

SD20 系列绝对值伺服系统在焊接机器人上的应用研究

孙志浩

杰森能源技术有限公司, 山东 烟台 264000

DOI: 10.61369/SDME.2025190048

摘 要 : 随着工业现代化推进, 焊接机器人因在恶劣环境作业稳定、降本增效等优势, 成为行业发展趋势。针对其对伺服系统高精度、快响应、宽调速、低速大转矩的需求, 选用 SD20 系列绝对值伺服系统。该系统以双核芯片、17 位绝对值编码器为硬件核心, 具备负载惯量自学习等丰富功能, 构建“指令-驱动-反馈”多闭环控制, 融合工艺算法精准协同多轴。通过 I/O 转接板等实现外部设备深度协同、异常智能报警, 保障安全与焊接质量。经配线、参数设定、调试优化等步骤, 适配不同场景^[1]。其在硬件集成、控制流程、协同机制、调试方案的创新, 突破传统瓶颈, 为焊接作业精准高效提供核心支撑, 推动焊接机器人向更智能高效演进, 赋能工业制造高质量发展。

关 键 词 : 焊接机器人; 绝对值伺服系统; 协同机制

Research on the Application of SD20 Series Absolute Value Servo System in Welding Robots

Sun Zhihao

Jason Energy Technology Co., Ltd., Yantai, Shandong 264000

Abstract : With the advancement of industrial modernization, welding robots have become a development trend in the industry due to their advantages of stable operation in harsh environments, cost reduction and efficiency improvement. In response to its demand for high-precision, fast response, wide speed regulation, and low-speed high torque servo systems, the SD20 series absolute value servo system is selected. The system is based on a dual core chip and a 17 bit absolute value encoder as the hardware core, with rich functions such as load inertia self-learning. It constructs a "command drive feedback" multi closed loop control and integrates process algorithms to accurately coordinate multiple axes. Through I/O adapter boards and other means, external devices can achieve deep collaboration and intelligent alarm for anomalies, ensuring safety and welding quality. Adapt to different scenarios through wiring, parameter setting, debugging and optimization steps^[1]. Its innovation in hardware integration, control processes, collaborative mechanisms, and debugging solutions breaks through traditional bottlenecks, providing core support for precise and efficient welding operations, promoting the evolution of welding robots towards smarter and more efficient processes, and empowering high-quality development of industrial manufacturing.

Keywords : welding robot; absolute value servo system; cooperative mechanism

引言

焊接机器人属于专门执行焊接作业的工业机器人。近年来焊接机器人的应用范围不断拓展, 在各类工业场景中得到了日益广泛的普及。与传统人工焊接方式相较, 机器人焊接技术展现出显著的性能优势。工施焊过程中, 操作人员的作业质量易受心理状态、生理机能波动及周边环境因素的综合干扰。在高温、高尘等恶劣焊接环境下, 操作人员极易产生疲劳感, 难以在较长工作周期内维持焊接过程的稳定性与焊缝质量的一致性^[2]。相比之下, 焊接机器人不仅能够在工业生产中替代人工完成单调、重复性的长时间作业任务, 还能够危险、恶劣的环境条件下实现高效稳定运行。焊接机器人的大规模应用, 可以减轻工作人员的劳动强度, 提高生产效率和产品质量的稳定性, 并促进焊接工艺技术整体水平的提升, 已成为现代制造业发展的必然趋势。

一、焊接机器人对伺服系统的技术要求

为了保证焊接部件的制造品质并且提高生产效益，我们需要首先关注的是焊接机器人的定位准确性和工艺精准度。所以，对于机器人在各个轴上的位置调整来说，必须达到微米级的精确度。同时，对速度调节的要求是具有高度的调速准度和强大的抵抗负荷干扰的能力，也就是希望能够实现最小的静态和动态速降^[3]。

快速响应：系统需要具备优秀的快速反应特性，也就是跟踪指令信号的反应速度要快，同时位置跟踪误差（即位置跟踪精确度）也要尽可能小。

宽调速调节范围：这个标准是指电机在额定负载下能够提供的最大转速与最小转速之比。对于一般的机器人来说，需要电机伺服系统在0~20m/min的频率内正常运作。

焊接机器人的加工特性主要体现在中低速负重状态下，特别是点焊机器人表现得更为显著。因此，它们不仅需要低速时电机伺服系统能够输出大转矩，还必须保证其运动平稳。

二、系统总体方案

基于焊接机器人对伺服系统的技术要求，选用SD20系列伺服系统。SD20伺服驱动系统的主要技术特点包含以下几点：采用双核心处理芯片设计，其响应频率可以达到1.2KHz的水平；使用了17位的绝对值编码器，每个完整转数能产生131072个脉冲；具有自我调整以适应负载质量的能力，提供自动和人工陷波过滤选项；能够实现对电动机角度的自主学习，允许灵活的选择和调节增益；支持各种命令源的设置，满足全闭环控制的需求；拥有多个增益切换的功能；有多阶段的位置控制方式；有中断式的位置控制模式，主要循环菜单集成了故障代码循环展示功能；电动机的参数可以通过自身的学习来确定，内部整合了简单PLC和电子凸轮功能；脉冲信号的传输频率最大为4MHz，提供了CANOpen/EtherCAT等通信协议的支持；配有RS485和RS232的通讯接口^[4]。性能优越，反应灵敏，速度平稳，稳定性强；定位准确：位置锁定的误差可以在0.0027度范围内控制；具备自动惯量的识别能力和电动机角度的智能化判断，实现了单方向负载的补偿和固定长度的中断功能；同时还具备位置模式下的加速和减速控制、PI增益切换以及快速返回初始状态的功能，并具备电子齿轮功能。

具体实施方案如图所示，机械臂控制系统由机器人控制系统作为主控单元，伺服系统作为执行机构，并配备人机界面示教仪、外部电源、DI/DO转接板及相关辅助电路组成。系统运行过程中，操作者通过示教仪向系统输入指令，主控单元随即执行相应操作，通过向各轴伺服系统发送指令，各轴伺服系统作为执行部件接收指令后运行至指定位置，通过多轴协同工作完成特定动作。

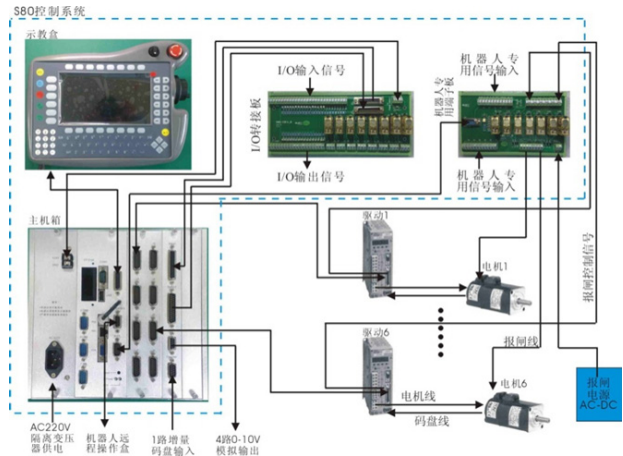


图1系统方案图

（一）绝对值编码器的独特作用

绝对值伺服系统中，电机配置的绝对值编码器是关键。与增量式编码器不同，绝对值编码器无需每次上电回零，其内部存储电机转子绝对位置信息。只要系统通电，编码器就能直接输出当前电机轴的绝对位置数值，以数字信号形式，经码盘线传输至驱动器和主机箱。这一特性让焊接机器人在开机或意外断电重启后，快速精准获取电机位置状态，无需额外回零操作，提升工作效率与连续性，保障焊接轨迹起始点的准确性，对焊接路径精准复现至关重要^[5]。

（二）信号传输与控制流程

1. 指令输入与处理

操作人员通过示教盒设定焊接任务，如焊接路径的坐标点、焊接速度、摆弧参数等指令。这些指令经内部通信线路传输至主机箱，主机箱依据预设控制算法（结合焊接工艺要求、机器人运动学模型等），将任务指令转化为对各电机的运动控制信号，包括电机转动角度、速度、加速度等参数，再通过相应控制总线发送给驱动器。

2. 驱动与反馈闭环

驱动器接收主机箱的控制信号后，将其转换为适合电机的驱动信号（如脉冲电压、电流等），驱动电机（电机1-电机6对应不同轴运动）运转，实现机器人关节或执行机构的运动。同时，电机上的绝对值编码器实时采集电机轴位置、转速等信息，经码盘线反馈回驱动器和主机箱。驱动器依据反馈信号，实时调整输出驱动信号，形成电流环、速度闭环控制；主机箱则基于反馈的位置信息，结合指令位置，进行位置环调整，确保电机按精准轨迹运动，保障焊接机器人焊枪等执行机构严格遵循示教路径和工艺要求动作^[6]。

3. I/O信号与外部交互

I/O转接板处理通用I/O输入输出信号，比如接收外部设备（如焊接电源、工装夹具等）的状态信号（如焊接电源就绪、夹具夹紧到位等I/O输入信号），传输给主机箱，主机箱据此调整控制策略；也会将机器人的状态信号（如电机使能、报警预触发等I/O输出信号）向外发送，实现与外部设备协同^[7]。机器人专用信号板处理专属信号，像报警控制信号，当系统监测到异常（如电机

过载、编码器故障等），通过报警线触发报警电源，示教盒显示报警信息，保障系统安全。

（三）在焊接作业中的协同运作

焊接时，绝对值伺服系统配合焊接工艺需求，精准控制机器人各轴运动，使焊枪按预设轨迹（如直线、圆弧、复杂曲线等）移动，控制焊接速度、焊枪姿态（角度、高度等）。绝对值编码器的精准位置反馈，让焊枪在起始点、拐点等关键位置准确到位，保证焊缝成形一致性。同时，与焊接电源等协同，依据 I/O 信号交互，在合适时机触发引弧、送丝、收弧等动作，实现稳定、高质量焊接。

绝对值伺服系统在焊接机器人控制系统中，凭借绝对值编码器的精准位置反馈、多环节闭环控制及与系统各部件协同，实现机器人运动精准控制，为焊接作业的高精度、高效率、高可靠性提供核心动力与控制保障，是现代焊接机器人稳定运行、优质焊接的关键技术支撑^[8]。

三、系统调试步骤

控制系统布线包含机器人控制系统布线、伺服与电机间连线及伺服与控制系统的配合接线；伺服参数配置需将伺服系统设为位置脉冲模式，再对电子齿轮、通信方式及波特率等参数进行设定；断开机械连接后，为伺服系统供电，通过控制面板检查伺服上电状态是否正常，进行伺服点动操作，观察伺服电机运行情况，确保伺服驱动器与电机工作无异常且伺服电机转向准确；调节伺服增益、惯量及电子齿轮比，使设备处于最优运行状态；系统参数配置涵盖轴号、减速机参数、连杆参数、方向校准、速度参数及轴耦合等设定；系统在示教模式下先执行单轴低速运行，再通过多轴联动完成连贯动作^[9]。

驱动器参数需配合控制系统上位机使用，与机器人系统联用时，驱动器的参数设置如下表所示。

表1 参数设置表

参数	参数设置（1、2轴伺服）	参数设置（3、4轴伺服）	备注
Po001	d01	d11	选择位置脉冲模式
Po010	8	8	伺服增益
Po013	60	50	伺服惯量
Po304	8192	8192	电子齿轮分子

参考文献

[1] 安同. 基于 ABB 机器人点焊系统中集成伺服焊钳的应用实现方法 [J]. 机械工程师, 2021(11).

[2] 李仁明. 焊接机器人伺服控制系统设计 [J]. 科学咨询, 2017(44): 2.DOI: 10.3969/j.issn.1671-4822.2017.44.056.

[3] 张静, 刘涵茜, 陈静阳. 直角坐标焊接机械手控制系统设计与实现 [J]. 机电工程技术, 2017, 46(2): 7.DOI: 10.3969/j.issn.1009-9492.2017.02.003.

[4] 高金锋. 基于视觉伺服的复杂空间焊缝识别与轨迹规划研究 [D]. 宁波大学, 2022.

[5] 李铭磊. 基于雷塞控制系统的五轴焊接机器人研究及其应用 [D]. 齐鲁工业大学, 2019.

[6] 郭明智, 曹德严. 浅谈 ABB 机器人与伺服焊接系统集成化应用 [J]. 汽车周刊, 2023(8): 0007-0009.

[7] 王丽. 基于焊接机器人的自动化控制系统的设计 [J]. 西昌学院学报: 自然科学版, 2018.DOI: 10.16104/j.issn.1673-1891.2018.02.013.

[8] 王敏. 基于单片机的焊接机器人设计和实现 [J]. 焊接技术, 2022.

[9] 陈泓宇. 集装箱自动化焊接系统的轨迹规划和轨迹校正方法研究 [D]. 华南理工大学, 2020.

[10] 钱哲宇. 自动焊接机器人控制系统的设计 [J]. 轻松学电脑, 2020, 000(009): P.1-4.

Po305	375	375	电子齿轮分母
So-17	0	0	正转限制取消
So-18	0	0	反转限制取消
Po003	2500	2500	脉冲分频数
Po500	n（n代表轴号）	n（n代表轴号）N	通讯地址
Po501	0	0	通讯模式
Po503	0	0	奇偶效验设置
Po504	2	2	通讯波特率

四、特色创新

基于焊接机器人伺服系统技术，从硬件、控制、协同及调试维度挖掘创新点，突出技术突破与应用价值：

1. 硬件集成创新：采用 17 位绝对值编码器，无需上电回零，配合双核处理芯片，实现微米级定位与高速响应，突破传统伺服精度瓶颈。

2. 控制流程优化：构建“指令-驱动-反馈”多闭环控制，融合工艺算法与运动学模型，精准协同多轴运动，保障焊接轨迹复现精度。

3. 协同机制创新：通过 I/O 转接板与专用信号板，实现焊接电源、工装等外部设备深度协同，异常报警与工艺动作智能联动，提升系统安全性与焊接质量一致性。

4. 调试方案创新：设计分步调试流程，支持参数自学习与多模式增益切换，适配不同负载与工艺需求，快速让系统达最佳运行状态。

五、结论

焊接机器人伺服系统凭借先进技术与创新设计，成为行业发展关键支撑。SD20 系列伺服系统以双核芯片、17 位绝对值编码器等硬件，满足高精度、快响应等需求，实现微米级定位与高速响应突破。多闭环控制流程融合工艺算法，精准协同多轴运动，保障焊接轨迹复现^[10]。外部设备协同机制与智能报警，提升安全与焊接质量一致性。分步调试与参数自学习，适配多样需求，助力系统快速达最佳状态。未来，随技术迭代，其在焊接精度、智能化协同等方面将持续突破，推动焊接机器人向更高效、精准、智能演进，为工业制造高质量发展注入新动能。