

机织针织物的组织结构与纬纱长度计算

王爱凤

(上海纺织工业专科学校)

【提要】 本文系统地分析了机织针织物中针织狭条的组织结构及其编织方法,根据线圈的几何结构探讨了纬纱长度的理论计算方法,为确定产品的工艺参数提供理论依据。

机织针织物又称织编物,它是由机织狭条和针织狭条相间排列组合而成的新颖织物。本文通过对国内外织编物针织狭条的组织结构分析,试图归纳其编织规律,为织编物的产品开发提供设计依据;同时通过对线圈几何结构的分析,探讨纬纱长度计算公式,为生产中确定经、纬纱用纱比例和调节积极送纬机构的送纬量提供理论依据。

一、针织狭条的组织结构及编织

织编物上的针织狭条是由线圈相互串套形成的一个线圈纵行,相邻两线圈纵行的延展线即为与经纱相交织的纬纱。针织狭条是影响织编物物理-机械性能的重要因素,因为存在着线圈纵行,使织编物增加了透气性、横向延伸性和弹性。针织狭条按其线圈结构不同,可以分为以下几种。

1. 经平组织的针织狭条

如图1(1)、(2)所示,每一根纬纱A所形成的线圈轮流地排列在相邻两个线圈纵行中。编织时引纬针G和织针N相互配置关系如图1(3)所示,当引纬针G作向右(图中实线所示)和向左(图中虚线所示)摆动时,将纬纱垫在相邻两枚舌针上。引纬针的垫纱运动亦可用简图(4)、(5)来表示,图中圆点代表针头,每个圆点的上方代表针钩位置,圆点的下方表示针背,如果垫纱时纬纱是由针钩前绕到针背,则形成具有闭口线圈的经平组织,如图1(1)。如果纬纱从针背绕到针钩前,

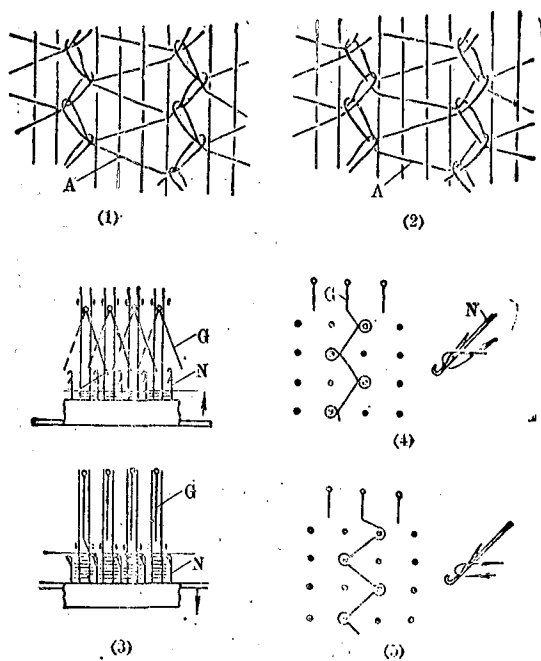


图1 经平组织针织狭条的结构和编织示意图

则形成具有开口线圈的经平组织,如图1(2)。

经平组织上每个线圈具有单向延展线,即线圈的导入与引出延展线位于该线圈的同侧,由于弯曲纱段在纱线本身弹性力的作用下力图伸直,因而使线圈纵行呈曲折形排列。线圈在纵行中的倾斜程度取决于纱线的弹性和线圈密度,纱线弹性愈好或线圈密度愈大,则线圈的倾斜度亦愈大。这类织编物具有较大的延伸度,且针织线圈纵行具有逆编织方向脱散的特性,当针织狭条中的一个线圈断

裂，织物并受到横向拉伸时，则由断纱处开始，线圈沿纵行连续向下脱散，使织物沿此纵行分成两片，这是这种织编物的缺点。

2. 变化经平组织的针织狭条

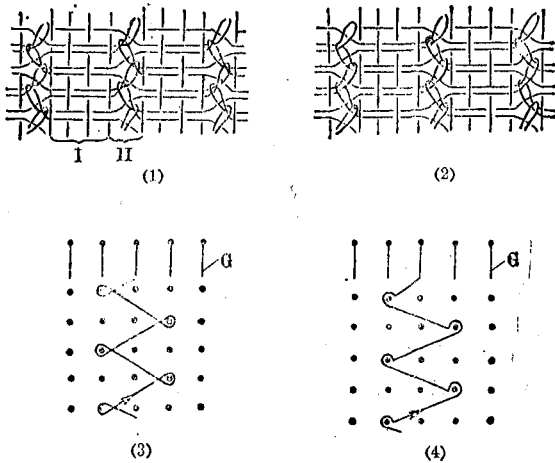


图 2 变化经平组织针织狭条的结构和编织示意图

如图 2 (1)、(2)所示，它由两个经平组织组合而成，一个经平组织的线圈纵行配置在另一个经平组织的线圈纵行之间，一个经平组织的延展线与另一个经平组织的线圈在反面相交叉。组成针织狭条的线圈也有开口和闭口之分，其编织方法用简图表示在图 2 (3)、(4)中，引纬针 G 与舌针 N 呈相对配置，引纬针向左摆动或向右摆动时，将纬纱轮流在其相邻的两只舌针上垫纱成圈，而纬纱不垫放在引纬针相对的舌针上，纬纱在该只舌针的针背后通过。当引纬针按图 2 (3)方式垫纱时，形成了闭口线圈，按图 2 (4)方式垫纱时，形成了开口线圈。

这类织物亦具有曲折形的线圈纵行，针织狭条有逆编织方向脱散的缺点，但由于线圈纵行后面有另一经平组织延展线的制约，所以其脱散性和横向延伸度比经平组织的织编物为小。因为织物的反面存在着浮线，所以针织纵行凸出在织物表面，浮线经拉绒可形成起绒织物。

3. 重经平组织的针织狭条

如图 3 (1)所示，每根纬纱先向一个方向

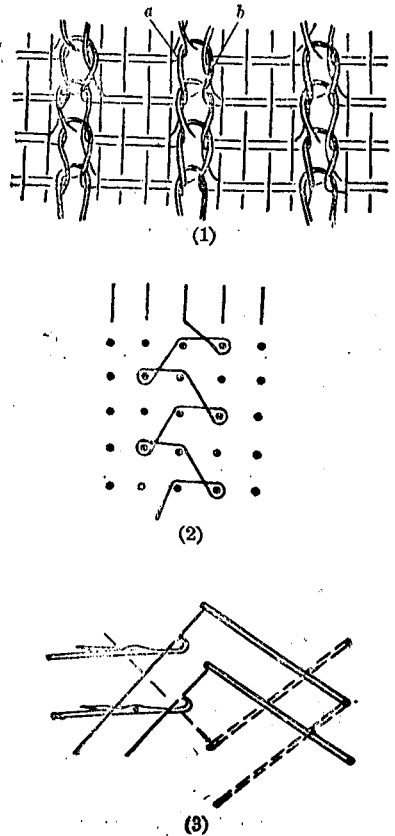


图 3 重经平组织针织狭条的结构和编织示意图

引纬，连续形成两只线圈，然后又反向引纬，又连续形成两只线圈。引纬针 G 的热纱运动规律可用简图 3 (2)表示之，引纬针与织针亦呈相对配置，编织时每只织针上垫到了两根纬纱，如图 3 (3)所示，一根是舌针所对引纬针上引出的纬纱，垫放在离针钩较远位置，形成开口线圈 a，其延展线分布在线圈两侧，另一根是由相邻的引纬针上引出的纬纱，垫放在靠近针钩处，形成转向线圈 b，其延展线配置在线圈的一侧。

线圈 a 在线圈纵行上呈 V 形直立状排列，而线圈 b 由于单向延展线段的存在，在纱线弹性力作用下将有向延展线反方向倾斜的趋势，但由于线圈 a 的影响，线圈 b 的倾斜程度比经平组织或变化经平组织小。因为形成线圈 a 的纱线在针头上的位置比形成线圈 b 的纱线离针钩为远，在以后成圈过程中

如果始终保持着这种位置，则线圈 a 易在织物的正面显露。应该指出，线圈之间的覆盖关系受到多种因素，诸如纱线张力、细度及摩擦系数等的影响，为了取得理想的覆盖效果，必须合理地确定上述各工艺参数。这类织物的线圈脱散性和织物的横向延伸度较小，故应用较为广泛。

4. 带有悬弧的针织狭条

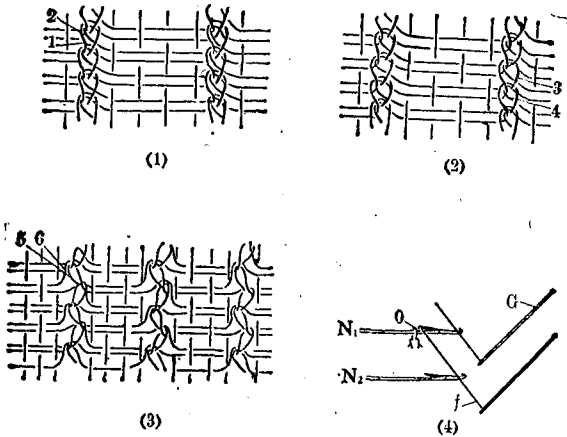


图4 带有悬弧针织狭条的结构和编织示意图

该针织狭条的特点是在每只线圈上除套有一只普通线圈外，还套有一只未形成线圈的悬弧。如图4(1)中每只线圈上套有一个开口线圈1和悬弧2，在图4(2)、(3)中每只线圈上套有一个封闭线圈3、5和悬弧4、6。悬弧6不同于悬弧2和4，它具有双向延展线。编织时引纬针 G 与织针 N 的相对配置与图3(2)相同，所不同的是引纬针将纬纱 f 垫放在引纬针所对舌针 N_1 的针杆上和右面或左面相邻舌针 N_2 的针钩中，当舌针缩回时，舌针 N_1 上新垫到的纬纱 f 与旧线圈 O 一起从针头脱下，形成了悬弧2或4，而垫在舌针 N_2 上的纬纱 f 将形成新线圈，如图4(4)所示。根据形成悬弧的纱线在针杆上的位置和线圈之间覆盖关系，脱圈后织物正面是线圈覆盖住悬弧。当引纬针 G 作单向摆动时，则就形成了图4(1)或(2)所示的线圈纵行，开口和闭口线圈形成方法与上述相同，取决于引纬针

围绕舌针的运动方向。

5. 编链组织的针织狭条

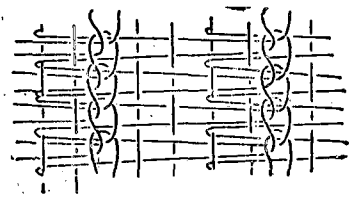


图5 编链组织的针织狭条结构

如图5所示，每一线圈纵行都是由同一根纬纱形成，线圈的延展线被拉长，作为纬纱同经纱相交织，按照引纬针垫纱时的运动方向，编链组织的线圈亦可分为闭口和开口两种，图中所示的为闭口线圈。编织时引纬针与舌针的相互关系与图1(3)相同，但它只作单向摆动，且摆动动程约两个针距。为了将相邻机织狭条彼此联结起来，纬纱只垫到离引纬针较远的一枚针上，相邻的一只舌针上不垫该根纬纱，纬纱从舌针的针背后通过，所以在针织狭条后面亦有浮线。这种织物较为稀薄，在机织狭条中由于各部位的密度不同，故有孔眼效应产生，利用不同颜色的经纬纱，可以形成彩格条的织编物，用作窗帘等装饰品。

二、纬纱长度的计算

引纬针摆动一次所编入的纬纱长度是织编物的重要结构参数之一，它关系到织物的性能、外观和织造工艺。纬纱长度是由机织狭条中与经纱相交织的纬纱段长度 L_w 和针织狭条中的线圈长度 L_k 两部分组成。本文以常用重经平组织为例加以讨论，并建立纬纱长度的计算公式。

1. 开口线圈长度的计算

如图6所示，开口线圈由延展线 NMA 及 FGH 、圈柱 AB 、 EF 和针编弧 BTE 所组成。延展线的几何形状较为复杂，它与前一横列的线圈相互缠绕后呈水平方向引出与经纱交织，形成一条空间曲线。缠绕处的线圈形态

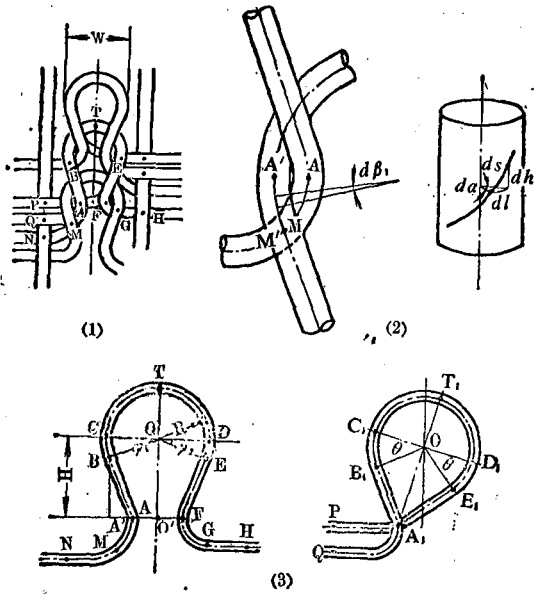


图 6 线圈几何形态

如图 6 (2) 所示, 图中延展线的起始点为 A, 缠绕的终止点为 M, 以后该延展线水平向左与经纱相交织。若前一横列线圈 (简称旧线圈) 与新线圈的相互缠绕纱段为 A'M', 即为旧线圈针编弧中的一部分。考虑到纱线直径比针编弧的曲率半径小得多, 且线段 A'M' 在针编弧上为很短的一段, 为简化推导, 将线段 A'M' 近似地看作直线, 而线段 AM 则可视为围绕中心线 A'M' 圆柱体上的螺旋线, 且用纱线的纵轴代表纱段。现取 AM 曲线微段 ds, 它在垂直于圆柱体中心轴的截面上投影为 dl, 若 dh 表示 ds 在圆柱中心轴方向上升的高度, 则:

$$ds = \sqrt{(dl)^2 + (dh)^2} \quad (1)$$

由针织物线圈几何结构理论得知^[1]: 纱线在新旧线圈缠绕处存在一定程度相互挤压的现象, 但由于针织物结构比较松散, 织物一般均留有空隙, 所以缠绕处纱线之间挤压程度较轻, 故仍可看作圆截面。因线段 A'M' 中包含有两根直径为 F_w 的纬纱, 故线段 A'M' 的直径可按合股线的直径计算, 则 ds 所围绕的圆柱体直径为 $2.41F_w$, 如果 dl 在圆截面上所对应的中心角为 $d\alpha$, 如图 6 (2) 所示, 则

$$dl = 1.205F_w d\alpha \approx 1.21F_w d\alpha$$

如果 dh 在针编弧圆弧中所对中心角为 $d\beta_1$, 如图 6 (2) 所示, 则 dh 可用下式确定:

$$dh = R d\beta_1$$

式中: R 为针编弧的圆弧半径。

将 dl 和 dh 代入 (1) 式, 得到:

$$ds = \sqrt{(Rd\beta_1)^2 + (1.21F_w d\alpha)^2} \quad (2)$$

因新、旧线圈在缠绕起始点 (相应于 A、A' 点) 均处于织物平面内, 而在缠绕结束处, 新线圈纱线处于旧线圈纱线下方, 因此线段 AM 在纱线圆截面上的投影所对中心角为 $\pi/2$, 而螺旋线 AM 在圆柱中心线上总升距为弧段 A'M', 它在针编弧圆弧中所对中心角 β_1 可近似地由半径 R 及该弧段所对应弦长 $2F_w$ 求得, 即 $R\beta_1 = 2F_w$ 。如果 $d\alpha$ 和 $d\beta_1$ 在所讨论的范围内均匀变化, 则 $d\alpha$ 与 $d\beta_1$ 比值恒定, 即

$$d\alpha/d\beta_1 = \pi/2\beta_1$$

将 $d\beta_1$ 代入式 (2), 并积分得到:

$$AM = S$$

$$= \int_0^{\pi/2} \sqrt{(1.21F_w d\alpha)^2 + \left(\frac{2R\beta_1}{\pi} d\alpha\right)^2} d\alpha$$

$$= 2.75F_w$$

线段 MN 近似为直线, 从织物平面后引出, 按照此处纱线间交织关系得:

$$MN = 0.5F_j + 1.5F_w$$

式中: F_j 为经纱直径。

同理可求得延展线 FGH 长度, 但线段 FG 长度与 AM 线段的差别仅在于线段 FG 所对应弦长为 F_w , 则 $R\beta_2 = F_w$

$$FG = \int_0^{\pi/2} \sqrt{(1.21F_w d\alpha)^2 + \left(\frac{2F_w}{\pi} d\alpha\right)^2} d\alpha$$

$$= 2.14F_w$$

同理可求得 GH 为:

$$GH = 0.5F_j + 1.5F_w$$

针编弧 BTE 及圈柱 AB、EF 长度可按照纬编平针线圈几何结构理论加以求得, 由图 6 (3) 可看出, 针编弧长度为:

$$\widehat{BTE} = \pi R + 2Rr$$

式中： r 为圆弧 \widehat{BC} 或 \widehat{DE} 所对中心角。

点 B 和点 E 为圈柱与针编弧的切点。在常用织物密度范围内，针织狭条中线圈宽度 W 可根据纬编织物工艺设计原则确定为 $4.5F^{(2)}$ ，这里的 F 为构成线圈的纱线直径，考虑到每只线圈包含互相挤紧的两根纬纱，故 $F = \sqrt{2}F_w$ 。由图6(3)可得到：

$$AB = EF = \sqrt{AO'^2 + OO'^2 - BO^2}$$

$$r = \arcsin(AA' / AB)$$

因 $BO = R = 1.75F = 2.47F_w$ ， $OO' = H$ ， $AO' = FO' = R - F = 0.75F = 1.06F_w$ 。因为 r 角很小，故 $AA' \approx F = \sqrt{2}F_w$ ，将它们代入上面两式，得到：

$$AB = EF = \sqrt{H^2 - 5F_w^2}$$

$$r = \arcsin(\sqrt{2}F_w / \sqrt{H^2 - 5F_w^2})$$

将各线段之值相加，得到开口线圈长度 L_{K_1} ，计算公式：

$$L_{K_1} = 2\sqrt{H^2 - 5F_w^2} + 15.7F_w + 4.94F_w \times \arcsin(\sqrt{2}F_w / \sqrt{H^2 - 5F_w^2}) + F_j$$

2. 转向线圈长度的计算

转向线圈由闭口圈于 $A_1B_1T_1E_1A_1$ (图6(1)中转向线圈被开口线圈所覆盖)和延展线 PA_1 与 QA_1 组成，它的线圈模型如图6(3)所示，针编弧 $\widehat{B_1T_1E_1}$ 由下式求得：

$$\widehat{B_1T_1E_1} = \pi R + 2R\theta$$

式中： θ 为 B_1C_1 圆弧或 E_1D_1 圆弧所对中心角。

根据新旧线圈相互串套的几何形态，新线圈交叠点 A_1 与旧线圈最宽处相串套^[3]，故交叠点 A_1 与线圈最宽部段的水平距离为股线的直径， $F = \sqrt{2}F_w$ ，由图所示的几何条件得：

$$\theta = \arcsin(2.47F_w / \sqrt{H^2 + 1.125F_w^2})$$

考虑到纱线直径相对于圈高 H 小得多，故 $\theta \approx \arcsin(2.47F_w / H)$ ，同理求得圈柱 $A_1B_1 = A_1E_1 = \sqrt{H^2 - 5F_w^2}$

根据延展线 PA_1 和 QA_1 的缠绕关系，其长

度可由下式求得：

$$PA_1 = 3.12F_w + 0.5F_j$$

$$QA_1 = 3.64F_w + 0.5F_j$$

上述各线段之和即为转向线圈长度：

$$L_{K_2} = 2\sqrt{H^2 - 5F_w^2} + 14.53F_w + F_j + 4.94F_w \times \arcsin(2.47F_w / H)$$

3. 机织狭条中纬纱段长度的计算

由于机织物内的纱线屈曲和横截面形状随着纤维原料、纱线结构、经纬纱细度配合、织物组织和上机参数等因素的不同而变化，所以根据织物的结构参数计算各种组织狭条中的纬纱长度 L_w 还有困难，但分析平纹组织机织狭条后得知，当经向与纬向紧度(ϵ_j 和 ϵ_w)在57.7~38%时，其纬纱段的长度 L_w 可以按照非稳定结构织物中纬纱屈曲长度呈正弦曲线进行概算^[4]，其计算公式为：

$$L_w = [1 + 0.62(h_w \cdot P_j)^2 - 0.25(h_w \cdot P_j)^4] / P_j$$

式中： P_j 为经纱密度(根/毫米)； h_w 为纬纱屈曲波高(毫米)。

h_w 可按非稳定结构平纹织物的屈曲波高度公式计算，即：

$$h_w = (r_j F_j + r_w \cdot F_w) / \alpha$$

式中： α 为系数，取2.3~2.1； r_j 、 r_w 为压扁系数， r_j 取0.74， r_w 取0.82。

计算实例：

(1) 经纱用21特克斯的涤/棉(65/35)纱，纬纱用68旦涤纶长丝，经纱密度为292根/10厘米，纬纱密度为198×2根/10厘米。则： $F_w = 0.1$ 毫米， $F_j = 0.17$ 毫米， $P_j = 2.92$ 根/毫米， $H = 0.505$ 毫米， $h_w = 0.105$ 毫米，纬纱长度计算值为17.73毫米，实测值为17.96毫米。

(2) 经纱用13×2特克斯的涤/棉(65/35)纱，纬纱用68旦涤纶长丝，经纱密度为231根/10厘米，纬纱密度为202×2根/10厘米。则： $F_w = 0.1$ 毫米， $F_j = 0.19$ 毫米， $P_j = 2.31$ 根/毫米， $H = 0.495$ 毫米， $h_w = 0.121$ 毫米，纬纱长度计算值为17.35毫米，实测值为17.47

毫米。(织物密度是在下机织物经24小时以上松弛后测得的。)

三、结 论

1. 织编物的针织狭条按其结构不同有: 经平组织、变化经平组织、重经平组织、编链组织和带有未封闭悬弧的组织等。这些线圈结构的变化取决于引纬针与舌针的配置位置、引纬针的摆动方式和纬纱垫到舌针上的位置。

2. 针织狭条中的线圈由两部分组成: 圈干和延展线。圈干按其形态可分为开口线圈、闭口线圈和未封闭的悬弧; 延展线则有单向和双向两种。线圈形态取决于纬纱在舌针上的垫放位置和引纬方向, 它不仅影响针织狭

条的外观, 且与织物的物理-机械性能密切相关。

3. 引纬针摆动一次引入的纬纱长度等于针织狭条中的线圈长度和机织狭条中的纬纱长度之和。针织狭条中的线圈长度主要取决于织物中的纬纱密度和纱线直径。织物的横向延伸度和强力主要由线圈结构和其长度决定。

参 考 资 料

- [1] 《Knitting International》, Jan. 1982, p.33~35.
- [2] 上海市针织工业公司、天津市针织工业公司主编:《针织手册》(二), 纺织工业出版社, 1982, p.79.
- [3] 《J.T.I.》, 1960, 51, T39.
- [4] 吴汉金、郑佩芳:《织物几何结构概念的应用》, p.93~108, 1985.