

SIEMENS系统温度补偿功能在铣镗机床上的应用

■ 中捷机床有限公司 （辽宁 110142） 严昊明

摘要：数控铣镗机床在工作过程中，主轴高速旋转产生的热能将引起主轴热变形，而与之连接的机械部件会受到这些热量的影响产生机械变形，从而影响机床精度。本文介绍了应用SIEMENS高级系统840dsl提供的温度补偿功能，对主轴变形量进行补偿，极大的提高了机床的加工精度，在实际应用中取得了较好的效果。

高速高精度切削是当今机械加工技术极为重要的发展方向，当机床高速工作时，一些部件比如主轴和驱动电动机等会产生大量热量，而与之连接的机械部件会受到这些热量的影响产生机械变形，从而影响到机床的精度，变形量受温度的高低和这些机械部件热效应参数影响。对一些精度要求高的机床需要对这些温度变形进行补偿，即温度补偿。SIEMENS系统提供了一种温度补偿功能，可实现对温度变化实时进行坐标值补偿，提高机床精度，该功能与螺距误差补偿、悬垂补偿等误差补偿功能重叠输出。

1. SIEMENS系统温度补偿原理

在数控机床上应用此功能具体步骤是：对数控机床进行热特性有限元分析，选择温度传感器位置；根据SIEMENS提供的功能选用温补补偿方案；进行硬件和软件设计，采集温度值，通过

PLC编程计算实时补偿值，带入数控系统进行补偿。

SIEMENS 840dsl系统提供两种温度补偿方法，一种是与位置有关的补偿，当温度升高时，轴的不同位置补偿值不同，大部分非刀具轴的温度补偿都是这样。另一种是温度补偿值与轴的实际位置值无关，例如刀具轴（Z轴或者W轴）。

温度补偿的方式通过轴参数MD 32750 TEMP_COMP_TYPE来选择。等于0，温度补偿无效；Bit0等于1，与位置无关的温度补偿生效；Bit1等于1，与位置有关的温度补偿生效；Bit2等于1，温度补偿仅在刀具方向有效。

在温度补偿中，随着温度值的变化，轴的变形量不一样，即使在同一温度下，轴的位置不同变形量也不一样，在温度补偿中，需要外接一个温度传感器（比如PT100，有时一些大型的机床需要接多个传感器），传感器接到PLC的模拟输入模板，在

PLC程序中通过访问模拟输入的值得到要检测部位的温度值。

在840dsl系统里的三个数据设定：SD 43900 TEMP_COMP_ABS_VALUE，补偿轴在初始位置的温度变形值 E_0 ；SD 43910 TEMP_COMP_SLOPE，补偿轴在当前温度下的轴变形比率 K ；SD 43920 TEMP_COMP_REF_POSITION，补偿轴的初始位置，即初始温度处位置 P_0 。

补偿轴在不同的温度下有不同的误差曲线，在实际检测中可以分段得出几个曲线，未测量的温度值可通过插补方法计算，将新的 K 值送入参数SD43910，延长直线到一点，该点的 P_0 和 E_0 值都一样。一般情况下轴的参考点设置在轴端，该点补偿值常常为零，这样当温度改变时，只要根据新的温度计算出对应 K 值送到NCK即可。

2. 在铣镗机床上的实现

（1）硬件设计：采用欧姆龙PT100型热敏电阻，安装在机

床靠近轴承处, 采样温度更接近发热膨胀的“机温”。I/O接口模块采用西门子S7-300型PLC两通道12位A/D转换器, 将电阻温度传感器采样的模拟量温度信号转换成数字量, 送到840dsl的NC-PLC接口, 以便PLC程序做运算处理。

铂电阻温度传感器PT100测量范围为 $-50^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$, 适用于机床的使用环境温度为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 。PT100的电阻随着温度变化而线性变化, 通过传感器回路产生线性输入电压, 然后西门子S7-300的A/D传感器将其转换成数字量, PLC程序定时读入采样温度值, 并利用公式计算出补偿值, 周期性送到NCK刷新温度补偿值。

(2) 软件设计: 首先计算测点温度值 T 所提供的机床变形量, 再计算 m 个温度测点提供的机床变形量 Z , 最终将测量温度的变化量 $(T_{\max}-T_0)$ 和变形量 $(Z_{\max}-Z_0)$, 带入公式

$$K = (T_n - T_0) \times (Z_{\max} - Z_0) / (T_{\max} - T_0)$$

可以得出机床热变化量 K , 并利用温度补偿功能接口将计算量写入参数SD43910中, 进行相应补偿。

(3) PLC编程实例: 此程序使用 P_T 型热电阻模块进行测量, 采用单通道设计处理。用Ncvar选择软件选择与温度有关的三个设定数据, 生成地址DB块的源文件, 本例中使用DB130, 在PLC程序中插入编译后的源文件, 打开生成的DB块, 编写补偿数据的子程序FC70, 用到中间变量MW200~MW214, 定时器T1,

程序请扫描附图所示二维码进行浏览。



程序二维码

3. 试验数据及分析

程序选用沈阳机床集团生产的数控镗铣机床TK6513进行测试, 补偿轴为W轴, 应用两个热敏电阻分别测量当前主轴箱温度变化并取平均值, 计算W轴伸出变化量, 带入公式求出W轴随温度变化值 K , 带入系统中并再次测量W轴的伸出变化量。

补偿前, 测得数据如表1所示, 将 K 输入系统。补偿后, 系统的温度补偿功能生效后, 观察W轴伸长量测得数据如表2。

表1 补偿前温度与伸长量对应关系

当前温度/ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta Z/\mu\text{m}$
29.2	3
29.8	15
30.4	20
31	30
31.6	40
32.1	45
32.5	47
32.9	50

表2 补偿后温度与伸长量对应关系

当前温度/ $^{\circ}\text{C}$	W轴伸长量/ μm
25.6	1
25.9	3
26.9	4
27.4	4
28.0	5
28.2	7
28.4	6
28.7	8

经多组实验数据分析验证,

在该应用中, 实时监测当前温度 T_n , 如果在所建立的模型范围内, 补偿生效, 否则补偿按最低限或最高限进行补偿。

4. 结语

应用SIEMENS数控系统提供的温度补偿功能, 结合数控镗铣机床的特点, 将数控系统中的环境温度变量替代原有的固定比率值, 很好地解决了在非恒温车间使用数控镗铣机床, 主轴镗杆W轴热变形产生的加工误差问题。数控机床热变形的因素很多, 且而相互联系。因此在解决问题时应全面综合考虑, 多种措施并举才能有效补偿机床的热变形误差, 从而提高加工精度。

参考文献:

- [1] 倪军. 数控机床误差补偿研究的回顾及展望[J]. 中国机械工程, 1997 (1): 29-33.
- [2] Wen-Che L U, Cai M F. Application of SIEMENS840dsl DRF Function[J]. Machine Building & Automation, 2014.
- [3] 李书和. 数控机床误差补偿的研究[D]. 天津: 天津大学, 1996.
- [4] R Ramesh, M.A Mannan, A.N Poo. Error compensation in machine tools — a review: Part II: thermal errors[J]. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2000, 40: 1257-1284.
- [5] 章青, 陈明娟, 赵小松, 等. 数控机床误差补偿技术及应用测头系统——误差分析和补偿技术[J]. 制造技术与机床, 1999 (5): 32-34.

MW (收稿日期: 20170411)