

# 商用车喷漆机器人调试

黄庆, 袁振亮, 师丽娜, 李永利, 魏吉祥  
(成都大运汽车集团有限公司, 成都 610105)

**摘要:** 介绍了商用车喷漆机器人调试全过程分析, 包含功能调试、品质调试、效率调试、利用率调试, 通过不断优化改进实现提升质量、降低成本的目的。

**关键词:** 商用车; 喷漆机器人; 调试

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)03-0066-03

## Debugging of Painting Robot for Commercial Vehicle

HUANG Qing, YANG Zhen-liang, SHI Li-na, LI Yong-li, WEI Ji-xiang  
(Chengdu Dayun Automobile Co., Ltd., Chengdu 610105, China)

**Abstract:** The whole debugging process of commercial vehicle painting robot was analyzed, including function debugging, quality debugging, efficiency debugging and utilization debugging, through continuous optimization and improvement to achieve the goal of improving quality and reducing costs.

**Key words:** commercial vehicle; spraying robot; debugging

### 0 引言

随着汽车涂装的不断发展, 对于自动化、智能化的需求越来越高。喷漆机器人目前在汽车涂装中已经广泛应用, 商用车同样如此。喷漆机器人的调试是机器人项目的重要环节, 由于商用车品种多、颜色多, 调试工作复杂、周期长。调试主要包含功能调试、品质调试、效率调试、利用率调试 4 个阶段, 这 4 个阶段可能还会有交叉和反复, 效率调试或利用率调试完成后又会涉及到品质调整。

### 1 功能调试

功能调试主要是解决机器人“能动起来、能喷出漆”的问题, 该阶段只涉及车型, 不涉及颜色, 主要包含机器人单机调试、机器人联调、机器人出漆及换色。

#### 1.1 单机调试

单机调试主要保证机器人能进行仿形动作, 不会与车身发生碰撞。单机调试首先需要完成各车型的仿形程序(主要根据车身数模编制), 然后在喷漆室放置

实车, 将仿形动作与车身一起进行通过性验证。单机调试比较简单, 一般按照数模涉及的仿形进行两次验证后能够完成。

车门夹具对于内喷机器人开门非常重要, 必须采用磁性工装, 且磁性大, 不会反复开启后因为磁性减弱而导致无法开门或在输送链上因为门打开而撞伤车门。车门夹具的安装和维护也很重要, 安装需保证磁铁完全贴合车门平面(非喷漆部位), 使用一段时间后工装积漆需采用脱漆剂清理干净。

#### 1.2 联调

联调包含车型及颜色输入、识别, 机器人动作与链条的互锁, 光栅与机器人的互锁等。联调是指整个机器人涉及工位的联动, 能识别车型, 能安全操作。需要先选定信号输入工位, 一般是在喷漆前工位输入, 擦净工位确认。若整个车间上了 MES 系统, 可在焊装上白车身时就输入信号, 若无 MES 系统, 可在涂胶工位输入, 信号输入可单台输入, 也可整个数据全部导入。

#### 1.3 出漆及换色

机器人出漆及换色主要指机器人能正常出漆, 颜色正确, 能根据输入的颜色进行换色清洗, 不会混色。该项内容需要保证各输漆系统与换色阀连接正确、无

收稿日期: 2023-03-24

作者简介: 黄庆(1979—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事汽车涂装工艺规划工作。E-mail: scyf696@163.com。

泄漏,清洗马桶管路畅通,不会有溶剂上涌,导致静电旋杯污染。

## 2 品质调试

品质调试是机器人调试中最重要、时间花费最长的阶段。该阶段不再是机器人“能动起来、能喷出来”,还要能喷出质量合格的产品。品质调试主要包括贴板

验证和喷车验证。

### 2.1 贴板验证

品质调试会涉及车身面漆修补、返工及报废,初期调试可采用车身贴板来验证仿形。在车身 A 面(车门、侧围)每侧各贴 4 张板,背板及顶盖各贴 2 张板,机器人喷涂后记录贴板的膜厚、色差,见表 1 所列。

表 1 贴板喷漆质量记录

项目	左车门				右车门				左侧围				右侧围				顶盖		背板	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2
膜厚/ $\mu\text{m}$	39	38	39	37	38	36	37	38	39	40	38	41	39	38	39	39	37	38	38	39
色差( $\Delta E$ )	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4

### 2.2 喷车验证

喷车验证一般会分几轮进行验证,第一轮是先喷素色漆,对最常用的一种车型进行试喷,试喷成功后再扩展到其他车型。一种素色漆全车型验证成功后再试其他素色漆,素色漆全部验证合格后再试金属漆。

喷车验证过程中还要注意调试生产模式,我们先后试了几种模式:1)边试喷边生产;2)提前试喷后生产;3)全线机器人喷涂验证。在喷车验证阶段建立喷涂验证进度表,因为调试颜色多、车型多、周期长,故对每次喷车情况进行记录,制定措施,见表 2 所列。

表 2 机器人喷漆记录

车型	部位	颜色				
		皓月白	工程黄	环保绿罩光	朱雀红罩光	朱雀红金属
1735 单排(降顶)	外表面	合格	合格	合格	合格	车门色漆偏薄
	内表面	合格	合格	合格	左清漆流挂	合格
1735 排半(后围缩进)	外表面	右门下方流挂		局部清漆偏薄		合格
	内表面	左 A 柱拐角流挂		清漆流挂		
1835 单排(降顶)	外表面	右门下方流挂		合格	车门清漆偏薄	
	内表面	合格	合格	局部清漆偏薄		

由表 2 可知,全线机器人喷涂车质量问题多、返工多,边生产边试喷效率太低,单独调试喷车虽然能耗有所增加,但效率较高,能针对性地调试。

喷车验证过程中,要记录膜厚、色差以及是否有面漆缺陷,其中流挂、露底是最常见的缺陷。膜厚、色差一般可控,但流挂和露底是局部发生,有时通过减少和增加流量能解决,但有时和仿形有关系,需要调整仿形,有些部位如车门下边缘、门框转角处还需增设分区来解决。有些情况下,需要对高压和转速也进行适量调整。验证过程中需把握一个原则:出现面漆缺陷,首先查找材料和环境的影响因素,如面漆黏度、快慢干稀释剂的添加、温度、喷漆房温度等参数,排除后再找机器人的参数因素,因为材料和环境是变量,若先调整机器人喷涂参数,仍然需要调整材料和环境参数,变量太多难以锁定问题点。

喷车验证阶段会遇到车身定位精度问题。车身定

位精度直接影响面漆质量,定位精度低会导致车身左右漆膜膜厚差别大,以及无法正常打开门或能开门但局部露底。造成车身定位精度问题的主要原因有:滑橇是否变形、滑橇在输送链上停留前后位置是否有偏差、左右位置是否偏离、车身精度高低、滑橇支撑是否偏离等。车身精度一般都能保证,滑橇支撑需检查紧固螺栓是否松动,支撑是否偏移。滑橇与链条的偏离问题,可在链条上增加排轮减少左右偏差。滑橇自身变形需考虑滑橇是否经过热处理,是否有横梁支撑,很多生产线因滑橇通过喷漆房链条无法增加横梁,需将格栅下沉,并降低输送链放行器高度。增加横梁滑橇见图 1 所示。

从图 1 可以看出,滑橇前、中、后增加了横梁,将上部支撑点和下部滑橇纵梁连接起来,强度增加,也能通过喷漆室输送线和放行器。

喷车验证阶段还会遇到另一个问题,验证成功的

车身参数已经固化,但批量喷涂仍会存在色差、流挂等缺陷。这种问题一般首先要排查输漆系统是否存在油漆沉淀,因为输漆系统到机器人换色阀管路长、支管多,会出现堵塞、沉淀等情况。其次要对计量泵进行校核,避免因为计量泵误差产生的流量变化引起的色差、流挂缺陷。还有机器人工艺参数的修改,一定要专人负责,将所有车型、颜色的喷涂参数存档,每次修改需备注原因并重新备份,将每次修改的参数纳入数据库,便于追溯和调整。



图1 改造后滑橇

### 2.3 工艺参数调整

机器人喷漆参数主要包含流量、高压、转速、成型空气等。流量主要对漆膜厚度有影响,高压对上漆率有影响,转速影响油漆雾化程度,成型空气影响漆雾大小。机器人喷漆参数见表3所列。

表3 机器人喷漆工艺参数

部位	主剂流量 ( $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ )	转速 ( $\text{kr}\cdot\text{min}^{-1}$ )	成型1 ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	成型2 ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	高压 /kV
1	210	40	25	10	60
2	190	45	25	10	60
3	170	45	25	10	60
4	190	40	25	10	60
5	180	45	25	10	60
6	180	45	25	10	60
7	190	40	25	10	60

表3为溶剂型素色漆喷涂参数,从中可以看出,各部位参数有些不同,主要是大面和边角的流量、转速区别,以下具体阐述各参数的作用及调整。

#### 2.3.1 流量

流量是指每分钟旋杯的油漆吐量,流量是面漆膜厚最直接的影响因素,流量过大漆膜偏厚易流挂、起痂子,流量过低漆膜偏薄易露底。一般不罩光的素色漆流量为180~230 mL/min(两遍喷涂),需罩光的素色漆和金属漆流量为150~180 mL/min,清漆一般为450~500 mL/min。但是对于重叠部位、转角部位流量应适当降低,避免漆膜重叠导致流挂。已批量生产车型流量固化后仍会出现质量问题,可能是齿轮泵需要校准,避免

时间长后出现实际吐出量与设定的偏差。

#### 2.3.2 高压

喷漆机器人的喷涂原理是车身为阳极,机器人旋杯为阴极,在负高压电的作用下,两极形成高压静电场,内加电旋杯直接使涂料带上负电荷,外加电旋杯通过外部电极电离空气粒子,使涂料带上负电荷,车身在电场作用下带上正电荷。电压直接影响涂装静电效应、涂料利用率及涂膜均匀性。在枪距一定的情况下,升高电压,电场强度增加,上漆率提升,膜厚增加,但电压过高会引起面漆流挂、发花;降低电压,上漆率降低,膜厚减少。电压过低会影响雾化效果,出现涂料颗粒。内加电机机器人喷溶剂型漆电压一般设置为50~60 kV。

#### 2.3.3 转速

旋杯高速旋转时产生的离心力使涂料沿着旋杯的边缘产生雾化效果,转速越高,雾化越好,漆膜平滑度高,外观效果好,但雾化过细不仅会导致漆雾损失及漆膜变薄,也会引起漆雾反弹污染旋杯,影响漆膜质量及涂料利用率;转速越低,雾化越差,漆膜粗糙,外观越差。机器人旋杯最高能达到70 kr/min,一般色漆设置转速为40~50 kr/min,清漆设置转速为45 kr/min。

#### 2.3.4 成型空气

成型空气从分布于旋杯后侧成型空气罩内小孔喷出,主要是限制漆雾扇面的大小。成型空气流量越高,喷幅越小,漆雾在车身上反弹越大;流量越低,喷幅越大,漆雾在车身上反弹越小。在相同流量情况下,成型空气大小影响油漆重叠率,成型空气流量一般设置为25~35 L/min。

### 3 效率调试

效率调试主要是保证生产节拍在设计要求范围内。影响效率的主要因素有链速、走枪速度、喷涂质量、换色时间、机械化时间等。

#### 3.1 链速调整

节距一定,链速决定喷漆时间,一般节距根据车身长度决定,在车身长度基础上加1.5~2.0 m即为节距,链速调整主要是调整输送线频率及辊床频率,要二者匹配,需多次试验。链速调整和走枪速度相互影响,链速加快后,需相应提高走枪速度。

#### 3.2 走枪速度调整

走枪速度提高,喷漆时间缩短,可能会出现露底缺陷,需提高流量,个别位置还需要调整仿形。一般很少调整走枪速度,因为各位置的流量、仿形也要变化,很多车型和颜色又得再来一轮或多轮喷漆验证才能保证质量。喷漆机器人走枪速度一般设定在900 mm/s以下。

(下转第72页)