

有限元分析在37.00R57巨型工程机械子午线轮胎结构优化中的应用

蒋丰璘

(双钱集团上海轮胎研究所有限公司, 上海 200245)

摘要:利用Abaqus软件建立轮胎静态三维有限元模型,对采用不同设计方案的37.00R57巨型工程机械子午线轮胎进行静负荷工况下的受力分析,以期通过分别调整胎肩部位两层锦纶包布的宽度,降低肩部的最大剪应力。利用屈雷斯加和米塞斯屈服准则判断应力大小,从而得到优化方案,提高轮胎性能。

关键词:巨型工程机械子午线轮胎;结构优化;有限元分析

中图分类号:U463.341⁺.5/.6;O214.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)03-0147-03

轮胎是由橡胶和骨架材料组成的复杂结构体,轮胎各部件之间相互作用使其在不同工况下呈现出不同的力学特性。随着有限元理论和计算机科学技术的飞速发展,有限元分析技术在轮胎结构设计中的应用得到了蓬勃发展。

本工作基于Abaqus有限元分析软件,考虑轮胎变形的几何非线性,以及轮胎与地面、轮胎与轮胎的大变形非线性接触等,建立子午线轮胎三维有限元模型,对采用不同设计方案的37.00R57巨型工程机械子午线轮胎进行静负荷工况下的受力分析,以期通过分别调整胎肩部位两层锦纶包布的宽度,来降低轮胎肩部的最大剪应力,利用屈雷斯加(H. Tresca)和米塞斯(Von. Mises)屈服准则来判断应力大小,从而得到优化方案。

1 设计方案

本次结构优化设计的目的是在不改变轮胎外轮廓形状、内轮廓形状及断面水平轴位置的基础上,通过分别调整轮胎胎肩部位两层锦纶包布的宽度,来降低轮胎肩部的最大剪应力,提高轮胎性能。

37.00R57巨型工程机械子午线轮胎的材料分布如图1所示,共有6层带束层,由内往外编号依次

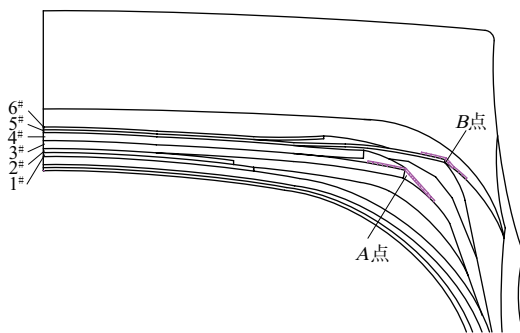


图1 37.00R57巨型工程机械子午线轮胎材料分布为1#—6#带束层,分别在3#和5#带束层上增加1#和2#锦纶包布。假设3#和5#带束层的端点分别为A点和B点。

1#和2#锦纶包布的编号如图2所示。假设1#锦纶包布左端节点1到其右端节点1的宽度范围为方案1_1.1,左端节点1到其右端节点2的宽度范围为方案1_1.2,则以此类推,共有16个组合方案。同理,假设2#锦纶包布左端节点1到其右端节点1的宽度范围为方案2_1.1,则以此类推,共有9个组合方案。

本工作先在1#锦纶包布16个组合方案中选出优化方案,然后在此基础上,通过改变2#锦纶包布宽度得到最终的优化方案,即在2#锦纶包布的9个组合方案中选出优化结果。利用Tresca和Mises屈服准则作为方案优劣的判断标准,通过对比各个方案A点和B点处的应力大小(应力小的更优)得到优化方案。

作者简介:蒋丰璘(1985—),女,广西桂林人,双钱集团上海轮胎研究所有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎结构设计工作。

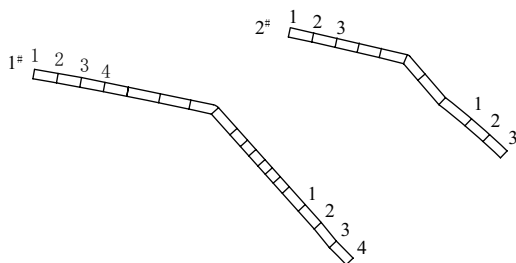


图2 锦纶包布编号示意

2 屈服理论

2.1 Tresca屈服准则

当材料中的最大切应力达到某一定值时该材料发生屈服,即开始进入塑性状态,或者说材料处于塑性状态时最大切应力是一不变的定值,该定值只取决于材料在变形条件下的性质,与应力状态无关,因此又称为最大切应力不变条件。Tresca屈服准则其实是一个最大剪应力破坏条件,其破坏与中间主应力无关,只与最大主应力与最小主应力有关。

2.2 Mises屈服准则

在一定的变形条件下,当受力物体内一点的应力偏张量的第二不变量达到某一定值时,该点就开始进入塑性状态。Mises屈服准则也可以表述为:在一定的变形条件下,当受力物体内一点的等效应力达到某一定值时,该点就开始进入塑性状态。与Tresca屈服准则不同的是,Mises屈服准则考虑了中间主应力对破坏的影响。

2.3 屈服理论对比

一般情况下,采用Tresca屈服理论建立的强度条件会比采用Mises屈服理论建立的强度条件更加安全^[1-3]。因此,本工作中作为判据的两个屈服准则的优先次序为:Tresca屈服准则优于Mises屈服准则;同时对重要性而言,A点大于B点。

3 模型建立

橡胶单元采用CGAX4H轴对称单元模拟,帘线采用SFMGAX1单元建模,使用REBAR LAYER和EMBEDDED ELEMENT模拟帘线与橡胶之间的作用关系。二维模型包含3 262个节点,2 564个橡胶单元,558个帘线单元。三维轮胎模型使

用SYMMETRIC MODEL GENERATION命令(Revolve参数),由轴对称的二维模型旋转生成,沿周向划分74份,共计241 388个节点,189 736个橡胶单元,41 292个帘线单元。

本工作使用接触边界条件对轮胎进行从装配到静负荷工况的一系列计算。为简化计算将轮辋和路面视为解析刚体,此外,轮胎采用标准充气压力(550 kPa)、标准负荷(615 kN)以及27.00/6.0全斜底轮辋。

4 结果与讨论

改变1#锦纶包布宽度时(共16个组合方案),A点和B点处的受力情况如表1所示。

表1 改变1#锦纶包布宽度时A和B点处的受力情况

方案编号	MPa			
	Tresca屈服准则 ¹⁾		Mises屈服准则 ²⁾	
	A点	B点	A点	B点
1_1.1	1.130 4	1.078 5	1.040	0.934 3
1_1.2	1.129 0	1.079 1	1.040	0.934 7
1_1.3	1.130 2	1.078 5	1.040	0.934 3
1_1.4	1.130 0	1.078 0	1.040	0.933 8
1_2.1	1.129 8	1.078 9	1.039	0.934 6
1_2.2	1.129 1	1.079 0	1.039	0.934 7
1_2.3	1.128 0	1.077 8	1.038	0.933 5
1_2.4	1.128 2	1.078 2	1.038	0.934 0
1_3.1	1.126 9	1.077 8	1.037	0.933 5
1_3.2	1.127 1	1.079 5	1.037	0.935 0
1_3.3	1.126 4	1.077 5	1.036	0.933 4
1_3.4	1.125 4	1.077 0	1.035	0.933 0
1_4.1	1.127 1	1.079 2	1.037	0.934 9
1_4.2	1.125 8	1.079 3	1.036	0.934 9
1_4.3	1.125 6	1.078 4	1.036	0.934 1
1_4.4	1.124 3	1.077 0	1.034	0.932 9

注:1)最大主应力与最小主应力之差;2)等效应力。

从表1可以看出,方案1_4.4的A点和B点处的最大主应力与最小主应力之差以及等效应力均最小,从而选出方案1_4.4为优化方案,此时1#锦纶包布的宽度范围为左端节点4到其右端节点4的宽度区间,简记为(4-4)。

在1#锦纶包布选定为1_4.4方案时,改变2#锦纶包布宽度可以得到A点和B点处的受力情况,如表2所示。

从表2可以看出,方案2_1.2的A点处的最大主应力与最小主应力之差以及等效应力最小,而

表2 改变2#锦纶包布宽度时A和B点处的

方案编号	受力情况				MPa
	Tresca屈服准则 ¹⁾		Mises屈服准则 ²⁾		
	A点	B点	A点	B点	
2_1.1	1.125 6	1.073 3	1.036	0.929 7	
2_1.2	1.123 7	1.072 6	1.034	0.929 1	
2_1.3	1.124 3	1.077 0	1.034	0.932 9	
2_2.1	1.126 4	1.072 2	1.037	0.928 8	
2_2.2	1.124 8	1.072 6	1.035	0.929 1	
2_2.3	1.125 4	1.077 8	1.035	0.933 6	
2_3.1	1.1267	1.066 7	1.036	0.924 0	
2_3.2	1.125 8	1.066 2	1.036	0.923 5	
2_3.3	1.125 0	1.070 2	1.035	0.927 0	

注:同表1。
方案2_3.2的B点处的最大主应力与最小主应力之差以及等效应力最小,根据Tresca屈服准则优于Mises屈服准则、A点比B点重要的判断标准,选出方案2_1.2为优化方案,此时2#锦纶包布的宽度范围为左端节点1到其右端节点2的宽度区间,简记为(1-2)。

由上述分析可以确定最终的优化方案为:1#锦

纶包布宽度为(4-4),2#锦纶包布宽度为(1-2)。

5 结语

利用Abaqus软件建立轮胎三维有限元模型,在模型计算中考虑了轮辋的装配过程以及轮胎的静态载荷施加过程。通过分别调整轮胎胎肩部位两层锦纶包布宽度,来降低肩部的最大剪应力,并利用Tresca和Mises屈服准则判断应力大小,以实现37.00R57巨型工程机械子午线轮胎结构优化,提高轮胎性能。

参考文献:

[1] 徐远杰. Tresca与Mises屈服理论值的比较[J]. 力学与实践, 1994, 16(5):62-63.
[2] 薛福林. Tresca与Mises屈服理论值的简明比较[J]. 力学与实践, 1997, 19(5):75.
[3] 郑苏. 两种最常用屈服准则的简明比较法[J]. 力学与实践, 2003, 25(2):62-63.

收稿日期:2015-10-22

Application of FEA in Structure Optimization of 37. 00R57 Giant Off-The-Road Radial Tire

JIANG Fenglin

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

Abstract: A three-dimensional finite element model of 37. 00R57 giant OTR tire was established by using Abaqus software. The stress analysis of different tire designs under static loading was carried out and the stress values were determined by Tresca and Mises yield criterion. The width of two layers of nylon fabric in the tire shoulder was adjusted in order to reduce the maximum shear stress of the shoulder. After the optimization, the tire performance was improved.

Key words: giant off-the-road radial tire; structure optimization; FEA

轮胎零度带束层结构

中图分类号:TQ336. 1;U463. 341 文献标志码:D

由江苏通用科技股份有限公司申请的专利(公开号 CN 105034704A,公开日期 2015-11-11)“轮胎零度带束层结构”,涉及一种轮胎0°带束层结构,该结构胎体顶部帘布层上贴合至少两层带束层,其中第1带束层位于所有带束层的最底层,第2带束层位于第1带束层上,宽度小于第1带

束层;第1带束层钢丝帘线向左倾斜,倾斜角度在所有带束层中最大,第2带束层钢丝帘线呈螺旋缠绕状,倾斜角度近似于0°。该结构可以从根本上解决高扁平轮胎在使用过程中的周向变形,减小由胎冠中心蠕变所产生的带束层间相互应力,进而降低胎冠部位生热,避免轮胎脱空等早期损坏,延长了高扁平、宽行驶面轮胎的使用寿命。

(本刊编辑部 马 晓)