渣间	1302	6	7812	7812	8600
厨余设备平台	1251	3	3753	3753	4100
厨余预处理	31321	2.5	78302	78302	86100
餐饮预处理	24899	2.5	62248	62248	68500
厨余地下沥水区	1950	5	9752	9752	10700
餐饮地下沥水区	3826	3	11477	11477	12600
3#臭气控制系统					
湿式厌氧系统					
均质罐	226	3	679	679	750
沼渣罐	75	3	226	226	250
沼液罐	75	3	226	226	250
干式厌氧系统					
干式沼液池	164	3	493	493	500
沼气预处理					
脱水机房出渣间	1362	12	16346	16346	18000
脱水机房一层	3294	9	29648	29648	32600
脱水机房二层	4291	9	38618	38618	42500
气浮车间	2553	9	22977	22977	25300
污水调节池	893	3	2679	2679	2900
沼渣干化车间	12996	12	155952	155952	171500
沼渣干化不凝气	/	局部	3000	3000	3000

其化学性质偏酸，微溶于水，易溶于碱，利用碱液如氢氧化钠、氢氧化钾等，可以有效消除甲硫醇。在碱液处理过程，为提高处理效率，一般在碱液中添加NaClO、双氧水、Ca(ClO)₂、KMnO₄等氧化剂。双氧水去除甲硫醇的效率低，需要提高浓度，生成物易分解；其余氧化剂均可有效去除甲硫醇，但Ca(ClO)₂易

吸收CO₂产生碳酸钙沉淀；KMnO₄则易产生MnO₂沉淀；NaClO费用低，操作方便、效率高，成为相对适用的氧化剂。

由于臭气气体中绝大多数成分为有机气体，如甲硫醇、二甲二硫、三甲胺等微溶于水，吸收效果不明显，而且易产生二次污染，所以单纯水吸收法在去除臭气工艺方面并不适用。

(3) 电化学吸收氧化法。电化学吸收氧化法是除臭气的有效手段, 其中最为突出的特点是长期使用清洁电能, 无污染物排放, 利用电解硝酸银产生的 Ag^+ 可氧化甲硫醇, 此法在高浓度硝酸溶液中进行且可以循环使用, 臭气去除率达100%; 利用高铁酸盐吸收降解甲硫醇也是一种很好的处理办法, 由于电化学产生的高铁酸盐需要在碱浓度非常高的环境下进行, 此时吸收甲硫醇的效果非常好, 随着碱性增加, 高酸铁盐的稳定性增加。

(4) 化学氧化法。包括臭氧氧化法和催化氧化法, 这两个方法处理甲硫醇等有机臭气气体基本可以达到效果, 但处理费用较高, 在实际运用中非常少。

(5) 生物过滤法。即通过附着在固体过滤材料表面的微生物来降解有机臭气气体, 上海的老港生物能源臭气控制系统的第一道工艺生物喷淋工艺即采用此法。

这几种臭气控制技术各有特点和不足, 针对餐厨垃圾处置过程中, 不同工艺路线, 采取与之对应最有价值的方法控制臭气扩散, 结合工艺设备本身特点处理以及厂房设计面处理、综合植物液等方式, 可以很好地控制臭气扩散污染, 减少污染气体对操作人员和周围环境的影响。

4 结语

上海生物能源再利用中心采用的物理、化学、生物除臭气方法均为目前主流的臭气控制技术和方法, 与离子氧、以及点面空间设计结合, 很好地控制恶臭气体, 减少了恶臭对作业区域、周边居民和周围环境的影响。

参考文献

- [1] 张晴, 刘李峰, 李俊, 等. 我国城市餐厨废弃物现状调查与分析[J]. 中国资源综合利用, 2011(10): 40-43.
- [2] 包景岭, 邹克华, 王连生, 等. 恶臭环境管理与污染控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009: 6-7.
- [3] Lee D.H, Behera S K., kim J.W., et al. Methane Production Potential of Leachate Generated from Korean Food Waste Recycling Facilities: a Lab-scale Study [J]. Waste Management, 2009, 29(2): 876-882.
- [4] 徐杰龙, 张国霞, 许玫英, 等. 餐厨废弃物资源化利用的微生物技术研究进展[J]. 微生物学通报, 2011, 38(6): 928-933.
- [5] 刘建伟, 田洪钰, 张波, 等. 餐饮垃圾处理站恶臭气体处理工程设计与运行[J]. 应用化工, 2020, 49(01): 258-262.

《园林》封面照片征稿

为进一步丰富《园林》杂志封面图片的素材内容、增强与读者之间的互动交流, 编辑部决定开展封面图片征稿活动, 希望广大读者积极参与。

封面投稿要求:

1. 照片以风景园林景观、城市公共大型绿地景观, 或契合专题为拍摄主题。
2. 照片要求以数码单反相机拍摄, 主题鲜明、构图简洁、视觉明快、画面清晰美观、富有艺术美感。
3. 图片以RGB、JPEG格式, 大小在10M以上, 分辨率大于300dpi, 以16K竖版面呈现, 标注图片名称。
4. 投稿作品应为作者原创, 对该作品的整体及局部均拥有独立、完整、明确、无争议的著作权, 且不侵犯第三人的包括著作权、肖像权、名誉权、隐私权等在内的合法权益; 作品不得与任何公开发表的作品相同或近似, 如有因抄袭或剽窃他人作品发生版权纠纷等事宜, 由投稿人自行承担法律责任。

投稿方式:

1. 投稿邮箱: garden899@vip.163.com;
2. 邮件主题标注为封面照片投稿;
3. 提供作者联系方式, 电话、微信或QQ, 格式为word;
4. 图片jpg文件与联系方式word文件一起打包, 以附件形式发送至上述邮箱;
5. 照片一经录用刊登, 即付稿酬, 并赠当期杂志。