

主轴振动测试及温升对主轴振动的影响

张祥雷¹, 冯伟¹, 陈站¹, 李睿²

(1.厦门大学 物理与机电工程学院 福建 厦门 361005 2.陕西汉中机床有限公司 陕西 汉中 723003)

摘要:在液体静压轴承主轴的实验平台上,采用激光位移传感器测量主轴在不同转速下的振动值。根据实验条件设计主轴温升试验方案,并测量主轴在指定转速运转 15 min 的温升情况以及振动量,研究温升对主轴振动的影响。

关键词:液体静压轴承;振动;温升

中图分类号:TH 69

文献标志码:A

文章编号:1002-2333(2014)02-0008-02

Spindle Vibration Test and Influence of Temperature Rise to the Vibration

ZHANG Xianglei¹, FENG Wei¹, CHEN Zhan¹, LI Rui²

(1.Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2.Shaanxi Hanjiang Machine Tool Co.Ltd, Hanzhong 723003, China)

Abstract: On the experiment platform of hydrostatic bearing spindle, the spindle vibration value under different rotational speed measurement is obtained by the laser displacement sensor. The spindle temperature rise test solution is designed in accordance with experimental conditions, the temperature rise and vibration is measured at the specified speed running 15 minutes. Then the influence of the temperature rise on the spindle vibration is researched.

Key words: hydrostatic bearings; vibration; temperature rise

0 引言

主轴系统作为数控机床的心脏部件,其动静特性直接关系到机床的加工性能^[1]。主轴振动试验是在不同转速下测量主轴的振动量,包括振动位移、速度、加速度的幅值和相位、振动的时间历程、频率等。通过主轴振动试验,可以找到主轴在使用过程中可能发生的共振点,或者主轴振动量偏大的转速区域,以避免主轴在共振区或不稳定状态下工作^[2]。

本文在液体静压轴承的实验平台(图 1)上对不同转速下主轴的振动进行测试,并测量主轴在每个指定速度

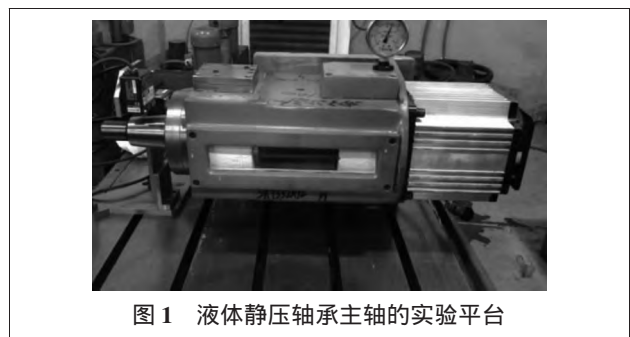


图 1 液体静压轴承主轴的实验平台

下主轴的振动进行测试,并测量主轴在每个指定速度

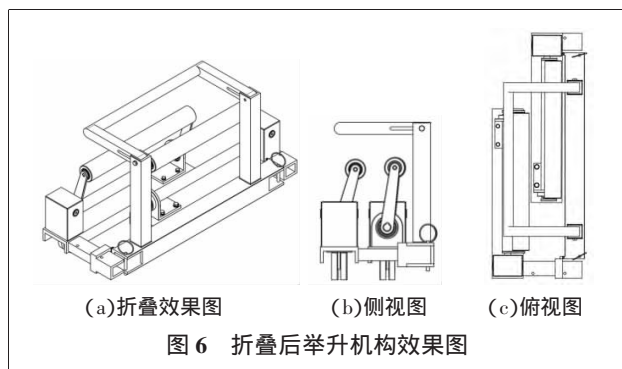


图 6 折叠后举升机构效果图

表,满足了其小型化、轻量化,便于携带搬运的实际需求。

3 结语

本设计从实际应用出发,解决了大型工程机械和重型汽车在维护更换零部件时的装卸难题,既省力又省时。Autodesk Inventor 软件的应用,使设计更直观,更优化,效率更高。该机构结构简单,操作方便,通过蜗杆蜗轮减速机构来控制摆杆的摆动角度,可满足被拆装零部件的位

置对中要求。由于该设备设计成折叠式,大大方便了车载和野外作业。本项目得到了“汽车零部件技术湖北省协同创新中心”的大力支持。

[参考文献]

- [1] 张洪汛.一种车轮举升机构的设计研究[J].制造业自动化,2013(13):103-106.
- [2] 张洪汛,吴小珍,勾频.一种重型车轮拆装装置:中国,CN201010235333.4[P].2011-11-05.
- [3] 杨可桢,程光蕴,李仲生.机械设计基础[M].北京:高等教育出版社,2006:131-290.
- [4] 欧特克公司.Autodesk Inventor 2011 进阶培训教程[M].北京:电子工业出版社,2011:165-220.
- [5] 唐湘民.Autodesk Inventor 有限元分析和运动仿真[M].北京:机械工业出版社,2009:113-151. (编辑 黄 荻)

作者简介:勾频(1960—),女,讲师,从事机械设计方面教学与研究工作;

张洪汛(1954—),男,副教授,研究方向为大气污染工程。

收稿日期:2013-09-10

保持运转间隔 15 min 的主轴温升和振动值,研究温升对主轴振动的影响。



图2 传感器布置图

1 主轴振动试验

本次试验使用激光位移传感器检测主轴的 X 方向(水平)和 Y 方向(竖直)振动值,如图2所示。由于实测主轴已经装配于主轴箱体中,无法直接检测主轴前后轴承的振动情况,所以试验的第三个激光位移传感器的测点布置在主轴箱的前轴承安装部位,因为该点的振动最能反映前轴承的振动。根据主轴试验平台与机床的实际转速限制,对液体静压轴承主轴的转速试验范围设定为 $0\sim 1500$ r/min,主轴从初始转速每次间隔上调 100 r/min,每个转速稳定 10 s 后增速。测试数据通过与激光位移传感器相配套的 LK-Navigator2 软件进行采集。振动试验总共进行了 3 组,将 3 组试验的振动振幅数据提取后建立与转速对应的曲线,如图3所示。

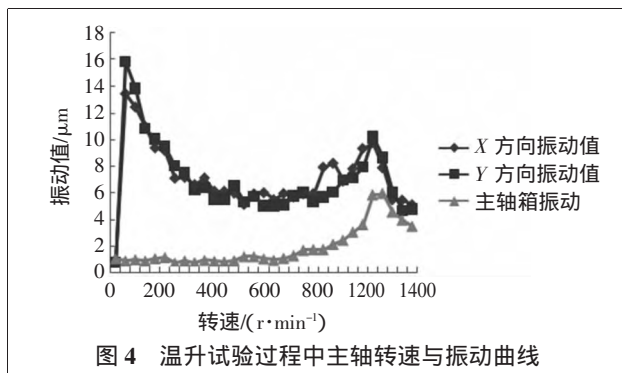


图3 温升试验过程中主轴转速与振动曲线

由图3的主轴振动数据可以得出以下结论:

1) 由于测试环境中含有噪声及其他振动因素,故每次测量过程的初始状态都有近 $1\mu\text{m}$ 的漂移。这个干扰同样存在于测试过程中,因此测试结果分析时要排除这个干扰。

2) 液体静压轴承主轴的振动在转速低于 500 r/min 时振幅较大,随后振动趋于平稳。当转速接近 1350 r/min 时,主轴振动明显变大,之后又趋于稳定。除去两个振动过大的转速区域,并排除干扰的影响,主轴振动幅值基本上在 $2\sim 6\mu\text{m}$ 范围内。

3) Y 方向的振动值大于 X 方向的振动值,可见主轴在竖直方向获得的支撑力度比水平方向少,而事实上试验的主轴恰是侧面固定于试验平台的安装架上。

4) 主轴箱体的振动随着主轴转速的变化也有相应的变动,并呈逐步上升的趋势,在高速时逐步下降。而最大的振动发生在转速为 $1300\sim 1450$ r/min 时,振幅平均有 $3.67\mu\text{m}$ 。

2 主轴温升试验

主轴转速越高,温升越大,热变形也越大。随着运转时间的增加,整个变形也将越大。由于本次测量的主轴没有配置相应的冷却系统,油液的温度将随着主轴运转时间的增加而增加,很难达到热平衡状态,甚至在未到达热

平衡状态时油液温升已经超过限制。故此,本次试验主要采取每个指定转速运转 15 min,再记录相关主轴振动参数,如图4所示。

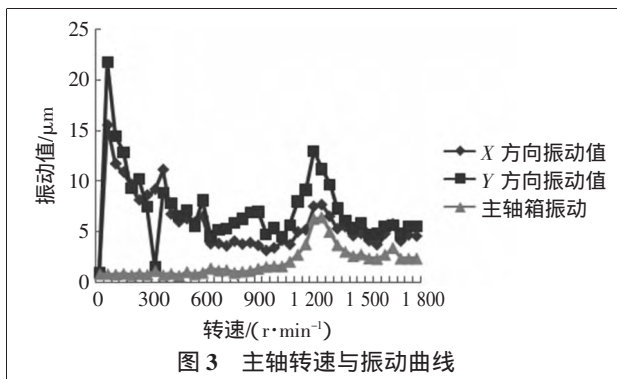


图4 主轴转速与振动曲线

3 温升对主轴振动影响的分析

比较图3与图4可以看出,温升试验过程中主轴的振动相比振动测试振幅总体上减小了 $1\sim 2\mu\text{m}$,是温升导致主轴部件发生热膨胀,提高了接触刚度,即主轴的刚性随着温度的升高会增加。主轴发生大振动的转速区域也发生了变化,低速区大振动区域由原来的 $0\sim 500$ r/min 缩小为 $0\sim 300$ r/min,高速区大振动区域由原来 $1300\sim 1450$ r/min 变为 $1250\sim 1400$ r/min,即比原先提早发生并结束振动过大现象。

4 结语

本文针对液体静压轴承的主轴进行了振动试验和温升试验,分别研究了主轴在不同转速下的振动情况和温升对振动的影响,发现随着温度的变化,主轴的整体刚性得到加强,低速区的大振动区域变小,高速区的大振动区域从原来的 $1300\sim 1450$ r/min 变为 $1250\sim 1400$ r/min,即提前发生大振动。另一方面,由于实验主轴对油液没有进行冷却,主轴在试验结束时油温接近限定值,若长期使用主轴,需要对油液安装一个温度报警器。

[参考文献]

- [1] 吴玉厚.数控机床电主轴单元技术[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 万长森.滚动轴承的分析方法[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [3] 王猷,严宏志.超高速主轴单元温升特性分析[J].制造技术与机床,2007(8):17-20.
- [4] 李继堂.加工中心主轴温升实验装置的设计[J].制造技术与机床,2012(8):123-125.
- [5] 成大先.机械设计手册[M].北京:化学工业出版社,1992.
- [6] JIANG Shuyun, ZHENG Shufei. Dynamic design of a high-speed motorized spindle-bearing system [J]. Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME, 2010, 132(2): 034511-0345015.
- [7] 温德英,谢黎明.数控机床电主轴系统结构特性分析[J].装备制造技术,2012(2):44-46.
- [8] 刘水发.高速电主轴热态性能分析[J].制造业自动化,2011,33(1):141-144. (编辑 黄 荻)

作者简介:张祥雷(1987—),男,博士研究生,主要研究方向为结构设计与优化、复杂曲面成形及先进制造技术。

收稿日期:2013-11-13