

凝胶试验系统的设计及试后处理工艺

梁小强

(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 总结了凝胶发动机不同研制阶段相对应的试验系统以及系统试后处理工艺。包括以下几个方面: 25N 发动机试验系统的建立; 变推力发动机试验系统的建立; 双组元发动机试验系统的建立; 变推力发动机试验系统的最终建立和凝胶试验系统试后处理工艺。通过对不同试验系统的建立与比较, 确立了最终的凝胶试验系统及系统试后处理工艺。

关键词: 凝胶; 推进剂贮箱; 试后处理工艺

中图分类号: V416.6

文献标识码: A

文章编号: (2006)04-0051-03

Design of test system for gel propellants and processing measures after tests

Liang Xiaoqiang

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

Abstract: This article has summed up the design of the test system for gel propellants and the processing measures after tests during the different phases of the development of the gelled propellant. The test system of the engine of 25N, the test system of the engine of changeably thrust, the test system of the engine of two constitutes, the final test system of the engine of changeably thrust and the measures after trial of the test system were built up. After comparing the different test systems, the final test system of the gelled propellant and the measures after trial have been established.

Key words: gel; vessel of the propellant; the measures after trial

1 引言

凝胶推进剂属非牛顿粘弹性流体, 以其高密度、高燃烧能量、高安全性及长期贮存能力受到

研究重视。同时, 凝胶推进剂不同于常规液体推进剂, 其中推进剂供应系统研究、凝胶推进剂贮存特性研究等, 是建立凝胶试验系统所面临的主要问题。

与常规推进剂相比, 凝胶发动机在试验特性

来稿日期: 2006-02-25; 修回日期: 2006-04-24。

作者简介: 梁小强 (1977—), 男, 工程师, 研究领域为姿控发动机试验。

上有着更加特殊和严格的要求。目前,凝胶推进剂相关的理化特性及试验特性均处于研制阶段,没有成熟的系统资料和工艺技术文件查询。随着凝胶试验任务的增加,急需设计并建立相应的凝胶试验系统,在试验中提高试验工艺技术,总结凝胶推进剂的相关理化特性和试验特性,为下一步更好的完成凝胶试验任务打下基础。

2 凝胶推进剂的试验特性

到目前为止,凝胶推进剂的试验特性也是处于研究和探索阶段。就目前掌握的特性结论可知,凝胶推进剂在凝胶态下,其流动特性不但影响到试验系统的建立以及试后处理工艺,还会对试验的测量系统(主要是流量和压力测量)产生较大影响。

凝胶推进剂为粘弹性流体,具有剪切变稀的特性。常态运动粘度较大,流动性较差;在一定压力(屈服压力)作用下,运动粘度减小,类似液态流体,有较好的流动性,理化性能也类似于常规推进剂;凝胶推进剂还具有粘度随时间变化的特性^[1]。因此需要建立一套既能在常态下适应凝胶态流体,又能在一定压力作用下适应凝胶态特性的类似牛顿流体的试验系统。

3 凝胶试验系统的设计

凝胶推进剂试验系统的设计与组建主要是基于单组元凝胶(凝胶 DT-3) 25N 发动机、双组元凝胶(凝胶 UDMH 和凝胶 N_2O_4) 200N 发动机以及后来的 200N/100N 变推力发动机。

3.1 单组元发动机试验系统的建立

25N 发动机使用的凝胶 DT-3 推进剂是一种新型火箭发动机推进剂,由液态 DT-3 在一定工艺条件下添加相应的胶凝剂配制而成。

3.1.1 25N 发动机试验系统的建立

(1) 系统组成:凝胶 25N 发动机试验系统主要由推进剂贮箱、阀门及管路系统组建,其中主管路采用 DN10 的不锈钢管路,系统过滤为 200 目滤网过滤器。

(2) 推进剂贮箱:推进剂贮箱采用球形介质贮箱(由橡胶内囊和金属球体组成),便于进行发动

机试验和清洗(试后只需将橡胶内囊取出清洗即可),承压 4MPa、容积 19L。为方便增压,采用一台 60L 容器作为介质容器气垫箱。

(3) 管路系统:凝胶 25N 发动机试验系统的管路系统主要由 DN10、DN6 的不锈钢管路以及阀门、过滤器和流量计组成。由于凝胶推进剂的特殊性,系统上所使用的管路、阀门和过滤器均为凝胶试验专用,试验前后的清洗检查等均按其规程进行。

为了准确测量试验时凝胶推进剂的流量,采用质量流量计进行测量,不但解决了凝胶非牛顿流体的流量测量难题,还保证了小流量测量的准确性。在本次试验中,流量测量采用质量流量计和电子秤称重法同时测量。

(4) 结果:25N 发动机试验系统成功的完成了试验任务,从试验结果来看,该试验系统符合凝胶发动机对试验系统的要求,能承担一定的凝胶发动机试验任务。

3.1.2 200N/100N 变推力发动机试验系统的建立

200N/100N 变推力发动机也采用凝胶 DT-3 推进剂,产品上的两路入口要求试验系统必须由内外两路组成。由于凝胶 25N 发动机试验系统仍需保留,因此还需新建 200N/100N 变推力发动机试验系统。

(1) 系统组成:凝胶 200N/100N 变推力发动机系统的建立基于 25N 发动机试验系统,主要由推进剂贮箱、阀门及管路系统组建,其中主管路采用 DN10 的不锈钢管路,系统过滤为 200 目滤网过滤器。

(2) 推进剂贮箱:变推力发动机试验所用的介质贮箱有 2 个,其中内路所用的是承压 4MPa 的钛合金容器,容积 50L;外路所用的仍是 19L 球形介质贮箱。两个容器均便于清洗,且承压较高,适用于凝胶发动机试验。

(3) 管路系统:试验系统均由专门用于凝胶发动机试验的管路、阀门以及过滤器等附件组成的系统,流量计采用两路质量流量计进行测量。

(4) 结果:凝胶 200N/100N 变推力发动机热试结果表明,该系统符合凝胶发动机对试验系统的要求,能够承担凝胶发动机进一步的试验任务。

3.2 凝胶推进剂液流试验

200N/100N 变推力发动机试验系统在完成试车任务的同时,还承担了凝胶推进剂的六十余次液流试验任务,分别对变推力系统的多个组件进行了针对性的测试,取得了发动机设计参数,同时也得到了试验系统的固有参数特征。

通过液流试验,证明其试验系统能够进行凝胶试验系统的分析和研制工作,同时也获取了凝胶推进剂的部分试验特性,为以后的凝胶发动机热试车打下基础。

3.3 双组元发动机试验系统的建立

凝胶双组元(凝胶 UDMH 和凝胶 N_2O_4) 200N 发动机试验系统是一个全新的试验系统,要求保留原来单组元凝胶试验系统,重新建立试验系统。

3.3.1 系统组建

凝胶双组元试验系统利用 19L 球形介质贮箱作为燃料推进剂供应容器,氧化剂供应容器则由一台承压 4MPa 钛合金容器组成,其余还有凝胶专用的阀门、过滤器等管路附件组建。燃料供应系统由原 25N 试验系统改造完成,氧化剂供应系统按相应的试验要求建立。

3.3.2 结果

凝胶 200N 发动机地面试车表明,该系统符合满足双组元凝胶发动机试验要求,能够承担凝胶双组元发动机试验任务。

3.4 200N/100N 变推力发动机试验系统最终建立

随着 200N/100N 变推力发动机设计方案的优化,最初的变推力试验系统由两个推进剂供应容器,容积以及压力均要求不高;优化后为一路介质供应,对容积和压力的要求均较高。因此,试验系统需重新建立。

(1) 系统组建:主要由介质容器、阀门及管路系统组建,其中主管路采用 DN20 的不锈钢管路,系统过滤为 40 目滤网过滤器。

(2) 介质容器:根据凝胶发动机研制需求,需研制承压较高、容积较大的容器,并适合凝胶推进剂的贮存与清洗等要求。根据供应介质的容器使用要求,采用容器承压 9.8MPa,容积 150L。

(3) 管路系统:以前的凝胶推进剂供应管路采用 DN10mm 口径的不锈钢管路,而且管路弯制较多,管道流阻较大;此次采用 DN20mm 的大口径

不锈钢管路进行凝胶推进剂供应,同时减少管路弯制,尽量减小管道流阻。采用 40 目/英寸滤网的过滤器,最大限度减小流阻的同时严格多余物控制,保证凝胶发动机试验压力要求。由于管道过滤网目数降低,但对多余物控制的要求不变,故此在原有清洗工艺的基础上要求更为严格,同时检测手段也急待提高。

(4) 结果:多次凝胶 200N/100N 变推力发动机地面热试车结果表明,该系统符合凝胶发动机对试验系统的要求,能够承担凝胶发动机进一步的试验任务。

4 凝胶试验系统试后处理工艺

通过凝胶试验的分析总结,得出了一套行之有效的处理方法:首先用 60℃~80℃的热水导管路及管路附件;其次用常温水进行彻底的冲洗;最后用酒精清洗干净后,氮气吹除,封闭系统。

大容积的容器则是在介质泄出后,用常温水冲洗并吹除干净后,用 60℃~80℃的热水浸泡半小时或带压清洗,并轻微搅拌后,再用常温水冲洗、酒精清洗、氮气吹干后封存。

通过发动机热试车及凝胶液流试验的试后处理效果来看,试后处理工艺已逐渐成熟、可靠。

5 总结

凝胶推进剂是一种新型的推进剂,对其试验方法和试验工艺的探索有一定研究价值。以上只是我们在工作中总结的一些方式和方法,其中还有不完善的地方,比如试后处理工艺中,必须在 24 小时内完全处理等等,还值得再去研究和探索。

参考文献:

- [1] 李韵琳,徐温干,鲍金燕.凝胶推进剂及其在火箭发动机上的应用[R]. HQ-95017.
- [2] 符全军.UDMH/NTO 双组元凝胶推进剂的制备及性能研究[J].火箭推进,2006,32(1).

(编辑:马杰)