

激光干涉仪在数控机床维修中的应用研究

Research on Laser Interferometer Application in NC Machine Tool Maintenance

中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司数控厂 程志 张翔

[摘要] 介绍激光干涉仪工作原理,着重讲述激光干涉仪线性测量在数控机床维修中的应用。对于不同数控机床所出现的故障,检测出的图形和数据各不相同,通过对图形和数据进行分析,以尽快查明数控机床故障原因,提高维修效率。

关键词:激光干涉仪 数控机床维修 线性测量

[ABSTRACT] Working principle of the laser interferometer in introduced, the application of laser interferometer linear measurement in the NC machine tool maintenance is discussed. For different breakdown of NC machine tools, detected graphics and data are different. Through the graphic and data analysis, NC machine breakdown reason should be investigated as soon as possible, which will improve maintenance efficiency.

Keywords: Laser interferometer NC machine tool maintenance Linear measurement

数控机床维修是一项集计算机、自动控制、自动检测和电机拖动等于一体的技术,需要维修人员掌握大量的专业知识和丰富的维修经验。因此,在日常维修中,如何尽快的找到故障原因并排除故障,提高设备完好率,是维修人员的首要任务。当出现机床精度异常、零件表面质量变差等问题时,就需要借助一些先进的精度检测仪器。激光干涉仪作为数控机床精度常用的检测工具,能对数控机床进行线性测量、直线度测量、平面度测量、角度测量、回转轴分度精度等进行测量。其中线性测量功能通过机床运行一段直线插补程序,能检测线性坐标轴的定位精度、重复定位精度,反向间隙等。以 Renishaw 公司生产的型号 XL-80 激光干涉仪为例,其线性测长精度可达到 $\pm 0.5\text{ppm}(0\sim 40^\circ\text{C})$,线性测量最长可以达到 80m,最高线性测长分辨率 $0.001\ \mu\text{m}$,最高测量速度 $240\text{m}/\text{min}$ 。对于不同的数控机床,检测的曲线各不相同,其完善的软件功能通过对不同的曲线进行分析,能够将影响机床精度的原因列出来,维修人员能够很直观通过分析图形和数据,了解到机床在哪些方面存在误差,这样就为调整和维修机床提供了充分的数据支持和指导,大大缩短维修时间,提高维修的效率。

1 激光干涉仪组件

要测量线性轴的定位精度、重复定位精度和反向间隙等数据,需要使用激光测量系统的以下组件,主要有:XL 激光头、三脚架和云台、XC 环境补偿单元、空气温度传感器和材料温度传感器、线性测量光学镜组、光学镜安装组件及安装激光测量软件的计算机^[1],如图 1 所示。

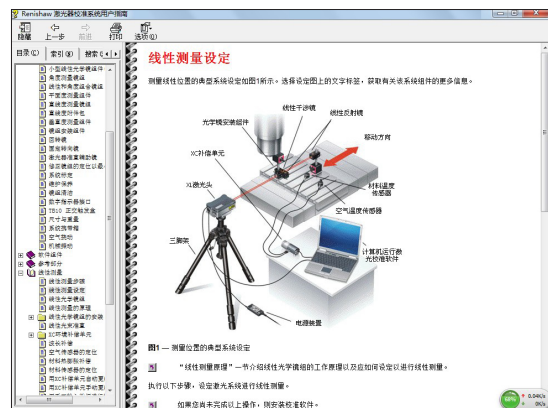


图1 激光干涉仪组件

Fig.1 Laser interferometer components

2 激光干涉仪工作原理

多普勒效应(Doppler Effect):任何形式的波传播,都是由于波源、接收器、传播介质或中间反射器的运动,会使频率发生变化的现象。这种因多普勒效应所引起的频率变化称为多普勒偏移或频移(Doppler Shift),其频移大小与介质、波源和观察物的运动有关。

如图 2 所示, XL 激光头射出的频率为 f_0 , 经过反射镜反射回到激光头内的探测器,当反射镜不动时,其反射波频率 $f_r = f_0$ 。当反射镜以 $v = dx/dt$ 的速度沿线性轴远离或者靠近激光头时,因为光程增加或减少了 $2vt$, 反射波 f_r 的数值会减少或增加 $2v/\lambda_0$, λ_0 为激光波长。即:

$$\Delta f = f_0 - f_r = 2v/\lambda_0 = (2/\lambda_0) dx/dt \quad (1)$$

而 $f = \omega/2\pi$, 且 $\omega = d\phi/dt$, 故:

$$1/2\pi * d(\Delta\phi)/dt = (2/\lambda_0) dx/dt \quad (2)$$

求得:

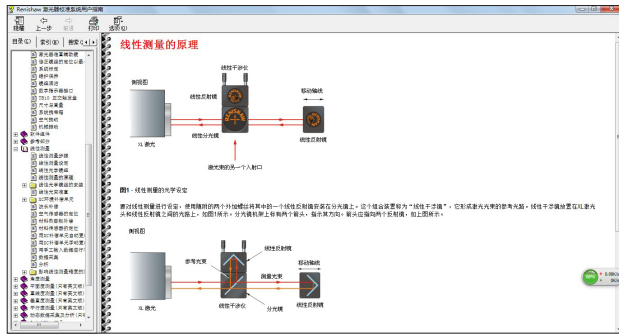


图2 激光干涉仪工作原理

Fig.2 Working principle of laser interferometer

$$N + \Delta\varphi/2\pi = (2/\lambda_0)_x, \quad (3)$$

其中, N 为上式左边积分满一周, 即 2π 的周期, $\Delta\varphi/2\pi$ 是未满一周的余量。

由式(3)可得:

$$\chi = (\lambda_0/2) (\Delta\varphi/2\pi + N). \quad (4)$$

根据式(4), 激光干涉仪采用了一个鉴相器, 每当相位 φ 积满一个 2π , 鉴相器便输出一个增位或减位脉冲, 即式(4)中的 N 。另外, 以 0 到 15V 的模拟电压表示 $\Delta\varphi/2\pi$ 这一项。计算鉴相器的脉冲以及模数电压的伏数, 根据式(4)便可测知反射镜的位移 χ [2]。

通常将反射镜设定为移动光学部件, 将干涉镜设定为静止部件。二者可以反过来, 但是最大测量距离将减少一半。因此, 在超过 40m 行程的长轴上测量时, 必须线性干涉镜静止不动, 而另一个反射镜移动。而对行程小于 40m 的轴进行测量时, 为了方便测量, 可以线性干涉镜移动, 也可以反射镜移动 [1]。

3 激光干涉仪应用举例一

我厂某机床在加工一个零件, 需要 X、Z 轴做直线插补斜筋, 但是加工出来发现该斜筋并不是一条斜线, 而是带有弧度。在排除了程序、刀具等原因后, 重点怀疑机床问题。该机床 Z 坐标采用的是丝杆螺母传动, 用激光干涉仪对该机床 Z 坐标精度进行检查, 检查后图形如图 3 所示。

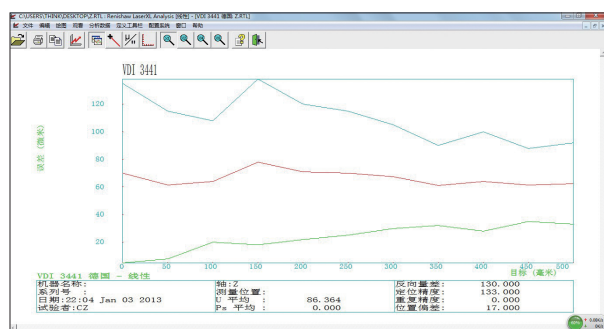


图3 反向间隙误差曲线

Fig.3 Backlash error curve

此图显示出去程和回程两次测试之间具有偏移值, 从分析数据的结果来看, 该机床反向偏差达到 0.13mm。根据该图形分析得出, 可能存在的原因主要有以下 3 点:

- (1) 数控机床反向间隙未补偿或补偿不当。
- (2) 数控机床 Z 坐标丝杆螺母与滑枕之间的连接出现间隙或者松动。
- (3) 丝杆两端背帽有松动。

针对可能存在的原因, 对该机床进行检查, 首先对该机床进行反向间隙补偿, 补偿后再用激光干涉仪进行检查, 仍然发现去程和回程两次测试之间具有一个固定的偏移值, 说明该机床在机械上确实存在松动或者间隙。

于是检查 Z 坐标丝杆螺母与滑枕之间的连接, 看是否出现间隙或松动, 也没有发现问题。用百分表检查丝杆窜动, 发现表指针有 0.15 左右的摆动, 说明丝杆在运行过程存在问题, 检查丝杆背帽, 发现丝杆背帽松动, 重新锁紧丝杆背帽, 用激光干涉仪进行检查, 补偿后其图形如图 4 所示。

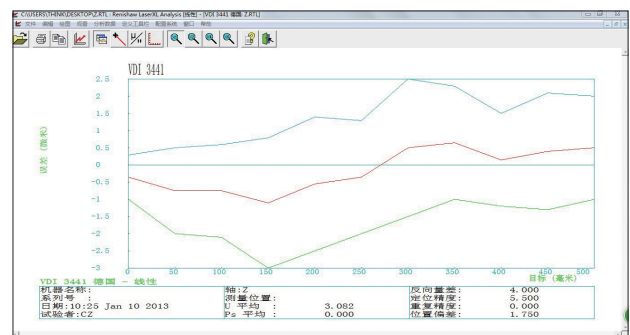


图4 反向间隙调整后误差曲线

Fig.4 Backlash adjustment error curve

从分析数据的结果看, 该机床反向偏差只有 0.004mm, 定位误差为 0.01mm 左右, 重复定位为 0.0065mm, 再加工该零件, 斜筋尺寸完全符合要求。

4 激光干涉仪应用举例二

某机床操作人员反映, 该机床 Y 坐标原点存在漂移, 每次设定原点再复查原点, 都与之前设定的原点有差值。在排除操作等原因后, 用激光干涉仪对该机床 Y 坐标进行检查, 检查后图形如图 5 所示。

此图显示在整个测试过程中误差都呈增加的趋势。一个重要特性是该机床的重复定位误差, 接近该机床的定位误差。根据该图形分析, 可能存在的原因主要有以下 2 点:

- (1) 测量装置的热漂移;
- (2) 检测元件反馈不可靠。

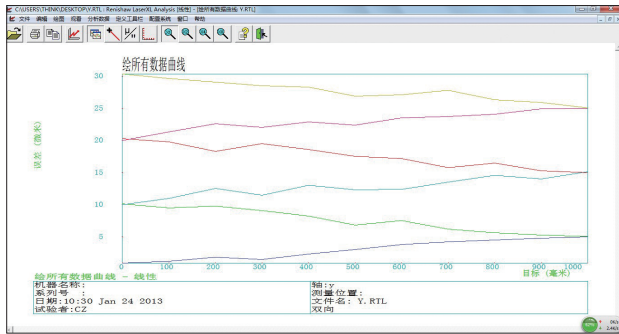


图5 坐标漂移误差曲线
Fig.5 Axis drift error curve

针对可能存在的原因,对该机床进行检查分析,首先,该机床Y坐标行程只有1000mm左右,且设定好原点后立即复查就出现偏差,基本排除是温度差造成测量装置热胀冷缩所引起。于是检查光栅尺安装是否牢靠,经过检查发现固定光栅尺读头的螺钉出现轻微松动,重新紧固螺钉后再次检查,其图形如图6所示。从分析数据的结果看,该机床重复定位为0.0037mm,定位精度为

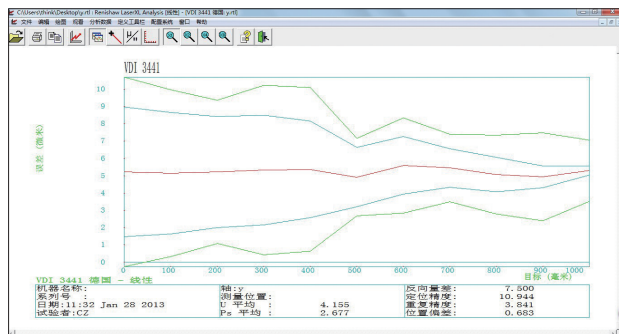


图6 坐标漂移调整后误差曲线
Fig.6 Axis drift error curve after adjustment

0.012 mm,再次设定原点后立即复查,和之前设定值完全不差,故障排除。

5 结束语

综上所述可以看出,利用激光干涉仪的线性测长功能,不仅能够测量出数控机床的定位精度、重复定位精度和反向间隙等数据并对精度进行补偿。还能帮助我们利用检测图形和数据,来分析数控机床出现故障的原因及解决办法,从而迅速恢复机床,缩短维修时间,提高维修的效率。

参考文献

[1] Renishaw. 激光测量系统及附件的在线操作指南. Renishaw plc 版本 2.1,2007.
[2] 王正平. 用激光向量测量技术测量和补偿体积定位误差. 计量技术, 2001 (10):10-13.

(责编 小城)

(上接第 133 页)

[4] 张新霞,郭东洲. 智能材料与结构的研究进展. 结构强度研究,2001(3): 44-45.
[5] 谢建宏,张为公,梁大开. 智能材料结构的研究现状及未来发展. 材料导报, 2006, 20(11):6-9.
[6] Manson G, Worden K. Lamb-wave sensor optimization using differential evolution, 2001.
[7] 奚利飞,郑俊萍,杨红磊,等. 智能材料的研究现状及展望[D]. 南京: 东南大学, 2005.
[8] 刘爱荣,潘亦苏. 形状记忆合金的研究进展. 材料导报, 2001, 15(5): 32-34.
[9] Gall K, Dunn M L, Liu P, et al. Shape memory polymer nanocomposites. Acta Material, 2002, 50(20): 5115.
[10] Metcalfe A, Desfaits A C, Salazkin I, et al. Cold hibernated elastic memory foams for endovascular interventions. Biomaterials, 2003, 4: 490-491.
[11] Zahi S, Bouaziz R, Abdesslem N, et al. Dielectric and piezoelectric properties of PbZrO₃-PbTiO₃-PbTiO₃-Pb(Ni_{1/3}Sb_{2/3})O₃ ferroelectric ceramic system. Ceramics International, 2003: 29-35.
[12] Amen A, Claude R, Yves V. Segmented piezoelectric fiber composite for vibration control: fabricating and modeling of electromechanical properties. Composites Science and Technology, 2003, 63:867-872.
[13] Patrick S, Stayton, Allan S, et al. Molecular engineering of proteins and polymers for targeting and intracellular delivery of therapeutics. Journal of Controlled Release, 2000, 65: 200-203.
[14] Osada Y, Okuzaki H. Electro-driven polyelectrolyte with biomimetic motility. Electrochimica Acta, 1995, 40(13-14):2220-2229.
[15] 吉静,黄明智. 开发智能性明胶. 明胶科学与技术, 2001,21(1):10-12.
[16] Rogers C A. Intelligent material system—the dawn of a new material age. Journal of Intelligent Material System, 1992, 4 (1): 166-185.
[17] Gandhi M V, Thompson B S. Smart Material and Structures. London: Chapman & Hall. 1992.
[18] 履伟廉,项海帆. ER智能材料在结构振动控制中的应用. 地震工程与工程振动, 1998,18(3): 49-55.
[19] 骆宇时,罗为民,张伟. 智能材料在混凝土结构中的应用研究简. 人民长江. 2002,3(3):29-30.
[20] 芦笠,林萍华,陈静,等. 声发射在形状记忆合金研究中的应用. 中国有色金属学报, 2001,11(6): 1002-1008.
[21] Shiwa M, Kishi T. The present and future of AE. Ultrasonic Techno, 1992, 12:15-18.
[22] Hatano H. New trends in AE technics. Nondestructive Inspection, 1995, 44(1):7-9.
[23] Zhang J Z. Nondestructive Inspection Technology and Its Application. Beijing: Science Press, 1993: 339-350.
[24] Funakubo H. Shape Memory Alloys. Tokyo: Sang-gyo Book, 1984: 10-71.
[25] Yito K, Orsuka K, Kamino K, et al. Functional Metallic Materials. Tokyo University Publisher, 1985: 47-55.
[26] 刘锦淮,焦正. 智能材料研究的现状与发展. 传感器世界, 1999,5(8): 5-6.
[27] 杨大智. 智能材料与智能系统. 天津: 天津大学出版社, 2000: 37-38.
(责编 亿霖)