

杜邦™ Kevlar® 芳纶纤维



Kevlar.

目录

第一章：KEVLAR® 芳纶纤维简介

什么是KEVLAR®?	I-1
KEVLAR® 的开发以及分子结构	I-2
KEVLAR® 在FDA中的应用	I-4

第二章：KEVLAR® 的性质

KEVLAR® 的典型性质及比较	II-1
化学品对KEVLAR® 的影响	II-3
水和pH值对KEVLAR® 的影响	II-5
水解及pH稳定性	II-5
回潮率	II-6
KEVLAR® 的热性能	II-7
分解温度	II-7
高温对强伸性能的影响	II-8
高温对尺寸稳定性的影响	II-9
燃烧热值	II-9
比热	II-9
低温条件的影响	II-10
极冷条件的影响	II-10
KEVLAR® 的可燃性、烟气以及所产生废气的特征	II-11
电子辐射对KEVLAR® 的影响	II-12
紫外光对KEVLAR® 的影响	II-13

第三章：KEVLAR® 短纤维

KEVLAR® 浆粕	III-1
精切短纤维	III-2
KEVLAR® 短纤维	III-2
KEVLAR® 短绒	III-2
KEVLAR® 高性能化弹性体 (Engineered Elastomer)	III-3

第四章：术语表

KEVLAR® 的订购信息	IV-4
---------------	------

第一章：
KEVLAR®
芳纶纤维简介

什么是KEVLAR®

杜邦™KEVLAR® 是芳香族聚酰胺家族中的一种有机纤维。全芳聚酰胺(芳纶)的独特性质及其独特化学成分使它们——尤其是KEVLAR®——与其它商业化的人造纤维区分开来。

KEVLAR® 具有独特的高强度、高模量、高韧性，以及热稳定性。它的开发是针对要求日益严苛的工业和高科技应用。如今，许多种KEVLAR® 产品已经广泛应用在众多行业。

本指南所涵盖的内容主要包括KEVLAR® 工业用纱的技术信息，以及关于KEVLAR® 短纤维的一些基本信息。如果您需要了解其它任何信息，包括关于KEVLAR® 的诸多应用以及特定构成的信息，请您与您的杜邦销售代表取得联系。

KEVLAR® 的开发以及分子结构

在20世纪60年代中期，尼龙和聚酯代表了合成纤维的先进水平。但是为达到最大韧性(断裂强度)及初始模量，聚合物分子必须呈伸展链结构，并且有几乎完整的结晶堆砌。柔性分子链的聚合物如尼龙和聚酯，只能在熔融纺丝之后通过机械拉伸的方法才能够达到此效果。由于这需要分子链在固相解缠并进行取向，所以韧性和模量水平远达不到理论上的可能数值。

1965年，杜邦的科学家们发明了一种新的生产方法，照此方法生产出的聚合物链几乎具有完整的伸展性。他们发现由于聚对苯甲酰胺分子主链具有简单的重复性而能够形成液晶溶液。主链的结构要求主要是苯环的对位而形成棒状的分子结构。这些开发成果引导我们发展成为目前的KEVLAR®。

为了对液晶态的聚合物与柔性的可熔融聚合物之间的区别进行阐述，我们可以设想当棒状的聚合物分子溶解时将会发生何种情况，而具有柔性链的分子溶解时又将发生何种情况。对于具有柔性链的聚合物来说，在溶液中呈无规卷曲的构型，即使提高此种聚合物的浓度，也不会提高有序性。相反，对于刚性聚合物来说，当浓度增加时，棒状结构将会开始并排形成平行的排列结构。然后，内部聚合物分子链高度有序排列的相畴出现，而相畴与相畴之间是无规排列的。

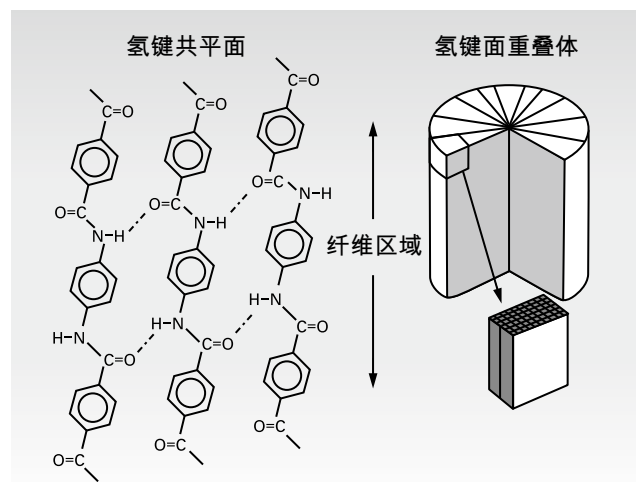


图1.1 氢键共平面呈辐射状排列堆砌形成的氢键面重叠体

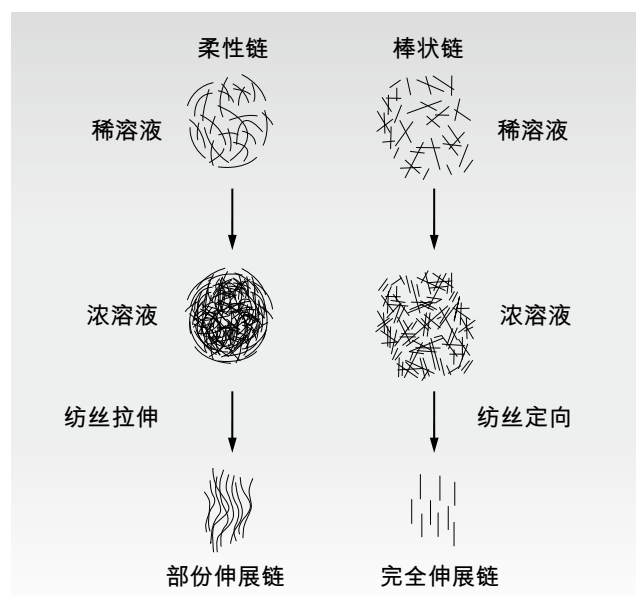


图1.2 柔性聚合物和刚性聚合物在纺丝过程中的特征差别

液晶聚合物溶液受剪切时呈现出独特的特征。这种特性为纤维的生产和加工开辟了新的天地。当该溶液流经喷丝头(喷嘴)时，在剪切力的作用下，那些无规取向的相畴将完全沿着剪切的方向取向，并且呈现出几乎完美的分子取向。

KEVLAR® 的由剪切引起的取向的松弛极其缓慢，因此这种超分子结构在初生丝结构中几乎完全保留下来。此过程是一种新颖的、低能耗的形成高取向性聚合物分子的方法，可以生产出非常强的纤维。

杜邦利用此技术开发出一种聚对苯二甲酰对苯二胺纤维，此种纤维在1971年以KEVLAR® 命名商品化。

KEVLAR® 在FDA中的应用

食品及药物管理局(FDA)针对KEVLAR® 的使用对食品添加剂规范作出了补正。这些规范指出如今许多种类型的KEVLAR® 产品可以安全地使用，它们可以做为与食品反复接触的器具，或器具中的成分。为确定FDA规范中所包含的是哪些特定的KEVLAR® 产品，请与您的杜邦销售代表联系。

第二章： KEVLAR® 的性质

本章内容列出并描述了KEVLAR®的一些典型性能。列出的数据是最常见的，并选用较有代表性的纤度和类型。所报导的这些性质均采用美国及国际两种单位制。

有关安全和卫生方面的信息请参阅KEVLAR®材料安全数据表格。

KEVLAR® 的典型性质及比较

表II-1列出了典型纱线KEVLAR® 29与KEVLAR® 49的强伸以及热性能方面的数据。

KEVLAR® 纤维家族的其它产品具有不同的组合性能，可以满足您工程设计的需要。

表II-1. 杜邦KEVLAR® 29和49纱线的典型性质

性质	单位	KEVLAR® 29	KEVLAR® 49
纱线			
类型	Denier旦尼尔 dtex(分特) 纤维根数	1,500 (1,670) 1,000	1,140 (1,270) 768
密度	lb/in ³ (g/cm ³)	0.052 (1.44)	0.052 (1.44)
含湿量			
发货状态**	%	7.0	3.5
绝干纱线平衡后***	%	4.5	3.5
张力性质			
调节过的纱线的直拉测试†			
断裂强力	lb (N)	76.0 (338)	59.3 (264)
断裂比强度	g/d (cN/tex) psi (MPa)	23.0 (203) 424,000 (2,920)	23.6 (208) 435,000 (3,000)
拉伸模量	g/d (cN/tex) psi (MPa)	555 (4,900) 10.2x10 ⁶ (70,500)	885 (7,810) 16.3x10 ⁶ (112,400)
断裂伸长率	%	3.6	2.4
树脂浸渍带††			
抗张强度	psi (MPa)	525,000 (3,600)	525,000 (3,600)
拉伸模量	psi (MPa)	12.0x10 ⁶ (83,000)	18.0x10 ⁶ (124,000)

备注：此表格中的数据是通常常见的数据，并选用较有代表性的纤维和类型；它们不属于产品规范。不同的纤维和型号有不同的性能。就KEVLAR® 29而言，用于计算旦尼尔的基准是不整理以及含湿率为4.5%。而对于就KEVLAR® 49来说，用于计算旦尼尔的基本衡量制是不整理，以及含湿度为0%。

* 纤维直径为0.00047英寸(12微米)。

** 发货时纱线的典型含湿率；它们反映了纤维生产出来之后在标准的合适温度以及湿度水平下所达到的数值，纤维的生产是湿纺过程。

请联系您的杜邦代表，就您的特定应用进行讨论，并确定最适合您的KEVLAR® 纤维。

性质	单位	KEVLAR® 29	KEVLAR® 49
热性质			
收缩			
在212°F(100°C) 的水中	%	<0.1	<0.1
在351°F(177°C) 的干燥空气中	%	<0.1	<0.1
收缩张力			
在351°F(177°C)	G/D (cN/tex)	<0.1 (0.88)	<0.2 (1.77)
比热			
在77°F(25°C)下	cal/gx°C (J/kgxK)	0.34 (1,420)	0.34 (1,420)
在212°F(100°C)下	cal/gx°C (J/kgxK)	0.48 (2,010)	0.48 (2,010)
在356°F(180°C)下	cal/gx°C (J/kgxK)	0.60 (2,515)	0.60 (2,515)
导热率			
	BTUxin./(hxft²x°F) [W/(mxK)]	0.3 [0.04]	0.3 [0.04]
在空气中的降解温度†††	°F (°C)	800-900 (427-482)	800-900 (427-482)
在空气中长期使用时的建议最高温度	°F (°C)	300-350 (149-177)	300-350 (149-177)
燃烧热值	BTU/lb (Joule/kg)	15,000 (35x10 ⁶)	15,000 (35x10 ⁶)
泊松比			0.36

*** 平衡数值是纱线完全干燥后在75°F(24°C) · 55%RH的条件下调节后测定的。

† ASTM D885-85，在1.1捻度系数下测定的。

†† 环氧树脂浸渍带，ASTM D2343。

††† 依加热速率而不同。

表II-2将KEVLAR® 29及KEVLAR® 49的性质与其它纱线，如玻纤、钢丝、尼龙、聚酯、聚乙烯以及碳纤进行了比较。与KEVLAR® 相比，尼龙和聚酯的模量相对较低，并且熔点偏中。聚乙烯的初始模量较高，但其熔点相对较低。

表II-2. KEVLAR® 与其它纱线的性质对比

	“惯用” (英寸 - 磅)单位						
	比重 lb/in. ³	强度 10 ³ psi	模量 10 ⁶ psi	断裂伸长 %	比强度* 10 ⁶ in.	CTE** 10 ⁻⁶ /°F	降解温度 °F (°C)
KEVLAR® 29	0.052	424	10.2	3.6	8.15	-2.2	800-900 (427-482)
KRVLAR® 49	0.052	435	16.3	2.4	8.37	-2.7	800-900 (427-482)
其它纱线							
S玻璃	0.090	665	12.4	5.4	7.40	+1.7	1,562 [†] (850)
E玻璃	0.092	500	10.5	4.8	5.43	+1.6	1,346 [†] (730)
钢丝	0.280	285	29	2.0	1.0	+3.7	2,732 [†] (1,500)
尼龙66	0.042	143	0.8	18.3	3.40	-	490 [†] (254)
聚酯	0.050	168	2.0	14.5	3.36	-	493 [†] (256)
高拉伸聚乙烯	0.035	375	17	3.5	10.7	-	300 (149)
高强度碳纤维	0.065	450	32	1.4	6.93	-0.1	6,332 (3,500)

* 比强度通过韧性除以密度得出。
 ** CTE是热膨胀(沿轴向方向)系数。
 † 熔融温度。

化学品对KEVLAR®的影响

KEVLAR® 在多种条件下具有良好的化学稳定性；但在某些强水溶性酸、碱以及次氯酸钠中，尤其是在高温下长期作用

下会产生降解。表II-3总结了化学药品对KEVLAR® 断裂强度的影响。

表II-3. KEVLAR® 纤维的化学品阻抗性

化学药品	浓度(%) (%)	温度 °F (°C)		时间 (小时)	对断裂强度的影响*
酸					
醋酸	99.7	70	(21)	24	无
醋酸	40	70	(21)	1000	轻微
醋酸	40	210	(99)	100	明显
苯甲酸	3	210	(99)	100	明显
铬酸	10	70	(21)	1000	明显
甲酸	90	70	(21)	100	无
甲酸	40	70	(21)	10000	中等
甲酸	90	210	(99)	100	降解
氢溴酸	10	70	(21)	1000	明显
盐酸	37	70	(21)	24	无
盐酸	10	70	(21)	100	明显
盐酸	10	160	(71)	10	降解
氢氟酸	10	70	(21)	100	无
硝酸	1	70	(21)	100	轻微
硝酸	10	70	(21)	100	明显
硝酸	70	70	(21)	24	明显
草酸	10	210	(99)	100	明显
磷酸	10	70	(21)	100	无
磷酸	10	70	(21)	1000	轻微
磷酸	10	210	(99)	100	明显
水杨酸	3	210	(99)	1000	无
硫酸	10	70	(21)	1000	中等
硫酸	10	70	(21)	100	无
硫酸	10	212	(100)	10	明显
硫酸	70	70	(21)	100	中等
碱					
氢氧化铵	28.5	70	(21)	24	无
氢氧化铵	28	70	(21)	1000	无
氢氧化钾	50	70	(21)	24	无
氢氧化钠	50	70	(21)	24	无
氢氧化钠	40	70	(21)	100	无
氢氧化钠	10	70	(21)	1000	明显
氢氧化钠	10	210	(99)	100	降解
氢氧化钠	10	212	(100)	10	明显
次氯酸钠	0.1	70	(21)	1000	降解
盐溶液					
硫酸铜	3	70	(21)	1000	无
硫酸铜	3	210	(99)	100	中等

* 无.....强度损失0-10%
轻微.....强度损失11-20%

中等.....强度损失21-40%
明显.....强度损失41-80%

降解.....强度损失81-100%

表II-3. KEVLAR® 纤维的化学品阻抗性(续)

化学药品	浓度(%) (%)	温度 °F (°C)		时间 (小时)	对断裂强度的影响*
盐溶液					
氯化铁	3	210	(99)	100	明显
氯化钠	3	70	(21)	1000	无
氯化钠	10	210	(99)	100	无
氯化钠	10	250	(121)	100	明显
磷酸钠	5	210	(99)	100	中等
混合化学品					
苯甲醛	100	70	(21)	1000	无
制动液	100	235	(113)	100	中等
棉籽油	100	70	(21)	1000	无
甲醛水溶液	10	70	(21)	1000	无
福尔马林	100	70	(21)	24	无
猪油	100	70	(21)	1000	无
亚麻籽油	100	70	(21)	1000	无
矿物油	100	217	(99)	10	无
苯酚水溶液	5	70	(21)	10	无
间苯二酚	100	250	(121)	10	无
海水(海洋城，新泽西)	100		-	1年	无
盐水	5	70	(21)	24	无
自来水	100	70	(21)	24	无
自来水	100	212	(100)	100	无
自来水	100	210	(99)	100	无
有机溶剂					
丙酮	100	70	(21)	24	无
丙酮	100		沸腾	100	无
戊醇	100	70	(21)	1000	无
苯	100	70	(21)	1000	无
苯	100	70	(21)	24	无
四氯化碳	100	70	(21)	24	无
四氯化碳	100		沸腾	100	中等
三氯乙烷	100	70	(21)	24	无
二甲基甲酰胺	100	70	(21)	24	无
乙醚	100	70	(21)	1000	无
乙醇	100	170	(77)	100	无
乙烯基乙二醇/水	50/50	210	(99)	1000	中等
氟里昂11	100	140	(60)	500	无
氟里昂22	100	140	(60)	500	无
喷气机燃料(德士古“abjet”K-40)	100	70	(21)	24	无
煤油	100	140	(60)	500	无
Suva centri-LP(HCFC-123)	100	70	(21)	1000	无
含铅汽油	100	70	(21)	1000	无
含铅汽油	100	70	(21)	24	无
甲醇	100	70	(21)	1000	无
二氯甲烷	100	70	(21)	24	无
亚甲基酮	100	70	(21)	24	无
四氯乙烯	100	210	(99)	10	无
甲苯	100	70	(21)	24	无
三氯乙烯	100	70	(21)	24	无

* 无 强度损失0-10%
轻微.....强度损失11-20%

中等.....强度损失21-40%
明显.....强度损失41-80%

降解.....强度损失81-100%

水和pH值对KEVLAR®的影响

水解及pH稳定性

当KEVLAR® 接触强酸和强碱时将会发生降解。在中性pH值(pH值为7)下，纤维在149°F(65°C)温度中暴露超过200天时，其强力几乎保持不变。pH值越是偏离pH7，强力的损失就越大。偏离中性同等数值的pH值水平下，酸性条件比碱性条件所造成的降解更为严重。

在不同pH值水平的饱和水蒸气中也能观察到类似的情况。在309°F(154°C)温度中暴露16个小时所得的结果表明，在pH6到pH7时强度保持最大，而酸侧的下降更为迅速(图2.1)。

KEVLAR® 在饱和蒸汽中的抗水解性通过一个密封的试管(“气罐”)试验测得。将一束KEVLAR® 纱线(1500旦尼尔)保持在280°F(138°C)的pH7的饱和水蒸气中放置不同长度的时间。通过与室温下测得的强度值比较来计算强度的损失(图2.2)。

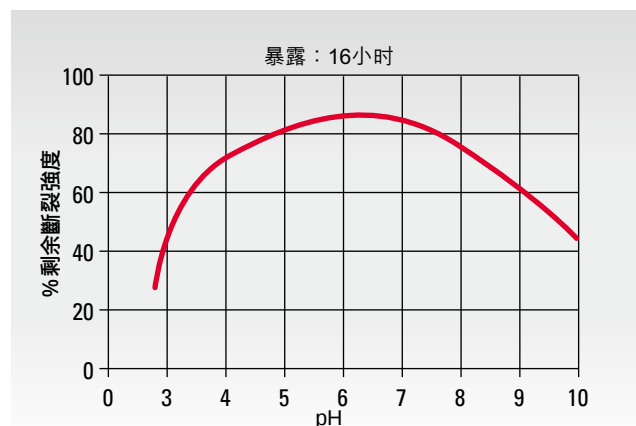


图2.1 KEVLAR®在309°F(154°C)的不同PH值水蒸汽中的水解稳定性

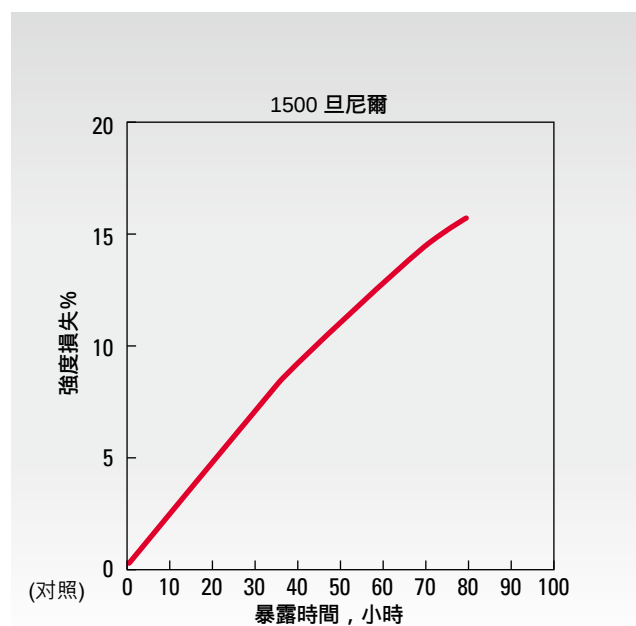


图2.2. KEVLAR® 29在280°F(138°C)的饱和水蒸气中不同暴露时间的水解稳定性

回潮率

回潮率是指在某个给定的温度和湿度水平下，大多数纤维吸收周围空气中的水分或向周围空间散发水分，直至达到某个平衡含湿率时为止的特性。相对湿度(RH)对KEVLAR®吸收水分的速度以及所达到的平衡水平有明显的影响。相对湿度越高，KEVLAR®最初回潮吸收水分就越快，最终的平衡水平也越高。

经过干燥处理的KEVLAR® 纱线，其所达到的平衡含湿量水平比没有经过干燥的来得要低。从图2.3种可以看出KEVLAR® 29的这种变化。图2.4说明了相对湿度对KEVLAR® 49的纱线干燥纱线平衡含湿率的影响。此种关系在整个湿度范围内呈直线变化。

含湿率对KEVLAR® 的强伸性能基本没有影响。

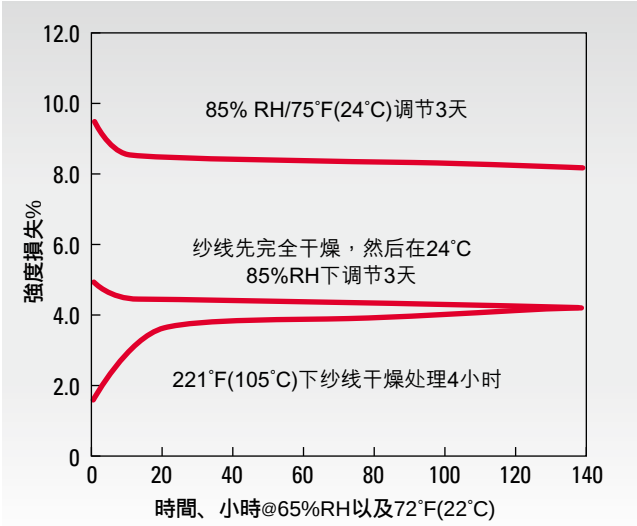


图2.3. KEVLAR® 29的回潮率(经过不同的预处理)

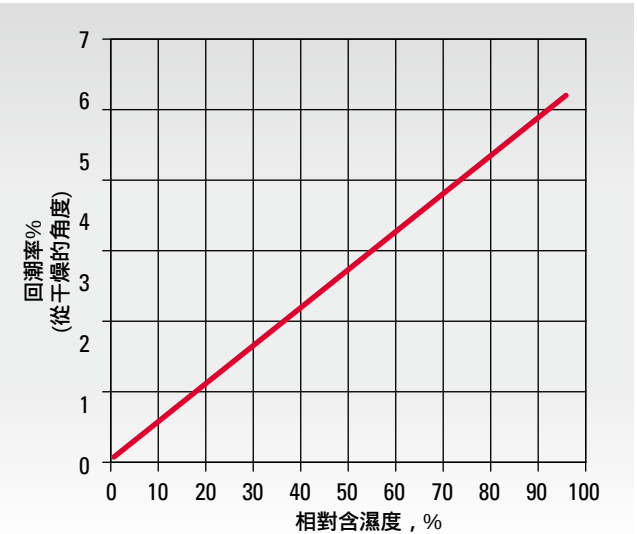


图2.4. 室温时KEVLAR® 49在不同相对含湿度下的平衡含湿度

KEVLAR® 的热性能

分解温度

KEVLAR® 不会熔化；升温速度为10°C/分钟时，在空气中的分解温度约427°C至482°C，而在氮气下大约在538°C分解。分解温度随不同的升温速率和暴露时间而不同。

图2.5和2.6分别给出了KEVLAR® 49在空气中和在氮气中的热失重分析曲线(TGA)。TGA曲线由一台测量重量损失的仪器测定，重量损失作为单位时间温度升高的一个函数。此种分析也可以在空气或其它不同气体中进行。

对于KEVLAR® 而言，当温度升高时，重量将会立即下降，这是由于水挥发的原因。然后此曲线将保持相对平坦，直至发生分解时观察到有明显的重量损失。

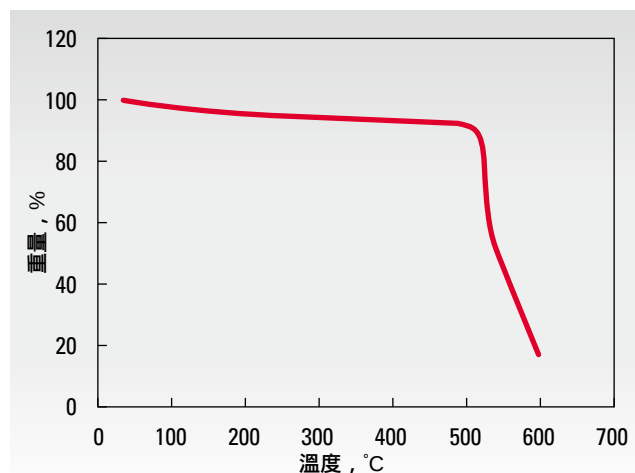


图2.5. 10°C/min升温速度时，KEVLAR® 49在空气中的典型热失重曲线

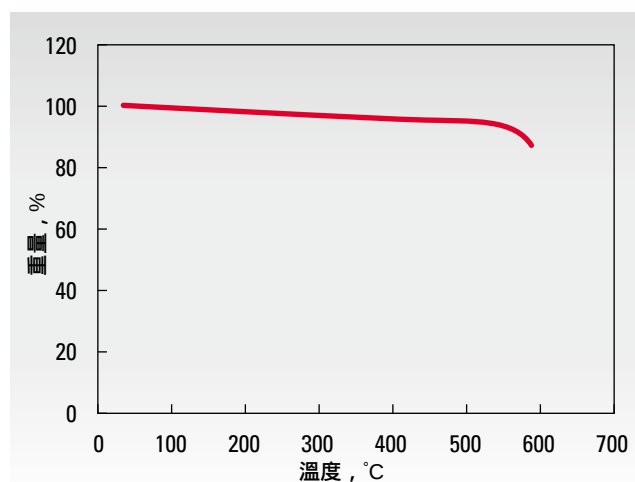


图2.6. 10°C/min升温速度时，KEVLAR® 49在氮气中的典型热失重曲线

高温对强伸性能的影响

升高温度将降低KEVLAR® 纤维以及其它有机纤维的模量、抗张强度以及断裂伸长率。当在300°F - 350°F(149°C至177°C)或更高温度下长期使用KEVLAR® 时，应将此因素考虑在内。

图2.7和2.8分别比较了高温对KEVLAR® 和其它纤维的抗张强度及弹性模量的影响。

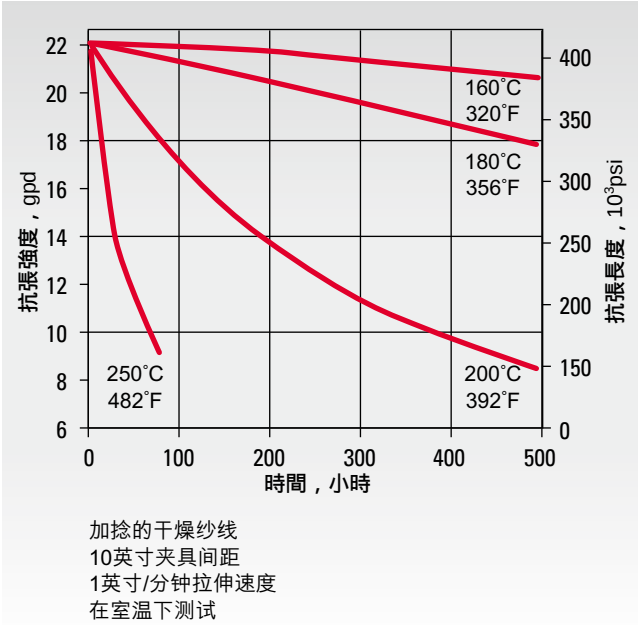


图2.7. 高温对KEVLAR® 29抗张强度的影响

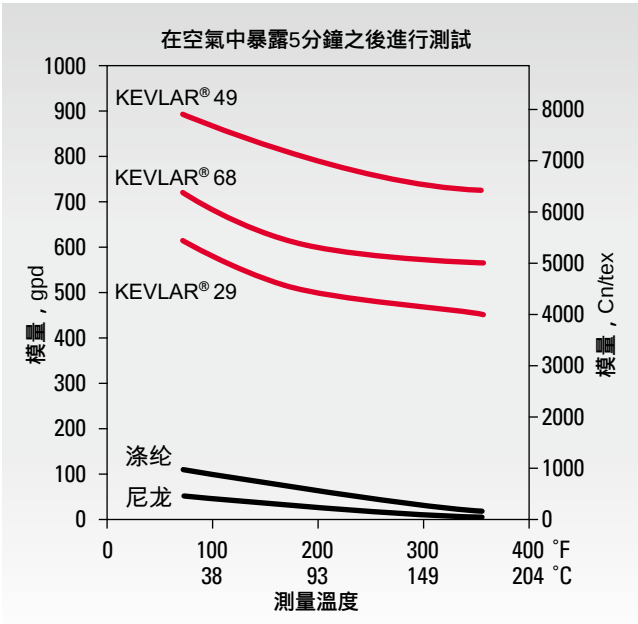


图2.8. 高温对不同纤维的模量的影响比较

高温对尺寸稳定性的影响

当暴露在热气或热水中时，KEVLAR® 不像其它有机纤维那样将发生收缩。大多数其它纤维将会发生不可逆的收缩。

KEVLAR® 的纤维轴向方向的热膨胀系数(CTE)非常小，且为负值。KEVLAR® 的CTE值取决于测量技术、样品的制备以及测试方法(表II-4)。

燃烧热值

KEVLAR® 的燃烧热值通过爱默生氧弹式量热计进行测量。表II-5对KEVLAR® 的燃烧热值与其它聚酰胺的燃烧热值，以及制备刚性复合材料的一种环氧树脂的燃烧热值进行了比较。

比热

KEVLAR® 的比热明显受到温度的影响。从图2.9可以看出，当温度从32°F(0°C)上升到392°F(200°C)时，其比热的增加超过两倍。温度再上升时则趋向于缓和。

表II-4. KEVLAR® 29和49的热膨胀系数*

KEVLAR® 类型	旦尼尔	温度范围 °F (°C)		CTE in./in./°F (cm/cm/°C)
KEVLAR® 29	1500	77-302	(25-150)	-2.2x10 ⁶ (-4.0x10 ⁶)
KEVLAR® 49	1420	77-302	(25-150)	-2.7x10 ⁶ (-4.9x10 ⁶)

* 按零捻度测试，张力为0.2gpd，温度为72°F(22°C)。湿度RH为65%。

表II-5. KEVLAR® 49及其他材料的燃烧热值

材料	燃烧热值	
	BTU/lb	Joule/kg
KEVLAR® 49	14,986	34.8x10 ⁶
尼龙，738型	15,950	37.1x10 ⁶
NOMEX® 芳香族聚酰胺纤维	13,250	30.8x10 ⁶
Shell Epon® ** 828/NMA/BDMA	12,710	29.5x10 ⁶

** Shell公司的注册商标。

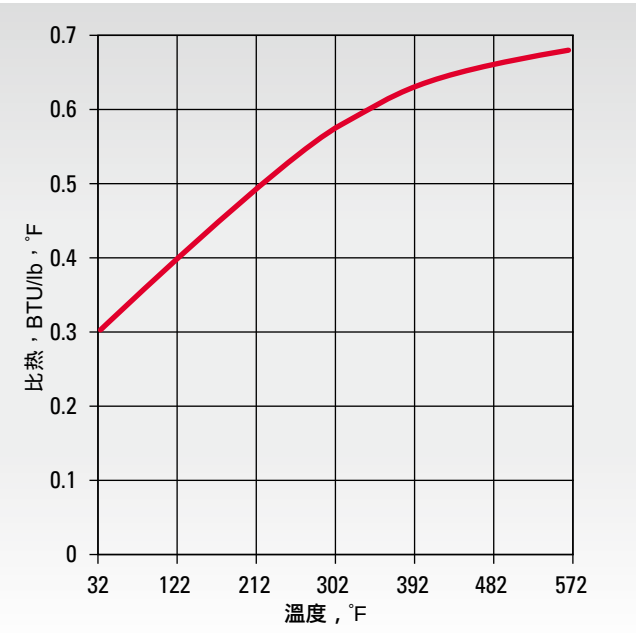


图2.9. 温度对KEVLAR® 49比热的影响。

低温条件的影响

暴露 在极冷条件下时(-50°F[-46°C])，KEVLAR® 的强伸性能不会受负面影响(表II-6)。在如此低的温度下，模量增加以及断裂伸长率轻微下降是因为分子刚性稍有增加所致。

极冷条件的影响

KEVLAR® 在温度低至-320°F(-196°C)时也不会发生脆化或降解。

表II-6. KEVLAR® 29在室温和极冷条件下的张力特性

性能	单位	测量温度	
		75°F (24°C)	-50°F (-46°C)
强力	gpd (cN/tex)	19.1 (169)	19.8 (175)
抗张强度	10 ³ psi (MPa)	352 (2,430)	365 (2,510)
断裂伸长	%	4.1	3.9
模量	gpd (cN/tex)	425 (3,750)	478 (4,220)
	10 ⁶ psi (MPa)	7.82 (53,900)	8.81 (60,800)

* 对捻度系数为6.5、长30英寸的样品进行测试，其中18英寸暴露在低温室内，应变率为1.8英寸/分钟。

KEVLAR® 的可燃性、烟气以及所产生废气的特征

KEVLAR® 具有固有的难燃性，但是能够点燃(极限氧指数为29)。当火源撤走之后，通常情况下将停止燃烧；但若是浆粕或其飞尘被点燃，则可能继续阴燃。在实验室测试中，(表II-7)，在接触火源12秒之后撤走火源时，KEVLAR® 织物将不会继续燃烧。当织物厚度增加，余辉时间随之延长，但燃烧长度不会增加。不会产生任何“滴落物”，此类“滴落物”将会使火焰传播，这是其它有机纤维的一个常见问题。

KEVLAR® 不可用作燃料，任何情况下都不可以有意将其燃烧。表II-8所给出的实验室数据仅提供KEVLAR® 发生意外燃烧时的重要信息。

KEVLAR® 燃烧时将产生与木材燃烧类似的氧化气体 — 大部分是二氧化碳、水以及氮的氧化物。但是也可能产生一氧化碳、少量的氰化氢以及其它有毒气体。KEVLAR® 以及其它纤维在燃烧不充分条件下所产生气体的组成如表II-8所示。如需更多详细的信息，请参阅KEVLAR® 的材料安全数据表(MSDS)。

表II-7. KEVLAR® 49织物烟的生成及垂直防火度

织物				烟**			垂直燃烧性†			
类型 编号*	织物 重量	厚度		最大 光密度	燃烧 时间	滴落	余辉 时间	燃烧 长度		后燃烧 时间
	oz/yd2	mil	mm		秒		秒	In.	cm	秒
120	1.7	4.5	0.11	0	12	无	3.0	1.55	3.94	0
281	5.1	10	0.25	7	12	无	5.3	0.97	2.46	0
238	6.8	13	0.33	4	12	无	6.5	0.96	2.44	0
Z-11††	1.5	12	0.29	0	12	无	1.0	2.50	6.35	0

* 本说明书印刷时所选定的商品化织物结构。

** 美国国家标准局烟箱；明燃模式。

† 联邦航空局第25章第24节，833(A)和(B)。

†† KEVLAR® Z-11是一种无纺布织物。

表II-8. KEVLAR® 49以及其它纤维在燃烧不充分条件下所产生气体的成分*

	燃烧产物，毫克/克样品									
	CO ₂	CO	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	CH ₄	N ₂ O	HCN	NH ₃	HCl	SO ₂
KEVLAR®	1,850	50	-	1	-	10	14	0.5	-	-
腈纶	1,300	170	5	2	17	45	40	3	-	-
腈纶/改性腈纶(70/30)	1,100	110	10	1	18	17	50	5	20	-
尼龙66	1,200	250	50	5	25	20	30	-	-	-
羊毛	1,100	120	7	1	10	30	17	-	-	3
聚酯	1,000	300	6	5	10	-	-	-	-	-

* 将样品放置在一根石英管中，控制空气的流动速率，并使用一个手持式煤气氧火炬在外部进行加热。

不断调整空气流速以及加热强度，使形成燃烧不充分的条件(例如，缺氧)。燃烧产物收集在一个抽空管中，并进行红外分析。

电子辐射对KEVLAR®的影响

电子辐射对KEVLAR®无害。实际上，暴露在200兆拉德下的KEVLAR® 49的纤维，其韧性和模量有非常小的增加(图2.10)。

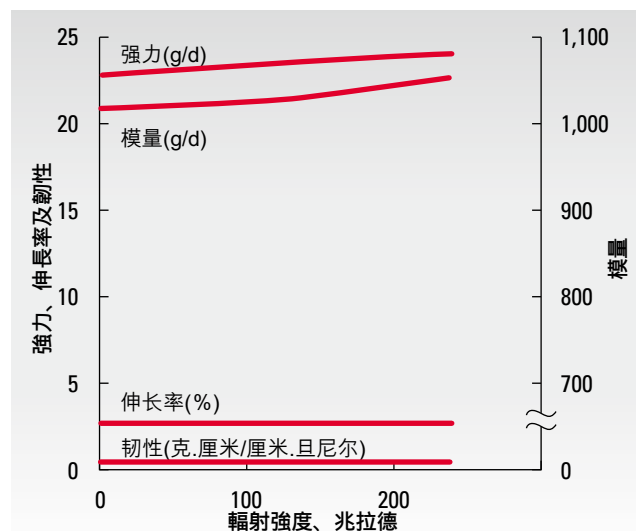


图2.10. 电子辐射对KEVLAR®49强力、断裂伸长率、模量和韧性的影响。

(使用一台G.E. 谐振变压器在0.5毫安以及2兆伏电压下发电，每13.4秒产生1兆拉德。纤维距离辐射源30厘米[11.8英寸]。纤维经过铝箔预先包装好，并置于干冰上。)

紫外光对KEVLAR®的影响

就像其它聚合物材料一样，KEVLAR® 也对紫外光敏感。未采取保护措施的纱线在经过长期暴露之后，将会从黄色褪变成棕色。长期暴露在紫外光下会造成机械性能的损失，具体程度取决于波长、暴露时间、辐射强度以及产品的几何形状。新纱线在普通室内灯光的照射之后所发生的褪色属于正常情况，并不意味着发生了作用。

降解仅在在有氧存在时才会发生，并且水分或空气污染物，例如二氧化硫不会使降解作用加强。某种特定波长的光必须满足两种条件才会使纤维发生降解作用：

- 被聚合物吸收以及
- 有足够的能量打断化学键。

图2.11显示了KEVLAR® 的吸收光谱，以及太阳光的光谱。当在户外使用KEVLAR®，并且未采取任何保护措施时，应对这两条曲线的重叠区域 — 尤其是在300纳米到450纳米波长之间的区域 — 给予重视。此范围包括了近紫外以及部分可见光区域在内；为了保护KEVLAR® 免受紫外降解作用的侵害，必须将此类光排除在外。

在人造光源，如常用的白炽灯泡以及日光灯或经过窗户玻璃过滤的太阳光中仅产生少量的此类光线。但是为避免可能的损害产生，应不许将纱线存放在距日光灯一米远的范围之内，或存放在靠近窗户的地方。

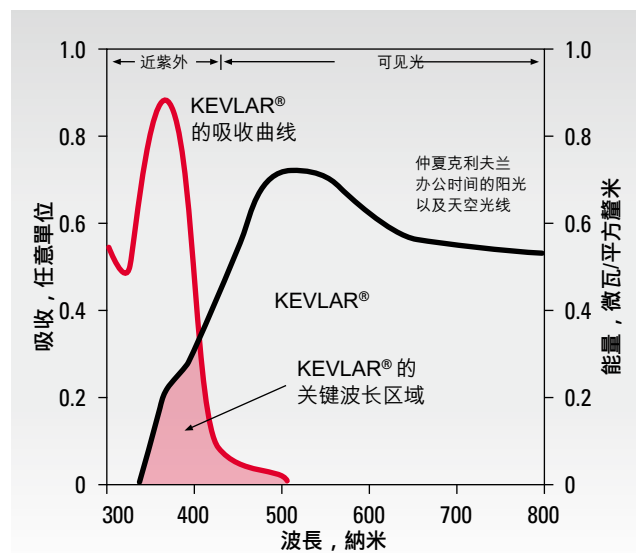


图2.11. KEVLAR®的吸收光谱与太阳光光谱的重叠区域。

KEVLAR® 本身就具有自屏蔽作用。外层的纤维形成一道保护性屏障，保护着纤维束或织物的内部纤维。紫外稳定性随着尺寸的增加而增强 — 纱线的纤度、织物的厚度，或绳索的直径。

通过包装可以提供附加的紫外防护作用：

- 外层编织有其它纤维，或
- 在绳索和缆绳的外面加上一层护套。

无论何时使用涂层，压出或薄膜，均应保证紫外线不会穿透。此外，还应当正确上色，使其可以吸收300纳米至450纳米范围内的光线。

图2.12显示了通过安装有氙弧灯的“Fade-Ometer”所测得的KEVLAR® 紫外稳定性图表。

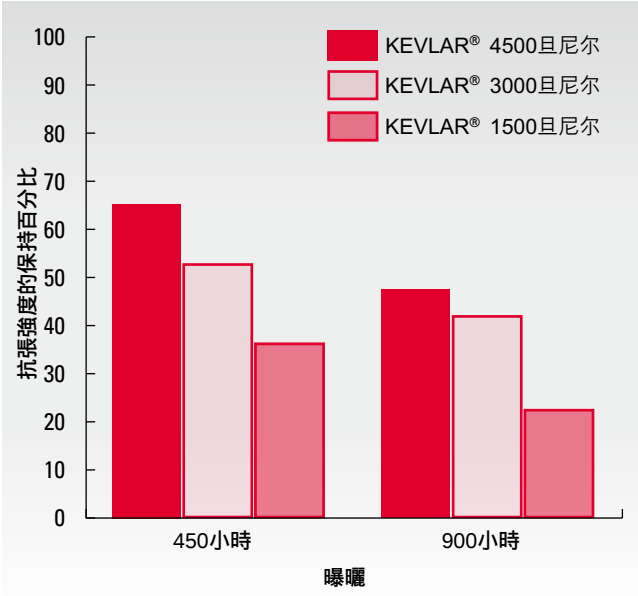


图2.12. KEVLAR® 纱线的紫外稳定性。

第三章： KEVLAR® 短纤维

KEVLAR® 有几种短纤维形态，包括短纤维、短绒(精切)以及浆粕(原纤化的)。

KEVLAR® 浆粕

KEVLAR® 浆粕 (图3.1) 是一种高度原纤化的纤维，可以分散到不同的基体中。这种原纤化 (图3.2) 产生了高表面积的表面，可以达到 $7\text{m}^2/\text{g}$ 至 $10\text{m}^2/\text{g}$ 。

KEVLAR® 浆粕具有韧性，因此常规的混合及分散设备不会对纤维的尺寸产生影响。对于水相湿法工艺可以用 KEVLAR® 湿浆提供 (含湿率大约为 50%)*，而对于溶剂型分散混合以及干式混合则有干式 (含湿率约 6%) KEVLAR® 浆粕提供。所提供的各种不同纤维长度可以满足您的工程设计需要。

KEVLAR® 浆粕能改善弹性体、热塑性塑料以及热固性树脂的性能，尤其是需要高温特性的地方更是如此。

KEVLAR® ULTRATHIX™ 可以用做粘合剂、密封胶以及涂料中的触变改性剂 (图3.3)。KEVLAR® ULTRATHIX™ 易于分散，为许多树脂体系提供了控制粘度及增强的效果。

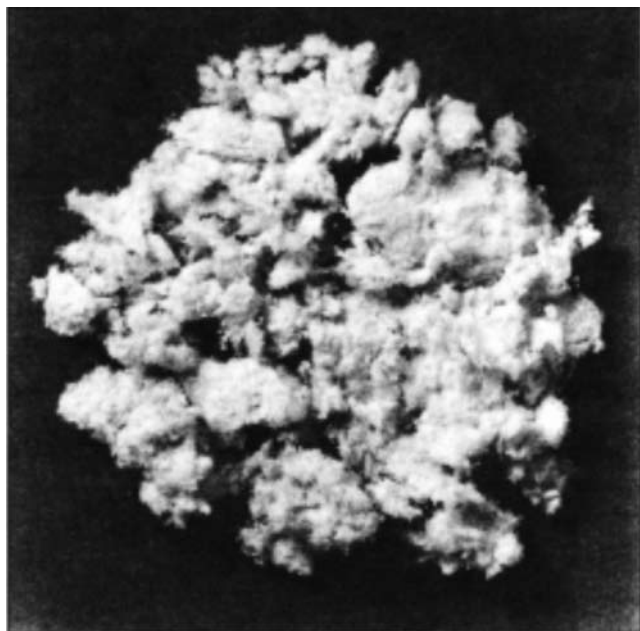


图3.1. KEVLAR® 浆粕照片

* 含湿率规格依不同纤维长度和Merge而异

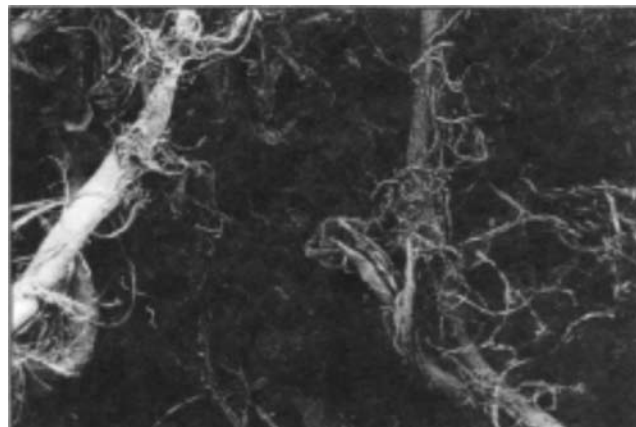


图3.2. KEVLAR® 浆粕显微照片

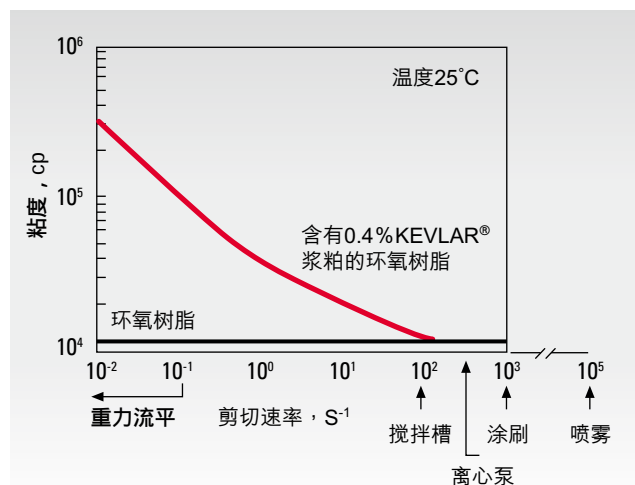


图3.3. 未加和加有KEVLAR®的环氧树脂

精切短纤维

KEVLAR® 短纤维

KEVLAR® 短纤维(图3.4)有长为0.25英寸或更长的经过精切的短纤维。它经常用于生产短纤纱，此种短纤纱具有很强的耐磨性，比起长丝纱线来更加舒适。由于组成短纤纱的纤维不是连续纤维，因此它们的应用通常利用了KEVLAR® 的阻隔性能，而不是强伸和模量特性。

此外，KEVLAR® 短纤维还用于毡制品及无纺布中，能提高绝热及减振特性。其它应用还包括用于热固性塑料及热塑性树脂系统，KEVLAR® 能够在很宽的温度范围内提高它们的强度和耐磨性。

KEVLAR® 短绒

KEVLAR短绒(图3.5)是指经过精切的短纤维，它们的长度比短切纤维更短，在1mm以下。它可在多种树脂体系中起到增强作用。在热塑性体系中，它可以改善耐磨性，同时也降低对偶面的磨耗。在热固性树脂中，它能提高强度，而对体系的粘度却没有显著的影响。



图3.4. KEVLAR® 短纤维照片

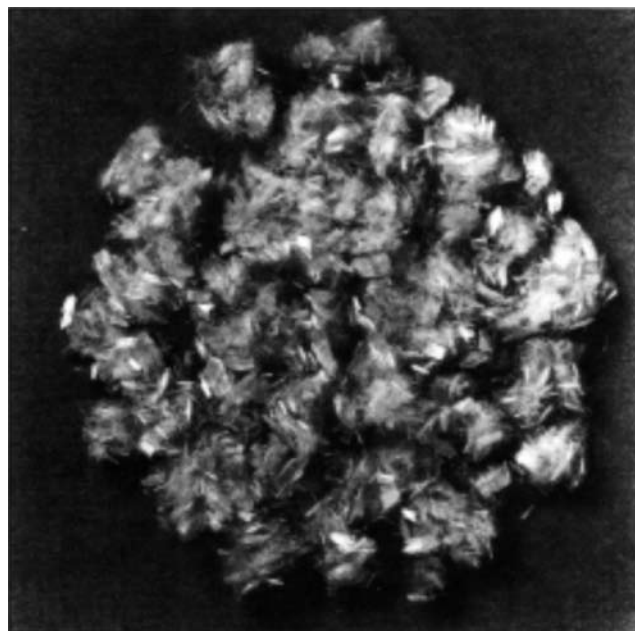


图3.5. KEVLAR® 短绒照片

KEVLAR® 高性能化弹性体(Engineered Elastomer)

以母料形式提供的KEVLAR® 浆粕易于均匀地分散在高粘度的弹性体中。当KEVLAR® 浆粕与各种弹性体混和时，它提高在高温时的抗张强度(表III-1)。此外，它还提高胶料的模量(图3.6)、抗撕裂强度、耐磨性以及抗刺穿性。

为使浆粕更加易于与弹性体混合，杜邦生产出一种预分散胶料，即KEVLAR® Engineered Elastomer(EE)。KEVLAR® EE也可以与其它弹性体混合改善其使用性能。

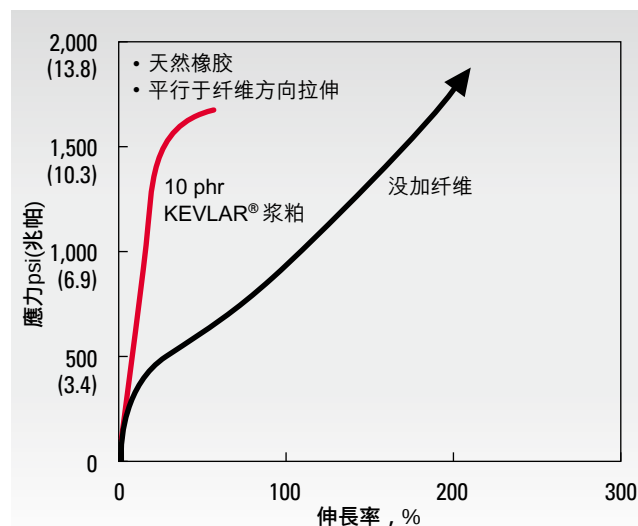


图3.6. 应力 - 应变曲线。KEVLAR® EE增强的弹性体在出片方向上的模量是未增强的弹性体的三倍多。

表III-1. 加有KEVLAR® 的胶料性能的典型改进

加有3 phr KEVLAR® 浆粕的VITON® GF产品		
	出片方向MD	垂直方向CMD
室温		
50%定伸模量	7X	1.4X
抗张强度	1X	1X
撕裂强度	1.7X	1.3X
300°F(149°C)		
30%定伸模量	6X	-
50%定伸模量	-	1.5X
抗张强度	1.6X	1.3X
加有20 phr KEVLAR® 浆粕的NORDELL® 1040/氯丁橡胶FB(80/20)产品		
	MD	CMD
室温		
20%定伸模量	9.4X	3.3X
抗张强度	1X	0.6X
撕裂强度	1.5X	1.4X
300°F(149°C)		
8%定伸模量	15X	-
20%定伸模量	-	3.9X
抗张强度	2.3X	1.3X
撕裂强度	1.9X	1.5X

* 杜邦的氟橡胶注册商标。

第四章： 术语表

术语表

断裂强度	使材料产生断裂所需的作用力，而无论该样品的横截面积为多大。常用的单位是“磅[力]” (1b)；“克[力]” (g)；“千克[力]” (kg)；以及“牛顿” (N)。
筒子	最小的纱线或合股线生产单位，包括它相应的(通常是卡纸板做的管子)支撑在内。有时也指“包装”。
热膨胀系数(CTE)	是指每单位温度下样品长度的变化与原长的比值。由于长度单位既出现在分子中，又出现在分母中，因此它的单位或者是$^{\circ}\text{F}^{-1}$，或者是$^{\circ}\text{C}^{-1}$： $\text{CTE} = \frac{\text{长度}}{(\text{长度} \times \text{温度})}$
支数	纱线或粗纱的横截面或厚度，表达形式为“旦尼尔”或“(分)特。”
旦尼尔	纤维行业的术语，用以描述纤维、纱线、股纱等的细度。它的定义为每9,000m材料的重量克数。另一个单位是“分特”(decitex)：1分特 = 0.9旦尼尔。
密度	材料的密度，表达方式为单位体积的质量，或者是“磅每立方英寸”(lb/in. ³)，或者是“克每立方厘米”(g/cm ³)。
分特	“decitex”的标准缩写形式。这是纤维行业的术语，用以描述纤维、纱线、股纱等的细度。它的定义为10,000m材料的重量克数。它的美式对应单位是“旦尼尔”：1分特 = 0.9旦尼尔。
断裂伸长率	也称为“断裂伸长”，它是指受载样品在发生断裂时刻的长度的变化值与无负载时长度的比值。通常以百分比(%)的形式表达。
平衡含湿率	经过长时间暴露之后所达到的最大含湿率。
单丝	纱线的最小单位。
整理剂	通常由油组成的混合物或乳状液，涂布在纤维表面，主要用以减少摩擦力，并且提高加工和/或最终使用的性能。
燃烧热值	每克物质在氧气中燃烧时所释放出的热量。

LASE

即“指定伸长率时的载荷”。是指纱线或绳索达到指定伸长率时所需要的载荷值。其单位为X%伸长率时的磅、千克力或克力等等。另一个相关的特性为SASE，即“指定伸长率的应力”。它的单位是X%伸长率时的“磅每平方英寸”(psi)、“克每旦尼尔”(gpd)、“千克每平方毫米”(kg/mm²)、“帕斯卡”(Pa)、“牛顿每平方米”(N/m²)等等。

Merge

为某种特定产品与其相应的生产工艺及质量控制参数指定的识别号。虽然在某些情况下允许混合使用不同的Merge，但是通常仅限于具有同一Merge号的产品才能够在接下来的加工中使用。在混合使用不同Merge之前，请与您的杜邦代表取得联系。

计量长度

包装上的标准纱线长度，偏差控制在很小范围内。这可以保证纱线的长度与您的工艺需要相符，并且大大地减少浪费。

模量

描述某种材料抗拉伸作用的特性。杨氏模量或弹性模量是指产生某种给定应变或长度变化所需要的应力。模量与面积有关。也就是说，它的表达方式是以初始(例如，无负载)横截面的单位为基础的。模量单位与“韧性”的单位相同。最常见的表达方式“磅每平方英寸”(psi)；“克每旦尼尔”(gpd)；“牛顿每特”(N/tex)；以及“帕斯卡”(Pa)。

回潮率

回潮率是指在某个给定的温度和湿度水平下，大多数纤维吸收周围空气中的水分或向周围空间散发水分，直至达到某个平衡含湿度率为止。

泊松比

垂直于负载方向上的应变与负载方向上应变的比值；与复合材料有关。

SASE

即“指定伸长率下的应力”。是指纱线或线绳达到指定伸长率时所需要的应力值。它的单位是X%伸长率时的“磅每平方英寸”(psi)、“克每旦尼尔”(gpd)、“千克每平方毫米”(kg/mm²)、“帕斯卡”(Pa)、“牛顿每平方米”(N/m²)等等。

比热

使某给定质量的物质的温度上升一度所需要的热量与使相同质量的水的温度上升一度所需要热量的比值。

应变

在纤维术语中，它与伸长率同义，表达方式为%(例如，初始长的%变化)。

应力

施加在某种材料上的作用力，表达方式为每单位初始(例如，无负载时)横截面上的作用力。其单位与“强力”的单位相同。最常用的单位是“磅每平方英寸”(psi)；“克每旦尼尔”(gpd)；“牛顿每特”(N/tex)；以及“帕斯卡”(Pa)。

强力/抗张强度

是指某种材料在发生断裂时的每单位初始(例如，无负载时)横截面上的极限强度。其最常用的单位是“磅每平方英寸”(psi)；“克每旦尼尔”(gpd)；“牛顿每特”(N/tex)；以及“帕斯卡”(Pa)。通常，术语抗张强度与极限应力同义。

特

这是纤维行业中的一种基本独特性质，用以描述纤维、纱线、绳索等的细度。它的定义为1,000m材料的重量克数。它的美式对应单位是“旦尼尔”：1特 = 9旦尼尔。在许多情况下，使用“分特”(dtex)使之与“旦尼尔”值保持差不多相同。

捻丝工厂

专门加捻和/或加工纱线的公司。

捻度(名词)

单位长度纱线围绕其轴心的旋转转数。最常用的单位是“捻每英寸”(tpi)以及“捻每米”(t/m)：1tpi = 39.37t/m。

捻度系数

由一个数学公式定义的特征，描述加捻结构中的螺旋角。有相同捻系数(TM)的捻度系数理论上具有相同的螺旋角，而无论它们的横截面积是否一样。捻度系数的定义为：

$$TM = \frac{\text{捻度[tpi]} \times \text{旦尼尔}^{1/2}}{73} = \frac{\text{捻度[t/m]} \times \text{旦尼尔}^{1/2}}{2,874}$$

纱线

一束单丝的组合体。

成品量

每单位重量包装中所包含的纱线、线绳等的长度。最常用的单位是“码每磅”(yd/lb)以及“米每千克”(m/kg)。

KEVLAR® 的订购信息

杜邦生产并销售KEVLAR® 纤维、浆粕、短切纤维和短绒，以及特定形式的产品，包括：KEVLAR® 高性能化弹性体 (Engineered Elastomer)。

如需更多关于杜邦产品的信息，请与您的杜邦用户服务代表联系。

表IV-1. 纱线长度与重量转换表

旦尼尔	纤维数量	成品量 yd/lb	成品量 m/kg
55	25	81,175	163,636
195	90	22,895	46,155
195	134	22,895	46,155
200	134	22,320	44,997
380	180	11,749	23,684
380	267	11,749	23,648
400	267	11,160	22,500
720	490	6,200	12,500
750	490	5,952	12,000
840	534	5,314	10,714
1000	666	4,464	9,000
1140	768	3,916	7,895
1420	1000	3,144	6,338
1500	1000	2,976	6,000
2160	1000	2,097	4,228
2250	1000	1,984	4,000
2840	1333	1,572	3,169
2840	1000	1,572	3,169
3000	1333	1,488	3,000
4320	2000	1,048	2,110
4560	3072	979	1,974
6000		744	1,500
7100	5000	630	1,268
8640	4000	524	1,057
10800	5000	413	833
11400		391	789
15000	10000	298	600

杜邦™ Kevlar® — 唯有杜邦



免责条款

有关产品的安全资料，承索即寄。

本资料反映了本公司在这一方面的现有认识。仅用于对您自己的实践工作提供可能的建议。但是，它并不旨在取代您根据特定的用途而可能需要进行的任何用于确定本公司制品的适用性的实验。在本公司获得了新的认识和经验后，可能会对本资料进行修改。由于我们无法预料最终用户的实际条件的各种变化，故杜邦公司不担保和承担与本资料的使用有关的任何责任。本资料中的任何内容均不应被作为使用任何专利或商标的许可或侵犯任何专利权或商标权的建议。

杜邦防护科技

客户服务热线：400 8851 888

上海浦东新区张江高科技园区科苑路399号11号楼

总机：86 21 3862 2888 传真：86 21 3862 2814

邮编：201203

北京朝阳区建国路91号金地中心A座18层

总机：86 10 8557 1000 传真：86 10 8557 1888, 8557 1999

邮编：100022

2010杜邦公司版权所有，并保留一切权利。杜邦椭圆形标识，杜邦™和Kevlar®是美国杜邦公司及其关联机构的商标或注册商标。

AP-K061 07/2010 SH

www.kevlar.com.cn



创造科学奇迹