

机动车轮胎花纹深度自动测量仪校准方法研究



张洪宝, 郑晓晓, 江鲲*

上海市计量测试技术研究院, 上海 200234

【摘要】 为保障机动车轮胎花纹深度自动测量仪的量值统一和准确可靠, 提出了一种机动车轮胎花纹深度自动测量仪的校准方法。阐述了轮胎花纹深度的测量原理, 提出了校准装置的技术方案, 论证了校准装置的技术指标和溯源方法。通过对校准方法分析和试验研究, 试验结果表明测量仪示值误差满足 $MPE: \pm 0.10 \text{ mm}$, 校准方法合理、可操作性强; 经评定不确定度 $U = 0.03 \text{ mm} (k = 2)$ 。最后, 通过比对试验和数据分析, 花纹深度测量值示值误差满足验证要求, 校准方法得到验证。

【关键词】 计量学; 机动车; 轮胎花纹深度; 自动测量仪; 校准; 不确定度

【中图分类号】 TB921

【文献标识码】 A

【文章编号】 2096-9015(2023)02-0024-05

DOI: 10.12338/j.issn.2096-9015.2023.0006

【引用本文】 张洪宝, 郑晓晓, 江鲲. 机动车轮胎花纹深度自动测量仪校准方法研究 [J]. 计量科学与技术, 2023, 67(2): 24-28.

Research on Calibration Method of Automatic Measuring Instrument for Automobile Tyre Tread Depth

ZHANG Hongbao, ZHENG Xiaoxiao, JIANG Kun

Shanghai Institute of Measurement and Testing Technology, Shanghai 200234, China

Corresponding author: JIANG Kun, Email: jiangk@simt.com.cn

【Abstract】 To ensure the uniformity, accuracy, and reliability of automatic measuring instruments for motor vehicle tyre tread depth, a calibration method is proposed. Firstly, the calibration status both domestically and internationally is introduced, followed by describing the measuring principle for tyre tread depth. The technical scheme of the calibration device is then proposed, and the technical indicators and traceability methods of the calibration device are demonstrated. In addition, through analysis and experimental research on the calibration method, the test results show that the measuring instrument indication error meets $MPE: \pm 0.10 \text{ mm}$, and the calibration method is reasonable and operable. An uncertainty evaluation reveals $U = 0.03 \text{ mm} (k = 2)$. Finally, a comparison test and data analysis show that the maximum difference modulus of the measured value of the tread depth indication error meets verification requirements, thus verifying the calibration method.

【Key words】 metrology, vehicle, tyre tread depth, automatic measuring instrument, calibration, uncertainty

0 引言

机动车轮胎花纹深度自动测量仪(以下简称测量仪)是基于激光测距、图像识别等原理, 自动检测机动车轮胎花纹深度的计量器具。根据使用方式分为手持式、通过式、停留式, 主要应用于机动车检测机构、车企、修理厂等对车辆轮胎花纹的磨损检

测^[1-2]。根据 GB 38900-2020《机动车安全技术检验项目和方法》, 机动车检测机构可使用测量仪对大型客车、重中型货车和专项作业车的轮胎花纹深度进行检测, 以确认轮胎花纹的磨损情况是否符合要求^[3], 其量值的准确关乎机动车轮胎磨损检测的准确性, 对于机动车安全行驶十分重要。

目前, 国外对测量仪校准方法的研究机构, 主要

收稿日期: 2023-01-05; 修回日期: 2023-02-13

基金项目: 上海市市场监督管理局 2022 年度地方规范项目。

作者简介: 张洪宝(1990-), 上海市计量测试技术研究院工程师, 研究方向: 车检设备计量, 邮箱: zhanghb@simt.com.cn; 通讯作者: 江鲲(1977-), 上海市计量测试技术研究院工程师, 研究方向: 计量管理、车检设备计量, 邮箱: jiangk@simt.com.cn。

集中在北美和欧洲等地的轮胎生产企业,如德国 BOSCH、美国 HUNTER、英国 WheelRight 等,其主要通过轮胎花纹深度尺和测量仪同时测量新轮胎,再进行示值比对完成对测量仪的校准^[4-5]。国内相关机构也开展了测量仪校准方法的研究^[6]。中国质量检验协会于 2021 年 9 月 1 日发布了 T/CAQI 218-2021《激光式机动车轮胎花纹深度自动测量装置》^[7],提出采用平板和量块作为校准设备对测量仪的花纹深度校准的方法,该方法解决了标准器溯源的问题,但人为误差较大、操作难度高,不适合现场校准。上海市计量测试技术研究院对测量仪校准方法开展研究,已于 2022 年 3 月编制《机动车轮胎花纹深度自动测量仪》上海市地方校准规范。2022 年 6 月,中国计量协会机动车计量检测技术委员会已委托黑龙江省计量科学研究院编制《机动车轮胎花纹深度自动测量仪》全国校准规范,积极开展校准方法的研究和制定。中国汽车保修设备行业协会已于 2022 年 9 月发布《汽车轮胎花纹深度自动测量仪》团体标准征求意见稿,拟采用专用量块开展测量仪花纹深度的校准,该方法静态校准方便、可操作性强,但难以完成通过式或旋转停留式测量仪的动态校准。

本文提出了一种机动车轮胎花纹深度自动测量仪的校准方法,通过测量原理分析、校准方法研究、校准装置研制、溯源和试验验证对校准方法进行阐述。

1 轮胎花纹深度测量原理分析

机动车轮胎花纹深度自动测量仪采用激光测距原理对轮胎的花纹深度槽进行测量,通过测量装置获取带有激光条纹的轮胎花纹图像,采用三角测量技术得到轮胎表面激光条纹中心点的三维点数据^[8]。系统对获取的点数据进行处理,筛选出轮胎凹槽点和轮胎胎面点,将轮胎凹槽点拟合成一条曲面,依次计算胎面点到凹槽曲面的距离,得到每条凹槽的深度^[9]。当轮胎放置在测量仪正上方时,轮胎花纹深度槽的激光测量模型如图 1 所示。

激光源发出激光束,在极坐标状态下,轮胎花纹深度槽胎冠左右两侧激光极径为 R_a 、 R_b ,槽内侧激光极径为 $R_n(n=1,2,\dots,n)$,极角为 θ_n 。在激光测量算法中,深度槽胎冠左右两侧高度差 d_0 的一半参与槽深计算,取深度槽胎冠左右两侧端角连线的中点与槽底距离作为槽深 d 。激光束经极坐标与笛卡尔

坐标转换^[10-11],槽深如式(1)。

$$d_n = R_n \cdot \sin\theta_n - \frac{R_a \cdot \sin\theta_a + R_b \cdot \sin\theta_b}{2} \quad (1)$$

$$d = \min\{d_1, d_2, \dots, d_n\} \quad (2)$$

采用上述测量模型,通过工业摄像机对光条图像进行采集,并采用灰度重心法提取光条中心,用 Halcon 软件对光条图像进行三维重建,获得胎面的三维点云数据图,对其 Z 坐标图进行处理和分析,从而实现轮胎花纹深度的测量^[12-13]。受振动、角度、速度、花纹塑性形变、噪声等因素影响,三维点云模型会出现部分结构偏差或数据缺失,影响校准结果的准确性,需在校准过程中添加约束予以规避干扰项的影响权重^[14-16]。测量仪对校准装置的三维点云测量模型如图 2 所示。

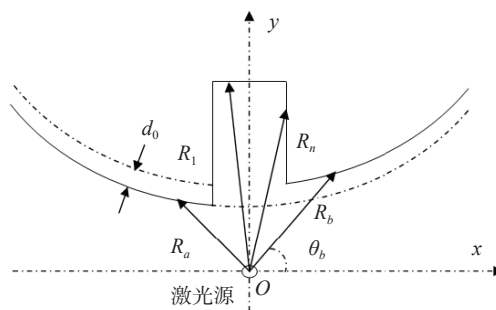


图 1 轮胎花纹深度槽测量模型
Fig.1 Measurement model of tyre tread depth groove

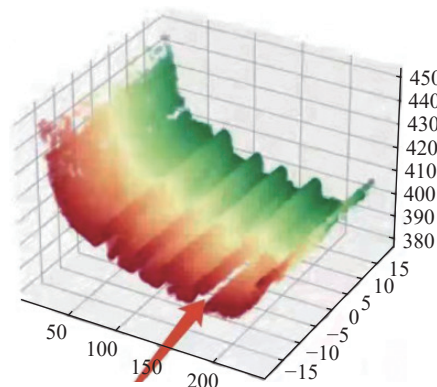


图 2 校准装置三维点云测量模型
Fig.2 Three-dimensional point measurement model of the calibration device

2 校准装置的研制

2.1 校准装置设计

机动车轮胎花纹深度自动测量仪是对车辆轮胎花纹深度进行自动检测的测量系统,为贴近设备用工况,避免因轮胎弧度、测量方式(静止或滚动)

不同等造成干扰,采用圆柱形专用实物量具作为标准轮胎花纹深度校准装置。

校准装置包括两个实物量具,其中每个胎冠间隔设置四条不同深度的标准深度槽,标准深度值包括:0.8 mm、1.6 mm、3.2 mm、10 mm、25 mm,可根据测量需求增加其它深度点。校准装置的设计采用肋条中轴工艺,采用硬质塑料或金属材料,表面经发黑处理。设计辅助校准支架一套,可根据校准需求实现校准装置水平微悬空滚动或原地转动,避免硬接触造成胎冠磨损。该方式可模拟轮胎滚动通过或原地转动,实现对测量仪的动态校准。校准装置如图3所示。

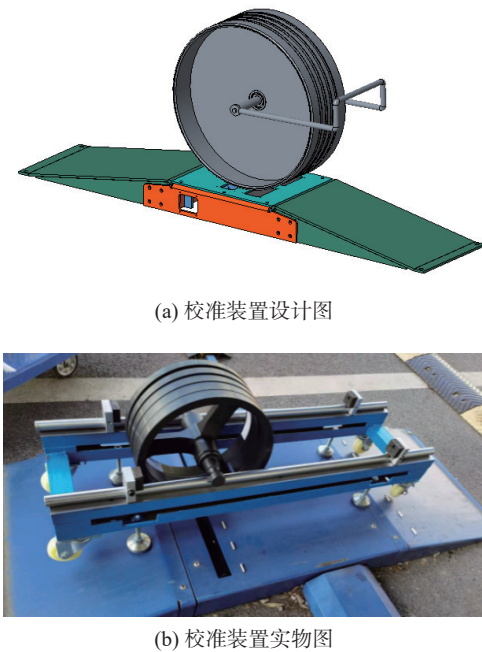


图3 校准装置示意图

Fig.3 Schematic diagram of the calibration device

2.2 校准装置的技术指标

校准装置采用新型专用实物量具,对于校准结果的准确可靠十分重要,需进行技术指标确认与溯源。根据理论分析与测试,技术指标包括:

1) 母线直线度^[17]: 0.02 mm, 绝对扩展不确定度为 0.002 mm($k=2$)。母线直线度是指校准装置胎冠沿轴线方向上表面的平齐度,该指标表征胎冠深度槽两侧上表面间的高度差,应不大于 0.02 mm,可使用塞尺校准。

2) 胎冠上表面和槽底面圆跳动^[18-19]: 0.01 mm, 绝对扩展不确定度为 0.01 mm($k=2$)。该指标表征胎冠的上表面和槽底面在整个圆周上的高度一致性,应不大于 0.01 mm,可使用杠杆指针式千分表

校准。

3) 花纹深度: 测量范围: 0 ~ 25 mm, 绝对扩展不确定度为 0.01 mm($k=2$)。该指标表征了校准装置胎冠深度槽的深度,为校准提供标准深度值,可使用数显式千分表在圆周上的六个均布点测量后取平均值校准^[20]。通过上述三个指标溯源,有效保证了校准装置的花纹深度标称值准确可靠。校准装置的溯源如图4所示。

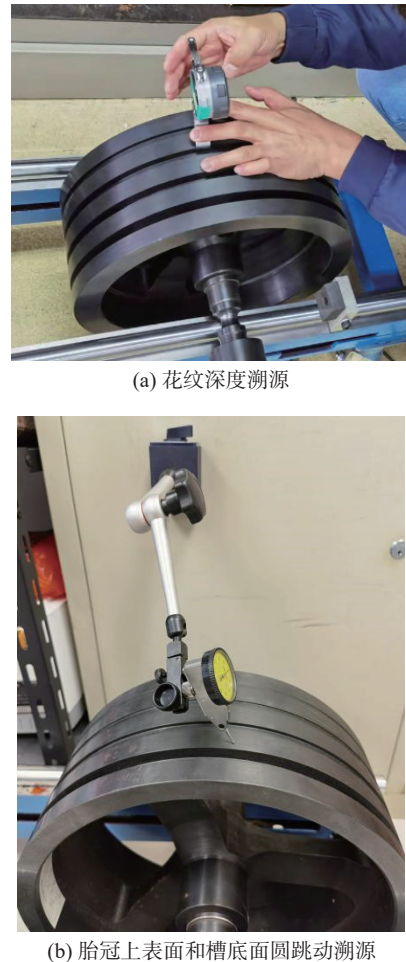


图4 校准装置的溯源图

Fig.4 Schematic diagram of the traceability of the calibration device

3 校准试验与不确定度评定

3.1 示值误差校准

在校准花纹深度示值误差时,对于通过式测量仪,将校准装置以缓慢的速度沿测量仪条状激光孔垂直方向滚动通过测量仪左(右)测量台,记录示值。重复测量3次,将示值平均值与标准值比较计算示值误差,应满足 MPE: ± 0.10 mm 的要求。校准过程如图5所示。

4)经两套校准装置比对,轮胎花纹深度测量值示值误差满足 $|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$,校准结果验证有效。

参考文献

- [1] 杨凯,陈祥光,金怀平.基于图像处理的轮胎胎面自动测长系统[C]//中科院长春光机所.2015光学精密工程论坛论文集.北京:中国科学技术出版社,2015.
- [2] 刘爱民.机动车轮胎检测中有关问题的探讨[J].汽车维护与修理,2015(5):90-91.
- [3] 国家标准化委员会.机动车安全技术检验项目和方法:GB 38900-2020[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [4] AI JUAN LI, WANG X, QINPENG C I. Study on Tire Tread Depth Measurement Method Based on Machine Vision[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2019(4): 41-43.
- [5] 毕远伟,徐仕东,郑强,等.多线激光轮胎花纹深度测量方法[J].应用激光,2022,42(2):64-70.
- [6] 鹿剑,张益娜.轮胎胎冠花纹深度测量方法的比对研究[J].中国计量,2016(10):108,118.
- [7] 中国质量检验协会.激光式机动车轮胎花纹深度自动测量装置:T/CAQI 218-2021[S].北京:中国标准出版社,2021.
- [8] 卿慧玲.基于激光雷达数据的三维重建系统的研究与设计[D].长沙:中南大学,2005.
- [9] 刘志伟,刘文德,许宁,等.基于激光扫描法的光阑有效面积计量技术研究[J].计量科学与技术,2021,65(6):14-18.
- [10] 王希波,李爱娟,高金胜,等.基于机器视觉的轮胎花纹深度测量系统研究[J].国外电子测量技术,2019,38(4):66-70.
- [11] 王永达,张云刚,胡睿,等.基于激光测距原理的锻件倾斜度测量[J].计量学报,2022,43(8):1001-1007.
- [12] 许磊,庞茂.基于结构光的轮胎花纹深度测量系统研究[J].激光杂志,2022,43(3):179-183.
- [13] 赵林,王丽.基于BP神经网络的结构系统跟踪辨识方法[J].郑州大学学报:工学版,2005,26(1):50-53.
- [14] LI K H, SHI W K, DING H, *et al.* Research of thermal oxygen ageing on tensile properties of rubber based on Peck-Yeoh model[J]. Materials Research Express, 2021, 8(6): 35-36.
- [15] 冯肖维,姜晨,何敏,等.三维距离图像基于特征估计的自适应平滑[J].光学精密工程,2019,27(12):2693-2701.
- [16] 宋丽梅,杨宏超,魏泽,等.基于高精度轮廓线激光的芯片引脚共面度视觉检测系统[J].光学技术,2018,44(6):686-689.
- [17] 李婷,缪东晶,李连福,等.长导轨直线度分段测量拼接方法研究[J].计量学报,2022,43(7):837-843.
- [18] 张琰.轴类零件的圆跳动检测装置设计[J].内燃机与配件,2021(24):100-102.
- [19] 赵红.激光校准仪测量双主轴镗铣机床同轴度误差分析[J].计量科学与技术,2022,66(7):65-69.
- [20] 侯蕊,赵智慧,赵越.准分子激光治疗机角膜切削深度检测方法研究[J].光学技术,2022,48(3):323-327.
- [21] 国家质量监督检验检疫总局.测量仪器特性评定:JJF 1094-2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [22] 尼玛曲宗,德吉曲宗.轮胎修正值对出租车计价器误差检定影响的研究[J].计量技术,2020(3):54-55.
- [23] 张佳佳,梁如意,朱庚华,等.检定或校准结果的能力验证方法及实例分析[J].气象水文海洋仪器,2019,36(3):31-33.
- [24] 王梅玲,王海,张贵仁,等.表面张力仪示值误差的测量不确定度评定[J].计量科学与技术,2021,65(10):27-30,34.
- [25] 彭程,王健,王肖磊,等.基于微小质量自动测量系统的数据处理方法研究[J].计量科学与技术,2022,66(5):29-36.
- [26] 谢汉斌.偏光镜轴位自动测量装置及其校准方法研究[J].计量与测试技术,2022,49(9):35-38.
- [27] 余松华.激光干涉仪自动校准五轴加工中心及测量误差分析[J].计量与测试技术,2020,47(8):80-82,85.
- [28] 王理,杨璐,李文慧,等.一维线纹激光比长测量装置及其关键技术[J].计量科学与技术,2022,66(9):3-11.
- [29] 高宇海.塞尺厚度偏差测量装置的研制[J].计量科学与技术,2022,66(3):58-61.

本文编辑:石亚楠