



DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2025.08.05

汽车零部件焊接生产线数据采集系统研究

王琳, 李仲树, 韦俊程, 秦拓

江苏长江智能制造研究院有限责任公司, 江苏 常州 213012

摘要: 工业现场数据采集是企业数字化转型的核心环节, 如何及时获取生产工艺、装备状态、产品质量等关键数据, 持续改进生产过程, 提高产品质量是数据采集系统关注的重点。针对汽车零部件焊接生产线设备一致性低、多协议集成、数据采集方式多样化的情况, 设计开发了能支持多源异构数据的采集系统, 实现数据可视化与SPC分析管控。系统通过多层架构集成多协议, 针对不同设备定制差异化采集策略, 采用“PLC双缓存区+数据库分表分库”机制, 解决海量数据存储与交互难题; 经三级数据清洗后, 结合SPC均值-极差控制图实现质量监控。研究表明, 该数据采集系统可实时进行产品管理、设备状态监控、工艺辅助优化, 同时通过数据分析, 产品不良率降低到3%, 促进了工艺参数优化和产品质量提升。

关键词: 数据采集; 多协议集成; 汽车零部件焊接; 数据可视化; SPC

中图分类号: TP274+2 文献标识码: A 文章编号: 1001-2303(2025)08-0053-10

Research on Data Acquisition System of Automobile Parts Welding Production Line

WANG Lin, LI Zhongshu, WEI Juncheng, QIN Tuo

Jiangsu Changjiang Intelligent Manufacturing Research Institute Co., Ltd., Changzhou 213012, China

Abstract: Data collection in industrial settings is a core link in the digital transformation of enterprises. The focus of the data collection system is how to timely obtain key data on production processes, equipment status, and product quality, continuously improve the production process, and enhance product quality. In response to the situation in automotive component welding production lines, characterized by low equipment consistency, multiple protocol integrations, and diverse data collection methods, a system was designed and developed that supports the collection of multi-source heterogeneous data, achieving data visualization and SPC analysis control. The system integrates multiple protocols through a multi-layer architecture, customizes differentiated collection strategies for different devices, and adopts a "PLC dual cache + database partitioning" mechanism to solve the challenges of massive data storage and interaction. After three levels of data cleaning, quality monitoring is achieved in conjunction with the SPC mean-range control chart. Research indicates that this data collection system can perform real-time product management, equipment status monitoring, and process auxiliary optimization. Through data analysis, the defect rate of products was reduced to 3%, promoting the optimization of process parameters and the improvement of product quality.

Keywords: data acquisition; multi protocol integration; automotive parts welding; data visualization; SPC

引用格式: 王琳, 李仲树, 韦俊程, 等. 汽车零部件焊接生产线数据采集系统研究[J]. 电焊机, 2025, 55(8): 53-62.

Citation: WANG Lin, LI Zhongshu, WEI Juncheng, QIN Tuo. Research on Data Acquisition System of Automobile Parts Welding Production Line [J]. Electric Welding Machine, 2025, 55(8): 53-62.

收稿日期: 2024-04-21 修回日期: 2024-07-08

作者简介: 王琳(1992—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事控制理论与控制工程以及焊接及其数据采集研究。E-mail: 15801529537@163.com。

0 引言

工业大数据已成为制造业在全球竞争中构建核心优势的关键支撑,而生产数据采集系统作为工厂智能化改造的基础环节,其高效性与可靠性直接决定了数字化转型的深度与广度。当前,大多数的离散制造车间通过部署传感器、RFID等实现了初步信息化,而基于物联网技术^[1-2]的生产数据采集系统则是实现工厂智能化改造的第一步,近年来很多研究者都开始关注工业现场的生产数据采集,主要集中在技术框架、协议集成、数据管理及应用路径等方面。卫定惠等人^[3]通过分析自动化生产线可视化需求,构建了基于 OPC 技术的可视化监控系统框架,明确了数据采集与传输等关键技术;郭磊等人^[4]根据数据采集方式划分数据类型并建立了数据采集结构模型;苗青^[5]梳理了工业现场仪器仪表及可编程控制器的各种通讯方式,提出适用不同通讯的网关解决方案及应用领域;徐东等人^[6]基于 MES 平台的生产线数据自动化采集系统,通过 OPC 接口为现场硬件设备、软件和控制应用之间建立统一的数据接口;张瑞忠等人^[7]自主设计了连铸机数据采集系统,优化设计了数据库表和表之间的关系,使得数据存储容量和查询效率达到平衡;黄栋斐等人^[8]以 SCADA 系统为基础,利用 WinCC V7.3 中的 Modbus TCP 驱动,在触摸屏宏里用脚本编写相关的接口对应及数据转换程序,将三菱的协议和西门子的协议通过转换后再给上位机采集,从而完成不同控制系统的数据采集;吴宏超等人^[9]在设计的面向军工装备制造企业的生产现场数据采集与智能监控系统中,重点介绍了数据采集和智能监控模块的实现方案,根据数据类型提出的实时数据库和业务数据库两级数据库概念具有借鉴意义;方伟光等人^[10]进一步地将采集到的海量数据用于离散车间生产过程智能管控研究,并以制造大数据的“采集-处理-分析-服务”为主线开展研究。

根据某汽车零部件焊接生产线设备情况和数据要求,本文主要从以下方面展开研究工作:一是搭建兼容多协议的网络架构,实现与机器人、PLC、打标机等底层设备的高效通信;二是开发适配不同协议类型和数据特点及触发条件开发数据采集系统,结合

先进数据管理策略实现可视化展示;三是采用控制图 and 统计数据分析方法挖掘数据价值,尽早发现和处理不良产品,提高设备维护效率、提升产品质量,为企业数字化转型提供有力的数据决策支持。

1 汽车零部件焊接生产线数据整体分析

1.1 项目背景及需求描述

本文研究对象为某汽车零部件焊接生产线,该生产线包括主线和组立线两条生产线,配置焊接机器人 8 台、压力机 4 台,搬运机器人 2 台、打磨机器人 1 台、视觉机器人 1 台(含 2D 相机与 3D 扫描)。其生产流程为:通过焊接机器人完成零部件焊接集成,由视觉机器人检测开档尺寸及焊缝缺陷(如漏焊、偏焊、焊穿等),经打磨机器人剔除焊缝毛刺并刻字后,由压力机压装完成产品生产。总站配套三菱 PLC 与机器人协同控制,实现板簧座、侧壁等 10 类产品的焊接、打磨、检测及搬运全流程作业。具体工作流程如图 1 所示。

基于上述产线特性,设计的生产线数据采集系统主要从以下方面考虑:(1)产线设备状态数据采集。对压力机、机器人等关键设备进行实时感知,

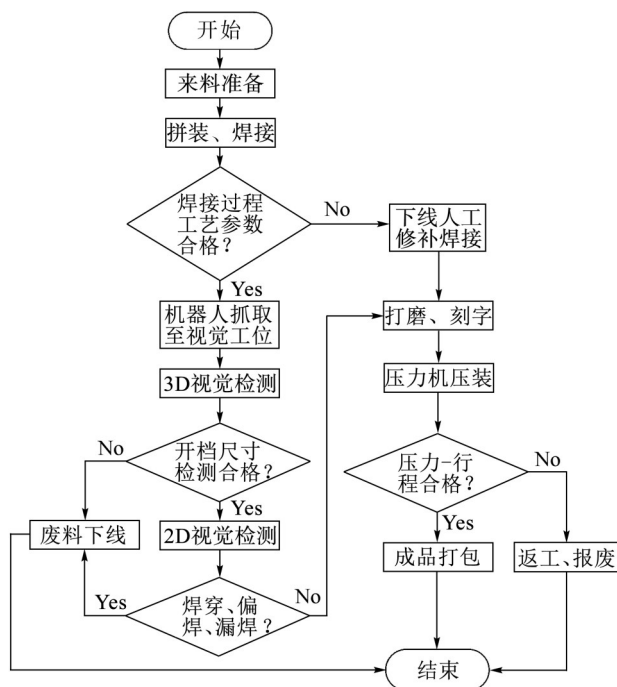


图1 汽车零部件焊接生产线工艺流程

Fig. 1 Process flow of automotive parts welding production line

采集设备运行状态,提供设备报警、待机时间、运行时间等信息。(2)产线生产数据采集。包括生产进度数据、过程工艺数据、质量结果数据等,例如订单流转情况、焊接工艺参数、压力-行程参数、产品产量及物料信息等。(3)产线生产数据融合。对采集到的各类数据进行标准化处理,分步进行数据校验、数据存储、数据读取和数据分析^[11-12]。

1.2 数据采集系统方案架构

尽管产线设备类型多样,但其数据都遵循“采集-传输-存储”的工作流程。本文设计的数据采集系统采用多层级架构,如图 2 所示,具体包括硬件层、硬件驱动层、功能模块、业务逻辑层、应用层。



图 2 汽车零部件焊接生产线数据采集架构

Fig. 2 Data acquisition architecture for automotive parts welding production line

硬件层由 PC 主机、三菱 PLC、机器人、打标机、扫描枪、数压表、视觉等构成,是生产线的执行资源;通过硬件驱动层,采取不同的功能模块实现数据采集;通过搭建完善的网络架构打牢数据采集基础,保证产线数据流的畅通,同时还可确保该数据采集系统的兼容性和通用性。

2 汽车零部件焊接生产线数据采集系统设计

2.1 网络拓扑及采集协议

基于图 3 所示的网络架构,采用不同的数据访问协议,实时采集焊接、搬运、打磨过程中机器人的电流,电压数据,并传输至 PLC,再将数压表信息、扫描枪信息、PLC 信息、打标机信息、视觉图片信息通过各自协议汇总到数采系统模块,在此基础上实现对产线工况数据的封装和整合,实现产线生产工况的监测与可视化以及数据分析决策。该产线在

数据采集过程中涉及多种协议,各协议及数据类型如表 1 所示。同时,根据不同设备数据的产生方式和数据格式,选择不同的数据触发方式来获得合适的原始数据。例如,对于 PLC 数据选择 300 ms 采集一次,保证覆盖每个工作的工作全过程即可;对于 watanabe 数压表的压力-行程信息选择 20 ms 为一个周期采集压力和行程各一次,保证数据统计曲线的平滑度;针对设备状态数据,采用条件触发方式,根据生产状态,当数据发生变化时进行采集。

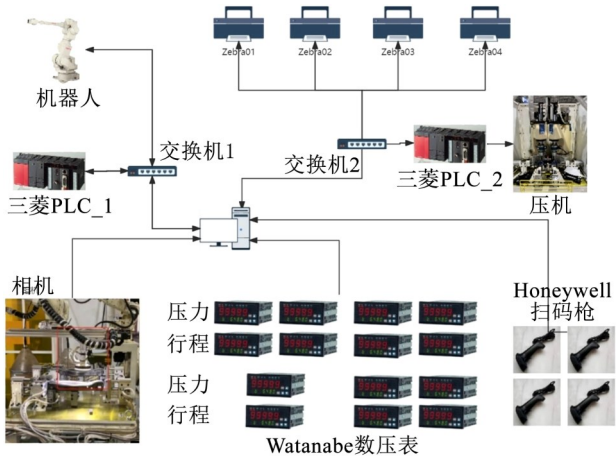


图 3 数据采集系统网络架构

Fig. 3 Network architecture of data acquisition system

表 1 数据采集协议类型及采集内容

Table 1 Data acquisition protocol type and content			
设备	协议	数据类型	采集信息
焊接机器人	CCLINK 协议	double	焊接机器人工作电压、电流、气体流量、焊接速度
2D/3D 相机	MELSEC 协议	String/float/ png/.bmp	开档尺寸及焊接效果是否合格,放行与否
Zebra 打标机	以太网	string	产品二维码信息(类型、批次、供应商、生产时间等)
Watanabe 数压表	RS232 转 USB 串口通信	String/float	压力、行程
扫码枪	自带串口	string	产品二维码信息(类型、批次、供应商、生产时间等)
刻字机	socket+产品通信协议	bytes/string	产品信息(类型、批次、供应商、生产时间等)

2.2 系统软件设计及关键技术实现

针对汽车零部件焊接生产线的特性要求,进行系统软件针对性设计,在提高软件运行效率的同时提升信息安全。本文应用 Visual Studio 开发工具,采用 C#语言在 Winform 平台编写相关通讯协议接口,进行数据采集系统软件平台设计,软件运行流

程如图4所示:登录人员通过账号密码登录系统后,读取配置文件信息,在各连接设备都通讯成功的情况下,按照产品类型,一部分直接去压力机压装,一部分先进行焊接合格后再进入压机工序,并以波形图、柱形图、列表等形式实时展示生产过程中各个

工艺参数情况,通过调取和整合数据库中信息实现数据分析和报表统计。同时为保证系统安全性,对界面输入的数据进行验证和过滤;使用加密技术对敏感数据进行加密;设置提醒时间定期对 PLC、机器人等终端设备的软件和固件更新,及时修复漏洞。

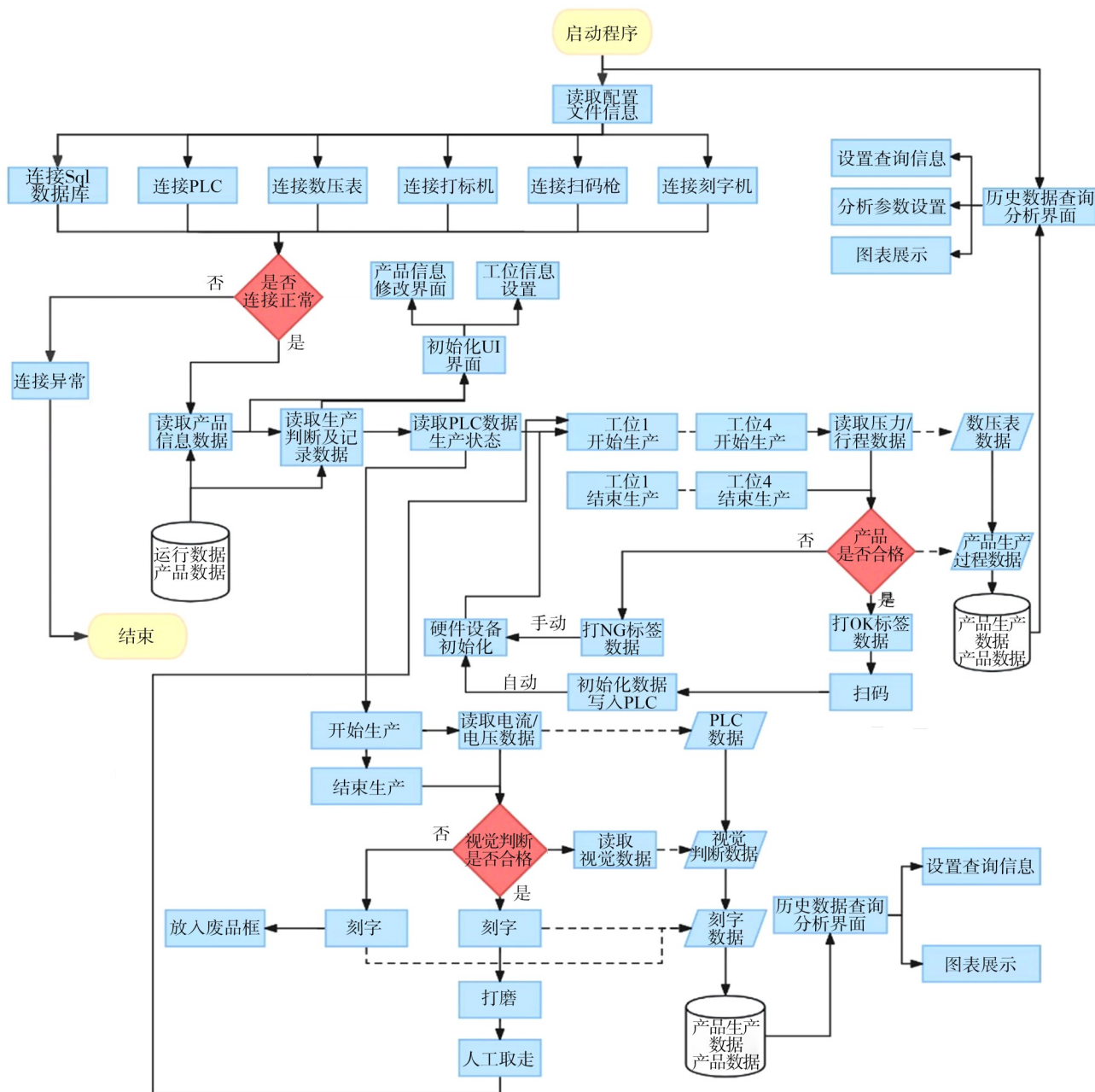


图4 软件运行流程

Fig. 4 The flowchart of software operation

开发的重点和难点是高效存储、处理和传输不同协议传输过来的数据(如打标机、数压表等设备的),针对不同的数据情况采用合适的数据采集和

管理策略保障数据的安全性、完整性和可用性。产线的数据通信流程如图5所示。

① Zebra打标机。针对ZDesigner ZD411-300dpi

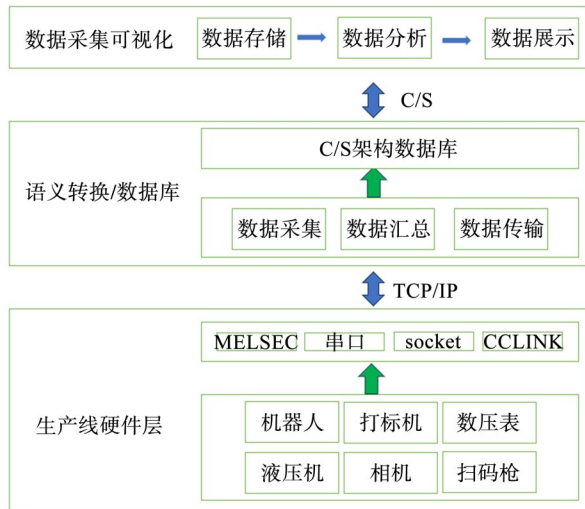


图5 数据通信流程

Fig. 5 The flowchart of data communication

ZPL 型号,利用 ZPLII 指令集编写含位置信息、字体大小、打印内容等信息的指令,并通过 ZebraSDK 二次开发实现动态内容替换,最终采用 TCP/IP 或者串口传输到打印机。具体实现步骤:

(1) ZebraDesigner 生成对应格式的打印模板。

```

1. ^XA~TA000~J5N^LT0^MMW^MTT^PON^PMN^LH0,0^JMA^PR3,3~SD23^JUS^LRN^CI0^XZ
2. ^XA
3. ^MMT
4. ^PW600
5. ^LL400
6. ^LS0
7. ^FT4,337^BQN,2,8
8. ^FH(^FDMA, LAA-30140010/240131/A0000/NG^FS
9. ^FT283,275^A0N,148,160^FH(^FDNG^FS
10. ^FT283,155^A0N,37,40^FH(^FD240131/A0000^FS
11. ^FT283,112^A0N,37,40^FH(^FDLAA-30140010^FS
12. ^PQ1,0,1,Y^XZ

```

(2) 基于 ZebraSDK 进行二次开发,对应位置替换成需要的内容。

```

1. private void SendZplOverTcp(string theIpAddress, string zplData)
2. {
3.     Connection thePrinterConn = new TcpConnection(theIpAddress,
4.                                                     TcpConnection.DEFAULT_ZPL_TCP_PORT);
5.     try
6.     {
7.         thePrinterConn.Open();
8.         thePrinterConn.Write(Encoding.UTF8.GetBytes(zplData));
9.     }
10.    catch (ConnectionException e)
11.    {
12.        MessageBox.Show("Zebra 打印失败");
13.    }
14.    finally
15.    {
16.        thePrinterConn.Close();
17.    }
18. }

```

② Watanabe 数压表数据读取。硬件采用 RS232 转 USB3.0 接口连接,需要测试同时读取 14 个数压

表信息的稳定性和效率;还需设置正确,数据读取指令一致,否则会存在冗余数据。如图 6 所示,根据数压表的串口通讯协议,对数压表数据采用缓冲机制,来缓和数据到达的突发性和不均匀性。

在数据准确无误的采集上来之后,还需要一定的数据管理策略来保证系统的稳定性。例如,对于压力机压装过程中的压力、行程等工艺数据,按照采样频率 20 ms、产能 150 000 件/年、4 个压力机来算,一年可以产生 6 000 万条,再加上存储时间要求、不同的数据表之间还会有关联,对单机运行的数据库要求很高,只有合理设计表结构,采取合理的分区分表策略,才能保证存储时间和查询效率。基于此,本文对电流、电压、送丝速度、压力、行程等时间采集且实时性要求高的数据,一方面在 PLC 程序中设计数据缓存功能,开辟 2 个数据存储区保证数据采集与数据传送并行进行^[13],另一方面采用数据库分表、历史数据分库的数据存储管理策略,快速实现数据查询和数据监控。

2.3 可视化功能界面展示

2.3.1 数据清洗

数据清洗是保障后续分析可靠性的核心环节,系统通过三级处理机制提升数据质量:

(1) 异常数据处理。根据设备参数铭牌设置合理、有效的数据上下限,如电流、电压、行程等;识别采集的异常值,通过程序代码决定保留、删除或修正异常值。例如对于采集到的电流负值根据常理可直接剔除,对于过大的电流值则有可能是由于压力机工作异常导致,不能剔除,需进行深入分析。

(2) 数据标准化转换。PLC 在采集到焊接机器人的电流、电压、速度数据后,通过内部程序逻辑,对这些数据进行标准化取整处理后发送给上位机,上位机将数据统一转为 int 或 float 类型,以此简化数据分析过程并减少错误。

(3) 数据去重处理。在同一个工位的两台压力机数据条数不一致的情况下,优先剔除冗余数据,舍弃最初和最后的几条无效数据;另一方面,产品生产结束之后,压机不会立刻回到原位,在这段时间采集到的数据是固定不动的,上位机根据逻辑代码记录这种情况下采集到的相同数据,并进行合理的去重,减少数据负担。

Function	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Char. Length
Measured value and comparison results response	D	S	P	C	R	L	F																	3
																								10
																								10
																								11
																								10
																								11
																								10
Measured value response	M	E	S	C	R	L	F																	3
																								12
																								12
																								12
																								12
																								12
																								12
Note : A measurement condition such as peak hold, etc. or compression decision is not responded.																								
All responses are the fixed length of 12 characters.																								

图6 数压表串口通讯协议

Fig. 6 Serial communication protocol for digital pressure meters

2.3.2 数据界面展示

经清洗后的高质量数据通过优化后的用户界面实现数据定制化分类展示,结合直观的操作与分析功能,实现产线运行状态的实时监控、异常快速的快速响应及生产流程的动态优化,最终实现生产

线的精细化管控。组立数据采集系统主界面如图7所示,考虑到产线整体需求、数据采集和存储的具体情况,以及客户的开发需求,确定系统核心功能模块为:产品管理、工位产品管理、数据查询、设备状态监控、打印管理、包络框设置。

图7 组立数据采集系统主界面

Fig. 7 Main interface of assembly data acquisition system

(1)产品管理。主要是对产品进行集中管理,设置不同的访问权限,查看或修改产品类型等产品信息。

(2)工位产品管理。根据产品管理界面预设的产品类型,选择工位处理的产品序列。

(3)数据查询。支持压力、行程等关键参数的时间范围筛选,并以曲线或列表形式展示。

(4)设备状态监控。实时反馈设备通讯连接状态,从工位工艺参数与设备运行工况等实现全方位监测。

(5)打印管理。管理二维码所需内容,包括产品型号、供应商、生产班次、时间等。

(6)包络框设置。根据生产工艺标准定义压力-行程参数的上下限阈值,为后续质量分析奠定基准。

主线机器人数据采集界面如图8所示,生产中实时采集焊接机器人的电流、电压及焊接速度数据,监测工艺参数是否异常。生产结束后采用视觉检测的方法对产品进行检测,将2D视觉和3D视觉的数据信息收集并在工控机上显示,通过2D视觉检测焊缝是否有偏移、断焊、焊穿、咬边;通过3D视觉实时检测开档尺寸,由PLC反馈“OK”或“NG”信息至数采系统并显示,以此进行不良产品剔除。

3 数据采集系统数据分析及应用

本文设计的数据采集系统不仅实现设备运行状



图8 机器人数据采集界面

Fig. 8 Robot data acquisition interface

态与产品信息的实时展示,更通过深度数据分析实现不良品早筛、设备状态预警,有效避免生产效率损失。

3.1 数据建模概述

生产数据建模是将生产车间的资源与过程转化为计算机可以理解和处理的形式。通过对生产过程中涉及的各种信息和数据进行整合、关联和转换,构建出适用于分析与决策数据模型。在生产信息系统中,需要对多个数据进行建模以支持生产过程的监控、分析和决策。一般包含:产品数据、设备数据、工艺数据、质量数据、物料数据、生产计划数据、过程监控数据等不同类型数据模型。本文产线所涉及的数据类型如表2所示。

表2 数据类型

Table 2 Data type

数据 类型	产品数据	设备 数据	工艺数据	质量数据
实际 数据	产品编码、生产 日期、刻字内容	压力、 行程	电流、电 压、速度	开档尺寸、焊缝有无、 偏焊、漏焊、断焊、咬偏

通过对产品数据、设备数据、工艺数据、质量数据的分析,可以建立焊接过程的模型,如图9、图10所示。该模型能够揭示工艺参数(如电流、压力)与产品质量(如焊缝完整性、开档尺寸)的内在关联,通过分类算法实现焊接缺陷的预判,并为精准调控焊接过程、提升产品质量提供理论依据。

3.2 数据模型SPC分析

为提升汽车零部件生产合格率,系统采用统计

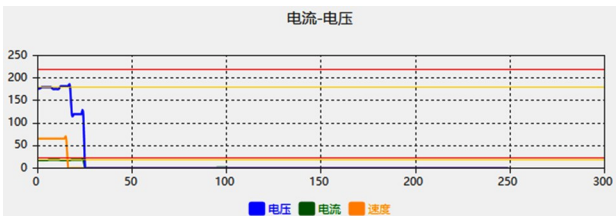


图9 焊机电压、电流、速度数据趋势

Fig. 9 Voltage-current-speed data trend of welding machine

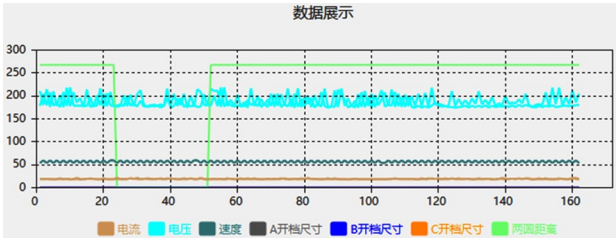


图10 批量生产的产品数据

Fig. 10 Product data for mass production

过程控制(SPC)方法,通过控制图分析生产状态稳定性。统计表明,计量型质量特性值通常都服从或近似服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$,计件质量特性值服从二项分布,计点质量特性值服从泊松分布^[14],通过设定合理控制上下界限可有效推断出生产过程是否稳定,绘制控制图过程中的关键一环就是确定控制界限,控制界限的确定需要合理且准确。

通过实际生产过程数据统计分析,各个压力机的最终压力数值仅受随机因素的影响,其平均值和变差都基本保持稳定,服从确定概率分布,因此采用统计过程控制(SPC)^[15]技术和控制图来展示压力

机最终压力数据是否出现异常,并在发生异常时迅速排查原因,及时采取措施处理。本文选用均值-极差控制图($\bar{x}-R$)的方法来进行质量管控,如图 11 所示,为均值-极差控制图参考图。

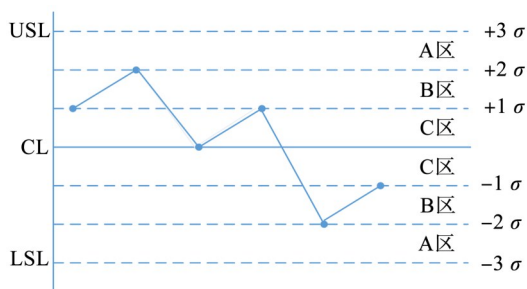


图 11 均值-极差控制图参考图

Fig. 11 Reference diagram for mean range control chart

根据统计推断的参数估计原理,样本平均值 μ 与样本极差 R 有如下重要性质^[16]:

(1)样本平均值 $\bar{x}$ 的数学期望就是总体均值 μ ,即 $E(\bar{x}) = \mu$

(2)用样本平均值 $\bar{x}$ 的估计总体均值 μ ,估计的精度与样本大小 n 成反比,与总体标准差 σ 成正比,即 $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$

(3)样本极差平均值 $\bar{R}$ 是总体标准差 σ 的无偏估计量,即 $\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$,其中 d_2 是与样本大小(样本容量) n 有关的参数, $n=4$ 时, $d_2=2.059$

$$\text{极差的均值: } \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (1)$$

$$\text{均值的均值: } \bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k} \quad (2)$$

$$\bar{x} \text{ 上控制限: } UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (3)$$

$$\bar{x} \text{ 下控制限: } LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (4)$$

$$R \text{ 图上控制限: } UCL_R = D_4 \bar{R} \quad (5)$$

$$R \text{ 图下控制限: } LCL_R = D_3 \bar{R} \quad (6)$$

当 $n=4$ 时,根据国家标准 GB 4091-2001 得: $A_2=0.729$, $D_4=2.284$, D_3 不予以考虑。

不同压力机的压力值根据生产工艺要求不同,本文选择 3 号压力机生产的 20 组汽车零部件的样本进行不同批次、不同时间抽取,并列举了常用的判异准则 4 项,如表 3、表 4 所示。

如图 12 所示,蓝色折线上的点表示压力值波动的水平以及特性值分布中心的移动。从该控制图中可以看到,3 号压力机的压力平均值为 2 891 Pa,

表 3 压力机压力测量数据(单位:Pa)

Table 3 Pressure measurement data table for press(Unit: Pa)

序号	测量值 x				均值 $\bar{x}$	极差 R
1	2914.60	2954.88	2879.04	2892.46	2910.25	75.84
2	2882.70	2943.40	2926.66	2891.47	2911.06	60.7
3	2807.86	2898.28	2960.14	2902.72	2892.25	152.28
4	2918.00	2892.09	2881.20	2862.26	2888.39	55.74
5	2832.40	2869.72	2855.92	2932.89	2872.73	100.49
6	2904.39	2917.06	2872.29	2933.67	2906.85	61.38
7	2932.33	2908.18	2902.88	2905.71	2912.28	29.45
8	2903.47	2872.24	2878.02	2904.49	2889.56	32.25
9	2860.41	2873.77	2906.19	2869.48	2877.46	45.78
10	2887.20	2906.84	2931.36	2870.54	2898.99	60.82
11	2934.52	2884.61	2867.01	2881.56	2891.93	67.51
12	2904.24	2931.09	2876.46	2867.51	2894.83	63.58
13	2886.33	2886.60	2868.58	2841.10	2870.65	45.5
14	2868.74	2931.66	2918.41	2921.59	2910.10	62.92
15	2870.43	2837.56	2916.64	2902.93	2881.89	79.08
16	2870.96	2878.29	2867.34	2871.54	2872.03	10.95
17	2869.88	2834.18	2864.98	2863.45	2858.12	35.7
18	2938.94	2887.81	2878.54	2878.98	2896.07	60.4
19	2867.93	2889.28	2912.68	2929.67	2899.89	61.74
20	2901.65	2875.27	3009.26	3182.41	2992.15	304.14

表 4 部分常用判异准则

Table 4 Some commonly used differentiation criteria

准则	异常描述	发生概率	可能原因
准则 1	任一点超出 3σ 区域	0.27%	原材料不合格,设备故障,测量错误等
准则 2	连续 9 点落在中心线同一侧	0.38%	中心值发生偏移
准则 3	连续 6 点递增或递减	0.27%	设备磨损,操作者疲劳或技能熟练,工作环境发生逐渐变化
准则 4	连续 14 点上下交替变化	0.40%	两台设备或者两个操作者交替操作,数据分层不足

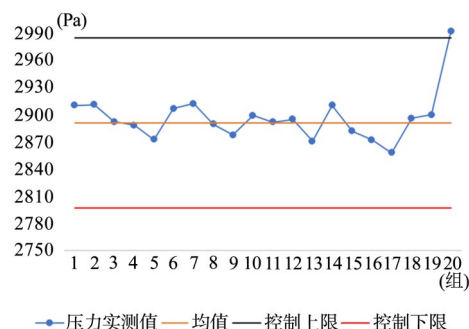


图 12 $\bar{x}$ 控制图

Fig. 12 $\bar{x}$ Control diagram

控制上限和下限分别为 2 984.9 Pa 和 2 797.1 Pa,在 1 月 20 日 18:36:20-19:02:39 的监测周期内,共采

样到压力值(x)80个。图中显示最后一个 $\bar{x}$ 值为2 992.15,超出控制上限,根据准则1判断压力机故障,经排查发现是压力机侧边的下行程开关松动,导致压力机行程超限,产品过压,后续更换行程开关后,压力数据又恢复正常状态。

如图13所示,根据生产工艺要求,通过包络框参数设置,将压力机下压行程范围内的初始值、中间值、终态值设置在矩形框线内,实际生产过程中,通过观察各过程曲线是否在包络框内来判断施压过程。若曲线在包络框以外,则证明此次压装过程不符合工艺要求,需停机检查硬件和软件问题,及早发现问题,减少不合格品的产生。

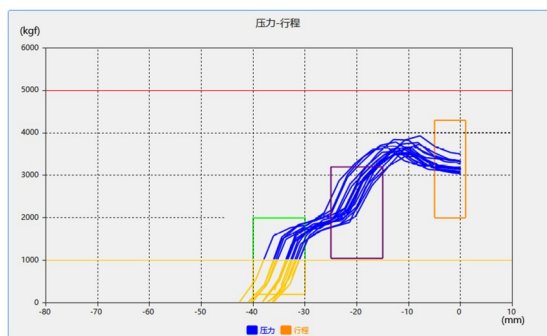


图13 包络框压力-行程

Fig. 13 Envelope box pressure stroke diagram

4 结论

本文针对汽车零部件焊接生产线的关键设备数据、生产工艺数据、产品数据等进行了数据采集、数据处理、数据分析及展示。首先根据产线背景需求确定数据特点和采集分类,确定数据方案架构;其次,确定系统网络拓扑架构、协议类型、数据结构及采集方式;再次,针对不同传输协议开发数采程序和数据管理策略,确保数据完整性和采集效率,并以可视化界面展示数据情况;最后,通过统计数据分析和控制图等对数据加以分析利用,使得数采过程更具有实际意义。通过数据采集系统的稳定实施,企业产品不良率降低到3%,设备故障及时维修率增加到96%,生产效率提升到88%,同时通过实时数据反馈及数据分析也为企业提供了决策辅助。鉴于生产线数据的多样性,未来可以此为基础,将工件状态数据、质检数据、计划数据、环境数据等融

入数据采集系统,不断丰富和完善系统功能。

参考文献:

- [1] 黄少华,郭宇,查珊珊,等.离散车间制造物联网及其关键技术研究与应用综述[J].计算机集成制造系统,2019,25(2):284-302.
HUANG S H, GUO Y, ZHA S S, et al. Review on Internet-of-manufacturing-things and key technologies for discrete workshop [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2019, 25(2): 284-302.
- [2] 屈挺,张凯,罗浩,等.物联网驱动的“生产-物流”动态联动机制、系统及案例[J].机械工程学报,2015,51(20):36-44.
QU T, ZHANG K, LUO H et al. Internet-of-things based dynamic synchronization of production and logistics: Mechanism, system and case study [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2015, 51(20): 36-44.
- [3] 卫定惠,汪惠芬,柳林燕.中小型自动化生产线可视化监控系统[J].中国机械工程,2020,31(11):1351-1359.
WEI D H, WANG H F, LIU L Y. Visual monitoring system for small and medium-sized automated production lines [J]. China Mechanical Engineering, 2020, 31(11): 1351-1359.
- [4] 郭磊,陈兴玉,张燕龙,等.向智能制造终端的车间生产数据采集与传输方法[J].机械与电子,2019(8):21-24.
GUO L, CHEN X Y, ZHANG Y L, et al. Data collection and Transmission method for workshop production in intelligent manufacturing terminal [J]. Mechanical and Electronic, 2019(8): 21-24.
- [5] 苗青.多种方式数据采集及通讯技术的需求分析[J].工业控制计算机,2023,36(10):124-125+142.
MIAO Q. Analysis of Requirements for Multiple Data Collection and Communication Technologies [J]. Industrial Control Computer, 2023, 36(10): 124-125+142.
- [6] 徐东,黄海艇,肖楠.基于MES平台的生产线数据自动化采集系统[J].电子设计工程,2022,30(20):88-91+96.
XU D, HUANG H T, XIAO N. Automatic data collection system of production line based on MES platform [J]. Elec. Design Engineering, 2022, 30(20): 88-91+96.
- [7] 张瑞忠,郑京辉,李杰,等.连铸机数据采集系统的设计与应用[J].河北冶金,2023(12):80-86.
ZHANG R Z, ZHENG J H, LI J, et al. Design and application of data acquisition system for continuous caster [J]. Hebei Metallurgy, 2023(12): 80-86.
- [8] 黄栋斐,程明,章朝阳.一种基于SCADA的数据采集与监视控制系统的开发与应用[J].制造业自动化,

- 2022,44(01):1-5+18.
- HUANG D F, CHENG M, ZHANG C Y. Development and application of a new SCADA based data acquisition and monitoring control system[J]. Manufacturing Automation, 2022,44(01):1-5+18.
- [9] 吴宏超,刘治红,吴跃.面向军工装备制造企业的生产现场数据采集与智能监控系统[J].兵工自动化,2017,36(01):22-27.
- WU H C, LIU Z H, WU Y. Design of Data Acquisition and Intelligent Monitoring System for Military Manufacturing Enterprises[J]. Ordnance Industry Automation, 2017,36(01):22-27.
- [10] 方伟光,郭宇,黄少华,等.大数据驱动的离散制造车间生产过程智能管控方法研究[J].机械工程学报, 2021,57(20):277-291.
- FANG W G, GUO Y, HUANG S H, et al. Big Data Driven Intelligent Production Control of Discrete Manufacturing Process[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2021,57(20):277-291.
- [11] 林博宇,张浩,孙勇,等.锻造车间数据采集与分析系统的设计与应用[J].锻压技术,2020,45(5):198-202.
- LIN B Y, ZHANG H, SUN Y, et al. Design and application on data acquisition and analysis system in forging workshop[J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45(5):198-202.
- [12] 焦瑀阳,李丽,聂华,等.采用OPC统一架构的锻造车间能耗数据采集与监管系统[J].中国机械工程, 2021,32(20):2492-2500.
- JIAO Y Y, LI L, NIE H, et al. Energy Consumption Data Collection and Supervision Systems of Forging Workshops with OPC Unified Architecture[J]. China Mechanical Engineering, 2021,32(20):2492-2500.
- [13] 张佳.基于PLC的实时数据采集系统[J].电气传动, 2018,48(2):68-71.
- ZHANG J. Real Time Data Acquisition System Based on PLC[J]. Electric Drive, 2018,48(2):68-71.
- [14] 黄琼,陈远龙,王浩.统计过程控制SPC技术在数字化车间建设中的应用研究[J].金属加工(冷加工), 2023(04):10-15.
- HUANG Q, CHEN Y L, WANG H. Application of Statistical Process Control (SPC) technology in digital workshop construction[J]. Metal Working (Metal Cutting), 2023(04):10-15.
- [15] 时艺.基于SPC的数据采集和质量监控系统的技术研究[D].辽宁:沈阳理工大学,2018.
- SHI Y. Research on System of Data Acquisition and Quality Monitoring Based on SPC [D]. Liaoning: Shenyang University of Technology, 2018.
- [16] 王晓东,石振刚.SPC技术在飞机蒙皮加工过程的应用[J].科技资讯,2023,21(07):60-63.
- WANG X D, SHI Z G. Application of SPC Technology in Aircraft Skin Processing[J]. Science & Technology Information, 2023,21(07):60-63.

编辑部网址: <http://www.71dhj.com>