

团 体 标 准

T/GMIQMA XXX-2024

机器人涂胶工作站性能测试方法

Industrial robots Guidelines for the design and simulation software
development

(征求意见稿)

2024—XX—XX 发布

2024—XX—XX 实施

广东省机械工业质量管理协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 一般要求	4
4.1 测试人员	4
4.2 测试环境	4
4.3 供电	4
5 测试仪器和设备	4
6 测试流程	5
6.1 机器人涂胶位置误差	5
6.2 涂胶轨迹规划方法	6
6.3 胶线尺寸检测误差	6
6.4 机器人涂胶速度范围	6
6.5 出胶与停胶滞后时间	7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广东省科学院智能制造研究所提出。

本文件由广东省机械工业质量管理协会归口。

本文件起草单位：广东省科学院智能制造研究所、广东利元亨智能装备股份有限公司、易视智瞳科技(深圳)有限公司

本文件主要起草人：周雪峰、廖昭洋、杜义贤、黄卜夫、徐智浩、孙克争、吴鸿敏、林旭滨、王兴华、陈帅、时曦、唐观荣

机器人涂胶工作站性能测试方法

1 范围

本文件规定了机器人涂胶工作站性能的术语和定义、一般要求、测试仪器和设备、测试流程。本文件适用于汽车制造中工业机器人涂胶工作站的作业性能和质量的验证。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12642-2013 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 12643-2013 机器人与机器人装备 词汇

SJ 21319-2018 涂胶设备工艺验证方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业机器人 industrial robot

自动控制的、可重复编程、多用途的操作机，可对三个或三个以上轴进行编程。它可以是固定式或移动式，在工业自动化中使用。

[来源：GB/T 12643-2013，2.9]

3.2

机器人涂胶工作站 robotic gluing workstation

机器人涂胶工作站是指使用机器人进行涂胶操作的工作站或设备。通常，这种工作站配备工业机器人、涂胶装备以及专门的控制系统，能够精确地控制涂胶过程，确保涂胶的均匀性和精度。

3.3

机器人涂胶工作站性能 performance of the robotic gluing workstation

机器人涂胶工作站性能指影响到工业生产中涂胶的应用效果和整体质量的指标，通常涵盖精确度、自动化程度、质量控制能力、适应性和灵活性、生产效率等方面。

3.4

机器人涂胶位置误差 position error of robotic gluing

机器人涂胶位置误差指在机器人涂胶过程中，由于传感器精度、路径规划或机械臂控制误差等原因，实际涂胶位置与目标位置之间的偏差。

3.5

涂胶轨迹规划方法 *gluing trajectory planning method*

涂胶轨迹规划方法是指设计和优化机器人与胶枪涂胶的运动路径的技术，通常包括轨迹位置生成、姿态优化、工艺参数优化等，以确保均匀性、全覆盖，粘接性能等涂胶质量。

3.6

胶线尺寸检测误差 *dimension detection error of glue line*

胶线尺寸检测误差指在胶线尺寸检测过程中，由于传感器精度、环境因素或算法局限等原因，测量到的胶线宽度、厚度或位置与实际尺寸之间的偏差。

3.7

机器人涂胶速度范围 *speed range of robot gluing*

机器人涂胶速度范围指机器人在执行涂胶任务时，机器人末端胶枪沿设定路径移动的速度区间以及出胶的速度区间，以确保涂胶质量、均匀性和工艺等要求。

3.8

出胶与停胶滞后时间 *delay time for glue dispensing and stopping*

出胶与停胶滞后时间指涂胶过程中，当涂胶头开始或停止释放胶水时，实际胶水流动与控制信号之间的时间延迟。这种滞后可能影响涂胶的准确性和质量。

4 一般要求

4.1 测试人员

受试操作人员应进行培训，熟知机器人涂胶的一般操作流程及常见故障处理办法，了解涂胶工艺，对涂胶工艺有正确的认知能力，并在验证过程中采用正确的试验操作方法。

4.2 测试环境

4.2.1 测试需在涂胶现场环境下进行，测试的环境条件应满足下列要求：

- a) 测试环境：涂胶现场环境；
- b) 温度范围：0℃~40℃；
- c) 湿度范围：40%~88%；
- d) 用电功率：10 Kw 以内。

4.2.2 涂胶材料特性的应满足下列要求：

- a) 密度：1.0 g/cm³~5.0 g/cm³；
- b) 导热系数：0.5 w/m·k~10.0 w/m·k；
- c) 挤出率：1 g/min~100 g/min；
- d) 表干时间：0.5min~5min。

4.3 供电

供电应满足下列要求：

- a) 电源供电电压偏差应为额定电压的±10%；
- b) 电源频率偏差应为标准频率（50 Hz）的±2%。

5 测试仪器和设备

测试仪器和设备应在检定/校准合格有效期内。若无特殊规定，其测试仪器和设备的准确度应至少高于受试机器人涂胶工作单元参数允许误差一个数量级。建议使用的测试仪器和设备的技术要求见表 1。

表 1 测试仪器

测试仪器和设备	技术要求
激光跟踪仪（激光跟踪测量系统）	绝对测距精度 $\leq 20\mu\text{m}$ （10m 范围内），测量分辨率小于等于 $2\mu\text{m}$
标准量块	中心长度偏差小于等于 $1\mu\text{m}$ ，精度等级不低于 1 级
胶水流量计	精度不低于 1%，响应时间小于等于 0.2s
计时设备	计时误差 $\leq 0.01\text{s}$

6 测试流程

6.1 机器人涂胶位置误差

由于本项指标涉及到测试涂胶后的轨迹误差，测试应按照 GB/T 12642-2013 中 8.3 规定的轨迹重复性（RT），测试设备为激光跟踪仪。测试员采集并记录测量点的坐标值，进而计算涂胶位置误差。具体流程如下：

- a) 设置图 1 所示的试验涂胶轨迹，轨迹线共设置 P₁、P₂、P₃、P₄和 P₅五个测量点，其中起点 P₁ 位于图中立方体斜平面的中心；

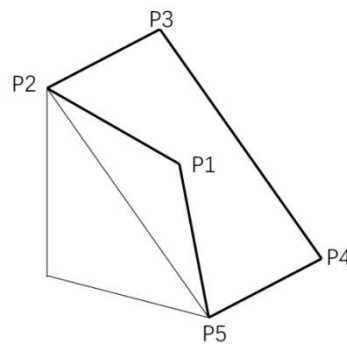


图 1 试验轨迹

- b) 由课题执行方启动机器人涂胶单元工作站，并控制涂胶单元工作站工作，涂胶位置从 P₁ 点开始，依次移动至 P₂、P₃、P₄、P₅、P₁，循环 30 次（ $n = 30$ ）；
- c) 记录每次循环的五个测量点的坐标值 (x_j, y_j, z_j) ， $j = 1, 2, \dots, 30$ 。
- d) 计算每个测量点的涂胶位置误差值见公式（1）~（5）。

$$RP_l = \bar{l} + 3S_l \dots \dots \dots (1)$$

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n l_j \dots \dots \dots (2)$$

$$l_j = \sqrt{(x_j - \bar{x})^2 + (y_j - \bar{y})^2 + (z_j - \bar{z})^2} \dots \dots \dots (3)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j, \quad \bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_j \dots \dots \dots (4)$$

$$S_l = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (l_j - \bar{l})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (5)$$

式中：

RP_l —涂胶位置误差值；

\bar{l} —测量点的位置误差平均值；

l_j —第 j 个测量点的位置误差；

S_l —测量点的位置误差的标准差。

6.2 涂胶轨迹规划方法

本项指标涉及机器人涂胶离线编程软件的功能性，测试员应对软件进行操作，手动收集数据，统计软件中可使用方法的具体数量，进行功能测试。具体流程如下：

- a) 由被测试方启动机器人涂胶离线编程软件，并打开机器人涂胶系统和工件的仿真模型。
- b) 执行涂胶工艺包，并运行轨迹规划方法，生成工件的涂胶轨迹。
- c) 将涂胶轨迹发送给模拟/真实的机器人涂胶工作站，执行机器人涂胶，并观察涂胶轨迹的差异。
- d) 测试方统计轨迹规划方法的数量。

6.3 胶线尺寸检测误差

本项指标涉及检测精度的检验，由于涂胶检测是工作单元对外界的检测，不能直接通过激光干涉仪等计量仪器来评估装置的运动误差。因此，本项测试应通过精度可以保证的标准量块，结合多次测量结果，计算检测结果与标准量块的差异，计算涂胶尺寸检测误差。

测试员事先获得量块的尺寸信息，并通过涂胶检测软件采集检测的信息，通过比较两种数据的差异，计算涂胶检测误差。测试应在机器人稳定运行的阶段进行，避免启停对测试结果的影响。具体流程如下：

- a) 由第三方单位提供 2.5~25mm 范围内的 5 个尺寸不同的标准量块。
- b) 由课题执行方启动涂胶检测装置，并对标准量块的尺寸进行 5 次重复检测，获得涂胶检测尺寸值。
- c) 取量块的标定尺寸与涂胶检测尺寸值的差值作为测量偏差。取 5 次测量偏差绝对值的平均值，作为涂胶检测尺寸误差。
- d) 测试数据和结果从涂胶检测装置对应的软件中读取。

6.4 机器人涂胶速度范围

6.4.1 出胶速度范围

本项指标涉及速度的可调节范围测试，应由测试员操作涂胶工作站的设置界面，设置最小与最大出胶速度，并利用外部设备（胶水流量计）检测出胶速度是否符合设定值，取实际可达到的范围作为出胶速度范围。具体流程如下：

- a) 设定出胶时间，统计出胶时间内总的胶水流量；
- b) 计算出胶速度，出胶速度的计算公式见公式（6）；
- c) 取 5 次不同出胶时间计算得到的出胶速度的平均值，作为测得的出胶速度；
- d) 测试数据和结果从胶水流量计和对应的软件中读取。

$$v_g = S_g / t_g \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- v_g 一出胶速度；
- S_g 一统计时间内出胶的总流量；
- t_g 一出胶的总时间。

6.4.2 涂胶运动速度范围

本项指标涉及速度的可调节范围测试，应由测试员操作涂胶工作站的设置界面，设置最小与最大机器人涂胶运动速度，并利用外部设备（激光跟踪仪）检测机器人涂胶运动速度是否符合设定值，取实际可达到的范围作为涂胶运动速度范围。具体流程如下：

- a) 机器人进行涂胶作业过程中，通过激光跟踪仪按照 10Hz 以上的采样频率对机器人位置进行测量，并记录每个位置对应的时间；
- b) 计算每两个采样点之间的机器人涂胶运动速度 v_{ri} ，计算公式见公式（7）；
- c) 计算整个涂胶作业过程的机器人涂胶运动速度 v_r ，计算公式见公式（8）。

$$v_{ri} = d_{ri} / t_{ri} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- v_{ri} —每两个采样点之间的机器人涂胶运动速度；
- d_{ri} —两个采样点位置的直线距离；
- t_{ri} —两个采样点的测量时间间隔。

$$v_r = \sum_{i=0}^n v_{ri}/n \dots\dots\dots (8)$$

式中：

v_r —机器人涂胶运动速度。

6.5 出胶与停胶滞后时间

6.5.1 出胶滞后时间

应由测试员采用计时设备检测涂胶机启动时间与实际出胶时间的差值。当外部设备（胶水流量计）检测到出口处胶水流量不为0时，判断为实际出胶时间。

6.5.2 停胶滞后时间

应由测试员采用计时设备检测涂胶机关闭时间与实际停胶时间的差值。当外部设备（胶水流量计）检测到出口处胶水流量变为0时，判断为实际停胶时间。

附 录 A
(规范性)
检测报告格式

图 A.1 规定了检测报告的格式。

一、样品描述 1.1 样品信息（以下由客户提供）： 样品名称：基于形性协同控制的机器人高效涂胶技术单元工作站 规格型号：—— 送检单位：XXX 送检地址：XXX 生产单位：XXX 生产地址：XXX 1.2 样品情况描述： 1.3 样品图片：				
二、检测结果汇总表				
序号	检测项目	样品编号	检测结果及技术要求	判定
1	涂胶位置误差	1#	/	符合
...
三、检测项目及检测结果 1、检测项目名称： 2、检测依据： 3、检测条件和检测步骤： 4、环境条件： 5、检测设备：				
设备名称	设备型号	设备编号	校准有效期	
A	
...	
6、检测结果及判定				

图 A.1 检测报告格式

参 考 文 献

- [1] DB43/T 1849-2020 汽车玻璃机器人智能涂胶系统通用技术要求
-