

团 体 标 准

T/CSAE 79—2022

乘用车空气悬架用空气弹簧技术规范

Technical specifications of air spring used for air suspension of passenger vehicles

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	3
5 试验方法	4
附录	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国汽车工程学会综合分会提出。

本文件起草单位：浙江孔辉汽车科技有限公司、吉林大学、中国汽车工程研究院有限公司、中国第一汽车集团有限公司、岚图汽车科技有限公司、艾莱克斯汽车科技(保定)有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、上海蔚来汽车有限公司。

本文件主要起草人：王冕、王杨、李凤鸣、郑文博、丁亚康、吴彦昭、孙扬、王昕、杨甜、倪祖伟、董志圣。

乘用车空气悬架用空气弹簧技术规范

1 范围

本标准规定了乘用车空气悬架用空气弹簧产品的试验方法和技术规范。
本标准适用于乘用车空气悬架的空气弹簧。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 113061-2017 商用车空气悬架用空气弹簧技术规范

GB/T 34591-2017 商用车空气悬架术语

GB/T 14365-2017 声学 机动车辆定置噪声声压级测量方法

GB/T 3785.1—2010 电声学声级计 第1部分：规范

GB/T 6882—2016 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 消声室和半消声室精密法

GB/T 15173—2010 电声学声校准器

QC/T 484-1999 汽车油漆涂层

3 术语和定义

3.1

空气弹簧 Air spring

在一个由橡胶气囊组成的可变形的密闭容器中充以压缩气体，利用气体弹性作用的弹簧。

3.2

设计高度 Design height

空气弹簧在车辆设计位置的安装高度。

注：设计高度用毫米表示。

3.3

设计压力 Design pressure

空气弹簧在设计高度状态下承受设计载荷时内部的压力。

注：设计压力用兆帕表示。

3.4

最大动态工作压力 Maximum dynamic pressure

空气弹簧在整车设定最高模式下,并且满载时,不进行充放气,压缩到最大压缩位置时内部的压力。
注:最大动态工作压力用兆帕表示。

3.5

设计状态 Standard status

空气弹簧在设计高度、设计载荷时的状态。

3.6

最大压缩行程 Maximum compression stroke

空气弹簧在工作时允许的最大压缩变形量,以设计状态为基准测量。
注:最大压缩行程用毫米表示。

3.7

最大伸张行程 Maximum rebound stroke

空气弹簧在工作时允许的最大伸长变形量,以设计状态为基准测量。
注:最大伸张行程用毫米表示。

3.8

工作行程 Work stroke

空气弹簧在工作时,最大压缩行程与最大伸张行程的绝对值之和。
注: S_w 工作行程用毫米表示。

3.9

车轮转角 Wheel swivel angle

汽车前轮向左及向右转到极限位置与前轮不发生偏转时中心线所形成的角度之和。
注: α 车轮转角用度表示。

3.10

最大外径 Maximum outer diameter

空气弹簧使用寿命周期内包括疲劳寿命试验过程中,处于某种充气压力下工作行程范围内的最大外部直径。

注:最大外径用毫米表示。

4 技术要求

4.1 空气弹簧总成技术要求

4.1.1 空气弹簧的一般使用环境温度 $-35^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 对于特殊使用要求的空气弹簧(例如超出此温度范围、耐油等),由供应商和用户协商确定,并在空气弹簧上有永久性标识。

4.1.2 空气弹簧总成台架试验技术要求见表1。

表1 空气弹簧总成台架试验技术要求

序号	试验项目	技术要求	试验方法
1	气密试验	24h 的压降不得超过 0.02Mpa；等效泄漏量不应大于 3.0×10^{-4} pa·m ³ /s。	5.5.1
2	弹性特性试验	刚度值应在产品图样规定值的±10%范围内。	5.5.2
3	噪声试验	在 0.6mm/s 的速度下，噪音值不大于 70dB。	5.5.3
4	冷启动试验	1、测试过程中最大泄漏量需小于 0.72bar/24h； 2、试验后常温气密性符合要求。	5.5.4
5	爆破压力试验	空气弹簧设计、最大伸张、最大压缩状态下的爆破压力不低于最大动态工作压力的 2 倍。	5.5.5
6	交变温试验	空气弹簧样品应无明显裂纹，且常温（20℃）、低温（-30℃）气密性试验符合要求。	5.5.6
7	耐久试验	空气弹簧的耐久寿命不得低于 100 万次； 试验终止后按 5.5.1 进行空气弹簧气密性试验且符合气密性要求。	5.5.7

4.2 零部件技术要求

空气弹簧各零部件的外观质量应符合下列要求：

- a) 气囊帘线不应外露。
- b) 气囊内外表面均不得有裂口、损伤或异物混入胶层；缺胶、气泡不得出现，缺胶不得超过3处，每处长度不大于5mm，且不应露线。
- c) 金属表面应进行防锈处理，达到QC/T484-1999中TQ5的要求。
- d) 气囊扣压处帘线与内胶层界面距离符合图纸要求。
- e) 产品标志清晰可辨。
- f) 应根据产品工艺及强度耐久等性能进行选择相应子零件的材料。满足GB/T 30512《汽车禁用物质要求》。

5 试验方法

5.1 试验项目

空气弹簧气密试验、弹性特性试验、噪声试验、冷启动试验、爆破压力试验、交变温试验、耐久试验。

5.2 试验样品

5.2.1 空气弹簧气密试验、弹性特性试验、噪声试验、冷启动试验用同一试样依次进行，爆破压力试验、交变温试验和耐久试验应单独使用试样。

5.2.2 空气弹簧试验应将气囊与合格的零部件装配成空气弹簧总成后进行试验。

5.3 环境要求

5.3.1 一般试验要求

若无特殊要求，所有试验应在满足如下要求的环境条件中进行：

- a) 环境温度：(23±5)℃；
- b) 相对湿度：(60±20%)。

5.3.2 测试环境声学合适性原则

半消声室的声学环境应符合GB/T 6882附录A的规定。

半消声室内除地面外应没有其他声反射物，对于必要的工装（支架、连接法兰等）、线束、冷却管路有较大反射面的部件应做声学处理。反射面（地面）应超出测量表面投影0.75 m，反射面的吸声系数在测试频率范围内应小于0.06。

5.4 测量仪器

5.4.1 空气弹簧噪音试验测量仪器的传声器、记录仪、线缆等声学测试设备应满足GB/T 3785.1中1级的要求。

声校准器应满足GB/T 15173规定的1级仪器的要求。在每次测量前后，每个测量系统应在测试频率范围内一个或多个频率上用声校准器进行校准，每次系列测量前后测量系统不做调整的校准读数的差值应小于或等于0.3 dB，否则系列测量无效。

5.4.2 空气弹簧爆破压力试验在专业的爆破试验机或其他类似设备上进行。

5.4.3 气密试验在专用试验台或其他可调节高度的类似设备上进行。

5.4.4 弹性特性试验、交变温试验、冷启动试验在专用试验台或其他类似设备上进行。

5.4.5 耐久试验在弹簧试验机或者其他可以连续往复运动的类似设备上进行。

5.4.6 上述部分试验设备需要有能够指示并调节压力的供气（水）系统，还需有将空气弹簧固定在试验机上的专用夹具。

5.5 试验程序

5.5.1 气密试验

方法 I：在指定温度下，将空气弹簧调至设计高度，充气至1.5倍设计压力，保持30秒，待其稳定后，降低空气弹簧内压至设计压力，关闭充气和排气阀门，记录初始压力值，维持静止状态24小时后测量内部压降。

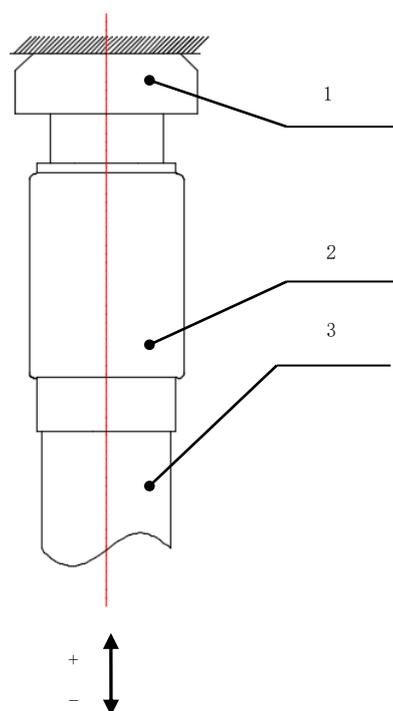
方法II：空气弹簧样品在设计高度下，使用测试气体（不低于10%氦气的氦气与氮气混合气体）充气至1 MPa（标准试验压力）或设计规定值，然后使用氦气检漏仪测量其10 秒内的氦气泄漏量。如果试验压力不为1MPa，应将泄漏量换算为1MPa试验压力下的泄漏量。

5.5.2 弹性特性试验

5.5.2.1 动、静刚度特性试验

将空气弹簧样品按图2所示安装。空气弹簧在标准状态下以幅值为 $\pm 0.3S_w$ ，频率为1 Hz的正弦波对空气弹簧进行加、卸载三个循环，15 分钟后记录空气弹簧内压，内压应在标准压力 ± 0.02 MPa范围内，若不符合需更换样品。

按表1所给试验条件进行试验，记录第3个周期载荷和位置的曲线，绘制静、动刚度图，其示意曲线见附录A的图A.1，并按附录 A中A.2计算静态刚度、动态刚度。



说明：

1—力传感器；

2—空气弹簧（试验样品）；

3—作动端。

图2 空气弹簧载荷特性试验示意图

表1 静态、动态载荷特性试验条件

加载波形	幅值 (A)	频率 (Hz)	循环次数 (次)
三角波	$\pm 25\text{mm}$	0.01	3
三角波	$\pm 25\text{mm}$	1	3

5.5.2.2 扫频特性试验

试验条件按表2和刚度计算按附录A.2方法计算，其余同5.5.2.1静弹性特性试验。

表2 扫频特性试验条件

加载波形	幅值 (mm)	频率范围 (Hz)	扫频速度 (Oct/min)
正弦波	±0.5	0.8~12	0.5
	±1		
	±2.5		
	±5		
	±10		
	±20		

5.5.3 噪声试验

5.5.3.1 试验准备

试验前，应将空气弹簧样品在常温下，静置存放至少2小时。试验前，确认试验时的背景噪音<35dB。

5.5.3.2 传声器布置

传声器的布置如图1所示。在噪音测试室内，将空气弹簧放置在空气弹簧测试系统中，在距离空气弹簧外轮廓100mm处放置传声器，高度方向与空气弹簧排气孔位置平齐。如整车其他零部件对排气孔造成遮挡，需增加工装进行模拟。

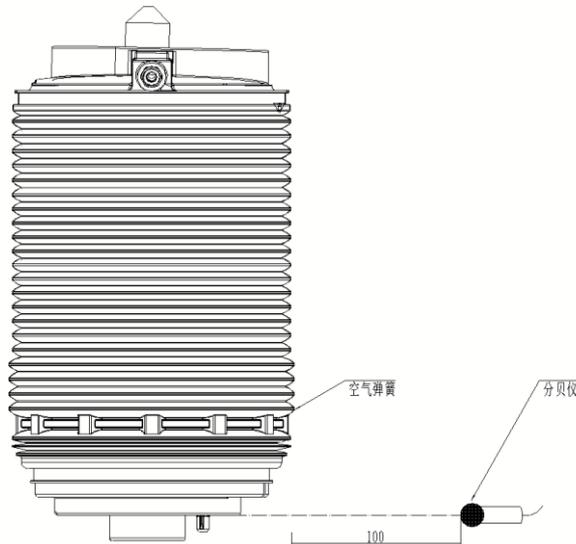


图1 实验室内传声器的位置

5.5.3.3 试验步骤

将空气弹簧调至其设计位置，往空气弹簧内充气，压力表测得充气压力值显示为1000-2000N时，停止充气，断开气源，以±25mm的振幅，0.6mm/s的速度进行垂向运动50个循环，分别记录这50个循环的最大的噪音值。

5.5.4 冷启动试验

环境箱温度保持在 (-35 ± 5) °C。试验步骤如下：

- a) 空气弹簧样品在标准状态下，在环境箱内保持温度放置12小时，不断调整压力满足设计载荷；
 - b) 在设计高度下保持15分钟，期间不需要进行压力保持；
 - c) 以幅值为 $\pm 15\text{mm}$ 、频率为1Hz的正弦波对空气弹簧进行加、卸载12次，期间不需要进行压力保持；
 - d) 在设计高度下保持15分钟，期间不需要进行压力保持；
 - e) 以幅值为 $\pm 15\text{mm}$ 、频率为1Hz的正弦波对空气弹簧进行加、卸载12次，期间不需要进行压力保持；
- 完成上述试验后，按照5.5.1进行低温 (-30°C) 气密性试验。

5.5.5 爆破压力试验

进行爆破压力试验的空气弹簧试件，需要先进行气密性试验，并需保证空气弹簧无漏气且状态正常。试验前，在试验室环境温度下停放3h以上才能进行试验。将空气弹簧试件固定在工装上，再放入到安全保护箱内，用高压胶管将空气弹簧与高压水泵连结起来，经检查符合要求后，启动设备，以1 MPa/min的速率将水充入空气弹簧囊皮腔内，水温度在 (20 ± 2) °C范围内，直至空气弹簧发生爆破，需记录爆破压力值、爆破位置和其它需要说明的问题。

5.5.6 交变温试验

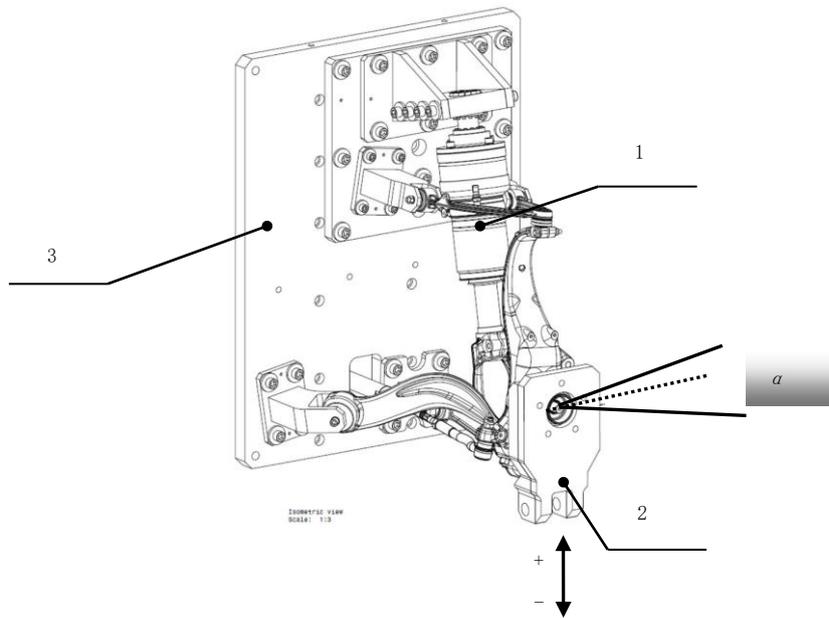
空气弹簧在设计高度下，充入0.6MPa气体，放置在环境箱中，环境箱温度调整速率不低于 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ，按如下顺序进行试验：

- a) (100 ± 3) °C保持48小时；
- b) (23 ± 3) °C保持4小时；
- c) (0 ± 3) °C保持4小时；
- d) (-10 ± 3) °C保持4小时；
- e) (-20 ± 3) °C保持4小时；
- f) (-30 ± 3) °C保持4小时；
- g) (-40 ± 3) °C保持4小时；

a到g为一个循环，连续进行执行上述三个循环后进行常温 (20°C) 、低温 (-30°C) 气密性检测。

5.5.7 耐久试验

将空气弹簧及悬架其它部件按照实车状态安装，如图3所示，加载座沿垂向对空气弹簧进行加载，模拟实车垂向跳动，对前悬架需要同时施加垂向与转向载荷。在各环境温度中，初始时应保证空气弹簧处于设计高度状态，后按下表4、表5所列条件及顺序进行耐久性试验。



说明:

- 1—空气弹簧（试验样品）;
- 2—加载座;
- 3—固定座。

图3 空气弹簧耐久性试验示意图

在各环境温度下，开始试验前空气弹簧应处于设计高度，通过调整气压达到要求载荷，按表4、表5进行试验循环。

表4 空气弹簧总成耐久试验循环表（1078800次）

试验次序	试验温度（℃）	载荷情况	试验循环	循环次数
1	80	半载	表5	6
			表5	4
2	80	满载	表5	6
			表5	4
3	80	半载	表5	6
			表5	4
4	80	满载	表5	6
			表5	4
调整载荷、压力，降低温度（80℃→-30℃）				
5	-30	半载	表5	6
			表5	4
6	-30	满载	表5	6
			表5	4

表5 空气弹簧总成耐久试验循环载荷等级表

载荷等级	试验行程 (%)	加载波形	试验次数	试验频率 (Hz)	行程叠加			转向叠加 (前空气弹簧)		
					叠加波形	叠加振幅 (%)	叠加频率 (Hz)	叠加波形	叠加转角 (%)	叠加频率 (Hz)
1	40	正弦波	14500	3.2	正弦波	5	16	正弦波	50	0.50
2	100	正弦波	30	0.3	正弦波	-	-	正弦波	100	0.06
3	90	正弦波	450	0.3	正弦波	-	-	正弦波	80	0.06
4	65	正弦波	3000	3.2	正弦波	5	16	正弦波	65	0.50

试验过程中记录空气弹簧的内压，同一环境温度下每间隔24 h应在设计高度下记录一次内压与环境温度，并按（1）式计算内压变化量，如果内压下降值超过0.04 MPa，应对空气弹簧补气，使其保持设计压力状态。

$$\Delta P = P_s - P_e T_s / T_e \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔP —— 内压变化量，单位为兆帕 (MPa)；

P_s —— 初始内压，单位为兆帕 (MPa)；

P_e —— 终止内压，单位为兆帕 (MPa)；

T_s —— 初始温度，单位为开尔文 (K)；

T_e —— 终止温度，单位为开尔文 (K)。

试验过程中，如出现以下情况之一，即认为样件已经失效，终止试验，记录此时的循环次数：

- a) 空气弹簧有明显的裂纹；
- b) 24小时内压降超过0.1MPa；
- c) 载荷峰值或谷值的变化超过初始值的30%。

附录 A

(规范性)
试验数据处理

A.1 气密性试验泄漏量计算方法

泄漏量按式 (A.1) 计算。

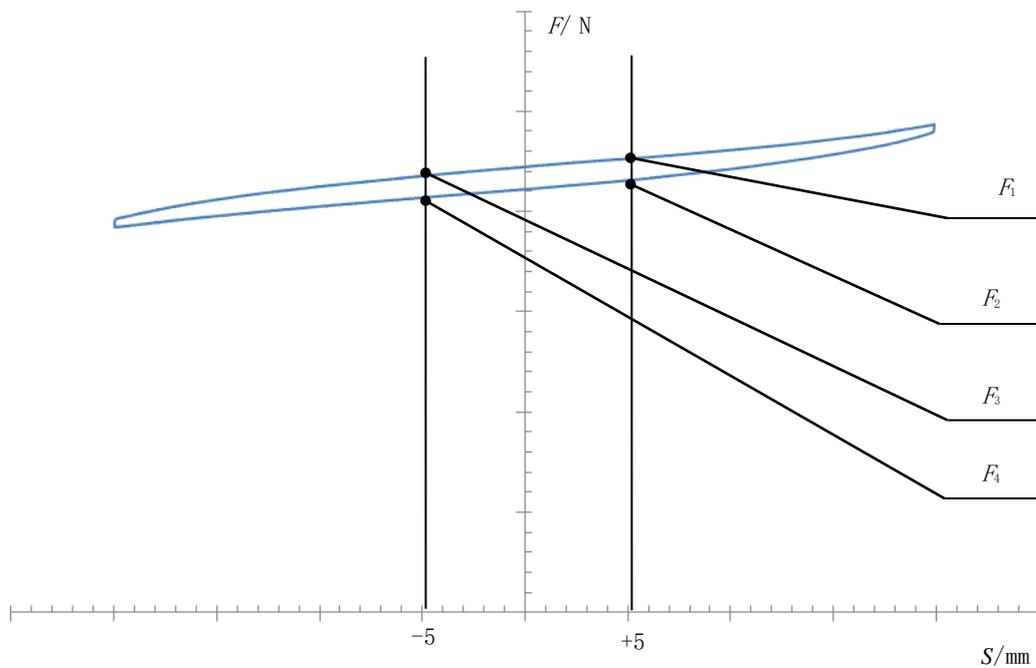
$$Q_A = \frac{Q}{(P_A^2 - P_G^2)} (P_B^2 - P_G^2) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- Q_A —— 泄漏量, 单位为帕斯卡立方米每秒 ($\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$);
- P_A —— 气密性试验时的实际充气压力, 单位为帕斯卡 (Pa);
- Q —— 气密性试验时的实测泄漏量, 单位帕斯卡立方米每秒 ($\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$);
- P_B —— 标准试验压力, 取值为 1×10^6 Pa;
- P_G —— 标准大气压, 取值为 101325 Pa。

A.2 静态和动态载荷特性试验刚度计算方法

静态/动态载荷特性试验载荷与变形关系曲线示意如图 A.1, 先按图 A.1 所示确定加、卸载过程中伸张行程和压缩行程为 5 mm 时所对应的试验载荷 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 , 然后按式 (A.2) 计算试验样品的静态/动态的刚度。



图A.1 刚度计算取值示意图

$$K = \frac{(F_1 - F_3) + (F_2 - F_4)}{20} \quad (\text{A. 2})$$

式中:

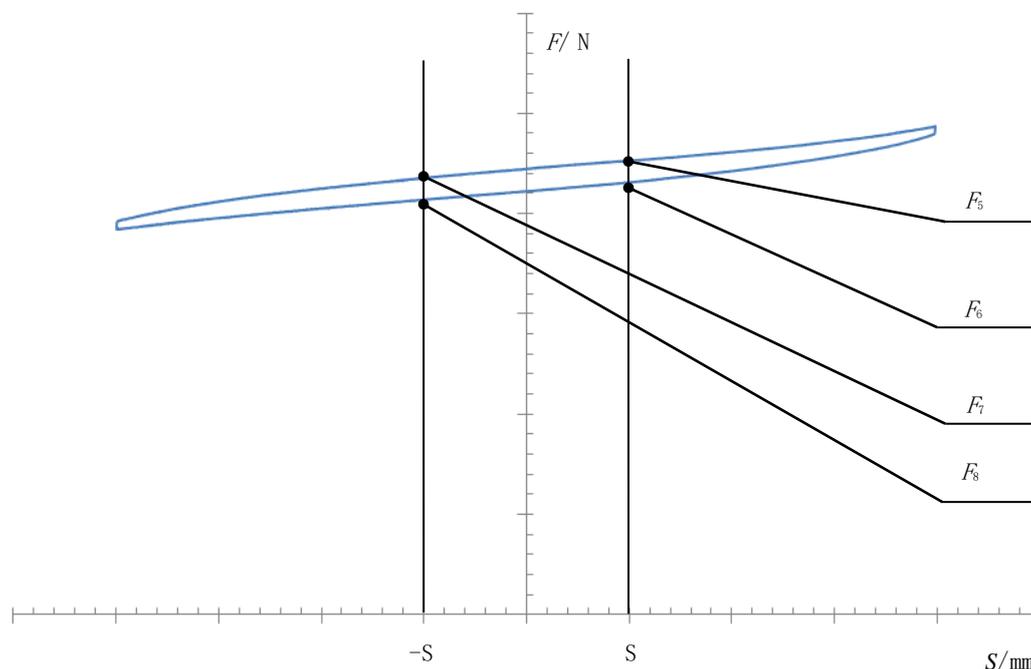
- K —— 空气弹簧静态/动态刚度, 单位为牛顿每毫米 (N/mm);
- F_1 —— 加载过程中, 伸张行程为 5 mm 对应的载荷值, 单位为牛顿 (N);
- F_2 —— 卸载过程中, 伸张行程为 5 mm 对应的载荷值, 单位为牛顿 (N);
- F_3 —— 加载过程中, 压缩行程为 5 mm 对应的载荷值, 单位为牛顿 (N);
- F_4 —— 卸载过程中, 压缩行程为 5 mm 对应的载荷值, 单位为牛顿 (N)。

A.3 扫频特性试验刚度计算方法

扫频特性试验载荷与变形关系曲线示例如图A.2, 先按图A.2所示确定加、卸载过程中伸张行程和压缩行程为 S 时所对应的试验载荷 F_5 、 F_6 、 F_7 、 F_8 , 然后按式(A.4)计算试验样品的扫频刚度。

S 取值规则如下:

- a) 当试验行程小于0.5 mm时, S 取试验行程的40%;
- b) 当试验行程大于等于0.5 mm, 且小于10 mm时, S 取试验行程的25%;
- c) 当试验行程大于等于10 mm时, S 取5 mm。



图A.2 扫频刚度计算取值示意图

$$K_1 = \frac{(F_5 - F_7) + (F_6 - F_8)}{4S} \dots\dots\dots (\text{A. 4})$$

式中:

- K_1 —— 空气弹簧扫频刚度, 单位为牛顿每毫米 (N/mm);
- S —— 计算刚度时的伸张/压缩行程取值, 单位为毫米 (mm);

- F_5 —— 加载过程中，伸张行程为 S 对应的载荷值，单位为牛顿 (N)；
- F_6 —— 卸载过程中，伸张行程为 S 对应的载荷值，单位为牛顿 (N)；
- F_7 —— 加载过程中，压缩行程为 $-S$ 对应的载荷值，单位为牛顿 (N)；
- F_8 —— 卸载过程中，伸张行程为 $-S$ 对应的载荷值，单位为牛顿 (N)。

A.4 内压变化量计算方法

$$\Delta P = P_s - P_e T_s / T_e \quad (\text{A.3})$$

式中：

- ΔP —— 内压变化量，单位为 (MPa)；
 - P_s —— 初始内压，单位为 (MPa)；
 - P_e —— 终止内压，单位为 (MPa)；
 - T_s —— 初始温度，单位为 (K)；
 - T_e —— 终止温度，单位为 (K)。
-