

文章编号: 1001-3806(2002)01-0063-03

激光扭振仪调整、应用与误差

郁 飞 王天荣 许 勃

(华东船舶工业学院机械系, 镇江, 212003)

摘要: 叙述了 2523 型激光扭振仪的工作原理及调整, 分析了该仪器在应用中误差产生的原因及减少误差的方法。

关键词: 激光应用; 调整; 测量; 扭转振动; 误差

中图分类号: TH825 **文献标识码:** A

Adjustment, application and error analysis for a laser torsional vibration meter

Yu Fei, Wang Tianrong, Xu Bo

(Department of Mechanical Engineering, East China Shipbuilding Institute, Zhenjiang, 212003)

Abstract: The measurement principle and the adjustment of type 2523 laser torsional vibration meter is introduced. The error sources have been found and hence the measures to reduce the error are presented.

Key words: laser application; adjustment; measurement; torsional vibration; error

引 言

随着激光技术的发展, 激光作为媒介用于测量扭振具有明显的优点和广阔的应用前景。世界名牌振动测试仪器公司丹麦 B&K 公司推出的扭转振动仪 torsional vibration meter 2523 和振动传感器 torsional vibration transducer MM0071 就具有一定的代表性。经多年对 2523 扭振测量系统的使用, 我们对该系统的调整和使用积累了一些经验。现介绍如下。

1 2523 型激光扭振仪的测量原理

2523 型激光扭振仪主要是用于旋转机械中轴零件的非接触扭振测量。它主要由扭振仪 2523 及传感器 MM0071 组成。测量时, 只需在被测轴上粘贴一条专用的激光反光带(随机附件), 反光带宽 20mm、厚 0.28mm, 反光带一面是不干胶, 另一面是微小的玻璃珠子涂层。用激光传感器 MM0071 向其照射, 接受其发射回来的激光, 并转化为相应的电信号后传输给扭振仪 2523 进行放大和处理。得到用数码管显示的扭转角速度 (deg/s), 角位移 (mdeg), 转速 (rpm)。并通过 signal output 与外接分析仪相

接。其组成如图 1。

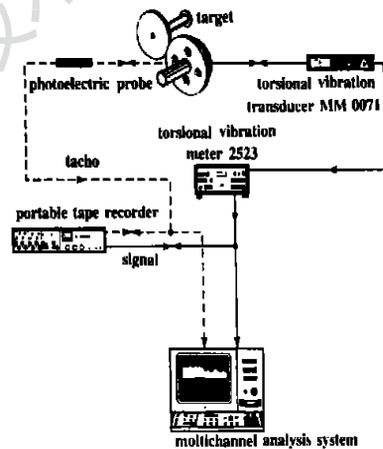


Fig. 1 The measurement setup for use with the 2523

1.1 传感器 MM0071 测量原理

传感器的发光元件是 CaAlAs (镓铝砷), 激光器总功率小于 1.5mW, 其光波长 780nm。测量原理是利用光的多普勒效应, 如图 2。当发光源和受光点二者之间有相对运动, 受光点得到的光频率和发光源的光频率不同, 二者之差称为多普勒频移。激光器产生的激光由分光镜分成等强度的两束其间距为 d 的平行光, 光束分别达到被测转轴 A, B 点, 到达时的速度为 v_A, v_B , 在 A, B 点的反射光速度分别为 v_{Ax}, v_{Bx} , 反射光聚于同一传感器上的光电探测器上, 反射光的频率分别为 $f_{DA} = 2 \cdot v_{Ax} / \lambda$ 和 $f_{DB} = 2 \cdot v_{Bx} / \lambda$, 经过光孔进入光电二极管, 多普勒频移为 $f_D = f_{DB} - f_{DA} =$

作者简介: 郁 飞, 女, 1944 年 2 月出生。副教授, 硕士。从事动力装置领域的研究工作。

收稿日期: 2000-11-06; 收到修改稿日期: 2001-03-08

2 d' , $d = R_A \cos A + R_B \cos B$ 。光电二极管输出的电信号,包含直流量和交流分量,交流分量的频率为 f_D , f_D 代表了轴的旋转角速度。当轴有扭振时,围绕某一平均值上下波动,形成一个不连续变频、变幅的随机信号输出。

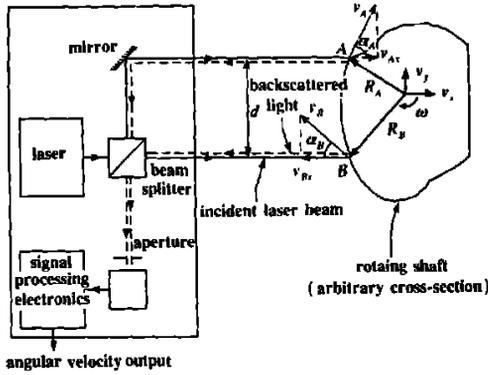


Fig. 2 The schematic of the arrangement of the electronic and optical components within the type 2523

1.2 2523 主机线路框图

MM0071 传感器射出两平行光束,经转轴反射标记反射后,被传感器收集,转化为相应的电信号后送入一个滤波器组,将各滤波器的输出经幅度检测器进行比较,找出最大的滤波器的中心频率,即信号频率。该信号经过快速比较器,变成等幅等宽的矩形脉冲信号,再由锁相环路解调得到一个正比于转速的直流信号和一个正比于角位移速度的交流信号。通过一调放大器后输入 1.5kHz 的低通滤波器,滤掉无用的高频噪声。分 3 路输出,一路经 0.1kHz 的低通滤波器输出转速信号,另一路经积分器得到扭角位移信号,再一路不经积分器得到扭角速度信号。所获得的信号都送到可切换的 4 组高通滤波器和 4 组低通滤波器以及衰减器、放大器等组

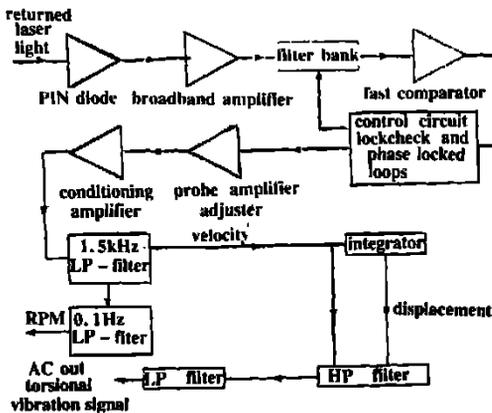


Fig. 3 Simplified block diagram of signal processing electronics in the type 2523

成的量程切换电路,最后到输出插口。其工作原理见图 3。

2 2523 型激光扭振仪的调整

2523 型激光扭振仪的测量原理建立在激光频率(波长)的标定性和时间相干性上,使用精度受多方面的影响。调整中有几个问题。(1) MM0071 的调整:由于 GaAlAs 激光二极管产生的波长可在 760 ~ 800nm 范围内变化,因此,每个 MM0071 型激光传感器上都配置了调节电阻,用它来调节波长,保持在 780nm。同时传感器中还有恒温装置,通电后 5s 可达规定温度。使用中安装激光传感器时,保持镜头的清洁和干燥。使得激光镜头对准目标表面,保持 5 ~ 50cm 距离(这时有最佳信噪比),然后接通 MM0071。调整 MM0071 与目标表面间的位置,让仪器自带的红外指示器距 MM0071 约 5cm 处面向镜头,激光的两条光束在指示器表面呈现两个小圆点,逐渐移动指示器将激光束引向目标,使激光能正确的到达目标。如激光未锁定在目标上,约 20 ~ 30s 后,激光自动关闭,需重新按 laser on/off 按钮,再启动激光源。(2) 2523 扭振仪的调整:在 2523 扭振仪中接收到的信号必定会有散斑信号和强度起伏噪声。减少散斑噪声 MM0071 中的光源设计了一种伪随机扫描运动机构可大体补偿散斑信号的起伏噪声,该功能叫“噪声模糊”(noise smearing)。在 1200r/min 下测扭振角速度时要尽量起用该功能,但在 0r/min 及起动或停车怠速时不要用。

3 2523 型激光扭振仪应用误差分析

3.1 MM0071 激光传感器的安装误差

在测量中,传感器可以用不同的角度对准目标。因此,在测量中必须注意轴与激光束的正确安装位置。

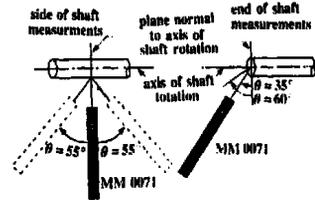


Fig. 4 Direction of measurement for side and end of shaft measurements when the MM0071 is pivoted

传感器与被测轴垂直面有偏移角时,见图 4。若两束激光在被测轴表面形成的光点在同一法平面时,角 θ 即为 0 时相对误差最小。为了提高测量精

度,应尽量把传感器安装在法平面内。通常角度不超过 55°。如反射带贴在轴端面上则其角度在 35°到 60°之间。

当传感器两束入射光平面与轴的法平面不重合时,见图 5。两束激光平面与轴线的夹角根据轴的粗细而定,但此时引起的频移 $f_D = 2 d / \lambda$ 应包括一个 $\cos \phi$ 和 $\cos \theta$ 项。若这些角度不能保持稳定也会造成误差。

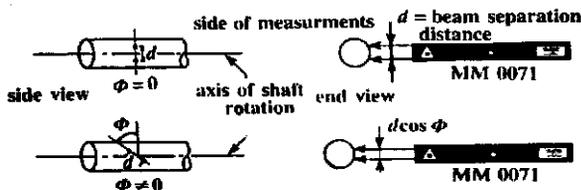


Fig.5 Direction of measurement for side of shaft measurements when the MM0071 is tilted

当传感器光束不在轴心线上和转轴的距离不当,也会产生测量误差,见图 6。当传感器的入射光偏离轴心线时,由于其反射不为正反射,偏离原光路,传感器光电二级管不能全部接受到。信号减弱,强度增加,相干度下降,导致信号失真,无法正确测量。因此,应尽量把传感器安装在同一轴心线上并保持传感器与轴心线垂直。传感器与轴距离应在 5 ~ 50cm 内变化。太远光强不够,太近反射带上多余的频谱也会通过传感器到达光电二极管上,不利于动态条纹的清晰。因此,在安装时应尽量保持在 5 ~ 50cm 内。

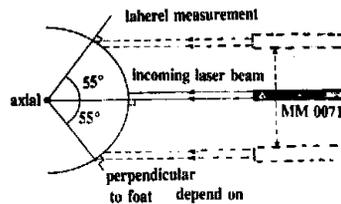


Fig.6 Orientation of the MM0071 with respect to the shaft

3.2 影响 2523 扭振仪测量误差的因素

(1) 电压的稳定性、准确性对信号处理线路中作为基准的时间、频率有影响。(2) 2523 只能用调好的转速输出 1V/1000r/min 来判定仪器的状态。无法进行扭振测试的标定。(3) 输出噪声的影响:所含噪声和测量信号的带宽有很大的关系,是正比于带宽的平方根。在测量扭角速度时噪声随转速的升高而升高。而在测量扭角位移则相反。例如带宽为 1000Hz,转速为 1000r/min 最大噪声比可达 0.6。因此,可测扭角的下限不能小于 0.6。分辨率不是很高。(4) 双光束间距离的稳定性对测量有影响。

总的来讲,2523 激光扭振仪不需像传统的扭振测量在被测轴上安装齿轮和分度均匀的反光带,只要在轴上粘贴一圈专用反光带即可,大大方便了现场的测量,而且它测速范围宽,低速可达 30r/min;可测频率范围大,为 0.3 ~ 1000Hz;量程大;分档细,是其它扭振仪无法比拟的。

参 考 文 献

[1] Instruction Manual Br 01 & Kjr 1992.

参 考 文 献

(上接第 62 页)

的电流不同。但由于有外腔激光器的阈值和无外腔 LD 的阈值在测量的过程中并无变化, I_1 与 I_2 这两者间的差值则不应随输出功率而发生变化。

我们预测并初步论证了可调谐外腔半导体激光器的电流双稳的存在。可以设想,这种效应能够用来测量半导体激光器的某些特性,例如,有可能通过测 I 来确定 LD 准费米能级之差等。当然,要利用这种效应还需在理论与实验上作进一步的探索和研究。

[1] 陈建国,周小红. 光学学报,1998,18(10):1417 ~ 1421.
 [2] 陈建国,李 焱,李大义 et al. 激光技术,2000,24(5): 285 ~ 288.
 [3] Yan C,Wang X,McInerney J G. IEEE J Q E,1996,32(5): 813 ~ 821.
 [4] Zorabedian P,Trutna W R,Cutler L S Jr et al. IEEE J Q E,1987,23(11):1855 ~ 1860.
 [5] Li Y,Lu Y,Chen J G et al. J Opt A: pure Appl Opt,1999,1:466 ~ 470.
 [6] Zhou X H,Chen J G,Lu Y. Appl Opt,1997,36(8):4138 ~ 4141.
 [7] Agrawal G P,Dutta N K. Semiconductor Lasers. 2th ed,New York: van Nostrand Reinhold Company,1993.