

# 高负荷工业车辆专用12.00R20全钢载重子午线轮胎的设计

高同舜, 王秀梅, 杨萌, 赵玉娜, 李园园

(青岛双星轮胎工业有限公司, 山东 青岛 266400)

**摘要:**介绍高负荷工业车辆专用12.00R20全钢载重子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 1 130 mm, 断面宽 315 mm, 行驶面宽度 290 mm, 行驶面弧度高 9.6 mm, 胎圈着合直径 511 mm, 胎圈着合宽度 240 mm, 断面水平轴位置( $H_1/H_2$ ) 0.926, 采用纵向花纹设计, 花纹深度 35 mm, 花纹饱和度 76.15%, 花纹周节数 48。施工设计:采用双胎面复合设计, 1<sup>#</sup>, 2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>带束层采用3+9+15×0.22+0.15钢丝帘线, 4<sup>#</sup>带束层采用5×0.30HI钢丝帘线, 冠带层采用1400dtex/2V<sub>2</sub>锦纶66帘线, 胎体采用3+9+15×0.225HT钢丝帘线, 采用侧包冠成型工艺、液氮热板式硫化机硫化。成品性能试验结果表明, 成品轮胎的外缘尺寸、强度性能和耐久性能均达到设计和相关标准要求。

**关键词:**全钢载重子午线轮胎; 高负荷工业车辆; 结构设计; 施工设计; 成品性能

**中图分类号:**U463.341<sup>+</sup>.3/.6; TQ336.1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1006-8171(2021)08-0479-04

**DOI:**10.12135/j.issn.1006-8171.2021.08.0479



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

随着船舶工业的发展, 船舶行业的运输显得尤为重要, 轮胎作为运输车辆的重要部件之一, 对其负荷的要求越来越高。高负荷工业车辆专用全钢载重子午线轮胎属国内空白产品, 由于国外同类产品采购周期长, 船舶工厂对国内产品需求日益增大。我公司根据用户需求, 开发了高负荷工业车辆专用12.00R20全钢载重子午线轮胎, 增强了企业的竞争力。现将其设计情况介绍如下。

## 1 技术要求

根据欧洲ETRTO 2012标准要求, 并通过市场调研及与客户沟通, 确定高负荷工业车辆专用12.00R20全钢载重子午线轮胎的主要技术参数为: 标准轮辋 8.5, 充气外直径( $D'$ ) 1 135 (1 107~1 143) mm, 充气断面宽( $B'$ ) 317 (303~327) mm, 标准充气压力 1 000 kPa, 标准负荷 7 100 kg, 最高行驶速度 25 km·h<sup>-1</sup>。

## 2 结构设计

### 2.1 外直径( $D$ )和断面宽( $B$ )

轮胎的充气外缘尺寸关系到轮胎的使用性

**作者简介:**高同舜(1992—), 男, 山东潍坊人, 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工作。

**E-mail:** sdkdgaotongshun@163.com

能, 而模型尺寸决定了轮胎的充气外缘尺寸。相比于多层缠绕锦纶帘布的斜交轮胎, 全钢载重子午线轮胎的结构特性以及钢丝帘布的高刚性使其周向尺寸具有充气前后低增大率的特点。根据以往产品的设计经验及实际生产过程的工艺情况, 本次设计 $D$ 取1 130 mm, 外直径膨胀率( $D'/D$ )为1.004 4。

轮胎充气后断面宽的影响因素较多, 包括胎体钢丝材料的选用、带束层的结构和角度等, 综合考虑,  $B$ 取315 mm, 断面宽膨胀率( $B'/B$ )为1.006 3。

### 2.2 行驶面宽度( $b$ )和弧度高( $h$ )

$b$ 的取值决定了轮胎的使用性能, 如高速性能、附着性能、牵引性能、耐久性能、耐磨性能和滚动阻力等。该产品设计时主要考虑轮胎的承载能力和使用寿命, 适当调整 $b$ 以降低单位接地面积的压力, 改善轮胎冠部的受力分布<sup>[1-2]</sup>, 提高产品的耐磨性能。根据设计经验及工业车辆专用轮胎性能要求, 本次设计 $b$ 取290 mm,  $b/B$ 为0.921。

$h$ 取值对轮胎的接地性能有很大影响,  $h$ 取值合理, 轮胎的接地形状近似于矩形, 胎面磨损均匀; 若 $h$ 取值过小, 会导致轮胎肩部较厚, 生热高,

影响轮胎的使用寿命;若 $h$ 取值过大,则影响轮胎接地性能,使接地面积减小,接地印痕呈椭圆形,胎面磨损多由中央部分承担,出现磨胎冠现象。综合考虑各种因素, $h$ 取9.6 mm, $h$ /断面高( $H$ )为0.031。

### 2.3 胎圈着合直径( $d$ )和着合宽度( $C$ )

载重子午线轮胎除了要求与内胎垫带有良好的密封性外,胎圈与轮辋之间的配合也是影响轮胎气密性的重要因素, $d$ 和 $C$ 取值既应该满足轮胎与轮辋的配合,又要考虑轮胎的装卸问题。如果轮辋与胎圈装配的过盈量过大,不仅装卸轮胎困难,对轮胎安全性能也会产生不良影响;如果过盈量过小,则轮辋与轮胎不能紧密结合。为避免出现以上问题,参考以往设计经验, $d$ 取511 mm。

对于有内胎轮胎, $C$ 一般采用比轮辋宽度大12.7~25.4 mm(0.5~1英寸)设计。综合考虑, $C$ 采取比轮辋宽度大24 mm设计,取240 mm。

### 2.4 断面水平轴位置( $H_1/H_2$ )

断面水平轴位于轮胎断面最宽处,是胎体最薄、变形最大的部位,在轮胎使用过程中该部位在断面方向的弯曲变形及弯曲应力较大, $H_1/H_2$ 取值对轮胎寿命和使用性能有很大的影响<sup>[3-5]</sup>。 $H_1/H_2$ 取值偏小,会造成下胎侧与胎圈部位的应变增大,断面内剪切应力增大,即胎圈部位应力集中<sup>[4]</sup>,导致胎圈断裂或脱层; $H_1/H_2$ 取值偏大,会造成胎肩及下胎侧部位应变增大,断面内骨架材料层间剪切应力增大,即胎肩部位应力集中,导致肩空或肩裂等早期损坏。根据该产品特殊的花纹形式和加深花纹沟设计,本次设计 $H_1/H_2$ 取0.926。

轮胎断面轮廓如图1所示。

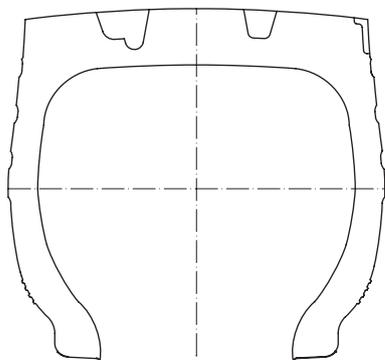


图1 轮胎断面轮廓示意

### 2.5 胎面花纹

工业车辆轮胎负荷大、充气压力高,胎冠接地变形后压力分布的均匀性是设计的关键,对轮胎的耐磨性能、使用寿命以及车辆运行的平稳性具有重要影响<sup>[5]</sup>。在对影响胎冠压力分布的主要因素——带束层材料及结构优化的基础上,结合工业轮胎行驶速度和生热低(采用低生热胶料配方)的特点,胎面花纹主沟采用纵向花纹,超深的花纹沟设计增大了胎冠厚度和刚性,以保证胎冠接地后的压力分布及轮胎性能<sup>[6-7]</sup>。胎肩使用开放式花纹设计,提供良好的散热性能。根据目标市场的实际应用情况,该产品花纹深度为35 mm,花纹饱和度为76.15%,花纹周节数为48。

胎面花纹展开示意图2,胎面花纹立体效果见图3。

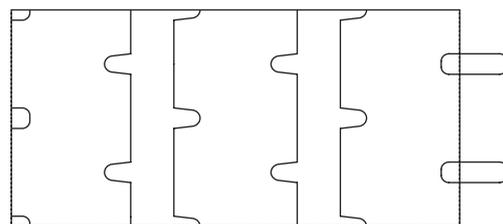


图2 胎面花纹展开示意



图3 胎面花纹立体效果

## 3 施工设计

### 3.1 胎面

为满足35 mm深花纹沟的需求,胎面采用双胎面复合设计,即胎面一采用单胶种挤出,以保证胎面硬度和耐磨性能,胎面二采用大基部胶挤出,低生热胶料保证肩部的耐久性能。为增加双胎面复合的粘合性能,胎面一和胎面二复合件的底部加

贴缓冲胶片。

### 3.2 带束层

带束层作为子午线轮胎的主要受力部件,其设计的合理性直接影响轮胎的使用性能,它需承受轮胎内压负荷的60%~75%,还起到防止异物刺穿胎体并缓和路面冲击力的作用。本产品采用4层带束层+2层锦纶冠带层的结构,经研究设计,3+9+15×0.22+0.15钢丝帘线应用于1<sup>#</sup>,2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>带束层,5×0.30HI钢丝帘线应用于4<sup>#</sup>带束层,锦纶冠带层使用1400dtex/2V<sub>2</sub>锦纶66帘线,除1<sup>#</sup>带束层角度设计为55°以外,其他带束层角度均设计为20°。带束层安全倍数为6.56,达到客户的使用要求。

### 3.3 胎体

在轮胎行驶过程中,胎体不仅需要承担内压负荷,还承受轮胎负载所带来的法向及横向作用力。针对客户提供的实际路况及车况,得出轮胎负荷、刚性及屈挠等性能的设计需求,将3+9+15×0.225HT高强度钢丝帘线应用于胎体,胎体安全倍数为9.3,可以达到客户使用要求。

### 3.4 胎圈

钢丝圈在胎圈部件中主要起到支撑作用,并提供一定的刚性。钢丝圈使用直径为1.55 mm的高碳钢丝,截面呈正六角形,排列方式为8-9-10-11-12-11-10-9-8,共88根钢丝,胎圈安全倍数为8.392,达到客户的使用要求。

### 3.5 成型

成型机机头直径为493.5 mm,平面宽为758 mm,成型采用侧包冠工艺。为保证轮胎质量的稳定性,各部件接头要求按一定角度均匀分布,胶部件接头要求刷汽油打毛后压实,胎体帘布用电动拉链式接头机对接。

### 3.6 硫化

采用液氮热板式硫化机硫化,采用RB12003硫化胶囊。硫化条件为:蒸汽温度 (207±3) °C,模套温度 (160±2) °C,热板温度 (152±2) °C,蒸汽压力 (1.8±0.1) MPa,高压氮气压力 (2.6±0.15) MPa,总硫化时间 84.2 min,胎坯硫化完成后,成品轮胎外观良好。

## 4 成品性能

### 4.1 外缘尺寸

成品轮胎外缘尺寸按照客户要求进行测试,安装在标准轮辋上的轮胎在1 000 kPa的充气压力下,充气外直径为1 134 mm,充气断面宽为318 mm,达到设计要求。

### 4.2 强度性能

强度性能采用客户提供标准进行测试,试验充气压力为1 000 kPa,试验压头直径为38 mm。检测结果表明,第5点破坏能为7 304.5 J,为国家标准值(3 061.1 J)的239.41%,达到设计要求。

### 4.3 耐久性能

轮胎的耐久性能主要通过规定的负荷和一定速度下的运行距离来评价。耐久性能采用客户要求的标准进行测试,试验充气压力为1 000 kPa,试验负荷为7 100 kg,行驶速度为20 km·h<sup>-1</sup>,按照国家标准规定的试验程序进行试验。试验结果表明,轮胎累计行驶时间为47 h,试验结束时轮胎未发生损坏,符合标准要求。

## 5 结语

高负荷工业车辆专用12.00R20全钢载重子午线轮胎的充气外缘尺寸、强度性能和耐久性能达到设计和相关标准要求,其成功开发补充了公司的产品组合。该产品初步投入市场,达到了客户的预期要求,为公司带来一定的经济效益。

## 参考文献:

- [1] 康凯. 轮胎综合性能测试评价体系研究及验证[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [2] 李雪莉, 张元伟, 邱海漩. 基于轮胎稳态和瞬态特性的车辆响应研究[J]. 橡胶工业, 2020, 67(5): 495-501.
- [3] 高荣彬, 黄兆阁, 雍占福. 基于三维设计软件CATIA的12R22.5全钢载重子午线轮胎的施工设计[J]. 轮胎工业, 2020, 40(3): 148-151.
- [4] 刘伟婧, 路波, 刘晓芳, 等. 轮胎胎圈压力三维仿真方法研究[J]. 橡胶科技, 2020, 18(9): 498-501.
- [5] 姜旭, 张晓惠, 安秋兰, 等. 工业车辆轮胎选型与维护[J]. 工程机械与维修, 2013(4): 211-213.
- [6] 吴旭. 降低轮胎滚动阻力的胎体和花纹结构设计研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2018.
- [7] 孙根基. 基于点云的轮胎花纹快速逆向建模方法[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018.

收稿日期: 2021-02-23

## Design on 12. 00R20 Truck and Bus Radial Tire for High Load Industrial Vehicle

GAO Tongshun, WANG Xiumei, YANG Meng, ZHAO Yuna, LI Yuanyuan

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

**Abstract:** The design on 12. 00R20 truck and bus radial tire specially for high load industrial vehicle was described. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 1 130 mm, cross-sectional width 315 mm, width of running surface 290 mm, arc height of running surface 9. 6 mm, bead diameter at rim seat 511 mm, bead width at rim seat 240 mm, maximum width position of cross-section ( $H_1/H_2$ ) 0. 926, the tread was designed with longitudinal pattern, pattern depth 35 mm, block/total ratio 76. 15%, and number of pattern pitches 48. In the construction design, the following processes were taken: using double tread compounds, 3 + 9 + 15×0. 22 + 0. 15 steel cord for 1<sup>#</sup>, 2<sup>#</sup> and 3<sup>#</sup> belt, 5×0. 30HI steel cord for 4<sup>#</sup> belt, 1400dtex/2V<sub>2</sub> nylon 66 cord for crown belt, 3+9+15×0. 225HT steel cord for carcass, using the side crowning molding process to build tires, and liquid nitrogen hot plate vulcanizing press to cure tires. The test results of the finished tire showed that, the inflated peripheral dimension, strength and durability of the finished tire met the requirements of the design and corresponding standards.

**Key words:** truck and bus radial tire; high load industrial vehicle; structure design; construction design; finished tire performance

### 轮胎价格将维持高位

日前,山东银宝轮胎集团有限公司突然发布涨价通知,称原材料涨价导致公司经营艰难,决定自2021年5月28日起,矿山轮胎、工程机械轮胎、军用轮胎涨价3%~8%。之前欧洲、美洲市场也接连传来轮胎涨价的消息。面对轮胎价格再次升温,业内人士认为,在原材料价格上涨、政策加速供给侧改革以及美国轮胎“双反”终裁相对乐观的多因素综合作用下,轮胎价格有望维持高位。

(1)原材料价格呈回升态势。5月26日,天然橡胶期货价格已经回到了13 700元。轮胎另一主要原材料炭黑价格也不断走高。

(2)政策加速供给侧改革。随着轮胎市场趋于饱和,轮胎行业面临产能严重过剩问题;同时作为重污染行业,轮胎行业也承受着较大的环保压力。根据山东省印发的《全省落实“三个坚决”行动方案(2021—2022年)》通知,山东省本轮产能清退涉及轮胎企业18家,其中全钢轮胎企业8家,共计产能556万条;半钢轮胎企业10家,共计产能2 561万

条。随着落后产能被淘汰,国内轮胎行业固定资产投资额同比增速进入负增长阶段,但龙头企业仍然保持积极扩张态势。伴随着龙头企业的资本开支加大,其市场占有率有望实现跨越式提升。因此,中国轮胎产业将迎来兼并重组的高峰期。

(3)轮胎“双反”终裁偏暖。5月25日,美国商务部对来自韩国、泰国、越南及中国台湾地区的乘用车和轻型载重轮胎产品作出反倾销和反补贴终裁。山东玲珑轮胎股份有限公司轮胎反倾销税率略低于初裁结果,赛轮集团股份有限公司轮胎反补贴税率与初裁结果一致,森麒麟轮胎股份有限公司轮胎反倾销税率则略高于初裁税率。短期来看,国内头部轮胎企业可以通过与美国经销商及消费者分摊税率、调整销往美国的产品结构、自身降本增效等方式消除“双反”实际影响。从长期看,中国轮胎要想突破关税限制,国际化和品牌化才是最终选择。行业头部企业有望在本次筛选中加快全球化布局,占有更多市场份额,成长为国际化的轮胎巨头。

(摘自《中国化工报》,2021-06-02)