

# 具有拉伐尔喷口的离心喷嘴 雾化锥角调整方法

王培林

(航空航天部三院31所)

**摘要:** 本文根据液流在离心喷嘴拉伐尔喷口扩张流道内不遵循动量矩定律, 雾化锥角不受喷嘴几何特性制约的性质, 从工程观点, 提出了用改变拉伐尔喷口流道壁面积, 调整雾化锥角的方法, 试验取得满意的结果。

**主题词:** 喷嘴, 收敛扩散喷管, 雾化, 几何形状, 特性

## A NEW METHOD OF SPRAY ANGLE ADJUSTMENT FOR PRESSURE ATOMIZING FUEL INJECTOR WITH A LAVAL NOZZLE

Wang Peilin

(The 31st Research Institute)

**Abstract:** With the view of application, a new method modified for flowpath surface area of Laval nozzle is proposed in order to adjust spray angle. The mechanism of adjustment is based on the fact that angular momentum law is not to be obeyed by liquid flow in divergent flowpath of Laval nozzle and that spray angle is independent on geometrical characteristic of pressure atomizing injector. This is a viable method to achieve desired spray angle value. Its effectiveness is demonstrated by the results of the experiments.

**Keywords:** Nozzle, Convergent-Divergent nozzle, Atomization, Geometric form, Characteristic

### 一、引言

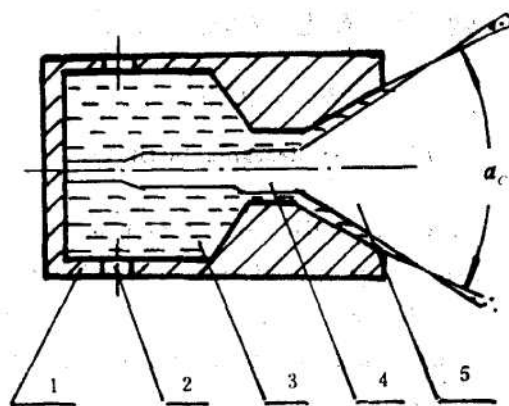
离心喷嘴雾化良好, 因此在小燃气轮机燃烧室中得到广泛应用。雾化锥角是离心喷嘴雾

化特性参数之一，雾化锥角的大小和燃油雾化质量，直接影响燃油的蒸发速率和燃油浓度分布，从而影响燃烧室的燃烧效率、火焰稳定、点火、出口温度分布和排气污染。小燃烧室火焰筒环缝高度小，一般为3.8~7.6cm。雾化锥角大，雾化质量改善，但油珠易打在火焰筒壁面上，或在主燃区壁面附近浓度过高，造成火焰筒局部过热，使壁面产生裂纹或掉块。反之，雾化锥角过小，油珠尺寸大且密集，火焰后移，易烧坏涡轮叶片。因此，雾化锥角必须要与根据喷嘴液雾与火焰筒头部流态和火焰筒结构相容性确定的值相符。然而，以理想流体为基础建立的喷嘴理论及其性能计算方法，迄今尚不能保证燃烧工程设计精度要求。新设计的喷嘴必须进行试验调整，方可定型设计。其次，即使定型的喷嘴，由于零件加工质量差异，亦会出现性能超差情况，而采用适当调整措施，则可消除部分超差现象。

本文在分析带有拉伐尔喷口的离心喷嘴特性调整机理的基础上，得出喷口扩张流道壁面摩擦力矩是导致燃油流速重新分配的结论，确立了一种非常规的调整雾化锥角的方案：喷嘴几何特性保持不变，用改变喷口扩张流道壁面积的方法，改变雾化锥角大小，该调整方案得到试验验证。

## 二、调整机理分析

喷口为圆柱段的离心喷嘴的雾化锥角和流量系数取决于其几何特性，通常用减短喷口长度和改变旋流器切向通道尺寸调整其特性。当喷口为拉伐尔形状时，燃油在喷嘴内的流动如图1所示。文献〔1〕指出：燃油在拉伐尔扩张通道沿流向的周向 $w_r$ 、轴向 $w_a$ 、径向 $w_r$ 三个分速会重新分配，雾化锥角减小，且不依赖喷嘴几何特性，大量研究表明：尤其对小流量数



1.壳体 2.切向通道 3.旋流室 4.临界截面 5.喷口

图1 拉伐尔喷口离心喷嘴原理图

离心喷嘴，喷嘴结构尺寸，燃料粘性对喷嘴特性影响是不可忽略的〔2, 3〕。喷嘴流道壁面给予燃油的摩擦力矩使燃油转动动量矩减小，削弱了燃油在喷嘴内的旋转运动，增强了轴向运动，使其流量系数增大，雾化锥角减小。

综上所述，带有拉伐尔喷口的离心喷嘴特性调整途径，可依据下列基本论点考虑：

1. 只要喷嘴几何特性保持不变，喷口扩张段对喷嘴流量系数无影响，喷口圆柱段仍可

看作是控制流量的临界截面。

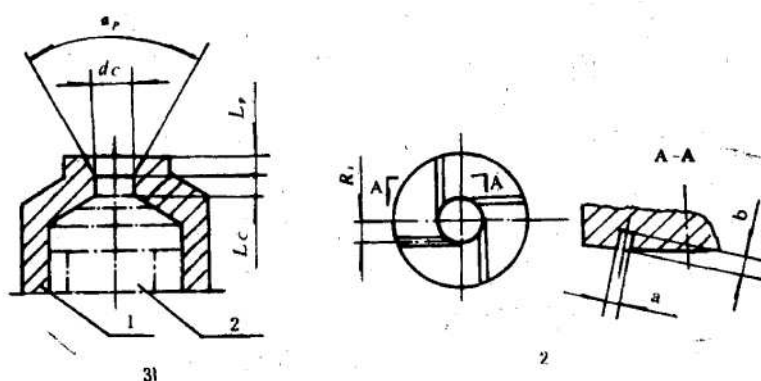
2. 燃油在喷口扩张段内的流动参数不遵循动量矩定律, 即  $w_{\theta} \cdot R = \text{常数}$ 。扩张通道壁面积是雾化锥角的控制因素。

3. 只要扩张段几何锥角  $\alpha_p$  在  $0^\circ$  到某一最大值  $\alpha_{p, \max}$  (等于无扩张段时的雾化锥角) 范围内变化, 雾化锥角总可以得到调整,  $\alpha_p$  减小, 雾化锥角则增大。

### 三、试验情况

#### 1. 试验件及调整方案

试验件构造见图 2。



1. 壳体 2. 旋流器 3. 喷口

图 2 试验件构造简图

设计尺寸:

喷口圆柱段直径:  $d_c = 0.8 \text{ mm}$

喷口圆柱段长:  $L_c = 0.45 \text{ mm}$

喷口扩张段扩张角:  $\alpha_p = 60^\circ$

喷口扩张段长:  $L_p = 0.55 \text{ mm}$

切向槽宽  $\times$  深:  $a \times b = 0.52 \times 0.7 \text{ mm}$

旋流半径:  $R_s = 1.64 \text{ mm}$

喷嘴设计特性参数:

当量几何特性:  $A = 1.1358$

喷嘴流量系数:  $\mu = 0.4084$

供油压力:  $p_f = 23 \times 10^5 \text{ Pa}$  时

雾化锥角:  $\alpha_c = 70^\circ - 74^\circ$

燃油流量:  $Q_f = 53.1 - 54.7 \text{ L/h}$

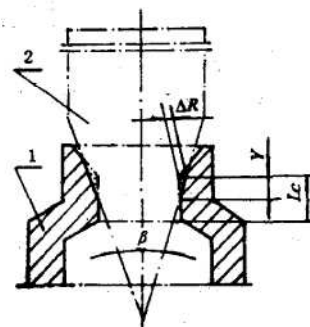
喷口被调整部位及调整工具见图 3, 喷口圆柱段相对缩量

$\bar{Y} = \frac{Y}{L_c}$  与  $\tan \frac{\beta}{2}$  成反比。为节省工时, 取研磨棒锥角  $\beta = 20^\circ$ 。

#### 2. 试验结果

以 RP-1 煤油为试验工质, 在航空燃油喷嘴特性通用试验台检测表明: 调整前测得 15 件试验件的  $\alpha_c = 64^\circ \sim 66^\circ$ 。按图 3 方案实施调整, 当喷口单边径向磨剥量  $\Delta R$  约等于  $0.015 \text{ mm}$ , 即  $\bar{Y} = 17\%$  时, 全部试验件的  $\alpha_c$  达到设计要求值。

试验件流量是用改变旋流器切向槽尺寸调整, 试验表明, 当流量在设计值附近增大或减少  $2\%$  时, 改变切向槽尺寸对雾化锥角的改变量在测量系统误差范围内。



1. 喷嘴壳体 2. 研磨棒

图 3 雾化锥角调整方案

## 四、结 论

1. 试验证实了具有拉伐尔喷口的离心喷嘴特性调整机理的正确性和雾化锥角调整方案的可行性。

2. 喷嘴几何特性保持不变,用改变喷口流道壁面积调整雾化锥角的方案,不破坏喷口加工几何精度、简便、省时,具有工程应用价值。

### 参 考 文 献

- (1) Пажі Д Г и др. Распыливающие Устройство в Химической Промышленности Москва издательство. «Химия», 1975, pp100~101
- (2) 西工大. 离心式喷嘴的工作过程与计算. 1975.5
- (3) 傅维标等. 燃烧物理学基础. 机械工业出版社, 1981.7, pp196—204

## 发展中的航空航天部第三十一研究所

航空航天部第三十一研究所创建于1962年,随着我国国防建设事业的发展,目前已发展成为冲压发动机、固体火箭发动机、固体火箭-冲压发动机、弹用涡喷涡扇发动机等研究、设计、试验和小批量生产的综合性战术导弹动力装置研究所。全所职工千余人,其中研究员、高级工程师300余名,工程师300余名并有国家级有贡献的科学家。经国务院批准为航空发动机、火箭发动机专业硕士学位授予权单位。

所内设有冲压发动机、固体火箭发动机、固体推进剂、涡轮喷气发动机、测量控制、计量等研究室,拥有空气喷气发动机和火箭发动机试验基地。配有若干生产车间。并拥有工业建筑面积51000m<sup>2</sup>,民用建筑面积45000m<sup>2</sup>,固定资产3300万元。所内拥有配套齐全的试验设备,其中有大型高空模拟发动机试车台,自由射流试车台,直连式发动机试车台,涡轮泵、调节器、喷嘴等部件试验台,固体火箭和固体火箭冲压组合发动机试验设备等。所内还配置有固体推进剂装药生产线,点火器生产线,传感器试制生产线和化工分析、油料化验、药柱力学性能测试等设备,并且有各种长度、热工、无线电、力等仪器仪表检测计量设备和能力。

近年来,三十一所完成了各种战术导弹用动力装置的研制,并已成功地用于海防战术导弹型号上,在推进剂、进气道、气动燃烧、测试控制以及环保技术等领域也取得了多项科研成果,已获国家级、部级科技进步奖共150余项。

在“以军为本,以民为主”的方针指引下,三十一所努力开发民用技术和产品,正由单一的军品科研型向军民结合科研生产经营开发型转轨变形,并建立了研究所附属的科技开发企业群体。可承担工程开发和机械产品批产,目前已有各型精密低噪声风机、横流风机、大型雪糕、冰激淋生产线等七项产品,被国家机械委列为替代进口产品。并开发了人造黄油生产线、豆干生产线、复印机装配生产线、真空成型机、显像管玻壳封接机等多项大型成套设备,承包了国内外若干工业工程,与塑料机械、食品机械、复印机、传感器等行业建立了密切的联系,开发了称重、测力、测温等传感器系列产品轨道衡、公路衡、测温仪等配套产品,金属清洗液、净化剂、固体燃料、化工试剂、电子行业用成套设备、音乐喷泉、外交签证机、火焰切割机、塑料喷涂设备等多种产品。

三十一所的发展设想是瞄准跟踪目标先进技术领域,使科研成果和产品达到国际先进水平,建设以本所为主导的技工贸一体化的高科技开发产业群体,发展外向型经营,促进本所产品和技术进入国际市场。

陈爽 供稿