

Working Principle and Measuring Application of Automobile Gas Spring

Ying Yin Jigang Huang Xiaohong Xing Weili Li

Nanhang Jincheng College, Nanjing, Jiangsu, 211156, China

Abstract

Starting from the structure and working principle of the gas spring, the paper elaborates on the measurement of the pressure rod force of the gas spring, the nominal pressure of the pressure rod of the gas spring, and the influence of temperature factors on the pressure rod force of the gas spring. At the same time, the paper also explained the precautions in the installation and use of the gas spring, which has certain guiding significance for the personnel engaged in related work.

Keywords

the ideal-gas equation; press machine; the friction force; gas tightness

汽车用气弹簧工作原理及测量应用

殷英 黄继刚 邢晓红 李卫丽

南京航空航天大学金城学院, 中国 · 江苏 南京 211156

摘要

论文从气弹簧的结构和工作原理出发, 详细阐述了气弹簧压杆力的测量、气弹簧压杆力的标称以及温度因素对气弹簧压杆力的影响。同时, 论文还说明了气弹簧在安装使用中的注意事项, 对于从事相关工作的人员具有一定的指导意义。

关键词

理想气体状态方程; 压力机; 摩擦力; 气密性

1 引言

气弹簧普遍应用于普通家用型汽车的发动机盖和行李箱盖, 用以辅助车主开启或关闭发动机盖或行李箱盖。气弹簧缸筒内的气体压强需要设计合理, 否则车主需用很大的力关闭前后盖、很小的力开启前后车盖, 不符合人机工程学, 或者较小的力关闭前后车盖, 较大的力开启车盖, 则车盖有掉落的风险。论文主要描述的是气弹簧的工作原理、气弹簧压杆力的测量方法、影响因素以及气弹簧安装使用的注意点。

2 气弹簧结构及工作原理

汽车用气弹簧是以惰性气体为工作介质的一种弹性元件。由缸筒、活塞、活塞杆、密封导向零件、连接件等组成。缸筒内有液压油, 可以润滑活塞杆、活塞等零件。活塞上开有槽或者孔, 可通过高压气体和液压油, 控制气弹簧的运动速度。缸筒内的高压气体通常为氮气, 制造方便且价格便宜。

【作者简介】殷英 (1982-), 女, 中国江苏盐城人, 硕士, 工程师, 从事机械工程与车辆传动系统方向的研究。

氮气不可燃, 化学性质不活泼, 适宜做充入气弹簧的高压气体。

首先计算气弹簧的压杆力。根据压力计算公式 $F=ps$, 式中 p 为压强, s 为受力面积。气弹簧的工作原理如图 1 所示。

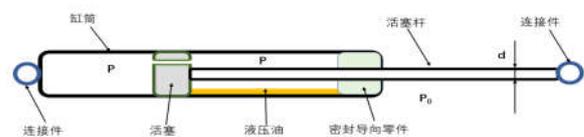


图 1 气弹簧工作原理

已知缸筒的直径时 D , 压杆的直径时 d , 缸筒内的高压气体压强为 p , 大气压强为 p_0 。缸筒内活塞左右压强相等, 活塞上有槽, 可通过高压气体和液压油。在不考虑摩擦力的情况下可知气弹簧的活塞杆上的压杆力为:

$$F=ps=1/4 \times \pi d^2 (p - p_0) \approx 1/4 \times \pi d^2 p$$

由于缸筒内气体压强远远大于大气压强 (至少几十倍), 故大气压强 p_0 可忽略不计。气弹簧压杆力正比于高压气体压强以及活塞杆直径的平方。由于两边压力的不同, 形成活塞杆的输出撑力, 在后背门开启一定角度后, 气弹簧的输出力矩大于背门总成的重力矩, 可有效将背门撑起, 以达到开启

背门,方便行李搬运^[1]。

3 气弹簧压杆力的测量

气弹簧的压杆力的检测设备是压力机,气弹簧的压杆力的范围在几十牛(单位:N)到几千牛(单位:N)不等。需要考虑压力机的测量范围以及测量精度(一般企业精度在0.1N)。测试压杆力的压力机如图2所示。



图2 压力机

由于密封件、活塞、活塞杆在运行过程中与缸筒存在摩擦,标记为 f ,数值在几千克力到几十千克力,取决于气弹簧活塞杆、缸筒等尺寸大小,尺寸越大,摩擦力越大。气弹簧的力学特性图可较好地反映气弹簧在工作过程中(拉伸和压缩)力随行程的变化规律^[2],如图3所示。气弹簧的运行状态可分为压缩过程和拉伸过程。

压缩过程:气弹簧从自由长度状态,压缩至行程最大状态。

拉伸过程:气弹簧从行程最大状态,伸展至自由长度状态。

一般在气弹簧的压缩过程和拉伸过程各选取两个测量点,为了压杆力测量的准确性,不选取两端极限位置,而在靠近两端极限位置一定距离A和B(5mm、10mm或者客户要求的其他测量距离)测试压杆力。因为极限位置时(自由状态和最大行程状态)的摩擦力方向转换,且是起始和终止位置,摩擦力大小不稳定。所以极限位置测量压杆力不准确。压力机上气弹簧测量过程如下。

先走压缩过程,靠近自由长度的距离为A的点为F3,此时在压力机上测得的压杆力F3等于缸内高压气体在此位置时的压力(F_A)加上摩擦力,数值 $F_3=F_A+f_1$ 。

压缩至靠近最大行程位置的距离为B的点的压杆力为F4,压杆力等于此时缸内高压气体产生的压力(F_B)加上摩擦力: $F_4=F_B+f_2$ 。

然后拉伸过程,靠近行程最大位置距离为B的点的压杆力标记为F2,压杆力等于此时缸内高压气体产生的压力(F_B)减去摩擦力: $F_2=F_B-f_2$ 。

拉伸过程中靠近自由长度的点的压杆力标记为F1,压杆力等于此时缸内高压气体产生的压力(F_A)减去摩擦力: $F_1=F_A-f_1$ 。

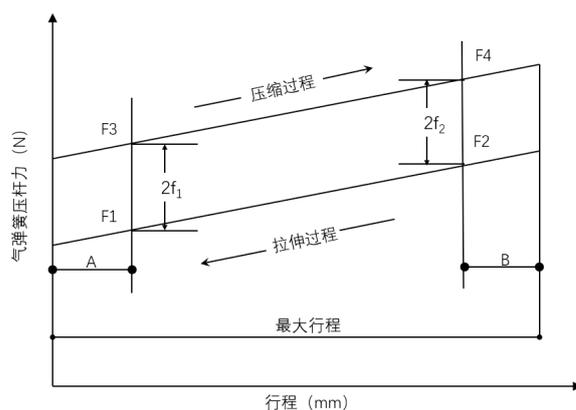


图3 气弹簧力学特性图

由此可知, $F_3-F_1=2f_1$, $F_4-F_2=2f_2$, F_3 与 F_1 相差2倍的摩擦力 f_1 ,理论上在 F_3 和 F_1 点,缸内气压相等,摩擦力大小相等,方向相反。同理 F_4 与 F_2 相差两倍的摩擦力 f_2 ,此位置的缸内气压相等,摩擦力大小相等,方向相反。

实际测量中,摩擦力由于压杆在不同位置,不同气压,测量速度不同,同一根气弹簧的摩擦力略有差异,上述 f_1 、 f_2 的值很接近,实际评价时 f_1 、 f_2 用同一标准,不允许超过一定的值,几十牛至上百牛,与气弹簧直径的大小有关系。压力机一般测试从压缩到拉伸整个循环,在上述4个测试点测试压杆力。为了测量准确,通常会让气弹簧先预走一两个循环,再进行测量。

气弹簧由于零件、装配工艺过程等差异,摩擦力也会不同。如图4所示,统一规格的四支气弹簧,可以看出天蓝色和深蓝色曲线的气弹簧的摩擦力明显小于黄色和红色气弹簧。测试距离A为10mm,测试距离B为5mm。

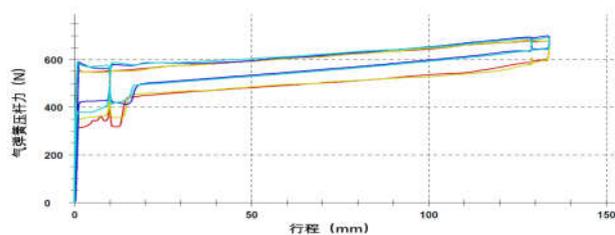


图4 气弹簧实际测试曲线

在汽车用气弹簧中,一般用最小的F1的值来标称气弹簧的压力值。比如说汽车气弹簧压力值为350N,指的是气弹簧在拉伸过程中,靠近自由状态距离A(5mm、10mm或其他客户规定的位置,此距离需综合考虑气弹簧的行程)压力机所测得的气弹簧的压杆力。

4 环境温度对气弹簧的影响

气弹簧未安装时,处于自由状态。当气弹簧的轴向缸筒内压缩运动时,内部气体体积减小,气弹簧内部气体压强增大,气弹簧产生更大的压杆力。气弹簧由于内部高压气体遵循理

想气体状态方程:

$$pv=nRT$$

式中, p 为压强 (Pa); v 为气体体积 (m^3); T 为温度 (K); n 为气体的物质的量 (单位: mol); R 为摩尔气体常数, 也叫普适气体恒量 (单位: $J/(mol \cdot K)$)。对于气弹簧, 可知气弹簧内部封闭这高压气体, 气体的量 n 是恒定的, 此时在同一温度 T 工作, R 是恒量, 可知气体的压强和气体的体积成反比。正常状态下, 气弹簧处在伸展状态即最长状态, 内部气体的压强最小。当气弹簧的压杆压向缸筒内压缩时, 压杆的体积占用了缸内气体的体积, 气体体积减小, 缸筒内气体压强增大。当轴压缩到最大行程时, 缸内气体压强达到最大。

同时可知, 气体 n 一定, 气体体积一定, 气体的压强和环境温度成正比。压强的比值即为温度的比值。计算公式如下:

$$p1/p2=T1/T2$$

因此, 由于温度影响, 同一款气弹簧在夏天、冬天工作, 或者不同纬度、不同海拔地区工作时, 内部气体压强是不同的, 产生的压杆力也不同。气弹簧设计需要考虑在低温情况下, 气弹簧的压杆力减小, 以免支撑不住车盖砸伤人。

计算可知, 假设夏季气弹簧环境温度 $30^{\circ}C$, 冬季气弹簧环境温度 $-30^{\circ}C$, 此时气弹簧夏季压强比冬季压强高出 24.68%。计算公式如下:

$$\text{Variance} = (T1 - T2) / T2$$

$T1$ 、 $T2$ 需转化为开尔文温度, 开尔文温度和摄氏温度相差一个常数 273.15, 所以上面的例子夏季与冬季的气弹簧内部压强相差近 25%。计算如下:

$$\text{Variance} = (30 - (-30)) / (273.15 + (-30)) = 24.68\%$$

故气弹簧在设计气体压强时, 需要考虑夏季气弹簧压杆力大, 关闭前后车盖是需要更大的力, 同时考虑冬季, 气弹簧压杆力减小, 关闭前后车盖的力不能小于一定的值, 否则车盖会有掉落风险。

一般气弹簧供应商在设计气弹簧时要求, 冬季低温情况 ($-30^{\circ}C$ 或其他要求) 下前后车盖的关闭力不能小于 20N, 即大于 2kg 的力 (不同的车型, 不同的主机厂, 要求略有不同)。夏天高温情况 ($30^{\circ}C$ 或其他要求), 开启车盖的最大开启力, 不得大于 70N, 即 7kg 的力 (不同车型, 不同主机厂, 要求略有不同)。因此, 气弹簧应用需考虑使用环境温度, 权衡关闭力及开启力的大小。

不同温度下 ($-30^{\circ}C$, $30^{\circ}C$, $80^{\circ}C$) 测量的气弹簧的力学特性曲线如图 5 所示。可明显看出温度不同, 气弹簧的压杆力大小差距明显。

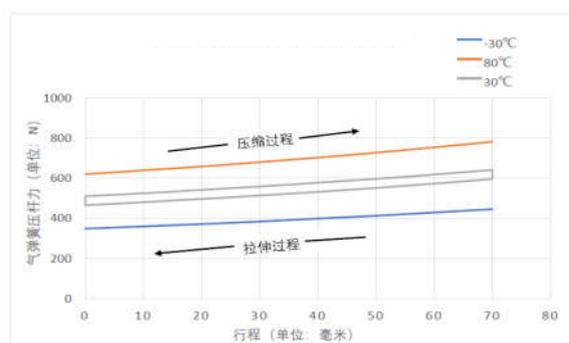


图 5 气弹簧不同温度下的力学特性

中间灰色的线是 $30^{\circ}C$ 时气弹簧一个压缩、拉伸过程的行程对应压杆力的曲线。上灰色线以及黄色线 ($80^{\circ}C$) 是气弹簧的压缩过程, 下灰色线以及蓝色线 ($-30^{\circ}C$) 是气弹簧的拉伸过程。

5 气弹簧的安装使用

在气弹簧选型及安装时, 主要考虑一下几个方面: 一是压杆力; 二是工作行程; 三是安装尺寸; 四是门体开启角度^[3]。

选择合适的气弹簧后, 由于汽车前后车盖在大多数时间处于关闭状态, 气弹簧处在压缩状态。安装时注意气弹簧活塞杆的方向在前后盖关闭时应向下, 如图 6 所示。在此状态, 液压油由于重力的原因处于缸筒底部, 可以很好地润滑活塞杆、密封导向等零件, 也有利于气弹簧封气, 提高气密性。



图 6 前后盖关闭状态时气弹簧的形态

在气弹簧的生产制造中, 或者安装使用中, 应注意保护好活塞杆, 防止活塞杆表面磕碰, 有磕碰伤的活塞杆在运行过程中会划伤密封零件, 造成高压气体泄露。导致气弹簧压杆力不足甚至完全失效。

6 结语

论文论述了汽车用气弹簧的工作原理、气弹簧压杆力的测量方式以及环境温度因素对气弹簧压杆力的影响以及在安装使用过程中的注意事项。同时, 归纳总结了一些气弹簧在设计应用过程中应满足的设计要求, 在气弹簧设计初期可以参考这些数值。

参考文献

- [1] 黄平. 背门气弹簧撑杆的设计与研究[J]. 内燃机与配件, 2019, 40(17):85-86.
- [2] 刘福强, 赵岩. 后背门气弹簧的参数化布置及力学分析[J]. 科技视界, 2021, 11(7):61-63.
- [3] 雷亚江. 车厢上翻门气弹簧的选型及安装[J]. 移动电源与车辆, 2019, 26(4):41-43.