

机床主轴温升试验研究及控制措施

冯伟, 张祥雷

(厦门大学物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 在静压轴承主轴的实验平台上开展了主轴温升试验, 通过对主轴转速与温升试验数据的分析, 得出了影响主轴温升的主要因素, 并提出了控制主轴温升的一些措施。

关键词: 主轴; 静压轴承; 温升试验; 温升控制

中图分类号: TG502

文献标识码: B

文章编号: 1672-545X(2013)11-0250-02

主轴是机床的核心部件, 其性能直接决定了机床加工的性能。在机床主轴运转的过程中, 由于其内、外热源的共同作用造成系统内部温升, 金属材料因具有热特性而发热变形, 从而影响机床的精度。本文通过对主轴温升的试验研究探讨了影响主轴温升的因素, 并提出了控制主轴温升的措施。

1 主轴温升试验

1.1 试验装置

在型号为 S7432-2000-31 的静压轴承主轴上开展温升试验, 如图 1 所示。该主轴电机额定功率为 25 kW, 最高转速为 6 000 r/min, 额定转速为 2 000 r/min。



图 1 主轴温升试验装置

1.2 主轴热源分析及测温点布置

主轴的主要热源有两个: 轴承摩擦发热和供油系统发热。因此, 在主轴上布置了 5 个测温点分别测量前轴承、后轴承、进油口、出油口和油箱的温度, 另外布置了 1 个测温点用于检测环境温度。

1.3 试验过程及分析

主轴温升试验转速从 100 r/min 开始进行, 连续运转 15 分钟后, 转速提高 100 r/min, 同时用红外线温度传感器对各测温点的温度进行测量, 依此方法直到转速达到 1 500 rpm 为止, 绘制出主轴转速与各测点温度曲线如图 2 所示。由图 2 可以看出:

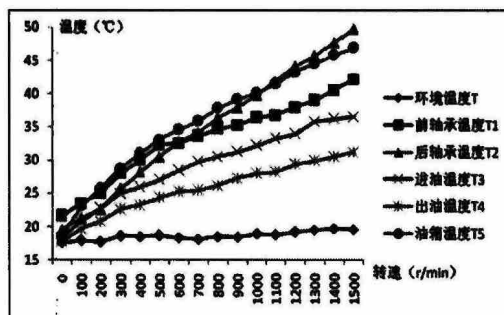


图 2 主轴温升试验装置

(1) 试验的环境温度基本不变, 而主轴前后轴承、进出油温度以及油箱温度都随着主轴的转速的提高而增加。其中油温升高 28.5 °C, 前后轴承的温升分别为 30.6 °C、30.1 °C, 温度变化较大。

(2) 主轴温升在转速开始的初期温升较快, 在转速提高到 500 r/min 后, 温度增速减缓, 在转速运行到 1 000 r/min 后, 温升速度又开始加快。分析其原因是在转速开始运行的初期, 主轴的温度受热后迅速发生改变。当温升一定程后, 主轴的温度与环境温差开始变大, 虽然热源在继续增加, 但环境对其有降温效果, 故此降低了温升的速度。随着转速的继续增加超过 1 000 r/min 后, 轴承生热量继续变大, 环境的降温作用开始减弱, 所以主轴的温升加快。由于本次试验没有配置相应的冷却系统, 在试验的时间范围内主轴并没有达到热平衡。

(3) 一般情况下, 静压轴承出油温度要高于进油温度, 因为输送到静压轴承的油液在主轴运转过程中会有摩擦热, 这必然会使油温升高。但试验中发现出油温度明显低于进油温度, 原因在于静压轴承的油液并不是马上出油以开始下个循环, 而是先集中

收稿日期: 2013-08-06

基金项目: 国家科技重大专项项目(编号 2010ZX04001-162)

作者简介: 冯伟(1981—), 男, 河南南阳人, 在校研究生, 研究方向为机床误差补偿。

在主轴内部的一个腔体中冷却,之后再回到油箱中,这一段的腔体冷却可以降低油箱温升的速度,也是导致出油温度低于进油温度的关键因素。

(4) 油液的温度是静压轴承能否正常运转的关键要素之一,必须要保证油液温度低于 50℃,否则应当立刻停机。本试验的静压轴承的油箱没有配置冷却系统,油液的温度会因油泵的生热而温度升高,同时因为出油温度的提高将会加速油液的温升。从油箱油温的温升曲线可以看出,油液的温升初始增速较快,之后逐渐趋于平缓。

2 主轴温升控制措施

主轴温度的升高会造成主轴部件受热变形,从而影响到机床的加工精度,因此必须采取有效的措施控制主轴温升。

2.1 优化主轴设计

在设计主轴系统的时候,尽量采用热对称结构,并综合考虑主轴轴承的选型组配,使得轴承组内、外环尺寸精度尽可能一致,形成可靠配合,从而减少其变形产生的摩擦热。在轴承装配的时候,应该采用合适的安装工具进行合理化安装。同时,采用合适的预紧力对轴承进行预紧,既要保证轴承刚度和安装精度,又要防止预紧力过大造成轴承工作温度的升高。

2.2 加强主轴散热

采用合理的润滑是一种有效地减少轴承温升的方法,通过润滑会在滚动体和滚道之间形成油膜,从而减少转动部分的摩擦,降低运转时的温升。例如采用油气润滑的方式,除了有很好的润滑性能之外,还有极强的冷却效果。在选择润滑油的时候,应综合考虑润滑油的品质及润滑的方式,以保证轴承润滑的

效果。另外,采用风冷、水冷等对主轴内部热源进行强制冷却的措施,也可以迅速地将大量热量散开,从而减少主轴的受热变形。

2.3 补偿主轴的热变形

主轴在设计、制造、装配以后,其机械精度已经基本确定,在内外热源的作用下仍会发热变形。因此仅仅依靠提高制造和安装精度来减少主轴的热变形是有局限性的,即使有可能,经济上的代价也往往是非常昂贵的。误差补偿是一种“软”技术,可以经济有效地减少机床产生的误差,提高零件的加工精度。目前国内外的很多数控机床都带有误差补偿的功能,可以有效地对主轴的热变形实施补偿。

3 结束语

本文通过对主轴温升试验的分析,指出了影响主轴温升的因素主要是主轴轴承的温升,在此基础上提出从主轴的设计、散热等方面来控制主轴的温升,值得关注的是通过误差补偿的方法控制主轴温升造成的热变形是未来发展的一个趋势。

参考文献:

- [1] 陈兆年,陈子辰. 机床热特性学基础[M]. 北京:机械工业出版社,1989.
- [2] 苟荣德,杨锦斌. 主轴单元温升控制[J]. 制造技术与机床, 2004(1): 96-97.
- [3] 于志勇,杨锦斌,董伟等. 主轴温升控制措施分析[J]. 现代零部件, 2006(4): 52-53.
- [4] 吴志国,范秀娇,曹磊等. 机床主轴温升原因的分析[J]. 机械工程师, 2008(8):145-146.
- [5] 杨建国. 数控机床误差综合补偿技术及应用[D]. 上海:上海交通大学,1998.

Temperature Rise Experiment and Control of Machine Tool Spindle

FENG Wei,ZHANG Xiang-lei

(Department of Mechanical and Electrical Engineering Xiamen University ,Xiamen Fujian 361005 ,China)

Abstract :Temperature rise experiment is carried out on a machine tool spindle. The main factors influencing the spindle temperature rise are pointed out by analyzing the experiment data of spindle speed and temperature rise. Some useful measures of controlling temperature rise are then proposed in the paper.

Key words :hydrostatic bearing ,spindle ,temperature rise ,temperature control