

应用理论

低断面轿车子午线轮胎 PDEP-S 设计理论

何晓玫 刘天臣 吴桂忠

(化工部北京橡胶工业研究设计院 100039)

摘要 PDEP-S 设计理论是在 PDEP 设计理论的基础上发展、完善而成的。用 PDEP-S 设计理论可使轮胎设计进一步优化,从而改善轮胎的使用性能。PDEP-S 与 PDEP 设计理论的区别是:它在轮廓设计中把轮胎的预应力和动平衡轮廓两者有机地结合起来,深入地研究了轮胎的带束层、胎体和胎圈的应力分担率,在使其各部件充分发挥其作用的条件下,优化设计出最佳轮廓并使其使用性能提高。

关键词 轿车子午线轮胎,低断面,PDEP-S 设计理论

传统的轮胎轮廓设计是根据“自然平衡轮廓”来实现的。它强调轮胎的充气状态,胎体应力均匀分布在自然平衡轮廓上。因此“自然平衡轮廓”可以用方程来表示。运用这种方法设计轮胎已超过 50 年,但它不能充分模拟轮胎的使用状态。能够充分模拟充气轮胎使用状态的非自然平衡轮廓已从 80 年代后期逐步开始应用。例如最佳滚动轮廓设计理论(RCOT)^[1]、最佳张力控制理论(TCOT)^[2]等,它们均采用三维非线性有限元分析程序模拟轮胎在使用状态下的非自然平衡轮廓,尤其突出对带束层及胎圈的模拟。

PDEP 设计理论^[3]是以轮胎的预应力轮廓和动平衡轮廓为设计基准,充分考虑了轮胎在动态条件下的变形情况,其核心内容是通过改变模型内胎体轮廓线的形状来实现对带束层和胎圈施加张力,使其在动态下达到最佳平衡状态。我们不难发现,PDEP 设计理论是通过改变胎体轮廓线达到非自然平衡状态,但它无法控制带束层和胎圈受力的分担率。因此,通常表现为带束层在胎肩部位应力更大,而在胎圈部位应力也将提高。非

均匀分布的受力可使轮胎的使用性能得到提高,但并未使轮胎的主要受力部件充分发挥其作用。因此,我们深入研究了自然平衡轮廓和非自然平衡轮廓的压力分担率,从而对 PDEP 设计理论进行了较大的改进,使其优化结果更接近轮胎的使用轮廓和受力状态。

1 PDEP-S 设计理论

所谓 PDEP-S 设计理论,即预应力和动平衡轮廓设计理论——第二代(英文:Pre-stressed and Dynamic Equilibrium Profile——Second)。PDEP-S 设计理论是在 PDEP 设计理论的基础上,以低断面轿车子午线轮胎的压力分担率为出发点,充分考虑轮胎动态变形的前提下,使轮胎各受力部件更有效地发挥其功效。其核心内容是在不改变模型内胎体轮廓线的形状来实现对带束层和胎圈施加压力的同时,控制带束层和胎体及胎圈部分的压力分担率,使其在动态下达到最佳平衡轮廓。采用 PDEP-S 设计理论,可以提高轮胎的高速耐久性并降低滚动阻力。

2 PDEP-S 设计理论的应用

PDEP-S 设计理论的工作程序与 PDEP 设计理论相似,只是在参数控制上增加了压力分担率 τ 指标。其设计原理见参考文

作者简介 何晓玫,女,1963 年出生。高级工程师。主要从事轮胎结构设计和轮胎力学性能的研究。曾获 1996 年国家科技进步二等奖、1995 年化工部科技进步二等奖和 1995 年贵阳市科技进步二等奖。已发表论文 20 篇。

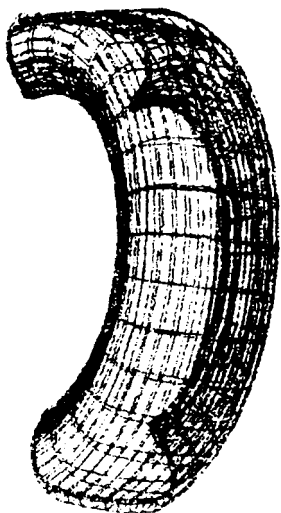


图 4 205/60R15 三维实体模型

制了翘曲,提高了轮胎吸收冲击的能力,同时也减少了行驶时的不规则振动。

3.3 胎体帘线张力变化及胎圈张力变化

图 7 所示为胎体帘线张力和胎圈张力变化曲线。由图中我们不难发现,胎体帘线张力明显比传统自然平衡轮廓张力减小,而在胎圈部张力较自然平衡轮廓大。其结果相当于增大加强胶的压力分担率,减少胎侧下部的膨胀,这与 PDEP 设计理论中作用于胎圈预应力是一致的。由于胎侧部位张力的降低,使轮胎的纵向弹簧常数减小,难以传递乘坐舒适性。

3.4 轮胎的接触变形

轮胎在垂直负荷的作用下,其在接地长

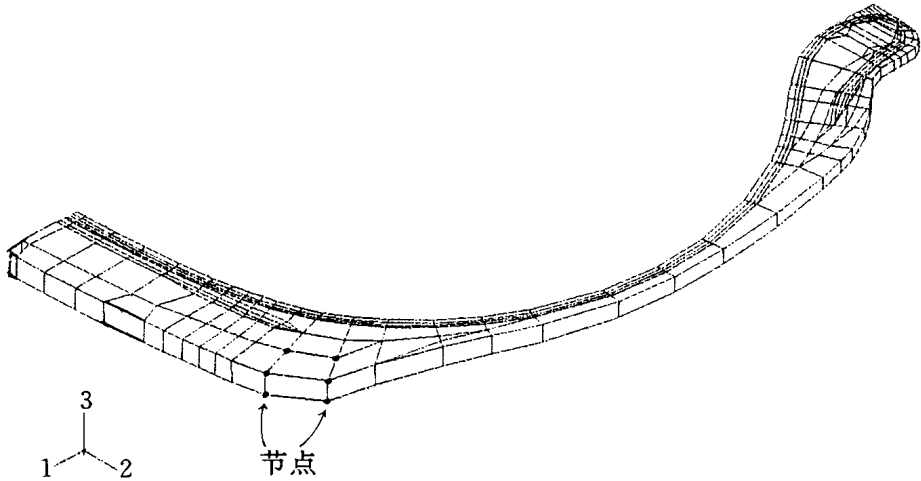


图 5 一个角度间隔的模型

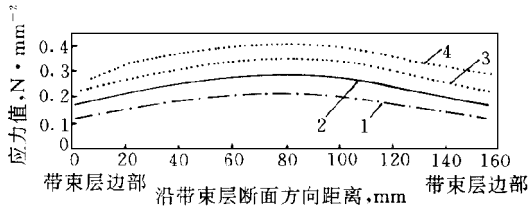


图 6 带束层全宽上所受主应力

1— $\tau_0 = 0.4$; 2— $\tau_0 = 0.5$;
3— $\tau_0 = 0.6$; 4— $\tau_0 = 0.7$

轴方向上的变形是随负荷的增加而增大,而在长轴的两侧变形是对称的(见图 8)。我们

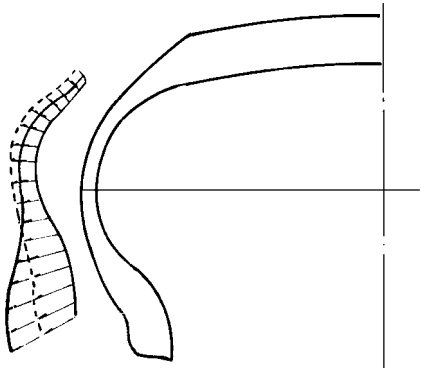


图 7 胎体与胎圈张力图

- - - 传统设计; ---- PDEP-S 设计

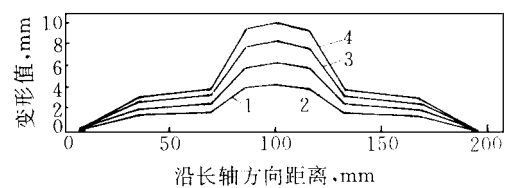


图 8 轮胎在接地长轴方向的变形

1— $\tau_0 = 0.4$; 2— $\tau_0 = 0.5$;
3— $\tau_0 = 0.6$; 4— $\tau_0 = 0.7$

不难发现，在垂直负荷作用下，接地地区变形较大，而且冠部出现明显的翘曲现象。我们通过对不同模型模拟的翘曲现象来分析轮胎的受力，改善其结构设计，从而达到优化设计。

3.5 滚动阻力分析

轮胎的滚动阻力是当今轮胎力学研究的重要课题之一。滚动阻力的影响因素是多种多样的。我们这里只将有限元分析的结果代入滚动阻力的计算公式，对比 PDEP-S 设计理论与传统设计理论的差别。其前提条件是假定轮胎的温度在各种速度下为一定值。

众所周知，轮胎的滚动阻力与负荷成正比，滚动阻力系数一般为定值。因为轮胎的下沉量也与负荷成正比，所以滚动阻力与下沉量成正比。

有效滚动半径的计算公式为：
$$R = 0.9544 R_0 - 0.0812 d - 1.03562 d^2 / R_0$$

式中 R_0 ——自由半径；
 d ——下沉量。

将有限元分析计算出的不同负荷下传统设计和 PDEP-S 设计理论的下沉量的值代入上述公式计算，得出如图 9 所示的曲线。

由图中我们发现，有效滚动半径随着下沉量的增大而减小，有效滚动半径的减小，意味着滚动阻力增大，因为滚动阻力与滚动半径成反比。而 PDEP-S 设计理论在下沉量相同时，其有效滚动半径比传统设计大，因而 PDEP-S 设计理论能更有效地改善轮胎的滚动性能。

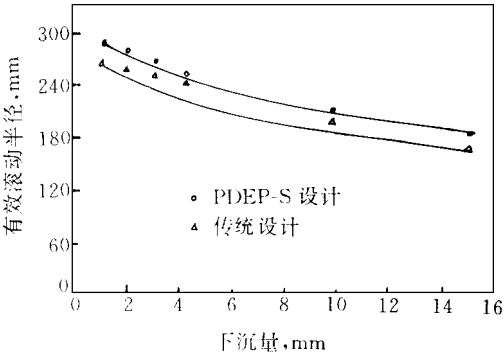


图 9 有效滚动半径与下沉量的关系曲线

4 结论

分析和使用结果表明，低断面轿车子午线轮胎应用 PDEP-S 设计理论具有以下优点：

(1) 低断面轿车子午线轮胎与其它系列轮胎相比，其胎侧高度小，断面宽度大，因此在设计和分析时重点考虑各部件的压力分担率，使带束层的压力分担率增大，胎侧部压力分担率减小，从而改变了轮胎的肩部设计，提高了轮胎的接地性，改善了乘坐舒适性。

(2) 三维非线性有限元程序的应用，使我们的设计有了直接明确的检验手段，并可通过有限元分析结果判断其设计的可靠性，缩短了信息的反馈时间，同时可在生产前进行优化，还大大提高了设计质量。

(3) PDEP-S 设计理论与 PDEP 设计理论的最大区别是：带束层的压力分担率增大，胎侧压力分担率减小，胎圈处压力分担率增大。其相同点是：轮辋设计宽度保持一致，行驶面宽度比传统设计窄；胎肩轮廓线向内，而胎圈轮廓线向外。使用性能上提高了乘坐舒适性，降低了轮胎的滚动阻力。

参考文献

1 Yamagishi K et al. A study on the contour of the radial

tire:Rolling Contour Optimization Theory——ROCT. Tire Science and Technology,1987; 15(1):1~30

2 王维秋. 轮胎结构力学第七讲. 轮胎力学理论的发展

现状(上). 轮胎工业,1993;(8):19~26

3 何晓玫等. 低断面轿车子午线轮胎 PDEP 设计理论. 橡胶工业,1995;(2):67~71

第九届全国轮胎技术研讨会论文

PDEP-S Design Concept of Low Aspect Ratio Radial Passenger Tire

He Xiaomei, Liu Tianchen and Wu Guizhong

(Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry 100039)

Abstract The PDEP-S design concept is developed on the basis of the PDEP design concept. The tire design is optimized further and the tire performance is improved with PDEP-S. PDEP-S is different from PDEP in that the prestress of tire is combined with the dynamically equilibrium contour by using the PDEP-S design concept, and the pressure shares in belt, carcass and bead area are adequately considered to make them work perfectly resulting in optimized contour and improved performance.

Keywords radial passenger tire, low aspect ratio, PDEP-S design concept

国外动态

普利司通-费尔斯通推出 Z 速度级 Firehawk SZ50 轮胎

美国《现代轮胎商》1996 年 77 卷 7 期 30 页报道:

新型 Firehawk SZ50 超高性能轮胎是普利司通-费尔斯通综合了其赛车轮胎技术和城市轿车轮胎研究成果研制而成的。这种轮胎采用了以下 3 项专利技术:

(1) CO-CS (计算机优化部件系统)。通过计算获得胎面花纹、原材料和轮胎形状的理想组配,使各项使用性能达到最佳平衡。

(2) O 形胎圈。轮胎外轮形状更均匀,便于安装到轮辋上,而胎圈里面有一连续长钢

线。使用 O 形胎圈可以提高乘坐舒适性。

(3) L.L 炭黑 (长链炭黑)。轮胎补强材料采用长链炭黑,炭黑长链取代了耐磨性能较差的群集体。

胎面花纹采用可降低噪声的交错花纹块,带有主孔的刀槽花纹可保证在胎面整个使用寿命期内有均匀一致的湿牵引性能。

SZ50 正在取代 Firehawk SZ,目前有从 P225/60ZR15 到 P285/40ZR17 的共 11 种规格。1997 年 1 月将增加更多的规格。SZ50 是为了与固特异的 Eagle GS-C, BF 固特里的 Comp T/A ZR, 米其林的 Pilot SX MXX3 和最近推出的倍耐力 W 速度级的 P7000 竞争而设计的。

(萧 仪摘译)