

橡胶工业

Xiangjiao Gongye

China Rubber Industry

北京橡胶工业研究设计院有限公司 主办

ISSN 1000-890X
CN 11-1812/TQ

7
2022



广告

THIS IS PARKER

Chemlok® 3S
自粘添加剂

用于各种液体硅橡胶
大幅节省原材料成本

派克洛德赋能电子、汽车和其他工业应用中的液体硅橡胶,使普通的硅橡胶具有自粘接性能。除了优化工艺流程,提高设计灵活性外,比起自粘硅橡胶可大幅节省原材料成本。践行派克提高客户盈利能力以及帮助解决世界上更严峻工程技术难题的承诺。

lord.com/china/EPM



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

ISSN 1000-890X



第 69 卷

第 7 期

Vol.69 No.7





橡胶工业

Xiangjiao Gongye
China Rubber Industry

第69卷第7期（1953年创刊）
2022年7月25日出版

经国家科委批准出版
月刊 国内外发行

目次

特约来稿

双胶料衬套的设计与研究 陆伟强, 俞超 (483)

应用理论

白炭黑结构对胎面胶性能的影响 唐瀚滢, 王丽丽 (490)

12.00R20载重轮胎用圆形钢丝圈的研究 张正伟, 张绍鹏, 刘晓芳, 李洪汛, 李明, 魏胜, 刘凤珠 (499)

隔振橡胶材料基于简单应变模式的蠕变特性研究 荣继纲, 黄友剑, 卜继玲, 杨军 (506)

原材料·配方

配合体系对丁腈橡胶胶料性能的影响 刘金岭, 陆明, 王珍, 孙霞容 (512)

硅橡胶/乙烯丙烯酸酯橡胶并用胶的性能研究 张淑珍, 纪金权, 宋艳平, 吴明生 (518)

空气弹簧用氯丁橡胶/天然橡胶并用胶的性能研究 王明辉, 秦秀伟 (523)

产品·设计

丁腈橡胶衬套产品的寿命预测方法探讨 宋建, 罗西超, 刘欣欣, 郭添鸣, 孙晓亮, 张一帆 (527)

工艺·设备

石蜡基润滑油装置催化剂级配方案评价 徐岩峰, 王启升, 张翠倩 (532)

385/95R25起重机专用全钢工程机械子午线轮胎胎侧实鼓原因分析及解决措施
..... 王传铸, 王银竹, 张燕龙, 荆涛 (537)

测试·分析

轮胎不圆度谐波分析及其数据界面显示开发 胡建光, 姜超浪, 陶勇志 (543)

药用胶塞中二丁基二硫代氨基甲酸锌的高效液相色谱分析方法研究
..... 谢兰桂, 袁淑胜, 韩小旭, 杨会英, 赵霞, 肖新月 (547)

综述·专论

本征型自修复弹性体的研究进展 王超 (552)

国内外动态 (517, 542)

广 告

洛德公司(封面)嘉拓(上海)化工贸易有限公司(封2)山东阳谷华泰化工股份有限公司(封3)彤程新材料集团股份有限公司(封底)圣莱科特国际贸易(上海)有限公司(插1)衡阳华意机械有限公司(插2)连云港锐巴化工有限公司(插3)普利国际贸易(上海)有限公司(插4)朝阳市征和化工有限公司(插5)莱茵化学(青岛)有限公司(插6)上海德杰晓峰仪器设备有限公司(插7)青岛普尔化工科技有限公司(插8,插9)武汉径河化工有限公司(插10)佛山伊之密橡胶机械有限公司(插11)余姚市远东化工有限公司(插12)聊城金歌合成材料有限公司(插13)青岛福诺化工科技有限公司(插14)汤阴永新化学有限责任公司(插15)无锡东材科技有限公司(插16)宁波艾克姆新材料股份有限公司(插17)台翔橡胶(深圳)有限公司(插18)北京友深电子仪器有限公司(插19)青岛昂记橡塑科技有限公司(插20,插21)宁波汉圣化工有限公司(插22)福建省三明正元化工有限公司(插23)2022年系列活动(插24)朝阳浪马轮胎有限责任公司(插25)江苏江昕科技股份有限公司(插26)杭州中德化学工业有限公司(插27)《橡胶工业》编委通讯员名单(插28)四川海大橡胶集团有限公司(插29)三角轮胎股份有限公司(插30)圣奥化学科技有限公司(插31)“江昕轮胎杯”第22届中国轮胎技术研讨会通知(插32)安徽鼎连高分子材料科技有限公司(插33)山东玲珑轮胎股份有限公司(插34)青岛科高橡塑机械技术装备有限公司(插35)通力轮胎有限公司(插36)徐州徐轮橡胶有限公司(插37)浦林成山(山东)轮胎有限公司(插38)山西省化工研究所(有限公司)(插39)赛轮集团股份有限公司(插40)海安橡胶集团股份公司(插41)江苏兴达钢帘线股份有限公司(插42)江苏冠联新材料科技股份有限公司(插43)微信端阅读《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》电子刊(插44)瑞典乐瑞固(上海)化工有限公司(插45)上海华仲荣工贸有限公司(插46)上海道氟实业有限公司(插47)上海乔迪化工有限公司(插48)广德创奇高分子材料有限公司(插49)抗击新冠肺炎疫情公益广告(插50)浙江省慈溪市光华数字显示仪器厂(插51)《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》征订启事(插51)巨路国际贸易(上海)有限公司(插52)上海嵘井贸易有限公司(插53)江苏卡欧化工股份有限公司(插54)上海怡臣宏实业有限公司(插55)上海昶誉化工有限公司(插56)上海君宜化工销售中心(有限合伙)(插57)宁波协进化工有限公司(插58)启东市双棱测试设备有限公司(插59)中联橡胶股份有限公司(插60)

下期主要内容预告

白炭黑/石墨烯杂化填料对天然橡胶胶料性能的影响(特约来稿)	谢士诚等
石墨填充阻尼硅橡胶材料的动态力学性能研究	涂春潮等
不同牌号耐低温氟橡胶的性能研究	逢见光等
轮胎均匀性和动平衡测试技术分析及其计量技术规范解读	王希光等

橡胶工业

第 69 卷第 7 期 (1953 年创刊)

2022 年 7 月 25 日出版

月刊

主编:黄家明

常务副主编兼责任编辑:马 晓

副主编:冯 涛

编辑 《橡胶工业》编辑部

100143, 北京市海淀区阜石路甲19号
电话: (010) 51338149, 51338678
广告发行电话: (010) 51338152, 51338151
传真: (010) 51338150
<http://www.rubbertire.com.cn>
E-mail: rubbertire@263.net

主管 中国石油和化学工业联合会

主办 北京橡胶工业研究设计院有限公司

中国标准连续出版物号 ISSN 1000-890X

CN 11-1812/TQ
海外总发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(北京399信箱)

海外发行代号 M4124

广告发布登记 京海市监广登字20190025号

出版 《橡胶工业》编辑部

印刷 北京博海升彩色印刷有限公司

邮发代号 2-380

国内总发行 中国邮政集团公司
北京市报刊发行局

订阅处 全国各地邮局

定价 25.00元

期刊基本参数: CN 11-1812/TQ * 1953 * m * A4 * 80 * zh * P * ¥25.00 * 4000 * 13 * 2022-07 * n

著作权使用声明: 本刊已许可中国知网、万方数据库、维普资讯以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含以上数据库著作权使用费, 所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。如有异议, 请在投稿时说明, 本刊将按作者说明处理。

测试·分析

轮胎不圆度谐波分析及其数据界面显示开发

胡建光¹, 姜超浪², 陶勇志³

(1. 杭州朝阳橡胶有限公司, 浙江 杭州 310018; 2. 北京朗胜峰测控科技有限公司, 北京 102300; 3. 广州阿克隆百川检测设备有限公司, 广东 广州 511442)

摘要:通过线激光及三角电荷耦合器件摄像技术对轮胎不圆度数据进行采集, 并通过三角测距原理对数据进行计算, 用特征图谱在二维上对三维不圆度数据进行直观显示, 用傅里叶函数对测得的不圆度谐波数据进行分析, 开发了谐波数据界面显示, 满足了配套轮胎审核的要求, 也对改进轮胎制作过程有指导作用。

关键词:轮胎; 不圆度; 线激光; 谐波; 傅里叶函数; 特征图谱; 极坐标

中图分类号: TQ336.1; TQ330.4⁺92

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2022)07-0543-04

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2022.07.0543



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

轮胎作为多层次结构的化学弹性体, 在均匀性的分析上有3个方向, 即力学均匀性、质量均匀性(动平衡)和几何不均匀性(不圆度)。

世界上任何呈圆形的物体, 实际上由于其圆弧上的点到中心的距离不是完全相等的, 于是就产生了不圆度, 即不圆度是由于圆弧上的点到中心距离的差异而造成的。轮胎在制作过程中, 由于半成品尺寸(包括钢丝圈不圆度)误差、成型鼓精度、半成品部件贴合误差、硫化模具制作和安装精度误差、机械手抓取精度及胎坯存储和输送过程中对外形的影响等因素造成了轮胎不圆度^[1]。除了制造过程中的影响, 结构设计也是轮胎不圆度决定性的影响因素。

轮胎不圆度问题可直接造成车辆行驶时震动和摇晃, 增大了行车阻力, 增加了油耗, 间接影响轮胎力学性能^[2], 其中基于滑窗小波分析得出的鼓包、凹陷问题还会影响轮胎的安全性。所以轮胎不圆度检测是轮胎出厂时一项非常重要的检测指标^[3]。

轮胎不圆度与力的均匀性虽有关联, 但不圆度突出表现在外形尺寸中点与点之间的差别, 与轮胎力的波动是有区别的。不圆度和力一样有周期性波动现象, 可以用傅里叶函数展开来进行分析, 这有助于判断轮胎的质量问题。但是长期以来, 国内对轮胎不圆度谐波分析和研究比较缺乏, 许多进口设备以及早期国内的研发设备基本没有谐波数据显示界面。

本工作通过TIGER语言修改了进口设备的全面质量管理(TQC)的计算机界面数据显示, 以及通过通道设置、标签、单位、判级等级等的调整, 使不圆度1次谐波数据从不圆度统计图形(TIGS)上获取并得以在TQC主机上显示, 满足了配套轮胎审核的要求, 也提高了我公司结构设计人员对轮胎不圆度的认识。

1 激光三角检测方法和原理

轮胎不圆度的检测经历了电容感应测距、电

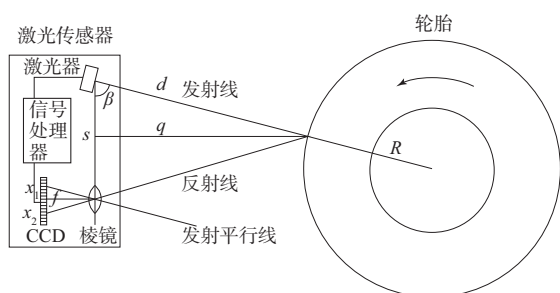
作者简介: 胡建光(1976—), 男, 浙江玉环人, 杭州朝阳橡胶有限公司副主任工程师, 主要从事轮胎检测及自动物流设备技术工作。

E-mail: 247073158@qq.com

引用本文: 胡建光, 姜超浪, 陶勇志. 轮胎不圆度谐波分析及其数据界面显示开发[J]. 橡胶工业, 2022, 69(7): 543-546.

Citation: HU Jianguang, JIANG Chaolang, TAO Yongzhi. Tire ellipticity harmonic analysis and its data interface display development[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(7): 543-546.

流光电探测器件(PSD)测距和激光三角电荷耦合器件(CCD)测距3个阶段^[4-5]。由于激光检测的优点及技术发展,目前轮胎不圆度的检测以激光测距为主,采用三角CCD测距原理进行。轮胎不圆度激光检测的传统方法为点激光技术,由均匀性主轴带动轮胎旋转一周,由主轴编码器同步触发数据采集点,并得到采集点在轮胎上的位置角度^[6]。测得结果是轮胎纵向切面的二维数据,摄像头采用CCD线阵相机,检测原理如图1所示。



β 为激光器发射线夹角; d 为激光器到轮胎的距离; s 为摄像头中心点与激光器中心点的距离; f 为摄像头的焦距; x_1 为发射平行线通过焦点在成像板上的虚拟投射点到成像板中心点的距离; x_2 为反射线在成像板上的投射点到成像板中心点的距离; q 为轮胎表面扫描点到激光发射源与棱镜连接线的垂直距离;

R 为轮胎充气后的自由半径。

图1 轮胎不圆度的激光三角检测原理示意

Fig. 1 Schematic diagram of laser triangulation detection principle of tire ellipticity

β, s, f 和 x_1 为设备安装后的固定值, x_2 为测量值, d 可由下式计算

$$x_1 = f \tan \beta \quad (1)$$

$$x = x_1 + x_2 = f \tan \beta + x_2 \quad (2)$$

$$q = sf/x \quad (3)$$

$$d = q/\sin \beta \quad (4)$$

$$d = sf/[\sin \beta (f \tan \beta + x_2)] \quad (5)$$

R 可以表示为

$$R = L - d = L - sf/[\sin \beta (f \tan \beta + x_2)] \quad (6)$$

式中, L 为激光器到轮胎主轴中心的距离。

轮胎不圆度波动和激光投射坐标变化呈线性关系。由于信号处理器检测到的 x_2 是一个像素距离,加上安装精度等其他误差因素的影响,软件处理时还需要根据线性函数对之进行系数校正。最终得到的 R 的波动就是检测到的轮胎胎面转动一周的不圆度波动。

周的不圆度波动。

轮胎不圆度激光检测的新方法为线激光技术,由均匀性主轴带动轮胎旋转一周,主轴编码器对轮胎的圆周位置进行定位;以线激光为光源,其与普通线扫描系统不同的是用面阵CCD摄像头对轮胎表面距离数据进行读取并分析,得到的是轮胎轮廓的三维数据^[7]。

为便于分析,将三维轮胎轮廓按360°展开为二维图像,见图2。用颜色来区别显示不圆度的不同数据,其中黄色代表轮胎转动一周自由半径的平均值,红色代表自由半径较大值,绿色代表自由半径较小值。

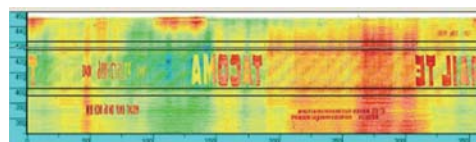


图2 轮胎不圆度的颜色特征图谱

Fig. 2 Color feature map of tire ellipticity

轮胎上的字符、花纹及沟槽在波形上会产生数据突变,给数据分析带来影响,需要通过软件对图像进行滤波和加权平均值等处理来消除对轮胎不圆度分析造成干扰的数据^[8]。为了提高检测的效率和减少不必要的干扰,在实际操作中会根据轮胎类型和规格(不同尺寸和花纹等)建立基础图像,并根据工艺的要求选择合适的光带来作为轮胎检测不圆度数据分析及处理区域。图2用黑框在胎侧部位选择了2个光带(尽量避开了干扰区)作为不圆度数据分析及处理区域。

2 谐波函数分析

轮胎不圆度值是轮胎转动一周自由半径的最大值与最小值之差,但这个值其实是各种因素合成的最终值,只凭一个合成值难以作为各种因素分析的数据。轮胎转动一周自由半径各个点在直角坐标上展开是一个周期波形,而任何周期性的函数波形均可以进行傅里叶函数变换,可分解为无穷级数的三角函数的线性组合叠加。

$$R(\omega) = R_0 + \sum_{n=1}^{\infty} d_n \sin(n\omega + \theta_n) \quad (7)$$

式中, $R(\omega)$ 为不同轮胎角度(ω)位置对应的 R , R_0 为轮胎转动一周自由半径的平均常数值, n 为谐波

图6 部分TIGER程序修改
Fig. 6 Modifications of some TIGER programs

在数据的统计分析中发现,第1次谐波波形占总谐波波形的50%~60%。通过谐波波形的确认可以分析轮胎接头如胎面、胎侧、带束层等接头分布的合理性,以及轮胎制作中不同接头的优劣,进而提高轮胎的设计及制作工艺。

5 结语

随着激光技术的发展,轮胎不圆度的线激光检测技术逐渐占据了主流地位。线激光不圆度检测采用线激光扫描轮廓、通过面阵CCD对信号进行采集,利用三角测距原理进行计算及傅里叶变换进行波形分析。本工作在对检测原理和设备的深度研究下,开发了轮胎不圆度1次谐波数据的界面显示,积极推动和完善了不圆度在轮胎质量管控中的作用。

参考文献:

- [1] 霍占东,焦守万,叶强,等.硫化工序对全钢载重子午线轮胎均匀性径向跳动值的影响[J].轮胎工业,2018,38(12):760-761.
HUO Z D, JIAO S W, YE Q, et al. Influence of curing process on radial runout value of truck and bus radial tire uniformity[J]. Tire Industry, 2018, 38(12): 760-761.
- [2] 姜少杰.激光技术在轮胎生产及成品检验中的应用[C].全国高校机械工程测试技术研究会、中国振动工程学会动态测试专业委员会2004年代表大会暨学术年会论文集.南昌:中国振动工程学会,2004:150-153.
- [3] 陈振艺.载重轮胎不圆度的实验室简单检测[C].“玲珑轮胎杯”第17届中国轮胎技术研讨会论文集.张家界:中国化工学会橡胶专业委员会、全国橡胶工业信息中心,2012:153-155.
- [4] 陈琳.基于激光测距的三坐标测量系统研究[J].光学仪器,2002,24(2):7-12.
CHEN L. The 3-dimension measuring system based on the laser ranging[J]. Optical Instruments, 2002, 24(2): 7-12.
- [5] 杭柏林,刘鑫.激光传感器在轮胎偏心度测量中的应用[J].轮胎工业,2010,30(3):177-179.
HANG B L, LIU X. The application of laser sensor in the tire eccentricity measurement[J]. Tire Industry, 2010, 30(3): 177-179.
- [6] 张彦军,陈振喜,李华光,等.基于测距原理的轮胎外形轮廓检测系统[J].青岛科技大学学报(自然科学版),2009,30(6):545-549.
ZHANG Y J, CHEN Z X, LI H G, et al. Testing system of tyre contour figure based on distance detect[J]. Journal of Qingdao University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2009, 30(6): 545-549.
- [7] SANDEN M,滕国兴.激光传感器在轮胎工业中的应用[J].橡塑技术与装备,2005,31(5):18-21.
SANDEN M, TENG G X. Laser sensor used in tire industry[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2005, 31(5): 18-21.
- [8] 周立明.轮胎不圆度检测关键技术研究[D].济南:山东大学,2018.
- [9] 黄跃文,邱新桥.谐波分析在汽车车轮检测中的应用[J].湖北汽车工业学院学报,2009,23(3):44-47.
HUANG Y W, QIU X Q. Application of harmonic analysis in automotive wheel detection[J]. Journal of Hubei Automotive Industries Institute, 2009, 23(3): 44-47.
- [10] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会.汽车轮胎不圆度试验方法:GB/T 30198—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.

收稿日期:2022-02-02

Tire Ellipticity Harmonic Analysis and Its Data Interface Display Development

HU Jianguang¹, JIANG Chaolang², TAO Yongzhi³

(1. Hangzhou Chaoyang Rubber Co., Ltd, Hangzhou 310018, China; 2. Beijing Langshengfeng Measurement & Control Technology Co., Ltd, Beijing 102300, China; 3. Guangzhou Akron Baichuan Testing Equipment Co., Ltd, Guangzhou 511442, China)

Abstract: The tire ellipticity data was collected by line laser and triangular charge-coupled device camera technology, and the data was calculated by the triangulation ranging principle. The three-dimensional ellipticity data was visually displayed in two dimensions with feature map, and the measured ellipticity harmonic data was analyzed by the Fourier function. The harmonic data interface display was developed, which not only met the requirements of tire audit, but also had a guiding role in improving the tire manufacturing process.

Key words: tire; ellipticity; line laser; harmonic; Fourier function; feature map; polar coordinate



China Rubber Industry

(Xiangjiao Gongye)

Vol. 69, No. 7, July 2022

• Monthly •

Contents

Special Contribution

Design and Research of Double Compound Bushing LU Weiqiang, YU Chao (483)

Applied Theory

Effect of Silica Structure on Properties of Tread Compound TANG Hanying, WANG Lili (490)

Study on Circular Wire Ring for 12.00R20 Truck and Bus Tire

..... ZHANG Zhengwei, ZHANG Shaopeng, LIU Xiaofang, LI Hongxun, LI Ming, WEI Sheng, LIU Fengzhu (499)

Research on Creep Characteristic of Damping Rubber Material on Simple Strain Mode

..... RONG Jigang, HUANG Youjian, BU Jiling, YANG Jun (506)

Material • Compounding

Effect of Compounding Systems on Properties of NBR Compounds

..... LIU Jinling, LU Ming, WANG Zhen, SUN Xiarong (512)

Study on Properties of VMQ/AEM Blend ZHANG Shuzhen, JI Jinqian, SONG Yanping, WU Mingsheng (518)

Study on Properties of CR/NR Blend for Air Spring WANG Minghui, QIN Xiuwei (523)

Product • Design

Discussion on Life Prediction Method of Product with NBR Bushing

..... SONG Jian, LUO Xichao, LIU Xinxin, GUO Tianming, SUN Xiaoliang, ZHANG Yifan (527)

Technology • Equipment

Evaluation of Catalyst Grading Scheme for Paraffin Base Lubricating Oil Unit

..... XU Yanfeng, WANG Qisheng, ZHANG Cuizhen (532)

Causes Analysis and Solution of Sidewall Solid Bulge of 385/95R25 All-steel Off-the-road

Radial Tire for Crane WANG Chuangzhu, WANG Yinzhong, ZHANG Yanlong, JING Tao (537)

Testing • Analysis

Tire Ellipticity Harmonic Analysis and Its Data Interface Display Development

..... HU Jianguang, JIANG Chaolang, TAO Yongzhi (543)

Study on HPLC Analysis of Zinc Dibutyldithiocarbamate in Pharmaceutical Rubber Stoppers

..... XIE Langui, YUAN Shusheng, HAN Xiaoxu, YANG Huiying, ZHAO Xia, XIAO Xinyue (547)

Comprehensive and Special Review

Research Progress of Intrinsic Self-healing Elastomers WANG Chao (552)

China Standard Serial Numbering: ISSN 1000-890X
CN 11-1812/TQ

Chief Editor: HUANG Jiaming

Superintended by China Petroleum and Chemical Industry Federation

Sponsored by Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry Co., Ltd

Edited by Editorial Office of China Rubber Industry

Add.: No. 19A, Fushi Road, Haidian District, Beijing 100143, China

Tel.: +86-10-51338149, 51338678

Adv.& Dist.Tel.: +86-10-51338152, 51338151

Fax: +86-10-51338150

http://www.rubbertire.com.cn

E-mail: rubbertire@263.net

Published by Editorial Office of China Rubber Industry

Printed by Beijing BOHS Colour Printing Co., Ltd

Overseas Distributed by China International Book Trading Corporation (P. O. Box 399, Beijing 100048, China)

Publishing Date: every 25th

Overseas Subscription Price: 25 USD

Serial Parameters: CN 11-1812/TQ * 1953 * m * A4 * 80 * zh * P * \$25.00 * 4000 * 13 * 2022-07 * n