

基于LabVIEW的双铣刀数控机床控制系统

鲁智安, 杨铁牛*, 黄李辉, 吴厚亚
(五邑大学 机电工程学院, 广东 江门 529020)

摘要: 为解决单铣刀螺杆铣床在加工塑料行业挤出机螺杆时存在效率低的问题, 将采用工业计算机和运动控制卡设计开发开放式数控系统的技术应用于研制高效的双铣刀数控螺杆铣床中。开展了螺杆外形和现有螺杆加工过程的分析, 建立了机床在螺杆加工时各个轴之间的关系, 提出了采用虚拟仪器软件LabVIEW及其motion模块和NI公司的PCI-7390运动控制卡, 设计双铣刀同时加工的专用铣床及其控制系统的方法; 在理论上对双铣刀数控机床的可行性和加工效率进行了评价, 并进行了两把铣刀同时加工螺杆的实验。研究表明, 所研制的双铣刀数控机床不仅实现了两把铣刀的同时加工, 使加工效率提高了10%以上, 加工系统还具有工作界面简单、易懂, 容易上岗操作的优点。

关键词: 螺杆加工; 双铣刀数控机床; LabVIEW

中图分类号: TG54; TH39; TH164 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2012)10-1198-04

Double milling cutters CNC control system based on LabVIEW

LU Zhi-an, YANG Tie-niu, HUANG Li-hui, WU Hou-ya

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuyi University, Jiangmen 529020, China)

Abstract: In order to solve the problems of low efficiency when extruder screw of plastic industry is processed by the single milling cutter machine, the open CNC system technology developed by industrial computer and motion control card was applied to develop efficient double milling cutters CNC machine for screw. After the analysis of screw shape and existing screw machining process, the relationship between each axis to screw processing was established. A method was presented to design a special milling machine that two milling cutters are able to work simultaneously and its control system, by using the virtual instrument software LabVIEW with its motion module and the NI company's PCI-7390 motion control card. The feasibility and processing efficiency of double milling cutters CNC were evaluated on the theory, and machine processing of two milling cutters was tested. The results indicate that the developed double milling cutters CNC machine not only realize two milling cutters are able to process simultaneously and improve the processing efficiency by more than 10%, but also have advantages that the interface of the processing system is simple and understandability, easy to operation.

Key words: screw processing; double millings CNC machine; LabVIEW

0 引言

随着塑料制品在生活中的广泛应用, 塑料机械也得到了不断地发展。在所有的设备中, 挤出机的使用尤为广泛。螺杆作为其核心零件, 其加工质量直接影响挤出机的性能^[1]。挤出机螺杆工作环境恶劣, 它在工作过程中需要承受扭矩、压力、温度和摩擦等, 容易造成损坏。由于其特殊的外形, 螺杆需要专门的加工设备, 这导致很多塑料机械企业无法自行进行加工。

因此市场上螺杆需求量很大。

螺杆常见的加工方法有: 成形铣削法、旋风铣削法、指状铣刀包络铣削法^[2]。现有的机床一般为通用数控铣床, 如研究者采用成型铣削法加工螺杆, 加工过程中只有一把铣刀工作。正常情况下加工一条螺杆需要22 h以上, 螺杆的加工速度满足不了实际生产的要求。为了提高生产效率, 研究者需重新设计机床的结构和控制系统。

在床身刚度校核合格的基础上, 机床的结构设计

收稿日期: 2012-04-09

作者简介: 鲁智安(1987-), 男, 湖北武汉人, 主要从事自动化生产方面的研究。E-mail: wylza@163.com

通信联系人: 杨铁牛, 男, 教授, 博士, 硕士生导师。E-mail: jmnuytn@126.com

主要是对刀架进行重新设计,以保证能够实现同时用两把铣刀进行加工;机床的控制系统采用工业计算机(IPC)、运动控制卡、LabVIEW和NI motion运动控制模块构建。

在机床控制系统的研发中,本研究首先针对一个伺服电机进行控制,并把控制程序做成子程序供整个程序调用;其次,对螺杆的形状和加工过程进行分析,建立螺杆加工中各个轴之间的运动关系,实现各轴电机的配合关系;最后进行系统的结构设计,把各个功能模块连接起来完成系统程序的编制。

1 基于LabVIEW数控系统

LabVIEW是一种程序开发环境,由美国国家仪器(NI)公司研制开发,由于其采用图形化的编程语言,非常适合工程师编程,可以大幅降低编程的难度和时间^[3]。

1.1 数控系统的硬件结构

数控系统需要综合考虑加工环境、应用平台等因素,本研究选用了研华610H型工控机,运动控制卡采用了NI公司的PCI 7390运动控制卡。此外,本研究还选择了安川(YASKAWA)Σ-II SGMG伺服电机及其驱动器(伺服单元)和与PCI 7390对应的MCA 7790Y转接板。其接线如图1所示。

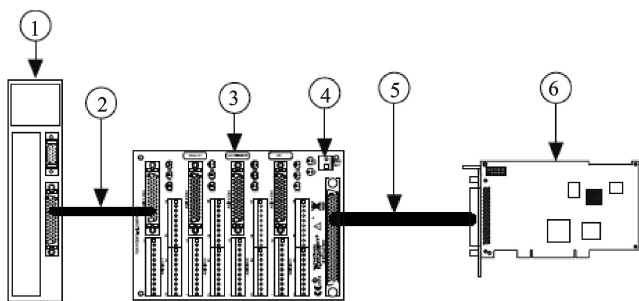


图1 PCI 7390、MCA 7790Y和安川Σ-II SGMG驱动器的连接
1—Yaskawa Sigma II SGMG Drive; 2—50-Pin Cable;
3—NI MCA-7790Y; 4—Power Supply Connection; 5—SCSI
100-Pin Cable; 6—NI PCI-7390

1.2 数控系统的软件要求

PCI 7390运动控制卡为NI公司自行研发生产的产品,它能够直接在装有LabVIEW和motion模块的计算机系统中使用。电脑的操作系统为Windows XP,并安装LabVIEW 8.20或以上版本和NI motion 8.0或以上模块。

1.3 控制系统与机床的连接

机床的控制系统集中安置在机床的控制柜中,控制运动的4个电机安装在机床相应的位置上。机床采用卧式床身,结构和大型的丝杆车床类似,只是把车刀刀架换成了铣刀装置。工件的回转轴称为C轴,控制

大托板运动的轴称为Z轴,控制两把铣刀做进给运动的轴分别称为X1轴和X2轴。在MCA 7790转接板上,C轴对应Axis 1,Z轴对应Axis 2,X1轴对应Axis 3,X2轴对应Axis 4。控制系统与机床连接的关键步骤如下:

(1) 安川(YASKAWA)Σ-II SGMG伺服电机驱动器的设置。电机的驱动方式有速度模式、力矩模式和位置模式3种方式^[4],根据运动控制卡的性能要求,本研究中4个轴全部采用位置控制模式,因此笔者在驱动器设置中选择位置驱动模式;驱动器电子齿轮比影响加工精度和加工速度,研究者需要根据实际的情况进行设置,例如控制工件做回转运动的C轴机械传动比较大,为了保证工件的加工速度,可设置电子齿轮比为8:1,而其余的3个轴在默认的电子齿轮比4:1下能够满足加工要求,因此不作改变;在完成电机的安装之后研究者还需对电机的旋转方向进行设置,这既可以在LabVIEW软件的MAX中设置,也可以在驱动器上进行设置;由于本研究采用的是开环控制,编码器的反馈信号在系统中并没有用到,空闲的编码器反馈信号通道可以用作其他的用途,例如作为电机的速度监视器、作为二级电子齿轮比、外接其他设备等。在该系统中,笔者利用一个铣刀轴的编码器反馈通道外接了一个手持式脉冲发生器。

(2) MCA 7790Y型转接板的接线。MCA 7790Y型转接板上每个轴对应应有30个I/O输入输出,对应编号为1~30号,系统中用到的I/O口有3号+5V输出,4号接地,7号通用输入,8号Home开关,9号反转极限开关和10号正转极限开关。机床上的行程开关、零位开关与MCA 7790Y转接板上的对应的I/O口相连,外接的手摇脉冲发生器与MCA 7790Y转接板上的通用I/O接口相连接。

1.4 螺纹的理论基础

螺杆的螺纹加工部分是以螺旋线方程为理论依据进行编写的。螺旋线的种类很多,有等螺距圆柱螺旋线、变螺距圆柱螺旋线、等螺距圆锥螺旋线、变螺距圆锥螺旋线等等^[5]。在实际的加工中主要是以等螺距圆锥型螺杆和变螺距圆锥型螺杆为加工对象。但是为了简化编程,本研究采用等螺距圆柱螺旋线为模型进行编程。等螺距圆柱螺旋线的每一段螺旋线都是可重复的,如图2所示。

等螺距圆柱螺旋线的方程组^[6-7]为:

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (1)$$

$$z = k \cdot [2\pi + \arctan(y/x)] \quad (2)$$

式中: r —螺旋半径; $k \cdot 2\pi$ —每旋转一周在Z轴上上升的距离; k, r 均为常数。

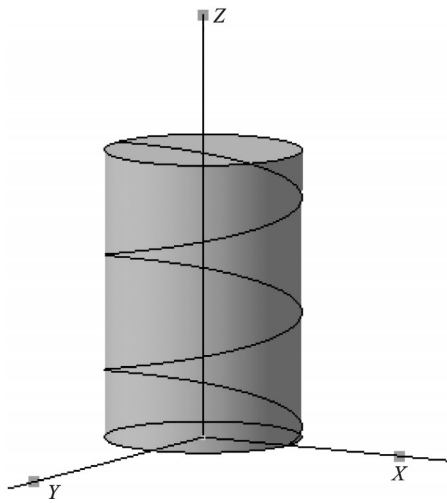


图2 等螺距螺旋线模型

用铣刀加工圆柱形螺旋线时,可以参考车床加工螺纹,在加工过程中工件随主轴做旋转运动,刀具沿工件轴线方向做匀速进给运动。但在实际的螺杆加工中,螺旋线是圆锥螺旋线,也就是每圈的直径是变化的,并且变化是线性的^[7]。所以加工圆锥螺旋线时,刀具也要有一个沿工件径向方向上的匀速进给运动。

在实际的加工中,工件跟着主轴一起旋转,铣刀可以随着拖板沿工件轴向运动,也可以在拖板沿工件的径向运动。当工件旋转一圈时,铣刀沿工件轴向进给一个螺距,沿径向进给一定深度,就可以实现圆锥螺旋线的加工了。因此,只需把主轴的转角与工件轴向和径向的加工距离对应起来就可以实现圆锥螺旋线的加工了。

加工一段等螺距圆锥型螺纹时,设螺纹长为 L ,螺距为 b ,螺槽深度的变化量为 k ,则有: C 主轴转角为 $L \cdot 360^\circ/b$; Z 轴向位移为 L ; X 径向距离为 k 。

2 数控系统的程序编制

双铣头数控系统要实现四轴驱动。为了实现螺杆的加工,研究者需找出这4个轴之间的运动关系,进而在LabVIEW编程环境中编写出相应的控制程序。

程序编制的主要思想是:首先进行模块化功能分割,根据不同的要求单独编制各个功能,把每个功能进行模块化,然后编制程序总体结构,把各个功能模

块串联起来,最后采用循环遍历的方式依次访问各个模块。为了安全起见,各个功能模块只能单独执行,不能同时执行两个或两个以上的功能模块。

2.1 LabVIEW程序的规划

LabVIEW是一种图形化的编程语言,广泛地应用于工业领域,特别是在测量、测试方面。它编写的程序包含两个部分:前面板和程序框图。前面板主要是用于数据显示和功能操作;程序框图则主要用于程序的编写^[8]。

2.2 单轴控制程序设计

由于4个轴采用的是型号相同功率不同的伺服电机,研究者可以把单个电机的控制程序制作成一个子VI(子程序)供所有的轴使用。这样可以大大节约编程的时间,有利于程序的简化。在编写数控双铣头机床的控制系统时,研究者首先需完成一个轴的控制。单轴控制的程序框图如图3所示。

由于螺杆的铣削成型过程是一个粗加工过程,要求的加工精度不是很高^[9],本研究选用了相对经济的运动控制卡PCI-7390作为控制核心。在图3中可以看到,单个轴的运动采用的是绝对位置和开环控制模式,这是由PCI-7390运动控制卡的性能决定的。

在这个子VI中有3个参数是可以改变的:① Axis轴的选择,由于运动控制卡的限制,只能选择1~4号轴;② Position位置的输入,相对于绝对零点的位置,单位是pulse;③ Velocity速度的输入,速度只能为正值,单位为pulse/s。这3个变量在各轴分别调用时可以完成4个轴的控制,位置和速度值根据实际情况进行设置或者输入。

2.3 程序的主体结构

在完成了单个轴控制程序的编写之后,本研究进行系统程序的编制。系统程序的编制包括系统整体结构、各个功能模块的编制、外接信号的引入与读取、系统的安全性等等^[10]。在这些内容之中螺纹的加工功能模块最为核心,它是实现整个系统功能的保证,关系到螺杆加工质量的好坏。

程序的主体结构采用顺序结构,从上到下依次执行。每次开始运行程序时首先进行初始化,保证系统

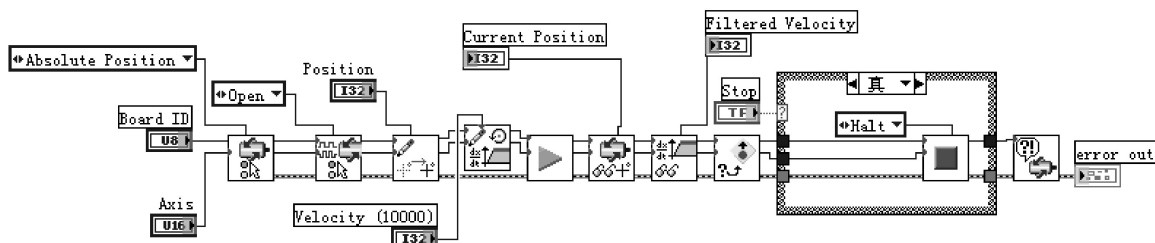


图3 单轴控制的程序框图

的稳定运行。然后程序进入一系列的判断选择结构,例如当快速返回功能被选中时,执行快速返回功能,执行完成或终止时返回到下一个选择结构;没有选中时程序往下执行下一个功能模块的判断。当程序执行到退出系统判断结构时,如果为“真”就执行退出程序,如果为“假”就返回到快速返回功能选择结构。这样程序就不断地对各个功能模块进行判断和执行,实现了系统的加工功能。由于是顺序执行,在程序运行的过程中只能执行一个功能模块,能够大大降低实际加工中的误操作。

3 结束语

本研究通过工业计算机、LabVIEW 和运动控制卡完成了对数控双铣头机床控制系统的构建,在完成了数控双铣头机床控制系统程序编制后,经过安装、调试,两把铣刀可以用一把铣刀加工,也可以同时加工。经过实际的加工验证,用两把铣刀加工时与现有的单铣头数控铣床相比,能够缩短加工时间2 h左右,明显提高了加工效率;而且加工系统的工作界面简单、易懂,容易上岗操作。经过一段时间的加工后,也暴露出了很多有待改进的地方,例如两把铣刀加工的最大范围偏小、螺距变化函数适应性不广等。

参考文献(References):

- [1] 毕超,曹利,李翱,等. 平行双螺杆挤出机的螺杆几何学[J]. 塑料,2011(4):81-83.
- [2] 陈永广. 基于IPC的螺杆双铣刀专用数控系统的开发[D]. 江门:五邑大学机电工程学院,2010.
- [3] 徐茂东,郑对元,肖武. Labview 8.5 常用功能与编程实例精讲[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [4] 王成元,夏加宽,孙宜标. 现在电机控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [5] 李珊. 变螺距变槽深变槽宽螺杆的数学模型分析[J]. 机电工程技术,2009,38(5):29-30.
- [6] 章尽莹. 螺杆的内旋包络铣削法及其数控加工的数学建模[J]. 机械研究与应用,2005,18(5):56-58.
- [7] 周春雷. 包络法加工复杂曲面中刀具通用几何模型研究[J]. 机电工程技术,2010,39(10):80-81.
- [8] 余雷. 变螺距螺旋包络运动分析[J]. 江苏机械制造与自动化,2000(1):20-22.
- [9] 陈树学,刘萱. LabVIEW 宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
- [10] 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(1):167-168.
- [11] 徐志鹏. 一种基于运动控制卡的数控专用机床[J]. 微计算机信息,2008(16):188-189.

[编辑:李辉]

(上接第1190页)

设计及其测控系统控制方式的可行性,说明了利用虚拟仪器技术开发轮毂电机测试试验台的测控系统具有方便、快速等优点。研究者根据试验数据的分析结果可以方便地在LabVIEW上实时调整控制策略,而LabVIEW与Matlab等仿真软件之间有很强的兼容性,可以建立完整的建模-仿真-试验开发途径。同时该试验台作为开发平台,便于扩展,是一个开放式试验系统。

参考文献(References):

- [1] 钱立军,赵韩,高立新. 电动汽车开发的关键技术及技术路线[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2002,25(1):14-18.
- [2] 柴陆路,刘洲辉,罗寥. 轮毂电机式纯电动汽车平台的建立[J]. 汽车工程师,2009(9):28-30.
- [3] 张希明,陈立铭,倪光正. 一种基于TMS320F2812的电动汽车电驱动系统[J]. 机电工程,2008,25(3):61-63.
- [4] 何洪文,余晓江,孙逢春,等. 电动汽车电机驱动系统动力特性分析[J]. 中国电机工程学报,2006,26(6):136-139.

- [5] 王婷. 混合动力电动汽车控制策略的优化研究[D]. 北京:北京交通大学运输自动化研究所,2009.
- [6] 陈庆樟,何仁. 汽车再生制动系统电机制动力分配[J]. 江苏大学学报,2008,29(5):394-397.
- [7] 赵会强. 电动汽车制动能量回收试验台技术研究[D]. 西安:长安大学汽车学院,2007:3-7.
- [8] 蒋新文,张宁,杨三序. 基于虚拟仪器技术的测控系统[J]. 微型计算机信息,2007,23(12-1):30-31.
- [9] 董铸荣,梁松峰,贺萍. 基于虚拟仪器的汽车变速器计算机测控系统的设计[J]. 微型计算机信息,2012,28(4):31-33.
- [9] 王子瑞,孙敬敬,王林. 基于LabVIEW虚拟仪器的双通道信号采集与分析系统设计[J]. 机电工程技术,2011,40(8):42-45.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T18488. 2-2006 电动汽车用电机及其控制器第2部分试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2007.

[编辑:张翔]