

合 成 纖 維 的 特 性

А. А. Конкин Г. И. Кудрявцев

I. 機 械 特 性

合成纖維是許多優質日用品的良好原料。這種纖維還有各種不同的技術上的用途。由於合成纖維的應用範圍很廣，因而使它的生產飛速發展。第六個五年計劃中，我國卡普綸、氯綸、阿尼特、拉夫賽和尼特綸等型纖維的產量要增加到四倍。應該指出：合成纖維生產是一個年輕的工業部門。它是在本世紀 30 年代利用乙烯化合物的基礎上產生的。最初生產出來的纖維是維縈（氯乙烯與乙酸乙烯酯的共聚物）和貝采（氯代聚氯乙烯）。大約在 15 年以前，合成纖維生產的發展起了劇烈的轉變，這一工業部門開始飛速發展。這與發現並開始生產耐綸和貝綸

型聚酰胺纖維是分不開的。現在在生產中或在實驗規模上製造的合成纖維的種類相當多。

表 1 中列入最常用的纖維及由它們製成的產品品種一覽表。

表 1

纖維種類和名稱	始 用 單 體	生產性質	所 製 產 品
I. 雜鏈纖維：			
卡普綸(貝綸).....	己內酰胺	工業生產	絲、切段纖維、簾子布、單纖維、釣絲等
阿尼特(耐綸).....	己己鹽(己二酸己二胺鹽)	同上	同上
埃南特.....	氨基庚酸	實驗生產	絲、切段纖維、單纖維
貝綸II.....	丁二醇和二異氰酸己二酯	工業生產	綢
拉夫賽(泰利綸,達克倫,台加爾)	對苯二甲酸乙二酯	同上	切段纖維、長絲
特列綸.....	己內酰胺和己己鹽	實驗工業生產	同上
利爾賽.....	氨基十一酸	同上	同上
II. 碳鏈纖維：			
尼特綸(奧綸).....	丙烯腈	工業生產	切段纖維、長絲
維榮N(代溫爾).....	丙烯腈和氯乙烯	同上	同上
阿利綸.....	丙烯腈和乙酸乙烯酯	實驗工業生產	切段纖維
X-51	丙烯腈和甲基丙烯酸甲酯	實驗生產	同上
氯綸(皮西).....	氯乙烯	工業生產	長絲、切段纖維
羅維爾,莫維爾(貝采烏)	氯乙烯	同上	同上
索維旦(薩綸).....	氯乙烯和二氯乙烯	同上	單纖維
庫拉綸(維尼綸).....	乙酸乙烯酯	同上	長絲、切段纖維
波利旦.....	乙烯	同上	單纖維
維榮.....	氯乙烯和乙酸乙烯酯	同上	長絲、切段纖維

這裏我們打算綜合一些最重要型式的合成纖維的基本品質指標。

纖維的最重要品質指標是物理機械特性和物理化學特性。

現在先研究第一類特性。

化學纖維,包括合成纖維在內,其物理機械特性,取決於巨分子的化學成分和結構^[1],綫型巨分子的形狀和可撓性^[3],分子間相互作用的強度。分子間相互作用的強度決定於聚合物中極性基的本性和數量^[2,4],以及聚合物的物理結構,特別是結晶性聚合物中無定形區域和結晶形區域的對比,無定形聚合物中巨分子沿纖維軸向的定向程度。聚合物的聚合度對綜合機械特性有重大的影響。上述這一切問題,在文獻中載有大量資料,根據這些資料可以確定許多一般規律。

這裏先有系統地敘述最重要合成纖維的機械特性方面的資料。因此只能順便並簡略地研究一下聚合物結構和纖維特性間的聯系的一般問題。

大家知道,纖維的基本機械特性是強力、伸長率、彈性、耐磨性等等。現在分別地研究一下這些特性。

強力 雖然這一指標不能完全反映製品的使用特性,但它是纖維的一個重要品質特徵。纖維的強力,特別是合成纖維的強力,得依巨分子的化學本性和結構而定。對結晶聚合物來說,纖維的機械特性取決於晶形相與無定形相的對比。晶形相基本上決定了纖維的強力,無定形相則決定它的彈性。無定形聚合物的強力得由巨分子沿纖維軸向的整齊度來決定。它在一定限度內還隨所加工產品種類的不同而改變。纖維強力增加的程度可以這樣排一下:先是切段纖維,然後是長絲,最後是簾綿纖維。纖維的強力在工藝過程中可以靠拉伸來調節。對各種

不同的纖維的拉伸可以在工藝過程的不同階段上和不同條件下進行。給予各種不同的拉伸，就可以大大改變纖維的強力和伸長率^[5]。圖 1 所示的拉伸對維縈 N 纖維強力的影響就是一個

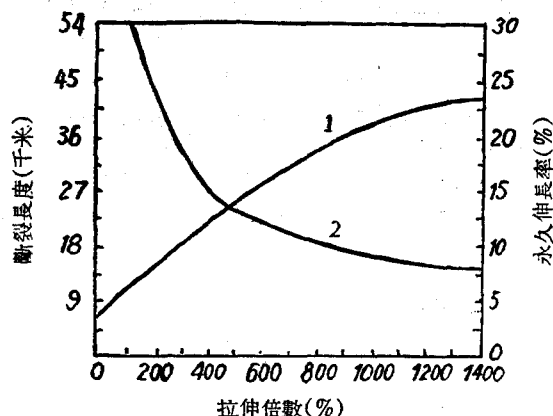


圖 1

例子。在這個圖上，曲綫 1 表示強力，曲綫 2 為纖維的伸長率。

然而，大多數碳鏈纖維在進行了能保證必要強力的拉伸之後，伸長率都是低的。爲了提高伸長率，通常是在較高溫度下使纖維經受弛豫過程。弛豫後纖維的強力不變，而伸長率則提高了。此時，急彈性伸長的絕對值雖然仍舊不變，但它所佔的比例減少了。隨着伸長率的提高，弛豫後纖維的耐雙曲撓性和耐磨性這一類指標改善了。

圖 2 上的曲綫表示開始對聚酰胺纖維進行拉伸的情況。圖上指出拉伸過程的三個階段。區域 I 中是絕對值不大的急彈性變形。當張力到達相當於 A 點時，纖維中生成頸狀部分，物質開始流動。因此在區域 II 中，變形是在張力不變的情況下實現的。在這兩個階段中，聚酰胺的兩種不同的變體同時存在。按照 Каргин 院士的意見，這種情況下會產生相的轉變，這是由材料中產生的張力所引起的^[6]。相的轉變過程完全結束之後，進一步的變形用曲綫 BC 來表示。這一區域內，變形是隨着張力的增加而產生的。在生產條件下，拉伸結束在區域 III 中。隨着纖維支數和種類的不同，雜鏈纖維的拉伸倍數爲 1:4 到 1:5，碳鏈纖維的拉伸倍數在 1:200 以上。

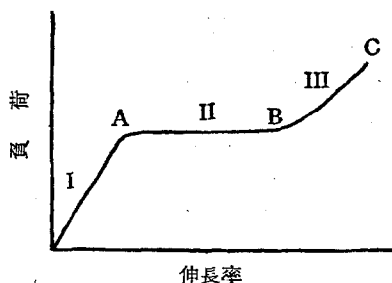


圖 2

表 2 中列入最普遍的纖維的強力數字。

從表 2 中可以看出，聚酰胺纖維和聚酯纖維的強力最大。碳鏈纖維的強力稍小一些，只有奧綸的強力接近聚酰胺纖維。所有其餘碳鏈纖維的斷裂長度通常不超過 30 千米，但是要加大強力是完全可能的。

伸長率 它和強力一樣，也是取決於聚合物的化學本性和結構。總伸長率的大小在纖維製造過程中很容易調節。像強力一樣，伸長率是與所受的牽伸分不開的，而對碳鏈纖維來說，是與以後的熱弛豫分不開的。通常所製纖維的強力隨拉伸倍數的增加而提高，而總伸長率則隨之減少。這可由表 3 中所列的耐綸的數字來證明^[6]。應該說明一下，6.07 的拉伸是在加熱時進行的，其餘都是冷拉的。

一般說來，高強力纖維的伸長率往往比同一成分而強力差一些的纖維要小些。拿聚酰胺纖維來說，高支絲的伸長率爲 20~30%，簾子布用絲爲 13~16%，切段纖維爲 40~70%。最普遍的纖維的斷裂伸長率數值列在表 2 中。

可是總斷裂伸長率的大小還不足以表徵纖維的特性。當斷裂伸長率的數值相同時，隨着三種基本伸長率(急彈性伸長率、高彈性伸長率和塑性伸長率)對比的不同，纖維的特性將有極大的差別。

前兩種變形是可以回復的，但第三種變形是不能回復的。這些變形的歷程各不相同。急

表 2

纖 維	斷裂長度 (千米)	強力範圍 (千克/毫米 ²)	濕纖維的強力 (合正常強力的%)	斷裂伸長率 (%)	濕纖維的斷裂伸長率 (合正常伸長率的%)
I. 天然纖維					
中纖維棉.....	23—28	35—42	120	7—8	114—112
亞麻單纖維.....	45—70	67.5—85	110	1.5—2	125—116
生絲.....	26—34	35.6—46.6	54—73	16—20	146—116
熟絲(脫膠後).....	28.4—38	39—52	80—85	16—22	} 140 以下
羊毛.....	9—15.3	12—20.5	90—96	25—35	
II. 化學纖維					
正常粘膠纖維.....	13.5—21.6	20.5—32.8	40—50	15—30	134—117
強力粘膠纖維.....	21.6—27	32.8—41	50—56	12—20	150—142
福蒂生.....	63	95	85	6—6.5	100
正常乙酸酯纖維.....	10—13.5	13.2—17.8	62—80	17—30	130—133
正常卡普綸.....	40—46	45.6—52.5	82	23—29	106
強力卡普綸.....	60—67	67—75	—	18—25	—
正常耐綸.....	40—50	45.6—57	87—88	26—32	115
高強力耐綸.....	54—68	61.5—77.5	87	19—24	110—116
正常泰利綸.....	41.4—45	57—62	100	19—23	100
高強力泰利綸.....	54—55.8	74.5—77	100	11—13	100
拉伸維榮.....	31—40	—	120—100	9—11	94—86
代涅爾.....	27—34.2	—	86.6—100	35—45	100
正常維榮.....	18—25	23.8—33	100	20—35	100
薩綸單纖維.....	10.35—20.7	17.6—35.5	100	15—25	100
薩綸長絲.....	18 以下	30.3	100	20—30	100
波利旦.....	9—25.2	8.3—23.9	100	20—80	100
奧綸.....	37.8—46.8	43.5—53.8	100	15—17	100
阿克利綸.....	27—40.5	31—56.6	90—100	16—20	100
X-51	25.2—39.6	29.5—46.3	85—97	20—31	100

彈性變形是因為外力作用下原子間的平均距離改變而形成的。負荷去除後，幾乎瞬間即恢復原先的狀態。各種纖維急彈性變形的絕對值都不超過 3%，並且很少變化。這一數值是由聚合物的本性決定的，與工藝過程的條件無關。高彈性變形是因為長鏈狀分子的平衡構型改變而形成的。它也和急彈性變形一樣，是可以回復的，但在張力去除後並不立刻消失，而是要經過一定的時間。纖維的高彈性變形，可以隨着由工藝過程條件(溫度、膨脹度等)所決定的聚合物弛豫和結構的不同而有所改變。纖維的消費性能及其加工能力多半得依這一變形的大小而定。由未弛豫纖維製成的製品中，有一種所謂高彈性變形表現得特別明顯。這種變形會使纖

表 3

拉 伸 倍 數	斷 裂 長 度 (千米)	伸 長 率 (%)	濕度為 72% 時的吸濕性
2.51	19.8	160	4.67
3.45	27.9	89	4.52
4.47	41.4	50	4.29
5.01	45.0	36	3.90
5.38	48.5	22	3.75
6.07	74.0	20	3.54

物及其他製品收縮。

塑性伸長是因為負荷加在纖維上時各個巨分子間相互產生不可回復的位移而形成的。製取纖維的過程中力求把塑性伸長率減少到最小值，因為這是成品中所不希望有的。

纖維的品質特徵中，彈性有重要的意義。這一指標決定着纖維的許多使用特性，其中有頭等作用的各摺縐性、雙曲撓次數等。合成纖維在不同的絕對伸長率下的彈性指標列在表 4 中^[7]。

表 4

纖 維 種 類	伸長率為下列%時的彈性程度(%)			
	2	3	5	10
耐綸.....	100	100	100	90
維尼綸.....	65	55	43	33
達克綸(泰利綸).....	100	85	67	40
奧綸.....	95	80	64	35
代涅爾(維榮N).....	53	46	35	26
乙酸酯纖維.....	94	85	58	26
薩綸.....	—	—	—	95
X-51 (切段纖維).....	92	80	—	70

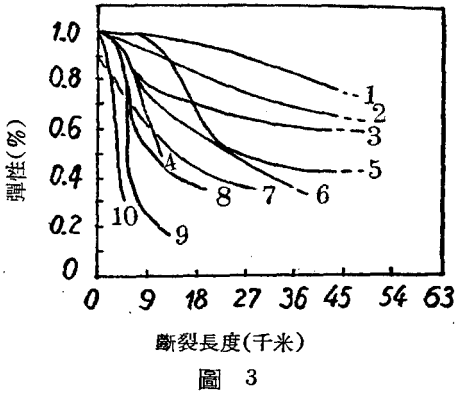


圖 3 指出，彈性(以條件單位表示)如何隨纖維強力的改變而變化^[8]。曲綫 1 相當於耐綸，2——強力絲，3——亞麻，4——羊毛，5——苧麻，6——天然絲，7——棉花，8——粘膠纖維，9——乙酸酯絲，10——酪朊纖維。進行定向拉伸後纖維所得到的強力愈大，它的彈性就愈小。

聚酰胺纖維的彈性大大超過人造纖維和天然纖維。可是各種不同聚酰胺纖維的彈性不一樣，耐綸的彈性伸長率最大，卡普綸最小。碳鏈纖維的彈性遠遠不及聚酰胺纖維。

爲了比較完全地表明纖維的使用特性，布林蓋爾^[9]採用了纖維作功能力這一概念，它的數值爲強力指標和伸長率指標的乘積。表 5 中列入某些纖維的數字。所有一切合成纖維和人造纖維中，仍然是聚酰胺纖維的指標最好。紡織纖維中，天然絲的指標好些，但使用方面的數據

表 5

纖 維 種 類	纖維作功能力(千克/厘米 ²)	
	總作功能力	彈性作功能力
聚酰胺纖維.....	11.0	7.6
聚酯纖維.....	9.8	6.1
聚丙烯腈.....	4.7	1.5
聚氯乙烯.....	8.0	2.4
乙酸酯.....	4.4	0.7
酪朊纖維.....	4.3	1.5
水化纖維素纖維.....	4.4	0.62
天然絲.....	15.8	8.8
羊毛.....	6.4	3.2
棉花.....	2.2	0.48

與這個結論往往並不相符。

“負荷-伸長率”曲綫和彈性模數 纖維的加工條件和使用特性不僅決定於總伸長率，而且還決定於“負荷-伸長率”曲綫的性質。這個指標亦是由纖維的化學本性和它在成形時拉伸的大小所決定的。圖 4 上表示“負荷-伸長率”曲綫的性質。在這個圖上很明顯的可以看出牽伸倍數對曲綫位置的影響。高強力泰利綸纖維的樣品受過比較大的拉伸，因而表示它的曲綫 1 比中強力泰利綸的曲綫 3 陡些。在第一種情況下，36 千米的斷裂長度(圖上的千米數須乘上 9)相當於 5%的伸長率，但在第二種情況下則爲 10%。同一圖上，曲綫 2

表示耐綸，曲綫 4 表示粘膠纖維。這些曲綫的比較也可以證明上述結論。

通常按變形模數的大小來確定“負荷-伸長率”曲線的形狀。這種模數是用來表示纖維硬度的明顯指標。含有強極性基的聚合物，它的巨分子的可撓性較低，它的模數一般比易卷曲的巨分子聚合物高。因為這一緣故，粘膠纖維和奧綸的模數比聚酰胺纖維高。人造纖維與合成纖維中，聚酯纖維的模數最高。某些纖維的變形模數數值^[10]列在表 6 中。

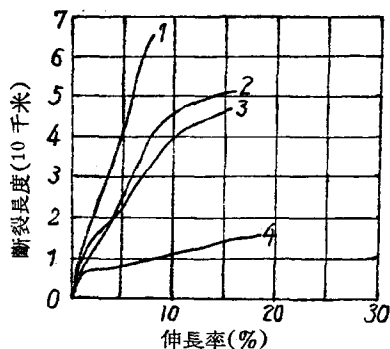


圖 4

表 6

纖 維 種 類	變形模數(克/但尼)
粘膠纖維.....	65
乙酸酯纖維.....	31
棉花.....	55
絲.....	85
羊毛.....	28
耐綸.....	24~25
泰利綸.....	100~120

纖維對多次變形的穩定性 纖維在使用過程中要經受多次變形，對這種變形的穩定性是一個重要指標。通常這一指標是用纖維在斷裂前所能承受的雙曲撓次數來表示的。某些纖維

表 7

纖 維 種 類	纖維能承受的雙曲撓次數
耐綸.....	19000
奧綸.....	19000
粘膠纖維.....	2900
乙酸酯纖維.....	200

對多次變形的穩定性數據列在表 7 中。

這裏可以看出，合成纖維對多次變形的穩定性比人造纖維高得多。

耐磨性 衣服在使用過程中要受到磨擦，這樣它便會破裂。因此，毫無疑問，纖維的耐磨性與製品的穿用性有密切的關聯。聚酰胺纖維的耐磨性非常之高^[10]，這可由表 8 中的數字加以證明。

表 8

纖 維	纖 維 支 數	纖維能承受的磨擦次數	
		乾 纖 維	濕 纖 維
泰利綸.....	4500	1980	1870
耐綸.....	3000	8800	3890
奧綸.....	3600	135	139
粘膠絲.....	4500	880	28
乙酸酯絲.....	2250	409	58
福蒂生.....	22500	5	1

從表中可以看出，較硬的定向纖維所能承受的磨擦次數較少。由乙酸酯纖維皂化而得的福爾基生纖維的定向最好，而且最硬，它的耐磨性很小。奧綸型合成纖維在乾態時的耐磨性比人造纖維差，但在濕態時却很好。聚酰胺纖維的耐磨性最高。

機械特性的耐熱性 一切合成纖維對高溫的作用都很靈敏。同時，在高溫下能保持機械特性，這是最重要的品質指標之一。許多日用品都要經受熱處理，很多技術製品要在高溫下使用。合成纖維的一個重要缺點是加熱時強力迅速降低。合成纖維與天然纖維不同，它的巨分子中具有易於熱分解的鍵和基。化學家們力求提高現有合成纖維的耐熱性，而到目前為止還沒有收到良好效果，這亦是一個原因。於是現在有這樣的意見，認為要得到耐熱性高的纖維，

必須合成新的能形成纖維的聚合物。採用一些特殊加工,以及組織恰當的工藝過程來製取纖維,可以稍為提高一些耐熱性。這可以由許多例子來說明。Коршак 與他的合作者指出^[11]:製取各種聚酯時,游離乙二醇的存在具有重大意義。它能使各種聚酯的所謂去羧作用(脫去 CO_2) 大大加速。乙二醇與己二酸縮聚時,在 250° 的溫度時己二酸開始顯著分解。溫度在 150° 時就已經開始析出碳酸。

拉夫賽型聚酯樹脂依其製取方法的不同,熔點可以為 250° 和 265° 。與此相適應,纖維的耐熱性也不相同。

所有天然纖維和化學纖維中,泰利綸最耐熱,即使以 150° 的溫度作用 80 天後,它的強力仍是很高的(為原先的 75%)。聚丙烯腈纖維奧綸也經得起溫度的作用,經過 80 天後,它的強力總共只減少 45%。許多天然纖維和人造纖維在這樣的時間內實際上已被完全破壞。

圖 5 的曲線表示出下列纖維隨 150° 溫度作用時間的長短而引起強力的變化: 1——泰利綸, 2——奧綸, 3——耐綸, 4——粘膠纖維, 5——天然絲。圖 6 上指出在不同的溫度下強力的變化情況。這個圖上曲線 1 表示泰利綸, 2——耐綸, 3——奧綸, 4——乙酸酯絲, 5——粘膠絲, 6——棉花, 7——絲。現在所知道的大多數碳鏈纖維對高溫的作用都比雜鏈纖維敏感。如氯綸, 維紫 N, 索維旦這樣的纖維都算是耐熱纖維了,但它們都經不起熨斗的熨燙。碳鏈纖維中,奧綸和不久前發現的泰氟綸的耐熱性可以令人滿意。

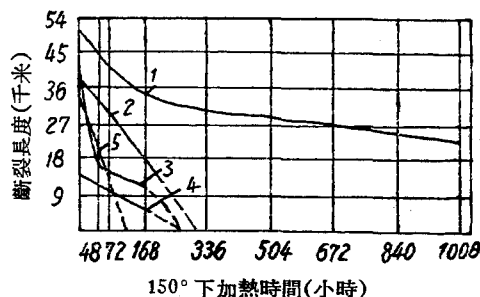


圖 5

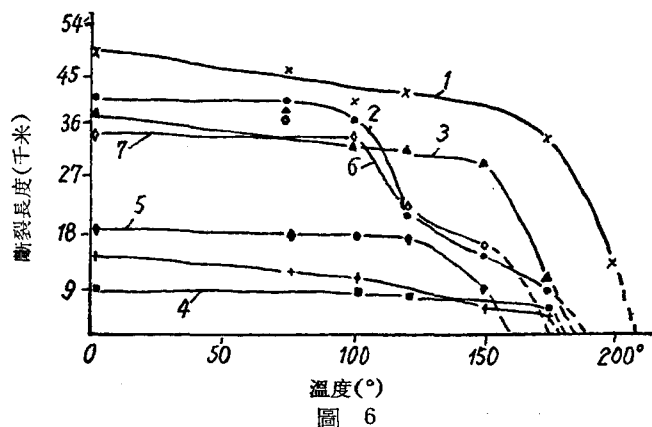


圖 6

奧綸在 150° 的溫度下還能保持足夠的強力,能保證長時間地使用。這可以由表 9 中的數據給予證明,表中說

表 9

溫 度	強力 (合原先強力的%)
-40	137
+75	83.5
100	73.3
125	67.0
150	61.0

明了奧綸強力的變化情況(以它在 25° 下的強力的 % 表示)。

聚合物的耐熱性與其化學結構的關係問題,至今還沒有得到詳盡的闡明。只知道在碳鏈聚合物中引入氯或乙酰基時,耐熱性會降低;引入氟和氰基時,耐熱性會提高。某些單體共聚後,會破壞巨分子結構的規則性,結果使聚合物的耐熱性也降低了。

II. 物理化學特性

上面我們已經研究了合成纖維的機械特性。現在再來研究一下合成纖維的一些基本物理化學特性。

我們不可能詳細地說明合成纖維的一切物理化學特性，只能談一些其中最重要的，例如熔點或軟化點、吸濕性，對日光氣候的穩定性和對化學藥劑的穩定性。

合成纖維的熔點或軟化點 首先應該指出：無定形纖維和晶形纖維在加熱時所起的變化是不同的。晶形聚合物加熱時，它的一切特性都是在一定的溫度範圍內突然發生變化的。此時產生相的轉變、物質結構的改變，由固態的長程序轉到液態的短程序。這種突然變化是因為組成晶格的一切基本粒子在能量方面是均等的。無定形聚合物與晶形聚合物不同，它的特性

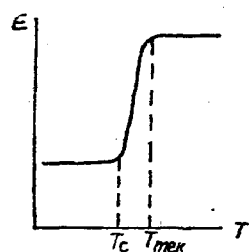


圖 7

是隨着溫度的變化而逐漸改變的。此時沒有相的轉變。同時，在一定的溫度範圍內，特性變化的規律不是成直線的。任一特性隨溫度不同而變化的曲線(圖 7)上有二處轉變點。第一點 T_c 相當於玻璃化溫度，第二點 T_{mek} 相當於流動溫度。玻璃化溫度或熔點(對晶形聚合物而言)決定於聚合物的化學本性，特別是分子間相互作用的強度。例如聚酰胺、聚酯和聚脲酯的熔點取決於始用單體中的亞甲基數目。對上述各種聚合物來說，二元胺、二元羧酸、二元醇、二異氰酸

酯中亞甲基為偶數和聚酯中苯環間亞甲基為偶數時，其熔點比亞甲基為奇數時為高^[12]。

這可以從圖 8 中看出，曲線 1 代表以己二酸己二胺鹽為基礎的聚酰胺，曲線 2 代表以癸二酸己二胺鹽為基礎的聚酰胺。聚酰胺巨分子中氮上或碳上的氫原子被別的基取代時，會使熔點大大降低。降低的程度依經基引入巨分子鏈中的位置而定。從表 10 中可以看出，聚酰胺的 N 上進行取代後，熔點和形成纖維能力有特別顯著的下降。

Коршак 和 Фрунзе^[13] 確定：有偶數鏈節的聚酰胺的熔點與酰胺基數目成直線依賴關係。他們導出一個方程式來表示熔點與酰胺基數目間的關係：

$$y = 7x + 110,$$

式中 y ——熔點； x ——酰胺基的百分數。

同時還確定：熔點並不隨亞甲基和酰胺基在巨分子鏈節組成中的分佈情況而變，而只是由它們的比例來決定的。

芳環的存在對聚酯有很重要的作用^[14]。用芳酸代替脂肪酸可以顯著提高熔點並顯示形成纖維的能力，這可從表

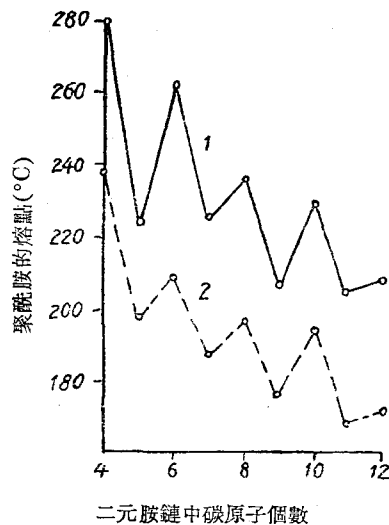


圖 8

表 10

單 元 環 節 的 組 成	結 晶 性	形 成 纖 維 能 力	熔 點 (°)
$-\text{OC}(\text{CH}_2)_4\text{CONH}(\text{CH}_2)_6\text{NH}-$	有	有	250
$-\text{OC}(\text{CH}_2)_4\text{CONH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{NH}-$	—	有	180
$-\text{OCCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_2\text{CONH}(\text{CH}_2)_6\text{NH}-$	—	有	216
$-\text{OC}(\text{CH}_2)_4\text{CON}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_6\text{NCH}_3-$	無	無	75
$-\text{OC}(\text{CH}_2)_4\text{CONH}(\text{CH}_2)_6\text{NCH}_3-$	有	—	145

11 中看出。

用苯二甲酸、萘二甲酸和聯苯二甲酸合成的聚酯，只有用對稱結構的二元酸才具有晶形結構、高熔點和良好的形成纖維能力。結構不對稱的酸，或者完全沒有這些特性，或者這些特性

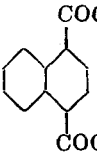
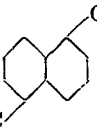
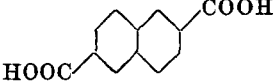
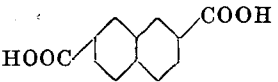
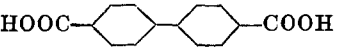
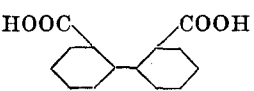
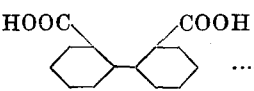
表 11

基 本 分 子	軟 化 點 (°)
$-\text{OC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}(\text{CH}_2)_2-\text{O}-\cdots$	256
$-\text{OC}(\text{CH}_2)_6-\text{COO}(\text{CH}_2)_2-\text{O}-\cdots$	61~64
$-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-(\text{CH}_2)_2-\text{O}-\cdots$	346
$-\text{CO}(\text{CH}_2)_{12}-\text{COO}(\text{CH}_2)_2-\text{O}-\cdots$	87

非常之差。上述特性對二元酸結構的依賴關係列於表 12 中。

結晶聚合物的熔點和無定形聚合物的玻璃化溫度決定着像軟化點、耐熱性這樣一些重要的纖維技術特性,因此也決定着紡織製品的使用條件。

表 12

酸 的 結 構	結 晶 性	熔 點	形成纖維能力
	無	170	無
	有	225~230	有
	有	250~260	有
	弱	220	有
	有	300	有
	無	156	幾乎沒有
	無	132	沒有

碳鏈纖維沒有嚴格一定的熔點。 每種聚合物加熱到其所特有的一定程度時,它們開始軟化,而粘度的劇烈下降和機械特性的改變,則是在較寬的溫度範圍內產生的。雜鏈纖維的熔點表現得比較清楚。表 13 中列舉最普通的合成纖維的熔點、軟化點和分解點^[15]。

應該注意:纖維的軟化點可以隨成形後加工條件,特別是拉伸倍數的不同而有所變化。可是用這種方法不能顯著改變纖維的耐熱性。在聚合物上加一些特殊的物質——提高耐熱性的穩定劑,可以得到比較可靠的結果。

表 13

纖 維	軟化點(<i>p</i>)或熔點(<i>n</i>)(°)	分解點 (°)
耐 綸	255(<i>n</i>)	—
泰利綸	250~265(<i>n</i>)	—
埃南特	225(<i>n</i>)	—
卡普綸	210(<i>n</i>)	—
聚氯乙炔纖維(羅維爾)	70~80(<i>p</i>)	130~160
氯 綸	60~70(<i>p</i>)	115~160
聚二氯乙炔纖維	93~110(<i>p</i>)	130
聚乙酸乙炔酯纖維	70~80(<i>p</i>)	130
聚苯乙烯纖維	124~134(<i>p</i>)	—
聚乙炔纖維(波利旦)	120(<i>n</i>)	—
四氯乙炔纖維(泰氯綸)	312(<i>p</i>)	—
維榮(氯乙炔和乙酸乙炔酯)	77~130(<i>p</i>)	—
苯乙烯和丙烯腈(30:70)	128(<i>p</i>)	—
維榮N(氯乙炔和丙烯腈)	134~153(<i>p</i>)	—
尼特綸(聚丙烯腈)	~	267~300
索維旦(89% 二氯乙炔和 11% 氯乙炔)	168(<i>p</i>)	192
X-51 (丙烯腈和甲基丙烯酸甲酯)	260~270(<i>p</i>)	—

合成纖維的吸濕性 這一指標是材料的重要特徵。吸濕性不僅決定了成品的衛生特性，並且還決定了它的物理機械特性。所有一切合成纖維都比天然纖維和人造纖維憎水。因此，着濕後合成纖維的機械特性幾乎不變。例如：纖維在濕態時和乾態時的強力和伸長率幾乎相同。合成纖維及其織物在熱水中的縮率極小。這就使紡織製品的形狀能經常保持不變。可是除了這些好的因素之外，合成纖維的吸濕性低對許多實用上甚為重要的品質指標有不良影響。最重要的為延緩有機體排出的水分(汗)的擴散，因而使內衣織物的衛生條件不能十分令人滿意。吸濕性低，吸水能力差，會給纖維和織物的染色增加困難。

為了消除這些缺點，正在尋求特殊的染色法或纖維染色前的特別處理。用作技術製品時，合成纖維的吸濕性低是一個良好因素。在絕緣材料、漁網、蓬帳一類製品中，合成纖維是最好不過的。

由此可見，了解那些決定纖維親水性的因素及其改變方法，具有很大的意義。這樣就能在日常生活製品或技術製品中正確地利用纖維。纖維的吸濕性是由它們的物理結構，特別是化學成分決定的。現在我們來研究一下纖維吸收水分的基本規律。吸收水分主要是決定於聚合物的非晶形(無定形、未定向)區域和晶形構成的表面。

大家知道，纖維的吸濕性隨着巨分子整齊度的提高和結晶聚合物中晶形部分的增加而降低。這一規律對其他合成纖維和人造纖維也是適合的。

所有能改變分子間相互作用強度的因素，對吸濕性都有影響。大家知道，例如在聚合物巨分子中引入側基，會使纖維吸收水分的能力提高。用氧化乙烯處理聚酰胺時，氮原子上的氫變成聚氧化乙烯側鏈，這就會使分子間相互作用的強度減低，正是由於這樣的結果，纖維和膜片的親水性可望提高^[16]。即使引入憎水基時也產生類似的現象。

未加工聚酰胺的膜片和羥化聚酰胺的膜片的透水性數據列在表 14 中，各種纖維的吸濕性用圖 9 的曲線和表 15 來說明。這個圖上，曲綫 1 表示羊毛，2——人造纖維，3——天然絲，4——棉花，5——乙酸酯絲，6——耐綸，7——奧綸，8——達克綸。

由此可見，因為合成纖維中沒有親水基、而且鏈的整齊度很高，所以吸濕性很低。合成纖維的親水性指標在一定程度上是可以改變的。這可採用各種方法來達到。一種方法是在聚合物巨分子鏈中引入新的很親水的基。例如，皂化聚丙烯腈中的氰基，可使纖維的親水性提高若干倍。由共聚物製取的纖維可以加入少許“親水”

表 14

材 料	膜片厚度 (10^{-3} 吋)	透 水 度 (克/米 ² ·每小時)
耐綸(6—6).....	6.8	3.13
脰化耐綸，取代程度為 32.2%.....	6.0	31.0
同上，取代程度為 42.2%.....	7.0	32.3
同上，取代程度為 49.5%.....	2.2	52.8
卡普綸.....	1.3	7.7
脰化卡普綸(56.2%).....	5.5	39.5

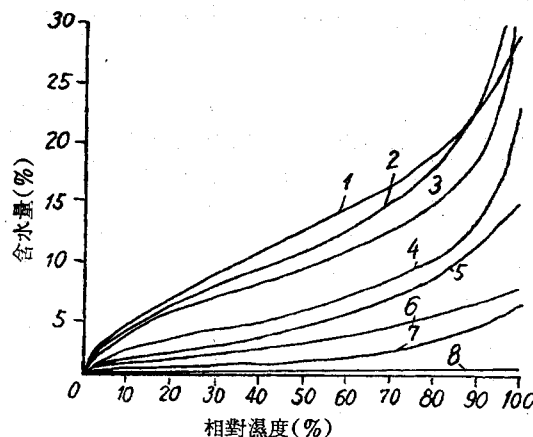


圖 9

單體。由丙烯腈和甲基丙烯酸甲酯、丙烯腈和乙酸乙烯酯等共聚物製得的纖維可以作為進行這種變體的例子。還有一種方法是合成由親水聚合物和憎水聚合物鏈節組成的聚合物。這種方法稱為“鑲嵌”和“接枝”共聚，現在剛開始發展，預計有很大發展的可能性。

表 15

纖 維 名 稱	相對濕度為65%時 的吸濕性	纖 維 名 稱	相對濕度為65%時 的吸濕性
卡普綸.....	3.5~4.0	氯綸.....	0
阿尼特.....	3.5~4.0	聚乙烯.....	0
埃南特.....	3.0~3.5	索維旦.....	0
拉夫賽.....	0.4	棉花.....	7.0
尼特綸.....	1.5	粘膠絲.....	11.0
維榮.....	0.5	羊毛.....	16.0

Coleman^[17]在不久前製得了聚對苯二甲酸乙二酯(泰利綸)的鑲嵌共聚物，它的巨分子中各個區域內有聚氧化乙烯基。變體泰利綸在透染料、容水量和彈性方面都有改善，可是機械強力和熔點却降低了。

由不同性質的聚合物的分子構成的混合聚合物，可以使纖維的吸收能力得到改善。例如從混合含有少許乙酰纖維素或混合其他能溶於丙酮的親水聚合物的溶液中來製取氯綸纖維，就可大大提高它的親水性。

把合成纖維與親水的天然纖維或人造纖維混用，也可使製品的吸濕性提高若干倍。羊毛與奧綸等量混合物的吸水量為 9%，如僅為奧綸時則只有 1.5%。

用一些能與極性基團生成比水與這些極性基更牢的鍵的物質來對纖維進行化學處理時，親水纖維的吸濕性大大降低。熱處理或化學處理時纖維的“疊合”和“縫合”也會產生這樣的效果。例如製取庫拉綸纖維時，第一階段中它是溶於水的，以後用甲醛處理時，纖維的可溶性即行消失。

對日光氣候的穩定性 纖維用作蓬帳、斗蓬、傘、漁網、蓬布及熱帶和亞熱帶地區日用品的材料時，這一指標具有巨大意義。一般說來，日光氣候長時間作用後，一切機械特性都不斷

變壞，尤其是纖維的強力和伸長率劇烈下降。纖維在日光氣候作用下機械特性之所以變壞，是有許多因素造成的，如因太陽的紫外綫活化作用而引起的化學過程均屬之。紫外綫使各種過程活化，其中包括使巨分子裂解，鏈被氧橋縫合，取代基（如聚氯乙烯中的氯）分裂，氧化等等。

在日光氣候的作用下，纖維的物理結構會發生變化。

日光氣候作用的歷程還不曾詳細闡明，只知道纖維中的各種夾雜物會使耐光性大大降低。舉例說，所有消光纖維的耐光性都比未消光的差。聚己內酰胺中游離的內酰胺和低分子夾雜物愈多，就愈不穩定。鐵夾雜物會降低氯綸及其他氯代聚合物的耐光性。

用各種不透或吸收紫外綫和空氣中氧的薄膜蓋覆在纖維上時，就會提高它對日光氣候的穩定性。

隨着受照纖維的支數和撚度的不同，日光氣候對它的影響也不一樣。可是在估量這一因素時，畢竟還是聚合物的本性最有意義。

各種纖維在日光氣候作用下特性的變化可按圖 10 來確定。這個圖上，曲綫 1 表示中強力

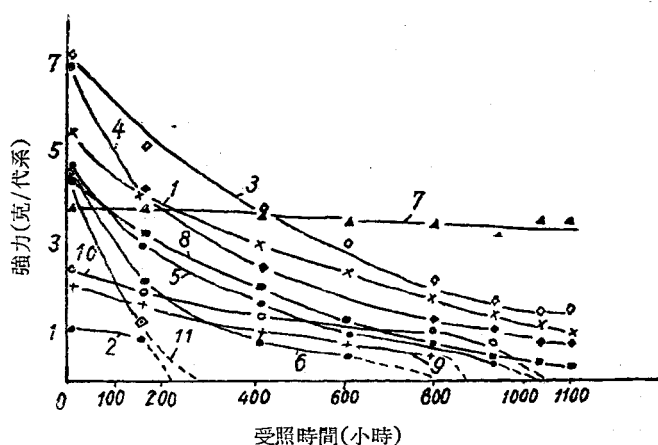


圖 10

有光泰利綸，2——中強力消光泰利綸，3——高強力有光泰利綸，4——高強力消光泰利綸，5——有光耐綸，6——消光耐綸，7——奧綸，8——乙酸酯絲，9——粘膠絲，10——棉花，11——絲。

對日光氣候最穩定的是聚丙烯腈纖維（奧綸）。聚酯纖維佔第二位。對日光最敏感的是氯綸，這種纖維的機械特性在日光的作用下劇烈下降。但不直接受日光作用的氯綸却可使用十分長久。其他合成纖維也有這樣的特性。例如，卡普綸在黑暗中存放若干年，仍能保持原先的機械特性。有系統地研究各種合成纖維在日光和大氣作用下特性的變化，對確定這些纖維的使用條件和應用範圍有巨大的意義。特別重要的是要研究這一現象與巨分子鏈節內化學結構的關係，因為這樣可以確定尋找新的形成纖維聚合物的方向。

對化學藥劑和微生物作用的穩定性。纖維對化學藥劑的穩定性在確定它的技術用途時是有意義的。在用來製造過濾織物、工作服、水龍帶等時，這一點特別重要。我們順便指出，現在所製造的一切合成纖維，對去垢劑的作用都是穩定的。

對那些用於製造織物的纖維來說，知道它們對染料溶液的穩定性是比較重要的。聚合物對化學藥劑穩定性的決定性因素是巨分子的化學結構，聚合物的物理結構對這種穩定性也有一定的作用。合成聚合物巨分子中最普通的幾種鍵為： $-C-C-$ ； $-C-O-C-$ ； $-CO-NH-$

等。此外，在工業生產聚合物中，可能存在着少量的反常鍵，例如在以 $-C-C-$ 鍵為主鏈的聚丙烯腈中，往往含有某些 $-C=N-$ 鍵，氯綸中有 $-C=C-$ 鍵，聚酰胺中有 $-C=N-$ 鍵等。這



些反常鍵在某種程度上也影響着纖維對化學藥劑的穩定性。可是起決定作用的畢竟還是主鏈。作為所有碳鏈聚合物骨架的 $-C-C-$ 鍵對各種化學藥劑的作用是穩定的。因此，由碳鏈聚合物製得的合成纖維對各種化學藥劑、鹼、酸等作用具有極高的穩定性。但它的穩定性還得依有無取代基和這些取代基的化學活性而定。例如聚丙烯腈中有 $-CN$ 基，X-51 纖維中有 $-COOCH_3$ 基，阿克利綸中有 $-OOCCH_3$ 基，使這些纖維對熱鹼和熱酸的穩定性比沒有側基的波利旦纖維差。相反，由氯或氟進行取代後，使氯綸、羅維爾、泰氟綸等纖維對鹼、酸及其他化學試劑的穩定性特別高。含有極性基的纖維對非極性溶劑的作用穩定。聚酰胺和聚酯除苯酚、甲苯酚、氯乙醇及某些別的以外幾乎不溶於所有常見的溶劑。含有大量非極性基的纖維一般可溶於有機溶劑。乙酸酯絲、氯綸、維縈及其他許多碳鏈聚合物可溶於大多數常見溶劑，特別是酮、醚、有機酸。但還有例外的，如尼特綸只溶於甲酰替二甲胺，泰氟綸完全不溶解在任何溶劑。尼特綸和泰氟綸之所以與眾不同，是因為巨分子間有強烈的分子間力在相互作用，阻礙溶劑滲入纖維。

表 16 中列入各種纖維對酸、鹼和某些有機溶劑的穩定性的數據。

表 16

纖 維	對 下 列 化 學 藥 劑 的 穩 定 性								
	無 機 酸		鹼		有機酸	丙酮	硫酸	苯	其 他 有 機 溶 劑
	冷 態	沸 騰	冷 態	沸 騰					
棉花·····	不	+	穩	不	穩	-	-	-	+(在鉍鹽基、銅氨溶液中)
羊毛·····	穩	-	不	不	穩	-	-	-	○
粘膠絲·····	不	+	穩	不	穩	-	-	-	+(在銅氨溶液中)
聚酰胺纖維(卡普綸、 阿尼特、埃南特)·····	不(對濃酸)	+	穩	穩	+(煮沸時)	-	-	-	+(在甲苯酚、苯酚、氯乙醇、水合三 氯乙醛中)
聚酯纖維(拉夫賽、泰利綸)	穩	+	穩	+	+(煮沸時)	-	-	-	+(在甲苯酚、苯酚、硝基苯、甲酰胺 中)
聚丙烯腈纖維(尼特綸、奧綸)	穩(對稀酸)	+	穩	不	穩	-	-	-	+(在甲酰替二甲胺、硝基甲烷、二 元腈、己內酰胺中)
氯乙烯纖維(氯綸、羅維爾)	穩	-	-	-	穩	+	-	-	+(在環己醇、四氫呋喃中)
氯乙烯纖維(索維旦)·····	穩	-	-	+	穩	-	-	-	+(在環己酮、二氧六環中)

代號：-(負號)——不溶解；+(正號)——可溶解；穩——穩定；不——不穩定。

纖維用於做漁具、蓬帳等一類製品以及長期存放時，對微生物作用的穩定性具有重大意義。所有合成纖維都不同於天然纖維和人造纖維，它們對微生物和蟲蛀的作用絕對穩定。

結 論

1. 現有的纖維中，沒有一種是能滿足不同消費者所提一切要求的萬能纖維。本文所談到的每一種纖維都有它獨特的特性，它能完全滿足一種用途的要求，但對其他用途就不大適合。

2. 聚酰胺纖維(卡普綸、耐綸)具有最充分的良好綜合物理機械特性。可是它們有許多物理機械特性不及其他纖維，例如它們的耐熱性比較低，耐日光氣候的穩定性差，化學穩定性

不够等等。

3. 聚酯纖維(泰利綸、拉夫賽)的彈性不及聚酰胺纖維,但有兩種優良的重要品質:彈性模數高,和特別重要的是在長時間高溫影響下它的機械特性的耐熱性好。

4. 碳鏈纖維中最值得注意的是尼特綸——奧綸。這種纖維對日光氣候的穩定性特別高,溫度的影響機械特性的耐熱性高。尼特綸切段纖維具有羊毛般的特性。

奧綸纖維的缺點是親水性低和染色性差。這樣除奧綸外就必須還要製造許多共聚物,如阿克利綸, X-51, 維紫 N 等。

5. 生產以氯乙烯為基礎的纖維(氯綸、羅維爾、薩綸)來製造技術品是合宜的,因為它們的化學穩定性指標高,始用原料便宜,工藝手續簡單。

參 考 文 獻

- [1] Коршак В. В., Фрунзе Т. М., Изв. АН СССР, т. 103, № 4, 625 (1955), № 3, 843 (1955).
- [2] Коршак В. В., Фрунзе Т. М., Изв. АН СССР, в. 1, 163 (1955).
- [3] Textile Research Journal, 25, No. 7, 609 (1955).
- [4] Mark H., Advancing Front in Chemistry, New York, 1, No. 7 (1947).
- [5] Mellind Textilberichte, No. 9, с. 5 (1953).
- [6] Каргин В. А., Соголова Т. И. Журнал физической химии, 27, 8 (1953).
- [7] Kolloid Zeitschrift, 139, 3, 160 (1954).
- [8] Man-Made Textiles, 32, No. 376, 54 (1955).
- [9] Textil-Praxis, No. 8, 751 (1955).
- [10] Textil-Rundschau, No. 1, 1955.
- [11] Коршак В. В. и др., Изв. АН СССР № 3, 541 (1954).
- [12] G. Bunn, J. Polym. Scin., XVI, 323, (1955).
- [13] Коршак В. В., Фрунзе Т. М., Изв. АН СССР, № 4, 756, (1955).
- [14] H. Hill, Walker, J. Polym. Scin., 3, 609 (1948).
- [15] H. Batzer, G. Fritz, Makromol. Chem., 13, 41 (1954).
- [16] P. Koch, Zt. ges. Textilindustrie, No. 8, 313 (1956).
- [17] H. Has, S. Cohen, A. Oglesby, J. Polym. Scin., XV, 80 (1955).
- [18] D. Coleman, J. Polym. Scin., 14, 15 (1954).

譯者註: 本文所談到的化學纖維名詞,茲列俄漢英對照表如下:

акрилан	阿克利綸	acrilan	перлон	貝綸	perlon
анид	阿尼特		перлон И	貝綸 И	perlon E
винилон	維尼綸	vinylon	пе-це	貝采	Pe Ce
виньон	維紫	vinylon	политен (политэн)	波利旦	polyten
виньон N	維紫 N	vinylon N	рилсан	利爾賽	Rilsan
ПЦУ	貝采烏	PCU	ровиль	羅維爾	rhovyl
дайнел (динель)	代涅爾	dynel	саран	薩綸	saran
дакрон	達克綸	dacron	совиден	索維旦	
капрон	卡普綸		тергаль	台加爾	tergal
куралон	庫拉綸	kuralon	терилен	泰利綸	terylen
лавсан	拉夫賽		тефлон	泰氣綸	teflon
мовиль	莫維爾	movyl	трелон	特列綸	trelon
найлон	耐綸	nylon	фортизан	福蒂生	fortisan
нитрон	尼特綸		хлорин	氯綸	
орлон	奧綸	orlon	энант	埃南特	

[余振浩譯自蘇聯“紡織工業”1956年№6,第26~32頁;和1956年№8,第9~14頁.]