

PENQIZHIJI

YINWEI

LIYU

NGYI

# 喷气织机

张平国 主编

## 引纬原理与工艺



 中国纺织出版社

# 喷气织机 引纬原理与工艺

张平国 主编



中国纺织出版社

## 内 容 提 要

本书主要介绍喷气引纬机构各部件(包括喷嘴、储纬器、异形箱、电磁阀)的组成、运动原理、特点,喷气织造原理及工艺参数的设定,详细分析了喷气织机的生产特点、喷气织机对纱线品质的要求、喷气织机对织前准备的要求、喷气织机工艺参数的设置要点等。此外,还介绍了计算机技术在喷气引纬系统中的应用、喷气引纬对压缩空气的要求、气流引纬测试技术、喷气织机的维护。书中还附有典型织物的生产工艺设计表,具有很好的参考价值。

本书主要供纺织企业生产技术人员阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

喷气织机引纬原理与工艺/张平国主编. —北京:中国纺织出版社,2005. 12

ISBN 7-5064-3571-3/TS·2075

I. 喷… II. 张… III. 喷气织机—引纬 IV. TS105.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 122983 号

---

策划编辑:魏大韬 责任编辑:孙 玲 责任校对:俞坚沁

责任设计:李 然 责任印制:黄 放

---

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

邮购电话:010—64168110 传真:010—64168231

http: / www. c - textilep. com

E - mail: faxing @ c - textilep. com

北京东远新宏印刷有限公司印刷 (三河水成装订) 装订

各地新华书店经销

2005年12月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12.5

字数:231千字 印数:1 3000 定价:30.00元

---

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

## 前言

喷气织机日臻完善,其发展速度已跃居常见的四种无梭织机之首。近年来我国也以平均每年 1.5 万台的速度递增。

从织造原理和机构设置来看,有梭织机与各种无梭织机相对照,两者的经向系统组成十分相似,而纬向系统组成则差别显著。

为了满足业内从事喷气织机织造的同志和大专院校青年学子对喷气引纬原理、特点和生产要点的了解和优化生产组织,以获取最大经济效益的愿望,我们乐于将多年来从事教学、科研和生产实践所积累起来的、有关对喷气织机纬向系统组成的各器件及装置特征的理解、思考、成果以及尚待进一步探索的课题整理出来,奉献给诸位。寄希望本书能对后来居上者和在读的大学生和研究生们起到抛砖引玉的作用,以与时俱进、只争朝夕的创新精神,共同努力提升国产喷气织机的整体水平,增强国产喷气织机在国际市场上的竞争力。

全书共分十四章,张平国编写第一章、第二章、第六章、第八章及第九章;邱学文编写第二章、第三章及第十一章;王贯超编写第四章、第五章及第十二章;赵怀勋编写第七章及第十章;何安民、李彩利编写第十三章、第十四章。全书由张平国统稿。限于水平,不妥之处敬请指正。

本书在编写过程中,得到西安工程科技学院及该院老教授协会领导的鼓励和支持;得到西安地区和石家庄地区各纺织企业的热情帮助;以及被本书引为参考文献的作者们的成果对我们的启示,在此,特表示诚挚的谢意!

编者  
2005 年 7 月

# 目录

第一章 概述 .....	1
第一节 喷气织机高速的原因及发展前景 .....	1
第二节 喷气织机的纬向系统组成 .....	2
第二章 喷气引纬原理 .....	5
第一节 喷气引纬用气流的性质及提出的问题 .....	5
第二节 喷气引纬气流的理论基础 .....	6
第三节 喷气引纬原理 .....	13
第三章 储纬器及张力装置 .....	17
第一节 喷气引纬的纬纱飞行速度 .....	17
第二节 储纬器 .....	18
第三节 张力装置 .....	20
第四章 主喷嘴 .....	23
第一节 主喷嘴的作用与结构 .....	23
第二节 主喷嘴内气流的流动性质 .....	24
第三节 主喷嘴内临界截面出现的条件 .....	24
第四节 主喷嘴的调节 .....	26
第五章 辅助喷嘴 .....	28
第一节 辅助喷嘴的作用与类型 .....	28
第二节 辅助喷嘴的制作 .....	29
第三节 辅助喷嘴的气流性质 .....	32
第四节 辅助喷嘴的调节 .....	36
第五节 功能型系列辅助喷嘴 .....	37
第六章 异形筘 .....	47
第七章 电磁阀 .....	54
第一节 电磁阀的结构 .....	54
第二节 电磁阀的工作过程 .....	55
第八章 喷气引纬工艺与气流合成技术 .....	56
第一节 喷气引纬工艺 .....	56

第二节	气流合成技术 .....	60
第三节	开口、打纬、引纬运动的配合 .....	61
<b>第九章</b>	<b>喷气织造效率和节能 .....</b>	<b>63</b>
第一节	织造效率 .....	63
第二节	节能省耗 .....	65
第三节	纬纱停台原因及消除措施 .....	66
<b>第十章</b>	<b>计算机技术在喷气引纬系统中的应用 .....</b>	<b>69</b>
第一节	计算机控制喷气引纬系统方框图 .....	69
第二节	被控过程中最具特色的内容 .....	69
<b>第十一章</b>	<b>喷气引纬对压缩空气的要求 .....</b>	<b>71</b>
第一节	喷气引纬对压缩空气的质量要求 .....	71
第二节	压缩机的选择 .....	71
第三节	压缩机台数计算 .....	72
<b>第十二章</b>	<b>气流引纬测试技术 .....</b>	<b>74</b>
第一节	测量气流参数的感应元件 .....	74
第二节	流动显示技术 .....	90
第三节	实验数据分析 .....	92
第四节	虚拟仪器测试系统 .....	98
第五节	气流引纬测试实践 .....	104
<b>第十三章</b>	<b>喷气织机的生产特点及产品设计举例 .....</b>	<b>108</b>
第一节	喷气织机的生产特点 .....	108
第二节	喷气织机对纱线品质的要求 .....	109
第三节	喷气织机对织前准备的要求 .....	122
第四节	喷气织机工艺参数的设置要点 .....	135
第五节	产品设计举例 .....	151
<b>第十四章</b>	<b>喷气织机的维护 .....</b>	<b>152</b>
第一节	喷气织机维修工作的内容 .....	153
第二节	喷气织机的润滑管理 .....	154
第三节	喷气织机维修工作的管理 .....	155
附录	.....	166
参考文献	.....	187

# 第一章 概述

## 第一节 喷气织机高速的原因及发展前景

近二十多年来,喷气织机的发展速度居喷水、剑杆、片梭等无梭织机之首。图 1-1 和图 1-2 分别为 ITMA 1971~1999 年各届展出的无梭织机的车速变化和入纬率变化图。可以看出,在 1991 年、1995 年及 1999 年连续三届的 ITMA 展会上,津田驹织机的车速、入纬率都处于领先地位。它的车速提高 5.9%、入纬率提高 25%。从 1977~1999 年的 28 年间,喷气织机的车速提高了 350%、入纬率约提高 236%,为四种无梭织机中技术进步最快、发展最为活跃且最具代表性的机种。

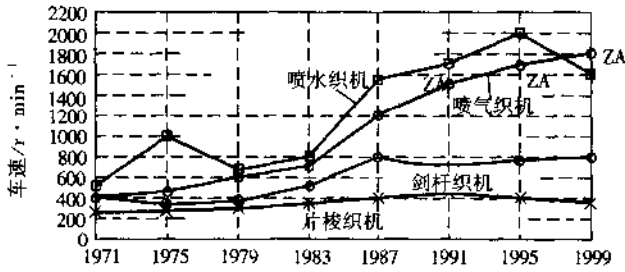


图 1-1 1971~1999 年 ITMA 无梭织机车速变化图

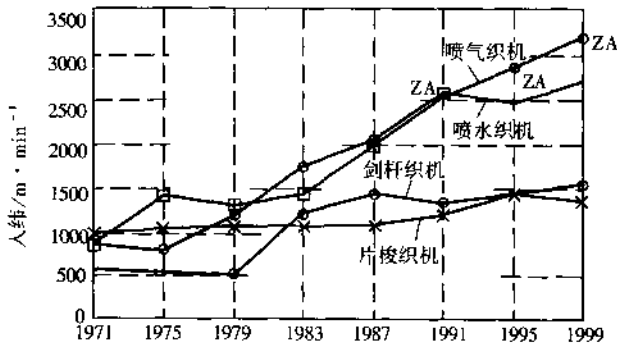


图 1-2 1971~1999 年 ITMA 无梭织机入纬率变化图

喷气织机为什么能够不断地提高车速? 主要原因有:

- (1) 高速气流载纬, 潜力还有待进一步开发。

(2)全新的设计理念,先进的加工技术,振动减轻、噪声降低。

(3)计算机监测程控应用技术日趋完善,机构简化,故障减少,为高速、高效、优质生产提供技术保证。

(4)创新引纬器件,在提高引纬速度和引纬质量的同时做到省气节能,为进一步扩大使用展示出广阔前景。

(5)品种适应性逐步扩大,可与剑杆、片梭织机相媲美。

综上所述,可知喷气织机在发展过程中,人们不断挖掘气流引纬的潜力,研究气流引纬的原理以及借鉴其他无梭织机的发展成果等,这些努力起着举足轻重的作用。展望未来,可以肯定地讲,喷气织机在成功地解决了事关其生存的人纬率(已达 3200m/min)、幅宽(已达 4m)、多色纬织造(已达 8 色)以及自动化程度和水平均超过剑杆和片梭织机之外,必然会把一直困扰着它的耗能大和如何保持高效率运行的问题,提到日程上来。可以预见,不久的将来,喷气织机将会在省气节能、拓宽品种、完善智能化及更加高效率等方面,展示出它独有的才能。

## 第二节 喷气织机的纬向系统组成

喷气织机的纬向系统组成如图 1-3 所示。一般由筒子架、纬纱筒子、后和前张力器、储纬器、主喷嘴、辅助喷嘴、电磁阀、储气罐、异形笄、探纬器、剪刀和拉伸喷嘴等组成。这些装置在正确安装和协调工作,保证了喷气织机的正常引纬。现将各装置的作用和要求简述如下。

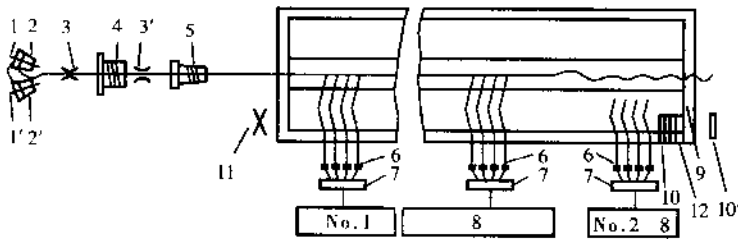


图 1-3 喷气织机纬向系统组成

1—筒子架 2—纬纱筒子 3、3'—后和前张力器 4—储纬器 5—主喷嘴 6—辅助喷嘴  
7—电磁阀 8—储气罐 9—异形笄 10、10'—探纬器 11—剪刀 12—拉伸喷嘴

### 1. 筒子架

筒子架是用来放置纬纱工作筒子和预备筒子的,其形式因机型而异。对筒子架的基本要求如下:

- (1)结构坚固,坐地稳定,占地面积小。
- (2)插放筒子的锭芯,其方向应可调整,以使轴心对准导纱瓷眼。
- (3)包括筒子气圈隔离罩在内,整个筒子架的各构件表面都应光洁,防止棉屑粉尘聚积。

### 2. 张力器

喷气织机上常见纬纱筒子与储纬器之间安装有后张力器,储纬器与主喷嘴之间安装有前



张力器,其作用分别为:

(1)后张力器的主要作用在于调节因筒子退绕半径大小不同而引起的张力差异,用来保证输入储纬器绕在储纬滚筒上的纬纱张力均匀一致。由此可见,后张力器所施于纬纱的张力大小,以能进行自动调节为最好。

(2)前张力器的主要作用,在于防止纬纱从储纬滚筒表面高速退下时纱圈的脱落,以及纬纱输入主喷嘴时因张力大小不合适所引起的引纬故障和织边不良疵点。某些机型的前张力器兼有纬纱张力制动的新功能。由此可见,前张力器所施于纬纱的张力大小,也以能进行自动地和程序地调节为最佳。

### 3. 储纬器

无梭织机高速运转时,常因纬纱飞行速度的提高,使纬纱从筒子表面退绕时受阻而产生脱圈、断头等故障,成为限制无梭织机高速运转的障碍,为解决这一问题而采用了储纬器。储纬器的作用有两个:一为消除筒纱因直径由大变小时退绕张力的差异,二为可降低引纬时纬纱张力的平均值,因此而成为无梭织机高速运转不可缺少的重要部件之一。

一个制作精良、性能优越的储纬器,对保证质量和引纬正常至关重要。为此,在选购储纬器时应注意与所配主机性能相匹配。那种买得起好马舍不得配好鞍、因小失大的做法是不可取的。

### 4. 主喷嘴

主喷嘴的作用是对气流进行调制、加速,并对纬纱进行充分作用,使之获得与车速和引纬时间相适应的飞行速度。另外,主喷嘴的主喷气流还对确定气流合成的方向起着主导作用。在当代的喷气织机上,主喷嘴的设计和制造技术有了很大提高,促进了喷气织机的高速、高产和高质量进程。为了适应更高车速的需要,还设有固定主喷嘴,以协助活动主喷嘴工作。

### 5. 辅助喷嘴

如果说主喷嘴是用来加速纬纱并把纬纱输送到异形箱槽内的话,则辅助喷嘴的唯一作用就是不断地、接力式地向异形箱槽内补充气流,以形成引纬所需的、稳定的速度流场,保证纬纱顺利地飞过梭口。辅助喷嘴的用气量约占整机气耗量的75%。因此,无论从提高引纬质量和降低气耗量来讲,辅助喷嘴设计制造和安装调试一致性的群体质量水平都是十分重要的。

### 6. 电磁阀

喷气织机的转速越高,主喷嘴特别是辅助喷嘴每次喷射的作用时间越短(约在16~40ms之间),因此,高速的喷气织机已全部改用电磁阀来控制主、辅喷嘴的喷射时间。

材质优良、性能稳定、工作频率高、使用寿命长的电磁阀,对提高引纬质量和节约气耗量是至关重要的。从节气的角度讲,一个电磁阀所带的辅助喷嘴数已由5个减少到2个。

### 7. 储气罐

喷气织机上所装配的储气罐能使由空压机房经管道输送到织机上的气流得到膨胀和稳定压力的作用。目前有的机型采用压力不同的两个储气罐,分别来供主喷嘴及进口侧多数的辅助喷嘴和出口侧少数需要较高压力的辅助喷嘴以及拉伸喷嘴用气,以达到节约气耗量的

目的。

### 8. 异形箱

为了适应高密宽幅织物的要求,采用了异形箱来形成引纬通道。同时,异形箱箱槽一面敞开,虽有能使打纬机构摆角减小(打纬时箱槽勿需退居到布面之下),而有利于织机高速和辅喷气流容易射入箱槽内与主喷气流合成的优点,但却有箱槽因一面敞开气流扩散毫无阻挡的缺陷。因此,异形箱的截面形状设计及其沿箱面长度方向上箱槽三面的平整度和粗糙度,关系到引纬质量和节能效果。

### 9. 探纬器

光电式探纬器是用来探测纬纱的有无和判断引纬是否正常的。目前多数喷气织机都采用了安装两个探纬头的方案(如  $H_1$  和  $H_2$ ),其中  $H_1$  安装在正常引纬长度的地方用来探测纬纱的有无或短纬, $H_2$  安装在超出正常引纬长度的外边,用来探测发生断纬和长纬的故障,从而成为保证引纬正常与否不可缺少的部件。

### 10. 边剪

喷气织机也是单侧引纬,所以必须于每次引纬之前先将一根纬纱按时剪断。边剪的作用就是万无一失地能将每次引纬的纬纱于进口侧布边处剪断。为此,边剪的工作要万无一失,经久耐用便成为评价边剪性能优劣的主要指标。

### 11. 拉伸(尾)喷嘴

对于强捻纬纱或弹力纬纱,加装拉伸喷嘴以防止纬缩疵点十分有效。

对于喷气织机的纬向系统组成的各个部件的重要性,人们的认识还远远不够深刻。如有人用整经筒脚作纬纱,购进性能低劣的储纬器,辅喷嘴头端磨出槽痕,喷射角及喷向角已经极不一致还不及及时更换等,这些做法看似节约,其实因不能保证喷气引纬的正常进行,产量、质量损失甚大,得不偿失,效率损失 1%,经济效益损失每年每台织机约 1 万美元。这些都应引起高度重视,树立起无梭织机零停台,高效率运转的新观念,显得尤其重要。

## 第二章 喷气引纬原理

### 第一节 喷气引纬用气流的性质及提出的问题

#### 一、喷气引纬用气流的性质

就目前喷气织机所用各种喷嘴参数及气压情况以及所开车速来讲,其用气参数为:

管道式喷气织机:

气流压力  $P = (5.8 \sim 49) \times 10^4 \text{ Pa} (0.1 \sim 5 \text{ kgf/cm}^2)$ ;

气流速度  $v = 60 \sim 200 \text{ m/s}$ ;

雷诺数  $Re \approx 10^6$ 。

异形箱式喷气织机:

气流压力  $P = (2.0 \sim 4.0) \times 10^5 \text{ Pa} (2 \sim 4 \text{ kgf/cm}^2)$ ;

气流速度  $v = 150 \sim 300 \text{ m/s}$ ;

纬纱飞行平均速度  $v = 45 \sim 130 \text{ m/s}$ ;

雷诺数  $Re \approx 10^8$ 。

可见,现有喷气引纬的气流,其雷诺数值远远超过  $Re = 2300$  层流界线,因此,把喷气引纬所用气流归属于低压力、小流量、亚音速的紊流范畴去加以研究是适宜的。

#### 二、喷气引纬提出的气流问题

由上述喷气引纬所用气流参数可知,喷气引纬的质量直接与引纬器件的设计制造有关。而引纬器件设计的依据则是气流的动态参数和纬纱的原料和结构参数等。因此,提出了许多值得思考和应该加以解决的气流问题,如:

- (1)为什么气流能引纬,在什么条件下才能引好纬?
- (2)为什么不用层流引纬而不得不用紊流来引纬?
- (3)为什么各种型号喷气织机的主、辅喷嘴的结构形状都各异,管道片或异形箱的形状也各异,它们应依据什么条件、设计成什么结构形状才性能最佳?
- (4)圆射流、扁射流、平行射流以及气流合成的特性及要求有哪些?
- (5)如何进一步提高压缩空气的利用率、纬纱的飞行速度和质量?
- (6)如何进一步降低气耗量,你认为降低气耗量的途径和关键在哪里?
- (7)主喷嘴和辅喷嘴各自的性能标准应有哪几条,如何选用主、辅喷嘴?
- (8)气流引纬参数如何测定,气流流动状态又如何显示?
- (9)气流合成的条件和基本要求是什么,如何改善气流合成的效果和引纬质量?
- (10)为什么喷射织机能创每分钟超过千转的记录,你认为国产喷气织机的车速设计在多少?

大范围内为合适等。

看来,在讨论、了解喷气织机的具体问题之前,先概括地、有针对性地介绍一下有关喷气引纬所涉及的流体动力学基本知识,对认识喷气引纬机理和用好喷气引纬技术都是非常必要的。

## 第二节 喷气引纬气流的理论基础

### 一、空气和压缩空气性质

#### 1. 空气的流动性和黏滞性

空气比水容易流动是因为它的粘度比水小很多。空气的粘度是指它本身阻止其质点发生相对运动的能力,随其温度升高和压力增加而增大。不过,在压力变化范围小于 0.98 MPa (小于  $10\text{kgf/cm}^2$ ) 时,可不计其粘度的变化。

空气的粘度有动力粘度和运动粘度之分。

#### 2. 空气的压缩性和膨胀性

容器内的空气受到压力便被压缩,其结果为压力升高、体积减小、密度增加而内能也增大。

容器内的压缩空气释压即会膨胀,其结果为压力降低、体积增大、密度减小而内能也减小。

#### 3. 压缩空气的性质

在等温、等重的条件下,压缩空气的体积和压力之间的变化成反比,即:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

式中:  $P_1$ 、 $V_1$ 、 $P_2$ 、 $V_2$ ——变化前、后的压力和体积。

由于压缩空气在压力升高时有体积缩小、密度增加、温度升高而致内能增大的结果,所以压缩空气能从喷嘴内喷出,此为压缩空气的主要性能之一。

### 二、气体绝热变化的特点

气体的绝热变化是指在其变化过程中,既不向气体加入热量,也不从气体本身取出热量。换句话说,气体作绝热变化时,不与容器壁发生任何热交换现象。

由于喷气引纬所用的气体压力较低、温升不大、与器壁等接触时间短暂而热交换不明显,所以将其压缩和膨胀过程看作是绝热变化过程较为合乎实际(也有人提出应作为多变过程来看待)。

由热力学知,气体的绝热变化过程为:

$$P_1 V_1^K = P_2 V_2^K = C$$

可得绝热变化后的压力为:

$$P_2 = P_1 \times \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^K$$

式中： $K$ ——空气的绝热系数( $K=1.4$ )。

$\frac{P_2}{P_1}$ ——压缩比,它与压缩终了时的温度  $t$  及动力粘度系数  $\eta$  几乎成正比。

### 三、喷射气体动力学

#### 1. 喷射的性质

射流具有喷射成“束”的特点。当今喷气引纬所涉及的射流有圆射流、扁射流、平行射流以及汇交射流等。

##### (1) 圆射流。

① 圆射流的结构图。如图 2-1 所示。

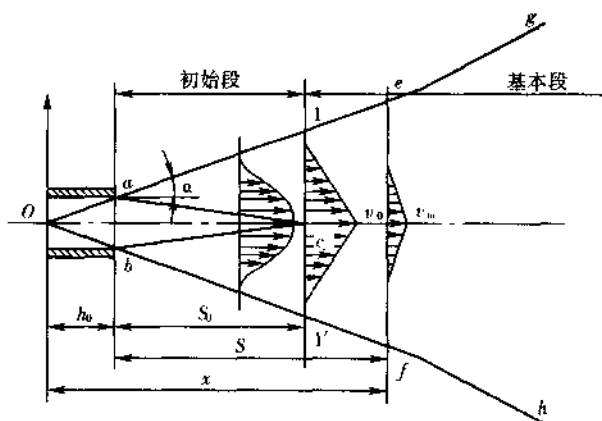


图 2-1 圆射流的结构图

图 2-1 中： $O$  为极点； $ab$  为喷嘴孔径( $2r_0$ )； $\alpha$  为扩散角； $abc$  为核心区， $c$  为其顶点； $h_0$  为极点至喷嘴距； $S_0$  为核心区长度； $x$  为极点至  $ef$  截面距；截面  $1-1'$  为过渡截面，其左侧为射流的初始段，其右侧为射流的基本段； $ag$  和  $bh$  为射流的边界以及核心区之外和边界之内为混合区等。射流核心区内各点上的流速  $v_0$  皆相等，而混合区内各点上的流速  $v$  则都不相等。

② 圆射流的两个主要性质。由于射流束与其周围的静止空气之间有着一定的速度梯度，所以射流边界上的气流脉动微团便与其相邻的静止空气发生掺和，其结果是：

- 射流将其部分动量传递给其相邻周界处的静止空气。这部分原来静止的空气便因获得能量而被射流携带随之向前流动，此即为射流的卷吸(引射)作用。与此同时，还使这部分原来静止的空气获得较小的垂直于射流轴向的速度而做缓慢的垂直运动，此即为射流的扩散作用。

- 射流一边卷吸周界邻近的静止空气，又一边向其周围扩散流动，这一现象将沿其轴向一直进行下去，结果是：射流的能量损失导致流速下降，射流锥随着喷射距离的增长而变大。

近喷嘴距离内以卷吸作用为主,而远喷嘴距离内以扩散为主,其卷吸和扩散的大小程度直接与流动速度的大小有关。

• 中心流速变化。射流因扩散而导致其中心流速急剧衰减。这一性质,在喷气引纬中必须予以足够重视。

图 2-2 为圆射流中心流速衰减示意图。可以看出,核心区以外的气流流速急剧衰减情况。

射流中心沿程上任一点(距喷嘴出口  $s$ )的流速  $v_s$  可用下式求得:

$$v_s = v_0 \frac{0.97}{\frac{\alpha s}{r_0} + 0.29}$$

式中:  $v_0$  ——喷嘴出口处的流速;

$\alpha$  ——喷嘴紊流系数(圆射流的  $\alpha = 0.07$ );

$s$  ——被测点距喷嘴出口处距离(即射程);

$r_0$  ——喷嘴出口处的截面半径。

•  $s_0$  和  $d_s$  的计算。圆射流的扩散角  $\alpha = 12^\circ \sim 15^\circ$  时,其核心区长度  $s_0$  为:

$$s_0(\text{mm}) = k \frac{d_0}{\alpha}$$

式中:  $k$  ——试验常数(圆射流的  $k = 0.335$ )

将已知  $k$  值代入得:

$$s_0 = 4.786 d_0$$

可见  $s_0$  直接与  $d_0$  相关。算出  $s_0$  对确定第 1 片箔距主喷嘴距离以充分利用  $v_0$  有益。

同样可求出射流  $s$  截面处射流锥的直径  $d_s$  为:

$$d_s = 6.8(\alpha \cdot s + 0.147 d_0)$$

为使射流尽量多地射入异形箔槽(或管道片),在确定主喷嘴与第一片异形箔(或管道片)之间距离以及在确定辅助喷嘴出口与异形箔槽中心距离(即辅助喷嘴的入射距离)时,计算出  $d_s$  很有参考价值。

• 促使射流流束破裂的因素。下列因素容易导致射流流束的破裂,应尽量避免。  
a. 气流流速高、流束截面大而且流体黏性小时易破裂。b. 湍流度大时易破裂。c. 机械扰动(如异形箔或管道片的平直度、粗糙度以及气流合成时互相干扰等)大时也易破裂。

(2)平面射流。气体从狭长缝中向外喷射时,射流只能在垂直于狭缝长度方向上扩散,如此条缝长度与其高度比值很大时,这种流动可视为平面射流。从矩形孔口喷出的射流性质近似于平面射流。

条缝射流和圆射流相比,有许多相似之处。但因条缝射流的扩散只限于在垂直长度方向的平面内,所以其流量的增加和速度的衰减都比圆射流要小些。

(3)平行射流。几个平行安置的喷嘴或同一平面内轴线线平行的多孔喷嘴,射出一组流速中心线相互平行的射流叫平行射流。图 2-3 为平行射流的示意图。

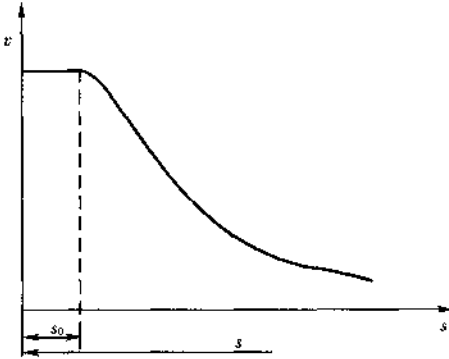


图 2-2 射流中心流速衰减示意图

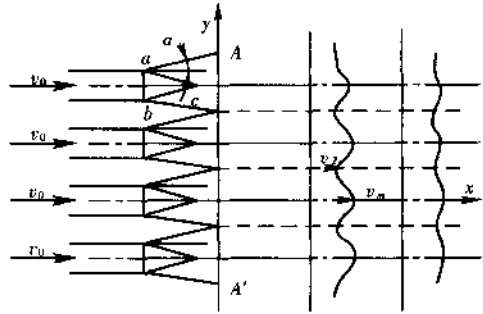


图 2-3 平行射流

由试验知,平行射流具有如下基本性能:

- ①各射流在汇交之前是各自独立地发展着。由于各平行射流之间发生相互引射,致使射流的初始段长度比单个淹没射流的初始段长度缩短 20%。
- ②由于各个射流之间形成较强烈的漩涡区,所以紊流脉动性比单个淹没射流的增大了。
- ③单个喷嘴的中心流速  $v_m$  最大,而汇交合成后的流速  $v_2$  为最小;随着流动距离的增加,  $v_m$  逐渐减小,而  $v_2$  逐渐增大,二者逐渐拉平。

(4)射流的相互碰撞。图 2-4 表示了两股互成  $2\alpha$  交叉角的射流,从喷嘴射出后相互碰撞的情景。

由图中可以看出:

- ①垂直截面方向被压扁了。
- ②水平截面方向变得更宽了。

上述情况,当  $\alpha$  越大时,  $b$  也越宽,其变形率  $\phi$  为:

$$\phi = \frac{b - d_x}{d_0}$$

- 式中:  $b$ —— $x$  处的水平方向宽度;  
 $d_x$ —— $x$  处淹没射流横断面的直径;  
 $d_0$ ——喷嘴直径。

由试验知,变形率  $\phi$  随  $\alpha$  角的加大而增加。

图 2-5 为  $\phi$  与  $x/d_0$  的关系图。可以看出,除不同的  $\alpha$  角具有不同的  $\phi$  值外,还具有在相应的  $x/d_0$  值之外,其  $\phi$  值不再变化的共性。

在接力喷气引纬中,主喷射流和辅喷射流正是两股互成  $\alpha$  角的射流于不同点处汇交的气流合成问题。

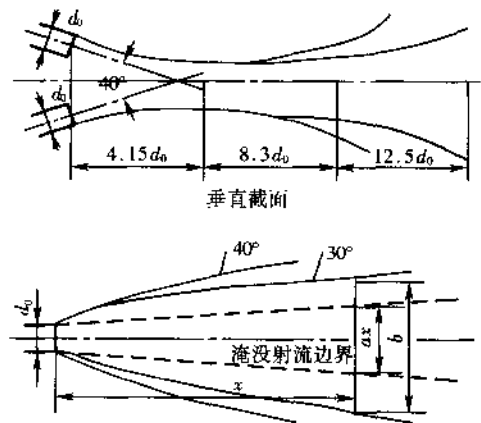


图 2-4 射流碰撞图

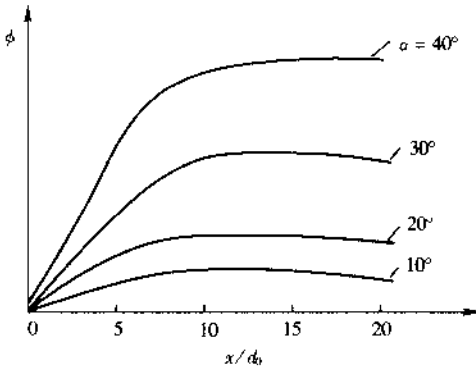


图 2-5 φ 与 x/d<sub>0</sub> 关系图

## 2. 管流的性质

从输气管道到喷嘴入口,这段压缩空气的流动属于管流。管流的基本性质有:

(1)质量守恒。在稳定流动情况下,流经不同截面的流体质量相同,即:

$$A_1 v_1 \gamma_1 = A_2 v_2 \gamma_2 = C$$

式中:  $A_1 v_1 \gamma_1$ 、 $A_2 v_2 \gamma_2$ ——管子两组截面上的面积平均流速和重度。

在设计变截面管道时,应计算及流体质量守恒定律的关系。

(2)能量守恒。对于可压缩气体,气体的密度不再为定值,所以应视其状态变化的特点来确定其压力与密度之间的关系。

伯努里绝热流动的能量方程为:

$$\frac{1}{K-1} \cdot \frac{P}{\rho} + \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} = C \quad (2-1)$$

式(2-1)中包括三项,即气体内能  $\frac{1}{K-1} \cdot \frac{P}{\rho}$ ; 压力能  $\frac{P}{\rho}$  和动能  $\frac{v^2}{2}$ , 三者之间大小可以相互转换,但其总和不变。

如针对一管道的两个截面则可写出:

$$\frac{1}{K-1} \cdot \frac{P_1}{\rho} + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{1}{K-1} \cdot \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2}$$

代入  $K = 1.4$  后,可得出截面 2—2 上的流速  $v_2$  为:

$$v_2 = \sqrt{2 \times 3.5 \left( \frac{P_1}{\rho_1} - \frac{P_2}{\rho_2} \right) + v_1^2} \quad (2-2)$$

若将气体状态方程中  $P = \rho g R T$  代入,则得:

$$v_2 = \sqrt{2000(T_1 - T_2) + v_1^2} \quad (2-3)$$

式中:  $T_1$ 、 $T_2$ ——分别为两截面上的绝对温度;

$R$ ——气体常数 ( $R = 29.27 \text{ kgf} \cdot \text{m} / \text{kgf} \cdot ^\circ\text{K}$ )

(3)管中紊流。紊流本身就很复杂,加上喷气引纬所用的又是异形箱或管道片形状异常的缝隙流动,就使得问题更为复杂了。

这里只着重介绍有关管中紊流的一些基本概念,上述的一些实际问题有待于今后进一步解决。

①紊流的脉动现象和平均速度。在紊流中,流动气体的质点之间相互掺和交换着能量,其质点运动的速度和方向也都随时间而变化。

图 2-6 为用热丝风速仪测得的  $M$  点处瞬时轴向速度变化图。

瞬时速度  $v$  在其平均速度  $\bar{v}$  的上下波动,这一现象叫脉动现象。为简便起见,常用  $v'$  代替  $v$ 。



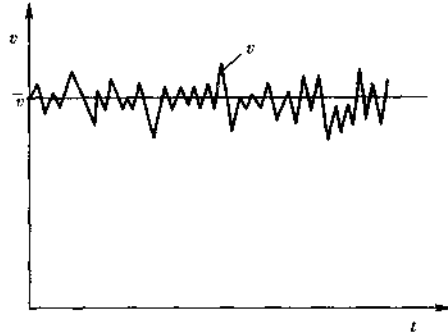


图 2-6 瞬时速度变化图

$$\bar{v} = \frac{1}{t} \int_0^t v dt$$

同时,平均压力  $\bar{P}$  为:

$$\bar{P} = \frac{1}{t} \int_0^t p dt$$

式中:  $t$  ——时间间隔;

$P$  ——瞬时压力;

$dt$  ——时间微分。

②湍流度  $\epsilon$ 。即使是在稳定的气流中,也总是存在着微小的漩涡,因此,管流中或流束中任一区间的气流速度,实际上呈高频的脉动状态。

将气流中任一点处的瞬时速度  $v$  和包括这一点在内的任一区间的平均速度  $\bar{v}$  之差,即为  $\Delta\bar{v} = v - \bar{v}$ ,叫脉动速度分量。

通常用湍流度来说明气流脉动的大小,即:

$$\epsilon = \frac{\sqrt{(\Delta\bar{v})^2}}{v}$$

式中:  $\sqrt{(\Delta\bar{v})^2}$  ——脉动速度分量的均方根值。

如果气流流经收缩良好的管子,则其  $\sqrt{(\Delta\bar{v})^2}$  近似相等,所以其进、出口截面上的  $\epsilon$  关系为:

$$\epsilon_1 v_1 = \epsilon_2 v_2$$

∴

$$\epsilon_2 = \epsilon_1 \frac{v_1}{v_2} = \frac{\epsilon_1}{n}$$

式中:  $n = \frac{v_2}{v_1} = \frac{F_1}{F_2}$ ,  $n$  为收缩比;

$F_1$ 、 $F_2$  ——截面 1—1 和截面 2—2 的面积,此处  $F_1 > F_2$ 。

可见,  $\epsilon$  随  $n$  的增加而减小,这一结论在设计渐缩形喷嘴和变截面管道时应注意。

③管中速度分布。管中紊流中的流体质点之间由于相互掺和得非常激烈,其结果使得各质点所具有的动量趋于相等、速度趋于一致,所以速度分布为对数曲线如图 2 -