

工程机械斜交轮胎结构设计探讨

李永霞

(北京橡胶工业研究设计院,北京 100039)

摘要:全面介绍工程机械斜交轮胎结构设计及施工设计的特点。针对工程机械轮胎的使用特性,对一些结构参数做了相应的调整,如增大轮胎行驶面宽度 b 和降低行驶面弧度高 h 等,提高了轮胎的使用寿命,降低了生产成本;对轮胎的外缘尺寸变化率 and 无内胎轮胎的配合过盈量设计提供了有效的经验数据。

关键词:工程机械轮胎;结构设计;施工设计

中图分类号:TQ336.1+1;U463.341+.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2004)05-0262-06

工程机械斜交轮胎与一般载重斜交轮胎的不同之处在于其载质量大、牵引性能高、通过性能好;胎面耐磨、抗刺扎、外形结构尺寸大和胎体帘布层数多;胎圈的钢丝圈个数多,一般至少有 2 个,大规格的有 3 个以上;胎面宽而厚,花纹类型多。因此,要求轮胎生热低,胶料耐热、耐老化性能好,且在制造工艺上与其它轮胎也有比较大的区别。本文介绍工程机械斜交轮胎技术设计及施工设计特点。

1 外轮廓设计

轮胎的结构设计方法大致分为两种:一种是以轮胎的断面形状并由内压确定帘线张力来设计;另一种是以轮胎复合材料力学及轮胎静态、动态性能来设计。轮胎结构设计依据的理论有 3 种:网络理论(Netting Theory)、薄膜理论(Membrane Theory)和薄壳理论(Shell Theory)。轮胎结构设计可以从外轮廓开始,从外往内设计,也可以根据内平衡轮廓从内往外设计。两种设计方法中,前者为古典方法,经验丰富但缺乏计算数据,只凭经验数据进行设计;后者有数学模型作为计算依据,利用计算机计算、设计。国内目前广泛应用的是前种方法,并利用计算机进行辅助设计。后种方法正在研究之中。本文介绍的是前种方法。

作者简介:李永霞(1955-),女,黑龙江泰康县人,北京橡胶工业研究设计院高级工程师,从事轮胎结构设计工作。

1.1 模型外直径 D 和断面宽 B 的确定

轮胎外轮廓的设计也就是轮胎模型尺寸的设计,通常轮胎硫化模型的尺寸也称轮胎尺寸。按国家标准规定,充气后的尺寸称为充气尺寸,相互关系是以充气尺寸来确定硫化模型尺寸,即轮胎尺寸,以轮胎尺寸来保证充气尺寸。传统的设计方法需要考虑以下几项相关的内容。

(1)除了用户特殊需要外,设计必须符合 GB/T 2980—2001 的规定。

(2)车辆技术性能和用户的使用要求。

(3)根据同类型、同结构、近似规格的轮胎试验结果确定轮胎的模型尺寸。这是一个系统工程,还要根据工厂的工艺设备条件来整体考虑,需清楚经验数据的工艺状况是否与本厂的工艺设备相吻合。轮胎外缘尺寸膨胀率与轮胎花纹、骨架材料、施工设计、压延工艺性能和硫化方式等有很大的关系。外缘尺寸膨胀率(D'/D 和 B'/B)的大小随轮胎高宽比 H/B 、轮辋宽度 C 的不同而不同,因此在设计时应慎重考虑。外胎的设计参数与膨胀率的关系可参考表 1。

表 1 不同高宽比 H/B 轮胎的膨胀率

轮胎规格	H/B	C/B	D'/D	B'/B
23.5—25	0.879 0	0.900 0	1.002 3	1.135 8
20.5—25	0.874 5	0.881 6	0.997 3	1.102 0
18.00—25	1.045 0	0.711 0	0.996 0	1.148 0
17.5—25	0.890 0	0.890 0	1.013 3	1.126 5
16.00—25	1.044 0	0.715 0	0.999 0	1.129 0

注:轮胎采用锦纶骨架材料,硫化机硫化。

1.2 轮胎行驶面宽 b 和行驶面弧度高 h 的设计

轮胎行驶面宽度 b 和弧度高 h 是决定轮胎胎冠形状的主要参数,分别与断面宽 B 和断面高 H 成一定的比例关系。行驶面的形状对胎面的耐磨性、牵引性、转向性及生热性等多项使用性能有直接影响。一般地,载重轮胎 $b/B=0.70\sim 0.82$,工程机械轮胎 $b/B=0.850\sim 0.895$ 。通常工程机械轮胎行驶面都比较宽,有些特殊使用条件的轮胎 $b/B\geq 1$ 。增大行驶面宽度的主要目的是有效增大接地面积,降低单位接地面积的压力,提高轮胎的抗切割性能。另外,胎冠弧度比较平坦,一般多采用两个弧度进行设计,一方面可增大接地面积,另一方面可提高胎面单位接地面积压力的均匀性,有助于轮胎抓着力、耐磨和抗切割性能的提高。 h 的设计也不能过小,否则会引起肩部过厚、生热高。

1.3 胎肩部位的设计

工程机械斜交轮胎多用于矿山、工地,作业条件比较恶劣,因此胎肩部位很容易刺伤。胎肩设计要求具有较强的抗切割能力,主要可采取下述措施:

(1)胎肩圆弧半径适当大一些,使其圆滑坚固,减少胎肩被碰伤的机会;

(2)胎肩与胎侧相连的切线应尽量与地面垂直线靠近,胎肩切线与地面垂直线的夹角越小,胎肩被刺伤的机会越少。反之,胎肩切线与地面的夹角越大,则胎肩侧部的刺伤机会越多。

1.4 轮胎防擦线的设计

工程机械斜交轮胎的防擦线设计一般不同于载重汽车轮胎,为了提高轮胎上胎侧防擦性能,防擦线一般从胎肩延长到水平轴以下,以提高轮胎在恶劣作业条件下的防擦伤能力。防擦线一般长 20 mm 左右,厚度为 4~6 mm。

1.5 轮胎与轮辋配合设计

工程机械斜交轮胎多采用平底轮辋,为了与轮胎配合紧密和拆卸方便,轮辋都配有 5° 斜角。工程机械车辆在作业中要求轮胎与地面有较大的抓着力,这使轮胎与轮辋之间产生较大的扭矩,为了保证轮胎与轮辋在作业过程中不产生滑移,轮胎与轮辋之间要有足够的摩擦力。因此除胎圈和轮辋曲线的配合设计与载重轮胎相同以外,还要

求轮胎的胎趾角度与轮辋角度一致,轮胎的着合直径比轮辋直径小 2~3 mm。

1.6 轮胎负荷能力的计算

轮胎负荷能力的大小是轮胎性能的主要指标之一,其最大负荷能力与行驶速度、充气压力、充气断面宽、轮辋直径和轮辋宽度有关。依据轮胎的技术要求,应验算轮胎的负荷能力。应用轮胎负荷能力计算公式进行计算,结果应符合国家标准的规定。目前国内采用美国 TRA 编制说明中介绍的“海尔”近似实验公式。下面介绍两种计算公式(按公制计算)。

(1)普通断面工程机械轮胎负荷计算公式

a)断面宽在 406 mm 以下

$$W = 0.231 \times 0.425 K p^{0.585} S^{1.39} (D_R + S)$$

b)断面宽在 406 mm 以上

$$W = 0.231 \times 0.425 K p^{0.585} S^{1.39} (1.118 \times 1.46 D_R^{0.88} + S)$$

式中 W ——负荷;

K ——负荷因数;

p ——充气压力;

D_R ——公称轮辋名义直径(根据 TRA 工程设计手册,偶数直径用于计算额定负荷,如 16.00—25, $D_R=24$);

S —— W_1/S_1 为 0.625 的理想轮辋上的充气轮胎断面宽。

$$S_{0.625} = S_1 \cdot \frac{180^\circ - \arcsin(W_1/S_1)}{141.3^\circ}$$

式中 S_1 ——新胎充气断面宽;

W_1 ——标准轮辋宽度。

(2)宽基断面工程机械轮胎负荷计算公式

$$W = 0.231 \times 0.425 K P^{0.585} S_d^{1.39} (1.1938 \times 1.84 D_R^{0.81} + S_d)$$

式中 $S_d = S - Fd$

式中, d 为圆形轮胎设计断面高 ($0.96S_{0.70}$) 与扁平轮胎在同一直径轮辋上的设计断面高(充气断面高)之差, F 为设计因数。

$$d = 0.96S_{0.70} - H$$

$$S_{0.70} = S_1 \cdot \frac{180^\circ - \arcsin(W_1/S_1)}{135.6^\circ}$$

K 和 F 取值参见表 2 和 3。

表 2 负荷因数 K 值

项 目	速度/(km·h ⁻¹)				
	65	50	40	15	8
普通断面					
第 1 类	1.10	1.30		1.45	
第 2 类			1.20		
第 3 类					1.90
第 4 类					1.90
宽基断面 ¹⁾					
第 1 类	1.20	1.45		1.62	

注:1)33.25—35 和 37.25—35 规格轮胎速度为 65,50 和 15 km·h⁻¹时,K 值分别取 1.17,1.42 和 1.59。

表 3 设计因数 F 值

d/S _{0.70}	F	d/S _{0.70}	F
0~5%	0.637	20%~25%	0.597
5%~10%	0.630	25%~30%	0.583
10%~15%	0.620	>30%	0.568
15%~20%	0.610		

1.7 胎面花纹设计

(1)花纹形式的选取

胎面花纹用于传递牵引力和制动动力,应根据轮胎的类型、结构特征、使用条件和使用要求进行设计。合理选择花纹形式不仅能提高轮胎的使用寿命,同时也可保证车辆的安全性能。设计花纹形式应满足以下要求:

- a)适应特殊的使用条件,如井下作业、筑路工程等;
- b)花纹不易夹石子和基部不裂口、不掉块,有较好的自洁性能;
- c)花纹块耐磨、抗切割和刺穿,使用时生热低、散热快、滚动阻力小,综合性能好,使用寿命长;
- d)花纹形式新颖,易于雕刻,美观大方,符合商品化要求。

(2)花纹深度的设计

花纹深度根据轮胎规格、花纹类型和用途进行设计,国内轮胎花纹基本上是根据美国 TRA 推荐的花纹深度进行设计的。

2 施工设计

2.1 胎体骨架材料的选取

工程机械斜交轮胎负荷高,瞬间冲击承载较大,因此要求胎体强度高。

目前,国内工程机械斜交轮胎的胎体帘布都选规格较大的锦纶帘布,如 1400dtex/3,1870dtex/2 和 2100dtex/2。采用上述规格的帘布既可减少胎体帘布层数,提高生产效率,还可降低成本。由于胎体帘布层数减少,胎体减薄,生热低,散热性能好。缓冲层帘布大多采用 930dtex/2 帘布,以减小与胎体的剪切力,提高帘布层间的附着力,增大粘合强度,益于避免胎面脱层。另外,对芳纶帘布作缓冲帘布也做过对比试验,其各项性能优于锦纶帘布,轮胎的使用寿命可提高 30%,不能被广泛采用的原因是轮胎成本过高。

2.2 胎体帘布层数确定

斜交轮胎的帘布层是保证胎体强度的主要骨架材料,承受轮胎 80%~90%的应力。胎体强度与帘布层数、密度和帘线强度有关,而帘布又取决于轮胎的规格、结构及充气压力等因素。因此帘布层数必须通过计算单根帘线所受的张力以及安全倍数来合理确定。计算单根帘线所受张力应以胎冠为基准,由于帘线各部位受力情况不同,在内压作用下,受张力最大的部位是胎冠,从冠部向胎圈部位逐渐减小。单根帘线所受张力计算采用的彼得尔曼计算公式简单而合理,目前广泛应用此公式。安全倍数大,则帘布层数多。因此,在满足用户使用安全性能的前提下,安全倍数尽量取得小一些,以降低轮胎的生产成本。

2.3 胎冠帘线角度的设计

胎冠帘线角度与轮胎充气后尺寸、滚动阻力、剪切应力、帘线应力和安全倍数以及下沉率、接地面性能、耐磨和抗切割性能有一定的关系,对这些参数的影响称为胎冠帘线角度效应。一般普通结构工程机械轮胎(窄基轮胎)的胎冠帘线角度取值为 52~55°,宽基轮胎为 54~56°,低断面轮胎为 57~65°。胎冠帘线角度效应的不利影响也可采用其它有效措施予以补救。

目前国内许多厂家为了保证产品质量,对高层级轮胎各布筒采用不同的裁断角度,使内外帘布伸张均匀,避免外层帘布打弯,从而提高轮胎的耐热性及抗冲击性。

2.4 钢丝圈直径的设计

工程机械斜交轮胎不论是配平底宽轮辋,还是全斜底轮辋,轮辋底部都有 5°角,而胎圈一般

都比较宽,在轮辋座不同位置直径也不同,从轮辋边缘向内逐渐减小。若采用相同的钢丝圈直径,则胎圈受力不均,外钢丝圈容易损坏。为保证钢丝圈受力均匀,最好采用不同的钢丝圈直径设计,使其底部压缩因数相等。采用不同的钢丝圈直径时,需加强工艺管理,防止上错钢丝圈的位置。

2.5 缓冲层的设计

通常为避免载重轮胎的缓冲层端点进入危险区内,各层有宽窄之分,而工程机械斜交轮胎的行驶面比较宽;胎面胶的性能因使用条件不同差别也比较大,需要缓冲层过渡,因此工程机械轮胎的缓冲层多采用宽缓冲或等宽错贴结构。为了提高大型工程机械斜交轮胎的胎冠强度和耐磨、抗刺扎性能,多采用多层缓冲层结构,还可以选用特殊材料,如芳纶、钢丝帘线作骨架材料,以提高胎体强度及轮胎的抗刺扎性能。

2.6 隔离胶片的设计

剪切应力沿帘线分布,胎冠处最大,向胎冠中心线两侧逐渐减小,贴隔离胶片的目的是缓解剪切应力,吸收路面对胎体的冲击和振动,保护帘布层,提高帘布层间的粘合性能,降低生热,防止脱层,从而提高轮胎的使用寿命。采用同一厚度的覆胶帘布从技术上讲不尽合理,而增大覆胶帘布厚度经济上也不合算,经济效果比较好的方法是减薄帘布覆胶厚度,增贴隔离胶片。工程机械斜交轮胎的胎体帘布层数多,胎体厚,胎体里外各层的伸张和压缩变形比较大,相应地增大了里外各层的剪切应力。一般在最里层和外部各层贴隔离胶片,隔离胶片的宽度与其它类型轮胎设计原则上相同。从胎冠延伸至两胎肩下、断面水平轴之上,由外向内逐步增宽,各层间的级差一般为 15~25 mm,均匀过渡。隔离胶片的厚度一般为 0.4 mm 左右,缓冲层中的上下隔离胶片厚度一般为 1.3 mm 左右。

2.7 胎体帘布层反包高度的确定

大型工程机械轮胎的承载能力大,花纹沟比较深,胎面胶很厚,胎冠行驶面较宽。根据强胎肩、壮胎圈的设计理论,帘布的反包高度要比普通轮胎高一些,通常在断面水平轴下 20 mm 左右。分析国外某些公司的大型工程机械斜交轮胎(无内胎),其反包高度都超过断面水平轴。为了确保

帘布的粘合强度,有条件的工厂应在帘布胶的配方方面采取措施,或在反包帘布的端点上另贴封口胶条。

2.8 胎面基部胶厚度的设计

工程机械斜交轮胎使用条件苛刻,因此多采用越野花纹,其基部胶也比其它轮胎厚一些,基部胶厚度占花纹深度的 25%~40%(特殊轮胎例外),由于工程机械斜交轮胎作业速度较低,某些规格也可取 20%~27%。减薄基部胶,可降低轮胎生热,防止脱层,降低成本,并可相应提高轮胎的使用寿命。

3 无内胎工程机械轮胎的设计

3.1 密封层的设计

胎里密封层的功能是替代内胎起保护胎体的作用,因此要求密封层有较好的气密性和耐热老化性能以及良好的抗撕裂性和与胎体帘布有较好的粘合性能。密封层厚度选取与轮胎规格、充气压力及设备工艺有关。

通过对日本和美国的某些品牌的大型无内胎工程机械斜交轮胎剖析发现,成品轮胎密封层胶厚度一般为 3~5 mm。密封层半成品的厚度随各部位伸张不同而变化。为了保证成品厚度均匀一致,设计半成品密封层的厚度应根据成品各部位伸张值来计算。

3.2 胎圈与轮辋的配合

胎圈与轮辋的配合是无内胎轮胎设计中最主要的环节,因为无内胎轮胎的密封主要靠胎圈与轮辋的配合。为保证无内胎轮胎轮辋与轮胎之间不漏气,轮胎的着合直径比轮辋直径要小,即过盈配合。一般有内胎工程机械轮胎胎圈直径与轮辋的过盈量为 2~3 mm。规格越大,过盈量也越大,轮辋直径与胎圈着合直径之比以 1.005 1~1.007 9 为宜。不同规格的无内胎轮胎过盈量如表 4 所示。

3.3 胎趾与轮辋的配合

为了保证胎趾与轮辋紧密配合,设计胎趾底部角度时,其值应比轮辋大 1°左右。

3.4 包圈方式

无内胎轮胎的包圈方式有两种:一是将 1~2 层帘布最后反包(也称大反包),将帘布的反包端

表 4 不同规格的无内胎轮胎过盈量 mm

轮胎规格	轮辋直径	轮胎着合直径	过盈量
23.5—25	635	630	5
16.00—25	635	630	5
18.00—33	838.2	832	6.2
24.00—35	889	883	6
30.00—51	1 295.4	1 288	7.4

点包在最外层,目的是消除渗透压力,但缺点是成型效率低。目前,由于密封层制造技术的提高和成品排气孔的排气效果可靠,大部分都不采用上述方法,而是采用单圈反包。

3.5 钢丝圈之间的填充

大型工程机械斜交轮胎层级高,帘布层数多,帘布反包后钢丝圈之间产生一条沟,正包帘布包过来时由于有沟而压不实,因此在设计胎圈时,要考虑用填充胶把沟填平压实,防止窝气。填充胶尺寸根据胎圈间隙而定。

3.6 胎圈密封胶的设计

为了使无内胎轮胎密封性能好,过去都采用在胎圈部位贴 2~4 mm 厚的密封胶片。由于胶片具有一定的流动性,目前则采用网状单丝锦纶帆布作胎圈密封层的骨架材料。

3.7 胎趾底部密封线的设计

目前,国外大型无内胎工程机械斜交轮胎胎圈底部都有密封线,胎圈底部出现轻微不平时密封线可以起到一定的补偿作用,其位置在两钢丝圈之间,密封线高 1~1.5 mm,宽 8~12 mm,圆弧过渡。

3.8 胎圈强度的计算

为了确保无内胎轮胎与轮辋间密封,二者采用过盈配合。钢丝圈承受内压对钢丝圈的作用力及胎圈与轮辋的过盈力 T , T 的计算公式为

$$T = \frac{\epsilon br \delta}{2h}$$

式中 ϵ ——钢丝圈下部材料的压缩模量,一般为 30~50 MPa;

- b ——钢丝圈宽度,cm;
- r ——钢丝圈中心半径,cm;
- δ ——胎圈与轮辋的过盈量,cm;
- h ——钢丝圈下部材料厚度,cm。

内压对钢丝圈作用力的计算与其它类型轮胎相同,在此不做介绍。

3.9 轮胎成品排气孔的设计

虽然无内胎轮胎胎里密封层有较好的气密性,但胶层的气体渗透现象是不可避免的。轮胎在充气压力较高状态下长期工作,气体通过密封层进入胎体内,由于外部有胎面和胎侧挡住,会很快形成较高的渗透压力,如不及时排除就会加速轮胎早期脱层。因此无内胎轮胎必须在成品的胎肩沟部和胎圈上部的整个圆周上均匀分布排气孔,打孔的位置应在外胎模具上刻有标记,以便于成品打孔,锥孔直径为 3~3.5 mm,深度以从轮胎表面到该部位帘布层 1/2 处为宜。

3.10 成品包装

胎趾是无内胎轮胎与轮辋密封的重要部位,应保证胎趾部位在运输过程中不受损伤。因此,无内胎轮胎在运输前必须在两胎趾中配有胎圈保护器。对于大规格的无内胎轮胎,需沿圆周加上一条 51 mm 宽的钢带,以保持适当的间距。轮胎装到轮辋上时,充气压力需达到约 150 kPa 后才可以把钢带去掉。

3.11 O 形密封圈

无内胎工程机械轮胎的 O 形圈也称为密封圈,必须准确设计应用,即使直径相同的轮辋, O 形圈的规格也要根据轮辋形式而定。O 形圈尺寸及所配轮辋如表 5 所示。

表 5 O 形圈尺寸及所配轮辋 mm

O 形圈规格	轮辋形式	轮胎直径	O 形圈尺寸	
			断面直径	内周长
OR224TG	24 半深式	610	6.4	1 795
OR25T	25 半深式	635	6.4	1 855
OR325T ¹⁾	25 全斜底胎圈式	635	9.5	1 800
OR329T	29 全斜底胎圈式	737	9.5	2 120
OR333T	33 全斜底胎圈式	838	9.5	2 439
OR335T	35 全斜底胎圈式	889	9.5	2 598
OR339T	39 全斜底胎圈式	991	9.5	2 883
OR349T	49 全斜底胎圈式	1 245	9.8	3 601
OR451T	51 全斜底胎圈式	1 295	12.7	3 671

注:1)适应轮胎规格为 16.00—25 及其以上和 20.5—25 及其以上。

4 结语

目前,我国的工程机械斜交轮胎在产品质量、工艺装备和测试手段等方面与国际先进水平相比还有一定的距离。因此,国家对工程机械斜交轮

胎技术攻关非常重视,在“七五”、“八五”期间曾将其列为国家重点科技攻关项目。通过厂院结合的两轮攻关,工程机械斜交轮胎的使用寿命达到进口轮胎的 80%,平均里程为 3 万 km。

北京橡胶工业研究设计院的工程机械斜交轮

胎的软件技术已向东南亚国家转让,得到了企业和用户的好评。这说明我国的工程机械斜交轮胎的设计和生产技术已达到一个新水平,今后将继续向国际先进水平迈进。

收稿日期:2003-11-16

11L-15 8PR 农业轮胎结构设计

中图分类号:TQ336.1⁺1 文献标识码:B

根据 GB/T 2979—1999,11L-15 8PR 轮胎标准轮辋为 W8L,允许使用轮辋 10LB,8LB 和 W10L;轮胎断面宽(280±11.2) mm,外直径(775±9.3) mm;充气压力 220 kPa,负荷 1 130 kg。

1 轮胎结构和施工设计

1.1 结构设计

(1)外缘尺寸

根据国家标准及我公司 10-15,14.9-24,11.2-28 和 12.4-28 轮胎的膨胀因数,确定 11L-15 8PR 轮胎模型外直径 $D=736$ mm,断面宽 $B=264$ mm。

(2)轮辋宽度

轮胎着合宽度按标准轮辋宽设计,取值为 203 mm。

(3)着合直径

轮辋名义直径为 381 mm,取轮胎着合直径为 380 mm。

(4)花纹类型

花纹设计采用多条形,用于农业机械导向轮及支撑轮轮胎。

(5)花纹深度

参照 TRA 标准,花纹深度取 9.0 mm。

1.2 施工设计

(1)成型机头形式和宽度

轮胎成型机头采用半鼓式,机头直径为 490 mm,宽度为 525 mm,机头到胎里直径伸张值为 1.44,帘线假定伸张值 δ 取 1.03。

(2)胎面

胎面采用一方一块,胎面胶质量为 8.5 kg。

(3)帘布筒直径及宽度

成型采用套筒式 2-2 成型,帘布规格为

1400dtex/2,帘布裁断角度为 32°。第 1 帘布筒长度和宽度分别为 780 和 1 420 mm,宽度级差为 15 mm,正包帘布筒宽度为 710 mm。

2 硫化工艺及成品试验

2.1 硫化工艺

11L-15 8PR 轮胎采用四立柱硫化机硫化,由于轮胎断面较宽,外胎模具设有汽室,以避免冠部欠硫。硫化工艺条件为:外温 (150±2) °C,内压水压力 2.35 MPa,内温 168 °C,硫化时间 68 min。

2.2 成品试验

轮胎充气外直径和断面宽分别为 773 和 275 mm,符合国家标准。成品轮胎胎冠帘线角度为 55.2°,平均密度为 85 根·(10 cm)⁻¹;胎侧帘线角度为 44°,平均密度为 83.5 根·(10 cm)⁻¹。成品轮胎胶料性能如表 1 所示。

表 1 成品轮胎胶料性能

项 目	冠部	侧部	国家标准
胎面胶物理性能			
邵尔 A 型硬度/度	60		55~70
拉伸强度/MPa	16.5	16.2	≥15.5
拉断伸长率/%	550	535	≥420
阿克隆磨耗量/cm ³	0.3		≤0.4
粘合强度/(kN·m ⁻¹)			
帘布层间	7.5		≥4.8
胎侧与帘布层间	8.0		≥4.8

3 结语

本设计 11L-15 8PR 轮胎的外缘尺寸和物理性能达到设计要求,产品满足了市场的要求,为公司创造了可观的经济效益。

(神马集团橡胶轮胎有限责任公司

张许红供稿)