

轮胎均匀性检测设备及其校准技术研究

罗平, 黄文骏, 楼洪

(杭州朝阳橡胶有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要: 本文介绍了轮胎均匀性检测设备的组成与工作原理, 系统阐述了其机械、传感器及控制系统的校准流程与方法, 分析了校准对于保障轮胎制造质量、提升产品性能的重要性。

关键词: 轮胎均匀性; 检测设备; 校准

引用论文: 罗平, 黄文骏, 楼洪. 轮胎均匀性检测设备及其校准技术研究 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(6):27-31.

中图分类号: TQ330.46

文章编号: 1009-797X(2026)06-0027-05

文献标识码: B

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2026.06.007

0 引言

轮胎均匀性检测设备是轮胎制造过程中至关重要的质量控制和工艺优化设备。它不仅能将不合格轮胎分拣出来, 更能通过打磨修正工艺, 提升轮胎成品率, 减少报废, 为企业创造显著的经济效益。

轮胎均匀性检测设备的定期、规范校准是确保检测数据准确、可靠、可重复的唯一途径, 是维系产品质量一致性的基石, 其意义在于: ①保证测量准确性: 确保设备输出参数与真实值一致。②维持结果可重复性: 保证同一轮胎在不同时间或不同设备上的测试结果一致。③实现工艺可追溯性: 为生产工艺的调整和优化提供可靠的数据支持。

1 设备介绍

轮胎均匀性检测设备是一个集自动测试、分析、修正、标记和分拣于一体的综合性评估系统, 主要组成部分包括润滑工位、测试工位、打标工位、测量系统等, 图1展示了该设备的机械组成。

1.1 机械结构

1.1.1 润滑工位

润滑工位作为轮胎检测设备的前端关键环节, 是衔接生产线与测试流程的重要枢纽, 其运行状态直接影响后续检测环节的效率与精度。该工位搭载的自动化输送机构, 采用伺服电机驱动并与精准定位传感器配合, 能平稳接收来自生产线的待检测轮胎, 实现无卡顿传输, 避免轮胎在转运过程中因碰撞产生外观损伤。

用于对中定位的精密导向装置, 配备多组可调节导向滚轮与激光定位系统, 通过实时识别轮胎外径与中心位置, 自动校准轮胎姿态, 确保轮胎中心与后续装夹轴线精准对齐, 为后续润滑与装夹提供稳定基准。其核心的润滑系统分为高压喷射与滚涂两种模式, 可根据轮胎胎圈材质自动切换: 高压喷射模式通过细孔径喷嘴将水基润滑剂雾化成均匀油膜, 覆盖胎圈内侧; 滚涂模式则通过弹性涂胶辊与胎圈表面柔性接触, 确保润滑剂无遗漏涂抹。精细化润滑工艺, 不仅从根本上消除了轮胎与测试轮辋装配时的机械阻力, 更能避免胎圈在高压充气时因局部摩擦过大出现的褶皱、裂口等问题, 同时解决了传统干装配中常见的气密性不足导致的测试漏气故障。

此外, 自动化润滑流程通过 PLC 程序精准控制润滑剂用量与涂抹时机, 确保每一条轮胎的润滑状态高度一致, 杜绝了人工润滑时因操作差异导致的装夹偏差, 为后续测试工位采集径向力、跳动量等数据提供了统一的初始条件。同时通过闭环控制的润滑系统, 避免润滑剂过量浪费或不足导致的质量问题, 全方位保障了整个检测系统的稳定性与可靠性。

1.1.2 测试工位

测试工位作为轮胎均匀性检测设备的核心工位, 是保障轮胎质量检测精准度的关键环节, 其稳定运行直接决定了检测数据的可靠性与有效性, 对后续轮胎

作者简介: 罗平 (1988-), 男, 工程师, 主要从事设备技术与管理工作。

性能评估和质量把控起到至关重要的作用。该工位由主轴—卡盘系统与负荷轮系统两大核心部分协同构成，二者紧密配合，共同完成轮胎均匀性的全面检测。

其中，卡盘凭借其高精度的夹持结构与灵活的调节能力，能够精准夹持不同规格、不同尺寸的轮胎，无论是常见的家用轿车轮胎胎辋，还是大型货车轮胎胎辋，都能实现稳固且精准的固定，为后续检测奠定坚实基础。而主轴则作为动力输出核心，在驱动系统的带动下，可平稳、匀速地驱动轮胎旋转，确保轮胎在检测过程中始终保持稳定的转速，模拟轮胎在实际行驶中的转动状态。

负荷轮系统在检测中扮演着模拟真实路况的重要角色，它通过先进的伺服系统，能够根据检测需求精准施加设定载荷。这一载荷施加过程精准可控，可有效模拟轮胎在不同路况下所承受的压力，让检测环境更贴近实际使用场景。与此同时，负荷轮系统还配备了高精度传感器，这些传感器能够实时、精准地采集轮胎在旋转过程中的多项均匀性参数，包括径向力、侧向力以及尺寸跳动等。所采集的数据将实时传输至控制系统，为后续的数据分析和轮胎质量判断提供准确、全面的数据支撑，助力工作人员及时发现轮胎生产过程中可能存在的质量问题，保障出厂轮胎的性能与安全性。

1.1.3 打标工位

打标工位作为轮胎检测流程的终端关键环节，是将测试数据转化为可视化标识的核心枢纽，其标记的准确性与耐久性直接关系到轮胎后续分拣、仓储及使用环节的可靠性。该工位可实时接收来自测试工位的最终检测数据，自动提取产品等级、高点/低点位置等核心信息，并根据轮胎类型与客户需求，采用机械冲击或热转印标记方式。

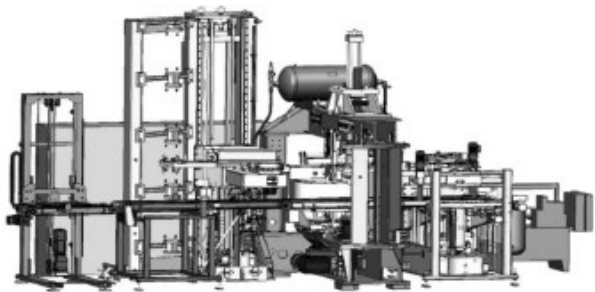


图1 轮胎均匀性检测设备示意图

1.2 测量系统

测量系统核心传感器由力传感器、几何探头和位

置传感器三大模块构成。

力传感系统采用高精度应变式传感器，实时监测轮胎与模拟路面相互作用产生的径向力 (F_z)、侧向力 (F_y) 及其动态波动 (RFV/LFV)，为均匀性分析提供核心力数据，如图2所示。

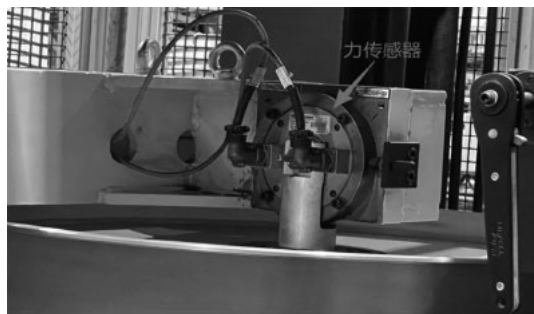


图2 力传感器示意图

几何探头包含侧向与径向跳动探头，同步测量轮胎的径向尺寸偏差 (RRO) 和侧向尺寸偏差 (LRO)，精确评估轮胎的圆度与几何精度，如图3所示。



图3 几何探头示意图

位置传感系统由编码器、位移传感器等组成，分布于各运动轴系，实时反馈卡盘、探头和打磨器的空间位置，确保测试、定位与打磨过程的精确执行，保障设备的重复精度与工艺一致性。

2 设备校准

校准是确保轮胎均匀性检测设备测量精度的重要过程，覆盖机械传动、测量系统、电气控制等步骤，为轮胎质量控制提供可靠的技术保障。

2.1 负荷轮校准

负荷轮校准分为半径校准、径向力校准和侧向力校准，负荷轮校准示意图如图4所示，校准流程如下：

2.1.1 半径校准

采用高精度标准半径规，精确校准负荷轮旋转中心与主轴轴线之间的相对位置。这是确定轮胎负荷半径的基准，直接关系到后续力值测量的准确性。

2.1.2 径向力校准

通过杠杆与标准砝码组成的加载系统，向负荷轮胎施加一系列已知、精确的力值，同步在设备软件中记录力传感器的输出电压信号，建立并标定从电压到力值的线性转换关系（即比例因子），确保整个测量链的精度。

2.1.3 侧向力校准

其原理与径向力校准相同，但需使用专用的侧向加载装置，对侧向力传感器进行独立标定，以准确测量轮胎滚动时的侧向力及波动。

为确保校准的有效性，必须严格遵守以下注意事项：校准操作前，设备需充分预热至热稳定状态，并确保测试环境稳定。施加和卸除标准载荷的过程必须平稳、缓慢，避免任何冲击对传感器造成影响或引入动态误差。最后，每个校准点都需进行多次测量并取其平均值作为最终结果，最大限度减小随机误差，保证校准数据的可靠性。

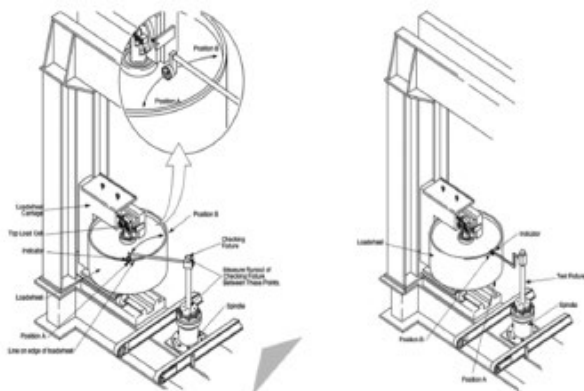


图4 负荷轮校准示意图

2.2 卡盘与主轴校准

卡盘与主轴系统校准是确保测量设备精度的核心环节，其校准示意图如图5所示，校准流程如下：

首先进行AAWC自动宽度校准。通过标准块与位移测量系统配合，精确标定卡盘开口宽度与位置传感器信号的线性对应关系，确保系统能够根据轮胎规格自动调整并精确夹持不同尺寸的轮辋，夹持精度需控制在 ± 0.1 mm范围内。

接着进行主轴跳动校准。使用高精度千分表在主轴额定工作转速下，分别测量其径向跳动和端面跳动。该数值必须严格控制在工程标准范围内，以消除因主轴旋转不平稳对测试结果造成的周期性干扰。

最后进行外部基准脉冲校准。通过调整主轴编码器的零点脉冲相位，建立精确的角度基准，确保力传

感器与几何探头数据采集时刻与轮胎特定旋转角度完全同步。

校准过程中需特别注意：主轴跳动校准必须在设备连续运行至热平衡状态后进行，以排除温升对机械精度的影响；同时必须使用经检测合格的标准轮辋，若轮辋自身跳动超过0.015 mm，将会直接引入测量误差，导致校准结果失效。每个校准点应进行多次测量取平均值，以确保数据的稳定性和可靠性。

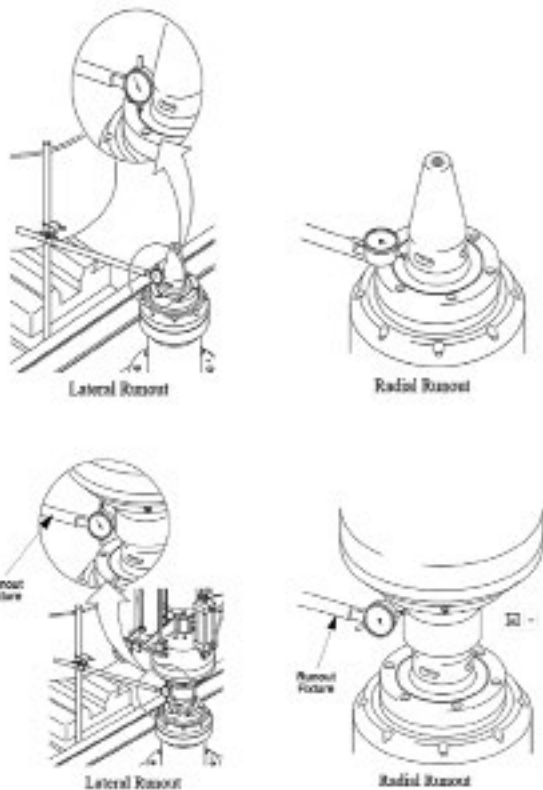


图5 卡盘与主轴校准示意图

2.3 充气系统校准

充气系统校准是确保轮胎测试工况标准化的关键环节，其精度直接影响负荷半径计算与测试结果的准确性。校准流程需采用精度等级优于设备内置传感器的高精度标准压力表（通常要求0.1级及以上）作为基准。通过精密压力源分别向胎圈座充气回路与测试充气回路施加阶梯压力，系统性地对比并校准两个独立压力传感器的读数，在全量程范围内建立设备显示值与真实压力值的精确对应关系。

校准过程需特别注意传感器迟滞特性影响，可在每个校准点附近进行加压与减压的双向多次测量，通过正反行程的数据比对识别并补偿传感器的迟滞误差。整个校准需在环境温度稳定的条件下进行，压力施加

过程应平稳缓慢，确保标准表与设备读数同步采集。校准完成后，系统将生成新的压力-电压特性曲线，为不同测试阶段的精确压力控制提供可靠依据。

2.4 探头校准

探头校准质量直接决定设备的检测与修正能力，探头校准示意图如图 6 所示。

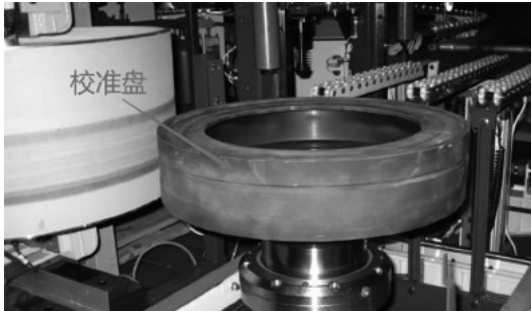


图 6 探头校准示意图

探头校准流程首先进行探头位置校准，使用专用

校准夹具或标准块，分别对侧向跳动探头和径向跳动探头的空间姿态进行精确标定。通过设定其在垂直、水平及倾斜方向上的基准“零位”，确保所有探头在测量坐标系中位置精确统一，为准确捕捉轮胎径向跳动（RRO）与侧向跳动（LRO）提供可靠的测量基准。

3 校准结果与分析

根据技术规范要求，对某轮胎制造工厂均匀性检测设备进行校准，校准数据如表 1 所示，其中测试对象为 215/60R16 基准轮胎组（8 条），测试条件为充气压力 35 psi，负荷 500 kg，连续测试 10 循环。

表 1 所示结果表明所有测试参数的标准偏差均优于接收标准：

$$\text{径向力 } \sigma (0.062 \text{ daN}) \leq 0.170 \text{ daN}$$

$$\text{侧向力 } \sigma (0.041 \text{ daN}) \leq 0.133 \text{ daN}$$

$$\text{径向跳动 } \sigma (0.012 \text{ mm}) \leq 0.02 \text{ mm}$$

表 1 测试数据

关键参数测试数据 / daN										
径向力峰间值 (RFPP)										
测试序列	12.35	12.18	12.41	12.29	12.32	12.25	12.38	12.31	12.27	12.33
平均值	12.31									
标准偏差	0.063									
侧向力一次谐波 (LFH1)										
测试序列	8.42	8.35	8.38	8.45	8.32	8.41	8.36	8.39	8.44	8.37
平均值	8.39									
标准偏差	0.039									
几何参数测试数据 / mm										
径向跳动 (RRO)										
测试序列	0.35	0.32	0.34	0.33	0.36	0.34	0.33	0.35	0.34	0.33
平均值	0.34									
标准偏差	0.011									

4 结论

轮胎均匀性检测设备的高精度性决定了必须建立一套完整系统的校准流程，通过对负荷轮、卡盘、充

气系统、探头等关键部件的定期规范校准，不仅能保证设备的自身性能，更能为轮胎制造企业提升核心竞争力，实现高质量的可持续发展。

Research on tire uniformity testing equipment and its calibration technology

Luo Ping, Huang Wenjun, Lou Hong

(Hangzhou Chaoyang Rubber Co. LTD., Hangzhou 310018, Zhejiang, China)

Abstract: This article introduces the composition and working principle of tire uniformity testing equipment, systematically elaborates on the calibration process and methods for its mechanical, sensor, and control systems, and analyzes the importance of calibration in ensuring tire manufacturing quality and enhancing product performance.

Key words: tire uniformity; testing equipment; calibration

(R-03)