

不同成型机对轿车轮胎均匀性的影响及改进方法

周顺利, 贾会格

[倍耐力轮胎(焦作)有限公司, 河南 焦作 454000]

摘要: 研究不同成型机对轿车轮胎均匀性的影响, 并提出相应改进方法。结果表明, 一次法成型机成型轮胎的动平衡指标较优, 而二次法成型机成型轮胎的径向力波动指标较优。对于一次法成型机, 固化胎圈的锁圈压力, 并优化充气定型压力和位置参数, 解决胎圈滑移问题, 从而促进轮胎径向力波动指标的改善。对于二次法成型机, 调整胎面供料架的伸出长度和高度及胎面接头量, 并优化不同部件接头的周向分布, 使轮胎动平衡指标得以改进。

关键词: 轿车轮胎; 成型; 均匀性; 径向力波动; 动平衡

中图分类号: TQ336.1; TQ330.6⁺6

文献标志码: A

文章编号: 2095-5448(2023)06-0290-05

DOI: 10.12137/j.issn.2095-5448.2023.06.0290



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

与工程机械轮胎制造过程相比, 轿车轮胎对均匀性指标提出了更高的要求, 轮胎均匀性会影响汽车行驶过程中的舒适性和操纵性能。均匀性更是长期以来汽车企业挑选轿车轮胎供应商时高度关注的指标。轮胎企业对轮胎均匀性的检查一般包括力(如径向力波动等)、外缘尺寸(如径向不圆度、鼓包等^[1-2])和动平衡三方面。本工作重点对不同成型机生产轿车轮胎的径向力波动和动平衡两个均匀性指标进行深入研究, 并探索均匀性改进方法。

1 轮胎成型

轮胎的制造过程主要包括混炼、挤出、压延裁断、成型和硫化几个核心步骤, 轮胎均匀性是每个步骤质量控制的综合体现。生产过程控制能力越高, 轮胎均匀性越好。本工作重点研究成型过程对轮胎均匀性指标的影响。轮胎成型偏差(材料蛇形、偏心、过度拉伸、张力不均匀^[3]等)、设备精度差等都会产生轮胎不均匀现象, 在轮胎成型工序

中内衬层、胎体帘布、胎面等接头的大小和分布也是影响轮胎均匀性的主要因素^[4]。优化成型生产过程的参数设计、提升成型过程的稳定性一直都是轮胎企业提升轮胎均匀性综合指标的重点研究内容。

轮胎成型的主体设备为成型机。成型机一般有两种类型, 一种是二段式成型机, 也称作二次法成型机。一段成型实现内衬层、胎体、胎圈的复合, 在本过程中除了完成半成品部件贴合外, 还完成胎体反包过程。胎体反包是两个胎圈定位后胶囊充气推动胎体反包包裹胎圈, 使胎圈位置固定。二段成型首先将带束层、胎面依次贴合, 然后与一段完成的组合件充气、压合在一起, 完成胎坯成型。另一种是一次法成型机。主鼓首先实现气密层和胎侧复合件、胎体、胎圈的定位, 副鼓实现带束层、胎面的定位, 然后主、副鼓在中心环位置充气、压合完成胎坯成型。由于工艺步骤和成型工作原理的差异, 两种成型机生产的轮胎在均匀性表现上存在差异。

2 不同成型机成型轮胎的均匀性差异

2.1 径向力波动

轮胎企业通常采用均匀性试验机测试轮胎的

作者简介: 周顺利(1984—), 男, 河南周口人, 倍耐力轮胎(焦作)有限公司工程师, 硕士, 主要从事子午线轮胎工艺技术及管理工作。

E-mail: 372485009@qq.com

均匀性^[4],径向力波动越小越好。为了对比成型机机型对该指标的影响,采用两种成型机成型相似施工设计的225/65R16轮胎,并在相同条件下进行轮胎均匀性测试,对比径向力波动的分布情况。为了能同时分析数据的集中趋势和离散程度,分别取径向力波动平均值、50%分位数和95%分位数进行对比,结果如表1所示。

表1 不同成型机成型轮胎的径向力波动数据对比 N

项 目	一次法成型机	二次法成型机
平均值	72	62
50%分位数	70	59
95%分位数	115	96

从表1可以看出,无论是平均值,还是整体数据的分布,一次法成型机成型轮胎的径向力波动数据均较大,表明二次法成型机成型轮胎的径向力波动指标较优。

2.2 动平衡

轮胎制造过程复杂,橡胶弹性体的特性使轮胎制造过程的稳定性控制难度加大^[5]。材料的拉伸、收缩变形使轮胎在生产过程中容易产生材料分布不均匀,进而发生质量分布不均匀,这是动不平衡产生的根本原因。动平衡测试采用动平衡试验机,通过测定轮胎在旋转过程中的离心力,计算轮胎圆周方向的不平衡量。同样地,动不平衡数据越小越好,数据越小表示材料质量分布越均匀。同样选取一次法和二次法成型机成型225/65R16轮胎的动平衡数据平均值、50%分位数和95%分位数,结果如表2所示。

表2 不同成型机成型轮胎的动平衡数据对比 g

项 目	一次法成型机	二次法成型机
平均值	14.34	16.97
50%分位数	13.39	16.15
95%分位数	28.16	32.56

从表2可以看出,一次法成型机成型轮胎的动平衡数据较小,表明一次法成型机成型轮胎的动平衡指标较优。

通过日常生产废品率报表的统计结果,也能得出相同的结论,一次法成型机成型轮胎的径向力波动缺陷品发生率较高,二次法成型机成型轮胎的动平衡缺陷品发生率较高。

3 不同成型机成型轮胎的均匀性改进分析

根据上述分析,两种成型机各有优缺点,因此通过对比两种成型机生产过程的差异,探求各自的改进点,以实现轮胎均匀性指标的整体改进。

3.1 一次法成型机成型轮胎的径向力波动改进

经过对比发现,一次法成型机与二次法成型机的胎圈定位方式存在较大差异。二次法成型机在一段成型过程中首先进行胎体反包实现胎圈定位,而一次法成型机由于胎圈定位通过锁圈支撑实现,容易在胎坯充气、压合过程中发生水平偏移,使胎圈的垂直度和两个胎圈间的平行度受到影响。胎圈间距变化导致两胎圈间的胎体和内衬层的长度发生变化,在充气过程中周向膨胀存在差异,进而影响轮胎径向力波动。跟踪一次法成型过程发现,胎圈滑移大则可能导致胎坯报废,滑移小则造成径向力波动不合格。由于机型设计所限,不能将一次法成型的胎圈提前定位,但是解决胎圈滑移问题是关键。

胎圈滑移主要受两方面的影响,一方面是锁圈压力,另一方面是中鼓充气压力和位置参数。经过反复试验,最终通过优化锁圈压力及充气定型压力和位置参数,使该问题得到改善和控制,并进行参数标准化管理。

改善前225/65R16轮胎的径向力波动中位数为69 N,25%分位数和75%分位数分别为53和85.3 N;改善后中位数为61.5 N,25%分位数和75%分位数分别为49.8和76.3 N。改善后,轮胎的径向力波动中位数降低7.5 N,75%分位数降低了9 N。改善后轮胎的径向力波动中心趋势和分散性均优于改善前。

3.2 二次法成型机成型轮胎的动平衡改进

轮胎动平衡测试过程中不仅能测出质量的不均匀量,还能同时给出质量不均匀点的位置。根据不同的客户需求或动平衡试验机设计特点,打点位置可以选择轻点或重点,也可以选打点位置为静不平衡点或上下模的动不平衡点,动平衡、静平衡和偶平衡为动平衡测试中的3项检查内容,其相互之间转化符合力的平行四边形法则。打点是在轮胎上进行标记,标记位置对于调查不平衡产生原因具有参考价值。

一次法和二次法成型机成型225/65R16轮胎

不平衡打点位置统计结果如图1所示,图中使用黄色点表征动平衡测试打点位置相对于轮胎及胎面接头的位置信息,黄色点的位置只表示相对于轮胎中心的角度,并不表示与圆心的距离,理论上各点与圆心的距离是相等的,图中只是为防止点的覆盖,将与圆心距离做了差异化显示。

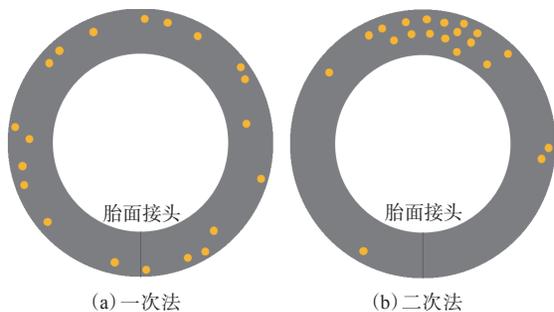


图1 一次法与二次法成型机成型轮胎的不平衡打点位置统计数据对比

从图1可以看出,二次法成型机成型的多数轮胎的动平衡打点位置都与胎面部件的接头位置相关,多数都分布在胎面接头位置对面 $180^{\circ} \pm 30^{\circ}$ 的范围内。而一次法成型机成型轮胎的动平衡打点位置相对不集中,不同规格轮胎间差异大,且没有呈现出与胎面接头位置的相关性规律。

基于打点位置信息的分析,二次法成型机成型轮胎动平衡的改进可以胎面为切入点进行研究。与胎面相关的核心过程为胎面供料。经现场调查发现,二次法成型机在胎面上料到带束鼓的过程中,胎面压辊会压合胎面,但压合过程不完整,胎面的头部和中部都经过压辊压合,而尾部长约15~25 cm的部分不会被压辊压到,导致尾部的拉伸程度不同,可能造成胎面在圆周方向质量分布不均匀;胎面规格切换期间,供料架高度调整不一致导致胎面压合压力变化,使胎面拉伸不均匀。

针对上述两项内容,首先调整胎面供料架的伸出长度,使无法经过压辊压合的胎面尾部区域减小(长度控制在5~10 cm)。然后针对供料架高度问题,根据不同规格分别设计试验,根据带束鼓直径的范围分别固化不同规格对应供料架高度的标准值,为了便于操作员快速正确地调整,在供料架旁边添加标尺作为参考系和目视化管理工具。

改善前225/65R16轮胎的动平衡中位数为15.83 g,25%分位数和75%分位数分别为10.19和

22.05 g;改善后中位数为13.79 g,25%分位数和75%分位数分别为8.87和19.65 g。改善后,轮胎的动平衡中位数降低了2.04 g,75%分位数降低了2.40 g,动平衡整体数据改进约2 g,对于整体动平衡合格率提升的贡献是显著的。

经优化胎面供料架的伸出长度和高度,轮胎动平衡得到了部分改进,但由于机型的特点限制,胎面尾部仍有5~10 cm的范围不能经过压辊压合,接头部位分布质量较大,改善后轮胎的动平衡打点位置仍与胎面接头位置有较强的相关性。

为了解决该问题,试验做了两种尝试。首先通过减小胎面接头部位的长度来抵消未压合导致的质量偏大问题。经试验该方案确实对降低轮胎动不平衡数据有效,但是对接头部位长度减小量需要严格控制,否则容易引发新的缺陷,如胎面缺胶等,尤其对胎面胶料流动性较小的一些规格,该缺陷发生率较高。反复多次对不同规格轮胎进行试验,最终确认胎面接头长度至多减小到接头量为-3 mm左右时,轮胎外观和均匀性两项检查均可接受。

另外,优化除胎面外其他部件(如胎侧、气密层、胎体等)接头在轮胎圆周方向上的分布来补偿胎面尾部5~10 cm未压合的不均匀问题。为了研究每个部件对轮胎整体动平衡数据的影响,使用矢量分析方法对每个部件导致的动不平衡量进行计算,矢量分析针对每个部件(以胎侧为例)进行一组试验。试验时分别生产试验组和对照组两组轮胎,对照组为正常生产轮胎,试验组在保证其他所有过程参数和设置条件均相同的情况下,仅将胎侧的上料角度旋转 180° 。对照组和试验组各生产20条轮胎,统计均值和打点角度,根据两组结果进行矢量分析,计算胎侧对动不平衡量的影响,如图2所示。

图中红色线分别为试验组和对照组的动不平衡信息,线长度表示动不平衡量的数值大小,箭头方向表示打点的位置角度,根据平行四边形法则可知绿色线为胎侧部件的影响程度。同理,可以得到其他部件导致的动不平衡量的大小与角度。然后根据每个部件动不平衡量的大小与角度优化半部件分布的组合,使其合成后产生最小的动不平衡量。

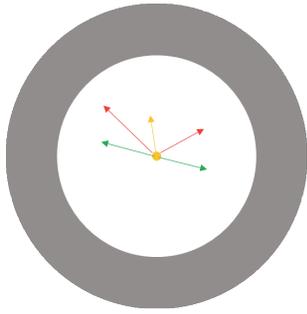


图2 轮胎动不平衡量矢量分析示意
部件接头优化分布前后二次法成型机成型
225/60R16轮胎的动平衡数据对比如表3所示。

表3 部件接头优化分布前后二次法成型机成型轮胎的
动平衡数据对比 g

项 目	改进前	改进后
中位数	14.17	12.08
25%分位数	9.65	9.07
75%分位数	19.84	18.22

从表3可以看出,部件接头优化分布后,轮胎的动平衡中位数降低约2.09 g,75%分位数降低约1.62 g。由此可见,部件接头优化分布的实施是有效的。

4 结论

成型过程对轮胎均匀性测试结果影响很大。不同成型机的设计特点会对轮胎均匀性测试的不同项目产生特定的影响。本研究通过对一次法成

型机和二次法成型机进行对比发现,一次法成型机成型轮胎的动平衡指标较优,但是二次法成型机成型轮胎的径向力波动指标较优。通过对比两种成型机成型工序步骤和特点,找到了两种机型各自的问题并加以改进,使轮胎均匀性指标得到整体提升。本工作所做的关键改进总结如下。

(1)对于一次法成型机,固化胎圈的锁圈压力,并优化充气定型压力和位置参数,解决胎圈滑移问题,从而促进轮胎径向力波动的改善。

(2)对于二次法成型机,调整胎面供料架的伸出长度和高度,并根据不同规格轮胎固化标准,在生产现场添加标尺实现目视化管理;调整胎面接头量,并优化不同部件接头的周向分布,使轮胎动平衡指标得以改进。

参考文献:

- [1] 余双玉. 轮胎均匀性及其影响因素[J]. 轮胎工业, 2008, 28(8): 463-469.
- [2] 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.
- [3] 夏淑文. 成型工艺对半钢子午线轮胎均匀性的影响[J]. 橡胶科技, 2015, 13(12): 35-38.
- [4] 蔡习舟, 吴美丹. 半钢子午线轮胎均匀性影响因素分析[J]. 橡胶科技, 2012, 10(2): 35-37.
- [5] 梁守智, 钟延燾, 张丹秋. 橡胶工业手册(修订版) 第四分册 轮胎[M]. 北京: 化学工业出版社, 1989.

收稿日期: 2023-01-05

Effect of Different Building Machines on Uniformity of Passenger Car Tire and Improvement Methods

ZHOU Shunli, JIA Huige

[Pirelli Tyre (Jiaozuo) Co., Ltd., Jiaozuo 454000, China]

Abstract: The effect of different building machines on the uniformity of passenger car tires was studied, and corresponding improvement methods were put forward. The results showed that the dynamic balance index of the tire built by the one-step building machine was better, while the radial force variation index of the tire built by the two-step building machine was better. For the one-step building machine, the radial force variation index of the tire could be improved by solving the problem of bead slip through solidifying the bead locking pressure, and optimizing the inflation setting pressure and position parameters. For the two-step building machine, the dynamic balance index of the tire could be improved by adjusting the extended length and height of the tread feeding frame and the amount of tread joints, and optimizing the circumferential distribution of the joints of different parts.

Key words: passenger car tire; building; uniformity; radial force variation; dynamic balance