

大型机床热误差检测及建模*

章婷^{1,2}

(1.南京工程学院 机械学院,江苏 南京 211167;2.南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016)

【摘要】以大型机床热误差补偿为研究目标、以大型龙门机床为研究对象,开发了温度热误差检测系统,实测了机床的热误差和温度场,并利用热误差及温度变量间的相关性,选取了建模温度变量,采用多元回归,建立了Z向热误差模型,并预测了后续热误差的变化。预测结果有效地将热误差带宽从60 μm降为18 μm,有效证明预测的可行性。

【关键词】机床;检测;建模

【中图分类号】TG659 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2011)03-0034-02

1 引言

从20世纪90年代中期开始,综合高速、高可靠性的复合型超精密数控机床受到了高度重视,成为数控机床发展的一个新趋势,同时也是衡量一个国家制造水平的重要标志。目前,国内对高端精密机床的研究基本处于实验室阶段。国产的数控加工中心特别是大型加工中心基本是一般精度的,缺乏误差补偿系统,在技术上与国外有较大差距^[1-3]。

研究表明,热误差是影响机床精度的主要因素之一,占整个误差总量45%,减少热误差是提高加工精度的关键。热误差控制有两种方法:误差防止和误差补偿。前者通过改进结构、提高制造精度和热稳定性尽可能消除热误差源,其主要技术为:降低热源、控制热流和热鲁棒结构设计。该方法经济成本高,且存在着现有加工能力不足及无法克服外界环境干扰等问题。热误差补偿采用“软技术”,人为设置新的误差去抵消或削弱原始误差,是一项经济效益显著且实用高效的精度控制手段,现已成为现代精密工程的重要发展方向之一。

为提高大型机床精度、研究大型机床热误差补偿技术,文章以某大型镗铣复合龙门加工中心为研究平台,采用自行开发的检测系统检测了机床主轴热误差和机床温度场,并建立了热误差模型。

2 实验检测原理

实验采用高精度数据采集卡和高速、高精度数字位移传感器等构建温度与热误差检测硬件系统,并基于虚拟仪器LabVIEW平台开发了温度与热误差检测软件系统。信号采集系统原理如图1。

传感器将温度和热误差信号变换为微电流信号,经信号调理、滤波处理后转换成数据采集卡所要求的电压信号,数据采集卡通过模数转换再将电压信号转换成计算机可接受的数字量信号,通过在

LabVIEW平台下开发的软件系统,实时显示和存储温度和热误差数据,检测系统软件界面如图2。

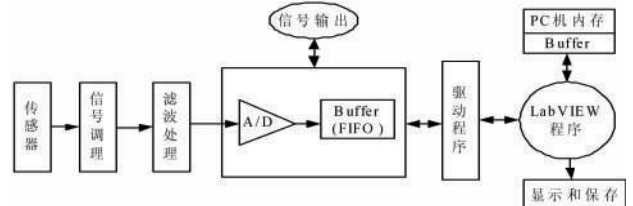


图1 信号采集系统检测原理图

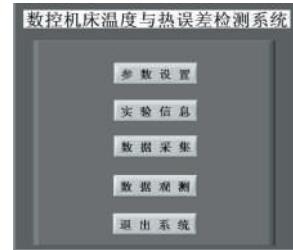


图2 温度与热误差检测软件系统主界面

3 实验设置

3.1 实验平台选取

实验平台为某大型镗铣复合龙门加工中心,该机床由床身、拖板、回转工作台、底座、立柱、横梁、滑枕等构成动门立式总体布局,为高刚性结构。

3.2 传感器布置

实验采用3个涡电流位移传感器采集机床主轴热误差状况。考虑到主轴热误差检测具有一定的难度,实验将自制的芯棒安装于主轴刀柄处,用芯棒三向热误差替代主轴热误差值。传感器测点示意如图3。

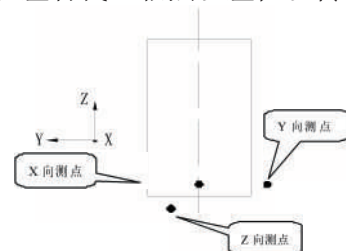


图3 位移传感器测点分布示意图

收稿日期:2011-07-15

*基金项目:本文受南京工程学院校级科研青年基金项目资助(项目编号:QKJC2009001)。

作者简介:章婷(1979-),女,江苏南京人,讲师,南京航空航天大学在职研究生。研究方向:机床精度。

为避免温度传感器导线在机床运动时出现缠绕,实验避开了直接检测带旋转运动的高热源部位,尽可能将温度传感器布置在机床发热较大部分或其附近。针对机床结构庞大、热源分散、部分结构具有对称性等特点,实验在两立柱对应位置分别布置六个温度传感器,以便于分析比较两侧立柱的温度场一致性;考虑到采用电主轴,滑枕内部无发热部件,该部分布点较少。

实验共采用24个温度传感器,编号从T1开始,至T24结束。温度传感器布置如下:

(1)左右立柱部位温度传感器分布

电机:T7、T1,电机输出轴附近:T9、T3,丝杠上下轴承座:T10、T8、T4、T17,丝杠螺母:T11、T5,导轨:T12、T6。

(2)滑枕部位温度传感器分布

电机:T13,电机轴承座:T14,导轨:T15

(3)横梁部位温度传感器分布

电机:T16,轴承座:T2、T18,导轨:T19、T20,丝杠螺母:T21

(4)其他部位温度传感器分布

主轴法兰:T22,冷却液输入管:T23,环境温度:T24。

温度布点实验现场如图4。



图4 实验现场图

3.3 实验条件设置

实验分上下午进行,每天采集两次数据。上午实验前将机床预热0.5小时,中午停机2小时,下午继续进行采集实验。实验时,主轴转速和进给速度设置基本同机床的实际工况一致,以保证实验更接近实际加工状况。实验初始,定义机床主轴位于初始位置(即原点),设置位移传感器相对芯棒X、Y、Z三向的检测值为位移初值。考虑到机床实际加工

中X向运动较少,实验设置了W1、W2、Y、Z同时进给。主轴转速3000r/min,W轴进给速度800mm/min,Z、Y轴进给速度均为1000mm/min。整个实验过程中,冷却系统持续工作。

4 热误差建模预测

从采集数据看,机床Z向热误差最大,应为补偿重点,现已Z向热误差为例,进行建模预测。利用某日下午采集的实验数据,以0.91为阈值,温度变量同热误差的相关性,从24个温度测点中选出8个测点用于建模^[4,5,6]。用基于最小二乘的多元线性回归建模,建立Z向热误差模型为:

$$\Delta Z = 11.022 - 0.658 \Delta T_3 - 1.478 \Delta T_7 - 5.180 \Delta T_{11} + 19.220 \Delta T_{12} + 0.9037 \Delta T_{17} - 0.360 \Delta T_{18} - 12.150 \Delta T_{22} + 8.159 \Delta T_{23}$$

模型中的 ΔT 为实测温度同温度初值的差值,热误差采集值、模型拟合值及残差值如图5。利用所建立的模型,预测次日上午Z向热误差值,预测结果如图6。从预测图可以看出,轴向热误差带宽从60 μ 经预测补偿后降为18 μ ,热误差减小了约70%。

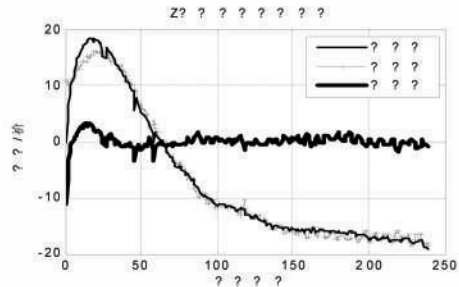


图5 热误差拟合曲线

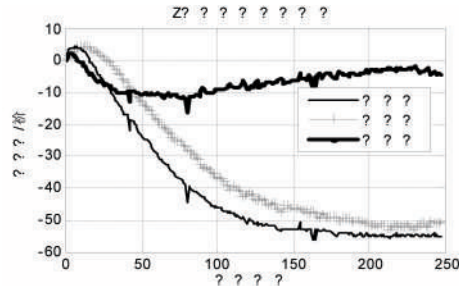


图6 热误差预测曲线

5 结论

本文针对大型机床精度不高的特点,以热误差补偿为目标,利用开发的硬软件测试系统,实测了大型龙门复合机床的温度场和主轴三向热误差,分析了机床温度场分布状况及热误差,并建立了热误差离线模型,预测后续热误差状况。

Study on Lightning Protection for 500 kV Transmission Line in High Altitude Area

ZHAO Yong-zhen, HUANG Min

(School of Engineering and Technology, Xichang College, Xichang, Sichuan 615013)

Abstract: According to the analysis of lightning trip data of three 500 kV transmission lines between Ertan hydropower station and Puti switch station in 4 years from 2007 to 2010, aiming at various aspects of characteristics of trip frequency, trip section and corresponding terrain feature of transmission lines between Ertan and Puti, this paper presents some suggestions on improving the level of lightning protection in specific sections with big density of ground flash. This paper provides some references for power departments to improve the lightning protection of transmission lines.

Key words: 500 kV transmission line; Lightning trip; Ground flash density; Lightning protection

(上接35页)

注释及参考文献:

- [1]刘强,陈静,吴文镜,等.高性能数控机床几项关键设计技术的研究应用进展[J].航空制造技术,2009,(5):42-45.
- [2]Bryan,J.B.International status of thermal error research[C].Annals of CIRP,1990,39(2):645-656.
- [3]Ferreira,P.M.,Liu,C.R.A method for estimating and compensating quasistatic errors of machine tools[J].Journal of Engineering for Industry,1993,115(1):149-159.
- [4]杨建国,邓卫国,任永强,等.机床热补偿中温度变量分组优化建模[J].中国机械工程,2004,15(6):478-480.
- [5]张奕群,李书和,张国雄.机床热误差建模中温度测点选择方法研究[J].航空精密制造技术,1996,32(6):37-39.
- [6]沈金华,赵海涛,张宏韬,等.数控机床热补偿中温度变量的选择与建模[J].上海交通大学报,2006,40(2):181-184.

Thermal Error Measuring and Modeling of Large Machine Tool

ZHANG Ting^{1,2}

(1.Department of Mechanical Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 211167;

2.College of Mechanical and Electrical Engineering,

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, Jiangsu 210016)

Abstract: On the platform of large gantry machine tool, temperature and thermal error measuring system was developed with the aim to compensate thermal error of large machine tool. Then thermal error and temperature field were measured and temperature variables for modeling were selected based on the analysis of correlation between thermal errors and temperatures. Finally, thermal error model of Z direction was set up with multi-variable regression and the subsequent thermal error variation was predicted with the model. The results show that the model can effectively reduce thermal error from 60 μm to 18 μm . Thus the feasibility of the model is verified.

Key words: Machine tool; Measuring; Modeling