

12R22.5节油型轮胎的设计

石汉臣

(贵州轮胎股份有限公司, 贵州 贵阳 550201)

摘要:介绍12R22.5节油型轮胎的设计。结构设计:外直径 1 080 mm,断面宽 300 mm,行驶面宽度 235 mm,行驶面弧度高 8.3 mm,胎圈着合直径 570.5 mm,胎圈着合宽度 241.3 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 1.2,胎面花纹采用等节距设计,花纹周节数 61,花纹深度 15 mm,花纹饱和度 80%。施工设计:胎面采用低滚动阻力配方,热喂料、冷喂料双复合挤出,胎体采用 $3\times 0.24/9\times 0.225$ CCST钢丝帘线,1[#],2[#],3[#]带束层采用 $3\times 0.20+6\times 0.35$ HT钢丝帘线,4[#]带束层采用 5×0.35 HI钢丝帘线。成品轮胎性能试验结果表明,12R22.5节油型轮胎的充气外缘尺寸、强度和耐久性能达到国家标准要求,滚动阻力级别达到B级,与普通轮胎相比可使车辆油耗降低5%以上。

关键词:节油型轮胎;结构设计;施工设计;成品轮胎性能;滚动阻力级别

中图分类号:U463.341;TQ336.1

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)03-0149-05

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.03.0149



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着汽车行业国六排放标准的实施,车辆的节能减排提上日程,对轮胎也提出了低滚动阻力的要求。随着高端技术的发展和现代汽车不断趋向高性能化,轮胎也从基本的性能时代进入功能化的新时期。

另一方面,面对燃油价格的不断上涨,客户对节油轮胎越来越青睐,都希望能够选择一款节油轮胎来实现良好的经济效益。此外,近年来新能源汽车技术的变革和发展,进一步推动了环保型轮胎的开发和研究。

在确保轮胎不损失基本安全性能的前提下,降低轮胎滚动阻力,有效降低车辆燃油消耗,提高燃料使用效率,降低二氧化碳排放,才能实现驾驶者和环境双双受益的目的^[1-2]。基于此,本工作对12R22.5节油型轮胎进行了设计。

1 技术要求

根据GB/T 2977—2016,确定12R22.5节油型轮胎的技术参数如下:标准轮辋 9.00,充气外直径(D') 1 085 mm,充气断面宽(B') 300 mm,标准充气压力 930 kPa,标准负荷 3 550(单胎)/

3 250(双胎) kg,滚动阻力等级 B级。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

根据国家标准要求,轮胎的 D' 必须在标准要求的公差范围之内;其次,在相同规格下,不同用途花纹轮胎的最外层带束层的外直径应尽可能相同,并且尽量做到与竞品轮胎的 D' 相近。

对于初产轮胎规格,不仅要调查轮胎出口国及该花纹轮胎配套车辆种类,还必须在花纹深度设计好后,保证最外层带束层外直径尽可能一致,以提高生产效率,并采用有限元仿真分析软件进行验证,确定外直径是否在标准范围之内及是否达到预期值。

根据全钢载重子午线轮胎充气特性及车辆实际使用情况,结合我公司的工艺条件以及相近规格产品的设计经验,本次设计外直径膨胀率(D'/D)取1.005,则轮胎 D 为1 080 mm。

考虑到子午线轮胎 B' 受轮胎轮廓和骨架材料影响,并考虑到轮胎设计成本,本次设计模型 B 取300 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 的确定须考虑以下因素:

- (1) 满足道路运输车辆安全基准;
- (2) 满足相关标准规定的接地宽度;

作者简介:石汉臣(1984—),男,苗族,贵州铜仁人,贵州轮胎股份有限公司工程师,学士,主要从事全钢子午线轮胎结构设计和技术管理工作。

E-mail: shihanchen@gtc.com.cn

(3) 考虑竞品轮胎的 b 。

本设计以市场上比较被客户接受或受客户欢迎的轮胎产品的 b 作为参考。从市场了解得知,轮胎的 b 有越来越大的倾向。

b 的取值会对轮胎的耐热性能、耐久性能、设计成本以及防偏磨性能产生直接影响。 b 取值越大,理论上轮胎的耐磨性能提高,但若轮胎胎面半径设计或材料分布不合理,则会导致轮胎接地印痕和接地压力分布不均,轮胎在使用过程中易发生偏磨情况; b 取值小,轮胎的滚动阻力会大幅降低,即轮胎的燃油经济性更好,但 b 取值过小,高速行驶时,轮胎与地面的附着性能会因为行驶面偏窄而降低,从而影响轮胎的操纵性能,理论上 b 取值小的轮胎平均接地压力比 b 取值大的轮胎大,导致轮胎的耐磨性能降低。因此,合理的 b 设计配合合适的胎面半径及材料分布才能更好地体现轮胎的性能。

b 和 h 影响轮胎的抓着、转向、牵引、耐磨等性能。一般来说,增大 b 、减小 h ,可以有效地增大轮胎的接地面积,降低轮胎的平均接地压力,从而提高轮胎的耐磨性能。

胎冠轮廓设计是轮胎接地印痕是否理想的关键因素。通过有限元仿真分析,优化设计方案。确定本次设计 h 取8.3 mm, b 取235 mm。

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

为保证轮胎与轮辋紧密配合,防止使用过程中轮胎与轮辋发生相对位移,本设计轮胎与轮辋采用过盈配合方式。轮辋直径为571.5 mm,本次设计 d 取570.5 mm。

轮胎趾口位置形状影响轮胎刚度和承载性能,结合轮辋尺寸及以往设计经验,本次设计 C 采用加宽12.7 mm(0.5英寸)设计,取241.3 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

轮胎断面水平轴位置位于轮胎断面最宽处,也是胎侧最薄处,变形量最大,水平轴位置影响轮胎胎圈和胎肩位置应力分布。一般 H_1/H_2 为0.9~1.2,具体通过有限元分析进行方案优化。综合考虑轮胎的使用要求和耐久性能等,本次设计 H_1/H_2 取1.2。轮胎断面轮廓如图1所示。

2.5 胎面花纹

本设计适当减小行驶面宽度及花纹深度,在

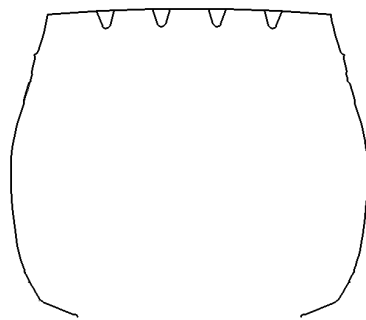


图1 轮胎断面轮廓示意

保证一定磨损里程的同时兼顾花纹块刚性,减少行驶过程中轮胎的能量损耗;优化花纹沟与花纹块之间的比例关系,使胎面压力均匀过渡,防止局部偏磨,有效提高了产品的磨损里程;采用流线型钢片设计,提高轮胎的通过性能,降低能量损失。

本设计胎面花纹采用等节距设计,花纹周节数为61,花纹深度为15 mm,花纹饱和度为80%。胎面花纹如图2所示。



图2 胎面花纹示意

3 施工设计

3.1 胎面

胎面是轮胎与路面的接触部分,是覆盖于带束层外侧的橡胶层,具有保护带束层及抵抗地面冲击的作用,是决定轮胎使用寿命的重要因素。胎面要求具有良好的耐磨性能、抗刺扎性能、抗崩花掉块性能、耐热性能、耐老化性能及耐屈挠性能等。轮胎使用条件及使用环境不同,胎面配方也不同。在高速公路及国家等级公路上使用时,选用耐磨和低生热的胶料配方;在恶劣路面上使用时,则采用抗刺扎和抗崩花掉块性能好的胶料配方。

另外,胎面是路面与轮胎及车辆的连接点,传递着制动力、驱动力,承受苛刻的外部应力,易于被磨损及损伤,因此,胎面除了需要优良的耐磨性

能外,还需要具有优异的抗撕裂性能及弹性,以降低轮胎的生热和改善其抗刺扎性能。并且保证其在高温和长时间老化后仍有优良的性能保持率,从而提高轮胎的使用寿命。

最后,为了给车辆提供良好的操纵稳定性,胎面设计时还应该考虑轮胎在干、湿或雪泥路面上的附着性能。

胎面基部胶位于胎面与带束层之间,与钢丝带束层直接接触。胎肩部位是轮胎应力较大的区域,生热高,且由于材料在胎肩区域较厚,故散热比较困难。胎面基部胶的作用主要是缓解带束层与胎面之间产生的层间剪应力及控制胎面生热。因此,胎面基部胶应具有高定伸应力、低生热和粘合性能优良等特点。

轮胎的滚动阻力是指轮胎滚动单位距离的能量损耗。轮胎在滚动过程中的形变耗能是产生滚动阻力的最主要因素,占80%以上。降低轮胎胶料在滚动过程的损耗一般有两种方法:一是减小其应力、应变幅值,提升胶料的弹性;二是降低胶料的滞后损失。因此,采用低滚动阻力胎面配方是降低轮胎滚动阻力最有效的方法^[3-5]。

综上所述,本产品胎面采用热喂料、冷喂料双复合挤出工艺,基部胶采用低生热、抗撕裂、抗刺扎配方,冠部胶采用低滚动阻力配方。为了在配方设计上保证胎面高耐磨水平的前提下降低胶料的滞后生热,提高弹性,冠部胶配方采用了较大量的环保白炭黑和硅烷偶联剂,不仅能降低胶料生热,提高弹性、降低滞后损失,还能改善其抗湿滑性能,缩短刹车距离。胎面胶配方如表1所示。

表1 胎面胶配方 份

组 分	胎面冠部胶	胎面基部胶
天然橡胶	80	100
顺丁橡胶	20	0
炭黑	40	40
白炭黑	16	10
氧化锌	3.5	0
硬脂酸	2	0
防老剂	5	3
塑解剂	0	1.5
硫黄	1.25	1.5
促进剂	3.05	1.8
其他助剂	8.4	25.5
合计	179.2	183.3

3.2 胎体

在子午线轮胎中,胎体帘布层只有一层钢丝帘布,但这层钢丝帘布构成了压力容器,是轮胎运动机能的基础,因此是轮胎的重要组成部件,必须保证其具有足够的强度以及乘坐舒适性所需的耐反复屈挠性能。

胎体帘布选用3×0.24/9×0.225CCST超高强度钢丝帘线,钢丝破断力为1 680 N,压延密度为60根·dm⁻¹,胎体鼓直径取526.8 mm,帘布厚度为2.5 mm,故选用胎体帘布长度为1 740 mm,单条轮胎胎体帘布钢丝数量为1 044根。

根据公式(1)计算胎体帘布钢丝张力:

$$t = \pi \times P \times (R_A^2 - R_0^2) / N \quad (1)$$

式中 t ——充气轮胎钢丝帘线张力,N;

P ——轮胎充气压力,MPa;

R_A ——轮胎胎里半径,cm;

R_0 ——轮胎水平轴位置半径,cm;

N ——胎体帘线钢丝根数。

计算得 $t=270.6$ N。

根据公式(2)计算内压安全倍数:

$$S = T / t \quad (2)$$

式中 S ——内压安全倍数;

T ——单根钢丝破断力,N。

计算得出内压安全倍数为6.21,即胎体安全倍数达到6以上,满足设计要求。

3.3 带束层

子午线轮胎的带束层是轮胎的重要组成部分,它保证了轮胎圆周方向的刚性,与胎体帘布层共同分担所有施加在轮胎上的负荷,保证了子午线轮胎耐磨性能、耐久性能、低油耗性能及操纵稳定性等特有性能。

1[#]带束层钢丝帘布采用48°的大角度裁断,保证胎面的断面刚性,同时起到90°胎体配置18°工作带束层的过渡作用。

2[#]和3[#]带束层是轮胎的工作带束层,钢丝帘布采用18°交叉配置,保证轮胎的周向刚性,以保证轮胎的周向尺寸稳定性。

4[#]带束层钢丝帘布采用18°裁断,作为工作带束层的保护层,为2[#]和3[#]工作带束层不受外部损伤而设置,一般采用高延伸、高抗冲击和抗生锈的钢丝帘线。

一般来说,钢丝轻量化有助于降低轮胎的滚动阻力^[6-7];减小带束层钢丝帘线直径、增大带束层钢丝压延密度也可有效降低轮胎的滚动阻力^[8]。根据以上特性,各带束层钢丝帘线选型如表2所示。

表2 各带束层钢丝帘线选型

带束层	钢丝帘线	压延密度/(根·dm ⁻¹)
1 [#]	3×0.20+6×0.35HT	55
2 [#]	3×0.20+6×0.35HT	55
3 [#]	3×0.20+6×0.35HT	55
4 [#]	5×0.35HI	40

根据公式(3)计算带束层钢丝破断压力(P_d , MPa):

$$P_d = E T \sin^2 \alpha \quad (3)$$

式中 E ——成品轮胎钢丝帘线密度,根·cm⁻¹;

α ——成品轮胎带束层角度,(°)。

根据公式(4)计算带束层安全倍数(η):

$$\eta = (P_{d1} + P_{d2} + P_{d3} + P_{d4}) / (P_{RA}) \quad (4)$$

式中, P_{d1} — P_{d4} 分别为1[#]—4[#]带束层钢丝破断压力。

计算得出本设计带束层安全倍数达到6以上,满足设计要求。

4 成品轮胎性能

4.1 外缘尺寸

按照GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行外缘尺寸测量,轮胎在标准轮辋上充标准气压,测量 D' 为1 084 mm, B' 为298 mm,满足国家标准要求。

4.2 强度性能

按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》^[9]进行成品轮胎强度性能测试,充气压力为930 kPa,压头直径为38 mm。试验结果表明,轮胎破坏能为3 865 J,为国家标准规定值(2 203 J)的175.4%,符合国家标准要求。

4.3 耐久性能

按照GB/T 4501—2016进行成品轮胎耐久性能测试,测试条件如表3所示。在完成标准测试步骤后,停机检查,轮胎没有发生破坏。成品轮胎累计行驶时间为47 h,累计行驶里程为3 060 km。

表3 成品轮胎耐久性试验条件

项 目	试验阶段		
	1	2	3
负荷率/%	65	85	100
负荷/kg	2 307.5	3 017.5	3 550.0
行驶时间/h	7	16	24

注:充气压力为930 kPa,额定负荷为3 550 kg,试验速度为65 km·h⁻¹。

4.4 滚动阻力系数

根据GB/T 29040—2012《汽车轮胎滚动阻力试验方法 单点试验和测量结果的相关性》^[10]的测试方法进行轮胎滚动阻力测试,轮胎在标准轮辋上充标准气压,滚动阻力系数测试结果为5.0 N·kN⁻¹,滚动阻力级别达到B级,达到设计预期。

4.5 轮胎节油性能测试

为了验证轮胎的实际节油性能,将轮胎安排在山东邹平一家大型物流公司进行轮胎油耗性能测试,选取车况较好、运行线路固定、运输货物相对固定的一台车安装节油型轮胎,记录车辆运行半年的实际里程及燃油消耗,计算出车辆使用节油型轮胎的平均百公里油耗。对比同车半年前使用普通轮胎的燃油消耗量及行驶里程,得到平均百公里油耗,对比数据见表4。

表4 节油型轮胎与普通轮胎油耗对比

项 目	节油型轮胎	普通轮胎
行驶时间/h	1 442.1	1 409.63
行驶里程/km	92 149.90	88 897.79
油耗/L	29 497.50	30 228.25
100 km平均油耗/L	32	34

从表4可以看出:安装普通轮胎的车辆半年平均百公里油耗为34 L;安装我公司节油型轮胎后,车辆半年时间的平均百公里油耗为32 L,平均百公里油耗下降5.88%。

5 结语

12R22.5节油型轮胎的充气外缘尺寸、强度性能和耐久性能均达到国家标准要求,滚动阻力系数为5.0 N·kN⁻¹,滚动阻力级别达到B级。

与普通轮胎对比,我公司的12R22.5节油型轮胎的平均百公里油耗可降低5.88%,达到设计目标。

参考文献:

- [1] 李昭. 高性能载重子午线轮胎设计与制备技术研究[D]. 北京:北京化工大学, 2019.
- [2] 崔鲁欣. 12R22.5规格全钢载重子午线轮胎设计[D]. 青岛:青岛科技大学, 2018.
- [3] 姚冰, 冯琳阁, 张鹏, 等. 胎面胶对全钢子午线轮胎滚动阻力影响的有限元分析[J]. 轮胎工业, 2021, 41(2): 86-88.
- [4] 王宝金, 常双凯, 张琳, 等. 胎面胶动态能量损耗的测试方法及其与损耗因子相关性的研究[J]. 橡胶工业, 2021, 68(12): 937-941.
- [5] 陈名行, 赵天琪, 陈少梅, 等. 钼系高乙烯基聚丁二烯橡胶在胎面胶中的应用[J]. 橡胶工业, 2022, 69(10): 749-753.
- [6] 蔡习舟. 轮胎轻量化设计对轮胎滚动阻力的影响[J]. 轮胎工业, 2013, 33(2): 82-85.
- [7] 姚雪梅. 12R22.5轻量化驱动轮胎的设计[J]. 橡胶科技, 2020, 18(9): 524-526.
- [8] 孙绪利, 刘平娟, 张凯凯, 等. 结构参数对轿车子午线轮胎滚动阻力的影响[J]. 橡胶科技, 2020, 18(11): 623-625.
- [9] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会. 载重汽车轮胎性能室内试验方法: GB/T 4501—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [10] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会. 汽车轮胎滚动阻力试验方法单点试验和测量结果的相关性: GB/T 29040—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

收稿日期: 2022-11-16

Design on 12R22.5 Fuel Saving Tire

SHI Hanchen

(Guizhou Tire Co., Ltd., Guiyang 550201, China)

Abstract: The design on 12R22.5 fuel saving tire was described. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 1 080 mm, cross-sectional width 300 mm, width of running surface 235 mm, arc height of running surface 8.3 mm, bead diameter at rim seat 570.5 mm, bead width at rim seat 241.3 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 1.2, equal pitch design for the tread pattern, number of pattern pitches 61, pattern depth 15 mm, and block/total ratio 80%. In the construction design, the following processes were taken: co-extruded tread with hot feed and cold feed using the compounds having low rolling resistance, $3 \times 0.24/9 \times 0.225$ CCST steel cord for carcass, $3 \times 0.20 + 6 \times 0.35$ HT steel cord for 1[#], 2[#] and 3[#] belt, and 5×0.35 HI steel cord for 4[#] belt. It was confirmed by the finished tire test that, the inflation peripheral dimensions, strength performance and durability of the 12R22.5 fuel saving tire met the requirements of national standards, and the rolling resistance level reached Level B, which could reduce the vehicle fuel consumption by more than 5% compared with ordinary tires.

Key words: fuel saving tire; structure design; construction design; finished tire performance; rolling resistance level

一种用于轮辋密封的三元乙丙橡胶材料及其制备方法

由中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司申请的专利(公布号 CN 114874558A, 公布日期 2022-08-09)“一种用于轮辋密封的三元乙丙橡胶材料及其制备方法”,公开了一种用于轮辋密封的三元乙丙橡胶胶料及其制备方法,胶料配方为三元乙丙橡胶 100,炭黑N330 20~60,炭黑N550 10~50,氧化镁 1~3,氧化锌

3~8,硬脂酸 0.5~4,防老剂RD 1~5,防老剂3100 0.5~3,石蜡油 2~15,己二酸二辛酯 3~10,N,N-间苯撑双马来酰亚胺 0.1~0.8,二硫化二己内酰胺 0.1~0.5,过氧化物硫化剂 1~3.5。本发明三元乙丙橡胶胶料用于航空轮胎轮辋密封,在具有良好物理性能和高温老化性能的同时,兼具优异的耐磷酸酯液压油性能和耐低温性能。

(本刊编辑部 马 晓)