

一条车身涂装线改造喷涂调试经验总结

朱 亮, 朱永勇, 王雷刚, 李 亚, 郭海洋, 王子伟
(奇瑞汽车股份有限公司大连分公司, 辽宁 大连 116600)

摘要: 本文就一条车身涂装线改造的喷涂调试过程中使用的方法及总结的经验进行了说明, 涉及改造内容、车身内外板喷涂、内/外板机器人雾化器空气原理、喷幅调整方法、调试过程中遇到的主要难点及解决方法、节拍提升、上漆率影响因素, 底线工艺条件等, 有效使用这些方法和经验, 可以快速、高效地完成调试工作, 实现降本增效的目的。

关键词: 喷涂调试; B1B2 工艺; 喷幅调整; 上漆率

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2026)02-0069-04

Experience Summary of A Body Painting Line Transformation Painting Commissioning

ZHU Liang, ZHU Yong-yong, WANG Lei-gang, LI Ya, GUO Hai-yang, WANG Zi-wei
(Chery Automobile Co., Ltd., Dalian Branch, Dalian 116600, Liaoning, China)

Abstract: In this paper, the methods used in the spraying and debugging process of a body painting line transformation and the experience summarized are explained, involving the content of the transformation, the inner / outer plate spraying of the body, the air principle of the inner / outer plate robot atomizer, the adjustment method of the spray amplitude, the main difficulties encountered in the debugging process and the solutions, the beat lifting, the influencing factors of the paint rate, the bottom line process conditions, etc. Effective use of these methods and experience, can quickly and efficiently complete the debugging work, but also achieve the purpose of reducing costs and increasing efficiency.

Key words: painting commissioning; B1B2 process; spray pattern; transfer efficiency

0 引言

D 公司涂装生产线停产 6 年左右, 设备老化严重, 为恢复生产, 对整条线进行了更新改造。改造内容: 将原有 3C2B 工艺改为 B1B2+CC 双组分工艺, B1B2 输送由链条改为辊床; 旧机器人全部拆除, 安装新机器人, 设内/外板喷涂; 空调由全新风改为循环风。本文主要就机器人喷涂调试过程中的难点及解决办法进行总结说明。

1 工艺流程

此线采用 B1B2 工艺, B1、B2 输送为辊床, 采用走

停式生产, CC 段采用链条连续式生产, 设计节拍 36 JPH。B1、B2 采用走停式生产, 缺点是 B1 至 B2 外板的时间只有 3 min, 调试初期曾担心 B1 晾干时间太短会对外观不利, 产生痂子等缺陷, 经实际验证, 并未产生, 外观不受影响。

闪干时间 6.7 min, 炉温设定 90 ℃, 平均风速: 升温段 4.9 m/s, 保温段 7.4 m/s, 脱水率 90% 左右, 立面短波平均 13 左右。从车身外观结果看, 闪干条件满足要求。机器人配置见表 1。

表 1 机器人配置

类别	B1	B2 内板	B2 外板	CC 内板	CC 外板
喷涂机器人	4	6	4+4	4	6
开门机器人		4		4	
开盖机器人		2		1	

收稿日期: 2024-07-10

作者简介: 朱亮(1983—), 男, 本科, 涂装车间主任, 主要从事汽车涂装生产与技术管理等工作。E-mail: zhuliang4@mychery.com。

整个喷涂调试过程用时 23 d,完成两款车型共计 11 个车身/颜色调试,全部投入生产。

2 内板调试

2.1 空气原理

内板调试的主要缺陷是流漆、少漆、发花等,调整过程不能只考虑流量的变化,空气的作用非常重要,需要了解双环空气的规律和作用。制作图 1 所示的喷幅测试矩阵,深入了解空气对喷幅的影响规律,对缺陷消除非常有用。

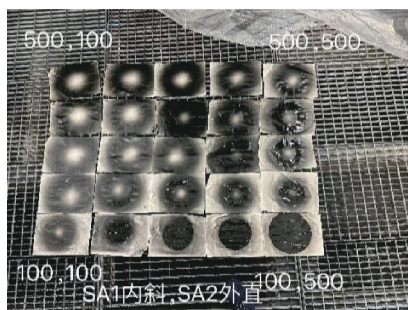


图 1 喷幅矩阵

从图 1 中分析,横向从左向右看,外环直孔空气加大,喷幅更加凝聚,喷幅略减小,喷涂力度更大,上漆率更高,可称之为硬喷幅,见图 2;竖向从下向上看,内环斜孔空气加大,喷幅增大,中心空环加大,颜色变浅,喷涂力度降低,变柔软,上漆率降低,可称之为软喷幅,见图 3。硬喷幅适合结构变化小的面,喷涂速度快,上漆率高;软喷涂适合结构复杂的面,但喷涂速度要低(一般<400 mm/s)。熟练掌握硬喷幅和软喷幅,配合流量调整,可以快速解决内板缺陷。



图 2 硬喷幅



图 3 软喷幅

2.2 难点缺陷

2.2.1 A 柱下方少漆

如图 4 所示,A 柱下方前门铰链上方的三角地带,受结构所限,机器人无法进入此区域进行正面喷涂。白色或浅颜色的金属漆在此区域会有少漆发黑的缺陷。采用硬喷幅,无论喷涂角度和流量如何调整,均无法实现完美覆盖,且周边 R 角处容易流漆。最佳办法:对此

区域单独降速(<400 mm/s),采用软喷幅,即扩散性的喷幅,可完美解决此区域的油漆覆盖问题。

2.2.2 白色胶条气泡

如图 5 所示,白色内板门边胶条处容易产生气泡。原因是胶条处的色漆过厚,解决办法是减少胶条处的色漆喷涂量,但同时会造成周边少漆、发黑,就需要通过喷涂点位、喷涂角度以及喷幅大小的调整,既解决周边发黑,又解决气泡问题,达到一个平衡。



图 4 少漆部位



图 5 胶条气泡位置

2.2.3 银色发花,发黑

此银色称为月光银,铝粉含量偏高且颜色很浅。内板 R 角处容易吹皱、发花,R 角附近又不易上漆,发黑。解决办法:尽量使用软喷幅,R 角处使用小流量,R 角之外大流量。此漆调试难度极高,需要熟练掌握喷幅的应用。所在工厂用时约 20 d,经过 30 多次的不断调试,方才成功。

2.2.4 套色

套色的难点:在车门关闭的状态下,需实现图 6 缝隙处的漆膜覆盖。解决方法:1)降低电压,甚至可以不加电压,使用空气喷涂;2)减小喷涂距离至 150 mm;3)使用双环空气,且使用硬喷幅,将油漆打入缝隙中。

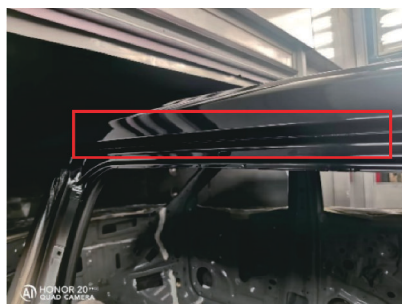


图 6 车门缝隙

3 外板调试

外板调试主要解决膜厚、色差、橘皮、发花问题。

3.1 膜厚

膜厚测试,建议在电泳层上(整车包铝箔,留下条

状空白做膜厚测试)单独测试单层油漆膜厚,不建议做3层油漆的分层膜厚。因B1、B2的膜厚范围可以做到 $\pm 1 \mu\text{m}$,而清漆的膜厚范围达 $\pm 5 \mu\text{m}$ 以上,清漆的宽范围会对B1、B2的膜厚精度产生影响,误差大。

调整流量和成型空气会对整车膜厚的均一性产生正向作用。

3.2 色差

色差调整以油漆为主,膜厚会在一定程度上影响色相(a, b 值),调试前需要油漆厂家提供膜厚-色差曲线图,便于进行方向性调整。膜厚及一站、二站喷涂比例,转速,均会对 L 值产生影响,调试期间根据 L 值各角度的原理,做针对性的测试,对不同颜色搜集各自的经验数据,可用于维护生产期间使用。

3.3 橘皮

B1B2工艺已在各大汽车厂成熟使用十余年,橘皮数据普遍可以做到:平面长波 < 2 ,短波 < 10 ;立面长波 < 5 ,短波 < 15 。根据经验,橘皮的主要影响因素见表2。

表2 橘皮的主要影响因素

因素	数据范围
重叠率	66%~75%,重叠率越高,橘皮效果越好
闪干风速	升温段 5 m/s 左右,保温段 8 m/s 左右
烘干风速	升温段 8 m/s 左右,保温段 15 m/s 左右
B1/B2 膜厚	10~18 μm ,过厚,短波会升高
清漆膜厚	45~55 μm ,清漆厚一点,长波会减小

清漆立面重叠率如果做到70%以上,则立面长波可以做到4以下。

闪干炉和烘干炉风口朝向,应垂直吹向车身,或斜向下吹,不可斜向上吹。这一点非常重要,斜向上吹,会吹皱湿膜,造成短波升高。

另外,笔者在调试过程中,发现各颜色车身两侧短波不对称,左侧明显偏高,20左右,右侧13左右。通过B1膜厚、转速、闪干风速、闪干温度、闪干风口朝向等调整,均无效。后通过一系列测试发现,问题可能出在清漆段,遂重新做流量标定测试,发现清漆左侧机器人固化剂出漆量比设定值高很多,造成清漆和固化剂比例失调,固化剂偏高。重新标定流量后,短波问题消除。这次事故说明,清漆固化剂比例过高会影响短波,因此,需要定期做流量标定。

3.4 发花

金属漆外板发花比较普遍,解决问题的关键是喷幅大小(重叠率)、喷幅稳定性以及一站、二站膜厚比例。

3.5 喷幅的测定方法

3.5.1 动喷测定

做一个单线喷涂程序,往返5~8次,喷涂速度与

车身喷涂速度一致,流量选取整车平均流量,旋杯距喷漆室格栅200、220、250 mm(与车身喷涂距离相同),格栅上放置一块马口铁板,运行程序,结果见图7。

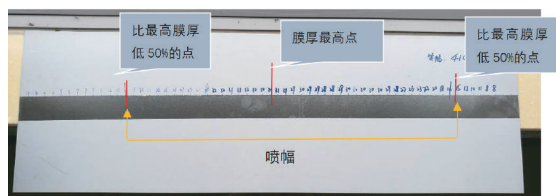


图7 喷幅定义

漆膜烘干后,在干膜表面每隔10 mm做记号,测量膜厚并记录,绘制膜厚分布图(若膜厚分布不均匀,则增加喷涂道数),膜厚最高点为 T ,定义 $0.5 T$ 两个点之间的距离为喷幅结果。喷幅的实际数据可以在excel表格中计算,计算公式为:喷幅=COUNTIF(数据范围, " \geq " & $0.5 \times \text{MAX}(\text{数据范围}) - 1$) $\times 10$ 。

优点:准确性高,避免视觉判断的误差。

缺点:测定工作量大、用时长,只适用于喷幅验证。

3.5.2 静喷测定

在喷漆室格栅上放一张足够大的铝箔纸,机器人旋杯在铝箔纸正上方200、220、250 mm(距离与车身喷涂间距一致),设定好参数,静止喷涂3 s,查看喷涂面的完整性,然后测量其直径。此法适合喷涂调试初期喷幅大小测定和日常喷幅点检。

3.5.3 目视测定

步骤:将机器人雾化器置于喷房输送链中间上方位置(此处空气流最稳定),设定好转速、流量参数后,通过调整成型空气值得到最佳喷幅,对于有经验的涂装人员而言,最佳喷幅大小可以由目视判断得出。不断调整流量,同时调整空气,得到大小基本一致的喷幅,记录数据,以此做出流量-成型空气曲线,见图8。

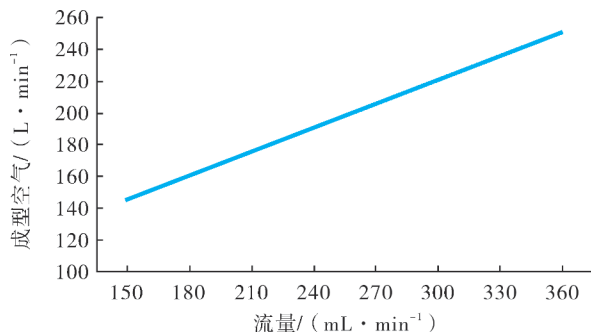


图8 流量-成型空气曲线

优点:测试快速,数据量大。

缺点:此方法剔除了电压以及油漆喷在车身上时

向周围反弹等的影响,精度不是太高。但是对于膜厚均一性而言,喷幅精度不需要太高,车身大面的喷幅一致性更重要。

对于双环成型空气,需要固定雾化空气数值,通过调整成型空气数值来调整和测定喷幅大小。

此法简单易测,准确性很高,且得出的流量-成型空气曲线数据量大,流量调整时,成型空气值可根据曲线做相应调整,保证喷幅的一致性,是最便捷、实用的方法。需要说明的是,每一个转速、每一种油漆,均需要做对应的流量-成型空气曲线。

使用目视测定法,做出流量-成型空气曲线,可保证整车喷涂过程中,喷幅大小基本不变。这是解决发花问题的基础。另外,一站、二站的喷涂比例非常重要,两站比例 7:3 或 6:4,对解决发花非常关键,金属漆尽量不要使用 5:5 的比例。再者,对于棱线部位的发花,还要考虑电压的影响,适当降低棱线部位的电压,保证周边膜厚的均匀性,对解决发花有利。

需要说明的是,A 柱、横梁、四门最上部、翼子板尖角、后背门上下边缘等非大面部位,不适合使用大喷幅,可根据目视情况缩小喷幅,提升上漆率,同时减少尖角油漆吸附等问题。

4 节拍提升

涂装生产线是高能耗单位,降本增效是永恒的话题。在保证质量不降低的前提下,尽可能地提高生产节拍,是降本增效的最重要手段。根据笔者经验,在满足表 3 工艺条件的基础上,可放心提高生产节拍,遇到的各种问题都可以解决。

表 3 工艺条件底线数据

影响因素	数据
外板喷涂速度/(mm·s ⁻¹)	≤500
内板喷涂速度/(mm·s ⁻¹)	≤800
闪干时间/min	≥5.5
闪干温度/°C	90~100
闪干风速/(m·s ⁻¹)	升温段:5 左右;保温段:8 左右
B1 至 B2 流平时间/min	3

按表 1 所示机器人配置和表 3 的工艺条件,目前笔者所在工厂的节拍达到 36 JPH,通过与行业先进单位的对标以及机器人离线模拟分析,确信将会在不久的将来达到 40 JPH。

5 上漆率提升

调试结束并稳定生产一段时间后,笔者开展了上漆率提升、降低车身油漆单耗的工作,根据几十组试验数据,得出以下结论。

外板:1)因在喷涂过程中,喷涂距离基本保持一致(200 mm 左右),在不产生高压报警的情况下,使用最高电压。2)要控制车身边缘部位的喷幅,减少漆雾外溢造成的浪费。3)在满足节拍要求的前提下,尽量使用低速、低流量,速度不影响上漆率,但是低流量可以提高上漆率。4)在喷幅一致的情况下,转速对上漆率的影响可以忽略不计。5)对于立面长波要求不是太高(<5)的情况下,清漆外板可采用高上漆率的雾化器。

内板:1)硬喷幅和软喷幅对上漆率的影响差异明显,在结构允许的条件下,尽量使用硬喷幅(只在复杂部位使用软喷幅)可有效提升上漆率。2)在不少漆、不发花的情况下,色漆内板尽量使用低膜厚;在新颜色调试期间,外板要测色漆层单层膜厚,但是内板一般是不测的。在内板调试期间,很容易将色漆膜厚推至上限。因此,在调试前,先在车身外板(或者比较大的马口铁板)上制作与内板轨迹相近的程序,喷板做色漆膜厚试验,做出满足遮盖力的下限膜厚,所用参数即可用作调试初始参数,在此基础上进行后续的调试工作,这样可以将单耗做到最低。或者由油漆厂家提供遮盖力膜厚下限值、密度、固体含量数据,再利用此次试验得出的上漆率数据,大体反推出喷涂流量数据。3)清漆内板喷涂,目视橘皮效果不差即可。

笔者用两个月的时间对色漆内板单耗进行逐步调整,同步采用降低流量、增加直孔空气量(空气 2)的办法,将色内板的单耗降低 15%~20%。

至于油漆,由于种类不同,导电性、固体含量、黏度也不同,上漆率数据必然会有差异,但设备所控制的其他因素(如喷涂参数、轨迹参数)对上漆率的影响规律是一致的。

6 结语

此次旧线改造,整个调试过程相对顺利,在比较短的时间内快速实现量产,原因就在于对以上经验的熟练使用以及新问题的快速总结。掌握规律、灵活使用规律、快速总结经验,对于喷涂线的调试至关重要,可以极大地提高调试效率,缩短调试时间,提高质量水平,降低车身油漆单耗,同时提高生产节拍,降本增效。

参考文献:

- [1] 王雷刚,陶德雨,张方祥.浅谈汽车涂装紧凑型工艺调试[J].现代涂料与涂装,2017(5):69-72.
- [2] 王雷刚,韩志伟,牟彬.紧凑型汽车涂装工艺的外观优化[J].电镀与涂饰,2019(15):817-821.
- [3] 王雷刚,崔旭冉,何龙,等.浅谈 Durr 机器人汽车车身内板喷涂技术[J].现代涂料与涂装,2016(2):51-54. ◆