

涂装车间 PVC 涂胶机器人仿形自主调试应用

夏朗, 高文化, 甘正升, 王明
(奇瑞汽车股份有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 随着汽车制造自动化水平的不断提高, 自动涂胶技术已成为各主流整车生产线的标准配置, 直接影响车身密封、防腐及隔音降噪等关键性能。为降低设备引进与维护成本、缩短新车型开发周期, 笔者团队针对德国 DURR 涂胶机器人系统, 成功实现了仿形路径的自主制作与工艺参数的全流程调试。我们在不依赖外部技术支持的条件下, 完成了复杂曲面轨迹的精准规划、胶型参数的匹配调整以及机器人运动姿态的优化, 显著提升了涂胶的均匀性与一致性。

关键词: 自主仿形; 喷涂工艺调试; 离线模拟

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2026)01-0026-04

Application of PVC Coating Robot Profiling Self-debugging in Painting Workshop

XIA Lang, GAO Wen-hua, GAN Zheng-sheng, WANG Ming
(Chery Automobile Co., Ltd., Wuhu 241000, Anhui, China)

Abstract: With the continuous advancement of automation in automotive manufacturing, automatic adhesive application technology has become a standard configuration on mainstream vehicle production lines, directly impacting key performance aspects such as body sealing, corrosion resistance, and noise reduction. To reduce equipment procurement and maintenance costs while shortening new vehicle development cycles, our team successfully achieved autonomous path generation and full-process parameter tuning for the DURR adhesive robot system. Without relying on external technical support, we accomplished precise trajectory planning for complex curved surfaces, optimized glue type parameter matching, and refined robot motion postures, significantly improving the uniformity and consistency of adhesive application.

Key words: self-profiling; spraying process debugging; off-line simulation

0 引言

涂装车间在现代工业生产中扮演着重要角色, 涂胶工艺作为其中的关键环节之一, 直接影响产品的质量和外观。随着汽车制造自动化程度的提高, 传统涂胶工艺存在着人工操作难度大、效率低、质量不稳定等问题, 因此引入 PVC 涂胶机器人进行涂胶操作已成为一种趋势。涂胶机器人的调试和优化一直是一个重大挑战, 如何实现仿形自主调试成为涂装车间优化的重要研究方向。

收稿日期: 2024-06-05

作者简介: 夏朗(1995—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装产线建设及仿形规划工作。E-mail: xialang@mychery.com。

1 机器人仿形

1.1 离线仿形准备

收集车身的三维数模图形, 用于离线仿形的调试及重建工作场景的虚拟环境。利用三维软件(如 CATIA、UG、CAD 等)进行相关操作。

机器人仿形需要的数据包括: 车身数据、四门两盖最大可开启角度、PVC 吊具、面漆滑撬数据, 四门面漆、两盖撑杆、两盖门钩工装数据。

注意事项: 仿形所需数据格式为.hsf 格式, 需将数据格式转换, 数据转换软件采用 CATIA 软件。

1.2 离线仿形的制作

本文采用的仿真软件是 DURR 自主研发专用软件 3D.onsite, 模拟机器人系统在现场运行的可达性, 并

输出产品的离线仿形。这种方式减少了现场停线示教工作量,大幅缩短了调试时间。

1.2.1 现场工作站的还原

在现场计算机上找到多台机器人数据备份,直接用 3D.onsite 软件创建新项目。为了使用 Visual Analytics,必须创建一个项目并捆绑工作站(包括控制系统),然后再利用离线工作站依次绑定各机器人控制系统。例如,在“驱动器”选项卡中指定到本地目录 control 的路径,D:\Station1\application_R11\control。

1.2.2 数模导入

导入车型数模:在 3D.onsite 中导入车身数模(图 1),设置好车身坐标 OBJECT(离线可用现场相似车型的车身坐标)。

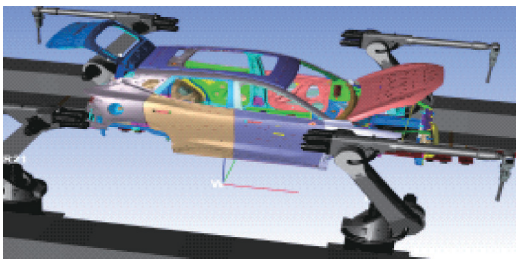


图 1 车型数模导入

1.2.3 仿形的离线编制

机器人离线仿形编制,是指操作人员在编程软件构建的整个机器人工作应用场景的三维虚拟环境中,根据相关工艺需求进行一系列操作,自动生成机器人的运动轨迹,我们称之为控制指令。然后在软件中进行仿真与轨迹调整,最后生成执行程序并输出给机器人。

根据产品的三维数模来做离线仿形程序时应充分考虑产品工艺的需求。因此必须根据车身数模及产品编制的 PDM 文件来进行编程,实例如下:

```
RSELECT("R11")      (机器人选择指令,程序
开始必要条件)
//
SETOBJECT(BASE_T1K) (车身坐标加载指令)
SETTOOL(GUN1_50)    (工具坐标加载指令)
//
CALL home()          (子程序加载指令,调用
HOME 位程序)
//
//R11<->R21_in RearDoor (备注:R11 与 R21 直接
碰撞设置,方便人员观看)
SET(Collision2,High) (机器人之间的防碰撞
```

```
信号触发)
RECEIVE(Collision2,High) (碰撞信号保持)
//
CALL rear_door_left()    (调用涂胶子程序)
//
SET(Collision2,Low)     (碰撞信号复位)
//
CALL home()              (子程序加载指令,调
用 HOME 位程序)
//
RDESELECT("R11")        (程序结束)
    以上为主程序涂胶逻辑,子程序喷胶程序实例如
下:
RSELECT("R11")          (机器人选择指令,程
序开始必要条件)
//
SETOBJECT(BASE_T1K)     (车身坐标加载指令)
SETTOOL(GUN1_50)        (工具坐标加载指令)
//
ACC(A3500)               (加速度 3 500 mm/s2)
VEL(V800)                 (速度 800 mm/s)
OVERLAP(NODEC25)         (运动平滑过渡)
//
PTP(P1)                   (运动第一个点)
LIN(P2)                     (运动第二个点)
SETBRUSH(GUN1,24,PT1,TR1) (调一号枪第 24 号刷
子参数)
LIN(P3)                     (运动第三个点)
GUN(GUN1,GunOn,PT2,TR2) (一号枪打开)
LIN(P4)                     (运动第四个点)
GUN(GUN1,GunOff,PT3,TR3) (一号枪关闭)
LIN(P5)                     (运动第 5 个点)
RDESELECT("R11")        (程序结束)
```

程序编制结束后必须进行离线仿真。因为在仿真模拟下可以模拟出机器人在自动运行状态是否存在报警,后续再对仿形进行不断的优化调整可以避免实车示教过程中出现限位、碰撞等常见机器人故障。

1.3 实车车身坐标的测量

1.3.1 准备工作

1)准备好标准的电泳白车身;2)准备好测量工具。

1.3.2 实车测量

用 3D.onsite 软件在数模车身均匀取 8~12 个点,再在枪上装测量工具,手动示教车身上所取的 8~12 个点,通过软件自动换算生成车身坐标。测量车身坐标的 OBJECT 用 zero 坐标如图 2 所示。

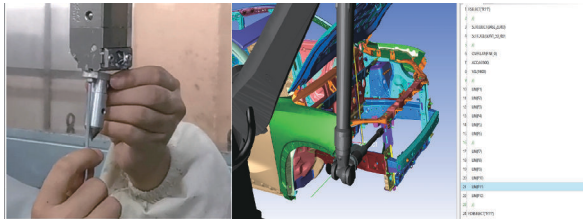


图2 测量工具及数据点选取

1.3.3 优化离线仿形

用新做的实车车身坐标替换之前离线仿形使用的车身坐标(详见 1.2.2),查看仿形轨迹是否存在大的偏差或者碰撞,如有上述问题,需要调整轨迹点。

1.3.4 轨迹点调整

在 3D.onsite 软件图形编辑器中激活程序,通过选择坐标系让轨迹点在轴上进行平移或旋转最终达到我们理想的一个位置角度,从而满足工艺要求。

1.4 现场仿形示教及测试

1.4.1 现场示教

为了让离线仿形能用于实际现场,需要利用示教器进行现场示教来优化仿形,直至满足实际喷涂工艺质量要求为止。TCP(tool central point)工具坐标中心点应与车身保持一定相对的距离,TCP 与车身的距离(即机器人枪头与车身表面的距离)以 ISS 站为例 TCP 通常为 50 mm。在示教模式通过操作示教器运行轨迹点,查看轨迹点与实车之间具体的状态,如有限位或者碰撞应及时修改。

1.4.2 仿形的镜像

为减少编程,提高编程效率,如左右对称喷涂仿形可以进行镜像,然后只需对涂胶顺序进行调整,再进行现场示教,这样操作既简单又快捷,提高仿形制作的速度。

1.4.3 不带工艺空车模拟

不带工艺空车模拟是指在涂装机器人运行时,不使用真实涂料及涂装工件,而是通过计算机软件进行虚拟的喷涂轨迹和参数模拟。这种方法允许工程师在不消耗材料的情况下,优化机器人运动路径、喷涂参数及其他工艺因素。可以减少实际喷涂操作的频率,从而降低操作人员的接触风险,提高生产现场的安全性。

1.4.4 不带工艺实车模拟

通过空车模拟测试之后,就可以导入实车进行模拟。在模拟的过程中手拿示教器,发现有危险的情况下可及时按下急停按钮避免发生机器人与车身的碰撞,该阶段是仿形制作的最后一次测试。

1.4.5 模拟的意义

1)降低生产成本:通过不带工艺实车模拟,企业在开发新涂装工艺时,能够减少对真实材料的消耗。这种方法有效降低了试验成本,使企业在进行工艺调整和验证时,更加灵活高效,从而优化了整体生产成本。

2)提高生产效率:不带工艺实车模拟使得工程师可以在虚拟环境中进行多次迭代,快速找到最佳的涂装方案。这种高效的模拟过程,能够显著缩短产品上市时间,提高生产效率,满足市场需求的快速变化。

3)增强安全性:运动过程往往存在碰撞的风险,而不带工艺实车模拟可以减少碰撞的发生,从而提高设备的寿命,这种安全性的提升至关重要。

2 涂胶工艺参数的设置

喷涂设备厂家都有各自的工作台软件,方便工作人员调整工艺参数,尽管软件界面不同,但调整工艺参数的功能是一样的。本文以 DURR 公司开发的 3D.onsite 软件自带的刷编辑器设定工艺,通过 3D 模拟简便地修改机器人的喷涂仿形及胶压、流量等参数调整胶条宽度,如表 1 所列。

表 1 一号枪 BURSH 参数

BRUSH	注释	预压/MPa	读入预压偏差/%	涂料量/(mL·s ⁻¹)	配料器停止延时/ms	配料器开启延时/ms
GUN1	Gun1_16 mL/s	2.5	15	16	45	115
	Gun1_17 mL/s	2.6	15	17	45	115
	Gun1_18 mL/s	2.7	15	18	45	115
	Gun1_19 mL/s	2.8	15	19	45	113

2.1 PVC 涂料简介

PVC 涂料即聚氯乙烯涂料,是一种广泛应用于建筑、工业和消费品领域的高性能涂料。它以聚氯乙烯树脂为主要成分,结合增塑剂、稳定剂、填料和其他助剂,通过特定的工艺加工而成。PVC 涂料具有优异的耐候

性、耐化学腐蚀性、耐磨损性和良好的绝缘性能,这使得它在各类环境中都能表现出色。

工业应用方面,PVC 涂料被广泛用于管道、储罐、机械设备等的表面处理。其卓越的化学稳定性可以抵御多种酸碱、盐类和有机溶剂的侵蚀,确保设备在恶劣

环境下依然保持良好的性能。

总的来说,PVC 涂料凭借其多功能性和优异的保护性能,成为多个行业的重要材料。随着技术的不断进步,PVC 涂料的应用前景将更加广阔。

2.2 工艺参数设定

1) 涂料胶压

PVC 胶的压力,一般根据工艺要求配合流量的调整达到对应胶条宽度和厚度。

2) 流量

喷涂流量是单位时间内通过计量单元输送给喷枪的量。需注意定期(一般每月 1 次)标定计量单元,发现误差及时校正或更换。

2.3 参数确定

制作一个直线运动轨迹,通过调整保证速度不变的状态,通过改变流量和胶压测量多组数据,找到最整齐,稳定的胶条状态。记录并写入刷编辑器中。注意:由于使用的是 3D 枪头,因此 3 个不同 TOOL 坐标下 3 个枪头都要设置。

2.4 工艺调整

如图 3 所示,绿色的圈是开关枪,粉色的是刷子。微调时只需要点击刷子或者开枪点,左右移动(+,-)修改,如果需要修改的幅度较大,需要在程序段中进行拖动,调整开枪和刷子的位置。白色三角为点位,即各个 Lin 或 PTP 点,绿色三角对应程序运行的方向。

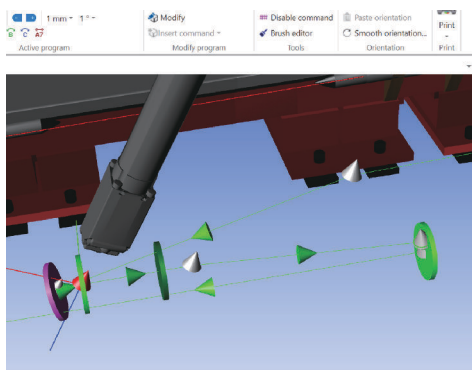


图 3 图形编辑器

3 PVC 涂胶机器人常见工艺问题

3.1 喷胶不均匀问题

喷胶不均匀是机器人 PVC 喷胶过程中常见的问题之一。这可能是由于喷头的磨损、喷胶压力的波动或喷胶速度的变化导致的。为了解决这个问题,可以定期检查喷头的状态,调整喷胶压力和速度,确保喷胶的均匀性。

3.2 喷胶过量与不足

喷胶过量和喷胶不足也是常见的问题。喷胶过量

可能导致胶水的浪费和产品外观的瑕疵,而喷胶不足则可能影响产品的质量和性能。这通常与喷胶参数的设置和机器人的运动轨迹有关。因此,在调整喷胶参数时,应结合实际情况进行精确设置,并优化机器人的运动轨迹,确保喷胶量的准确控制。

3.3 喷头堵塞与清洗

喷头堵塞是机器人 PVC 喷胶过程中的常见问题。堵塞可能是由于胶水固化、杂质堵塞或喷头长时间未使用导致的。为了避免喷头堵塞,应定期清洗喷头,并确保使用的胶水质量良好。在清洗过程中,应使用适当的清洗剂和工具,避免对喷头造成损坏。

3.4 喷胶速度与精度控制

喷胶速度和精度的控制对于机器人 PVC 喷胶来说至关重要。速度过快可能导致喷胶不均匀,而速度过慢则可能影响生产效率。精度方面,喷胶位置的准确性和胶量的控制都需要精确掌握。因此,在实际操作中,应根据产品的需求和工艺要求,合理设置喷胶速度和精度参数,确保喷胶效果的理想化。

3.5 机器人路径规划

机器人路径规划是确保喷胶效果的关键步骤。合理的路径规划能够避免重复喷胶和遗漏喷胶,从而提高喷胶的均匀性和质量。在规划路径时,应根据产品的形状和尺寸进行精确计算,并考虑到机器人的运动能力和精度限制。

3.6 喷胶参数调整与优化

在实际生产过程中,喷胶参数的调整与优化对于提高喷胶质量和效率至关重要。参数包括喷胶压力、喷胶速度、喷头距离等。通过不断尝试和调整这些参数,可以找到最适合当前生产条件的参数组合,实现喷胶效果的优化。

3.7 环境影响与控制

环境因素也是影响机器人 PVC 喷胶效果的重要因素。温度、湿度和洁净度等环境因素都可能对喷胶质量产生影响。因此,需要控制好生产环境的温度、湿度、洁净度,以减少环境因素对喷胶质量的影响。同时,定期对环境进行清洁和维护,保持环境的稳定和清洁。

4 结语

PVC 涂胶仿形的自主调试为主机厂全自动化生态上添加了浓墨重彩的一笔,但这仅仅是自动化的冰山一角。随着人工智能和机器学习技术的进一步融合,PVC 涂胶机器人的仿形自主调试能力将不断提升。未来,机器人将能够通过深度学习和大数据分析,更加精准地预测和优化涂胶工艺,进一步提高生产效率和产品质量。

(下转第 36 页)