经验交流

从气体减压阀启动噪音故障探讨调试设备系统边界条件的设计原则

上海航天局八〇一研究所　杨承旭

一、概　　述

氧体减压阀调试、验收过程中是否出现启动噪音现象，一直被作为衡量启动工作稳定性优劣的唯一根据。对这个现象大家都已经非常熟悉，无须介绍。本文所说的“边界条件”是指：减压阀进、出口高、低压管路和贮箱中气垫容积等结构参数之间的关系。以启动瞬间高压管路向减压阀后系统的最大供气能力 G_{gmax} 表示其进口边界条件；经低压管路向贮箱气垫的最大排放气体能力 G_{pmax} 和贮箱中气垫容积 V_C 表示出口边界条件。

在气体减压阀研制工作的多年实践中，大家感受最深的莫过于启动噪音故障带来的问题。但是，它也迫使人们不断地探索其起因，寻求其排除的措施。经过长期努力，人们分析问题的着眼点已从局限于减压阀本身结构因素的圈子里逐步扩展到整个气路系统。参考文献[1]以整个气路系统的各结构部件为一个整体，分析了系统边界条件与启动噪音现象的联系。在实践的基础上并经过简单的数学推导，得出了为避免出现启动噪音现象应具备的系统边界条件首先是：

$$G_{gmax} < G_{pmax} \qquad (1)$$

在式(1)的条件下，启动过程中减压阀低压腔压力 $P_{ej}=f(t)$，随时间 t 的变化规律如图 1 所示。

为避免在 $0\sim t_T$ 时域，因 P_{ej} 急剧升高，气体给予活动元件的冲击过大而导致出现噪音现象，由系统边界条件决定的时间 t_T 瞬间的压力 P_{ejT} 值与减压阀的结构参数、工作参数应满足式(2)的要求。

$$P_{ejT} \leqslant \left\{ P_{ejo} - \frac{K_\Sigma}{F_M}(H-h) \right\} \qquad (2)$$

式中：P_{ejo} 减压阀的额定工作压力；

K_Σ 减压阀弹性元件的总刚度；

F_M 减压阀敏感元件有效面积；

H 减压阀的装配开度；

h 减压阀的工作开度。

在图 1，$t_T\sim t_g$ 时域，$P_{ej}=P_{ejT}=$常数，不可能出现噪音现象。

$t_g\sim t_j$ 时域里，$P_{ej}=f(t)$随时间 t 不断升高，为使得压力 $P_{ej}=f(t)$缓慢上升，免于气体对活动元件的冲击过大而导致噪音故障，进出口系统边界条件 $G_{gmax}\cdot\bar{V}_c\cdot$ 和系统工作参数 P_{ejo}、G_0 等应满足式(3)的要求。

$$t_L > (t_j - t_g) = \frac{\bar{V}_c\cdot\rho_0\cdot(P_{ejo}-P_{ejT})}{\frac{1}{2}(G_{gmax}+G_0)} \qquad (3)$$

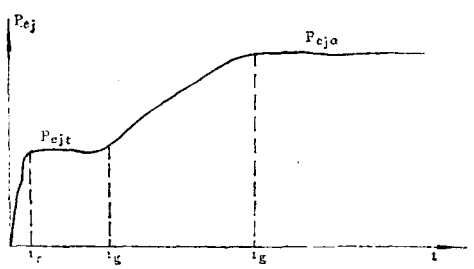

图 1　在 $G_{gmax}<G_{pmax}$ 条件下，$P_{ej}=f(t)$变化示意图

图中横坐标 t_r、t_g、t_g 应为 t_T、t_g、t_j

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

式中：ρ_0 为气体在标准状态下的密度；

G_e 为减压阀的额定工作流量；

t_L：是根据减压阀的结构和实践经验选取的经验数值。

通过时间 t_L 控制减压阀启动过程中活动元件运动的平均加速度不要过大。以期启动过程工作稳定。

在我们的工作实践中，利用(1)、(2)、(3)式，分析系统工作中启动噪音故障的原因和有效的排除措施，取得了甚为满意的结果。如某一减压阀在动力系统工作中，屡次出现启动噪音故障，启动工作过程中减压阀低压腔的压力 $P_{cj}=f(t)$ 随时间 t 的变化规律，如图 2 所示。在 $t_j<0.03$秒短暂的时间，压力 P_{cj} 急剧上升至额定工作压力 P_{cjo}。经计算：它的进口边界条件：$G_{gmax}=8.6$克/秒，出口边界条件 $G_{pmax}=7.1$ 克/秒，$G_{gmax}>G_{pmax}$，不符合式(1)的条件。阀头动作过程中的平均加速度 $a\approx1.25$米/秒^2，实践证明它过大。

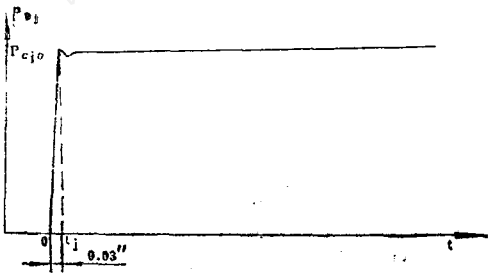

图 2　某系统 $G_{gmax}>G_{pmax}$，热试车启动段 $P_{cj}=f(t)$ 变化图[2]

当该动力装置的系统边界条件重新按(1)式要求设计：

$G_{pmax}=19$克/秒；经计算 $P_{cjT}=6.5$公斤/厘米^2，满足(2)式要求；$(t_j-t_g)\approx0.5$秒，活动元件运动的平均加速度仅为 2 毫米/秒 经多次试验证明，不再发生启动噪音故障。

在另一项新的研制任务中，减压阀的系统边界条件按式(1)、(2)、(3)的要求条件设计，在所进行的各次系统试验中没有出现启动噪音现象。

二、调试设备系统边界条件设计原则

气体减压阀在调试设备系统上调试、验收的技术措施可分为两个基本内容：其一，在进口压力变化范围内，测定出口压力的变化值，以检验组件工作性能的优劣；其二，以启动噪音现象，衡量启动过程组件工作的动态稳定性。但是，在通常使用的气体减压阀调试系统设备中，只是以减压阀稳态工作的开度作为模拟试验的相似准则，考核组件的工作性能，对于考核启动过程动态稳定性的相似条件考虑不多，甚至没有考虑。由于这个原因，造成实际工作中，调试、验收过程对启动工作稳定性的考核失去其意义。如：有的气体减压阀同批组件，在调试设备系统上调试、验收过程中，虽有较多台出现启动噪音现象，但将其装入真实的工作系统中反复试验，始终不再复现噪音现象。也有的组件，在调试设备系统上，虽经高温、高压多次启动冲击，舍去出现噪音的组件。但是，被作为合格的、不出现噪音的组件，在实际工作中却常有噪音现象出现。这说明：调试设备系统设计，除模拟组件的工作开度外，还应当模拟组件启动工作过程的动态特征，对启动工作稳定性的考核才能比较符合实际情况。

为了能够比较真实地在调试、验收过程中考核气体减压阀启动工作的稳定性，有的主张按真实的工作系统建立调试设备。但是，实际的工作系统中，一般包括气、液紧密相连的两个部分，用它作为组件生产厂的调试设备，显然是过于庞大复杂的。所以，至今没有采取这种办法，必须另找一个比较方便的技术途经。我们主张：以启动过程中减压阀的调节件——阀头从装配开度关闭至工作开度运动平均加速度作为相似条件的特征参数，以 $a_t=K\cdot a_s$ 作为相似准则。这里，a_s 代表系统工作中启动过程的平均加速度；a_t 代表调试设备上启动过程的平均加速度；K 是大于 1 的系数，以保证组件

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在真实系统工作中更为安全可靠。

$a_t = K \cdot a_s$，将调试设备系统和实际工作系统相联系在一起。工作系统边界条件确定后，a_s 已被决定。通过调试设备系统设计控制的 a_t 也被确定。根据 a_t 值和减压阀的装配开度，可以计算出调试设备系统的建压时间 t_j。一般的情况下，从 $0.8t_j$ 至 t_j 时间内减压阀低压腔压力 P_{ej} 上升的速度较前缓慢得多，用计算出的 $0.8t_j$ 作为调试设备系统的启动工作时间。这样调试设备系统的进口边界条件 G_{gmax}、出口边界条件 $\bar{V}$、减压阀的额定工作参数 P_{ejo}、G_0 相互之间的关系应满足下式：

$$0.8t_j = \frac{\bar{V}P_{ejo}\rho_0}{\frac{1}{2}(G_{gmax}+G_0)-\frac{1}{2}G_0} = \frac{\bar{V}P_{ejo}\rho_0}{\frac{1}{2}\cdot G_{gmax}}$$

当然，影响启动工作稳定性的因素是多方面的，我们在这里只说了调试设备系统边界条件一个方面。这里给出的各边界条件之间的关系式，使得减压阀组件在调试设备系统上对于启动工作性能便于更严格地考验。

参 考 文 献

[1]杨承旭："论减压器系统边界条件对启动噪音现象的影响"。

[2]杨承旭："××发动机××次热试车故障分析和排除措施综合报告"。

汽车空压机窜油量过滤测试法

西安交通大学　冯全科　顾和平　张国平

一、引　言

耗油量的大小是衡量汽车经济性最重要的指标。国外一般标准规定[1]，汽车空压机的耗油量（实际上是指通过活塞、活塞环进入压缩空气中的窜油量）一般不应超过 0.3克/时·千瓦。目前测量润滑油耗量有多种方法，其中简易可行的方法是在排气管口安装一个直径约为100mm 的圆筒（图1），筒内装有约厚 20～30mm 的海绵垫。让其过滤排出气体所带出的润滑油，用比较精密的天平称出过滤前和过滤后海绵的重量，就可以得到空压机的窜油量。但是，在实际测量中，测得的窜油量忽大忽小，有时竟出现负值，影响其方法的正确性。因此，必需通过试验研究解决测量中存在的问题。我们通过大量的试验，找到了海绵过滤测试法测不准耗油量的原因，从而提出了解决这些问题的措施。

二、原因及解决措施

1．过滤润滑油的材料及滤筒形状

作为过滤润滑油的材料，一般应具有吸附能力强、在吸附油的高温过程中不易变质的特点。用海绵垫作为滤油材料，还有少量的润滑油微粒通过海绵垫，被排出气体带走。所以，我们在试验中采用脱脂棉作为过滤材料。由于脱脂棉的吸附能力强，润滑油微粒都可以过滤到棉垫上，与过滤到棉垫上的油量相比，完全可以忽略不计。

放置脱脂棉的滤筒做成如图2所示的形状

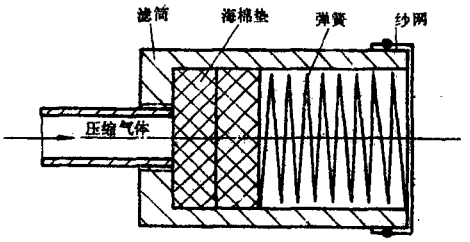

图1　窜油量过滤测量装置

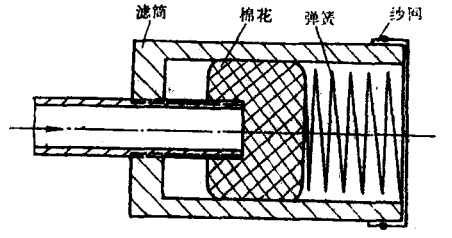

图2　改进后的窜油量过滤测量装置

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net