应用理论

带束层角度与经线密度对轿车子午线轮胎 静态性能的影响

翟明荣¹,王 君²,孟照宏¹,宋美芹¹,史彩霞²,于成龙¹

(1. 青岛轮云设计研究院有限责任公司,山东 青岛 266400;2. 青岛双星轮胎工业有限公司,山东 青岛 266400)

摘要:在下沉量和接地印痕有限元仿真结果与试验结果具有高相关性的前提下,采用单一变量法,探究轿车子午线 轮胎(简称轮胎)带束层角度与经线密度变化对其下沉量、接地印痕、径向刚性及横向刚性类静态性能的影响。结果表 明:与带束层经线密度相比,带束层角度变化对轮胎的下沉量、接地印痕和刚性影响较大;轮胎的径向刚性和横向刚性随 带束层角度的增大呈减小趋势;轮胎的静态性能随带束层角度变化的趋势还受轮胎的扁平率影响。

 关键词:轿车子午线轮胎;带束层角度;带束层经线密度;静态性能;有限元仿真

 中图分类号:TQ336.1
 文章编号:1000-890X(2024)02-0101-07

 文献标志码:A
 DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2024.02.0101



轿车子午线轮胎是由橡胶材料与骨架材料复 合而成的车辆承载部件,其带束层是子午线轮胎的 主要受力部件,承受60%~75%的轮胎应力,在很 大程度上决定充气子午线轮胎的形状以及由内充 气压力引起的轮胎各部件的初始应力^[1-4]。子午线 轮胎的耐磨性能、牵引性能、操纵稳定性、滚动阻 力、乘坐舒适性等都与其带束层密切相关^[5-7]。因 此,带束层是子午线轮胎的核心部件,起着箍紧胎 体、承受周向拉力和增加轮胎稳定性的作用^[8],其 结构直接影响轮胎的胎冠部位的刚度和接地应力 分布,是轮胎结构设计的关键参数之一^[9]。

陈燕国等^[1]分析了带束层结构对205/55R16 轿车子午线轮胎静态接地印痕、高速制动印痕和 制动性能的影响;宁卫明等^[5]分析了带束层角度对 235/45R18轿车子午线轮胎高速性能的影响;黄兆 阁等^[8]对235/45R18轮胎的带束层帘线截面积、帘 线间距和帘线角度进行了优化设计;崔志博等^[9]研 究了带束层膨胀对235/75R17.5轮胎接地印痕的 影响;王宝凯^[10]研究了205/55R16轿车子午线轮胎 结构对其性能的影响。

目前,带束层角度对轮胎性能的影响研究大 多局限于单一规格轮胎,为了系统探究带束层角 度与经线密度对轮胎静态性能的影响,为轮胎设 计提供全面的指导,本工作通过对具有不同名义 断面宽、扁平率、轮辋直径及花纹的8种轿车子午 线轮胎(以下简称轮胎)进行了仿真与试验一致性 的验证分析,在确保仿真精度的前提下,采用单一 变量法探究了带束层角度与经线密度变化对轮胎 静态性能的影响。

1 有限元仿真

1.1 轮胎有限元模型的建立

轮胎是由橡胶材料和骨架材料构成的复合 结构体,具有对称性,基于轮胎有限元结构模型 及材料建模成果^[11-15],可选其轴对称模型进行仿 真分析,轮胎有限元模型构建流程如图1所示,8

作者简介:翟明荣(1988—),女,山东青岛人,青岛轮云设计研究院有限责任公司工程师,硕士,主要从事轮胎性能仿真相关工作。 E-mail:zmingrong@doublestar.com.cn

引用本文:翟明荣,王君,孟照宏,等.带束层角度与经线密度对轿车子午线轮胎静态性能的影响[J].橡胶工业,2024,71(2):101-107.

Citation: ZHAI Mingrong, WANG Jun, MENG Zhaohong, et al. Influence of belt angle and warp density on static performance of passenger car radial tire[J]. China Rubber Industry, 2024, 71 (2):101-107.

种轮胎的基本信息如表1所示,其有限元模型如 图2所示。



Fig. 1 Construction procedure of finite element model of tire

表1 8种轮胎的基本信息 Tab.1 Basic informations of 8 types of tires

			••			
轮胎编号	规格	花纹	轮胎编号	规格	花纹	
轮胎1	165/70R14	DH05	轮胎5	215/55R17	DS01	
轮胎2	185/65R15	DH02	轮胎6	245/35ZR19	DSU02	
轮胎3	205/55R16	DH08C	轮胎7	265/65R17	W01	
轮胎4	205/60R16	DH16S	轮胎8	285/40ZR19	DSU02	

橡胶材料采用粘弹性模型,在德国Gabo公司生产的Eplexor®150 N型动态热力学分析(DMA)仪上测试其粘弹特性,在温度为-30~120 ℃、频率为0.5~100 Hz、各部件胶料动应变为±0.3%和±3%时测试胶料的储能模量、损耗模量、损耗因子随动应变的变化情况,测试数据用时温等效方程(WLF)进行表征,相关材料参数均基于前期研究成果^[12]。

采用英国Testrite的MK3干热收缩仪测试轮胎 硫化过程中以及硫化后充气过程中帘线的干热收 缩特性,之后在美国英斯特朗公司生产的Instron 5966型高低温材料拉伸试验机上以5 mm•min⁻¹ 的拉伸速率测试帘线的弹性模量。

1.2 测试方法及仿真方案的设定

1.2.1 测试方法

为了确保有限元仿真结果的精确度,本工作 首先对8种轮胎进行仿真与试验一致性的验证分 析,在确保较高仿真精度的前提下,开展设计灵敏



图 2 8 种轮胎的有限元模型 Fig. 2 Finite element models of 8 types of tires

度性能探究。

仿真与试验测试方法统一为:静负荷性能按照HG/T 2443—2012测试,接地印痕分析按照GB/

T 22038—2020在美国TekScan公司生产的轮胎压 力测量系统上测试,径向刚性和横向刚性按照GB/ T 23663—2020在天津久荣车轮技术有限公司生 产的五刚度试验机上测试。

1.2.2 仿真方案的设定

排除轮胎结构与材料参数等因素的影响,本 工作采用单一变量法,在原始轮胎设计方案(以下 称参考方案)的基础上制定仿真方案。

带束层角度的设计:根据既要考虑带束层对 胎体的箍紧作用,又要考虑便于加工的原则,设计5 个方案,各方案带束层角度依次为24°,27°,28°,29° 和30°,其中24°为参考方案。

带束层经线密度的设计:在考虑带束层强度 以及钢丝帘线附着力和覆胶量的前提下,设计5个 方案。将参考方案的经线密度视为100%,其他4 个方案的经线密度依次为参考方案的80%,90%, 110%和120%。

为了便于观察带束层角度与经线密度对轮胎 静态性能的影响,对设计方案与参考方案均采用差 值处理的方法进行数据分析。

2 结果与讨论

2.1 轮胎的静态接地特性分析

带束层角度与经线密度变化最终均影响带束 层对胎体的箍紧作用,进而对轮胎的接地特性产 生影响,其中轮胎的下沉量和接地印痕是轮胎设 计过程中重要的考察指标^[9]。

2.1.1 仿真与试验结果的一致性对比

轮胎的下沉量仿真值与试验值的相关性如图 3所示,轮胎的接地印痕仿真结果与试验结果的对 比如表2所示。



图3 轮胎的下沉量仿真值与试验值的相关性 Fig. 3 Correlation between deflection simulation values and test values of tires

表2 轮胎的接地印痕仿真结果与试验结果的对比 Tab.2 Comparison of footprint simulation results and



从图3可以看出,在相同仿真与测试条件下, 轮胎的下沉量仿真值与试验值的变化趋势具有一 致性,两者具有很高的相关性。 从表2可以看出,8种轮胎的接地印痕的仿真 与试验结果具有很高的相似度。

2.1.2 带束层角度与经线密度对轮胎下沉量的 影响

轮胎的下沉量与带束层角度和经线密度的变化相关性分别如图4和5所示。



1-轮胎1;2-轮胎2;3-轮胎3;4-轮胎4;5-轮胎5; 6-轮胎6;7-轮胎7;8-轮胎8。

图4 轮胎的下沉量与带束层角度的变化相关性 Fig. 4 Variation correlation between deflections and belt angles of tires





从图4和5可以看出:轮胎的下沉量随带束层 角度的增大呈增大趋势,最大变化范围为+0.3~ +1.4 mm;轮胎下沉量随带束层经线密度的增大 呈减小趋势,最大变化范围为0~+0.5 mm;与带 束层经线密度相比,带束层角度变化对轮胎的下 沉量影响更大;轮胎的扁平率低于40时,下沉量随 带束层角度与经线密度的变化均不明显。

2.1.3 带束层角度与经线密度对轮胎接地印痕 的影响

轮胎的接地印痕与带束层角度和经线密度的 变化相关性分别如表3和4所示。

表3 轮胎的接地印痕与带束层角度的变化相关性 Tab.3 Variation correlation between footprints and belt angles of tires

轮胎编号	接地短轴长度 变化值/mm	接地长轴长度 变化值/mm	有效接地面积 变化值/cm ²
轮胎1	$-2.6 \sim 0$	0~+6.4	$0 \sim +0.9$
轮胎2	$-2.0 \sim 0$	$0\!\sim\!+6.9$	$0\!\sim\!+2.8$
轮胎3	$-3.4 \sim 0$	$0 \sim +9.1$	$0 \sim +0.7$
轮胎4	$-2.2 \sim 0$	$0\!\sim\!+11.4$	$0 \sim +3.2$
轮胎5	$-3.0 \sim 0$	$0\!\sim\!+1.9$	$0\!\sim\!+2.2$
轮胎6	$-9.1 \sim 0$	$0 \sim + 6.4$	$0\!\sim\!+3.7$
轮胎7	$-2.0 \sim 0$	$0\!\sim\!+5.3$	$0\!\sim\!+8.5$
轮胎8	$-8.5 \sim 0$	$0\!\sim\!+4.7$	$0\!\sim\!+5.3$
变化范围1)	$-9.1 \sim -2.0$	$+1.9\!\sim\!+11.4$	$+0.7 \sim +8.5$

注:每种轮胎的变化值为基于参考方案轮胎的最大变化区间,相 应带束层角度顺序增大。1)基于8种轮胎各工况的最大变化范围。

表4	轮胎	的接地印	痕与带束	层经线密	度的变化	相关性
Та	b. 4	Variation	correlation	between	footprint	s and
		1.14		· · · · · · · · · ·		

beit warp densities of tires					
轮胎编号	接地短轴长度 变化值/mm	接地长轴长度 变化值/mm	有效接地面积 变化值/cm ²		
轮胎1	$-0.2 \sim +0.3$	$0\!\sim\!+1.2$	$-0.2 \sim +0.4$		
轮胎2	$-0.1 \sim +0.1$	$-0.2 \sim +0.1$	$-0.4 \sim 0$		
轮胎3	$-0.4 \sim +0.2$	$-0.5 \sim +0.6$	$-0.3 \sim +1.1$		
轮胎4	$-0.1 \sim +0.3$	$-1.0 \sim +1.5$	$-0.1 \sim +0.2$		
轮胎5	$-0.1 \sim +0.5$	$-4.9 \sim +3.8$	$-1.2 \sim 0$		
轮胎6	$-1.6 \sim +2.2$	$-0.6 \sim +1.3$	$-1.0 \sim +1.1$		
轮胎7	$-0.2 \sim +0.1$	$-0.6 \sim +1.3$	$-2.3 \sim +1.7$		
轮胎8	$-1.4 \sim +1.9$	$-1.7 \sim +2.1$	$-1.3 \sim +1.0$		
变化范围1)	$-1.6 \sim +2.2$	$-4.9 \sim +3.8$	$-2.3 \sim +1.7$		

注:每种轮胎的变化值为基于参考方案轮胎的最大变化区间, 相应带束层经线密度顺序增大。1)同表3。

从表3和4可以看出:当带束层角度由24°变为 30°时,轮胎的接地短轴长度随带束层角度的增大 呈减小趋势,最大变化范围为-9.1~-2.0 mm, 即带束层角度每增大1°,接地短轴长度减小约 0.3~1.5 mm;接地长轴长度和有效接地面积随带 束层角度的增大呈增大趋势;带束层角度对接地 印痕的影响大于带束层经线密度的影响。

从图5和表3还可以看出,轮胎的下沉量和有 效接地面积随带束层角度的增大呈增大趋势,表 明随带束层角度的增大,轮胎的径向变形增大, 对轮胎的乘坐舒适性有利,但对轮胎的使用寿命 不利。

2.2 轮胎的静态接地刚性分析

2.2.1 仿真与试验结果的一致性对比

轮胎的径向刚性与其振动、舒适性有关,轮胎 的径向刚性过大,轮胎的展平能力差,车辆的行驶 平顺性差以及高频和低频共振都较大,不利于轮 胎吸收所受的路面冲击;轮胎的径向刚性过小,轮 胎的使用寿命缩短。轮胎的横向刚性影响其滚动 阻力及负荷改变时胎冠切向力的再分布,从而直 接影响车辆的操纵性能,是影响车辆的方向响应 动态特性的主要因素之一^[16]。

在120%负荷下轮胎的刚性仿真值与试验值的 相关性如图6所示。







从图6可以看出,在相同仿真与测试条件下, 轮胎的径向刚性和横向刚性仿真值与试验值的变 化趋势具有一致性,两者具有很高的相关性。

2.2.2 带束层角度与经线密度对轮胎径向刚性 和横向刚性的影响

轮胎的刚性与带束层角度的变化相关性如图 7所示,带束层角度与经线密度对轮胎刚性变化值 的影响如表5所示。

从图7和表5可以看出:当带束层角度由24° 增大到30°时,轮胎的径向刚性最大变化范围为 -14.8~0 N•mm⁻¹,横向刚性最大变化范围为 -2.7~+8.8 N•mm⁻¹,即带束层角度每增大1°, 径向刚性变化范围为-2.5~0 N•mm⁻¹,横向刚



图 / 彩胎的例性与带来层用度的变化相大性 Fig. 7 Variation correlation between stiffnesses and belt angles of tires

性变化范围为-0.5~+1.5 N•mm⁻¹,由此可知 轮胎的径向刚性对带束层角度变化更敏感;同时, 轮胎的径向刚性随带束层角度增大呈减小趋势,此 结论与带束层角度增大轮胎变软的经验一致^[10]。

从表5还可以看出,与带束层经线密度相比, 带束层角度变化对轮胎的刚性影响更大。

3 结论

(1)与带束层经线密度相比,带束层角度变化 对轮胎的下沉量、接地印痕和刚性影响较大,轮胎 的径向刚性和横向刚性随带束层角度的增大总体 呈减小趋势。

(2)轮胎的静态性能随带束层角度变化的趋势还受轮胎的扁平率影响。

参考文献:

[1] 陈燕国,吴桂忠.带束层结构对高速轿车子午线轮胎印痕和制动性

第2期

	表5 带束	层角度与经线密度对轮	胎刚性变化值的影响			
	Tab. 5 Influence of belt	angles and warp densitie	s on stiffness variation value	es of tires N • mm	-1	
轮胎编号	带束层角度影响		带束层经线密度影响			
	径向刚性变化值	横向刚性变化值	径向刚性变化值	横向刚性变化值		
轮胎1	$-4.5 \sim 0$	$-2.7 \sim 0$	$0 \sim +0.4$	$-0.7 \sim +0.8$		
轮胎2	$-12.7 \sim 0$	$-2.7 \sim 0$	$0 \sim +1.3$	$-1.0 \sim +1.4$		
轮胎3	$-13.9 \sim 0$	$-1.5 \sim 0$	$-0.7 \sim +2.1$	$-0.8 \sim +1.4$		
轮胎4	$-14.5 \sim 0$	$0 \sim +0.7$	$-0.9 \sim +2.0$	$-0.9 \sim +1.4$		
轮胎5	$-14.8 \sim 0$	$-0.5 \sim +0.3$	$-0.4 \sim +0.2$	$-0.9 \sim +1.1$		
轮胎6	$-12.7 \sim 0$	$-0.9 \sim +0.6$	$-1.5 \sim +2.5$	$-3.0 \sim +3.9$		
轮胎7	$-13.7 \sim 0$	$-0.2 \sim +0.8$	$-0.6 \sim +0.9$	$-1.1 \sim +1.5$		
轮胎8	$-6.7 \sim 0$	$0 \sim + 8.8$	$-1.5 \sim +2.4$	$-1.8 \sim +2.6$		
变化范围 ¹⁾	$-14.8 \sim 0$	$-2.7 \sim +8.8$	$-1.5 \sim +2.5$	$-3.0 \sim +3.9$		

注:每种轮胎的数据为基于参考方案轮胎的最大变化区间,相应带束层角度和经线密度的顺序增大。1)同表3。

能的影响[J]. 轮胎工业, 2011, 31(9): 525-533.

CHEN Y G, WU G Z. Effect of belt structure on footprints and braking performance of high speed PCR tire[J]. Tire Industry, 2011, 31 (9) :525-533.

- [2] 俞淇.子午线轮胎结构设计与制造技术[M].北京:化学工业出版 社,2006.
- [3] 宁研形,刘风丽,杨和涛,等.4×0.225UT OC特高强度钢丝帘线在 半钢子午线轮胎带束层中的应用[J].轮胎工业,2022,42(11):682-684.

NING Y T, LIU F L, YANG H T, et al. Application of 4×0.225 UT OC ultra high tenacity steel cord in belt of steel-belted radial tire[J]. Tire Industry, 2022, 42 (11) :682–684.

- [4] 郭磊磊,胡德斌,崔志博,等. 低滚动阻力轿车子午线轮胎带束层设 计优化[J]. 轮胎工业,2022,42(12):711-714.
 GUO L L, HU D B, CUI Z B, et al. Optimization of belt design for low rolling resistance passenger car radial tire[J]. Tire Industry, 2022,42(12):711-714.
- [5] 宁卫明,蒋延华,周茂义,等. 带束层角度对轿车子午线轮胎高速性能的影响[J]. 轮胎工业,2020,40(4):216-218.
 NING W M, JIANG Y H, ZHOU M Y, et al. Effect of belt angle on high-speed performance of passenger car radial tire[J]. Tire Industry, 2020,40(4):216-218.
- [6] 高远,曲宾建,王君. 205/55R16 91V轿车子午线轮胎的设计[J]. 橡 胶科技,2022,20(4):189–192.
 GAO Y,QU B J,WANG J. Design of 205/55R16 91V passenger car radial tire[J]. Rubber Science and Technology,2022,20(4):189–192.
- [7] 郑正仁. 子午线轮胎技术与应用[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1994.
- [8] 黄兆阁,李长宇,孟祥坤,等. 235/45R18轮胎带束层帘线的有限元 优化设计[J]. 橡胶工业,2020,67(3):209-213.
 HUANG Z G,LI C Y, MENG X K, et al. FEA optimization design of belt cord for 235/45R18 tire[J]. China Rubber Industy,2020,67(3): 209-213.
- [9] 崔志博,侯丹丹,苏召乾,等.带束层膨胀对轮胎接地印痕的影响研 究[J].橡胶工业,2021,68(1):10-16.

CUI Z B, HOU D D, SU Z Q, et al. Effect of belt expansion on tire ground footprint[J]. China Rubber Industy, 2021, 68 (1):10–16.

[10] 王宝凯. 205/55R16子午线轮胎的结构设计、带束层优化与性能 研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2020.

WANG B K. Structural design, belt layer optimization and performance study of 205/55R16 radial tire[D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2020.

- [11] 翟明荣,孟照宏,宋美芹,等.基于有限元方法的轮胎残余回正 力矩研究[J].轮胎工业,2021,41(7):414-418.
 ZHAI M R, MENG Z H, SONG M Q, et al. Study on residual aligning torque of tire based on finite element method[J]. Tire Industry,2021,41(7):414-418.
- [12] 史彩霞,孟照宏,苏明,等.复杂花纹轿车子午线轮胎带束层结构 对轮胎高速温度场的影响研究[J].橡胶工业,2022,69(8):578-585.

SHI C X, MENG Z H, SU M, et al. Study on influence of belt structure on high-speed temperature field of PCR tire with complex pattern[J]. China Rubber Industy, 2022, 69 (8) :578–585.

- [13] CHO J C, JUNG B C. Prediction of tread pattern wear by an explicit finite element model[J]. Tire Science and Technology, 2007, 35 (4) : 276–299.
- [14] CHO J C. Simulation—Improved prediction of tire cornering force and moment by using nonlinear viscoelasticity and transient thermal analysis through explicit FEM[C]. 7th International Munich Chassis Symposium 2016. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.
- [15] CHO J R, KIM K W, YOO W S, et al. Mesh generation considering detailed tread blocks for reliable 3D tire analysis[J]. Advances in Engineering Software, 2003, 35 (2): 105–113.
- [16] 张文清,吴健,李增平,等. 轿车轮胎结构特性与舒适性研究[J].轮胎工业,2021,41(8):520-523.

ZHANG W Q, WU J, LI Z P, et al. Study on structure characteristics and comfort of passenger car tire[J]. Tire Industry, 2021,41(8):520–523.

Influence of Belt Angle and Warp Density on Static Performance of Passenger Car Radial Tire

ZHAI Mingrong¹, WANG Jun², MENG Zhaohong¹, SONG Meiqin¹, SHI Caixia², YU Chenglong¹ (1. Qingdao Lunyun Design and Research Institute Co., Ltd, Qingdao 266400, China; 2. Qingdao Doublestar Tire Industry Co., Ltd, Qingdao 266400, China)

Abstract: Under the premise of a high correlation between the finite element simulation results and the experimental results of the deflection and footprint, the single variable method was used to explore the effects of belt angle and warp density variation of passenger car radial tire (referred to as the tire) on its static performance such as the deflection, footprint, radial stiffness and lateral stiffness. The results showed that compared to the belt warp density, the belt angle variation had a greater impact on the deflection, footprint and stiffness of the tire. The radial stiffness and lateral stiffness of the tire decreased with the increase of the belt angle. The trend of the static performance of the tire with the belt angle was also influenced by the flatness of the tire.

Key words: passenger car radial tire; belt angle; belt warp density; static performance; finite element simulation

专利3则

由河北铁科翼辰新材科技有限公司申请的专 利(公布号 CN 116694109A,公布日期 2023-09-05)"功能化氧化石墨烯的制备方法及在铁 路橡胶垫板中的应用",涉及一种功能化氧化石墨 烯的制备方法。该功能化氧化石墨烯的制备步骤 如下:将全硫化羧基丁腈橡胶粉末与氧化石墨烯 加入溶剂中,然后加入催化剂,在10~50℃下进行 反应,反应产物洗涤、干燥,得到功能化氧化石墨 烯。其中,催化剂为质量比7~13:1的N,N'-二环 己基碳二亚胺和4-二甲氨基吡啶。本发明提供的 功能化氧化石墨烯应用于现有铁路橡胶垫板中, 可制得力学性能优异、耐老化性能好的高性能橡 胶垫板。

由北京化工大学申请的专利(公布号 CN 117264298A,公布日期 2023-12-22)"一种高性 能环氧化溶聚丁苯橡胶复合材料及其制备方法和 应用",提供了一种高性能环氧化溶聚丁苯橡胶复 合材料制备方法和应用特性。高性能环氧化溶聚 丁苯橡胶复合材料由环氧化溶聚丁苯橡胶、其他 环氧化橡胶、填料、活化剂、防老剂、增塑剂、促进 剂和硫化剂制备而得;环氧化溶聚丁苯橡胶和其 他环氧化橡胶总计100份,其中环氧化溶聚丁苯橡 胶为50~95份,其他环氧化橡胶为5~50份。本发 明高性能环氧化溶聚丁苯橡胶复合材料可以用于 制备半钢子午线轮胎胎面,具有更低的滚动阻力 和生热、更高的拉断伸长率以及更好的抗湿滑性 能和耐磨性能。

由北京化工大学申请的专利(公布号 CN 117264299A,公布日期 2023-12-22)"一种环 氧化天然橡胶组合物及其制备方法和胎面胶",提 供了一种环氧化天然橡胶组合物的制备方法及其 用作胎面胶。环氧化天然橡胶组合物由环氧化天 然橡胶、其他环氧化橡胶、填料、活化剂、防老剂、 增塑剂、促进剂和硫化剂制得,环氧化天然橡胶和 其他环氧化橡胶总计100份,其中环氧化天然橡胶 50~95份,优选60~90份;其他环氧化橡胶5~50 份,优选10~40份。本发明改进了环氧化天然橡 胶的制备方法,简化了制备工艺,制备的环氧化 天然橡胶组合物可以用于制备全钢子午线轮胎 胎面。

(信息来源于国家知识产权局)