

纺织力学

英国 W. A. 韓頓著

胡吉生 項海航 譯

紡織工業出版社

紡織力學

〔英〕 W·A·韓頓 著

胡吉生 項海航 譯

紡織工業出版社

目 錄

第一篇 运动的研究

第一章 机件的运动——旋轉运动.....	(7)
定义和單位.....	(7)
机器旋轉运动的傳遞.....	(7)
齿輪傳动的速率計算.....	(7)
变换齿輪和傳动常数.....	(10)
皮帶傳动和繩索傳动的速率計算.....	(12)
特种齿輪傳动的速率計算.....	(14)
第二章 机件的运动——直線运动、往复运动和 摆动运动.....	(27)
定义.....	(27)
單位.....	(28)
曲柄或偏心輪产生的往复运动.....	(33)
凸輪和踏盤傳动的往复运动.....	(40)
开口踏盤.....	(44)
直接作用式凸輪(俗称“三角”).....	(48)
第三章 运动方程式.....	(56)
定义.....	(56)
第四章 速度平行四边形.....	(62)

第二篇 静 力 学

第五章 力、質量和动量.....	(69)
定义和單位.....	(69)

力、時間和動量之間的关系	(71)
第六章 功和功率	(76)
定义	(76)
变力所作的功	(78)
功的圖解表示法	(78)
第七章 力的合成和分解	(83)
定义	(83)
力的分解	(85)
三个或三个以上的力的合力	(88)
第八章 力矩原理	(95)
定义	(95)
力矩原理	(96)
轉矩	(103)
平行力系的合力和重心	(104)
重心	(105)
第九章 摩擦	(110)
定义	(110)
摩擦离合器	(115)
第十章 圍繞摩擦	(121)
定义	(121)
第十一章 机械	(140)
定义	(140)
机械的类型	(141)
第十二章 应力、应变和彈性	(152)
定义	(152)
应变物体中所貯的能量	(154)
应力的种类	(155)
秒綫中的应力	(158)
負荷-伸長圖和应力-应变圖	(160)

第三篇 力的应用

第十三章 动量和能量	(165)
动量	(165)
能量	(166)
第十四章 冲力和碰撞	(176)
第十五章 圆周运动、向心力和离心力	(185)
定义	(185)
锥动摆	(190)
旋轉环、皮帶或紗綫中的張力	(192)
第十六章 速度圖解、加速度圖解和加速力圖解	(197)
各个圖解之关系	(197)
“弗勒格”加速度測定器	(206)
第十七章 簡諧运动	(216)
第十八章 旋轉物体的轉动慣量和动能	(230)
第十九章 轉动慣量的实验求法	(245)

*

*

*

附 錄

常用公式和其它	(258)
中英米語对照表	(262)

序

力学的研究是紡織專業学生技术学习中的一个重要部分。

作者在确定应如何闡述这一科目，而能使那些以本書为主要学习材料但時間又不甚充裕的学生获益最大时，曾根据“斯潘司公报”推荐的中等教育教学大綱，力求实现上述目的。教学大綱的主要精神是，科学应与学生的亲身經驗密切結合；而科学中的一项科目更应与学生的廣泛的兴趣爱好相一致。第一篇是討論运动問題，但却把运动的来源——力的問題挪到以后再談，所以要这样顛倒次序安排內容，正是因为上述各項理由。

同样的道理，書中例題主要都是从紡織机器和紡織工艺过程中取材的，因为这样，就必然会使学生因这些例題与他們研究的机器密切相关，而感到很大的兴趣。同时，有些例題虽与紡織專業無關，但只要作者認為这种例題会很容易被学生了解的話，也就毫不犹豫地把它們选入本書。

不少紡織專業学生在学习的初期，都特別关心机件的运动。为什么呢？因为像他們所急欲知道的这种运动的研究是比較簡單的。这正是他們在开始学习力学时的自然現象。而且，由於学生的時間有限，所以作者試圖着重叙述那些为机器的使用者，而不是为机器的制造者所特別关心的力学問題。

这本力学並不能根据書名而一般地理解为一本教科書。它应当借教师的講解以及借参考普通力学教科書来加以充实，以便証明書中叙及的各个原理。更正确一点說，本書乃試圖指出一种能使學生逐步領会这一科目的合理途徑，作者希望所选例題能帮助教师（不管他們專長紡織專業的那一分科）选取另外一些能使學生感到兴趣的例題。

当为本書選擇例題时，困难之处在於要选那些可以被紡織專業任一分科学生都能懂得的例題。因此，有时仍不免採用了一些不是

怎么太好的例子：例如，虽然凸輪在針織机中比在織机中应用得更加广泛，但本書却选用了織机开口踏盤，而沒有选用針織机凸輪，这是因为織机的开口动作比大多数針織机凸輪所完成的动作要簡單得多。

第一篇中，大量应用了用以研究运动的位移圖解。作者相信这些圖解是很有价值的，不仅可引导大家进一步作出速度圖解、加速度圖解和力的圖解，並可从中直接得到不少知識。

第二篇的圍繞摩擦一章，在初等力学書中一般是不叙述的，而在本書中却化了相当的篇幅来叙述，这是因为它对紡織專業学生來說是一个很重要的內容。

本書中有一章闡述了应力、应变和彈性等問題，作为紡織試驗这一重要科目的入門。

H·S·倍尔先生對本書的編写工作給予了宝貴的幫助，作者在此特致謝意。

W·A·韓 頓

第一篇 運動的研究

第一章 機件的運動——旋轉運動

定義和單位

位移是自一已知點移過的距離。綫位移是在一直綫上移過的距離。角位移是一迴轉體轉過的角。綫位移的常用單位是[呎]，角位移最普通的單位是[轉]，另一常用單位是[弧度]，一弧度是一長度等於半徑的弧所對的圓心角的大小(圖1)。

$$1 \text{ 轉} = 2\pi \text{ 弧度} = 360 \text{ 度}$$

$$\text{或 } 1 \text{ 弧度} = \frac{1}{2\pi} \text{ 轉} = 57.3 \text{ 度。}$$

時間 常用單位是[秒]。

速率是位置的变化率或單位時間的位移。綫速率一般用[呎/秒]來表示；角速率則用[轉/分]、[轉/秒]或[弧度/秒]來表示。

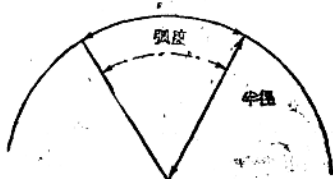


圖 1

機器旋轉運動的傳遞

要使諸機件的旋轉獲得正確的速率，可將它們借齒輪、鏈條、皮帶或繩索傳動連接起來。齒輪和鏈條可使連接起來的機件之間得到準確的速比，但它們較皮帶和繩索為昂貴，危險性較大，同時比較骯髒，發出的噪音也較大。

皮帶和繩索於傳動時會產生溜滑現象。

齒輪傳動的速率計算

如果兩個機件用齒輪或鏈條連接起來，則速率反比於齒輪的齒數。這點很容易證明，留給讀者自己去作。這可導出一般法則，即

被动軸的速率等於主动軸的速率乘以諸主动齒輪齒數之積，再除以諸被动齒輪齒數之積，請參考圖 2。

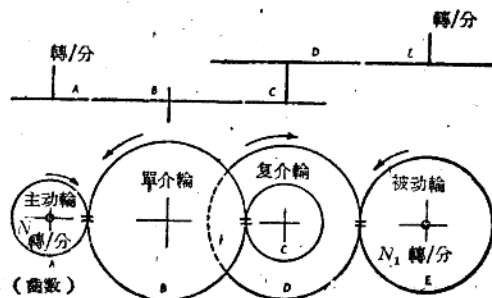


圖 2

$$N_1 = N \times \frac{A}{B} \times \frac{B}{C} \times \frac{D}{E} = N \times \frac{A}{C} \times \frac{D}{E}$$

$$\text{或} \quad N = N_1 \times \frac{E}{D} \times \frac{C}{A}$$

單介輪B可以不計，它是用來改變旋轉方向或連接兩相距較遠的軸的。

也要注意在圖 2 和以後各圖中，常用略圖來表示齒輪傳動。

例 無縫織襪機的傳動裝置。許多針織機都裝有雙速傳動裝置，以使某些編織過程在低速下進行。圖 3 是無縫織襪機的一般機構圖

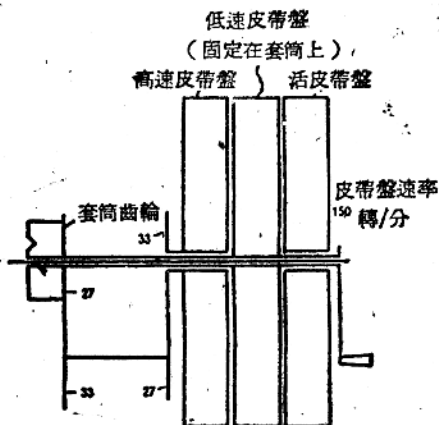


圖 3

(齒輪的大小不盡如圖所示)。

用來傳動主軸和針筒的套筒齒輪，根據皮帶的位置，可直接由低速皮帶盤或間接由高速皮帶盤經齒輪傳動系統而得到運動。

低速 套筒齒輪速率 = 機器皮帶盤速率 = 150轉/分。

高速 套筒齒輪速率 = $150 \times \frac{33}{27} \times \frac{33}{27} = 224$ 轉/分。

例 織機開口踏盤軸的傳動。

圖4示主動軸(曲柄軸)與踏盤軸間齒輪傳動的一般配置。

因為曲柄軸每轉一轉，即在織物內納入一根緯紗，所以〔曲柄軸的速率〕÷〔踏盤軸的速率〕必須等於織物花紋一完全組織內的緯紗根數。

一完全組織內兩緯 踏盤裝在下軸上。

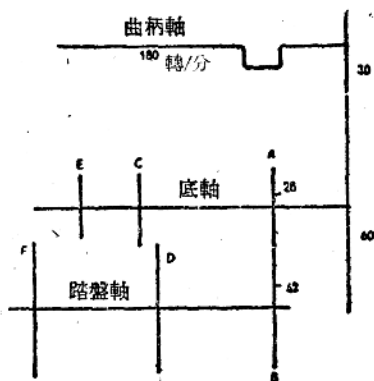


圖 4

下軸 速率 = $180 \times \frac{30}{60} = 90$ 轉/分。

一完全組織內三緯 踏盤裝在踏盤軸上，齒輪A和B相嚙合。

踏盤軸速率 = $90 \times \frac{28}{42} = 60$ 轉/分。

$$\left(\frac{[\text{曲柄軸速率}]}{[\text{踏盤軸速率}]} = \frac{180}{60} = 3 \right)$$

一完全組織內四緯或五緯 另各有C和D、E和F等齒輪，所以任一對齒輪都可用來代替A和B，此時A應與B完全離開。

當C和D相嚙合(一完全組織四緯)時，踏盤軸的速率則為曲

柄軸速率的 $1/4$ ，亦即，踏盤軸速率 $= \frac{180}{4} = 45$ 轉/分。因為下軸速率是 90 轉/分，所以齒輪 C 和 D 的齒數必須成 $1:2$ 的比例。但並不是齒數或直徑成這個比例的任何兩個齒輪都行，因為兩軸中心之間的距離一般是固定的，並且所有齒輪的齒應為同樣大小。因此，任兩對相啮合的齒輪（ A 和 B 、 C 和 D 或 E 和 F ），其直徑之和必須相等。或齒數之和必須永遠相等，即 $A+B=C+D=E+F=70$ （當 A 有 28 齒， B 有 42 齒時）。所以我們必須求出 C 和 D 的齒數，齒數之和為 70，並成 $1:2$ 的比例。最近似的齒數是 23 和 46，其和僅為 69，如齒輪直徑不很小時，一齒之差一般是容許的。此時最重要的是齒輪 D 應準確地比 C 大一倍，以便得到正確速率。這答案可由上述的試驗法或用下列的代數式求出：

$$C+D=70 \quad (1)$$

$$\text{及 } D=2C \quad (2)$$

將 (2) 中的 D 值代入 (1)，

$$C+2C=70$$

$$3C=70 \text{ 或 } C=23 \text{ (最近似的整數)}。$$

再由 (2) 得 $D=2C=46$ 。

用同樣的方法，可以求出 E 和 F 的大小（一完全組織五緯）。兩齒輪的齒數必須成 $2:5$ 的比例，適宜的齒輪是 $E=20$ 齒， $F=50$ 齒。

變換齒輪和傳動常數

在紡織機械中常有這樣的情況：當所加工的材料性質改變時，由齒輪傳動的機件的速率必須改變。紡紗工程中的例子有牽伸裝置中的牽伸變換齒輪和加拈機構中的拈度變換齒輪。織布工所熟悉的例子是傳動糙面軋的緯密變換齒輪。另外，各種絡紗機，尤其是急行往復式絡紗機常需要改變導紗器一往復動程內筒子上所繞的紗圈數。在這些情況下，如果求出一個齒輪傳動常數，就會簡化需要進行變換時的計算。

例 圖 5 示棉紡用粗紡機前罗拉及后罗拉間齒輪傳動的配置情況，中罗拉未繪出，以使問題簡化，便於非紡紗專業學生了解。前罗拉比后罗拉轉動較快，具有較高的表面速率，其速比

$$\frac{[\text{前罗拉表面速率}]}{[\text{后罗拉表面速率}]}$$

称为“牽伸率”。如前罗拉表面速率为后罗拉的 4 倍，則牽伸率为 4，棉条通过罗拉后即被牽伸至原重的 1/4。

假设后罗拉轉一轉，其表面移过一个等於罗拉圓周的距离 $= \pi \times 1$ 吋，則前罗拉將轉

$$1 \times \frac{56}{CW} \times \frac{90}{24} \text{ 轉，其表面运动將为}$$

$$1 \times \frac{56}{CW} \times \frac{90}{24} \times \pi \times \frac{5}{4} \text{ 吋，所以牽伸率} =$$

$$\frac{[\text{前罗拉表面运动}]}{[\text{后罗拉表面运动}]} = \frac{56}{CW} \times \frac{90}{24} \times \frac{\pi \times 5}{4} \times \frac{1}{\pi \times 1} = \frac{262.5}{CW}, \text{ 式中}$$

CW 是變換齒輪的齒數。

262.5 這一數是不考慮變換齒輪時的牽伸計算值，它称为“牽伸常数”。求得此值后，若已知牽伸率，而欲求變換齒輪的大小或已知變換齒輪大小，而欲求牽伸率，像这样的工作就簡便的多了，

$$\text{因为牽伸率} = \frac{[\text{牽伸常数}]}{[CW \text{ 的齒數}]} \text{ 或 } CW = \frac{[\text{牽伸常数}]}{[\text{欲求的牽伸率}]}$$

例如，變換齒輪为 40 齿，則牽伸率 $= \frac{262.5}{40} = 6.56$ 。又如，欲使牽

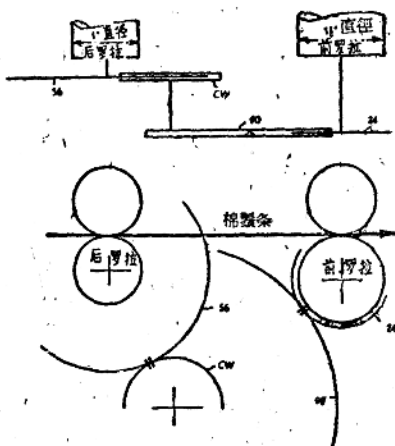


圖 5

伸率为 5，則变换齒輪必須有 $\frac{262.5}{5} = 53$ 齿（最近似值）。

虽然能作出一个求牽伸率或牽伸常数的規則，但最好还是根据上述的基本原理来推算，而不要去死記这样一个規則。如果要进行許多有关牽伸的計算，正如大多数的紡紗專業学生所遇到的那样，無疑地，就要作一个自己用的規則，但如把这規則忘了，反而会造成不便。

学生应当注意各种計算中的常数。往往一些类似的計算只要改变几个因数就可作出。甚至当类似的計算只有兩個的时候，如先求出兩者共通的常数因数，再將其乘以或除以兩者互異的因数，也可以省事不少。

皮帶傳动和繩索傳动的速率計算

如果皮帶的溜滑和皮帶厚度不予考虑，則兩皮帶盤速率反比於其直徑，因皮帶速率在皮帶的任何部位都是相同的。

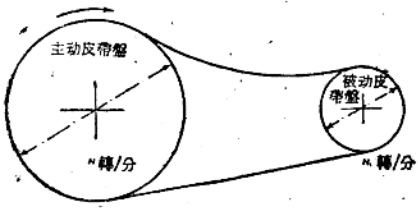


圖 6

参考圖 6， $dN = d_1 N_1$

$$\text{所以 } N_1 = \frac{N \times d}{d_1}.$$

皮帶厚度的影响 当皮帶圍繞皮帶盤而弯曲时（圖 7），外表面 AB 伸長，而內表面 xy 等量縮短。中層（如虛綫所示）仍保持伸直时的原長。

皮帶與皮帶盤緣相接触，包圍着輪緣的皮帶長度为虛圓的長

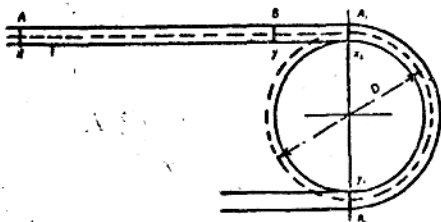


圖 7

度，所以皮帶盤每作一轉所放出並拉上的皮帶長度為 πD ，此處 D 為自皮帶厚度中心量起的皮帶盤直徑。從而在皮帶盤傳動的速率計算中，皮帶盤直徑應取[空皮帶盤直徑+皮帶厚度]。如果皮帶盤的直徑很大，皮帶厚度是可以忽略不計的，這不會有大的誤差，我們應當記住：皮帶傳動是不確實的，所求得的速率最多只能接近正確。

皮帶溜滑率一般為 1~5%，這要根據下述的因素而定：皮帶負荷，皮帶和皮帶盤表面的情況，兩皮帶盤的相對直徑以及兩皮帶盤中心的距離。

例 一機器用皮帶（厚 $1\frac{1}{4}$ 吋）傳動，天軸每分鐘 140 轉，天軸皮帶盤和機器皮帶盤的直徑分別為 15.5 吋和 12 吋，試求機器速率，溜滑率為 2%。

皮帶盤有效直徑分別為 15.75 吋及 12.25 吋，所以機器速率

$$= 140 \times \frac{15.75}{12.25} \times \frac{98}{100} = 176.4 \text{ 或 } 176 \text{ 轉/分。}$$

在計算此類問題時，所得的結果可取一最接近的整數。

繩索傳動速率計算 此類計算與皮帶傳動計算相似，但有時較難估計傳動輪的有效直徑。對圓繩來說，傳動輪的直徑必須自繩索的中心量起；對三角皮帶來說，直徑必須由其截面中既不受伸張又不受壓縮的部分量起。如果可能，則傳動輪的有效圓周可用實驗方法求出，即量出恰能圍繞傳動輪一周的繩索的長度，或量出傳動輪一週轉中，繩索在直線上移過的距離。

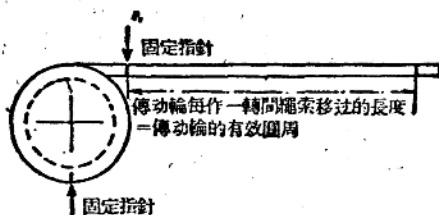


圖 8

应用如圖 8 所示的指針，可使度量簡易而且准确。

用繩索傳動，溜滑率一般是很小的，但磨損（尤其是用三角皮帶傳動時）會改變速率。

例，一織機用單獨馬達經三角皮帶傳動，馬達速率每分鐘 960 轉；傳動輪有效直徑，當三角皮帶是新的時候，馬達的為 3 吋，織機的為 16 吋。

$$\text{織機速率} = 960 \times \frac{3}{16} = 180 \text{ 轉/分，略去滑損。}$$

如果磨損使三角皮帶沉入溝槽 $1/20$ 吋，則傳動輪直徑將減小 0.1 吋，而織機速率將為：

$$960 \times \frac{2.9}{15.9} = 175 \text{ 轉/分。}$$

這種傳動必須裝置有調節器，作為調節傳動輪中心的距離之用，以補償皮帶磨損。

特种齒輪傳動的速率計算

蝸桿和蝸輪 當被動軸的速率必須大大低於主動軸的速率時，才採用此種類型的齒輪傳動。

蝸桿（見圖 9）必須傳動蝸輪；蝸輪不能傳動蝸桿。蝸桿實際上是一根螺旋桿，螺紋或“螺紋”經適當的加工，使其形狀適合與蝸輪齒啮合。最簡單的蝸桿是單線的，即其上有一條從頭至尾的螺旋

淺。为防止蝸桿的軸向移動，乃在主動軸上裝以適合的軸領，当蝸桿轉動時，即傳動蝸輪使其徐徐旋轉。

当蝸桿如所示方向轉動一周時，齒 A 將被迫留在 A 至 B 一段的溝槽中，当一轉終了后，A 將占据 B 的位置，即蝸桿轉動一周，將移動蝸輪一齒。如蝸輪有 100 齒，欲使蝸輪轉動一周，蝸桿就必須轉動 100 周，單綫蝸桿可認為是一個僅有一齒的主動齒輪。

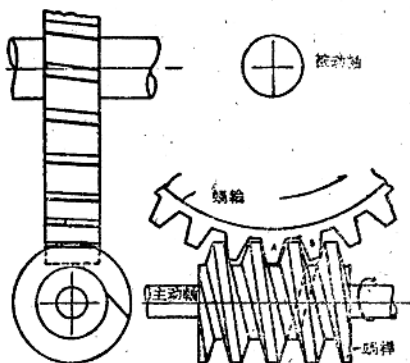


圖 9 單綫蝸桿和蝸輪

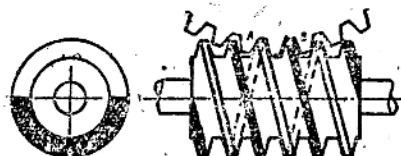


圖 10 雙綫蝸桿

蝸桿有時作成雙綫或三綫的，即其上不是有一條螺綫，而是兩條或三條。圖 10 示一雙綫蝸桿，其中一條螺綫塗黑，以區別於另一條。此時可以看到，当蝸桿轉動一周時，A 處

的齒將移至 B 的位置，所以雙綫蝸桿一轉，可移動蝸輪兩齒，因而在計算速率時，可把它看成是一個具有兩齒的主動齒輪。同樣，三綫蝸桿可看成是具有三齒的主動齒輪。

分辨單綫、雙綫和三綫蝸桿最簡易的方法是觀察一下其端部，該處可見到每綫的起點。

棘輪傳動 棘輪一般用來將往復運動變成間歇旋轉運動。

棘輪（圖 11）乃由作往復運動的傳動爪處獲得運動。傳動時，爪推動棘輪，使其順箭頭方向旋轉。一般是轉動一齒，有時也有移

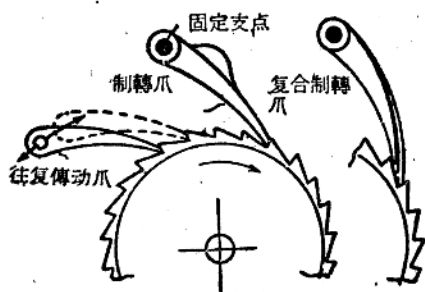


圖 11

動兩齒或兩齒以上的。
后退时，爪在齒上滑向
后方，移過一齒或數齒，
以準備下一次的前進運
動。為保證當傳動爪后
退時棘輪不逆轉，乃用
一第二爪，稱為制轉爪。
此爪可在一固定支軸上
自由轉動，所以棘輪能
輕易地正向轉動，但制

轉爪却不允許棘輪作任何逆轉。

在某些實際情況中，傳動爪給予棘輪的運動值是不定的，因而
就必須裝置某種复合制轉爪，以保證棘輪所獲的運動不致損失。最
簡便的方法如圖 11 中的附圖所示，其中三個長度不等的爪並列，因
此，只要棘齒運動超過 $1/3$ 齒，就會被其中一齒制止逆轉。

織造工程中，所熟
悉的一個應用棘輪的例
子就是織機的卷取裝
置，其通用的一種可見
圖 12。具有 R 的棘輪，每
當筘座作一往復運動，
即每向織物中納入一緯
時，一般被傳動一齒。 R
與傳動媒介輪 BC 的齒
輪 A 同軸，介輪 BC 又
傳動固定在糙面軋 E 上

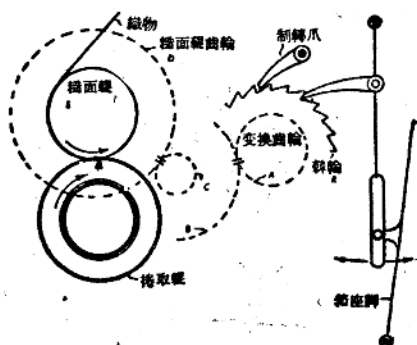


圖 12

的齒輪 D ，糙面軋 E 借其糙面而把織物向前牽引，並傳動卷取輥。

齒輪 A 是一個變換齒輪，改變其齒數，即可改變織物每吋內的
的緯紗根數（緯密）。