

胎坯激光扫描仪在全钢载重子午线轮胎动平衡和均匀性质量提升中的应用

李国华¹, 张强¹, 梅兆兴¹, 黄雅奇¹, 易武²

(1. 山东金宇轮胎有限公司, 山东 广饶 257335; 2. 青岛雷德测控设备有限公司, 山东 青岛 266111)

摘要:采用胎坯激光扫描仪对胎坯轮廓进行激光测绘,通过线激光传感器测量胎坯成型后的直径变化量,根据胎坯同纬度直径变化情况、扫描色谱测绘的胎坯半径变化及角度异常点位置,评价胎坯生产中存在的动平衡和均匀性问题,并有针对性地进行改进,可提高全钢载重子午线轮胎的动平衡和均匀性质量。

关键词:全钢载重子午线轮胎;动平衡;均匀性;胎坯;激光扫描仪;径向跳动度

中图分类号:TQ330.4⁺92;U463.341⁺.3/.6

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2022)05-0310-06

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2022.05.0310



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着我国公路质量的提升,无论是轿车还是卡客车司机对汽车舒适性的要求越来越高,而轮胎作为汽车噪声、振动和声振粗糙度(NVH)的主要贡献部件^[1],其动平衡和均匀性的质量提升迫在眉睫。在轮胎制造中,通常通过动平衡和均匀性检测数据衡量轮胎过程能力,往往在出现问题后再追查问题产生的原因,而目前全钢载重子午线轮胎的动平衡和均匀性质量大部分处于抽查阶段,更增大了漏检的风险,延长了问题解决的周期^[2-3]。

本工作针对全钢载重子午线轮胎的成型过程,采用胎坯激光扫描仪对胎坯生产进行过程监控,通过扫描胎坯轮廓形成色谱和径向跳动度曲线,进而指导相关工程师有针对性地解决生产中存在的动平衡和均匀性问题,从而提升问题解决的准确性和效率^[4-6]。

1 胎坯激光扫描仪功能

1.1 系统特性

胎坯激光扫描仪检测主体为线激光传感器,可以对成型鼓、胎坯、成品轮胎进行扫描仪离线检测和在线检测,并对被测量物体进行外观3D轮廓

测量,测量项目包括径向跳动度、侧向跳动度、鼓包、凹陷以及接头量^[7]。

1.2 软件功能

利用胎坯激光扫描仪可以扫描被测物体的径向跳动度及进行径向跳动度1次、2次和综合谐波的测量换算,具体如下:通过被测物体色谱经度选择,读出胎坯表面任意位置的周长及胎坯锥度值,通过色谱图像自动辨别部件接头及接头高度量值,从而实现被测物品的3D轮廓预览;利用胎坯激光扫描仪软件导出被测胎坯胎面部位任何经度上的径向跳动度和径向跳动度1次谐波原始数据,可以绘制出该纬度下被测胎坯的径向跳动度和径向跳动度1次谐波曲线。

轮胎NVH研究会测得不同阶次的径向跳动度和径向跳动度1次谐波数据进行分析,在本工作中,只选择1次谐波进行研究。

在轮胎旋转1周的过程中,径向力是一个复杂的波形,可通过傅里叶级数的方法将其分解为多个谐波的叠加,满足下式:

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nx/L) + a_0 \quad (1)$$

式中, $f(x)$ 为径向力, n 为轮胎转动1周的谐波次数, L 为轮胎转动1周前进的距离, a_0 为 $f(x)$ 的平均值, a_n 由下式求得:

作者简介:李国华(1982—),男,山东招远人,山东金宇轮胎有限公司技术员,学士,主要从事轮胎生产工艺、成品轮胎及半部件的相关检测工作。

E-mail:liguohua@jinyutires.com

$$a_n = \int_0^L f(x) \cos(2\pi nx/L) dx \quad (2)$$

1.3 技术参数

主要技术参数为: 测量范围 (200~350) 和 (300~450) mm; 工作距离 (200~600) 和 (750~1 150) mm; 分辨率 1 280 px; 采样频率 1 000~7 000 Hz; 精度 ± 0.1 mm; 激光波长 660 nm; 功率 10 W; 工作温度 0~40 ℃; 工作湿度(非凝结) 5%~75%。

2 成型设备与激光扫描仪使用参数设定

轮胎成型设备采用国产普通三鼓成型机, 胎坯定型后成型机手动转速为 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

以全钢载重子午线轮胎为例进行胎坯径向跳动度测试, 并与硫化后成品轮胎径向跳动度进行对比。测试前, 要对胎坯激光扫描仪使用参数进行设定, 以便能与不同转速的成型机匹配, 更准确、有效地测得胎坯跳动度数据。

胎坯激光扫描仪使用参数如表1所示。

表1 胎坯激光扫描仪使用参数

项 目	参 数	项 目	参 数
激光亮度/($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	0.5	接头对齐位置/mm	0
信息采集量/(行 $\cdot \text{r}^{-1}$)	8 000	起始位置/mm	-5
高低点反转	否	终止位置/mm	5
相机高速	否	波形放大倍数	5
固定帧率/fps	500		

3 胎坯测试

3.1 测试前准备

按要求安装设备, 连接电源线和数据线, 填写电脑以太网IP地址, 插入加密测试U盘, 打开测试软件; 根据表1输入设备使用参数, 同时调整成型机手动转速, 确保胎坯转速与扫描频率相符, 测试过程中不丢帧; 然后将三角架放在胎坯正前方, 调整距离; 最后打开软件进行预览, 确保整个胎冠处于扫描图像正中央, 如图1所示。

3.2 轮廓测试

默认成型条码号位置为0°位置, 在胎冠0°位置粘贴一块标示物用作指示; 成型机设置在手动状态, 踩脚踏开关使胎坯在一定内压下匀速旋转, 正反转胎坯需要与成品轮胎胎侧在动平衡和均匀性设备上的检测旋转方向一致, 否则会得到方向相

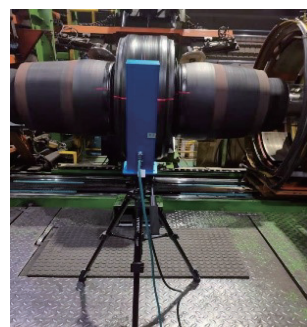


图1 胎坯激光扫描仪测试位置

反的波形; 开启激光扫描仪开始扫描, 待软件扫描自动结束, 停止胎坯旋转。

3.3 图像处理

胎坯扫描结束后得到胎坯原始色谱图, 处理图像, 剪接最稳定的一个跳动度波形作为后续分析波形; 点击“接头测量”按钮对胎面接头位置、大小进行测量和标注, 也可以进行3D色谱转换, 以更直观地查看胎坯在成型鼓上的高低点和角度, 便于后续有针对性地进行调整。

3.3.1 裁剪色谱

对波形进行编号保存, 选择最稳定的色谱(一般为中间色谱), 点击“旋转数据”按钮, 将选取色谱左侧标记处, 此时软件将旋转扫描色谱, 将裁剪位置默认为起始0°位置, 再点击“数据裁剪”按钮, 将色谱右边标记剩余部分裁剪掉, 然后得到完整的胎坯轮廓色谱, 如图2所示。

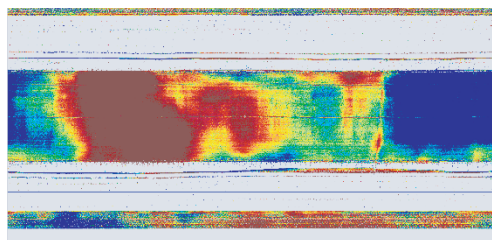


图2 胎坯轮廓色谱

3.3.2 色谱标注

得到胎坯轮廓色谱后, 点击“径向跳动测量”按钮, 在面板上输入需要测量的宽度和经度位置; 根据分析者的需求, 选取径向跳动度1次谐波、径向跳动度1次和2次谐波或全部波形, 电脑自动标注所需波形的振幅和最高点出现的角度(见图3)。

3.3.3 径向跳动度原始数据的提取

选取特定纬度上的径向跳动度数据后, 点击

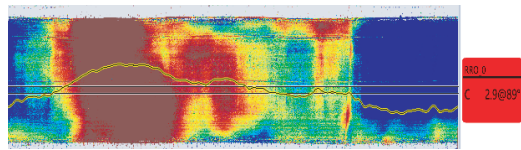


图3 胎坯中心径向跳动振幅和角度

“导出excel”,所选胎坯特定经线上的径向跳动度会以原始数据的形式保存在电子表格内,数据为2 000—4 000个(主要与软件设定参数有关)。为了能与成品轮胎的径向跳动度数据形成对比,将相似或非必要数据进行“滤波”,最终得到128个特效值(见表2)^[8]。

3.4 接头测试功能

根据截取的色谱图像,选择“接头检测”,将鼠标移动到中心位置,可以测得胎面接头的跳动度。判定胎面接头跳动度需要数据和色谱图像双

重判定。通过数据的角度和大小可以判定胎面接头量是否符合工艺要求(胎面接头量一般为-2~0 mm)。另外也可以通过色谱图像分布判定胎面在裁断后的收缩状态。因国内全钢载重子午线轮胎胎面大部分为裁断胎面,使用百叶车盛放,在胎面定长裁断以后,受到热胀冷缩以及胎面胶弹性特性的影响,胎面会在自然存放过程中出现自收缩现象,其非均匀性收缩一般在胎面两端收缩量较大,尺寸变厚,宽度变大。胎面贴合后胎面接头周围单位面积质量较大,硫化后此处一般为动平衡中静不平衡的重点位置,也是跳动度的高点位置。通过色谱图像可以清楚地判别胎面过分收缩部位的长度和位置,便于后续工艺改进。

同理,将鼠标移动到胎肩部位,可以测得零度

表2 胎坯中心径向跳动度特效值

mm

序号	特效值	序号	特效值	序号	特效值	序号	特效值
1	-0.22	33	1.58	65	0.39	97	-0.57
2	-0.69	34	1.63	66	0.33	98	-0.55
3	-0.80	35	1.44	67	0.20	99	-0.54
4	-0.50	36	1.58	68	0.16	100	-0.48
5	-0.61	37	1.63	69	0.20	101	-0.42
6	-0.37	38	1.05	70	0.11	102	-0.48
7	-0.32	39	0.82	71	0.05	103	-0.47
8	-0.21	40	0.79	72	-0.03	104	-0.39
9	-0.06	41	0.63	73	-0.11	105	-0.47
10	-0.02	42	0.61	74	-0.16	106	-0.50
11	0.06	43	0.63	75	-0.27	107	-0.55
12	0.14	44	0.62	76	-0.26	108	-0.59
13	0.24	45	0.53	77	-0.29	109	-0.68
14	0.24	46	0.53	78	-0.39	110	-0.81
15	0.47	47	0.58	79	-0.42	111	-0.88
16	0.64	48	0.58	80	-0.43	112	-1.01
17	0.74	49	0.53	81	-0.47	113	-1.15
18	0.78	50	0.47	82	-0.56	114	-1.25
19	0.73	51	0.62	83	-0.64	115	-1.29
20	0.92	52	0.78	84	-0.70	116	-1.36
21	1.12	53	0.86	85	-0.70	117	-1.37
22	1.23	54	0.86	86	-0.80	118	-1.42
23	1.14	55	0.82	87	-0.84	119	-1.49
24	1.34	56	0.93	88	-0.79	120	-1.47
25	1.73	57	0.97	89	-0.85	121	-1.48
26	1.56	58	0.88	90	-0.84	122	-1.42
27	1.33	59	0.71	91	-0.87	123	-1.52
28	1.42	60	0.63	92	-0.86	124	-1.46
29	1.57	61	0.58	93	-0.77	125	-1.41
30	1.53	62	0.43	94	-0.79	126	-1.33
31	1.54	63	0.41	95	-0.70	127	-1.28
32	1.56	64	0.43	96	-0.61	128	-1.27

结构的零度带束层接头搭接以后的高度,从而判别零度带束层搭接长度是否符合工艺、搭接对质量的影响量及零度带束层接头在胎坯整体角度的位置分布等。

3.5 鼓板测试功能

鼓板测试功能主要测试成型主鼓、带束鼓鼓板的跳动度,可大幅提升鼓板同轴测试的精度和效率。测试方法如下:取得完成图像后,点击“鼓板检测”,图像会自动进行处理,通过滤波功能过滤瓦块间隙,留下瓦块的真实数据并进行拼接,每个瓦块每个点的跳动度都以色差的形式表现出来,可为瓦块的精度调整提供精准的数据;之后可再次扫描确认精度调整前后的状态及数据。该方法比用百分表校准效率提高50%,使用

百分表一般1个瓦块只测试1个点,而激光扫描仪能对瓦块的整个面进行评价,精度由点到面,提升了2个层次。

3.6 三维模式

图像处理,点击“三维模式”,软件将图像以立体形式呈现,并能进行三维旋转,可多角度查看异常点的角度、位置以及量值,便于后续改进,同时改进后的评价更为直观。

4 成品轮胎的检测、分析与质量改进

4.1 成品轮胎的检测

被测胎坯硫化后,以成型条码号为基准点在动平衡和均匀性设备上上进行定点检测,获得成品轮胎中心径向跳动度特效值(见表3)。

表3 成品轮胎中心径向跳动度特效值 mm

序号	特效值	序号	特效值	序号	特效值	序号	特效值
1	-0.51	33	1.15	65	0.35	97	-1.08
2	-0.42	34	1.12	66	0.33	98	-1.14
3	-0.33	35	1.09	67	0.30	99	-1.18
4	-0.24	36	1.07	68	0.26	100	-1.21
5	-0.15	37	1.06	69	0.22	101	-1.23
6	-0.07	38	1.04	70	0.17	102	-1.24
7	0.01	39	1.02	71	0.11	103	-1.24
8	0.09	40	1.00	72	0.05	104	-1.23
9	0.17	41	0.97	73	-0.01	105	-1.22
10	0.25	42	0.93	74	-0.06	106	-1.21
11	0.33	43	0.88	75	-0.11	107	-1.20
12	0.42	44	0.83	76	-0.14	108	-1.19
13	0.52	45	0.77	77	-0.16	109	-1.19
14	0.61	46	0.70	78	-0.17	110	-1.19
15	0.69	47	0.63	79	-0.17	111	-1.20
16	0.77	48	0.57	80	-0.17	112	-1.19
17	0.83	49	0.51	81	-0.19	113	-1.18
18	0.88	50	0.45	82	-0.22	114	-1.16
19	0.93	51	0.41	83	-0.26	115	-1.13
20	0.98	52	0.37	84	-0.31	116	-1.10
21	1.04	53	0.34	85	-0.35	117	-1.06
22	1.11	54	0.31	86	-0.39	118	-1.01
23	1.19	55	0.28	87	-0.41	119	-0.97
24	1.26	56	0.26	88	-0.43	120	-0.94
25	1.32	57	0.25	89	-0.45	121	-0.90
26	1.36	58	0.25	90	-0.48	122	-0.86
27	1.38	59	0.25	91	-0.54	123	-0.83
28	1.37	60	0.27	92	-0.61	124	-0.79
29	1.33	61	0.30	93	-0.70	125	-0.74
30	1.29	62	0.33	94	-0.81	126	-0.70
31	1.24	63	0.35	95	-0.91	127	-0.64
32	1.19	64	0.36	96	-1.00	128	-0.58

4.2 径向跳动度拟合分析

将胎坯与成品轮胎中心径向跳动度特效值进行拟合,绘制拟合曲线(见图4),通过计算拟合波形相似度为0.899 6。

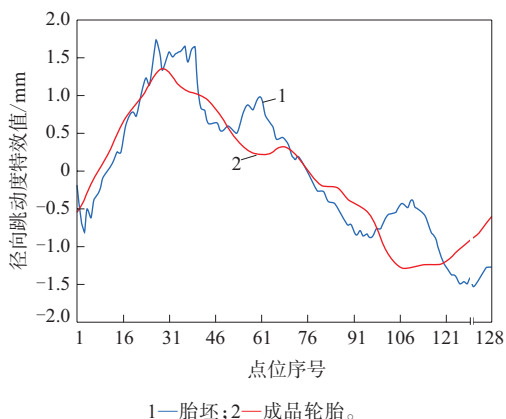
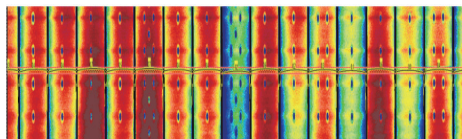


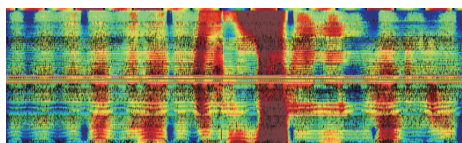
图4 胎坯与成品轮胎中心径向跳动度拟合曲线

4.3 质量改进

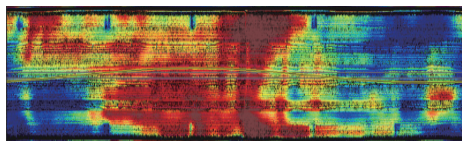
对辅鼓鼓板、胎面复合件和胎坯进行扫描,根据扫描得到的异常点(见图5)由维修保全工进行调整,直至胎坯达到工艺标准要求。



(a) 辅鼓鼓板



(b) 胎面复合件



(c) 胎坯

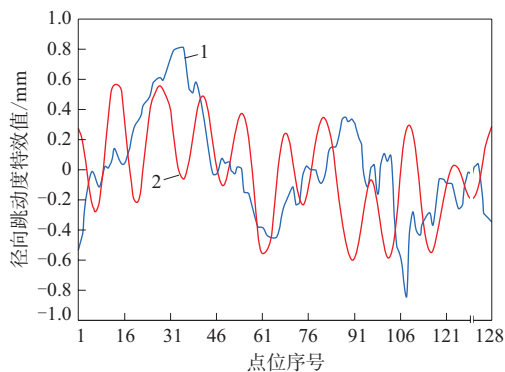
图5 辅鼓鼓板、胎面复合件和胎坯扫描色谱

从图5可以看出,在第10块辅鼓鼓板处,无论是鼓板测试,还是胎面贴合后的测试或者胎坯压合后的测试,都出现了明显的跳动峰值(深红色)。

根据胎坯跳动的峰、谷值角度对成型机精度进行有针对性地调整,调整后通过激光扫描仪评

估胎坯质量,跳动度达到预期后再进行胎坯硫化,并对成品轮胎进行测试。

调整后胎坯与成品轮胎中心径向跳动度拟合曲线如图6所示。调整前后胎坯和成品轮胎中心径向跳动度如表4所示。



注同图4。

图6 调整后胎坯与成品轮胎中心径向跳动度拟合曲线

表4 调整前后胎坯和成品轮胎径向跳动度 mm

项 目	调整前	调整后
胎坯径向跳动度	3.25	1.66
成品轮胎径向跳动度	2.26	1.17

从图6和表4可以看出,调整后胎坯和成品轮胎中心径向跳动度拟合曲线的峰、谷值大幅减小,径向跳动度明显好转^[9-10]。

5 结语

使用胎坯激光扫描仪测试胎坯有两大作用:第一可大幅缩短调试设备、工艺改进等试验时间,提升效率;第二可通过胎坯径向跳动度扫描预判成品轮胎径向跳动度和径向力,提前采取措施,避免轮胎批量质量问题的发生,将动平衡和均匀性质量检查提前到成型工序。

随着对轮胎动平衡和均匀性的质量要求越来越高,轮胎生产的规模化、自动化程度也越来越高,轮胎过程质量检测的要求、方法和精度也要提高到新的层次,本工作可为业内人员提供一个良好的思路。

参考文献:

- [1] 葛剑敏. 轮胎振动与噪声试验和理论研究[D]. 上海:同济大学, 2001.

- [2] 何璇. 轮胎/车轮均匀性及相关汽车振动分析研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2015.
- [3] 马义明. 轮胎的均匀性浅述[J]. 橡塑资源利用, 2015(1): 32-40.
- [4] 韩聪聪, 于海勇, 何臣, 等. 航空轮胎胎坯均匀性侧向力建模分析[J]. 橡胶工业, 2021, 68(9): 676-681.
- [5] 李洪远. 轮胎均匀性的在线测试方法和系统研究[J]. 化工设计通讯, 2019, 45(11): 126, 146.
- [6] 庄继德. 汽车轮胎学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1995.
- [7] 杭柏林, 赵明达. 轮胎均匀性径向特征参数影响因素的分析[J]. 橡胶工业, 2011, 58(3): 146-150.
- [8] 韩慧清, 郭永新. 有关轮胎均匀性检测机理及设备研究[J]. 企业文化(下旬刊), 2015(3): 239.
- [9] 任明端. 影响轮胎均匀性主要因素[J]. 山东工业技术, 2014(4): 23.
- [10] 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.

收稿日期: 2022-01-17

Improvement of Dynamic Balance and Uniformity of TBR Tire by Green Tire Laser Scanner

LI Guohua¹, ZHANG Qiang¹, MEI Zhaoxing¹, HUANG Yaqi¹, YI Wu²

(1. Shandong Jinyu Tire Co., Ltd, Guangrao 257335, China; 2. Shandong Leader Measurement and Control Equipment Co., Ltd, Qingdao 266111, China)

Abstract: The contour of the green tire was laser mapped by a green tire laser scanner, and the diameter changes of the green tire after tire building were measured by a line laser sensor. According to the diameter changes of the green tire at the same latitude, the change of the radius of the green tire and the position of the abnormal angle measured by scanning chromatography, the dynamic balance and uniformity in the green tire production were evaluated and improved. As a result, the dynamic balance and uniformity of the finished TBR tire could be effectively improved.

Key words: TBR tire; dynamic balance; uniformity; green tire; laser scanner; radial runout

一种轮胎硫化胶囊用修补胶浆及其制备和使用方法

由山东永誉橡胶有限公司申请的专利(公布号 CN 113881387A, 公布日期 2022-01-04)

“一种轮胎硫化胶囊用修补胶浆及其制备和使用方法”, 涉及一种轮胎硫化胶囊用修补胶浆及其制备和使用方法, 具体包括以下步骤: (1) 天然凹凸棒土清洗获得洁净凹凸棒土; (2) 双酚A型环氧树脂和二异氰酸酯反应获得异氰酸酯改性环氧树脂; (3) 异氰酸酯改性环氧树脂与洁净凹凸棒土混合获得凹凸棒土/环氧树脂复合颗粒; (4) 卤化橡胶、凹凸棒土/环氧树脂复合颗粒、六方氮化硼、硫黄混炼后获得混炼胶; (5) 脂环族多元醇、脂环族多元酸和二异氰酸酯反应获得聚氨酯预聚体; (6) 混炼胶、乙酸乙酯和聚氨酯预聚体混合获得修补胶浆。本发明提供的修补胶浆粘合强度高, 耐

高温性、韧性和导热性好。

(本刊编辑部 马 晓)

一种超临界二氧化碳用于废旧轮胎脱硫的方法

由北京工业大学申请的专利(公布号 CN 114031811A, 公布日期 2022-02-11) “一种超临界二氧化碳用于废旧轮胎脱硫的方法”, 属于废旧轮胎脱硫技术领域。本发明在特定温度、压力条件下, 以超临界二氧化碳作为反应介质, 超临界二氧化碳具有优异的溶解性和渗透性, 在反应过程中可以将轮胎溶胀, 将脱硫剂带入到轮胎内部, 与交联网络结构中的主链或交联键发生反应, 将硫元素从轮胎内部中脱除。本发明方法技术工艺和操作简单, 过程可控性强。

(本刊编辑部 马 晓)