

工业技术

中水用于某卷烟厂异味处理系统的效果评估

刘雅君¹,周婷婷^{2,3},许梁¹,苏畅¹,廖旭²,赵全保^{2*}

(1.厦门烟草工业有限责任公司,福建 厦门 361021;2.中国科学院城市环境研究所,中国科学院城市污染物转化重点实验室,福建 厦门 361021;3.中国科学院大学,北京 101408)

摘要:采用某卷烟厂污水处理系统产生的中水和自来水分别对烟草加工过程中产生的废气进行水洗,并分析了水洗前后废气、废水成分和处理效果。结果表明,废气中的污染物经中水水洗后转移至淋洗水中,中水水洗去除了废气中77.6%的乙醇及78.6%的非甲烷总烃,废气中的TVOCs经水洗后下降了59.8%,总有机硫化物去除率高达94.6%,其中甲硫醇为有机硫化物主要成分,且经水洗后去除率高达96.4%。与自来水对比,采用中水能够有效去除废气中的污染物、节约水资源、降低运行成本。

关键词:废气;卷烟厂;水淋洗;异味气体;中水

中图分类号:X795

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2024)S2-0337-06

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2024.S2.059

Evaluation on effect of using reclaimed water in odor treatment system of a cigarette factory

LIU Ya-jun¹, ZHOU Ting-ting^{2,3}, XU Liang¹, SU Chang¹, LIAO Xu², ZHAO Quan-bao^{2*}

(1.Xiamen Tobacco Industrial Company Limited, Xiamen 361021, China; 2.CAS Key Laboratory of Urban Pollutants Conversion, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China; 3.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China)

Abstract: In this study, the reclaimed water generated from the sewage treatment plant is evaluated for replacing the tap water in an odorous gas water-washing process of a cigarette factory. The composition and treatment effect of waste gas and waste water before and after washing are analyzed. Results show that the pollutants in waste gas are transferred into the water after washing. The washing by reclaimed water removes 77.6% of ethanol and 78.6% of non-methane hydrocarbon in waste gas, and TVOCs in waste gas decreases by 59.8% after washing. The removal rate of total organic sulfide reaches 94.6%. The removal rate of methyl mercaptan, which is the main component of organic sulfide, is as high as 96.4%. Compared with tap water, the use of reclaimed water can effectively remove pollutants in waste gas, save water resources, and reduce operation cost.

Key words: waste gas; cigarette factory; water spraying; odorous gas; reclaimed water

我国烟草生产量约占世界烟草生产总量的40%,生产量及消费量均居世界首位^[1],在烟叶、烟丝加工过程中易产生高浓度且易挥发的异味气体,其成分主要是酯类、醛类、酮类、多环芳类等有机化合物^[2],由于卷烟生产量大,因此产生的异味气体具有高排放量、高危害性等特点,若直接排放易对周边环境及人体健康产生不良影响^[3-4]。

烟草厂异味气体通常采用吸收法、燃烧法、生物法、低温等离子法去除^[3]。以水洗技术为主的吸收法是烟草行业主流的异味处理工艺^[5],异味处理设备统一收集烟草生产及加工过程中排放的废气,并通过水淋洗及不断更换淋洗设备内部水的方式去除废气中的污染物质,水洗后的废气经后续废气处理

单元再次处理达标后排放,产生的废水由污水管网统一排放至污水处理厂。由于目前在水洗过程中所用水为自来水且需要不断更换淋洗水,因此导致了水资源的严重消耗,同时也增加了烟草废气处理的运行成本。因此,笔者采用卷烟厂产生的中水替代自来水对烟草生产设备产生的废气进行水洗,同时对自来水及中水模式下水洗前后的烟气进行成分分析。

1 材料与方法

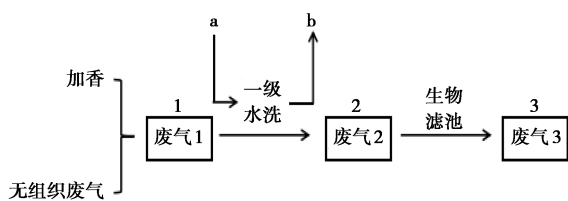
1.1 采样点位设置

根据某烟厂一区制丝车间异味处理系统工艺设置废气、淋洗水采样点,采样点分布如图1所示。图中1、2、3分别为废气1、废气2、废气3采样点,a、b

收稿日期:2024-05-17;修回日期:2024-08-23

基金项目:国家自然科学基金(52170058)

作者简介:刘雅君(1983),男,本科,高级工程师,研究方向为自动化,81515292@qq.com;赵全保(1981-),男,博士,副研究员,研究方向为污水处理与资源化,通讯联系人,qbzha@iue.ac.cn。



1—废气 1 采样点;2—废气 2 采样点;3—废气 3 采样点;
a—一级水洗前采样点;b—一级水洗后淋洗水采样点

图 1 某卷烟厂一区制丝车间异味处理系统
废气、淋洗水采样点分布情况

分别为一级水洗前、一级水洗后淋洗水采样点。

1.2 采样及测试方法

在非生产时或未进行加香作业时采集废气作为空白样品,在进行加香作业时采集废气 1、废气 2、废气 3 样品,并根据待测目标污染物的类别设置采样频率及采样方法;同时在进行加香作业时每隔 15 min 采集一级水洗前 a、一级水洗后 b 废水水样,具体采样频率及方法如表 1 所示,测试指标及方法如表 2 所示。

表 1 采样频次及方法

类别	采样点	采样时段说明	待测目标物	频次	收集装置	采样方法
废气	废气(空白)	非生产时或未进行加香作业时	VOCs、硫化物	1	气袋	气袋的 8~9 分满
			臭气浓度	1		
			乙醇	1		
	废气 1	进行加香作业时	VOCs、硫化物	1	气袋	气袋的 8~9 分满
			臭气浓度	1		
			乙醇	1		
	废气 2	进行加香作业时	VOCs、硫化物	1	气袋	气袋的 8~9 分满
			臭气浓度	1		
			乙醇	1		
	废气 3	进行加香作业时	VOCs、硫化物	1	气袋	气袋的 8~9 分满
			臭气浓度	1		
			乙醇	1		
废水	一级水洗前 a	进行加香作业时	COD、碱度、pH			每隔 15 min 进行水样收集
	一级水洗后 b					每隔 15 min 进行水样收集

表 2 测试指标及方法

测试指标	仪器	型号/方法
碱度	《水和废水监测分析方法》	酸碱指示剂滴定法
pH	多功能水质分析仪	WTW Multi342
COD	连华科技多参数水质分析仪	5B-3B(V8)
乙醇(液)	气相色谱法	GC-9160
乙醇(气)	气相色谱法	安捷伦 7890A
VOCs	固定污染源废气挥发性有机物的采样气袋法 HJ 732—2014	岛津 GCMS-QP2010 plus
硫化物	气相色谱法 GB/T 14678—93	岛津 GCMS-QP2010 plus
非甲烷总烃	气相色谱法 HJ/T 38—2017	安捷伦 7890A
臭气	GB/T 14675—93	《空气质量 恶臭的测定 三点比较式臭袋法》

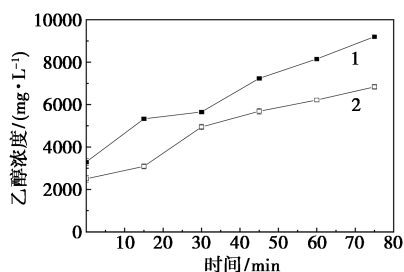
2 结果与讨论

2.1 对废气中乙醇的去除

对废气及废水中的乙醇质量浓度进行分析,结

果如图 2 所示。从图 2 中可以看出,未进行加香作业时,由于气体输送管道中上一段加香作业停止后废气的残留,废气 1 和废气 2 仍存在少量的乙醇。在进行加香作业时,中水模式下废气 1 乙醇的质量

浓度为 85.3 mg/m^3 , 自来水模式下废气 1 乙醇的质量浓度为 31.4 mg/m^3 , 经过一级水洗后, 中水及自来水模式下气体中乙醇质量浓度分别降低至 19.2 、 5.6 mg/m^3 。



1—中水;2—自来水

图2 废气中乙醇质量浓度

同时在进行加香作业时,每隔 15 min 对一级水洗前 a、一级水洗后 b 的废水进行采样分析,结果如表 3 所示。从表 3 中可以看出,自来水和中水原水中均未检测出乙醇,但由于淋洗塔中有残留的淋洗液,因此实验起始时,一级水洗 b 废水乙醇质量浓度随着加香时间的增长均呈现升高趋势,废气中的乙醇经水洗后被吸收至淋洗水中,经中水、自来水一级水洗分别去除了废气中 77.6% 和 82.3% 的乙醇,因此,采用中水替代自来水能有效去除废水中的乙醇。

表3 一级水洗 b 废水中的乙醇质量浓度

采样点	乙醇质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)			
	中水		自来水	
	加香	不加香	加香	不加香
废气 1	85.31	23.93	31.42	6.76
废气 2	19.15	21.93	5.57	8.04
去除率/%	77.6	—	82.3	—

2.2 对废气中非甲烷总烃、臭气、有机硫化物的去除

非甲烷总烃(NMHC)指从总烃测定结果中扣除甲烷后剩余值^[6]。在进行加香作业时测得废气中 NMHC 含量如表 4 所示。从表 4 中可以看出,中水淋洗前,废气 1 中 NMHC 质量浓度为 825.0 mg/m^3 ; 经中水淋洗后,废气 2 中 NMHC 含量下降至 333.0 mg/m^3 , 去除了 59.6% 的 NMHC, 经生物滤池处理后,废气 3 中 NMHC 含量下降至 177.0 mg/m^3 , 相较于废气 1, NMHC 去除率达 78.6%。自来水淋洗前,废气 1 中 NMHC 质量浓度为 466.0 mg/m^3 ; 经自来水淋洗后,废气 2 中 NMHC 质量浓度下降至 155.0 mg/m^3 , 去除了 66.8% 的 NMHC。经生物滤池处理

后,废气 3 中 NMHC 质量浓度下降至 82.0 mg/m^3 , 相较于废气 1, NMHC 去除率达 82.4%。可见中水及自来水均对废气中的 NMHC 有着较好的去除效果。

表4 废气中非甲烷总烃含量

采样点	非甲烷总烃/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)		非甲烷总烃去除率/%	
	中水	自来水	中水	自来水
废气 1	825.27 ± 17.70	465.58 ± 1.76	—	—
废气 2	333.52 ± 18.05	154.69 ± 1.03	59.6	66.8
废气 3	176.89 ± 4.21	82.04 ± 0.26	78.6	82.4

由于烟草废气中具有异味的气体成分复杂,部分气体的嗅阈值非常低,难以准确测定其组分及质量浓度,因此以无量纲臭气浓度表示烟草异味气体强度^[7]。废气中臭气浓度如表 5 所示。从表 5 中可以看出,在进行加香作业时,中水模式下废气中臭气浓度为 174.3 ± 24 , 经中水水洗后,臭气浓度为 165.7 ± 12.7 , 臭气浓度下降不明显,经生物滤池后臭气浓度下降至 119.7 ± 9.8 , 下降了 27.8%。经中水水洗后,废气中臭气浓度仅降低了 4.9%, 中水淋洗对废气中臭气去除效果不明显。在自来水模式下进行加香作业时,废气中臭气浓度为 98, 经自来水水洗后废气中臭气浓度略上升为 112, 经生物滤池后臭气浓度下降至 98, 与自来水水洗相比,中水水洗能去除废气中少量的臭气,但自来水及中水水洗对废气中的臭气的去除效果均不明显。

表5 废气中臭气浓度

采样点	臭气浓度	
	中水	自来水
废气 1	174.33 ± 24.02	98
废气 2	165.67 ± 12.70	112
废气 3	119.67 ± 9.81	98

对废气中巯基硫、硫化氢、二硫化碳、甲硫醇、乙硫醇、噻吩、甲硫醚、甲乙硫醚、二甲二硫、乙硫醚 10 种有机硫化物进行检测,废气中均未检测出乙硫醇,其余成分质量浓度的检测结果如表 6 所示。从表 6 中可以看出,在中水模式下,不加香时,废气 1 与废气 2 中有机硫化物各组分质量浓度接近,废气 1、废气 2 总硫化物质量浓度分别为 87.7 、 $73.2 \mu\text{g/m}^3$, 而废气 3 的总挥发性有机硫化物质量浓度较高,为 $952.3 \mu\text{g/m}^3$, 其中甲硫醇占比 98.1%, 质量浓度为 $934.2 \mu\text{g/m}^3$ 。在进行加香作业 15 min 时,废气 1

总硫化物质量浓度为 $1\ 640.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 其中甲硫醇占比 91.9%, 质量浓度为 $1\ 507.9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。随着加香作业的进行, 加香作业 35 min 时, 废气中总有机硫化物质量浓度上升至 $7\ 641.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 甲硫醇占比 99.4%, 质量浓度为 $7\ 594.2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。经中水水洗

后, 在加香作业进行 15 min 时, 废气 2 总有机硫化物质量浓度下降至 $89.1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 对比在加香作业进行 15 min 时废气 1 中总有机硫化物质量浓度, 经中水洗后去除了废气中 94.6% 的总有机硫化物, 其中甲硫醇去除率高达 96.4%。

表 6 中水模式下废气中有机硫化物

 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

采样点位		挥发性硫化物								总和	
		羰基硫	硫化氢	二硫化碳	甲硫醇	噻吩	甲硫醚	甲乙硫醚	二甲二硫		乙硫醚
废气 1	不加香	1.667	5.894	0.160	78.907	0.033	0.961	0.014	—	0.020	87.7
	15 min	19.211	36.467	12.525	1507.865	11.052	8.383	8.727	22.169	13.979	1640.4
	35 min	4.551	31.542	1.960	7594.169	0.684	2.994	0.529	5.171	0.197	7641.8
废气 2	不加香	2.294	0.683	0.315	68.752	0.013	0.975	0.004	0.197	—	73.2
	15 min	3.504	26.622	0.958	54.370	0.301	1.295	0.203	1.508	0.334	89.1
	35 min	2.887	12.334	0.706	63.107	0.117	1.110	0.114	0.704	0.170	81.2
废气 3	不加香	2.955	13.435	0.387	934.167	0.004	0.998	0.018	0.323	0.008	952.3
	15 min	2.238	15.336	0.481	417.785	0.071	1.028	0.051	0.855	0.074	437.9
	35 min	2.466	17.690	0.515	336.875	0.077	1.426	0.058	0.357	0.072	359.5

在加香作业进行 35 min 时, 废气 2 总有机硫化物质量浓度下降至 $81.2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 对比加香作业进行 35 min 时废气 1 中总有机硫化物质量浓度, 中水水洗去除了废气中 98.9% 的总有机硫化物, 其中甲硫醇去除率为 99.2%。

在自来水模式下废气中有机硫化物浓度见表 7, 由于卷烟厂加工作业批次的不同, 此时, 加香作业 15 min 时, 废气 1 总硫化物质量浓度高达 $33\ 575.3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 加香作业进行至 35 min 时, 废气中总有机硫化物质量浓度上升至 $50\ 388.9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 在加香作业进行的过程中, 甲硫醇为废气中有机硫化物主要成

分, 占比高达 99.9%。经自来水水洗后, 在加香作业进行 15 min 时, 废气 2 总有机硫化物质量浓度下降至 $10\ 994.6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 对比加香作业进行 15 min 时废气 1 中总有机硫化物质量浓度, 经自来水水洗后去除了废气中 67% 的总有机硫化物, 其中主要是甲硫醇的去除。在加香作业进行 35 min 时, 废气 2 总有机硫化物质量浓度下降至 $643.3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 对比加香作业进行 35 min 时废气 1 中总有机硫化物质量浓度, 自来水水洗去除了废气中 98.7% 的总有机硫化物, 其中主要是甲硫醇的去除。采用中水替代自来水后, 对废气中的总有机硫化物尤其是甲硫醇仍有较好的去除率。

表 7 自来水模式下废气中有机硫化物

 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

采样点位		挥发性硫化物								总和	
		羰基硫	硫化氢	二硫化碳	甲硫醇	乙硫醇	噻吩	甲硫醚	甲乙硫醚		二甲二硫
废气 1	不加香	2.24300	—	2.2480	48852.7400	—	0.31500	3.36100	0.4860	2.95400	48864.3
	15 min	0.79800	1.5985	1.8800	33564.1600	—	0.22900	1.54450	0.6595	4.43800	33575.3
	35 min	2.32100	—	2.2600	50377.8400	—	0.36800	3.24100	0.3810	2.47100	50388.9
废气 2	不加香	2.47600	—	0.9320	3037.7230	—	0.21000	6.20200	0.9000	5.37500	3053.8
	15 min	0.66825	—	1.9115	10983.6800	—	0.42350	4.43750	0.4580	2.98875	10994.6
	35 min	0.70450	—	1.5105	633.4110	0.026	0.04525	4.56825	0.3865	2.61325	643.3
废气 3	不加香	2.97200	—	2.1220	1237.0230	—	0.09800	2.82100	0.4800	2.95600	1248.5
	15 min	0.87350	3.8090	0	38.9685	—	0.57550	0.83900	0.2205	0.46350	45.7
	35 min	2.91500	—	2.0910	1916.5710	—	0.11500	2.75300	0.5930	3.66300	1928.7

废气中主要有机硫化物为甲硫醇, 甲硫醇微溶于水, 在 298.15 K 下亨利常数为 $5\ \text{kg}\cdot\text{bar}/\text{mol}$ ^[8-9],

易溶于乙醇、乙醚、石油醚等。而废气中的乙醇经中水淋洗后转移至淋洗水中, 直至加香作业进行至

75 min 时,中水及自来水模式下废水中乙醇质量浓度分别为 9 202.0、6 836 mg/L,因此经中水水洗后废气中甲硫醇质量浓度明显降低,但由于在好氧或厌氧环境下,含硫氨基酸的降解、硫化物甲基化和巯基的转移等生物化学过程^[10-11],生物滤池中甲硫醇质量浓度不断累积,中水及自来水模式下,废气 3 中甲硫醇质量浓度均较废气 2 有所升高,生物滤池对总有机硫化物尤其是甲硫醇去除效果差。

2.3 对废气中 VOCs 的去除

自然界中,植物释放的挥发性有机物约有 3 000 多种,占挥发性有机组分(VOCs)总量的 90%以上,约有 3 000 余种,主要包含萜烯类化合物、烃类、醇类、醛类、酮类、酯类等化合物^[12],在对烟厂废气中的 VOCs 进行全扫描分析时,检测出卤代烃、不饱和

烃、饱和烃酯类、酮类、醚类,分析结果如表 8 所示。从表 8 中可以看出,各废气点位的相对含量占比较高的 VOCs 组分有:卤代烃、不饱和烃以及饱和烃。在中水模式下,在未进行加香作业时,废气 1、废气 2 中总挥发性有机组分(TVOCs)质量浓度分别为 1 844.3、1 686.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;在加香作业初始阶段,加香进行至 15 min 时,废气 1 中 TVOCs 上升至 2 178.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;加香进行至 35 min 时,废气 1 中 TVOCs 有所下降,在经过中水水洗后,废气中 TVOCs 去除显著。在加香进行至 15 min 时废气 2 中 TVOCs 质量浓度下降至 661.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,与废气 1 相比,下降了 69.6%,加香作业进行至 35 min 时,废气 2 中 TVOCs 质量浓度为 552.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,与废气 1 相比,下降了 59.8%。

表 8 中水模式下废气中 VOCs 分析

$\mu\text{g}/\text{m}^3$

采样点位		VOCs						TVOCs
		卤代烃	不饱和烃	饱和烃	酯类	酮类	醚类	
废气 1	不加香	601.44	606.19	425.99	150.44	59.91	0.37	1844.3
	15 min	1586.39	188.94	274.57	47.44	80.56	0.26	2178.2
	35 min	778.00	199.15	313.26	50.07	32.13	0.34	1373.0
废气 2	不加香	591.09	384.82	415.36	141.41	148.10	6.01	1686.8
	15 min	204.69	160.12	100.30	30.32	162.69	3.30	661.4
	35 min	181.53	163.27	86.78	27.07	89.23	4.13	552.0

在自来水模式下(见表 9),在未进行加香作业时,废气 1、废气 2 中总挥发性有机组分(TVOCs)质量浓度分别为 9 458.7、2 225.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;在加香作业初始阶段,加香进行至 15 min 时,废气 1 中 TVOCs 质量浓度上升至 14 742.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;加香进行至 35 min 时废气 1 中 TVOCs 质量浓度有所下降。在经过自

来水水洗后,废气中 TVOCs 去除显著,在加香进行至 15 min 时废气 2 中 TVOCs 质量浓度下降至 4 012.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,与废气 1 相比,下降了 72.8%;加香作业进行至 35 min 时,废气 2 中 TVOCs 质量浓度为 3 944.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,与废气 1 相比,下降了 72.9%,自来水、中水对废气中 TVOCs 均有着较好的去除效果。

表 9 自来水模式下废气中 VOCs 分析

$\mu\text{g}/\text{m}^3$

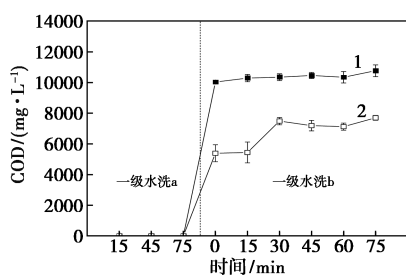
采样点位		VOCs								TVOCs
		酮类	醚类	酯类	饱和烃	不饱和烃	卤代烃	醇类	醛类	
废气 1	不加香	111.5232	4.38678	—	2361.3620	2567.5790	4410.0190	—	3.81738	9458.7
	15 min	187.1670	—	5.07422	3546.4560	3717.8510	7271.5360	13.08187	1.12025	14742.3
	35 min	199.4802	—	2.08906	3512.3190	3650.4570	7174.7250	2.25462	8.77500	14550.1
废气 2	不加香	226.4926	0.10880	3.04258	551.2742	643.4110	794.1217	5.57094	1.41438	2225.4
	15 min	238.9761	0.18434	4.36013	427.2760	529.8632	2808.6320	2.75210	—	4012.0
	35 min	254.5639	0.15710	4.99180	406.4839	523.1712	2748.8330	5.70802	0.05394	3944.0

2.4 废水水质变化

在中水模式下,在整个加香作业过程中,废水 COD 及废水 pH 和碱度变化情况分别如图 3、图 4 所

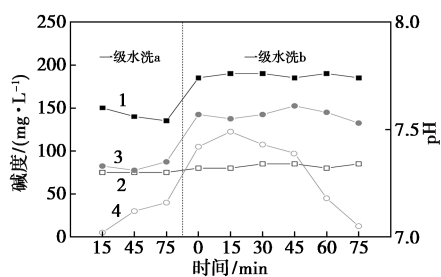
示。从图 3、图 4 中可以看出,一级水洗 a 点位废水 COD、pH、碱度始终保持稳定,COD 质量浓度最高为 14.2 mg/L,pH 为 7.3 左右,碱度最高值为 150.2

mg/L。废气中污染物经中水淋洗后大部分转移至水中,中水水洗后,一级水洗 b 点位废水 COD 质量浓度显著增加,在整个加香阶段,COD 质量浓度在 10 031.0~10 766.0 mg/L 之间。在自来水模式下,在整个加香作业过程中,一级水洗 a 点位废水 COD、pH、碱度始终保持稳定,COD 质量浓度最高为 18.6 mg/L,pH 为 7.2 左右,碱度最高值为 75.06 mg/L。自来水水洗后,一级水洗 b 点位废水 COD 质量浓度显著增加,在整个加香阶段,COD 质量浓度在 5 393.0~7 699.0 mg/L 之间。在实际操作流程上,由于换水不彻底,残留的淋洗液 COD 导致淋洗初期 COD 质量浓度较高。在淋洗过程中,使用中水的淋洗水 pH 维持在 7.5~7.6 之间,碱度维持在 185.2~190.2 mg/L 之间,由于中水的碱度高于自来水,这也保证了水洗过程中 pH 较为稳定,而在自来水水洗的后期,废水 pH 出现明显的下降,可见与自来水相比,中水水洗能保持水洗过程中 pH 的稳定。



1—中水 COD;2—自来水 COD

图 3 废水 COD 变化



1—中水碱度;2—自来水碱度;3—中水 pH;4—自来水 pH

图 4 废水 pH 及碱度变化

2.5 经济效益分析

烟厂加香作业生产时长为 8 h/d,期间每套中水淋洗系统换水 16 次,每次用水量约 0.5 t,据统计,烟厂厂区淋洗系统中水用水量平均每天 130 t 左右,因此采用中水替代自来水,平均每套淋洗系统每年可节约 3 000 t 自来水,厂区每年共计节约约

47 450 t 自来水,可有效地节约水资源,在去除污染物的同时达到节能减排的目的。

3 结论

(1)中水水洗对废气中的乙醇有较好的去除效果,废气中的乙醇经水洗后被吸收至废水中,经一级水洗后乙醇含量可降低 77.6%。

(2)废气中的非甲烷总烃经中水水洗后下降了 78.6%,总有机硫化物去除率达 94.6%,其中甲硫醇去除率高达 96.4%,废气中的 TVOCs 经水洗后下降了 59.8%。

(3)与自来水模式相比,采用中水替代自来水回用于异味处理系统,对废气中污染物仍有较好的处理效果,并且能有效节约水资源、降低运行成本,在去除污染物的同时达到了节能减排目的。

参考文献

- [1] Jing Y, Gao Y, Wang W, *et al.* Optimization of the extraction of polysaccharides from tobacco waste and their biological activities[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, 91: 188-197.
- [2] 胡月红.烟草加工与燃吸全过程的环境影响与危害分析[J].*北方环境*, 2013, 25(5): 18-25.
- [3] 陶文华.异味处理系统在烟草企业的应用[J].*机械制造与自动化*, 2018, 47(2): 210-212.
- [4] 方瑞萍,张兴礼,张程,等.烟草制丝异味处理系统除雾器结构的改进与优化[J].*中国新技术新产品*, 2022, (21): 35-37.
- [5] 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.
- [6] 国家环境保护局科技标准司.大气污染物综合排放标准详解[M].北京:中国环境出版社,1997-10-01.
- [7] 覃东棉,覃海春,梁静,等.卷烟厂异味气体源强核算与环境影响预测研究[J].*广西科学院学报*, 2014, 30(3): 202-207.
- [8] Takeuchi Y N N. Measurement of odor threshold by triangle odor bag method[J].*Odor Measure Rev*, 2003, 118: 118-127.
- [9] Sxm J, Hu S H, Sharma K R, *et al.* Degradation of methanethiol in anaerobic sewers and its correlation with methanogenic activities[J].*Water Res*, 2015, 69: 80-89.
- [10] Bentley R, Chasteen T G. Environmental VOCs-formation and degradation of dimethyl sulfide, methanethiol and related materials[J].*Chemosphere*, 2004, 55(3): 291-317.
- [11] Eyice M N, Pol A, Carion O, *et al.* Bacterial SBP56 identified as a Cu-dependent methanethiol oxidase widely distributed in the biosphere[J].*ISME J*, 2018, 12(1): 145-160.
- [12] 欧阳嗣航,刘叶凡,韩阳媚,等.植物挥发物释放特征及其影响因素研究进展[J].*林业与生态科学*, 2023, 38(3): 375-384. ■