

新型钢丝帘线在全钢轻型载重子午线轮胎轻量化设计中的应用

王传志, 刘连波, 王天石, 张杰, 许冰

(青岛双星轮胎工业有限公司, 山东 青岛 266400)

摘要: 研究3种新型钢丝帘线在全钢轻型载重子午线轮胎轻量化设计中的应用。结果表明, 采用新型钢丝帘线 $4+3\times 0.33\text{ST}$, $3+8\times 0.22\text{ST}$ 和 $3\times 7\times 0.175\text{HE}$ 分别替代传统钢丝帘线 $3\times 0.20+6\times 0.35\text{HT}$, $3+9\times 0.22\text{HT}+0.15$ 和 $3\times 7\times 0.20\text{HE}$ 用于7.50R16LT全钢轻型载重子午线轮胎的带束层、胎体和 0° 带束层中, 轮胎的强度、高速性能和耐久性均能满足国家标准要求, 且轮胎质量减小, 生产成本降低。

关键词: 钢丝帘线; 全钢轻型载重子午线轮胎; 带束层; 胎体; 轻量化; 成品性能; 生产成本

中图分类号: TQ330.38⁺9; U463.341⁺.3/.6

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2022)06-0361-05

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2022.06.0361



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近几年, 根据国家节能减排要求, 同时伴随我国环保治理力度的不断加大, 全球范围内原材料价格上涨, 通过材料替代, 降低生产能耗和材料成本、提高产品性能已成为轮胎行业发展的必然趋势^[1]。新型钢丝帘线的研究与应用也成为提升轮胎企业竞争力的重要手段^[2-3]。

随着我国经济的发展, 公路运输业发展迅速, 超载治理力度不断增大, 车型、车辆的使用环境也发生了很大变化^[4]。大中型城市已禁止大型货车进入市区, 市区内的物流运输主要由轻型、微型卡车承担; 同时伴随乡村经济的迅速发展, 轻型、微型卡车的需求量也逐年增大^[5]。在此发展背景下, 轻型载重轮胎的需求量将迎来新的增长, 其使用规格主要集中在6.50R16, 7.00R16和7.50R16等上^[6-7]。

本工作从骨架材料方面入手, 对7.50R16LT全钢轻型载重子午线轮胎轻量化产品开发进行钢丝帘线升级换代^[8], 从而减小轮胎质量、降低成本, 同时提高产品性能。

作者简介: 王传志(1982—), 男, 山东青岛人, 青岛双星轮胎工业有限公司工程师, 硕士, 主要从事全钢载重子午线轮胎产品开发和骨架材料应用研究。

E-mail: azxm2008@163.com

1 实验

1.1 主要原材料

$4+3\times 0.33\text{ST}$, $3+8\times 0.22\text{ST}$, $3\times 7\times 0.175\text{HE}$, $3\times 0.20+6\times 0.35\text{HT}$, $3+9\times 0.22\text{HT}+0.15$ 和 $3\times 7\times 0.20\text{HE}$ 钢丝帘线, 江苏兴达钢帘线股份有限公司产品。

1.2 主要设备和仪器

四辊钢丝帘布压延生产线, 日本IHI株式会社产品; 15° 钢丝帘布裁断机和 90° 钢丝帘布裁断机, 德国费舍尔热工有限公司产品; 全钢一次法成型机, 中航工业北京航空制造工程研究所产品; 全钢耐久试验机, 天津久荣工业技术有限公司产品; 电子拉力测试机, 美国MTS系统科技公司产品; Taber刚度仪, 美国泰伯机械公司产品; 环带疲劳试验机, 济南联工测试技术有限公司产品。

1.3 性能测试

钢丝帘线性能按照GB/T 11181—2016《子午线轮胎用钢帘线》进行测试。

成品轮胎性能按照企业标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 钢丝帘线结构与特性

6种钢丝帘线的截面对比如图1所示。

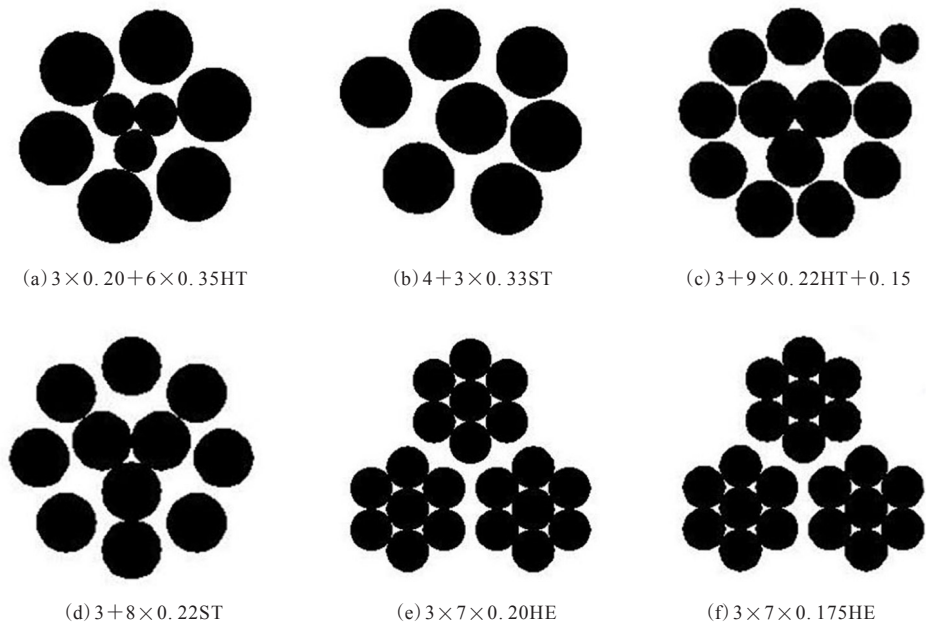


图1 钢丝绳线截面对比

从图1(a)和(b)可以看出:3×0.20+6×0.35HT钢丝绳为普通双层缠绕圆形结构,中间由3根股线捻制而成,外层由6根股线环绕中心3根股线异向捻制而成,层与层之间为点接触,压延时中间芯股易出现渗胶不完全现象;而4+3×0.33ST钢丝绳为更易渗胶的开放型结构(略带轻微不规则),股线数量更少,能有效减小轮胎质量,排列更简单,且股线均为同向捻制而成,线与线之间为线接触,钢丝绳压延时的渗胶性能更优异。

从图1(c)和(d)可以看出:3+9×0.22HT+

0.15和3+8×0.22ST钢丝绳均为传统圆形分层缠绕结构,两层股线为同向缠绕捻制而成;3+9×0.22HT+0.15钢丝绳比3+8×0.22ST钢丝绳多1层异向捻制的外缠丝,对3+9×0.22HT+0.15钢丝绳压延时的渗胶有一定限制,但外缠丝会增大钢丝绳的紧密程度,提高帘线的刚性,防止裁断后出现帘线散头问题。

从图1(e)和(f)可以看出:3×7×0.20HE钢丝绳与3×7×0.175HE钢丝绳的结构相同,仅股线直径不同。

6种钢丝绳线的性能对比如表1所示。

表1 钢丝绳线性能对比

项 目	带束层		胎体		0°带束层	
	4+3×0.33ST	3×0.20+6×0.35HT	3+8×0.22ST	3+9×0.22HT+0.15	3×7×0.175HE	3×7×0.20HE
帘线直径/mm	1.10	1.13	0.91	1.14	1.20	1.70
捻距/mm	∞/18.0	10.0/18.0	6.3/12.5	6.3/12.5/3.5	3.9/6.3	3.9/6.3
捻向	S	S/Z	S/S	S/S/Z	S/S	S/S
线密度/(g·m ⁻¹)	4.74	5.34	3.33	3.85	4.45	5.85
破断力/N	≥1 850	≥1 850	≥1 370	≥1 410	≥1 150	≥1 360
破断伸长率/%					≥4	≥5
粘合力指数/%	116	100	113	100	96	100
弯曲刚度指数/%	104	100	55	100		
覆胶弯曲刚度指数/%	143	100	86	100		
冲击吸收率指数/%	114	100	101	100		
渗胶率指数/%	103	100	120	100		

从表1可以看出,在带束层中,4+3×0.33ST钢丝帘线与3×0.20+6×0.35HT钢丝帘线的破断力相同,但4+3×0.33ST钢丝帘线的直径减小了约3%,线密度减小了11%,弯曲刚度增大了4%,覆胶弯曲刚度增大了43%,冲击吸收率提高了14%,渗胶率提高了3%。在不增大压延帘布密度的前提下,与3×0.20+6×0.35HT钢丝帘线相比,4+3×0.33ST钢丝帘线的强度相同,质量减小,成本降低,性能更优。

在胎体中,3+8×0.22ST钢丝帘线比3+9×0.22HT+0.15钢丝帘线的直径减小了约20%,破断力减小了约3%,线密度减小了13.5%,弯曲刚度减小了45%,覆胶弯曲刚度减小了14%,但两种钢丝帘线的冲击吸收率基本相同,且3+8×0.22ST钢丝帘线的渗胶率提高了20%。

0°带束层主要起到箍紧轮胎的作用,减小轮胎胎冠部位的周向变形,降低1°带束层与2°带束层端部层间剪切应力和带束层端部区域的应变能^[9-10],大幅提高轮胎的耐久性能,减少轮胎肩空现象。与3×7×0.20HE钢丝帘线相比,3×7×0.175HE钢丝帘线的直径减小了29%,线密度减小了24%,在不改变压延密度的前提下,3×7×0.175HE钢丝帘线的质量和成本都更具优势。

2.2 工艺性能

采用四辊钢丝帘布压延机压延,在压延过程中6种钢丝帘线无打褶、稀线、跳线等问题,压延帘布表面光滑平整,覆胶性能良好,裁断后帘布边部切口整齐,钢丝帘线不松散,无变形,边部无翘头问题。

6种钢丝帘布的压延参数对比见表2。

表2 钢丝帘布压延参数对比

项 目	带束层		胎体		0°带束层		%
	4+3×0.33ST	3×0.20+6×0.35HT	3+8×0.22ST	3+9×0.22HT+0.15	3×7×0.175HE	3×7×0.20HE	
压延厚度指数	100	100	100	100	89	100	
压延密度指数	100	100	100	100	100	100	

2.3 渗胶性能

胶料的渗透性能对于轮胎用钢丝帘线十分重要,钢丝帘线渗胶性能好,可有效地阻止外界水、汽等对钢丝帘线的侵蚀,保证钢丝帘线与胶料之间有长期稳定的粘合力,减少轮胎使用过程中的脱空问题,从而延长轮胎的使用寿命。

钢丝帘线渗胶后的截面对比如图2所示,钢丝帘线与胶料的粘合性能对比见表3和4。3×7×0.20HE钢丝帘线与3×7×0.175HE钢丝帘线的结构相同,仅股线直径不同,渗胶情况相当,在此不做赘述。

从图2(a)和(b)可以看出,3×0.20+6×0.35HT钢丝帘线中心股丝间存在渗胶不完全现象,而4+3×0.33ST钢丝帘线是由直径相同的股丝同向捻制而成的全渗胶结构钢丝帘线,渗胶性能良好。

从图2(c)和(d)可以看出,受钢丝帘线结构影响,3+8×0.22ST和3+9×0.22HT+0.15钢丝帘线的中心股丝之间均存在不同程度的渗胶不完

全现象,但3+9×0.22HT+0.15钢丝帘线渗胶不完全现象相对严重。

从表3可以看出,与3×0.20+6×0.35HT钢丝帘线相比,4+3×0.33ST钢丝帘线的粘合力、剥离强度和剥离力分别提高了39%,14%和14%。

从表4可以看出,与3+9×0.22HT+0.15钢丝帘线相比,3+8×0.22ST钢丝帘线的粘合力、剥离强度和剥离力分别提高了9%,5%和5%。

钢丝帘线粘合性能的提高有助于提高轮胎的耐久性能。

2.4 成品性能

采用4+3×0.33ST,3+8×0.22ST和3×7×0.175HE钢丝帘线(方案1)分别替代3×0.20+6×0.35HT,3+9×0.22HT+0.15和3×7×0.20HE钢丝帘线(方案2)应用于7.50R16LT全钢轻型载重子午线轮胎的带束层、胎体和0°带束层中,由于钢丝帘线的线密度减小,因此轮胎的质量也相应减小。

两种方案轮胎的成品性能对比如表5所示。

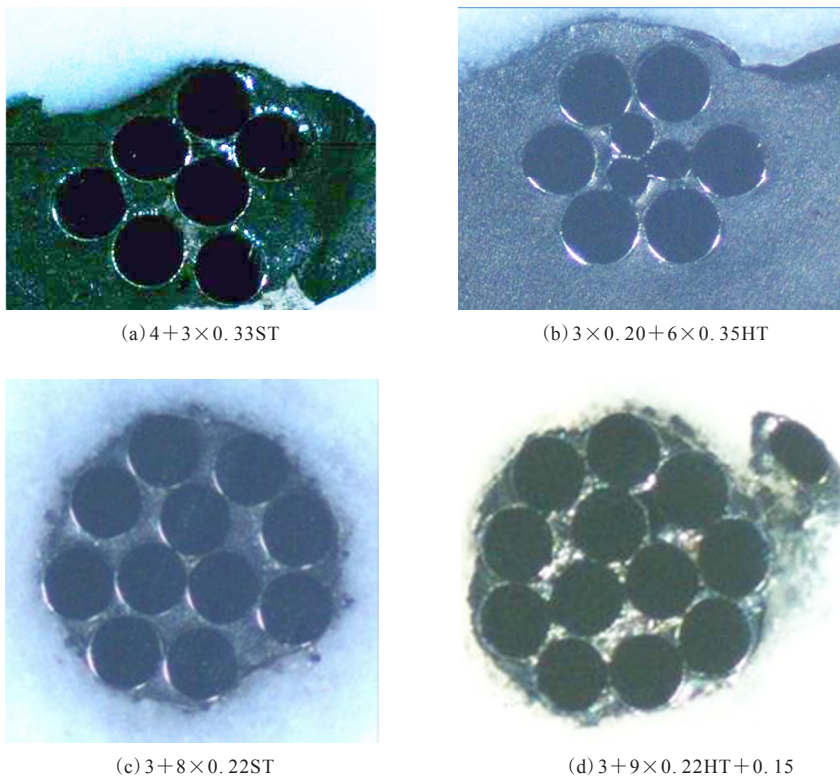


图2 钢丝帘线渗胶后的截面对比

表3 $4+3\times 0.33ST$ 与 $3\times 0.20+6\times 0.35HT$ 钢丝帘线的胶料粘合性能对比 %

项 目	$4+3\times 0.33ST$	$3\times 0.20+6\times 0.35HT$
粘合力指数	139	100
剥离强度指数	114	100
剥离力指数	114	100

表4 $3+8\times 0.22ST$ 与 $3+9\times 0.22HT+0.15$ 钢丝帘线的胶料粘合性能对比 %

项 目	$3+8\times 0.22ST$	$3+9\times 0.22HT+0.15$
粘合力指数	109	100
剥离强度指数	105	100
剥离力指数	105	100

从表5可以看出,两种方案轮胎的成品性能相当,且均满足国家标准和我公司内控指标要求。

2.5 成本分析

两种方案轮胎的质量对比如表6所示。

从表6可以看出,与方案2轮胎相比,方案1轮胎的带束层、胎体和0°带束层的帘布质量分别减小了7%,7%和17%,帘布质量整体减小了7.6%,整胎质量减小近2%。由此可见,采用新型钢丝帘线 $4+$

表5 成品轮胎性能对比

项 目	方案1 轮胎	方案2 轮胎	国家 标准
胎体安全倍数	8.19	8.49	
带束层安全倍数	9.79	10.09	
强度性能			
破坏能/J	3 006.9	3 656.7	>712
轮胎损坏形式	未损坏	未损坏	
静负荷下沉率/%	15.2	13.3	
高速性能试验			
最高行驶速度/($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	130	130	>110
试验结束时轮胎状况	未损坏	未损坏	
耐久性试验			
累计行驶时间/h	120	120	>47
试验结束时轮胎状况	未损坏	未损坏	

$3\times 0.33ST$, $3+8\times 0.22ST$ 和 $3\times 7\times 0.175HE$ 制造的轮胎更具成本优势。

3 结论

采用新型钢丝帘线 $4+3\times 0.33ST$, $3+8\times 0.22ST$ 和 $3\times 7\times 0.175HE$ 分别替代传统钢丝帘线 $3\times 0.20+6\times 0.35HT$, $3+9\times 0.22HT+0.15$ 和 $3\times 7\times 0.20HE$ 应用于7.50R16LT全钢轻型载重子午线轮胎的带束层、胎体和0°带束层中,在保证

表6 轮胎的质量对比

项 目	带束层		胎体		0°带束层	
	4+3×0.33ST	3×0.20+6×0.35HT	3+8×0.22ST	3+9×0.22HT+0.15	3×7×0.175HE	3×7×0.20HE
压延密度/(根·dm ⁻¹)	60	60	60	60	13/29 ¹⁾	13/29 ¹⁾
帘布强度指数/%	100	100	97	100	85	100
钢丝帘线质量指数/%	89	100	86	100	76	100
胶料质量指数/%	103	100	101	100	95	100
帘布质量指数/%	93	100	93	100	83	100

注:1)单位为根/mm。

成品轮胎使用性能的前提下,可以减小轮胎质量,降低生产成本。

参考文献:

[1] 康永林. 汽车轻量化先进高强钢与节能减排[J]. 钢铁,2008(6):1-7.

[2] 蒋延华,曹进忠,王树举,等. 一款新型钢丝帘线在带束层中的应用[J]. 橡塑技术与装备,2021(9):46-49.

[3] 罗奕文,姜培玉,田浩. 国内全钢载重子午线轮胎市场分析及新型钢丝帘线的应用[J]. 中国冶金文摘,2012,26(2):33-34,38.

[4] 陈荫三. 运用经济杠杆长效治理超载超限运输[J]. 中国公路学报,2004(2):94-99.

[5] 王威. 未来轻卡市场需求预测[J]. 时代汽车,2011(2):3.

[6] 孙佳佳,孙宝余,王晓东. 215/85R16LT全钢轻型载重子午线轮胎设计及三角胶高度优化[J]. 轮胎工业,2021,41(7):431-434.

[7] 王宏星,李世军,梁华. 7.50R16L轻型载重汽车子午线轮胎的设计[J]. 橡胶科技市场,2009,7(20):19-20.

[8] 谢遂志,刘登祥,周鸣雷. 橡胶工业手册(修订版) 第一分册 生胶与骨架材料[M]. 北京:化学工业出版社,1989.

[9] 黄兆阁,李长宇,孟祥坤,等. 235/45R18轮胎带束层帘线的优化设计[J]. 橡胶工业,2020,67(3):209-213.

[10] 冯琳阁,辛振祥. 不对称带束层11.00R20全钢载重子午线轮胎有限元分析[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版),2012(2):177-182.

收稿日期:2021-12-27

Application of New Steel Cords in Lightweight Design of All-steel Light Truck and Bus Radial Tire

WANG Chuanzhi,LIU Lianbo,WANG Tianshi,ZHANG Jie,XU Bing
(Qingdao Doublestar Tire Industry Co.,Ltd,Qingdao 266400,China)

Abstract: The application of three new steel cords in the lightweight design of all-steel light truck and bus radial tire was studied. The results showed that by using the new steel cords 4 + 3×0.33ST, 3 + 8×0.22ST and 3×7×0.175HE to replace the traditional steel cords 3×0.20+6×0.35HT,3+9×0.22HT+0.15 and 3×7×0.20 in the belt,carcass and 0° belt layer of 7.50R16LT all-steel light truck and bus radial tire, respectively, the strength, high-speed performance and durability of the tire met the requirements of national standards,and the tire weight and production cost were reduced.

Key words: steel cord; all-steel light truck and bus radial; belt; carcass; lightweight; finished tire performance;production cost

一种轮胎胎面橡胶组合物的制备方法及其橡胶组合物

由青岛双星轮胎工业有限公司申请的专利(公布号 CN 114106432A,公布日期 2022-03-01)“一种轮胎胎面橡胶组合物的制备方法及其橡胶组合物”,提出一种轮胎胎面胶的制备方法,包括一段混炼、二段混炼和终炼。制备时将不溶性

硫黄与巯基硅烷偶联剂在一段混炼时一起加入进行低温混炼,在二段混炼时再进行高温混炼,得到的胶料不仅没有发生早期硫化现象,而且加工性能有一定改善,能够解决现有技术中巯基硅烷偶联剂反应活性难以灵活调整以适应不同配方需求的问题。

(本刊编辑部 马 晓)