

12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎 压力分布测试及磨耗改进

张 浩,尹海山,张惠康,徐家明,倪力静

(杭州中策橡胶有限公司,浙江 杭州 310008)

摘要:通过对 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎进行外缘尺寸、五项刚性(径向刚性、横向刚性、纵向刚性、扭转刚性和包络刚性)、接地印痕和接地压力进行测试以及对接地压力分布进行有限元分析,对轮胎结构进行优化以提高耐磨性能。结果表明,与原设计轮胎相比,优化轮胎的接地印痕形状更接近矩形,接地印痕长轴略有缩短、接地印痕面积增大 7.75%,压力分布不均匀度减小;装车路试优化轮胎的耐磨性能提高 20%。

关键词:全钢载重子午线轮胎;无内胎轮胎;耐磨性能;接地压力分布;有限元分析;结构设计

中图分类号:U463.341⁺.3/.6;O241.82 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)09-0533-07

轮胎的耐磨性能是体现其性价比的重要指标,也是国内产品与国际名牌产品的主要差距之一。轮胎磨耗的原因非常复杂^[1-2],其外在影响因素也是多方面的,使用条件(路况、负荷、速度、充气压力、车型、轮位及汽车驾驶人员等)的差异会直接影响轮胎的耐磨性能。在以无内胎轮胎为主的中长途运输市场,耐磨性能已经成为用户考核轮胎产品性能最重要的技术指标。

我公司于 2009 年开始针对无内胎全钢载重子午线轮胎,从配方、工艺及结构等方面进行了一系列耐磨技术攻关工作。本文以 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎为例,从产品试验测试、结构优化及路试等方面简要介绍结构设计对轮胎耐磨性能的影响。

1 试验测试

对国内外一线品牌多个厂家的 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎进行了大量试验测试,测试内容包括轮胎外缘尺寸、五项刚性(径向刚性、横向刚性、纵向刚性、扭转刚性和包络刚性)、接地印痕和压力分布。12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎的标准充气压力为 930

kPa,标准负荷为 3 550 kg,考虑到市场使用的差异,测试条件设定为:充气压力 830,930 和 1 100 kPa,负荷率 80%,100%和 120%,轮辋 9.0×22.5。

1.1 外缘尺寸

表 1 示出了不同品牌 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎的外缘尺寸及负荷下沉量(试验测试了多个品牌 30 余条轮胎,由于数据量大及篇幅所限,只列出部分代表性数据)。

从表 1 可以看出,与国内品牌轮胎相比,国外品牌轮胎具有断面宽和行驶面弧度高较小、行驶面弧度半径较大以及负荷能力较强的特点。

1.2 五项刚性

刚性反映了轮胎的负荷能力、操纵性能和越障性能等整体综合性能,对轮胎耐磨性能和抗刺扎性能也有重要影响。轮胎的刚性与充气压力和负荷直接相关,也受轮胎的内外轮廓设计、骨架材料和花纹形式的影响。表 2 列出了不同品牌 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎在充气压力为 930 kPa、负荷为 3 550 kg 下的五项刚性数据。

从表 2 可以看出,与国内品牌轮胎相比,国外品牌轮胎总体上呈现径向刚性大、包络刚性小的特点,这有助于提高轮胎本身的负荷能力以及抗

表 1 不同品牌 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎的外缘尺寸及负荷下沉量

项 目	国外品牌 A		国外品牌 B		中策品牌		国内其他品牌	
	驱动轮	拖车轮	驱动轮	拖车轮	驱动轮	拖车轮	驱动轮	拖车轮
轮胎编号	A	B	C	D	E	F	G	H
外直径/mm	1 102.5	1 082.8	1 097.1	1 086.3	1 087.0	1 082.8	1 083.1	1 079.0
断面宽/mm	295.5	296.7	299.7	295.2	307.5	306.2	304.3	303.5
行驶面宽度/mm	250.1	226.5	248.6	211.2	247.5	224.1	245.8	240.5
行驶面弧度高/mm	9.1	8.8	8.8	8.2	12.9	10.1	12.7	13.1
行驶面弧度半径/mm	845.0	732.0	862.0	678.0	675.0	530.0	682.0	556.0
下沉量/mm								
负荷率 80%	25.4	25.4	26.3	27.0	27.2	26.6	27.1	27.6
负荷率 100%	30.8	30.4	31.6	32.7	33.1	32.3	31.8	32.4
负荷率 120%	35.9	35.7	36.6	38.2	38.3	37.5	37.8	38.0
质量/kg	70.4	62.4	72.1	64.4	66.1	61.6	65.2	63.5

注:充气压力为 930 kPa。

表 2 不同品牌 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎在充气压力 930 kPa、负荷 3 550 kg 下的五项刚性数据

项 目	国外品牌 A		国外品牌 B		中策品牌		国内其他品牌	
	驱动轮	拖车轮	驱动轮	拖车轮	驱动轮	拖车轮	驱动轮	拖车轮
轮胎编号	A	B	C	D	E	F	G	H
径向刚性/(N·mm ⁻¹)	1 091.4	1 087.0	1 060.6	1 023.4	997.9	1 012.4	1 007.5	990.0
横向刚性/(N·mm ⁻¹)	380.2	424.9	359.3	354.5	357.6	415.5	380.8	393.3
纵向刚性/(N·mm ⁻¹)	762.7	833.7	705.3	731.5	657.6	824.1	715.8	752.9
扭转刚性/[N·m·(°) ⁻¹]	286.4	355.0	342.1	295.1	272.4	352.1	295.9	374.1
包络刚性/(N·mm ⁻¹)	1 219.6	1 530.5	1 403.4	1 430.8	1 478.4	1 707.2	1 582.2	1 984.8

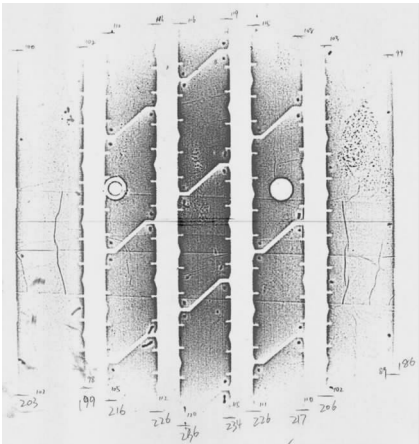
冲击性能和抗崩花掉块性能。

1.3 接地印痕及压力分布

采用压力毯及压膜纸对轮胎进行了接地印痕及压力分布测试。图 1 示出了同一轮胎在相同负荷下压力毯与压膜纸的测试结果对比。从图 1 可以看出,压力毯与压膜纸测试的接地印痕形状及

压力分布有良好的一致性,但压力毯由于具有数据适时跟踪的特点,能更加准确便捷地反映不同负荷下的压力分布状态。

图 2 和 3 示出了不同品牌 12R 22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎在充气压力为 1 100 kPa、负荷为 3 550 kg 下的压力分布情况。

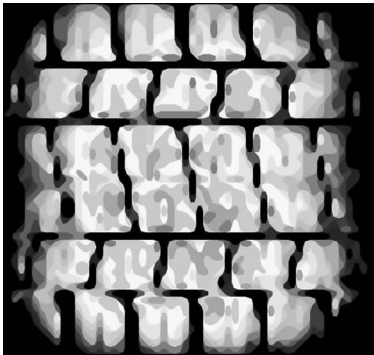


(a)压膜纸

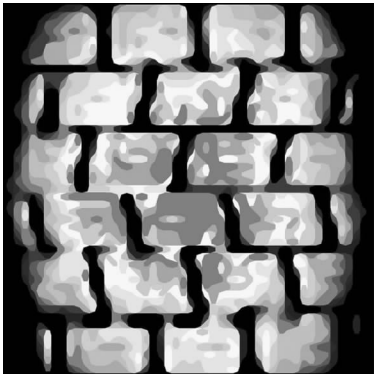


(b)压力毯

图 1 压力毯与压膜纸测试结果对比



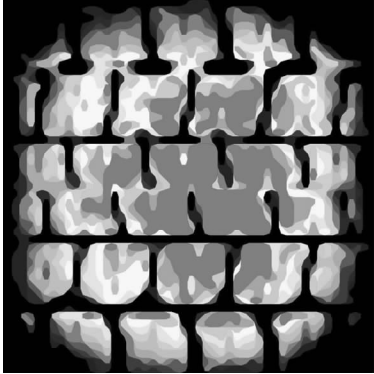
(a) 轮胎编号 A



(b) 轮胎编号 C



(c) 轮胎编号 E



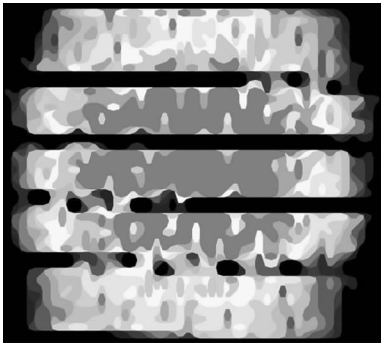
(d) 轮胎编号 G

轮胎行驶方向为从右到左。

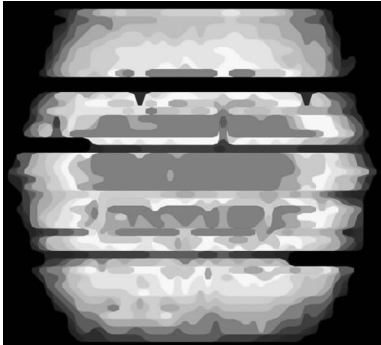
图 2 驱动轮胎压力分布对比



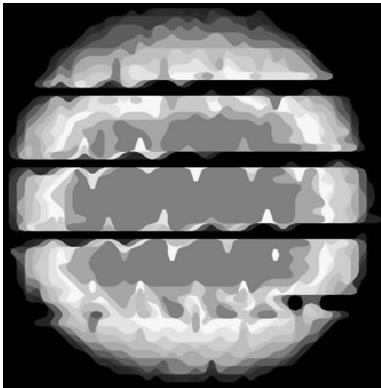
(a) 轮胎编号 B



(b) 轮胎编号 D



(c) 轮胎编号 F



(d) 轮胎编号 H

轮胎行驶方向为从右到左。

图 3 拖车轮胎压力分布对比

从图 2 和 3 可以看出,国内品牌轮胎产品与国外品牌轮胎产品的压力分布存在较大差距。

表 3 示出了不同品牌 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎在充气压力 1 100 kPa、负荷 3 550 kg 下的压力分布数据。

从表 3 可以看出,对于接地印痕面积、平均压力分布、矩形系数和压力分布不均匀度等评价压力分布合理性的重要参数,国外品牌轮胎均优于国内品牌轮胎,中策品牌轮胎与国外品牌轮胎的差距为 15%~20%。

表 3 不同品牌 12R22.5 18PR 无内胎全钢载重子午线轮胎在充气压力 1 100 kPa、负荷 3 550 kg 下的压力分布数据

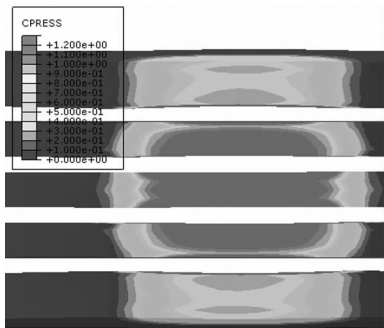
项 目	轮胎编号							
	A	B	C	D	E	F	G	H
接地印痕面积/mm ²	46 839	39 716	44 877	40 258	41 961	43 484	41 755	41 239
平均压力/kPa	742.8	876.0	775.2	864.2	829.1	800.1	833.2	843.6
压力分布不均匀度	272.7	352.2	295.8	348.0	372.1	314.7	334.3	353.2
矩形系数	0.957	0.910	0.941	0.938	0.875	0.924	0.911	0.835
面积占有率/%								
0~600 kPa	32.9	25.1	31.2	27.1	33.7	30.0	30.3	31.3
600~1 000 kPa	44.7	35.9	44.7	38.5	29.3	41.0	30.1	29.0
1 000~1 200 kPa	17.8	16.9	14.3	13.8	15.8	14.4	21.1	16.3
1 200~1 400 kPa	3.3	12.6	7.2	12.1	12.9	11.1	13.6	18.1
1 400 kPa 以上	1.2	9.6	2.5	8.5	8.3	3.5	4.8	5.2
负荷占有率/%								
0~600 kPa	15.9	9.0	14.8	11.9	13.7	14.2	11.7	12.9
600~1 000 kPa	49.8	33.6	47.5	36.6	29.0	41.2	29.9	27.8
1 000~1 200 kPa	26.1	21.5	20.4	17.6	21.2	19.9	28.2	21.7
1 200~1 400 kPa	5.8	18.8	12.0	18.4	20.2	18.0	21.2	28.1
1 400 kPa 以上	2.4	17.1	5.2	15.4	16.0	6.8	9.0	9.4

1.4 有限元分析

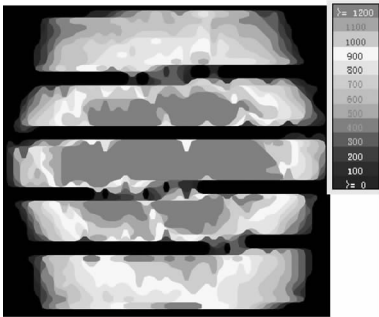
有限元分析技术已被轮胎行业普遍采用^[3-5],为产品开发和改进提供了一种快捷有效的评价手段。为验证有限元分析的准确性,选择某拖车轮

胎进行压力分布有限元模拟计算,并与实测结果进行对比,结果见图 4。

从图 4 可以看出,有限元模拟计算结果与实测结果具有良好的一致性。



(a)有限元模拟计算结果



(b)实测结果

图 4 压力分布有限元计算结果与实测结果对比

由上述分析可知,国内轮胎企业对轮胎磨耗的测试研究还不够深入和系统,而国际名牌企业针对轮胎结构对磨耗的影响,在产品开发设计阶段就进行细致周全的考虑。优化轮胎结构设计提高耐磨性能有多种方法^[6],轮胎外缘尺寸、整体刚

性、接地印痕形状、压力分布的测试研究及力学分析是优化结构设计、提高耐磨性能的有效手段。

2 结构优化

在大量试验测试、结构特征参数分析、产品市

场信息和结构力学有限元分析的基础上,对轮胎结构进行优化以提高其耐磨性能。

2.1 设计参数改进

为便于研究对比,轮胎的花纹形式、行驶面宽度及外直径不变,调整胎面弧度和侧板,同时调整施工设计。表 4 示出了改进前后的结构参数。

表 4 改进前后的结构参数		
项 目	新设计	原设计
行驶面宽度/断面宽	0.830 5	0.803 3
胎圈宽度/断面宽	0.772 9	0.832 8
肩部外直径/中心外直径	0.987 1	0.978 8
断面水平轴位置(H_1/H_2)	0.843 2	0.870 2
肩厚/中厚	1.405 4	1.297 3
带束层总宽度/行驶面宽度	0.857 1	0.898 0

2.2 压力分布

图 5 和 6 分别示出了优化轮胎、原设计轮胎和国际名牌轮胎在不同负荷下的压力分布(充气压力为 1 100 kPa)。表 5 示出了优化轮胎、原设计轮胎和国际名牌轮胎的压力分布数据。

从图 5 和 6 以及表 5 可以看出:与原设计轮胎相比,优化轮胎的接地印痕形状更接近矩形,接地印痕长轴略有缩短、接地印痕面积增大7.75%,从而使平均压力减小,这均有利于提高轮胎的耐磨性能;轮胎压力分布得到优化,压力分布不均匀度大幅下降,整体压力分布向平均压力集中,低负荷、高负荷区域分布相应减少,整体压力分布更加均匀。但与国际名牌轮胎相比,优化轮胎仍然存在一定差距。

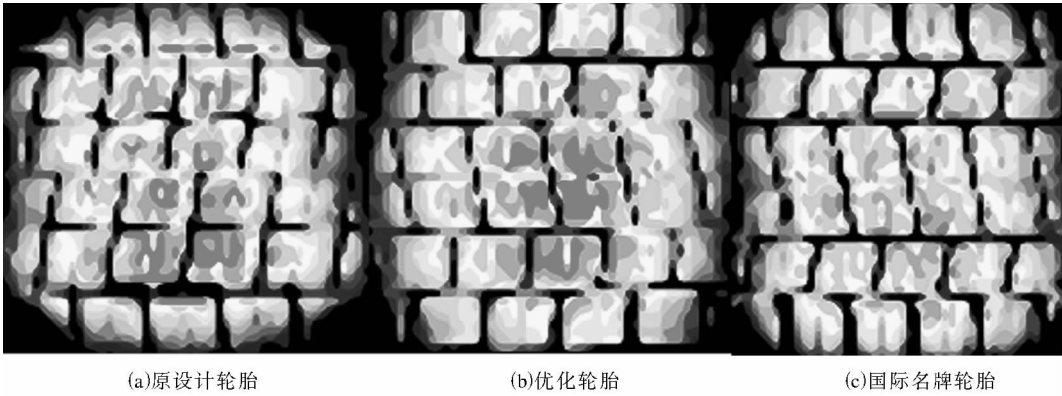


图 5 轮胎在 3 550 kg 负荷下的压力分布

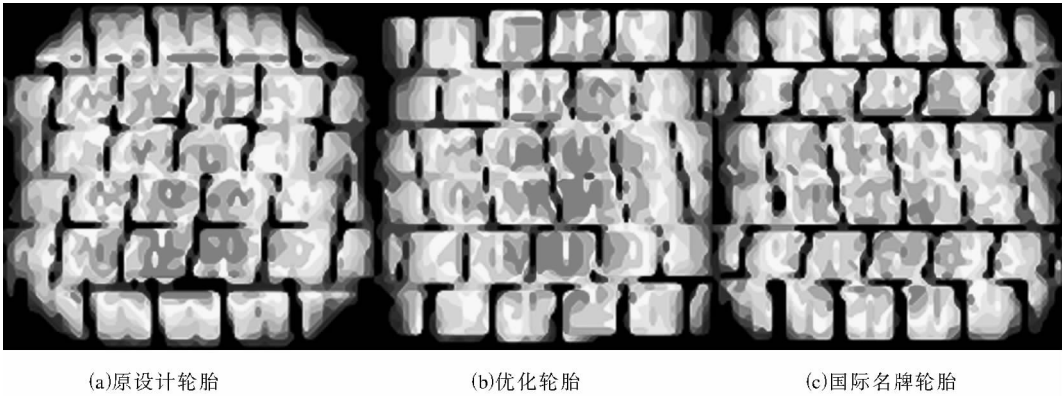


图 6 轮胎在 4 260 kg 负荷下的压力分布

3 装车路试

优化轮胎在萧山荣盛进行了装车路试,并与原设计轮胎进行对比。行驶路线为杭州至宁波,

往返里程为 300 km,路况为高速公路,车型为 1-1-3 货车(单桥驱动,自身质量为 20.36 t),载荷为 34 t,车速为 40~50 km·h⁻¹,装车时间为 2011 年 7 月。技术人员对路试轮胎进行了跟踪

表 5 轮胎的压力分布数据

项 目	优化轮胎	原设计轮胎	国际名牌轮胎
接地印痕面积/mm ²	45 213	41 961	46 839
平均压力/kPa	769.5	829.1	742.8
压力分布不均匀度	280.8	372.1	272.7
矩形系数	0.928	0.875	0.957
面积占有率/%			
0~600 kPa	30.8	33.7	32.9
600~1 000 kPa	42.6	29.3	44.7
1 000~1 200 kPa	19.5	15.8	17.8
1 200~1 400 kPa	5.5	12.9	3.3
1 400 kPa 以上	1.6	8.3	1.2
负荷占有率/%			
0~600 kPa	13.5	13.7	15.9
600~1 000 kPa	46.2	29.0	49.8
1 000~1 200 kPa	27.9	21.2	26.1
1 200~1 400 kPa	9.3	20.2	5.8
1 400 kPa 以上	3.2	16.0	2.4

监测,截至 2012 年 6 月累计行驶里程达到 122 700 km,不同轮位轮胎的磨耗数据如表 6 所示(新胎花纹深度为模具设计花纹深度乘以

表 6 不同轮位轮胎的磨耗数据

项 目	装车轮位			
	左驱外	左驱内	右驱内	右驱外
平均剩余花纹深度 ¹⁾ /mm				
车辆 A				
优化轮胎	11.6	11.0		
原设计轮胎			9.1	9.5
车辆 B				
优化轮胎			11.2	11.1
原设计轮胎	9.9	8.7		
单胎磨耗 ²⁾ /(km·mm ⁻¹)				
车辆 A				
优化轮胎	15 730	14 607		
原设计轮胎			11 913	12 394
车辆 B				
优化轮胎			12 916	11 467
原设计轮胎	14 963	14 783		

注:1)周向三等分,分别测量对应点的所有轮胎主花纹沟剩余花纹深度,然后取平均值;2)单胎磨耗=里程/(新胎花纹深度-平均剩余花纹深度)。

0.97,即 19.4 mm)。从表 6 可以看出,与原设计轮胎相比,优化轮胎的耐磨性能提高了 20%以上。可见,轮胎结构优化设计能较大幅度提高其耐磨性能,合理的轮廓和施工设计可以在不增加成本甚至降低成本的情况下提高耐磨性能。

4 结论

结构设计对提高轮胎的耐磨性能具有重要作用,轮胎的异磨、偏磨、不均匀磨耗与结构有密切关系,轮胎的刚性和花纹设计也会影响轮胎整体的耐磨性能。刚性测试、压力分布测试以及有限元分析技术为结构优化提供了有效手段。优化结构改善耐磨性能的同时也要考虑到产品的耐久性能和生热等其他性能,针对国内无内胎轮胎市场可以更多侧重耐磨性能,而对于中短途市场还要充分考虑耐久性能。

参考文献:

[1] Persson B N J. Theory of Rubber Friction and Contact Mechanics[J]. Journal of Chemical Physics, 2001, 115(8): 840-863.

[2] Gunaratne M, Banders N, Medzorian J, et al. Correlation of Tire Wear and Friction to Texture of Concrete Pavements [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2000, 12(1): 46-54.

[3] Haishan Y, Yaosheng H, Hao Z, et al. Evaluation of Truck Tire Endurance Based on the Material Characterizations and FEA[J]. Tire Science and Technology, 2006, 34(4): 220-236.

[4] 王友善, 刘培华, 赵剑铭. 有限元分析在轮胎结构设计中的应用[J]. 橡胶工业, 2005, 52(10): 613-618.

[5] Youshan W, Xingwen D. Non-linear Constitutive Model of Uncured Epoxyresin[J]. Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics, 2005, 44(2): 177-184.

[6] 姚伟, 谭惠丰, 杜星文, 等. 胎面轮廓形状优化技术研究——提高轮胎耐磨性能[J]. 汽车技术, 2000(12): 4-6.

收稿日期: 2013-03-23

Contact Pressure Measurement and Abrasion Resistance Improvement of 12R22.5 18PR Tubeless Truck and Bus Radial Tire

ZHANG Hao, YIN Hai-shan, ZHANG Hui-kang, XU Jia-ming, NI Li-jing
(Hangzhou Zhongce Rubber Co., Ltd, Hangzhou 310008, China)

Abstract: The structure design of 12R22.5 18PR tubeless truck and bus radial tire was optimized

aiming to improve the abrasion resistance. Firstly, the overall diameter, the stiffness including radial stiffness, lateral stiffness, longitudinal stiffness, torsional stiffness and envelope stiffness, the footprint and contact pressure were measured, and the contact pressure distribution was simulated and analyzed by FEA. Then the structure design was optimized based on the test results and analysis. The results showed that, compared to the original tire, the optimized tire's footprint more closely resembled a rectangle, the long axis of footprint was reduced slightly, the total area of footprint increased 7.75%, and the unevenness of contact pressure distribution was reduced. The road test showed that the abrasion resistance of the optimized tire increased by 20% compared to the original tire.

Key words: truck and bus radial tire; tubeless tire; abrasion resistance; contact pressure distribution; FEA; structure design

Oliver 橡胶公司推出经 SmartWay 认证的翻新胎面

中图分类号: TQ336.1+6 文献标志码: D
美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2013 年 6 月 17 日报道:

Oliver 橡胶公司推出了 Vantage Trailer II 翻新胎面(见图 1),该胎面通过了美国环境保护署(EPA)的 SmartWay 认证,是长途运输和工程机械用拖车位预硫化翻新胎面,被设计用于单轴和串联轴组件。

Vantage Trailer II 翻新胎面花纹深度为 10.3 mm,其直槽设计保证了自由滚动,并带来特殊的横向牵引。



图 1 Vantage Trailer II 翻新胎面
Oliver 的产品管理经理 Philip Boarts 称:“Vantage Trailer II 证明了 Oliver 的经验实力,该新翻新胎面产品可提供卓越的燃油经济性、耐磨性能和牵引性能。”

Oliver 橡胶公司称其配方技术可在接触区域内保持低滚动阻力,从而延长使用寿命。其圆形

的胎面肩部结构减小了转向和转弯应力,并有利于抵制道路边缘对轮胎的损坏。

该翻新胎面分为有或没有 Serra-Sipes 花纹两种,均能提高牵引性能。Vantage Trailer II 拥有 205,210,220 和 230 四种规格。

Vantage Trailer II 拥有 Oliver 独有的 VDI 附加胎面功能(视觉深度指示器)。它还可抵御道路碎片的影响,帮助强制保持牵引点。

(马晓摘译 许炳才校)

全钢载重子午线轮胎气密层及其制备方法

中图分类号: TQ336.1 文献标志码: D

由风神轮胎股份有限公司申请的专利(公开号 CN 102850610A,公开日期 2013-01-02)“全钢载重子午线轮胎气密层及其制备方法”,涉及的全钢载重子午线轮胎气密层配方为:蒙脱土/丁苯橡胶纳米复合材料 160~200,硅烷偶联剂 0.4~0.6,氧化锌 2~4,硬脂酸 1.5~2.5, B 型微晶蜡 6~10,防老剂 4020 1.5~2.5,防老剂 RD 1.5~2.5,辛基酚醛增粘树脂 6~10,硫黄 1~2,促进剂 NS 0.6~1。该配方胶料在混炼过程中加入了硅烷偶联剂,与蒙脱土片层上的硅羟基相互作用,削弱了蒙脱土之间相互作用形成的网络填料结构,提高了蒙脱土与橡胶之间的结合力,从而改善了胶料自粘性,降低了硬度,提高了胶料性能;此外通过调整硫化体系、加入操作油和增粘树脂,进一步改善了胶料的自粘性。

(本刊编辑部 马晓)