

轿车轮胎接地印痕有限元优化分析

周洁, 陈建国, 罗吉良, 白雅

(广州市华南橡胶轮胎有限公司, 广东 番禺 511400)

摘要:以 60 系列不同断面宽的轿车轮胎为研究对象, 利用有限元方法研究轮胎外轮廓设计参数胎面第 1 段弧半径(R_1)、第 2 段弧半径(R_2)和胎冠弧度高(h)对轮胎接地印痕的影响。结果表明, R_1 值取约为断面宽的 3 倍为佳, R_2 和 h 取值越大, 轮胎的接地印痕越好, 但 h 的取值最好为 8 或 8.5 mm。该研究可为轿车轮胎接地印痕优化提供参考依据。

关键词:轿车轮胎; 接地印痕; 优化; 外轮廓设计; 有限元分析

中图分类号: TQ336.1⁺1; O241.82 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-8171(2013)05-0270-08

汽车与地面的作用是通过轮胎来实现的。轮胎性能对车辆的乘坐舒适性、操纵性和安全性有重要影响, 并决定汽车与地面之间负荷传递的特性^[1-2]。接地印痕是轮胎承受负荷后与地面接触而形成的印迹, 其形状及压力分布不仅影响轮胎的磨损、耐久、抓着力、湿滑及安全等性能, 还直接影响到车辆的承载、牵引和操控性能。接地印痕是评判轮胎性能的重要因素之一, 在设计中占有重要的地位^[3]。因此, 在进行结构设计时, 采用有限元分析软件对轮胎进行接地印痕仿真分析可为轮胎设计提供有力的参考。

随着有限元计算方法的不断完善和计算机性能的飞速提高, 在轮胎设计中引入有限元分析来进行结构优化的方法已被广泛使用, 而有限元分析结果也可可为轮胎设计者提供许多预测信息^[4]。

本工作以 60 系列轿车轮胎为研究对象, 充分运用轮胎接地印痕有限元分析模型, 对该系列不同断面宽的 3 个规格进行大量的接地印痕仿真分析工作, 通过分析结果来研究轮胎外轮廓设计的改变对轮胎接地印痕的影响规律, 以期对轿车轮胎接地印痕优化提供参考。

1 研究方案

在轮胎外轮廓设计中, 对轮胎接地印痕影响最直接的是轮胎的胎面弧线。按照我公司轮胎外

轮廓设计方法, 胎面弧线主要由 3 个参数, 即第 1 段弧半径(R_1)、第 2 段弧半径(R_2)和胎冠弧度高(h)决定, 并有以下规律: R_1 越大, 胎面弧线越高, R_2 和 h 越小, 胎面弧线越高, 反之亦然。

因此, 确定研究方案为通过改变 R_1 , R_2 和 h 这 3 个参数来修改轮胎的外轮廓设计, 分析这 3 个参数的改变对轮胎接地印痕的影响, 且主要以单个参数的变化来分析其影响。

由于轿车轮胎规格分类繁多, 仅选取一二个规格来研究轮胎外轮廓设计的 3 个参数的改变对其接地印痕的影响规律是不可能的, 也是不符合实际的。因此, 将研究面缩小, 仅以 60 系列不同断面宽的轿车轮胎来研究外轮廓设计参数 R_1 , R_2 和 h 的改变对该系列轮胎接地印痕的影响。

2 结果与讨论

本工作以 60 系列断面宽为 195, 225 和 235 mm 的轿车轮胎为研究对象, 轮胎接地印痕有限元分析如下。

2.1 断面宽为 195 mm 的轮胎

R_1 , R_2 和 h 分别变化的断面宽为 195 mm 的轮胎接地印痕分别如图 1~3 所示。

(1) $R_2 = 200$ mm, $h = 8$ mm, R_1 分别为 500, 550, 600, 650, 700 和 780 mm 时, 最大应力分别为 0.376 5, 0.354 8, 0.343 9, 0.351 1, 0.355 6 和 0.366 8 MPa。

(2) $R_1 = 600$ mm, $h = 8$ mm, R_2 分别为

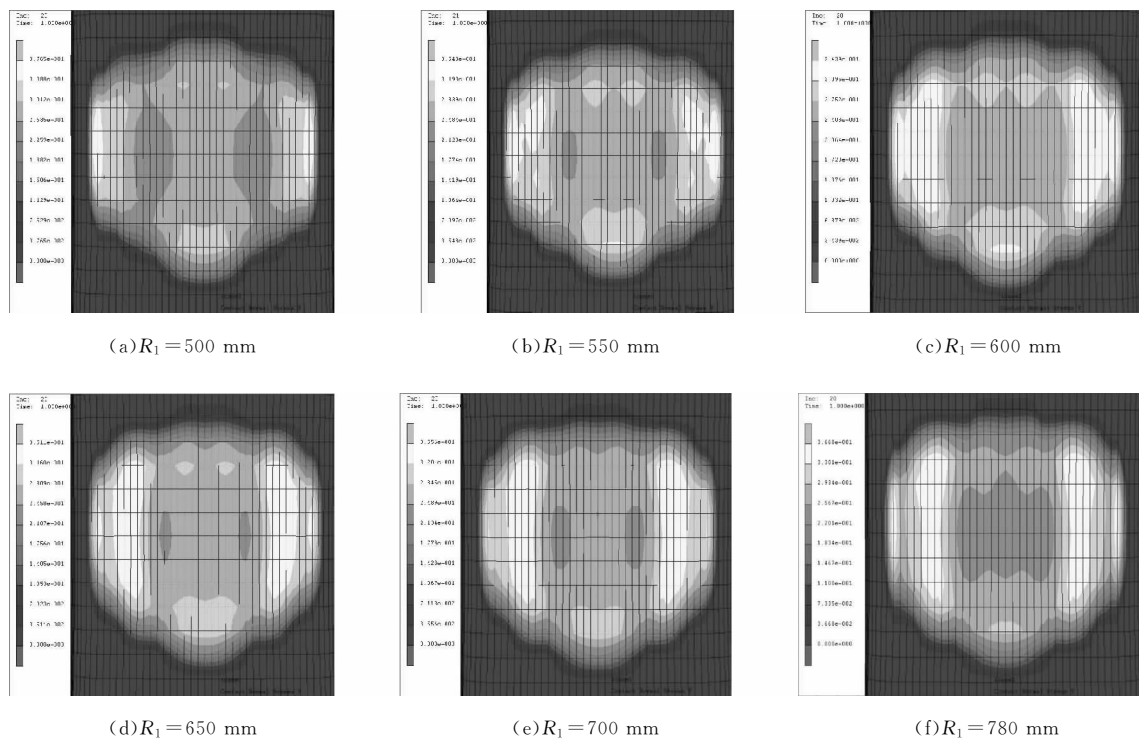


图1 R_1 变化的断面宽为 195 mm 的轮胎接地印痕 ($R_2 = 200$ mm, $h = 8$ mm)

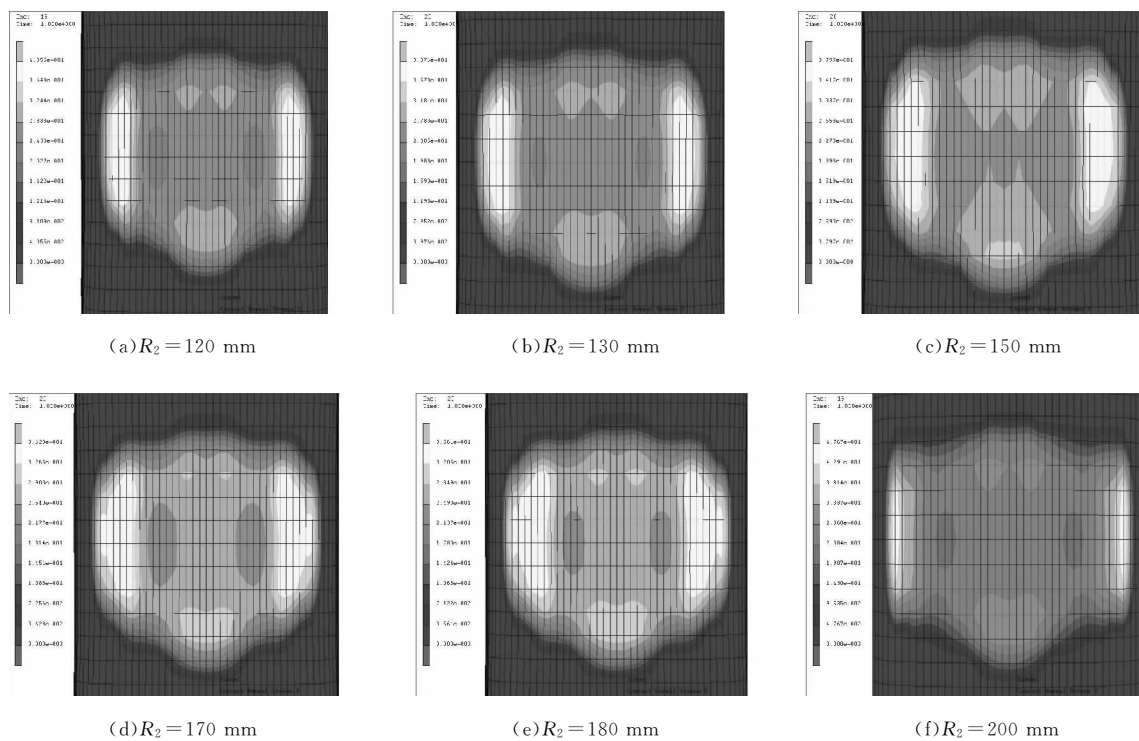


图2 R_2 变化的断面宽为 195 mm 的轮胎接地印痕 ($R_1 = 600$ mm, $h = 8$ mm)

120, 130, 150, 170, 180 和 200 mm 时, 最大应力分别为 0.405 5, 0.397 6, 0.379 7, 0.362 8, 0.356 1 和 0.343 9 MPa。

(3) $R_1 = 600$ mm, $R_2 = 200$ mm, h 分别为 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5 和 9 mm 时, 最大应力分别为 0.476 7, 0.423 1, 0.379 7, 0.343 9, 0.347 6 和

0.357 9 MPa。

2.2 断面宽为 225 mm 的轮胎

R_1, R_2 和 h 分别变化的断面宽为 225 mm 的

轮胎接地印痕分别如图 4~6 所示。

(1) $R_2=200$ mm, $h=8$ mm, R_1 分别为 600, 650, 730, 800 和 880 mm 时, 最大应力分别为

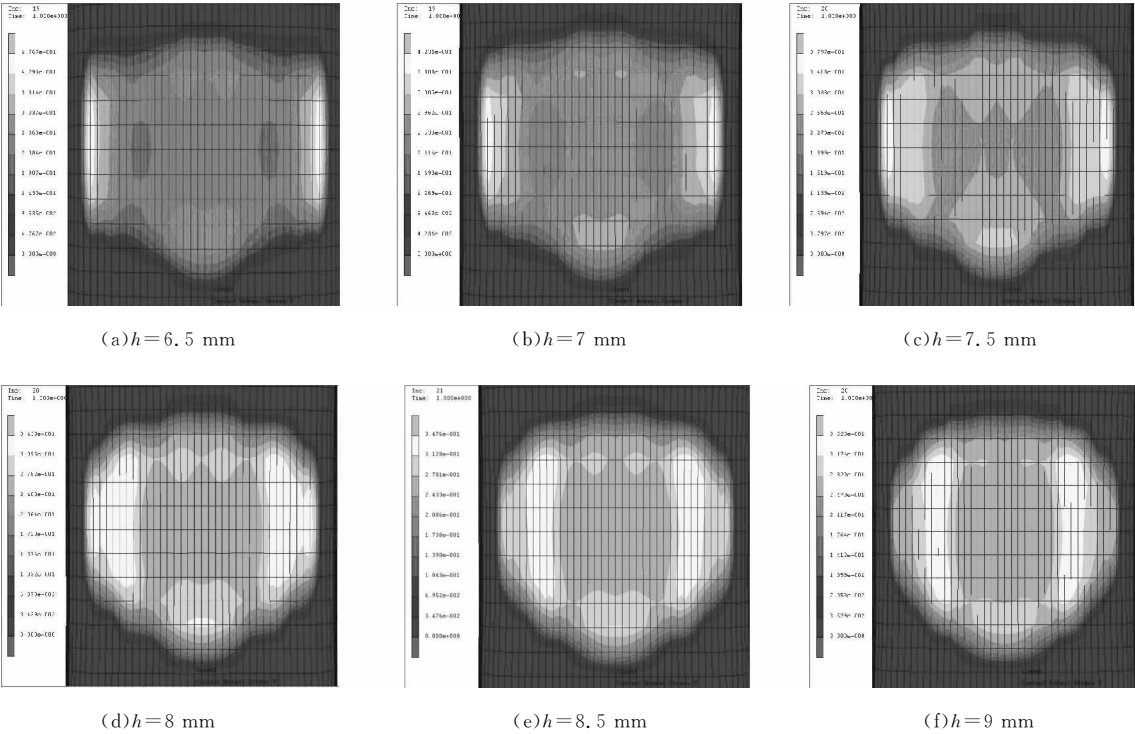


图 3 h 变化的断面宽为 195 mm 的轮胎接地印痕 ($R_1=600$ mm, $R_2=200$ mm)

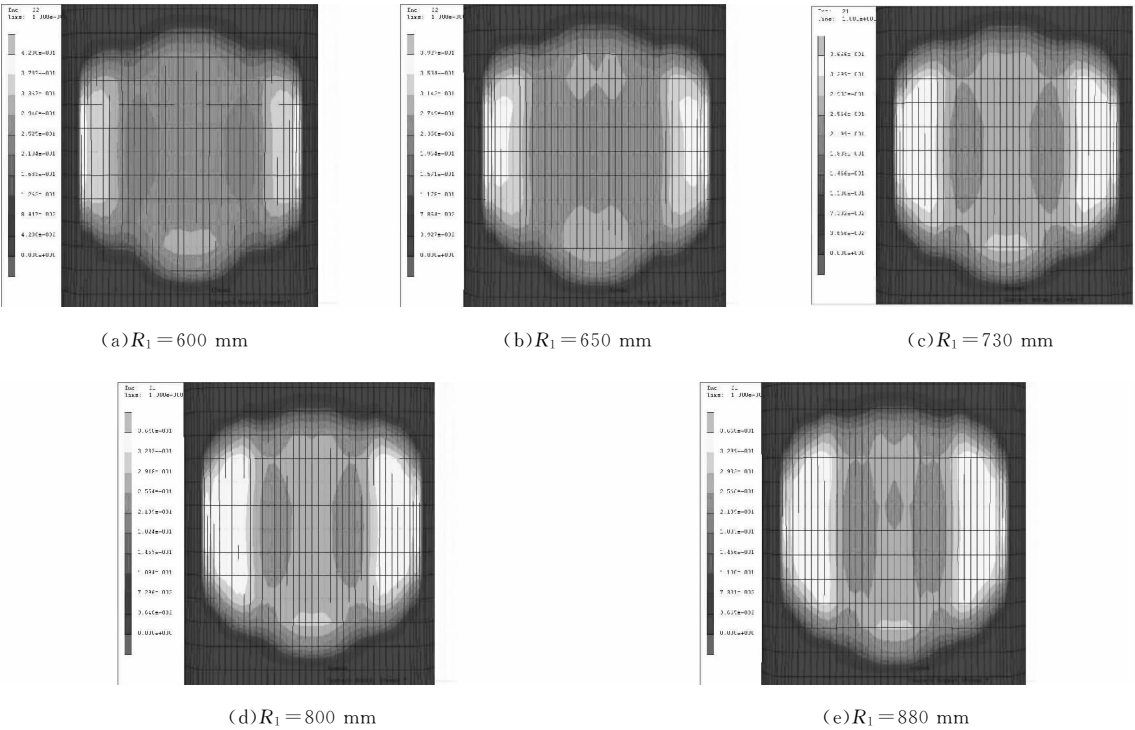


图 4 R_1 变化的断面宽为 225 mm 的轮胎接地印痕 ($R_2=200$ mm, $h=8$ mm)

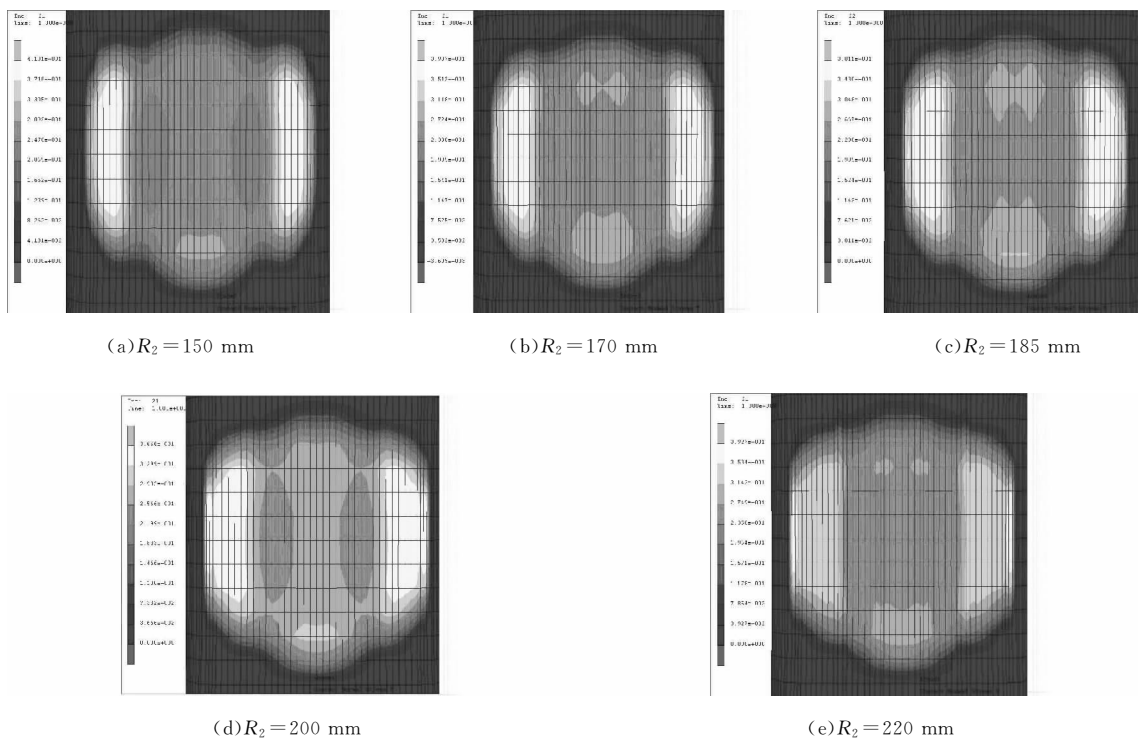


图 5 R_2 变化的断面宽为 225 mm 的轮胎接地印痕 ($R_1=730$ mm, $h=8$ mm)

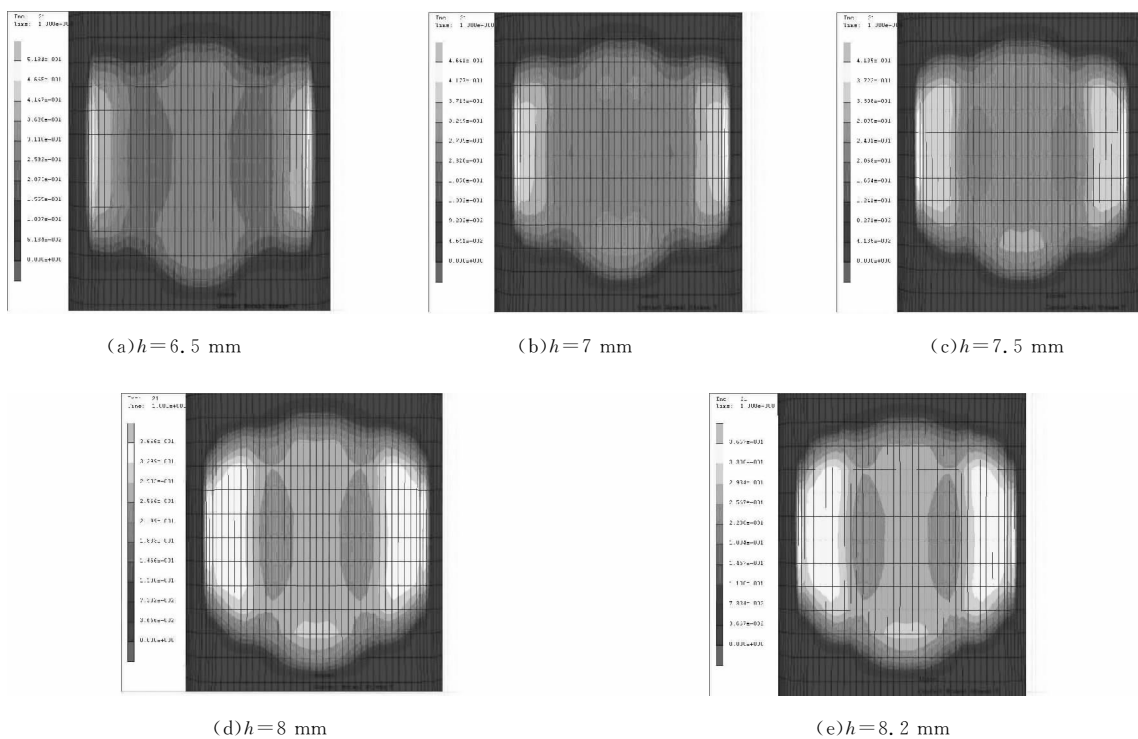


图 6 h 变化的断面宽为 225 mm 的轮胎接地印痕 ($R_1=730$ mm, $R_2=200$ mm)

0.420 8, 0.392 7, 0.366 6, 0.364 8 和 0.366 5 MPa。

170, 185, 200 和 220 mm 时, 最大应力分别为 0.413 1, 0.390 7, 0.381 1, 0.366 6 和 0.392 7 MPa。

(2) $R_1=730$ mm, $h=8$ mm, R_2 分别为 150,

(3) $R_1=730\text{ mm}$, $R_2=200\text{ mm}$, h 分别为 6.5, 7, 7.5, 8 和 8.5 mm 时, 最大应力分别为 0.518 4, 0.464 1, 0.413 5, 0.366 6 和 0.366 7 MPa。

2.3 断面宽为 235 mm 的轮胎

R_1 , R_2 和 h 分别变化的断面宽为 235 mm 的轮胎接地印痕分别如图 7~9 所示。

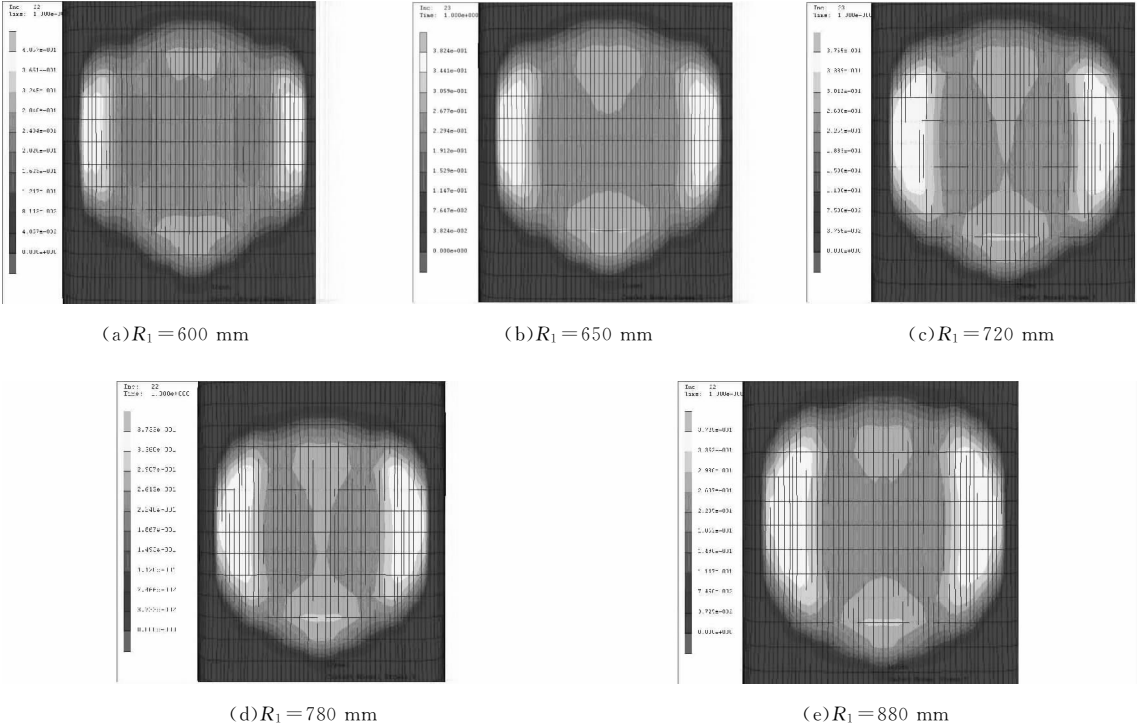


图7 R_1 变化的断面宽为 235 mm 的轮胎接地印痕 ($R_2=220\text{ mm}$, $h=8.5\text{ mm}$)

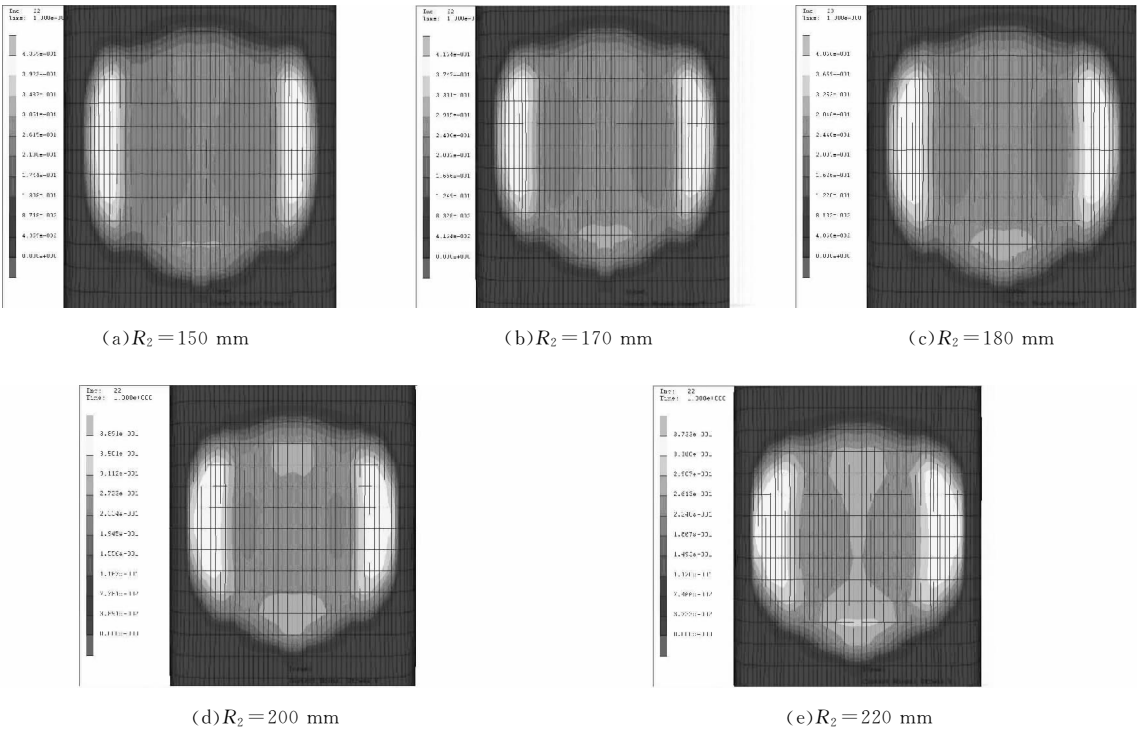


图8 R_2 变化的断面宽为 235 mm 的轮胎接地印痕 ($R_1=780\text{ mm}$, $h=8.5\text{ mm}$)

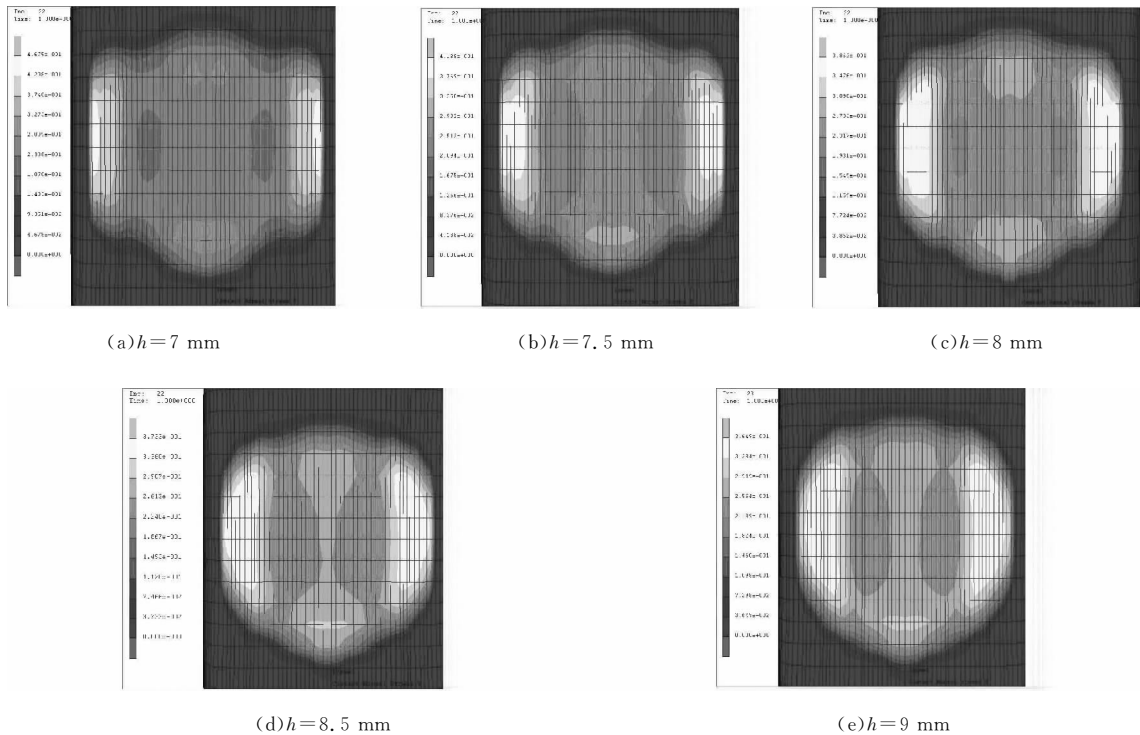


图 9 h 变化的断面宽为 235 mm 的轮胎接地印痕 ($R_1=780$ mm, $R_2=220$ mm)

(1) $R_2=220$ mm, $h=8.5$ mm, R_1 分别为 600, 650, 720, 780 和 880 mm 时, 最大应力分别为 0.405 7, 0.382 4, 0.376 5, 0.373 3 和 0.372 5 MPa。

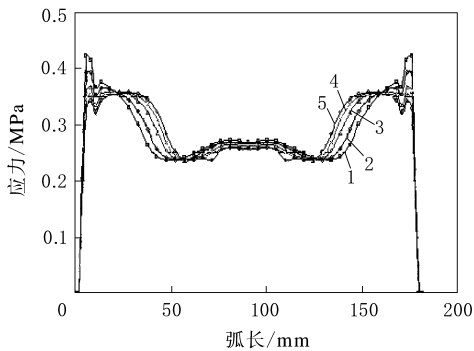
(2) $R_1=780$ mm, $h=8.5$ mm, R_2 分别为 150, 170, 180, 200 和 220 mm 时, 最大应力分别为 0.435 9, 0.416 4, 0.406 6, 0.389 1 和 0.373 3 MPa。

(3) $R_1=780$ mm, $R_2=220$ mm, h 分别为 7, 7.5, 8, 8.5 和 9 mm 时, 最大应力分别为 0.465 7, 0.418 8, 0.386 2, 0.373 3 和 0.364 9 MPa。

为了方便看出随着轮胎外轮廓设计中 3 个参数 R_1 , R_2 和 h 的变化轮胎接地印痕的变化情况, 选取轮胎接地印痕的中部曲线为路径, 绘出中部节点应力曲线进行对比。

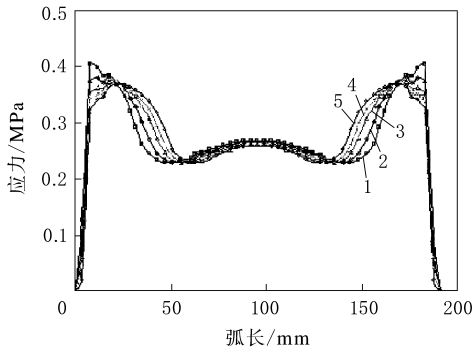
以断面宽分别为 225 和 235 mm 的两种轮胎为例, 其接地印痕中部节点应力曲线如图 10~12 所示。

从图 10~12 可以明显看出, 对于 60 系列断面宽分别为 225 和 235 mm 的两种轮胎, 随着 R_1 , R_2 和 h 取值的增大, 轮胎的肩部应力是逐渐变小的, 轮胎的接地应力分布也会更均匀。



1~5— R_1 分别为 600, 650, 730, 800 和 880 mm。

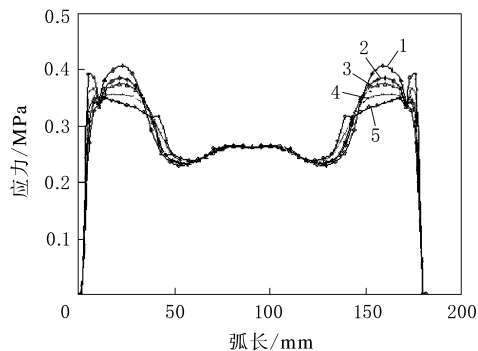
(a) 断面宽为 225 mm



1~5— R_1 分别为 600, 650, 720, 780 和 880 mm。

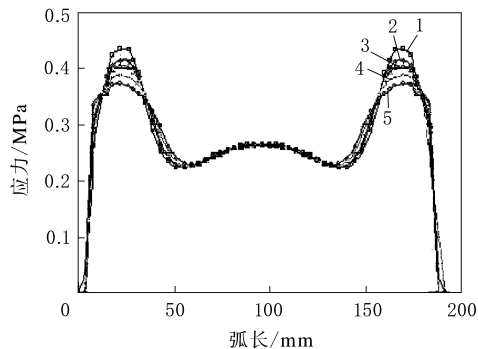
(b) 断面宽为 235 mm

图 10 R_1 变化时轮胎接地印痕中部节点应力曲线对比



1~5— R_2 分别为 150,170,185,200 和 220 mm。

(a)断面宽为 225 mm



1~5— R_2 分别为 150,170,180,200 和 220 mm。

(b)断面宽为 235 mm

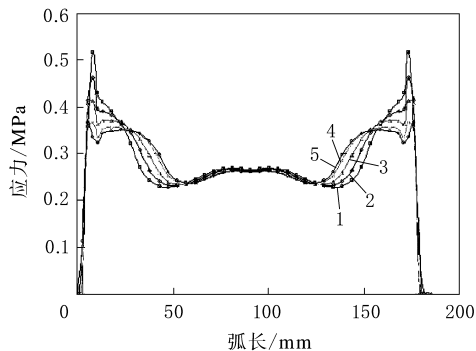
图 11 R_2 变化时轮胎接地印痕中部节点应力曲线对比

3 结论

判断轮胎接地印痕的好坏需要综合考虑轮胎的接地形状以及接地压力分布情况。对不同性能要求的轮胎,其接地印痕形状的要求会有一些差异。但一般情况下,要求其接地压力分布均匀,且数值偏小。

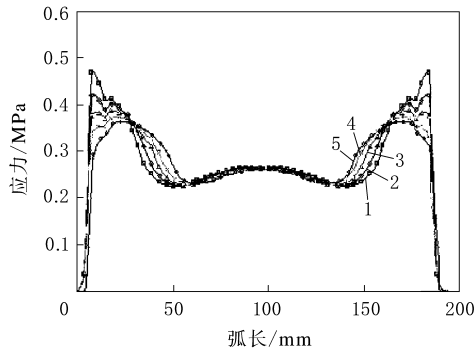
根据上述大量的轮胎接地印痕有限元分析结果可得出 60 系列所选规格的 R_1 , R_2 和 h 取值的改变对轮胎接地印痕的影响规律。

(1)并非 R_1 取值越大,轮胎的接地印痕就越好,而是取断面宽的 3~3.3 倍为佳,例如,断面宽为 195,225 和 235 mm 时,相应的 R_1 分别为 600, 730 和 780 mm,此时轮胎的接地压力分布均匀且最大接地压力值较小,轮胎接地印痕的形状也较好。



1~5— h 分别为 6.5,7,7.5,8 和 8.2 mm。

(a)断面宽为 225 mm



1~5— h 分别为 7,7.5,8,8.5 和 9 mm。

(b)断面宽为 235 mm

图 12 h 变化时轮胎接地印痕中部节点应力曲线对比

(2) R_2 和 h 取值越大,轮胎的接地印痕就越好,但 h 的取值最好为 8 或 8.5 mm, h 值再增大,轮胎的接地印痕并不会变得更理想。

尽管本研究所做的分析工作量很大,但仍没有包括所有断面宽的轿车轮胎,覆盖面还是有限的,因此所总结规律的通用性需要进一步验证,但对轮胎结构设计人员有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 刘勇,杨卫民. 轮胎材料与结构的研究进展[J]. 轮胎工业, 2002,22(3):131-135.
- [2] 许喆,王伟,赵树高. 静态及滚动状态下轮胎接地印痕的有限元分析[J]. 弹性体,2008,18(6):13-18.
- [3] 周涛,陈建国,陈忠茂,等. 跑气保用轮胎接地印痕的有限元分析与优化[J]. 轮胎工业,2010,30(10):592-596.
- [4] 俞淇,丁剑平,张安强,等. 子午线轮胎结构设计与制造技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

Finite Element Optimization Analysis on Passenger Car Tire Footprint

ZHOU Jie, CHEN Jian-guo, LUO Ji-liang, BAI Ya

(Guangzhou South China Rubber & Tire Co., Ltd, Panyu 511400, China)

Abstract: Taking 60 series passenger car tire with different section width as study object, the influence of tire contour design parameters including R_1 (radius of the first arc of tire tread), R_2 (radius of the second arc) and h (arc height of the tire crown) on the tire footprint was investigated by finite element analysis method. The results showed that, the bigger the R_2 and h values were, the better the tire footprint was. The optimum R_1 was approximately 3 times of the section width, and the preferred h value was 8 or 8.5 mm. This study could provide a reference for the optimization of passenger car tire footprints.

Key words: passenger car tire; footprint; optimization; contour design; finite element analysis

TIA 认为 TPMS 法规加重零售商的负担

中图分类号: TQ336.1 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2013年1月23日报道:

轮胎工业协会(TIA)就管理灵活性法案610节对小企业的经济影响向美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)提交意见。

具体而言, TIA 评论联邦机动车辆安全标准(FMVSS)的49 CFR 571.138[规定轿车和轻型载重轮胎压力监测系统(TPMS)]。TIA 的意见集中在必须包含在使用手册中的书面说明部分。TIA 觉得这个要求不合适, 该要求不能很好地解释不同的 TPMS 指示器或指导消费者定期维修。结果是这些任务都留给那些必须提供此信息的轮胎零售商。

TIA 的执行副总裁 Roy Littlefield 称: “作为一个行业, 我们接受 TPMS 及其产生的对轮胎服务商的挑战, 我们的成员企业均在工具和培训上投入数千美元以为所有品牌和型号的产品服务。因此我们觉得汽车制造商必须做好他们的那部分, 即通过驾驶教育发挥更大的作用。通过在用户手册上添加 TPMS 警告标识和维修费用, NHTSA 可以缓解小企业的负担”。

同时 TIA 针对涉及车辆在 TPMS 的警告维修后消除上提出意见。TIA 已经在学术上讨论

特定场合消费者假定轮胎零售商损伤了系统导致车辆立即被送往新车销售处。一些车辆经销商会为利益在不必要更换所有传感器情况下要求零售商付费。如果在用户手册中制造商被要求确认车辆在轮胎维修后消除 TPMS 警告, 则可以避免这种情况。

TIA 培训高级副总裁 Kevin Rohlwing 称, TPMS 信息和消费者对此认识的缺失经常导致驾乘人员从零售商和汽车销售商处得到不同的解释, 用户手册在操作和维修上对于每一个特定的系统将是唯一的权威。这将为零售商提供一个不能否认的参考以解释哪些程序是必须的和额外费用的正当性。

TIA 还催促 NHTSA 发布 2007 年提出的有关对消费者信息和培训程序的能源独立和安全法规的最终法案。TIA 表示, 为满足 TPMS 在提高安全和燃油效率的长期目标, 消费者需要更详细的用户手册和低滚动阻力评级以不影响轮胎的购买。

TIA 称, 他们相信完成这一目标的唯一方法是以消费者和零售商得到一致信息为目标发展全面教育, 零售商作为轮胎行业培训和教育的领导者, 他们敦促 NHTSA 发布最终法案, 使 TIA 作为该项努力的协调者。

(田军涛摘译 吴秀兰校)