

# 纤维骨架材料技术讲座

## 第 3 讲 轮胎用纤维骨架材料的结构与性能

高称意

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

中图分类号: TQ330.38<sup>+9</sup> 文献标识码: E 文章编号: 1000-890X(2001)01-0059-05

### 1 轮胎用纤维骨架材料考核项目

轮胎用纤维帘布的性能有多项考核指标。美国材料试验协会标准 ASTM D 885—98 中对帘布的 29 项技术指标的试验方法做了规定, 其中物理性能指标有 21 项, 帘线及帘布组织规格指标 7 项, 商业结算方法 1 项。ASTM D 885—64 Appendix 中规定了帘线耐疲劳性能的 4 种试验方法以及动力学学性能、物理性能等近 30 项考核指标。

我国在骨架材料的试验方法或产品标准(如 JIS、我国的国家标准及行业标准)及国际贸易合同中, 一般考核 11 项物理性能, 4 项织物组织规格。轮胎小部件纤维骨架材料的物理性能包括经、纬向断裂强力、断裂伸长率、干热收缩率、剥离粘合强度等 7 项指标, 组织规格包括经、纬线密度等 4 项。

在本文中, 一般都介绍国际和国内两套骨架材料的性能数据, 国外数据选取该产品国际知名品牌制造公司的标准或产品保证值; 国内数据按国家标准、行业标准、企业标准的顺序选取现行最高标准的数据, 以便全面了解各种骨架材料的国际、国内水平。

### 2 轮胎帘线及帘布的表示方法

帘布是轮胎用纤维骨架材料的主要产品, 轮胎中帘布的质量约占轮胎总质量的 10%~20%。

帘布由帘线按一定的密度(即纬向单位宽度内的经线根数)与纬线(棉纱)织造而成。帘

线由 2 或 3 股初捻线(股线)合并加捻而成, 股线由化纤长丝或棉纱加捻而成。股线加捻称为初捻, 股线合并后再加捻称为复捻。

化纤股线一般由一束化纤长丝直接加捻而成, 棉帘线的股线是由 3~5 股棉纱并线后加捻而成, 维尼纶帘线的股线是由 3~5 股维尼纶牵切纱并线后加捻而成, 因此棉和维尼纶帘线从棉纱和维尼纶牵切纱算起要经过 3 次加捻, 而轮胎用化纤帘线只需 2 次加捻; 力车轮胎用单股尼龙帘线只需 1 次加捻。

轮胎用棉帘线的规格都是相同的, 习惯表示为  $28\text{tex}/5 \times 3$  或  $21\text{s}/5 \times 3$  (s 为英制纱线线密度定重制计量单位, 对于同一纱线,  $\text{tex} \times \text{s} = 591$ )。

力车轮胎用棉帘线的规格有:  $28\text{tex}/3 \times 3$  ( $4 \times 3, 5 \times 3$ ) 或  $21\text{s}/3 \times 3$  ( $4 \times 3, 5 \times 3$ )。维尼纶帘线规格习惯表示为  $29.5\text{tex}/3 \times 3$  ( $4 \times 3, 5 \times 3$ ) 或  $20\text{s}/3 \times 3$  ( $4 \times 3, 5 \times 3$ )。

棉帘布规格用 4 或 5 位数字表示, 前 2 位表示帘线断裂强力(采用非国际制单位 kg)值的 10 倍, 但若这 2 位数字是 10, 则表示帘线断裂强力为 10 kg; 后 2 或 3 位数字表示帘线密度, 单位为根  $\cdot (10\text{cm})^{-1}$ 。例如, 1098 表示帘线断裂强力为 10 kg, 密度为 98 根  $\cdot (10\text{cm})^{-1}$ ; 8592 表示帘线断裂强力为 8.5 kg, 密度为 92 根  $\cdot (10\text{cm})^{-1}$ 。

轮胎用化纤帘布中, 除维尼纶帘布外, 帘线规格一般用 XXX/X 或 XXXX/X 表示, 斜线上方的 3 或 4 位数字表示股线线密度, 单位为

dtex, 斜线下方 1 位数字表示组成帘线的股数。例如, 1400/2 尼龙帘线表示将密度为 1 400 dtex 的尼龙长丝加捻为初捻股线, 再将 2 股初捻股线合股并加复捻制成尼龙帘线。轮胎帘布的经线密度通常在标准中单项专列。

国外也有采用 3 或 4 位数字表示轮胎帘布的, 以最后 1 位数字表示股数, 其余 2 或 3 位表示股线线密度, 单位为 tex。例如, 932 相当于 930/2; 1403 相当于 1400/3。

力车轮胎一般采用单股结构的尼龙帘线, 即 1 股长丝只加初捻即成白坯帘线。帘布规格的表示方法是 A (或 B, C)XXXX 或 A (或 B, C)XXXXX, 其中 A 表示帘线线密度为 930 dtex, B 表示帘线线密度为 1 400 dtex, C 表示帘线线密度为 1 870 dtex; 后 4 或 5 位数字的前 2 位表示帘布经线密度, 单位为根 $\cdot(10\text{ cm})^{-1}$ , 后 2 或 3 位表示帘布幅宽, 单位为 cm。例如, A9091, 表示帘线线密度为 930 dtex, 帘布经线密度为 90 根 $\cdot(10\text{ cm})^{-1}$ , 帘布幅宽 91 cm; B80133, 表示帘线线密度为 1 400 dtex, 帘布经线密度为 80 根 $\cdot(10\text{ cm})^{-1}$ , 帘布幅宽 133 cm。当采用 A (或 B, C)XXXXXX 表示时, 后 6 位数字中前 3 位表示帘布经线密度, 单位为根 $\cdot(10\text{ cm})^{-1}$ ; 后 3 位表示帘布幅宽, 单位为 cm。例如, 116133 表示帘线密度为 116 根 $\cdot(10\text{ cm})^{-1}$ , 帘布幅宽 133 cm。力车轮胎尼龙帘布规格为 930/2, 习惯用 A2XXXXX 表示。

维尼纶帘布表示方法中英文字母的含义分别为: A 为 29.5tex/3 $\times$ 3, B 为 29.5tex/4 $\times$ 3, C 为 29.5tex/5 $\times$ 3 (29.5 tex=20 s)。

### 3 轮胎帘布的特点与性能

#### 3.1 棉帘布

棉帘布的优点是湿态下断裂强力高(与干态相比)、无热收缩、浸渍处理工艺简便(无需 RFL 浸渍液浸渍)。但由于棉帘线的断裂强力较小, 因此帘线较粗, 帘布经线密度较大, 使其增强轮胎的胎体较厚、质量较大, 不利于散热及节油。

我国棉帘布组织规格和物理性能的国家标准为 GB 330—94, 目前已很少生产。

#### 3.2 人造丝帘布

人造丝帘线断裂强度比棉帘线高、扯断伸长率较低、模量高、几乎不存在干热收缩、尺寸稳定性极佳, 而且其耐热性能较好, 浸渍处理较容易(只需 RFL 浸渍处理且对胶乳种类要求不高)。缺点是易吸湿且湿态强力低, 耐疲劳性能不好。

人造丝帘线是制造高性能轿车子午线轮胎的优良骨架材料, 在欧洲仍大量使用。由于我国工业用人造丝长丝的生产设备先天不足、产品质量欠佳、生产过程严重污染环境, 因此自 1996 年开始已不再生产, 目前只通过边贸从俄罗斯少量进口强力人造丝帘布或线绳。

荷兰 A cordis-AKZO 公司下属德国 ENKA 公司的人造丝帘线规格与物理性能见表 1 和 2。前苏联人造丝帘布物理性能的国家标准见表 3。

表 1 ENKA 公司人造丝帘线的物理性能

项 目	KC29/92	KC30/110
规格	二超丝 1840/2	三超丝 1840/2
断裂强力/N	$\geq 161.7$	$\geq 171.5$
44 N 定负荷伸长率/%	2.8~3.5	2.2
88 N 定负荷伸长率/%	6.2~6.8	5.0
断裂伸长率/%	14	15
捻度/(捻 $\cdot\text{m}^{-1}$ )		
初捻	480	480
复捻	480	480
细度/mm	0.77	0.77
捻向	ZS	ZS

表 2 ENKA 公司子午线轮胎用人造丝帘线的物理性能

项 目	二超丝		三超丝	
	1830/3	2440/2	1830/2	1220/2
捻度/(捻 $\cdot\text{m}^{-1}$ )				
初捻	260	260	300	400
复捻	260	260	300	400
细度/mm	0.8	0.70 $\pm$ 0.03	0.53 $\pm$ 0.03	0.45 $\pm$ 0.03
断裂强力				
/N	$\geq 245$	$\geq 235$	$\geq 176$	$\geq 127$
定负荷伸长				
率/%	1.5~2.0	1.5~2.0	1.4~2.0	1.4~2.0
断裂伸长				
率/%	8.5~10.0	8.5~10.0	8.5~10.0	8.5~10.0

注: 定负荷伸长试验负荷为 44 N。

表 3 前苏联人造丝帘布的规格与性能

项 目	17B	172B	173B	22B	222B	172BP	232BP	233BP
帘线规格	184tex/1×2	184tex/1×2	184tex/1×2	244tex/1×2	244tex/1×2	184tex/1×2	244tex/1×2	244tex/1×2
细度/mm	0.67±0.03	0.67±0.03	0.67±0.03	0.80 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.03</sub>	0.80 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.03</sub>	0.58±0.03	0.67±0.03	0.67±0.03
断裂强力/N	≥169.8	≥169.8	≥169.8	≥215.8	≥215.8	≥176.6	≥230.5	≥230.5
断裂强力变异系数/%	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	5.0	4.5	4.5
44 N 定负荷伸长率/%	3.5±0.5	3.5±0.5	3.5±0.5	3.2±0.5	3.2±0.5	1.7±0.5	1.5±0.5	1.5±0.5
断裂伸长率/%	14.5±1.5	14.5±1.5	14.5±1.5	16.0±1.3	16.0±1.3	10.8±1.5	12.0±1.5	12.0±1.5
捻度/(捻·m <sup>-1</sup> )								
初捻	480±20	480±20	480±20	420±20	420±20	300±20	260±20	260±20
复捻	400±20	400±20	400±20	360±20	360±20	300±20	260±20	260±20
粘合强力/N	≥1 569.6	≥1 569.6	≥1 569.6	≥1 716.7	≥1 716.7	≥1 373.4	≥1 716.7	≥1 716.7
帘布密度/[根·(10 cm) <sup>-1</sup> ]								
经线	94±1	75±1	47±1	89±1	72±1	70±1	75±1	70±1
纬线	10±1	12±1	15±1	10±1	12±1	12±1	12±1	12±1
帘布质量/(g·m <sup>-2</sup> )	392±20	315±15	199±10	504±25	408±20	290±15	410±15	380±15

注: 1) 172BP, 232BP 和 233BP 可以用于子午线轮胎带束层; 2) 粘合强度试验方法不详。

### 3.3 尼龙帘布

尼龙帘布是我国轮胎行业应用量大、面广的产品,我国轮胎帘布总消耗量中尼龙帘布约占 85%~90%。

尼龙帘布强力高、耐疲劳和耐冲击性能好、滞后损失小,广泛用于斜交轮胎的胎体、缓冲层及子午线轮胎的冠带层,特别是大中型载重轮胎、工程机械轮胎、航空轮胎、越野轮胎等使用条件苛刻的轮胎中。尼龙帘布还是轮胎小部件的骨架材料,如胎圈包布、胎圈芯包布、胎圈加强层用布、肩带条等。尼龙帘布的变形大、模量低、尺寸稳定性差,增强轮胎易出现平点现象,影响乘坐舒适性。

德国 ENKA 公司尼龙 66 帘布的物理性能见表 4。日本帝人公司尼龙 6 帘布的组织规格及物理性能见表 5。

表 4 德国 ENKA 公司 1400/2 尼龙 66 浸渍帘布的物理性能

项 目	初/复捻捻度		
	395/395	320/320	200/200
线密度/dtex	2 900	2 860	2 740
断裂强力/N	200	200	200
44 N 定负荷伸长率/%	6.3	5.8	5.2
干热收缩率/%	3.2	3.1	3.2
屈挠疲劳强度损失率/%	13.7	22.4	25.4

注: 1) 捻度单位为捻·m<sup>-1</sup>; 2) 干热收缩试验条件为 160 °C × 4 min。

表 5 日本帝人公司 T521 型尼龙 6 帘布的组织规格与物理性能

项 目	930/1	930/2	1400/2	1870/2	2100/2
捻度/[捻·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	30	47×47	38×38	34×34	33×33
细度/mm	0.36±0.03	0.56±0.03	0.67±0.03	0.80±0.03	0.85±0.03
断裂强力/N					
平均	78.4	147.0	220.5	294.0	323.4
最小	68.6	132.3	205.8	264.6	303.8
定负荷伸长率/%	11.5±1.5	8.0±1.5	8.0±1.5	8.0±1.5	9.0±1.5
断裂伸长率/%	21.0	22.2	23.5	23.5	26.0
干热收缩率/%	≤6.0	≤6.0	≤6.0	≤6.0	≤6.0
T 抽出力/N	63.7	142.1	186.2	225.4	245.0

注: 1) 定负荷伸长试验负荷分别为: 930/1 和 930/2 44 N; 1400/2 66N; 1870/2 88N; 2100/2 100 N。2) 干热收缩试验条件为 150 °C × 30 min。

我国尼龙帘布的组织规格及物理性能国家标准见表 6~9。无锡三力工业布厂力车轮胎用浸渍尼龙帘布的物理性能见表 10。中国神

马帘子布集团有限责任公司专为子午线轮胎生产的改性尼龙 66 帘布的组织规格与物理性能见表 11。

表 6 我国尼龙 6 帘布的组织规格

项 目	1870/2		1400/2			930/2		
	V1	V2	V1	V2	V3	V1	V2	V3
经线密度/[根·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	88	74	100	74	52	126	94	60
边密度/[根·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	≤92	≤78	≤105	≤78	≤55	≤130	≤98	≤64
纬线密度/[根·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	8	10	8	10	16	10	12	14
棉纬纱密度/tex	28~30		28~30			28~30		
布长/m	L±2%L		L±2%L			L±2%L		
幅宽/cm	145±3		145±3			145±3		

注:布长 L 根据生产厂的设备而定。

表 7 我国尼龙 66 帘布的组织规格

项 目	930/2		1400/2		1870/2			2100/2		1400/3	
	V3	V1	V2	V3	V1	V2*	V2	V1	V2	V1	V2
经线密度/[根·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	60	100	74	52	88	74	68.4	88	74	88	74
边密度/[根·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	63	105	78	55	92	78	72	92	78	92	78
纬线密度/[根·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	14	8	10	14	9	9	9	9	9	8	10
布长/m	1160	1160	1160	1160	900	900	1360	770	770	770	770

注: \*加密帘布。棉纬线密度为 28~30 tex, 接头布长度为 10 cm, 幅宽为(145±3) cm。

表 8 我国尼龙 66 浸渍帘布物理性能指标

规 格	断裂强 力/N	定负荷伸 长率/%	H 抽出 力/N	覆胶 量/%	断裂伸 长率/%	细度/ mm	捻度/[捻·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	
							初捻	复捻
930/2								
优等品	≥137.2	8.5±0.6	≥107.8	5.0±0.9	20.5±2	0.53±0.05	46.0±1.5	46.0±1.5
一等品	≥132.3	8.5±0.8	≥98.0	5.0±1.2	20.5±2	0.53±0.05	46.0±1.5	46.0±1.5
合格品	≥127.4	8.5±1.0	≥98.0	5.0±1.5	20.5±2	0.53±0.05	46.0±1.5	46.0±1.5
1400/2								
优等品	≥215.6	8.5±0.6	≥137.2	5.0±0.9	21.5±2	0.65±0.05	39.0±1.5	37.0±1.5
一等品	≥211.7	8.5±0.8	≥127.4	5.0±1.2	21.5±2	0.65±0.05	39.0±1.5	37.0±1.5
合格品	≥205.8	8.5±1.0	≥117.6	5.0±1.5	21.5±2	0.65±0.05	39.0±1.5	37.0±1.5
1870/2								
优等品	≥284.2	8.7±0.6	≥156.8	5.0±0.9	22±2	0.74±0.05	32.0±1.5	32.0±1.5
一等品	≥274.4	8.7±0.8	≥137.2	5.0±1.2	22±2	0.74±0.05	32.0±1.5	32.0±1.5
合格品	≥264.6	8.7±1.0	≥127.4	5.0±1.5	22±2	0.74±0.05	32.0±1.5	32.0±1.5
2100/2								
优等品	≥313.6	9.0±0.6	≥156.8	4.5±0.5	22±2	0.78±0.05	32.0±2.0	32.0±2.0
一等品	≥303.8	9.0±0.8	≥147.0	4.5±0.5	22±2	0.78±0.05	32.0±2.0	32.0±2.0
合格品	≥294.0	9.0±1.0	≥137.2	4.5±0.5	22±2	0.78±0.05	32.0±2.0	32.0±2.0
1400/3								
优等品	≥313.6	9.0±0.8	≥156.8	4.0±0.5	22±2	0.78±0.05	32.0±2.0	32.0±2.0
一等品	≥303.8	9.0±1.0	≥147.0	4.0±0.5	22±2	0.78±0.05	32.0±2.0	32.0±2.0
合格品	≥294.0	9.0±1.2	≥137.2	4.0±0.5	22±2	0.78±0.05	32.0±2.0	32.0±2.0

注: 1) 定负荷伸长试验负荷为: 930/2 44.1 N; 1400/2 66.6 N; 1870/2 88.2 N; 2100/2 和 1400/3 100 N。2) 930/2、1400/2 和 1870/2 的干热收缩率为≤5%; 2100/2 和 1400/3 的干热收缩率为≤5.5%。3) 断裂强力不匀率分别为: 优等品 ≤3%; 一等品 ≤4%; 合格品 ≤5%; 4) 断裂伸长率不匀率分别为: 优等品 ≤5%; 一等品 ≤6%; 二等品 7%。

表 9 我国尼龙 6 帘线的物理性能

规格	断裂强力/N	定负荷伸长率/%	H 抽出力/N	断裂强力不匀率/%	断裂伸长率不匀率/%	覆胶量/%	细度/mm	捻度/[捻 <sup>°</sup> (10 cm) <sup>-1</sup> ]		干热收缩率/%
								初捻	复捻	
930/2										
优级品	≥137.2	8±0.5	107.8	3	5	5±1.0	0.55±0.03	46±1.5	46±1.5	6
一等品	≥132.3	8±1.0	98.0	4	6	5±1.5	0.55±0.04	46±1.5	46±1.5	8
合格品	≥127.4	8±1.0	98.0	5	7	5±1.5	0.55±0.05	46±1.5	46±1.5	8
1400/2										
优级品	≥215.6	8±0.5	137.2	3	5	5±1.0	0.65±0.03	39±1.5	37±1.5	6
一等品	≥205.8	8±0.7	117.6	4	6	5±1.5	0.65±0.04	39±1.5	37±1.5	8
合格品	≥200.9	8±1.0	107.8	5	7	5±1.5	0.65±0.05	39±1.5	37±1.5	8
1870/2										
优级品	≥279.3	8±0.5	156.8	3	5	5±1.0	0.75±0.03	33±1.5	33±1.5	6
一等品	≥269.5	8±1.0	137.2	4	6	5±1.5	0.75±0.04	33±1.5	33±1.5	8
合格品	≥259.7	8±1.0	127.4	5	7	5±1.5	0.75±0.05	33±1.5	33±1.5	8

注: 1) 定负荷伸长试验负荷分别为: 930/2 44.1 N; 1400/2 66.6 N; 1870/2 88.2 N。2) 断裂伸长率均为 22%±2%。

表 10 无锡三力工业布厂力车轮胎用尼龙 6 浸渍帘布的物理性能

规格	断裂强力/N	定负荷伸长率/%	H 抽出力/N	断裂强力不匀率/%	断裂伸长率不匀率/%	细度/mm	断裂伸长率/%	捻度/(捻 <sup>°</sup> m <sup>-1</sup> )
优等品	≥69	7.5±0.8	≥54	4.0	6.0	0.32±0.03	20.0±2.0	210±15
一等品	≥67	7.5±1.0	≥49	4.5	6.5	0.32±0.03	20.0±2.0	210±15
合格品	≥65	7.5±1.0	≥44	5.0	7.0	0.32±0.03	20.0±2.0	210±15
930/2								
优等品	≥137	8±0.8	≥98	3.5	5.5	0.52±0.03	22.0±2.0	280±15
一等品	≥132	8±0.8	≥93	4.0	6.0	0.52±0.03	22.0±2.0	280±15
合格品	≥127	8±0.8	≥88	5.0	7.0	0.52±0.03	22.0±2.0	280±15
1400/1								
优等品	≥103	7±0.8	≥69	3.5	5.5	0.43±0.03	20.0±2.0	190±10
一等品	≥98	7±1.0	≥64	4.0	6.0	0.43±0.03	20.0±2.0	190±10
合格品	≥93	7±1.0	≥59	5.0	7.0	0.43±0.03	20.0±2.0	190±10
1870/1								
优等品	≥132	8±0.8	≥83	3.5	5.5	0.50±0.03	20.0±2.0	160±10
一等品	≥127	8±0.8	≥78	4.0	6.0	0.50±0.03	20.0±2.0	160±10
合格品	≥123	8±0.8	≥74	5.0	7.0	0.50±0.03	20.0±2.0	160±10

注: 1) 定负荷伸长试验负荷分别为: 930/1 22.6 N; 930/2 和 1870/1 44 N; 1400/1 33 N。2) 水的质量分数为≤0.008。3) 干热收缩率为≤4%。

### 3.4 聚酯帘布

聚酯帘布具有强力高、扯断伸长率低、模量高、尺寸稳定性好等优点, 耐热性和热稳定性虽不及人造丝, 却优于尼龙。

聚酯帘布的缺点是: 遇胺类物质会发生化学降解, 使强力下降, 因此采用聚酯作轮胎骨架材料时, 硫化促进剂品种的选择尤为重要; 聚酯帘线的滞后损失较大, 在轮胎承受大负荷作用和高速运转时, 生热较大, 因此聚酯适用于轿车

和轻型载重轮胎, 而不适用于中型和重型载重轮胎; 聚酯大分子表面缺少能与橡胶发生键合的活性基团, 因此聚酯帘布的浸渍热处理比尼龙复杂, 在浸渍液中除传统的 RFL 外还要添加专用粘合剂或采用二浴浸渍工艺处理, 浸渍成本高于尼龙。聚酯帘布在开发初期曾用于载重带束斜交轮胎, 现在主要用于子午线轮胎, 可制造 Z 速度级的轿车轮胎。

(未完待续)