

特约来稿

绿色轮胎用橡胶材料功能化的研究概况

李花婷, 陈名行, 蔡尚脉

(北京橡胶工业研究设计院有限公司, 北京 100143)

摘要:介绍绿色轮胎用橡胶材料功能化的研究概况。绿色轮胎用橡胶的功能化研究目前集中于湿法混炼天然橡胶(NR)/白炭黑母炼胶、石墨烯或碳纳米管补强NR、高强度NR、多官能化溶聚丁苯橡胶(SBR)、长链支化稀土顺丁橡胶(BR)以及高乙烯基BR等材料;橡胶材料的功能化配合技术主要是NR、SBR和BR的二元和三元并用、橡胶/白炭黑共沉胶制备、白炭黑与偶联剂和加工助剂的配合以及片状无机填料在气密层胶中的应用;橡胶材料功能化研究新进展主要为高韧性胶料、自适应性复合材料和气密性复合材料的研发以及材料体系相容性的研究。绿色轮胎用橡胶材料在实现功能化的同时,要保证胶料的综合性能。

关键词:绿色轮胎;橡胶材料;功能化;配合技术

中图分类号:TQ332;TQ333.1/.2;TQ336.1

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2019)07-0483-06

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2019.07.0483

高分子材料功能化概念提出的时间较长,研究范围很广。对于轮胎来说,原材料、胶料配方、产品结构、生产工艺和装备等的功能化研究可以不断提升其对产品优质化的贡献。轮胎不同部件胶料的性能要求不同,如胎面胶要求耐磨性能和抗切割性能好,滚动阻力低;胎侧胶要求耐屈挠性能、耐热氧化性能和耐臭氧老化性能优,拉伸伸长率大;气密层胶要求气密性、耐老化性能和耐疲劳性能佳。为此,对轮胎各部件胶料进行了大量的研究,通过对原材料、胶料配方及工艺性能的不断优化,探索出各具特点的功能性材料、胶料配方和生产工艺技术,以满足绿色轮胎生产和使用性能的要求。

随着轮胎技术的不断进步,橡胶材料领域的研究受到高度重视,从橡胶材料的改性到功能化为提高轮胎性能打下了良好的基础。本文介绍绿色轮胎用橡胶材料的功能化研究进展。



作者简介:李花婷(1965—),女,河北邢台人,北京橡胶工业研究设计院有限公司教授级高级工程师,硕士,主要从事橡胶助剂新产品开发以及新牌号乳聚丁苯橡胶、溶聚丁苯橡胶、稀土顺丁橡胶和异戊橡胶等在轮胎中的应用研究,并进行合成橡胶复合材料及热塑性弹性体的研发,发表论文50余篇,获得国家和省部级科技进步奖等奖项。

E-mail:florylht@126.com

1 橡胶的功能化技术

1.1 天然橡胶(NR)

NR的改性及功能化研究较深入,可以应用到绿色轮胎中的功能化品种很多,部分功能化NR已经或正在推广应用。

(1) 恒粘(CV)NR。由于NR在贮存期间会发生硬化现象,贮存稳定性较差,对其应用和加工非常不利。研究^[1-2]发现,NR门尼粘度增大的根本原因是其分子链中存在醛基,NR长期贮存会发生分子内或分子间的醛基缩合反应,导致其门尼粘度或塑性初值增大。通过采用胺类化合物调节剂,可有效控制NR的门尼粘度,制得CVNR。CVNR是贮存稳定性和加工性能良好的功能化NR。目前CV已得到普遍应用。

(2) 环氧化NR(ENR)。ENR是NR经过环氧化改性而制得的特种NR。ENR既保留了NR的通用性能,又增大了分子极性,具有良好的耐油性能和气密性。ENR在轮胎胎面胶中应用时,即使在没有偶联剂的情况下,其与白炭黑之间仍具有较强的相互作用,这是ENR胎面胶滚动阻力低和抗湿滑性能好的重要原因;ENR与白炭黑/炭黑并用补强体系配合使用,可以获得耐磨性能更好的胎面胶^[3-4]。ENR的生产规模、应用研究进展及价格等因素限制了其在轮胎胶料中大量使用。

(3) 粉末化改性NR (PMNR)。PMNR是平均粒径小于1 mm的粉末状橡胶。按分子结构, PMNR可分为直链结构、半交联结构和交联结构3种类型, 不同结构PMNR性能不同。王炼石等^[5]将预交联天然胶乳与极性相当的乙烯基单体进行自由基接枝共聚, 使支链的溶度参数为9.5, 然后加入高分子膜包覆剂, 以凝聚包覆法使改性乳液粉末化, 可以得到微米至毫米级粒径的PMNR, 并得出PMNR对聚氯乙烯具有良好的增韧作用。虽然PMNR在轮胎中的应用未见报道, 但根据粉末橡胶的特点可知, 其胶料制备既可采用传统的橡胶加工工艺(能耗低, 时间短), 又可以采用塑料加工工艺(自动称量, 连续化生产)。PMNR不仅可以作为橡胶使用, 还可以作为改性剂使用^[6], 因此在绿色轮胎原材料中会占有一席之地。预期PMNR除了能够改善轮胎胶料的加工性能外, 还可以提升抗湿滑性能, 但这还需要进一步研究和验证。

(4) 液体天然橡胶(LNR)。LNR是NR另一种功能化品种, 通过在天然胶乳的加工过程中减小橡胶的相对分子质量制得。虽然原则上LNR的相对分子质量可减小到任意水平, 但在实际研究中发现, 有两种相对分子质量的LNR性能独特。一是相对分子质量为30 000左右的LNR通过常规硫化工艺可以完全硫化, 与NR并用可以降低胶料的硬度和提高弹性。二是相对分子质量为10 000左右的LNR, 粘度较低, 与芳烃油相比, 是更有效的加工助剂; 由于具有一定的双键活性, 可以实现交联, 但分子链的末端较多, 会导致胶料的滞后损失较大^[7]。因此, LNR在绿色轮胎胶料中可以作为反应性多功能加工助剂使用, 作为增塑剂可以改善胶料的加工性能, 降低混炼胶的门尼粘度; 作为增粘剂可以提高胶料的自粘性以及与钢丝和纤维骨架材料的粘合性能, 同时因有反应性的活性基团, 会提高胶料的硬度和降低弹性。

(5) 湿法混炼NR/白炭黑母炼胶。天然胶乳与白炭黑浆料混合, 经过凝聚共沉和脱水干燥等制得混合均匀的NR/白炭黑母炼胶。这种母炼胶的开发主要是解决白炭黑胶料采用传统干法混炼困难的问题, 同时避免混炼时粉尘飞扬和环境污染, 降低混炼能耗, 提高胶料混炼质量、挤出工艺

性能和力学性能。国内外大型轮胎企业近几年都在进行这方面的研究。米其林^[8]公布了采用偶联剂制备湿法混炼NR/白炭黑母炼胶的专利技术。普利司通^[9]和横滨轮胎公司^[10]均将湿法混炼的NR/白炭黑母炼胶用于子午线轮胎胎面胶, 并对胎面胶的加工性能和力学性能进行了研究。国内中策橡胶集团有限公司、海南天然橡胶产业集团股份有限公司和北京橡胶工业研究设计院有限公司等也开展了湿法混炼NR/白炭黑母炼胶的研制及其在轮胎中应用的研究^[11], 华南理工大学、北京化工大学、青岛科技大学和海南大学等同期进行了湿法混炼NR/白炭黑母炼胶的理论探索。目前, 国内湿法混炼NR/白炭黑母炼胶生产线已经实现了万吨级生产规模, 但仍存在需要解决的问题, 如研发连续化生产的专用设备。另外, 确定适合的混炼时间和加工助剂是保证湿法混炼NR/白炭黑母炼胶性能的前提条件, 而准确评价NR/白炭黑母炼胶的性能对其推广应用十分重要^[12]。

(6) 石墨烯或碳纳米管补强NR。目前, 对石墨烯和碳纳米管补强NR的研究^[13-14]较多, 结果表明少量的石墨烯或碳纳米管对NR可以起到较好的补强作用; 采用石墨烯或碳纳米管的胶料结合胶含量较大, 定伸应力和撕裂强度明显增大, 较高撕裂能下的抗裂纹扩展性能改善。石墨烯在轮胎胎面胶中的应用已有报道^[15]。

(7) 高强度NR (HSR)。用改性天然大分子材料对NR进行改性, 通过形成互穿网络(IPN)制得HSR。HSR的门尼粘度适中, 其填料易分散, 胶料混炼时间短, 拉伸强度和拉断伸长率大, 耐热老化性能好, 见表1^[16], 其中SMR为国产20号标准

表1 HSR的性能

项 目	HSR	SMR20
生胶门尼粘度[ML (1+4) 100 ℃]	70	84
硫化胶性能 (140 ℃×40 min)		
邵尔A型硬度/度	43	39
300%定伸应力/MPa	3.2	2.6
500%定伸应力/MPa	8.2	6.7
拉伸强度/MPa	28.5	24.9
拉断伸长率/%	728	753

注: 胶料配方及混炼工艺采用NY/T 1403—2007的非炭黑填充胶料配方和混炼工艺。

胶。HSR用于轮胎胎面胶中可提高耐磨性能20%以上。

1.2 丁苯橡胶(SBR)

SBR的功能化研究主要集中在溶聚SBR(SSBR)上。为使SSBR的滚动阻力与抗湿滑性能达到平衡,可对SSBR进行分子结构设计,为此开发出不同苯乙烯含量和乙烯基含量的SSBR品种;为解决SSBR在应用中出现的功能性问题如混炼困难,开发了充油SSBR;为改善SSBR中炭黑或白炭黑分散性,SSBR聚合采用了硅偶联和锡偶联合成技术;为进一步提升SSBR的综合性能,提出了SSBR的官能化改性技术,目前SSBR的官能化改性技术是SSBR的热门和前沿课题^[17-18]。

无论是对SSBR分子链链中还是链端进行官能团化学改性,均可改善填充白炭黑的SSBR加工性能,同时降低滚动阻力和提高抗湿滑性能。多官能化SSBR的滚动阻力和生热显著降低,充油多官能化SSBR则表现更为突出^[19]。SSBR多采用极性化合物进行官能化改性,但不同改性剂改性的SSBR加工性能和动态力学性能不同。官能化改性SSBR的研究已延伸至应用领域,不同官能化改性SSBR在轮胎胶料中应用时应采取相应配方。

SSBR的另一个功能性品种是冬季轮胎或雪地轮胎专用SSBR,其苯乙烯含量较低,苯乙烯质量分数控制在0.1~0.16范围内,玻璃化温度低于-50℃。

乳聚丁苯橡胶(ESBR)在轮胎中的应用技术已趋于成熟,ESBR品种及应用的创新研究虽然已较少,但ESBR仍有一些新的功能性设计。如采用辐射交联丁腈橡胶改性ESBR,能同时提高其白炭黑胶料的抗湿滑性能和干路面牵引性能,并能够保持较低的滚动阻力^[20-23]。

纳米无机补强填料和白炭黑与ESBR共沉胶技术开发也受到关注,其中ESBR/无机填料共沉胶的研究相对较早和较广。随着绿色轮胎胎面胶中白炭黑用量的增大,开展了白炭黑原位补强ESBR的研究,但如何贯通ESBR/白炭黑共沉胶的凝聚和干燥等后处理工艺以及改善胶料的工艺性能、降低混炼能耗、提升动态力学性能、提高性价比仍是需要解决的问题^[24]。

1.3 顺丁橡胶(BR)

BR的功能化研究主要集中在稀土BR、低顺式BR(LCBR)和高乙烯基BR(HVBR)等上。为了提高BR的力学性能,使BR能像NR一样产生拉伸诱导结晶,早期开发了高顺式含量、超高相对分子质量和窄相对分子质量分布的稀土BR。虽然稀土BR在物理性能、弹性及高应变生热等方面具有明显优势,但其同时存在胶液粘度大、加工性能差和生产成本高等缺点。为此,进行了相对分子质量高及其分布宽稀土BR、相对分子质量高及其分布窄稀土BR、相对分子质量低稀土BR和长链支化稀土BR的研究^[25],希望得到加工性能和力学性能良好的BR。长链支化稀土BR可以较好平衡这两方面的性能,且与其他胶种并用时具有协同效应。目前,由于稀土BR的价格偏高,因此其应用存在一定的难度。为此,在提高稀土BR合成用催化剂活性、降低生产成本和胶液粘度等方面进行了进一步研究,并取得了一定成效,稀土BR正在逐步推广,得到市场认可。

LCBR主要用于轮胎胶料的改性^[26],其功能化研究着重于应用配方设计和加工性能改进,本身的功能化改性较少。

HVBR的研究已经历了几十年^[27],1,2-乙烯基质量分数大于0.80的HVBR性能特点比较突出,其抗湿滑性能和耐屈挠性能优异,生热低,但玻璃化温度高,抗撕裂性能差,即优缺点都比较明显。要充分利用HVBR的优势,必须对其胶料配方进行功能性创新设计,使胶料具有较高的性价比,才能满足绿色轮胎的要求^[28-29]。

2 橡胶材料功能化的配合技术

除了橡胶材料本身的功能化研究外,橡胶材料配合的功能化研究涉及面更广。橡胶助剂的功能化研究已十分全面和深入,在此仅阐述橡胶并用和白炭黑等补强填料功能化应用的配合技术。

2.1 橡胶并用

在轮胎各个部件胶料中橡胶并用非常普遍。几乎所有品种和规格轮胎的胎侧胶都采用NR与BR并用。NR/BR并用胶具有优异的耐屈挠性能和抗切割性能,以及其老化后这两项性能的良好平衡。另外,NR与BR及少量三元乙丙橡胶并用作

主体材料,可提高胎侧胶的耐臭氧性能;NR与BR及溴化丁基橡胶(BIIR)并用作主体材料,可提高白胎侧胶的着色性能。

轿车子午线轮胎胎面胶采用以SSBR为主及并用BR或NR的主体材料,胶料的耐磨性能提高,滚动阻力降低。全钢载重子午线轮胎胎面胶采用以NR为主及并用BR的主体材料的目的是提高轮胎在高速公路上行驶时的耐磨性能和降低滚动阻力;采用以NR为主及并用SBR的主体材料的目的是提高轮胎在砂石路面上行驶时的抗切割性能。

NR与异戊橡胶并用作主体材料,可提高胶料与钢丝帘线的粘合性能。

总之,多种橡胶并用可使各胶种的功能性得到充分利用并产生协同效应,使轮胎各部件胶料性能得到功能性提升。

2.2 补强填料

补强填料种类繁多,不同补强填料的补强性能不同。绿色轮胎胶料最突出的特点是采用白炭黑补强技术,可以大幅度降低滚动阻力,提高抗湿滑性能。但白炭黑的混炼分散性能远不如炭黑,因此采用白炭黑补强除制备橡胶/白炭黑共沉胶外,还可配以偶联剂和加工分散助剂,以使白炭黑的功能性得到充分发挥。

片状云母粉、滑石粉和粘土应用于轮胎气密层胶中,可以提高胶料的气密性,使片状材料的功能性得到利用,但同时也会出现胶料密度和轮胎质量增大的问题。碳化硅用于胶料中可以发挥其导热性的特点,以降低胶料生热,但其补强性能不足,因此用量应适当。新型碳纳米管和石墨烯等性能独特,在使用时应突出其功能性,但要注意用量,使胶料的性能平衡。

3 橡胶材料功能化的研究新进展

3.1 高韧性胶料的开发

轮胎的耐久性能与胶料的撕裂性能之间存在很强的相关性。普利司通^[30-31]正在进行超薄超韧胶料配合技术的开发,通过开发高韧性胶料以应对开发轻量化轮胎所面临的挑战。普利司通已经开发出在分子水平上键合的HSR胶料,该HSR胶料的撕裂强度是NR胶料的5倍,耐磨性能是2.5倍,拉伸强度是1.5倍。采用HSR胶料制备的轮胎耐久

性能比采用通用合成橡胶胶料制备的轮胎更好。预计在未来2~3年内普利司通的HSR胶料配合技术在电动汽车轮胎领域有良好的应用。

3.2 自适应性复合材料的研究

自适应性弹性体是一类刺激响应性聚合物复合材料,这种材料可采用多种方法或途径制备。基于热效应到可逆效应的基础研究,通过固-液相转变或多种形态内部结构的转变,弹性体复合材料的力学性能交替变化,其可调整的自适应程度为胶料的配方设计提供了很大的灵活性。如水溶胀弹性体复合材料可对水的简单刺激响应,采用该材料的胎面胶可使轮胎根据环境条件调整相关性能。自适应性复合材料的开发对研制适应不同路面的胎面胶提供了巨大空间^[32]。

3.3 气密性复合材料及其水蒸气渗透性的研究

BIIR和氯醚橡胶(CO)都具有良好的气体阻隔性,其中CO的气体阻隔性更佳,两者并用,并加入片状滑石粉,胶料具有极低的气体透过率。BIIR/CO并用胶可用于气压保持率要求高的轮胎气密层胶中。但填料的性能对胶料气体阻隔性影响较大,通过对水蒸气的渗透性研究,可以探讨极性填料及水蒸气渗透路径对胶料气体阻隔性的影响^[33]。

用于进一步提高轮胎气体阻隔性并轻量化轮胎的功能性复合材料已研究多年,其主要包括两种类型。一是采用BIIR与聚酰胺(PA)并用作主体材料,通过动态硫化技术制备的热塑性弹性体(TPV)。它充分利用BIIR与PA均具有极好气体阻隔性的特点,这种复合材料突出的特点是卓越的气体阻隔性以及良好的耐疲劳性能和耐低温屈挠性能。TPV的气体阻隔性超过丁基橡胶(IIR)气体阻隔性的8倍,当其气密层厚度仅为IIR气密层厚度的20%时轮胎就具有更高的气压保持率。TPV可明显减小轮胎质量,是绿色轮胎轻量化设计的重要原材料之一。二是采用溴化异丁烯-对甲基苯乙烯共聚弹性体(BIMSM)与PA制成的动态硫合金(DVA)^[34],该热塑性弹性体是高级功能性气体阻隔材料,具有与TPV相似的性能特点。这两种材料在轮胎中的工业化应用仍在不断探索中。

3.4 材料体系相容性的研究

Shabnam Ezzoddin等^[35]认为胶料物理性能与相容性相关,采用反相气相色谱法研究了操作油和炭黑对胶料性能的影响,探讨建立橡胶、操作油和炭黑溶解度参数与胶料性能之间的关系。研究表明,胶料的相容性不适合采用二元体系(橡胶和配合剂)的溶解度参数表征,炭黑对胶料性能的影响明显,需要专门考虑炭黑溶解度参数对胶料性能的影响,即胶料的相容性适合采用橡胶、炭黑和操作油三元体系的溶解度参数表征。张新军^[36]从胎面胶的应用角度出发,研究了HVBR与ESBR的相容性以及改善二者相容性的具体方法,比较了分散剂40MSF以及苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物和苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯嵌段共聚物作为均匀剂改善胶料的相容性。

4 结语

绿色轮胎用橡胶材料及其功能化的相关研究众多,功能化材料的应用在突出其特定功能的同时还要考虑到胶料性能及轮胎性能的综合平衡,因此仍需广泛和深入开展功能化材料的理论与应用研究。

参考文献:

- [1] 谢遂志,刘登祥,周鸣鸾. 橡胶工业手册(第1分册)[M]. 北京:化学工业出版社,1989:11-12,59-60.
- [2] 何映平. 天然橡胶加工学[M]. 海口:海南出版社,2007:376-380.
- [3] Tinker A J. 天然橡胶的研究与发展[J]. 橡胶工业,2000,47(3):175-181.
- [4] Aziz A K C, Ghani R A, Kamaruddin A N, et al. Malaysian Rubber Board, Silica-reinforced ENR Tires[J]. Tire Technology International,2018:90-93.
- [5] 王炼石,周奕雨,高智梅. 粉末改性NR的制备及其与PVC共混体的冲击韧性[J]. 塑料工业,1998,26(4):109-112.
- [6] 廖双泉,薛行华. 天然橡胶的改性与应用[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007:220-224.
- [7] 胡庆华,毛金彪,李青山,等. 天然橡胶的改性与功能化研究[J]. 化工时刊,2002(7):13-16.
- [8] J·贝里奥,B·德戈德马里斯,G·拉法格. 用于制备合成二烯弹性体和二氧化硅的母炼胶的方法[P]. 中国:CN 102712765A,2012-10-23.
- [9] 中山敦,泉池正明,西浦史晃,等. 橡胶湿法母炼胶的制造方法、橡胶组合物及轮胎[P]. 中国:CN 102356120A,2012-02-15.
- [10] 佚名. 横滨推出ADVAN Neova AD08超高性能轮胎[J]. 轮胎工业,2009,29(9):569-570.
- [11] 陆铭,王永伟,李岩磊. 天然橡胶湿法混炼白炭黑技术研究进展[A]. “万力杯”第20届中国轮胎技术研讨会论文集[C]. 苏州:中国化工学会橡胶专业委员会,2018:46-49.
- [12] Hersanto Suyanti, Dierkes Wilma, Kaewsakul Wisut, et al. NR-Silica Masterbatches[J]. Tire Technology International,2018:84-88.
- [13] 张松波,周竞发,刘月星,等. 氧化石墨烯对炭黑/天然橡胶复合材料耐疲劳性能的影响[J]. 橡胶工业,2018,65(11):1205-1209.
- [14] 岳纪玲. 碳纳米管增强天然橡胶动态疲劳及耐磨性研究[D]. 北京:北京化工大学,2015.
- [15] 杨淦伟. 修饰石墨烯在轮胎胎面橡胶中的应用研究[D]. 广州:华南理工大学,2016.
- [16] 王名东,陈志宏. 高强度天然橡胶HSR——提高天然橡胶力学性能的新途径[A]. 橡胶湿法混炼新工艺新材料技术论坛. 云南:2014:10.
- [17] 蔡尚脉,陈名行,周志峰,等. 端基改性溶聚丁苯橡胶在高性能轿车子午线轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业,2015,35(7):406-413.
- [18] Steinhäuser Norbert. Functional SSBR: Ideal Comprehensive Properties[J]. Tire Technology International,2008:70-71.
- [19] Hofmann Sandra, Trinseo. New functionalized S-SBR[J]. Tire Technology International,2018:118-120.
- [20] 李花婷,王清才,周志峰,等. 超细粉末丁腈橡胶改性丁苯橡胶应用性能研究[A]. 2014年国际橡胶会议(IRC2014)[C]. 北京:中国化工学会橡胶专业委员会,2014:A45.
- [21] 王清才,周志峰,李花婷,等. 不同种类超细粉末橡胶对丁苯橡胶性能的影响[A]. 2014年国际橡胶会议(IRC2014)[C]. 北京:中国化工学会橡胶专业委员会,2014:A85.
- [22] 王庆国,肖晓. 纳米硫化橡胶粒子改性轮胎胎面胶SBR/NR复合材料研究[A]. 2014年国际橡胶会议(IRC2014)[C]. 北京:中国化工学会橡胶专业委员会,2014:A82.
- [23] 周志峰,王清才,李花婷,等. 粉末橡胶对不同橡胶性能的影响[A]. 2014年国际橡胶会议(IRC2014)[C]. 北京:中国化工学会橡胶专业委员会,2014:A48.
- [24] 李花婷,赵天琪,陈名行. 绿色轮胎与橡胶新材料[J]. 科学通报,2016,61(31):3326-3337.
- [25] 张浩,于琦周,张新惠,等. 窄分布支化结构稀土顺丁橡胶的性能[J]. 应用化学,2016,33(12):1408-1413.
- [26] 李花婷. 低顺式聚丁二烯橡胶在国内轮胎生产中的市场及应用[A]. 中国合成橡胶工业协会第四届理事会二次会议暨第十六次行业年会. 北海:2003:185-187.
- [27] 陈宏,李花婷. 聚丁二烯橡胶新品种发展概况[A]. 中国合成橡胶工业协会第四届理事会第三次会议暨第17次行业年会. 南宁:2005:163-165.
- [28] 邓志峰,郭丽云,徐玲,等. 钼系高1,2-聚丁二烯橡胶动态力学性能的研究[J]. 橡胶工业,2011,58(4):227-230.

- [29] 郭丽云,邓志峰,徐玲,等. 钼系1,2-聚丁二烯橡胶混炼胶动态性能研究[J]. 橡胶工业,2011,58(6):334-337.
- [30] Tsunoda Katsuhiko. Polymer Research[J]. Tire Technology International,2018:70-71.
- [31] Anon. High-strength Rubber[J]. Tire Technology International, 2018:4.
- [32] Natarajan Tamil Selvan. Mechano-adaptive Materials[J]. Tire Technology International,2018:94-97.
- [33] Sankaran Kumar, Manoharan Partheban. Rubber Technology Center: Water Vapor Transmissibility[J]. Tire Technology International,2018:66-68.
- [34] 马舒文. 橡塑合金气密层的动态流化[J]. 世界橡胶工业,2010,37(5):34-38.
- [35] Ezzoddin Shabnam, Iran Ali Abbasian. Compatibility Concept[J]. Tire Technology International,2018:62-65.
- [36] 张新军. 采用SBS作为相容剂的绿色轮胎胎面用橡胶组合物[P]. 中国:CN 106867050B,2019-04-02.

收稿日期:2019-03-18

Research Situation of Functionalization of Rubber Material for Green Tire

LI Huating, CHEN Mingxing, CAI Shangmai

(Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry Co., Ltd, Beijing 100143, China)

Abstract: The research situation of the functionalization of rubber material for green tire is introduced. The functionalization of rubber for green tire is currently focused on wet mixing of natural rubber (NR) / silica master rubber, graphene or carbon nanotube reinforced NR, high strength NR, multi-functional solution-polymerized styrene-butadiene rubber (SBR), long-chain branched rare earth cis-butadiene rubber (BR) and high vinyl content BR. The main functional formulation technologies of rubber materials are binary and ternary combination of NR, SBR and BR, preparation of co-precipitated rubber/silica compound, formulation technologies of silica with coupling agents and processing aids, and application of flake inorganic fillers in the inner-liner compound. Recent advances in functional research of rubber material are mainly development of high toughness compounds, adaptive composites, air-tight composites, and compatibility of material systems. Besides the functional property, other properties of the functional rubber material for green tire have to meet the application requirements.

Key words: green tire; rubber material; functionalization; formulation technologies

韩泰推出新超级单驱轮胎 美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com)2019年5月6日报道:

韩泰轮胎美国公司在其载重子午线轮胎系列中新添了e3 Wide DL21超级单驱轮胎(见图1)。



图1 e3 Wide DL21轮胎

与其前身DL07轮胎相比,新的e3 Wide DL21轮胎提供了更长的寿命和里程。

韩泰称,与DL07轮胎相比,e3 Wide DL21轮胎的行驶里程延长了2%,滚动阻力增大10%。

e3 Wide DL21轮胎胎面花纹采用韩泰的三维Siping技术,以提高整体牵引力和性能以及延长使用寿命。重新设计的胎面包括7条主花纹沟,以减少其在较长使用寿命内的胎面花纹块开裂问题。

e3 Wide DL21轮胎最主要的改进是采用韩泰Smartec载重子午线技术。Smartec是一个综合性的制造工艺,结合了安全性、续航性、抗切割性、可翻新性和牵引性5个主要轮胎性能因素。

(马晓摘译 吴秀兰校)