



中华人民共和国国家标准

GB 20688.5—2014

橡胶支座 第 5 部分：建筑隔震弹性滑板支座

Rubber bearings—
Part 5: Elastic sliding seismic-protection isolator for buildings

2014-10-10 发布

2015-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 3

5 分类 4

6 要求 6

7 试验方法 12

8 检验规则 16

9 标志和标签 19

附录 A (规范性附录) 滑板支座滑移材料的线磨耗系数试验方法 21

附录 B (规范性附录) 滑板支座滑移材料抗压弹性模量试验方法 23

附录 C (规范性附录) 滑板支座剪切性能试验方法 26

图 1 支座类型 5

图 2 平整度的测量 10

图 3 橡胶支座部的水平偏移测量 10

图 4 压缩试验装置示意图 15

图 5 压剪试验装置示意图 16

图 B.1 试验设备图 24

图 C.1 滑板支座水平力-位移滞回曲线 27

表 1 橡胶材料物理性能 6

表 2 滑移材料的物理性能 7

表 3 滑板支座力学性能 7

表 4 外观质量 8

表 5 橡胶支座部偏差要求 9

表 6 滑移材料的平面尺寸和厚度允许偏差 10

表 7 滑移材料与钢板凹槽之间的间隙 10

表 8 滑移面板的平面尺寸和厚度允许偏差 11

表 9 连接板直径和边长的允许偏差 11

表 10 连接板厚度的允许偏差 11



表 11	螺栓孔位置的允许偏差	12
表 12	橡胶材料物理性能试验项目	17
表 13	滑板支座力学性能试验项目	18



前 言

本部分 6.2、6.5.1、6.5.2.2、6.6.3、8.2.1 及 8.2.2 中黑体字部分为强制性的,其余为推荐性的。

GB 20688《橡胶支座》分为 5 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。

本部分为 GB 20688 的第 5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国石油和化学工业联合会提出。

本部分由全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会橡胶杂品分技术委员会(SAC/TC 35/SC 7)归口。

本部分起草单位:广州大学工程抗震研究中心、北京市化工产品质量监督检验站、中国建筑科学研究院、中国建筑标准设计研究院、南京工业大学、兰州理工大学、北京工业大学、云南省地震工程研究院、株洲时代新材料科技股份有限公司、衡水震泰隔震器材有限公司、衡水橡胶股份有限公司、无锡圣丰建筑新材料有限公司、江阴海达橡塑股份有限公司、丰泽工程橡胶科技开发股份有限公司。

本部分主要起草人:周福霖、谭平、马玉宏、沈朝勇、金建敏、黄襄云、陈洋洋、宋宝清、薛彦涛、曾德民、刘伟庆、王曙光、杜永峰、苏经宇、安晓文、庾光忠。

橡胶支座

第5部分:建筑隔震弹性滑板支座

1 范围

GB 20688 的本部分规定了建筑隔震弹性滑板支座的术语和定义、符号、分类、要求、试验方法、检验规则、标志和标签。

本部分适用于建筑结构用隔震弹性滑板支座,以下简称滑板支座。

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(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 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分:浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分:模塑和挤塑塑料的试验条件

GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带

GB/T 3398.1 塑料 硬度测定 第1部分:球压痕法

GB/T 6031 硫化橡胶或热塑性橡胶硬度的测定(10~100 IRHD)

GB/T 7759 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

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 7762 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂 静态拉伸试验

GB/T 15256 硫化橡胶低温脆性的测定(多试样法)

GB/T 20688.1—2007 橡胶支座 第1部分:隔震橡胶支座试验方法

GB 20688.3—2006 橡胶支座 第3部分:建筑隔震橡胶支座

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

弹性滑板支座 **elastic sliding bearing; ESB**

由橡胶支座部、滑移材料、滑移面板及上、下连接板组成的隔震支座。

3.2

橡胶支座部 **rubber bearing component**

由内部橡胶和内部钢板叠合整体硫化而成的支座部分。

3.3

滑移材料 **sliding material**

与滑移面板组成摩擦副,提供滑移功能的材料。

3.4

滑移面板 **sliding plate**

提供摩擦滑移功能的面板。

3.5

动摩擦系数 **sliding friction coefficient**

摩擦副滑移摩擦时摩擦力和正压力之间的比值。

3.6

失效 **failure**

由压-剪荷载引起的滑板支座的断裂破坏、滑移材料或滑移面板的变形破坏,以及滑板支座水平位移超出滑移面板之外。

3.7

压-剪试验装置 **compressive-shear testing machine**

用于测试滑板支座性能的装置,具有在恒定压力下施加剪切荷载的能力。

注: 改写 GB/T 20688.1—2007, 定义 3.4。

3.8

橡胶保护层 **cover rubber**

包裹在内部橡胶和内部钢板外侧面的橡胶层。

[GB/T 20688.1—2007, 定义 3.5]

3.9

设计压应力 **design compressive stress**

设计采用的作用于滑板支座上的压应力。

注: 改写 GB/T 20688.1—2007, 定义 3.6。

3.10

有效承压面积 **effective loaded area**

橡胶支座部承受竖向荷载的面积,等于内部橡胶的平面面积。

注: 改写 GB/T 20688.1—2007, 定义 3.7。

3.11

有效宽度 **effective width**

方形橡胶支座部中内部钢板的边长。

注: 改写 GB/T 20688.1—2007, 定义 3.8。

3.12

有效直径 **effective diameter**

圆形橡胶支座部中内部钢板的直径。

3.13

第一形状系数 **1st shape factor**

橡胶支座部中每层橡胶层的有效承压面积与其侧面面积之比。

注: 改写 GB/T 20688.1—2007, 定义 3.11。

3.14

第二形状系数 **2nd shape factor**

对于圆形橡胶支座部,为内部橡胶层直径与内部橡胶总厚度之比。

对于方形橡胶支座部,为内部橡胶层有效宽度与内部橡胶总厚度之比。

注: 改写 GB/T 20688.1—2007, 定义 3.12。

3.15

内部橡胶 inner rubber

橡胶支座部内部多层钢板之间的橡胶层。

注：改写 GB/T 20688.1—2007，定义 3.16。

3.16

最大压应力 maximum compressive stress

地震时作用于滑板支座上的最大压应力。

注：改写 GB/T 20688.1—2007，定义 3.17。

3.17

弹性滑板支座水平性能 shear properties of elastic sliding bearing

弹性滑板支座(ESB)的动摩擦系数(μ)和初始刚度(K_1)。

3.18

弹性滑板支座极限性能 ultimate properties of elastic sliding bearing

在压-剪荷载作用下滑板支座失效时的性能。

4 符号

下列符号适用于本文件。

A —— 滑移材料承压面积；

A_s —— 滑板支座承压面积；

c —— 滑移面板的滑移面倒角边长；

D_d —— 圆形橡胶支座部连接板外径；

D_s —— 圆形滑移材料直径或方形滑移材料边长；

D_r —— 圆形橡胶支座部内部钢板直径；

D' —— 圆形或方形橡胶支座部包括保护层厚度的外部直径或边长；

E_1 —— 滑移材料抗压弹性模量；

F —— 滑移材料抗压破坏荷载；

F_v —— 滑板支座抗压破坏荷载；

f_{sv} —— 滑板支座抗压强度；

f_v —— 滑移材料抗压强度；

H_1 —— 上连接板和橡胶支座部组装总高度(不含滑移材料厚度)；

H_2 —— 上连接板厚度；

H_3 —— 橡胶支座部上封板厚度；

H_4 —— 滑移面板厚度；

H_5 —— 橡胶支座部下封板厚度；

H_6 —— 下连接板厚度；

K_1 —— 滑板支座初始刚度；

K_v —— 滑板支座竖向压缩刚度；

L_1 —— 滑移面板的滑移面边长；

L_f —— 下连接板的边长；

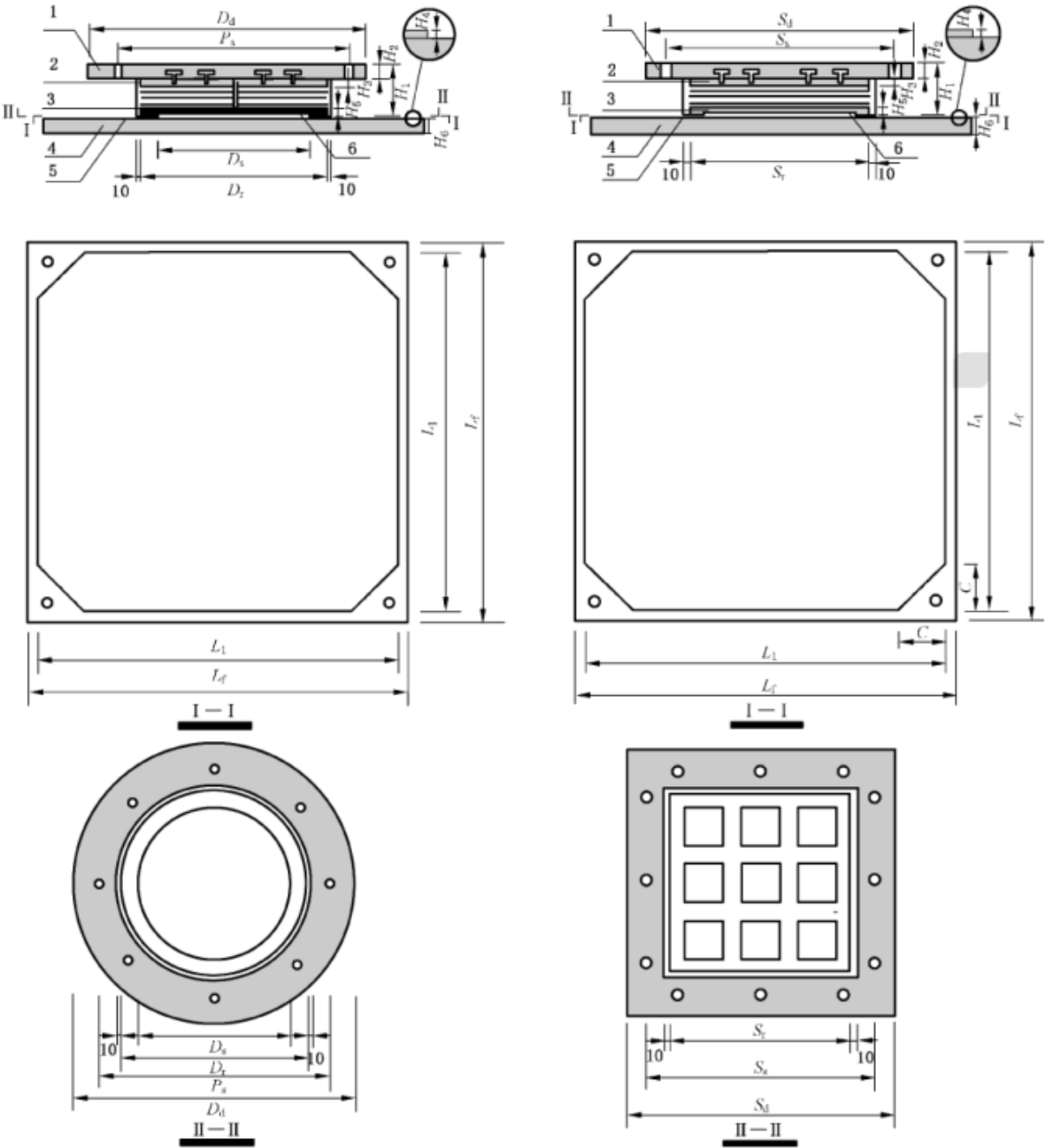
- P_s ——圆形橡胶支座部连接板与预埋件相连的螺栓孔分度圆直径；
 S_d ——方形橡胶支座部连接板边长；
 S_r ——方形橡胶支座部橡胶层有效边长；
 S_s ——方形橡胶支座部连接板对边螺栓孔中心距；
 δ_H ——橡胶支座部水平偏移；
 δ_v ——橡胶支座部的平整度偏差，即相距 180° 的两点所测的支座高度之差；
 $\varepsilon_{0.7倍}$ ——滑移材料在 0.7 倍基准压应力荷载下的累积压缩应变值；
 $\varepsilon_{1.3倍}$ ——滑移材料在 1.3 倍基准压应力荷载下的累积压缩应变；
 μ ——滑板支座动摩擦系数；
 σ_0 ——滑移材料在基准压应力荷载下的压应力；
 $\sigma_{0.7倍}$ ——滑移材料在 0.7 倍基准压应力荷载下的压应力；
 $\sigma_{1.3倍}$ ——滑移材料在 1.3 倍基准压应力荷载下的压应力；
 Ψ ——橡胶支座部的平整度。

5 分类

5.1 按形状分类

按照橡胶支座部的形状，可将滑板支座分为圆形[见图 1a)]和方形[见图 1b)]两类。

单位为毫米



a) 圆形

b) 方形

说明:

- 1——上连接板;
- 2——上封板;
- 3——下封板;
- 4——下连接板;
- 5——滑移面板;
- 6——滑移材料。

图 1 支座类型

5.2 按动摩擦系数分类

按照动摩擦系数大小,滑板支座可分为以下三类:

- 低摩擦滑板支座: $\mu < 0.03$;
- 中摩擦滑板支座: $0.03 \leq \mu \leq 0.06$;
- 高摩擦滑板支座: $\mu > 0.06$ 。

6 要求

6.1 橡胶材料物理性能要求

橡胶材料物理性能及相应的试验方法应符合表 1 的规定,橡胶材料剪切模量不宜小于 0.392 MPa。

表 1 橡胶材料物理性能

序号	性能	试验项目	要求	适用试验条号
1	拉伸性能	拉伸强度	应符合 GB 20688.3—2006 附录 B 中天然橡胶支座的规定	7.1.1
		拉断伸长率		
		100% 拉应变时的弹性模量	在试验前指定的偏差范围内	
2	老化性能	拉伸强度变化率	$\pm 25\%$	7.1.2
		拉断伸长率变化率	$\geq -50\%$	
		100%拉应变时的弹性模量变化率	在试验前指定的偏差范围内	
3	硬度	硬度	在试验前指定的偏差范围内	7.1.3
4	粘合性能	橡胶与金属粘合强度	应符合 GB 20688.3—2006 中附录 B 的规定	7.1.4
5	压缩性能	压缩永久变形	在试验前指定的偏差范围内	7.1.5
6	剪切性能	剪切模量	各项性能要求应在试验前指定的偏差范围内	7.1.6
		等效阻尼比		
		剪切模量和等效阻尼比的温度相关性		
		破坏剪应变		
7	脆性性能	脆性温度	在试验前指定的偏差范围内	7.1.7
8	抗臭氧性能	外观变化	橡胶不应出现龟裂	7.1.8
9	低温结晶性能	硬度变化率	在试验前指定的偏差范围内	7.1.9
硬度可作为质量控制指标之一,但不应作为主要的设计指标。 注:抗臭氧性能主要针对外部橡胶保护层进行试验。				

6.2 滑移材料要求

滑板支座使用的滑移材料可采用聚四氟乙烯板、改性超高分子量聚乙烯板,其物理性能及相应的试验方法应符合表 2 的规定;滑板支座用滑移材料应采用原生粉料模压而成,不应使用车削板材,严禁使

用再生料和回头料。聚四氟乙烯原料的平均粒径不应大于 50 μm。

表 2 滑移材料的物理性能

项目	聚四氟乙烯板	改性超高分子量聚乙烯板	适用试验条号
密度/(g/cm ³)	2.14~2.20	0.93~0.98	7.2.1
拉伸强度/MPa	≥30	30	7.2.2
断裂拉伸应变/%	≥300	250	
球压痕硬度 H132/60/MPa	23.0~33.0	26.4~39.6	7.2.3
线磨耗系数/%	≤6	3	7.2.4
极限抗压强度/MPa	≥80	80	7.2.5
抗压弹性模量/MPa	≥360	360	7.2.6

滑移材料应采用无孔材料,厚度应不小于 5 mm,嵌入深度应不小于厚度的 1/2,外露厚度应不小于 2 mm,在检测及使用过程中严禁在滑移材料表面涂油或油脂等;不允许出现脱皮、裂纹、分层或其他损伤破坏的现象。采用聚四氟乙烯滑移材料时,背面需经表面活化处理后,镶嵌并粘结在下封板中;采用改性超高分子量聚乙烯滑移材料时,滑移材料应嵌固在下封板中。必要时两种材料均可采用机械方式固定。

6.3 滑移面板材料要求

当滑移面板采用钢材时,应采用不锈钢材料,含铬量应大于等于 18%。建议内陆地区:不锈钢采用符合 GB/T 3280 规定的 06Cr19Ni10,06Cr19Ni13Mo3;沿海地区以及内陆腐蚀性环境:不锈钢采用符合 GB/T 3280 规定的 022Cr19Ni13Mo3。

当滑移面板对角线长度小于 1 500 mm 时,其厚度应不小于 2 mm,当滑移面板对角线长度大于或等于 1 500 mm 时,其厚度应不小于 3 mm。

6.4 上、下连接板材料要求

上、下连接板采用 Q235 钢板或 Q345 钢板,厚度不小于 25 mm,其强度设计值参见 GB 20688.3—2006。

6.5 滑板支座性能要求

6.5.1 滑板支座力学性能试验要求

滑板支座力学性能及相应的试验方法应符合表 3 的规定。

表 3 滑板支座力学性能

序号	性能	试验项目	要求	适用试验条号
1	压缩性能	竖向压缩刚度	竖向压缩刚度 K_v ,允许偏差为 ±30%	7.3.1
2	剪切性能	初始刚度 K_1	允许偏差为 ±15%	7.3.2
3		动摩擦系数	低摩擦滑板支座:允许偏差为 ±50% 中、高摩擦滑板支座:允许偏差为 ±30%	

表 3 (续)

序号	性能	试验项目	要求	适用试验条号
4	剪切性能相关性	压应力相关性	基准压应力 σ_0 取设计压应力	7.3.3.1
5		加载速度相关性	基准加载速度宜取 0.4 m/s	7.3.3.2
6		反复加载次数相关性	基准反复加载次数取第 3 次,50 次摩擦系数变化率不应大于 30%	7.3.3.3
7		温度相关性	基准温度为 23 ℃	7.3.3.4
8	压缩性能相关性	压应力相关性	竖向压缩刚度具有规律性,滑板支座竖向保持稳定性	7.3.4
9	极限性能	水平极限性能	1. 滑板支座橡胶支座部在设计面压下,水平位移达到设计最大位移之前,不应出现破坏、屈曲和滚翻;滑板支座其他组成部分不应出现破坏情况; 2. 滑板支座的极限抗压能力不应小于 60 MPa	7.3.5
10		竖向极限抗压性能		
11	耐久性能	老化性能	初始刚度 K_1 不应超过 30%	7.3.6
12		徐变性能	60 年徐变量不应超过 10%	

6.5.2 滑板支座设计要求

- 6.5.2.1 滑板支座滑移时橡胶支座部设计水平剪应变不宜大于 50%。
- 6.5.2.2 在重力荷载代表值作用下滑板支座设计压应力应不超过 25 MPa。罕遇地震荷载作用下瞬时面压应不超过 50 MPa。
- 6.5.2.3 滑板支座的橡胶支座部的最小直径(或边长)尺寸不宜小于 300 mm,第 1 形状系数不宜小于 30,第 2 形状系数应不小于 7。

6.6 外观要求

6.6.1 橡胶支座部

滑板支座的橡胶支座部表面应光滑平整,外观质量应符合表 4 的规定。

表 4 外观质量

缺陷名称	质量指标
气泡	单个表面气泡面积不超过 50 mm ² ,不得多于 3 处
杂质	杂质面积不超过 30 mm ²
缺胶	缺胶面积不超过 150 mm ² ,不得多于两处,且内部嵌件不许外露
凹凸不平	凹凸不超过 2 mm,面积不超过 50 mm ² ,不得多于 3 处
胶钢粘结不牢(上、下端面)	不允许

表 4 (续)

缺陷名称	质量指标
裂纹(侧面)	裂纹长度不超过 30 mm、深度不超过 3 mm,不得多于 3 处
钢板外露(侧面)	不允许
注:质量缺陷(气泡、杂质、缺胶、凹凸不平)面积可取缺陷投影面积最大边长×宽来计算。	

6.6.2 滑移材料

滑移材料在自然光下用目视法检查板材表面应光滑,不允许出现裂纹、气泡、分层,不允许有机械损伤、板面刀痕等缺陷,不允许夹带任何杂质。

6.6.3 滑移面板

滑移面板表面应光滑,不允许出现裂纹、划痕、起鼓、凹陷、杂质等影响使用的缺陷。滑移面板不允许拼接。滑移面板应设置耐久且可拆装的防尘保护措施。

6.6.4 滑移面板与下连接板的连接及防腐蚀要求

6.6.4.1 当滑移面板与下连接板采用氩弧焊接时,对下连接板应进行完全防腐蚀处理,焊接后滑移面板应与下连接板密贴,其平整度不大于滑移面板直径(或边长)的 0.03%;焊缝应连续、光滑、平整,其高度不得高于滑移面板的表面。

6.6.4.2 当滑移面板与下连接板采用螺栓或铆钉结合时,对下连接板应进行完全防腐蚀处理。

6.7 允许偏差

6.7.1 橡胶支座部允许偏差

6.7.1.1 橡胶支座部平面尺寸和高度允许偏差

橡胶支座部的平面尺寸和高度允许偏差要求应符合表 5 的规定。

表 5 橡胶支座部偏差要求 单位为毫米

直径 D_r (或边长 S_r)	直径(或边长)允许偏差	高度允许偏差
≤ 500	± 5	$\pm 1.5\%$ 与 ± 6.0 两者中的较小值
$500 < D_r$ (或 S_r) $\leq 1\,500$	$\pm 1\%$	
$> 1\,500$	± 15	

6.7.1.2 橡胶支座部的平整度允许偏差

橡胶支座部的平整度要求为:

$$\begin{aligned} |\Psi| &\leq 0.25\% \\ |\delta_v| &\leq 3\text{ mm} \end{aligned}$$

橡胶支座部的平整度按式(1)计算:

$$\Psi = \left| \frac{\delta_v}{D'} \right| \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 Ψ ——橡胶支座部的平整度；
 δ_v ——橡胶支座部的平整度偏差，即相距 180° 的两点所测的支座高度之差（见图 2），单位为毫米（mm）；
 D' ——圆形或方形橡胶支座部包括保护层厚度的外部直径或边长，单位为毫米（mm）。

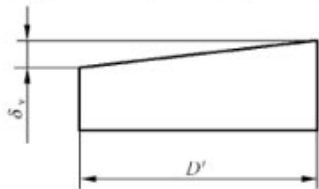


图 2 平整度的测量

6.7.1.3 橡胶支座部水平偏移允许偏差

橡胶支座部的水平偏移(δ_H ，见图 3)应不超过 3.0 mm，此偏移值也适用于经历试验后 48 h 内的残余变形限制要求。



图 3 橡胶支座部的水平偏移测量

6.7.2 滑移材料允许偏差

滑移材料外露部分的平面尺寸和厚度允许偏差要求应符合表 6 的规定。滑移材料与钢板凹槽之间的间隙应符合表 7 的规定。

表 6 滑移材料的平面尺寸和厚度允许偏差 单位为毫米

滑移材料直径 D_s (或边长 S_s)	直径 (或边长) 允许偏差	厚度允许偏差
≤ 500	$+2.5$ 0	$+0.3$ 0
$500 < D_s$ (或 S_s) $\leq 1\ 000$	$+3.0$ 0	$+0.3$ 0
$1\ 000 < D_s$ (或 S_s) $\leq 1\ 500$	$+3.5$ 0	$+0.3$ 0
$> 1\ 500$	$+4.0$ 0	$+0.3$ 0

表 7 滑移材料与钢板凹槽之间的间隙 单位为毫米

滑移材料直径 D_s (或边长 S_s)	装配间隙
$\leq 1\ 000$	≤ 2.0
$> 1\ 000$	≤ 3.0

6.7.3 滑移面板允许偏差

6.7.3.1 滑移面板平面尺寸和厚度允许偏差

滑移面板的平面尺寸和厚度允许偏差应符合表 8 的规定。

表 8 滑移面板的平面尺寸和厚度允许偏差 单位为毫米

滑移面板边长 L_1	直径(或边长)允许偏差	厚度允许偏差
$\leq 1\,500$	$\begin{smallmatrix} +2.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	± 0.2
$> 1\,500$	$\begin{smallmatrix} +3.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	± 0.2

6.7.3.2 滑移面板的平整度允许偏差

连接完成后滑移面板平整度的偏差应不超过滑移面板最大平面尺寸的 0.03%。

6.7.4 连接板允许偏差

6.7.4.1 连接板平面尺寸允许偏差

连接板平面尺寸的偏差应符合表 9 的规定。

表 9 连接板直径和边长的允许偏差 单位为毫米

厚度	$D_d(\text{或 } L_f) \text{ 和 } S_d < 1\,000$	$1\,000 \leq D_d(\text{或 } L_f) \text{ 和 } S_d < 3\,150$	$3\,150 \leq D_d(\text{或 } L_f) \text{ 和 } S_d < 6\,000$
$25 \leq H_2 \text{ 和 } H_6 \leq 27$	± 2.0	± 2.5	± 3.0
$27 < H_2 \text{ 和 } H_6 \leq 50$	± 2.5	± 3.0	± 3.5
$50 < H_2 \text{ 和 } H_6 \leq 100$	± 3.5	± 4.0	± 4.5

6.7.4.2 连接板厚度允许偏差

连接板厚度的允许偏差应符合表 10 的规定。

表 10 连接板厚度的允许偏差 单位为毫米

标称尺寸	$D_d(\text{或 } L_f) \text{ 和 } S_d < 1\,600$	$1\,600 \leq D_d(\text{或 } L_f) \text{ 和 } S_d < 3\,150$	$3\,150 \leq D_d(\text{或 } L_f) \text{ 和 } S_d < 6\,000$
$25.0 \leq H_2 \text{ 和 } H_6 \leq 40.0$	± 0.70	± 0.80	± 0.95
$40.0 < H_2 \text{ 和 } H_6 \leq 63.0$	± 0.80	± 0.95	± 0.20
$63.0 < H_2 \text{ 和 } H_6 \leq 100.0$	± 0.90	± 1.10	± 1.30

6.7.4.3 连接板螺栓孔位置允许偏差

连接板螺栓孔位置和封板螺纹孔位置的允许偏差应符合表 11 的规定。

表 11 螺栓孔位置的允许偏差

单位为毫米

标称尺寸	允许偏差
$400 < D_d$ 和(或 L_f) $S_d \leq 1\,000$	$\pm 0,8$
$1\,000 < D_d$ 和(或 L_f) $S_d \leq 2\,000$	$\pm 1,2$
D_d 和(或 L_f) $S_d > 2\,000$	$\pm 2,0$

7 试验方法

7.1 橡胶材料物理性能

7.1.1 拉伸性能

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

7.1.2 老化性能

拉伸强度变化率、拉断伸长率变化率、100%拉应变时的弹性模量变化率的测定按 GB/T 20688.1—2007 的 5.4 的规定进行。试验条件:天然橡胶 70℃×168 h;氯丁橡胶或其他橡胶 100℃×72 h。

7.1.3 硬度

硬度的测定按 GB/T 6031 的规定进行。

7.1.4 粘合性能

橡胶与金属粘合强度的测定按 GB/T 7760 的规定进行。

7.1.5 压缩性能

压缩永久变形的测定按 GB/T 7759 的规定进行,采用 A 型试样。

7.1.6 剪切性能

剪切模量、等效阻尼比、剪切模量和等效阻尼比的温度相关性的测定按 GB/T 20688.1—2007 中 5.8 的规定进行;破坏剪应变的测定按 GB/T 20688.1—2007 中 5.9 的规定进行。

7.1.7 脆性温度

脆性温度的测定按 GB/T 15256 的规定进行。

7.1.8 抗臭氧性能

抗臭氧性能的测定按 GB/T 7762 的规定进行。试验条件为:臭氧浓度 50×10^{-8} ,拉伸 20%,40℃×96 h。

7.1.9 低温结晶性能

低温结晶性能的测定按 GB/T 20688.1—2007 中 5.12 的规定进行。

7.2 滑移材料物理性能

7.2.1 密度

密度的测定按 GB/T 1033.1 的规定进行。

7.2.2 拉伸强度、断裂拉伸应变

拉伸强度、断裂拉伸应变的测定按 GB/T 1040.2 的规定进行,采用 1B 型试样。

7.2.3 球压痕硬度

球压痕硬度的测定按 GB/T 3398.1 的规定进行。

7.2.4 线磨损系数

线磨损系数的测定按附录 A 的规定进行。

7.2.5 极限抗压强度

7.2.5.1 试验设备

本试验在压力试验机上进行。

7.2.5.2 试件尺寸

试件厚度不小于 5 mm,平面尺寸取 150 mm×150 mm。

7.2.5.3 试验程序

极限抗压强度试验应按下列顺序进行:

- a) 清理试件表面与上下承压板面;
- b) 试件中心应与试验机下压板或垫块中心对准;
- c) 试验过程中应连续均匀地加荷,加载速率为 0.5 MPa/s~0.8 MPa/s;
- d) 当试件力-位移关系曲线发生突变时,应停止加载,记录此时破坏荷载。

7.2.5.4 结果计算

7.2.5.4.1 滑移材料抗压强度应按式(2)计算:

$$f_v = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- f_v ——滑移材料抗压强度,单位为兆帕(MPa);
- F ——滑移材料抗压破坏荷载,单位为牛顿(N);
- A ——滑移材料承压面积,单位为平方毫米(mm²)。

试件强度计算应精确至 0.1 MPa。

7.2.5.4.2 抗压强度值按以下方法确定:

- a) 3 个试件中的算术平均值作为该组试件的强度值(精确至 0.1 MPa);
- b) 3 个测试值中最大值或最小值中如有一个与中间值的差值超过中间值的 15%时,则把最大值及最小值一并舍除,取中间值作为该组试件的抗压强度值;

- c) 如最大值和最小值与中间值的差值超过中间值的 15%, 则该组试件的试验结果无效。

7.2.6 抗压弹性模量

抗压弹性模量的测定按附录 B 的规定进行。

7.3 滑板支座性能

7.3.1 压缩性能

7.3.1.1 竖向压缩刚度的测定按 GB/T 20688.1—2007 中 6.3.1 规定的方法进行, 加载方法采用 6.3.1.3 中的方法 2 加载 3 次, 竖向压缩刚度 K_v 应按第 3 次加载循环测试值计算。

7.3.1.2 试验标准温度为 23 °C, 否则应对试验结果进行温度修正。

7.3.2 剪切性能

7.3.2.1 动摩擦系数、初始刚度 K_1 的测定按附录 C 的规定。

7.3.2.2 若加载频率和设计频率不同, 宜对试验结果进行修正。基准频率为设计频率或 0.3 Hz。

7.3.2.3 试验标准温度为 23 °C, 否则应对试验结果进行温度修正。

7.3.3 剪切性能相关性

7.3.3.1 压应力相关性

压应力相关性的测定按 GB/T 20688.1—2007 中 6.4.2 的规定进行, 压应力建议取值为 $0.5\sigma_0$, $1.0\sigma_0$, $1.5\sigma_0$, $2.0\sigma_0$, 必要时可增加压应力取值。

7.3.3.2 加载速度相关性

加载速度相关性的测定按 GB/T 20688.1—2007 的 6.4.3 的规定进行, 可采用单剪试验装置, 基准加载速度取值为 0.4 m/s。

7.3.3.3 反复加载次数相关性

反复加载次数相关性的测定按 GB/T 20688.1—2007 的 6.4.4 的规定进行, 可采用单剪试验装置, 反复加载次数为 50 次。

7.3.3.4 温度相关性

温度相关性的测定按 GB/T 20688.1—2007 的 6.4.5 的规定进行, 可采用单剪试验装置, 温度取值范围为 $-20\text{ °C} \sim 40\text{ °C}$, 必要时可增加温度取值。

7.3.4 压缩性能相关性

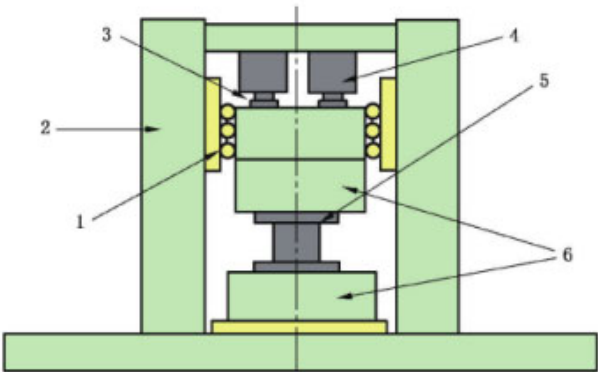
压应力相关性的测定按 GB/T 20688.1—2007 的 6.4.7 的规定进行。

7.3.5 极限性能

7.3.5.1 竖向极限抗压性能试验

7.3.5.1.1 试验装置

压缩性能试验装置见图 4。



说明：
1——导轨；
2——框架；
3——力传感器；
4——作动器；
5——试件；
6——上下加载板。

图 4 压缩试验装置示意图

7.3.5.1.2 试验程序

- 竖向极限抗压性能试验程序如下：
- a) 清理滑板支座表面与上下承压板面；
 - b) 滑板支座中心应与试验机下压板中心对准；
 - c) 试验过程中应连续均匀地加荷，加载速率建议为 0.5 MPa/s~0.8 MPa/s；
 - d) 当滑板支座力-位移关系曲线发生突变时，应停止加载，记录此时破坏荷载。

7.3.5.1.3 竖向极限抗压强度计算

滑板支座抗压强度应按式(3)计算：

$$f_{sv} = \frac{F_v}{A_s} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

f_{sv} ——滑板支座抗压强度，单位为兆帕(MPa)；

F_v ——试件破坏荷载，单位为牛(N)；

A_s ——试件承压面积，单位为平方毫米(mm²)；如滑板材料面积小于橡胶部分内部钢板面积时，可取滑板材料的面积。

滑板支座强度计算应精确至 0.1 MPa。

7.3.5.2 水平极限性能试验

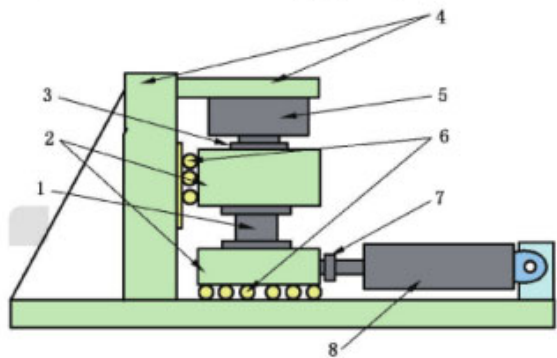
7.3.5.2.1 通则

应在恒定压力下施加水平位移测定滑板支座的水平极限性能。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%。

应采用单剪试验方法(图 5)。设备摩擦力对剪力的修正见 GB/T 20688.1—2007 附录 E，设备摩擦

力应小于剪力的 3%。

惯性力对剪力的修正见 GB/T 20688.1—2007 的附录 D。



说明：

- 1——试件；
- 2——上下加载板；
- 3——压力传感器；
- 4——框架；
- 5——作动器；
- 6——轴承；
- 7——剪力传感器；
- 8——水平向作动器。

图 5 压剪试验装置示意图

7.3.5.2.2 加载

试验可采用单边 1 次加载。

应测定滑板支座在设计压力下的极限水平位移能力。

极限水平位移状态指滑板支座出现破坏、屈曲或滚翻。

当单边水平位移达到指定极限水平位移(应至少取 500 mm)时,若没有明显的破坏迹象,则可停止试验,并根据最大剪力和水平位移确定滑板支座的极限水平性能。

7.3.6 耐久性能

7.3.6.1 老化性能

老化性能的测定按 GB/T 20688.1—2007 中 6.7.1 的规定进行。

7.3.6.2 徐变性能

徐变性能的测定按 GB/T 20688.1—2007 中 6.7.2 的规定进行。

8 检验规则

8.1 橡胶材料检验

8.1.1 出厂检验

橡胶材料物理性能应按表 12 规定的检验项目做出厂检验,滑移材料的出厂检验项目可根据表 2 所

列性能进行试验,该检测由厂家自检。

8.1.2 型式检验

橡胶材料物理性能的型式检验项目见表 12,滑移材料型式检验应按表 2 所列全部性能进行试验。该检测由第三方检测机构进行检验。

通常在下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产时,每年进行一次检验；
- c) 正式生产后,产品的结构、设计、工艺、材料、生产设备、管理等方面有重大改变；
- d) 产品停产超过半年,恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行该项试验的要求。

表 12 橡胶材料物理性能试验项目

序号	性能	试验项目	型式检验		出厂检验	
			内部 橡胶	橡胶 保护层	内部 橡胶	橡胶 保护层
1	拉伸性能	拉伸强度	√	√	√	√
		拉断伸长率	√	√	√	√
		100%拉应变时的弹性模量	√	√	×	×
2	老化性能	拉伸强度变化率	√	√	△	△
		拉断伸长率变化率	√	√	△	△
		100%拉应变时的弹性模量变化率	√	√	×	×
3	硬度	硬度	√	√	△	△
4	粘合性能	橡胶与金属粘合强度	√	√	△	×
5	压缩性能	压缩永久变形	√	×	√	√
6	剪切性能	剪切模量	√	×	△	×
		等效阻尼比	√	×	△	×
		剪切模量和等效阻尼比的温度相关性	√	×	×	×
		破坏剪应变	√	×	×	×
7	脆性性能	脆性温度	√	√ ⁺	×	×
8	抗臭氧性能	外观变化	×	√	×	√
9	低温结晶性能	硬度变化率	√ ⁺	√ ⁺	×	×
√⁺：使用环境温度低于 0℃时,应进行试验。 注：√——应进行试验；×——不进行试验；△——可选择进行试验；√⁺——应进行试验,除非橡胶对工作温度范围内的结晶不敏感(见 GB/T 20688.1—2007 的 5.7)。						

8.2 滑板支座产品检验

8.2.1 总则

滑板支座力学性能应按表 13 规定的检验项目做出厂检验及型式检验。滑板支座在工程上使用前应由检测部门进行出厂检验以进行质量控制,检验合格并附合格证书,方可使用。制造厂提供工程应用的滑板支座新产品(新种类、新规格、新型号)进行认证鉴定时,或已有滑板支座产品的规格、型号、结构、材料、工艺方法等有较大改变时,应进行型式检验,并提供型式检验报告。

表 13 滑板支座力学性能试验项目

序号	性能	试验项目	型式检验	出厂检验	试件
1	外观要求		√	√	足尺
2	允许偏差		√	√	足尺
3	压缩性能	竖向压缩刚度 压缩位移	√	√	足尺
4	剪切性能	动摩擦系数 初始刚度 K_1	√	√	足尺
5	剪切性能相关性	压应力相关性	√	×	足尺或缩尺模型 B
6		加载速度相关性	√(m)	×	足尺或缩尺模型 A,标准试件
7		反复加载次数相关性	√	×	足尺或缩尺模型 B
8		温度相关性	√(m)	×	足尺或缩尺模型 A,标准试件
9	压缩性能相关性	压应力相关性	√	×	足尺或缩尺模型 B
10	极限性能	水平极限性能 竖向极限抗压性能	√	×	足尺或缩尺模型 B
11	耐久性能	老化性能	√(m)	×	足尺或缩尺模型 A,标准试件
12		徐变性能	√	×	足尺或缩尺模型 A

1. √——应进行试验;√(m)——对滑板支座试件或剪切型橡胶试件进行试验;×

2. 缩尺模型 A 的尺寸要求:对于圆形滑板支座,直径 ≥ 150 mm,对于方形滑板支座,边长 ≥ 100 mm。橡胶层厚度 ≥ 1.5 mm,钢板厚度 ≥ 0.5 mm。

3. 缩尺模型 B 的尺寸要求:对于圆形滑板支座,直径 ≥ 400 mm,对于方形滑板支座,边长 ≥ 400 mm。橡胶层厚度 ≥ 1.5 mm,钢板厚度 ≥ 0.5 mm。

8.2.2 出厂检验

滑板支座在安装前应对工程中所用的各种类型和规格的原型部件进行出厂检测,出厂检验可采用随机抽样的方式确定检测试件。若有一件抽样试件的一项性能不合格,则该次抽样检验不合格。不合格产品不得出厂。

对一般建筑,每种规格产品抽样数量应不少于总数的 20%;若有不合格试件,应重新抽取总数的 50%,若仍有不合格试件,则应 100%检测。

对重要建筑,每种规格产品抽样数量应不少于总数的 50%;若有不合格试件,则应 100%检测。

对特别重要的建筑,每种规格产品抽样数量应为总数的 100%。

一般情况下,每项工程抽样总数不少于 20 件,每种规格的产品抽样数量不少于 4 件,少于 4 件则全部检测。

8.2.3 型式检验

满足下列全部条件的,可采用以前相应的型式检验结果:

- a) 滑板支座用相同的材料配方和工艺方法制作;
- b) 橡胶支座部相应的外部尺寸和内部尺寸相差 10% 以内;
- c) 橡胶支座部第二形状系数相差 ± 0.4 以内;
- d) 橡胶支座部第二形状系数 S_2 小于 7,以前的极限性能和压应力相关性试验试件的 S_2 不大于本次试验试件的 S_2 ;
- e) 滑移面板尺寸相差 30% 以内;
- f) 滑移材料未改变、滑移面板与下连接板的连接方式未改变;
- g) 以前的试验条件更严格。

9 标志和标签

9.1 内容

滑板支座产品的标志和标签应提供以下信息:

- a) 制造厂的名字和企业的商标;
- b) 滑板支座的类型:圆形滑板支座,方形滑板支座;
- c) 产品序列号或生产号码;
- d) 滑板支座产品的尺寸。

滑板支座用 ESB 来表示,当滑移材料为聚四氟乙烯时用 ESB-T 来表示,当滑移材料为改性超高分子量聚乙烯时用 ESB-H 来表示。具体标注方法如下:

圆形滑板支座可标注为“ESB-T(或 H)-D 有效直径尺寸”;方形滑板支座可标注为“ESB-T(或 H)-有效边长尺寸”,尺寸单位为 mm。

示例 1:有效直径为 800 mm 的圆形聚四氟乙烯滑板支座可表示为 ESB-T-D800;

示例 2:有效边长为 800 mm 的方形改性超高分子量聚乙烯滑板支座可表示为 ESB-H-800。

9.2 要求

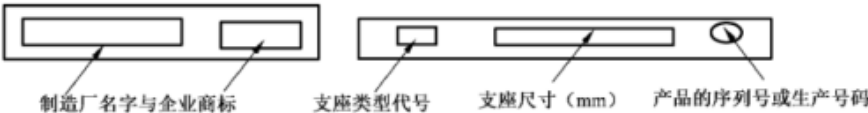
滑板支座产品的标志和标签应符合以下要求:

- a) 标志和标签应显示在滑板支座的侧表面;
- b) 标志和标签应防水且耐磨损;
- c) 标志和标签应方便辨认,字母的高度和宽度应大于 5 mm。

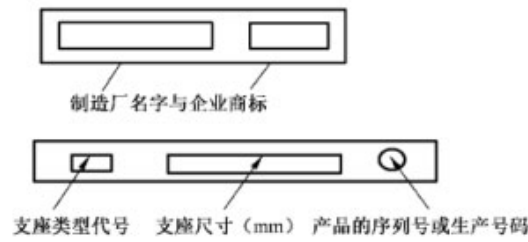
9.3 示例

滑板支座的标志和标签可以表示成以下两种形式:

- a) 表示成一行的形式:



b) 表示成两行的形式:



示例: ×××××公司生产的直径为 800 mm 的聚四氟乙烯滑板支座可表示为:

×××××公司	ESB-T-D800 00001
---------	------------------

附录 A
(规范性附录)

滑板支座滑移材料的线磨耗系数试验方法

A.1 范围

本附录规定了滑板支座滑移材料的线磨耗系数试验方法和计算方法。

A.2 试验条件和试样

A.2.1 试验条件

试验标准温度为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，且不能有腐蚀性气体及影响检测的震动源。

A.2.2 试样

试样应满足以下要求：

- a) 每种规格的滑移材料试样不少于 3 个，平面尺寸为直径 100 mm 或正方形边长 100 mm $\times$ 100 mm，厚度不小于 $(5 \pm 0.1)\text{mm}$ ；
- b) 试样的材料应与实际滑板支座成品中的滑移材料一致；
- c) 与油及其他化学药品接触过的试样不得用作试样使用；
- d) 试验前应将试样直接暴露在标准温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下，停放 8 h 以上，以使试样内外温度一致。

A.3 试验程序

滑板支座滑移材料线磨耗系数试验程序如下：

- a) 线磨耗系数试验采用单剪试验方法，试验装置见图 6。
- b) 试验前先称取表面擦除干净的滑移材料质量，精确度不小于 0.1 g。
- c) 试验时采用金属材料件嵌固滑移材料，滑移材料外露厚度不小于 2 mm，滑移面板使用钢材时应用实际滑板支座成品中不锈钢面板。滑移材料表面及滑移面板材料不得抹油。试验安装时应注意调平，以保证滑移材料与滑移面板之间均匀接触。
- d) 试验时先施加竖向压力，竖向压力取 25 MPa。进行水平循环正弦加载试验，水平滑动距离取 10 mm $\sim$ 40 mm，水平加载速度不小于 0.15 m/s，总滑动距离不小于 6 m，且需一次试验全部完成。
- e) 试验完成后，取出滑移材料，擦除其表面因磨损造成的残留物，称取滑移材料的质量，精确度不小于 0.1 g。

A.4 滑移材料线磨耗系数的确定

滑移材料线磨耗系数的计算及确定方法如下：

- a) 滑移材料线磨耗系数按式(A.1)计算：

$$\varphi = \frac{G_2 - G_1}{G_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

φ —— 滑移材料线磨耗系数;

G_1 —— 滑移材料磨耗前质量,单位为克(g);

G_2 —— 滑移材料磨耗后质量,单位为克(g)。

试件滑移材料线磨耗系数计算应精确至 0.1%。

b) 线磨耗系数按以下方法确定:

- 1) 3 个试件中的算术平均值作为该组试件的磨耗系数(精确至 0.1%);
- 2) 3 个测试值中最大值或最小值中如有一个与中间值的差值超过中间值的 15%时,则把最大值及最小值一并舍除,取中间值作为该组试件的磨耗系数值;
- 3) 如最大值和最小值与中间值的差都超过中间值的 15%,则该组试件的试验结果无效。

附录 B (规范性附录)

滑板支座滑移材料抗压弹性模量试验方法

B.1 范围

本附录规定了滑板支座滑移材料的抗压弹性模量的试验方法和判定规则。

B.2 试验条件和试样

B.2.1 试验条件

试验室的标准温度为 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$,且不能有腐蚀性气体及影响检测的振动源。

B.2.2 试样

试样应满足以下要求:

- a) 每种规格试样不少于 3 个;
- b) 试样的长边、短边、直径均应与实际滑板支座成品中的滑移材料一致;
- c) 试验用的试样应在仓库内随机抽取,仓库储存条件应满足相关的要求。凡与油及其他化学药品接触过的试样不得用作试样使用;
- d) 试验前应将试样直接暴露在标准温度 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下,停放 24 h,以使试样内外温度一致。

B.3 检测设备

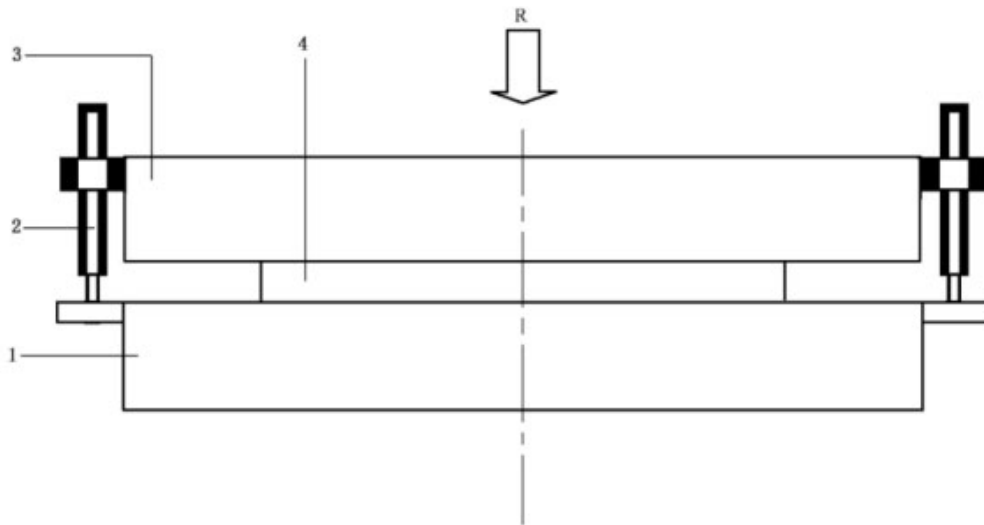
B.3.1 试验机宜具备下列功能:微机控制,能自动、平稳连续加载、卸载,且无冲击和颤动现象,自动持荷(试验机满负荷保持时间不少于 4 h,且试验荷载的示值变动不应大于 0.5%),自动采集数据,自动绘制应力-应变图,自动储存试验原始记录及曲线图和自动打印结果的功能。试验用承载板应具有足够的刚度,其厚度应大于其平面最大尺寸的 1/2,且不能用分层垫板代替。平面尺寸必须大于被测试试样的平面尺寸,在最大荷载下不应发生挠曲。

B.3.2 试验机的级别为 I 级,示值相对误差最大允许值为 $\pm 1.0\%$,试验机正压力使用可在最大力值的 0.4%~90%范围内。

B.3.3 测量滑移试样变形量的仪表量程应满足测量滑板支座试样竖向压缩变形量的需要,测量变形量的分度值为 0.001 mm,其示值误差和相关技术要求应按相关的检验规程进行检定。

B.4 试验程序

抗压弹性模量应按下列步骤进行试验(见图 B.1):



说明：

- 1——下承载板；
- 2——位移传感器；
- 3——上承载板；
- 4——滑移材料。

图 B.1 试验设备图

- a) 将试样置于试验机的承载板上,上下承载板与滑移材料接触面不得有油渍;对准中心,精度应小于 1% 的试件短边尺寸或直径。缓缓加载至压应力为 1.0 MPa 且稳压后,核对承载板四角对称安置的四只位移传感器,确认无误后,开始预压。
- b) 预压。将压应力以 0.03 MPa/s~0.04 MPa/s 速率连续地增至基准压应力(首先根据滑板支座计算出基准压力,再根据滑移材料的面积计算出基准压应力),然后以连续均匀的速度将压应力卸至 1.0 MPa,绘制应力-应变图,预压 3 次。
- c) 正式加载。每一加载循环自 1.0 MPa 开始,将压应力以 0.03 MPa/s~0.04 MPa/s 速率均匀加载至 0.7 倍基准压应力,持荷 2 min 后,采集滑移材料变形值,然后以同样速率每 0.2 倍基准压应力,为一级逐级加载,每级持荷 2 min 后,采集滑移材料变形数据直至 1.3 倍基准压应力为止,绘制的应力-应变图应呈线性关系。然后以连续均匀的速度卸载至压应力为 1.0 MPa,10 min 后进行下一加载循环。加载过程应连续进行 3 次。
- d) 以承载板四角所测得的变化值的平均值,作为各级荷载下试样的累计竖向压缩变形 Δc ,按试样的总厚度 t_c ,求出在各级试验荷载作用下,试样的累计压缩应变, $\epsilon_i = \Delta c_i / t_c$ 。

B.5 抗压弹性模量结果计算

抗压弹性模量结果处理方法如下:

- a) 试样实测抗压弹性模量应按式(B.1)计算:

$$E_1 = \frac{\sigma_{1.3\text{倍}} - \sigma_{0.7\text{倍}}}{\epsilon_{1.3\text{倍}} - \epsilon_{0.7\text{倍}}} \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

E_1 ——试样实测的抗压弹性模量计算值,精确至 1 MPa;

$\sigma_{0.7\text{倍}}, \epsilon_{0.7\text{倍}}$ ——0.7 倍基准压应力试验荷载下的压应力和累积压缩应变值;

$\sigma_{1.3\text{倍}}, \epsilon_{1.3\text{倍}}$ ——1.3 倍基准压应力试验荷载下的压应力和累积压缩应变值。

- b) 每一块试样的抗压弹性模量 E_1 , 为 3 次加载过程所得的 3 个实测结果的算术平均值。但单项结果和算术平均值之间的偏差不应大于算术平均值的 3%, 否则应对该试样重新复核试验一次, 如果仍超过 3%, 应由试验机生产厂专业人员对试验机进行检修和检定, 合格后再重新进行试验。

附 录 C
(规范性附录)
滑板支座剪切性能试验方法

C.1 试样

滑板支座剪切性能应采用原型支座进行。受试验设备能力限制时,经与用户协商,可选用有代表性的缩尺支座进行。

C.2 试验程序

滑板支座动摩擦系数测定试验应在专用的单剪试验装置上进行。试验时先对滑板支座施加垂直设计荷载,然后用水平作动器施加水平力,由专用的压力传感器和位移传感器记录水平力和位移大小,水平加载采用正弦往复加载的方式加载,试验加载圈数采用 4 圈或 12 圈。滑板支座初始刚度 K_1 采用第 1 圈滑板支座发生滑动前的水平刚度,动摩擦系数采用 4 圈加载的第 3 圈值或 12 圈加载的第 2 圈~第 11 圈的平均值。

C.3 滑板支座初始刚度及动摩擦系数计算方法

a) 滑板支座初始刚度应按式(C.1)计算:

$$K_1 = \frac{F_1 - F_2}{D_1 - D_2} \quad \text{..... (C.1)}$$

式中:

K_1 ——滑板支座初始刚度,单位为千牛每毫米(kN/mm);

D_1 ——试件发生滑动前的一位移值,试件发生滑动前位移的 80%(见图 C.1);

D_2 ——试件发生滑动前的另一位移值,试件发生滑动前位移的 20%(见图 C.1);

F_1 ——与 D_1 相对应的水平荷载,单位为千牛(kN)(见图 C.1);

F_2 ——与 D_2 相对应的水平荷载,单位为千牛(kN)(见图 C.1)。

b) 滑板支座动摩擦系数应按式(C.2)计算:

$$\mu = \frac{Q_d}{P_v} \quad \text{..... (C.2)}$$

式中:

μ ——滑板支座动摩擦系数;

Q_d ——滑板支座动摩擦力,单位为千牛(kN),其为 $(Q_d^+ - Q_d^-)/2$, (见图 C.1);

P_v ——滑板支座滑动时所受竖向荷载,单位为千牛(kN)。

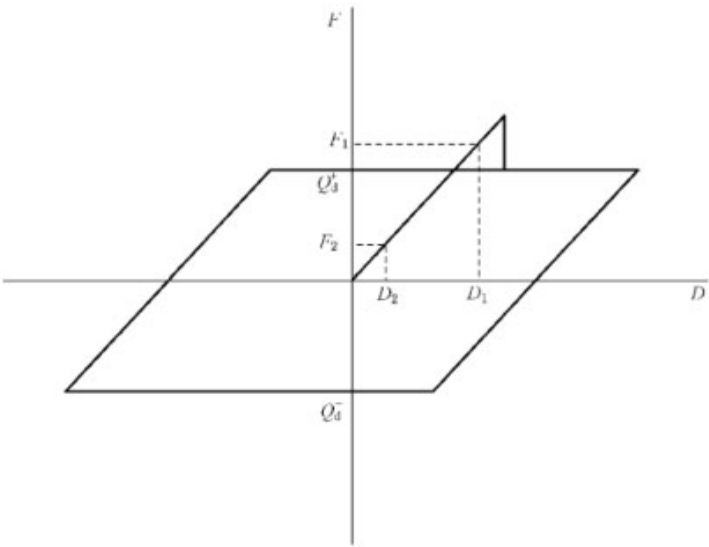


图 C.1 滑板支座水平力-位移滞回曲线