

旋转锉数控刃磨系统

张 健

(中国兵器工业第五八研究所,四川 绵阳 621000)

摘要:通过分析五坐标磨床的机械结构,建立了旋转锉刀刃曲线的运动模型,设计了一种基于IPC和运动控制卡的硬件结构,开发了加工旋转锉的软件,实现了旋转锉的数控刃磨加工。

关键词:旋转锉;数学模型;数控刃磨

中图分类号: TG717

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2012)09-0085-02

旋转锉是轮廓外形特殊的复杂回转面刀具,有圆柱形、圆柱球头、圆锥形、圆锥球头、圆弧形、圆弧球头等^[1-2],其刀刃曲线为螺旋线,加工比较复杂,需要用到五轴联动。传统的数控系统中不提供和旋转锉工艺相关的联动指令,要想实现数控加工,只能依靠外部软件来生成加工程序,导入到数控系统中进行加工,但旋转锉品种规格多,调试加工过程又比较繁琐,需要不断地修改程序,所以这种方式不仅调试速度慢,而且不能推广应用。本文研究了旋转锉刀刃曲线的成型原理,结合特定的机床结构,将旋转锉的加工工艺嵌入到数控系统中,以输入参数的形式来调试加工,很好地解决了旋转锉数控加工的难题。

1 五坐标磨床结构

如图1,五坐标磨床包括 X, Y, Z 个直线轴, A, B, C 三个旋转轴。其中, A 轴用于装夹工件,并在加工过程中带动工件旋转,同时与 X 轴联动,起到形成螺旋线和分度的作用; B 轴装配磨头,用于装夹加工用的砂轮,并在加工球头的过程中摆动以改变螺旋角; C 轴是旋转工作台,在加工过程中旋转,以形成圆弧类型刀刃曲线的廓形; X, Y 轴主要起到进刀和退刀的作用,并参与旋转过程中的平移,保证磨削点始终在砂轮的最高点。

2 旋转锉刀刃曲线刃磨运动模型

以国家标准 GB/T 9217—2005 中规定的C型(圆柱球头型)旋转锉(如图2)球头部分为例,说明旋转锉刀刃曲线刃磨运动模型的建立过程。

对于旋转锉的球头部分,其刀刃曲线是球面螺旋线,通过分析其齿底曲线(图3中虚线)应为椭球曲线。笔者采用拟和的办法,把齿底曲线近似分解为大圆和小圆两部分。因此,球面螺旋线的形成应该是在 XOY 平面内,工件是绕圆弧

的圆心转动和绕自身轴线转动的合成运动。如图3,以旋转锉的球头圆心 O 为原点建立直角坐标系,给出圆弧的起点坐标、终点坐标和圆心,便可计算出圆弧的插补数据^[3]。由于拟和圆弧的圆心(O_1)不一定和 C 轴的旋转中心(O_3)重合,所以需要直线轴的平移来配合。

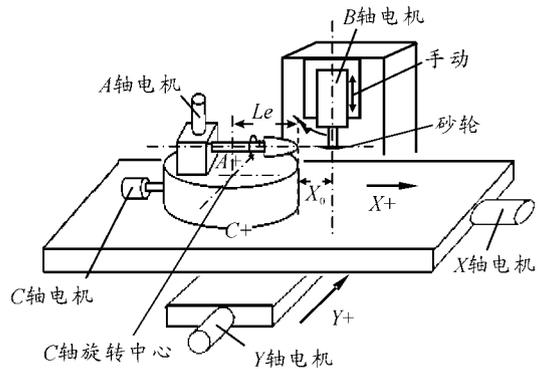


图1 五坐标磨床结构

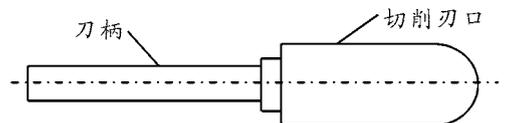


图2 圆柱球头型旋转锉

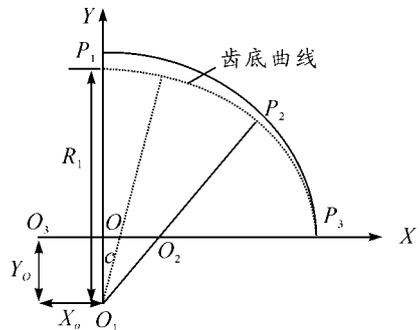


图3 旋转锉球头模型

$$X = - (X_0 * (1 - \cos(C)) - (R_1 + Y_0) * \sin(C)) \quad (1)$$

$$Y = - R_1 - (Y_0 + X_0 * \sin(C) - X_0 * \cos(C)) \quad (2)$$

$$A = 180 * \tan(B) * \tan(C) / \pi \quad (3)$$

其中:PI为圆周率;X为X轴运动坐标数据(mm);Y为Y轴运动坐标数据(mm);A为A轴运动坐标数据(角度);B为工件螺旋角度(角度);C为C轴运动坐标数据(角度);X₀为C轴旋转中心相对于拟合圆心在X方向的距离(带符号)(mm);Y₀为C轴旋转中心相对于拟合圆心在Y方向的距离(带符号)(mm);R₁为大圆弧半径(mm)。

3 系统硬件设计

如上所述,旋转锉数控刀磨系统应有以下功能:①控制5轴运动;②旋转锉参数解析及后置处理;③多轴联动插补运算;④数据粗、精插补;⑤各运动轴坐标及系统状态显示。根据上述功能要求,笔者采用了上位机IPC,下位机DSP+FPGA为核心的运动控制卡的架构,其结构框图如图4所示。上位机IPC抗干扰能力强,在此平台上编程简单,主要实现人机界面、参数管理、旋转锉参数解析和粗插补运算等功能。下位机主要实现各轴位置进给、旋转锉加工数据精插补、速度控制、PWM波形检测、I/O状态检测、回零控制、中断控制等功能。主从机之间通过PCI04总线通讯,能够保证数据准确、快速的发送和接收。主机IPC采用586以上工控机,并结合自主研发的运动控制卡,能够保证系统稳定运行^[4]。机床进给轴全部采用交流伺服驱动,能够充分保证机床的进给精度。

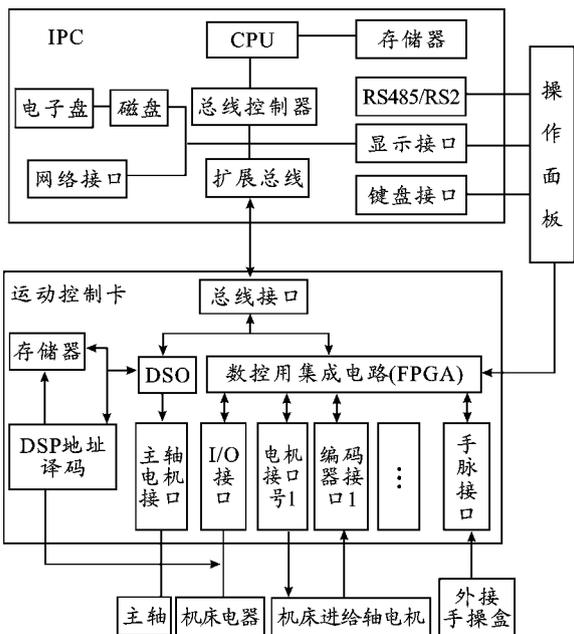


图4 硬件结构框图

4 系统软件设计

通过对旋转锉刀刃曲线运动模型的分析,结合五坐标磨床的机械结构,开发出相应的参数化编程软件。软件的主要

开发内容包括2个方面,其一是开发旋转锉工艺参数输入界面,其二是根据工艺参数自动生成加工数据,并嵌入到系统内部。系统采用粗、精插补算法,软件粗插补由主机IPC完成,其主要任务是对旋转锉解析,将复杂的公式转换成加工用的微直线段,形成数据队列;系统的精插补由从机系统FPGA实现,其主要任务是接收主机的粗插补数据,通过插补算法,形成脉冲列,输出到外部执行机构。这种插补运算方法充分保证了数据的插补精度和速度。系统软件设计的难点在加工数据的自动解析,笔者根据旋转锉刀刃曲线的刃磨运动模型,结合五坐标磨床的机械结构,推导出加工旋转锉的工艺数据公式,采用C++语言在主机IPC上编程,实现软件的粗插补和工艺过程控制。图5是整个系统软件控制流程。

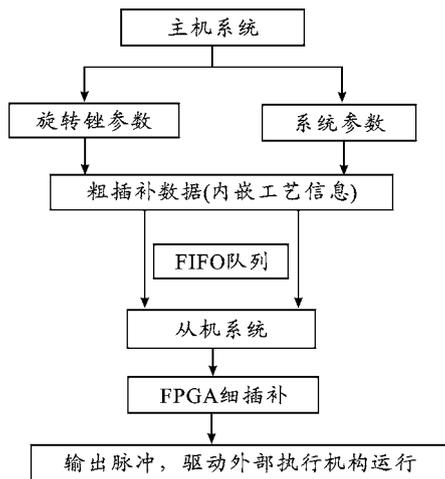


图5 软件控制流程

旋转锉参数输入界面是直接面向用户的,笔者在设计这一部分时,采用了图形显示和文字标注的形式,给用户一种直观的感觉。每一种旋转锉都有两页输入界面,分别是尺寸参数和工艺参数。尺寸参数设置旋转锉的加工尺寸,包括直径、长度、球头半径等参数;工艺参数设置旋转锉的进刀速度、加工速度、退刀速度,根据需要设置加工的总齿数、起始齿数和结束齿数,界面友好,工艺参数设计灵活。图6是C型(圆柱球头型)旋转锉的参数输入界面。

C:球头圆柱旋转锉			
工件尺寸		大端直径d	加工总长L
起始位置		距离L ₁	距离L ₂ 距离L ₃ 工件装夹微调:
加工要求	进刀速度:	加工速度:	返程速度:
	总齿数:	起始齿数:	结束齿数:
	顶部组数:	螺旋角度:	禁止摆轴:
其他控制	主轴控制: 0-停止, 1-正转	冷却液控制: 0-关闭, 1-开启	齿形选择: 0-右硬齿, 1-左硬齿

图6 C型参数输入界面