

载重子午线轮胎断面水平轴位置的优化

沙昌新,蒋丰璘,王军

(双钱集团上海轮胎研究有限公司,上海 200245)

摘要:以12.00R20载重子午线轮胎为研究对象,采用有限元分析的手段,研究在充气和负载工况下,影响轮胎断面水平轴位置变化的因素,并针对轮胎的受力特性,推导出断面水平轴位移最小的断面水平轴位置计算公式。经有限元分析验证该公式具有实用性和有效性。

关键词:载重子午线轮胎;断面水平轴位置;有限元分析

中图分类号:U463.341⁺.3/.6;O241.82 文献标志码:A 文章编号:1006-8171(2016)06-0331-04

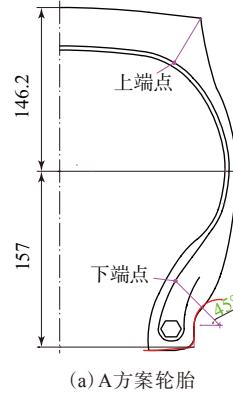
12.00R20载重子午线轮胎广泛应用于我国中短途超载运输市场,存在着较高的肩部和胎圈病象发生率。要兼顾肩部和胎圈可能出现的病象问题,从中找出最优的平衡点,断面水平轴位置的设计显得非常重要。然而,目前对断面水平轴位置的研究关注比较少,国内鲜有相关文献报道,传统的结构设计方法基本上采用的是经验设计来确定断面水平轴位置。经验设计的方法往往不能很快地找到准确的平衡点位置,影响产品的开发周期。因此,提出一种确定断面水平轴位置的科学简便方法是非常必要的^[1]。

有限元分析方法自从被应用到轮胎结构设计中,就被认为是能够取代传统经验设计行之有效的方法^[2]。本工作以12.00R20载重子午线轮胎为研究对象,研究在充气和负载工况下影响轮胎断面水平轴位置变化的因素;针对载重子午线轮胎的受力特性,推导出断面水平轴位移最小的断面水平轴位置计算公式,并对该公式的实用性和有效性进行验证。

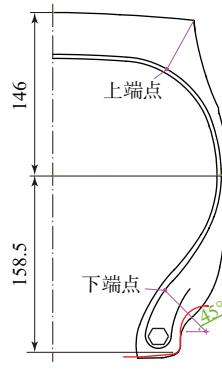
1 有限元分析模型的建立

选取市售两款不同的12.00R20载重子午线轮胎A和B(B方案轮胎市场反馈较好)。A和B两种方案轮胎的轮廓示意见图1。

作者简介:沙昌新(1970—),男,山东日照人,双钱集团上海轮胎研究有限公司工程师,学士,主要从事轮胎有限元分析与研究、轮胎结构设计与优化工作。



(a) A方案轮胎



(b) B方案轮胎

图1 A和B两种方案轮胎的轮廓示意

以A和B两种方案12.00R20载重子午线轮胎的材料分布图为对象,借助于Tyabas-pre有限元前处理软件形成二维模型,将二维模型通过Abaqus对称模型旋转命令沿周向旋转360°形成三维模型。橡胶单元类型定义为可扭曲的八节点轴对称杂交单元(CGAX8H),帘线单元通过加强筋Rebar

单元的形式与主体橡胶单元建立嵌入约束。为了提高计算收敛性,橡胶材料简化为线弹性模型。将轮辋和路面简化为解析刚体,并与轮胎的胎圈和胎面建立接触,接触处摩擦因数分别取为0.35和0.8,计算使用轮辋为8.5V标准轮辋。

为了充分考虑12.00R20载重子午线轮胎应用于超载的实际使用特性,有限元分析计算的工况确定为标准工况(0.83 MPa, 37 500 N)和超载工况(1.50 MPa, 100 000 N)。

2 结果与讨论

2.1 影响断面水平轴位置偏移的因素

子午线轮胎充气时,在横向、径向与周向都会产生膨胀变形。在冠部,地面和带束层会对冠部的胎体变形产生约束;在胎圈部位,轮辋会有效限制此区域内胎体变形;在胎侧部位则受到的约束较小,这一部位的胎体相对比较自由,变形主要是内压作用的结果。由薄膜理论可知,在充气作用下,胎体自由段的曲率半径将趋向于一致,因而会导致断面水平轴的波动。为了简化分析,我们定义了胎体自由端的上端点与下端点(见图1),其中上端点为外轮廓肩点对内轮廓作垂线与胎体帘线的交点,下端点为标准轮辋上段圆弧的圆心点向胎脚内轮廓方向作45°直线与胎体帘线的交点。

利用Tyabas-post有限元后处理软件提取计算所得的A和B方案轮胎在标准工况和超载工况下充气后与负载时断面水平轴位移数据,如表1所示。

表1 不同工况下方案A和B轮胎断面水平轴

项 目	位移数据 mm	
	标准工况	超载工况
A方案轮胎		
充气后断面水平轴位移	8(上移)	6(上移)
负载时变动范围	3.31~11.15	3.51~9.58
B方案轮胎		
充气后断面水平轴位移	6(上移)	6(上移)
负载时变动范围	1.27~9.48	3.51~6.98

注:以设计断面水平轴位置为参考。

从表1可以看出:在标准工况以及超载工况下,A和B方案轮胎充气后断面水平轴相对于设计断面水平轴是上移的;标准工况下A方案轮胎断面水平轴上移的幅度大于B方案轮胎;在负载时A方

案与B方案轮胎一周各断面内的断面水平轴位置相对于设计断面水平轴位置都出现了较大波动,并且A方案轮胎的波动范围大于B方案轮胎。与B方案轮胎相比,A方案轮胎断面水平轴有较大的波动,导致胎侧变形增大,并且A方案轮胎充气后断面水平轴上移的幅度大于B方案轮胎,导致整体胎侧的屈挠区上移,更容易对肩部耐久性能产生不利的影响,使得A方案轮胎的市场使用效果弱于B方案轮胎。

为了进一步分析断面水平轴波动的原因,分别计算了A和B方案轮胎在胎体自由段胎侧的弯曲刚度,结果如图2所示。

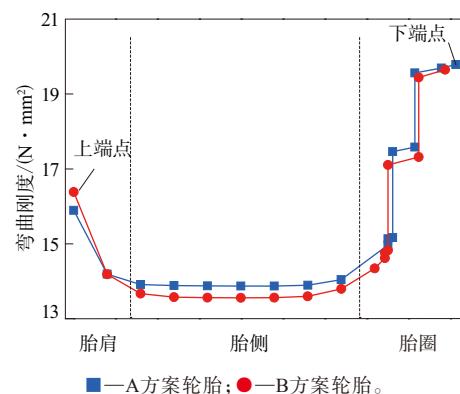


图2 A和B方案轮胎胎体自由段弯曲刚度的对比

从图2可以看出:A和B方案轮胎胎圈部位的弯曲刚度大于胎肩部位,由于在充气时,弯曲变形容易发生在弯曲刚度小的一侧,因而会导致轮胎充气后断面水平轴整体上移;另一方面,A方案轮胎在胎肩部位的弯曲刚度小于B方案轮胎,而在胎圈部位的弯曲刚度大于B方案轮胎,其弯曲刚度的匹配更为悬殊,因而充气负载下变形更大,断面水平轴上移和波动的范围也更大。由此可见,上下胎侧的弯曲刚度匹配是影响轮胎在充气负载下断面水平轴波动的关键因素。

2.2 断面水平轴设计公式的推导

为了提高载重子午线轮胎的承载性能往往对其胎圈进行了过多补强,从而导致胎圈部位弯曲刚度很大。如果断面水平轴位置设计不合理,很容易因上下胎侧弯曲刚度差异悬殊而导致断面水平轴偏移过大,肩部变形过大,从而影响到轮胎的耐久性能。因此,断面水平轴位置的设计关键是

保证上下胎侧弯曲刚度的平衡。

图3为推导轮胎断面水平轴位置的轮廓示意。设定轮胎设计外直径为 D ,肩点弧度高为 h ,半断面宽为 b ,行驶面宽度的一半为 w ,标准轮辋的着合直径为 D_r ,点 $A(a_1, a_2)$ 为标准轮辋的上侧弧中点,点 O' 为标准轮辋的上侧弧的圆心点,点 K 为点 A 和点 O' 的连线与胎脚外轮廓曲线的交点, H_1 和 H_2 分别为轮胎下半轴高度和上半轴高度,胎圈着合半宽为 c ,轮辋着合半宽为 c' 。

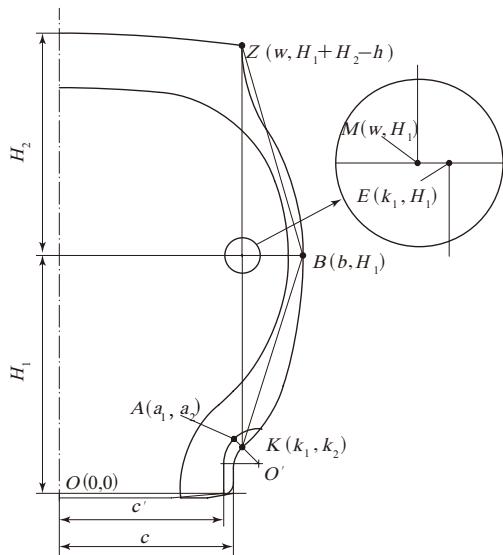


图3 推导轮胎断面水平轴位置的轮廓示意

在轮胎设计过程中 D, h, b, w 和 D_r 为已知值; A 点的坐标 a_1 和 a_2 可以事先测得,也是已知值; H_1 和 H_2 是需要确定的变量。 K 点的横坐标 k_1 与纵坐标 k_2 分别为

$$k_1 = a_1 + \cos 45^\circ \times (c - c' + 1.5) \quad (1)$$

$$k_2 = a_2 + \sin 45^\circ \times (c - c' + 1.5) \quad (2)$$

式中1.5为调整因数,取值范围一般为0~2。由薄膜理论可知,为了最大可能减小轮胎充气后断面水平轴的位移,设计断面水平轴位置应恰好使得上下胎侧弯曲刚度平衡,假设点 Z 到点 M 间的距离为 Z_M ,点 M 到点 B 间的距离为 M_B ,点 E 到点 K 间的距离为 E_K ,点 E 到点 B 间的距离为 E_B ,则有如下关系式

$$\frac{Z_M}{M_B} = \frac{E_K}{E_B} \quad (3)$$

由图3可知, $Z_M = H_2 - h$, $M_B = b - w$, $E_K = H_1 - k_2$, $E_B = b - k_1$,将各式代入式(3)可得

$$\frac{H_2 - h}{b - w} = \frac{H_1 - k_2}{b - k_1} \quad (4)$$

另外,由图3可知

$$H_1 + H_2 = \frac{D - D_r}{2} \quad (5)$$

联立式(4)和(5)可得

$$H_1 = \frac{(D - D_r - 2h)(b - k_1) + 2k_2(b - w)}{4b - 2w - 2k_1} \quad (6)$$

$$H_2 = \frac{(D - D_r - 2k_2)(b - w) + 2h(b - k_1)}{4b - 2w - 2k_1} \quad (7)$$

则轮胎断面水平轴位置的计算公式为

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{(D - D_r - 2h)(b - k_1) + 2k_2(b - w)}{(D - D_r - 2k_2)(b - w) + 2h(b - k_1)} \quad (8)$$

2.3 断面水平轴位置计算公式的验证

利用断面水平轴位置计算公式对12.00R20载重子午线轮胎的轮廓进行优化,重新计算确定断面水平轴位置,得到的优化方案C轮胎的轮廓如图4所示。

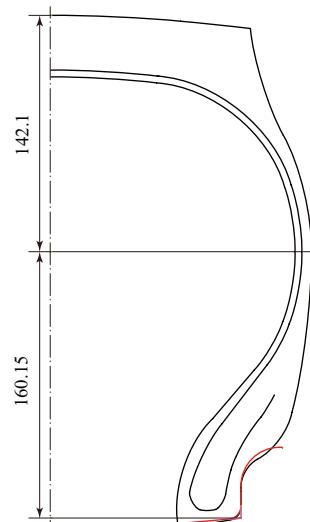


图4 优化方案C轮胎的轮廓示意

经过有限元计算分析可得,在充气时,断面水平轴优化方案C轮胎在标准工况下的断面水平轴位移为0 mm,在超载工况下的断面水平轴位移仅为2 mm;在静态负载时,优化方案C在标准工况下的断面水平轴波动范围为-2.18~+2.22 mm,而在超载工况下的断面水平轴波动范围为-2.38~+4.18 mm。与表1数据进行对比可知,优化方案C在充气和负载情况下的断面水平轴位移是最小的,这验证了断面水平轴位置计算公式的实用性和有效性。

3 结论

断面水平轴位置对轮胎的力学性能有着重要影响,断面水平轴上下两侧胎体曲率半径的比值以及断面水平轴的设计位置,影响到断面水平轴上下两侧弯曲刚度的匹配,并进一步决定了断面水平轴在充气和负载工况下的位置变化。弯曲刚度匹配是影响断面水平轴位置波动的关键要素。依据薄膜理论和载重子午线轮胎的受力特性,推导出了载重子午线轮胎断面水平轴位置的

计算公式,经过有限元分析验证该公式是实用且有效的。

参考文献:

- [1] Noor A K, Tanner A. Advances and Trends in the Development of Computational Model for Tires[J]. Computers and Structures, 1988 (20):517-533.
- [2] 蔡莹莹,余本炜.半钢子午线轮胎胎圈强度的设计方法研究[J].轮胎工业,2015,35(10):592-595.

收稿日期:2015-12-18

Optimization on Maximum Width Position of Cross-section of Truck and Bus Radial Tire

SHA Changxin, JIANG Fenglin, WANG Jun

(Double Coin Group Shanghai Tyre Research Institute Co., Ltd, Shanghai 200245, China)

Abstract: Taking 12.00R20 truck and bus radial tire as the research object, in the inflated condition and loaded condition, the factors affecting the change of maximum width position of cross-section were studied by means of finite element analysis. Based on the stress characteristics of tire, the calculation formula of maximum width position of cross-section having minimum variation was obtained. The formula was effective and showed practical significance by FEA verification.

Key words: truck and bus radial tire; maximum width position of cross-section; finite element analysis

Camso在越南开新厂

中图分类号:TQ336.1;F26 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com)2016年3月8日报道:

Camso公司位于越南的实心轮胎制造厂已经开业。工厂占地面积约为22 994 m²,历时14个月施工完成。

Camso公司表示,该工厂将帮助他们赢得亚洲物料搬运市场的领先地位。“这家新工厂将有利于我们成为亚洲市场的原始设备制造商(OEM)和售后市场客户的最佳合作伙伴,提高我们在物料搬运领域领导地位。”Camso总裁兼物料搬运部门总经理Jean François Ferland说。

新工厂位于越南平阳省Tan Uyen镇的新加坡工业园。Camso称,这是使其制造业务多样化和提高公司竞争力的理想地点。

据Camso称,作为世界第5大橡胶生产国,越南提供原材料、有竞争优势的劳动力和良好的工业经济环境,以推动工厂运营。

Camso新工厂完成了公司在越南、阿根廷、巴西、加拿大、中国、匈牙利、意大利、韩国、斯里兰卡和美国的建厂布局。

Camso的前身为Camoplast Solideal,集设计、制造和销售越野轮胎、轮毂、橡胶履带和底盘系统为一体,服务于物料搬运、建筑、农业和户外运动工业。

位于魁北克玛各的Camso公司拥有7 500余名员工和遍布北美、南美、欧洲、亚洲的先进研发中心和制造工厂。Camso是原始设备制造商的主要供应商,并在售后市场上通过他们的全球分销网络销售产品。

(孙斯文摘译 吴秀兰校)