

4×2×0.25HE钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎中的应用

吕佳锋¹, 柴德龙¹, 刘 臣², 崔世云²

(1. 杭州朝阳橡胶有限公司, 浙江 杭州 310018; 2. 江苏宝钢精密钢丝有限公司, 江苏 海门 226100)

摘要:介绍4×2×0.25HE钢丝帘线的特点, 并对其代替5×0.30HI和3×7×0.20HE钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎中的应用进行研究。结果表明, 4×2×0.25HE钢丝帘线渗胶性能好, 压延、裁断、成型工艺稳定, 以其替代5×0.30HI和3×7×0.20HE钢丝帘线用于全钢载重子午线轮胎加强层, 胎圈耐久性能明显提升。

关键词:全钢载重子午线轮胎; 加强层; 钢丝帘线

中图分类号:U463.341⁺.3/.6; TQ330.38⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)06-0349-05

在全钢载重子午线轮胎中, 钢丝加强层是轮胎胎圈部位的加强部件, 能够提高胎圈部位的刚度, 从而减小胎圈部位在负荷下的变形, 提高胎圈的耐久性能, 同时也对胎体帘布的反包部分起支撑和保护作用。无内胎轮胎使用的轮辋轮缘低, 因此胎体帘布的反包位置也比较低, 一般无内胎轮胎的胎圈部分设计得比较厚, 钢丝加强层有时会选择具有高伸长率的钢丝帘线, 如5×0.30HI等。相对来说, 3×7×0.20HE钢丝帘线是靠小捻距实现高伸长率, 帘线单丝之间结合紧密, 不利于橡胶的渗透, 而5×0.30HI是靠单丝的变形实现橡胶的全渗透和高伸长率, 但5×0.30HI刚度过大。4×2×0.25HE结构钢丝帘线既能通过小捻距达到较高的伸长率, 又能保证橡胶的完全渗透, 帘线刚度适中, 因此更适用于钢丝加强层。本工作研究4×2×0.25HE钢丝帘线代替5×0.30HI和3×7×0.20HE钢丝帘线在全钢载重子午线轮胎中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

4×2×0.25HE, 3×7×0.20HE和5×0.30HI钢丝帘线, 江苏宝钢精密钢丝有限公司产品。

1.2 主要设备和仪器

四辊钢丝压延机, 意大利RODOLFO公司产

品; 钢丝帘布斜裁机, 德国FISCHER公司产品; TST-LCZ-4型全钢子午线轮胎一次法成型机, 天津赛象科技股份有限公司产品。

1.3 性能测试

钢丝帘线和轮胎性能按相应国家标准或企业标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 钢丝帘线的性能和结构

4×2×0.25HE, 3×7×0.20HE和5×0.30HI钢丝帘线性能指标对比见表1。

表1 钢丝帘线基本性能指标对比

项 目	4×2× 0.25HE	3×7× 0.20HE	5×0.30HI
捻距(±5%)/mm	3/7.5	3.9/6.3	12.5
捻向	S/S	S/S	S
帘线直径(±5%)/mm	1.12	1.39	1.03
线密度(±5%)/(g·m ⁻¹)	3.20	5.85	2.82
破断力/N	≥870	≥1 360	≥875
破断伸长率/%	≥4.45	≥5.00	≥5.00
刚度/TSU	40	39	53

5×0.30HI钢丝帘线是先通过对钢丝的预变形再捻制而成的高延伸结构, 具有较强的抗冲击性能; 为了确保有较高的延伸率, 对组成帘线的钢丝进行了较大的预变形, 因此, 该结构的外观非常毛糙, 同一截面上的直径变化较大, 在压延过程中, 如果张力控制不好, 极易造成跳线而产生稀并线的情况; 虽然该结构具有较高的延伸性能, 但是

作者简介:吕佳锋(1987—), 男, 浙江杭州人, 杭州朝阳橡胶有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎结构设计工作。

通过钢丝较大的预变形实现的,此时钢丝的表面已受到不同程度的损伤,因此,尽管该钢丝帘线的橡胶渗透性能很好,但其耐疲劳性能相对较弱。

3×7×0.20HE钢丝帘线是将3股7×1的股绳通过小捻距捻制而成的结构性高延伸结构,整个帘线外观相对比较毛糙,但同一截面上的直径变化相对不大,在压延过程中,比较容易控制帘布的成型;该结构的渗胶性能总体较好,但由于其股绳7×1属于紧密型结构,因此股绳内的渗胶情况变化较大。

4×2×0.25HE钢丝帘线是通过较小的捻距捻制而成的结构性高延伸结构,虽然延伸性能不及HI结构,但由于钢丝未经过预变形,整个帘线外观相对圆滑,同一截面上的直径变化不大,在压延过程中,比较好控制,不易产生跳线;该产品由于钢丝少,捻距小,单丝之间和股绳之间的开放度较大,因此具有很好的渗胶性能,耐疲劳性能也优于HI结构。

3种产品的外观和理论横截面形状分别见图1和2。



(a) 4×2×0.25HE



(b) 3×7×0.20HE

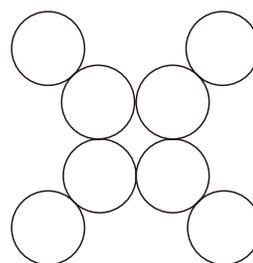


(c) 5×0.30HI

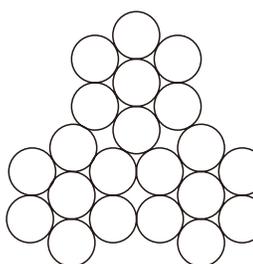
图1 3种钢丝帘线外观

2.2 钢丝帘线覆胶性能

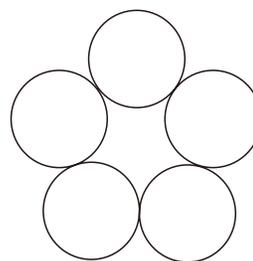
按相同的检测条件,对3种钢丝帘线的粘合力 and 附胶率进行测试,结果见表2。由表2可知,5×0.30HI钢丝帘线的抽出力比4×2×0.25HE稍高,4×2×0.25HE钢丝帘线空气含量要优于5×0.30HI,覆胶紧密度更好。



(a) 4×2×0.25HE



(b) 3×7×0.20HE



(c) 5×0.30HI

图2 3种钢丝帘线理论横截面形状

表2 钢丝帘线覆胶后性能对比

项 目	4×2×0.25HE	3×7×0.20HE	5×0.30HI
自粘力/N	37	50	38
空气含量/(mm ³ ·cm ⁻¹)	0.2	0.7	0.4
附胶率/%	100	100	100
粘合力/N	≥500	≥500	≥500

3种钢丝帘线在橡胶渗透过程中的截面渗胶情况见图3。由图3可见:3种结构的钢丝帘线具有不同程度的渗胶状态;但是5×0.30HI钢丝帘线在受力后,渗胶截面发生了明显变化,不能有效地保持5根单丝呈正五边形分布的状态,而是呈现扁平状形态;而3×7×0.20HE和4×2×0.25HE钢丝帘线基本能够保持应有的形态,围绕形状的中心进行变化。由于3×7×0.20HE钢丝帘线的股绳(7×0.20)是紧密型结构,而4×2×0.25HE钢丝帘线的股绳(2×0.25)属于开放型结构,因此相对

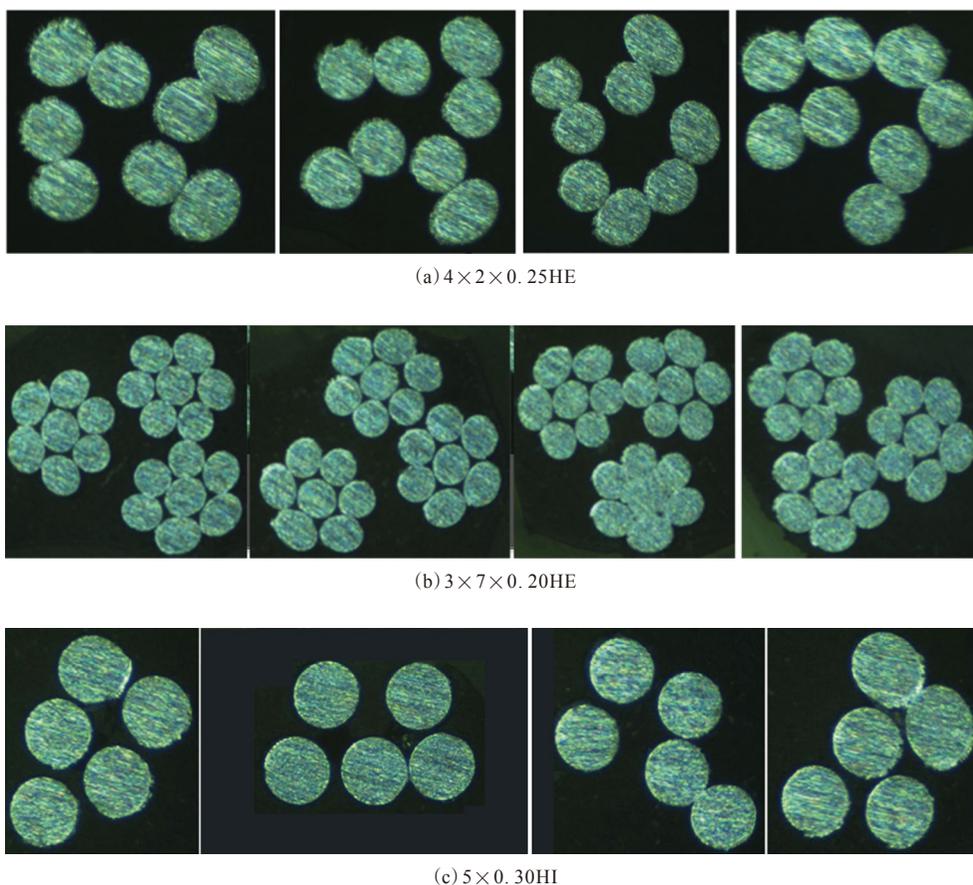


图3 3种钢丝帘线断面渗胶状况

于 $3 \times 7 \times 0.20\text{HE}$ 钢丝帘线来说,在相同的情况下, $4 \times 2 \times 0.25\text{HE}$ 钢丝帘线的渗胶性能更优。

2.3 工艺性能

$4 \times 2 \times 0.25\text{HE}$, $3 \times 7 \times 0.20\text{HE}$ 和 $5 \times 0.30\text{HI}$ 钢丝帘线压延后的性能对比见表3。

表3 钢丝帘线压延产品性能对比

项 目	$4 \times 2 \times 0.25\text{HE}$	$3 \times 7 \times 0.20\text{HE}$	$5 \times 0.30\text{HI}$
压延密度/(根· dm^{-1})	40	45	40
帘布厚度/mm	1.6	1.8	1.6
附胶质量/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	1.688	1.307	1.818
钢丝质量/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	1.280	2.633	1.128
帘布质量/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	2.968	3.940	2.829
帘布总强度/($\text{kN} \cdot \text{dm}^{-1}$)	34.8	61.2	35.0

注:帘布总强度=压延密度×钢丝帘线最小破断力。

采用 $4 \times 2 \times 0.25\text{HE}$ 钢丝帘线代替 $5 \times 0.30\text{HI}$ 钢丝帘线进行钢丝加强层生产时,生产工艺相同。压延钢丝帘布表面平整,覆胶均匀,厚度正常;裁断按照角度为 30° 、宽度为105 mm进行,裁切后钢丝帘线断面无发散、上翘现象,无大头小

尾现象,设备能自动拼接,帘布成型时导开正常,成型后胎坯胎圈部位无气泡;硫化后产品外观质量符合外观质量标准,胎圈部位正常,能正常装胎。

2.4 成品性能

以 $4 \times 2 \times 0.25\text{HE}$ 钢丝帘线代替 $5 \times 0.30\text{HI}$ 钢丝帘线用于钢丝加强层,生产11R22.5规格轮胎,室内机床测试结果见表4。由表4可见,采用 $4 \times 2 \times 0.25\text{HE}$ 钢丝加强层的轮胎胎圈耐久性能比采用 $5 \times 0.30\text{HI}$ 和 $3 \times 7 \times 0.20\text{HE}$ 钢丝帘线的轮胎分别提高77%和21%。考虑到轮胎个体之间的差异及测试过程的误差,尚需更大量数据进行重现性测试,以更好地对比钢丝帘线对轮胎胎圈耐久性能的影响。

$4 \times 2 \times 0.25\text{HE}$, $3 \times 7 \times 0.20\text{HE}$ 和 $5 \times 0.30\text{HI}$ 钢丝帘线轮胎成品试验后的截面见图4。从图4可以看出, $4 \times 2 \times 0.25\text{HE}$ 钢丝帘线的截面渗胶没有产生孔洞,即橡胶能够全部渗透到帘线内部去;而

表4 成品轮胎性能测试结果

项 目	4×2×0.25HE		3×7×0.20HE		5×0.30HI	
	样品1	样品2	样品1	样品2	样品1	样品2
外直径/mm	合格	合格	合格	合格	合格	合格
断面宽/mm	合格	合格	合格	合格	合格	合格
胎圈耐久性						
能 ¹⁾ /h	244.15	244.15	115.87	201.07	138.45	109.82
试验结束时	胎圈上	胎圈上	冠部	胎圈上	胎圈上	肩部
轮胎状况	端裂	端裂	掉胶	端裂	端裂	裂开

注:1)测试时胎面花纹全部打磨完毕后,负荷为标准负荷的160%,速度为50 km·h⁻¹,标准充气压力,其余检测条件按国家标准进行,直至轮胎损坏。



(a) 4×2×0.25HE



(b) 3×7×0.20HE



(c) 5×0.30HI

图4 3种钢丝帘线成品试验后截面

3×7×0.20HE和5×0.30HI钢丝帘线在截面渗胶中都有些细小的孔洞,说明4×2×0.25HE钢丝帘线的渗胶性能优于3×7×0.20HE和5×0.30HI钢

丝帘线。这3种钢丝帘线覆胶后的空气含量也能说明这一点。

2.5 成本分析

4×2×0.25HE钢丝帘线压延为密度40根·dm⁻¹、厚度1.6 mm的钢丝加强层帘布,每平方米的帘布质量为2.968 kg。5×0.30HI钢丝帘线压延为密度40根·dm⁻¹、厚度1.6 mm的钢丝加强层帘布,每平方米的帘布质量为2.829 kg。用4×2×0.25HE钢丝帘布比用5×0.30HI钢丝帘布每平方米质量增大0.139 kg,按照一条轮胎需要钢丝加强层用量为0.392 m²计算,使用4×2×0.25HE钢丝帘线一条轮胎质量增大0.05 kg,但轮胎胎圈性能有明显提升,钢丝加强层上使用4×2×0.25HE钢丝帘线的整体性价比优于5×0.30HI钢丝帘线。

3×7×0.20HE是传统的高延伸率钢丝帘线,帘线生产工艺复杂,效率低,而用于钢丝加强层并不能充分发挥其优势,因此用4×2×0.25HE钢丝帘线替代3×7×0.20HE钢丝帘线既可以节约轮胎成本,又可以保证轮胎性能。

3 结论

(1) 与3×7×0.20HE和5×0.30HI钢丝帘线相比,4×2×0.25HE钢丝帘线截面结构形态更加稳定,有助于提高压延帘布的平整度,同时压延和裁断工艺稳定性更好。

(2) 与5×0.30HI钢丝帘线相比,4×2×0.25HE钢丝帘线具有相同的全渗胶和高延伸率性能,更兼有适宜的结构刚度,更适用于全钢载重子午线轮胎钢丝加强层。

(3) 与5×0.30HI钢丝帘线相比,4×2×0.25HE钢丝帘线虽成本有所增加,但轮胎胎圈耐久性能有很大提升,整体性价比提高。

(4) 与3×7×0.20HE钢丝帘线相比,4×2×0.25HE钢丝帘线在成本和渗胶方面优势明显,虽然3×7×0.20HE钢丝帘线强度比4×2×0.25HE钢丝帘线高,但4×2×0.25HE钢丝帘线在轮胎的胎圈耐久性方面更具优势。

收稿日期:2016-02-19

Application of $4 \times 2 \times 0.25$ HE Steel Cord in Truck and Bus Radial Tire

LYU Jiafeng¹, CHAI Delong¹, LIU Chen², CUI Shiyun²

(1. Hangzhou Chaoyang Rubber Co., Ltd., Hangzhou 310018, China; 2. Jiangsu Baosteel Fine Wire & Cord Co., Ltd., Haimen 226100, China)

Abstract: In this paper, the characteristics of $4 \times 2 \times 0.25$ HE steel cord was introduced, and its application in truck and bus radial tire was investigated and compared with 5×0.30 HI and $3 \times 7 \times 0.20$ HE steel cord. The results showed that, $4 \times 2 \times 0.25$ HE steel cord possessed good rubber penetration property, and the calendaring, cutting and molding processes were stable. Using $4 \times 2 \times 0.25$ HE steel cord to replace 5×0.30 HI and $3 \times 7 \times 0.20$ HE steel cord in the reinforcement layer of truck and bus radial tire, the endurance performance of bead was improved significantly.

Key words: truck and bus radial tire; reinforcement layer; steel cord

国家“863”计划重大科研成果转化签约仪式 在衡水华瑞举行

中图分类号:F27; TQ330.9 文献标志码:D

2016年4月28日,国家“863”计划重点项目“多阶螺杆连续脱硫绿色制备颗粒再生橡胶成套技术装备”落户签约仪式在衡水华瑞工程橡胶有限责任公司举行。中国工程院院士蹇锡高、中国轮胎循环利用协会会长朱军、北京化工大学材料学院院长张立群等出席了仪式。

该项目由北京化工大学先进弹性体研究中心张立群科研团队牵头,联合行业龙头企业,组织材料、机械等多学科专家历时8年完成研发,由南京绿金人橡塑高科有限公司进行科技成果转化并为业内相关企业建设工业化生产线。此项科研成果已取得13项发明专利,在实现了从废胶粉到再生胶整个制备过程的绿色、节能、连续、高效生产的基础上,自动化及智能化更加完善。落户华瑞公司后,年产绿色环保再生胶6万t,项目年可实现销售收入1.8亿元,利润4800万元。

衡水华瑞工程橡胶有限责任公司董事长温跃华表示,在首条生产线稳定运行后,公司年内将建设5条同等规模的生产线,然后逐步增加至10条生产线,最终达到20条生产线的规模。

蹇锡高院士表示,重大技术成果如果不能很好地工程化、产业化,国家重点项目就可能是半途而废,特别是再生胶这种既解决环保问题,又解决橡胶资源问题的技术。北京化工大学与华瑞公司

的这次合作就是工程化技术的升级再探索。

张立群教授表示,能否解决生产中的二次污染是再生胶行业能否实现可持续发展的关键,在这一国际首创的技术中,脱硫环节不使用水,并在密闭条件下完成脱硫胶粉升降温过程,从源头上解决了传统高温再生胶生产过程中产生的水污染和空气污染问题;密闭低温条件降低门尼粘度,可以改善脱硫胶粉的加工性能;制备(颗粒)再生胶的过程,解决了传统开放式精炼机高温强剪切所带来的空气污染问题。

南京绿金人橡塑高科有限公司董事长任冬云指出,该项目破解了再生胶生产中的二次污染这一世界性难题,实现了从胶粉到再生胶整个制备过程的绿色、节能、连续、高效生产,达到了“三废”近零排放。轮胎、输送带等企业实际应用反馈结果表明,采用该工艺生产的颗粒状再生胶产品门尼粘度反弹小,解决了传统块状再生胶下游应用时混炼难分散、能耗高、易焦烧的难题。该技术可用于高性能轮胎再生胶、丁基再生胶、超低粘度液体再生胶等废橡胶资源的循环再利用绿色制备。

衡水是国内工程橡胶产业基地,其工程橡胶制品占据了全国60%的市场份额,再生胶需求量很大。但因环保问题,当地多家传统再生胶企业已经关停。在产业转型的关键时期,国家“863”计划重大科研成果落户华瑞公司,必将起到示范作用,对推动橡胶产业的绿色转型升级具有积极作用。

(本刊编辑部 冯涛)