

doi: 10.7690/bgzd.2024.01.001

## 炸药压制成型机参数采集系统开发

伍凌川, 郭进勇, 诸洪, 史慧芳, 石义官, 李全俊, 邱枫  
(中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 为进一步实现质量控制与安全生产, 研制一套炸药压机参数实时采集系统。基于压机控制系统和传感器, 利用高级语言编程从压制过程实时读取相关参数并在人机界面显示, 操作人员可实时观测压制过程的工作参数, 以便自适应调整参数控制药柱质量、监测压机运行状态并做应急预案。结果表明: 该压机参数采集系统性能稳定、操作简单方便, 满足参数采集、存储、显示功能。

**关键词:** 炸药压制成型机; 参数采集; 状态监测; 人机界面

**中图分类号:** TJ450.2 **文献标志码:** A

## Development of Parameter Acquisition System for Explosive Press Molding Machine

Wu Lingchuan, Guo Jinyong, Zhu Hong, Shi Huifang, Shi Yiguan, Li Quanjun, Qiu Feng  
(Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd. of  
China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** In order to further realize quality control and safety production, a set of real-time data acquisition system for explosive press parameters is developed. Based on the press control system and sensors, the relevant parameters are read in real time from the pressing process by using high-level language programming and displayed on the man-machine interface, and the operator can observe the working parameters of the pressing process in real time, so as to adaptively adjust the parameters to control the quality of the grain, monitor the running state of the press and make contingency plan. The results show that the press parameter acquisition system has stable performance, simple and convenient operation, and meets the functions of parameter acquisition, storage and display.

**Keywords:** explosive press molding machine; parameter acquisition; condition monitoring; human-computer interface

### 0 引言

数据采集是获取设备运行状态、工件加工状态、工件质量状态、关键工艺参数与物料信息等数据的重要手段。炸药压制成型由于场景特殊性, 操作人员需要远程实时掌握工作参数和工艺参数变化情况, 以便监测炸药压制成型过程, 及时调整参数, 提高药柱质量, 同时当某个环节发生异常, 操作人员可作出应急处理, 因此笔者提出压机参数采集系统的研制。

### 1 参数采集系统需求分析

炸药压机参数包括滑块位移、液压流量、油箱油温、滑块泄压时间等工作参数, 以及压制压力值、压制速度、保压时间、真空度、保温层温度、药柱高度等预设定的工艺参数。工作参数不对药柱质量产生直接影响, 工艺参数将对药柱质量产生不同程度影响。工艺参数与药柱质量之间的关系是非线性的, 通常情况下, 压力值越大, 药柱密度越大, 密度差越小, 药柱质量越好, 但也会增大药柱回弹量, 同时压力值过大, 对药柱密度增加的影响较小, 反

而对模具径向作用力增大, 影响压药安全。压制速度影响药柱最大相对密度与最小相对密度之差, 进而影响药柱密度均匀性。增加保压时间, 则最小相对密度增大, 最大相对密度变化不明显, 可提高药柱密度均匀性。高温软化药粉粘结体系<sup>[1]</sup>, 可降低颗粒之间的摩擦, 从而降低应力梯度; 可增大药柱密度, 进而提高炸药的压制质量。

压制过程是非线性的动态过程, 一方面, 随着粉末致密化, 药柱密度增大, 同时药柱与模具之间的摩擦力不断变化, 导致压机系统预设压力与施加在药柱上的实际压力存在偏差; 另一方面, 压机系统非闭环控制系统, 在压制过程中, 无法对药柱质量进行直接测量, 密度和密度均匀性作为药柱质量的重要评价指标, 无法从压机系统直接读取。为了掌握药柱压制过程, 监测药柱质量变化, 还需采集用于表征质量的参数。通过监测模具应变, 得到模具受到径向力的变化, 间接表征药柱密度和密度均匀性。同时, 在模冲内置压力传感器测量药柱受到的轴向压力, 以监测压制压力变化情况。系统功能包括压机 IP 设置、参数位地址设置、工作参数采集、

工艺参数采集、轴向压力采集、径向压力采集和参数显示。系统用例如图 1 所示。

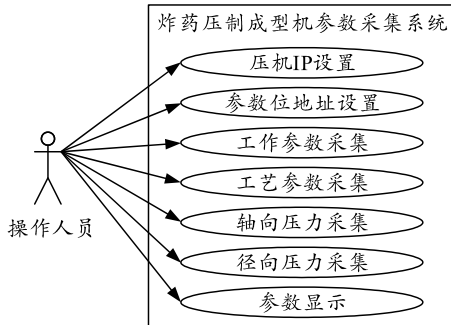


图 1 参数采集系统用例

## 2 参数采集系统设计

### 2.1 参数采集系统总体设计

现有压机多采用 PLC 进行系统控制，但不同品牌 PLC 系统的通信方式各异，主要有 RS232、RS485、PPI/MPI、PROFIBUS DP/PA/FMS、以太网及无线网络等多种通信方式，这就要求参数采集系统需要兼容多种通信协议。压机工作参数和预设工艺参数通过相应通信协议与计算机传输数据。径向压力通过在模具外壁粘贴压阻应变片采集，轴向压力通过在模冲内安装柱式压力传感器采集，数据采集器采集应变片和力传感器数据，再将数据传输到计算机。

炸药压制成型机参数采集系统拓扑如图 2 所示。轴向压力和径向压力先通过采集器后，再通过网络传输到计算机，压机系统压力值、滑块位移、压制速度、保温层温度、真空度、保压时间、液压油流量和油温等工作参数或预设工艺参数通过压机控制系统集成的通信模块传输。

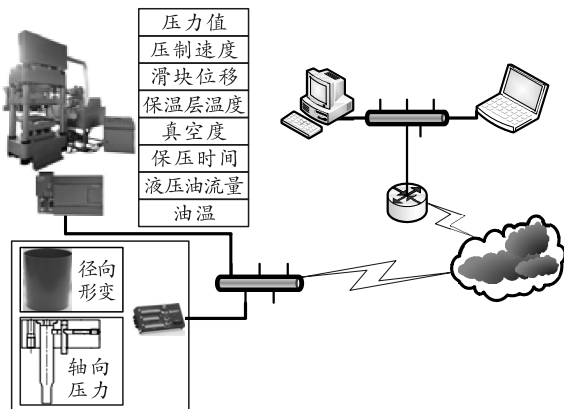


图 2 参数采集系统网络拓扑

参数采集系统采用分层设计，如图 3 所示。各模块主要功能如下：

1) 输入输出模块，以单值或数据块方式，实现

各类型数据读和写，输入是参数采集软件从压机读取参数，输出是参数采集软件向压机系统写入参数。

2) 协议模块，由于各压机配置控制系统品牌型号不同，该模块设计了提供多种通信协议接口，以便与压机控制系统兼容，同时定义与数据采集器的通信协议，实现参数传输。

3) 数据库模块，提供数据库操纵接口，将参数采集系统采集到的参数保存到数据库，实现压机工作参数和工艺参数长期存储，同时具备历史数据读取功能，为数据分析和处理提供支撑。

4) HMI 控件模块，提供压机形状的几何模型控件库，在参数采集系统主应用窗体上展现。

5) UI 模块布局压机参数采集系统主界面。

6) 日志模块用于记录系统运行过程。

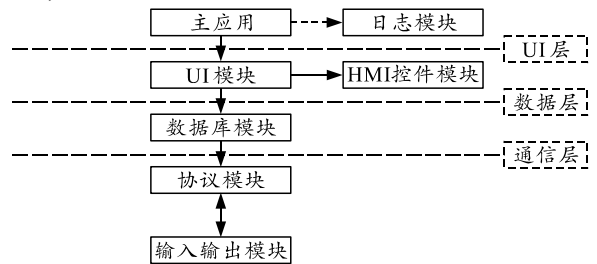


图 3 参数采集系统分层结构

图 4 所示是各模块之间的依赖关系。其中日志模块记录系统操作、运行和异常情况，供其他所有模块调用。输入输出模块提供与压机系统进行数据读写功能，由通信协议模块调用。通信协议实现与控制系统和数据采集器通信的协议规范，现有压机控制系统均提供了通信协议，本模块封装压机系统所使用的通信协议，对于数据采集器，需要自定义通信协议，以传输标定后的径向压力值和轴向压力值。UI 模块由 HMI 控件组合而成，数据操纵实现系统与数据库交互，将采集数据保存数据库，并提供数据查询、修改和删除功能，参数采集系统直接调用 UI 模块和数据操纵模块，系统序列如图 5 所示。

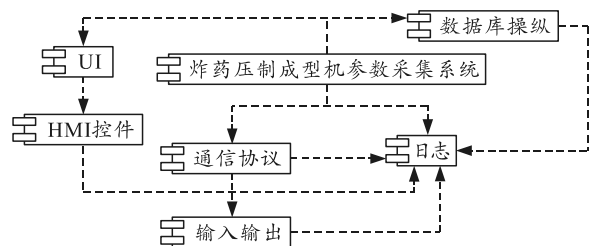


图 4 参数采集系统组件

### 2.2 参数采集系统详细设计

在通信协议模块中，SiemensPLCS7、

PanasonicSerial、ModbusTCP、ModbusRTU、PanasonicTCP、OmronUDP 等协议类封装 PLC 通信协议，与压机控制系统通信，软件设计上实现 IPLCProtocol 和 IPLCProtocol 接口同时，继承 IProtocol 和 IInputOutput 接口，对 Bit、Byte、Int、Float 等类型读写和转换。考虑到 COM、DDE 等通信方式，实现了 ICache 和 IFileProtocol 类。如图 6 所示，部分控制系统数据以数据块方式存储，把相关数据聚合在一起，设计 ISection 接口，并分别

实现了对应数据读写类，如 IntTag、StringTag、FloatTag 等。

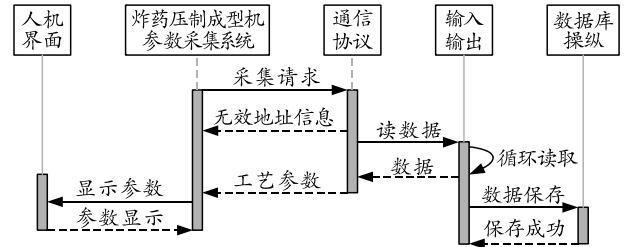


图 5 参数采集系统序列

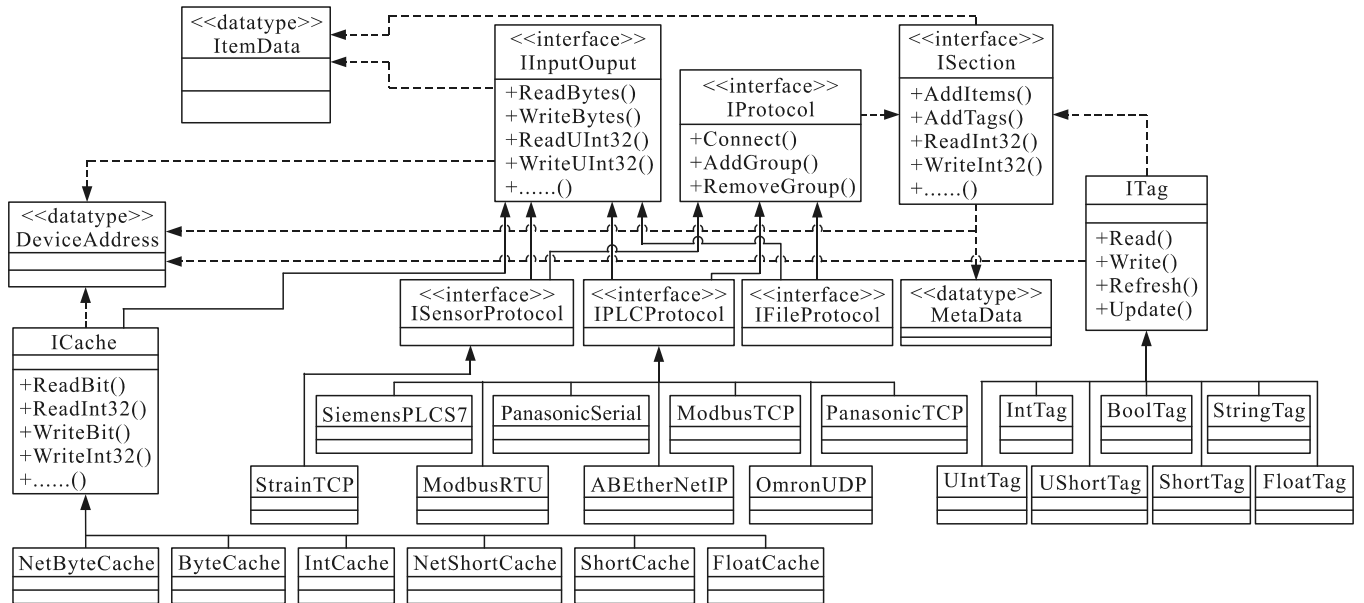


图 6 通信协议模块

StrainTCP 是数据采集器与计算机通信的协议类，实现 ISensorProtocol 接口，ISensorProtocol 同时继承 IProtocol 和 IInputOutput 接口。

### 3 参数采集系统开发实例

#### 3.1 上位机与 PLC 的通信协议选择

某型 3 000 T 压机控制系统配置西门子 PLC，可通过基于 S7 通信协议和基于 ModbusTCP 协议 2 种以太网接口与上位机通信<sup>[2]</sup>。S7 通信协议由于底层做了封装<sup>[3]</sup>，不需要编写 PLC 程序，只需做简单配置即可使用，可靠性高，因此本例选用 S7 通信协议实现上位机与 PLC 之间通信。

该型压机控制系统用浮点数 (float) 表示工作参数和工艺参数，共 23 个参数。设计中，径向压力测量选用精度为微米的电阻式应变片，采用电路计算电阻值变化量，通过多次试验标定出压力值。轴向压力测量选用量程为 0~3 000 T 柱式压力传感器。为保持与工作参数的数据类型一致，用 float 类型表示轴向压力值和径向压力值。

#### 3.2 模拟测试环境搭建

在开发测试中，以压机控制系统使用的博途 V17 软件和 S7-PLCSIMAdvanced<sup>[4]</sup>为工具，配置 PLC 通信参数，建立项目之后，在设备网络中将 PUT/GET 访问打开，取消属性中的“优化的块访问”。由于 S7-PLCSIMAdvanced 是基于软件的虚拟 PLC，用于 PLC 程序的仿真和调试，有助于在开发和测试阶段进行控制逻辑验证<sup>[5]</sup>，同时可与博途 V17 配合模拟通信<sup>[6-7]</sup>。利用 S7-PLCSIMAdvanced 创建一个虚拟的 PLCSIM，并设置相应参数，其中 IP 地址须与博途 V17 中 PLC 的 IP 地址保持一致，如图 7 所示。

通过上述步骤建立了西门子 S7-1500 系列 PLC 的模拟通信环境，为 PLC 程序仿真和调试、上位机与 PLC 数据传输提供了便利。

#### 3.3 开发环境配置

基于 IDE Visual Studio 2019 开发上位机软件，采用 C#编写读取 PLC 数据的程序，并通过 WinForm

设计人机界面。

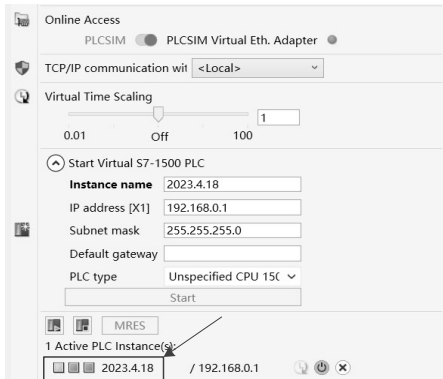


图 7 PLCSIM 通信参数设置

基于西门子系列 PLC 系统开发参数采集软件，需引用西门子的通信库 S7.Net<sup>[8]</sup>，开发环境配置如图 8 所示。

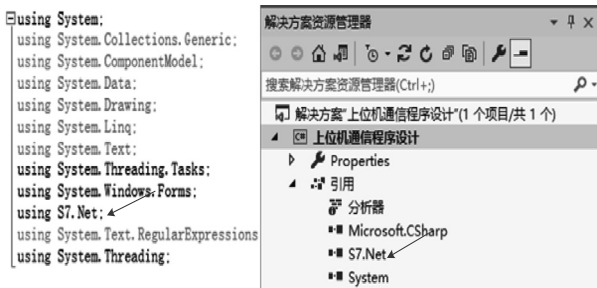


图 8 上位机软件开发环境配置

图 9 是参数采集流程图，其步骤如下：

- 1) 启动压机参数采集软件；
- 2) 在启动页面，设置需要连接的 PLC 型号和 IP 地址等参数；
- 3) 连接 PLC 与数据库；
- 4) 指定压机参数数据块的 I/O 地址；
- 5) 断开上位机与 PLC 的连接，退出参数采集，需断开上位机与 PLC 的连接，结束程序。

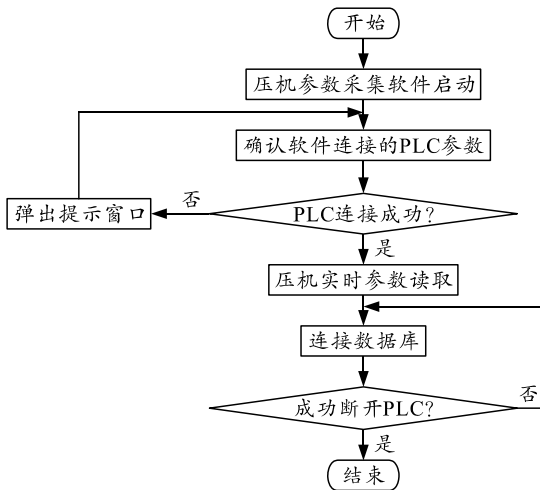


图 9 参数采集流程

### 3.4 上位机读取 PLC 的程序设计

根据参数采集流程图，通过 C#编程实现数据读取功能，读取 PLC 数据的程序分为启动和断开 PLC 连接、PLC 数据读取以及启用多线程实时读取 PLC 数据 3 部分。

1) 启动和断开 PLC 连接。

```

if (connectState == false)//判断与 PLC 是否已经连接
{
    try
    {this.plc=new
    iemensPLCS7(CpuType.S71500, ctrlIP.Text, 0,0);
    this.plc.Open();};//与 PLC 建立通信
    catch
    {
        MessageBox.Show("建立连接失败");
        return;
    }
    this.connectState = true;
    cts = new CancellationTokense();
    Task.Run(new Action(() => { Read(); })),
    cts.Token);
    MessageBox.Show("建立连接成功");
}
else
{
    MessageBox.Show("请勿重复连接");
}

```

其中，CpuType 为 PLC 的枚举值，用于指示需要连接的 PLC 型号和 IP 地址。

2) PLC 数据读取。

```

private Byte[] ReadBytes(string address)
{
    cb.Invoke(new Action(() => address=
    plcAddress));
    var isReal = address.Contains("DBD");
    if (isReal){
        var start = int.Parse(address.Replace("DBD",
        ""));
        varbuf = plc.ReadBytes(DataType.DataBlock,
        1, start, 4);
        var result=S7.Net.Types.Real.FromByteArray
        (buf);
        tb.Invoke(new Action(() =>
        {tb.Text = result.ToString();}));
    }
    else
    {
        tb.Invoke(new Action(() =>

```

```

        {plc.Read($"DB1.{address}").ToString();});
    }

```

其中, Invoke 方法是用于执行指定的 (Action) 委托, 通过委托被定义一个匿名函数的形式。

int.Parse 强制转换, 将字符串的类型强制转换成 int 型。

DataType.DataBlock 枚举值用于指示数据存储于 PLC 存储器中的数据块中。1 参数代表指定数据块编号, 4 参数指定要读取的字节数。

Real.FromByteArray 是使用 S7 通信协议的方法。

S7.Net.Types 用于转换 4 字节数组 (buf) 到浮点数 (result), 此方法负责将字节顺序转换以及将 PLC 数据转换为 C# 中的有效浮点数。然后将结果值存储在“结果”中 result 变量。

3) 多线程实时读取 PLC 数据。

```

cts = new CancellationTokenSource();
ReadAsync();
private async bytes[] ReadAsync(address)
{await Task.Run(() =>
{
    while (!cts.IsCancellationRequested)
    {

```

```

        bytes[] data = ReadBytes(address);
        Thread.Sleep(10);
    }
};

```

ReadAsync 多线程异步数据读取函数, 可实现数据循环读取。

!cts.IsCancellationRequested 是用于检查 CancellationToken 是否已请求取消, 如果已请求取消, 则 while 循环将停止执行。

Thread.Sleep 是 .NET 线程函数, 允许程序在指定的时间内暂停执行。调用此方法, 可以通过设置暂停数据读取。

通过启用和停止多线程功能, 可实现压机控制系统实时参数采集, 但需要设定相应的刷新时间, 使程序定时访问 PLC 存放数据的 I/O 地址。

#### 4 参数采集系统界面设计

利用 WinForm 设计参数采集系统的人工界面, 如图 10 所示。首先通过设置 IP 地址, 然后按“连接 PLC”按钮连接 PLC, 选择或输入需要读取工作参数的存放地址, 单次读取一组数据, 如果需要读取压机的实时工作参数, 则选择循环读取。

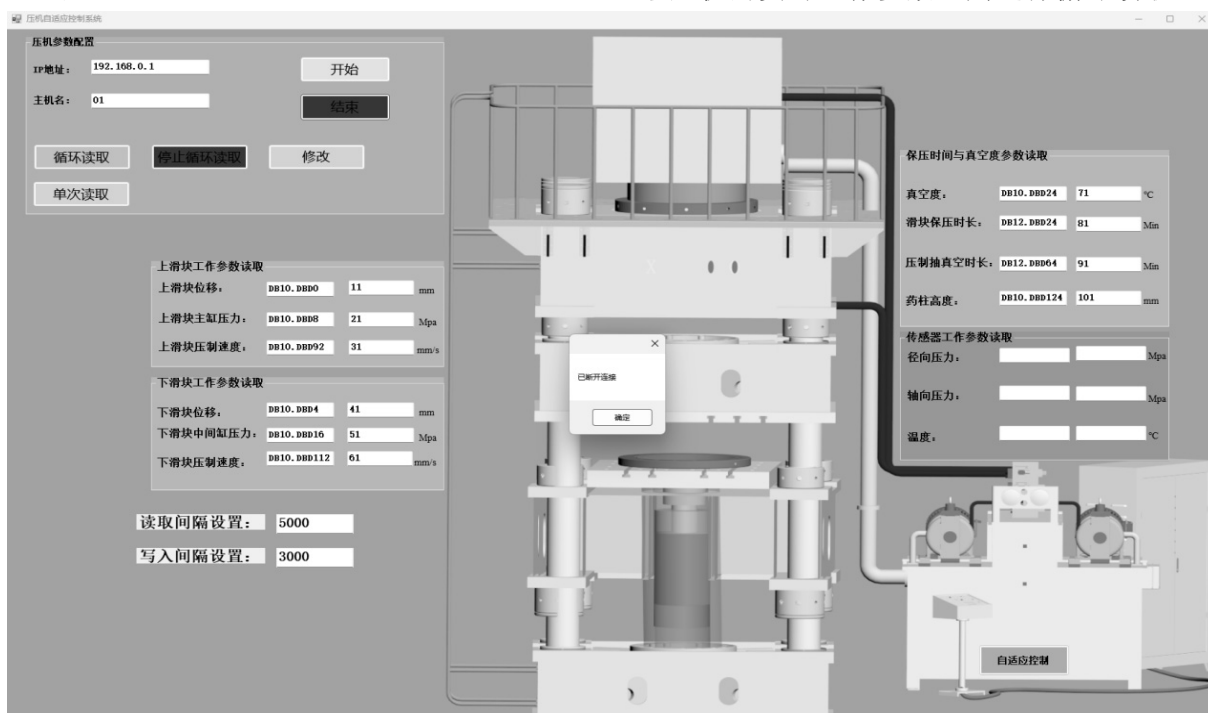


图 10 系统界面

#### 5 结论

笔者以开发某型压机参数采集系统为例, 通过协议选择、配置模拟测试环境, 以 C# 语言和 Siemens PLC S7 协议开发上位机采集功能, 结合 WinForm,

实现了压机工作参数实时采集。运行结果表明: 压机参数采集系统性能稳定、操作简单方便, 满足参数采集、存储、显示功能。