

T/CRSS

重庆市机器人学会团体标准

T/CRSS 0018—2024

工业机器人 性能退化 评价规范

Industrial robots-Performance degradation-Evaluation specification

2024 - 12 - 10 发布

2024 - 12 - 30 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 性能退化加速试验	1
4.1 试验样品	1
4.2 过载试验	1
4.3 环境应力试验	2
5 性能退化加速试验运行记录	3
5.1 运行时间记录	3
5.2 故障排查记录	3
6 性能检测	3
6.1 检测时限	3
6.2 精度性能	3
6.3 噪声	3
6.4 电磁兼容	3
6.5 性能退化试验终止判定	3
7 工业机器人性能退化评价	4
附录 A（规范性） 试验记录模板	5

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。

本文件由重庆市机器人学会提出并归口。

本文件起草单位：重庆凯瑞机器人技术有限公司、广东天太机器人有限公司、库卡机器人（广东）有限公司、河北工业大学、广州数控机器人科技有限公司、重庆凯瑞认证服务有限公司、重庆文理学院、重庆城市职业学院、四川志方科技有限公司、中国软件评测中心（工业和信息化部软件与集成电路促进中心）、中国科学院重庆绿色智能技术研究院、重庆大学、重庆邮电大学、中冶赛迪信息技术（重庆）有限公司、重庆鲁班机器人技术研究院有限公司、库卡机器人（上海）有限公司、重庆华数机器人有限公司、重庆智能机器人研究院、南京埃斯顿自动化股份有限公司、沈阳新松机器人自动化股份有限公司、重庆科技学院。

本文件主要起草人：吴曾萍、何志雄、李欣航、王嘉、江文明、唐臣玉、谷明信、韩亚军、文学、钱卫民、彭进、王茂林、孙添飞、李本旺、赵赢、梁学修、何国田、尚明生、雷建勇、合焯、李帅永、王玮、张书云、何宋西莹、李永和、梁海琳、王旭丽、夏亮、黄伟、黄学彬、李会兰、张冶、张锋、李香、李辉、向学位、陈仕聪、贺吉。

工业机器人 性能退化 评价规范

1 范围

本文件规定了工业机器人性能退化评价技术的术语和定义、试验条件、试验方法、评价方法等。本文件适用于六轴工业机器人，其他多关节机器人可参考使用。

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 3768—2017 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法

GB/T 12642—2013 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 38326—2019 工业、科学和医疗机器人 电磁兼容 抗扰度试验

GB/T 38336—2019 工业、科学和医疗机器人 电磁兼容 发射测试方法和限值

GB/T 39266—2020 工业机器人机械环境可靠性要求和测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

性能退化加速试验 performance degradation accelerated life test

采用过载或环境应力作为加速应力对工业机器人系统进行加速测试，同时评价性能退化情况的试验。

3.2

过载试验 overload test

针对工业机器人本体，在加载超过自身额定负载的工况条件下运行的试验。

3.3

过载系数 λ overload coefficient

过载试验所用负载与机器人额定负载的比例。

3.4

环境应力试验 environmental stress test

针对工业机器人控制系统的电子元器件，开展的温度、湿度、振动、电源等环境因素加速应力试验。

4 性能退化加速试验

4.1 试验样品

试验件为产品或样机，试验为抽样检验。本文件对工业机器人系统开展加速试验的目的是为了在更短的时间内完成对产品的性能退化评估，试验样品数量原则上不低于2台，不超过5台。

4.2 过载试验

4.2.1 运行条件

4.2.1.1 工业机器人过载试验运行速度要求在100%额定速度及最大设计速度间运行。

4.2.1.2 工业机器人过载试验运行轨迹见图1。过载试验运行轨迹分为A类、B类，共两类。B类运行轨迹必须采用，A类运行轨迹选择采用：

- a) A类：单轴运动。选用的单轴转动角度不小于该轴最大运动范围的60%，例如：J1轴的运动范围为±180°，则过载试验选用的J1轴运动范围应大于±108°。单轴运动时，每个轴应独立运动；
- b) B类：关节联动。两个或两个以上轴联动。

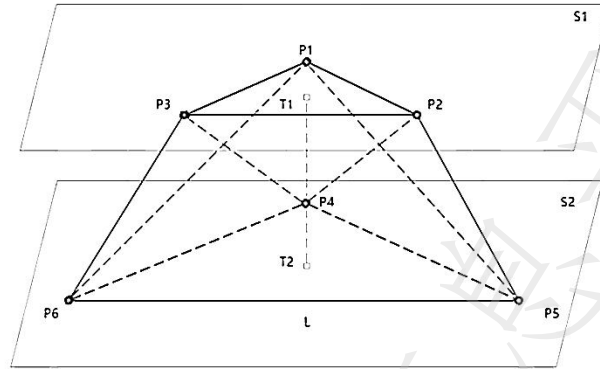


图1 工业机器人过载试验运行轨迹

注：S1、S2为相互平行的平面。平面S1上的点P1、P2、P3和平面S2上的点P4、P5、P6分别构成等腰三角形T1和T2，两个三角形的中心在平面S2上的投影重合。直线L的长度可选择200 mm，400 mm，800 mm，1000 mm，1500 mm。P4、P5、P6点应尽可能贴近机器人最大工作范围的极限。机器人的基坐标原点应位于P4、P5、P6构成的三角形内。运动路径以P1为起点，按照P1→P6→P3→P4→P2→P5为一个循环。

4.2.2 过载系数

在额定负载工况下，通过采集4.2.1条件下运行的不同轴伺服驱动器的电流获取减速机的平均负载转矩和平均输出转速作为过载系数计算的 T_0 和 n_0 ，计算方法见式（1）。过载试验过程中对机器人末端负载根据机器人末端负载曲线评估综合评估能否允许加载，同样采集不同伺服驱动器的电流获取减速机的平均负载转矩和平均输出转速作为过载系数计算的 T_m 和 n_m ，然后依据如下公式，计算工业机器人的每个轴过载系数 λ 。性能退化试验要求样品工业机器人中至少有1个轴过载系数 ≥ 8 。若采用其他方法过载系数 λ 不在要求范围内，在报告中注明。

$$\lambda = \frac{n_m}{n_0} * \left(\frac{T_m}{T_0}\right)^e \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- n_m ——试验过程中输出端平均转速；
- n_0 ——工业机器人额定负载工况下各轴输出平均转速；
- T_m ——试验过程中输出端平均扭矩；
- T_0 ——工业机器人额定负载工况下各轴输出平均扭矩；
- e ——寿命指数，对摆线类传动装置偏心轴滚子轴承， $e=10/3$ 。

4.3 环境应力试验

环境应力试验过程中机器人应通电，应力剖面应参照GB/T 39266—2020中的附录A。

4.3.1 温度应力试验

按GB/T 39266—2020中6.3.1.3的规定进行。

4.3.2 湿度应力试验

按GB/T 39266—2020中6.3.1.4的规定进行。

4.3.3 振动应力试验

按GB/T 39266—2020中6.3.1.2的规定进行。

4.3.4 电应力试验

按GB/T 39266—2020中6.3.1.5的规定进行。

5 性能退化加速试验运行记录

5.1 运行时间记录

机器人在试验过程中应准确、详细地记录试验的开始、中断、重启时间，以及每次连续运行的持续时间。记录表见表A.1过载试验记录、表A.2环境应力试验记录。

5.2 故障排查记录

机器人在试验过程中可能出现故障，导致机器人无法正常运行或无法启动。当出现故障时，应立即停止机器人并记录试验中断时间及原因。排查故障后应准确、详细地记录故障排查过程及机器人再启动时间、状态。记录表见附录表A.3故障记录。

6 性能检测

6.1 检测时限

性能退化的检测时限如制造商没有规定时，推荐从5000 h开始，间隔为5000 h的序列中进行选取，如制造商有规定，按制造商规定时限进行检测。性能在对应时限的检测应按6.2、6.3、6.4进行。

6.2 精度性能

6.2.1 位姿准确度和重复性

按GB/T 12642—2013中7.2的规定进行。

6.2.2 位置稳定时间和位置超调量

按GB/T 12642—2013中7.4的规定进行。

6.2.3 轨迹准确度和重复性

按GB/T 12642—2013中8.2、8.3的规定进行。

6.3 噪声

按GB/T 3768—2017中的规定进行。

6.4 电磁兼容

6.4.1 抗扰能力试验

按GB/T 38326—2019中的规定进行。

6.4.2 电磁发射测试

按GB/T 38336—2019中的规定进行。

6.5 性能退化试验终止判定

6.5.1 机器人初始性能试验

性能退化试验前应进行机器人的精度试验（见本文件6.1）、噪声试验（见本文件6.3）、电磁发射试验（见本文件6.4）

6.5.2 试验终止判定依据

6.5.2.1 性能退化加速试验终止

在6.1检测时限对试验样品进行精度性能检测，试验要求按4.2章节的运行条件运行。若机器人精度退化至初始精度的50%及以上，则判定机器人为损坏，应停止过载试验。

6.5.2.2 噪声异常导致试验终止

噪声测试要求机器人在试验过程中运行无异常，如果噪声超过额定工况噪声的 10%。则判定机器人为损坏，应停止过载试验。

6.5.2.3 抗扰能力退化导致试验终止

抗扰能力试验要求机器人在试验过程中运行无异常，判定依据 GB/T 38326—2019 中 6.1。若实验中机器人运行及功能异常，则判定机器人损坏，应停止过载试验。

6.5.2.4 电磁发射变化导致试验终止

要求测试结果与机器人初始电磁发射试验的测试结果基本吻合。若测试结果不吻合，则判定机器人损坏，应停止过载试验。

7 工业机器人性能退化评价

满足性能退化试验终止条件6.5.2时，统计工业机器人系统有效测试时间，作为工业机器人性能退化的评价指标。

附 录 A
(规范性)
试验记录模板

过载试验记录、环境应力试验记录、故障记录的模板分别见表A. 1、A. 2、A. 3。

表 A. 1 过载试验记录

机器人型号、名称		过载试验类型	
负载[kg]		运行速度[%]	
过载试验记录			
开始时间	____年__月__日__时__分		
试验中断原因			
试验中断时间	____年__月__日__时__分	重启运行时间	____年__月__日__时__分
已运行总时间[h]		试验中断持续时间[h]	
试验中断原因			
试验中断时刻	____年__月__日__时__分	重启运行时刻	____年__月__日__时__分
已运行总时间[h]		试验中断持续时间[h]	
...		...	
结束时间	____年__月__日__时__分	试验运行总时间[h]	

