

胎体帘布反包角度对全钢载重子午线轮胎力学性能的影响

吴健^{1,2}, 王友善¹, 赵剑铭³

(1. 哈尔滨工业大学 橡胶复合材料与结构研究所, 山东 威海 264209; 2. 哈尔滨工业大学 力学博士后科研流动站, 黑龙江 哈尔滨 150001; 3. 双钱集团股份有限公司 上海轮胎研究所, 上海 200245)

摘要: 针对全钢载重子午线轮胎胎体帘布反包工艺中反包角度出现偏差的问题, 采用 TYABAS 软件, 对 11.00R20 全钢载重子午线轮胎在理想与实际两种胎体帘布反包角度下的力学行为进行分析。结果表明, 反包角度偏差对胎圈部位剪切应力、应变的影响较大, 对胎体骨架材料应力、应变的影响不明显, 而对轮胎径向刚度几乎没有影响。

关键词: 全钢载重子午线轮胎; 胎体帘布; 反包角度; 有限元分析

中图分类号: U463.341⁺.3/.6; O241.82 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-8171(2013)06-0338-04

轮胎是汽车的重要组成部分, 起承担负荷及向地面传递制动力、驱动力和转向力的作用。而胎体是轮胎的骨架, 是全钢载重子午线轮胎的重要部件。它除了承受充气压力之外, 还承担车辆负荷、缓冲外来冲击力及承受侧向应力等。胎体帘布层质量及胎体正包、反包等工艺直接影响子午线轮胎的耐磨、牵引、操纵、安全等诸多性能^[1-2]。因此对轮胎实际生产过程中因工艺等问题造成胎体帘布反包角度变化对其力学性能的影响进行研究十分必要, 对生产工艺及轮胎性能改进有重要的指导意义。

随着计算机技术和数值分析技术的发展, 有限元分析在轮胎研究方面的应用也愈加广泛。H. Kaga 等^[3]采用线性有限元法分析轮胎结构, 并针对耐久性测试问题分析了转鼓试验机半径变化对带束层端点部位应变能密度的影响。R. A. Ridha^[4]对轮胎下沉量与负荷的变化规律做了研究。R. H. Kennedy 等^[5]分析了带束层结构参数对充气状态下子午线轮胎受力的影响。国内有专家对全钢载重子午线轮胎在生产过程中出现的胎体帘布断裂或排列密度不均、反包高度差异、胎体

帘布层弯曲和胎体帘线接头开裂等常见质量缺陷进行了分析, 并提出了相应的解决措施。但上述研究均未涉及胎体帘布反包角度变化对其力学性能的影响, 因此有必要在这方面展开探讨。

本工作采用 TYABAS 软件对 11.00R20 全钢载重子午线轮胎在标准充气压力和标准负荷下进行有限元力学分析, 对因工艺造成的胎体帘布反包角度问题进行研究, 对比分析了胎体帘布反包角度对胎圈和胎体骨架材料的应力、应变及轮胎径向刚度的影响。

1 轮胎有限元模型

本研究采用 neo-Hookean 本构模型描述橡胶的力学特性, 用 rebar 单元模拟轮胎内部的胎体帘线等骨架材料。仿真条件如下: 标准充气压力 0.93 MPa, 标准负荷 3 730 kg。

轮胎前处理网格数据由 TYSYS 软件生成。轮胎与轮辋存在一定的初始过盈, 因此与轮辋装配时轮胎先往里推, 再受充气压力作用与轮辋配合。然后基于 TYABAS 软件生成命令文件进行有限元分析。设计胎体帘布反包角度分别为 0° (方案 1, 对应理想状态) 和 5° (方案 2, 对应实际情况) 2 个方案。2 个方案轮胎有限元网格划分相同 (见图 1), 只是反包角度有区别。

作者简介: 吴健(1984—), 男, 浙江义乌人, 哈尔滨工业大学(威海)讲师, 博士, 主要从事橡胶及其复合材料相关技术、轮胎力学分析和有限元技术的研究开发与应用工作。

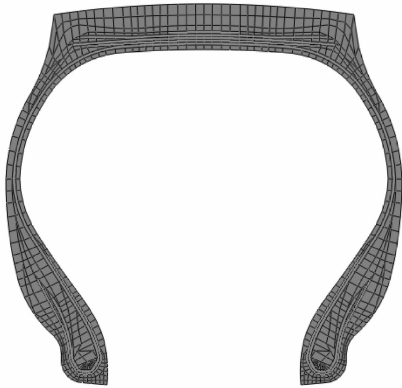


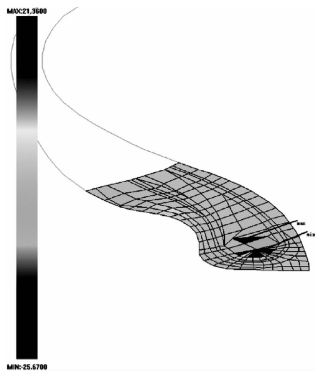
图 1 轮胎有限元网格划分模型

2 结果与讨论

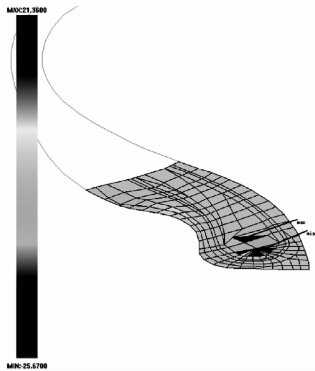
2.1 胎圈部位力学性能

方案 1 和 2 轮胎胎圈部位 3 个剪切应力分布分别如图 2~4 所示。

从图 2~4 可以看出,胎体帘布反包角度变化对胎圈部位 XY 平面剪切应力分布的影响最小,在 1% 以内;对 XZ 平面剪切应力分布的影响最

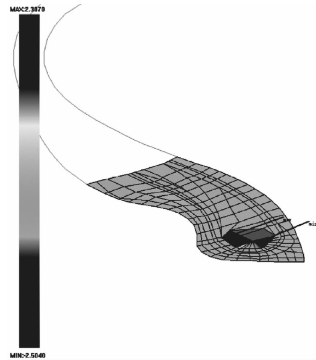


(a) 方案 1

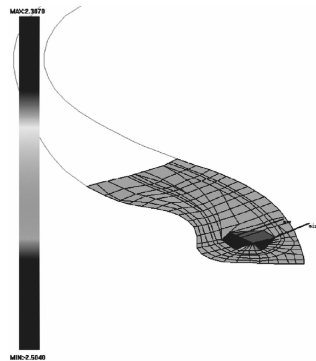


(b) 方案 2

图 2 胎圈部位 XY 平面剪切应力分布

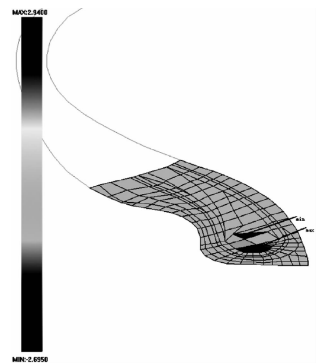


(a) 方案 1

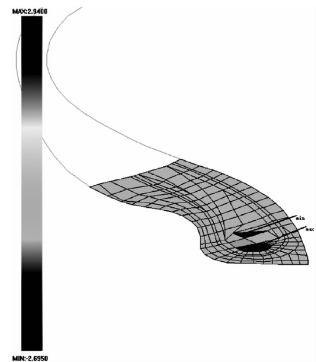


(b) 方案 2

图 3 胎圈部位 XZ 平面剪切应力分布



(a) 方案 1



(b) 方案 2

图 4 胎圈部位 YZ 平面剪切应力分布

大,达 48%;对 YZ 平面剪切应力分布的影响近 10%。

2.2 胎体帘线力学性能

胎体帘布反包角度变化对胎体帘线应力、应变的影响分别如图 5 和 6 所示。

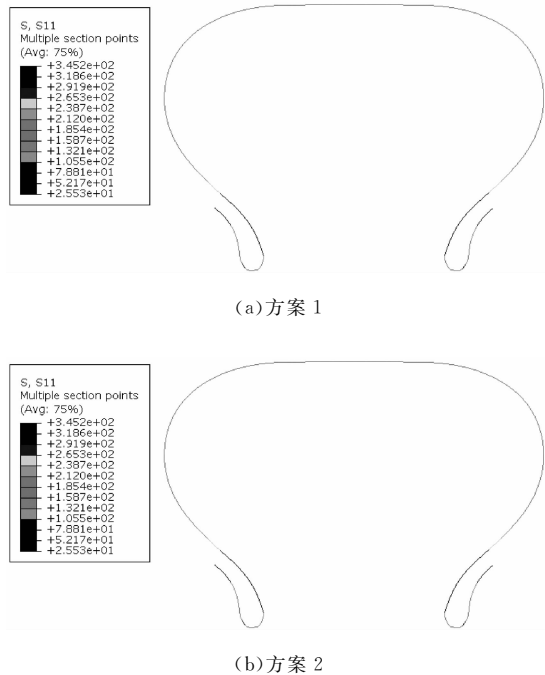


图 5 胎体帘线应力(S11)分布

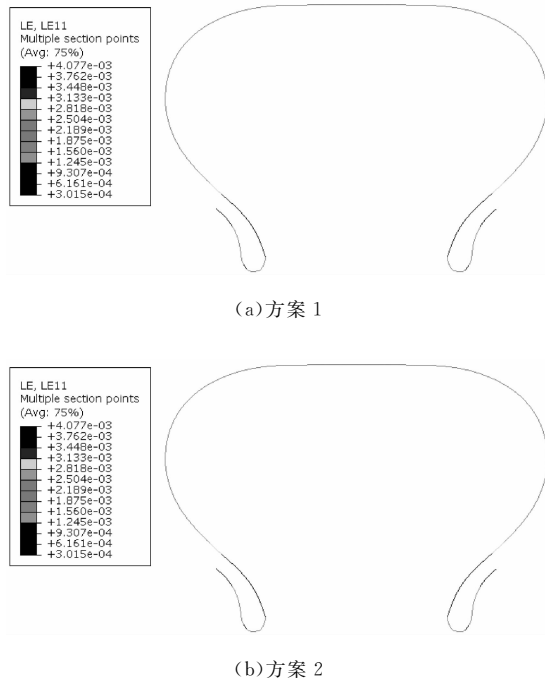


图 6 胎体帘线应变(LE11)分布

从图 5 和 6 可以看出,胎体帘布反包角度变化对胎体帘线应力、应变的影响甚微,均在 1% 以内。

2.3 胎体帘布反包端点

轮胎断面划分示意图 7。胎体帘布反包端点单元的 3 个剪切应变分量如下:方案 1 和 2 轮胎 XY 平面剪切应变最大值分别为 0.062 和 0.064,均为 27 号断面,变化率为 3.23%;XZ 平面剪切应变最大值分别为 -0.020 和 0.025,分别为 4 和 5 号断面,变化率为 25%;YZ 平面剪切应变最大值分别为 0.026 和 0.030,均为 36 号断面,变化率为 15.38%。

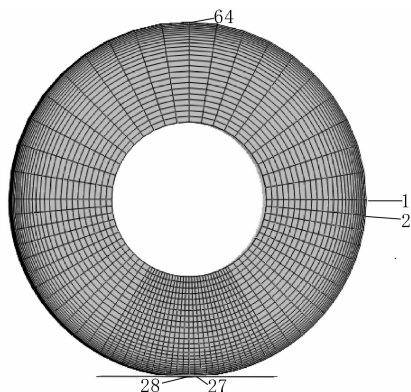


图 7 轮胎断面划分示意

由此可以看出,胎体帘布反包角度变化对反包端点单元 XZ 平面剪切应变的影响最大,达 25%;对 XY 平面的影响最小,小于 5%。

轮胎在接地最低断面(28 号断面)及最高断面(64 号断面)的胎体帘布反包端点的位移变化如下:方案 1 和 2 轮胎 28 号断面充气位移分别为 2.337 87 和 2.325 55 mm,变化率为 0.53%,负荷位移分别为 3.770 31 和 3.761 76 mm,变化率为 0.23%;64 号断面充气位移分别为 -2.294 29 和 -2.293 57 mm,变化率为 0.031%,负荷位移分别为 -2.143 78 和 -2.143 00 mm,变化率为 0.036%。

由此可以看出,胎体帘布反包角度变化对反包端点位移的影响较小,均在 1% 以内。

2.4 轮胎径向刚度

方案 1 和 2 轮胎径向刚度如图 8 所示,拟合直线函数分别为 $y = 1\,175.7x - 2\,431.9$, $y = 1\,175.7x - 2\,431.8$,均方差 R^2 均为 0.994 7。

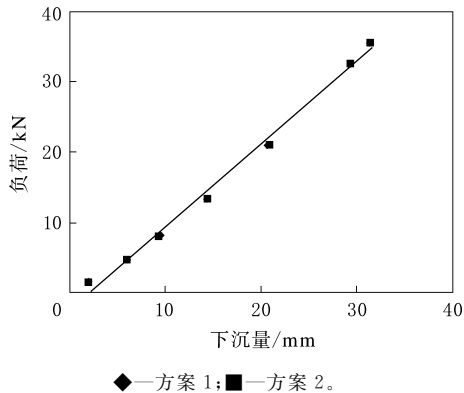


图 8 轮胎径向刚度曲线

从图 8 可以看出,胎体帘布反包角度变化对轮胎的径向刚度几乎没有影响,这是因为轮胎的负荷主要是由充气压力来承受。

3 结论

本工作基于 TYABAS 软件对全钢载重子午线轮胎胎体帘布反包角度变化对其力学性能的影响进行研究,得到以下几点结论。

(1)胎体帘布反包角度变化对胎圈部位 XZ 平面剪切应力分布的影响最大, YZ 平面次之, XY 平面最小。

(2)胎体帘布反包角度变化对轮胎径向刚度及胎体帘布的应力、应变几乎没有影响。

(3)胎体帘布反包角度变化对反包端点单元 XZ 平面应变分布的影响最大, YZ 平面次之, XY 平面最小。

(4)胎体帘布反包角度变化对反包端点位移的影响在 1% 以内。

参考文献:

- [1] 仇志刚,汪传生,边慧光.全钢载重子午线轮胎胎体帘布反包端点开裂原因分析及解决措施[J].轮胎工业,2009,29(10):632-635.
- [2] 黎宁,陈子静.全钢载重子午线轮胎胎圈损坏引出的钢丝帘线抽出力探讨[J].轮胎工业,2010,30(6):351-353.
- [3] Kaga H, Okamoto K, Tozawa Y. Stress Analysis of a Tire Under Vertical Load by a Finite Element Method[J]. Tire Science and Technology, 1977, 5(2): 102-118.
- [4] Ridha R A. Computation of Stresses, Strains, and Deformations of Tires[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1980, 53(4): 849-902.
- [5] Kennedy R H, Patel I P, Mcminn M S. Radial Truck Tire Inflation Analysis: Theory and Experiment [J]. Rubber Chemistry and Technology, 1981, 54(3): 751-766.

第 17 届中国轮胎技术研讨会论文

Effect of Carcass Ply Turnup Angle on Mechanical Properties of Truck and Bus Radial Tire

WU Jian^{1,2}, WANG You-shan¹, ZHAO Jian-ming³

(1. Harbin Institute of Technology, Center for Rubber Composite Materials and Structures, Weihai 264209, China; 2. Harbin Institute of Technology, Mechanics Post-doctoral Research Station, Harbin 150001, China; 3. Double Coin Holdings Ltd, Shanghai 200245, China)

Abstract: For the deviation problem of turnup angle in truck and bus radial (TBR) tire, the mechanical behavior of 11.00R20 TBR tire was analyzed under ideal and actual turnup angles of carcass ply by using TYABAS software. The results indicated that the deviation of turnup angle had significant influence on the shear stress and strain in bead part, had less impact on the mechanical response of the carcass reinforcing materials, and showed almost no influence on the tire radial stiffness.

Key words: truck and bus radial tire; carcass ply; turnup angle; finite element analysis

欢迎订阅《轮胎工业》《橡胶工业》杂志
欢迎刊登广告