

无内胎全钢轻型载重子午线轮胎稳态滚动温度场有限元分析

王学瑞¹,王泽君¹,王友善²

(1. 杭州朝阳橡胶有限公司,浙江 杭州 310018;2. 哈尔滨工业大学 复合材料与结构研究所,黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要:采用轮胎专用有限元分析软件 TYSYS,在额定负荷及超负荷条件下,对比分析 0°带束层和 4 层带束层结构 265/70R19.5 无内胎全钢轻型载重子午线轮胎稳态滚动的温度场分布。分析结果表明,在高负荷条件下,0°带束层结构更有利于轮胎使用。室内试验结果表明,0°带束层结构可以大幅提高轮胎的耐久性能及高速性能,证明了有限元仿真计算的正确性。

关键词:无内胎全钢轻型载重子午线轮胎;带束层;稳态滚动;温度场;有限元分析

中图分类号:TQ463.341+.6;Q241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2012)03-0173-04

在世界主要工业国家轮胎基本实现子午化的国际大背景下,我国的轮胎工业也得到了很大发展,轮胎子午化率不断提高,国外客户对我国子午线轮胎的生产要求也越来越高。

哈尔滨工业大学复合材料与结构研究所研发的轮胎专用有限元分析软件 TYSYS 的应用证明,该软件不仅能对轮胎带束层端部翘曲等质量问题进行分析^[1],还能在进行轮胎结构设计时对轮廓参数进行优选^[2]。

为了满足客户的高负荷使用要求,本工作采用 TYSYS 软件对杭州朝阳橡胶有限公司的 265/70R19.5 无内胎全钢轻型载重子午线轮胎 0°带束层和 4 层带束层两种带束层结构设计的稳态滚动温度场分布进行对比分析,以确定最佳的结构设计,并通过室内耐久性试验和高速性能试验对设计方案给予验证。

1 轮胎有限元分析

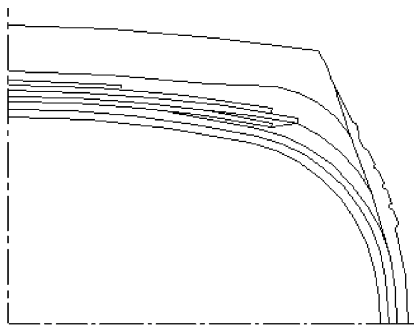
1.1 技术要求

客户要求 265/70R19.5 轮胎的单胎最大负荷为 2 725 kg,充气压力为 850 kPa。本工作以此要求进行有限元分析计算。

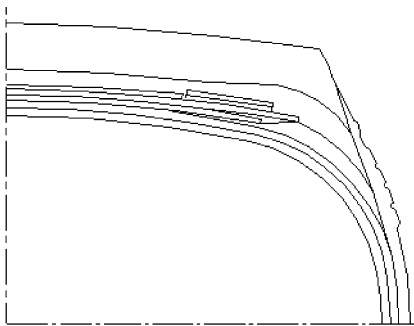
作者简介:王学瑞(1967—),女,黑龙江牡丹江人,杭州朝阳橡胶有限公司工程师,从事全钢子午线轮胎的结构设计与生产技术管理工作。

1.2 对比方案

为了比较高负荷下不同带束层结构对轮胎性能的影响,设计了两种带束层结构:方案 1 为 4 层带束层结构设计,如图 1(a)所示;方案 2 为 0°带束层结构设计,如图 1(b)所示。



(a) 方案 1



(b) 方案 2

图 1 265/70R19.5 轮胎带束层结构

1.3 前处理

为便于比较计算结果,两种设计方案的轮胎模型前处理中采用了相同的节点数和单元数,每个断面有 402 个节点,共计 362 个单元,轮胎半断面的网格划分如图 2 所示。

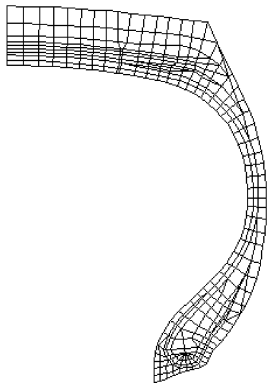


图 2 265/70R19.5 轮胎半断面网格划分

2 计算结果及讨论

2.1 充气外缘尺寸

在标准充气压力、无负荷的状态下,两种设计方案轮胎充气外缘尺寸计算值如表 1 所示。

表 1 两种设计方案轮胎充气外缘尺寸计算值 mm

项 目	方案 1	方案 2	ETRTO—2009
充气外直径	863.5	863.1	867(855.8 ~ 878.2)
充气断面宽	262.7	262.9	262(251.5 ~ 275.1)

从表 1 可以看出,两种设计方案轮胎充气外缘尺寸都达到标准要求。

2.2 下沉量-负荷关系

由于有限元分析软件 TYSYS 采用位移法,因此有必要分析轮胎下沉量与负荷之间的关系,即考察轮胎的负荷能力。

两种设计方案轮胎的负荷能力计算结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出,在相同下沉量下,两种设计

表 2 两种设计方案轮胎的负荷能力计算结果 kg

下沉量/mm	方案 1	方案 2
20.0	2 137.7	2 141.2
25.0	2 782.3	2 778.5
30.0	3 423.1	3 427.5
32.0	3 689.5	3 686.5

方案轮胎的负荷基本相当,可以认为两种带束层结构轮胎的负荷能力是一样的。

2.3 温度场分布及温度最大值

轮胎使用过程中的温度场分布与其疲劳特性相关。轮胎温度场对其力学性能的影响很大,因此热学分析成为提高轮胎性能的重要方法^[3]。本工作使用 TYSYS 软件在两种计算条件下,对两种带束层结构轮胎在接地中心断面的温度场分布进行对比分析,以确定最佳结构设计。

(1) 计算条件 1——标准充气压力、标准负荷。两种设计方案轮胎在标准充气压力、标准负荷(下沉量约为 25 mm)的计算条件下,温度场分布如图 3 所示。

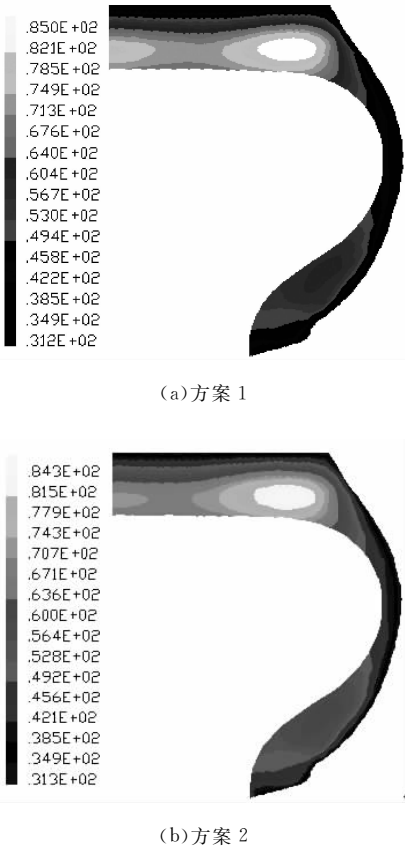


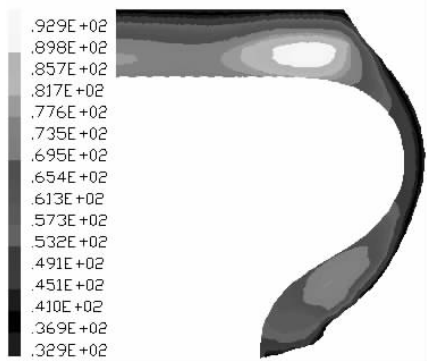
图 3 标准充气压力、标准负荷下轮胎温度场分布

(2) 计算条件 2——标准充气压力、1.35 倍标准负荷。两种设计方案轮胎在标准充气压力、1.35 倍标准负荷(下沉量约为 32 mm)的计算条件下,温度场分布如图 4 所示。

根据图 3 和 4,可以找到两种设计方案轮胎在两种计算条件下最高温度计算值及节点编号,



(a) 方案 1



(b) 方案 2

图 4 标准充气压力、1.35 倍标准负荷下轮胎温度场分布如表 3 所示。

从表 3 可以看出,在两种计算条件下,方案 1 的最高温度值都比方案 2 高;在标准充气压力、标准负荷计算条件下,方案 1 的最高温度值比方案 2 略高,而在标准充气压力、1.35 倍标准负荷计算条件下,方案 1 的最高温度值比方案 2 高得多。

表 3 两种设计方案轮胎最高温度节点编号及计算值

项 目	方案 1	方案 2
计算条件 1		
最高温度节点编号	142	141
最高温度计算值/℃	85.0	84.3
计算条件 2		
最高温度节点编号	154	154
最高温度计算值/℃	113.5	92.9

由此可见,0°带束层结构更有利于轮胎的实际使用。

3 室内试验

制做两种设计方案试验轮胎并在相同的试验条件下进行室内耐久性试验和高速性能试验,结

果如表 4 所示。

从表 4 可以看出,方案 2 轮胎的使用性能优于方案 1 轮胎。室内耐久性试验和高速性能试验结果证实了有限元分析结论的正确性。

表 4 两种设计方案轮胎耐久性和高速性能试验结果

项 目	方案 1	方案 2
耐久性试验		
累计行驶时间/h	99	119
轮胎损坏情况	冠部爆破	胎肩脱层
高速性能试验		
最高行驶速度/(km·h ⁻¹)	130	150
轮胎损坏情况	冠部爆破	胎肩脱层

4 生产材料成本及生产效率分析

两种带束层结构轮胎在具有相近安全倍数的条件下,带束层工作层使用相同的钢丝帘线,与 4 层带束层结构相比,0°带束层结构的每条轮胎带束层材料成本可降低 2.50 元。

另外,由于 0°带束层结构轮胎除了 0°带束层外,只有 3 层带束层,比 4 层带束层结构少了 1 层,由此可以提高设备投资巨大的带束层裁断机的生产效率。

5 结语

从 265/70R19.5 轮胎胎面部位的温度场分布可以判断:在超负荷条件下,0°带束层结构优于 4 层带束层结构。

采用 0°带束层结构既可以提高轮胎的使用性能,还能降低轮胎的材料成本、提高设备的生产效率,有利于经济效益最大化。因此将 0°带束层结构的 265/70R19.5 轮胎设计投入到实际生产中。

在对轮胎进行结构设计之前,采用有限元分析软件进行仿真计算,得到满意的结果后再进行结构设计和室内试验,从而达到预定效果,而室内试验证明了有限元仿真计算的正确性。

参考文献:

[1] 王友善,尹海山,胡尧生.载重子午线轮胎带束层端部翘曲分析[J].轮胎工业,2006,26(12):741-746.
[2] 王泽君,王友善.295/80R22.5 无内胎全钢载重子午线轮胎外轮廓设计有限元分析[J].轮胎工业,2009,29(10):602-

604.

工业大学,1997.

[3] 危银涛. 轮胎热力学分析及耐久性评价[D]. 哈尔滨: 哈尔滨

第 16 届中国轮胎技术研讨会论文

Finite Element Analysis on Temperature Field of Tubeless All-steel Radial Light Truck Tire under Steady Rolling State

WANG Xue-rui¹, WANG Ze-jun¹, WANG You-shan²

(1. Hangzhou Sunrise Rubber Co., Ltd., Hangzhou 310018, China; 2. Harbin Institute of Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: The temperature field of 265/70R19.5 tubeless all-steel radial tire with different belt structures, specifically 0° or 4-layers belt structures, was comparatively analyzed by TYSYS FEA software. The analysis results showed that 0° belt structure was more suitable for application under higher load. The simulation results was confirmed by indoor test, which indicated the endurance and high speed performance of the tire with 0° belt structure were much better.

Key words: tubeless all-steel radial light truck tire; belt; steady rolling; temperature field; finite element analysis

俄罗斯加入 WTO 带动橡塑机械市场需求

中图分类号: TQ333.6 文献标志码: D

2011 年 12 月 16 日, 俄罗斯正式获准成为世界贸易组织(WTO)新成员。加入 WTO 后俄罗斯将逐渐融入全球经济, 贸易环境更加稳定, 必将给中俄贸易带来新一轮繁荣。尤其值得一提的是, 增长较快的俄罗斯橡塑机械市场在国际上一直备受关注, 步入 WTO 时代的俄罗斯市场将给中国橡塑机械企业带来新的出口机遇。

根据 WTO 协议, 俄罗斯总体关税水平将从 2011 年的 10% 降至 7.8%, 其中工业制成品总体关税水平将由 9.5% 调整至 7.3%。自入世之日起, 俄罗斯有义务对超过 1/3 的进出口税目执行新关税制度, 另有 1/4 税目将在 3 年内调整到位。分析人士指出, 入世不仅有助于俄罗斯进一步融入世界经济一体化进程, 助力俄罗斯经济健康稳定发展, 也将为推动国际贸易发展和多边贸易机制建设创造新契机。

目前, 俄罗斯橡塑机械市场的主要进口国是德国、意大利和乌克兰等国家, 中国名列第 5 位。随着关税降低, 作为俄罗斯的邻国, 无论是从地缘便利性还是从性价比优势上看, 中国橡塑机械行业将获益良多。除了关税降低之外,

俄罗斯入世后还将给中国橡塑机械行业带来长期利好, 这主要体现在以下两方面: 一是俄罗斯投资环境进一步完善, 有望吸引更多外国汽车、轮胎厂商前来建厂, 从而带动橡塑机械需求; 二是在世贸规则约束下, 俄罗斯海关管理制度将更加规范、合法, 贸易争端也有望得到更有效的解决, 这无疑将促进俄中两国双边贸易合作, 中国橡塑机械生产商可更加便利地出口本国产品。

近年来, 俄罗斯橡塑机械市场发展迅速, 规模已达 3 亿~4 亿美元, 未来发展潜力巨大。目前俄罗斯有 2 000 多家企业涉足橡塑加工, 45% 的橡塑机械使用年限为 10~20 年, 25% 超过 20 年, 设备亟待更新。此外, 塑料制品需求增长空间也很大, 必将带动橡塑机械市场需求增加。

此外, 中国轮胎出口俄罗斯也将迎来新契机。俄罗斯是轮胎需求大国, 特别是目前俄罗斯在振兴经济过程中市场对轮胎的需求量显著增加。同时, 中国轮胎出口具有强大的价格优势, 更适合目前的俄罗斯市场。从 2005 年开始中国各种汽车批量进入俄罗斯市场, 也带动了中国轮胎行业对俄罗斯市场的关注。

(摘自《中国化工报》, 2011-12-20)