

江苏建科建筑技术培训中心

桥梁橡胶支座



胥明 高级工程师

WWW.ZYLJC.CN

参培须知

- 1、按照现阶段防疫要求，参加面授的学员需持绿色健康码且体温不得高于37.3℃，培训中需全程佩戴口罩，具体要求以培训时当地政府要求为准。
- 2、参培学员应按**课程表**中的内容、时间及要求参加培训。服从教务安排，不得无故缺席、早退，认真做好笔记，课堂上应将手机调至静音或关机状态。
- 3、培训期间须爱护一切公物，禁止在课桌上乱写乱画，如有损坏须照价赔偿。严禁吸烟，不得随地吐痰，不得乱扔纸屑和其它杂物。
- 4、培训期间学员须自行保管好学习资料及财物，如有遗失责任自负。
- 5、学员食宿自理，住宿请按酒店入住要求办理相关手续。
- 6、参培企业**发票现场领取**，能力水平评价期间不予换领发票。
- 7、本期能力水平评价具体时间和准考证打印，请关注**江苏建科建筑技术培训中心网站 <http://jkpx.jsqjtc.com/>**。
- 8、会务专用房间：迎宾楼 108 咨询电话：13770773113 田老师
- 9、培训地点：南京市玄武区中山东路 311-1 号，东宫大酒店 贵宾楼 4 楼 太和厅。

培训地点区位图



2020年第二期建设工程质量检测技术培训课程表

日期	时间		培训方式	培训项目	授课老师
11.08 周日	全天	9:30 ~17:30	报到、办理相关手续，领取培训讲义		
11.09 周一	上午	8:30~11:30	面授培训	门窗	李磊
	下午	13:00~15:00	面授培训	混凝土掺加剂	高敏洁
		15:00~18:00	面授培训	砂、石常规	周恩飞
11.10 周二	上午	8:30~11:30	面授培训	桥梁橡胶支座	胥明
	下午	13:00~16:00	面授培训	预应力用材、锚夹具、波纹管	胥明
		16:00~18:00	面授培训	简易土工	杜兆金
11.11 周三	上午	8:30~11:30	面授培训	幕墙、门窗节能检测	姜美琴
	下午	13:00~17:00	面授培训	钢筋混凝土用钢材	贾欣
11.12 周四	上午	8:00~12:00	面授培训	混凝土、砂浆性能	缪汉良
	下午	13:00~15:00	面授培训	粘钢碳纤维加固检测	李利群
		15:00~18:00	面授培训	钢结构焊缝质量	黄勇
11.13 周五	上午	8:30~11:30	面授培训	水泥物理力学性能	沈东明
	下午	13:00~15:00	面授培训	沥青	刘艳沙
		15:00~18:00	面授培训	沥青混合料	刘艳沙
11.23~11.30	全天	8:30 ~17:30	网络培训	门窗	李磊
			网络培训	混凝土掺加剂	高敏洁
			网络培训	砂、石常规	周恩飞
			网络培训	桥梁橡胶支座	胥明
			网络培训	预应力用材、锚夹具、波纹管	胥明
			网络培训	简易土工	杜兆金
			网络培训	幕墙、门窗节能检测	姜美琴
			网络培训	钢筋混凝土用钢材	贾欣
			网络培训	混凝土、砂浆性能	缪汉良
			网络培训	粘钢碳纤维加固检测	李利群
			网络培训	钢结构焊缝质量	黄勇
			网络培训	水泥物理力学性能	沈东明
			网络培训	沥青	刘艳沙
网络培训	沥青混合料	刘艳沙			

备注：请各位参培学员按课程表分班班次参加培训。

目 录

一、概念.....	1
二、检测依据与主要技术指标.....	1
三、板式橡胶支座.....	2
3.1 公路桥梁板式橡胶支座（JT/T4-2019）.....	2
3.2 铁路桥梁板式橡胶支座（TB/T 1893-2006）.....	10
四、盆式支座.....	11
4.1 公路桥梁盆式支座（JT/T 391-2019）.....	11
4.2 铁路桥梁用盆式支座（TB/T 2331- 2013）.....	18
五、球型支座.....	20
5.1 成品检测项目.....	21
5.2 竖向承载力试验方法.....	21
5.3 水平承载力试验方法.....	22
5.4 支座摩擦系数试验.....	23
5.5 支座转动性能试验.....	24
六、隔震橡胶支座（JG 118-2018）.....	24
七、计算实例.....	26
（1）抗压弹性模量.....	27
（2）抗剪弹性模量.....	28

桥梁橡胶支座

一、概念

橡胶支座的主要功能：将上部结构的荷载（包括恒载、竖向活载、水平载荷）可靠地传递给桥墩；具有竖向转动能力；以满足上部结构的转动；具有单向位移或多向位移能力，以满足上部结构因温度、收缩徐变等因素产生的水平位移；（如 水平滑动或变形、转动）；具有特定的滞回和阻尼特性，起抗震减振作用。

通常质量合格的橡胶支座设计可使用 30-50 年。橡胶支座的质量直接影响到桥梁上部结构的使用寿命和交通安全。

1 桥梁用橡胶支座的类型和构造

根据 **GB 20688-2006** 规定分类橡胶支座分为两大类：

隔震橡胶支座—包括铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座；

普通橡胶支座--包括板式橡胶支座和盆式橡胶支座。

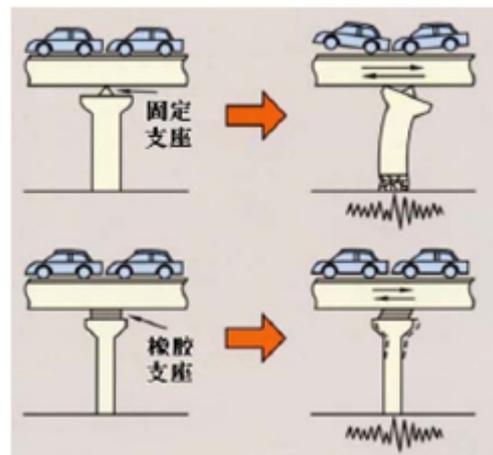


图 1 支座功能示意图

1.1 桥梁用隔震橡胶支座 GB 20688.2-2006

隔震橡胶支座（铅芯橡胶支座）是在普通叠层橡胶支座中设置圆型铅芯，显著改善支座的阻尼特性，通过变化支座中铅芯面积的含量，可以得到预期的力学性能、滞回和阻尼特性。提高了橡胶支座吸能减震性能后形成的新品种，具有良好的隔震能力。目前，隔震橡胶支座在国际上广泛使用。应用于桥梁工程的称为桥梁用隔震橡胶支座，应用于建筑工程的称为建筑用隔震橡胶支座（GB 20688.3-2006）。

1.2 桥梁普通橡胶支座（板式橡胶支座、盆式支座）

1.2.1 板式橡胶支座

板式橡胶支座所组成材料为金属板和橡胶层，橡胶材料是橡胶支座的主体材料。支座由多层钢板与多层橡胶叠合组成，属叠层板式橡胶支座。板式橡胶支座的金属板在支座中起加劲作用，起阻止橡胶片侧向膨胀作用，显著提高了橡胶层的抗压强度和支座的抗压刚度。根据位移能力又可分为固定支座与滑动支座。目前在公路桥梁及市政桥梁工程中应用 **JT/T4-2019** 标准较多，在市政轨道交通（地钢、轻轨）桥梁工程中应用 **TB/T 1893-2006** 标准较多。

1.2.2 盆式支座

盆式橡胶支座是钢构件与橡胶组合而成的新型桥梁支座。具有承载能力大、水平位移量大、转动灵活等特点，广泛应用于铁路桥梁、城市地铁及轻轨交通工程、和大跨径公路桥梁。

盆式橡胶支座分固定支座与活动支座。活动盆式橡胶支座由上支座板、聚四氟乙烯板、承压橡胶块、橡胶密封圈、中间支座板、钢紧箍圈、下支座板以及上下支座连接板组成。组合上、中支座板构造或利用上下支座连接板即可形成固定支座。

二、检测依据与主要技术指标

《公路桥梁板式橡胶支座》JT/T 4-2019

《铁路桥梁板式橡胶支座》TB/T 1893-2006

《公路桥梁盆式支座》JT/T 391-2019

《铁路桥梁盆式支座》TB/T 2331-2013

《桥梁球型支座》GB/T 17955-2009

《建筑隔震橡胶支座》JG 118-2018

《橡胶支座-桥梁用隔震橡胶支座》GB 20688.2-2006

《橡胶支座-建筑用隔震橡胶支座》GB 20688.3-2006

三、板式橡胶支座

板式橡胶支座主要介绍公路桥梁板式橡胶支座和铁路桥梁板式橡胶支座。

3.1 公路桥梁板式橡胶支座（JT/T4-2019）

3.1.1 分类、结构、规格和型号

公路桥梁板式橡胶支座按结构形式分为：

- a) 普通板式橡胶支座：
 - 1) 矩形板式橡胶支座，代号 J；
 - 2) 圆形板式橡胶支座，代号 Y。
- b) 滑板橡胶支座：
 - 1) 矩形滑板橡胶支座，代号 JH；
 - 2) 圆形滑板橡胶支座，代号 YH。

按支座适用温度分为：

常温型橡胶支座，适用温度为 $-25^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，采用氯丁橡胶生产，代号 CR；

耐寒型橡胶支座，适用温度为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，采用天然橡胶生产，代号 NR。

公路桥梁板式橡胶支座结构示意图见图 2-图 5。

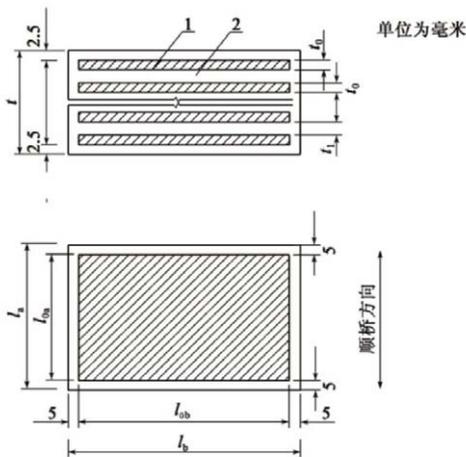


图 2 矩形板式橡胶支座结构示意图

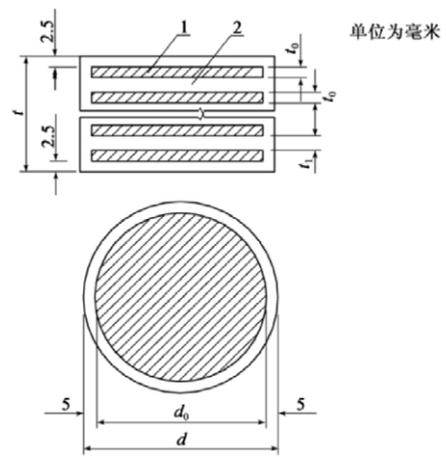


图 3 圆形板式橡胶支座结构示意图

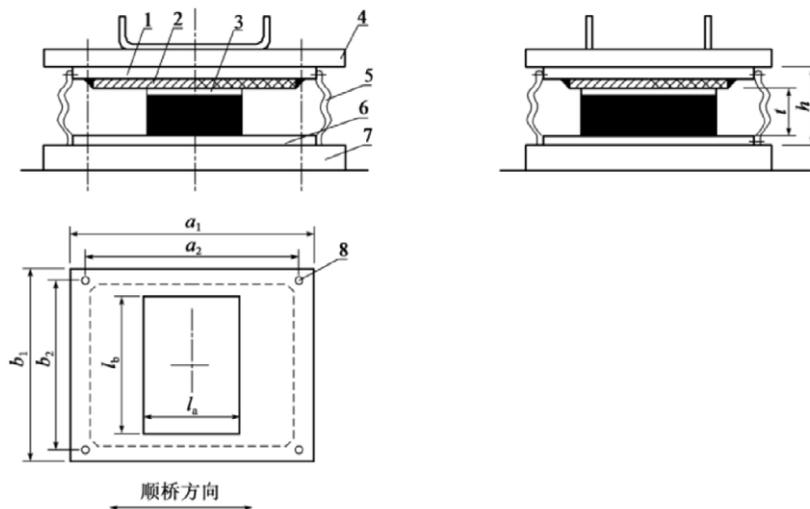


图 4 矩形滑板橡胶支座结构示意图

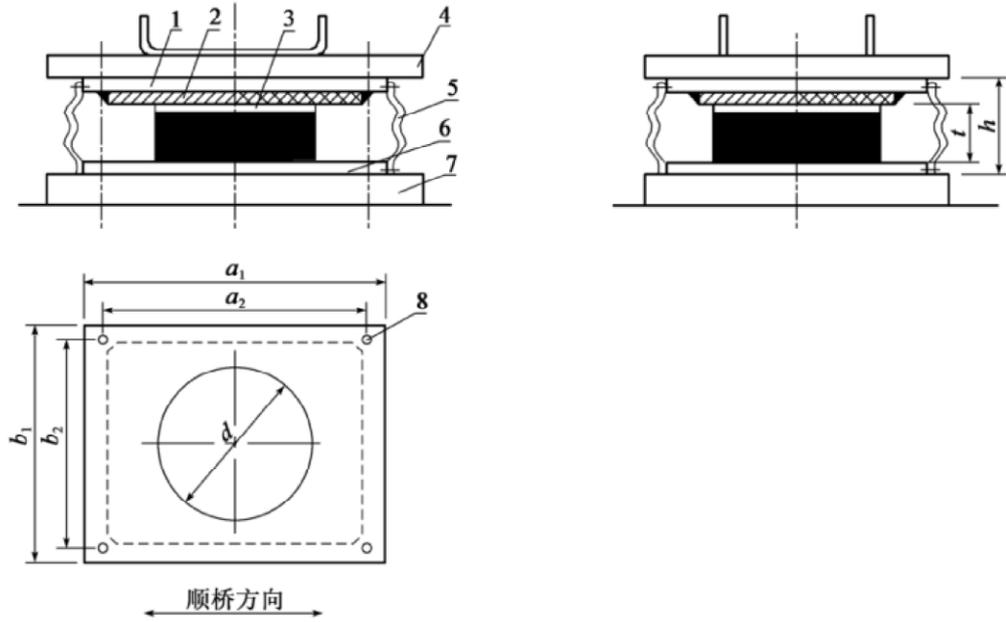
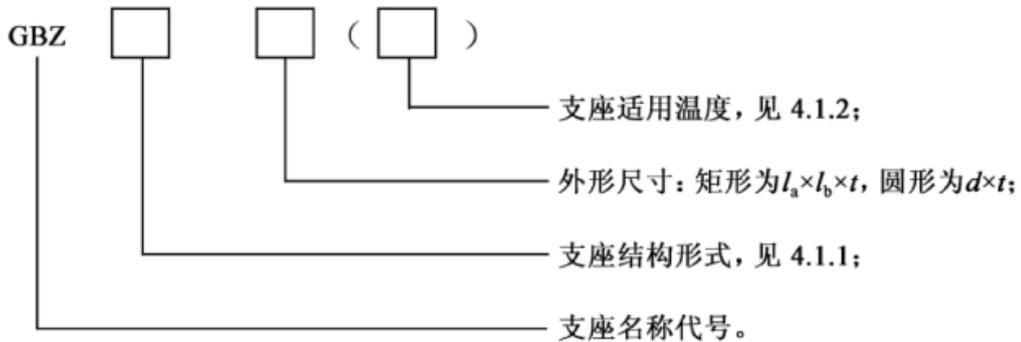


图 5 圆形滑板橡胶支座结构示意图

3.1.2 公路桥梁板式橡胶支座规定的标记方法为：



示例 1：公路桥梁矩形普通氯丁橡胶支座，短边尺寸为 300mm，长边尺寸为 400mm，总厚度为 64mm，表示为 **GBZJ 300×400×64(CR)**。

示例 2：公路桥梁圆形滑板橡胶支座，支座直径为 300mm，总厚度为 54mm，表示为 **GBZYH 300×54(NR)**。

3.1.3 外观和内在质量检查

公路桥梁板式橡胶支座外观检查应符合表 1 的要求。支座外观检查应目测及手感方法或量具逐块进行检查。

支座平面尺寸应满足表 2 的要求；支座厚度应满足表 3 的要求。支座外形尺寸应采用钢直尺测量，厚度应采用游标卡尺或量规测量。

表 1 外观要求

名 称	成品质量标准
气泡、杂质	总面积不应超过支座平面面积的 0.1%, 且每一处面积不应大于 50mm ² , 最大深度不应超过 2mm
凹凸不平	当支座平面面积小于 0.15m ² 时, 不应多于两处; 面积大于 0.15m ² 时, 不应多于四处; 且每处凹凸高度不应超过 0.5mm, 面积不应超过 6mm ²
四侧面裂纹、钢板外露	不允许
掉块、崩裂、机械损伤	不允许
钢板与橡胶粘接处开裂或剥离	不允许
滑板表面	应光滑、平整, 不应有裂纹、气泡、分层和机械损伤。不允许有划痕、碰伤、敲击痕迹
支座表面平整度	a) 普通支座: 表面不平整度应不大于平面最大长度的 0.4%; b) 滑板支座: 表面不平整度应不大于滑板平面最大长度的 0.2%
滑板与支座粘贴错位	不应超过橡胶支座短边或直径尺寸的 0.5%

表 2 支座平面尺寸允许偏差 (单位: mm)

矩 形		圆 形	
边长 l_b	允许偏差	直径 d	允许偏差
$l_b \leq 300$	+2, 0	$d \leq 300$	+2, 0
$300 < l_b \leq 500$	+4, 0	$300 < d \leq 500$	+4, 0
$l_b > 500$	+5, 0	$d > 500$	+5, 0

表 3 支座厚度尺寸允许偏差 (单位: mm)

矩 形		圆 形	
厚度 t	允许偏差	厚度 t	允许偏差
$t \leq 49$	+1, 0	$t \leq 49$	+1, 0
$49 < t \leq 100$	+2, 0	$49 < t \leq 100$	+2, 0
$100 < t \leq 150$	+3, 0	$100 < t \leq 150$	+3, 0
$t > 150$	+4, 0	$t > 150$	+4, 0

支座尺寸测量位置如图 6 所示。

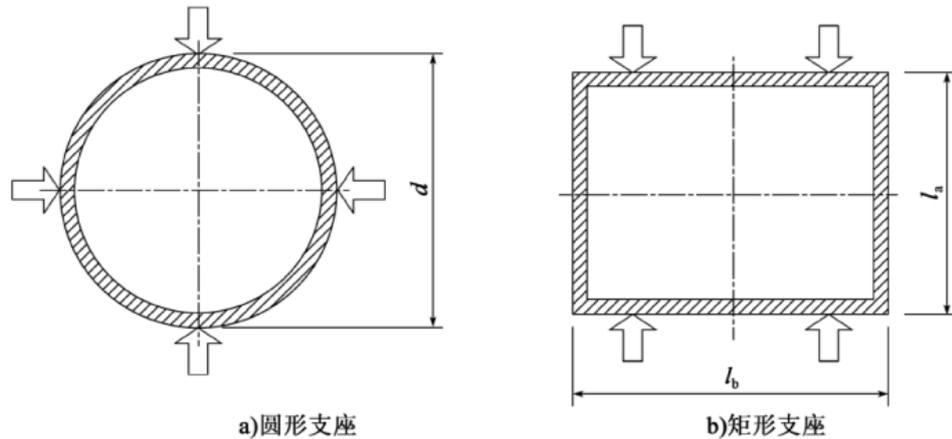


图6 支座尺寸测量位置

支座内在质量检查

支座内部质量试验应进行解剖, 抽取一块橡胶层数大于三层的支座, 将其沿中心部位垂直锯开, 从中间胶层取样, 测量胶层厚度, 观察钢板与橡胶黏结情况, 见图7。

支座剥离胶层后测定橡胶性能, 与表2规定相比, 拉伸强度下降不应大于15%, 拉断伸长率下降不应大于20%。支座内部质量应符合表4的要求。

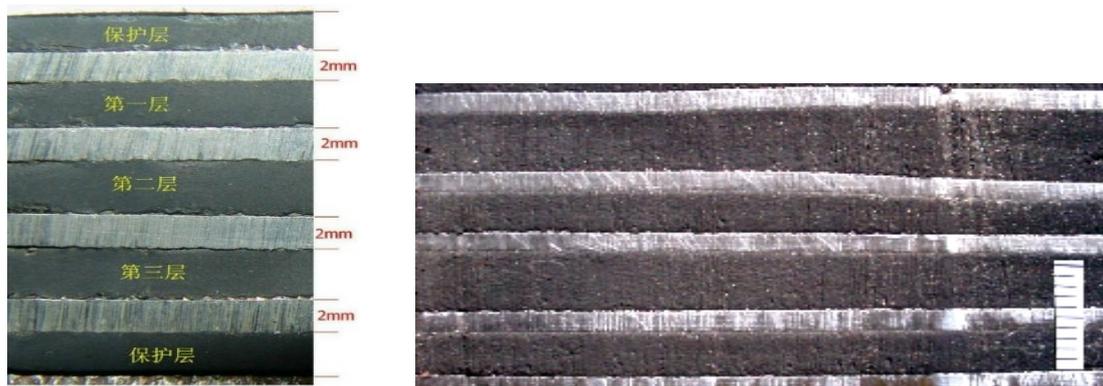


图7 支座内部质量解剖图

表4 支座内部质量要求

名称	允许偏差
锯开后胶层厚度	胶层厚度应均匀, t_1 为 5mm 或 8mm 时, 其允许偏差为 $\pm 0.4\text{mm}$; t_1 为 11mm 时, 其允许偏差为 $\pm 0.7\text{mm}$; t_1 为 15mm 时, 其允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$; 上、下保护层厚度允许偏差为 $(+0.5\text{mm}, 0\text{mm})$
钢板与橡胶黏结	钢板与橡胶黏结应牢固, 且无离层现象, 其平面尺寸允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$

外观、平面尺寸、厚度偏差、内部质量等若有一项不合格, 则应从该种产品中随机再取双倍支座, 对不合格项目进行复检, 若仍不合格, 则判该种规格产品不合格。

3.1.4 形状系数的概念

形状系数: 板式橡胶支座中单层橡胶层的有效承载面积与其自由侧表面积之比。具体面积计算见图8。

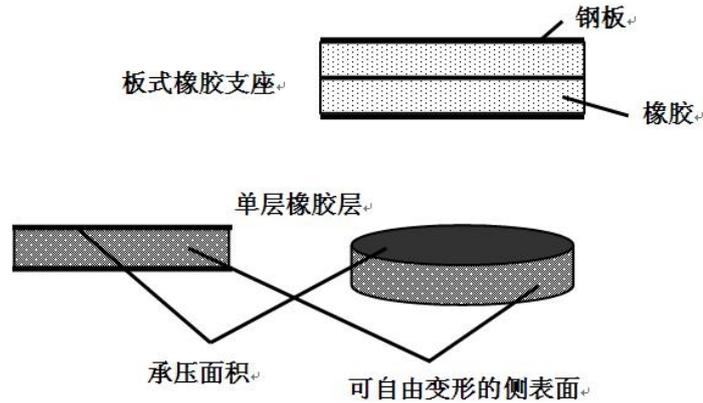


图8 形状系数的概念

抗压弹性模量标准值计算公式:

$$E = 5.4GS^2$$

E — 板式支座的抗压弹性模量, 单位MPa;

G — 板式支座的抗剪弹性模量, 一般取值为1.0MPa;

S — 板式支座形状系数, 应在5-12范围内, 具体计算公式如下:

$$S = \frac{l_{0a} \cdot l_{0b}}{2t_1(l_{0a} + l_{0b})}$$

$$S = \frac{d_0}{4t_1}$$

l_{0a} ——矩形加劲钢板短边尺寸, 单位为毫米(mm);

l_{0b} ——矩形加劲钢板长边尺寸, 单位为毫米(mm);

t_1 ——支座中间单层橡胶片厚度, 单位为毫米(mm);

d_0 ——圆形加劲钢板直径, 单位为毫米(mm)。

3.1.5 仪器设备及环境

1、压力试验机

试验机精度要求为I级, 使用范围0.4%~90%。试验机具备下列功能: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4h, 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样的平面尺寸, 在最大荷载下不应发生挠曲。

2、剪切试验装置(使用范围 1%~90%)

进行剪切试验时, 其剪切试验机构的水平油缸、负荷传感器的轴线应和中间钢拉板的对称轴相重合, 确保被测试样水平轴向受力。

3、水平力传感器 精度要求为I级。

4、竖向位移传感器 分度值要求为 0.01mm。

5、水平位移传感器 分度值要求为 0.01mm。

6、测量转角变形量 分度值要求为 0.001mm。

7、试验室的标准温度为 23℃ ± 5℃。

3.1.6 取样及制备要求

1、橡胶支座试样应取用橡胶支座成品实样。只有试验机吨位受到限制时, 可由抽检单位或用户与检测单位协商用特制试样代替实样。试验前应将试样直接暴露在标准温度 $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 下, 停放24h, 以使试样内外温度一致。

2、试样的长边、短边、直径、中间层橡胶片厚度、总厚度等, 均以该试样所属规格系列中的公称值为准。

3、抗压弹性模量的检测, 按每检验批抽取橡胶支座成品3块, 每一块橡胶支座成品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。且单项结果和算术平均值之间的偏差应小于算术平均值的3%。三块橡胶支座成品的抗压弹性模量实测值均应符合要求。否则应对该试样重新复核试验一次, 如果仍超过3%, 应请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。

4、抗剪弹性模量的检测按每检验批抽取橡胶支座成品3对, 每一对橡胶支座成品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。且单项结果和算术平均值之间的偏差应小于算术平均值的3%。三对橡胶支座成品的抗剪弹性模量实测值均应符合要求。否则应对该试样重新复核试验一次, 如果仍超过3%, 应请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。

5、摩擦系数的检测按每检验批抽取橡胶支座成品3对。

6、极限抗压强度检测按每检验批抽取橡胶支座成品3块。

7、支座解剖检验按每检验批抽取橡胶支座成品一块。将其沿垂直方向锯开, 进行规定项目检验。

3.1.7 试验操作步骤

橡胶支座纵向抗压(剪)弹性模量测试系统由压力试验机、压力传感器、位移传感器、信号调理器模块与专用检测软件组成。桥梁板式橡胶支座抗压弹性模量测试时要求实时采集数据、按标准规定的检测加载循环、速率及分级和持荷时间加载, 并绘制应力-应变曲线。

1、抗压弹性模量检测

(1) 预压三次, 绘制应力应变曲线。

(2) 正式加载循环, 自1MPa起, 以0.03至0.04MPa/s, 的施力速率均匀加载至4MPa, 持荷2分钟后采集变形值, 然后每2MPa为一级逐级加载, 每级持荷2分钟后采集变形值。直至平均压应力为止。计算实测抗压弹性模量, 绘制应力应变曲线。

(3) 以连续均匀的速度卸载至压应力为1MPa, 稳定10分钟后重复第二步骤加载循环。连续进行三次。

(4) 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。且单项结果和算术平均值之间的偏差应小于算术平均值的3%。

2、抗剪弹性模量检测

(1) 以0.03至0.04MPa/s, 的施力速率均匀加载(竖向力)至平均压应力10MPa, 并在整这抗剪试验过程中保持不变。

(2) 预加水平力。以0.002至0.003MPa/s, 的施力速率连续施加水平剪应力至剪应力1.0MPa, 持荷5分钟后卸载至剪应力为0.1MPa。持荷5分钟, 绘制应力应变曲线。预载三次。

(3) 以0.002至0.003MPa/s, 的施力速率加连续水平剪应力至剪应力0.1MPa, 持荷5分钟后采集变形值, 然后每0.1

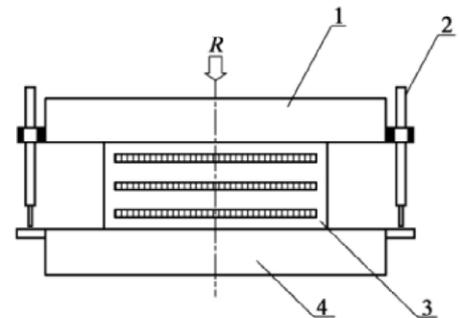


图9 抗压弹性模量检测示意图

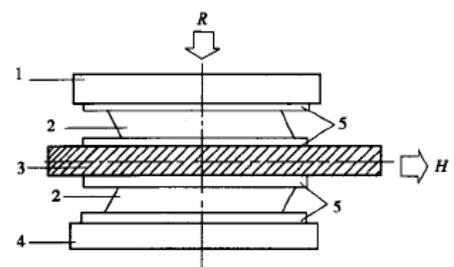


图10 抗剪弹性模量检测示意图

MPa 为一级剪应力逐级加载, 每级持荷 1 分钟后采集变形值。直至剪应力为 1 MPa 为止。计算实测抗剪弹性模量, 绘制应力应变曲线。

(4) 以连续均匀的速度卸载至 $\tau = 0.1 \text{ MPa}$, 稳定 10 分钟后重复第二步骤加载循环。连续进行三次。

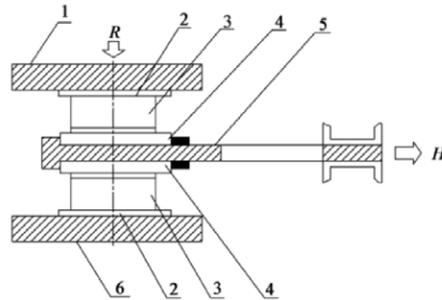
3、抗剪老化试验

将橡胶支座成品试样置于老化箱内, 在 $70^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 温度下经 72h 后取出, 将试样在标准温度 $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 下, 停放 48h, 再在标准实验室温度下进行剪切试验, 试验与标准抗剪弹性模量试验方法步骤相同。老化后抗剪弹性模量 G_2 的计算方法与标准抗剪弹性模量计算方法相同。

4、摩擦系数试验

试验时应将四氟滑板试样的储油槽内注满 5201-2 硅脂油;

将压应力以 $(0.03 \sim 0.04) \text{ MPa/s}$ 的速率连续地增至平均压应力 σ , 绘制应力-时间图, 并在整个摩擦系数试验过程中保持不变。其预压一小时后。再以 $(0.002 \sim 0.003) \text{ MPa/s}$ 的速率连续地施加水平力, 直至不锈钢板与四氟滑板试样接触面间发生滑动为止, 记录滑动时的水平剪应力作为初始值。试验过程应连续进行三次, 每对试样的摩擦系数为三次试验结果的算术平均值。



说明:

- | | |
|-------------|-------------|
| 1——试验机上承载板; | 4——不锈钢板试样; |
| 2——防滑摩擦板; | 5——中间钢板; |
| 3——滑板支座试样; | 6——试验机下承载板。 |

5、极限抗压强度(R_u)

将试样放置在试验机的承载板上, 上下承载板与支座接触面不得有油污, 对准中心位置, 精度应小于 1% 的试件短边尺寸; 以 0.1 MPa/s 的速率连续地加载至试样极限抗压强度 R_u 。不小于 70 MPa 为止, 绘制应力-时间图, 并随时观察试样受力状态及变化情况, 试样是否完好无损。在最大荷载作用时, 支座侧面凸鼓沟纹应均匀, 不应出现开裂、脱胶和其他粘接缺陷。

3.1.8 数据处理与结果判定

1、实测抗压弹性模量 E_1

(1) 数据处理

实测抗压弹性模量计算公式如下:

$$E_1 = \frac{\sigma_{10} - \sigma_4}{\varepsilon_{10} - \varepsilon_4}$$

式中:

- E_1 —— 试样实测的抗压弹性模量计算值, 精确至 1 MPa ;
- σ_4, ε_4 —— 第 4 MPa 级试验荷载下的压应力和累积压缩应变值;
- $\sigma_{10}, \varepsilon_{10}$ —— 第 10 MPa 级试验荷载下的压应力和累积压缩应变值。

(2) 结果判定

- ① 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。且单项结果和算术平均值之间的偏差应小于算术平均值的 3%。

② 试样的抗压弹性模量 E_1 , 与标准的 E 值的偏差在 $\pm 20\%$ 范围之内时, 应认为满足要求。

2、抗剪弹性模量 G_1 和 G_2

(1) 数据处理

实测抗剪弹性模量计算公式如下:

$$G_1 = \frac{\tau_{1.0} - \tau_{0.3}}{\gamma_{1.0} - \gamma_{0.3}}$$

式中:

G_1 — 试样的实测抗剪弹性模量计算值, 精确至 1% , MPa;

$\tau_{1.0}$, $\gamma_{1.0}$ — 第 1.0MPa 级试验荷载下的剪应力和累计剪切应变值;

$\tau_{0.3}$, $\gamma_{0.3}$ — 第 0.3MPa 级试验荷载下的剪应力和累计剪切应变值。

(2) 结果判定

① 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。且单项结果和算术平均值之间的偏差应小于算术平均值的 3% 。

② 试样的抗剪弹性模量 G_1 与规定 G 值的偏差在 $\pm 15\%$ 范围之内时, 应认为满足要求。

③ 试样老化后的抗剪弹性模量 G_2 与规定 G 值的偏差在 $\pm 15\%$ 范围之内时, 应认为满足要求。

3、摩擦系数

(1) 数据处理

摩擦系数计算公式如下:

$$\mu_f = \frac{\tau}{\sigma} ; \tau = \frac{H}{A_0} \quad \sigma = \frac{R}{A_0}$$

式中:

μ_f — 四氟滑板与不锈钢板表面的摩擦系数, 精确至 0.01 ;

τ — 接触面发生滑动时的平均剪应力, MPa;

σ — 支座的平均压应力, MPa;

H , 一支座承受的最大水平力, kN;

R — 支座最大承压力, kN;

A_0 — 支座有效承压面积, mm^2 。

(2) 结果判定

① 四氟滑板试样与不锈钢板试样的摩擦系数 $\mu_f \leq 0.03$, 应认为满足要求。

4、极限抗压强度

(1) 数据处理

限抗压强度计算公式如下:

$$\sigma = \frac{Ru}{A_0}$$

式中: Ru — 至试样极限抗压强度,

A_0 — 支座的有效承载面积计算 (即计算钢板面积), mm^2 。

(2) 结果判定

在不小于 70MPa 压应力时, 橡胶层未被挤坏, 中间层钢板未断裂, 四氟滑板与橡胶未发生剥离, 应认为试样的极限抗压强度满足要求。

5、判定规则

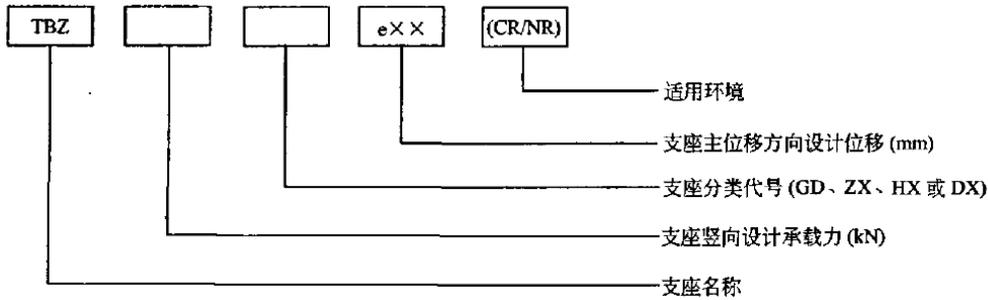
支座检验时, 若有一项不合格, 则应从该批产品中随机再取双倍支座, 对不合格项目进行复检,

若仍有一项不合格，则判定该批产品不合格。

支座力学性能试验时，随机抽取三块(或三对)支座，若有两块(或两对)不能满足要求，则认为该批产品不合格。若有一块(或一对)支座不能满足要求时，则应从该批产品中随机再抽取双倍支座对不合格项目进行复检，若仍有一项不合格，则判定该批产品不合格。

3.2 铁路桥梁板式橡胶支座（TB/T 1893-2006）

铁路桥梁板式橡胶支座（TB/T 1893-2006）规定的支座型号表示如下：



示例 1： TBZ 1000GD-(CR) 表示竖向设计承载力为 1000kN 的常温型固定板式橡胶支座。

示例 2： TBZ 2000ZX-e40(NR) 表示竖向设计承载力为 2000kN，设计主位移为±40mm 的耐寒温型纵向活动板式橡胶支座。

铁路桥梁板式橡胶支座主要检测抗压弹性模量、抗剪弹性模量、抗剪粘结性能、抗剪老化、疲劳后的抗压弹性模量、极限抗压强度等。与标准 JT/T4-2019 对照见表 5。

表 5 桥梁用板式橡胶支座成品主要性能参数

项目	指标		
	JT/T4-2019	TB/T 1893-2006	GB20688.4-2006
抗压弹性模量 E_1	$E \pm E \times 20\%$	$E \pm E \times 20\%$	$E \pm E \times 30\%$
E	$E=5.4GS^2$	见附表	$E=5.4GS^2$
疲劳后的抗压弹性模量 E_2	-----	$\leq (E_1 + E_1 \times 5\%)$	-----
抗剪弹性模量 G_1	$G \pm G \times 15\%$	$G \pm G \times 20\%$	$G \pm G \times 15\%$
抗剪老化 G_2	$\leq G_1 \pm 0.15MPa$ 70±2℃ 72h 23±5℃ 48h	$\leq G_1 \pm 0.15MPa$	$\leq G_1 \pm 0.15MPa$
抗剪粘结性能 ($\tau=2MPa$, 持荷 5min)	无橡胶开裂和脱胶现象	无橡胶开裂和脱胶现象	
极限抗压强度 R_u	$\geq 70MPa$	$\geq 60MPa$	$\geq 70MPa$
聚四氟乙烯板与不锈钢板表面摩擦系数 μ (加硅脂时) f	≤ 0.03		≤ 0.03

(TB/T 1893-2006) 抗压弹性模量 E (MPa)

S	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
E	270	340	420	500	590	670	760	860	950	1060	1180

四、盆式支座

主要介绍公路桥梁盆式支座和铁路桥梁盆式支座。

4.1 公路桥梁盆式支座 (JT/T 391-2019)

盆式支座定义: 利用密封在钢盆中的橡胶板承受上部荷载和活载, 并将该荷载传递到下部结构的支座。

盆式支座按使用性能分为:

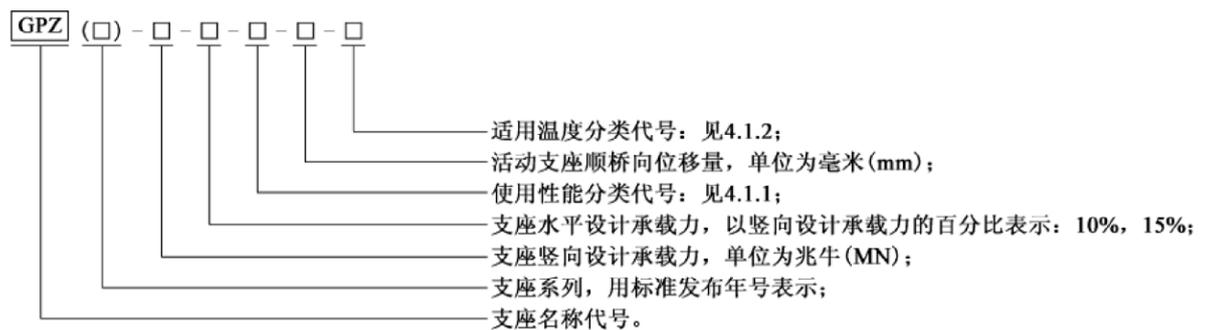
- a) 双向活动支座: 具有竖向承载、竖向转动和双向滑移性能, 代号 SX;
- b) 纵向活动支座: 具有竖向和横向水平承载、竖向转动和纵向滑移性能, 代号 ZX;
- c) 横向活动支座: 具有竖向和纵向水平承载、竖向转动和横向滑移性能, 代号 HX;
- d) 固定支座: 具有竖向和纵横向水平承载及竖向转动性能, 代号 GD;
- e) 减震型纵向活动支座: 具有竖向和横向水平承载、竖向转动、纵向滑移及减震性能, 代号 JZZX;
- f) 减震型横向活动支座: 具有竖向和纵向水平承载、竖向转动、横向滑移及减震性能, 代号 JZHX;
- g) 减震型固定支座: 具有竖向和纵横向水平承载及竖向转动和减震性能, 代号 JZGD。

盆式支座按使用温度范围分为:

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

公路桥梁用盆式橡胶支座 (JT 391-2019) 标记方法

支座型号表示方法如图所示:



示例 1:

××××年设计, 竖向设计承载力 15MN、横向水平设计承载力为竖向设计承载力 10% 的双向活动顺桥向设计位移为 ±100mm 的耐寒型盆式支座, 其型号表示为 GPZ(××××)15-10%-SX-±100-F。

示例 2:

××××年设计, 竖向设计承载力 15MN、横向水平设计承载力为竖向设计承载力 15% 的纵向活动顺桥向位移为 ±50mm 的常温型盆式支座, 其型号表示为 GPZ(××××)15-15%-ZX-±50-C。

示例 3:

××××年设计, 竖向设计承载力 15MN、水平设计承载力为竖向设计承载力 10% 的固定常温型盆式支座, 其型号表示为 GPZ(××××)15-10%-GD-C。

示例 4:

××××年设计, 竖向设计承载力 15MN 的减震固定耐寒型盆式支座, 其型号表示为 GPZ(××××)15-JZGD-F。

示例 5:

××××年设计, 竖向设计承载力 15MN、顺桥向设计位移为 ±150mm 的减震型纵向活动常温型盆式支座, 其型号表示为 GPZ(××××)15-JZZX-±150-C。

4.1.1 结构形式

主要有：双向活动支座、纵向活动支座、横向活动支座、固定支座、减震型固定支座、减震型纵向活动支座和横向活动支座。见图11-图15。

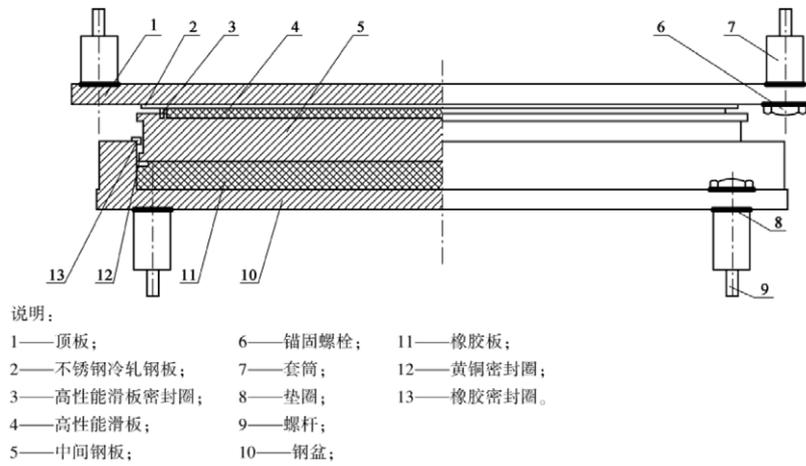


图11 双向活动支座示意图

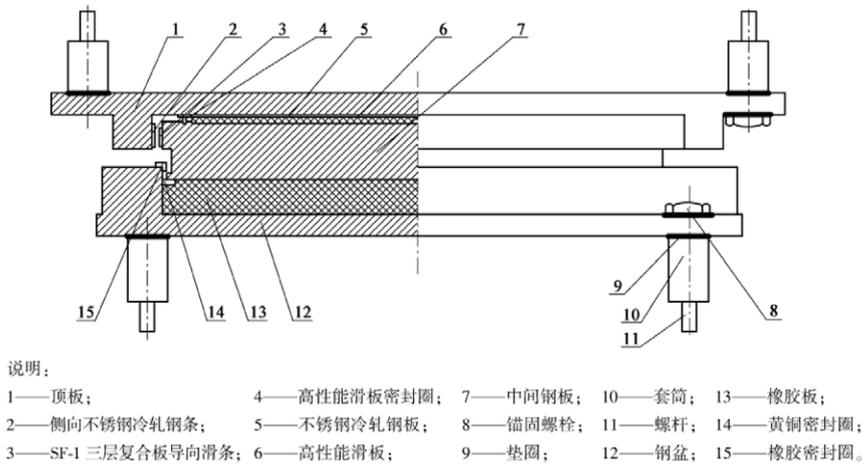


图12 纵向活动支座和横向活动支座示意图

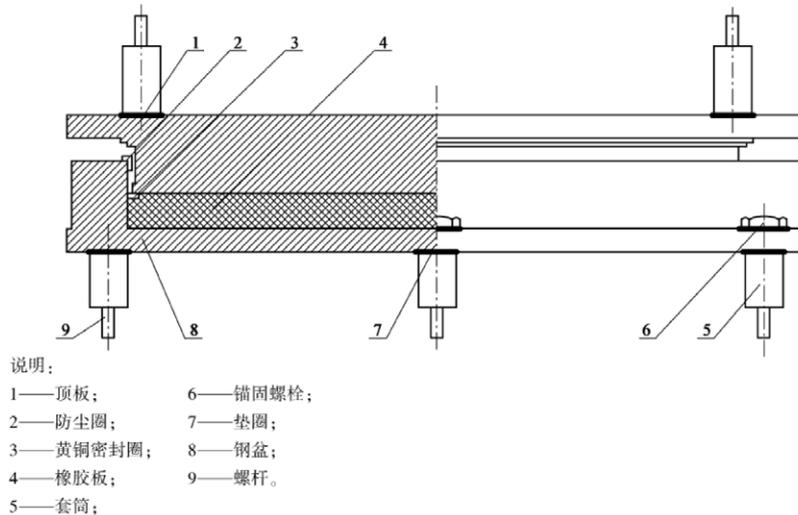


图13 固定支座示意图

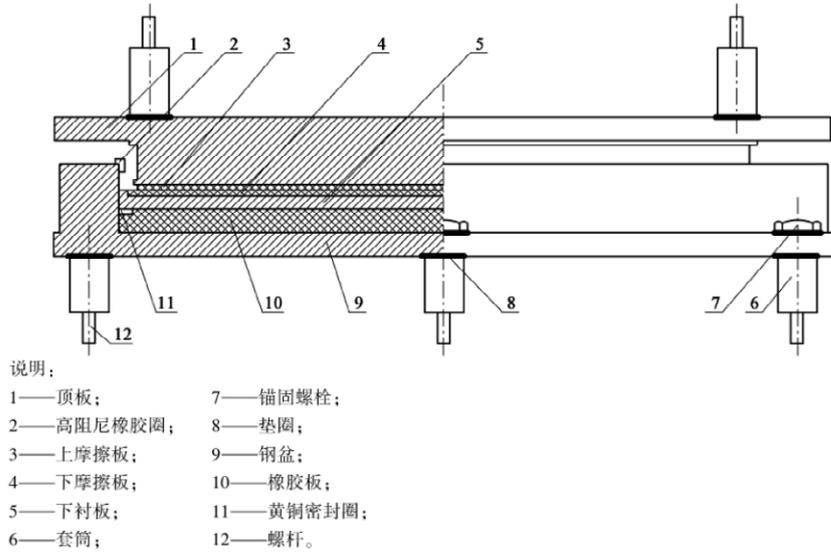


图14 减震型固定支座示意图

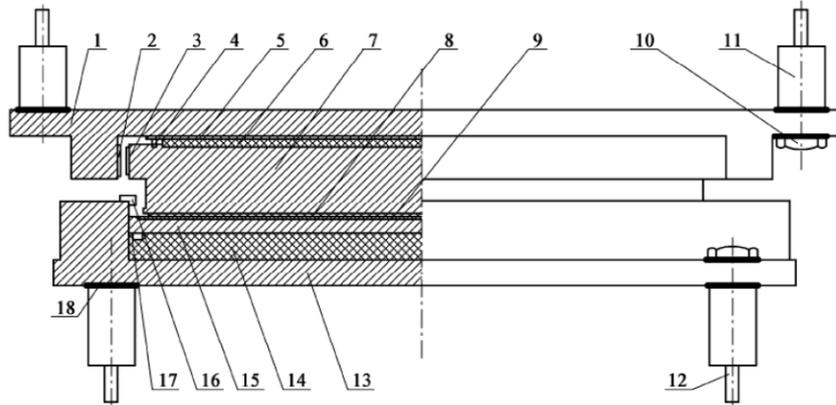


图15 减震型纵向活动支座和横向活动支座示意图

4.1.2 试验内容

支座型式检验和出厂检验项目见表6。

表6 支座型式检验和出厂检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
1	整体性能要求	5.1	6.1	+	+
2	外观	5.2	6.2	+	+
3	材料	5.3	6.3	+	-
4	表观与尺寸	5.4	6.4	+	+
5	工艺	5.5	6.5	+	+

注：“+”为检验项目，“-”为非检验项目。

成品支座试验内容包括：支座竖向承载力试验、支座水平承载力试验、支座摩擦系数试验和支座转动试验。

4.1.3 支座外观要求:

1) 支座外露表面应平整、美观, 焊缝均匀, 涂装表面应光滑, 不应有脱落、流痕、褶皱等现象。

2) 支座组装后顶板与钢盆应平行。

3) 成品支座组装后高度偏差应满足下表的规定。测量时, 可以对支座加载50kN~100kN的竖向荷载, 消除各部件缝隙及空气夹层。

支座外观采用目测方法和相应精度的量具逐件进行检测。具体要求见表7。

表7 成品支座组装后高度偏差

支座竖向设计承载力(MN)	组装后高度偏差(mm)
1 ~ 20	±3
22.5 ~ 60	±4
65 ~ 80	±5

支座外观与尺寸

检测项目包括: 不锈钢冷轧钢板、橡胶板、高性能滑板、黄铜密封圈、SF-1三层复合板。

部件外观采用目测方法和相应精度的量具逐件进行检测。

尺寸偏差采用标定的钢直尺、游标卡尺、刀口尺、塞尺等量测, 取3个以上断面量测后, 按平均值取用。

4.1.4 支座性能

竖向设计承载力

支座的竖向设计承载力分33级, 在竖向设计荷载作用下, 支座压缩变形不应大于支座总高度的2%, 钢盆盆环上口径向变形不应大于盆环外径的0.05%。

水平设计承载力

固定支座、纵向活动支座和横向活动支座的非滑移方向水平设计承载力分2级, 即支座竖向承载力的10%、15%。

减震型固定支座、减震型纵向活动支座和减震型横向活动支座的非滑移方向水平设计承载力为支座竖向设计承载力的20%。

活动支座摩擦系数

在5201-2 硅脂润滑条件下, 活动支座摩擦系数(μ)应满足下列要求:

- 常温型支座: 在 $-25^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 范围内, $\mu \leq 0.03$;
- 耐寒型支座: 在 $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 范围内, $\mu \leq 0.05$ 。

转角

支座竖向设计转动角度不小于0.02 rad。

位移

双向活动支座和纵向活动支座顺桥向设计位移量分5级, 即 $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 100\text{mm}$ 、 $\pm 150\text{mm}$ 、 $\pm 200\text{mm}$ 、 $\pm 250\text{mm}$; 双向活动支座和横向活动支座的横桥向设计位移量为 $\pm 50\text{mm}$ 。当有特殊需要时, 可按实际需要调整位移量, 调整位移级差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

4.1.5 支座竖向承载力试验方法

试样

支座竖向承载力试验应采用实体支座进行。受试验设备能力限制时, 经与用户协商, 可选用小

型支座进行试验。

试验支座的材质应符合5.3的要求, 支座各部件及支座外形尺寸应符合设计要求。

试验内容

支座竖向承载力试验测试内容包括: 支座竖向压缩变形曲线; 盆环径向变形曲线。

试验方法

成品支座竖向承载力按下列步骤进行试验:

支座检验荷载为支座竖向设计承载力的1.5倍, 并将检验荷载均分10级, 逐级对支座加载。在支座顶、底板间对称安装四只百分表, 测试支座竖向压缩变形。在盆环上口相互垂直的直径方向安装四只千分表, 测试支座盆环径向变形。

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, 预压次数为三次。

试验时以支座竖向设计承载力的1.0%作为初始压力, 然后逐级加载。每级荷载持荷2min后读取百分表和千分表数据, 加载至检验荷载时持荷3min后卸载至初始压力, 测定残余变形, 一个加载程序完毕。一个支座需往复加载三次。

试验条件许可时, 也可采用自动化设备进行试验。试验时, 加载速率为10min~15min一个加载过程。

试验结果

试验结果选取应符合下列规定:

支座竖向压缩变形取每级加载四只百分表的算术平均值作为该次该级加载测试结果, 取三次测试结果的平均值作为该支座的测试结果;

盆环径向变形取每级加载同一直径方向的两只千分表实测结果的绝对值之和作为该直径方向的变形, 两个直径方向变形的平均值作为该次该级加载的测试结果, 取三次测试结果的平均值, 作为该支座的测试结果;

根据每级加载的实测结果, 绘制荷载—竖向压缩变形曲线和荷载—盆环径向变形曲线。实测的荷载—竖向压缩变形曲线和荷载—盆环径向变形曲线呈线性关系, 且卸载后支座竖向压缩的残余变形小于支座设计荷载下相应变形的5%。

试验报告

试验结束后, 测试单位应提交试验报告。试验报告应包括以下内容:

- a) 试验装置及试验概况: 试验设备, 试验荷载, 试验室温度, 试验支座形式及规格, 实测支座高度及盆环外径;
- b) 描述试验过程及试验结果, 记录试验过程中的异常情况;
提供支座在设计荷载作用下竖向压缩变形与支座高度比值的百分比、支座在设计荷载作用下盆环上口径向
- c) 变形与盆环外径比值的百分比、支座卸载至初始压力时的竖向压缩残余变形及残余变形与设计荷载下相应变形的百分比, 并对试验结果做出评定;
- d) 试验照片: 包括试验支座加载及试验中的异常情况

4.1.6 支座水平承载力试验方法

试验条件

试验室的标准温度为23°C±2°C。试验前将试样直接暴露在标准温度下, 停放24h。

试验方法

按图16放置试样后, 标定试验装置在设计竖向承载力下的滚动摩擦力。按下列步骤进行支座水平承载力试验:

将试样置于试验机的承载板上, 将自平衡反力架及水平力试验装置组合配置好。试验荷载为支座水平承载力的1.2倍。加载至水平承载力的0.5%后, 核对水平方向百分表及水平千斤顶数据, 确

认无误后, 进行预推。

预推。将支座竖向承载力加至设计承载力的 50%, 用水平承载力的 20% 进行预推, 反复进行三次。

正式加载。将试验荷载由设计水平力的 0.5% 至试验荷载均匀分为 10 级。试验时先将竖向承载力加至 50% 后, 再以支座设计水平力的 0.5% 作为初始推力, 然后逐级加载, 每级荷载稳压 2min 后, 记录百分表数据, 待设计水平力达到 90% 后, 再将竖向承载力加至设计承载力, 然后将水平承载力加至试验荷载稳压 3min 后卸载。加载过程连续三次。

水平力作用下变形分别取两个百分表的平均值, 绘制荷载—水平变形曲线。变形曲线应呈线性关系。

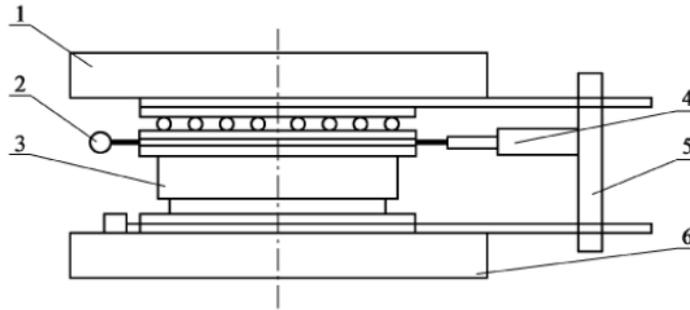


图16 支座水平承载力试验装置

试验报告

试验报告应包括下列内容:

- a) 试件概况描述: 包括支座型号、设计承载力、转角、位移, 并附简图;
- b) 试验机性能及配置描述;
- c) 试验过程中出现异常现象描述;
- d) 试验记录与评定试验结果;
- e) 试验照片。

4.1.7 支座摩擦系数试验方法

试样

成品支座摩擦系数试验应采用实体支座, 如受试验设备限制, 经与用户协商, 可选用小型支座。试件用材及质量应符合 5.3 的有关规定。试件几何尺寸及组装后的高度偏差应满足设计图和 5.2.3、5.4 的要求。

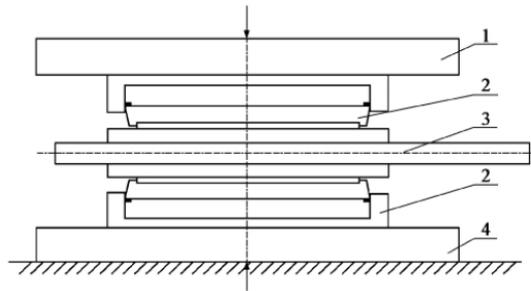
试件数量

为测试方便, 试件选用两个同规格的双向活动支座。

试验方法

成品支座摩擦系数按下列步骤进行试验:

- a) 成品支座摩擦系数试验应在专用试验机上进行, 试验装置见图17。
- b) 试验前将试件储脂坑内涂满 5201-2 硅脂。支座对中后, 先对支座进行预压, 预压荷载为支座竖向设计承载力, 预压三次, 每次加载持荷 3min 后卸载至初始荷载, 初始荷载为支座设计承载力的 1.0% 或由试验机的精度确定。
- c) 试验时, 试验机对支座加载至竖向设计承载力, 然后用千斤顶对支座施加水平力, 并用专用压力传感器记录水平力大小, 支座发生滑移即刻停止施加水平力, 同时计算出支座的初始摩擦系数。然后重复以上试验, 记录每次施加的水平力。至少重复三次, 将各次测试平均值作为支座实测摩擦系数。



说明：

- 1——试验机上承压板； 3——水平力加载装置；
2——试验支座； 4——试验机下承压板。

图17 支座摩擦系数试验装置

试验报告

试验报告应包括下列内容：

- 试验概况：试验设备、试验温度及试验支座规格、试验荷载等；
- 试验过程描述，试验中如有异常情况发生，应详细描述异常情况的发生过程；
- 给出每次试验的实测结果，并计算出支座的平均摩擦系数；
- 试验现场照片。

4.1.8 支座转角试验方法

试样

成品支座转动试验应采用实体支座，如受试验设备限制，经与用户协商，可选用小型支座。试验支座用材及内在质量应符合5.3的有关规定。试件几何尺寸及组装后高度偏差应符合设计图和5.2.3、5.4的要求。

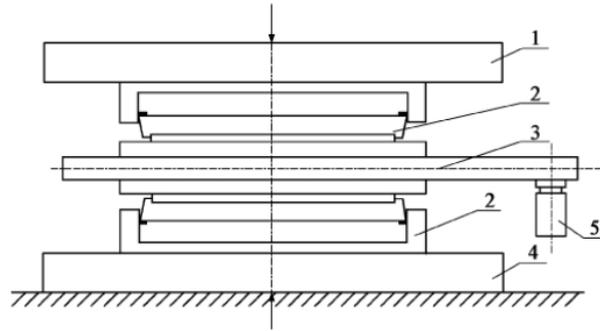
试件数量

为测试方便，试件选用两个同规格的固定支座，也可选用两个双向活动支座。

试验方法

支座转动试验应在专用试验机上进行，试验装置见图18。试验方法如下：

- 试验时将试件按图 D.1所示位置摆放在试验机台座上，并对准中心位置。在距试件中心一定距离处，安装使加载横梁产生转动的千斤顶和测力计。在试验台座上与加载横梁两端对应的适当位置，分别安装两只位移传感器或千分表。
- 转动试验前，应对支座进行预压，预压荷载为试验支座的竖向设计承载力，预压三次。每次加载持荷3 min 后卸载至初始荷载。初始荷载为支座设计承载力的1.0%或由试验机的精度确定。
- 试验机对试验支座加载至设计荷载时，顶起加载横梁，使支座分别产生 0.010rad 、 0.015rad 、 0.020rad 转角，每次达到要求的转角后，稳压 30min。加到最大转角时，稳压30 min 后卸载。
- 支座卸载后，将支座各部件拆解，观察高性能滑板、黄铜密封圈、橡胶板、钢件等各部件有无永久变形及损坏。



说明：

1——试验机上承压板； 3——加载横梁； 5——加载千斤顶。
2——试验支座； 4——试验机下承压板；

图18 成品支座转动试验装置

试验结果

支座转动试验后，要求高性能滑板和钢件无损伤，橡胶板没有被挤出，黄铜密封圈无明显损伤。

试验报告

试验报告应包括下列内容：

- 试验概况：试验设备、试验荷载、试验温度及试验支座规格等；
- 试验过程有无异常情况，如有异常，描述异常发生的过程；
- 实测支座转动测验结果及各部件变形、损伤情况；
- 试验现场照片。

4.1.9 盆式支座检测结果的判定

- 盆式支座的竖向压缩在竖向设计荷载作用下，支座压缩变形值不得大于支座总高度的2%，
- 盆式支座的盆环上口径向变形在竖向设计荷载作用下不得大于盆环外径的0.5%，支座残余变形不得超过总变形量的5%的规定，支座为合格，该试验支座可以继续使用。
- 盆式支座的实测荷载~竖向压缩变形曲线或荷载~盆环径向变形曲线呈非线性关系，该支座为不合格。
- 盆式支座卸载后，如残余变形超过总变形量的5%，应重复上述试验；若残余变形不消失或有增长趋势，则认为该支座不合格。
- 盆式支座在加载中出现损坏，则该支座为不合格。

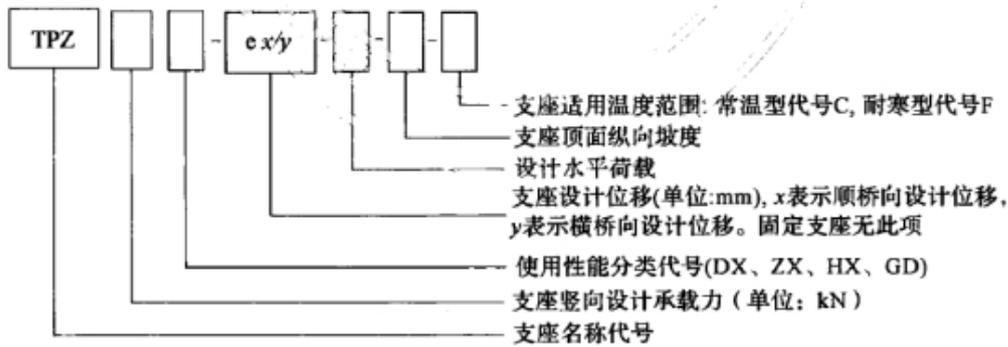
4.2 铁路桥梁用盆式支座（TB/T 2331- 2013）

铁路桥梁用盆式支座（TB/T 2331- 2013）按其使用性能分为：多向活动支座、纵向活动支座、横向活动支座和固定支座，具体代号见表8。

表8 铁路桥梁用盆式支座代号

类型	使用性能分类代号	
固定支座	GD	
多向活动支座	DX	
单向活动支座	纵向	ZX
	横向	HX
抗震型固定支座	GD	

铁路桥梁用盆式橡胶支座 (TB/T 2331-2013) 标记方法



示例: TPZ 6000ZX-e100/0-0.1P-i8-F, 表示竖向设计承载力 6 000 kN、顺桥向设计位移量 ± 100 mm、设计水平荷载为竖向设计承载力的 10% (P 为支座竖向设计承载力)、支座顶面纵向坡度 8‰、耐寒型纵向活动铁路桥梁盆式支座。

铁路桥梁用盆式橡胶支座 (TB/T 2331-2013) 技术要求

外观质量

橡胶承压板和橡胶密封圈的外观质量应符合表 9 的规定, 且不应有三项以上表 9 规定的缺陷同时存在。

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。

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。

5201-2 硅脂为乳白色或淡灰色半透明脂状物, 不应有机械杂质。

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

SF-1B 三层复合板表面应无脱层、起泡、剥落、机械夹杂等缺陷。

表9 橡胶承压板和橡胶密封圈的外观质量要求

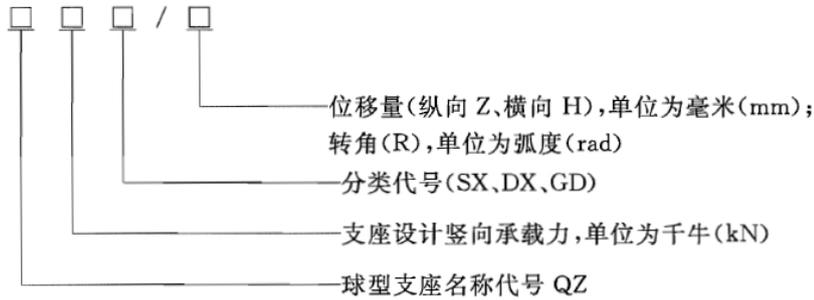
缺陷名称	要 求	备 注
气 泡	面积小于 100 mm ² , 深度小于 2 mm, 不多于 3 处	允许修补, 修补处应平整
凹凸不平	面积小于 100 mm ² , 深度小于 2 mm, 不多于 3 处	
明 疤	面积小于 100 mm ² , 深度小于 2 mm, 不多于 3 处	
压 偏	不大于橡胶承压板直径或橡胶密封圈外径的 0.2%	
裂纹、掉块、损伤	无	—

成品检测项目

成品支座应进行竖向承载力试验、摩擦系数试验、转动性能试验以及解剖检验, 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, 还可以进行成品支座转动磨耗试验。

五、球型支座

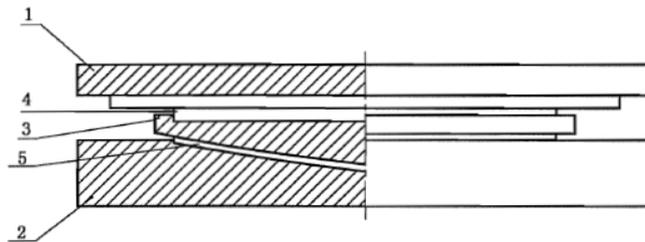
支座型号表示方法如下：



示例 1：支座设计竖向承载力为 30 000 kN 的单向活动球型支座，其纵向位移量为 ±150 mm，转角 0.05 rad，其型号表示为 QZ 30000DX/Z±150/R0.05。

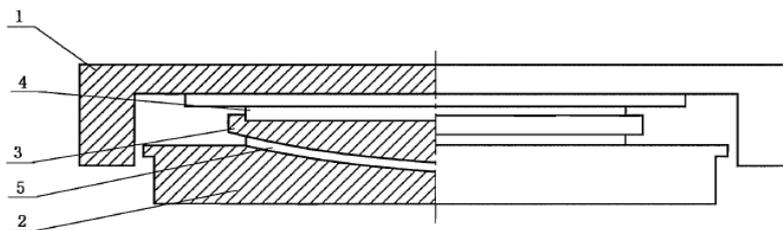
示例 2：支座设计竖向承载力为 20 000 kN 的双向活动球型支座，其纵向位移量为 ±100 mm、横向位移量为 ±40 mm、转角 0.02 rad，其型号表示为 QZ 20000SX/Z±100/H±40/R0.02。

a) 双向活动支座结构示意图见图 1。



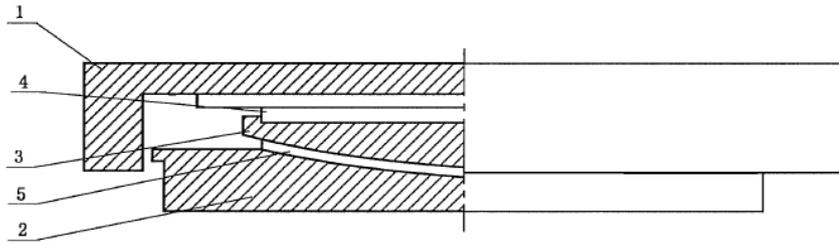
- 1——上支座板；
- 2——下支座板；
- 3——球冠衬板；
- 4——平面聚四氟乙烯板；
- 5——球面聚四氟乙烯板。

b) 单向活动支座结构示意图见图 2。



- 1——上支座板；
- 2——下支座板；
- 3——球冠衬板；
- 4——平面聚四氟乙烯板；
- 5——球面聚四氟乙烯板。

c) 固定支座结构示意图见图 3。



- 1——上支座板；
2——下支座板；
3——球冠衬板；
4——平面聚四氟乙烯板；
5——球面聚四氟乙烯板。

支座性能

在竖向设计承载力的作用下，支座的竖向压缩变形不应大于支座总高度的 1%，盆环径向变形不应大于盆环外径的 0.5%。

固定支座和单向活动支座非滑移方向的水平承载力均不应小于竖向设计承载力的 10%。

支座适用的温度范围 -40℃~60℃。

在竖向设计荷载作用下，当镀铬钢板、不锈钢板与聚四氟乙烯板间在加有 5201 硅脂润滑后，温度适用范围在 -25℃~60℃ 时，设计摩擦系数取 0.03；当温度适用范围在 -40℃~-25℃ 时，设计摩擦系数取 0.05。

支座设计转动力矩按下列公式计算：

$$M_{\theta} = R_{ck} \cdot \mu_f \cdot R$$

式中：

R_{ck} ——支座竖向设计承载力，单位为千牛(kN)；

μ_f ——球面镀铬钢衬板的镀铬层与球面聚四氟乙烯板间的设计摩擦系数；

R ——球面镀铬钢衬板的球面半径，单位为毫米(mm)。

5.1 成品检测项目

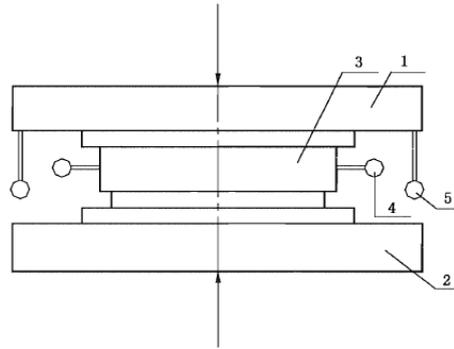
成品支座检验主要包括支座竖向承载力试验、支座水平承载力试验、支座摩擦系数试验、支座转动性能试验。

5.2 竖向承载力试验方法

试验条件：试验室的标准温度为 23℃±5℃。

试样停放：试验前将试样直接暴露在标准温度下，停放 24h。

试验方法：



- 1——上承载板；
2——下承载板；
3——试样；
4——千分表；
5——位移传感器。

按上图放置试样后，按下列步骤进行支座竖向承载力试验：

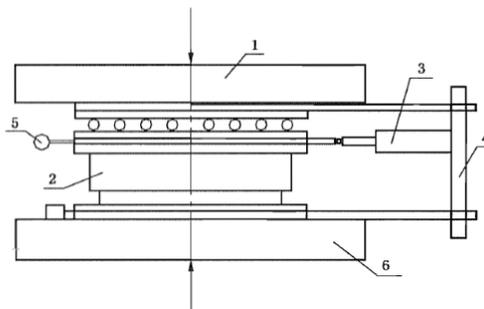
- a) 将试样置于试验机的承载板上，试样中心与承载板中心位置对准，偏差小于1%球型支座直径。试验荷载为支座竖向承载力的1.5倍。加载至设计承载力的0.5%后，核对承载板四边的位移传感器和千分表，确认无误后进行预压。
- b) 预压。将支座竖向设计承载力以连续均匀的速度加满，反复3次。
- c) 正式加载。将试验荷载由零至试验荷载均匀分为10级。试验时以设计承载力的0.5%作为初始荷载，然后逐级加载。每级荷载稳压2 min后记录位移传感器和千分表数据，直至检验荷载，稳压3 min后卸载。加载过程连续进行3次。
- d) 竖向压缩变形分别取4个位移传感器读数的算术平均值，绘制荷载-竖向压缩变形曲线。盆环径向变形分别取4个千分表读数的算术平均值，绘制荷载-盆环径向变形曲线。变形曲线应呈线性关系。
- e) 试验竖向压缩变形、盆环径向变形应满足4.1.1的要求。

5.3 水平承载力试验方法

试验条件：试验室的标准温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

试样停放：试验前将试样直接暴露在标准温度下，停放24h。

试验方法：



- 1——上承载板；
2——试样；
3——水平力试验装置；
4——自平衡反力架；
5——百分表；
6——下承载板。

按上图放置试样后, 按下列步骤进行支座水平承载力试验:

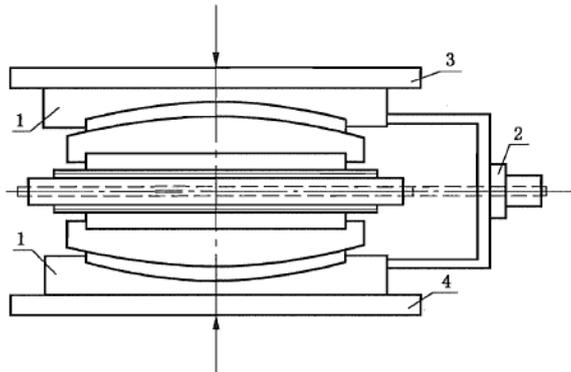
- a) 将试样置于试验机的承载板上, 将自平衡反力架及水平力试验装置组合配置好。试验荷载为支座水平承载力的 1.2 倍。加载至水平承载力的 0.5% 后, 核对水平方向百分表及水平千斤顶数据, 确认无误后, 进行预推。
- b) 预推。将支座竖向承载力加至设计承载力的 50%, 用水平承载力的 20% 进行预推, 反复进行 3 次。
- c) 正式加载。将试验荷载由零至试验荷载均匀分为 10 级。试验时先将竖向承载力加至 50% 后, 再以支座设计水平力的 0.5% 作为初始推力, 然后逐级加载, 每级荷载稳压 2 min 后, 记录百分表数据, 待设计水平力达到 90% 后, 再将竖向承载力加至设计承载力, 然后将水平承载力加至试验荷载稳压 3 min 后卸载。加载过程连续进行 3 次。
- d) 水平力作用下变形分别取 2 个百分表的平均值, 绘制荷载-水平变形曲线。变形曲线应呈线性关系。
- e) 水平力应满足 4.1.2 的有关要求。
- f) 支座水平承载力试验, 在拆除装置后, 检查支座变形是否恢复。变形不能恢复的产品为不合格。

5.4 支座摩擦系数试验

试验条件: 试验室的标准温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

试样停放: 试验前将试样直接暴露在标准温度下, 停放 24h。

试验方法:



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

按上图放置试样后, 按下列步骤进行支座摩擦系数试验:

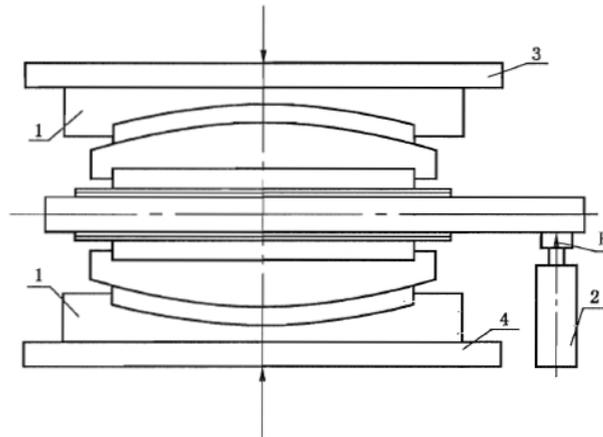
- a) 将试样按双剪组合置于试验机的承载板上, 试样中心与承载板中心位置对准, 精度小于 1% 球型支座直径。
- b) 将支座竖向设计荷载以连续均匀的速度加满, 在整个摩擦系数试验过程中保持不变。其预压时间为 1 h。
- c) 正式加载。用水平力加载装置连续均匀的施加水平力, 由专用的压力传感器记录水平力大小, 支座一旦发生滑动即停止施加水平力, 由此计算出支座的初始摩擦系数。试验过程连续进行 5 次。
- d) 以实测第二次至第五次滑动摩擦系数的平均值, 作为支座的实测摩擦系数。
- e) 支座摩擦系数应满足 4.1.4 的要求。

5.5 支座转动性能试验

试验条件: 试验室的标准温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

试样停放: 试验前将试样 直接暴露在标准温度下, 停放 24h。

试验方法:



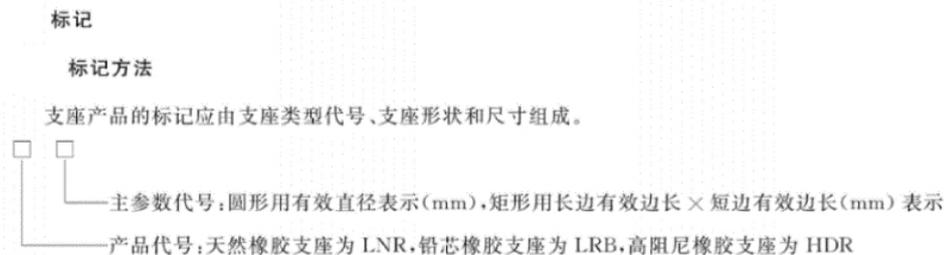
- 1——试样;
2——加载装置;
3——上承载板;
4——下承载板。

按上图放置试样后, 按下列步骤进行支座转动性能试验:

- 将试样按图 D.1 置于试验机的承载板上, 试样中心与承载板中心位置对准, 精度小于 1% 球型支座直径。
- 将支座竖向设计荷载以连续均匀的速度加满, 并在整个转动试验过程中保持不变。
- 正式加载。用千斤顶以 5 kN/min 的速率施加转动力矩, 直至支座发生转动后千斤顶卸载, 记录支座发生转动瞬间的千斤顶最大荷载。试验过程连续进行 3 次。
- 支座实测转动力矩为 $M_0 = P \cdot l/2$, 取其 3 次的试验平均值。
- 支座实测转动力矩应小于 4.1.5 设计的转动力矩。

六、隔震橡胶支座 (JG 118-2018)

根据《建筑隔震橡胶支座》JG 118-2018, 隔震橡胶支座主要包括: 天然橡胶支座、铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座。



示例 1: 天然橡胶支座, 有效直径 500mm, 标记为: LNR500。

示例 2: 铅芯橡胶支座, 有效直径 400mm, 标记为: LRB400。

示例 3: 高阻尼橡胶支座, 有效直径 600mm, 标记为: HDR600。

示例 4: 天然橡胶支座, 矩形支座尺寸 $500\text{mm} \times 600\text{mm}$, 标记为: LNR500 \times 600。

支座竖向和水平力学性能的要求见表 10 和表 11。

表 10 支座竖向和水平力学性能要求

项目	性能要求	
竖向性能 (天然橡胶支座、 铅芯橡胶支座、 高阻尼橡胶支座)	竖向压缩刚度	实测值允许偏差为+30%; 平均值允许偏差为+20%
	压缩变形性能	荷载-位移曲线应无异常
	竖向极限压应力	当 $3 \leq S_2 \leq 4$ 时, 应不小于 60MPa; 当 $4 < S_2 \leq 5$ 时, 应不小于 75MPa; 当 $S_2 > 5$ 时, 应不小于 90MPa;
	当水平位移为支座内部橡胶直径 0.55 倍状态时的极限压应力	当 $3 \leq S_2 \leq 4$ 时, 应不小于 20MPa; 当 $4 < S_2 \leq 5$ 时, 应不小于 25MPa; 当 $S_2 > 5$ 时, 应不小于 30MPa;
	竖向极限拉应力	应不小于 1.5MPa
	竖向拉伸刚度	实测值允许偏差为+30%; 平均值允许偏差为+20%
	侧向不均匀变形	直径或边长不大于 600mm 支座, 侧向不均匀变形不大于 3mm; 直径或边长不大于 1000mm 支座, 侧向不均匀变形不大于 5mm; 直径或边长不大于 1500mm 支座, 侧向不均匀变形不大于 7mm;

表11 支座竖向和水平力学性能要求

天然橡胶支座水平性能	水平等效刚度	水平滞回曲线在正、负向应具有对称性, 正、负向最大变形和剪力的差异应不大于 15%; 实测值允许偏差为+15%; 平均值允许偏差为+10%
铅芯橡胶支座水平性能	水平等效刚度	水平滞回曲线在正、负向应具有对称性, 正、负向最大变形和剪力的差异应不大于 15%; 实测值允许偏差为+15%; 平均值允许偏差为+10%
	屈服后水平刚度	实测值允许偏差为+15%; 平均值允许偏差为+10%
	等效阻尼比	实测值允许偏差为+15%; 平均值允许偏差为+10%
	屈服力	实测值允许偏差为+15%; 平均值允许偏差为+10%
高阻尼橡胶支座水平性能	水平等效刚度	水平滞回曲线在正、负向应具有对称性, 正、负向最大变形和剪力的差异应不大于 15%; 实测值允许偏差为+15%; 平均值允许偏差为+10%
	屈服后水平刚度	实测值允许偏差为+15%; 平均值允许偏差为+10%
	等效阻尼比	实测值允许偏差为+20%; 平均值允许偏差为+15%
	屈服力	实测值允许偏差为+15%; 平均值允许偏差为+10%
水平极限性能 (天然橡胶支座、 铅芯橡胶支座、 高阻尼橡胶支座)	水平极限变形能力	极限剪切变形不应小于橡胶总厚度的 400% 与 0.55D 的较大值

支座耐久性能要求见表12。

表 12 耐久性能要求

项目		性能要求
老化性能	竖向刚度变化率	+ 20%
	水平等效刚度变化率	
	等效阻尼比变化率 (LRB、HDR)	
	水平极限变形能力	≥320%剪应变
	支座外观	目视无龟裂
徐变性能	徐变量	天然橡胶支座和铅芯橡胶支座不应大于橡胶层总厚度的 5%； 高阻尼橡胶支座不应大于橡胶层总厚度的 10%
疲劳性能	竖向刚度变化率	+ 15%
	水平等效刚度变化率	
	等效阻尼比变化率 (LRB、HDR)	
	支座外观	目视无龟裂
注：表中未特别注明的性能要求适用于天然橡胶支座、铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座。		

七、计算实例

例 1：GYZ $\phi 200 \times 42$ 橡胶支座一组，中间有 6 层钢板，钢板厚度为 2mm，中间胶层厚度为 5mm。其中一块支座的抗压弹性模量见表 13，一对支座的抗剪弹性模量实测数据见表 14，计算实测抗压弹性模量和抗剪弹性模量，并进行判定。

表 13 实测抗压弹性模量原始记录值 (mm)

试验 编号	橡胶层厚度 δ_i (mm)	测定 次数	传感器 编号	压应力 MPa				
				1.0	4.0	6.0	8.0	10.0
1	30	1	N ₁	2.75	3.02	3.18	3.29	3.41
			N ₂	2.54	3.09	3.29	3.42	3.52
			N ₃	3.72	4.30	4.48	4.60	4.70
			N ₄	7.67	7.97	8.11	8.23	8.37
		2	N ₁	2.80	3.07	3.24	3.36	3.46
			N ₂	2.57	3.10	3.30	3.45	3.54
			N ₃	3.84	4.33	4.51	4.63	4.71
			N ₄	7.76	8.05	8.20	8.30	8.40
		3	N ₁	2.72	3.02	3.20	3.33	3.47
			N ₂	2.45	3.06	3.27	3.39	3.49
			N ₃	3.60	4.09	4.25	4.32	4.41
			N ₄	7.63	7.86	7.99	8.09	8.24

表 14 实测抗剪弹性模量原始记录值 (mm)

试 验 编 号	橡胶 层厚度 δ_i (mm)	测 定 次 数	传 感 器 编 号	剪应力 MPa									
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1	30	1	N ₁	29.14	30.53	32.02	34.18	35.92	37.90	39.87	41.82	43.50	45.15
			N ₂	28.96	30.30	31.83	34.00	35.73	37.70	39.63	41.68	43.38	45.00
		2	N ₁	28.33	29.70	31.03	33.12	34.75	37.14	39.15	41.18	42.90	44.62
			N ₂	27.68	29.00	30.30	32.84	37.09	36.48	38.55	40.60	42.28	43.96
		3	N ₁	32.92	34.52	35.73	38.42	40.81	42.72	44.50	46.18	47.53	48.82
			N ₂	31.95	33.38	35.79	37.93	39.00	41.86	43.83	45.22	46.81	48.00

解:

(1) 抗压弹性模量

首先计算胶层总厚度

$$\text{橡胶层总厚度 } \delta_i = 42 - (2 \times 6) = 30\text{mm}$$

再计算形状系数

$$\text{形状系数 } S = d_0 / 4t_1 = (200 - 2 \times 5) / (4 \times 5) = 9.5$$

计算抗压弹性模量标准值

$$E = 5.4GS^2 = 5.4 \times 9.5^2 = 487\text{MPa}$$

$$\text{实测抗压弹性模量 } E_1 = \frac{\sigma_{10} - \sigma_4}{\varepsilon_{10} - \varepsilon_4}$$

$$\text{第一次加载时: } \varepsilon_{10} = \frac{(3.41 + 3.52 + 4.70 + 8.37) / 4}{30} = \frac{5}{30}$$

$$\varepsilon_4 = \frac{(3.02 + 3.09 + 4.30 + 7.97)/4}{30} = \frac{4.595}{30}$$

$$E_{1_1} = \frac{\sigma_{10} - \sigma_4}{\varepsilon_{10} - \varepsilon_4} = \frac{10 - 4}{\frac{5}{30} - \frac{4.595}{30}} = 444 \text{ MPa}$$

同理, 第二次加载时: $E_{1_2} = 462 \text{ MPa}$

第三次加载时: $E_{1_3} = 456 \text{ MPa}$

第一块的实测抗压弹性模量平均值 $E_1 = \frac{444 + 462 + 456}{3} = 454 \text{ MPa}$

$$\text{第一次测试偏差 } \Delta E_{1_1} = \left(\frac{444 - 454}{454} \right) \times 100\% = 2.2\% < 3\%$$

$$\text{第二次测试偏差 } \Delta E_{1_2} = \left(\frac{462 - 454}{454} \right) \times 100\% = 1.8\% < 3\%$$

$$\text{第三次测试偏差 } \Delta E_{1_3} = \left(\frac{456 - 454}{454} \right) \times 100\% = 0.4\% < 3\%$$

$$\text{偏差 } \left(\frac{487 - 454}{487} \right) \times 100\% = 6.8\% < 20\%$$

根据以上结果可以判定第一块支座的抗压弹性模量满足要求。

(2) 抗剪弹性模量

首先根据变形计算剪应变, 再代入公式计算。

$$\text{第一次加载时: } \gamma_{0.3} = \frac{(32.12 + 31.83)/2}{30} = 1.0658$$

$$\gamma_{1.0} = \frac{(45.15 + 45.00)/2}{30} = 1.5025$$

$$G_{1_1} = \frac{\tau_{1.0} - \tau_{0.3}}{\gamma_{1.0} - \gamma_{0.3}} = \frac{1.0 - 0.3}{1.5025 - 1.0658} = 1.60 \text{ MPa}$$

同理第二次加载时: $G_{1_2} = 1.54 \text{ MPa}$

第三次加载时: $G_{1_3} = 1.66 \text{ MPa}$

第一块支座的抗剪弹性模量为: $G_1 = \frac{1.60 + 1.54 + 1.66}{3} = 1.60 \text{ MPa}$

三次结果和算术平均值之间的偏差均小于算术平均值的 3%, 但与规定的 G 值 (1.0) 的偏差大于 ±15%, 所以此块支座的抗剪弹性模量不满足要求。

肩负行业责任，为检测人员素质保驾护航！



 025-8545 8161

<http://jkpx.jsgjc.com>

江苏建科建筑技术培训中心