

三维空间激光校准取代了一维激光校准

美国光动公司总裁 王正平博士

全球的竞争和质量标准，对机床提出了更高的定位精度、更小的公差及更高的进给率。为了达到这些要求并生产出高品质、高精度的零件，必须要测量机床的三维空间定位精度^[1,2,3]。

20年以前，机床的最大定位误差为丝杆的螺距误差及丝杆的热膨胀误差。而今，上述的大部份误差已被大幅度降低，机床的主要误差转变成垂直度误差和直线度误差。为了达到高的机床三维空间定位精度，机床上的3个位移误差、6个直线度误差和3个垂直度误差都必须进行测量与补偿。用传统的激光干涉仪来测量直线度和垂直度误差是较困难并费时费钱的。通常需要数日停机并要有经验的行家来进行测量。

美国光动公司 (Optodyne, Inc.) 已为机床三维空间定位误差测量^[4,5]开发了一种新的、革命性的激光矢量测量技术 (美国专利6, 519, 043, 2/11/2003)。这种测量方法仅需数小时就可以完成而不是传统激光干涉仪的几天。因此，三维空间定位误差测量和补偿变得很实用，并可达到更高的精度和更小的公差。

意大利的JOBS S.P.A.公司自上世纪80年代一直在制造三轴和五轴高速直线电机驱动的标准机床^[6]。两



图1 JOBS S.P.A. 公司在五轴高速加工中心上使用光动公司专利许可的激光空间测量技术

年前JOBS公司用光动公司专利许可的激光多普勒干涉仪 (LDDM) 取代了传统的激光校准设备。结合三维空间定位误差测量技术，或者结合也是光动公司发明的分步对角线测量技术，LDDM使JOBS公司很容易地做到精确的测量，并可以在生产运作发生危机前就察觉到问题。如果零件没有做好，那装配和电气部门就会空等。而如果零件没有加工到规定的公差，则要花更多时间来装配以保证机床能达到所要求的加工精度。

用光动公司的三维空间激光校准设备，JOBS公司花很少时间，几次测量就得到了更完整的数据。使得JOBS公司很清楚地了解机床的误差，以及时地校准这些误差，因而以更有竞争性的价格交付给用户。

分步对角线测量方法使用4条相同的对角线设置，采集12组数据。在测量得到的数据的基础上，3个位移误差、6个直线度误差和3个垂直度误差都能确定。测量得到的定位误差可以用来产生三维空间补偿表，此表可以被上载到Siemens 840D控制器以校准任何定位误差，从而提高了定位精度。

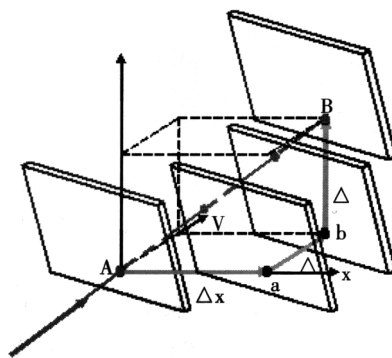


图2 沿激光束方向的分步对角线位移测量及主轴或平面镜的分步移动示意图

JOBS公司报道了用光动公司的干涉仪以及分步对角线测量方法只要很少的几次测量就得到了足够多

的数据，可以非常清楚地显示出机床的状态。JOBS公司非常容易地解决了一些通常难以解决或费时的的问题，诸如装配误差、温度变化引起的误差以及结构产生的问题等，并没有增加装配时间。JOBS公司生产的产品质量越来越好。

而且，用于三维空间校准的分步对角线测量最多需要7次测量，从这7次测量中可了解到大部分误差的类型及大小。JOBS公司已经认定用其来替代传统仪器，而用在装配线上作为光学准直仪、直尺以及花岗石平台。

JOBS公司使用的光动公司的LDDM技术采用了单光束的MCV-500及双光束的MCV-2002从一可移动的靶标上反射回调制过的激光束，带有位置信息的光束被探测到并经过处理用来产生查找表，因而能使控制器补偿误差。由于返回光束没有象传统的激光干涉仪那样对偏移有要求，因此设置非常快。仅需调整二个元件：一个单孔的发射和接受激光束的激光头，一个作为靶标的平面镜。

JOBS公司报道了单光束的MCV-500利用分步对角线测量，只要中断很少装配时间就可以得到三维空间定位误差，因此大大降低了成本。

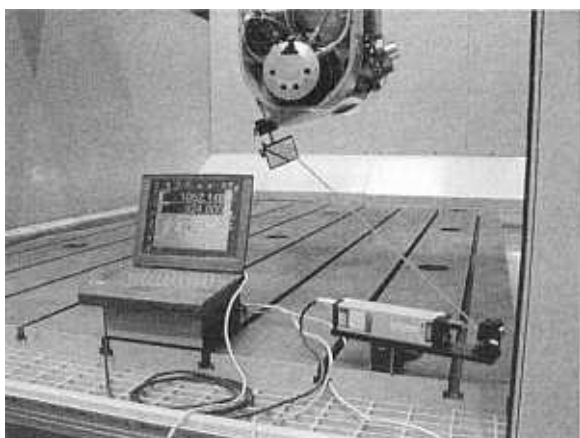


图3 分步对角线测量技术采集了12套数据，可得到所有3个位移误差、6个直线度误差和3个垂直度误差

激光和平面镜安置在主轴和工作台上，沿X轴、Y轴、Z轴分别进行分步交替移动，这样重复一直走到对角线的对角点上。所有三个轴每一步移动后对角线的定位误差就采集到了。这项技术采集了三倍的数据量，并可以测量得到每一轴移动时的位移误差。

靶标移动的轨迹并不是直线，侧向移动是较大

的。而传统的干涉仪不允许这么大的侧向移动，侧向移动大了会因仪器不能工作而测不到数据。而LDDM激光干涉仪使用一平面镜作靶标，平行于镜子的移动不会转移激光束，也不会改变从光源来的距离。因此，测量不会受到影响。

最多可以有四个工作位置的温度传感器连接到自动温度补偿单元。自动温度补偿也对环境因素，如空气温度、大气压力以及机床温度的变化提供补偿。

参考文献

- [1] Methods for Performance Evaluation of Computer Numerically Controlled Machining Centers, An American National Standard, ASME B5.54 -1992 by the American Society of Mechanical Engineers, p69, 1992.
- [2] ISO 230-6: 2002 Test code for machine tools - Part 6: Determination of positioning accuracy on body and face diagonals (Diagonal displacement tests)", an International Standard, by International Standards Organization, 2002.
- [3] Schultschik, R., The components of the volumetric accuracy, Annals of the CIRP, Vol.25, No.1, pp223-228, 1977.
- [4] Wang, C., Laser Vector measurement Technique for the determination and compensation of volumetric positioning errors. Part I: Basic theory, Review of Scientific Instruments, Vol. 71, No 10, pp 3933-3937, 2000.
- [5] Yang, J., Ren, Y., Wang, C., and Liotto, G., Theoretical Derivations of 4 Body Diagonal Displacement Errors in 4 Machine Configurations, Proceedings of the 7th LAMDAMAP Conference, Cransfield, England, June 27, 2005.
- [6] "Laser calibration tightens tolerances", Manufacturing Engineering, p51, December 2005