

长输管道全自动焊接数据采集技术研究与应用

昝吉华（中石化胜利油建工程有限公司，山东 东营 257000）

摘要：在长输管道全自动焊接过程中，实时采集任何需要监控、存储的数据已经不是难题，工程建设项目建设施工过程的数据实时采集及应用将会越来越广泛，野外施工焊接数据的实时采集及传输，已经具备可以实现的技术路径。通过计算机编程语言对不同传输协议生成的数据进行转换，形成计算机通用操作系统可以识别的数据存储到数据库中，利用计算机进行处理，对焊接工艺、工效的分析及焊接质量的管控，有着积极的作用。

关键词：全自动焊接；数据采集技术；数据协议转换；智能化管理

中图分类号：TE973.6 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）017-0117-03

Research and Application of Data Acquisition Technology in Long-Distance Pipeline Automatic Welding

Zan Jihua (Sinopec Shengli Oilfield Construction Engineering Co., Ltd., Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: In the automatic welding process of long-distance pipelines, real-time acquisition of monitoring and storage data is no longer a technical challenge. The real-time data acquisition and application during construction projects are becoming increasingly prevalent, with established technical solutions for field welding data collection and transmission. By utilizing computer programming languages to convert data generated from different transmission protocols into formats recognizable by common operating systems, the converted data can be stored in databases for computer processing. This approach plays a significant role in analyzing welding processes, improving work efficiency, and controlling welding quality.

Keywords: automatic welding; data acquisition technology; data protocol conversion; intelligent management

长输管道自动焊接技术相较于传统手工焊接或半自动焊接，具有效率高、质量好、成本低、安全性高、适应性强、数据可追溯等特点。焊接数据可追溯是通过对焊接数据采集实现的。焊接数据采集可以及时发现和纠正焊接过程中的偏差，提高焊接工艺的稳定性和一致性，通过自动化数据采集系统减少人工干预，提高工作效率，降低劳动强度，通过数据采集与分析，为焊接过程的智能化管理提供基础数据支持，推动管道施工向智能化方向发展。

1 数据采集系统的组成

为了满足长输管道全自动焊接的需求，数据采集系统应具备以下基本功能：

①多路信号采集：系统应能同时采集多路信号，包括电信号（如电流、电压）、物理量（如温度、压力、速度）等，确保全面监控焊接过程。

②高精度采集：为了保证数据的准确性和可靠性，系统应采用高精度的传感器和模数转换器（ADC），尽量减少数据采集误差。

③实时传输：采集到的数据应能够实时传输到监控中心或云端服务器，以便进行实时监控和处理，系统具备高速数据传输能力。

④数据存储：系统应具备大容量的数据存储能力，能够长期保存焊接过程中采集到的各种数据，以备随时查询和分析。

⑤数据分析与处理：系统应具备强大的数据处理能力，能够对采集到的数据进行实时分析和处理，识别出异常情况并及时报警。此外，还应支持历史数据的统计分析和趋势预测。

⑥人机交互界面：系统应提供友好的人机交互界面，使操作人员能够方便地查看实时数据、历史记录和分析结果。此外，还应支持远程监控和管理功能。

⑦兼容性与扩展性：系统应具备良好的兼容性和扩展性，能够与其他焊接设备和监控系统无缝对接，并根据需要进行功能扩展和升级。

1.1 数据采集系统的硬件构成

1.1.1 传感器的选择与配置

传感器是数据采集系统的核心部件，其选择和配置直接影响数据的精准度和可靠性。在长输管道全自动焊接系统中，常用的传感器包括：

①电流传感器：用于监测焊接电流的变化情况，确保焊接电流保持在设定范围内。推荐使用霍尔效应传感器或磁感应传感器，以获得高精度测量结果。

②电压传感器：用于测量焊接电压，同样推荐使用高精度传感器以确保测量准确性。

③温度传感器：焊接过程中温度变化对焊接质量有重要影响，通常采用热电偶或红外温度传感器进行实时监测。

④压力传感器：用于监测焊接过程中气体的压力

变化，确保气体供应稳定。推荐使用压阻式或电容式压力传感器。

1.1.2 信号调理与采集电路

信号调理是确保传感器输出信号适合模数转换的重要步骤。常见的信号调理技术包括滤波、放大、隔离等：

①滤波：去除环境中的高频噪声和电磁干扰，常用RC低通滤波器。

②放大：将传感器输出的微弱信号放大到适合A/D转换的范围，常用运算放大器。

③隔离：将传感器与后续电路隔离，防止高压或干扰信号影响数据采集，常用光耦或变压器隔离。

④采样保持电路：在模数转换期间保持信号稳定，确保转换精度。

⑤基准电压源：提供稳定的参考电压，确保模数转换的准确性。

1.1.3 数据传输模块

数据传输模块负责将采集到的数据传输到上位机或其他存储设备。常用的传输方式包括有线传输和无线传输：

①有线传输：如以太网、RS485、CAN总线等，具有传输速度快、稳定性高的优点。以太网常用于大数据量的传输，RS485适用于远距离传输，CAN总线具有较强的抗干扰能力。

②无线传输：如Wi-Fi、ZigBee、LoRa、蓝牙等，适用于不便布线的场合。Wi-Fi适用于局域网内高速传输，ZigBee适用于低功耗、低速率的远程监控，LoRa适用于广域低功耗通信。

③数据传输协议：常用的协议包括TCP/IP、Modbus、Profibus等。TCP/IP适用于以太网传输，Modbus适用于串行通信，Profibus适用于工业自动化控制。

④数据加密与安全：在传输过程中应对数据进行加密处理，防止数据被截获或篡改。常用加密算法包括AES、RSA等。

1.2 数据采集系统的软件构成

1.2.1 操作系统与开发平台

操作系统是数据采集系统的基础软件环境，常见的操作系统包括Windows、Linux、RTOS(实时操作系统)等：

①Windows：具有良好的图形界面和丰富的软件开发工具，适合快速开发和测试。

②Linux：开源、稳定、安全性高，适合嵌入式系统和服务器端应用。

③RTOS：实时性好，适合对实时性要求高的嵌

入式应用。

开发平台包括IDE(集成开发环境)、编译器、调试器等工具：

①IDE：如Visual Studio、Eclipse、Qt Creator等，提供代码编辑、调试、编译一体化的开发环境。

②编译器：如GCC、Clang、Keil等，用于将源代码编译成可执行文件。

③调试器：如GDB、LLDB等，提供代码调试功能，帮助开发人员查找和解决程序中的错误。

1.2.2 数据采集与处理软件

数据采集与处理软件是整个系统的核心部分，主要包括以下模块：

①数据采集模块：负责从传感器读取数据，并将数据传输给处理模块。常用编程语言包括C、C++、Python等。

②数据处理模块：对接收到的数据进行实时处理和分析，包括滤波、去噪、特征提取等操作。常用算法包括FIR滤波、IIR滤波、FFT(快速傅里叶变换)等。

③数据存储模块：将处理后的数据存储到数据库或文件中，常用数据库包括MySQL、SQLite、PostgreSQL等，文件格式包括CSV、JSON等。

④数据显示与可视化模块：将数据实时显示在界面上，常用图表库包括Matplotlib、Plotly、D3.js等。

⑤报警与故障诊断模块：根据设定的阈值和规则对异常情况进行报警和诊断，常用方法包括阈值判断、模式识别等。

⑥通信模块：负责与上位机或其他系统的通信，常用协议包括MQTT、CoAP、HTTP等。

1.2.3 数据存储与管理系统

数据存储与管理系统负责数据的长期保存和管理，包括以下功能：

①数据库管理系统(DBMS)：负责数据的存储、查询和管理，常用数据库包括MySQL、PostgreSQL、MongoDB等。关系型数据库适用于结构化数据存储，NoSQL数据库适用于大规模非结构化数据存储。

②数据备份与恢复：定期对数据进行备份，防止数据丢失。备份方式包括全量备份、增量备份等。常用备份工具包括mysqldump、pg_dump等。

③数据压缩与归档：对历史数据进行压缩归档，节省存储空间。常用压缩算法包括gzip、lz4等。

④数据安全与权限管理：对数据进行加密存储和访问权限管理，防止未经授权的访问和篡改。常用加密算法包括AES、RSA等，权限管理包括用户认证、授权等。

⑤数据分析与报表生成：对存储的数据进行分析

和报表生成，支持决策和管理。常用数据分析工具包括 Python 的 Pandas、R 语言等，报表工具包括 JasperReport、Excel 等。

⑥数据接口与 API：提供数据访问接口和 API，方便其他系统进行数据访问和集成。常用接口包括 RESTful API、GraphQL 等。

2 焊接数据采集

2.1 数据生成

焊接数据的生成由焊机完成。由于每个焊机品牌的控制系统采用的硬件不同，因此需要针对不同的控制系统开展研究工作。此次研究所使用的自动焊机，内置了电流、电压、速度等传感器可人工输入焊机、焊工、焊口编号等数据。焊机的控制系统芯片，通信规格支持 RS485 及 R5232 串行通讯标准协议。在传输之前，确定设备 ID、每个参数的名称、采样寄存器编号、采样数据长度及数据类型、采样频次等。

2.2 数据传输

焊机使用环境为野外不固定场所，因此需要使用移动网络进行数据传输。选用无线透明传输数据技术，支持各运营商的 2/3/4G 网络，可将 MODBUS 串行通讯协议转换成 TCP/IP 协议，与 PC 服务器进行通讯。

传数据工作开始之前，需要使用配置工具进行设置。首先将通信波特率、校验位、数据位，停止位等串口通信协议数据设置为与焊机 PLC 相同，波特率、校验位、数据位和停止位等参数；然后选择工作模式为网络传输，并设定接收数据的服务器地址及传输端口。数据包的发送方式为与服务器建立连接时向服务器发送一次，数据类型为自定义。

在传输数据过程中，要在服务器端进行数据接收测试。焊接数据通过焊机的 RS485 接口进行通信，我们在连接后，在数据发送窗口输入测试数据，数据接收窗口中能接收到正确的数据即为配置正确。

2.3 数据接收

采用计算机编程语音编写计算机软件进行数据转换，并将转换后的数据按格式要求存储到数据库中。我们在软件中建立了配置文件对相关参数进行设置，使软件能够与焊机通信，并且能接收到正确的数据。配置文件主要分成三个部分：服务器配置、数据库配置和设备节点配置。

服务器部分描述了与焊机建立连接的相关参数，包括监听的端口号、设备连接超时时间、最大设备连接数量等。

数据库配置部分描述了数据库的接入方式以及数据存储表格格式，包括服务器地址、用户信息数据表中各个应用字段参数、数据来源及数据类型等。

设备节点配置部分描述了焊接设备接入参数以及通讯协议，包括了设备名称、采样参数名称、采样寄存器编号、采样周期、采样间隔时间、采样指令等。

至此，焊接数据采集的工作流程全部完成，在焊机启动后，工作数据会自动实时传输到服务器的数据库中进行存储。下一步是对数据库中采集到的数据进行处理利用，可以实现焊接参数超范围报警或者施焊环境变化报警等功能，也可以分析统计焊接操作人员水平、焊接纪律、焊接质量、焊接工效等。为了应对野外焊接工作风沙大，气温变化大等情况，将数据传输模块集成到了全自动焊接工作站中，以适应各种工况环境。

3 数据采集效果分析

①实时监控：通过数据采集系统，可以实时监控焊接过程中的各项关键参数，如电流、电压、焊接速度和温度等。一旦发现异常情况，可以及时采取措施进行调整，确保焊接质量。

②质量控制：采集到的数据可以用于质量评估和控制。通过分析数据，可以识别出影响焊接质量的关键因素，并进行针对性的调整和改进。

③故障诊断：当焊接过程中出现故障时，数据采集系统能够记录详细的故障信息，为后续的故障分析和排除提供依据，缩短维修时间，减少停机损失。

④工艺优化：历史数据可以为焊接工艺的优化提供有力支持。通过对大量数据的积累和分析，可以找到最优的焊接参数组合，提高生产效率和产品质量。

⑤追溯性：数据采集系统能够完整记录每一道焊缝的焊接参数和环境条件，形成追溯档案。这对于后期的质量追踪和问题分析具有重要意义。

4 结束语

在焊接工程中，每一道焊口完成后都要对相关数据进行采集填报。在实际工作中，要求填报的数据量较大、重复低效，加上焊工经过一天的作业，身心俱疲，对数据填报有抵触心理，极易出现数据填报错误、时间滞后等情况。随着焊接数据自动采集及传输的实现，可以极大的减轻人工数据采集量，提高数据的准确性和时效性。掌握焊机数据采集的原理及相关知识，在对现有的焊机进行改造时，成本也能得到有效控制。

参考文献：

- [1] 陈波 .GTAW 焊接过程数据采集与系统控制器研制 [D]. 上海：上海交通大学 ,2007.
- [2] 丁壮志. 长输管道全自动焊技术应用与发展趋势 [F]. 市场周刊 ,2020(67):136-136.
- [3] 王国顺 . 管道全位置自动焊接技术的工艺调试与应用 [D]. 科技资讯 ,2006(04):35-36.