

基于PLC的工字轮内孔抛光机控制系统应用研究

■ 天津中德职业技术学院 (300350) 韩金玉 王守志

摘要: 针对传统的工字轮抛光方法效率低、精度差等问题,采用PLC作为控制器设计开发了工字轮抛光机自动机控制系统,实现了工件的自动夹紧和进给等功能,同时设置了手动操控与自动操控两种工作模式,以适应不同的工况需求。

TA100工字轮是缠绕光伏板切割丝的一种必用工具,用量大且内孔精度要求高。当前,TA100工字轮内孔加工专用设备较少,多数企业采用的人工抛光方法效率低、抛光质量难以保证。随着光伏行业的发展,对工字轮的需求量越来越大,加工精度要求越来越高,传统的手工加工无法满足行业发展的需求。为此,研制一种工字轮内孔自动抛光专用设备对提高工字轮的加工效率,保证加工质量,促进光伏产业发展具有重要的意义。本文在前期研制的工字轮专用抛光机的基础上,采用PLC技术开发了TA100工字轮内孔抛光机的自动控制系统,提高了工作效率和加

工质量。

1. 抛光机结构及工艺流程

(1) 机械结构。抛光机主要由机身、纵向与横向进给装置、工件夹紧装置和主轴装置等组成,如图1所示。

工件夹紧装置由可以旋转的支撑轮和压紧轮构成,压紧轮由气缸驱动可上下移动,实现工件的夹紧工作,同时在抛光轮与工件之间的摩擦力作用下,做慢速自转运动,辅助抛光轮完成工件的周向抛光。纵向进给装置由步进电动机驱动滚珠丝杠进给机构,带动主轴箱做纵向往复运动,完成工件的轴向抛光运动。横向进给装置由导向机构和气动回路组成,实现主轴箱的横向进

给运动。主轴箱由交流异步电动机及减速机构等组成,带动抛光轮做高速旋转抛光运动。

(2) 工艺流程。抛光机启动后,当工件放置到支撑轮上时,压紧轮向下夹紧工件;工件压紧后,纵向进给机构向左运动;当抛光轮进入工件内孔时,启动主轴电动机,作高速旋转运动,同时横向进给向前运动至抛光位置,开始抛光。主轴继续向左运动,当抛光轮运动至工件左侧时,纵向进给运动反向向右运动,直至抛光轮运动到工件右侧时,纵向进给运动再次反向运动,重复上述操作,直至达到规定的往复抛光次数后,主轴横向回中并停转,纵向回零(即纵向原点位置),如图2所示。

2. 控制系统设计

为自动完成抛光工作,同时提高设备的可靠性及抗干扰性,选用西门子S7-224XP DC/DC/DC型PLC作为控制器,用电感传感器、光电传感器和步进电动机等外部设备搭建抛光机自动控制

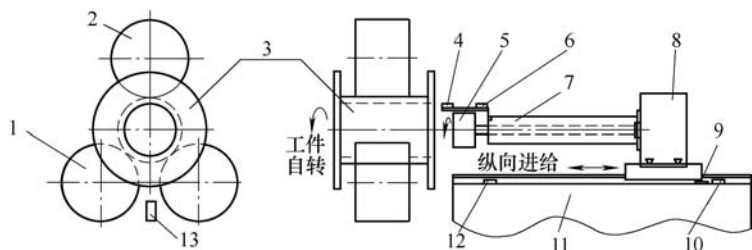
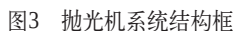


图1 抛光机机械本体示意图

1.支撑轮 2.压紧轮 3.工字轮 4.电感器Ⅰ 5.抛光轮 6.电感器Ⅱ 7.主轴保护套
8.主轴箱 9、12.限位开关 10.原点 11.机身 13.光电传感器



(2) 检测装置设计。工件上料检测选用E3Z-L61型放大器内置型光电传感器, 安装位置如图1所示。当检测到工件上料后, 启动夹紧装置夹紧工件, 夹紧后启动设备进给驱动装置。选用两个VLN20-8型电感传感器用于检测抛光轮与工件的相对位置。抛



(3) 驱动装置设计。该抛光

地址	说明	地址	说明
I0.0	起动按钮	I1.3	正向限位
I0.1	停止按钮	I1.4	反向限位
I0.2	急停按钮	AIW0	进给电动机 调速输入
I0.3	光纤传感器	Q0.0	进给电动机 (脉冲)
I0.4	电感传感器 II	Q0.1	工件夹紧气缸
I0.5	电感传感器 I	Q0.2	进给电动机 (方向控制)
I0.6	原点检测	Q0.3	横向往进给气缸
I0.7	左限位开关	Q0.4	主轴电动机
I1.0	右限位开关	Q0.5	电源指示灯
I1.1	工作模式选择	Q0.6	抛光运行指示 灯
I1.2	主轴电动机 启停按钮	Q0.7	故障指示灯

调速原理如图4所示, 调速电路电源来自于开关电源, 电压为24V。因为S7-224XP PLC的模拟输入电压为0~10V, PT105-2M电位器电阻为2M Ω , 需串联阻值为2.8M Ω 的分压电阻R。电位器的调节电压接入PLC的模拟输入端子M和A+端子, PLC根据输入电压调整步进电动机的驱动脉冲频率实现纵向进给速度动态调节。

(1) 设备控制策略。为提高设备的自动化程度,同时满足节能要求,设置手动和自动两种控



制模式，以适应不同工况要求。若设备处于手动控制模式下，主轴电动机的起动与停止操作需要人工操作，适用于工件装卸较快、待机时间较短的场合，避免主轴电动机的频繁起动。自动控制模式下，主轴电动机的起动是由抛光轮进入工件内孔检测用传感器信号自动起动，适用于工件装卸较慢、待机时间较长的场合，可实现主轴电动机的及时启停，在节能的同时降低了设备的操作复杂度。

(2) 程序实现。抛光机控制程序由主程序、抛光控制子程序和显示子程序等组成。主程序负责系统参数初始化，初始状态检测、用户请求处理及抛光运动的协调处理。抛光控制子程序按照抛光工艺过程顺序控制设备的抛光过程。显示子程序负责设备运行状态显示及故障警示。

(3) 步进电动机工作过程。步进电动机采用S7-200 PLC脉冲输出MAP库文件，该MAP库文件提供了Q0_0_CTRL、Q0_0_Stop、Q0_0_MoveRelative、Q0_0_MoveVelocity等8个功能块。Q0_0_CTRL功能块初始化Q0.0可设置高速脉冲发生器的起动/停止频率、最大速度、加速时间等参数，并实现正向与反向限位控制。值得注意的是该功能块在PLC的每次扫描过程中必须执行，且只能执行1次，否则步进电动机将无法起动或失去控制。设备起动后，调用Q0_0_MoveRelative功能块驱动步进电动机正向进给。当检测到电感传感器Ⅰ的下降沿时，说明抛光轮已进给到工字轮内孔

左侧，此时调用Q0_0_Stop功能块，停止进给运动，电动机停止后改变进给方向，并更新往复抛光次数，当往复抛光次数未达到设定的抛光次数时，再次调用Q0_0_MoveRelative驱动电动机反向运动。当检测到电感传感器Ⅱ的下降沿时，说明抛光轮进给到工字轮内孔右侧，此时再次调用Q0_0_Stop与Q0_0_MoveRelative，停止并再次反向进给抛光；当往复抛光次数达到设定的抛光次数后，步进电动机反向运动，运行到原点位置后停止，并松开工件，抛光完成。

调速电位器调节电压为0~10V，而PLC内AIW0对应的数字量为0~32 000，若实现步进电动机动态调速，PLC需将AIW0的数字量转换为控制脉冲频率。由AIW0为最大值32 000时，高速脉冲发生器的脉冲频率为最大值 $f_{\max}$ ，可得：

$$\frac{x}{32000} = \frac{f}{f_{\max}} \quad (1)$$

$$f_{\max} = \frac{V_{\max}}{\delta} \quad (2)$$

式中， δ 为脉冲当量，本文取值为0.006mm， $V_{\max}$ 为纵向进给速度最大值，本文设定为60mm/s。

结合式(1)和(2)，对于任意AIW0值 x ，其脉冲频率 f 为：

$$f = \frac{5x}{16} \quad (3)$$

设备运行时，程序检测到模拟输入发生改变后，利用式(3)计算步进电动机的驱动频率，并调用Q0_0_MoveVelocity功能块重新设定进给速度。

4. 试验分析

为验证本方案的工作效率及

可靠性，随机选择3名工作人员，分别采用本文方案操控的抛光机、全手动操控的抛光机及纯手工抛光等3种抛光方法，针对工作效率以及单件节能效果等参数进行了为期30天的试用对比试验，试验数据如表2所示。

表2 试验数据

抛光方法	效率 (min/件)	单件耗能 /kW·h
本文操控方案	9.5	0.30
全手动操控方案	14	0.37
手工抛光(打磨机)	18	0.41

由试验数据可知，本文的操控方案中单件平均耗时为9.5min，耗电量为0.3kW·h，低于手工抛光与手动操控方案，适用于工字轮的内孔抛光。

5. 结语

本文基于S7-224XP PLC设计了内孔抛光机控制系统，应用脉冲输出MAP库实现了抛光机纵向自动进给及速度动态调整，工件夹紧夹紧力大小、横向进给速度由气动控制阀调控，简化了控制系统。系统运行稳定，单件耗时平均耗时9.5min，耗电量为0.3kW·h，具有较好的操控性能及节能效果。

参考文献：

- [1] 孙海维. 可编程控制器应用[M]. 北京：中央广播电视大学出版社，2014.
- [2] 汤迎红，吴运新，周鹏. 陶瓷抛光机磨头凸轮的改进设计[J]. 机械工程师，2006(3)：58-60.
- [3] 邵俊鹏，徐斌. 多转速抛光机创新设计及振动实验研究[J]. 振动与冲击，2012(4) 31：110-114.

MW (收稿日期：20160110)