

225/60R18超低滚动阻力轿车子午线轮胎的设计

王海艳, 张伟伟, 汪 燕, 隋永强, 侯莉莉, 倪小宇, 王子豪

[浦林成山(山东)轮胎有限公司, 山东 荣成 264300]

摘要:介绍225/60R18超低滚动阻力轿车子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 727 mm,断面宽 233 mm,行驶面宽度 185 mm,行驶面弧度高 10.13 mm,胎圈着合直径 460.2 mm,胎圈着合宽度 177.8 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 0.96,胎面采用4条纵沟宽度不等的非对称花纹、多段冠弧设计,花纹深度 6.7 mm,花纹饱和度 65%,花纹周节数 78。施工设计:胎面胶采用改性溶聚丁苯橡胶和改性白炭黑,采用1层冠带层和2层带束层设计,冠带层采用1400dtex/2锦纶66浸胶帘布,带束层采用3×0.28ST钢丝帘线,胎体采用2层1110dtex/2聚酯帘布。成品轮胎性能试验结果表明,轮胎的充气外缘尺寸、强度性能、脱圈阻力、高速性能和耐久性能均达到国家标准要求,滚动阻力系数为5.233 $\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}$,通过噪声为70 dB(A),整车乘坐舒适性、操纵性能和制动性能等均优于竞品。

关键词:轿车子午线轮胎;超低滚动阻力;结构设计;施工设计;成品轮胎性能

中图分类号:U463.341⁺.4/.6

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)01-0015-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.01.0015



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

“绿色环保”因为全球能源危机和生存环境恶化日益严峻不仅仅是口号或者概念,而是各行各业都将落到实处的行动^[1-3]。各国针对轮胎的滚动阻力性能要求越来越高,例如欧盟法规第二期的实施。虽然我国新能源汽车的销量越来越大,但是依然以燃油汽车为主,主机厂对燃油汽车的开发目标也越来越高。配套轮胎的开发是汽车开发的重要组成部分,作为汽车与地面接触的唯一部件,轮胎起到举足轻重的作用,因此对轮胎轻量化、低滚动阻力^[4-5]、低噪声^[6-8]、高湿地抓着性能和高承载性能等提出了更高的要求。

本工作主要针对国内紧凑型多功能车(CUV),开发225/60R18超高性能(UHP)新能源轿车子午线轮胎。特殊的胎面胶和优化模具设计,可以保证轮胎在城市路况条件下保持良好的舒适性和抓着性能,并降低能耗。该规格轮胎正常滚动阻力系数约为8 $\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}$,而本产品的设计目标是超低滚动阻力(滚动阻力系数小于6.5 $\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}$)、优良的抓着性能和低噪声性能,并兼顾操纵性能和乘坐舒适型,同时具备可量产能力。

作者简介:王海艳(1982—),女,黑龙江鹤岗人,浦林成山(山东)轮胎有限公司工程师,硕士,主要从事轿车轮胎配套产品开发工作。

E-mail:haywang@prinxchengshan.com

1 技术要求

根据GB/T 2978—2014《轿车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》的要求,确定225/60R18轮胎的技术参数为:测量轮辋 6.5J×18,充气外直径(D') 727(719~735) mm,充气断面宽(B') 228(219~237) mm,标准充气压力 250 kPa,标准负荷 800 kg,负荷指数 100,速度级别 V。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

轿车轮胎因为有带束层和冠带层束缚,充气后轮胎外直径膨胀较小,一般为2~3 mm,有时会略有减小。本次设计超低滚动阻力新能源轮胎,采用轻量化轮廓设计理念,冠部设计厚度较小,故 D 有可能不变。本次轮胎 D' 目标值为727 mm,根据现有工艺和以往产品设计经验, D 取727 mm,外直径膨胀率(D'/D)为1.0。

胎圈着合宽度(C)每增大12.7 mm(0.5英寸), B 取值增大5 mm。本产品 B' 为228 mm,考虑胎体材料、带束层材料及角度、断面高宽比及轮廓尺寸等的影响,结合以往设计经验, B 取233 mm,断面宽膨胀率(B'/B)为0.978 54。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 和 h 决定轮胎的接地宽度和冠部形状,进而

决定轮胎的操纵性能、舒适性、耐磨性能以及冠部弯曲变形量。针对本次超低滚动阻力轮胎,采用小的接地宽度和变形量,结合以往设计经验和低滚动阻力产品设计特殊性,本次设计 b 取185 mm, b/B 为0.79,为轮胎名义断面宽的82%, h 取10.13 mm,为轮胎断面高的7.6%。

为更好地控制轮胎的 h 和接地印痕形状,采用多段弧和薄肩部设计。轮胎充气外缘尺寸、接地印痕形状和滚动阻力采用仿真技术进行分析。在充气压力180 kPa条件下, D' 为728.69 mm, B' 为229.23 mm。在充气压力240 kPa、负荷率80%条件下,滚动阻力系数为 $6.935 \text{ N} \cdot \text{kN}^{-1}$,有限元仿真轮胎接地印痕形状如图1所示。

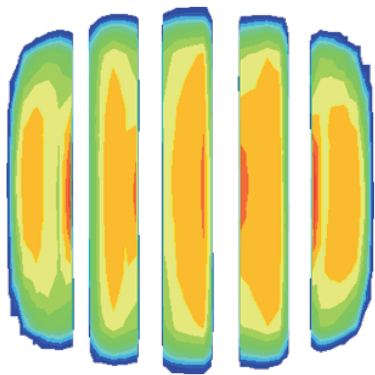


图1 有限元仿真轮胎接地印痕形状

2.3 胎圈着合直径(d)和 C

为了使轮胎与轮辋更好地配合, d 取值不能大于轮辋名义直径,否则会出现漏气等问题,但 d 取值也不能比轮辋名义直径小很多,否则会出现过盈量过大而导致轮胎装卸困难问题。结合公司的生产工艺和以往的设计经验, d 小于轮辋名义直径1.8 mm,取460.2 mm。

C 的选取可参考轮辋宽度与 B 的比值和胎圈宽度与轮辋宽度的差值来确定,但其差值不宜太大,约为12.7 mm(0.5英寸),故 C 取177.8 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

胎侧变形对轮胎生热的影响仅次于胎面,因此胎侧曲线设计也很重要。根据力学分析和有限元仿真分析验证,断面水平轴所在的轮胎断面最宽位置是轮胎负荷下法向变形最大部位,水平轴往哪个方向移动,哪个方向的受力增大。本设计既要减小胎侧和胎肩部位受力变形,同时要兼顾

轮胎的舒适性,因此 H_1/H_2 取0.96。轮胎断面轮廓如图2所示。

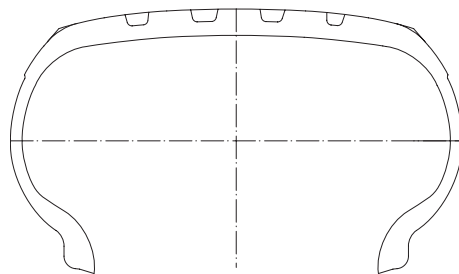


图2 轮胎断面轮廓示意

2.5 胎面花纹

胎面采用非对称UHP类型花纹设计理念,在保证轮胎良好的安全性、操纵性能和舒适性之外,也配合CUV的外观美化炫酷意念。该花纹非对称设计不只在花纹形式,在4条纵沟宽度设计方面也因为平衡轮胎的操纵性能、舒适性及节油性能,采取不同的数值,花纹深度为6.7 mm。采用公司自主研发的花纹噪声分析软件“TP3轮胎趾纹性能预报平台”进行节距优化,确定花纹节距排列,花纹周节数为78,可有效降低花纹噪声,即使胎面磨到提醒用户更换轮胎的磨耗标志,也不会影响舒适性。同样为保证轮胎的抓着力,花纹饱和度设计为65%。胎面花纹展开如图3所示。



图3 胎面花纹展开示意

3 施工设计

3.1 胎面

胎面配方设计是影响新能源CUV轮胎滚动阻力性能的主要因素,胎面胶能耗占轮胎总能耗的35%。本设计胎面胶配方采用改性溶聚丁苯橡胶和改性白炭黑,可有效降低轮胎滚动阻力,提高湿地抓着力性能^[9-10]。

胎侧和耐磨胶采用新型生胶体系和硫化体系,在保证耐屈挠和耐老化性能的基础上,进一步提高轮胎的滚动阻力性能。

3.2 冠带层和带束层

本轮胎为新能源CUV配套,冠部结构设计影响较大,采用1层冠带层和2层带束层设计,冠带层采用1400dtex/2锦纶66浸胶帘布,带束层采用3×0.28ST超高强度钢丝帘线。

3.3 胎体

为平衡性能与轻量化,根据公司现有轮胎产品所用帘线种类和安全倍数计算,胎体选择2层1110dtex/2高强度聚酯帘布、低反包设计。胎体安全倍数为14.2。

3.4 胎圈

钢丝圈选择直径为1.3 mm的胎圈钢丝,经过安全倍数计算,钢丝排列方式选为4-5-4-3,钢丝圈为六边形结构,底面较宽,使轮胎与轮辋配合更加稳固。钢丝圈安全倍数为10.8。

4 成品轮胎性能

4.1 外缘尺寸和质量

轮胎外缘尺寸按照GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测量,将轮胎安装在标准轮辋上,在标准充气压力下,测得 D' 为729 mm, B' 为229 mm,接近设计标准中值,满足内控标准要求。

轮胎质量要求为 (10.603 ± 0.312) kg。抽检10条轮胎,放置在电子秤上称量,结果为10.75~10.82 kg,计算平均值为10.80 kg,满足设计要求。

4.2 台架试验

按照GB/T 4502—2009进行轮胎各项安全法规性能试验,结果如表1所示。

表1 轮胎安全法规性能试验结果		
项 目	测试值	国家标准要求
破坏能/J	1 117.3	≥295
脱圈阻力/N	13 563	≥11 120
高速性能试验		
累计行驶时间/h	1.68	≥1
试验结束时轮胎状况	胎圈损坏	
耐久性能试验		
累计行驶时间/h	38.5	≥35.5
试验结束时轮胎状况	轮胎未损坏	

从表1可以看出,225/60R18轮胎安全法规性能符合国家标准要求。

4.3 滚动阻力和噪声

常规施工方案为方案1,方案2—4分别在成型工艺、轮廓和配方方面逐步优化,按照欧盟ECE R117轮胎标签法规进行滚动阻力测试。具体方案和滚动阻力测试结果如表2所示。

表2 不同方案轮胎滚动阻力测试结果				
项 目	方案1	方案2	方案3	方案4
配方	配方1	配方1	配方1	配方2
带束层宽度	A	A	B	B
冠带层结构	B型	B型	C型	C型
三角胶高度	D	E	E	E
滚动阻力系数/(N·kN ⁻¹)	6.680	6.364	5.731	5.233

方案1设计与仿真模型相同,预测值与实际值接近。经过3次调整,方案4轮胎滚动阻力系数较方案1轮胎减小22%,为该产品目前最低滚动阻力。

按照欧盟ECE R117轮胎标签法规,对方案4轮胎进行通过噪声测试,噪声值为70 dB(A)。

4.4 整车测试

选择近3年销量较高的长城H6车型进行整车性能对比分析,竞品为同规格夏季非对称花纹轮胎,以方案4为基础方案(方案A),进行调整(方案B),由第三方权威测试机构和业内经验丰富的实测车手进行主客观测评,结果如表3所示。

表3 整车主客观测试结果			
项 目	方案A	方案B	竞品
乘坐舒适性评分	6.75	6.63	6.63
湿地操纵性能评分	6.50	6.75	6.25
干地操纵性能评分	6.75	7.13	7.00
湿地制动距离 ¹⁾ /m	27.30	28.00	32.65
干地制动距离 ²⁾ /m	38.52	38.90	40.23
轮胎质量/kg	10.8	10.6	11.5

注:1)车速从100 km·h⁻¹降至5 km·h⁻¹;2)车速从80 km·h⁻¹降至5 km·h⁻¹。行业内轮胎主观测试评分6~7为可接受,7以上为好,各汽车厂具体要求有所差异。

从表3主观测试结果可以看出:方案A和B轮胎表现为乘坐舒适性等于或稍好于竞品轮胎,湿地操纵性能优势明显,干地操纵性能方面,方案A轮胎略差于竞品轮胎,方案B轮胎略优于竞品轮胎;方案A偏重舒适性,方案B调整则偏重操纵

性能。

从表3客观测试结果可以看出:相对竞品轮胎,方案A和B轮胎的湿地制动距离缩短4~5 m,干地制动距离缩短1.3~1.7 m;轮胎质量减小0.8 kg左右。

5 结论

225/60R18 UHP轮胎在满足5项安全法规性能的基础上,滚动阻力性能达到A级以上,整车测试主客观评价优于竞品,性能达到预期目标,已经投入量产。该规格轮胎广泛用于SUV车系,技术经验也可推广到其他新能源轮胎产品,为公司的品牌推广和经济效益做出巨大的贡献。

参考文献:

- [1] 梅烨.绿色轮胎花纹结构仿生机理及耦合仿生设计方法研究[D].镇江:江苏大学,2021.

- [2] 张瑞,郑龙,许宗超,等.氧化石墨烯对绿色轮胎胎面胶用复合材料结构与性能的影响[J].橡胶工业,2021,68(11):827-831.
- [3] 王先宁,廖发根,胡善军.间苯二甲酰肼在绿色轮胎胎面胶中的应用研究[J].橡胶工业,2021,68(5):344-350.
- [4] 张利召.抗湿滑低滚动阻力轮胎胎面胶的研究[D].太原:中北大学,2021.
- [5] 朱永康.白炭黑填料对低滚动阻力轮胎用天然橡胶的补强[C].2019年全国无机硅化物行业协会年会暨会员大会论文集.青岛:中国无机盐工业协会无机硅化物分会,2019.
- [6] 王国林,沈飞,周海超,等.轮胎花纹泵浦噪声分析及低噪声轮胎花纹设计[J].广东工业大学学报,2016,33(4):51-55,68.
- [7] 杨建.汽车轮胎振动噪声性能分析方法及低噪声轮胎结构设计研究[D].镇江:江苏大学,2015.
- [8] 王国林,吴旭,梁晨,等.低滚动阻力轮胎结构设计[J].机械设计与制造,2018(S2):77-79,82.
- [9] 段宇星,杨强,赵苗苗,等.弹性体材料应变率相关力学行为模型[J].橡胶工业,2020,67(12):899-903.
- [10] 付新华,李宁,郭渊昊,等.橡胶超弹性测试及其对轮胎有限元计算结果的影响[J].轮胎工业,2020,40(1):56-61.

收稿日期:2022-09-08

Design on 225/60R18 Passenger Car Radial Tire with Ultra Low Rolling Resistance

WANG Haiyan, ZHANG Weiwei, WANG Yan, SUI Yongqiang, HOU Lili, NI Xiaoyu, WANG Zihao

[Prinx Chengshan (Shandong) Tire Co., Ltd, Rongcheng 264300, China]

Abstract: The design on 225/60R18 passenger car radial tire with ultra low rolling resistance was introduced. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 727 mm, cross-sectional width 233 mm, width of running surface 185 mm, arc height of running surface 10.13 mm, bead diameter at rim seat 460.2 mm, bead width at rim seat 177.8 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 0.96, using four longitudinal grooves with asymmetric patterns and different widths, pattern depth 6.7 mm, block/total ratio 65%, and number of pattern pitches 78. In the construction design, the following processes were taken: modified solution polymerized styrene butadiene rubber and modified silica for the tread, using 1-layer cap ply and 2-layer belt design, 1400dtex/2 nylon 66 dipped cord for cap ply, 3×0.28ST steel cord for belt, two layers of 1110dtex/2 polyester cord for carcass. It was confirmed by the finished tire test that, the inflated peripheral dimension, strength performance, bead unseating resistance, high speed performance and endurance performance met the requirements of national standard, the rolling resistance coefficient was $5.233 \text{ N} \cdot \text{kN}^{-1}$, the passing noise was 70 dB(A), and the riding comfort, handling performance and braking performance of the whole vehicle were better than those with competing products.

Key words: passenger car radial tire; ultra low rolling resistance; structure design; construction design; finished tire performance