

团 体 标 准

T/CSAE XXXX—XXXX

汽车生产用工业机器人技术规范

Technical specifications of industrial robots for automobile production

(报批稿)

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

中国汽车工程学会 发 布

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

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 技术要求.....2

5 试验条件与方法.....6

附录 A （规范性） 测试方法..... 错误!未定义书签。

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。

本文件由中国汽车工程学会数字化与智能制造工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：重庆凯瑞机器人技术有限公司、沈阳新松机器人自动化股份有限公司、中国汽车工业工程有限公司、重庆凯瑞认证服务有限公司、中国汽车工程学会、上海交通大学、中国第一汽车集团有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、吉利汽车集团有限公司、广汽传祺汽车有限公司宜昌分公司、江铃汽车股份有限公司、北京奔驰汽车有限公司、埃夫特智能机器人股份有限公司、机械工业第九设计研究院股份有限公司、杜尔涂装系统工程（上海）有限公司、广州数控设备有限公司、重庆智能机器人研究院、重庆华数机器人有限公司、库卡机器人（广东）有限公司、南京埃斯顿自动化股份有限公司、重庆遨博智能科技研究院有限公司、深圳市越疆科技股份有限公司、重庆邮电大学、武汉东研智慧设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：张杰、高建超、李永兵、鲜利、张锋、赵赢、王茂林、唐臣玉、宋涛、王利刚、江克洪、夏裕俊、李邦宇、王晓璐、王德新、谢月元、廖端、吴敦钊、郭东栋、李永和、夏亮、宁国松、李建韬、陈福盛、王锐、阮守新、杨鑫凯、姜宇、李帅勇、闫勇斌。

汽车生产用工业机器人技术规范

1 范围

本文件界定了汽车生产用工业机器人（以下简称“机器人”）的术语定义，规定了各类机器人的技术要求，描述了对应的试验方法。

本文件适用于固定式机器人。

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 3836.1-2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

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

GB 6514-2023 涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风

GB/T 11291.1-2011 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人

GB/T 12642-2013 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 12643-2025 机器人 词汇

GB/T 20438.2-2017 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第2部分：电气/电子/可编程电子安全相关系统的要求

GB/T 36008-2018 机器人与机器人装备 协作机器人

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 42982-2023 工业机器人平均无故障工作时间计算方法

GB/T 45509-2025 工业机器人 动态稳定性试验方法

JB/T 10825-2008 工业机器人 产品验收实施规范

3 术语和定义

GB/T 12643-2025 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业机器人 industrial robot

自动控制且可重复编程的多用途操作机，能对三个或更多的轴编程，能固定在某一位置或固定在移动平台上，在工业自动化中使用。

3.2

位置准确度 position accuracy

机器人在工作范围内，对同一指令位置响应的精度。

3.3

位置重复性 position repeatability

机器人在工作范围内，对同一指令位置重复响应若干次后实到位置的一致程度。

3.4

位置精度保持 positioning accuracy maintenance

机器人在单位时间内，位置准确度（3.2）及位置重复性（3.3）的一致程度变化。

3.5

可靠性 reliability

工业机器人在规定的条件下和规定的时间区间内完成规定功能的能力。

注：通常认为工业机器人在时间区间内始终处于能完成要求功能的状态。另外，可靠性的量值虽然在客观上是存在的，

但实际上是未知的,只能利用有限的样本观测数据,经过一定的统计计算得到其估计值。

3.6

智能汽车工厂信息管理系统 intelligent vehicle factory information management system

汽车生产线中用于智能化信息管理、统计生产信息、物流数据及设备运行状态的系统。

注:包括MES(制造执行系统)、WMS(仓库管理系统)、LES(物流执行系统)、QMS(质量管理体系)、DCS(分布式控制系统)、CMMS(计算机化维护管理系统)等。

3.7

动态稳定性 dynamic stability

机器人运动过程中,受到自身振动和外界扰动影响后,在自动调节和控制装置作用下,保持稳定运行的能力。

3.8

轨迹重复性 trajectory repeatability

机器人对同一指令轨迹重复响应若干次时实到轨迹的一致程度。

3.9

轨迹速度重复性 trajectory velocity repeatability

机器人对同一指令速度所得实到速度的一致程度。

4 技术要求

4.1 通用要求

4.1.1 外观和结构要求

4.1.1.1 机器人结构布局应合理,方便操作,便于维修;机器人表面应无凹痕、裂缝、划伤、变形,表面覆盖层应均匀无缺损。

4.1.1.2 机器人本体线缆应为超高柔性线缆,部分外露的电气线路和气管应排列规范,不与其他相对运动零部件产生摩擦,电源线与信号线应尽可能远离,并应对信号线采用屏蔽、双绞等抗干扰措施。

4.1.1.3 机器人活动部件处应具备明显安全警示标志,零点校准位置应具备钢戳标记、校准凹槽等长期有效标识。

4.1.1.4 机器人自由度应不小于3,有动态作业需求的机器人应支持增加外部轴。

4.1.2 额定负载

机器人通过额定负载区分为小型、中型及大型机器人,其中小型机器人应满足臂展最远端负载大于0kg且小于165kg,中型机器人应满足臂展最远端负载大于等于165 kg且小于300kg,大型机器人应满足臂展最远端负载大于等于300kg。

4.1.3 防护等级

机器人本体4轴到6轴防护等级应达到IP54,1轴到3轴防护等级应达到IP43,机器人控制柜防护等级应达到IP54。

4.1.4 工业环境安全

机器人系统应符合GB/T 11291.2-2011的规定。

4.1.5 功能安全

机器人安全性能等级应达到PLd及以上(每小时危险失效概率大于等于 10^{-7} 且小于 10^{-6}),控制系统安全回路应具备冗余设计,确保单一故障不导致系统失效。

4.1.6 通信安全

机器人应具备ProfiSafe、EtherNet/IP safety等一种或多种安全通信协议。

4.1.7 电气安全

4.1.7.1 机器人本体、线槽、电控柜和操作台应有效接地，所有编码器线和信号线应带有屏蔽层，机器人操作机、控制装置、动力源应有接地点并明显标明，不能明显标明的接地点应在其附近标注明显的接地符号。

4.1.7.2 保护导线截面积应不小于 6.0 mm^2 ，引入来自 PELV 电源的 50 Hz 低电压、10 A 电流至少 10 s 时间，PE 端子和保护接地部件各测试点间的最大实测电压降不应超过 1.0 V，因绝缘损坏可能带电的金属部件与接地点之间的电阻不应超过 1Ω ，PELV 电源应符合 GB 5226.1-2019 中 6.4.2 的规定。

4.1.7.3 机器人交流动力电源电路与壳体之间的绝缘电阻应不小于 $1 \text{ M}\Omega$ ，同时机器人末端与法兰盘、末端执行器之间应保持电绝缘。

4.1.7.4 机器人动力交流电源电路与邻近的非带电导体间，应能承受交流 50 Hz、电压有效值 1500 V、持续 1 min 的耐电强度试验，无击穿、闪络络及飞弧现象。

4.1.7.5 当供电电网电压波动，在额定电压的-15%~+10%、频率为 50 Hz 时，机器人工作应正常。

4.1.8 位置精度保持

各类型机器人位置精度保持应符合表1的规定。

表1 机器人位置精度保持要求

机器人类型	位置精度保持 (mm)	工况条件
小型	± 0.10	满载满速条件下
中型	± 0.25	
大型	± 0.35	

4.1.9 噪声

各类型机器人运行时所产生的噪声应符合表2的规定。

表2 各类型机器人运行噪声要求

机器人类型	噪声要求(dB (A))	工况条件
小型	不大于70	满载满速条件下
中型	不大于80	
大型	不大于85	

4.1.10 电磁兼容性

机器人的电磁兼容性应符合GB/T 38326-2019中5.2的规定。

4.1.11 气候环境适应性

机器人在环境温度-10℃~50℃、相对湿度30%~95%、大气压力86 kPa~106 kPa的环境气候情况下应能正常工作。

4.1.12 耐振性

机器人的控制器在频率为5 Hz~55 Hz、振幅为0.15 mm的振动条件(或环境)下应能正常工作，本体在该振动条件试验后恢复正常条件应能正常工作。

4.1.13 可靠性

机器人的可靠性具体数值应在产品规格说明书中说明，平均无故障时间应不小于50000h，平均修复时间应不大于30 min。

4.1.14 接口普适性

机器人控制器应配备至少两个具有MAC地址的独立物理网卡，一个网卡应支持PROFINET、EtherNet/IP或EtherCAT其中之一的工业以太网通讯协议（协议应与生产线PLC控制网络的协议保持一致），用于与PLC通讯；另一张网卡应支持TCP/IP协议，用于与机器人数据采集服务器通讯，不应在同一张网卡虚拟出两个IP地址。

4.1.15 信息化管理

机器人应能接入智能汽车工厂信息管理系统，有关生产、设备运行状态及软件升级等信息应能传输至智能汽车工厂信息管理系统。

4.1.16 离线编程及仿真

机器人应配套仿真软件或支持第三方仿真软件（如PDPS/EKS等），应具备任务动作模拟仿真、机器人干涉性和可达性分析、系统节拍估算、自动离线程序生成、机器人执行流程优化等功能，同时应支持加载软件工艺包进行特定工艺功能仿真验证。

4.1.17 机器人行走轴要求

配备行走轴的机器人，行走轴区域管、线应采用履带式保护，应设置软限位、硬限位等保护装置，行走轴应配有防护盖板厚度且不小于2mm，应满足人能够踩踏，其驱动模块应配置在机器人控制器中，机器人行走轴性能应符合表3的规定。

表3 各类型行走轴性能要求

额定负载（单位/kg）	停位精度（单位/mm）
小于380	±0.10
大于等于380且小于600	±0.17
大于等于600	±0.25

4.1.18 人机协作安全性

人机协同工作的机器人，其系统设计和应用时应符合GB/T 36008-2018中4.3的规定，至少对机器人本体特性、末端执行机构、周边风险、潜在准静态碰撞或暂态碰撞类型进行相应的危险识别和风险评估，并应采取相应的风险减小措施。

4.1.19 软件工艺包要求

适配不同工艺的机器人应配备相应的软件工艺包，使其能够完成相应工艺生产任务的要求，支持根据车型、材料、工艺参数动态调整，适应柔性生产需求。

4.1.20 动态稳定性

机器人额定工况条件下末端抖动频率应不大于10 Hz，末端抖动幅度应不大于0.5 mm。

4.1.21 零点校准

机器人控制器应具备一键零点校准功能，能够通过独立按键控制机器人返回零位。

4.1.22 视觉辅助引导

具备视觉辅助引导功能的机器人，在视觉系统辅助下应满足作业场景的位置重复性要求。

4.2 工艺适配要求

4.2.1 汽车生产冲压用工业机器人

4.2.1.1 额定负载

一般冲压机器人额定负载应符合中型机器人的负载要求（臂展最远端负载大于等于165 kg且小于300kg），一体化压铸的冲压机器人负载应符合大型机器人的负载要求（臂展最远端负载大于等于300kg）。

4.2.1.2 臂展

冲压机器人臂展应不小于2.7m。

4.2.1.3 防碰撞

冲压机器人应能与冲压装备联动，防止机器人与冲压装备发生碰撞。

4.2.1.4 安装方式

冲压机器人除常规安装方式外，应支持以吊装、侧装方式安装部署。

4.2.1.5 末端线速度

冲压机器人末端线速度应大于1m/s。

4.2.2 汽车生产连接用工业机器人

4.2.2.1 额定负载

根据连接工艺不同，连接机器人负载应符合表4的规定。

表4 不同连接工艺下额定负载要求

连接工艺	机器人类型	额定负载（kg）
点焊	中型/大型	大于等于165
弧焊	小型	大于0且小于165
激光焊	小型	大于0且小于165
自冲铆接	中型/大型	大于等于200且小于等于500
流钻螺钉	中型/大型	大于等于200且小于等于500

4.2.2.2 位置重复性

点焊、自冲铆接及流钻螺钉机器人，位置重复性应满足±0.04 mm；弧焊及激光焊机器人，位置重复性应满足±0.06 mm。

4.2.2.3 轨迹重复性

弧焊及激光焊机器人，轨迹重复性应满足±0.4 mm；自冲铆接及流钻螺钉机器人轨迹重复性应满足±0.2mm。

4.2.2.4 轨迹速度重复性

弧焊及激光焊机器人，轨迹速度重复性应满足±7%；自冲铆接及流钻螺钉机器人轨迹重复性应满足±5%。

4.2.2.5 主动振动控制

自冲铆接机器人应具备主动振动控制功能，能够对铆接瞬间冲击力带来的振动进行补偿。

4.2.2.6 力控柔顺性

流钻螺钉机器人应搭配轴向力传感器，以保持螺钉植入时的恒定压力。

4.2.3 汽车生产喷涂用工业机器人

4.2.3.1 环境适应性

喷涂机器人应能在GB 6514-2023规定的涂漆作业场所环境下正常工作。

4.2.3.2 防护等级

涂胶机器人本体防护等级应不低于IP54，喷漆工艺的机器人本体防护等级应不低于IP65；涂胶及喷漆机器人本体外部应能够满足加装防护隔离罩条件，防止喷涂材料侵入。

4.2.3.3 防爆要求

喷漆机器人应根据爆炸性环境（粉尘、易挥发的燃爆气体）选择与之相适应的防爆类型，应满足GB/T 3836.1-2021的要求。

4.2.3.4 轨迹重复性

喷涂机器人轨迹重复性应满足±0.5 mm。

4.2.3.5 轨迹速度重复性

喷涂机器人轨迹速度重复性应满足 $\pm 7\%$ 。

4.2.3.6 喷涂口堵塞检测

喷涂机器人在发生喷涂口堵塞情况下应能自动报警并停止喷涂，堵塞检测响应时间应小于1s，并联动生产线急停系统。

4.2.4 汽车生产总装及搬运用工业机器人

4.2.4.1 额定负载

汽车生产中各汽车组件搬运、生产环节间工件流转的搬运机器人应根据搬运件质量满足相应负载要求：

- 用于车身部件（如车门、车顶、引擎盖等）、轮胎和轮毂、内饰件（如座椅等）搬运的：应满足小型机器人负载范围要求；
- 用于发动机、变速器、底盘组件（如悬挂系统、制动系统等）吊装搬运的：应满足中型机器人负载范围要求；
- 用于白车身搬运的：应满足大型机器人负载范围要求。

4.2.4.2 工装夹具

搬运机器人应能适配各种工件型状的工装夹具。

4.2.4.3 位置准确度

总装及搬运机器人位置准确度应满足 $\pm 0.4\text{ mm}$ 。

4.2.4.4 位置重复性

总装及搬运机器人位置重复性应满足 $\pm 0.04\text{ mm}$ 。

4.2.4.5 工具切换盘

总装机器人应搭载夹具/工具切换盘，宜能根据不同类型的零部件和汽车生产组件装配作业自主切换，工具切换盘应支持热插拔功能，切换时间应不大于5s。

5 试验条件与方法

5.1 试验条件

5.1.1 操作条件

机器人的正常操作条件，应由制造商说明。

正常操作条件包括（但不限于）：对电源、液压源和气压源的要求，电源波动和干扰，最大安全操作极限（见ISO 9946:1999）等。

5.1.2 环境条件

5.1.2.1 环境条件范围

机器人的正常环境条件，应由制造商说明。

一般环境条件包括（但不限于）：温度、相对湿度、电磁场和静电场、射频干扰、大气污染和海拔高度极限。

5.1.2.2 试验环境温度

试验的环境温度 θ 为 20°C 。采用其他的环境温度应在试验报告中指明并加以解释。试验温度应保持在 $\theta \pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内。

5.1.2.3 试验前静置

为使机器人和测量仪器在试验前处于热稳定状态下，应将它们置于试验环境中足够长的时间（最好一昼夜），还应防止外界振动、通风和外部热辐射（如阳光、加热器）。

5.1.2.4 其他环境条件要求

测量设备不应放在靠近热源、空调出风口、窗口、门口、地板接缝处及阳光能够直射到的地方。工作地周围不应有大型机械及车辆工作，不应有明显振动，周围应无强电磁场、无腐蚀性液体。

5.2 试验方法

5.2.1 外观和结构

采用目视检查，检查机器人结构布局、机器人表面及外露的电气线路。

5.2.2 负载

对于大、中、小型机器人，根据4.2的要求在机器人最远端增加相应等级的最低要求负载，使机器人模拟标准工况进行作业，检查是否正常工作。

5.2.3 防护等级

按GB/T 4208-2017中相应IP代码等级规定执行进行。

5.2.4 工业环境安全

按GB/T 11291.1-2011的规定进行。

5.2.5 功能安全

按GB/T 20438.2-2017中8.1的规定进行测试。

5.2.6 通信安全

检查机器人是否具备PROFIsafe、Etherth IP safety等安全通信协议。

5.2.7 电气安全

按GB/T 5226.1-2019的规定进行。

5.2.8 位置精度保持

按GB/T 12642-2013中7.6的规定进行计算。

5.2.9 噪声

按JB/T 10825-2008中6.16的规定进行测试。

5.2.10 电磁兼容性

按GB/T 38326-2019中5.2的规定进行测试。

5.2.11 气候环境适应性

按JB/T 10825-2008中6.19~6.21的规定进行测试。

5.2.12 耐振性

按JB/T 10825-2008中6.22的规定进行测试。

5.2.13 可靠性

按GB/T 42982-2023中7.1规定进行测试。

5.2.14 接口普适性

检查机器人接口是否为4.1.15申明的PROFINET、EtherNet/IP或EtherCAT其中之一的工业以太网通讯协议。

5.2.15 信息化管理

检查机器人是否能接入智能汽车工厂信息管理系统，并能通过智能汽车工厂信息管理系统实时监测到生产、设备运行状态及软件升级等信息。

5.2.16 离线编程及仿真

检查机器人是否具备配套仿真软件或支持第三方仿真软件（如PDPS/EKS等），检查配套的仿真软件是否具备任务动作模拟仿真、机器人干涉性和可达性分析、系统节拍估算、自动离线程序生成、机器人执行流程优化等功能，同时将相应的软件工艺包加载入仿真软件进行工艺验证。

5.2.17 机器人行走轴要求

目视检查机器人行走轴区域管、线应是否采用履带式保护，是否设置软限位、硬限位等保护装置，使用游标卡尺测量行走轴防护盖板厚度（均匀分段选取盖板全长的10个点作为测量点）。

5.2.18 人机协作安全性

按照GB/T 36008-2018中5.5.5.5 功率与力控制限制执行。

5.2.19 软件工艺包要求

按照工艺要求，布置模拟生产任务，进行功能验证观察软件工艺包是否正常驱动机器人完成生产，检查软件工艺包是否能对工艺的关键参数进行修改。

5.2.20 动态稳定性

按GB/T 45509-2025中4.5规定的试验轨迹，5.1~5.2规定的试验方法，在机器人额定工况条件下进行测试。

5.2.21 零点校准

检查机器人控制器、示教器是否具备一键零点校准功能，一键校准后，检查外部校准标识是否对齐。

5.2.22 视觉辅助引导

检查视觉引导是否存在实施纠偏动作。

5.2.23 臂展

使机器人所有轴处于一条直线，测量机器人坐动中心与末端中心距离。

5.2.24 防碰撞

检查冲压机器人节拍是否可设置与冲压设备节拍交错。

5.2.25 安装方式

将机器人吊装、侧装，检查机器人是否正常工作。

5.2.26 末端线速度

将靶标放于机器人末端中心，采用视觉、激光等测量设备跟踪轨迹及时间，计算末端速度。

5.2.27 位置重复性

按GB/T 12642-2013中7.2.2的方法进行测试。

5.2.28 轨迹重复性

按GB/T 12642-2013中8.3的方法进行测试。

5.2.29 主动振动控制

检查机器人是否具备主动振动控制或机器人进行力控制功能。

5.2.30 力控柔顺性

使机器人正对按压力传感器，检查压力曲线是否平滑。

5.2.31 环境适应性

检查机器人GB 6514-2023中规定的涂漆作业场所环境是否正常工作

5.2.32 防护等级

按GB/T 4208-2017中相应IP代码等级规定执行，检查机器人本体是否支持加装隔离罩。

5.2.33 防爆要求

按GB/T 3836.1-2021中26.1的方法进行测试。

5.2.34 轨迹速度重复性

按GB/T 12642-2013中8.6.3的方法进行测试。

5.2.35 喷涂口堵塞检测

采用软胶材质异物堵塞喷涂口，检查机器是否在1s内自动报警并停止喷涂作业，同时观察生产线急停系统状态。

5.2.36 工装夹具

检查机器人是否支持适配不同类型的工装夹具

5.2.37 位置准确度

按GB/T 12642-2013中7.2.1的方法进行测试

5.2.38 工具切换盘

目视检查总装搬运工艺机器人是否搭载了汽车主机厂商所声明的工具切换盘需求组件，检查是否不需安装额外驱动包、即插即用。
