



中华人民共和国国家标准

GB/T 39433—2020

气弹簧设计计算

Gas spring design calculation

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国弹簧标准化技术委员会(SAC/TC 235)提出并归口。

本标准起草单位:常州气弹簧有限公司、昆山金发液压机械有限公司、常州市莱特气弹簧有限公司、中机生产力促进中心、湖州吉信气弹簧制品有限公司、上海震飞汽车零部件有限公司、宁波市仁龙机械有限公司、北京磊焱氮气弹簧技术研究所、无锡市精诚橡塑制品厂、河北超普机械制造有限公司、南京江凯汽车零部件有限公司、浙江双冠汽车部件股份有限公司、徐州东宏机械制造有限公司。

本标准主要起草人:窦智、施与秋、周正明、宁成、余方、陶声华、梁一民、俞愉、余卫忠、董喜刚、秦守忠、孙敬军、董树平、吴小雁、岳彩立。



气 弹 簧 设 计 计 算

1 范围

本标准规定了气弹簧的参数名称、符号、说明及单位,常用的结构型式,设计计算原理和设计计算。
本标准适用于压缩气弹簧、可锁定气弹簧、座椅升降气弹簧和拉伸气弹簧,其他气弹簧可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本文件。

GB/T 2348 流体传动系统及元件 缸径及活塞杆直径

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气弹簧 **gas spring**

由一个密闭缸筒和可以在缸筒内滑动的活塞及活塞杆组件组成的以氮气或其他惰性气体为储能介质的弹性元件。

3.2

压缩气弹簧 **compression gas spring**

无外力作用下活塞杆呈自由伸展状态,并承受压力的气弹簧。

3.3

可锁定气弹簧 **lockable gas spring**

在运动行程内,可在任意位置锁定或开启的气弹簧。

3.4

座椅升降气弹簧 **chair height adjustment gas spring**

用于座椅高度调节并可在运动行程内任意位置锁定或开启的气弹簧。

3.5

拉伸气弹簧 **stretching gas spring**

无外力作用下活塞杆呈自由回弹状态,并承受拉力的气弹簧。

4 参数名称、符号、说明及单位

气弹簧参数名称、符号、说明及单位见表 1。

表 1

参数名称	符号	说明	单位
设计行程 design stroke	S	活塞杆从全伸展(或拉伸)状态到压缩(或回弹)至最小尺寸时的轴向位移	mm
工作行程 working stroke	S_1	气弹簧工作状态下最大伸展(或拉伸)量与最小伸展(或拉伸)量之间的长度	
安全行程 safe stroke	S_2	满足所需工作行程的安全余量, 即: $S_2 = S - S_1$	
伸展长度 extended length	L	全伸展(或拉伸)状态下气弹簧的长度 注: 拉伸器弹簧伸展长度为拉伸状态下的伸展长度。	
杆端长度 rod end length	L_1	气弹簧杆端连接长度	
缸筒端长度 cylinder end length	L_2	气弹簧缸筒端连接长度	
气腔长度 gas cavity length	L_3	气弹簧气腔长度	
缸筒长度 cylinder length	B	气弹簧缸筒长度	
导向长度 guide length	H	气弹簧导向长度	
活塞杆直径 piston rod diameter	d	气弹簧活塞杆直径	
空心活塞杆内径 inner diameter of hollow piston rod	d_0	可锁定气弹簧空心活塞杆内径	
阀芯直径 valve core diameter	d_1	气弹簧阀芯的有效直径	
缸筒内径 cylinder inner diameter	D_1	气弹簧缸筒内径	
缸筒外径 cylinder outer diameter	D_2	气弹簧缸筒外径	
外筒外径 outside diameter of outer tube	D_3	座椅升降气弹簧外筒外径	
立筒外径 outside diameter of standing tube	D_4	座椅升降气弹簧立筒外径	
缸筒壁厚 thickness of diameter	δ_1	气弹簧缸筒壁厚, 即: $\delta_1 = (D_2 - D_1)/2$	
空心活塞杆壁厚 thickness of hollow piston rod	δ_2	气弹簧空心活塞杆壁厚, 即: $\delta_2 = (d - d_0)/2$	
外筒壁厚 thickness of outer tube	δ_3	座椅升降气弹簧外筒壁厚	
立筒壁厚 thickness of standing tube	δ_4	座椅升降气弹簧立筒壁厚	

表 1 (续)

参数名称	符号	说明	单位
重心距离 center of gravity distance	l	气弹簧支撑物重心到回转中心的距离	mm
力臂 arm of force	b	气弹簧杆臂伸展时的力臂	
回转半径 radius of gyration	K	气弹簧活塞杆横截面回转半径	
截面积 cross section area	A	气弹簧活塞杆截面积	mm ²
惯性矩 moment of inertia	J	气弹簧活塞杆横截面惯性矩	mm ⁴
阀芯开启力 unlocking force	F_k	为解除气弹簧的锁定状态,打开阀门阀芯所需的力	N
最小伸展力 minimum extension force	F_1	在伸展过程中,离工作行程起点处规定采力点 C_1 处的力	
最大伸展力 maximum extension force	F_2	在伸展过程中,离工作行程终点处规定采力点 C_1 处的力	
最小压缩力 minimum compress force	F_3	在压缩过程中,离工作行程起点处规定采力点 C_1 处的力	
最大压缩力 maximum compress force	F_4	在压缩过程中,离工作行程终点处规定采力点 C_1 处的力	
最小拉伸力 minimum stretching force	F_5	在拉伸过程中,离工作行程起点处规定采力点 C_1 处的力	
最大拉伸力 maximum stretching force	F_6	在拉伸过程中,离工作行程终点处规定采力点 C_1 处的力	
最小回弹力 minimum resilience force	F_7	在回弹过程中,离工作行程起点处规定采力点 C_1 处的力	
最大回弹力 maximum resilience force	F_8	在回弹过程中,离工作行程终点处规定采力点 C_1 处的力	
公称力 a nominal force a	F_a	最小伸展力和最小压缩力的平均值,即: $F_a = (F_1 + F_3)/2$,或最小拉伸力和最小回弹力的平均值,即: $F_a = (F_5 + F_7)/2$ 。 公称力 a 是气弹簧综合特性的指标之一	
公称力 b nominal force b	F_b	最大伸展力和最大压缩力的平均值,即: $F_b = (F_2 + F_4)/2$,或最大拉伸力和最大回弹力的平均值,即: $F_b = (F_6 + F_8)/2$ 。 公称力 b 一般用于弹力比率计算	
标称力 specified force	F_x	供需双方确认的图样及产品上标注的力(F_1 、 F_2 、 F_3 ……)	
动态摩擦力 dynamic friction force	F_r	最小压缩力和最小伸展力之差的平均值,或最小拉伸力和最小回弹力之差的平均值	
阀芯摩擦力 valve core friction	f_r	阀芯上产生的摩擦力,一般为 10~30	

表 1 (续)

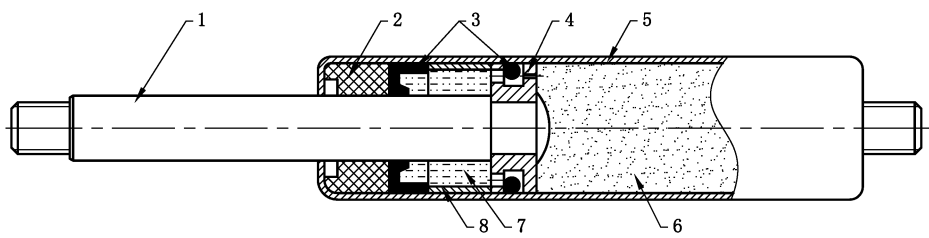
参数名称	符号	说明	单位
重力 gravity	G	被气弹簧支撑物的重力	N
许用临界力 permissible critical force	F_L	气弹簧活塞杆允许的临界力	
压强 pressure	P	气弹簧内部压强	MPa
最大压强 maximum pressure	P_{\max}	气弹簧工作状态下内部最大压强	
弹性模量 modulus of elasticity	E	材料弹性模量, 钢取 2.1×10^5	
许用应力 allowable stress	$[\sigma]$	材料许用应力	
材料强度试验值 test value of material strength	f	材料强度试验值, 钢取 490	—
弹力比率 force ratio	α	公称力 b 公称力 a 之比, 即 $\alpha = F_b / F_a$	
半径比 radius ratio	r	气弹簧钢筒外径与缸筒内径之比	
安全系数 safety factor	n	活塞杆稳定性安全系数, 一般 $n \geq 1.4$	
安装系数 installation coefficient	m	气弹簧安装系数	
温度系数 temperature coefficient	o	工作环境温度变化对气弹簧力值需求影响的补偿系数, 一般为 1.1~1.25	
数量 number	i	气弹簧数量	
采力点 Measuring point	C_1	动态或静态检测时力值的采集点, 一般 $S \leq 80$ mm, $C_1 = 5$ mm; $S > 80$ mm, $C_1 = 10$ mm	mm



5 常用结构型式

5.1 常用压缩气弹簧(YQ)系列结构型式

常用压缩气弹簧(YQ)系列结构型式见图 1。



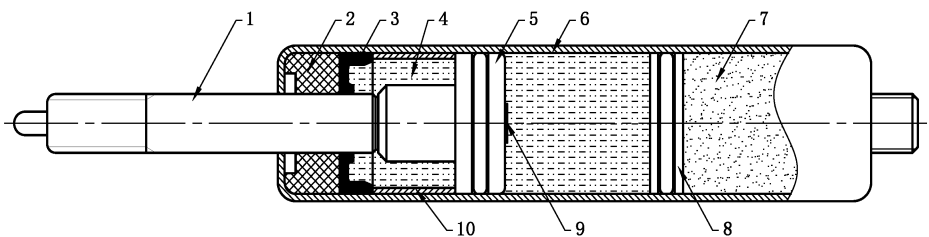
- 说明：
- | | |
|---------|--------|
| 1——活塞杆； | 5——缸筒； |
| 2——导向套； | 6——气腔； |
| 3——密封件； | 7——油液； |
| 4——活塞； | 8——隔套。 |

图 1 常用压缩气弹簧示意图

5.2 常用可锁定气弹簧(KQ)结构型式

5.2.1 伸展方向刚性可锁定气弹簧系列结构型

伸展方向刚性可锁定气弹簧系列结构型式见图 2。

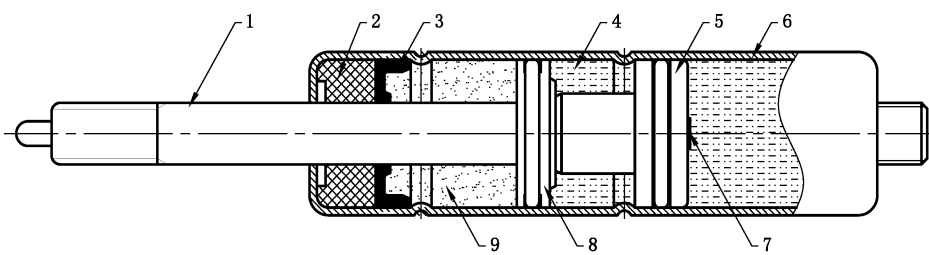


- 说明：
- | | | |
|-----------|----------|------------|
| 1——活塞杆组件； | 5——活塞组件； | 8——隔离活塞组件； |
| 2——导向套； | 6——缸筒； | 9——阀门阀芯； |
| 3——密封件； | 7——气腔； | 10——隔套。 |
| 4——油液； | | |

图 2 伸展方向刚性可锁定气弹簧示意图

5.2.2 压缩方向刚性可锁定气弹簧系列结构型式

压缩方向刚性可锁定气弹簧系列结构型式见图 3。



- 说明：
- | | | |
|-----------|----------|------------|
| 1——活塞杆组件； | 4——油液； | 7——阀门阀芯； |
| 2——导向套； | 5——活塞组件； | 8——隔离活塞组件； |
| 3——密封件； | 6——缸筒； | 9——气腔。 |

图 3 压缩方向刚性可锁定气弹簧示意图

5.2.3 弹性可锁定气弹簧系列结构型式

弹性可锁定气弹簧系列结构型式见图 4。

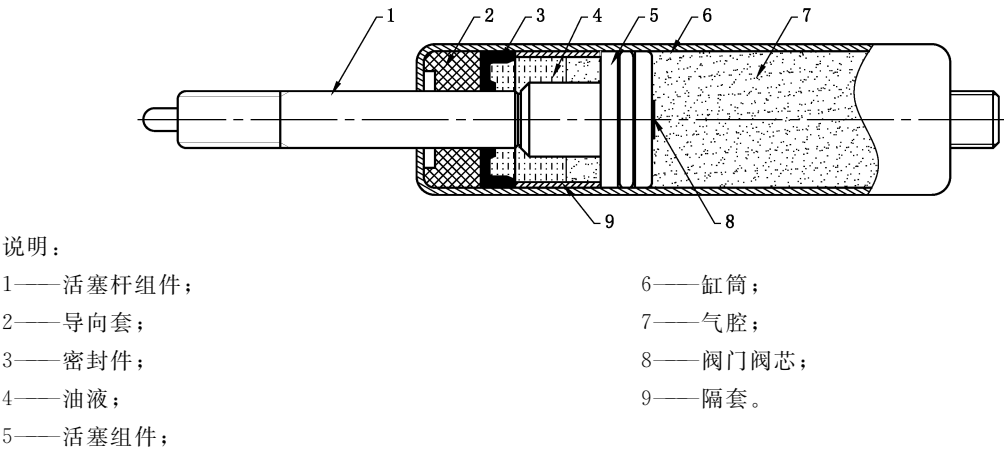


图 4 弹性可锁定气弹簧示意图

5.3 常用座椅升降气弹簧(ZSQ)结构型式

5.3.1 弹性锁定座椅升降气弹簧系列结构型式

弹性锁定座椅升降气弹簧系列结构型式见图 5。

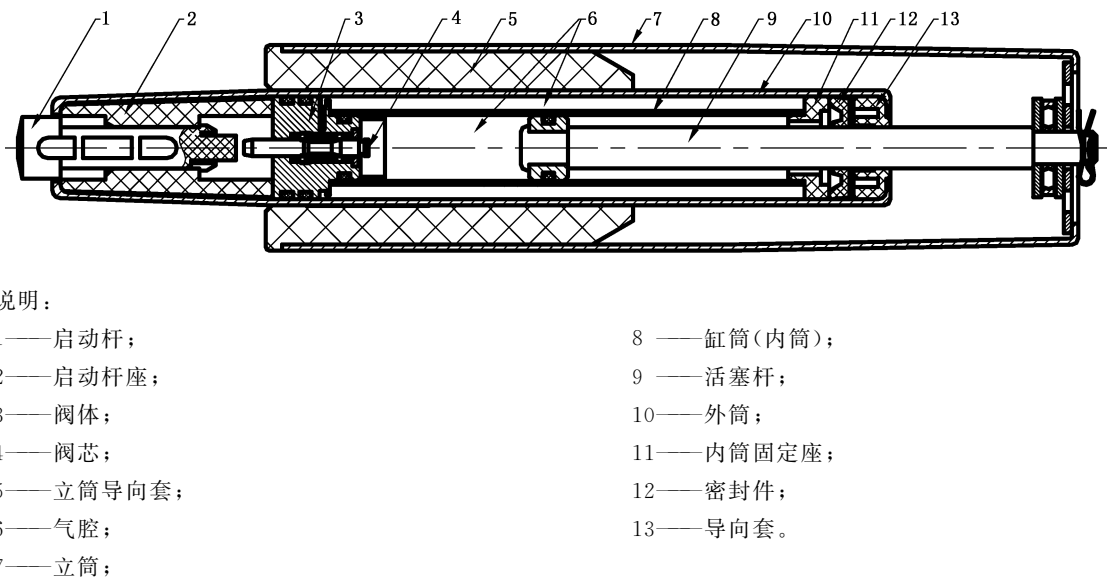
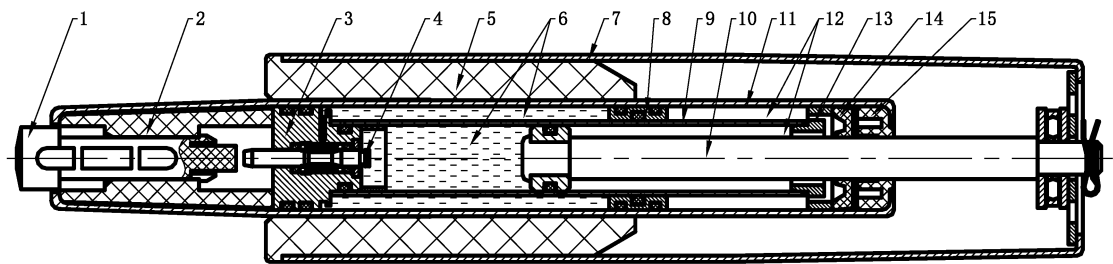


图 5 弹性锁定座椅升降气弹簧示意图

5.3.2 刚性锁定座椅升降气弹簧系列结构型式

刚性锁定座椅升降气弹簧系列结构型式见图 6。



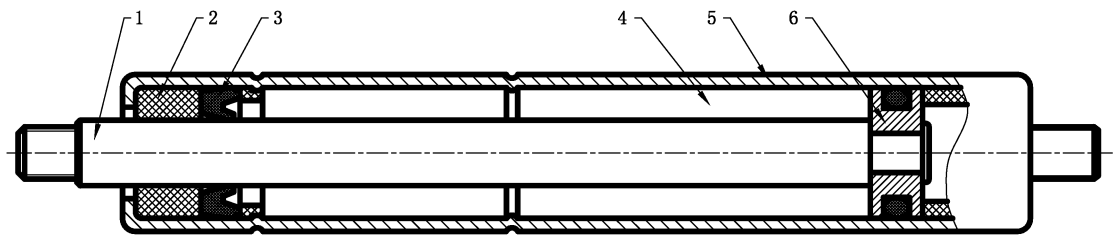
- 说明：
- | | |
|------------|------------|
| 1——启动杆； | 9——缸筒(内筒)； |
| 2——启动杆座； | 10——活塞杆； |
| 3——阀体； | 11——外筒； |
| 4——阀芯； | 12——气腔； |
| 5——立筒导向套； | 13——通气支座； |
| 6——油腔； | 14——密封件； |
| 7——立筒； | 15——导向套。 |
| 8——隔离活塞组件； | |

图6 刚性锁定座椅升降气弹簧示意图

5.4 常用拉伸气弹簧结构型式

5.4.1 普通拉伸气弹簧(LQ)系列结构型式

普通拉伸气弹簧(LQ)系列结构型式见图7。

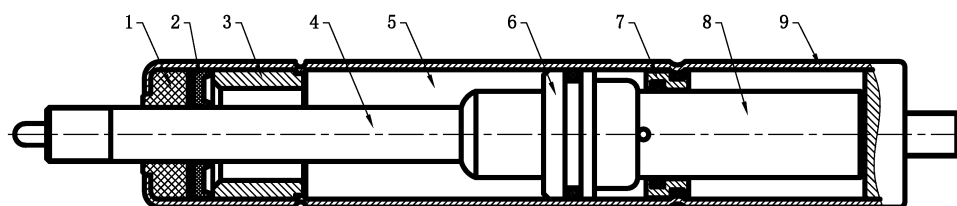


- 说明：
- | | |
|---------|----------|
| 1——活塞杆； | 4——气腔； |
| 2——导向套； | 5——缸筒； |
| 3——密封件； | 6——活塞组件。 |

图7 普通拉伸气弹簧示意图

5.4.2 可锁定拉伸气弹簧(KLQ)系列结构型式

可锁定拉伸气弹簧(KLQ)系列结构型式见图8。



说明:

1——导向套;
2——密封件;
3——隔套;
4——活塞杆组件;
5——气腔;

6——活塞组件;
7——接杆导向密封;
8——差压接杆;
9——缸筒。

图 8 可锁定拉伸气弹簧示意图

6 设计计算原理

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—波义耳定律,见公式(1)或公式(2):

$$PV = C \quad \dots\dots\dots (1)$$

或

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

P ——压强(本标准指气弹簧内部压强),单位为兆帕(MPa);

P_1 ——状态 1 压强,单位为兆帕(MPa);

P_2 ——状态 2 压强,单位为兆帕(MPa);

V ——气体体积,单位为立方米(m^3);

V_1 ——状态 1 气体体积,单位为立方米(m^3);

V_2 ——状态 2 气体体积,单位为立方米(m^3);

C ——常数。

注:实际常用体积单位为立方毫米(mm^3)。

7 设计计算

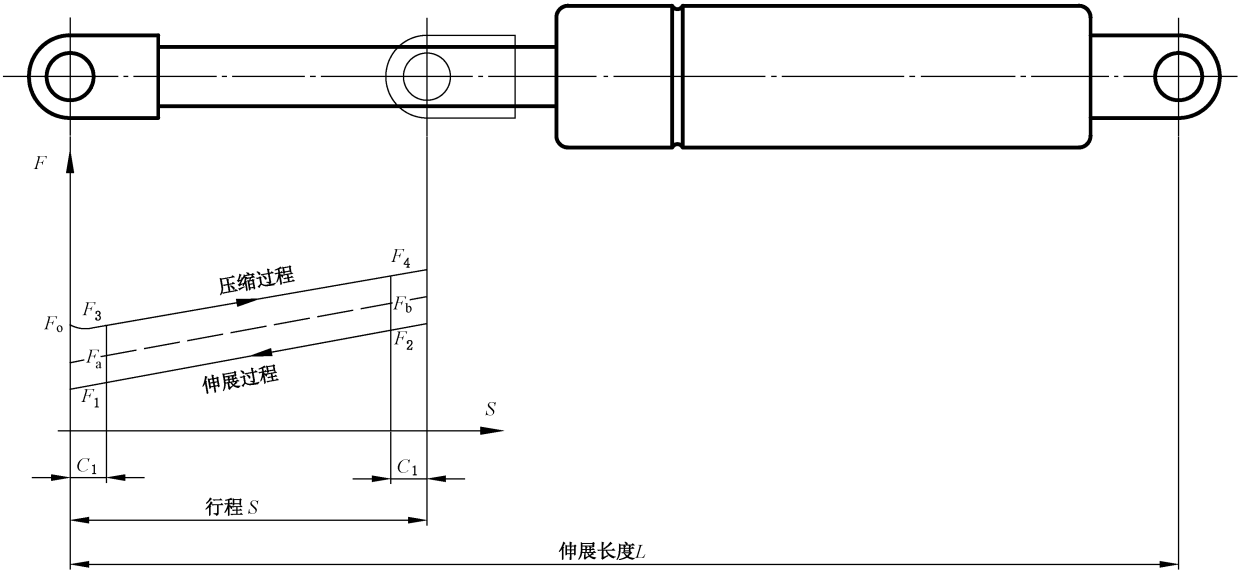
7.1 概述

气弹簧的设计计算一般涉及内容:力值、弹力比率、行程及伸展长度、活塞杆直径、缸筒内径及壁厚等。气弹簧的设计计算以环境温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为条件,同时应考虑使用环境温度的影响,环境温度变化 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,公称力 F_a 的变化约为 0.37% 。

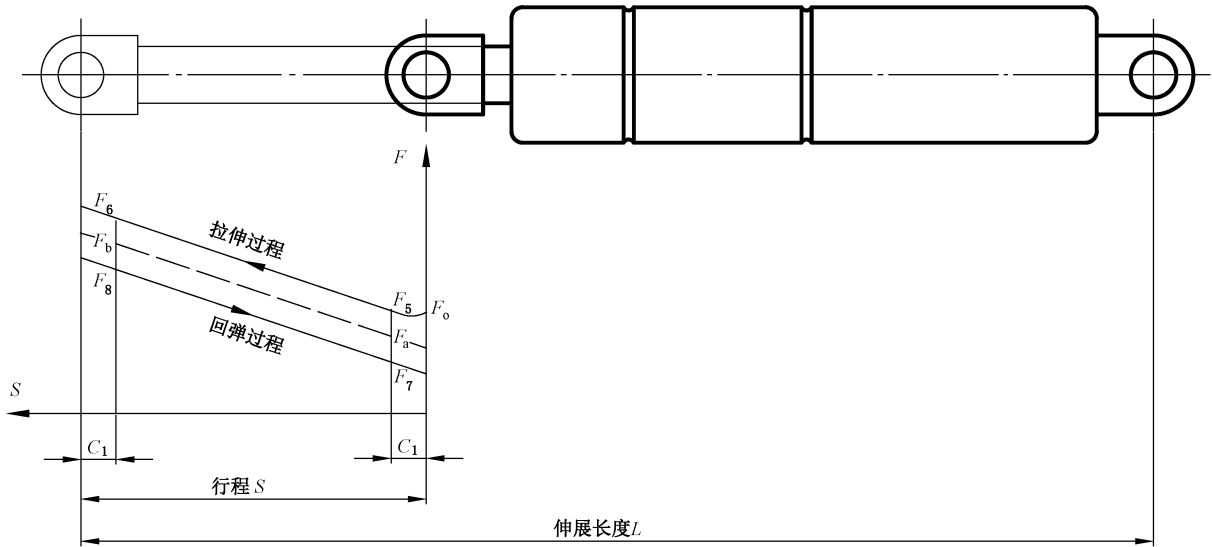
7.2 力值

7.2.1 力-位移曲线示意图

力-位移曲线示意图如图 9 所示。



a) 压缩类气弹簧力-位移曲线图



b) 拉伸类气弹簧力-位移曲线图

图 9 气弹簧力-位移曲线图

7.2.2 最小伸展力 F_1

压缩气弹簧、可锁定气弹簧、座椅升降气弹簧 F_1 按公式(3)计算,压缩气弹簧最小伸展力 F_1 按附录 A 计算, F_r 参见附录 B 选取。

$$F_1 = \frac{1}{4} \pi d^2 P - F_r \dots\dots\dots (3)$$



7.2.3 最大伸展力 F_2

压缩气弹簧、可锁定气弹簧、座椅升降气弹簧 F_2 按公式(4)计算:

$$F_2 = \frac{1}{4}\pi d^2 P\alpha - F_r \quad \dots\dots\dots (4)$$

7.2.4 最小压缩力 F_3

压缩气弹簧、可锁定气弹簧、座椅升降气弹簧 F_3 按公式(5)计算:

$$F_3 = \frac{1}{4}\pi d^2 P + F_r \quad \dots\dots\dots (5)$$

7.2.5 最大压缩力 F_4

压缩气弹簧、可锁定气弹簧、座椅升降气弹簧 F_4 按公式(6)计算:

$$F_4 = \frac{1}{4}\pi d^2 P\alpha + F_r \quad \dots\dots\dots (6)$$

7.2.6 最小拉伸力 F_5

拉伸气弹簧最小拉伸力 F_5 按公式(7)计算:

$$F_5 = \frac{1}{4}\pi P (D_1^2 - d^2) + F_r \quad \dots\dots\dots (7)$$

7.2.7 最大拉伸力 F_6

拉伸气弹簧最大拉伸力 F_6 按公式(8)计算:

$$F_6 = \frac{1}{4}\pi P\alpha (D_1^2 - d^2) + F_r \quad \dots\dots\dots (8)$$

7.2.8 最小回弹力 F_7

拉伸气弹簧最小回弹力 F_7 按公式(9)计算:

$$F_7 = \frac{1}{4}\pi P (D_1^2 - d^2) - F_r \quad \dots\dots\dots (9)$$

7.2.9 最大回弹力 F_8

拉伸气弹簧最大回弹力 F_8 按公式(10)计算:

$$F_8 = \frac{1}{4}\pi P\alpha (D_1^2 - d^2) - F_r \quad \dots\dots\dots (10)$$

7.2.10 阀芯开启力 F_k

气弹簧空心活塞杆内径 d_0 及阀芯有效直径 d_1 示意见图 10。

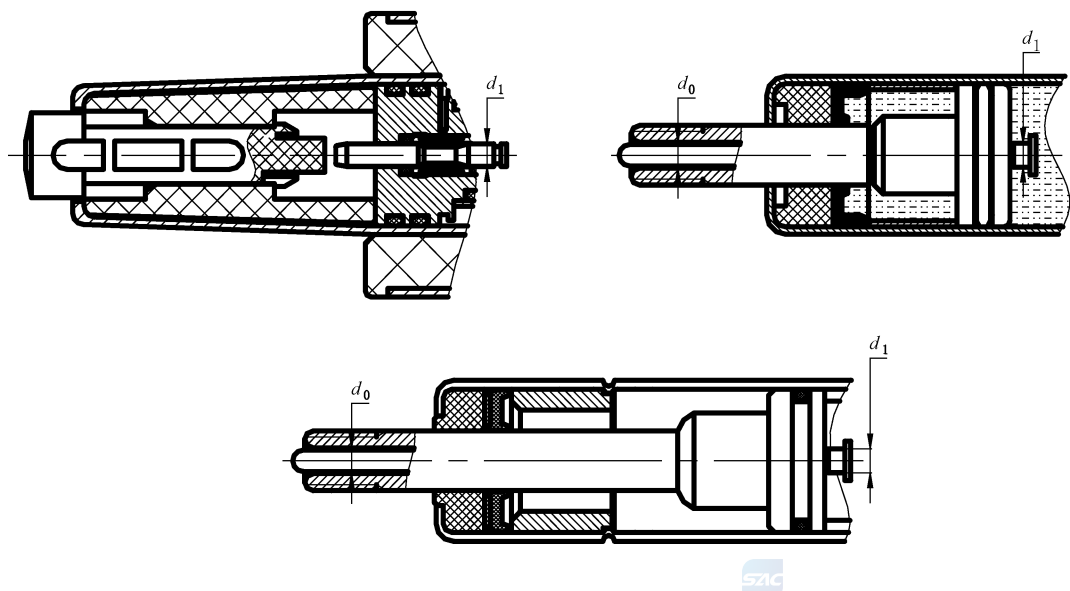


图 10 空心杆内孔直径尺寸 d_0 及阀芯有效直径 d_1 示意图

可锁定气弹簧、座椅升降气弹簧、可锁定拉伸气弹簧的阀芯开启力 F_k 按公式(11)计算：

$$F_k = \frac{1}{4} \pi d_1^2 P + f_r \quad \dots\dots\dots (11)$$

7.2.11 气弹簧弹力比率 α

7.2.11.1 气弹簧的弹力比率应根据负载的情况而定，一般按公式(12)计算：

$$\alpha = \frac{D_1^2 L_3}{D_1^2 L_3 - d^2 S_1} \text{ 或 } \alpha = F_b / F_a \quad \dots\dots\dots (12)$$

7.2.11.2 普通拉伸气弹簧弹力比率按公式(13)计算：

$$\alpha = \frac{L_3}{L_3 - S_1} \text{ 或 } \alpha = F_b / F_a \quad \dots\dots\dots (13)$$

7.3 行程 S 及伸展长度 L

7.3.1 气弹簧的外形尺寸示意图

压缩气弹簧、可锁定气弹簧、座椅升降气弹簧及拉伸气弹簧等常用气弹簧的行程 S 及伸展长度 L 等基本尺寸示意图见图 11～图 14。

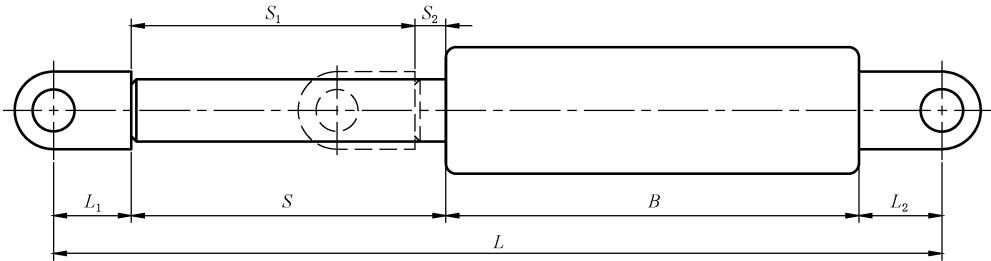


图 11 压缩气弹簧尺寸示意图

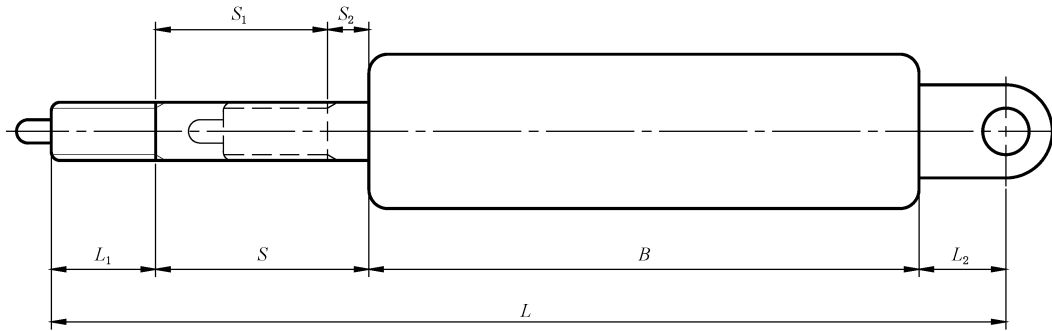
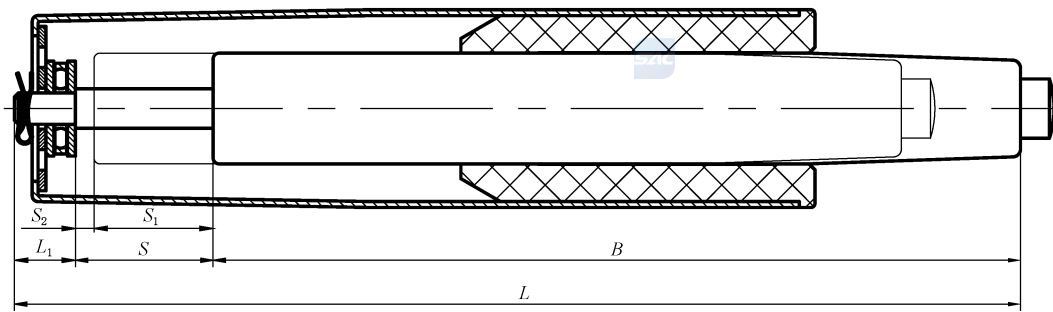


图 12 可锁定气弹簧尺寸示意图



注：座椅升降气弹簧中 B 指外筒长度。

图 13 座椅升降气弹簧尺寸示意图

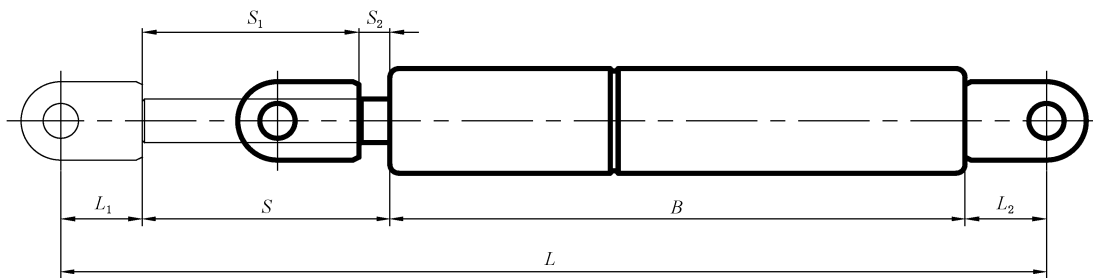


图 14 拉伸气弹簧尺寸示意图

7.3.2 气弹簧行程 S 的设计

不同类型气弹簧的行程设计均应考虑安全行程设计,具体参照 7.3.1 气弹簧外形尺寸示意图(图 11~图 14),按公式(14)计算:

$$S = S_1 + S_2 \quad \dots\dots\dots (14)$$

一般压缩气弹簧及拉伸气弹簧 $S_2 \geq 5 \text{ mm}$;可锁定气弹簧及座椅升降气弹簧 $S_2 \geq 2 \text{ mm}$ 。

7.3.3 伸展长度 L 的确定

按 7.3.1 气弹簧外形尺寸示意图(图 11~图 14),气弹簧伸展长度 L 按公式(15)计算:

$$L = L_1 + S + B + L_2 \quad \dots\dots\dots (15)$$

7.4 活塞杆的设计计算

7.4.1 概述

气弹簧活塞杆的直径应按 GB/T 2348 选取,推荐活塞杆直径 d 选用 6 mm、8 mm、10 mm、12 mm、14 mm、20 mm,或按照 7.4.2 及 7.4.3 计算,计算结果参照附录 C 选取,也可由供需双方商定。空心杆壁厚 δ_2 应不小于 2 mm。

7.4.2 实心活塞杆的计算

7.4.2.1 压缩气弹簧、座椅升降气弹簧实心活塞杆的直径 d 一般按公式(16)计算:

$$d^2 = \frac{8L\sqrt{nF_4}}{\pi\sqrt{\pi E}} \dots\dots\dots(16)$$

7.4.2.2 对于实心活塞杆长度小于或等于 10 倍的活塞杆直径 d 时,其直径 d 按公式(17)计算,其中气弹簧活塞杆许用应力参见附录 D 中表 D.1 选取:

$$d = \sqrt{\frac{4F_4}{\pi[\sigma]}} \dots\dots\dots(17)$$

7.4.2.3 拉伸气弹簧实心活塞杆的直径 d 按公式(18)计算:

$$d = \sqrt{\frac{4F_6}{\pi[\sigma]}} \dots\dots\dots(18)$$

7.4.3 空心活塞杆的计算

7.4.3.1 可锁定气弹簧的活塞杆一般均为空心活塞杆,其直径 d 一般按公式(19)计算:

$$d^2 = \sqrt{\frac{64L^2nF_4}{\pi^3 E}} + d_0^4 \dots\dots\dots(19)$$

7.4.3.2 对于空心活塞杆长度小于或等于 10 倍的活塞杆直径 d 时,其直径 d 按公式(20)计算,其中气弹簧活塞杆许用应力参见表 D.1 选取:

$$d = \sqrt{\frac{4F_4}{\pi[\sigma]} + d_0^2} \dots\dots\dots(20)$$

7.4.4 活塞杆稳定性校核

活塞杆稳定性校核按附录 E 校核。

7.5 气弹簧缸筒的设计计算

7.5.1 缸筒内径的计算

气弹簧缸筒内径应按 GB/T 2348 选取,推荐选取缸筒内径 D_1 与活塞杆直径 d 之比近似 $D_1/d = 2$,或参考附录 C 选取。也可由供需双方商定。

7.5.2 缸筒的壁厚计算

缸筒的壁厚 δ_1 按公式(21)计算,缸筒的壁厚 δ_1 一般不小于 1 mm。缸筒外径 D_2 与内径 D_1 之比不小于 1.1。缸筒材料许用应力参见表 D.2 选取。

$$\delta_1 \geq \frac{P_{\max} D_1}{2[\sigma]} \dots\dots\dots(21)$$

式中, P_{\max} 为气弹簧工作状态下内部最大压强, P_{\max} 按公式(22)计算:

$$P_{\max}=P\alpha$$

.....(22)

7.5.3 缸筒强度校核

缸筒强度校核按附录 F 校核。

7.6 压缩气弹簧设计行程 S 、导向长度 H 与缸筒气腔长度 L_3 的关系

气弹簧设计时,应计算导向长度,保证运动的稳定性和具有一定抗偏载能力,详见图 15。

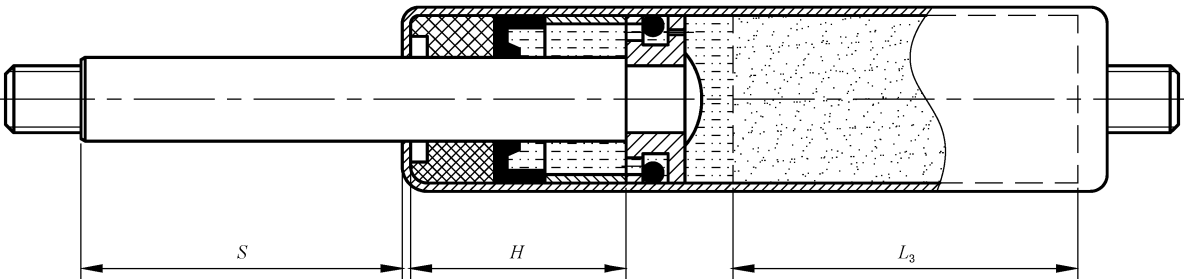


图 15 压缩气弹簧设计行程 S 、导向长度 H 与缸筒气腔长度 L_3 示意图

设计行程 S 、导向长度 H 与缸筒气腔长度 L_3 应满足表 2 要求。

表 2

单位为毫米

设计行程 S	导向长度 H	气腔长度 L_3
$S\leq 150$	$H\geq 15$	$L_3\geq S$
$150<S\leq 200$	$H\geq 20$	
$200<S\leq 250$	$H\geq 25$	
$250<S\leq 300$	$H\geq 30$	
$300<S\leq 350$	$H\geq 35$	
$350<S\leq 400$	$H\geq 40$	
$S>400$	$H\geq 45$	

7.7 气弹簧设计计算示例

气弹簧设计计算示例参见附录 G、附录 H、附录 I。

附录 A
(规范性附录)
最小伸展力 F_1 的确定

A.1 压缩气弹簧最小伸展力 F_1

压缩气弹簧最小伸展力 F_1 可按公式(A.1)计算,最小伸展力计算示意图见图 A.1。

$$F_1 = \frac{Glo}{bi} \dots\dots\dots (A.1)$$

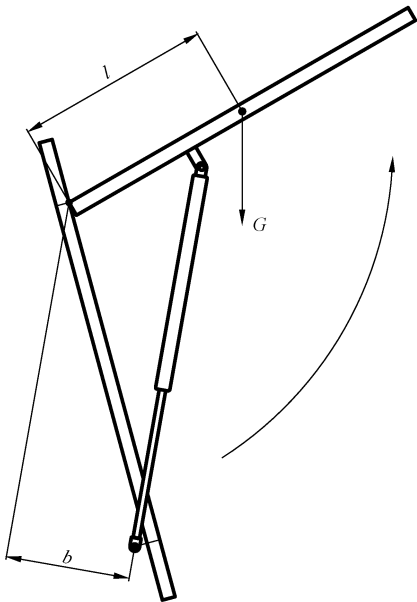


图 A.1 最小伸展力计算示意

A.2 示例

有一被支撑物重力 $G=300\text{ N}$,重心到回转中心的距离 $l=400\text{ mm}$,力臂长度 $b=200\text{ mm}$,使用气弹簧数量(i)为 2 支。计算气弹簧最小伸展力 F_1 值。

按公式(A.1)计算:
$$F_1 = \frac{Glo}{bi} = \frac{300 \times 400 \times 1.1}{200 \times 2} = 330\text{ N}$$

注: o 取 1.1。



附 录 B

(资料性附录)

气弹簧动态摩擦力 F_r 选择范围

B.1 压缩气弹簧、拉伸气弹簧动态摩擦力

压缩气弹簧、拉伸气弹簧动态摩擦力选择范围见表 B.1。

表 B.1

单位为牛顿

标称力值	动态摩擦力最大值
≤ 100	25
$> 100 \sim 200$	30
$> 200 \sim 400$	40
$> 400 \sim 600$	60
$> 600 \sim 800$	80
$> 800 \sim 1\,000$	100
$> 1\,000 \sim 1\,200$	130
$> 1\,200$	150

B.2 可锁定气弹簧动态摩擦力

可锁定气弹簧动态摩擦力选择范围见表 B.2。

表 B.2

单位为牛顿

标称力值	动态摩擦力最大值
≤ 200	50
$> 200 \sim 400$	75
$> 400 \sim 600$	90
$> 600 \sim 800$	110
$> 800 \sim 1\,000$	130
$> 1\,000$	150

B.3 座椅升降气弹簧动态摩擦力

座椅升降气弹簧动态摩擦力选择范围见表 B.3。

表 B.3

单位为牛顿

标称力值	动态摩擦力最大值
≤ 350	60
$> 350 \sim 650$	80

附 录 C

(资料性附录)

气弹簧活塞杆直径、缸筒内径与公称力选择范围

气弹簧活塞杆直径、缸筒内径、公称力与设计行程选择推荐范围见表 C.1。

表 C.1

序号	活塞杆直径 mm	推荐公称力 F_0 N	推荐设计行程 mm	推荐缸筒内径 mm	推荐气弹簧内部 最大压强 MPa
1	6	50~300	≤150	12~14	≤13
2	8	200~550	≤200	16~20	
3	10	300~850	≤300	20~24	
4	12	450~1 200	≤400	22~26	
5	14	600~1 600	≤450	24~28	
6	16	800~2 100	≤500	28~32	
7	18	1 000~2 700	≤600	32~36	
8	20	1 250~3 300	≤800	36~40	



附 录 D
(资料性附录)
气弹簧活塞杆、缸筒许用应力

D.1 活塞杆许用应力

活塞杆许用应力见表 D.1。

表 D.1 单位为兆帕

材料	许用应力
35	125
45	145

D.2 缸筒许用应力

缸筒许用应力见表 D.2。

表 D.2 单位为兆帕

材料	许用应力
10	110
20	130



附录 E
(规范性附录)
活塞杆的稳定性校核

E.1 活塞杆横截面惯性矩计算

实心活塞杆横截面惯性矩按公式(E.1)计算：

$$J = \frac{1}{64} \pi d^4 \dots\dots\dots (E.1)$$

空心活塞杆横截面惯性矩按公式(E.2)计算：

$$J = \frac{1}{64} \pi (d^4 - d_0^4) \dots\dots\dots (E.2)$$

E.2 活塞杆截面回转半径计算

实心活塞杆横截面回转半径按公式(E.3)计算：

$$K = \frac{1}{4} d \dots\dots\dots (E.3)$$

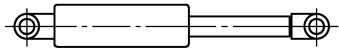
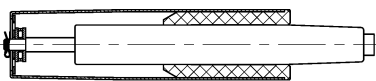

空心活塞杆横截面回转半径按公式(E.4)计算：

$$K = \frac{1}{4} \sqrt{d^2 + d_0^2} \dots\dots\dots (E.4)$$

E.3 安装方式和安装系数 *m* 的确定

安装系数 *m* 根据安装方式按表 E.1 确定。

表 E.1

安装方式	示意图	安装系数 <i>m</i>	说明
铰支-铰支		1	适用于大部分气弹簧
固定-自由		1/4	适用于座椅升降气弹簧
固定-铰支		2	适用于特殊场合

E.4 许用临界力计算

当细长比为 $L/K > 85 \sqrt{m}$ 时,许用临界力 F_L 按公式(E.5)计算：

$$F_L = 2.07 \times 10^6 \frac{mJ}{L^2} \dots\dots\dots (E.5)$$

当细长比为 $L/K \leq 85 \sqrt{m}$ 时,许用临界力 F_L 按公式(E.6)计算:

$$F_L = \frac{fA}{1 + 1/5000 m (L/K)^2} \times 10^3 \dots\dots\dots (E.6)$$

E.5 活塞杆稳定性校核

活塞杆稳定性安全系数 n 按公式(E.7)计算:

$$n = \frac{F_L}{F_4} \dots\dots\dots (E.7)$$



附 录 F
(规范性附录)
缸筒强度校核

F.1 半径比

半径比按公式(F.1)计算：

$$r = \frac{D_2}{D_1}$$

.....(F.1)

F.2 气弹簧缸筒强度

气弹簧缸筒强度按公式(F.2)校核：

$$\frac{\sqrt{3} P_{\max} r^2}{r^2 - 1} \leq [\sigma]$$

.....(F.2)



附 录 G
(资料性附录)
压缩气弹簧设计示例

G.1 例题

如图 G.1 所示,在已知仓门重力(G)392 N,高度为 800 mm,要求开启角度 110° ,设计计算满足要求的压缩气弹簧。

单位为毫米

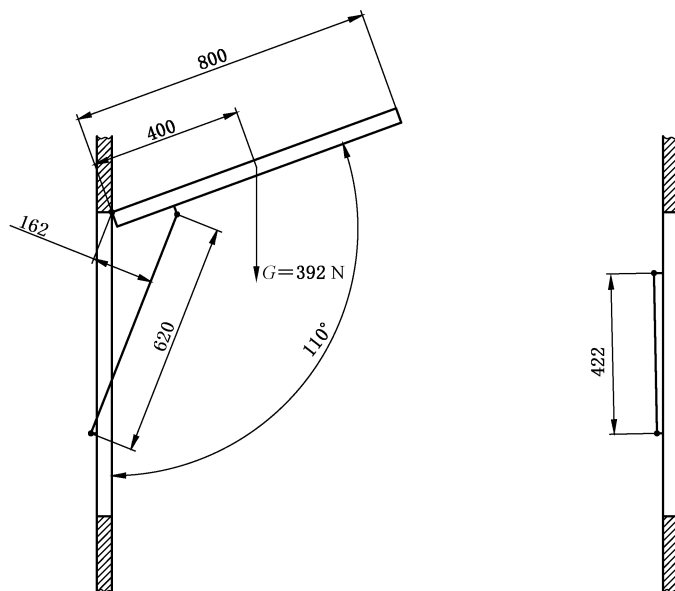


图 G.1 压缩气弹簧设计示例

G.2 题解

G.2.1 力值的设计计算

G.2.1.1 最小伸展力 F_1 的计算

按公式(A.1)计算:

$$F_1 = \frac{Glo}{bi} = \frac{392 \times 400 \times 1.1}{162 \times 2} = 532 \text{ N}$$

注: 图 G.1 确定 l 为 400 mm, b 为 162 mm, o 取 1.1, i 用 2 支气弹簧。

G.2.1.2 最大伸展力 F_2 的计算

由公式(3)、公式(4)导出:

$$F_2 = (F_1 + F_r)\alpha - F_r = (532 + 60) \times 1.22 - 60 = 662 \text{ N}$$

注: 按附录 B 表 B.1 规定,当 $F_1 = 532 \text{ N}$ 时最大动态摩擦力 F_r 为 60 N。

通常压缩气弹簧弹力比率不大于 1.5,现弹力比率设定为 1.22。

G.2.1.3 最小压缩力 F_3 的计算

由公式(3)、公式(5)导出：

$$F_3 = (F_1 + F_r) + F_r = (532 + 60) + 60 = 652 \text{ N}$$

G.2.1.4 最大压缩力 F_4 的计算

由公式(3)、公式(6)导出：

$$F_4 = (F_1 + F_r)\alpha + F_r = (532 + 60) \times 1.22 + 60 = 782 \text{ N}$$

G.2.1.5 公称力 a 、 b 的计算

按表 1 计算公称力 F_a 、 F_b ：

$$F_a = (F_1 + F_3)/2 = (532 + 652)/2 = 592 \text{ N}$$

$$F_b = (F_2 + F_4)/2 = (662 + 782)/2 = 722 \text{ N}$$

G.2.2 行程和伸展长度设计计算

G.2.2.1 行程的设计计算

根据图 G.1 所示，工作行程 $S_1 = 620 - 422 = 198 \text{ mm}$ 。

根据 7.3.2 一般压缩气弹簧安全行程 $S_2 \geq 5 \text{ mm}$ ，本气弹簧设安全行程设定为 12 mm ，设计行程 $S = S_1 + S_2 = 198 + 12 = 210 \text{ mm}$ 。

G.2.2.2 伸展长度和缸筒长度的设计计算

根据图 G.1 所示，本气弹簧的伸展长度 $L = 620 \text{ mm}$ 。

按公式(15)计算缸筒长度 B ：

$$B = L - L_1 - L_2 - S = 620 - 20 - 20 - 210 = 370 \text{ mm}$$

注：气弹簧杆端长度 $L_1 = 20 \text{ mm}$ ，气弹簧缸筒端长度 $L_2 = 20 \text{ mm}$ 。

G.2.2.3 气弹簧导向长度

保证运动的稳定性和具有一定抗偏载能力，导向长度 H 应根据行程 S ，且满足表 2 规定，即 $H \geq 25 \text{ mm}$ ，本示例压缩气弹簧导向长度 $H = 38 \text{ mm}$ ，能满足要求。

G.2.3 活塞杆的设计计算

活塞杆材料选用 45 钢，按公式(16)计算活塞杆直径 d ：

$$d^2 = \frac{8L\sqrt{nF_4}}{\pi\sqrt{\pi E}} = \frac{8 \times 620\sqrt{n \times 782}}{3.14\sqrt{3.14 \times 2.1 \times 10^5}} = \frac{4\,960\sqrt{n \times 782}}{2\,550}$$

当 $n = 1.4$ 时， $d^2 = 64.36$ $d = 8.02 \text{ mm}$

当 $n = 2$ 时， $d^2 = 76.92$ $d = 8.77 \text{ mm}$

根据 7.4.1 推荐和以上计算，综合考虑选用活塞杆直径 $d = 10 \text{ mm}$ 。

G.2.4 缸筒的设计计算

G.2.4.1 缸筒内径 D_1 的设计

根据 7.5.1 与附录 C 推荐活塞杆直径 $d = 10 \text{ mm}$ 缸筒内径 D_1 选 20 mm 。

G.2.4.2 气弹簧内部压强的计算

由公式(3)导出：

$$P = \frac{4(F_1 + F_r)}{\pi d^2} = \frac{4 \times (532 + 60)}{3.14 \times 10^2} = 7.54 \text{ MPa}$$

G.2.4.3 缸壁厚度的计算

缸筒材料选用 20 钢管,材料许用应力参见附录 D 中表 D.2,按公式(21)计算:

$$\delta_1 \geq \frac{P_{\max} D_1}{2[\sigma]} = \frac{7.54 \times 1.22 \times 20}{2 \times 130} = 0.71 \text{ mm}$$

缸筒壁厚可选 $\delta_1 \geq 1 \text{ mm}$ 。

G.2.5 气弹簧弹力比率的计算

按公式(12)计算:

$$\alpha = \frac{D_1^2 L_3}{D_1^2 L_3 - d^2 S_1} = \frac{20^2 \times 285}{20^2 \times 285 - 10^2 \times 198} = 1.21$$

与设定的弹力比率 $\alpha = 1.22$ 基本相同。

注: $L_3 = 370 - 35 - 50 = 285 \text{ mm}$,其中 50 mm 是缸筒内零件占用轴向空间的长度,35 mm 是阻尼油占用轴向空间的长度。

G.2.6 活塞杆稳定性校核

按公式(E.3)计算活塞杆横截面回转半径:

$$K = \frac{1}{4}d = \frac{1}{4} \times 10 = 2.5 \text{ mm}$$

按 E.4 计算细长比:

$$\frac{L}{K} = \frac{620}{2.5} = 248$$

$$85\sqrt{m} = 85 \times \sqrt{1} = 85$$

$$\frac{L}{K} > 85\sqrt{m}$$

按公式(E.1)计算活塞杆横截面惯性矩:

$$J = \frac{1}{64}\pi d^4 = \frac{1}{64} \times 3.14 \times 10^4 = 490.63 \text{ mm}^4$$

按公式(E.5)计算许用临界力:

$$F_L = 2.07 \times 10^6 \frac{mJ}{L^2} = 2.07 \times 10^6 \times \frac{1 \times 490.63}{620^2} = 2\,642 \text{ N}$$

按公式(E.7)计算活塞杆稳定性安全系数:

$$n = \frac{F_L}{F_4} = \frac{2\,642}{782} = 3.38, \text{符合要求。}$$

G.2.7 缸筒壁厚强度校核

按公式(F.1)计算半径比:

$$r = \frac{D_2}{D_1} = \frac{22}{20} = 1.1$$

按公式(F.2)校核缸筒强度:

$$\frac{\sqrt{3} P_{\max} r^2}{r^2 - 1} = \frac{\sqrt{3} \times 7.54 \times 1.22 \times 1.1^2}{1.1^2 - 1} = 91.82 \text{ MPa}$$

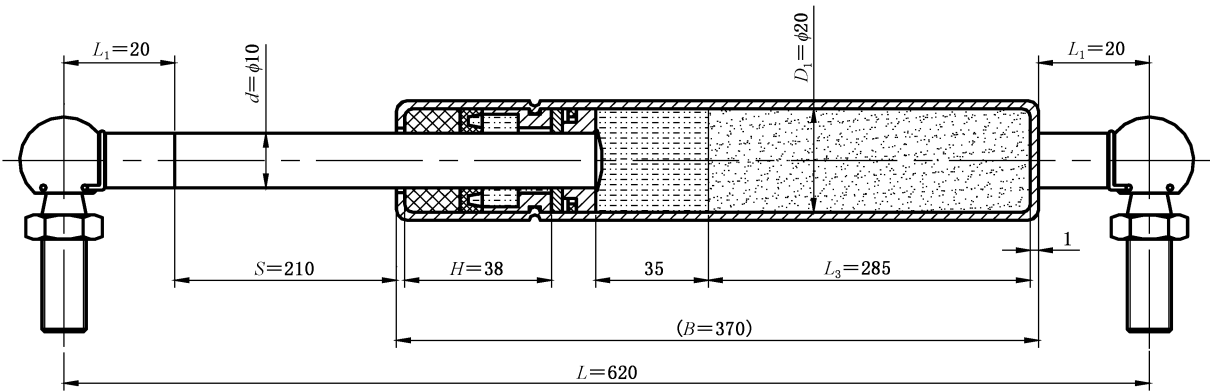
小于 20 钢管的许用应力 130 MPa,符合要求。

G.2.8 绘制压缩气弹簧图

G.2.8.1 压缩气弹簧工作图

压缩气弹簧工作图参见图 G.2。

单位为毫米



技术要求：

- 1. 材料：缸筒采用 20 钢管，活塞杆采用 45 钢；
- 2. 伸展长度 $L=620\text{ mm}\pm 1.8\text{ mm}$ ；
- 3. 设计行程 $S\geq 203\text{ mm}$ ；
- 4. $F_1\geq 532\text{ N}$ ；
- 5. 力特性、循环寿命、耐腐蚀性等压缩气弹簧性能按 GB/T 25751 执行；
- 6. 制造精度按 GB/T 1800.1 中标准公差数值的 IT16 等级执行。

图 G.2 压缩气弹簧工作图

G.2.8.2 设计计算数据

设计计算数据参见表 G.1。

表 G.1

序号	参数名称	代号	数值	单位	序号	参数名称	代号	数值	单位
1	公称力 a	F_a	592	N	12	伸展长度	L	620	mm
2	公称力 b	F_b	722		13	杆端长度	L_1	20	
3	最小伸展力	F_1	532		14	缸筒端长度	L_2	20	
4	最大伸展力	F_2	662		15	气腔长度	L_3	285	
5	最小压缩力	F_3	652		16	导向长度	H	38	
6	最大压缩力	F_4	782		17	缸筒长度	B	370	
7	弹力比率	α	1.21	—	18	活塞杆直径	d	10	mm
8	气弹簧内部压强	P	7.54	MPa	19	缸筒内径	D_1	20	
9	设计行程	S	210	mm	20	缸筒外径	D_2	22	
10	工作行程	S_1	198		21	缸筒壁厚	δ_1	1	
11	安全行程	S_2	12		—	—	—	—	—

附 录 H

(资料性附录)

可锁定气弹簧设计示例

H.1 例题

设计伸展方向刚性可锁定气弹簧,要求气弹簧公称力 $F_a = 350$ N,公称力 $F_b = 416$ N,工作行程 $S_1 = 84$ mm,伸展长度 $L = 350$ mm。

H.2 题解

H.2.1 力值的设计计算

H.2.1.1 最小伸展力 F_1 的计算

由表 1 $F_a = (F_1 + F_3)/2$ 、 $F_r = (F_3 - F_1)/2$ 导出 $F_1 = F_a - F_r = 350 - 75 = 275$ N

注:按附录 B 表 B.2 规定,当 $F_a = 350$ N 时,其最大动态摩擦力 $F_r = 75$ N。

H.2.1.2 弹力比率 α 的计算

按公式(12)计算:

$$\alpha = \frac{F_b}{F_a} = \frac{416}{350} = 1.19$$

H.2.1.3 气弹簧内部压强 P 的计算

由公式(3)导出:

$$P = \frac{4(F_1 + F_r)}{\pi d^2} = \frac{4 \times (275 + 75)}{3.14 \times 10^2} = 4.46 \text{ MPa}$$

注:可锁定气弹簧空心杆内径 $d_0 = 4.3$ mm 和 7.4.1 要求空心杆壁厚 δ_2 应不小于 2 mm,本气弹簧选用空心活塞杆直径 $d = 10$ mm。

H.2.1.4 最大伸展力 F_2 的计算

按公式(4)计算:

$$F_2 = \frac{1}{4} \pi d^2 P \alpha - F_r = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10^2 \times 4.46 \times 1.19 - 75 = 342 \text{ N}$$

H.2.1.5 最小压缩力 F_3 的计算

按公式(5)计算:

$$F_3 = \frac{1}{4} \pi d^2 P + F_r = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10^2 \times 4.46 + 75 = 425 \text{ N}$$

H.2.1.6 最大压缩力 F_4 的计算

按公式(6)计算:

$$F_4 = \frac{1}{4} \pi d^2 P \alpha + F_r = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10^2 \times 4.46 \times 1.19 + 75 = 492 \text{ N}$$

H.2.1.7 阀芯开启力 F_k 的计算

阀芯有效直径 d_1 选用 3 mm, 阀芯上产生的摩擦力 f_r 按表 1 规定设为 15 N, 按公式(11)计算:

$$F_k = \frac{1}{4} \pi d_1^2 P + f_r = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 3^2 \times 4.46 + 15 = 47 \text{ N}$$

H.2.2 设计行程 S 和伸展长度 L 的设计

H.2.2.1 行程的设计

工作行程 $S_1 = 84 \text{ mm}$, 按 7.3.2 要求, 安全行程 $S_2 \geq 2 \text{ mm}$, 本气弹簧设定安全行程 $S_2 = 4 \text{ mm}$ 。

按公式(14)计算: $S = S_1 + S_2 = 84 + 4 = 88 \text{ mm}$

H.2.2.2 伸展长度 L 确定

本气弹簧要求伸展长度为 350 mm, 按公式(15)设计: 缸筒长度 $B = 210 \text{ mm}$, 设计行程 $S = 88 \text{ mm}$, 杆端长度 $L_1 = 20 \text{ mm}$, 缸筒端长度 $L_2 = 32 \text{ mm}$ 。

$$L = L_1 + S + B + L_2 = 20 + 88 + 210 + 32 = 350 \text{ mm}$$

根据本气弹簧弹力比率 $\alpha = 1.19$ 和工作行程 $S_1 = 84 \text{ mm}$, 由公式(12)导出:

$$\text{气腔长度 } L_3 = \frac{d^2 S_1 \alpha}{D_1^2 (\alpha - 1)} = \frac{10^2 \times 84 \times 1.19}{24^2 \times (1.19 - 1)} = 91 \text{ mm}$$

H.2.3 活塞杆直径 d 的设计和活塞杆稳定性校核

H.2.3.1 活塞杆直径 d 的计算

活塞杆材料选用 45 钢, 选用内径为 4.3 mm 的空心活塞杆, 按公式(19)计算:

$$d^2 = \sqrt{\frac{64 L^2 n F_4}{\pi^3 E} + d_0^4} = \sqrt{\frac{64 \times 350^2 \times 1.5 \times 492}{3.14^3 \times 2.1 \times 10^5} + 4.3^4} = 35.10 \text{ mm}$$

$d = 5.92 \text{ mm}$, 结合 7.4.1 空心杆壁厚 δ_2 应不小于 2 mm 要求, 选用 10 mm 的空心活塞杆符合要求。

注: 取 $n = 1.5$ 。

H.2.3.2 活塞杆稳定性校核

按公式(E.4)计算活塞杆横截面回转半径:

$$K = \frac{1}{4} \sqrt{d^2 + d_0^2} = \frac{1}{4} \sqrt{10^2 + 4.3^2} = 2.72 \text{ mm}$$

按 E.4 计算细长比:

$$\frac{L}{K} = \frac{350}{2.72} = 128.67$$

$$85 \sqrt{m} = 85 \times \sqrt{1} = 85$$

$$\frac{L}{K} > 85 \sqrt{m}$$

按公式(E.2)计算活塞杆横截面惯性矩:

$$J = \frac{1}{64} \pi (d^4 - d_0^4) = \frac{1}{64} \times 3.14 \times (10^4 - 4.3^4) = 473.85 \text{ mm}^4$$

按公式(E.5)计算许用临界力:

$$F_L = 2.07 \times 10^6 \frac{mJ}{L^2} = 2.07 \times 10^6 \times \frac{1 \times 473.85}{350^2} = 8\,007$$

按公式(E.7)计算活塞杆稳定性安全系数:

$$n = \frac{F_L}{F_4} = \frac{8\,007}{492} = 16.27 \text{ 符合要求。}$$

H.2.4 缸壁厚度的设计和缸筒强度的校核

H.2.4.1 缸筒壁厚的设计

缸筒材料选用 20 钢管,按公式(21)计算:

$$\delta_1 \geq \frac{P_{\max} D_1}{2[\sigma]} = \frac{4.46 \times 1.19 \times 24}{2 \times 130} = 0.49 \text{ mm}$$

可锁定气弹簧为减小弹力比率而便于操控,往往要选择较大的缸筒内径,本气弹簧选用缸筒内径 $D_1 = 24 \text{ mm}$ 和壁厚 $\delta_1 = 1.25 \text{ mm}$ 。

H.2.4.2 缸壁厚度的校核

按公式(F.1)计算半径比:

$$r = \frac{D_2}{D_1} = \frac{26.5}{24} = 1.10$$

按公式(F.2)计算:

$$\frac{\sqrt{3} P_{\max} r^2}{r^2 - 1} = \frac{\sqrt{3} \times 4.46 \times 1.19 \times 1.1^2}{1.1^2 - 1} = 53 \text{ MPa}$$

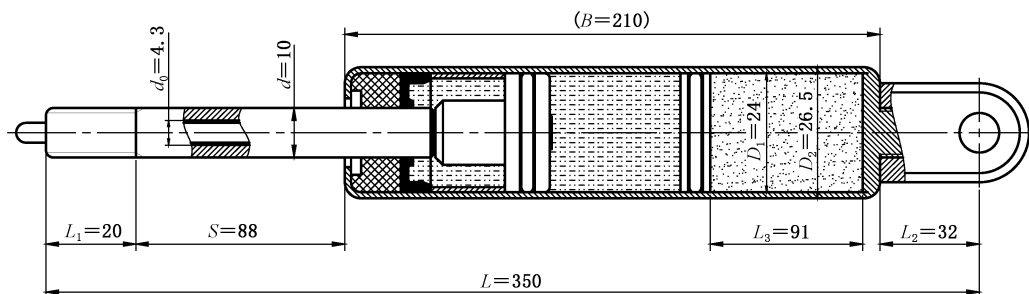
小于 20 钢管的许用应力,符合要求。

H.2.5 绘制可锁定气弹簧图

H.2.5.1 可锁定气弹簧工作图

可锁定气弹簧工作图见图 H.1。

单位为毫米



技术要求:

1. 材料:缸筒采用 20 钢管,活塞杆采用 45 钢;
2. 伸展长度 $L = 350 \text{ mm} \pm 1.8 \text{ mm}$;
3. 设计行程 $S \geq 86 \text{ mm}$;
4. 最小伸展力 $F_1 \geq 275 \text{ N}$;
5. 力特性、循环寿命、耐腐蚀性等可锁定气弹簧性能按 GB/T 25750 执行;
6. 制造精度按 GB/T 1800.1 中标准公差数值的 IT16 等级执行。

图 H.1 可锁定气弹簧工作图

H.2.5.2 设计计算数据

设计计算数据见表 H.1。

表 H.1

序号	参数名称	代号	数值	单位	序号	参数名称	代号	数值	单位
1	公称力 a	F_a	350	N	13	伸展长度	L	350	mm
2	公称力 b	F_b	416		14	杆端长度	L_1	20	
3	最小伸展力	F_1	275		15	缸筒端长度	L_2	32	
4	最大伸展力	F_2	342		16	气腔长度	L_3	91	
5	最小压缩力	F_3	425		17	缸筒长度	B	210	
6	最大压缩力	F_4	492		18	活塞杆直径	d	10	
7	阀芯开启力	F_k	47		19	空心活塞杆内径	d_0	4.3	
8	弹力比率	α	1.19	—	20	缸筒内径	D_1	24	
9	气弹簧内部压强	P	4.46	MPa	21	缸筒外径	D_2	26.5	
10	设计行程	S	88	mm	22	阀芯直径	d_1	3	
11	工作行程	S_1	84		23	缸筒壁厚	δ_1	1.25	
12	安全行程	S_2	4		—	—	—	—	

附 录 I
(资料性附录)
普通拉伸气弹簧设计示例

I.1 例题

普通拉伸气弹簧设计要求:水平方向使用,拉伸后总长 334 mm、工作行程 55 mm、弹力比率 α 为 1.52, 最小拉伸力为 147 N, 活塞杆直径为 8 mm。拉伸气弹簧设计示例图参见图 I.1。

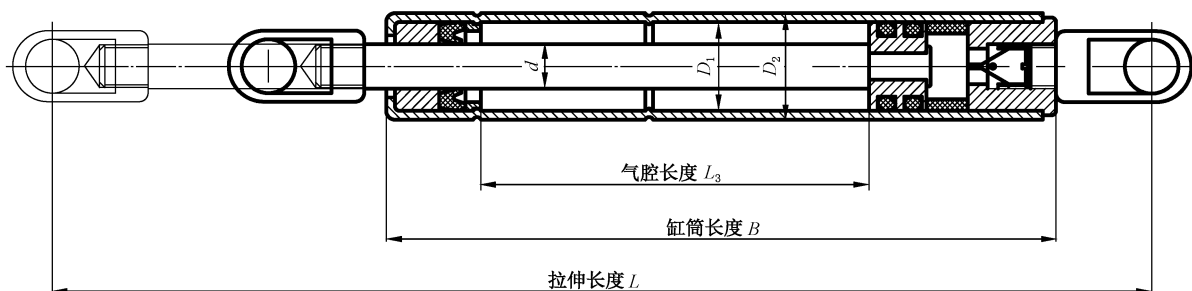


图 I.1 拉伸气弹簧设计示例

I.2 题解

I.2.1 普通拉伸气弹簧行程、缸筒长度和气腔长度的确定

I.2.1.1 行程的确定

根据 7.3.2 一般拉伸气弹簧安全行程 $S_2 \geq 5$ mm, 本气弹簧安全行程设定为 5 mm, 设计行程 $S = S_1 + S_2 = 55 + 5 = 60$ mm。

I.2.1.2 缸筒长度的确定

根据公式(15)计算缸筒长度:

$$B = L - S - L_1 - L_2 = 334 - 20 - 60 - 20 = 234 \text{ mm}$$

注: 气弹簧杆端长度 $L_1 = 20$ mm, 气弹簧缸筒端长度 $L_2 = 20$ mm。

I.2.1.3 气腔长度的确定

由公式(13)导出:

$$L_3 = \frac{\alpha S_1}{\alpha - 1} = \frac{1.52 \times 55}{1.52 - 1} = 161 \text{ mm}$$

I.2.2 缸筒内径 D_1 的设计

根据 7.5.1 与附录 B 推荐活塞杆直径 $d = 8$ mm 缸筒内径 D_1 选 16 mm。

I.2.3 气弹簧力值的设计计算

I.2.3.1 最小拉伸力 F_5 的确定

根据 I.1, 已知最小拉伸力 $F_5 = 147$ N

I.2.3.2 气弹簧内部压强的计算

由公式(7)导出:

$$P = \frac{F_5 - F_r}{\pi(D_1^2 - d^2)/4} = \frac{147 - 20}{3.14 \times (16^2 - 8^2)/4} = 0.84 \text{ MPa}$$

按附录 B 表 B.1, 选定气弹簧动态摩擦力 $F_r = 20 \text{ N}$ 。

I.2.3.3 最大拉伸力 F_6 的计算

按公式(8)计算:

$$F_6 = \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) P \alpha + F_r = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (16^2 - 8^2) \times 0.84 \times 1.52 + 20 = 212 \text{ N}$$

I.2.3.4 最小回弹力 F_7 的计算

按公式(9)计算:

$$F_7 = \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) P - F_r = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (16^2 - 8^2) \times 0.84 - 20 = 107 \text{ N}$$

I.2.3.5 最大回弹力 F_8 的计算

按公式(10)计算:

$$F_8 = \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) P \alpha - F_r = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (16^2 - 8^2) \times 0.84 \times 1.52 - 20 = 173 \text{ N}$$

I.2.3.6 公称力 a 与公称力 b 的计算

按表 1 计算:

$$F_a = \frac{F_5 + F_7}{2} = 127 \text{ N}$$

$$F_b = \frac{F_6 + F_8}{2} = 192.5 \text{ N}$$

I.2.4 缸筒壁厚的设计和缸筒强度的校核

I.2.4.1 缸筒壁厚的计算

缸筒材料选用 20 钢管, 按公式(21)计算:

$$\delta_1 \geq \frac{P_{\max} D_1}{2[\sigma]} = \frac{0.84 \times 1.52 \times 16}{2 \times 130} = 0.08 \text{ mm}$$

根据 7.5.2 规定, 本气弹簧选用缸筒壁厚 $\delta_1 = 1 \text{ mm}$ 。

I.2.4.2 缸筒强度的校核

按公式(F.1)计算半径比:

$$r = \frac{D_2}{D_1} = \frac{18}{16} = 1.125$$

按公式(F.2)计算:

$$\frac{\sqrt{3} P_{\max} r^2}{r^2 - 1} = \frac{\sqrt{3} \times 0.84 \times 1.52 \times 1.125^2}{1.125^2 - 1} = 10.40 \text{ MPa}$$

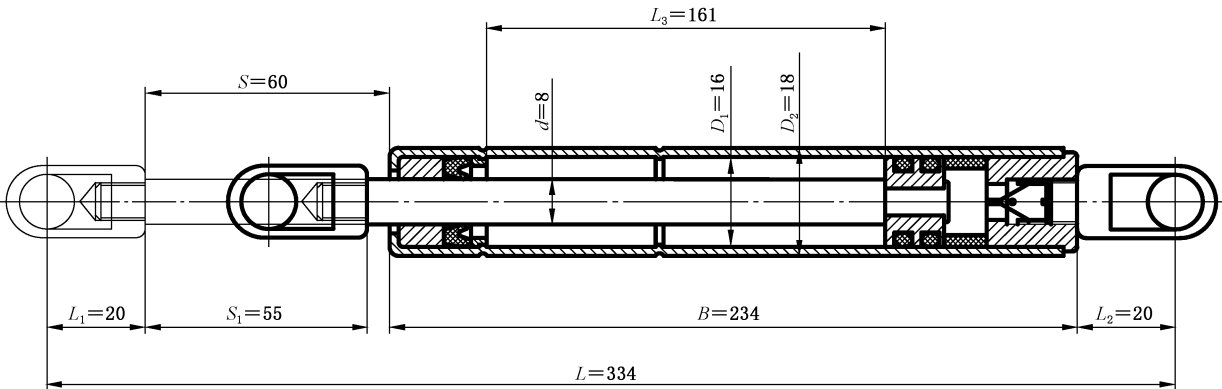
小于 20 钢管的许用应力 130 MPa, 符合要求。

I.2.5 绘制拉伸气弹簧图

I.2.5.1 拉伸气弹簧工作图

拉伸气弹簧工作图参见图 I.2。

单位为毫米



- 技术要求：
- 1. 材料：缸筒采用 20 钢管，活塞杆采用 45 钢；
 - 2. 伸展长度 $L=334\text{ mm}\pm 1.8\text{ mm}$ ；
 - 3. 设计行程 $S\geq 60\text{ mm}$ ；
 - 4. 最小拉伸力 $F_5\geq 147\text{ N}$ ；
 - 5. 制造精度按 GB/T 1800.1 中标准公差数值的 IT16 等级执行。

图 I.2 拉伸气弹簧工作图

I.2.5.2 设计计算数据

设计计算数据参见表 I.1。

表 I.1

序号	参数名称	代号	数值	单位	序号	参数名称	代号	数值	单位
1	公称力 a	F_a	127	N	11	安全行程	S_2	5	mm
2	公称力 b	F_b	192.5		12	拉伸长度	L	334	
3	最小拉伸力	F_5	147		13	杆端长度	L_1	20	
4	最大拉伸力	F_6	212		14	缸筒端长度	L_2	20	
5	最小回弹力	F_7	107		15	气腔长度	L_3	161	
6	最大回弹力	F_8	173		16	缸筒长度	B	234	
7	弹力比率	α	1.52	—	17	活塞杆直径	d	8	mm
8	气弹簧内部压强	P	0.84	MPa	18	缸筒内径	D_1	16	
9	设计行程	S	60	mm	19	缸筒外径	D_2	18	
10	工作行程	S_1	55		20	缸筒壁厚	δ_1	1	

参 考 文 献

- [1] 岑军健. 非标准设计手册(第1册). 国防工业出版社出版, 2008
 - [2] 《气弹簧设计计算》联合编写组. 机械设计手册(第2版). 化学工业出版社, 1987
-

