

ICS 45.060.01
S 33

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2841—2010

代替 TB/T 2841—2005

铁道车辆空气弹簧

Air spring for railway vehicle

2010-04-27 发布

2010-10-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

目 次

前 言	Ⅲ
1 范 围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、符号和坐标系定义	1
3.1 术语	1
3.2 符号	4
3.3 坐标系定义	6
4 用户和供应商应当分别提供的文件	9
4.1 用户应当提供的文件	9
4.2 供应商应当提供的文件	9
5 运用环境温度	9
6 产品特性要求	9
6.1 适应环境能力	9
6.2 外观及基本要求	9
6.3 外形尺寸	10
6.4 刚度、承载力及阻尼功能特性	10
6.5 辅助弹簧的功能特性	14
6.6 摩擦副特性	17
7 检查试验方法	17
7.1 概述	17
7.2 适应环境能力试验方法	17
7.3 外观及基本功能试验方法	18
7.4 外形尺寸测量	22
7.5 刚度、承载力及阻尼系数功能特性试验方法	22
7.6 辅助弹簧的功能特性试验方法	28
7.7 摩擦副特性试验方法	31
8 检验规则	32
8.1 原材料检验	32
8.2 出厂检验	32
8.3 型式检验	32
9 标志、包装、储存及运输	34
9.1 标志	34
9.2 包装	34
9.3 储存	34
9.4 运输	34
附录 A(资料性附录) 空气弹簧气囊及辅助弹簧型式	35
A.1 典型的空气弹簧气囊型式	35

A.2 典型的空气弹簧辅助弹簧型式	36
附录 B(规范性附录) 气囊样片取样位置	38
B.1 取样准备	38
B.2 气囊上取样区域	38
附录 C(规范性附录) 空气弹簧特性公差	40
C.1 目的	40
C.2 公差等级	40
参考文献	41

前 言

本标准非等效采用 EN 13597—2003《铁道车辆用橡胶悬挂部件—空气弹簧气囊》,与 EN 13597—2003 相比,主要差异如下:

- 增加了辅助弹簧刚度、高度、蠕变、高低温等试验要求及方法;
- 增加了有摇动台转向架用空气弹簧垂向疲劳试验要求及方法;
- 增加了有摇枕转向架用空气弹簧水平疲劳试验要求及方法;
- 增加了有节流阻尼装置空气弹簧垂向阻尼系数试验方法;
- 修改了空气弹簧耐环境试验试片制样方法;
- 增加了低温气密性试验要求及方法。

本标准代替 TB/T 2841—2005《铁道车辆空气弹簧》,与 TB/T 2841—2005 相比主要变化如下:

- 增加了辅助弹簧刚度、高度、蠕变、高低温等试验要求及方法;
- 增加了空气弹簧承受极限压力能力、最大外形尺寸、不同高度承载能力等性能参数要求并修改了主要性能参数的试验方法;
- 修改了空气弹簧耐环境试验项目及试验方法。

本标准的附录 A 为资料性附录,附录 B 和附录 C 为规范性附录。

本标准由青岛四方车辆研究所有限公司提出并归口。

本标准起草单位:青岛四方车辆研究所有限公司、株洲时代新材料科技股份有限公司、中国铁道科学研究院机车车辆研究所。

本标准主要起草人:程海涛、王付胜、方克娟、杜尚、王黎明、王进、陈灿辉、原亮明。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- TB/T 2841—1997;
- TB/T 2841—2005。

铁道车辆空气弹簧

1 范 围

本标准规定了铁道车辆用空气弹簧术语、符号和坐标系定义,产品特性要求,检查试验方法、检验规则,标志、包装、储存及运输等。

本标准对风管供风系统、控制阀、附加空气室等影响空气弹簧性能的部件没有进行描述。

本标准适用于铁道客车及动车组用新造空气弹簧,地铁、城轨、单轨、磁悬浮等其他轨道车辆用空气弹簧可参照使用。

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 528—2009 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定(ISO 37:2005, IDT)

GB/T 531.1—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法(邵尔硬度)(ISO 7619-1:2004, IDT)

GB/T 532—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶与织物粘合强度的测定(eqv ISO 36:2005)

GB/T 533—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶 密度的测定(ISO 2781:2007, IDT)

GB/T 1682—1994 硫化橡胶低温脆性的测定 单试样法(eqv ISO 812:1991)

GB/T 1690—2006 硫化橡胶或热塑性橡胶耐液体试验方法(ISO 1817:2005, MOD)

GB/T 2941—2006 橡胶物理试验方法、试样制备和调节通用程序(ISO 23529:2004, IDT)

GB/T 3512—2001 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验(eqv ISO 188:1998)

GB/T 7759—1996 硫化橡胶、热塑性橡胶 常温、高温和低温下压缩永久变形测定(eqv ISO 815:1991)

GB/T 9867—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶耐磨性能的测定(旋转辊筒式磨耗机法)(ISO 4649:2002, IDT)

GB/T 11211—2009 硫化橡胶或热塑性橡胶与金属粘合强度的测定 二板法(ISO 814:2007, IDT)

GB/T 13642—1992 硫化橡胶耐臭氧老化试验 动态拉伸试验法(neq ISO 1431—2:1982)

GB/T 13934—2006 硫化橡胶或热塑性橡胶屈挠龟裂和裂口增长的测定(德墨西亚型)(ISO 132:1999, MOD)

GB/T 17200—2008 橡胶塑料拉力、压力和弯曲试验机(恒速驱动)技术规范(ISO 5893:2002, IDT)

TB/T 2843—2007 机车车辆用橡胶弹性元件通用技术条件

3 术语、符号和坐标系定义

3.1 术 语

下列术语适用于本标准。

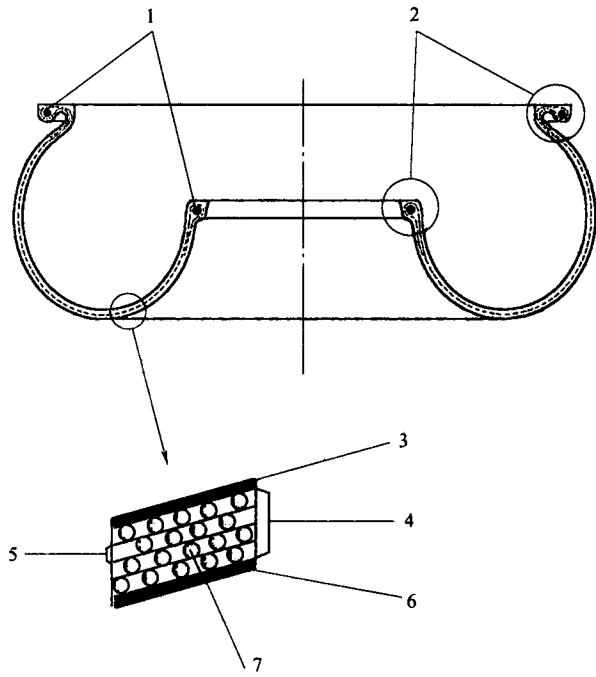
3.1.1

气 囊

3.1.1.1

气囊 diaphragm

是空气弹簧的主要的承载及减振部件。组成见图 1,不同的气囊类型参见附录 A。



- 1——子口钢丝圈;
- 2——上、下子口;
- 3——内层橡胶;
- 4——帘布总成;
- 5——帘布;
- 6——外层橡胶;
- 7——附有橡胶的帘线。

图 1 气囊

3. 1. 1. 2

子口 bead

具有密封及连接功能,位于气囊上下端部分别与上盖、扣环和支座配合,一个气囊有 2 个子口。

3. 1. 1. 3

子口钢丝圈 bead core

子口的关键部分,保证子口能够与上盖、扣环和支座可靠地装配在一起,与帘布层的端部硫化在一起的钢丝圈。

3. 1. 1. 4

帘布 ply

气囊的骨架材料,由多根帘线编织后与橡胶压延在一起。

3. 1. 1. 5

帘布总成 ply compound

气囊的主要承载及变形部分,由多层帘布贴合在一起,外表面硫化有橡胶。

3. 1. 2

上盖 top plate

起密封及传递载荷的功能,位于车体或摇枕下方,一般为金属或金属与橡胶硫化在一起的部件。

3. 1. 3

扣环 clamping ring

起密封及连接功能,位于上盖及气囊之间,一般为金属部件。

3.1.4

节流阻尼装置 orifice

起垂向阻尼作用,与上盖进气口或支座连接在一起,空气流过特殊形状的金属孔时产生阻尼作用。

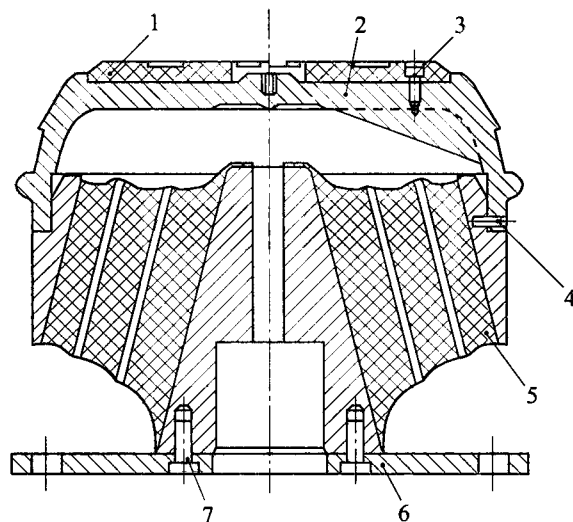
3.1.5

辅助弹簧

3.1.5.1

辅助弹簧 auxiliary spring

气囊无气时的主要减振及承载部件,一般由磨耗板或应急弹簧、支座、橡胶堆组成,辅助弹簧的组成见图2,不同的辅助弹簧类型见附录A。



- 1——磨耗板或应急弹簧;
- 2——支座;
- 3——紧固螺钉;
- 4——支座定位销;
- 5——橡胶堆;
- 6——底板;
- 7——紧固螺钉。

图2 辅助弹簧

3.1.5.2

橡胶堆 rubber metal spring

辅助弹簧的重要组成部分,一般由橡胶与金属硫化在一起。

3.1.5.3

支座 support rim

起支撑胶囊、传递载荷及为磨耗板提供安装空间的功能,位于橡胶堆和胶囊之间,一般为金属件或橡胶金属硫化部件。

3.1.6

标准高度 design height

技术规范中的工作高度,是空气弹簧在垂直方向的安装空间。以此高度时的性能作为评价空气弹簧性能的基准,此高度也是计算垂直方向变形量的初始点,压缩为负,拉伸为正。

注:技术规范是指经规定程序批准的用户提出的技术文件。

3.1.7

标准状态 design state

空气弹簧在车辆自重状态下的工作状态。

3.1.8

标准内压 design pressure

空气弹簧在标准高度下承受空车载荷时的内压。

3.1.9

有效面积 effective area

空气弹簧充气时其内压的有效作用面积。

3.1.10

附加空气室 auxiliary chamber

为了降低空气弹簧垂向刚度而设置的单独气室,与气囊连通。

3.1.11

最大外径 max outside diameter

充气状态最大垂向工作载荷时气囊外围直径。

3.1.12

空气弹簧间隙 air gap

标准内压状态下空气弹簧上盖下平面到辅助弹簧上平面的高度差值。

3.2 符 号

本标准所用符号见表1。

表1 符 号

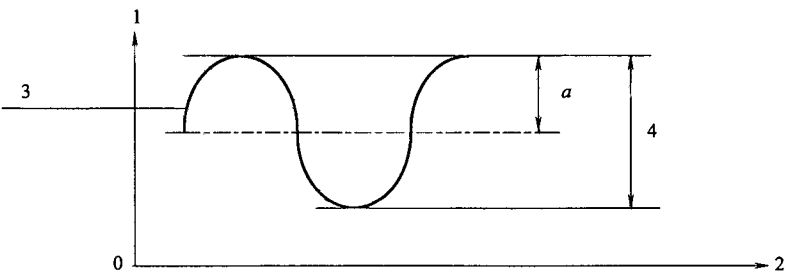
序号	符号	单位	描 述
1	A_e	m^2	有效面积,公式为: $A_e = F/P \quad \dots\dots\dots (1)$ 式中: F ——载荷,单位为牛顿(N); P ——对应载荷 F 时的空气弹簧压力,单位为帕(Pa)。 有效面积变化率 $\Delta A_e/\Delta d$ 公式为: $\Delta A_e/\Delta d = [(F_{I+1} - F_I)/P]/(d_{I+1} - d_I) \quad \dots\dots\dots (2)$ 式中: F_{I+1} ——载荷压力试验时在 $I+1$ 时刻的载荷,单位为牛[顿](N); F_I ——载荷压力试验时在 I 时刻的载荷,单位为牛[顿](N); d_{I+1} ——载荷压力试验时在 $I+1$ 时刻的位移,单位为毫米(mm); d_I ——载荷压力试验时在 I 时刻的位移,单位为毫米(mm)
2	a	mm 或 rad	振幅,见图3, $a = \Delta d/2$ 或 $a = \Delta \theta/2$
3	C_d	$\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-1}$	空气弹簧的垂向振动阻尼系数
4	D	mm	外形尺寸,见图4和附录A中A.1~A.5, D_{P_I} 表示对应压力 P_I 下气囊的最大外形直径
5	d	mm	位移, d_M ——最大工作位移。 注:应注明位移的运动方向,如 d_{Mx} 表示在 x 坐标轴上的最大位移量, d_{My} 表示在 y 坐标轴上的最大位移量, d_{Mz} 表示在 z 坐标轴上的最大位移量,水平方向的最大位移在 x 轴与 y 轴之间,为两个位移之间的合成
6	D_{cr}	mm	辅助弹簧端变量
7	E	mm	空气弹簧间隙,见图4
8	e	mm	低温脆性试验时橡胶片的厚度(见7.2.1)

表 1(续)

序号	符号	单位	描 述
9	F	N	载荷,其中: F_j——表示不同的垂向工作载荷(F_1, F_2, F_3 等), $0 \leq F_0 \leq F_j < F_M$, 用户应给出对应空车、定员和极限超员时空气弹簧的垂向工作载荷,其他载荷可由用户与供应商协商; F_0——最小垂向工作载荷(空车时的载荷); F_1——乘客为定员一半时的垂向工作载荷(半载时的载荷); F_2——乘客为定员时的垂向工作载荷(满载时的载荷); F_M——最大垂向工作载荷(极限超员时的垂向工作载荷); ΔF——载荷位移曲线上峰谷值之间的载荷差值(见图5)。 注:应注明载荷方向(见3.3),如 F_{0z} 表示在 Z 轴方向的最小垂向工作载荷
10	f	Hz	频率
11	f_ξ	Hz	共振频率,阻尼系数试验共振时响应与激励频率
12	H	mm	气囊底部到辅助弹簧底面的垂向间隙(见图4、图6和附录A中A.1,A.3,A.5),其中: H_1——充气状态并有水平位移情况下,气囊左侧底部到辅助弹簧底面的垂向间隙; H_2——充气状态并有水平位移情况下,气囊右侧底部到辅助弹簧底面的垂向间隙
13	H_T	mm	空气弹簧标准高度
14	H_i	mm	试验时空气弹簧的安装高度
15	h_{AF}	mm	辅助弹簧在载荷 F_j 下的高度
16	K_s	$N \cdot m^{-1}$	静态刚度,指对空气弹簧以指定的速度或较低的频率沿某一方向加载,并对载荷位移数据处理后得到的载荷位移之间的比值。 注1:该刚度具有方向性(见3.3),比如 K_{sy} 指沿着 y 坐标轴方向的刚度。 注2:也可以用柔度来代替刚度值,柔度是刚度值的倒数($1/K_s$)
17	K_{θ}	$N \cdot m \cdot rad^{-1}$	静态扭转刚度,指对空气弹簧以指定的角速度或较低的频率绕某一方向加载,并对扭矩角位移数据处理后得到的扭矩、角度之间的比值
18	K_{dyn}	$N \cdot m^{-1}$	动态刚度,以较高的频率沿某一方向加载测量得到的刚度值。 注1:应注明刚度所在的方向(见3.3),如 K_{dynz} 指沿着 z 坐标轴方向的动态刚度。 注2:也可以用柔度来代替刚度值,柔度是刚度值的倒数($1/K_{dynz}$)
19	$K_{\theta dyn}$	$N \cdot m \cdot rad^{-1}$	动态扭转刚度,以较高的频率绕某一方向加载测量得到的扭转刚度值。 注1:应注明刚度所在的方向(见3.3),如 $K_{\theta dynz}$ 指沿着 z 坐标轴方向的动态刚度。 注2:也可以用柔度来代替刚度值,柔度是刚度值的倒数($1/K_{\theta dynz}$)
20	L_B	m	车辆定距的一半
21	L_b	m	空气弹簧中心到转向架中心销或牵引拉杆中心的距离
22	L_0	mm	测试耐低温性能时胶片的参考长度(见7.2.1)
23	M	$N \cdot m$	空气弹簧承受的扭转力矩 M_j——不同的工作扭矩(M_1, M_2, M_3 等),有: $0 < M_j < M_M$ M_M——对应最大扭转角 θ_M 的扭转力矩; ΔM——扭转力矩角位移曲线上峰谷值之间的力矩值之差(见图5)。 注:应该注明扭转力矩的方向(见3.3),如 M_{Mz} 表示绕 z 轴方向施加的最大扭转力矩
24	m_d	kg	阻尼试验质量块,模拟空气弹簧的垂向工作载荷 F_j

表 1(续)

序号	符号	单位	描 述
25	P	Pa	空气弹簧压力,有: P_J ——空气弹簧承受不同的垂向载荷 F_J 时,气囊内部有不同的压力(P_1, P_2 等), $0 \leq P_0 < P_J < P_M$; P_0 ——最小垂向工作载荷时对应的气囊内部压力; P_M ——最大垂向工作载荷时对应的气囊内部压力; P_B ——空气弹簧的爆破压力。 注:1 bar = 100 kPa
26	R_1	mm	空气弹簧有水平位移时,气囊左侧到空气弹簧固定中心线的距离,见图 6
27	R_2	mm	空气弹簧有水平位移时,气囊右侧到空气弹簧固定中心线的距离,见图 6
28	R_c	m	轨道线路曲线半径
29	t	S	时间, Δt : 一个周期的时间段 ($1/f$)
30	V_D	m^3	气囊容积(见图 7 和图 8)
31	V_{AUX}	m^3	附加空气室容积(见图 7 和图 8,图中只是示意性的,实际的附加空气室可根据需要改变布置位置)
32	V_T	m^3	总容积,试验时的总容积有: $V_T = V_D + V_{AUX}$ (见图 7 和图 8)
33	Δm_A	$g \cdot m^{-2}$	胶料耐油性试验时,单位面积重量的变化量(见 6.2.3)
34	θ	rad	绕某一个轴扭转时的角度,有: θ_M ——空气弹簧绕某一个轴的最大扭转角度; $\Delta\theta$ ——曲线上峰谷值之间的角度差值(见图 3 和图 5)。 注 1:上述符号应注明扭转所围绕的坐标轴方向(见 3.3),比如 θ_{Mz} 指绕着 z 坐标轴的最大角度。 注 2:角度的单位也可以用度代替弧度
35	ξ	/	共振倍率,阻尼系数试验共振时响应与激励振幅的比值



- 1——位移 d 或扭转角 θ ;
- 2——时间 t ;
- 3——随时间变化的位移函数 $d(t)$ 或 $\theta(t)$;
- 4——峰谷值之间的位移差值 Δd 或 $\Delta\theta$ 。

图 3 振幅

3.3 坐标系定义

空气弹簧采用 $x-y-z$ 三向坐标系,与车辆坐标系 $X-Y-Z$ 方向一致,见图 9。笛卡尔坐标系的原点为 O_{xyz} ,原点相对车辆的坐标原点固定,顺时针方向扭转为正,坐标轴定义如下:

- 坐标轴 O_x , 与车辆的纵向坐标轴 X 平行;
 ——坐标轴 O_y , 与车辆的横向坐标轴 Y 平行;

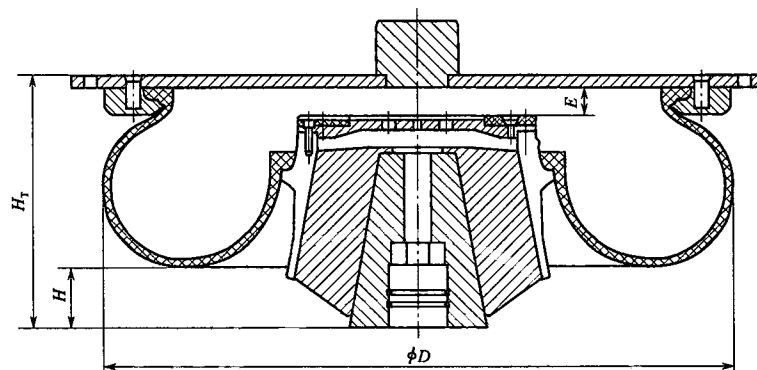
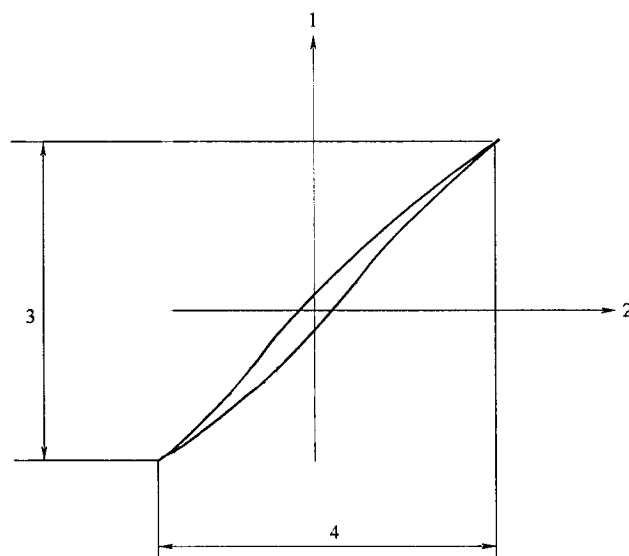


图4 空气弹簧静止对称放置时的主要尺寸



- 1——载荷 F 或扭矩 M ;
 2——线位移 d 或扭转角 θ ;
 3—— ΔF 或 ΔM ;
 4—— Δd 或 $\Delta \theta$ 。

图5 空气弹簧载荷—位移特性曲线示例

——坐标轴 O_z , 与车辆的垂向坐标轴 Z 平行;

与各坐标轴方向相对应的位移有:

- 沿着坐标轴 O_x 方向的位移: d_x ;
 ——沿着坐标轴 O_y 方向的位移: d_y ;
 ——沿着坐标轴 O_z 方向的位移: d_z ;
 ——绕坐标轴 O_x 方向的扭转角: θ_x ;
 ——绕坐标轴 O_y 方向的扭转角: θ_y ;
 ——绕坐标轴 O_z 方向的扭转角: θ_z 。

与位移相对应的主要符号包括:

- d_x : 刚度 K_{S_x} 和 K_{dyn_x} ; 载荷 F_x ;
 —— d_y : 刚度 K_{S_y} 和 K_{dyn_y} ; 载荷 F_y ;
 —— d_z : 刚度 K_{S_z} 和 K_{dyn_z} ; 载荷 F_z 。

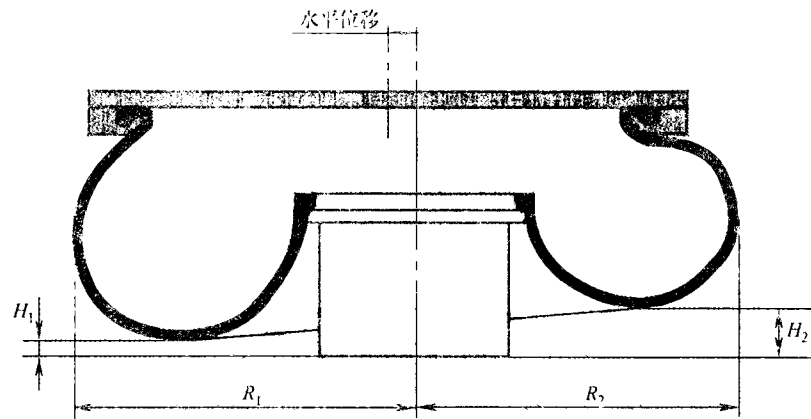


图 6 空气弹簧水平位移时的主要尺寸

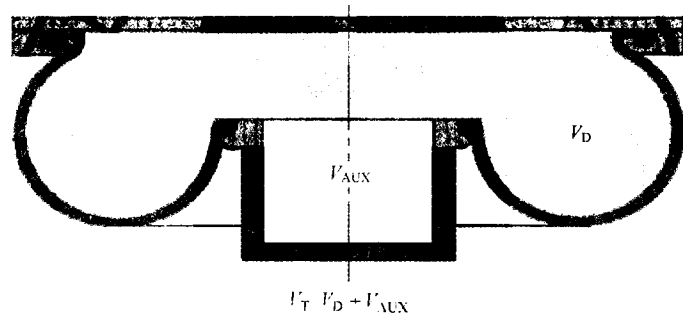


图 7 空气弹簧容积定义示例(辅助弹簧使气囊容积增大)

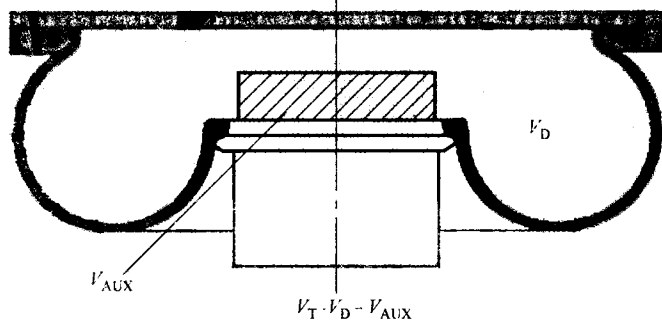


图 8 空气弹簧容积定义示例(辅助弹簧使气囊容积减少)

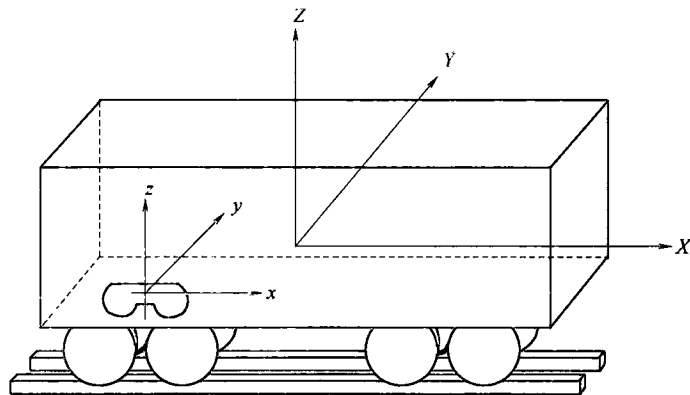


图 9 坐标系定义

与扭转角对应的主要符号包括:

- θ_x : 刚度 $K_{\theta x}$ 和 $K_{\theta dyn x}$; 扭矩 M_x ;
- θ_y : 刚度 $K_{\theta y}$ 和 $K_{\theta dyn y}$; 扭矩 M_y ;
- θ_z : 刚度 $K_{\theta z}$ 和 $K_{\theta dyn z}$; 扭矩 M_z 。

4 用户和供应商应当分别提供的文件

4.1 用户应当提供的文件

用户应向供应商提出明确的技术规范, 包括:

- a) 接口图(包含空气弹簧轮廓), 至少包括如下内容:
 - 外形空间;
 - 功能性尺寸要求、配合尺寸及允许公差等。
- b) 技术参数, 至少包括如下内容:
 - 使用条件(如空气弹簧供风压力、温度、环境、维护条件、储存条件等);
 - 功能性要求(如承载能力、充气时各向刚度、位移、无气时各向刚度、及公差、期望寿命等);
 - 对试验项点及试验方法的要求(如对刚度、承载能力等功能性参数试验要求, 应进行的型式试验项点等)。

4.2 供应商应当提供的文件

供应商应向用户提交至少如下文件:

- 供用户认可的资料(型式试验大纲及报告, 例行试验大纲及报告, 组装作业指导书, 运用维护手册等);
- 包括最大外形尺寸的总图(空气弹簧承受最大垂向工作载荷时)。

5 运用环境温度

空气弹簧的运用环境温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6 产品特性要求

6.1 适应环境能力

6.1.1 总 则

气囊胶料特性应满足 6.1.2 ~ 6.1.6 要求, 其他部件胶料的特性应满足 6.1.2、6.1.5 要求。

6.1.2 耐低温性能

试验按照 7.2.1 进行, 脆性温度应不高于 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.3 耐臭氧性能

试验按照 7.2.2 进行, 胶片两面均不应出现裂纹或龟裂。

6.1.4 耐油性能

试验按照 7.2.3 进行, 单位面积重量变化量 Δm_A 不应超过 230 g/m^2 。

6.1.5 耐清洗剂性能

试验按照 7.2.4 进行, 样片硬度变化量不应超过 $\pm 5H_A$ 。

用户应提供清洗剂的详细信息。

6.1.6 耐磨耗性能

试验按照 7.2.5 进行, 样片体积减少量应不超过 200 mm^3 。

6.2 外观及基本要求

6.2.1 自由状态外观

空气弹簧各零部件的外观应符合以下要求:

- a) 气囊帘线不应外露,内外表面均不应有气泡、裂口、损伤或异物掺入胶层,配合面不应有缺胶、气泡、异物混入等缺陷,标志应清晰;
- b) 对于有硫化橡胶的上盖、支座、橡胶堆的橡胶表面应光滑,无异物掺入和附着,无伤痕、龟裂、气泡和剥离等缺陷;对于没有硫化橡胶的金属上盖、支座和扣环表面,不应有毛刺或可见的铸造砂孔,可产生锈蚀的金属材质表面应进行防锈处理,标志应清晰。

6.2.2 最大水平位移下的外观

根据 7.3.2 对空气弹簧进行极限变形试验,气囊不应出现明显的褶皱或脱层,但允许在最大水平位移时气囊出现轻微的波浪形态,并进行气密性检查,相对无水平位移时压力下降量不应超过 10 kPa。

6.2.3 帘布层间粘合强度

根据 7.3.3 进行帘布层间粘合强度试验,结果不应小于 6 N/mm。

6.2.4 极限垂向工作载荷下的外观

根据 7.3.4 对空气弹簧进行极限垂向工作载荷时的充气试验,气囊不应出现撕裂、裂纹等破坏性的状态。

6.2.5 气密性

根据 7.3.5 进行常温、低温气密性试验,压力下降量不应超过 10 kPa。

对于上盖、气囊之间靠气压实现自密封的空气弹簧,型式试验应进行常温和低温气密性试验,例行试验只进行常温气密性试验;对于上盖、气囊之间通过扣环连接在一起的空气弹簧,型式试验和例行试验只进行常温气密性试验。

6.2.6 疲劳试验

疲劳试验按照 7.3.6 进行,试验结束后合格判定准则如下,以下任何一条不符合,则判定不合格:

- 气囊内外表面均不应出现撕裂、鼓包、帘线外露等缺陷,不应出现帘布层脱层现象;
- 完成一半疲劳循环后,气囊外表面不应出现裂纹;完成全部疲劳循环后,内外表面裂纹长度不应超过 10 mm;
- 气囊内外表面不应出现帘线和子口钢丝圈断裂现象;
- 辅助弹簧不应出现金属断裂缺陷;
- 辅助弹簧橡胶与金属的粘结部位剥离深度不应超过 2 mm;
- 空气弹簧的常温气密性应符合 6.2.5 的规定;
- 空气弹簧的承载力、垂向刚度、水平刚度和最大外形尺寸应符合技术规范的要求;
- 空气弹簧的爆破压力应符合 6.2.7 的规定;
- 气囊帘布层间粘结强度应符合 6.2.3 的规定。

6.2.7 爆破压力

根据 7.3.7 进行爆破试验,爆破压力 P_B 不应小于 3 倍的最大工作压力,且最小值不应小于 1.6 MPa。

6.3 外形尺寸

6.3.1 新品时的外形尺寸

试验按照 7.4.1 进行,新品时的外形尺寸指空气弹簧气囊最大外径 D 和气囊底部到辅助弹簧底面的间隙 H ,另外加上制造公差,结果应符合技术规范要求。

6.3.2 疲劳试验后的外形尺寸

试验按照 7.4.2 进行。疲劳后的外形尺寸指空气弹簧在最大垂向工作载荷 F_M 时,图 6 中的 R_1 , R_2 , H_1 , H_2 在不同的水平位移 d 下的测量结果,对应最大水平位移的 R_1 , R_2 , H_1 , H_2 应符合技术规范的规定。

6.4 刚度、承载力及阻尼功能特性

6.4.1 空气弹簧刚度

6.4.1.1 概 述

刚度测试方向见图 10,图 11 为静态刚度—幅值曲线($K_s - a$ 曲线)示例,图 12 为静态刚度—载荷曲线($K_s - F$ 曲线)示例。特性有两种表达方式,一种为数值方式,另一种为曲线图方式,用户可以根据需要选择测试的刚度种类。

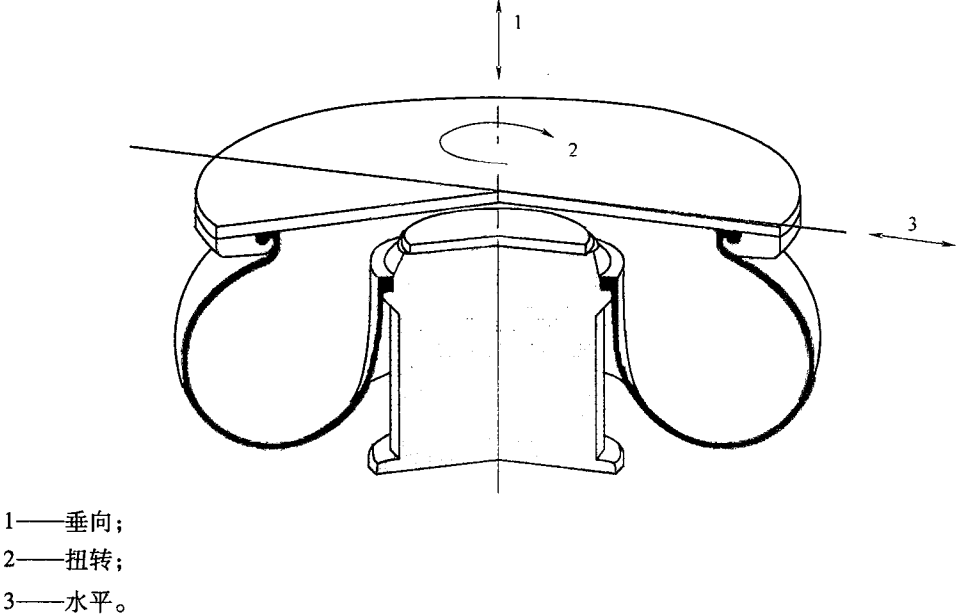


图 10 空气弹簧刚度测试方向

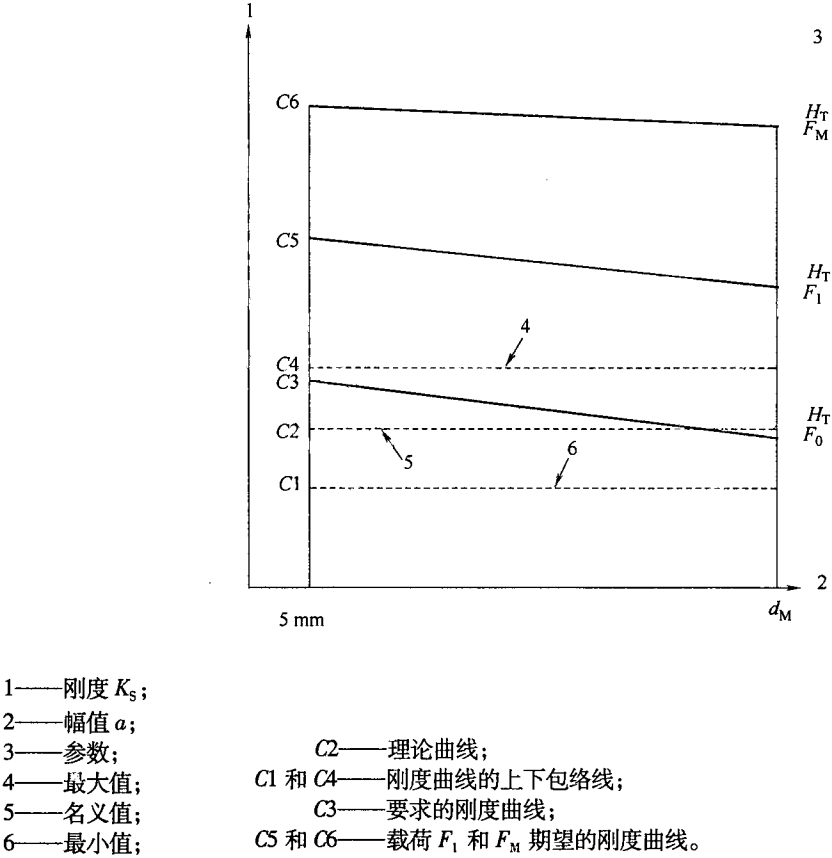


图 11 静态刚度曲线示例($K_s - a$)

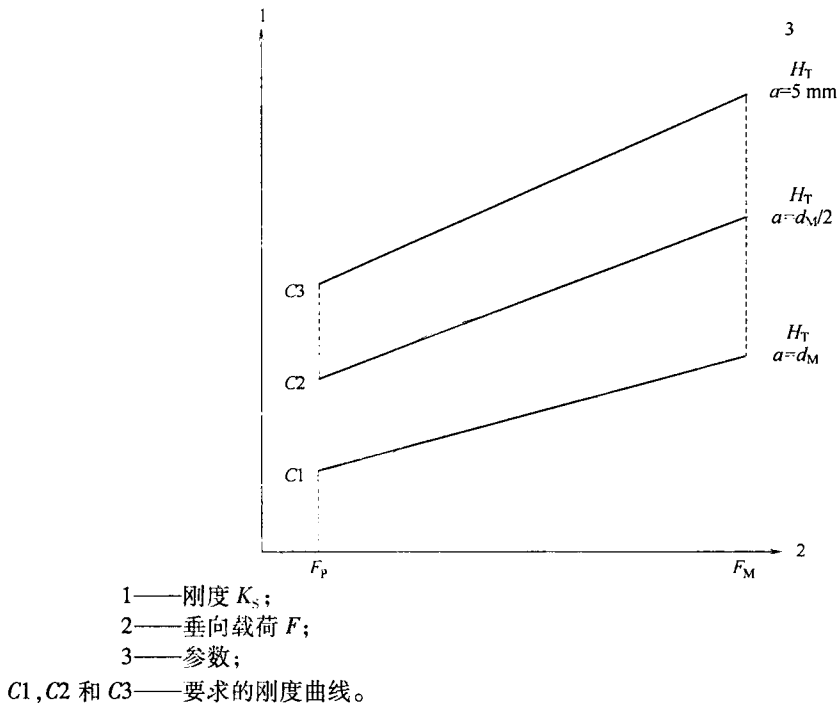


图 12 静态刚度曲线示例 ($K_s - F$)

以数值方式表达的刚度特性包括:

a) 名义刚度值

由名义刚度和上下公差组成,附录 C 给出了公差范围。

b) 刚度限度值

该刚度没有公差范围,由上、下极限值组成。

曲线图类型包括:

—— $K_s - a$ 曲线;

—— $K_s - F$ 曲线;

—— $K_{dyn} - f$ 曲线。

空气弹簧的空间范围及其与车体、转向架之间的接口,会影响其刚度特性,应在技术规范中给出接口和空间范围,典型的空气弹簧类型参见附录 A。

6.4.1.2 垂向静态刚度

试验按照 7.5.1.2.2 进行,结果应符合技术规范要求。试验报告还应注明以下参数:

——垂向振幅(a);

——垂向载荷(F);

——空气弹簧安装高度(H_i);

——附加空气室容积(V_{AUX})。

6.4.1.3 水平静态刚度

试验按照 7.5.1.2.3 进行,结果应符合技术规范要求。试验报告还应注明以下参数:

——水平振幅(a);

——垂向载荷(F);

——空气弹簧安装高度(H_i)。

6.4.1.4 扭转静态刚度

试验按照 7.5.1.2.4 进行,试验结果应符合技术规范要求。试验报告还应注明以下参数:

——扭转振幅(a);

- 垂向载荷(F)；
- 空气弹簧安装高度(H_1)。

6.4.1.5 垂向动态刚度

试验按照 7.5.1.3.2 进行,结果应符合技术规范要求。试验报告还应注明以下参数:

- 垂向振幅(a)；
- 垂向载荷(F)；
- 空气弹簧安装高度(H_1)；
- 附加空气室容积(V_{AUX})；
- 频率(f)。

6.4.1.6 水平动态刚度

试验按照 7.5.1.3.3 进行,结果应符合技术规范要求。试验报告还应注明以下参数:

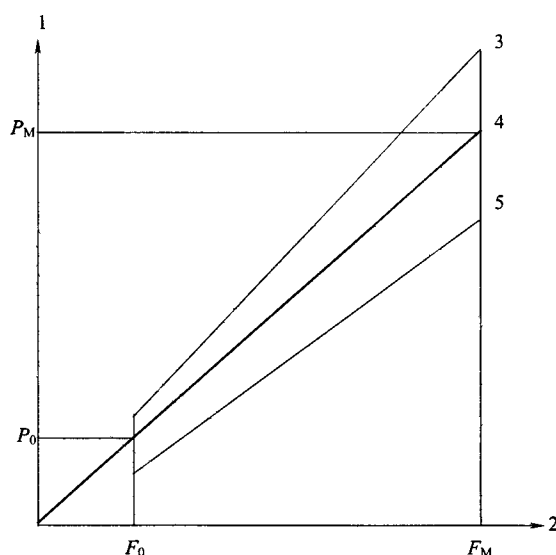
- 水平振幅(a)；
- 垂向载荷(F)；
- 空气弹簧安装高度(H_1)；
- 频率(f)。

6.4.1.7 扭转动态刚度

试验按照 7.5.1.3.4 进行,结果应符合技术规范要求。试验报告还应注明以下参数:

- 扭转位移振幅(a)；
- 垂向载荷(F)；
- 空气弹簧安装高度(H_1)；
- 扭转频率(f)。

6.4.2 压力载荷特性



- 1——压力 P ；
- 2——垂向载荷 F ；
- 3——压力上限包络线；
- 4——理论曲线；
- 5——压力下限包络线。

图 13 空气弹簧载荷 F —压力 P 曲线示例

试验按照 7.5.2 进行,该特性表示空气弹簧压力—载荷之间的关系,结果应符合技术规范要求。

压力载荷特性有两种表达方式,可任选其一来说:

- 压力 P —载荷 F 曲线；

——压力值 P —载荷值 F 。

图 13 为压力载荷特性曲线示例,压力 P 的公差范围见附录 C。

6.4.3 压力载荷稳定性

试验按照 7.5.3 进行,压力载荷稳定性是指在给定的压力 P_j 下,垂向载荷 F 随垂向位移 d 的变化情况,垂向载荷随位移 d 的相对变化量应在附录 C 规定的公差范围内,试验报告应注明以下参数:

- 垂向位移 ($-d_M, d_M$);
- 空气弹簧安装高度 (H_i);
- 垂向载荷 (F_j)。

图 14 为压力载荷稳定性示例。

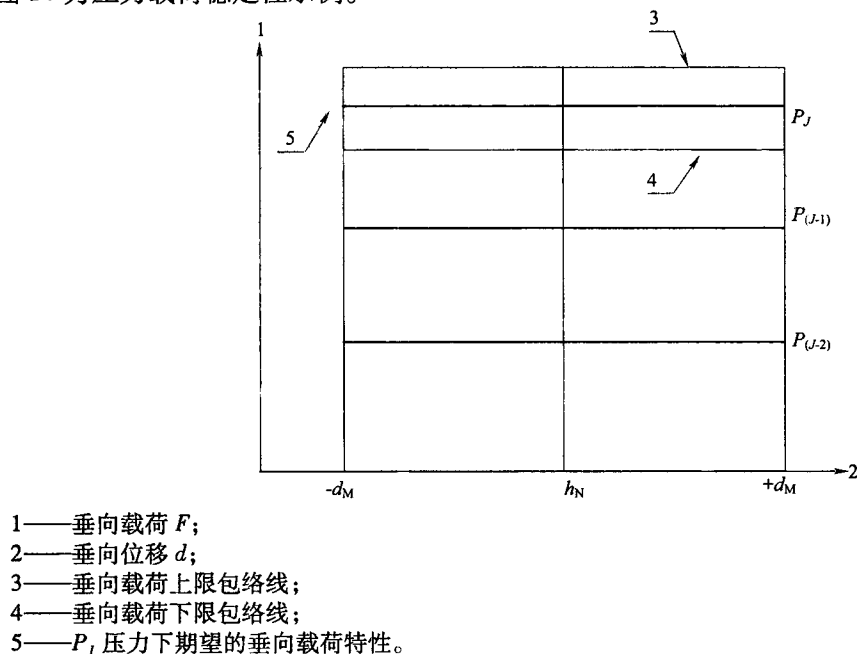


图 14 压力载荷稳定性示例

6.4.4 垂向阻尼系数特性

有节流阻尼装置的空气弹簧进行该项试验,按照 7.5.4 测试给定的垂向载荷 F 下的垂向阻尼系数 C_d ,结果应符合技术规范要求。以下参数应在试验报告中注明:

- 垂向载荷 (F);
- 垂向振幅 ($-a, +a$);
- 空气弹簧安装高度 (H_i);
- 频率 (f)。

应在技术规范中给出任一垂向载荷时,垂向阻尼系数 C_d 的要求及上下公差,附录 C 给出了公差限度值。

6.5 辅助弹簧的功能特性

6.5.1 定载荷下的高度

试验按照 7.6.1 进行,定载荷下的高度指辅助弹簧承受静态垂向载荷时的高度,结果应符合技术规范要求。试验报告应包括以下参数:

- 垂向载荷 F_j ;
- 对应载荷 F_j 的高度 h_{AF} 。

技术规范应给出载荷值 F_j 及对应高度 h_{AF} 要求,推荐公差见附录 C。

6.5.2 载荷位移特性

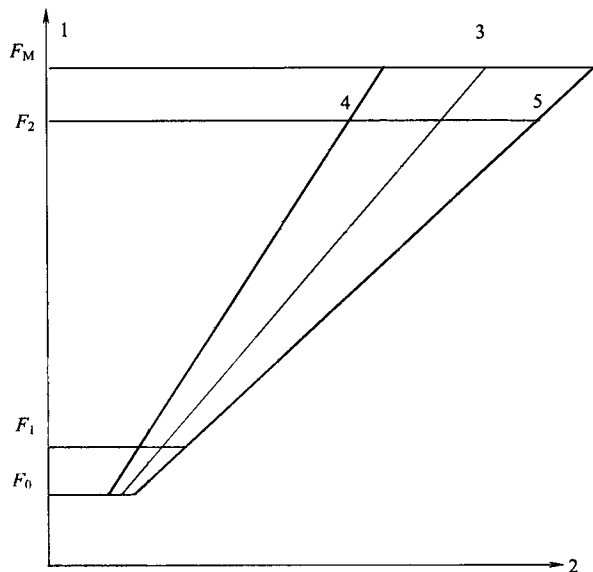
试验按照 7.6.2 进行,该特性表示辅助弹簧垂向位移随垂向载荷的变化关系,载荷位移特性有两

种表达方式,可任选其一来说描述结果:

——垂向载荷 F_j —垂向位移 d 曲线;

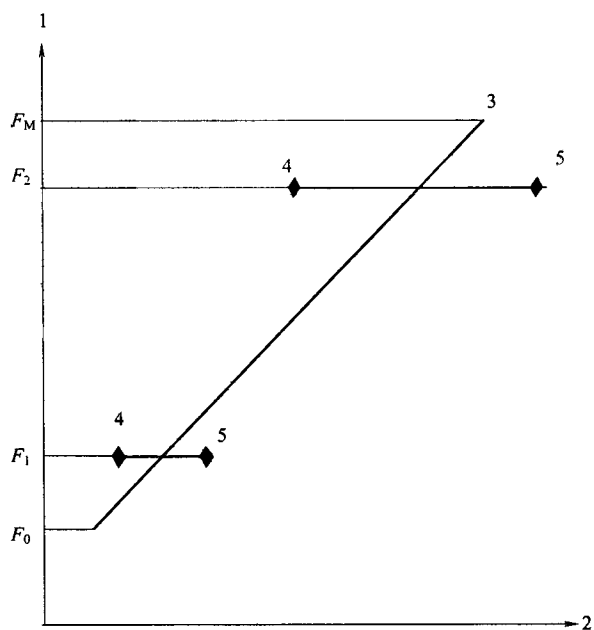
——或不同垂向载荷 F_j 时对应的位移 d 值;

图 15 为垂向载荷 F_j —垂向位移 d 曲线示例,图 16 为垂向载荷 F_j —位移 d 值示例。



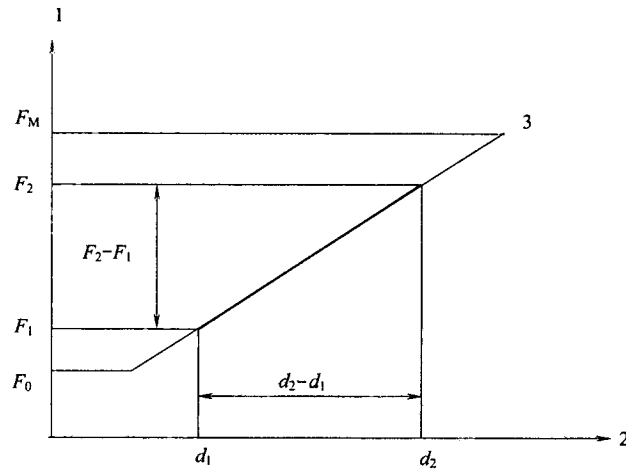
- 1——垂向载荷 F ;
- 2——垂向位移 d ;
- 3——理论曲线特性;
- 4——上限包络线;
- 5——下限包络线。

图 15 辅助弹簧载荷—位移曲线示例



- 1——垂向载荷 F ;
- 2——垂向位移 d ;
- 3——理论曲线;
- 4——位移下限值;
- 5——位移上限值。

图 16 辅助弹簧载荷—位移值示例



- 1——垂向载荷 F ;
2——垂向位移 d ;
3——载荷位移曲线。

图 17 辅助弹簧垂向刚度计算示例

图 17 为计算辅助弹簧垂向刚度示例,按公式(3)计算:

$$K_s = (F_2 - F_1) / (d_2 - d_1) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中

$$F_0 < F_1 < F_2 < F_M$$

应在技术规范中给出辅助弹簧垂向载荷位移特性要求。客户也可根据需要,制定辅助弹簧蠕变、高温老化后垂向载荷位移特性要求,公差限度值见附录 C。

6.5.3 辅助弹簧垂向动态刚度

试验按照 7.6.3 进行,结果应符合技术规范要求。

垂向动态刚度有三种表达方式,可任选其一:

a) 刚度 K_{dyn} —位移幅值 a

技术规范应明确测试频率和位移幅值,试验报告应给出刚度 K_{dyn} —位移幅值 a 测试结果。

b) 刚度 K_{dyn} —载荷幅值 ΔF

技术规范应明确测试频率和载荷幅值,试验报告应给出刚度 K_{dyn} —载荷幅值 ΔF 测试结果。

c) 刚度 K_{dyn} —测试频率 f

技术规范应明确测试载荷和频率,试验报告应给出刚度 K_{dyn} —测试频率 f 测试结果。

技术规范中的垂向刚度要求可用包络线的形式给出,也可用数值的形式给出。

6.5.4 辅助弹簧静态蠕变

试验按照 7.6.4 进行,静态蠕变是指在静态载荷 F_c 作用下,辅助弹簧在规定时间内静态位移量,技术规范应明确以下参数:

- 规定时间内允许的静态蠕变量(单位为毫米每 6 年);
- 静态载荷 F_c 。

静态蠕变量应符合技术规范规定的限度值,蠕变前后垂向刚度的相对变化量应符合附录 C 的要求。

6.5.5 辅助弹簧粘接强度

试验按照 7.6.5 进行,辅助弹簧粘接强度是指在拉伸或剪切载荷作用下,检验辅助弹簧的表面状态,为非破坏性试验。应符合以下要求:

- 辅助弹簧橡胶金属之间不应出现撕裂、裂纹等缺陷;
- 橡胶表面不应出现局部拉断现象。

6.5.6 辅助弹簧高温老化试验

试验按照 7.6.6 进行,高温老化试验是指把辅助弹簧放置到高温环境中一段时间后,观察表面是否出现破坏,垂向刚度变化是否超出范围,结果应符合如下要求:

- 辅助弹簧橡胶金属之间不应出现撕裂、脱胶等缺陷;
- 高温老化前后的垂向刚度变化量应符合附录 C 给出的限度值。

6.5.7 辅助弹簧低温性能试验

试验按照 7.6.7 进行,低温性能试验是指把辅助弹簧放置到低温环境中一段时间后,完成刚度测试,对比低温前后垂向刚度的变化是否超出范围,结果应符合如下要求:

- 辅助弹簧橡胶金属之间不应出现撕裂、脱胶等缺陷;
- 低温前后的垂向刚度变化量应符合附录 C 给出的限度值。

6.6 摩擦副特性

6.6.1 摩擦系数

试验按照 7.7.1 进行,客户应在技术规范中明确摩擦系数限度值。空气弹簧上盖与磨耗板之间的摩擦系数不大于技术规范限度值。此项试验仅对无摇枕转向架的空气弹簧进行。

6.6.2 摩擦疲劳性能

试验按照 7.7.2 进行,疲劳试验结束后,检查摩擦副上下表面,两个表面均不应出现磨耗沟槽,下摩擦副剩余磨耗高度不应小于原始设计的 2/3;对于上盖上的摩擦副与上盖不是一体的结构,摩擦副与上盖应连接牢靠,不应松动,焊点不脱焊;下摩擦副的磨耗板固定螺栓应完好,不应松动或剪断;疲劳试验后,再进行摩擦系数试验,数值应符合技术规范要求。此项试验仅对无摇枕转向架的空气弹簧进行。

7 检查试验方法

7.1 概述

7.1.1 试验总体条件

试验应在规定的试验温度下进行。

在进行 7.3.1 ~ 7.5.4 (7.3.3 除外) 和 7.7.1 ~ 7.7.2 试验时,与上盖接触的试验台面积应不小于现车接触面积,摩擦系数尽量模拟现车情况。

上述有些试验是有危险的,应采取防护措施保证试验人员的安全。

7.1.2 试验设备

测试压力的传感器精度要求为 ± 2 kPa;在进行 7.3.2 ~ 7.7.2 (7.3.3 和 7.3.7 除外) 特性试验时,试验载荷的上限应在试验设备量程 20% ~ 100% 范围内,设备误差为示值的 $\pm 1\%$ 以内;对于 7.3.3,伸长测力计的准确度应符合 GB/T 17200—2008 中规定的 2 级;疲劳试验设备的载荷、位移和频率的控制允许误差为设定值的 $\pm 5\%$ 。

7.1.3 试验样件或样片准备

7.2.1、7.2.2 和 7.2.4 的试样采用硫化试片,7.2.3、7.2.5 和 7.3.3 的试样从通过疲劳(7.3.6)和爆破(7.3.7)的气囊上取样,取样区域见附录 B。

7.3.2 ~ 7.5.4 (7.3.3 除外) 为针对整套空气弹簧的试验,对于 7.3.7 试验,如果不影响爆破压力,可以用刚性支承代替辅助弹簧;7.6.1 ~ 7.6.7 为针对辅助弹簧的试验;7.7.1 ~ 7.7.2 为针对上盖和辅助弹簧摩擦副的试验,可以去掉胶囊。

对于性能试验 7.3.2 ~ 7.6.7 (7.3.3 除外),试验前至少在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境下恒温放置 24 h。

7.2 适应环境能力试验方法

7.2.1 胶料耐低温性能

胶料耐低温性能按照 GB/T 1682—1994 进行,记录试样产生冲击破坏时的最高温度。

7.2.2 耐臭氧性能

耐臭氧性能试验方法按照 GB/T 13642—1992 进行,采用连续动态拉伸试验,具体如下:

——动态伸长比例 0% ~ 20%, 频率 0.5 Hz;

——试样尺寸如下:

厚度: (2.0 ± 0.2) mm;

宽度: 最小 10 mm;

长度: (100 ± 10) mm, 夹具间有效长度不小于 40 mm。

——臭氧浓度: $(50 \pm 5) \times 10^{-8}$;

——温度: (40 ± 2) °C。

试样个数不少于 3 个;

连续动态拉伸 168 h 后检查试样两面龟裂情况。

7.2.3 耐油性能

耐油性能试验方法按照 GB/T 1690—2006 进行,试样从气囊壁上制取,厚度与气囊壁厚相同,试样外表面与油液接触,具体条件如下:

——油液:IRM902;

——温度: (70 ± 1) °C;

——浸泡时间: $72 \pm \frac{0}{2}$ h。

试样个数为 3 个,试验前应在 GB/T 2941—2006 规定的标准实验室温度下调节不少于 24 h。

测量单位面积重量的变化量 Δm_A 。

7.2.4 耐清洗剂性能

耐清洗剂性能试验方法按照 GB/T 1690—2006 进行,具体条件如下:

——清洗剂:5% 草酸水溶液;

——温度: (50 ± 1) °C;

——浸泡时间: $72 \pm \frac{0}{2}$ h。

3 层试样叠加后按照 GB/T 531.1—2008 测定试验前后邵氏 A 硬度。

7.2.5 耐磨耗性能

耐磨耗性能试验方法按照 GB/T 9867—2008 进行,具体如下:

试样为圆柱形,其直径为 (16 ± 0.2) mm,厚度至少为 6 mm,不足 6 mm 时,按照 GB/T 9867—2008 中 6.1 的规定处理。

试样个数为 3 个,应在 GB/T 2941—2006 规定的标准实验室温度下调节不少于 24 h。

测试试样上的气囊外层橡胶,测试过程中如磨损到帘布,则试样无效,需重新试验。

按照 GB/T 533—2008 测量胶料的密度。

7.3 外观及基本功能试验方法

7.3.1 外观检查

无论是部件还是组装后充气状态下,都应在常温下进行目测检查。

7.3.2 最大水平位移下的外观检查

常温下空气弹簧处于充气状态,并符合以下条件:

——试验高度不超过标准高度 H_T ;

——空气弹簧垂向载荷不大于 $F_j = 0.7F_0$,记录载荷稳定后,没有水平位移时的压力;

——空气弹簧处于最大水平位移 d_M 。

当空气弹簧到达最大水平位移 d_M 后保持 1 min ~ 3 min,检查整个空气弹簧外观,尤其是观察气囊是否有打褶的现象;检查结束后,记录最大水平位移时的压力。

试验前把空气弹簧安装到试验台上时,如果空气弹簧设计的径向刚度对称,则随机安装,不一定按

照现车的方向进行安装;如果空气弹簧设计的径向刚度不对称,则需要在多个方向上进行试验,技术规范中应明确多个试验方向。

7.3.3 帘布层间粘接强度

帘布层间粘接强度试验按照 GB/T 532—2008 进行。

7.3.4 极限垂向工作载荷下的外观检查

试验按照以下过程进行:

- 空气弹簧处于静止充气状态且垂直安装;
- 安装高度为 $H_t = (H_T \pm 2) \text{ mm}$;
- 内部压力 $P > 1.3 P_M$;
- 压力达到上述目标值后,保持 1 min ~ 3 min。

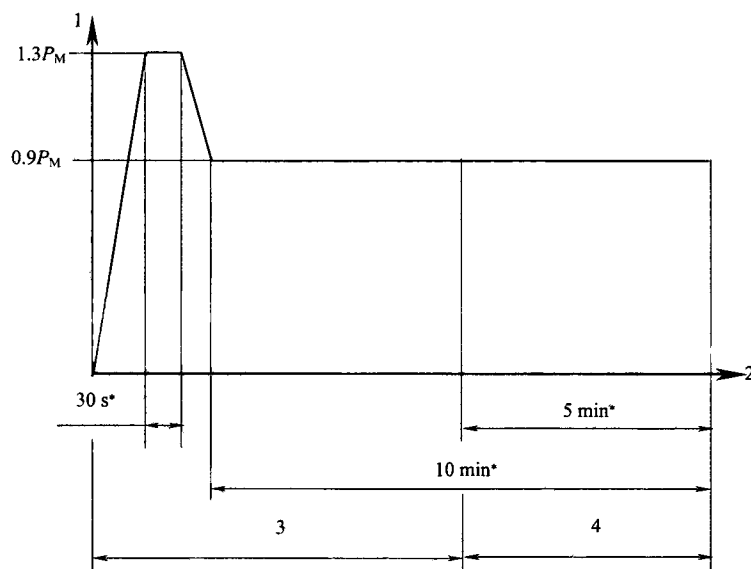
然后检查空气弹簧外表面,该项试验在常温下进行。

7.3.5 气密性

气密性试验包括常温气密性和低温气密性,除非技术规范中另行规定,气密性试验按照以下方法进行:

a) 常温气密性试验

常温下,空气弹簧处于静止状态,上盖与底面平行,安装高度为 $H_t = (H_T \pm 2) \text{ mm}$,向空气弹簧充气使压力 $P > 1.3 P_M$ 并至少保持 30 s,然后降低空气弹簧内部压力,使 $P > 0.9 P_M$,关闭充气和排气开关,保持 10 min,测量最后 5 min 的压力下降量。测试过程示于图 18。



- 1——压力;
2——时间;
3——压力稳定阶段;
4——最小测量时间段;
*——最少。

图 18 常温气密性试验过程

b) 低温气密性试验

空气弹簧处于静止状态,上盖与底面平行,安装高度为 $H_t = (H_T \pm 2) \text{ mm}$,向空气弹簧充气使压力 $P > 1.3 P_M$ 并检查管路确保密封完好,在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下保温 24 h 后,调整压力使 $P > 0.9 P_M$,关闭充气和排气开关,保持 10 min,测量最后 5 min 内的压力下降量。

7.3.6 疲 劳

7.3.6.1 概 述

疲劳试验分为垂向疲劳、水平疲劳和扭转疲劳试验三类。

适用于有摇动台转向架的空气弹簧应进行垂向疲劳试验;适用于无摇动台但有摇枕转向架的空气弹簧应进行水平疲劳试验;适用于无摇枕结构转向架的空气弹簧应进行扭转疲劳试验。

疲劳试验有如下要求:

a) 试验设备

- 能够模拟空气弹簧在现车上的安装情况,尤其是上下接口部位;
- 固定上盖或底板,使底板或上盖能够相对运动以模拟空气弹簧在现车上的工作情况;
- 对于扭转疲劳试验,能够调整上盖相对底板的横向偏移量,以模拟车辆通过曲线时车体与转向架之间的横向偏移;
- 能够随时向空气弹簧充气。

b) 每项疲劳试验开始前,空气弹簧都有如下基本要求:

- 空气弹簧处于静止充气状态且垂直安装;
- 安装高度为 $H_t = (H_T \pm 2) \text{ mm}$;
- 对于垂向疲劳试验,附加气室容积按技术规范要求设定。

c) 试验条件

疲劳试验常温下进行,加载波形为正弦波,根据试验分类,分别施加的垂向、横向或扭转疲劳试验振幅。

关于载荷、位移和疲劳试验次数,如果技术规范另有要求,则按照技术规范进行。

7.3.6.2 垂向疲劳

试验按照如下进行:

a) 正式试验前:

- 以最大垂向工作载荷和最大垂向振幅 d_M 往复振动 5 个循环;
- 在最大垂向工作载荷和安装高度 H_t 下静态放置 $(15 \pm 2) \text{ min}$ 。

b) 试验过程

- 在最大垂向工作载荷下,以空载时空气弹簧间隙为振幅,频率在 $0.5 \text{ Hz} \sim 3.0 \text{ Hz}$ 范围内,进行垂向振动 1×10^6 次循环。
- 疲劳试验结束后检查:根据 7.3.5 进行常温气密性试验,然后拆开空气弹簧,对气囊内外表面和辅助弹簧进行目测检查。
- 疲劳试验结束后的试验:应按照顺序进行 7.5.2、7.5.1.2.2 ~ 7.5.1.2.3、7.4.2、7.3.7、7.2.3、7.2.5、7.3.3 的试验。

7.3.6.3 水平疲劳

试验按照如下进行:

a) 正式试验前:

- 以最大垂向工作载荷和最大水平振幅 d_M 往复振动 20 个循环;
- 在最小垂向工作载荷 $F_0 (1 \pm 0.02)$ 和安装高度下静态放置 $(60 \pm 3) \text{ min}$ 。

b) 试验过程

- 在最大垂向工作载荷和安装高度下,以 $\pm 30 \text{ mm}$ 为振幅,频率在 $0.5 \text{ Hz} \sim 3.0 \text{ Hz}$ 范围内,进行水平方向振动 2×10^5 次循环。
- 疲劳试验结束后检查:根据 7.3.5 进行常温气密性试验,然后拆开空气弹簧,对气囊内外表面和辅助弹簧进行目测检查。
- 疲劳试验结束后的试验:应按照顺序进行 7.5.2、7.5.1.2.2 ~ 7.5.1.2.3、7.4.2、7.3.7、7.2.3、7.2.5、7.3.3 的试验。

7.3.6.4 扭转疲劳

试验按照如下进行:

a) 正式试验前:

在最小垂向工作载荷 $F_0(1 \pm 0.02)$ 和安装高度下静态放置 (15 ± 2) min。

b) 试验过程

该项试验对空气弹簧水平加载,使其产生循环往复运动,以模拟车辆在曲线轨道上运行时,空气弹簧在车体与转向架之间的相对运动。试验原理见图 19。

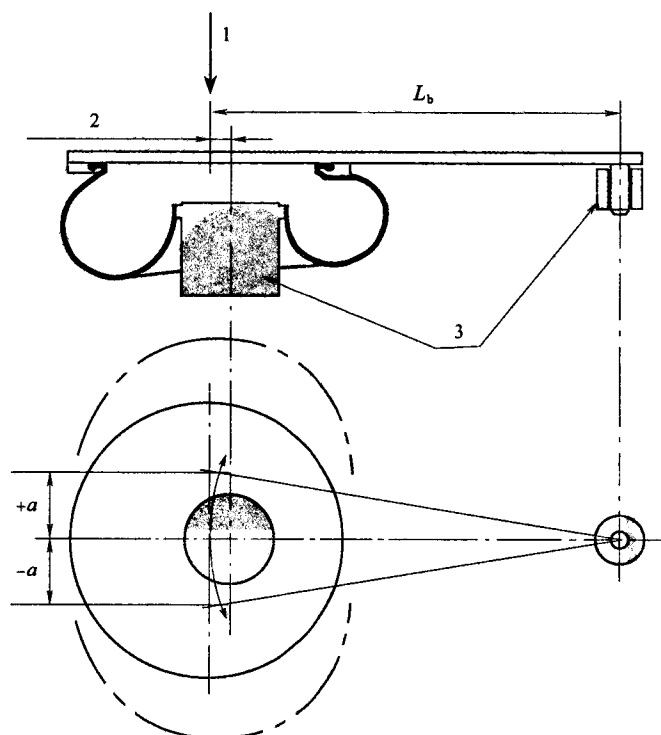


图 19 空气弹簧扭转疲劳试验原理

空气弹簧往复运动的振幅按照公式(4)计算:

$$a = (L_b \times L_b) / R_c \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

R_c ——线路曲线半径,根据技术规范要求确定,如果技术规范没有明确要求,取 180 m;

疲劳试验应进行共计 6×10^5 次循环,频率在 0.5 Hz ~ 1.0 Hz 范围内,包括表 2 中的 4 个程序块:

扭转疲劳试验过程中,当气囊表面温度超过 $+40\text{ }^\circ\text{C}$ 时,可采取风冷处理或者降低试验频率的措施。

扭转疲劳试验结束后应根据 7.3.5 进行常温气密性试验,试验后拆开空气弹簧,对气囊内外表面和辅助弹簧进行目测检查,然后顺序进行 7.5.2、7.5.1.2.2 ~ 7.5.1.2.3、7.4.2、7.3.7、7.2.3、7.2.5、7.3.3 的试验。

7.3.7 爆破

常温下,空气弹簧垂直静态对称放置,安装高度为 $H_t = (H_T \pm 2)$ mm,以低于 0.5 MPa/min 的速度持续缓慢地向气囊内充入水,压力上升过程中不应停顿保压,直到气囊爆破或压力超过 6.2.7 规定的最低限度值,记录爆破压力或最终达到的压力。

爆破试验的空气弹簧是指通过了 7.3.6 疲劳试验后及完成了 7.3.7 项点之前的产品,而不是新品。

表 2 扭转疲劳试验程序块

程序块序号	循环次数	振幅 mm	压力 MPa	横向偏移量 mm
1	1.5×10^5	$\pm a$	P_0	0
2	1.5×10^5	$\pm a$	P_M	0
3	1.5×10^5	$\pm a$	P_0	30
4	1.5×10^5	$\pm a$	P_M	30

7.4 外形尺寸测量

7.4.1 新品时的外形尺寸

常温下,空气弹簧承受最大垂向工作载荷,待压力稳定后,按照图 4 所示测量空气弹簧最大直径 D 和间隙 H 。

7.4.2 疲劳试验后的外形尺寸

常温下,空气弹簧承受最大垂向工作载荷,待压力稳定后,施加水平位移 10 mm、20 mm…… d_M , 20 mm 以后的增量为 15 mm,公差为 $^{+0}_2$ mm,顺序按照位移增加的过程进行,达到每一个位移后保持,按照图 6 测量 R_1 、 R_2 、 H_1 、 H_2 。

如果需要测量不同垂向载荷 F_j 下的外形尺寸,加载顺序应按照载荷增加的过程进行。

试验前把空气弹簧安装到试验台上时,如果空气弹簧径向设计刚度对称,则随机安装,不一定按照现车的方向进行安装;如果空气弹簧径向设计刚度不对称,则需要在多个方向上进行试验,技术规范中也应明确多个试验方向。

7.5 刚度、承载力及阻尼系数功能特性试验方法

7.5.1 刚度测试

7.5.1.1 概 述

刚度、承载力及阻尼系数功能特性试验常温下进行,试验过程中应关掉充排气开关,根据载荷—位移曲线(扭矩—扭转角曲线)计算刚度,见图 5。

图 5 中的 ΔF 或 ΔM 和 Δd 或 $\Delta \theta$ 应由测试结果得到,刚度定义为在一个加载周期内与位移变化量相对应的载荷变化量的比值,表达式见公式(5):

$$K = (\Delta F / \Delta d) \text{ 或 } K = (\Delta M / \Delta \theta) \dots\dots\dots (5)$$

7.5.1.2 静态刚度

7.5.1.2.1 概 述

每项试验开始前,空气弹簧都有如下基本要求:

- 空气弹簧处于静止充气状态且垂直安装;
- 安装高度为 $H_t = (H_r \pm 2)$ mm;
- 对于垂向静态刚度测试,附加气室容积按技术规范要求设定;
- 加载载荷为最大垂向工作载荷 $F_M(1 \pm 0.02)$ 。

加载波形为三角波,给空气弹簧施加不同的振幅(垂向、横向或扭转),记录相应方向上力或力矩的变化。

试验测试时,每个测试工况都要进行 3 个循环,记录第 3 个循环的载荷—位移值。

7.5.1.2.2 垂向静态刚度

测试按照如下进行:

a) 试验准备

正式试验前:

- 在最大垂向工作载荷时以最大垂向振幅 d_M 往复振动 5 个循环;

——在最大垂向工作载荷和安装高度 H_i 下静态放置 (15 ± 2) min。

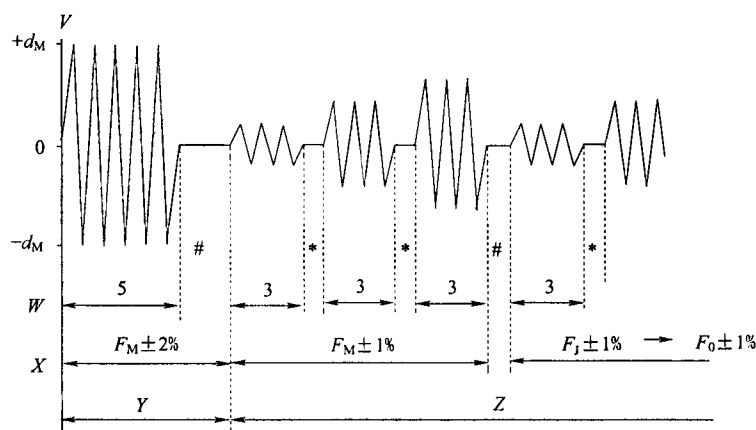
b) 试验测试

试验速度为 (5 ± 0.5) mm/s, 对于任一个垂向载荷, 加载公差为 $\pm 1\%$, 如果测试不同振幅下的垂向静态刚度, 不同振幅应以升序进行测试, 两相邻的测试间隔为 2 min ~ 3 min。

振幅包括:

$a = 5$ mm、10 mm、15 mm、20 mm、…… d_M , 20 mm 以后的增量为 10 mm, 采用振幅 $a = 10$ mm 的结果对垂向静态刚度进行评判, 其他振幅下的结果仅供用户参考。

如果测试不同载荷下的垂向静态刚度, 载荷加载应以降序进行, 两相邻载荷之间测试尽量不停顿, 如果停顿时间超过 5 min, 则应重新进行预循环。测试过程见图 20。



- V ——振幅 a ;
 W ——循环周期数;
 X ——载荷;
 Y ——测试准备阶段;
 Z ——测试阶段;
 $\#$ ——静态放置时间;
 $*$ ——不同振幅测试间隔 2 min ~ 3 min。

图 20 垂向静态刚度测试过程

7.5.1.2.3 水平静态刚度

测试按照如下进行:

a) 试验准备

正式试验前:

——在最大垂向工作载荷时以最大水平振幅 d_M 往复振动 20 个循环;

——在最小垂向工作载荷 $F_0(1 \pm 0.02)$ 和安装高度 H_i 下静态放置 (60 ± 3) min。

b) 试验测试

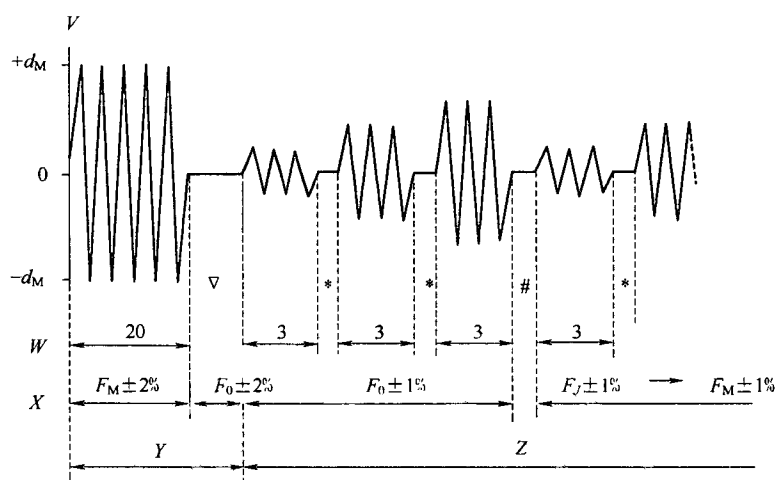
试验速度为 (5 ± 0.5) mm/s, 对于任一个垂向载荷, 加载公差为 $\pm 1\%$, 如果测试不同振幅下的水平刚度, 不同振幅应以升序进行测试, 两相邻的测试间隔为 2 min ~ 3 min。

振幅包括:

——当 $d_M \leq 20$ mm 时, 振幅 $a = 5$ mm、10 mm、 d_M , 增量为 5 mm。

——当 $d_M > 20$ mm 时, 振幅 $a = 5$ mm、10 mm、15 mm、20 mm、…… d_M , 20 mm 以后的增量为 10 mm。

采用振幅 $a = 10$ mm 的结果对水平静态刚度进行评判, 其他振幅下的结果仅供用户参考。如果测试不同垂向载荷下 F_j 的水平静态刚度, 垂向载荷加载应以升序进行。两相邻载荷之间测试尽量不停顿, 如果停顿时间超过 5 min, 则应重新进行预循环。测试过程见图 21。



- V ——振幅 a ;
 W ——循环周期数;
 X ——载荷;
 Y ——测试准备阶段;
 Z ——测试阶段;
 ∇ ——最小垂向工作载荷下静态放置时间;
 $\#$ ——相邻载荷之间停顿时间;
 $*$ ——不同振幅测试间隔 2 min ~ 3 min。

图 21 水平静态刚度测试过程

7.5.1.2.4 扭转静态刚度

测试按照如下进行:

a) 试验准备

正式试验前:

- 在最大垂向工作载荷时以最大扭转振幅 θ_M 往复振动 5 个循环;
- 在最小垂向工作载荷 $F_0(1 \pm 0.02)$ 和安装高度 H_i 下静态放置 (15 ± 2) min。

b) 试验测试

试验速度为 $(5 \pm 0.5) \times 10^{-3}$ rad/s 对于任一个垂向载荷,加载公差为 $\pm 1\%$,如果测试不同扭转振幅下的扭转刚度,不同振幅应以升序进行测试,两相邻的测试间隔为 2 min ~ 3 min。

振幅包括:

- 当 $\theta_M \leq 60 \times 10^{-3}$ rad 时,振幅 $a = 30 \times 10^{-3}$ rad;
- 当 $\theta_M > 60 \times 10^{-3}$ rad 时,振幅 $a = 60 \times 10^{-3}$ rad。

如果测试不同垂向载荷下 F_J 的静态扭转刚度,垂向载荷加载应以升序进行,两相邻载荷之间测试尽量不停顿,如果停顿时间超过 5 min,则应重新进行预循环。测试过程见图 22。

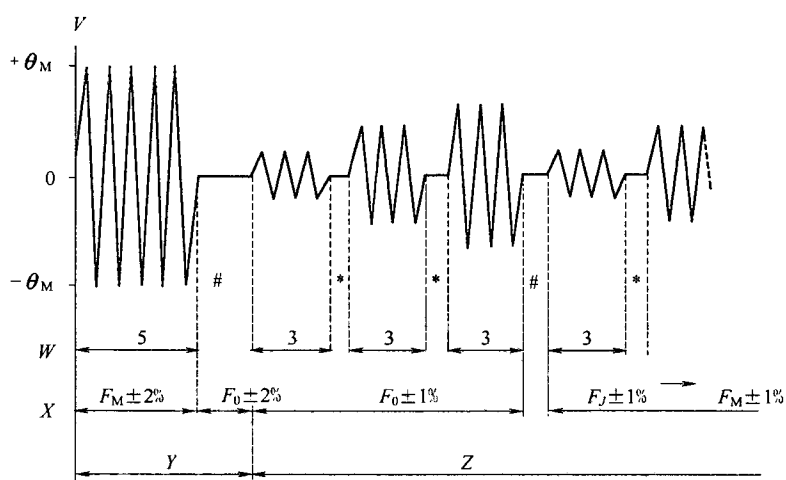
7.5.1.3 动态刚度

7.5.1.3.1 概述

每项试验开始前,空气弹簧都有如下基本要求:

- 空气弹簧处于静止充气状态且垂直安装;
- 安装高度为 $H_i = (H_T \pm 2)$ mm;
- 对于垂向动态刚度测试,附加气室容积按技术规范要求设定;
- 加载载荷为最大垂向工作载荷 $F_M(1 \pm 0.02)$ 。

对于每一个测试频率,进行至少 10 个循环,记录最后一个循环的动态载荷一位移数值。



V ——振幅 a ；
 W ——循环周期数；
 X ——载荷；
 Y ——测试准备阶段；
 Z ——测试阶段；
 $\#$ ——静态放置时间；
 $*$ ——不同振幅测试间隔 2 min ~ 3 min。

图 22 扭转静态刚度测试过程

7.5.1.3.2 垂向动态刚度

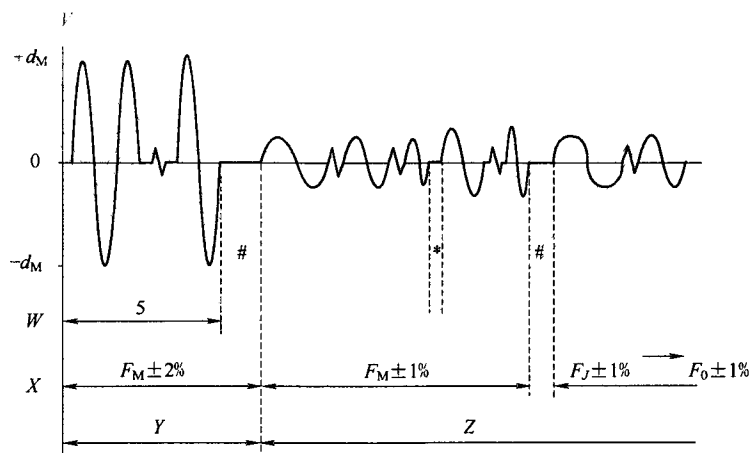
测试按照如下进行：

a) 试验准备

正式试验前：

- 在最大垂向工作载荷时以最大垂向振幅 d_M 、频率 $f=0.1$ Hz 往复振动 5 个循环；
- 在最大垂向工作载荷和安装高度 H_i 下静态放置 (15 ± 2) min。

b) 试验测试



V ——振幅 a ；
 W ——循环周期数；
 X ——载荷；
 Y ——测试准备阶段；
 Z ——测试阶段；
 $\#$ ——静态放置时间；
 $*$ ——不同振幅测试间隔 2 min ~ 3 min。

图 23 垂向动态刚度测试过程

试验频率根据技术规范确定,对于任一个垂向载荷,加载公差为 $\pm 1\%$,如果测试不同振幅下的垂向刚度,不同振幅应以升序进行测试,相邻的测试间隔为 $2\text{ min} \sim 3\text{ min}$ 。如果技术规范中没有指定试验频率,建议频率为 1.0 Hz 、 2.0 Hz 、 3.0 Hz ,振幅为 5 mm 、 10 mm 。

如果测试不同载荷下的垂向刚度,载荷加载应以降序进行,两相邻载荷之间测试尽量不停顿,如果停顿时间超过 5 min ,则应重新进行预循环。垂向动态刚度测试过程见图 23。

对于同一垂向载荷在不同频率下的测试,测试频率应以升序进行。

7.5.1.3.3 水平动态刚度

测试按照如下要求进行:

a) 试验准备

正式试验前:

——在最大垂向工作载荷时以最大水平振幅 d_M 、频率 $f=0.1\text{ Hz}$ 往复振动 20 个循环;

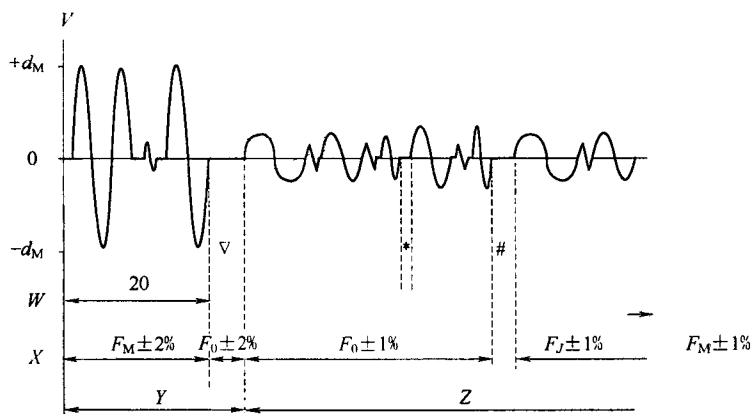
——在最小垂向工作载荷和安装高度 H_t 下静态放置 $(60 \pm 3)\text{ min}$ 。

b) 试验测试

试验频率根据技术规范要求而定,对于任一个垂向载荷,加载公差为 $\pm 1\%$,如果测试不同振幅下的水平刚度,不同振幅应以升序进行测试,两相邻的测试间隔为 $2\text{ min} \sim 3\text{ min}$ 。

如果技术规范中没有指定试验频率,建议频率为 0.5 Hz 、 1.0 Hz 、 2.0 Hz ,振幅为 5 mm 、 10 mm 。

如果测试不同垂向载荷 F_j 的水平刚度,垂向载荷加载应以升序进行,两相邻载荷之间测试尽量不停顿,如果停顿时间超过 5 min ,则应重新进行预循环。水平动态刚度测试过程见图 24。



V ——振幅 a ;

W ——循环周期数;

X ——载荷;

∇ ——最小垂向工作载荷下静态放置时间;

Y ——测试准备阶段;

$\#$ ——静态放置时间;

Z ——测试阶段;

$*$ ——不同振幅测试间隔 $2\text{ min} \sim 3\text{ min}$ 。

图 24 水平动态刚度测试过程

对于同一垂向载荷在不同频率 f 下的测试,测试频率应以升序进行。

7.5.1.3.4 扭转动态刚度

测试按照如下进行:

a) 试验准备

正式试验前:

——在最大垂向工作载荷时以最大扭转振幅 θ_M 、频率 $f=0.1\text{ Hz}$ 往复振动 5 个循环;

——在最小垂向工作载荷 $F_0(1 \pm 0.02)$ 和安装高度 H_t 下静态放置 $(15 \pm 2)\text{ min}$ 。

b) 试验测试

试验频率根据技术规范要求而定,对于任一个垂向载荷,加载公差为 $\pm 1\%$,如果测试不同扭转振

幅下的扭转刚度,不同振幅应以升序进行测试,相邻的测试间隔为 2 min ~ 3 min。

如果技术规范中没有指定试验频率,建议频率为 0.5 Hz、1.0 Hz、2.0 Hz、3.0 Hz,振幅为 $a = 30 \times 10^{-3}$ rad。

如果测试不同垂向载荷下 F_j 的扭转刚度,垂向载荷加载应以升序进行,两相邻载荷之间测试尽量不停顿,如果停顿时间超过 5 min,则应重新进行预循环。扭转动态刚度测试过程见图 25。

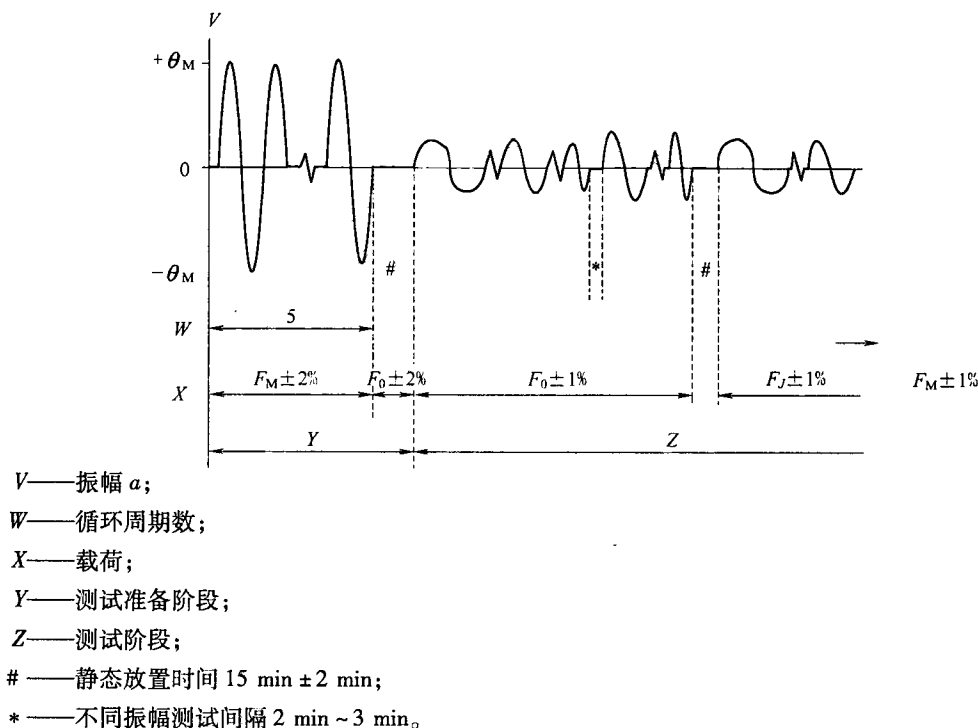


图 25 扭转动态刚度测试过程

对于同一垂向载荷在不同频率 f 下的测试,测试频率应以升序进行。

7.5.2 压力载荷特性

将空气弹簧安装在试验台上,安装高度为 $H_i = (H_T \pm 2)$ mm,上下底面平行、处于静止充气状态。

如果技术规范中的压力载荷特性要求是以不同载荷下对应的压力值表示,则按下列方法进行测试:

向空气弹簧充气,使垂向载荷达到 $F_j(1 \pm 0.01)$,待压力稳定后,记录对应的空气弹簧内部压力值,不同载荷之间以降序加载,两相邻载荷之间的测试尽量不停顿。

如果技术规范中的压力载荷特性要求是以曲线的形式表示,则按下列方法进行测试:

先测试对应最大垂向工作载荷 F_M 的压力 P_M ,以压力降低的顺序进行,与 P_M 最近的压力取整数,步长为 100 kPa,使压力从 P_M 降到 100 kPa,记录每个压力下的垂向载荷,相邻压力之间的测试尽量不停顿。

7.5.3 压力载荷稳定性

a) 试验准备

将空气弹簧安装在试验台上,安装高度为 $H_i = (H_T \pm 2)$ mm,上下底面平行、处于静止充气状态,空气弹簧内部压力为 $P_M(1 \pm 0.05)$,对应垂向载荷为 F_M 。在最大压力 P_M 下:

——进行 5 个从 $-d_M$ 到 $+d_M$ 的垂向振动循环;

——在安装高度下静态放置 (15 ± 2) min。

b) 试验测试

首先测量标准高度 HT 下对应内压 P_j 的载荷,然后使空气弹簧分别达到 $H_T + d_j$ 、 H_T 、 $H_T - d_j$ 、

H_T 的高度,公差为 ± 2 mm,达到期望的高度后,压力保持在 P_J ,记录空气弹簧在每个高度时的垂向载荷。

如果需要测试不同压力下的载荷稳定性,则压力应该以降序进行,两相邻压力之间的测试尽量不停顿。

7.5.4 垂向阻尼系数

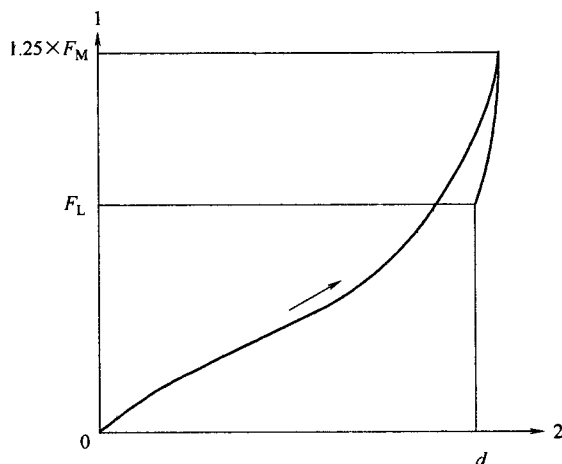
测试按照如下进行:

a) 试验准备

正式试验前:

- 将空气弹簧安装在振动试验台上,上面放置模拟垂向工作载荷 $F_J(1 \pm 0.05)$ 的质量块;
- 空气弹簧与一定容积的辅助空气室相连接,二者之间安装规定的节流阻尼装置;
- 向空气弹簧充气,使其承载力达到 $F_J(1 \pm 0.05)$;
- 在 $F_J(1 \pm 0.05)$ 下以垂向振幅 d_J 、频率 $f=0.1$ Hz 往复振动 5 个循环;
- 在 $F_J(1 \pm 0.05)$ 和安装高度 $H_1 = (H_T \pm 2)$ mm 下静态放置 (15 ± 2) min。

b) 试验测试



1——垂向载荷 F ;

2——垂向位移 d 。

图 26 辅助弹簧定载荷下的高度示例

对于任一个垂向载荷,测试不同激励振幅下的垂向阻尼系数,不同激励振幅应以升序进行测试,两相邻的测试间隔为 2 min ~ 3 min。

如果技术规范中没有指定试验频率范围,建议频率为 0.01 Hz ~ 5.0 Hz,试验以变频扫描的方式进行。激励振幅 $a=2.5$ mm、5.0 mm、7.5 mm,对于每个振幅进行变频扫描,记录空气弹簧上平面响应位移变化曲线,每个激励振幅下响应振幅最大时对应的频率为共振频率,共振频率时响应振幅与激励振幅的比值为共振倍率,由共振倍率可计算得到阻尼系数,见公式(6):

$$C_d = 2\pi \times f \times m_d / \sqrt{\xi^2 - 1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

对 3 个激励振幅都要进行测试,由不同的激励振幅得到的阻尼系数平均值为该载荷下的阻尼系数值。

如果测试不同载荷下的垂向阻尼系数值,载荷加载应以降序进行,加载载荷公差为 $\pm 5\%$ 。

7.6 辅助弹簧的功能特性试验方法

7.6.1 定载荷 F_J 下的高度

试验在 (23 ± 2) °C 环境温度下进行。

进行 4 个循环的加载试验,载荷从 0 到 $1.25F_M$,前 3 个循环时间周期为 30 s ~ 60 s,第 4 个循环时间周期为 60 s ~ 120 s。

从第 4 个循环开始记录数据,在第 4 个循环的载荷卸载阶段,当载荷到达期望的 F_j 时,停留并保持 (10 ± 2) s,测量定载荷 F_j 下的高度 h_{AF} ,图 26 为定载荷下的位移量示例。

定载荷下的高度 h_{AF} 应符合技术规范的要求,推荐公差见附录 C。在最大载荷 $1.25F_M$ 之前,载荷位移曲线不应出现急剧上升的情况。

7.6.2 载荷位移特性

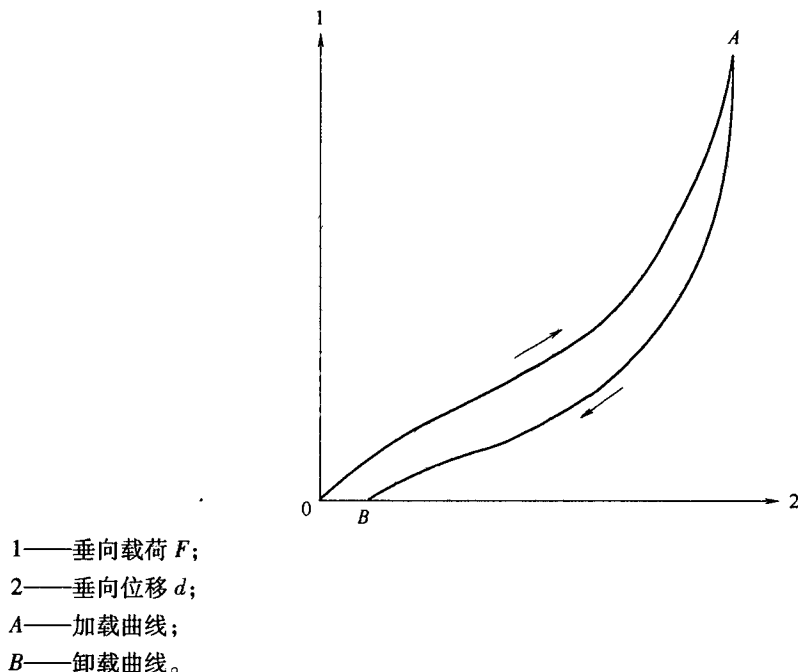


图 27 辅助弹簧载荷—位移例子

试验在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 环境温度下进行。

进行 3 个循环的加载试验,载荷从 0 到 $1.25F_M$,每个加载循环所需的时间在 30 s ~ 60 s。

从第 3 个循环开始记录数据,图 27 为载荷—位移曲线示例,在曲线的上升段(加载阶段),找到期望评价的载荷点 F_j ,辅助弹簧在该点的垂向刚度按照公式(3)计算得到,其中:

$$F_1 = 0.99F_j$$

$$F_2 = 1.01F_j$$

d_1 ——曲线上升段对应 F_1 时的位移值;

d_2 ——曲线上升段对应 F_2 时的位移值。

7.6.3 垂向动态刚度

试验在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 环境温度下进行。

试验频率和振幅根据技术规范要求而定。如果技术规范中没有指定试验频率,推荐的频率为 1.0 Hz、2.0 Hz、5.0 Hz;振幅与辅助弹簧的型式有关,对于平板式橡胶堆,推荐振幅为 ± 1 mm,对于锥形和沙漏式橡胶堆,推荐振幅为 ± 5 mm。

在期望的载荷 F_L 下,以确定的频率 f_L 和振幅 a_L 进行动态测试,在开始记录数据之前,应先进行至少 10 个周期的循环,记录垂向载荷—位移数据。辅助弹簧在频率 f_L 下的垂向刚度由公式(7)确定:

$$K_{\text{dyn}} = (F_{L\max} - F_{L\min}) / (2 \times a_L) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$F_{L\max}$ ——对应最大位移时的载荷值;

$F_{L\min}$ ——对应最小位移时的载荷值。

如果测试不同载荷下的垂向特性,载荷加载应以升序进行。

对于同一垂向载荷在不同频率 f 下的测试,测试频率也应以升序进行。

图 28 为载荷 $F(t)$ —垂向位移 $d(t)$ 曲线示例。

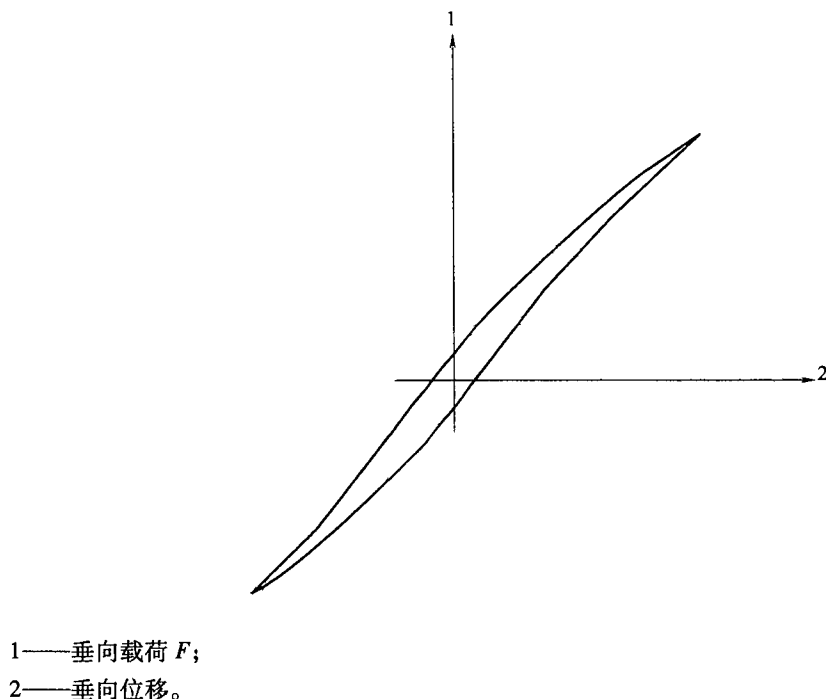


图 28 辅助弹簧垂向动态载荷—位移曲线示例

7.6.4 辅助弹簧静态蠕变

技术规范应明确进行蠕变试验的载荷 F_c , 如果技术规范没有明确要求, 推荐按照公式(8)计算蠕变的载荷。

$$F_c = 0.5F_0 + 0.5(F_1/3 + 2F_2/3) \quad \dots\dots\dots (8)$$

硫化与试验之间的时间间隔最少为 24 h, 试验前应进行 24 h 环境调节, 环境调节温度为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, 试验应在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境内进行, 试验前先按照 7.6.2 测试 F_c 载荷下的刚度。

按照 7.6.1 的试验过程测量在载荷 F_c 的高度, 以此时为时间零点, 始终保持载荷 F_c 为常数, 开始记录辅助弹簧高度随时间的变化过程, 推荐采用连续记录的方式, 直到试验结束; 如不具备连续记录条件, 可以采用间断的记录方式, 间隔可以每 2 h 记录一次, 但在 1 min、10 min、1 h、1 h 40 min、24 h 的高度是应记录的, 每次记录内容包括蠕变时间和高度。

蠕变持续的时间取决于蠕变的稳定时间, 当最近的 24 h 时间段内的蠕变小于第 1 h 到第 24 h 蠕变量的 10% 时, 蠕变试验可以结束, 记录结束时的时间和高度, 卸除载荷 F_c 。

数据处理时, 有如下定义:

—— $t_0 = 1 \text{ min}$

—— $t_2 = 100 \text{ min}$

对 t_0 、 t_2 时刻取以 10 为底的对数, 结合对应的蠕变量 d_{c0} 和 d_{c2} , 绘制如图 29 所示的辅助弹簧高度—时间对数图线。

图中:

—— L_0 对应 t_0 时刻的高度;

—— L_2 对应 t_2 时刻的高度;

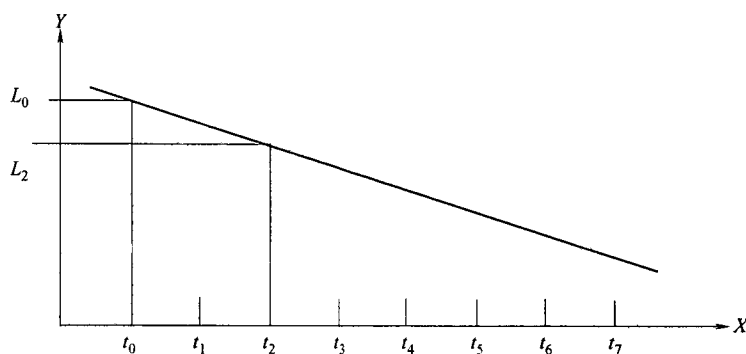
—— $t_0 = 1 \text{ min}$;

—— $t_1 = 10 \text{ min}$;

—— $t_2 = 1 \text{ h } 40 \text{ min}$;

- $t_3 = 16 \text{ h } 40 \text{ min}$;
 —— $t_4 = 6 \text{ d } 22 \text{ h } 40 \text{ min}$;
 —— $t_5 = 69 \text{ d } 10 \text{ h } 40 \text{ min}$;
 —— $t_6 = 694 \text{ d } 10 \text{ h } 40 \text{ min}$;
 —— $t_7 = 6\,944 \text{ d } 10 \text{ h } 40 \text{ min}$ 。

由图 29 可以推算辅助弹簧在任意时刻及寿命周期的高度,结果应符合技术规范的要求。



X——时间对数;

Y——辅助弹簧垂向高度。

图 29 辅助弹簧高度—时间对数曲线

蠕变试验结束后再按照 7.6.2 测试 F_c 载荷下的刚度。

7.6.5 辅助弹簧粘结强度

该项为非破坏性试验,试验方法按照 TB/T 2843 — 2007 附录 C 中 C.6.2 进行。

7.6.6 辅助弹簧高温老化

高温老化试验前,按照 7.6.2 测试 F_0 载荷下的刚度。

把辅助弹簧放置到 $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境箱中 14 d, 14 d 时间结束后,检查表面状态,结果应符合 6.5.6 的要求。

检查完毕后,把辅助弹簧放置于 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境内 24 h, 仍然按照 7.6.2 测试 F_0 载荷下的刚度,得到高温老化后的刚度结果,高温老化前后的刚度变化量应符合附录 C 的要求。

7.6.7 辅助弹簧低温性能

低温试验前,按照 7.6.2 测试 F_0 载荷下的刚度。

辅助弹簧承受 F_0 载荷,放置到 $(-40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境中 24 h, 然后按 7.6.2 测试空车载荷 F_0 下的刚度,得到低温冷冻后的结果,低温冷冻前后的刚度变化量应符合附录 C 的要求。

7.7 摩擦副特性试验方法

7.7.1 摩擦系数

常温下,施加垂向载荷 F_L , 以 5 mm/s 的速度和振幅 a 进行水平振动, 先进行 10 个周期的预循环, 记录第 11 个循环的载荷位移数据, 对两个方向的水平力值取绝对值然后平均, 平均值与垂向载荷的比值为摩擦系数。

垂向载荷和水平振幅的取值按照技术规范的要求, 如技术规范没有明确要求, 推荐的垂向载荷为 F_0 、 F_M , 推荐的水平振幅为 $\pm 10 \text{ mm}$ 、 $\pm 30 \text{ mm}$ 、 $\pm 50 \text{ mm}$ 和最大水平位移值 $\pm d_M$ 。

7.7.2 摩擦疲劳性能

常温下, 把空气弹簧上盖和辅助弹簧安装在一起, 施加最大垂向工作载荷 F_M , 以 0.1 Hz ~ 0.5 Hz 的任一频率, 振幅 $\pm 10 \text{ mm}$ 进行 7.2×10^4 个循环的摩擦疲劳试验; 然后再以振幅 $\pm 30 \text{ mm}$ 进行 1.8×10^4 个循环的摩擦疲劳试验。疲劳试验结束后, 应再测试摩擦系数, 并对上下摩擦副进行检查, 结果应符合 6.6.2 的要求。

试验过程中,当磨损板表面温度超过 +40 ℃时,可采取风冷处理或者降低试验频率的措施。

8 检验规则

8.1 原材料检验

空气弹簧原材料及加工件入厂时,应进行验收检验。检验内容应满足表 3 要求,并附有材料的材质证明。

表 3 空气弹簧原材料检验要求

项目	检验内容	检验周期	要 求
橡胶	物理机械性能	每批胶料均做拉伸强度、拉断伸长率试验;每半年做一次脆性温度、热空气老化、橡胶屈挠性能、压缩永久变形、橡胶与金属粘结强度及技术文件规定的其他性能检验	见表 4
金属	材质和物理机械性能	每批加工件	产品技术要求

表 4 空气弹簧胶料物理机械性能要求

项 目		指 标				试验方法
		胶囊内层橡胶	胶囊外层橡胶	上盖、支座胶料	橡胶堆胶料	
拉伸强度 MPa		≥15	≥15	≥15	≥18	GB/T 528—2009
拉断伸长率 %		≥450	≥450	≥250	≥450	
热空气老化 (70℃,96 h) %	拉伸强度变化率	≥ -10	≥ -10	≥ -20	≥ -10	GB/T 3512—2001
	扯断伸长率变化率	≥ -20	≥ -20	≥ -20	≥ -20	
橡胶屈挠性能 (推荐使用矩形试样)		2×10 ⁵ 次 无龟裂	5×10 ⁵ 次 无龟裂	/	/	GB/T 13934—2006
橡胶与金属粘合强度 MPa		/	/	≥5	≥5	GB/T 11211—2009
恒定压缩永久变形 (A 型,70 ℃,24 h)%		/	/	≤30	≤20	GB/T 7759—1996

8.2 出厂检验

8.2.1 空气弹簧出厂检验内容及检验方案见表 5。合格后方可出厂,出厂时应附有产品质量合格证明文件。

表 5 空气弹簧出厂检验

检验项点	技术要求	试验方法	检验方案
自由状态外观	6.2.1	7.3.1	100%
极限垂向工作载荷下的外观	6.2.4	7.3.4	100%
空气弹簧气密性	6.2.5	7.3.5	100%
辅助弹簧空载时的高度	6.5.1	7.6.1	100%
辅助弹簧空载时的垂向刚度	6.5.2	7.6.2	锥形橡胶堆和沙漏橡胶堆 100%,平板橡胶堆不检该项点
辅助弹簧粘接强度	6.5.5	7.6.5	锥形橡胶堆 100%,平板橡胶堆和沙漏橡胶堆不检该项点

8.2.2 空气弹簧出厂检验时,若有一项不合格,则应从该批产品中随机再抽取双倍产品进行复检,全部项目合格为合格,若有一项不合格,则判定该批产品不合格。

8.3 型式检验

8.3.1 空气弹簧在下列情况之一时应进行型式检验:

- a) 新产品定型鉴定时;
- b) 连续生产每满2年时;
- c) 停产超过1年再次恢复生产时;
- d) 当产品的设计、原材料、工艺发生重大改变时;
- e) 异地生产时。

8.3.2 对空气弹簧性能的型式试验整个过程应针对生产序列号唯一的气囊、上盖、支座、扣环进行,不可用同一型号多个(不同的生产序列号)上述零部件拼凑成全套的试验项点,辅助弹簧试验和摩擦试验可根据试验项点需要选用多个产品进行。

8.3.3 空气弹簧型式试验的项目及顺序按表6进行。

表6 空气弹簧型式试验

序号	检验项点	判断准则	试验方法
1	自由状态外观	6.2.1	7.3.1
2	极限垂向工作载荷下的外观	6.2.4	7.3.4
3	压力载荷特性	6.4.2	7.5.2
4	气密性	6.2.5	7.3.5
5	新品时的外形尺寸	6.3.1	7.4.1
6 ^a	压力载荷稳定性能	6.4.3	7.5.3
7	垂向静态刚度	6.4.1.2	7.5.1.2.2
8 ^a	垂向动态刚度	6.4.1.5	7.5.1.3.2
9 ^a	垂向阻尼系数	6.4.4	7.5.4
10	水平静态刚度	6.4.1.3	7.5.1.2.3
11	最大水平位移下的外观	6.2.2	7.3.2
12 ^a	水平动态刚度	6.4.1.6	7.5.1.3.3
13 ^a	扭转静态刚度	6.4.1.4	7.5.1.2.4
14 ^a	扭转动态刚度	6.4.1.7	7.5.1.3.4
15	疲劳试验	6.2.6	7.3.6
16	疲劳后气密性	6.2.5	7.3.5
17	疲劳后压力载荷特性	6.4.2	7.5.2
18	疲劳后垂向静态刚度	6.4.1.2	7.5.1.2.2
19	疲劳后水平静态刚度	6.4.1.3	7.5.1.2.3
20	疲劳后的外形尺寸	6.3.2	7.4.2
21	爆破试验	6.2.7	7.3.7
22	耐低温性能	6.1.2	7.2.1
23	耐臭氧性能	6.1.4	7.2.2
24 ^a	耐油性能	6.1.4	7.2.3

表 6(续)

序号	检验项目	判断准则	试验方法
25	耐清洗剂性能	6.1.5	7.2.4
26	耐磨耗性能	6.1.6	7.2.5
27	辅助弹簧定载荷下的高度	6.5.1	7.6.1
28	辅助弹簧定速度载荷位移特性	6.5.2	7.6.2
29 ^a	辅助弹簧垂向动态刚度	6.5.3	7.6.3
30	辅助弹簧静态蠕变	6.5.4	7.6.4
31 ^b	辅助弹簧粘接强度	6.5.5	7.6.5
32 ^a	辅助弹簧高温老化试验	6.5.6	7.6.6
33 ^a	辅助弹簧低温性能试验	6.5.7	7.6.7
34 ^a	摩擦系数	6.6.1	7.7
35 ^a	摩擦疲劳性能	6.6.2	7.7.2
^a 相应试验项目为可选项,是否进行这些试验由用户与供应商协商。 ^b 平板橡胶堆及沙漏橡胶堆不进行该项试验。			

8.3.4 空气弹簧型式试验时,全部满足要求为合格。其刚度特性有一项不合格时,则取双倍产品进行复检,全部项目合格为合格。

9 标志、包装、储存与运输

9.1 标 志

每一个空气弹簧都应有清晰耐久的标志,标志的内容为:

- 供应商商标;
- 如果供应商有多个制造工厂,还应有制造工厂代号;
- 产品型号;
- 生产日期(包括年、月或年、周);
- 唯一的生产序列号;
- 用户要求的其他信息。

上述标志应在外表面容易看到的部位,且不会与其他部件接触,比如与辅助弹簧接触。

用户可根据需要提出禁止设置标志的位置,供应商应在图纸上明示标志的位置。

9.2 包 装

包装应牢固可靠、保证产品不受挤压变形;包装外面应注明产品名称、数量、规格和防护等标识。

包装内应附有产品合格证。

9.3 储 存

9.3.1 空气弹簧应储存在干燥、通风、避光的地方,储存的环境温度范围应在 $-15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$,产品应堆放整齐,保持清洁,不应与酸、碱、油类、有机溶剂等接触,应距热源 1 m 以上且不宜与地面直接接触。

9.3.2 空气弹簧的储存期不应超过两年。

9.4 运 输

空气弹簧在运输过程中,应避免阳光直接暴晒、雨淋、雪侵,并保持清洁,不应与影响橡胶质量的物质接触。

附 录 A
(资料性附录)
空气弹簧气囊及辅助弹簧型式

A. 1 典型的空气弹簧气囊型式

图 A. 1 ~ 图 A. 5 为空气弹簧气囊的典型示例,其结构会明显影响产品功能特性,虽然本附录中给出了这些示例,但仍然有可能存在其他型式的气囊。

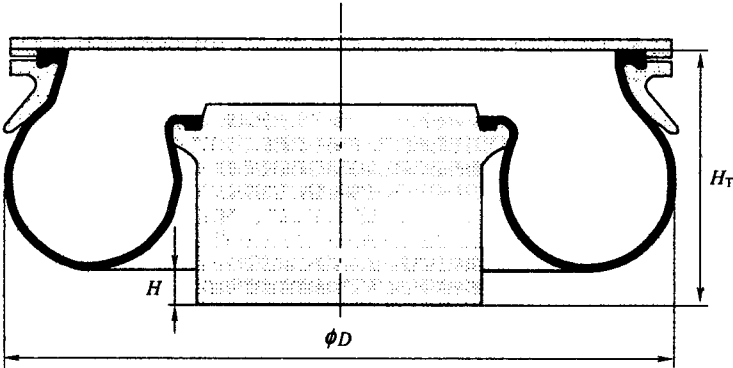


图 A. 1 大曲囊式胶襄例子

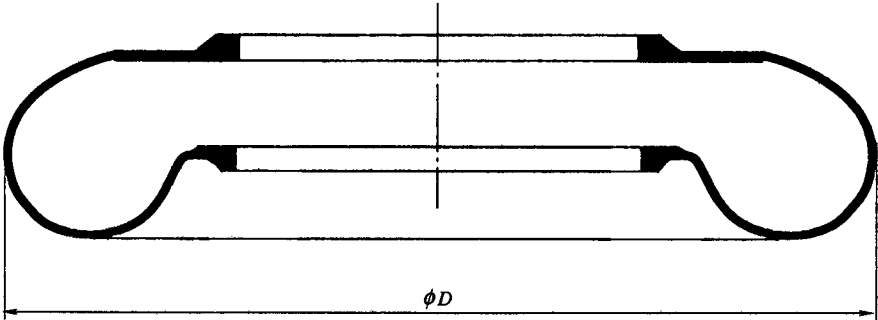


图 A. 2 小曲囊式胶襄例子

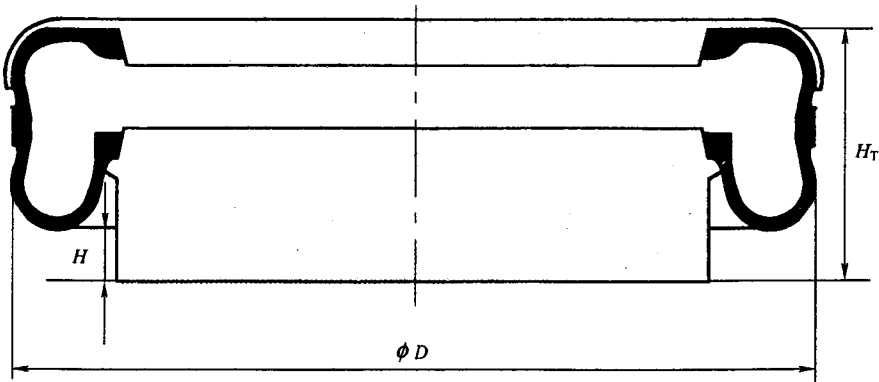


图 A. 3 腰带式胶襄例子

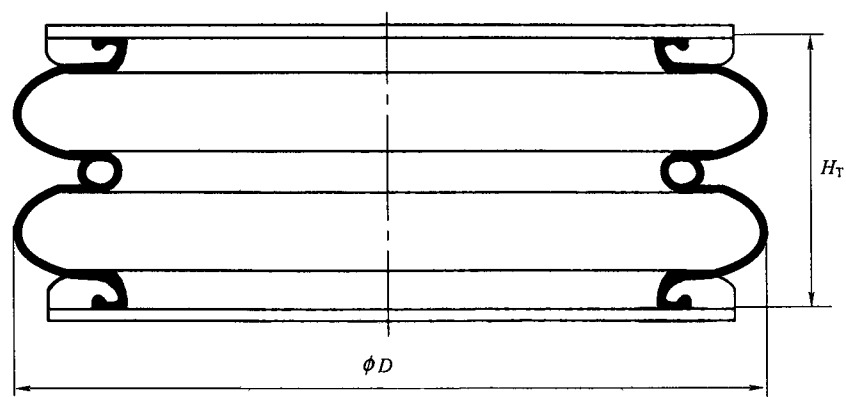


图 A.4 双曲囊式胶囊例子

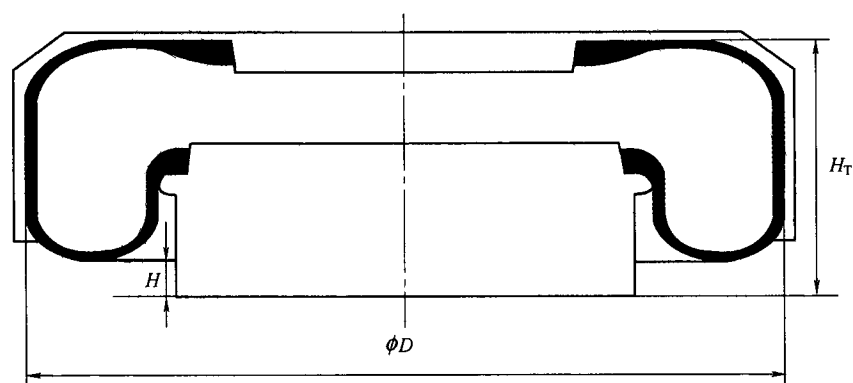


图 A.5 约束膜式胶囊例子

A.2 典型的空气弹簧辅助弹簧型式

图 A.6 ~ 图 A.9 为空气弹簧辅助弹簧的典型示例,其结构会明显影响产品功能特性,虽然本附录中给出了这些示例,但仍然有可能存在其他型式的辅助弹簧。

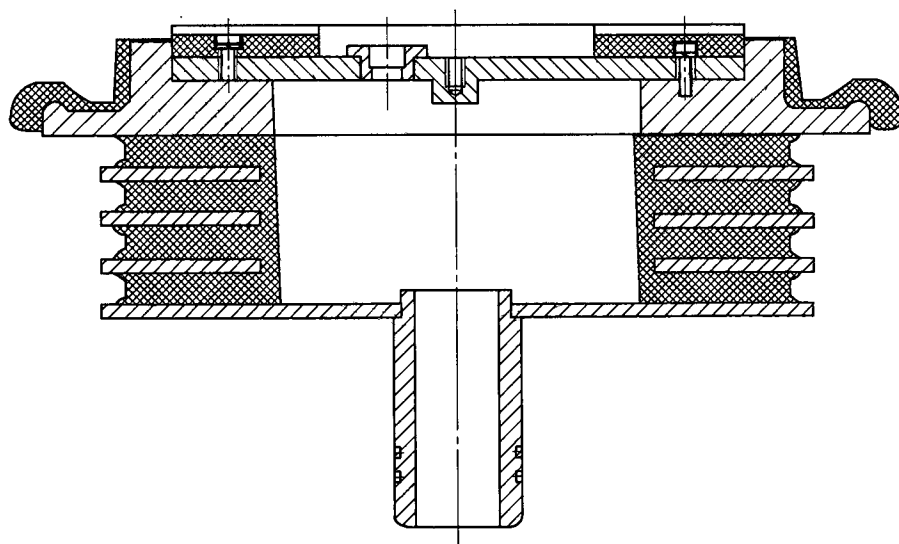


图 A.6 平板式橡胶堆辅助弹簧

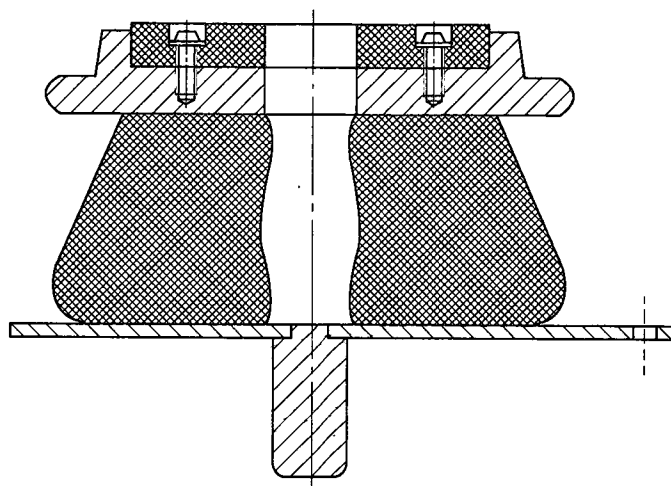


图 A.7 沙漏式橡胶堆辅助弹簧

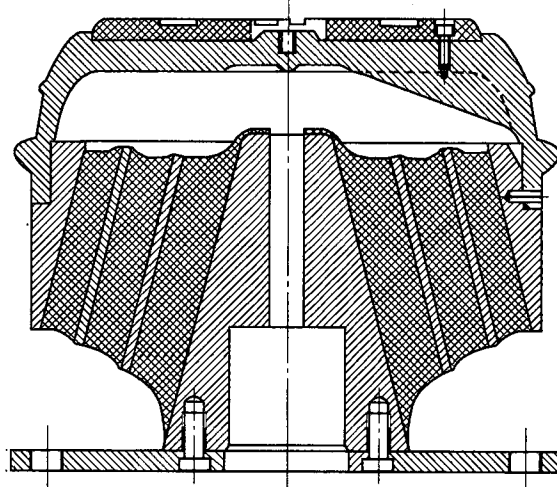


图 A.8 锥形橡胶堆辅助弹簧

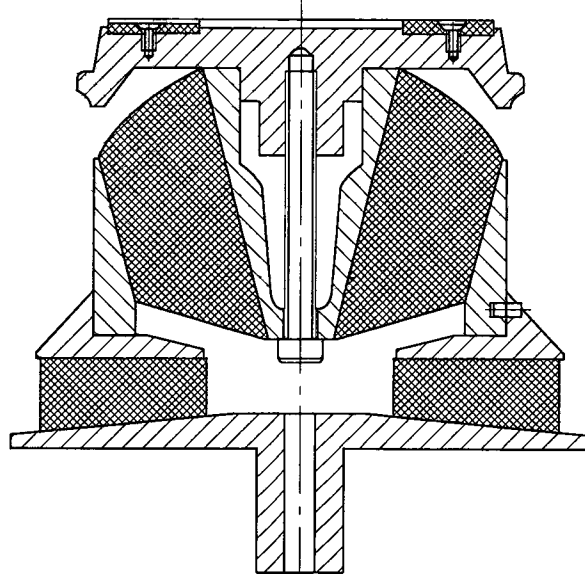


图 A.9 锥形橡胶堆 + 平板橡胶堆辅助弹簧

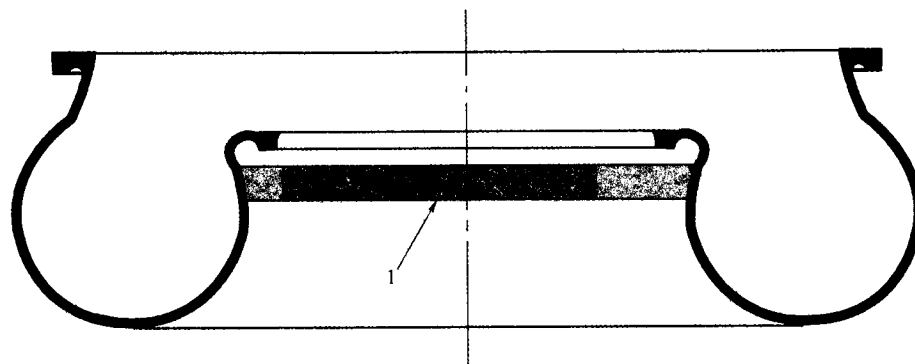
附 录 B
(规范性附录)
气囊样片取样位置

B.1 取样准备

样片应至少提前 24 h 准备好。

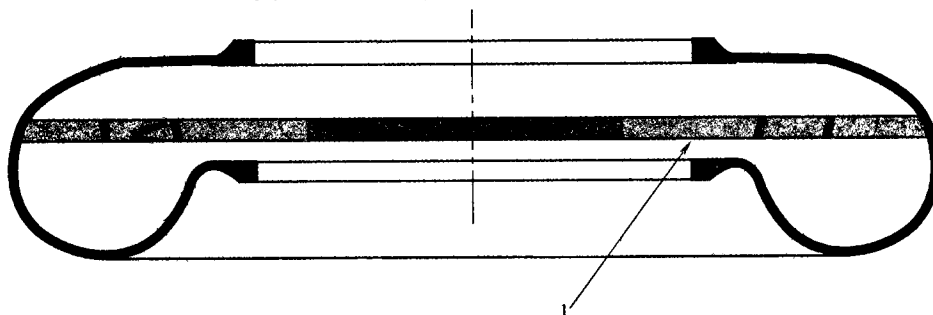
B.2 气囊上取样区域

取样应在通过疲劳试验、外观检查、性能试验和爆破试验后的气囊上进行,取样区域见图 B.1 ~ 图 B.4。



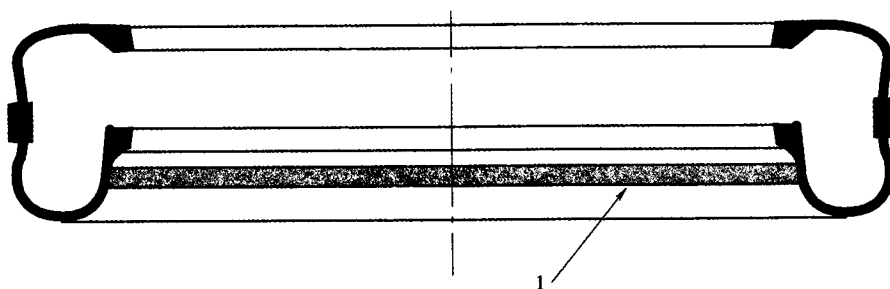
1——取样区域(下子口以下约 60 mm 处开始,向远离下子口的方向取样,取样尺寸取决于耐环境试验类型)

图 B.1 大曲囊式气囊样片取样区域



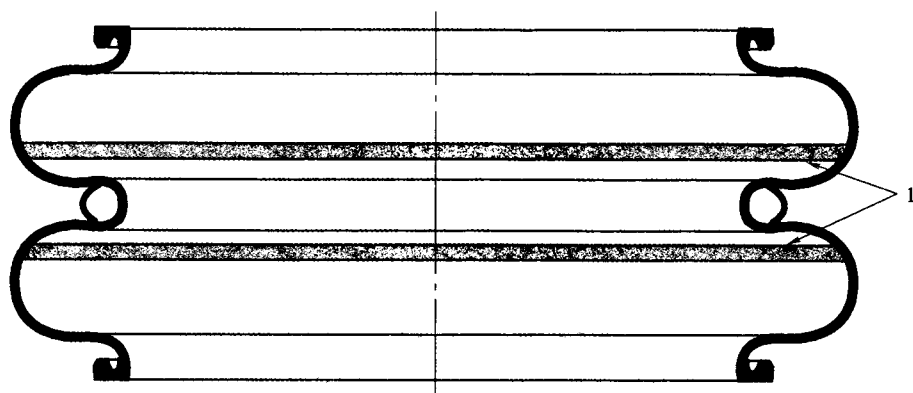
1——取样区域(气囊最大直径附近开始,向两端部方向取样,取样尺寸取决于耐环境试验类型)

图 B.2 小曲囊式气囊样片取样区域



1——取样区域(下子口以下约 60 mm 处开始,向远离下子口的方向取样,取样尺寸取决于耐环境试验类型)

图 B.3 腰带式气囊取样区域



1——取样区域(腰带两侧 20 mm 左右处开始,向两端部方向取样,取样尺寸取决于耐环境试验类型)

图 B.4 双曲囊式气囊取样区域

附 录 C
(规范性附录)
空气弹簧特性公差

C.1 目 的

规定了空气弹簧各功能特性的公差范围。

特性公差一般按表 C.1 中的正常公差执行,严格的公差标准导致制造成本增加。

C.2 公差等级

技术规范中应明确公差值要求,产品的公差范围见表 C.1,产品功能特性不应该超出附表的要求。当用户有不同于附表的公差值要求时,应当同供应商协商,双方同意后,可采用用户提出的公差。

表 C.1 空气弹簧公差限度值

特性项点分类	特性描述	严格公差	正常公差
空气弹簧有气时的功能特性	垂向静态刚度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	水平静态刚度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	扭转静态刚度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	压力载荷特性	$\pm 3\%$	$\pm 5\%$
	垂向压力载荷稳定性	$\pm 5\%$	$\pm 8\%$
	垂向动态刚度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	水平动态刚度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	扭转动态刚度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	垂向阻尼系数	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$
辅助弹簧功能特性	定载荷下的高度 mm	± 2	± 2.5
	载荷位移特性刚度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	垂向动态刚度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	蠕变前后刚度变化量	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$
	高温老化前后刚度变化量	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
	低温冷冻前后刚度变化量	$+ 60\%$	$+ 70\%$

参 考 文 献

- [1] BS EN13913:2003 铁道车辆用橡胶悬挂部件——橡胶金属件
 - [2] JIS E 4206:1989 铁道车辆用弹簧装置
-

中 华 人 民 共 和 国
铁 道 行 业 标 准
铁 道 车 辆 空 气 弹 簧
Air spring for railway vehicle
TB/T 2841—2010

*

中国铁道出版社出版、发行
(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174
中国铁道出版社印刷厂印刷
版权专有 侵权必究

*

开本:880 mm×1 230 mm 1/16 印张:3 字数:80 千字
2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

*



定 价: 30.00 元