

轮胎胎圈压力仿真方法研究

吕 龙,李 宁,荣英飞,付新华

(三角轮胎股份有限公司,山东 威海 264200)

摘要:通过轮胎胎圈压力试验机模拟分析胎圈结构设计的合理性,节省试验时间和成本。在了解此试验机原理的基础上,通过有限元仿真的方法计算得到与试验结果相同或者近似的胎圈压力曲线。通过对185/65R15规格半钢子午线轮胎一系列的方案设计以及仿真分析,找到了正确进行胎圈压力仿真的方法,误差达到25%以下;考虑到制造过程存在波动,这一误差在可接受范围之内,证明仿真方法切实可行,能够很好地模拟胎圈压力试验。

关键词:胎圈压力试验机;胎圈压力;有限元分析

中图分类号:U463.341;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)12-0716-04

1 研究背景

轮胎胎圈对轮辋的压力要合理,压力太小导致车辆行驶中胎圈与轮辋发生相对滑移,压力过大导致安装或行驶过程中胎圈破坏,甚至可能对轮辋造成损伤,在设计过程中需要考虑胎圈的结构、形式以及直径等参数对这一压力的影响。德国霍夫曼公司生产的半钢子午线轮胎胎圈压力试验机能够就胎圈结构设计的合理性定量地为设计人员提供参考。我们在掌握该胎圈压力试验机工作原理的基础上,希望通过有限元仿真的方法得到与试验结果相同或者近似的胎圈压力曲线。

霍夫曼胎圈压力试验机通过8个轮辋模块的径向膨胀或收缩,实现胎圈对轮辋的压力变化,即箍紧力的变化,并通过安装于轮辋的传感器测得轮胎胎圈压力变化曲线。该试验机可以完成330.2~508 mm(13~20英寸)轮辋的试验测量。

测量完成后得到轮辋直径(D)和胎圈压力(P)的关系。以 D 为基准,将 $(D-0.29)$ mm和 $(D+0.38)$ mm两个直径位移变化后的胎圈压力(P_1 和 P_2)作为判定标准。

P_1 反映轮胎与轮辋间隙配合, P_2 反映过盈配合, P_2 更贴近轮胎与轮辋的实际配合情况。根据配套要求,不同的轮辋规格具有不同的安全最低限值和装配最高限值^[1]。

2 胎圈压力测试原理分析

如图1所示,试验轮辋由8个等尺寸轮辋模块组成,4个力传感器间隔安装在试验轮辋上。试验机给出的胎圈压力为4个传感器所测数据的平均值。

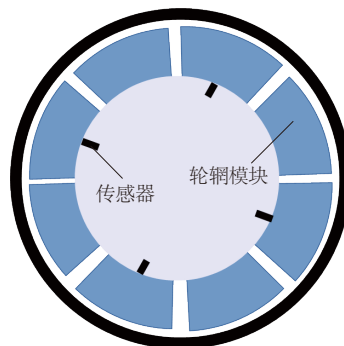


图1 胎圈压力测试示意

以二维周向对称模型模拟胎圈压力试验,胎圈对轮辋作用的均匀分布力(f , $\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$)在圆周上(半径为 R)的合力(F)为

$$F = 4\pi Rf \quad (1)$$

对一个轮辋模块力的平衡中可以积分得出胎圈压力(F_s)为

$$F_s = 2fR \sin \frac{\pi}{8} \quad (2)$$

通过公式(1)和(2)可以得出 F_s 与 F 的关系式为

$$F_s = \frac{F}{2\pi} \sin \frac{\pi}{8} \quad (3)$$

作者简介:吕龙(1987—),男,山东潍坊人,三角轮胎股份有限公司助理工程师,学士,主要从事轮胎性能的仿真分析工作。

3 仿真模型建立

3.1 轮辋模型

胎圈压力试验机使用的试验轮辋与我们的设计轮辋有所区别,设计轮辋一般为斜底轮辋,而试验轮辋为平底轮辋,并且两者直径表示有所不同。

对于有斜度的轮辋,一般使用标定直径(D)表示轮辋直径。测试胎圈压力所用试验轮辋的直径是采用心轴法测量得到的心轴直径(D_1 ,球珠直径为16 mm)。330.2~406.4 mm(13~16英寸)轮辋的 D_1 比其 D 小1.33 mm,431.8~508 mm(17~20英寸)轮辋的 D_1 比其 D 小1.38 mm。

3.2 轮胎二维模型

以185/65R15某一花纹规格半钢子午线轮胎为例进行仿真分析,最后用205/55R16规格轮胎进行验证。

185/65R15轮胎的二维模型如图2所示,通过轮辋在 X 方向的位移移动,胎圈受到压力后,通过提取轮辋的 X 方向反力(F),通过公式(3)计算得到胎圈压力曲线。

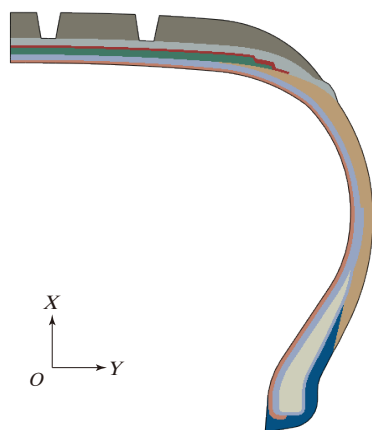


图2 轮胎嵌入式二维模型

4 方案设计与分析对比

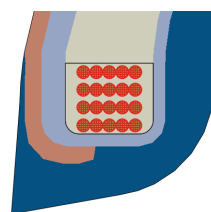
在普通轮胎性能仿真中,如接地印痕、滚动阻力等,胎圈模型一般采用实体单元或者嵌入式单元进行分析,没有对胎圈模型的准确性提出过高的要求。但在胎圈压力的仿真模拟中,胎圈模型的准确与否起到至关重要的作用,因此设计几种胎圈模型,从中选出一种或几种简单有效的能够

模拟胎圈压力试验的胎圈仿真模型。

185/65R15 轮胎的钢丝圈为 5×4 结构,参照实际轮胎胎圈结构进行仿真模型设计。

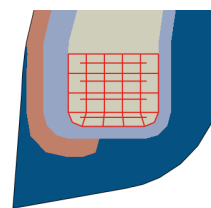
图3为胎圈仿真模型,其中包括详细模拟钢丝圈结构的模型(方案1)、基于方案1简化为嵌入式模型(方案2和3)及钢丝圈实体单元模型(方案4)。

通过Abaqus软件仿真计算,得到轮辋直径变化(位移)与胎圈压力的关系,并与试验结果进行对比。方案1的结果如图4所示。



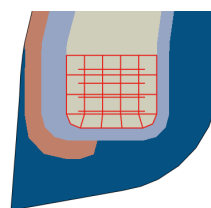
详细模拟钢丝圈结构。

(a) 方案1



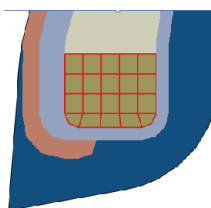
嵌入式,层间间隔为1.3 mm。

(b) 方案2



嵌入式,层间间隔为0.96 mm。

(c) 方案3



实体模型,模量通过等效体积计算。

(d) 方案4

图3 胎圈仿真模型

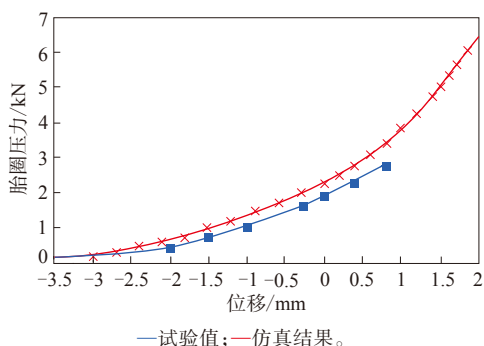


图4 方案1仿真结果与试验数据对比

从图4可以看出,轮辋直径变化(位移)与胎圈压力的关系仿真结果与试验数据的变化趋势是一致的,因此将图中0点位置仿真值与试验数据的误差作为整体误差,从而得到各设计方案的仿真值与试验值误差。方案1—4的误差分别为20.66%, 24.25%, 26.72%和35.84%,由此可以看出,方案4误差最大,方案2与方案3相差不多,方案1为详细描述胎圈结构模型,仿真效果最好,误差最小可以降到20%左右。

方案1模型的钢丝圈结构网格划分过于繁琐,考虑到计算效率,采用钢丝嵌入式结构模型。由于方案2比方案3更接近胎圈实际结构,因此选取方案2的仿真模型进行仿真分析,误差为24.25%,符合仿真需求。方案2仿真值与试验数据对比如图5所示。

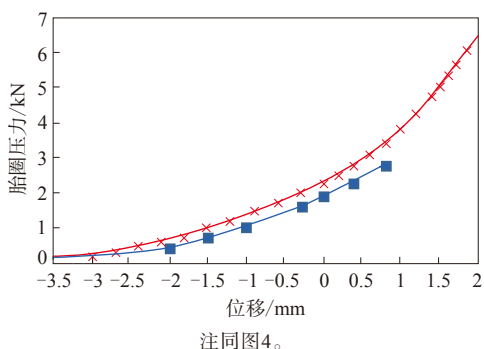


图5 方案2仿真结果与试验数据对比

5 仿真结果验证

选取钢丝圈结构为 5×5 的205/55R16规格轮胎对该仿真方法进行验证,将基于方案2的仿真结

果与试验结果进行对比,结果如图6所示。

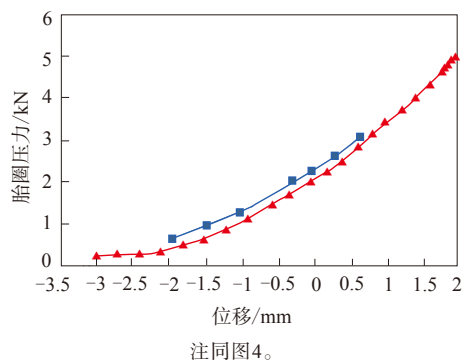


图6 钢丝圈结构为 5×5 的仿真结果验证

从图6可以看出,基于方案2的胎圈压力仿真误差为-9.29%,证明仿真方法切实可行,能够很好地模拟胎圈压力试验。

6 结论

通过以上分析可以得出以下结论:

- (1) 轮辋模型采用平底轮辋,轮辋直径为心轴直径,比标定直径小;
- (2) 二维模型仿真结果需要经过修正处理,才能与试验值进行对比;
- (3) 详细描述钢丝圈结构和嵌入式模型两种方法均可以达到模拟胎圈压力试验的要求,如果条件允许,则可建立钢丝圈详细结构模型,否则可建立钢丝嵌入式模型,仿真结果也在误差允许的范围内。

通过一系列的方案设计以及仿真分析,找到了正确进行胎圈压力仿真的方法,误差均不大于25%。考虑到制造过程中存在波动,这一误差在可接受范围之内,仿真方法切实可行,能够很好地模拟胎圈压力试验。

通过有限元仿真的方法可以定量描述轮胎的胎圈压力,快速计算分析得到不同的胎圈设计的胎圈压力,减少试验轮胎的制造,从而降低成本。

参考文献:

- [1] 陈华,宁卫明,高超群. 轮胎装配胎圈压力与就位充气压力探讨[J]. 轮胎工业, 2010, 30(6): 338-340.

收稿日期: 2016-07-09

Simulation Method of Tire Bead Compression

LYU Long, LI Ning, RONG Yingfei, FU Xinhua

(Triangle Tyre Co., Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: The quality of bead rim design was analyzed by using bead compression testing in order to reduce experiment time and cost. The finite element (FE) simulation method was then applied to simulate the relationship curves between the bead compression force and rim expansion distance which were the same as or close to the experimental testing results. The optimized FE simulation method with acceptable error below 25% was obtained by analysis of simulation designs and the results of the bead compression characteristics using 185/65R15 tire as an example. It was well demonstrated that FE modeling of bead compression was effective and the predicted bead compression force was acceptable.

Key words: tire bead compression testing machine; bead compression force; finite element analysis

森麒麟轮胎将斥资5.3亿美元于 佐治亚州建厂

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com)2016年9月8日报道:

青岛森麒麟轮胎有限公司将投资5.3亿美元于美国佐治亚州LaGrange建设工厂。预计工厂建成后 will 提供超过1 000个工作岗位。

“我们很高兴选择LaGrange作为我们的北美工厂的地点。”森麒麟轮胎执行副总裁Rami Helminen说,“在生产与研发方面,教育系统和高素质的员工队伍补充了我们领先的技术优势。我们相信,佐治亚拥有的基础设施,可以帮助我们建立一个成功的物流操作系统,以供应我们在北美市场不断增长的售后经销商销售和供汽车制造商的原配胎销售。”

“我们预计于2018年正式投产运行,年产能为1 200万套轿车及轻型载重轮胎。”

佐治亚州州长Nathan Deal承诺提供友好型商业环境,“我们将与中国的经济合作伙伴保持良好的关系,当森麒麟公司服务的客户群不断增长,州内的汽车制造业和技术能力将成为其有利条件。”

目前已有38家中国企业在佐治亚州落户。

“佐治亚州自2007年就在中国设有办事处,2013年在青岛设了办事处,其主要目的是加强佐治亚州与中国人才商业合作。”佐治亚州经济发展部(GDEcD)专员Chris Carr说,“森麒麟这个项目就是与中国沟通合作的最好实例。”

“森麒麟的决定证明了LaGrange是北美东南部投资最佳地之一,”LaGrange市长Jim Thorton说,“LaGrange已经是一个先进制造业地区。我们市已经有了其他10家外国企业在此安家落户。”

“当你将良好的领导和优异的资源结合起来时,就会得到很好的结果。这才是真正作为一个团队获得的全胜。”LaGrange发展局主席Scott Malone补充道。

森麒麟也正计划将一个研发中心并入运营,将雇用约100名高素质的技术人员。

森麒麟轮胎主要以Sentury, Landsail和Delinta品牌销往世界各地,其中欧盟和美国市场约占70%。森麒麟的美国子公司总部设在佛罗里达州迈阿密。

青岛森麒麟轮胎有限公司主要为汽车与航空工业制造专业轮胎。机器人在公司的生产流程中扮演着至关重要的角色。

(黄 松摘译 吴淑华校)