

TB/T 3320—2013《铁路桥梁球型支座》第1号修改单

(征求意见稿)

修改内容

一、第2章

增加：

- GB/T222 钢的成品化学成分允许偏差
GB/T231.1-2018 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法 (ISO 6506-1: 2014, MOD)
GB/T 711 优质碳素结构钢热轧钢板和钢带
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 3190—2008 变形铝及铝合金化学成分 (ISO 209: 2007, MOD)
GB/T 6402—2008 钢锻件超声检测方法
GB/T 10125—2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验 (ISO 9227: 2006, IDT)
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 13913—2008 金属覆盖层 化学镀镍—磷合金镀层规范和试验方法 (ISO 4527: 2003, IDT)
GB/T 16475—2008 变形铝及铝合金状态代号
GB/T 16865—2013 变形铝、镁及其合金加工制品 拉伸试验用试样及方法
GB/T 17432—2012 变形铝及铝合金 化学成分分析取样方法
GB/T 22639—2008 铝合金加工产品的剥落腐蚀试验方法
GB/T 25136 钢质自由锻件检验通用规则
GB/T 36543 铁路桥梁词汇

删除：

- TB/T 1527—2011 铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件
TB/T 2820.3 铁路桥隧建筑物劣化评定标准 支座
TB/T 3274—2011 铁路混凝土梁配件多元合金共渗防腐技术条件

修改为：

- GB/T 1040.1—2018 塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则 (ISO 527-1:2012, IDT)
JB/T 5943—2018 工程机械 焊接件通用技术条件

二、3.1节

修改为：

3.1 规格

3.1.1 承载力

3.1.1.1 支座竖向设计承载力(P)分为39级：1000kN、1500kN、2000kN、2500kN、3000kN、3500kN、4000kN、4500kN、5000kN、5500kN、6000kN、6500kN、7000kN、7500kN、8000kN、9000kN、10000kN、12500kN、15000kN、17500kN、20000kN、22500kN、25000kN、27500kN、30000kN、32500kN、35000kN、

37500kN、40000kN、45000kN、50000kN、55000kN、60000kN、65000kN、70000kN、75000kN、80000kN、90000kN 和 100000kN。

3.1.1.2 固定支座水平各向、纵向活动支座横桥向和横向活动支座顺桥向的水平设计承载力（限位挡块地震剪断力）应依据相关标准和规范的规定通过计算确定，一般情况下，水平设计承载力（限位挡块地震剪断力）分为 7 级：0.1P、0.15P、0.2P、0.25P、0.3P、0.4P、0.45P。

3.1.2 位移

3.1.2.1 多向和纵向活动支座顺桥向设计位移分为 7 级： $\pm 30\text{mm}$ 、 $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 100\text{mm}$ 、 $\pm 150\text{mm}$ 、 $\pm 200\text{mm}$ 、 $\pm 250\text{mm}$ 和 $\pm 300\text{mm}$ 。

3.1.2.2 多向和横向活动支座横桥向设计位移分为 4 级： $\pm 10\text{mm}$ 、 $\pm 20\text{mm}$ 、 $\pm 30\text{mm}$ 和 $\pm 40\text{mm}$ 。

3.1.2.3 地震位移应依据相关标准和规范的规定通过计算确定，组合位移的组合规则应满足设计要求。

3.1.2.4 当有特殊要求时，设计位移可根据需要调整。

3.1.3 调高量

3.1.3.1 支座的单侧（支座顶面和梁底，或支座底面和墩顶）垫板调高的设计调高量为 20mm、40mm 或 60mm，双侧组合调高的设计调高量为 40mm、60mm、80mm、100mm 或 120mm。支座填充调高的设计调高量为 20mm、40mm 或 60mm。

3.1.3.2 垫板调高支座优先选择顶面（支座顶面和梁底）垫板调高方式。

3.1.3.3 当有特殊要求时，设计调高量可根据需要调整。

3.1.4 顶面预设坡度

3.1.4.1 支座顶面的预设坡度为 0‰、8‰或 16‰，分别适应 0‰~4‰、4‰~12‰或 12‰~20‰的线路坡度。

3.1.4.2 当线路坡度大于 20‰时，支座顶面预设坡度可根据需要调整，但不宜大于 30‰。

三、3.2 节

修改为：

3.2 分类

3.2.1 按适用温度范围，支座分为常温型支座和耐寒型支座。

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。

注：特殊条件下低温下限为 -50°C 。

3.2.2 按调高方式，支座分为垫板式调高支座和填充式调高支座。

a) 垫板式调高：在支座本体与上部结构（梁）的底面或下部结构（墩、台）的顶面之间加垫钢板实现调高；

b) 填充式调高：在支座本体内密封腔体中压注聚氨酯等填充介质实现无级调高。

3.2.3 按使用性能，支座分为多向活动支座、横向活动支座、纵向活动支座和固定支座：

a) 多向活动支座：承受竖向荷载，具有竖向转动和水平各向滑移性能；

b) 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滑移性能；

c) 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滑移性能；

d) 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，水平各向均无滑移。

四、4.1 节

修改为：

4.1 结构形式

4.1.1 普通球型支座主要由上支座板（含平面不锈钢板）、平面滑板、球冠衬板（含球面不锈钢板）、球面滑板、下支座板、密封环、锚栓（螺栓、套筒及螺杆）和防尘围板等部件组成，必要时可增设转动套，见图1~图5。

4.1.2 减隔震球型支座主要由上支座板（含曲面不锈钢板）、上曲面滑板、球冠衬板、下曲面滑板、下支座板（含曲面不锈钢板）、限位挡块（含剪力销钉和抗弯螺栓）、密封环、锚栓（螺栓、套筒及螺杆）和防尘围板等部件组成，必要时可增设平面滑板和底座板（含平面不锈钢板），见图8。

4.1.3 垫板式调高支座和填充式调高支座除4.3.1、4.3.2基本构成外，垫板式调高支座还包含顶面或底面的调高垫板，填充式调高支座还包含底座板、密封圈、填充通道及丝堵，见图6、图7。

4.1.4 球冠衬板包括球冠基板凸球面焊接包覆不锈钢板、球冠基板表面化学镀镍—磷合金镀层或铝合金整体球冠衬板三种形式。

4.1.5 滑动面的组成见表1，无硅脂润滑的曲面滑动面仅适用于减隔震球型支座。

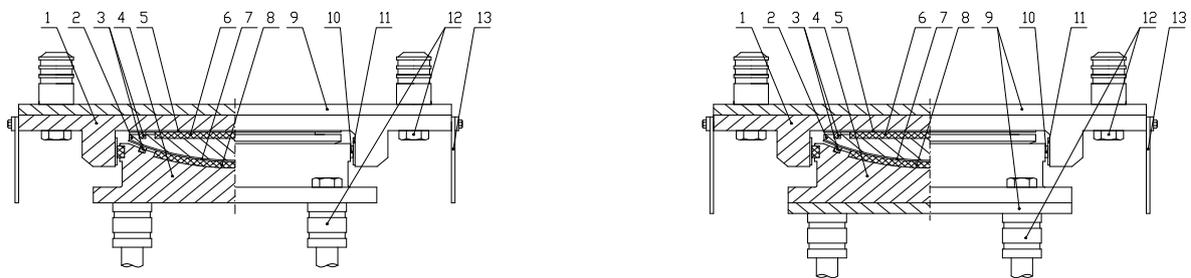
4.1.6 支座与梁底间宜设置过渡连接钢板，预制梁的过渡连接钢板应预先埋置于梁底，见图9。

4.1.7 普通球型支座、减隔震球型支座可与型钢防落梁、U型钢（阻尼）防落梁装置、减震樨及榀形防落梁装置、黏滞阻尼器、速度锁定器等装置配合使用，图10为与减隔震球型支座配合使用的U型钢（阻尼）防落梁装置布置示意图。

表1 滑动面的组成

平面滑动面		曲面滑动面		导向滑动面					
滑板	配合面	滑板	配合面	导向滑板	配合面				
有硅脂槽	聚四氟乙烯板 改性超高分子量聚乙烯板	有硅脂槽	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	不锈钢板、铝合金或化学镀镍—磷合金镀层	无硅脂槽	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	不锈钢板		
								改性聚四氟乙烯板	SF-1B三层复合板
								改性聚四氟乙烯板	SF-1B三层复合板
改性聚四氟乙烯板	改性聚四氟乙烯板	无硅脂槽	改性超高分子量聚乙烯板	不锈钢板	无硅脂槽	SF-1B三层复合板	不锈钢板		

图6修改为：

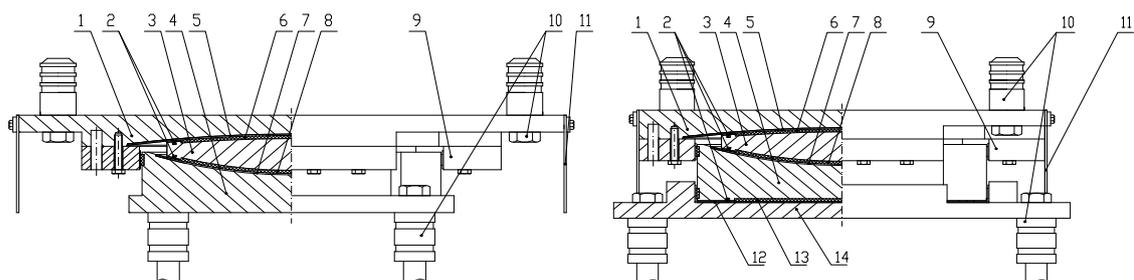


标引序号的说明：

- 1——上支座板；2——球冠衬板；3——密封环；4——下支座板；5——平面不锈钢板；6——平面滑板；7——球面不锈钢板（整体球冠衬板无此项）；8——球面滑板；9——调高垫板；10——导向滑板；11——导向不锈钢板；12——锚栓（螺栓、套筒及螺杆）；13——防尘围板。

图6 垫板式调高支座

图8修改为:



a) 无平面滑动面

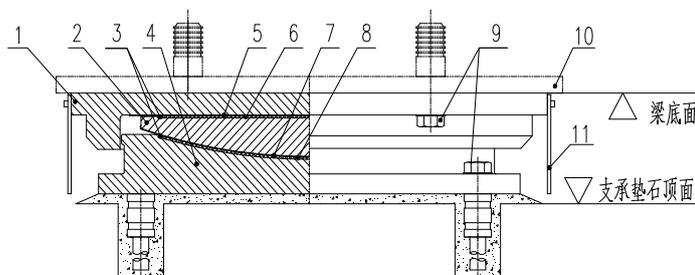
b) 有平面滑动面

标引序号的说明:

- 1——上支座板; 2——密封环 3——球冠衬板; 4——下支座板; 5——第1曲面不锈钢板; 6——第1曲面滑板;
7——第2曲面不锈钢板; 8——第2曲面滑板 9——限位挡块 (附剪力销钉和抗弯螺栓);
10——锚栓 (螺栓、套筒及螺杆); 11——防尘围板; 12——平面不锈钢板; 13——平面滑板; 14——底座板。

图 8 球型减隔震支座

增加图9

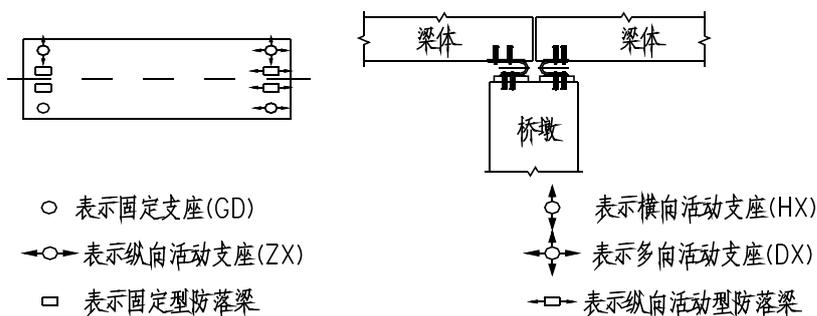


标引序号的说明:

- 1——上支座板; 2——球冠衬板; 3——密封环; 4——下支座板; 5——平面不锈钢板; 6——平面滑板;
7——球面不锈钢板 (整体球冠衬板无此项); 8——球面滑板; 9——锚栓 (螺栓、套筒及螺杆);
10——过渡连接钢板; 11——防尘围板。

图 9 支座与梁底间设置过渡连接钢板示意图

增加图10



a) 平面布置图

b) 立面布置图

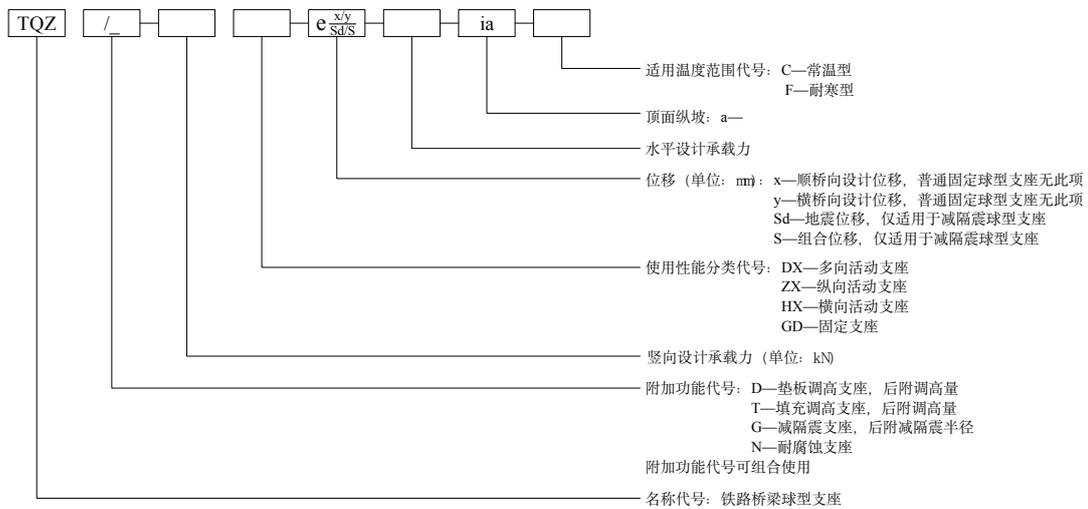
图 10 U 型钢阻尼防落梁装置布置示意图

五、4.2 节

修改为:

4.2 型号

支座型号由名称代号、附加功能代号、竖向设计承载力、使用性能分类代号、位移（设计位移、地震位移和组合位移）、水平设计承载力（限位挡块地震剪力）、预设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: TQZ/D₄₀/N-5000GD-0.1P-i8-F 表示竖向设计承载力为 5000kN、水平设计承载力为竖向设计承载力的 10%、设计垫板调高量 100mm（顶面设计调高量 60mm、底面设计调高量 40mm）、顶面预设坡度为 8‰的铁路桥梁耐寒耐腐蚀型固定球型支座。

示例 2: TQZ/T40-2000ZX-e50/0-0.2P-i0-C 表示竖向设计承载力 2000kN、顺桥向设计位移为 ±50mm、水平设计承载力为竖向设计承载力 20%、设计填充调高量 40mm、顶面不设坡度的铁路桥梁常温型纵向活动球型支座。

TQZ/G5/D20-10000DX-e $\frac{100/40}{200/300}$ -0.2P-i16-C 表示竖向设计承载力为 10000kN、限位挡块地震剪力为竖向设计承载力的 20%、顺桥向设计位移为 100mm、横桥向设计位移为 40mm、地震位移为 200mm、组合位移为 300mm、减隔震半径为 5m、顶面设计垫板调高量 20mm、预设坡度 16‰的铁路桥梁常温型多向活动减隔震球型支座。

六、5.1 节

修改为：

5.1 支座性能

5.1.1 支座竖向承载力的检验荷载为 1.5 倍竖向设计承载力，在检验荷载作用下支座应保持部件及整体完好、功能正常。在竖向设计承载力作用下，总高度不大于 200mm 的支座，竖向压缩变形不应大于 2.0mm；总高度大于 200mm 的支座，竖向压缩变形不应大于支座高度的 1.0%，且不应大于 4.0mm。

5.1.2 在硅脂润滑条件下，有平面滑动面的支座水平静摩擦系数 μ_s 应满足下列要求：

- a) -25℃ ~ +60℃: $\mu_s \leq 0.030$
- b) -40℃ ~ -25℃: $\mu_s \leq 0.050$

注：特殊条件下 b) 低温下限为 -50℃。

5.1.3 无平面滑动面减隔震球型支座的水平静摩擦系数 μ_s 应满足设计要求，且不宜大于 0.070。

5.1.4 无平面滑动面或约束了平面滑动面滑动的有平面滑动面的减隔震球型支座水平动摩擦系数 μ_d 应满足设计要求，且不宜大于 0.070。根据滑板材料和曲面滑动面的润滑状态 μ_d 的设计值可分为 3 级： $\mu_d \leq 0.030$ 、 $0.030 < \mu_d \leq 0.050$ 和 $0.050 < \mu_d \leq 0.070$ 。

5.1.5 在硅脂润滑条件下普通球型支座的转动动力矩应满足公式 (1)：

$$M \leq P \cdot \mu \cdot R \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

M ——转动力矩, 单位为千牛·米 ($\text{kN} \cdot \text{m}$);

μ ——球面滑动面的设计转动摩擦系数 ($-25^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$, $\mu=0.03$; $-40^{\circ}\text{C} \sim -25^{\circ}\text{C}$, $\mu=0.05$);

注: 特殊条件下低温下限为 -50°C , $\mu=0.05$ 。

R ——球冠衬板的球面半径, 单位为米 (m)。

5.1.6 减隔震球型支座限位挡块地震剪断力与设计值的偏差应为正偏差, 且偏差值不应大于 25%。

5.1.7 减隔震球型支座的屈服后刚度与设计值的偏差不应大于 10%。

5.1.8 与球型支座配合使用的减震棒、钢阻尼防落梁装置等的性能应满足设计或相关标准要求。

填充式调高支座在填充及使用过程中应密封良好, 通道无堵塞、填充物无渗漏。

删除: 表 1

七、5.2 节

修改为:

5.2 材料性能

5.2.1 聚四氟乙烯板、改性超高分子量聚乙烯板和改性聚四氟乙烯板的物理机械性能应符合表 2 的规定。滑板在硅脂润滑状态下与不锈钢板配合面滑动时的摩擦和磨耗性能应符合表 3 的规定。滑板(曲面用)在无硅脂润滑状态下与不锈钢板配合面滑动时的摩擦和磨耗性能应符合表 4 的规定。滑板的荷载压缩变形应符合表 5 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不应大于 $50\mu\text{m}$, 模压成型压应力不宜小于 25MPa 。

表 2 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		
		有硅脂槽	无硅脂槽	有硅脂槽	无硅脂槽		有硅脂槽	无硅脂槽	
			导向		导向	曲面		导向	曲面
密度	g/cm^3	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		$\geq 300\%$		$\geq 250\%$			$\geq 300\%$		
拉伸弹性模量	MPa	—		680~1020			—		
球压痕硬度(H132/60)	MPa	23.0 ~ 33.0		26.4 ~ 39.6			26.4 ~ 39.6		
球压痕硬度中H132/60为荷载132N、持荷60s。									

表 3 滑板的摩擦和磨耗性能 (有硅脂润滑)

项目	技术要求	聚四氟乙烯板			技术要求	改性超高分子量聚乙烯板			技术要求	改性聚四氟乙烯板		
		试验条件				试验条件				试验条件		
		试验温度 $^{\circ}\text{C}$	平均压应力 MPa	平均滑动速度 mm/s		试验温度 $^{\circ}\text{C}$	平均压应力 MPa	平均滑动速度 mm/s		试验温度 $^{\circ}\text{C}$	平均压应力 MPa	平均滑动速度 mm/s
初始静摩擦系数 μ_{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 η $\mu\text{m}/\text{km}$	≤ 15.0			8				≤ 5.0				15

表 4 滑板（曲面用）的摩擦和磨耗性能（无硅脂润滑）

项目	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		
		试验温度 ℃	平均压应力 MPa	平均滑动速度 mm/s
初始静摩擦系数 μ_{st}	小于等于设计值且不大于 0.05	23 ± 2	45	0.4
线磨耗率 η $\mu\text{m} / \text{km}$	≤ 100			5

表 5 滑板的荷载压缩变形

项目	技术要求	试验条件				持荷时间 h
		试验温度 ℃	平均压应力 MPa			
			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	≤ 0.5% h_0	35 ± 2	60	180	90	48

注： h_0 为滑板初始外露厚度。

5.2.2 滑板润滑采用 5201-2 硅脂的物理性能不应低于 HG/T 2502—1993 中优等品的规定。

5.2.3 支座用钢板的化学成分和力学性能（含冲击吸收能量 KV_2 ）应分别满足 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 Q355。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 ）和耐候性能应满足设计要求。

5.2.4 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 ）应满足 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591 或 GB/T 3077 的规定，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 的规定。

5.2.5 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/T11352 的规定，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铸中单独铸出。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 的规定。

5.2.6 支座球冠衬板用铝合金为热轧板材，供应状态应满足 GB/T16475-2008 中的 T651 要求，化学成分和力学性能应符合表 6 和表 7 的规定，硬度不小于 80HBW10/1000，剥落腐蚀试验的腐蚀等级为 N 级。

表 6 化学成分（质量分数）

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
0.90% ~ 1.50%	≤ 0.50%	≤ 0.10%	0.60% ~ 1.10%	0.80% ~ 1.30%	≤ 0.25%	≤ 0.20%	≤ 0.10%	余量

表 7 力学性能

供应状态	试样状态	板厚 mm	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	抗拉强度 R_m MPa	伸长率 A
T651	T651	≤ 150	270	310	≥ 10%
		> 150			≥ 8%

5.2.7 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 的规定。

5.2.8 支座用不锈钢板的化学成分及力学性能应符合 GB/T 3280—2015 的规定。不锈钢板配合面可采用 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。

5.2.9 导向滑板和密封环采用的聚四氟乙烯板、改性超高分子量聚乙烯板或改性聚四氟乙烯板应符合表 2 和表 5 的规定。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 280MPa 压应力下的压缩永久变形量不大于 0.030mm；初始静摩擦系数应满足：试样在 65MPa 压应力下的初始静摩擦系数不大于 0.20。

5.2.10 调高垫板的钢板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的钢板强度等级一致。

5.2.11 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。

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

5.2.13 球冠衬板采用的化学镀镍—磷合金镀层应符合 GB/T 13913-2008 的规定，基层金属应采用满足 5.2.3 的钢板或 5.2.4 的钢锻件，镀层为 4 级，最小局部厚度为 30 μ m，耐腐蚀性能应满足：按 GB/T 10125-2012 进行中性盐雾试验，试验周期 1000h，不出现锈蚀。

5.2.14 过渡连接钢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。

5.2.15 调高支座的丝堵、外接管路、接头及支座其他附属配件的性能和材质应符合设计要求。

八、 5.3 节

修改为：

5.3 尺寸与偏差

5.3.1 滑板可采用整体板、分片拼接板或分片镶嵌板的形式，但滑板平面直径不大于 1000mm 时不宜采用拼接板或分片镶嵌板。滑板基准厚度 t 不应小于 7mm 且不应大于 8mm，嵌入深度不小于厚度的 1/2，外露厚度不小于 3mm，厚度极限偏差、突出凹槽的外露厚度极限偏差及容许装配间隙应满足表 8 规定。滑板储硅脂槽的平面布置和尺寸见图 11。

表 8 滑板的尺寸极限偏差及装配间隙

单位为毫米

滑板直径（或对角线长度） d	厚度极限偏差	外露厚度极限偏差	与基层钢件凹槽的容许装配间隙
$d \leq 600$	$\begin{matrix} +0.4 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.3 \\ 0 \end{matrix}$	≤ 0.6
$600 < d \leq 1200$	$\begin{matrix} +0.6 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.5 \\ 0 \end{matrix}$	≤ 0.9
$d > 1200$	$\begin{matrix} +0.8 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.7 \\ 0 \end{matrix}$	≤ 1.2

5.3.2 不锈钢板配合面的长度不大于 1500 mm 时，板厚可采用 2 mm 或 3mm；长度大于 1500 mm 时，板厚不宜小于 3 mm。不锈钢板与基层钢板采用氩弧焊周边连续焊接时，焊接后的不锈钢板应与基层钢板密贴，不锈钢板配合面的平面度和球面轮廓度不应超过滑板直径（或对角线长度）的 0.03% 和 0.20mm 中的较大者。

5.3.3 球冠衬板铝合金配合面或化学镀镍—磷合金镀层配合面的球面轮廓度不应超过滑板直径（或对角线长度）的 0.03% 和 0.20mm 中的较大者。

5.3.4 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 mm，青铜粉中间层的厚度为 $0.25_0^{+0.15}$ mm，改性聚四氟乙烯面层的厚度为 $0.10_0^{+0.02}$ mm。SF-1B 三层复合板总厚度为 $2.4_0^{+0.1}$ mm。

5.3.5 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。

九、5.4 节

修改为：

5.4 外观质量

5.4.1 铸钢件经机加工后，表面质量应符合表 9 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 9 规定但不超过表 10 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 30mm 范围内及坡口表面清理干净。铸件焊修修补部位表面不应有未焊透、裂纹、夹渣、气孔等缺陷。焊补后的部件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使用。

表 9 铸钢件机加工后的表面质量

部位	缺陷（气孔、缩孔、砂眼、渣孔）				缺陷间距 mm
	缺陷大小 mm	缺陷深度	缺陷个数	缺陷总面积	
下支座板外圆柱以内的底面及上支座板、球冠衬板	$\leq \phi 2$	不大于所在部位厚度的 10%	在 100mm × 100mm 内不多于 1 个	不大于所在部位面积的 1.5%	≥ 80
下支座板外圆柱以外的底面及下支座板上表面	$\leq \phi 3$				

表 10 铸钢件缺陷修补条件

部位	缺陷（气孔、缩孔、砂眼、渣孔）		
	缺陷总面积	缺陷深度	缺陷个数
下支座板外圆柱以内的底面及上支座板	不大于所在部位面积的 2%	不大于所在部位板厚 1/3	≤ 2
下支座板外圆柱以外的底面及下支座板上表面			≤ 3

5.4.2 锻件质量应满足 GB/T 12361 的规定。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 3mm 以上。

5.4.3 滑板在自然光下目视检查，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。

5.4.4 不锈钢板配合面应符合 GB/T 3280—2015 的 8 # 表面加工要求，粗糙度最大参数值为 MRR Ramax 0.8, 不应有分层、鼓泡、褶皱和影响使用性能的机械损伤。

5.4.5 铝合金配合面应进行精车和等线速度滚压处理，滚压过盈量不小于 0.20mm，粗糙度最大参数值为 MRR Ramax 0.8，表面不应有裂纹和可见的孔洞等影响使用的缺陷。

5.4.6 球冠衬板化学镀镍—磷合金镀层的凸球面应光亮，粗糙度最大参数值为 MRR Ramax 0.2，镀层硬度不小于 HV500；其余表面的粗糙度最大参数值为 MRR Ramax 1.6。

5.4.7 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。

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

5.4.9 钢件非加工表面的粗糙度最大参数值为 MRR Ramax 50，机加工件外观质量应满足下列要求：

- a) 钢件与钢件接触表面的粗糙度最大参数值为 MRR Ramax 6.3，且不应有降低表面质量的印记。
- b) 自由表面的粗糙度最大参数值为 MRR Ramax 12.5。

十、5.5 节

修改为:

5.5 防腐与防尘

5.5.1 支座钢件（不锈钢、耐候结构钢和耐候铸钢除外）外露表面（不锈钢配合面、钢件与钢件接触表面除外）应进行防腐涂装，防腐涂装满足设计要求。涂层总干膜厚度不小于对应涂装体系的最小总干膜厚度，且不大于对应涂装体系的最小总干膜厚度的 2 倍。

5.5.2 支座锚栓（螺栓、套筒和螺杆）和抗弯螺栓采用复合防腐层涂装体系进行防腐涂装，复合防腐层的技术要求符合设计的规定。限位挡块的剪力销钉采用发黑工艺处理。

5.5.3 过渡连接钢板和调高垫板的防腐涂装应符合设计要求，

5.5.4 支座应设置可靠的便于拆装的外防尘构造。

十一、5.6 节

修改为:

5.6 组装

5.6.1 待装的零部件应有质量检验部门的合格标记。

5.6.2 支座滑动面应用丙酮或酒精擦净，不应夹有灰尘和杂质。

5.6.3 聚四氟乙烯滑板和改性聚四氟乙烯滑板背面需经表面活化处理后镶嵌并粘接在均匀涂抹粘接剂的基层钢板凹槽内。滑板尺寸较大时可采用铜沉头螺钉定位方式固定，钢板凹槽预设连接孔，安装就位后铜螺钉顶面应低于滑板表面不小于 3.0mm。滑板储硅脂槽主滑移方向应正确（见图 11），并在槽内涂满硅脂，中间不应夹有气泡。

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

5.6.5 支座组装后上、下支座板的平行度不应大于长边的 2‰。

5.6.6 支座组装后组装间隙应符合表 11 规定。

5.6.7 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。

5.6.8 支座组装后的整体高度极限偏差应符合表 12 的规定。

表 11 组装间隙

竖向设计承载力 P kN	上支座板与下支座板侧向单边净间隙 mm	其他
$P \leq 10000$	0.3 ~ 0.7	满足设计要求
$10000 < P \leq 50000$	0.3 ~ 1.0	
$50000 < P \leq 100000$	0.3 ~ 1.2	

表 12 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
$P \leq 10000$	± 2
$10000 < P \leq 50000$	± 3
$50000 < P \leq 100000$	± 4

十二、增加 5.7

5.7 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—2018 的规定，除不锈钢板焊缝外，A 类、B 类焊缝不低于 II 级质量要求，C 类焊缝不低于 III 级质量要求。

十三、增加 5.8

5.8.内在质量

5.8.1 滑板解剖检验在成品中任取一件样品制成标准试样。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 2 的要求。

5.8.2 钢部件、铝合金球冠和螺栓解剖检验在成品中任取一件（组）样品制成标准试样，测定化学成分、力学性能或耐腐蚀性。钢板、锻件和螺栓的化学成分和力学性能(含冲击吸收能量 KV2)应满足对应材料标准的要求；铝合金的化学成分、力学性能和腐蚀等级应满足 5.2.6 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 KV2 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，但该值不应低于规定值的 70%。

十四、6.1

修改为：

6.1 材料和部件

6.1.1 滑板

6.1.1.1 密度测定按 GB/T 1033.1—2008 的规定进行。

6.1.1.2 拉伸强度和断裂拉伸应变的测定按 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 $50\text{mm}/\text{min}$ ；拉伸弹性模量的测定按 GB/T 1040.1—2018 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 $1\text{mm}/\text{min}$ 。

6.1.1.3 球压痕硬度的测定按 GB/T 3398.1—2008 的规定进行。

6.1.1.4 初始静摩擦系数和线磨耗率的测定按附录 A 的规定进行。

6.1.1.5 荷载压缩变形的测定按附录 K 的规定进行。

6.1.1.6 剥离粘合强度的测定按 GB/T 7760—2003 的规定进行。

6.1.1.7 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按附录 B 的规定进行。

6.1.2 金属材料

6.1.2.1 优质碳素结构钢、碳素结构钢、低合金高强度结构钢和合金结构钢的化学成分和力学性能的测定按 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591 和 GB/T 3077 的规定进行。

6.1.2.2 锻件的化学成分、热处理后的力学性能的测定按 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591、GB/T 3077 和 GB/T 12361 的规定进行，探伤及质量评级按 GB/T 6402—2008 的规定进行。

6.1.2.3 铸钢件的化学成分、热处理后的机械性能的测定按 GB/T 11352 的规定进行，探伤及质量评级按 GB/T 7233.1—2009 的规定进行。

6.1.2.4 铝合金板的化学成分和力学性能的测定按 GB/T 3190-2008、GB/T 16865-2013 和 GB/T 17432-2012 的规定进行，拉伸试验采用 R4 型 $5d_0$ 标准试样；硬度的测定按 GB/T 231.1-2018 的规定进行；剥落腐蚀试验按 GB/T 22639-2008 的规定进行，采用含氯化钠的试剂。

6.1.2.5 不锈钢板的化学成分及力学性能的测定按 GB/T 3280—2015 的规定进行。

6.1.3 硅脂

5201-2 硅脂的物理性能的测定按 HG/T 2502—1993 的规定进行。

6.1.4 化学镀镍—磷合金镀层

化学镀镍—磷合金镀层的厚度按GB/T 13913-2008的规定进行，耐腐蚀性能按GB/T 10125-2012的规定进行。当球冠衬板部件因尺寸、形状无法进行耐腐蚀试验时可采用替代试样，替代试样应为同基材、同冶金状态、同镀层表面质量和同处理工艺的球冠衬板，且竖向设计承载力不小于3000kN。

6.1.5 部件

6.1.5.1 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板的平板处，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 铝合金球冠的本体取样可按 GB/T 16865-2013、GB/T 17432-2012、GB/T 22639-2008 的规定进行。

6.1.5.5 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。铝合金球冠的取样数量为 1 个拉伸试样、1 个化学分析试样和 1 个腐蚀试样。

6.1.5.6 试验方法按 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591、GB/T 3077、GB/T 3190-2008、GB/T 11352、GB/T 12361、GB/T 16865-2013 和 GB/T 22639-2008 等的相关规定进行。

十五、6.2 节

修改为：

6.2 成品力学性能

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 成品支座应进行竖向承载力、静摩擦系数、动摩擦系数（仅适用于减隔震球型支座）、转动力矩（不适用于减隔震球型支座）、密封性（仅适用于填充调高支座）、限位挡块地震剪断力（仅适用于减隔震球型支座）和屈服后刚度（仅适用于减隔震球型支座）试验。

6.2.1.2 成品支座力学性能试验应采用实体支座进行，当受试验设备能力限制时，应选用同一材质、同一工艺、同一生产周期的有代表性的支座进行试验，支座的竖向设计承载力不宜小于 5000kN。动摩擦系数、限位挡块地震剪断力和屈服后刚度试验应采用实体支座进行，当受试验设备能力限制时按设计要求进行。

6.2.1.3 试验机应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。

6.2.2 试验方法

6.2.2.1 竖向承载力试验按附录 C 的规定进行。

6.2.2.2 静摩擦系数试验按附录 D 的规定进行。

6.2.2.3 转动力矩试验按附录 E 的规定进行。

6.2.2.4 密封性试验按附录 F 的规定进行。

6.2.2.5 限位挡块地震剪断力试验按附录 I 进行。

6.2.2.6 动摩擦系数和屈服后刚度试验按附录 G 的规定进行。

6.2.3 U 型钢（阻尼）防落梁装置

与减隔震球型支座配合使用的 U 型钢（阻尼）防落梁装置的力学性能试验按附录 J 的规定进行。

十六、7.2 节

修改为:

7.2.1 支座原材料进厂检验应符合表 13 的规定。

表 13 原材料进厂检验

检验项目	检验内容	技术要求	检验频次
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 (有硅脂槽适用)	5.2.1 5.3.1	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 500kg)
	初始静摩擦系数 荷载压缩变形	5.2.1	每 180d 至少一次(同一材质、同一生产厂组批)
	线磨耗率	5.2.1	每 180d 至少一次 (同一材质、同一生产厂组批。线磨耗率测试距离: 有硅脂槽的聚四氟乙烯板 1km, 改性超高分子量聚乙烯板和改性聚四氟乙烯板 15km; 无硅脂槽的改性超高分子量聚乙烯板和改性聚四氟乙烯板 10km)
	尺寸 外观质量	设计文件 5.3.1 5.4.3	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	5.2.9	每批 (同一牌号、同一生产厂、同一进厂时间的板材组批, 1 批不大于 500 kg)
	尺寸 外观质量 (裁料后)	设计文件 5.3.4 5.4.8	每件
不锈钢板	力学性能 化学成分	5.2.8	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, 1 批不大于 5t)
	尺寸 外观质量 (裁料后)	设计文件 5.3.2 5.4.4	每件
钢板	化学成分 力学性能	5.2.3	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 60t)
锻件	化学成分 力学性能	5.2.4	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	5.2.4 5.4.2	每件

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	5.2.5	每炉
	超声波探伤 外观质量	5.2.5 5.4.1	每件
铝合金板	化学成分 力学性能 剥落腐蚀等级	5.2.6	每批（同一等级、同一生产厂、同一交货状态、同一进厂时间的铝合金板组批，1批不大于20t）
硅脂	物理性能 外观质量	5.2.2 5.4.7	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200kg）
粘接剂	剥离粘合强度	5.2.12	每批（同一牌号、同一等级、同一生产厂、同一进厂时间的粘接剂组批，1批不大于200kg）
螺栓 套筒 螺杆 抗弯螺栓	复合防腐层外观	设计文件 5.5.2	每件
	尺寸 复合防腐层厚度		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、套筒、螺杆或抗弯螺栓单独组批，1批不大于500件）抽1%，但不少于5件。

7.2.2 产品出厂检验项目和检验频次应满足表 14 的规定。

表 14 产品出厂检验

检验项目	检验内容	技术要求	检验频次	
部 件	不锈钢板	平面度 球面轮廓度 焊接质量 与基层钢板的密贴程度	设计文件 5.3.2	每件
	过渡连接钢板 上支座板 下支座板 剪力销钉	尺寸 外观质量	设计文件 5.3.5 5.4.9	每件
	球冠衬板	尺寸 球面轮廓度 外观质量	设计文件 5.3.3 5.3.5 5.4.5 5.4.6 5.4.9	每件
		化学镀镍—磷合金镀层厚度	5.2.13	每批（同基材、同冶金状态、同镀层表面质量、同处理工艺、同一生产周期（180d）的球冠衬板组批，1批不大

检验项目		检验内容	技术要求	检验频次	
				于 500 件) 抽 1%, 不少于 5 件。	
		耐中性盐雾腐蚀性能		每批 (同基材、同冶金状态、同镀层表面质量、同处理工艺、同一生产周期 (180d) 的球冠衬板组批, 1 批不大于 2000 件)	
	防腐	涂层外观和厚度	设计文件 5.5.1 5.5.3	每件	
		复合防腐层外观 (仅过渡连接钢板适用)	设计文件 5.5.3	每件	
		复合防腐层厚度 (仅过渡连接钢板适用)		每批 (同一材质、同一渗层工艺、同一渗层厚度、同一生产周期 (30d) 的过渡连接钢板组批, 1 批不大于 500 件) 抽 1%, 但少于 5 件	
		涂层附着力	5.5.1 5.5.3	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 (30d) 的上支座板和下支座板组批, 上支座板和下支座板 1 批不大于 200 件, 过渡连接钢板 1 批不大于 100 件)	
	滑板	是否储存有硅脂 滑板储脂槽主滑移方向 (有硅脂槽适用)	5.6.3	每件	
		与基层钢件凹槽装配间隙 突出凹槽的外露厚度尺寸	5.3.1		
	成品	组装	外形尺寸 平行度 组装间隙 组装后支座的高度偏差 标识及外观质量	设计文件 5.6.5 5.6.6 5.6.7 5.6.8 8.1	每件
		内在质量	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	物理机械性能	5.7.1

检验项目		检验内容	技术要求	检验频次
	钢件 (钢板、锻件、铸件)	化学成分 力学性能	5.7.2	每批(材质和生产厂家相同、同一生产周期(180d)的支座组批, 1批不大于1000件)
	铝合金球冠	化学成分 力学性能 腐蚀剥落等级		
	螺栓	化学成分 力学性能		每批(螺栓材质、热处理工艺和生产厂相同、同一生产周期(180d)的支座组批, 1批不大于1000件)
力学性能	支座竖向承载力试验		5.1.1	每批(同一材质、同一工艺、同一生产周期(180d)的支座组批, 1批不大于1000件)
	填充式调高支座密封性试验		5.1.9	
	动摩擦系数		5.1.4	每批(同规格型号、同滑板材质、同配合面、同一工艺、同一生产周期(180d)的支座组批, 1批不大于1000件)
	屈服后刚度		5.1.7	每批(同规格型号、同滑板材质、同配合面、同一工艺、同一生产周期(180d)的支座组批, 1批不大于1000件)
		限位挡块地震剪断力	5.1.6	每批(同规格型号、同一工艺、同一生产周期(180d)的支座组批, 1批不大于1000件)
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。				

7.2.3 支座型式检验应符合表 15 的规定。

表 15 型式检验

检验项目	技术要求
原材料进厂检验各项	7.2.1
产品出厂检验各项	7.2.2
水平静摩擦系数试验	5.1.2
	5.1.3
转动力矩试验	5.1.5
螺栓和过渡连接钢板复合防腐层性能	5.5.2、5.5.3
原材料进厂检验滑板线磨耗率测试距离: 有储硅脂槽的聚四氟乙烯板为1km, 改性聚四氟乙烯板和改性超高分子量聚乙烯板为50km; 无储硅脂槽的改性超高分子量聚乙烯和改性聚四氟乙烯滑板为10km。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。	

十七、9.1 节

修改为:

9.1 安装

9.1.1 支座应设置在支承垫石上, 支承垫石处的混凝土强度等级不宜低于C40, 垫石高度应考虑安装、养护和必要时更换支座的方便, 垫石顶面应平整。

9.1.2 支座宜采用套筒和锚固螺栓的连接方式。采用该连接方式时, 墩台顶面支承垫石部位应预留锚栓孔。锚栓孔直径应比套筒外径大50mm~60mm, 锚栓孔深度应比锚栓整体长度深30mm~40mm。

9.1.3 支座安装前应检查各部件状态和连接状况以及产品合格证, 检查合格后方可进行安装。

9.1.4 支座安装采用重力灌浆法或坐浆法。当设计无具体要求时, 宜采用重力灌浆法进行安装。灌浆料的技术指标应满足相关设计要求, 当无具体要求时, 可参照附录C进行取值。

9.1.5 重力灌浆法要求如下:

- a) 支座安装前应首先凿毛支承垫石支座安装部位表面, 清除预留锚栓孔内的积水和杂物, 安装灌浆用模板, 然后将垫石表面润湿。
- b) 预制梁支座在梁体安装前应先将支座与梁底预埋钢板连接牢固, 上支座板与预埋钢板间不应留有空隙; 现浇梁应先将支座设置在支承垫石顶面。
- c) 安装时应采取可靠措施使支座的顶面标高满足设计要求, 确保各支座受力均匀。
- d) 支座就位后, 在支座底面与垫石顶面之间应预留一定的空隙用以灌注浆料, 未设置内部加强筋的浆料厚度宜控制在20mm~30mm, 且不应大于50mm。
- e) 灌浆前应初步计算所需浆体的体积, 防止中间部位缺浆。
- f) 灌浆过程应从支座中心部位向四周灌注, 直至从模板与支座底板周边缝隙观察到灌浆料为止。灌浆口位置不宜低于梁体顶面。
- g) 灌浆料达到规定强度后拆除模板, 并对缺浆处进行补浆, 灌浆后浆料表面高出下支座板底面不大于5mm。下支座板底面应平置, 由安装引起的下支座板竖向初始倾角在顺桥向和横桥向均不应大于0.005rad。

9.1.6 坐浆法要求如下:

- a) 支座安装前应首先凿毛支承垫石支座安装部位表面, 清除预留锚栓孔内的积水和杂物, 然后将垫石表面润湿。
- b) 预制梁安装前应先将支座与梁底预埋钢板连接牢固, 上支座板与预埋钢板间不应留有空隙。
- c) 落梁前在支承垫石顶面铺一层干硬性砂浆, 砂浆厚度宜控制在20mm~30mm, 且不应大于50mm, 砂浆强度等级不宜低于M50, 砂浆顶面铺成中间略高于四周的形状。
- d) 调整梁体标高和水平, 梁体两端落实就位后, 安装好梁体两侧的临时支架, 防止梁体侧倾, 再用重力灌浆法将锚栓孔灌注密实, 坐浆后浆料表面高出下支座板底面不大于5mm。下支座板底面应平置, 由安装引起的下支座板竖向初始倾角在顺桥向和横桥向均不应大于0.005rad。

9.1.7 应及时洒水养护砂浆, 材料达到规定强度(不宜小于20MPa)后及时解除临时螺栓连接并拆除临时支撑, 安装好支座防尘装置。

十八、删除 9.2

十九、附录 A

A.1 修改为:

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5.2.1的要求。试样的形状、尺寸和嵌固工装见图A.1, 无硅脂槽滑板的试样无主滑移方向和硅脂槽的尺寸要求。试验开始前试样应在标准

室温 $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境中静置24h以上。滑板试样配合面采用不锈钢板，有硅脂槽的滑板表面涂满5201-2硅脂，硅脂和不锈钢板性能应分别符合5.2.2、5.2.8的规定，外观质量和表面状态应符合5.3.2、5.4.4、5.4.7的规定。嵌固工装由钢板加工而成。

不锈钢板与厚15mm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范围，且保证连接牢固，不锈钢板在试验中不应产生错位或滑动。

A.3 修改为：

A.3 试验方法

A.3.1 初始静摩擦系数

滑板试样与配合面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，试验条件应符合表A.1的规定。初始静摩擦系数由滑动时的最大水平力与竖向荷载的比值计算得出，见公式 (A.1)。

$$\mu_{st} = \frac{F}{2R_p} \dots\dots\dots(A.1)$$

式中：

- μ_{st} —— 初始静摩擦系数；
- F —— 滑动时的最大水平力，单位为千牛 (kN) ；
- R_p —— 竖向荷载，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	30	45	
试验温度 $^{\circ}\text{C}$	23 \pm 2		
预压时间 h	1		
滑动距离	10		
滑动速度 mm/s	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。			

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，试验条件应符合表A.2的规定。有硅脂槽的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硅脂进行浸润48h以上。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 $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境中静置24h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)。

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

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

式中：

- η —— 线磨耗率，单位为微米每千米 ($\mu\text{m}/\text{km}$) ；
- W_0 —— 磨耗试验前试样质量，单位为克 (g)，精确到0.001g；
- W_1 —— 磨耗试验后试样质量，单位为克 (g)，精确到0.001g；
- ρ —— 试样的密度，单位为克每立方厘米 (g/cm^3)，可取实测值，无实测值时，聚四氟乙烯取 $2.17\text{g}/\text{cm}^3$ ，改性超高分子量聚乙烯取 $0.96\text{g}/\text{cm}^3$ ，改性聚四氟乙烯取 $2.05\text{g}/\text{cm}^3$ ；

- A ——试样滑动表面面积, 单位为平方毫米 (mm^2) ;
 D ——试样直径, 单位为毫米 (mm) , $D=100\text{mm}$;
 d ——试样储硅脂槽直径, 单位为毫米 (mm) , 有硅脂槽滑板: $d=8$, 无硅脂槽滑板: $d=0$;
 n ——试样滑动表面完整的储硅脂槽个数, 无硅脂槽滑板: $n=0$;
 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	MPa	聚四氟乙烯板 (有硅脂槽)	改性超高分子量聚乙烯板		改性聚四氟乙烯板	
			有硅脂槽	无硅脂槽	有硅脂槽	无硅脂槽
试样压应力	MPa	30	45			
试验温	$^{\circ}\text{C}$	23 ± 2				
相对滑动平均速度	mm/s	8	15	5	15	5
相对往复滑动距离 (正弦波加载)	mm	± 10				
累计滑动距离	km	1	短期 15 长期 50	10	短期 15 长期 50	10

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。

二十、附录 G

修改为:

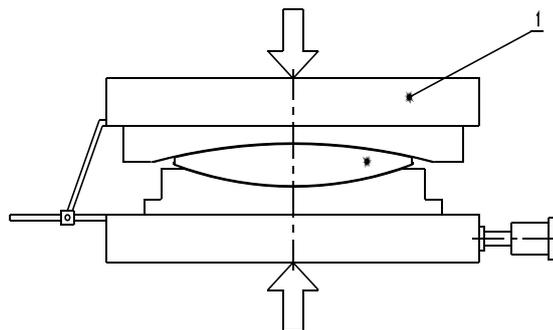
附录G (规范性) 减隔震球型支座水平动摩擦系数和屈服后刚度试验方法

G.1 试样

减隔震球型支座水平动摩擦系数和屈服后刚度试验的试样在成品中任取, 试样数量为1件, 试验前试样应在 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境下停放24h以上, 并提前拆除限位挡块。有水平滑动面的试样应提前拆除下座板或对水平滑动面限制滑动。

G.2 试验方法

减隔震球型支座水平动摩擦系数和屈服后刚度试验在专用的试验装置上进行, 试验装置见图 G.1。



标引序号的说明: 明:

- 1——上承载板; 2——试样; 3——下承载板; 4——水平加载装置; 5——水平位移传感器。

图G.1 减隔震球型支座动摩擦系数和屈服后刚度试验装置示意图

试验应按下列步骤进行:

- a) 对中安装好试样, 将上支座板、下支座板 (下座板) 分别与试验机上、下承载板连接紧固。在上、下承载板之间设置水平位移传感器 (精确到 0.01mm) 。

b) 试验时先对支座施加竖向荷载至竖向设计承载力并保持荷载 1h。将地震位移 S_d 均分为 4 级，即 $d_x=0.25S_d$ 、 $d_x=0.5S_d$ 、 $d_x=0.75S_d$ 和 $d_x=S_d$ ，针对每级位移，用水平加载装置对下承载板施加水平荷载，带动下支座板（下座板）水平运动，位移加载曲线为正弦波，初始位移为 0，幅值为 d_x ，往复加载 3 次。2 级位移试验间隔（前一级结束到后一级开始）为 1h，竖向不卸载。各级位移的峰值速度应相同，且不小于 200mm/s。自动记录支座水平力（竖坐标）—位移（横坐标）曲线，即滞回曲线。

滞回曲线应有明显的上、下近似直线段，2 条近似直线段覆盖的位移区间不小于 $[-0.95d_x, +0.95d_x]$ ，见图 G.2。每级位移的动摩擦系数按公式 (G.1) 计算。

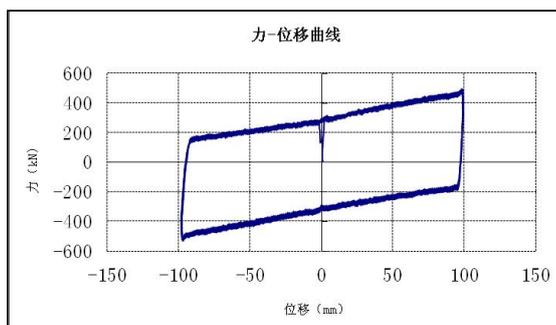


图 G.2 滞回曲线

$$\mu_d = \frac{A_{h,2}}{4 \cdot R_p \cdot d_x} \dots\dots\dots(G.1)$$

式中：

$A_{h,2}$ ——第 2 次加载获得的滞回曲线包络的面积，单位焦 (J) ；

R_p ——竖向荷载，等于支座的竖向设计承载力，单位千牛 (kN) ；

d_x ——位移幅值，单位毫米 (mm) 。

每级位移的屈服后刚度为第 2 次加载时位移区间 $[-0.95d_x, +0.95d_x]$ 范围内的上、下两段滞回曲线上的数据采集点对应的数值分别按公式 (G.2) 计算得出的屈服后刚度的平均值，采集点应在近似直线段位移区间均匀布置。

$$K = \frac{\frac{1}{N} \left(\sum_{n=1}^N F_n d_n \right) - \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N d_n \right) \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_n \right)}{\frac{1}{N} \left(\sum_{n=1}^N d_n^2 \right) - \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N d_n \right) \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N d_n \right)} \dots\dots\dots(G.2)$$

式中：

K ——屈服后刚度，单位千牛/毫米(kN/mm)；

F_n ——每段滞回曲线上第 n 个数值采集点处的水平荷载，单位千牛 (kN) ；

d_n ——每段滞回曲线上第 n 个数值采集点处的水平位移，单位毫米 (mm) ；

N ——每段滞回曲线上数据采集点数， $N \geq 20$ 。

本试验应预先清除加载工装的影响。

当滞回曲线没有明显的近似直线段，可适当降低加载速度。如果滞回曲线仍然无法满足上述要求，则本试验的加载方式和计算方法由设计人员提供，并在试验报告中注明。

G.3 试验报告

试验结束后应提交试验报告，试验报告应注明试验方法，列出试样的水平动摩擦系数和屈服后刚度实测值，并评定试验结果。

二十一、增加附录 I

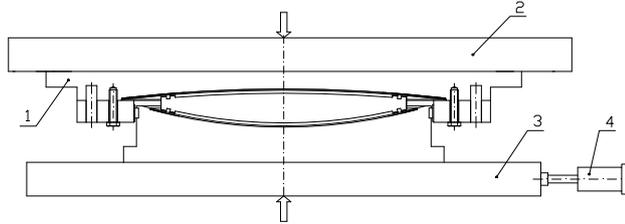
附录I（规范性）减隔震球型支座限位挡块地震剪断力试验方法

I.1 试样

减隔震球型支座限位挡块地震剪断力试验的试样在成品中任取，试样为1件ZX或HX型支座，试验前试样应在23℃±5℃环境下停放24h以上。

I.2 试验方法

减隔震球型支座限位挡块地震剪断力试验在专用的试验装置上进行，试验装置见图I.1。



标引序号的说明：

1——试样； 2——上承载板； 3——下承载板； 4——水平加载装置。

图I.1 减隔震球型支座限位挡块地震剪断力试验装置示意图

试验应按下列步骤进行：

- 对中安装好试样，使限位挡块与水平加载装置的水平轴线垂直，并将上支座板、下支座板（下座板）分别与试验机上、下承载板连接紧固。
- 试验时先对支座施加竖向荷载至竖向设计承载力并保持荷载，用水平加载装置对下承载板连续均匀施加水平荷载，直至限位挡块的销钉和螺栓全部剪断，试验结束。自动记录支座水平力（竖坐标）—位移（横坐标）曲线。

限位挡块的地震剪断力按公式 (I.1) 计算，其中 μ_s 为该试样的实测值。

$$F_d = F - \mu_s \cdot p \quad \dots\dots\dots(I.1)$$

式中：

F_d ——限位挡块地震剪断力，单位千牛（kN）；

F ——水平力—位移曲线上的水平力最大值，单位千牛（kN）。

受试验设备能力限制时，可对称拆除限位挡块的部分销钉和螺栓，但拆除的销钉数量占销钉总数的比例和螺栓数量占螺栓总数的比例应相同，且数量均不超过各自总数的50%。限位挡块的地震剪断力应由公式 (I.2) 计算。

$$F_d = \frac{F - \mu_s \cdot p}{1 - \alpha} \quad \dots\dots\dots(I.2)$$

式中：

α ——拆除的销钉数量占销钉总数的比例（拆除的螺栓数量占螺栓总数的比例）。

I.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限位挡块地震剪断力的实测值，并评定试验结果。

二十二、增加附录 J

附录J（规范性） U型钢阻尼防落梁装置技术要求

J.1规格、分类、型号和结构形式

J.1.1 规格

J.1.1.1 U型钢阻尼防落梁装置按设计防落梁力(F_L)分为21级: 200kN、300kN、400kN、500kN、600kN、700kN、800kN、900kN、1000kN、1200kN、1350kN、1500kN、1800kN、2000kN、2250kN、2400kN、2500 kN、2750 kN、3000 kN、3500 kN、4000 kN。

J.1.1.2 纵向设计阻尼力分为2级: $0.1F_L$ 、 $0.2F_L$ 。横向设计阻尼力为纵向设计阻尼力的2倍。

J.1.1.3 设计位移分为2级 (纵向): $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 100\text{mm}$ 。

J.1.1.4 阻尼 (地震) 位移分为7级: $\pm 100\text{mm}$ 、 $\pm 150\text{mm}$ 、 $\pm 200\text{mm}$ 、 $\pm 250\text{mm}$ 、 $\pm 300\text{mm}$ 、 $\pm 350\text{mm}$ 、 $\pm 400\text{mm}$ 。

J.1.1.5 适用温度范围为: $-50^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ 。

J.1.1.6 当有特殊要求时, 设计位移和地震位移可根据实际需要调整。

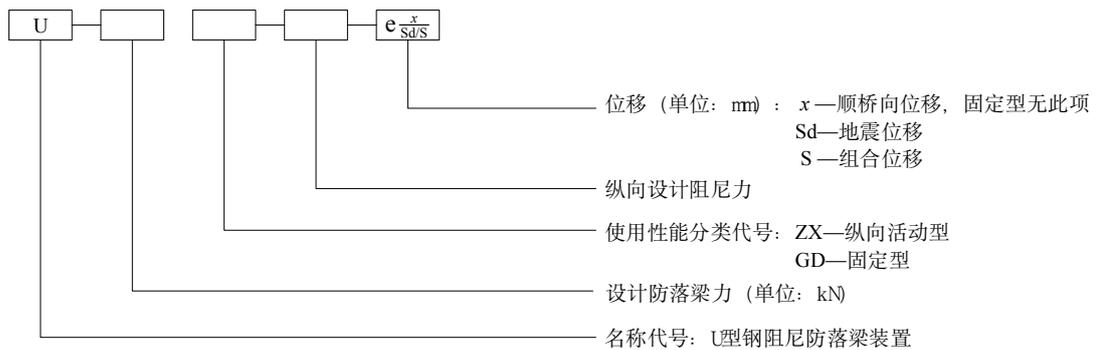
J.1.2 分类

按使用性能分为2类:

- a) 纵向活动型: 具有顺桥向位移和水平各向防落梁功能, 代号 ZX;
- b) 固定型: 水平各向无位移, 具有水平各向防落梁功能, 代号 GD。

J.1.3 型号

型号由名称代号、设计防落梁力(F_L)、使用性能分类代号、纵向设计阻尼力、位移 (顺桥向设计位移、地震位移和组合位移) 组成, 型号表示方法如下:

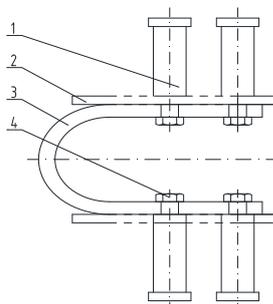


示例 1: $U-2000ZX-0.1F_L-e\frac{50}{100/150}$, 表示设计防落梁力为 2000kN、纵向设计阻尼力为防落梁力的 10%、顺桥向设计位移为 50mm、阻尼 (地震) 位移为 100mm、组合位移为 150mm 的纵向活动 U 型钢阻尼防落梁装置。

示例 2: $U-2000GD-0.2F_L-e\frac{0}{100/100}$ 表示设计防落梁力为 2000kN、纵向设计阻尼力为防落梁力的 20%、阻尼 (地震) 位移和组合位移均为 100mm 的固定 U 型钢阻尼防落梁装置。

J.1.4 结构形式

U型钢阻尼防落梁装置由U型钢阻尼本体, 上、下过渡连接钢板和锚栓 (螺栓、套筒及螺杆) 组成, 见图J.1。



标引序号的说明:

- 1——上锚栓（螺栓、套筒及螺杆）； 2——过渡连接钢板；
3—— U型钢阻尼本体； 4——下锚栓（螺栓、套筒及螺杆）。

图J.1 U型钢阻尼防落梁装置结构示意图

J.2 技术要求

J.2.1 整体性能

J.2.1.1 装置的阻尼力与设计值的偏差在0~40%范围内。

J.2.1.2 装置的极限位移不小于阻尼（地震）位移的1.5倍，装置的防落梁力不小于设计值。

J.2.1.3 装置的水平等效阻尼比不小于0.21。

J.2.1.4 阻尼（地震）位移条件下疲劳循环次数不小于15次，等效刚度的差值不大于最大值的15%。

J.2.2 材料性能

J.2.2.1 U型钢阻尼本体采用强度等级不低于Q355D的钢板，其化学成分和力学性能应符合GB/T 1591的有关规定。

J.2.2.2 螺栓、套筒和螺杆材料的化学成分和力学性能（含冲击吸收能量KV₂）应符合GB/T 699、GB/T 700或GB/T 3077的有关规定。

J.2.2.3 过渡连接钢板的材质应符合设计要求，当设计无要求时其材质应与U型钢阻尼本体一致。

J.2.3 尺寸与偏差

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。

J.2.4 外观质量

U型钢阻尼本体粗糙度最大参数值为MRR Ramax 6.3，除U型开口端面外不应有降低表面质量的印记。预埋钢板表面的粗糙度最大参数值为MRR Ramax 12.5

J.2.5 防腐涂装

U型钢阻尼本体、过渡连接钢板、套筒、螺杆和螺栓应采用复合防腐层进行防腐处理，防腐层的技术要求应符合5.7.2、5.7.3的相关规定。

J.3 检验方法

J.3.1 材料

优质碳素结构钢、碳素结构钢、低合金高强度结构钢和合金结构钢的化学成份和力学性能的测定按GB/T 699、GB/T 700、GB/T 1591和GB/T 3077的规定进行。

J.3.2 尺寸与偏差

用钢直尺、游标卡尺或量规等工具测量。

J.3.3 外观质量

目视检查，采用通用或专用工具测量。

J.3.4 防腐

按6.4.2、6.4.3的规定执行。

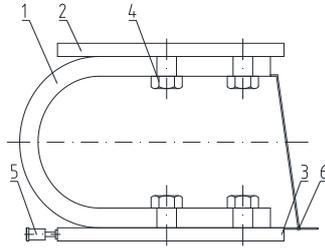
J.3.5 成品力学性能

J.3.5.1 一般要求

成品U型钢阻尼防落梁装置应进行阻尼力、水平等效阻尼比、防落梁力、极限位移和疲劳性能试验。力学性能试验采用U型防落梁装置的U型钢阻尼本体进行，试验装置满足6.5.1.3的规定，在标准室温23℃±5℃环境下进行。试验的试样在成品中任取，型号为GD型装置，阻尼力和等效阻尼比试验的试样数量为2件，防落梁力和极限位移试验的试样数量为2件，疲劳试验的试样数量为2件。试验前试样应在23℃±5℃环境下停放24h以上，并提前拆除过渡连接钢板。

J.3.5.2 阻尼力和水平等效阻尼比试验

试验在专用的试验装置上进行，试验装置见图J.2。



标引序号的说明:

- 1——试样； 2——上承载板； 3——下承载板；
4——连接螺栓； 5——水平加载装置； 6——水平位移传感器。

图J.2 试验装置示意图

试验应按下列步骤进行:

- 取 1 件试样，使试样的对称轴与水平加载装置的轴线平行，将 U 型钢阻尼本体与试验机上、下承载板连接紧固，连接强度与 U 型钢阻尼防落梁装置的设计连接强度相同。在上、下承载板之间设置水平位移传感器（精确到 0.01mm）。
- 试验时将阻尼（地震）位移 S_d 均分为 4 级，即 $d_x=0.25S_d$ 、 $d_x=0.5S_d$ 、 $d_x=0.75S_d$ 、 $d_x=S_d$ 。用水平加载装置对下承载板施加水平荷载，带动钢阻尼下翼缘水平运动，位移加载曲线为三角波，位移加载速度 10mm/s，幅值为 d_x ，往复加载 3 次。静停 1h 后，开始下一级试验。自动记录水平荷载（竖坐标）—位移（横坐标）曲线，即滞回曲线。
- 取另 1 件试样，使试样的对称轴与水平加载装置的轴线垂直，按 a)、b) 进行试验。

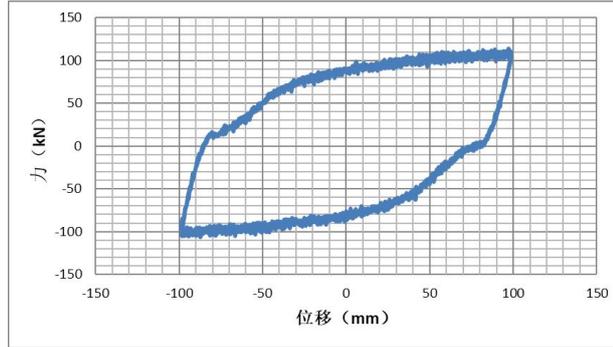
滞回曲线的”形状”可参考图J.3,不应出现明显“收腰”、“翘角”的情况，也不应出现位移增大荷载下降的区段。阻尼力为加载位移 $d_x=S_d$ 时、第2次加载对应的滞回曲线上最大水平荷载（代数值）与最小水平荷载（代数值）的绝对值的平均值。每级位移对应的等效阻尼比按公式 (J.1) 计算。

$$\xi_{\text{efb}} = \frac{A_{h,2}}{2\pi F d_x} \dots\dots\dots(J.1)$$

式中:

- ξ_{efb} ——等效阻尼比；
 F ——第2次加载对应的滞回曲线上最大水平荷载（代数值）与最小水平荷载（代数值）的绝对值的平均值，单位千牛（kN）。

图J.3 有效滞



回曲线示例

J.3.5.3 防落梁力和极限位移试验

试验装置见图J.2，试验应按下列步骤进行：

- a) 取 1 件试样，使试样的对称轴与水平加载装置的轴线平行，将 U 型钢阻尼本体与试验机上、下承载板连接紧固，连接强度与 U 型钢阻尼防落梁装置的设计连接强度相同。在上、下承载板之间设置水平位移传感器（精确到 0.01mm）。
- b) 试验时用水平加载装置对下承载板匀速施加水平荷载，带动钢阻尼下翼缘水平运动，直至 U 型钢阻尼本体的水平位移达到设计阻尼（地震）位移的 1.5 倍或以上且水平荷载大于设计防落梁力，即停止加载。自动记录水平荷载（竖坐标）—位移（横坐标）曲线，曲线中不应出现位移增加而荷载降低的区段。
- c) 取另 1 件试样，使试样的对称轴与水平加载装置的轴线垂直，按 a)、b)进行试验。

J.3.5.4 疲劳试验

试验装置见图J.2，试验应按下列步骤进行：

- a) 取 1 件试样，使试样的对称轴与水平加载装置的轴线平行，将 U 型钢阻尼本体与试验机上、下承载板连接紧固，连接强度与 U 型钢阻尼防落梁装置的设计连接强度相同。在上、下承载板之间设置水平位移传感器（精确到 0.01mm）。
- b) 试验时用水平加载装置对下承载板施加水平荷载，带动钢阻尼下翼缘水平运动，位移加载曲线为三角波，位移加载速度为 10mm/s，幅值为 S_d ，往复加载 15 次，自动记录水平荷载（竖坐标）—位移（横坐标）曲线，即滞回曲线。试验中如出现试样裂损、断裂或连接失效，则立即停止试验。
- c) 取另 1 件试样，使试样的对称轴与水平加载装置的轴线垂直，按 a)、b)进行试验。

水平等效刚度按公式 (J.2) 计算。

$$K_{\text{eff},n} = \frac{|F_{\text{max},n}| + |F_{\text{min},n}|}{2S_d} \dots\dots\dots(J.2)$$

式中：

l ——第 n ($n=2, 3, 4, \dots, 14$)次加载对应的滞回曲线的等效刚度，单位千牛/毫米 (kN/mm) ；

F ——第 n ($n=2, 3, 4, \dots, 14$)次加载对应的滞回曲线上最大水平荷载（代数），单位千牛 (kN) ；

f ——第 n ($n=2, 3, 4, \dots, 14$)次加载对应的滞回曲线上最小水平荷载（代数），单位千牛 (kN) 。

水平等效刚度应满足公式 (J.3) ：

$$\frac{K_{\text{max}} - K_{\text{min}}}{K_{\text{max}}} \times 100\% \leq 15\% \dots\dots\dots(J.3)$$

式中：

K ——滞回曲线族中第 2 ~ 第 14 条滞回曲线水平等效刚度的最大值，单位千牛/毫米

(kN/mm)；

K ——滞回曲线族中第2~第14条滞回曲线水平等效刚度的最小值，单位千牛/毫米(kN/mm)。

J.3.5.5 试验报告

试验结束后应提交试验报告，试验报告应注明试样状态（裂损、断裂、变形或连接失效），并列出具试验参数的实测值，评定试验结果。

J.2 检验规则

J.2.1 检验分原材料进厂检验、产品出厂检验和型式检验三类。原材料进厂检验和产品出厂检验的检验项目和频次应满足表J.1的规定。型式检验在满足7.1时进行，检验项目包含原材料进厂检验、产品出厂检验的全部项目。

表 J.1 原材料进厂检验和产品出厂检验

检验项目		检验内容	技术要求	检验频次
原材料 进厂检 验	钢板	化学成分 力学性能	J.2.2.1	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60t）
	螺栓 套筒 锚杆	尺寸 复合防腐层厚度	设计文件 J.2.5	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、套筒、锚杆单独组批，1批不大于500件）抽1%，但不少于5件。
		复合防腐层外观		每件
产品出 厂检验	部 件	尺寸 外观质量	设计文件 J.2.3 J.2.4 J.2.5	每件
		复合防腐层厚度		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U型钢阻尼本体、过渡连接钢板单独组批，1批不大于500件）抽1%，但不少于5件。
	成 品	阻尼力	J.2.1.1	每批（同规格型号、同材质批次、同一工艺、同一生产周期（180d）的装置组批，1批不大于1000件）抽6‰，但不少于6件。
		防落梁力 极限位移	J.2.1.2	
		水平等效阻尼比	J.2.1.3	
	疲劳性能	J.2.1.4		

J.2.2 判定按7.3的规定执行。

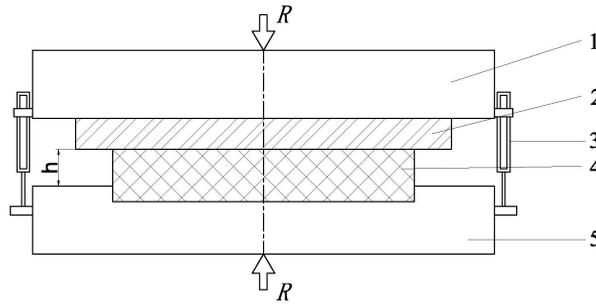
二十三、增加附录 K

附录K（规范性）滑板荷载压缩变形试验方法

K.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5.2.1的要求。试样直径155mm，试验需配备如图K.1的嵌固工装或在图K.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3mm，试样数量为1件。滑板试样表面有储硅脂槽时，槽内应涂满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、5.2.8的规定，外观质量和表面状态应符合5.3.2、5.4.4、5.4.7的规定。



标引序号的说明：

- 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K.1 滑板荷载压缩变形试验装置

K.2 试验方法

试验条件应符合表K.1的规定，试验按下列步骤进行：

- a) 按图 K.1 安装试样和千分表（精确到 0.001mm），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 1kN（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 0.01mm），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 1h 后对试样缓慢施加荷载，直至试样的平均压应力达到表 K.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 3h 和 48h 的千分表读数。按公式 (K.1) 计算试验开始后 3h ~ 48h 时间内每小时滑板外露厚度变化的平均值。

$$\Delta h = \frac{S_{48} - S_3}{48 - 3} \dots\dots\dots(K.1)$$

式中：

- Δh —— 试验开始后3h~48h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3h千分表读数，单位为毫米 (mm)；
 S_{48} —— 第48h千分表读数，单位为毫米 (mm)。

实测的 Δh 应满足公式 (K.2) 。

$$\Delta h \leq 0.5\% h_0 \dots\dots\dots(K.2)$$

表 K.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。			

K.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厚度变化的平均值，并评定试验结果。

二十四、增加附录 L

附录 L 术语和定义

L.1

球型支座 spherical bearing

由上支座板、下支座板和中间球冠衬板构成，下（上）支座板为凹球面、球冠衬板为凸球面结构的支座。

注1：球型支座分为普通球型支座和减隔震球型支座。

注2：改写GB/T 36543-2018，定义5.14。

L.2

普通球型支座 ordinary spherical bearing

由上支座板、下支座板和中间球冠衬板构成，上支座板与球冠衬板组成平面滑动面，下支座板与球冠衬板组成曲面滑动面的支座。

L.3

减隔震球型支座 isolation spherical bearing

由上支座板、下支座板和中间球冠衬板构成，上支座板和下支座板分别与球冠衬板组成曲面滑动面，可通过球冠衬板的摆动和滑动面的摩擦力减小桥梁结构地震响应的支座。

L.4

常规设计位移 ordinary design displacement

由恒载、活载、风载、温度、结构自身收缩和徐变等因素引起的顺桥向或横桥向上支座板中心偏离下支座板（或底座板）中心的最大量值，简称设计位移。

L.5

地震位移 seismic displacement

由地震力引起的顺桥向或横桥向上支座板中心偏离下支座板（或底座板）中心的最大量值。

L.6

组合位移 combined displacement

由恒载、活载、风载、温度、结构收缩和徐变以及地震力组合引起的顺桥向或横桥向上支座板中心偏离下支座板（或底座板）中心的最大量值。

注：普通球型支座为常规设计位移，减隔震球型支座为常规设计位移和地震位移按一定的规则叠加后的位移。

L.7

滞回曲线 hysteretic curve

循环荷载作用下支座的荷载—变形(位移)曲线（族）。

L.8

屈服后刚度 post-yield stiffness

滞回曲线中上、下直线段的斜率。



铁道行业标准 TB/T 3320—2013《铁路桥梁球型支座》修改单
(征求意见稿)
编制说明

1 工作简况

1.1 编制依据

在铁道行业标准《铁路桥梁球型支座》(TB/T 3320—2013)实施过程中发现,铁路桥梁球型支座的材料、质量和整体性能要求发生变化,为此,标准归口单位中国铁路经济规划研究院有限公司提出标准修改申请,经国家铁路局批准,由铁路行业工务工程设备标准化技术归口单位归口,并由中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、中国铁路设计集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中国船舶重工集团公司第七二五研究所共同起草铁道行业标准 TB/T 3320—2013《铁路桥梁球型支座》第1号修改单。

1.2 编制本修改单的必要性

铁道行业标准《铁路桥梁球型支座》(TB/T 3320—2013)自2013年发布实施以来,在规范铁路桥梁球型支座的设计、制造、检验和使用等方面发挥了重要作用。随着技术的发展,球型支座的调高构造、球冠材料和连接结构发生变化。2020年国铁集团发布企业标准《铁路桥梁支座 第2部分:球型支座》(Q/CR 756.2—2020),对支座与梁底的过渡连接结构、支座顶底面双侧调高结构、铝合金整体球冠、镍磷合金镀层球冠等技术要求进行了规定。为提升球型支座的整体性能,有必要参考Q/CR 756.2-2020对本标准进行修改。

1.3 编制过程

在本修改单的编制过程中,完成了大量的基础研究和编写工作。本修改单编制过程概要如下:
标准修改申请批准后,在归口单位指导下,中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、中国铁路设计集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中国船舶重工集团公司第七二五研究所成立了起草组,对球形支座的材料和技术要求进行了调研,收集了相关技术资料,在对前期工作深入讨论研究后,2023年9月形成了本修改单的征求意见稿。

2 编制原则

- 2.1 标准格式统一、规范,符合 GB/T 1.1-2020 要求。
- 2.2 标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。
- 2.3 标准技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进、节能环保。
- 2.4 标准实施后有利于提高铁路产品质量、保障运输安全,符合铁路行业发展需求。

3 主要内容

- 3.1 本修改单主要修改了球型支座滑板材料、球冠材料及球冠表面处理方式、部件内部质量要求、

减隔震球型支座技术指标和试验方法以及防腐涂装的技术要求，具体修改内容如下：

(1) 第 2 章

修改说明：根据修改单内容补充、删除了相应的标准引用文件，并修改了标准的版本号。

(2) 3.1 节

修改说明：增加了支座垫板调高的双侧组合调高方式，提升调高量至 120mm,增加了支座顶面预设坡度要求。

(3) 3.2 节

修改说明：扩大了耐寒型球型支座的温度适用范围，特殊条件下低温下限为-50℃，增加了双侧垫板调高的球型支座。

(4) 4.1 节

修改说明：增加了滑动面的组成，包含平面滑动面、曲面滑动面和导向滑动面的相关内容；结构形式中增加了双侧垫板调高球型支座和有平面摩擦副的减隔震球型支座的内容；增加了球冠衬板的构成形式，包含球冠基板凸球面焊接包覆不锈钢板、球冠基板表面化学镀镍—磷合金镀层和铝合金整体球冠。

(5) 4.2 节

修改说明：支座型号中增加了地震位移、组合位移的内容。

(6) 5.1 节

修改说明：增加了减隔震球型支座的水平静摩擦系数和动摩擦系数技术指标；增加了与球型支座配合使用的减震榫、钢阻尼防落梁装置等的性能要求。

(7) 5.2 节

修改说明：增加了支座原材料的类型，提出钢锻件、耐低温耐大气腐蚀铸钢件和铝合金热轧板材的技术要求。

(8) 5.3 节

修改说明：增加了球冠基板表面化学镀镍—磷合金镀层和铝合金整体球冠的尺寸与偏差要求。

(9) 5.4 节

修改说明：增加了锻钢件、球冠基板表面化学镀镍—磷合金镀层和铝合金整体球冠的外观质量要求。

(10) 5.5 节

修改说明：《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》TB/T 1527—2011已废止。

(11) 5.6 节

修改说明：滑板增加铜沉头螺钉定位方式，

(12) 增加 5.7 节

修改说明：增加了滑板、钢部件、铝合金球冠和螺栓的内在质量要求，通过成品部件解剖测试，以提升支座的质量保证。

(13) 增加 5.8 节

修改说明：按JB/T 5943—2018的规定，调整了焊缝的等级及质量要求。

(14) 6.1 节

修改说明：增加了锻件、铝合金球冠、钢板、铸件和螺栓的取样及数量要求。

(15) 6.2 节

修改说明：增加了试验机的要求，根据支座类型增加了减隔震支座相应的检验项目，以及与球型支座配套适用的 U 型钢（阻尼）防落梁装置的试验方法。

(16) 7.2 节

修改说明：根据修改单内容修改了表的编号、检验内容、检验频次要求。

(17) 9.1 节

修改说明：增加了坐浆法的施工要求、浆料厚度控制指标以及下支座板在顺桥向和横桥向竖向初始倾角要求。

(18) 9.2 节

修改说明：TB/T 2820.3 已废止。

(19) 附录 A

修改说明：增加了磨耗率的计算方法，可以更精确控制质量。

(20) 附录 G

修改说明：细化了减隔震球型支座的试验过程及参数计算方法。

(21) 增加附录 I

修改说明：根据减隔震球型支座的技术指标要求，增加了限位挡块地震剪断力的试验方法。

(22) 增加附录 J

修改说明：增加了与球型支座配套适用的U型防落梁装置的技术性能、材质要求、技术指标及试验方法和检验频次，以保证产品的质量满足使用要求。

(23) 增加附录 K

修改说明：增加了滑板的荷载压缩变形试验方法，通过该指标控制滑板在恒载作用下的蠕变变形，保证滑板在支座中的外露高度。

(24) 增加附录 L

修改说明：增加了术语和定义。

3.2 本修改单参考国铁集团企业标准《铁路桥梁支座 第 2 部分：球型支座》(Q/CR 756.2-2020)，结合铁路桥梁球型支座的应用实际编制。经起草组分析研究，本修改单与上述国铁集团企业标准和标

准性技术文件无重要技术差异。

3.3 经起草组分析研究，没有与本修改单主要技术内容相关联的现行国家标准、行业标准。

4 关键指标

4.1 支座用钢锻件材料及其技术要求

球型支座的上、下支座板为主体钢部件，Q/CR 756.2-2020 中规定其采用的材料为优质碳素结构钢、碳素结构钢和低合金高强度结构钢板以及铸钢件。由于支座板的形状复杂且不规则，如果采用钢板，在机加工时非常浪费材料，支座整体价格较高，因此在实际产品设计和生产中，如无特殊要求，支座板均采用铸钢件。与钢板相比，铸钢造型便捷、机加工量少、易实现批量化生产，成本相对较低。但铸钢的生产环境较为恶劣，粉尘较大，耗电较多，且内在质量不易保证，成品率低，不利于节约能源、循环利用和绿色发展，因此引入了新的材料种类——钢锻件。与钢板相比，钢锻件可采用钢锭实现预成型，机加工量小，节约经济成本和时间成本；与铸钢件相比，钢锻件的生产效率高、成型快、内部缺陷少、性能稳定、成品率高、对环境的影响小。基于上述原因，本修改单增加钢锻件材料，并通过深入研究和试验验证，将钢锻件的级别定为不低于 GB/T 12363—2005 的 II 类锻件，锻件的超声波探伤质量等级不低于 2 级。

4.2 支座进厂检验、出厂检验的检验频次及组批要求

Q/CR 756.2-2020 中，支座进厂检验、出厂检验中的原材料和部件的检验频次多采用每批或每件，其中“每批”的定义并不明确，在执行过程中，企业对“批”的理解也有分歧，有按时间划分“批”，即将同时间段入厂的原材料和生产出的部件定义为一批；有按生产厂和技术指标划分“批”，即将同一生产厂、相同技术指标要求的原材料和部件定义为一批；有按材料牌号划分“批”，即将相同牌号的原材料定义为一批。因此，依据上述原则定义的“批”有大有小，实际的检验频次差异明显，对原材料和部件的质量控制产生较大的影响，也不利于上级主管部门对产品的质量监督和抽查。基于上述原因，本标准在支座的原材料进厂检验和部件的出厂检验中，明确了组批要求，例如钢板的组批要求：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；例如锻件的组批要求：同一熔炉号、同一热处理炉次、形状和尺寸相近的锻件组批。

5. 有无重大分歧意见

无。

6 其他应予说明的事项

本修改单未识别出相关专利。

修改单起草组
2023年09月