

浅谈某新建 60 JPH 涂装线应用的新技术

闫世超, 甘正升, 王 明, 申 标, 黄海山, 完颜成功
(奇瑞汽车股份有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 本文聚焦国内某新建大型涂装车间的实践案例——一条设计产能为 60 JPH 涂装生产线, 结合该项目的整体规划与具体建设过程, 系统介绍其中成功应用的若干项代表行业前沿水平的技术。重点展示这些技术在实现显著节能降耗、降低运营与材料成本、提升车身涂层外观质量与耐久性以及贯彻人性化理念等方面的具体应用策略与取得的实际成效。通过剖析这一案例, 旨在为同行业涂装生产线的技术升级与高效建设提供有价值的参考。

关键词: 涂装生产线; 实践案例; 整体规划; 回收系统; 过程控制

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2026)02-0056-04

A Brief Discussion on the New Technology Application of A Newly Built 60 JPH Coating Line

YAN Shi-chao, GAN Zheng-sheng, WANG Ming, SHEN Biao, HUANG Hai-shan, WANYAN Cheng-gong
(Chery Automobile Co., Ltd., Wuhu 241000, Anhui, China)

Abstract: This article focuses on a practical case of a newly built large-scale painting workshop in China: a painting production line with a design capacity of 60 JPH. Based on the overall planning and specific construction process of the project, systematically introduce several cutting-edge technologies that have been successfully applied in the industry. The focus is on showcasing the specific application strategies and actual achievements of these technologies in achieving significant energy conservation and consumption reduction, reducing operational and material costs, improving the appearance quality and durability of vehicle coatings, and implementing humanized concepts. By analyzing this case, the aim is to provide valuable reference for the technological upgrading and efficient construction of coating production lines in the same industry.

Key words: coating production line; practical cases; overall planning; recycling system; process control

0 引言

随着技术及环保升级, 涂装新建生产线除了考虑空间利用率、物料、设备选型外, 还需要考虑新技术的应用, 以保证新建生产线不至于建成即落伍, 目前从前处理电泳工艺到喷漆、注蜡工艺有大量新工艺、新设备已经逐步推广应用, 人、机、料、法、环、测多维度提升。本文在某新建设计产能 60 JPH 涂装项目中, 围绕 S(安全)、Q(质量)、C(成本)、D(交付)、M(管理)5 个基

本面, 在总结了以往项目经验, 借鉴了更多成功项目案例的基础上, 结合项目特点, 引入了一部分新技术。

1 工艺技术方案

1.1 前处理电泳段可利用新技术

1.1.1 大流量喷淋+重力沉淀除颗粒技术

通过此技术, 前处理颗粒去除率可达到 99%。在热水洗、预脱脂及脱脂工序增加锥形沉淀槽, 通过循环液流将颗粒物汇集在锥体底部。采用间隙排放的方式排出颗粒物, 并用磁辊和常压过滤器滤除颗粒物, 滤过液再返回工艺槽使用。磁辊可以去除 90% 以上的颗粒物(铁粉理论上可完全去除), 在达到去除颗粒效果的同时还可以节省过滤袋等耗材的使用量, 有效提升车

收稿日期: 2024-05-23

作者简介: 闫世超(1988—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装规划工作。E-mail: ysc1219@163.com。

身洁净度,减少车身颗粒,提升车身品质。

1.1.2 逆流喷淋冲洗节水技术

采用逆工序喷淋补水方式,使循环液参与车身冲洗,可以增强冲洗效果,减少对后工序的污染,有效降低取水量,达到节能减排降本增效的目的。

1.1.3 无磷工艺

采用目前主流的薄膜(硅烷)处理工艺,膜厚度薄,薄膜致密,耐酸性、力学性能以及热稳定性能优良,在增加附着力、提高涂层耐腐蚀性能方面,工艺更易控制。可节约大量能源和水资源,既可降低设备成本,又能提升清洁生产水平。磷化与无磷化处理工艺对比见表 1。

表 1 磷化与无磷化成膜组成对比

项目	磷酸盐成膜	无磷化成膜
膜剖面	规则排列	无规则排列
膜构造	磷酸锌结晶	非晶态混合薄膜
膜重/(g·m ⁻²)	2~3	0.2~0.4
耐酸性	溶解	氟化氢以外全不溶解
耐碱性	溶解	不溶解

1.1.4 分布式 IGBT 供电方式

电泳工序采用分区分段阶梯电压供电方式,单独设定各个分区的电泳电压,实现零电压入槽、带电出槽的电泳效果。同时可以结合车身特点进行加压编程,保证车身电泳膜厚的均匀性和内腔的膜厚。

1.1.5 自动检测加药系统

实现槽液在线自动检测、分析和自动调整加药量;进行槽液浓度预警,控制槽液浓度准确,有效减少药品使用量;实现无人化管理,过程可监控、数据可追溯;扩展远程监控系统,通过电脑网页、手机公众号、APP 随时随地查看监控;可与 MES、ERP 系统精准对接。

1.1.6 溶剂消泡

对于预脱脂、UF1 喷淋工位,由于槽液中溶剂的原因,喷淋后会产生气泡,漂浮在槽子上方,甚至溢出槽子,给生产、维护、保洁带来一定的困扰,采用斜板槽盖+消泡喷嘴相结合方案可有效消除泡沫。

1.1.7 脱脂除油技术

集油+除油:采用副槽吸油,配合班前表面吹扫浮油,采用多级溢流复合加热破乳分离除油装置技术。前处理除油计算见表 2。

1.1.8 颗粒控制措施:硅烷后设置高压纯水洗喷淋

高压喷淋采用超高压冲洗,主要去除被硅烷膜包裹的颗粒,水泵流量 12 m³/h,压力 2.5 MPa。硅烷槽液循环除渣计算见表 3。

表 2 前处理除油计算

项目	数值	
设计条件	槽体体积/m ³	300
	车身面积/m ²	120
	生产节拍/JPH	66
	每天生产时数/h	16
	单位面积油产出量/(g·m ⁻²)	2.00
	最高允许含油浓度/(×10 ⁻⁶)	2 000
	油密度/(g·cm ⁻³)	0.89
	过车面积/(m ² ·h ⁻¹)	7 920
	产油量/(kg·h ⁻¹)	15.84
	产油容积/(L·h ⁻¹)	17.78
计算	槽液不过滤情况下含油浓度增加率/(×10 ⁻⁶ ·h ⁻¹)	52.80
	槽液不过滤情况下到达最高允许含油浓度时间/h	37.88
	槽液处理量/(m ³ ·h ⁻¹)	7.92
	加热时间/min	20
	槽体体积/m ³	2.64
	槽液原始温度/°C	55
	槽液工作温度/°C	80
	加热所需热量/(kcal·h ⁻¹)	198 000

表 3 硅烷槽液循环除渣计算

项目	数值	
设计条件	槽体体积/m ³	288
	车身面积/m ²	120
	生产节拍/JPH	66
	每天生产时数/h	16
	单位面积渣产出量/(g·m ⁻²)	2.50
	最高允许含渣浓度/(×10 ⁻⁶)	150
	渣密度/(g·cm ⁻³)	1.60
	含干渣百分比/%	0.45
	过车面积/(m ² ·h ⁻¹)	7 920
	产渣量/(kg·h ⁻¹)	19.80
计算	产渣容积/(L·h ⁻¹)	12.38
	槽液不过滤情况下含渣浓度增加率/(×10 ⁻⁶ ·h ⁻¹)	68.75
	槽液不过滤情况下到达最高允许含渣浓度时间/h	2.18
	全流量除渣速率/(次·h ⁻¹)	2.18
	最终选定过滤速率/(次·h ⁻¹)	1
	循环水泵流量/(m ³ ·h ⁻¹)	290
	过滤器选型数量(6袋)	4.83
	单个滤袋流量/(m ³ ·h ⁻¹)	10
	单个滤袋过滤等级/μm	25
	最终选定滤袋数量/套	6

1.2 喷漆室设备可利用新技术

1.2.1 干式漆雾捕捉技术

干式漆雾捕捉技术已在国内多个项目中成功应用,可以有效降低运行成本,减少废渣处理费用,减少水资源浪费。干式纸盒是漆雾捕集的主要部件,需要定期更换以保证捕集效果,进而保证整个喷漆系统的稳定运行。干式纸盒更换计算:根据国内某主流

油漆供应商提供的 B1B1 水性漆涂料参数和某著名品牌的漆雾捕捉纸箱技术指标,结合本项目的情况,对喷漆室各个功能段的纸箱模组更换周期做初步核算。

喷漆室各个功能段的干式纸箱更换时间依据喷涂方式、车身面积、油漆参数、纸盒容积的区别各不相同,见表 4。

表 4 干式纸盒更换计算

项目	B1(外)	B2(外)	B2(内)	CC(外)	CC(内)
净节拍/JPH	35	35	35	35	35
喷涂面积/m ²	15.0	15.0	10.0	15.0	7.5
膜厚/ μm	15	20	15	40	25
干膜密度/($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
膜重/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	21.00	28.00	21.00	56.00	35.00
固体含量/%	37	37	37	60	60
涂布效率/%	75	75	75	75	75
原漆质量/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	75.68	100.90	75.68	124.44	77.78
稀释比/%	0	0	0	25	25
稀释剂质量/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	0	0	0	31.11	19.44
溶剂质量/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	47.68	63.57	47.68	80.89	50.56
面积产能/($\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$)	525.0	525.0	350.0	525.0	262.5
原漆使用量/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	39.73	52.97	26.49	65.33	20.42
溶剂使用量/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	25.03	33.37	16.69	42.47	13.27
过喷油漆量/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	9.93	13.24	6.62	16.33	5.10
功能段长度/m	11.5	22.0	11.0	19.0	11.0
小车模组数量/套	12	22	14	20	14
小车容漆量/($\text{kg}\cdot\text{套}^{-1}$)	120	120	120	120	120
小车理论更换时长/h	161.1	221.5	281.9	163.3	365.7
小车更换频次/d	10.1	13.8	17.6	10.2	22.9
滤袋数量/套	72	126	72	108	72
滤袋容漆量/($\text{kg}\cdot\text{套}^{-1}$)	4	4	4	4	4
滤袋理论更换时长/h	290.0	380.6	434.9	264.5	564.2
滤袋更换频次/d	18.1	23.8	27.2	16.5	35.3

1.2.2 喷漆室循环风技术

基本原理:人工喷漆室送新风,经过滤、调温、调湿后,送至自动喷漆室,从自动喷漆室排出的废气进入 VOC 废气处理装置中。

特点:能源消耗降低、排放减少;系统自身循环,工况稳定。

1.2.3 喷漆室循环风风平衡自适应技术

概念:喷漆室排风阻力随干式过滤器的堵塞不断发生变化(风量、风压),基本呈线性增长的趋势,需要

考虑喷漆室风平衡的适时自动调整。

措施:送排风机选用相同规格,每个段设置独立排风机,增加风速传感器,独立调节风量,实现供排风机,PLC 自动变频调节保证供排风量恒定。

喷漆室循环风方式,自动机器人喷涂段使用该工艺,能有效降低运行能耗和废气处理量。

1.3 烘干强冷设备可利用新技术

1.3.1 车底、车内腔加强烘干技术

为保证车身底板、内腔处油漆和胶的固化效果,在

电泳烘干室及胶烘干室设置底部送风喷嘴,烘干内风管设置仿形结构,以提高车身底部、内腔的升温速度,保证电泳漆膜的固化和密封胶、阻尼胶的干燥。

烘干室内的洁净度是确保涂层成膜质量的关键因素,因此除了在供热装置内设有 F6 高效高温过滤器,还在室内风管设置有 F7 箱式高温过滤器,确保循环空气的洁净度满足工艺需求。

1.3.2 智能烘干、强冷室控制技术

通过 PLC 编程建模,建立工艺温度与外界气候模型,自动控制设备切换,实现精准智能燃烧机开关切换,强冷阀门自动开关切换,减少能源浪费。

2 工位及空调设备新技术应用

2.1 工位设备新技术更新

随着时代的发展,企业对员工的人文关怀要求越来越严苛,同时也越来越重视员工的身心健康,员工也对作业环境的体感舒适度要求越来越高,因此目前所有人工作业工位都配置了送风系统,并配有冬季加热和夏季制冷的功能;随着工位空调送风量的增加,导致车间设备的运行能耗也随之增大;为了解决员工对环境的高要求和送排风设备的高能耗之间矛盾,本项目在打磨工序设置了工位循环风装置。

1)工位循环风系统:采用新风与循环风相结合的思路进行整体送风系统的方案设计。

2)工装切换线回用风方案:新风空调给工装切换、钣金检查等不产尘或微尘工位送新风,将该工位的排风经过过滤后送至电泳检查、离线钣金工位送风以及打磨封闭间的换气,电泳检查、离线钣金工位以及打磨封闭间排放泄入车间,参与车间换气,减少车间全新风送风量。

3)密封胶线回用风方案:新风空调给人工密封工位送新风,密封工位的排风经过过滤后送至 ISS/UBS/UBC/LASD/RPP 机器人工位,其中 ISS 工位、RPP 工位直接溢流至车间内部,参与车间换气。人工上遮蔽、去遮蔽工位使用新风空调送风,排风送入 UBS/UBC/LASD 机器人工位,UBS/UBC/LASD 工位的排风送至活性炭吸附箱进行吸附处理,然后经烟囱进行高空排放。

4)电泳打磨循环风方案:在电泳打磨室工序附近设置循环风空调,该空调的补新风来自工位新风空调,供电给电泳打磨室、离线打磨室和大返修室,其中电泳打磨室的排风回用至套色遮蔽打磨室,遮蔽打磨室的排风经过过滤后送入车间或车间封闭间。

5)精修线回用风方案:新风空调给检查精修室,检查精修室的排风经过过滤后送至报交室、聚氨酯发泡室和注蜡室,报交工位的部分排风溢至车间,聚氨酯发泡室、注蜡室的排风经活性炭过滤后排至车间外部。

2.2 空调设备新技术更新

1)空调温湿度参数自适应技术:入口将温湿度传感器安装在空调进风口,出口将温湿度传感器安装在喷漆室的静压层上方,在末端对喷漆室的温湿度自动监控、调节,利用空调的 PLC 模组焓值计算法对送风参数自动控制原理,即把送风参数稳定在一个区间值,喷漆室内也设置有温湿度计,来实时与空调的参数进行对比反馈;可以避免临界点时燃烧机和水泵的频繁启停,保证喷涂时送风条件的连续性和稳定性。

2)车间内部风平衡换气系统:洁净区向非洁净区换气,一楼向二楼换气,同时产生尘工位的排风经过过滤后送至烘干区,以降低局部温度。

3 智能信息化方案

3.1 能源管理的要求与应用

核心要求:信息手段采集能耗数据(二级);对能耗数据进行分析,制定能耗指标,实现全面监控,能源数据的共享,支持其他业务部门决策(三级);节能模型,能流精细化和可视化管理(四级);能源的动态预测与平衡,并指导生产(五级)。

应用:能源管理系统,能耗预测,能耗异常分析。

3.2 智能烘房方案

1)根据 AVI 车体所在位置、输送机链速等给出烘干炉开机/升温开始指示、关机指示;

2)遇到空车时,根据 AVI 车体所在位置,给出进入低燃烧模式及恢复正常模式指示;

3)遇到前工序故障停线时,给出进入低燃烧/节能模式指示;

4)根据 AVI 堆栈,炉内车身车型/数量(间隔 1 台、间隔 2 台、间隔 3 台……)与燃气消耗量建立学习模块,并以可视化方式展示;

5)根据 AVI,自动识别空车、重喷/返喷车、双色车、空滑撬、测试车故障、空运转时间段等燃气用量可区别开,并做相应分析。

3.3 APC 智能空调

1)采用 AI 大模型技术,结合外界环境参数,建立智能控制模型;

2)上位机根据模型计算结果,向 PLC 下达控制指令;

3)升温/控温阶段直接根据模型计算结果,直接写入加热、制冷、加湿设备控制参数,实现快速升温/控温;

4)恒温/恒湿阶段,依据模型计算结果及传感器反馈参数,精准控制加热、制冷、加湿参数,减少工艺参数波动,降低能耗。

4 结语

涂装车间建设项目新技术应用规(下转第 63 页)