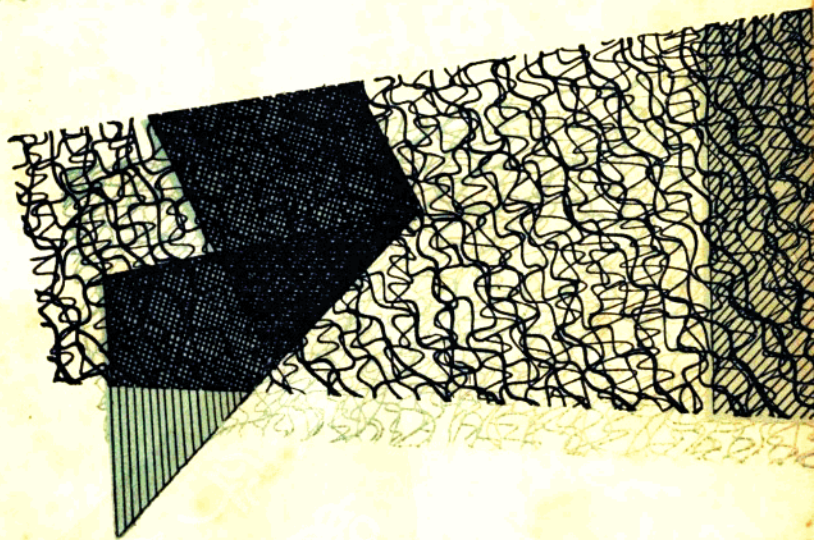


合成纤维的性能

[日] 辻和一郎 著



化学工业出版社

目 录

緒言	2
1. 合成纖維的种类和現狀	3
2. 細度	9
3. 比重	10
4. 强伸度、杨氏率、負荷-伸长率曲綫	11
5. 弹性	12
6. 結节强度	17
7. 耐冲击性	18
8. 疲劳試驗(耐久性)	19
(1)弯曲疲劳	19
(2)伸长疲劳	20
(3)耐摩性能	20
9. 摩擦系数	22
10. 膨縮	23
11. 高温下的性質	23
(1)絲长对溫度的变化	25
(2)負荷-伸长率曲綫、强伸度、杨氏率对溫度的变化	26
12. 經热处理的合成纖維性能、特别是耐热性的改进	29
13. 热老化性	31
14. 低温下的性能	34
15. 保温性	37
16. 耐光性	38
17. 吸水性和吸湿性	40
18. 耐化学藥品性	41
19. 溶解性	45
20. 染色性	46
参考文献	49

合成纖維的性能

緒 言

誕生仅仅十年而获得了飞跃发展的耐綸，进入了絲的領域，并与已有的各种纖維并列，从而完全确立了合成纖維的地位。以耐綸为先驅，近年来十多种合成纖維在各国实现了工业化生产，纖維工业的迅速发展是可以預期的。

合成纖維具有原来的各种纖維所沒有的許多优良特性，尤其是由于高分子化学的科学和技术的惊人发展，对于合成纖維今后的进展，即使是专门技术人員，也难以对十年、二十年以后的情况作出預測。因此，人們对于纖維方面的革命，都給予极大的重視。

然而，合成纖維与具有數千年历史、并和人类的文化共同成长起来的天然纖維的競争，将是一条崎嶇的道路。在这里，无论是合成纖維与原有的各种纖維、或者是合成纖維相互間的最适当的分野，如同散发着火花一般，将会展开激烈的生存競争。

在日本，合成纖維的成长，受到了战争的阻碍，因而耐綸的历史比較短，自去年起才开始进入工业化阶段。同时，維尼綸、阿米綸纖維也在商店中有了陈列。耐綸长袜在都市的商店中亦有裝飾的陈列，还有少量来自海外的奥綸、黛尼尔、特丽綸等样品，以其优美的外觀吸引了人們的注意。日本的合成纖維也逐步进入了实用的时期。

作者認為，借此机会考察一下合成纖維的性能是有意义的。逐渐有效地利用它們的特性，对于缺乏纖維資源的日本來說，显得特別重要。

本书根据作者的实验結果，并参考国内外的文献加以补充，试图对合成纖維加以概述。

1. 合成纖維的种类和現狀

參照國內外最近的文獻^{1,2)}，將世界上已有的主要合成纖維列于表1，其中大多數已達到工業化的規模³⁾。

有關這些纖維的現狀及其發展計劃見表2。現在世界上合成纖維的生產，除了耐綸以外，多屬小規模的。總的年產量估計為1億5千萬磅弱，看來今後會繼續有迅速的增加。茲將纖維生產的近況列于表3~7，以供參考。

在日本，自1953年開始的合成纖維增產的五年計劃已在政府中立案，預計要增加維尼綸、阿米綸、沙綸等的生產。此外，對於丙烯酸類及其他合成纖維的研究，也正在進行。

合成纖維的种类		表 1
化学成份	名 称	
乙 烯 类		
聚 乙 烯	Wynene	
聚苯乙烯	Polyfiber Algil	
聚氯乙烯	Rhovyl, PCU Fiber	
过氯乙烯	Po. Ce纖維	
聚氯乙烯	PF纖維	
聚丙烯腈	Orlon	
聚乙烯醇	Vinyon	
氯乙烯—醋酸乙烯共聚纖維(93~70:7~30)	Vinyon	
氯乙烯—丙烯腈共聚纖維(60:40)	Vinyon N	
丙烯腈—醋酸乙烯共聚纖維(85:15)	Acrlan	
丙烯腈—丙烯酸乙酯—甲基 丙烯酸乙酯共聚纖維(70:25:5)	GE Fiber	
偏氯乙烯类		
聚偏氯乙烯	Saran Velon	
氯乙烯—偏氯乙烯—丙烯腈共聚纖維(85:13:2)	PC 120	
偏氯乙烯—丙烯酸乙酯共聚纖維(92.5:7.5)	PC 140	
聚酰胺类		
己二胺、己二酸	Nylon, Perlon T	
聚己内酰胺	Amilan, Perlon L	
聚 酯 类		
对苯二甲酸、乙二醇	Terylene, Dacron	
聚氨基甲酸酯类		
聚四、六次甲基氨基甲酸酯	Perlon U	

世界合成纤维生产状况(1951年)

表 2

国名	名 称	分 类	公 司 名	生 产 量 (磅/年)	备 注
美国	尼 纶	(Nylon) 耐纶 66	Du Pont	约 100,000,000	计划1年扩大25~50%
	—	耐纶 66	Chemstrand Corp.	50,000,000	建设中
	大可纶	(Dacron) 对苯二甲酸乙二醇聚酯	Du Pont	35,000,000	建设中, 预计1953年开工
	奥纶	(Orlon) 聚丙烯腈	Du Pont	长纤维 6,500,000	短纤维 25,000,000 建设中
	沙纶	(Saran) 聚偏氯乙烯	Lus-Trus Extruded Plastics, Saran Yarns	约 2,000,000	增建中, 卷缩短纤维亦增建中
	维纶	(Velon) 聚丙烯氯乙烯	Firestone Plastics	少量短纤维	
	维纶	(Vinyon) 氯乙烯、醋酸乙烯共聚物	American Viscose	少量长纤维	
	维纶 N	(Vinyon N) 氯乙烯、丙烯酸共聚物	Carbide and Carbon	短纤维约 5,000,000	
	黛尼尔	(Dynel) 氯乙烯、丙烯酸共聚物	"	30,000,000(短纤维)	建设中
	阿克丽纶	(Acrilan) 丙烯酸、醋酸乙烯共聚物	Chemstrand Corp	长纤维, 短纤维, 条	中间试验运转中
	爱克丝 51	(X-51) 丙烯酸类	American Cyanamid Co.	少量短纤维	
	普丽纤维	(Polyfiber) 聚苯乙烯	Dow Chemical	少量	
	阿尔凡尔	(Algil) 聚苯乙烯	Polymers Inc.	少量	
	瓦宁	(Wynene) 聚乙炔	Saran Yarns	少量	

續表 2

国名	名称	分 类	公 司 名	生产量 (磅/年)	备 注
英 国	耐綸 (Nylon)	耐綸 66	British Nylon Spinners	10,000,000	扩建中
	特耐綸 (Terylene)	耐綸 66	帝国化学公司(I.C.I.)	660,000	建设中
	白克紗 (Bexan)	对苯二甲酸乙二醇聚酯 聚偶氮乙稀类	BX Plastics	—	11,000,000 建设中
	耐綸 (Nylon)	耐綸 66	Canadian Industries	3,000,000	扩建中
法 国	耐綸 (Nylon)	耐綸 66	Societe Rhodiacheta	800,000	5,280,000
	丽神 (Rilsan)	聚十一酰胺	Organico Cie	—	
	罗维尔 (Rhovyl)	聚氯乙稀	Societe Rhovyl	—	
	斜布罗维尔 (Fibrobyl)	聚氯乙稀	“	—	
	杜坦维尔 (Thermovyl)	聚氯乙稀	“	—	
	依索维尔 (Isovyl)	聚氯乙稀	“	—	
意大利	耐綸 (Nylon)	耐綸 66	del Toco	1,100,000	正扩建 2 倍
丹 麦	耐綸 (Nylon)	耐綸 66	Edwards and Rasmussen, Silkeborg	132,000~660,000	建设中
	卡普洛拉克旦姆 (Caprolactam)	聚己内酰胺	“	—	

續表 2

国 名	名 称	分 类	公 司 名	生 产 量 (磅/年)	备 注
瑞 士	耐 綸 (Nylon)	耐綸 66	Viscose S.A.	—	建設中
	格利綸 (Grilon)	聚己內酰胺	Fibron S.A.	—	1951年开始生产
荷 兰	恩卡綸 (Enkalon)	聚己內酰胺	Algemeene Kunstzijde Unie(A.K.U.)	—	建設中
德 国 (是德意志民主共 和国或德意志联邦 共和国不詳)	弗利綸 (Phrilon)	聚己內酰胺	Phrixwerke A.G.	約 1,400,000	
	耐发-貝綸 (Nefa-perlon)	聚己內酰胺	Vereinigto Glanzstoff Fabriken A.G. Badische Anilin Soda Fabriken(西德)	約 1,600,000	
	伯比那-貝綸 (Bobina-perlon)	聚己內酰胺	Kunstseidefabriken Bobingen(西德)	約 1,000,000 (短纖維)	
	罗他亚-貝綸 (Rhodia-perlon)	聚己內酰胺	Deutsche Acetat-Kunstseide A.G. (西德)	—	
	拜耳-貝綸 (Bayer-perlon)	聚己內酰胺	Farbenfabriken Bayer (西德)	—	剛毛
	罗他亚-特布拉維尔 (Rhodia-Fi-bravyl)	聚己內酰胺	Deutsche Acetat (西德)	—	
	佩采纖維 (Pe. Ce)	过氧乙炔	Farbenfabrik Bayer (西德)	{ 长纖維 500,000 短纖維 400,000	
	貝綸 U (Perlon U)	聚氨基甲酸酯類	"	—	

續表 2

国名	名称	分类	公司名	生产量(磅/年)	备注
苏联	奧利諾瓦 (Merinova)	聚己内酰胺	Wilhelm Pieck wer- ke(民主德国)	800,000	
	佩采纖維(Pe Ce)	聚氯乙稀氯化物	Firmfabrik Agfa (民主德国)	—	
	卡普綸(Kapron)	聚己内酰胺	Klin	—	
	絲綢 (Silon)	聚己内酰胺	Batizovce-Pobrad	—	
波兰	斯第綸(Steealon)	聚己内酰胺	Hirshberg	—	
日本	阿米綸	聚己内酰胺	东洋煉綸	3 吨/日	长纖維, 短纖維, 网 毛5吨/日(长纖維3吨, 短纖維2吨)
	日波綸	聚己内酰胺类	日本聚綸	—	计划1吨/日
	庫列莫那	聚乙稀醇类(維尼綸)	仓敷聚綸	約8吨/日	短纖維
	加内比揚	聚乙稀醇类(維尼綸)	鹽 紡	約1吨/日	短纖維
	米幼綸	聚乙稀醇类(維尼綸)	大日本紡	約3.5吨/日	短纖維
	烏 綸	聚乙稀醇类(維尼綸)	日本合成纖維	約2吨/日	短纖維
	維尼綸	聚乙稀醇类(維尼綸)	新光煉綸	—	短纖維
	庫列哈綸	偏氯乙炔类	吳羽化学	約0.3吨/日	剛 毛

注: 日本生产量系指1951年5月(日产1吨相当于年产約360,000公斤)。

世界主要纖維生產量 1948年(單位: 億磅)

表 3

棉	羊毛	生絲	人 造 絲		計	總計
			長纖維	短纖維		
111.95	22.4	0.37	16.41	10.63	27.04	191.76
(74%)	(12%)				(14%)	(100%)

世界人造絲生產量(1951年預計量)

表 4

		與前年比較
長纖維	2,200,000,000磅	+14%
短纖維	2,100,000,000	+34%
共 計	4,300,000,000	+23%

美國主要纖維消費百分率(%)

表 5

	1930年	1940年	1950年
棉	85	81	68
羊毛	9	8	9
絲	3	0.7	0.1
人造絲	3	10	20
其他合成纖維	—	0.1	2.2

美國人造纖維生產量

表 6

	1950年	1951年預計
粘胶絲, 銅鉍絲長纖維	325 百万磅	1100 百万磅 (其中醋酸纖維400)
醋酸絲長纖維	310	
綸治宿布	305	
粘胶絲短纖維	200	390 (其中醋酸纖維140)
醋酸短纖維	110	
纖維素以外的纖維(合成纖維, 蛋白質纖維, 玻璃纖維)	145	165
共 計	1,395	1,655(+19%)

美国人造纤维生产量⁽¹⁾

表 7

(单位: 百万磅/年)

耐 綸	生产	100.0
	计划	50.0
特丽綸	长纖維(计划)	8.0
	短纖維(计划)	25.0
奧 綸	长纖維(生产)	8.0
	短纖維(建設中)	25.0
阿克丽綸 (计划)		30.0
黛尼尔 (生产及计划)		10.0
沙綸, 別綸(預計)		5.0
維 綸		0.2
共 計		261.2
玉米纖維(生产及计划)		10.0
大豆蛋白纖維		1.8
共 計		11.8
粘 胶 絲	短纖維及条	189.0
	长纖維(高强度)	310.0
	长纖維(普通)	317.0
醋酸纖維	短纖維及条	117.0
	长纖維(普通)	326.6
共 計		1,259.6

2. 細 度

包括合成纖維在內的人造纖維,是由人工方法制成的。从原理上說,可以制得各种細度的纖維。例如,自1但尼尔以下的超細度的纖維以至于几千但尼尔^①的剛毛,都能够按照要求来制造。再加上任意的长度和多彩的光泽,和天然纖維相比,不能不說是极大的特长。用15但尼尔耐綸长纖維制造的无縫絲袜,沙綸制的网和奧綸制

① 但尼尔——絲的粗細标准,每9000米絲合重若干克,即为若干但尼尔。

的窗簾，都是表現這些特長的實例。而且細度方面的疵點一般比天然纖維少得多。採用干式和濕式抽絲法在經濟的速度下製造細度相差很大的纖維，技術上有一定的困難，而以熔融抽絲法最為合適。在用聚酰胺（耐綸、阿米綸）或聚偏氯乙烯（沙綸、拜綸、倉敷哈綸）等製造剛毛時就是如此。表9所列為著者最近測定的國外各種合成纖維的細度。

此外，平林、博士發表了許多合成纖維的側面及斷面的顯微鏡攝影材料（高分子展望，6集，昭27，高分子化學刊行會）。

3. 比 重

能够使用比重小的材料来做衣服是人们盼望的事。在原有的纖維方面：对于纖維素纖維的比重1.55來說，絲(1.36)、羊毛(1.32)、醋酸纖維(1.33)等都具有較輕的優點，但是新出現的耐綸、奧綸等却是現在制衣服的最輕的材料。還有更輕的聚乙烯(0.92)和聚苯乙

各種纖維的比重

表 8

纖維名稱	平林、曾根氏值	文獻值
絹綸	1.148	1.14
奧綸	1.170	1.18
阿克里綸(Chemstrand)	1.203	1.14
X-51	—	1.17
維尼綸	1.260	—
維綸N	1.300	1.22~1.28
黛尼爾	—	1.28
維綸	—	1.33
特爾綸	1.400	1.38
酪胺綸	1.481	—
棉	1.527	—
拜綸	—	1.69
倉敷哈綸クレハロン	1.763 ^①	—

① 使用碘乙烷、四氯化碳為介質。

烯(1.06)，一般不用于作衣服用。

最近京大化学研究所平林博士、曾根氏以有机液体及无机盐水溶液为溶剂，用浮沉法测定了各种纤维的比重⁵⁾。关于用苯、硝基苯和四氯化碳为混合溶剂所测定的比重，此处已将历来文献记载的数值汇列于第8表。

4. 强伸度，杨氏率，负荷-伸长率曲线

表9所列各种纤维的强伸度和杨氏率，这些数据是以作者的实验数值为主，并补充了若干文献的数值。

除了特种的人造短纤维以外，一般强度较高，因水和潮湿所造成的强度下降也较小。耐纶和特丽纶的强度高达8克/但尼尔。这种高强度和相当大的伸长度，成为合成纤维不同于棉、高强度粘胶丝等纤维素纤维的很大特点。作者所获得的高强度耐纶的试验值是：强度7.3克/但尼尔，伸长度27%。文献上记述的特丽纶、奥纶等的良好数值，在作者所持有的样品中也得到证实。即使维尼纶的强度要达到5克/但尼尔以上也是较容易的⁶⁾。根据作者最近的研究，聚乙烯醇皮膜强度最高可达135公斤/厘米²⁷⁾（如为纤维，约12克/但尼尔）。

关于耐纶杨氏率较低的问题，原是在十年以前，当耐纶开始传入日本时，经樱田教授测定后提出来的。杨氏率低而使纤维过份柔软和不够挺实，这对应用是不利的。采取将苯基或其他环状基引入分子主链中提高硬性的研究，已经做了很多。杜邦公司则发展了杨氏率比耐纶高的奥纶和特丽纶，企图以此来弥补这一缺陷。这两种纤维的杨氏率均高于耐纶而达几百公斤/厘米²。由于杨氏率低和缺乏吸水性，美国基本上未将耐纶用于内衣和衬衫的制造，最适当的用途仍用在长袜方面。

为了详细研究纤维的机械性能，负荷——伸长率曲线是很重要的。图1所示为作者最近对合成纤维试样的测定结果。合成纤维与羊毛、丝、棉等一样，其曲线变化多端，因此有可能获得适合于

各种用途的性能。此外还須注意的是：奥綸长纖維、阿克列綸等纖維曲綫的降伏点特別高(約1.5克/但尼尔)。

各种合成纖維的延伸度、楊氏率

表 9

試	样	細度 (但尼尔)	强度 (克/但 尼尔)	(伸长度%)	錫氏率(公 斤/厘米 ²)	干湿强度 比 (%)
耐 綸	{ 平 布 { 长纖維經綫 长纖維緯綫 短纖維	2.05	6.9~7.3	27~30	230~260	85~90
		2.91	5.8	35	200	
		3.77	4.3	50	140	
貝綸L(卷縮短纖維)		4.37	4.7	56	196	
特耐綸	{ 平 布 { 长纖維經綫 长纖維緯綫 短纖維	2.12	5.3	23	727	90~100
		2.19	5.1	28	767	
		2.8~3.3	3.7~4.8	50~60	200~400	
奧 綸	{ 长纖維 短纖維	2.3~2.5	4.5~6.4	19~22	560~1090	90~93
		2.9~3.1	2.3~2.9	31~34	400~440	
維綸N(濾布长纖維)		1.28	2.9	31	450	
黛尼尔		2.0~4.8	1.5~3.7	27~42	142~415	90~100
阿克耐綸(Chemstrand X-51 [®])		2.5~4.8	2.9~4.1	15	292~719	90~100
		—	2.8~3.9	20~24	—	82~92
羅維尔		3.01	2.38	20	292	
衣索麥木維尔イソサーモビル		13.14	0.70	132	126	
阿米綸		—	3~6	14~25	150~300	85~90
維尼綸		—	2~6	15~30	250~4100	65~85
沙 綸		—	0.9~2.3	15~30	70~80	100

5. 彈 性

人們喜愛羊毛主要是在于它具有彈性。彈性是有关織物耐綸性的一項影响很大的因素。

对于彈性的评价，一般对纖維以其伸長率的彈性来表示，对織物則多指其綸折之回复率。

图 2 及表 10 所示为作者測定的各种合成纖維伸長率的彈性

值。图3表示織物縐折的回复率(用 Monsanto Wrinkle-Resistance Tester)。为便于比較起见,都增列了天然纖維和纖維素纖維的数值。表10列有与織物穿着有关的问题——除重后及除重2分钟后低伸长率部分的弹性值。

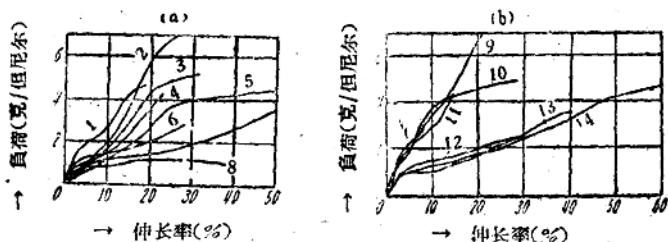


图1 各种合成纖維的荷重-伸长率曲线图

1—奧綸, 2—耐綸(高强度), 3—耐綸(普通的), 4—維尼綸, 5—耐綸短纖維(羧綸), 6—維尼綸N, 7—大可綸(短纖維), 8—奧綸(試制), 9—奧綸(布, 长纖維經綸), 10—特丽綸(平織布长纖維經綸), 11—阿克丽綸, 12—奧綸短橫綸(布, 短纖維經綸), 13—黛尼爾, 14—特丽綸短纖維

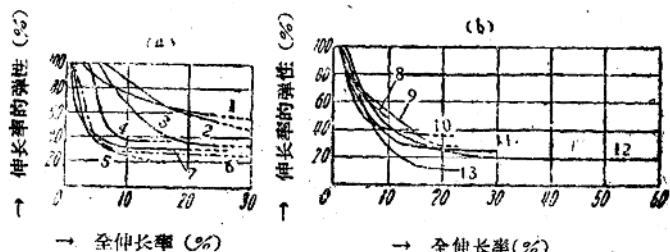
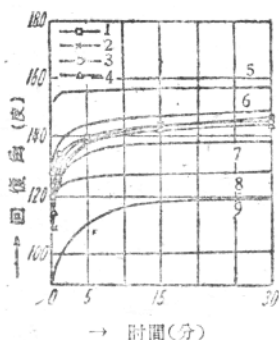


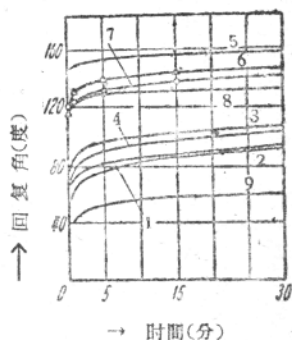
图2 各种合成纖維伸长率的弹性(除重后)

1—耐綸(普通的), 2—耐綸(高强度), 3—羊毛, 4—奧綸, 5—粘胶綸的短纖維, 6—維尼綸AN, 7—維尼綸, 8—維尼綸S(Sp2-83℃-1-1小时), 9—特丽綸(平布, 长纖維經綸), 10—奧綸(布, 长纖維經綸), 11—黛尼爾, 12—特丽綸短纖維, 13—醋酸纖維

图4所示为各种纖維的伸长率与伸长时弹性的关系, 表11为纖維伸长时的弹性与縐折回复率的关系。



(a) 70°F, RH65%, 由尿素甲醛树脂处理过的亚麻布, 棉布和粘胶丝、醋酸纤维混纺布



(b) 70°F, RH95%

图 3 各种織物的綳回復角

1—粘液絲与醋酸纖維混紡, 2—粘胶絲, 3—羊毛, 4—棉, 5—特丽綸, 6—奧綸, 7—阿克丽綸, 8—黛尼爾, 9—亞麻

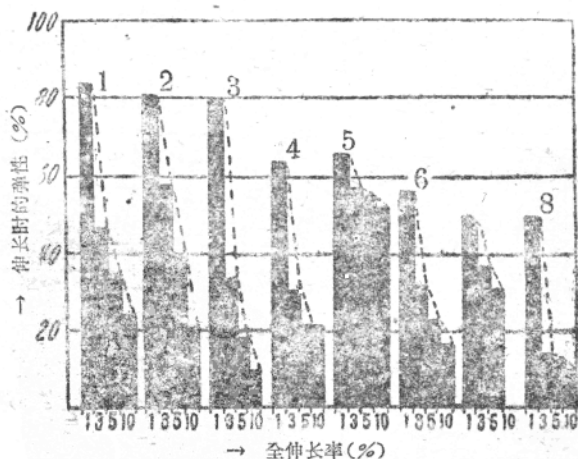


图 4 各种纖維伸长时的弹性

1—特丽綸, 2—羊毛, 3—醋酸纖維, 4—奧綸, 5—耐綸, 6—絲, 7—棉, 8—粘胶絲

各种纤维的伸长率弹性与全伸长率的关系

表 10

	伸 长 率 的 弹 性 %									
	除 重 后					除 重 2 分 钟 后				
全伸长率 (%)	G	2	3	5	10	G	2	3	5	10
特丽纶 { 平布长纤维经丝 短纤维	1.3	90	80	67	53	1.9	99	93	80	64
	2.2	100	85	67	40	2.7	100	95	75	50
奥纶 { 长纤维 短纤维	1.4	85	67	51	40	1.7	95	88	77	58
黛尼尔	1.2	86	75	58	35	2.8	100	97	79	55
普通维尼纶	0.5	60	50	40	30	1	85	70	50	45
	~0.9	~70	~60	~45	~35	~1.5	~95	~80	~60	~50
维尼纶 S	1.3	87	77	65	48	2.2	100	92	81	64
沙纶	2	100	—	—	—	—	—	—	—	—
熟丝	1.5	90	72	52	35	2.8	93	78	62	44
醋酸纤维	1.3	94	85	58	26	2.5	100	98	80	37
粘胶丝	0.4	63	46	35	26	—	—	—	—	—

注: G 为弹性限度伸长率。

作者¹⁰⁾最近还测定了各种合成纤维织物的縐折回复率(表12)。由于织物厚度和编织有所不同,未能作出精密的比较,但是可以看出它们大致的趋向。

纤维伸长时的弹性与布的縐折回复率的关系

表 11

	布的縐折回复率 (%) R_{15}	短纤维伸长时的弹性 (%) WR_5
粘胶丝	42	17
醋酸纤维	63	26
特丽纶	82	35

注: R_{15} 为布的縐折回复率(15秒);

WR_5 为纤维伸长 5% 时的伸长弹性。

耐纶的高弹性特别突出,甚至在高伸长率时的弹性也不太低,这一点类似橡胶的弹性。

各种布的耐皱度

表 12

試 样	布的重量(毫克/厘米 ²)	耐皱度 ^① (%)
耐纶	9.6	74
特丽纶	18.7	90
奥纶(长纤维布)	10.7	85
奥纶(短纤维布)	17.6	83
阿克丽纶(Chemstrand)	25.4	85
沙纶	37.2	80
维尼纶	11.7	48
粘胶丝	13.3	42
醋酸纤维	10.1	66
羊毛	18.2	98

① 将长4厘米、宽1厘米的布二折，折处施以2公斤之荷重4分钟，除重后将折处架在金属线上，经3分钟后布端间的距离对原长4厘米的百分率作为耐皱度的表示。

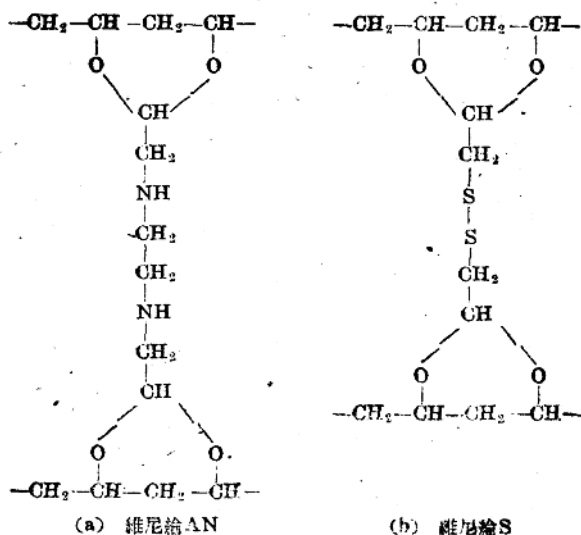


图 5