

复杂胎面花纹轮胎有限元三维建模方法

王志平,裴权华,宋朝兴,王彩红,王若飞

(风神轮胎股份有限公司,河南 焦作 454001)

摘要:提出一种新的复杂胎面花纹轮胎有限元三维建模方法。将轮胎分为两个独立部分(花纹部分和除花纹以外的轴对称胎体部分)分别建模,该模型可以在二维模式下计算轮辋装配结果并直接传递给三维模型。通过对比胎体帘线受力分布和接地印痕压力分布,检验了模型的有效性,且计算效率较高。

关键词:轮胎;胎面花纹;胎体;有限元分析;三维模型

中图分类号:TQ336.1;TP391.9

文献标志码:A

文章编号:2095-5448(2019)00-00-03

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2019.00.0000

对于轮胎这种由超弹性基体橡胶材料与加强型骨架材料组合而成的复杂结构,从解析角度难以形成完备的设计理论,因此轮胎结构设计工作一直在经验积累式的模式下缓慢前进。然而,随着轮胎工业的快速发展,行业、市场及用户对轮胎性能的要求越来越高,传统的经验积累式轮胎设计手段正面临巨大的挑战。同时,随着计算机技术的快速进步,特别是有限元仿真技术的进步,有限元仿真技术已逐渐成为轮胎设计中的主要手段和工具,在指导工程师设计和优化轮胎结构的工作中取得了重要成果。

为方便建模并提高计算效率,工程师常对模型进行简化处理,忽略轮胎横向花纹的影响,将轮胎简化为光面或仅保留简单的纵向花纹结构。这样只需建立轮胎的二维平面模型,然后通过绕旋转轴的旋转生成轮胎三维模型^[1-2]。这种模型虽然可以提供一些模拟数据,但因忽略了横向花纹的影响,在胎冠区域得到的模拟数据与实际数据差别较大,参考意义不大。

鉴于此,李炜和李兵^[3-4]研究了计及复杂胎面花纹的子午线轮胎有限元分析模型。但该轮胎模型较复杂,三维模型要经过两次转换,而且需要在三维条件下计算单节距轮胎的充气过程。充气过

程涉及与轮辋的接触分析,易造成收敛困难,故仿真计算时多将轮辋装配过程简化^[5-7]。

本工作旨在对包含复杂花纹的轮胎建立一种简单、有效的有限元三维建模方法,为更加准确地设计和优化轮胎结构提供参考。

1 模型建立

本工作建模流程如图1所示,将轮胎分为两个独立部分(花纹部分和除花纹以外的轴对称胎体部分)分别建模。建模和分析过程在ABAQUS软件中进行。

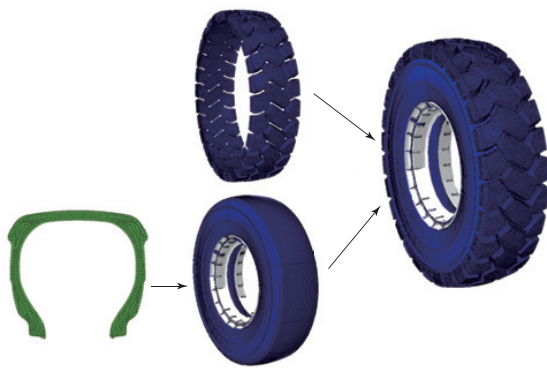


图1 建模过程

1.1 花纹部分建模

首先在CATIA软件中建立花纹块三维模型,然后导入HYPERMESH软件进行网格划分,生成完整的轮胎花纹有限元单元,单元采用C3D6H和C3D8H。

作者简介:王志平(1982—),男,河南南阳人,风神轮胎股份有限公司工程师,硕士,主要从事全钢子午线轮胎结构设计与研究工作。

E-mail:wangphys@163.com

1.2 胎体部分建模

首先生成二维轴对称模型,单元类型采用CGAX3H和CGAX4H轴对称单元。橡胶材料的超弹性本构模型选用不可压缩的Yeoh模型,钢丝帘线采用线弹性模型,帘线-橡胶复合材料采用Rebar模型。

轮胎和地面均视为解析刚体,轮胎充气压力为650 kPa,标准负荷为10 900 kg。在二维轴对称模式下,完成轮胎充气 and 轮胎装配模拟。为实现轮胎花纹部分与胎体部分的结合,需在结合面处添加约束,以避免结合面因位移造成与花纹部分的结合错误。

采用ABAQUS软件的SYMMETRIC MODEL GENERATION命令(REVOLVE参数),由二维轴对称模型生成完整的360°胎体部分。然后采用SYMMETRIC RESULT TRANSFER命令将二维模式下计算得到的应力/应变结果传递给三维模型,以避免重复计算并提高分析效率,也避免了三维环境下计算轮胎装配可能带来的不收敛问题。同时,在旋转过程中可以根据后续仿真目的,在不同区域采用不同的旋转精度,在保证分析精度的前提下最大限度地提高分析效率。

1.3 完整的轮胎三维模型

将上述两部分模型运用TIE命令进行组合,形成完整的轮胎三维模型。组合完成后,将组合面处临时添加的约束去掉,整个模型再进行应力/应变平衡,即得到充气与轮胎装配之后的轮胎三维模型。

2 模型有效性检验

从两个角度检验模型的有效性。首先,对本工作模型与光面轮胎模型得到的胎体帘线受力情况进行对比,验证本工作模型与其他模型结果的一致性;其次,对本工作模型得到的模拟印痕与实测印痕进行比对,以检验模型分析结果的有效性和准确性。

2.1 胎体帘线受力

与光面轮胎模型相比,本工作模型在二维轴对称模型分析过程中临时增加了对花纹和胎体结合面的约束,这可能会影响分析结果,这种影响将在胎体帘线受力上得到充分体现。

充气自由状态下,两种模型的胎体帘线受力情况如图2所示。其中曲线最左端为胎体反包端点位置,曲线最右端为轮胎中心点位置,对比基准为直接由二维轴对称模型旋转生成的不包含花纹的光面轮胎模型。

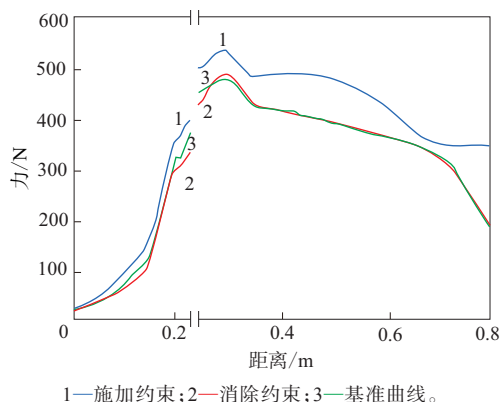


图2 充气自由状态下两种模型胎体帘线受力情况

从图2可以看出,在对结合面施加额外约束时,胎体帘线受力曲线(曲线1)出现明显偏离,当轮胎花纹部分与胎体部分完成结合,临时约束消除之后,胎体帘线受力曲线(曲线2)可以很好地回归到基准曲线(曲线3)。为了突出对比效果,图2忽略了环绕钢丝圈的胎体帘线受力。

负荷状态下本工作模型与光面轮胎模型轮胎接地端胎体帘线受力情况对比见图3。

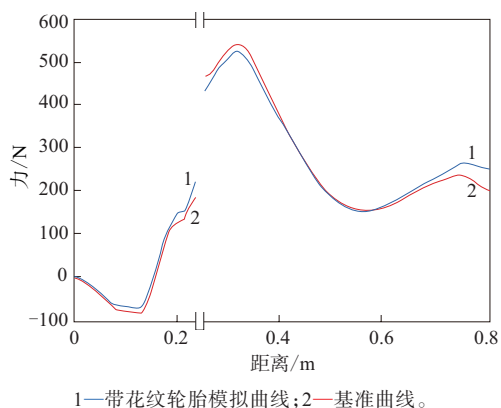


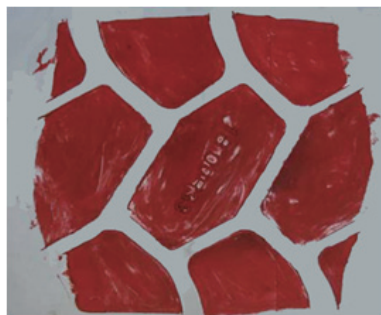
图3 负荷状态下两种模型轮胎接地端胎体帘线受力情况

从图3可以看出,两种模型轮胎接地端胎体帘线受力曲线具有很好的符合性,但因花纹块接地的影响,在胎冠区域偏差较大。在小距离时力出现负值表示帘线处于轴向受压状态,与胎圈鼓包存在对应关系。

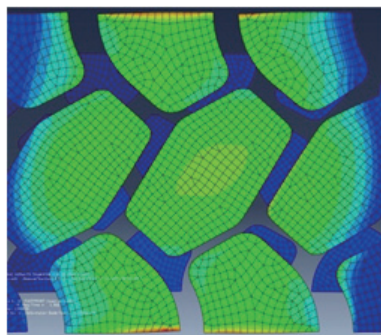
2.2 接地印痕

为验证本工作模型仿真结果的准确性,对比实测接地印痕与仿真得到的模拟接地印痕,如图4所示。

从图4可以看出,本模型工作仿真得到的模拟



(a) 实测接地印痕



(b) 模拟接地印痕

图4 实测接地印痕与模拟接地印痕对比

接地印痕压力分布情况与实测结果有很好的符合性,证明了本工作模型的有效性。

3 结语

本工作将轮胎分为两个独立部分(花纹部分和除花纹以外的胎体部分)分别建模,建立了包含复杂花纹的轮胎有限元建模方法。该模型可以在二维模式下计算轮辋装配结果并直接传递给三维模型。与普通建模方式相比,本工作模型的计算效率和有效性更高。

参考文献:

- [1] 束永平,曹桂华. 全钢丝载重子午线轮胎的有限元分析[J]. 东华大学学报(自然科学版),2008,34(2):224-229.
- [2] 繆红燕,徐鸿,王楠,等. 考虑胎圈/轮辋接触的子午线轮胎三维有限元分析[J]. 北京化工大学学报,2002,29(6):57-60.
- [3] 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.
- [4] 李兵. 计及复杂胎面花纹的子午线轮胎结构有限元分析[D]. 合肥:中国科学技术大学,2008.
- [5] 束永平,蒋丰璘. 计及复杂胎面花纹的子午线轮胎有限元分析[J]. 东华大学学报(自然科学版),2010,36(3):275-278.
- [6] 燕山,王伟. 复杂胎面花纹轮胎有限元分析及试验研究[J]. 橡胶工业,2016,63(2):102-106.
- [7] 田敬华,刘波,辛振祥,等. 轮胎纵向花纹三维数学模型的建立及应用[J]. 橡胶工业,2004,51(3):165-167.

收稿日期:2018-05-21

Finite Element 3D Modeling Method of Tire with Complex Tread Pattern

WANG Zhiping, PEI Quanhua, SONG Chaoping, WANG Caihong, WANG Ruofei

(Aeolus Tyre Co., Ltd, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: A new finite element 3D modeling method of tire with complex tread pattern was proposed. Tire was divided into two parts, pattern and axisymmetric carcass, and the models of two parts were established independently. With this model, the rim assembling was simulated in 2D model and the results were transferred to 3D model. The validity of the model was verified by comparing the force distribution of the carcass cord and the pressure distribution of tire tread imprint, and the calculation efficiency was proved to be better.

Key words: tire; tread pattern; carcass; finite element analysis; 3D model