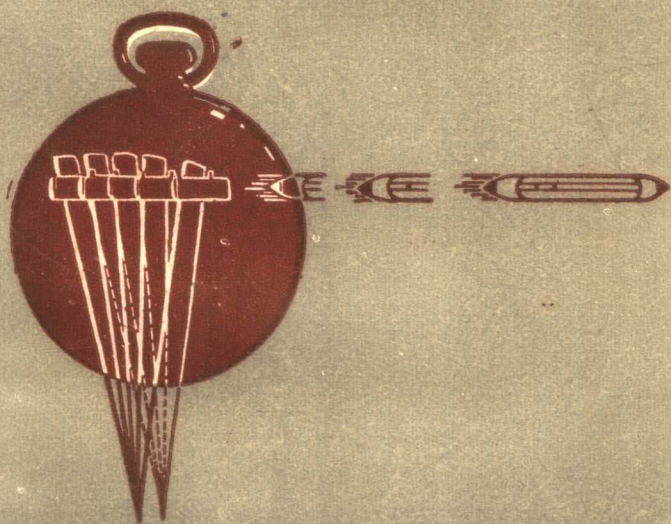


时梭投

力与时间的关系

楊 青 譯

錢 堯 年 校



紡織工業出版社

投梭时力与時間的關係

楊 青 譯

錢 堯 年 校

紡織工業出版社

找梭时力与时间的关系

楊 青 著

錢 尧 年 校

*

紡織工业出版社出版

(北京东长安街紡織工业部內)

北京市書刊出版业營業許可証出字第16号

紡織工业出版社印刷厂印刷·新华書店發行

*

787×1092 $1/32$ 开本·11 $^{10}/_{32}$ 印张·28千字

1960年9月初版

1960年9月北京第1次印刷·印数1~1700

定价(10) 0.23元

內 容 簡 介

本書內容系介紹国外关于織机投梭运动方面的理論性研究工作和試驗成果。書中敘述了投梭凸輪的运动方程式，应变仪器及其对投梭时力与時間关系的測定，投梭棒上不同点的变形，使用木質投梭棒与金屬投梭棒的試驗比較結果等。

目 錄

第一部分 运动方程式.....	(5)
一、概述.....	(5)
二、 $\varphi = p \Phi$ 投梭凸輪的运动方程式及理論性的 結論.....	(8)
三、改良凸輪的运动方程式及理論性的結論.....	(16)
四、附录.....	(22)
第二部分 理論与实验結果的比較.....	(25)
一、概述.....	(25)
二、应变仪的电路及輔助裝置.....	(26)
三、 $\varphi = p \Phi$ 凸輪的实验結果.....	(27)
四、多項式运动凸輪的实验結果.....	(35)
五、投梭棒被緩冲时的变形.....	(41)
六、結論.....	(44)

第一部分 运动方程式

引 言

在以往所研究的凸輪投梭機構理論中已經知道當傳統方式的所謂名義投梭運動（投梭時間被投梭系統的彈性及質量所限定）由投梭時間較長的改良的名義投梭運動所代替時，在梭子的加速時期中投梭力能降低很多。下面是考慮到在投梭過程中投梭系統彈性的改變及凸輪軸速度的降低而對上面二種投梭運動的理論所作的進一步的修正。

一、概 述

近年來對梭子在力織機上的飛行問題已有很大的重視。文森特首先探討了通常應用的凸輪投梭機構的基本數學理論，後來文森特及卡特裏對這一理論作了新的發展，它包括了投梭運動所採取的幾種運動方式及在採取完善的投梭運動時在這些投梭系統中在空間及時間上的實際限度。

以上理論的大部分，特別是末了的一些部分是根據某些極簡單的假定。文森特認為梭子與制梭鐵間的摩擦可被略去不計。他亦假定在投梭期間曲拐軸是以恆速回轉的，雖然我們知道曲拐軸速度是要作某種程度的降低。這樣的假定是很需要的，以便在這一理論中研究許多運動方式時能很方便地獲得數學方程式。可以想見這些方程式在進行廣泛地比較時被認為有足夠的準確性。

在这一論文中所叙述的研究工作，其目的是发现新的投梭理論符合实际的范围，并获得新的知識以能建立更正确的投梭理論，假使是需要的話。比較理論与实际所存在的困难是由于梭子大約在0.05秒或更少一些的时间內就达到了最大的速度。梭子在这样短的时间內移动了差不多6~10吋的距离而要从靜止被加速到30~45呎/秒的速度。測量投梭时梭子最高速度与最高加速度的仪器已經发明，并已被托馬斯及文森特使用过，且取得了很多有关投梭过程的有用資料。但这种仪器并不实用，直到发明了金属絲电阻应变仪器測量了投梭棒所产生的投梭力后，才比較容易地决定整个投梭过程中加

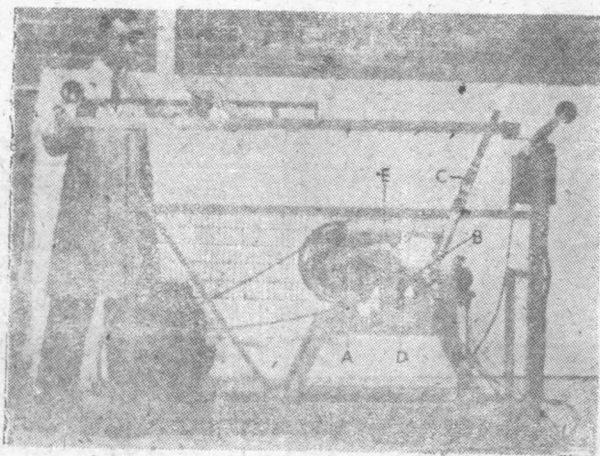


图 1 投梭原动机

速度与时间的关系。这些数据被应用在这一论文中，以比较理论与实际的结果。

为了消除插座摆动所造成的复杂性及使问题简单化，实验工作是在模型式的投梭机构上进行的，它装置于焊接的架子上。投梭“原动机”的相片表示在图1上。 $1/2$ 匹马力的电动机借链条将动力传至手轮轴A，马达的转速为960转/分，轴A的转速为180转/分左右，轴A通过一对伞形齿轮使凸轮轴B的速度降为轴A的 $1/2$ 。投梭棒C装在金属托座中，它作为直角曲柄的长臂，在短臂的顶端装置投梭转子D。利用活塞在圆筒E中的运动使投梭棒在投梭动程的终点时被空气所制动，E巩固地装在架子上。梭子沿着金属凹座飞行，约飞行2呎后，借通常所用的弹簧式制梭器使梭子降低了速度，最后梭子进入一个小的铅塊后就静止下来并夹持在那里。

在这一研究工作中应用了二种不同名义运动方式的凸轮。一种是经常应用的 $s = p\Phi$ 的运动方式。第二种运动方式能产生相同的最大速度，但投梭棒上的最大投梭力则降低到最小限度。在卡特曼及文森特所研究的运动方式中，优先被采用的是 $\ddot{x} = A \sin \mu t$ 的运动方式，因为它的运动方程式很简单。每一种凸轮用二根投梭棒，一根由木材制成，另一根由铝合金制成。这一论文中的第一部分讨论这两种凸轮的运动方程式并对简化的理论作了某些修正。在第二部分中讨论了实验的方法及实验的计算，并得出了实验的结论。

二、 $s = p\Phi$ 投梭凸輪^① 的运动方程式及理論性的結論

对应于一般織机的下地軸，測量凸輪軸的全部回轉時間是很方便的。簡單的理論是假定凸輪軸在投梭時以等角速 ω 弧度/秒回轉的，因此凸輪軸在 t 秒時間內轉过的角度，如以 Φ 表示，則得

$$\Phi = \omega t \dots\dots\dots (1)$$

在大多数織机上梭子与皮結在 t 秒時間內的名义位移^② s 与凸輪軸的回轉角成綫性关系，即

$$s = p\Phi \dots\dots\dots (2)$$

式中 p 是常数。这种投梭機構运动的基本方程式已經知道为

$$M\ddot{x} = \lambda(s - x) \dots\dots\dots (3)$$

式中 x 为織机運轉时在 t 秒時間內梭子与皮結的实际位移， λ 是投梭機構的剛性，度量单位为磅呎， M 是运动部分的質量，即梭子，皮結及投梭棒¹/₂ 长（上面部分）的重量。投

①在以往的投梭論文中，这种方式的运动由方程式 $S = v\theta$ 示，式中 θ 是曲拐軸的角速度。若应用投梭“原动机”后以凸輪軸的回轉角 Φ 来表示更为方便，而 $\theta = 2\Phi$ 。

在方程式中选用符号 v 是不适当的，因为符号 v 經常用来代表变化的速度，这个問題已經考虑了很多時間，而現在有机会以常数 p 代替，而 $p = 2v$ 。

②对应于曲拐的已知位置，梭子的名义位置是当織机用手慢慢地轉动时梭子所在的位置。当織机在運轉时，假使投梭机构的所有部分是絕對剛体，那末对应于曲拐已知位置时梭子处在同样的位置。

梭系統的剛性度以 n 表示，并定其关系式为：

$$n^2 = \frac{\lambda}{M} \dots\dots\dots (4)$$

因此基本运动方程式能写成为

$$\frac{\ddot{x}}{n^2} + x = s \dots\dots\dots (5)$$

因为 $s = p\Phi = p\omega t$ ，代入方程式(5)并积分之，则在投梭棒上端的投梭力 F 为

$$F = \frac{M}{g} p\omega n \sin nt \dots\dots\dots (6)$$

因此作用力—時間曲綫是正弦性的，以及作用力正比于剛性度和梭子最后速度值 $2p\omega$ 。

$s = p\Phi$ 投梭凸輪的設計能获得梭子最后速度的特定值，所以 $p\omega$ 是已知的。已經提到过这个簡單理論，假定凸輪軸是以等速运轉的，并用測速計測量，因此 ω 是已知值，而 p 能由計算获得。当名义投梭动程是 $p\omega\pi/n$ 呎时，能在 π/n 秒后达到最大速度 $2p\omega$ 。可以看出 p 值是不依赖于剛性度的，因此影响投梭系統唯一的参变数是投梭棒的剛性 λ 从而是剛性度 n ，如果名义投梭动程超过 $p\omega\pi/n$ 呎則在同一个投梭凸輪上能够使用二种投梭棒。金属投梭棒投梭动程的極限值 是 6 吋而木質投梭棒是 6.4 吋。为了保証安全， $s = p\Phi$ 投梭凸輪的名义投梭动程設計为 9 吋，虽然有效的动程希望尽量少一些。

在这一論文第二部分中所討論的實驗工作引导到对这一簡單理論作某些修改，如何修改及修改的基础則在現在討

論。

(一) 木質投梭權

設計與製造一個具有充分準確性的投梭凸輪在實際上存在着很大的困難，結果就使測量到的 s 與 Φ 間的關係不同於設計凸輪時所給定的運動性質，因為這個原因，雖然實驗所用的凸輪是按照某些預先決定的名義運動設計的，而測量到的名義運動被作為基礎，以導出其他各參變數值。這樣從實測到的名義運動中所得到的 p 值與設計這運動的規律，均表示在圖2上。測量到的運動值在大部分的投梭行程中是成直線的。由於投梭轉子通過了凸輪的頂點所以從直線的終點開始是曲

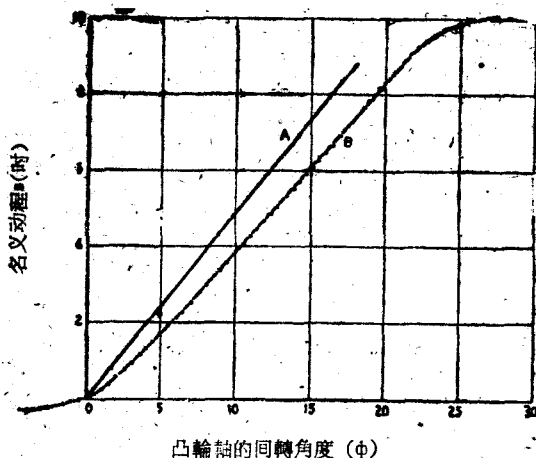


圖 2 名義運動 ($s = p\Phi$ 凸輪，金屬的或木質的投梭棒)

A. 設計的运动 B. 實測的运动

綫；曲綫部分对梭子运动沒有作用，因为在这时梭子已离开皮結。接近于原点的曲綫弯得更是厉害但是是不可避免的；在这个理論中沒有将这一曲綫部分考虑进去，测量到的直綫部分的斜率 p 比設計直綫的斜率为小。

由攝影机将投梭“原动机”軸A的位置記錄下来后能对凸輪軸轉速的变化进行研究，由于利用了同步电动机所以在軸A位置的曲綫上附有了時間标尺。这一方法的具体內容已經发表过。其結果以图解表示在图3^①中，从速度—時間曲綫中能够看出，在加速时期凸輪軸的轉速不能簡單地以時間函数表示。为了避免数学計算的复杂性，不影响实验工作的

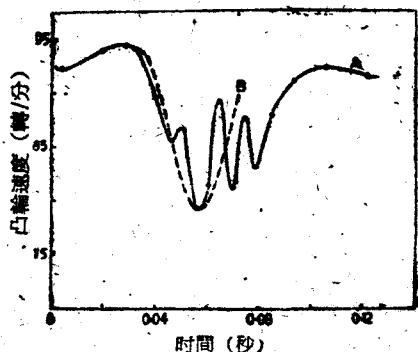


图 3 投梭时凸輪軸速度的改变 ($S=P\phi$ 运动，木質投梭棒)

A. 实验的曲綫 B. 近似的正弦曲綫

①在凸輪軸速度圖的時間比例尺上，零点是任意选定的，所以在投梭之前画出了几个速度值。在所有研究的过程中，凸輪軸的速度是变化着的，而馬达在投梭之前达到全速回轉。

精确性，把凸輪軸的轉速以正弦性曲綫B代表。这时凸輪軸的轉速N轉/分能写成

$$N = a + b \cos \alpha t \dots\dots\dots (7)$$

式中a、b及 α 为从图上所决定的常数；根据这个假定在投梭棒上端产生的力F能从附录(a)中的結果推导而出，即

$$F = \frac{M}{g} \left[\frac{p\pi a n}{30} \sin nt + \frac{p\pi b n^2}{30(n^2 - \alpha^2)} \times (n \sin nt - \alpha \sin \alpha t) \right] \dots\dots\dots (8)$$

图4中为計算得到的相对于時間而画出的投梭棒上端产

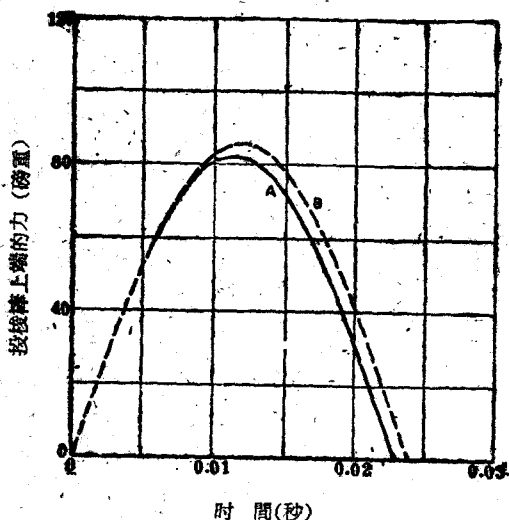


图4 凸輪軸速度对理論的力——時間图解的影响

($s = p\phi$ 运动，木質投梭棒， $n = 132.1 \text{ 秒}^{-1}$)

A. 凸輪軸速度为正弦性

B. 凸輪軸速度为恒速

生的力。虛綫表示凸輪軸以93.9轉/分恒速回轉時投梭棒上端產生的力，力的大小從方程式(6)計算而得，實綫表示在加速時期凸輪軸轉速按正弦性質變化時計算獲得的投梭棒上端產生的力，力的大小由方程式(7)及(8)計算而得。運動開始時這兩根曲綫差不多是重合的，但是當凸輪軸速度降低得較大時，投梭棒上端的力不能達到恒速回轉時那樣的高。它的最大作用力大約小了4%（即為81.9磅重，而恒速時為85.3磅重）並在0.0115秒^①後獲得此最大作用力（恒速為0.0119秒後獲得此值）：加速度在較短時間內完成（即為0.0228秒，而恒速為0.0238秒）。

在這一節中第二個考慮的變數是剛性度。在簡單理論中 n 考慮是常數，但已由實驗發現在投梭過程中剛性是減少的。這是由於投梭轉子經過投梭凸輪的工作表面所造成的，結果改變了加在凸輪軸上的力。在6吋的名義投梭動程中， λ 減少了20%左右，這相應地使剛性度減少了9%左右。當考慮剛性度以函數 s 或 t 表示時可能修正數學方程式，但是沒有這樣做，因為在推介這個問題時將消耗了精力不可能正確地測量到 λ 值。 n 值改變的通常影響表明在圖5上，該圖表示了力—時間的曲綫，凸輪軸速度象圖3中所假定的作正弦性的變化，剛性度變化在132.1及85.0秒⁻¹之間，在這些例子中，假定在投梭動程中每一剛性度的數值保持不變。剛性度的減

①在這個研究工作中，運動的時間都算到四位小數點；這對理論部分是非常需要的，因為 λ 值的很小變化將對投梭棒上端產生的力發生很大的影響。

少降低了与 n 成比例的最大投梭力,并增加了总的加速时间,而加速时间大致与 n 的倒数成正比。

实际上刚性度没有发生突然的变化,而是在投梭过程中逐渐地降低。已经知道现在所讨论的这种运动方式作名义运动时,约在2吋的名义投梭动程时给出了最大的投梭力。假使在名义投梭动程的前面2吋中,力-时间曲线以刚性度的平均数 n_n 画出,则有理由假定最大的投梭力在很大程度上与我们所考虑的因素无关,产生的误差将局限于在产生最大的投梭力以后的曲线部分中。

对投梭理论所作的改变同样也变更梭子的最大梭速的数值。在简单理论中梭子的最大速度是 $2p\omega$ 即 41.3 呎/秒。当

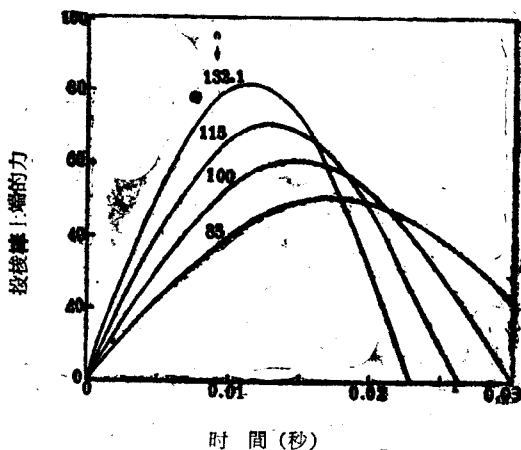


图 5 刚性度对力-时间曲线外形的影响 ($s=p\Phi$ 运动, 木质投梭棒, 正弦性的凸轮轴速度)

考虑凸輪軸速度的降低时，并以 $t=t_{\max}=0.023$ 秒代入附录(a)中的速度方程式，則梭子的最大速度被确定为38.2呎/秒。

討論的結果可汇总如下：

(1) 由于在投梭过程中剛性度的改变，不能容易地得出完整的理論。实际的最大投梭力及得到最大投梭力的時間与理論的数值相差不大，虽然按簡單化的理論所推导出的投梭力要比实际的稍大一点，時間比实际稍短一些。

(2) 由于力—時間曲綫将得出完整的理論，曲綫下降部分的斜率比由方程式(8)所作的曲綫为小。它們的差异在投梭終了时更为显著。計算所得的总的运动時間将是很长。

(3) 名义运动在 origin 附近的不呈直綫沒有在这个理論中进行考虑；完整的理論对力—時間曲綫将給出較小的初始斜率，虽然在短時間后曲綫的斜率将由簡化的理論所給出。这对希望从已知的方程式中得到較短的時間提供了充分的理由。

(4) 因为由理論所推算出来的最大加速度力的数值一般偏大，加之能量急促地传给投梭机构，因此从附录(a)中的方程式所計算出的梭子速度也将偏高。

(二) 金属投梭棒

以同种形式 $s=p\Phi$ 凸輪在使用金属投梭棒所得到的結果与木質投梭棒是非常类似的。在这个凸輪中在 origin 附近的不呈直綫将要象前面一样影响所有的結果。凸輪軸的速度与時間之間的关系仍为正弦性的，从方程式(8)亦能計算出投梭棒上端的投梭力 F 。剛性度改变的影响与已經討論过的例子相

似。当凸輪軸速度作正弦性的降低与运动的总時間为0.0218秒时，根据剛性度 n_n 而計算得的梭子最大速度为35.7 呎/秒。按簡化的理論所計算出的相应值为40.7 呎/秒。在本节(一)末所作的普遍結論都同样能应用于金属的和木質的投梭上。

三、改良凸輪的运动方程式及理論性的結論

$s = p\Phi$ 运动性質的投梭凸輪，虽然普遍地使用着，但有些严重的缺点，主要的缺点为获得一定的梭子速度需要很大的投梭力。这种性質的运动方式不能作任何的改进，如以加速度時間來說，即使考虑凸輪軸速度的降低，也不能超过 $\frac{\pi}{n}$ 秒很大数值。对不同名义运动性質的凸輪已作了理論性的研究，以期发现一种能够按照設計者意願而延长加速度時間的运动方式，以代替剛性度在投梭系統中的变化因素。合理的运动方式是使梭箱适当加长，那末即使梭子的最后速度保持不变也能减少最大的投梭力。已經发现一个最合理的运动方式，它的名义投梭动程由下式决定：

$$s = \frac{A}{\mu} t - A \left(\frac{1}{\mu^2} - \frac{1}{n^2} \right) \sin \mu t \dots\dots\dots (9)$$

式中： μ ——控制作用時間的常数；

A ——最大的实际加速度。

运动时的加速度由下式决定

$$\ddot{x} = A \sin \mu t \dots\dots\dots (10)$$

但設計具有这种正弦性运动的凸輪是有某些实际困难的。 n 很明显地表示在 s 方程式中而正确地測量 n 是不可能的；在