

提高试车台配气系统减压器工作可靠性的措施

陈 颖

(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 试车台贮箱增压时, 为了确保减压器的稳定性和可靠性, 根据减压器工作原理和特性采取了减压器大、小流量试验、低入口压力稳定性试验、并联试验以及并联使用动态试验, 减压器关键元件之一的膜片工作时间确定试验等, 有效避免增压系统单点失效模式发生, 提高增压系统增压能力。通过试验及采取适当措施, 更好的保证了减压器工作的稳定性和可靠性。

关键词: 减压器; 试验; 措施; 稳定性; 可靠性

中图分类号: V434.3

文献标识码: B

文章编号: (2005)05-0059-04

Reliability improvement measures for test stand gas supplying system

Chen Ying

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

Abstract: Several measures were introduced in this paper for reliability improvement of test stand gas supplying system, focusing on the stable and reliable operation of pressure reducer. These measures includes maximum and minimum flow tests, low inlet pressure stability test, parallel connection test, parallel connection dynamic test and diaphragm life test. All the measures effectively improved the reliability and stability of the pressure reducer.

Key words: pressure reducer; test; measure; stability; reliability

1 引言

在发动机试验台上, 由气瓶、减压器、增压阀和节流孔板组成的贮箱压力调节系统可为发动机提供稳定流量的推进剂, 并保证泵入口压力稳

定。在贮箱压力调节系统中, 减压器是配气系统重要设备, 也是影响试车成败的关键设备之一, 减压器工作的稳定性和可靠性是由各种因素决定的, 对减压器常遇到的关键问题进行观察记录和试验, 并采取适当的措施, 就可以更好地保证减压器工作的可靠性和稳定性。

收稿日期: 2005-05-20; 修回日期: 2005-07-04。

作者简介: 陈颖(1964—), 女, 高级技师, 研究领域为液体火箭发动机试验技术。

2 减压器的的工作原理和工作特性

2.1 减压器的的工作原理

减压器 AS793-3 (见图 1) 属逆向减压器, 其工作原理是利用气流的节流效应, 即高压气体在通过阀门与阀门座之间的狭窄截面时发生节流现象, 一部分压力能转变为动能而获得很高的速度, 高速气流进入低压腔后产生涡流、摩擦和滞止, 消耗大量动能使气流通过节流后不可能恢复到初始压力值, 节流口不可逆过程, 节流面积愈小, 产生的压力降愈大。

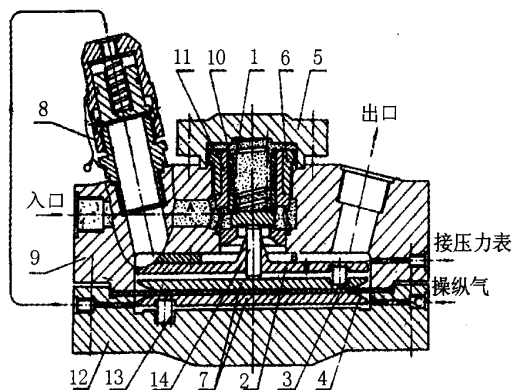


图 1 气控式减压器

Fig.1 Gas controlled pressure reducer

- 1—闭锁弹簧; 2—导向座; 3—弹簧; 4—膜片;
5—顶盖; 6—压帽; 7—上、下护板; 8—安全阀;
9—上壳体; 10—阀门; 11—阀门座;
12—下壳体; 13—弹簧; 14—顶杆

2.2 减压器的的工作特性

减压器出口压力随入口压力变化的函数关系称为减压器的特性, 气体流量为零时的特性称为静态特性, 气体流量不为零时的特性称为动态特性, 减压器静态特性和动态特性见图 2, 处于静态工作模式时, 减压器的出口压力随入口压力的降低而略有升高。在动态工作模式时减压器阀门开度愈大, 流量愈大, 阀门开启高度达到最大时, 减压器便失去调节作用, 成为单纯的流动阻力元件, 在减压器、增压阀和节流孔板组成的贮箱压力调节系统中, 使用减压器是为了满足一定流量要求并能保证出口压力稳定, 但减压器在调节过

程中, 也存在超调和滞后, 出口压力随时间变化、减压器的结构以及维修装配对动态特性的影响。

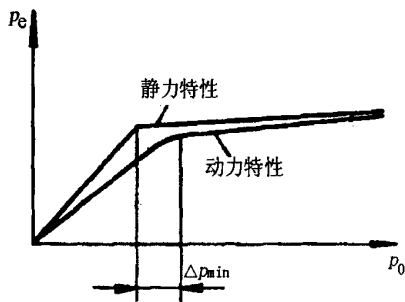


图 2 减压器的的工作特性

Fig.2 Operation characteristics of pressure reducer

3 减压器的操作方法

调整减压器时, 必须按规定精心操作, 即先打开总气源进口开关, 再打开大小减压器进口开关、操纵腔进口开关, 打开开关时, 尽可能要让气流缓慢进入, 避免气流对减压器造成冲击, 调整减压器时, 要缓慢稳步地上升, 达到要求调整的压力值时锁紧, 送至系统。

用气结束后, 先一边放松减压器, 一边打开大小减压器放气开关, 放气时, 小减压器压力值应高于大减压器的压力值, 压差保持在 0.2MPa~0.4MPa 之间, 避免减压器保险阀门打开。

4 减压器可靠性和稳定性试验

4.1 减压器小流量试验

在试车准备过程中, 容器作气密性时, 或者增压系统带压做综合测试时, 调整 AS793-3 减压器操纵腔压力, 模拟发动机试验前稳定段所需增压气体流量, 利用手动阀或小孔板控制气体流量, 观察记录减压器出口压力和工作情况, 验证减压器在小流量工作状态下的性能和稳定性, 减压器动态状态下压力值低于减压器调整值 0.2MPa 左右时能稳定, 说明减压器性能好、稳定。

4.2 减压器大流量试验

试验过程和试验时间与减压器小流量试验相同, 此时要模拟发动机爬高段和过载所需增压气

体流量总和，而实际试车中增压气体流量比模拟时小，可以同时打开爬高段和过载段控制增压气体的两路阀门，观察记录减压器出口变化和工作情况，验证减压器在大流量工作状态下的性能和稳定性，即减压器动态压力值在减压器调整值上下 0.2MPa 左右摆动，说明减压器性能好、稳定。

4.3 减压器低入口压力稳定性试验

一般情况下，减压器应在超临界工作状态下

使用，即要求减压器入口压力不少于调整压力1.89倍，但减压器也可以在亚临界状态下保持稳定的流量。为减压器提供气源的气瓶，其压力是落压式，在长程可靠性试车时，减压器很可能工作在亚临界状态下，其入口压力为出口调整压力的（1.25~1.5）倍，为了保证减压器工作性能的稳定性，在试车准备过程中，对减压器做低入口压力稳定性试验，流量小时，典型的试验数据见表1。

表 1 减压器低入口压力稳定性试验数据
Tab.1 Test data of pressure reducer with low inlet pressure

入口压力/MPa	减压器 I 出口压力/MPa	动态压力/MPa	减压器 II 出口压力/MPa	动态压力/MPa
7	4.5	4.4	4.52	4.5
6.5	4.5	4.4	4.52	4.5
6	4.51	4.41	4.53	4.51
5.8	4.51	4.41	4.53	4.51

由上表可见，性能好的减压器流量小时，在低入口压力（亚临界状态）性能稳定。

显示值与减压器实际入口值有差异，流量大时，减压器在低入口压力（亚临界状态）性能不稳定，因此，要避免在低入口压力（亚临界状态）大流量增压。

4.4 减压器并联使用

过去试车台热试车时贮箱增压采用单台减压器增压方式，减压器如出现故障，试车工作不能往下进行。目前试车台上使用的 AS793-3 减压器，通过对故障排列图的分析，绝大部分故障发生在易损件橡胶膜片上，为了防止 B-14 橡胶膜片在工作时破裂，减压器阀门关闭，采用并联使用，用一台小减压器同时为并联使用的大减压器提供操纵腔压力，对两台大减器进行控制，防止单点失效模式。另外，在某发动机研制初期，发动机启动段，需要将贮箱压力迅速提高，单台减压器增压能力明显不足，将两台减压器并联使用，可以提高大流量增压能力。综上所述，采用并联使用模式，一可以提高增压系统的工作可靠性，若一台减压器出故障，不影响另一台的正常使用，不至于为试车工作带来灾难性事故；二可以解决单台减压器增压能力不足的问题，提高增压系统的增压能力。

4.5 减压器并联使用动态试验

由于每台减压器的各种配件存在差异，装配状态不可能完全一样，维修检查状态和系统状态不同，用一台小减压器控制两台大减压器，若操纵腔压力一致，两台大减压器出口压力差异较大，两个不同压力不同流量的气体在减压器出口相互掺混干扰，不利于增压系统稳定，在并联使用前，对单台减压器分别做小流量、大流量、低入口压力稳定性试验，对于性能相近、稳定性好的减压器采用并联使用，在减压器装入系统后，再分别做上述各种试验，以验证并联使用减压器的动态特性，该试验结果应与 4.1 减压器小流量试验、4.2 减压器大流量试验、4.3 减压器低入口压力稳定性试验的结果相同

4.6 膜片工作时间确定试验

减压器膜片是关键元件，也是易损元件，减压器 80%故障问题是膜片破损，膜片破损快慢又与试车台使用时间、使用次数、使用的介质有关，试车台使用的介质四氧化二氮腐蚀性最强，对减压器膜片影响最大，所以我们将把四氧化二氮系统两台同时并联使用工作正常的减压器（使用 3 年零 3 个月），参加试车 16 次，累计参加试车时间 13000s，平时工作时间为 2100s，试车时间与平时工作时间合计为 15100s，拆下，进行分解，发现两台减压器膜片单面 1/3 周都有细小裂纹，并有表

面腐蚀现象,裂纹最深处在膜片厚度的 1/4 处,两台减压器的膜片基本一样,将其中一台减压器的膜片装回,做减压器膜片验证,增压气调整压力为 2MPa~3MPa 之间,减压器调整次数是 1500 次,连续工作时间是 45000s。再分解这台减压器,经检查,膜片单面裂纹为 3/5 周,裂纹深度为膜片厚度的 1/2 处。该验证试验表明,在四氧化二氮增压系统中,减压器使用 3 年零 3 个月后,分解检查,减压器橡胶膜片虽有裂纹,但并不影响其功能,在模拟工作环境下对其寿命做加速试验,调整次数是系统中调整次数的 94 倍,工作时间是系统中工作时间的 3 倍,随后对减压器进行分解,

膜片裂纹虽有扩张,还未引起功能失效,不同介质增压系统中工作的减压器工作时间统计见表 2。

分解以往偏二甲肼增压系统使用三年多的减压器,与四氧化二氮增压系统使用相同时间的减压器相比,腐蚀现象轻、裂纹浅。分解以往液氧和煤油增压系统使用三年多的减压器,与偏二甲肼增压系统使用相同时间的减压器膜片相比,腐蚀现象更轻。

在撤气时,均应先关闭容器与增压管路阀门,切断容器带有介质的腐蚀气体,经减压器放气排出,可减少减压器膜片的腐蚀。

表 2 减压器工作时间统计
Tab.2 Life data of pressure reducer

使用系统	四氧化二氮	偏二甲肼	液氧	煤油
减压器台数	两台	两台	两台	一台
历史寿命记录	共 3 年 11 个月	共 4 年 10 个月		
当前使用时间记录	共 3 年 3 个月	共 2 年 3 个月	共 3 年 2 个月	共 3 年 2 个月
试车工作时间/s	13000s	8980s	3500s	3700s
平时工作时间/s	2100s	900s	1600s	2000s
试车次数	16 次	13 次	21 次	21 次
平时使用次数	24 次	19 次	33 次	31 次
减压器状态	已分解	正常在用	正常在用	正常在用

从以上分析和表 2 可以证明,在四氧化二氮系统、偏二甲肼系统中,减压器的膜片使用三年或参加试车 20 次是可靠的,对液氧系统、煤油系统中减压器的膜片,可使用四年或参加试车 40 次。

5 结论

在试车准备过程中,按正确方法精心操作减压器,通过减压器小流量、大流量、低入口压力稳定性试验,加强检查和验证,及时维护和更换,可以提高减压器工作的可靠性,保证减压器性能稳定。

通过并联使用,可以有效避免增压系统单点失效模式发生,并且提高增压系统的增压能力,通过减压器工作周期和次数控制,起到有效管理

设备使用状态的作用,从而提高减压器工作的可靠性。

参考文献:

[1] 曹德鑫著. 液体火箭发动机试验[M]. 北京: 宇航出版社, 1992.

[2] 章本立著. 液体火箭发动机设计[M]. 北京: 宇航出版社, 1994.

[3] 孙赛娥等著. 阀门产品样本[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985.

[4] 吕百龄等著. 实用橡胶手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.