第 22 卷　第 3 期
1998 年 6 月

激　光　技　术
LASER TECHNOLOGY

Vol. 22, No. 3
June, 1998

光学三角法实时测量金属板厚*

钟丽云　杨齐民　王　翊　宫爱玲　张文碧
(云南工业大学激光研究所, 昆明, 650051)

摘要: 利用激光束斜入射到金属板上, 在另一方向上用透镜将金属板上的激光光斑成像到光电管上。当金属板发生位移时, 激光光斑的像将偏离光电管。必须用转镜将光束扫描到某一特定位置, 光斑像才能进入光电管中。通过对光束扫描角度的测量, 就可计算出金属板的位移量。此法也可推广到金属板的厚度测量中。由于金属板表面反射率变化会对测量带来影响, 我们对此作了修正。此测量方法不但是无接触的, 且不受测量对象和不利环境对传感头的影响。故可用于生产进行实时监测。

关键词: 光学三角法　金属板位移测量　金属板厚度测量　光束扫描

Optical triangle method for real-time measuring thickness of metal plate

Zhong Liyun, Yang Qimin, Wang Yi, Gong Ailing, Zhang Wenbi
(Institute of Laser, Yunnan Polytechnic University, Kunming, 650051)

Abstract: The oblique incident laser beam is projects on a metal plate, then reflected and imaged on a photocell with a lens. While the plate has a movement, the laser spot will depart from the photocell. Using a turning mirror to make the laser beam to scan a special position, the laser image spot can return to photocell. By measurement of the scanning angle of the laser beam, the displacement of the metal plate can be calculated. So the method can be applied to measure the thickness of the metal plate. In order to eliminate the influence of the variation of reflectance of metal surface, the correct method is presented. The method is no contact and can be used in real time measurements.

Key words: optical triangle method　displacement of metal plate　thickness of metal plate　laser scanning

版权所有 © 《激光技术》编辑部

引　　言

各种金属板(也包括所有不透明的板材) 常常需要对它们的厚度进行测量, 当它们的面积稍大时就不能用普通的量具进行测量。通常使用 γ 射线透射法来测厚, 但它的测量精度低, 且有放射性公害。后来国外发展起了光学方法, 其中具有实用价值的就是光学三角法。该法的装置简单方便, 更易和计算机结合, 可进一步做成智能仪器[1]。

这种方法还可推广到在轧制生产过程中, 测量金属的板厚, 以便实时控制其轧机的运行, 以确保板材所需要的厚度公差在允许的范围之内。特别是一些公差要求较高的薄板, 更是如此。

一、光学三角法实时测量位移

如图 1, 金属板的原始位置为 Z_0, 它沿 Z 轴方向运动。利用一细激光束通过反射镜 P 照

* 云南省教委基金资助。

射到金属板上, 反射镜在电机带动下, 使激光束扫描。当光束扫射到 α_0 角时, 光电管 D_1 发出起动信号。当光束扫射到 α_1 时, D_2 光电管发出开始测量信号。设金属板在测量时的真实位置为 $x = d$, 此时, 它对应的光束扫射角为 γ_d, TG 为光斑成像方向(TG 与 Z 轴成 β 角)。只要沿 TG 方向的光斑都能通过透镜 T 成像于光电管 D_3 上。由它发出的信号, 可测量出扫射角 γ_d, 可以证明金属板距起始平面的距离为[1]

$$d = [A \sin \gamma_d / \sin(\alpha_0 + \beta + \gamma_d)] \cdot (\cos \beta / \cos \alpha_0) \tag{1}$$

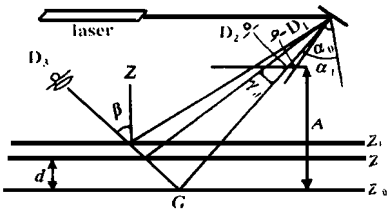

Fig. 1　The measurement principle of the thickness of metal plate. Here metal plate moves in Z direction, and M is a turning mirror, D_3 is a photocell

式中, A 为转镜到起始平面的直距离。当 $\alpha_0 + \beta = 90°$, 且 $\beta \approx \alpha_0$, $\gamma_d \leqslant 5°$ 时, 上式简化为:

$$d \approx A \gamma_d \tag{2}$$

$$\gamma_d = \omega \cdot t_d \tag{3}$$

式中, ω 为电机转速, t_d 是转角所对应的时间。通过光电管 D_2 和 D_3 发出的信号来测量。其实, 此法的特点就是把板位移的测量转化为时间的测量。

$$t_d = m \Delta t \tag{4}$$

m 为在时间 t_d 内测量到的脉冲数, Δt 为单个标准脉冲的时间, 我们采用标准脉冲的频率为 1MHz, 则 $\Delta t = 1 \times 10^{-6}$ s 由上三式可得

$$d = k \cdot m \Delta t \tag{6}$$

$$k = A \omega \qquad (k \text{ 为系统参数}) \tag{7}$$

二、光学三角法实时测量金属板厚

我们分三种情况来讨论: (1) 是金属板不动的情况, 这时较简单, 如图 2 所示, 设基准平面的位置在 Z_0, 已知金属板的位置在 Z_1 位置, 把待测金属板紧贴着已知金属板的平面, 它的另一平面的位置在 Z_2。用前述办法测量出 Z_1 和 Z_2 到 Z_0 的距离 d_1 和 d_2。则金属的板厚为[2]

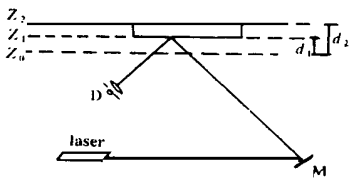

Fig. 2　When the metal plate is motionless, the experimental set up is relatively simple, and the thickness is the difference $d_1 - d_2$. Z_0 is the position of base plate

$$D = d_1 - d_2 = k \cdot \Delta m \cdot \Delta t \tag{8}$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 \tag{9}$$

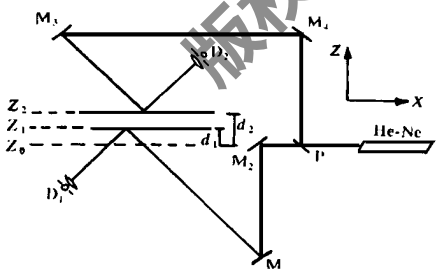

Fig. 3　The schematic of the experimental set up on real-time measuring the thickness of metal plate (if the metal plate is very large)

(2) 是当被测板的面积太大时, 得采用图 3 所示的实验装置。这时得采用两套三角法的实验装置, 让它们有共同的起始位置 Z_0, 再分别测量出金属板两端面的位置 d_1 和 d_2, 则金属的板厚仍可按(8)式计算。(3) 如果待测的金属板是在轧制过程中, 设板轧制的前进方向是沿着 X, 但是在 Z 方向也会有一定的移动。如果移动的方向与 Z 方向有一定的偏离, 则必需把此偏角 ε 测量出来, 按下式对所测量的金属板厚度进行修正:

$$D = (d_2 - d_1) \cos \varepsilon \tag{10}$$

版权所有 © 《激光技术》编辑部

三、测量所需的电路装置

我们知道激光束并非一条线而是有横截面的,在横截面上的光强分布是高斯分布,当金属板的反射率有变化时,或者激光光强发生变化时,高斯分布的高度和宽度都会发生变化,二值化后得到的矩形脉冲的宽度也会随之而变化,如图4所示,光强减小时脉宽也变窄,即 $\Delta t_2 < \Delta t_1$。故不能取脉冲的前沿(会随脉宽而变化),而必须取矩形脉冲中部位置(不会随脉宽而变化)作为测量的依据。所以,现在(6)式应改写为

$$d = k \cdot m_0 \Delta t$$
$$m_0 = m - \Delta m/2 \tag{11}$$

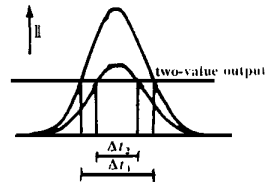

Fig. 4 The pulse width of CCD binary output is the function of optical intensity of laser spot

式中,m 为 D_2 测得的脉冲前沿到 D_3 测得的光斑脉冲后沿的间隔(脉冲数),Δm 为 D_3 测得的光斑脉冲宽度,m_0 是 D_2 测得的脉冲前沿到 D_3 测得的光斑脉冲中心间隔(脉冲数),由此可换算出所需要测量的位移、板厚等物理量。

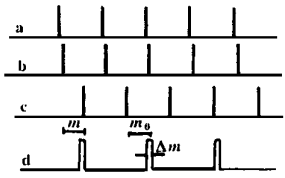

Fig. 5 The waveforms of test point a, b, c, d of the circuit in Fig. 6

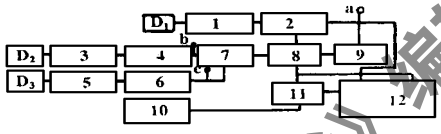

Fig. 6 The block schematic of measuring standard pulse number correspondence with m

如图5所示,a为 D_1 测得的脉冲前沿波形图,b为 D_2 测得的脉冲前沿波形图,c为 D_3 测得的光斑脉冲后沿波形图,d为 D_3 测得的光斑脉冲整形后的波形图。

为了测得 m 所对应的脉冲数,所需要的电子线路方块图如图6所示。图中,1,3,5为放大整形;2,4为前沿触发;6为后沿触发;7为与门;8为门控;9为封锁;10为一兆时钟;11为主门;12为计数储存译码显示。N 分频是为了延时,由于 D_1 所取脉冲的周期是9.02ms,如果 $N = 100$ 则每隔0.902s测一次。若 $N = 1000$,则每隔9.02s测一次。为了测量光斑脉冲半宽度 Δm,我们采用的电子线路如图7所示。图中,1,4为放大整形;2为 N 分频,3为前沿触发;5为前沿触发;6为门控;7为封锁;8为一兆时钟;9为二分频;10为主门;11为计数储存译码显示;12为放大整形。二分频计数可直接测量半宽度,有关电路的详细情况,另写专文介绍,此处不再详述。

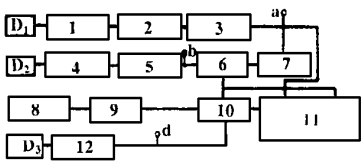

Fig. 7 The block schematic of measuring standard pulse number correspondence with Δm

四、实验结果与讨论

实际测量中,为了提高测量精度和方便起见,不采用测量 A,f 和α的方法来获得 k,而是采用定标的方法来获得 k。利用迈克尔逊干涉仪的丝杆产生标准位移 Δx,测量结果如附表所示。由表不难算出系统的 $k \cdot \Delta h = 192$ 个/mm。在此基础上,我们分别对0.5mm和0.8mm酚醛塑料板的厚度进行了测量,其绝对误差均在0.2mm左右。

板厚测量的精度取决于电机转速的稳定性和时间的测量精度。要找到转速低而又稳定的电机是很困难的。限于条件我们采用录音机用的电机以及它的稳速电路[4],此外,应采用指

版权所有©《激光技术》编辑部

机载海洋激光雷达信号中噪声的混沌行为初探

卢益民　罗志祥　陈文革　杨宗凯
(华中理工大学电信系, 武汉, 430074)

摘要: 以机载海洋激光雷达试验数据为依据, 通过接收信号中噪声的相空间重建, 相关维分析及李雅普诺夫指数的计算, 首次初步揭示了其噪声内在的混沌特性, 为提高海洋激光雷达系统的检测性能提供了一条新的途径。

关键词: 海洋激光雷达　相空间　混沌

Phase space reconstruction for noise of the oceanic lidar

Lu Yiming, Luo Zhixiang, Chen Wenge, Yang Zongkai
(Dept. of Electronics and Information, HUST, Wuhan, 430074)

Abstract: In this paper, we first discuss the effect of parameters choosing on phase space reconstruction through the chaotic signal and the signal received from the oceanic lidar. Then we reconstruct the space of the three types signals of determinate signal(cosine), random signal, chaos and experimental signal. We preliminarily know the regular pattern to choose the parameters and the phase space character of the three types of the signals, and find that the phase space of the experimental signal is similar to chaos', but different from random's.

Key words: oceanic lidar　phase space　chaos

版权所有 © 《激光技术》编辑部

向性和功率都更加稳定的激光器, 并用计算机处理数据, 利用软件消除误差, 也可望得到更好的效果。

Table　The relation between the standard displacement of metal plate and pulse number m_0

displacement(mm ±0.001mm)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
pulse number m_0(±10)	4873	4768	4673	4581	4452	4378	4279	4176	4082
displace ment(mm ±0.001mm)	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	
pulse number m_0(±10)	3980	3886	3791	3693	3601	3500	3395	3291	

参　考　文　献

1　程时琦, 杨齐民, 张文碧 *et al*. 云南工学院学报, 1992; 8(1): 127~ 130
2　刘振玉. 光电技术. 北京: 北京理工大学出版社, 1990: 14~ 316
3　张志锐, 邹延引. 数字电路设计手册与实用电路. 广州: 华南理工大学出版社, 1989: 156~ 159
4　郝鸿安. 民用电子线路实用手册. 北京: 中国计量出版社, 1989: 60~ 63

*　　*　　*

作者简介: 钟丽云, 女, 1968 年 2 月出生。硕士, 副教授。主要从事激光技术, 激光光谱和光电微弱信号检测方面的研究工作。

收稿日期: 97-08-25　　收到修改稿日期: 97-10-12