

芳纶复合帘线耐疲劳性能研究

杨宗芳

(青岛化工学院 266042)

王同英 陈振宝

(化工部北京橡胶工业研究设计院 100039)

摘要 分别测定了芳纶帘线的拉伸疲劳性能和压缩弯曲疲劳性能。结果表明,芳纶/尼龙复合帘线拉伸疲劳后强力保持率较高,且基本不受捻度的影响;复合帘线的压缩弯曲疲劳性能较纯芳纶帘线好,与加捻条件有关。

关键词 芳纶帘线,芳纶/尼龙复合帘线,疲劳性能

轮胎使用试验表明,帘布层静态强力的安全系数相同时,其耐疲劳性能可能有很大差异。在一般情况下,轮胎中帘布所受的作用力不会达到强度极限。帘布的疲劳破坏和轮胎行驶损坏是由于受到多次反复弯曲、拉伸及压缩变形而造成的。因此轮胎用骨架材料的耐疲劳性能对轮胎的使用寿命有很大影响。如果通过对疲劳性能的研究,能够确定帘布层材料的负荷量与疲劳强度之间的定量关系,而且被测帘线的变形性能和变形值相符合,则帘布层疲劳性能的研究才最有效。但是,到目前为止,测定帘线的疲劳强度还没有统一的仪器和方法,以便在轮胎帘线承受变形时评价各种帘线的疲劳性能。实际上,应用广泛的评价帘线疲劳性能的试验方法并不能充分反映帘线在轮胎中的实际情况。根据帘线在轮胎中的受力情况和现有的仪器设备,我们分别测试了帘线的拉伸疲劳性能和压缩弯曲疲劳性能。虽然还不能确定试验结果与轮胎中帘线工作条件的定量关系,但我们尽量模拟轮胎在行驶中帘线的受力状态,可以表示帘线耐疲劳性能的差异。

1 实验

1.1 原材料

168tex 芳纶纤维,荷兰 Akzo 公司产品; 140tex 尼龙 66 纤维,平顶山锦纶帘子布厂产品。

1.2 试验仪器及条件

拉伸疲劳性能试样是在 Y331A 型纱线捻度机上加捻,存放一定时间后,经单线浸渍机浸胶处理(速度为 $7\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$,张力为 $1.2\text{kg} \cdot \text{根}^{-1}$,温度为 230°C)制得的。

拉伸疲劳性能试验在岛津 DCS-500 型通用材料试验机上进行,定负荷(帘线断裂强力的 40%—80%)下,往复循环拉伸 50 次,松弛 15d 后,测定其力学性能的变化。

压缩弯曲疲劳性能试样是将浸胶处理过的帘线埋入橡胶中,制成橡胶试样的,尺寸为 $345\text{mm} \times 14\text{mm} \times 5\text{mm}$,试样硫化条件为 $138^\circ\text{C} \times 30\text{min}$,负荷为 2kg。在规定温度、时间及压缩弯曲率下进行压缩弯曲疲劳试验,测试疲劳前后试样的强伸性能,并求出压缩弯曲疲劳后强力保持率。夹具间试样长度为 82mm,压缩弯曲率为 17%。压缩弯曲疲劳后

试样的强力保持率(%)= $T_b/T_a\times 100$

式中 T_a ——从未经疲劳处理的试样中取出帘线的强力,N;
 T_b ——从疲劳处理后试样中取出帘线的强力,N。

2 结果与讨论

2.1 帘线的拉伸疲劳性能

6 种不同捻度匹配的芳纶/尼龙复合帘线(其中 2 股芳纶,1 股尼龙,用 2K/1N 表示)拉伸疲劳试验前后强伸性能如表 1 所示。

表 1 2K/1N 复合帘线往复拉伸疲劳试验结果

帘线	147N 定负荷 伸长率 %	196N 定负荷 伸长率 %	模量 dN·tex ⁻¹	断裂 强力 N	断裂伸 长率 %	强力保 持率 %
2K/1N 疲劳试验前						
1#	5.7	6.5	38.4	573.3	10.2	—
49#	5.3	6.1	40.2	590.3	9.9	—
56#	5.0	5.8	43.4	589.2	9.4	—
58#	3.8	4.4	57.6	597.9	7.6	—
27#	4.1	4.7	55.4	595.7	8.2	—
52#	3.5	4.1	65.0	610.3	7.3	—
2K/1N 疲劳试验后						
1#	4.6	5.1	42.6	604.3	8.6	100
49#	4.2	4.8	46.2	573.6	7.7	97.2
56#	3.7	4.2	53.8	608.6	7.2	100
58#	3.4	3.8	57.7	576.8	6.5	96.5
27#	3.3	3.8	61.2	601.0	6.6	100
52#	2.9	3.3	67.1	606.1	5.9	99.3

从表 1 可以看出,疲劳试验后 2K/1N 帘线的强力保持率均很高,这说明捻度对拉伸疲劳性能的影响很小。拉伸疲劳后,复合帘线的断裂伸长率及定负荷伸长率都减小,模量增大。文献^[1]曾报道芳纶的耐拉伸疲劳性能较尼龙和聚酯差,拉伸疲劳后的强力保持率为 85%,这与芳纶的刚性有关。尼龙和聚酯帘线在整个拉伸疲劳过程中,为了保持固定的最大负荷,表现出了一定的粘性流动。虽然复合帘线的拉伸疲劳破坏机理尚不清楚,但可以肯定复合帘线拉伸疲劳后强力保持率较高是因为有尼龙的缘故。

2.2 帘线的压缩疲劳性能

4 种帘线经压缩弯曲疲劳后,强力保持率随疲劳时间的变化如表 2 所示。

表 2 帘线压缩弯曲疲劳后强力保持率 %

帘线	压缩弯曲疲劳时间,h			
	6	8	10	12
芳纶帘线(168tex/2)	75.4	70.0	78.7	77.4
尼龙 66 帘线(140tex/2)	100	100	100	100
2K/1N(49#)	94.4	88.2	85.3	91.4
2K/1N(56#)	96.5	78.2	82.7	86.7

从表 2 可以看出,经过相同时间压缩弯曲疲劳后,芳纶帘线的强力损失最大,尼龙帘线没有明显变化,而 2K/1N 复合帘线居中。芳纶帘线的各向异性行为决定其压缩强度远远低于拉伸强度。因此当芳纶帘线受到弯曲、压缩应力时,这些力对帘线的破坏作用远远大于拉伸应力的作用。

纯芳纶帘线耐压缩弯曲疲劳性能受捻度的影响,图 1 为不同捻度的纯芳纶帘线(168tex/2)经压缩弯曲 8h 后强力保持率的变化情况。

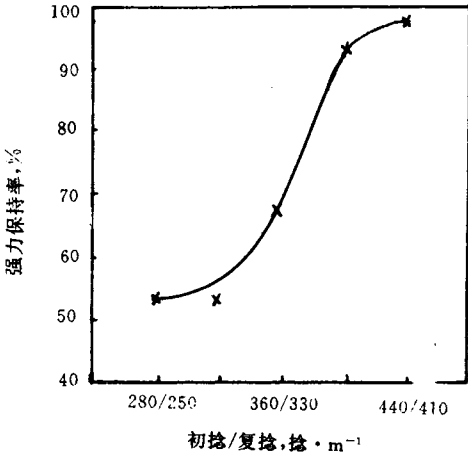


图 1 捻度对芳纶耐压缩疲劳性能的影响

从图 1 可以看出,当芳纶帘线初捻/复捻为 280/250T·m⁻¹时,强力保持率为 53%;初捻/复捻为 450/420T·m⁻¹时,强力保持率虽然很高(95%以上),但这时帘线的断裂强力及断裂强度都太低。不同捻度的 168tex/2 芳纶帘线的断裂强力见图 2。

可见芳纶帘线要想达到 2K/1N(49[#])复合帘线疲劳 8h 后的强力保持率(88.2%),其捻度至少应为 394/364T·m⁻¹,对应的芳纶帘线的断裂强力为 411.6N,而测得的 2K/1N(49[#])复合帘线的断裂强力为 578N,这时芳纶帘线的强力/成本比,较 2K/1N(49[#])复合帘线的低,因此对于芳纶来说,用提高帘线捻度的方法,提高其耐压缩弯曲疲劳性是很不经济的。复合帘线既改善了帘线的耐疲劳性能又降低了成本。

通常,耐疲劳性能随时间的延长略有下

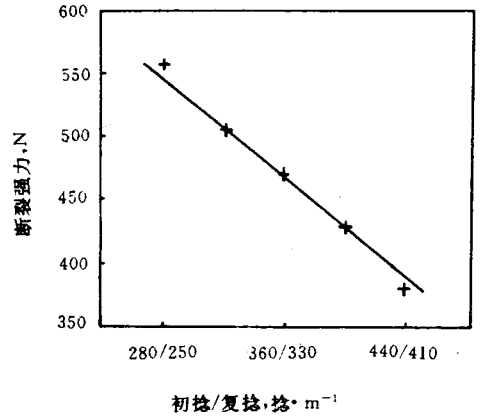


图 2 捻度对芳纶帘线断裂强力的影响

降,或在一定条件下保持不变。但从芳纶帘线和复合帘线实验结果看,这种规律性并不明显。芳纶帘线在压缩疲劳过程中,分子链形成称为“缠结带”的结构缺陷^[2]。压缩疲劳后的芳纶,在进行强伸实验过程中缠结带伸直,但与未变形区域相比,伸直的缠结带区域更不均匀,它们包含由分子脱层引起的空洞,这将导致链断裂。拉伸强度与缠结带的位置和强度有关。缠结带的位置是随机的,所以芳纶帘线和芳纶复合帘线经压缩弯曲疲劳后的强力保持率随疲劳时间的延长变化规律不明显。

芳纶复合帘线的耐压缩弯曲疲劳性能提高,是因为柔性尼龙纤维通过链方向的逐渐变化控制了纤维轴向长度的减少,使芳纶产生缠结带的程度下降^[2]。

参考文献

- 1 王同英· 芳纶帘线动态力学性能试验· 橡胶工业, 1988;35(8):464
- 2 杨宗芳,王同英· 芳纶帘线的断裂形态研究· 橡胶工业,1993;40(9):516

收稿日期 1995-12-18