

食品行业废气、废水的控制要点与治理方法

杨昌艳¹ 张后福² 吴陆蒋³

- 1. 浙江中蓝环境工程有限公司 浙江 温州 325000
- 2. 温州环科环保技术有限公司 浙江 温州 325000
- 3. 温州环兴环境检测有限公司 浙江 温州 325000

摘 要：本文聚焦食品行业废气废水处理，分析其产生特点，废气源于原料加工、烹饪等多环节，成分复杂；废水涉及多流程，具有“三高一大”特性。针对这些问题，阐述废气在收集、技术应用等方面的控制要点，介绍低温等离子等治理方法；废水从源头减排等三方面控制，采用物理、化学等多种处理工艺。案例表明合理处理可实现环保与经济双赢。

关键词：食品行业；废气控制；废水控制；治理方法

1 食品行业废气废水产生特点

食品行业生产流程多样，其废气废水产生具有鲜明特点。废气来源广泛，原料预处理时，粮食研磨、香料粉碎会释放大量粉尘，影响车间环境与人员健康；烹饪加工环节，高温促使食材中油脂、蛋白质热解氧化，如炸鸡油炸产生含多环芳烃的油烟废气，面包烘焙因美拉德反应生成潜在致癌物。发酵过程释放二氧化碳、硫化氢等气体，锅炉燃烧燃料还会产生硫氧化物、氮氧化物等污染物。废水产生同样涉及多环节。原料清洗产生含泥沙、农药的废水，肉类清洗废水有机物浓度极高；加工制造阶段，乳制品废水富含乳糖等，制糖废水含大量糖类且色度高。设备清洗与生活污水也是重要来源^[1]。食品行业废水普遍呈现有机物浓度高、悬浮物多、氮磷丰富、水质水量波动大的特性，生产淡旺季的差异，进一步增加了处理难度，若未经有效处理排放，将对周边水体生态造成严重破坏。

2 食品行业废气控制要点与治理方法

2.1 废气控制要点

2.1.1 科学合理收集

科学合理的废气收集是治理的关键前提。在车间设计阶段，需根据不同生产设备的废气排放特征，定制化设计集气系统。对于油炸机等高温产烟设备，应安装带有高效油烟捕集功能的伞形集气罩，并通过合理设计罩口尺寸和气流速度，确保捕集效率不低于90%。发酵车间需采用密闭式收集系统，防止含有二氧化碳和恶臭气体的废气无组织逸散，管道设计应避免死角，防止气体积聚引发安全隐患。另外，针对间歇性排放废气的工序，如原料投料、包装环节，可设置缓冲式集气装置，搭配智能阀门控制系统，根据废气产生信号自动调节收集力

度。根据废气成分和流量，合理选择风机类型与功率，确保废气在管道内的流速维持在10-15m/s，避免颗粒物沉积堵塞管道。

2.1.2 新技术设备应用

随着环保技术革新，新型设备与技术不断应用于食品行业废气治理。高效过滤设备方面，静电式油烟净化器通过高压电场使油烟颗粒带电，实现高效分离，对0.01-10μm的颗粒物去除率可达98%；布袋除尘器采用高性能滤料，能有效拦截粉尘类废气，适用于原料粉碎、包装等工序。新兴处理技术中，生物过滤技术利用微生物降解废气中的有机污染物，在处理发酵废气方面效果显著，对硫化氢、甲硫醇等恶臭物质去除率超90%；光催化氧化技术借助纳米级二氧化钛催化剂，在紫外线照射下产生强氧化性自由基，可分解挥发性有机化合物，处理效率高且无二次污染。物联网技术的应用使废气处理设备实现远程监控与智能调控，提升运行稳定性和处理效率。

2.1.3 预防二次污染

在废气治理过程中，防止二次污染至关重要。燃烧法处理废气时，若温度、停留时间控制不当，会产生一氧化碳、二噁英等有害副产物。因此需采用先进的燃烧设备，如蓄热式燃烧炉（RTO），通过优化燃烧条件，确保有机污染物充分燃烧，降低有害气体生成。吸附法使用的活性炭等吸附材料在饱和后，若处置不当会造成二次污染。应建立完善的吸附剂再生与更换制度，采用热脱附、化学再生等技术对饱和吸附剂进行处理，实现循环利用。同时对处理过程中产生的尾气进行二次净化，确保最终排放达标。另外，低温等离子处理技术产生的臭氧需通过催化分解装置去除，避免对环境和人体

健康造成危害。

2.1.4 平面布置优化

食品厂区平面布局对废气控制影响深远。规划时应将产生废气的生产车间布置在下风向,与办公区、生活区保持50米以上的卫生防护距离,并设置绿化隔离带。不同类型的废气产生车间应分区布置,如将产生油烟废气的烹饪车间与产生粉尘的原料处理车间分隔开来,减少废气交叉污染。车间内部设备布局也需优化,使废气产生点尽可能靠近集气装置,缩短废气传输距离。合理设计通风系统,确保车间内形成稳定的气流组织,避免废气在车间内积聚。可利用建筑物的自然通风条件,辅助机械通风,降低车间内废气浓度,改善作业环境^[2]。

2.2 废气治理方法

2.2.1 低温等离子处理技术

低温等离子处理技术通过高压脉冲放电产生高能电子、离子和自由基等活性粒子,这些粒子与废气中的有机污染物发生碰撞、激发和分解反应,将大分子有机物转化为二氧化碳、水等无害物质。该技术在常温常压下运行,能耗较低,对苯系物、醛类、酮类等挥发性有机化合物去除率可达80%-90%。其设备占地面积小、启动速度快,适用于处理低浓度、大风量的废气。在食品行业中,常用于处理烘焙、油炸等工序产生的异味废气。但该技术存在臭氧产生量较大的问题,需配套臭氧分解装置。处理高浓度废气时,易出现电极结垢、效率下降等情况,需要定期维护清理。

2.2.2 高温等离子焚烧技术

高温等离子焚烧技术利用等离子体产生的超高温(1000-5000℃),使废气中的有机污染物瞬间裂解、氧化,最终生成二氧化碳和水蒸气。该技术处理效率极高,对二噁英、多环芳烃等难降解污染物的去除率可达99%以上,且反应速度快,停留时间仅需0.1-1秒。适用于处理高浓度、成分复杂的有机废气,如肉类加工产生的含油脂和蛋白质的废气。然而该技术设备投资成本高,运行过程中需要消耗大量电能,维护费用也较高。另外,高温条件下可能会产生氮氧化物,需配套脱硝装置以满足排放要求。

2.2.3 其他治理技术

活性炭吸附技术是传统且应用广泛的废气治理方法,利用活性炭丰富的孔隙结构和巨大的比表面积,对废气中的有机污染物进行吸附。该技术对低浓度、大风量废气处理效果良好,常用于废气的末端深度处理,对苯、甲苯等吸附效率可达90%以上。但活性炭吸附容量有限,需定期更换,废活性炭属于危险废物,处理不当

易造成二次污染。催化燃烧技术在催化剂作用下,使有机废气在200-400℃的低温下发生氧化反应,生成二氧化碳和水。该技术能耗较低,对苯系物、醇类等有机污染物去除率高,安全性好。但催化剂成本较高,且对废气成分要求较为严格,废气中不能含有使催化剂中毒的物质,如重金属、粉尘等。生物过滤、光催化氧化等技术也在食品行业废气治理中发挥重要作用,实际应用中常根据废气特性进行组合使用。

3 食品行业废水控制要点与治理方法

3.1 废水来源及特点

食品行业废水来源涵盖原料处理、生产加工、设备清洗及厂区生活等多个环节。原料处理阶段,清洗蔬菜、水果产生的废水中含有泥沙、农药残留和植物纤维;肉类解冻清洗废水则富含血污、油脂和蛋白质。生产加工过程中,乳制品生产废水含有乳糖、乳蛋白;制糖废水含有糖类、色素;酿造废水含有酒精、有机酸等。设备清洗废水含有清洁剂、油污和残留食品,生活污水含有粪便、洗涤剂。这些废水共同特点是有机物浓度高,部分废水COD可达10000mg/L以上;悬浮物含量大,易造成管道堵塞;氮磷营养元素丰富,易引发水体富营养化;水质水量变化大,受生产季节、批次影响显著,增加了处理难度和成本。

3.2 废水控制要点

食品行业废水控制需从源头减排、过程控制和末端治理三方面入手。源头减排方面,优化生产工艺,采用节水型设备和技术,如逆流漂洗、循环用水系统,减少废水产生量。同时改进原料处理方式,采用干法清理替代水洗,降低污染物负荷。过程控制中,对不同性质的废水进行分类收集,避免混合后增加处理难度。建立完善的废水预处理系统,去除悬浮物、油脂等大颗粒污染物,减轻后续处理工艺负担^[3]。末端治理阶段,选择合适的处理工艺组合,确保废水达标排放。加强废水处理设施的运行管理,定期检测水质,根据水质变化调整处理参数,建立应急处理机制,应对突发的水质超标情况,防止对环境造成污染。

3.3 废水治理方法

3.3.1 物理处理

物理处理是食品废水处理的基础环节,主要包括格栅、沉砂池、沉淀池、气浮等工艺。格栅用于拦截废水中较大的悬浮物和漂浮物,如蔬菜根茎、包装材料等,保护后续处理设备。沉砂池通过重力作用使泥沙等无机颗粒沉淀,降低废水含砂量。沉淀池利用重力沉降原理,使废水中的悬浮物沉淀分离,常见的有平流式、竖

流式和辐流式沉淀池。气浮技术通过向废水中通入空气或溶气水,产生微小气泡,使悬浮物附着其上上浮至水面,实现固液分离,对油脂、胶体物质去除效果显著,常用于处理含油废水。

3.3.2 化学处理

化学处理在食品废水处理中用于去除溶解性污染物和改善可生化性。中和法用于调节废水pH值,酸性废水常用石灰、氢氧化钠中和,碱性废水则用硫酸、盐酸调节。混凝法通过投加混凝剂(如聚合氯化铝、聚丙烯酰胺),使废水中的胶体颗粒和微小悬浮物凝聚成大絮体,再经沉淀或气浮分离。氧化还原法利用氧化剂(如臭氧、过氧化氢)或还原剂(如铁粉、亚硫酸氢钠),将污染物转化为无害物质。

3.3.3 生物处理

生物处理是食品废水处理的核心工艺,分为好氧生物处理和厌氧生物处理。好氧生物处理在有氧条件下,利用好氧微生物代谢分解有机物,常见工艺有活性污泥法和生物膜法。活性污泥法通过曝气使微生物与废水充分接触,降解有机物;生物膜法则使微生物附着在填料表面形成生物膜,废水流经时污染物被吸附降解。厌氧生物处理在无氧条件下,利用厌氧微生物将有机物分解为甲烷、二氧化碳等气体,适用于处理高浓度有机废水。常用工艺有厌氧消化池、升流式厌氧污泥床(UASB)等。厌氧处理不仅能有效去除有机物,还可产生沼气作为能源,但处理时间较长,对水质要求较高。实际应用中,常将好氧与厌氧处理相结合,提高处理效率和出水水质。

3.3.4 综合处理

由于食品废水水质复杂,单一处理方法难以达标,通常采用综合处理工艺。典型流程为“预处理+厌氧处理+好氧处理+深度处理”。预处理去除悬浮物、油脂和调节水质;厌氧处理降解大部分有机物,降低后续处理负荷;好氧处理进一步去除剩余有机物和氮磷;深度处理采用过滤、膜分离、高级氧化等技术,确保出水达到排放标准或回用要求。综合处理工艺可根据不同废水特点灵活调整,提高处理效果和经济性。

4 案例分析

4.1 某食品厂废气治理案例

某大型烘焙食品厂在面包、蛋糕生产过程中,产生

大量含有油烟、异味和挥发性有机化合物的废气。原有治理设施简陋,废气无组织排放严重,导致周边居民投诉频繁。该厂实施废气治理改造,采用“高效集气+静电油烟净化+活性炭吸附+光催化氧化”组合工艺。在集气系统改造中,对烤箱、油炸机等设备安装定制化集气罩,优化管道布局,使废气收集效率提升至95%。静电油烟净化器去除98%的油烟颗粒物,活性炭吸附装置对挥发性有机化合物吸附率达90%,光催化氧化设备进一步分解残留污染物和异味物质。改造后,废气中油烟排放浓度降至 $1.5\text{mg}/\text{m}^3$,挥发性有机化合物排放浓度低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$,远低于国家排放标准,有效改善了周边环境质量。

4.2 某食品厂废水治理案例

某乳制品加工厂每日产生约500吨高浓度有机废水,含有乳糖、乳蛋白和乳脂肪,原处理工艺简单,出水水质无法达标^[4]。该厂新建废水处理系统,采用“预处理+厌氧UASB+好氧MBR+反渗透(RO)”综合处理工艺。预处理阶段通过格栅、沉砂池、隔油池去除悬浮物和油脂;UASB反应器将COD从 $8000\text{mg}/\text{L}$ 降至 $1500\text{mg}/\text{L}$;MBR系统进一步降解有机物,使COD降至 $50\text{mg}/\text{L}$ 以下;RO膜过滤后,出水水质达到《生活饮用水卫生标准》。处理后的中水回用于设备清洗和厂区绿化,年节约用水量超15万吨,实现了经济效益和环境效益的双赢。

结束语

食品行业废气废水治理关乎生态环境与行业可持续发展。通过科学把控控制要点,灵活运用治理方法,已取得一定成效。未来,行业需持续关注环保技术创新,强化管理,推动处理工艺优化升级,在保障生产的同时,更好地履行环保责任,实现经济与环境效益的长期平衡。

参考文献

- [1]李姣洋,任相浩.食品废水处理技术研究进展[J].绿色科技,2021,23(10):122-125.
- [2]宋玮华,杨天栋,冯子元.食品工业废水处理工艺及节能探析[J].食品安全导刊,2020(33):182-184.
- [3]杨春蕾.食品质量安全检测及监督工作要点分析[J].中外企业家,2020(16):234.
- [4]王初萌.浅析我国食品质量安全检验监督管理存在的问题及对策[J].现代食品,2020(1):120-122.