

7.00—16 高层级轻型载重轮胎强度的试验研究

刘文民,李 豪,何红卫,张 鹏

(风神轮胎股份有限公司,河南 焦作 454003)

摘要:以轮胎的受力及受力变形为出发点,对 7.00—16 高层级轻型载重轮胎选用锦纶 66 与锦纶 6 两种不同的骨架材料、不同的帘线假定伸张值及不同的胎体结构等进行强度对比试验。结果表明,胎体骨架材料采用锦纶 66 帘布的轮胎胎体强度比采用同规格锦纶 6 帘布的高;增大冠部强度和胶与线之间的粘合力可提高轮胎压穿破坏能。

关键词:轻型载重轮胎;强度试验

中图分类号:TQ336.1+1 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2004)10-0590-04

从理论上计算(使用施墨里亚诺夫公式)轻型载重轮胎的胎体安全倍数符合设计规范,但是从室内强度试验结果来看,凡是用直径为 19 mm 的小压头做的试验,压穿强度几乎没有合格的。

轮胎断面上任意一点的帘线应力计算公式^[1]为:

$$f = p(r_k^2 - r_m^2) / 2r_k n i_k \cos^2 \beta \quad (1)$$

式中 f ——单根帘线应力, N;

p ——充气压力, N;

r_k ——胎冠点半径, cm;

r_m ——断面最宽点半径, cm;

n ——胎冠点帘布层数;

i_k ——胎冠点帘线密度, 根 · cm⁻¹;

β ——任意点帘线角度。

从式(1)可以看出,当产品轮廓尺寸一定时,帘线应力在断面上的分布仅与 $1/\cos^2 \beta$ 项有关,帘线应力随帘线角度变化而变化,其最大值在胎冠点,逐渐向胎圈减小。因此,增大胎冠部的强度,不仅能提高强度试验合格率,而且对提高轮胎的使用性能具有一定意义。

轮胎压穿时的破坏能是功的量度,是作用于轮胎上的力与压头行程的乘积。轮胎负荷 Q 与下沉量 h_c 的关系式^[1]为:

$$\frac{h_c^2}{Q} = C_1 + C_2 \frac{h_c}{p} \quad (2)$$

式中, C_1 和 C_2 是与轮胎结构有关的参数(可通过轮胎负荷性能试验实测得到)。作用于轮胎上的力与行程并不是相互独立的。强度压穿时压头与轮胎的接触不是一个平面,不能完全套用上述公式,但是作用力与行程之间必然存在一定的关系。

1 强度试验

以轮胎受力及受力变形为出发点,对 7.00—16 高层级(12 和 14 层级)轮胎结构参数,如帘线假定伸张值、胎冠帘线角度及胎体和缓冲层帘线品种等调整后做试验轮胎,按国标 GB/T 6327—1996 进行强度试验,强度试验用的压头均为 $\Phi 19$ mm。

试验轮胎胎面采用曲折花纹,成型包圈方式为 2-2-2。

2 结果与讨论

试验用 1400dtex/2 和 1870dtex/2 锦纶 66 和锦纶 6 帘线性能测试结果如表 1 所示。

2.1 锦纶 66 与锦纶 6 的对比

(1)分别采用 1400dtex/2 锦纶 66 和锦纶 6 帘布作 7.00—16 12PR 轮胎胎体骨架材料,胎体结构为 $5V_1 + V_2$;缓冲层采用单层 930dtex/2 锦纶 6 帘布(V_3)。强度试验结果如表 2 所示。

试验轮胎压穿后胎体均呈现 X 型的裂口,并且胎冠部位胶与线脱开。锦纶 66 方案的结果是我公司正常生产产品中随机抽取样胎所测定的。

(2)分别采用 1870dtex/2 锦纶 66 和锦纶 6

表 1 1400dtex/2 和 1870dtex/2 锦纶 66 和锦纶 6 帘线性能测试结果

项 目	1400dtex/2				1870dtex/2			
	锦纶 6 V ₁	锦纶 6 V ₂	锦纶 66 V ₁	锦纶 66 V ₂	锦纶 6 V ₁	锦纶 6 V ₂	锦纶 66 V ₁	锦纶 66 V ₂
断裂强力/N	217.8	216.1	215.2	220.8	275.7	275.6	292.7	298.1
断裂伸长率/%	23.9	23.4	17.8	18.6	21.6	19.9	18.2	18.9
定负荷伸长率 ¹⁾ /%	7.9	8.1	7.1	6.8	7.8	7.4	7.0	7.0
不匀率/%								
断裂强力	2.8	1.1	3.9	1.8	2.5	2.3	1.1	1.3
断裂伸长率	4.7	2.3	6.2	4.0	6.3	3.4	2.9	3.8
H 抽出力/N	149.7	137.6	156.0	132.9	168.0	146.2	193.8	172.3
捻度/捻								
初捻	38.5	38.5	37.6	39.1	33.3	35.1	32.6	32.7
复捻	37.0	37.4	37.2	35.8	32.7	33.1	30.6	31.8
干热收缩率/%	7.5	8.0	4.1	5.0	6.5	8.1	5.3	5.0
直径/mm	0.67	0.66	0.62	0.64	0.74	0.75	0.73	0.73
水质量分数	0.018	0.017	0.007	0.010	0.014	0.015	0.012	0.010

注:1)1400dtex/2 和 1870dtex/2 锦纶帘线的负荷分别为 66.6 和 88.2 N。

表 2 1400dtex/2 锦纶 66 和锦纶 6 帘布作胎体骨架材料的强度试验对比

项 目	锦纶 66	锦纶 6
1~4 点破坏能平均值/J	634.0	636.9
压穿破坏能/J	607.0	602.1
压穿时作用力/N	13 299.0	15 225.0
压穿时的行程/mm	91.22	79.10
压穿破坏能占最小破坏能的比例/%	94.3	93.5
试验结果	第 3 点穿	第 3 点穿

注:标准轮胎 5.50F;标准气压 630 kPa;最小破坏能 644 J。

作 7.00—16 14PR 轮胎胎体骨架材料,胎体结构为 4V₁+2V₂;缓冲层采用单层 930dtex/2 锦纶 6 (V₃)。强度试验结果如表 3 所示。

试验轮胎压穿后胎体均呈现 X 型的裂口,并且胎冠部胶与线脱开。锦纶 6 方案的结果是我公

表 3 1870dtex/2 锦纶 66 和锦纶 6 帘布作胎体骨架材料的强度试验对比

项 目	锦纶 66	锦纶 6
1~4 点破坏能平均值/J	712.3	592.0
压穿破坏能/J	712.3	592.0
压穿时作用力/N	15 270.0	13 638.0
压穿时的行程/mm	93.30	86.88
压穿破坏能占最小破坏能的比例/%	100	83.1
试验结果	第 1 点穿	第 1 点穿

注:标准轮胎 5.50F;标准气压 740 kPa;最小破坏能 712 J。

司原来使用锦纶 6 帘布进行批量生产的产品中随机抽取样胎所测定的。

由表 2 和 3 可以看出,与锦纶 66 轮胎相比,锦纶 6 轮胎在强度压穿时的压头行程并不大,且因断裂强力低于锦纶 66,故其胎体强度小于锦纶 66 轮胎,压穿破坏能也较低。

2.2 不同帘线假定伸张值的对比

(1)7.00—16 12PR 轮胎胎体采用 1400dtex/2 锦纶 66 帘布,结构为 5V₁+V₂;缓冲层采用单层 930dtex/2 锦纶 6 帘布(V₃)。方案 1 和方案 2 的胎冠帘线角度分别为 49 和 53°,帘线假定伸张值分别为 1.021 和 1.032。强度试验结果如表 4 所示。

表 4 不同帘线假定伸张值的强度试验对比		
项 目	方案 1	方案 2
1~4 点破坏能平均值/J	505.7	402.1
压穿破坏能/J	505.7	402.1
压穿时作用力/N	15 141.0	12 992.0
压穿时的行程/mm	66.8	61.9
压穿破坏能占最小破坏能的比例/%	78.5	62.4
试验结果	第 1 点穿	第 1 点穿

注:同表 2。

试验轮胎压穿后胎体均呈现 X 型的裂口,并且胎冠部位胶与线脱开。方案 1 是在正常 7.00—16 12PR 轮胎施工设计的基础上,改变胎体帘线的裁断角度并将布筒周长放大,机头宽度保持不变(布筒对机头的伸张达 1.04)。

(2)7.50—16 12PR轮胎胎坯分别装于7.00—16 和 7.50—16 模型中硫化,模拟帘线假定伸张值减小的极限情况。胎体和缓冲层的材料和结构与本节(1)部分 7.00—16 12PR 轮胎相同。方案 1 是正常 7.50—16 12PR 轮胎半成品装入 7.00—16 12PR 模型中进行硫化,机头宽度比正常生产 7.00—16 12PR 轮胎的大 42 mm,在定型硫化过程中帘线处于不伸张状态,从成品断面分析上可以看出,在胎圈上部有明显的帘线弯曲现象;方案 2 的胎冠帘线角度为 53°,帘线假定伸张值为 1.032。强度试验结果如表 5 所示。

表 5 模拟帘线假定伸张值减小的极限情况的强度试验对比

项 目	方案 1	方案 2
1~4 点破坏能平均值/J	668.3	639.0
压穿破坏能/J	686.3	627.0
压穿时作用力/N	13 865	14 185
压穿时的行程/mm	99.0	88.4
压穿破坏能占最小破坏能的比例/%	106.6	97.4
试验结果	第 2 点穿	第 2 点穿

注:同表 2。

试验轮胎压穿后胎体均呈现 X 型的裂口,并且胎冠部胶与线脱开。

由表 4 和 5 可以看出,帘线假定伸张值小的轮胎在压穿时胎体变形略大,但帘线假定伸张值过小时,胎体内外层帘线受力不均,压穿时的作用力并不一定大,并且过小的帘线假定伸张值对成品轮胎的使用性能极为不利,因此减小帘线假定伸张值以增大强度压穿时的变形进而提高压穿破坏能是不可取的。

2.3 不同胎体结构的对比

(1)7.00—16 12PR 不同胎体结构的对比试验,具体方案如表 6 所示。

强度试验结果如表 7 所示。试验轮胎压穿后胎体均呈现 X 型的裂口,并且胎冠部位胶与线脱开。

由表 7 可见,方案 1 轮胎压穿时的作用力和压头行程明显大于方案 2 和方案 3 轮胎。胎体冠部所能承受的力越大,越不易被压穿,在强度试验中,力与行程均能增大。方案 2 与方案 3 相比,压穿时的作用力和压头行程相差不大,方案 2 的压

表 6 7.00—16 12PR 不同胎体结构的对比方案

项 目	方案 1	方案 2	方案 3
胎体结构	锦纶 66 1400dtex/2 6V ₁	锦纶 66 1400dtex/2 6V ₁	锦纶 66 1400dtex/3 5V ₁ +V ₂
缓冲层结构	锦纶 66 1400dtex/2 V ₁	锦纶 6 930dtex/2 V ₃	锦纶 6 930dtex/2 V ₃
冠部直径 19 mm 范围内的帘线根数			
V ₁	104.49	104.49	87.08
V ₂	0	0	12.89
缓冲层 V ₁	17.42	0	0
缓冲层 V ₃	0	10.45	10.45
冠部直径 19 mm 范围内帘线受力/N	25 601.1	23 301.4	22 352.2

表 7 7.00—16 12PR 不同胎体结构的强度试验对比

项 目	方案 1	方案 2	方案 3
1~4 点破坏能平均值/J	660.8	659.5	658.0
压穿破坏能/J	801.9	674.5	655.8
压穿时作用力/N	15 230	14 110	14 210
压穿时的行程/mm	105.3	95.6	92.3
压穿破坏能占最小破坏能的比例/%	124.5	104.7	101.8
试验结果	合格	合格	第 2 点穿

注:同表 2。

穿破坏能大于方案 3。

(2)7.00—16 14PR 不同胎体结构的对比试验,胎体帘线为 1870dtex/2 锦纶 66 帘布,缓冲层结构为 1400dtex/2V₂ 锦纶 66。方案 1 胎体结构为 6V₁,方案 2 为 5V₁+V₂。方案 1 冠部直径 19 mm 范围内的帘线根数为:V₁ 92.5,缓冲层 V₂

12.96;方案 2 为:V₁ 77.08,V₂ 11.98,缓冲层 V₂ 12.96。方案 1 冠部直径 19 mm 范围内帘线受力为 28 700 N,方案 2 为 27 736 N。

强度试验结果如表 8 所示。试验轮胎压穿后

表 8 7.00—16 14PR 不同胎体结构的强度试验对比

项 目	方案 1	方案 2
1~4 点破坏能平均值/J	728.9	720.0
压穿破坏能/J	955.6	712.0
压穿时作用力/N	18 030	14 910
压穿时的行程/mm	106.0	95.5
压穿破坏能占最小破坏能的比例/%	134.2	100
试验结果	合格	第 2 点穿

注:同表 3。

胎体均呈现 X 型的裂口,并且胎冠部位胶与线脱开。

由表 8 可见,方案 1 轮胎压穿时作用力和压头行程明显大于方案 2。

2.4 冠部加强的对比

根据以上方案试验情况,采用增大胎冠强度的方法可以提高胎体强度。采用加密帘布会影响胎冠部位对外力的吸收及缓冲性能,故采取冠部加缓冲胶片或在 V₃ 帘布下面增强的方法制备 7.00—16 12PR 试验轮胎,在做强度试验的同时进行高速和耐久性能试验。胎体采用 1400dtex/2 锦纶 66 帘布,结构为 5V₁+V₂。方案 1 缓冲层结构为 1 层 1400dtex/2 锦纶 66 帘布(V₂)上面加贴一层缓冲胶片;方案 2 为 1 层 930dtex/2 锦纶 6 帘布(V₃)下面加 1 层窄 1400dtex/2 锦纶 66 (V₂)。

(1)强度试验结果如表 9 所示。试验轮胎压穿后胎体均呈现 X 型的裂口,并且胎冠部位胶与线脱开。

表 9 7.00—16 12PR 轮胎冠部加强的强度试验对比

项 目	方案 1	方案 2
1~4 点破坏能平均值/J	657.8	659.8
压穿破坏能/J	723.8	750.7
压穿时作用力/N	14 390	15 060
压穿时的行程/mm	100.6	99.7
压穿破坏能占最小破坏能的比例/%	112.4	116.6
试验结果	合格	合格

注:同表 2。

(2)高速性能试验按企业标准 Q/YLJ 040-011—1998 进行:第 1 阶段速度 80 km·h⁻¹,行驶 120 min;第 2 阶段速度 80 km·h⁻¹,行驶 30 min;第 3 阶段速度 90 km·h⁻¹,行驶 30 min;第 4 阶段速度 100 km·h⁻¹,行驶 30 min。试验条件:标准轮辋 5.50F;试验气压 630 kPa;试验负荷 1 074 kg;转鼓直径 1 707 mm。

两方案试验轮胎均通过第 4 阶段试验,轮胎未坏。

(3)耐久性试验按企业标准 Q/YLJ 040-006—2002 进行:第 1 阶段负荷率 70%,行驶 7 h;第 2 阶段负荷率 90%,行驶 16 h;第 3 阶段负荷

率 105%,行驶 24 h;第 4 阶段负荷率 110%,行驶 10 h;第 5 阶段负荷率 120%,行驶 10 h;第 6 阶段负荷率 130%,行驶 10 h;第 7 阶段负荷率 140%,直到跑坏为止。试验条件:标准轮辋 5.50F;试验气压 630 kPa;试验负荷 1 074 kg;转鼓直径 1 707 mm。

两方案试验轮胎累计行驶时间分别为 102 和 117 h,损坏形式均为胎肩鼓包。

由此可见,增强冠部强度在提高轮胎压穿破坏能的同时,也可通过高速和耐久性试验。

3 结论

通过上述对比试验,得出如下结论:

(1)使用锦纶 6 帘布做胎体骨架材料,尽管其帘线断裂伸长率大,但轮胎压穿时压头的行程与锦纶 66 轮胎相比并不大,且因断裂强力低于锦纶 66 帘线,故其胎体强度小于锦纶 66 轮胎,压穿破坏能也较低;

(2)减小帘线假定伸张值可以略微提高轮胎压穿时压头的行程,但过小的帘线假定伸张值使胎体帘线受力不均,不能有效地提高压穿强度;

(3)在不增加胎体层数的情况下,增大冠部强度,可有效提高轮胎压穿时压头的行程或作用力,从而提高压穿破坏能;

(4)轮胎强度是作用力和行程的综合反映,并且与轮胎的整体性能有关;

(5)轮胎压穿的破坏形式均是胎体呈现 X 型的裂口,并且胎冠部位胶与线脱开,而胎面胶几乎没有受到破坏,这是由于胎冠胶的定负荷伸长率远大于胎体帘线,故提高胶与线间的粘合力可使胎面胶与胎体帘布层一起受力变形,对提高压穿破坏能有一定作用;

(6)在成本增加不大的情况下,增大冠部强度可以提高高层级轻型载重轮胎强度试验的压穿破坏能,并可通过耐久和高速性能试验。

参考文献:

[1] 俞 淇,周 锋,丁剑平. 充气轮胎性能与结构[M]. 广州:华南理工大学出版社,1998.