

节能方案在外饰件喷涂线上的规划应用

刘晓亮, 王建凯, 马力, 代继东, 董方明

(中国汽车工业工程有限公司, 天津 300113)

摘要: 以某外饰件喷涂线为例, 总结其应用的典型节能方案。纸盒漆雾处理技术的应用, 替代了废水等处理难题。废气排放浓度的合理规划, 使其能够自热燃烧。RTO 余热的回收技术的利用, 节约了新风空调燃烧消耗。洁净排风的综合应用, 降低了对新风的需求。控制制冷节能的策略, 减少了冬季的电能消耗。工业保温技术, 减少了热量的损耗。以上总结的部分节能方案, 可作为其他类似项目参考, 但具体规划中应因地制宜, 选择合适的方案。

关键词: 节能方案; 外饰件; 喷涂线

中图分类号: TQ639

文献标志码: A

文章编号: 1007-9548(2024)02-0033-04

Planning and Application of Energy Saving Scheme in the Spraying Line of Automotive Exterior Parts

LIU Xiao-liang, WANG Jian-kai, MA Li, DAI Ji-dong, DONG Fang-ming

(China Automotive Industry Engineering Co., Ltd., Tianjin 300113, China)

Abstract: Taking the spraying line of an exterior decoration part as an example, the typical energy saving schemes of its application were summarized. The application of paper box paint mist treatment technology has replaced wastewater treatment problems. Reasonable planning of exhaust gas emission concentration is to enable self heating combustion. The utilization of RTO waste heat recovery technology has saved the combustion consumption of fresh air conditioners. The comprehensive application of clean exhaust reduces the demand for fresh air. The strategy of controlling refrigeration energy saving reduces the electricity consumption in winter. Industrial insulation technology reduces heat loss. Some of the energy saving schemes summarized above can be used as reference for other similar projects, but the specific planning should be adapted to local conditions and the appropriate scheme should be selected.

Key words: energy saving scheme; automotive exterior parts; spraying line

0 引言

外饰件作为汽车组成的重要部分, 主要包括前后保险杠、门槛、尾门等零件, 通常采用工程塑料, 对汽车整车既可以起到装饰作用, 又可以在事故发生时起到缓冲和保护车体的作用。近年来, 伴随着我国汽车产业的蓬勃发展, 外饰件生产线也在逐年扩张, 为了更好地落实“碳达峰、碳中和”的目标, 同时节约生产线运营成

本, 如何更好地节约能源、提高能源利用率是规划设计阶段必须考虑的问题。本文以某外饰件喷涂线为例, 对其应用的各项节能技术进行归纳总结。

1 工艺描述

某项目规划年产能 120 万套、节拍 65 JPH 塑料件的涂装生产线, 用于配套汽车主机厂的保险杠、门槛条等外饰件, 工件双边装挂, 单车喷涂面积为 6 m²。

前处理包括水洗自动喷淋、吹干、水分烘干和强冷。涂装线采用 3C3B 工艺, 100% 机器人喷涂方式, 不设置人工喷涂工位, 具体包含中涂、底漆和色漆喷涂及其对应的烘干强冷。另外配套还有上下件、抛光检查等工位。

收稿日期: 2023-05-06

作者简介: 刘晓亮(1982—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事汽车涂装车间非标设备的设计、研发工作以及涂装总承包项目的管理工作。E-mail: lxl.tzs@scivic.com.cn。

生产线为整体3层布置,车间一层主要布置上下件、前处理及干式漆雾处理设备,二层布置喷漆室、流平室等设备,三层布置烘干及空调设备。

2 纸盒式漆雾捕捉技术

本项目采用中汽工程拥有自主专利技术的纸盒漆雾捕捉结构^[1],如图1所示。干式喷房过滤器整体采用双侧布置,每个干式过滤单元将纸盒过滤器与袋式过滤器组合安装在一起,整体移动,能够实现将过滤器作为整体经由过滤单元上的箱体上的进出口水平移动进出箱体以实现更换或安装,方便维护与更换。

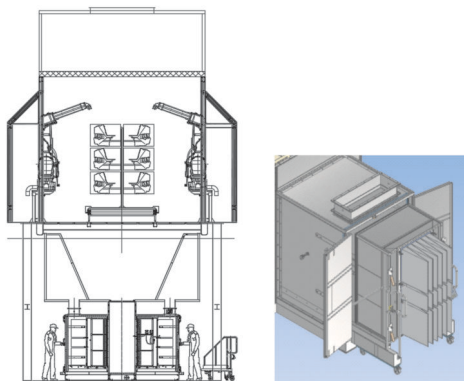


图1 干式喷房及过滤单元结构

干式纸盒结构与湿式文丘里系统相比主要是减少

工业水的消耗及废水的产生^[2],综合运行成本约减少30%。与石灰粉系统相比,其减少了压缩空气的消耗,污染物的处理成本也较低,综合运行成本减少10%~15%。

3 废气焚烧节能设计

本项目的规划喷漆室及烘干室的废气均直接进入废气焚烧炉处理(RTO),有机废气处理方案如图2所示。根据热着火机理,反应混合物(可燃物+氧化剂)在外部能源条件下利用自加热的方式达到一定温度后,混合体系反应产生的热量大于环境散热,从而使混合物温度进一步升高,如此循环直至燃烧。因此,若要实现对外部能源的节约,可以通过提高混合物的自加热能力。结合应用经验,喷涂线废气在进入RTO前的浓度达到2.0 g/Nm³左右时可进入自热模式,此时燃气平均耗量几乎为零或小于5 m³/h,使RTO在低能耗的情况下运行。

因此,合理的规划喷漆室循环风方案及烘干排风量是保证废气进入RTO浓度的关键,在设计之前,首先要计算出喷涂线VOC的产生量。根据工件喷涂要求、油漆及机器人厂家提供的信息,可以总结得到表1的基本应用数据。

通过上述数据计算,可以得出每小时油漆耗量及溶剂产生量,如表2所列。

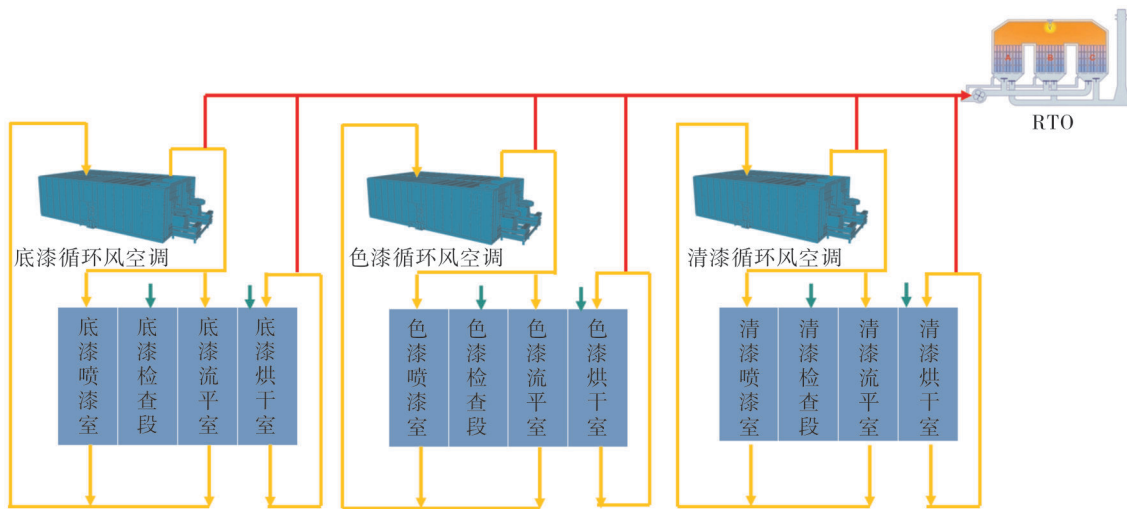


图2 有机废气处理方案

根据HJ 1097《污染源源强核算技术指南 汽车制造》附录E中关于汽车制造部分生产工序物流衡算系数的描述,按照水性漆喷漆室挥发70%、热流平挥发15%、烘干挥发15%,溶剂型喷漆室挥发65%、热流平挥发15%、烘干挥发20%的比例进行计算,同时结合项目的一些实际要求,可以得到喷漆室烘干室废气风

量及废气浓度,如表3所列。

通过进一步计算可以得出喷漆与烘干混合后的废气浓度为1.9 g/Nm³。在规划出满足去RTO自热燃烧的废气浓度后,还需要进一步复核喷漆室内所喷溶剂浓度低于燃烧极限下限值的25%,以及合理设计值排气塔满足《大气污染物综合排放标准值》中关于排放浓

度及二甲苯、甲苯、非甲烷总烃排放速率的规定。

表 1 基本应用数据

项目	中涂	色漆	清漆
固体分含量/%	38	25	45
溶剂含量/%	15	14	55
干膜密度/($\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	1.1	1.1	1.1
膜厚/ μm	15	25	30
上漆率/%	40	55	65

表 2 单位时间溶剂产生量

项目	中涂	色漆	清漆
固组分量/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	6.48	10.81	12.97
油漆消耗量/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	42.66	78.60	44.34
溶剂产生量/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	6.40	11.00	34.39

表 3 各室体排废气量及浓度

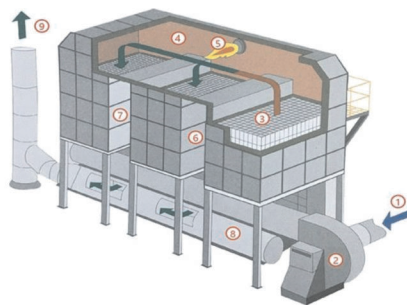
项目	中涂		色漆		清漆	
	喷漆室	烘干	喷漆室	烘干	喷漆室	烘干
室内溶剂挥发比例/%	85	15	85	15	80	20
溶剂挥发量/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	5.40	0.96	9.28	1.65	19.36	4.88
废气风量/($\text{Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$)	2 300	1 500	3 600	2 600	8 300	4 000
废气浓度/($\text{g}\cdot\text{Nm}^{-3}$)	2.35	0.64	2.58	0.63	2.33	1.22

4 RTO 余热回收利用

本项目采用三塔式 RTO, 结构如 3 所示, 其功能是将喷漆及烘干排出的有机废气加热至约 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, 使其中的 VOC 在高温下氧化分解, 生产水和二氧化碳。其主要由蓄热室、燃烧室和气流切换阀构成。在运行操作过程, 单个蓄热室在进气、清扫、排气 3 种状态之间反复切换, 一个循环后, VOC 始终进入到上一循环时排出净化气的蓄热室, 而原来进入 VOC 的蓄热室则用净化气或空气清扫。

经过 RTO 设备焚烧后的烟气温度大约为 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。结合项目的实际用热需求, 设计 RTO 排风热回收装置用于新风空调预加热, 通过热交换水方式, RTO 热回收端系统检测到水流量达到 2 t/h 时, 烟气方可进入换热器, 通过控制烟气侧阀门, 确保出水温度不超过 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。RTO 系统关闭时, 应将换热器进出口风阀自动关闭。在空调热量使用段水泵工频运行, 水泵的启停由

空调控制柜控制, 阀组三通合流阀, 其开度调节根据空调出风温度自行控制。可以回收热量 110 kW 左右, 以达到减少空调燃烧器一次加热燃气消耗量的目的。



①废气进口, ②风机, ③陶瓷蓄热体, ④炉衬、保温, ⑤燃烧器, ⑥室体一, ⑦室体二, ⑧风管, ⑨排放烟囱

图 3 三塔式 RTO 结构

5 洁净排风回用规划

从全局视角规划系统的送排风, 分析不同区域送风的要求和排风的可利用性, 将能够匹配的区域进行串联, 达到送排风系统的综合节能。

5.1 火焰处理室利用洁净室排风

为提高工件喷漆后涂膜的附着力, 在火焰处理室采用机器人利用 $1\ 000\sim 2\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温火焰对工件表面进行处理^[9]。在火焰的氧化降解作用下, 工件表面的碳链降解并生成活性基团, 从而达到材料表面改性和活化的目的。根据此应用场景, 火焰处理室的送风温度范围在 $(23\pm 3)\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 $(65\pm 10)\%$ 。而洁净室的新风来自于喷漆室空调, 其常年稳定送风温度为 $(23\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 $(65\pm 5)\%$, 通过洁净室后的排风温升为 $2\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 湿度变化不大, 因此可以通过过滤加表冷后回用火焰处理段。火焰处理室利用洁净室的排风对比直接利用新风, 在本项目上预计可节约 150 kW 冷量。

5.2 新风空调混用水洗强冷排风

本项目设计了水洗强冷排风至新风空调的接口。水洗强冷排气风管设计电动风阀, 排风可以排出室外或者送至新风空调。新风空调入口安装电动三通风阀, 进风管分别来自室外新风以及对接水洗强冷排气。新风空调新风入口后安装温控开关, 通过温控开关设定温度来控制强冷排气及新风空调入口三通风阀开度。同时新风空调入口后的温控开关可在触摸屏上屏蔽。通过此项设计增加了系统的柔性及能量的利用率。

6 制冷节能方案

6.1 冰水机制冷方案

对于干式喷漆室的冰水机, 本项目设计了冬季免费制冷的方案, 即冬季无需打开冰水机, 冷冻水通过冷却塔进行散热, 此方案适用于冬季环境温度低于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

的情况。冰水机依据外界空气湿球温度自动切换,并且切换温度在人机界面可调整,同时需有互锁功能,当免费制冷投入使用后,冰水机不再自动启动。同时本项目还在空调的阀组上预留接口,考虑了后续热水回用到新风空调的可能性。

6.2 强冷空调制冷方案

强冷空调采用3种模式进行制冷,循环风水冷模式主要用于夏季,室外温度35℃以上,强冷区采用100%循环风,通过制冷盘管控制温度。全新风水冷模式主要用于春秋季节,室外温度5~20℃,强冷区采用100%新风,通过制冷盘管控制温度。新风循环风混合的风冷模式主要用于冬季,室外温度20℃以下,强冷区引入室外新风与室内循环风混合制冷控制温度,此时制冷盘管完全关闭。

7 设备保温隔热措施

对于喷涂线,能量的需要端在喷房和烘房,能量的中转端在空调、加热箱及表冷空调等,能量的供给端在公用设备,它们之间主要通过风与水等流体进行能量的传送。为了避免能量在这3个层面的损失,通常在设备上或者工业管道上覆盖导热系数低的隔热材料,用来减少热量的损失。本项目除了常规烘房及风管、冷热

水管道等进行保温外,额外增加了均压室和干式过滤风腔的橡塑保温,同时为了更好地减少喷漆室循环风的热损失,还将流平室更换为夹芯板结构。通过良好的保温隔热措施,减少设备运行过程中的非正常损失。

8 结语

根据实际运行的统计分析,涂装线能耗占比较高,节能技术的综合应用不仅可以减少业主方的运行费用,降低单工件生产成本,更是对国家节能减排政策的有效落地。本文仅总结部分典型外饰件喷涂线的节能方案,实际的节能措施要远多于文中的方案。而且项目实施地点的变化、外界可以利用资源的不同,都会影响方案的选择和综合应用,因此在规划设计阶段要因地制宜、因项目施策,确保节能方案全面高效。

参考文献:

- [1] 代继东,马郡.一种干式喷房过滤器:CN216677482U[P].2022-06-07.
- [2] 徐小博.保险杠喷涂主要废弃物漆渣、废水、废气的处理探讨[J].汽车实用技术,2020(2):182-184.
- [3] 毋莹,肖忠来.20万套汽车内、外饰件涂装生产线的设计[J].汽车工艺与材料,2008(12):15-18.

(上接第29页)样板试验完全通过的情况下,在产品上的试验仍可能存在漆膜脱落问题,造成油液污染、管路卡阻,严重情况下需对整机进行拆卸。整机装配后空负荷运行2h后拆开粗滤器观察,发现无漆渣。拆解变速箱、变矩器、箱体,拆解发现均无漆面脱落现象。

表3 水性耐油底漆涂装检测结果

项目	A	B	C	D	E
漆膜厚度/ μm	45	47	58	66	45
附着力/级	1	1	1	1	1

3.7 效果确认

为确认水性耐油底漆性能效果,进行批量试验,涂装线共喷涂箱体169件,并跟踪记录。涂装过程中未出现流挂及闪锈问题,装机过程无异常反馈,同时对附着力及漆面厚度检测符合标准,通过对最长机械运行时间3000h机械检测反馈,未发现异常,本次水性耐油底漆的开发和应用成功。

4 结语

通过对大型结构件的进行水性耐油底漆的样本试验、工件试验、批量试验,结果满足涂装的漆面各项性能,试验效果达到了用水性耐油底漆替代普通底漆的

目的,并对水性耐油底漆进行VOC含量检测,结果为165g/L,低于标准要求的250g/L,满足环保排放标准要求。目前公司已切换水性耐油底漆,解决了涂料无法满足环保标准要求的问题,使企业正常运转,同时为水性漆的应用积累了经验。

参考文献:

- [1] 左慧明,刘明,张汉青,等.双组分水性环氧涂料中防闪锈性的研究[J].涂层与防护,2020(11):26-30.
- [2] 陈森,刘文杰.基于水性环氧酯的车架用防腐涂料的制备及性能研究[J].广州化工,2020(23):30-33.
- [3] 覃永刚.水性漆在汽车零部件涂装中的应用研究[J].内燃机与配件,2018(18):221-222.
- [4] 严仓锋.水性漆在汽车零部件涂装中的应用研究[J].现代涂料与涂装,2016(9):22-24.
- [5] 宋纬.水性漆喷涂系统在我国汽车涂装中的实际应用[J].中国高新技术企业,2013(11):55-56.

