

印痕形状异常原因及印痕形状影响因素分析

孙晓峰, 张凯凯, 王龙庆, 李慧敏, 马晶晶, 王兆龙
(青岛森麒麟轮胎股份有限公司, 山东 青岛 266229)

摘要: 针对印痕形状异常的轮胎进行原因分析和试验设计验证, 确认轮胎带束不对称分布是造成印痕异常的原因, 并进一步确认影响印痕形状的因素, 综合试验机精度、轮辋磨损、装配误差等因素对印痕的影响不大。印痕形状受轮胎本身影响比较大, 印痕形状在一定程度上能反映轮胎构造。

关键词: 印痕; 异常分析; 轮胎

中图分类号: TQ336.1

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)05-0056-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.05.013

0 引言

轮胎是车辆与地面接触的唯一零部件, 轮胎的性能对整车性能有重要影响, 所以对整车性能进行分析离不开轮胎性能表征分析, 轮胎与地面直接接触, 轮胎接触面的特性是轮胎性能最为直观反映, 轮胎的接地特性可以通过印痕试验获得接地印痕形状, 从而对轮胎的性能进行表征分析^{1,2}。

不同的轮胎规格拥有不同印痕形状, 不同的轮胎设计也会呈现不同的印痕形状, 专业的轮胎工程师可以从印痕形状对轮胎性能进行基本的预测评估, 圆形的印痕形状往往体现偏舒适性的设计, 方形的印痕形状往往体现偏操控性的设计, 蝶形的印痕形状甚至不会被接受, 需要重新进行轮胎设计³。所以说, 获得一个符合预期的印痕是进行下一步轮胎整车性能测试的前提。

1 背景

印痕可以通过刚性试验机和压力毯获得, 正常的印痕形状应该呈现沿 X 轴和 Y 轴对称, 并且不存在轮廓凹陷的情况, 如图 1 所示。我司在进行印痕试验过程中发现, 存在轮胎出现印痕形状异常的现象, 轮胎印痕形状异常体现在内侧和外侧印痕形状不对称的情况, 如图 2 所示, 轮胎外侧 (即图 2 右侧) 印痕形状明显偏大。为了确保印痕数据收集及数据分析的稳定性, 需要研究确认造成这种印痕形状异常的原因及改

进方法。



图 1 正常印痕图

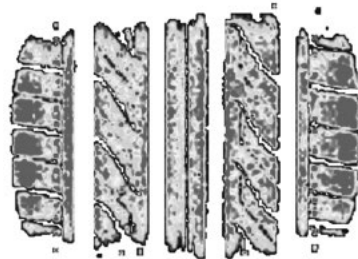


图 2 异常印痕图

2 原因分析

对造成印痕异常的可能原因分析如下:

(1) 花纹本身为非对称花纹, 对印痕形状有一定影响。

作者简介: 孙晓峰 (1995-), 男, 本科, 初级工程师, 产品设计基础研究工程师, 主要研究方向为产品设计、轮胎及车辆动力学研究等。

收稿日期: 2023-06-28

(2) 压力毯未定时校准或其它压力毯元件造成数据采集异常。

(3) 试验机精度不良或者试验机轴头侧倾造成印痕形状异常。

(4) 压力毯的承载铝板已发生变形, 影响压力分布和印痕。

(5) 轮胎结构设计本身或生产过程误差等原因。

(6) 轮辋长期磨损, 影响试验精度。

(7) 实验人员装配过程产生的误差。

3 试验设计

针对造成印痕形状异常的原因进行相应的试验设计验证:

(1) 选用 UFDB、锥度等均良好的非对称花纹胎与之前印痕异常胎进行对比试验。

(2) 采用综合试验机分别用压力毯和印泥 A3 纸压印痕, 对比压力毯与印泥 A3 纸印痕图。

(3) 轮胎 inside, outside 侧对调, 压力毯、A3 纸位置不变, 对比 inside, outside 印痕图。

(4) 轮胎固定不动, 平移压力毯, 对比平移前后印痕图。

(5) 对轮胎进行 X 光检测以确定轮胎内部结构对称性。

(6) 采用同规格新的锻铝轮辋进行试验与磨损钢制轮辋试验结果进行对比以确认轮辋磨损的影响。

(7) 对印痕形状异常的轮胎进行断面分析, 探究印痕形状与内部结构的关系。

(8) 轮辋组合件装配至试验机时在装配轴安装垫片模拟装配误差以确定装配过程误差的影响。

4 结果分析

(1) 选用 UFDB、锥度等均良好的非对称花纹胎进行印痕试验, 采用综合试验机用压力毯和 A3 纸压出印痕图进行对比。

首先进行压力毯印痕测试获取压力毯印痕图 3, 如图 3 所示, 然后保持轮胎位置不变, 在轮胎底部均匀涂抹印泥, 然后在压力毯相同的位置平整铺放 A3 纸, 试验机加载相同试验载荷获取纸质印泥印痕图, 如图 4 所示。以下进行压力毯取图和 A3 纸印泥取图均采用同样的轮胎接地位置, 相同的试验载荷等以控制变量。

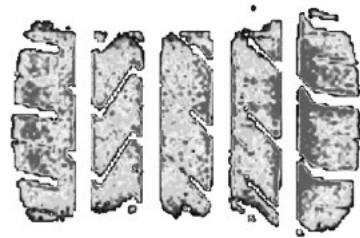


图 3 压力毯印痕图



图 4 A3 纸印泥印痕图

对比两图可发现, 压力毯印痕图与印泥 A3 纸压出的印痕图形状几乎一致。压力毯采用近期刚更换的压力毯片, 且用未用过的压力毯片对比试验发现并未对异常花纹有所改善。由此可见压力毯对印痕图的形状影响不大, 由此也可以排除压力毯未校准或其他内部元件异常造成印痕形状异常的原因。

(2) 印痕异常轮胎在相同条件下保持压力毯和 A3 纸位置不变获取印痕图。

图 5 为 outside 朝外压出的压力毯印痕图与印泥印痕图。图 6 为轮胎轴向旋转 180°, inside 侧朝外得出的压力毯印痕图与印泥印痕图。对比图 5、图 6 压力毯印痕图与之对应印泥印痕图, 可见其印痕形状几乎一致。这可进一步验证压力毯本身对印痕图的形状影响不大。图 5、图 6 之间对比发现, 无论压力毯印痕图还是印泥印痕图, 轮胎旋转, 对应的印痕图也跟着旋转, 但形状并未发生明显改变, 并未改变印痕图形状不对称的异常情况, 以此可以认为, 设备承载平台与轮胎安装轴的水平度与垂直度也是可接受的。且综合试验机定期校准, 传感器性能良好, 由此可见综合试验机对印痕的影响甚微。

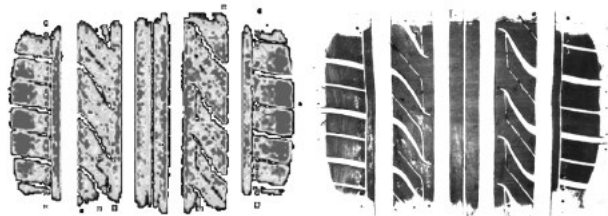


图 5 轮胎 outside 一侧朝外压力毯及印泥印痕图

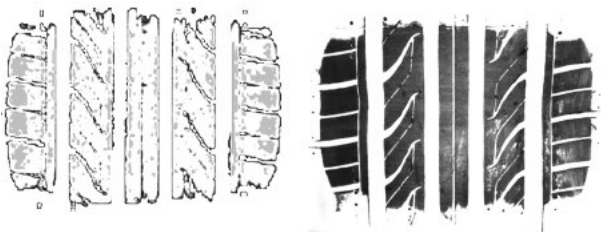


图6 轮胎 outside 一侧朝内压力毯及印泥印痕图

(3) 轮胎固定位置不同, 平移压力毯对比。

对印痕异常的轮胎进行压力毯印痕图取图, 如图7, 在进行一次印痕试验后移动印痕压力毯一段距离, 使采样位置在位置二, 但仍要保持轮胎接地面仍在采集范围内, 在相同的条件下进行二次试验, 获取压力毯印痕图, 如图8。

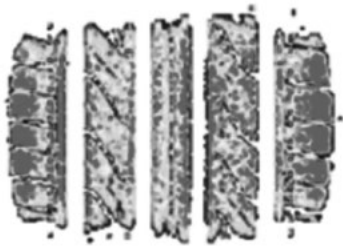


图7 位置一



图8 位置二

在不同的采集位置, 压力毯承载铝板会发生不同的变形, 对比两图可发现, 平移压力毯对印痕的形状几乎没有影响, 可以认为, 由于采样测量位置不同造成的压力毯的承载铝板变形对印痕形状影响很小, 同时, 以此可进一步佐证压力毯对印痕形状几乎无影响。但可以注意到肩部花纹块的颜色分布对比发生了些微变化, 这代表轮胎的接地压力变化发生了改变, 可见压力毯的平移对印痕的压力分布会有略微影响。这可能与承载铝板变形有关。

(4) X 光检测。

图9为印痕异常轮胎 X 光检测带束偏移标注图, 图10为印痕异常轮胎 X 光检测 outside 侧标记图。从 X 光检测图中可以发现, 图9轮胎一号带束与二号带

存在差级, 而且, 通过一号带束边缘与轮胎花纹两侧边缘距离判断, 带束整体靠左偏。图10中钥匙标记了印痕测试点与 outside 一侧, 轮胎带束整体靠左偏即偏向 outside 一侧。

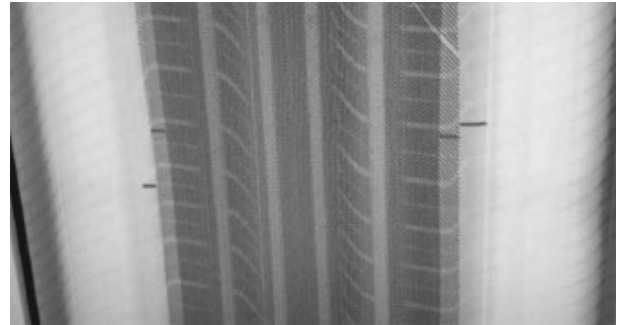


图9 印痕异常轮胎 X 光检测带束偏移标注图

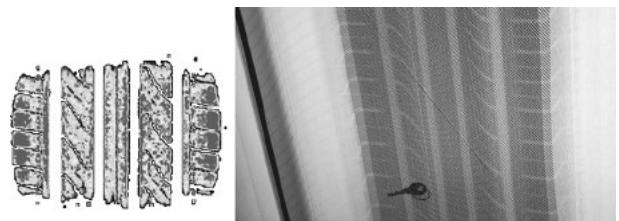


图10 印痕异常轮胎印痕图及 X 光检测 outside 侧标记图

印痕图在一定程度上可以反映带束偏、冠带条偏或冠带条张力不一致、胎面花纹块高度不一致等构造问题。当带束向 outside 方向偏时, 会导致 outside 一侧刚性比 inside 一侧大, 当在一定气压一定载荷情况下, inside 一侧形变量大, 其相应的印痕图就会大, 如图10印痕图所示, 轮胎右侧即 inside 侧刚度小, 所以其形变量大, 印痕图右侧花纹块明显偏大, 因此 outside 一侧印痕比 inside 一侧印痕要小是轮胎结构的真实反映, 也正是轮胎结构异常造成了其印痕图形状异常的情况。

(5) 锻铝轮辋与钢制轮辋结果对比。

钢制轮辋因使用时间较长装配口处略有磨损, 为验证轮辋对印痕形状的影响, 采用用较新的铝制轮辋与磨损的钢制轮辋对同一条胎相同条件下分别进行试验的方法, 对比试验结果探究其对印痕的影响, 轮胎试验载荷的加载由传感器和试验机控制, 轮辋质量相对于加载载荷十分微小, 而且印痕试验是静态试验, 不存在轮胎的转动, 所以可以认为轮辋材质/质量不会影响到轮胎的接地形状。

对比图11、图12可发现, 同一条胎分别用铝制轮辋与钢制轮辋进行轮胎印痕试验所得的印痕图并无

明显差异。因此可得，轮辋磨损对轮胎印痕与接地压力分布影响不大。



图 11 钢质轮辋印痕图

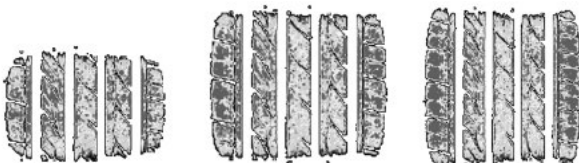


图 12 铝制轮辋印痕图

(6) 印痕异常轮胎断面分析。

为进一步探究印痕异常原因与印痕异常与轮胎结构之间的关系，将一条印痕异常的轮胎切断面进行分析，断面图如图 13。



图 13 Inside 一侧断面图

从图 14 中可以观察到 1 号带束与 2 号带束之间存在差级，对比图 13、图 14 中一号带束端点至轮廓边缘的垂直距离，可以发现带束偏向 outside 一侧。当带束向 outside 方向偏，会导致 outside 一侧刚性比 inside 一侧大，当在一定气压载荷情况下，inside 一侧刚性弱，形变量大，相应的印痕图就会大，因此 outside 一侧印痕比 inside 一侧印痕图要小是轮胎结构的真实反映。断面分析与观察 X 光得出的结论一致。



图 14 outside 一侧断面图

(7) 装配过程对印痕的影响。

为探究装配过程是否对印痕有影响，采用在装配轮辋后增加小铁片垫片的方式来模仿和放大装配精度误差。垫片及垫片安放位置如图 15 所示。



注：小铁片厚度约为 0.2 mm。垫入位置为俩垫片相距约 30° 的轮辋正上方。

图 15 轮辋装配垫片安放示意图

试验结果如下：

图 16 为装配轮辋垫铁片获取印痕图，图 17 为未垫铁片获取印痕图，对比两组印痕图，并未发现印痕形状有明显区别，装垫贴片与否并不会改变印痕形状

的对称性, 预计试验人员在装配的过程中产生的误差也不会超过铁片垫入量, 因此可以认为装配过程产生的误差是可以接受的, 不会使印痕形状发生较大的不对称性改变。



图 16 垫铁片印痕



图 17 未垫铁片印痕

5 结论

针对轮胎印痕试验中存在印痕形状不对称分布的异常现象, 分析造成印痕异常的可能原因并设计相应试验进行验证, 可以得出以下结论:

(1) 综合试验机精度、轮辋磨损、装配误差等因素对印痕的影响不大。

(2) 印痕图受轮胎本身结构影响比较大, 在一定

程度上能反映轮胎构造, 带束偏会造成印痕图不对称分布。

(3) 压力毯承载铝板变形磨损会对轮胎压力分布造成一定影响, 对印痕形状影响不大。

(4) 为保证印痕图能真实反映轮胎压力分布, 需对压力毯进行定期校准。

参考文献:

- [1] 陈其忠. 轮胎结构设计对轮胎性能影响的研究 [D]. 青岛理工大学, 2018.
- [2] 车明明, 索艳茹, 马尧, 等. 轮胎与整车匹配性研究 [J]. 轮胎工业, 2020,40(1):3-8.
- [3] 危银涛, 李勇, 冯希金, 等. 轮胎理论与技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [4] 余玉春, 邱海漩, 崔晋皓. 基于接地特性对轮胎综合性能影响的研究 [J]. 上海汽车, 2018(10):20-25.
- [5] 王宁宁. 子午线轮胎径向接地特性试验与仿真研究 [D]. 厦门理工学院, 2022.
- [6] 全振强, 李波, 王文豪, 等. 基于 ABAQUS 的多工况下轮胎接地特性分析 [J]. 江苏理工学院学报, 2022,28(02):63-78.
- [7] 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.
- [8] 高玲茹, 张凯凯, 王龙庆, 等. 通过接地特性预测轮胎干地制动距离 [J]. 橡胶科技, 2021,19(02):65-67.
- [9] 余玉春, 邱海漩, 崔晋皓. 基于接地特性对轮胎综合性能影响的研究 [J]. 上海汽车, 2018,(10):20-25.

Analysis of reasons for abnormal imprint shape and factors influencing imprint shape

Sun Xiaofeng, Zhang Kaikai, Wang Longqing, Li Huimin, Ma Jingjing, Wang Zhaolong

(Qingdao Sentury Tire Co. LTD., Qingdao 266229, Shandong, China)

Abstract: This article analyzes and verifies the causes of abnormal tire imprint shapes through experiments, confirming that the asymmetric distribution of tire belts is the cause of abnormal imprints, and further confirming the factors that affect the shape of imprints. The accuracy of the testing machine, wheel rim wear, assembly errors, and other factors have little effect on the imprint. The shape of the imprint is greatly influenced by the tire itself. The shape of the imprint can to some extent reflect the tire structure.

Key words: imprints; abnormal analysis; tire

(R-03)

