

# 喷水织机 S-9 型喷嘴结构的测试和分析

何岳庭 林毓秀 汪金福

(上海市纺织科学研究所)

## 一、水射流的特性分析

高压水细射流，是随着射流与喷嘴距离而逐渐变化的（见图1），大致可分为初始段  $L_A$ 、基本段  $L_B$  和扩散段  $L_C$  三种状态。 $L_A$  具有匀速核心， $L_B$  的各个水质点之间比较密实，只有此两段的射流具有携带纬丝的能力，其长度  $L$  约为  $150 \sim 740d$  ( $d$  为喷嘴口直径)。这种长度变化范围之大，说明其中必有严重影响射流集束性的因素存在。

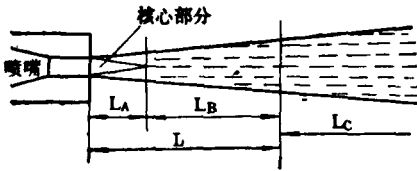


图 1

影响水射流集束性的主要因素是水流的运动状态。如水流速度快，处于紊流运动，产生“流速紊变”现象。这种紊流所引起的摩擦力与流速的平方成正比，比层流运动时的摩擦力大几百倍，不仅导致方向、速度的改变，而且还易被空气渗入，严重影响射流的集束性。

此外，喷嘴内壁粗糙，或管道有宽窄和弯曲等也会使液体产生涡流，从而造成“流速紊变”而影响射流的集束性。

故必须使水流在未出喷嘴之前，处于非“流速紊变”状态。

## 二、S-9型喷嘴的结构和原理

S-9型喷嘴是在分析国内外部分喷水织

机、水力采煤、消防等用的喷嘴基础上，设计试制的，其结构如图2。

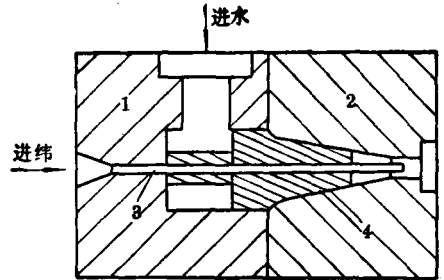


图 2 S-9型喷嘴结构

1-后盖；2-喷嘴体；3-导纬管；4-元件K。

在喷嘴的零件中，后盖1和导纬管3的作用原理与一般喷嘴相同，元件K和喷嘴体主要根据下述原理设计。

### (一) 用元件K来改善流速紊变状态

从水力学可知层流到紊流的变化过程，决定于液体管道的直径、流速和液体的粘滞系数，其比值称为雷诺兹数  $R_e$ 。

$$R_e = (d \cdot V_0) / \nu$$

式中： $V_0$ ——流速； $d$ ——管道直径； $\nu$ ——液体运动粘滞系数。

由层流过渡到紊流的雷诺兹数称为临界雷诺兹数  $R_{ekp}$ ，当  $R_{ekp} > 2320$  时，液体呈紊流状态，因此，水的临界流速为：

$$V_{kp} = (R_{ekp} \cdot \nu) / d$$

当  $d = 0.45$  厘米，水温为  $15^\circ\text{C}$  时则

$$V_{kp} = \frac{2320 \times 0.0114}{0.45} = 58.8 \text{ (厘米/秒)}$$

设喷水织机的车速为 360 转/分，每纬用水量为 2.5 克，投纬角为  $90^\circ$ ，则织机上的实际流速达 375 厘米/秒，大大高于临界流速

58.8厘米/秒，属于紊流运动。此外，在喷水织机上，从泵到喷嘴的管道中，不可避免地存在弯头和宽窄道，特别因导纬关系，一般采用垂直于射流进入喷嘴的供水系统，这就更增加了水流中的涡流和绕轴流的紊流状态，是对射流集束性不利的因素。

但从式中可看出，临界流速值与管道的直径成反比，管径越小， $V_{kp}$ 就越高，因此我们在喷嘴体2的内腔中，设置可分成若干细流的元件K，以大大提高 $V_{kp}$ ，从而改善紊流、涡流的状态，提高射流的集束性。

### (二) 用钟形圆锥体内腔，增加流量系数

$\mu$

从水力学的管嘴出流的理论中得知，出水管口的直径如果相同，但形态和位置的差异，会使趋向孔口水流中的诸质点之路线不一，同时在孔口平面处又因收缩各方的挤压现象也不一样，因此出孔口的流量就不相等，所以各种几何形态的管嘴有其各自的流量系数 $\mu$ 。其中以钟形圆锥管嘴的流量系数为最高，锥角以 $13^{\circ}24'$ 为最佳。因而以 $13^{\circ}24'$ 的钟形圆锥体作为S-9型喷嘴的内腔，这样可使流体在管嘴中少受束缩而更密实些，射流不易被气体渗入。

因为喷水织机需要的是平行的射流，所以在喷嘴体2的圆锥前端设一圆柱管作为导向管，此管之长度，根据前人经验，最佳值可在 $2\sim 4d$ 中选择。最前端的圆孔作保护管嘴口不受碰伤之用。

## 三、测试和分析

在实验机台上用S-9型喷嘴作如下测试：

### (一) 对喷嘴的集束性测试

#### 1. 测试装置

在机架箱座处，设一个与箱座平行的固定槽钢，装上如图3所示的接水斗。测试前用闪光灯校正，使喷嘴喷出的射流中心对准接水斗孔径的中心，调换水斗前盖的孔径和

调整离喷嘴的距离，组成不同方案的聚水试验。看其在一定时间或投纬次数中接水量降低率的大小，评定喷嘴集束性的优劣。

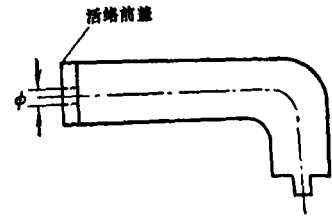


图3 接水斗示意图

### 2. 测试结果和分析

#### (1) 加元件K对集束性的试验(见表1)。

表1 接水量的比较

喷 嘴	接水斗口径(毫米)		
	$\phi 6$	$\phi 15$	$\phi 30$
S-9型(有元件K)	23.4%	47.2%	75.8%
S-9型(无元件)	7.1%	14.1%	27.4%

注：1. 接水斗放在距喷嘴750毫米处；2. 用凸轮式喷射泵，柱塞 $\phi=20$ 毫米。

#### (2) 与双套管喷嘴集束性的试验比较(见图4)。

从表1和图3的测试证明，加放元件K的S-9型喷嘴，接水量比不放元件的喷嘴明

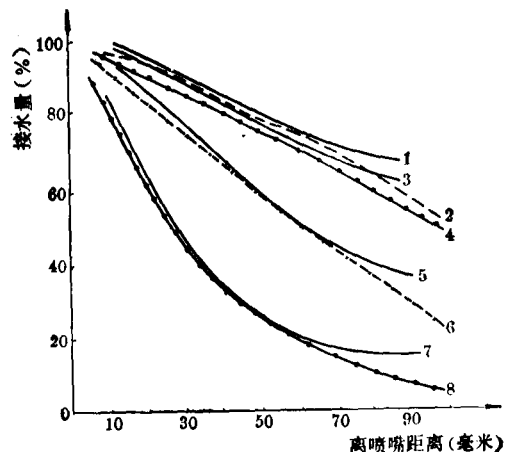


图4 实测喷嘴集束性能

——是S-9型喷嘴曲线(有元件K)；  
 .....是双套管喷嘴曲线(无元件)；  
 1.2 线的接水斗口径 $\phi=36$ 毫米；  
 3.4 线的接水斗口径 $\phi=30$ 毫米；  
 5.6 线的接水斗口径 $\phi=15$ 毫米；  
 7.8 线的接水斗口径 $\phi=6$ 毫米。

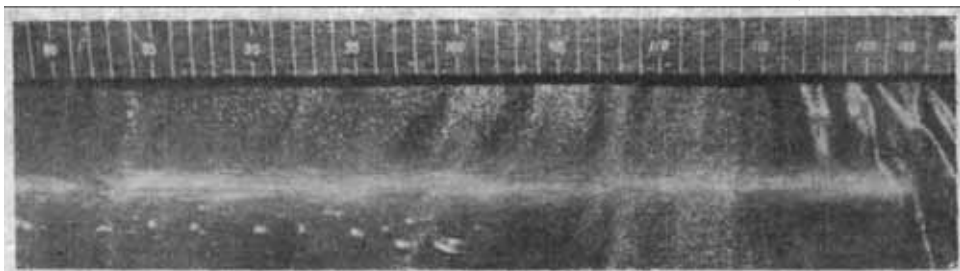


图5 S-9型水柱照片图

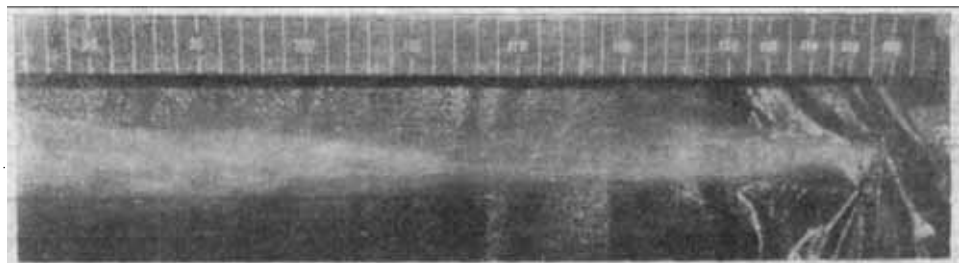


图6 双套管型水柱照片图

显地要多,特别在接水斗口径为 $\phi 6$ 毫米时相差达三倍左右,说明集束性好。从上面照片也可以看出,有元件K的S-9型喷嘴水柱,比双套管型集束性好(图5、6)。

### (3) 加工精度对集束性的影响

表2表明,相同型号的喷嘴,由于加工精度的差异,影响集束性的优劣是很明显的。故在喷嘴结构选定后,加工精度是影响射流集束性的主要因素,因此在制造喷嘴零件时,必须十分重视加工精度和其同心度。

表2 接水量的比较

喷嘴	接水斗口径(毫米)			加工精度
	$\phi 6$	$\phi 15$	$\phi 30$	
	接水量(%)			
S-9型-1	6.4	18.3	40.2	导向管有痕迹
S-9型-2	5.6	14.7	37.1	导向管痕迹较深
S-9型-3	17.0	44.9	70.8	较光洁
S-9型-4	23.4	47.2	75.8	较光洁

## (二) 射流及纬丝速度的测试

### 1. 测试装置

测量射流和纬丝的速度,用观察射流和纬丝头端的位移、时间,按 $V = \Delta S / \Delta t$ 计算出各点的平均速度。在织机箱座上固定一标尺,在曲轴外侧则装一与织机同步的信号装置,

作为测定时间用的标志。然后用闪光测速仪由信号装置输出电信号触发闪光灯,使与织机同步而闪光,依此来观察射流的位移。

### 2. 测试结果和分析

在其它条件相同的情况下,改变喷嘴内腔锥角来测定对射流、纬丝速度的影响和观察实际制织的效果,所得结果见表3。

表3 不同锥角对射流速度和纬速的影响

锥角	S-4型 30°		S-9型 13°24'		S-10型 10°		
	射流速	纬速	射流速	纬速	射流速	纬速	
车速	400	49.3	28.8	54.96	34.93	57.26	30.93
	450	54.98	32.06	61.02	36.6	62.37	35.7
	500	61.64	35.63	69.06	39.67	68.7	39.33

注:纬丝均为70旦尼龙丝;车速(转/分);速度(米/秒)。

从表3的射流速度看,S-10型比S-9型稍高,但从纬速看,S-9型却比S-10型高,故我们选择13°24'作为内腔的圆锥角。在实际制织时S-9型也比其它二只喷嘴要稳定。

### (三) 纬丝张力的测试

#### 1. 测试装置

用非电量电测法。

#### 2. 测试结果和分析

使用应变式电阻传感器测得的纬丝张力变化如图7、图8所示。

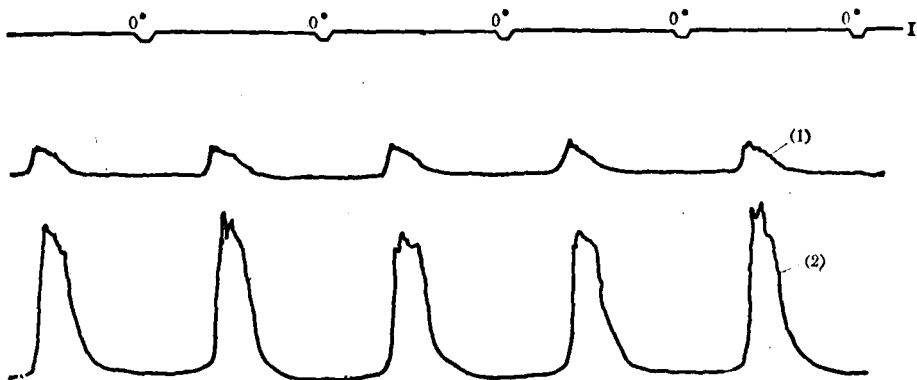


图7 实测凸轮式喷射泵纬丝张力曲线变化图  
(1)-68旦涤纶丝; (2)-150旦低弹涤纶丝; I-曲轴信号;

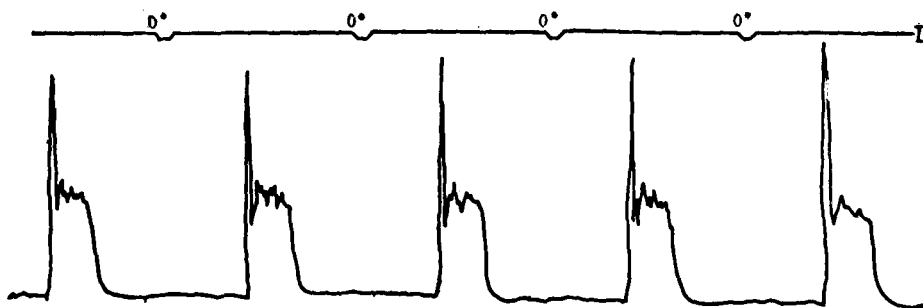


图8 实测弹簧式喷射泵纬丝张力曲线变化图

图7是在相同条件下测得的,可见其张力随原料的变化而变化。但在用同样原料(68旦涤纶丝)而在不同喷射系统上测得的纬丝张力就无法比拟。图8是在弹簧喷射系统上测得的纬丝张力,从表面上看,大大高于凸轮喷射系统。在实际制织时,弹簧喷射系统容易产生小点缩纬,这是因为纬丝张力与流速的平方呈正比,弹簧泵压力大,射流速度也快,因而纬丝的张力就大。但从曲线中可看出,纬丝的张力波动很大,故射流速度和泵

的压力波动必然也大。目测可看到射流在离喷嘴800毫米左右处已呈雾状,纬丝出现飘动状态,引纬不稳,出现纬缩现象,因此单看纬丝张力的最高值是不能完全体现喷嘴优劣的。

#### 四、生产试验

用凸轮喷射泵和S-9型喷嘴组成的喷射系统,装在苏州振亚丝织厂的K641改装喷水织机上作生产试验,与原弹簧喷射泵和双套

表4 两种系统的对比情况

喷射系统	经、纬原料	车速 (转/分)	产量 (米/台时)	效率 (%)	喷射引起 停台数	水量 (克/纬)	绸面质量	备注
弹簧泵,双套管喷嘴	68旦/12 <sup>T</sup> 涤纶丝	288	4.40	81.5	7	5.50	局部有小点缩纬	一台连续测定四班
凸轮泵,S-9型喷嘴	68旦/12 <sup>T</sup> 涤纶丝	320	5.30	88.4	0	2.95	无	一台连续测定四班
凸轮泵,S-9型喷嘴	经:国产68旦涤纶 纬:国产150旦低弹涤纶丝	300~320	6.78~ 7.23	94.1	0	2.95	无	四台连续测定六班 经丝采用无粘上浆

管喷嘴组成的喷射系统作对比(如表4)。

表4证明,S-9型喷嘴对提高射流集束性的效果较明显,有利于提高车速和加宽织幅。在K72-1100型改装的喷水织机上,试验车速达550转/分,在1450型织机上达300转/分,用水量可降到每纬最大2.95克。

## 五、结 语

1. 用元件K进行整流和用 $13^{\circ}24'$ 钟形圆锥体内腔及注意加工精度和同心度,能明显改善集束性,有利于喷水织机高速、宽幅。

2. 集束性的好坏是评定喷嘴优劣的主要参数。射流、纬丝速度和张力,在相同条件下也能反映喷嘴的优劣,但这些参数主要依附于泵的性能,是喷射系统的综合反映(射流、纬丝速度与泵压呈平方关系,纬丝张力与流速呈二次关系,但随纬丝原料、水量等的变化而变化)。

3. 射流集束性还与凸轮曲线(水压)的配合有关,尚需作进一步的试验研究。

## 参 考 资 料

- [1] 陈肇和,《水力学基础》;
- [2] 《高压细射流的流体力学》,煤矿机械参考资料,1976,11;
- [3] 《高压喷水切割技术》,国外科技动态,1978, No. 6, 32;
- [4] 《水力摩擦》,电力工业出版社;
- [5] 《工程流体力学》,上海科技出版社;
- [6] 《应变片电测技术》,机械工业出版社;
- [7] МЯ·阿尔菲雷也夫,《流体力学》;
- [8] «Weft ejection nozzle for water jet Loom», U.S.P. 3,999, 579;
- [9] «Nozzle for Jet Looms», U.S.P. 3,633,808;
- [10] «Investa», 1971, No. 2, 8-13;
- [11] «Journal of the Textile Institute», 1974, No. 12, 639-658;
- [12] 《纤维机械学会志》,1978, 30卷, 11, 12号, T197-204; T205-213(日)。

(上接第11页)

纱的阻力很小。贮纬器上隔距为1毫米,可防止纬缩。当 $60^{\circ}$ 时,位于主喷嘴和贮纬器间的压纱板,在凸轮控制下抬起,贮纬器中的纬纱在主喷嘴的气流牵引下开始飞行。当飞行到 $220^{\circ}$ 时,压纱板压下,飞行停止。测长轮送出的纬纱,又进入贮纬器中形成纱环。

## 三、小 结

1. 在槽箱喷气接力引纬技术中,确保主喷嘴喷出的纬纱能顺利进入钢箱的引纬槽中,在接力气流控制下飞行,是接力引纬技术中的重要一环。如纬纱由主喷嘴至钢箱槽接交不顺利,出口侧布边处的双、脱疵点将大量发生。研究表明,要使纬纱交接顺利,最主要是在喷纬开始时,将主喷嘴的出口风速值,降低到箱槽中接力气流的流速的水平。为此,我们在主喷嘴的出口设计了一个扩散管,从而使出口风速与箱槽中接力气流的流速相接近,保证了纬纱头交接的顺利进行。

2. 在槽箱喷气接力引纬技术中,为使纬纱能以挺直状态飞越阔幅织口,钢箱槽中应维持较高的风速,一般应高出纱速30%以上。研究表明,箱槽中风速的高低是随供气压力和喷嘴孔径的增加而增加,是随喷嘴间距和喷嘴至槽底的隔距的增加而减小。另外喷嘴的喷气角度对槽中风速的分布影响较大,建议此角度按下列公式选择

$$\operatorname{tg} \alpha = \Delta / L$$

式中: $\alpha$ 为喷气角度; $\Delta$ 为喷嘴至槽底隔距; $L$ 为喷嘴间距。

3. 在槽箱接力引纬技术中,若用气缸供气,应考虑多缸配置。这样,可为纬纱提供较长的供气时间,有助于获得较宽的箱幅和较高的引纬速度。