基于力士乐系统的偏心轴外圆磨床程序设计

秦川机床工具集团股份公司　（陕西宝鸡　721009）　肖引娣　赵福生　谢晶晶

摘要：从目前国内对偏心轴外圆磨床的市场需求出发，设计了基于力士乐MTX系统的偏心轴外圆磨床的磨削软件，通过系统轴砂轮架进给轴和头架回转轴耦合关系的建立，实现了随动法磨削，保证了磨削效率和磨削精度。

1. 机床及数控系统介绍

偏心轴外圆磨床为卧式结构布局，类似于砂轮架运动的高精度外圆磨床。主运动有砂轮架走刀Z轴、砂轮架进给X轴、头架回转C轴以及砂轮主轴S回转等。其磨削过程采用砂轮架进给X轴跟随头架回转C轴的随动磨削法来完成。

数控系统选用力士乐MTX-L65数字伺服控制系统，比普通模拟量伺服系统精度更高、运算速度更快、抗干扰能力更强。机床操作系统（PC）可以实时与数控系统（NC）通信，PC机选用大容量硬盘，方便用户信息存储。系统软件IndraWorks是MTX数控系统软件总成，主要由IndraWorks Engineering软件、IndraLogic软件、WinStudio软件和Operation软件组成。

2. 加工程序的设计

偏心轴磨床加工程序的主要模块及过程如图1所示。

偏心轴磨床的加工程序流程图如图2所示。

3. 耦合关系的建立及实现

轴耦合的实现是整个磨削程序最为关键的部分，因为X轴和C轴的联动直接影响着偏心轴的加工精度。本文采用系统轴耦合实现X轴和C轴的联动。

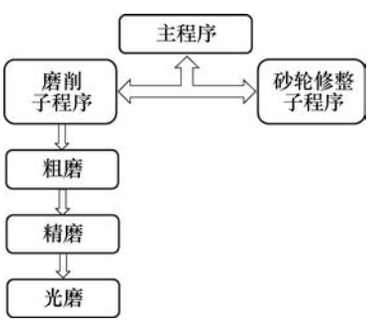

图1　加工程序模块图

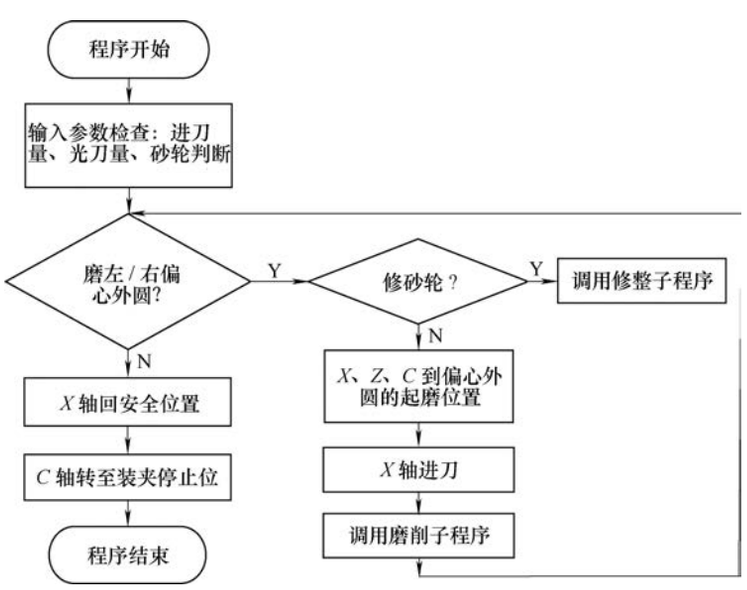

图2　加工程序流程图

（1）耦合关系的建立。图3所示为偏心轴磨削示意图，e为偏心量，R为工件半径和砂轮半径之和，ϕ为C轴相对于起始耦合位置的转角，建立如下耦合关系

$$X = e\cos\Phi + R\sqrt{1-(\frac{e\sin\Phi}{R})^2}$$

（2）采用表耦合。耦合表用于坐标耦合及轴耦合，耦合表中包含两个位置之间的耦合关系。耦合功能在表中通过成对的插补点（*pmi*，*fi*）（*i*=1,…,*n*）来定义。使用表耦合可显示出主动轴和从动轴之间的非线性耦合关系，为主动轴*C*轴(Master[m])指定一个单独的耦合表（.fct），将此表写入“SysAxCoupleCmd[X%].Master[m].Tab”。

耦合表具有以下结构：

#1 <Type of interpolation of the interpolation points>；1线性；3三次样条

#11 <Unit pmi values>；-3mm；-2cm；-1dm；0m；1英寸；2度；3rad

#12 <Unit of the fi values>；-3mm；-2cm；-1dm；0m；1英寸；2度；3rad

#20<Periodic>；0非周期性；1周期性

#32<Leading axis velocity limitation>；1完全限制；0不完全限制

#100<pm1><f1>；插补点对1

#100<pm1><f1>；插补点对2

…

#100<pmn><fn>；插补点对*n*

下面是实际工程中建立的部分耦合表（*C*轴耦合分度为0.5°，由于是从高点开始对刀耦合的，所以转到180°时*X*轴进给量为偏心量的2倍）：

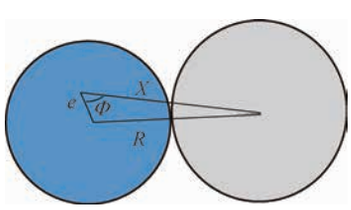

图3 耦合模型示意图

#1 3

#11 2

#12 -3

#20 1

#100 0.0000 0.0000

#100 0.5000 -0.0001

#100 1.0000 -0.0003

…

#100 180.0000 -4.4000

…

#100 359.0000 -0.0003

#100 359.5000 -0.0001

#100 360.0000 0.0000

由于砂轮半径是实时变化的，所以根据耦合公式计算得到的*X*轴进给量也是实时变化的，这就需要实时更新耦合表，这个在实际操作中很难保证。根据数据分析，实际中将砂轮半径按10mm分为一档，同一档内采用共同的耦合表进行耦合。考虑到表耦合的一些缺陷，最后又进行了公式耦合的试验。

（3）采用公式耦合。使用数学公式描述的运动和几何补偿可直接指定系统轴耦合的公式，将公式写入系统数据“SD.SysAxCoupleCmd[axis].Formula”，公式的结果为从动轴参考值。使用系统数据“SD.SysAxCoupleCmd[axis].Formula”定义单个参考值，单个参考值包含主动轴位置的缩放、移动和偏移等。下面为程序中建立的公式，其中，“AC”为从动轴的插补值（轴坐标）；“L1”为主动轴*C*轴的参考值：

R1$=STR$(“##.##”,@_R!(1))；（@_R!(1)为偏心量）

RAD$=STR$(“###.####”@RAD!)；（@RAD!为砂轮半径与偏心外圆半径之和）

FORMULA$=”AC+”+R1$+”*COS(L1)+”+RAD$+”

*SQRT(1-SQR(“+R1$+”*SIN(L1)/”

+RAD$+”))-”+RAD$+”-”+R1$

SD.SysAxCoupleCmd[X%].Formula=FORMULA$

（4）耦合程序流程如图4所示。

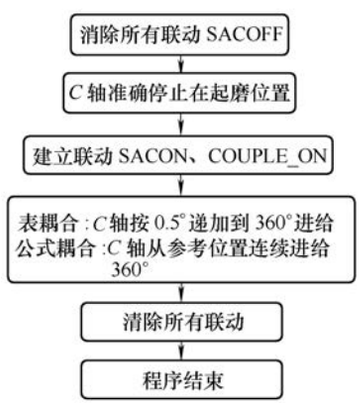

图4 耦合程序流程

4. 结语

经过长时间的试验、试磨以及批量加工，圆度稳定在1μm左右，尺寸公差带保证在0.004mm以内，偏心相位误差不大于2'，表面粗糙度值R_a＜0.2μm。

高效高精度偏心轴外圆磨床的研制成功，必将改变我国工业机器人关节减速器中核心零件完全依赖进口、受制于人的局面，满足国家重大装备发展需求和市场需求，并可给企业和社会创造可观的经济价值。

参考文献：

[1] 曹彦飞. 全数控凸轮轴磨床磨削软件研究与设计[D]. 长沙：湖南大学电气与信息工程学院，2006.

MW（收稿日期：20160320）