

# 工业机器人涂胶路径规划与仿真研究\*

温成卓,刘 红,崔欢欢,刘 栋

(云南机电职业技术学院 机械工程学院,云南 昆明 650203)

**摘 要:**工业机器人技术在智能制造业中的应用越来越广泛,在涂胶领域的应用,可以有效解决人工涂胶效率低、涂胶质量不高、涂胶过程有害气体对人体伤害等问题。以真实的车门涂胶过程为例,应用三维软件建立车门的仿真模型,利用 RobotStudio 中的“自动路径”功能生成涂胶路径,通过调整和优化点位姿、轴参数配置方法、碰撞监测、轨迹运行仿真等技术手段优化涂胶路径生成运动轨迹。通过与传统的工业机器人现场示教点编程生成轨迹路径的方法相比较,采用虚拟仿真软件中“自动路径”功能优化后生成的路径轨迹与几何体曲面轮廓贴合度更好,涂胶厚度更加均匀,涂胶质量和效率更高。

**关键词:**工业机器人;涂胶路径;仿真研究;RobotStudio;自动路径;位姿

**中图分类号:**TP 242 **文献标志码:**A

## Research on Plan and Simulation of Industrial Robot Gluing Path

WEN Chengzhuo, LIU Hong, CUI Huanhuan, LIU Dong

(Department of Mechanical Engineering, Yunnan Electromechanical Vocational and Technical College, Kunming 650203, China)

**Abstract:** Industrial robot technology has been more and more widely used in intelligent manufacturing, and the application of industrial robot in the field of gluing could effectively solve the problems of low efficiency of manual gluing, low gluing quality, harmful gas for the human body in the gluing process and so on. We took practical gluing for car door for instance, built a simulation model of car door by three-dimensional software, and generated gluing path by using the automatic path function of RobotStudio. The gluing path was optimized and the motion trajectory was generated by adjusting and optimizing the point posture, axis parameters configuration method, collision monitoring, trajectory operation simulation and other technical means. Compared with the traditional method of generating paths by industrial robot local teaching points programming, the results showed that the generated path optimized by automatic path function of virtual simulation software had better fit with the contour of geometric surface, the gluing thickness was more uniform, and the gluing quality and efficiency were higher.

**Key words:** industrial robot, gluing path, simulation research, RobotStudio, automatic path, positional posture

胶接作为一种重要的连接方式,广泛应用于产品的制造过程中。目前,国内仍然有大部分企业采用人工涂胶的方法,手工涂胶的质量受个人熟练程度限制,容易出现涂胶不均匀、不连续和浪费等现象,并且大部分胶易挥发有毒气体,对人体产生伤害。工业机器人技术作为一门自动化控制技术、计算机科学、信息与传感技术、人机工程学、机械传动技术等多学科交叉的高新技术,广泛应用于信息化智能制造业中。六轴工业机器人在工作时间长、精度要求高、工作环境恶劣的喷涂领域中应用越来越广泛<sup>[1-2]</sup>。采用现场示教点位的编程方法可以很好地完成单一平直的涂胶路径轨迹规划,但对于具有复杂曲线的涂胶路径此种方法难以满足要求,会出现示教点位过多、编程工作量大、生产效率低下、涂胶质量差的情况。采用工业机器人虚拟仿真技术可以自动识别涂胶几何曲线,生成轨迹路径并模拟涂胶过程,自动生成优化后的加工程序,参照仿真结果进行现场加工可以提高涂胶质量和生产效率。

## 1 虚拟仿真环境搭建

应用三维软件建立真实车门的三维模型并导入 RobotStudio 中,机器人采用 IRB4600 型号,建立胶枪模型导入并安装到机器人末端法兰盘。导入工作区围栏和机器人控制器模型,完成仿真环境搭建如图 1 所示。创建机器人系统,工业网络设置选择 709-DeviceNet Master/Slave。通信方式选择 616-1PC interface<sup>[3-4]</sup>。

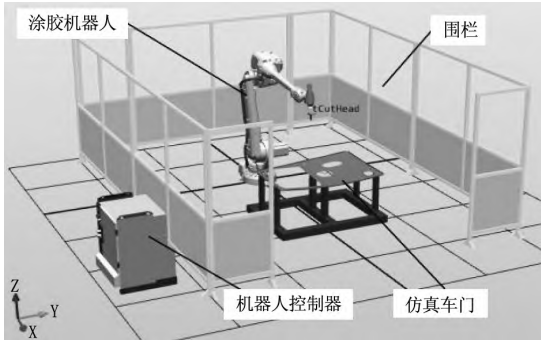


图 1 工业机器人涂胶仿真环境

## 2 采用传统的示教点位编程方式生成涂胶路径

传统的示教点位编程方式首先编制好运行程序,然后沿涂胶路径选择点位进行示教保存点位信息,在单侧涂胶路径中选择 5 个点位(P10~P14)进行示教,生成的路径轨迹如图 2 所示。由于车门模型为曲面,采用此法生成的轨迹带有明显的折点,不能与曲面贴合。经试验发现,此种方法会出现涂胶不均匀现象。若采用增加示教点数量的方式可以改善轨迹,但会增加编程工作量,影响生产效率。

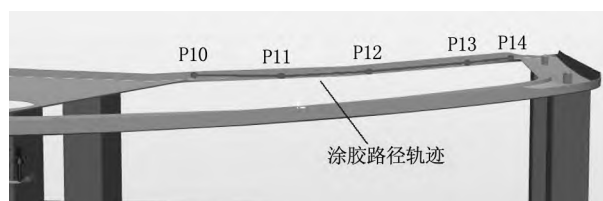


图 2 示教点位编程方式的涂胶路径

## 3 虚拟仿真环境下采用自动路径方法优化涂胶轨迹

步骤一:设置坐标系。在设置选项中选择工件坐标 wobj0;选择胶枪为新的工具坐标:tCutHead(见图 3)。在控制器选项中将新设置的工件、工具坐标同步到 RAPID,完成这一步才可以在虚拟示教器中完成工件、工具坐标的切换。

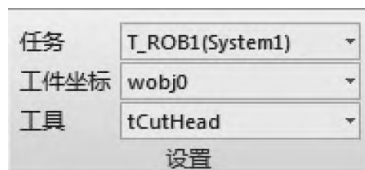


图 3 工具、工件坐标设置

步骤二:设置设备原点。打开虚拟示教器,选择上一步设置的坐标。在程序编辑器中新建例行程序添加第一条指令:MoveAbsj PHOME, V1000, Fine, tCutHead, 选定 PHOME 在“调试”中“查看值”修改 PHOME 点各轴的初始角度都为 0 度(见图 4)。



图 4 设置 PHOME 点值

步骤三:自动生成涂胶轨迹。自动路径功能可以识别几何体边缘并创建一条路径或者曲线。在“基本”选项中,选择“自动路径”,在工件上选择涂胶路径所在的曲面作为参考面,然后依次选择涂胶工件几何体边缘。为了使机器人涂胶轨迹更加平滑,可以选择近似值参数为线性,将公差值设置小一点,可以使运动轨迹更加精确。为了使机器人运动轨迹更加贴近真实曲线,亦可设置近似值参数为常量,通过调整最小距离调整捕捉点的疏密程度,进而调整与真实曲线的接近程度。在“更多”选项中可以设置入刀出刀距离,最后点击“创建”生成自动路径(见图 5)。

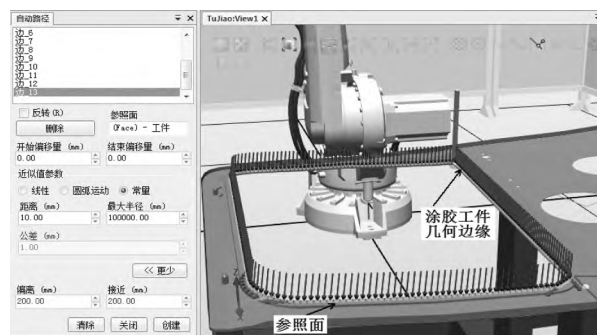


图 5 自动路径设置

步骤四:机器人位姿调节和路径优化。创建生成 Path\_10 自动路径后,会发现很多运动指令机器人是不可到达的(见图 6),需要进一步调整机器人位姿优化轨迹路径。首先右击问题指令,打开“修改指令”中的“参数配置”窗口,查看各个轴参数配置的 6 个轴的度数,选择各轴最为接近 0°的配置参数,使机器人以最为舒适的姿态达到目标点(见图 7)。当路径中的某些点仍然不能以正确的姿态到达时,可以选定该点“查看机器人目标”,选定胶枪后在“基本”选项卡中选择 Freehand 的“手动重定位”功能,手动拖拽调整机器人位姿<sup>[5-7]</sup>(见图 8),调整到合适位姿后,右击该条指令选择“修改位置”即可。



图 6 路径中的问题指令



图 7 轴参数配置

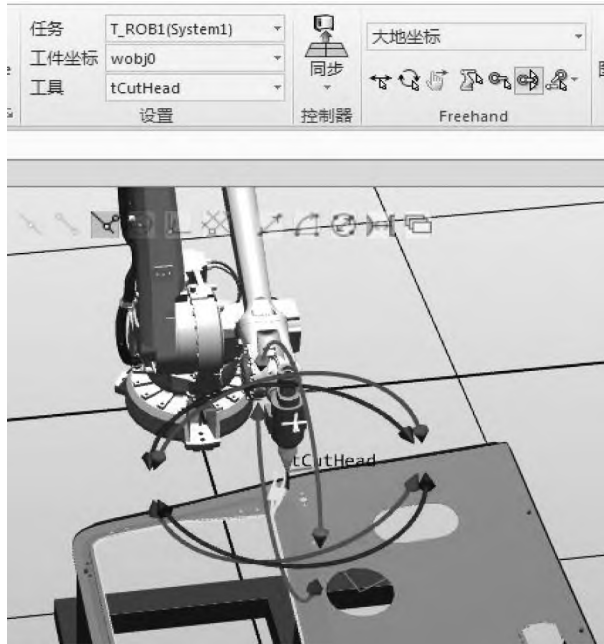


图 8 手动修改机器人位姿

在右侧“工件坐标 & 目标点”目标树中,选定所有未修改位姿的目标点,右击选择“修改目标”→“对准目标点方向”,选择刚修改优化的目标点,即可完成全部点位姿的修改和优化(见图 9)。

步骤五:指令参数设置和创建涂胶程序。对机器人运动过程分析,可将涂胶过程定义为工作进程,为了保障涂胶质量,工作进程的运动速度不宜过快,转弯半径不能定义为 fine 模式,否则机器人运动过程中会出现抖动现象。机器人的非工作进程一般为空行程,为了提高加工效率,将非工作进程的运动速度设置高一点,具有位置精度要求的点,如出刀入刀点,将转弯半径设置为 fine。分别选定工作进程指令和非工作进程指令右击选择“编辑指令”进行参数设置(见图 10)。完成运动指令参数编辑后,在控制器选项中将 Path\_10 路径同步到 RAPID 中,打开示

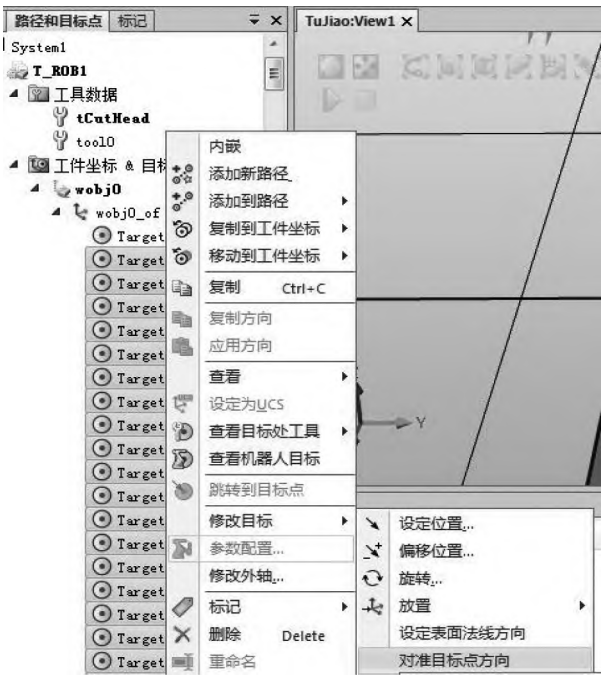


图 9 对准目标点方式修改优化点的位姿

教器的程序编辑器可以看到生成的涂胶轨迹程序,部分程序如图 11 所示。



图 10 运动指令参数编辑

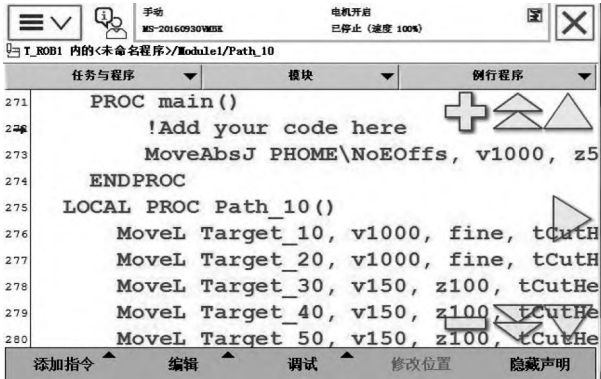


图 11 涂胶轨迹部分程序



步骤六:碰撞检测和仿真验证。在仿真选项中提供了碰撞检测功能,通过设置工件与工具间最小安全值,可以创建碰撞检测,当运行过程中出现碰撞或者安全距离小于安全值时,系统会发出警示。在仿真选项中点击播放可以查看机器人涂胶的全仿真过程,查看机器人运行过程是否顺畅,运行过程位姿是否正确以及是否出现碰撞报警现象<sup>[8-10]</sup>。如出现问题,可以及时修改指令和调整机器人位姿,重新规划优化轨迹。经优化过的仿真结果如图 12 所示,可以看出,仿真涂胶轨迹与几何体曲面贴合完好,涂胶轨迹明显优于传统的示教点位编程方式生成的轨迹。

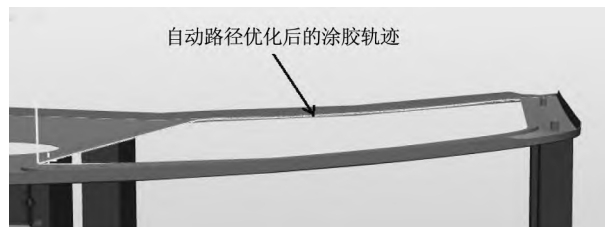


图 12 自动路径优化后的涂胶轨迹

步骤七:真实环境机器人涂胶运行。将仿真环境的车门托架的工件坐标与真实环境的工件坐标同步设置,注意可以通过调整 Z 轴的偏差调整涂胶的厚度。将仿真环境与真实机器人涂胶工具的 TCP 进行同步设置。用 U 盘将 RobotStudio 软件中的程序导入机器人中进行运行验证,运行结果较好。

#### 4 结语

将工业机器人应用在涂胶领域,可以有效减少人工涂胶产生的涂胶质量不高问题,避免涂胶过程有害气体对人体的伤害。对比传统的示教点位编程方法生成的涂胶轨迹存在折点明显、不能与曲面贴合、涂胶质量不高等问题。本文提出了使用 RobotStudio 在仿真环境中通过“自动路径”功能优化涂胶轨迹的方法,并详细描述了 7 个操作步骤,解决了如何调整和优化点位姿、轴参数配置方法、碰撞监测

轨迹运行仿真等问题。对比涂胶轨迹效果(图 2 和图 12)可以得出,采用“自动路径”优化涂胶轨迹的方法可以有效提高涂胶质量和生产效率。除涂胶领域,此种方法可在打磨、焊接等具有复杂曲面的机器人路径规划领域进行推广和应用。

#### 参考文献

- [1] 蔡汉明,周烨,李昶利. 工业机器人喷涂运动学仿真研究[J]. 新技术新工艺,2014(9):36-39.
  - [2] 高茂源,王好臣,丛志文,等. 基于 RobotStudio 的机器人码垛优化研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2020(11):38-41.
  - [3] 王新刚. 基于仿真系统的工业机器人轨迹规划[J]. 电子科技,2020(4):8-10.
  - [4] 熊隽,陈运军,李刚. 基于 RobotStudio 的仿真平台设计[J]. 机电工程技术,2020,49(8):129-130.
  - [5] 王嘉翀,郭恩澍,李宏伟. 基于 UG 的工业机器人圆弧插补后处理算法研究[J]. 新技术新工艺,2021(7):52-56.
  - [6] 张晓瑾,胡斯乐,林粤科. 智能涂胶系统的设计与实现[J]. 机床与液压,2016,44(15):11-14.
  - [7] 林粤科,林君键,张晓瑾,等. 面向涂胶机器人的胶线质量模型研究[J]. 机床与液压,2014,42(3):51-53.
  - [8] 张永贵,陈富久. 基于 Robotics Toolbox 的工业机器人螺旋轨迹研究[J]. 机械制造与自动化,2017(4):150-153.
  - [9] 王晓波. 六自由度工业机器人的轨迹规划与虚拟监控技术研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2018.
  - [10] 李双双. 工业机器人建模、运动仿真与轨迹优化[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2012.
- \* 云南机电职业技术学院科研带头人及团队建设工程项目 (2017TD02)  
云南机电职业技术学院青年骨干教师科研计划项目 (2020QN02)

作者简介:温成卓(1985-),男,硕士,讲师,主要从事机械制造及工业机器人技术应用等方面的研究。

收稿日期:2021-10-25

责任编辑 郑练