

高密度喷气燃料与常规喷气 燃料浓度场试验研究

王 健

王家骅

(航空航天部 31 所)

(南京航空学院)

摘 要: 本文利用 CO_2 红外气体分析仪和取样管对高密度喷气燃料和常规喷气燃料在直流喷嘴下游的浓度场分布进行了测量, 就气流速度、油压降和下游距离对浓度场分布的影响进行了对比研究。试验结果表明, 在相同工况下, 常规喷气燃料的最大浓度值比高密度喷气燃料的大; 气流速度和油压变化对高密度喷气燃料最大浓度点穿透深度的影响大于对常规喷气燃料的影响。

主题词: 喷气发动机燃料, 重质燃料, 燃料喷射, 浓度, 分布

EXPERIMENTAL STUDY ON FUEL CONCENTRATION DISTRIBUTION USING HIGH-DENSITY KEROSENE

Wang Jian

Wang Jiahua

(The 31st Reserach Institute)

(Nanjing Aeronautical Institute)

Abstract: In the experiment, CO_2 infrared analyzer and sampling probe are used to measure fuel spray characteristics of high-density kerosene and aviation kerosene downstream from a simple orifice injector. The effects of air flow velocity, pressure drop and distance from the injector on the fuel concentration distribution are studied. The test result show that under same condition the maximum concentration for conventional jet fuel is higher than that for high-density kerosene and the effects of air flow velocity and fuel pressure on penetration of maximum concentration are stronger for high-density kerosene than for conventional jet fuel.

Keywords: Jet engine fuel, Heavy fuel, Fuel injection, Concentration, Distribution

1 前言

在液体航空发动机燃烧室的研制过程中,燃料浓度分布对发动机稳定工作范围、燃烧效率、振荡燃烧和着火边界都有很大影响。文献〔1〕报道了直流喷嘴用常规喷气燃料在高速气流中侧喷的雾化特性,本文对一种新型高密度喷气燃料在直流喷嘴下游,高速气流中侧喷的浓度场进行了对比。文献〔2〕报道了两种燃料粒度场的试验研究。

本文讨论了气流速度、油压降、下游离喷嘴口距离对燃料浓度场的影响,并提供了有一定局限性的最大浓度点穿透深度的经验公式。本文的结果可为应用高密度喷气燃料的燃烧室中喷嘴布置、喷嘴与稳定器相对位置的确定提供依据。

2 试验设备

试验风洞的试验面积为 $100\text{mm} \times 150\text{mm}$,在壁面不同位置上开有静压孔,来流速度不均度(除附面层外)小于2%,喷油杆安装在试验段内,喷嘴与气流成垂直方向,坐标原点取在直流喷嘴上,见图1。在燃料浓度分布测量中,采用连续取样分析系统和测量方法。

试验用直流喷嘴为单孔,孔径为 0.5mm ,试验的气流速度为 $50 \sim 90\text{m/s}$,油压 $0.2 \sim 1.0\text{MPa}$,下游距离为 $100 \sim 190\text{mm}$,高密度喷气燃料在常温下的密度为 0.9g/cm^3 ,粘度为 $2.64 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$,常规喷气燃料在常温下的密度为 0.78g/cm^3 ,粘度为 $1.42 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ 。

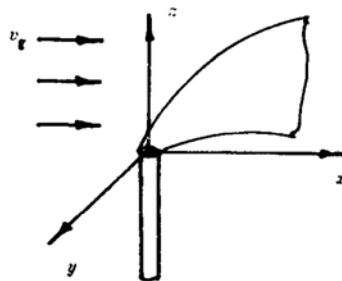


图1 直流喷嘴侧喷
坐标示意图

3 结果与分析

3.1 油压变化对浓度分布的影响

当油压升高时,燃料的出口速度增加,动量加大,造成油雾射源穿透深度增加(见图2和图3)。因为油压升高使喷射的油量增多,燃油的浓度锥体积增大,最大浓度值提高;同时,油雾射源与气流的相对速度增大,使雾化质量提高。把两种燃料浓度分布曲线进行比较发现,随着油压升高,高密度喷气燃料最大浓度点的穿透深度增加值和在纵向分布宽度增加量比常规喷气燃料对应增加值要大。图4表明油压对穿透深度的影响。

3.2 气流速度变化对浓度分布的影响

速度变化对浓度分布有重大影响,见图5和图6。当气流速度增大时,由于气动力增大,造成油雾穿透深度降低,高密度喷气燃料最大浓度点穿透深度减少量比常规喷气燃料减少量大;两种燃料 z 向分布随气流速度的提高而变窄,最大浓度值增大,高密度喷气燃料最大深度值增加量小于常规喷气燃料增加量;这说明气动力对常规喷气燃料的影响比对高密度喷气燃料的影响要小。气流速度增加必使得 y 方向分布变窄,油雾锥变小,油雾更加集中;气流与油雾相对速度增大必使得雾化质量提高,SMD减小。图7是气流速度对穿透深度的影响。

3.3 下游距离变化对浓度场的影响

随着离开喷嘴距离的增大,两种燃料雾化锥分布范围扩大,燃料最大浓度点穿透深度增加,浓度值降低,浓度分布曲线变得平坦,见图8和图9,这主要是由于油珠除有一个随气流

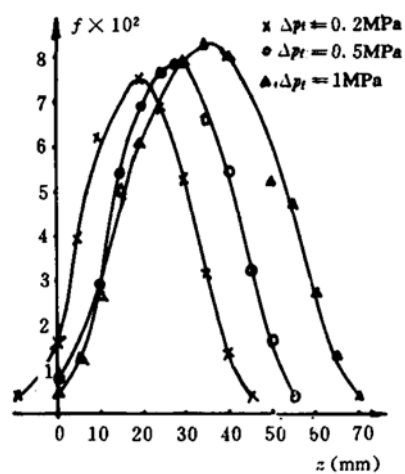


图2 常规喷气燃料浓度分布随油压的变化 ($v=90\text{m/s}$, $x=130\text{mm}$)

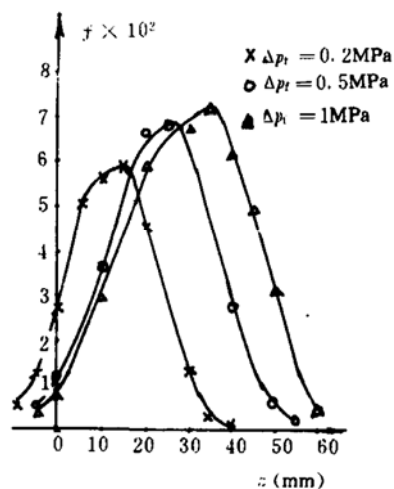


图3 高密度喷气燃料浓度分布随油压的变化 ($v=90\text{m/s}$, $x=130\text{mm}$)

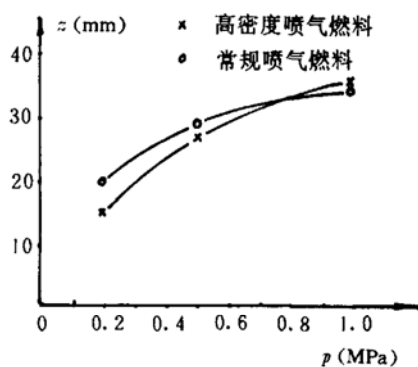


图4 最大浓度点穿透深度随油压的变化 ($v=90\text{m/s}$, $x=130\text{mm}$)

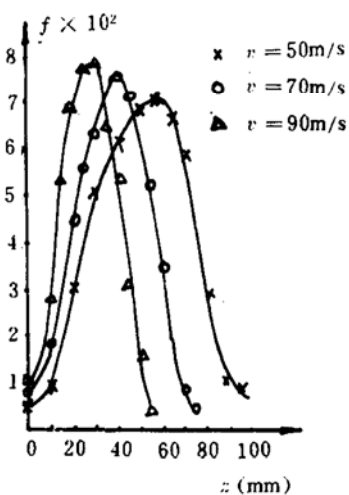


图5 气流速度对常规喷气燃料纵向分布的影响 ($\Delta p=0.5\text{MPa}$, $x=130\text{mm}$)

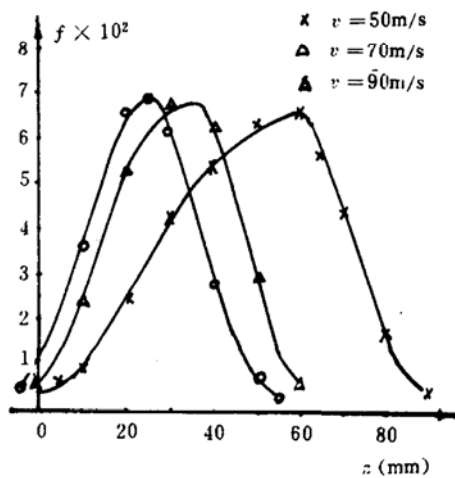


图6 气流速度对高密度喷气燃料纵向分布的影响 ($\Delta p=0.5\text{MPa}$, $x=130\text{mm}$)

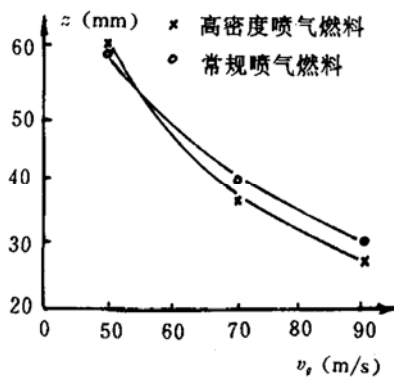


图7 最大浓度点穿透深度随气流速度的变化 ($\Delta p=0.5\text{MPa}$, $x=130\text{mm}$)

方向运动的速度外还有一个与气流垂直的运动,在气流速度和油压相同时,在同一截面上,高密度喷气燃料最大浓度值低于常规喷气燃料最大浓度值;在 y 向分布可看成是高斯分布,其分布范围比 z 向小,从图中可看出两种燃料浓度分布随距离变化规律是相似的。

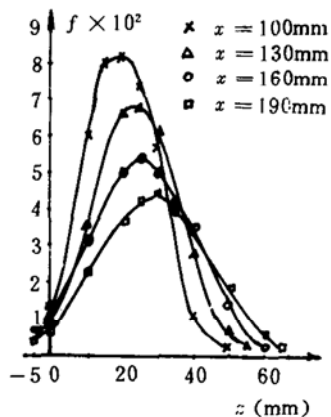


图8 不同截面常规喷气燃料浓度纵向分布 ($\Delta p = 0.5\text{MPa}$, $v = 90\text{m/s}$)

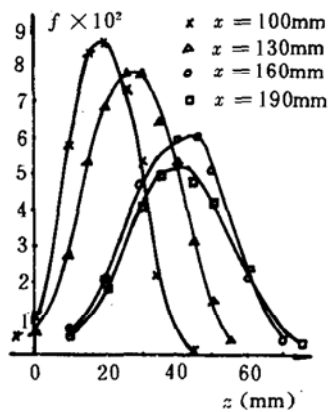


图9 不同截面高密度喷气燃料浓度纵向分布 ($\Delta p = 0.5\text{MPa}$, $v = 90\text{m/s}$)

3.4 喷嘴下游最大浓度点穿透深度经验公式

(1) 常规喷气燃料经验公式:

$$Z_{\max} = 3.76x^{1.46}v_a^{-1.17}p_t^{0.35}$$

(2) 高密度喷气燃料经验公式:

$$Z_{\max} = 135.5x^{0.77}v_a^{-1.41}p_t^{0.56}$$

应用范围

$$100\text{mm} \leq x \leq 200\text{mm}, \quad 50\text{m/s} \leq v_a \leq 90\text{m/s}, \quad 0.2\text{MPa} \leq p_t \leq 1\text{MPa}$$

从公式可发现气流速度和油压变化对高密度喷气燃料穿透深度的影响大于对常规喷气燃料的影响。

4 结 论

- (1) 在相同工况条件下,常规喷气燃料的最大浓度值高于高密度喷气燃料的最大浓度值。
- (2) 气流速度和油压的变化对高密度喷气燃料最大浓度点穿透深度的影响大于对常规喷气燃料的影响。

参 考 文 献

- [1] 杨永昌. 垂直气流喷射的直流式喷嘴后方浓度场的实验研究. 西北工业大学, 1979
- [2] 王健, 王家骅. 高密度喷气燃料和常规燃料的油雾场对比试验研究. 航空动力学报, 1992, 7 (3): 272