

ICS 25.040
CCS N 10

T/CAMETA
中国机电一体化技术应用协会团体标准

T/CAMETA xxxxxx—2025

工业机器人传感器接口与控制器及通信协议规范

Interface and communication protocol specification for industrial robot
sensors

(征求意见稿)

2025 — xx— 08 发布

2025 — xx — 28 实施

中国机电一体化技术应用协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 设计要求	5
4.1 逻辑框架	5
4.2 基本要求	5
5 模拟传感器信号接口	5
5.1 物理特性	5
5.2 电气特性	6
5.3 信号传输特性	6
5.4 校准要求	6
6 数字传感器信号接口与通信协议规范	6
6.1 现场总线接口及通信协议规范	6
6.2 基于 TCP/IP 的工业以太网	8
6.3 无线接口及通信协议规范	10
参 考 文 献	11

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这些专利的责任。

本文件由中国机电一体化技术协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

T/CAMETA xxxxx—2025

工业机器人传感器接口与通信协议规范

1 范围

本文件界定了工业机器人传感器的信号接口、通信接口及协议规范等内容。

本文件适用于工业机器人传感器的研发设计、生产制造、检测认证、系统集成等应用。

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 38872-2020 工业机器人与生产环境通信架构

GB/T 34068-2017 物联网总体技术智能传感器接口规范

GB/T 51278-2018 数字蜂窝移动通信网 LTE 工程技术标准

GB/T 33782-2017 5G 移动通信网物理层技术要求

GB/T 39190-2020 工业互联网 5G 网络技术

GB/T 30269.701-2014 传感器网络信号接口标准

GB/T 39409-2020 北斗网格位置码

GB/T 30269.702-2016 传感器网络数据接口标准

GB/T 34068-2017 物联网总体技术智能传感器接口规范

GB 28526-2012 机械电气安全 机械的电气、电子和可编程电子控制及相关系统的功能安全

GB/T 34068-2017 物联网总体技术 智能传感器接口规范

GB/T 32197-2015 机器人控制器开放式通信接口规范

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

模拟传感器 analog sensor

将物理世界中的非电学量连续转换为模拟电信号的装置。

3.2

数字传感器 digital sensor

将物理世界中的非电学量转换为离散数字信号的装置。

3.3

接口 interface

依据 GB/T 34068-2017《物联网总体技术 智能传感器接口规范》，指智能传感器之间、或其与外部网络或系统之间双向通信需具备的物理接口及对应通信协议技术要求。

3.4

通信协议 communication protocol

设备间通信时遵循的规则与数据格式标准，规定数据传输方式、速率、同步机制、错误检测等内容，以确保信息准确交互。

4 设计要求

4.1 逻辑框架

工业机器人传感器接口与通信逻辑框架见图 1。

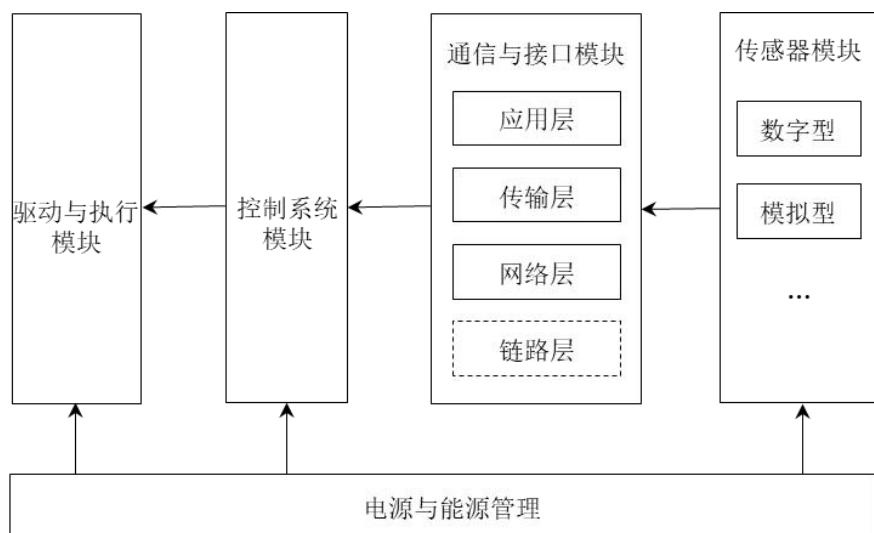


图 1 工业机器人传感器接口与通信逻辑框架

通过工业机器人信号接口、通信接口及协议规范，确保了工业机器人的状态和环境参数进行监测和感知，通过其与控制器等工业机器人控制系统中其它部件之间的接口，引导工业机器人实现自动和智能化作业。

4.2 基本要求

工业机器人信号接口设计应满足GB/T 33262-2016、GB/T 39463-2020和GB/T 38872-2020的规定。

通信接口需支持多种通信协议，适应不同类型的传感器，并能在工业环境的高干扰条件下稳定运行，符合 GB/T 39463-2020 和相关工业通信标准的要求。

5 模拟传感器信号接口

5.1 物理特性

模拟传感器信号接口的物理特性涵盖机械结构、连接方式和环境适应性，应采用标准化接插件，支持螺纹或卡扣式连接以确保牢固性。其机械设计应兼容常见第三方模拟传感器同类型接口，支持至少两种主流工业模拟传感器接插件标准，实现不同品牌或型号传感器灵活

替换。

接口机械尺寸需适配工业机器人常用安装空间。接插件直径一般不超过 50mm, 长度不超过 100mm, 若特殊应用场景有需求, 依据对应场景技术规格调整。

接口需满足 IP65 或更高防护等级, 适应尘埃、湿气等工业环境。设计应模块化, 便于安装和维护, 并配备清晰的标识防止误接, 确保长期使用的耐久性和可靠性, 接插件应满足特定插拔次数要求, 普通工况插拔寿命不少于 5000 次; 振动、频繁更换传感器的复杂工况, 插拔寿命宜不少于 10000 次。

5.2 电气特性

模拟传感器信号接口的电气特性需支持电压型、电流型等传感器信号传输。确保工作电压和电流的稳定性, 并具备良好的绝缘性能。接口应包含抗电磁干扰设计, 配备屏蔽或接地机制, 降低外部干扰对信号的影响, 同时满足低功耗要求以优化系统能效。

电压型信号传输精度需达满量程的±0.1%, 电流型信号达±0.05%, 以保障传感器测量值高精度传递至机器人控制系统。

在-20℃至 70℃环境温度范围, 接口电气性能符合要求。电压或电流信号误差波动不超过满量程 ±0.2%, 避免温度致精度降低。

接口需设过流、过压保护机制。过流保护触发电流设为额定工作电流 1.2 至 1.5 倍; 电压超额定值 15% 时, 过压保护启动, 切断或限压保护传感器与连接设备。

电压输出型接口技术规范应符合 GB/T 3369.2-2008 的要求。

电流输出型接口技术规范应符合 GB/T 3369.1-2008 的要求。

5.3 信号传输特性

基于线缆材质及屏蔽性能, 电压型信号推荐传输距离不超 10 米, 电流型 4-20mA 信号传输距离可至 100 米。超对应距离, 需信号放大器或隔离器确保信号质量。传输距离达上限时, 电压型信号衰减不得超 5%, 电流型不得超 2%; 于全传输范围, 需监测衰减情况, 依传感器精度需求适时补偿。

当需抑制共模干扰或保护控制系统电子元件, 接口需集成信号隔离功能, 隔离电压不小于 1000V AC, 确保传感器侧与控制器侧电路电气隔离。

5.4 校准要求

接口电气参数须定期校准, 常规应用每年校准一次; 高可靠性需求场景, 每半年校准。校准记录须保存不少于设备 2 倍校准周期时长。

按对应电压、电流型信号标准, 使用精度至少高 2 个等级的校准设备校验。如校准 4-20mA 电流接口, 校准仪精度需达 0.01% 满量程及以上。

6 数字传感器信号接口与通信协议规范

通信接口包括不同的物理接口及通信协议, 不同的通信协议之间应基于协议网关达到互操作和数据一致性的要求。

6.1 现场总线接口及通信协议规范

6.1.1 RS-232

RS232 接口宜采用 DB9 插针连接器, 其电气特性应符合 GB/T 6107-2000 中第 2 章的要求, 传输特性应符合 GB/T 6107-2000 中第 4、5 章的要求, 机械特性应符合 GB/T 12057-1989

中第 4 章的要求。

6.1.2 RS-485

RS485 接口宜采用 DB9 插针连接器, 其电气特性应符合 ANSI/TIA/EIA-485-A 的要求, 机械特性应符合 GB/T 12057-1989 中第 4 章的要求。

6.1.3 1-Wire

1-Wire 接口技术规范应符合 1-Wire 扩展网络标准的要求。

6.1.4 I2C

I²C 接口技术规范应符合《I²C-bus specification and user manual》的要求。

6.1.5 SPI

SPI 接口技术规范通常遵循具体芯片的数据手册 (如 STM32 SPI 手册)。

6.1.6 CAN

CAN 总线接口技术规范应符合 ISO 11898-2、ISO 11898-3、ISO 11898-5 的要求。

基于有线网络的 CAN 物理层电气特性、数据帧结构及总线拓扑需符合国际标准 ISO 11898-1/2, 对应中国国家标准 GB/T 18858.3-2012 《控制器-设备接口 (CDIs) 第 3 部分: CAN 总线规范》, 数据链路层协议需满足 ISO 11898-1 中定义的通信时序、错误帧处理及故障限制功能。

6.1.6.1.1 CANopen

CANopen 是基于 CAN 总线的标准化应用层协议, 定义了设备间对象字典 (Object Dictionary)、服务数据对象 (SDO) 和过程数据对象 (PDO) 的通信规则, 可通过 CAN 总线或工业以太网 (如 EtherCAT、EtherNet/IP) 实现跨网络数据交互。支持 CANopen 协议的智能传感器、伺服驱动器等设备, 宜采用屏蔽双绞线 (STP) 作为传输媒介, 并配置终端电阻 (120 Ω) 以降低电磁干扰和确保信号完整性, 其物理层与数据链路层需符合国际标准 ISO 11898-1/2, 应用层协议则遵循 CiA 301 国际规范及中国国家标准 GB/T 27999-2011 《工业通信网络 行规 CANopen 应用层协议》。此外, 当通过工业以太网扩展时, 需满足 GB/T 31230-2014 《工业以太网现场总线 EtherCAT 技术规范》的实时性要求。

6.1.7 PROFIBUS

PROFIBUS 接口技术规范应符合 IEC 61158-2-2014 的要求、GB/T 20540—2006 (中国 PROFIBUS 规范)。

6.1.8 USB

USB 接口技术规范根据接口标准不同应符合 USB 2.0、USB 3.x 或 USB4 的要求 (USB-IF 发布)。

6.1.9 Bluetooth

Bluetooth 接口技术规范应符合 IEEE 802.15.1 的要求。

6.1.10 ZigBee

ZigBee 接口技术规范应符合 IEEE 802.15.4-2020（物理层/MAC 层）、ZigBee 3.0（应用层协议）的要求。

6.2 基于 TCP/IP 的工业以太网

所有工业以太网协议在链路层及以下均基于以太网（IEEE 802.3/ISO IEC 8802-3）和 IP（IETF RFC 791）/TCP（RFC 793）、UDP（RFC 768）等通用标准，不另行发布国标；各协议的国标主要集中在应用层规范及相关测试、服务定义。

6.2.1 PROFINET

支持 PROFINET 的传感器在链路层参考 IEEE 802.3、IEEE 802.1Q、IEC 61784-2 等标准，分别保证了全双工、优先级标签、实施扩展的能力，从而能够实现 RT（实时通信）、IRT（等时实时通信）、TSN（时间敏感网络）等通信形式。应用层应符合 GB/Z 20541-2006《测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型 10：PROFINET 规范》。

6.2.2 EtherCAT

支持 EtherCAT 的传感器在链路层应符合 GB/T 31230.4-2014《工业以太网现场总线 EtherCAT 第 4 部分：数据链路层协议规范》。应用层应支持 GB/T 31230.5-2014《工业以太网现场总线 EtherCAT 第 5 部分：应用层服务定义》和 GB/T 31230.6-2014《工业以太网现场总线 EtherCAT 第 6 部分：应用层协议规范》。

6.2.3 POWERLINK

支持 POWERLINK 的传感器在链路层应基于标准以太网（GB/T15629.3）规则，应符合 GB/T 27960-2011《以太网 POWERLINK 通信行规规范》。应用层使用 CANopen 协议，符合 GB/T 27960-2011 的应用层规范。

6.2.4 SERCOS III

支持 SERCOS III 的传感器在链路层应基于 IEEE 802.3 和 ISO/IEC 8802-3 等标准，支持 IEC 61784-2《工业以太网分布式交换系统现场总线协议-SERCOS III》和 IEC 61158《现场总线协议系列》，应用层应支持 IEC 61784-2 和 IEC 61158 的应用层规范。

6.2.5 Ethernet/IP

支持 Ethernet/IP 的传感器在链路层应支持 GB/Z 26157.3-2010《测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型 2：ControlNet 和 EtherNet/IP 规范 第 3 部分：数据链路层》。传输层应支持 GB/Z 26157.4-2010《测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型 2：ControlNet 和 EtherNet/IP 规范 第 4 部分：网络层及传输层》。网络层应支持 GB/Z 26157.4-2010《测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型 2：ControlNet 和 EtherNet/IP 规范 第 4 部分：网络层及传输层》。应用层应支持 GB/Z 26157 系列（第 1、8、9 等各部分）——EtherNet/IP 全部国标部分。

6.2.6 EPA

支持 EPA 的传感器在链路层支持 GB/T 15629.3-1995、IEEE Std 802.11 系列、IEEE Std 802.15.1:2002 协议规定的数据链路层协议，支持 GB/T 20171-2006《用于工业测量与控制系统的 EPA 系统结构与通信规范》。网络层沿用 IP 协议，支持 RFC 791 Internet 协议（IP）、RFC 826 以太网地址解析协议（ARP）、RFC 792 Internet 控制报文协议（ICMP）、RFC 1112

Internet 组管理协议 (IGMP)。

EPA 网络支持其他以太网/无线局域网/蓝牙上的其他协议 (如 FTP、HTTP、SOAP, 以及 MODBUS、ProfiNet、Ethernet/IP 协议) 报文的并行传输。应用层应采用 RFC 1157 简单网络管理协议(SNMP)、RFC 959 文件传输协议(FTP)、RFC 1541 动态主机组态协议(DHCP)、RFC 1533 DHCP 选项和 BOOTP 制造商扩展协议、RFC 2030 简单网络时间协议(SNTP)、IEEE 1588 精确时间同步协议、GB/T 20171- 2006 EPA 应用层部分。

6.2.7 OPC UA

支持 OPC UA 的传感器在链路层支持以太网 (IEEE 802.3) 及无线网络 (IEEE 802.11) 物理层。传输层支持 IPv4 (IETF RFC 791) 和 IPv6 (IETF RFC 8200)。网络层支持 TCP (IETF RFC 793) 和可选的 UDP (IETF RFC 768) 传输, 依托安全层 (TLS)。应用层支持 GB/T 33863-2017 《OPC 统一架构 (OPC UA)》系列 (对应 IEC 62541)。

6.2.8 TSN

支持 TSN 的传感器在链路层基于标准以太网 (IEEE 802.3) 扩展, 新增 IEEE 802.1AS (时间同步)、IEEE 802.1Qbv (增强调度)、IEEE 802.1Qbu (帧抢占)、IEEE 802.1Qci (流过滤) 等 TSN 子标准。传输层继续使用 IP (IPv4/IPv6), 并通过 TSN 的时间同步和流量调度保证确定性, 无专门国标。时间同步依据 IEEE 802.1AS (PTP) 实现。网络层支持 TCP (RFC 793) /UDP (RFC 768), 在 TSN 网络上运行, 以满足不同应用的实时性要求。应用层应支持 IEC/IEEE 60802-2025 《工业自动化 TSN 配置规范》的应用层规范。

6.2.8.1 物理层现场总线

6.2.8.1.1 Modbus

支持 Modbus 协议的智能传感器可通过串行链路或 TCP/IP 网络实现与外部系统的通信, 其协议总体架构、功能码定义及数据传输规则需符合国家标准 GB/T 19582.1-2008 《基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范 第 1 部分: Modbus 应用协议》的要求。采用串行链路通信的智能传感器, 物理接口宜选用 RS-485 或 RS-232 等标准接口, 其电气特性、数据帧格式及传输速率等需同时满足 GB/T 19582.1-2008 和 GB/T 19582.2-2008 《第 2 部分: Modbus 串行链路协议规范》的规定; 采用 TCP/IP 通信的智能传感器, 则需遵循基于以太网的 Modbus TCP/IP 协议, 其网络报文封装、事务标识及服务端交互机制应符合 GB/T 19582.1-2008 和 GB/T 19582.3-2008 《第 3 部分: Modbus TCP/IP 协议规范》的技术要求。

6.2.8.1.2 PROFIBUS

支持 PROFIBUS 协议的智能传感器可采用 RS-485 或光纤接口作为物理传输介质, 其接口电气特性、信号传输速率及抗干扰性能需符合国家标准 GB/T 20540.2-2006 《PROFIBUS 规范 第 2 部分: 物理层规范》的要求; 设备输出信号应符合 PROFIBUS-DP 或 PROFIBUS-PA 总线协议, 其数据帧结构、通信时序及服务功能需满足 GB/T 20540.3-2006 《第 3 部分: 数据链路层规范》和 GB/T 20540.4-2006 《第 4 部分: 应用层协议规范》的技术要求。

6.2.8.1.3 HART

基于有线网络的支持 HART 协议的智能传感器应配备与 4-20mA 模拟信号叠加的物理通信接口, 可采用兼容传统模拟信号线缆或数字增强型 RS-485 等接口, 其物理层电气特性、数字调制方式及通信协议架构需符合国家标准 GB/T 29910.1-2013 《工业通信网络 现场总线规范 第 1 部分:HART 有线网络物理层服务定义和协议规范》、GB/T 29910.2-2013 《第 2 部

分：HART 有线网络数据链路层服务定义和协议规范》、GB/T 29910.3-2013《第3部分：应用层服务定义》以及GB/T 29910.6-2013《第6部分：应用层附加服务定义和协议规范》的要求。

6.2.8.1.4 I2C

基于有线网络的支持I2C协议的智能设备应采用双线制作为物理接口，其电气特性、时序参数及总线仲裁机制需符合国际规范《I²C-bus specification and user manual》的要求，并参考中国国家标准GB/T 6107-2000《信息技术 设备间互连的串行通信接口》中关于串行总线电气兼容性的通用规定，以及GB/T 18272.3-2000《工业过程测量和控制 系统评估中系统特性的评定》对通信可靠性的测试要求。

6.2.8.1.5 SPI

基于有线通信的SPI协议采用四线制实现主从设备间全双工同步数据传输，其物理接口电平标准、时序参数及信号完整性要求应参考中国国家标准GB/T 6107-2000《使用串行二进制数据交换的数据终端设备和数据电路终接设备之间的接口》中通用串行总线规范，以及GB/T 18272.3-2000《工业过程测量和控制 系统评估中系统特性的评定》对通信可靠性的评估准则。

6.2.8.1.6 USB

基于有线通信的USB协议支持USB 2.0、USB 3.0等多版本规范及Type-A、Type-C等物理接口形态，采用差分信号对和全双工传输模式实现高速数据交互，其物理接口电气特性、信号完整性及供电标准需符合中国国家标准GA/T 987-2012、GB/T 16649.12-2010及国际USB-IF组织的协议定义。

6.3 无线接口及通信协议规范

6.3.1 通则

工业机器人传感器宜采用且不限于以下无线通信接口

6.3.2 ZigBee

支持ZigBee接口的传感器，其链路层技术规范应基于IEEE802.15.4标准的基础上，符合ZigBee-2007规范的要求。网络层应符合ZigBee Pro有关Mesh组网、AODV路由协议等网络层规范要求。应用层应符合ZigBee 3.0中ZHA、ZLL、ZBA、ZigbeeRetail、ZHC等应用层互通协议，在设备被发现、链接加入、组网形式等统一化要求。

6.3.3 蓝牙

支持蓝牙接口的传感器，其链路层应符合规范IEEE802.15.1规范的要求。符合SIG发布的《Bluetooth Core Specification》规范要求。网络层应符合蓝牙核心规范L2CAP。传输层其包含的L2CAP协议和RFCOMM协议应支持蓝牙核心规范（L2CAP/RFCOMM章节）。应用层应符合蓝牙Profile补充规范，如GAP、GATT等通用Profile，A2DP、HID、HFP、HDP等行业Profile。

6.3.4 无线局域网

支持无线局域网接口的传感器，链路层应符合IEEE 802.11标准有关频段、调制技术、帧格式、CSMA/CA机制规范。网络层应支持MAC层支持的以太网封装机制，符合IEEE 802.3

标准规范。传输层应支持 TCP/UDP 的端到端传输, 符合 IEEE 802.11 有关保障 MAC 层可靠性规范。

6.3.5 NFC/RFID

支持 RFID 的传感器, 链路层应符合 ISO/IEC 18000 规定的不同频段空中接口规范, ISO/IEC 14443 规定的近场通信规范, ISO/IEC 15693 规定的远距离 HF RFID 规范。应用层应符合 ISO/IEC 15962 数据编码规则、ISO/IEC 24753 传感器标签扩展规范

6.3.6 无线 HART

支持无线 HART 的传感器, 链路层应符合 IEEE 802.15.4 规定的频段, 符合 WirelessHART 标准 IEC 62591 规范。网络层应符合 WirelessHART 标准 (IEC 62591) 中网络层规范。应用层应符合 IEC 62591 和 HCF_SPEC-13 FCG TS20013 规范。

6.3.7 WIA-PA

支持 WIA-PA 的传感器, 链路层应符合其技术规范应符合 GB/T26790 的要求和 IEEE 802.15.4 的要求。网络层应符合其技术规范应符合 GB/T26790 的网络层规范。应用层应符合其技术规范应符合 GB/T26790 的应用层规范, 兼容命令满足无线 HART 应用层规范。

6.3.8 ISA100

支持 ISA100 的传感器, 链路层应在基于 IEEE 802.15.4 频段下, 符合 IEC62734 规范。网络层其网络拓扑应符合 ISA100.11a (IEC 62734) 和 RFC 6282 (6LoWPAN) 规范。应用层应符合 ISA100.11a 应用层协议定义, HART Protocol 兼容模式支持规范。

6.3.9 LTE

支持 LTE 蜂窝移动通信的传感器, 链路层应符合 GB/T 51278-2018 规范。网络层应支持 IPv4/IPv6 双栈协议规范。传输层应支持 TCP/UDP 协议规范。应用层应支持 HTTP/HTTPS、MQTT 等国际通用互联网应用层协议规范。

6.3.10 5G

支持 5G 的传感器, 链路层应符合 5G 移动通信网物理层技术要求 GB/T 33782-2017 规范。网络层应默认支持 IPv6 双栈协议规范, 同时支持北斗网格码 GB/T 39409-2020 相关规范。传输层应支持增强 TCP 及定制 UDP 协议规范, 支持高可靠性和低时延传输, 符合《5G 移动通信网 核心网总体技术要求》(YD/T 3627-2020) 规范。应用层应符合 GB/T 39190-2020 工业互联网 5G 网络技术关于应用层要求。

参 考 文 献

- [1] GB/T 38872-2020 工业机器人与生产环境通信架构
- [2] GB/T 34068-2017 物联网总体技术智能传感器接口规范
- [3] GB/T 51278-2018 数字蜂窝移动通信网 LTE 工程技术标准
- [4] GB/T 33782-2017 5G 移动通信网物理层技术要求
- [5] GB/T 39190-2020 工业互联网 5G 网络技术
- [6] GB/T 30269.701-2014 传感器网络信号接口标准
- [7] GB/T 30269.702-2016 传感器网络数据接口标准

- [8] GB/T 34068-2017 物联网总体技术智能传感器接口规范
 - [9] GB/T 34068-2017 物联网总体技术 智能传感器接口规范
 - [10] GB/T 32197-2015 机器人控制器开放式通信接口规范
-

《工业机器人传感器接口与控制器 及通信协议规范》

编制说明

2025 年 10 月

一 工作简况

(一) 任务来源

随着工业机器人技术在智能制造、柔性生产线、精密装配等领域的广泛应用，传感器作为机器人感知环境与状态的核心部件，其接口与通信协议的标准化已成为提升系统集成效率、保障数据交互可靠性的关键。当前，工业机器人传感器种类繁多，接口不一，通信协议多样，导致设备兼容性差、集成成本高、维护困难，严重制约了工业机器人系统的智能化与模块化发展。

为响应《国家智能制造标准体系建设指南》中“加快关键技术与装备标准研制”的号召，中国机电一体化技术应用协会于 2025 年立项“工业机器人传感器接口与通信协议规范”团体标准编制任务。本标准由多家科研机构、机器人制造企业及传感器供应商联合起草，旨在统一工业机器人传感器接口与通信协议，推动行业技术协同与产业升级。任务来源主要包括以下三个方面：

国家战略需求：智能制造与工业互联网的深入推进，要求工业机器人具备更高的感知与协同能力，传感器接口与通信协议的标准化是实现设备互联、数据互通的基础。

行业迫切需求：当前工业机器人传感器接口种类繁杂，通信协议不统一，导致系统集成周期长、成本高、可靠性难以保障，亟需通过标准化手段提升系统兼容性与互换性。

技术创新推动：随着工业以太网、TSN、5G、OPC UA 等新一代通信技术在工业领域的应用，传感器通信协议正向高速、实时、开放方向发展，亟需通过标准固化技术成果。

(二) 国内相关标准制定情况

目前国内与工业机器人传感器接口与控制器及通信相关的标准主要包括以下几类：

通用通信标准：

GB/T 38872-2020《工业机器人与生产环境通信架构》：规定了工业机器人与周边生产设施之间的信息交互框架，为传感器作为数据源接入生产系统提供了顶层设计指导，但未涉及具体的接口电气特性与协议细节。

GB/T 32197-2015《机器人控制器开放式通信接口规范》：规定了机器人控制器的开放式通信接口要求，为设备间的数据互通奠定基础。

通用传感器接口标准：

GB/T 34068-2017《物联网总体技术智能传感器接口规范》：该标准定义了智能传感器在物联网应用中的通用接口模型，涵盖了功能、通信和电气等方面的基本要求，具有广泛

的指导意义，但并非针对工业机器人高实时、高可靠、强电磁兼容性的特殊工况。

GB/T 30269.701-2014《传感器网络信号接口标准》、GB/T 30269.702-2016《传感器网络数据接口标准》：该标准规范了传感器网络节点的信号与数据接口，适用于分布式传感网络，但与工业机器人控制系统对确定性实时通信的要求存在差异。

无线通信标准：

GB/T 51278-2018《数字蜂窝移动通信网 LTE 工程技术标准》、GB/T 33782-2017《5G 移动通信网物理层技术要求》、GB/T 39190-2020《工业互联网 5G 网络技术》等：这些标准为无线传感器在工业环境中的应用提供了技术依据，特别是 5G 技术为机器人移动单元与传感器的无线互联提供了高带宽、低时延的解决方案。然而，如何将这些无线技术有针对性地应用于机器人传感系统，并确保其可靠性，尚缺乏细化的实施规范。

尽管现有标准在通信架构与传感器接口方面有所覆盖，但尚未形成针对工业机器人传感器的专用接口与通信协议规范，尤其在多协议兼容、实时性保障、电磁兼容性等方面缺乏系统性技术指引。

（三）标准编制的目的、意义

《工业机器人传感器接口与控制器及通信协议规范》的编制，旨在通过构建一套系统、科学的技术准则，彻底解决工业机器人传感系统在集成与应用中长期存在的接口不一、协议互斥、数据交互不可靠等核心难题，填补国内在该领域专用标准体系的空白，引领行业迈向标准化、模块化与智能化的高质量发展新阶段。当前，随着智能制造的深入推进，工业机器人已成为柔性生产线、精密装配等高端应用的核心装备，其感知系统的性能与可靠性直接决定了整个制造单元的智能化水平。然而，由于缺乏统一的接口与通信协议标准，不同厂商、不同类型的传感器与机器人控制系统之间互联互通困难，导致系统集成周期冗长、调试与维护成本高昂、系统升级与扩展性严重受限，这已成为制约工业机器人技术规模化应用与产业升级的关键瓶颈。

本标准的制定，首要目的是为产业提供一套清晰、可操作的技术依据，通过明确规定传感器接口的物理形态、电气特性、信号传输规程及通信协议数据格式，从根本上提升设备的兼容性与互换性，显著降低系统集成复杂度与全生命周期成本。标准着眼于保障数据链路的实时性与可靠性，通过规范信号的抗干扰设计、传输精度、校准方法及通信协议的确定性机制，为力控、视觉伺服等先进机器人应用提供稳定、可信的数据基石，确保机器人在复杂工业环境下的作业精度与稳定性。

其次，本标准致力于整合当前快速发展的工业通信技术，将主流现场总线、实时工业

以太网、时间敏感网络及无线通信等协议纳入统一的规范框架，引导行业从零散、封闭的技术方案向开放、融合的体系架构转型。这不仅为现有技术提供了明确的应用指引，也为未来新技术的引入与迭代预留了空间，为整个产业链的协同创新与持续发展提供了基础支撑。此外，通过推动接口与协议的标准化，将极大促进国产传感器与机器人控制系统的技术成熟与市场认可度，提升我国在高端工业机器人领域的自主可控能力与国际话语权。

从更广阔的视角看，本标准的实施将超越单一技术范畴，对构建健康、繁荣的产业生态产生深远影响。它通过统一技术路线，促进传感器制造商、机器人本体商与系统集成商之间的深度协作，加速前沿科研成果的工程化与产品化转化。一个标准化的感知层，还是实现工业机器人数据高效采集、构建车间数字孪生、赋能工业互联网平台的关键前提，为制造业实现数字化、网络化、智能化转型升级提供了不可或缺的基础设施。长远而言，本标准不仅为工业机器人感知系统的规范化应用奠定了坚实的技术基础，更通过标准化这一核心手段，提升了我国智能制造装备的整体竞争力，为制造业的高质量发展注入了强劲动力。

（四）标准特点

本标准系统规定了《工业机器人传感器接口与控制器及通信协议规范》的术语定义、逻辑框架、接口类型、电气特性、通信协议、校准要求及安全规范等内容，涵盖模拟传感器、数字传感器、现场总线、工业以太网、无线通信等多种接口形式，具有较强的技术先进性与工程适用性。

（五）主要工作过程

1. 编制准备阶段

2025年4月-5月。成立标准编制组，开展技术调研与资料收集，完成标准大纲与初稿编写。

2. 征求意见阶段

2025年6月组织内部评审与专家研讨，根据反馈意见修改形成征求意见稿。

3. 送审阶段

2025年7月-8月通过专家审查，并根据专家审查意见修改了送审稿，最终形成报批稿。

4. 报批阶段

完成报批稿编制，准备提交发布。

二 标准编制原则

本标准编制遵循以下原则：

(一) 科学性原则：本标准编制是基于传感器与通信技术发展现状，确保技术要求和规范具有科学性和可行性。

(二) 统一性原则：本标准编制统一各类传感器接口与通信协议，提升系统兼容性。

(三) 公正性原则：本标准编制过程广泛征求行业意见，确保标准内容客观、公正。

(四) 可操作性原则：本标准编制时结合实际应用场景，确保标准便于实施与推广。

(五) 合规性原则：本标准编制符合国家法律法规和相关行业的规范和标准，确保标准的合法性和合规性，遵循国家政策和法律要求。

三 标准主要内容

1. 范围：明确标准的适用范围与技术边界；
2. 规范性引用文件：列出本标准引用的国家标准、行业标准等。；
3. 术语与定义：对本标准中所涉及的名词术语进行定义；
4. 逻辑框架：描述传感器与机器人控制系统之间的通信架构；
5. 模拟传感器信号接口：包括物理特性、电气特性、信号传输与校准要求；
6. 数字传感器接口与通信协议：涵盖现场总线、工业以太网、无线通信等协议规范；
7. 安全与环保要求：规定电气安全、电磁兼容、环境保护等技术要求；
8. 文件与记录：明确技术文档与测试记录的管理要求。

四 预期经济效果

本标准的制定与实施，预期将为工业机器人传感器产业链带来显著的经济效益。当前，工业机器人传感技术在智能制造领域的应用规模正在持续扩大，已成为提升机器人智能化水平和作业精度的关键技术支撑。然而，各类企业在应用工业机器人传感器时面临着系统集成复杂、兼容性调试周期长、研发投入大等现实挑战。通过制定统一的接口与通信协议规范，将有效降低工业机器人传感系统的开发与集成成本。标准的实施将明确传感器选型、接口定义和通信协议的技术要求，显著提升系统集成效率，减少因接口不匹配导致的重复开发和资源浪费。此外，标准化的设计框架将促进产业链各环节的协同合作，简化系统测试和验证流程，进一步缩短产品研发周期。这将使相关企业能够将更多资源投入到核心技术突破和创新应用开发中，加速高性能传感器产品的产业化进程，推动工业机器人产业向更高水平发展。从长远来看，本标准的推广应用将增强产业链各环节的协同效应，提升我

国工业机器人产业的整体竞争力，为智能制造领域带来可观的经济回报。

五 采用国际标准和国外先进标准情况

本标准在编制过程中参考了 ISO、IEC、IEEE 等国际组织发布的相关标准，如 ISO 11898（CAN 总线）、IEC 61158（现场总线）、IEEE 802 系列（以太网与无线通信）等，结合国内产业实际进行技术整合与优化，确保标准技术内容与国际接轨。

六 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准严格遵循《中华人民共和国标准化法》及相关法规政策，与现行强制性国家标准无冲突，并与推荐性国家标准、行业标准保持协调一致。

七 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草过程中未出现重大分歧意见。

八 标准性质的说明

建议本标准为推荐性标准。

九 有关专利的说明

本文件在制定过程中已对可能涉及的专利进行初步排查，暂未发现影响标准实施的专利问题。如后续发现相关专利，将依据国家标准专利政策处理。

十 贯彻标准的要求和措施建议

本标准经征求各相关方意见，已形成共识，标准实施之日起，各相关方将遵照执行。

十一 废止现行有关标准的建议

无。