

索氏棉紗強力公式

A. H. 索洛維耶夫 著

紡織科學研究院物理性能試驗室 譯

紡織工業出版社

基 芒

內 容 簡 介

本书选譯自苏联依万諾沃紡織科学研究院1941年的論文集第十六卷第一期。原文由謝尔普霍夫科学研究試驗所供稿，原名为“細紗強力与其支数、捻度不匀率及原棉性能的关系”，作者系索洛維耶夫同志。为簡便起見，我們以“索氏棉紗強力公式”为題名出版。这个公式本身在我国已普遍采用，但其来源和論点却一直都未介紹过。在本书中談到了試驗方法和数据，同时对其他一些研究者的試驗、数据和公式也作了一些学术性的批判。

本书对我国在这方面的研究人員、紡織企业工程技术人员及紡織院校的师生在进一步了解和应用这一公式方面有很大的帮助。

索氏棉紗強力公式

(蘇)A. H. 索洛維耶夫著

紡織科學研究院物理性能試驗研究室譯

紡織工業出版社

目 录

引言	(4)
一、細紗的絕對強力及相對強力与其支数的关系	(5)
(一)細紗的絕對強力和相對強力	(5)
(二)相對強力D与支数N之間的关系	(9)
1. 美国的 D. N 关系式	(9)
2. H. H. 阿夏契科夫的 D. N 关系式	(10)
3. H. M. 貝利津的第一 D. N 关系式	(10)
4. A. H. 索洛維耶夫的第一 D. N 关系式	(12)
5. 歇尔頓的 D. N 关系式	(13)
6. 坎培尔的 D. N 关系式	(15)
7. 阿瑪德及文卡泰拉曼的 D. N 关系式	(16)
8. K. H. 科里茨基的 D. N 关系式	(17)
9. 斯丹白萊关于精梳毛紗的 D. N 关系式	(17)
10. 拉祖瓦耶夫关于亚麻紗的 D. N 关系式	(18)
11. A. H. 索洛維耶夫的 D. N 关系式	(19)
(三)实验所得的細紗質度及強力不勻率与細紗支数的关系	(22)
1. 实验方法	(22)
2. 細紗实验結果	(23)
結論	(35)
二、細紗絕對強力及相對強力与拈度的关系	(38)
(一)細紗的絕對拈度和相對拈度	(38)
(二)細紗絕對強力及相對強力与其相對拈度的关系	(43)
1. A. T. 拉祖瓦耶夫的絕對強力与絕對拈度关系式	(44)

2. 約翰遜的細紗相對強力與相對拈度關係式.....	(45)
3. H. M. 貝利津的單紗強力與相對拈度關係式.....	(48)
4. 毛登的細紗強力與相對拈度關係式.....	(49)
5. 斯丹白萊關於精梳毛紗的單紗強力與拈系數的關係式.....	(50)
6. K. H. 科里茨基的細紗相對強力與拈系數及加拈角的關係式.....	(51)
(三) 細紗強力、伸長及強力不勻率與相對拈度間的關係.....	(51)
(四) 細紗強力 $P=0$ 時的拈系數 α_0 及 α_p 的確定.....	(66)
1. 斷裂拈系數的確定.....	(66)
2. 始拈度的確定.....	(66)
(五) 細紗拈度對其強力的綜合影響.....	(68)
1. 拈度對原棉單纖維強力及其不勻率的影响.....	(69)
2. 拈度在細紗各部分的分布情況.....	(70)
3. 細紗強力與其相對拈度關係曲線的理論求法.....	(75)
4. 根據試驗數據求得的細紗相對強力的拈度修正系數.....	(83)
結論.....	(87)
三、細紗強力與原棉性能的關係.....	(88)
(一) 細紗斷裂長度與支數及原棉斷裂長度的關係.....	(88)
(二) 細紗斷裂長度與原棉斷裂長度、細紗拈度及支數的關係.....	(90)
(三) 細紗斷裂長度與原棉長度的關係.....	(91)
(四) 細紗相對強力與其支數、拈度及原棉性能的普遍關係式.....	(92)
結論.....	(100)

引 言

从实践中早就知道,即使采用的是同种原棉,细纱的强力也在极大程度上取决于它的支数和拈度。但是,在细纱的支数和拈度均不相同的时候,立刻来确定细纱强力和原棉性能的关系是非常复杂的,因此,比较恰当的是先确定细纱的绝对强力或相对强力与其支数的关系,然后确定其与支数及拈度的关系。最后再确定细纱强力与其支数、拈度及原棉性能的关系。

一 細紗的絕對強力及相對強力 與其支數的關係

(一) 細紗的絕對強力和相對強力

細紗的絕對強力，在實際上簡稱為強力，它是在細紗斷裂時，最小負荷的重量單位數。

由同一種原棉紡成的細紗，其絕對強力隨着其粗細或支數而變化。所以，在比較粗細相同的材料或細紗的質量時，只要比較它們的絕對強力就已足夠了。

但比較的如果是不同材料紡成的不同支數的細紗強力，則又會是另外一回事了。在此，了解細紗強力的差異究竟因何產生：系因細紗粗細的差異抑或材料質量的差異，這是很重要的。為能迅速解決這個問題，就不應當根據絕對強力，而只根據和細紗支數或粗細無關的相對強力來作比較。

細紗的相對強力，即是細紗單位斷面積或單位長度的單位重量（例如，1米細紗1克重量或1千米細紗1千克重量等）所具有的絕對強力。在第一种情況相對強力稱為材料或紗的斷裂應力，而在第二種情況，則稱為細紗的斷裂長度或質度。

現在我們來確定細紗的絕對強力、相對強力及粗細之間的关系問題。

— 假設有兩段粗細不同即不同支數 N_1 及 N_2 的細紗，其長度為 $l=1$ 米。設每段細紗的絕對強力等於 P_1 及 P_2 （圖1）。

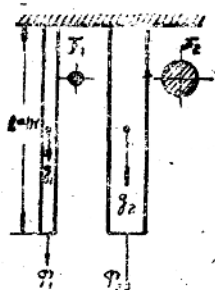


图 1

为确定 1 米长 1 克重細紗的强力，必须先确定第一段及第二段細紗 1 米长的重量 g_1 及 g_2 。

$$g_1 = \frac{1}{N_1}; \quad g_2 = \frac{1}{N_2}$$

細紗的質度或 1 米长 1 克重細紗所具有的强力按下面公式来确定：

$$D_1 = \frac{P_1}{g_1} = P_1 N_1; \quad D_2 = \frac{P_2}{g_2} = P_2 N_2 \quad (1)$$

这个指标提供了在 1 米长度上耗用等量原棉的細紗的强力。理論上，这个指标和紗的粗細是无关的。因而看起来是可以用来比較支数或粗細不同的細紗的品質的。

断裂长度这个概念和質度是一样的。所謂断裂长度即是指細紗因其自重而引起断裂时的长度。

事实上，如果支数为 N_1 的細紗长度等于其断裂长度 L_1 ，則其重量 g_1 将等于細紗强力 P_1 ，这时細紗将因其自重作用而断裂（见图 2）。

$$g_1 = P_1; \quad N_1 = \frac{L_1}{g_1}$$



图 2

从上面的方程式解出 L_1 ，得：

$$L_1 = P_1 N_1 \quad (2)$$

由此可見，細紗断裂长度的計算和質度的計算是一样的，即用絕對强力乘以支数。这两个指标应当看作是同等的。

在我們实用的細紗試驗工作上，通常都把单紗平均强力的克数和其平均支数的乘积称为断裂长度，而細紗平均强力的千克数和平均支数的乘积則称为質度。（譯注：在中国称品

質指标)

細紗的断裂应力以細紗的绝对强力 P_1 对其横断面积 F_1 的比值来确定:

$$K_2 = \frac{P_1}{F_1} \quad (3)$$

这个指标在理論上也和細紗的粗細无关, 它仅表誌单位横断面积上所具有的强力。

对一些横断面积容易以直接度量而測定的材料(如金属絲、金属制件等等), 其相对强度通常以断裂应力来表示, 而对于纖維材料, 其粗細实际上是以单位长度的重量或支数来度量的, 且横断面积只是在一系列的假設条件下作理論上的計算, 因此比較正确的还是相对强力这个指标, 即質度或断裂长度。

最后这一点有时却不被重視。例如, 在 B. M. 庫琴[1]的文章中偏于采用断裂应力, 并使之和纖維断裂长度对立起来这自然是錯誤的, 它不仅是由于上面的理由, 还因为在作纖維或細紗断面积的理論計算时, 断裂应力常等于断裂长度与比重的乘积, 而比重在所有計算中又是作为常数来看待的。

大家都知到

重量 = 体积 × 比重

体量 = 断面积 × 长度

若取图 1、2 的表示法, 則可写成:

$$P_1 = g_1 = v_1 \times \Delta; \quad v_1 = F_1 L_1$$

或

$$L_1 = \frac{P_1}{F_1 \times \Delta} \quad (4)$$

將方程式 3 中的 K_2 值代入, 得:

$$L_1 = \frac{K_1^1}{\Delta} \quad (5)$$

$$\text{或} \quad K_2^1 = L_1 \times \Delta \quad (6)$$

通常 K_2^1 是以千克/毫米² 来度量的, 而比重则以克/厘米³ 来度量, 或者用 $\frac{1}{1000}$ 克/毫米³ 或 $\frac{1}{1000000}$ 千克/米³。

因之,

$$\Delta \text{克/厘米}^3 = 10^{-6} \Delta \text{千克/毫米}^3$$

$$\begin{aligned} \text{而 } L_1 &= \frac{K_2^1}{\Delta} \cdot \frac{(\text{千克/毫米}^2)}{(\text{克/厘米}^3)} = \frac{K_2^1}{\Delta \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{(\text{千克/毫米}^2)}{(\text{千克/毫米}^3)} \\ &= \frac{10^6 K_2^1}{\Delta} (\text{毫米}) = \frac{K_2^1}{\Delta} (\text{千米}) \end{aligned}$$

反之,

$$K (\text{千克/毫米}^2) = L_1 (\text{千米}) \times \Delta (\text{克/厘米}^3),$$

$$\text{或} \quad K (\text{千克/毫米}^2) = \frac{L_1 (\text{米})}{1000} \times \Delta (\text{克/厘米}^3)$$

例如, 对于棉纤维可得:

$$\text{强力} = P (\text{克})$$

$$\text{支数} = N_m (\text{米/克})$$

$$\text{比重} = \Delta = 1.5 (\text{克/厘米}^3)$$

这时, 断裂长度

$$L = P \times N_m (\text{米})$$

而断裂应力

$$K_2 = \frac{P \times N_m \times 1.5}{1000} (\text{千克/毫米}^2)$$

上面提出的看法是把细纱的质度作为一个和细纱、粗细无关的量来看的, 它祇完满地表示细纱的相对强力, 而与大多

數的理論和實驗研究并不相符。

現在我們來看看一些有關確定細紗相對強力和其支數之間的關係的資料。

(二) 相對強力 D 與支數 N 之間的關係

在現有的文獻中有关細紗相對強力(質度)和支數間的關係計有三種類型:

- (1) 細紗的質度隨支數的提高而增加;
- (2) 細紗的質度是一個和支數無關的恒定值;
- (3) 細紗的質度隨支數的提高而減小。

下面我們便可看到，一系列研究人員的大量實驗資料以及我們的資料都証實了第三種說法。第二種說法在第一節中已經分析過，儘管它有理論根據，但卻得不到實驗數字的証實。

第一種說法和實際情況也并不相符，我們擬在下式 7、8、10、11 及 13 和圖 3 中加以論述以便對這種說法作一些評論研討。

1. 美國的 D 、 N 關係式

在許多英文手冊^[2]中，經常引用以下的一些公式來確定細紗品質指標和支數間的關係，這些公式的普遍形式為：

$$D_a = A + BN_a$$

或在各別情況時則為

$$D_a = 1800 + 3N_a \quad (7)$$

$$D_a = 1900 + 3N_a \text{ (特萊伯公式)} \quad (7a)$$

$$D_a = 1300 + 7N_a \text{ (經紗 } N_a 10-40) \quad (8)$$

$$D_a = 1400 + 8N_a \text{ (經紗 } N_a 40-80) \quad (8a)$$

应当指出，公式 7、7a、8 及 8a 显然是根据不同原棉紡成的各种支数紗的品質指标規格表而成的，而且也祇能从高支紗应当用較好的原棉來紡制，使它能得到較高的品質指标这样的观点來考慮。

2. H. H. 阿良契科夫的 D 、 N 关系式

早在 1895 年 H. H. 阿良契科夫^[3]就曾提出过下列公式。

$$P_a = \frac{A - \frac{A_1}{N_a}}{N_a}$$

或

$$D_a = P_a \cdot N_a = A - \frac{A_1}{N_a}$$

对于最优級埃及棉則为：

$$D_a = 2509 - \frac{268}{N_a} \quad (11)$$

根据公式 7、8、8a 及 10 的品質指标和支数 N 的关系，将其图形示于图 3。

3. H. M. 貝利津的第一 D 、 N 关系式

前述美国的两个公式以及阿良契科夫公式都是以縷紗試驗为根据的。貝利津公式^[4]是以單紗断裂試驗为依据的，但結論仍旧是質度隨支数的提高而增高。貝利津公式为：

$$P = \frac{N_m}{N} \cdot \eta_p \cdot \eta_0 \cdot P + \frac{N_m}{N} (\eta_0 - 0.5 \cdot \eta_p) l_m \cdot K_o, \quad (12)$$

$$\text{或 } PN = D = N_m [P \cdot \eta_p \cdot \eta_0 + \eta_0 - 0.5 \eta_p] l_m \cdot K_o, \quad (13)$$

P —— 單紗強力(克)；

p —— 棉纖維強力(克)；

N_m —— 棉纖維支数；

N ——細紗支數;

l_m ——原棉主体长度(厘米);

K ——纖維抱合力(克/厘米);

η_p, η_0 及 η_e ——修正系数。

如果修正系数 η_p, η_0 及 η_e 只取决于原棉性能, 則对于同一种原棉时将为: $N_m = \text{常数}$ 、 $p = \text{常数}$ 、 $l_m = \text{常数}$ 、 $K_e = \text{常数}$ 、 $\eta_p = \text{常数}$ 、 $\eta_0 = \text{常数}$ 、 $\eta_e = \text{常数}$ 。

这时 $D = P \cdot N = \text{常数}$

但修正系数 η_p, η_0 及 η_e 不仅取决于纖維支數, 还取决于細紗支數。

根据公式 13 来計算一下由同种原棉($p = 5$ 克、 $N_m = 5000$ 米/克、 $l_m = 2.5$ 厘米、 $K_e = 0.8$ 克/厘米)紡成不同支數的細紗($N = 34$ 、 $N = 50$ 、 $N = 68$)断裂长度各如何。

$N = 34$ 时,

$$D = 5000[5 \times 0.45 \times 0.6 + (0.8 - 0.5 \times 0.45) \times 2.5 \times 0.8] \\ = 12500 \text{ 米};$$

$N = 50$ 时,

$$D = 5000[5 \times 0.5 \times 0.61 + (0.76 - 0.5 \times 0.5) \times 2.5 \times 0.8] \\ = 12700 \text{ 米}$$

$N = 68$ 时,

$$D = 5000[5 \times 0.58 \times 0.65 + (0.72 - 0.5 \times 0.58) \times 2.5 \times 0.8] \\ = 13700 \text{ 米}$$

根据貝利津公式的 D, N 关系以图形表示于图 3

現在我們再来討論 D, N 关系的第二种形式, 或者更确切些說, 就是討論用同种原棉紡成各种支數的細紗时, 其質度的

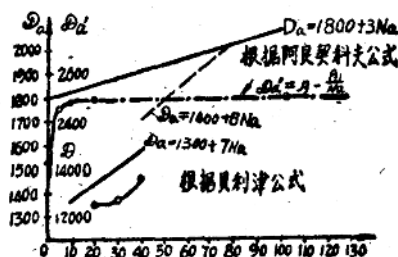


图 3

恒定性問題。

4. A. H. 索洛維耶夫的第一 D 、 N 关系式 [5, 6]

1939 年根据一些理論上的推論及历次研究的試驗数据 (按均未作过专门实验) 索洛維耶夫求得了細紗強力和原棉性能关系的第一个公式:

$$Q_{ra} = 0.189 \frac{p \times N_m}{N_a} \times \sin \gamma \times \eta, \quad (14)$$

Q_{ra} ——縷紗理論強力(磅);

p ——单纖維強力(克), 測定时相对湿度 55%, 断裂速度 100 毫米/分, 挟持长度 10 毫米;

N_m ——纖維米制支数;

N_a ——英制細紗支数;

t ——每吋拈数;

$\sin \gamma$ ——加拈角的正弦, 对中支紗可按公式 14a 及三角函数表来确定;

η ——表示工艺过程和机器設備质量的系数, (平均 $\eta = 0.8$, 其变动范围是 0.7~0.9);

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{t}{0.8N_a + 22}, \quad \sin \gamma = \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{t}{0.8N_a + 22} \right) \quad (14a)$$

其中

对于用同种原棉紡成的細紗，且其拈度相同时，則： $p = \text{常数}$ 、 $N_a = \text{常数}$ 、 $\sin \gamma = \text{常数}$ 。

这时可呈 $Q_{Ta} \times N_a = \text{常数}$ ，即是說：展度是和支数无关的一个不变值。这种意見在其他文献中^[7]也有所論述，但与实际情况并不相符。已經指出， D 、 N 关系只是在第一种形式时才得到証实的，而在下面 5、6、7、8、10 及 11 各节中将加以闡述。

5. 歌尔頓的 D 、 N 关系式

在歌尔頓原来的文章中^[8]引用了两个确定縷紗強力和原棉长度及細紗支数間关系的公式。这两个公式是以利用 $7/8''$ 到 $1\frac{1}{2}''$ 长的原棉紡制成支数 $N_a 7$ 到 $N_a 100$ 的細紗为依据而求得的。在书籍和文章中只要是論及紗的強力和原棉性能的关系时，这两个公式几乎总会引用到。

我們已經指出了歌尔登公式缺陷的一面，并且認為不应该仅由原棉长度来确定細紗強力的关系，同时也指出，細紗強力和原棉长度間所以存在密切的关系，是由于原棉长度和其他两个性能——纖維的強力及公制支数——有着紧密联系的，而纖維的強力和支数則直接影响細紗的強力^[5, 9]。B. M. 庫琴^[1]也对歌尔登公式提出了尖銳的意見。

直到現在歌尔頓公式采用的原来还是在其文章^[8]中所用的那种不太簡便的形式。

粗梳紗——

$$P_a = \frac{1600(1 \pm 0.01a \pm 0.01b)}{N_a} \quad (15)$$

精梳紗——

$$P_a = \frac{1750(1 \pm 0.01a \pm 0.01b)}{N_a} \quad (16)$$

P_a ——英制縷紗強力(磅), (相对湿度 70%, 温度 21°);

N_a ——英制細紗支数;

a ——纖維长度差异, 以 1" 为标准, 以 $\frac{1}{16}$ " 为一个单位,

(如原棉长度大于 1" 时, 取正号, 小于 1" 时, 取負号)

b ——細紗支数对 $N_a = 28$ 的差异 (如支数低于 28 取正号, 高于 28 取負号)。

公式适用于单股粗紗紡成的 $N_a = 20$ 以下的粗梳紗以二股粗紗紡成的較高支数的梳棉紗, 其拈系数的范围则为 4~4.75。对精梳紗则应用于二股粗紗紡成的, 其拈系数则为 3.75~4.50。

以 L 表示纖維长度(吋), 公式 15 及 16 則可写成另一形式, 由

$$a = \frac{L-1}{\frac{1}{16}}, \text{ 或 } a = 16(L-1)$$

$$b = 28 - N_a$$

由此可得:

$$P_a = \frac{1600[1 + 0.11 \times 16(L-1) + 0.01(28 - N_a)]}{N_a}$$

或

$$D = P_a \cdot N_a = 1600 + 2816L - 2816 + 448 - 16N_a;$$

$$D = 2816L - 768 - 16N_a \quad (17)$$

公式 16 經同样的变换后可得:

$$D = 3080L - 840 - 17.5N_a \quad (18)$$

令

$$2816L - 768 = A_1;$$

$$16 = B_1;$$

$$3080L - 840 = A_2$$

$$17.5 = B_2,$$

則歇尔頓的 D 、 N 关系式的普遍形式当为:

$$D = A - BN \quad (19)$$

对于 $L=1''$ 的原棉, 公式 17 及 18 可以图形表示于图 4。

由此可見, 根据按歇尔頓公式細紗質度 D 随支数 N 的提高而呈直线规律降低。这个意見虽然不完全准确, 但在支数变化不大时是能与实际情况符合的, 它并不与前面所有的公式相同。这, 可以說是歇尔頓公式唯一有积极意义的特点, 但直到現在在討論歇尔頓公式时, 对这一点都未曾加以重視。同时也应当指出, 根据歇尔頓公式:

$$D_{\text{精梳紗}} = 1.1 D_{\text{梳棉紗}}$$

6. 坎培尔^[10]的 D 、 N 关系式

坎培尔^[10, 11] 在其試驗中采用了 425 个美棉棉样长度从 $\frac{13''}{16}$ 到 $1\frac{1''}{4}$, 并以 $\frac{1''}{16}$ 的长度間隔分为 8 組。每一棉样都以同一的拈度系数紡制四种不同支数(英支)的細紗: 22、28、36 及 44。

根据 70000 个以上的細紗縷紗的試驗結果求得了下列公