

带束层对轮胎性能的影响

刘 勇, 杨 卫民

(北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029)

摘要: 从子午线轮胎带束层的材料、结构形式、宽度和帘线角度等方面探讨其对轮胎性能的影响, 重点介绍了钢丝、芳纶等材料及叠层式、包边式、不对称式等带束层结构的影响, 并利用 ANSYS 力学仿真软件研究带束层帘线角度对轮胎充气轮廓形状和垂直载荷下轮胎应力的影响。结果表明, 对所模拟的轮胎, 带束层帘线角 ($17^{\circ} \sim 23^{\circ}$) 每增加 1° , 其充气断面宽减小 0.2 mm (近似呈线性递减趋势), 其充气外直径增加约 0.3 mm; 带束层帘线角减小, 第一主应力的最大值也减小。

关键词: 子午线轮胎; 带束层结构; 帘线角度; 帘线; 仿真

中图分类号: TQ336.1⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1000-890X(2002)02-0090-04

带束层是子午线轮胎结构的核心, 承受了 60%~70% 的轮胎应力, 是子午线轮胎具有一系列优点的关键因素^[1], 因此, 它一直是子午线轮胎的研究重点。本工作重点探讨了带束层的材料、结构形式、宽度和帘线角度对轮胎性能的影响。

1 带束层材料

1.1 钢丝

带束层要求采用刚性大、伸长小的材料。从 20 世纪 40 年代末, 法国米其林公司首次将钢丝帘线应用于轿车子午线轮胎的带束层和胎体, 到目前为止, 钢丝仍是最常用的材料。钢丝帘线的优点是拉伸强度和模量较高 (有利于轮胎保持尺寸稳定)、耐热性极好、蠕变为零、耐冲击性较好、滞后性低^[2]、生热小及轮胎高速耐久性好; 缺点是易锈蚀, 与橡胶的粘合性不好。不同结构的钢丝具有不同的性能, 因此不同规格轮胎的带束层所用钢丝也不同。国外某些轮胎公司轿车子午线轮胎带束层所用钢丝帘线结构见表 1^[3]。

1.2 芳纶

随着轮胎对轻量化和高速耐久性能要求越来越

越高, 芳纶 (芳香族聚酰胺纤维) 帘线在子午线轮胎带束层中的用量越来越大。芳纶纤维既具有高模量、高强度、耐高温及变形小的刚性, 又具有相对密度小、耐疲劳、耐剪切的柔性, 兼备了钢丝帘线和尼龙、聚酯帘线的优异性能, 同时比其它化学纤维的动态性能好, 但因其价格较贵, 且难于生产, 应用并不广泛。登录普公司用芳纶替代钢丝用于制造子午线轮胎的带束层、胎体和冠带层, 在胎圈中以树脂为粘合材料制成芳纶胎圈, 得到“全纺织品增强轮胎”, 质量较传统轮胎减小了 25%~30%, 成为轮胎中的高科技产品^[4]。

1.3 其它材料

聚酯 (涤纶) 帘线具有高模量、低伸长、高强度和耐热性好等特点, 综合性能优于人造丝, 有完全替代人造丝的趋势, 但其用于带束层的数量很少。用聚酯制造的轮胎, 其质量比人造丝轮胎小 10%, 侧向刚性比尼龙轮胎高, 操纵稳定性和乘坐舒适性好。

为了适应子午线轮胎发展的需要, 人造丝品种发展很快, 相继发展了一超、二超、三超和高定伸等帘线品种, 其中一部分用于制造带束层。虽然人造丝帘线的强度和耐疲劳性能不如尼龙和聚酯帘线, 但其伸长率比尼龙帘线小, 摩擦生热比聚酯帘线低, 热收缩性和尺寸稳定性比尼龙和聚酯帘线好, 因此应用于子午线轮胎仍占有一定市场。

基金项目: 北京市科技新星计划资助项目 (954811600)

作者简介: 刘勇 (1973—), 男, 山东阳谷人, 北京化工大学在读硕士研究生, 主要从事轮胎性能仿真方面的研究。

表 1 国外轮胎公司轿车子午线轮胎带束层使用的钢丝帘线结构

帘线结构	轮胎规格					
	155SR13	165/ 70HR13	175/ 70HR13	185/ 70SR13	185/ 70SR14	195/ 70HR14
1× 4× 0. 22	森贝特	—	—	森贝特	—	—
	克莱伯	—	—	固特异	—	—
1× 4× 0. 25	倍耐力	大陆	大陆	大陆	吉斯拉维德	费尔斯通
	登禄普	—	费尔斯通	—	倍耐力	通用
	费尔斯通	—	固特异	—	固特异	登禄普
1× 4× 0. 28	—	—	—	—	—	尤尼罗伊尔
	—	—	—	—	—	固特里奇
	—	—	—	—	—	阿姆斯特朗
1× 5× 0. 25	普利司通	普利司通	普利司通	普利司通	登禄普	—
	登禄普	—	东洋	倍耐力	普利司通	—
	阿里亚斯	—	登禄普	—	横滨	—
2+ 7× 0. 22	米其林	米其林	米其林	—	米其林	米其林
+ 1× 0. 15	—	森贝特	—	—	—	费尔司通

尼龙 6 和尼龙 66 都大量应用于轮胎工业,但在子午线轮胎带束层中应用极少。玻璃纤维具有初始模量高、伸长率低、耐热性好等优点,但其耐屈挠性能和耐磨性能差限制了其在轮胎带束层中的应用。有报道^[5]说新开发的维纶帘线初始模量高、干热收缩小、加工处理和工艺性能良好,可用于子午线轮胎带束层。

2 带束层结构形式

带束层的结构直接影响胎冠部位的刚度和接地面单位压力的分布,因此与轮胎的耐磨性、行驶稳定性和乘坐舒适性密切相关。各国研究人员对带束层进行了各种形式的组合排列。

2.1 叠层式^[1]

叠层式带束层多用于载重轮胎,具体结构见图 1。一般是第 1 层(靠近胎体)为辅助层,第 2 和 3 层为基本层或工作层,第 4 层(靠近胎面)为增强层或保护层。一般辅助层和保护层采用直径较小、强力较低、帘线密度较小的帘布,各层级差

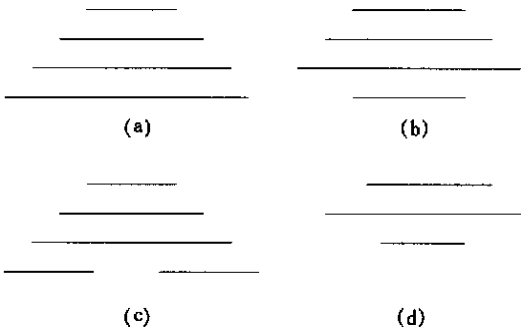


图 1 叠层式带束层示意

端点用粘合胶料薄片包住。近年来随着高速公路的增加和汽车动力的增大,要求高速行驶的轮胎具有良好的操纵性和稳定性,因而逐渐采用图 1 (c)的结构形式。

2.2 包边式带束层^[1]

包边式带束层多用于轿车子午线轮胎,具体结构见图 2。其特点是加强了带束层端部的设计,减少了因胎肩部位的应力集中所引起的脱层,使轮胎在高速行驶时有良好的转弯性能,并能提高轮胎的寿命。

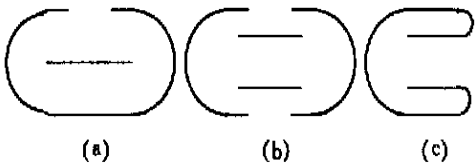


图 2 包边式带束层示意

2.3 不对称带束层

不对称带束层^[6]具体结构见图 3,该带束层由相当于胎面宽度 1. 15~1. 35 倍的折叠层和一层与之相配合的覆盖层构成,覆盖层在折叠层边缘之间形成的空隙上延伸。通过采用折叠层,能

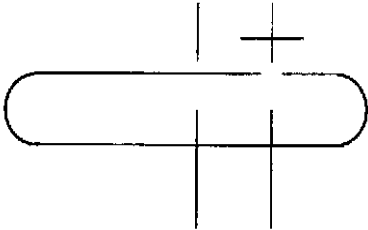


图 3 不对称带束层示意

够有效避免在带束层边缘区域产生脱层的危险,提高轮胎的操纵性和行驶稳定性,因此主要用于高速行驶的车辆轮胎。

2.4 不同材料和结构组合的带束层

Weiss 等^[7]为提高高速性能、改善乘坐舒适性及降低滚动阻力等,利用三维有限元模型从多方面分析了不同材料和结构组合的5种带束层(结构见图4)对轮胎质量、成本、高速耐久性能、乘坐舒适性和滚动阻力等的影响,发现图4(c)结构具有较好的高速性能和乘坐舒适性,但产生的滚动阻力较图4(a)稍大;通过计算发现,带束层宽度、带束层折叠边宽度、胎冠中心部位的增强层、花纹深度和帘线角度等都能对滚动阻力产生较大影响。

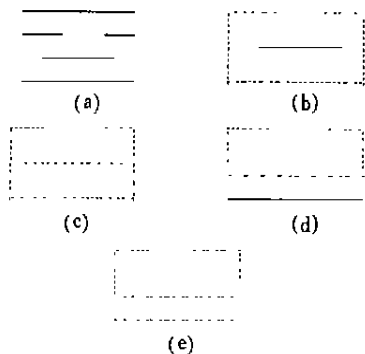


图4 不同材料和结构组合的5种带束层
—尼龙; - - - 钢丝; ··· 芳纶

3 带束层宽度和帘线角度

3.1 带束层宽度

由于子午线轮胎胎肩部位一直是质量问题多发点之一,因此带束层宽度成为研究热点,其对轮胎滚动阻力和乘坐舒适性等都有影响。闫相桥等^[8]应用自己研制的轮胎结构有限元分析软件探讨了载重子午线轮胎带束层宽度的优选问题,通过对带束层端点、胎体反包端点、胎肩附近单元的应力分析参数及胎圈附近胎体张应力和带束层张力的综合分析,选出了一种最优宽度带束层。

3.2 带束层帘线角度

3.2.1 对轮胎充气轮廓形状的影响^[9]

我们利用ANSYS力学分析仿真软件,仅改变带束层帘线角度(从 17° 逐渐增至 23°),得到充气轮胎断面宽和轮胎外径随带束层帘线角变化的

趋势(分别见图5和6)^[9]。仿真结果表明:对于所模拟的轮胎,带束层帘线角度每增加 1° ,充气轮胎断面宽就减小 0.2 mm (近似呈线性递减趋势),充气轮胎外径增加约 0.3 mm 。这主要是由于随着带束层帘线角度的增加,模量较大的帘线受力减小,带束层帘线与帘线之间的纵向拉力增大,导致带束层受力后更加偏斜,对胎体的横向约束作用增大,而周向约束作用降低,故断面宽减小、外径增大。由此可见,轮胎速度级别越高,带束层角度越宜减小。

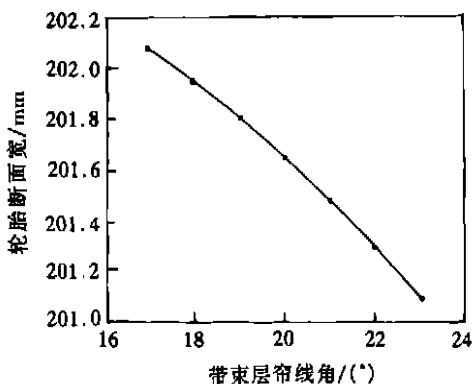


图5 轮胎断面宽随带束层帘线角变化趋势

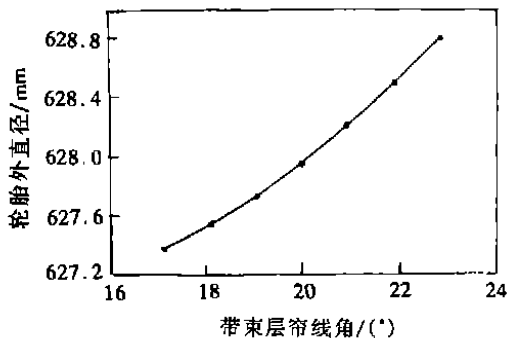


图6 轮胎外径随带束层帘线角变化趋势

3.2.2 对垂直载荷下轮胎应力的影响^[9]

利用与前述相同的仿真方法,对带束层帘线角 $17^\circ \sim 23^\circ$ 范围内的6种情况进行仿真计算,所得结果见图7。从图7可以看出,带束层帘线角减小,则第一主应力的最大值也减小,当减小至 18° 以下时,第一主应力的最大值减小幅度趋于平缓。

4 结论

带束层是子午线轮胎的重要组成部分之一,

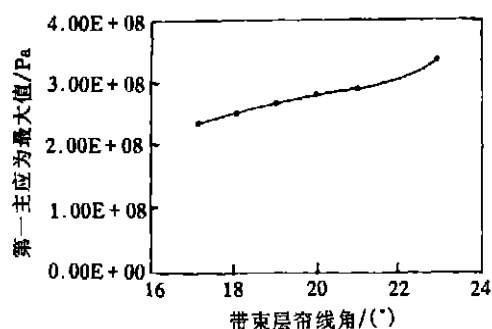


图7 第一主应力最大值随带束层帘线角变化趋势

本文重点从其材料、结构形式、宽度和帘线角三个方面探讨了其对轮胎性能的影响。既具有高模量、高强度、耐高温、变形小的刚性,又具有相对密度小、耐疲劳及耐剪切等柔性的材料能提高轮胎性能;不同的带束层结构适合于不同的轮胎,叠层式多用于载重轮胎,不对称式主要用于高速行驶的车辆轮胎,包边式带束层多用于轿车子午线轮胎,不同材料和结构组合的带束层主要用来提高轮胎的综合性能。利用ANSYS力学分析仿真软件研究带束层帘线角在 $17^{\circ} \sim 23^{\circ}$ 之间变化时对轮胎充气轮廓形状和垂直负荷下轮胎应力的影响,仿真结果表明,对于所模拟的轮胎,带束层帘线角

度每增加 1° ,其充气断面宽就减小0.2 mm(近似呈线性递减趋势),其充气外直径增加约0.3 mm;带束层帘线角减小,则第一主应力的最大值也减小,但减小至 18° 以下时减小幅度趋于平缓。

参考文献:

- [1] 彭 迈,林惠音,俞 淇. 轮胎结构设计[M]. 广州:华南理工大学,1992. 90.
- [2] 梁守智,谢遂志. 充气轮胎理论基础[M]. 北京:北京橡胶工业研究设计院,1990. 47.
- [3] 高称意. 我国轮胎帘布行业的发展历程与现状[J]. 橡胶工业,1999, 46(9): 558-563.
- [4] 潘 玮,李 戎,段菊兰. 各种轮胎帘子线纤维的发展[J]. 纺织导报,1999, (5): 91-93.
- [5] 杨邦正. 带束层不对称的子午胎[J]. 轮胎工业,1990, 10(4): 42-43.
- [6] Weiss M, Tsujimoto S, Yoshinaga H. Belt construction optimization for tire weight reduction using the finite element method[J]. Tire Science and Technology, 1993, 21(2): 120-134.
- [7] 闫相桥,乌大琨,王友善,等. 轮胎结构有限元分析应用于轮胎结构优选. II. 带束层宽度的优选[J]. 轮胎工业,2000, 20(6): 337-344.
- [8] 杨卫民. 子午线轮胎的三维非线性有限元分析和性能仿真的研究[D]. 北京:北京化工大学机电工程学院,1998.

收稿日期:2001-09-08

Influence of belt on tire performance

LIU Yong, YANG Wei-min

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: The influence of belt on the performance of radial tire was investigated in terms of the material (with the emphasis on steel and polyamide etc.), structure (e. g. laminate type, edge-folded type and asymmetric type), width and cord running angle of belt ply. And the inflated tire profile and the stress of tire under normal load were studied as a function of cord running angle of belt by ANSYS simulation software package. The results showed that for the simulated tire, the cross-sectional width of inflated tire decreased by 0.2 mm and its overall diameter increased by 0.3 mm once the cord running angle of belt increased by 1° ; and the maximum primary stress reduced as the cord running angle of belt decreased.

Keywords: radial tire; belt structure; cord running angle; simulation

启事 第一届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文集及第十和十一届全国轮胎技术研讨会论文集尚有部分剩余,每本售价100元。如有需要者,请与本刊编辑部张川联系。电话:(010) 68156717。