

不同生产模式 VOC 系统能源管理模型探索

谢 风, 代民富, 刘君臣, 李吉政, 曾动熙, 李双文

(重庆长安汽车股份有限公司, 重庆 401133)

摘要: 对整车涂装车间不同生产节拍下废气治理系统的能源管理模型进行探索, 结合某涂装生产车间实际案例, 对 VOC 系统节能降耗方法进行分析, 对整车涂装车间节能降耗具有参考意义。

关键词: VOC 系统; 能耗; 模型

中图分类号: TQ639

文献标志码: B

文章编号: 1007-9548(2024)10-0049-04

Exploration of Energy Management Models of VOC Systems under Different Production Modes

XIE Feng, DAI Min-fu, LIU Jun-chen, LI Ji-zheng, ZENG Dong-xi, LI Shuang-wen

(Chongqing Changan Automobile Co., Ltd., Chongqing 401133, China)

Abstract: This paper explores the energy management model of the exhaust gas treatment system under different production beats of the vehicle painting workshop, combined with the actual case of a painting workshop, and analyzes the energy-saving and consumption-reducing methods of the VOC system, which has reference significance for the energy saving and consumption reduction of the vehicle painting workshop.

Key words: VOC systems; energy consumption; model

0 引言

党的十八大以来, 坚持不懈推动绿色低碳发展, 建立健全绿色低碳循环发展经济体系、促进经济社会发展全面绿色化转型, 加快形成绿色低碳的生产方式和生活方式; 深入践行绿水青山就是金山银山的理念, 协同推进降碳、减污、扩绿、增长, 加快推动建设人与自然和谐共生的现代化。各汽车企业不断向“新能源”转型, 全面开展技术向新、质效提升, 坚定践行节能环保的发展理念, 积极履行社会责任。

汽车整车制造工厂涂装车间是能耗大户, 而涂装车间单车电的耗量占总能耗约 66%, 如图 1 所示。随着喷漆室废气治理系统的应用, 其 VOC 系统无论电耗还是天然气耗量均占较大比重, 如图 2 所示。

整车工厂为满足用户的个性化定制需求, 统筹工厂的制造成本, 生产节拍会进行适应性

调整, VOC 系统处理废气中的 VOC 浓度随生产节拍变化存在差异, 导致 VOC 系统运行存在能源浪费的情况。本文基于实际案例, 简要介绍涂装车间 JPH 在 60、55、50、45、40 及 30 之间波动, 在面漆单线、双线不同生产模式下, 如何采用系统方法对 VOC 系统的运行过程分析, 提高 VOC 系统运行效率, 降低 VOC 系统运行能耗。

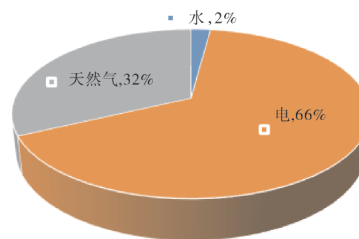


图 1 涂装车间单车能耗分布

收稿日期: 2024-08-29

作者简介: 谢风(1984—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车生产及运营管理工作。E-mail: xief@changan.com.cn。

1 VOC 治理系统工艺原理

喷漆室废气、漆渣间和调漆贮漆间等原始废气被引入 VOC 处理系统; 原始低浓度废气进入沸石转轮浓

缩系统的吸附区进行吸附处理，经沸石转轮浓缩系统吸附区后得到洁净气体（可称为吸附后洁净气体）；小部分用于脱附的原始废气（可称为脱附废气）经预热后，进入沸石转轮浓缩系统高温脱附区域，将吸附在沸石表面的 VOC 脱附出来，形成高浓度废气（可称为燃烧废气），通过风机直接送入废气焚烧系统进行高温焚烧处理；经焚烧炉燃烧后得到的洁净气体与沸石转轮浓缩系统吸附后得到的洁净气体经混合风道混合后从烟囱排放（如图 3 所示）。

2 不同生产模式下 VOC 系统运行能耗及维护成本的探索

本案例生产线生产节拍为 60 JPH，水性 3C2B 工艺，一条中涂线，两条面漆线。VOC 系统共设计 5 台转轮配 1 套 TNV（直燃焚烧+余热回收）脱附系统，每套转轮的风量 190 793 Nm³/h，转轮初始设计净化效率为 95%；浓缩倍率设计 25 倍，共处理风量为 953 965 Nm³/h，根据车间生产实际情况，喷涂线存在 3 种生产模式，如表 1 所列。

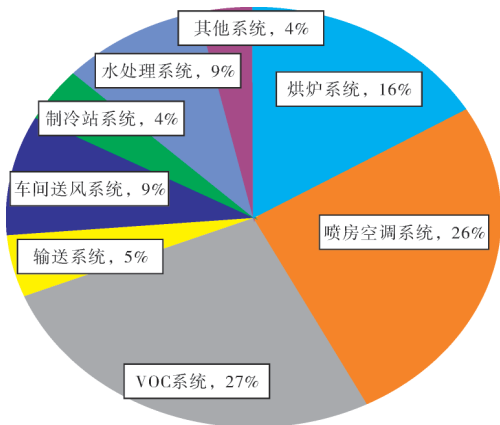


图 2 涂装车间各设备系统电耗占比

表 1 喷漆线 3 种生产模式

生产模式	备注
1 条中涂+2 条面漆	正常生产
1 条中涂+1 条面漆	单线生产
2 条面漆	收线生产

转轮设计处理效率 90%，浓缩比 1:25，LEL 浓度检测报警值为 16 g/m³，为确保 VOC 系统稳定运行，需采用 VOC 浓度检测仪和风速仪分别对不同生产模式时 VOC 含量及风速进行测量并计算，确定 TNV 风机和解附风机的运行频率，如表 2 所列。

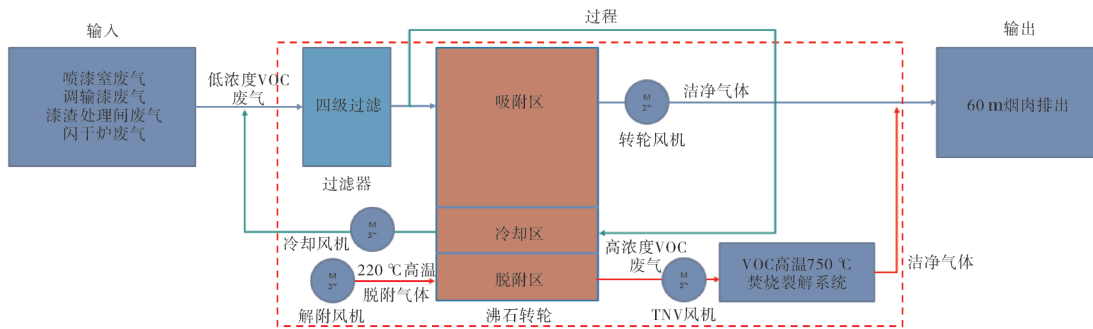


图 3 VOC 治理系统工艺原理示意

表 2 不同生产模式下，TNV 风机、解附风机运行频率

生产模式	废气处理量/ (m ³ ·h ⁻¹)	解附风机额定风量/ (m ³ ·h ⁻¹)	TNV 风机额定风量/ (m ³ ·h ⁻¹)	需求解附风量/ (m ³ ·h ⁻¹)	解附风机运行频率/ Hz	TNV 风机运行频率/ Hz
模式 1	447 800	252 00	272 00	179 12	36	33
模式 2	318 800	252 00	272 00	136 00	27	25
模式 3	363 500	252 00	272 00	145 40	29	27

风机长时间稳定频率不低于 25 Hz，VOC 系统在 3 种生产模式下 6 种运行组合。每种组合的处理风量、开启转轮情况及风机的运行频率如表 3~5 所列，并计算不同组合模式下运行的能耗。

转轮风机在模式一的运行组合一（运行 4 台转轮）和运行组合二（运行 3 台转轮）情况下，间隔 10 min 记

录一次风机运时功率，每一种状态收集多组数据，对收集的数据进行分析，如图 4 所示，最终可对比两个组合方式转轮风机的能耗。根据图 4 分析结果，组合一转轮风机运行的小时能耗为 312.4 kW·h，组合二转轮风机运行的小时能耗为 539.4 kW·h，可知生产模式一下，组合二相对于组合一转轮运行小时能耗多 227 kW·h。

表3 生产模式一—转轮开机模式

序号	项目		生产模式一				
			组合一			组合二	
			系统	位置	额定风量/(m ³ ·h ⁻¹)	风量/(m ³ ·h ⁻¹)	频率/Hz
1	1#转轮系统	主排气风机	190 793	107 472	28	143 296	38
2	1#转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36	8 000	36
3	2#转轮系统	主排气风机	190 793	107 472	28	143 296	38
4	2#转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36	8 000	36
5	3#转轮系统	主排气风机	190 793	107 472	28	143 296	38
6	3#转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36	8 000	36
7	4#转轮系统	主排气风机	190 793	107 472	28		
8	4#转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36		
9	5#转轮系统	主排气风机	190 793				
10	5#转轮系统	冷却风机	11 106				
			2 条面漆线+1 条中涂线			2 条面漆线+1 条中涂线	

注:废气排放量 447 8000 m³/h;解附需求风量 17 9120 m³/h;转轮处理废气量 4 298 880 m³/h。

表4 生产模式二—转轮开机模式

序号	项目		生产模式二				
			组合三			组合四	
			系统	位置	额定风量/(m ³ ·h ⁻¹)	风量/(m ³ ·h ⁻¹)	频率/Hz
1	1#转轮系统	主排气风机	190 793	101 733	27	152 600	40
2	1#转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36	8 000	36
3	2#转轮系统	主排气风机	190 793	101 733	27	152 600	40
4	2#转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36	8 000	36
5	3#转轮系统	主排气风机	190 793	101 733	27		
6	3#转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36		
7	4#转轮系统	主排气风机	190 793				
8	4#转轮系统	冷却风机	11 106				
9	5#转轮系统	主排气风机	190 793				
10	5#转轮系统	冷却风机	11 106				
			1 条面漆线+1 条中涂线			1 条面漆线+1 条中涂线	

注:废气排放量 318 800 m³/h;解附需求风量 13 600 m³/h;转轮处理废气量 305 200 m³/h。

同样的方法,可得到生产模式二下组合四(运行 2 台转轮)比组合三(运行 3 台转轮)小时能耗多 196.9 kW·h。生产模式三下组合六(运行 2 台转轮)比组合五(运行 3 台转轮)小时能耗多 294.5 kW·h。因不同运行组合下开启在转轮数量不一致,在分析能耗的基础上,还需要充分考虑转轮的维护成本。主要影响因素为过滤器更换频次、更换数量,人工成本及危废处理成本,本案例每台转轮每天维护成本接近 2 000 元。根据转轮系统运行能耗成本及转轮维护成本可分析得到能耗差与维护成本差的平衡运行时间,如表 6 所列。

1 条中涂线+2 条面漆线生产时运行时间小于 11.46 h 时,VOC 系统选择 3 套转轮系统运行,否则选择 4 套转轮系统运行。

1 条中涂线+1 条面漆线生产时运行时间小于 13.21 h 时,VOC 系统选择 2 套转轮系统运行,否则选择 3 套转轮系统运行。

2 条面漆线生产时运行时间小于 8.83 h 时,VOC 系统选择 2 套转轮系统运行,否则选择 3 套转轮系统运行。

根据上述的分析,随着生产节拍的调整,可根据面漆前后存储区存储量及车体转运时间确定单双线生产或面漆双线的开收班时间,最终摸索 VOC 系统运行能源管理模型,如表 7 所示。由此可根据生产节拍的需求,合理安排生产线开收班时间以及 VOC 系统转轮数量,最终达成满足废气排放要求的同时,也有效降低 VOC 系统运行成本。

表 5 生产模式三转轮开机模式

序号	项目		生产模式三				
			组合五		组合六		
			系统	位置	额定风量/(m ³ ·h ⁻¹)	风量/(m ³ ·h ⁻¹)	频率/Hz
1	1# 转轮系统	主排气风机	190 793	116 320	30	174 480	46
2	1# 转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36	8 000	36
3	2# 转轮系统	主排气风机	190 793	116 320	30	174 480	46
4	2# 转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36	8 000	36
5	3# 转轮系统	主排气风机	190 793	116 320	30		
6	3# 转轮系统	冷却风机	11 106	8 000	36		
7	4# 转轮系统	主排气风机	190 793				
8	4# 转轮系统	冷却风机	11 106				
9	5# 转轮系统	主排气风机	190 793				
10	5# 转轮系统	冷却风机	11 106				

2 条面漆线

2 条面漆线

注:废气排放量 363 500 m³/h;解附需求风量 14 540 m³/h;转轮处理废气量 348 960 m³/h。

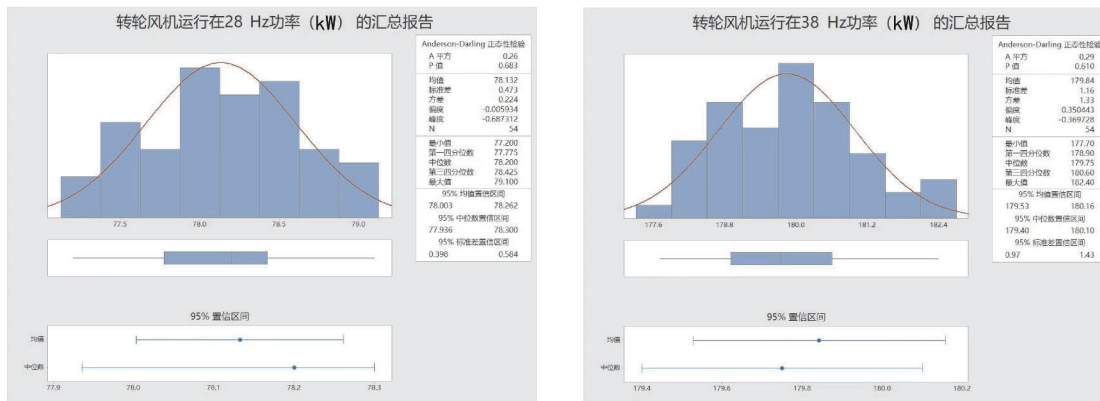


图 4 生产模式一两种组合方式运行的能耗分析

表 6 不同组合下转轮运行能耗差与维护成本差平衡时间

项目	生产模式一		生产模式二		生产模式三	
	组合一	组合二	组合三	组合四	组合五	组合六
处理风量/(万 m ³ ·h ⁻¹)	44.78	44.78	31.88	31.88	36.35	36.35
转轮运行数量	4	3	3	2	3	2
运行小时能耗/(kW·h)	312.4	539.4	222.3	419.2	290.7	585.2
单价(元·(kW·h) ⁻¹)			0.67			
能耗差/元	152.09		131.92		197.32	
转轮单日维护成本差/元	1 742		1 742		1 742	
能耗差与维护成本差平衡时间/h	11.46		13.21		8.83	

3 结语

本文结合市场需求,生产线无法实现达纲生产情况下,在不同生产节拍下,探索生产时降低 VOC 系统运行能耗的措施。总体上还不够系统和完善,后续可继续在 VOC 系统升温及降温时段、对天然气压力的稳定

性、炉膛温度设定值、解附温度设定值、TNV 风机运行频率、解附风机运行频率、转轮电机运行频率、转轮风机运行频率及 TNV 入口新鲜风风阀开度等关键因子进行充分研究,最终实现 VOC 系统运行能耗最低化。

(下转第 55 页)