

335/80R20 越野型无内胎全钢子午胎的设计

雷泰伟, 赵毅斌, 田魏娟, 宋倩, 姚娜

(陕西延长石油集团橡胶有限公司, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 本文从设计目标、结构设计、施工设计、成品测试四个方面介绍了 335/80R20 越野型无内胎全钢载重子午线轮胎的设计开发过程与测试情况。设计目标: 充气外直径 1 028~1 065 mm, 充气断面宽 320~346 mm, 标准轮辋 10.0, 轮胎重量 ≤ 67 kg。结构设计: 模具外直径 1 038 mm, 断面宽 346 mm, 行驶面宽度 305 mm, 行驶面弧高 12 mm, 胎圈着合直径 $\Phi 512.5$ mm, 胎圈着合宽度 279.4 mm, 水平轴位置 (H_1/H_2)1.049, 采用横向大块状花纹设计, 花纹饱和度 60.25%, 花纹深度 17.5 mm, 花纹节距数 32。施工设计: 胎面和胎侧采用双胶复合结构, 1"、2"、3" 带束层均使用 $3\times 0.20+6\times 0.35$ HT 高强度钢丝帘线, 4# 带束层使用 5×0.35 HI 抗冲击钢丝帘线, 胎体帘布使用 $0.25+6+12\times 0.225$ HT 高强度钢丝帘线, 成型采用两鼓一次法大胶囊反包成型, 硫化采用 B 型双模定型热板硫化机。测试结果证明采用该方案所设计轮胎的充气外缘尺寸、强度、耐久、高速性能均达到国标及企标要求, 具备量产条件。

关键词: 全钢载重子午线轮胎; 无内胎轮胎; 结构设计; 施工设计; 成品测试

中图分类号: TQ336.2

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)12-0025-04

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.12.006

0 前言

近年来随着市场对公制胎需求的上升, 急需填补我公司在公制胎尤其是越野型花纹公制胎的产品空白, 为满足国内外市场需要, 提高产品的竞争力, 经过市场调研并结合公司全钢产品发展方向, 决定开发 335/80R20 越野型全钢无内胎载重子午胎, 现将该产品设计情况介绍如下。

1 设计目标

根据 GB/T 2977—2024《载重汽车轮胎规格、尺寸、气压、负荷》及该产品的市场定位和使用条件, 确定该产品设计目标为: 成品充气外直径 (D') 1 040 mm, 允许范围: (1 028~1 065) mm; 充气断面宽 (B') 336 mm, 允许范围: (320~346) mm; 标准充气压力 760 kPa, 单胎标准负荷 3 550 kg, 速度级别为 K, 标准轮辋 10.0, 成品轮胎重量 ≤ 67 kg。

2 结构设计

2.1 模具外直径 (D) 和断面宽 (B)

子午线轮胎由于其特殊的结构, 轮胎充气前后外直径的变化较小 (一般充气后外直径较模具外直径增

大 1~3 mm), 因此模具外直径 D 的取值与充气外直径 D' 非常接近, 结合 20"80 系列已有规格成品试验数据, 本次设计 D' 取 1 040 mm, D 取 1 038 mm, 即充气前后外直径变化量为 2 mm。

充气后子午线轮胎断面宽度受使用轮辋型号、带束层角度和张力的、骨架材料的刚性、胎侧轮廓曲线等多种因素影响, 因此想要准确确定充气后轮胎断面宽度数值比较困难, 实际设计工作中一般参考同规格竞品技术参数和相似规格试验数据并结合轮胎市场定位、用途、使用条件进行确定。结合已有竞品数据、相似规格及该规格市场定位及使用条件, 本次设计 B' 取 336 mm, B 取 346 mm, B'/B 为 0.97。

2.2 行驶面宽度 (b) 和弧高 (h)

b 和 h 直接影响轮胎的接地印痕形状和接地压力分布, 是轮胎结构设计中关键参数。 b 值大则接地面积增大, 平均接地压力降低, 减小单位面积磨损, 能够提高轮胎的耐磨性和使用寿命, 但 b 值增大会造成滚动阻力增加, 不利于轮胎的燃油经济性且轮胎的滚

作者简介: 雷泰伟 (1985—), 男, 工程师, 学士, 主要从事全钢子午线轮胎成型工艺与质量管理工作。

动阻力大。弧高 h 决定了胎冠的曲率, 直接影响接地压力分布: 弧高大胎面接地压力呈现中间高两边低的特点, 导致内外侧磨损不均匀造成偏磨。反之如果 h 过小则接地压力中间低两边高, 造成肩部压力集中, 导致肩部过快磨损甚至肩空脱层等问题。实际设计工作中 h 与 b 作为影响接地印痕和压力分布的两个关键参数, 需整体考虑以获得较为优化的接地印痕和接地压力分布, 一般 h/b 取值 $0.03 \sim 0.05$ 比较合理, 综合考虑并参考竞品规格数据, 本设计中 b 值取 305 mm , h 取 12 mm , $h/b=0.04$ 。

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

胎圈着合直径和着合宽度参考我司已有的 365/80R20 规格进行取值, 本规格选用 10.0V-20 FB-I 型 5° 平底轮辋(轮辋主要尺寸见图 1), 胎圈着合直径 d 取 512.5 mm , 着合宽度 C 比标准轮辋宽度大 1 英寸 (25.4 mm)^[1], 即 C 取 279.4 mm 。



图 1 10.0V-20 FB-I 型平底轮辋

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

断面水平轴位置直接影响轮胎的应力分布, $H_1 > H_2$ 时水平轴上移靠近胎冠, 应力集中于胎肩和胎冠部位, 增加肩空冠空风险。当 $H_1 < H_2$ 时水平轴下移靠近胎圈, 造成应力集中于胎圈区域, 容易造成胎圈空脱爆, 影响轮胎使用寿命^[2]。考虑到市场胎圈子口问题多发的现状, 该产品采用 $H_1 > H_2$ 的设计, 参考目前已有相似规格, 本设计 H_1/H_2 取 1.049 , 断面高 $H=(D-d)/2=262.75 \text{ mm}$, 下胎侧高 H_1 为 134.5 mm , 下胎侧高 H_2 为 128.25 mm 。

根据以上所确定的轮胎外轮廓主要设计参数, 绘制出 335/80R20 外轮廓图如图 2。

2.5 胎面花纹设计

考虑到该产品为越野型花纹, 使用路面条件较差, 要求胎面具有良好的抓着牵引性能, 本规格胎面花纹采用我司目前比较成熟的 Y821 越野型花纹, 设计上采用等节距横向大块状花纹, 保证胎面具有良好的抓着牵引性能。花纹节距数 32, 花纹深度 17.5 mm , 花纹饱和度 60.25% , 胎面花纹展开如图 3 所示。

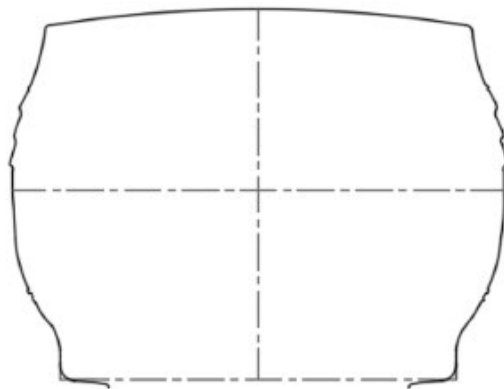


图 2 335/80R20 外轮廓图

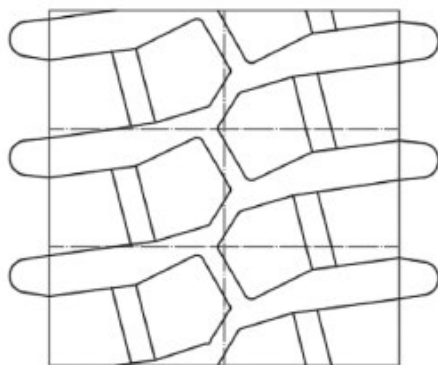


图 3 335/80R20 胎面花纹图

3 施工设计

3.1 胎面和胎侧

胎面采用双胶复合式结构, 冠部胎面胶采用耐磨耐扎刺扎性能突出的胶料配方以适应复杂路况, 基部胶则采用低生热胶料配方, 降低胎面生热防止冠空冠爆, 提高轮胎使用寿命。胎面底部加贴 0.8 mm 厚粘合胶片, 预防胎面与带束层脱层风险。根据模具行驶面宽和成型滚压胎面压合宽度变化量, 确定胎面肩宽取 275 mm 、全宽 345 mm , 生产设备为桂林橡胶设计院双复合挤出冷却生产线。胎侧采用双复合结构(胎侧胶/耐磨胶), 胎体反包端点附近区域增加具有填充和缓冲作用的胎侧胶片, 提高胎圈的耐久性能, 生产设备为桂林橡胶设计院双复合挤出冷却生产线。

3.2 胎体和带束层

本设计采用单层胎体结构, 使用强度较高的 $0.25+6+12 \times 0.225 \text{ HT}$ 钢帘线, 帘布压延密度为 $55 \text{ 根}/10 \text{ cm}$, 胎体安全倍数为 5.5 满足强度要求(安全系数 > 5.0)。胎冠部位采用四层带束层结构, $1^\#$ 、 $2^\#$ 、 $3^\#$ 均使用 $3 \times 0.20+6 \times 0.35 \text{ HT}$ 钢帘线、密度分别为 40

根 /10 cm、60 根 /10 cm、60 根 /10 cm，其中 1[#] 带为过渡层，2[#]/3[#] 带束层为工作层。4[#] 带作为保护层，其作用是保护工作层避免因外力冲击而发生损伤断裂，因此要求其具有较高的抗冲击性能，本设计采用目前我司已普遍使用 5×0.35HI 高抗冲击钢帘线，胎体钢丝 / 带束层帘布压延设备为意大利埃克里 S 型四辊压延机及联动线，裁断设备分别为 90° 裁断生产线和小角度裁断生产线。

3.3 钢丝圈

钢丝圈为六边形形状，采用 Φ1.65 mm 胎圈钢丝，钢丝排列 6-8-5，共 39 根，钢丝表面镀铜，经过挤出机口型后表面均匀覆胶，覆胶钢丝直径为 1.80 mm，钢丝圈直径为 Φ528 mm，安全倍数 4.2，满足胎圈部位强度要求（安全系数 > 4.0）。

3.4 成型工艺

成型设备为中航工业北京 625 研究所一次法两鼓胶囊成型机，使用沈阳冠捷胶囊鼓成型（中鼓直径 493.5 mm），主要工艺参数：副鼓周长 2 990 mm，机头宽度 756 mm。胎侧反包方式为大胶囊充气反包，反包高度均匀，成品质量稳定。

3.5 硫化工艺

硫化采用双模定型热板式硫化机，硫化胶囊型号 B1000R20-1，硫化工艺条件为：一次定型压力（0.03~0.05）MPa，二次定型压力（0.06~0.08）MPa，一次定型高度（440±10）mm，二次定型高度（410±10）mm，热合模力（2 800±200）kN，硫化总时间 52 min。

4 成品测试

4.1 充气外缘尺寸测试

成品轮胎外缘尺寸依据国标 GB/T 521—2023《轮

胎外缘尺寸测量方法》和企标 JS/BZ-C-009《全钢子午线轮胎外缘尺寸检验规程》进行测试。测试轮辋为 10.0V-20 平底轮辋，测试气压 760 kPa，测得该条件下充气外直径与断面宽分别为 1 039 mm 和 345 mm，中国轮胎轮辋气门嘴标准年鉴要求分别为（1 028~1 065）mm 和（320~346）mm，成品轮胎外缘尺寸符合国标要求。

4.2 静负荷性能测试

接地压力测试按照 GB/T22038—2018《汽车轮胎静态接地压力分布试验方法》和企业标准 JS/BZ-C-010《全钢子午线轮胎静负荷性能试验检验标准》进行试验，试验条件为：充气压力 760 kPa，标准负荷 3 550 kg，测试轮胎下沉量为 35.12 mm，下沉率为 9.6%，负荷下轮胎静半径为 484.4 mm，负荷下轮胎断面宽为 379 mm，接地系数为 0.82。

4.3 强度性能测试

强度性能按国标 GB/T 4501—2023《载重汽车轮胎性能室内试验方法》和企业标准 JS/BZ-C-011《全钢子午线轮胎强度性能试验检验规程》进行测试，试验条件为：充气压力 760 kPa，压头直径 38 mm。试验结果表明，轮胎的破坏能力 7 884 J（国家标准 ≥ 2 090 J），强度性能满足国家标准要求。

4.4 耐久性能测试

耐久性能按国标 GB/T 4501—2023《载重汽车轮胎性能室内试验方法》和企业标准 Q/YXB 5C028—2023《载重汽车子午线轮胎常规耐久性能试验方法（III）》规定的试验方法和试验条件进行耐久性试验，试验条件见表 1。测试轮胎经过 84 h 42 min 后胎面冠爆损坏停止试验，轮胎耐久性能符合国家标准和企业标准的要求（国标 ≥ 47 h、企标 ≥ 57 h）。

表 1 耐久性试验条件

试验阶段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
试验速度 / (km·h ⁻¹)	57	57	57	57	57	0	57	57	57	57
负荷率 %	66	85	101	110	110	0	120	130	140	150
试验负荷 / kg	2 343	3 017.5	3 585.5	3 905	3 905	0	4 260	4 615	4 970	5 325
试验时间 / (h:min)	7:00	16:00	24:00	5:00	5:00	0:20	8:00	8:00	8:00	3:42

4.5 高速性能测试

高速性能按国标 GB/T 4501—2023《载重汽车轮胎性能室内试验方法》和企业标准 Q/YXB 5C022—2023《载重汽车子午线轮胎高速性能试验方法》规定的试验方法和试验条件进行高速性能试验，试验条件

见表 2。试验时间 5 h 26 min 后胎冠部位发生冠爆试验停止，轮胎高速性能满足国家标准和企业标准的要求（国标 ≥ 1 h、企标 ≥ 4.5 h）。

4.6 成品重量

该产品技术定额及实测成品重量分别如表 3、表 4

表 2 高速试验条件

试验阶段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
试验速度/(km·h ⁻¹)	0~80	0	0~80	90	100	110	120	0	130	140
负荷率/%	90	0	90	90	90	90	90	0	90	90
试验负荷/kg	2 610	0	2 610	2 610	2 610	2610	2 610	0	2 610	2 610
检验时间/(h:min)	2:00	1:00	0:30	0:30	0:30	0:30	0:30	0:20	0:30	0:26

所示,技术定额及成品实测重量均符合设计目标(≤ 67 kg)。

表 3 335/80R20 技术定额表

各种部件混炼胶总重量/kg	41.68
敷胶帘布用混炼胶总重量/kg	8.70
钢丝帘线总重量/kg	11.94
胎圈钢丝总重量/kg	2.20
尼龙包布总重量/kg	0.02
总计/kg	65.45

5 结语

本设计 335/80R20 子午线轮胎的充气外缘尺寸、强度、耐久、高速性能测试均达到国标和企业标准,该产品的投产将有效填补我司相关规格产品空白,助力公司产能提升和市场拓展。

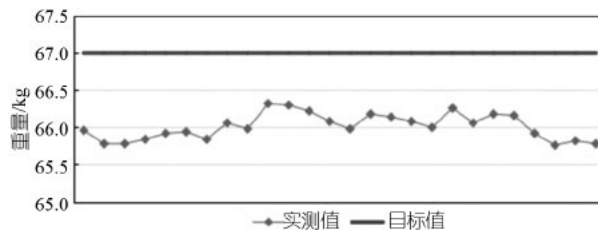


图 4 335/80R20 成品重量监测表

参考文献:

- [1] 郑涛. 12R22.5 18PR 子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业, 2017,37(5):269-271.
- [2] 王秀梅,隋斌,李园园. 8R22.5 全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业, 2018,43(4):208-210.

Design of the 335/80R20 off-road tubeless all-steel radial tire

Lei Taiwei, Zhao Yibin, Tian Weijuan, Song Qian, Yao Na

(Shaanxi Yanchang Petroleum Group Rubber Co. LTD., Xianyang 712000, Shaanxi, China)

Abstract: This article provides a detailed introduction to the design and development process, as well as the testing status, of the 335/80R20 off-road tubeless radial truck tire, focusing on four dimensions: design objectives, structural design, construction design, and finished product testing. Design objectives: The inflated outer diameter should range from 1028 to 1065 mm, with an inflated section width of 320 to 346 mm. The standard rim size should be 10.0, and the tire weight should not exceed 67 kg. Structural Design: The mold has an outer diameter of 1038 mm, a section width of 346 mm, a tread width of 305 mm, a tread height of 12 mm, a bead fit diameter of $\Phi 512.5$ mm, a bead fit width of 279.4 mm, and a horizontal axis position (H_1/H_2) of 1.049. It adopts a lateral large block pattern design, with a pattern saturation of 60.25%, a pattern depth of 17.5 mm, and a pattern pitch count of 32. Construction design: The tread and sidewall adopt a dual-rubber composite structure. The 1[#], 2[#], and 3[#] belt layers all use 3×0.20+6×0.35HT high-strength steel cord, while the 4[#] belt layer uses 5×0.35HI impact-resistant steel cord. The carcass ply utilizes 0.25+6+12×0.225HT high-strength steel cord. The molding process employs a two-drum one-step large bladder turn-up molding method, and the curing process utilizes a B-type dual-mold fixed hot plate curing press. The test results indicate that the tires designed using this scheme meet the requirements of both national and enterprise standards in terms of inflated outer edge dimensions, strength, durability, and high-speed performance, and are ready for mass production.

Key words: all-steel radial truck tire; tubeless tire; structural design; construction design; finished product testing

(R-03)