

涂装专业绿色涂装前沿技术探讨

杨泽旭, 完颜成功

(奇瑞汽车股份有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 主要介绍了绿色涂装车间的生态目标和经济目标, 通过工艺优化、设备优化、危废处理的升级及绿色能源的应用, 来实现涂装车间更低的成本、更优的质量和更高的产能。

关键词: 绿色涂装; 生态目标; 工艺优化; 设备优化

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2024)08-0037-03

Exploration of Cutting-edge Green Coating Technology in the Field of Painting

YANG Ze-xu, WANYAN Cheng-gong

(Chery Automobile Co., Ltd., Wuhu 241000, Anhui, China)

Abstract: This article mainly introduces the ecological and economic goals of green painting workshops, aiming to achieve lower costs, better quality, and higher production capacity through process optimization, equipment optimization, upgrading of hazardous waste treatment, and application of green energy.

Key words: green coating; ecological goals; process optimization; equipment optimization

0 引言

绿色涂装车间的生态目标和经济目标具体可分为9个对应的指标, 分别为安全指标为TF1(指标值为0), 更高的质量指标为总装油漆缺陷(指标值0.2%~0.8%)、油漆一次合格率(指标值95%~99%)、油漆返喷率(指标值0.1%~0.5%), 更少的成本指标为油漆材料成本(指标值400~650元/台), 更少的能源指标为单车能耗(指标值300~500 kW·h/台), 减少碳排放指标为单车CO₂排放(指标值100~200 kg/台), 减少废气排放指标为VOC(指标值6~20 g/m²), 更少的固废指标为单车漆渣(指标值0.5~1.5 kg/台)、单车污泥(指标值1.5~2.5 kg/台), 更高的生产效率指标为生产效率(指标值93%~97%), 更高的编成效率指标为HPV(指标值1.5~3.0)。

1 工艺优化

1.1 薄膜前处理的应用

1) 节能: 降低成膜反应温度, 减少前处理能耗。

2) 减排: 减少Zn、Ni、Mn、PO₄等有害化学成分。

3) 减渣: 减少磷化渣。

4) 磷化工艺流程: 洪流冲洗→预脱脂→脱脂→水洗1→水洗2→表调→磷化→水洗3→水洗4→纯水洗。

5) 薄膜工艺流程: 洪流冲洗→预脱脂→脱脂→水洗1→水洗2→纯水洗1→薄膜→纯水洗2→纯水洗3。

6) 薄膜相对磷化成本对比见表1。

1.2 涂装工艺水性化

新建基地已全部使用水性中涂、水性色漆材料, 部分基地使用水性阻尼胶和水性蜡, 部分老基地需要通过改造实现水性化; 通过水性化能显著降低VOC的排放。老基地水性化改造通常需要考虑: 机器人水性化改造、输调漆系统改造、增加闪干炉、喷漆室室体改造、循环风空调改造。水性涂料与溶剂型涂料二氧化碳排放量对比, 溶剂型涂料的VOC排放量60 g/m², 水性涂料VOC排放量20 g/m²。

1.3 免中涂工艺的应用

新建基地采用B1B2工艺, 通过减少中涂喷涂、中涂/B1烘干及中涂打磨, 实现以下收益:

1) 人工成本减少7~10元/台。

2) 设备维护成本减少1~3元/台。

收稿日期: 2023-07-10

作者简介: 杨泽旭(1985—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂装工艺开发、新工厂规划等工作。E-mail: 15716780008@163.com。

表 1 薄膜相对磷化成本对比

项目	薄膜	磷化	薄膜相对磷化成本变化
材料成本			增加 2~4 元/台
废水处理	废水处理费用约 1 元/t,单车产生废水量 180 L	废水处理费用约 8 元/t,单车产生 180 L	降低 1~2 元/台
废渣处理	单车产渣量 11.7 g	单车产渣量 148.5 g	降低 0.5~1 元/台
热能	无需加热,单车 0 元	35~40 °C	降低 10~15 kW·h/台
电能	槽液循环次数 2 次,节省 2 台 18.5 kW·h 循环泵运行	槽液循环次数 4 次	降低 1~2 元/台
维护成本	无需酸洗,单车 0 元	磷化槽酸洗 1 次/a,热交换器 2 次/a	降低 0.5~1 元/台
单车综合成本			降低 3~6 元/台

- 3)能耗减少 15~30 kW·h/台。
- 4)辅料减少 2~3 元/台。
- 5)HPV 减少 0.3~0.5。
- 6)生产周期减少 1 h。
- 7)投资成本减少 70 万~100 万元/JPH。

1.4 高上漆率工艺

通过油漆、设备、工艺的联合开发,施工参数研究,将上漆率提升至最高 76%。

收益:1)降低油漆消耗,降低材料成本 15~25 元/台;2)减少纸盒消耗 0.03~0.05 个/车;3)降低 VOC 排放 2~5 g/m²。

1.5 车身低温清漆的应用

与材料供应商联合开发出低温车身漆,可在豪华品牌中得以应用。

收益:降低能耗 20~30 kW·h/台。

2 设备优化

2.1 干式喷漆室的应用

全面采用纸盒过滤系统,引领涂装漆雾处理的发展方向。

收益:采用干式喷漆室降低综合成本 50.43 元/台(数据为预估,根据工厂所在地水、能耗、危废处理单价存在差异),见表 2。

表 2 喷漆室运营成本对比 元/台

项目	投资 单车	能耗	废水	废渣	耗材/ 药剂	工业水	合计
湿式处理系统	15.56	76.9	0.06	7.32	9.8	0.27	109.91
石灰石处理系统	16.67	31.1	0	24.5	13.0	0	85.6
纸盒干式过滤系统	13.89	30.1	0	4.56	10.93	0	59.48
干式喷漆室收益	-1.67	-46.8	-0.06	-2.76	+1.13	-0.27	50.43

2.2 内表面喷涂机器人的应用

全面采用内喷机器人,减少喷漆新风风量和送风面积,从而降低空调的能耗。收益如下:

- 1)30 JPH 面漆线可降低 130 000 m³/h 新风量,减

少 20~80 kW·h/台(因地区气候条件而异)。

- 2)减少废气焚烧 33 kW·h/台。
 - 3)HPV 降低 0.4~0.6。
 - 4)提升质量,一次下线合格率提升 5%~10%。
- 内表面自动化喷涂风量减少量见表 3。

表 3 内表面人工和自动化喷涂风量对比 m³/h

项目	色漆站风量	清漆站风量	合计
人工喷涂	180 000	150 000	330 000
机器人喷涂	106 000	95 000	201 000
减少风量	74 000	55 000	129 000

2.3 循环风空调的应用

全面采用循环风空调,循环风比例可以达到 90% 左右。

收益:采用循环风后,减少加热或制冷能耗 80~300 kW·h/台(因地区气候条件而异)。

1)新风调节流程:新风→加热→F5 过滤→表冷→二次加热→加湿→送风→过滤→工位室体。

2)循环风调节流程:工位空气→F5 过滤→F7 过滤→降温→加湿→送风→自动工位。

2.4 转轮+热泵的应用

采用转轮和热泵对闪干炉进行除湿,热泵+转轮除湿的原理为:第一级除湿为通过热泵提供的冷量除去空气中的水分,第二级除湿为转轮通过分子筛吸附空气中的水分,热泵提供的热量再对出口风量进行加温,出口送风温度 40 °C,通过提升热泵的循环性能系数 COP 来提升能源利用率,从而降低能耗。

收益:降低单车能耗 10~25 kW·h/台。

2.5 多级热泵的应用

取消除湿转轮,采用多级转轮对闪干炉进行除湿:多级转轮除湿的原理为:先采用第一级热泵对闪干炉新风进行露点除湿,热泵的热量用于除湿后的第一段加温;再采用第二级热泵对闪干炉新风进行冰点除湿,热泵的热量用于除湿后的第二段加温,出口送风温度

为 50~55 ℃;通过两段除湿达到工艺要求 3 g/m²。

收益:与冷水+转轮除湿相比较,能耗降低 10~25 kW·h/台,减少除湿转轮费用 15~20 元/台,且减少碳排放 6~10 kg/台。

2.6 提高能源利用率

1)采用余热回收系统,将排放气体的热量二次利用,或废气处理发电,实现能量转化,降低运营成本。

收益:排气温度可降低到 100 ℃,降低能耗 20~30 kW·h/台。

2)运营过程中建立工艺温湿度与气候模型及设备的关联模型,实现精准智能开关机,杜绝浪费。

收益:减少烘干、空调等设备运行时间,降低能耗 5~15 kW·h/台。

2.7 涂胶自动化

生产线 UBC/UBS 均采用自动涂胶,水性阻尼胶 LASD 机器人,ISS 涂胶机器人,FAD 涂胶机器人,减少涂胶操作人员,降低涂胶人工成本,减少涂胶工位新风量从而降低能耗。采用涂胶机器人的收益见表 4。

表 4 采用涂胶机器人的收益

喷涂方式	HPV 降低	能耗降低/(kW·h·台 ⁻¹)
UBC	0.2~0.4	3~7
UBS	0.2~0.4	1~3
ISS	0.2~0.4	1~3
LASD	0.2~0.4	4~8
FAD	0.2~0.4	1~3
裙边胶	0.07	2~6
顶盖胶	0.07	1~3

2.8 自动检测与打磨

对自动检测与打磨设备进行考察和技术交流,并且在多个基地进行试验,此技术实施后可减少人工工位照明与送风量,降低能耗。

收益:1)人工成本减少 6~10 元/车;2)能耗降低 2~6 kW·h/台;3)碳排放减少 0.4~1.3 kg/台。

2.9 分布式整流器的应用

采用分布式整流器,通过整流优化,减少电泳漆消耗,降低能耗。

收益:1)电泳漆消耗减少 0.3~0.8 kg/台;2)能耗降低 0.6~2 kW·h/台。

3 危废处理

3.1 喷漆废气处理

新建基地均已采用浓缩转轮和废气处理系统,该系统可将喷漆废气处理掉 90%,大大减少喷漆的废气排放。

收益:可减少废气排放 10~20 g/m²。

3.2 烘干废气处理

烘干废气处理系统,处理效率为 97%以上,大大减少废气排放。

收益:可减少废气排放 5~8 g/m²。

3.3 废溶剂收集系统

喷房采用废溶剂收集系统,回收率为 80%,减少溶剂中 VOC 的排放。

收益:可减少废气排放 8~15 g/m²。

3.4 微生物分解漆渣

湿式喷房,微生物分解漆渣,实现循环水池自清洁,减少废水定期排放。

收益:降低漆渣量 0.1~0.5 kg/台。

3.5 综合水处理技术

工艺废水经过酸碱中和、减压蒸馏、阴阳离子交换处理后的废水能重新用于工艺,实现废水“0”排放。

3.6 活性炭处理

供漆间废气、点修补废气、注蜡废气、电泳挥发、涂胶等低浓度废气通常采用活性炭吸附后排放,新建的基地已采用活性炭对低浓度废气进行处理。

收益:VOC 排放降低 0.01~0.20 g/m²。

4 绿色能源的应用

4.1 绿色能源的应用

工厂整体 2045 年碳中和,2025 年前优先改善电力,达成 100%绿电目标,同时开展可再生能源制热技术研究应用。措施如下:

1)提高绿电比例——购绿电、自建光伏、错峰储电。

2)加热能源切换——由化石燃料燃烧转换为电加热或清洁能源。

3)热替代方案——电加热、氢能、生物质、甲醇。

4.2 未来应用技术展望

1)免中涂工艺的应用,预估收益:VOC 排放减少 1~4 g/m²,能耗减少 2~8 kW·h/台。

2)打印套色技术,无遮蔽喷涂,预估收益:遮蔽材料减少 100~200 元/台,VOC 排放减少 1~5 g/m²,能耗降低 100~200 kW·h/台,HPV 降低 0.3~0.6。

3)4WET 工艺的应用,预估收益:降低能耗 60~80 kW·h/台,减少投资成本 800 万~1 000 万元/线。

4)低温电泳漆的应用,预估收益:降低能耗 8~15 kW·h/台。

5)阳极氧化着色,预估收益:降低 VOC 排放 1~5 g/m²,降低能耗 70~100 kW·h/台。

6)车身和保杠一体化喷涂,预估收益:能耗降低 200~300 kW·h/台。

(下转第 46 页)