

基于光学原理的轮胎-路面接触现象试验研究

梁晨, 朱大钊*, 王国林

(江苏大学汽车与交通工程学院, 江苏镇江 212013)

摘要: 基于光全反射的光学原理设计测量轮胎接地压力分布的试验台架。对影响试验台架校准的因素包括相机系统、环境光以及校准材料进行研究。为准确获取轮胎接地压力分布的边界, 对比了多种图像分割算法, 通过联合分割优化算法将图像中轮胎与玻璃的接触区域与非接触区域进行有效分割。将光学方法与Tekscan压力传感器获取的接地压力分布进行了对比, 结果表明光学方法与Tekscan压力传感器得到的轮胎接地压力分布特性指标具有较高的一致性, 证明了光学方法的可靠性。在此基础上研究了轮胎动态接地压力分布。

关键词: 轮胎-路面接触; 光学原理; 光学测压; 接地压力分布; 试验台架; 图像分割算法

中图分类号: TQ336.1

文章编号: 1000-890X(2020)10-0787-08

文献标志码: A

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2020.10.0787



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

轮胎是汽车与路面接触的唯一部件, 其与路面之间的接触状态直接影响车辆的操纵稳定性、安全性及舒适性等^[1]。轮胎接地压力分布又与轮胎接地性能密切相关^[2-3], 因此精确测量轮胎接地压力分布对轮胎开发以及车辆性能研究具有重要意义。

目前, 轮胎接地压力分布的测试方法有压力板法、压力传感器法、压敏膜法和光吸收法等^[4]。压力板法测量的图像边缘较为模糊, 无法精确测量。使用压力传感器法^[5-6]进行高精度测量时, 首先由于传感器成本高昂, 为了获得高精度的图像, 需要大量的传感器, 会极大地提高测量成本; 其次虽然传感器在测量点获得了可靠的测量结果, 但是其分辨率较低。压力敏感膜法只能测量静态下轮胎接地压力分布, 且每次测量需要更换敏感膜。光吸收法直接用摄像头拍摄轮胎与地面接触区域, 轮胎接地压力分布的分辨率取决于摄像头的像素, 该方法解决了测量结果的分辨率, 并且可以有效降低成本。

基于光吸收法的测压方法(光学方法)首先被用于医学研究中, R. P. Betts等^[7]设计了一种用于

生物医学的装置, 主要用于显示人脚下的压力模式。C. R. Gentle^[8]将这种光学技术应用于轮胎接地压力分布的测量, 其开发了一个简易试验台架, 能够定性测量轮胎接地压力变化, 但不能合理控制轮胎垂直负荷、外倾角和侧偏角。S. R. Chacko等^[9]改进了试验台架, 能够将轮胎接地压力与灰度拟合, 定量测出轮胎接地压力变化, 并通过校准材料提高了校准精度。M. Mitchell等^[10]在此基础上根据校准材料的厚度、硬度、质地、灵敏度和滞后性, 选择了一种较为合理的校准材料, 提升了试验台架的精度。J. Castillo等^[11]研究了环境光、环境温度和校准材料对试验台架校准的影响, 通过平均接地压力与接地面积相乘获取负荷以验证试验台架的准确性。

目前在获取轮胎接地压力分布时, 大多依据轮胎与玻璃非接触区域灰度的最大值对图像进行分割^[12], 由于试验时情况较为复杂, 使用这种方法容易导致误分割。本研究通过对比多种图像分割算法, 提出了更为有效的联合分割算法。同时, 鉴于现在对光学方法准确性的评价手段较为落后, 很难有效地描述轮胎接地压力分布, 本研究采用高精度Tekscan压力传感器对采用光学方法得到的轮胎接地压力分布特性指标进行评价, 对光学方法的有效性和可靠性进行了研究。

由于试验过程中的环境光对试验台架的校准

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51675240)

作者简介: 梁晨(1982—), 男, 天津人, 江苏大学副教授, 博士, 主要从事车辆动态性能和现代汽车轮胎结构设计的研究。

*通信联系人(1351402141@qq.com)

具有显著的影响,当环境光强度有显著变化时需要考虑重新进行校准,因此目前使用光学方法测量的动态下轮胎接地压力有较大的误差^[12]。本研究通过对试验台架进行优化,解决了环境光在试验台架校准中的影响,并测量了静态以及动态下轮胎接地压力分布。

1 试验台架测量原理及设计

1.1 试验台架测量原理

试验台架的设计基于光的全反射原理,当光穿过一种介质进入另一种低折射率的介质时可以通过控制入射角使光发生全反射。根据斯内尔定律,如果入射角大于临界角,则光束不通过介质并被全反射。临界角依据斯内尔定律得出:

$$\gamma_1 \sin \theta_1 = \gamma_2 \sin \theta_2$$

式中, γ_1 和 γ_2 分别是光在玻璃和空气中的折射率, θ_1 是入射角, θ_2 是折射光束的角度。临界角通过设定 $\theta_2 = \pi/2$ 得到,使折射光束沿着边界表面传播。

由于校准材料比玻璃具有更高的折射率,当校准材料与玻璃接触时,在接触处光的全反射失效,失效的光会逃离介质向周围散射,散射光被相机系统捕捉。当轮胎加载时,其与玻璃接触区域的压力越大,则散射光线越多,亮度也越高。

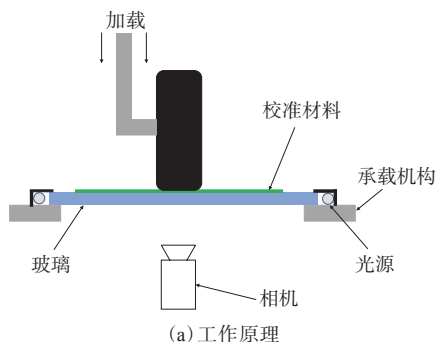
1.2 试验台架设计

试验台架的工作原理如图1(a)所示,机械结构如图1(b)所示。试验台架主要由加载机构、承载机构、相机系统和光源组成。

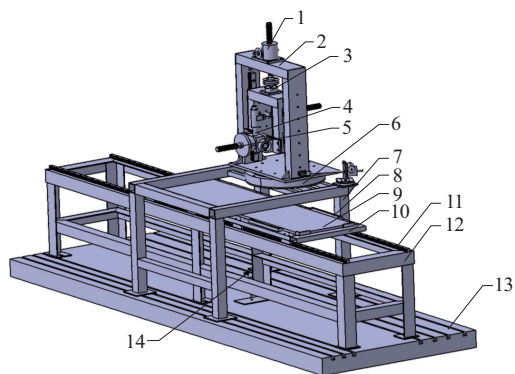
(1)加载机构。在轮胎安装架上安装轮胎,通过蜗轮和蜗杆机构实现轮胎径向加载,压力传感器测量轮胎径向反力,即实现负荷控制。通过转向调节装置与回转轴承改变轮胎外倾角以及侧偏角,实现轮胎在不同外倾角和侧偏角下的加载。

(2)承载机构。试验台架采用玻璃模拟路面,玻璃安装于承载机构上。承载机构通过导轨实现在支撑架上平移,平移速度通过电机进行控制。为保证加载时玻璃不发生破裂,使用19 mm厚的超白钢化玻璃。

(3)相机系统。相机的品牌为Guppy Pro F-503,相机拍摄的图像为8位的灰度图。相机的分辨率为 $2\,588 \times 1\,940$ 像素,能够提供5 020 720个



(a) 工作原理



(b) 机械结构

图1 试验台架的工作原理和机械结构示意图

测量点,比Tekscan 8050型压力传感器的分辨率高20倍。

(4)光源。光源安装于玻璃两侧,考虑到所用试验相机对绿光波长的灵敏度最高,在试验中使用绿色光源。为保证光源的寿命以及稳定性,采用高均匀条形LED光源。

1.3 试验台架校准系统设计

在轮胎接地压力分布的光学测量中,为将拍摄图像转变为轮胎接地压力分布图,需要将图像加载区域中像素点的灰度与压力进行关联,即需要设计校准机构以对整个系统进行校准,获取灰度与压力之间的函数关系。

本设计校准机构如图2所示,其是一个一侧留有开口的腔体机构,将有开口的一侧放置于校准材料上方,使整个机构内部成为一个密封的腔体。通过一侧的充气管道向腔体内充入气体,模拟校准材料的均匀受压。将空气压力从最小压力上升到标准压力,以一定的压力间隔捕获的图像

如图3所示。计算每张特征图像加载区域像素点的平均灰度,将其与施加的压力进行拟合,实现系统的校准。

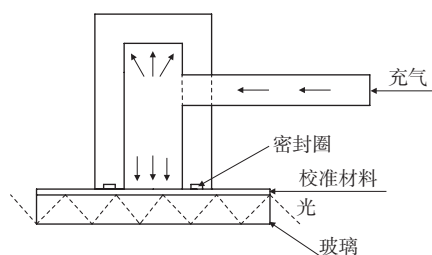
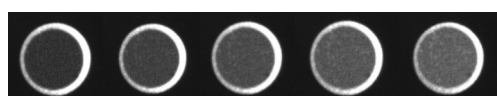


图2 校准系统结构示意图



137.8 kPa 275.6 kPa 413.4 kPa 551.2 kPa 689.0 kPa

图3 不同压力下的校准图片

2 试验台架校准的影响因素分析

在试验台架校准过程中,对校准系统干扰的主要因素如下:相机系统、环境光以及校准材料。

2.1 相机系统

采集图像质量与相机参数密切相关。试验中为防止图像曝光过度导致压力校准失真,调节曝光度,将图像的最小灰度和最大灰度保持在0~255之间;调节焦距使相机能够采集到清晰的轮胎接地图像;保持相机参数及位置不变。

相机透镜及玻璃曲率会使拍摄的图像发生畸变,因此需要通过相机标定进行矫正。相机标定根据张氏标定法^[12]进行,使用棋盘标定板对相机进行标定,校正图像的畸变并获取像素的尺度(即像素所对应的实际尺寸)。

2.2 环境光

台架试验时,外界环境光的变化会对最终校准结果产生影响。为评估环境光的影响,在2019年8月22日15:00~20:00的时间段内测量了灰度与压力之间的关系,结果如图4所示。

15:00,15:15,15:45,16:30和20:00时刻灰度与压力的拟合函数分别如下[各式的均方差(相关因数)分别为0.996 2,0.999 7,0.998 1,0.998 7和0.999 0]:

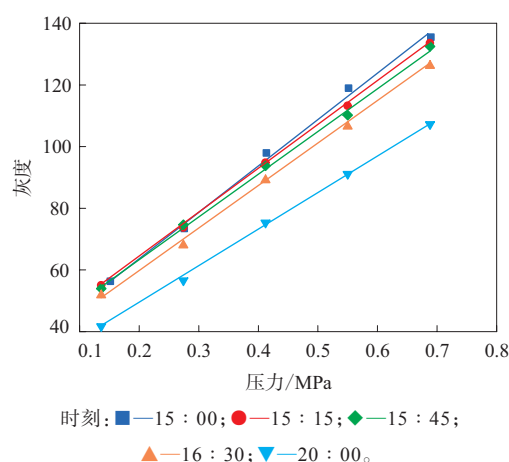


图4 不同时刻灰度与压力的关系

$$y = 150.83x + 33.581$$

$$y = 142.53x + 35.268$$

$$y = 139.63x + 35.468$$

$$y = 135.85x + 32.335$$

$$y = 120.07x + 39.906$$

由图4可知,环境光强度的变化将会使灰度与压力之间的函数关系发生显著变化。在短时间内,环境光强度的变化较小,灰度的变化不明显;随着时间的推移,外界环境光强度会发生显著变化,导致灰度产生波动,灰度与压力函数曲线发生偏移,校准将不再精确。

由于外界环境光强度时刻在发生变化,不可避免会对校准结果产生影响,因此本研究通过遮光设备将试验台架封闭起来,使整个试验系统处于一个黑箱中,以消除环境光的影响。

采用遮光设备后,在同样的时间段测量的灰度与压力之间的关系如图5所示。

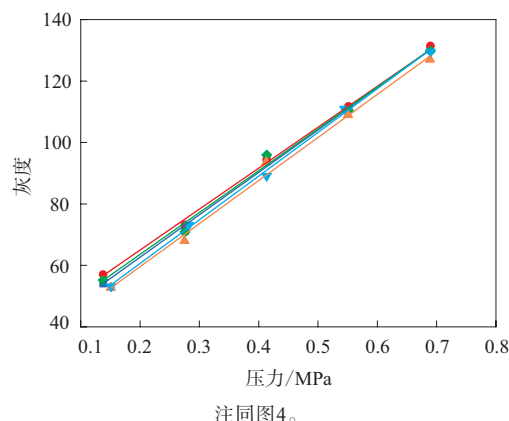


图5 采用遮光设备后不同时刻灰度与压力的关系

由图5可知,采用遮光设备后同一压力点处灰度波动小,且不同时刻灰度与压力的函数曲线也趋于吻合,符合试验要求。

2.3 校准材料

在试验过程中,校准材料起着举足轻重的作用,选择合理的校准材料有助于获取高精度的轮胎接地压力分布。选择校准材料需要综合考虑其本身的纹理、线性度、灵敏度三方面。为此,在对多种材料进行分析的基础上,选取了4种具有代表性的材料进行对比研究,如图6所示。

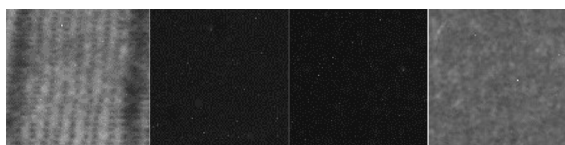


图6 校准材料

样本1:黑色皮革。材料纹理凹凸不平,但其线性度和灵敏度较高。

样本2:不透明的聚氯乙烯(PVC)片。材料表面光滑,但其硬度较高,导致灵敏度较低。

样本3:黑色塑料片。材料表面光滑,但其厚度较大,导致灵敏度较低。

样本4:硅橡胶片。材料表面均匀,其线性度和灵敏度较高。

4种校准材料的灰度与压力的关系如图7所示。

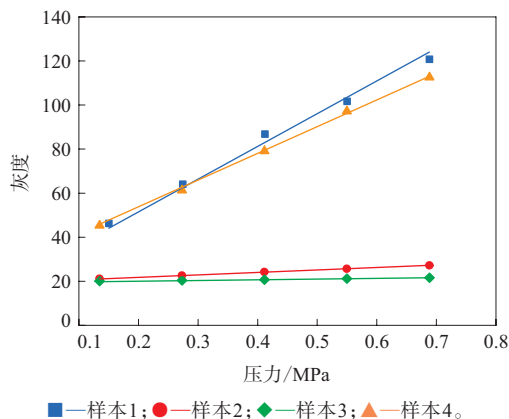


图7 不同校准材料灰度与压力的关系

样本1—4灰度与压力的拟合函数分别如下(各式相关因数分别为0.994 4,0.992 8,0.977 4和0.999 0):

$$y=138.07x+25.755$$

$$y=11.24x+19.014$$

$$y=2.85x+19.071$$

$$y=120.07x+29.906$$

通过对比分析4种样本的试验结果可知,样本1的线性度和灵敏度较高,但表面凹凸不平,导致压力变化不均匀;样本2和3的材料灵敏度较低;样本4表面均匀,线性度和灵敏度较高,压力变化均匀。因此,选用样本4作为校准材料进行试验。

3 测量结果处理

本试验采用3个轮胎公司生产的205/55R16轮胎(编号为1[#]—3[#]),轮胎垂直负荷为4 000 N,充气压力为250 kPa。试验得到的静态下轮胎接地原图如图8(a)所示。

由图8(a)可知,由于图像中轮胎与玻璃接触区域与非接触区域没有明确的边界,因此需要通过图像分割技术从图像中提取接触区域。为提高边界获取精度,对比了多种图像分割算法,包括Otsu方法^[13]、模糊C均值聚类算法^[14]和高斯混合模型算法^[15],在此基础上提出了更为合理的联合分割优化算法,各算法图像分割结果分别如图8(b)—(e)所示。

3.1 联合分割优化算法

为加强图像中沟槽和边界等局部区域的分割精度,本研究还对经典的局部阈值分割算法——Sauvola算法^[16]进行试验。Sauvola算法可以在局部区域对图像进行分割,其计算公式为

$$T(x,y)=m(x,y)\left\{1+k\left[\frac{s(x,y)}{R}-1\right]\right\}$$

式中: $T(x,y)$ 是以像素点 (x,y) 为中心的邻域分割阈值; $m(x,y)$ 是以像素点 (x,y) 为中心的邻域内灰度均值; $s(x,y)$ 是邻域标准偏差; R 是标准偏差最大值,通常取128; k 是一个正调整系数,取值范围通常为(0~1)。

Sauvola算法在一定程度上依赖像素邻域的大小,在不同邻域下2[#]轮胎接地图像的分割结果如图9(a)和(b)所示。

由图9(a)可知,当选取较小邻域时,轮胎接地图像的非接触区域并未被完全去除,这是由于非接触区域的灰度相似,无法判定接触与非接触区

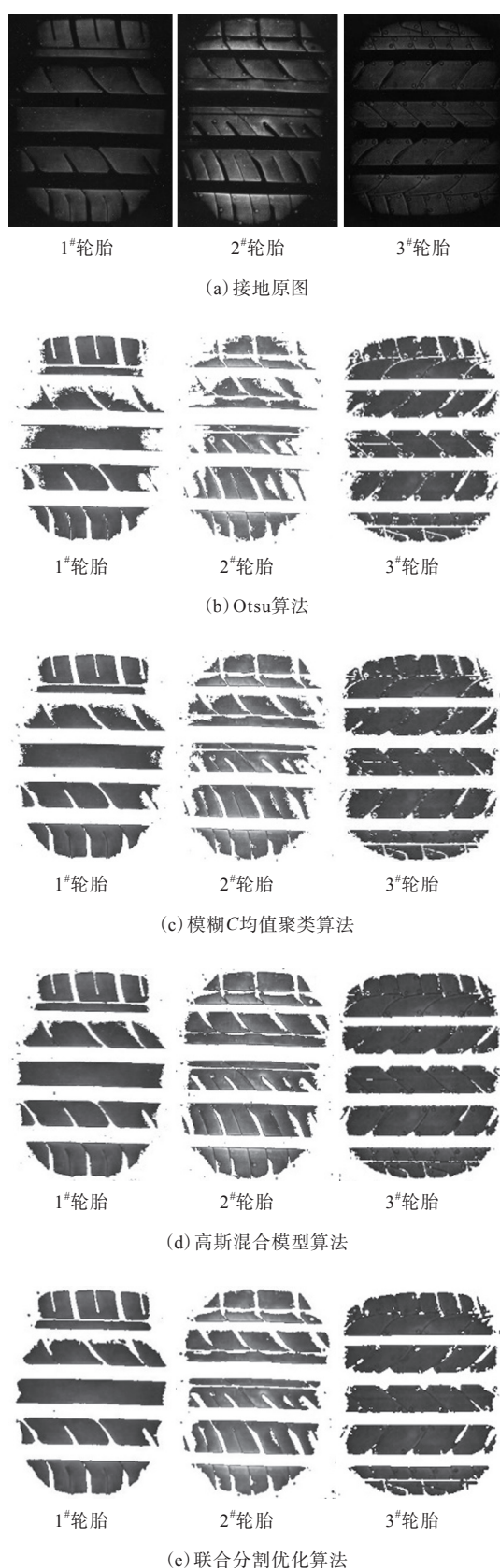


图8 静态下轮胎接地原图及不同算法接地图像分割结果

域。由图9(b)可知,当选取较大邻域时,接触区域边界分割完整。但是使用大邻域进行分割时,计算时间显著延长,而且在较大邻域内对灰度进行判定,丧失了其对局部区域分割的敏感性。

为此,对Sauvola算法进行优化,提出新的优化算法,其既保证对局部区域分割的敏感性,又提高计算速度。优化算法是通过Sauvola算法与高斯混合模型算法联合分割实现的。联合分割优化算法先通过Sauvola算法以小邻域对图像进行分割,此时接触区域的边界分割已较为完整[见图9(a)],再通过高斯混合模型算法将剩下的非接触区域去除。联合分割优化算法对沟槽的分割结果较为良好,且缩短了计算时间,分割结果如图9(c)所示。

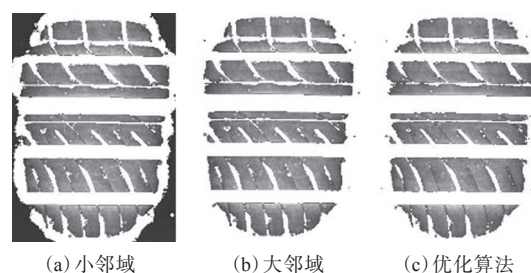


图9 静态下轮胎接地图像的Sauvola算法(不同邻域)和优化算法分割结果

3.2 各算法分割结果对比

由图8(b)可知,Otsu算法对于接触区域的分割结果较差,区域丢失较多。这主要是由于Otsu算法更适合于区分灰度有显著变化的图像。由图8(c)可知,模糊C均值聚类算法分割结果较Otsu算法更好,但边界处仍有区域丢失。这主要是由于接触中心区域的灰度变化较大,而接触边界处的灰度变化较小,导致分类时有一部分边界处的像素点被去除,分割结果变差。由图8(d)可知,高斯混合模型分割算法能够得到较为完整的接触区域。但高斯混合模型算法是对图像整体像素点的灰度进行处理,对局部区域如沟槽处的分割精度不高。由图8(e)可知,联合分割优化算法能够以更高精度对图像边界进行判定,提高接触区域边界分割的可靠性。因此选用联合分割优化算法,在进行图像分割后,根据试验台架的校准结果,即可得到轮胎接地压力分布。

4 光学方法测量结果校核

为验证光学方法测量结果的有效性,通过高精

度的Tekscan压力传感器测量方法(简称Tekscan方法)对光学方法进行评价。采用轮胎接地特性分析软件TFAS^[17]获取了两种测试方法所得到的14种接地压力分布特性指标,并进行了对比分析。两种方法得到的1#轮胎接地压力分布如图10所示。

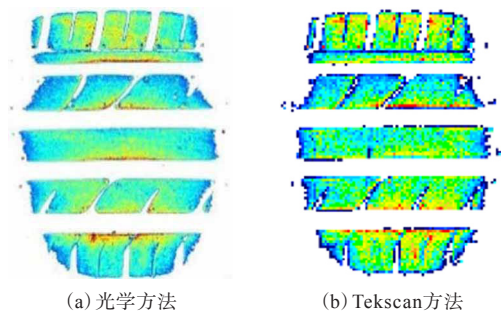


图10 轮胎接地压力分布

4.1 轮胎接地压力分布特性指标

把体现轮胎与地面接触区域形状的特性称为轮胎接地压力分布几何特性指标,把体现轮胎与地面接触压力分布的特性称为轮胎接地压力分布力学特性指标^[18]。

(1) 轮胎接地压力分布几何特性指标主要有:接地长度、接地宽度、接地长轴长度因数、接地因数、接地形状因数、接地面积、印痕面积、接地面积比和接地海陆比。其中接地长轴长度因数中定义了第二长轴长度、第三长轴长度、第二长轴长度因数和第三长轴长度因数。

(2) 轮胎接地压力分布力学特性指标主要有:平均接地压力和接地压力偏度值。

4.2 结果分析

光学方法与Tekscan方法的轮胎接地压力分布特性指标对比如表1所示。

从表1可以发现,两种方法在接地压力分布力学特性指标方面相对误差不大,数值小于10%。其中接地压力偏度值误差稍大,这是由于在校准时压力是通过拟合得到的,存在一定的偏差。在所有接地压力分布特性指标中接地海陆比的误差最大,导致这种现象的原因如下。

(1) 在采用软件处理轮胎接地压力分布时,压力存在误差。

(2) 在处理光学方法得到的图像时,图像分割存在误差。

(3) Tekscan方法的分辨率较低,其接地压力分布的边界存在误差。

综合考虑光学方法与Tekscan方法的测量结果,认为使用光学方法能够有效测量轮胎接地压力分布。

5 动态接地压力分布测试

在上述对静态加载工况下轮胎-路面接触现象研究的基础上,考虑汽车行驶时轮胎处于滚动状态,采用该试验台架测量了动态(滚动)下轮胎-路面接触现象。

试验采用1#轮胎,其垂直负荷为5 000 N,充气压力为250 kPa,滚动时前进速度为0.1 m·s⁻¹。

在静态和动态(左为前进方向)下轮胎接地压力分布如图11所示。

表1 光学方法与Tekscan方法轮胎接地压力分布特性指标对比

项 目	接地长度/mm	接地宽度/mm	第二长轴长度/mm	第三长轴长度/mm	第二长轴长度因数	第三长轴长度因数	接地因数	接地形状因数	接地面积/mm ²	印痕面积/mm ²	接地面积比	接地海陆比	平均接地压力/kPa	接地压力偏度值/kPa
1#轮胎														
光学方法	89.3	148.9	102.8	109.4	0.870	1.07	0.60	0.83	10 702	15 294	0.70	0.43	372.1	155.8
Tekscan方法	89.4	150.1	101.9	108.6	0.876	1.07	0.59	0.84	10 488	15 382	0.68	0.47	362.6	161.1
相对误差/%	0.11	0.80	0.88	0.74	0.68	0	1.69	1.19	2.04	0.57	2.94	8.51	2.62	3.28
2#轮胎														
光学方法	95.2	154.4	104.6	109.6	0.911	1.05	0.62	0.88	11 128	16 144	0.69	0.45	355.9	155.1
Tekscan方法	90.9	153.5	103.3	110.4	0.878	1.07	0.59	0.84	10 927	15 907	0.69	0.46	338.3	168.1
相对误差/%	4.73	0.59	1.26	0.72	3.76	1.87	5.08	4.76	1.84	1.49	0	2.17	5.20	7.73
3#轮胎														
光学方法	94.9	149.1	99.17	102.1	0.961	1.03	0.64	0.94	11 379	14 948	0.76	0.31	342.1	143.8
Tekscan方法	98.5	150.7	102.9	106.2	0.956	1.03	0.65	0.94	11 613	15 579	0.75	0.34	330.5	151.4
相对误差/%	3.65	1.06	3.62	3.86	0.52	0	1.54	0	2.01	4.05	1.33	8.82	3.50	5.02

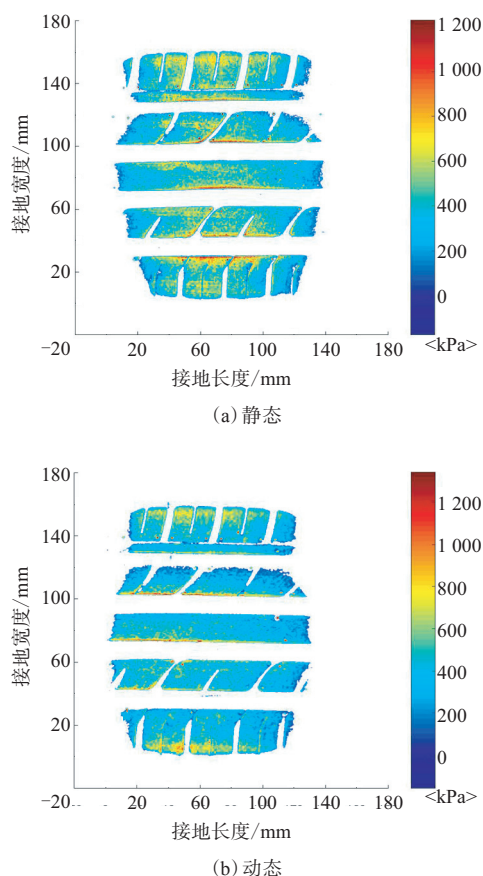


图11 轮胎接地压力分布

由图11可知:在静态加载工况下,接地印痕两端压力分布比较均匀;轮胎滚动以后,接地前端压力更高。这是因为在轮胎滚动时,接地前端接地变形增大,后端有离开接地区域的趋势,接地变形减小。

在两种工况下轮胎接地压力分布特性主要指标对比如表2所示。轮胎在静态与动态下的接地区域并未完全重合,因此只对比其中比较有代表性的指标。

从表2可以发现,轮胎滚动后,接地面积减小,平均接地压力增大,与实际情况相符。

表2 动态与静态下轮胎接地压力分布特性主要指标对比

项 目	动态	静态
接地长度/mm	103.5	104.3
接地宽度/mm	153.9	154.1
接地面积/mm ²	12 460	12 620
平均接地压力/kPa	413.2	405.1

6 结论

本研究基于光学原理设计了测量轮胎接地压力分布的试验台架。通过试验评估了多种因素对台架校准的影响,包括相机系统、环境光和校准材料的影响,在现有技术的基础上解决了相机系统和环境光对校准影响的问题,选取了合理的校准材料。同时,为了有效区分轮胎与玻璃的接触区域与非接触区域,综合考虑了不同的图像分割算法,提出了联合分割优化算法。通过轮胎接地压力分布特性指标,对光学方法与Tekscan方法测量结果进行了对比,结果表明光学方法是可靠的。最后,研究了在动态下轮胎接地压力分布。

本研究仅针对静态加载工况以及简单动态工况下轮胎接地压力分布进行测量,且动态下的轮胎滚动速度较低,下一步将通过改进试验台,对实现在高速滚动状态下轮胎-路面接触现象研究更具意义。

参考文献:

- [1] 庄继德. 现代汽车轮胎技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2001.
- [2] 王国林,董自龙,梁晨,等. 子午线轮胎接地特性与滚动阻力关系的研究[J]. 机械工程学报,2014,50(16):186-192.
- [3] 梁晖,王国林,梁晨,等. 行驶面宽度和弧度高对轮胎偏磨影响的有限元分析[J]. 橡胶工业,2019,66(3):207-212.
- [4] 张安强,姚钟尧. 轮胎接地压力分布及其测试方法[J]. 橡胶工业,2001,48(6):368-374.
- [5] Marsili R. Measurement of the Dynamic Normal Pressure between Tire and Ground Using PVDF Piezoelectric Films[J]. IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement,2000,49(4):736-740.
- [6] Matsuzaki R, Todoroki A. Intelligent Tires Based on Measurement of Tire Deformation[J]. Journal of Solid Mechanics & Materials Engineering,2007,2(2):269-280.
- [7] Betts R P, Duckworth T. A Device for Measuring Plantar Pressures under the Sole of the Foot[J]. Engineering in Medicine,1978,7(4):223-228.
- [8] Gentle C R. Optical Mapping of Pressures in Tyre Contact Areas[J]. Optics & Lasers in Engineering,1983,4(3):167-176.
- [9] Chacko S R, Sivakumar S M. A Procedure for Correction of Creep in Foam Rubber Optical Pressure Measurement Techniques[J]. Experimental Mechanics,1999,39(2):125-131.
- [10] Mitchell M,Howarth M,Gentle C R. Production and Evaluation of Textured Polymer Sheets as Optical Pressure-sensing Interfaces[J]. Journal of Materials Processing Technology,1998,77(1-3):129-133.

- [11] Castillo J, Lablanca A P D, Cabrera J A, et al. An Optical Tire Contact Pressure Test Bench[J]. *Vehicle System Dynamics*, 2006, 44 (3): 207–221.
- [12] Castillo Aguilar J J, Cabrera Carrillo J A, Guerra Fernández Antonio, et al. Optimization of an Optical Test Bench for Tire Properties Measurement and Tread Defects Characterization[J]. *Sensors*, 2017, 17 (4): 707–733.
- [13] Zhang Z A. Flexible New Technique for Camera Calibration[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000, 22 (11): 1330–1334.
- [14] Ostu N. A Threshold Selection Method from Gray-histogram[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 2007, 9 (1): 62–66.
- [15] Bezdek J C, Ehrlich R, Full W. FCM: The Fuzzy C-means Clustering Algorithm[J]. *Computers & Geosciences*, 1984, 10 (2–3): 191–203.
- [16] Goyal K, Singhai J. Review of Background Subtraction Methods Using Gaussian Mixture Model for Video Surveillance Systems[J]. *Artificial Intelligence Review*, 2018, 50 (2): 241–259.
- [17] Sauvola J, Pietikäinen M. Adaptive Document Image Binarization[J]. *Pattern Recognition*, 2000, 33 (2): 225–236.
- [18] 梁晨. 子午线轮胎综合接地性能评价体系与方法研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2013.

收稿日期: 2020-04-04

Experimental Study on Tire–Pavement Contact Phenomenon Based on Optical Principle

LIANG Chen, ZHU Daqian, WANG Guolin

(Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The test bench for measuring the grounding pressure distribution of the tires was designed based on the optical principle of total light reflection. Factors affecting the test bench calibration, including camera system, ambient light and calibration materials were studied. In order to accurately obtain the boundary of the tire grounding pressure distribution, a variety of image segmentation algorithms were compared, and the contact region between the tire and glass and the non-contact region in the picture were effectively segmented by joint segmentation optimization algorithm. The grounding pressure distribution obtained by optical method was compared with that of Tekscan pressure sensor. The results showed that the tire grounding pressure distribution characteristic index obtained by the optical method was highly consistent with that obtained by Tekscan pressure sensor, which proved the reliability of the optical method. On this basis, the dynamic ground pressure distribution of the tire was studied.

Key words: tire–pavement contact; optical principle; optical pressure measurement; grounding pressure distribution; test bench; image segmentation algorithm

马来西亚石油化学/LG化学合建丁腈橡胶厂 日前, 马来西亚国家石油公司旗下化学公司PCG宣布, 该公司和LG化学公司已达成协议, 在马来西亚柔佛州彭格朗一体化石化厂建设一套年产能20万t的丁腈乳胶生产装置。该装置计划于2021年开始建设, 2023年投产。PCG表示, 规划建设的工厂将满足日益增长的丁腈乳胶医用手套市场, 并进一步巩固马来西亚作为全球最大手套出口国的地位。两家公司将携手合作, 提供不同等级的丁腈橡胶产品, 并开发高附加值产品。

PCG董事总经理兼首席执行官Sazali Hamzah

说: “此举标志着PCG在发展特种化学品组合方面迈出了战略性的一步。”PCG表示, 与LG化学的最新合作将不断加强双方业务增长。

丁腈橡胶是一种以丁二烯为主要原料的合成橡胶, 是制造丁腈胶乳手套的核心原料, 丁腈胶乳手套广泛应用于医疗和食品等行业。近期, 丁腈胶乳手套在帮助控制新冠疫情和其他传染病方面获得大量应用, 其需求市场迅速发展。PCG表示, 丁腈胶乳手套的需求正以年均10%以上的速度增长, 预计2024年将占整个乳胶手套市场的70%。

(摘自《中国化工报》, 2020-08-31)