

# 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

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(2000)11-0695-06

### 1 纤维骨架材料的分类

#### 1.1 按骨架材料所用的纺织材料分类

##### 1.1.1 天然纤维

天然纤维是指植物、动物所产的纤维及无机矿物纤维或由无机材料抽成的可用作纺织材料的细丝。

目前, 骨架材料用植物纤维只有棉纤维, 过去曾用麻纤维(亚麻或苧麻)的纱线作胶管的增强纱, 但由于经过深加工后麻纤维可制成中、高档的服装面料, 加之资源丰富和物美价廉的合成纤维已出现, 因此现在已不再使用麻纤维。

动物纤维系蛋白质纤维, 是高档服装面料的纺织材料。在橡胶制品中, 除某些机械专用部件中有用到毛毡外, 一般不用动物纤维作骨架材料。

骨架材料用矿物纤维只有玻璃纤维。

##### 1.1.2 化学纤维

化学纤维是指天然或合成高分子聚合物经人工化学处理与纺丝加工而成的纤维。化学纤维按原料来源及相应的加工处理方法可分为人造纤维与合成纤维两大类。

人造纤维是以天然含纤维素的物质, 如木材、棉短绒等材料, 经化学处理与纺丝加工而制成的纤维, 因此又称为天然纤维素再生纤维。骨架材料中的人造丝纤维就是人造纤维。

合成纤维是指以煤、石油、天然气和农副产品等天然低分子有机物为原料, 经一系列的化学反应合成为高分子聚合物, 再经不同的纺丝工艺而制成的纤维。现在橡胶制品骨架材料用

纺织材料中, 化学纤维已占绝对优势。

合成纤维还可以按不同的特定条件进行分类。通常按合成纤维的分子结构分为碳链纤维和杂链纤维两类, 前者包括维尼纶和丙纶(即聚丙烯纤维, 由于其耐热性不好、熔点低, 因此不用于制造骨架材料, 但它是织造橡胶工业用垫布的理想材料); 后者包括尼龙 6、尼龙 66(脂肪族聚酰胺纤维)、聚酯(聚芳酯纤维)和芳纶(芳香族聚酰胺纤维)。

按材料在高温下的热行为还可将纤维分为热塑性纤维和热固性纤维。

热塑性纤维有一定的熔限(因高分子材料聚合度不同, 熔点不像低分子材料那样固定, 而是有一个不大的温度范围), 在一定的温度下会剧烈收缩、熔化。这类纤维包括尼龙、聚酯、维尼纶和丙纶。

热固性纤维在高温下不熔化而直接分解碳化。这类纤维在高温下无明显的收缩现象, 棉纤维、人造丝和芳纶属于此类纤维。

#### 1.2 按骨架材料品种分类

##### 1.2.1 轮胎用纤维骨架材料

轮胎用纤维骨架材料主要是帘布, 此外还有一些小部件骨架材料, 如胎圈芯包布、胎圈包布(又称子口布)和胎圈加强层用布等。

胎圈芯包布是经纬密度均较稀疏的平纹布, 所用材料有尼龙、维尼纶、聚酯短纤-维尼纶短纤混纺纱、聚酯短纤-棉短纤混纺纱和维棉混纺纱等。高档无内胎轮胎胎圈芯包布也有用无纺布的。

胎圈包布一般用网眼织法的平纹布条,大型轮胎中的胎圈包布也有用帘布条的。

胎圈加强层一般采用帘布,大型轮胎也有用钢丝绳线的。

### 1.2.2 输送带用骨架材料

输送带一般采用帆布或帘布作骨架材料,帆布的织物结构又可分为平纹帆布、牛津纺帆布、斜纹与破斜纹组织帆布。

#### (1)平纹帆布

平纹帆布是由一根经线与一根纬线交织而成(结构见图1),适用于轻量级别输送带。

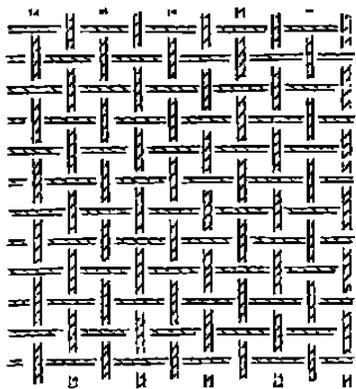


图1 平纹帆布结构图

#### (2)牛津纺帆布

牛津纺帆布是由二根经线与一根(或两根)纬线交织而成(结构见图2),适用于重量级别输送带。这种织物的抗撕裂性好,有增强胶带横向抗撕裂性能的功效。

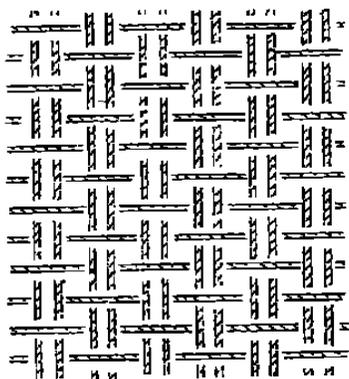


图2 2x1 牛津纺帆布结构图

#### (3)斜纹组织帆布

斜纹组织帆布是两根经线和两根纬线交替织造而成,与牛津织物不同之处在于相邻的两

根经线和纬线错位交织,且每4根经纬线才重复一次,形成一个组织单元(结构见图3),故织物牢固,克服了合成纤维长丝织物由于纤维表面光滑而使经纬线易滑动的缺点,也具有撕裂强度高的优点。这种帆布适用于制造重量级别输送带,可减少所用帆布层数。

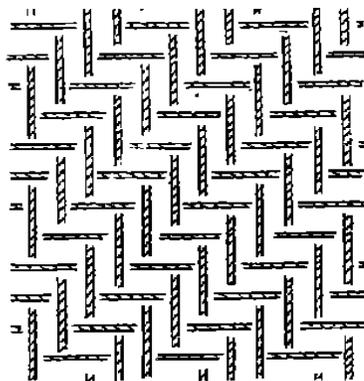


图3 2x2 斜纹组织帆布结构图

#### (4)破斜纹组织帆布

破斜纹组织帆布是为改善牛津纺帆布与斜纹组织帆布的缺陷而设计的。牛津纺帆布与斜纹组织帆布的经线与纬线的浮长较长大,经纬结点数较少,这种组织结构虽然提高了织物的撕裂强度,但同时使机械紧固件接头时的紧固强度大大降低,不利于增大输送带的接头强度。

破斜纹组织与斜纹组织的不同之处在于每一个组织单元的第3和4根线的织法相反,使得每两根纬线中必有一根与经线形成结点,从而增大了结点数,提高了织物的紧固强度(结构见图4)。

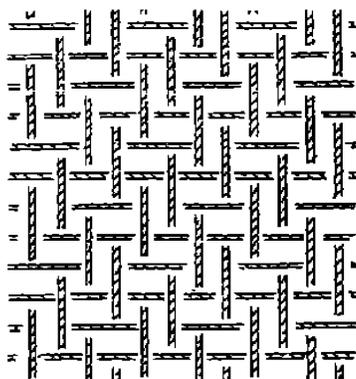


图4 2x2 破斜纹组织帆布结构图

### (5) 网眼式织物

近年来, 钢丝绳增强输送带逐渐增多, 为提高这种输送带的抗横向撕裂性能, 采用了一种网眼式的专用布。这种网眼式织物的纬向为高线密度的聚酯或尼龙线绳, 经向为较细的两股帘线, 纬线穿过经线的两根股线间, 这种结构可以克服因经纬线密度小而造成的易滑动变位的缺点。

前边提到的轮胎胎圈包布也采取这种结构, 以解决因割成窄条使用而使经纬线容易飞散的问题。

网眼式织物的结构见图 5。

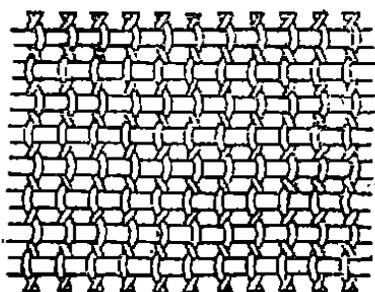


图 5 网眼式织物的结构图

### (6) 整体带芯

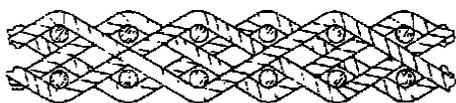
煤矿巷道用输送带要求有良好的阻燃性能, 现采用整体带芯作这种阻燃输送带的增强材料。将整体带芯用含阻燃剂的 PVC 乳液处理可增强与橡塑带体的粘合性能和提高阻燃性能。

整体带芯的组织结构很复杂, 按承载能力等级分为双层经线和三层经线整体带芯。织造材料多采用棉、维尼纶、尼龙、聚酯和芳纶, 其中纬线也有用维尼纶短纤纱的, 经线也有用尼龙-棉(或维尼纶)和聚酯-棉(或维尼纶)混纺纱的。

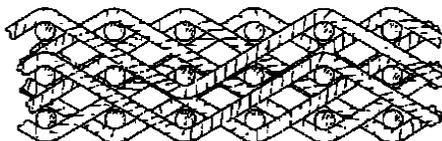
目前, 采用已有的织造技术, 可使其中的棉或维尼纶大部分处于带芯的表面, 以提高带芯与带体的粘合性能。

我国整体带芯行业生产所用织机有从英国进口和国产两种, 采用国产织机只能生产两层经线的整体带芯, 即中低承载能力等级的整体带芯。

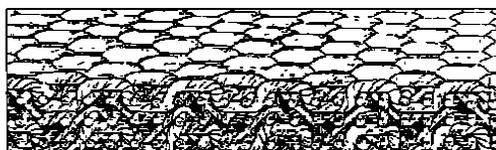
整体带芯的结构见图 6。



平纹结构



整体带芯基本结构



整体带芯示意图

图 6 整体带芯的结构图

### (7) 直经直纬结构织物

国外有用直经直纬结构织物制造输送带的。这种织物的结构特点是两层纬线一层经线, 且经、纬线分别处于 3 个层面上, 不相互交织, 连接经线(一般线密度远小于经线线密度, 亦称吊线)弯曲缠绕在处于经线上、下层的纬线上起连接作用。

由于这种织物的经、纬线伸直排列, 没有织缩(又称弯缩), 因而纤维的强度效率即织进织物后纤维的强度保持率很高, 且织物的尺寸稳定性好。织造这种织物一般采用聚酯作为经线、尼龙 66 作为纬线, 也有采用芳纶作为经线的。

直经直纬织物结构见图 7。

#### 1.2.3 动力传动带用骨架材料

动力传动带用骨架材料分平行带、V 带(包括演变的多楔带连组带)和同步带。

平行传动带以帆布为骨架材料。帆布材料有棉纤维、维尼纶、人造丝及聚酯, 帆布结构为平纹结构, 既可用纯纺帆布(经纬线均用同一种纤维), 也可用混纺帆布或经纬线材料不同的交织帆布。

包布式 V 带分帘布型和线绳型两种。前者属淘汰中的产品, 后者属技术代表性产品, 是

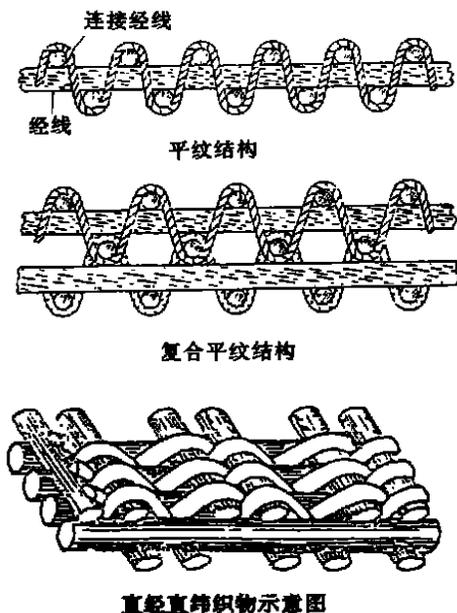


图7 直经直纬织物结构图

V带的发展方向。国内V带用帘布为聚酯帘布和维尼纶帘布,但其密度和技术指标有别于轮胎用帘布。V带用线绳为聚酯线绳,也有尼龙线绳。尼龙线绳受力后变形较大,影响V带性能和使用寿命。农机带和油田钻机带采用芳纶线绳为骨架材料。切割式V带采用聚酯硬线绳,国外也有采用芳纶线绳的。

20世纪60年代后出现的同步带因要求尺寸精密和尺寸稳定性,因此一般采用变形量小的纤维线绳为骨架材料,如芳纶线绳、玻璃纤维线绳。微型同步带(如打印机的打印头传动用同步带)采用聚酯线绳。

V带的包布采用轻型帆布,由棉纱或维尼纶短纤维织造。同步带的齿面包布为高弹性化纤长丝织成的高弹布。

#### 1.2.4 胶管用骨架材料

一般,根据胶管的结构,胶管骨架材料可分为帆布(适用于包布胶管)和胶管纱线(适用于编织、缠绕和针织胶管)。

从技术角度讲,包布胶管属淘汰产品,但目前国内还有一定的生产能力。织造包布胶管所用帆布材料多为棉纱,也有合成纤维或维尼纶短纤维。一般帆布的厚度较小,为轻型帆布。

目前国内的胶管纱多采用聚酯纤维,也部

分采用维尼纶牵切纱或维尼纶短纤维。最近已有工厂为美国杜邦公司加工芳纶胶管纱线。国外也有采用聚酯棕丝作胶管纱线的。

橡胶制品用骨架材料选用的纺织材料除根据不同制品、不同使用部位的不同要求而有所不同外,还受资源、经济性等诸多因素影响。比如,西欧目前尚有不小的人造丝生产能力,因此其子午线轮胎、胶管和胶带的骨架材料中很多是以人造丝为基本原料;在发达国家中,芳纶用作橡胶制品骨架材料也渐成气候,全世界(主要是西欧、北美地区)每年用在管、带类橡胶制品中的芳纶已达2500t。

## 2 纤维骨架材料的性能

纤维是橡胶制品骨架材料的基本原料,其性能对骨架材料的性能有直接的影响,因此有必要认识与橡胶制品的技术性能及加工性能有关的纤维性能。

### 2.1 棉纤维

棉纤维的基本性能:

(1)棉纤维的强度较低,湿态强度较干态强度稍高,断裂伸长率较低,与橡胶的粘合性能以及耐磨性较好。

(2)耐高温性能较差,表现为随温度的升高,断裂强度下降,不软化,不熔融,在 $120\text{ }^{\circ}\text{C}\times 5\text{ h}$ 条件下会发黄,到 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 即分解碳化。

(3)在日光作用下,强度稍有下降。

(4)在浓酸或热稀酸作用下会分解,在冷酸中不受影响,在氢氧化钠溶液中膨润(丝光化),但不损伤强度性能,不溶于乙醇、乙醚、苯、丙酮、汽油及四氯化碳等一般溶剂。

棉纤维的基本性能见表1。

### 2.2 强力人造丝

人造丝的基本性能:

(1)人造丝的干态强度较高,而湿态强度较低,高强人造丝的湿态强度为干态强度的70%~80%,这一点与棉纤维正好相反。

(2)人造丝的断裂伸长率较低,初始模量较高。

(3)耐热性优于棉纤维,在 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时强度无明显变化, $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时开始分解碳化。

(4) 耐候性较好, 在日光作用下强度下降,

表 1 棉纤维与强力人造丝的性能

| 性 能                           | 棉纤维       | 强力人造丝    |
|-------------------------------|-----------|----------|
| 断裂强度/(cN·dtex <sup>-1</sup> ) |           |          |
| 干态                            | 2.6~4.3   | 3.0~4.6  |
| 湿态                            | 2.9~5.6   | 2.2~3.6  |
| 湿/干强度比/%                      | 110~130   | 70~80    |
| 相对环扣强度/%                      | 70        | 40~70    |
| 相对结节强度/%                      | 90~100    | 40~60    |
| 断裂伸长率/%                       |           |          |
| 干态                            | 3~7       | 7~15     |
| 湿态                            | —         | 20~30    |
| 初始模量/(cN·dtex <sup>-1</sup> ) | 59.8~81.8 | 96.8~141 |
| 标准状况回潮率/%                     | 7         | 12~14    |
| 公称回潮率/%                       | 11.1      | 13.0     |

注: 标准状况为温度 20℃, 相对湿度 65%。

耐磨性和耐疲劳性差, 与橡胶的粘合性能较棉纤维差, 易吸湿引起强度下降。

(5) 耐化学性能较差, 在浓酸或热稀酸中强度下降以至溶化, 质量分数为 0.05 的盐酸溶液和质量分数为 0.11 的硫酸溶液对纤维强度无明显影响; 强碱可使其膨润, 强度下降, 稀碱液对其强度无大影响, 且不溶于乙醇、乙醚、苯、丙酮、汽油和四氯化碳等一般溶剂。

强力人造丝基本性能见表 1。Acoridis-AK-ZO 公司的强力人造丝物理性能见表 2。

### 2.3 聚酰胺纤维

橡胶制品骨架材料用聚酰胺纤维有尼龙

表 2 Acordis AKZO 公司强力人造丝的物理性能

| 项 目                           | 牌 号                 |                     |                     |              |          |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|----------|
|                               | 610                 | 660                 | 665                 | 700          | EHM      |
| 等级                            | 二超                  | 二超                  | 低收缩型                | 三超           | 超高模量     |
| 孔数                            | 1 000               | 1 000               | 1 000               | 1 000        | 1 800    |
| 断裂强力/N                        | 95(85)              | 97(85)              | 89(73)              | 109(98)      | 132(117) |
| 断裂强度/(cN·dtex <sup>-1</sup> ) | 4.9(4.4)            | 5.1(4.5)            | 4.6(3.8)            | 5.7(5.1)     | 6.9(6.1) |
| 断裂伸长率/%                       | 10(15)              | 10(13)              | 12.5(17.5)          | 10(13)       | 5(6)     |
| 干热收缩率/%                       | 1                   | 1                   | 1                   | 1            | 0.25     |
| 湿态收缩率/%                       | 6                   | 6                   | 3.5                 | 9            | 1        |
| 其它可供货线密度/dtex                 | 1 220, 2 440        | 2 440               | 2 440               | 2 440, 3 680 | 3 680    |
| 用途                            | 轮胎, 胶管,<br>V 带, 输送带 | 轮胎, 胶管,<br>V 带, 输送带 | 轮胎, 胶管,<br>V 带, 输送带 | 胶管, 轮胎       | 胶管, 同步带  |

注: 1) 线密度均为 1 840 dtex; 2) 强伸性能的 3 项指标中括号外数据表示绝干测试值, 括号内数据表示在温度为 20℃、相对湿度为 65% 时的测试值; 3) 干热收缩试验条件为 160℃×4 min。

6 和尼龙 66 两种。前者化学名称为聚己内酰胺纤维, 后者化学名称为聚己二酰己二胺纤维。

尼龙纤维的基本性能:

(1) 尼龙纤维的断裂强度高, 一般橡胶工业用尼龙长丝的断裂强度可达到 0.8~0.9 N·tex<sup>-1</sup>, 美国杜邦公司的高强尼龙 66 的断裂强度可达到 1.1 N·tex<sup>-1</sup>。

(2) 尼龙纤维的吸湿率较低, 湿干强度比可达 90%~95%。在拉伸力作用下变形大, 弹性模量低, 尺寸稳定性差, 但耐疲劳性颇佳。

(3) 耐热性能较差, 表现为随温度升高产生热收缩和强度下降, 尼龙 6 长丝于 180℃ 开始软化, 215~220℃ 熔化, 尼龙 66 长丝于 230~235℃ 开始软化, 250~260℃ 熔化。

(4) 耐磨性能极佳, 比人造丝的耐磨性优异。

(5) 与橡胶粘合性能不佳, 需浸渍处理。

(6) 耐碱不耐酸, 可溶于浓无机酸、浓蚁酸、卤代乙酸中。

(7) 耐光性能不好, 长时间受日光照射后因高聚物聚合度下降而强度下降。

尼龙 6 与尼龙 66 纤维的性能各有特色。两者断裂强度大致相等, 尼龙 66 经改性成高强度尼龙 66 后断裂强度高于尼龙 6。

尼龙 66 的软化温度和熔点比尼龙 6 分别高 50 和 40℃, 即尼龙 66 纤维的耐热性优于尼龙 6 纤维。尼龙 66 纤维的初始模量高于尼龙 6。与尼龙 6 纤维相比, 尼龙 66 纤维的回弹性好, 蠕变低, 即尼龙 66 纤维的尺寸稳定性优于尼龙 6 纤维。

尼龙 66 纤维的动态粘弹行为优于尼龙 6 纤维。尼龙 6 的滞后损失峰值出现时的温度比

尼龙 66 约低 10 °C, 且在此温度下的生热也稍高于尼龙 66, 表明尼龙 66 的耐热性及在动态受力状态下的生热(滞后性)均稍优于尼龙 6。

尼龙 6 纤维的抗冲击性能和耐屈挠疲劳性能优于尼龙 66, 但高温下的热收缩率则是尼龙 6 大于尼龙 66。

尼龙 6 及尼龙 66 纤维的基本性能见表 3。

Acordis-AKZO 公司及日本帝人公司的尼龙长丝物理性能见表 4。

## 2.4 聚酯纤维

聚酯纤维是由有机二元酸与二元醇的缩合高聚物制成, 其分子中都有酯基(—C—O—), 故称聚酯纤维。这类纤维中的主要品种是聚对苯二甲酸乙二酯纤维, 简称为 PET。

表 3 骨架材料用合成纤维的基本性能

| 性 能                           | 尼龙 6<br>长丝 | 尼龙 66<br>长丝 | 聚酯纤维    |         | 维尼纶纤维     |           | 丙纶纤维    |
|-------------------------------|------------|-------------|---------|---------|-----------|-----------|---------|
|                               |            |             | 短纤维     | 强力长丝    | 短纤维       | 强力长丝      |         |
| 断裂强度/(cN·dtex <sup>-1</sup> ) |            |             |         |         |           |           |         |
| 干态                            | 6.4~8.7    | 6.4~8.7     | 4.2~5.7 | 5.5~7.9 | 6.8~10.0  | 6.0~9.5   | 2.6~7.0 |
| 湿态                            | 5.9~7.4    | 5.5~7.8     | 4.2~5.7 | 5.5~7.9 | 5.3~8.5   | 5.0~8.5   | 2.6~7.0 |
| 湿/干强度比/%                      | 84~92      | 85~90       | 10.0    | 100     | 78~85     | 75~90     | 100     |
| 相对环扣强度/%                      | 70~90      | 70~90       | 75~95   | 75~90   | 65~70     | 40~50     | 70~90   |
| 相对结节强度/%                      | 70~80      | 60~70       | —       | 80      | 35~40     | 62~65     | —       |
| 断裂伸长率/%                       |            |             |         |         |           |           |         |
| 干态                            | 16~25      | 16~24       | 35~50   | 7~17    | 9~17      | 8~22      | 15~35   |
| 湿态                            | 20~30      | 21~28       | 35~50   | 7~17    | 10~18     | 8~26      | 15~35   |
| 初始模量/(cN·dtex <sup>-1</sup> ) | 24~44      | 19~51       | 22~44   | 79~141  | 62~115    | 62~220    | 16~35   |
| 回潮率(20 °C)/%                  |            |             |         |         |           |           |         |
| 相对湿度为 65%                     | 3.5~5.0    | 4.2~4.5     | 0.4~0.5 | 0.4~0.5 | 4.5~5.0   | 3.0~5.0   | —       |
| 相对湿度为 95%                     | 8.0~9.0    | 6.1~8.0     | 0.6~0.7 | 0.6~0.7 | 10.0~12.0 | 10.0~12.0 | 0~0.1   |
| 公称回潮率/%                       | 4.5        | 4.5         | 0.4     | 0.4     | 5.0       | 5.0       | 0       |

表 4 荷兰 Acordis-AKZO 公司和日本帝人公司橡胶制品用尼龙长丝的物理性能

| 产品牌号         | 线密度/<br>dtex | 孔数  | 断裂强<br>力/N | 断裂强度/<br>(cN·dtex <sup>-1</sup> ) | 定负荷伸<br>长率/% | 断裂伸长<br>率/% | 干热收缩<br>率/% |
|--------------|--------------|-----|------------|-----------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| AKZO 公司尼龙 66 |              |     |            |                                   |              |             |             |
| 130 HR       | 700          | 105 | 55.2       | 7.83                              | 8.5          | 17.5        | 6.3         |
| 140 HRT      | 940          | 140 | 79.2       | 8.39                              | 9.8          | 19.2        | 5.4         |
| 140 HRT      | 1 400        | 208 | 118        | 8.38                              | 10.3         | 20.0        | 5.5         |
| 140 HRT      | 1 880        | 280 | 159        | 8.38                              | 10.7         | 20.9        | 5.4         |
| 140 HRT      | 2 100        | 280 | 177        | 8.38                              | 10.6         | 20.0        | 5.3         |
| 140 HRTN     | 940          | 140 | 78.9       | 8.34                              | 9.8          | 18.5        | 5.4         |
| 140 HRTN     | 1 400        | 210 | 117        | 8.33                              | 10.2         | 19.3        | 5.4         |
| 155 HRS      | 940          | 140 | 70.3       | 7.32                              | 13.6         | 24.4        | 1.1         |
| 155 HRS      | 1 880        | 280 | 139        | 7.20                              | 14.1         | 25.5        | 1.2         |
| 155 HRST     | 940          | 140 | 70.1       | 7.30                              | 13.6         | 24.3        | 1.2         |
| 444 HRST     | 470          | 72  | 32.6       | 6.79                              | 7.9          | 24.2        | 2.9         |
| 帝人公司尼龙 6     |              |     |            |                                   |              |             |             |
| T521         | 930          | 136 | 77.4       | 8.3                               | 8.6          | 17.5        | —           |
| T521         | 1 400        | 204 | 116.6      | 8.3                               | 9.4          | 19.0        | —           |
| T521         | 1 870        | 272 | 150.9      | 8.1                               | 9.1          | 19.1        | —           |
| T521         | 2 100        | 306 | 173.5      | 8.3                               | 10.1         | 19.0        | —           |

注: 1) 130 HR 的用途为轮胎; 140 HRT 的用途为轮胎、输送带和胶管; 140 HRTN 的用途为输送带; 155 HRS, 155 HRST 和 444 HRST 的用途为输送带、自行车轮胎和胶管; T521 的用途为轮胎和输送带。2) 定负荷伸长试验的负荷分别为: 470 dtex 11.3 N; 700 dtex 34 N; 940 dtex 45 N; 1 400 dtex 66 N; 1 880 dtex 90 N; 2 100 dtex 100 N。3) 155 HRS, 155 HRST 和 444 HRST 的干热收缩试验条件为 190 °C×15 min, 其余为 180 °C×2 min。

(未完待续)