

应用有限元分析法解析0°带束层结构

侯丹丹,张娟,王飞

(杭州朝阳橡胶有限公司,浙江 杭州 310018)

摘要:利用有限元分析法对影响轮胎破坏产生的应变分量进行分析,对比有无0°带束层结构的伸张情况。结果表明:以第1带束层为起点的破坏延伸第1步是xz方向剪切应变分量作用在带束层端面截面上(非粘合面),钢丝帘线切面和胶料的非粘界面的空间扩大,破坏开始;第2步是在yz方向剪切应变分量作用下,破坏沿着第1带束层与第2带束层界面开始延伸。0°带束层结构可抑制胎肩和胎冠中心的径向伸张。

关键词:轮胎;有限元分析;带束层;应变

中图分类号:TQ336.1;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2017)03-0142-05

随着有限元技术的发展,有限元分析方法越来越多地应用到轮胎力学分析中,大大缩短了轮胎的设计周期,将轮胎设计工作微观化。

轮胎的力学特性如操纵稳定性、驾驶舒适性、安全性等都带束层设计有紧密联系,同时带束层设计对轮胎耐久性能具有重要意义^[1]。本工作选择带束层作为重点分析对象,选取我公司生产的适于高速长途路况使用的11.00R20全钢载重子午线轮胎,利用哈尔滨工业大学开发的有限元分析前处理软件与非线性有限元分析软件Abaqus相结合进行分析,探讨0°带束层结构的破坏产生机理。

1 复合材料的破坏与应力应变分布之间的关系

应力应变引起材料破坏的情况如下。

(1)受到反复拉伸和压缩变形。主要出现于带束层和胎肩区域,这种反复变形会与滞后损失相对应产生热量,而轮胎是热的不良导体,热量积累导致温度上升,最后造成复合材料的疲劳破坏。

(2)应力方向反复变形。主要出现于胎圈补强材料端点区域和胎体反包端点附近,轮胎由于受到内压和轮辋反力的作用发生反复变形,在胎圈补强材料端点和胎体反包端点易产生应力集中,从而导致轮胎破坏,应力方向的反复变形对轮胎的破坏起主导作用。

(3)反复压缩。主要出现于轮缘至胎圈底部区域,这个区域材料被固定,移动较小,而且主要

是受到反复压缩的力,导致轮胎破坏。

2 分析对象

采用有限元分析法重点对0°带束层结构中肩空产生最多的第1带束层末端界面-隔离胶进行应变分析,轮胎二维模型见图1。一般情况下,0°带束层结构中粘合胶主要受到来自内压和胎面外直径方向的拉伸、压缩和反复变形作用。带束层的破坏主要是由反复应变引起的疲劳破坏导致的。

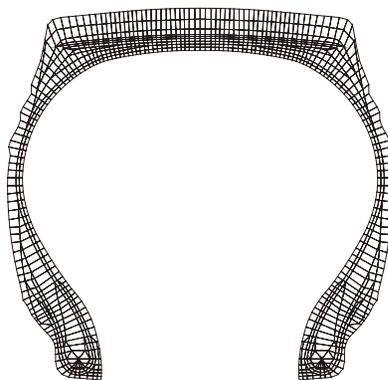


图1 轮胎二维模型

分析采用局部网格细化法,轮胎三维模型如图2所示,在划分网格时将带束层作为主要划分区域^[2],且将第1带束层与第2带束层之间的隔离胶分成9个单元(分别记做a,b,c,d,e,f,g,h,i单元),其中半断面的单元数量为647个,网格密度较大,计算时间较长,采用并行式服务器进行分析,分析结果相对准确性提高。

结合实际退赔轮胎的破坏情况(如图3所示),

作者简介:侯丹丹(1983—),女,黑龙江齐齐哈尔人,杭州朝阳橡胶有限公司工程师,硕士,从事全钢子午线轮胎结构设计工作。

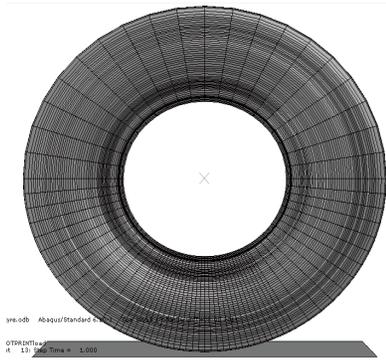


图2 轮胎三维模型

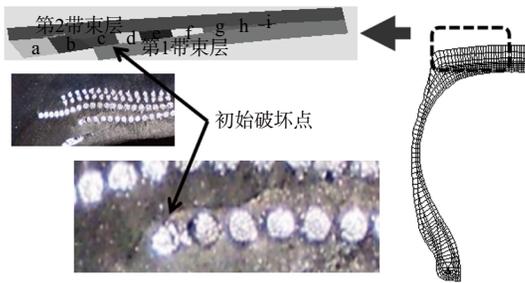


图3 0°带束层结构的典型故障

将实际轮胎的破坏界面放大,与有限元模型进行对比可以看出,引起破坏的初始点在c和d单元处,因此对这几个单元着重进行数据整理和分析。

粘合胶所在单元不同方向的应变和剪切应变分析(充气压力均为930 kPa,负荷为3 550 kg)如图4和5所示,充气、负荷状态下各应变分量的应变情况见表1。LE11, 22, 33, 12, 13和23分别指代y, x, z, yx, yz和xz方向。

根据以上解析结果,引发带束层破坏的应变分量为3个方面。

(1) 无论何种主应力分量都是在基准值上下小范围内反复变形,因此不能认为是引发破坏的导火线。但LE11要素b-c间的拉伸压缩形成变化点,从而成为端点处引发剪切变形的主要原因。

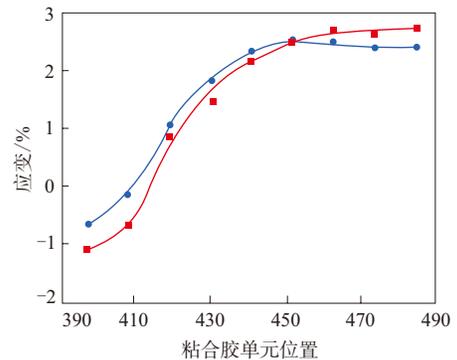
(2) 剪切应变分量LE23处于压缩一侧,有一定的反复变形量,可以认为是引发故障的原因。

(3) 剪切分量LE13变形量大。LE13为带束层内部分量,因此与破坏后的成长速度相关联。

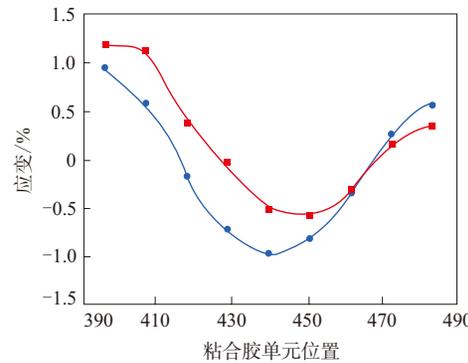
3 0°带束层的破坏机理

由应变场和破坏轮胎断面解析可以判断以第1带束层端点为初始点引发破坏的机理如下。

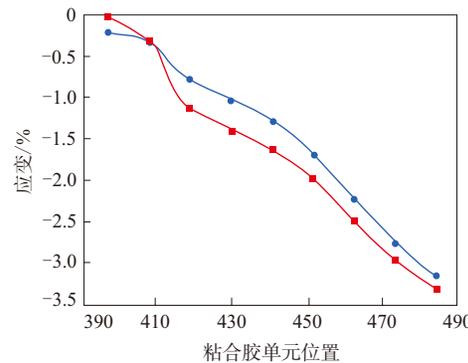
第1步:带束层端点的断裂面上,剪切LE23活



(a) LE11方向



(b) LE22方向



(c) LE33方向

●—负荷计算; ■—充气计算。曲线上点从左至右为a—i。

图4 不同方向负荷、充气状态下的应变对比动,致使非粘合界面裂口,破坏发生,如图6所示。

第2步:由剪切应变LE23向剪切应变LE13方向逐渐成长。LE13的变化量很大,从而导致轮胎的快速破坏,即LE23是裂口发生的源头,LE13为裂口发展推波助澜。

4 0°带束层功能的再验证

4.1 0°带束层配置的影响

0°带束层是区别于4层带束结构和3层带束层

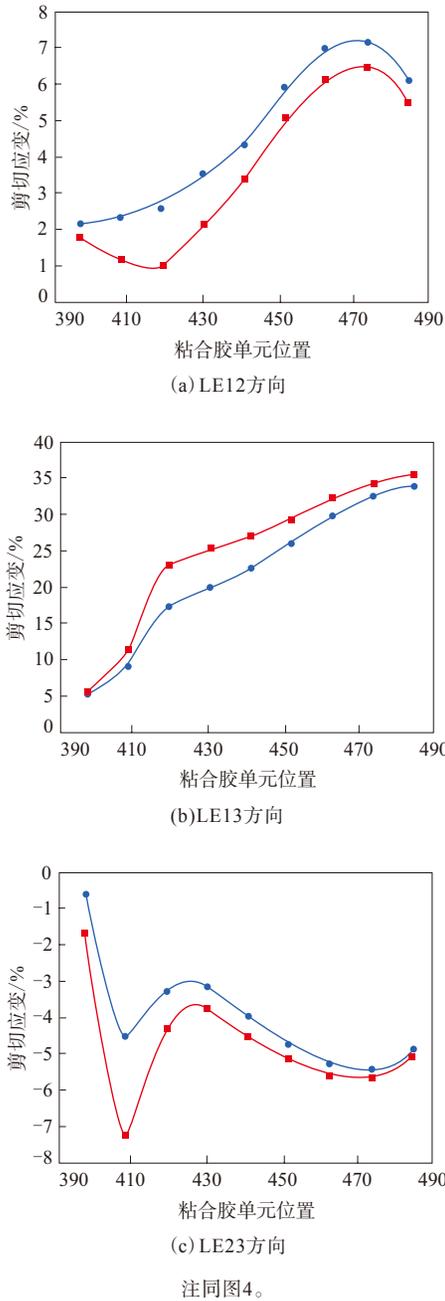


图5 不同方向负荷、充气状态下的剪切应变对比
结构的一种骨架材料的应用,对轮胎的安全性和行驶稳定性有一定的帮助,但是其强度体现仅限于强度测试试验机(且目前室内压穿试验不可做),并没有理论方面的说明。因此,通过有限元方法进一步对0°带束层的功能进行分析。

各方向的应变分析如图7所示。从图7可以看出,对于第1和第2带束层间的隔离胶而言,具有0°带束层结构的剪切应变LE11在拉伸侧比无0°带束层结构有明显增加;LE22无明显变化;LE33在压

表1 充气、负荷状态下的应变分量 %

项 目	LE11	LE22	LE33	LE12	LE13	LE23
b407单元						
充气	-0.69	1.12	-0.33	1.11	9.61	-7.24
100%负荷率	-0.14	0.58	-0.34	2.30	7.95	-4.53
充气-负荷 ¹⁾	0.55	0.54	0.01	1.18	1.66	2.70
c440单元						
充气	0.83	0.37	-1.14	0.98	21.6	-4.38
100%负荷率	-0.78	1.04	-0.17	2.55	16.22	-3.29
充气-负荷 ¹⁾	1.62	0.68	0.96	1.57	5.34	1.09
e440单元						
充气	2.14	-0.52	-1.64	3.29	26.02	-4.57
100%负荷率	2.32	-0.97	-1.30	4.30	22.12	-3.96
充气-负荷 ¹⁾	0.18	0.44	0.34	1.01	3.90	0.61

注:充气压力为930 kPa,标准负荷为3 550 kg;1)差的绝对值。

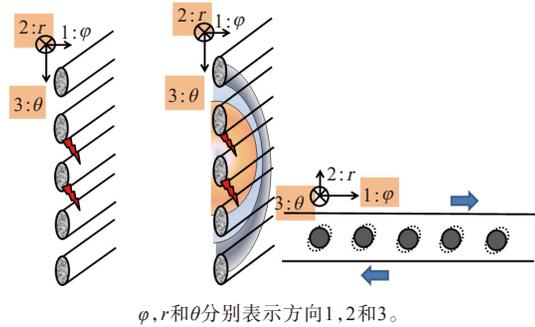


图6 第1带束层端点为初始点引发破坏的机理

缩侧明显减小。因此,推测通过0°带束层的配置,能够抑制第1和第2带束层周向角度的变化。

从图7还可以看出,因为0°带束层的配置,第1和第2带束层的周向角度被抑制,并且抑制了对不良发生和加剧带来较大影响、含周向成分的剪切应变LE13和LE23。

4.2 0°带束层宽度对轮胎冠弧的影响

4.2.1 带束层宽度对轮胎的影响

进行了3组不同0°带束层宽度和无0°带束层结构对轮胎冠弧影响的有限元分析,结果如图8所示。由图8分析可以得出:通过0°带束层的配置,不仅抑制了胎肩部、也抑制了胎冠中心部的径向伸张;0°带束层宽度越大,抑制中心部径向伸张的能力越强;0°带束层宽度对带束层之间的破坏度无直接影响。

4.2.2 试验验证0°带束层的作用

39 mm宽度0°带束层与没有0°带束层配置的轮胎冠弧各点在充气时的变化率及连续测试23 h后的径向伸张变化率如图9所示,充气压力为930

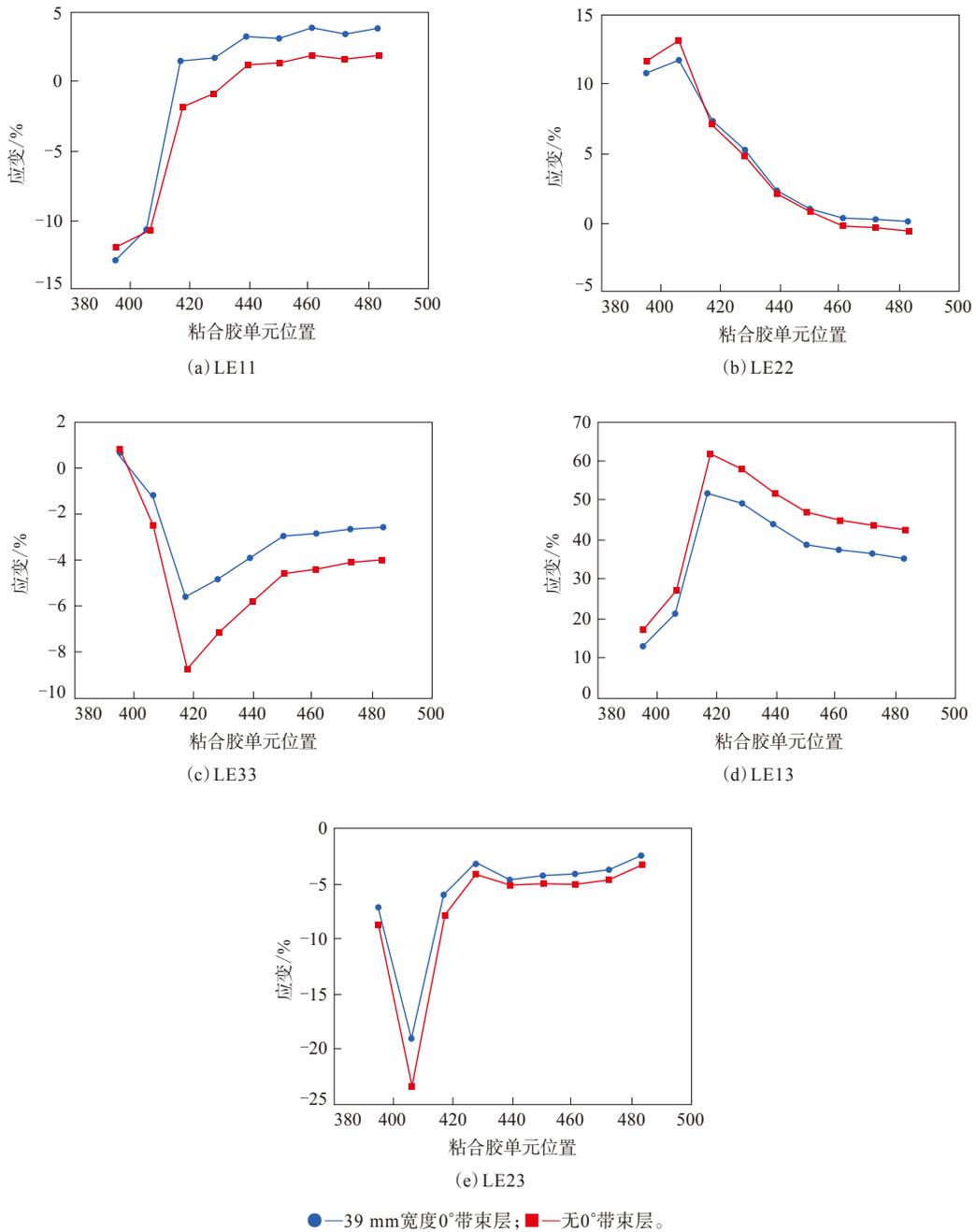


图7 各方向有无 0° 带束层的应变对比

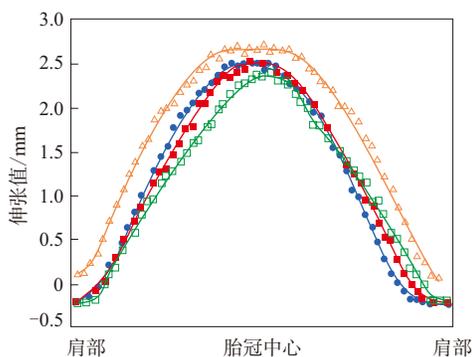
kPa。由图9可见:由于测试误差等原因,轮胎下模接近胎冠中心有两点异常,其他点测试结果与模拟分析的趋势一致;在同一试验机上连续测试23 h后,其差异化明显加剧。

5 结论

(1) 进行 0° 带束层配置的结构与无 0° 带束层结构对比,轮胎的径向伸张有1倍的变化;轮胎行驶

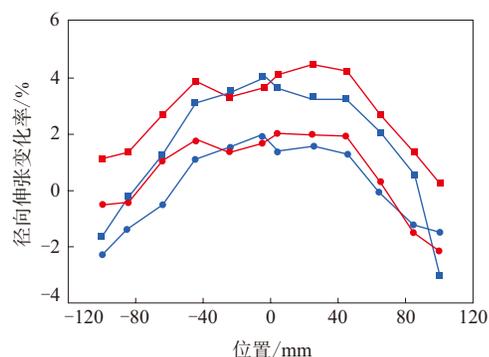
一段时间后,有无 0° 带束层结构轮胎胎冠中心部和胎肩部的径向伸张差异更大。

(2) 以第1带束层为起点的破坏延伸机理如下:第1步, xz 方向剪切应变分量作用在带束层端面截面上(非粘合面),钢丝帘线切面和胶料的非粘合界面的空间扩大,破坏开始;第2步,在 yz 方向剪切应变分量的作用下破坏,沿着第1和第2带束层界面开始延伸。



0°带束层宽度/mm: ●—29; ■—39; □—49。△—无0°带束层。

图8 带束层宽度对轮胎冠弧径向伸长的影响



●(■)—39 mm宽度0°带束层(23 h后); ●(■)—无0°带束层(23 h后)。

图9 有无0°带束层的轮胎冠弧各点充气时的变化率

参考文献:

- [1] 潮阳. 有限元分析带束层骨架材料对轮胎力学性能的影响[J]. 轮胎工业, 2002, 22(2): 75-78.

- [2] 闫相桥. 轮胎结构有限元分析应用于轮胎结构优选[J]. 轮胎工业, 2000, 20(5): 270-275.

第19届中国轮胎技术研讨会论文

Analysis of 0° Belt Structure by Finite Element Analysis

HOU Dandan, ZHANG Juan, WANG Fei

(Hangzhou Chaoyang Rubber Co., Ltd, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The strain components which caused the tire failure were analyzed by finite element analysis method, and the stretch results of the structures with and without 0° belt were compared. The results showed that the delamination initiation and extension on 1[#] belt was started from the cross section of belt end (non-adhesive side) under the shear strain component of xz direction, in which the non-adhesive interface between the steel cord cutting edge and rubber compound was expanded. Then the delamination was extended along the interface between the 1[#] and 2[#] belts under the action of shear strain component in the yz direction. It was found that 0° belt structure could suppress radial extension of shoulder and tread center.

Key words: tire; finite element analysis; belt; strain

优科豪马提高在菲律宾的轿车 轮胎产量

中图分类号: TQ336.1 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com) 2016年12月8日报道:

优科豪马橡胶有限公司最近在菲律宾的克拉克自由港区开设了一家新工厂。该工厂由公司的轿车轮胎制造和销售子公司优科豪马轮胎菲律宾公司(YTPI)经营。

YTPI总部设在克拉克自由港区, 一个特殊经济区。新工厂被称为西部工厂, 隶属于优科豪马克拉克体系。

YTPI成立于1996年4月, 作为轮胎出口世界各地的生产中心, YTPI于1998年投产, 年产轮胎120万条。从此YTPI不断扩张, 2006年年产能提高至700万条, 2014年提高至1 000万条, 目前产能为1 190万条。

随着西部工厂的完工, YTPI计划从2017年起每年生产1 250万条轮胎。其产品包括轿车轮胎和SUV轮胎, 其中大部分出口到欧洲、北美和东盟(东南亚国家联盟)国家的替换胎市场, 剩余部分由北美和亚洲国家的汽车制造商作为原配胎使用。

(孙斯文摘译 吴秀兰校)