

# 3×0.25ST和3×0.28ST钢丝帘线在轿车子午线轮胎中的应用

朱作勇, 梁娜\*

(赛轮金宇集团股份有限公司, 山东 青岛 266500)

**摘要:**研究3×0.25ST和3×0.28ST钢丝帘线在轿车子午线轮胎中的应用。结果表明:采用3×0.25ST钢丝帘线替代2×0.30ST钢丝帘线、3×0.28ST钢丝帘线替代3×0.30HT钢丝帘线用于轿车子午线轮胎后,带束层强度提高,成品轮胎高速性能和耐久性能提高,主观操控性能更好,轮胎质量减小。

**关键词:**钢丝帘线;轿车子午线轮胎;带束层;高速性能;耐久性能

**中图分类号:**U463.341<sup>+</sup>.4/.6;TQ330.38<sup>+</sup>9 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)03-0169-05

2012年11月,欧盟轮胎标签法正式实施,该法规对轮胎滚动阻力、湿路面抓着力和道路噪声等级三大性能进行规定。同时,汽车工业的迅猛发展对子午线轮胎的安全性、舒适性和经济性等方面的要求也不断提高。带束层是轮胎主要受力部件,它在很大程度上决定着充气轮胎形状及轮胎各部位由内压引起的初始应力,因此对钢丝帘线提出了更高的要求。为跟随轮胎行业发展步伐,钢丝帘线从普通强度帘线逐渐发展为高/超高强度、高冲击型帘线,结构也在不断完善。

本工作主要研究3×0.25ST和3×0.28ST钢丝帘线在轿车子午线轮胎中的应用。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

3×0.25ST和3×0.28ST钢丝帘线,贝卡尔特钢帘线有限公司产品。

### 1.2 主要设备和仪器

钢丝/纤维帘布一体压延机,意大利Comerio Ercoles公司产品;15°~70°小角度钢丝帘布裁断机,德国Fischer公司产品;PCX2型一次法成型机,Continental Matador Rubber S. T. D公司产品;UP-2092型综合试验机,中国台湾优肯科技股份有限公司

公司产品;GX-YLSN-1114型里程试验机,青岛高校测控技术有限公司产品;滚动阻力试验机,Testing Service公司产品;噪声实验室,赛轮金宇集团股份有限公司提供。

### 1.3 性能测试

钢丝帘线的橡胶粘合力 and 破断力,成品轮胎刚性、脱圈性能和强度性能等均按照相应国家标准进行测试;高速性能完成国家标准要求的60 min后,按照企业标准继续进行试验,每10 min速度提高10 km·h<sup>-1</sup>,直至轮胎损坏;耐久性能完成国家标准要求的34 h后,按照企业标准继续进行试验,每4 h轮胎负荷增加10%,直至轮胎损坏。轮胎成品性能通过后,进行室外主观评价。

## 2 结果与讨论

### 2.1 帘线性能

#### 2.1.1 3×0.25ST钢丝帘线

(1)3×0.25ST钢丝帘线与2×0.30ST钢丝帘线一样经过特别的预变形生产工艺,单丝之间的间隙较大,如图1所示,胶料可以完全渗透,避免了湿气通道的产生,从而提高了钢丝帘线的耐腐蚀性能。

(2)3×0.25ST钢丝帘线与2×0.30ST钢丝帘线结构有差异,其单丝直径减小;帘线直径由0.60 mm减小到0.55 mm,减小了8.3%;等密度下帘线间距增大;帘线间挂胶量增大;压延时帘布不易产

**作者简介:**朱作勇(1966—),男,江苏淮安人,赛轮金宇集团股份有限公司高级工程师,学士,主要从事轮胎结构设计工作。

\*通信联系人

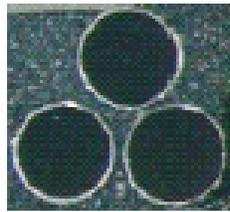
(a)  $3 \times 0.25ST$ (b)  $2 \times 0.30ST$ 

图1  $3 \times 0.25ST$ 和 $2 \times 0.30ST$ 钢丝帘线结构示意图。同时可降低压延厚度,从而达到轮胎轻量化目的。

(3)带束层作为轮胎主要受力部件,要求钢丝帘线伸长小而强力大,以提高胎冠刚度,减小变形。 $3 \times 0.25ST$ 钢丝帘线与 $2 \times 0.30ST$ 钢丝帘线相比,每股帘线的破断力由475 N增大到519 N,增大了9.3%,等密度下带束层强度增大。帘线粘合力则由458 N减小到439 N,减小了4.1%。

(4)两种钢丝帘线其他性能对比如表1所示。

表1  $3 \times 0.25ST$ 与 $2 \times 0.30ST$ 钢丝帘线其他性能对比

项 目	$3 \times 0.25ST$	$2 \times 0.30ST$
线密度/ $(g \cdot m^{-1})$	1.14	1.10
捻距/mm	12	14
破断伸长率/%	$\geq 2$	$\geq 2$

### 2.1.2 $3 \times 0.28ST$ 钢丝帘线

(1) $3 \times 0.28ST$ 钢丝帘线与 $3 \times 0.30HT$ 钢丝帘线结构相同,但单丝直径减小,帘线直径由0.65 mm减小到0.60 mm,减小了7.7%,因此可降低压延厚度,从而达到轮胎轻量化目的。

(2) $3 \times 0.28ST$ 钢丝帘线替代 $3 \times 0.30HT$ 钢丝帘线后,帘线从普通强度提升为高强度,每股帘线的破断力由662 N增大到664 N,压延密度增大,从而使得带束层强度增大。帘线粘合力则由548 N减小到514 N,降低了6.2%。

(3)两种钢丝帘线其他性能对比如表2所示。

## 2.2 有限元辅助分析

采用Abaqus轮胎有限元分析软件建立有限元静态分析模型,对 $3 \times 0.25ST$ 钢丝帘线替代

表2  $3 \times 0.28ST$ 与 $3 \times 0.30HT$ 钢丝帘线其他性能对比

项 目	$3 \times 0.28ST$	$3 \times 0.30HT$
线密度/ $(g \cdot m^{-1})$	1.46	1.68
捻距/mm	14	16
破断伸长率/%	$\geq 2$	$\geq 2$

$2 \times 0.30ST$ 钢丝帘线进行仿真对比分析。

### 2.2.1 印痕分析

同负荷、轮胎静止状态下, $3 \times 0.25ST$ 钢丝帘线与 $2 \times 0.30ST$ 钢丝帘线相比,印痕面积略微减小,如图2所示。

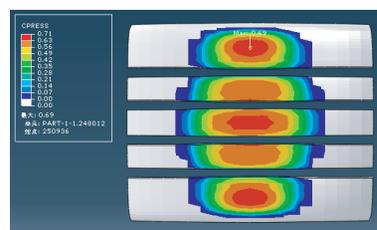
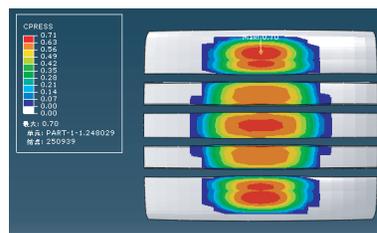
(a)  $3 \times 0.25ST$ (b)  $2 \times 0.30ST$ 

图2 印痕分析对比

### 2.2.2 橡胶受力变形分析

$3 \times 0.25ST$ 钢丝帘线与 $2 \times 0.30ST$ 钢丝帘线相比,肩部胶料受力略微减小,如图3所示。

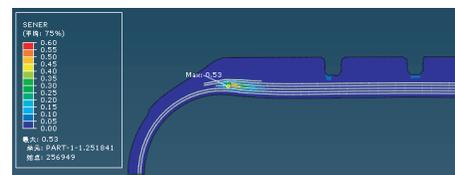
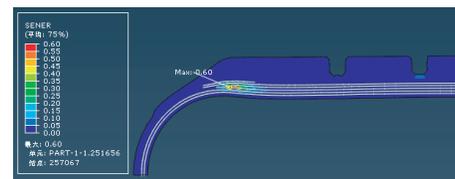
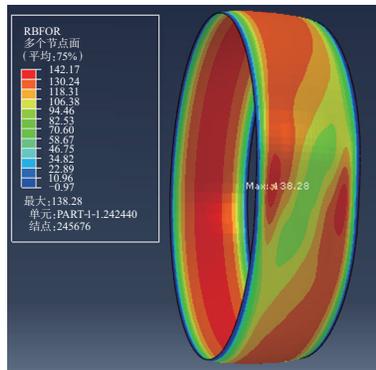
(a)  $3 \times 0.25ST$ (b)  $2 \times 0.30ST$ 

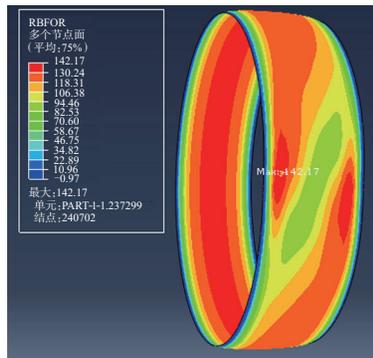
图3 应变能密度分布对比

### 2.2.3 带束层受力分析

带束层受力对比如图4所示。从图4可以看出,采用3×0.25ST钢丝帘线替代2×0.30ST钢丝帘线后,带束层受力略有减小,从而提高了轮胎耐疲劳性能。



(a) 3×0.25ST受力最大值:138.28 N



(b) 2×0.30ST受力最大值:142.17 N

图4 带束层受力对比

## 2.3 工艺性能

### 2.3.1 压延工艺

帘线压延过程中,锭子房温湿度、压延参数、张力设定等均保持一致,帘线排布均匀,表面状态良好,帘布厚度、压延密度达到技术要求。帘布压延部分过程参数对比如表3所示。

表3 帘线压延部分过程参数对比

项 目	3×0.25 ST	2×0.30 ST	3×0.28 ST	3×0.30 HT
压延密度/ (根·cm <sup>-1</sup> )	9	9	8	7
帘布厚度/mm	1.0	1.2	1.2	1.4

### 2.3.2 裁断、成型工艺

裁断作业条件与正常生产保持一致。裁断过程中帘布未出现翘边等不良状态,接头符合工艺

要求,裁断角度为24°。成型过程中带束层贴合状态正常。

## 2.4 成品性能

为分析3×0.25ST与2×0.30ST,3×0.28ST与3×0.30HT钢丝帘线的成品差异性,分别选取205/55ZR16 90W规格及245/65R17 107S规格子午线轮胎进行成品性能测试对比。动平衡和均匀性无明显差异,均在标准范围内。

### 2.4.1 3×0.25ST钢丝帘线

与采用2×0.30ST钢丝帘线的205/55ZR16 90W成品轮胎相比,采用3×0.25ST钢丝帘线的成品轮胎充气后,胎面曲率减小,断面宽、外直径等无明显差异。主要成品性能对比如表4所示。

从表4可以看出,采用3×0.25ST钢丝帘线后,轮胎室内性能:高速和耐久性能明显提高,滚动阻力降低。室外性能:主观舒适性、噪声和主观操控性优于采用2×0.30ST钢丝帘线的轮胎。

表4 3×0.25ST与2×0.30ST钢丝帘线

主要成品性能对比

项 目	3×0.25ST	2×0.30ST
脱圈阻力/N	12 565.0	13 013.8
	(轮胎脱圈)	(轮胎脱圈)
强度/J	503.3	501.8
	(触及轮辋未压穿)	(触及轮辋未压穿)
高速试验累计行驶		
时间/min	104	80
耐久性试验累计		
行驶时间/h	88.3	80.0
滚动阻力/[(N·m)·m <sup>-1</sup> ]	9.07	9.30
主观操控性指数	7.0	6.9
主观舒适性指数	7.0	6.9
主观噪声指数	7.0	6.9

带束层刚度对轮胎使用性能影响很大,为此,带束层应有足够的刚度,以防胎体冠部伸张,从而保证轮胎行驶平稳,与路面接触良好。采用3×0.25ST钢丝帘线后,轮胎的纵向、横向、周向刚度明显增大,扭转刚度变化不大,使得轮胎在静负荷时印痕面积呈明显减小趋势。轮胎刚度如表5所示。

### 2.4.2 3×0.28ST钢丝帘线

与采用3×0.30HT钢丝帘线的245/65R17 107S成品轮胎相比,采用3×0.28ST钢丝帘线的成品轮胎充气后,胎面曲率略有减小,断面宽、外直

表5 3×0.25ST与2×0.30ST钢丝帘线轮胎刚度

项 目	3×0.25ST	2×0.30ST
纵向刚度/(N·mm <sup>-1</sup> )	257.08	235.13
横向刚度/(N·mm <sup>-1</sup> )	129.23	116.06
周向刚度/(N·mm <sup>-1</sup> )	269.79	243.20
扭转刚度/[N·(°) <sup>-1</sup> ]	124.28	119.92

径等无明显差异。主要成品性能对比见表6。

从表6可以看出,采用3×0.28ST钢丝帘线的轮胎高速和耐久性能无明显差异,舒适性、干湿地刹车性能相当,噪声、滚动阻力性能和主观操控性优于采用3×0.30HT钢丝帘线的轮胎。

表6 3×0.28ST与3×0.30HT钢丝帘线

## 主要成品性能对比

项 目	3×0.28ST	3×0.30HT
脱圈阻力/N	15 581.8 (轮胎脱圈)	16 651 (轮胎脱圈)
强度/J	840.5 (轮胎被压穿)	750.7 (轮胎被压穿)
高速试验累计行驶 时间/min	99	97
耐久性试验累计 行驶时间/h	62.5	62.1
滚动阻力/[N·m]·m <sup>-1</sup>	9.11	9.38
主观操控性指数	6.875	6.740
主观舒适性指数	6.95	7.0
主观噪声指数	6.88	6.75
制动距离/m		
湿地	28.56	28.36
干地	42.60	43.12

采用3×0.28ST钢丝帘线后,轮胎纵向、横向刚度略有提升,扭转刚度明显增大,使得轮胎在静负荷时,印痕面积增大。轮胎刚度如表7所示。

表7 3×0.28ST与3×0.30HT钢丝帘线轮胎刚度

项 目	3×0.28ST	3×0.30HT
纵向刚度/(N·mm <sup>-1</sup> )	292.94	288.01
横向刚度/(N·mm <sup>-1</sup> )	138.29	130.32
周向刚度/(N·mm <sup>-1</sup> )	253.06	257.50
扭转刚度/[N·(°) <sup>-1</sup> ]	160.07	145.39

## 2.5 市场性能

对采用3×0.28ST与3×0.30HT钢丝帘线的轮胎进行实车试验对比,路试车型为客、货两用皮卡车(见图5),地点多为城乡交界处,在水泥路、砂石路等路况下(见图6)使用。

轮胎行驶里程15 000 km,平均行驶速度约为



图5 路试车型



图6 城乡交界处路况

90 km·h<sup>-1</sup>。两方案车型载货情况基本相同,磨损后沟深测试数据如表8所示,轮胎外观状态均良好,均未发生肩空、偏磨等现象(见图7),且磨损程度无较大差异。

表8 磨损后沟深

部 位	3×0.28ST	3×0.30HT
中心	7.83	7.81
肩部	7.72	7.75



图7 轮胎磨损状况

## 2.6 成本分析

采用3×0.25ST,3×0.28ST钢丝帘线的轮胎与采用2×0.30ST,3×0.30HT钢丝帘线的同规格轮胎成本分析对比如表9所示。

表9 成本分析

项 目	3×0.25 ST	2×0.30 ST	3×0.28 ST	3×0.30 HT
轮胎质量指数	98	100	98.6	100
单胎胶料成本指数	82.7	100	84.8	100
单胎帘线成本指数	84.1	100	99.6	100
单胎帘布总成本 指数	83.3	100	91.0	100

从表9可以看出,与采用2×0.30ST和3×0.30HT钢丝帘线的轮胎相比,采用3×0.25ST和3×0.28ST钢丝帘线的轮胎成本均降低。

### 3 结论

(1)从帘布方面考虑,3×0.25ST钢丝帘线压延密度不变,3×0.28ST钢丝帘线压延密度增大,

但两种帘布厚度均降低,整体强度均提高。

(2)成品性能方面,采用3×0.25ST钢丝帘线替代2×0.30ST钢丝帘线、3×0.28ST钢丝帘线代替3×0.30HT钢丝帘线用于轿车子午线轮胎后,成品轮胎高速性能和耐久性能提高,主观操控性能更好,轮胎质量减小,成本降低。

第8届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文(二等奖)

## Application of 3×0.25ST and 3×0.28ST Steel Cord in Passenger Car Radial Tires

ZHU Zuoyong, LIANG Na

(Sailun Jinyu Group Co., Ltd., Qingdao 266500, China)

**Abstract:** The application of 3×0.25ST and 3×0.28ST steel cord in passenger car radial tire was studied. The results showed that, using 3×0.25ST steel cord instead of 2×0.30ST steel cord, or 3×0.28ST steel cord instead of 3×0.30HT steel cord in passenger car radial tire, the belt strength increased, the high speed performance and endurance performance of the finished tires were improved, the steering control performance was better, and the tire weight was reduced.

**Key words:** steel cord; passenger car radial tire; belt; high speed performance; endurance performance

### 4款固铂轮胎赢得国际设计大奖

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com)2015年12月23日报道:

固铂轮胎橡胶公司旗下的4款轮胎获得2015优秀设计奖。获奖轮胎分别是在美国出售的Discoverer STT Pro和Discoverer SRX和在中国出售的Discoverer UTS和Weather Master Ice 100。

获奖产品涵盖了欧洲、亚洲、非洲、南美和北美州设计和生产的新产品。该奖项的评选标准基于创新设计、新技术、形式、材料、施工、概念、功能、实用性、节能和对环境的影响。

“4款优秀的产品获得优秀设计奖证明固铂恪守提供高质量产品的承诺。”全球研发高级副总裁Chuck Yurkvoich说。

“我们的产品持续得到好评,这进一步证明固铂生产创新型产品的行为被广泛认可。”

Discoverer STT Pro是固铂轮胎最受欢迎越野轮胎的新一代产品。公司称,STT Pro为最复杂的

越野条件提供牵引性、韧性和耐磨性能。

Discoverer SRX是一种优质的运动多用途交叉车型(CUV)车辆轮胎,旨在提供可靠的全天候公路牵引性,优异的操纵性能和安静舒适的驾驶体验。SRX装有Cooper's Wear Square——视觉胎面磨损指示器,为消费者提供了一种测量轮胎胎面磨损量的便捷方法,同时也是一个判断轮胎是否更换的指示器。

Discoverer UTS是一款超高性能的运动型多功能车(SUV)轮胎,专为中国日益增长的豪华SUV市场设计。Discoverer UTS的设计和开发由固铂亚洲技术中心团队完成,是固铂第1款获得欧盟标签法规EU 1222/2009 A级湿路面抓着性能认证的超高性能SUV轮胎。

Weather Master Ice 100是一种专门为严冬条件下,运动型跑车和豪华箱式小客车设计的高性能轮胎。该款轮胎通过了欧盟的所有法规和标签认证,是固铂第1款达到EU R117“Severe Snow”标准的产品。

(肖家瑞摘译 李静萍校)