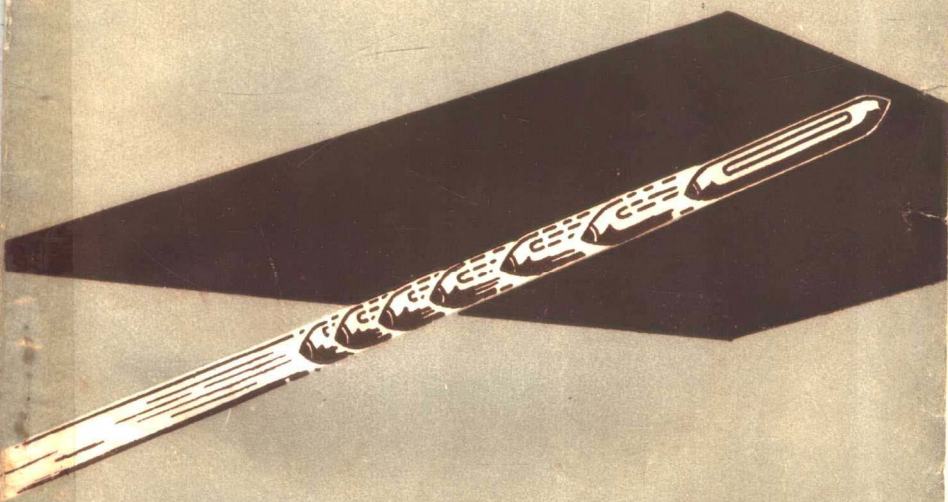


梭子均匀加速度的研究

楊 青 譯
項 海 航 校



紡織工業出版社

梭子均勻加速度的研究

楊 青 譯 項海航 校

內 容 簡 介

本書研究了梭子的各種可能的運動方式的理論，有助於合理地設計織機的凸輪投梭機構。文中提出了梭子在全部或部分投梭過程中具有實際等加速度的數學條件，闡明了織機參變數對於根據這些運動方式所作凸輪設計的影響，並研究了織機參變數的改變對每種運動方式的影響範圍。

本書對提高織機的設計和技術革新的理論有參考價值，可供織造專業的技术人員、研究人員和紡織院校師生閱讀。

梭子均勻加速度的研究

楊青譯 項海航校

紡織工業出版社出版

（北京前門外大街新豐街工業局內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第 16 號

西四印刷廠印刷·新華書店發行

787×1092¹/₃₂ 開本·32¹/₃₂ 印張·1 插頁·78 千字

1960 年 9 月初版

1960 年 9 月北京第 1 次印刷·印數 1~2700

定價 (10) 0.53 元

目 录

第一章 緒言	(5)
第二章 数学的回顧	(8)
第三章 均匀实际加速度的数学条件	(10)
第一节 不变弹性	(10)
第二节 可变弹性	(11)
第四章 等名义速度; $s = v\theta$ 的运动	(14)
第五章 等名义加速度; $s = q\theta^2$ 的运动	(19)
第六章 正弦方式的实际加速度; $\ddot{x} = A \sin \mu t$ 的运动	(23)
第七章 复合运动	(32)
第一节 一般条件	(32)
第二节 $[s = v\theta; \ddot{s} = A]$ 的运动	(33)
第三节 $[s = q\theta^2; \ddot{s} = A]$ 的运动	(39)
第四节 前阶段运动的时间为任何值 τ 时复合运动的方式	(43)
第五节 $[\ddot{s} = kt; \ddot{s} = A]$ 的运动	(48)
第六节 $[\ddot{s} = \rho n(nt + \tan 75^\circ); \ddot{s} = A]$ 的运动	(51)
第七节 $[\ddot{x} = A \sin \mu t; \ddot{s} = A]$ 的运动	(53)
第八章 $\dot{x} = \frac{Aa^a}{1+Bx}$ 的运动	(59)
第九章 加速过程的时间	(76)
第十章 刚性度的偶然改变对运动的影响	(85)
第一节 $s = v\theta$ 的运动	(86)
第二节 $s = q\theta^2$ 的运动	(88)
第三节 $\ddot{x} = A \sin \mu t$ 的运动	(88)

第四节	$[\ddot{x} = A \sin \mu t; \dot{s} = A]$ 的运动	(89)
第五节	$[\dot{s} = kt; \ddot{s} = A]$ 的运动	(90)
第六节	$\dot{s} = \rho n \left(nt - t_0, \frac{n\tau}{2} \right); \ddot{s} = A$ 的运动	(91)
第七节	$\ddot{x} = \frac{Ax^\alpha}{1+Bx^\beta}$ 的运动	(92)
第十一章	織机速度改变的影响	(93)
第一节	$s = v\theta$ 的运动	(93)
第二节	$s = q\theta^2$ 的运动	(94)
第三节	$\ddot{x} = A \sin \mu t$ 的运动	(96)
第十二章	討論	(98)
第十三章	結束語	(101)
附录		(102)

第一章 緒 言

在現代的力織机上，由于应用瞬时的投梭力，梭子的加速度有一个很大的高峰数值。例如，在175轉/分的上打手織机上所作的測定，便說明了作用于重0.7磅的皮結在梭子上的加速力在0.015秒內即从零增加到51磅，再隔0.015秒后又下降到零。反复应用这种加速力有几种不良的后果，机架会发生振幅很大的側面振動。在加速期中两个相啮合的主要的輪齿会很快地被磨損。投梭机构的緩冲作用会导致能量的消耗与更多的振動，而投梭机构也就要有很大的强度以便忍受所加上的振盪应力。織机的传动机构必須能够担負投梭时的高峰負荷，投梭时的高峰負荷可能超过平均值的50%。因此减少投梭时的最大加速力是非常有利的。

要达到这个目的，只有两个方法：更加均匀的加速梭子，或在較长的距离中对梭子进行加速。利用梭箱的整个有用长度来均匀地加速梭子，将可能得到最好的工作条件。并且很大的改进也是可能的，只要計算在1呎距离上（兰开夏織机的最大实用距离）加速皮結及梭子以获得土例速度所需的均匀力，即能看出这一些。与目前的51磅相比較，其数值却只有17磅。

增加梭子加速过程中的距离而不增加加速度的均匀性所得到改善的办法，已由一些研究者証明了。通常的投梭皮帶由双倍长的橡皮管所代替，并使皮結在投梭机构夹持于适当位置的情况下移动一定距离所需要的力降低了，从

250磅/呎降到80磅/呎，加速过程的距离就延长为0.15呎而不再是7.45呎，而最大加速力则为31磅而不是51磅。但是这样的改进不可能应用到工业上去，因为延伸性好而又经久耐用的材料是很难找到的。

使用为得到均匀的名义加速度而设计的投梭凸轮（假使投梭机构的所有部分完全刚性，则梭子所获得的运动为梭子的名义运动）并不能得到均匀的实际加速度，而将得到波动的加速度，其最高值将为设计值的二倍。假定使投梭机构在均匀加速度发生前作适当的变形，则将能得到均匀的实际加速度，但是在夹持与放松投梭机构时所引起的实际困难，阻碍了这种方法在工业中的采用。

最近的研究是在于确定是否有一种梭子名义运动的方式能给予梭子均匀的实际加速度。若这一想法失败，就确定一种运动方式，这种运动方式能在整个有用的投梭行程中起加速作用，并且要除了凸轮的表面外，不改变投梭机构的任何部分。它所得出的最大加速度值不致太大地超过均匀的实际加速度，这样就避免了用上述减少最大加速度的方法所遭遇的实际困难。

为了解决这个问题已经有三种方法。在第六章中，取 $A \sin \mu t$ 的方式，则实际的最大加速度限制于 A 值，正弦是一种最简单的有界函数， A 与 μ 均是常数， t 是时间。 A 与 μ 是这样选定的，即 A 应当在使梭子于合适的距离中得到需要的速度的前提下愈小愈好。第二个方法即相当于预先变形，即是使投梭凸轮用一快速的名义加速度，随后再应用均匀的实际加速度。这种方式的运动将在第七章中进行讨论。第三

种方法将在第八章中叙述，在这种方法中，力——距离曲线
的形式是考虑的出发点，对靠近原点的实际加速度与实际位
移间的关系进行了研究，研究的结果作为在整个加速期中建
立不同数量间关系的基础。这三种方法均解决了均匀加速的
问题；然而第一、第二种方法的结合应用似乎是比较好的方
法。在下面的章节中将讨论它们之间相对的优点。

第二章 数学的回顾

投梭机构的基本数学理论，应用在本文中的理论部分可概括如下：梭子的名义位置，（即在第一章中所定义的，假定投梭机构的所有部件均是完全刚性时，在加速期中曲拐任何规定位置相对应的梭子所佔有的位置），也就是当用手慢慢回轉織机，弯軸在某一已知位置时梭子所佔据的位置。設投梭开始后經過的时间是 t 秒，这时弯軸所轉过的角度是 θ （以弧度表示）， s 代表相应的名义位移，則它們之間的关系可以用下式表示：

$$s = f(\theta) \dots\dots\dots (1)$$

式中 $f(\theta)$ 是 θ 的函数，它决定于投梭凸輪的形状以及貫連凸輪到梭子的各个部件的尺寸和位置。当織机運轉时，投梭棒的弹性及投梭机构其他部分的可变性导致了一組新的力量产生作用。因而投梭机构的所有部件都受到弹性变形。在加速期中，弯軸在任何已知位置时，梭子的实际位移小于相应的名义位移。对現有的棉織机上通常所見到的名义运动（或称标量运动）而言，梭子运动的滞后距离最大可能增加到 4 吋，而后再行减小。假使梭箱的长度能够应用于整个投梭动作的过程，則在最后，滞后的距离能减少到零。已經由实验发现，加到梭子上的加速力与滞后距离成正比，所以假使 x （呎）表示在时间 t 后的实际位移，則可得到运动方程式如下：

$$M\ddot{x} = \lambda(s - x) \dots\dots\dots (2)$$

式中 M （磅）是梭子与皮結的重量， λ （磅/呎）是投梭系統的剛

性，并能看作为常数。設將 $\frac{\lambda}{M}$ 写成 n^2 ，則运动的方程式变成标准的形式：

$$\ddot{x} = n^2(s - x) \dots \dots \dots (3)$$

n 值的单位以秒⁻¹表示，以后就方便地称之为投梭系統的刚性度； n 值愈大实际运动就愈接近名义运动。

在这个理論中作了某些簡化的假定。掣梭鉄的阻力作为零，投梭机构中产生显著弹性变形部分的重量与皮結及梭子的全部重量比較时是可略去不計的。同时还假定在梭子加速过程中織机的速度是不变的，所以 $\theta = \omega t$ ， ω 是弯軸的角速度以弧度/秒表示。因此当 s 与 θ 間的关系知道时，公式(3)就可进行积分。

第三章 均匀实际加速度的数学条件

第一节 不变弹性

现在就能够对梭子具有均匀实际加速度所必须具备的条件进行数学上的研究。假使当所有的 t 值大于或等于固定值 t_0 时，实际加速度 $\ddot{x}$ 有一定的常数 A ，则由积分：

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} &= A \\ \dot{x} &= At + B \\ x &= \frac{At^2}{2} + Bt + C \end{aligned} \right\} t \geq t_0$$

式中 B 与 C 是积分常数。将 x 及 $\ddot{x}$ 代入运动方程式 (3)，并解出 s ，得

$$s = \frac{At^2}{2} + Bt + C + \frac{A}{\pi^2} \dots \dots \dots (4)$$

现在有二种情况要考虑，第一，在整个运动中是均匀的实际加速度，即 $t_0 = 0$ 。然而，因为梭子从静止开始运动，初始条件是 $t = 0 = x = \dot{x}$ 。因此 $B = C = 0$ 而方程式 (4) 变为下列的形式：

$$s = \frac{At^2}{2} + \frac{A}{\pi^2}$$

在这种条件下，当 $t = 0$ 时，有一定的名义位移。这是预先变形的投梭机构的解析条件，假使对所有的 t 值均需要均匀的实际加速度，那末这就是唯一的解答。

另外的解答也是可能的，假使需要的严格性降低了，即

当 $t_0 > 0$ 时, 对所有的 t 值加速度将是均匀的, 而 t 则大于或者等于 t_0 。要达到这个要求必须制造一种投梭凸轮, 这种凸轮可得到复合的名义运动, 这样第一部分产生的实际加速度是从初始时的零增加到 t_0 时的 A 值, 第二部分则产生均匀的实际加速度。在后阶段运动时, s 的方程式将变成方程式 (4) 的形式, B 与 C 不等于零, 因为在等加速度时, 在时间 t_0 时梭子的实际位移与速度将不等于零。这样的复合运动将在第七章中详细讨论。

现在已经证明了, 在正常的织机条件下, 若使投梭机构预先变形就能够在整个的投梭过程中得到均匀的实际加速度, 若要在投梭过程的后部分得到均匀的实际加速度, 则只有采用适当的复合名义运动。研究其他可能得到均匀实际加速度的方法是有意义的。刚性度是方程式 s 中唯一的一个织机参变数, 它决定于 λ 与 M 这二个数量之比, 对任何在正常条件下的投梭机构这二数值均是常数。下一节将考虑刚性 λ 不是常数而作为 s , x 或 t 的函数的情况。

第二节 可变弹性

由于 s 及 x 都是 t 的函数, 所以只要考虑刚性 λ 通过 t 来表示的情况。从运动方程式 (2) 中, 假使 λ 是常数并在整个运动过程中等于 A , 则 s 和 x 遵照下列的关系:

$$MA = \lambda \left(s - \frac{At^2}{2} \right) \dots \dots \dots (5)$$

因初始条件 $x = \dot{x} = t = 0$, 所以 $\dot{x} = At$ 及 $x = \frac{At^2}{2}$ 。 s 的一般方程式可任意选择, 最方便的形式是:

$$s = \phi(t) + \frac{At^3}{2} \dots \dots \dots (6)$$

式中 $\phi(t)$ 是 t 的函数，它的条件是 $\phi(0) = 0$ ，因预先变形并不包括在内。从方程式(5)解出 λ ，得

$$\lambda = \frac{MA}{\phi(t)}$$

因此，如果 λ 是以这样的形式变化的，则就能得到均匀的实际加速度。可以用一数字的情况来说明，假使名义位移是 1 呎，在 0.04 秒时间内需要的实际速度是 40 呎/秒，梭子从静止开始，则实际加速度 $A = \frac{40}{0.04} = 1000$ 呎/秒²。当 $t = 0.04$ 秒， $s = \phi(0.04) + \frac{1000(0.04)^2}{2} = 1$

$$\text{即 } \phi(0.04) = 1 - 0.8 = 0.2 \text{ 呎}$$

假使 $M = 1.0$ 磅， λ 从 $t = 0$ [因为 $\phi(0) = 0$] 时的无穷大值降低到 $t = 0.04$ 秒时的 $\frac{1.0 \times 1000}{0.2 \times 32.2} = 155$ 磅/呎。这三个极限值间函数的正确形式决定于 $\phi(t)$ 的形式，这个关系式将是连续函数。对目前讨论的要求来说更精确的定义是不必要的。假使在开始投梭时投梭机构是绝对刚性的，以后弹性逐渐增加，那末就能得到等加速运动。这个结果在实际上如何能够确切地得到是可以想象的。例如在下打手织机上利用滑动夹子以增加投梭棒的有效长度。但是实际困难是很大的，因此这个方法似乎很少有实用价值。

从以上可以看出，得到均匀的实际加速度的实用方法是应用适当方式的复合运动，前阶段运动的目的是使投梭机构充分变形，这样再转变成后阶段的运动，即转变为能够得

到等名义加速度的运动时，就得到均匀的实际加速度。在讨论第七章的复合运动前，对实际上碰到的或其性质适用于作前阶段或后阶段运动的某几种运动先作研究，这些运动方式是：

$s = v\theta$ 的运动 (第四章)

$s = q\theta^2$ 的运动 (第五章)

$x = A \sin \mu t$ 的运动 (第六章)

第四章 等名义速度: $s=v\theta$ 的运动

在人造絲織機及棉織機上能發現接近于 $s=v\theta$ 這一方式的運動。這種運動已由文生特進行了充分的研究，這里只給出了這一運動性質的一些摘要。這一運動的方程式的形式為：

$$\ddot{x} + n^2 x = n^2 v \theta = n^2 v \omega t$$

將這一方程式積分可得到下列的解：

$$\left. \begin{aligned} x &= v\omega \left(t - \frac{\sin nt}{n} \right) & \dot{x} &= v\omega t \\ \dot{x} &= v\omega (1 - \cos nt) & \ddot{x} &= v\omega n \sin nt \\ \ddot{x} &= v\omega n \sin nt & \ddot{\ddot{x}} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

各個名義數量置于相應的實際數量的旁邊已便比較。加速過程的時間為 $\frac{\pi}{n}$ 秒，這一過程的最終實際位移為 $\frac{\pi v \omega}{n}$ 呎，最終速度達到 $2v\omega$ 呎/秒，也就是等名義速度的二倍。最大加速度為 $v\omega n$ 呎/秒²，它發生于 $\frac{\pi}{2n}$ 秒後，也就是在加速期 $\frac{\pi}{n}$ 秒的中途，最大加速度力為 $Mv\omega n$ 磅。

在論文中的其他大部分內容中我們提出了設計投梭凸輪的若干條件，以便對不同運動的優點作討論和評價。這些設計條件的選擇是有意義的。為達到減少最大加速力而設計新的運動，在很大程度上是依賴于採用大的名義的與實際的投梭動程。假使投梭動程縮短，則它們的優越性就很快地降低。另一方面，還得考慮當投梭轉子與凸輪的終點接觸後，梭子還要移動的一段距離（通常是幾吋），這一段距離要附加到工

作动程上去的。在很多織机上实际有效的名义投梭动程只是 8 吋或减少一些，所以改进的效果已很小，甚至可以略而不計。为了适应各章中以数字說明实例，在到第十二章时討論有效距受到梭箱长度的限制的情况前就先假定投梭的实际距离必須不超过 12 吋（这一尺寸已足够發揮已知运动所固有的各种优点）。

今假定梭子經加速后的末速为 43.5 呎/秒，投梭运动的实际有效动程限制为 1 呎。另外，投梭系统的 n 取 100 秒^{-1} ，質量 M 为 1 磅。对于 $s = v\theta$ 的运动方式， $v\omega = 21.75$ 呎/秒，加速过程的距离为 0.68 呎，最大的加速度是 21.75 呎/秒^2 ($67.5g$)，最大加速力是 67.5 磅。这种方式的运动表示在图 1 上。

可以提出二个有意义之点。第一，运动的全部時間不能超过很小的量 $\frac{\pi}{n}$ ，因而自然产生很大的最大加速度，同时也不可能应用运动的整个有效动程。第二，虽然名义运动的时间可能大于 $\frac{\pi}{n}$ 秒，但它对梭子的速度不再起作用。

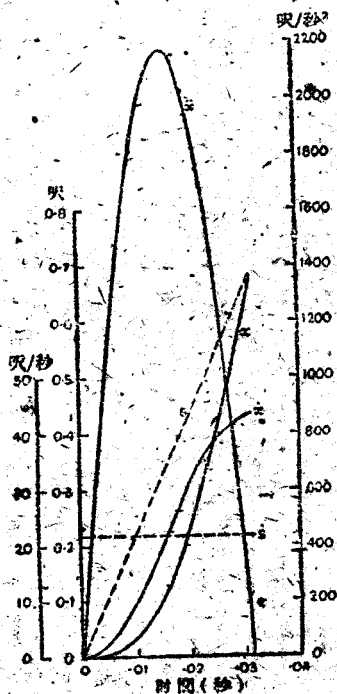


图 1.

$s = v\theta$ 运动 ($n = 100 \text{ 秒}^{-1}$,
 $v\omega = 21.75 \text{ 呎/秒}$, $s = 48.5$
 呎/秒)

刚性度对运动的一般影响应该作分别的研究，因最大加速度数值的获得在颇大的程度上决定于刚性度的大小。研究的条件已作了扩充，所以刚性度所包括的数值取 70 与 130 秒^{-1} 之間，这一范围足够包括实际工作中所遇到的大多数情形。要达到所需速度， $v\omega$ 的最小值是 21.75 呎/秒，即相当于在 T 秒时间完成运动，而 $T = \frac{\pi}{n}$ 。假使 $v\omega$ 的数值是 21.75 呎/秒以上，则需要速度 43.5 呎/秒在 $\frac{\pi}{n}$ 秒前就能达到。从方程式(7)知，假定 nT 不小于 $\frac{\pi}{2}$ 。则最大的实际加速度永远是 $v\omega n$ 呎/秒²。凸轮作用的投梭动程或名义距离 S 能从方程式(7)已刚性度及总时间 T 表示成下式：

$$S = v\omega T = \frac{43.5T}{1 - \cos nT}$$

S 对应于最小的 $v\omega$ 有一最大值 $\frac{21.75\pi}{n}$ 或 $\frac{68.34}{n}$ 呎，并当 $nT = 2.331$ 弧度，也就是 $v\omega = 25.75$ 呎/秒时，有一最小值 $\frac{60.03}{n}$ 呎，当 $v\omega$ 超过 25.75 呎/秒时，投梭动程增加很慢而最大加速度增加很快。对于刚性度 n 的任何数值，投梭动程必须在最小值 $\frac{60.03}{n}$ 呎与最大值 $\frac{68.34}{n}$ 呎之間。图 2(a) 为对应于刚性度而画出的最大及最小投梭动程，图 2(b) 为对应于梭箱有效距离而画出的最大加速度。当梭箱有效距离超过 $\frac{68.34}{n}$ 呎，则其中一部分便不能使用，所以每根曲线的最后部分有一条与轴平行的直线。极端的情况是相当于 $n = 68.34 \text{ 秒}^{-1}$ ，及最大的投梭动程为 12 吋。

图 4(a) 清楚地表出了最大加速度与刚性度之間的关系。前者的范围从 $\ddot{x} = 2828$ 呎/秒² (87.8g) (当 $n = 130 \text{ 秒}^{-1}$) 到