

非线性三角和织针间的冲击作用

杨善同 翟履修 王金柱

(华东纺织工学院)

一、引言

针织机上的三角是用来传动织针的机件,它使织针按编织工艺所要求的轨迹运动,完成成圈过程。一般设计凸轮时,为了使凸轮以及从动件运动平稳,往往注意到下列原则:硬冲是不允许的,软冲也要尽可能减轻或避免^[1],设计三角时也必须充分注意到硬冲和软冲的问题。直线三角明显地存在着严重的“硬冲”现象,倾斜角度越大,这种冲击力也越大,可高达1公斤以上^[2]。由于织针的负载很小,在常速情况下,即使受到的冲击力稍大一些,总的应力还在织针的强力范围之内,但它们的运动是否平稳可靠,将直接关系到针织机的效率。五十年代末彼德罗夫^[3]提出由于三角的冲击而造成断针头的问题后,三角对织针的冲击以及如何改善这种冲击的问题,引起人们的重视。

在实用的针织机上,三角走针跑道游隙的不可避免,织针的重量、弹性、刚度以及针槽壁和织针间空隙等机械条件的存在,使实际的三角与织针间作用方式以及作用力的大小等问题,成为极为复杂的力学问题。它不是单纯地取决于三角作用面的几何形态,而在很大程度上取决于以上千变万化的机械条件。因此,结合三角工作与面的几何形态,和由实验取得的数据,对三角与织针间的冲击作用进行分析和探讨,将有助于三角的合理设计。

二、非线性三角与织针冲击作用的特征

就三角作用面的几何形态来说,非线性

三角和直线三角的主要区别是非线性三角 ABCD (图1甲)并不象直线三角 ab (图1乙)那样一阶导数等于常数、二阶导数等于零,而是一阶、二阶导数均为按一定规律变化着的函数。若织针和三角都是刚体,那么就动力学角度来说,非线性三角将不象直线三角那样使织针按等速运动,而是在三角的 AB 部段上使织针产生纵向运动的加速度,在 CD 部段上织针可能在摩擦阻力或其他外力作用下产生纵向运动的减速度。若上述的这种摩擦阻力或其他外力不足以使织针减速到足够程度时,那么织针这时将产生窜跳,离开三角作用面而冲向跑道对侧三角的工作面 C'D'。在上述加速和减速二者之间,也夹有等速运动部段 BC。

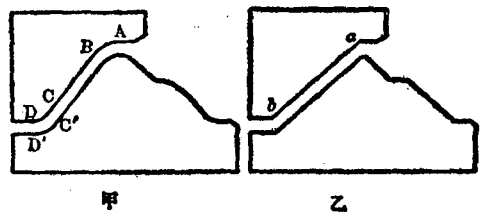


图1 三角工作面的几何形态

另外,若织针和三角都是刚体,则当织针在a点处开始冲击直线三角时,以及在b点处以一定的速度冲向护针三角时,织针运动的纵向速度将在瞬时内突变,也就是将受到一个冲击力为无穷大的“硬冲”。而对非线性三角来说,则可借助于合理设计三角工作面,使这里的一阶、二阶导数连续,避免这种“硬冲”现象。

但是,织针和三角并不是刚体,尤其是

织针在实用的针织机上受到三角的侧向冲击时的冲击力不会是无穷大, 尽管它的数值可达1公斤以上, 却还是一个可测得的有限数值, 而且它的大小与速度、三角角度、织针刚度等有关^[2]。同时对非线性三角来说, 由于三角安装位置, 三角与织针尺寸的公差、针槽的松紧、三角编织工艺点的调节、走针跑道游隙的不可避免等原因, 要将三角设计得能使织针始终贴附在三角工作面上而毫无失控现象, 而且它的运动轨迹的一阶、二阶导数完全连续, 将是不现实的。因此对上述ABCD那样的实用非线性三角, 以及它对织针的实际作用方式, 作如下的解释将是符合实际情况的。

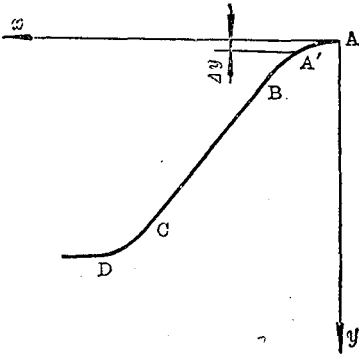


图2 非线性三角曲线

1、设非线性三角ABCD的A点为坐标原点(见图2), 在加速运动部段AB上, 一阶导数 Y' 将随着 X 的增大而增大。在A点: $X=0, Y=0, Y'=0$ 。在B点: Y' 达最大值, 即织针的纵向运动速度达最大值。

在等速运动直线部段BC上, $Y=K+mX$ 和 $Y'=m$ 。为了使织针能从AB部段平稳地过渡到BC段, 以及从BC段过渡到CD段, m 必须等于 $Y'_{X=X_B}$ 和 $Y'_{X=X_C}$, 而且最好 $Y''_{X=X_B}=Y''_{X=X_C}=0$, 或者很小。这样过渡时不仅没有“硬冲”, 而且“软冲”也很小。

在减速运动部段CD上, 织针纵向运动速度值从最大逐渐降到等于零, Y' 将随着 X

的增大而减小, 在D点处, $y'_{x=x_0}=0$ 。

2、实际上, 织针并不会那么正确地在A点开始接受三角ABCD的作用, 它可能在 A' 点或者说在 AA' 这一区间内。总之, 在织针和三角开始相碰撞的作用点处的 Y' 已具有一个相当的数值。

在直线三角冲击时, 三角倾斜角越大, 不仅水平方向冲击力, 而且垂直方向冲击力也将成倍地增大。主要理由是: 由于水平方向冲击力因三角角度增大而增大时, 将使织针紧压着针槽壁和三角, 从而急剧地增大了织针纵向运动的阻力和三角对织针的纵向作用力。非线性三角和织针开始冲击处的斜率很小, 因此冲击力的幅值也就很小, 冲击后织针的纵向运动速度也不会太大。而且这种冲击力的大小, 也将根据实际冲击点 A' 离原点A的距离 ΔY 而定, ΔY 愈小, 冲击力也就愈小。在实用针织机上, 由于工艺调节的要求, 机械加工的允差, 以及其他因素而造成的织针与三角的实际开始冲击点将在 A' 点, 因此设计非线性三角时, A' 点处的斜率不能太大。这样, 实际上织针将在 AA' 区间内的任一点上接受非线性三角的冲击, 所产生的冲击力也就不会很显著, 而且将迅速过渡到织针贴附在三角工作面的平稳区工作状态。

3、在AB部段内, 三角的斜率是渐增的, 因此在这里平稳区的作用力(尤其是水平方向作用力)将和直线三角平稳区的作用力有所不同, 它将随着斜率的增大而增大。

4、在等速运动BC部段内, 三角是呈直线状, 三角对织针的作用将和直线三角平稳区内的作用情况相同。

5、在减速运动CD部段内, 斜率逐渐减小, 三角对织针的作用力将随着斜率的减小而减小。当斜率变化较大, 而织针的摩擦等外界阻力又较小时, 织针有可能脱离三角, 发生窜跳现象。

综上所述, 不难理解, 对上述非线性三

角来说，三角与织针间作用力 P_V 和 P_H 的典型波形图，见图 3。一般说来，第一次冲击力（A' 点处）由于这里三角的斜率很小，尤其是对水平方向冲击力 P_H 来说将会更小，甚至可能比平稳区内 BC 段上的作用力还要小得多。非线性三角平稳区的作用力，虽然并不象直线三角那样基本呈一直线，而是随着所处斜率的增减而增减，但这种增减并不带有象冲击那样瞬时的急剧变化，而是平稳地随着三角斜率变化规律而变化的。而且它们的数值也将单纯地取决于外界阻力等力学平衡条件，完全可在设计时按需要预先给定。

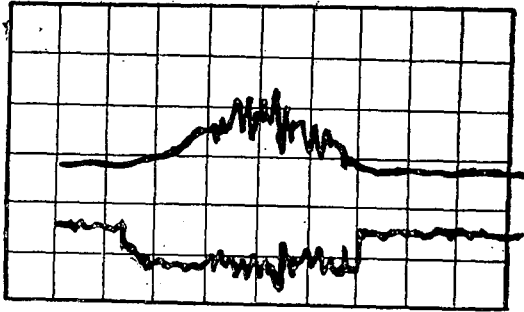


图 3 非线性三角的典型波形

注：三角：15°多项式；织针：袜针；摩擦力：110克；
速度：150 转/分；
水平、垂直，全幅：X轴每格为5 毫秒，Y轴每4小格100克力，全程23.5毫秒，
原点第一次冲击力：水平不明显，垂直50克力。

三、实 验

为了探讨非线性三角对织针作用的机械力学性质，以及为了便于和资料 [2]、[4] 中所探讨的直线三角对织针的冲击力相比较，作者曾用资料 [2] [4] 中所阐明的冲击力测试装置和实验方法，以及小直径（89毫米）实验机台进行了非线性三角对单只织针冲击作用的测试实验。

实验选用的非线性三角中，有圆弧连直线的，有多项式的，有多项式连直线的，有手工直接加工磨成的，有用光电跟踪切割成的，也有用电子计算机计算、编好线切割机床程序后切割而成的。

实验中测试了针织机常用速度范围内多档不同运转速度时的非线性三角对织针的冲击，还模拟实用针织机，由于调整压针三角而引起织针开始冲击三角的所在位置变动的情况，测试了这种开始冲击位置的变更对冲击作用的影响。

从实验所得的结果可见，不论是圆弧连直线，还是多项式曲线，也不论加工的精度高低，都获得类似于图 3 所示的波形图。

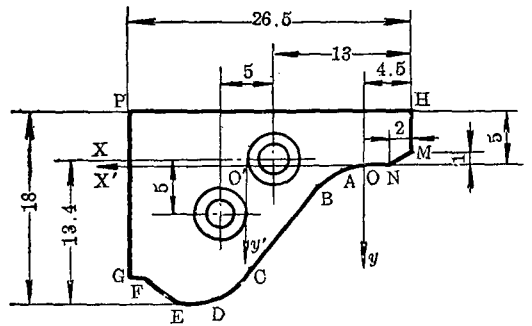


图 4 三角的几何形状

图 4 是所用的一个三角设计工作面的廓线展开的几何图形，下面是其方程。

OA段： $X_O = 0, X_A = 2, f(X) = 0.268X$ 。

AB段： $X_A = 2, X_B = 4,$

$$f(X) = 0.010X^3 + 0.155X^2 - 0.467X + 0.773。$$

BC段： $X_B = 4, X_C = 10.5; f(X) = 2 + 1.235(X - 4)。$

CD段： $X_C = 10.5, X_D = 14.5,$

$$f(X) = -0.0156X^3 + 0.436X^2 - 2.708X + 8.658。$$

DE段： $X_D = 14.5, X_E = 17.3; f(X) = 13。$

EF段： $X_E = 17.5, X_F = 20, f(X) = 13 - 0.767(X - 7.5)$

FG段： $X_F = 20, X_G = 22, f(X) = 10.7。$

它是在用电子计算机计算和编好线切割机床程序后切割成的。图 5 是用这种三角进行测试三角与织针冲击起始点位置调整后的冲击作用情况。它们有着相同的平稳区作用力，它们间唯一不同点就在于第一次冲击力的大小。织针和三角冲击起始点位置愈高时，则第一次冲击力将愈小。由图 5 可见，调节 0.6 毫米后，其冲击力较小，在允许范围之内，这种调节范围是设计者可接受的。

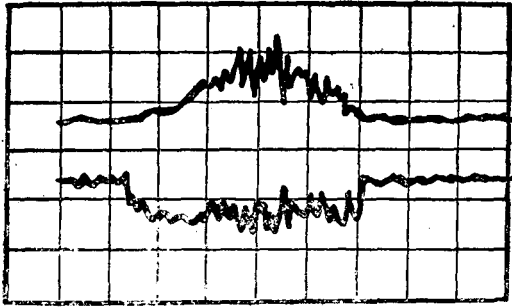


图 5 (甲)

在A点(见图1)
 水平方向冲击力不明显
 垂直方向冲击力50克力

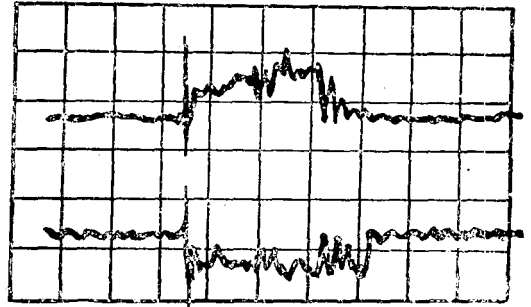


图 5 (丁)

在A'点(见图2) ($\Delta y = 0.6$ 毫米)
 水平方向冲击力175克力
 垂直方向冲击力260克力

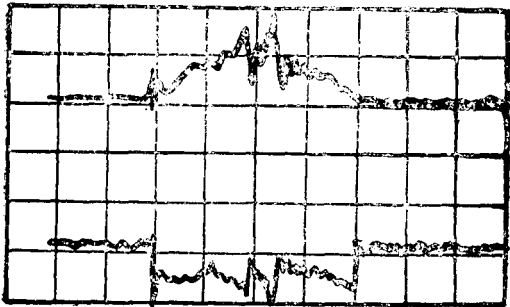


图 5 (乙)

在A'点(见图2) ($\Delta y = 0.1$ 毫米)
 水平方向冲击力65克力
 垂直方向冲击力175克力

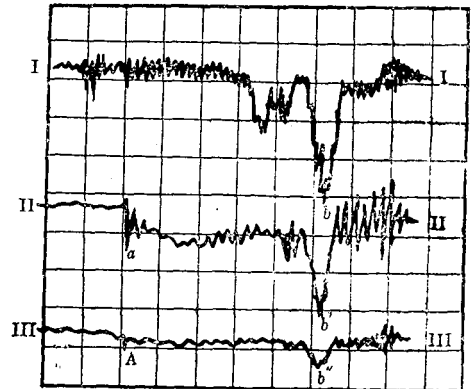


图 6 三角对织针作用力及纱线
 作用在口齿上张力实测波形

图6是三角对织针的水平与垂直方向作用力及纱线作用在口齿上的张力的实测波形图。它是在圆纬机上用手工磨制的圆弧连直线的压针三角, 编织单面织物时的情况。图中, I—I表示纱线作用在口齿上的张力, II—II表示三角对织针垂直方向的作用力, III—III表示三角对织针水平方向的作用力。b点是纱线作用在口齿上的最大作用力。由于测试冲击力时, 织针是插在检测口齿的邻近针槽内, 因此图中b、b'、b''三点和峰值, 可说明在b点处纱线作用在口齿上的力达最大值时, 织针由于纱线张力而产生的工艺阻力也相应于b'、b''点处达到最大值。它的大小可由b'和b''的Y轴座标确定。从图可明显看出: 三角对织针的第一次垂直

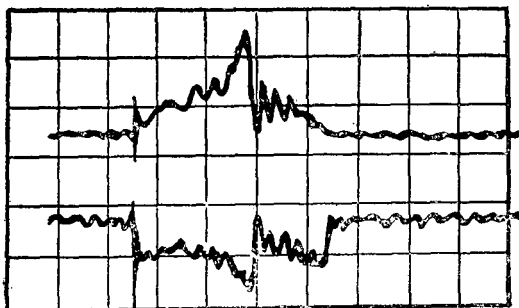


图 5 (丙)

在A'点(见图2) ($\Delta y = 0.3$ 毫米)
 水平方向冲击力75克力
 垂直方向冲击力200克力

方向冲击力a或水平方向冲击力A与相对应的工艺阻力b'或b"相比较,都是较小的,在允许范围内。

第一次冲击的水平冲击力 P_H 和垂直冲击力 P_V 之间,基本上遵循着下列关系:

$$P_V = P_H \cot \theta \quad \text{或} \quad P_H = P_V \tan \theta$$

式中: $\tan \theta$ 为三角工作面在冲击起始点A'处的斜率。

图7是一组用手工加工的圆弧连直线三角,以不同速度运转时对织针冲击作用的波形图。图8是这种三角的原来设计工作面廓线展开为平面的几何展开图形和方程。

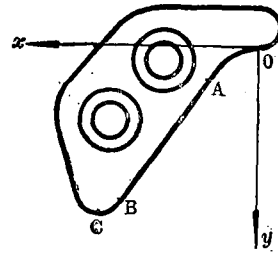


图8 三角轮廓线

在这些波形图中,除了实际工作范围的横向宽度将随机器速度的提高

比例地减狭外,它们有同样的平稳区。但它们的第一次冲击力都和直线三角的第一次冲击力一样,随着速度的提高而增大。

方程如下:

$$OA: Y = 5 - \sqrt{5^2 - x^2}$$

$$(x_0 = 0, x_A = 4.145)$$

$$AB: Y = 2.204 + 1.483(x - 4.145)$$

$$(x_A = 4.145, x_B = 11.358)$$

$$BC: Y = 11.5 + \sqrt{2.5^2 - (13.431 - X)^2}$$

$$(x_B = 11.358, x_C = 13.431)$$

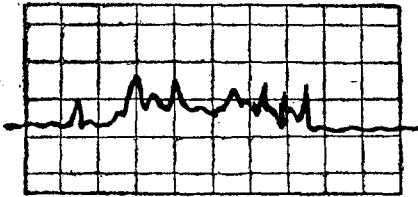


图7 (甲) 三角对织针冲击波形图

机器转速: 140转/分;
垂直方向第一次冲击力: 80克力;
X轴: 每格4毫秒, Y轴: 每格100克力。

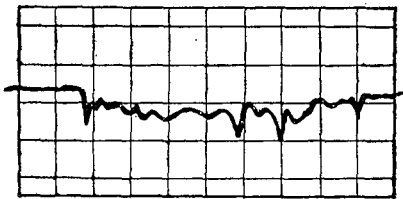


图7 (乙) 三角对织针冲击波形图

机器转速: 183转/分;
垂直方向第一次冲击力: 100克力;
X轴: 每格2毫秒, Y轴: 每格100克力。

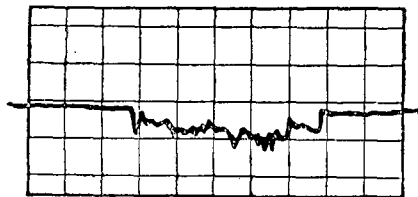


图7 (丙) 三角对织针冲击波形图

机器转速 232转/分;
垂直方向第一次冲击力: 130克力;
X轴: 每格2毫秒, Y轴: 每格100克力。

四、结 论

1、在实用针织机上根据织物不同密度而必须进行的三角安装位置调节或其他因素,织针与非线性三角开始接触点不可能完全在原点A处(图2),而是在AA'区间内。

2、非线性三角对织针的第一次冲击力的大小取决于开始冲击点A'处斜率的大小,设计者可将非线性三角可能开始冲击织针处的斜率控制在较小的范围内。这样,非线性三角的第一次冲击力也在较小的范围之内,尤其是水平方向的冲击力更小。

3、非线性三角对织针的作用,也存在冲击区(第一次冲击)和平稳区。它们第一次冲击力和直线三角一样,随着速度的提高而增大,只是在数值上较直线三角要小得多。

4、平稳区内非线性三角对织针的作用力的大小,随所在处的斜率而定,而在织针离开三角处的作用力以及织针的纵向运动速度,可能已降到零。不过在CD部段内,当

外界阻力较小而不足以使织针产生足够减速时，织针可能脱离三角工作面呈失控状态。

参 考 资 料

- (1) 《常用机构的原理及应用》，机械出版社，278；
- (2) 《华纺学报》，1980年，第1期，31
- (3) 《轻工业》，1958，№1，C27（俄）；
- (4) 《华纺学报》，1979年，第1期，Po。

The Impact Action between Non-Linear Cam and Knitting Needles

Yang shantong et al

(Abstract)

This paper describes investigations and discussions about the impact action between non-linear cam and knitting needles. It also gives a typical mode of the oscillogram of acting force between the practical non-linear cam and some useful conclusions about the acting force.