

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10825—XXXX

代替 JB/T 10825-2008和JB/T 8896-1999

工业机器人 产品验收实施规范

Industrial robot — Product acceptance implementation specification

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国工业和信息化部

目次

前 言.....	I
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 检验规则.....	2
4.1 出厂检验.....	2
4.2 型式检验.....	2
4.3 检验项目.....	3
5 检验准备.....	4
6 仪器选择.....	4
7 检验方法.....	4
7.1 外观和结构.....	4
7.2 按钮、显示、联锁功能.....	4
7.3 各轴动作.....	5
7.4 指令动作.....	5
7.5 各轴运动范围.....	5
7.6 工作空间.....	6
7.7 最大单轴速度.....	6
7.8 额定轨迹速度.....	6
7.9 位姿特性.....	7
7.10 轨迹特性.....	8
7.11 最小定位时间.....	8
7.12 静态柔顺性.....	8
7.13 接地电阻.....	9
7.14 绝缘电阻.....	9
7.15 耐压.....	9
7.16 连续运行.....	9
7.17 噪声.....	9
7.18 电源适应能力.....	9
7.19 电磁兼容性.....	9
7.20 温度下限.....	9
7.21 温度上限.....	10
7.22 恒定湿热.....	10
7.23 振动.....	10
7.24 运输.....	11
7.25 功率.....	11
7.26 平均无故障时间.....	11

8 检验报告	11
参考文献	0

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。

本文件代替JB/T 10825-2008《工业机器人 产品验收实施规范》，与JB/T 10825-2008相比，除结构调整和编辑性改动外，主要变化如下：

- a) 更新了范围和规范性引用文件；
- b) 全文中“工业机器人”简称为“机器人”；
- c) 增加了第3章，增加以下术语，后续章节序号自动变更：
 - 位置轨迹准确度；
 - 姿态轨迹准确度；
 - 轨迹重复性；
 - 多方向位姿准确度变动；
 - 静态柔顺性；
 - 最小定位时间；
 - 位置稳定时间；
 - 位置超调量；
 - 示教盒；
 - 额定轨迹速度；
 - 位姿准确度；
 - 位姿重复性；
 - 距离准确度；
 - 距离重复性。

d) 增加了JB/T 8896-1999的表1，其中“路径速度”修改为“额定轨迹速度”、“最小定位姿时间”修改为“最小定位时间”、“接地电阻和保护接地电阻的连续性”修改为“接地电阻”、“介电强度”修改为“耐压”、“运输”调整为环境适应性项目、删除了“压力波动”和“温升”、“可靠性”修改为“平均无故障时间”。

- e) 原文“4检验准备”中出厂检验“14项”修改为“12项”，型式检验“27项”修改为“26项”；
- f) 原文4.2中删除了“按JB/T 8896-1991表1中规定的5~12诸项检验”说明；
- g) 删除了原文中的4.3条；
- h) 原文中5.4中“GB/Z 19397-2003”修改为“GB/T 17799.2, GB/T 17799.4”；
- i) 仪器选择中增加了“按机器人体积及重量选择温度试验箱和振动台”；
- j) 原文中6.1中控制柜铭牌删除了d)和e)，增加了操作机铭牌要求；
- k) 原文中6.2.1的3)修改为“急停按钮颜色选取应符合GB/T 16754规定”；
- l) 原文中6.2.3“示教操作盘”明确为“示教盒”，并删除了“按不同制造厂商的不同设计特点，盘上按钮一般为40个~70个”描述；
- m) 原文中6.5的“动作范围”修改为“运动范围”；
- n) 增加了“7.8额定轨迹速度检验”；
- o) 增加了“7.9.2位姿准确度(AP)”、“7.9.3位姿重复性(RP)”、“7.9.4多方向位姿准确度变动(vAP)”、“7.9.5距离准确度和重复性”、“7.10.2轨迹准确度(AT)”、“7.10.3轨迹重复性(AR)”、“7.10.4重复定向轨迹准确度”、“7.10.5拐角偏差”、“7.10.6轨迹速度特性”的计算方法；
- j) 增加了“7.20温度下限检验”、“7.21温度上限检验”、“7.25功率”的检验方法；
- k) 修改了原文中6.11、6.13、6.14、6.16、6.18、6.21、6.22、6.24、6.25的检验方法；

本文件代替JB/T 10825-2008《工业机器人 产品验收实施规范》和JB/T 8896-1999《工业机器人 产品验收规则》。

JB/T 10825—XXXX

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国机器人标准化技术委员会（SAC/TC 591）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

工业机器人 产品验收实施规范

1 范围

本文件规定了工业机器人的检验规则、检验准备、仪器选择、检验方法和检验报告。

本文件适用于固定式工业机器人产品的验收实施,适用于工业机器人产品开发商、制造商、生产商、第三方检测机构及用户等。

本文件不适用于工业环境中使用的AGV/AMR等工业移动机器人。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分: 试验方法 试验A: 低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分: 试验方法 试验B: 高温
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分: 试验方法 试验Cab: 恒定湿热试验
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分: 试验方法 试验Fc: 振动(正弦)
- GB/T 3785.1 电声学 声级计 第1部分: 规范
- GB/T 4857.23 包装 运输包装件基本试验 第23部分: 垂直随机振动试验方法
- GB/T 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2016, IDT)
- GB/T 12642-2013 工业机器人 性能规范及其试验方法 (ISO 9283: 1998, IDT)
- GB/T 12643-2013 机器人与机器人装备 词汇 (ISO 8373: 2012, IDT)
- GB/T 12644-2001 工业机器人 特性表示 (eqv ISO 9946: 1999)
- GB/T 16754 机械安全 急停功能 设计原则
- GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验
- GB 17799.4 电磁兼容 通用标准 第4部分: 工业环境中的发射
- GB/T 20868-20xx 工业机器人 性能试验实施规范
- GB/T 37242-2018 机器人噪声试验方法
- GB/T 38326 工业、科学和医疗机器人 电磁兼容 抗扰度试验
- GB/T 38336 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 42982 工业机器人平均无故障时间计算方法

3 术语和定义

GB/T 12643-2013界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

位置轨迹准确度 position trajectory accuracy

指令轨迹位置与各实到轨迹位置集群的中心线之间的偏差。

3.2

姿态轨迹准确度 pose trajectory accuracy

指令姿态与实到姿态平均值之间的偏差。

3.3

轨迹重复性 track repeatability

表示机器人对同一指令轨迹重复n次时,与实际轨迹的一致程度。

3.4

多方向位姿准确度变动 (vAP) multi direction pose accuracy change
表示从三个相互垂直方向对相同指令位姿响应n次时, 各实到位姿间的偏差。

3.5

静态柔顺性 static compliance
表示机器人机械接口处在单位负载 (单位为 N) 作用下的最大位移 (单位为 mm)。

3.6

最小定位时间 minimum positioning (pose) time
机器人在点位控制方式下, 从静态开始移动预定距离和/或摆动预定角度到达稳定状态所经历的时间。

3.7

位置稳定时间 position stabilization time
机器人第一次进入门限带的瞬间到不再超出门限带的瞬间所经历的时间。

3.8

位置超调量 position overshoot
机器人第一次进入门限带再超出门限带后瞬时位置与实到稳定位置的最大距离。

3.9

示教盒 pendant; teach pendant
与控制系统相连, 用来对机器人进行编程或使机器人运动的手持式单元。
[来源: GB/T 12643-2013, 5.8]

3.10

额定轨迹速度 rated trajectory speed
在笛卡尔空间中机器人各轴运动工况下TCP最大线速度 (单位为 m/s)。

3.11

位姿准确度 pose accuracy
表示指令位姿和从同一方向接近该指令位姿时的实到位姿平均值之间的偏差。

3.12

位姿重复性 pose repeatability
表示对同一指令位姿从同一方向重复响应n次后实到位姿的一致程度。

3.13

距离准确度 distance accuracy
表示在指令距离和实到距离平均值之间位置和姿态的偏差。

3.14

距离重复性 distance repeatability
表示在同一方向对相同指令距离重复运动n次后实到距离的一致程度。

4 检验规则

4.1 出厂检验

- 4.1.1 工业机器人 (以下简称机器人) 产品必须全部进行出厂检验。
- 4.1.2 出厂检验由制造单位质量检验部门按推荐试验方法实施。
- 4.1.3 出厂检验项目全部合格后, 发给合格证。
- 4.1.4 用户可按本文件规定的检验项目和方法验收机器人制造商提供的产品。

4.2 型式检验

- 4.2.1 产品: 进行型式检验的机器人必须是出厂检验合格的产品。
- 4.2.2 定型试验和验收试验宜由具有机器人相关 CMA 资质认定/CNAS 实验室认可的机构负责。由制造单位质量检验部门负责实施, 或由上级主管部门指定的单位实施。

4.3 检验项目

检验项目见表1。

表1 检验项目

序号	检验项目		检验方法	出厂检验	型式检验
1	外观和结构		7.1	o	o
2	功 能	按钮、显示和联锁	7.2	o	o
3		各轴动作	7.3	o	o
4		指令动作	7.4	o	o
5	特 性	各轴运动范围	7.5	o	o
6		工作空间	7.6	o	o
7		最大单轴速度	7.7	o	o
8		额定轨迹速度	7.8	-	o
9		位姿特性	7.9	o	o
10		路径特性	7.10	-	o
11		最小定位时间	7.11	-	o
12		静态柔顺性	7.12	-	o
13	安 全	接地电阻	7.13	o	o
14		绝缘电阻	7.14	o	o
15		耐压	7.15	o	o
16	连续运行		7.16	o	o
17	噪声		7.17	o	o
18	电源适应能力		7.18	-	o
19	电磁兼容性		7.19	-	o
20	环 境 适 应 性	温度下限	7.20	-	o
21		温度上限	7.21	-	o
22		恒定湿热	7.22	-	o
23		振动	7.23	-	o
24		运输	7.24	-	o
25	功率		7.25	-	o
26	平均无故障时间		7.26	-	o
注：“o”为检查项目，“-”为非检查项目。					

5 检验准备

- 5.1 检验项目中出厂检验为 13 项，型式检验为 26 项，型式检验可完全包含出厂检验。
- 5.2 型式检验准备工作应按照 GB/T 20868—20xx 的第 5 章进行。

6 仪器选择

- 6.1 按 GB/T 20868-20xx 中第 6 章的规定准备机器人特性检验的测量仪器。
- 6.2 按 GB/T 5226.1-2019 的规定准备接地电阻、绝缘电阻、耐压等检验用仪器。
- 6.3 按 GB/T 3785.1 的规定选择 2 级或 2 级以上的声级计及相关仪器。
- 6.4 按 GB/T 17799.2 和 GB 17799.4 的规定选择均匀磁场设备及测试仪器。
- 6.5 按机器人体积及重量选择温度试验箱和振动台。

7 检验方法

7.1 外观和结构

机器人外观和结构应符合下述要求：

- a) 机器人总体造型美观操作维修方便。
- b) 机器人结构布局及接口设计合理。
- c) 气动部分无漏气，润滑、冷却情况良好。
- d) 说明功能的标牌文字、符号、标志、清晰、端正。
 - 控制柜铭牌应包括：
 - 1) 制造厂商名称或其商标；
 - 2) 电源额定电压相数和频率；
 - 3) 整机耗电总容量或满载电流总和；
 - 4) 设备编号。
 - 操作机铭牌应包括：
 - 1) 制造商名称；
 - 2) 型号；
 - 3) 设备编号；
 - 4) 重量；
 - 5) 负载能力。
 - 警告标志要清楚醒目。
- e) 检查外形结构尺寸与安装尺寸及机械接口尺寸、实际尺寸与厂商说明一致。
- f) 操作机结构件或铸造件外观无明显缺陷。
- g) 油漆颜色应协调美观，全部外露表面漆膜光洁无漏漆、无脱落、无桔皮折皱等漆膜缺陷。

7.2 按钮、显示、联锁功能

7.2.1 按钮开关外观及动作功能

应符合下列要求：

- a) 按钮开关外观在操作面板上布局合理，操作方便急停按钮醒目操作便利；
- b) 全部按钮键动作灵活可靠，正确完成按钮的指令功能；
- c) 急停按钮颜色选取应符合 GB/T 16754 规定。

7.2.2 操作面板按钮

逐个检验电源输入、切断、急停、功能转换、报警及解除等按钮开关，动作及显示正确无误。

7.2.3 示教盒按钮及显示功能

示教盒是机器人完成各类工作功能基本操作装置，全部按钮需逐个结合示教盒显示屏，目测检验其功能及显示是否正确。

7.2.4 联锁功能

按以下步骤检验：

- a) 检验控制柜门与电源联锁，门不关电源接不通；
- b) 检验系统上电联锁，断开急停按钮后不按“复位”和“启动”按钮，其他按钮功能均不能实现；
- c) 检验各轴电机断电后抱闸吸合功能；
- d) 在额定负载下，断开电机电源时机器人仍保持原位无任何偏移下降和抖动。

7.3 各轴动作

按以下步骤检验：

- a) 按下控制面板上主电源开关接入主电源；
- b) 机器人各轴电机上电，机器人进行自诊断无异常信号；
- c) 选择手动减速操作模式；
- d) 按下示教器使能开关；
- e) 利用示教盒上运动控制按钮先后驱动 1~6 轴，使各轴在运动范围内往复运动三次，运动无异常。

7.4 指令动作

指令动作是机器人按示教编程，人工数据输入或离线编程方式输入指令而自动完成的动作。

本检验的目的是检验机器人正确执行指令动作的能力。

按以下步骤检验：

- a) 按 7.3 中 a)~d) 次序启动机器人；
- b) 按照机器人制造商给定参数，用示教盒输入指令；
 - 1轴由零位→正向最大转角→反向最大转角→零位停机。动作速度选用额定速度10%~50%。
 - 2轴到6轴同样输入上述动作指令。
- c) 启动机器人自动工作程序使 1~6 轴都按指令完成动作，动作过程中目测检查指令动作完成情况。

7.5 各轴运动范围

7.5.1 总则

各轴运动范围检验由机器人零位时末端执行器的工具中心点（TCP）作为测量点（MP）。测量时仅被测试轴运动，其他轴均固定不动。

7.5.2 1轴运动范围

按以下步骤检验：

- a) 测量仪器测取机器人零位时末端执行器工具中心点（TCP）的坐标值（亦即测量点 MP 的坐标值）；
- b) 1轴转动到（正向）最大转角位置，测量仪器测取测量点（MP）的坐标值后 1轴返回零位；
- c) 重复 1）、2）动作三次；
- d) 通过所测两测量点的坐标值计算 1轴实际转角值（取三次平均值）；
- e) 1轴向反方向转动到（负方向）最大转角位置，测取测量点（MP）的坐标值后返回零位；
- f) 重复 5）动作三次求出 1轴反向最大转角值。

7.5.3 2轴运动范围

按以下步骤检验：

- a) 测试仪器测取机器人零位末端执行器工具中心点的坐标值；

- b) 2轴绕2关节轴心 O_2 转动使立臂前倾到极限位置，测取测量点坐标值后立臂转回零位；
- c) 重复2)动作三次；
- d) 转换坐标，将所测坐标值转换为 O_2 为原点的坐标值即可计算出立臂绕 O_2 轴正向转角值。其值取三次均值；
- e) 2轴绕关节轴心 O_2 转动使立臂后仰到极限位置，测取测量重点的坐标值后立臂转向零位；
- f) 重复动作5)可计算出立臂绕 O_2 反向转角值。

7.5.4 3~6轴动作范围

3~6轴动作范围检验方法与7.5.2相同都是从机器人零位开始，只有被测轴按制造商给定参数动作，其区别是各轴坐标都要换算到被测轴原点 $O_3 - O_4 - O_5 - O_6$ ，求出各轴转角。

7.6 工作空间

按GB/T 12643—2013和GB/T 12644—2001规定，机器人工作空间是指机器人各关节的运动附加于手腕参考点时，参考点所能掠过的空间范围。其工作空间的作图方法与步骤：

- a) 按制造商给定参数在规定的 $X_1 - Z_1$ 和 $X_1 - Y_1$ 投影面上，按比例绘制机器人结构外形简图；
- b) 标注出各臂的顺序号和各臂轴线间的长度尺寸；
- c) 按7.5中实例1、2、3轴及4、5、6轴动作范围（均取整数）标注在结构简图及轴测投影图上；
- d) 在 $X_1 - Z_1$ 和 $X_1 - Y_1$ 投影面中确定1、2、3轴运动到极限位置时测量点在7.5中的实测坐标值，并按照机器人机构运动情况描画手腕参考点的边界形状；
- e) 标注两视图中边界形状的转折点的顺序号；
- f) 画出手腕结构与轴测投影图；
- g) 填写各转折点的坐标和手腕各轴（4、5、6）运动范围。

6轴机器人工作空间示例参见GB/T 12644—20的图2。

7.7 最大单轴速度

7.7.1 总则

最大单轴速度是单关节运动时指定点的最大速度，其单位是m/s或°/s。

取机器人末端执行器的工具中心点为测量点，检验时同样仅令被测轴运动，其他轴固定不动。

7.7.2 1轴最大单轴速度

按以下步骤检验：

- a) 取1轴反方向转动极限位置为起始点（测量点坐标值已测），正方向转动极限位置为运动终点（测量点坐标值也已测）；
- b) 测量仪器与机器人连接，使仪器接受机器人控制器输出的信号，与机器人同步启动与停止；
- c) 编制1轴运动程序指令使1轴以100%额定速度由起始点向终点运动，到达终点后停顿3s~5s，（由仪器处理数据时间确定）再由终点向起点以100%额定速度运动，到达后停顿3s~5s，动作循环进行10次；
- d) 机器人按c)中编制指令进入自动工作程序，测量仪器与机器人同步启动采集运动数据；
- e) 处理数据可得到1轴最大单轴速度。

7.7.3 2~6轴单轴最大速度

2~6轴单轴最大速度检验方法与7.7.2基本相同，其所对应的坐标系分别是 O_2 、 O_3 、 O_4 、 O_5 、 O_6 。

7.8 额定轨迹速度

按以下步骤检验：

- a) 在额定负载条件下，使机器人各关节进入稳定工作状态；
- b) 测量仪器与机器人连接，使仪器接收机器人控制器输出信号，与机器人同步启动或停止；

- c) 机器人沿机座坐标系 X 方向，以指令设定速度作大范围运动，自定义起始点和终点，由起始点向终点运动，到达终点后停顿 3 s~5 s（由仪器处理数据时间确定），再由终点向起点运动，到达后停顿 3 s~5 s。动作循环进行 10 次；
 - d) 机器人按 c) 中编制指令进入自动工作程序，测量仪器与机器人同步启动采集运动数据；
 - e) 处理数据可得到 X 方向 TCP 线速度，可在工作空间内调整 X 方向轨迹位置进行多次测试，最后取最大值为 X 方向最大 TCP 线速度；
 - f) Y 方向和 Z 方向检验步骤和 X 方向相同；
- 以 X、Y、Z 三个方向的最大 TCP 线速度中的最小值为机器人额定速度。

7.9 位姿特性

7.9.1 总则

机器人位姿特性由其位姿准确度（AP）位姿重复性（RP）、多方向位姿准确度变动（vAP）、距离准确度（AD）和重复性（RD）、位置稳定时间、位置超调量、位姿特性漂移等多种特征描述。逐项检验方可真实表达所检验机器人的位姿特性。

机器人位姿特性检验按 GB/T 12642-2013 和 GB/T 20868—20xx 的规定进行。

位姿特性检验的位姿点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 分布在 GB/T 12642-2013 中 6.8.2、6.8.3 所定义的 $C_1 - C_2 - C_7 - C_8$ 平面上。

立方体 $C_1 - C_2 - C_3 - C_4 - C_5 - C_6 - C_7 - C_8$ 是机器人工作空间的内接立方体（参见 GB/T 12642-2013 中图 2）。

7.9.2 位姿准确度（AP）

检验方法按 GB/T 20868—20xx 中 10.3 执行，计算方法按 GB/T 12642-2013 中 7.2.1 规定。

7.9.3 位姿重复性（RP）

检验方法按 GB/T 20868-20xx 中 10.3 执行，计算方法按 GB/T 12642-2013 中 7.2.2 规定。

7.9.4 多方向位姿准确度变动（vAP）

检验方法按 GB/T 20868—20xx 中 10.4 执行，计算方法按 GB/T 12642-2013 中 7.2.3 规定。

7.9.5 距离准确度和重复性

7.9.5.1 距离准确度（AD）

检验方法按 GB/T 20868—20xx 中 10.7 执行，计算方法按 GB/T 12642-2013 中 7.3.2 规定。

7.9.5.2 距离重复性（RD）

检验方法按 GB/T 20868—20xx 中 10.7 执行，计算方法按 GB/T 12642-2013 中 7.3.3 规定。

7.9.6 位置稳定时间

检验方法按 GB/T 20868—20xx 中 10.2 执行。

7.9.7 位置超调量

位置超调量标志着机器人平稳、准确地停止在实到位姿的能力。

检验步骤：

- 1) 试验负载与试验速度与 7.9.2 相同；
- 2) 测量位姿点取 P_1 ；
- 3) 测量循环同 7.9.2 测出超出 P_1 点的位移距离、取三次测量中的最大值。

7.9.8 位姿特性漂移

位姿特性漂移包括位姿准确度漂移和位姿重复性漂移。

位姿准确度漂移（dAP）是在特定的时间（T）内位姿准确度的变化。

位姿重复性漂移（dAP）是在指定的时间（T）内位姿重复性的变化。

机器人位姿特性漂移实质是对在7.9.2及7.9.3中已经进行的测出结果经过（T）时间后再行测出结果的比较采用的位姿点 P_1 。

检验按GB/T 20868—20xx中10.5执行。

7.10 轨迹特性

7.10.1 总则

机器人轨迹特性由其轨迹准确度（AT）和轨迹重复性（AR）、机器人重定向轨迹准确度（AT）、圆角偏差（CR）和圆角超调（CO）、轨迹速度准确度（AV）和轨迹速度重复性（RV）和轨迹速度波动（FV）等多种特征描述。逐项检验方可真实表达所检验机器人的轨迹特性。

机器人轨迹特性检验按照GB/T 12642-2013和GB/T 20868—20xx执行。

轨迹特性检验的涉及的位姿点和轨迹分布在GB/T 12642-2013中6.8.2、6.8.3、6.8.6所定义的 $C_1 - C_2 - C_7 - C_8$ 平面上。

立方体 $C_1 - C_2 - C_3 - C_4 - C_5 - C_6 - C_7 - C_8$ 是机器人工作空间的内接立方体（参见GB/T 12642-2013中图2）。

7.10.2 轨迹准确度（AT）

轨迹准确度由位置轨迹准确度（ATP）和姿态轨迹准确度（ AT_a 、 AT_b 、 AT_c ）两个因素所决定。

检验方法按 GB/T 20868—20xx 中 10.8 执行，计算方法按GB/T 12642-2013中8.2规定。

7.10.3 轨迹重复性

检验步骤与7.10.2，计算方法按GB/T 12642-2013中8.3规定。

7.10.4 重复定向轨迹准确度

重复定向轨迹准确度是直线轨迹上沿三个方向交替变换姿态时的指令轨迹位置与各实到轨迹位置集群的中心线之间的偏差。

检验方法按 GB/T 20868—20xx 中 10.9 执行，计算方法按GB/T 12642-2013中8.2规定。

7.10.5 拐角偏差

拐角偏差用圆角误差（CR）和拐角超调（CO）来表示。

检验方法按GB/T 20868—20xx中 10.10执行，计算方法按GB/T 12642-2013中8.5规定。

7.10.6 轨迹速度特性

轨迹速度特性有轨迹速度准确度（AV）轨迹速度重复性（RV）和轨迹速度波动（FV）三项指标描述。

检验方法按GB/T 20868—20xx中10.8执行，计算方法按GB/T 12642-2013中8.6规定。

7.11 最小定位时间

按GB/T 12642-2013中第9章表19、表20规定条件进行。

按以下步骤检验：

- 从位姿点 P_1 开始使机械接口以额定速度直线地在 P_2 、 P_4 线上依 $P_1 \rightarrow P_{1+1} \rightarrow P_{1+2} \rightarrow P_{1+3} \rightarrow P_{1+4} \rightarrow P_{1+5} \rightarrow P_{1+6} \rightarrow P_{1+7} \rightarrow P_1$ 的次序移动为一个循环；
- 机器人同步输出信号与测试仪器连接；
- 机器人再现示教的测试循环，测试仪器同步进行测试；
- 每个测试循环间隔 3 s~5 s 后再进入下一测试循环，按要求循环三次。

7.12 静态柔顺性

按GB/T 20868—20xx中 10.13执行。

7.13 接地电阻

按GB/T 5226.1-2019 中18.2执行。

7.14 绝缘电阻

按GB/T 5226.1-2019 中18.3执行。

7.15 耐压

按GB/T 5226.1-2019 中18.4执行。

7.16 连续运行

按以下步骤检验：

- a) 机器人机械接口的负载为额定负载（负载质量为额定质量、负载对腕部的力矩为额定力矩）。机器人示教程序能满足：
 - 1) 机器人腕部参考点可达全部工作空间（若机器人底座地面安装时可以使参考点可达 XOY 平面以上的工作空间）；
 - 2) 机器人的全部轴都以 100%额定单轴速度动作；
 - 3) 机器人全部轴可同时协调动作。
- b) 2) 机器人按示教程序指令自动运行。
 - 1) 全部动作正确按指令完成；
 - 2) 各轴运动灵活、平稳、拐角处无抖动；
 - 3) 连续运行 120 h 无故障、无差错。

7.17 噪声

按GB/T 37242-2018中第8章执行。

7.18 电源适应能力

按以下步骤检验：

- a) 接入正常额定电源，机器人控制柜和示教盒应显示正常；
- b) 输入电压为额定电压+90%时若控制柜和示教盒无异常显示，按 7.16 示教程序连续工作 15 min，考察动作有无异常；
- c) 输入电压为额定电压 110%时，控制柜和示教盒无异常显示，按 7.16 示教程序，连续工作 15 min，考察动作有无异常；
- d) 在本检验 c) 中正常动作时，可降低输入电压为-15%额定电压，降压时间<0.5 s 机器人应正常运行。

7.19 电磁兼容性

机器人在电磁环境中应能正常工作，且不对该环境中任何事物造成不能容忍电磁骚扰的能力。

按GB/T 17799.2、GB 17799.4或GB/T 38326、GB/T 38336规定进行试验。

7.20 温度下限

7.20.1 工作温度下限

按GB/T 2423.1 “试验Ad”进行。将机器人操作机及控制柜放入低温箱内，使箱内温度降至指定工作温度下限后至少保持30 min，通电运行4 h，应能正常工作。

7.20.2 贮存温度下限

按GB/T 2423.1“试验Ad”进行。将机器人操作机及控制柜放入低温箱内，使箱内温度降至指定贮存温度下限存放4 h后，使箱内温度逐渐上升至正常大气条件，并在此条件下恢复4 h，箱内升温不计入恢复时间。

检查外观应符合产品标准的要求，通电运行应能正常工作。为防止试验中受试样品结冰和凝露，允许将受试样品用塑料膜密封后进行试验，必要时还可以在密封套内装入吸潮剂。

7.21 温度上限

7.21.1 工作温度上限

按GB/T 2423.2“试验Bb”进行。将机器人操作机及控制柜放入高温箱内，使箱内温度升至指定贮存温度上限后至少保持30 min。

通电运行4 h，应能正常工作。

7.21.2 贮存温度上限

按GB/T 2423.2“试验Bb”进行。将机器人操作机及控制柜放入高温箱内，使箱内温度升至指定工作温度上限存放4 h后，使箱内温度逐渐下降至正常大气条件，并在此条件下恢复4 h，箱内降温不计入恢复时间。

检查外观应符合产品标准的要求，通电运行应能正常工作。

7.22 恒定湿热

7.22.1 湿热工作

按GB/T 2423.3“试验Ca”进行。将机器人操作机及控制柜放入湿热箱内，使箱内温度升至指定湿热工作温度上限后至少保持30 min，然后输入水气，并在1 h内使湿度达到80%，此两项不计入试验时间。

通电运行48 h，应能正常工作。

7.22.2 湿热贮存

按GB/T 2423.3“试验Ca”进行。将机器人操作机及控制柜放入湿热箱内，使箱内温度升至指定贮存温度上限存放24 h后，先停止水气输入，随即断开湿热箱电源，取出样品，在正常大气条件下恢复12 h。

检查外观应能符合产品标准要求，通电运行应能正常工作。

7.23 振动

7.23.1 总则

按GB/T 2423.10“试验Fc”进行。对机器人的操作机及控制柜进行试验，按工作位置固定在振动台上，在不工作状态下，分别对三个互相垂直的轴线方向进行振动检验。

7.23.2 初始振动响应检查

在三个轴向上按表2的规定进行扫频振动，并记录每个轴向上的共振点。当共振点较多时，每个轴向取四个振幅较大的共振点。

表2 振动检验

试验项目	试验内容	数值
初始和最后振动响应检查	频率范围	5 Hz ~55 Hz
	扫频速度	≤1倍频程/min
	驱动振幅	0.15 mm
定频耐久试验	驱动振幅	0.75 mm (5 Hz ~55 Hz)
		0.15 mm (25 Hz ~55 Hz)

	持续时间	3 min
扫频耐久试验	频率范围	
	驱动振幅	
	扫频速度	≤1倍频程/min
	循环次数	5次
注：表中驱动振幅为峰值。		

7.23.3 定频耐久振动

用初始振动响应检查中共振点上的频率和共振点所处频段的驱动振幅，进行定频耐久试验。

在试验规定频率范围内，如无明显的共振点或共振点超过四个，则不做定频耐久试验，仅做扫频耐久试验。

7.23.4 扫频耐久振动

按5 Hz~55 Hz的频率范围由低到高，再由高到低，作为一次循环，共进行5次。

已做过定频耐久试验的机器人，不再做此项试验。

7.23.5 最后振动响应检查

已做过定频耐久试验的机器人须做此项试验。

对于已做定频耐久试验的机器人，可将最后一次扫频试验作最后振动响应检查。

将本试验记录的共振频率与初始振动响应检查记录的共振频率进行比较，若有明显变化，应对受试机器人进行修整，重新进行试验。

试验结束后，应检查插件板、电子元器件、紧固件等不应有明显的位移和松动以及机械上无损伤后，进行通电运行，机器人应工作正常。

7.24 运输

按GB/T 4857.23规定的公路运输推荐严酷水平II级进行模拟运输试验，试验时间不少于3 h。

7.25 功率

按7.16规定的运行程序，机器人连续运行30次，测量仪器同步测量电压和电流，计算峰值功率，三次测量，取平均值。

7.26 平均无故障时间

按GB/T 42982规定的统计方法执行，应符合制造商给出的MTBF值（h）。

8 检验报告

包括但不限于以下内容：

- a) 按 GB/T 12642-2013 中附录 C 规格形式提供检验报告；
- b) a) 中未包容的检验项目的检验，结果要逐项补充填入；
- c) 检验报告由一张封面及多张实验结果的表格组成，其表格形式按 GB/T 12642-2013 附录 C；
- d) 检验分析及结论。

参考文献

- [1] GB/T 2424.5-2021 环境试验 第3部分：支持文件及导则 温度试验箱性能确认
-