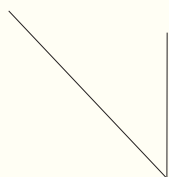


基于 ROBOGUIDE 的 工业机器人程序修正与联机调试*

文 ◆ 遵义职业技术学院 杨莹



引言

随着全球制造业竞争的加剧，提高生产效率、降低生产成本成为企业发展的关键。工业机器人作为自动化生产的重要组成部分，其编程方式直接影响生产线的灵活性和产品质量。工业机器人的程序编写方法有在线示教编程和离线编程两种^[1]。在线示教编程需要操作者在生产现场操作工业机器人示教器，依靠人眼观测手动调整机器人的位置和姿态，同时在示教器中添加各种程序指令，从而编写机器人的运动控制程

序。然而，在线示教编程过程繁琐，需要编程人员反复点动机器人，且示教精度完全取决于操作人员的目测。尤其在焊接、切割等较为复杂的机器人工作中，机器人运动轨迹复杂多变，机器人在线示教编程难以完成。离线编程技术的出现，为解决这些问题提供了有效途径。

1 离线编程与仿真技术的认知

工业机器人离线编程软件主要利用三维仿真技术对机器人工作站进行三维建模，建立一个与现实工作环境相同的虚拟工作场景，采用规划算法对机器人及其工作站的各环节进行控制和操作，最终生成机器人的运动程序。离线编程的出现有效弥补了在线示教编程的不足。

目前市场中，离线编程与仿真软件的品牌较多，但其基本流程大致相同。首先，在离线编程软件的三维界面中，用模型搭建一个与真实环境相对应的仿真场景。其次，软件通过对模型信息的计算来进行轨迹、工艺规划设计，并转化成仿真程序，实现机器人实时模拟仿真。最后，通过程序的后续处理和优化过程，向外输出机器人的运动控制程序。

虽然离线编程可以提前规划机器人的运动轨迹，但在实际应用中往往需要根据现场情况对程序进行在线修正。因此，研究如何在不中断生产的情况下实现机器人程序的快速修正，对于提升自动化系统的柔性具有重要意义。

2 ROBOGUIDE 简介

ROBOGUIDE 软件作为一种先进的离线编程工具，能够提前规划机器人的运动轨迹，实现程序的快速修改和优化，显著提升生产效率。ROBOGUIDE 是与 FANUC 工业机器人配套的一款软件，主要功能包括 3D 模拟、运动学分析、路径规划、碰撞检测、程序编辑和调试等。这些功能使用户可以在虚拟环境中完成机器人程序的设计和验证，确保程序的正确性和安全性。

*【基金项目】2023 年下半年贵州省职业教育“技能贵州”行动计划项目—智能制造现场工程师培养计划—黔教函（2023）100 号

【作者简介】杨莹（1984—），女，重庆人，工学硕士，副教授，研究方向：机电一体化技术。

ROBOGUIDE 是一款核心应用软件，其常用的仿真模块有 Chamfering PRO、HandlingPRO、WeldPRO、PalletPRO 和 PaintPRO 等。其中，Chamfering PRO 模块用于去毛刺、倒角等工件加工的仿真应用；HandlingPRO 模块用于机床上下料、冲压、装配、注塑机等物料搬运仿真；WeldPRO 模块用于焊接、激光切割等工艺仿真；PalletPRO 模块用于各种码垛仿真；PaintPRO 模块用于喷涂仿真。不同模块决定了其实现的功能不同，相应加载的应用软件工具包也不同。

3 程序修正及联机调试

在 ROBOGUIDE 的虚拟环境中，模型尺寸、位置等数值的控制是一种理想状态，也是现实世界难以到达的境界。即使虚拟工作场景按照实际工作场景 1:1 绘制和布局，也无法改变由于机器人运动精度、现场安装精度等因素造成的位置误差，从而引起机器人离线程序在实际工作运行时发生位置偏差。

为了解决以上问题，ROBOGUIDE 提出了校准修正程序的办法，即在不改变坐标系的情况下，将仿真机体与真实机体的偏移量计算出来，并且通过自动偏移功能实现离线程序的每个记录点的位置调整，达到真实环境与仿真环境中的工作站相对位置完全相同。

4 ROBOGUIDE 在线修正的实例演示

4.1 示教一个简单形状

三维软件中的轨迹台如图 1 所示，采用虚拟示教器编程的方式，在三维软件中的轨迹台上示教一个正方形轨迹程序，并设置程序名称为 GUIJI001。

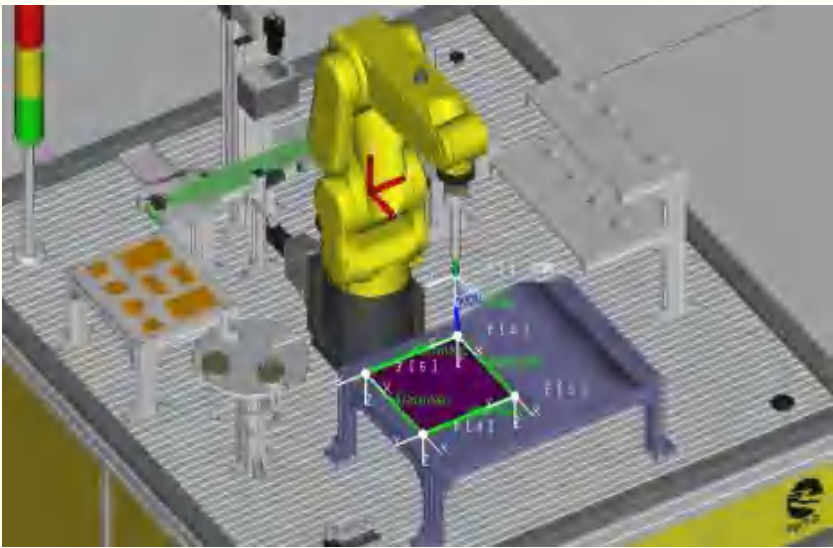


图 1 三维软件中的轨迹台

4.2 校准 Calibration 功能

Calibration 功能是通过在仿真软件上示教 3 个不是同一直线上的点和实际环境中同样位置的 3 个点位后，生成偏移数据。ROBOGUIDE 通过计算实际与仿真的偏移量，从而自动对程序和目标模型进行位置修改^[2]。

(1) 双击上述任务中创建的程序所在的轨迹台模型，在弹出的属性

设置窗口中选择【Calibration】选项卡，点击【Step1】，自动生成校准程序“CAL****.TP”。

(2) 在弹出的虚拟示教器对话框中采用程序中调用的“工具坐标系 4”和“用户坐标系 0”示教指令中的 3 个位置点，且注意三点不能在同一条直线上（这里将其设置成轨迹台上平面部分的三个点）。同时，按下 SHIFT 和 TOUCHUP 键记录点。

(3) 示教完成后，点击示教器底端【Virtual Robot Settings】选项卡，确认程序备份文件夹位置。

(4) 双击轨迹台模型，弹出属性设置窗口中【Calibration】选项卡，选择【Step2】，自动将校准程序备份到对应文件夹上，点击【确认】。

(5) 使用存储设备（U 盘）将校准程序“CAL****.TP”下载到机器人上。

(6) 在真实的机器人上设置同一个工具坐标系和用户坐标系号，并在实际环境中将相同的 3 个位置分别示教更新 3 个特征点的位置。

(7) 修正好的程序再放回原来文件夹中（直接覆盖），属性设置窗口中【Calibration】选项卡选择【Step3】，画面中的数据即所生成的偏移量，点击【Accept Offset】，即可选择需要偏移的程序。

(8) 在窗口中将要联调的仿真程序打勾，这里以创建的程序“GUIJI001”为例，选择该程序，点击【OK】确定进行偏移。会发现三维视图中的轨迹台模型与程序关键点一同发生了偏移。

(9) 然后下载程序到实际环境中的机器人上，运行程序完成联调。

5 ROBOGUIDE 程序修正的应用

生产过程中的不确定性因素包括工件的定位误差、工具磨损、环境变化等，这些因素会导致预设程序无法满足实际生产需求。例如，在焊接作业中，通过 ROBOGUIDE 的在线修正功能，可以实时调整焊接路径以适应工件的实际位置；装配作业对精度要求极高，ROBOGUIDE 的在线修正功能能够快速响应并精确调整机器人的运动轨迹；在搬运作业中，利用 ROBOGUIDE 进行在线修正，可以解决因工件位置偏差导致的问题，但具体的修正策略必须结合实际工作内容进行决定。

5.1 错误诊断与修正

(1) 错误检测。ROBOGUIDE 通过其仿真功能，能够在实际执行前发现编程错误。其利用图形化编程界面模拟机器人运动，使操作者可以在不同条件下对机器人路径进行测试。

(2) 实时反馈。软件提供即时的反馈信息，包括机器人路径的潜在碰撞，无法到达的点以及超出工作范围等问题。

(3) 纠错指导。一旦检测到程序中的错误，ROBOGUIDE 会提供修正建议，并指导用户进行更正，这种提示系统能够帮助用户减少机器人调试时间。

(4) 迭代修正。通过不断仿真和修正，可以逐步完善程序，直至达到预期的机器人运动和作业效果。

5.2 程序优化

(1) 动作序列优化。ROBOGUIDE 可以分析和优化机器人的动作序列，消除冗余动作，从而提升工作效率。

(2) 工作路径优化。软件能够计算并优化机器人的工作路径，减少不必要的移动，降低周期时间。

(3) 负载分析。通过对机器人负载的分析和优化，确保在各个工作步骤中机器人运行流畅，避免因超载导致的性能下降或故障。

(4) 多机器人协同优化。在涉及多个机器人的作业中，ROBOGUIDE 能够协调它们的动作，优化工作流程，实现同步和避免冲突。

5.3 安全增强

(1) 安全区域设定。用户可以在 ROBOGUIDE 中设置安全区域，防止人员或其他设备进入机器人工作范围内的特定区域，降低安全风险。

(2) 碰撞检测。软件提供碰撞检测功能，能够在程序执行前预测和警告可能的碰撞，保障人员和设备安全。

(3) 紧急停止与恢复。在紧急情况下，ROBOGUIDE 能够控制机器人立即停止操作，并在问题解决后，指导用户如何安全地恢复程序执行。

(4) 可视化安全教育。通过 ROBOGUIDE 的动画和 3D 视图，为操作员提供直观的安全教育，帮助他们理解机器人操作的潜在风险。

6 ROBOGUIDE 程序修正的改进措施

为了适应更加复杂的作业任务和变化多端的工作环境，提高其效率和准确性，可以从以下 3 个方面对 ROBOGUIDE 的在线修正效果进行改进。一是对 ROBOGUIDE 的在线修正算法进行改进，如改进路径规划算法、增强碰撞检测能力等。二是硬件的性能和稳定性直接影响在线修正的效果，可以通过硬件升级和系统集成来提高整体性能。三是改进 ROBOGUIDE 的用户界面设计，提供更加直观的操作流程和反馈信息，提升用户的工作效率和满意度。

结语

ROBOGUIDE 程序修正的应用与改进是工业机器人领域不断追求高效、精确和安全作业的重要方向。通过技术创新和功能完善，ROBOGUIDE 将继续为工业自动化的发展作出贡献。

引用

[1] 冶维财.ROBOGUIDE仿真软件在机器人焊接实训教学中的应用研究[J].造纸装备及材料,2022,51(12):245-247.
[2] 钟德钧.基于PowerMill Robot结合Roboguide的机器人数控加工方法[J].机电工程技术,2023,52(4):227-230+252.

