

# 汽车内饰零件表面油漆工艺分析及质量控制要点探讨

曾凌霜

格拉默车辆座椅(宁波)有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i6.4852

**[摘要]** 汽车内饰零件表面油漆工艺直接影响零件外观质感、耐用性与用户体验,其合理性与质量控制有效性至关重要。文章系统梳理溶剂型、水性、粉末三类主流工艺技术特点,深入分析基材预处理、涂料调配、涂覆施工、固化成膜关键环节影响机制,从多维度提出针对性质量控制要点,构建全流程质量保障体系,为提升油漆质量稳定性、推动内饰制造工艺升级提供实用技术参考。

**[关键词]** 汽车内饰零件; 油漆工艺; 质量控制

**中图分类号:** TQ639.2 **文献标识码:** A

## Analysis of Surface Painting Process for Automotive Interior Parts and Discussion on Key Quality Control Points

Lingshuang Zeng

GRAMMER Vehicle Seating (Ningbo) Co., Ltd.

**[Abstract]** The surface painting process for automotive interior parts directly affects the part's aesthetic texture, durability, and user experience, making its rationality and the effectiveness of quality control paramount. This article systematically outlines the characteristics of three mainstream process technologies: solvent-based, water-based, and powder coating. It delves into the influencing mechanisms of key stages: substrate pretreatment, paint formulation, coating application, and curing/film formation. Targeted key quality control points are proposed from multiple dimensions, and a full-process quality assurance system is constructed. This provides practical technical references for improving paint quality stability and promoting the advancement of interior manufacturing processes.

**[Key words]** Automotive interior parts; Painting process; Quality control

### 引言

汽车内饰零件作为用户直接接触的核心部件,其表面油漆质量是品质体验与耐用性的重要体现。随着消费者对内饰品质要求不断提升,传统工艺易出现的涂层缺陷问题愈发突出,制约行业发展。深入剖析油漆工艺技术原理与质量影响因素,建立科学完善的质量控制体系,对促进汽车内饰行业向精细化、高品质方向迈进具有重要意义,以下展开详细探讨。

### 1 汽车内饰零件表面油漆工艺技术特点与分类

汽车内饰零件材质多样,涵盖ABS塑料、PP复合材料、皮革基材等,不同材质对油漆工艺适配性差异显著,需结合材质特性选择对应工艺类型,主流油漆工艺可分为溶剂型、水性与粉末三类,各类工艺技术特点与适用场景存在明显区别。

溶剂型油漆工艺以有机溶剂为载体,涂料流动性佳、成膜速度快(常温下30-60分钟表干),涂层光泽度高(60°角光泽度 $\geq 85$ )、附着力强(百格测试 $\leq 1$ 级),适用于对外观质感要求较高的硬质内饰零件。但施工中需控制溶剂挥发量(VOC排放 $\leq 80$ g/

L),避免挥发过快导致涂层出现橘皮、针孔等缺陷,且需配套完善通风设备保障作业环境安全。

水性油漆工艺以水为稀释剂,具有环保性强、VOC排放低( $\leq 30$ g/L)的优势,涂层柔韧性好(弯曲半径 $\leq 2$ mm无开裂)、耐划伤性能突出(2H铅笔划无明显痕迹),适配软质内饰零件。该工艺对基材含水率敏感(需控制在 $\leq 0.5\%$ ),需严格控制基材预处理后水分含量,成膜过程需精准把控烘烤温度(60-80℃)与时间(30-45分钟),防止涂层出现起泡、脱落问题。

粉末油漆工艺通过静电吸附将粉末涂料附着于零件表面,经高温固化形成涂层,涂层厚度均匀(偏差 $\leq \pm 5 \mu\text{m}$ )、耐冲击性能优异(50cm跌落无破损),适用于结构复杂、边角较多的内饰零件。此工艺对零件表面导电性要求较高(表面电阻 $\leq 10^6 \Omega$ ),需对非导电基材进行表面改性处理,且粉末回收难度较大,优化回收系统后材料利用率可达95%以上。不同工艺核心差异体现在涂料特性、成膜条件与涂层性能上,实际生产中需综合考虑零件材质、外观要求与环保标准,选择最优工艺方案,为后续质量控制奠定基础<sup>[1]</sup>。

## 2 汽车内饰零件表面油漆工艺关键环节分析

### 2.1 基材预处理环节

基材预处理是保障油漆涂层附着力与稳定性的核心基础, 直接决定后续工艺质量, 主要包含表面清洁、除油、粗化与钝化四大步骤。表面清洁需彻底去除灰尘、油污、脱模剂等杂质, 常用酒精擦拭与40-80kHz超声波清洗, 后者适配复杂结构零件, 需严格控制5-15分钟清洗时间与30-50℃温度, 避免基材变形或损伤。除油采用pH值8-10的碱性清洗剂或溶剂型除油剂, 需按ABS塑料、金属等不同基材调整浓度, 金属基材需降低浓度防腐蚀, 塑料基材则选无芳烃类除油剂防溶胀, 除油后经三级纯水冲洗(每级不少于2分钟), 杜绝药剂残留形成隔离层。粗化处理需将表面粗糙度控制在Ra值0.8-2.0 μm, 800-1200目砂纸打磨适配平面零件, 0.1-0.3mm砂粒与0.3-0.6MPa压力的喷砂适配曲面零件, 化学蚀刻则适用于高精度复杂件, 蚀刻后需立即冲洗干燥。金属基材需额外进行钝化处理, 用5%-10%浓度钝化液处理10-20分钟, 形成0.5-2 μm厚均匀钝化膜, 提升耐腐蚀性以防涂层脱落。

### 2.2 涂料调配环节

涂料调配需精准把控成分比例与黏度, 确保涂层性能达标, 核心成分为成膜物质(40%-60%)、颜填料(20%-30%)、助剂(0.1%-2%)与稀释剂。成膜物质需按工艺类型选对应树脂, 溶剂型常用聚氨酯树脂, 水性适配丙烯酸树脂, 添加量不当易导致涂层脆化或附着力不足; 颜填料需按色板选高耐候性颜料, 控制粒径 $\leq 5 \mu\text{m}$ , 通过1500-2000r/min高速分散机搅拌均匀, 避免色差与遮盖力不足。助剂虽占比低但作用关键, 流平剂减少橘皮、流挂, 消泡剂防止针孔, 防沉剂保障涂料均匀性。稀释剂用于调整黏度, 溶剂型涂料控制在15-25s(涂-4杯测试), 水性涂料为20-30s, 需结合20-25℃环境温度与40%-60%湿度动态调整, 确保适配施工需求<sup>[2]</sup>。

### 2.3 涂覆施工环节

涂覆施工是涂料均匀附着的关键, 主流方式为空气喷涂、静电喷涂与浸涂。空气喷涂核心参数为0.3-0.5MPa压力、15-25cm距离与30-50cm/s速度, 需保持匀速避免条纹、漏喷; 静电喷涂利用60-90kV高压使涂料颗粒吸附于接地零件, 涂料利用率 $\geq 85\%$ , 适配大面积规则零件, 喷枪轨迹需重叠1/3消除死角; 浸涂适用于简单结构零件, 需精准把控3-5分钟浸涂时间、5-10cm/min沥干速度与30°-45°沥干角度, 防止流痕与积液。三种方式需根据零件结构与工艺要求择优选择, 确保涂层均匀性。

### 2.4 固化成膜环节

固化成膜分为常温与高温两类, 需精准控制环境与工艺参数。常温固化适配水性与部分溶剂型涂料, 依赖空气氧化或溶剂挥发成膜, 需维持18-25℃温度、40%-60%湿度与 $\geq 10$ 万级洁净度, 避免涂层发黏、发白。高温固化适配粉末与热固性溶剂型涂料, 需按涂料类型设定120-180℃温度与20-40分钟时间, 升温速率控制在5-10℃/min, 炉内温差 $\leq \pm 3^\circ\text{C}$ , 防止涂层开裂翘曲。固化后需冷却至室温再检测, 确保涂层结构稳定、性能达标, 为后续

质量控制筑牢基础。

## 3 汽车内饰零件表面油漆质量控制要点

### 3.1 基材预处理质量控制

基材预处理质量需通过多维度检测与过程管控保障, 首先建立基材进场检验标准, 对基材表面粗糙度(Ra值0.2-0.8 μm)、平整度(偏差 $\leq 0.1\text{mm/m}$ )、含水率( $\leq 0.5\%$ )进行抽样检测(首巡末件、巡检4H/次), 不合格基材需退回处理, 严禁流入预处理环节。预处理过程中需加强关键参数监控, 除油环节需定期检测除油剂浓度(每周1次), 按时更换清洗水(每批次1次)防止杂质积累影响清洁效果; 粗化环节采用附着力测试(百格法)验证处理效果, 确保涂层附着力百格测试 $\leq 1$ 级; 钝化环节需检测钝化膜厚度(0.5-2 μm), 确保钝化膜均匀覆盖基材表面。预处理后的基材需在2小时内进入涂覆环节, 避免放置时间过长导致表面再次污染, 若需临时存放, 需置于无尘、干燥环境中, 表面覆盖防尘膜防止灰尘、油污附着, 超过4小时存放时限需重新进行预处理<sup>[3]</sup>。

### 3.2 涂料质量与调配控制

涂料质量控制需从源头把关, 建立涂料供应商准入机制, 优先选择具备行业认证的供应商, 涂料进场时需查验产品合格证、检测报告, 重点核查涂料VOC含量、附着力( $\leq 1$ 级)、耐候性(氙灯老化1000h无明显变色)等指标, 每批次涂料需抽样进行性能测试(抽样比例 $\geq 3\%$ ), 不合格涂料严禁投入使用。涂料调配过程需执行严格参数管控, 采用精准设备(精度 $\leq 0.1\text{g}$ )称量各成分用量, 避免配比误差导致涂层性能波动; 控制搅拌速度(300-500 r/min)与时间(15-20分钟), 确保涂料各成分均匀混合无颗粒沉淀; 调配完成后需通过120-200目滤网过滤涂料, 去除杂质与未分散颗粒, 防止涂层出现杂质点、颗粒缺陷。涂料黏度需实时监测(每小时1次), 若黏度超出设定范围需及时调整稀释剂用量, 调整后需再次测试直至黏度达标; 涂料储存需遵循“先进先出”原则, 根据涂料类型控制储存温度(15-30℃)与环境, 避免阳光直射或极端温度影响涂料性能, 超过6个月储存周期需重新检测性能, 合格后方可使用。

### 3.3 涂覆施工参数精准管控

涂覆施工参数需结合工艺类型与零件特性制定标准化作业指导书, 明确各参数控制范围与调整规则。空气喷涂作业中, 需实时监测喷涂压力(波动 $\leq \pm 0.05\text{MPa}$ ), 若压力波动超出允许范围, 需检查设备状态与管路密封性及及时排除故障; 通过专用工装控制喷涂距离(误差 $\leq \pm 1\text{cm}$ ), 避免人工操作导致的距离偏差。静电喷涂作业中, 需实时监测静电电压(波动 $\leq \pm 5\text{kV}$ ), 电压波动超出范围时需停机检查调整; 通过自动化喷涂机器人实现喷枪移动轨迹精准控制(重复定位精度 $\leq \pm 0.1\text{mm}$ ), 优化轨迹路径确保喷涂覆盖率 $\geq 99\%$ , 控制机器人运行速度避免涂层厚度不足。浸涂作业中, 精准控制浸涂时间(误差 $\leq \pm 10$ 秒), 通过角度调节工装固定零件沥干角度(误差 $\leq \pm 2^\circ$ ), 确保多余涂料沿预设方向流淌; 沥干过程中需观察涂层表面状态, 若出现流痕、积液需及时调整参数, 必要时重新进行浸涂施工。施工环境参数同样需严

格管控,通过专业设备维持环境温度(20-25℃)、湿度(40%-60%)稳定,确保符合施工要求;控制空气洁净度( $\geq 10$ 万级),定期更换空气过滤设备(每月1次)并检测洁净度,防止过多灰尘导致涂层出现杂质点缺陷<sup>[4]</sup>。

### 3.4 固化过程质量控制

固化过程需建立完善温度监控体系,高温固化设备需安装多点温度传感器(每50cm1个),实时采集炉内不同区域温度数据,通过控制系统调整加热装置确保炉内温度均匀(温差 $\leq \pm 3^\circ\text{C}$ );精准控制固化时间(误差 $\leq \pm 1$ 分钟),若出现设备故障导致固化中断,需评估涂层状态,根据实际情况决定重新固化或报废处理,避免涂层性能不达标。常温固化环境需通过专业设备连续监测温湿度,若超出设定范围需在10分钟内调整环境参数,确保固化环境符合要求。固化后的涂层需放置冷却至室温(20-25℃)再进行后续检测,避免温度过高导致检测结果不准确。固化过程中需定期校准检测设备(每月1次),确保设备测量精度;每批次固化零件需抽样进行试检测(首巡末件、巡检4H/次),通过附着力、硬度、耐冲击等测试验证涂层性能,试检测不合格需分析原因调整参数,重新固化合格后方可批量生产。

### 3.5 涂层质量检测与缺陷处理

涂层质量检测需覆盖外观、性能与尺寸三大维度,建立全流程检测标准。外观检测采用目视检测与光照检测相结合的方式,在标准光源环境下观察涂层是否存在流挂、针孔、色差( $\Delta E \leq 1.5$ )、橘皮( $R_a \leq 0.5 \mu\text{m}$ )等缺陷,确保缺陷程度符合质量要求。性能检测包括附着力(百格测试 $\leq 1$ 级)、硬度( $\geq 2\text{H}$ )、耐候性(氙灯老化1000h色差 $\Delta E \leq 2.0$ )、耐化学品性(酒精擦拭50次无异常)测试,通过专业方法测试涂层附着力,确保无涂层脱落;测试涂层硬度确保满足使用需求;通过老化测试验证涂层耐候性,通过

化学品接触测试评估涂层耐化学品性能,各项性能需全部达标。尺寸检测针对涂层厚度(15-50  $\mu\text{m}$ ),采用专业设备(精度 $\leq \pm 0.1 \mu\text{m}$ )测试涂层厚度,根据零件类型设定厚度范围,若出现厚度超差需分析原因调整工艺参数后重新生产。针对检测中发现的缺陷,需制定对应处理方案,轻微缺陷可通过精细打磨(1500-3000目砂纸)后补涂修复,补涂前需清洁打磨区域确保无杂质残留;严重缺陷(缺陷面积 $\geq 5\text{mm}^2$ )无法修复时需按规定流程进行报废处理,避免不合格产品流入后续环节<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

汽车内饰零件表面油漆工艺的优化与质量控制的强化,是提升产品竞争力的关键。通过明确工艺技术特点、把控关键环节要点、构建全流程质量管控体系,可有效解决传统工艺存在的质量问题,保障涂层性能与稳定性。未来需持续探索工艺创新与管控升级路径,推动油漆工艺向更环保、高效、高品质方向发展,为汽车内饰制造水平提升奠定坚实基础。

### [参考文献]

- [1]蒋建强.3D纹理效果在汽车内饰软质零件上的应用探讨[J].轻型汽车技术,2022(11):35-38.
- [2]黄敏鹤,卢鸿剑,蓝先.汽车内饰抗菌零件的研究[J].汽车周刊,2022(2):76-78.
- [3]张健.汽车内外饰复杂结构零件免喷涂工艺分析[J].专用汽车,2025(2):99-102.
- [4]周文星,梁海峰,钱志林.汽车内饰件粘接质量提升策略研究[J].汽车与驾驶维修,2025(8):53-55.
- [5]袁国玉,陈岳鹏.基于Power BI和Python的汽车内饰纺织材料零件智能化管理[J].纺织检测与标准,2024,10(4):52-55.