

# 9R22.5 全钢载重子午线轮胎的研制

杨文利<sup>1</sup>, 潘春甜<sup>1</sup>, 韩晓霞<sup>1</sup>, 王立华<sup>1</sup>, 蔡庆<sup>2</sup>, 刘俐<sup>2</sup>

(1. 银川佳通轮胎有限公司, 宁夏 银川 750011 2. 北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

**摘要** 介绍 9R22.5 全钢载重子午线轮胎的研制情况。根据技术要求进行结构设计, 优化模型外直径和断面宽等结构参数, 胎面选取纵向曲折花纹。重点介绍带束层结构、帘线密度、帘线角度、宽度和长度的设计及气密层胶料配方设计以及采用荷兰 VMI 一次法成型机生产轮胎的混炼、压延、挤出、裁断和成型等的工艺路线。开发的轮胎的各项性能符合设计和国标要求。

**关键词** 无内胎全钢载重子午线轮胎 结构设计; 工艺路线; 一次法成型工艺

**中图分类号** TQ336.1<sup>+</sup>1; U463.341<sup>+</sup>.6 **文献标识码** B **文章编号** 1006-8171(2005)03-0140-05

20 世纪 90 年代以来, 汽车工业和道路交通事业作为我国的基础支柱产业得到了迅猛发展, 轮胎工业也随之得到空前的发展。众所周知, 子午线轮胎是斜交轮胎的更新换代产品, 因其具有高速、节油、耐用、安全、舒适以及行驶性能好等优越性已被用户普遍认同。银川佳通轮胎有限公司与北京橡胶工业研究设计院联合开发了 9R22.5 无内胎全钢载重子午线轮胎, 为厦门金龙“奔腾 9”系列客车配套。

## 1 技术要求

汽车对轮胎有 3 项基本要求: 一是安全性, 即轮胎的操纵性能和抗侧滑性能好; 二是经济性, 即轮胎的耐磨性能好、滚动阻力低和使用寿命长; 三是舒适性, 即轮胎的缓冲性能好、噪声低。

国家标准 GB/T 2977—1997 规定 9R22.5 轮胎充气外直径为  $(974 \pm 9.74)$  mm, 充气断面宽度为  $(229 \pm 8.01)$  mm。

## 2 结构设计

### 2.1 负荷能力的计算

轮胎结构设计的第 1 步是根据汽车对轮胎的要求确定所设计轮胎的规格, 再根据其用途确定其荷载能力。

根据美国轮胎轮辋协会工程设计手册 (TRAEDI—2000) 计算轮胎负荷, 对于英制载重子午线轮胎, 单胎负荷计算公式为:

$$L = 0.425K(p - 15)^{0.585} \cdot S_{0.625}^{1.39} \cdot (D_R + S_{0.625})$$

式中  $L$ ——负荷;

$K$ ——负荷因数;

$p$ ——充气压力;

$D_R$ ——轮辋名义直径;

$S_{0.625}$ —— $C/B$  为 0.625 的轮胎断面宽度。

通过计算, 轮胎负荷能力满足技术条件。

### 2.2 外轮廓断面形状设计

(1) 模型外直径 ( $D$ ) 和断面宽度 ( $B$ )

全钢载重子午线轮胎充气后由于受到沿圆周方向钢丝束层的箍紧作用, 其外直径变化很小, 大约增大 1~3 mm, 故轮胎模型外直径取值与标准规定新胎充气外直径相当或稍小, 即  $D/D' = 0.98 \sim 1.00$ 。

轮胎断面宽度设计需考虑不同胎体帘线的伸张性能、轮廓断面、带束层帘线角度和长度等的影响,  $B'/B = 1.01 \sim 1.05$  为宜。

(2) 胎圈着合直径 ( $d$ )

胎圈着合直径应比相应的轮辋直径小 1~3 mm, 以满足轮胎与轮辋紧密配合的需要。

(3) 断面高 ( $H$ ) 和断面水平轴位置 ( $H_1/H_2$ )

子午线轮胎胎体帘线呈径向排列, 其钢丝圈受力比斜交轮胎大, 故断面最宽点要取得高一些, 一般  $H_1/H_2 = 0.9 \sim 1.02$ ,  $H/B = 0.96 \sim 1.05$ , 当

载重子午线轮胎高宽比为 1.00 时 :

$$H_2 = 0.59(H - F_H)$$

式中  $H_2$  为轮胎断面上胎侧高,  $F_H$  为轮辋的轮缘高。

(4)胎圈着合宽度(C)

胎圈着合宽度(C)一般等于或大于轮辋宽度 15~25 mm,胎圈着合宽度与断面宽度之比为 0.7~0.75,但是胎圈着合宽度小于轮辋宽度可以提高轮胎的耐磨性和侧向刚性。

(5)行驶面宽度(b)和行驶面弧度高(h)

行驶面宽度的选取主要与断面高宽比和带束层的刚性有关。此外,行驶面弧度半径( $R_n$ )、带束层宽度( $B_w$ )、行驶面弧度高、断面高度、行驶面宽度与断面宽度之比及胎体帘线类型的影响也很大。带束层刚性与行驶面宽度和花纹的磨耗均匀性有很大关系, $R_n/b$ 和 $B_w/b$ 对轮胎的耐磨性和耐久性有很大的影响。

由于轮胎采用多层钢丝带束层,应取较小的行驶面弧度高。行驶面弧度高大将会减小接地面积,对胎面的耐磨性、磨耗均匀性和抓着性能有不良影响。

为保证轮胎与路面之间有较大的接触面积,一般取  $h/H=0.02\sim 0.04$   $b/B=0.7\sim 0.85$   $R_n/b=1.3\sim 1.8$   $B_w/b=0.94\sim 1.05$ 。

2.3 胎面花纹设计

轮胎的胎面花纹设计不仅要保证车辆在各种路面条件和不同使用条件下安全行驶,而且要保证轮胎有一定的使用寿命。因此,需要根据轮胎类型、结构特点及使用条件和要求进行花纹设计。

9R22.5 载重子午线轮胎要适于高速公路和普通路面的使用,为防止打滑,提高抓着性能,胎面花纹设计为曲折花纹,如图 1 所示。

2.4 主要部件安全倍数计算

(1)胎体

胎体是轮胎的主要承载部件,要求胶料与骨架材料的粘合性能好,且耐热、抗剪切和抗屈挠。根据实际设计经验,选择 3+9+15×0.175+0.15 规格的钢丝帘线作为 9R22.5 轮胎的胎体骨架材料,胎体帘布安全倍数  $K_c$  的计算公式为:

$$K_c = \frac{2nFR_k \sum i_k}{(R_k^2 - R_0^2)p}$$

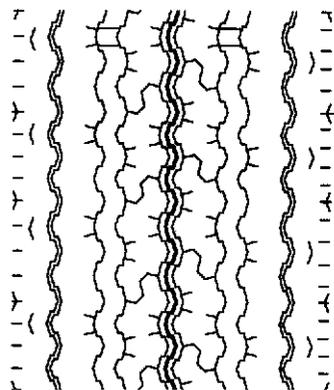


图1 胎面花纹

式中  $n$ ——帘布层数;  
 $F$ ——单根帘线破断力;  
 $R_k$ ——胎里半径;  
 $\sum i_k$ ——胎冠各层帘线密度之和;  
 $R_0$ ——零点半径。

经过计算,胎体帘线安全倍数大于 7。

(2)钢丝圈

钢丝圈是轮胎与轮辋的着合部件,承受轮胎行驶过程中的内压制动力矩、离心力和轮辋的过盈力。子午线轮胎胎圈承受的应力比斜交轮胎大。圆形钢丝圈设计较为合理,因为钢丝根数相同时其爆破强力较高,其次是六角形、方形或矩形。钢丝圈安全倍数一般大于 7,钢丝圈安全倍数  $K_s$  的计算公式为:

$$K_s = \frac{2nF}{(R_k^2 - R_0^2)p\delta}$$

式中  $\delta$  为计算因数。

(3)带束层

带束层是子午线轮胎的主要受力部件,承受内压引起的总应力的 60%~75%。带束层应有足够的刚性以箍紧胎体帘布,限制轮胎的周向伸张,保持轮胎尺寸的稳定性。带束层安全倍数  $K_b$  的计算公式为:

$$K_b = \frac{2F \sum n\rho i_k \cos^2 \beta_k}{(2\rho R_k - R_k^2 + R_0^2)pk}$$

式中  $\rho$ ——带束层曲率半径;  
 $\beta_k$ ——带束层帘线角度;  
 $k$ ——计算因数,子午线轮胎取 0.95。  
 带束层安全倍数一般大于 7。

## 2.5 带束层设计

### (1) 结构

带束层对子午线轮胎性能起决定性作用,赋予轮胎优异的速度性能和耐磨性能等。全钢载重子午线轮胎带束层一般为4层或3层,3层结构较为简单,如图2所示。

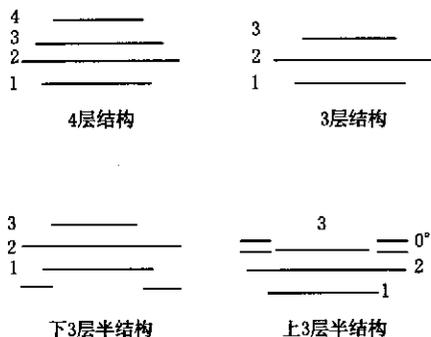


图2 带束层结构示意图

4层结构带束层的第1层靠近胎体,为过渡层,角度为 $55 \sim 65^\circ$ ,将 $90^\circ$ 子午线排列的胎体帘线过渡到周向排列(小角度)的带束层,可以减小带束层与胎体帘布层之间的剪切力,避免带束层与胎体帘布层脱层;第2和第3层是主要受力的工作层,帘线角度为 $15 \sim 24^\circ$ ,起束缚胎体向外膨胀的作用,其刚性可直接影响轮胎的耐磨性、操纵性和节油性等使用性能;第4层称为保护层,一般采用高定伸钢丝帘线,帘线角度为 $15 \sim 30^\circ$ ,起保护工作层的作用,并且可防止胎面与带束层之间产生脱空现象,有利于提高轮胎的使用寿命和翻新率。

国外载重子午线轮胎多采用3层带束层结构,具有减小轮胎质量和简化生产工艺等优点。米其林采用下3层半结构,优点是可降低轮胎胎冠中央的刚性,使轮胎接地印痕单位压力分布比较均匀,提高胎面的磨耗均匀性,倍耐力采用上3层半结构,将第3层带束层两端靠近胎肩部位用两条 $0^\circ$ 带束层缠绕,以提高轮胎肩部的刚性,防止带束层端部形变,保证轮胎在高速行驶时尺寸稳定,降低带束层端部所受的应力和生热。

### (2) 帘线密度

带束层帘线密度根据帘线直径及所受应力而定,一般第1层帘线密度可小一些,为 $4 \sim 5$ 根 $\cdot \text{cm}^{-1}$ ,主要应与胎体帘线之间具有良好的

粘合性能;第2和第3层的帘线密度为 $5 \sim 6$ 根 $\cdot \text{cm}^{-1}$ ,主要确保胎体的安全倍数,其钢丝附胶的含胶率为 $50\% \sim 60\%$ ,以保证带束层之间的粘合性能;第4层的帘线密度不易太大,一般为 $3 \sim 4$ 根 $\cdot \text{cm}^{-1}$ 。

### (3) 帘线角度

带束层帘线角度设计既要考虑带束层对胎体的箍紧因数,又要兼顾加工性能。带束层帘线角度大于 $20^\circ$ 时胎体不能获得必要的箍紧效果,角度太小会使带束层裁断和接头等工艺操作困难,并且轮胎在使用中易产生带束层脱层的危险。

带束层工作层钢丝帘线的破断伸长率在 $2.6\% \sim 3.2\%$ 之间,帘布裁断角度为 $10 \sim 30^\circ$ 。采用普通钢丝帘线或高伸长钢丝帘线的保护层呈 $35^\circ$ 角交叉排列。

### (4) 宽度

载重子午线轮胎带束层宽度一般与胎冠宽度大致相等,过宽会造成带束层脱层,过窄会降低胎冠刚性和稳定性,还易磨胎肩。带束层宽度与行驶面宽度之比( $B_w/b$ )在1.05以下对提高轮胎的耐久性有利,但从防止轮胎胎肩异常磨损角度看, $B_w/b$ 在0.9以下为宜,因此兼顾上述两种性能, $B_w/b = 0.94 \sim 1.05$ 。每层依次与下一层的级差为 $10 \sim 15$  mm。最上面保护层的宽度为最宽带束层的50%以上, $0^\circ$ 带束层与工作层边端基本对齐,其宽度为最宽层的 $7\% \sim 40\%$ 。

### (5) 长度

带束层长度(带束层直径)对箍紧因数有直接影响。一般活络模硫化轮胎带束层的膨胀值在3%以下为好,I型活络模为 $2\% \sim 3\%$ ,II型活络模为 $1\% \sim 1.5\%$ ,两半模为 $3.5\% \sim 5\%$ 。

## 2.6 气密层设计

无内胎轮胎由于没有内胎和垫带,可使轮胎和轮辋的质量减小10%左右,节省橡胶等原材料,降低滚动阻力,节省燃油。因此,发展无内胎轮胎可带来巨大的经济和社会效益。

无内胎轮胎与普通轮胎的最大不同点是其有气密层和胎圈密封条。胎圈结构一般为斜六边形和斜多边形,钢丝圈安全倍数要大一些,应采取高强度的胎圈钢丝,同时钢丝圈的拉伸永久变形要小,否则有可能损坏轮胎与轮辋的密封。

气密层应具有良好的密封、耐热、耐老化、抗撕裂、弹性和粘合性能,尤其是气密性,在很大程度上决定了汽车的使用性能。

载重子午线轮胎气密层采用卤化丁基橡胶(HIIR)65~85份。CIIR比BIIR的透气性高,化学活性比IIR高,BIIR的活性更高,高活性有利于气密层与其它部件的粘合,并赋予胶料较高的硫化速率,但易焦烧。在设计高性能无内胎轮胎气密层胶料配方时应注意以下问题。

#### (1)空气压力保持率

增大气密层厚度可提高空气压力保持率,但会增加质量和制造成本。

#### (2)透气性

CIIR与NR并用会使透气性增高,故掺用NR不易太多。

#### (3)粘合性能

BIIR能较好地与通用橡胶共硫化,两胶并用能获得高拉伸强度和粘合性能,并具有良好的抗屈挠性能。

#### (4)寿命

CIIR老化后的抗疲劳寿命比BIIR短得多,用BIIR制造气密层,轮胎的使用寿命更长。

#### (5)加工性能

混炼BIIR混炼时加工温度不高于130℃,CIIR的加工温度不高于140℃,高于规定值有焦烧的危险。为了混炼耗能少、分散好、不结团,操作油用量要小。因此,采用低门尼粘度的HIIR比高门尼粘度的好。

pH值碱性配合剂会缩短焦烧时间,并加速硫化。

防老剂:胺类防老剂尽量不在BIIR中使用,因为在加工过程中会产生大量凝胶,但可用于CIIR中,并能提高硫化程度。

### 3 工艺路线

采用荷兰VMI一次法成型机生产轮胎的主要工艺路线如下。

#### (1)混炼

胶料质量不仅影响产品的内在质量,而且影响外观质量。因此,在混炼工艺上重点对胎面胶、三角胶、带束层胶以及胎体胶进行研究,根据不同

的性能特点,采用德国克虏伯公司制造的GK400N和GK255N型密炼机炼胶,工艺上采用不同的段数(二段、三段、四段),不同性能的加工助剂分别加入,控制加硫黄温度,保证胶料混炼均匀、新鲜。另外,对混炼胶料严格执行质量管理,并跟踪检验,确保不合格品不流入下道工序。

#### (2)钢丝帘布压延

钢丝帘布压延采用意大利Comerio-Ercoles公司制造的S型四辊压延机,控制锭子房的湿度和温度,以保证钢丝挂胶的质量,控制胶料的预热时间和温度,帘布压延自动测厚,测试信号自动反馈调整压延过程,从而保证压延帘布光亮无喷霜,压延过程中由计算机进行张力控制,保证钢丝帘布表面平整。

#### (3)气密层压延

气密层压延采用德国特乐斯特公司制造的气密层生产线,全线无张力,严格控制挤出温度、厚度、宽度及级差,确保压延质量。

#### (4)型胶挤出

型胶挤出采用德国特乐斯特公司制造的H8/C6双复合挤出机,半成品型胶部件包括胎面、胎侧、胎圈护胶、三角胶和胎肩垫胶。胎面采用两方三块,胎侧/胎圈护胶、三角胶采用复合挤出,胎肩垫胶单独挤出,确保预复合件的制造精度及部件质量的稳定性。

#### (5)裁断

钢丝帘布裁断采用德国费舍尔公司制造的小角度和90°裁断机及纵裁机,裁断精度高,接头质量好,生产效率高。

#### (6)成型

成型采用一次法成型工艺,主要设备为荷兰VMI公司生产的三鼓、四鼓一次法成型机。在成型过程中,为了保证产品质量,深入研究定型、反包、密封胶囊及压辊的压力关系,确定合理的成型工艺参数,以保证成型质量。

#### (7)硫化

硫化机为国产的1651mm C型和1613mm C型两种,均由PC控制,硫化条件通过测温确定。硫化过程中严格控制进口温度和压力。

#### (8)成品检验

成品检验分为外观、X光、静平衡和不圆度检

查,对每条轮胎进行严格控制,并根据 GB/T 9744-1997 标准规定进行抽查。

#### 4 轮胎成品试验结果

##### (1) 轮胎充气外缘尺寸和水压爆破试验

轮胎外缘尺寸是国标规定的必检项目之一,主要是保证汽车的操纵性和稳定性。充气轮胎的外缘尺寸和水压爆破试验结果见表1。从表1可见,外缘尺寸达到国标要求,水压爆破达到规定要求(HG 2186—1991)。

表1 充气轮胎外缘尺寸和水压爆破试验结果

项 目	实测	标准值
充气外直径/mm	977.07	974 ± 9.74
充气断面宽度/mm	232.75	229 ± 8.01
水压爆破轮胎安全倍数	6.2	≥5
爆破位置	胎圈	

##### (2) 轮胎强度试验

轮胎强度试验用于测定轮胎胎体帘线强度。轮胎强度试验结果见表2。由表2可看出,轮胎强度达到国标(GB/T 6327—1996)要求。

表2 轮胎强度试验结果

项 目	实测	标准值
1~4点破坏能平均值/J	2 292.8	≥2 282
压穿破坏能/J	2 561.1(未坏)	
最大与最小破坏能之比/%	156.1	

##### (3) 轮胎耐久性试验

耐久性试验主要考核轮胎的耐热和抗疲劳性能,是检测轮胎内在质量和使用寿命的重要手段之一。本试制轮胎行驶117 h未坏(充气压力840 kPa,试验速度70 km·h<sup>-1</sup>,结束时负荷率150%,通过试验阶段7),达到国标(GB/T 4501—1998)要求。

##### (4) 胎圈耐久性试验

胎圈耐久性试验主要考核胎圈部位在超负荷、低气压条件下的耐热和抗疲劳性能。试验充气压力为600 kPa,负荷率为单胎负荷的200%,试验速度为30 km·h<sup>-1</sup>,轮胎行驶213 h未坏。

##### (5) 轮胎高速试验

高速试验是检验轮胎在行驶速度较高条件下的生热、安全性和使用寿命的手段之一。试验充气压力为500 kPa,负荷率为单胎负荷的80%,一条轮胎试验速度为150 km·h<sup>-1</sup>,累计行驶170 h未坏;另一条轮胎试验速度为165 km·h<sup>-1</sup>,累计行驶194 h胎面掉块。

经高速试验行驶170 h后未坏的轮胎停放后进行常规耐久性试验,又行驶117 h仍然未坏。

#### 5 结语

试制轮胎的耐久性和高速性能已经达到较高的水平,下一步要在轮胎优质轻量化方面开展工作,以进一步提高轮胎的质量。

收稿日期 2004-10-09

## Development of 9R22.5 BTR tire

YANG Wen-li<sup>1</sup>, PAN Chun-tian<sup>1</sup>, HAN Xiao-xia<sup>1</sup>, WANG Li-hua<sup>1</sup>, CAI Qing<sup>2</sup>, LIU Li<sup>2</sup>

(1. Yinchuan Grandtour Tire Co., Ltd, Yinchuan 750011, China; 2. Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry, Beijing 100039, China)

**Abstract** :A 9R22.5 BTR tire has been developed. The structural design is described with the emphasis on the overall diameter and cross-sectional width of the tire mold, the structure, cord count, cord angle, length of the belt, and the processes including mixing, calendaring, extruding, cutting and assembling based on VMI one-stage building machine. The longitudinal zig-zag tread patterns are used. The performance of the developed tire meets the requirement in the relevant national standards.

**Keywords** :tubeless BTR tire; structure design; technical process; one-stage building process