

# 轮胎静负荷印痕轮廓提取及测量方法研究

王晓东, 聂本梁, 孙佳佳, 孙宝余, 郭念贵

(三角轮胎股份有限公司, 山东 威海 264202)

**摘要:**在总结印痕分析方法的基础上对轮胎静负荷印痕轮廓的提取和筛选方法进行改进, 以提升轮胎静负荷印痕数据分析的准确性。通过对轮胎静负荷印痕图像噪声因素处理、二值化阈值选择以及轮廓提取后对轮胎静负荷印痕接地轮廓边界点集进行重构和使用Alpha-shape算法对轮胎静负荷印痕整体外轮廓形状进行重构等, 将轮胎静负荷印痕长度分析值与实测值的相关因数从0.81提高至0.99。

**关键词:**轮胎; 静负荷印痕; 提取; 测量; Python语言; Alpha-shape算法

**中图分类号:** TQ336.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-8171(2024)02-0121-07

**DOI:** 10.12135/j.issn.1006-8171.2024.02.0121



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

轮胎静负荷印痕是评价轮胎性能的重要因素之一, 我公司采用的计算方法由于开发时间比较早, 测量的准确性非常差, 使用接地印痕长度数据时需要观察图像处理的状态, 如果图像处理较差, 则需要手动测量以确保数据的准确性, 极大地增加了工作量, 也浪费了工程师的宝贵时间。为减小测量误差及工作量, 提升工作效率, 我公司开发了一套改善轮胎静负荷印痕测量精度的程序<sup>[1-7]</sup>, 介绍如下。

## 1 轮胎静负荷试验方法及印痕图像的处理

轮胎静负荷印痕的测试方法遵循HG/T 2443—2012《轮胎静负荷性能试验方法》, 将轮胎承压部位涂上印油、在轮胎与承压平面之间铺上一张白纸(或不涂印油只在平面上放复写纸和报纸), 启动试验机, 给轮胎施加负荷至规定值, 加载完毕保持15 min以上, 测量轮胎静负荷半径和负荷下断面宽度, 取出印痕纸, 测量接地印痕的长度( $L$ )和宽度( $W$ ), 如图1所示, 求出接地印痕面积。

取得轮胎接地印痕后先进行图像处理, 然后计算轮胎静负荷印痕总接地面积和净接地面积, 即自动化处理轮胎接地印痕形状, 再由求积仪测量得出面积。使用求积仪得出的总接地面积相对

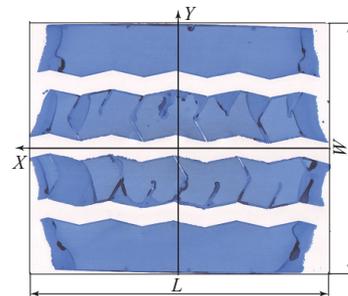


图1 轮胎静负荷印痕示意

比较准确, 但是由于小花纹块的存在, 且求积仪的操作比较繁琐, 精细测量轮胎净接地面积不切实际。后续采用自动化处理程序对整个印痕处理进行优化, 并采用自动化计算方法对轮胎接地印痕形状进行分析, 原始方法为在印痕的任意两点之间连线寻找圆心, 将所有不在圆内的点加入标识色, 根据标识色提取轮廓, 但是由于处理过程中不可避免地出现一些噪声干扰, 例如花纹胶毛、胶边、排气线甚至滴落的印泥油等原因, 导致分析出来的印痕形状与实测印痕形状相差甚远, 如图2所示。

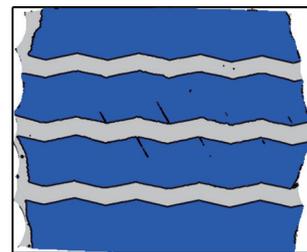


图2 处理后轮胎静负荷印痕示意

**作者简介:**王晓东(1987—), 男, 山东滨州人, 三角轮胎股份有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎结构设计工作。

**E-mail:** wangxiaodong2013@triangle.com.cn

图2中蓝色为轮胎实际接地印痕,灰色为处理后的接地印痕形状,可见灰色部分在接地印痕长度上明显超出了静负荷印痕的实际形状。为提高静负荷印痕测量的准确性,需要对静负荷印痕处理的流程和算法进行优化,提高分析的准确性。

图像处理采用Python语言进行分析,使用Numpy, Opencv, Alpha-shape等数据处理和图形处理软件包。

## 2 轮胎静负荷印痕处理过程

整个轮胎静负荷印痕图像处理过程包括:

(1)图像导入;(2)图像灰度化、滤波;(3)图像二值化;(4)轮廓提取和筛选;(5)Alpha形状重构;(6)通过输入印痕的分辨率等参数获取精度比较高的静负荷印痕的总接地面积、净接地面积和接地印痕长度等相关参数。

### 2.1 图像导入

图像导入采用Opencv软件对数据读入即可。由于Opencv软件采用的颜色通道BGR与常用软件的RGB相反,因此印痕图像输出中如通过其他软件包导出图像,需将图像处理成RGB格式。

### 2.2 图像灰度化、滤波

图像灰度化的主要目的是方便将灰度图转换为二值图。灰度图进行高斯滤波后会将会部分噪声消除,如部分不清晰的色斑、胶毛、轻微的胶边以及划痕等。高斯滤波核的尺寸可根据图像处理的需要进行适当调整,为保证获取数据的稳健性,采

用较大的滤波核可以减少由于胶毛、胶边、斑点等造成的图像失真,但较大的滤波核则意味着边界界定更困难,对轮廓提取的准确性造成较大影响,如图3所示。

高斯滤波的高斯值扩展了边界,高斯值越大,像素点周围相对值对本像素值的影响越大,轮廓周边越模糊。分析发现,该高斯值对获取图像轮廓的影响不大,对提取面积影响也在可控范围内,整体而言,在50~120范围内取值即可。

### 2.3 图像二值化

部分图像处理过程中会因为裁切问题,导致接地印痕在边部被裁切掉一部分,从而使印痕轮廓成为开放性轮廓,在分析中会造成干扰,因此在二值图处理前,需要扩展印痕图像的边界,并在扩展的区域填充与接地印痕颜色相反的对比色,使图像的轮廓实现闭合。图像处理过程中对图像的操作多聚焦于二值图,因其通道少,边界清晰,计算量小,因此将高斯滤波后的图像通过设置一定的二值化阈值转换为二值图(0,255),同时因为原始图像的背景色为白色,分析图像时需将图像值翻转。

图像二值化的阈值对轮廓提取准确性的影响较大,如图4所示,当阈值为160时,提取的轮廓不完整,见图4(a)。实际操作中建议阈值在200~220范围内取值,防止噪声对轮廓产生干扰,或轮廓提取不完整。

通过二值图提取的轮胎接地印痕像素数量与

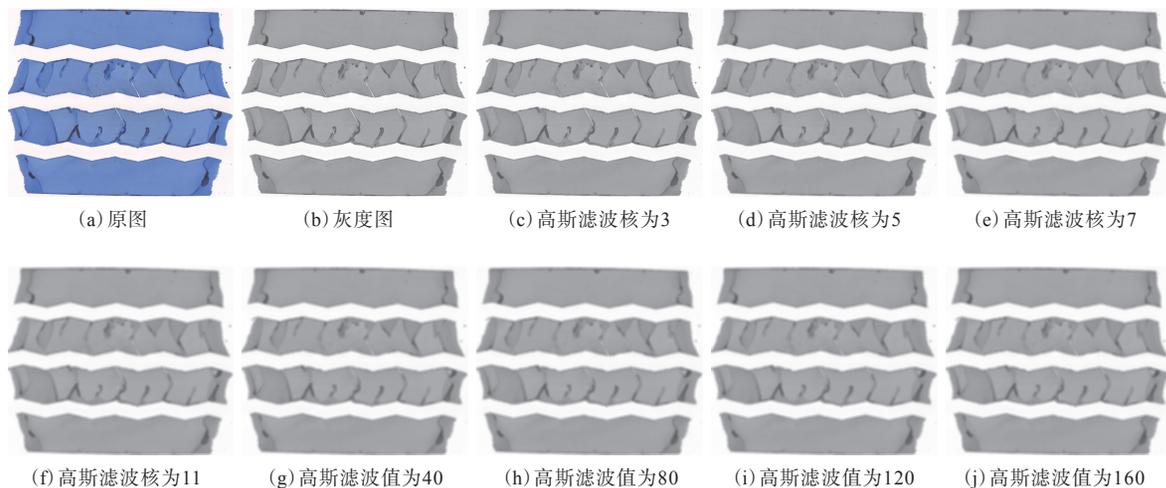


图3 轮胎接地印痕原图、灰度图和滤波处理后的图像

- [3] 孙佳佳, 孙宝余, 鲁强. 215/70R17.5全钢载重子午线轮胎胎冠性能优化[J]. 轮胎工业, 2023, 43(5): 275-278.
- [4] 乔奉亮, 康玉霞, 沈照杰. 子午线轮胎扁平率与接地特性的关系[J]. 橡胶工业, 2021, 68(12): 895-903.
- [5] CHO-HUAK TEH, ROLAND T CHIN. On the detection of dominant points on digital curves[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1989, II(8): 859-872.
- [6] 侯丹丹, 徐晓鹏, 张春生, 等. 全钢载重子午线轮胎接地压力分布的仿真研究[J]. 橡胶工业, 2022, 69(4): 261-267.
- [7] 张伟伟, 王海艳, 任世夺, 等. 基于Abaqus的全钢轮胎接地印痕仿真分析[J]. 橡胶科技, 2021, 19(1): 11-14.

收稿日期: 2023-10-22

## Research on Extraction and Measurement Method of Tire Static Load Imprint Contour

WANG Xiaodong, NIE Benliang, SUN Jiajia, SUN Baoyu, GUO Niangu

(Triangle Tire Co., Ltd., Weihai 264202, China)

**Abstract:** Based on the summarization of imprint analysis methods, the extraction and screening methods of static load imprint contours were improved to enhance the accuracy of tire static load imprint data analysis. By processing noise factors in tire static load imprint images, selecting binarization thresholds, reconstructing the boundary point set of tire static load imprint grounding contours after contour extraction, and using the Alpha-shape algorithm to reconstruct the overall outer contour shape of static load imprints, etc., the correlation factor between the analyzed and measured values of tire static load imprint length was increased from 0.81 to 0.99.

**Key words:** tire; static load imprint; extraction; measurement; Python language; Alpha-shape algorithm

### 中策橡胶高性能子午线轮胎绿色5G数字 工厂首条轮胎成功下线

日前,中策橡胶集团股份有限公司(简称中策橡胶)新建项目高性能子午线轮胎绿色5G数字工厂首条轮胎成功下线。

该高性能子午线轮胎绿色5G数字工厂车间从2023年5月12日竖起第1根厂房立柱,到10月30日第1台生产设备进场安装,仅间隔了5个月零18天,再到首条轮胎下线,仅用时46天,再一次用中策橡胶速度印证了中策橡胶实力。

绿色5G数字工厂是在中策橡胶“未来工厂v1.0”基础上建设的第2座未来工厂,也就是“未来工厂v2.0”,数字化技术将在这座工厂得到全面且深度的应用。绿色5G数字工厂定位于生产中策橡胶旗下的高端系列产品,包括高端旗舰系列、高端新能源专用轮胎EV PRO、高端配套、高端出口产品,以及自修复轮胎和静音棉轮胎等产品。

此次新工厂的建成并顺利投产使用,成功打造了中策橡胶的高端品牌生产基地,为进一步巩固高端品牌地位,以及完善和扩充高端产品线助

力。同时也标志着中策橡胶的企业现代化升级再上一个台阶,是中策橡胶在战略布局上的又一次巨大进展。

(本刊编辑部)

### 延长橡胶荣获中石油西北化工销售公司 “2023年度AAA级客户”称号

近日,中国石油天然气股份有限公司西北化工销售公司2023年客户会在甘肃兰州隆重召开,陕西延长石油集团橡胶有限公司荣获“2023年度AAA级客户”称号。

据悉,双方合作较去年同期增长33.8%,双方领导年内互访交流,达成重要共识,一致认为在战略供应、技术研发协同、产融结合等方面合作前景广阔。双方持续推动多方面合作落地,在新型合成橡胶的联合开发应用方面,生产出成品轮胎进入装车试验阶段,同时,与昆仑银行股份有限公司就产融结合化销贷进行多轮正式沟通。下一步,双方将借助各自的上下游资源优势深化产学研的合作领域,实现双方合作共赢的新模式。

(本刊编辑部)