

# FD系列空气变形喷嘴的研制及工艺试验分析

王善元 刘华 吴仲良 吴建民

(中国纺织大学)

**【摘要】** 在使用和测试杜邦型和伊迈型两类空气变形喷嘴的基础上，经理论分析和实验，研制出FD系列空气变形喷嘴。本文介绍FD喷嘴的结构和技术特性及FD、杜邦型和伊迈型喷嘴的工艺对比试验情况。结果表明，FD喷嘴有良好的变形效果，简易的操作性能及对工艺参数变化的适应性。

空气变形工艺是利用高压下喷射气流在喷嘴内产生超音速的紊流不对称流场，使通过喷嘴的长丝分离、纵向移动、成圈成弧、交缠成纱的原理，把各种长丝变形加工成空气变形纱，所以喷嘴是空气变形工艺的关键。

目前国内外适合于加工中、粗特空气变形纱采用的喷嘴可归结为杜邦型和伊迈型两类。它们均由壳体、导丝针、文丘里管和挡柱(或挡板)组成，其结构上的主要区别为：杜邦型的导丝针(见图1)以节流小孔并通过环形间隙产生加速和不对称气流场，伊迈型的导丝针(见图2)以导丝针端面上切除斜块，形成不对称的环形间隙产生加速和不对称气流场。

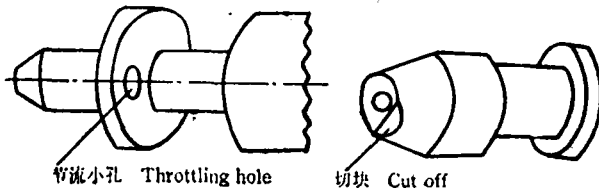


图1 杜邦型导丝针  
Fig. 1 Needle (Du Pont Type)

图2 伊迈型导丝针  
Fig. 2 Needle (EMAD Type)

我们通过使用、测试和研究认为，伊迈型喷嘴具有空气变形效果好，成纱质量紧密、稳定，对各工艺参数的适应性较强，因而参考了伊迈型喷嘴，研制出FD系列喷嘴。

## 一、FD喷嘴的设计和研制

FD型喷嘴的结构如图3所示。它主要由

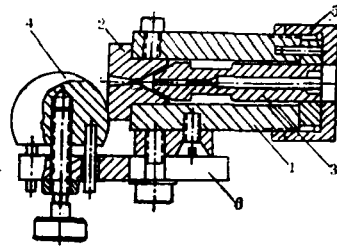


图3 FD喷嘴  
Fig. 3 FD Nozzle

- 1——壳体(Housing);
- 2——文丘里管(Venturi tube);
- 3——导丝针(Needle);
- 4——挡柱(Baffle element);
- 5——调节螺母(Adjusting nut);
- 6——叉形架(Fork bracket)。

壳体1、导丝针3、文丘里管2和挡柱4组成，具有结构紧凑，外形尺寸小的特点。

喷嘴的关键构件为导丝针和文丘里管。导丝针由高强度和抗蚀的不锈钢制成，经热处理

而获得良好的耐磨性。导丝针两端进出口处分别镶嵌有氧化铝陶瓷和人造红宝石的导丝器。针管的头端切除了斜块(对变形加工粗、细特变形纱，其斜面上均不铣沟槽)，头端形状为圆柱与圆锥的简单组合，且圆锥端面积较大，可适当增长紊流室。导丝针的结构有利于形成强烈不对称紊流场。文丘里管则由收缩段、喉径和扩散段三部分组成，以确保气流在管内通过时不断加速。材料用Cr12钢，淬火回火至硬度 $R_{c60} \sim 61$ ，由于钢的二次硬化性能，在 $400^\circ\text{C}$ 时仍可保持硬度 $R_{c56}$ 左右。上述的导丝针和文丘里管可通过转动喷嘴进口端圆螺母以

收稿日期：1988年2月12日。

表 1 FD 喷嘴 技术数据  
Table 1 Technical data of FD Nozzle.

喷嘴系列号	FD-1	FD-2	FD-3	FD-4	FD-5	FD-6
文丘里管喉径 (毫米)	1.70	2.00	2.15	2.30	2.60	3.00
导丝针管孔径 (毫米)	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7
喂入丝纤度 (特)	5~35	30~90	80~160	130~270	240~390	370~500
成品丝纤度 (特)	6~60	50~220	200~330	300~500	460~850	770~1100

调节相对位置, 改变紊流室环隙大小, 调节后固紧螺母可使位置固定。

FD 喷嘴已系列化, 技术数据见表 1。编号不同的喷嘴, 其导丝针孔径和文丘里管喉径也不同, 以适应不同粗细长丝的变形加工要求。

## 二、变形加工试验

### 1. 试验方案

(1) 喷嘴类型: 选择了杜邦型、伊迈型及 FD 喷嘴, 比较它们的技术特性。

(2) 变形工艺参数: 气压 20, 30, 40, 50, 65, 70,  $85 \times 10^4$  帕; 流量 6, 7.5, 9, 10.8, 18, 15.4, 16.7, 18,  $20 \text{ 米}^3/\text{时}$ ; 变形加工速度 280, 300, 376, 420, 489, 563, 681 米/分。

(3) 试验项目: ① 投影放大观察变形纱丝圈大小、形状、分布及纱芯紧密程度。② 用 YG171 纱线毛羽仪测定纱样在 10 米长范围内暴露于纱芯外, 大于 3 毫米的丝圈丝弧数 (测试纱线速度为 80 米/分)。此数值越大, 表明大丝圈、大丝弧越多, 即变形加工效果越差。③ 在 Uster-C 型纱线均匀度试验仪上测变形纱 8 毫米片段长度上的不匀率及其不匀曲线和波谱图。试样长度为 50 米, 测定时纱线速度为 25 米/分。④ 在 Y145 纤维气流式细度仪上测定变形纱紧密度。测定条件为: 试样重 4.5 克, 压差 784 帕。测得通过试样的流量大小表示变形纱的紧密度。流量愈高, 表明成纱愈紧密, 反之成纱愈蓬松。以上试验喂入总纤

度为 66 特。

### 2. 测试结果

(1) FD 喷嘴对气压大小的适应能力

对于伊迈型和 FD 喷嘴, 当气压为  $50 \sim 85 \times 10^4$  帕时, 成纱紧密, 丝圈小而均匀, 大丝圈较少 (见图 4); 当气压为  $20 \sim 85 \times 10^4$  帕时, 均能顺利进行变形加工。对于杜邦型喷嘴, 当气压为  $65 \sim 85 \times 10^4$  帕时, 成纱较好, 丝圈均匀, 但偏大 (见图 4), 当气压为  $50 \sim 85 \times 10^4$  帕时, 均能顺利进行变形加工。

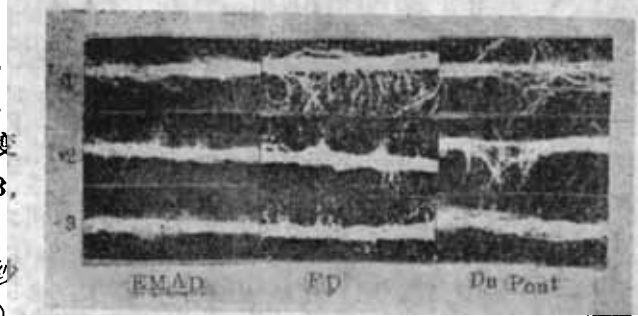


图 4 不同气压时空气变形纱外观  
Fig.4 ATY appearance under various air pressure

1, 2, 3 分别为 50, 65, 85, ( $\times 10^4$  帕) (气压)

由表 2 可知, 三种喷嘴都是随着气压的增加, 大丝圈数减少, 纱线紧密度增加。其中伊迈型和 FD 喷嘴的大丝圈数比杜邦型更少, 而成纱紧密度则以 FD 喷嘴最紧密。

(2) FD 喷嘴对流量大小的适应能力

伊迈型喷嘴在流量为  $10.3 \sim 20.5 \text{ 米}^3/\text{时}$ , FD 喷嘴在流量为  $13.0 \sim 20.5 \text{ 米}^3/\text{时}$ , 成纱紧密, 丝圈小而均匀, 大丝圈较少。杜邦型喷嘴在流量为  $13.0 \sim 15.4 \text{ 米}^3/\text{时}$ , 成纱较好, 丝

表 2 不同喷嘴在不同气压下的变形纱丝圈弧数、条干均匀度和紧密度  
Table 2 Number of loops and bows evenness and denseness of ATY from three types of nozzle under various air pressure

空气压力 ( $\times 10^4$ 帕)		20	30	40	50	65	70	85
丝圈弧数 (尺寸 $>3$ 毫米)	伊迈	130.90		31.90	8	2	1.8	
	FD	81.30	50.90	39.40	18.30	13.30	10.30	4.80
	杜邦		127.30	47.16		34.00	14.80	9.80
Uster 不匀率值 (%)	FD	6.00	6.58	5.20	5.62	5.16	5.57	
	伊迈		6.38	5.23	5.74	6.62	7.25	
气流仪流量读数 (立升/分)	FD	5.53	5.79	5.93	6.03	6.19	6.13	6.32
	杜邦		5.26	5.34	5.40	5.50	5.71	5.87

表 3 不同喷嘴在不同流量时的变形纱丝圈数、条干均匀度和紧密度  
Table 3 Number of loops and bows, evenness and denseness of ATY from three types of nozzle under various flow quantity

流量 (米 <sup>3</sup> /时)		6	9	10.3	13.0	15.4	16.7	18.0	20.5
丝圈弧数 (尺寸 $>3$ 毫米)	伊迈		40.4	20.2	5.8	2.2		3.01	7.4
	FD		40.4	5.7	19.8	4.3		2.7	24.9
	杜邦	61.7	65.6	32.8	9.8	16.0	16.62		
Uster 不匀率值 (%)	伊迈			8.88	4.85	4.77		5.77	
	FD			8.24	7.30	6.66		4.90	4.61
	杜邦	6.84		5.07	4.03	4.95			
气流仪流量读数 (立升/分)	伊迈			5.85	6.13	6.37		6.81	6.43
	FD		6.00	6.12	6.32	6.43		6.70	6.25
	杜邦	5.56		5.64	5.87		5.44		

圈均匀但偏大(见图5)。

由表2可知,在9~20.5米<sup>3</sup>/时的流量范

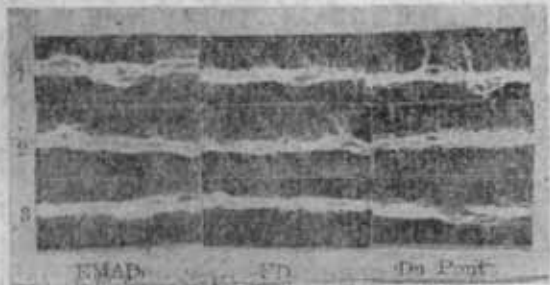


图 5 不同流量时空气变形纱外观

Fig. 5 ATY appearance under various flow quantity

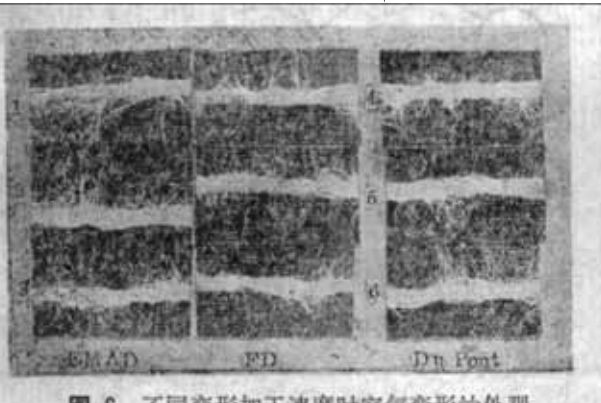
1,2,3表示流量分别为10.3, 15.4, 20.5m<sup>3</sup>/hr.

围内,伊迈型和FD喷嘴产生的大丝圈数比杜邦型为少;随着流量的增加,不匀率值有所降低,但以杜邦型的不匀率值较低;伊迈型和FD喷嘴的成纱较紧密,杜邦型则较膨松,随着流量增加,三种喷嘴的成纱均趋于紧密,但流量过大时,成纱又变得稀松。

(3) FD喷嘴对变形加工速度的适应能力伊迈型和FD喷嘴,加工速度至420米/分,成纱紧密,丝圈小而均匀,大丝圈较少,最高速度可达681米/分。杜邦型喷嘴,加工速度至300米/分,成纱紧密,丝圈均匀及成纱较好,最高速度可达568米/分(见图6)。

**表 4** 不同喷嘴在不同变形加工速度时变形纱丝圈数, 条干均匀度和紧密度  
**Table 4** Number of loops and bows, evenness and denseness of ATY from three types of nozzle under various production speeds

加工速度 (米/分)		300	376	420	489	563	681
丝圈丝弧数 (尺寸 ≥ 3 毫米)	伊迈	15.20	24.8	25.6	43.1	62.4	90.7
	FD	18.0	31.4	53.4	49.3	64.0	94.1
	杜邦	39.3	63.5	105.6	132.83	143.2	
Uster 不匀率值 (%)	伊迈	5.91	4.63	5.24	5.70	5.69	6.81
	FD	7.27	6.45	6.76	6.60	6.67	
	杜邦	4.77	5.02	5.33			
气流仪流量读数 (立升/分)	伊迈	6.21	6.05	5.92	6.02	5.93	5.86
	FD	6.21	6.24	6.26	6.13	6.03	5.94
	杜邦	5.75	5.73	5.53	5.62	5.40	



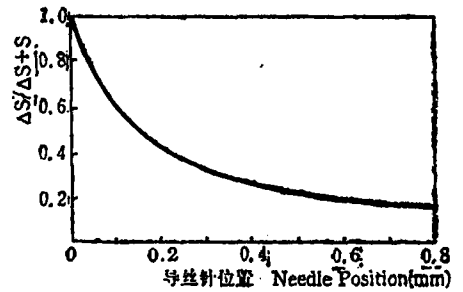
**图 6** 不同变形加工速度时空气变形纱外观  
**Fig. 6** ATY appearance under various production speeds

1~6 分别表示加工速度 376, 489, 681, 300, 489, 563m/min

从表 4 可知, 随着变形加工速度的提高, 三种喷嘴的大丝圈数均增多, 但伊迈型和 FD 喷嘴的大丝圈数比杜邦型少。此外, 随着速度的提高, 空气变形纱逐渐变得稀松, 结构不稳定, 但伊迈型与 FD 喷嘴加工出来的成纱紧密度稍好, 两者比较接近。

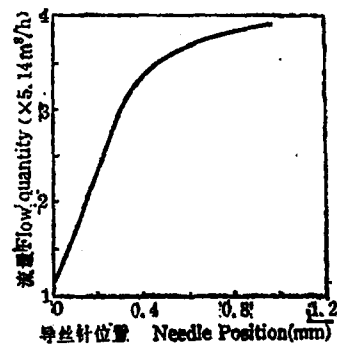
### 三、结 语

分析比较上述试验结果可得如下结论: FD 和伊迈型喷嘴变形加工的成纱结构紧密, 丝圈小而均匀, 对气压、流量、变形加工速度等参数的变化有较强适应能力。如工艺参数调



**图 7** FD 喷嘴的导丝针位置和  $\Delta S/\Delta S+S$  间关系  
**Fig. 7** Relation of needle position and  $\Delta S/\Delta S+S$

节适当, 即使在较低气压 ( $50 \times 10^4$  帕左右) 或较高的变形加工速度 (500~600 米/分) 下, 仍



**图 8** FD 喷嘴的导丝针位置和流量关系  
**Fig. 8** Relation of needle position and flow quantity

可获得质量较好的空气变形纱。杜邦型喷嘴对工艺参数变化的适应能力尚可, 丝圈的分布也比较均匀, 但偏大, 成纱较蓬松。

以上两类喷嘴即具有切除斜块的导丝针 (伊迈型和 FD 喷嘴) 和具有节流小孔的导丝针 (杜邦型喷嘴) 产生

不同空气变形效果，这可能由于形成不对称流场的方式不一样。对于端面切除斜块的导丝针，产生不对称流场的斜块离变形紊流室较近，同时斜块的大小与环形间隙

(导丝针端面和文丘里管收缩段间)面积之比即决定了不对称气流场的分布。如以导丝针端面与文丘里管收缩段接触作为起始位置，当导丝针轴向移动时，切块面积( $\Delta S$  不变)和环形间

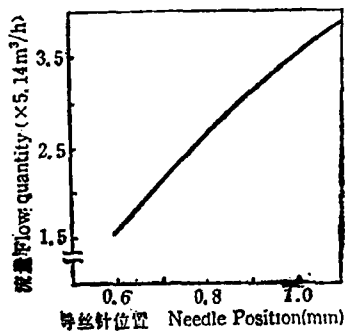


图 9 杜邦型喷嘴的导丝针位置和流量关系

Fig. 9 Relation of needle position and flow quantity

隙面积( $S$  随轴向移动而增加)之比相应发生变化(见图 7)，不对称流场也将跟随变化。同时，其流量变化(总压不变)和环形间隙面积、切块面积直接相关，实测其变化如图 8 所示。对于具有节流小孔的导丝针，产生不对称流场的节流小孔，离变形紊流室较远；同时当导丝针轴向移动时，不对称气流场分布可认为基本保持不变，并且其流量变化仅和环形间隙面积有关，实测其变化见图 9。以上仅说明两种类型喷嘴在结构上的差异产生气流场分布的不同，在变形机理上如何解释有待进一步测试和研究。

### 参 考 资 料

- [1] <J. Text. Inst.>, 1986, №1, p. 19; №1, p. 28; №4, p. 235.
- [2] 中国纺织大学变形纱研究室, <FD 喷嘴研制报告>, 1986 年。