

# 节流式高效异味处理及热能回收系统研究

张超<sup>1</sup>, 吴凌志<sup>2</sup>, 卓宇轩<sup>2</sup>, 杜超阳<sup>2</sup>, 张峰<sup>2</sup>

(1. 安徽中烟工业有限责任公司技术中心, 安徽合肥 230088; 2. 徐州众凯机电设备有限公司, 江苏徐州 221004)

**摘要** 对节流式高效异味处理及热能回收系统的结构设计、技术原理进行总结, 对该系统处理烟厂高温高湿尾气效果进行阐述。实践证明: 烟厂生产过程中产生的高温高湿的尾气经该系统处理后, 尾气低温排放, 尾气中的异味成分去除率 > 80.0%, 颗粒物排放浓度 < 2.00 mg/m<sup>3</sup>, 符合国家相关法规, 系统的换热效率高, 换热效率平均值为 63.66%; 该系统运行稳定、可靠, 运行过程中耗水量 < 100 kg/h, 二次污染小, 节能减排效果明显。

**关键词** 异味处理; 热能回收; 节流式换热器; 高温高湿尾气

**中图分类号** S22 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)24-230-02

## The Throttle Type Efficient Odor Treatment and Heat Recovery System

ZHANG Chao<sup>1</sup>, WU Ling-zhi<sup>2</sup>, ZHUO Yu-xuan<sup>2</sup> et al (1. Technology Center, China Tobacco Anhui Industrial Co. Ltd., Hefei, Anhui 230088; 2. Xuzhou Zhongkai Mechanical and Electrical Equipment Manufacturing Co. Ltd., Xuzhou, Jiangsu 221004)

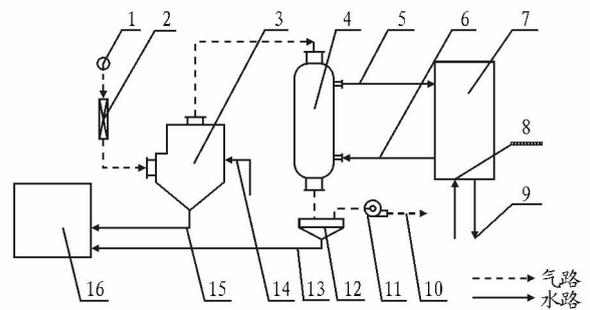
**Abstract** After summarizing the structure design and technical principle of throttle type efficient odor treatment and heat recovery system and elaborating the effect of the system does to high temperature and high humidity exhaust of the cigarette factory, it leads to a conclusion: high temperature and high humidity exhaust produced in the process of cigarette factory production can be improved after the system treatment. The exhaust emissions is at low temperature, the odor composition of tail gas removal rate reaches over 80.0%, particulate matter concentrations reaches less than 2.00 mg/m<sup>3</sup>. This results comply with the relevant national laws and regulations; the system has high heat efficiency with the average thermal efficiency is 63.66%; this system is stable and reliable, water consumption is less than 100 kg/h, it can lower energy consumption and secondary pollution. Thus, the energy conservation and emissions reduction effect is especially obvious.

**Key words** Odor treatment; Heat recovery; Throttle type switch; High temperature and high humidity exhaust

在卷烟制丝过程中, 烟草的回潮与干燥工序生产会伴随着大量的高温高湿工艺尾气排出, 工艺尾气不仅含有一定量的颗粒粉尘, 而且也含有烟草处理时挥发出来的氨气、尼古丁等气态挥发性物质(VOCs), 同时排出的工艺尾气蓄热量大, 这些异味气体若直接排入大气中, 将严重污染周围的环境, 危害人类健康<sup>[1]</sup>。目前, 新建的卷烟厂项目均规划了烟草异味处理系统, 如生物滤池、低温等离子除臭系统等<sup>[2-3]</sup>。异味处理常用方法有吸附法、过滤法、生物法、臭氧氧化法、低温等离子法等<sup>[4-6]</sup>, 通常这些异味处理系统投资高、占地面积大, 同时存在处理效果不理想、造成二次污染、热能无法回收利用、无法除掉粉尘、前期投入和后期的运行维护成本高等问题, 目前改进的方法基本都是对控制方式进行改进, 从而达到节能减排的目的, 但这不能从根本上解决问题<sup>[7]</sup>。节流式异味处理系统是一种湿式异味处理系统, 湿式异味处理一般都是用水作为净化介质, 通过同一个设备捕集气态和颗粒污染物, 从而有效地去除异味成分、灰分, 并且能够回收利用尾气中的热能及降低尾气的排放温度。随着污水处理技术的发展, 湿式异味处理产生的污水能够得到有效解决, 湿法异味处理的利弊权重也发生了变化。湿法捕集系统一般比干法捕集系统结构更加紧凑, 其占地较少, 初期投资较低, 净化效率较高, 可就近处理<sup>[8]</sup>, 处理后的尾气低温无味排放, 达到净化尘粒的同时还可去除 80% 以上烟草异味, 效果显著。笔者现将节流式高效异味处理及热能回收系统的结构设计、技术原理及应用效果进行总结, 以期为该技术的推广应用提供理论依据。

## 1 系统结构

节流式高效异味处理及热能回收系统主要由节流式气液换热器、高效换热器、循环水箱、冷凝水分离器、风力平衡装置、引风机、循环水泵等组成(图 1), 所有与高温尾气接触的设备均做保温处理; 电控系统主要由电机、电磁流量计、温度传感器、变频器、电磁阀等组成。



注: 1. 尾气收集口; 2. 风力平衡装置; 3. 节流式气液换热器; 4. 高效换热器; 5. 循环水出口; 6. 循环水入口; 7. 循环水箱; 8. 循环水箱补水口; 9. 热水出口; 10. 尾气外排; 11. 引风机; 12. 冷凝水分离器; 13. 冷凝水排水; 14. 节流式气液换热器补水口; 15. 节流式气液换热器排水; 16. 企业污水处理站。

Note: 1. Tail gas collection port; 2. Wind power balance device; 3. Throttle type gas-liquid exchanger; 4. High efficiency heat exchanger; 5. Circulating water outlet; 6. Circulating water inlet; 7. Circulating water tank; 8. Circulation water tank water supply port; 9. Hot water outlet; 10. Exhaust emission; 11. Induced draft fan; 12. Condensed water separator; 13. Condensate drainage; 14. Throttle type gas-liquid exchanger; 15. Throttle type gas-liquid exchanger drainage; 16. Enterprise sewage treatment station.

图 1 系统组成示意

Fig. 1 System composition schematic

**作者简介** 张超(1979-), 男, 安徽涡阳人, 工程师, 从事烟草工艺技术及烟草工艺装备性能研究。

**收稿日期** 2016-07-06

## 2 技术实现

**2.1 节流交换原理** 节流交换技术利用节流板与液面之间窄小的缝隙将气流形成节流,在节流板两侧形成压差。在节流板两侧压差的作用下,液面出现扭曲现象,形成液面差(H),并在节流板下方形成台阶。当气流通过节流板与液面之间窄小的缝隙时,由于气流通道急剧变小,气流速度急剧升高,对节流板下方扭曲的液面形成强烈冲击,使气流急剧变向,并将一部分液体从液面剥离,形成湿式。在这个过程中气液之间形成强制接触和强制交换。节流交换技术原理如图2所示,液面差  $H = P_1 - P_2$ 。气流通过节流板与液面之间窄小缝隙时的速度越高,节流板两侧压差越大,液面扭曲越严重,节流效果越强,气液交换效果越好。

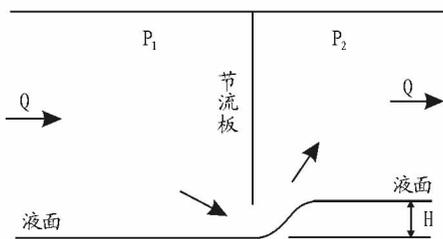


图2 节流交换技术原理

Fig.2 Throttle switching technology principle

节流交换属于气液逆流交换,节流交换过程中同时存在冲击交换、离心交换、喷淋交换等过程,气液接触充分,因此,交换效果优于其他方法。

**2.2 系统原理** 节流式高效异味处理及热能回收系统可以对卷烟厂烟丝干燥工序的高温高湿排潮尾气进行处理,通常滚筒式烘丝机的尾气风量为  $6\,500 \sim 7\,500 \text{ m}^3/\text{h}$ ,温度为  $70 \sim 120 \text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度为  $27\% \sim 60\%$ ;气流式烘丝机排潮尾气为

过热的工艺气体,流量为  $2\,000 \sim 8\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,温度为  $120 \sim 150 \text{ }^\circ\text{C}$ ,排潮尾气经风力平衡装置进入节流式气液交换器,与水进行强烈的热质交换,灰分以及水溶性异味成分被水捕集,尾气得到第1次净化。当尾气与水进行等焓交换时,尾气的温度下降,总热量保持不变,一部分显热转化为蒸汽潜热蓄集在尾气中。经节流交换后,尾气进入高效换热器,走管程,与循环水换热,尾气温度下降,循环水温度升高,未被除去的不溶性异味成分以及水蒸气在换热器管内凝结,形成冷凝水,尾气得到第2次净化,并完成热能回收过程,处理后的尾气达标排放。该系统额定的尾气处理量为  $8\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,装机功率为  $15 \text{ kW}$ ,高效换热器的循环水量为  $20 \text{ t/h}$ ,节流式交换器耗水量  $< 100 \text{ kg/h}$ ,经过节流式高效异味处理及热能回收系统处理后的气体排放高度在  $20 \text{ m}$ ,并对尾气中的热能进行回收利用。

## 3 应用效果

**3.1 检测方法与仪器** 该系统应用于气流式干燥机排潮尾气进行尾气处理效果对比测试,采用三点比较式臭袋法<sup>[9]</sup>和气相色谱法对尾气进行测定<sup>[10-12]</sup>。采用的仪器设备主要有 AX 504 分析天平(感量:  $0.0001 \text{ g}$ ,瑞士 Mettler Toledo 公司);Agilent 6890/5973N 气相色谱/质谱联用仪(美国 Agilent 公司);DR2800 紫外-可见光分光光度计(美国 Hach 公司);TH-880F 智能油烟烟尘平行采样仪(武汉天虹仪表有限公司)。

**3.2 结果与分析** 在气流干燥机设备正常运行的情况下,对进入节流式高效异味处理及热能回收系统和排出系统的尾气进行检测,考察异味处理效果,检测结果及监测期间尾气参数见表1;尾气经高效换热器与低温水进行热质交换,对进出换热的水温进行检测,检测结果如表2所示。

表1 尾气监测结果

Table 1 Exhaust gas monitoring results

检测点 Detection point	排放浓度 Emission concentration // $\text{mg}/\text{m}^3$		速率 Rate // $\text{kg}/\text{h}$		平均去除率 Average removal rate // %		臭气浓度 Odor concentration // $\text{g}/\text{m}^3$	颗粒物 Particulate matter // $\text{mg}/\text{m}^3$	颗粒物排放速率 Particle emission rate // $\text{kg}/\text{h}$
	吡啶 Pyridina	非甲烷总烃 Non-methane hydrocarbon	吡啶 Pyridina	非甲烷总烃 Non-methane hydrocarbon	吡啶 Pyridina	非甲烷总烃 Non-methane hydrocarbon			
进口 Inlet	4.06	8.99	0.069	0.154			6.773	496.00	3.970
出口 Outlet	未检出	1.46	未检出	0.026	>99.0	83.7	345	1.73	0.006

表2 系统热能回收效率

Table 2 System heat energy recovery efficiency

换热器进水温度 Inlet temperature of heat exchanger // $^\circ\text{C}$	换热面积 Heat exchange area // $\text{m}^2$	尾气含有热量 Exhaust gas containing heat // $\text{kJ}/\text{h}$	循环水量 Circulating water // $\text{t}/\text{h}$	换热器出水温度 Outlet temperature of heat exchanger // $^\circ\text{C}$	换热效率 Heat exchange efficiency // %
40.05	172	$3.2 \times 10^6$	20	64.15	63.42
40.10	172	$3.2 \times 10^6$	20	64.43	64.03
40.08	172	$3.2 \times 10^6$	20	64.22	63.53

由表1可知,在尾气参数一定的情况下,尾气中吡啶的平均去除率  $> 99.0\%$ ,非甲烷总烃的平均去除率为  $83.7\%$ ,臭气浓度平均降低了  $94.9\%$ ,颗粒物排放浓度  $< 2.00 \text{ mg}/\text{m}^3$ ,可见,烟厂生产过程产生的尾气中异味成分、颗粒物经过节流式高效异味处理及热能回收系统处理后,去除效果良好,符合

GB16297—1996《大气污染物综合排放标准》和 GB14554—93《恶臭污染物排放标准》中的相关标准<sup>[13-14]</sup>。

由表2可知,尾气经节流式高效异味处理及热能回收系统的换热效率的平均值为  $63.66\%$ 。回收利用的总热量均值 (下转第 250 页)

习,提供在线教育培训、移动互联服务、对接农村电商综合服务等,必将对教育培训的效果产生深刻影响。

**3.2.2 认定管理方面的研究将得到更多关注。**新型职业农民是相对于传统农民、“身份农民”和兼业农民而言的,是一个阶段性、发展中的概念。在“三位一体”的新型职业农民培育制度体系中,认定管理是精准定位“人”、衔接配套“物”的基础性工作,是落实“既要见物、更要见人”的重要前提,应切实抓紧抓好<sup>[5]</sup>。据统计,目前涉及认定管理方面的论文较少(占被引论文总数不足11.1%)。探究原因,由于认定管理需要明确认定主体和认定标准,同时认定之后发放证书的类型、证书的动态管理以及证书与相关扶持政策的挂钩,也是需要深入研究的课题。同时,农业部前期曾开展农村实用人才认定工作,近期农业部已将两项针对农民的评价认定统筹协调,但基层落实统筹再到操作层面还需融合过程。可以预见的是,随着两项认定工作的顺利统筹和新型职业农民培育示范工作的推进,关于认定管理的研究必将得到更多学者的关注。

**3.2.3 政策扶持方面的研究也是发展趋势之一。**培育新型职业农民就是培育现代农业的现实和未来。需要从环境、制度、政策(财政支持、金融保险、就业创业及其他)等层面引导和扶持。目前涉及政策扶持方面的论文较少(占被引论文总

(上接第231页)

为 $2.0 \times 10^6$  kJ/h,  $1 \text{ m}^3$ 天然气的热值为 $3.5 \times 10^4$  kJ,相比采用天然气加热的方式,则可节约天然气约 $58 \text{ m}^3/\text{h}$ ,天然气价格按 $2.5 \text{ 元}/\text{m}^3$ 计算,每天按工作 $8 \text{ h}$ 计算,若 $1 \text{ a}$ 工作 $300 \text{ d}$ ,则可节约人民币 $34.8 \text{ 万元}/\text{a}$ 。

#### 4 结论与讨论

烟厂生产过程中产生的高温高湿尾气经节流式高效异味处理及热能回收系统处理后,尾气低温排放,尾气中的异味成分去除率 $>80.0\%$ ,颗粒物排放浓度 $<2.00 \text{ mg}/\text{m}^3$ ,符合国家相关法规,系统的换热效率高,换热效率平均值为 $63.66\%$ ,回收的热能可以用作烟厂职工洗澡用水的加热、锅炉用水的预热等。节流式高效异味处理及热能回收系统运行稳定、可靠,运行过程中耗水量 $<100 \text{ kg}/\text{h}$ ,二次污染小,水可以直接排进烟厂污水处理系统,对烟厂污水处理系统负荷几乎没有影响。尾气处理后实现了低温无味排放,回收利用的热能为烟厂节约了成本,实现了企业节能减排的目标。

节流式高效异味处理及热能回收系统前期投资成本低,设备结构紧凑,占地较少,可就近处理,原有系统排潮管道因管道过长出现尾气冷凝、颗粒物沉降,最终管道堵塞,影响主机设备的排潮,节流式高效异味处理及热能回收系统则很好地解决了这一问题。该系统后期运行维护简单、方便,实现了干燥主机高温高湿尾气就近异味处理,主机设备的排潮所

数不足 $11.1\%$ )。系列扶持政策的制定依赖政府多部门的努力,需要各级各部门通力合作,通盘考虑,降低门槛,简化手续,保障新型职业农民的成长有更加肥沃的土壤<sup>[6]</sup>。以苏州市为例,政府统筹各部门,以政府名义出台意见,除常规的财政、金融和创业等方面的扶持政策外,还鼓励有条件的地方提高新型职业农民养老医疗等社会保险水平,逐步实行返乡务农大学毕业生人事代理管理,解决了新型职业农民的后顾之忧,获得一致好评。各地的扶持政策多以省级政策为主,县级贯彻落实。虽然各地情况各异,但仍需要全国一盘棋,加强政策扶持相关制度的顶层设计,贯彻落实相关配套扶持政策,将会实现新型职业农民培育工作质的突破。因此,这些方面的研究也将成为新型职业农民培育研究的发展趋势之一。

#### 参考文献

- [1] 何小清. 引文分析法及综合性社会科学期刊评价[J]. 中国社会科学, 2001(4): 192-202.
- [2] 中央农业广播电视学校, 农业部农民科技教育培训中心. 新型职业农民培育制度选编[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015: 8.
- [3] 罗式胜. 文献计量学概论[M]. 广州: 中山大学出版社, 1994: 4, 186.
- [4] 杨会全, 赵少平. 互联网+时代, 新型职业农民培养的路径分析[J]. 当代经济, 2016(3): 119-120.
- [5] 曾一春. 开展新型职业农民和农村实用人才认定的思考[J]. 农村工作通讯, 2015(13): 7-9.
- [6] 张碧芸. 对新型职业农民培育的思考[J]. 甘肃农业, 2016(7): 50-51.

需负压得到了长期稳定,同时该技术还实现了以节能促环保的目标,为卷烟厂节能降耗提供了一种有效的技术手段。

#### 参考文献

- [1] 王燕庆. 卷烟厂异味处理控制方式的优化改进[J]. 烟草科技, 2012(6): 27-31.
- [2] 舒明, 岑沛霖. 白肋烟加工尾气中异味物质的大规模处理[J]. 浙江大学学报, 2007(8): 1418-1420.
- [3] 林金英. 某卷烟厂异味气体净化工程[J]. 制冷, 2008(6): 47-49.
- [4] 杨光. 卷烟企业烟草异味处理技术[J]. 生物技术世界, 2014(1): 187-188.
- [5] 邵征宇, 陈华平, 刘敏, 等. 杭州卷烟厂新型工艺排风热回收系统的应用研究[J]. 建筑节能, 2012(5): 6-9.
- [6] 方一丰. 卷烟厂技改项目的异味气体治理工程[J]. 环境工程, 2012(8): 70-74.
- [7] 刘洪清, 徐天然, 王文十, 等. 异味处理系统控制方式的优化[J]. 数字技术与应用, 2010(6): 65.
- [8] 威廉L·休曼. 工业气体污染控制系统[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [9] 沈阳环境科学研究所. 空气质量恶臭的测定三点比较式臭袋法: GB/T14675-93[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [10] 华东理工大学环境工程研究所. 固定污染源排气中非甲烷总烃的测定气相色谱法: HJ/T 38-1999[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [11] 《空气和废气监测分析方法》编委会. 空气和废气监测分析方法[M]. 北京: 中国环境出版社, 2003.
- [12] 李乾坤, 杨奕南. 双柱双检测器气相色谱法同时测定烟草中28种有机磷农药[J]. 烟草科技, 2011(7): 28-33.
- [13] 国家环保局. 大气污染物综合排放标准: GB16297-1996[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [14] 天津市环保研究所. 恶臭污染物排放标准: GB14554-93[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.