

ICS 21. 160

J 26

备案号: 14824—2005

JB

中 华 人 民 共 和 国 机 械 行 业 标 准

JB/T 10418—2004

气弹簧设计计算

Gas springs specification

2004-10-20 发布

2005-04-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 原理和结构特征	1
3.1 压缩气弹簧的原理和结构特征	1
3.2 刚性可锁定气弹簧的原理和结构特征	1
3.3 和弹性可锁定气弹簧的原理和结构特征	2
4 状态方程	2
5 气弹簧的设计计算与验证	2
5.1 计算内容	2
5.2 气弹簧力值的确定	2
5.3 最小伸展力 F_1 与充气压力的关系	3
5.4 设计行程的确定	4
5.5 伸展长度 L 的确定	4
5.6 活塞杆的设计计算	4
5.7 气弹簧缸筒的设计计算	5
5.8 导向长度	6
5.9 气弹簧弹比率	6
5.10 弹簧的小活门开启力	7
附录 A (资料性附录) 气弹簧行程与缸筒长度关系系列表	8
附录 B (资料性附录) 气弹簧活塞杆直径、缸筒直径与最小伸展力大小选择范围推荐表	9

前 言

本标准是首次制定。

本标准的附录 A 和附录 B 为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国弹簧标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：机械科学研究院、昆山金发液压机械有限公司（原昆山液压气动马达总厂）。

本标准参加单位：北京吉信气弹簧制品有限公司、常州气弹簧厂、精达气动制造有限公司、浙江兰溪市双冠汽车零部件厂。

本标准主要起草人：姜膺、徐荣滨、周正明、梁一民、施与秋、赵永东、吴小雁。

气弹簧设计计算

1 范围

本标准规定了气弹簧的一般性设计计算。

本标准适用于压缩气弹簧和可锁定气弹簧（不包括压缩支承平衡气弹簧）。

2 规范性引用文件

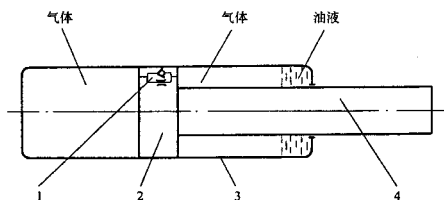
下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2348 液压气动系统及元件 缸内径及活塞杆外径（GB/T 2348—1993，neq ISO 3320：1987）

3 原理和结构特征

3.1 压缩气弹簧（YQ 系列）的原理和结构特征

压缩气弹簧的原理为：高压气体被密封在缸筒内，缸筒内有部分油液起液力阻尼作用，单向节流阀沟通有杆腔和无杆腔。自由状态活塞杆始终伸出，呈伸展状态。其结构特征见图 1。

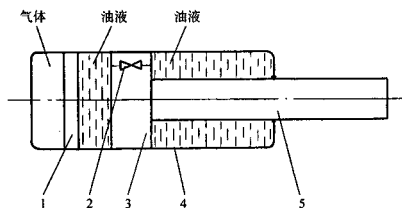


1——单向节流阀；2——活塞；3——缸筒；4——活塞杆。

图 1

3.2 刚性可锁定气弹簧（JKQ 系列）的原理和结构特征

刚性可锁定气弹簧的原理为：截止阀沟通有杆腔和无杆腔的油（气）路，开启时，活塞杆伸出，回程靠外力作用，隔离活塞隔离气体和油液，使其弹簧刚性增加。其结构特征见图 2。



1——隔离活塞；2——截止阀；3——活塞；4——缸筒；5——活塞杆。

图 2

3.3 和弹性可锁定气弹簧（SKQ 系列）的原理和结构特征

弹性可锁定的气弹簧的原理为：截止阀沟通有杆腔和无杆腔的气体，开启时，活塞杆伸出，关闭时活塞杆锁定，回程靠外力作用。其结构特征见图 3。

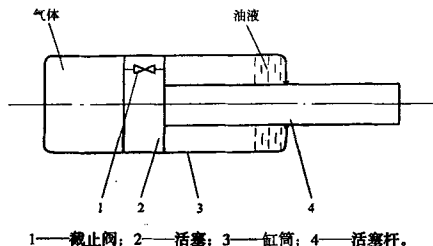


图 3

4 状态方程

4.1 气弹簧的设计计算以环境温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 为条件，同时应考虑温度对气弹簧性能的影响。

4.2 在环境温度不变的条件下，气弹簧的工作过程可以看作是等温变化过程，应遵循气体状态方程——波意尔定律

$$pV=C$$

或者

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

式中：

p ——容器内压力，单位为 MPa；

p_1 ——容器内初始压力，单位为 MPa；

p_2 ——容器内压缩后压力，单位为 MPa；

V ——气体体积，单位为 m^3 ；

V_1 ——气体初始体积，单位为 m^3 ；

V_2 ——气体压缩后体积，单位为 m^3 ；

C ——常数。

5 气弹簧的设计计算与验证

5.1 计算内容

气弹簧的设计计算一般应有下列内容：

- 最小伸展力 F_1 和最大伸展力 F_2 ；
- 最小压缩力 F_3 和最大压缩力 F_4 ；
- 活塞杆与缸筒内径及最小伸展力 F_1 的选取范围；
- 活塞杆的稳定性校验；
- 缸筒壁厚的校验；
- 弹力比率；
- 可锁定气弹簧应计算其刚性锁定力和小活门的开启力。

5.2 气弹簧力值的确定

5.2.1 所需最小伸展力 F_1 的确定，可按式 (1) 计算。

$$F_1 = \frac{GL}{bn} \times k \dots\dots\dots (1)$$

式中:

F_1 ——最小伸展力, 单位为 N;

G ——举撑重力, 单位为 N;

L ——重心到回转中心的距离, 单位为 mm;

b ——气弹簧杆臂伸展时, 有效力臂, 单位为 mm;

n ——气弹簧数量;

k ——安全系数, 一般 $k=1.1$, 亦可由供需双方协商而定。

示例:

有一被支撑物重 (G) 300N, 重心到回转中心的距离 (L) 400mm, 有效力臂长度 (b) 200mm, 使用气弹簧数量 (n) 为 2 支。计算气弹簧最小支撑力 F_1 值。

由式 (1) 计算

$$F_1 = \frac{GL}{bn} \times k = \frac{300 \times 400}{200 \times 2} \times 1.1 = 330(\text{N})$$

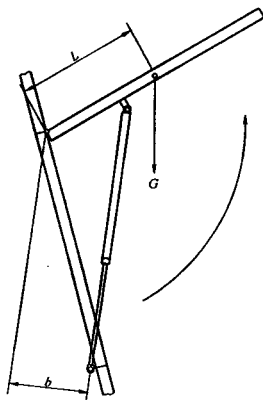


图 4

气弹簧力值的设计应考虑使用环境温度的影响。环境温度变化 1°C , 力学性能 (指压缩力和伸展力) 的变化约为 $2\% \sim 3\%$ 。

5.3 最小伸展力 F_1 与充气压力的关系

5.3.1 最小伸展力 F_1 与充气压力应符合式 (2)

$$F_1 = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot p - F_f \dots\dots\dots (2)$$

式中:

F_1 ——最小伸展力, 单位为 N;

d ——活塞杆直径, 单位为 mm;

p ——气弹簧内气体压力, 单位为 MPa;

F_f ——动态摩擦力, 单位为 N。

5.3.2 在气弹簧的设计中, 气弹簧内部压力 p 应根据缸筒强度的计算而确定, 一般不大于 15MPa。

5.4 设计行程的确定

气弹簧的行程设计应考虑备用行程设计的必要性,一般备用行程设计为 3mm~10mm,即

$$S=S_1+(3\sim 10)\text{ mm} \quad (3)$$

式中:

S ——设计行程,单位为 mm;

S_1 ——工作行程,单位为 mm。

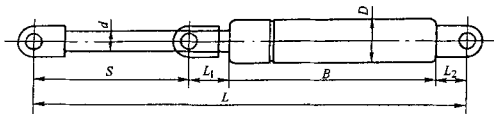
5.5 伸展长度 L 的确定

图 5

5.5.1 伸展长度的确定参照附录 A。

5.5.2 伸展长度 L 的计算公式为:

$$L=S+B+l_1+l_2 \quad (4)$$

式中:

S ——设计行程;

B ——缸筒长度;

l_1 ——气弹簧完全压缩状态时,气弹簧接头安装中心至缸体安装端面的距离;

l_2 ——气弹簧接头安装中心至缸体安装断面的距离。

5.6 活塞杆的设计计算

5.6.1 活塞杆与最小伸展力 F_L 的选取范围参照附录 B。5.6.2 活塞杆的直径 d (mm) 一般可由下式 (5) 计算

$$d^2=0.00313L\sqrt{F_L} \quad (5)$$

式中:

F_L ——活塞杆允许的临界力,单位为 N;

$$F_L=n_L \cdot F_4$$

F_4 ——为所受轴向最大压缩力,单位为 N;

n_L ——稳定性安全系数,一般 $n_L=2\sim 4$ 。

5.6.3 对于活塞杆长度小于或等于 10 倍的缸径 D ,可按下式计算

$$\text{a) 实心杆} \quad d=\sqrt{\frac{4F_4}{\pi[\sigma]}} \quad (6)$$

$$\text{b) 空心杆} \quad d=\sqrt{\frac{4F_4}{\pi[\sigma]}+d_1^2} \quad (7)$$

式中:

F_4 ——气弹簧最大压缩力,单位为 N;

$[\sigma]$ ——材料许用应力,单位为 MPa;

$$[\sigma]=\frac{\sigma_s}{n}$$

σ_s ——材料的屈服强度, 单位为 MPa;

n ——安全系数;

d_1 ——活塞杆空心直径, 单位为 mm。

5.6.4 气弹簧活塞杆的直径应按 GB/T 2348 选取。推荐活塞杆直径选用 $d=6\text{mm}$ 、 8mm 、 10mm 、 12mm 、 14mm 、 20mm 、 25mm 。

5.6.5 活塞杆的稳定性校核:

(1) 按下列条件计算许用临界力

$$\text{当细长比为 } \frac{L}{K} > m\sqrt{n} \text{ 时, } F_L = \frac{1.02nd^4}{L^2} \times 10^9 \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{当细长比为 } \frac{L}{K} \leq m\sqrt{n} \text{ 时, } F_L = \frac{f \times A}{1 + \frac{a}{n} \left(\frac{L}{K} \right)^2} \times 10^3 \dots\dots\dots (9)$$

式中:

F_L ——许用临界力, 单位为 N;

L ——活塞杆的伸展长度 (按气弹簧安装长度计算), 单位为 mm;

d ——活塞杆直径, 单位为 mm;

K ——活塞杆截面回转半径 (惯性半径), 单位为 mm;

$$K = \sqrt{\frac{J}{A}} = \frac{d}{4}$$

J ——活塞杆截面转动惯量, 单位为 mm^4 ;

$$J = \frac{\pi d^4}{64}$$

A ——活塞杆截面积, 单位为 mm^2 ;

m ——柔性系数, 对于钢 $m=85$;

n ——系数, 根据安装特性, 压缩气弹簧 $n=1$, 对于可锁定气弹簧, 在可能出现偏心时 $n=2$;

f ——材料强度试验值, 对于钢 $f \approx 490\text{MPa}$;

a ——系数, 对于钢 $a = \frac{1}{5000}$ 。

(2) 活塞杆稳定性验证公式为:

$$F_4 = \frac{F_L}{n_L} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

F_4 ——所受轴向最大压缩力, 单位为 N;

F_L ——活塞杆允许的临界力, 单位为 N;

n_L ——稳定性安全系数, 一般取 $n_L=2 \sim 4$ 。

5.7 气弹簧缸筒的设计计算

5.7.1 气弹簧缸筒内径应按 GB/T 2348 选取, 推荐选取活塞杆直径 d 与缸筒内径 D 之比近似 $\frac{d}{D} = \frac{1}{2}$, 或按 6.7.2 及 6.7.3 计算确定。

5.7.2 缸筒内径的计算可由下式确定

$$D = d \sqrt{\frac{\alpha}{\alpha - 1}} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

D ——缸筒内径, 单位为 mm;

d ——活塞杆直径, 单位为 mm;

α ——气弹簧的弹力比率, 一般 $\alpha=1.15\sim 1.65$ 。

5.7.3 缸筒的壁厚计算:

(1) 缸筒的壁厚可按下式计算

$$t \geq \frac{pD}{2[\sigma] - p} \quad (12)$$

式中:

t ——缸壁厚度, 单位为 mm;

D ——缸筒内径, 单位为 mm;

p ——缸体内部气体压力, 单位为 MPa;

$[\sigma]$ ——缸体材料许用应力, 单位为 MPa。

(2) 可用下式进行缸筒壁厚强度校核

$$p \cdot \frac{\sqrt{3}r^2}{r^2 - 1} \leq [\sigma] \quad (13)$$

式中:

p ——缸体内部气体压力, 单位为 MPa;

r ——半径比, $r = \frac{R_0}{R}$, R_0 ——缸体外半径, 单位为 mm, R ——缸体内半径, 单位为 mm。

(3) 计算所得壁厚, 一般应根据无缝钢管和有关标准, 作适当调整, 一般不小于 1mm。缸筒外径 D_0 与内径 D 之比在 1.1~1.2 之间。

5.8 导向长度

气弹簧设计时, 应计算柱塞或活塞的导向长度, 保证运动的稳定性和具有一定抗偏载荷能力。

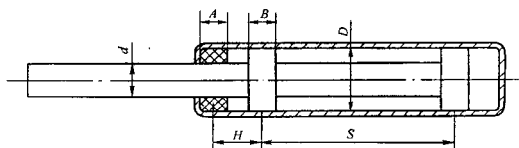


图 6

5.8.1 最小导向长度 H : 当气弹簧处于完全伸展状态时, 气弹簧最前段固定导向部分与活塞部分两中心之间的距离。

5.8.2 最小导向长度 H 应满足下式的要求。

$$H > \frac{S}{20} + \frac{D}{2} \quad (14)$$

式中:

H ——最小导向长度, 单位为 mm;

S ——气弹簧设计行程, 单位为 mm;

D ——缸筒内径, 单位为 mm。

5.8.3 导向部分宽度 A 和 B 取值, 可以相等, 也可以不相等。一般其取值为:

当 $D_0 \leq 30\text{mm}$ 时, $A=B=(0.3\sim 0.5)D$

式中:

D ——缸筒内径, 单位为 mm。

5.9 气弹簧弹力比率

5.9.1 气弹簧的弹力比率应根据负载的情况而定，一般 α 应小于 1.65。

$$\alpha = \frac{F_4 + F_2}{F_3 + F_1} \dots\dots\dots (15)$$

5.9.2 弹力比率的设计一般可用下式计算：

$$\alpha = \frac{\text{有杆腔体积}}{\text{无杆腔体积}} = \frac{D^2}{D^2 - d^2} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

D ——缸体内径，单位为 mm；

d ——活塞杆直径，单位为 mm。

5.10 弹簧的小活门开启力

角调可锁定气弹簧、升降可锁定气弹簧的小活门开启力可用下式计算：

$$F_K = \frac{\pi d_1^2 \times p}{4} + f \dots\dots\dots (17)$$

式中：

F_K ——小活门开启力，单位为 N；

d_1 ——小活门的有效直径，单位为 mm；

p ——气弹簧内腔压力，单位为 MPa；

f ——小活门上产生的摩擦力，单位为 N。

附 录 A
(资料性附录)
气弹簧行程与缸筒长度关系系列表

A.1 压缩气弹簧行程与缸筒长度关系参照表 A.1。

表 A.1

行 程 S mm	400											
	350											
	300											
	280											
	250											
	220											
	200											
	180											
	160											
	120											
	100											
	90											
	80											
		160	180	200	220	240	260	300	320	360	400	510

缸筒长度 B mm

A.2 可锁定气弹簧行程与缸筒长度关系参照表 A.2。

表 A.2

行程 S mm	400															
	350															
	300															
	280															
	250															
	220															
	200															
	180															
	160															
	120															
	100															
	90															
	80															
	200	220	240	280	300	320	340	380	420	440	460	500	550			
缸筒长度 B mm																

缸筒长度 B mm

附 录 B

(资料性附录)

气弹簧活塞杆直径、缸筒直径与最小伸展力大小选择范围推荐表

气弹簧活塞杆直径与最小伸展力大小选择范围推荐按表 B.1 选取。

表 B.1

序号	活塞杆直径	最小伸展力最小伸展力 F_1 N		行程范围 mm
		推荐范围	可选范围	
1	6	50~250	50~350	50~400
2	8	200~450	100~700	100~700
3	10	300~700	100~1200	150~1100
4	12	450~1000	150~1500	150~1600
5	14	600~1400	200~2500	~2200
6	20	1250~3100	1000~5200	~4500