

全钢子午线轮胎胎圈耐久性能试验方法有限元验证

张伟伟, 刘 岩, 罗 哲

[浦林成山(青岛)工业研究设计有限公司, 山东 青岛 266000]

摘要: 对12R22.5无内胎和12.00R20有内胎全钢子午线轮胎进行有限元仿真分析, 分别对有、无胎面两种模型的轮胎胎圈部位进行受力分析, 对比胎体反包端点应变能密度。结果表明, 磨掉胎面轮胎的胎圈部位受力情况与正常轮胎相当, 因此磨掉胎面再进行胎圈耐久性能试验能够更有效地反映正常轮胎的胎圈受力情况。

关键词: 全钢子午线轮胎; 胎圈; 耐久性能; 无胎面; 有限元分析; 应变能密度

中图分类号: U463.341⁺.3; O241.82

文献标志码: A

文章编号: 2095-5448(2019)10-0557-03

DOI: 10.12137/j.issn.2095-5448.2019.10.0557

轮胎耐久性能是室内轮胎标准检验项目之一, 是与轮胎安全性相关的强制性试验项目。一般在直径为1.7 m的试验转鼓上检验轮胎耐久性能, 只有耐久性能满足要求的轮胎才能进入市场^[1-3]。

当按照国家标准耐久性能试验方法进行试验时, 轮胎胎肩往往会早于胎圈损坏^[3-4], 这是由于胎面胶较厚, 胎肩部位因变形产生的热量不断积累且散热较慢而导致提前损坏, 发生这种情况将无法评估胎圈的耐久性能。为解决这个问题, 本工作将轮胎胎面磨掉后(如图1所示)再进行耐久性能试验, 使轮胎的破坏位置能确保发生在胎圈部位(如图2所示)。

如果磨掉胎面前后胎圈部位的受力情况差距很大, 这种方法将无法反映正常胎圈的耐久性



图1 磨掉胎面后的轮胎及其断面

作者简介: 张伟伟(1986—), 女, 山东聊城人, 浦林成山(青岛)工业研究设计有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎有限元仿真研究工作。

E-mail: wwzhang@prinxchengshan.com



图2 胎圈破坏形式

能, 因此需要对比磨掉胎面前后胎圈部位的受力情况。显然, 通过测试受力来完成这项工作有一定困难, 有限元仿真可以很好地解决这个问题。

1 测试方案

1.1 胎圈部位受力判据的选取

据统计, 磨掉胎面后, 轮胎的耐久性能试验破坏主要集中在胎体反包和胎圈包布外端点, 裂纹首先在帘线端点与胶料粘合部位开始形成, 然后沿着胎体帘线和胎圈包布之间的胶料扩展, 最终导致轮胎失效。这个过程是轮胎所受应力-应变循环作用的结果。在有限元分析中, 应变能密度是材料在单位体积内的应变能, 考虑了应力和应变的综合效应, 所以在对比胎圈部位受力情况时, 可以用胎体反包端点的应变能密度作为参数进行比较。

1.2 仿真工况的简化

选择某规格全钢子午线轮胎, 建立轮胎在直径为1.7 m转鼓和平面上的有限元模型, 轮胎使用变形体单元, 转鼓、路面和轮辋使用刚体单元, 分

别进行转鼓静负荷、水平路面静负荷和水平路面稳态滚动3种工况的仿真。通过计算,得到在充气 and 加载两种情况下的接地中心断面胎体反包端点的应变能密度,如表1所示。

表1 不同工况下接地中心断面胎体

接触形式/工况	反包端点的应变能密度 $\times 10^3$ $J \cdot mm^{-3}$		
	充气	加载	变化量
1.7 m转鼓/稳态滚动	89.2	29.7	-59.5
水平路面/静态	89.2	29.5	-59.7
水平路面/自由滚动	89.2	28.4	-60.8

从表1可以看出,在3种工况下,胎体反包端点的应变能密度相差不大,胎圈部位受力一致。为简化仿真过程,用水平路面/静态工况代替1.7 m转鼓/稳态滚动工况(耐久性能试验工况)是合理的。

2 有限元验证

选择18层级的12R22.5无内胎轮胎和12.00R20有内胎轮胎进行对比,两种轮胎在有、无胎面两种情况下进行水平路面/静负荷仿真,然后对比胎圈部位受力情况,以接地中心断面胎体反包端点的应变能密度作为对比参数。

2.1 12R22.5无内胎轮胎

12R22.5无内胎轮胎的充气压力为930 kPa,垂直负荷取1.5倍标准负荷,即为5 325 kg,有、无胎面轮胎的有限元模型分别如图3和4所示。

为消除网格划分带来的误差,保证测试结果的可比性,胎面以下网格完全一样。12R22.5无内胎轮胎接地中心断面胎体反包端点的应变能密度见表2。

从表2可以看出,在有、无胎面两种情况下,12R22.5无内胎轮胎接地中心断面胎体反包端点的应变能密度相当。



图3 12R22.5有胎面无内胎轮胎的有限元模型



图4 12R22.5无胎面无内胎轮胎的有限元模型

表2 12R22.5无内胎轮胎接地中心断面胎体

轮胎	反包端点的应变能密度 $\times 10^3$ $J \cdot mm^{-3}$		
	充气	加载	变化量
有胎面轮胎	156.3	39.8	-116.5
无胎面轮胎	155.5	42.1	-113.4

2.2 12.00R20有内胎轮胎

12.00R20有内胎轮胎的充气压力为830 kPa,垂直负荷取1.5倍标准负荷,即为5 625 kg,有、无胎面轮胎的有限元模型分别如图5和6所示。



图5 12.00R20有胎面有内胎轮胎的有限元模型



图6 12.00R20无胎面有内胎轮胎的有限元模型

为消除网格划分带来的误差,保证结果可比性,胎面以下网格完全一样。12.00R20有内胎轮胎接地中心断面胎体反包端点的应变能密度见表3。

从表3可以看出,在有、无胎面两种情况下,

表3 12.00R20有内胎轮胎接地中心断面胎体反包端点的应变能密度×10³ J·mm⁻³

轮胎	充气	加载	变化量
有胎面轮胎	32.2	38.1	+5.9
无胎面轮胎	32.2	39.2	+7.0

12.00R20有内胎轮胎接地中心断面胎体反包端点位置应变能密度相当。

3 结论

两种代表规格轮胎在有、无胎面情况下接地中心断面胎体反包端点的应变能密度非常接近，说明磨掉胎面轮胎的胎圈部位受力情况与正常轮

胎相当，因此磨掉胎面再进行胎圈耐久性能试验能够更有效地反映正常轮胎的胎圈受力情况。

参考文献：

[1] 姜明磊. 全钢子午线轮胎疲劳寿命仿真研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.

[2] 冯希金, 谭惠丰, 杜星文, 等. 子午线轮胎耐久破坏规律及破坏机理的有限元分析[J]. 轮胎工业, 2001, 21(10): 596-603.

[3] 刘仕芳. 载重汽车轮胎耐久性能试验方法标准简介[J]. 化工标准化与质量监督, 1998(6): 6-7.

[4] 毛建清. 24.00R35全钢工程机械子午线轮胎的设计[J]. 橡胶工业, 2017, 64(8): 481-484.

收稿日期: 2019-04-07

Verification of Test Method of Bead Durability of All-steel Radial Tire by Finite Element Analysis

ZHANG Weiwei, LIU Yan, LUO Zhe

[Pulin Chengshan (Qingdao) Industrial Research and Design Co., Ltd, Qingdao 266000, China]

Abstract: In this study, the finite element analysis of 12R22.5 tubeless all-steel radial tire and 12.00R20 all-steel radial tire with inner tube was carried out. The force analysis of the bead with and without tread was carried out respectively, and the strain energy density at the end point of the carcass backpacking was compared. The results showed that the force on the bead of the worn tire was similar to that of the normal tire, so the bead durability test by the worn tire could reflect the force on the bead of the normal tire effectively.

Key words: all-steel radial tire; bead; durability; non-tread; finite element analysis; strain energy density

8项橡胶行业新制修订国家标准批准实施
2019年8月30日，国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会批准并公布了501项国家标准，其中《风力发电机组主传动链系统橡胶密封圈》等8项与橡胶行业相关的新制修订国家标准（如表1所示）即将从2020年7月1日起实施。

表1 近期批准实施的8项橡胶行业新制修订国家标准

标准号	标准名称	代替标准号	实施日期
GB/T 8826—2019	橡胶防老剂 2,2,4-三甲基-1,2-二氢化喹啉聚合物 (TMQ)	GB/T 8826—2011	2020年7月1日
GB/T 9576—2019	橡胶和塑料软管及软管组合件 选择、贮存、使用和维护指南	GB/T 9576—2013	2020年7月1日
GB/T 15329—2019	橡胶软管及软管组合件 油基或水基流体适用的织物增强液压型 规范	GB/T 15329.1—2003	2020年7月1日
GB/T 21841—2019	橡胶防老剂 N-1,3-二甲基丁基-N'-苯基对苯二胺 (6PPD)	GB/T 21841—2008	2020年7月1日
GB/T 37889—2019	橡胶或塑料涂覆织物 致液体污染性测试方法		2020年7月1日
GB/T 37890—2019	橡胶或塑料涂覆织物 芯吸性能测试方法		2020年7月1日
GB/T 37995—2019	风力发电机组主传动链系统橡胶密封圈		2020年7月1日
GB/T 37996—2019	动力锂电池用橡胶密封件		2020年7月1日

(本刊编辑部)