

关于提升涂装干式喷房漆雾过滤装置吸附量的研究

钟明强, 李明, 邓俊杰, 郭江华, 向微凡, 张宝林

(广汽乘用车有限公司宜昌分公司, 湖北 宜昌 443007)

摘要: 为了提升过滤装置漆雾捕捉能力, 减少滤材使用量, 本文针对吸附量, 探索不同吸附材料的最优排布结构。研究表明: 当吸附材料为玻璃纤维, 管束内部填充吸附材料, 过滤装置中管束排布前排 15 支, 后排 28 支; 当吸附材料为阻燃蜂窝纸, 小纸盒内部“波纹状”缠绕吸附材料, 过滤装置中小纸盒 3 层垂直排布, 每层 2 个平行分布; 当气流中漆雾含量越低, 漆雾过滤装置吸附量越大, 且小纸盒结构对漆雾含量兼容性更好。

关键词: 玻璃纤维; 阻燃蜂窝纸; 管束结构; 波纹状缠绕

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)11-0053-04

Study on Improving Adsorption of Overspray in Painting Booth by Filtration

ZHONG Ming-qiang, LI Ming, DENG Jun-jie, GUO Jiang-hua, XIANG Wei-fan, ZHANG Bao-lin

(GAC Motor Company Limited Yichang Branch, Yichang 443007, Hubei, China)

Abstract: In order to improve the capacity of overspray mist adsorption and reduce the use of filter materials. The optimal arrangement structure of filter device was explored with different adsorption materials. Research shows that the structure of tube bundle is applied to fiberglass as adsorption materials. Based on fluid dynamics equations, the best arrangement of tube bundles is fifteen branches in front area and twenty-eight branches in back area by using simulation test. The best arrangement of small box that inner structure is wrapping in a ripple pattern arranges three layers vertically, and two parallel distributions per layer by using fire retardant honeycomb paper as adsorption materials. the adsorption of filtration device is negatively correlated with the painting mist content of airflow, and small box structure has better compatibility with the painting mist content of airflow.

Key words: fiberglass; fire retardant honeycomb paper; structure of tube bundle; wrapping in a ripple pattern

0 引言

随着国家环保法规要求日趋严格, 汽车涂装过程中危废处理面临严峻挑战, 尤其是汽车涂装喷涂过程中过喷漆雾处理。喷涂过程漆雾处理方法主要有两种: 湿式喷房和干式喷房, 湿式喷房采用循环水将过喷漆雾带入循环罐, 通过化学药剂对涂料颗粒进行絮凝和沉降, 形成漆渣, 其处理后产生的废弃物主要有废气、废水和废渣; 干式喷房根据工艺可分为石灰石和纸盒式, 采用石灰石或阻燃吸附材料的结构装置对过喷漆

雾进行捕捉和收集, 其处理后产生的废弃物主要有废气和废渣, 废气采用旋转式 RTO 装置在 800 °C 进行焚烧, 氧化分解处理, 漆雾废渣收集后运送至危废处理站统一进行焚烧处理。干式漆雾处理系统相较于湿式文丘里漆雾分离系统优点如下^[1]: 1) 供风空调能耗低, 通过除去生产过程中产生 VOC 气体和漆雾, 实现喷房符合施工条件的供风循环利用; 2) 使用其他材料替代水和化学药剂作为吸附剂介质, 不产生废水; 3) 废气相对湿度低, 废气处理后道过滤系统无堵塞风险, 运行稳定。但是干式喷房漆雾吸附装置材料选择、组装结构和施工工况匹配性成为制约其发展的首要技术难题, 因此, 本文针对干式喷房漆雾过滤装置中吸附材料选择、组装结构以及气流中漆雾含量对气流中漆雾吸附

收稿日期: 2023-07-20

作者简介: 钟明强(1979—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事汽车涂装工艺、新颜色开发工作。E-mail: m15071021446@163.com。

量影响进行了探究,为同行提供参考。

1 干式喷房漆雾过滤装置发展现状

随着涂装新技术的发展,喷房漆雾处理由湿式喷房转变为干式漆雾过滤。干式漆雾过滤使用的吸附材料逐步由石灰石革新为玻璃纤维、阻燃蜂窝纸等。相较于湿式喷房,干式喷房漆雾处理装置优点如下^[2]:1)无水资源消耗,产生危废量低,更环保;2)设备一次性投资成本、运营成本及喷房温湿度控制能源消耗成本低。

目前干式喷房漆雾捕捉过滤系统中应用成熟的吸附材料主要为玻璃纤维、阻燃蜂窝纸和 PE、聚酯纤维滤棉^[3-4]。吸附材料组装结构:玻璃纤维为管束结构,玻璃纤维蓬松层状填充在网状管束中,蓝色玻璃纤维密度小朝入风面,白色纤维密度大朝出风面,其结构见图 1 左;阻燃蜂窝和 PE、聚酯纤维滤棉为波纹状缠绕迷宫结构,网状阻燃蜂窝纸层空隙大,在纸盒垂直方向缠绕波峰朝入风面,纤维滤棉层空隙小,在纸盒垂直方向缠绕波谷朝出风面,其结构见图 1 右。

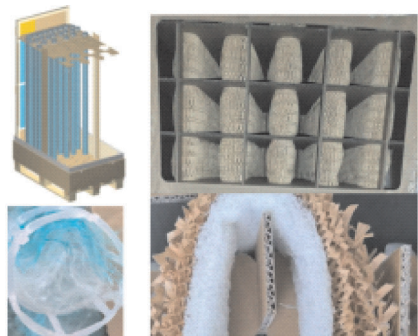


图 1 干式喷房漆雾过滤装置

2 漆雾过滤器吸附量影响因素探究

2.1 吸附材料选择与漆雾吸附量的关系

本文通过选用玻璃纤维、阻燃蜂窝纸和滤棉材料,采用缠绕迷宫结构进行吸附量测试,探究了吸附材料选择对漆雾吸附量的影响。测试条件:过滤风量 6 000 m³/h,漆雾含量 0.416 g/m³,吸附材料缠绕波峰 5 个,吸附量饱和评判标准为进风口与出风口压差大于 900 Pa,测试材料排布结构截面示意图 2,测试结果见图 3。

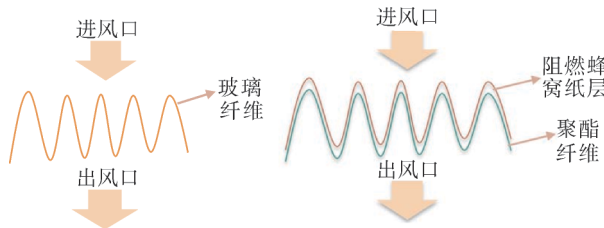


图 2 测试材料缠绕迷宫结构截面示意

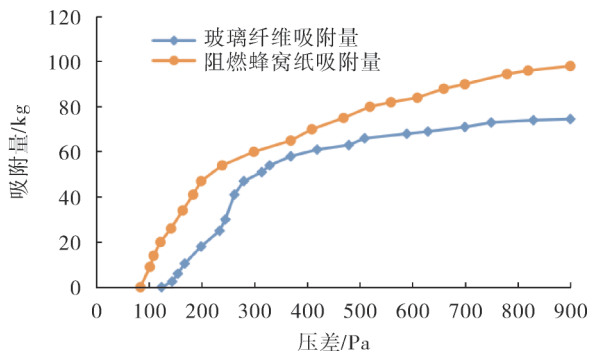


图 3 不同吸附材料选择对漆雾吸附量的影响

由图 3 可知,玻璃纤维材料初始压差为 125 Pa,阻燃蜂窝纸与聚酯纤维为 85 Pa,因此玻璃纤维使用波状缠绕结构风量通过性较阻燃蜂窝纸与聚酯纤维差;另一方面,当吸附材料为玻璃纤维时,压差随漆雾吸附量上升拐点压差出现在 200 Pa,当吸附材料为阻燃蜂窝纸时,压差随漆雾吸附量上升拐点压差出现在 281 Pa,由此可知阻燃蜂窝纸波状缠绕吸附能力强于玻璃纤维,且玻璃纤维材料最大吸附量为 74.5 kg,阻燃蜂窝纸与聚酯纤维材料最大吸附量为 98 kg。

2.2 吸附材料排布结构与漆雾吸附量的关系

干式漆雾过滤装置采用玻璃纤维填充的管束结构,当空气中漆雾穿过管束结构会被大比表面积的玻璃纤维捕捉,产生晶核逐渐长大,直至完全充斥整个空间空气无法通过,但是管束的排布对漆雾吸附量有重大影响,因此本文通过调整管束的分布数量,借助连续性、动量和能量方程拟合仿真,对箱体内部空气流场进行模拟得出最优管束排布方式,见图 4~5。

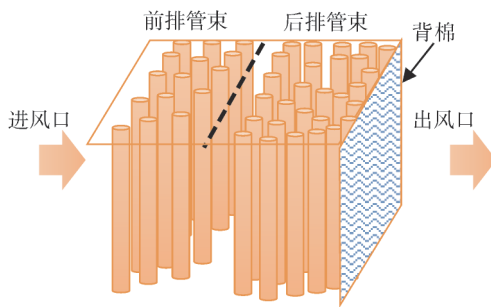


图 4 最优管束排布结构

由图 4 可知,当玻璃纤维管束结构排布时,前排 15 根,分 3 排,各排插前一排空隙排列,后排 28 根,分 5 排,且后排密度大于前排,该结构对漆雾过滤吸附量最优,单个漆雾过滤装置吸附量达 95 kg。

由图 5 可知,进风口空气流速自上而下逐渐递减,出风口空气流速自上而下呈现先增大后减小的趋势,

其主要原因是入风口上方风速过快,导致单位时间内空气中漆雾被玻璃纤维捕捉的漆雾量要高于入风口中下段其他位置,因此出风口上段空气流速相对较低,另一方面入风口风下行触底后形成漩涡,使得入风口底部流速相对于中部较慢,最终出风口风速呈现中段流速快,两端流速慢的现象。

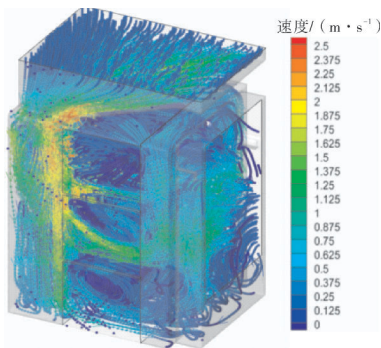


图5 最优管束排布结构空气流线图

2.3 波状缠绕小纸盒结构排布对漆雾吸附量的影响

吸附材料使用波状缠绕的小纸盒结构,其吸附材料排布的孔隙率由入口侧到出风侧逐渐减小,以此保证漆雾捕捉后气流流通性,实现喷涂过程中过喷漆雾分离,与管束结构漆雾分离原理类似,但是内含吸附材料的小纸盒排布对漆雾吸附量有重要影响,因此本文通过探究不同纸盒排布方式,得出最优漆雾吸附效果。过滤装置中吸附材料波状缠绕的小纸盒排布结构见图6,测试条件:过滤风流量 6 000 m³/h,漆雾含量 0.416 g/m³,吸附材料缠绕波峰 5 个,吸附量饱和评判方法为进风口与出风口压差大于 900 Pa,测试结果见图 7。

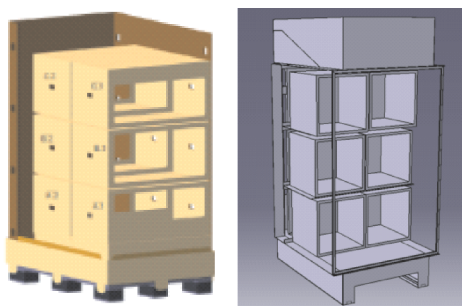


图6 不同吸附纸盒排布方式

由图 7 可知,阻燃蜂窝纸与聚酯纤维组合作为吸附材料的小纸盒,采用“垂直分布”结构漆雾吸附量为 62 kg,采用“平行分布”结构漆雾吸附量为 98 kg,因此小纸盒平行分布优于垂直分布。这是因为垂直分布箱体内过风体积变小,单位时间通过的风量不变的前提

下,风速会变快,导致漆雾在吸附材料上聚集过快,造成小纸盒堵塞压差升高。

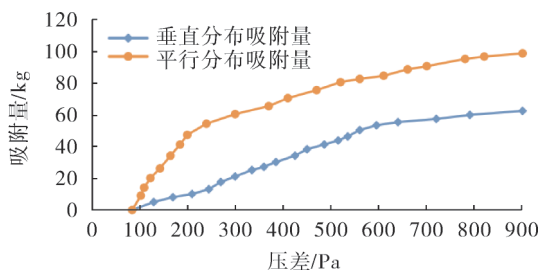


图7 阻燃蜂窝纸吸附材料不同排布结构对吸附量影响

2.4 空气中漆雾含量对吸附量影响

某整车工厂树脂车间涂装漆雾含量 0.032 g/m³,涂装车间喷涂漆雾含量 0.416 g/m³。本文针对不同结构漆雾过滤装置,通过对比树脂车间和涂装车间单个位置安装漆雾过滤装置,循环风穿过过滤装置流量均为 6 000 m³/h,探究气流中漆雾含量对吸附量的影响。

2.4.1 空气中漆雾含量对管束结构吸附量的影响

空气中漆雾含量对管束结构吸附量的影响见图 8。

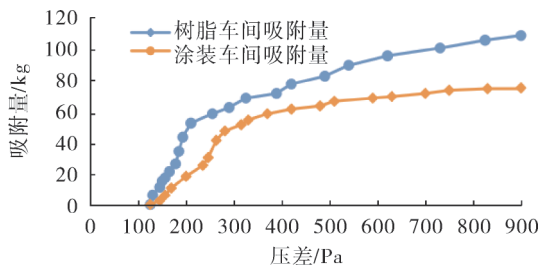


图8 不同漆雾含量的气流对管束结构吸附量的影响

由图 8 可知,树脂车间漆雾吸附量为 108 kg,涂装车间为 74.5 kg,气流中漆雾含量越大,管束结构漆雾过滤装置吸附量越低,因此管束结构漆雾过滤装置受气流漆雾含量影响较大,且气流漆雾量越大,出现漆雾吸附速率下降的拐点越早,涂装车间拐点出现在压差 200 Pa,树脂车间拐点出现在 281 Pa。

2.4.2 空气中漆雾含量对波纹状缠绕结构小纸盒平行堆砌吸附量的影响

空气中漆雾含量对波纹状缠绕结构小纸盒平行堆砌吸附量的影响见图 9。

由图 9 可知,漆雾装置吸附速率随压差增大均呈现下降趋势,与气流中漆雾含量无关。此外,气流中漆雾含量越低,波状缠绕小纸盒吸附量越大,且当入风口与出风口压差大于 300 Pa 后,小漆雾含量的气流吸附量明显大于大漆雾含量的气流,其主要原因是当吸附

材料吸附一定漆雾后风通过性变差,但是大漆雾含量气流单位时间内吸附的漆雾量大,导致吸附材料更易堵塞,使得压差上升。另一方面,通过对比图8和图9,小纸盒结构漆雾过滤装置对气流漆雾含量施工窗口更大。

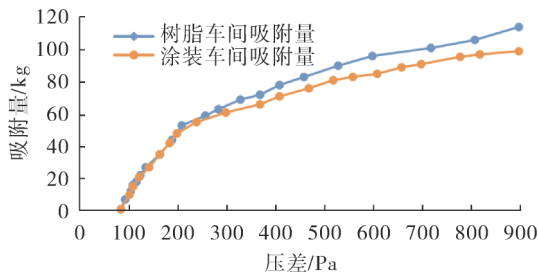


图9 不同漆雾含量的气流对小纸盒结构吸附量的影响

3 结语

本文通过探究不同吸附材料的组装结构对干式喷漆雾过滤吸附量的影响,得出如下结论:

1)阻燃蜂窝纸与聚酯纤维作为漆雾捕捉材料,采用“波纹状”缠绕结构对漆雾吸附效果较优,且缠绕波峰为5个,入风侧为阻燃蜂窝纸,出风侧为聚酯纤维;

玻璃纤维作为漆雾捕捉材料,采用管束填充方式吸附效果较优,且管束入风侧排布密度小于出风侧;

2)漆雾过滤装置中,阻燃蜂窝纸与聚酯纤维“波纹状”缠绕结构的小纸盒6个,采用平行分布堆砌对漆雾吸附效果优于垂直分布,玻璃纤维填充的管束43根,其中前排排布15根,后排排布28根;

3)通过控制变量法,探究气流漆雾含量对漆雾过滤装置中不同结构吸附材料的影响,得出玻璃纤维吸附材料使用管束结构组装的吸附量影响大于阻燃蜂窝纸与聚酯纤维波纹状缠绕的小纸盒平行堆砌结构。

参考文献:

[1] 刘琦,孙立三,仵小军,等.干式喷房在轨道交通中的应用[J].现代涂料与涂装,2016(1):60-62.
 [2] 张川,韩俊杰,孔飞.整车涂装车间干式喷漆房迷宫纸盒技术的应用研究[J].涂料工业,2018(2):76-80.
 [3] 高淑敏.漆雾高效干式净化法的关键——过滤材料[J].中国环保产业,1999(6):30-31.
 [4] 孙海欧,杜俊超,温荣政,等.环保型聚氨酯玻纤增强蜂窝纸复合材料的研究[J].化学推进剂与高分子材料,2020(3):40-44.

(上接第44页)决思路,在整体布局和结构设计上具有一定的突破,但在控制系统和编程软件方面需进一步的优化,降低使用的难度。

参考文献:

[1] 彭军,薛春珍,杨育农.自动喷涂设备及涂装技术的发展和应[J].现代涂料与涂装,2020(2):41-43.
 [2] 罗博,魏桦,杜超一,等.汽车车身自动喷漆装置技术方案分析[J].工艺装备,2022(8):146-149.
 [3] 申力军.自动化喷涂机械在汽车面漆涂装生产中的应用[J].现代涂料与涂装,1999(2):19-21.
 [4] 朱鹏涛,徐磊,赵蕾,等.动车组车体自动喷涂系统[J].制造业

自动化,2020(1):154-156.

[5] 韩守习,王玉,李翠娜,等.轨道机器人自动喷涂技术在客车涂装生产线中的应用[J].现代涂料与涂装,2018(9):48-50.
 [6] 戚严.自动喷涂系统在铁路货车水性漆涂装中的应用[J].技术装备,2023(4):55-58.
 [7] 韩跃伟.自动喷涂机器人在铁路货车车体涂装中的应用[J].现代涂料与涂装,2010(3):56-59.
 [8] 徐磊.水性涂料机器人喷涂线控制系统的设计与开发[J].上海电器技术,2015(3):13-17.
 [9] 房晶晶.机器人自动喷涂系统在铁路机车喷漆中的应用[J].制造业自动化,2012(8):154-156.



欢迎订阅

欢迎投稿

欢迎刊登广告