

钢丝加强层帘线角度对全钢载重子午线轮胎胎圈性能的影响

阙元元,陈敏玲

(北京橡胶工业研究设计院,北京 100039)

摘要:利用 Marc 有限元分析软件,建立轮胎轴对称模型,研究钢丝加强层帘线角度对全钢载重子午线轮胎胎圈性能的影响。结果表明,钢丝加强层帘线角度在 $0\sim 24^\circ$ 之间,反包端点的最大等效应力和应变能密度呈缓慢上升趋势; 24° 时达到峰值,然后开始下降;在 $30\sim 40^\circ$ 之间,反包端点的最大等效应力和应变能密度下降较快。采用 40° 帘线角度可显著降低胎体反包端点的等效应力和应变能密度。

关键词:钢丝加强层;帘线角度;全钢载重子午线轮胎;胎圈

中图分类号: TQ330.38⁺9; U463.341⁺.3/6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2006)07-0400-04

随着高速公路建设的迅猛发展,全钢载重子午线轮胎以其高速、耐磨和节油等特点在载重汽车中的应用比例越来越大。实际使用中全钢载重子午线轮胎破坏的主要形式是胎圈部位胎体反包端点开裂,负荷和充气压力过大是造成胎圈部位过早损坏的主要原因。

为了增强胎圈强度,人们在轮胎结构方面进行了许多改进^[1],改变钢丝加强层角度是其中措施之一。从材料性能看,胎体帘布反包一侧内外都是比较柔软的橡胶材料,由于钢丝模量远大于橡胶,因此在相同的形变下,钢丝帘线所受的应力远大于周围橡胶,应力过渡不均匀,突出表现为胎体反包端点的应力集中,成为易损部位。在胎体外侧增加一层钢丝加强层且与胎体帘线呈一定角度,使得胎体到胎侧胶之间的应力分布有了中间过渡层,可降低胎体端点的应力集中程度,从而提高胎体端点周围材料单元的性能。但另一方面,钢丝帘线加强层和胎体帘布形成的双层复合材料之间增加了层间剪切应力,层间剪切现象是拉伸过程中相互交叉排列的帘线角度改变受到橡胶限制所引起的,这是复合材料所特有的破坏机理之一^[2]。因此,钢丝加强层与胎体帘线的夹角是影响层间剪切应变的重要参数之一。

本工作利用 Marc 有限元分析软件,以 11.00R20 全钢载重子午线轮胎为对象,在建立轮胎轴对称模型的基础上,计算和分析不同钢丝加强层角度对胎体反包端点的影响,并与无钢丝加强层的情况进行对比。

1 计算

计算的基本条件是:轮胎的充气压力为 1.2 MPa,静负荷半径为 507 mm,钢丝加强层帘线规格为 $3+9+15\times 0.175+0.15$ 。在计算过程中只改变钢丝加强层的角度,其它参数保持不变。

采用轴对称模型,主要分析静态下的应力-应变分布。计算采用 4 节点等参元,只在几处尖角或形状过渡区采用退化三角元。在网格划分中,对胎圈部位进行了细分(如图 1 所示)。

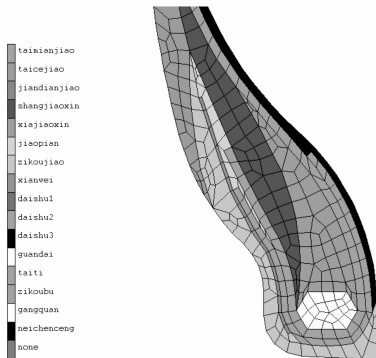


图 1 胎圈部位有限元网格划分

作者简介:阙元元(1977-),男,江苏泰州人,北京橡胶工业研究设计院工程师,硕士,主要从事轮胎结构设计工作。

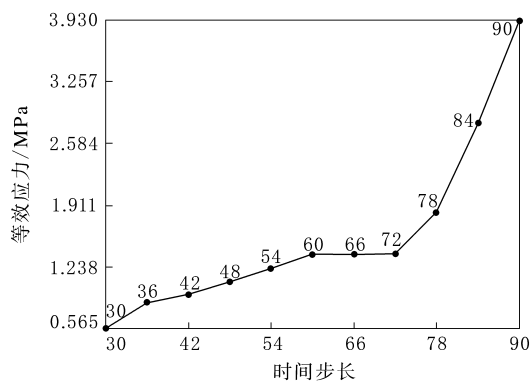
计算过程如下:轮胎从初始位置由轮辋推动进入工作位置,初始位置为设计位置,即不在轮辋上的情况,工作位置即轮胎安装到轮辋上的位置;然后向轮胎内部充气,即在轮胎内表面各单元加上逐渐增大的气压;再将路面移动到指定下沉量位置;最后施加转速,速度主要体现在各单元的离心力上。整个计算过程分4个阶段,0~30步为轮辋装配过程,30~60步为充气过程,60~90步为施加静负荷过程,

90~120步为施加转速过程。主要分析参数为胎体反包端点单元的等效 Von Mises 应力和应变能密度。

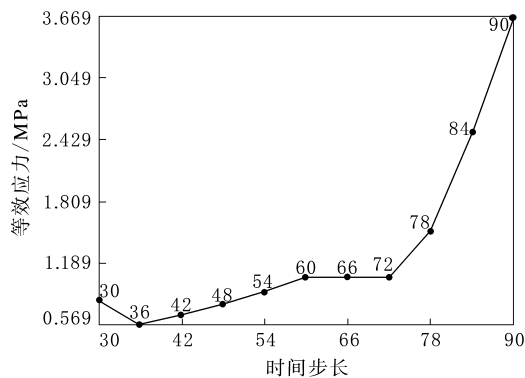
2 结果与讨论

由于在轮胎使用工况条件下,对胎圈部位应力和应变影响最大的是充气压力和负荷,因此选取了充气 and 施加静负荷阶段的计算结果。

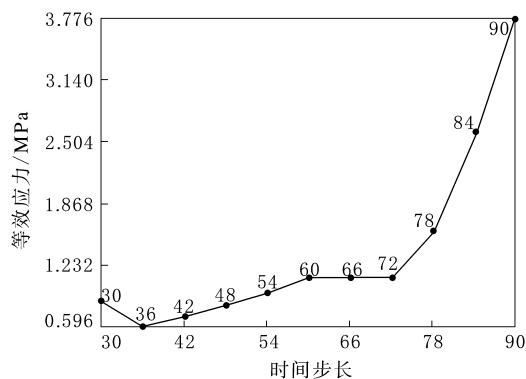
图2和3所示分别为不同钢丝加强层帘线角度



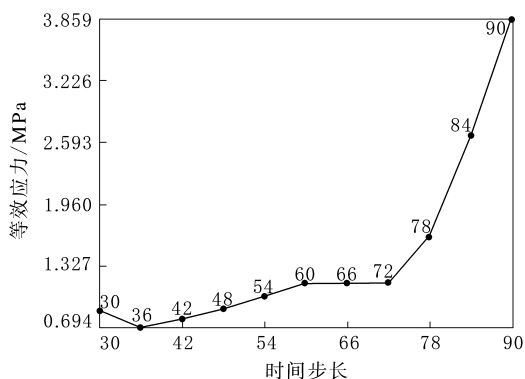
(1) 无钢丝加强层



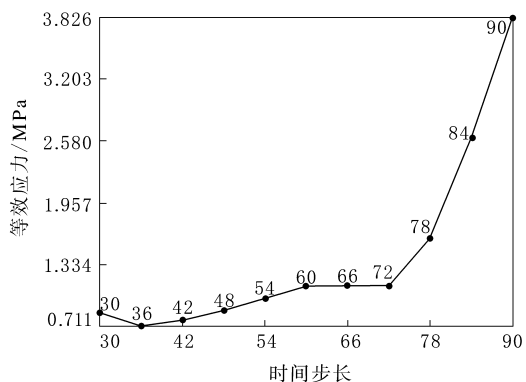
(2) 0°



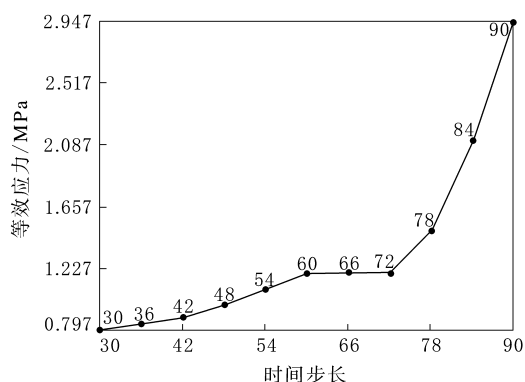
(3) 15°



(4) 24°

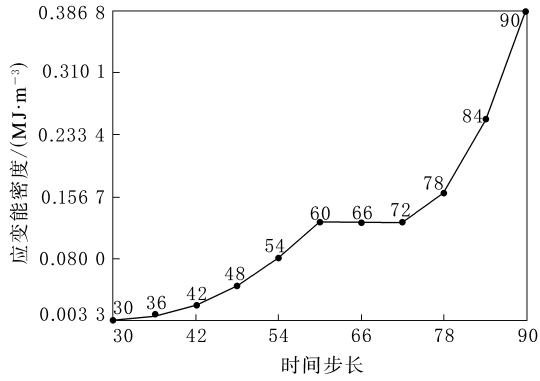


(5) 30°

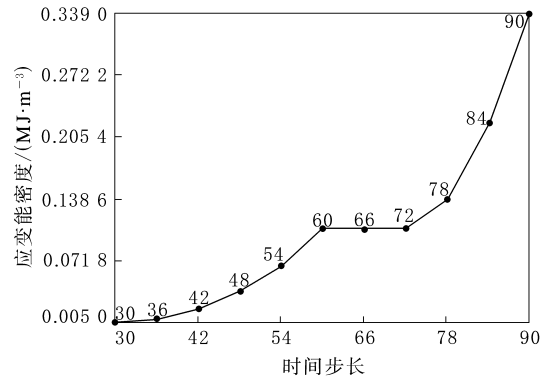


(6) 40°

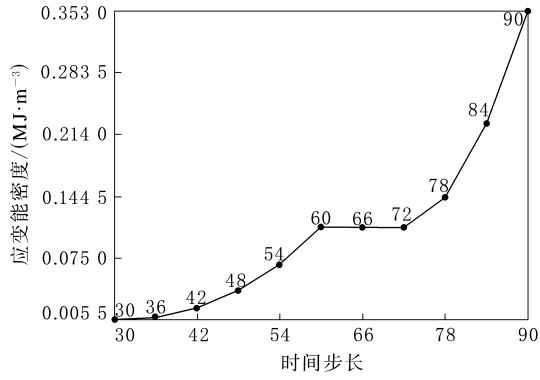
图2 不同钢丝加强层帘线角度下各阶段胎体反包端点的等效应力



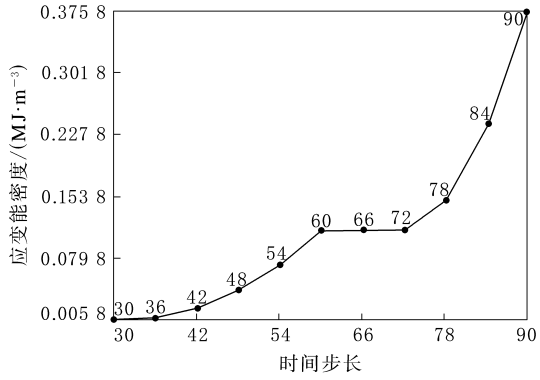
(1) 无钢丝加强层



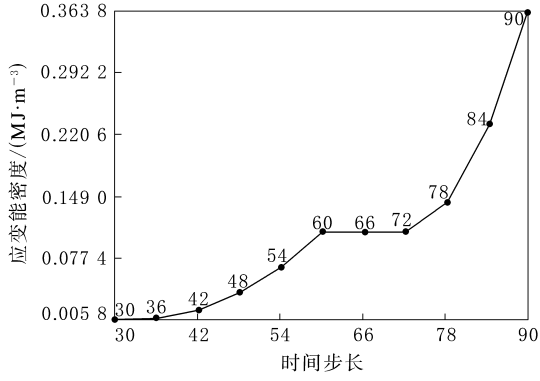
(2) 0°



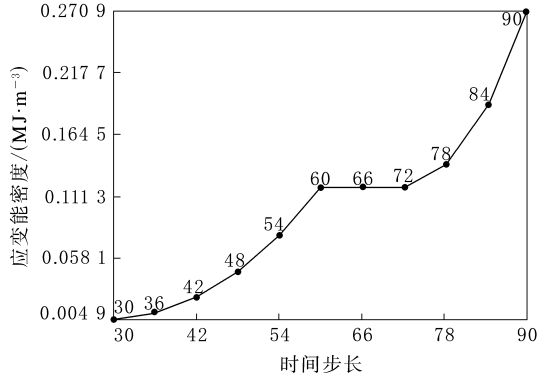
(3) 15°



(4) 24°



(5) 30°



(6) 40°

图3 不同钢丝加强层帘线角度下各阶段胎体反包端点的应变能密度

下各阶段胎体反包端点的等效 Von Mises 应力和应变能密度。将充气 and 施加静负荷过程分为 10 个时间段,图中曲线上所标数字为整个过程中对应的步骤数。由图 2 和 3 可以看出,不同钢丝加强层帘线角度下胎体反包端点的等效 Von Mises 应力和应变能密度在整个充气 and 负荷下的变化趋势基本相同。

不同钢丝加强层帘线角度下胎体端点对应的

最大等效 Von Mises 应力和应变能密度如表 1 所示。由表 1 可以看出,在没有钢丝加强层的情况下,最大等效应力和应变能密度最大。钢丝加强层帘线角度在 $0\sim 24^\circ$ 之间,反包端点的最大等效应力和应变能密度呈缓慢上升趋势,增幅不大; 24° 时达到峰值,然后开始下降;在 $30\sim 40^\circ$ 之间,反包端点的最大等效应力和应变能密度下降较快。由此可见,对钢丝加强层来说,采用 40° 帘线

表 1 不同钢丝加强层帘线角度下胎体端点对应的最大等效应力和应变能密度						
项 目	无钢丝加强层	钢丝加强层帘线角度/(°)				
		0	15	24	30	40
最大等效应力/MPa	3.930	3.669	3.776	3.859	3.826	2.947
最大应变能密度/(MJ·m ⁻³)	0.386 8	0.339 0	0.353 0	0.375 8	0.363 8	0.270 9

角度能够有效减小胎体反包端点的等效应力和应变能密度,延长胎体端点开裂的时间。

3 成品轮胎耐久性

为了验证上述计算结果,在山东安驰轮胎有限公司进行了两种方案的对比试验。胎圈加强层钢丝帘线规格均为 3+9+15×0.175+0.15,分别选用 30 和 40°两种帘线角度,采用同批次材料,按相同条件进行轮胎试制,在国家橡胶轮胎质量监督检验中心进行了耐久性试验,具体试验数据见表 2。由表 2 可见,胎圈加强层钢丝帘线角度为 40°时胎圈部位没有损坏,且耐久时间比胎圈加强层帘线角度为 30°时有较大幅度延长。

表 2 成品轮胎耐久性试验结果		
胎圈加强层帘线角度/(°)	试验时间/h	轮胎损坏原因
40	46	肩空
30	28	胎体端点裂,肩空

注:试验条件为气压 600 kPa;负荷 6 540 kg;速度 30 km·h⁻¹。

4 结语

研究了钢丝加强层帘线角度对全钢载重子午线轮胎胎圈部位性能的影响。结果表明,不同钢丝加强层帘线角度下胎体反包端点的等效应力和应变能密度在整个充气 and 静负荷过程中的变化趋势基本相同;钢丝加强层帘线角度在 0~24°之间,反包端点的最大等效应力和应变能密度呈缓慢上升趋势,且增幅不大;24°时达到峰值,然后开始下降;在 30~40°之间,反包端点的最大等效应力和应变能密度下降较快。钢丝加强层帘线角度采用 40°可显著降低胎体反包端点的等效应力和应变能密度。

参考文献:

[1] 冯希金,郑 乾. 锦纶包布对全钢载重子午线轮胎胎圈性能的影响[J]. 轮胎工业,2004,24(8):451-455.
[2] 魏喜顺. 钢丝帘线/橡胶复合材料的力学性能研究[D]. 北京:北京橡胶工业研究设计院,1991.

第 3 届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文(二等奖)

Effect of enhancing steel cord angle on properties of TBR tire bead

QUE Yuan-yuan, CHEN Min-ling

(Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry, Beijing 100039, China)

Abstract: The effect of the enhancing steel cord angle on the properties of TBR tire bead was investigated by establishing an axially-symmetric model of tire with Marc FEA software. The results showed that the maximum equivalent stress and strain energy density at the turn-up end tended to rise slowly when the angle of enhancing steel cord was 0~24°, reached the peak when that angle increased to 24°, then started to go down, and went down faster when that angle was 30~40°; and the equivalent stress and strain energy density at the turn-up end decreased significantly by using 40° cord angle.

Keywords: enhancing steel cord; cord angle; TBR tire; bead