

产品介绍

11R22.5全钢载重子午线轮胎的研究与开发

赵海斌, 罗忠林, 杨文利
(银川佳通轮胎有限公司, 宁夏 银川 750011)

摘要: 介绍了全钢载重子午线轮胎的设计特点。对结构设计参数进行优化与选取, 使 11R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的各项性能符合设计要求和使用要求, 轮胎的外缘尺寸、强度、耐久性能符合国家标准。
关键词: 全钢载重子午线轮胎; 无内胎; 设计

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, 与此同时, 轮胎工业也随之得到空前的发展。汽车工业和公路运输业的发展对轮胎工业提出了越来越高的要求, 在我国加入 WTO 后, 轮胎工业更是面临越来越激烈的国际竞争环境, 世界各大轮胎公司也对我 国轮胎市场展开了激烈的争夺, 我国轮胎工业正面临白热化的竞争态势, 适应我国汽车的快速发展, 为国产汽车配套开发新规格子午线轮胎是国有轮胎企业主要任务。下面介绍我公司与北京橡胶工业研究设计院联合研究开发全钢载重子午线无内胎轮胎 11R22.5的情况, 此规格轮胎是为

桂林大宇客车系列配套的。

1 轮胎的技术要求

汽车对轮胎性能提出 3项基本要求: 一是安全性即轮胎操纵性和防侧滑性能; 二是经济性即轮胎的耐磨性并具有低的滚动阻力, 具较高的轮胎使用寿命; 三是舒适性即轮胎的缓冲性能好和噪声低。

国家标准 GB/T2977-1997、美国轮胎轮辋协会标准年鉴 TRA-2002和轮胎轮辋气门嘴标准年鉴 TCTRSC-2004 均有此产品标准, 产品基本参数见表 1。

表 1 11R22.5 14PR 载重子午线无内胎轮胎基本参数

规格	标准轮辋	负荷指数	标准气压 / kPa	最大负荷 /kg		外缘尺寸 mm		国家标准
				单胎	双胎	外直径	断面宽	
11R22.5 14PR	8.25	144 /142	740 /670	2740	2405	1054	279	GB9744-1997
11R22.5 14PR	8.25	144 /142	700	2725	2500	1052	279	JATMA-2004
11R22.5 14PR	8.25	144 /142	720 / 105psi	2800 / 6175 lb	2650 / 5840 lb	1054 / 41.48 in	279 / 11.00 in	TRA-2004
11R22.5 14PR	8.25	144 /142	720	2800	2650	1054	279	TCTRSC-2004

2 结构设计

轮胎结构设计的第一步是根据汽车对轮胎的要求确定所设计的轮胎的规格, 再根据其用途确定其荷载能力。

2.1 负荷能力的计算

根据美国轮胎轮辋协会工程设计手册 TRAEDI 2000计算轮胎负荷, 对于英制子午线载重轮胎负荷计算, 单胎负荷公式:

$$L=K\times 0.425\times (P-15)^{0.585}\times S_d^{1.39}\times (D_R+S_{0.625})$$

式中: L——负荷, lb;

K——负荷系数;

P——气压, psi

D_R——轮辋名义直径, in;

S_{0.625}——C/B为 62.5%的理论轮辋上的轮胎断面宽度, in;

$$S_d=S_{0.625}-0.637d$$

通过计算轮胎气压和负荷满足技术条件和整车技术条件。

2.2 外轮廓断面形状设计

2.2.1 外直径 D 和断面宽 B

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

全钢载重子午线轮胎断面宽考虑到不同胎体帘线的伸长性能、轮胎的断面轮廓、带束层角度和长度等影响来确定充气轮胎与硫化模型之间断面宽和外直径的膨胀率,取 $B/B=1.01\sim 1.05$ 。

2.2.2 胎圈着合直径 d

胎圈着合直径的确定应比相应的轮辋直径稍小 1~3mm,以满足轮胎与轮辋紧密配合的需要。

2.2.3 外胎断面高 H 和断面水平轴 H_1 和 H_2 的确定

子午线轮胎胎体帘线呈径向排列,钢丝圈承受力要比斜交轮胎大,断面最宽点要取得高一些,以减轻承受力,一般 H_1/H_2 为 $0.9\sim 1.02$ H/B 为 $0.96\sim 1.05$ 。当载重子午线轮胎高宽比为 1 时,确定方法:

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

式中: H_2 ——轮胎断面上胎侧高;

F_H ——轮辋的轮缘高。

2.2.4 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 15~25mm,胎圈着合宽度 C 与断面宽之比为 $0.7\sim 0.75$ 。胎圈着合宽度 C 小于轮辋宽度时可以提高轮胎的耐磨性和侧向刚性。

2.2.5 行驶面宽 b 和行驶面弧度 h

行驶面宽 b 选取主要与扁平率和带束层刚性有关,此外行驶面弧度半径 R_n 与行驶面宽 b、带束层宽 B_w 、行驶面弧度高 h 、断面高 H、行驶面宽 b 与断面宽 B 之比及胎体所采用的帘线有相当大的影响。带束层刚性与行驶面宽 b 与花纹磨损均匀性有很大关系。 R_n/b 和 B_w/b 对轮胎耐磨性和耐久性有很大的影响。

轮胎采用多层钢丝带束层应取较小的行驶面弧度 h。如果行驶面弧度 h 过大,将会减小接地面积,对胎面耐磨性、磨损均匀性,轮胎的抓着性将造成不良影响。

为保证轮胎与路面之间有较大的接地面积, h/H 一般取 $0.02\sim 0.04$ b/B 一般取 $0.7\sim 0.85$

R_n/b 一般取 $1.3\sim 1.8$ B_w/b 一般取 $0.94\sim 1.05$ 。

2.3 花纹设计

胎面的花纹设计既要考虑到驱动性能、制动性能、耐磨性能和操作性能,又要考虑到提高轮胎的牵引力、耐磨性,减少轮胎的滚动阻力和节油,并降低轮胎行驶中的噪声。轮胎花纹设计轮胎的胎面花纹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、使用条件和使用要求进行设计。

11R22.5 载重子午线轮胎要适用高速公路和普通路面的使用,为防止打滑和必要的抓着性能,本设计取曲折花纹(见下图)。

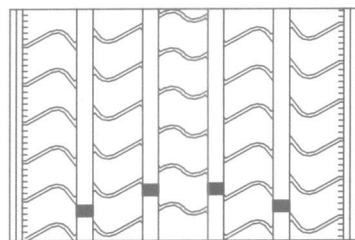


图 1 花纹图

2.4 各主要部件强度及安全倍数的计算

2.4.1 胎体帘线拉伸应力及安全倍数的计算

胎体是轮胎的躯体,要求所使用的胶料与骨架材料的粘合性能要能够把帘线层组成一体,并且耐热、耐剪切及耐屈挠。其主要作用是保持不变形或少变形,对断面宽、牵引力和制动力有一定的影响。根据实际生产规格设计的经验,选择 $3+9+15\times 0.175+0.15$ 型号的钢丝作为此规格轮胎的胎体骨架材料,经过应力计算和安全倍数计算,胎体帘线安全倍数大于 7 倍,胎体帘线安全倍数计算公式如下:

$$K_{\text{胎体}} = \frac{2S \times n \times R_k \times \sum i_k}{P \times (R_k^2 - R_o^2)}$$

式中: P ——轮胎最大使用充气压力, $\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$;

R_k ——胎里半径, cm ;

R_o ——零点半径, cm ;

n ——层数, l ;

$\sum i_k$ ——胎冠各层帘线密度之和, $\text{根} \cdot \text{cm}^{-1}$;

S ——单根帘线扯断强力, $\text{kgf} \cdot \text{根}^{-1}$;

2.4.2 钢丝圈应力和安全倍数的计算

钢丝圈是轮胎紧密地固定在汽车轮辋上,并

承受外胎与轮辋的各种相互作用力。轮胎胎圈承受轮胎行驶当中的内压制动力矩、离心力以及轮辋的过盈力。子午线轮胎胎圈承受的应力比斜交轮胎大,是子午线轮胎的一个薄弱环节。圆形的钢丝圈较为合理,同样钢丝根数爆破强力较高,其次是六角形钢丝圈、方形或矩形。钢丝圈安全倍数一般大于 7 倍,钢丝圈安全倍数的计算公式如下:

$$K_{\text{钢丝圈}} = \frac{2 \times n \times S}{P \times (R_k^2 - R_o^2) \times \delta}$$

式中: P ——轮胎最大使用充气压力, $\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$;

R_k ——胎里半径, cm ;

R_o ——零点半径, cm ;

δ ——系数。

2.4.3 带束层安全倍数的计算

带束层是子午线轮胎主要的受力部件,承受内压引起的总应力的 60% ~ 75%。带束层应有足够的刚性,箍紧胎体帘线限制轮胎的周向伸张,保持轮胎尺寸的稳定性。作用是保证带束层与胎体帘线有一定的受力分配,提高胎面的耐磨性、耐刺扎以及行驶中的操作稳定性等,是决定子午线轮胎性能和质量的关键部件。带束层安全倍数一般大于 7 倍,带束层带束层安全倍数计算公式如下:

$$K_{\text{带束层}} = \frac{2 \times S_t \times \Sigma(\rho \times n \times i_k) \cos^2 \beta_k}{P \times (2\rho \times R_k - R_k^2 + R_o^2)}$$

式中: P ——轮胎充气压力 $\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$;

ρ ——带束层曲率半径, cm ;

R_k ——胎里半径, cm ;

R_o ——零点半径, cm ;

n ——带束层层数;

i_k ——成品轮胎的带束层帘线密度, $\text{根} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。 $i_k = i_o \times (\rho_o / \rho_k)$;

β_k ——带束层帘线角度;

K ——系数,子午线轮胎取 0.95

S_t ——单根钢丝帘线扯断强度, $\text{kgf} \cdot \text{根}^{-1}$ (带束层平均扯断强度)。

2.5 带束层设计

子午线轮胎的带束层对轮胎性能起决定性作用,它赋予轮胎优越的侧向性能、高速性能、耐磨性能等。全钢载重子午线轮胎带束层一般有 4 层结构和 3 层结构之分,以 3 层结构为宜(见图 2)。



图 2 带束层结构种类

2.5.1 4层结构

带束层第一层,靠近胎体的带束层为过渡层,角度为 $55^\circ \sim 65^\circ$ 。由于胎体帘线角度 90° 的子午线排列过渡到周向排列小角度带束层,可以减少带束层与胎体层之间的剪切力,避免带束层与胎体帘布层之间脱层。带束层 2 ~ 3 层是主要承受力的工作层,帘线角度 $15^\circ \sim 24^\circ$,它起着束缚胎体的向外的膨胀的作用,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。带束层第 4 层称为保护层,一般采用高定伸的帘线,角度 $15 \sim 30^\circ$,起着保护工作层的作用,并且防止胎面与带束层之间产生脱空的现象,提高轮胎的使用寿命和翻新率。

2.5.2 3层结构

国外载重的子午线轮胎多采用 3 层结构带束层轮胎,此结构轮胎具有减轻轮胎质量和简化生产工艺等优点。法国米其林采用下 3 层半结构,优点是降低轮胎胎冠中央的刚性,使轮胎接地印痕中单位压力分布的比较均匀,提高胎面的磨损均匀性,意大利倍耐力采用上 3 层半结构,这种结构是将第 3 层带束层两端靠进胎肩部用两条 0° 带束层缠绕,这种结构能提高轮胎肩部的刚性,可防止带束层端部形变,保证轮胎在高速行驶时具有稳定的尺寸,降低带束层端部所受的应力和生热。

2.5.3 带束层密度确定

根据帘线的直径及所受应力而定,一般第 1

层密度可稀一些,可以用每厘米4~5根,以保证其与胎体之间具有良好粘合附着力。第2~3层密度每厘米5~6根,主要是确保轮胎的安全倍数和带束层之间的粘合附着力,所用的胶料的含胶率50%~60%。第4层密度不易太大,一般为每厘米3~4根。

2.5.4 带束层角度确定

既要考虑到带束层对胎体的箍紧系数,又要照顾生产当中的加工性,带束层角度大于 20° 时胎体不能获得必要的箍紧效果,角度太小将造成带束层的截断和接头等工艺操作困难,并且轮胎在使用当中易产生带束层脱层的危险。

带束层角度 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 对于载重子午线轮胎的耐磨性有好处,但很大程度上与帘线的模量和胶料的粘合附着力、轮胎规格有关。带束层工作层的钢丝帘线的拉断伸长率在2.6%~3.2%之间,帘线裁断角度 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。工作层2上面各覆盖一个由拉断伸长率4%~8%的高伸长钢丝帘线,周向缠绕两层 0° 带束层。保护层成 35° 角交叉排列,由普通钢丝帘线或高伸长钢丝帘线组成。

2.5.5 带束层宽度

载重子午线轮胎带束层宽度一般与胎冠宽度L大致相等,过宽会造成带束层脱层,太窄会降低轮胎胎冠刚性和稳定性还会磨肩。带束层宽度BW与行驶面宽b之比在1.05以下,对提高轮胎耐久性有利,从防止轮胎胎肩异常磨损来看BW/b在0.9以下为宜。兼顾上述两种性能BW/b取值在0.94~1.05之间。每层依次与下一层的差级10~15mm,最上面保护层宽度为最宽带束层的50%以上, 0° 带束层的宽度为最宽层的30%。

2.5.6 带束层长度

带束层长度(带束层直径)对箍紧系数有直接的影响,它受硫化模型和模型花纹沟底深与模型之间的间隙的影响。一般带束层膨胀在3%以下为好,两半模3.5%~5%,I型活络模2%~3%,II型活络模1%~1.5%。

2.6 内衬层的设计

无内胎的两个突出优点:一是减轻轮胎重量,降低轮胎的滚动轮胎阻力,从而节省燃油,据介绍11R22.5轮胎比10.00R20轮胎可节油1%。二是由于没有内胎和垫带,可使轮胎和轮

辋的重量减轻10%左右,从而节省大量的橡胶等原材料。

无内胎轮胎与普通轮胎的最大不同点是无内胎轮胎有密封层(内衬层)和胎圈密封条,胎圈结构也有独到之处,一般有斜六角型或斜多边形。无内胎的钢丝圈安全系数要大,应采取高强度的胎圈钢丝,同时钢丝圈的永久变形要求小,否则有可能损坏轮胎与轮辋结合的密封。

无内胎的内衬层为保证内压的要求,内衬层应具有良好的密封性、高耐热和耐老化性,良好的抗撕裂性、高弹性和优良的粘合性能,尤其是气密性,在很大的程度决定汽车的使用性能。

载重轮胎采用卤化丁基橡胶比例为65~85份。为保证轮胎好的气密性,掺用天然橡胶比例不宜过高。

3 工艺路线

本规格轮胎采用荷兰VMI一次法成型机生产,主要工序采用的设备为:

混炼——采用德国KUPPE公司制造GK400N和GK255N;

钢丝压延——采用意大利Camerio-ercoles公司制造的S型四辊压延机;

内衬层——采用德国Troster公司制造的内衬层生产线;

型胶挤出——采用德国Troster公司制造的H8 C6双复合挤出机;胎面采用两方三块挤出;胎侧子口、三角胶采用复合挤出;肩垫胶采用单挤出。

裁断——采用德国Fischer公司制造的小角度、 90° 和一破二裁断机生产;

成型——采用荷兰VMI公司生产的三鼓、四鼓一次法成型机;

硫化——采用桂林和福建三明产的65°C型和63.5°C型两种硫化机。

产成品严格进行外观检查、X光检查、静平衡检查和不圆度检验。

4 轮胎成品试验结果

轮胎充气外缘尺寸和水压爆破见表2 轮胎强度试验见表3 耐久性试验见表4 高速性能试验见表5。

表 2 外缘尺寸和水压爆破试验结果

项目	标准值	实测值
充气外直径 t/mm	1054 ±10 54	1056. 6
充气断面宽 t/mm	279 ±8 015	281. 5
水压爆破 倍	≥ 5	5. 2
爆破位置	-	子口

表 3 性能强度试验结果

项目	标准值	实测值	备注
1~4点破坏能平均值 $/J$	2282	2287. 53	
W 压穿破坏能 $/J$	-	4377. 3	压穿
W 最大与最小破坏能之比 $\%$	-	191. 8	

表 4 耐久性能试验结果

试验条件	试验结果
试验气压 kPa	720
试验速度 $(km \cdot h^{-1})$	70~150
试验负荷 kg	2800
试验结束时负荷率 $\%$	150
行驶时间 h	91. 25
试验结束时轮胎状况	肩部脱层

表 5 高速性能试验结果

试验条件	试验结果
试验气压 kPa	720
试验负荷 kg	2800
最高试验速度 $(km \cdot h^{-1})$	145
行驶时间 h	146. 62
试验结束时轮胎状况	肩部脱层

从试验结果来看,轮胎的耐久性能和高速性能已达到较高的水平。

5 结语

11R22 5生产以来,经过厦门金龙等汽车用户的实际使用,成品性能完全达到车辆对轮胎的使用要求,并且出口到多个国家和地区,受到用户的好评,为公司创造较好的经济效益和社会效益。下一步要在轮胎优质轻量化方面开展工作,进一步提高轮胎的质量。

库珀轮胎在英国设立技术中心

库珀轮胎公司最近宣布,它在英国威尔特郡梅尔克舍姆的工厂将成为其新的欧洲技术中心所在地,这也将是库珀轮胎公司在欧洲大陆的中心。该中心将负责在梅尔克舍姆制造的产品(主要是库珀牌和阿旺牌高性能轿车轮胎)的所有研发与设计工作。库珀轮胎橡胶公司生产各种系列的库珀牌和阿旺牌轿车轮胎和阿旺牌摩托车轮胎。

朱永康

德尔福出售其刹车管业务

日前,美国汽车配件制造商德尔福公司(Delphi)与 Harco 制造集团达成协议,向后者出售自己的刹车胶管业务,协议包括 980 万美元和一些附加条件。

具体来讲,德尔福要将自己的机械设备、知识产权、一些客户合同及业务交与 Harco 集团,但不包括所有不动产、生产设施和职工。德尔福公司将继续生产刹车胶管 12 个月,以完成一份生产合同。

杨 静

费尔斯通工业制品
拓展印度市场

费尔斯通工业制品公司在印度新德里开设了新的销售办事处,为当地客户提供及时的销售和技术支持。费尔斯通认为印度橡胶制品市场有大幅增长的契机,设立的这个新办事处将参与拓展和开发整个印度的空气弹簧市场。该公司的空气弹簧通过经销商打入印度市场已有 15 年。2006 年 7 月,该公司开设新办事处的申请,获得印度方面的批准。

郭 轶

英环保机构允许废轮胎用作燃料

英国拉格比(Rugby)地区环保局批准当地一家水泥厂在生产过程中以废轮胎作为替代燃料。经过严格的环保监测之后,环保局向该厂发放了许可证。

环保监测的数据表明,只要采取适当的控制措施,以焚烧废轮胎作燃料将有助于改善空气质量。测试结果证明,焚烧废轮胎与传统燃料的燃烧相比,将会减少二氧化氮的排放量。

郭 轶