

浅谈PA6 牵伸交络丝 的互程设计

吴 新 沂

江苏省清江合成纤维厂

一九九一年九月

浅谈PA6牵伸交络丝的工程设计

吴新沂

江苏省清江合成纤维厂

摘要:浅谈在现有的锦纶牵伸机上设计生产PA6交络丝的方法。介绍交络生成原理,影响交络度的主要原因是压缩空气压力、丝条张力、加互速度、原丝特性及交络喷嘴等,确定交络喷嘴安装位置及其特点,对交络喷嘴的设计、选用和牵伸机改造、气源供给以及交络工艺对成丝质量的影响,交络质量检验分析等都作了介绍。

PA6牵伸交络丝(又称网络丝)具有产品质量高,丝条抱合性能好的特点。在织造过程中可以省去加捻、上浆和退浆等工序,它可以取代有捻丝用于针织或机织。因此无论是生产厂家还是使用厂家都具有生产工序短、成本低、三废少等优点。其生产是利用现有的PA6牵伸机进行设计而进行的。

1. 交络形成原理。

和空气变形的机理相似,交络加工技术是以压缩空气为动力,通过交络喷嘴(简称喷嘴)进行吹

捻交络加工而成的。图1

所示,当UDY丝条在牵伸

机上经过喷嘴时,受到

与丝条垂直的喷射气流

的横向撞击,产生与丝条平行的涡流,丝条首先开松,使各单纤间产生

两个马鞍形运动和高频振动,各单纤与丝道内壁的摩擦以及各单纤间相

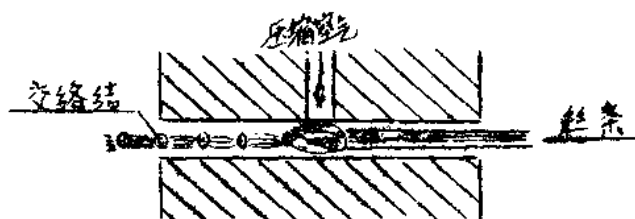
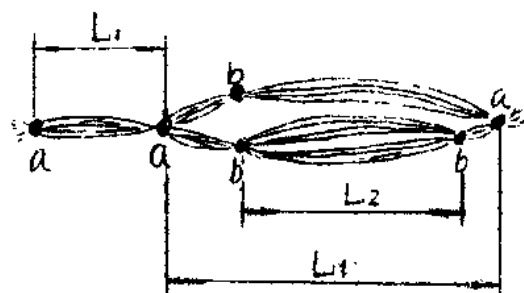


图1 交络生成图

互摩擦，使各单纤高速旋转，当单纤相互汇合时便发生交错、缠结，产生沿丝条轴线方向的交错结。事实上，交错结除所有单丝缠结的交错结外，还有部分单丝缠结的交错结(图2所示)。

交错结间距的大小和单位长度上的交错结数及其稳定性主要取决于喷射气流对PA6单丝产生的高频振动波浪的频率，而振动波浪的频率又取决于喷射气流的强弱、原丝的质量、行走丝条的张力、长度速度等诸多因素。



L_1 全交错开松长度； L_2 部分交错开松长度

a 所有单丝缠结的交错结；

b 部分单丝缠结的交错结

图2 交错丝结构图

2. 工艺设计

2.1 交错工艺参数对交错质量的影响

在牵伸交错丝的生产过程中，交错质量除受到工艺路线、喷嘴的结构及其精度的影响外，还与空气压力、丝条张力、加工速度和原丝特性等因素有关。

2.1.1 压缩空气压力

压缩空气压力对交错质量影响较大，它除决定交错结牢度外，还影响交错结数。当压力小于0.1MPa时，交错结数很少且松散。当压力达到0.15MPa时，有一定量的牢度交错结形成。随着压力的增加，喷射气流对丝条的撞击力增加，丝条内的气体紊流加剧，从而使丝条产生的高频振动频率增加，因而交错度增加，当压力达到一定数值后，丝条的高频振动的频率接近临界值，致使交错度增加缓慢(见图3)。

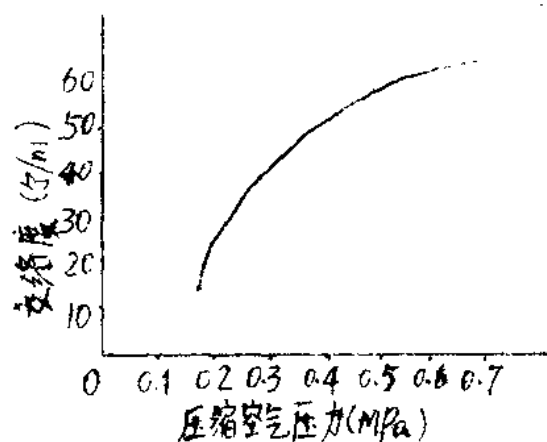


图3 压缩空气压力与交络度数的关系

事实上，压缩空气压力与交络度的关系并不象图3那么理想，而是有很大的差别。起初当压力增加时交络度增加，当压力达到一定数值时，交络度开始下降，出现了低交络区，然后再以抛物线形式上升。低交络区产生的原因有待于进一步研究。低交络区出现的位置与很多因素有关，图4是在一定的条件下压缩空气压力与交络度的关系。

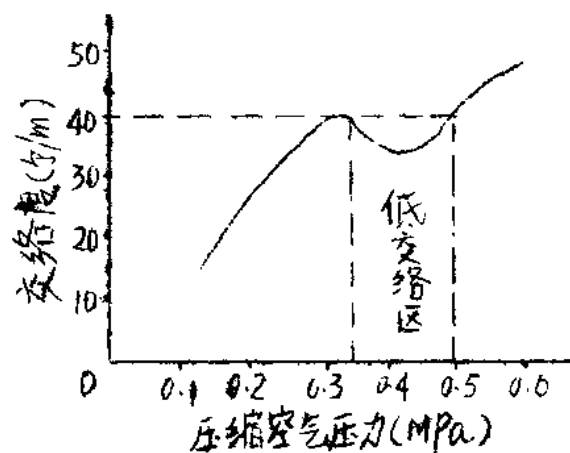


图4 压缩空气压力与交络度关系

设 备	VC442牵伸机	品种	77dtex/18F
喷 嘴	封闭型	锭速	6504rpm
加工速度	423m/min	捻度	15.26捻/m
卷绕张力	7.5CN		

2. 1. 2 丝条张力

在交络过程中，丝条张力愈高，在气流冲击下的丝条产生的弦振动愈小，使丝条的开松和旋转程度下降，导致交络度下降。图5是丝条张力与交络度的关系。从图中看出，当丝条张力增加时，交络度呈线型下降。这一点在高速加工时尤为突出。丝条张力大小与工艺路线有很大的关系。一旦工艺路线确定，则可用改变牵伸工艺来调整丝条张力。但是，丝条张力若太小也有不利之处，如丝条在喷嘴中易偏离中心位置而进入气流死角区域等，一般选用的丝条张力应大于7CN为宜。

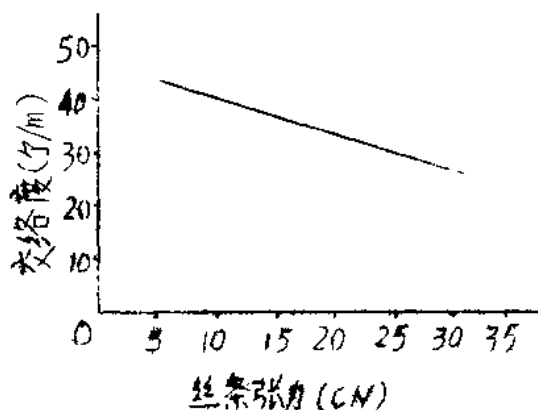


图5 丝条张力与交络度的关系

2. 1. 3 加工速度

图6是加工速度与交络度的关系，当加工速度增加时，交络度下降。这是由于丝条速度提高，喷嘴中恒定的气流振动频率不变，单位时间内对丝条产生的交络结数不变，从而使丝条单位长度上的交络

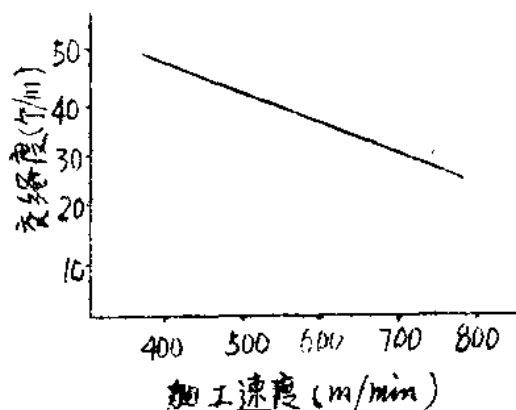


图6 加工速度与交络度的关系

结数减少，交络度降低。若降低加工速度，虽然能获得较高的交络度，但整机产量降低，是非常不经济的。因此，不应该用降低加工速度的方法提高交络度，而因采用其它方法来提高交络度。

2.1.4 原丝特性

在牵伸交络丝的加工过程中，原丝特性对交络质量影响也较大，在相同工艺和喷嘴的条件下，交络度随丝条的纤度增加而下降，若要获得同样的交络度，必须改变压缩空气压力或其它工艺条件。当纤度变化较大时，要获得较好的交络度，应更换与之相适应的喷嘴。

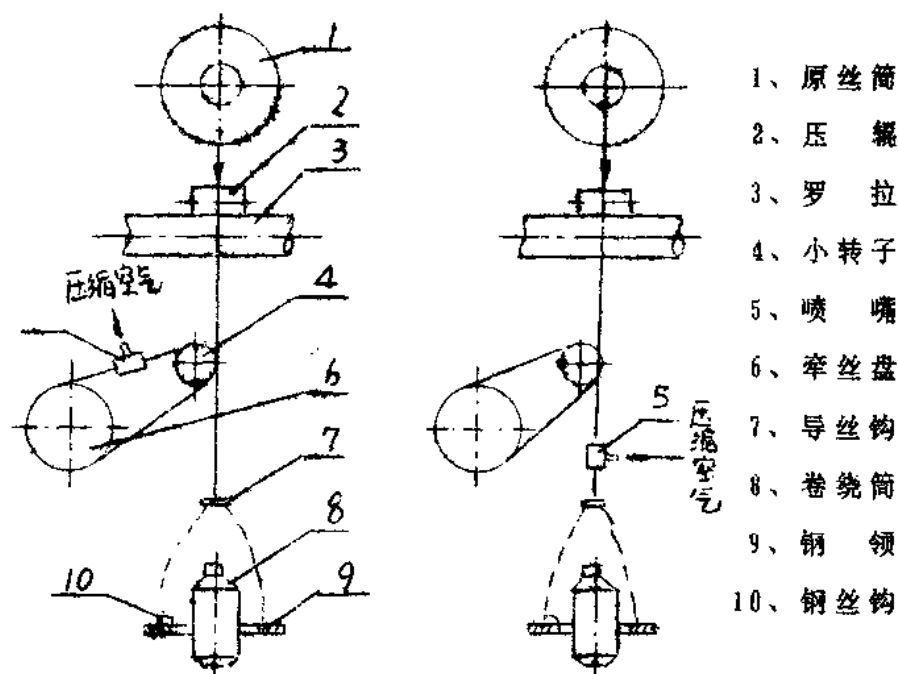
在相同的纤度下，丝条根数增加时，交络度也随之增加，但是当丝条根数超过最佳范围时，交络度下降，而且影响成丝质量〔1〕。

在相同的交络条件下，异形丝比圆形截面丝交络度高。这主要是因为异形丝的摩擦系数大，提高了摩擦旋转速度，交络度增加。此外，原丝质量高也有利于交络质量。

2.2 工艺路线的选择

PA6牵伸交络丝是在现有的牵伸机上进行生产的，其工艺路线和原工艺路线基本相同，只是在牵伸机上某部位安装交络喷嘴。正确确定喷嘴安装区域是非常重要的。首先，必须安装在牵伸机上可以安装的空间，而不对原牵伸机做较大的改动以及尽可能使工艺路线最短。其次，对确定的喷嘴安装区域必须能取得较佳的交络效果或具有很好的经济性。

就牵伸机上空间位置而言，可确定三种工艺路线。其一将喷嘴设置在罗拉与牵丝盘之间（位伸区）；第二，将喷嘴安装在牵丝盘与小转子之间；第三，把喷嘴装在卷绕区。由于拉伸区丝条张力太大（150CN以上），此区域安装喷嘴不可能获得较佳的交络效果且对拉伸有很大的破坏性。因此可选取第二、三种工艺路线，如图7所示。



a 喷嘴位于牵丝盘与小转子之间 b 喷嘴在卷绕区

图7 PA6牵伸交络丝可选工艺路线

图7a是将喷嘴安装在牵丝盘与小转子之间，且让最后一圈丝条通过喷嘴，其目的是减少通过喷嘴丝条的张力。在其区间丝条张力介于牵伸区和卷绕区之间，而最后一圈丝条张力比其它各圈都小，一般在20CN左右，可适合交络工艺。此工艺路线具有丝条张力比较稳定，丝条在喷嘴中属直线运动而无回转运动，因此，丝条不易脱离喷嘴，可获得均匀分布较好的交络结。但是，本区域丝条张力比卷绕区大，若要获得较多的交络结数，是必很大程度上增加压缩空气压力或降低加工速度，这都是不经济的。此外，在此区域设置的喷嘴只能是开缝型或锁缝型，对使用封闭型的喷嘴在操作上有一定的难处。因此，除非对产品交络结分布要求很高时可采用此工艺

路线。

图7b是将喷嘴设置在卷绕区。目前，用于PA6生产的常规牵伸机都是环锭式牵伸加捻机，丝条在卷绕区的运动除直线运动外，还绕锭子作回转运动，是复杂的三维运动。由于离心力、重力、摩擦力等因素的影响，其间丝条张力是不恒定的^[2]。但是，此区域丝条张力低，且可调节其大小，非常有利于交络，可用较低的压缩空气压力获得较高的交络度。此外，此区域除能使用开缝型和锁缝型喷嘴外，还能使用封闭型喷嘴，生产出更多品种或更高质量的交络丝。在实际应用中，丝条张力一般控制在7CN以上，若太低，除丝条易偏离中心位置而进入气流死角区域，还不利于操作且容易造成毛丝或断头。

综上所述，将喷嘴设置在卷绕区的工艺路线可以用较低的压缩空气压力获得较高的交络度，是比较经济的选择，且可以使用封闭型喷嘴生产更多品种或更高质量的交络丝。对交络结构均匀要求高的交络丝生产可选用图7a的工艺路线。

3 交络喷嘴的设计和选用

在PA6牵伸交络丝的生产过程中，喷嘴是交络工艺的关键部件，它性能的优劣，决定着成品丝质量、消耗、耗能以及操作的难易程度等多方面。因此，喷嘴的合理设计和选用是非常必要的。

3.1 喷嘴的类型

喷嘴的种类很多，按丝道截面形状可分为圆形、半圆形和非圆形等多种，其性能也不尽相同。一般说来，圆形截面的喷嘴加工比较容易，但由于气流沿两内侧折回，引起气流相互干扰，使旋流区减弱，部分空气没有起到交络作用。因此，交络效果较差^[3]。对于半圆形和非圆形截面的喷嘴，加工制造比较难，但可以形成较强的具有交络效应的旋流区，交络效果比较好。对于那一种丝道截面交络效果最好还需要进一步研究。若按其喷嘴构造可分为封闭型、开缝型和锁缝型三种，见图8。

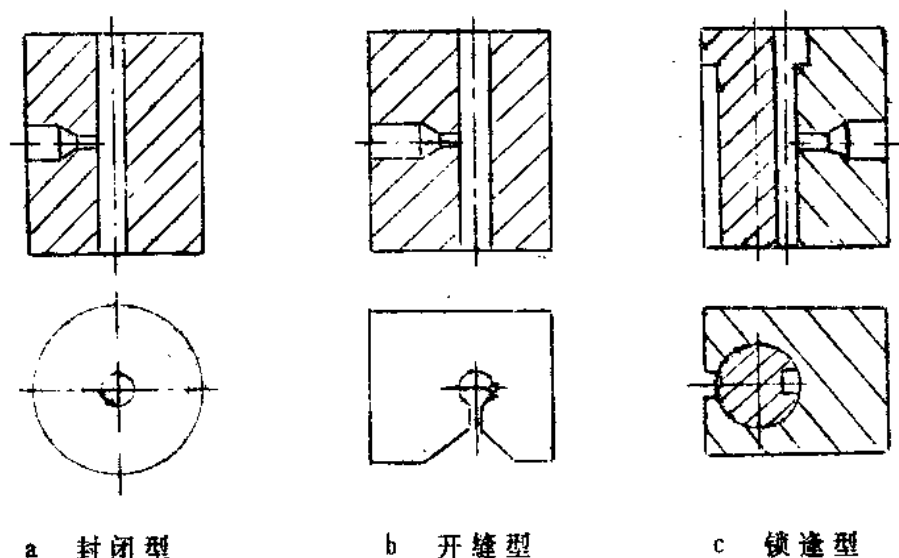


图8 三种交错喷嘴结构示意图

封闭型喷嘴的特点是加工制造比较容易，丝条不会被吹出丝道，且耗气省，但操作生头比较麻烦。开缝型喷嘴操作生头容易，但丝条容易被吹出丝道，耗气量较高，交错效果不如封闭型喷嘴。为克服封闭型和开缝型喷嘴的缺点，设计出一种锁缝型喷嘴，操作生头时与开缝型一样，生产时将缝隙锁上，具有封闭型喷嘴的性能，但制造困难。

3.2 喷嘴主要参数设计

3.2.1 气孔真径

气孔直径不同，交错效果亦就不同。当气孔直径过小时，由于形成高频振动波浪的频率过小，产生的交错度就少且不均匀。当气孔直径较大时，形成的高频振动波浪频率增加，交错度增加并趋于均匀，但耗气量快速增加，成本加大。若气孔直径太大，不但消耗大量压缩空气，而且交错效果也差，主要是交错结松散。因此，气孔直径应选取适当。一般取丝道截道

面积与气孔截面积之比在3:1至5:1之间较为合理。另外,气孔直径与加工丝条纤度有关,纤度较高时,气孔直径取大些。

3.2.2 丝道直径

丝道直径主要取决于被加工丝条的纤度。丝条粗时,选取的丝道直径相对要大些。此外,丝道直径的大小对交络度有一定的影响,加工丝条纤度范围也不一样。一般情况下,丝道直径增大有利于交络的形成。若丝道直径太大,具有交络效应的旋流区域相对减弱,对交络有不利的影响,且耗气量增加,成本增高。因此,在满足使用要求的前提下,丝道直径越小越经济。对于纤度低于400dtex的PA6牵伸交络丝的生产选用喷嘴的丝道直径小于3.00mm较为合理。对于非圆形丝道截面的喷嘴建议用等效截面积进行折算。

3.2.3 丝道长度

图9是其它条件不变时丝道长度与交络度的关系。由此可见,丝道长度与交络度成反比关系。丝道太长,交络度较少,喷嘴加工也困难。

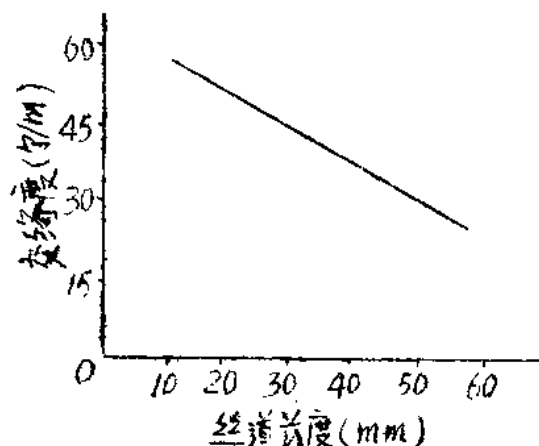


图9 丝道长度与交络度关系

当丝道长度缩短时,交

络度增加,若丝道长度

过短,虽然能获得较高的交络度,但毛丝太多。这是因为当丝道长度过短时,流体喷射孔附近的静压降低,使喷射气体的功能增大,气流强度增强,气体对丝条的冲击力增大,丝条受损,毛丝增多。在设计时,一般选取:

$$\text{丝道长度} = 15 \sqrt{\text{丝道截面积}}$$

3.3 喷嘴材料及加工精度要求

喷嘴除要求有较好的交络效果和耗气省外,还要求有较高的使用寿命

和加工精度，对其丝道要求有很高的耐磨性，是要求非常高的精密元件。目前，对喷嘴材料的选用或处理还没有突破性的进展，其连续使用寿命一般都不超过两年。常用特种陶瓷(Al_2O_3)做喷嘴内芯，对使用LD铝合金和不锈钢等其它金属材料都必需进行硬化处理。喷嘴丝道用来走丝，和其它走丝器(如导丝棒)要求相同的粗糙度，一般在 $\sqrt{1.6}$ 以上，避免丝道粗糙损伤丝条。对其丝道、气孔的尺寸公差及其相互间的垂直度要求较高。特别是同一类型间的喷嘴差异应尽可能小，以降低成品间的差异。从美学角度上讲，喷嘴裸露部分表面粗糙度不低于 $\sqrt{3.2}$ 。

3.4 喷嘴的选用

目前，喷嘴制造单位较多，生产多种规格的喷嘴，使用厂家可以按需要进行选用，但应该遵循下列原则，一是选用的喷嘴必须满足生产、工艺要求，喷嘴生产范围尽可能广些，其精度要高，生产的产品锐位差异要小。其次是经济性，除应考虑到喷嘴的价格外，主要是考虑到喷嘴的节能和使用寿命，即耗气省，使用寿命长。

4 气源的供给

交络技术是以压缩空气为动力。所生产的压缩空气必须满足交络工艺的需要，保证交络丝生产正常进行。

4.1 交络用气要求

压缩空气压力是交络工艺的重要参数，常用的压力一般在0.3MPa左右。为了能开发或生产出更多规格以及更高质量的牵伸交络丝，建议进入机头的压缩空气压力不低于0.6MPa，再用调压阀将压力调至所需压力。

根据对PA6牵伸交络丝的研究，压缩空气的湿度对交络质量影响不大，而对纯度要求较高，流量要稳定，用量范围要广(见表1)。

表1 交络用气要求

项目	压力 (MPa)	温度 (℃)	露点	用量 (Nm ³ /min·位)	灰尘 (PPm)	其它
特性指标	> 0.6	25左右	不结露	0.06~0.1	50~100	无油

4.2 空压机选用及其安装地点选择

4.2.1 空压机的选用

空压机种类很多,但由于交络用气属于中小流量,故广泛采用活塞式压缩机[4]。空压机的主要参数是排气压力和排气量。若每台牵伸机按150锭位(常用144)计算,所需最大排气量为 $15\text{Nm}^3/\text{min}$ 。其排气压力有一定的波动,加上管路损失,排气压力比交络用气压力要高。考虑到交络用气必须无油纯度较高,故应该用无油润滑压缩机,其压缩空气进行净化处理。表2是单台牵伸机生产交络丝对空压机的选用要求。

表2 空压机主要参数选用要求

空压机类型	排气压力 (MPa)	排气量 Nm^3/min	润滑方式
活塞式	$>0.6\times$	15	无油

* 该压力指空压机开启压力

4.2.2 空气机安装地点的选择

为了使空压机获得最大空气供给量,使容积效率最高,正确选择空压机的安装地点是非常必要的。

空压机的容积效率与进气温度湿度和压力有很大关系。当温度湿度增高时,空压机的容积效率明显下降。因此,空压机应安装在温度和进气相对湿度尽可能低且尘埃较少的地方。理想的布局是靠近厂房南墙处建成通风良好且宽敞的空压机机房。

4.3 空压机配套设备

图10是空压机组流程示例,气源生产除空压机外,还有配套设备,限于篇幅,仅对空气干燥器加以说明,其余设备的原理、功能参见有关资料。[4]



图10 空压机组流程图

空气的干燥常用吸收干燥和低温干燥。吸收干燥法是当压缩空气通过硅胶、活性铝土等干燥材料时，压缩空气中的蒸气通过化学反应被吸收。此法能除去压缩空气中的大量水份，可保证压缩空气露点在 -40°C 以下。低温干燥是利用压缩空气遇冷结露的原理除去水份。这种方法所生产的压缩空气露点一般为 $+2^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。前已介绍， 交络用气对湿度要求是在使用时不结露，因此，在气候温度较低时，压缩空气无需经过干燥就能满足使用要求。当气候温度较高时，建议使用低温干燥。若使用吸收干燥，由于干燥材料的风化，污染空气，细微粒子通过过滤器，对产品质量有一定的影响。同时也缩短交络喷嘴和气路的清洁周期、若不使用干燥器，在进入机头前的压缩空气管道上安装结构合理的除水器也能起到一定的效果，基本能保证进入机器的压缩空气不结露，从而满足使用要求。

4.4 送气管路布置

合理布置送气管路有利于减少管路的压力损失，提高管路输送效率，为气动喷嘴提供必要数量和质量的压缩空气，保证交络生产顺利进行。

送气管路包括主管路和支管路两部份。主管路是从贮气罐引接到机台附近，供各机台引用。此部分管路较长，一般采用无缝钢管。为减少压力损失，尽可能减少管路附件的使用，增加管路的通流面积，若管路过长，可在靠近用气点安装一只贮气罐。管路常以1:40到1:80的坡度铺设，并在最低处安装放水器，收集并排除管路中的冷凝水。支管路是指主管路到机台间的管路。这部分管路需要安装调压装置和过滤器(见图11)，过滤前段

用镀锌管或无缝钢管。

后段用不锈钢管以防

止管路锈蚀脱落堵塞

喷嘴，引起交络加工

困难。支管路应从主

管路上部引接，并安装除水器。

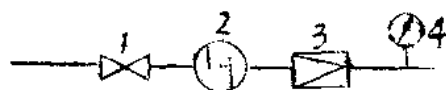


图 11 支管路布置图

5 牵伸机改造

PA6牵伸交络丝是在现有牵伸机上进行设计生产的，应利用牵伸机上现有的空间设计安装交络系统，而不对设备有较大的改动。为减少前后进气的压力差异，机台总管应从中部进气。和喷嘴相连的管道为喷气管，是设计的关键，它和总管与喷嘴的连接常用挠性连接。为了降低喷嘴间进气压力的差异和方便维修，喷气管常以牵丝箱为单元，整机需二十多个喷气管。压缩空气在喷气管中的流速比常用流速低得多，以保证进入每个喷嘴中的压缩空气的流量、压力均匀稳定，生产出质量差异较小的产品。喷气管还应来用固定喷嘴，必须牢固可靠易换，保证喷嘴具备空间(X、Y、Z)可调。

6 交络工艺对成丝质量的影响

6.1 不同喷嘴的影响

表3是三种喷嘴所生产的交络丝测试结果比较表。表中表明，三种喷嘴

表3 三种喷嘴产品实测结果比较

项 目	空白丝*	封闭型	开缝型	锁缝型
断裂强度(CN/dtex)	4.80	4.79	4.72	4.80
伸 长 率(%)	34	32.8	27.3	32
沸水收缩率(%)	12.8	13	13	13
染色均匀性(级)	>3.5	>3.5	>3.5	>3.5
毛 丝	较少	较少	一般	较少
工序消耗(t/t)	1.020	1.018	1.020	1.019

*空白丝指未加交络喷嘴的牵伸丝。

所生产的交络丝断裂强度、沸水收缩率和染色均匀性都和空白丝基本相同。封闭型和锁缝型喷嘴所产生的毛丝并无增加，却降低消耗，断裂伸长略有降低。而开缝型喷嘴所产生的毛丝增多，断裂伸长严重偏低。

针对开缝型喷嘴所产生的毛丝多、断裂伸长严重偏低可进行结构改进和工艺改进〔5〕。

6.2 压缩空气压力的影响

在交络工艺中，空气压力对交络质量影响较大。随着空气压力的增加，交络度有明显增加的趋势。然而，空气压力增加，喷嘴内部流场增加，不均匀性加剧，发生了单纤交络，形成丝圈，这在PA6长丝生产中属“毛丝”的范畴，必须严加控制。

试验表明，单纤交络随着空气压力增加而增加，随着丝条张力增加明显下降，因此，可用提高丝条张力的方法减少或消除单纤交络。

7 交络质量检验分析

PA6牵伸交络丝除按常规牵伸丝检验其质量指标外，还应重点检验交络质量指标即交络度。一般说来，交络度高，交络质量就高，丝条间的抱合力就强，就具有有捻丝的特性，也就有利于后道织造工艺。

交络度不能单纯定义为单位长度上的交络结数，而应该与交络结长度及其稳定性等内在指标结合起来进行综合衡量。交络度是指每米纤维具有一定牢度和长度的交各结数。

7.1 交络结结构

交络结构非常复杂，是无规则的分布，就其交络形式而言，有整个单丝缠结在一起的交络结，也有部份单丝缠结的交络结。交络结也有松散牢固之分。按其交络结长度之分有长交络结、短交络结，还有全交络结（并非正常现象）。因此，定义交络度是单位长度上的交络结数是不够准确的。应根据用户要求制订较详细的交络度检验标准，并进行综合评定。

7.2 交络度检验

7.2.1 交络结数(个/■)

交络结数是指每米长度上的交络结数量,其检验方法有仪器法、钩针法和水浴法。

7.2.1.1 仪器法

仪器法是自动检测交络点的方法,是利用扫描原理。在仪器上假定测丝长度5■或10■,给定丝条张力为 0.1CN/dtex ,再喂入交络丝。由于丝条上的缠结点将引起一个粗点,经过仪器的电子或机械扫描、贮存和处理并显示交络结数。这种仪器不但可以检测交络结数,还可以定量地记录交络结长度。

7.2.1.2 钩针法

将针插入交络丝内进行梳理,当遇到交络结时就受阻,然后跳过该交络结继续往下,反复进行,每米受阻的次数即为交络结数。使用钩针法测量时,给定丝条张力为 0.1CN/dtex 。

7.2.1.3 水浴法

将丝条放入500■长的装有清水的平盘里,交络部分抱合在一起,而非交络部份在水中松散,记下盘中的交络结数量,可求得交络结数。水浴法比较直观方便,但无法给定丝条预张力,其结果和上两种方法有点差异。

7.2.2 交络结长度

交络结长度是衡量交络质量的又一指标,它和交络结数、交络牢度有一定的关系。一般来说,交络结长说明交络效果好,交络结牢固;交络结短,则牢固性差;若交络结太长,则交络结数下降,织物柔软性差。因此,交络结太长太短都不好,一般在5~10■较为理想。

交络结长度的检验常用仪器法和水浴法,仪器法是利用交络仪与交络结数同时检验,也是经过扫描、贮存、处理,最终显示结果。水浴法常用来作定性分析,作定量分析比较麻烦。

7. 2. 3 交络牢度

交络结牢度可理解为交络丝在拉力作用后仍保持其原有交络结结构的能力，常用退结率衡量。退结率是指丝条在一定张力下退结数与原交络结数之比。退结率低，说明交络结牢固，交络质量高。反之，退结率高，交络结松散，交络效果差。其检验是在丝条下端挂2.2CN/dtex静负荷，放置一定时间后，称去负荷，测定交络结数，取多次平均值。按下列公式计算：

$$\text{退结率} = (E - G) / E \times 100\%$$

E: 未加负荷的交络结数(个/m)

G: 加力后测得的交络结数(个/m)

参考文献

- 1、M.ACar《广东化纤》，1989. [3]，58. 梁立城译，司徒建崧校。
- 2、北京化纤工学院化纤机械教研室编。《化纤机械设计》，内编教材。
- 3、王悌义、孟丽云《合成纤维工业》，1988. [6]，7-8
- 4、上海医药设计院编：《化工工艺设计手册》，北京，化学工业出版社，1986，301
- 5、吴新沂，《合成纤维工业》，1991. [5]