

實用纖維物理化學

賴鈺平 編著

實用纖維物理化學

賴鈺平 編著

臺隆書店出版

著作簡介：

賴 鈺 平

民國四十六年 省立臺北工業專科學校
三年制紡織科紡織組畢業

民國五十二年 國立東京工業大學
纖維工學系畢業(專攻纖維物理)
(工學士)

民國五十四年 國立東京工業大學研究院
纖維工學課程畢業(專攻織布工程)
(工學碩士)

現 任 省立臺北工業專科學校
纖維工程科教授兼科主任
國立臺灣大學
機械工程學系兼任教授
私立輔仁大學
織品服裝學系兼任教授

實用纖維物理化學

中華民國七十四年四月二十日五版發行

編著者 賴鈺平

發行所 臺隆書店 發行人 張瑞徹 臺北市衡陽路75號

郵 購 郵政劃撥 0012935 3號臺隆書店帳戶

電 話 三三一四八〇七・三一—三九一四・三三一〇七二二號

登記證 行政院新聞局局版臺業字第〇九八三號

版權所有・翻印必究

定價新臺幣180元

序

我國紡織工業之欣欣向榮，應歸功於纖維工程學之探討求進。纖維物理學及纖維化學乃纖維工程學之基礎，為研究服裝學及纖維工程學者必修之重要課程。

近三年來，銑平先後發表有關纖維物理及纖維化學之論文及譯文凡數十篇，其中有數篇可供研究纖維及纖維集合體（紗線、織物等）之物性及化性之參考，茲擇其要義編印成書。

本書以基礎理論為依據，講述纖維之物性及化性對纖維加工（係指紡紗、織造、染色、整理等）之影響，俾讀者學以致用。內容分為十一篇，爰依次簡介於後：

第一篇敘述纖維之形態特徵，闡明各形態特性對纖維加工工程；如紡紗、織造、整理加工等之影響，並說明其對纖維製品（如紗線、織物等）性能之效應。

第二篇自微視 (microscopic) 方面探討纖維之微細結構，亦即自原子或分子級之觀點論述構成纖維之聚合體應具備之條件，並進一步說明纖維之分子結構對纖維性能之影響。

至於化學纖維之熔點如何受纖維分子結構之影響，則載於第三篇。

第四篇敘述纖維之表面結構及化學組成如何使纖維顯出特異性質，進一步解明纖維之性質（如摩擦係數、觸感、柔軟度等）如何受纖維表面組成及纖維表面附着物之影響。

合成纖維所以備受注目，且一躍而登今日衣着原料之顯要地位者，乃由於其獨具之特性使然。唯其在實用上仍有種種缺點亟待改進。

邇來合成纖維之研究及發展趨勢，不僅在於如何開發新纖維，更在於重新改良既成合成纖維之性質。此一趨勢之形成係基因於當今各種纖維間之競爭日益激烈，須開拓銷路，推廣消費者之需求量。為達成此目的，勢必研究如何降低成本及發展適於各種用途之纖維。

第五篇以機械性質為重點，對於如何利用改質技術改變纖維機械性質之方法進行研討。而主要合成纖維之性質則載於第六篇。

第七篇引述纖維之形狀及物性對紗線強度之影響，並解析紗線被切斷時之機構。

第八篇闡述一般織物及針織物被覆度之基本概念，進一步深入探討織物被覆度與透氣性及防污性之關係，並研究毛織物之被覆度與縮絨性之關係。此外，更依據被覆度作織物分類，所得結果堪稱理想。

纖維素纖維織物洗濯時必引起顯著之收縮，為其致命傷。第九篇則針對此現象作系統之分析，以窺其影響因素，並推介洗濯安定性最佳之纖維素纖維織物。此外，更陳述控制收縮有效之整理加工方法。

羊毛與合成纖維之混紡製品，尤其針織物，具有兩項極重要之性質——起毬性及縮收性。第十篇針對此兩種性質加以詮釋。

末篇「纖維消費科學」係順應時代要求所產生，為以纖維製品之消費範圍為其對象之科學。首先簡介該科學成立之目的，並說明其本質。最後簡述其應用範圍。

本書匆促編成，粗疏難免，倘蒙先進不吝賜正，則無任感幸。

賴 誌 平 謹 識 民國六十四年元旦

目 錄

第一篇 纖維之形態特性

§1 纖維之長度	1
§1.1 纖維長之求法	4
§1.2 纖維長分配之解析	13
§2 纖維之斷面形狀	16
§2.1 實心纖維	16
§2.2 空心纖維	21
§3 纖維之纖度	22
§4 纖維之捲縮	30
§4.1 捲縮之表示法	31
§4.2 捲縮纖維之形態及微細結構	35
§5 天然撚迴	41
§6 纖維之表面形態	43
§6.1 羊毛之表面形態	43
§6.2 羊毛以外之纖維表面形態	46
第一篇 註 解	47
第一篇 參考文獻	48

第二篇 纖維之內部結構

§1 具有構成纖維性能之聚合體之分子結構	51
§2 纖維之結構	59
§2.1 纖維結構之研究方法	63
§2.2 一般聚合體（人造纖維）結構之形成過程	69

§2.3 天然纖維結構之發生過程.....	80
第二篇 註 解.....	111
第二篇 參考文獻	112

第三篇 化學纖維之熔點

§1 結晶性聚合體之熔點.....	115
§2 影響熔點之分子變數.....	123
§3 同族聚合體之熔點.....	132
第三篇 註 解.....	136
第三篇 參考文獻	136

第四篇 纖維之臨界表面張力

§1 臨界表面張力	139
§2 羊毛表面之疏水膜	142
§3 棉纖維之臨界表面張力及沾污情況.....	146
§4 聚醯胺之化學組成及臨界表面張力.....	147
§5 靜摩擦係數與臨界表面張力之關係.....	149
§6 結 語	150
第四篇 註 解.....	150
第四篇 參考文獻	152

第五篇 合成纖維之改質原理

§1 延伸作用對於分子排列之影響	153
§2 分子量之影響	159
§3 潛伏應力之緩和	163
§4 分子間交鏈結合之形成.....	164
§5 鏈鎖狀分子之環化	166

§6 化學改質	168
§7 結 論	169
第五篇 註 解	169
第五篇 參考文獻	170

第六篇 合成纖維之主要性能

§1 比 重	171
§2 抗張性	172
§2.1 強伸度	172
§2.2 強伸度曲線	176
§2.3 楊氏係數	177
§2.4 結節強度	179
§3 彈性及可塑性 (粘彈性)	180
§4 耐衝擊性	183
§5 疲 勞	185
§5.1 彎曲疲勞	185
§5.2 伸長疲勞	188
§5.3 耐摩性	189
§6 熱之性質	190
§6.1 熔點、軟化點、二次轉移點	190
§6.2 高溫下之機械性質	192
§6.3 熱老化性	196
§6.4 低溫下之機械性質	201
§6.5 比熱、導熱係數、保溫性	203
§7 耐光性	205
§8 摩擦性	208
§9 電之性質 (摩擦帶電性)	210
§10 吸濕性	217
§11 化學性質 (耐藥性)	218

§12 纖維性質與分子結構之關係	226
§12.1 分子之化學結構	226
§12.2 分子之形狀	228
§12.3 分子之大小	229
§12.4 分子之排列	229
第六篇 註 解	231
第六篇 參考文獻	232

第七篇 紗線之強度

§1 滑動纖維及切斷纖維	233
§2 紗線強度與切斷纖維強度間之關係	234
§3 紗線之撚強度曲線	236
§4 纖維性質對紗線強度及最佳撚迴係數之影響	238
§4.1 纖維強度之影響	238
§4.2 纖維長度之影響	241
§4.3 纖維細度之影響	243
第七篇 註 解	244
第七篇 參考文獻	244

第八篇 織物之被覆度

§1 被覆度之定義	245
§2 織物被覆度與透氣性及防污性	248
§3 毛織物之被覆度與縮絨性	250
§4 依據被覆度之織物分類	252
§5 針織物之被覆度	253
第八篇 註 解	256
第八篇 參考文獻	256

第九篇 纖維素纖維織物之收縮現象

實驗方法	257
防縮加工	266
織物之耐久性	267
樹脂加工	267
摘 要	269
第九篇 註 解	270
第九篇 參考文獻	270

第十篇 羊毛與合成纖維混紡針織物之 起毬性及收縮性

§1 針織物之性能	271
§2 起毬性及收縮性之測定	272
§2.1 起毬性	272
§2.2 收縮性	275
§3 混紡製品中纖維之作用	277
§3.1 纖維之物性	277
§3.2 收縮機構之研討	279
§3.3 起毬機構之研討	280
§4 結 語	282
第十篇 註 解	282
第十篇 參考文獻	283

第十一篇 纖維消費科學

§1 纖維消費科學之成立	285
§1.1 新纖維（合成纖維）發明前	285

§1.2	新纖維，新現象	286
§1.3	消費者之困惑	286
§1.4	新纖維（合成纖維）生產企業上之煩惱	287
§1.5	消費科學之誕生	287
§2	纖維消費科學之本質	288
§2.1	以消費範圍為對象	288
§2.2	消費與生產之中間領域	289
§2.3	摘 要	290
§3	纖維消費科學之方法	291
§3.1	最終用途	291
§3.2	最終用途之要求條件	293
§3.3	最低規格	315
§3.4	實驗法	318
§3.5	纖維性能之機構分析	322
§4	結 語	322
第十一篇	參考文獻	326
附 錄		328
	各種纖維之特長及用途	328
索 引		335

第一篇 纖維之形態特性

1. 纖維之長度

天然纖維之長度不僅因種類而異，且亦有屬於同類纖維而長度互異者；如表 1.1 所示。此乃由於天然纖維為天然產物，在生育上視地理、氣候等條件而發生差異所致。棉花、羊毛、麻等天然纖維之特徵在於其各具固有長度。因此，各纖維之用途亦因而有別。

化學纖維雖為連續纖維 (Continuous Fiber)，惟紡紗時，須將一定之長度切斷方得使用，故可視為等長。但亦有例外；即如經由牽切式紡紗法 (Draft Zone System Spinning) 所得纖維為不等長。

通常在討論紡紗方法與紗線性質時，始須考慮纖維長度。各種纖維之長度，對於該纖維寬幅之比值大致如下：

棉花、羊毛、嫫縈等之比值為 10^3 ，

亞麻、苧麻之比值為 10^5 ，

蠶絲、絲狀化學纖維之比值大於 10^5 ，

表示羊毛及捲縮嫫縈 (Crimped Rayon Staple) 長度之方法有兩種：一為拉直纖維所測得之長度，曰 Fiber Length，二為在自然捲

表 1.1 各種天然纖維之長度

種 別	(mm)	種 別	(mm)
海 島 棉	45~ 55	亞 麻	20~ 30
埃 及 棉	30~ 45	苧 麻	20~200
美 國 棉	25~ 35	大 麻	5~ 55
印 度 棉	20~ 30	黃 麻	15~ 50
羊毛 (美利諾種)	70~110	蔴 麻	5~ 60
羊 毛 (英國種)	40~300	馬 尼 刺 麻	3~ 20
開 士 米 毛	30~125	木 棉 花	7~ 32
馬 海 毛	10~ 30	石 棉	38以下

表 1.2 纖維長度及支數之關係

原 棉 纖 維 長	梳棉紗 (Carded Yarn)		精梳棉紗 (Combed Yarn)	
	經 紗	緯 紗	經 紗	緯 紗
$\frac{5''}{8} \sim \frac{3''}{4}$	至 10's	至 10's	—	—
$\frac{3''}{4} \sim \frac{7''}{8}$	10~14	10~20	—	—
$\frac{7''}{8} \sim 1''$	14~20	20~30	—	—
$1'' \sim 1\frac{1''}{8}$	20~30	30~36	至 30's	至 40's
$1\frac{1''}{8} \sim 1\frac{1''}{4}$	30~36	36~45	30~ 60	40~ 70
$1\frac{1''}{4} \sim 1\frac{3''}{8}$	36~50	45~60	60~ 70	70~100
$1\frac{3''}{8} \sim 1\frac{1''}{2}$	50~70	60~80	70~ 80	100~120
$1\frac{1''}{2} \sim 1\frac{5''}{8}$	—	—	80~100	120~150
$1\frac{5''}{8} \sim 1\frac{3''}{4}$	—	—	100~150	150~180

縮狀態下所測出之長度，曰 Staple Length。

一般而言，纖維愈長，愈可紡成細紗，（同種纖維之情形亦無二致），如表 1.2。採用短纖維所紡成之紗線，其纖維成不良之排列，且緊密度亦不理想，如欲彌補此缺點，而加強纖維相互間之抱合力，則須增加撚度。就棉紡式紡紗工程而言，纖維愈長，愈能作成高強度之紗線。如欲紡製同強度之紗線，則使用長纖維所須之加撚應少於短纖維。自加工之難易而言，以採用長纖維為優。但僅憑長纖維勢必難呈現吾人所期望之種種特性，故宜加入短纖維以達成目的。是則吾人對於纖維長度之需求，殊難下定論。

自紡紗性能 (Spinnability) 觀之，纖維長度不均齊誠為一重要問題，蓋因纖維長為設定羅拉隔距之基準。故對於纖維長度不均齊者，務須瞭解其分配之情況。由上述知等長纖維最理想，但終究非吾人所期望，故採用等長棉狀化學纖維時，特意混用不均齊之天然纖維，以製取富有特殊觸感之紗線：如對於梳毛式紡紗，特推薦混用 3 d, 3 in 之纖維 80%；2 d, 1½ in 之纖維 5%；2 d, 2 in 之纖維 5%；3 d, 2½ in 之纖維 5%；5 d, 5 in 之纖維 5% 者即此道理。

許多學者曾就棉花之平均纖維長 (L) 與紡製支數 (N) (註 1) 之關係作多方研究，並由經驗得下式：

$$(a) \quad L(\text{inch}) = 0.6 + 0.0104 N \quad (\text{研究室})$$

$$L(\text{inch}) = 0.63 + 0.0104 N \quad (\text{工廠})$$

$$(b) \quad L(\text{inch}) = 0.35\sqrt{N} \quad (\text{鋼領式經紗})$$

$$= 0.325\sqrt{N} \quad (\text{走錠式經紗})$$

$$= 0.3\sqrt{N} \quad (\text{鋼領式緯紗})$$

$$(c) \quad N = 37.444 - 4.271 L + 0.1554 L^2 \quad (L \text{ 之單位為 inch})$$

$$(d) \quad L(\text{mm}) = 13.74 + 2.534\sqrt{N - 8}$$

$$(e) L(\text{mm}) = \frac{N+k}{a}$$

但

纖維長	k	a
27 mm 以下	150	6.66
27 mm 以上	19.1	1.82

$$(f) L(\text{inch}) = 0.7 + 0.009 N$$

§1.1 纖維長之求法

(1) Müller 法

如圖 1.1 左方所示，由等纖維長 (l) 所構成之紗線，在 AB 處把持而將他端退然，使未被把持之纖維全部悄悄地去除後，殘留圖 1.1 右方之纖維。測得此殘留纖維（面積 ABD ）之重量為 g 克，則纖維長 (l) 可以下式求之：

$$l = 2gN_m \quad (\text{但 } N_m \text{ 爲共通制支數})$$

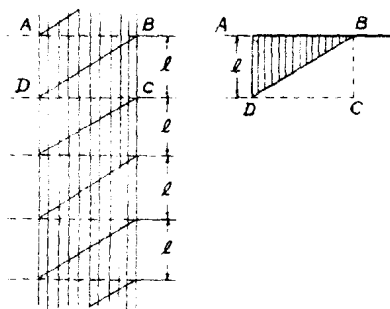


圖 1.1

如爲由不等長纖維所構成之紗線，則所得 l 值，概爲平均纖維長。

(2) Kuhn 法

使重為 $G(\text{mg})$ 之纖維束，排列平行整齊後，以寬幅 b ($b <$ 最短纖維長) 之平板壓於纖維束上，如圖 1.2 般。再除去平板外之纖維，測得殘留等長纖維 (b) 之重量為 $g(\text{mg})$ ，則平均纖維長 (l_m) 以下式求之：

$$l_m = b \cdot \frac{G}{g}$$

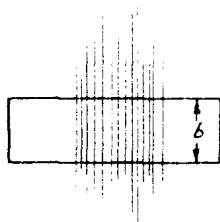


圖 1.2

(3) 自纖維長曲線圖 (Staple Diagram) 求纖維長

欲更詳細地求取纖維長度，須作纖維長曲線圖，俾研究纖維長之分配狀態。纖維長曲線圖為測知原棉品質之基本圖，據此可決定紗線之品質及紡紗工程各部位之隔距，進一步取各工程之製品及落棉作其纖維長曲線圖，以研討紡紗工程是否適當等，因此，紡紗技術員務須予留意纖維長曲線圖之解析研究。

(a) 纖維長曲線圖之作圖法

利用纖維分析器 (Staple Sorter)，將一塊纖維依長度 $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ 等，順次排列作成與實物同等之纖維長曲線圖的方法，已被普遍地採用為作圖之依據，但採用此法需熟練，且有不合理之處。於是有他法被推崇而出。

將纖維長度為 $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ 之纖維量，稱其重量各為 $g_1, g_2, g_3, \dots$

6 第一篇 纖維之形態特性

... g_n 後，求出各重量對全纖維量 $G (G = g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_n)$ 之比值爲

$$\begin{array}{ccccccc} l_1 & , & l_2 & , & l_3 & \dots & l_n \\ g_1 & , & g_2 & , & g_3 & \dots & g_n \\ \frac{g_1}{G} & , & \frac{g_2}{G} & , & \frac{g_3}{G} & \dots & \frac{g_n}{G} \quad (\%) \end{array}$$

根據此等數值，取纖維長 (l) 對比值 $\left(\frac{g}{G}\right)$ 作纖維長曲線圖，如圖 1.3。

或設
$$h_1 = \frac{g_1}{l_1}, h_2 = \frac{g_2}{l_2}, h_3 = \frac{g_3}{l_3} \dots h_n = \frac{g_n}{l_n}$$

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + \dots h_n$$

求出 h 對 H 之比值爲

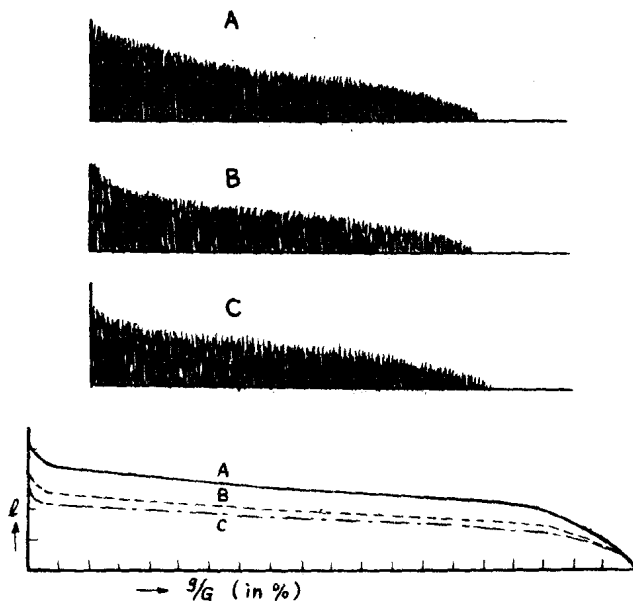


圖 1.3