

专论综述

子午线轮胎用钢丝帘线的主要品种用途及发展趋势

张清珍

(湖北钢丝厂 441104)

随着公路交通运输业及汽车工业的发展,汽车的行驶速度越来越高,相应要求子午线轮胎及其骨架材料的品种多,并系列化。本文对子午线轮胎的钢丝帘线品种、特性、主要用途及发展趋势进行了简要介绍。

1 钢丝帘线的品种、特性及主要用途

1.1 普通型钢丝帘线

普通型钢丝帘线一般是指单丝根数较少的单捻和多根多股交互复捻型结构的钢丝帘线(典型外形结构和断面形态见图1)。常见的规格有 $1 \times 4S \times d$, $1 \times 5S \times d$, $1 \times 3S \times d_0 + 1 \times 6Z \times d_1$, $1 \times 3S \times 7Z \times d$, $1 \times 4S \times 7Z \times d + 1S \times d_1$, $1 \times 3S + 9Z + 9 \times 3Z \times d$ 等(d 为单丝直径, d_0 为芯股单丝直径, d_1 为外包层单丝直径, d, d_0, d_1 单位均为mm; S 为左捻向, Z 为右捻向。下同),普通型

钢丝帘线的主要特点是丝与丝股之间成点接触状态,彼此接触较紧密,胶料渗透性差,丝与丝股不能被胶料充分包埋,橡胶只附着在帘线表面,内部空隙处包有空气。在轮胎承受动负荷作用时,应力集中于丝与丝股的点接触处,剪切应力使之产生直接摩擦,导致耐疲劳性能下降,引起早期断裂。轮胎损伤处的帘线暴露部分极易渗入潮湿空气和污物并向纵深扩展引起腐蚀,最终导致轮胎早期损坏而降低使用寿命。因此,该品种钢丝帘线除用于全钢载重子午线轮胎带束层的 $1 \times 3S \times d_0 + 6Z \times d_1$ 结构外,多数已处于逐渐被淘汰的状态,尤其是多丝多股交互复捻的 $7S \times d \times 3Z \times d$, $7Z \times d \times 4Z \times d$, $3S \times d + 9Z \times d + 9 \times 3S \times d$ 等结构,世界先进的轮胎公司已不再使用。

1.2 规则型钢丝帘线(Regular Cord, RC 钢丝帘线)

规则型钢丝帘线一般是指多根单丝、双层同向捻或加外包多根单丝复捻结构的钢丝帘线(典型外形结构和断面形态见图2)。常见的规格有 $1 \times 3S \times d_0 + 9S \times d_0 + 12 d_1$, $1 \times 3S \times d_0 + 9S \times d_0 + 15Z \times d_0 + 1S \times d_1$

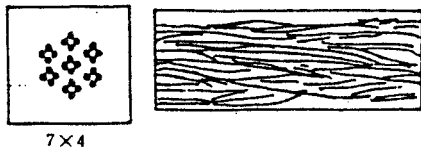


图1 普通型钢丝帘线的典型外形结构及断面形态示意图

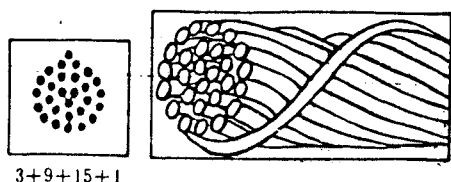


图2 规则型钢丝帘线的典型外形结构和断面形态示意图

等。其显著的结构特点是,除中芯股外,中层和外层的多根单丝不加捻成股,而是呈线接触状态规则排列。这样,帘线捻制过程中减少了因多次交互加捻造成的应力损失,也克服了点接触状态的帘线在动负荷下的剪切应力磨蚀的弱点,因而其断裂强度及耐疲劳性能均比单丝直径和根数相同的普通型结构有所提高。该帘线加外缠丝后,既防止帘线松散,又增大了与橡胶的粘合界面,从而增强了与橡胶的粘合力。因外层钢丝呈线接触状态紧密排列,故胶料的渗透性比普通型结构稍差。

该类钢丝帘线主要用于轻载车、载重车子午线轮胎的带束层或胎体帘布层,是国内大力推广应用的子午线轮胎的主要骨架材料之一。

1.3 密集型钢丝帘线(Compact Cord, CC型钢丝帘线)

密集型钢丝帘线一般是指多根单丝、不分股、呈线接触紧密排列、一次加捻并加外缠丝的钢丝束(外形结构和断面形态见图3)。常见的规格有 $1 \times 12S \times d_0 + 1Z \times d_1$, $1 \times 14S \times d_0 + 1Z \times d_1$, $1 \times 27S \times d_0 + 1Z \times d_1$ 等。其主要结构特点是,组成帘线的单丝完全呈线接触状态,捻制应力损失及剪切应力磨蚀几乎为零。因此,断裂强度和耐动态疲劳性能比规则型钢丝帘线更好,如规则型的钢丝帘线 $3+9 \times 0.22+0.15$ 结构和密集型的钢丝帘线 $1 \times 12 \times 0.20+0.15$ 结构相比较,单丝根数相同,只是直径稍有差别,但是动态疲劳性能值却分别为4000和12000次。由此可见,密集型钢丝帘线可显著提高子午线轮胎胎体和胎圈部位应力应变集中区的耐动态疲劳性能。密集型钢丝帘线的缺点是,其外层单

丝排列紧密,胶料只能包埋帘线表面,不易向内部渗透,一旦轮胎早期损伤,空气和潮湿污物容易沿伤处进入而向深部腐蚀;其次是多根(20根丝以上)钢丝束的刚性会比根数、单丝直径相同的其它结构帘线更大,因而给予午线轮胎成型操作带来一定难度。

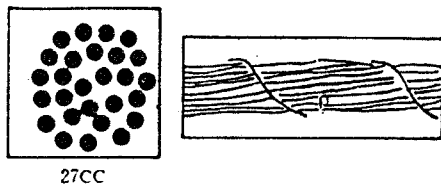


图3 密集型钢丝帘线的外形结构和断面形态示意图

该种钢丝帘线,单丝根数较少的(如 $12CC \times d_0 + 1Z \times d_1$)通常用于全钢子午线轮胎的胎圈增强带,单丝根数多的通常用于全钢载重子午线轮胎的胎体或带束层,是今后可望大力推广应用的新品种之一。

1.4 高伸长率型钢丝帘线(High Elongation Cord, HE型钢丝帘线)

高伸长率型钢丝帘线一般是由多根单丝以小捻距大捻角加捻成的单元股,又以相同捻向、小捻距、大捻角合成的多股结构钢丝帘线(外形结构及断面形态见图4)。常见的规格有 $3S \times d \times 7S(HE)$, $3S \times d \times 4S(HE)$, $4S \times d \times 4S(HE)$ 等。其主要的结构特点是,捻距小、捻角大、预变形程度较大,这样丝与丝股之间形成规则的蓬隆状,相对伸长率可达5%—10%。蓬隆状的丝与丝股之间能使胶料充分渗入,可避免帘线丝与丝股接触点处直接磨蚀而导致的早期损伤。其次,由于具备较高的伸长变形率,可相对承受较大的径向和横向动态变形,缓冲性能良好。因而,被广泛应用于全钢载重子午线轮胎带束层的保护层(冠带层),这样,汽车在行驶时突然刹车、急转弯及不良路况的剧烈颠簸时,不致因一般冲击、扭曲而使帘线断裂;用于越野载重子午线轮胎更能体现其优越性。这种钢丝帘线的不足之处是小捻距、大捻角两次加捻,故捻制应力损失较大,断裂强度比单丝直径和

根数相同的规则型钢丝帘线低 25% 左右;若该帘线单独使用,则应增加帘线密度或帘布层数。

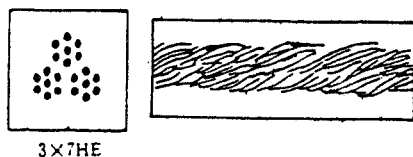


图4 高伸长率型钢丝帘线的外形结构及断面形态示意图

这种钢丝帘线是今后全钢载重子午线轮胎冠带层的必备骨架材料。

1.5 半开放型钢丝帘线

半开放型钢丝帘线的结构特点是比规则型钢丝帘线开放一些,比下文介绍的开放型钢丝帘线紧密一些,单丝或股排列不规则,断面形状不是圆形,而是椭圆形或 T 形等(外形结构及断面形态见图 5)。常见的规格有 $2S + 2S \times d$, $2S - 7S \times d$, $2S \times d$ 等。由于其半开放型结构和不规则的外形,增大了与橡胶的粘合界面,因而该种钢丝帘线具备良好的胶料渗透性,与橡胶的粘合力及耐疲劳性能比单丝直径相同、单丝根数相近的其它结构帘线有较大提高。

这种钢丝帘线一般用于轿车、轻载车半钢子午线轮胎的带束层,是新近推广应用的品种之一,有取代小规格普通型钢丝帘线之势。

1.6 开放型钢丝帘线 (Open Cord, OC 型钢丝帘线)

开放型钢丝帘线一般是由较少单丝根数,较大捻距,较大程度预变形,形成较大捻角,一次加捻成型的,其丝与丝之间不直接相互接触,呈蓬松状结构(外形结构及断面形态见

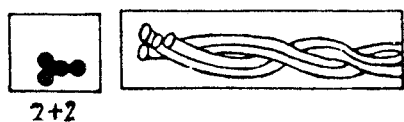


图5 半开放型钢丝帘线的外形结构及断面形态示意图

图 6)。常见的规格有 $1 \times 4S \times d$ (OC) 等。因该种钢丝帘线呈蓬松状,单丝之间的孔隙均可被胶料充填(胶料的渗透性比高伸长率型钢丝帘线更好),可完全避免单丝之间的直接磨蚀;还有较好的形变性能。该帘线的不足之处是,因呈蓬松状,应力分散,导致断裂强度比单丝根数和直径相同的普通型钢丝帘线更低。

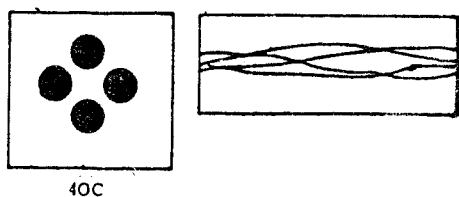


图6 开放型钢丝帘线的外形结构及断面形态示意图

该种钢丝帘线主要用于轻载车、轿车子午线轮胎的带束层。

1.7 高强度型钢丝帘线 (High Tension Cord, HT 型钢丝帘线)

高强度型钢丝帘线与其它种钢丝帘线的主要区别在于使用的原材料钢种不同。常规钢丝帘线所用的优质高碳线材的含碳量为 0.68%—0.73%,而高强度型钢丝帘线所用的优质高碳线材含碳量为 0.80%—0.85%。常见的规格有 $2S \times d$ (HT), $3S \times d$ (HT), $3S \times d_0 + 6Z \times d_1$ (HT) 等。由于该帘线的原材料线材含碳量高,钢丝拉拔加工后抗拉强度较高,达 $2950—3200 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$,而超高强度型钢丝帘线 (UHT 型钢丝帘线) 则达 $3300 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ 以上(常规钢丝帘线的抗拉强度一般为 $2600—2800 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$)。由于该帘线抗拉强度高,可以减少钢丝根数,减轻帘布层的重量,有利于子午线轮胎的轻量化,如其 $2S \times d$ (HT) 和 $3S \times d$ (HT) 规格的钢丝帘线可分别代替 $4S \times d$ 和 $5S \times d$ 规格的普通型钢丝帘线。由于该种钢丝帘线含碳量高,因而韧性比常规的帘线稍低,多用于轻载和载重子午线轮胎的带束层。该种钢丝帘线在国内外虽未被广泛采用(原材料线材的纯净度

要求极严格,帘线制造工艺也与普通型钢丝帘线不同),但却是一种很有发展前途的新骨架材料。

2 钢丝帘线表面合金镀层的变化

常规的钢丝帘线表面镀层一般为铜/锌二元合金,铜/锌含量为(66%—71%)/(34%—29%)。近年来,铜/锌二元合金镀层趋向于低含铜量和薄镀层,即含铜量由 $(67.5 \pm 3.5)\%$ 降至 $(63.5 \pm 2.5)\%$,镀层厚度由 $0.20-0.30\mu\text{m}$ 降至 $0.15-0.20\mu\text{m}$ 。据资料介绍,铜/锌二元合金中低含铜量、薄镀层,可以提高钢丝与橡胶的粘合性能和耐热老化性能及恶劣环境条件下的耐腐蚀性能。

钢丝帘线表面镀层除铜/锌二元合金外,国外近年来又出现了镍/铜/锌和钴/铜/锌等三元合金镀层。据介绍,这是为了更好地提高钢丝帘线与橡胶的粘合稳定性、耐腐蚀、耐老化等综合性能。

3 结语

钢丝帘线与橡胶的粘合、耐腐蚀、耐老化等综合性能的提高是很复杂的,不是单靠改变钢丝帘线的结构和镀层所能解决的,尤其与子午线轮胎的橡胶配方及加工工艺密切相关。因此,此项工作有待深入研究、分析、探讨。