

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.03.023

基于 PLC 的挤出机进料段内螺纹加工 控制系统研究

李 广, 杨铁牛*, 常明清, 汪孝军
(五邑大学 机电工程学院, 广东 江门 529020)

摘要:针对普通车床在塑料挤出机进料段内螺纹加工时存在效率低和内螺纹螺距超过 500 mm 时无法自行加工的问题,将采用触摸屏、PLC 和其位置单元设计开放式控制系统的技术应用于研制高效数控专用铣床中。开展了内螺纹螺旋线理论方程和现有加工过程的分析,建立了专用铣床在内螺纹加工过程中各个轴之间的运动关系,提出了“采用威纶触摸屏 MT8000 和松下 FP2 可编程逻辑控制器及其插补型位置单元,设计内螺纹加工的专用铣床及其控制系统”的方法;在理论上对内螺纹加工铣床的可行性和加工效率进行了评价,并进行了控制系统的试验和生产实践。研究结果表明,所研制的数控铣床在进料段内螺纹加工时的效率提高了 25% 以上,达到了预期设计要求,同时加工系统还具备“操作界面简单、容易上岗”等特点。

关键词:内螺纹;可编程控制器;位置控制单元;触摸屏

中图分类号:TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)03-0373-05

Control system of inputting part screw of plastic extruder internal screw based on PLC

LI Guang, YANG Tie-niu, CHANG Ming-qing, WANG Xiao-jun
(School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuyi University, Jiangmen 529020, China)

Abstract: Aiming at the problems of the general machine tool's low efficiency to manufacture inputting part screw of plastic extruder and the screw cannot be proper motion processed when screw pitch over 500 mm, the open system technology developed by touch screen, PLC and its location unit were applied to develop efficient CNC special purpose milling machine. After the analysis of the theoretical equation of internal thread and existing internal screw machining process, the relationship between each axis to internal screw processing was established. A method was presented to process internal screw and its control system had been proposed, by taking advantage of touch screen MT8000 from WEINWIEW company, programmable logic controller FP2 from Panasonic company and its interpolation type location unit. During the research, the feasibility and efficiency of this special machine were evaluated in theory and the control system was tested. The results indicate that the efficiency of internal screw processing is increased by more than 25%, satisfying expecting demand. Also, this machine designs a friendly operating interface, which will be easy learned by new workers.

Key words: internal screw; PLC; position control unit; touch screen

0 引 言

近年来,随着塑料、纺织、石油和食品工业的飞速发展,挤出机的使用也越来越广泛。进料段作为挤出

机的重要组成零件,如何提高其加工质量、加工效率以及如何降低成本,越来越受到重视。由于挤出机在各工业中应用目的和作用不同,进料段内螺纹线型也多种多样,这给其加工带来了很大困难。进料段内螺纹

收稿日期:2013-11-06

作者简介:李 广(1988-),男,福建龙岩人,主要从事自动化生产方面的研究。E-mail:562823394@qq.com

通信联系人:杨铁牛,男,博士,教授,硕士生导师。E-mail:jmniuyn@163.com

螺距比较大的原因,很多普通车床无法加工,传统对挤出机进料段内螺纹加工采用的是成形法并在机械式机床或三轴数控机床上加工^[1],一般情况下加工一个需要 8 h 以上,加工速度满足不了实际需求。为了提高生产效率,需要重新设计铣床结构和控制系统。

机床的结构设计主要是对旋转主轴和刀架的设计,加工过程中工件随主轴一起做旋转运动,拖板带动铣刀沿工件轴向和径向的运动实现两个方向进给^[2],本研究在机床控制系统的研发中,考虑进料段内螺纹加工过程主要以顺序控制为主,机床控制系统采用 PLC 及其位置单元实现对伺服电机运动控制,通过建立各轴之间关系,实现各轴电机运动配合。

1 数控系统硬件

根据进料段内螺纹加工生产实际情况,其加工步骤主要为:原点检测→自动对刀→加工第一条螺纹→归原点→C 轴转动分度→进刀至加工点→加工下一条螺纹→加工完成退刀。本研究采用 PLC 与其位置单元结合的方式实现对伺服系统的顺序控制,并利用触摸屏作为人机交互工具。触摸屏替代传统控制按钮和指示,用来设置参数、显示数据及监控设备状态,它简化了 PLC 的控制程序^[3-5]。

1.1 数控系统的硬件构成

在数控系统硬件选择上综合考虑加工环境、经济成本等因素,本研究选用了威纶 MT8000 触摸屏,松下 FP2 可编程控制器和其位置控制单元 PP4L。与此同时,本研究还选用了安川(YASKAWA)Σ-II SGMG 伺服电机及其伺服单元。触摸屏 MT8000 通过 RS232C 和 FP2 的编程口连接,位置单元 PP4L 搭载在 FP2 母板上,伺服驱动器连接在位置控制单元的 I/F 连接器上,其接线如图 1 所示。

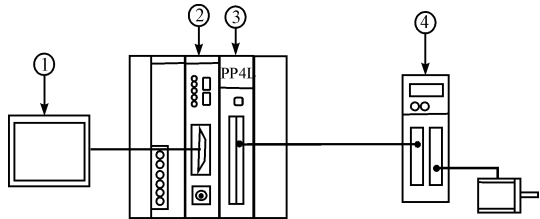


图 1 MT8000、FP2、PP4L 和伺服的连接

1—WEINVIEW MT8000; 2—FP2; 3—位置控制单元 PP4L; 4—Yaskawa Sigma II Series Drive

1.2 触摸屏和 FP2 及位置控制单元组合

(1) MT8000 触摸屏界面具有:①USB Host 支持各种 USB 接口设备;②USB Client 连接 PC,用于项目上

传及下载,包括工程文档、配方数据传送、事件记录以及备份等;③CF 卡/SD 卡接口也可以用于项目上传及下载;④以太网口用于连接具有网络通讯功能只设备,通过网络作信息交流;⑤串口支持的 COM 端口可连接到 PLC 或其他设备。系统中采用 RS232C 将触控屏和 FP2 的编程口连接,通信时,只要对触控屏和 FP2 之间进行通信设置,PLC 并不需要通信程序便可以来自触控屏的指令给予回复,实现对其的控制。

(2) FP2 是一款机身紧凑的 PLC,很适合组装到装置上,具有很高的设计自由度,在母板上可根据系统设计要求选择搭载数字 I/O 单元,位置控制单元 RTEX (插补型)可实现对安川(YASKAWA)Σ-II SGMG 伺服单元的位置控制。位置控制单元按其输出方式不同分为:晶体管输出型和线性驱动器输出型,线性驱动器输出型主要对应的是高速控制,晶体管输出型对应的只能是步进电机等开路集电极驱动器。位置控制单元按其连接器排数可以分为:2 轴和 4 轴,一排连接器中分配了 2 轴的信号针。在系统中,有主轴回转轴、轴向拖板运动轴、径向拖板运动轴,因此位置单元采用四轴线性驱动器输出型(FP2-PP4L),其主要结构为:①显示各轴的动态 LED;②动态状态显示切换开关;③用户 I/F 连接器(1 轴 2 轴);④用户 I/F 连接器(3 轴 4 轴),其功能轴的定义为:CH0—C 轴(铣刀的旋转);CH1—Z 轴(轴向的进给拖板);CH2—X 轴(径向进给拖板)。

(3) 专用工具 Configurator PM 可对位置控制单元数据和各种参数进行设定,并执行各种监控。利用 Configurator PM 的工具运行模式,仅使用该工具就可以让电机动作,这对已设定参数电机动作的确认非常方便。

1.3 铣床与工件的关系过程

数控铣床要实现三轴驱动,在实际加工过程中,铣刀除实现自身高速旋转,还应跟拖板一起沿工件轴向旋转和径向运动,工件固定在主轴上实现加工旋转和分度。当工件跟着主轴旋转一圈时,拖板沿工件轴向进给一个螺距,沿径向进给一定深度,通过把主轴转角与拖板沿工件轴向和径向的加工距离建立起来就可以实现内螺纹的加工^[6-7],铣床结构如图 2 所示。



图 2 铣床结构

2 控制系统软件

系统软件设计包括触摸操作窗口的设计和 PLC 程序的设计,触摸屏中通过元件、图形、文字等信息作为系统输入/输出,PLC 程序的主体结构按工艺顺序分割成多步,根据梯形图由上到下依次执行,为了使铣床安全、稳定、高效地运行,控制系统还应满足如下一些要求:

(1)具有手动/自动功能。当处于手动状态时,要求可以使电机按要求进行独立操作,以便于试机调试。当处于自动运行状态时,电机需严格按照工艺时序运行。

(2)具有紧急停车与失压保护措施。急停按钮按下,产生报警信号,报警灯开始闪烁,同时机床所有电机均停止。PLC 外部负载的供电线路应具有失压保护措施,当临时停电再恢复供电时,不按“启动”按钮 PLC 的外部负载就不能自行启动。

(3)为确保控制系统安全可靠的运行,程序中应该具有互锁关系。

(4)在保证控制系统能够长期安全、稳定、可靠运行的前提下,尽量增强程序可读性以便于对其进行维护。

2.1 MT8000 触摸屏设计

EasyBuilder 8000 (EB8000) 用于触摸屏 MT8000 操作界面的设计,主要步骤包括:画面编辑、编译、模拟与下载。

该系统操作界面采用了 6 个窗口,即:

(1)初始画面。主要用于显示系统标题和待对加工工件种类的选择。

(2)参数输入窗口。用于待加工工件参数的输入,如加工条数 N 、加工长度等。

(3)铣床上电窗口。出于对系统安全考虑,通电是有顺序的,先是 24 V DC 开关电源通电,其次是控制电源启动,最后才是伺服主电源,其窗口如图 3 所示。

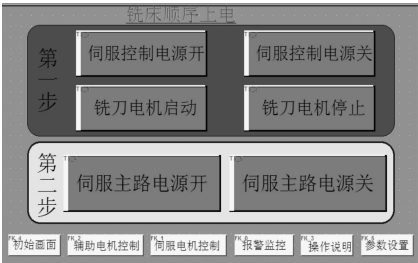


图 3 铣床顺序上电窗口

制,如冷却泵开启与关闭、工作灯的开启与关闭等。

(5)伺服控制窗口。作为控制系统的主要界面,有对刀过程、铣刀归零点、自动/手动转化等操作性按钮和报警指示、加工剩余条数等显示性按钮,其窗口如图 4 所示。

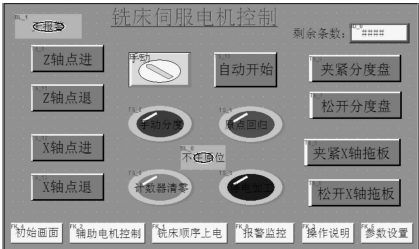


图 4 铣床控制窗口

(6)操作说明窗口。用来说明操作步骤和备注一些注意事项。

2.2 控制系统 PLC 程序设计

控制流程图如图 5 所示。由图 5 可知,当控制系统开始运行时,完成报警信号、急停按钮状态的自检,自检结束后进入手动与自动状态的选择,手动状态时可以单独对各轴进行控制;自动状态时,系统便顺序执行原点检测、铣刀移到加工位、加工条数的判断、螺纹的循环加工、剩余加工条数的判断、退刀操作。

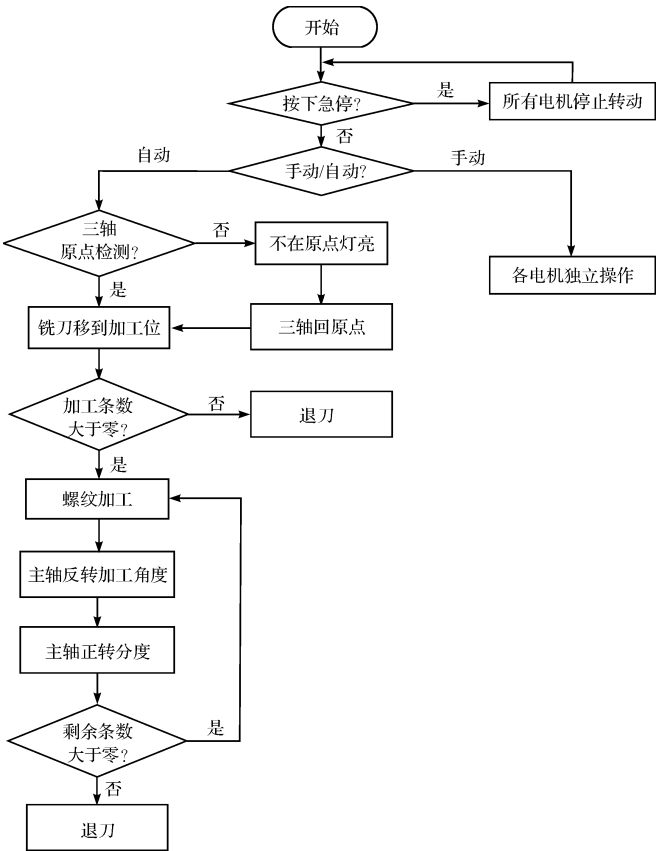


图 5 控制流程图

(4)铣床辅助窗口。用于对铣床辅助设备的控

进料段由 N 条内螺纹组成,每条螺纹具有 3 段深度,第 1 段由零逐渐变化到 H ,变化长度 S ;第 2 段为 H 的等深部分,等深长度 $(L-2S)$;第 3 段由深度 H 逐渐变到零,变化长度 S 。在程序设计过程中,加工条数 N (DT800)、导程 Z (DT820)、加工长度 L (DT830)、加工深度 H (DT840)、渐变长度 S (DT850)、 C 轴转速 V (DT860)以参数形式作为输入。编程时采用松下步进转移指令;SSTP,NSTL,NSTP,CSTP,STPE 等 5 条指令和脉冲输出指令 F171 (SPDH),F172 (PLSH)^[8-9]。脉冲输出指令按照数据表中参数设置,对各轴进行相对值方式运动控制。

脉冲输出指令 F171 (SPDH) 主要通过定位表控制,参数设置从上到下为:初始速度、最高速度、目标值移动量、脉冲停止、脉冲输出指令^[10]。在梯形图中,断电保持型寄存器用于把各轴目标速度与脉冲量表示出来,计算结果分别放在寄存器 DT870(C 轴目标速度)、DT1250(C 轴脉冲量)、DT930(Z 轴目标速度)、DT1220(Z 轴目标速度)、DT1070(X 轴目标速度)、DT1280(X 轴正转脉冲量)、DT1290(X 轴反转脉冲量)。进料段的其中一条螺纹自动加工梯形图如图 6 所示,系统 I/O 分配如表 1 所示。

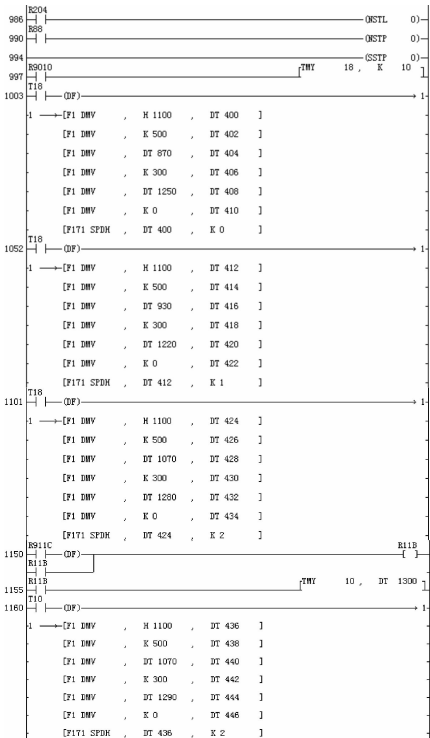


图 6 一条螺纹自动加工梯形图

铣床 C 轴传动比为 900,单位脉冲量为 32 768, C 轴参数表示如下:

C 轴的目标速度:

表 1 系统 I/O 分配

代码	功能	代码	功能
X4	C 轴原点	Y4	X 轴 CW
X5	Z 轴原点	Y5	X 轴 CCW
X6	X 轴原点	YA	分度盘锁紧电磁阀
X7	Z 轴限位开关	YB	拖板锁紧电磁阀
X8	X 轴限位开关	YC	铣刀启停
X9	铣刀运行信号	YD	冷却泵启停
XB	伺服准备信号	Y10	工作灯
Y0	C 轴的 CW	Y11	伺服控制电源开关
Y1	C 轴的 CCW	Y12	伺服主电源开关
Y2	Z 轴 CW		
Y3	Z 轴 CCW		

$$V_c = 32\,768 \cdot n \tag{1}$$

C 轴脉冲量:

$$P_c = \frac{900 \cdot 32\,768 \cdot L}{Z} \tag{2}$$

铣床 Z 轴丝杆螺距为 12,传动比为 200,单位脉冲量为 32 768, Z 轴参数表示如下:

Z 轴的目标速度:

$$V_z = \frac{200 \cdot 32\,768 \cdot L}{12 \cdot T} \tag{3}$$

Z 轴脉冲量:

$$P_z = \frac{200 \cdot 32\,768 \cdot L}{12} \tag{4}$$

铣床 X 轴丝杆螺距为 5,传动比为 25,单位脉冲量为 32 768, X 轴参数表示如下:

X 轴的目标速度:

$$V_x = \frac{25 \cdot 32\,768 \cdot H \cdot L}{5 \cdot T \cdot S} \tag{5}$$

X 轴脉冲量:

$$P_x = \frac{25 \cdot 32\,768 \cdot H}{5} \tag{6}$$

单条加工时间:

$$T = \frac{900L}{Z \cdot V} \tag{7}$$

3 结束语

本研究通过采用触摸屏、PLC和插补型位置单元 (下转第 396 页)

本文引用格式:

李 广,杨铁牛,常明清,等. 基于 PLC 的挤出机进料段内螺纹加工控制系统研究[J]. 机电工程,2014,31(3):373-376,396.
LI Guang, YANG Tie-niu, CHANG Ming-qing, et al. Control system of inputting part screw of plastic extruder internal screw based on PLC[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(3):373-376,396.
《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

5 结束语

通过在实验室进行的模拟充电实验,笔者得出以下结论,电动汽车智能充电桩的运行状况良好,充电模式可以根据需要进行修改,充电时间可根据充电模式的选择自动调整,最快充电时间在 60 min 左右,用户信息可以显示当前卡内余额、历史充电记录,方便用户查询。当电池电压达到额定电压的 90% 的时候,系统会自动降低充电电流,对电池做出维护。凸显的一个问题就是,系统发热量较高,需配备散热设备进行散热,以保证电子器件的安全、稳定运行。

参考文献 (References):

- [1] 王 涛,张东华,贺智轶,等. 电动汽车充电桩的控制系统研究与设计[J]. 湖北电力,2011,35(1):11-12.
- [2] 张 允,陆佳政,李 波. 利用有源滤波功能的新型电动汽车交流充电桩[J]. 高电压技术,2011,37(1):150-156.

- [3] 严晓燕. 基于 REIP 预付费支付系统在充电站中的应用[J]. 电力信息化,2012,8(7):10-13.
- [4] 齐文炎,霍明霞,杨延超. 电动汽车交流充电桩浅析[J]. 农村电工,2010(2):66-68.
- [5] 张 谦,韩维健,俞集辉,等. 电动汽车充电站仿真模型及其对电网谐波影响[J]. 电工技术学报,2012,27(2):159-164.
- [6] SCOTLAND W W F. The Role of Electric Vehicles in Scotland's Low Carbon Future[R]. Scotland: WWF Scotland, 2010.
- [7] The Alpiq Group. Electric Vehicle Market Penetration in Switzerland by 2020[R]. Switzerland: The Alpiq Group, 2020.
- [8] LU Yan-xia, JIANG Jiu-chun. Harmonic study of electric vehicle chargers[C]// Proceedings of the Eighth International Conference on Electrical Machines and systems. [S. L.]: ICEMS,2005:2404-2407.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

王 旭,齐向东. 电动汽车智能充电桩的设计与研究[J]. 机电工程,2014,31(3):393-396.

WANG Xu, QI Xiang-dong. Research and design of electric car intelligent charging pile[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(3):393-396.

《机电工程》杂志;http://www.meem.com.cn

(上接第 376 页)

开发开放式数控系统,实现了对进料段内螺纹加工系统的构建,在完成了软件部分的设计和硬件部分连接后,经过调试、生产实践表明,进料段内螺纹加工专用系统与传统车床相比,加工时间能够缩短 2 h 以上,明显提高了加工效率;触摸屏的使用让控制系统人机对话变得更加和谐,其操作更加方便,同时降低了由于按钮、开关等硬件故障导致系统问题的概率。

参考文献 (References):

- [1] 孙 伟,范成岩. 基于变螺距螺纹加工的普通机床改造[J]. 机床与液压,2006,16(1):167-168.
- [2] 陈子银. 数控机床结构原理与应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,2006.
- [3] 崔剑平,赵 振,王秋敏,等. PLC 和触摸屏在控制系统中的应用[J]. 机械工程与自动化,2007(8):160-161.

- [4] 徐 亮,李作武,钟顺金. 基于 PLC 的冲压力控制系统[J]. 兵工自动化,2013,32(4):44-46.
- [5] 袁云龙,袁瑞龙,程 鸿. 基于 PLC 的全自动塑料直尺丝网印刷设备[J]. 机电工程,2012,29(9):1073-1076.
- [6] 余 雷. 变导程螺旋包络运动分析[J]. 江苏机械制造与自动化,2000(1):20-22.
- [7] 鲁智安,杨铁牛,黄李辉,等. 基于 LabVIEW 的双铣刀数控机床控制系统[J]. 机电工程,2012,29(10):1198-1201.
- [8] 松下电工株式会社. NASJ 可编程控制器(FP 系列)FP 硬件技术手册[M]. 松下电工株式会社,1999.
- [9] 松下电工株会社. 松下 PLCMEWTOCL. COM 通信协议[M]. 松下电工株式会社,1999.
- [10] 松下电工株式会社. FP 系列可编程控制器编程手册[M]. 松下电工(中国)有限公司,2004.

[编辑:李 辉]