

激光散斑技术在轮胎钢丝断裂检测中的应用

肖业兴¹, 马铁军^{1,2}, 曾启林², 黄莹²

(1. 华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广东 广州 510641; 2. 广州华工百川科技股份有限公司, 广东 广州 510640)

摘要:介绍一种基于电子剪切散斑干涉技术研制的轮胎钢丝断裂激光无损检测仪。该检测仪采用相位测量技术, 通过相减法得到散斑条纹, 经相位去包裹后得到实时检测图像, 再通过相位图像表征钢丝断裂情况。该仪器检测轮胎钢丝断裂效果良好。

关键词:剪切散斑干涉; 相位测量; 轮胎; 钢丝断裂; 无损检测

中图分类号: TQ330.38⁺9 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2011)11-0694-04

汽车市场的繁荣使轮胎产业快速增长, 轮胎生产商都希望加快轮胎性能检测, 缩短研发周期, 保证轮胎质量。因此轮胎钢丝断裂的高效检测方法研究有重要意义^[1]。

本工作基于电子剪切散斑干涉技术对轮胎钢丝断裂进行无损检测。其基本原理是, 无损检测仪分别在正常情况和对周围环境抽真空情况下各摄取一幅轮胎图像, 由于抽真空后轮胎缺陷处会发生变形, 因此采用相减的方法可得到条纹图像^[2]。条纹图像的光强(I)用下式表示:

$$I = a(x, y) + b(x, y) \cos \Delta \phi \quad (1)$$

式中, $a(x, y)$ 为背景光强, $b(x, y)$ 为条纹幅值, $\Delta \phi$ 为相位信息。

采用相移法由式(1)求解相位。迄今引入的相移法有压电陶瓷法、偏振相移法、倾斜玻璃法和光栅相移法等, 但这些方法大多数仅局限于实验室中的原理性研究, 很难推广到具体的在线测量。因此采用高性能的相移器对相位测量方法来说至关重要^[3]。本工作采用液晶体作为相移器, 与剪切棱镜配合构成轮胎检测仪的相移剪切系统, 提高了测量精度。

1 检测仪组成和特点

图1所示为广州华工百川科技股份有限公司设计生产的具有全场快速非接触实时显示功能的轮胎钢丝断裂激光无损检测仪。该系统主要由以

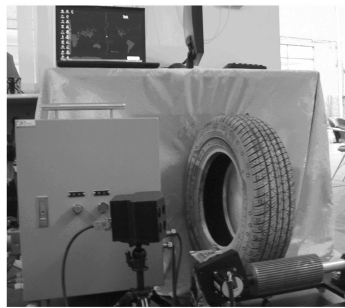


图1 轮胎钢丝断裂激光无损检测仪

下几个部分组成。

(1)机械系统:包括上、下胎装置,压胎装置,轮胎旋转装置。

(2)控制系统:由计算机、PLC、传感器及控制软件组成,可控制检测仪的自动和手动操作。包括轮胎上胎、压紧、转动,抽真空,图像采集等控制。

(3)软件及图像处理:可实时显示轮胎各扇区的实时检测数据、检测进度以及相应扇区的检测结果。可对检测图像进行保存、删除和打印等。

该检测仪适用于外直径小于1.6 m的轮胎检测,尤其适用于工程机械轮胎,检测速度可达每小时12条。检测系统软件界面如图2所示,具有用户界面友好、主界面功能简洁明了、操作简单和检测过程全自动的优点。

2 检测系统原理

本系统采用四步相移法^[4],即对变形前取一幅参考散斑图,通过计算机自动控制液晶可变延



图 2 检测系统软件界面

迟器的驱动电压取得变形后的 4 幅相移散斑图(即 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ 和 270°)。通过试验对液晶可变延迟器的驱动电压进行精确标定,结果如下:相位为 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ 和 270° 时电压分别为 0, 1.1, 2.3 和 3.5 V。轮胎无损检测系统原理如图 3 所示。

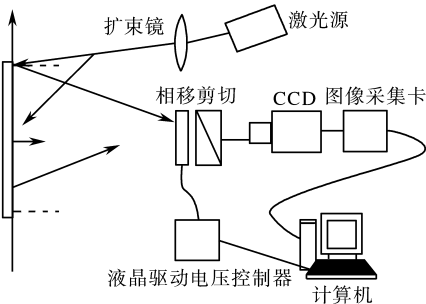


图 3 轮胎无损检测系统原理

用变形后 4 幅相移散斑图像分别减变形前参考图像并滤波得到 4 幅条纹图像(如图 4 和 5 所示),4 幅图像的光强如下:

$$I_1 = A^2(x,y) + B^2(x,y) + 2A(x,y)B(x,y)\cos(\theta + \Delta\phi) \tag{2}$$

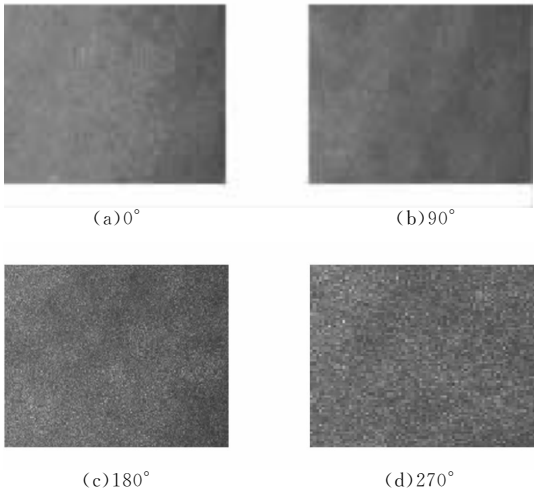


图 4 形变前、后相减所得激光散斑图像

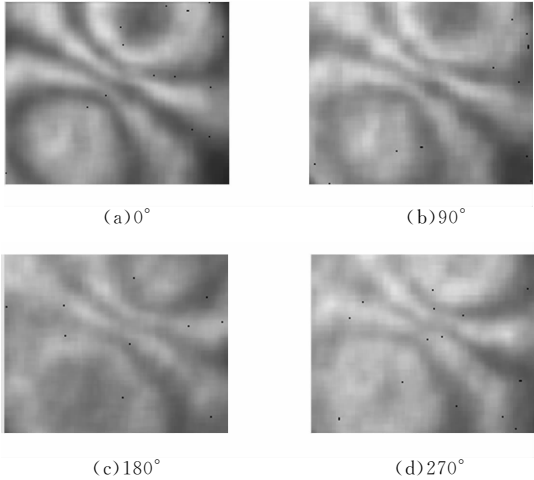


图 5 激光散斑图大窗口均值滤波后的条纹图像

$$I_2 = A^2(x,y) + B^2(x,y) + 2A(x,y)B(x,y)\cos(\theta + \Delta\phi + \frac{\pi}{2}) \tag{3}$$

$$I_3 = A^2(x,y) + B^2(x,y) + 2A(x,y)B(x,y)\cos(\theta + \Delta\phi + \pi) \tag{4}$$

$$I_4 = A^2(x,y) + B^2(x,y) + 2A(x,y)B(x,y)\cos(\theta + \Delta\phi + \frac{3\pi}{2}) \tag{5}$$

式中, $A(x,y)$ 和 $B(x,y)$ 为光照强度。根据式 (2)~(5) 可计算得到如下反正切相位计算公式:

$$\Delta\phi = \tan^{-1} \frac{I_3 - I_2}{I_4 - I_1} \tag{6}$$

$\Delta\phi$ 代表离面位移对剪切方向的一阶导数, 包含 $(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$ 范围内的相位信息图像, 即包裹相位图像^[2] (如图 6 所示), 经解包裹后得到连续相位图像(如图 7 所示), 再对其进行积分运算即可得到真实的离面位移。

3 检测结果

选两条带有钢丝断裂缺陷的轮胎进行检测, 结果如下。

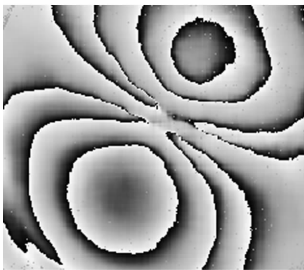


图 6 包裹相位图像

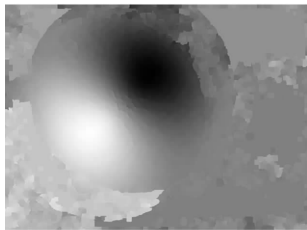


图 7 解包裹后连续相位图像

I 号轮胎为公司内部试验轮胎,人为制造了几处钢丝断裂,检测结果如图 8~11 所示。

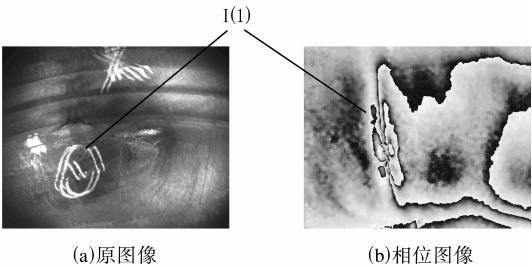


图 8 I 号轮胎(1)处的原图像和相位图像

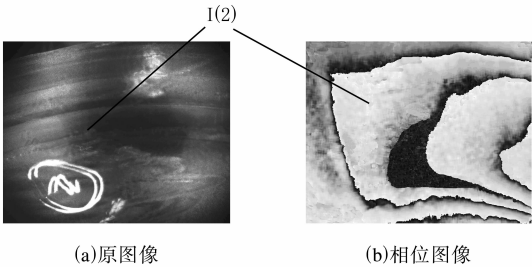


图 9 I 号轮胎(2)处的原图像和相位图像

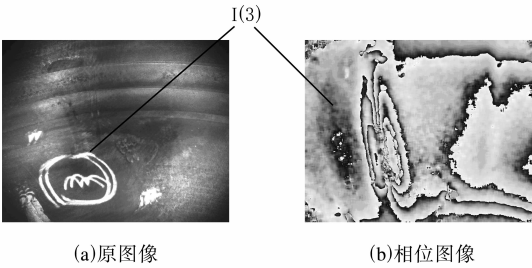


图 10 I 号轮胎(3)处的原图像和相位图像

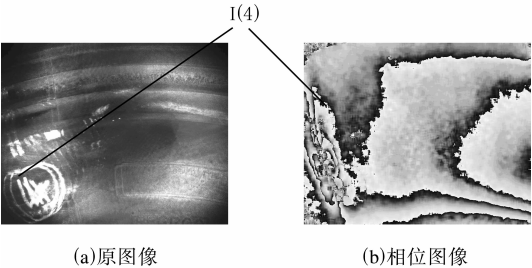


图 11 I 号轮胎(4)处的原图像和相位图像

I (1)处蝴蝶斑狭长,对称性好,背景清晰,变形量不大,钢丝断裂根数较少。

I (2)处有狭长的对称斑纹,但里层条纹轮廓不清晰,为钢丝断裂可疑处。

I (3)处有明显对称的蝴蝶斑纹,狭长,且里层条纹轮廓清晰,变形量大,存在钢丝断裂现象。

I (4)处有明显对称蝴蝶斑,条纹轮廓清晰,变形量大,出现钢丝断裂现象。

试验轮胎 II 检测结果如图 12~15 所示。

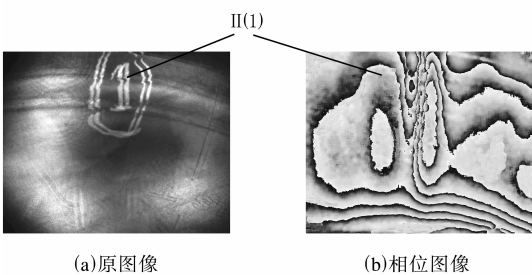


图 12 II 号轮胎(1)处的原图像和相位图像

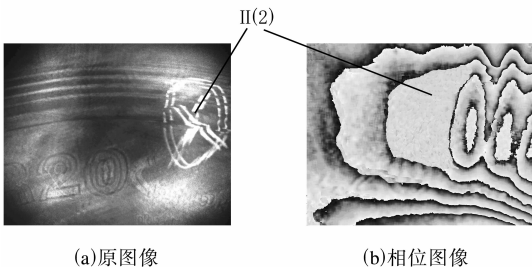


图 13 II 号轮胎(2)处的原图像和相位图像

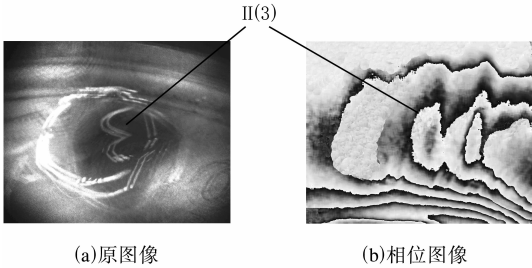


图 14 II 号轮胎(3)处的原图像和相位图像

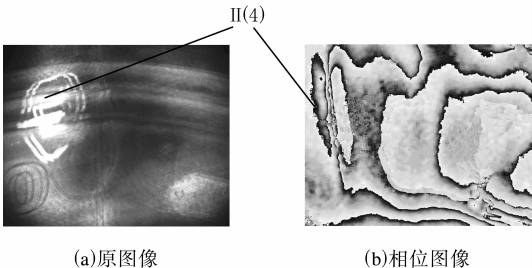


图 15 II 号轮胎(4)处的原图像和相位图像

Ⅱ(1)处蝴蝶斑纹明显,对称、狭长,嵌套的条纹较多,变形量大,钢丝断裂根数多。

Ⅱ(2)处斑纹对称性好,条纹轮廓清晰,变形量相对Ⅱ(1)处小,钢丝断裂根数少。

Ⅱ(3)处出现部分对称分布的纹络,但条纹轮廓不清晰,无明显的蝴蝶斑纹,为钢丝断裂可疑处。

Ⅱ(4)处蝴蝶斑纹狭长,对称性较好,变形量相对前述几处小,钢丝断裂根数少。

以上检测结果与实际钢丝断裂情况能够很好地吻合。

4 结语

传统的轮胎钢丝断裂检测方法大都通过目测,准确性差,液晶相移技术实现了轮胎钢丝断裂

的在线检测。该仪器能判别因钢丝断裂而导致的轮胎变形量大小以及缺陷处钢丝断裂程度,对轮胎钢丝断裂检测效果良好。目前该仪器已应用于军队野外交通工具的轮胎检测。

参考文献:

- [1] 胡杰,马铁军,曾启林,等.翻新轮胎激光无损检测仪[J].橡胶工业,2009,56(8):499-502.
- [2] 肖祥益,黄道平,曾启林.基于液晶相移的电子剪切散轮胎检测系统[J].控制工程,2007,14(7):128-130.
- [3] Tay C J, Quan C. Shape Identification Using Phase Shifting Interferometry and Liquid-crystal Phase Modulator[J]. Optics & Laser Technology, 1998, 30(3):545-550.
- [4] 陈育彬.激光散斑轮胎检测算法研究[D].广州:华南理工大学,2006.

收稿日期:2011-05-09

朗盛将生产全世界首款生物基 EPDM

中图分类号:F276.7;TQ333.4 文献标志码:D

2011年9月23日朗盛宣称,正在加大基于生物基原材料的高品质SR的生产。公司的目标是在2011年年底实现以生物基乙烯为原料的EPDM的商业化生产。该产品将是全球第一款生物基EPDM。

EPDM的传统制法是通过石油提取的乙烯和丙烯为原材料进行生产。作为替代方案,朗盛计划使用完全从可再生资源甘蔗中所提取的乙烯为原料。这种生物基乙烯是采用从巴西甘蔗中所提取的脱水乙醇生产的。Braskem S. A. 公司将通过输送管道向朗盛在巴西特里温福(Triunfo)的现有EPDM生产厂供应这种生物基乙烯。

朗盛工业橡胶制品业务部负责人卫国涛表示,朗盛始终在寻求化石燃料的替代品,这显示了公司追求可持续的生产方式以降低二氧化碳排放的坚定承诺。巴西生产厂能够成为生物基EPDM的领头军,对朗盛来说是个振奋人心的消息。

Braskem公司可再生化学品总监Marcelo Nunes说:“朗盛将帮助拓宽我们的可再生化学品的客户群。这一合作将有助于绿色乙烯进一步开拓其他重要的应用和市场。朗盛在汽车行业经验丰富,并享有很高的声誉,是我们理想的合作伙伴。”

目前,特里温福生产厂年产4万t常规EPDM,首批生物基Keltan Eco产品有望达到数百吨的产量。朗盛其他的EPDM生产基地分别位于荷兰格林、德国马尔以及美国德克萨斯州奥兰治。各等级的EPDM产品未来都将以“Keltan”品牌进行销售。

EPDM主要应用于汽车行业,在塑料改性、电缆电线、建筑和石油添加剂等行业也有应用。EPDM具备密度极低,耐热、抗氧化、耐化学性、耐候、绝缘性能好等性能特点。日前在德国杜塞尔多夫举办的朗盛橡胶日上,公司首次展示了Keltan Eco产品。

此外,朗盛已经开始寻找生产高品质IIR的替代原料,IIR主要用于轮胎产业。朗盛正在与总部设在科罗拉多州的Gevo公司合作,通过可再生资源(从玉米开始)生产IIR所需的关键原材料异丁烯。

2010年,朗盛在巴西费利斯港基地建造了一座新的现场发电厂,该基地专门生产氧化铁颜料。这座创新的高效废能发电厂利用甘蔗渣产生电能和蒸汽,这种甘蔗渣是甘蔗产糖之后余下的纤维成分。有了这种可再生环保原材料,该基地得以在无二氧化碳排放的基础上发电,自给自足。

(本刊编辑部 黄丽萍)