

# ST235/85R16拖车专用公路型全钢子午线轮胎的设计

孙淑梅<sup>1</sup>, 逢莉<sup>2</sup>, 黄义钢<sup>1\*</sup>, 刘连波<sup>1</sup>, 马伟华<sup>1</sup>

(1. 青岛双星轮胎工业有限公司, 山东 青岛 266400; 2. 青岛科技大学, 山东 青岛 266042)

**摘要:**介绍ST235/85R16拖车专用公路型全钢子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 798 mm, 断面宽 230 mm, 行驶面宽度 182 mm, 行驶面弧高度 8 mm, 胎圈着合直径 404 mm, 胎圈着合宽度 184 mm, 断面水平轴位置( $H_1/H_2$ ) 0.989 9。胎面采用4条纵向花纹沟, 花纹深度 9 mm, 花纹饱和度 78%, 花纹周节数 71。施工设计:胎面采用单胶种整体挤出形式, 胎体采用 $3 \times 0.24 + 9 \times 0.225$ CCST钢丝帘线, 带束层采用 $2 + 7 \times 0.30$ ST钢丝帘线, 采用一次法成型机成型、热板式硫化机硫化。成品性能试验结果表明, 轮胎的充气外缘尺寸、强度和耐久性能均符合国家标准要求, 高速性能达到设计要求。

**关键词:**拖车; 全钢子午线轮胎; 结构设计; 施工设计; 成品轮胎性能

**中图分类号:** TQ336.1<sup>+</sup>1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-8171(2024)11-0658-04

**DOI:** 10.12135/j.issn.1006-8171.2024.11.0658



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

美国和加拿大等发达国家是全球房车发展成熟的市场, 拖挂式房车约占房车总量的90%, 因此对拖车专用公路型轮胎的需求不断增长<sup>[1-3]</sup>。为了满足市场需求, 拓展产品规格, 提升市场竞争力, 我公司成功开发了ST235/85R16拖车专用公路型全钢子午线轮胎, 现将其设计情况介绍如下。

## 1 技术要求

根据市场调查信息和用户需求, 按照《美国轮胎轮辋协会(TRA)标准年鉴》—2020, 确定ST235/85R16拖车专用公路型全钢子午线轮胎的技术参数如下: 标准轮辋  $165.1 \times 406.4$ , 充气外直径( $D'$ )  $800.2 \sim 824.6$  mm, 充气断面宽( $B'$ )  $225.6 \sim 244.4$  mm, 标准充气压力 760 kPa, 负荷能力 2 000/1 750 kg, 负荷指数 132/127, 速度级别 L。

## 2 结构设计

### 2.1 外直径( $D$ )和断面宽( $B$ )

对于子午线轮胎, 由于其骨架帘线排列的特

有角度、带束层的存在及其角度的特殊性, 决定了其在充气状态下外轮廓尺寸的变化较小。拖车专用公路型轮胎属于标载、标压产品, 根据经验, 推断轮胎的 $D'$ 较 $D$ 增大 $3 \sim 5$  mm, 因此本设计 $D$ 为798 mm,  $B$ 为230 mm。

### 2.2 行驶面宽度( $b$ )和弧度高( $h$ )

轮胎的 $b$ 和 $h$ 与其扁平率、断面高( $H$ )及轮辋宽度等密切相关。

$b$ 取值直接影响轮胎使用状态下的接地面积及接地形状, 是轮胎性能的重要指标。子午线轮胎的 $h$ 与 $H$ 有一定的比值关系, 其取值一般是由轮胎功能定位(分导向、驱动及拖轮)、 $b$ 、轮胎扁平率及 $H$ 等因素决定。 $h$ 可以影响轮胎的接地印痕形状、操纵稳定性及使用寿命。子午线轮胎的 $h/H$ 一般取 $0.03 \sim 0.05$ 。

本产品用于拖轮位, 结合北美市场良好的路况条件, 本设计 $b$ 为182 mm,  $h/H$ 为0.040 6,  $h$ 为8 mm。

### 2.3 胎圈着合直径( $d$ )和着合宽度( $C$ )

对于扁平率小的子午线轮胎, 为提高胎侧的柔软性, 便于工艺过程控制, 一般 $C$ 大于相应的标准轮辋宽度。本设计标准轮辋宽度为165.1 mm, 故 $C$ 取184 mm。

**作者简介:**孙淑梅(1981—), 女, 山东胶州人, 青岛双星轮胎工业有限公司高级工程师, 学士, 主要从事子午线轮胎的结构设计工作。

\*通信联系人(hyg769@163.com)

$d$ 是结构设计的关键参数,其值过大,则轮胎与轮辋配合的紧密度不够,在使用过程中,轮胎与轮辋产生相对位移,容易造成胎圈部位生热高、胎侧扭曲变形大,极易损伤胎圈;其值过小,则轮胎装配困难。

本设计标准轮辋直径为406.4 mm,过盈量取2.4 mm,确定 $d$ 为404 mm。

#### 2.4 断面水平轴位置( $H_1/H_2$ )

轮胎断面水平轴处厚度最小,半成品部件最少,更重要的是无半成品端点差级,没有应力集中点,是轮胎使用过程中最理想的变形位置,也是轮胎滚动过程中形变最大的位置。 $H_1/H_2$ 比值大,则胎冠部位受力大; $H_1/H_2$ 比值小,则胎圈部位受力大。结合经验,本设计 $H_1/H_2$ 取0.989 9。

轮胎断面轮廓如图1所示。

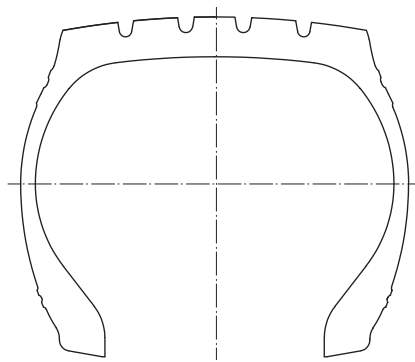


图1 轮胎断面轮廓示意

#### 2.5 胎面花纹

本设计采用普通花纹,也称公路型花纹。胎面花纹展开如图2所示。

提升主沟排水能力有利于提高轮胎的抗湿滑性能,花纹块上设计横向沟槽,采用4条纵向花纹沟,花纹沟底布置弹石块,其自洁性好,且减少沟裂风险。为降低轮胎花纹噪声,采用3种花纹块变

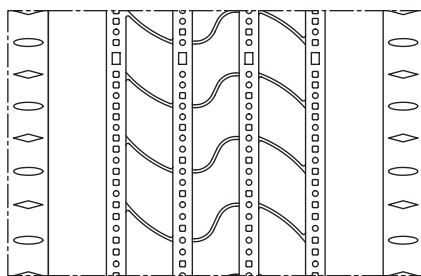


图2 胎面花纹展开示意

节距无序排列设计,同时花纹周节数为71,花纹深度为9 mm,花纹饱和度为78%。

#### 2.6 有限元分析

为提高产品质量,缩短开发周期,使用Abaqus软件对轮胎结构进行有限元分析<sup>[4-6]</sup>。

轮胎材料分布如图3所示。半成品部件主要由胶部件及骨架材料组成。根据轮胎对各部位性能的要求,不同胶部件采用性能不同的胶料,骨架材料采用帘线-橡胶复合材料。

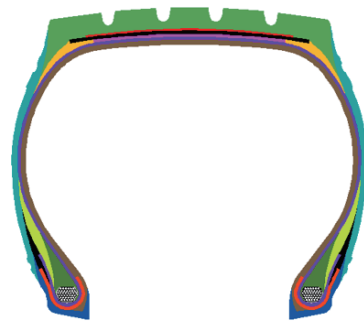


图3 轮胎材料分布示意

采用有限元分析软件对轮胎在标准负荷(2 000 kg)和标准充气压力(760 kPa)下的外缘尺寸及接地压力分布进行分析,结果达到了设计要求。

### 3 施工设计

#### 3.1 胎面

根据轮胎的花纹尺寸、使用条件以及结合现有的工装设备,确定胎面采用单胶种整体挤出形式,胎面横截面结构如图4所示。

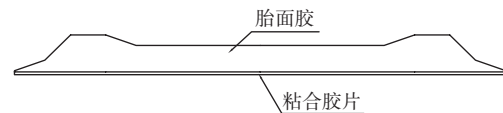


图4 胎面横截面结构示意图

采用高性能胎面胶配方,胶料兼顾耐磨性能和低生热性能。在胎面胶下方增加粘合胶片,胶片厚度为0.8 mm,以增强胎面与带束层之间的粘性,同时防止胎面胶在硫化过程中被压入钢丝帘线里。根据产品特性,本设计花纹沟底基部胶厚度为4.0~4.5 mm。

#### 3.2 骨架材料

对于全钢子午线轮胎,带束层承受整个轮胎

75%左右的负荷,胎体承受30%左右的负荷。全钢子午线轮胎对骨架材料的性能要求主要有:强度高、初始模量大、兼顾单位质量成本;在湿、热、疲劳等状况下不易降解;耐疲劳;尺寸稳定;具有良好的附胶性能。

根据产品性能要求,带束层采用2+7×0.30ST钢丝帘线,每根钢丝的破断力为205 kg,带束层安全倍数为9.3。经过两轮对比试验,最终确定1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>带束层的裁断角度分别为52°、20°和20°<sup>[7-8]</sup>。

胎体采用3×0.24+9×0.225CCST钢丝帘线,因其具有良好的渗胶性能、超高强度及相对小的线密度,胎体安全倍数大于12.0。

胎体及带束层帘布均采用意大利鲁道夫公司生产的压延生产线制备,以确保帘布具有更好的附胶、渗胶性能以及精准的厚度。

### 3.3 钢丝圈

钢丝圈采用直径为1.67 mm的高强度胎圈钢丝,胎圈安全倍数为10.5,符合设计要求。钢丝圈采用单丝缠绕方式生产,排列形式为正六角形,以确保轮胎具有足够的强度和箍紧系数,保证轮胎行驶安全。

### 3.4 成型

采用天津赛象科技股份有限公司生产的一次法成型机进行成型。严格控制工艺执行标准,如半成品部件接头均匀合理分布、接头对齐压平,以确保产品质量稳定均一<sup>[9]</sup>。

### 3.5 硫化

采用氮气硫化工艺,在1 397 mm热板式硫化机(德国HF公司产品)上进行硫化<sup>[10]</sup>。硫化条件为:高压氮气压力(2.6±0.15) MPa,内蒸汽压力(1.8±0.1) MPa,内蒸汽温度(207±3) °C,总硫化时间 38 min。

## 4 成品轮胎性能

### 4.1 充气外缘尺寸

轮胎的充气外缘尺寸按照GB/T 521—2018《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测量。在标准充气压力下的D'为803 mm,B'为231 mm,符合国家标准要求。

### 4.2 强度

轮胎的强度按照GB/T 4501—2023《载重汽车轮胎性能室内试验方法》进行测试。试验条件为:充气压力 760 kPa,压头直径 32 mm。轮胎强度试验结果见表1。

表1 轮胎强度试验结果

项 目	试验点				
	1	2	3	4	5
破坏能/J	2 094.4	2 095.4	2 096.1	2 094.4	4 547.2
测量点情况	未穿	未穿	未穿	未穿	压穿

注:第5点破坏能为国家标准值的218.6%。

从表1可以看出,5个测量点的破坏能符合国家标准要求。

### 4.3 耐久性能

轮胎的耐久性能按照GB/T 4501—2023进行测试。试验条件为:充气压力 760 kPa,行驶速度 65 km·h<sup>-1</sup>。轮胎耐久性能试验结果见表2。

表2 轮胎耐久性能试验结果

项 目	试验阶段					
	1	2	3	4	5	6
负荷率/%	65	85	100	120	140	160
行驶时间/h	7	16	24	10	10	6.63(胎圈裂)

从表2可以看出,轮胎行驶至67 h时未损坏,符合国家标准要求(≥47 h)。

### 4.4 高速性能

轮胎的高速性能按照企业标准进行测试,充气后的轮胎在(38±3) °C下停放3 h,充气压力、负荷及轮辋均按照TRA标准执行。轮胎高速性能试验结果见表3。

表3 轮胎高速性能试验结果

项 目	试验阶段				
	1	2	3	4	5
试验速度/ (km·h <sup>-1</sup> )	0~100	100	110	120	120
行驶时间/min	10	10	10	30	15(未损坏)

从表3可以看出,轮胎的最高速度达到120 km·h<sup>-1</sup>,累计行驶时间为1.25 h,试验结束时轮胎未损坏,达到了设计要求(速度级别为L)。

## 5 结语

ST235/85R16拖车专用公路型全钢子午线轮

胎的充气外缘尺寸、强度和耐久性能均符合国家标准要求,高速性能达到了设计要求,产品性能优异,投放北美市场后受到用户好评。该轮胎的成功开发不仅拓展了我公司拖车专用公路型全钢子午线轮胎的规格型号,更提升了产品的市场竞争力。

### 参考文献:

- [1] 孙佳佳,孙宝余,于子涵. ST235/80R16公路型挂车特种专用轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2020,40(1):12-14.
- [2] 马丽华,王君,韩磊,等. ST205/75R15 8PR拖车专用轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2022,42(6):335-338.
- [3] 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.
- [4] 闫相桥. 轮胎有限元分析技术及其在轮胎结构优选中的应用[J]. 固体力学学报,2001,22(2):150-164.
- [5] 冯琳阁,辛振祥. 不对称带束层11.00R20全钢载重子午线轮胎有限元分析[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版),2012,33(2):177-182.
- [6] 黄兆阁,李长宇,孟祥坤,等. 235/45R18轮胎带束层帘线的有限元优化设计[J]. 橡胶工业,2020,67(3):209-213.
- [7] 王宝凯. 205/55R16子午线轮胎的结构设计、带束层优化与性能研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2020.
- [8] 史彩霞,孟熙宏,苏明,等. 复杂花纹轿车子午线轮胎带束层结构对轮胎高速温度场的影响研究[J]. 橡胶工业,2022,69(8):578-585.
- [9] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京:中国石化出版社,2004.
- [10] 蔡文杰,张文标,柯子东,等. 新结构热板立柱式硫化机的设计[J]. 橡胶科技,2021,19(5):251-253.

收稿日期:2024-08-17

## Design of ST235/85R16 Trailer Special Road Type All-steel Radial Tire

SUN Shumei<sup>1</sup>, PANG Li<sup>2</sup>, HUANG Yigang<sup>1</sup>, LIU Lianbo<sup>1</sup>, MA Weihua<sup>1</sup>

(1. Qingdao Doublestar Tire Industry Co., Ltd., Qingdao 266400, China; 2. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

**Abstract:** The design of the ST235/85R16 trailer special road type all-steel radial tire was introduced. In the structural design, the following parameters were taken: overall diameter 798 mm, cross-sectional width 230 mm, width of running surface 182 mm, arc height of running surface 8 mm, bead diameter at rim seat 404 mm, bead width at rim seat 184 mm, and maximum width position of cross-section ( $H_1/H_2$ ) 0.989 9. The tread adopted four longitudinal pattern grooves, pattern depth 9 mm, block/total ratio 78%, and number of pattern pitches 71. In the construction design, the following processes were taken: adopting a single rubber integral extrusion type for tread,  $3 \times 0.24 + 9 \times 0.225$  CCST steel cord for carcass,  $2 + 7 \times 0.30$  ST steel cord for belt, and using one-stage building machine to build tires and hot plate vulcanizing machine to cure tires. The test results of finished tire showed that, the inflated peripheral dimension, strength and durability met the requirements of national standards, and the high-speed performance met the design requirements.

**Key words:** trailer; all-steel radial tire; structural design; construction design; finished tire performance

### 一种轮胎用可发泡的橡胶组合物及其制备方法和应用

由山东玲珑轮胎股份有限公司申请的专利(公布号 CN 117887181A, 公布日期 2024-04-16)“一种轮胎用可发泡的橡胶组合物及其制备方法和应用”,涉及的橡胶组合物配方(用量/份)为:卤化丁基橡胶 50~100,顺式-1,4-聚异戊二烯橡胶 0~50,炭黑 5~50,微球发泡剂 5~30,生物基油 5~20,碳氢树脂混合物

1~10,酚醛增粘树脂 1~5,防老剂 0~2,硫化体系 3~7。本发明采用的微球发泡剂在85~230℃的温度范围内加热后膨胀发泡而形成细小均匀的泡孔结构,添加至橡胶组合物中形成稳定的发泡效果,使橡胶组合物达到微发泡状态,从而形成具有微孔结构的海绵状的橡胶组合物。通过该海绵状橡胶组合物阻隔且吸收轮胎行驶过程中的噪声,达到降低轮胎噪声的效果。

(信息来源于国家知识产权局)