

应用理论

提高斜交轮胎帘线利用率的研究*

孟刚 隆有明 钱瑞瑾

[上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司 200030]

摘要 应用薄膜理论和网格理论,计算斜交轮胎帘线所受的张力,提出斜交轮胎帘线利用率的概念,并应用这一观点,对现有斜交轮胎进行提高帘线利用率的研究,使斜交轮胎在结构上更科学、更合理、更经济。改进后的轮胎可节约帘布8%左右,降低原材料成本约2%。

关键词 斜交轮胎,帘线利用率,张力,强度,刚度,反包层数

本世纪40年代后,载重斜交轮胎在其结构上无重大变化,一般认为目前斜交轮胎的结构及其设计方法均已成熟或基本完善。我国在70年代应用了尼龙帘线,使斜交轮胎的使用性能有了显著提高,使用寿命成倍延长;80年代,减浅了花纹沟深度,使之靠拢TRA标准推荐值,不仅改善了轮胎的高速使用性能,而且降低了单耗。此外,斜交轮胎生产设备的引进使模具尺寸减小,帘布消耗有所下降。但是,轮胎结构真正的革命是法国米西林推出的子午线结构轮胎(1948年)。由于其与斜交轮胎相比具有节油、里程高、乘坐舒适、行驶安全、特别适于高速行驶等一系列优异性能,轮胎子午化已成为当今世界轮胎工业的发展方向。

但是,与斜交轮胎相比,生产子午线轮胎技术难度大、工艺要求严、生产装备昂贵,近年来,虽然我国非常重视轮胎生产子午化工作,投入大量资金引进了数条子午线轮胎生产线,但到目前为止,全国的子午线轮胎产量占总产量的比例仍非常低,不超过12%,我国每年生产的载重斜交轮胎(不包括轻载轮胎)总产量在2000万条以上。根据我国公路条件、国力等情况,要在我国实现载重轮胎生产高度子午化,还要经历一个漫长的过程。因此,在我国努力增加子午线轮胎生产的同时,进一步开展对斜交轮胎的研究,提高斜交轮

胎的使用性能,降低原材料消耗是一项非常重要的具有重大经济意义和现实意义的课题。

1 提高帘线利用率的原理

帘线利用率是指轮胎在充气状态下胎体帘线强力利用率。因此,首先必须计算帘线张力,并描述斜交轮胎帘线张力分布。目前计算轮胎帘线张力大致采用如下3种方法:

(1)薄膜理论(Membrane Theory)和网格理论(Netting Theory);

(2)薄壳理论(Shell Theory);

(3)有限元素法(Finite Element Method)。

$$T = P(R_0^2 - R_m^2) \sin \alpha_0 / (2RN I \sin^3 \alpha) \quad (1)$$

式中 T ——充气轮胎每根帘线所受的张力;

P ——轮胎充气内压;

R_0 ——充气轮胎胎里半径;

R_m ——充气轮胎断面最宽点半径;

α ——帘线与轮胎周向所成的夹角;

α_0 ——帘线冠角;

R ——轮胎半径方向坐标;

N ——帘布层数;

I ——帘线密度。

通过上式便可计算得出某一个具体规格

* 该课题是首届“上海市青年科技启明星计划”项目,于1995年5月通过由上海市科委主持的专家鉴定。

的帘线张力曲线。图 1 为普通斜交轮胎 9.00—20 14PR(8 层尼龙胎体)的结构图,其帘线张力曲线如图 2 所示,其中 S 为胎体帘线各点至胎冠中心线的长度, S_0 为钢丝圈底部至胎冠中心线的长度, t_0 为帘线中的最大张力。

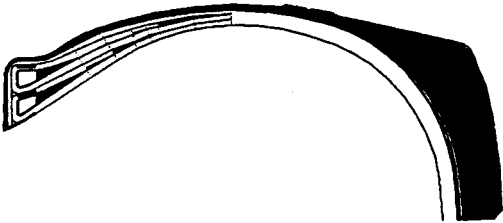


图 1 普通斜交轮胎 9.00—20 14PR
(8 层)结构图

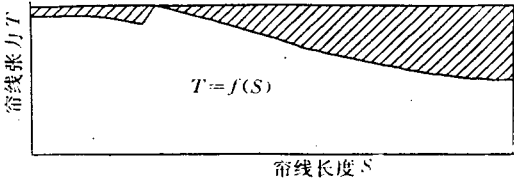


图 2 普通斜交轮胎 9.00—20 的
帘线张力曲线

由图 2 可看出,同一轮胎断面上,若考虑缓冲层,帘线所受张力最大处一般在胎冠或胎肩缓冲层边缘(取决于缓冲层宽度),但是随着胎冠角度 α_0 减小,帘线张力最大处逐渐由胎肩移向胎冠;但轮辋点处仍最小。由此可知,对窄缓冲层结构,缓冲层边部是一个薄弱的环节。室内和室外试验的结果也表明,轮胎在使用中经常在胎肩出现肩空、肩裂的毛病。

胎体帘线强力利用率的几何意义就是胎体帘线各点至胎冠中心线的长度与所对应的该点帘线张力构成的面积之和 A_v 比上胎体帘线长度与帘线中的最大张力所构成的面积 A_0 (即 $A_v/A_0 \times 100\%$)。若 $T \equiv t_0$,则胎体帘线强力利用率为 100%。而胎体帘线受力为 $T = f(S)$,它与 $T = T_0, S = S_0$ 围成的阴影部分即为未发挥作用的帘线强力。经计算发现一般胎体尼龙帘线强力利用率只有 70%左右,尤其在胎圈部位,其潜力是很大的。

2 提高帘线利用率的方法

经计算,普通 9.00—20 14PR 轮胎的尼龙帘线强力利用率约为 72%。设法减小阴影面积就可提高帘线的强力利用率。根据公式(1)可知,减小 N 和 I 值,即可增大该点张力值 T 。

本文主要介绍对 9.00—20 14PR 的两个改进方案试验胎所进行的提高帘线利用率的验证和与同期生产的普通轮胎进行的性能对比情况。

表 1 为普通 9.00—20 14PR 轮胎(材料分布图如图 1)和改进方案的主要结构特征。改进方案 1[#]的材料分布图和帘线强力分布图分别为图 3 和 4。该方案的胎体尼龙帘线强力利用率为 84.5%左右,比普通结构帘线强力利用率提高 14.5%。最大帘线张力仍在肩部缓冲层边缘。

图 5 和 6 分别为改进方案 2[#]的材料分布图和充气状态下胎体帘线张力分布曲线。该方案胎体尼龙帘线强力利用率为 81.3%,

表 1 普通 9.00—20 14PR 轮胎和改进
方案的结构特征

结构特征	普通轮胎	改进方案 1 [#]	改进方案 2 [#]
胎体			
材料	140tex/2 尼龙	同左	同左
层数	8 层	同左	同左
	(V ₁ 6 层,V ₂ 2 层)		
帘线用量	3.5kg	3.1kg	3.4kg
胎圈			
结构	7 根 7 排 双钢丝圈	11 根 9 排 单钢丝圈	9 根 5 排 双钢丝圈
钢丝材料	19 [#] 钢丝	同左	同左
	直径 1mm		
三角胶用量	0.4kg	0.7kg	1.8kg
成型方法	3-3-2	5-3	3-3-2
反包层数	6	3	4
正包层数	2	0	0



图 3 改进方案 1*材料分布图

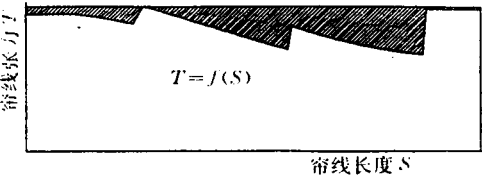


图 4 改进方案 1*强力分布形式

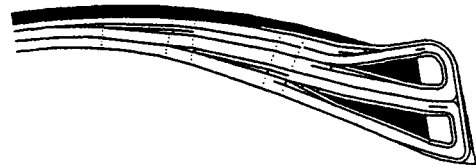


图 5 改进方案 1*材料分布图局部

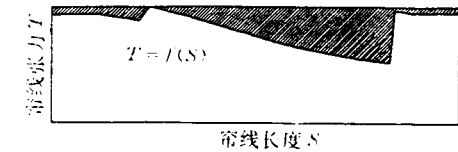


图 6 改进方案 2*强力分布形式

表 2 改进方案 1*的测试项目及结果

项 目	标准	普通结构	改进结构
国标测试项目			
强度试验, N·m	≥2283	3464	3283
耐久性试验, h	≥77(A 级)	≥77	50—70 ¹⁾
充气外直径, mm	1018±1%	1014—1017	1018—1031
充气断面宽, mm	259±3%	257—261	259—267
非国标测试项目			
水压爆破试验			
kg·cm ⁻²	≥35	37	35 ²⁾

注: 1) 接头处肩空; 2) 钢丝圈坏。

表 3 改进方案 2*的测试项目及结果

项 目	标准	普通结构	改进结构
国标测试项目 ¹⁾			
强度试验, N·m	≥2283	—	3104
耐久性试验, h	≥77(A 级)	80.7	86.1
充气外直径, mm	1018±1%	1014—1017	1019.5
充气断面宽, mm	259±3%	257—261	256.6
非国标测试项目			
水压爆破试验 ²⁾			
kg·cm ⁻²	≥35	37	36
高速性能试验			
(速度-时间)			
km·h ⁻¹ -h			
① ³⁾	≥110	120-0.5	120-0.7
②	—	110-0.02	110-3.8
超负荷试验			
(负荷率-时间)			
%-h			
①	—	160-5.9	160-4.8
②	—	180-3.7	170-9.9
快速耐久试验, h			
①	—	58	63.6
②	—	91.3	92

注: 1) 国标测试项目由国家质量监督中心测定; 2) 钢丝圈坏; 3) ①为单层挤出, ②为复合挤出。

没有进行实际里程试验)。笔者认为胎体(胎圈部)刚度不够所至。改进方案 2*在改进方案 1*的基础上加强了胎体(胎圈部)刚度。主要措施是将单钢丝圈改为双钢丝圈, 并加大三角胶。改进后所有室内试验项目各项性能指标均不差于普通斜交轮胎。在里程试验中, 试验点的胎管员和驾驶员一致认为结构改进前后的轮胎质量和性能无明显差别。

在实际里程试验中有几条轮胎发生胎圈

比普通轮胎帘线利用率提高 10%左右, 最大帘线张力仍在肩部缓冲层边缘。该方案可节约帘布 8%左右, 降低原材料成本约 2%, 并具有施工制造简便的特点。

3 成品测试结果与分析

表 2—4 为改进方案试验胎与同期生产的普通结构轮胎所进行的室内外成品性能试验结果。

改进方案 1*的轮胎强度性能已可以满足要求, 但轮胎的动态性能还不够理想(所以

表4 改进方案2[#]的里程试验结果

试验地区	车型	日期	结构	行驶里程 km	累计磨耗 km·mm ⁻¹	磨平里程 km	翻新率 %	钢丝圈坏 条	外直径增大 mm	断面宽增大 mm	考核胎数 条
扬州	客车	91.9—93.7	改进结构	104931	7466	122080	88.2	0	20.4	6.0	15
			普通结构	103339	7419	112876	77.8	0	16.5	8.7	21
荆州	客车	91.9—93.7	改进结构	110247	10865	145177	100	0	7.0	5.0	14
			普通结构	100299	8646	144396	100	0	8.0	6.0	14
衢州	客车	94.5—95.5	改进结构	60617	5897	95999	100	0	3.2	3.3	35
			普通结构	60379	5800	95411	100	0	3.3	3.4	35
衢州	货车	94.5—95.5	改进结构	60607	5563	90147	91.4	2	3.5	3.0	35
			普通结构	61798	5665	93409	97.1	0	3.5	3.3	35
新登、桐庐	货车	94.5—95.5	改进结构	82079	7558	125008	86.2	2	2.6	2.9	58
			普通结构	78764	7306	120992	85.5	1	2.2	3.0	62
金华	货车	94.5—95.5	改进结构	73011	5361	88826	96.6	0	3.2	2.9	44
			普通结构	75160	5588	91924	95.5	2	3.3	3.3	44

注:对货车驾驶员来说,不超载就挣不到钱。因此,货车一般都超载30%以上,此时,气压相应增加30%以上。

部位损坏,应认为是使用或制作问题,因为普通结构轮胎(损坏数占试验胎总数的1.11%)和改进结构轮胎(损坏数占试验胎总数的1.47%)都有类似的情况。另外,改进结构轮胎的外缘尺寸比普通斜交轮胎的略大,这是因为水平轴以下帘线张力增大之故,应不影响轮胎的综性性能。

4 讨论与结论

(1)应用薄膜理论和网格理论来研究和分析轮胎充气状态下的平衡轮廓以及计算帘线张力是十分有效的。它不仅简单易算(相对其它力学模型而言),而且比较可靠。完全可以满足工程上的精度要求。

(2)提高帘线利用率的观点是新颖的、正确的、可靠的。它突破了目前公认的斜交轮胎结构设计的老框框,开辟斜交轮胎结构整体设计新的领域,将斜交轮胎结构设计推向了更高的层次。

(3)笔者认为影响轮胎动态性能的主要因素不仅有轮胎的强度,而且还有胎体(胎圈部)的刚度。以往由于薄膜理论和网格理论的局限性,无法估计轮胎的刚度和计算温度场,使得在斜交轮胎结构设计中往往忽视或很少

考虑这一问题。而增加刚度没必要用成本高、强度高、质地软的帘布,只要用成本低廉、硬度高的三角胶即可。

(4)按上述思路开发的新型结构斜交轮胎,不仅更科学、更合理,而且还可以再一次降低斜交轮胎的原材料成本。

(5)该新型结构轮胎的生产工艺和设备基本与普通斜交轮胎相同,所要改进的主要是三角胶加大后的裁断较困难,故裁断形式要作改进。笔者认为这个问题不难解决。

(6)胎体刚度恰到好处的匹配设计,以及帘布接头效应和力传递过程是影响斜交轮胎性能的主要因素,它在很大程度上取决于橡胶的性能。从结构改进后的斜交轮胎性能如此优异即可看出它的重要性。笔者在这方面的研究还很肤浅,望读者能在这方面发表自己的高见。

本文所介绍的减少反包层数的斜交结构轮胎尚属首创,已申请了国家专利并获批准。

参考文献

- 1 《橡胶工业手册》编写小组, 橡胶工业手册第四分册, 修订版, 北京: 化学工业出版社, 1989: 410

收稿日期 1995-08-07