

轮胎脱圈阻力试验有限元仿真分析

李晓辉,李红卫,张晓鹏,李亚东,葛超

[特拓(青岛)轮胎技术有限公司,山东 青岛 266061]

摘要:以245/30R22半钢子午线轮胎为研究对象,利用Abaqus软件对轮胎进行脱圈阻力试验仿真分析,不仅给出了一套基于Abaqus软件的轮胎脱圈阻力试验的模拟方法,而且提出了轮胎脱圈难易程度的评价方法。结果表明,仿真获得的脱圈阻力与试验结果吻合较好,可以对轮胎的防脱圈性能进行提前预报。

关键词:轮胎;脱圈阻力试验;有限元分析;仿真

中图分类号:TQ336.1⁺1;O241.82

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2019)01-0058-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2019.01.0058

轮胎是汽车唯一的接地部件,它与地面的相互作用提供汽车运动需要的所有力和力矩^[1-2]。轿车轮胎的室内试验包括脱圈阻力试验、强度性能试验、高速性能试验、耐久性试验、低气压性能试验等,可以对轮胎的结构、行驶、耐疲劳等性能进行评估。轮胎的脱圈阻力试验主要用于评估无内胎轮胎胎圈脱离轮辋的阻力值,是评价轮胎结构性能的重要指标之一。项蝉^[3]研究了轮辋凸峰类型、轮辋曲线形状和脱圈压块类型等因素对轮胎脱圈阻力试验的影响。王伟等^[4]利用MSC.MARC软件,通过施加最小脱圈阻力的方法对子午线轮胎脱圈阻力试验进行仿真分析,取得的分析结果与试验结果相吻合。但是只有提出明确的防脱圈性能的评价指标,并能够在设计前期进行预报才能够对产品设计给予指导。

本工作以245/30R22半钢子午线轮胎为研究对象,根据GB/T 4502—2016《轿车轮胎性能室内试验》,利用Abaqus软件进行脱圈阻力试验仿真分析,并与试验结果进行对比,以期在开发前期对轮胎防脱圈性能的设计与改善进行预报。

1 轮胎有限元模型的建立

1.1 材料模型

根据GB/T 4502—2016的规定,轮胎脱圈阻力

试验涉及轮胎、轮辋和脱圈压块。相对于轮胎而言,轮辋和脱圈压块的材料都是金属,刚度远大于橡胶,而变形则远小于橡胶部件,因此将轮辋和脱圈压块定义为刚体部件。其中轮辋的结构相对简单,定义为解析刚体;而脱圈压块的结构相对复杂一些,定义为欧拉刚体。

轮胎由胎面、胎侧、带束层和胎体等多种部件组合而成,其中胎面和胎侧等部件由橡胶构成,而胎体和带束层等均为各向异性的帘线-橡胶复合材料。轮胎材料的本构模型是否能够较好地拟合材料力学性能的测试结果,并具有较好的预报能力,直接影响到有限元分析结果的可靠性。本研究中骨架材料均作为线弹性材料进行描述。橡胶是一种典型的近似不可压缩材料,选用Yeoh超弹性本构模型模拟其力学性质^[5-6]。

1.2 轮胎模型

如果只考虑胎面花纹中的纵沟,轮胎是典型的轴对称结构。首先,根据材料分布图构建二维轮胎断面的主体模型,如图1所示。然后,使用仿真软件的*SYMMETRIC MODEL GENERATION和REVOLVE命令将二维模型旋转生成完整的三维轮胎模型。按照轮胎脱圈阻力试验标准确定脱圈压块到轮轴的水平距离,调整好脱圈压块的位置并将其与轮胎模型装配起来,如图2所示。

本研究轮胎的橡胶结构采用CGAX4R/CGAX3二维单元和C3D8R/C3D6三维单元,骨架结构则采用SFMGAX1二维单元和SFM3D4R三维单元,并通过对面单元赋予加强筋(rebar)包括

作者简介:李晓辉(1988—),男,河北邯郸人,特拓(青岛)轮胎技术有限公司工程师,硕士,从事材料测试与轮胎有限元分析工作。

E-mail:od0018@tta-solution.com

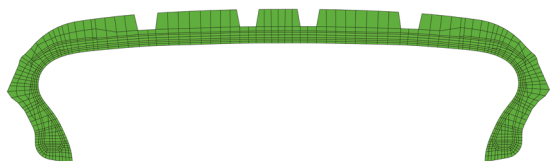


图1 轴对称轮胎模型



图2 轮胎脱圈阻力试验三维有限元模型

单根帘线及帘线排列的相关参数,描述骨架材料的加强作用。胎体和带束层等帘线-橡胶复合材料部件则通过使用*Embedded Element命令将橡胶单元及对应骨架材料单元的节点自由度约束在一起描述。

1.3 边界条件

在轮胎的静力分析中,通过轮辋位置的位移边界控制方法模拟轮胎的装配过程,然后固定轮辋,在轮胎内表面线性施加均布压力220 kPa来模拟轮胎的充气过程。轮胎与轮辋及轮胎与脱圈压块之间的接触均采用有限滑移法描述。将轮胎、轮辋和脱圈压块模型装配好之后,通过对脱圈压块施加位移约束模拟脱圈过程。

2 轮胎脱圈阻力试验

轮胎脱圈阻力试验装置如图3所示。

根据GB/T 4502—2016的规定,轮辋名义直径



图3 轮胎脱圈阻力试验装置

为508~711 mm(20~28英寸)的无内胎轿车轮胎应使用C型脱圈压块。脱圈压块到轮轴的水平距离(L)的计算公式为

$$L = D_r/2 + 3H/4$$

$$H = (D - D_r)/2$$

式中, D_r 为轮辋名义直径, H 为轮胎断面高度, D 为轮胎设计外直径。

计算得到的 L 值为335 mm,垂直方向的初始位置位于接近与轮胎接触的状态为宜。

3 结果与讨论

轮胎与带凸峰轮辋装配完成后如图4所示,红色圈内为1号接触区域,黑色虚线圈内为2号接触区域。本研究分别将轮胎与轮辋的1号和2号接触区域接触压力为零的时刻定义为 t_1 和 t_2 ,对应时刻压块受到的反作用力分别为 F_1 和 F_2 ,并以此作为评价轮胎防脱圈性能的指标。

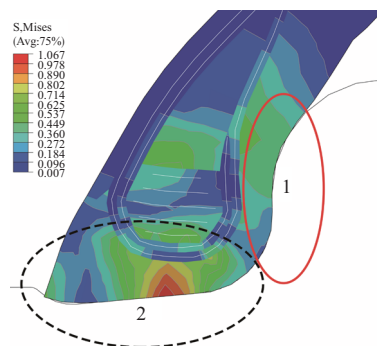


图4 接触区域分区示意

脱圈过程中胎圈部位与轮辋接触情况变化如图5所示。轮胎在完成充气、装配过程后与轮辋接触良好。随着试验的进行,脱圈压块逐步下压,首先1号接触区域逐渐与轮辋脱离,然后2号接触区域的接触压力也逐渐变为零,轮胎内表面靠近胎趾的部分与轮辋凸峰接触,最后胎趾越过凸峰,达到脱圈状态。

在 $t_1 \sim t_2$ 时间范围内,脱圈压块的作用力随时间步基本呈直线变化。 t_1 为5 s,对应的 F_1 为1 860.23 N,而 t_2 为18.24 s, F_2 为12 722.1 N。试验测得的最小脱圈阻力为12 780 N,两者能够较好地吻合,间接说明了该评价方法的合理性。国家标准规定的最小脱圈阻力为11 120 N,因此该规格轮胎的最小脱圈阻力符合国家标准的要求。仿真结

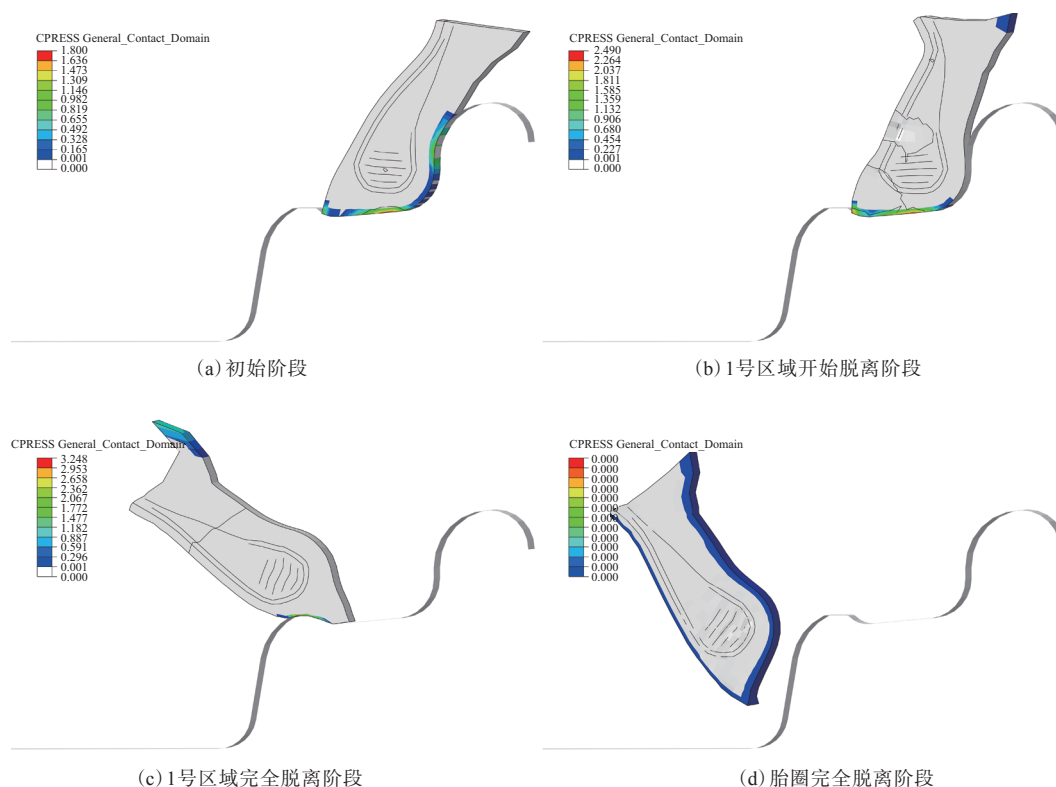


图5 脱圈过程中胎圈部位与轮辋接触情况变化示意

果与试验结果的误差主要来源于两方面:一是将脱圈压块对轮胎的作用方式做了一定的简化;二是轮胎与轮辋和脱圈压块之间的摩擦因数和接触算法不能完全与实际摩擦情况一致。

4 结论

以245/30R22半钢子午线轮胎为研究对象,根据GB/T 4502—2016,利用Abaqus软件对其进行脱圈阻力试验仿真分析并将分析结果与试验结果进行对比,得到如下结论。

(1) 仿真得到脱圈过程中带凸峰轮辋与胎圈部位接触情况在各阶段的变化结果。

(2) 仿真结果与试验结果变化趋势一致,说明该提前预报轮胎防脱圈性能的有限元评价方法是合理的。

根据本评价方法,可以在轮胎开发前期对轮胎防脱圈性能的设计与改善进行预报,具有一定参考价值。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 吴健,徐春财,王友善,等. 摩擦对胎面材料单轴压缩力学行为的影响[J]. 橡胶工业,2017,64(1):5-8.
- [3] 项蝉. 轿车轮胎脱圈阻力试验影响因素分析[J]. 轮胎工业,2009,29(6):371-372.
- [4] 王伟,聂守亮. 子午线轮胎脱圈试验仿真分析[J]. 弹性体,2013,23(1):33-36.
- [5] 李炜. 子午线轮胎结构有限元分析和设计原理的若干问题研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2003.
- [6] Yeoh O H. Some Forms of the Strain Energy Function for Rubber[J]. Rubber Chemistry and Technology, 2012, 66(5):754-771.

收稿日期:2018-07-28

Finite Element Simulation Analysis on Tire Unseating Test

LI Xiaohui, LI Hongwei, ZHANG Xiaopeng, LI Yadong, GE Chao

[TTA (Qingdao) Tire Technology Alliance Co., Ltd., Qingdao 266061, China]

Abstract: Taking 245/30R22 steel-belted radial tire as researching object, tire unseating test simulation

based on Abaqus software was carried out, and the solution and evaluation method of tire unseating test simulation based on Abaqus software were presented. The results showed that the unseating resistance obtained by simulation was in good agreement with the experimental result. The simulation method could be used for early prediction on tire unseating resistance.

Key words: tire; unseating test; finite element analysis; simulation

江苏兴达钢帘线2019年商务年会暨行业中外论坛在厦门隆重召开

中图分类号:TQ330.38⁺9;F27 文献标志码:D

2018年11月28日,江苏兴达钢帘线股份有限公司(以下简称兴达公司)主办,中国橡胶工业协会、美国轮胎制造商协会和北京橡胶工业研究设计院有限公司协办的“兴达2019年商务年会暨行业中外论坛”在福建厦门隆重召开。论坛围绕“聚变、远见、重塑”的主题,探讨宏观经济、汽车与轮胎市场发展趋势、中美贸易关系等议题。来自全球的客户、供应商、销售商及合作企业的高管和各方代表约360人出席论坛,中国石油和化学工业联合会原会长李勇武、中国汽车工程学会名誉理事长付于武、中国橡胶工业协会会长邓雅俐出席论坛并分别致辞。

李勇武指出,改革开放40年来,国家、行业和企业均取得了卓越成绩,在回顾总结的过程中,既要坚定前行的信心,同时也要保持清醒头脑,认清橡胶行业大而不强的事实。当前中美贸易战正酣以及经济下行趋势明显,企业应充满信心并保持毅力,在中央的统一部署下从容应对。民营企业在国家税收、工业产值、新型技术专利及就业岗位等方面做出了巨大贡献,中央给予了更多的关注和重视,企业家需要把握时代战略机遇期,积极开拓市场和创新,在行业高质量发展阶段探寻自身发展空间。

邓雅俐在致辞中高度评价兴达公司改革开放40年以来所取得的辉煌成就,并对其每年举办的商务年会在行业发展中起到的推动作用给予充分的肯定。同时呼吁行业上下游应紧密合作、抱团取暖,共同应对中美贸易战与即将到来的技术革命。

付于武对中国汽车产业发展趋势、汽车产业与轮胎产业共同应对的挑战以及2018年中国汽车市场现状进行了详细分析。他指出,目前汽车行

业正处于空前的技术革命和产业变革之中,新一代的信息技术与制造技术深度融合,汽车产业加快了与新能源、新材料、电子信息等技术的融合发展,生产方式与产业形态正在发生深刻的变化,产业重塑、产品也被重新定义,而这些改变也将影响人们生活、企业和全球经济社会。目前汽车产业的转型呈现“新四化”,即动力的电动化、整车的智能化、信息技术的网联化和资源的共享化,每个国家针对“新四化”均出台了一系列规划和政策,在技术革命、产业变革到来之际,力争抢占未来新的技术高地。汽车行业产品形态的发展趋势则为节能环保汽车、新能源汽车和智能网联汽车,其中节能环保汽车的节能路径体现在大力发展混合动力汽车技术和对动力总成的持续升级优化,而新能源汽车在经历超预期的发展阶段之后,预计在2020年进入“后补贴时代”。2018年的汽车产业结束了近20年的一路高飞猛进,首次出现负增长,究其原因:一是受经济下行的影响,二是受消费需求(房地产、教育等)的影响。他表示,在国内市场旺盛的刚性需求及海外市场不断开发的形势下,这种波动是在合理范畴,不应唱衰。在产业变革来临之际,企业更应加强信心、做强自己,掌握并强化核心技术,跨界跨学科合作,协同发展。

兴达公司董事长刘锦兰作了《兴达的高质量发展与全球化探索》的主题报告。他表示,当前骨架材料产业仍然面临着严峻的挑战。国内需求结构并未真正改善,国际贸易保护主义依然盛行,未来依然有许多不确定因素,骨架材料行业切勿再次盲目扩张,切勿出现恶性竞争。宜适度控制全行业产量实现企业有持续利润,加大科研投入,进行产品升级和新材料开发,推进企业智能制造,加快全行业转型升级步伐,以满足橡胶行业日益发展的新需求。近年来,兴达公司不断提高工业信息化水平,朝着构建高效节能、柔性化制造、定制化生产的目标稳步迈进。未来,公司将继续以大