

ICS 45.040  
S 13

# TB 中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2331—2020

代替 TB/T 2331—2013, TB/T 1893—2006

---

## 铁路桥梁橡胶支座

Rubber bearings for railway bridge

2020-09-24 发布

2021-04-01 实施

国家铁路局 发布



目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 板式支座 ..... 2

5 盆式支座 ..... 7

6 检验方法 ..... 16

7 检验规则 ..... 18

8 标志、包装、储存和运输 ..... 23

附录 A(规范性附录) 滑板初始静摩擦系数和线磨耗率试验方法 ..... 24

附录 B(规范性附录) 滑板荷载压缩变形试验方法 ..... 27

附录 C(规范性附录) SF-1B 三层复合板层间结合牢度、压缩永久变形和初始静摩擦系数  
试验方法 ..... 29

附录 D(规范性附录) 板式支座力学性能试验方法 ..... 31

附录 E(规范性附录) 盆式支座竖向承载力试验方法 ..... 35

附录 F(规范性附录) 盆式支座摩擦系数试验方法 ..... 37

附录 G(规范性附录) 盆式支座转动性能试验方法 ..... 38

附录 H(资料性附录) 盆式支座转动磨耗试验方法 ..... 39

附录 I(规范性附录) 填充式调高盆式支座密封性试验方法 ..... 40

附录 J(资料性附录) 支座调高施工工艺 ..... 42

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 TB/T 2331—2013《铁路桥梁盆式支座》、TB/T 1893—2006《铁路桥梁板式橡胶支座》。本标准与 TB/T 2331—2013 和 TB/T 1893—2006 相比,除编辑性修改外,主要技术变化如下:

- 增加了板式支座橡胶承压板用三元乙丙橡胶胶料的物理机械性能指标(见 4.2.2.1)
- 修改了板式支座上、下支座板采用的材料种类(见 4.2.2.3, TB/T 1893—2006 的 4.2.3)
- 增加了板式支座锚栓材料技术要求(见 4.2.2.4)
- 增加了板式支座橡胶承压板内在质量检验时的剖切位置和方向要求(见 4.2.6)
- 修改了板式支座钢部件的防腐涂装要求(见 4.2.8, TB/T 1893—2006 的 4.7)
- 增加了板式支座组装要求(见 4.2.9)
- 增加了盆式支座滑板材料改性聚四氟乙烯及其技术要求(见 5.2.2.2)
- 修改了盆式支座用 5201-2 硅脂的质量等级(见 5.2.2.3, TB/T 2331—2013 的 4.2.3)
- 增加了盆式支座用耐候结构钢材料及其技术要求(见 5.2.2.4)
- 增加了盆式支座用钢锻件材料及其技术要求(见 5.2.2.5)
- 增加了盆式支座用耐候铸钢材料及其技术要求(见 5.2.2.6)
- 增加了盆式支座用钢锻件的外观质量要求(见 5.2.4.3)
- 增加了盆式支座钢部件、螺栓的内在质量解剖检验(见 5.2.5.3)
- 增加了盆式支座钢部件防腐涂装层的附着力要求(见 5.2.7.2)
- 增加了支座力学性能检验用试验设备技术参数要求(见 6.4.3)
- 修改了板式支座进厂检验频次和组批要求(见 7.2, TB/T 1893—2006 的 6.2.1)
- 修改了盆式支座进厂检验频次和组批要求(见 7.2, TB/T 2331—2013 的 6.2.1)
- 修改了板式支座出厂检验频次和组批要求(见 7.3, TB/T 1893—2006 的 6.2.2)
- 修改了盆式支座出厂检验频次和组批要求(见 7.3, TB/T 2331—2013 的 6.2.2)
- 删除了盆式支座安装和养护(见 TB/T 2331—2013 的第 8 章)
- 删除了盆式支座保修期(见 TB/T 2331—2013 的第 10 章)
- 增加了盆式支座滑板初始静摩擦系数和线磨耗率的计算方法(见附录 A.3.1 和 A.3.2)
- 增加了盆式支座滑板荷载压缩变形试验方法(见附录 B)
- 修改了板式支座实测抗压弹性模量计算方法(见附录 D.3.1.2, TB/T 1893—2006 的附录 A.4.1.2)
- 修改了板式支座实测抗剪弹性模量计算方法(见附录 D.3.2.2, TB/T 1893—2006 的附录 A.4.2.2)
- 删除了盆式支座重力灌浆材料的性能要求(见 TB/T 2331—2013 的附录 H)

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

本标准由中国铁路经济规划研究院有限公司提出并归口。

本标准起草单位:中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、中铁工程设计咨询集团有限公司、中国铁路经济规划研究院有限公司。

本标准主要起草人:臧晓秋、苏永华、高静青、倪光斌、牛斌、李国强、高策、石秋君、周勇政、赵柯、张士臣。

本标准所代替标准的历次版本发布情况:

- TB/T 2331—1992、TB/T 2331—2004、TB/T 2331—2013;
- TB/T 1893—1987、TB/T 1893—2006。



# 铁路桥梁橡胶支座

## 1 范围

本标准规定了铁路桥梁橡胶支座的术语和定义,规格,分类,型号,结构形式,技术要求,检验方法,检验规则,标志、包装、储存和运输。

本标准适用于铁路桥梁用竖向设计承载力 3 000 kN 及以下的板式支座和竖向设计承载力 60 000 kN 及以下的盆式支座。

## 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 222 钢的成品化学成分允许偏差
- 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 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢(GB/T 700—2006, ISO 630:1995, NEQ)
- GB/T 1033.1—2008 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(ISO 1183-1:2004, IDT)
- GB/T 1040.1—2006 塑料 拉伸性能的测定 第1部分:总则(ISO 527-1:1993, IDT)
- GB/T 1040.3—2006 塑料 拉伸性能的测定 第3部分:薄膜和薄片的试验条件(ISO 527-3:1995, IDT)
- GB/T 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值(eqv ISO 2768-2:1989)
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 1682—2014 硫化橡胶 低温脆性的测定 单试样法
- GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差(eqv ISO 2768-1:1989)
- GB/T 2040 铜及铜合金板材
- GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 3280—2015 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3398.1—2008 塑料 硬度测定 第1部分:球压痕法(ISO 2039-1:2001, IDT)
- GB/T 3512—2014 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验(ISO 188:2011, IDT)
- GB/T 6031—2017 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定(10 IRHD~100 IRHD)(ISO 48:2010, IDT)
- GB/T 6402—2008 钢锻件超声检测方法
- GB/T 7233.1—2009 铸钢件 超声检测 第1部分:一般用途铸钢件(ISO 4992-1:2006, MOD)
- 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 7760—2003 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(ISO 813:1997,MOD)

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

GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件(GB/T 11352—2009,ISO 3755:1991、ISO 4990:2003,MOD)

GB/T 12361 钢质模锻件 通用技术条件

GB/T 12362 钢质模锻件 公差及机械加工余量

GB/T 12363—2005 锻件功能分类

GB/T 25136 钢质自由锻件检验通用规则

HG/T 2366 二甲基硅油

HG/T 2502—1993 5201 硅脂

JB/T 5943—1991 工程机械 焊接件通用技术条件

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**橡胶支座 rubber bearing**

设置于桥梁的墩台顶面和梁底之间、可承受竖向和水平荷载、能适应梁端转角和位移、核心部件为橡胶承压板的支座。

#### 3.2

**板式支座 elastomeric bearing**

主体部件为钢质上支座板和下支座板以及橡胶承压板,上、下支座板设有相对应的限位挡块的支座。

#### 3.3

**盆式支座 pot bearing**

主体部件为钢质上支座板、下支座板和中间衬板以及橡胶承压板,下支座板为盆状结构的支座。

### 4 板式支座

#### 4.1 规格、分类、型号及结构形式

##### 4.1.1 规格

4.1.1.1 板式支座竖向设计承载力分为 15 级:300 kN、400 kN、500 kN、600 kN、750 kN、875 kN、1 000 kN、1 250 kN、1 500 kN、1 750 kN、2 000 kN、2 250 kN、2 500 kN、2 750 kN 和 3 000 kN。

4.1.1.2 活动支座设计位移分为 3 级:±20 mm、±30 mm 和 ±40 mm。

4.1.1.3 固定支座水平各向、纵向活动支座横桥向的设计水平荷载应依据相关标准和规范的规定通过计算确定,一般情况下,设计水平荷载分为 3 级:0.1P、0.15P 和 0.2P,P 为支座竖向设计承载力。

##### 4.1.2 分类

4.1.2.1 按使用性能支座分为:

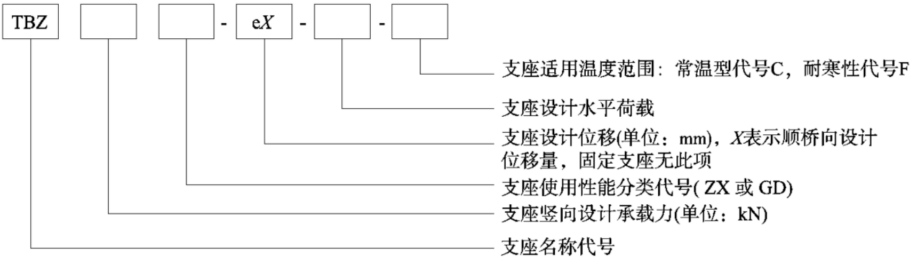
- a) 纵向活动支座:承受竖向荷载和横桥向水平荷载、具有竖向转动和顺桥向水平位移性能,代号 ZX;
- b) 固定支座:承受竖向荷载和各向水平荷载、具有竖向转动性能,水平各向无位移,代号 GD。

4.1.2.2 按适用温度范围支座分为：

- a) 常温型支座:适用于-25℃~+60℃,代号C;
- b) 耐寒型支座:适用于-40℃~+60℃,代号F。

4.1.3 型号

支座型号由名称代号、竖向设计承载力、使用性能分类代号、设计位移、设计水平荷载和适用温度范围代号组成,支座型号表示如下。

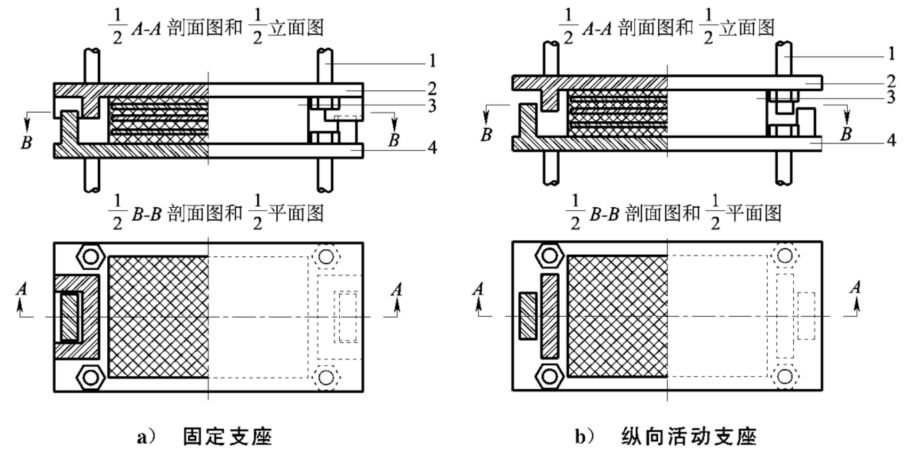


示例 1: TBZ1000GD-0.1P-C 表示竖向设计承载力 1 000 kN、设计水平荷载为竖向设计承载力 10% 的常温型固定板式支座。

示例 2: TBZ2000ZX-e40-0.2P-F 表示竖向设计承载力 2 000 kN、设计位移为±40 mm、设计水平荷载为竖向设计承载力 20% 的耐寒型纵向活动板式支座。

4.1.4 结构形式

4.1.4.1 板式支座由上支座板、下支座板、橡胶承压板和锚栓(螺栓、套筒和螺杆)等部件组成,见图1a)和图1b)。

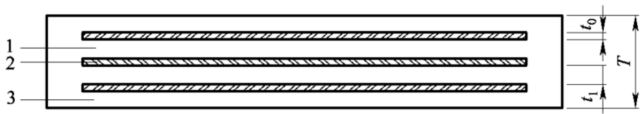


- 说明:
- 1——锚栓;
  - 2——上支座板;
  - 3——橡胶承压板;
  - 4——下支座板。

图 1 板式支座结构示意图

4.1.4.2 橡胶承压板应由多层橡胶及加劲钢板构成,钢板全部包裹在橡胶材料内,见图 2。橡胶承压板中相邻两块加劲钢板间的单层橡胶公称厚度  $t_1$  应相同,  $t_1$  宜为 5 mm、8 mm 或 11 mm,加劲钢板公称厚度  $t_0$  宜为 2 mm、3 mm 或 4 mm,橡胶承压板中加劲钢板的厚度  $t_0$  应相同。顶、底加劲钢板橡胶

保护层的公称厚度不应小于 2.5 mm,加劲钢板侧面橡胶保护层的公称厚度不应小于 5 mm。



说明：  
1——橡胶层；  
2——加劲钢板；  
3——橡胶保护层。

图 2 橡胶承压板结构示意图

4.2 技术要求

4.2.1 支座性能

4.2.1.1 板式支座力学性能应满足表 1 的规定。

表 1 板式支座力学性能

项 目		技术要求
极限抗压强度 $R_a$	MPa	$\geq 60$
抗压弹性模量 $E_1$	MPa	$E \pm E \times 20\%$
抗剪弹性模量 $G_1$	MPa	$G \pm G \times 15\%$
疲劳试验后的抗压弹性模量 $E_2$	MPa	$E_1 \pm E_1 \times 5\%$
老化后抗剪弹性模量 $G_2$	MPa	$G_1 \pm G_1 \times 15\%$
抗剪粘结性能		无橡胶开裂和脱胶的现象
注:表中 $E$ 为支座抗压弹性模量标准值,其计算方法见 4.2.1.2;表中 $G$ 为支座抗剪弹性模量标准值,符合本标准规定的支座 $G=1.1$ MPa。		

4.2.1.2 支座抗压弹性模量标准值  $E$  应按表 2 取值,表中支座的形状系数  $S$  按公式(1)计算,当  $S$  界于表中相邻的两个整数之间时, $E$  按两个整数对应的数值的线性插值取值。

$$S = \frac{l_a \cdot l_b}{2t_1(l_a + l_b)} \quad (1)$$

式中：  
 $S$ ——支座形状系数；  
 $l_a$ ——橡胶承压板短边公称尺寸,单位为毫米(mm)；  
 $l_b$ ——橡胶承压板长边公称尺寸,单位为毫米(mm)；  
 $t_1$ ——橡胶承压板单层橡胶公称厚度,单位为毫米(mm)。

表 2 板式支座抗压弹性模量标准值  $E$  单位为兆帕

$S$	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E$	200	270	340	420	500	590	670	760	860
$S$	13	14	15	16	17	18	19	20	—
$E$	950	1 060	1 180	1 310	1 450	1 590	1 740	1 900	—

4.2.1.3 支座设计转角不宜小于 0.012 rad。

4.2.2 材料性能

4.2.2.1 常温型支座橡胶承压板采用氯丁橡胶、天然橡胶或三元乙丙橡胶；耐寒型支座橡胶承压板采用天然橡胶或三元乙丙橡胶。胶料的物理机械性能应满足表 3 的要求，不应使用再生胶，最小含胶量不低于重量的 55 %。

表 3 胶料的物理机械性能

项 目		氯丁橡胶	天然橡胶	三元乙丙橡胶
硬度	IRHD	60±5	60±5	60±5
拉伸强度	MPa	≥17	≥18	≥15
拉断伸长率		≥400 %	≥450 %	≥350 %
脆性温度	℃	≤-40	≤-50	≤-60
恒定压缩永久变形(试验条件:70 ℃ × 24 h)		≤15 %	≤30 %	≤25 %
耐臭氧老化(试验条件:20 % 伸长,40 ℃ × 96 h)		1×10 <sup>-4</sup> %	0.25×10 <sup>-4</sup> %	1×10 <sup>-4</sup> %
		无龟裂	无龟裂	无龟裂
热空气老化	试验温度	℃	100	70
	试验时间	h	70	168
	拉伸强度变化率		±15 %	±15 %
	拉断伸长率变化率		±20 %	±40 %
	硬度变化	IRHD	0,+10	-5,+10
胶层与加劲钢板剥离粘合强度		kN/m	≥10	≥10

4.2.2.2 加劲钢板质量应符合 GB/T 3274 的有关规定，强度等级不低于 Q235。加劲钢板不应使用拼接钢板。加劲钢板与胶料粘结前应除锈、去油污和去除周边毛刺，且平面度为长边的 0.4 %。

4.2.2.3 上、下支座板的钢板化学成分和力学性能应符合 GB/T 699、GB/T 700 或 GB/T 1591 的有关规定，强度等级不低于 Q235。

4.2.2.4 锚栓材料的化学成分和力学性能应符合 GB/T 699、GB/T 700 或 GB/T 3077 的有关规定。

4.2.2.5 粘结剂应质量稳定，胶层与加劲钢板粘结后的剥离粘合强度应满足表 3 的要求。

4.2.3 橡胶承压板定位

橡胶承压板与上、下支座板之间应设置可靠的定位构造，当橡胶承压板与支座板采用粘团结位时，剥离粘合强度不小于 4 kN/m。

4.2.4 尺寸与偏差

4.2.4.1 机加工件的尺寸公差应满足设计要求，未注线性和角度尺寸的公差应符合 GB/T 1804—2000 中 m 级的规定，未注形状和位置公差应符合 GB/T 1184—1996 中 L 级的规定。

4.2.4.2 橡胶承压板平面尺寸与厚度极限偏差应符合表 4、表 5 的规定。

表 4 橡胶承压板平面尺寸极限偏差 单位为毫米

橡胶承压板长边 $l_b$	极限偏差
$l_b \leq 300$	$\begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix}$
$300 < l_b \leq 500$	$\begin{smallmatrix} +4 \\ 0 \end{smallmatrix}$
$l_b > 500$	$\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix}$

表 5 橡胶承压板厚度尺寸极限偏差 单位为毫米

厚度尺寸 $T$	极限偏差
$T \leq 49$	$\begin{smallmatrix} +1 \\ 0 \end{smallmatrix}$
$49 < T \leq 100$	$\begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix}$
$T > 100$	$\begin{smallmatrix} +3 \\ 0 \end{smallmatrix}$

4.2.4.3 测量部件的尺寸与偏差前,部件应在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  的环境中静置 24 h 以上。

4.2.5 外观质量

4.2.5.1 橡胶承压板外观质量应符合表 6 规定。

表 6 橡胶承压板外观质量

缺陷名称	技术要求
气泡、杂质	每一处气泡、杂质面积不大于 $50\text{ mm}^2$ ,最大深度不大于 $2.0\text{ mm}$ 。气泡、杂质总面积不大于支座平面面积的 $0.1\%$
凹凸不平	每处凹凸高度不大于 $0.5\text{ mm}$ ,面积不大于 $6.0\text{ mm}^2$ 。支座平面面积小于 $0.15\text{ m}^2$ 时,不大于 2 处;大于 $0.15\text{ m}^2$ 时,不大于 4 处
四侧面裂纹、钢板外露	不允许
掉块、崩裂、机械损伤	不允许
加劲钢板与胶层粘结处开裂或剥离	不允许
表面平面度	橡胶承压板表面平面度为长边尺寸 $l_b$ 的 $0.4\%$
表面平行度	长边尺寸 $l_b \leq 400\text{ mm}$ ,两相对表面的平行度为 $1.0\text{ mm}$ ; $l_b > 400\text{ mm}$ ,两相对表面的平行度为 $1.5\text{ mm}$

4.2.5.2 机加工件与橡胶承压板配合面的粗糙度最大参数值为  $\text{MRR } Ra_{\max} 12.5$ ,加工后的配合面不应有降低表面质量的印记。

4.2.6 内在质量

橡胶承压板解剖检验在成品中任取一件橡胶层数大于三层的样品,在短边三分之一处沿长边方向垂直剖开,其内在质量应符合表 7 的规定。

表 7 橡胶承压板内在质量

项 目	技术要求
胶层厚度	胶层厚度应均匀, $t_1 \leq 8\text{ mm}$ 时,胶层厚度极限偏差为 $\pm 0.4\text{ mm}$ ; $t_1 > 8\text{ mm}$ 时,胶层厚度极限偏差为 $\pm 0.7\text{ mm}$ 。上、下保护层极限偏差为 $\begin{smallmatrix} +0.5 \\ 0 \end{smallmatrix}\text{ mm}$ ,侧面保护层极限偏差为 $\begin{smallmatrix} +1.0 \\ 0 \end{smallmatrix}\text{ mm}$
加劲钢板与胶层粘结	加劲钢板与胶层应粘结牢固、无离层现象。加劲钢板长度极限偏差为 $\pm 1\text{ mm}$ ;厚度极限偏差为 $\pm 0.25\text{ mm}$

4.2.7 焊接

支座焊接部位的技术要求应符合设计规定,当无具体规定时,焊接部位的技术要求应符合 JB/T 5943—1991 的规定,关键焊缝不低于Ⅰ级质量要求,普通焊缝不低于Ⅱ级质量要求。

4.2.8 防腐

4.2.8.1 支座钢件外露表面(与橡胶承压板配合的表面除外)应进行防腐涂装,防腐涂装体系及性能应符合设计要求。

4.2.8.2 支座用锚固螺栓、套筒和螺杆应采用多元素粉末共渗钝化封闭复合防腐技术进行防腐处理,复合防腐层的性能应符合设计要求。

4.2.9 组装

4.2.9.1 待装的零部件应有质量检验部门的合格标记。

4.2.9.2 支座组装时各部件应位置正确,然后用临时连接装置将支座连接成整体,使部件承受一定的预紧力。

4.2.9.3 支座组装后侧向限位挡块间的单边净空间隙不宜大于 1.0 mm。

4.2.9.4 支座外露表面应平整、焊缝均匀,漆膜表面不应有掉漆、流痕、皱褶等现象。

4.2.9.5 支座组装后的整体高度极限偏差应符合表 8 的规定。

表 8 支座组装高度极限偏差 单位为毫米

橡胶承压板厚度 $T$	组装高度极限偏差
$T \leq 49$	+2 -1
$49 < T \leq 100$	+3 -1
$T > 100$	+4 -1

5 盆式支座

5.1 规格、分类、型号及结构形式

5.1.1 规格

5.1.1.1 支座竖向设计承载力分为 31 级:1 000 kN、1 500 kN、2 000 kN、2 500 kN、3 000 kN、3 500 kN、4 000 kN、4 500 kN、5 000 kN、5 500 kN、6 000 kN、7 000 kN、8 000 kN、9 000 kN、10 000 kN、12 500 kN、15 000 kN、17 500 kN、20 000 kN、22 500 kN、25 000 kN、27 500 kN、30 000 kN、32 500 kN、35 000 kN、37 500 kN、40 000 kN、45 000 kN、50 000 kN、55 000 kN 和 60 000 kN。

5.1.1.2 固定支座水平各向、纵向活动支座横桥向、横向活动支座顺桥向的设计水平荷载应依据相关标准和规范的规定通过计算确定。一般情况下,设计水平荷载分为 6 级:0.1 $P$ 、0.15 $P$ 、0.2 $P$ 、0.25 $P$ 、0.3 $P$ 、0.4 $P$ , $P$  为支座的竖向设计承载力。

5.1.1.3 多向和纵向活动支座顺桥向设计位移分为 6 级:±30 mm、±50 mm、±100 mm、±150 mm、±200 mm 和 ±250 mm。

5.1.1.4 多向和横向活动支座横桥向设计位移分为 4 级:±10 mm、±20 mm、±30 mm 和 ±40 mm。

5.1.1.5 支座的最大调高量可为 20 mm、40 mm 和 60 mm。

5.1.1.6 当有特殊要求时,竖向设计承载力、位移和最大调高量可根据需要调整。

## 5.1.2 分类

5.1.2.1 按使用性能支座分为:

- 多向活动支座,承受竖向荷载,具有竖向转动和水平各向位移性能,代号 DX;
- 纵向活动支座,承受竖向荷载和横桥向水平荷载,具有竖向转动及顺桥向位移性能,代号 ZX;
- 横向活动支座,承受竖向荷载和顺桥向水平荷载,具有竖向转动及横桥向位移性能,代号 HX;
- 固定支座,承受竖向荷载和各向水平荷载,具有竖向转动性能,水平各向均无位移,代号 GD。

5.1.2.2 按适用温度范围支座分为:

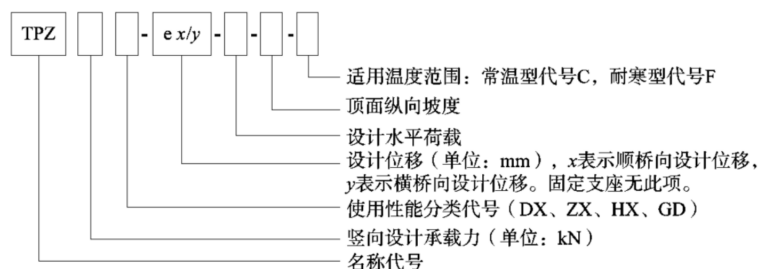
- 常温型支座,适用于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,代号 C;
- 耐寒型支座,适用于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,代号 F。

5.1.2.3 按支座调高方式的不同分为:

- 垫板式调高支座,在支座本体与梁底之间加垫钢板实现调高;
- 填充式调高支座,在支座本体密封的腔体内压注聚氨酯等填充物实现无级调高。

## 5.1.3 型号

支座型号由名称代号、竖向设计承载力、使用性能分类代号、设计位移、设计水平荷载、顶面纵向坡度和适用温度范围代号组成,支座型号表示方法如下:



示例 1: TPZ 3000GD-0.1P-i0-C, 表示竖向设计承载力 3 000 kN、设计水平荷载为竖向设计承载力的 10%、支座顶面不设纵向坡度、常温型固定盆式支座。

示例 2: TPZ 6000ZX-e100/0-0.2P-i8-F, 表示竖向设计承载力 6 000 kN、顺桥向设计位移量 $\pm 100\text{ mm}$ 、设计水平荷载为竖向设计承载力的 20%、支座顶面纵向坡度 8‰、耐寒型纵向活动盆式支座。

## 5.1.4 结构形式

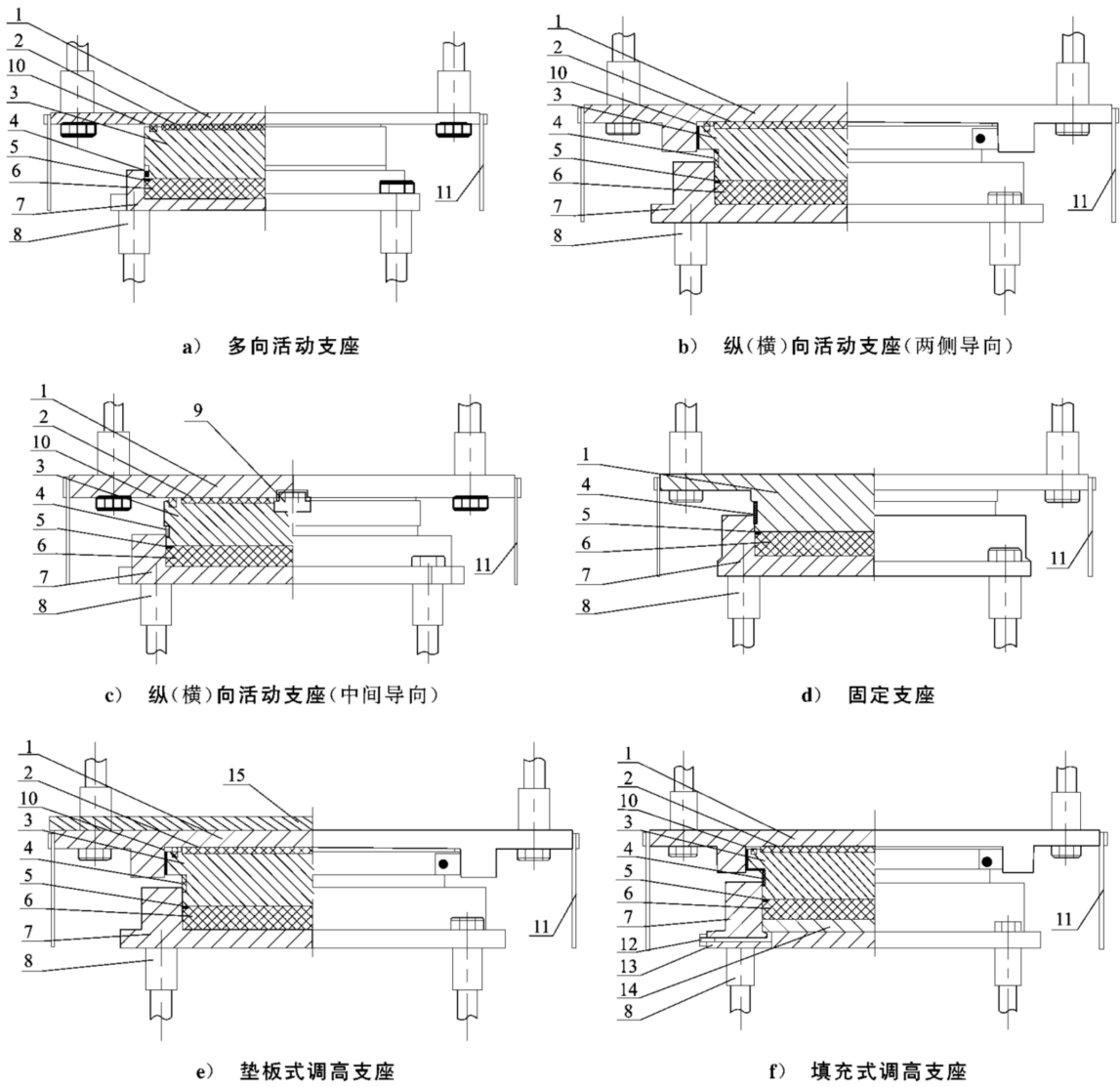
5.1.4.1 多向活动支座及两侧导向的纵(横)向活动支座主要由上支座板(含不锈钢板)、滑板、铜密封圈、中间钢衬板、橡胶承压板、橡胶密封圈、下支座板、锚栓(螺栓、套筒及螺杆)和防尘围板组成,见图 3a)、图 3b)。

5.1.4.2 中间导向的纵(横)向活动支座主要由上支座板(含不锈钢板)、滑板、铜密封圈、中间钢衬板、橡胶承压板、橡胶密封圈、下支座板、中间导向块、锚栓(螺栓、套筒及螺杆)和防尘围板组成,见图 3c)。

5.1.4.3 固定支座主要由上支座板、铜密封圈、橡胶承压板、橡胶密封圈、下支座板、锚栓(螺栓、套筒及螺杆)和防尘围板组成,见图 3d)。

5.1.4.4 垫板式调高支座和填充式调高支座除上述组成外,垫板式调高支座还包含顶面的调高垫板,填充式调高支座下支座板还具有填充通道及丝堵,见图 3e)、图 3f)。





说明:

- 1——上支座板;
- 2——滑板;
- 3——中间钢衬板;
- 4——橡胶密封圈 I;
- 5——铜密封圈;
- 6——橡胶承压板;
- 7——下支座板;
- 8——锚栓;
- 9——中间导向块;
- 10——橡胶密封圈 II;
- 11——防尘围板;
- 12——丝堵;
- 13——压注通道;
- 14——填充物;
- 15——调高垫板。

图 3 盆式支座结构示意图

## 5.2 技术要求

### 5.2.1 支座性能

5.2.1.1 支座在竖向设计承载力作用下,竖向压缩变形不大于支座高度的 2.0%,下支座板盆环外侧上口处径向变形不大于盆环外径的 0.50‰。

5.2.1.2 支座竖向设计转动角度不小于 0.02 rad。

5.2.1.3 在硅脂润滑条件下,活动支座摩擦系数  $\mu$  应满足下列要求:

- a)  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\mu\leq 0.030$ ;
- b)  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\mu\leq 0.050$ 。

5.2.1.4 填充式调高支座在填充及使用过程中应密封良好,填充物无渗漏、无堵塞。

### 5.2.2 材料性能

5.2.2.1 常温型支座橡胶承压板采用氯丁橡胶、天然橡胶或三元乙丙橡胶;耐寒型支座橡胶承压板采用天然橡胶或三元乙丙橡胶。橡胶密封圈和支座外防尘围板的橡胶带采用三元乙丙橡胶。以上各部件均不应使用再生胶。胶料的物理机械性能应符合表 9 的规定。

表 9 胶料的物理机械性能

项 目		橡胶承压板			橡胶密封圈和外防尘围板的橡胶带
		氯丁橡胶 (常温)	天然橡胶		三元乙丙 橡胶
			常温	耐寒	
硬度	IRHD	60±5	60±5	50±5	50±5
拉伸强度	MPa	≥17.5	≥17.5		≥15.2
拉断伸长率		≥400%	≥400%		≥350%
脆性温度	℃	≤-40	≤-55		≤-60
恒定压缩永久变形(试验条件: 70℃×24 h)		≤25%	≤30%		≤25%
耐臭氧老化(试验条件:30%伸 长,40℃×96 h)		$1\times 10^{-4}\%$	$0.25\times 10^{-4}\%$		$1\times 10^{-4}\%$
		无龟裂	无龟裂		无龟裂
热 空 气 老 化	试验温度	℃	100	70	100
	试验时间	h	70	168	70
	拉伸强度变化率		±15%	±15%	±15%
	拉断伸长率变化率		±25%	±25%	±25%
	硬度变化	IRHD	±5	-5,+10	-5,+10

5.2.2.2 支座滑板应采用聚四氟乙烯板、改性超高分子量聚乙烯板或改性聚四氟乙烯板,其物理机械性能应符合表 10 的规定;滑板在硅脂润滑状态下与不锈钢板摩擦时的摩擦和磨耗性能应符合表 11 的规定;滑板的荷载压缩变形应符合表 12 的规定。滑板及表面储硅脂槽应模压成型,不应使用再生料。聚四氟乙烯原料的平均粒径应不大于 50  $\mu\text{m}$ ,模压成型压力不宜小于 25 MPa。

表 10 滑板的物理机械性能

项 目		聚四氟乙烯板	改性超高分子量聚乙烯板	改性聚四氟乙烯板
密度	g/cm <sup>3</sup>	2.14~2.20	0.93~0.98	2.00~2.10
拉伸强度	MPa	≥30	≥30	≥21
断裂拉伸应变		≥300%	≥250%	≥300%
拉伸弹性模量	MPa	—	680~1 020	—
球压痕硬度(H132/60)	MPa	23.0~33.0	26.4~39.6	26.4~39.6
注:球压痕硬度中 H132/60 为荷载 132 N、持荷 60 s。				

表 11 滑板的摩擦和磨耗性能

项 目	聚四氟乙烯板				改性超高分子量聚乙烯板				改性聚四氟乙烯板			
	技术要求	试验条件			技术要求	试验条件			技术要求	试验条件		
		试验温度 ℃	平均压应力 MPa	相对滑动速度 mm/s		试验温度 ℃	平均压应力 MPa	相对滑动速度 mm/s		试验温度 ℃	平均压应力 MPa	相对滑动速度 mm/s
初始静摩擦系数 $\mu_{st}$	≤0.012	23±2	30	0.4	≤0.008	23±2	45	0.4	≤0.012	23±2	45	0.4
线磨耗率 $\eta$ $\mu\text{m}/\text{km}$	≤15.0			8	≤5.0			15	≤5.0			15

表 12 滑板的荷载压缩变形

项    目	技术要求	试验条件				
		试验 温度 ℃	平均压应力 MPa			持荷 时间 h
			聚四氟乙烯板	改性超高分子量聚乙烯板	改性聚四氟乙烯板	
荷载压缩变形    mm	$\leq 0.5\%e h_0$	35±2	60	180	90	48
注： $h_0$ 为滑板初始外露厚度。						

- 5.2.2.3 滑板采用 5201-2 硅脂润滑,硅脂的物理性能不应低于 HG/T 2502—1993 中优等品的有关规定。
- 5.2.2.4 支座用钢板的化学成分和力学性能(含冲击吸收能量  $KV_2$ )应分别符合 GB/T 699、GB/T 700 及 GB/T 1591 的有关规定,主体钢部件的钢板强度等级不低于 Q345。支座用耐候结构钢的化学成分、力学性能(含冲击吸收能量  $KV_2$ )和耐候性能应符合设计要求。
- 5.2.2.5 支座用钢锻件应为模锻件或自由锻件,技术要求应满足 GB/T 12361、GB/T 12362 的相关规定。锻件的化学成分、热处理后的力学性能(含冲击吸收能量  $KV_2$ )应符合 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591或 GB/T 3077 的有关规定,锻件级别不低于 GB/T 12363—2005 的Ⅱ类锻件。锻件不应存在白点、内部裂纹和残余缩孔,锻件应逐件进行超声波探伤,且锻件质量等级不低于 2 级,探伤方法及质量评级方法应符合 GB/T 6402—2008 的有关规定。
- 5.2.2.6 支座用铸钢件的化学成分、热处理后的机械性能(含冲击吸收能量  $KV_2$ )应符合 GB/T 11352 的有关规定,耐低温耐大气腐蚀铸钢件的化学成分、热处理后的机械性能(含冲击吸收能量  $KV_2$ )和耐候性能应符合设计要求,化学分析和机械性能用试块应在铸钢件浇筑中途单独铸出。铸钢件应逐件进

行超声波探伤,且铸钢件质量等级不低于 2 级,探伤方法及质量评级方法应符合 GB/T 7233.1—2009 的有关规定。

5.2.2.7 锚栓材料的化学成分和力学性能(含冲击吸收能量  $KV_2$ )应符合 GB/T 699、GB/T 700 或 GB/T 3077 的有关规定。

5.2.2.8 支座平面和侧面不锈钢板可采用 06Cr17Ni12Mo2、06Cr19Ni13Mo3 或 06Cr18Ni11Ti 牌号镜面精轧不锈钢冷轧钢板,严重腐蚀环境的支座应采用 022Cr17Ni12Mo2 或 022Cr19Ni13Mo3 牌号镜面精轧不锈钢冷轧钢板,其化学成分及力学性能应符合 GB/T 3280—2015 的有关规定。

5.2.2.9 支座用铜密封圈可采用 H62 或 HPb59-1 牌号的板材,其化学成分和力学性能应符合 GB/T 2040 的规定。

5.2.2.10 纵(横)向活动支座中间钢衬板两侧或中间导向块两侧的导向滑板采用的 SF-1B 三层复合板应由高密度铜合金板基层、青铜粉中间层、20% 铅和 80% 聚四氟乙烯(体积比)组成的面层烧结而成。SF-1B 三层复合板的层间结合牢度应满足:试样按规定方法反复弯折 5 次,不应有脱层、剥离,表层的改性聚四氟乙烯不断裂;压缩永久变形应满足:试样在 280 MPa 压应力下的压缩永久变形量不大于 0.030 mm;初始静摩擦系数应满足:试样在 65 MPa 压应力下的初始静摩擦系数不大于 0.20。

5.2.2.11 垫板式调高支座的调高垫板的材质应符合设计要求,当设计无要求时其材质应与支座主体钢部件一致。

5.2.2.12 填充式调高支座的填充物性能应符合设计要求,且对支座部件无损害。填充式调高支座的丝堵、外接管路、接头以及其他附属配件的性能应符合设计要求。

5.2.2.13 聚四氟乙烯板与钢板粘结应采用不可溶的和热固性的粘结剂,剥离粘合强度不应小于 5.0 kN/m。

5.2.2.14 支座其他附属部件的材质应满足设计要求。

5.2.3 尺寸与偏差

5.2.3.1 橡胶承压板的直径与厚度极限偏差应符合表 13 的规定。

表 13 橡胶承压板直径与厚度极限偏差

单位为毫米

橡胶承压板直径 $D$	直径极限偏差	厚度极限偏差
$D \leq 500$	$+0.5$ 0	$\pm 1.0$
$500 < D \leq 1\,000$	$+1.0$ 0	$\pm 1.5$
$1\,000 < D \leq 1\,500$	$+1.5$ 0	$\pm 2.0$
$D > 1\,500$	$+2.0$ 0	$\pm 3.0$

5.2.3.2 滑板可采用整体板或拼接板两种形式,其基准厚度  $t$  不小于 7.0 mm,不大于 8.0 mm,嵌入深度不小于基准厚度的 1/2,外露厚度不小于 3.0 mm,厚度极限偏差、外露厚度极限偏差及装配间隙应符合表 14 规定。采用聚四氟乙烯滑板时,聚四氟乙烯板背面应经表面活化处理后,镶嵌并粘结在基层钢板中。采用改性超高分子量聚乙烯滑板或改性聚四氟乙烯滑板、且滑板尺寸较大时,可用沉头螺钉定位方式固定。滑板的滑动面上应设有存放硅脂的储硅脂槽,储硅脂槽的平面布置和尺寸见图 4。

表 14 滑板的尺寸极限偏差及装配间隙

单位为毫米

滑板直径 $d$ (或对角线长度)	厚度极限偏差	外露厚度极限偏差	与衬板凹槽的容许装配间隙
$d \leq 600$	$+0.4$ 0	$+0.3$ 0	$\leq 0.6$
$600 < d \leq 1\,200$	$+0.6$ 0	$+0.5$ 0	$\leq 0.9$
$d > 1\,200$	$+0.8$ 0	$+0.7$ 0	$\leq 1.2$

单位为毫米

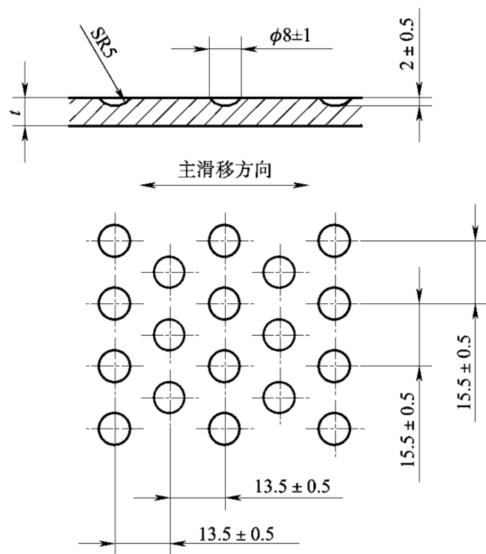


图 4 储硅脂槽的尺寸及平面布置示意

5.2.3.3 不锈钢板长度不大于 1 500 mm 时,板厚可采用 2 mm;不锈钢板长度大于 1 500 mm 时,板厚宜采用 3 mm。钢板表面应符合 GB/T 3280—2015 的 8 号表面加工要求,表面粗糙度  $Ra$  不应大于  $0.8\ \mu\text{m}$ 。不锈钢板与基层钢板采用氩弧焊周边连续焊接,焊接后不锈钢板应与基层钢板密贴,不锈钢板表面的平面度不应超过滑板直径(或对角线长度)的 0.03% 和 0.20 mm 中的较大者。

5.2.3.4 铜密封圈的截面尺寸、数量及切口角度应符合表 15 的规定。铜密封圈应由多个开口圆环组成,并按钢盆的内径成形,切口两端之间的最大间隙不大于 0.5 mm,各铜环的切口部位在组装时应沿钢盆周边均匀布置。铜密封圈截面尺寸大于或等于  $10\ \text{mm}\times 2\ \text{mm}$  时,可采用开槽结构,见图 5,槽深 7 mm、宽 0.5 mm、间隔 4.5 mm,沿铜密封圈内径分布。截面尺寸小于  $10\ \text{mm}\times 2\ \text{mm}$  的密封圈不应采用开槽构造。

表 15 铜密封圈的截面尺寸、数量及切口角度

橡胶承压板直径 $D$ mm	最小截面尺寸(宽 $\times$ 厚) mm	数 量 个	切口角度
$D\leq 330$	$6\times 1.5$	2	45°或 90°
$330<D\leq 715$	$10\times 1.5$	2	
$715<D\leq 1\ 500$	$10\times 1.5$	3	
$D>1\ 500$	$10\times 2$	3	

单位为毫米

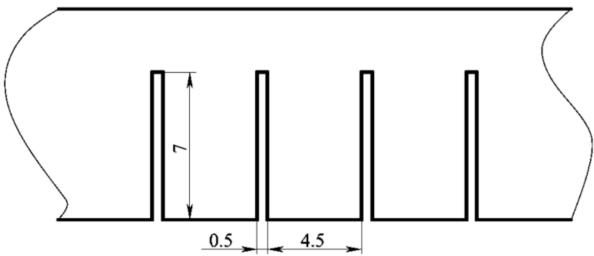


图 5 铜密封圈开槽结构示意图

5.2.3.5 SF-1B 三层复合板中高密度铜合金板基层的厚度为 $2.05^{+0.15}_{-0.15}$  mm,青铜粉中间层的厚度为 $0.25^{+0.15}_{-0.15}$  mm,改性聚四氟乙烯面层的厚度为 $0.10^{+0.02}_{-0.02}$  mm。SF-1B 三层复合板总厚度为 $2.4^{+0.1}_{-0.1}$  mm。

5.2.3.6 支座机加工件的尺寸公差应满足设计要求。未注线性和角度尺寸的公差应符合 GB/T 1804—2000 中 m 级的规定,未注形状和位置公差应符合 GB/T 1184—1996 中 L 级的规定。

5.2.3.7 测量部件的尺寸与偏差前,部件应在标准室温 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中静置 24 h 以上。

5.2.4 外观质量

5.2.4.1 橡胶承压板和橡胶密封圈的外观质量应符合表 16 的规定,且不应有 3 项以上表 16 规定的缺陷同时存在。

表 16 橡胶承压板和橡胶密封圈的外观质量要求

缺陷名称	技术要求	说 明
气 泡	面积小于 100 mm <sup>2</sup> ,深度小于 2 mm,不多于 3 处	允许修补,修补处应平整
凹凸不平	面积小于 100 mm <sup>2</sup> ,深度小于 2 mm,不多于 3 处	
明 疤	面积小于 100 mm <sup>2</sup> ,深度小于 2 mm,不多于 3 处	
压 偏	不大于橡胶承压板直径或橡胶密封圈外径的 0.2%	
裂纹、掉块、损伤	无	—

5.2.4.2 铸钢件经机加工后,表面质量应符合表 17 的规定,并对缺陷进行修补。铸钢件机加工后的表面缺陷若超过表 17 规定但不超过表 18 规定,且不影响铸钢件使用寿命和使用性能时,可修补一次。铸钢件焊补前,应将缺陷处清铲至呈现良好金属为止,并将距坡口边沿 30 mm 范围内及坡口表面清理干净。焊后应修磨至符合铸件表面质量要求,且不应有未焊透、裂纹、夹渣、气孔等缺陷。下支座板盆环和底板焊补后焊补区应进行退火或回火处理,保证其机械性能满足要求。对有裂纹及蜂窝状孔洞的铸钢件不应修补使用。

表 17 铸钢件机加工后的表面质量

铸钢件部位	缺陷(气孔、缩孔、砂眼、渣孔)			
	缺陷大小 mm	缺陷深度	缺陷个数	缺陷间距 mm
下支座板盆环、盆环外径以内底板、 中间钢衬板	$\leq \phi 2$	不大于所在部位 厚度的 1/10	在 $\phi 50$ mm 圆内 不多于 1 个	$\geq 50$
盆环外径以外底板、上支座板	$\leq \phi 3$			

表 18 铸钢件缺陷修补条件

铸钢件部位	缺陷(气孔、缩孔、砂眼、渣孔)		
	缺陷总表面积占所在 表面总面积	深度	整件上缺陷个数
下支座板盆环外径以外底板、上支座板	$\leq 2\%$	不大于所在板厚 1/3	$\leq 3$
下支座板盆环	$\leq 1\%$	不大于盆环厚 1/15	$\leq 1$
下支座板盆环外径以内底板	$\leq 2\%$	不大于底板厚 1/3	$\leq 1$

5.2.4.3 锻件质量应满足 GB/T 12361 的有关规定。锻件不应有肉眼可见的裂纹、折叠和其他影响使用的外观缺陷。局部缺陷可以清除,但清理深度不超过单边加工余量的 50%;非加工表面上的缺陷应清

除干净并圆滑过渡,清理深度不超过锻件尺寸偏差,宽度不小于深度的6倍,长度大于缺陷两端3 mm以上。

5.2.4.4 滑板在自然光下用目视法检查板材表面应光滑,整体颜色应均匀一致,不应有裂纹、气泡、分层,不应有影响使用的机械损伤、板面刀痕等缺陷,不应夹带任何杂质。

5.2.4.5 不锈钢冷轧钢板表面应平整、光洁,不应有分层、鼓泡、褶皱和影响使用性能的机械损伤。

5.2.4.6 5201-2 硅脂应为乳白色或淡灰色半透明脂状物,不应有机械杂质。

5.2.4.7 H62 黄铜、HPb59-1 铅黄铜的表面质量应符合 GB/T 2040 的有关规定。

5.2.4.8 SF-1B 三层复合板表面应无脱层、起泡、剥落、机械夹杂等缺陷。

5.2.4.9 机加工件外观质量应满足下列要求:

- a) 支座钢盆与中间钢衬板配合面的粗糙度最大参数值为  $MRR Ra_{max} 3.2$ ,钢盆和中间钢衬板与橡胶承压板配合面的粗糙度最大参数值为  $MRR Ra_{max} 6.3$ ;
- b) 加工后的配合面及摩擦表面不应有降低表面质量的印记。

## 5.2.5 内在质量

5.2.5.1 橡胶承压板和橡胶密封圈解剖检验在成品中任取一件样品制成标准试片,进行表9中除恒定压缩永久变形外的所有项目的测定,与表9相比,拉伸强度下降不应大于20%,拉断伸长率下降不应大于35%,其余各项应满足表9的要求。

5.2.5.2 滑板解剖检验在成品中任取一件样品制成标准试片。除拉伸弹性模量外,密度、拉伸强度、断裂拉伸应变和球压痕硬度应满足表10的要求。

5.2.5.3 钢部件、螺栓解剖检验在成品中任取一件(组)样品制成标准试片,测定化学成分和力学性能。钢板、锻件和螺栓的化学成分和力学性能(含冲击吸收能量  $KV_2$ )应满足对应材料标准的要求;铸钢的化学成分应满足对应材料标准的要求,屈服强度和抗拉强度实测值不低于材料标准规定值的80%,断后伸长率和断面收缩率的实测值不作为判定依据。钢板、锻件、铸件和螺栓的化学成分偏差应满足 GB/T 222 的规定。冲击试样的冲击吸收能量  $KV_2$  实测值的平均值应达到对应材料标准的规定值,允许1个实测值未达到规定值,但该值应不低于规定值的70%。

## 5.2.6 焊接

支座焊接部位的技术要求应符合设计规定,当无具体规定时,焊接部位的技术要求应符合 JB/T 5943—1991 的规定,除不锈钢板焊缝外,关键焊缝不低于Ⅰ级质量要求,普通焊缝不低于Ⅱ级质量要求。

## 5.2.7 防腐与防尘

5.2.7.1 支座钢件(耐候结构钢和耐候铸钢除外)外露表面(不锈钢板表面、钢盆内壁、中间钢衬板与橡胶承压板、钢盆接触表面等与其他部件配合的表面除外)应进行防腐涂装,防腐涂装体系及性能应符合设计要求。

5.2.7.2 高湿度和恶劣大气的工业区域、高盐度海上区域等特殊环境下,涂装后的钢件整个涂装体系涂层间附着力不应小于5.0 MPa。

5.2.7.3 支座用锚固螺栓、套筒和螺杆应采用多元素粉末共渗钝化封闭复合防腐技术进行防腐处理,复合防腐层的性能应符合设计要求。

5.2.7.4 支座应设置可靠的便于拆装的外防尘构造。

## 5.2.8 组装

5.2.8.1 待装的零部件应有质量检验部门的合格标记。

5.2.8.2 装配橡胶承压板之前,盆腔内清除干净后均匀涂抹一层5201-2 硅脂。钢盆中的橡胶承压板

应用木槌轻轻敲入,使橡胶承压板与下支座钢盆盆底密贴,并用锤击法检查,在钢盆内不应夹有空气夹层。橡胶承压板装配后,其与中间钢衬板接触的表面也应涂抹一层 5201-2 硅脂。

5.2.8.3 支座相对滑动面(不锈钢板表面与滑板表面)应用丙酮或酒精仔细擦净,不应夹有灰尘和杂质。

5.2.8.4 在粘贴聚四氟乙烯板前,聚四氟乙烯板背面应经表面活化处理,衬板凹槽擦净后均匀涂抹粘结剂。改性超高分子量聚乙烯滑板和改性聚四氟乙烯滑板采用沉头螺钉定位方式固定时,衬板凹槽预设连接孔,滑板背面不做表面活化处理,安装就位后螺钉顶面应低于滑板表面不小于 3.0 mm。滑板储硅脂槽主滑移方向应正确(见图 4),并在槽内涂满硅脂,中间不应夹有气泡。

5.2.8.5 支座组装时各部件应位置正确,并预压 50 kN 荷载,然后用临时连接装置将支座连接成整体。

5.2.8.6 支座组装后组装间隙应符合以下规定:

- a) 支座下支座板与中间钢衬板之间的径向配合单边间隙不大于 0.50 mm;
- b) 侧向限位的纵向或横向活动支座侧向挡块与侧向滑板间的单边净空间隙应为 0.30 mm~0.70 mm;
- c) 其余各项应满足设计要求。

5.2.8.7 支座外露表面应平整、焊缝均匀,漆膜表面不应有掉漆、流痕、皱褶等现象。

5.2.8.8 支座组装后的整体高度极限偏差应符合表 19 的规定。

表 19 支座组装高度极限偏差

竖向设计承载力 $P$ kN	组装高度极限偏差 mm
$P \leq 20\,000$	$\pm 2.0$
$20\,000 < P \leq 45\,000$	$\pm 3.0$
$45\,000 < P \leq 60\,000$	$\pm 4.0$

## 6 检验方法

### 6.1 材料和部件

#### 6.1.1 橡胶

6.1.1.1 硬度测定应按 GB/T 6031—2017 的规定进行。

6.1.1.2 拉伸强度、拉断伸长率测定应按 GB/T 528—2009 中 1 型试样的规定进行。

6.1.1.3 脆性温度试验应按 GB/T 1682—2014 的规定进行。

6.1.1.4 恒定压缩永久变形测定应按 GB/T 7759.1—2015 中 A 型试样的规定进行。

6.1.1.5 胶层与钢板剥离粘合强度的测定应按 GB/T 7760—2003 的规定进行。

6.1.1.6 耐臭氧老化试验应按 GB/T 7762—2014 的规定进行。

6.1.1.7 热空气老化试验应按 GB/T 3512—2014 的规定进行。

#### 6.1.2 滑板

6.1.2.1 密度测定应按 GB/T 1033.1—2008 的规定进行。

6.1.2.2 拉伸强度和断裂拉伸应变的测定应按 GB/T 1040.3—2006 的规定进行,采用 5 型试样,厚度  $2\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ ,试验拉伸速度为 50 mm/min;拉伸弹性模量的测定应按 GB/T 1040.1—2006 的规定



进行,试样与拉伸强度和断裂拉伸应变相同,试验速度为 1 mm/min。

6.1.2.3 球压痕硬度的测定应按 GB/T 3398.1—2008 的规定进行。

6.1.2.4 初始静摩擦系数和线磨耗率的测定应按附录 A 的规定进行。

6.1.2.5 荷载压缩变形的测定应按附录 B 的规定进行。

6.1.2.6 剥离黏合强度的测定应按 GB/T 7760—2003 的规定进行。

### 6.1.3 硅脂

5201-2 硅脂的物理性能测定应按 HG/T 2502—1993 的规定进行。

### 6.1.4 SF-1B 三层复合板

SF-1B 三层复合板层间结合牢度、压缩永久变形和初始静摩擦系数的测定应按附录 C 的规定进行。

### 6.1.5 钢部件

6.1.5.1 钢部件的解剖检验根据材料标准要求在本体上取样。

6.1.5.2 钢板和铸钢的取样位置宜选在上支座板或下支座的平板处,钢板的拉伸力学性能试样和冲击试验试样取样方向应符合相应材料标准的规定,当材料标准中没有规定时,钢板的拉伸力学性能试样和冲击试验试样应垂直于轧制方向取样。钢板、铸钢和螺栓的本体取样可按 GB/T 2975 的规定进行。

6.1.5.3 锻件的本体取样可按 GB/T 25136 的规定进行,锻件的取样不考虑方向。

6.1.5.4 钢板、锻件和螺栓的取样数量为 1 个拉伸试样和 3 个冲击试样,铸钢的取样数量为 1 个拉伸试样,化学成分可从拉断的拉伸试样上取样。

6.1.5.5 试验方法按 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591、GB/T 3077、GB/T 11352、GB/T 12361 等规定进行。

## 6.2 外形尺寸

用钢直尺、游标卡尺或量规等工具测量。

## 6.3 外观质量

用目视、通用或专用工具测量。

## 6.4 成品力学性能

### 6.4.1 一般要求

6.4.1.1 板式支座应进行抗压弹性模量试验、抗剪弹性模量试验、抗剪粘结性试验、老化后抗剪弹性模量试验、疲劳后抗压弹性模量试验和极限抗压强度试验。

6.4.1.2 盆式支座应进行竖向承载力试验、摩擦系数试验、转动性能试验,填充式调高支座还应进行密封性试验。对于具有特殊设计要求的支座,还可进行成品支座转动磨耗试验。

### 6.4.2 试样

6.4.2.1 板式支座力学性能试验应采用实体支座或实体支座中的橡胶承压板进行。每一项力学性能试验的试样数量为 3 件,试样的规格型号应相同,其中抗剪弹性模量和抗剪粘结性试验 2 件为 1 组,交叉组合后共 3 组。当 3 件试样(或由其组合的每组试样)的力学性能均合格时,则该项力学性能合格。

板式支座各项力学性能试验的试样通用。

6.4.2.2 盆式支座力学性能试验一般应采用实体支座进行,当受试验设备能力限制时,盆式支座可选用有代表性的小型支座进行试验,小型支座的竖向设计承载力不宜小于 5 000 kN。竖向承载力试验和密封性试验的试样数量为 1 件,摩擦系数试验和转动性能试验需要相同规格型号的试样 2 件,摩擦系数试验仅对单向(纵向或横向)和多向活动支座适用。

6.4.3 试验设备

试验机能平稳连续加载和卸载,无冲击和颤动现象;承载板应具有足够的刚度,平面尺寸应大于试样的平面尺寸。水平施载时,试验机的水平油缸、负荷传感器和水平力加载装置的轴线应重合,保证试样水平轴向受力。试验机的精度级别为 I 级,示值相对误差最大允许值为 $\pm 1.0\%$ ,各级试验荷载宜在试验机最大力值的 1%~90% 范围内。测量试样变形量的仪表量程和精度应满足试样变形量的需要,并按相关的检验规程进行检定。

6.4.4 试验条件

试验应在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下进行。

6.4.5 试验方法

6.4.5.1 板式支座力学性能试验应按附录 D 的规定进行。

6.4.5.2 盆式支座竖向承载力试验应按附录 E 的规定进行;摩擦系数试验应按附录 F 的规定进行;转动性能试验应按附录 G 的规定进行;转动磨损试验应参照附录 H 进行;填充式调高支座密封性试验应按附录 I 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

支座检验分原材料进厂检验、产品出厂检验和型式检验三类。

7.2 原材料进厂检验

支座加工用原材料及外协件进厂时进行检验,检验项目和频次见表 20、表 21。

表 20 板式支座原材料进厂检验

检验项目	检验内容	技术要求	检验频次
胶 料	物理机械性能	4.2.2.1	每批[同胶种、同配方、同工艺、同生产周期(30 d)的胶料组批,1 批不大于 500 kg]。其中恒定压缩永久变形、脆性温度、耐臭氧老化、热空气老化试验每季度至少一次
钢 板	化学成分 力学性能	4.2.2.2 4.2.2.3	每批(同牌号、同等级、同生产厂、同交货状态、同进厂时间的钢板组批,1 批不大于 60 t)
螺 栓	外形尺寸 涂层厚度	设计文件 4.2.8.2	每批(同材质、同热处理工艺、同生产厂、同进厂时间的螺栓组批,1 批不大于 100 件)
粘 结 剂	剥离粘合强度	4.2.2.5	每批(同牌号、同等级、同生产厂、同交货状态、同进厂时间的粘结剂组批,1 批不大于 200 kg)

表 21 盆式支座原材料进厂检验

检验项目	检验内容	技术要求	检验频次
胶 料	物理机械性能	5.2.2.1	每批[同一胶种、同一配方、同一工艺、同一生产周期(30 d)的胶料组批,1批不大于500 kg]。其中恒定压缩永久变形、脆性温度、耐臭氧老化、热空气老化试验每季度至少一次
聚四氟乙烯板、改性超高分子量聚乙烯板或改性聚四氟乙烯板	物理机械性能 储硅脂槽尺寸	5.2.2.2 5.2.3.2	每批(同一材质、同一生产厂、同一进厂时间的滑板组批,1批不大于500 kg)
	初始静摩擦系数	5.2.2.2	每180 d至少一次
	线磨耗率	5.2.2.2	每180 d至少一次(线磨耗率测试距离:聚四氟乙烯板1 km;改性超高分子量聚乙烯板和改性聚四氟乙烯板15 km)
	荷载压缩变形	5.2.2.2	每180 d至少一次
	外形尺寸 外观质量	设计文件 5.2.3.2 5.2.4.4	每件
SF-1B 三层复合板	层间结合牢度、压缩永久变形、初始静摩擦系数	5.2.2.10	每批(同一牌号、同一生产厂、同一进厂时间的三层复合板组批,1批不大于500 kg)
	外形尺寸、外观质量(裁料后)	设计文件 5.2.3.5 5.2.4.8	每件
不锈钢板	力学性能、化学成分	5.2.2.8	每批(同一牌号、同一生产厂、同一交货状态、同一进厂时间的不锈钢板组批)
	表面等级、粗糙度	5.2.3.3	
	外形尺寸、外观质量(裁料后)	设计文件 5.2.4.5	每件
H62 黄铜 HPb59-1 铅黄铜	化学成分、力学性能	5.2.2.9	每批(同一牌号、同一生产厂、同一交货状态、同一进厂时间的黄铜板组批,1批不大于500 kg)
	外形尺寸、外观质量(裁料后)	设计文件 5.2.3.4 5.2.4.7	每件
钢 板	化学成分、力学性能	5.2.2.4	每批(同一牌号、同一等级、同一生产厂、同一交货状态、同一进厂时间的钢板组批,1批不大于60 t)
锻 件	化学成分、力学性能	5.2.2.5	每批(同一熔炉号、同一热处理炉次、形状和尺寸相近的锻件组批,1批不大于100件)抽2%,但不少于2件
	超声波探伤、外观质量	5.2.2.5 5.2.4.3	每件
硅 脂	物理性能、外观质量	5.2.2.3 5.2.4.6	每批(同一牌号、同一等级、同一生产厂、同一进厂时间的硅脂组批,1批不大于200 kg)

表 21 盆式支座原材料进厂检验(续)

检验项目	检验内容	技术要求	检验频次
铸钢件	化学成分、机械性能	5.2.2.6	每炉
	超声波探伤、外观质量	5.2.2.6 5.2.4.2	每件
粘结剂	剥离粘合强度	5.2.2.13	每批(同一牌号、同一等级、同一生产厂、同一进厂时间的粘结剂组批,1批不大于200 kg)
锚栓	外形尺寸、涂层厚度	设计文件 5.2.7.3	每批(同一材质、同一热处理工艺、同一生产厂、同一进厂时间的螺栓组批,1批不大于100件)

## 7.3 产品出厂检验

支座生产厂在每批产品交货前进行检验,检验项目和频次见表22、表23。

表 22 板式支座产品出厂检验

检验项目	检验内容	技术要求	检验频次
部件	橡胶承压板	设计文件 4.2.4.2 4.2.5.1	每件
	上支座板、下支座板	设计文件 4.2.4.1 4.2.5.2	每件
	涂层厚度	4.2.8.1	每件
	防腐涂装	附着力 4.2.8.1	每批[同一涂装体系、同一涂装工艺、同一涂装厚度、同一生产周期(30 d)的上支座板和下支座板组批,1批不大于200件]
成品	组 装	外形尺寸、标识及外观质量 8.1 4.2.9.4	每件
		组装间隙、组装后支座的高度偏差 4.2.9.3 4.2.9.5	
	内在质量	橡胶承压板 4.2.6	每批[橡胶承压板的材质和工艺相同、同一生产周期(180 d)的支座组批,1批不大于200件]
	力学性能	抗压弹性模量、抗剪弹性模量, 极限抗压强度、抗剪粘结性 4.2.1.1 4.2.1.2	每批[同一材质、同一工艺、同一生产周期(180 d)的支座组批,1批不大于500件]

表 23 盆式支座产品出厂检验

检验项目		检验内容	技术要求	检验频次
部件	橡胶承压板	尺寸、外观质量	设计文件 5.2.3.1 5.2.4.1	每件
	不锈钢板	平面度、焊接质量、 与基层钢板的密贴程度	设计文件 5.2.3.3	
	上支座板、 下支座板、 中间钢衬板	尺寸、外观质量	设计文件 5.2.3.6 5.2.4.9	
	防腐涂装	涂层厚度	设计文件 5.2.7.1 5.2.7.2	每件
		附着力		每批[同一涂装体系、同一涂装工 艺、同一涂装厚度、同一生产周期 (30 d)的上支座板和下支座板组 批,1批不大于200件]
	滑板	是否储存有硅脂,滑板储脂槽 主滑移方向	5.2.8.4	每件
与基层钢件凹槽组装间隙、 凸出衬板的外露厚度尺寸		5.2.3.2		
成品	组 装	外形尺寸、标识及外观质量	设计文件 5.2.8.7 8.1	每件
		组装间隙、组装后支座的高度偏差	5.2.8.6 5.2.8.8	
	内在质量	橡胶承压板 橡胶密封圈	5.2.5.1	每批[橡胶承压板的材质和工艺 相同、同一生产周期(180 d)的支座 组批,1批不大于1 000件]
		聚四氟乙烯板、改性超高分子量 聚乙烯板或改性聚四氟乙烯板	5.2.5.2	每批[滑板材质和生产厂家相同、 同一生产周期(180 d)的支座组批, 1批不大于1 000件]
		钢件(钢板、锻件、铸件)	5.2.5.3	每批[钢件材质和生产厂家相同、 同一生产周期(180 d)的支座组批, 1批不大于1 000件]
		螺 栓	5.2.5.3	每批[螺栓材质、热处理工艺和生 产厂相同、同一生产周期(180 d)的 支座组批,1批不大于1 000件]
	力学性能	支座竖向承载力试验	5.2.1.1	每批[同一材质、同一工艺、同一 生产周期(180 d)的支座组批,1批 不大于1 000件]
		填充式调高支座密封性试验	5.2.1.4	
部件的出厂检验可实际测量或通过验证中间过程检验记录。				

#### 7.4 型式检验

有下列情况之一时,应进行型式检验,检验项目见表 24、表 25。

- a) 新产品定型生产时;
- b) 结构、材料、工艺等有重大改变,可能影响产品性能时;
- c) 正常生产每两年时;
- d) 产品停产两年后,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。

表 24 板式支座型式检验

检验项目	技术要求
原材料进厂检验各项	7.2
产品出厂检验各项	7.3
老化后抗剪弹性模量	4.2.1.1
疲劳后抗压弹性模量	4.2.1.1
疲劳后抗压弹性模量仅在新产品定型生产时进行。	

表 25 盆式支座型式检验

检验项目	技术要求
原材料进厂检验各项	7.2
产品出厂检验各项	7.3
活动支座摩擦系数试验	5.2.1.3
转动性能试验	5.2.1.2
螺栓的涂层性能	5.2.7.3
原材料进厂检验滑板线磨耗率测试距离:聚四氟乙烯板为 1 km,改性聚四氟乙烯板和改性超高分子量聚乙烯板为 50 km。填充式调高支座竖向承载力及转动性能试验在填充至最大设计调高量后进行。	

#### 7.5 判定

##### 7.5.1 原材料进厂检验

检验项目全部合格则该批次原材料为合格。

##### 7.5.2 产品出厂检验

出厂检验项目全部合格,则该批次产品为合格。当检验项目中有不合格项,应取双倍试样进行复检,复检后仍有不合格项,则该批次产品为不合格。

##### 7.5.3 型式检验

型式检验项目全部合格,则该次检验为合格。当检验项目中有不合格项,应取双倍试样进行复检,复检后仍有不合格项,则该次检验为不合格。

## 8 标志、包装、储存和运输

### 8.1 标志

每个支座应有永久性标牌,其内容应包括:产品名称、规格型号、主要技术指标(竖向设计承载力、支座分类代号、纵横向位移量、设计水平荷载、顶面坡度、温度适用类型)、生产厂名、出厂编号和生产日期。在支座本体明显位置标明支座的规格型号、坡度方向和位移方向。支座上下支座板四周侧面应有永久性的中线标识。

### 8.2 包装

每个支座均应包装牢固。包装上应注明产品名称、工程项目名称、规格型号、出厂日期、外形尺寸和质量,并附有产品合格证、使用说明书及装箱单。支座使用说明书应包括支座结构外型尺寸及简图、支座安装注意事项、与相接部位的混凝土等级要求及支座安装养护细则,支座调高施工工艺可参考附录J执行。

### 8.3 储存和运输

支座在储存、运输中,应避免阳光直射、雨雪浸淋,并保持清洁。不应与酸、碱、油类、有机溶剂等影响支座质量的物质相接触,并距离热源 1 m 以上。支座在运输、储存和安装过程中,不应任意拆卸。

附 录 A

(规范性附录)

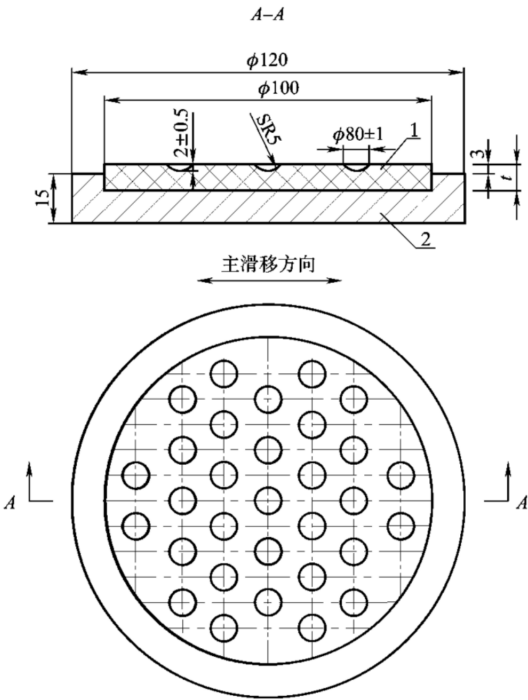
滑板初始静摩擦系数和线磨耗率试验方法

A.1 试样

滑板试样可单独模压成型或从成品板材上切割,试样满足 5.2.3.2 的要求。试样的形状、尺寸和嵌固工装见图 A.1。试验开始前试样应在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  的环境中静置 24 h 以上。滑板试样对磨件采用不锈钢板,滑板表面涂满 5201-2 硅脂,硅脂和不锈钢板性能应分别符合 5.2.2.3、5.2.2.8 的规定,外观质量和表面状态应符合 5.2.3.3、5.2.4.5、5.2.4.6 的规定。嵌固工装由 Q235 钢板加工而成。

不锈钢板与厚 15 mm 的基层钢板可采用焊接,焊缝光滑、平整、焊缝低于不锈钢板表面;不锈钢板与基层钢板也可采用嵌固或机械连接,嵌槽边缘或连接件不应侵入滑板滑动面,且保证连接牢固,不锈钢板在试验中不应产生错位或滑动。

单位为毫米



说明:  
1——试件;  
2——嵌固工装。

图 A.1 滑板初始静摩擦系数和线磨耗率试验用试样及工装示意

A.2 试样数量

初始静摩擦系数的试样数量为 3 组,每组 2 块,由 3 组初始静摩擦系数的平均值作为初始静摩擦



系数的实测值。线磨耗率的试样数量为 1 组,每组 2 块,取 2 块线磨耗率的平均值作为线磨耗率的实测值。

A.3 试验方法

A.3.1 初始静摩擦系数

滑板试样与对磨件发生初次滑动时的摩擦系数为初始静摩擦系数。初始静摩擦系数试验采用双剪试验方法,试验装置见图 A.2,试验时在试样表面的储硅脂槽内涂满 5201-2 硅脂,试验条件应符合表 A.1 的规定。初始静摩擦系数由滑动时的水平力与垂向试验荷载的比值计算得出,见公式(A.1)。

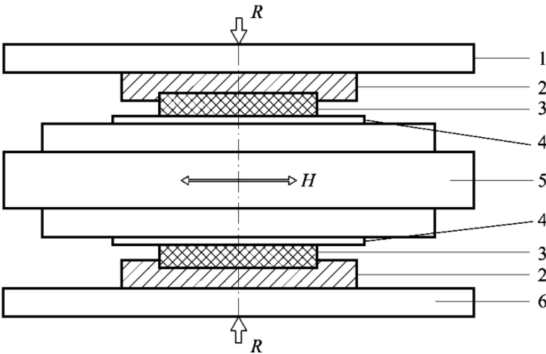
$$\mu_{st}=\frac{H}{2R}$$
 (A.1)

式中:

- $\mu_{st}$ ——初始静摩擦系数;
- $H$ ——滑动时的水平力,单位为千牛(kN);
- $R$ ——垂向试验荷载,单位为千牛(kN)。

表 A.1 初始静摩擦系数试验条件

试验条件		聚四氟乙烯板	改性超高分子量聚乙烯	改性聚四氟乙烯
试样压应力	MPa	30	45	
试验温度	℃	23±2		
预压时间	h	1		
滑动距离	mm	10		
滑动速度	mm/s	约 0.4		
注:表中试样压应力为全面积(未扣除储硅脂槽面积)平均压应力。				



- 说明:
- 1——上承载板;
  - 2——嵌固工装;
  - 3——试样;
  - 4——不锈钢板;
  - 5——水平加载装置;
  - 6——下承载板。

图 A.2 滑板初始静摩擦系数及线磨耗率试验装置示意

A.3.2 线磨耗率

线磨耗率试验采用双剪试验方法,试验装置与初始静摩擦系数试验相同,试验时在试样表面的储硅脂槽内涂满 5201-2 硅脂,试验条件应符合表 A.2 的规定。改性超高分子量聚乙烯板试样在试验前应采用符合本标准要求的硅脂进行浸润 48 h 以上(聚四氟乙烯板和改性聚四氟乙烯无此过程)。滑板试样在试验前、后均应称重(精确到 0.001 g),滑板试样在称重前应采用酒精或丙酮将表面的硅脂或碎屑等擦拭干净,并在标准室温 23℃±5℃的环境中静置 24 h 以上。线磨耗率由试验前后试样质量差计算确定,见公式(A.2)、公式(A.3)。

$$\eta=\frac{W_0-W_1}{\rho AL}\times 10^6$$
 (A.2)

$$A=\frac{\pi D^2-n\pi d^2}{4}$$
 (A.3)

式中:

- $\eta$ ——线磨耗率;
- $W_0$ ——磨耗试验前试样质量,单位为克(g),精确到 0.001 g;
- $W_1$ ——磨耗试验后试样质量,单位为克(g),精确到 0.001 g;
- $\rho$ ——试样的密度,单位为克每立方厘米(g/cm<sup>3</sup>),可取实测值,无实测值时,聚四氟乙烯取 2.17 g/cm<sup>3</sup>,改性超高分子量聚乙烯取 0.96 g/cm<sup>3</sup>,改性聚四氟乙烯取 2.05 g/cm<sup>3</sup>;
- $A$ ——试样滑动表面面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>);
- $D$ ——试样直径,单位为毫米(mm), $D=100$  mm;
- $d$ ——试样储硅脂槽直径,单位为毫米(mm), $d=8$  mm;
- $n$ ——试样滑动表面完整的储硅脂槽个数;
- $L$ ——试样的累计滑动距离,单位为千米(km)。

表 A.2 线磨耗率试验条件

试验条件		聚四氟乙烯板	改性超高分子量聚乙烯板	改性聚四氟乙烯
试样压应力	MPa	30	45	
试验温度	℃	23±2		
相对滑动平均速度(正弦波)	mm/s	8	15	
相对往复滑动距离	mm	±10		
累计滑动距离	km	1	短期 15、长期 50	
注:表中试样压应力为全面积(未扣除储硅脂槽面积)平均压应力。				

A.4 试验报告

试验结束后应提出试验报告,试验报告应列出试样的初始静摩擦系数和线磨耗率,并评定试验结果。

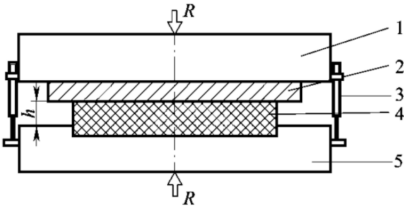
附 录 B

(规范性附录)

滑板荷载压缩变形试验方法

B.1 试样

滑板试样可单独模压成型或从成品板材上切割,试样满足 5.2.3.2 的要求。试样直径 155 mm,试验需配备如图 A.1 的嵌固工装或在图 B.1 中的下加载板上设置嵌固定位凹槽,滑板试样外露厚度不小于 3 mm,试样数量为 1 件。滑板试样表面带储硅脂槽,槽内涂满 5201-2 硅脂,与滑板上表面配合的部件为不锈钢板,硅脂和不锈钢板性能应分别符合 5.2.2.3、5.2.2.8 的规定,外观质量和表面状态应符合 5.2.3.3、5.2.4.5、5.2.4.6 的规定。



说明:

- 1——上承载板(可加热);
- 2——不锈钢板;
- 3——千分表(或位移计);
- 4——试样;
- 5——下承载板(可加热)。

图 B.1 滑板荷载压缩变形试验装置示意

B.2 试验方法

试验条件应符合表 B.1 的规定,试验按下列步骤进行:

- a) 按图 B.1 安装试样和千分表(精确到 0.001 mm),千分表沿试样的直径方向对称安装 4 只;
- b) 在常温 23℃±5℃条件下,对试样施加 1 kN(以试验机示值为准,不要求荷载精度)初始荷载,使上承载板与试样密贴,用量具测量试样外露厚度  $h$ (精确到 0.01 mm),以对称测量 4 点的平均值作为试样初始外露厚度  $h_0$ ;
- c) 将上、下承载板加热至 35℃±2℃,保持该温度 1 h 后对试样缓慢施加荷载,直至试样的平均压应力达到表 B.1 的试验压应力;
- d) 记录千分表初始读数  $S_0$  后开始计时,试验过程中保持荷载和温度稳定,随后分别记录第 3 h 和 48 h 的千分表读数。按公式(B.1)计算试验开始后 3 h~48 h 时间内每小时滑板外露厚度变化的平均值。

$$\Delta h = \frac{S_{48} - S_3}{48 - 3} \quad (\text{B.1})$$

式中:

$\Delta h$ ——试验开始后 3 h~48 h 时间内每小时滑板外露厚度变化的平均值,单位为毫米(mm);

$S_3$ ——第 3 h 千分表读数,单位为毫米(mm);  
 $S_{48}$ ——第 48 h 千分表读数,单位为毫米(mm);  
实测的  $\Delta h$  应满足公式(B. 2)。

$$\Delta h \leq 0.5\% h_0$$

(B. 2)

表 B.1 滑板荷载压缩变形试验条件

试验条件	聚四氟乙烯板	改性聚四氟乙烯板	超高分子量聚乙烯板
试验压应力MPa	60±1	90±1.5	180±3
试验温度℃	35±2		
持荷时间h	48		
注:表中试样压应力为全面积(未扣除储硅脂槽面积)平均压应力。			

B.3 试验报告

试验结束后应提交试验报告,试验报告应列出滑板外露高度变化的平均值,并评定试验结果。

附 录 C

(规范性附录)

SF-1B 三层复合板层间结合牢度、压缩永久变形和初始静摩擦系数试验方法

C.1 试样

SF-1B 三层复合板试样应从成品中取样。层间结合牢度试样尺寸为 120 mm×20 mm×2.4 mm，压缩永久变形试样尺寸为 15 mm×15 mm×2.4 mm，初始静摩擦系数试样尺寸为  $\phi 75$  mm×2.4 mm。

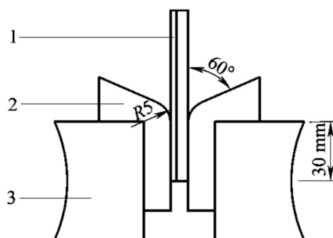
C.2 试样数量

层间结合牢度和压缩永久变形试样各 1 件，初始静摩擦系数的试样数量为 3 组，每组 2 块，由 3 组初始静摩擦系数的平均值作为初始静摩擦系数的实测值。试样应取自同一块板材，试验前试样应在标准室温 23℃±5℃ 环境下静置 24 h 以上。

C.3 试验方法

C.3.1 层间结合牢度

SF-1B 三层复合板的层间结合牢度在台虎钳上进行，通过两块有 R5 圆角的专用夹具夹紧试样，试验装置见图 C.1。



说明：  
1——试样；  
2——夹具；  
3——台虎钳。

图 C.1 层间结合牢度试验装置示意

试验应按下列步骤进行：

- 按图 C.1 安装试样，并将试样夹紧；
- 试样首先朝改性聚四氟乙烯面层方向弯曲 60°，然后再朝铜背板方向弯曲 60°，重复以上过程 5 次；
- 每弯曲一次后，试验人员需仔细观察试样是否有脱层、剥落、开裂等现象；
- 如在中途出现上述较严重的破坏，试验终止。

C.3.2 压缩永久变形

在试样中心部位用 1 级千分尺测量厚度 3 次,取其平均值作为试样的初始厚度值。将试样平置于压力机加载台座的中心,缓慢加载至试样压应力达到 280 MPa,停留 10 s,然后缓慢卸载至零,30 min 后在试样的中心同样部位再测量 3 次厚度,取其平均值作为变形后的厚度值,试验前后两次厚度值之差为试样的压缩永久变形量。

C.3.3 初始静摩擦系数

SF-1B 三层复合板试样与对磨件发生初次滑动时的摩擦系数为初始静摩擦系数。初始静摩擦系数试验采用双剪试验方法,对磨件采用不锈钢板,要求同 A.1。试验工装见图 C.2,试验装置见图 A.2。试验条件应符合表 C.1 的规定。初始静摩擦系数由滑动时的水平力与垂向试验荷载的比值计算得出,见式 A.1。

单位为毫米

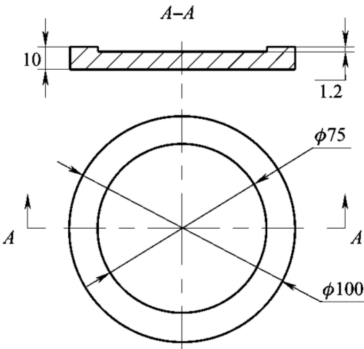


图 C.2 SF-1B 三层复合板初始静摩擦系数试验工装示意

表 C.1 SF-1B 三层复合板初始静摩擦系数试验条件

试验条件		SF-1B 三层复合板
试样压应力	MPa	65
试验温度	℃	23±2
预压时间	h	1
滑动距离	mm	10
滑动速度	mm/s	约 0.4

C.3.4 试验报告

试验结束后应提交试验报告,试验报告应列出试样的层间结合牢度、压缩永久变形量和初始静摩擦系数,并评定试验结果。

附 录 D  
(规范性附录)  
板式支座力学性能试验方法

D.1 试样

板式支座力学性能试验试样在成品中任取,可为实体支座或实体支座中的橡胶承压板,试验前试样应在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下静置 24 h 以上。

D.2 试样数量

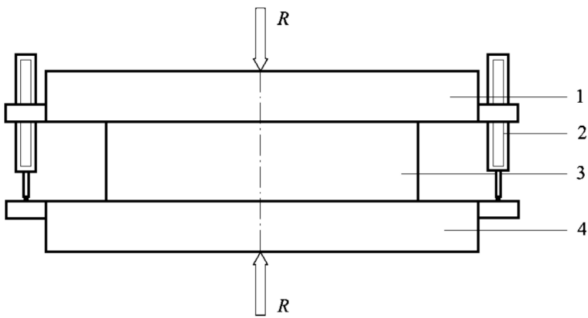
每一项力学性能试验的试样数量为 3 件(编号 1 号,2 号,3 号),试样的规格型号应相同,其中抗剪弹性模量和抗剪粘结性试验 2 件试样为 1 组,交叉组合后共 3 组(1 号-2 号,2 号-3 号,3 号-1 号)。当 3 件试样(或由其组合的每组试样)的力学性能均合格时,则该项力学性能合格。板式支座各项力学性能试验的试样通用。

D.3 试验方法

D.3.1 抗压弹性模量试验

D.3.1.1 试验步骤

抗压弹性模量应按下列步骤进行试验,试验装置见图 D.1。



说明：  
1——上承载板；  
2——位移传感器；  
3——试样；  
4——下承载板。

图 D.1 抗压弹性模量试验装置示意

- a) 将试样置于试验机的承载板上,上、下承载板与支座接触面不应有油渍。对准中心,误差小于 1% 的试样短边尺寸。缓慢加载至平均压应力  $\sigma=1.0\text{ MPa}[\sigma= R/(l_a\times l_b),R\text{ 为试验荷载}]$ ,

稳压后核对承载板四角对称安置的四只位移传感器(精确到 0.01 mm),确认无误后,开始预压。

- b) 预压,将平均压应力  $\sigma$  以 0.03 MPa/s~0.04 MPa/s 速率连续增至 10.0 MPa,持荷 2 min 后以连续均匀的速度将平均压应力卸至 1.0 MPa,持荷 5 min,记录变形初始值,预压过程应连续进行 3 次。
- c) 正式加载,每一加载循环自平均压应力  $\sigma=1.0$  MPa 开始,将压应力以 0.03 MPa/s~0.04 MPa/s 的速率均匀加载至平均压应力  $\sigma=4.0$  MPa,持荷 2 min 后采集支座变形值,然后以同样速率每 2.0 MPa 为一级逐级加载并采集支座变形数据,直至平均压应力  $\sigma=10.0$  MPa 为止,然后以连续均匀的速度卸载至平均压应力为 1.0 MPa。加载过程应连续进行三次。
- d) 以承载板四角测得的支座变形值的算术平均值作为各级荷载下试样的累计竖向压缩变形  $\Delta_{ci}$  ( $i$  表示荷载等级),按试样公称厚度  $T$  求出各级试验荷载作用下试样的累计压缩应变  $\varepsilon_i = \Delta_{ci}/T$ 。

### D.3.1.2 试样实测抗压弹性模量

试样实测抗压弹性模量  $E_1$  由公式(D.1)求得。

$$E_1 = \frac{\sigma_{10} - \sigma_4}{\varepsilon_{10} - \varepsilon_4} \quad (\text{D.1})$$

式中:

$E_1$ ——试样实测的抗压弹性模量计算值,精确至 1 MPa;

$\sigma_{10}, \varepsilon_{10}$ ——平均压应力为 10.0 MPa 荷载等级下对应的平均压应力和累计压缩应变;

$\sigma_4, \varepsilon_4$ ——平均压应力为 4.0 MPa 荷载等级下对应的平均压应力和累计压缩应变。

### D.3.1.3 结果

每一块试样的抗压弹性模量  $E_1$  为三次加载过程所得的三个实测结果的算术平均值,但每一次的结果和算术平均值之间的偏差不应大于  $\pm 5\%$ ,否则应对该试样重新复核试验一次,如果仍超过  $\pm 5\%$ ,则认为该试样不合格。试样的抗压弹性模量  $E_1$  与标准值  $E$  的偏差在  $\pm 20\%$  范围之内时,则试样满足要求。

## D.3.2 抗剪弹性模量试验

### D.3.2.1 试验步骤

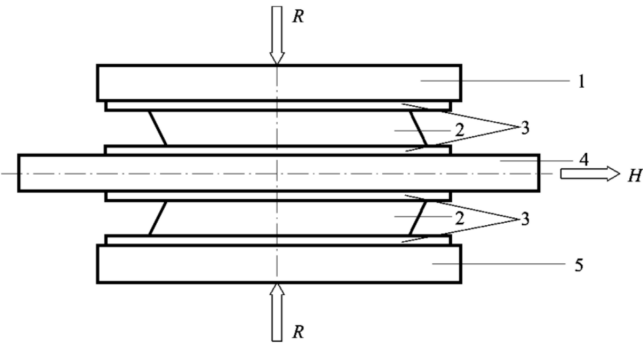
抗剪弹性模量应按下列步骤进行试验,试验装置见图 D.2。

- a) 支座试样应顺橡胶承压板的短边方向受剪,将 2 件试样及水平加载装置按图 D.2 双剪组合配置好,使试样和水平加载装置的对称轴及试验机承载板中心轴处在同一垂直面上,安装误差应小于 1% 的试样短边尺寸。为防止出现打滑现象,可在上、下承载板和水平加载装置上粘贴防滑摩擦板,以确保试验的准确性。
- b) 以 0.03 MPa/s~0.04 MPa/s 的速率连续地对支座施加压力  $R$  至平均压应力  $\sigma=10.0$  MPa,并在整个抗剪试验过程中保持不变。
- c) 调整试验机的剪切试验装置,使水平油缸、荷载传感器的轴线和水平加载装置的对称轴重合。
- d) 预剪:以 0.002 MPa/s~0.003 MPa/s 的速率连续施加水平力至试样平均剪应力  $\tau=1.0$  MPa [ $\tau = H/(l_a \times l_b)$ ,  $H$  为水平试验荷载],持荷 2 min,然后以连续均匀的速度卸载至平均剪应力为 0.1 MPa,持荷 5 min,记录初始值,预剪过程应连续进行 3 次。
- e) 正式加载:每一加载循环自  $\tau=0.1$  MPa 开始,每级剪应力增加 0.1 MPa,持荷 1 min,采集支



座变形数据,至  $\tau=1.0\text{ MPa}$  为止,然后以连续均匀的速度卸载至平均剪应力为  $0.1\text{ MPa}$ ,  
10 min后进行下一循环试验。加载过程连续进行 3 次。

- f) 按试样橡胶层的总厚度  $t_e$ (上、下保护层和各单层橡胶厚度的总和)求出在各级试验荷载作用下试样的累计剪切应变  $\gamma_i$ ( $\gamma_i=\Delta_{si}/t_e$ ,  $\Delta_{si}$ 为各级水平荷载下位移传感器所测得的试样累计水平剪切变形,  $i$  表示荷载等级)。



- 说明:
- 1——上承载板;
  - 2——试样;
  - 3——防滑摩擦板(试样为橡胶承压板时有此项);
  - 4——水平加载装置;
  - 5——下承载板。

图 D.2 抗剪弹性模量试验装置示意

D.3.2.2 试样实测抗剪弹性模量

试样实测抗剪弹性模量  $G_1$ 由公式(D.2)求得。

$$G_1 = \frac{\tau_{10} - \tau_3}{\gamma_{10} - \gamma_3} \tag{D.2}$$

式中:

- $G_1$ ——试样实测的抗剪弹性模量计算值,精确至  $0.1\text{ MPa}$ ;
- $\tau_{10}, \gamma_{10}$ ——平均剪应力为  $1.0\text{ MPa}$  荷载等级下对应的平均剪应力和累计剪切应变;
- $\tau_3, \gamma_3$ ——平均剪应力为  $0.3\text{ MPa}$  荷载等级下对应的平均剪应力和累计剪切应变。

D.3.2.3 结果

每组试样的抗剪弹性模量  $G_1$ 为三次加载过程所得的三个实测结果的算术平均值,但每一次的结果和算术平均值之间的偏差不应大于  $\pm 5\%$ ,否则应对该试样重新复核试验一次,如果仍超过  $\pm 5\%$ ,则认为该组试样不合格。试样的抗剪弹性模量  $G_1$ 与标准值  $G$  的偏差在  $\pm 15\%$  范围之内时,则该组试样满足要求。

D.3.3 抗剪粘结性能试验

抗剪粘结性能试验方法与 D.3.2 试验方法相同,对每组支座试样以  $0.03\text{ MPa/s} \sim 0.04\text{ MPa/s}$  速率连续施加压应力至平均压应力  $\sigma=10.0\text{ MPa}$ ,然后以  $0.002\text{ MPa/s} \sim 0.003\text{ MPa/s}$  的速率连续施加水平力,当试样的平均剪应力  $\tau=2.0\text{ MPa}$  后持荷 5 min,水平力以连续均匀的速度卸载,试验中随时观察试样受力状态及变化情况。在试验荷载作用下橡胶层未开裂、脱胶,加劲钢板未断裂错位,卸载后试样变形恢复正常,则试样抗剪粘结性能满足要求。

#### D.3.4 老化后抗剪弹性模量试验

将进行过抗剪弹性模量试验的试样置于热空气老化箱内,在  $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  温度下经 72 h 后取出,将试样在标准温度  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  下静置 48 h,再进行抗剪弹性模量试验,试验方法与 D.3.2 相同。老化后抗剪弹性模量  $G_2$  的计算方法与 D.3.2.2 相同。试样老化后的抗剪弹性模量  $G_2$  与  $G_1$  值的偏差在  $\pm 15\%$  范围之内时,则试样老化后的抗剪性能满足要求。

#### D.3.5 抗压疲劳试验

将进行过抗压弹性模量试验的试样对中安放在疲劳试验机上,试验机对试样施加平均压应力  $\sigma=15.0\text{ MPa}$ 。开启疲劳试验机,使试样的平均压应力由  $\sigma_{\max}=15.0\text{ MPa}$  卸载至  $\sigma_{\min}=4.5\text{ MPa}$  再加载至  $\sigma_{\max}=15.0\text{ MPa}$ ,上述过程连续平稳进行,为一个加载周期。以不大于 3 Hz 的频率重复上述加载周期 200 万次,试验过程中监测支座表面温度不应超过  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。试验后观察支座表面状况,在  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下静置 24 h 后按 D.3.1 抗压弹性模量试验方法再次测定支座试样在疲劳荷载作用后的抗压弹性模量  $E_2$ 。试样在疲劳试验后不应出现开裂、脱胶等现象。疲劳后的抗压弹性模量  $E_2$  与  $E_1$  值的偏差在  $\pm 5\%$  范围之内时,则试样疲劳后抗压性能满足要求。

#### D.3.6 极限抗压强度试验

极限抗压强度应按下列步骤进行试验,试验装置见图 D.1:

- a) 将试样置于试验机的承载板上,上、下承载板与支座接触面不得有油渍。对准中心,误差小于 1% 的试样短边尺寸。
- b) 以  $0.1\text{ MPa/s}$  的速率平均分 10 级加载至试样的极限抗压强度  $R_U$ ,即平均压应力  $\sigma=60.0\text{ MPa}$ ,并随时观察试样受力状态及变化情况。
- c) 以承载板四角测得的支座变形值的算术平均值作为各级荷载下试样的累计竖向压缩变形  $\Delta_{ci}$  ( $i$  表示荷载等级),绘制荷载—变形图。试样在  $60\text{ MPa}$  平均压应力作用下,橡胶层未脱胶、开裂,加劲钢板未断裂,支座荷载—变形曲线未发生突变,则试样的极限抗压强度满足要求。

#### D.4 试验报告

试验结束后应提出试验报告,试验报告应列出支座力学性能检验项目及各项力学性能的实测值或样品状态,并评定试验结果。

附 录 E  
(规范性附录)  
盆式支座竖向承载力试验方法

E.1 试样

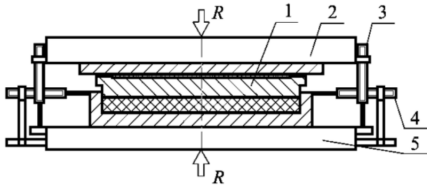
成品支座竖向承载力试验试样在成品中任取,试样数量为 1 件,试验前试样应在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下静置 24 h 以上。

E.2 试验方法

竖向承载力试验测定竖向荷载作用下支座的竖向压缩变形和盆环径向变形,并绘制荷载—竖向压缩变形曲线和荷载—盆环径向变形曲线。检验荷载为支座竖向设计承载力的 1.5 倍。竖向承载力试验应按下列步骤进行试验,试验装置见图 E.1:

- a) 对中安装好试样后,在试验支座上、下支座板间四角对称放置 4 只百分表(精确到  $0.01\text{ mm}$ ),测试支座竖向压缩变形;在支座盆环外侧上口相互垂直的直径方向安装 4 只千分表(精确到  $0.001\text{ mm}$ ),测试支座盆环径向变形。
- b) 加载试验前,应对支座进行预压,预压荷载为支座竖向设计承载力,预压次数为 3 次。
- c) 正式加载时,试验荷载由零至检验荷载均分 10 级,试验时以支座竖向设计承载力的 1% 或  $50\text{ kN}$ (两者中的较大者,以试验机显示为准,不要求精度)作为初始压力,然后逐级加载,每级荷载稳压  $2\text{ min}$  后读取百分表及千分表数值,直至检验荷载,稳压  $3\text{ min}$  后卸载至初始压力,一个加载过程完毕。以上加载过程应连续进行 3 次。

取 4 个百分表读数的算术平均值作为竖向压缩变形的实测值;取同一直径方向的两个千分表读数数值之和的绝对值作为该直径方向的径向变形,两个直径方向径向变形的平均值作为盆环径向变形的实测值,并绘制荷载—变形曲线。试样竖向压缩变形和盆环径向变形为 3 次实测值的平均值。在设计荷载(竖向设计承载力)下支座竖向压缩变形应不大于支座总高的  $2.0\%$ ,盆环径向变形应不大于盆环外径的  $0.50\%$ 。



- 说明:
- 1——试样;
  - 2——上承载板;
  - 3——百分表;
  - 4——千分表;
  - 5——下承载板。

图 E.1 竖向承载力试验装置示意

### E.3 试验报告

试验结束后应提交试验报告,试验报告应列出试样的竖向压缩变形和盆环径向变形量,并评定试验结果。

附 录 F  
(规范性附录)  
盆式支座摩擦系数试验方法

F.1 试样

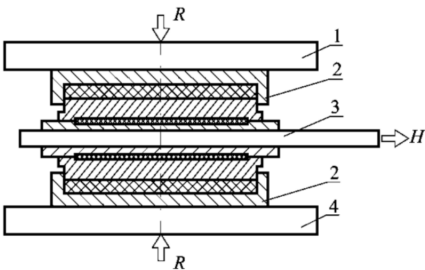
成品支座摩擦系数试验试样在成品中任取。试验前试样应在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下静置 24 h 以上。

F.2 试样数量

试样选用 2 件规格型号相同的活动支座。

F.3 试验方法

摩擦系数试验应在专用的双剪摩擦试验装置上进行,试验装置见图 F.1。试验时先对支座施加竖向设计荷载,然后用水平力加载装置施加水平荷载,由专用的压力传感器记录水平荷载大小,支座一旦发生滑动即停止施加水平荷载。反复上述水平力加载过程,直至支座第五次水平滑动。计算第二次至第五次滑动的摩擦系数,摩擦系数由滑动时的水平力与竖向试验荷载的比值计算得出,见公式(A.1)。取 4 次摩擦系数的平均值作为摩擦系数的实测值。



- 说明:
- 1——上承载板;
  - 2——试样;
  - 3——水平力加载装置;
  - 4——下承载板。

图 F.1 成品支座摩擦系数试验装置示意

F.4 试验报告

试验结束后应提交试验报告,试验报告应列出试样的摩擦系数,并评定试验结果。

附 录 G  
(规范性附录)  
盆式支座转动性能试验方法

G.1 试样

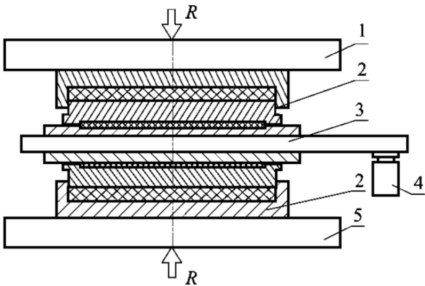
成品支座转动性能试验试样在成品中任取,试验前试样应在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下静置 24 h 以上。

G.2 试样数量

试样选用 2 件规格型号相同的固定或活动支座。

G.3 试验方法

成品支座转动性能试验应在专用的试验装置上进行,试验装置见图 G.1。试验时先对试样施加 1.5 倍的支座竖向设计荷载,并保持荷载。然后用千斤顶顶起加载横梁,使支座产生  $0.02\text{ rad}$  的转角或设计转角(取两者中较大者),保持该转角值 1 h 后卸载。支座试样在测试中以及测试后拆解时,均应进行目测检查,要求钢件、滑板无损伤,且橡胶承压板无裂缝或被挤出,铜密封圈无明显损伤。



说明：  
1——上承载板；  
2——试样；  
3——加载横梁；  
4——千斤顶；  
5——下承载板。

图 G.1 转动性能试验装置示意

G.4 试验报告

试验结束后应提交试验报告。试验报告应描述支座钢件、滑板、铜密封圈和橡胶承压板状态,并评定试验结果。

**附 录 H**  
(资料性附录)  
**盆式支座转动磨耗试验方法**

### H.1 试样

在成品中任取 2 件橡胶承压板直径大于或等于 500 mm 的同规格型号盆式支座,将待测支座的橡胶承压板放入热空气老化箱,在  $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  温度下经 72 h 后取出,并在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下静置 48 h 以上。

### H.2 试验方法

将经热空气老化后的橡胶承压板与配套部件按 5.2.8 组装成整体支座。支座转动磨耗要求盆环内壁和铜密封圈间的累计相对滑动距离不小于 1 000 m,转动的循环次数由橡胶承压板直径及单次转角值确定。在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  条件下,试验在专用的试验装置上进行,试验装置见图 G.1。试验步骤如下:

- a) 对支座试样缓慢施加竖向荷载至竖向设计承载力后保持荷载稳定。
- b) 对加载横梁施加荷载,使支座产生不小于  $\pm 0.002\text{ }5\text{ rad}$  的转角,按正弦曲线加载,频率不应小于 0.25 Hz,且不大于 2.5 Hz。
- c) 持续测试,直到盆环内壁和铜密封圈间最大相对运动位置的累计相对滑动距离达到要求值为止。试验过程中监测盆环和铜密封圈最大相对运动位置的温度,如果温度超过  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,应降低测试频率或对支座进行冷却。
- d) 试验结束后移出支座,检查橡胶承压板是否从钢盆中挤出。
- e) 如果没有损坏和其他异常,对支座进行转动性能试验,试验依据附录 G 进行。
- f) 测试后检查橡胶承压板是否从钢盆中挤出。

### H.3 试验报告

试验结束后应提交试验报告,试验报告应描述支座钢件、滑板、铜密封圈和橡胶承压板状态,并评定试验结果。

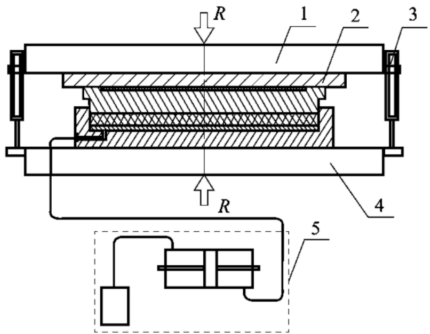
附 录 I  
(规范性附录)  
填充式调高盆式支座密封性试验方法

I.1 试样

填充式调高盆式支座密封性试验试样在成品中任取,试样数量为 1 件,试验前试样应在标准室温  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下静置 24 h 以上。

I.2 试验方法

填充式调高盆式支座密封性试验应在专用的试验装置上进行,试验装置见图 I.1。



说明:  
1——上承载板;  
2——试样;  
3——百分表;  
4——下承载板;  
5——压注设备。

图 I.1 填充式调高支座密封性试验装置示意

试验应按下列步骤进行:

- a) 对中安装好试样,并连接调高用管路及压注设备,同时在上、下承载板的四角对称安装 4 只百分表(精确到  $0.01\text{ mm}$ ),测量支座调高量。
- b) 均匀、稳定施加竖向荷载至支座竖向设计承载力后保持荷载。
- c) 向填充通道内压注设计填充物(也可采用符合 HG/T 2366 规定的二甲基硅油代替),使支座高度提升,直至设计调高量。
- d) 关闭阀门,防止填充物从支座内挤出。10 min 后检查下支座板与管路连接接口处、下支座板与中间钢衬板间的缝隙处及支座四周有无填充物泄漏。
- e) 试验机平稳、连续卸载,试验结束。

取 4 个百分表测量的调高量的平均值作为调高量的实测值,实测调高量与设计调高量的偏差不大于  $1.0\text{ mm}$ 。支座在填充调高试验过程中应无泄漏、无堵塞现象。



### I.3 试验报告

试验结束后应提交试验报告,试验报告应描述试验中是否有泄漏、堵塞现象,并评定试验结果。

**附 录 J**  
**(资料性附录)**  
**支座调高施工工艺**

**J.1 垫板调高**

垫板调高支座在应用过程中需要进行调高时可参考以下步骤实施：

- a) 垫板式调高支座进行调高前应先测量梁体标高确定支座所需调高量,根据支座类型及外形尺寸加工调高用钢板,支座的实际调高量不应大于设计调高量。
- b) 在需调高的支座处布置顶梁用千斤顶,千斤顶的最大顶升力应根据支座的设计荷载确定。
- c) 根据设计要求放松相邻区段轨道扣件的扣压力,并拆除支座与梁体的连接螺栓。
- d) 千斤顶起顶,顶梁位置应满足设计文件要求。同一墩、台上的支座应同步顶升,支座的顶升差应小于 1.0 mm。起顶高度高出最终设计标高 3 mm~5 mm 后锁定千斤顶,并安装临时支撑,然后将预先备好的调高垫板插入梁体与支座之间的缝隙,调整好位置后安装支座与梁体的连接螺栓,但不拧紧。
- e) 千斤顶回油落梁使支座承压,梁体就位后拧紧支座与梁体的连接螺栓,拆除临时支撑和千斤顶。
- f) 调整轨道扣件的扣压力至设计值,并检查轨道状态。

**J.2 填充调高**

填充调高支座在应用过程中需要进行调高时可参考以下步骤实施：

- a) 填充式调高支座进行调高前应先测量梁体标高确定支座所需调高量,根据调高量计算所需填充物的重量,并拌和好填充物备用,支座的实际调高量不应大于设计调高量。
  - b) 将支座与管路及压注设备连接好,并检查各接口无泄漏。
  - c) 根据设计要求放松相邻区段轨道扣件的扣压力。
  - d) 将填充物灌入压注设备,并启动设备开始调高。
  - e) 同一墩、台上的支座应同步调高,各支座的调高量偏差应小于 1.0 mm。调高量达到设计要求后关闭截流阀,然后关闭压注设备,并拆除管路,完成调高。
  - f) 调整轨道扣件的扣压力至设计值,并检查轨道状态。
-