

纤维骨架材料技术讲座

第2讲 纤维骨架材料的分类和性能(续完)

高称意

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

中图分类号: TQ330.38⁺9 文献标识码: E 文章编号: 1000-890X(2000)12-0746-05

(接上期)

聚酯纤维的基本性能:

(1)断裂强度稍低于尼龙纤维, 高强聚酯长丝的断裂强度可达 $0.70 \sim 0.82 \text{ N} \cdot \text{dtex}^{-1}$, 且湿态下强度几乎不损失, 某些牌号聚酯长丝的强度已接近尼龙长丝的水平。

(2)断裂伸长率低于尼龙纤维, 但高于人造丝。

(3)耐疲劳性不及尼龙, 但优于人造丝。

(4)抗冲击强度比尼龙高4倍, 比人造丝高20倍。

(5)初始模量高于尼龙, 而低于人造丝, 尺寸稳定性优于尼龙纤维。

(6)耐热性优于其它纤维, 于 $238 \sim 240 \text{ }^\circ\text{C}$ 时软化, 在 $255 \sim 260 \text{ }^\circ\text{C}$ 时熔化, 在 $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下加热一周强度也仅损失 $15\% \sim 30\%$ 。

(7)耐磨性优良, 仅次于尼龙纤维。

(8)聚酯纤维耐酸, 不耐碱, 在较浓或温度较高的碱液中会破坏。在一定条件下, 氨会与聚酯分子反应, 使聚酯分子降解。

(9)聚酯纤维遇氧化剂、还原剂和诸多有机溶剂稳定, 但苯酚及其衍生物、某些含氯的烷烃或有机酸会使其溶胀, 直至溶解。

(10)聚酯纤维的耐日光性和耐候性仅次于聚丙烯腈纤维, 优于其它合成纤维, 也优于棉纤维及人造丝。

(11)聚酯纤维用作骨架材料的最大缺点是与橡胶的粘合性差, 浸渍液中要添加专用粘合剂或采用二浴浸渍法, 浸渍成本高于尼龙。

从橡胶骨架材料要求的各主要性能看, 可把聚酯纤维看作性能介于人造丝与尼龙之间的纤维材料。聚酯纤维的基本性能见表3。

德国 KOSA 公司(原 Hoechst-celanese 公司)、荷兰 AKZO 公司和日本帝人公司是世界上有代表性的聚酯纤维厂家, 其橡胶工业用聚酯长丝的物理性能分别见表5~7。

从表5~7可以看出, 发达国家的聚酯纤维根据特性和用途将型号分得很细, 值得我们借鉴。

尺寸稳定型聚酯长丝(DSP, 又称 HMLS)的出现是近年来纤维行业技术发展中的一件大事。表8示出了美国联信公司 DSP 长丝的主要物理性能。表9示出了我国聚酯长丝物理性能的国家标准。

2.5 聚乙烯醇缩甲醛纤维

聚乙烯醇缩甲醛纤维简称维尼纶纤维(PVA), 基本性能是:

(1)强度高, 高强度的维尼纶牵切纱的断裂强度可达到 $8.5 \text{ cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$, 湿态强度比干态强度低 $10\% \sim 25\%$ 。

(2)干态耐热性较好, 湿态下, 当温度达 $115 \text{ }^\circ\text{C}$ 时产生显著收缩。软化温度为 $215 \sim 220 \text{ }^\circ\text{C}$, 熔点不明显。

(3)耐磨性良好, 接近尼龙; 耐光性很好, 长期受日晒后强度几乎不降低。

(4)与橡胶的粘合性不及棉纤维, 但优于其它纤维, 也需进行浸渍处理。

(5)耐碱性较好, 但不耐强碱, 浓盐酸、硫酸

表 5 德国 KOSA 公司聚酯长丝的物理性能

牌号	线密度/dtex	孔数	断裂强度/ (cN°dtex ⁻¹)	断裂伸长 率/%	45 N 定负荷 伸长率/%	177 °C自由收 缩率/%	表面是 否活化	特性	用途
240	1 100	328	7.10	10.5	5.0	8.8	否	3	V H
704	1 100	200	6.82	23.0	—	2.7(180 °C)	否	1	S
706	1 100	200	7.45	12.0	—	10(180 °C)	是	1	S
710	1 100	200	7.25	19.0	10.7	1.6	否	—	C
710	1 670	200	7.05	18.5	9.0	3.5	否	—	C
714	1 100	200	6.80	19.8	10.4	2.1	否	—	C
715	1 100	200	7.45	12.0	6.5	6	是	—	HV
715	1 440	200	7.45	13.5	—	—	是	—	HV
715	1 670	200	7.40	12.5	—	—	是	—	HV
730	1 100	200	7.45	13.8	6.5	8.5	否	—	VHT
730	1 670	200	7.20	14.6	9.0	—	否	—	VHT
734/735	1 100	200	8.00	11.4	4.5	11	734 否	—	734SH, 735C, H
734/735	1 440	200	8.00	11.0	—	—	—	—	734SH, 735C, H
734/735	1 670	200	8.00	11.0	—	—	735 是	—	734SH, 735C, H
745	1 100	200	6.90	8.8	4.7	3.9	是	2	CVH
745	1 670	300	6.60	9.5	—	4.8(180 °C)	是	2	CVH
746	830	200	6.10	9.0	—	3.5	是	3	V
746	1 100	200	6.10	8.2	—	3.4(180 °C)	是	2	V
755	1 100	200	8.20	12.5	7.2	6.5	是	—	V
755	1 670	200	8.20	13.3	—	10.4(180 °C)	是	—	V
764	1 100	192	7.60	22.0	13.5	4.8	是	—	C
785	940	74	7.70	13.7	7.0	11.3	否	—	HT
785	1 220	192	8.10	12.3	4.8	13.3	否	—	HT
792/793	1 100	328	7.10	9.5	4.6	6.8	792 否	3	VHT
792/793	1 440	420	7.10	10.0	3.7	7.3	—	3	VHT
792/793	1 670	484	7.10	9.8	3.2	8.5	793 是	3	VHT
796	1 100	—	6.90	9.7	4.8	9.5	是	4	Y
800/811	1 100	192	7.90	12.6	5.2	13.4	800 否	—	CT
800/811	1 440	279	7.90	12.5	4.4	13.4	811 是	—	F
800/811	1 670	279	7.90	13.0	4.1	12.8	—	—	P
865	1 100	192	7.50	11.9	7.3	11.0	是	—	P
870	1 220	192	6.50	16.5	7.3	9.0	是	—	P
911	1 100	192	7.90	12.7	5.2	13.5	是	—	CVT
911	1 440	192	7.90	12.5	4.4	13.5	是	—	CVT

注: 1)特性: 1—阻燃丝; 2—高模低缩丝; 3—单丝细, 高模低缩丝; 4—双组分皮芯复合纤维。2)用途: T—轮胎; H—胶管; C—输送带; V—V带; S—整体带芯; P—塑料管; F—消防水龙带; Y—硬绳。

和硝酸会使其膨润或分解, 在酚、热吡啶、甲醛和浓甲酸中膨润或溶解。

维尼纶纤维用作骨架材料有两种形式: 牵切纱(长丝)和短纤维。牵切纱强度高, 可加工成帘布、线绳和胶管纱等。短纤维强度稍低, 在短纤维物表面有短纤头露出, 较为粗糙, 有利于与橡胶粘合, 也可与棉纤维或聚酯短纤维混纺成纱, 加工成胶管纱、胎圈芯包布或 V 带外包布等, 也可用于织造帆布或整体带芯。

2.6 聚丙烯纤维

聚丙烯纤维简称丙纶, 由于丙纶的耐热性

及与橡胶的粘合性很差, 故不能用来制造橡胶制品的增强材料, 但丙纶是织造橡胶工业用垫布的好材料, 因此也在此做简单介绍。

丙纶的基本性能是:

(1)丙纶的断裂强度可达 $8.0 \text{ cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$, 与高强度尼龙纤维或聚酯纤维的强度相当。高强度的丙纶纤维的断裂强度可以达到 $11.5 \text{ cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$, 仅低于芳纶纤维, 湿态下丙纶纤维强度没有损失;

(2)丙纶的软化温度为 $140 \sim 165 \text{ }^\circ\text{C}$, 熔点为 $160 \sim 170 \text{ }^\circ\text{C}$, 高温时易氧化, 热稳定性差,

表 6 荷兰 Acordis-AKZO 公司聚酯长丝的物理性能

牌号	线密度/ dtex	孔数	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	断裂伸长 率/%	定负荷伸 长率/%	干热收缩 率/%	表面是 否活化	用途
164S	1 100	210	7.36	13.0	6.2	3.2	是	V 带, 胶管, 输送带
164S	1 670	210	7.40	14.0	6.8	2.9	是	V 带, 胶管, 输送带
164S	2 200	420	7.29	13.7	6.5	3.0	是	V 带, 胶管, 输送带
164S	3 300	630	7.26	13.4	6.4	3.1	是	V 带, 胶管, 输送带
164SN	1 100	210	7.36	13.0	6.2	3.4	是	V 带, 胶管, 输送带
165S	1 100	210	7.37	13.1	6.2	2.8	否	轻型输送带
166N	1 100	210	7.78	12.6	5.1	5.6	是	输送带
174S	1 100	210	7.32	18.3	11.7	2.0	否	输送带, 胶管
174S	1 670	210	7.23	19.1	11.9	2.0	否	输送带, 胶管
174S	2 200	420	7.31	19.0	11.9	2.0	否	输送带, 胶管
174ST	1 100	210	7.29	18.4	11.8	2.0	否	输送带, 胶管
183	1 100	210	8.50	9.8	4.6	9.2	是	轮胎, 胶管, 输送带
770	1 100	210	7.51	10.9	4.5	5.4	是	V 带, 胶管
775	1 100	210	7.95	10.5	4.3	6.1	是	胶管, V 带
779	1 100	210	6.80	11.6	4.6	3.9	否	V 带
855T	1 100	210	8.36	12.5	6.2	5.9	否	输送带, 胶管
855T	1 440	210	8.26	13.5	7.5	5.4	否	输送带, 胶管
1125T	1 100	210	7.00	10.0	4.9	3.8	是	轮胎, V 带
1125T	1 440	210	6.94	10.3	5.3	4.1	是	轮胎, V 带
1125T	1 670	210	6.85	11.8	5.2	4.0	是	轮胎, V 带
2500T	1 100	210	7.00	10.0	4.9	3.8	否	V 带, 轮胎
2500T	1 440	210	6.94	10.3	5.3	4.1	否	V 带, 轮胎
2500T	1 670	210	6.85	11.8	5.2	4.0	否	V 带, 轮胎

注: 1) 定负荷伸长试验的负荷为: 1 100 dtex 45 N; 1 670 和 1 440 dtex 68 N; 2 200 dtex 90 N; 3 300 dtex 135 N。2) 174S 和 174ST 干热收缩试验条件为: 190 °C×15 min; 其余为 180 °C×2 min。

表 7 日本帝人公司聚酯长丝的物理性能

牌号	线密度/ dtex	孔数	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	断裂伸长 率/%	定负荷伸 长率/%	干热收缩 率/%	表面是 否活化	特性	用 途
P900M	1 100	250	8.11	12.5	4.6	11.0	否	高强度, 低伸长	轮胎, 胶管, 输送带
P900M	1 670	250	8.11	13.5	5.0	11.0	否	高强度, 低伸长	轮胎, 胶管, 输送带
P500G	1 100	250	8.29	10.5	4.3	10.0	是	高强度, 低伸长	轮胎, 胶管, 输送带
T930M	1 100	192	7.32	16.0	8.5	2.5	否	低收缩	输送带, 胶管, V 带
S503R	1 100	192	7.67	13.5	7.5	3.0	是	低收缩	输送带, 胶管, V 带
S503R	1 670	250	7.76	14.5	7.5	4.0	是	低收缩	输送带, 胶管, V 带

注: 1) 定负荷伸长试验的负荷分别为: 1 100 dtex 45 N; 1 670 dtex 66 N。2) 干热收缩试验条件为: 150 °C×30 min。

100 °C 时的收缩率为 5%, 130 °C 时的热收缩率为 5%~12%;

(3) 耐磨性与聚酯纤维接近, 但不及尼龙; 耐光性能较差, 日光曝晒会损失强度。

(4) 耐化学品性良好, 不受无机酸、碱的腐蚀, 也不溶于一般有机溶剂。

丙纶纤维的基本性能见表 3。

2.7 芳香族聚酰胺纤维

芳香族聚酰胺纤维家族中用作橡胶制品骨架材料的主要是聚对苯二甲酰对苯二胺纤维

(美国开发初期名为 Fibre-B, 后名为 Kevlar, 我国商品名为芳纶 1414) 和聚对苯甲酰胺纤维(我国商品名为芳纶 14)。

目前, 芳纶 1414 的断裂强度为 19.5~22.0 cN·dtex⁻¹, 弹性模量达 475 cN·dtex⁻¹。强度约为钢丝的 7 倍, 模量为钢丝和玻璃纤维的 2~3 倍, 约为尼龙纤维的 10~12 倍, 聚酯纤维的 5~6 倍。

由于芳纶属热固性纤维, 几乎不存在收缩与蠕变, 尺寸稳定性极好, 又有优异的耐高温

表 8 美国联信公司 DSP 长丝的性能

项 目	1W70/73	1X90/93	1X30/33	1X40/43	1X50/53	A360
	普通型	DSP	改进型 DSP	改进型 DSP	改进型 DSP	
断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	8.0	7.1	6.9	6.0	—	—
断裂伸长率/%	14.0	10.0	9.8	10.0	—	—
45 N 定负荷伸长率/%	6.1	5.1	4.8	4.3	—	—
177℃自由收缩率/%	8.5	6.5	4.5	3.5	—	—
强度指数	100	93	103	90	100	120
模量指数	100	105	125	155	155	185
热收缩指数	100	50	50	50	50	50
韧度指数	100	93	100	100	100	100
工业化时间	1972 年	1988 年	1990 年	1991 年	1995 年	1997 年
主要优点和用途	无平点	用于单层胎 体轮胎	改进了强度和 尺寸稳定性	取代人造丝	轿车子午线 轮胎	单层胎体高性能 子午线轮胎

注: 1) 牌号末位数字 0 表示非粘合活化丝, 末位数字 3 表示粘合活化丝。2) 性能指数以普通聚酯长丝为 100。

表 9 我国聚酯长丝物理性能的国家标准

性 能	高强度型			低收缩型		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
线密度偏差率/%	±2.5	±3.0	±3.5	±2.5	±3.0	±3.5
线密度变异系数/%	≤1.60	≤2.00	≤3.00	≤1.60	≤2.00	≤2.40
断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	≥8.00	≥7.70	≥7.40	≥7.00	≥6.70	≥6.40
断裂强度变异系数/%	≤4.00	≤5.00	≤6.00	≤4.00	≤5.00	≤6.00
断裂伸长率/%	M ₁ ±2.0	M ₁ ±3.0	M ₁ ±4.0	M ₁ ±4.0	M ₁ ±5.0	M ₁ ±6.0
断裂伸长率变异系数/%	≤10.0	≤11.0	≤12.0	≤10.0	≤11.0	≤12.0
定负荷伸长率/%	6.6±0.8	6.6±0.8	6.6±0.8	—	—	—
干热收缩率/%	M ₂ ±1.5	M ₂ ±2.0	M ₂ ±2.5	≤3.0	≤4.0	≤5.0

注: M₁ 为断裂伸长率中心值, 高强度型在 12%~16%、低收缩型在 19%~23% 内选定; M₂ 为干热收缩率中心值, 高强度型在 ≤8% 范围内选定; 干热收缩试验条件为 177℃×10 min; 定负荷伸长率的负荷为 4.0 cN·dtex⁻¹, 该项指标只考核帘线用产品。

性, 因此有“合成钢丝”的美誉, 但其密度只是钢丝的 20%。芳纶纤维不易与橡胶粘合, 但经专门的浸渍处理后, 可获得与橡胶的良好粘合, 是一种理想的骨架材料。芳纶 14 的断裂强度稍低于芳纶 1414, 但弹性模量却是所有合成纤维中的最高者。其物理性能见表 10。

表 10 芳纶纤维物理性能

性 能	芳纶 1414		芳纶 14
	密度/(Mg·m ⁻³)	1.43	1.46
分解温度或熔点/℃	>500	>500	
断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	19.1~22.0	14~15	
断裂伸长率/%	3~5	1.6	
初始模量/(cN·dtex ⁻¹)	420~480	>900	
60% 断裂强力下的年蠕变率/%	0.2	—	
200℃×48 h 后强力保持率/%	90	—	
160℃×4 min 下干热收缩率/%	0.1	—	
零强度温度/℃	455	—	
极限氧指数/%	26.0	24.5	

芳纶 1414 纤维的耐化学品性能如表 11 所示。

荷兰 Acoris-AKZO 公司橡胶用芳纶纤维的性能及特征和用途分别见表 12 和 13。

表 11 芳纶 1414 纤维浸渍化学溶液后

断裂强力保持率 %

溶 液	浸渍时间/d		
	12	40	120
硝酸	29	23	17
盐酸	34	25	17
硫酸	88	85	50
醋酸	100	100	100
氢氧化钠	60	38	28
氨水	100	96	79
硫酸钠	100	100	100
碳酸铵	100	100	96
磷酸铵	100	100	99
氯化铁	98	90	69

注: 溶液的质量分数为 0.01。

表 12 荷兰 Acordis-AKZO 芳纶长丝的性能

牌号	线密度/ dtex	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	断裂伸长 率/%	初始模量/ (cN·dtex ⁻¹)	1%变形时 力/N	表面处理油剂 质量分数	表面是 否活化
1000	1 680	20.2	3.8	550	79	0.8	否
1001	1 680	19.6	3.5	550	80	0.9	是
1008	1 100	21.0	3.4	—	60	0.8	—
1008	1 680	21.3	3.6	—	86	0.8	—
1008	2 520	21.1	3.8	—	120	0.8	—
1055	1 610	20.2	2.6	—	115	0.8	否
1111	1 680	21.1	3.2	—	97	0.7	否
2100	1 100	22.2	4.3	—	50	0.8	—
2100	1 680	21.0	4.3	—	68	0.8	—
2100	2 520	21.5	4.3	—	102	0.8	—
2300	1 100	22.9	3.6	—	61	0.8	—
2300	1 680	22.5	3.7	—	90	0.8	—
2300	2 520	22.1	3.8	—	125	0.8	—

注: 1) 干热收缩率均为 0.1%; 2) 200 °C×48 h 后断裂强度保持率为 90%; 3) 1014、1015 和 1016 型产品是用新型表面粘合活化剂处理纤维表面, 促进与橡胶的粘合性能, 活化处理工艺较 1001 型简单, 并减轻了对环境的污染。

表 13 荷兰 Acordis-AKZO 芳纶长丝的特征与用途

牌号	特征	用途
1000	通用标准型	轮胎、胶管、胶带
1001	通用标准型, 表面活化处理	轮胎、胶管、胶带
1008	改善后加工工艺可行性	管带类橡胶制品
1055	高模量	替代胎圈钢丝
1111	高强度, 中高模量	轮胎、胶管、胶带
2100	高强度, 中低模量, 改善耐弯曲压缩疲劳	输送带、编织胶管、轮胎冠带层和缓冲层
2200	高模量	轮胎胎圈
2300	轴向、横向强度均高, 绳强度转化率高	编织胶管、V 带
1014	—	胶管
1015	—	输送带
1016	—	轮胎

2.8 玻璃纤维

玻璃纤维是人造无机纤维, 用作橡胶制品的骨架材料是在 20 世纪 60 年代解决了玻璃纤维单丝间相互摩擦而造成玻璃纤维损伤、耐屈挠疲劳性不好及与橡胶粘合性差等问题后才得以实现的。美国曾用玻璃纤维制作轮胎帘子布, 现在则将玻璃纤维加工成线绳作为同步带的骨架材料。

根据玻璃纤维的化学组成不同, 可以将玻璃纤维分为 E、C 和 S 三种。橡胶制品骨架材料用的玻璃纤维是 E 型玻璃纤维。

玻璃纤维的强度高、模量高、扯断伸长率低、尺寸稳定性好; 耐热性好, 在橡胶制品加工及使用温度下, 强度不损失, 在 300 °C×24 h

条件下强力下降 20%, 在 480 °C 下强力下降 30%, 846 °C 下熔融; 化学稳定性好, 除氢氟酸和磷酸外, 玻璃纤维不受油类、酸类和腐蚀性蒸汽的影响, 也不溶于有机溶剂, 但碱液对它有腐蚀作用。

玻璃纤维的缺陷是耐屈挠疲劳性差、耐磨性差(单丝间相互摩擦会损伤纤维)以及与橡胶粘合性差。这些缺陷随着玻璃纤维专用浸渍处理技术和浸渍配方的出现而得以改善。

玻璃纤维的基本性能为: 断裂强度 5.7~13.0 cN·dtex⁻¹; 湿/干强度比 85%~95%; 相对环扣强度 30%~60%; 相对结节强度 12%~25%; 断裂伸长率 3%~5%; 初始模量 200 cN·dtex⁻¹; 密度 2.52~2.55 Mg·m⁻³; 20 °C 和相对湿度为 65% 时吸湿率 0。E、C 和 S 三种玻璃纤维的化学组成如表 14 所示。

表 14 玻璃纤维的化学组分质量分数

组 分	玻璃纤维		
	E 型	C 型	S 型
二氧化硅	0.54	0.65	0.65
氧化铝	0.15	0.04	0.25
氧化钙	0.17	0.14	0
氧化镁	0.05	0.03	0.10
氧化硼	0.08	0.05	0
氧化钠	0.006	0.08	0
氧化钾	0.004	0.01	0