

原材料·配方

3+9+15×0.225ST钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用

朱立新¹, 冯兴林¹, 徐海涛², 潘雷², 苍俊祥², 陈立强^{2*}

(1. 山东昌丰轮胎有限公司, 山东 广饶 257335; 2. 山东大业股份有限公司, 山东 诸城 262200)

摘要: 研究3+9+15×0.225ST钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用。结果表明: 与3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线相比, 3+9+15×0.225ST钢丝帘线破断力提高30%, 刚度提高24%, 耐疲劳性能明显改善; 以其替代3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线用于全钢载重子午线轮胎胎体, 轮胎破坏能和耐久性能提高, 使用寿命延长。

关键词: 全钢载重子午线轮胎; 钢丝帘线; 胎体; 耐疲劳性能; 耐久性能; 使用寿命

中图分类号: TQ336.1; TQ330.38⁺9

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2022)12-0921-05

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2022.12.0921



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

进入21世纪以来,我国子午线轮胎生产得到了长足的发展,从引进技术到国产化技术、从低端制造向高端制造转型,企业规模持续壮大,品质管控越来越严格,品牌化发展越来越清晰,根据国家战略规划向着培养具有世界影响力的轮胎企业和民族轮胎品牌迈进^[1-2]。

钢丝帘线作为轮胎的骨架材料,起着支撑胎体同时承载车辆及货物载质量的作用^[3-9]。这就要求钢丝帘线具有优异的耐屈挠疲劳性能和超高的破断力以保证轮胎安全性,且钢丝帘线与橡胶具有良好的粘合性以保证橡胶与钢丝帘线的结合,减少钢丝帘线脱层、断裂等带来的风险^[10-12]。

3+9+15×0.225ST钢丝帘线特点如下:

(1)同向捻,减少钢丝帘线层与层之间点接触造成的损耗,提高钢丝帘线耐疲劳性能;(2)单丝强度高,保障轮胎结构安全倍数;(3)结构简化、单丝直径大,在成本及耐疲劳性能方面优势明显;(4)无外缠丝,减小钢丝帘线加工成本,优化加工工艺。

本工作研究3+9+15×0.225ST钢丝帘线替代3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

3+9+15×0.225ST钢丝帘线,山东大业股份有限公司产品;3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线,国内某钢丝帘线厂产品。

1.2 主要设备和仪器

钢丝帘线生产线,日本IHI公司产品;150-E型刚度仪,美国TABER公司产品;M/C型亨特疲劳试验机,山东泰成精密科技有限公司产品;3365型拉力机,美国英斯特朗公司产品;90°裁断机和一次法成型机,软控股份有限公司产品;双模硫化机,桂林橡胶机械有限公司产品;TB-2-200-Y型双工位轮胎高速/耐久试验机和LQJ-1B型轮胎强度/静负荷试验机,青岛高校测控技术有限公司产品。

作者简介: 朱立新(1973—),男,山东聊城人,山东昌丰轮胎有限公司助理工程师,主要从事子午线轮胎结构设计和工艺管理工作。

*通信联系人(284900547@qq.com)

引用本文: 朱立新,冯兴林,徐海涛,等. 3+9+15×0.225ST钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用[J]. 橡胶工业, 2022, 69(12): 921-925.

Citation: ZHU Lixin, FENG Xinglin, XU Haitao, et al. Application of 3+9+15×0.225ST steel cord in carcass of truck and bus radial tire[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(12): 921-925.

1.3 性能测试

钢丝帘线性能按照GB/T 33159—2016进行测试;成品轮胎充气外缘尺寸和强度性能分别按照GB/T 521—2012和GB/T 4501—2016测试,轮胎耐久性能按照山东昌丰轮胎有限公司内控标准测试。

2 结果与讨论

2.1 钢丝帘线性能

2.1.1 结构及基本性能指标

3+9+15×0.225ST钢丝帘线和3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线结构对比见图1,性能指标对比见表1。

由图1可见:两种钢丝帘线均属于紧密型结构,渗胶性能一般,渗胶后钢丝帘线变形情况有差异,3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线带有外缠丝,渗胶后帘线结构发生变化,芯线结构变化不大,第2层与第3层之间渗胶厚度不均匀,造成钢丝

表1 两种钢丝帘线基本性能指标对比
Tab. 1 Comparison of basic property indexes of two kinds of steel cords

项 目	3+9+15× 0.225ST	3+9+15×0.22+ 0.15HT
单丝直径/mm	0.225±0.01	0.22±0.1/0.15±0.1
帘线直径/mm	1.39±0.05	1.62±0.05
捻向	Z/Z/Z	S/S/Z/S
捻距(±5%)/mm	6.3/12.5/18	6.3/12.5/18/3.5
镀层质量/(g·kg ⁻¹)	3.80±0.08	3.86±0.96
定长(BS40/BS60)/m	2 500	2 000
线密度/(g·m ⁻¹)	8.63±0.22	8.50±0.22
破断力/N	≥3 510	≥2 700
破断伸长率/%	2.0	2.0

帘线略有变形;3+9+15×0.225ST钢丝帘线渗胶后各内外层结构间隙变化不大,渗胶均匀。与带外缠丝结构3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线相比,不带外缠丝结构3+9+15×0.225ST钢丝帘线渗胶后稳定性提高,具有良好的耐疲劳及耐屈挠性能。

由表1可见:与3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线相比,3+9+15×0.225ST钢丝帘线直径减小,可以减小压延帘布厚度;破断力提高30%,可提高轮胎结构安全倍数。

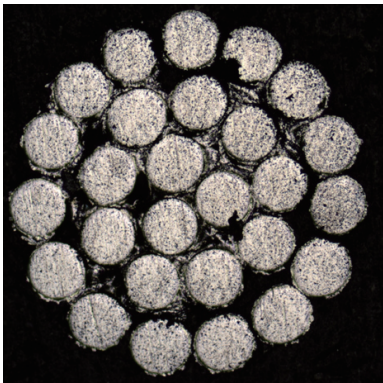
2.1.2 刚度

两种钢丝帘线刚度对比见表2。

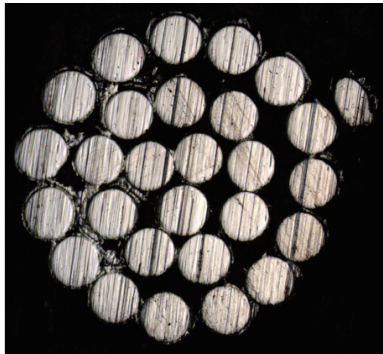
由表2可见,3+9+15×0.225ST钢丝帘线刚度大于3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线。钢丝帘线刚度越大挺性越好,压延时发生跳线、并线的概率低,有利于帘布压延的质量稳定性,且帘布裁断时塑性保持率好,扭转目标值设定合理则帘布发生翘头的概率低;成型时因载重轮胎胎圈部位材料厚度偏大,钢丝帘线较大的刚度和良好的挺性可以减轻成型胎坯胎圈部位因三角胶、胎圈等材料厚度和质量大造成的凹陷和由此带来的硫化

表2 两种钢丝帘线刚度对比
Tab. 2 Comparison of stiffnesses of two kinds of steel cords TSU

试样编号	3+9+15×0.225ST	3+9+15×0.22+0.15NT
1	133.6	104.3
2	124.5	106.2
3	125.8	103.8
4	122.5	101.0
5	135.7	102.4
平均值	128.4	103.5



(a) 3+9+15×0.225ST



(b) 3+9+15×0.22+0.15NT

图1 两种钢丝帘线结构对比

Fig. 1 Comparison of structures of two kinds of steel cords

装模困难,减少胎坯变形引起的质量问题。

2.1.3 亨特疲劳试验

应用亨特疲劳试验机模拟钢丝帘线在轮胎中受力弯曲运动中的应力状态。取1根限定长度的钢丝帘线置于亨特疲劳试验机上,弯曲180°,在接受弯曲应力的状态下旋转钢丝帘线,使其反复受到拉伸和压缩应力,直至钢丝帘线发生断裂,记录一定弯曲应力下的疲劳次数,试验结果见表3。

表3 两种钢丝帘线疲劳次数对比

Tab.3 Comparison of fatigue times of two kinds of steel cords

试样编号	3+9+15× 0.225ST	3+9+15×0.22+ 0.15HT
弯曲应力1.372 kN		
1	15 538 245	14 872 251
2	15 253 426	14 579 632
3	15 669 543	14 753 214
平均值	15 487 071	14 735 032
弯曲应力1.470 kN		
1	15 137 261	14 083 256
2	14 883 721	13 865 891
3	15 238 345	13 925 369
平均值	15 086 442	13 928 172

由表3可见:在加载相同弯曲应力的情况下,3+9+15×0.225ST 钢丝帘线耐疲劳性能具有明显优势;两种钢丝帘线疲劳次数均随加载应力的增大而减少。

2.1.4 H 抽出力

H 抽出力是从硫化试样中将埋入的钢丝帘线沿轴向抽出的力。每板试样15根钢丝帘线,每板试样抽取5根钢丝帘线以测算其H 抽出力的平均值,使用的夹具应有保证应力均匀的圆孔以用来观察覆胶率,测试结果见表4。

由表4可见,两种钢丝帘线老化前H 抽出力、覆胶率及老化后H 抽出力保持率均保持较高水平,满足客户使用要求。

2.2 帘布生产工艺

2.2.1 压延

两种压延钢丝帘布性能对比见表5。
由表5可见,与3+9+15×0.22+0.15NT 钢丝帘布相比,3+9+15×0.225ST 钢丝帘布压延密度减小,帘布强度增大。

3+9+15×0.225ST 钢丝帘线在压延放线单

表4 两种钢丝帘线H抽出力对比

Tab.4 Comparison of H extraction forces of two kinds of steel cords

	3+9+15×0.225ST			3+9+15×0.22+0.15NT		
老化试验	H抽出 力/N	H抽出 力保持 率/%	覆胶 率/%	H抽出 力/N	H抽出 力保持 率/%	覆胶 率/%
热老化 ¹⁾						
初始	1 757		95	1 867		98
3 d	1 309	78	95	1 529	82	94
7 d	633	41	94	814	44	93
盐水老化 ²⁾						
初始	1 873		96	1 631		97
7 d	1 117	66	78	1 136	70	66
14 d	768	46	62	789	48	58

注:1) 温度为105 ℃;2) 氯化钠溶液的质量分数为0.05,温度为室温。

表5 两种压延钢丝帘布性能对比

Tab.5 Comparison of properties of two kinds of calendered steel cord fabrics

项 目	3+9+15× 0.225ST	3+9+15×0.22+ 0.15NT
压延密度/(根·dm ⁻¹)	48	50
帘布强度指数	16.8	13.5

丝张力和压延主张力分别控制为(14.7±0.98)和(11 760±980) N、压延厚度为2.8 mm、压延线速度为25 m·min⁻¹的条件下,压延钢丝帘布未出现稀并线现象及散头、硬弯、波浪丝、起鼓等情况,帘布平整光滑,符合压延工艺要求^[1-2],如图2所示。

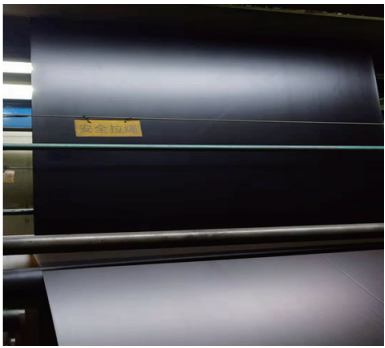


图2 3+9+15×0.225ST压延钢丝帘布
Fig.2 3+9+15×0.225ST calendered steel cord fabric

2.2.2 裁断

3+9+15×0.225ST 钢丝帘布应用于12.00R20 轮胎胎体,裁断时采用90°直裁裁断机^[13-17],裁断帘布四角无翘头、翘边现象,中间部分无拱起,全程自动拼接,接头良好,拼接间隙符合裁断施工标准,裁断质量符合裁断工艺要求,如图3所示。



图3 3+9+15×0.225ST钢丝帘布直裁拼接
Fig.3 Direct cutting splicing of 3+9+15×0.225ST steel cord fabric

2.2.3 成型

采用3+9+15×0.225ST钢丝帘布的胎体挺性好、刚度大,成型充气后膨胀的胎体帘布无拉伸、变形、稀并线情况,胎体承载力强,后压辊辊压后胎坯形状保持良好,成型胎坯停放后胎圈部位无凹陷情况,成型状态见图4。



图4 3+9+15×0.225ST钢丝帘布轮胎成型状态
Fig.4 Building state of 3+9+15×0.225ST steel cord fabric tire

2.3 成品性能

使用3+9+15×0.225ST钢丝帘线替代3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线应用于工矿系列12.00R20全钢载重子午线轮胎胎体,进行成品轮胎性能测试,结果见表6。

由表6可见:使用3+9+15×0.225ST钢丝帘线的轮胎充气外缘尺寸符合国家标准要求;与使用3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线的轮胎相比,使用3+9+15×0.225ST钢丝帘线轮胎的破坏能提高24%,耐久性试验累计行驶时间延长16%,远超过国家标准要求。综合来看,使用3+9+15×0.225ST钢丝帘线的轮胎安全性更好。

表6 两种钢丝帘线成品轮胎性能测试结果
Tab.6 Test results of performances of two kinds of steel cord tires

项 目	3+9+15× 0.225ST	3+9+15× 0.22+0.15NT	国家标准
充气外直径/mm	1 125	1 127	1 091~1 193
充气断面宽/mm	315	316	306~334
破坏能/J	5 776	4 658	≥3 051
耐久性试验累计 行驶时间/h	96.65	83.23	≥47

2.4 成本分析

压延机停机的人工、设备及原材料方面的浪费极大。3+9+15×0.225ST钢丝帘线定长比3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线增大500 m,其可减少压延停机、接头搭接牵引等工时及材料浪费。压延成品率可提高25%。

两种钢丝帘布生产成本对比见表7。

表7 两种钢丝帘布成本对比
Tab.7 Comparison of costs of two kinds of steel cord fabrics

项 目	3+9+15× 0.225ST	3+9+15× 0.22+0.15NT
压延密度/(根·dm ⁻¹)	48	50
帘布厚度/mm	2.8	3.0
帘线成本指数/%	97.5	100
胶料成本指数/%	93.1	100
帘布质量指数/%	95.8	100

由表7可见,与3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘布相比,3+9+15×0.225ST钢丝帘布压延密度减小2根·dm⁻¹,压延厚度减小0.2 mm,帘线成本、胶料成本和帘布质量分别减小2.5%,6.9%和4.2%,具有明显的成本优势。

3 结论

工矿系列轮胎主要应用于矿区,道路条件苛刻且轮胎承载质量大。与3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线相比,3+9+15×0.225ST钢丝帘线直径减小,破断力、刚度、耐疲劳性能明显提高,与胶料粘合性能良好,以其替代3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线用于工矿系列全钢载重子午线轮胎胎体,可减小压延密度和帘布厚度,并延长轮胎使用寿命,具有良好的效益。

参考文献:

[1] 王晓慧,罗礼培,杨文波.浅谈我国车用子午线轮胎发展现状及发

- 展趋势[J]. 汽车工业研究, 2016(8):41-44.
- WANG X H, LUO L P, YANG W B. Development status and trend of vehicle radial tire in China[J]. Auto Industry Research, 2016(8): 41-44.
- [2] 朱俊. 我国汽车子午线轮胎的发展和未来[J]. 化学工业, 2011, 29(10):9-13, 23.
- ZHU J. Development and future of auto radial tire in China[J]. Chemical Industry, 2011, 29(10):9-13, 23.
- [3] 黄兆阁, 李伟, 孟祥坤, 等. 骨架材料对免充气轮胎承载性能和接地性能的影响[J]. 橡胶工业, 2020, 67(4):294-301.
- HUANG Z G, LI W, MENG X K, et al. Influence of skeleton material on bearing performance and grounding performance of non pneumatic tire[J]. China Rubber Industry, 2020, 67(4):294-301.
- [4] 王纪增, 张超, 李易, 等. 0.17+5×0.215+10×0.235CCST 钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎胎体中的应用[J]. 轮胎工业, 2018, 38(7):429-431.
- WANG J Z, ZHANG C, LI Y, et al. Application of 0.17+5×0.215+10×0.235CCST steel cord in carcass of truck and bus radial tire[J]. Tire Industry, 2018, 38(7):429-431.
- [5] 陈立强, 张玉强. 3+8×0.33ST 钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎带束层中的应用[J]. 橡胶科技, 2021, 19(6):280-282.
- CHEN L Q, ZHANG Y Q. Application of 3+8×0.33ST steel cord in belt of truck and bus radial tire[J]. Rubber Science and Technology, 2021, 19(6):280-282.
- [6] 李彤, 贺惠英. 3+8×0.23ST 钢丝帘线在半钢轻型载重子午线轮胎中的应用[C]. “万力杯”第20届中国轮胎技术研讨会论文集. 苏州:中国化工学会橡胶专业委员会、全国橡胶工业信息中心, 2018:197-200.
- [7] 黄晓丽, 曾清, 杨利伟, 等. 3+9×0.22+0.15 钢丝帘线在全钢轻型载重子午线轮胎胎圈包布中的应用[C]. “万力杯”第20届中国轮胎技术研讨会论文集. 苏州:中国化工学会橡胶专业委员会、全国橡胶工业信息中心, 2018:206-207.
- [8] 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.
- [9] 张国强. 重卡胎体用钢帘线橡胶复合材料的制备和疲劳性能研究[D]. 镇江:江苏大学, 2021.
- [10] 万呈呈. 基于硫化和补强体系的橡胶骨架材料粘合性能实验及测量方法研究[D]. 青岛:青岛科技大学, 2019.
- [11] 殷浩, 宋彦哲, 李云峰, 等. 间甲钴胺体系在轮胎骨架材料中的黏合机理研究[J]. 高分子学报, 2020, 51(4):411-420.
- YIN H, SONG Y Z, LI Y F, et al. Study on adhesion mechanism of resorcinol formaldehyde cobalt salt adhesive system in tire skeleton materials[J]. Acta Polymerica Sinica, 2020, 51(4):411-420.
- [12] 马明强. 子午线轮胎中的钢丝帘线/橡胶界面结构及其动态演变[D]. 青岛:青岛科技大学, 2013.
- [13] 谢遂志, 刘登祥, 周鸣彦. 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.
- [14] 梁守智, 钟延堃, 张丹秋. 橡胶工业手册(修订版) 第四分册 轮胎[M]. 北京:化学工业出版社, 1989.
- [15] 马达. 钢帘线生产工艺研究[D]. 沈阳:东北大学, 2018.
- [16] 李海峰, 陆林, 刘贵鹏. 钢丝裁断机贴片纠偏改造[J]. 橡塑技术与装备, 2021, 47(9):25-29.
- LI H F, LU L, LIU G P. Correction and reformation of film laminating on steel wire cutting machine[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2021, 47(9):25-29.
- [17] 范世强, 吴诗清. 90° 钢丝帘布裁断机拼接改造实例分析[J]. 橡塑技术与装备, 2015, 41(13):59-61.
- FAN S Q, WU S Q. Example analysis of stitching transformation for 90° steel wire cord cutting machine[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2015, 41(13):59-61.

收稿日期:2022-07-02

Application of 3+9+15×0.225ST Steel Cord in Carcass of Truck and Bus Radial Tire

ZHU Lixin¹, FENG Xinglin¹, XU Haitao², PAN Lei², CANG Junxiang², CHEN Liqiang²

(1. Shandong Changfeng Tyres Co., Ltd., Guangrao 257335, China; 2. Shandong Daye Co., Ltd., Zhucheng 262200, China)

Abstract: The application of 3+9+15×0.225ST steel cord in the carcass of truck and bus radial tire was investigated. The results showed that compared with 3+9+15×0.22+0.15NT steel cord, the breaking force of 3+9+15×0.225ST steel cord increased by 30%, the stiffness increased by 24%, and the fatigue resistance was significantly improved. By using 3+9+15×0.225ST steel cord to replace 3+9+15×0.22+0.15NT steel cord in the carcass of truck and bus radial tire, the damage energy and durability of tire were improved, and the service life was prolonged.

Key words: truck and bus radial tire; steel cord; carcass; fatigue resistance; durability; service life