

涂装车间废气浓缩沸石转轮焚烧系统的优化措施

王筱湛, 寇 锁

(北京奔驰汽车有限公司, 北京 100176)

摘要: 通过对环保在线监测得到的数据进行详细分析, 结合 KPR 系统及焚烧炉的工作原理, 合理推导出 VOC 超标的原因, 并进行了系列试验。讨论了如何提高沸石转轮以及焚烧系统的处理效率并稳定排放, 为企业环保工作的实施提供了技术参考。

关键词: 涂装车间; 废气浓缩沸石转轮焚烧系统; 在线监测

中图分类号: TQ639 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-9548(2024)08-0050-04

Optimization Measures for KPR System in Painting Workshop

WANG Xiao-zhan, KOU Suo

(Beijing Benz Motor Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: Through detailed analysis of the data obtained from online environmental monitoring, combined with the working principles of the KPR system and TAR, the reasons for VOC exceeding were derived, and conducted a series of experiments. Discussed how to improve the treatment efficiency and stabilize emissions of zeolite rotating wheels and incineration systems, providing technical reference for the implementation of environmental protection work in enterprises.

Key words: painting workshop; KPR system; on-line monitorin

0 引言

随着大气污染日益严重, 各省市均根据自身排放特点和工业特征制定了各自的大气污染排放清单。挥发性有机物(VOC)是形成臭氧和 PM2.5 的重要前体物质, 对人体与环境都有着极大危害, 且具有污染量大、难治理的特点。VOC 的废气处理是目前解决大气污染问题的一项重要课题, VOC 是大气环境治理中需要监控的重要参数, 也是涂装车间的主要污染源。在工业实践中, 根据处理结果的不同, 将 VOC 的处理技术分为回收和销毁两大类。对于排风量大、VOC 浓度低的涂装行业, 先吸附浓缩、再燃烧销毁是常用的 VOC 处理方法, 为满足地方政府对大气污染物的排放要求, 涂装车间常安装浓缩转轮以及焚烧系统, 用来处理喷漆室排出的含 VOC 气体。

按照北京市排放标准要求, 非甲烷总烃应低于 25 mg/m³, 本文介绍了目前处理 VOC 的主流方法, 着重从废气浓缩沸石转轮焚烧系统着手, 分析如何从技术维护、日常管理两个方面, 尽量避免开机超标、转轮失效、意外停机等问题, 为涂装行业挥发性有机物的处理提供参考。

1 VOC 的处理方法

VOC 的处理技术可以根据处理结果的不同分为回收和销毁两大类, 其中, 回收处理分为吸附处理、吸收处理、膜分离处理等方法, 而销毁处理分为燃烧处理、生物处理、光催化氧化处理等方法。

1.1 吸附处理

吸附性处理主要是通过沸石分子筛、活性炭等相应的吸附剂, 通过物理或者化学吸附等方式, 将 VOC 浓度降低, 从而达到处理 VOC 的目的。分子筛由于结构特殊, 具有较大的内表面积, 吸附性效率较强, 同时也具有优异的再生性和安全性, 经过不断迭代发展, 目前沸石分子筛转轮可以处理 200 000 m³/h, 吸附效率

收稿日期: 2023-06-28

作者简介: 王筱湛(1994—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事汽车涂装清洁生产、辅助设施工作。E-mail: wangxz01@bbac.com.cn。

达到 95%^[1]。但是吸附处理并不能从根本上去除 VOC，只是减少了废气中的 VOC 含量，通常是回收或者销毁的前置步骤。

1.2 吸收处理

与吸附处理 VOC 不同，吸收处理 VOC 是将气体中的有毒有害成分从空气中吸收到水体中。针对不同的气体组分可以选择不同的溶剂，如用水吸附苯酚，用碱性溶剂吸附酸性气体。但是吸收处理法往往面临着较高的处理成本和繁琐的处理手段，难以在实际生产中大面积使用。

1.3 膜分离处理

膜分离处理 VOC 是将常用玻璃态的高分子材料作为人工合成分离膜，起到高效分离、及时回收的作用。膜分离处理技术虽然效率较高，但目前该方法的成本较高，在工业实践中应用较少^[2]。

1.4 高温燃烧处理

高温燃烧是直接对 VOC 进行加热，使其分解为无害的小分子从而达到销毁处理的目的。根据是否在燃烧过程中加入其他物质，可以将高温燃烧处理方法分为直接燃烧法、助燃燃烧法、催化燃烧法^[3]。高温燃烧处理 VOC 的效率高，能直接适用于含有高浓度 VOC 的废气处理，但燃烧处理法不适用于低浓度 VOC 的处理，在处理过程中也有一定的能耗产生。

2 废气浓缩沸石转轮焚烧系统

如上所述，回收技术和销毁技术处理 VOC 各有利弊，在实际生产实践中，常考虑使用组合技术对废气中的 VOC 进行处理。涂装行业的废气具有浓度低、风量大的特点，直接焚烧会造成大量能源的消耗。废气浓缩沸石转轮焚烧(KPR)系统是目前涂装行业较为领先的一种 VOC 处理技术，先通过沸石分子筛将有机废气中的有机物浓缩，再将浓缩后的废气通过热焚烧炉(TAR)进行焚烧，将燃烧后清洁的空气进行余热回收后排放，达到高效处理废气的效果^[4]。

KPR 系统的吸附功能主要依托于沸石转轮实现。沸石是一种多孔性骨架型硅铝酸盐，其内部的孔穴可以对大小不同的分子进行选择性的吸附^[5]。转轮分为吸附区、冷却区和解析附(脱附)区 3 个部分。

在工作过程中，原始废气大部分通过吸附区被吸附，小部分原始废气直接通过冷却区对转轮进行冷却降温，使其重新具有吸附能力。这小部分原始废气再经过换热器，对解析附区进行加热，使解析附区的温度达到 200℃左右，沸石中吸附的高浓度 VOC 从而能够在高温下脱离出来，进入 TAR 中进行焚烧处理。

3 KPR 系统排放优化措施

KPR 系统能够高效处理低浓度、大风量的含 VOC

废气，是目前涂装行业最前沿的 VOC 处理技术。但是随着使用年限的增加，KPR 系统在实际应用中也会面临一些问题：1)KPR 吸附转轮堵塞；2)KPR 转轮吸附效率下降；3)VOC 排放过多，超出 KPR 系统处理能力。下面我们将从技术维护和日常管理两方面着手，讨论 KPR 系统在实际生产中遇到的问题及其优化方案，同时针对可能面对的转轮问题进行进一步说明，为读者提供参考。

3.1 KPR 吸附转轮堵塞

北京某汽车公司涂装车间将吸附式转轮用在湿式文丘里后处理使用，在设备调试试运行期间，转轮压差持续上升，对转轮进行取样剖析后发现转轮迎风面内侧转轮堵塞严重，如图 1 所示。

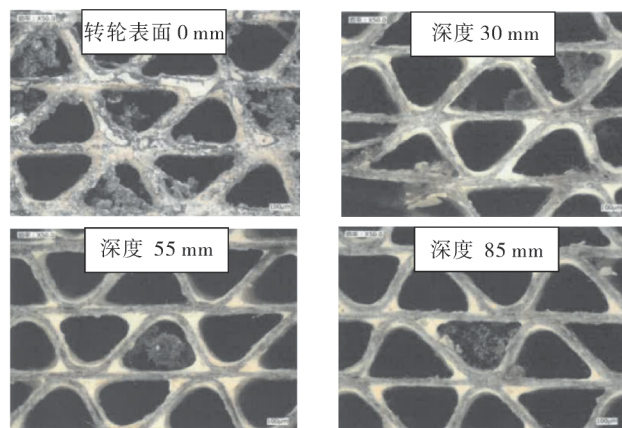


图 1 KPR 转轮堵塞情况

在整体调查期间发现，由于 KPR 转轮前端过滤系统安装质量不佳导致漆雾泄漏。在较短的时间内，由于漆雾进入转轮，导致转轮孔道快速堆积堵塞，初始压差从 500 Pa 快速升高至 2 000 Pa，同时伴随吸附效率持续下降以及设备开机困难，造成 VOC 排放超标。为了彻底解决漆雾泄露导致的转轮堵塞问题，我们重新对 KPR 过滤进行了密封处理。更换后，转轮堵塞情况得到了明显改善。

由此可见，KPR 转轮前端过滤以及空气清洁程度对转轮寿命具有一定的影响，因此在 KPR 转轮投入使用前以及使用期间需要定期检查过滤密封情况以及状态。

3.2 KPR 吸附转轮效率下降

该车厂另一个涂装车间对使用了 6 年的吸附式转轮进行了排放测试，发现转轮出口 VOC 排放值过高。经检查，转轮压差正常，压差在 450 Pa 左右，转轮也未见堵塞，针对该问题，我们决定对转轮整体取样进行分析。

由于转轮具有一定厚度,需要对转轮样件的入口侧、转轮样件中段以及转轮样件出口侧进行吸附效率分析,在转轮厂家的帮助下,我们将转轮样件和全新的转轮进行对比,分别测试了2种转轮对VOC的吸附量,将新转轮的VOC吸附量设为参考值100%,转轮吸附效率对比见表1所列。

表1 KPR转轮吸附效率测试

样品	新品	处理入口	中间	处理出口
吸附效率/%	100	26	52	82

由表1可见,转轮入口侧以及中间段吸附效率明显下降,对吸附效率可能影响的原因如下:1)转轮沸石分子筛脱落严重,导致吸附效率下降;2)转轮沸石内部VOC碳化造成分子筛失效,从而导致吸附效率下降;3)转轮沸石内部积聚高沸点VOC物质,造成转轮在正常温度下无法有效解析附,导致吸附效率下降。

对于上述3个可能造成吸附效率降低的原因,前两者可以通过对转轮样品切片,在显微镜下进行物理结构分析,判断转轮目前的使用状态来确定。转轮切片样件放大如图2所示,基本可以看出转轮沸石涂层良好,无明显黑色碳化现象。

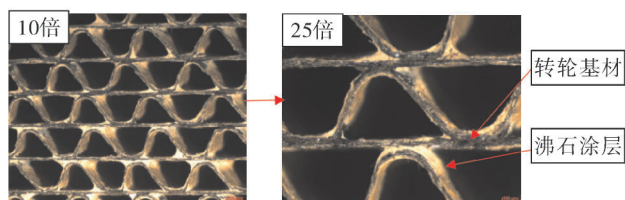


图2 转轮切片样件放大

转轮如果发生碳化,会在转轮基材上面观察到深黑色类似絮状物,可以看出图2的切片样件中沸石涂层基本完好,没有碳化情况。为了确认是否是转轮沸石内部聚集了高沸点VOC物质导致的吸附效率降低,需要对样件的入口侧、中间段以及出口侧样件进行热重-差热(TG-DTA)分析,使用样品的粉碎用料,测试方法见表2所列。

表2 差热以及热重分析参数和控制条件

项目	参数
升温程序	室温~700℃(升温速度15℃/min)
环境条件	空气(流通速度200 mL/min)
样品质量	样本粉碎试验用料约15 mg
取样位置	取样位置入口、中间、出口
预处理	200℃高温各1 h加热干燥

通过测试,得到如图3所示曲线。从热重分析测试

曲线看,温度大于300℃后转轮内部VOC析出量明显增加,说明转轮内吸附了较多的高沸点物质,导致转轮吸附效率下降,目前入口侧300℃后减重10.3%,中间段6.8%,出口侧4.0%,这与KPR转轮吸附效率测试的结果基本一致,说明沸石内部积聚的高沸点物质造成转轮吸附效率明显下降。可以看出,如果转轮排放超标或即将超标(这里针对的标准为25 mg/m³),转轮吸附效率平均低于55%,TG-DTA分析质量减少率大于7%,建议更换转轮。

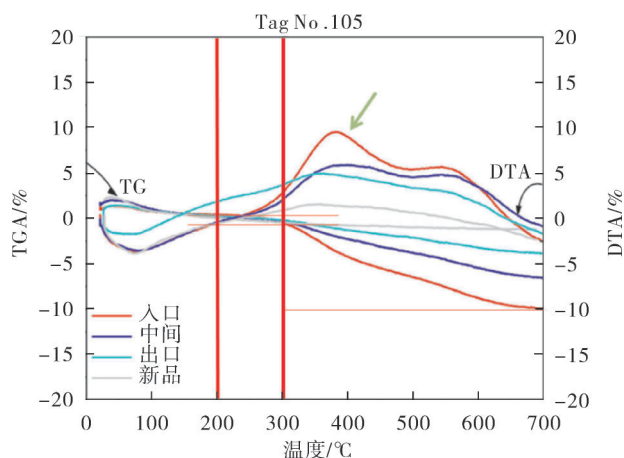


图3 差热以及热重分析测试曲线

部分转轮也可以通过高温反吹进行再生利用,高温反吹温度在300℃,如果在转轮失效前期进行该项工作,能够有效提高转轮寿命,这也是我们后续部分工作的方向。同时,从TG-DTA曲线可看出,300℃后材料内部自身残存的VOC自发放热速度升高,尤其是转轮入口侧,具有一定自燃等安全隐患。因此高温反吹具有一定安全风险,需要结合转轮寿命、工作状态、花费成本等因素进行综合考量。

3.3 VOC排放过多

转轮吸附具有一定的除净效率,正常转轮的效率在95%左右,如果转轮入口侧VOC排放量过高,超出KPR处理能力,仍旧会导致工厂排放超标。在实践中,对于北京市地方标准25 mg/m³来说,转轮入口端VOC含量不能高于500 mg/m³,北京某汽车厂在使用在线监测过程中出现实时排放数据上升,排查过程中发现喷漆室清漆区域,溶剂由于管路堵塞发生泄漏,泄漏至溶剂存储罐,由于存储罐连接排风管路导致排放超标,将管路中过多的清漆溶剂排空后排放指标明显下降。

通过以上分析可以看出,单纯地提高转轮效率或者增加转轮数量,难以从根本上解决VOC排放超标问题,最终还需要从源头上减少VOC排放量。对喷漆车间而言,可以从以下两方向着手:1)降低漆料及溶剂材

料中的 VOC 含量;2)安装有效的 VOC 材料收集装置。通过以上两项措施,能够从根本上减少 VOC 排放,并且适当提高吸附转轮的寿命。寻找低 VOC 含量的溶剂材料,也是未来 VOC 治理工作中的重点方向。

4 结语

本文分析了实际生产情况中涂装车间废气浓缩沸石转轮焚烧系统处理 VOC 遇到的一些问题,并针对具体问题采取相应技术手段进行分析讨论,找出根本原因,使问题得到有效解决。立足于实际经验,我们可以看出:VOC 得不到有效处理,可能是 KPR 系统出现了堵塞、吸附效率下降等问题,也有可能是 VOC 排放过多,超出了 KPR 系统处理能力。可以通过增加过滤、及时对转轮进行高温反吹提高沸石转轮使用寿命,也需要通过实时监测等手段搜集数据,发现异常及时寻找问题源头,避免对生产造成大面积影响。同时,使用低 VOC 材料仍旧是未来涂装车间 VOC 治理的方向和目标,需要我们不断进行工作和探索。

环境保护是企业的生命线,随着国家政策收紧,对

VOC 排放量的要求越来越严格,汽车厂的环保压力也与日俱增,同时产量的要求、成本的控制使得企业生产环保需要两手抓,只有不断调整策略,提高技术水平,才能应对越来越多的挑战。

参考文献:

- [1] 王翼鹏,王涛,蒋伟.沸石吸附转轮+蓄热燃烧工艺在涂装工业废气 VOCs 治理中的应用[J].中国环保产业,2020(12):33-35.
- [2] 韦湘林.VOC 的成因及治理措施[J].资源节约与环保,2021(2):71-72.
- [3] 谢小奇.人为源 VOC 清单及重点工业贡献和治理分析[J].皮革制作与环保科技,2021(5):82-83.
- [4] 刘杰.汽车涂装车间 VOC 处理设备废气浓缩沸石转轮焚烧系统应用[J].现代涂料与涂装,2021(1):59-62.
- [5] 牟海阔,冯元科.沸石转轮系统与废气焚烧装置在汽车涂装车间的应用[J].电镀与涂饰,2019(10):497-503.

(上接第 42 页)做好才能达到符合质量要求的喷涂效果。

参考文献:

- [1] 陈耀财,安贞基.沿岸及内陆风机塔筒的防腐涂料与涂装体系[J].上海涂料,2010(2):34-37.
- [2] 刘新.防腐涂装国家和行业标准规范的应用[J].现代涂料与涂装,2010(8):51-52.
- [3] 任旭.内陆地区风电塔筒外面漆涂料的设计和施工[J].电力技术,2010(Z2):112-115.

- [4] 曹泓浩.工业机器人的应用现状及发展趋势[J].科技风,2019(5):145.
- [5] 刘淑霞,王炎,徐殿国,等.爬壁机器人技术的应用[J].机器人,1999(2):148-155.
- [6] ISO 12944 色漆与清漆-防护漆体系对钢结构的腐蚀防护[S].
- [7] ISO 20340 色漆与清漆-海上平台及相关结构用防护涂料体系的性能要求[S].
- [8] NORSOK STANDARD M-501 表面处理与防护涂层[S].
- [9] NB/T 31006 海上风电钢结构防腐蚀技术标准[S].

(上接第 49 页)整个涂装车间的烘干炉节能型风幕系统应用。

3 结语

综上所述,通过创新和改进涂装车间烘干炉新型风幕系统,可以实现节能环保的涂装目标。改进后的新型风幕加热系统不仅能降低运行能耗,而且相对于高温离心风机,新风离心风机所使用的常温工作环境减少了风机的维护保养频率,延长了其使用寿命。此外,通过旁通管路可以有效控制入口气封段的温度,减少烘干炉热气的外溢量。因此,这些改进措施将使烘干炉的投资成本和运行成本达到最优状态,为同行业在设计涂装车间烘干炉风幕系统时提供了重要的参考

依据。

参考文献:

- [1] 邢汶平,葛菲.汽车水性单涂层实色漆涂装工艺技术探讨[J].涂料工业,2015(7):75-79.
- [2] 张冬梅.基于 PLC 的喷涂烘干流水线的温度控制与实现[D].沈阳:东北大学,2011.
- [3] 温雪媛.基于现场总线的燃气烘炉控制系统开发[D].长春:吉林大学,2011.
- [4] 范巧变,康惠春,周存堂,等.柴油机油漆烘干室风幕系统的研究应用[J].现代涂料与涂装,2010(5):64-65.