

改进型剪切应力图示法轮胎分析

John W. Newman 著 贺海留编译 黄小安校

自60年代后期以来,激光技术就是轮胎制造和翻新过程中致命缺陷与工艺偏差的一种有效检测手段。多年来全息摄影在轮胎脱层、粘合不佳、胎圈区气泡和其它许多有关粘合结构缺陷的检测上一直是最主要的方法之一。

虽然在轮胎制造过程中可选用X-射线法来检测带束层位置,但是这种方法在检测轮胎内部的粘合缺陷上效果很差。针对轮胎在真空下的应变,全息摄影可以提供有关小真空负荷下轮胎内部脱层、粘合缺陷以及变形区域概貌的条纹底片。

虽然全息摄影具有这种功能,但由于轮胎、摄像机、激光器及光学系统必须安装到一个很坚固的框架中,以防止轮胎抽真空时这些部件发生振动,因而设备造价高。另外,整个系统必须远离振源,以消除环境振动及建筑物晃动的干扰。尽管如此,在把激光干涉测量法引入轮胎外胎质量精密分析的过程中,全息摄影法起了重要作用。

为了减少环境振动及抽真空时轮胎变形的不良影响,在1972年,Y. Y. Hung研究出了一种称为剪切应力图示法的新型激光干涉测量技术。当时剪切应力图示法也采用胶片,它具有全息摄影法对缺陷的敏感性,而对环境振动却相当不敏感。

虽然以胶片为基础的剪切应力图示法在某些方面有所改进,但是轮胎检测中的激光摄影法仍离不开胶片。在产生胶片之前,人们已经检测过大量的轮胎。如果胶片不能提供清晰的图像,胶片的后续处理就很困难,轮胎就不得不重新检测。此外,由于许多图像由一大堆的黑色条纹组成,只有那些经过严格培

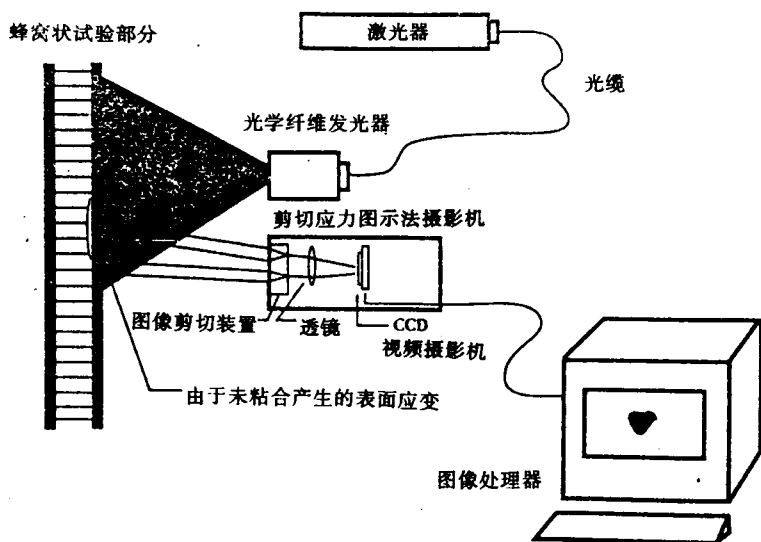
训的人才能对此进行解释。像全息摄影法一样,以胶片为基础的剪切应力图示法设备造价高,耗材费用也高。

1987年,激光技术公司开发了一种改进型剪切应力图示法。如今,在全球专利注册的剪切应力图示法已全电子化和实时化。这一方法克服了以胶片为基础的全息摄影法和剪切应力图示法的致命缺点,同时使这些技术的优点最终能大规模地应用于轿车轮胎、载重轮胎及翻新胎的检测上。改进型剪切应力图示法最初在航空航天工业中得到发展,并应用于复合材料和金属焊接的无损探测,现在这一方法已发展成为轮胎分析的一个非常有效的手段。

1 工作原理

剪切应力图示法描绘了物体表面由于负荷变化导致应变变化而产生的亚微观变形。附图给出了剪切应力图示法摄影机描绘应变的原理图。激光照射到目标的待测区域上:对于大多数轮胎,这一区域为轮胎内部从胎圈到胎圈或胎侧上从胎圈到胎肩的部位。

剪切应力图示法摄影机是一个高分辨率CCD视频摄影机,在该摄影机的透镜前装有临界剪切应力图示法光学元件。此元件可提供激光照射目标的一个分解图像,由两个横向或垂直方向剪切图像组成,两个图像的光在CCD图像探测器上发生干涉,产生该目标的图像,图像的每一点都包含相信息。在目标受压时,目标到摄影机的光程发生微小变化。真空室中的轮胎一般不产生应变,只有当脱层或其它缺陷导致面外变形时,应变才比较明显。这样,与剪切应力图示法图像存储器中



附图 剪切应力图示法原理

存贮的参考图像相比,在 CCD 摄影机的探测器上的光就产生了相位变化,从而得到一幅以黑白或彩色显示的缺陷实时视频图像,其色彩可以用于反映轮胎缺陷的大概深度。

改进型剪切应力图示法能以 3 种方式提供缺陷的图像。首先,它能够产生传统的条纹图像,与基于胶片的剪切应力图示法相同,反映出目标变形的微商。其次是图像的积分,提供实际缺陷的具体图像,以便于操作人员分析,或由系统内的计算机自动进行缺陷辨认。最后产生彩色剪切应力图示法图像,具体描述缺陷的大概深度。

改进型剪切应力图示法可以进行硬拷贝复制,贮存在系统的硬盘驱动器或光盘上。在 LTI AST-6000 上,一张容量为千兆字节的光盘可贮存多达 1 万条轮胎的信息。每张盘的价格不到 30 美元。

照片 1(照片略)对预先设置“HI”字形缺陷的轮胎全息摄影法图像(左)和 AST-6000 改进型剪切应力图示法轮胎分析仪图像(右)进行了比较。全息摄影法图像给出了条纹信息,画出了缺陷的外轮廓。改进型剪切应力图示法图像则真实地描述了轮胎缺陷,反映了缺陷的精确尺寸和位置。

2 改进型剪切应力图示法系统

过去,全息摄影法和以胶片为基础的轮胎试验机要求把轮胎水平放入机器中,再把真空室放到轮胎之上,用一种链式起重装置把轮胎放入试验机,这一作业不仅速度慢,而且容易出危险。激光束从暗箱外射入全息摄影法摄影机的角度要求很精确,相对而言,摄影机的运动复杂到了几乎无法描述的程度,这就要求轮胎作出相应的转动。因为胶片曝光时间相对较长,所以轮胎又必须绝对稳定,以确保图像清晰。

大功率激光束光导纤维传递系统和高速 CCD 视频摄影机的发展,使轮胎分析法的设计有可能实现两项关键性的突破。首先,摄影机现在能安装到机器人臂上,从而可用计算机控制整个轮胎的检测。其次,CCD 视频摄影机的灵敏度高,曝光时间短,使轮胎在机器中的定位有自己的特点,即可垂直滚入机器中。这一特点对载重轮胎厂尤其有用。另外,现在有可能在生产线上建立起新胎的快速检测系统。剪切应力图示法能对物体的相进行描述,这使人们可以利用计算机进行缺陷辨认,实现轮胎的自动验收。

从照片 2(照片略)可以看出,改进型剪

切应力图示法轮胎分析仪具有轮胎垂直滚入能力,2min完成这个大型军用载重轮胎的检测,整个轮胎中大于1mm的气泡和缺陷的图像将全部显示在视频监视器上。

采用AST-6000型6轴机器人剪切应力图示法系统可在轮胎抛光前全面检测整个外胎,为轮胎翻新厂家在轮胎翻新之前迅速决定其是否值得翻新提供依据。与载重轮胎翻新中使用的超声波法相比,剪切应力图示法的重要性、灵敏度和可靠性都要高得多。

3 改进型剪切应力图示法系统轮胎分析

配合真空度(实际上压力仅减小0.021—0.027MPa),改进型剪切应力图示法可描绘出轮胎结构中粘合薄弱环节和有少量空气夹杂处的面外拉伸变形。

3.1 脱层

改进型剪切应力图示法系统可以检测出小至1mm的多层帘布层或带束层中的胶层脱层。从照片3(照片略)可以看出一组在轿车轮胎胎冠区预先设置的脱层,这些缺陷的尺寸从2—20mm不等,要求的真空度变化仅为0.014MPa,试验时间为4s。

3.2 肩空及胎肩脱层

由疲劳而产生的肩空始于轮胎胎肩处,用改进型剪切应力图示法很容易对它进行检测和描绘。在旧的全息摄影法系统中,由于复杂的条纹图形需要有经验的技工来进行分析,因而难以用于肩空的检测。改进型剪切应力图示法如照片4(照片略)所示的那样可检测出载重轮胎中的肩空及其它更细微的胎肩脱层。

用AST-6000所产生的剪切图可显示载重轮胎11R24.5内部360°的视野,从中可以看出肩空及大量的胎肩脱层。

3.2 胎侧缺陷

用改进型剪切应力图示法检测轮胎外胎,发现胎体有3种类型的缺陷即胎圈气泡、帘布脱层和胎侧脱层以及拉链式缺陷。橡胶

和帘布对胎圈钢丝的粘合对轮胎性能至关重要。用剪切应力图示法能够看出胎圈钢丝束内部或外部出现的气泡和脱层,也能够看出沿胎圈钢丝束产生的较大脱层,胎圈钢丝束与胶料的不良粘合也能够成像显示出来。

拉链式缺陷是子午线轮胎胎侧处的胎体帘布由于充气压力或超载的缘故而产生的疲劳破坏。这种缺陷能导致轮胎破裂,因而非常危险,常会造成人员伤亡。在钢丝已经断裂后,拉链式缺陷可由X-射线来检测,但剪切应力图示法能描绘轮胎胎侧轻微的应变集中,以很高的灵敏度完整显示拉链式缺陷。

照片5(照片略)显示胎圈脱层和气泡以及胎侧气泡的剪切应力图示法图像。照片6(照片略)给出了轮胎胎侧的改进型剪切应力图示法的图像。胎侧出现大范围的疲劳,拉链式缺陷(图中胎侧中部附近的白色狭带)清晰可见。虽然这条轮胎中的拉链式缺陷是采用X-射线法和有经验的技工检出的,但剪切应力图示法显示的缺陷范围要比X-射线法宽得多。检出时间为2s。

4 结语

改进型剪切应力图示法与最近发展起来的纤维光学、机器人及CCD视频摄影机相结合,可为各种车辆轮胎结构的完整性分析提供新的技术。以胶片为基础的全息摄影法所提供的、费用昂贵而仅适用于重要航空轮胎的精密分析方法,现在可快捷而便利地应用于任何类型轮胎的检测了。

改进型剪切应力图示法轮胎图像系统适用于诸如轿车轮胎、载重轮胎及各种类型航空轮胎的制造与翻新领域,而且价格合理。另外,改进型剪切应力图示法是评价轮胎成品粘合质量的一种方法,可作为工艺控制的一种手段。在将来的轮胎质量管理及提高生产效率方面,剪切应力图示法将起主导作用。

译自英国“Tire Technology International 1993”,P184—188