

浅谈汽车涂装高品质外观影响因素

宋景新¹, 苏和¹, 廖梅东²

(1.广汽埃安新能源汽车股份有限公司, 广州 511400; 2.广汽乘用车有限公司, 广州 511434)

摘要: 主要阐述了影响汽车涂装高品质外观的相关因素, 分别从工艺设计、材料、车身底材、喷涂环境、施工技能、设备水平等方面进行总结说明。

关键词: 汽车涂装; 高品质外观; 工艺设计

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)02-0055-04

Discussion on Influencing Factors of High Quality Appearance of Automobile Coating

SONG Jing-xin¹, SU He¹, LIAO Mei-dong²

(1.GAC Aion New Energy Automobile Co., Ltd, Guangzhou 511400, China;

2.Guangzhou Automobile Group Co., Ltd., Guangzhou 511434, China)

Abstract: This paper mainly expounds the relevant factors affecting the high quality appearance of automobile coating, and summarizes and explains them from the aspects of process design, materials, body substrates, spraying environment, construction skills, and equipment level.

Key words: automotive coating; high quality appearance; process design

0 引言

汽车经过近几十年的快速发展, 已经成功普及千家万户, 成了人们日常出行不可缺少的一部分。从最初的传统燃油车到混动车、电动车, 从最基本的代步功能到智能化、网联化, 消费者对汽车的功能要求越来越高。除此之外, 汽车的外观颜色也成为消费者选择车型的另一关键, 目前市场上汽车颜色除了传统的单一素色、金属色、珠光色外, 还出现了双色涂装、变色涂装、亚光色等, 大幅提高了汽车外观装饰性。伴随着消费者多样化、个性化的要求, 如何获得高品质的汽车外观, 使汽车涂层具有更高的光泽, 更高的丰满度, 更高的鲜映性(反映镜物的清晰度), 使漆面光亮如镜自然成了大家研究的方向。图1是笔者通过现场实践分析总结出的一些关键因素, 并对部分主要影响因素进行重点说明。

收稿日期: 2023-01-05

作者简介: 宋景新(1989—), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事涂装车间材料导入和调试、工厂规划、工艺设备导入等工作。E-mail: songjingxin@aion.com。

1 工艺设计

1.1 工艺布局

1.1.1 工艺线体设置

工艺设计的优劣直接影响着涂装和产品品质, 工艺设计应该根据涂层标准、生产纲领、品质目标等要求综合考虑。涂装车间普遍采用多层结构工艺布局, 与其他车间相比更为错综复杂, 涂装设备由于其多属于非标设备, 一旦组成设备后再解体、迁移几乎不可能, 因而在工艺设计和设备规划时需要考虑将来增产发展余地。目前国内汽车涂装车间工艺主要为3C2B传统工艺和B1B2免中涂工艺, 水性免中涂工艺由于其设备投入少、材料消耗低、VOC排放少逐渐成为当下主流, 但从品质和工艺稳定性来说传统工艺的适应窗口更宽, 主要因为传统工艺的中涂涂料能够充分遮盖住底层粗糙度的粗度, 经过中涂打磨后能够形成平滑性更好的涂膜, 提高面漆的外观装饰性, 故一些对外观品质要求较高的车企还是较多地采用传统3C2B工艺。

1.1.2 面涂喷涂方式

目前行业内面涂喷涂主要分为走停式和连续式,

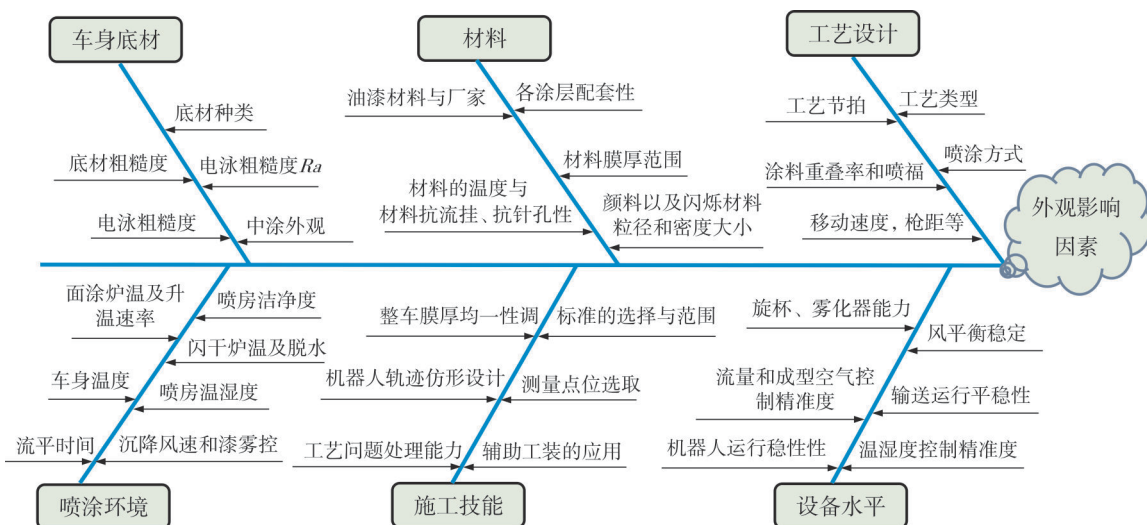


图 1 外观影响因素分析

走停式喷涂由于车身需要静止，喷涂前后车体搬运存在工时损失，喷房长度增加，各工位输送需单独控制，效率低，但其喷涂品质优良，多用于高端车型。连续式喷涂由于其喷涂效率高、占地面积小等优势为目前各车企普遍采用，但其喷涂时漆雾相互干扰，影响车身品质，且对机器人、输送设备和夹具的控制精度要求高，特别是内板喷涂。

面涂喷涂从涂层来说主要为 4~5 层，中涂普遍采用一遍喷涂，色漆垂直面和水平面均为 2 遍喷涂，内板多为一遍喷涂，部分豪华车型也有采用两遍喷涂。清漆外板多采用一遍喷涂，但随着各车企对外观品质要求越来越高，近年来清漆采用二遍喷涂趋势增加，其不但可以有效提升外观品质，还可以减少工艺问题点。

1.2 面涂工艺节拍

面涂节拍设置除根据车间每日生产目标要求外，还需考虑重喷车、部件车、在线保养时间等，同时也要考虑链速和枪速对车身品质的影响，链速和枪速过快，导致吐出量设置较高，漆雾干扰大，影响车身外观，同时也会污染机器人和雾化器，导致工艺问题点多发、膜厚均一性差。

通过表 1 对高品质外观车企调查分析发现：1) 涂装设备是一流供应商优秀产品，性能稳定可靠；2) 机器人和输送链运行速度低，旋杯雾化器好；3) 工艺条件稳定，时间设置合理；4) 清漆外板二遍或多遍喷涂。综上建议喷房单线产能不超过 40 JPH，链速不超过 4.2 m/min，外板枪速不超过 500 mm/s。

表 1 高品质外观车企调查分析

品牌	标杆车企	生产工艺	清漆类型	单线产能/JPH	机器人选型	旋杯 & 雾化器	链速/ (m·min ⁻¹)	闪干时间(升温+保温)/min	外板枪速/ (mm·s ⁻¹)	清漆喷涂	钢板粗糙度 Ra/μm	电泳粗糙度 Ra/μm
国产	厂 1	3C2B	2K	25	安川	SAMES	4.2	8	500	2 遍	<1.2	0.20~0.30
	厂 2	B1B2	2K	34	durr	durr	4.2	8	450	2 遍	<1.2	0.20~0.30
合资	厂 3	B1B2	2K	37	durr	durr	4.0	7	500	2 遍	<1.2	0.20~0.30
	厂 4	B1B2	2K	34	durr	durr	4.1	7	500	2 遍	<1.0	0.20~0.35
豪华	厂 5	3C2B	2K	25	ABB	ABB	3.5	8	450	2 遍	<1.2	0.20~0.35
	厂 6	3C2B	2K	20	ABB	ABB	3.4	7	450	2 遍	<1.1	0.20~0.32
新势力	厂 7	3C2B	2K	40	ABB	ABB	4.1	8	400	2 遍	<1.0	0.20~0.30
	厂 8	B1B2	2K	26	ABB	ABB	2.6	7	450	2 遍	<1.0	0.20~0.30
高端	厂 9	3C2B	2K		ABB	ABB	静止	7	手喷	多遍	<1.1	0.20~0.32

2 材料

汽车涂装颜色的开发需采用功能性更高、外观装饰性更强的面漆涂料喷涂，以适应市场竞争的需要，通

过对国内标杆车企涂层外观研究发现以下因素是获得高品质外观主要原因：1) 选择国内外优秀成熟的涂料供应商，并使用最新优良产品；2) 颜料粒径小，颜料密

度低;3)涂料的流平性好,黏度低,雾化性(微粒化)好,喷涂后对干漆雾的溶合性好;4)采用2K清漆,分两道喷涂(因一道涂厚膜易产生流挂弊病,两道间溶剂蒸发,降低流挂),清漆膜厚高;5)中涂采用浅色封底涂料(或与面漆色相近似的中涂涂料);6)涂料的抗流挂性、抗针孔性好。

3 车身底材

喷涂色漆前,外观主要受两个因素影响,一是车身

板材,二是保护板材的电泳涂层。现场生产时为提高外形复杂部件的冲压成型性和拉延油涂布均一性,车身钢板采用毛面钢板,其表面呈砂纸状,一般电泳后车身表面还残留凹凸(见图2),表面粗糙度较粗。为提高面漆的外观商品性,白车身和电泳涂膜要降低其表面粗糙度,特别是采用B1B2“湿碰湿”工艺,由于其中涂涂膜偏薄,降低了对底材的填充能力,外观受底材的影响更大,对进入面涂前车身表面粗糙度要求更高。

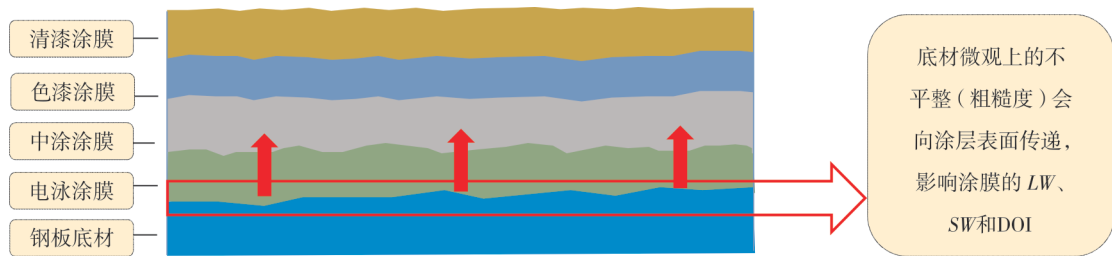


图2 汽车各涂层示意

表2 钢板粗糙度阶梯试验

工艺	清漆	位置	粗糙度梯度 Ra/μm	钢板粗糙度/μm		电泳粗糙度 (Ra ≤ 0.3 μm)	面涂数据	
				原板	5%变形量(模拟冲压)		LW(垂直面 ≤ 10)	SW(垂直面 ≤ 30)
B1B2	1K	垂直面	Ra ≤ 1.0	0.942	1.036	0.247	9.2	23.4
			1.0 < Ra ≤ 1.2	1.080	1.243	0.266	10.5	27.0
			1.2 < Ra < 1.5	1.299	1.412	0.323	11.4	31.3

通过表2钢板粗糙度梯度试验结果显示,钢板粗糙度增加,电泳粗糙度也会增加,涂装面涂数据变差。经过现场随机取样发现,当钢板粗糙度 $Ra \leq 1.1 \mu\text{m}$ 时,长短波数据合格率较高,能够满足现场生产要求,同时对标杆车企,建议钢板粗糙度控制在 $1.1 \mu\text{m}$ 以下,B1B2工艺电泳粗糙度要求 $0.3 \mu\text{m}$ 以下,传统3C2B工艺电泳粗糙度可放宽至 $0.35 \mu\text{m}$ 以下。

4 喷涂环境

4.1 烘烤条件

闪干炉和面涂炉的烘烤速率在涂膜脱水和清漆流平中起着决定性的作用,闪干炉在保证涂膜脱水率的基础上,需达到缓慢脱水的效果,脱水过快或过干会导致表面涂膜流平不良;脱水不足,涂膜过湿,易出现针孔。面涂炉也需降低升温速率,以提供清漆充分流平的环境,为高温阶段的涂膜交联固化收缩提供良好基础,同时升温速率低还可以使清漆溶剂充分挥发出来,减少针孔的发生,根据车企涂料商烘烤窗口要求,闪干脱水率一般要求 $\geq 85\%$,闪干出口车身温度需低于 30°C ,面涂炉升温速率建议控制在 $10\sim 12^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

4.2 喷涂参数

膜厚的均一性对外观有着非常重要的影响,面涂

调试需提前进行参数建立,如流量、电压、内外成型空气、枪距、折距、色漆一二站的成膜比例,通过合适的试验方案来确定机器人需设定的喷幅和重叠率,现场调试时应基于实验室给出的最优方案进行充分验证,再结合现场实际进行最终参数锁定。一般色漆一二站膜厚比例为6:4或者7:3,喷幅重叠率在67%~75%。除此之外还要考虑转速对外观的影响,转速过低时,涂料雾化不良,会导致涂膜粗糙,平滑性变差,转速过高时,涂料雾化过细,会导致漆雾损失,涂料闪干快,不利于流平。

5 施工技能

5.1 轨迹编程

喷涂效果不但受涂料、升温速率、白车身状态的影响,同时也受喷涂折距、枪距、枪速、喷涂姿态等影响。机器人在离线轨迹编制阶段,应充分挖掘机器人能力,尽量采用“低流量、慢枪速”的思维构建轨迹。

目前行业比较有代表性调试轨迹有两种,一种是利用清漆内喷冗余时间提前对外板局部进行一定量的预喷,如隐藏式门把手、门边沿或者其他特殊造型位置(图3)。另外一种细化轨迹和分区,采用多轨迹喷涂(常规门喷涂轨迹8道,细化轨迹13道),缩短折距,提

高重叠率,对特殊部位多分区(图4)。以上两种方案不但可以有效解决特殊部位流挂和肥边问题,还能提高外观商品性。



图3 机器人预喷涂轨迹



图4 机器人细化轨迹

5.2 辅助工装

由于静电环抱效应和尖端效应,车身尖角部位或者特殊结构位置容易出现流挂、起泡、肥边等工艺问题,如翼子板尖角、隐藏门把手边沿、机盖边缘、油箱盖和油箱口边缘等。常规的降低吐出量、减少成型空气和增大涡轮转速都很难消除此问题,而且容易影响外观品质。针对此问题,目前行业内最有效的解决方案是增加辅助工装,通过工装减少尖端电流,进而减少边缘涂料吸附,消除工艺问题。

6 设备水平

除了以上所涉及的影响因素外,输送设备运行的平稳性、机器人旋杯的雾化能力、齿轮泵的控制精度、成型空气环的稳定性、夹具的精准度、喷房温湿度控制的精准度和稳定性、沉降风速和风平衡稳定性等都会影响整体的外观水平。

7 结语

面涂高品质外观是一个涉及多方面因素的系统项目,在规划前期应该充分考虑车型的定位和质量目标,才能根据相应的目标进行工艺设计、设备选型、材料导入。从目前行业来看,“3C2B+2遍清漆+2K清漆+高重叠率+低链速、低枪速喷涂”是最优的工艺组合,当然现场的调试也很重要,要精益求精,多方案充分验证,只有多管齐下才能获得最终的高品质外观。

参考文献:

- [1] 王锡春.汽车涂装工艺技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [2] 李鹏.浅谈汽车涂装中“流挂”的原因及解决措施[J].现代涂料与涂装,2009(11):44-45.

(上接第51页)

对于水洗目前唯一的办法就是多次清洗,一般在工艺槽后序会设置2~3道的水洗,通过浸喷相结合的清洗方式,彻底清洗车身表面,并设置一定的沥水等待工位,每次水洗要达到稀释10倍的目的。

2) 喷淋时间

在大量生产的流水线上喷射水洗一般为20~30s,浸式水洗为浸入即出。每道水洗时间长了,提高清洗效果不大,而且增加运转费用,不经济。

工序间的沥水时间应达到没有水流,而且要几乎无滴水的程度,一般为30s左右,最长不超过1min,如果超过1min还滴不干净,则应从产品设计上开工艺孔解决。

3) 自来水和纯水导电率

自来水的电导率应小于200 $\mu\text{S}/\text{cm}$,新鲜纯水的电导率应小于10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。在前处理的最终一道水洗必须用纯水来置换自来水,使从车身上滴落下来水的电导率小于30 $\mu\text{S}/\text{cm}$,才能达到高防腐、高装饰性涂层的电泳涂装要求。

2.5 现场典型问题

2.5.1 车身水膜不均

车身出现水膜不均匀,大概率原因是脱脂环节出现问题,可从以下几方面进行排查:板材上附有润滑油、动植物油;板材上的油变质;脱脂浓度低于标准值;脱脂液中的油分增加;脱脂温度偏低;喷嘴配管堵塞;浮油再次附着。

2.5.2 磷化后车身表面出现黄锈

可从以下几方面进行排查:表调效果不充分;水洗槽内水质不良或时间太长;磷化槽促进剂浓度低,游离酸度高,总酸度低,温度低,槽内搅拌不足。

2.5.3 磷化膜不完整,露底

可从以下几方面进行排查:脱脂不良,脱脂水洗后水膜不连续;表调液老化;磷化配比(总酸度/游离酸度)低,温度低。

2.5.4 水平面磷化渣附着

可从以下几方面进行排查:表调液老化;磷化液中渣量高;磷化配比(总酸度/游离酸度)高,磷化辅助喷淋压力下降,磷化水洗压力不充分。

3 结语

结合现场发生的典型问题和关键工序的控制要点可知,脱脂槽液的温度、磷化液的游离酸度、磷化促进剂浓度是关键工艺参数;除了这些关键的工艺参数外,对关键设备的应用和日常维护也是非常重要的工作;可根据现场出现的不同问题对症下药,高效率地解决现场问题,确保前处理车身表面质量。