

汽车涂装喷房高循环比废气 RTO 焚烧技术的应用

尚龙飞, 黄 鹏, 曹家鑫, 窦德玉, 王炳楠, 孙 宇, 刘天成, 李国民
(中国汽车工业工程有限公司, 天津 300113)

摘要: 介绍了一种全新的喷房废气净化方案, 包括工艺流程、设备组成、调试优化等部分, 该方案废气净化效率高, 满足最严格的排放标准。

关键词: 汽车涂装; 干式喷房; 高循环比; 废气处理; 蓄热式热力焚烧炉

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)04-0031-03

Application on High Cycle Ratio Waste Gas Incineration RTO Technology of Spray Booth in Automobile Painting Shop

SHANG Long-fei, HUANG Peng, CAO Jia-xin, DOU De-yu, WANG Bing-nan,
SUN Yu, LIU Tian-cheng, LI Guo-min
(China Automobile Industry Engineering Co., Ltd., Tianjin 300113, China)

Abstract: The article introduces a new spray booth waste gas purification program, including process flow, equipment composition, and debugging and optimization. This program has high exhaust gas purification efficiency and satisfies the most stringent emission standards.

Key words: automotive painting; dry spray booth; high cycle ratio; waste gas treatment; RTO

0 引言

随着经济的发展和社会的进步, 人们对于汽车的需求量越来越高, 汽车行业也处于不断蓬勃发展之中, 抓住机遇, 在全国各地建设整车项目。作为汽车四大制造工艺的涂装车间, 每年由于喷涂排放的 VOC 总量也越来越多, 对环境污染、空气质量的关注度越来越高。与此同时, 国家也出台了一系列环保法规, 限制污染物的排放, 排放标准也越来越严格。

涂装车间作为汽车行业最大的废气产生源头, 其废气主要来源于喷漆室、流平室和烘干室。烘干室的废气一般情况下都是经过焚烧炉焚烧, 符合排放标准后排放; 喷漆室的废气, 由于其风量大、浓度低的特点, 直接采用焚烧炉焚烧的话, 投资成本太大, 因此如何制定出更加合理、高效、节能的废气处理方案, 是非常有价

值的。

1 汽车涂装车间废气减排现状

涂装车间是汽车厂产生 VOC 最多的车间, 主要通过以下两方面进行减排, 第一是从废气产生源头进行控制, 减少源头废气产生量; 第二是对废气进行处理后再进行排放。

1.1 废气处理方式

喷房废气中的 VOC 处理方式主要有两种, 一种是通过高温焚烧, 将 VOC 转化为 CO₂ 和 H₂O; 高温焚烧的原理: 当 VOC 在 760~800 °C 的高温环境下停留时间超过 1 s, 可视为完全燃烧分解^[1]。废气焚烧处理设备主要是 TNV/TAR(回收式热力焚烧炉)和 RTO(蓄热式热力焚烧炉)两种方式; 另外一种是吸附回收法, 主要有转轮吸附法和活性炭吸附法等。

1.2 源头减少 VOC 排放

可以通过采用低 VOC 的涂料, 从源头减少 VOC 排放, 另外可以通过提高机器人的上漆率, 来减少涂料的使用。汽车喷涂工艺也在不断优化之中, 从最初的 3C2B 工艺不断更新发展, 逐渐出现 3C1B 工艺、B1B2

收稿日期: 2023-03-23

作者简介: 尚龙飞(1994—), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事汽车涂装烘干及废气处理工作。E-mail: shanglongfei@chinaaie.com.cn。

工艺,其中水性 B1B2 工艺取消了中涂,涂料用量、投资、设备运行能耗等都大幅降低。

1.3 喷房废气常用净化方案

常规喷房废气主要有以下特点:废气风量较大,温度和浓度较低(风量一般大于 10 万 Nm^3/h ,浓度一般低于 $300 \text{ mg}/\text{m}^3$),如果直接采用焚烧处理的话,设备投资较大,通常的做法是采用浓缩转轮+RTO 或浓缩转轮+TNV 焚烧处理后排放。

2 高循环比废气 RTO 焚烧技术在废气治理中的应用

某汽车厂新建生产基地率先采用高循环比喷房废气焚烧 RTO 技术,高循环比的喷房废气直接排到 RTO 进行焚烧处理,不需要浓缩转轮。喷涂工艺采用了最新的水性 B1B2 工艺,水性色漆和双组分溶剂型清漆工艺,无中涂,从源头减少 VOC 排放。喷房采用新型纸盒干式喷房,提高喷房的循环比,高浓度的废气直接进入三室 RTO 进行焚烧处理,满足最严格的 VOC 排放指标要求。

2.1 工艺流程

高循环比废气 RTO 焚烧系统主要由过滤箱、废气风机、焚烧 RTO、气水换热器、烟囱等组成,具体工艺流程见图 1。干式喷房采用高循环比模式,喷房废气和色漆热闪干废气混合后,经过过滤箱过滤,送到三室 RTO 进行焚烧处理,焚烧之后的干净废气经过余热回收换热器后进行排放。

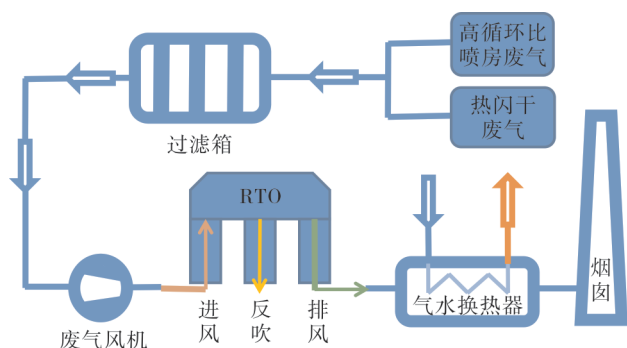


图 1 高循环比废气 RTO 焚烧技术方案原理

2.2 高循环比干式喷房

常规干式喷房空调采用循环风系统,将喷房的排风净化之后,对 80%~90%排风进行循环利用,大幅降低能耗消耗^[2]。高循环比喷房使用最新的纸盒干式喷房,采用双线运行形式,生产节拍为 60 JPH,循环比高达 93%,废气总量减少,废气浓度大幅提高,废气 VOC 浓度在 $0\sim 1\ 600 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ 之间,废气来源见表 1。双线总废气量为 $121\ 275 \text{ Nm}^3/\text{h}$,混合废气温度约为 $37\text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度 $<65\%$ 。

表 1 高循环比废气来源

项目	风量/ $(\text{Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	温度/ $^\circ\text{C}$
色漆 1 线	23 000	25
清漆 1 线	25 000	25
闪干 1 线	13 000	80
色漆 2 线	23 000	25
清漆 2 线	25 000	25
闪干 2 线	13 000	80

2.3 三室 RTO

蓄热式焚烧炉(RTO)是一种高效的有机废气处理设备,主要是由燃烧室、蓄热室、切换阀、反吹风管、废气风机、燃烧器等部分组成。燃烧室内氧化分解产生的高温气体流经蓄热体时进行蓄热,在下个动作进气时,利用蓄热体中的热量给进气进行预热,按此循环连续工作,所以 RTO 一般具有很高的热效率,在涂装行业广泛应用。

由于二室 RTO 没有吹扫工序,当进气切换成排气的时候,部分蓄热体内部残留的 VOC 没有经过处理直接排放,所以二室 RTO 处理效率偏低。三室 RTO 存在吹扫工序,吹扫是将上一循环进气后的蓄热体吹扫干净后再进行排放,具有很高的 VOC 去除效率。

高循环比焚烧 RTO 技术采用三室 RTO 对喷房废气进行焚烧处理,切换阀采用最新的提升阀结构,在高温高压的环境下密封性仍然很高,大大减少了 VOC 从提升阀处的泄露量,废气处理效率在高浓度时可达 99% 以上,满足最严格的废气排放标准,热效率在 95% 以上,能源消耗少。

采用 3 台 $61\ 000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 废气量的三室 RTO,既可以在低循环比模式下处理喷房废气,又可以在高循环比模式下处理喷房废气。

2.4 高循环比废气 RTO 焚烧系统调试及优化

2.4.1 RTO 均分风量

喷房废气和 3 台 RTO 的布置如图 2 所示,两条喷漆线的废气混合后,通过风阀切换控制,分别送向两台 RTO 焚烧(2 用 1 备);由于废气总管距离 RTO1 的距离比其他两个近,废气流向每台 RTO 的路程不一样,沿程损失不一样,这样就会出现每台 RTO 风量分配不均的问题。为了保证废气流向每台 RTO 的风量基本相同,风机需要变频控制,根据沿程损失大小,需要保证风机 3 频率 > 风机 2 频率 > 风机 1 频率。

采用变频风机,其前端安装有压力变送器,通过控制风机入口的负压值来控制风机频率。另外,涂装喷漆系统存在单独开一条喷漆线的时候,此时 RTO 只需要

开一台便能满足生产需求。综上所述,总共存在 6 种工况,当喷漆单线生产时,单独开 RTO1、RTO2 或 RTO3,当喷漆双线生产时,开 RTO1 和 RTO2、RTO1 和 RTO3、RTO2 和 RTO3,需保证每种工况下排向每台 RTO 的风量相同。

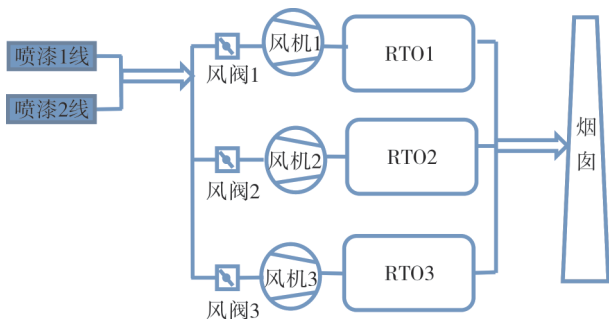


图2 高循环比废气 RTO 焚烧技术流程

通过改变风机前端的负压值,测量 6 种工况下排向每台 RTO 的风量,经过调试对比分析,调试出符合要求的压力变送器设定值。

2.4.2 提高 RTO 吹扫能力

采用的三室 RTO 原理如图 3 所示,废气风机靠入口的压力变送器变频控制,废气风机前有新风阀和废气阀对不同模式进行切换。当设备开机时,新风阀打开,从新风口补充新风升温,当 RTO 升温到位后,废气阀打开,新风阀关闭,系统进入废气模式。

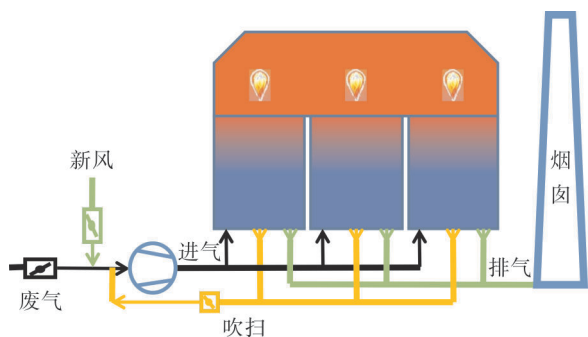


图3 三室 RTO 流程

进气和排气采用 6 个提升阀控制,每个蓄热室都有 1 个进气提升阀、1 个排气提升阀和 1 个吹扫风阀组成,此三室 RTO 吹扫是利用废气风机入口前的负压,炉膛内部采用正压设计,吹扫时,废气风机把蓄热体内的废气通过吹扫风管抽到废气风机前端,重新进行处理,保证下个循环排放干净。

调试初期,吹扫风阀采用半开的形式,风机前端的压力变送器设定值为-100 Pa,在此情况下,测量发现 RTO 处理结果不能达到理想的效果;通过测试吹扫风

管的风速,计算出此时吹扫风量低于蓄热室的容积,不能完全吹扫干净。与此同时,将吹扫风阀开到全开的状态,逐次提高反吹阀前的负压,依次测量-100~-1 000 Pa 的反吹风量,测量发现,当压力变送器设置为-400 Pa 及以下时,反吹风量能够满足要求,RTO 处理效果在高浓度时能够达到 99%以上。废气风阀采用气动调节风阀,当把风机入口负压往小设定,同时将废气调节风阀关小,可给吹扫提供更大的抽力,并保证喷漆系统总的废气量不变,使风机的能力充分发挥出来,大大提高了反吹风量,改善了反吹效果,RTO 处理效果更好。

2.4.3 调试结果及分析

经过 RTO 均分风量和提高 RTO 吹扫能力的调试,当 RTO1、RTO2、RTO3 的压力变送器设定值分别为-400 Pa、-480 Pa、-900 Pa 时,6 种工况下分配到每台 RTO 的风量相同,并且吹扫风量要大于蓄热室的体积,能够保证反吹效果。

在此调试参数下,测得 RTO 入口废气浓度为 450 mg/m³左右,经过 RTO 焚烧处理后,测得 RTO 出口废气浓度在 4 mg/m³以下,处理效率在 99%以上,满足最严格的排放标准。

2.4.4 高循环比废气 RTO 焚烧技术特点

1)较转轮+RTO 系统,一次投资不变,排放总量降低 80%左右,单车运行成本降低 20%。

2)常规浓缩转轮的废气净化效率一般为 90%左右,浓缩之后的废气经过焚烧处理达到排放要求后排放;而高循环比废气焚烧 RTO 直接对废气进行焚烧处理,采用处理效率最高的三室 RTO,整体废气处理效率高达 99%,满足最严格的排放标准。

3)浓缩转轮系统对废气的洁净度、废气温湿度和过滤器的密封性要求极高,控制进气的温度低于 40℃,相对湿度<80%^[3],否则将大大降低转轮的处理效率和使用寿命,维护成本较高。相比而言,高循环比焚烧 RTO 对废气没有特殊要求,设备运行稳定,维护成本很低。

4)规划采用 3 台 RTO,两用一备,高循环比工况采用 2 台 RTO 处理,低循环比工况采用 3 台 RTO 处理。

5)干式喷漆房循环比提高之后,对循环风的利用率提高,空调能耗大大降低。

2.4.5 高循环比废气 RTO 焚烧技术运行成本能耗分析

高循环比废气 RTO 焚烧技术主要的能耗为燃气、电能、压缩空气,消耗品为袋式过滤器。

1)RTO 运行燃气最大流量为 120 m³/h,RTO 开机至 800℃升温到位所用时间为 1.5 h,RTO 系统正常生产过程中燃气耗量为最大耗量的 60%左右。

2)电能的消耗主要来自于废气风(下转第 49 页)