

小型油压机柔性化控制系统的设计及实现

冯淑敏¹, 翟存懿²

1. 上海应用技术大学智能技术学部, 上海 201418

2. 上海富安通智能装备工程有限公司, 上海 200010

DOI:10.61369/ME.2025080020

摘要：本文主要研究小型油压机柔性化控制系统在加工导电片过程中的设计及实现。分析了小型油压机的控制要求，采用OMRON公司的CP1E30DR-A型PLC，完成了I/O地址分配、PLC程序设计；采用光栅尺和PLC构成闭环控制，开发了简便直观的触摸屏式人机界面，使控制过程更具柔性化，并减少了模具种类，可取代柔度不高的大吨位冲床；设备集剪切、冲孔压花及折弯功能于一体，具有高柔性化、高自动化及高生产率。

关键词：小型油压机；导电片；PLC；柔性化控制

The Design and Implementation of a Flexible Control System of the Small Hydraulic Press Machine

Feng Shumin¹, Zhai Cunyi²

1. School of Intelligent Manufacturing, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418

2. Shanghai Fu'antong Intelligent Equipment Engineering Co. Ltd, Shanghai 200010

Abstract : This paper mainly studies the design and implementation of a flexible control system for a small hydraulic press machine in the process of processing conductive sheet. Analysis small hydraulic machine control requirements, adopts OMRON Corporation Model CP1E30DR-A PLC, allocates the I/O address, designs the PLC program. Grating and PLC constitute closed-loop control system and develops a simple and intuitive touch-screen human-machine interface, the process control can be more flexible and reduces the types of molds, Replaces the large-tonnage presses machine. Equipment integrates shearing, punching, embossing and bending functions in one, with high flexibility, high automation and high productivity.

Keywords : small hydraulic press machine; conductive sheet; PLC; flexible control

引言

随着我国电力电子、计算机、通信及相关产业的迅猛发展，这些产业中要用到大量的有色金属零件，如导电片等，这类零件量大件薄，结构简单，尺寸较小，可直接由板状、块状材料成型加工而成。如果采用大吨位冲床加工会产生很多废料。因此非常有必要设计柔性化的小型油压机系统完成上述加工。3~10T 小型油压机体积小、适用性强，配以简单模具可担当剪切、冲孔、折弯等成型、铆接任务，非常适合加工这类有色金属类零件，因此在上述产业得到了广泛应用。

本文以导电片为例阐述小型油压机控制系统的设计。

一、小型油压机的控制要求

如图1所示，导电片材料为铝，厚度3MM。主要的成型工序有剪切、折弯、冲孔。此类零件的加工最早采用冲床、折弯机、剪板机、钻床等多台机械加工设备，占用资源多，设备的自动化程度低，生产效率低。导电片主要加工要求如下：

(1) 首先将板材剪切成一定长度的半成品，其长度可以有多种规格。

(2) 然后在其上进行冲孔，其中冲孔类型有多种：普通的圆

孔或长圆孔，且孔的尺寸也有多种规格；冲孔结束后为了增加美观度及增加零件的防滑度还需对其进行压花..。

(3) 折弯工序可完成零件的平弯及立弯，如图1(a)、(b)所示，且折弯角度范围在90°~180°之间，即应满足多种折弯角度的需求。

分析其工艺特点，可知油压机应不仅需要完成三个工序，且每个工序中非同批次工件具体参数又有所变化，因此需要控制油压机有不同的行程，即要求设备具有一定的柔性化，因此本文考虑采用PLC来实现对油压机的控制，通过编制PLC程序实现上述功能。

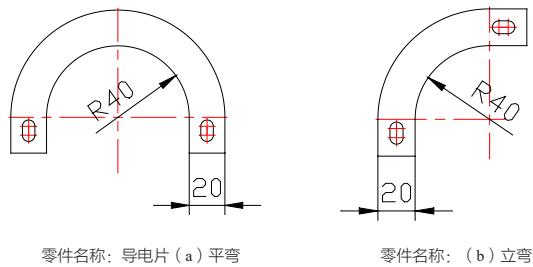


图1 导电片

二、小型油压机结构

根据上述思路本文所设计的小型油压机是一种功能复合化设备，可将零件的剪切（定长切断）、折弯、冲孔、压花等多项功能集成在一起，且可以根据用户需求改变加工参数，实现产品的小批量、多品种生产，即实现柔性化生产。本文中设计的小型油压机主要包括：液压系统、数控数显系统、剪切单元、冲孔压花单元、折弯单元等。

(1) 液压驱动系统

油压机由剪切、冲孔压花、折弯三单元组成。每个单元中配置有各自的一套或多套模具体现上述功能。考虑到设备的主要动作为直线往复式，本文选择液压系统驱动各单元的动作。

(2) 数显数控系统

由 PLC、人机界面、光栅尺、传感器、电磁阀等构成。

为了方便人员的操作，设计界面友好的触摸屏，数显系统的总体结构如图2所示。

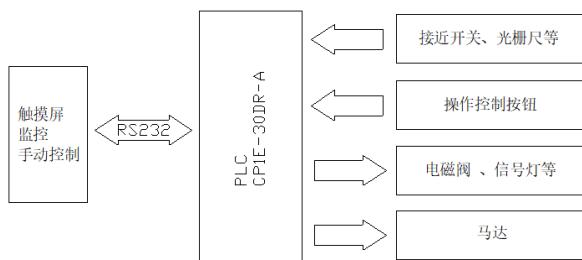


图2 数显系统总体结构

(3) 剪切、冲孔压花、折弯单元

剪切单元和冲孔单元的控制原理相同，且较为简单，折弯单元中折弯角度的控制是小型油压机自动控制中的重点和难点，下面本文将重点讨论。

传统油压机油缸行程的控制大多采用在折弯模具上安装定位块辅以传感器或行程开关来保证，这种设备的缺点是：当折弯角度改变时，需重新调整定位块与传感器之间的距离，设备灵活性差；溢流阀、电磁阀频繁动作，降低了液压系统的使用寿命，增加了工作场所的噪音；由于折弯后的反弹，角度的准确性也难以保证，因此很难保证同批次产品加工角度的一致性。

本文所设计的小型油压机上安装一款光栅尺取代传感器，光栅尺检测出油缸移动距离，通过数据线传输至PLC，构成闭环控制。通过建立数学模型，使光栅尺直线移动距离与要成型之零

件的折弯角度建立数学关系。预先输入要求的理论角度，PLC通过计算驱动油缸动作，带动光栅尺动作，光栅尺之读数传输至PLC，PLC运算出对应之角度，当运算结果与预设值一致时，可编程控制器控制油缸返程，完成成型动作。

折弯后的反弹量的大小受工件材质、材料厚度、材料的机械性能、折弯角度、折弯半径、变形速度、模具参数等的影响，本文经过大量实验建立了角度修正公式，并依此编制PLC程序。操作者可在人机界面的修正窗口中输入修正值，程序会自动控制油缸工作行程，可以很好地解决角度反弹难题，实现油压机的柔性化控制。也有利于折弯模具进行标准化设计，减少模具的种类及数量^[1]。

三、小型油压机人机界面及PLC控制系统的设计

人机界面是在操作者与机器设备之间双向沟通的桥梁，使用人机界面能够明确指示并告知操作者设备目前的状态，使操作变得简单直观，并且减少操作上的失误。使用人机界面还可以使设备的配线标准化、简单化，同时也能减少PLC控制器所需的I/O点数，降低生产成本。

触摸屏工业显示器是代替传统的控制面板和键盘的新突破，显示器以数据、曲线、图形、动画等各种形式来反映PLC的内部状态、存储数据，从而直观反映工业控制过程^[2,3]。

本文采用了加拿大特维公司的Touchwin开发工具开发了一套人机界面，采用TP系列触摸屏，使操作人员在人机界面的引导下输入相关参数，从而熟练地操作设备。

本文以折弯角度的控制为例介绍人机界面。

为了满足不同折弯要求，折弯方式有两种：控制角度折弯，控制位移折弯。折弯过程中涉及到模具参数、角度参数等，加工零件的材质、材料厚度、材料的机械性能、折弯角度、折弯半径、变形速度、模具参数等都是影响成型角度的因素，这些因素由操作者在人机界面的引导下输入^[4]。

(一) 控制角度折弯人机界面

如图3，通过人机界面输入需要折弯的角度、导电片的厚度，选择折弯模具的规格（模具编号），以上信息通过传输线传输到PLC。折弯时光栅尺读数自动采集并传输到PLC，PLC通过位移—角度转换运算（根据程序建立的数学模型），计算结果与人机界面置入的角度对比，当角度一致时，油缸将自动停止，延时2秒自动返回到设定的位置。在整个自动/手动折弯过程中，即时显示光栅的位移值及对应的角度值，以便操作者随时掌握导电片折弯状态。为了节省油缸空行程运行时间，油缸活塞杆并不需要缩回到最后位置，由PLC自动控制油缸带动折弯模具返回初始位置，而且这一位置可通过人机界面来设定，如图3所示^[5,6]。

(二) 控制位移折弯人机界面

如图4这种折弯方式也叫仿形折弯，通过人机界面选择折弯模具，将机器设置为手动折弯状态，点动折弯前进按钮，当凸凹模将导电片夹紧时，此时人机界面上显示当前位移值，可操作按钮把当前位移值直接读入PLC，PLC自动记忆当前位置。读入后机

器将自动切换进入自动状态，下次折弯时，油缸带动凹模运动到此位置，保持2秒即会自动返回设定的位置。



图3 控制角度折弯人机界面



图4 控制位移折弯人机界面

(三) PLC I/O 地址的分配及 PLC 编程

本文 PLC 采用日本 OMRON 公司的 CP1E-30DR-A 型，具备与人机界面、光栅尺等通讯功能、体积小、运算快、抗干扰能力强等特点。I/O 的地址分配如图 5 所示^[7,8]。

由图 5 可见，通过接近、前进、后退等各开关作输入元件，为 PLC 提供输入信号，PLC 通过运算，输出信号至各电磁换向阀 YV 和各接触器 KM 等输出元件，可实现对剪切、冲孔压花、折弯工序的全面控制。

在分析各输入、输出信号的基础上，规划 PLC 控制流程并完成了相应 PLC 梯形图程序的编写。

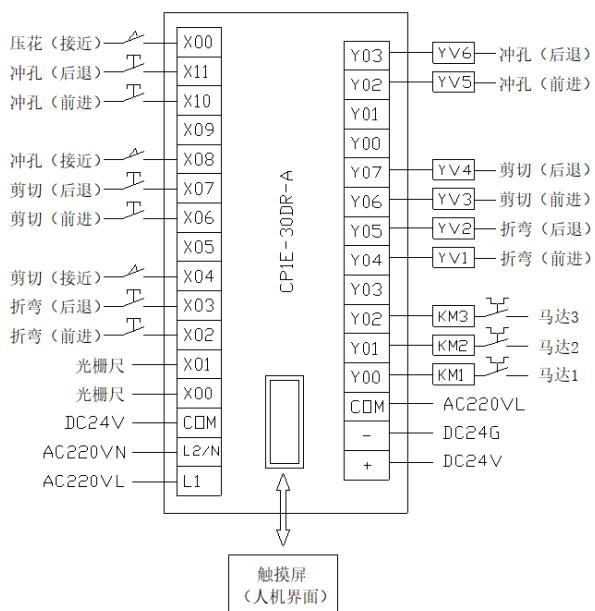


图5 PLC I/O 点分配

四、结论

本文所设计的小型油压机将冲孔压花、剪切、折弯功能集于一体，取代了传统的冲床、折弯机、剪板机等多种设备。采用 PLC 及光栅检测装置取代传统的多套模具进行折弯控制，不需要改变设备的硬件部分，通过改变 PLC 的程序，即可非常方便地改变零件的加工参数，设备柔性化程度比较高。

本文开发了面向操作者的人机界面及采用具有丰富画面的触摸屏，操作者不需编制复杂的梯形图，只需要在触摸屏输入有关参数即可实现对设备的自动控制，操作简便、直观，且系统便于维护和升级。本文可为中小型企业对小型机电设备的智能化、柔性化的设计或改造提供有益的探索。

参考文献

- [1] 张宗璇,韦源源.基于成形仿真软件的板材折弯回弹研究[J].农业装备与车辆工程,2025,63(05): 90-94.
- [2] 陈龙,张河,席恩科.基于松下PLC-触摸屏折弯系统的设计[J].河北建筑工程学院学报,2016,34(2): 85-89.
- [3] 吕黎.PLC和触摸屏在数字角度测量中的应用[J].信息化研究,2012,38(5): 56-58.
- [4] 周浩,黄雄峰,李科,等.工业人机界面技术发展及其应用综述[J].可编程控制器与工厂自动化,2012,(10): 37-40.
- [5] Zhang Dong-juan, Cui Zhen-shan, Chen Zhi-ying. An analytical model for predicting sheet spring back after V-bending[J]. Zhejiang Univ Sci A, 2007, 8(2): 237-244.
- [6] Jyhwen Wang, Suhas Verma, Richard Alexander. Springback control of sheet metal air bending process [J]. Journal of Manufacturing Processes, 2008,(10):21-27.
- [7] 于志宏.基于嵌式工控机的防回弹数控折弯机控制系统设计[J].现代制造技术与装备,2024, 60(3):218-220.
- [8] 代杰,樊瑜瑾,孙宏德.基于单片机和PLC的母线折弯机控制系统设计[J].机床与液压,2011, 39(12):70-73.