



中华人民共和国国家标准

GB/T 20688.1—XXXX

代替 GB/T 20688.1—2007

橡胶支座

第1部分：隔震橡胶支座试验方法

Rubber bearing —
Part 1: Seismic-protection isolators test methods

(ISO 22762-1: 2024, Elastomeric seismic-protection isolators —
Part 1: Test methods, MOD)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准委员会发布

目 次

前言	IV
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和示意图	3
4.1 符号	3
4.2 示意图	5
5 橡胶材料物理性能试验	6
5.1 试验项目	6
5.2 试验条件和试件	7
5.3 拉伸性能	7
5.4 老化性能	7
5.5 硬度	7
5.6 黏合性能	7
5.7 压缩永久变形	7
5.8 剪切性能	7
5.9 断裂性能	9
5.10 脆性点	9
5.11 抗臭氧老化	9
5.12 低温结晶性能	9
6 隔震橡胶支座力学性能试验	10
6.1 试验项目	10
6.2 试验条件和试验报告	11
6.3 压缩性能和剪切性能试验	12
6.4 相关性试验	16
6.5 极限剪切性能试验	17
6.6 拉伸性能试验	17
6.7 耐久性性能试验	18
6.8 低速率变形的反力性能试验	20
7 支座尺寸测量	21
7.1 通则	21
7.2 测量工具	21
7.3 支座平面尺寸测量	21
7.4 支座高度测量	21
7.5 支座平整度测量	22
7.6 支座水平偏移测量	22
7.7 连接板平面尺寸测量	23

7.8 连接板厚度测量	23
7.9 连接板螺栓孔位置测量	23
附录 A (资料性) 本文件章条编号与 ISO 22762-1: 2024 章条编号对照	24
附录 B (资料性) 本文件与 ISO 22762-1: 2024 技术性差异与原因	25
附录 C (资料性) 老化性能试验条件的确定	26
C.1 通则	26
C.2 试件要求	26
C.3 确定方法	26
C.4 计算方法	26
附录 D (资料性) 考虑惯性力对剪力的修正	28
D.1 通则	28
D.2 惯性力的测量方法	28
D.3 计算方法	28
附录 E (资料性) 考虑摩擦力对剪力的修正	30
E.1 通则	30
E.2 测试装置	30
E.3 摩擦力的测试方法	30
E.4 计算方法	30
附录 F (资料性) 剪切性能的确定方法	32
F.1 通则	32
F.2 水平切线刚度	32
F.3 屈服力	32
附录 G (资料性) 线性热膨胀系数的测定方法	34
G.1 通则	34
G.2 试件	34
G.3 试验温度	34
G.4 试件放置时间	34
G.5 测定方法	34
G.6 计算方法	34
附录 H (资料性) 低速率变形的反力性能	35
H.1 连续加载法	35
H.2 间歇加载法	35

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。

本文件是 GB/T 20688《橡胶支座》的第1部分。GB/T 20688 已经发布了以下部分：

- 第1部分：隔震橡胶支座试验方法；
- 第2部分：桥梁隔震橡胶支座；
- 第3部分：建筑隔震橡胶支座；
- 第4部分：普通橡胶支座；
- 第5部分：建筑隔震弹性滑板支座。

本文件代替 GB/T 20688.1—2007《橡胶支座 第1部分：隔震橡胶支座试验方法》。与 GB/T 20688.1—2007 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了“普通橡胶支座”和“名义压应力”的定义（见 2007 版的 3.10 和 3.18）；
- b) 删除了“ A_b ”、“ B ”等 81 个符号及其说明，增加了“ A_c ”、“ B_0 ”等 35 个符号及其说明，更改了 4 个符号（见 4.1，2007 版的第 4 章）；
- c) 增加了橡胶材料性能试验试样制备的规定（见 5.2.1，2007 版的 5.2）；
- d) 增加了橡胶材料硬度的测定方法（见 5.2.2，2007 版的 5.5）；
- e) 更改了橡胶材料拉伸试验试样的规定（见 5.2.3，2007 版的 5.3）；
- f) 增加了力学性能试验力学传感器标定方法的规定（见 6.2.4，2007 版的 6.2.4）；
- g) 删除了剪切性能双剪试验方法（见 6.3.2，2007 版的 6.3.2）；
- h) 增加了剪切试验中力学传感器与试件竖直连接时，不需要修正的规定（见 6.3.2，2007 版的 6.3.2）；
- i) 更改了剪切性能加载频率相关性试验中试验加载频率选取方法的规定并增加了可供选取的试验加载频率范围（见 6.4.3，2007 版的 6.4.3）；
- j) 增加了压缩性能剪应变相关性中可供选取的试验剪应变范围（见 6.4.6，2007 版的 6.4.6）；
- k) 更改了极限剪切性能试验的内容（见 6.5，2007 版的 6.5）；
- l) 更改了徐变性能压力波动允许偏差的要求（见 6.7.2，2007 版的 6.7.2）；
- m) 更改了疲劳性能的试验方法（见 6.7.3，2007 版的 6.7.3）。

本文件与 ISO 22762-1：2024 相比，在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 22762-1：2024 相比，存在较多技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线（|）进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动：

- 更改了表格的编排形式；
- 删除了 ISO 22762-1：2024 中的资料性附录 F、附录 H 和附录 I；
- 增加了资料性附录 A、附录 B。

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专利的责任。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会（SAC/TC 35）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件于 2007 年首次发布，本次为第一次修订。

引言

橡胶支座是目前应用最广泛的隔震支座类型，在建筑、桥梁或其它结构中的实际应用占大多数，技术成熟度高。隔震支座的检测和试验是保障橡胶支座产品有效发挥功能、实现高质量隔震工程的关键环节。作为我国第一部有关隔震橡胶支座试验方法的国家标准，GB/T 20688.1—2007《橡胶支座 第1部分：隔震橡胶支座试验方法》自颁布实施以来，对我国隔震技术的发展成熟和应用推广发挥了巨大作用。该标准是在国家标准ISO 22762-1: 2005基础上，结合我国橡胶隔震支座产品和检测行业实际情况修订编制的，该标准实施十多年来，其规定的试验方法和结果评定方法等，在我国工程实践中表现出良好的适应性，指导了我国后续一系列标准的制定和发展，促进了隔震支座相关技术的规范化和标准化，成为后续一系列设计标准、技术规程和地方标准的重要参考，满足了我国该阶段隔震支座进行各种试验和检测的需要。

近年来，随着世界范围内隔震橡胶支座的推广应用，橡胶支座的试验技术和检测标准得到更加广泛的关注。我国是隔震技术需求增长最迅猛的国家之一，特别是2021年颁布实施《建筑工程抗震管理条例》（中华人民共和国国务院令744号）和国家标准《建筑隔震设计标准》（GB/T 51408-2021）以来，各地对规范隔震支座检测、严控产品质量、提升隔震工程管理水平等均提出了更高要求。同时，国际上ISO 22762-1: 2005也已更新为ISO 22762-1: 2024版本，新版本内容基本继承了原有版本并进行了少量修订，得到世界隔震技术主流国家的认同和采用。

在上述背景下，为顺应我国隔震技术行业发展和技术标准的迭代，更好地规范市场行为、控制产品质量，保障工程安全，促进检测行业健康发展，本文件根据我国具体国情，修改采用国际标准ISO 22762-1: 2024。

作为GB/T 20688《橡胶支座》系列标准的第一部分，本文件是对该系列标准其它各部分所对应支座类型基本试验方法的归纳，适用于GB/T 20688.2、GB/T 20688.3、GB/T 20688.5所规定的桥梁或建筑隔震橡胶支座、GB/T 20688.6 所规定不高于丙级的隔震支座各项技术指标，以及GB/T 20688.6 所规定的甲级、乙级隔震支座的部分最基本技术指标的检测，为各类试验提供指南。目前GB/T 20688《橡胶支座》由六个部分构成。

——橡胶支座 第1部分：隔震橡胶支座试验方法（GB/T 20688.1）。目的在于确立隔震橡胶支座性能和橡胶材料性能试验方法，为规范各类试验提供指南。

——橡胶支座 第2部分：桥梁隔震橡胶支座（GB/T 20688.2）。目的在于确立桥梁隔震橡胶支座分类和技术要求，指导桥梁隔震橡胶支座的设计、生产和检验。

——橡胶支座 第3部分：建筑隔震橡胶支座（GB/T 20688.3）。目的在于确立建筑隔震橡胶支座的分类和技术要求，指导建筑隔震橡胶支座的设计、生产和检验。

——橡胶支座 第4部分：普通橡胶支座（GB/T 20688.4）。目的在于确立普通橡胶支座的分类和技术要求，指导普通橡胶支座的设计、生产和检验。

——橡胶支座 第5部分：建筑隔震弹性滑板支座（GB/T 20688.5）。目的在于确立建筑隔震弹性滑板支座分类和技术要求，指导建筑隔震弹性滑板支座的设计、生产和检验。

——橡胶支座 第6部分：高性能隔震橡胶支座（GB/T 20688.6）。目的在于确立乙级和甲级隔震支座的分类、技术要求，并规定其高耐久性高性能试验方法，指导高耐久性高性能隔震橡胶支座的设计、生产和检验。

橡胶支座

第1部分：隔震橡胶支座试验方法

1 范围

本文件描述了隔震橡胶支座性能和橡胶材料性能的试验方法。

本文件适用于 GB/T 20688.2、GB/T 20688.3、GB/T 20688.5 所规定的桥梁或建筑隔震橡胶支座、GB/T 20688.6 所规定不高于丙级的隔震橡胶支座的各项技术指标，以及 GB/T 20688.6 所规定的甲级、乙级隔震橡胶支座的部分技术指标的检测，其它工程隔震支座也可参考本文件执行。

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

GB/T 2941 橡胶 物理试验方法试样制备和调节通用程序（GB/T 2941—2025, ISO 23529: 2016, IDT）

GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验（GB/T 3512—2014, ISO 188: 2011, IDT）

GB/T 3672.1 橡胶制品的公差 第1部分：尺寸公差（GB/T 3672.1—2025, ISO 3302-1:2014, IDT）

GB/T 7759（所有部分） 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定

注：GB/T 7759.1—2015 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下（ISO 815-1: 2008, IDT）

GB/T 7759.2—2014 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第2部分：在低温条件下（ISO 815-2: 2008, IDT）

GB/T 7760 硫化橡胶或热塑性橡胶与硬质板材粘合强度的测定 90°剥离法（GB/T 7760—2003, ISO 813: 1997, MOD）

GB/T 7762 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂 静态拉伸试验（GB/T 7762—2014, ISO 1431-1: 2004, NEQ）

GB/T 9870.1 硫化橡胶或热塑性橡胶动态性能的测定 第1部分：通则（GB/T 9870.1—2006, ISO 4664-1: 2005, IDT）

GB/T 12830 硫化橡胶或热塑性橡胶 与刚性板剪切模量和粘合强度的测定 四板剪切法（GB/T 12830—2008, ISO 1827: 2007, IDT）

GB/T 12832 橡胶结晶效应的测定 硬度测量法（GB/T 12832—2008, ISO 3387: 1994, IDT）

GB/T 15256 硫化橡胶或热塑性橡胶 低温脆性的测定(多试样法)（GB/T 15256—2014, ISO 812: 2011, IDT）

GB/T 16825.1 金属材料静力单轴试验机的检验与校准第1部分：拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准（GB/T 16825.1—2022, ISO 7500—1:2018）

GB/T 20688.2 橡胶支座 第2部分：桥梁隔震橡胶支座（GB/T 20688.2—XXXX, ISO 22762-2: 2024, MOD）

GB/T 20688.3 橡胶支座 第3部分：建筑隔震橡胶支座（GB/T 20688.3—XXXX, ISO 22762-3: 2024, MOD）

MOD)

GB/T 39693.2 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定 第2部分：橡胶国际硬度(10 IRHD~100 IRHD) (GB/T 39693.2—2025, ISO 48-2:2018, IDT)

GB/T 39693.4 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定 第4部分：用邵氏硬度计法(邵尔硬度)测定压入硬度(GB/T 39693.4—2025, ISO 48-4:2018, IDT)

GB/T 39693.5 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定 第5部分：用便携式橡胶国际硬度计法测定压入硬度(GB/T 39693.5—2025, ISO 48-5:2018, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

破坏 breaking

由压（或拉）—剪荷载引起的支座的断裂破坏。

3.2

屈曲 buckling

在压—剪荷载作用下支座失去稳定性时的状态。

3.3

压缩性能 compressive properties of elastomeric isolator

各类型支座的压缩刚度（ K_v ）。

3.4

压—剪试验装置 compressive-shear testing machine

用于测试支座性能的装置，具有在恒定压力下施加剪切荷载的能力。

3.5

橡胶保护层 cover rubber 后文简称“保护层”。

包裹在内部橡胶和内部钢板外侧面的橡胶层。

3.6

设计压应力 design compressive stress

设计采用的作用于支座上的长期压应力。

3.7

有效承压面积 effective loaded area

支座承受竖向荷载的面积，等于内部钢板的平面面积。

3.8

有效宽度 effective width

矩形支座中内部橡胶层的短边长度。

3.9

隔震橡胶支座 elastomeric isolator

在地震区，用于房屋、桥梁或其它结构隔震的橡胶支座，包括天然橡胶支座（LNB）、铅芯橡胶支座（LRB）和高阻尼橡胶支座（HDR）。

3.10

第一形状系数 1st shape factor

支座中每层橡胶层的有效承压面积与其自由侧面表面积之比。

3.11

第二形状系数 2nd shape factor

对于圆形支座，为内部橡胶层直径与内部橡胶总厚度之比。

对于矩形或方形支座，为内部橡胶层有效宽度与内部橡胶总厚度之比。

3.12

天然橡胶支座（LNR） linear natural rubber bearing

用天然橡胶制成的支座。

3.13

铅芯橡胶支座（LRB） lead rubber bearing

内部含有竖向铅芯的支座。

3.14

高阻尼橡胶支座（HDR） high damping rubber bearing

用复合橡胶制成的具有较高阻尼性能的支座。

3.15

内部橡胶 inner rubber

支座内部多层钢板之间的橡胶层。

3.16

最大压应力 maximum compressive stress

地震时作用于隔震橡胶支座上的最大压应力。

3.17

滚翻 roll-out

用暗销或凹槽连接的支座发生水平位移时出现滚动翻倒的失稳现象。

3.18

剪切性能 shear properties of elastomeric isolators

天然橡胶支座的水平等效刚度 (K_h) 和等效阻尼比 (h_{eq})；

铅芯橡胶支座的水平等效刚度 (K_h)、等效阻尼比 (h_{eq})、屈服后刚度 (K_d) 和屈服力 (Q_d)；

高阻尼橡胶支座的水平等效刚度 (K_h) 和等效阻尼比 (h_{eq})。

3.19

极限剪切性能 ultimate shear properties

在压-剪荷载作用下隔震橡胶支座产生破坏、屈曲或滚翻时的性能。

3.20

低速率变形 low-rate deformation

支座按 5.0 %/s 或更低速率产生的剪切变形。

4 符号和结构示意图

4.1 符号

下列符号适用于本文件：

a —— 徐变量计算公式中的系数；

A_0 —— 有效面积，支座内部钢板的平面面积；

A_c —— 老化前后的性能变化率；

b —— 徐变量计算公式中的指数；

B_0 —— 老化前的性能；

B_1 —— 老化后的性能；

D' —— 圆形支座包括保护层厚度的直径；

D_f —— 圆形连接板的直径；

d_i —— 内部钢板的开孔直径；

d_0 —— 内部钢板的有效外径；

E_a —— 活化能，按材料各种性能的活化能最低值选取；

F_r —— 摩擦力；

G —— 橡胶的剪切模量；

G_s —— 低速率变形的剪切模量；

H —— 橡胶支座包括连接板的总高度；

H_n —— 橡胶支座不包括连接板的高度；

h_{eq} —— 等效阻尼比；

H_{23} —— 温度为 23°C 时，试件的高度。

h_{23} —— 温度为 23°C 时，内部橡胶的总厚度。

ΔH_{23} —— 温度为 23°C 时，竖向压缩位移的变化值；

ΔH_T —— 温度为 T 时，竖向压缩位移的变化值；

K_d —— 铅芯橡胶支座的屈服后刚度；

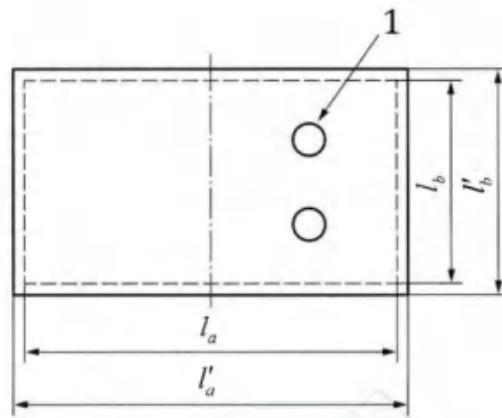
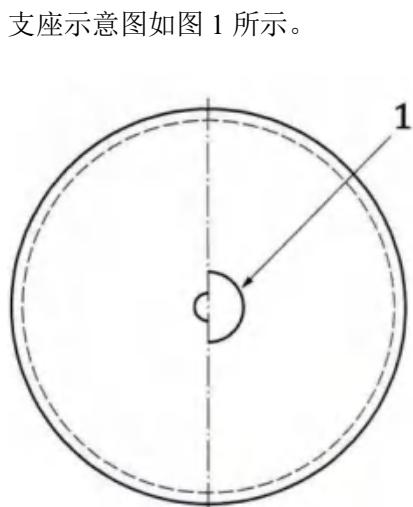
K_h —— 水平等效刚度；

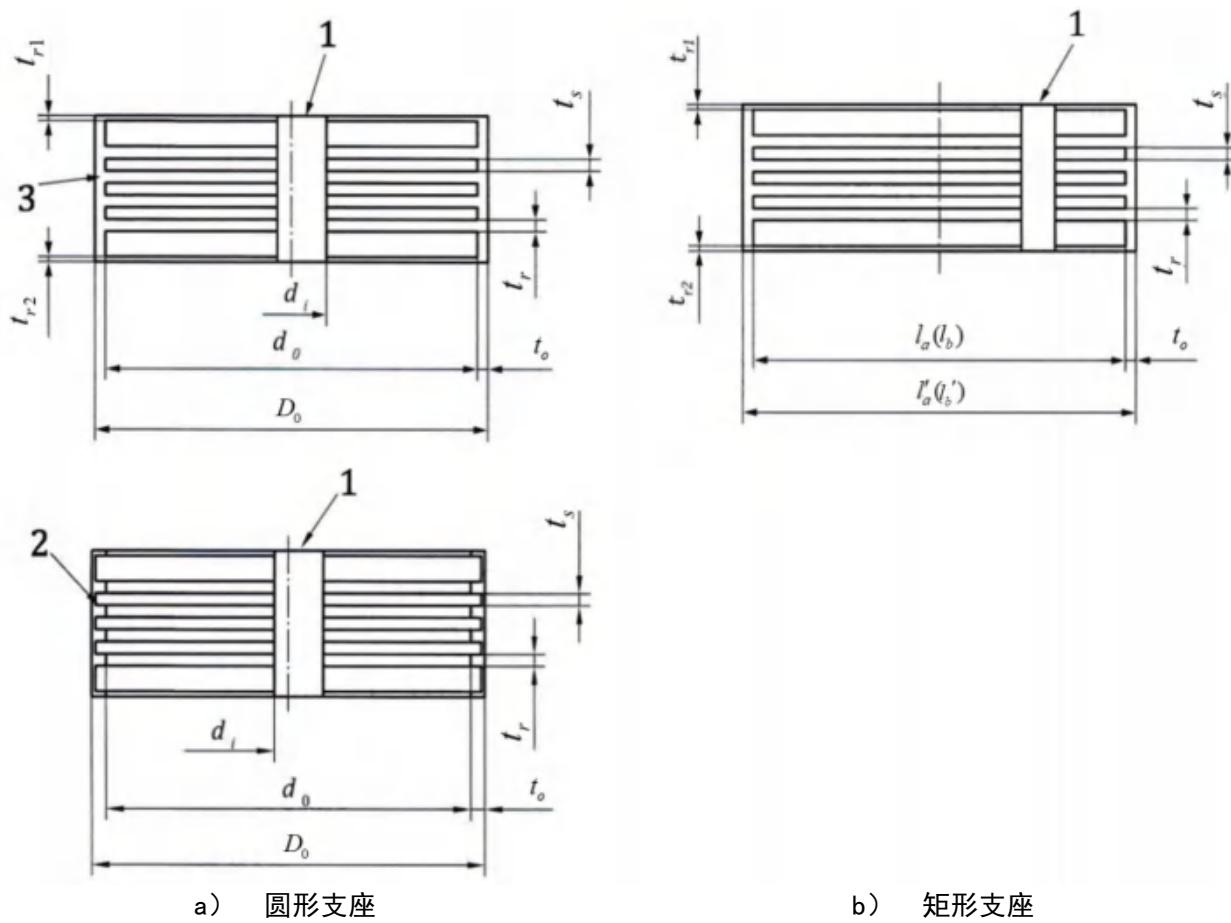
K_t —— 水平切线刚度；

- K_v —— 坚向压缩刚度;
 l_a —— 正方形支座内部橡胶的边长, 或矩形支座内部橡胶的长边长度, 见图 1;
 l'_a —— 矩形支座包括保护层厚度的长边长度;
 l_b —— 矩形支座内部橡胶的短边长度;
 l'_b —— 矩形支座包括保护层厚度的短边长度;
 L_f —— 正方形连接板的边长;
 n —— 内部橡胶层数;
 P —— 压力;
 P_0 —— 设计压力;
 P_1 —— 加压过程中较小的压力值;
 P_2 —— 加压过程中较大的压力值;
 P_{\max} —— 最大设计压力;
 P_{Ty} —— 屈服拉力;
 P_{Tb} —— 破坏拉力;
 Q —— 剪力;
 Q_1 —— 正向加载过程中, 位移达到 $x_l/2$ 时, 对应的剪力;
 Q_2 —— 正向卸载过程中, 位移达到 $x_l/2$ 时, 对应的剪力;
 Q_3 —— 反向加载过程中, 位移达到 $x_2/2$ 时, 对应的剪力;
 Q_4 —— 反向卸载过程中, 位移达到 $x_2/2$ 时, 对应的剪力;
 $Q_{1\max}$ —— 正向最大剪力;
 $Q_{2\max}$ —— 反向最大剪力;
 Q_a —— 记录剪力;
 Q_d —— 屈服力;
 Q_{d1} —— 正向加载剪力过程中, 剪切位移归零时对应的剪力;
 Q_{d2} —— 反向加载剪力过程中, 剪切位移归零时对应的剪力;
 Q_i —— 惯性力;
 R —— 气体常数;
 t —— 时间;
 T —— 试验温度;
 t_r —— 单层内部橡胶的厚度;
 T_r —— 内部橡胶总厚度 $T_r = n \times t_r$;
 t_{r1}, t_{r2} —— 支座上下表面橡胶层厚度;
 t_o —— 橡胶支座保护层厚度;
 t_s —— 单层内部钢板的厚度;
 t_y —— 老化试验时间;
 t_a —— 计算得到的厌氧老化试验的老化时间;
 T_L —— 环境最低温度;
 t_0 —— 支座处于温度为-5°C~0°C环境中每年的累计使用时间;
 t_{-10} —— 支座处于温度为-20°C~-10°C环境中每年的累计使用时间;

- t_{-20} —— 支座处于温度不足-20℃环境中每年的累计使用时间；
 t_5 —— 支座处于温度为0℃~5℃环境中每年的累计使用时间；
 t_{-5} —— 支座处于温度不足-5℃环境中每年的累计使用时间；
 t_{23} —— 对应于23℃环境温度下的使用寿命；
 T_y —— 老化试验温度；
 T_0 —— 标准实验室温度；
 v —— 加载速度；
 ΔW —— 滞回曲线的包络面积；
 X —— 各剪应变水准对应的水平位移；
 X_1 —— 正向最大剪切位移 ($X_1 = T_r \times \gamma$)；
 X_2 —— 反向最大剪切位移 ($X_2 = T_r \times (-\gamma)$)；
 X_b —— 破坏时的剪切位移；
 X_{buk} —— 屈曲时的剪切位移；
 Y —— 压缩位移；
 α —— 线性热膨胀系数；
 γ —— 剪应变；
 γ_0 —— 设计剪应变；
 δ_H —— 支座水平偏差；
 ε_{cr} —— 徐变应变；
 σ —— 压应力；
 σ_0 —— 设计压应力。

4.2 结构示意图





标引序号说明：

- 1——铅芯；
- 2——内部橡胶硫化后包裹的保护层；
- 3——与内部橡胶同时硫化的保护层。

图1 支座结构示意图

5 橡胶材料性能试验

5.1 试验项目

橡胶材料性能试验项目见表1。

表1 橡胶材料试验项目

性能	试验项目	适用试验方法条款号
硬度	硬度	5.2.2
拉伸性能	拉伸强度	5.2.3
	拉断伸长率	
	100%拉应变时的弹性模量	
压缩性能	压缩永久变形	5.2.4
粘合性能	橡胶与金属黏合强度（破坏类型）	5.2.5
动态剪切性能	剪切模量	5.2.6
	等效阻尼比	
	剪切模量和等效阻尼比的温度相关性	
	剪切模量和等效阻尼比的反复加载次数相关性	
	剪切模量和等效阻尼比的加载频率相关性	

	剪切模量和等效阻尼比的剪应变相关性		
破坏剪切性能	破坏剪应力		5.2.7
	破坏剪应变		
厌氧老化			5.2.8.1
老化性能	热空气加速老化	拉伸强度变化率	5.2.8.2
		拉断伸长率变化率	
		100%拉应变时的弹性模量变化率	
臭氧老化			5.2.8.3
低温性能	低温脆性（脆性温度）		5.2.9.1
	低温结晶（硬度变化率）		5.2.9.2

5.2 试验方法

5.2.1 通则

所有试验均应在 GB/T 2941 规定的标准实验室条件下进行，试样的制备、停放和调节及试样尺寸的测量等应符合 GB/T 2941 的规定。

应使用与隔震橡胶支座成品相同硫化条件制备的试样进行试验。

5.2.2 硬度

国际橡胶硬度（IRHD）按照 GB/T 39693.2 或 GB/T 39693.5 的规定进行测定。

邵氏硬度按照 GB/T 39693.4 的规定进行测定。

5.2.3 拉伸性能

拉伸强度、拉断伸长率和 100% 拉应变时的弹性模量的测定按照 GB/T 528 的规定进行，采用 1 型哑铃状试样。

5.2.4 压缩性能

压缩永久变形的测定按照 GB/T 7759（所有部分）的规定进行，采用 A 型试样。

5.2.5 粘合性能

粘合性能试验按照 GB/T 7760 的规定进行。

5.2.6 动态剪切性能

5.2.6.1 总则

动态剪切性能试验按 GB/T 9870.1 的规定进行。

5.2.6.2 试验装置

动态剪切性能试验应采用 GB/T 9870.1 中规定的试验装置。试验装置的测试频率可高于 0.2 Hz，剪切应变应不小于 400%。

5.2.6.3 试件

应选用下列剪切型橡胶试件进行试验，每次试验均应在未使用过试件上进行。每组试件不少于 3 个。

a) 2 片剪切型

试件由 2 片橡胶板和 3 块金属板组成，如图 2 所示。橡胶板可采用厚 3.0 mm~6.0 mm、边长 25 mm~30 mm 的正方形，或厚 3.0 mm~6.0 mm、直径 25 mm~30 mm 的圆柱形。



标引序号说明:

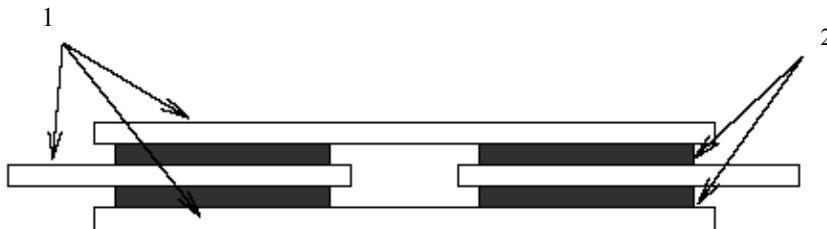
1—金属板;

2—橡胶板;

图2 2片剪切型

b) 4片剪切型

试件由4片橡胶板和4块金属板组成,如图3所示。橡胶板可采用厚3.0 mm~6.0 mm、边长25 mm~30 mm的正方形,或厚3.0 mm~6.0 mm、直径25 mm~30 mm的圆柱形。



标引序号说明:

1—金属板;

2—橡胶板;

图3 4片剪切型

5.2.6.4 试验条件

5.2.6.4.1 温度

试验温度应满足支座使用的温度范围,可参考表3。采用一个频率(0.2 Hz、0.3 Hz、0.5 Hz或隔震频率)和一个剪应变(100%、175%或设计剪应变),对同一个试件进行不同温度的试验。试验时的温度按递减顺序进行,温度的允许偏差为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

表3 试验温度

试验温度 (°C)	-20	-10	0	23	40

5.2.6.4.2 频率

加载频率应选用表4规定的一组频率。在23°C的温度下,采用一个特定的剪应变(100%、175%或设计剪应变),对同一个试件进行不同频率的试验。试验时的频率按递增顺序进行。

表4 加载频率

加载频率 (Hz)	1 组	0.05	0.2	1.0
	2 组	0.05	0.3	1.5
	3 组	0.1	0.5	2.0

5.2.6.4.3 剪应变

剪应变试验应选用表5中规定的应变进行。在23°C的温度下,采用一个特定的频率(0.2 Hz、0.3 Hz、0.5 Hz或隔震频率),对同一个试件进行不同剪应变的试验。剪应变的范围至少为5%~150%,应变间隔至少为50%或较小应变的2倍。试验时的剪应变按递增顺序进行。

表5 剪应变

剪应变 (%)	± 5	± 10	± 25	± 50	± 75	± 100	± 150	± 175	± 200	± 250	± 300	± 350	± 400

5.2.6.4.5 循环次数

循环加载的次数为3次或11次，宜与支座试验的循环加载次数一致。

5.2.6.5 试验报告

剪切模量和等效阻尼比试验报告参考6.2.5的规定。

5.2.7 破坏剪切性能

破坏剪应力和破坏剪应变的测定按GB/T 12830的规定进行，采用5.2.6.3中规定的四片剪切型试件。

5.2.8 老化性能

5.2.8.1 厌氧老化

按附录C的规定在厌氧条件下对内部橡胶层进行一组老化试验。可在剪切性能（100%剪应变时的弹性模量、破坏剪应变）和拉伸性能（拉伸强度、拉断伸长率、100%拉应变时的弹性模量）中选择一组进行性能监测。根据这些试验的结果，按附录C规定的方法获得活化能。

5.2.8.2 热空气老化

隔震橡胶支座内部橡胶和保护层橡胶热空气老化性能的测定按照GB/T 3512的规定进行。

5.2.8.3 臭氧老化

臭氧老化试验按照GB/T 7762的规定执行。

5.2.9 低温性能

5.2.9.1 脆性温度

脆性温度的测定按GB/T 15256的规定进行。

5.2.9.2 低温结晶

天然橡胶的环境温度 $T_L < 0^\circ\text{C}$ ，氯丁橡胶的环境温度 $T_L < 5^\circ\text{C}$ 时，需进行低温结晶性能试验。

除有特殊要求外，天然橡胶的试验温度不低于-25°C，氯丁橡胶的试验温度不低于-10°C，

试验GB/T 12832的规定进行。试验温度和试验持续时间：天然橡胶的按表6规定，氯丁橡胶按表7规定。并在3 h后读数。

表6 天然橡胶的试验条件

环境最低温度 T_L (°C)	时间(天)	试验温度 (°C)	试验周期
$-10 \leq T_L < 0$	t_0	-10	$1.5t_0$
$-20 \leq T_L < -10$	t_{-10}	-20	$1.5t_{-10} + 0.1t_0$
$T_L < -20$	t_{-20}	-25	$1.5t_{-20} + 0.5t_{-10} + 0.05t_0$

注：表中时间为橡胶在所对应最低温度范围累计使用时间的总和。

表7 氯丁橡胶的试验条件

环境最低温度 (°C)	时间(天)	试验温度(°C)	试验期
$0 \leq T_L < 5$	t_5	0	$1.5t_5$

$-5 \leq T_L < 0$	t_0	-5	$1.5t_0 + 0.5t_{-5}$
$T_L < -5$	t_{-5}	-10	$1.5t_{-5} + 0.5t_0 + 0.25t_5$
注：表中时间为橡胶在所对应最低温度范围累计使用时间的总和。			

6 隔震橡胶支座力学性能试验

6.1 试验项目

隔震橡胶支座的力学性能试验项目见表8。

隔震橡胶支座型式检验应采用表9和表10规定的标准试件。

同一试件用于多个试验项目时，前面的试验不对后面的试验结果有影响。

表8 隔震橡胶支座力学性能试验项目

性能	试验项目	适用试验方法条款号
压缩性能	竖向压缩刚度	6.3.1
	压缩位移	
剪切性能	水平等效刚度	6.3.2
	等效阻尼比	
	屈服后刚度	
	屈服力	
剪切性能相关性	剪应变相关性	6.4.1
	压应力相关性	6.4.2
	加载频率相关性	6.4.3
	反复加载次数相关性	6.4.4
	温度相关性	6.4.5
压缩性能相关性	剪应变相关性	6.4.6
	压应力相关性	6.4.7
极限剪切性能	破坏剪应变，破坏剪力	6.5
	屈曲剪应变，屈曲剪力	
	滚翻剪应变，滚翻剪力	
拉伸性能	破坏拉力	6.6
	屈服拉力	
	拉伸破坏和屈服时对应的剪应变	
耐久性能	老化性能	6.7.1
	徐变性能	6.7.2
	疲劳性能	6.7.3
低速率变形的反力性能	低速率变形时的剪切模量	6.8

表9 标准试件(正方形)

项目	天然橡胶支座			铅芯橡胶支座			
	No.1	No. 2	No. 3	No.1	No. 2	No. 3	
内部钢板边长(mm)	$a \times b$	100×100	240×240	400×400	100×100	240×240	400×400

铅芯个数	—	—	—	—	4	4	4
铅芯直径 (mm)	—	—	—	—	14.5	34.5	57.5
单层内部钢板厚度 (mm)	t_s	1~2	2~3	3~4	1~2	2~3	3~4
单层内部橡胶厚度 (mm)	t_r	2	5	9	2	5	9
内部橡胶层数	n	6	6	6	6	6	6
橡胶支座保护层厚度 (mm)	t_o	5	5	10	5	5	10

表10 标准试件(圆形)

项目		天然橡胶支座			铅芯橡胶支座		
内部钢板的外径 (mm)	d_0	150	250	500	150	250	500
内部钢板开孔直径 (mm) (对铅芯橡胶支座为铅芯直径)	d_i	7.5	12.5	25	30	50	100
单层内部钢板厚度 (mm)	t_s	1~2	2~3	3~4	1~2	2~3	3~4
单层内部橡胶厚度 (mm)	t_r	1.5	2.0	4.0	1.5	1.8	3.5
内部橡胶层数	n	20	25	25	20	28	28
橡胶支座保护层厚度 (mm)	t_o	4	6	8	4	6	8

6.2 试验条件和试验报告

6.2.1 试件放置时间

硫化后, 总高度 $H_n < 250 \text{ mm}$ 的试件应至少放置 24 h, 其它试件应至少放置 48 h。

试验前, 试件应在试验环境中再放置不少于 6 h~24 h, 并应记录试件的表面温度。

6.2.2 加载波形

加载波形可为正弦波或三角波, 对于铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座, 应注意不同加载波形的影响。

6.2.3 加载频率

最小加载频率为 0.001 Hz。

6.2.4 试验装置

试验装置应具有检测试验项目的能力, 力和位移的测量误差应小于最大值的 1%。试验装置应定期标定。

6.2.5 试验报告

试验报告应包括下列内容:

- a) 引用标准;
- b) 试件的类型和分类、形状和尺寸、第一形状系数和第二形状系数;
- c) 试验装置名称及介绍;
- d) 试验温度;
- e) 加载波形和加载频率;
- f) 试验内容;
- g) 试件外观;
- h) 试验日期;
- i) 试验结果;
- j) 试验曲线。

6.3 压缩性能和剪切性能试验

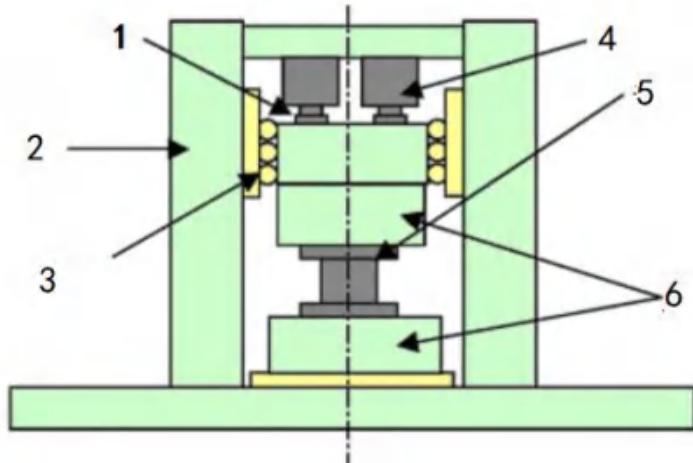
6.3.1 压缩性能

6.3.1.1 通则

压缩性能试验装置见图4。

应对称布置不少于2个位移传感器（见图5）。

竖向压缩位移为传感器测量值的平均值。



标引序号说明：

1——力传感器；

2——框架；

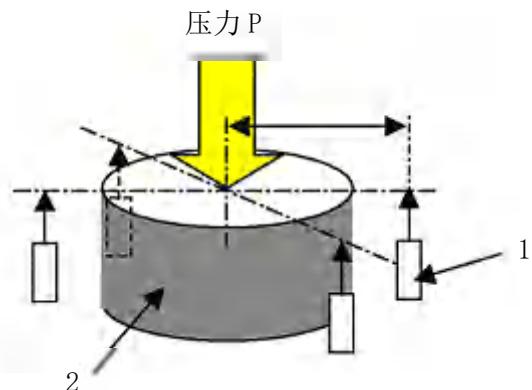
3—导轨；

4——作动器；

5——试件；

6—上下加载板。

图 4 压缩试验装置示意图



标引序号说明：

1——位移传感器；

2——支座。

注：支座中心到位移传感器的距离恒定。

图 5 位移传感器布置示意图

6.3.1.2 压力

加载压力应与GB/T 20688.2和GB/T 20688.3规定的设计压应力 σ_0 相对应。压力和压应力的关系如下：

压应力允许偏差应为 $\pm 5\%$ 。

6.3.1.3 加载

加载方法有以下两种，试验时可选择其中一种方法进行。试验过程中应注意观察支座外观有无异常。
方法 1（见图 6）

按 $0-P_{\max}-0$ 往复循环加载3次。 P_{\max} 为最大设计压力。

P_{\max} 、 P_1 、 P_2 应根据支座所应用的工程对象，按GB/T 20688 相关标准要求进行取值。 Y_1 为（第3次加载循环中）压力为 P_1 时对应的（压缩）位移， Y_2 为（第3次加载循环中）压力为 P_2 时对应的（压缩）位移， Y_3 为（第3次加载循环中）压力为 P_{\max} 时对应的（压缩）位移。

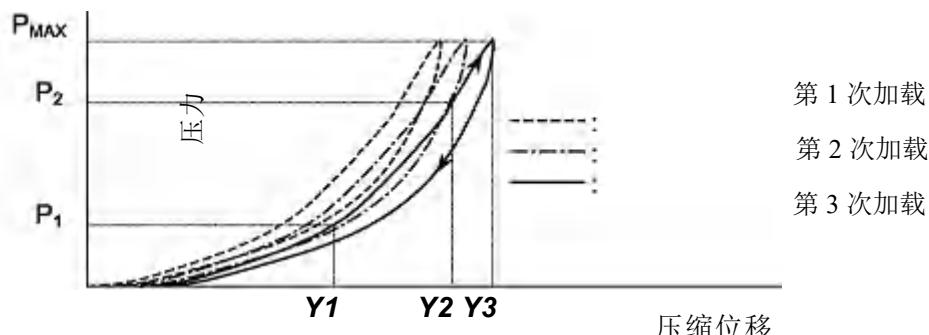


图 6 加载方法 1

方法 2 (见图 7)

按 $0-P_0-P_2-P_0-P_1$ （第1次加载）， $P_1-P_0-P_2-P_0-P_1$ （第2次加载）， $P_1-P_0-P_2-P_0-P_1$ （第3次加载）。

P_2 为 $1.3 P_0$, P_1 为 $0.7 P_0$ 。 P_0 为设计压力, 直接按 GB/T 20688 相关标准要求进行取值。

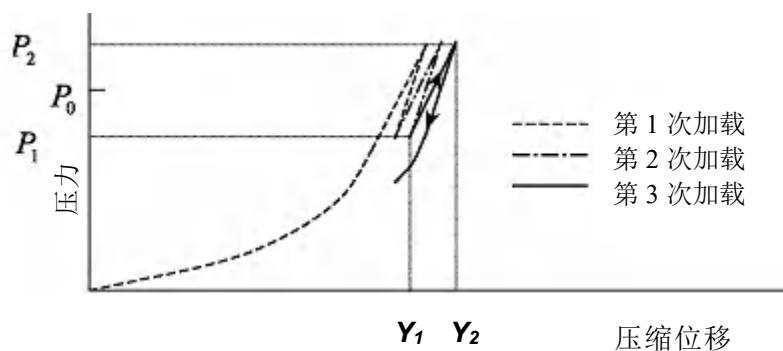


图 7 加载方法 2

6.3.1.4 竖向压缩刚度计算

竖向压缩刚度 K_v 由下式计算：

$$K_v = \frac{P_2 - P_1}{Y_2 - Y_1} \dots \dots \dots \quad (2)$$

式中：

P_1 —第3次循环时的较小压力;

P_3 —第3次循环时的较大压力;

Y_1 第3次循环时的较小位移.

Y_3 —第3次循环时的较大位移(见图6、图7)。

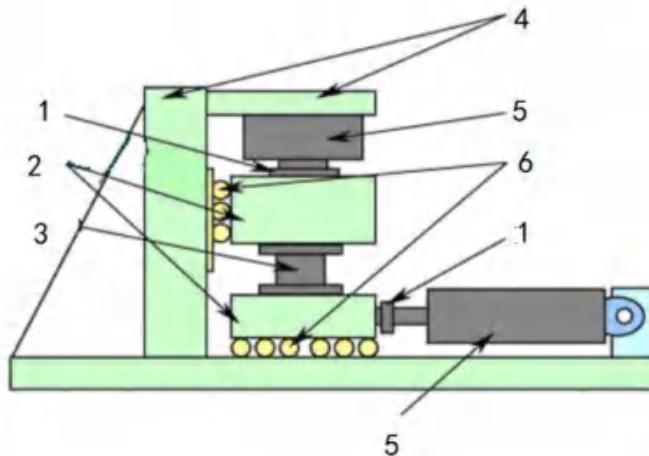
6.3.2 前切性能

6.3.2.1 通则

应在恒定压力下施加剪切位移测定支座的剪切性能。试验过程中，恒定压力允许偏差为±10%，剪切位移允许偏差为±5%。

惯性力对剪力的修正见附录D。

单剪试验方法（见图8）。摩擦力对剪力的修正见附录E，摩擦力应小于剪力的3%。当力传感器与试验试件在竖直方向直接连接时，且水平试验过程力传感器保持静止不动，可以忽略摩擦力与惯性力的影响，而不需要摩擦力和惯性力的修正。



标引序号说明:

- 1——力传感器;
2——上下加载板;
3——试件;
4——框架;
5——作动器;
6——轴承;

图 8 压剪试验装置示意图

6.3.2.2 加载

试验可采用3次或11次加载循环,剪切性能应取第3次循环的测试值,或取第2~11次循环的测试平均值。

6.3.2.3 剪切性能计算

水平等效刚度 K_h 、等效阻尼比 h_{eq} 、屈服后刚度 K_d 和屈服力 Q_d 应按下列公式计算（参见图9、图10）：

$$K_h = \frac{Q_{1\max} - Q_{2\max}}{X_1 - X_2} \dots \dots \dots \quad (3)$$

$$h_{eq} = \frac{2 \cdot \Delta W}{\pi \cdot K_b (X_1 - X_2)^2} \dots \dots \dots \quad (4)$$

式中：

$Q_{1\max}$ ——正向最大剪切位移 X_1 对应的剪力；

$O_{2\max}$ ——负向最大剪切位移 X_2 对应的剪力;

X_1 正向最大剪切位移.

X_2 反向是左前切位移

O_{d1} O_{d2} 漂圆曲线正向和负向与剪力轴的交叉点

ΔW 遊回曲線的包絡面積

当试验曲线不是图10的理想曲线时， K 、 Q 的计算可参见附录E的方法计算。

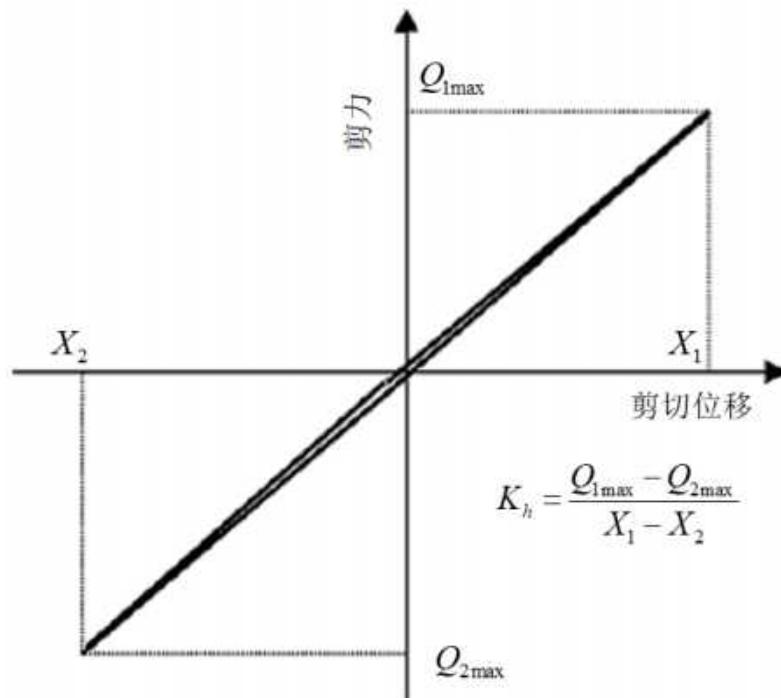


图9 LNR 剪切性能的测定

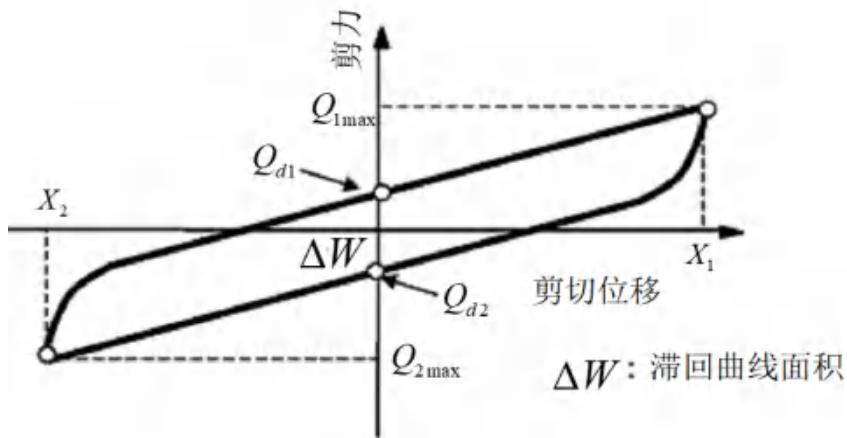


图10 LRB 和 HDR 剪切性能的测定

6.4 相关性试验

6.4.1 剪切性能的剪应变相关性

测定剪应变对剪切性能的相关影响时，剪应变允许偏差为±5%。试验加载宜按剪应变递增的顺序进行。基准剪应变宜为设计剪应变 γ_0 。

6.4.2 剪切性能的压应力相关性

测定压应力对剪切性能的相关影响时，压应力的允许偏差为±5%。试验过程中，压力波动的允许范围为±10%。试验加载宜按压力递增的顺序进行。基准压应力宜为设计压应力 σ_0 。

6.4.3 剪切性能的加载频率相关性

测定加载频率对剪切性能的相关性影响时，各加载频率宜按表11选取，至少应在0.001Hz-0.01Hz范围内选取1个加载频率，在0.1Hz-0.5Hz范围内选取剩余2个加载频率。此外，宜增加对设计隔震频率的

测试。基准加载频率宜为(0.25Hz-0.33Hz)。

表 11 加载频率

频率 (Hz)	0.001	0.005	0.01	0.1	0.25	0.33	0.5	1.0	2.0
---------	-------	-------	------	-----	------	------	-----	-----	-----

6.4.4 剪切性能的反复加载次数相关性

测定反复加载次数对剪切性能的相关影响时, 反复加载次数为50次。应测定第1、3、5、10、30和50次循环的剪切性能。基准值宜取第3次循环的测试值, 或取第2~11次循环的测试平均值。

试件应在反复50次后冷却至室温, 然后再次测定试件的剪切性能。

6.4.5 剪切性能的温度相关性

测定温度对剪切性能的相关影响时, 宜采用表12规定的试验温度。试验前, 可将试件放在温度控制箱中, 待达到指定温度后, 在30 min内转移至试验装置中并完成试验。除铅芯橡胶支座外, 温度相关性试验也可用2片、4片剪切型橡胶材料试件替代。

基准温度应为(23±2)℃。在特别寒冷地区, 环境温度低于-20℃时, 可采用支座的使用环境温度。温度变化按递增或递减的顺序进行。

表 12 试验温度

温度 (℃)	-20	-10	0	23	40
--------	-----	-----	---	----	----

6.4.6 压缩性能的剪应变相关性

测定剪应变对压缩性能的相关影响时, 宜在表13中选取3个剪应变水准进行试验。剪应变的允许偏差为±5%, 基准剪应变为0。

表 13 剪应变

剪应变 (%)	0	$0.5\gamma_0$	γ_0	$1.5\gamma_0$	$1.75\gamma_0$
---------	---	---------------	------------	---------------	----------------

6.4.7 压缩性能的压应力相关性

测定压应力对压缩性能的相关影响时, 宜采用表14中规定的竖向加载压应力, 剪切位移为零。

表14中, σ_o 为设计压应力。加载压应力的允许偏差为±5%。基准加载条件为 $\sigma_o \pm 0.3\sigma_o$ 。

表 14 加载应力

压应力	$\sigma_o \pm 0.3\sigma_o$	$\sigma_o \pm 0.5\sigma_o$	$\sigma_o \pm 1.0\sigma_o$
-----	----------------------------	----------------------------	----------------------------

6.5 极限剪切性能试验

应测定支座在设计压应力下的极限剪切位移能力。极限剪切位移状态指支座出现破坏、屈曲或滚翻。其极限剪切性能曲线见图11

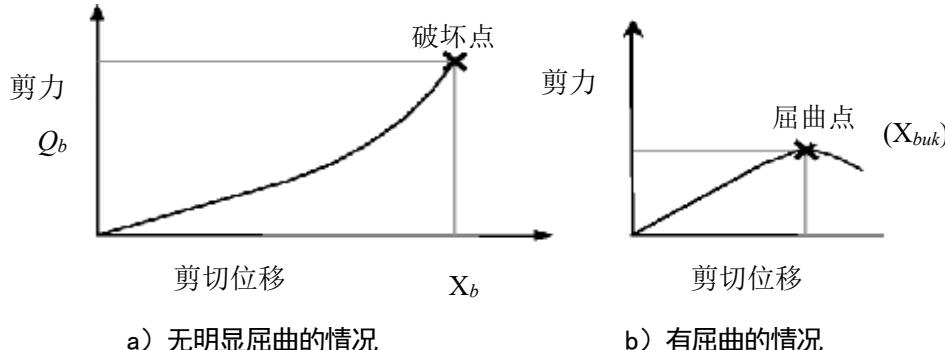


图 11 极限剪切性能曲线

当剪切位移到达指定极限剪切位移时, 若没有明显的破坏迹象, 且剪力和位移的关系曲线单调增加,

则可停止试验，并根据最大剪力和剪切位移确定支座的极限剪切性能。

6.6 拉伸性能试验

拉伸性能试验应在恒定的剪切位移下，施加拉力直到试件发生屈服或破坏（见图 12），确定其屈服或破坏时的拉力和剪切位移。试验过程中应注意观察支座外观有无异常。

应在试件周围对称布置不少于2个位移传感器，取所测的平均数据作为测量值。

试验剪应变可为0, 或选取表5中规定的1个剪应变值。剪应变允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

试验时施加拉力应在低速下进行。

拉力与变形关系曲线如图12所示。

屈服拉力可由以下方法求出：

- a) 通过原点和曲线上与剪切模量 G 对应的拉力作一条直线（ G 为设计压应力、设计剪应变作用下的剪切模量）；
 - b) 将上述直线水平偏移1%的内部橡胶总厚度；
 - c) 偏移线和试验曲线相交点对应的力即为屈服拉力。

内部橡胶总厚度的 1% 所对应的位移

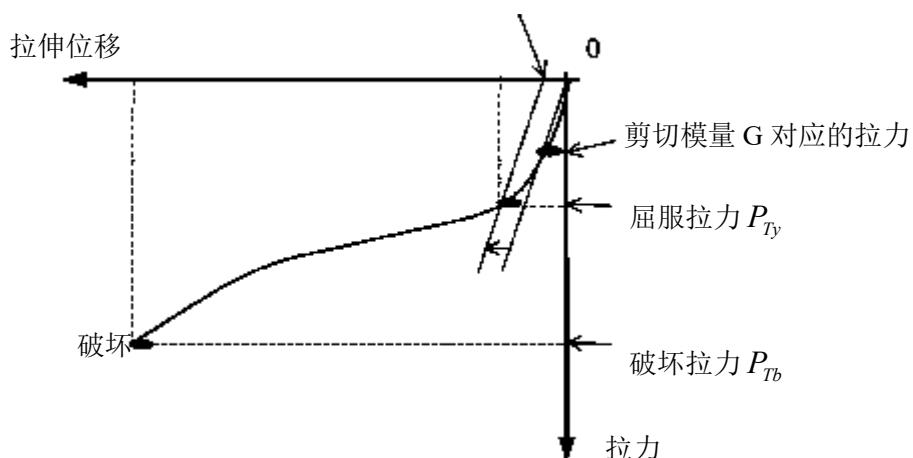


图 12 拉伸性能试验的力与位移关系曲线

6.7 耐久性性能试验

6.7.1 老化性能

试件可为足尺隔震橡胶支座、缩尺模型隔震橡胶支座或剪切型橡胶试件。

试件应为同型(批)号产品,数目应不少于3对,每对包含试件A和试件B。

老化性能试验步骤如下：

- a) 测定试件A的剪切性能和极限剪切性能;
 - b) 对试件B按规定的温度和时间完成老化试验;
 - c) 试件B冷却不少于24 h后,使其达到环境温度;
 - d) 测定试件B的剪切性能和极限剪切性能;
 - e) 确定试件A和试件B老化前后的性能变化率。

老化试验温度允许偏差为 ± 2 °C。

老化条件应相当于在(23±2)℃环境温度下使用60年,老化试验温度可为80℃或以下。

剪切性能和极限剪切性能变化率可由下式计算：

式中：

A_c — 老化前后性能变化率, 用百分数表示。

B_0 ——老化前的性能;

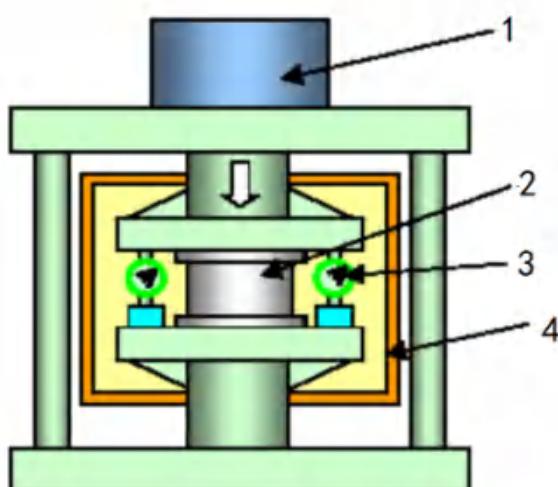
B_1 ——老化后的性能。

6.7.2 徐变性能

试件可为足尺隔震橡胶支座、缩尺模型隔震橡胶支座。

试件应在无水平位移的情况下按指定的时间和温度施加恒定压力，测量其压缩位移，推算出支座使用多年后的徐变量。

徐变性能试验装置见图13。施加的压力允许偏差为±5%。试验过程中，压力波动允许偏差为±5%。位移测量仪器的分度值为0.01 mm。



标引序号说明：

1——（液压、气压、恒载等）加载装置；
2——试件；
3——位移计；
4——恒温箱。

图 13 徐变性能试验装置示意图

试验温度应为 (23 ± 2) °C。测量时间应不少于1000 h，按1 h~10 h、10 h~100 h、100 h~1000 h分为3个时间段，每时间段内的测量值应不少于10个。

施加的压应力应为设计压应力 σ_0 ，加载时间应小于1 min。将压力达到指定值1 min后的压缩位移取为零点。压缩位移的测点应对称布置，且不少于2个。压缩位移值应为各测点测量值的平均值。

当试验温度不是 (23 ± 2) °C时，竖向压缩位移值应按以下公式换算为相当于23°C时的值：

$$\Delta H_{23} = \Delta H_T + n \cdot t_r (T - 23) \alpha \quad (8)$$

式中：

ΔH_{23} ——23 °C时竖向压缩位移的变化值；

ΔH_T ——T °C时竖向压缩位移的变化值；

T——试件的表面温度，用摄氏度(°C)表示；

α ——线性热膨胀系数(T °C到23°C)，由附录G公式计算确定。

每时间段的徐变应变按下式计算：

$$\varepsilon_{cr} = \frac{\Delta H_{23}}{n \cdot t_r} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

ε_{cr} ——23 °C时的徐变应变，用百分数表示。

徐变应变与时间的关系见图14。

从100 h到1000 h的试验数据，可采用最小二乘法绘制时间与徐变应变的对数图，确定下式中的系数a和b。

$$\log_{10} \varepsilon_{cr} = \log_{10} a + b \log_{10} t \quad (10)$$

式中：

- a——徐变量计算公式中的系数;
b——徐变量计算公式中的指数;
t——时间;
t 时刻的徐变量可由下式计算:

$$\varepsilon_{cr} = a \cdot t^b \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

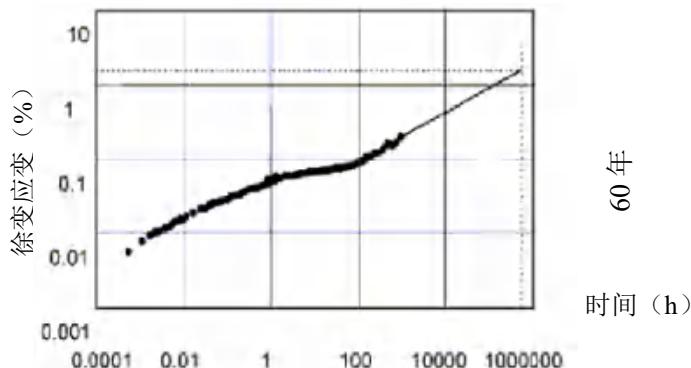


图 14 徐变性能曲线

6.7.3 疲劳性能

试验步骤为：

- a) 测出试件的初始外形(外轮廓尺寸)和性能(竖向压缩刚度和剪切性能);
 - b) 使试件产生指定的剪切位移(可为0);
 - c) 按指定的次数反复施加竖向压力,最大和最小压力应为最大和最小设计压力;
 - d) 测出外形(外轮廓尺寸)和性能的变化率以评定其抗疲劳性能。

d) 测出外形(外轮廓尺寸)和性能的变化前切位移和竖向压力的允许偏差为 $\pm 5\%$

加载波形可为正弦波或三角波。加载频率范围为2 Hz~5 Hz。反复加载次数为200万次，宜在50万、100万、150万和200万次完成时测定竖向刚度和剪切性能。

6.8 低速率变形的反力性能

6.8.1 通则

桥梁在温度变化或材料收缩等情况下，支座产生低速率变形（如 $0.003\%/\text{s}$ ），其反力性能可用下述方法测定：

- ### a) 连续加载法

a) 连续加载法
本方法适用于各种橡胶支座。

试件在指定恒定压力下，按 $5.0\%/\text{s}$ 或更低速率产生剪应变，使其达到指定的3个或多个剪应变水准，反复循环3次，按第3次循环确定剪切模量。剪切模量和加载速率的关系曲线参见附录H.1。

连续加载法适用于加载速率小于0.003%/s的情况。

- ### b) 间歇加载法

本方法仅适用于高阻尼橡胶支座。

试件在指定恒定压力下，按一般加载速率分4次均匀加载至指定剪应变值，每次加载的应变增量为 $1/4$ 指定剪应变值，并持荷 1.5 h。该过程总持时为 6 h。

反力特性由5个值（包括零）估算，参见附录H.2。

6.8.2 坚向压力

竖向压力应为设计压力。

试验过程中，压力允许波动范围为 $\pm 10\%$ 。

6.8.3 剪应变

连续加载法的指定剪应变可为50%。

间歇加载法的指定剪应变可为50 %，则每次增量为12.5 %。

6.8.4 加载速率

连续加载法的水平剪切速率可选用下述速率值之一：

0.02 mm/s、0.05 mm/s、0.1 mm/s、0.5 mm/s、1 mm/s、5 mm/s、10 mm/s、和50 mm/s。

间歇加载法的加载速率可采用 1 mm/s。

6.8.5 计算方法

剪切模量计算公式如下：

连续加载法

$$G_s = \frac{K_h \cdot T_r}{A} \dots \dots \dots \quad (12)$$

间歇加载法

$$G_s = \frac{Q \cdot T_r}{A \cdot X} \dots \dots \dots \quad (13)$$

式中：

G_s ——低速率变形的剪切模量。

由第2次循环确定的水平管效刚度

由第3次循环确定的水+等效
溶液浓度上维持吐后的新水

V ——各剪应变水准持时后的剪力;

3. 末座日寸測量

7.1 通则

b 支座产品尺寸测量的标准温度应为 (23 ± 5) °C。产品硫化后应在 (23 ± 5) °C 的温度中放置至少 24 小时，放置时间应根据产品的尺寸进行调整。应以产品内部温度为调整依据。

7.2 测量工具

测量尺寸所用的工具应满足 GB/T 3672-1 的要求。

- a) 游标卡尺;
 - b) 极限规: 用已检验的满足上、下限偏差要求的标尺来校准;
 - c) 钢直尺;
 - d) 其他工具。

7.3 支座平面尺寸测量

圆形支座：应在 2 个不同位置测量直径值，见图 15 a)。

矩形支座：应在每边的 2 个不同位置测量边长值，见图 15 b)。

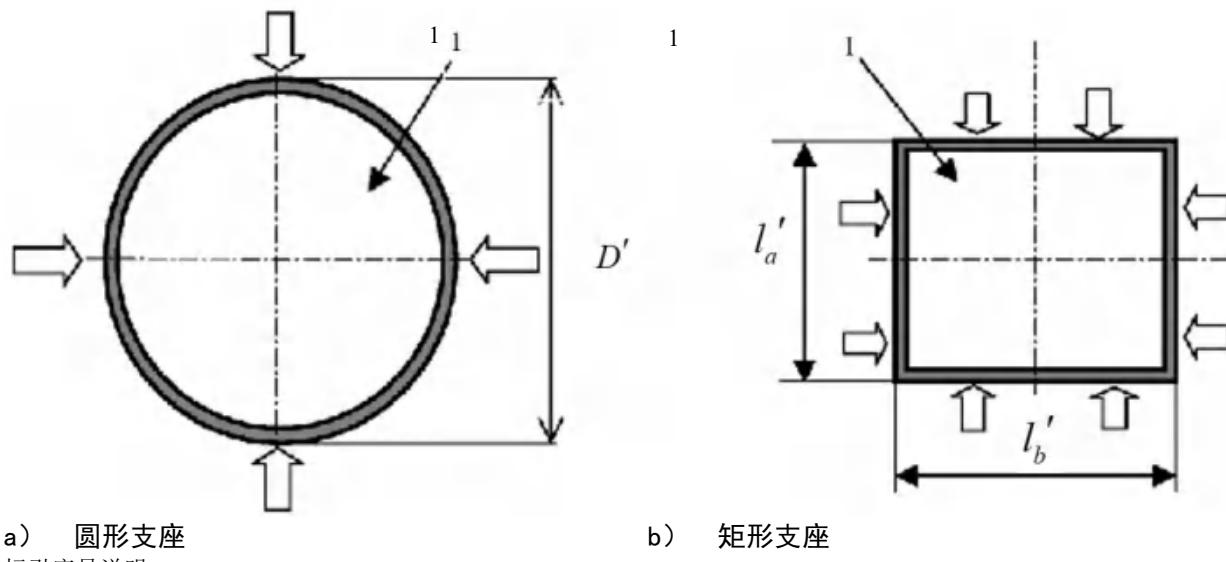


图15 平面尺寸的测量

7.4 支座高度测量

圆形支座: 应在圆周上的 4 个不同位置测量高度值, 此 4 点的 2 条连线应互相垂直并通过圆心(见图 16)。

矩形支座: 应在截面的 4 个角点位置测量高度值(见图 17)。
支座高度值为 4 个测量值的平均值。

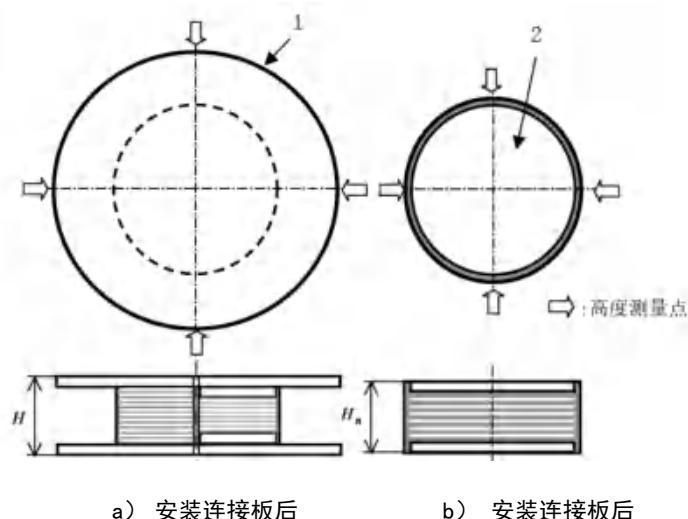
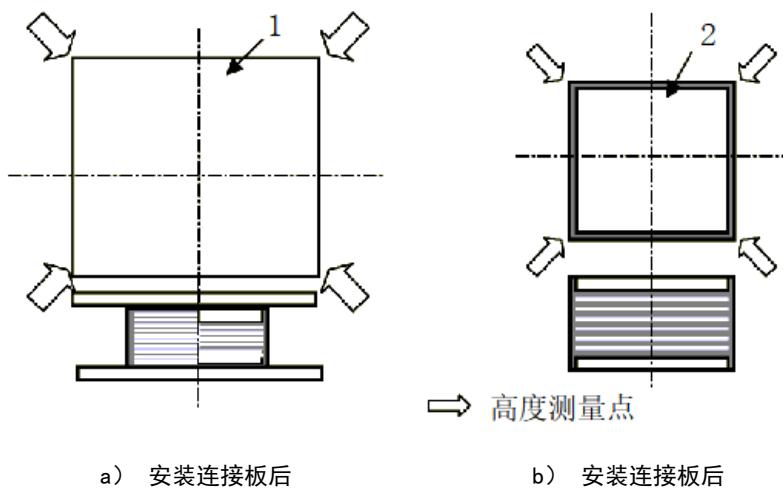


图 16 圆形支座高度测量



标引序号说明:

- 1——连接板;
2——封板。

图 17 矩形支座高度测量

7.5 支座平整度测量

平整度等于支座周边 4 个不同位置所测得的 2 个高度差的最大值。高度差为连线通过圆心的 2 点的高度之差。测量位置应与产品高度 H_n 的量测位置相同。

7.6 支座水平偏移测量

圆形支座: 应在圆周上的 4 个不同位置测量顶边和底边之间的水平偏移值(参见图 18), 此 4 点的 2 条连线应互相垂直并通过圆心。

矩形支座: 应在截面的 4 条边的中点位置测量顶边和底边之间的水平偏移值(参见图 18)。

支座水平偏移值为 4 个测量值中的最大值。

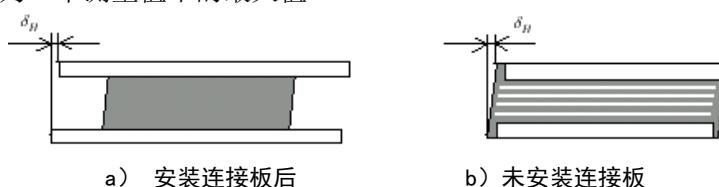
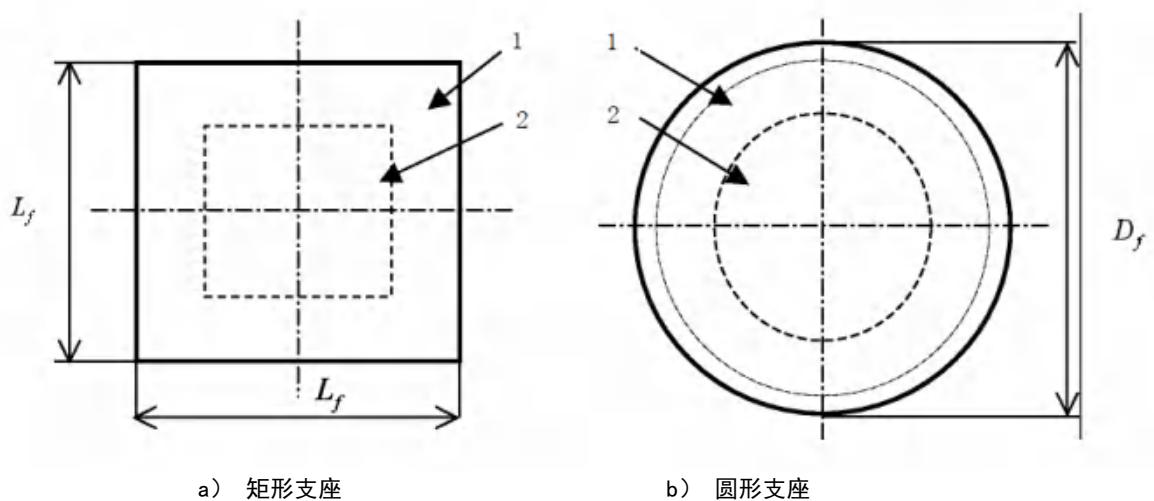


图 18 水平偏移的测量

7.7 连接板平面尺寸测量

连接板平面尺寸测量见图 19。



标引序号说明:

- 1——连接板;
2——支座。

图 19 连接板平面尺寸的测量

7.8 连接板厚度测量

采用 7.2 中规定的工具进行测量。

7.9 连接板螺栓孔位置测量

采用 7.2 中规定的工具进行测量。

附录 A
(资料性)
本文件章条编号与 ISO 22762-1 章条编号对照

表 A.1 给出了本文件章条编号与 ISO 22762-1 章条编号对照一览表

表 A.1 本文件章条编号与 ISO 22762-1 章条编号对照

本文件章条编号	对应的国际标准章条编号
1	1
2	2
3.1~3.10	3.1~3.10
3.11	3.20~3.21
3.12	3.14
3.13	3.13
3.14	3.11
3.15	3.12
3.16	3.15
——	3.16
——	3.17
3.17	3.18
——	3.19
3.18	3.22
——	3.23
3.19	3.24
4	4
5	5
6.1	6.1
6.2	6.2~6.7 相应内容
6.3	6.2
6.4	6.3
6.4.1~6.4.7	6.3.1~6.3.7
6.5	6.4
6.6	6.5
6.7	6.6
6.8	6.7
7	——
附录 A	——
附录 B	——
附录 C	附录 A
附录 D	附录 B
附录 E	附录 C
附录 F	附录 E
附录 G	附录 D
——	附录 F
附录 H	附录 G
——	附录 H
——	附录 I

附录 B

(资料性)

本文件与 ISO 22762-1: 2024 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本文件与 ISO 22762-1 技术性差异及其原因的一览表。

表 B.1 本文件与 ISO 22762-1: 2024 技术性差异及其原因

本文件 章条编号	技术性差异	原 因											
5.2.2	本文件中硬度的测定增加了邵氏硬度的测定方法。	符合国内实际使用情况											
5.2.3	ISO 22762-1: 2024 中未明确规定拉伸性能试验用试样尺寸, 本文件规定拉伸性能按 GB/T 528 的规定进行测定, 采用 I 型哑铃状试样。	提高标准可操作性。											
6.3.2	删除了剪切性能的双剪试验方法。	国内检测机构都使用单剪试验方法											
6.4	增加了剪切性能压应变、剪应变、加载频率相关性试验和压缩性能压应变相关性的基准加载条件要求。	与国内现行相关标准协调, 符合国内行业习惯, 增加可操作性。											
6.3.1.3	在方法 2 中增加了 P_1 、 P_2 取值与 P_0 之间比例的具体要求, ISO 22762-1: 2024 中只给出了范围。	明确了试验取值, 避免争议											
6.4.6	<p>ISO 22762-1: 2024 中“各剪应变的允许偏差为±5%。若 $1.5\gamma_0$ 大于 γ_{max}, 则可选用 γ_{max} 而不用 $1.5\gamma_0$。”</p> <p style="text-align: center;">Table 14- Shear strains</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Shear strain %</td> <td>0</td> <td>0.5γ_0</td> <td>γ_0</td> <td>1.5γ_0</td> </tr> </table> <p>本文件则为“测定剪应变对压缩性能的相关影响时, 宜在表13中选取3个剪应变水准进行试验。剪应变的允许偏差为±5%, 基准剪应变为0。”</p> <p style="text-align: center;">表 13 剪应变</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Shear strain %</td> <td>0</td> <td>0.5γ_0</td> <td>γ_0</td> <td>1.5γ_0</td> <td>1.75γ_0</td> </tr> </table> <p>本文件中规定基准剪应变为 0, 删去“若 $1.5\gamma_0$ 大于 γ_{max}, 则可选用 γ_{max} 而不用 $1.5\gamma_0$。”</p>	Shear strain %	0	0.5 γ_0	γ_0	1.5 γ_0	Shear strain %	0	0.5 γ_0	γ_0	1.5 γ_0	1.75 γ_0	与国内现行相关标准协调, 符合国内行业习惯, 增加可操作性。
Shear strain %	0	0.5 γ_0	γ_0	1.5 γ_0									
Shear strain %	0	0.5 γ_0	γ_0	1.5 γ_0	1.75 γ_0								
6.7.3	为疲劳性能试验提供了更多的循环加载次数作为可选的试验条件。	提高标准可操作性。											
7	将 ISO 22762-2 和 ISO 22762-3 中对支座尺寸测量的要求集中于此进行规定	支座尺寸测量属于测试方法, 应列入本文件以便查阅。											
附录 D 附录 E	将国际标准中的规范性附录改为了资料性附录。	结果修正不是必要内容											
全文	本文件将标准实验室温度限定在了 $(23\pm2)^\circ\text{C}$, 不采用 $(27\pm2)^\circ\text{C}$ 作为标准实验室温度。	与国内现行相关标准协调, 符合国内行业习惯, 增加可操作性, 适合我国国情。											

附录 C (规范性)

C. 1 通则

本附录参考 ISO 11346^[1] 制定，确定相当于 23 °C 温度下的老化性能试验的温度和时间。

C.2 试件要求

试验试件至少三对，老化试验温度可为 80℃或以下。

内部橡胶的老化试验应在隔离空气的条件下进行，可在暴露于空气中的橡胶块上切下一部分作为试件，并用金属膜包裹，使其隔离空气。不推荐老化箱中采用氮气或真空进行试验。

C. 3 确定方法

每个试验温度 T 下，在整个老化时间过程中，至少进行四个老化试验时间段 t_v 的性能测试。

按照 5.8 规定的方法测定 100 % 剪应变时的剪切模量和破坏剪应变, 按照 GB/T 528 规定的方法测定拉伸性能。

C.4 计算方法

1) 对于每种性能(100% 剪应变时的剪切模量、破坏剪应变、拉伸强度、扯断伸长率、100% 拉应变时的弹性模量)，可得出老化时间与材料性能降低百分比之间的关系曲线，如图 C.1。

2) 由图 C.1 可得出某种材料性能降至一定百分比所对应的老化温度和老化时间。

3) 根据 2) 所得的老化温度和老化时间, 可绘制某种性能的 Arrhenius 曲线, 如图 C.2, 其 X 坐标代表老化温度(绝对温度)的倒数, Y 坐标代表老化时间(d)的自然对数。用该曲线可估算材料的某种性能变化相当于使用寿命(23°C 环境温度下)所需的老化温度和对应的老化时间。

4) 将 Arrhenius 曲线中的各点拟合成直线。

相当于使用寿命（ 23°C 环境温度下）所需的老化温度和对应的老化时间按下列公式计算：

式中：

t_a —— 老化时间, 单位为天 (d);

t_{23} ——对应于 23°C 环境温度下的使用寿命，单位为天 (d)；

T_v 老化试验的温度 单位为开尔文 (K)

T_c —试验心梗温度(℃)。

——实验至环境温度(296 K);

E_a —— 活化能 (按材料各种性能的)

R — 气体常数

T —— 温度 (单位: 摄氏度)

注： E_a/B 为 Arrhenius 曲线中将各点拟合直线的斜率，可从图 C-2 求出。

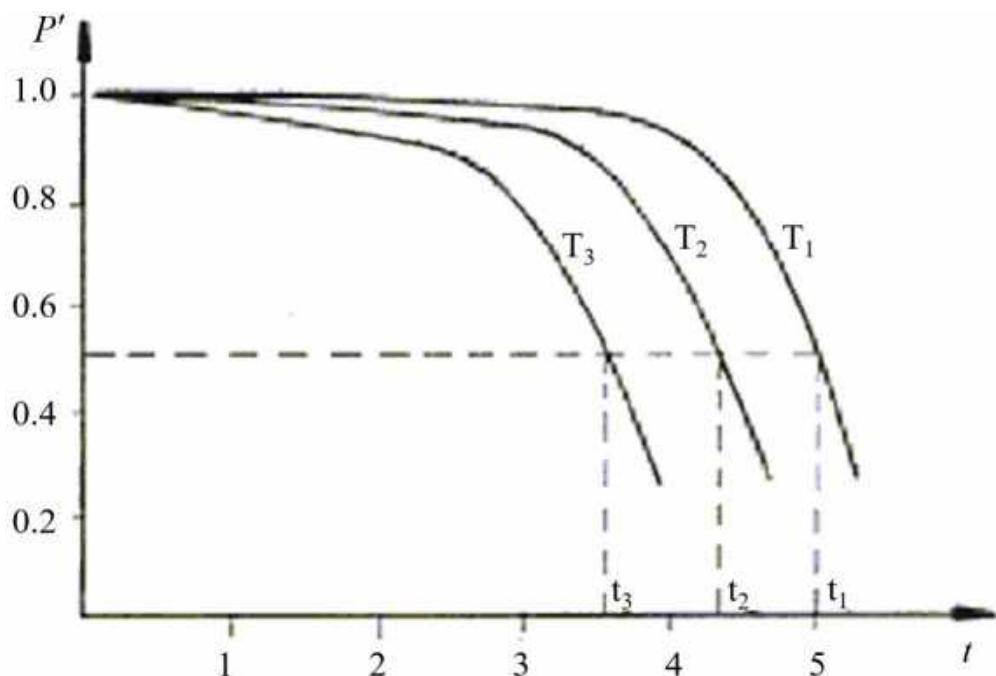


图 C.1 材料物理性能与老化时间的关系

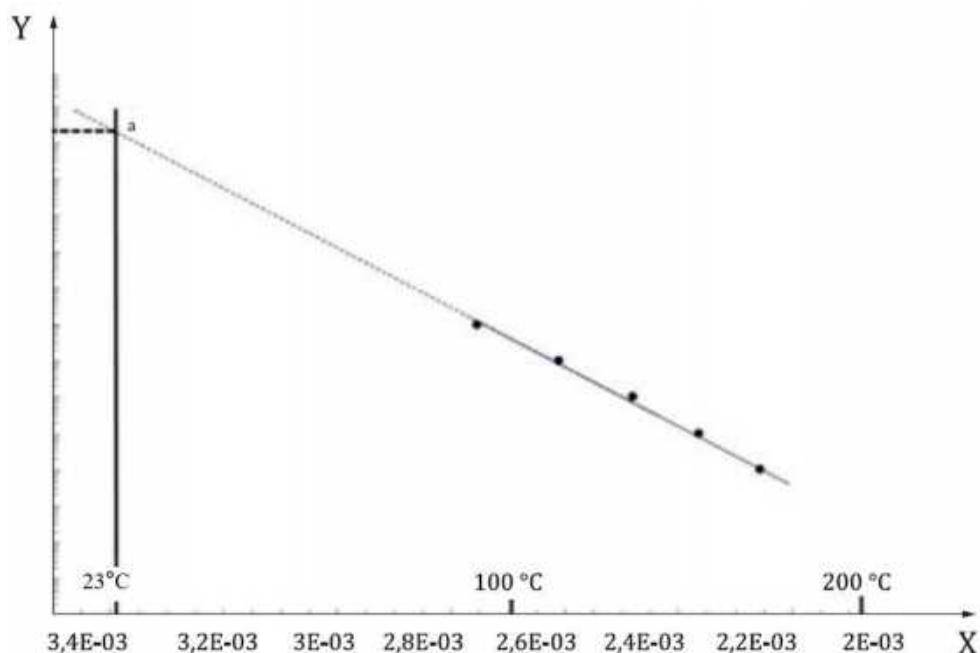


图 C.2 Arrhenius 曲线 (老化时间与老化温度的关系)

注：

 $X = \frac{1}{T} \times 10^4$ (T 单位为开尔文)； Y —— 反应速率对数 (时间)； a —— 23°C 条件下的寿命。

附录 D (规范性)

D. 1 通则

高速加载测定隔震橡胶支座性能时将会产生惯性力。惯性力由运动体（不包括试件）质量和加速度产生。水平力传感器所记录的力为惯性力和实际剪力之和（见图 D.1）。

本附录规定的方法适用于测量运动体的惯性力，并对剪力进行修正。

D. 2 惯性力的测量方法

D. 2. 1 直接方法

在不放置试件的条件下，操作压剪装置。此时由水平力传感器记录的剪力即为惯性力（见图 P.1）。

D.2.2 间接方法

在不放置试件的条件下，在运动体上放置加速度传感器，操作压剪装置。此时加速度传感器显示的加速度和运动体质量的乘积即为惯性力（见图 D.2）。

D.3 计算方法

考虑惯性力对剪力的修正计算公式如下：

$$Q = Q_a - Q_i \quad (\text{D1})$$

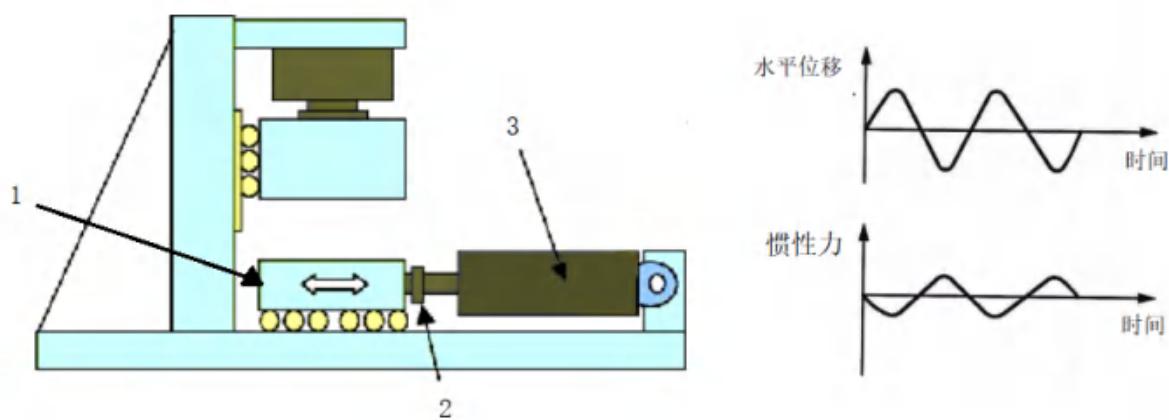
式中：

Q —实际剪力, 以牛顿 (N) 表示:

Q_a 记录剪力(含惯性力)以牛顿(N)表示。

O_i 惯性力 (以牛頓為單位)) , 以

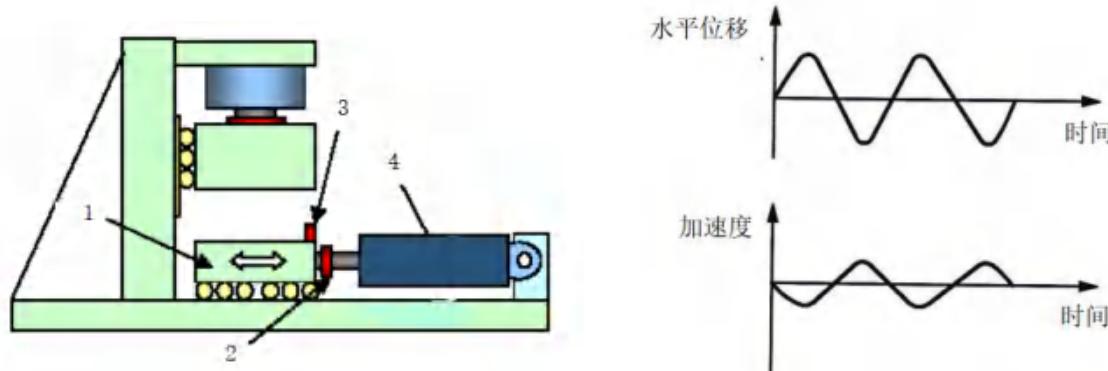
若惯性力小于记录剪力(含惯性力)的1%，则无需修正。



标引序号说明:

- 1——运动体;
- 2——水平力传感器;
- 3——水平作动器。

图 D.1 测定惯性力的直接方法



标引序号说明:

- 1——运动体;
 - 2——水平力传感器;
 - 3——加速度传感器;
 - 4——水平作动器。
- 注: 惯性力 = 加速度 × 质量

图 D.2 测定惯性力的间接方法

附录 E (资料性)

E. 1 通则

测定隔震橡胶支座性能时，由于运动体带有滑动或滚动装置，将会产生摩擦力。水平力传感器所记录的力为摩擦力和实际剪力之和（见图 E.1）。

本附录规定的方法适用于测量滑动或滚动装置的摩擦力，并对剪力进行修正。

E. 2 测试装置

在压剪试验装置中设置附加作动器和摩擦力传感器（见图 E.1）。

标准试件上下的滑动或滚动装置的摩擦性能应相同。

E.3 摩擦力的测试方法

用某种标准试件（如缩尺模型支座）代替橡胶支座进行试验，测定步骤如下：

- 1) 锁定压剪装置的水平作动器；
 - 2) 对试件施加指定的竖向压力；
 - 3) 驱动附加作动器。

摩擦力传感器记录的力则为2倍的滑动或滚动摩擦力。

应对试件施加不同的竖向压力。对于每种压力，绘出水平位移与摩擦力之间的关系曲线，见图 E.2。并绘出不同压力与摩擦系数之间的关系曲线，见图 E.3。

E. 4 计算方法

考虑摩擦力对剪力的修正计算公式如下：

$$Q = Q_a - F_r \quad \dots \dots \dots \quad (\text{E}1)$$

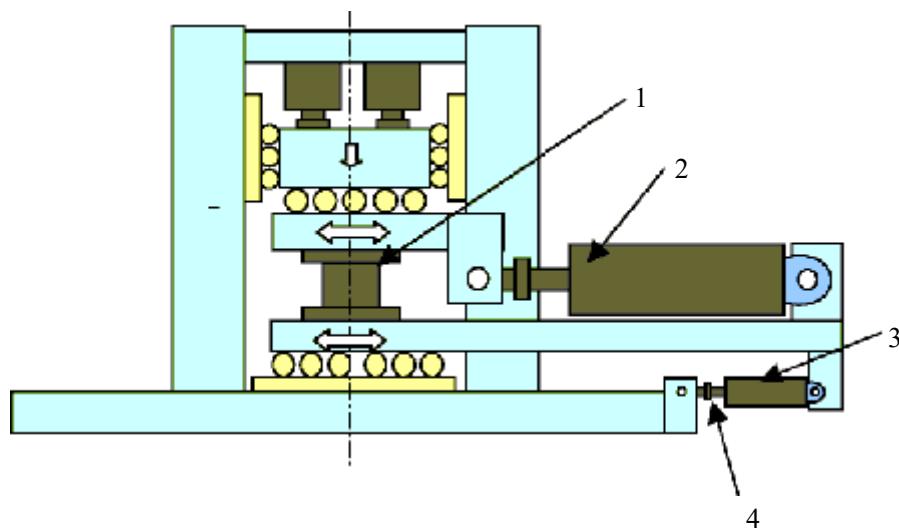
式中：

Q —实际剪力, 以牛顿 (N) 表示:

Q_a —— 记录剪力 (含摩擦力) , 以牛顿 (N) 表示;

F_s 磨擦力，以牛頓 (N) 表示。

若摩擦力小于记录剪力（含摩擦力）的 1%，则无需修正。



标引序号说明:

- 1—标准试件
- 2—锁定的水平作动器
- 3—附加作动器

4—摩擦力传感器

图 E. 1 测定摩擦力的试验装置示意图

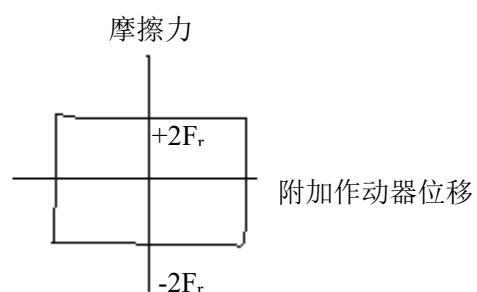


图 E. 2 水平位移与摩擦力的关系

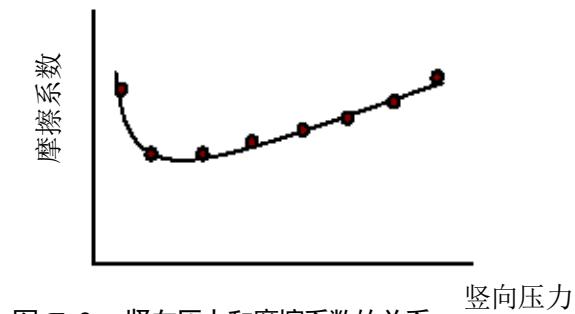


图 E. 3 竖向压力和摩擦系数的关系

附录 F
(资料性)
剪切性能的确定方法

F.1 通则

在滞回曲线的上下部分，分别取剪切位移最大值 X_1 和最小值 X_2 的 $1/2$ 位移处（即 $X_1/2$ 和 $X_2/2$ ）所对应的剪力（即 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 ），得到上连线和下连线（见图 F.1、图 F.2）。水平切线刚度 K_t 为上、下连线斜率的平均值。屈服力为上下连线与纵轴交点对应剪力绝对值的平均值。

F.2 水平切线刚度

对天然橡胶支座 (LNR)，水平切线刚度 K_t 的计算公式如下：

$$K_t = \left[\frac{Q_1 - Q_4}{(X_1 - X_2)/2} + \frac{Q_2 - Q_3}{(X_1 - X_2)/2} \right] / 2 \quad (\text{F.1})$$

对铅芯橡胶支座 (LRB)，水平切线刚度 K_t 即为屈服后刚度 K_d ，其计算公式如下：

$$K_t = K_d = \left[\frac{Q_1 - Q_4}{(X_1 - X_2)/2} + \frac{Q_2 - Q_3}{(X_1 - X_2)/2} \right] / 2 \quad (\text{F.2})$$

F.3 屈服力

铅芯橡胶支座屈服力 Q_d 的计算公式如下：

$$Q_d = \left[\frac{X_2 Q_1 - X_1 Q_4}{X_2 - X_1} - \frac{X_2 Q_2 - X_1 Q_3}{X_2 - X_1} \right] / 2 \quad (\text{F.3})$$

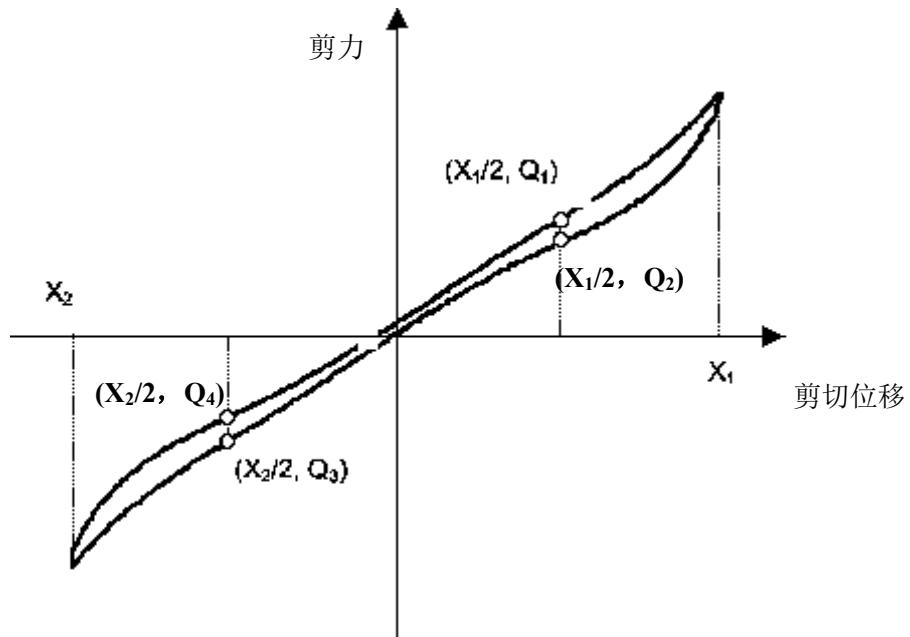


图 F.1 天然橡胶支座的滞回曲线

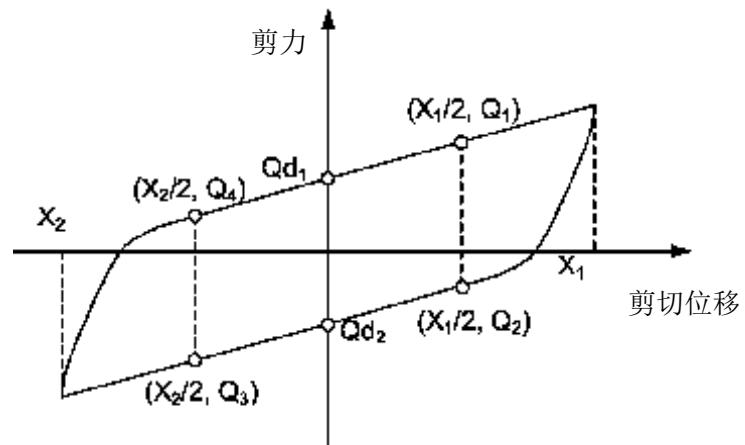


图 F. 2 铅芯橡胶支座的滞回曲线

附录 G (资料性)

G. 1 通则

徐变性能试验原则上应在 (23 ± 2) ℃温度下进行。由于试验周期较长，试验中环境温度常有变化，应对徐变量进行修正。

本附录规定的方法，用于测定支座高度方向的线性热膨胀系数，以修正徐变量。

G.2 试件

应采用与徐变试验中规格相同的橡胶支座。

G.3 试验温度

标准温度为 23℃。测试时应在 0℃ 到 40℃ 范围内再选取三个温度，每种温度之间的最小温差为 10℃。

G. 4 试件放置时间

试件放置时间应按 6.2.1 的规定执行。

G.5 测定方法

试件达到规定的放置时间后，测定试件高度，测量精度为 0.01 mm。

G. 6 计算方法

每种温度下的线性热膨胀系数的计算公式如下：

式中：

T —— 试验温度 (°C) ;

α — 线性热膨胀系数 (T°C 到 23°C) ;

H_{22} —— 23℃时试件的高度;

H —— $T^{\circ}\text{C}$ 时试件的高度;

k = 23°C 时内部橡胶的总厚度。

线性热膨胀系数 α 为在 T_1 、 T_2 和 T_3 下测得的线性热膨胀系数的平均值

附录 H
(资料性)
低速率变形的反力性能

H.1 连续加载法

高阻尼橡胶支座的剪切模量和加载速率之间的关系见图 H.1。

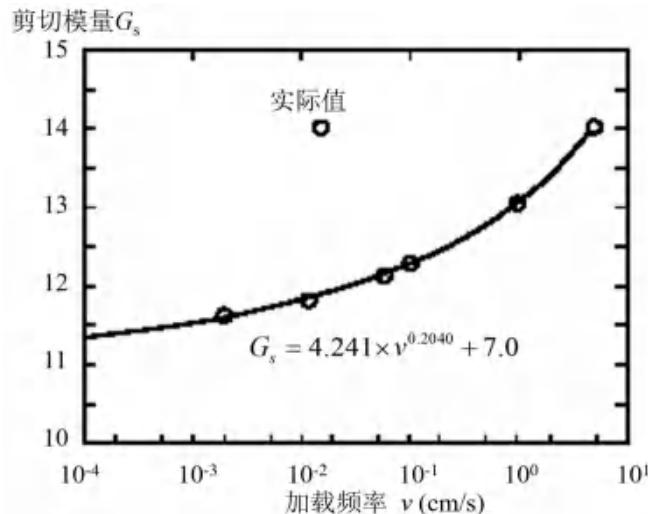


图 H.1 高阻尼橡胶支座低速率变形的反力性能示例

H.2 间歇加载法

根据一天 24 h 温度变化情况，高阻尼橡胶支座低速率变形的反力性能试验总持时定为 6 h，如图 H.2 所示。

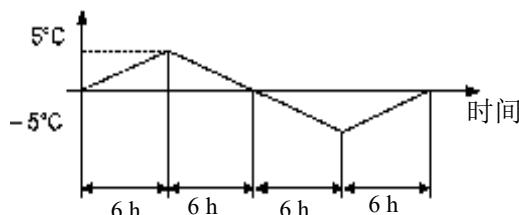


图 H.2 一天中温度的变化示意图

高阻尼橡胶支座低速率变形下的剪力和剪切位移的关系曲线见图 H.3。曲线 0—A—A'—B—B'—C—C'—D—D' 为实测滞回曲线。点 A'、B'、C' 和 D' 分别表示持时 1.5 h 后发生应力松弛后的剪力（剪应变为 12.5%、25%、37.5% 和 50% 的剪力值）。曲线 0—A'—B'—C'—D' 表示持时 6 h 后的滞回曲线。

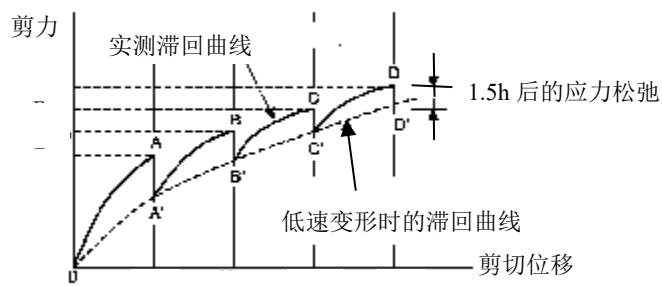


图 H.3 低速率变形的反力性能
