

超高速轮胎设计与性能分析

曲宾建, 王君, 叶炯昕

(青岛双星轮胎工业有限公司, 山东 青岛 266400)

摘要:通过对某款具有代表性的超跑使用轮胎进行全面分析,得出超高速轮胎的设计开发理念和方向。超高速轮胎花纹采用非对称设计,最大限度地提升外侧花纹的刚性,增大接地面积;节距尺寸和排列采用内、外侧区分设计;轮廓采用大尺寸设计,胎面轮廓呈现平直的形象;接地印痕采用矩形化的设计;胎体可采用双层普通胎体或者单层加强胎体;三角胶的高度和厚度以及胎圈钢丝均采用加强设计。

关键词:超高速轮胎;设计;高速性能;耐久性能;抓着性能;操控性能

中图分类号:U463.341

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)02-0067-03

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.02.0067



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着汽车行业的不断发展,汽车的性能越来越好,特别是一些特殊性能车及跑车,对速度的追求越来越极致化。此外,欧洲部分国家的高速路不限速政策及全球蓬勃发展的赛车文化,使得车辆的极限速度也正屡次刷新着记录。迄今为止,最快的量产车布加迪Chiron Super Sport 300+,其最高速度已达到 $490.484 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。同时随着新能源汽车市场的快速发展,超高速的新能源汽车也将很快出现。对车速起到关键作用的轮胎也相应被提出了越来越高的要求:既要能承受车辆超高的起步转矩,又要具备优异的高速耐久稳定性,并且要拥有良好的干、湿地抓着力,确保跑得稳、刹得住^[1-8]。

本工作通过对某款具有代表性的超跑使用轮胎进行全面分析,得出超高速轮胎的设计开发理念和方向。

1 车型的选定

选取目前国际上极速水平最高的4款车型:Bugatti Chiron Super Sport 300+, Hennessey Venom F5, Koenigsegg Jesko和SSC Tuatara,其极速水平分别为:490,484,483和483 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

作者简介:曲宾建(1984—),男,山东青岛人,青岛双星轮胎工业有限公司工程师,学士,主要从事轮胎结构设计和开发方面的工作。

E-mail:qubinjian123@163.com

2 轮胎的选择

选择以上4款超跑车型所使用的轮胎作为超高速轮胎的代表产品进行分析研究。

3 超高速轮胎分析

3.1 花纹

(1)非对称花纹设计。可保证轮胎内侧的排水性能及外侧的抓着性能。车辆在过弯时,特别是入弯速度较大时,由于离心力的作用,车辆会在离心力的方向上产生明显侧倾,轮胎的接地面积和形状也会发生变化,即接地面积减小一半、外侧约1/2宽度紧紧压在地面上;内侧1/2宽度悬浮接触地面。因此采用非对称花纹设计,外侧接地面积大于内侧接地面积,实现内侧排水、外侧抓地,可以最大程度地提升车辆高速过弯时的操控性。虽然与对称花纹相比,非对称花纹在起步和刹车时,内外侧所受到的抓着力不相等,会造成整体胎面轻微的“扭曲”现象,产生能量损失。其后果就是轮胎的滚动阻力比对称花纹轮胎稍大,理论上对燃油经济性略有影响,但对超跑汽车来说影响不大。

(2)3条主沟设计。取消外侧的1条主沟,增大外侧花纹的接地面积(外侧花纹占比45%),提高了外侧花纹刚性和抓着性能。

(3)无钢片设计。保持花纹整体刚性,最大程

度地保证了轮胎的抓着性能。一般来说,对于舒适型轮胎的花纹,通常采用在花纹块上设计钢片或者细小的横沟,以打散花纹块的整体刚性,从而降低花纹块在与地面接触时的冲击和振动,同时降低噪声。而对于运动型轮胎的花纹设计正好相反,即花纹块特别是胎肩部的花纹块刚性大于舒适型轮胎,从而实现轮胎优异的抓着力,可以承受较高的起步、刹车扭矩。

(4) 节距设计及排列方式。采用内外侧区分设计,内侧采用小尺寸、多数量设计(尺寸比例按照小:中:大=0.87:1.00:1.18),保证了良好的排水性能及散热能力,防止高速行驶时热量集中,造成胎面脱层;外侧采用大尺寸、少数量设计(尺寸比例按照小:中:大=0.85:1.00:1.22),提升了轮胎的抓着性能和操控性能。

3.2 结构设计参数

3.2.1 外直径(D)和断面宽(B)

本设计 D 为695 mm, B 为272 mm。对比ETRTO的设计标准,均大1 mm。偏大的外缘尺寸设计,很好地平衡了轮胎的操控性和舒适性,且对滚动阻力也有正向的影响。

3.2.2 断面高(H)

本设计 H 为90 mm,上断面高(H_2)设计为49 mm,下断面高(H_1)为41 mm, H_2/H 为54.4%。一般来说,舒适型轮胎的设计多采用 $H_2 < H_1$,有利于轮胎的噪声、舒适性和滚动阻力;而运动型轮胎的设计方法则相反,多采用 $H_2 > H_1$,对轮胎的操控稳定性更好。

3.2.3 行驶面宽度(b)

b 按照大尺寸设计,设计值为238 mm,与名义断面宽的比值为90%。更大的行驶面宽度增大了胎面与地面的接触面积,提升了高速行驶时轮胎的抓着性能。

超高速轮胎断面轮廓如图1所示。



图1 超高速轮胎断面轮廓示意

3.3 接地印痕

接地宽度(w)为230 mm,中心部分接地长度(L_c)为118 mm,85%位置处接地长度(L_{85})为101.4 mm,矩形率(L_{85}/L_c)为86%,接地形状为偏矩形设计。此设计可增大轮胎胎肩部位的接地面积,提升胎面的抓着性能,保证了轮胎在干、湿地均有优异的刹车性能和操控性能。同时,对比椭圆形的设计,矩形化的接地印痕中心部的接地长度较短,在轮胎与地面的接触过程中,胎面的变形量相对较小,因此轮胎的滚动阻力相对较低。

超高速轮胎接地印痕如图2所示。

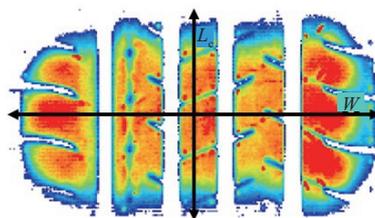


图2 超高速轮胎接地印痕示意

3.4 施工设计

3.4.1 胎体

胎体采用单层高强度钢丝帘线设计,单丝直径达到1.2 mm以上。胎体作为轮胎整体的支撑部件,其强度直接影响轮胎整体刚性。在满足安全及强度的条件下,可考虑使用单层高强度胎体,以减小滚动阻力,且最大程度地降低高速行驶时胎体生热,提高高速耐久性能。

3.4.2 三角胶

胎侧是影响轮胎操控稳定性的重要部位。而对于低扁平比(30~40系列)的轮胎,对胎侧刚性和强度影响较大的半部件为三角胶。因此,三角胶采用了内外双层设计,高度较大,与 H 的比值达到50%。此设计最大限度地提升了胎侧的强度,既能承受车辆超高的起步转矩,又能提高车辆底盘的操控性能。

3.4.3 胎圈

胎圈钢丝采用双列(6+7)设计,且胎体末端在两列钢丝之间。此排列方式最大限度地提升了轮胎胎圈部径向和纵向刚度,但此设计方法按照目前传统成型方式较难实现。推测可能使用了特殊的成型技术。

超高速轮胎结构如图3所示。

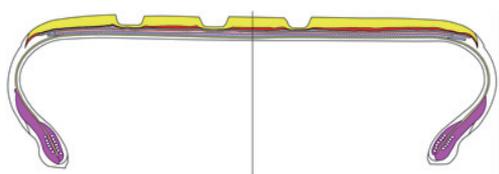


图3 超高速轮胎结构示意图

4 结语

通过对某款具有代表性的超跑使用轮胎进行全面分析,得出如下设计方向。

(1) 花纹采用非对称设计,可最大限度地提升外侧花纹的刚性,增大接地面积;节距尺寸和排列采用内、外侧区分设计。内侧节距采用小尺寸、多数量设计,保证内侧花纹优异的排水性能和散热能力;外侧节距采用大尺寸、少数量设计,保证外侧花纹优异的抓着力和过弯的操控稳定性。

(2) 轮廓采用大尺寸设计,胎面轮廓呈现平直的形象。断面高采用上断面高大于下断面高的设计。该设计方法不仅能在轮胎的舒适性和操控性上做出优化平衡,还能对轮胎的滚动阻力起到正向影响。

(3) 接地印痕采用矩形化设计,不仅提高了轮胎在干湿地路面的抓着力和操控性,对轮胎的滚

动阻力也有正向影响。

(4) 结构设计方面,胎体可采用双层普通胎体或者单层加强胎体;三角胶的高度和厚度以及胎圈钢丝均采用加强设计。结构设计整体思路按照高强度方向设计,最大程度地满足车辆在高速行驶过程中的操控稳定性和安全性。

参考文献:

- [1] 崔志博,侯丹丹,苏召乾,等.带束层膨胀对轮胎接地印痕的影响研究[J].橡胶工业,2021,68(1):10-16.
- [2] 董玉德,徐丹丹,吕伦.轮胎花纹设计及其对相关性能影响研究现状[J].轮胎工业,2020,40(5):259-267.
- [3] 周凯,臧经伦.超高速电动汽车动力系统的结构与性能研究[J].汽车工程,2017,39(2):127-132.
- [4] 梁守智,钟延堃,张丹秋.橡胶工业手册(修订版)第四分册轮胎[M].北京:化学工业出版社,1989.
- [5] 张勇,郝鹏程,刘坤,等.胎体骨架材料对轿车子午线轮胎性能的影响[J].橡胶科技,2020,18(8):445-450.
- [6] 何晓玫,吴桂忠,王铭新.低断面轿车子午线轮胎PDEP设计理论[J].橡胶工业,1995,42(2):67-71.
- [7] 王培滨,刘红锁,张世鑫,等.ST/UT超高强度钢丝帘线在子午线轮胎中的应用[C].“兴达杯”第九届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会.北京:中国化工学会橡胶专业委员会,全国橡胶工业信息中心.2017:34-38.
- [8] 陈建国,白雅,罗吉良.245/30ZR20超高性能子午线轮胎的开发[J].中国橡胶,2011,27(4):33-35.

收稿日期:2022-10-16

Design and Performance Analysis of Ultra-high-speed Tire

QU Binjian, WANG Jun, YE Tongxin

(Qingdao Doublestar Tire Industrial Co., Ltd, Qingdao 266400, China)

Abstract: Through a comprehensive analysis of a representative supercar tire, the design and development concept and direction of the super-high-speed tire were obtained. The asymmetric pattern design was adopted to maximize the rigidity of the outer pattern and increase the ground contact area. The pitch size and arrangement on the inner side were designed differently from the outer side. The profile adopted a large-size design, and the tread profile presented a flat image. Moreover, an ordinary double-layer carcass or a reinforced single-layer carcass was used and the tire footprint was rectangular. The height and thickness of the apex and the bead wire were all designed according to the reinforcement requirements.

Key words: ultra-high-speed tire; design; high-speed performance; durability; grip performance; handling performance