

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.02.022

基于交流伺服和步进驱动控制的玻璃 数控钻孔技术研究*

林 喆¹, 魏海波^{1*}, 孙 清²

(1. 辽宁装备制造职业技术学院 自动控制工程学院, 辽宁 沈阳 110164;
2. 沈阳药科大学 医疗器械学院, 辽宁 沈阳 110000)

摘要: 针对数控玻璃钻孔过程中钻头定位不准和钻孔稳定性差等问题,将交流伺服和步进驱动技术应用于玻璃钻孔设备中,对高精度玻璃立式钻孔设备结构和工作原理进行了研究,建立了完整的高精度数控玻璃钻孔设备控制系统结构,提出了一种基于交流伺服驱动的钻头位置控制方法和基于步进电机的双钻头进给钻孔方法。在后期生产实验过程中,对中心孔误差、孔与基准边误差和钻孔同心度误差等加工参数进行了评价。研究表明,交流伺服驱动中的半闭环反馈增强了定位系统对负载的抗干扰能力,有效地减少了定位过程中的稳态和动态误差,通过采用步进驱动的双钻头机构通过对进给速度和进给量的精确控制进一步提高了钻孔质量,利用上位机软件可以对加工参数进行设置和实时监控,实现了自动化生产。

关键词: 玻璃数控钻孔; 位置控制; 交流伺服

中图分类号: TH39; TG52 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2015)02-261-05

NC controlled glass drilling technology based on AC servo and stepper drive control

LIN Zhe¹, WEI Hai-bo¹, SUN Qing²

(1. Liaoning Equipment Manufacturing Vocational and Technical College, Faculty of Automatic Control Engineering, Shenyang 110164, China;
2. Medical Devices College of Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110000, China)

Abstract: Aiming at the problems of drill positioning inaccuracy and unreliability in the process of NC glass drilling, the AC servo and stepper driving technique was investigated. After the analysis of the structure and principle of the vertical high precision positioning glass drilling equipment, a high precision positioning control system was established. A method was presented to control drill position based on AC servo driving system and to drive the dual-drill feeding based on stepping motor. The error of centre hole size, position (referred to reference) and concentricity were tested. The results indicate that half closed loop feedback control system in AC servo driving system has enhanced anti-interference ability and decrease stable and dynamic error in the location process. And drilling quality has been enhanced by controlling speed and feeding of stepper dual-drill. Automatic production can be accomplished by parameters setting and real-time monitoring with interactive software.

Key words: NC glass drilling; position control; AC servo

收稿日期: 2014-10-15

基金项目: 辽宁省教育厅科学研究资助项目(L2013522)

作者简介: 林 喆(1983-),男,辽宁沈阳人,讲师,主要从事检测技术与自动化装置方面的研究. E-mail: kylin27@163.com

通信联系人: 魏海波,男,教授级高级工程师. E-mail: whb01580759@sina.com

0 引言

玻璃幕墙作为现代建筑墙体装饰的新方法正在被越来越多的高层建筑所使用,它将建筑美学、建筑功能、建筑节能和建筑结构等因素有机地结合起来,已经成为现代主义高层建筑的显著特征。点式支撑玻璃幕墙是一种应用最广泛、发展最迅速的新型玻璃幕墙,它是在玻璃上钻孔后,通过金属连接件和紧固件将玻璃固定在支撑结构上,该方式可以充分利用金属结构的灵活多变性满足建筑造型的需要。由于施工要求,点式支撑玻璃幕墙的生产过程中对玻璃钻孔的定位精度和钻孔质量要求很高,对钻孔设备的位置控制精度、设备运行稳定性和成品率等方面有着更高的要求。目前,国内研制的玻璃钻孔设备主要采用传统卧式钻孔方式,并由人工进行定位钻孔,存在加工误差大、钻孔质量差并且无法进行全自动生产等问题。

本研究将在高精度玻璃立式数控钻孔设备中采用交流伺服控制技术、高精度滚珠丝杠和同步传送机构以提高数控钻孔过程中钻头的水平和垂直位置控制精度,并利用由步进电机、前后钻头和气动压盘组成的双钻头机构实现玻璃双面钻孔,保证钻孔同心度,提高钻孔质量;同时,通过上位机软件使设备能够进行自动化生产。

1 数控钻孔设备的结构和工作原理

高精度玻璃立式数控钻孔设备的钻孔定位采用数控滑架式二维坐标工作方式,在垂直方向采用滚珠丝杠导轨滑架机构,在水平方向采用同步带传送机构进行钻头坐标定位控制^[1],其基本结构如图1所示。

钻头机构由前、后2个上下联动钻头、4个精密导轨模块、滚珠丝杠和步进电机组成,钻孔时采用气动

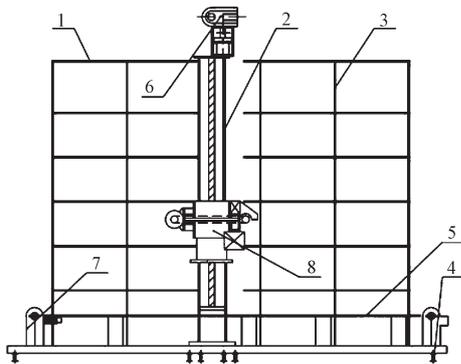


图1 玻璃立式数控钻孔设备结构示意图

1—立钻进料端;2—玻璃立钻钻架;3—立钻出料端;4—地脚;5—水平同步带槽;6—垂直传送电机;7—水平传送电机;8—钻头机构

压盘压紧玻璃以保持其位置的固定,并由步进电机控制前后钻头的进给^[2]。

设备工作时,水平传送电机将带动同步带上的待加工玻璃水平移动至X轴(水平)方向钻孔坐标点,垂直传动机构带动钻头机构移动至Y轴(垂直)方向钻孔坐标点后停止,钻头机构前、后气动压盘将玻璃夹紧后开始钻孔,后钻头首先开始给进钻孔并向外喷水,当钻至玻璃厚度1/2时退出复位,前钻头再以相同的工作方式完成剩余1/2厚度玻璃的钻孔,当该钻孔完成后钻头复位并移至下一钻孔坐标点钻孔,直至全部钻孔完成后,成品玻璃将被传送至出料机构,钻头机构在垂直传送电机的作用下回归坐标原点。

2 数控钻孔设备的位置控制系统

钻孔位置加工精度是玻璃钻孔设备的一个重要指标,而影响它的重要因素是伺服位置控制系统的性能。经过试验表明,系统控制精度、稳定性和动态响应速度将直接影响钻孔位置的精度。该控制系统采用三菱FX1S-30MT PLC作为主控单元,并使用松下Minas A4系列交流伺服驱动器与和之配套的交流伺服电机。旋转编码器在设备工作过程中将控制电机的旋转位置,同时还将正交脉冲差分信号反馈至伺服驱动器,形成了一个能消除伺服误差的半闭环位置控制系统^[3]。

相比于传统定位方式,本研究采用该种方式组成的交流伺服定位控制系统具有以下优点:首先,较高的重复定位精度保证了产品加工的一致性,精确的位置分辨率确保了产品加工的精度,足够宽的调速范围满足了设备对运行稳定性的要求^[4];另外,由于加入了半闭环反馈,系统对负载呈现了较强的抗干扰能力,能够有效地减少设备在工作过程中所产生的稳态和动态误差,以上条件均为钻头的精确定位控制提供可靠保证^[5]。

3 数控钻孔设备的位置控制方法

松下Minas A4交流伺服驱动器的工作方式可以通过Pr02参数设定为位置控制、速度控制和转矩控制3种方式^[6],在该钻孔设备中,为了抑制零漂,Pr02可设定为0(位置控制方式)。在工作过程中,PLC首先将脉冲指令(包含脉冲信号和方向信号)输入交流伺服驱动器,再经倍频、滤波后与光电编码器输出的反馈信号在位置偏差计数器进行比较、放大后与速度前馈信号结合形成速度指令信号。同时,速度检测反馈将实时监视反馈脉冲数并进行速度检出,通过与速度指令信

号比较后由速度偏差放大器、陷波滤波器和转矩限制

流伺服驱动器的内部结构与各主要引脚功能分别如图2、表1所示。

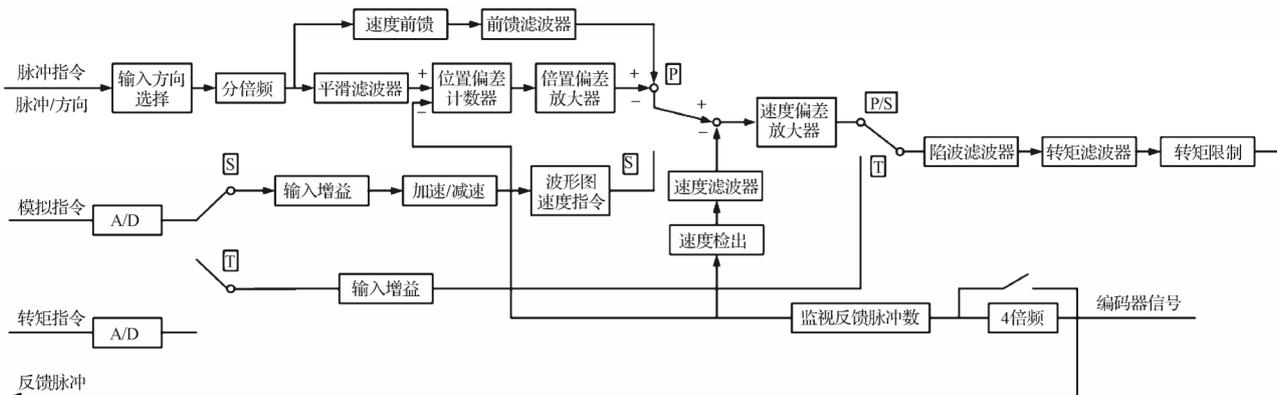


图2 Minas A4交流伺服系统内部结构

表1 高精度玻璃立式数控钻孔设备的位置控制主要引脚功能

引脚名称	引脚功能
伺服使能	与COM-连接,光耦回路导通,伺服被使能;
伺服就绪	当无报警信号时,提示用户伺服工作正常;
机械制动器	与继电器常开触点串联至垂直伺服电机制动端,钻头机构制动,防止钻头机构“溜车”;
伺服报警	当伺服驱动器检测到故障时,常闭触点断开,停止输出脉冲并报警;
指令脉冲输入	脉冲信号输入端;
方向信号输入	方向信号输入端。

4 数控钻孔设备的钻头机构控制方法

在玻璃钻孔过程中,为了能针对不同厚度、不同孔径要求对玻璃进行钻孔,钻头旋转速度采用变频器进行控制,而钻头进给则采用步进电机驱动器进行控制,并利用气动压盘的夹紧功能来保证钻孔的同心度。钻孔时,PLC输出方波信号控制步进电机的进给量,而不同频率的脉冲则决定了钻头机构的进给速度,其与PLC的连接图如图3所示。

数的关系如下式所示:

$$n = \frac{\Delta L}{\delta} \tag{1}$$

式中: n —脉冲个数; ΔL —进给行程, mm; δ —脉冲当量, mm/pulse。

为了保证钻孔质量,对不同参数的玻璃需要采用不同的进给速度控制钻头机构进给进行钻孔,而进给速度 v_f (单位: mm/min) 则取决于脉冲输入频率,如下式所示:

$$f = \frac{v_f}{60\delta} \tag{2}$$

钻头机构在钻孔过程中包含进给钻孔和退出复位两个过程,可以通过PLC输出的方向控制信号改变电机绕组的通电顺序实现,为了避免钻头在启动时突然加高频信号而引起的啸叫、失步和在突然停止时产生的啸叫、震动,设备在启动时采用了脉冲升频而在停止时采用降频的控制方法。

5 数控钻孔设备的程序设计

高精度玻璃立式数控钻孔设备采用2台三菱FX1S-30MT PLC分别实现钻头机构的位置控制和双面钻孔操作,当设备运行时,首先使钻头机构在垂直和水平方向都复位至原点,然后将钻孔的垂直和水平

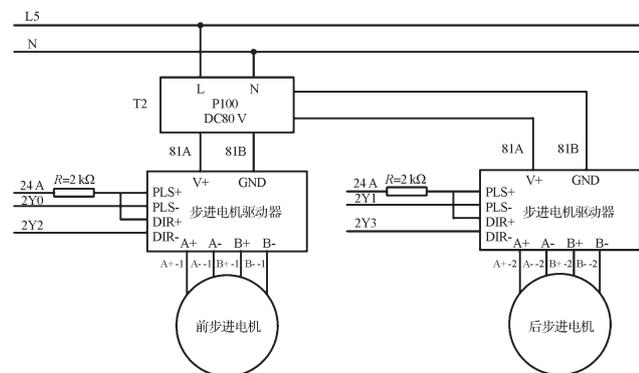
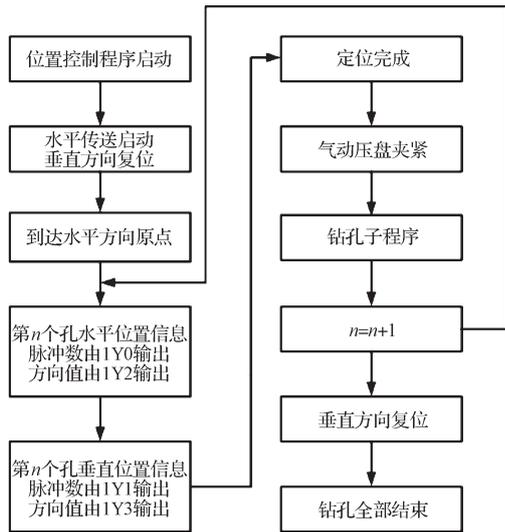


图3 前后钻头控制连接图

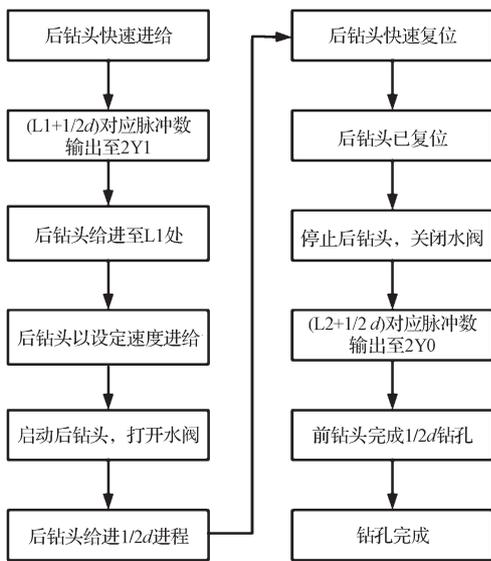
在设备中,钻头进给采用步进电机进行驱动,进给行程正比于电机的旋转角度,而旋转角度可以通过PLC输入的脉冲个数进行控制^[8],进给行程和脉冲个

位置信息转换成伺服驱动脉冲数,进行位置控制完成坐标定位,钻孔定位程序流程如图4(a)所示。

当设备完成钻孔定位后,设备将启动钻孔子程序进行工作,钻头机构将按照预先设定的参数先后启动前后两个钻头分别进给一段距离(L)后,进行1/2厚度(d)的钻孔,以此来保证钻孔的同心度和钻孔质量,提高钻孔成品率^[9],钻头控制程序流程如图4(b)所示。



(a) 钻孔定位程序



(b) 钻头控制程序

图4 钻孔定位和钻头控制程序流程

为了使设备能够易于实时操作和设置参数,并且能够对钻孔过程进行监控,该设备进行了上位机软件设计,包含了可以实时显示钻头运行位置情况的实时

监控界面;另外,为了更好地实现设备的智能化与自动化,该设备还包含了进行玻璃钻孔各项参数设置的设置界面,在钻孔之前可以在上位机输入玻璃和钻头的相关信息以及钻孔操作的工艺参数^[10],该设备将按照所设定的参数信息进行自动加工,实时监控界面和参数设置界面如图5所示。

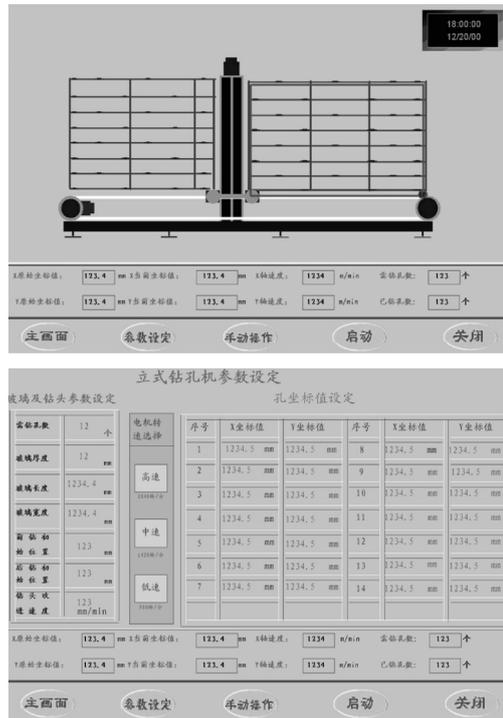


图5 实时监控界面和参数设置界面

6 结束语

经理论分析和生产实验证明,高精度玻璃立式数控钻孔设备具有运行速度快、钻孔定位准确、稳定性好和钻孔质量高等特点。该设备采用了先进的交流电机伺服技术,并利用步进驱动和高精度滚珠丝杠有效地提高了钻头机构的定位精度,中心孔误差 $\leq \pm 0.1$ mm,孔与基准边误差 $\leq \pm 0.1$ mm;所采用的钻头机构、双面钻孔方法和气动压盘可使钻孔同心度误差 $\leq \pm 0.1$ mm;可加工的玻璃厚度范围达3 mm~25 mm,玻璃最大幅面为2 500 mm×3 000 mm,加工孔径范围(单位:mm)为 $\Phi 3 \sim \Phi 100$,最大钻孔数为16,设备的加工精度和加工质量完全满足点式支撑玻璃幕墙生产的各项要求。

目前,该设备已在多个玻璃深加工企业投入生产运行。

(下转第 269 页)

本文引用格式:

林 喆,魏海波,孙 清. 基于交流伺服和步进驱动控制的玻璃数控钻孔技术研究[J]. 机电工程,2015,32(2):261-264,269.

LIN Zhe, WEI Hai-bo, SUN Qing. NC controlled glass drilling technology based on AC servo and stepper drive control[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2015, 32(2): 261-264, 269.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>