

提高 185R14C 轻载子午线轮胎性能的研究

邢玉波¹, 滕利然¹, 王 伟², 辛振祥²

(1. 山东玲珑橡胶有限公司, 山东 招远 265400; 2. 青岛科技大学 高分子科学与工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要:对 185R14C 轻载子午线轮胎进行宽轮辋优化设计。采用 TYSYS V1.1 改进版轮胎专用有限元分析软件做出网格模型图, 并对轮胎充气前后变形轮廓进行比较, 分析轮胎各部位所受应力。成品轮胎耐久性和高速性能试验结果表明, 优化设计后轮胎的使用性能大大提高。

关键词:轻载子午线轮胎; 有限元分析; 宽轮辋设计

中图分类号: TQ336.1⁺1; U463.341⁺.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2006)06-0345-04

轮胎的分析设计理论发展先后经历了网络-薄膜理论和自然平衡轮廓理论时期, 20 世纪 80 年代以后出现了一系列以有限元方法为基础的轮胎设计理论, 如 NCT, RCT 和 TCOT 等。

有限元和计算机的引入从根本上改变了轮胎分析方法和设计手段。轮胎结构分析方法也从简化过甚的理论推算向数值模拟发展, 其中薄壳模型理论在分析轮胎的应力和应变中应用广泛。

随着汽车工业和公路建设的迅猛发展, 对轮胎性能的要求也越来越高。高速、耐久、耐磨、强载和良好的抓着性能是目前对子午线轮胎性能要求的总体概括。要想提高轮胎的整体综合性能, 必须从优化产品结构、采取合理措施以降低轮胎生热、提高散热性和消除应力集中着手。本研究针对 185R14C 轻载子午线轮胎在使用中出现的早期质量问题, 对其进行加宽轮辋着合宽度 12.5 mm 的优化设计, 以提高产品的整体性能。

1 确定轮胎材料分布

轮胎材料分布图是制定轮胎施工标准, 确定轮胎各部件尺寸、材料和技术文件的基础。绘制方法是首先绘制外缘曲线, 然后使所有材料按设计尺寸和位置分布于内外缘曲线之间。应特别注意的是, 部件边缘保持适当的级差, 以防止产生应

力集中点。

根据 185R14C 子午线轮胎的特点, 重新确定其各部位的尺寸。

(1) 胎冠部位

花纹深度 10.5 mm; 基部胶厚度 3 mm; 带束层厚度 1.5 mm; 胎体层厚度 2 mm; 内衬层厚度 1.2 mm。

(2) 胎侧中心

胎侧胶厚度 3.2 mm; 胎体层厚度 2 mm; 内衬层厚度 1.2 mm; 总厚度 6.4 mm。

(3) 胎圈部位

胎圈部位厚度 18 mm。

(4) 胎肩部位

胎肩部位厚度 20 mm。

综合轮胎外轮廓图、花纹图及带束层、胎体、胎圈包布和钢丝圈设计等得到 185R14C 轮胎的材料分布情况, 如图 1 所示。

2 轮胎有限元分析

采用 TYSYS V1.1 改进版轮胎专用有限元分析软件对优化设计轮胎进行轮廓以及带束层、胎体力学性能评价。

为了简化分析, 不仅忽略轮胎帘布层等结构因素的影响, 还假定轮胎作用于刚性平面上, 且在垂直负荷(W)的作用下没有剪应力发生, 同时假定轮胎与地面间的平均压力(p)与轮胎充气压力(p_i)成正比。

根据上述假设, 便可推导出轮胎下沉量(f)

作者简介:邢玉波(1965-), 男, 山东栖霞人, 山东玲珑橡胶有限公司高级工程师, 工学硕士, 主要从事轮胎结构设计和技术管理工作。

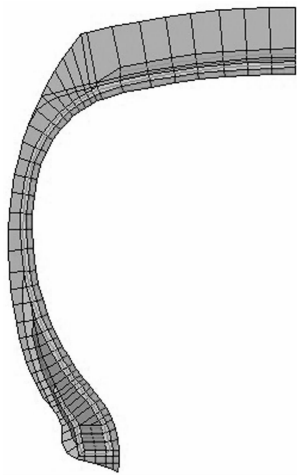


图1 材料分布和有限元网格模型

与负荷和充气压力以及断面宽(B)等参数的关系。

轮胎的负荷可由轮胎和地面的实际接触面积(S)与轮胎对地面的平均压力之积表示,即

$$W = pS = K_1 p_i S$$

式中, K_1 是平均接地压力与轮胎充气压力的比值,其值大于 1,充气压力高和胎侧薄而软的轮胎, K_1 值向 1 靠近,特殊低压轮胎的 K_1 值还可能超过 2。

对 185R14C 轮胎设计优化完成后进行有限元分析,并做出有限元网格模型,如图 1 所示。

通过分析发现,宽轮辋优化设计轮胎胎肩部位和三角胶顶部的应变能密度比标准轮辋轮胎小,改变了胎体层的受力分布。

3 轮胎充气前后轮廓对比

由于轮胎与轮辋的接触为过盈配合,因此在分析接触时,需将轮辋沿轮胎轴线向外移动 50 mm,然后使轮辋逐步向内移动,最终达到装配位置,如图 2 所示。

由图 2 可以看出,宽轮辋与标准轮辋设计的主要差别在胎冠以下的轮廓上,两者在充气状态下的断面参数相差不大,尤其是断面宽、断面高和高宽比基本相同。

实际接地面积可用轮胎印痕长度(b)和轮胎断面宽度(B)之积来表示,由几何关系可得

$$S = K_2 bB = 2K_2 B(2R_0 f - f^2)^{\frac{1}{2}}$$

式中, K_2 为 S 与 bB 的比值,其值显然小于 1; R_0

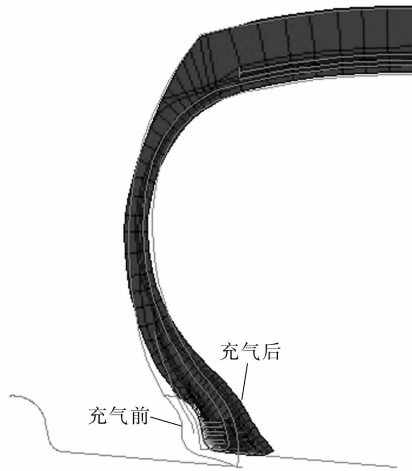


图2 轮胎充气前后轮廓对比

为轮胎的自由半径。根据试验统计, K_2 的平均值约为 $1/3$ 。

4 轮胎各部位应力分析

(1) 轮胎与轮辋接触法向力及摩擦力分布

宽轮辋设计轮胎由于预应力的作用,胎圈部位的应变能密度增大,表示材料发生变形比较大。轮胎与轮辋接触法向力和摩擦力分布分别如图 3 和 4 所示。

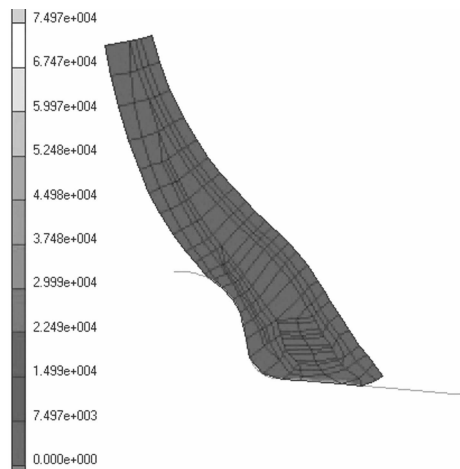


图3 轮胎与轮辋接触法向力分布

(2) 胎圈部位的剪切应变分布

胎圈部位的剪切应变分布如图 5 所示。

(3) 充气后轮胎的最大主应力分布

轮胎充气外直径和断面宽的计算结果与实测值对比见表 1。

根据对轮胎 29 mm 下沉量时的分析比较来

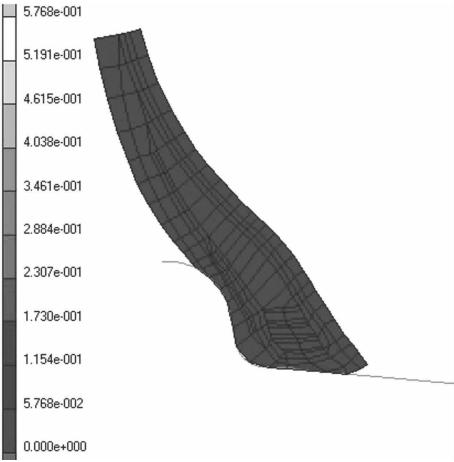


图 4 轮胎与轮辋接触摩擦力分布

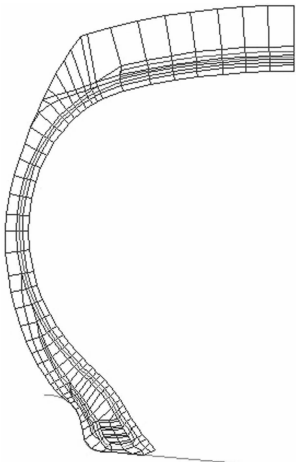


图 6 充气后轮胎最大主应力分布

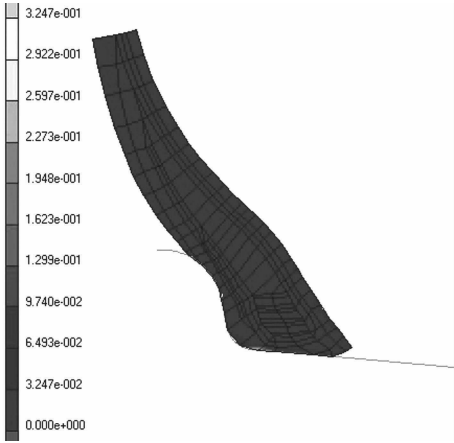


图 5 胎圈部位剪切应变分布

表 1 轮胎外缘尺寸计算结果与实测值的比较 mm

项 目	计算值	实测值	国家标准
充气外直径	648.4	650.0	650±6.5
充气断面宽	190.0	189.5	188±6.58

看,在同样下沉量下,宽轮辋设计轮胎载荷比标准轮辋轮胎增大。

充气后轮胎的最大主应力分布情况如图 6 所示。由图 6 可见,主应力主要集中在胎肩和胎圈部位。

轮胎与地面接触对带束层周向应力的影响仅限于接触区域,随着轮胎下沉量增大,其影响区域也增大;在最低截面上,带束层周向应力在宽度方向上的变化最大,带束层端部的周向应力与胎冠中心部位带束层周向应力的比值随着轮胎下沉量的增大而增大。剪切应力仅存在于轮胎的接地区域,而且受轮胎下沉量的影响很大。

5 轮胎成品试验

按照优化设计方案,试制了 10 条 185R14C 轮胎进行室内耐久性和高速性能试验。耐久性试验达到 97 h,高速性能试验达到 $180\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,试验效果比较理想。在做了局部调整后又生产了 1 000 条轮胎,分别销往北京和天津等地接受检验,同时还装在公司车队的车上进行实际里程试验。

(1)耐久性试验

轮胎耐久性能测试是评价轮胎使用性能的最重要指标。试验在 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 室温下进行,采用 $5\frac{1}{2}\text{ J}$ 轮辋,转鼓直径为 1 707 mm。试验条件为:标准充气压力 450 kPa,标准负荷 850 kg,起始负荷 637.5 kg,终止负荷 1 139 kg,试验速度 $81\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。轮胎充气压力及外缘尺寸测试结果见表 2。从表 2 可见,185R14C 轮胎耐久性能良好,比原设计轮胎(81 h)延长了 16 h,完全能满足使用要求。

表 2 轮胎耐久性试验充气压力及外缘尺寸测试结果

项 目	充气预热停放后	试验结束时
充气压力/kPa	450	480
外周长/mm	2 034	2 037
外直径/mm	647.8	648.7
断面宽/mm	189.5	193.9

注:累计行驶时间为 97 h(轮胎未损坏)。

(2)高速性能试验

高速性能试验条件和结果见表 3 和 4。从表 4 可见,185R14C 轮胎高速性能良好,

表 3 轮胎高速性能试验条件

项 目	试验阶段								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
试验速度/(km·h ⁻¹)	80	110	120	130	140	150	160	170	180
试验时间/min	120	30	30	30	30	30	30	30	30

注:充气压力为 450 kPa,试验负荷为 748 kg,试验轮辋、转鼓直径和室温同耐久性试验。

表 4 轮胎高速性能试验结果

项 目	充气预热停放后	试验结束时
充气压力/kPa	450	480
外周长/mm	2 030.0	2 036.0
外直径/mm	646.5	648.4
断面宽/mm	190.7	195.0

注:试验累计行驶时间为 6 h,累计行驶里程为 691.3 km,试验结束时轮胎未损坏。

比优化前的 160 km·h⁻¹ 提高了两个速度等级,完全能满足使用要求。

(3)室外装车试验

室外装车试验是最原始也是最有效的检验方法。2004 年 2 月第 1 批试制样胎装在本公司车队的车上试验,到 2004 年 10 月,行驶里程 5 万余千米,没有发生肩脱或爆破,耐磨性及安全性能良好,外形尺寸变化小,而且承载性能也大幅度提

高,试验结果十分理想。

(4)客户检验

对于首批发往北京和天津的 1 000 条试制轮胎,用户反映轮胎胎体刚性高,耐磨性好,行驶生热低,抗湿滑性、转向性和气密性等尤为突出,用户十分满意。

6 结语

采用宽轮辋设计,轮胎胎肩部位和三角胶顶部比标准设计应变能密度减小,改变了胎体层的受力分布;由于预应力的作用,胎圈部位的应变能密度增大,材料发生变形较大。轮胎主应力主要集中在胎肩和胎圈处。

从试验结果和用户意见来看,185R14C 轮胎的优化设计是成功的,达到预期目的。

收稿日期:2005-12-21

Optimization of 185R14C LTR tire design

XING Yu-bo¹, TENG Li-ran¹, WANG Wei², XIN Zhen-xiang²

(1. Shandong Linglong Rubber Co., Ltd, Zhaoyuan 265400, China; 2. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The 185R14C LTR tire design was optimized by increasing the rim width. A network model was made with upgrade version of TYSYS V1.1 FEA software special for tire, and the profile of inflated tire was compared to that of uninflated tire to analyze the stresses in different parts of tire. The endurance and speed test results of finished tire showed that the performance of the optimized tire improved significantly.

Keywords: LTR tire; FEA; widened rim design

鞍山轮胎厂全钢子午线
轮胎投放市场

中图分类号:U463.341⁺.6 文献标识码:D

鞍山轮胎厂年产 120 万套全钢子午线轮胎项目的一期 30 万套工程建成,产品质量超过国家 A 级品标准,近期将以中等偏高价位投放市场。先

期投放市场的轮胎规格有 12.00R20, 11.00R20, 10.00R20 和 9.00R20。

该项目引进德、日、美等国家先进生产设备,总投资 10 亿元,全部竣工达产后,每年可实现销售收入 18 亿元、利润 4.6 亿元。

[摘自《信息早报(化工专刊)》,2006-04-11]