

Spanfit-carefree®

# 聚酯複合彈性纖維之開發與應用

南亞塑膠公司 纖維事業部 研究開發組

## 摘要

以複合紡絲工程將二種特性不同之聚對苯二甲酸乙二醇酯 (polyethylene terephthalate, PET) 依照設計的方式排列於單一纖維斷面，此複合紗於織造成布後，經後段染整熱處理，因兩高分子的收縮特性不同產生捲縮現象，於三次元空間上呈現似彈簧的構造，因此得到彈性訴求，為本公司第一代之聚酯彈性纖維 Spanfit-leisure®。再經由開發組試驗進一步改變高分子組合與紡口 (spinneret) 設計後得到

新一代聚酯彈性纖維 Spanfit-carefree®。carefree®與leisure®最大之不同在於三次元空間上呈現似彈簧的構造之大小不同，carefree®每一個單纖維之彈簧結構是不同相的而隨機分佈，而且單纖之彈簧半徑較小，因此，所得到之纖維特性與leisure®不同。carefree®因為各個單纖捲縮之相位不同，整束纖維中各個單一條纖維之正向迴旋與反向迴旋是隨機分佈，所以，整束纖維整體不會呈現規則之正向迴旋與反向迴旋，因此，當纖維束排列於織物中時不

會造成相隔左右纖維束不同或是相同方向的迴旋產生組織密度較大或是較小形成布面瑕疵；另外一方面carefree®因為單一條纖維之彈簧半徑較小，相對單位長度內之捲縮數較多，因此

彈性較大；而且，彈簧半徑較小加上整束纖維整體不會呈現規則之正向迴旋與反向迴旋所以手感較平順。再加上carefree®以聚對苯二甲酸丙二醇酯（polytrimethylene terephthalate，PTT）為主體，而PTT之楊氏係數較低因此手感較柔軟。所以，carefree®改善「leisure」的缺點更適合使用於需要舒適彈性之服飾上使用，提供舒適之彈性有效降低服飾對身體之壓迫感。

**關鍵字：**彈性纖維、複合紡絲、聚酯纖維、聚對苯二甲酸丙二醇酯

## 前言

爲了達到穿著舒適性的基本要求，選擇穿著具有彈性的服飾可以有效減少人體活動時因

服飾未隨著身體伸展而造成種種的不便。就人類日常生活的活動而言，皮膚最大的伸長率縱向約爲40~50%（臀部），而橫向約爲30~40%（臀部）。

相對的當服飾未能隨身體活動而壓迫於身體的壓力大於2kg/cm<sup>2</sup>時容易造成人體的不舒適感。也因為人體各部位縱向與橫向所需的伸長率不同，因此於布料設計時便會考慮縱向與橫向之紗種與組織，設計出不同的縱向與橫向彈性比。

穿著具彈性的服飾除了降低壓迫感外，也因為服飾會隨人體活動而伸展，所以不易於舉手或彎腰時造成服飾的變形，導致內層服飾的外露；另外，服飾也會因爲具有彈性而較能維持原有服飾的外觀，不

部位	肩膀	腋下	手肘	臀部	膝蓋	背部
垂直方向%	0	10	35	40	40	21
水平方向%	15	20	20	40	15	0

會因為如膝蓋處因長期彎曲造成局部皺折，影響整體美感。

一般而言，服飾所須之彈性除了因為穿著部位不同而有所差異外，也會因距離皮膚的遠近而有所不同，例如內衣因和皮膚直接接觸所以需要的彈性較大，而外套因和皮膚間有一段緩衝空間，因此，相對的在相同的伸展下被拉伸的長度就較短，所以，所須的彈性就可以較小。一般對服飾彈性的定義，在彈性率約為10~20%時為舒適的彈性 (comfort stretch)，20~40%為機能的彈性 (performance stretch)，40%以上則稱呼為強彈性 (power stretch)。

以往為得到具有彈性的服飾，其基本的原料有下列4種：

1. 假撚加工紗：於假撚時以較高的撚度與溫度加工，所得到之加工紗其捲縮數較高，於較鬆散的組織與經緯密下可以得到小的彈性率，但用於緊密的組織時便無法表現彈性，

彈性率 0 10 20 30 40 50 60 70 80

分類	0	10	20	30	40	50	60	70	80
			舒適彈性 Confort Stretch		機能彈性 Performance Stretch				強彈性 Power Stretch
適用服飾範圍	套裝、短大衣 等一般用途	毛衣、工作服 寬鬆的女裝、裙子		練習用運動服 棒球裝、制服				韻律服、比賽用運動服 泳衣、緊身衣	

而且其彈性回復率低，並容易受到染整製程中張力之影響降低彈性，影響生產之穩定性。

2. 強撚紗：強撚紗於後段蒸氣定型時，以較低的定型條件而得到較高的扭數（torque），布料於染整後，強撚紗為回到較穩定狀態而產生收縮，所收縮的空間則是彈性的來源。但因保留較高的扭數，所以於織造時紗容易捲縮，造成織造效率的降低，而且彈性亦不高，並且需要增加加工過程，導致成本增加。

3. 彈性加工紗：以分子結構（conformation）具伸縮的特性，達到彈性的目的，如PTT、聚對苯二甲酸丁二醇酯（polybutylene terephthalate, PBT），因為分子結構為容易伸展的結構，所以，於假撚加工後得到相當好的彈性率。但是，一些服飾用途上需要加工紗進行強撚加工時，因為後段蒸氣定型而降低其彈性率。

4. PU彈性紗：以PU紗混入服飾的方式得到彈性，其優點是彈性率極高。但是，仍有比重較重、較不耐高溫、耐氯性不佳、上色性差、嚴苛的織造張力控制及一般先以交絡或是包紗之方式與其他纖維併紗等缺點；並且PU紗上油率高，因此在織成布後存放時油劑會慢慢累積於布的下層導致染整時油劑去除不完全而影響染色性。

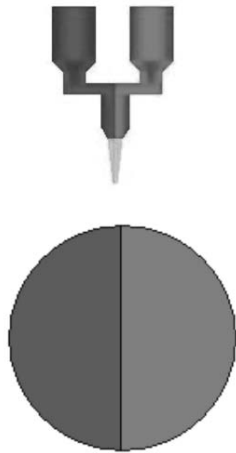
本篇針對以複合紡絲的方式，以PTT為主體與另一高分子排列於一個單纖中，因為這兩個高分子收縮、回復特性的不同，於熱處理後產生收縮差，單纖形成似彈簧的結構而得到舒適的彈性與極佳的回復性。

### 實驗方法

#### 1. 複合紡絲：

兩種不同的高分子為原料，以圖一的方式將這兩種高分子排列於同一單纖維之斷面上。

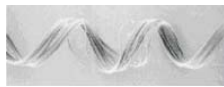
後段染整加工之熱處理時，因這兩個高分子收縮性的差異，導致一邊收縮較多而另一邊



圖一 紡絲斷面示意圖

收縮較少，三次元空間上形成似彈簧的結構（圖二），得到高的彈性與回復性。

2. 彈性率（萬能拉力試驗機法）：



染整前



染整後

圖二 纖維染整前後對照圖

- (1) 機台：INSTRON—6021
- (2) 於室溫無張力下裁製2.5cm×30cm試片（含夾具夾持部份10cm）
- (3) Test Speed為1.667  $\equiv$ /Sec  
Return Speed為10.0  $\equiv$ /Sec

(4) 試片 Pre-Load 12g

(5) 定拉力：700g

(6) 計算：彈性伸長率（定拉力700g下）=

$(A2-A1) \div A1 \times 100\%$

(7) A1：試片未拉伸前長度

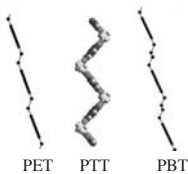
(8) A2：試片於定拉力1000g之長度

### 結果與討論

1. 原料組合與比例：

(1) 原料變化：基本以PTT為第一成分，配合以與第一成分收縮特性不同之PET<sup>5,6</sup>、改質聚酯PET<sup>7</sup>、PTT<sup>8</sup>、PBT<sup>9</sup>等，為第二成分。

PTT纖維之分子結構為Z形式（圖三），因此分子結構彈性較PET佳，以PTT為高收縮側時，當染整後收縮帶動整個單纖維短



圖三 分子結構式

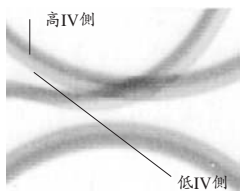
形成似彈簧結構，而另一側之高分子則提供當受外力伸長時之支點，不至過分拉伸影響回復性，而第二成份首要條件是與 PTT 之介面接合力佳，才不至於後段加工過程中剝離影響加工效率與最終產品之彈性<sup>(10)</sup>。

(2) 組成比例：以不同的原料組合其最適的原料組合比例也有所不同。但是，基本上第一成分與第二成分的組合比例在 5:5 到 3:7 之間其彈性與生產性較佳，以 6:4 到 4:6 之間更佳<sup>(11, 12)</sup>。

一般，若強度較高之成分高於 80% 以上所得之複合紗其彈性降低，而低於 20% 時，生產性不佳易發生斷絲現象<sup>(3, 14)</sup>。

(3) 黏度差異：相同之二種高分子融溶黏度之選擇會影響高分子於染整後高分於迴旋中之排列位置，一般高黏度側會因為紡絲過程之收縮應力較大而收縮於內側，因而影響彈性及彈性回復率（圖四）<sup>(15)</sup>。

一般二高分子黏度差異越大彈性越佳但是相對性影響加工性，一般黏度差 0.05~0.4 之間，高黏度側之黏度在 0.7~1.3 之間，低於



圖四 高低黏度於單纖位置分配

0.7 因為因為 PTT 玻璃轉移溫度低容易於室溫緩慢結晶，絲餅物性經時變化較大，高於 1.3 黏度太高生產不易；低黏度側黏度在 0.5~1.1 之間，黏度太低分子量偏低紡絲性不佳，高於 1.1 黏度差不足彈性不佳<sup>(16, 17, 18)</sup>。

## 2. 噴絲口設計：

(1) 紡口設計：高分子於熔融狀態時為一黏彈性體，因此於拘束的管路流動時，於橫結面產生速度的斜率，於紡口出口便造成紡口膨潤（die swelling）的現象。

而因為複合紗之兩成分黏彈性質不同，因

此造成紡口膨潤現象的差異，容易造成於紡絲時於紡口出口處有彎曲的現象，形成飛斷絲影響生產性。除了，以紡絲時之原料選擇與條件控制將二高分子的流動抵抗力接近外<sup>25</sup>，亦可以以紡口設計改善此間體點。

如以兩成分於紡口混合方式之改善(圖五)

<sup>26</sup>，改變紡口吐出孔的角度 $\alpha$ 、 $\beta$ (圖六)。

或是將紡口吐出孔的角度大於 $90^\circ$ 。<sup>23, 24</sup>

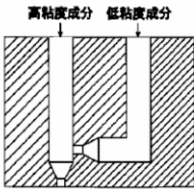
(圖七)。

或是等膨潤後再使兩成份會合<sup>25</sup>(圖八)

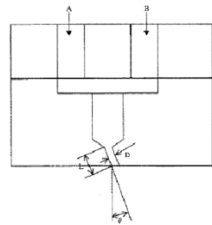
等方式。

## (2) 斷面設計：斷面一般

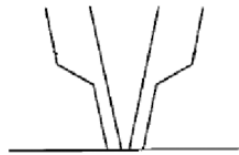
以圓斷面居多，斷面中高分子之排列方式也會影響彈性與手感，一般而言二高分子之間介面彎曲彈性會較大<sup>25, 26</sup>(圖



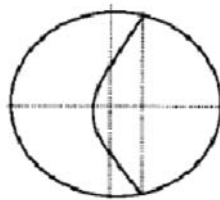
圖五 紡口混合方式



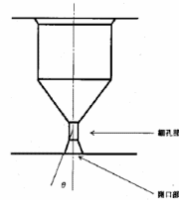
圖六 紡口角度改變



圖八 高分子於紡口後黏合



圖九 二高分子介面



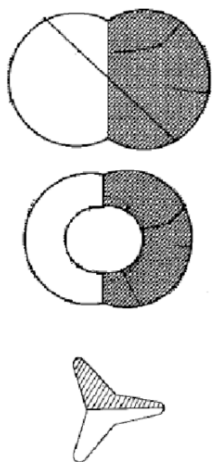
圖七 改變紡口角度

## 九)。

另外，為了配合更多服飾上之需求，如吸濕快乾<sup>27</sup>、輕量保暖<sup>28</sup>、或是光澤性需求<sup>29</sup>而以不同斷面滿足不同服飾需求(圖十)。

## 3. 製絲條件：

(1) 直接紡絲：以一段製程直接延伸，因為



圖十 不同異型斷面

PTT 融溶溫度 (Temperature of melt) 約低於 PET 25°C，所以紡絲中 PTT 部分溫度必須低於 PET，而且噴絲板下之無風帶必須介於 50mm~150mm 之間，太短影響絲束短週期之均勻度，太長影響絲束長週期均勻度<sup>30)</sup>；絲束集束位置必須介於 50cm~200cm 之間，太短絲束尚未固化容易造成斷絲，太長絲束產生絲搖絲束長短期之均勻度均不佳；第一對羅拉紡速約在 1200m/min~1800m/min 之間，溫度約在 70~80°C 之間，第二對羅拉紡速約在 4000m/min~6000m/min 之間，溫度約在 120~140°C 之間<sup>31, 32)</sup>。

(2) 二段延伸：以部分延伸絲為第一段製程再經延伸成為完全延伸絲，在生產部分延伸絲中，紡絲速度介於 1200m/min~3000m/min 之間，速度太低時絲速間固化速度差異大，影響生產性，高於 3000m/min 時，彈性較差<sup>33)</sup>。

而在原絲延伸過程中，使用 2 個熱羅拉，中間加上一個非接觸式熱板，羅拉一之溫度介於 80~110°C 之間，溫度不足延伸張力高且易產生染斑，溫度太高絲束太軟容易產生絲搖；熱板定型溫度必須低於 90°C 避免絲束結晶度太高影響彈性；第二羅拉溫度 110~150°C 之間<sup>34, 35)</sup>。

(3) 假撚加工：假撚加工過程中假撚溫度較一般 PET 溫度低介於 150~180°C，撚度係數介於 25000~30000，加工紗伸度則介於 25~40% 之間<sup>36, 37)</sup>。



## 結論

1. Spanfit-carefree 複合紡絲彈性紗具有下列

優點：

(1) 舒適的彈性：Spanfit 彈性主要因染整後

纖維收縮

呈現螺旋

構造，如

此當外力

將纖維往

外拉伸

時，外力

首先將纖

維拉直後才會真正拉到纖維，所以此螺旋

構造提供纖維優越之彈性，而當外力去除

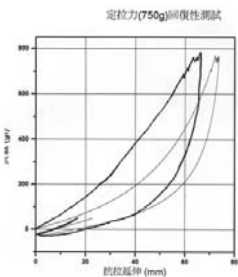
後纖維本身要回到本來之構造，纖維便像

彈簧般彈了回來，所以，彈性回復率也相

當優越。約有20%~30%的彈性率，在延

伸20%的狀況下，其伸長回復性可>95%

(圖十一)。



圖十一 彈性伸縮曲線

(2) 優越上色性：

Spanfit-carefree

與一般聚酯織物

比較具有濃色鮮

豔的效果，一般

上色性以K/S值

(表面上色率)

表示，K/S值越

高表示顏色越

深。同溫度染色

Spanfit-carefree K/S值比正常聚酯織

維高約11% (圖十二)，或是當K/S值約

為89時Spanfit-carefree 染色溫度比正常

聚酯纖維低約15°C。

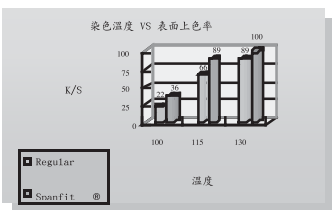
(3) 柔軟的手感：Spanfit-carefree 手感較

Leisure柔軟，原因在於其楊式係數較低

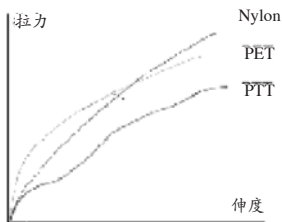
(圖十二)。

而且carefree 整束纖維整體不會呈現規則

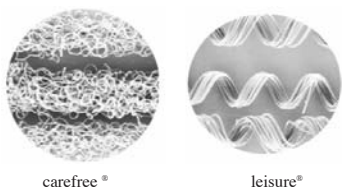
之正向迴旋與反向迴旋所以手感較平順



圖十二 染色溫度與K/S質關係



圖十三 應力應變曲線



圖十四 纖維分佈圖

而 carefree® 與 leisure®，應用於織物中 carefree® 較平整，所以，carefree® 手感較平順而 leisure® 手感較乾爽（圖十五）。

(4) 範用的加工性：Spanfit-carefree® 強捲縮構造是經染整後才能顯現出來，於前段強撚、織造等加工時，因有張力存在所以外觀和一般原絲相同。因此與 PU 彈性紗相比整經、織造、染整等製程相對簡單單純，無需增設特殊設備。且可強撚可減

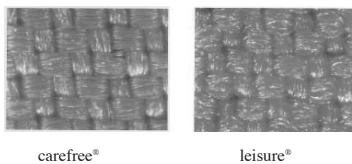
量，減量後更因纖維間空係增加，使得彈性增加，對講究垂墜特性的女裝而言最適當不過。

亦可與 acetate、rayon... 等其他素材複合應用（圖十六）。

因為，Spanfit-

carefree® 纖維之染色溫度低，所以，當 Spanfit-carefree® 與其他需低溫染色之纖維交織染色時，不會有染色溫度差之煩惱。尤其當 Spanfit-carefree® 與不耐高溫染色之纖維（Wool、Acetate 及彈性紗）交織時，不用擔心必須高溫染色影響手感、光澤或彈性。

2. Spanfit-carefree® 目前於服飾之應用上可分為 (1) 襯衫：一般以 75D 或是 50D 之 Spanfit-



圖十五 carefree® 與 leisure® 之織物表面圖

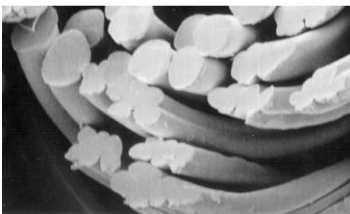
carefree® 使用於緯向，達到彈性目的，經向再搭配本公司中具吸濕快乾斷面之 Delight® 纖維，使得襯衫達到吸濕快乾具彈性之效果。

(2) 休閒褲料：以多條數加工紗為經，

Spanfit-carefree® 為緯，所織造之褲料於走路時膝蓋不會有壓迫感，而且，因為舒適之彈性布面不容易起皺。

(3) 牛仔褲料：經紗為短纖維棉，緯紗為 Spanfit-carefree®，應用於貼身之牛仔褲，除了褲子比較不會壓迫身體外，還有提臀之效果。

(4) 女用套裝：Spanfit-carefree® 於伸撚、假撚或是噴撚時併入其他纖維達到毛調的手



圖十六 半合成纖維複合紗斷面圖

感，不論是否追撚應用於女用套裝，可以達到貼身又不會造成活動不便。

3. 經開發組試驗產況及物性良好並經由客戶使用得到很好的回應，並於現場正式量化生產，並且申請商標為 Spanfit-carefree®。

4. Spanfit-carefree® 為南亞塑膠公司纖維部研究開發組及生產廠共同配合開發，本人僅為代表將其成果文字化。

## 引用文獻

1. 荒谷等，(1984)，「人體伸展之比例」，纖維學誌，No4 p318。
2. 佐藤榮二等，(1997)，「舒適性素材的應用」，纖維誌，VOL 50 No11 p628。
3. Wm Kirk et al.，(1966)，Text.Res.J. Vol36 p37。
4. 原田隆司等，(1993)，「彈性素材」，最近的衣料素材，p60。
5. 坪井誠治等，(2002)，「聚酯複合纖維的製

- 造方法」，特開2002-61030。
6. 春田順等，(2000)，「聚酯纖維彈性紗織物」，特開2001-316923。
7. 橋本和田等，(1999)，「彈性織物用之聚酯複合纖維」，特開2001-64827。
8. 山本滿之等，(2001)，「絲織物」，特開2003-147661。
9. 森義齊等，(2000)，「高伸縮耐久型聚酯複合纖維及其製法」，特開2002-30527。
10. 中石謙一等，(2002)，「聚酯撥水織物」，特開2002-4176。
11. 松村正英等，(2000)，「高捲縮性聚酯複合纖維」，特開2002-54029。
12. 木村俊彥等，(2001)，「聚酯複合紗及其製法」，特開2003-119629。
13. 佐佐木誠等，(1986)，「潛在捲縮性聚酯複合纖維」，特公昭61-63717。
14. Evan Franklin Evans et al. (1972)，「Composite Polyester Textile Fibers」，USP3671379。
15. 和田芳典等，(2003)，「交織織物」，特開2005-171427。
16. 谷内笑等，(2002)，「複合紗及織物」，特開2003-247139。
17. 藤原正幸等，(2001)，「聚酯潛在彈性複合紗」，特開2002-54030。
18. 松本三男等，(2000)，「聚酯複合紗及其製法」，特開2002-61029。
19. William L et al. (1980)，「Method for Making Biocomment Polyester Yarns at High Spinning Rate」，U.S.P4217321。
20. 小林靖希等，(2002)，「聚酯複合纖維」，特開2003-213525。
21. 森田精次等，(1997)，「潛在捲縮性複合纖維及製造方法」，特開平9-157941。
22. 武井英夫等，(2003)，「加撚絲及製造方法」，特開2005-105497。
23. 板倉秀夫等，(2003)，「聚酯複合纖維及

- 其製法」，特開2003-239139。
24. 越智隆志等，（2000），「潛在捲縮性聚酯纖維及製造方法」，特開平136440。
25. 村瀨繁滿等，（1999），「彈性織物用之聚酯彈性紗」，特開2000-239927。
26. 佐藤正幸等，（2002），「聚酯複合纖維」，特開2003-247125。
27. 吉村三枝等，（2002），「彈性織物用聚酯複合纖維」，特開2003-213526。
28. 吉村三枝等，（2002），「彈性織物用聚酯中空複合纖維」，特開2003-227037。
29. 佐藤正幸等，（2002），「聚酯複合纖維」，特開2004-11067。
30. 清水猛等，（2003），「織物用複合纖維及其製法」，特開2004-323991。
31. 三原秀子等，（2004），「絲餅狀複合纖維極其製法」，特開2004-143642。
32. 鳴井義夫等，（2004），「複合纖維極其捲取方法」，特開2005-307380。
33. 越智隆志等，（2000），「柔軟彈性紗及製造方法」，特開2004-131921。
34. 木代明等，（2000），「潛在捲縮聚酯絲之做法」，特開2001-207337。
35. 越智隆志等，（2000），「潛在捲縮聚酯絲之做法」，特開2001-207336。
36. 伊藤穰等，（2002），「彈性紗及彈性織物」，特開2004-162241。
37. 川北五長等，（2003），「經編織物」，特開2005-2485。