

12R22.5 无内胎全钢载重子午线轮胎胎圈结构优化设计

印海建, 石太平, 周 平

[双钱集团(如皋)轮胎有限公司, 江苏 如皋 226572]

摘要:对 12R22.5 无内胎全钢载重子午线轮胎胎圈结构进行优化设计, 并利用 Abaqus 软件建立轮胎有限元模型对不同设计方案进行对比分析。有限元分析结果表明, 硬三角胶端点到钢丝圈内端点距离为 37 mm 的 S7 方案轮胎的充气外缘尺寸符合国家标准要求, 且胎圈损坏区域、帘布端点和胎肩带束层端点应变能密度较小, 为优化方案。成品轮胎胎圈耐久性试验结果表明, S7 方案轮胎胎圈耐久性能优于原生产轮胎, 与有限元分析结果一致。

关键词:全钢载重子午线轮胎; 无内胎轮胎; 胎圈; 有限元分析; 耐久性能

中图分类号:U463.341⁺.3/.6; O241.82 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)01-0021-04

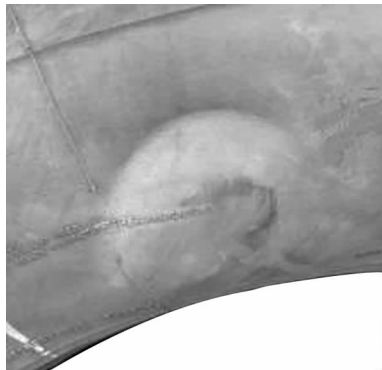
当今世界轮胎正朝着子午化、扁平化和无内胎化方向发展。特别是无内胎轮胎由于性能优异而深受用户欢迎, 需求量不断增大, 很多汽车企业开始配套使用无内胎轮胎。

我公司生产的 12R22.5 无内胎全钢载重子午线轮胎主要销往国内市场, 作为 11.00R20 有内胎全钢载重子午线轮胎的等效规格, 应用范围极其广泛, 但在某些超载地区使用过程中曾出现胎侧鼓包和爆破以及趾口脱层等问题。为此, 我们结合 12R22.5 无内胎全钢载重子午线轮胎在国内的使用情况对胎圈结构进行优化设计, 并借助 Abaqus 软件建立轮胎有限元模型对不同设计方案进行有限元对比分析, 从理论上确定轮胎最佳胎圈结构, 再试制成品轮胎, 通过成品轮胎胎圈耐久性试验进行验证, 以期提高无内胎全钢载重子午线轮胎的胎圈性能。

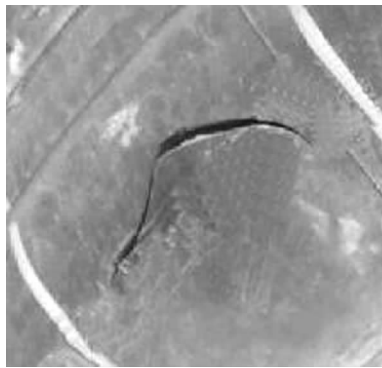
1 轮胎损坏形式

市场返回病象轮胎以及轮胎室内耐久性试验结果均显示, 12R22.5 无内胎全钢载重子午线轮胎损坏形式为胎圈部位脱层和胎侧爆破, 如图 1 所示。

作者简介:印海建(1986—), 男, 江苏如皋人, 双钱集团(如皋)轮胎有限公司助理工程师, 学士, 主要从事轮胎结构设计和有限元分析等工作。



(a) 胎圈部位脱层



(b) 胎侧爆破

图 1 轮胎损坏形式示意

2 原因分析

通过分析损坏轮胎切割断面得出轮胎破坏全过程如图 2 所示。轮胎在超载状态下, 胎圈部位

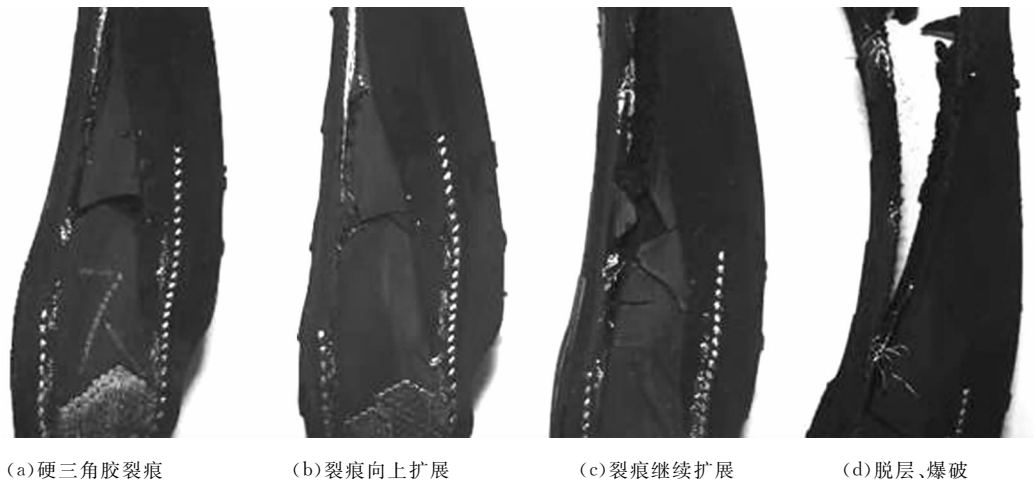


图2 轮胎破坏全过程示意

的屈挠点集中在硬三角胶上,其硬度较高不易过渡集中的应力,从而产生裂痕,沿着三角胶内侧向上扩展,最终导致轮胎胎圈部位脱层和胎侧爆破。

3 试验方案

3.1 技术参数

12R22.5 18PR 全钢载重子午线轮胎技术参数为:测量轮辋 9.00,充气外直径(D') 1 085 (1 069.6~1 100.4) mm,充气断面宽(B') 300 (288~312) mm,标准充气压力 930 kPa,标准负荷 3 550 kg。

3.2 设计方案

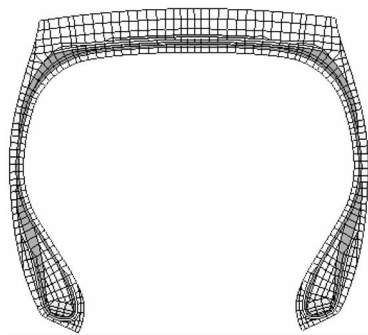
不改变三角胶形状,仅调整软硬三角胶配比,共制定出7种设计方案进行有限元对比分析。S1,S2,S3,S4,S5,S6和S7方案的硬三角胶端点高度(硬三角胶端点到钢丝圈内部端点的距离)分别为77,70,63,56,49,43和37 mm,其中S1方案为原生产轮胎设计方案。

4 有限元分析

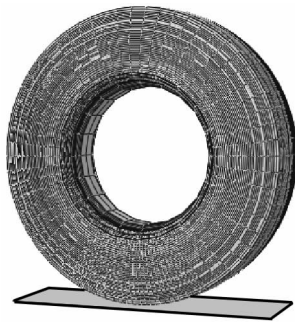
4.1 有限元模型的建立

根据12R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的结构,通过Abaqus/CAE软件进行二维建模,设置胎圈与轮辋接触对,实现轮胎的装配和充气工况,橡胶采用CGAX3H和CGAX4H轴对称单元模拟;带束层、胎体和钢丝包布以及帘线采用SFMGAX1平面膜单元模拟,钢丝帘线与橡胶之间的作用关系可使用*rebar layer和*embed-

ded element来实现;在二维模型基础上,再使用*SYMMETRIC MODEL GENERATION命令建立三维模型,轮辋和路面简化为解析刚体^[1]。建立的轮胎二维和三维有限元模型如图3所示。



(a)二维网格和材料分布



(b)三维有限元模型

图3 轮胎二维和三维有限元模型示意

4.2 充气外缘尺寸

在标准充气压力930 kPa下,不同设计方案轮胎的充气外缘尺寸有限元(三维模型)模拟结果如表1所示。

表 1 不同设计方案轮胎的充气外缘尺寸
有限元(三维模型)模拟结果

方案编号	D'	B'
S1	1 080. 39	300. 79
S2	1 080. 39	300. 78
S3	1 080. 40	300. 77
S4	1 080. 39	300. 84
S5	1 080. 39	300. 75
S6	1 080. 38	300. 74
S7	1 080. 38	300. 75

注:试验测得 S1 方案轮胎的 D' 和 B' 分别为 1 082. 20 和 303. 50 mm, 与有限元分析结果相对偏差分别为 0. 17% 和 0. 89%。

从表 1 可以看出,S2,S3,S4,S5,S6 和 S7 方案轮胎的充气外直径、充气断面宽的有限元模拟结果与 S1 方案的偏差不超过 0. 1 mm,并且有限元分析结果与试验数据吻合较好,这说明轮胎模型的建立是合理的,同时表明不同设计方案轮胎的充气外缘尺寸符合国家标准要求。

4.3 胎圈部位损坏区域以及各帘布端点区域应变能密度

全钢载重子午线轮胎胎体帘布反包端点和胎圈包布反包端点容易出现应力集中,这些部位的应变能密度较大,是承受反复变形作用时最容易疲劳的部位。此外,轮胎在使用过程中硬三角胶处损坏意味着该区域的应变能密度较大。轮胎结构中存在胎体帘布反包端点与带束层端点应变能相互制约的问题^[2]。

根据应变能最小化理论,轮胎胎肩和胎圈部位的应变能降低或分散将有利于提高轮胎的耐久性能^[3]。为确保优化后轮胎的综合性能,对不同设计方案轮胎的带束层端点以及图 4 所示胎圈部位 4 个关键区域的应变能密度进行对比分析。

在标准充气压力、150%负载率条件下,不同设计方案轮胎的胎圈损坏区域及各帘线端点应变能密度有限元(三维模型)分析结果如表 2 所示。从表 2 可以看出,对比胎圈部位各帘布端点和胎圈损坏区域的应变能密度,S7 方案较优。与 S1 方案相比,S7 方案轮胎胎体帘布反包端点应变能密度降低 15. 3%,胎圈包布外端点应变能密度降低 4. 4%,内端点应变能密度降低 25. 2%,胎圈损坏区域应变能密度降低 36. 9%,胎圈性能得到一定提升。此外,S7 方案轮胎胎肩带束层端点的应

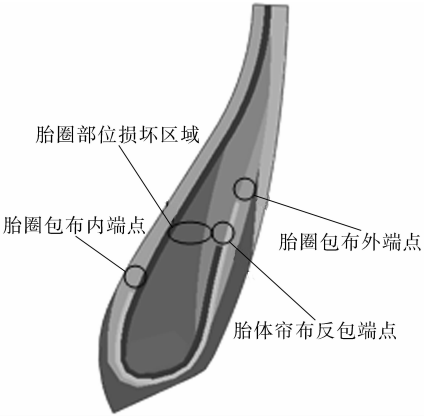


图 4 轮胎胎圈部位损坏区域及各帘布端点区域

表 2 轮胎胎圈损坏区域、帘布端点和胎肩带束层端点应变能密度有限元(三维模型)分析结果

方案编号	胎体帘布反包端点	胎圈包布外端点	胎圈包布内端点	胎圈损坏区域	胎肩带束层端点
S1	267	136	131	348	855
S2	239	148	123	361	860
S3	223	162	121	382	861
S4	225	149	114	318	859
S5	260	138	101	221	856
S6	247	132	100	211	856
S7	226	130	098	220	854

变能密度也最小,因此确定 S7 方案为优化设计方案。

5 胎圈耐久性试验

胎圈耐久性能主要考察轮胎胎圈部位在高负荷、标准充气压力下的耐热和耐疲劳性能,是检验轮胎使用寿命的根据之一。根据有限元对比分析结果,综合考虑工艺性能和制造成本,采用 S7 方案试制 12R22. 5 18PR 全钢载重子午线轮胎,并按企业标准进行胎圈耐久性试验。试验条件为:试验负荷 7 100 kg,充气压力 930 kPa,环境温度 (38±3) °C,轮胎以 30 km·h⁻¹ 速度行驶至轮胎损坏为止,以轮胎损坏时的累计行驶时间作为评价轮胎胎圈耐久性能的标准,累计行驶时间长,胎圈耐久性能好,反之,则胎圈耐久性能差。胎圈耐久性试验结果表明,S1 方案轮胎累计行驶了 218 h,S7 方案轮胎累计行驶了 464 h,可见 S7 方案轮胎胎圈耐久性能优于原生产轮胎,这验证了有限元分析结果的正确性。

6 结语

通过分析 12R22.5 无内胎全钢载重子午线轮胎损坏的产生原因,对胎圈结构进行优化设计,并借助 Abaqus 软件建立轮胎有限元模型对不同设计方案进行有限元对比分析,从理论上确定最佳胎圈结构。采用优化方案试制的成品轮胎胎圈耐久性能大幅提高,这与有限元分析结果一致。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 闫相桥. 载重子午线轮胎有限元分析技术及其应用[J]. 轮胎工业,2008,28(2):67-74.
- [3] 俞洪,丁剑平,张安强,等. 子午线轮胎结构设计与制造技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006:103.

收稿日期:2012-07-14

Optimized Design of Bead Structure of 12R22.5 Tubeless Truck and Bus Radial Tire

YIN Hai-jian, SHI Tai-ping, ZHOU Ping

[Double Coin Group (Rugao) Tyre Co., Ltd, Rugao 226572, China]

Abstract: The design of bead structure of 12R22.5 tubeless truck and bus radial tire was optimized, and different designs were analyzed comparatively by using tire finite element model built based on Abaqus software. The finite element analysis results showed that, S7 program was the optimized design, in which the distance between the end of hard bead filler and the inner tip of bead ring was 37 mm. The inflated overall dimensions of S7 program tire met the requirement of national standards, and the strain energy density of damaged area on bead, carcass endpoint and belt endpoint was small. The results of bead endurance test showed that, the bead endurance of S7 program tire was superior to the original tire, which was consistent with the FEA result.

Key words: truck and bus radial tire; tubeless tire; bead; finite element analysis; endurance

国内外简讯 4 则

△2012 年 10 月 30 日,广州市华南橡胶轮胎有限公司召开了《轮胎 TBT 标准信息》项目成果汇报暨验收会议。轮胎 TBT 标准信息主要是针对我国轮胎进入国际市场尤其是欧美市场的技术性贸易壁垒进行相关研究,建立一个专门针对轮胎产品技术性贸易壁垒的信息平台,以及时了解国际市场技术性贸易壁垒的相关信息,为中国轮胎行业国际化发展提供有力的支撑。与会专家一致认为,该系统内容充实、功能全面,符合立项要求,达到验收条件。

(广州市华南橡胶轮胎有限公司 陈晓帆)

△日本普利司通公司位于北美地区的生产基地——美国北卡罗来纳州威尔逊轮胎厂通过 ISO 50001 能源管理体系认证,成为全球首家获得此认证的轮胎厂。目前普利司通在全球各地的 52 家工厂(包括威尔逊轮胎厂)均已经通过

ISO 14001 环境管理体系认证。

TB(www.tirebusiness.com), 2012-11-09

△特雷勒堡公司推出 3 款新 apps 软件并正式上线运行,旨在帮助用户更有效地使用农业/林业轮胎。其中一款 apps 软件可以使用户通过手机完成新轮胎订购,另一款 apps 软件是专门供农业/林业轮胎经销商以及农业/林业机械经销商使用的业务管理软件,第 3 款 apps 软件是负载计算器,可以根据拖拉机的配置计算出轴负载,从而得到轮胎工作负载,以此查到最佳充气压力。

TP(www.tyrepress.com), 2012-11-06

△在 2012 年 EIMA 农博会(2012 年 11 月 7—11 日在意大利博洛尼亚举行)上,瑞典特种轮胎制造商特雷勒堡公司展出了 IF 900/60R42 TM1000 High Power 高性能子午线轮胎。该轮胎与其新研发的 THK30×42 英寸轮辋配套使用。

TP(www.tyrepress.com), 2012-11-06