

# 4×0.38UT钢丝帘线在半钢子午线轮胎带束层中的应用

杨京辉, 李红卫, 林辉宝, 陈 虎

[特拓(青岛)轮胎技术有限公司, 山东 青岛 266000]

**摘要:**研究4×0.38UT钢丝帘线替代2+7×0.28HT钢丝帘线用于半钢子午线轮胎带束层中的应用效果。结果表明, 在生产工艺不变的情况下, 采用4×0.38UT钢丝帘线的成品轮胎各项性能与替代前相当, 轮胎质量减小, 成本降低, 具有较好的经济效益。

**关键词:**半钢子午线轮胎; 钢丝帘线; 带束层; 质量; 成本; 成品性能

**中图分类号:**TQ336.1; TQ330.38<sup>+</sup>9

**文献标志码:**A

**文章编号:**1006-8171(2024)03-0165-04

**DOI:**10.12135/j.issn.1006-8171.2024.03.0165



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

为了响应国家绿色低碳、碳达峰、碳中和等高质量发展总体目标要求, 轮胎行业节能减排和本增效成为主旋律<sup>[1-3]</sup>。伴随着行业技术的不断革新突破, 做为轮胎重要骨架材料的钢丝帘线也在不断创新, 特高强度钢丝帘线就是近年来被关注的新材料<sup>[4-5]</sup>。

4×0.38UT钢丝帘线是一种特高强度钢丝帘线, 通过特殊加工工艺, 使其在保证强度和机械性能的同时, 具有更小的直径和更佳的柔韧性, 从而大幅降低了钢材的实际使用量。本工作研究4×0.38UT钢丝帘线替代2+7×0.28HT钢丝帘线在半钢子午线轮胎带束层中的应用效果。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

4×0.38UT钢丝帘线, 贝卡尔特(中国)技术研发有限公司产品。

### 1.2 主要设备和仪器

22×54-S型四辊精密钢丝压延机, 日本IHI株式会社产品; 钢丝裁断机, 德国Fischer公司产品; EXXIUM乘用车子午线轮胎全自动成型机, 荷兰VMI公司产品; 1 219 mm(48英寸)硫化机, 巨轮

(广州)智能装备有限公司产品; 高速/耐久性试验机、强度/脱圈试验机, 天津久荣工业技术有限公司产品。

### 1.3 性能测试

各项性能均按照相应国家或企业标准进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 钢丝帘线性能

4×0.38UT钢丝帘线具有超高强度、高柔韧度、质量小、综合成本低等特点, 其结构为4股0.38UT钢丝缠绕而成, 捻向为S, 其与2+7×0.28HT钢丝帘线的性能对比如表1所示。

表1 两种钢丝帘线的性能对比

| 项 目                        | 4×0.38UT | 2+7×0.28HT |
|----------------------------|----------|------------|
| 帘线直径/mm                    | 0.86     | 1.07       |
| 线密度/(g·m <sup>-1</sup> )   | 3.55     | 4.45       |
| 破断力/N                      | 1 657    | 1 648      |
| 粘合力/N                      | 804      | 748        |
| 铜质量分数                      | 0.634 7  | 0.636 1    |
| 镀层质量/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 3.41     | 3.59       |

### 2.2 钢丝帘线替代可行性分析

考虑到钢丝帘线替代时骨架材料强度和加工工装通用性, 压延密度选用与之前相同的55根·dm<sup>-1</sup>, 并对带束层的理论强度进行计算, 两种钢丝帘布强度计算结果如表2所示。

**作者简介:**杨京辉(1983—), 男, 山东招远人, 特拓(青岛)轮胎技术有限公司高级工程师, 学士, 主要从事轮胎新技术、新工艺、新材料的研发和应用工作。

**E-mail:**tt0004@tta-solution.com

表2 两种钢丝帘布强度计算结果

| 项 目                           | 4×0.38UT | 2+7×0.28HT |
|-------------------------------|----------|------------|
| 压延厚度/mm                       | 1.60     | 1.90       |
| 压延密度/(根·dm <sup>-1</sup> )    | 55       | 55         |
| 钢丝帘线刚度/(N·mm <sup>2</sup> )   | 968      | 597        |
| 覆胶帘布刚度/(N·mm <sup>2</sup> )   | 1 188    | 986        |
| 钢丝最大冲击力/N                     | 690      | 584        |
| 钢丝冲击吸收能/(J·mm <sup>-2</sup> ) | 7.27     | 4.38       |

从表2可以看出,使用4×0.38UT钢丝帘线后带束层帘布刚度提高了20%,冲击吸收能提高了66%,从根本上保证了帘布减薄0.3 mm后仍具有足够的强度。

2.3 生产工艺

2.3.1 钢丝帘布压延和裁断

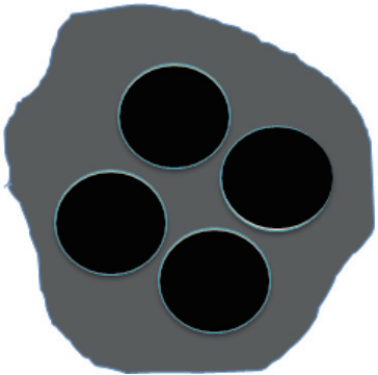
为保证压延质量,钢丝帘布压延生产速度设定为30 m·min<sup>-1</sup>[17],压延过程中直接使用压延密度为55根·dm<sup>-1</sup>的2+7×0.28HT钢丝帘布用整经辊和压力辊,调整压力辊与3#辊之间的间隙为0.75 mm,其他工艺参数如表3所示。

表3 两种钢丝帘布压延工艺参数对比

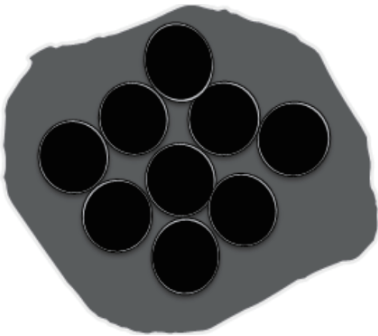
| 项 目                          | 4×0.38UT   | 2+7×0.28HT |
|------------------------------|------------|------------|
| 线密度/(g·m <sup>-1</sup> )     | 3.56       | 4.45       |
| 帘布压延密度/(根·dm <sup>-1</sup> ) | 55±2       | 55±2       |
| 辊筒温度/℃                       |            |            |
| 1#辊/4#辊                      | 85±5       | 85±5       |
| 2#辊/3#辊                      | 80±5       | 80±5       |
| 辊筒速比/%                       |            |            |
| 1#辊                          | 78         | 78         |
| 2#辊                          | 100        | 100        |
| 3#辊                          | 98         | 98         |
| 4#辊                          | 78         | 78         |
| 锭子房总风压/MPa                   | 0.2±0.02   | 0.2±0.02   |
| 压延张力/N                       | 5 500±500  | 6 000±500  |
| 单根钢丝张力/N                     | 8.83~10.79 | 8.83~11.77 |
| 帘布总厚度/mm                     | 1.60±0.05  | 1.90±0.05  |

两种钢丝帘线渗胶后剖面如图2所示。4×0.38UT和2+7×0.28HT钢丝帘线剥离力分别为194和166 N。

从图2可见,与2+7×0.28HT钢丝帘线相比,开放型4×0.38UT钢丝帘线压延覆胶时胶料更容易渗透到钢丝间隙,因此覆胶后的剥离状态好于2+7×0.28HT钢丝帘线。这种良好的渗胶性能,使其在半钢轿车子午线轮胎中使用时可以保证钢丝帘线与胶料的结合性能以及加工工艺性能,有助于提高轮胎的耐磨性能和抗锈蚀能力,延长轮



(a) 4×0.38UT



(b) 2+7×0.28HT

图2 两种钢丝帘线渗胶后剖面对比

胎的使用寿命<sup>[8-10]</sup>。裁取1 m压延后4×0.38UT钢丝帘布,取样测试压延帘布的弯曲和卷曲以及扭转(6 m内)情况,结果如图3和4所示。

从图3和4可见,压延后4×0.38UT钢丝帘布的平均弯曲为-26 mm,平均卷曲为5.6°,残余扭转均值为0.09圈,标准偏差1.65,过程能力指数为0.59。压延钢丝帘布表面状态良好,厚度、密度、渗胶量等均符合相关工艺要求。裁断时松散度和残余扭转指标均正常,裁断后的带束层有轻微翘

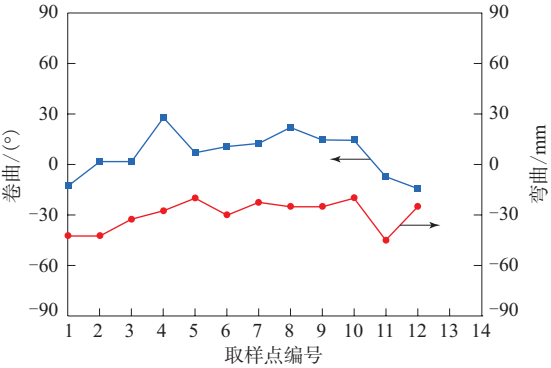


图3 压延后4×0.38UT钢丝帘布的弯曲和卷曲

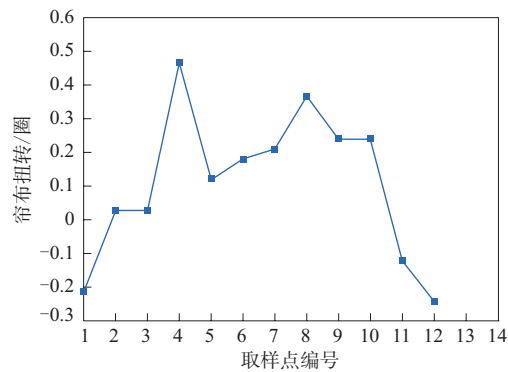


图4 压延后4×0.38UT 钢丝帘布的扭转

头现象,不影响自动接头。随着存放周期的延长,翘头现象会加重,因此特高强度钢丝压延的大卷使用周期要缩短至5~7 d。

2.3.2 轮胎成型和硫化

采用EXXIUM乘用车子午线轮胎全自动成型机成型规格为275/70R18 125/122S 10PR的轮胎,作业参数同原生产作业参数,仅在成型时对胎坯外周长进行适当调整,其他成型和硫化过程中的主要工艺参数变化不大。

2.4 成品性能

275/70R18 轮胎成品性能测试结果如表4所示。

从表4可以看出,使用两种不同钢丝帘线制造的轮胎的成品性能差异不大,均可以达到或超过国家或企业标准要求。

2.5 轮胎质量和成本核算

采用4×0.38UT 钢丝帘线替代2+7×0.28HT 钢丝帘线后轮胎质量和成本核算如表5所示。

从表5可以看出,采用4×0.38UT 钢丝帘线替代2+7×0.28HT 钢丝帘线用于相同规格轮胎带束层,在相同施工情况下,每平米帘布质量可降低17%,换算到轮胎整体质量中,约可减小2%~3.5%的轮胎质量,每平米帘布成本可降低10.91元。

3 结论

采用4×0.38UT 钢丝帘线替代2+7×0.28HT 钢丝帘线用于半钢子午线轮胎带束层,在生产工艺不变的情况下,成品轮胎性能与替代前相当,轮胎质量减小,成本降低,具有较好的经济效益。

表4 轮胎成品性能测试结果

| 项 目                        | 试验轮胎            | 原生产轮胎           | 指标      |
|----------------------------|-----------------|-----------------|---------|
| 外缘尺寸/mm                    |                 |                 |         |
| 外直径                        | 839             | 838             | 831~855 |
| 断面宽                        | 274             | 280             | 268~290 |
| 磨耗标志高度                     | 1.8             | 1.8             | ≥1.6    |
| 脱圈阻力/N                     | 20 999(未脱)      | 21 006(未脱)      | ≥11 120 |
| 破坏能/J                      | 744.4(已穿)       | 1 814.8(已穿)     | ≥634    |
| 耐久性能                       |                 |                 |         |
| 累计行驶时间/h                   | 34              | 34              | ≥34     |
| 气压保持率/%                    | 113             | 113             | ≥95     |
| 结束后外观                      | 完好              | 完好              |         |
| 低气压性能                      |                 |                 |         |
| 累计行驶时间/h                   | 10              | 26              | ≥1.5    |
| 气压保持率/%                    | 117             | 114             | ≥95     |
| 结束后外观                      | 完好              | 完好              |         |
| 高速性能                       |                 |                 |         |
| 通过速度/(km·h <sup>-1</sup> ) | 170             | 170             | ≥170    |
| 累计行驶时间/h                   | 4.5             | 4.5             | ≥4      |
| 气压保持率/%                    | 118             | 110             | ≥95     |
| 结束后外观                      | 完好              | 完好              |         |
| 静负荷性能                      |                 |                 |         |
|                            | 下沉量29.6 mm,     | 下沉量28.9 mm,     |         |
|                            | 下沉率15.50%,      | 下沉率15.17%,      |         |
|                            | 印痕面积333.2       | 印痕面积391.4       |         |
|                            | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> |         |

表5 两种钢丝帘线质量和成本核算

| 项 目                                        | 4×0.38UT | 2+7×0.28HT |
|--------------------------------------------|----------|------------|
| 帘线间距/mm                                    | 0.95     | 0.76       |
| 帘布强度指数/%                                   | 101      | 100        |
| 质量核算                                       |          |            |
| 钢丝帘线质量/(kg·m <sup>-2</sup> )               | 1.96     | 2.45       |
| 橡胶质量/(kg·m <sup>-2</sup> )                 | 1.56     | 1.82       |
| 帘布质量/(kg·m <sup>-2</sup> )                 | 3.52     | 4.27       |
| 钢丝帘线质量指数/%                                 | 80       | 100        |
| 橡胶质量指数/%                                   | 86       | 100        |
| 帘布质量指数/%                                   | 83       | 100        |
| 成本核算                                       |          |            |
| 钢丝帘线成本/(元·m <sup>-2</sup> )                | 23.1     | 31.33      |
| 橡胶成本/(元·m <sup>-2</sup> )                  | 16.4     | 19.09      |
| 帘布成本/(元·m <sup>-2</sup> )                  | 39.51    | 50.41      |
| 钢丝帘线收益 <sup>1)</sup> /(元·t <sup>-1</sup> ) | 5 571    | 0          |

注:1)与采用2+7×0.28HT 钢丝帘线的轮胎相比。

参考文献:

[1] 陈名行,周志峰,赵天琪,等. 半钢子午线轮胎全生命周期碳排放计算与减排策略研究[J]. 橡胶工业,2023,70(5):393-399.

[2] 王雷,焦志伟,孙嘉乐,等. 绿色低碳聚氨酯非充气轮胎的设计与制造[J]. 橡胶工业,2023,70(4):288-291.

[3] 郭铁琼,朱春雨. 绿色轮胎用高分散白炭黑发展现状[J]. 无机盐工

- 业,2018,50(4):1-5.
- [4] 张颖,王泽君,张炬栋.  $3\times 0.22/9\times 0.20$ CCUT特高强度紧密型钢丝帘线在无内胎全钢载重子午线轮胎胎体中的应用[J]. 橡胶科技,2018,16(3):25-27.
- [5] 袁伟伟. 高碳超高强钢帘线的显微组织和性能研究[D]. 南京:东南大学,2011.
- [6] 黎宁,魏静勋. UT钢丝帘线在绿色轮胎中的应用研究[J]. 轮胎工业,2016,36(1):22-27.
- [7] 杨京辉, SIEGFRIED RATZEBURG, 陈虎, 等.  $1+5\times 0.20$ UT钢丝帘线在全钢轿车子午线轮胎胎体中的应用[J]. 轮胎工业,2019,39(4):226-229.
- [8] 贺惠英,刘凤丽.  $2+4\times 0.17$ UT钢丝帘线在半钢子午线轮胎束层中的应用[J]. 轮胎工业,2016,36(1):28-30.
- [9] 马小刚,刘连波. 钢丝帘线芯股结构对胶料渗透性能的影响[J]. 轮胎工业,2008,28(3):138-140.
- [10] 张国强,张松利,张爱军. 全渗胶胎体用钢帘线对于钢丝帘线橡胶复合材料疲劳性能的影响及作用机理[J]. 神州,2021(12):248-249.

收稿日期:2023-11-16

## Application of $4\times 0.38$ UT Steel Cord in Belt of Steel-belted Radial Tires

YANG Jinghui, LI Hongwei, LIN Huibao, CHEN Hu

[TTA (Qingdao) Tire Technology Co., Ltd, Qingdao 266000, China]

**Abstract:** The application effect of  $4\times 0.38$ UT steel cord instead of  $2+7\times 0.28$ HT steel cord in belt of the semi-steel radial tire was studied. The results showed that, in the case of the same production process, the performance of the finished tire using  $4\times 0.38$ UT steel cord was comparable to the previous configuration, tire weight was decreased, and the cost was reduced, having significant economic benefits.

**Key words:** semi-steel radial tire; steel cord; belt; weight; cost; finished tire performance

### 一种连续化制备无油高强度轮胎

#### 返原再生橡胶的方法

由中策橡胶集团股份有限公司和杭州中策橡胶循环科技有限公司申请的专利(公布号 CN 116355278A, 公布日期 2023-06-30)“一种连续化制备无油高强度轮胎返原再生橡胶的方法”, 涉及废旧橡胶轮胎再生利用领域, 包括如下步骤:

(1) 将废旧橡胶制成废旧胶粉; (2) 废旧胶粉除杂; (3) 将100份废旧胶粉和5~20份化学改性剂经混合、搅拌以及包覆制成预处理胶粉; (4) 将预处理胶粉挤出脱硫, 脱硫后的胶粉连续不间断冷却制得脱硫橡胶; (5) 将脱硫橡胶进行捏炼; (6) 将捏炼后的橡胶压型出片制成无油的高强度轮胎返原再生橡胶。该方法可连续化脱硫生产再生橡胶, 生产效率显著提高, 且化学改性剂显著提高了再生橡胶的门尼粘度稳定性、物理性能以及与橡胶的相容性。

(本刊编辑部 赵 敏)

### 轮胎成品断面测量信息采集系统

由三角轮胎股份有限公司申请的专利(公布号 CN 116336959A, 公布日期 2023-06-27)

“轮胎成品断面测量信息采集系统”, 属于轮胎成品断面测绘数据采集领域。轮胎成品断面测绘装置与生产执行系统(MES)通讯, 建立断面测量信息采集系统, 利用轮胎成品断面测绘装置使MES系统与轮胎成品断面测绘装置通过以太网, 使用WebService协议进行通讯, MES根据轮胎条码查询轮胎规格, 对应断面测量标准下发对应的检测标准索引号, 设备接收到索引号后, 控制轮胎成品断面测绘装置进行检测; 通过在轮胎成品断面测绘装置的电脑上安装MES的图片采集程序, 抓取图片保存到服务器, 后期可从Web端, 根据轮胎条码查询对应的照片, 对照片测量标注后实现查阅的目的, 通过各个时间段断面测绘图的叠层, 可清晰反映当前轮胎结构和轮廓的总体情况。

(本刊编辑部 赵 敏)