

# 反压环境舱的设计及在雾化实验中的应用

曹智程

(西安航天动力研究所, 陕西 西安 710100)

**摘 要:** 介绍了反压环境舱的设计思路、结构特点及其在喷嘴特性研究过程中的应用。环境舱包括: 舱盖提升机构、舱体移动机构、喷嘴调节装置、气幕隔离装置、视镜和散光装置。所设计的环境舱视镜通光直径为 110mm, 环境压力高达 6.0MPa。实验结果表明, 反压环境舱能配合高速动态分析系统完成高压环境下流量和雾化性能实验。

**关键词:** 反压环境舱; 液体火箭发动机; 雾化实验

**中图分类号:** V434

**文献标识码:** A

**文章编号:** (2007) 04-0028-04

## Design and application of pressure environmental chamber in atomization test

Cao Zhicheng

(Xi'an Aerospace Propulsion Institute, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** The structure characteristics and application of pressure environmental chamber for injector performance test were introduced. The environmental chamber consists of a chamber cover, an elevator device, a chamber body shifting device, an injector adjustment device, gas-film separating devices, windows and an astigmatism device. The transparent diameter of environmental chamber is 110mm, and the pressure is as high as 6.0MPa. The results indicate that the high pressure atomization performance tests can be accomplished with pressure environmental chamber combined with high speed dynamic analysis system.

**Key words:** pressure environmental chamber; liquid propellant rocket engine; atomization test

收稿日期: 2006-12-10; 修回日期: 2007-12-20。

作者简介: 曹智程 (1969—), 男, 工程师, 研究领域为喷雾燃烧。

## 1 引言

液体火箭发动机推进剂的雾化是在较高或者很高压力条件下进行的。目前,喷嘴性能及雾化研究实验通常是在1个大气压环境下进行,这造成实验得到的雾化性能与实际状况有一定差异<sup>[1,2]</sup>。为能在反压环境下进行喷嘴雾化实验,在更接近于喷嘴工作的真实状态进行喷嘴特性研究,进一步提高喷嘴雾化研究的水平,设计了反压环境舱。本文介绍反压环境舱的设计及应用。

## 2 反压环境舱技术参数及结构

### 2.1 技术参数

依据目前及今后一段时间液体火箭发动机燃烧室单喷嘴的工作参数,考虑目前技术条件,选择的反压环境舱的设计参数如下:

空气:  $m=0\sim 1.8\text{kg/s}$ ;

水:  $m=0\sim 1\text{kg/s}$ ;

反压压力:  $P=0.1\sim 6\text{MPa}$ ;

视窗直径:  $\Phi 110\text{mm}$ 。

### 2.2 反压环境舱结构

从使用性能和可操作性考虑,反压环境舱包括舱盖提升机构、舱体移动机构、喷嘴调节装置、气幕隔离装置、视镜和散光装置(整体外结构图见图1)等。技术特点如下:

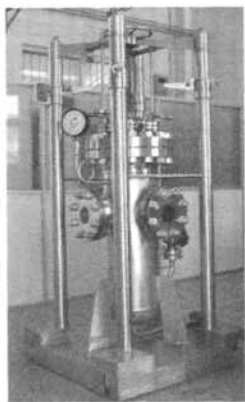


图1 反压环境舱

Fig.1 Pressure environmental chamber

#### (1) 舱盖提升机构

反压环境舱设计压力为6.0MPa,内径为 $\Phi 280\text{mm}$ ,罐高为800mm,材质选用1Cr18Ni9Ti。舱盖采用平板结构,螺栓连接方式。舱盖开有 $\Phi 15\text{mm}$ 通孔四个、 $\Phi 6\text{mm}$ 通孔两个,供实验介质和舱体压力测量用。舱盖重量比较重,因此设计了梯型螺旋丝杠提升机构,通过手轮带动丝杠提升舱盖。在丝杠两侧设计导向杆,以避免舱盖上升过程中出现晃动及偏斜。

#### (2) 舱体移动机构

环境舱自身重量重、体积大,为便于移动将环境舱固定在可移动的小车上,小车移动采用活动式脚轮,由自锁机构完成位置固定。

#### (3) 喷嘴调节装置

喷嘴装在环境舱盖的中心,沿轴线向下喷射。喷嘴在反压环境舱内需满足:(1)喷嘴出口位置需在视镜的三分之一处;(2)喷嘴能在夹具上 $360^\circ$ 转动,这样有利于拍摄到喷雾场的最佳位置。由于喷嘴实验件型式、结构尺寸各不相同,为了满足上述两个位置条件,需设计能调节长短并同时自锁的喷嘴夹具。喷嘴夹具最大伸长长度为240mm,喷嘴夹具最小长度为160mm,伸杆距离确定后由碟型螺母紧固锁紧。喷嘴夹具固定盘设计成两道环槽孔,喷嘴可在固定盘上根据所需方向旋转固定。

#### (4) 气幕隔离装置

由于喷嘴密闭在反压环境舱内,细小液雾滴的弥散会影响测量。同时由于喷嘴流量的变化,喷嘴出口形成的雾锥有大有小,喷雾场大时,喷嘴喷射的雾滴有可能飞溅到观察窗视镜上,影响高速动态分析系统对喷雾场拍摄图像的效果。为了消除小部分雾滴对视镜的影响,采取了如下措施:

① 加长观察窗圆管的长度,减少液滴飞溅到视镜上的几率;

② 设计气幕隔离装置,在雾场和视镜之间形成一道气幕帘。气幕隔离装置通入一定压力、流量的空气形成一道气幕帘,有效地防止液滴飞溅到观察窗视镜上。图2和图3显示了有无气幕装置观察窗的效果的比较。

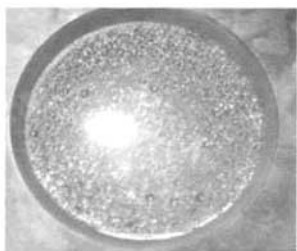


图 2 无气幕隔离装置的观察窗

Fig.2 Window without gas-film separating device



图 3 有气幕隔离装置的观察窗

Fig.3 Window with gas-film separating device

### (5) 视镜

高速动态分析系统有侧向片光源和背直光源两种动态拍摄方式。为此反压环境舱采取了三面视窗结构，视镜的通光直径为  $\Phi 110\text{mm}$ ，工作压力为  $6.4\text{MPa}$ 。图 4 为反压环境舱视镜。



图 4 反压环境舱视镜

Fig.4 Window of pressure environmental chamber

### (6) 散光装置

为了消除舱内里多种装置对入射光的折射或反射，提高光场及摄影效果。设计了散光装置，散光装置如图 5。

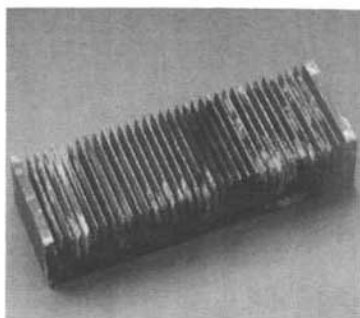


图 5 散光装置

Fig.5 Astigmatism device

### (7) 安全措施

为实验安全的进行，反压环境舱设置了安全泄压装置。舱内压力如果超出安全使用压力，安全阀将自动开启并快速排出气体来降低舱内的过高压。反压环境舱底部开有  $\Phi 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  的压力调控管路，管路上装有流量调节阀来调节反压舱内压力值，通过流量调节阀对反压压力的调节，可完成不同压力的反压雾化实验。

## 3 在反压雾化实验的应用

结合介质供应系统、调节系统、测量系统和高速动态分析系统，组成一套反压环境雾化实验系统可对喷嘴进行反压雾化实验研究。

### 3.1 流量实验

气/气喷嘴的流量特性受环境压力影响较大，在舱压环境下进行了气/气喷嘴实验。实验测试的参数包括：喷注压降、流量以及舱压压力。在不同的舱压环境下，气体的流量与压降之间的关系如图 6 所示。图 6 清晰的反映了舱压环境对气/气喷嘴流动特性的影响。

### 3.2 雾化实验

在没有气幕隔离装置下拍摄的粒度图像如图 2，在有气幕隔离装置拍摄的粒度图像如图 7。对气液同轴直流离心喷嘴，使用高速动态分析系统和环境舱在同一喷嘴压降，不同舱压环境下进行了雾化试验，喷雾数据如表 2。

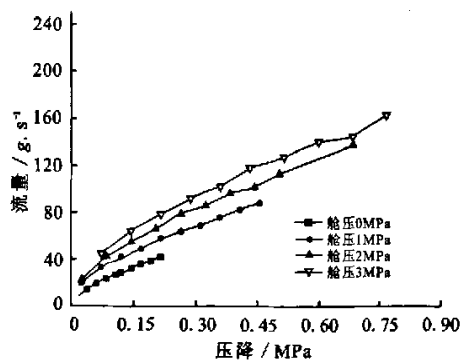


图 6 气/气喷嘴在不同舱压下流量压降的变化曲线

Tab.6 Injector mass flow rate under different chamber pressures

表 2 不同舱压环境下，雾化参数

Tab.2 Liquid diameters under different chamber pressure

工况	$D_{\text{max}}/\mu\text{m}$	$D_{\text{mid}}/\mu\text{m}$	$D_{\text{D}}/\mu\text{m}$	$D_{\text{Z}}/\mu\text{m}$	舱压/MPa
工况 1	37.7	479.9	153.7	245.4	0.8
工况 2	37.7	536.6	165.4	269.4	0.6

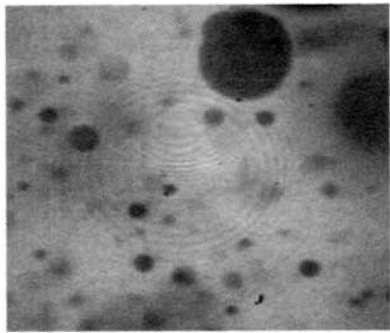


图 7 反压下喷嘴粒度图 (0.6 MPa)

Fig.7 Granularity diameter under different chamber pressure

4 结论

为了进行反压环境下喷嘴特性试验，设计并建造了反压环境舱。反压环境舱能提供模拟燃烧室的环境，完成喷嘴的反压环境下流量与喷雾实验，主要特点有：

- (1) 环境舱的视镜通光直径大，直径为  $\Phi 110\text{mm}$ ；
- (2) 环境舱能提供高的环境压力，设计压力为 6.0MPa；
- (3) 环境舱操作方便。

结果证明反压环境舱结构设计合理，能满足多种喷嘴的流量和雾化实验。

参考文献：

- [1] 王兴甫. 高反压环境中空气雾化喷嘴的雾化性能[J]. 推进技术, 1994, (4): 48-49.
- [2] 吴晋湘. 反压条件下同轴式喷嘴雾化特性的试验研究[J]. 航空动力学报, 1994, 9(4): 431-432.
- [3] 徐灏. 机械设计手册(第二版, 第 3、4 卷)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [4] 吴粤桑. 压力容器安全技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [5] 王玫, 李鳌, 张志涛. 运用高速动态分析系统研究喷嘴雾化性能[J]. 火箭推进, 2004, 30(2): 6-11.

(编辑：王建喜)