

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2018.02.011

一种滚球法测橡胶粘度的视觉矫正算法研究^{*}

王宪伦, 姜鹏鹏

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要:针对橡胶粘度测量精度不高、测试时间长、效率低的问题,对视觉测橡胶粘度的方法进行了研究,提出了一种利用滚球测橡胶粘度的视觉矫正算法。首先对滚球法测橡胶粘度的原理进行了说明,建立了视觉矫正模型,并对矫正算法进行了分析与实现;该算法根据滚球运动不同位置状态进行了分析处理,解决了不同状态下滚球中心位置的确定问题;最后通过粘度测量平台测量橡胶的粘度验证了矫正算法的可行性。实验结果表明:该算法得到的多次实验数据波动较小,满足工业生产的要求;该矫正算法因不存在近似求解,同时模型不受滚球到投影面距离的影响,算法的适用性与测试结果的准确性得到进一步提高。

关键词:橡胶粘度;视觉;矫正模型;矫正算法

中图分类号:TH836;TH145.4⁺1

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2018)02-0166-04

Vision correction algorithm for measuring viscosity of rubber by rolling steel ball

WANG Xian-lun, JIANG Peng-peng

(College of Electromechanical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Aiming at the problems of low measuring accuracy, long testing time and low efficiency of rubber viscosity measurement, the method of measuring the viscosity of rubber by vision was studied, a correction algorithm for measuring viscosity of rubber by rolling steel ball was proposed. The principle of measuring the viscosity of the rubber by the method of rolling ball was described and the visual correction model was set up. The correction algorithm was analyzed and implemented. The problem of determining the central location of ball under different conditions was solved by analyzing different positions of the rolling ball. At last the viscosity of the rubber was measured by a viscosity measuring platform to verify the feasibility of the correction algorithm. The results indicate that the experimental data obtained by this algorithm is little changed, which can meet the requirements of industrial production. The algorithm does not approximate the result and is not influenced by the distance from the ball to the projection plane, these serves to improve the applicability of the algorithm and the accuracy of the result.

Key words: viscosity of rubber; vision; correction model; correction algorithm

0 引言

在轮胎工业中,要求轮胎在动态、高温、潮湿老化后,保持良好的粘合力,同时也经常需要将几种胶层粘接以获得更好的轮胎性能。橡胶粘弹特性影响着胶料

的加工性能、硫化胶的物理性能以及橡胶制品的使用性能^[1-3]。目前,虽然有粘度分析仪,但由于其测量精度不高、滞后大、设备昂贵、维护性差,在实际生产中,大多数轮胎企业还是采用传统的测量方法。该方法通过人工采样,将两片胶料表面在一定的压力下挤压一

收稿日期:2017-05-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51105213)

作者简介:王宪伦(1978-),男,山东济宁人,博士,副教授,主要从事机器人技术、智能控制方面的研究。E-mail:xlwang@126.com

定时间,撤销该挤压力后,测量将两片胶料拉开需要的力大小。该方法测试时间较长、效率较低,测量结果存在较大偏差,导致产品质量不稳,橡胶产业自动化生产程度低。

为了解决以上方法存在的问题,本研究提出利用滚球测橡胶粘度的视觉矫正算法,以通过该算法使测得的粘度值更接近真实值,从而利用测得的高精度橡胶粘性量来指导生产,提高轮胎的质量和加工效率。

1 滚球法测橡胶粘度概述

滚球法测量系统由软件系统、高速摄像机、激光线性发生器、滚球、自制粘度测量平台、待测胶料等组成。滚球法测量系统借助滚球的运动,通过上位机软件与高速摄像机进行图像数据的采集、处理与分析,结合本研究提出的测量粘度算法来得到高精度的粘性量。滚球以一定的速度在橡胶表面上滚动,由于受胶料的粘滞作用(不计空气阻力)而做减速运动。通过激光线性发生器发射的线激光对滚球进行照射^[4],由于部分激光线被滚球挡住,在投影面上激光线发生直线分段。笔者通过对摄像机采集滚球运动图像进行分析处理得到橡胶的粘性量。

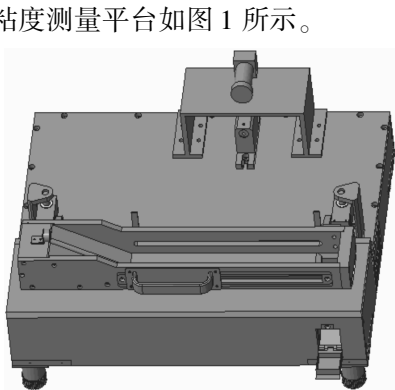


图1 粘度测量平台

2 粘度测量算法

本研究通过视觉系统获取图像数据,找到滚球运动到水平胶料上的第一帧图像,并以此开始处理之后的图像数据。通过图像预处理^[5-6],得到滚球遮挡的激光投影的间断位置,通过粘度测量算法得到滚球中心位置,经数据处理得到加速度值,输出胶料的粘性量。

粘度测量算法流程如图2所示。

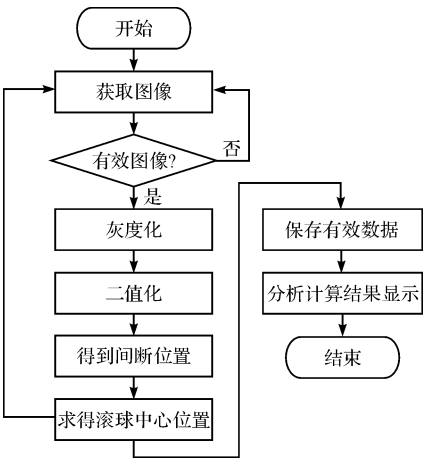


图2 粘度测量算法流程图

3 视觉矫正算法的提出

粘度测量算法关键在于如何精确地确定每一时刻滚球中心点的位置坐标。这就需要对本装置的投影原理从其本质上进行分析与矫正。平台中的激光线性发生器是通过透镜将输入的激光光束转换为能量均匀分布的直线,在对滚球进行投影过程中,图像发生畸变^[7-9]。

为解决上述问题,本研究提出以下矫正算法:在滚球法测试之前首先将水平激光线性发生器旋转90°,使其发射竖直线,记录该线的线宽中心在图像中的宽度方向像素位置 B ,并算出实际距离与像素距离的比例 r ,测量激光发生器到投影面的距离 h_1 ,滚球中心到投影面的距离 h_2 。滚球中心 O 在投影面上的位置为 x_2 ,而滚球中心的实际位置点应为 P ,直接对图像数据进行利用得到的结果会有很大误差。因此,对滚球运动分4种状态分析,通过矫正来求取 P 的位置。已知 r, h_1, h_2 ,通过图像可以得到 X_1, X_3, B 点宽度方向的像素坐标值 x_1, x_3, b ,并设 P 点宽度方向的像素坐标值 p 。

当 $x_1 < x_3 < b$ 时,该状态的滚球投影示意图如图3所示。

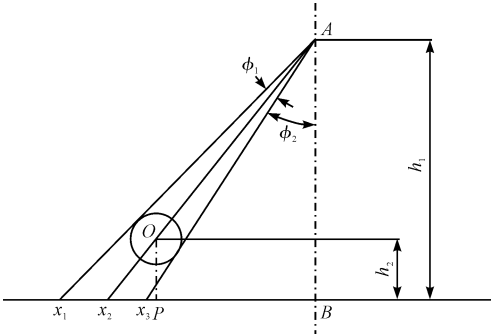


图3 状态一滚球投影示意图

$$L_{Bx_1} = r(b - x_1) \quad (1)$$

$$L_{Bx_3} = r(b - x_3) \quad (2)$$

由 $\varphi_2 = \arctan\left(\frac{L_{Bx_3}}{h_1}\right)$, $\varphi_1 + \varphi_2 = \arctan\left(\frac{L_{Bx_1}}{h_1}\right)$, 得:

$$\begin{aligned} \varphi_3 &= \frac{\varphi_1}{2} + \varphi_2 = \\ &= \frac{\arctan\left(\frac{L_{Bx_1}}{h_1}\right)}{2} + \frac{\arctan\left(\frac{L_{Bx_3}}{h_1}\right)}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

则:

$$L_{Bx_2} = h_1 \tan \varphi_3 \quad (4)$$

由 $\triangle ox_2P \sim \triangle Ax_2B$ 得:

$$\frac{L_{x_2P}}{L_{x_2B}} = \frac{h_2}{h_1} \quad (5)$$

$$p = b - \frac{(L_{x_2B} - L_{x_2P})}{r} \quad (6)$$

当 $x_1 < b < x_3$ 且 $L_{Bx_1} > L_{Bx_3}$ 时, 该状态的滚球投影示意图如图 4 所示。

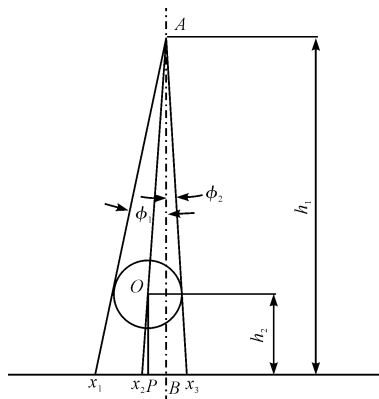


图 4 状态二滚球投影示意图

$$L_{Bx_1} = r(b - x_1) \quad (7)$$

$$L_{Bx_3} = r(x_3 - b) \quad (8)$$

由 $\varphi_2 = \arctan\left(\frac{L_{Bx_3}}{h_1}\right)$, $\varphi_1 = \arctan\left(\frac{L_{Bx_1}}{h_1}\right)$, 得:

$$\begin{aligned} \varphi_3 &= \frac{\varphi_1}{2} - \frac{\varphi_2}{2} = \\ &= \frac{\arctan\left(\frac{L_{Bx_1}}{h_1}\right)}{2} - \frac{\arctan\left(\frac{L_{Bx_3}}{h_1}\right)}{2} \end{aligned} \quad (9)$$

则:

$$L_{Bx_2} = h_1 \tan \varphi_3 \quad (10)$$

由 $\triangle ox_2P \sim \triangle Ax_2B$ 得:

$$\frac{L_{x_2P}}{L_{x_2B}} = \frac{h_2}{h_1} \quad (11)$$

$$p = b - \frac{(L_{x_2B} - L_{x_2P})}{r} \quad (12)$$

同理可求得, 当 $x_1 < b < x_3$ 且 $L_{Bx_1} < L_{Bx_3}$ 时, 以及当 $b < x_1 < x_3$ 时:

$$p = b + \frac{(L_{x_2B} - L_{x_2P})}{r} \quad (13)$$

以上两种状态的滚球投影示意图如图(5,6) 所示。

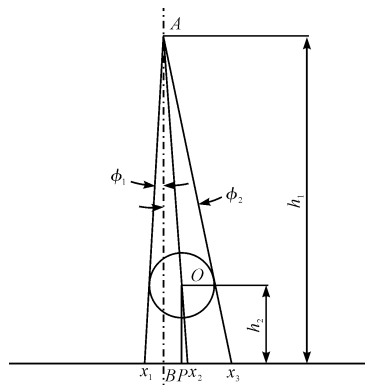


图 5 状态三滚球投影示意图

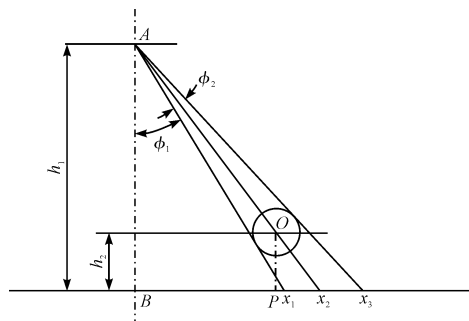


图 6 状态四滚球投影示意图

由于滚球在橡胶料表面的运动近似为匀减速运动, 高速摄像机采集图像的时间间隔可由 $t = 1/f$ 得到, 其中 f 为摄像机的帧速率, 滚球的质量 m 已知, 由匀加速 $\Delta s = at^2$ 即可得到加速度 a 。

因此, 需求得每两张图像的滚球中心的实际位置点 P 的差值 Δp , 则加速度 $a = \Delta p/r/t^2$ 。重复上述方法, 将有效图像数据进行分析, 可得到多个加速度值, 求其平均值作为加速度的值。

4 实验及结果

通过电磁铁通断电来完成滚球吸合与释放, 通过高速摄像机采集滚球运动图像数据, 对数据进行上述分析方法, 即可得到加速度值, 进而求得胶料的粘度。

粘度测量平台实物如图 7 所示。

本研究取同一橡胶片样品分成两部分, 进行两组实验, 第一组实验取其中一块胶料放到粘度测量平台上, 将滚球在较高位置释放, 到达胶料表面时具有较高的初速度, 滚球最终落到测量装置的滚球收集槽中, 进行 8 次测试并记录数据结果; 第二组取另一块胶料进

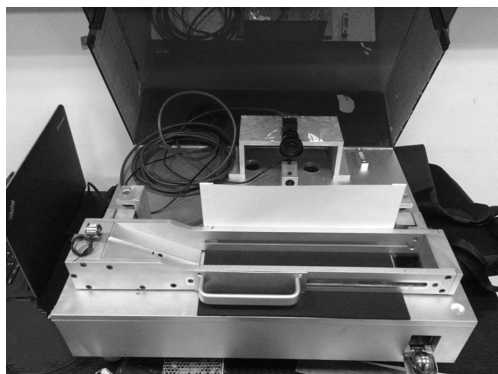


图7 粘度测量平台实物

行实验,调节电磁铁的位置,使滚球从较低的位置释放,由于到达胶料表面的初速度较小,滚球可能未到达收集槽中,同样进行8次测试,得到的数据结果进行对比。结果对比图如图8所示。

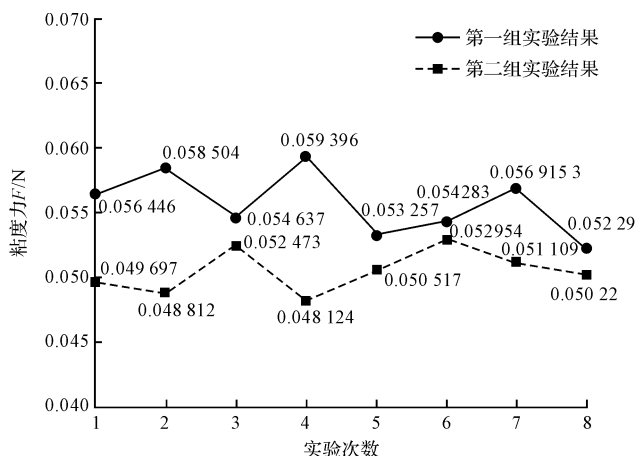


图8 结果对比图

从图8中可以看出:每组数据都有较小范围波动,第一组数据结果比第二组数据总体稍大,从不同高度释放滚球会对结果产生微小的影响。由于机械安装误差,激光发生器发射的直线激光能量分布不均,以及胶片本身粘度的不均匀性,并且滚球每次滚动所走的路径并非完全重合,导致了同组数据有较小波动;从高处释放滚球,当滚球到达水平面时得到较高的初速度,其中速度越大,滚球所受到风的阻力就越大,因此第一组滚球的加速度较第二组大,得到的粘性力也较第二组稍大,但影响相对较弱可以作为测量结果的参考值,在工业测试中故可将其忽略。因此在实际测试中,可以适当调整滚球释放的高度进而得到粘性量。

5 结束语

由于使用激光线性发生器进行投影导致的图像畸变进行矫正,该视觉矫正算法采用了分段处理的方法,根据滚球运动位置的不同进行分析与公式推导,得到滚球中心在运动中的真实位置。笔者建立的模型中不存在近似求解的问题,消除了因近似求解而导致的误差;同时该矫正模型不受滚球距投影面距离的远近影响,解决了因滚球距离投影面的距离差异导致的测试数据误差变化较大的问题,从而保证了测试结果的准确性以及提高了算法的适应性。

该粘度测量平台操作简单、自动化程度较高,且测试周期短、测试结果稳定,成本较低,因此该平台可应用在各类橡胶生产制造业,进一步提高轮胎的质量。

参考文献 (References):

- [1] 萨日娜. 高性能纤维的表面修饰新方法及其橡胶复合材料的界面设计与粘合性能研究[D]. 北京:北京化工大学材料科学与工程学院,2015.
- [2] 李 斌,杜华太,张洪民,等. 芳纶与橡胶界面粘合技术的研究进展[J]. 橡胶工业,2012,59(12):757-761.
- [3] 傅国娟,马明强,史新妍. 疲劳次数对钢丝帘线/橡胶粘合性能的影响[J]. 橡胶工业,2016,63(4):206-210.
- [4] 刘 彬,许立铭,刘宏胜,等. Laserline 激光发生器在 KUKA 机器人系统中的应用[J]. 上海交通大学学报,2016,50(S1):14-18.
- [5] LIU Wei, XIN Ma, LI Xiao, et al. High-precision pose measurement method in wind tunnels based on laser-aided vision technology [J]. **Chinese Journal of Aeronautics**, 2015,28(4):1121-1130.
- [6] ALEX Z. Learning open CV-computer vision with the open CV library [J]. **IEEE Robotics and Automation Magazine**, 2009,16(3):100.
- [7] 王 健,陈文艺,王 波,等. 投影图像畸变的一种校正方法[J]. 西安邮电学院学报,2011,16(1):65-69.
- [8] 姚 路,陈昌志,周 桥,等. 基于投影模型和图像融合的拼接畸变消除算法[J]. 计算机应用与软件,2016,33(7):217-221.
- [9] 余 鑫,胡方德,吴 军. 基于 Chebyshev 插值算法的实时鱼眼图像校正[J]. 兵工自动化,2016,35(7):55-56,65.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

王宪伦,姜鹏鹏. 一种滚球法测橡胶粘度的视觉矫正算法研究[J]. 机电工程,2017,35(2):166-169.

WANG Xian-lun, JIANG Peng-peng. Vision correction algorithm for measuring viscosity of rubber by rolling steel ball[J]. **Journal of Mechanical & Electrical Engineering**, 2017,35(2):166-169.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>