紡織應用統計大綱

胡允祥譯

中國紡織圖書雜誌社出版
一九五三年六月

纖維工業叢書

紡織應用統計大綱

胡允祥譯

一九五三年六月初版（1—3000）

紡織應用統計大綱

定價每冊人民幣八千元

譯者　胡允祥

校閱者　中國紡織染工程研究所

上海九江路一一三號七〇六室

出版者　中國紡織圖書雜誌社

南京中山東路一九八號

印刷者　南京第二聯合印刷廠

上海九江路一一三號七〇六室

發行者　中國紡織圖書雜誌社

出版前言

「統計」是經濟核算的重要基礎，在經濟建設計劃中，不論那一種企業，首先應搞好統計工作，紡織工業亦難例外，但過去一向是不重視的，研究這項工作的很少，操作這項工作的也不過是瞭解其中的一小部份而已。因此，對產品質量的提高和改進，成本的減低等等，均無法挖掘根源，尋出缺點來糾正錯誤。解放後，各種生產企業部門，由於共產黨和人民政府的正確領導，同時學習了蘇聯的先進經驗，明白一切的進步都基於「統計」工作的是否完善，可是國內適用於紡織統計的參考資料，很少能切合實際，今胡允祥同志所譯的這本「紡織應用統計大綱」，雖是根據「An outline of statistical method for use in the textile Industry」一書譯成。但已替紡織工業的統計工作作了簡明的介紹，多少是對從事紡織試驗、統計工作者和紡織學生等加强了統計概念。初版伊始，難免與我國的具體情况稍有不符，如果能得到紡織同志們的寶貴見議，我們十二萬分歡迎而樂於接受的，這樣對中國紡織工業的經濟核算，才能建立良好條件，這就是本社唯一的目的。

黃希閣 於中國紡織染工程研究所
一九五三年六月

紡織應用統計大綱目錄

紡織應用統計大綱

引　言

不論是紡織工業或其他製造工業，關於如何來分析成品品質的差異一項，都是一個很重要的問題。對於紡織工業來說，由原料到加工後的織物爲止的任何一個部門，都會遇到上面這個問題。舉些淺近的例子來說吧：我們在紡織廠裏就很難找出二根長度相等，强力相同而斷裂時伸長又相等的紗線。或者是二塊在同一時期磨破的織物。

這種品質上的差異如何來測量，如何來分析呢？一個紡織試驗工作者可能是知道各種產品品質之間，是有差異的，可是往往又無法加以測定。也就是不能决定『成品 A 的品質變異比 B 大，或者是 X 紗的强力是眞正比 Y 紗堅牢』。

要回答上面的各種問題，就要利用統計的方法。統計這一門科學所包括的內容非常廣泛，很多人誤認統計是一門數學很深的專門科學，實際上未必如此，在我們這一本書裏就準備用簡單的數學原理來說明各種有關紡織的基本統計原理。

本書的基本要求在於：

①通過具體實例的說明，解釋統計上的各種術語，符號的意義和來歷。

②表示如何利用統計的方法，來說明一系列試驗的結果和數字。

本書的第一章是用簡單的數學，來解釋有關紡織工業應用統計的常用名詞和術語。

第二章介紹了些關於「控制圖」的基本原理，并且說明怎樣通過控制圖，能够很清晰的表示一系列紡織試驗的統計數值。

第三章是準備用來作進一步分析的。雖然數學公式稍爲煩複些，不過我們希望能通過這些實際的例題，對於統計計算和意義有明確的認識。

第四章彙集了本書所用的各種統計符號以及各種主要公式。

最後是第五章也可以說是本書的附錄部份。不過我想這對於讀者也許有些幫助，這主要包括各種統計術語的定義和說明，其中除主要用於第一至第三章以外；并且包括了些基本統計書籍常用的名詞第五章也包括了有關的各種表格。

總之，這裏并不是要寫一本完備的紡織應用統計書本，而是希望能够達到「簡明扼要」的目的。在這裏有二點總的希望：

①幫助紡織試驗，和統計人員，及紡織學生；使他們對於統計報表，以及試驗研究的結果，能够有充份的瞭解。

②對於各種紡織物試驗的累積數字，能得出一個可靠的結論。

本書包括許多紡織物試驗的實際問題，或者可以由此使讀者明白統計學在紡織工業中的應用和價值。

第一章　頻數分配以及有關問題的計算

第一節　概　　述

我們假定有一個紡織試驗人員，他由一批梳毛紗線中連續取出紗線來分析支數。得到的結果排成表 I. 這種一系列的試驗數值，我們稱之爲「例樣」，例樣這個名詞在統計學上的意義，就是說我們要從這些已知的試驗數值，來推測一個結果。不過我們要注意例樣并不就是一件試驗品，我們是用「例樣度」這個名詞來說明全部例樣中，到底有多少件試驗樣品，對於我們的這個例子來說，全部試驗就有 144 件試驗樣品。因爲這是取了 144 段紗線分析支數的。稍爲看了下面的表就會明白紗線支數數值的變化是相當大的，最低的支數是 23.3 支，最高爲 25.9支。

表 I. 分析紗線支數所得的結果:

成品號數 $\frac{AB}{156}$	重量8000磅	支數24支
日期	支數	
6月19日星期四	24.3 24.2 23.3 24.5 23.7 ⋮ 25.9 25.2 24.9	
144件試樣之累計 平均數	3528.0 24.5	

關於爲什麼原因,使紗線支數數值有如此劇烈的變化一事,是并不在我們現在所要研究範圍之內的——這可能是由於工場內溫濕度的變化，牽伸工程中纖維控制的不完善,或者是其他原因,甚至是幾個因素合併而成的。

這可以看出這位試驗人員,已經把各種數值,都加起來,并除以全部試樣數。得到了24.5的數值,這是全部試驗的「均數」或平均數,但是對於試驗數值的統計分析工作并不是單純求出一個均數就够,如果僅是這樣做,那麼就得不出甚麼結論了。

下面的一節,我們就是要由已知的數值來繼續分析和研究。

第二節 直方圖和頻數圖

這裏我們又將上例中所得到的結果，重新排成表Ⅱ，不過將支數數值的變化，由小至大都是按照相同的組距而分成許多組，每一組裏所列「Ｉ」的數目，就是表示這一組裏落有幾個頻數數值。例如,在 23.6 支和 23.7 支之間共計有三次,表Ⅱ的全部總數當然是 144。

從表Ⅱ中,我們可以見到差不多所有的數值,都是叢集環繞着一個「中間數值」而分配的,數值太小和太大的組次裏,出現的頻數都很少。

表Ⅱ. 紗線支數分析的頻數分配

23.2 與 23.3 間	I	1
23.4 與 23.5 間	III	3
23.6 與 23.7 間	III	3
23.8 與 23.9 間	IIIII IIIII IIIII I	16
24.0 與 24.1 間	IIIII IIIII	10
24.2 與 24.3 間	IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII II	27
24.4 與 24.5 間	IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII III	28
24.6 與 24.7 間	IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII II	27
24.8 與 24.9 間	IIIII IIIII IIII	14
25.0 與 25.1 間	IIIII I	6
25.2 與 25.3 間	IIIII III	8
25.4 與 25.5 間		—
25.6 與 25.7 間		—
25.8 與 25.9 間	I	1

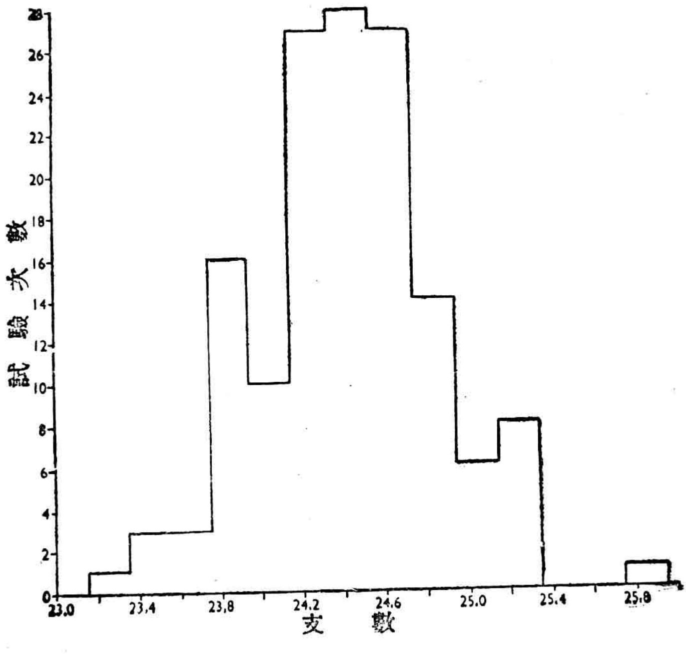
在表Ⅱ的後面一項所表示的數值，就是這組內頻數分佈的次數——即試驗紗線支數數值出現在這一組裏的次數，現在可以用二種的圖表形式來表示頻數分配的情形:直方圖(第一圖)與頻數圖(第二圖)。

關於直方圖的原理是這樣的,他的水平方向表示試驗所得支數的數值,其中分組的組距和表Ⅱ相對稱,每組內長方矩形的垂直高度,就等於該組內頻數出現

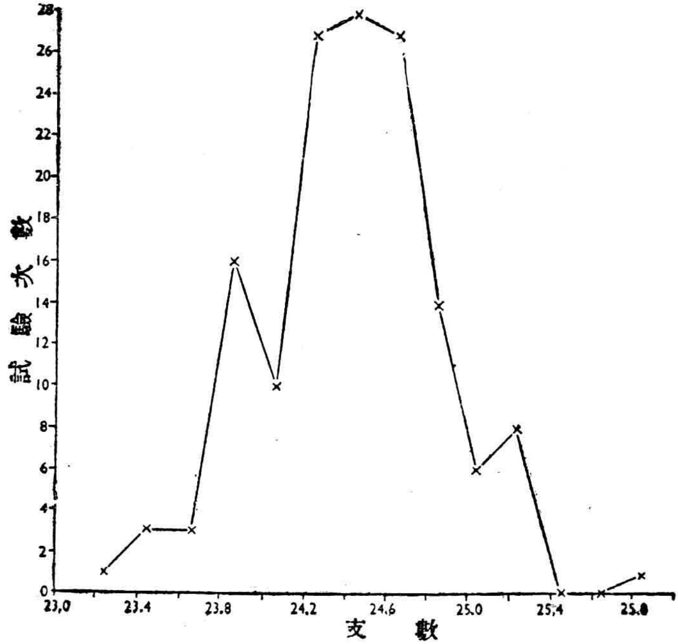
的次數。

譬如表Ⅱ在 23.8 與 23.9 支之間一組有 16 個符號，亦即有 16 次試驗所得的支數在這個範圍之內。不過我們要記住，分析某段紗線所得到的記錄數字是 23.8 支，可是他的實際數值可能在 23.75 支與 23.85 支之間，因此，我們所假定的組距 23.8 至 23.9 實際上所包括的範圍是應該由 23.75 至 23.95，這樣一來，就可以在第一圖的實線上 23.75 與 23.95 之間，作出一根高 16 的水平線。其他各組也是利用相同的方法作出高度不等的水平線。最後連接成整個試驗的直方圖。

頻數圖的作法也和直方圖差不多，不過這是把該組內出現的頻數作爲一點，而放在該組距的中央，就 23.8 與 23.9 間一組而言，該組中央的數値爲 23.85；因此就在横側 23.85，高 16 的地方得到一點。



第一圖　表II數値排列成的直方圖



第二圖　表II數值排列成的頻數圖

求出直方圖和頻數圖的目的是相同的——用了這種圖表就可以很清楚的表示，各個頻數環繞一個中間數值而分佈的情況，這二種圖在統計學上的應用是很廣泛的，其中也許以直方圖的應用爲更普遍，他的優點在於能清楚的表示每一組距的範圍。

大體言之，當試驗次數（試驗之例樣度）增加後，則不論直方圖或頻數圖的形狀都會漸漸接近到一個圓滑的頻數分配曲線，而不是上面的折線了。在原有的直方圖或頻數圖上，我們也可以粗糙的畫出一個近似曲線，不過，在一般的實用上，除非試驗所得的數值非常多（至少五百），這是不用的。

上面所介紹的二種圖形，尤其是直方圖，正和轉過 90° 的表II的形式非常像，當然用表格來表示試驗結果也是很有用處的，見了表格就可以明瞭全部試驗數值的分佈情況。

第三節　均數、中數和衆數

上面已經說明了如何利用直方圖，或頻數圖等幾何形式，來表示一大堆的試驗數值。這裏我們要考慮怎樣用簡單的數學，來分析這些圖表。

在紡織工業上所得到的統計圖表，往往與第一圖相仿，就是說有一個趨勢，所有的試驗結果數值，都是集趨圍繞着某一個中間的數值而分佈的.我們必須找出這個中間數值，并且研究其他數值是如何隨此中間數值而「散佈」的。

測求中間數值時應用最普通的方法，就是找出全部試驗數值的「均數」，也就是常見的算術平均數。這在前面的例子裏已經有過。另外有二個常用的測量指標，即「中數」與「衆數」。雖然他們的應用不如均數之廣，可是這裏也是應該加以說明的。

中數，正如他的字義所表示的，這是一系列數值中當中的一個數值，比中數大的次數正好等於比中數小的次數（或頻數）。如果一組試驗所得到的結果數值數爲奇數（單數），如

81，　83，　85，　87，　89，　91，　93，

則中數爲 87。

假定試驗的結果數值數爲偶數（雙數），如

39.　40.　42，　44，　44，　45，

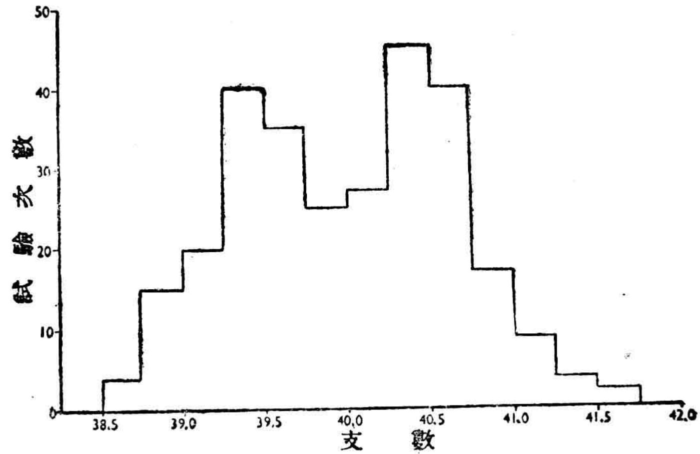
則中間二個數值相加除 2，就是中數，即$\frac{42+44}{2}=43$

衆數，這是一組試驗數值內，頻數發生最多的數值，但是如試驗的例樣不多，那麽衆數一語就很難有明確的意義了.因此，他的用途亦僅能限於試驗例樣較多之時，設如試驗所得的數值是用直方圖表示者，則可用「衆數組」來表示衆數；就是說這一組內頻數出現的次數最多.例如，在第一圖內，頻數最多的衆數組是24.4—24.5組。

雖然，一般的分佈曲線都祇有一個衆數，可是在科學研究和試驗所得到的統計分佈曲線，也是很可能有二個衆數的；如第三圖上的直方圖，因爲這個試驗是由二台精紡機取下許多筒管紗來作支數分析的，再將不同的結果併成一個直方圖.假如在二台精紡機之間，紗線支數方面是有相當大的區別，那末在分配曲線上就會出現二個衆數或衆數組.因此，我們可以明白，併合二個不同來源的統計數字，就可能出現二個衆數。

當直方圖的形狀完全對稱，并且祇有一個衆數的時候；則均數，中數與衆數

三者都合而爲一了。



第三圖　混合二台精紡機所產紗線，支數分析所得到的雙峯數直方圖

第四節　離散度的測量

4.1 概說：

如果已知道了直方圖中的均數，而不知道與其他中間數值間的變異情形，則下一個步驟就是測求全部試驗結果的變異度，離散度或散佈度。

這裏準備簡單的說明一下幾種測定離散度的方法，其中最重要的一種是找出「標準差」，可見後面之 4·4 節

4.2 極差：

已知二組試驗的結果是：

(a)　9，25，1，4，3，16，18，12

(b)　14，10，9，14，9，13，11，8

這二組試驗的平均數值都是 11，可是如果根據試驗數值的大小來重新排列一下，就看出不同了：

(a)　1，3．4，9，12，16，18，25

(b)　8，9，9，10，11，13，14，14

這可以看出試驗(a)所得的數值的散佈範圍比較廣，而(b)的數值較集中。

表示分配曲線離散度的最簡單的方法，也是紡織工廠應用最便利的，就是找出「極差」，極差的數值等於試驗所得數值中，最大值與最小值之差額。

對於上面的例題來說，極差是：

(a) 25－1＝24

(b) 14－8＝6

但是，極差并不是一個表示散佈度的完美辦法；為甚麼呢？因為極差的數值之決定是祗看二個極端數值的大小而定，而并沒有考慮到二個極差之間許多數值的變動情形，這些數值變化的範圍可能相當大.此外，極差的大小也是要看例樣的多少而定的，相同性質的試驗，採用大量例樣的試驗所得的極差，一定比少量抽樣所得的極差大得多，這是因為抽樣數目多，他的變動範圍大，最高值與最低值之間的差額亦一定大了。

可是在每組試驗例樣較少，而組數又非常多的情況下，採用極差來測計離散度的確是非常適宜的，因為這還要找出各組極差間的平均極差，這個平均極差對於其他有關重要因素之間是有密切關係的。

4.3 均差：

為了全面分析起見，所以我們把各種計算方法都和均數來作比較；表Ⅲ所表示的是十根單紗強力試驗所得的結果。

表Ⅲ 均差與標準差之計算

1	2	3
強力（嚦）	名數與均數之差＝離差 ＝(試驗強力－平均強力)	(離差)^2 ＝(試驗強力－平均強力)^2
8.0 9.0 6.0 6.7 8.2 7.6 7.8 8.4 8.5 9.8	0.0 1.0 2.0 1.3 0.2 0.4 0.2 0.4 0.5 1.8	0.00 1.00 4.00 1.69 0.04 0.16 0.04 0.16 0.25 3.24
總 計 80.0	7.8	10.58
均 數 8.0	0.78＝均差(平均離差)	

其中：　$變差=\frac{10.58}{(10-1)}=\frac{10.58}{9}=1.176$

$標準差(s)=\sqrt{1.176}=1.084$

$離差係數=\frac{1.084\times100}{8.0}=13.6\%$

所謂平均强力就是把所有的試驗强力數相加起來；然後除以試驗例樣數而得到的，上面表格中，第一項的總和是 80，所以平均强力是 8 唡. 然後將第一項各值減以平均强力，而得到表 III 的第二項——離差，不過這裏的數學符號是不計的；就是不論正負，都以正值計，第二項之和被試驗例樣數 10 除，得均差0.78，均差的數值是平均離差，有的時候，可能用均數的百分率來表示，稱爲「均差率」。

4.4　標準差和離差係數：

利用均差，的確可以很快的求出分配曲線的離散情況，但是應用最便，價值最大的方法，還是利用「標準差」，至於爲什麼理由呢？則在後面的第三章第 8 節內有較詳細的說明，標準差應用上比均差便利的另外一個理由，是祇要用少量的試驗例樣，就可以得到一個相當準確的結果。

標準差的求法，是先將表 III 中第 2 項中離差數值各各自乘平方，得第 3 項，離差平方值之和 (10.58)被試驗次數減一除（在我們的例題上是 9），所得到的數值(1.176)稱爲「變差」。至於爲什麼要用試驗次數減去 1 而不直接用試驗次數除呢？這牽涉到較深的統計理論. 我們在這裏不預備詳細解釋，不過可以稍爲介紹一下：假定試驗抽取例樣 n 個，則每一個試驗數值與均數之間有一個離差，所以與均數之間共有 n 個離差，如果將 n 個離差數全部加起來，并考慮其數學正負號，那麼總數一定等於 0. 因此，假如已經知道了 (n－1) 個離差的數值，則第 n 個離差也就可以計算出來了。所以在計算分配曲線離散度時，祇有 (n—1) 個數值是獨立的，(n—1)亦可以稱之爲自由值，這在後面還有解釋。當 n 的數值相當大，或云大於 30 時，則於 n 與 n—1 之間亦是相差無幾了，不過總以採用(n—1)較爲合理。

變差的平方根 (1.084)，這個數值就稱爲標準差，普通常用 s 來表示，有時候也用希臘字母 σ 來表示。

標準差 s 的數值；如用均數的百分率來表示，則稱爲「離差係數」，在我們的例題中是13.6%。

我們在這裏要注意一點；即極差，均差與標準差三者之單位都是相同的。(如磅，唡，吋等)，單位就等於試驗結果的單位，例如表 IV 中，標準差即爲 2.497 唡。

至於離差係數則爲一個相對的數值，用百分率來表示；當然是沒有任何單位的。

前面的計算，我們可以用適當的方法，使其簡捷化，因爲在實際應用上，上面的計算方法太麻煩，在下面我們就要介紹一個簡便的方法。

表IV 利用普通方法與簡便方法計算標準差的比較

強力	普通方法		簡便方法	
	(試驗強力－眞正平均強力)	(試驗強力－眞正平均強力)²	(試驗強力－假定平均強力)	(試驗強力－假定平均強力)²
8	0.3	0.09	0	0
9	0.7	0.49	1	1
7	1.3	1.69	—1	1
5	3.3	10.89	—3	9
11	2.7	7.29	3	9
4	4.3	18.49	—4	16
8	0.3	0.09	0	0
12	3.7	13.69	4	16
10	1.7	2.89	2	4
9	0.7	0.49	1	1
總數＝83 均數＝8.3	平方值之和＝56.10 $s^2=\frac{56.10}{9}$ $=6.233$ $s=2.497$		總計＝3	57 調整以前平方值之和
假定平均強力＝8.0 假定平均強力與眞正平均強力之差＝0.3			減：調整量＝0.9＝$\left(\frac{3\times3}{10}\right)$ 得：調整後平方值之和＝56.1 $s^2=6.233$ $s=2.497$	

看了上面的表格，我們可以明白平均強力的數值（8.3）并不是一個整數，因此在計算的時候就會出現許多小數，而使計算工作感到莫大的不便，這也就是所以要運用簡便方法的理由。

這裏的所謂假定平均強力（假定均數），往往是取一個，與眞正平均強力數值（眞正均數）最接近的整數，本例中爲8，然後用相同的方法將假定平均強力的數值逐一減去各個試驗強力數，最後將其相加，得到調整前平方值之和，卽57，從這裏減除調整量，所謂調整量是離差總和（數字正負號考慮在內），除以試驗抽樣總數，卽$\frac{3\times3}{10}=0.9$

自未調整平方值之和中去除調整量以後，就得到調整後平方值之和(56.1)，祗要將調整後平方值和的數值除以（10-1）就得到變差（6.233），變差的平方根

等於標準差(2.497)

這裏要注意一點，不論假定均數的數值比眞正均數的數值來得大或小，調整後平方值之和一定比原來的數值少，也就是說調整量總是一個正數。

這種計算方法看起來似乎有些複雜，可是在實際應用的時候就會覺得很便利，也就是說，如能按照表Ⅸ中所介紹的簡便方法，即可求得所需的結果。

表Ⅴ是另外一個例子，也是用來解釋簡便法的應用方法的，這是分析纖維長度試驗的統計數字。

表 Ⅴ　纖維長度的分配

A 纖維長度組 （公分）	B 該組內所有 纖維根數	C 各數與假定均 數間之離差	D 纖維數 ×離差	E 纖維數 ×離差^2
0——	10	−6	−60	360
1——	15	−5	−75	375
2——	35	−4	−140	560
3——	60	−3	−180	540
4——	82	−2	−164	328
5——	104	−1	−104	104
6——	78	−0	——	——
7——	53	1	53	53
8——	46	2	92	184
9——	29	3	87	261
10——	17	4	68	272
11——	8	5	40	200
12——	7	6	42	252
13——	5	7	35	245
14——	1	8	8	64
	550		−723	3798
			+425	
			−298	

$$\frac{(-298)}{550} = -0.542$$

纖維平均長度 $= 6.5 - 0.542 = 5.958$ 公分

調整前平方值之和 $= 3798.00$

調整量 $= \dfrac{(-298)^2}{550} = \underline{161.46}$ （減：）

調整後平方值之和 $= 3636.54$

變差 $= 6.6239$

標準差 $= \sqrt{變差} = 2.5737$

$$離差係數 = \frac{2.5737}{5.958} \times 100$$

$$= 43.2\%$$