

专论综述

子午线轮胎的性能与带束层的关系

郑正仁

(化工部北京橡胶工业研究设计院 100039)

摘要 阐明汽车速度的提高对子午线轮胎的要求;论述子午线轮胎的性能主要取决于带束层结构和材料;分析了子午线轮胎的角度效应对汽车高速行驶的影响;介绍了国际上对子午线轮胎角度效应的研究。

1 汽车速度的提高对子午线轮胎的要求

为适应公路运输迅速发展的要求,国外载重汽车载重量大都提高到 20t 以上,而且马力加大,时速加快。在此情况下,采用子午线轮胎不仅可提高经济效益,还能改善舒适性和安全性。

汽车速度加快,对子午线轮胎的均匀性提出了更高的要求。Andi 公司首先发现子午线轮胎的均匀性影响到汽车的性能。因此,子午线轮胎的生产技术关键是如何提高其均匀性,尤其是在高速情况下。

2 子午线轮胎的性能主要取决于带束层结构和骨架材料

子午线轮胎的主要受力部件包括胎体与带束层。这两个部件所用的骨架材料大致有三种类型:一种是胎体和带束层均采用钢丝帘线(称全钢丝子午胎);另一种是胎体采用纤维帘线、带束层采用钢丝帘线(称半钢丝子午胎);第三种是胎体和带束层均采用纤维帘线(称全纤维子午胎)。

这三种类型的子午线轮胎,不论是哪一种,其性能主要取决于带束层的结构和骨架材料;而在选择带束层的结构和骨架材料时,又必须保证子午线轮胎具有良好的均匀性。斜交轮胎不存在均匀性问题,而主要是保证轮胎具有较好的平衡性。用轮胎动平衡试验机可以测量轮胎的不平衡度及重点位置,而在均匀性试验机上可以更准确地测量轮胎的尺寸偏差和行驶力的波动,因此,子午线轮胎

的性能测定,离不开均匀性试验机。

带束层帘线角度、轮胎断面高宽比、胎面宽与轮胎断面宽之比、带束层宽与行驶面宽之比等设计参数,主要影响子午线轮胎的滚动阻力和转弯系数。滚动阻力相当于轮胎行驶单位距离的能量损失,与汽车的耗油量紧密相关。转弯系数是轮胎的重要力和力矩特性,关系到汽车的操纵性和稳定性。在一定范围内,汽车装用转弯系数较大的轮胎,其转向灵敏,保持行驶方向的能力也较强。但是轮胎的力和力矩特性必须与汽车的悬挂系统匹配,以保证最佳的整车性能。

图 1 为带束层帘线角度与转弯系数的关系。从图 1 中可看出,带束层帘线角度越小,转弯系数越大。

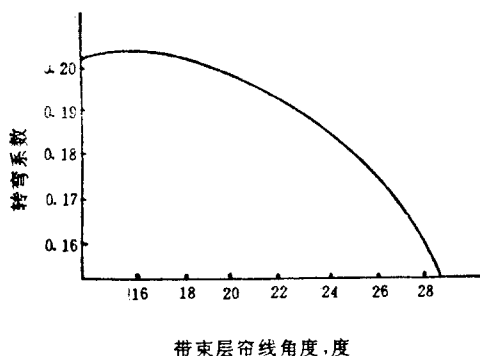


图 1 带束层帘线角度与转弯系数的关系

图 2 为胎面宽与轮胎断面宽之比对转弯系数的影响。从图 2 中看到胎面宽与断面宽的比率越大,转弯系数越大。这是由于胎面越宽,胎面与地面的接触面越大,转弯系数与附着力也就越大^[1]。

图 3 为轮胎高宽比与转弯系数的关系。从图 3 中可以了解到高宽比越大,转弯系数

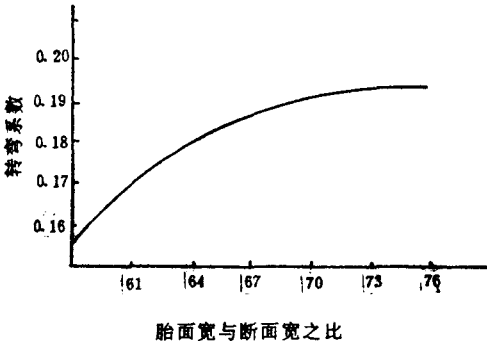


图 2 胎面宽与断面宽之比对转弯系数的影响

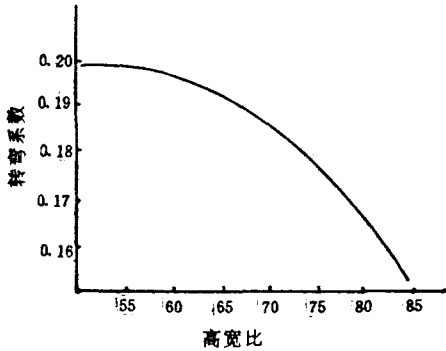


图 3 轮胎高宽比与转弯系数的关系

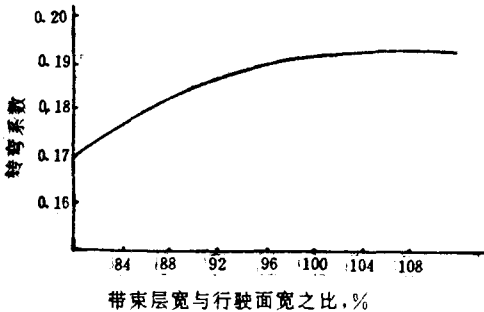


图 4 带束层宽与行驶面宽之比与转弯系数的关系

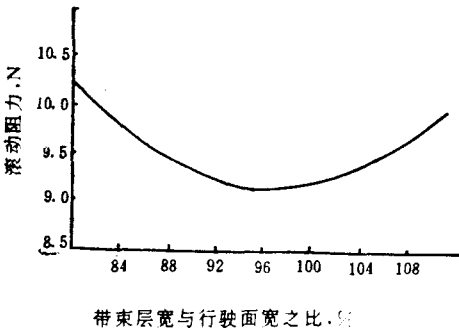


图 5 带束层宽与行驶面宽之比与滚动阻力的关系

越小。其主要原因是,高宽比越大,轮胎的行驶面越小,因而轮胎与地面的接触面越小,转弯系数越小。

轮胎带束层宽与轮胎行驶面宽之比,影响到子午线轮胎的两项性能:一是转弯系数,二是滚动阻力。从图 4 和图 5 可以了解到它们之间的关系,并可选出最佳性能的带束层宽与行驶面宽之比。

因此,要使得子午线轮胎的性能达到最佳值,必须考虑带束层所用的骨架材料与结构设计,以及与胎体设计的配合等^[1]。

3 子午线轮胎的角度效应对汽车高速行驶的影响

现代汽车的时速在不断提高,子午线轮胎虽然对此比斜交轮胎更能适应,但主要问题是其均匀性还有待进一步提高。

子午线轮胎的均匀性主要有 5 项,即径向力变量(RFV);侧向力变量(LFV);切向力变量(TFV);锥度;角度效应。前 4 项主要是工艺上的问题。现代子午线轿车轮胎厂都采用自动化和电子计算机控制,一般工艺上的缺点都可以解决。但角度效应单从工艺上是不能解决的,主要应从改进带束层结构及所用骨架材料方面入手。在低速行驶的轮胎上,切向力变量很小,随行驶速度的提高,它迅速加大。因此用低速均匀性试验机一般满足不了要求,故只能用高速均匀性试验机,因为前者表现不了切向力变量(TFV)(见图 6)。

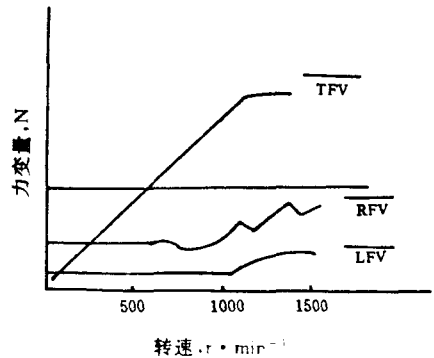


图 6 TFV 与均匀性试验机转速的关系

轿车的时速超过 200km 就会感觉到切向的振动,尤其在汽车前轮,在方向盘上可感到其切向振动频率。这种频率影响司机的疲劳及操纵性能,还会影响到轮胎的耐磨性。为了提高轿车子午线轮胎高速行驶性能,高速均匀性试验机是不可缺少的。

4 国际上对子午线轮胎角度效应的研究

子午线轮胎的性能主要取决于其带束层结构,带束层结构影响到角度效应,而角度效应会影响到操纵方向盘的感觉及轮胎的偏磨,并且影响到汽车直线行驶性。因此,研究人员提出了不少理论和方法来降低子午线轮胎的角度效应。

子午线轮胎的带束层由数层帘布按帘线排列角度的“+”和“-”交叉贴合而成(见图 7)。但交叉贴合的方式与汽车行驶方向有关,也就是说要考虑汽车行驶是靠右还是靠左。按照我国道路交通规划的规定,汽车应靠右行驶,故子午线轮胎在均匀性试验机上检验出的角度效应呈“+”值比呈“-”值好。因为角度效应力属于轮胎侧向力,以右向为正。负值的角度效应力有使车轮逐渐向左转向而驶入逆车道的趋向。当然最好的办法是尽量降低轮胎的角度效应,并通过改进轮胎在汽车上的装配方式,使同车轴两条轮胎的角度效应相互抵消。表 1 列出几个轮胎厂的产品在我院进行均匀性试验的结果。

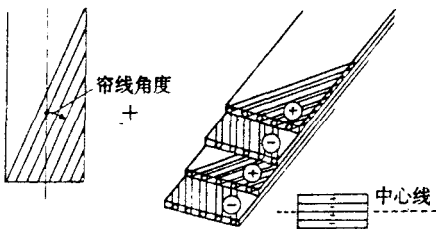


图 7 带束层帘线的排列角度

从表 1 可见 RFV、LFV 及锥度高低不等,但角度效应都在 200N 以上。要降低角度效应,只能通过改进子午线轮胎的结构。因此 K. Kope 提出了通过改变胎体帘线的排列角

表 1 几个厂牌子午线轮胎均匀性试验结果

厂名	甲厂	乙厂	普利司通	普利司通
规格	185/80R14	185/80R14	185/70R14	175/70R14
气压, kPa	270	270	270	280
负荷, N	6076	6076	6076	3499
RFV, N	166	172	74	77
LFV, N	123	109	112	25
锥度效应, N	-25	101	-33	5
角度效应, N	279	-279	349	-212

度,以抵消带束层产生的角度效应,并做了试验研究。他打破了子午线轮胎胎体帘线采用 90°角度的习惯设计法,通过在各种不同胎体层数轮胎上的试验,角度效应降到 108N 和 160N^[2]。这两个数字达到汽车高速行驶时角度效应应在 180N 以下的要求。但胎体帘线角度变化必须与带束层的排列和帘线排列角度相配合。

另外一种方法是采用不同带束层的结构来降低角度效应。试验采用三种带束层结构,不但降低了角度效应,还提高了子午线轮胎的耐久性能、高速性能及转弯系数。这三种带束层都采用芳纶帘线:一种是切边带束层(Cut Belt)(见图 8);另一种是包边式带束层(Folded Belt)(见图 9);第三种是编织带束层(Woven Belt)(见图 10)。

三种带束层结构的试验在 31×10.50 R15LT 轻载子午线轮胎上进行。另外在 P215/75R15 轿车子午线轮胎上还进行了切边钢丝与编织芳纶二种带束层结构的试验。试验是在 DOT 标准设备上进行的^[2]。

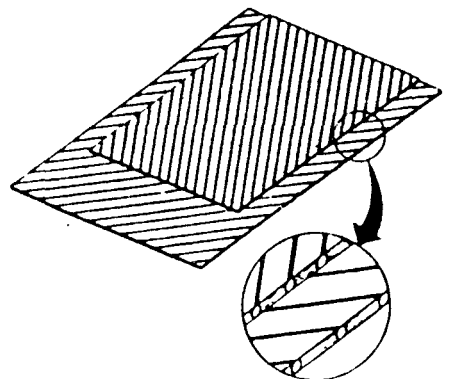


图 8 切边带束层

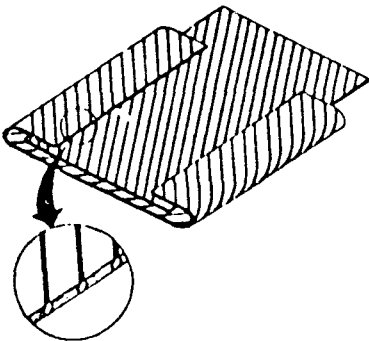


图 9 包边式带束层

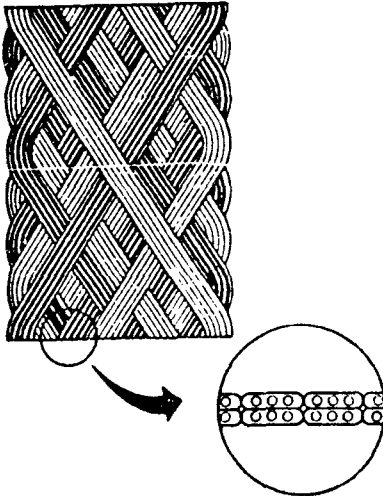


图 10 编织带束层

耐久性试验采用超低压。先按标准气压 240kPa 开始试验,速度 $96.5\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ($60\text{mile} \cdot \text{h}^{-1}$),负荷 7832N,行驶 4h 后,降低气压 34.5kPa 并每 4h 降低 34.5kPa 的气压,直降到 103kPa 为止。试验结果见表 2,轮胎规格为 $31 \times 10.50\text{R}15\text{LT}$ 。

表 2 $31 \times 10.50\text{R}15\text{LT}$ 轮胎耐久性试验结果

带束层结构	总行驶距离,km	气压 103kPa 的行驶
	(行驶时间,h)(指数)	距离,km(指数)
切边芳纶	1643(17)(100)	68(100)
包边芳纶	2473(25)(151)	928(947)
编织芳纶	4455(46)(271)	2911(2970)

切边和包边带束层结构轮胎损坏情况相似,即带束层边脱及胎面崩花;编织带束层结

构轮胎损坏是带束层与胎面脱层,而不在带束层边。

表 3 为 P215/75R15 轮胎的耐久性试验结果,试验方法和表 2 相似。

表 3 P215/75R15 轮胎耐久性试验结果

带束层结构	总行驶距离,km	气压 103kPa 的行驶
	(行驶时间,h)(指数)	距离,km(指数)
切边钢丝	1769(18)(100)	242(100)
编织芳纶	4730(49)(267)	3218(1330)

从以上两表的试验结果看,编织芳纶带束层轮胎比切边和包边芳纶轮胎都好得多。

高速试验也在 DOT 标准设备上进行。首先以 $80.5\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度预试 2h,然后将速度升至 $120.7\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 开始试验,而后每 30min 增加 $8\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,直到轮胎损坏为止。表 4 为 $31 \times 10.50\text{R}15\text{LT}$ 轮胎的试验结果。

表 4 $31 \times 10.50\text{R}15\text{LT}$ 轮胎高速试验结果

带束层结构	总行驶距	损坏速度	在损坏速度下
	离,km	$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	行驶距离,km
切边芳纶	651	169	68
包边芳纶	891	193	41
编织芳纶	1175	217	25

表 5 为 P215/75R15 轮胎高速试验结果,试验方法和 $31 \times 10.50\text{R}15\text{LT}$ 轮胎相似,但其负荷为 6720N,气压为 220kPa。

表 5 P215/75R15 轮胎高速试验结果

带束层结构	行驶距离,km	损坏速度	在损坏速度下
		$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	行驶距离,km
切边钢丝	610	169	27
编织芳纶	902	193	53

从表 4 和表 5 的结果看,不管是轻载还是轿车子午线轮胎,编织芳纶带束层轮胎均优于切边或包边的带束层轮胎。

表 6 为 $31 \times 10.50\text{R}15\text{LT}$ 子午线轮胎的转弯系数(C.C)、回正力矩系数(A.T.C)、负荷转移灵敏度(LTS)及负荷灵敏度(L.S)。这 4 项性能对汽车的操纵性有明显影响。

试验是在卡尔斯潘公司(Calspan)制造的试验机上进行的。该机为钢带式轮胎性能试验机。试验速度为 $96.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 路面为摩擦系数为 0.85 的干路面, 气压为 240kPa。

表 6 $31 \times 10.50\text{R}15\text{LT}$ 轮胎四项试验结果

带束层结构	切边芳纶	包边芳纶	编织芳纶
转弯系数(60%负荷)			
1°SA	0.723	0.701	0.721
4°SA	0.723	0.703	0.716
转弯系数(100%负荷)			
1°SA	0.622	0.633	0.650
4°SA	0.622	0.631	0.650
回正力矩系数	0.025	0.032	0.036
负荷转移灵敏度	0.723	0.701	0.721
负荷灵敏度	0.074	0.116	0.126

从表 6 可以看出, 编织芳纶带束层结构的轮胎转弯系数、回正力矩、负荷灵敏度等性能都比较好。

两种轮胎的角度效应, 见表 7。

表 7 两种轮胎的角度效应

轮胎规格	带束层结构	角度效应, N
$31 \times 10.50\text{R}15\text{LT}$	切边芳纶	262
	编织芳纶	11
P215/75R15	切边钢丝	321
	编织芳纶	40

从表 7 来看, 编织芳纶带束层轮胎的角度效应也低。根据理论分析, 从帘线的角度来看, 切边结构的各层带束层都是一个独立体, 而编织结构的带束层是一个整体, 而且通过一定方式的交叉编织, 抵消了各层产生的角度效应。

以上讲了采用不同方法来降低轿车子午线轮胎的角度效应, 这也说明了角度效应对子午线轮胎高速行驶的重要性。

主要参考文献

- 1 Steve L. Walter, S. A. E. 830160, P571.
- 2 John E. Footitt, S. A. E. 830159, P571.

收稿日期 1993-09-04