

榨油机榨螺加工专用的旋风铣及其控制系统设计

Design of control system for external thread whirling machine used for processing pressing screw

林旭东¹ 温杰² 吕涛² 吴焱明¹

LIN Xu-dong¹ WEN Jie² LV Tao² WU Yan-ming¹

(1. 合肥工业大学机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009; 2. 阜阳市飞弘机械有限公司, 安徽 阜阳 236028)

(1. School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009, China;

2. Fuyang City FeiHong Machinery Co., Ltd, Fuyang, Anhui 236028, China)

摘要:设计一种外螺纹旋风铣及其控制系统,以 PLC 为主控制器,触摸屏为人机界面,伺服电机和交流电机为执行机构,通过参数设定,对不同规格的榨油机榨螺进行加工。该系统与传统加工方法相比旋风铣削加工榨螺可一次成型,与原机床旋风铣削相比不需要调整靠模板、降低了对操作工的技能要求,排除了人为误差使得进刀角度更为精确。

关键字:榨油机;旋风铣;榨螺;控制系统

Abstract: An automatic control system for the external thread whirling machine which is designed, with PLC as master controller and touch screen as human machine interface, using servo motor and AC motor as actuator, achieves automatic processing for different specifications pressing screw by setting different parameters. The control system can be a one-shot forming by thread whirling compared with traditional processing methods and does not require adjustment for master plate compared with the original external thread whirling machine, thus significantly reducing the operator's skill requirements, eliminating human error makes knife angle more accurate.

Keywords: press; external thread whirling; pressing screw; control system

榨螺作为螺旋榨油机的核心工作部件之一,在榨油机工作时,与榨油机榨膛之间形成挤压腔,油料作物不断被输送至挤压腔内,在榨螺螺旋旋转作用下向前推进并受到挤压、剪切,将物料中的油分榨出^[1]。而生产榨螺的关键设备就是外螺纹旋风铣床,现有的外螺纹旋风铣床大多由普通车床改造而成,榨螺螺距通过车床进给箱的齿轮档位变换来调整,不同锥度的榨螺必须要调整靠模板,这种生产方式对多种型号榨螺的生产来说劳动强度大且加工效率较低。为此拟设计一种基于 PLC 的旋风铣及其控制系统,通过更改参数即可加工不同螺距的榨螺,无需靠模板也能加工不同锥度的榨螺,可实现不同规格榨螺的自动加工。

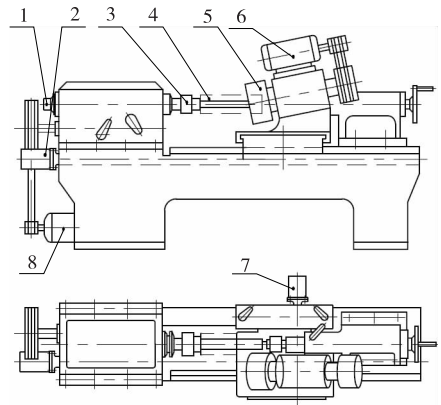
作者简介:林旭东(1990—),男,合肥工业大学在读硕士研究生。

E-mail: 1210891759@qq.com

收稿日期:2015-07-30

1 工作原理

外螺纹旋风铣床机械系统主要由普通车床部分与安装在车床小托板上的旋风铣削刀盘部分组成^[2],数控化改造后的机床见图 1。



1. 旋转编码器 2. 纵向伺服电机 3. 主轴 4. 工件(榨螺)
5. 铣刀盘 6. 刀盘电机 7. 横向伺服电机 8. 主轴电机

图 1 机床结构图

Figure 1 Structure diagram of the machine

其中走刀丝杠装置与进刀丝杠装置都由伺服电机驱动,即将原机床挂轮组与手摇轮去除,由两个伺服电机分别控制铣刀盘纵向与横向进给运动,而主轴运动装置和铣刀盘动力装置由三相异步交流电动机驱动。

主要工作原理:工件毛坯通过键连接与主轴一起旋转,安装在旋风铣刀盘上的多把成形刀具高速铣削低速旋转的工件,与主轴直连的旋转编码器实时地将主轴位置及转速反馈于控制系统,系统根据旋转编码器反馈的数据与用户输入的螺距与锥度等参数控制纵向、横向伺服电机做螺纹切削及锥度进给运动。加工中该控制系统严格实时地保证工件(榨螺)每转一圈,铣刀盘沿工件轴向移动一个螺距(或导程)、径向按对应锥度进给的传动关系运动。设螺距为 P 、深度为

D、工件长度为 L ，榨螺结构及各参数意义见图 2。

榨螺的加工过程中要求走刀与进给严格地按照上述的传动关系运动，因此两个伺服电机的转速必须实时地跟随主轴的转速。横向伺服电机与丝杠直连，丝杠螺距为 P_1 ；纵向伺服电机与进给箱输入端连接，按等效直连计算，丝杠等效螺距为 P_2 。

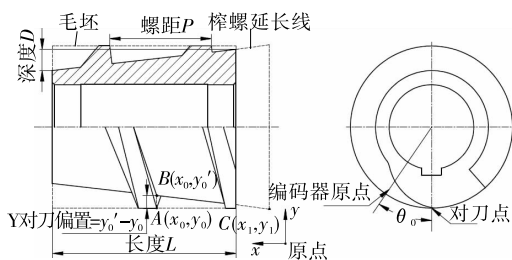


图 2 榨螺结构与刀位示意图

Figure 2 Schematic diagram of the structure and cutter location for pressing screw

横向伺服电机转速与主轴转速的速比为 K_1 ：

$$K_1 = \frac{D \times P}{L \times P_1} \quad (1)$$

式中：

K_1 ——横向伺服电机转速与主轴转速的速比；

D ——深度，mm；

P ——工件螺距，mm；

L ——工件长度，mm；

P_1 ——与横向伺服电机直连的丝杠螺距，mm。

纵向伺服电机转速与主轴转速的速比为 K_2 ：

$$K_2 = \frac{P}{P_2} \quad (2)$$

式中：

K_2 ——纵向伺服电机转速与主轴转速的速比；

P ——工件螺距，mm；

P_2 ——与纵向电机连接的丝杠等效螺距，mm。

主轴转速由编码器实时反馈给系统，再由 K_1 、 K_2 即可计算出横向、纵向伺服电机的转速。

2 控制系统硬件设计

主要由 PLC、人机交互界面（触摸屏）、伺服电机及其驱动器、交流电机和按钮开关等组成控制系统硬件，其中旋转编码器用于实时采集主轴的旋转角度及转速。控制系统硬件组成见图 3。

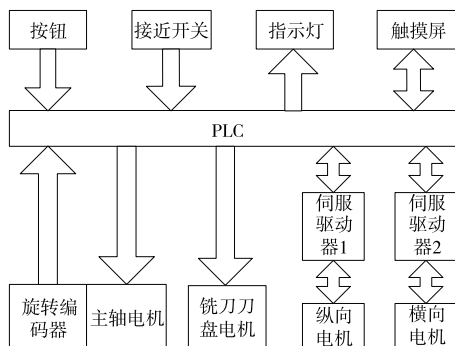


图 3 控制系统硬件组成

Figure 3 Hardware components of control system

PLC 的输入点包括：启动、急回、急停、点进、点退、速度切换和对刀确认等 10 个开关按钮，以及纵向、横向伺服电机对应的原点、正极限、负极限共 6 个接近开关，旋转编码器，伺服驱动器共 24 个输入信号。输出点主要包括：动力电源、两个伺服驱动器的 A/B 相信号、主轴电机正反转和铣刀刀盘电机开关控制信号、运行指示灯和用于光电警示的蜂鸣器等共 14 个输出信号。全面分析了性能要求、输入输出点数、可靠性以及成本等方面后选用了台达^[3]公司 20PM 系列的 PLC 和一个数字量扩展模块 DVP 16HP11R。

3 控制系统软件设计

整个控制系统软件设计采用了模块化结构思想^[4]，各模块之间互不干涉，互相独立，提高了程序的可靠性与灵活性。主要将控制系统分为了 6 个模块：调整加工、手动对刀、自动运行、参数设置、型号选择及报警显示，见图 4。

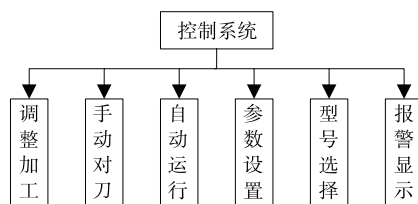


图 4 控制系统模块图

Figure 4 Block diagram of control system

控制系统软件设计包括两部分：PLC 程序设计与触摸屏界面设计。开关按钮、数据输入和显示框、状态显示灯、界面切换按钮是触摸屏界面的主要构成元件。开关按钮主要用来控制伺服电机动作与交流电机的开关，数据输入和显示框用来输入位置、速度及对刀偏置等控制数据和实时显示伺服电机的当前位置与速度以及主轴当前角度与转速，状态显示灯用来显示当前运行状态，界面切换按钮用于实现触摸屏上各界面的切换^[5]。以上各系统模块均能在触摸屏上显示与操作，其中自动运行与手动对刀模块在控制柜与机床及手持式操作盒上另设按钮，方便操作者调整刀具和加工前做其他准备工作。对同一型号工件操作者在对刀设置成功后可直接启动机床进行自动运行加工。下面对各个模块分别介绍：

(1) 调整加工模块：该模块主要用于维修调试时使用，可在该设备上模拟加工、监视各参数变化情况、对两台普通电机进行试转等，如：用于检测系统是否按照实际工件螺旋线进刀，主轴电机和铣刀盘电机转向调整等操作。

(2) 手动对刀模块：该模块主要是对两台伺服电机以及主轴旋转进行操作，对伺服电机进行点进、点退、快进、快退等来进行对刀，操作者对刀设置成功后系统计算进刀点。刀位示意如图 2 所示，其中点 A 为实际操作的对刀点，点 B 为理论对刀点，点 C 为进刀点。操作者首先要安装已加工的标准工件，将主轴即标准件旋转至任一角度 θ_0 ，点动横向、纵向伺服电机找到实际对刀点 A，对 x_0 、 y_0 分别对刀确认，量取 Y 对刀偏置即找到点 B，设置进刀点 x_1 ，系统进行对刀计算。

y 方向进刀点位置 y_1 按式(3)计算：

$$y_1 = y'_0 - \frac{(x_0 - x_1)}{P} \times \frac{D \times P}{L} = y'_0 - \frac{(x_0 - x_1) \times D}{L} \quad (3)$$

式中：

y_1 ——y 方向进刀点位置，mm；

y'_0 ——y 方向理论对刀点位置，mm；

x_0 —— x 方向对刀点位置, mm;

x_1 —— x 方向进刀点位置, mm;

D ——深度, mm;

P ——工件螺距, mm;

L ——工件长度, mm。

进刀点 $C(x_1, y_1)$ 位置所对应的进刀角度 θ 计算:

首先按式(4)计算偏差角度 $\Delta\theta$:

$$\Delta\theta = [\text{mod}(\frac{x_0 - x_1}{P}, 1)] \times 360^\circ \quad (4)$$

式中:

$\Delta\theta$ ——偏差角度, ($^\circ$);

x_0 —— x 方向对刀点位置, mm;

x_1 —— x 方向进刀点位置, mm;

P ——工件螺距, mm。

然后按式(5)计算进刀角度 θ :

$$\theta = \begin{cases} \theta_0 - \Delta\theta, \Delta\theta \leq \theta_0 \\ \theta_0 + 360^\circ - \Delta\theta, \Delta\theta > \theta_0 \end{cases} \quad (5)$$

式中:

θ ——进刀角度, ($^\circ$);

θ_0 ——对刀时对准标准件旋转的任一角度, ($^\circ$);

$\Delta\theta$ ——偏差角度, ($^\circ$)。

(3) 自动运行模块: 机床电源启动后, 首先要进行原点复位, 系统会控制两伺服电机触碰原点接近开关信号建立机床的坐标系, 原点复位成功后操作者要按下界面上“型号选择”按钮切换到选型界面, 选择需要加工产品的型号, 也可以修改产品的型号参数或者添加另一种产品所对应的型号参数, 修改后按下界面上“确认”键即可保存, 选定型号后按下界面上“选择加工”键, 程序将使该型号产品的所有参数生效并显示在调整加工界面上。选择完成后, 操作者返回到手动调整界面后利用手持式操作盒进行对刀操作, 对刀确认后系统即计算好加工位置点 C 及角度 θ , 卸下对刀用的标准工件后装好毛坯工件即可按下启动按钮进行自动加工: 横向、纵向伺服电机先后快速定位到进刀点 C , 主轴旋转至螺旋线始进刀角度 θ 后, 两伺服电机开始跟随主轴联动, 待加工工件完成后, 横向、纵向伺服电机先后快速退刀至停机位置。整个自动过程见图 5。

(4) 参数设置模块: 操作者可以通过此模块设定型号参数和系统数据, 可以设置 20 种不同产品, 可设定或更改产品的型号参数, 如榨螺的螺距、锥度、长度等; 可设定系统数据, 如纵向、横向伺服电机的停机位置与快进、快退速度等。另外为了防止操作者误改参数与数据, 只有点击界面上“修改”键并按下“确认”键才能成功。

(5) 型号选择模块: 当操作者需要加工某种型号的榨螺时, 不必再次设置各项参数, 只需从触摸屏中找出该型号榨螺所对应的序号然后选择即可, 提高了设备的通用性与生产效率。

(6) 报警显示模块: 当伺服电机由于过载等原因报警时, 或者操作者按下急停时, 蜂鸣器都会发出声光警报, 与此同时触摸屏上弹出窗口显示报警信息, 程序也马上结束当前动作。

4 设备测试结果

改造后的旋风铣床不再需要通过调整靠模板来加工带锥度的榨螺, 通过在人机交互界面上输入参数就可改变需要加工工件的螺距与锥度, 不受制于机床进给箱档位的限制, 可以实现对各种不同规格榨螺的自动化加工。原机床加工 3 种

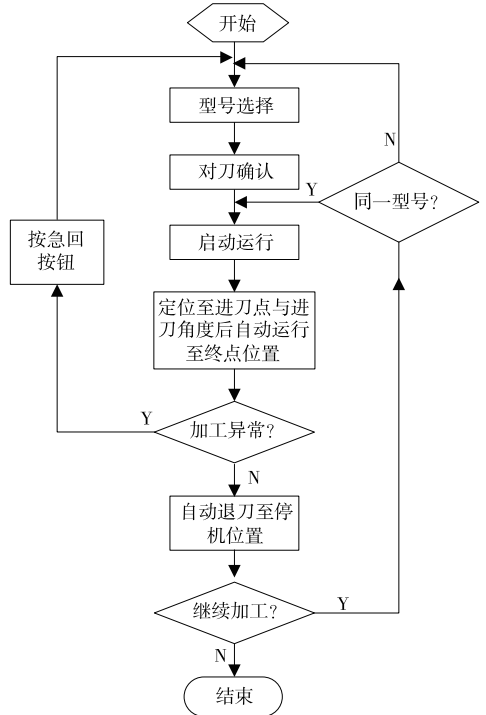


图 5 自动运行流程图

Figure 5 Automatic operation flowchart

常用规格榨螺(螺距 64 mm 的锥螺, 螺距 72 mm 的直螺, 螺距 72 mm 的锥螺)改造前耗时为 70~80 min, 改造后为 45~55 min; 加工 3 件螺距 72 mm 的锥螺改造前耗时为 55~65 min, 改造后约为 40 min。改进后的对刀、进刀方式与伺服进给系统可以实现加工出的同一榨油机型号的榨螺, 按编号套装后接合处的螺纹连续性好、工件表面无明显棱边、形差值低的良好效果。

5 结束语

通过对 PLC 程序的模块化设计实现了外螺纹旋风铣床的手动调整和自动运行, 控制系统软件采用模块化编程思想, 强化了系统的可靠性; 借助触摸屏来进行人机交互, 提高了系统的可操作性; 使用伺服电机定位与控制速度, 保障了设备运行的精确性; 通过设定不同参数, 可对不同规格的榨螺进行加工, 增加了设备的通用性。该系统与传统加工方法相比旋风铣削加工榨螺可一次成型, 与原机床旋风铣削相比不需要调整靠模板, 降低了操作工技能要求, 排除了人为误差使得进刀角度更为精确, 实现了榨油机榨螺的自动化生产, 保证了产品质量, 降低了劳动强度并且提高了生产效率。

参考文献

- [1] 王连栋, 吕新民. 变径变螺距榨螺体积的计算方法研究[J]. 农机化研究, 2010, 32(5): 75-77.
- [2] 廖念禾. 榨油机榨螺的螺纹加工及设备[J]. 粮油加工与食品机械, 2000(1): 27-29.
- [3] 王小牧, 张纪. 台达 PLC 高速计数器在位置控制中的应用[J]. 金属加工, 2013(9): 56-58.
- [4] 迟君平, 王斌, 李业友. 模块化编程方法在 PLC 程序开发中的应用[J]. 微计算机信息, 2005, 21(6): 26-27.
- [5] 吕品. PLC 和触摸屏组合控制系统的应用[J]. 自动化仪表, 2010, 31(8): 45-51.