

ICS 93.040

P28

备案号:

团体标准

T/TMAC XXX-2019

桥梁三防摩擦摆减隔震支座

Three anti-friction pendulum seismic isolation bearing for bridges

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国技术市场协会

发布

目 次

前言	I
桥梁三防摩擦摆减隔震支座	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类、结构形式、规格及型号	2
5 技术要求	5
6 试验方法	6
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输和储存	9
附录 A（规范性附录） 成品支座防落梁承载力试验方法	10
附录 B（规范性附录） 滑板摩擦系数和磨耗性能试验方法	12

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由中国技术市场协会提出并归口。

本标准起草单位：衡水中信信德工程橡塑有限公司、河北宝力工程装备股份有限公司、衡橡科技股份有限公司、丰泽智能装备股份有限公司。

本标准主要起草人：李金亮、赵杰、葛永刚、高建华、王飞、王希慧、赵九平、魏春晶、戎建丁、赵保广、徐瑞祥。

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

桥梁三防摩擦摆减隔震支座

1 范围

本标准规定了桥梁三防摩擦摆减隔震支座的产品术语和定义，分类、结构形式、规格及型号，技术要求，试验方法，检验规则、标志、包装、运输和储存的要求。

本标准适用于竖向承载力为1 000 kN~60 000 kN的公路桥梁三防摩擦摆减隔震支座（以下简称支座）。

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 90.1 紧固件 验收检查
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- GB/T 819.2 十字槽沉头螺钉 第2部分
- GB/T 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 2970 厚钢板超声检测方法
- 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 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 11379 金属覆盖层 工程用铬电镀层
- GB/T 17955 桥梁球型支座
- HG/T 2502 5201硅脂
- JT/T 391 公路桥梁盆式支座
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JT/T 852 公路桥梁摩擦摆式减隔震支座
- JT/T 927 桥梁双曲面球型减隔震支座

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三防 three defense

即“小震不坏、中震可修、大震不倒”的三级设防理念，主要功能体现为“抗震、减震、防落梁”。

3.2

摩擦摆式减隔震支座 friction pendulum seismic isolation bearings

利用钟摆原理实现减隔震功能的支座。支座通过滑动界面摩擦消耗地震能量实现减震功能，通过球面摆动延长梁体运动周期实现隔震功能。

3.3

防落梁承载力 prevent the bearing capacity of the falling beam

支座超过设计隔震位移量后，防止其继续移动，避免发生落梁事故，结构可承受的最大水平力。

3.4

减隔震起始力 bolt broken force

剪力销、剪力螺栓剪断时施加在支座上的水平力。

4 分类、结构形式、规格及型号

4.1 分类

4.1.1 按使用性能分为：

- a) 双向活动桥梁三防摩擦摆减隔震支座——具有竖向承载、竖向转动和双向滑移性能，并具备防落梁及减隔震功能，代号为：SX；
- b) 单向活动桥梁三防摩擦摆减隔震支座——具有竖向承载、竖向转动和单一方向滑移性能，并具备防落梁及减隔震功能，代号为：DX；
- c) 固定桥梁三防摩擦摆减隔震支座——具有竖向承载和竖向转动性能，并具备防落梁及减隔震功能，代号为：GD。

4.1.2 按适用温度范围分为：

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

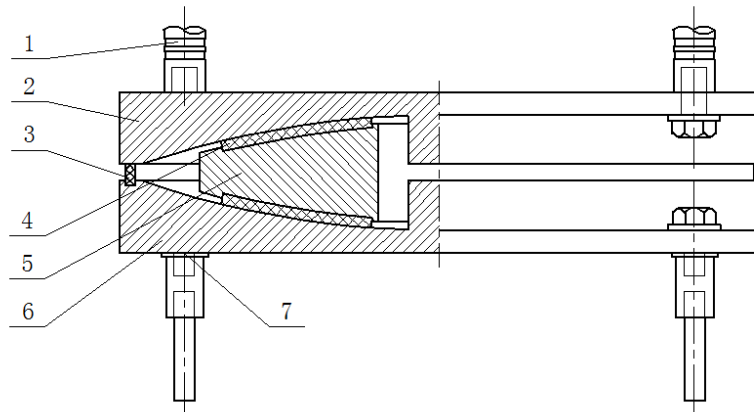
4.2 结构形式

4.2.1 双向活动支座主要由上锚固螺栓组件、上座板(含不锈钢或镀铬面)、密封圈、滑板、球冠板、下座板(含不锈钢或镀铬面)、下锚固螺栓组件等零部件组成。

4.2.2 单向活动支座主要由上锚固螺栓组件、上座板(含不锈钢或镀铬面)、密封圈、滑板、球冠板、下座板(含不锈钢或镀铬面)、下锚固螺栓组件、导向滑板、限位挡条、剪力螺栓等零部件组成。

4.2.3 固定支座主要由上锚固螺栓组件、上座板(含不锈钢或镀铬面)、密封圈、滑板、球冠板、下座板(含不锈钢或镀铬面)、下锚固螺栓组件、剪力销等零部件组成。

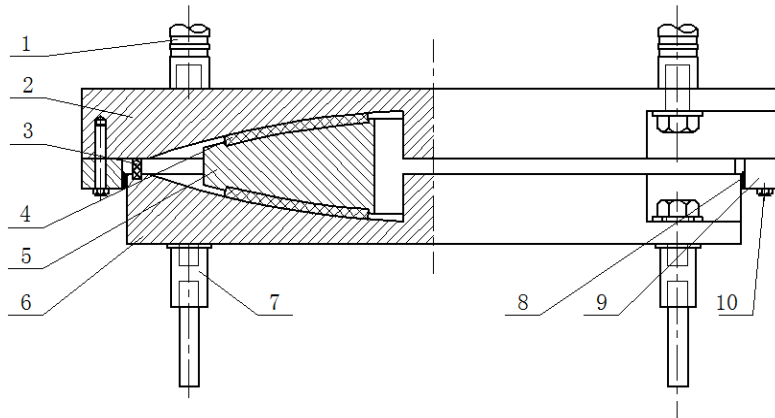
4.2.4 桥梁三防摩擦摆减隔震支座结构示意图见图1~图3。



说明:

- | | | | |
|------------|--------|--------|------------|
| 1—上锚固螺栓组件; | 3—密封圈; | 5—球冠板; | 7—下锚固螺栓组件。 |
| 2—上座板; | 4—滑板; | 6—下座板; | |

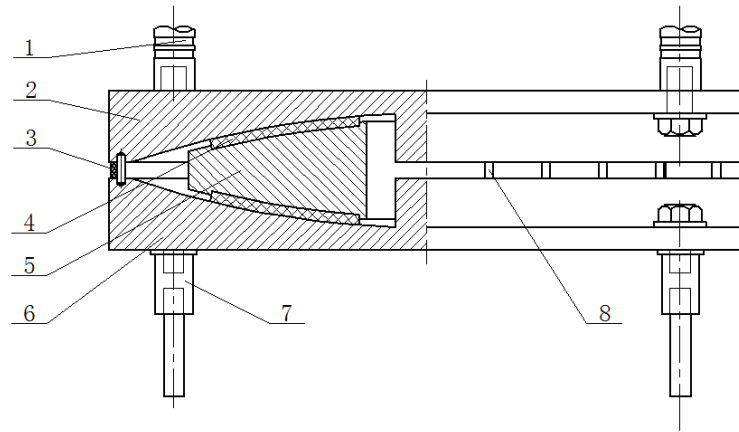
图1 双向活动支座 (SX) 结构示意图



说明:

- | | | | |
|------------|--------|------------|----------|
| 1—上锚固螺栓组件; | 4—滑板; | 7—下锚固螺栓组件; | 10—剪力螺栓。 |
| 2—上座板; | 5—球冠板; | 8—导向滑板; | |
| 3—密封圈; | 6—下座板; | 9—限位挡条; | |

图2 单向活动支座 (DX) 结构示意图



说明:

- | | | | |
|-----------|--------|--------|------------|
| 1—锚固螺栓组件; | 3—密封圈; | 5—球冠板; | 7—下锚固螺栓组件; |
| 2—上座板; | 4—滑板; | 6—下座板; | 8—剪力销。 |

图3 固定支座(GD)结构示意图

4.3 规格

4.3.1 支座设计竖向承载力分为30级,即1 000 kN, 1 500kN, 2 000 kN, 2 500 kN, 3 000 kN, 3 500 kN, 4 000 kN, 4 500 kN, 5 000 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。

4.3.2 支座温变位移量分为四级: ±50 mm、±100 mm、±150 mm和±200mm。

4.3.3 支座减隔震位移量分为四级: ±100 mm、±200 mm、±300 mm和±400 mm。

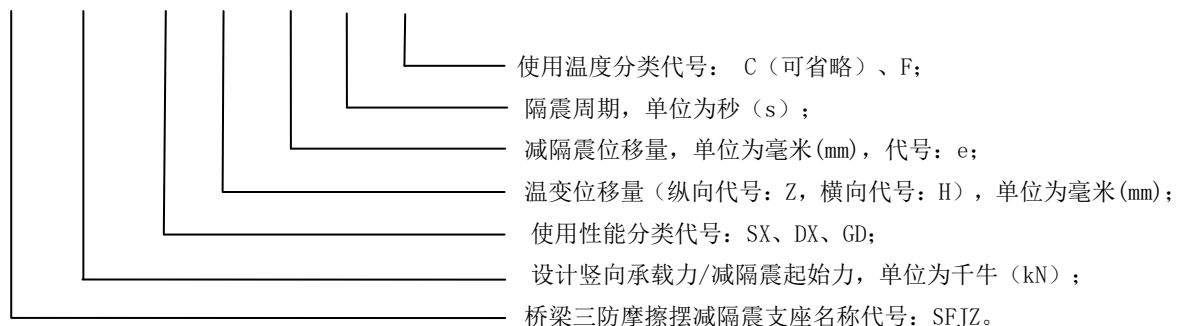
4.3.4 支座隔震周期分为八级: 2.5 s、3 s、3.5 s、4 s、4.5 s、5 s、6 s和7 s。

4.3.5 当有特殊要求时, 支座设计竖向承载力、温变位移、隔震位移、隔震周期可按照实际工程需要进行特殊设计。

4.4 型号

桥梁三防摩擦摆减隔震支座的产品型号表示如下。

□ - □/□ - □ - □ - e□ - □ - □



示例1:

SFJZ-15 000/1500-SX-Z50/H40-e100-3s-F, 表示设计竖向承载力为15 000 kN, 减隔震起始力为1500 kN, 设计纵向温变位移量为±50 mm, 横向温变位移量为±40 mm, 减隔震位移量为±100 mm, 隔震周期3 s, 耐寒性桥梁三防摩擦摆双向活动支座。

示例2:

SFJZ-35 000/5 250-DX-Z150-e200-5s, 表示设计竖向承载力为 35 000 kN, 减隔震起始力为 5 250 kN, 设计纵向温变位移量为 ± 150 mm, 减隔震位移量为 ± 200 mm, 隔震周期 5 s, 常温型桥梁三防摩擦摆单向活动支座。

示例3:

SFJZ-50 000-GD-e300-6s, 表示设计竖向承载力为 50 000 kN, 减隔震起始力为 5 000 kN, 减隔震位移量为 ± 300 mm, 隔震周期 6 s, 常温型桥梁三防摩擦摆固定支座。

5 技术要求

5.1 整体性能

5.1.1 支座设计竖向承载力、适用温度范围、转角应符合 GB/T 17955 的规定。

5.1.2 在设计竖向荷载作用下, 1 000 kN~25 000 kN 支座竖向压缩变形不应大于 4 mm, 27 500 kN~60 000 kN 支座竖向压缩变形不应大于 6 mm。在 1.5 倍设计竖向荷载作用下, 支座无损伤。

5.1.3 在设计竖向荷载作用下, 支座上、下钢板的不锈钢板或镀铬面与滑板间在加有 5201 硅脂润滑后, 设计摩擦系数不应大于 0.015。

5.1.4 支座设计防落梁承载力为设计竖向承载力的 20%, 其误差不超过防落梁承载力的 $\pm 10\%$ 。

5.1.5 支座设计减隔震起始力应符合 JT/T 852 的规定。

5.1.6 支座等效刚度、阻尼比等减隔震性能技术参数应符合 JT/T 852 的规定。

5.1.7 当有特殊要求时, 支座转角、设计防落梁承载力、设计减隔震起始力、等效刚度、阻尼比可按实际工程需要进行特殊设计。

5.2 外观

支座用材的外观质量应符合 GB/T 17955 的规定。

5.3 材料性能

5.3.1 钢件、铸钢件

支座用钢件、铸钢件应符合 GB/T 17955 的规定。

5.3.2 四氟滑板

5.3.2.1 支座滑板采用带储脂槽的聚四氟乙烯板或聚乙烯耐磨板, 储脂槽的排列和尺寸应符合 GB/T 17955 的规定。

5.3.2.2 支座用聚四氟乙烯板、聚乙烯耐磨板的物理机械性能应符合 JT/T 852 的规定。

5.3.3 不锈钢板

支座用不锈钢板, 应符合 GB/T 17955 的规定。

5.3.4 导向滑板

导向滑板采用 SF-1B 三层复合板, 应符合 JT/T 852 的规定。SF-1B 三层复合板在 280 MPa 压力下的压缩永久变形量小于或等于 0.03 mm。层间结合按规定方法反复弯曲五次不允许有脱层、剥离、表层的改性聚四氟乙烯不断裂。

5.3.5 硅脂、粘结剂

支座用硅脂、粘结剂应符合GB/T 17955的规定。

5.3.6 球面处理

5.3.6.1 支座上座板、下座板凹球面可采用包覆不锈钢板或电镀硬铬处理。对于处于严重腐蚀环境桥梁上的支座，宜采用球面包覆不锈钢滑板。

5.3.6.2 采用中间球面镀铬钢衬板，其表面不应有表面孔隙、收缩裂纹和疤痕，镀铬层的厚度应不小于100 μm ，且镀铬层应满足GB/T 11379的要求。镀铬后表面粗糙度Ra的值应小于1.6 μm 。

5.3.6.3 采用包覆不锈钢板，不锈钢板应满足5.3.3的要求，包覆后的不锈钢板表面不应有折皱，且应与基底钢衬板密贴，不应有脱空现象，并确保球面轮廓度的公差。

5.3.7 剪力销

支座剪力销用材应符合GB/T 3098.1的规定，其性能不应小于螺栓性能等级8.8级。

5.3.8 剪力螺栓

支座剪力螺栓应符合GB/T 3098.1的规定，其性能不应小于8.8级。

5.3.9 沉头铜螺钉

支座沉头铜螺钉性能应符合GB/T 819.2的规定。

5.3.10 锚固螺栓

锚固螺栓采用10.9级高强度螺栓，力学性能应符合GB/T 1228、GB/T 1231的规定。

5.4 工艺

5.4.1 支座用铸钢件内在质量、缺陷、缺陷焊补应符合GB/T 17955的规定。

5.4.2 支座机加工件的加工要求、极限偏差、未注公差、平行度应符合GB/T 17955的规定。

5.4.3 剪力销的设定剪断线应设置于下座板上表面，剪力螺栓的设定剪断线应置于限位挡条和上座板接触面。

5.4.4 球冠板粘贴四氟滑板后，应根据其面积布置沉头铜螺钉进行固定。

5.4.5 下座板、上座板凹球面应洁净干燥。

5.4.6 其余部件装配要求应符合GB/T 17955的规定。

5.4.7 支座防腐与防尘应符合GB/T 17955的规定。

5.4.8 支座组装后的高度偏差应符合表1的要求。

表1 支座组装后的高度偏差

支座承载力 (kN)	高度偏差 (mm)
1 000~9 000	±2
10 000~25 000	±3
27 500~60 000	±4

6 试验方法

6.1 整体性能

- 6.1.1 成品支座竖向承载力试验、转动性能试验和摩擦系数试验，应按 GB/T 17955 的规定进行。
- 6.1.2 成品支座防落梁性能试验应按照附录 A 的规定进行。
- 6.1.3 成品支座减震起始力试验应按 JT/T 852 的规定进行。
- 6.1.4 成品支座水平滞回性能试验应按 JT/T 927 的规定进行。

6.2 外观

支座外观应采用目测、手感的方法逐件进行检查。

6.3 材料

- 6.3.1 钢材的力学性能试验应按 GB/T 228.1、GB/T 229、GB/T 232、GB/T 2975 的规定进行。
- 6.3.2 钢材超声波检测应按 GB/T 2970 的规定进行。
- 6.3.3 支座滑板的物理机械性能试验应按 JT/T 852 的规定进行。
- 6.3.4 支座滑板摩擦系数和磨耗性能试验应按附录 B 的规定进行。
- 6.3.5 SF-1 三层复合板层间结合牢度和压缩变形试验应按 JT/T 391 的规定进行。
- 6.3.6 硅脂的物理性能试验应按 HG/T 2502 的规定进行。
- 6.3.7 剪力螺栓、剪力销试验应按 GB/T 3098.1 的规定进行。
- 6.3.8 沉头铜螺钉试验应按 GB/T 819.2 的规定进行。
- 6.3.9 高强度螺栓的力学性能试验应按 GB/T 1228、GB/T 1231 的规定进行。
- 6.3.10 其余用材试验应按 GB/T 17955 的规定进行。

6.4 工艺

- 6.4.1 支座的外形尺寸，应采用标定的钢直尺、游标卡尺、盒尺、平整度仪、水准仪等测量，应取组装完成后支座进行测量后，取其平均值。
- 6.4.2 外露面涂装质量检验按 JT/T 722 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

支座的检验区分为原材料检验、出厂检验和型式检验。

7.1.1 原材料检验

支座加工用的原材料及外加工件进厂时，应进行的验收检验。

7.1.2 出厂检验

支座出厂时生产厂对每批生产支座交货前进行的检验。

7.1.3 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定。
- b) 正常生产后，如结构、工艺、材料有较大改变，可能影响产品性能时。
- c) 正常生产时，每两年定期进行一次。
- d) 国家质量监督机构或用户提出要求时。

e) 型式检验应由相应资质的质量监督检测机构进行。

7.2 检验项目及要求

7.2.1 原材料检验

支座的原材料检验按表2进行，其余检验项目及要求的应按GB/T 17955的规定进行。

表2 原材料检验

项目		技术要求	抽样及周期
滑板	厚度	5.3.2.1	每批（不大于200 kg）一次
	外观	5.3.2.1	
	物理机械性能	5.3.2.2	
滑板线磨耗率		5.3.2.2	首期使用应进行一次试验，在过程控制中滑板至少每半年进行一次
不锈钢板		5.3.3	每批
SF-1B三层复合板		5.3.4	每批
硅脂		5.3.5	每批（不大于150 kg）一次
粘结剂		5.3.5	每批
剪力销、剪力螺栓		5.3.7	GB/T 90.1
		5.3.8	
沉头铜螺栓		5.3.9	GB/T 90.1
锚固螺栓		5.3.10	GB/T 90.1

7.2.2 检验分为型式检验和出厂检验，检验项目见表3。

表3 型式检验和出厂检验项目

检验项目		技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
整体性能	竖向承载力	5.1.1	6.1.1	+	-
		5.1.2			
	转动性能	5.1.1	6.1.1	+	-
	摩擦系数	5.1.3	6.1.1	+	-
	防落梁承载力	5.1.4	6.1.2	+	-
	减震起始力	5.1.5	6.1.3	+	-
减隔震性能		5.1.6	6.1.4	+	-
外观		5.2	6.2	+	+
支座原材料检验		5.3	6.3	+	-
工艺		5.4	6.4	+	+
注：“+”为检验项目，“-”为非检验项目。					

7.2.3 成品支座的试验，应在工厂检验合格的支座中，随意抽取三个支座，其中一个支座承载力应不小于8 000 kN。

7.3 检验结果的判定

7.3.1 原材料检验

进厂原材料检验项目应全部合格后方可使用，不合格的部件不应使用。

7.3.2 出厂检验

成品在出厂检验中不符合本标准要求的支座，可对不合格部件进行更换或修补，直至全部检验项目均为合格，方可出厂。

7.3.3 型式检验

型式检验采用随机抽样的方式，抽样对象为经生产厂检验部门检验合格且为本评定周期的产品，抽样检验结果不合格的，判定本次型式检验不合格。支座各项试验均为合格，判定该支座为合格支座。试验合格的支座，试验后可以继续使用。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 每个出厂支座，应有明显标志，其内容应包括：产品名称、规格型号、主要技术指标（竖向承载力、减震起始力、防落梁承载力、温变位移、减隔震位移、隔震周期），产品生产执行标准及厂名、编号、日期。支座顶板应有显示主位移方向的明显标示。

8.2 每个支座包装应牢固可靠。包装箱外应注明产品名称、规格、体积和质量。箱内应附有产品合格证、质量检验单。箱内技术文件应用塑料袋装好并封口。

8.3 支座运输、储存中应避免暴晒、雨淋、雪浸，并应保持清洁。严禁与酸、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。

8.4 支座在运输、储存过程中严禁拆卸。

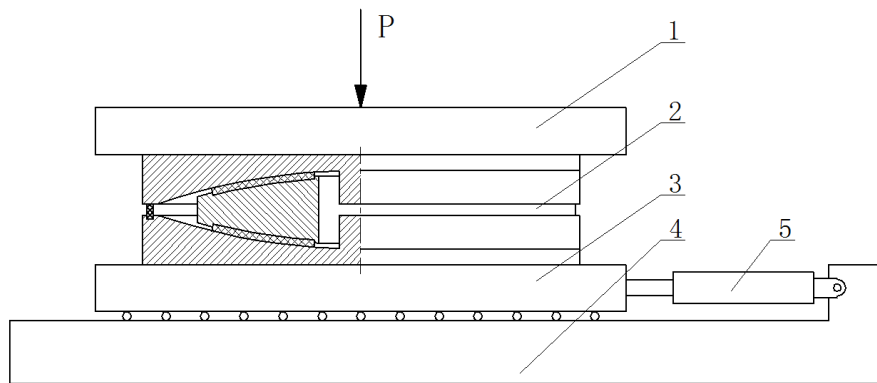
附录 A
(规范性附录)
成品支座防落梁承载力试验方法

A.1 试样

试验宜采用实体支座，如受试验设备能力限制时，可选用小型支座。试验前将试样直接暴露在标准温度下（ $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），停放24 h。

A.2 试验方法

成品支座防落梁承载力试验应在专用试验机上进行，试验装置见图A.1。放置试样后，按下列步骤进行支座防落梁承载力试验：



说明：

- | | |
|---------|-----------|
| 1—上承载板； | 4—自平衡反力架； |
| 2—试样； | 5—水平加载装置。 |
| 3—下承载板； | |

图A.1 成品支座防落梁试验装置示意图

- a) 将支座置于试验机的下承载板上，支座中心与承载板中心位置对准，精度小于1%支座底板边长。
- b) 竖向连续均匀加至设计荷载进行预压，预压时间为30 min，在整个试验过程中保持不变。
- c) 正式加载。用水平加载装置连续均匀的施加水平力，传感器记录水平力大小和位移情况。至支座开始移动后，维持一定恒力持续顶推，直至支座位移停止发生变化，此时位于支座最大隔震位移处，记录支座水平力大小和位移量。
- d) 再以支座设计防落梁承载力的0.5%作为加载量，在现有水平力基础上逐级加载，每级荷载稳压2 min后，直至将水平承载力加至防落梁设计荷载稳压3 min后卸载。加载过程连续三次；
- e) 解除水平约束，观察支座运动情况，再重复试验步骤c)，观察支座最大隔震位移量变化；
- f) 解除水平约束，支座自动复位后，解除竖向荷载。

A.3 试验报告

试验报告应包括以下内容：

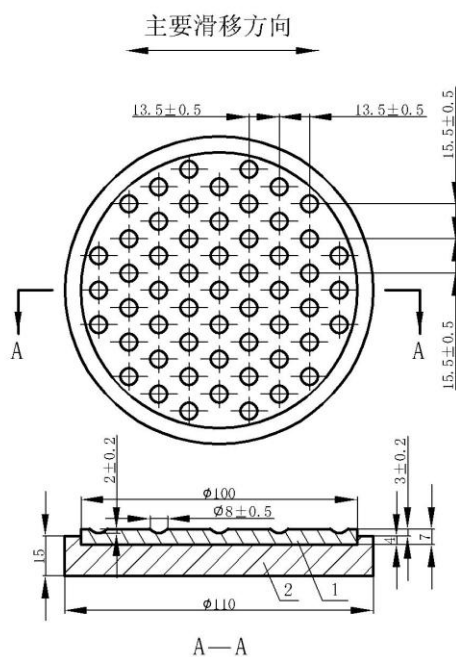
- a) 试件概况描述：包括支座型号、设计竖向承载力、隔震位移，防落梁承载力，并附简图；
- b) 试验机性能及配置描述；
- c) 试验过程中有无异常情况，如有异常，描述异常发生的过程；
- d) 实验记录完整，并评定试验结果；
- e) 试验现场照片。

附录 B
(规范性附录)
滑板摩擦系数和磨耗性能试验方法

B.1 试样

滑板摩擦系数和磨耗性能试验用试件尺寸见图B.1。对磨件不锈钢冷轧钢板长140 mm，宽110 mm，厚2 mm。不锈钢冷轧钢板四周焊接在厚约15 mm的基层钢板上，要求焊缝光滑、平整，焊缝不高出不锈钢冷轧钢板表面。不锈钢冷轧钢板的表面和外观质量应符合5.3.3的要求。

单位为毫米



说明：

- 1—滑板；
- 2—Q235 钢板。

图B.1 滑板摩擦系数试验用试件

B.2 试件数量

摩擦试验试件数量为三组，取三组试件初始摩擦系数的平均值为该批滑板的摩擦系数。磨耗试验试件数量为一组。

B.3 试验方法

B.3.1 试验条件

B.3.1.1 摩擦系数试验

摩擦系数试验条件要求如下：

- a) 常温试验温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 低温试验温度为 $-35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 滑动速度为 0.4 mm/s , 滑动距离为 10 mm 。

B. 3. 1. 2 线磨耗率试验

B. 3. 1. 2. 1 聚四氟乙烯板线磨耗率试验条件要求如下:

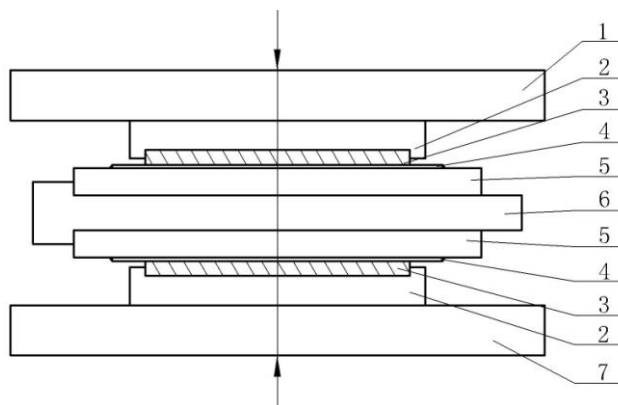
- a) 试验温度: $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 试件压应力: 30 MPa ;
- c) 相对滑动速度: 8 mm/s ;
- d) 往复滑动距离: $\pm 10\text{ mm}$;
- e) 累计滑动距离: 1 km 。

A. 3. 1. 2. 2 聚乙烯耐磨板线磨耗率试验条件要求如下:

- a) 试验温度: $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 试件压应力: 45 MPa ;
- c) 相对滑动速度: 15 mm/s ;
- d) 往复滑动距离: $\pm 10\text{ mm}$;
- e) 累计滑动距离: 短期 15 km / 长期 50 km 。

B. 3. 2 试验步骤

B. 3. 2. 1 滑板摩擦系数和磨耗试验测试均采用双剪试验方法, 试验装置如图B. 2所示。



说明:

- | | |
|------------|--------------------|
| 1—试验机上承压板; | 5—焊接不锈钢冷轧钢板用的基层钢板; |
| 2—嵌放滑板钢板; | 6—水平力加载装置; |
| 3—滑板; | 7—试验机下承压板。 |
| 4—不锈钢冷轧钢板; | |

图B. 2 滑板摩擦系数和磨耗试验装置示意图

B. 3. 2. 2 试验前应将试件在实验室内停放24 h, 以使试件内外温度一致。

B. 3. 2. 3 试验前先对试件进行预压, 预压时间为1 h, 聚四氟乙烯板试件预压荷载为 235.6 kN (试件压应力为 30 MPa), 聚乙烯耐磨板试件预压荷载为 353.3 kN (试件压应力为 45 MPa)。

B. 3. 2. 4 试验时将试件储脂坑内涂满5201-2硅脂。

B. 3. 2. 5 一般情况下只做常温试验, 当有特殊要求时还应做低温试验。

B. 3. 2. 6 试验前后用千分之一精度的天平称重, 求得滑板的磨耗重量, 计算滑板的线磨耗率。

B.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 试件概况。试验设备、试验荷载、试验温度、加载速度等；
 - b) 试验过程中有无异常情况，如有异常，描述异常发生的过程；
 - c) 试件摩擦系数及磨损率实测结果，并评定试验结果；
 - d) 试验现场照片。
-