3＋8×0.23ST钢丝帘线在半钢轻型载重子午线轮胎带束层中的应用

李　彤，贺惠英*

（中策橡胶集团有限公司，浙江 杭州　310018）

摘要：研究3＋8×0.23ST钢丝帘线在半钢轻型载重子午线轮胎带束层中的应用。结果表明，采用3＋8×0.23ST钢丝帘线替代4＋3×0.35HT或2＋7×0.28HT钢丝帘线用于半钢轻型载重子午线轮胎带束层，可以保证轮胎强度，减小轮胎滚动阻力，提高轮胎耐久性能，同时可减小带束层材料消耗量和轮胎质量，实现轮胎轻量化。

关键词：半钢轻型载重子午线轮胎；带束层；钢丝帘线；轻量化

中图分类号：U463.341^{+}.3/.6；TQ330.38^{+}9　　**文章编号**：1006-8171(2020)03-0167-04

文献标志码：A　　**DOI**：10.12135/j.issn.1006-8171.2020.03.0167

OSID开放科学标识码
（扫码与作者交流）

交通行业是全球第二大温室气体排放来源。安装低滚动阻力轮胎、减小整车质量、开发更有效的动力系统以及新的混合动力发动机等都可以降低车辆的燃油消耗量及二氧化碳排放量，其中使用低滚动阻力轮胎是最经济、有效的解决方案之一。

随着全球对能源和环境重视程度的增大，以标签形式标明轮胎性能等级已成为必然趋势。从2012年11月1日欧盟轮胎标签法实施以来，越来越多的国家已经实施或计划实施轮胎标签法规，通过对燃油消耗、湿滑路面抓着力等指标分级促使轮胎企业提高轮胎的安全和环保性能。绿色轮胎生产过程践行绿色制造理念，应用过程倡导绿色使用。根据强国目标，到2020年我国绿色轮胎产量将达到子午线轮胎总产量的50%。轮胎带束层使用强度更高、质量更小的钢丝帘线是绿色轮胎的解决方案之一[1]。

1　半钢轻型载重子午线轮胎带束层常用钢丝帘线对比

半钢轻型载重子午线轮胎在大负荷下使用，必须保证使用性能和寿命，同时降低油耗，还要考虑操纵性能和驾乘舒适性。带束层是子午线轮胎的关键部位，对保证轮胎强度、刚度及其他性能等起重要作用。使用超高强度钢丝帘线替代普通高强度钢丝帘线用于半钢轻型载重子午线轮胎，有助于提高轮胎使用性能，延长轮胎使用寿命，减小轮胎质量，降低轮胎滚动阻力[2-3]。

与全钢载重子午线轮胎相比，半钢轻型载重子午线轮胎带束层用钢丝帘线种类较少，结构简单，常用的钢丝帘线品种及其结构特点如下。

（1）0.365＋6×0.35HT钢丝帘线。半钢英制轻型载重子午线轮胎带束层普遍采用。该钢丝帘线直径较大，对轮胎生产工艺的要求较高，如果压延时钢丝帘线张力控制不当，橡胶渗透性能差。

（2）2＋7/4＋3/4＋6HT系列钢丝帘线。轮胎企业普遍采用。该钢丝帘线具有良好的橡胶渗透性能，但钢丝帘线直径较大，对轮胎生产工艺的要求较高。

（3）3×1ST系列钢丝帘线。部分轮胎公司采用。该钢丝帘线对轮胎生产工艺的要求较高，如果压延时钢丝帘线张力控制不当，橡胶渗透性能较差。

轮胎企业一般会选用两、三个不同强度等级的钢丝帘线结构以满足所有生产要求，方便生产管理，但现有钢丝帘线规格已无法满足绿色轮胎发展的要求，因此钢丝帘线结构不断创新和发展，3＋8×0.23ST钢丝帘线应运而生。

作者简介：李彤（1963—），男，浙江杭州人，中策橡胶集团有限公司工程师，学士，主要从事轮胎原材料的应用研究和管理工作。

*通信联系人（969195656@qq.com）

本公司目前用于半钢轻型载重子午线轮胎和大规格轻型载重子午线轮胎带束层的钢丝帘线为4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT，其最小破断力分别为1 927和1 560 N。对于半钢英制轻型载重子午线轮胎来说，虽然4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT钢丝帘线的强度满足使用要求，但因钢丝帘线直径大，导致钢丝帘布厚度和质量较大；对于部分规格半钢轻型载重子午线轮胎来说，这两种钢丝帘线强度和刚度过大，会影响工艺性能。为了减小钢丝帘布质量，实现轮胎轻量化，本公司与钢丝帘线企业合作开发了3＋8×0.23ST超高强度钢丝帘线，并研究其在半钢轻型载重子午线轮胎中的应用性能。

2 实验

2.1 原材料

3＋8×0.23ST钢丝帘线，江苏宝钢精密钢丝有限公司产品；4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT钢丝帘线，市售品。

2.2 主要设备

四辊钢丝帘布压延机，意大利鲁道夫公司产品；钢丝帘布裁断机，德国Fischer公司产品；1216-02F型二次法成型机，北京敬业机械设备有限公司产品；转鼓式机床试验机，天津久荣车轮技术有限公司产品。

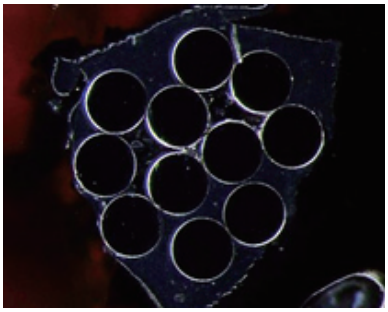
2.3 性能测试

钢丝帘线和成品轮胎性能按照相应国家标准或企业标准进行测试。

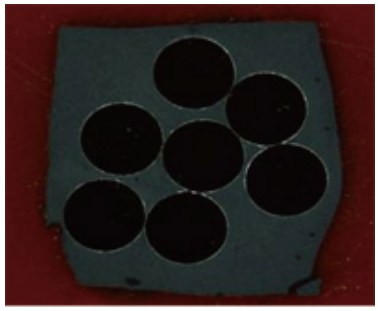
3 结果与讨论

3.1 钢丝帘线结构与基本性能

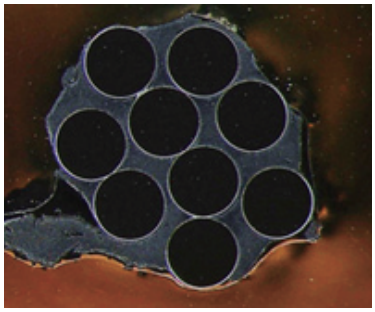
3＋8×0.23ST钢丝帘线的设计秉承了原HT带束层钢丝帘线的设计思路：(1)采用开放型帘线设计，形成非闭合空间，有利于胶料渗透；无捻制损失，使强度得以最大程度地提高；外层虽选用8根钢丝，但留有空间利于胶料渗入芯股(见图1)。(2)选用高强度材料，提高了帘线强度等级，同时减小了材料用量，符合绿色制造理念。(3)0.23 mm的单丝直径是根据轮胎强度和刚度设计要求决定的，3＋8×0.23ST钢丝帘线的理论刚度为302 N·mm^{-2}，比4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT钢丝帘线的理论刚度1 031和543 N·mm^{-2}分别降低70.71%和44.38%。



(a)3＋8×0.23ST钢丝帘线



(b)4＋3×0.35HT钢丝帘线



(c)2＋7×0.28HT钢丝帘线

图1 3种钢丝帘线的渗胶截面

3＋8×0.23ST与4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT钢丝帘线的基本性能指标见表1。

由表1可知：3＋8×0.23ST钢丝帘线的最小破断力比4＋3×0.35HT钢丝帘线低327 N，可以通过增大帘布压延密度来提高钢丝帘布强度；3＋8×0.23ST钢丝帘线直径比4＋3×0.35HT和2＋

表1 3种钢丝帘线基本性能指标对比

项 目	3＋8×0.23ST	4＋3×0.35HT	2＋7×0.28HT
帘线直径/mm	0.920	1.190	1.060
线密度/(g·m^{-1})	3.620	5.310	4.450
最小破断力/N	1 600	1 927	1 560
铜质量分数×10^2	63.50±2.50	63.50±2.50	63.50±2.50

7×0.28HT钢丝帘线分别减小0.27和0.14 mm，可明显减小钢丝帘布厚度和质量。

3.2　钢丝帘布压延工艺性能

采用3＋8×0.23ST钢丝帘线替代4＋3×0.35HT钢丝帘线，根据帘布强度要求，需增大钢丝帘布压延密度并选用相应的压延整经辊与压力辊。采用3＋8×0.23ST钢丝帘线替代2＋7×0.28HT钢丝帘线生产相同压延密度帘布时无需进行额外的设备调整。

由于3＋8×0.23ST钢丝帘线直径和刚性比4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT钢丝帘线小，在压延工艺中锭子架钢丝帘线放线张力需进行调整。3＋8×0.23ST钢丝帘线单丝直径小，放线张力随压延速度的变化比4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT钢丝帘线敏感，压延速度变化时要及时调整锭子架进气压力，控制好钢丝帘线放线张力。

大量试验数据分析表明：3＋8×0.23ST钢丝帘线平直度的变化明显比4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT钢丝帘线小，更有利于帘布的压延、裁断、拼接和成型定位；因3＋8×0.23ST钢丝帘线直径小，工字轮钢丝帘线定长分别比4＋3×0.35HT和2＋7×0.28HT钢丝帘线增大67%和33%，有利于提高钢丝帘布压延效率，降低生产消耗。

3.3　成品性能

3.3.1　3＋8×0.23ST替代4＋3×0.35HT钢丝帘线用于半钢轻型载重子午线轮胎

将3＋8×0.23ST钢丝帘线替代4＋3×0.35HT钢丝帘线用于7.00R16和7.50R16半钢轻型载重子午线轮胎带束层，带束层安全倍数相当，成品轮胎性能见表2和3。

从表2和3可以看出，3＋8×0.23ST钢丝帘线替代4＋3×0.35HT钢丝帘线用于7.00R16或7.50R16轻型载重子午线轮胎带束层，成品轮胎的强度性能和耐久性能在同一水平，高速性能相当或稍低（仍超过标准要求，高速试验的轮胎失效不是由带束层损坏引起），滚动阻力明显下降，胎圈耐久性能明显提高。轮胎在承载的情况下，带束层刚性大会导致应力集中在冠部，轮胎胎圈上端容易发生早期损坏。

表2　7.00R16成品轮胎性能

项　目	带束层钢丝帘线	
	3＋8×0.23ST	4＋3×0.35HT
强度性能	第5点未压穿，最大破坏能为标准值的143.15%	第5点未压穿，最大破坏能为标准值的150.15%
高速性能	1#轮胎：180 km·h^{-1}×10 min，冠部崩花；2#轮胎：180 km·h^{-1}×16 min，冠部崩花	1#轮胎：180 km·h^{-1}×12 min，冠部崩花；2#轮胎：180 km·h^{-1}×2 min，冠部起鼓
耐久性能	1#轮胎：109.55 h，胎圈上端起鼓；2#轮胎：109.55 h，胎圈上端起鼓	1#轮胎：98.23 h，胎圈上端起鼓；2#轮胎：95.65 h，冠部沟底裂
胎圈耐久性能	1#轮胎：79.72 h，胎圈上端起鼓；2#轮胎：110.75 h，胎圈上端起鼓	1#轮胎：73.33 h，胎圈上端起鼓；2#轮胎：57.25 h，胎圈上端起鼓
滚动阻力指数	91	100
道路试验	轮胎行驶8.2万km后正常	

表3　7.50R16成品轮胎性能

项　目	带束层钢丝帘线	
	3＋8×0.23ST	4＋3×0.35HT
强度性能	第5点压穿，平均破坏能为标准值的123.19%	第5点压穿，平均破坏能为标准值的126.38%
高速性能	1#轮胎：170 km·h^{-1}×23 min，冠部崩花；2#轮胎：170 km·h^{-1}×26 min，冠部沟底裂	1#轮胎：190 km·h^{-1}×24 min，冠部起鼓；2#轮胎：190 km·h^{-1}×5 min，冠部起鼓
耐久性能	1#轮胎：99.95 h，冠部沟底裂；2#轮胎：114.17 h，肩部爆裂	1#轮胎：101.23 h，胎侧裂口；2#轮胎：100.25 h，冠部爆裂
胎圈耐久性能	1#—4#轮胎胎圈耐久时间分别为97.92，93.15，94.35，104.35 h，结束时胎圈上端起鼓	1#轮胎：62.35 h，胎圈上端起鼓；2#轮胎：62.35 h，胎圈上端起鼓
滚动阻力指数	90	100

3.3.2　3＋8×0.23ST替代2＋7×0.28HT钢丝帘线用于半钢轻型载重子午线轮胎

将3＋8×0.23ST钢丝帘线替代2＋7×0.28HT钢丝帘线用于LT305/55R20轮胎带束层，带束层安全倍数相当，成品轮胎性能见表4。

从表4可以看出，3＋8×0.23ST钢丝帘线替代2＋7×0.28HT钢丝帘线用于LT305/55R20轮胎带束层，成品轮胎的强度性能在同一水平，高速性能相当或稍低（仍超过标准要求，高速试验后的轮胎失效不是由带束层损坏引起），耐久性能提高，滚动阻力明显下降。

3.4　质量对比

将3＋8×0.23ST钢丝帘线分别替代4＋

3×0.35HT和2+7×0.28HT钢丝帘线用于轮胎带束层，质量对比如表5和6所示。

从表5和6可以看出，以3+8×0.23ST钢丝帘线分别替代4+3×0.35HT和2+7×0.28HT钢丝帘线用于轮胎带束层，带束层质量明显减小。

表4 LT305/55R20成品轮胎性能

项 目	带束层钢丝帘线	
	3+8×0.23ST	2+7×0.28HT
强度性能	第5点未压穿，最大破坏能为标准值的143.35%	第5点未压穿，最大破坏能为标准值的143.35%
高速性能	1#轮胎：200 km·h^{-1}×3 min，冠部崩花；2#轮胎：210 km·h^{-1}×9 min，冠部崩花	1#轮胎：210 km·h^{-1}×13 min，冠部崩花；2#轮胎：220 km·h^{-1}×2 min，冠部崩花
耐久性能	1#轮胎：74.05 h，冠部沟底裂口；2#轮胎：86.87 h，肩部裂口	1#轮胎：71.58 h，冠部沟底裂口；2#轮胎：55.62 h，肩部爆裂
滚动阻力指数	90.3	100

表5 3+8×0.23ST与4+3×0.35HT钢丝帘布质量对比

项 目	3+8×0.23ST	4+3×0.35HT
带束层帘线密度/(根·dm^{-1})	70	55
帘线质量指数	86	100
胶料质量指数	73	100
帘布质量指数	81	100

表6 3+8×0.23ST与2+7×0.28HT钢丝帘布质量对比

项 目	3+8×0.23ST	2+7×0.28HT
帘线质量指数	81	100
胶料质量指数	92	100
帘布质量指数	86	100

注：两种钢丝帘线带束层帘线密度相同。

4 结论

（1）以3+8×0.23ST钢丝帘线替代4+3×0.35HT或2+7×0.28HT钢丝帘线用于半钢轻型载重子午线轮胎带束层，在保证轮胎带束层强度和支撑性能的情况下，成品轮胎的耐久性能及滚动阻力性能良好。3+8×0.23ST钢丝帘线刚度小，可以改善轮胎工艺性能，提高驾乘舒适性。

（2）3+8×0.23ST钢丝帘线可根据轮胎带束层的强度要求而设计不同密度。因其单丝和帘线直径小，可以在保证相等覆胶厚度的同时减小帘布厚度，降低耗胶量。

3+8×0.23ST钢丝帘线是钢丝帘线区分化使用、轮胎轻量化、降低轮胎生热和滚动阻力、节约生产成本的最优选择。目前，3+8×0.23ST钢丝帘线已在本公司批量应用，轮胎市场反馈良好。

参考文献：

[1] 王梦蛟. 绿色轮胎的发展及其推广应用[J]. 橡胶工业，2018，65(1)：105-112.

[2] 张颖，王泽君，张炬栋. 3×0.22/9×0.20CCUT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.

[3] 贺惠英，刘风丽. 2+4×0.17UT钢丝帘线在半钢子午线轮胎带束层中的应用[J]. 轮胎工业，2016，36(1)：28-30.

收稿日期：2019-09-26

Application of 3+8×0.23ST Steel Cord in Belt of Steel-belted Light Truck Radial Tire

LI Tong，HE Huiying

（Zhongce Rubber Group Co.，Ltd，Hangzhou 310018，China）

Abstract：The application of 3+8×0.23ST steel cord in the belt of steel-belted light truck radial tire was studied. The results showed that，by using 3+8×0.23ST steel cord instead of 4+3×0.35HT or 2+7×0.28HT steel cord in the belt of steel-belted light truck radial tire，the tire strength was ensured，the tire rolling resistance was reduced，the durability of tire was improved，and the lightweight of tire was achieved with reduced material consumption of belt.

Key words：steel-belted light truck radial tire；belt；steel cord；lightweight