

陕西省工程建设标准

建筑减隔震装置应用技术标准

Technical standard for application of building energy dissipation or
isolated device
(征求意见稿)

《建筑减隔震装置应用技术标准》编制组

2025 年 7 月

前 言

根据陕西省住房和城乡建设厅、陕西省市场监督管理局《关于下达 2024 年度工程建设标准制定计划的通知》（陕建标发〔2024〕1007 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考国内有关标准，结合陕西省工程建设实际，在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准主要内容是：1.总则；2.术语；3.基本要求；4.技术要求；5.试验方法；6.检验规则；7.标志、包装、运输和储存。

本标准由陕西省住房和城乡建设厅负责归口管理，陕西省建设标准设计站负责日常管理，中国建筑西北设计研究院有限公司负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈给中国建筑西北设计研究院有限公司（地址：西安市经开区文景路 98 号，邮编：710018，电话：029-68515930，邮箱：xinli1129@sina.com）。

本标准主编单位：中国建筑西北设计研究院有限公司

本标准参编单位：西安建筑科技大学

中建震安科技工程有限公司

四川革震科技有限公司

陕西永安减震科技有限公司

丰泽智能装备股份有限公司

中建三局集团有限公司

陕西省建筑设计研究院（集团）有限公司

西安建筑科技大学设计研究总院有限公司

长安大学

西安基准方中建筑设计有限公司

上海天华建筑设计有限公司

新疆建筑科学研究院（有限责任公司）

本标准主要起草人员：辛 力 史生志 朱丽华 杨 勇 王香茹

韩刚启	荆 罡	李 剑	李 岩	皮志强
李守富	倪宝军	刘卫辉	刘 挺	赵宏安
余 涛	党金忠	张 鹏	邢国华	姚 尧
王晓梅	王连营	陈志军	宋 辉	杨鹏辉
张全民	李 艳	王 力		

本标准主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本要求	6
3.1 分类	6
3.2 材料	7
3.3 加工方式	13
3.4 功能要求	14
4 技术要求	16
4.1 外观	16
4.2 尺寸	18
4.3 力学性能	23
4.4 相关性能	27
4.5 耐久性	30
5 试验方法	33
5.1 隔震装置	33
5.2 减震装置	43
6 检验规则	47
6.1 隔震装置	47
6.2 减震装置	52
7 标志、包装、运输和贮存	57
7.1 隔震装置	57
7.2 减震装置	57
附录 A 减隔震装置基本力学模型	58
A.1 符号	58

A.2 基本力学模型	58
A.3 刚性连接装置力学模型	59
A.4 隔震装置力学模型	59
A.5 减震装置力学模型	59
附录 B 建筑隔震橡胶支座计算模型	60
B.1 范围	60
B.2 通则	60
B.3 天然橡胶支座的力学模型	60
B.4 铅芯橡胶支座的力学模型	61
B.5 高阻尼橡胶支座的力学模型	61
B.6 弹性滑板支座的力学模型	62
B.7 摩擦摆支座的力学模型	62
附录 C 消能减震装置性能技术参数	64
C.1 位移相关型阻尼器	64
C.2 速度相关型阻尼器	65
本标准用词说明	68
引用标准名录	69

1 总 则

1.0.1 为规范减隔震技术在建筑结构中的应用，贯彻执行国家技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本标准。

【条文说明】2021年9月1日《建设工程抗震管理条例》开始实施，要求位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的学校、幼儿园、医院、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等新建和抗震加固建筑，应当按照国家有关规定采用隔震减震等技术，保证发生本区域设防地震时能够满足正常使用要求。陕西省很多城市位于高烈度设防地区和地震重点监视防御区，以上八类建筑都需要采用减隔震技术，在工程实践中积累了丰富经验，为本标准的制定奠定了基础。

1.0.2 本标准适用于陕西省建筑结构用减隔震装置，构筑物、桥梁等结构用减隔震装置也可参照使用。

1.0.3 采用减隔震技术的建筑结构，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 建筑减隔震装置 building energy dissipation or isolated device

建筑结构中用于耗散、吸收或隔离地震、风等振动的装置，包括位移型阻尼器、粘弹性阻尼器、电涡流阻尼器、速度型阻尼器、橡胶隔震支座、弹性滑板隔震支座、摩擦摆隔震支座、抗拉装置、限位装置、抗风装置、振震双控装置等。

2.0.2 隔震装置 isolator

主要指通过延长建筑结构的自振周期以减小其地震响应、实现隔离地震的装置，本标准中也包括用于隔震层的抗拉装置、限位装置、抗风装置、振震双控装置等。

2.0.3 减震装置 energy dissipation device

通过增大建筑结构的阻尼以减小其地震响应、实现耗散地震能量的装置。

2.0.4 刚性连接装置 rigid connection device

连接两个结构构件，限制一个或两个方向水平位移的连接装置，包括永久连接装置、熔断保护装置和速度锁定装置。

2.0.5 永久连接装置 permanent connection device

提供一个或两个水平方向的约束，能适应转动和竖向位移的装置。

2.0.6 熔断保护装置 fuse restraint device

低于预定阈值时阻止连接部件之间的相对运动、超过预定阈值时结构发生破坏允许其相对运动的装置。

2.0.7 速度锁定装置 lock-up device

实现输出力由所施加速度决定的装置，在低速变位作用下产生较小输出力，在高速变位作用下产生较大输出力。

2.0.8 位移相关型装置 displacement dependent device

装置性能主要取决于位移的非线性装置。

2.0.9 速度相关型装置 velocity dependent device

装置性能主要取决于速度和（或）行程的装置，包括流体黏滞阻尼器和黏弹性阻尼器。

2.0.10 黏滞阻尼器 viscous damper

利用黏性流体通过孔和（或）阀门系统产生输出力，且输出力仅取决于速度的装置。

2.0.11 黏弹性阻尼器 visco-elastic damper

由黏弹性材料和约束层组成的速度相关型阻尼器，输出力取决于速度和行程的装置。

2.0.12 金属屈服型阻尼器 metal yield damper

利用金属元件或构件屈服时产生的弹塑性滞回变形消耗能量的阻尼器。

2.0.13 屈曲约束支撑 buckling-restrained brace

一般由核心单元、约束单元和位于二者间的无黏结材料组成的、具有设定初始刚度的、通过核心单元的不屈曲塑性变形消耗能量的阻尼器。

2.0.14 隔震支座 seismic isolator

隔震层用于承载上部结构，并具有隔震变形能力的支座，包括天然橡胶支座（LNR）、铅芯橡胶支座（LRB）、高阻尼橡胶支座（HDR）、弹性滑板隔震支座（ESB）、摩擦摆隔震支座（FPS）等。

2.0.15 天然橡胶隔震支座（LNR） linear natural rubber bearing

内部无竖向铅芯，由多层天然橡胶和多层钢板或其他材料交替叠置结合而成的支座。

2.0.16 铅芯橡胶隔震支座（LRB） lead rubber bearing

内部含有竖向铅芯，由多层天然橡胶和多层钢板或其他材料交替叠置结合而成的支座。

2.0.17 高阻尼橡胶隔震支座（HDR） high damping rubber bearing

用复合橡胶制成的具有较高阻尼性能的支座。

2.0.18 弹性滑板隔震支座（ESB） elastic slide bearing

由橡胶支座部分（内部橡胶与内部钢板叠合整体硫化而成的支座部分）、滑移材料、滑移面板及上下连接板组成的隔震支座。

2.0.19 摩擦摆隔震支座（FPS） friction pendulum isolation bearing

一种通过球面摆动延长结构振动周期和滑动界面摩擦消耗地震能量实现隔震功能的支座。

2.0.20 摩擦副 friction pair

在摩擦阻尼器中，由摩擦材料和对磨面构成的既直接接触又产生相对滑动摩擦运动的体系。

2.0.21 起滑位移 sliding displacement

摩擦阻尼器摩擦面开始滑动前的弹性变形值。

2.0.22 起滑力 sliding force

摩擦阻尼器摩擦面开始滑动前的最大摩擦力。

2.0.23 设计位移 design displacement

产品设计时阻尼器的变形容许值，在该值范围内可以保证阻尼器正常工作。

2.0.24 设计阻尼力 design damping force

阻尼器在设计工况中产生的最大抗力，包括金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑在设计位移时产生的抗力，摩擦阻尼器在滑动时产生的抗力，速度相关型阻尼器在设计频率和设计位移时产生的抗力等。

2.0.25 极限位移 ultimate displacement

阻尼器可达到的变形极限值，一般为设计位移的 120%~150%。

2.0.26 设计工作年限 design working life

阻尼器在正常使用和维护情况下所具有的不丧失有效使用功能的期限。

2.0.27 环境温度 ambient temperature

阻尼器工作时所处环境的温度。

2.0.28 弹性刚度 elastic stiffness

金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑屈服前的刚度。

2.0.29 第二刚度 post-yield stiffness

金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑屈服后的刚度。

2.0.30 名义屈服力 nominal yield force

金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑采用双线性力学模型时，弹性段和第二刚度段交汇点对应的阻尼器出力。

2.0.31 极限承载力 ultimate strength

金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑在极限位移时产生的抗力。

2.0.32 延性系数 ductility ratio

金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑设计位移与名义屈服位移的比值。

2.0.33 型式检验 type testing

制造厂为了取得特定规格和型号消能器产品的生产资格，委托具有相应资质的第三方检测机构进行的产品性能及相关性的检验。

2.0.34 出厂检验 delivery testing

消能器制造厂的质检部门或具有相应消能器检测资质的检测机构进行的检验。

2.0.35 见证检验 evidential testing

施工单位在工程监理单位或建设单位的见证下，按照有关规定从施工现场随机抽取试样，送至具备相应资质的检测机构进行检验的活动。

3 基本要求

3.1 分 类

I 隔震装置

3.1.1 按形状分类：按照橡胶支座的形状，隔震橡胶支座分为圆形和矩形两类。

按构造和性能分类：按照构造和性能，隔震橡胶支座分为天然橡胶支座、铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座。

3.1.2 按照橡胶支座部的形状，可将滑板支座分为圆形和方形两类。

按照动摩擦系数大小，滑板支座可分为以下三类：

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

3.1.3 按照滑动摩擦面结构形式，摩擦摆隔震支座分为两类：

1 I 型为单主滑动摩擦面型，其中，主滑动面在球冠体上部为 I a 型，主滑动面在球冠体下部为 I b 型；

2 II 型为双主滑动摩擦面型，球冠体上部和下部均设置主滑动面。

按照性能和关键参数，摩擦摆隔震支座根据基准竖向承载力、极限位移量、摆动周期对应的级别确定型号。

II 减震装置

3.1.4 按工作原理，阻尼器分为位移相关型阻尼器、速度相关型阻尼器和其他类阻尼器。位移相关型消能阻尼器分为金属屈服型阻尼器（MYD）、屈曲约束支撑（BRB）、摩擦阻尼器（FD）；速度相关型阻尼器分为黏滞阻尼器（VFD）、电涡流阻尼器（ECD）、黏弹性阻尼器（VED）；其他类阻尼器包含除位移相关型和速度相关型阻尼器之外的阻尼器。

3.1.5 按变形形状，阻尼器可分为线式阻尼器（如图 3.1.5-1 所示）和墙式阻尼器（如图 3.1.5-2 所示）。当阻尼器连接方向与变形方向平行时称为线式阻尼器，代号为 L；当阻尼器连接方向与变形方向垂直时称为墙式阻尼器，代号为 W。

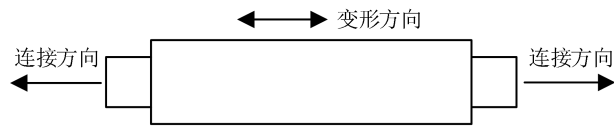


图3.1.5-1 线式阻尼器示意图

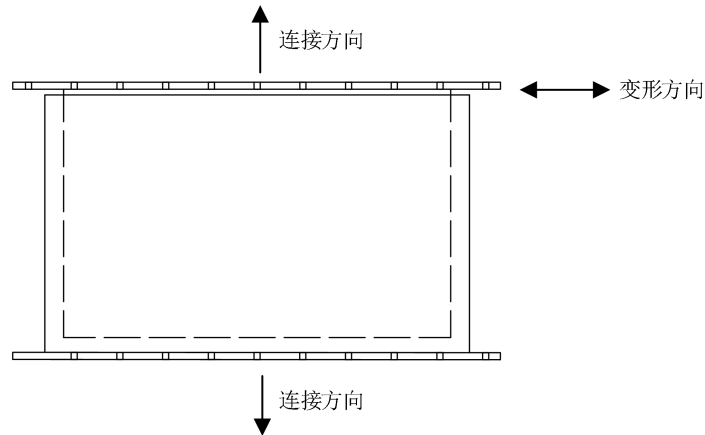


图3.1.5-2 墙式阻尼器示意图

3.2 材 料

I 隔震装置

3.2.1 制作隔震橡胶支座的材料应符合下列要求：

1 内部钢板应采用 Q235 或不低于 Q235 性能的钢板，封板宜采用 Q355 钢，内部钢板和封板应符合现行国家标准《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板和钢带》GB/T 3274 的规定。钢板应满足表 3.2.1-1 所规定的强度设计值要求。

表 3.2.1-1 钢板的强度设计值要求

牌号	强度设计值/MPa			
	钢板厚度 t /mm (括号内为 Q355 钢板厚度)			
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$ ($16 < t \leq 35$)	$40 < t \leq 60$ ($35 < t \leq 50$)	$60 < t \leq 100$ ($50 < t \leq 100$)
Q235	215	205	200	190
Q355	310	295	265	250

支座所用的钢板、连接板、连接件等钢构件的防腐要求应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 的规定。

2 铅芯应采用纯度不小于 99.99%的铅锭经加工而成铅芯，铅锭应符合现行国家标准《铅锭》GB/T 469 的规定。

3 橡胶支座内部橡胶的物理力学性能应符合表 3.2.1-2 的要求。

表 3.2.1-2 橡胶支座内部橡胶的物理力学性能指标

项 目		天然橡胶支座和铅芯橡胶支座 硬度(邵尔 A 度)			高阻尼橡胶 支座
		35~44	45~54	55~65	
拉伸强度/MPa		≥13	≥15	≥18	≥10
扯断伸长率/%		≥600	≥550	≥500	≥550
25%定伸应力/MPa		≥0.25	≥0.30	≥0.35	——
300%定伸应力/MPa		≥2.5	≥3.0	≥3.5	
压缩永久变形/% 70 °C×24 h		≤35			≤60
橡胶与金属黏合强度 90°剥离法/(kN/m)		≥6	≥8	≥10	≥8
热空气老化性能 70 °C×168 h	拉伸强度变化率/%	±25			±15
	扯断伸长率变化率/%	-40			-25
	硬度变化/邵尔 A 度	-5~+10			-5~+8
臭氧老化(限外包层) 50×10 ⁻⁸ (体积分数)，40 °C×96 h，20%拉伸		目视无龟裂			目视无龟裂
脆性温度/°C		≤-40			≤-40

【条文说明】橡胶支座内部橡胶的原材料需采用天然橡胶，不得采用再生料及回头料。

3.2.2 制作隔震弹性滑板支座的材料应符合下列要求：

1 橡胶材料物理性能应符合表 3.2.2-1 的规定，橡胶材料剪切模量不宜小于 0.392 MPa。

表 3.2.2-1 橡胶材料物理性能

序号	性能	试验项目	要求
1	拉伸性能	拉伸强度	应符合 GB 20688.3—2006 附录 B 中天然橡胶支座的规定
		扯断伸长率	
		100%拉应变时的弹性模量	在试验前指定的偏差范围内
2	老化性能	拉伸强度变化率	± 25%
		扯断伸长率变化率	≥ -50%
		100%拉应变时的弹性模量变化率	在试验前指定的偏差范围内
3	硬度	硬度	在试验前指定的偏差范围内

4	粘合性能	橡胶与金属粘合强度	应符合 GB 20688.3—2006 中附录 B 的规定
5	压缩性能	压缩永久变形	在试验前指定的偏差范围内
6	剪切性能	剪切模量	各项性能要求应在试验前指定的偏差范围内
		等效阻尼比	
		剪切模量和等效阻尼比的温度相关性	
		破坏剪应变	
7	脆性性能	脆性温度	在试验前指定的偏差范围内
8	抗臭氧性能	外观变化	橡胶不应出现龟裂
9	低温结晶性能	硬度变化率	在试验前指定的偏差范围内

注：1 硬度可作为质量控制指标之一，但不应作为主要的设计指标；

2 抗臭氧性能主要针对外部橡胶保护层进行试验。

2 滑板支座使用的滑移材料可采用聚四氟乙烯板、改性超高分子量聚乙烯板，其物理性能应符合表 3.2.2-2 的规定；滑板支座用滑移材料应采用原生粉料模压而成，不应使用车削板材，严禁使用再生料和回头料。聚四氟乙烯原料的平均粒径不应大于 50 μm 。

表 3.2.2-2 滑移材料的物理性能

项 目	聚四氟乙烯板	改性超高分子量聚乙烯板
密度/(g/cm ³)	2.14~2.20	0.93~0.98
拉伸强度/MPa	≥30	≥30
断裂拉伸应变/%≥	≥300	≥250
球压痕硬度 H132/60/MPa	23.0~33.0	26.4~39.6
线磨损系数/%	≤6	≤3
极限抗压强度/MPa≥	≥80	≥80
抗压弹性模量/MPa≥	≥360	≥360

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

【条文说明】滑移材料是影响滑板支座性能的最关键因素，必须保证滑移材料的质量和品质。

3 当滑移面板采用钢材时，应采用不锈钢材料，含铬量应大于等于18%，不锈钢应符合现行国家标准《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280的规定，建议内陆地区非腐蚀性环境：不锈钢采用 06Cr19Ni10，06Cr19Ni13Mo3；沿海地区以及内陆腐蚀性环境：不锈钢采用 022Cr19Ni13Mo3。

当滑移面板对角线长度小于 1500mm 时，其厚度应不小于 2mm，当滑移面板对角线长度大于或等于 1500mm 时，其厚度应不小于 3mm。

4 上、下连接板可采用 Q235 钢板或 Q355 钢板，厚度不小于 25 mm，钢板应满足表 3.2.1-1 所规定的强度设计值要求。

3.2.3 制作摩擦摆隔震支座的材料应符合下列要求：

1 摩擦材料宜采用聚四氟乙烯、改性聚四氟乙烯及改性超高分子量聚乙烯。聚四氟乙烯摩擦材料应采用新鲜纯料，改性聚四氟乙烯摩擦材料应采用新鲜纯料加新型高分子改性增强剂，聚四氟乙烯新鲜纯料平均粒径不应大于 50 μ m。超高分子量聚乙烯摩擦材料采用聚乙烯原材料加添加剂，聚乙烯原料分子量不宜小于 900 万。原材料混合应均匀，不应采用再生料和回头料。

2 支座上座板、下座板、球冠体等若采用钢板时，其化学成分、力学性能指标应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699、《碳素结构钢》GB/T 700 及《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定；若采用铸钢件时，其化学成分、力学性能和冲击韧性 A_{kv} 值应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352 有关规定。支座上座板、下座板、球冠等采用铸钢件时，应逐件进行超声波探伤，且铸钢件质量等级不低于II级，探伤方法及质量评级方法应符合现行国家标准《铸钢件 超声检测 第 1 部分：一般用途铸钢件》GB/T 7233.1 的有关规定。

3 支座用于低于-25℃的环境时，其上下支座底板及球冠体应采用低温钢铸件、锻件或板材，材料的化学成分、力学性能和低温冲击韧性 A_{kv} 值应满足现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352 的有关规定。

4 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现行行业标准《工程机械焊接件通用技术条件》JB/T 5943

的规定，除不锈钢板焊缝外，焊缝质量不应低于二级要求。

5 支座用不锈钢板宜采用 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、06Cr19Ni13Mo3，处于严重腐蚀环境的支座宜采用 022Cr17Ni14Mo2 或 022Cr19Ni13Mo3 不锈钢板。其化学成分及力学性能应符合现行国家标准《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280 的有关规定。

6 上下锚固装置材料的化学成分和力学性能应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699、《碳素结构钢》GB/T 700 及《合金结构钢》GB/T 3077 的有关规定。

7 支座防尘围板可采用三元乙丙橡胶。

3.2.4 制作其他隔震装置、隔震附加装置的材料应符合国家相关标准要求。

II 减震装置

3.2.5 金属屈服型阻尼器的核心元件为钢材时，宜采用低屈服点钢材制作，其化学成分、力学性能指标应符合现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905 的有关规定；采用其他钢材时，其化学成分应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 及《合金结构钢》GB/T 3077 的有关规定。

3.2.6 屈曲约束支撑的核心元件采用非低屈服点钢时，其力学性能指标应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 及《合金结构钢》GB/T 3077 的有关规定，屈强比应小于 80%，且伸长率应大于 25%。屈曲约束支撑外约束单元一般采用碳素结构钢或合金结构钢，其化学成分、力学性能指标应符合《碳素结构钢》GB/T 700 及《合金结构钢》GB/T 3077 的有关规定。当采用混凝土做填充材料时，应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定，且其强度等级不宜小于 C30；当采用灌浆料做填充材料时，应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定。

3.2.7 黏弹性阻尼器和摩擦阻尼器的钢材可选用碳素结构钢或合金结构钢，其化学成分、力学性能指标应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 及《合金结构钢》GB/T 3077 的有关规定。黏弹性阻尼器采用的橡胶类黏弹性材料的性能指标应符合表 3.2.7 的规定。

表 3.2.7 橡胶类黏弹性材料性能要求

项目		指标
拉伸强度/ MPa		≥13
扯断伸长率/ %		≥500
扯断永久变形/ %		≤35
热空气老化 70℃、168h	拉伸强度变化率/ %	≤25
	扯断伸长率变化率/ %	≤40
0℃~40℃工作频率材料损耗因子 δ		≥0.3
钢板与黏弹性材料之间的黏合强度/ (kN/m)		≥6.0

3.2.8 摩擦阻尼器的摩擦材料可采用复合摩擦材料、金属类摩擦材料、聚合物类摩擦材料，并应满足阻尼器预压力作用下的强度要求。摩擦副应具有稳定的摩擦系数，且在设计工作年限内，不应出现对力学性能产生影响的氧化、磨耗及锈蚀。摩擦阻尼器采用的摩擦材料的性能指标应符合表 3.2.8 的规定。

表 3.2.8 摩擦材料的性能要求

项目	指标
蠕变压缩变形	≤ 0.005 t_0
磨损率	≤ 0.05%

注： t_0 为摩擦材料试样厚度。

3.2.9 黏滞阻尼器的钢材宜采用优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、热压支柱用热轧无缝钢管、合金结构钢或不锈钢，其化学成分和力学性能指标应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《液压支柱用热轧无缝钢管》GB/T 17396、《合金结构钢》GB/T 3077 和《不锈钢棒》GB/T 1220 的规定；黏滞阻尼器承压筒体应符合现行国家标准《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163 和《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976 的相关规定。

3.2.10 黏滞流体材料应具有黏温关系稳定、闪点高、不易燃烧、不易挥发、无毒、抗老化性能强等特性，当采用二甲基硅油时应符合现行行业标准《二甲基硅油》HG/T 2366 的规定。

3.2.11 电涡流阻尼器的永磁体应采用烧结钕铁硼永磁材料制成，且应符合现行

国家标准《烧结钕铁硼永磁材料》GB/T 13560 的规定，永磁体表面的防腐涂层应符合现行国家标准《烧结钕铁硼表面镀层》GB/T 34491 的要求。

3.2.12 电涡流阻尼器的导体材料宜选用铜、铜合金、铝、铝合金等材料。

3.2.13 制作其他减震装置的材料应符合国家相关标准要求。

3.3 加工方式

I 隔震装置

3.3.1 隔震橡胶支座的加工需严格遵循叠层结构设计、材料性能标准及特定工艺要求。硫化温度与时间需根据橡胶配方调整，避免欠硫或过硫导致的性能下降。

3.3.2 隔震弹性滑板支座的滑移面板与下连接板的连接及防腐蚀应符合下列要求：

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

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

3.3.3 摩擦摆隔震支座滑动摩擦面的构造及处理应符合下列要求：

1 摩擦材料可采用黏结加沉头螺钉或沉头螺钉进行固定，可采用整体板或分片镶嵌板。当采用分片镶嵌时，摩擦材料可分为一个圆盘和圆环，圆盘的直径不应小于 1000 mm，圆环的宽度不应小于 50 mm，圆环可被分为相等的段，基板的独立环宽度不应大于 10mm。

沉头螺钉的化学成分及力学性能应符合现行国家标准《十字槽沉头螺钉 第 2 部分：8.8 级、不锈钢及有色金属螺钉》GB/T 819.2 的有关规定，机械性能等级应为 CU2 或 CU3，螺钉尺寸不应小于 M4。

2 金属摩擦面可采用电镀硬铬、包覆不锈钢板等方式处理。采用电镀硬铬时，其表面不应有表面孔隙、收缩裂纹和疤痕，镀铬层的厚度不应小于 100μm，

且镀铬层应满足现行国家标准《金属覆盖层工程用铬电镀层》GB/T 11379 的要求。采用包覆不锈钢板，包覆后的不锈钢板表面不应有褶皱，且应与基底钢

板密贴，不应有脱空现象。对于处于严重腐蚀环境的支座，宜采用包覆不锈钢板的处理方式。

II 减震装置

3.3.4 阻尼器宜采用机械加工，不宜采用气焊等容易导致残余应力的加工方式，其表面应采用热喷涂加封闭处理或采用防腐性能不低于热喷涂加封闭处理的表面涂装，且应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 的规定。

3.3.5 黏滞阻尼器承压筒体应按现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013 进行无损探伤。

3.3.6 连接部位宜采用螺栓、销轴连接或焊接，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB/T 50205 的相关规定，当连接部位采用焊接时，对接焊缝应为全熔透的一级焊缝，且应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的相关规定。

3.3.7 当阻尼器采用关节轴承连接时应符合现行国家标准《关节轴承向心关节轴承》GB/T 9163 的相关规定，销栓与销孔之间的总间隙不应大于 0.3mm。

3.4 功能要求

3.4.1 采用减隔震装置进行减隔震设计时，减隔震装置基本力学模型参见附录 A，各类装置可单独或组合使用，但应将建筑结构上所有减隔震装置作为整体减隔震系统进行综合考虑，建筑结构设置的减隔震系统应满足以下3项功能：

- 1 适应建筑结构正常使用功能需求；
- 2 具有隔震或减震性能；
- 3 具有变位控制或复位功能。

【条文说明】减隔震装置应具有减小地震（振动）作用或耗散能量的性能，针对地震、风振及人行振动均可使用减、隔震（振）措施。

3.4.2 应根据建筑结构的需求对减隔震装置及元件设置合理的设计目标。

3.4.3 减隔震装置在正常使用状态下不应产生故障和限制建筑结构的正常使用。

3.4.4 减隔震装置在设计工作年限内应满足预定功能要求。黏滞阻尼器的设计

工作年限为 30 年，其他建筑减隔震装置的设计工作年限为 50 年。

【条文说明】粘滞阻尼器密封圈限制了 30 年，若某些厂家产品能达到 30 年以上，须提供相关证明文件。

3.4.5 减震装置平面外应具有足够的刚度，不应发生侧向失稳。

【条文说明】减震装置整体应具有足够的刚度，阻尼器连接段及过渡段的板件应保证不发生局部失稳破坏及塑性变形。

3.4.6 减隔震装置在设计工作年限内应便于日常检测、养护及更换。

3.4.7 减隔震装置生产经营企业应当建立唯一编码制度和产品检验合格印鉴制度，采集、存储减隔震装置生产、经营、检测等信息，确保减隔震装置质量信息可追溯。

【条文说明】减隔震装置质量应当符合有关产品质量法律、法规和国家相关技术标准的规定，生产经营企业应建立相关产品质量信息和溯源系统。

3.4.8 减隔震装置和减隔震建筑，宜进行施工及使用期间的监测，根据监测要求与设计文件明确监测目的和内容，结合工程结构特点、现场及周边环境条件等因素，制定监测方案。监测系统应布置在不易碰撞和损坏的位置，应采取一定的保护措施并做定期检查。

【条文说明】隔震减震建筑地震响应监测方案应包括监测系统类型、测点布置、仪器的技术指标、监测设备安装和管理维护要求。监测系统宜为长期实时监测，应能不间断工作，宜具备自动采集、自动存储功能。监测结果宜与结构分析结果进行对比，当监测数据异常时，应及时对监测对象与监测系统进行核查，当监测值超过预警值时应立即报警。

4 技术要求

4.1 外观

I 隔震装置

4.1.1 建筑隔震橡胶支座表面保护胶应光滑平整，外观质量应符合表 4.1.1 的要求。

表 4.1.1 外观质量要求

缺陷名称	质量指标
气泡	单个表面气泡面积不超过 50 mm ²
杂质	杂质面积不超过 30 mm ²
缺胶	缺胶面积不超过 150mm ² ，不应多于 2 处，且内部嵌件不应外露
凹凸不平	凹凸不超过 2mm，面积不超过 50mm ² ，应不多于 3 处
胶钢黏结不牢(上、下端面)	裂纹长度不超过 30 mm，深度不超过 3mm，应不多于 3 处
裂纹(侧面)	不允许
钢板外露(侧面)	不允许

【条文说明】应严格限制橡胶支座侧面裂纹和钢板外漏情况。

4.1.2 建筑隔震弹性滑板支座的外观应符合下列要求：

1 滑板支座的橡胶支座部表面应光滑平整，外观质量应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 滑板支座的橡胶支座部

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

注：质量缺陷(气泡、杂质、缺胶、凹凸不平)面积可取缺陷投影面积最大边长×宽来计算。

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

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

【条文说明】滑移面板不允许拼接，这个要求在生产过程中应得到保证。

4.1.3 建筑摩擦摆隔震支座的外观应符合下列要求：

- 1 不锈钢板与基层钢板的连接方式应使二者密贴，表面不应有褶皱。
- 2 支座机加工钢件与钢件配合面及摩擦表面不应有降低表面质量的印记。
- 3 支座铸钢件加工后的表面缺陷应符合表 4.1.3-1 的规定，并对缺陷进行修补。铸钢件经机械加工后的表面缺陷超过表 4.1.3-2 规定，但不超过表 4.1.3-1 规定，且不影响铸钢件使用寿命和使用性能时，可进行一次电焊修补，对有蜂窝状空洞的部件不得修补使用。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。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。焊补后的部件应进行退火或回火处理。

表 4.1.3-1 铸钢件缺陷修补

缺陷部位	气孔、缩孔、砂眼、渣孔		
	缺陷总面积	缺陷深度	缺陷个数
上下座板摩擦接触面及球冠体	不大于所在部位面积的 2%	不大于所在部位板厚 1/3	≤2
摩擦接触面以外部位			≤3

表 4.1.3-2 铸钢件加工的表面缺陷

缺陷部位	气孔、缩孔、砂眼、渣孔					裂纹
	缺陷大小 mm	缺陷深度	缺陷个数	缺陷总面积	缺陷间距 mm	
上下座板摩擦接触面及球冠体	≤p2	不大于所在部位厚度的 1/10	在 100 mm×100 mm 内不多于 1 个	不大于所在部位面积的 1.5%	≥80	无
摩擦接触面以外部位	≤b3					

II 减震装置

4.1.4 减震装置的外观应表面平整、无机械损伤、无锈蚀、无毛刺，外表应采用防锈措施，涂层应均匀，标记清晰。其中，黏滞阻尼器表面应无渗漏，黏弹性阻尼器的黏弹性阻尼材料表面应密实、相对平整。

4.2 尺寸

I 隔震装置

4.2.1 建筑橡胶隔震支座的尺寸应符合下列要求：

1 天然橡胶支座和铅芯橡胶支座常用尺寸要求见表 4.2.1-1。

表 4.2.1-1 支座常用尺寸（mm）

尺寸 d_0 或 a	厚度		中孔直径 d_i
	单层内部橡胶厚度 t_r	单层内部钢板厚度 t_s	
400	$2.0 \leq t_r \leq 5.0$	≥ 2.5	天然橡胶支座和高阻尼橡胶支座： $\leq \frac{d_0}{6}$ 或 $\leq \frac{a}{6}$ 铅芯橡胶支座： $\leq \frac{d_0}{4}$ 或 $\leq \frac{a}{4}$
500	$2.5 \leq t_r \leq 6.0$		
600	$3.0 \leq t_r \leq 7.5$		
700	$3.5 \leq t_r \leq 9.0$		
800	$4.0 \leq t_r \leq 10.0$		
900	$4.0 \leq t_r \leq 11.0$		
1000	$4.5 \leq t_r \leq 11.0$	≥ 3.5	天然橡胶支座和高阻尼橡胶支座： $\leq \frac{d_0}{5}$ 或 $\leq \frac{a}{5}$
1100	$5.5 \leq t_r \leq 11.0$		
1200	$6.0 \leq t_r \leq 12.0$		
1300	$6.5 \leq t_r \leq 13.0$	≥ 4.5	铅芯橡胶支座： $\leq \frac{d_0}{4}$ 或 $\leq \frac{a}{4}$
1400	$7.0 \leq t_r \leq 14.0$		
1500	$7.0 \leq t_r \leq 15.0$		

2 建筑隔震橡胶支座尺寸允许偏差应符合表 4.2.1-2 的要求。

表 4.2.1-2 尺寸允许偏差

项 目		尺寸允许偏差
内部	每层橡胶层厚度/%	产品设计值的±10
	橡胶层总厚度/%	产品设计值的±5
	夹层薄钢板厚度/mm	按 GB/T 3274 执行
	封钢板厚度/mm	±0.5
	钢板直径或边长/mm	±1.0
外部	总高度	设计值的±1.5%与 6mm 两者间的较小值
	外直径或边长 D' 、 a' 和 b'	设计值的±1%，且不大于±5.0 mm
	中孔直径 d_i /mm	±1.5
	橡胶包覆层厚度/mm	±1.5
		直径或短边边长不小于 1200mm 时，取直径或测量长度的 1/400 和 3 mm 的较小值；
	侧表面垂直度	支座总高度的 1/100
	水平偏差/mm	5

4.2.2 建筑隔震弹性滑板支座的尺寸应符合下列要求：

1 橡胶支座部允许偏差应符合下列规定：

1) 橡胶支座部的平面尺寸和高度允许偏差要求应符合表 4.2.2-1 的规定。

表 4.2.2-1 橡胶支座部偏差（mm）要求

直径 D_r （或边长 S_r ）	直径(或边长) 允许偏差	高度允许偏差
≤500	±5	±1.5%与±6.0 两者中的较小值
500< D_r （或 S_r ）≤1500	±1%	
>1500	±15	

2) 橡胶支座部的平整度要求为：

$$|\psi| \leq 0.25\%$$

$$|\delta_v| \leq 3\text{ mm}$$

橡胶支座部的平整度按式(4.2.2-1) 计算：

$$\psi = \left| \frac{\delta_v}{D} \right| \quad (4.2.2-1)$$

式中： ψ —橡胶支座部的平整度；

D' —圆形或方形橡胶支座部包括保护层厚度的外部直径或边长(mm)；
 δ_v —橡胶支座部的平整度偏差(mm)，即相距 180°的两点所测的支座高度之差(见图 4.2.2-1)

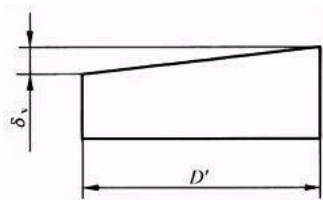


图 4.2.2-1 平整度的测量

3) 橡胶支座部的水平偏移(δ_H ，见图 4.2.2-2)应不超过 3.0mm，此偏移值也适用于经历试验后 48h 内的残余变形限制要求。



图 4.2.2-2 橡胶支座部的水平偏移测量

2 滑移材料外露部分的平面尺寸和厚度允许偏差要求应符合表 4.2.2-2 的规定。滑移材料与钢板凹槽之间的间隙应符合表 4.2.2-3 的规定。

表 4.2.2-2 滑移材料的平面尺寸和厚度允许偏差（mm）

滑移材料直径 D_s （或边长 S_s ）	直径(或边长) 允许偏差	厚度允许偏差
≤ 500	+2.5 0	+0.3 0
$500 < D_s$ （或 S_s ） ≤ 1000	+3.0 0	+0.3 0
$1000 < D_s$ （或 S_s ） ≤ 1500	+3.5 0	+0.3 0
> 1500	+4.0 0	+0.3 0

表 4.2.2-3 滑移材料与钢板凹槽之间的间隙（mm）

滑移材料直径 D_s （或边长 S_s ）	装配间隙
≤ 1000	≤ 2.0
> 1000	≤ 3.0

3 滑移面板允许偏差应符合下列规定：

1) 滑移面板的平面尺寸和厚度允许偏差应符合表 4.2.2-4 的规定。

表 4.2.2-4 滑移面板的平面尺寸和厚度允许偏差 (mm)

滑移面板边长 L_1	直径(或边长) 允许偏差	厚度允许偏差
≤ 1500	$\begin{matrix} +2.0 \\ 0 \end{matrix}$	± 0.2
> 1500	$\begin{matrix} +3.0 \\ 0 \end{matrix}$	± 0.2

2) 连接完成后滑移面板平整度的偏差应不超过滑移面板最大平面尺寸的 0.03%。

4 连接板允许偏差应符合下列规定:

1) 连接板平面尺寸的偏差应符合表 4.2.2-5 和表 4.2.2-6 的规定。

表 4.2.2-5 上连接板直径(或边长) 的允许偏差 (mm)

厚度	D_d (或 S_d) < 1000	$1000 \leq D_d$ (或 S_d) < 3150	$3150 \leq D_d$ (或 S_d) < 6000
$25 \leq H_2 \leq 27$	± 2.0	± 2.5	± 3.0
$27 < H_2 \leq 50$	± 2.5	± 3.0	± 3.5
$50 < H_2 \leq 100$	± 3.5	± 4.0	± 4.5

表 4.2.2-6 下连接板边长的允许偏差 (mm)

厚度	$L_f < 1000$	$1000 \leq L_f < 3150$	$3150 \leq L_f < 6000$
$25 \leq H_6 \leq 27$	± 2.0	± 2.5	± 3.0
$27 < H_6 \leq 50$	± 2.5	± 3.0	± 3.5
$50 < H_6 \leq 100$	± 3.5	± 4.0	± 4.5

2) 连接板厚度的允许偏差应符合表 4.2.2-7 和表 4.2.2-8 的规定。

表 4.2.2-7 上连接板厚度的允许偏差 (mm)

上连接板直径(或边长)	$25.0 \leq H_2 \leq 40.0$	$40.0 < H_2 \leq 63.0$	$63.0 < H_2 \leq 100.0$
D_d (或 S_d) < 1600	± 0.70	± 0.80	± 0.95
$1600 \leq D_d$ (或 S_d) < 3150	± 0.80	± 0.95	± 1.20
$3150 \leq D_d$ (或 S_d) < 6000	± 0.90	± 1.100	± 1.30

表 4.2.2-8 下连接板厚度的允许偏差 (mm)

下连接板边长	$25.0 \leq H_6 \leq 40.0$	$40.0 < H_6 \leq 63.0$	$63.0 < H_6 \leq 100.0$
$L_f < 1600$	± 0.70	± 0.80	± 0.95
$1600 \leq L_f < 3150$	± 0.80	± 0.95	± 1.20
$3150 \leq L_f < 6000$	± 0.90	± 1.10	± 1.30

3)连接板螺栓孔位置和封板螺纹孔位置的允许偏差应符合表 4.2.2-9 的规定。

表 4.2.2-9 螺栓孔位置的允许偏差 (mm)

连接板直径(或边长)	允许偏差
$400 < D_d$ (或 S_d , 或 L_f) ≤ 1000	± 0.8
$1000 < D_d$ (或 S_d , 或 L_f) ≤ 2000	± 1.2
D_d (或 S_d , 或 L_f) > 2000	± 2.0

4.2.3 建筑摩擦摆隔震支座的尺寸应符合下列要求:

1 摩擦材料嵌入深度不应小于其板厚的 1/2, 外露厚度不应小于 3mm, 外露厚度极限偏差及装配间隙应满足表 4.2.3 规定。固定用沉头螺钉顶面应低于滑板表面不小于 3mm; 当采用黏结加沉头螺钉固定时, 聚四氟乙烯或改性聚四氟乙烯摩擦材料背面需经表面活化处理后, 应镶嵌并黏结在基层钢板中。

表 4.2.3 摩擦材料的外露尺寸极限偏差及装配间隙 (mm)

摩擦材料直径	$\phi \leq 600$	$600 < b \leq 1200$	> 1200
外露厚度极限偏差	$\begin{matrix} +0.3 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.5 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.7 \\ 0 \end{matrix}$
与衬板凹槽的容许装配间隙	≤ 0.6	≤ 0.9	≤ 1.2

2 镀铬或安装后不锈钢板滑动表面平面度公差和球面轮廓度公差不应超过滑板直径的 0.03%和 0.2mm 中的较大者。

3 支座组装后上下座板的平行度不应大于边长的 2%%, 组装后支座整体高度极限偏差应在 ± 3 mm 以内。

II 减震装置

4.2.4 阻尼器整体尺寸偏差应符合表 4.2.4-1 的规定, 屈曲约束支撑的其他尺寸偏差应符合表 4.2.4-2 的规定。

表 4.2.4-1 阻尼器整体尺寸偏差 (mm)

项目		允许偏差
阻尼器的长度		不超过产品设计值 ± 3
阻尼器的截面有效尺寸	金属屈服型阻尼器	不超过产品设计值 ± 2
	其他阻尼器	不超过产品设计值 ± 2

表 4.2.4-2 屈曲约束支撑其他尺寸偏差 (mm)

项目	允许偏差
支撑侧弯矢量	$L/1000$, 且 ≤ 10
支撑扭曲	$h(d)/250$, 且 ≤ 5

注: L—支撑长度; h—支撑截面高度; d—支撑外径。

4.3 力学性能

I 隔震装置

4.3.1 建筑隔震橡胶支座竖向和水平力学性能要求见表 4.3.1。支座的力学模型参照附录 B。

表 4.3.1 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 $\pm 30\%$; 平均值允许偏差为 $\pm 20\%$
	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 60 MPa; 当 $4 < S_2 \leq 5$ 时, 应不小于 75 MPa; 当 $S_2 > 5$ 时, 应不小于 90 MPa
	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 20 MPa; 当 $4 < S_2 \leq 5$ 时, 应不小于 25 MPa; 当 $S_2 > 5$ 时, 应不小于 30 MPa
	竖向极限拉应力	应不小于 1.5 MPa
	竖向拉伸刚度	实测值允许偏差为 $\pm 30\%$; 平均值允许偏差为 $\pm 20\%$
	侧向不均匀变形	直径或边长不大于 600 mm 支座, 侧向不均匀变形不大于 3mm; 直径或边长不大于 1000 mm 支座, 侧向不均匀变形不大于 5mm; 直径或边长不大于 1500 mm 支座, 侧向不均匀变形不大于 7mm
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 $\pm 15\%$; 平均值允许偏差为 $\pm 10\%$
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 $\pm 15\%$; 平均值允许偏差为 $\pm 10\%$
	屈服后水平刚度	
	等效阻尼比	实测值允许偏差为 $\pm 15\%$; 平均值允许偏差为 $\pm 10\%$
	屈服力	实测值允许偏差为 $\pm 15\%$, 平均值允许偏差为 $\pm 10\%$
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 $\pm 15\%$; 平均值允许偏差为 $\pm 10\%$
	屈服后水平刚度	
	等效阻尼比	实测值允许偏差为 $\pm 20\%$, 平均值允许偏差为 $\pm 15\%$
	屈服力	实测值允许偏差为 $\pm 15\%$, 平均值允许偏差为 $\pm 10\%$

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 450%与 0.55D 的较大值
---	----------	-----------------------------------

4.3.2 建筑隔震弹性滑板支座的力学性能应符合下列要求:

1 滑板支座力学性能应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 滑板支座力学性能

序号	性能	试验项目	要求
1	压缩性能	竖向压缩刚度	竖向压缩刚度 K_v , 允许偏差为 $\pm 30\%$
2	剪切性能	初始刚度 K_1	允许偏差为 $\pm 15\%$
3		动摩擦系数	低摩擦滑板支座: 允许偏差为 $\pm 50\%$; 中、高摩擦滑板支座: 允许偏差为 $\pm 30\%$
4	极限性能	水平极限性能	1.滑板支座橡胶支座部在设计面压下, 水平位移达到设计最大位移之前, 不应出现破坏、屈曲和滚翻; 滑板支座其他组成部分不应出现破坏情况; 2.滑板支座的极限抗压能力不应小于 60MPa
5		竖向极限抗压性能	
6	耐久性能	老化性能	初始刚度 K_1 不应超过 30%
7		徐变性能	60 年徐变量不应超过 10%

2 滑板支座设计应符合下列规定:

- 1) 滑板支座滑移时橡胶支座部设计水平剪应变不宜大于 50%。
- 2) 在重力荷载代表值作用下滑板支座设计压应力不应超过 20 MPa。罕遇地震作用下瞬时面压不应超过 40 MPa。

- 3) 滑板支座的橡胶支座部最小直径(或边长)不宜小于 300mm, 第 1 形状系数不宜小于 30, 第 2 形状系数不应小于 7。

4.3.3 建筑摩擦摆隔震支座力学性能应符合表 4.3.3 的规定。

4.3.3 摩擦摆隔震支座力学性能

序号	性能	试验项目	要求
1	压缩性能	竖向压缩变形	在基准竖向承载力作用下, 竖向压缩变形不大于支座总高度的 1%或 2mm 两者中较大者
2		竖向承载力	在竖向压力为 2 倍基准竖向承载力时支座不应出现破坏, 无脱落、破裂、断裂等
3	剪切性能	静摩擦系数	静摩擦系数不应大于动摩擦系数的上限的 1.5 倍
4		动摩擦系数	试验位移取极限位移的 1/3; 当设计摩擦系数大于 0.03 时, 检测值与设计值的偏差单个试件应在 $\pm 25\%$ 以内, 一批试件平均偏差应在 $\pm 20\%$ 以内; 当设计摩擦系数不大于 0.03 时, 检测值与设计值的偏差单个试件应在 ± 0.0075 以内, 一批试件平均偏差应在 ± 0.006 以内
5		屈服后刚度	
6	水平极限变形能力	极限剪切变形	在基准竖向承载力作用下, 反复加载一圈至极限位移的 0.85 倍时, 支座不应出现破坏

4.3.4 其他隔震装置、隔震附加装置应有明确的作用机理和力学性能，应符合国家相关标准的要求。

【条文说明】三维隔震(振)支座应提供下列性能指标：(1) 水平剪切应变为 0，在三维隔震(振)支座设计压应力 σ_0 的 95%至 105%范围内竖向正弦循环加载得到的竖向循环等效刚度。(2) 将竖向压力按 $0-1.3\sigma_0-0.7\sigma_0$ (第 1 次加载)， $0.7\sigma_0-1.3\sigma_0-0.7\sigma_0$ (第 2 次加载)， $0.7\sigma_0-1.3\sigma_0$ (第 3 次加载) 依次连续匀速加载，取第 3 次加载过程对应于 $0.7\sigma_0$ 和 $1.3\sigma_0$ 的位移与荷载，计算得到的竖向单调刚度。

水平抗拉装置一般设置在在隔震层上部结构与下部结构之间，装置内设有受力空行程，保证水平限位装置在小震和中震下不产生拉力，不影响减震效果和反应谱计算。隔震层水平位移大于中震位移水准后，装置开始产生拉力，装置所受拉力随着水平位移增大而增大，通过水平限位装置减小隔震层水平位移，起到限位和复位的功能。另外，水平限位装置还可以调节隔震层刚度。

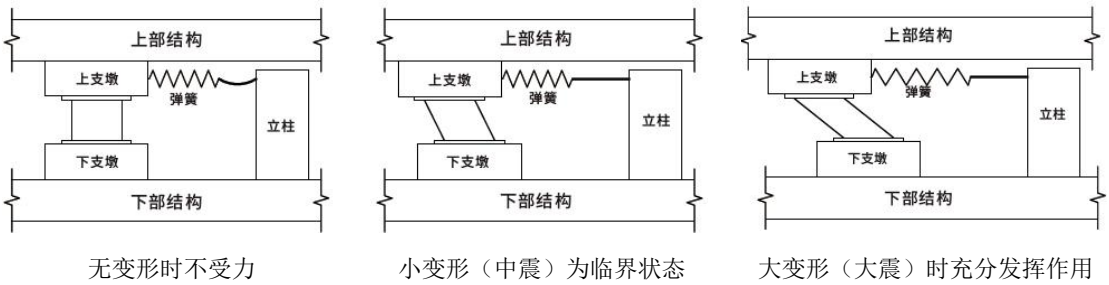


图 1 水平抗拉装置

竖向抗拉装置、拉索型抗拉装置一般设置在在隔震层上部结构与下部结构之间，装置内设有受力空行程，保证竖向抗拉装置在小震下不发挥作用，水平位移超过中震位移水准后才开始发挥作用，不影响减震效果和反应谱计算。隔震层水平位移大于中震位移水准后，装置开始产生拉力，装置所受拉力随着水平位移增大而增大，装置拉力的竖向分力抵消支座的拉力，水平分力发挥水平复位功能，减小隔震层水平位移。

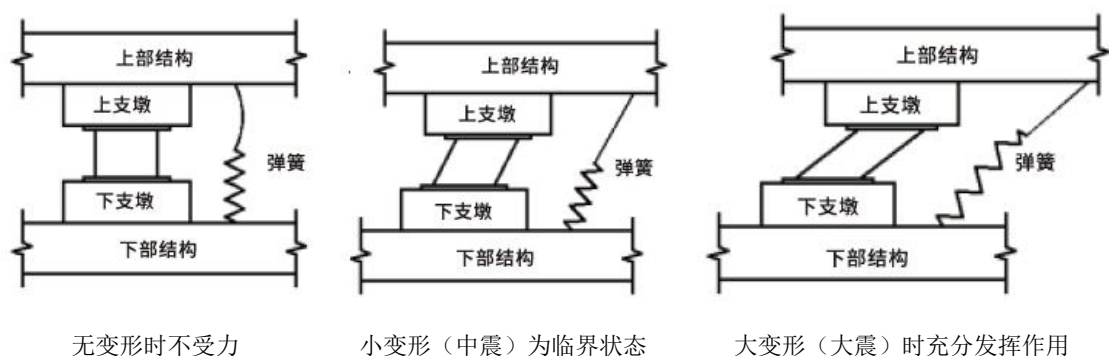


图 2 竖向抗拉装置

II 减震装置

4.3.5 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑的力学性能应符合表 4.3.4-1 的规定，摩擦阻尼器的力学性能应符合表 4.3.4-2 的规定。

表 4.3.5-1 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑的力学性能

项目	性能指标
名义屈服位移	单个试件实测值与设计值的偏差率在 $\pm 15\%$ 以内，一批试件的偏差率平均值在 $\pm 10\%$ 以内
名义屈服力	
弹性刚度	
设计阻尼力	
第二刚度	
延性系数	金属屈服型阻尼器的延性系数不应小于 10；屈曲约束支撑的延性系数不应小于 6
滞回曲线	实测滞回曲线除卸载点外应光滑、无异常；单个试件滞回曲线面积实测值与设计值的偏差率应在 $\pm 15\%$ 以内，一批试件的偏差率平均值在 $\pm 10\%$ 以内
极限位移	实测值不应小于设计位移的 120%
极限承载力	单个试件实测值与设计值的偏差率在 $\pm 15\%$ 以内，一批试件的偏差率平均值在 $\pm 10\%$ 以内

表 4.3.5-2 摩擦阻尼器的力学性能要求

项目	性能指标
起滑位移	不应大于设计值
起滑力	不应大于设计阻尼力的 130%
设计阻尼力	单个试件实测值与设计值的偏差率在 $\pm 15\%$ 以内，一批试件的偏差率平均值在 $\pm 10\%$ 以内
滞回曲线	实测滞回曲线除卸载点外应光滑、无异常；单个试件滞回曲线面积实测值与设计值的
极限位移	实测值不应小于设计位移的 120%

4.3.6 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的力学性能应符合表 4.3.6-1 的规定，黏弹性阻尼器的力学性能应符合表 4.3.4-2 的规定。

表 4.3.6-1 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的力学性能要求

项目	性能指标
设计阻尼力	单个试件实测值与设计值的偏差率在 $\pm 15\%$ 以内，一批试件的偏差率平均值在 $\pm 10\%$ 以内
滞回曲线	实测滞回曲线应光滑，无异常；单个试件滞回曲线面积实测值与设计值的偏差率应在 $\pm 15\%$ 以内，一批试件的偏差率平均值在 $\pm 10\%$ 以内
阻尼力与速度 相关规律	单个试件各工况阻尼力与设计值的偏差率在 $\pm 15\%$ 以内；一批试件的各工况偏差率平均值在 $\pm 10\%$ 以内
极限位移	当设计位移 $< 80\text{mm}$ 时，实测值不应小于设计位移的 150%；当 $80\text{mm} \leq \text{设计位移} \leq 100\text{mm}$ 时，实测值不应小于 120mm；当设计位移 $> 100\text{mm}$ 时，实测值不应小于设计位移的 120%

表 4.3.6-2 黏弹性阻尼器的力学性能要求

项目	性能指标
设计阻尼力	单个试件实测值与设计值的偏差率在 $\pm 15\%$ 以内，一批试件的偏差率平均值在 $\pm 10\%$ 以内
表观剪切模量	
储能刚度	
损耗因子	
滞回曲线面积	
极限位移	实测值不应小于设计位移的 120%

4.3.7 其他类减震装置的力学性能应根据产品构造、变形能力、承载能力、耗能能力确定相关力学性能要求。

【条文说明】为了解决支撑刚度、承载力与主体结构抗震性能的匹配，有研究提出了分区控制防屈曲支撑，采用分段设计，降低了支撑刚度与承载力的耦合程度，使得支撑力学性能可定制化设计，更容易与主体结构抗震性能匹配。同时将屈曲段移至支撑两端，降低屈曲段长细比，提高支撑整体稳定性，改善支撑变形性能和耗能能力。具有大刚度、高承载、易检修、可更换、施工便捷等特点。

4.4 相关性能

I 隔震装置

4.4.1 天然橡胶支座和铅芯橡胶支座相关性能要求应符合表 4.4.1-1 的规定。高阻尼橡胶支座相关性能要求应符合表 4.4.1-2 的规定。

表 4.4.1-1 天然橡胶支座和铅芯橡胶支座相关性能要求

项 目		性能要求
竖向应力相关性能	水平等效刚度, 屈服力变化率(LRB)	±15%
	等效阻尼比变化率(LRB)	
大变形相关性能	水平等效刚度, 屈服力变化率(LRB)	±20%
	等效阻尼比变化率(LRB)	
加载频率相关性能	水平等效刚度, 屈服力变化率(LRB)	±10%
	等效阻尼比变化率(LRB)	
温度相关性能	水平等效刚度, 屈服力变化率(LRB)	±25%
	等效阻尼比变化率(LRB)	

表 4.4.1-2 高阻尼橡胶支座相关性能要求

项 目		性能要求
竖向应力相关性能	水平等效刚度变化率	±25%
	等效阻尼比变化率	
大变形相关性能	水平等效刚度变化率	±25%
	等效阻尼比变化率	
加载频率相关性能	水平等效刚度变化率	±25%
	等效阻尼比变化率	
温度相关性能	水平等效刚度变化率	0 °C~40 °C: ±25%; -10 °C~0 °C: ±40%
	等效阻尼比变化率	

4.4.2 建筑隔震弹性滑板支座的相关性能要求应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 滑板支座力学相关性能要求

序号	性能	试验项目	要求
1	剪切性能相关性	压应力相关性	基准压应力 σ_n 取设计压应力
2		加载速度相关性	基准加载速度宜取 0.4m/s
3		反复加载次数相关性	基准反复加载次数取第 3 次, 50 次摩擦系数变化率不应大于 30%
4		温度相关性	基准温度为 23°C
5	压缩性能相关性	压应力相关性	竖向压缩刚度具有规律性, 滑板支座竖向保持稳定性

4.4.3 建筑摩擦摆隔震支座的相关性能要求应符合表 4.4.3 的规定。

表 4.4.3 摩擦摆隔震支座相关性能要求

序号	性能	试验项目	要求
1	剪切性能相关性	反复加载次数相关性	取第 3 次, 第 20 次摩擦系数进行对比, 变化率不应大于 20%
2		温度相关性	基准温度为 23℃, 在-25℃~-40℃范围内摩擦系数变化率不应大于 45%

II 减震装置

4.4.4 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑在多次往复加载下应具有稳定的滞回曲线形状, 设计阻尼力变化率不应大于 15%, 滞回曲线面积变化率不应大于 15%。

4.4.5 摩擦阻尼器的力学性能相关性应符合表 4.4.5 的规定。

4.4.5 摩擦阻尼器的力学性能相关性

项目		性能指标
温度相关性	设计阻尼力	产品的实测值与设计值的偏差率应在±15%以内
	滞回曲线面积	
速度相关性	设计阻尼力	
	滞回曲线面积	
位移相关性	设计阻尼力	
多次往复相关性	设计阻尼力	
	滞回曲线面积	设计阻尼力变化率不应大于 15%, 滞回曲线面积变化率不应大于 15%

4.4.6 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的力学性能相关性应符合表 4.4.6 的规定。

4.4.6 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的力学性能相关性

项目		性能指标
温度相关性	设计阻尼力	各工况与 23℃的偏差率应在±15%以内
	滞回曲线	光滑, 无异常, 包络面积变化率应在±15%以内
加载频率相关性	设计阻尼力	实测值与设计值的偏差率应在±15%以内
多次往复相关性	设计阻尼力	设计阻尼力变化率应在±15%以内
	滞回曲线	光滑、无异常, 包络面积变化率应在±15%以内

4.4.7 黏弹性阻尼器的力学性能相关性应符合表 4.4.7 的规定。

4.4.7 黏弹性阻尼器的力学性能相关性

项目		性能指标
温度相关性	表观剪切模量	变化率应在 $\pm 30\%$ 以内
	损耗因子	
加载频率相关性	表观剪切模量	
	损耗因子	
变形相关性	表观剪切模量	
	损耗因子	
多次往复相关性	表观剪切模量	变化率应在 $\pm 20\%$ 以内
	损耗因子	

4.5 耐久性

I 隔震装置

4.5.1 隔震橡胶支座的耐久性能包括老化性能、徐变性能和疲劳性能，应符合表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 隔震橡胶支座耐久性要求

项 目		性能要求
老化性能	竖向刚度变化率	$\pm 20\%$
	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	$\geq 320\%$ 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	$\pm 15\%$
	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。

4.5.2 隔震弹性滑板支座橡胶材料的耐久性能要求应符合表 4.5.2 的规定。

表 4.5.2 橡胶材料耐久性性能要求

序号	性能	试验项目	要求
1	老化性能	拉伸强度变化率	± 25%
		拉断伸长率变化率	≥50%
		100%拉应变时的弹性模量变化率	在试验前指定的偏差范围内

4.5.3 摩擦摆隔震支座钢件表面应根据不同的环境条件，按《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》TB/T 1527 采用相适应的涂装防护体系。支座的防尘装置应按设计图纸的要求制造和安装，应可靠、有效，便于安装、更换和维护。

4.5.4 其他隔震装置、隔震附加装置的相关组件应满足国家标准对相关材料的耐久性要求。使用年限不少于建筑使用年限，也不少于使用位置主要隔震产品的使用年限。

【条文说明】三维隔震(振)支座中如采用弹簧作为主要竖向承力部件，弹簧的疲劳性能应满足在轴压应力设计值的 80%至 120%间循环 200 万次而弹簧不发生破坏。三维隔震(振)支座中如采用橡胶作为竖向承力部件，在建筑设计工作年限内橡胶部分的徐变量不应超过橡胶总厚度的 10%。水平抗拉装置、竖向抗拉装置相关组件一般采用金属材料，拉索型抗拉装置相关组件一般采用金属、碳纤维等索形材料，其疲劳性能应满足相关标准要求。

II 减震装置

4.5.5 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑在盐雾试验后外观应目测无锈蚀；摩擦阻尼器的老化性能和耐腐蚀性能应符合表 4.5.5 的规定。

表 4.5.5 摩擦阻尼器的耐久性

项目		性能要求
老化性能 (有机材料)	起滑力	变化率应在±15%以内
	设计阻尼力	变化率应在±15%以内
	滞回曲线	光滑，无异常，包络面积变化率应在±15%以内
耐腐蚀性能	外观	目测无锈蚀

4.5.6 黏滞阻尼器在盐雾试验后外观应目测无锈蚀、无渗漏，密封试验后应无渗漏和部件损坏且阻尼力的衰减值不大于 5%；电涡流阻尼器在盐雾试验后外观

应目测无锈蚀。

4.5.7 黏弹性阻尼器的耐久性试验按表 4.5.7 的规定进行。

表 4.5.7 黏弹性阻尼器的耐久性

项目		性能指标
耐腐蚀性能	外观	目测无锈蚀
老化性能	表观剪切模量	变化率应在±20%以内
	损耗因子	
	滞回曲线	光滑、无异常，包络面积变化率应在±15%以内
	极限位移	不小于设计位移的 120%
	外观	目测无变化

5 试验方法

5.1 隔震装置

5.1.1 建筑隔震橡胶支座的试验方法应符合下列要求：

1 天然橡胶和高阻尼橡胶的物理力学性能试验方法见表 5.1.1-1，应符合《橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序》GB/T 2941 和《硫化橡胶物理试验方法的一般要求》HG/T 2198 的规定。

表 5.1.1-1 橡胶物理力学性能试验方法

性能	项 目	试验方法
硬度	硬度	GB/T 531.1
拉伸性能	拉伸强度	GB/T 528
	扯断伸长率	GB/T 528
	25%定伸应力	附录A
	300%定伸应力	GB/T 528
压缩性能	压缩永久变形	GB/T 7759.1, GB/T 7759.2
黏合性能	黏合强度	GB/T 7760
热空气老化性能	拉伸强度变化率	GB/T 3512
	扯断伸长率变化率	
	硬度变化率	
抗臭氧性能	臭氧老化	GB/T 7762
	静态拉伸试验	
脆性性能	脆性温度	GB/T 15256

2 产品外观质量可用目视观察及直尺测量评定。

3 支座产品尺寸测量的标准温度为 $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 上。产品尺寸可用钢直尺、游标卡尺、直角尺、倾角仪或其他工具进行测量，其测量尺寸的公差应符合 GB/T 3672.1 和 GB/T 3672.2 的规定。支座的平面尺寸测量，圆形支座的直径取两个不同位置测量值的平均值，矩形支座两个 边 长均取每边两个不同位置测量值的平均值。支座高度和厚度尺寸取最外侧 4 个不同位置测量值的平均值。支座平整度取支座周边 4 个不同位置所测得的 2 个高度差的最大 值；测量位置与支

座高度的测量位置相同。支座水平偏差取 4 个不同位置顶边和底边水平偏差测压值的最大值，侧表面垂直度可用直角尺或具有相应精度的量具测量。

4 支座竖向和水平向力学性能应符合下列规定：

1) 竖向压缩刚度：取与轴压应力 $(1\pm 30\%) \sigma_0$ 相应的竖向荷载(σ_0 为产品的设计轴压应力，MPa)，3 次往复加载，绘出竖向荷载与竖向位移关系曲线。取第 3 次反复加载结果，按式(5.1.1-1) 计算竖向刚度：

$$K_v = \frac{P_1 - P_2}{\delta_1 - \delta_2} \quad (5.1.1-1)$$

式中： K_v ——建筑隔震橡胶支座竖向刚度，kN/m；

P_1 ——平均压应力为 $1.3 \sigma_0$ 时的竖向荷载，kN；

P_2 ——平均压应力为 $0.7 \sigma_0$ 时的竖向荷载，kN；

δ_1 ——竖向荷载为 P_1 时的竖向位移，m；

δ_2 ——竖向荷载为 P_2 时的竖向位移，m。

2) 压缩变形性能：取与轴压应力 $(1\pm 30\%) \sigma_0$ 相应的竖向荷载，3 次反复加载，绘出竖向荷载与竖向位移关系曲线，荷载-位移曲线应无异常。

3) 竖向极限压应力：向支座施加轴向压力，缓慢或分级加载，直至破坏。同时绘出竖向荷载和竖向位移曲线，根据曲线的变形趋势确定破坏时的荷载和压应力。

4) 水平位移为支座内部橡胶直径 55% (且不小于橡胶层厚度的 450%) 状态时的极限压应力：向支座施加设计轴压应力，然后施加水平荷载，使支座处于水平位移为支座内部橡胶直径 55% (且不小于橡胶层厚度的 450%) 的剪切变形状态，再继续缓慢或分级竖向加载，记录竖向荷载和水平刚度，往复循环加载各一次。当支座外观发生明显异常或水平刚度趋于 0 时，视为破坏。

5) 竖向拉伸刚度、竖向极限拉应力：对支座在剪应变为零的条件下，低速施加拉力直到试件发生破坏，绘出拉力和拉伸位移关系曲线。按下列方法求出屈服拉力和拉伸刚度：

a 通过原点和曲线上与剪切模量 G 对应的拉力作一条直线(G 为设计压应力、设计剪应变作用下的剪切模量)；

b 将上述直线水平偏移 1% 的内部橡胶厚度；

c 偏移线和试验曲线相交点对应的力即为屈服拉力；

d 10% 拉应变对应的割线刚度即为拉伸刚度；

e 破坏点对应的试件拉应力即为竖向极限拉应力。

6) 侧向不均匀变形：在设计竖向压应力下，采用直角尺和塞尺测量支座侧面最大鼓出位置的鼓出量。测量侧向不均匀变形时的竖向压应力，当 S_2 不小于 5 时，型式检验取 15 MPa，出厂检验取设计压应力；当 S_2 不小于 4 且小于 5 时，竖向压应力降低 20%；当 S_2 不小于 3 且小于 4 时，竖向压应力降低 40%。

7) 水平等效刚度：对被试支座在产品的设计压应力作用下，进行剪应变 γ 为 100% 和 250%，加载频率 f 不低于 0.02 Hz，水平加载波形为正弦波的动力加载试验。以对应于正剪应变 γ 和负剪应变 $-\gamma$ 的水平位移作为最大水平正位移和负位移，连续作出 3 条滞回曲线。用第 3 条滞回曲线，按式(5.1.1-2) 计算支座的水平等效刚度：

$$K_h = \frac{Q^+ - Q^-}{U^+ - U^-} \quad (5.1.1-2)$$

式中： K_h ——水平等效刚度，kN/m；

U^+ ——最大水平正位移，mm；

U^- ——最大水平负位移，mm；

Q^+ ——与 U^+ 相应的水平剪力，kN；

Q^- ——与 U^- 相应的水平剪力，kN。

8) 屈服后水平刚度：当试验滞回曲线比较理想，具有明显的最大位移和最大剪力特征点以及与剪力轴的交点，铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座的屈服后水平刚度 K_d 可按下列方法一确定，否则按方法二确定：

方法一：

对于铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座，屈服后水平刚度应根据 $\gamma=100\%$ ，加载频率 f 不低于 0.02 Hz 试验的第 3 条滞回曲线按式(5.1.1-3) 确定：

$$K_d = \frac{1}{2} \left(\frac{Q_y^+ - Q_y^-}{U_y^+ - U_y^-} + \left| \frac{Q_y^- - Q_y^+}{U_y^- - U_y^+} \right| \right) \quad (5.1.1-3)$$

式中： K_d ——屈服后水平刚度，kN/m；

U_y^+ ——正方向屈服位移，mm；

U_y^- ——负方向屈服位移，mm；

Q_y^+ ——与 U_y^+ 相应的水平剪力，kN；

Q_y^- ——与 U_y^- 相应的水平剪力, kN。

方法二:

铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座屈服后水平刚度可按 GB/T 20688.1-2007 附录 G 的方法计算。

9) 屈服力: 当试验带回曲线应较理想, 具有明显的最大位移和最大剪力特征点以及与剪力轴的交点, 铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座的屈服力 Q , 可按下列方法一确定, 否则按方法二确定:

方法一:

对于铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座, 屈服力应根据 $\gamma = 100\%$, 加载频率 f 不低于 0.02Hz 试验的第 3 条曲线按式 (5.1.1-4) 确定:

$$Q_d = \frac{Q_y^+ - Q_y^-}{2} \quad (5.1.1-4)$$

式中: Q_d ——屈服力, kN;

Q_y^+ ——与 U_y^+ 相应的水平剪力, kN;

Q_y^- ——与 U_y^- 相应的水平剪力, kN。

方法二:

铅芯橡胶支座和高阻尼橡胶支座可按 GB/T 20688.1-2007 附录 G 的方法计算。

10) 等效阻尼比: 被试验支座的等效阻尼比按式(5.1.1-5)或式(5.1.1-6)计算:

$$h_{eq} = \frac{W}{2\pi Q^+ U^+} \quad (5.1.1-5)$$

$$h_{eq} = \frac{W}{2\pi K_h (U^+)^2} \quad (5.1.1-6)$$

式中: h_{eq} ——建筑隔震橡胶支座等效阻尼比;

W ——滞回曲线所围面积, kN·m。

11) 水平极限变形能力: 被试支座在一定竖向压应力作用下, 水平向缓慢或分级加载, 往复一次, 绘出水平荷载和水平位移曲线, 同时观察支座四周表现, 当支座外观出现明显异常或试验曲线异常时(如内层橡胶与内层钢板明显撕开, 并且试验曲线上力和位移没有同时上升), 视为破坏。

测量水平极限变形能力的竖向压应力, 当 S_2 不小于 5 时, 型式检验取 15MPa, 出厂检验取设计压应力; 当 S_2 不小于 4 且小于 5 时, 竖向压应力降低 20%; 当

S_2 不小于 3 且小于 4 时，竖向压应力降低 40%。

5 产品的耐久性性能应按表 5.1.1-2 的规定进行。

表 5.1.1-2 耐久性性能试验方法

项 目		试验方法
老化性能	竖向刚度	先测定被试支座的竖向刚度、水平等效刚度、等效阻尼比；再将支座置于 80℃恒温箱内 962h 或 100℃的恒温箱内 185h(或相当于 20℃×60 年的等效温度和等效时间)后取出，冷却至自然室温，再重新测定支座的竖向刚度、水平等效刚度、等效阻尼比及水平极限变形能力。比较该支座老化前后的刚度和阻尼性能，并与未老化同型(批)的支座进行水平极限变形能力的比较
	水平等效刚度	
	等效阻尼比 (LRB、HDR)	
	水平极限变形能力	
	外观	
徐变性能	徐变量	徐变性能试验可采用下列方法： a) 被试支座在产品的设计压应力在用下，置于 80℃恒温有内 962h 或 100℃ 的恒温箱内 185 h (或相当于 20℃×60 年的等效温度和等效时间)后，取出测其徐变量； b) 按 GB/T 20688.1—2007 中第 6.7.2 条规定的试验方法
疲劳性能	竖向刚度 水平等效刚度 等效阻尼比 (LRR HDR)	试验时先测被试支座的竖的刚度、水平等效刚度，等效阻尼比，在设计压应力状态下，按剪应变 $\gamma=100\%$ ，加载频率不低于 0.02Hz 连续施加水平荷载 50 次，同时记录每次水平加载力与水平位移的滞回曲线，并仔细观察量验过程中试件有无龟裂、钢板与橡胶是否撕裂或出现其他异常现象。再测试被试支座的竖向刚度、水平等效刚度和等效阻尼比，其值满足性能要求且 20 组滞回曲线与其平均曲线偏差在 $\pm 15\%$ 内时，再按剪应变 $\gamma=250\%$ ，加载频率 0.15Hz 施加水平荷载 3 次，若滞回曲线无明显异常，则判疲劳试验合格
	外观	

6 建筑隔震橡胶支座的相关性能试验应符合表 5.1.1-3 的规定。

表 5.1.1-3 相关性能试验方法

项 目		试验方法
竖向应力 相关性能	水平等效刚度变化率	按表 6.6.1-1 中的要求，测定被试支座分别在轴向压应力 5MPa、10 MPa、15 MPa 作用下，剪切变形 $\gamma=100\%$ 时的水平等效刚度、等效阻尼比，并计算与轴压力 10 MPa 时的相应比值
	等效阻尼比变化率 (LRB、HDR)	
大变形 相关性能	水平等效刚度变化率	先按表 6.6.1-1 中的要求，测定被试支座在设计压应力作用下，剪切变形 $\gamma=100\%$ 时的水平等效刚度、等效阻尼比，再做剪切变形 $\gamma=250\%$ 试验 8 次后，重新测定被试支座在设计轴向压应力作用下，剪切变形 $\gamma=100\%$ 时的水平等效刚度、等效阻尼比，并计算相应比值
	等效阻尼比变化率 (LRB、HDR)	
加载频率 相关性能	水平等效刚度变化率	按表 6.6.1-1 中的要求，测定被试支座在设计压应力作用下，剪切变形 $\gamma=100\%$ 时加载频率分别为 0.02 Hz、0.05 Hz、0.1 Hz、0.2 Hz 时的水平等效刚度、等效阻尼比，并计算与 $f=0.2$ Hz 时的相应比值
	等效阻尼比变化率 (LRB、HDR)	
温度相关 性能	水平等效刚度变化率	按表 6.6.1-1 中的要求，测定被试支座在设计压应力作用下，剪切变形 $\gamma=100\%$ ，温度 T 分别为 -20℃、-10℃、0℃、20℃、40℃时的水平等效刚度、等效阻尼比，并计算与 $T=23$ ℃时的相应比值
	等效阻尼比变化率 (LRB、HDR)	

注：对于用于高寒地区的建筑隔震橡胶支座，可根据需要补充进行低温试验。

5.1.2 建筑隔震弹性滑板支座的试验方法应符合下列要求：

1 橡胶材料物理性能试验应符合下列规定：

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

2) 老化性能：拉伸强度变化率、拉断伸长率变化率、100%拉应变时的弹性模量变化率的测定按 GB/T 20688.1-2007 的第 5.4 节的规定进行。试验条件：天然橡胶 $70^{\circ}\text{C} \times 168 \text{ h}$ ；氯丁橡胶或其他橡胶 $100^{\circ}\text{C} \times 72 \text{ h}$ 。

3) 硬度：硬度的测定按 GB/T 6031 的规定进行。

4) 粘合性能：橡胶与金属粘合强度的测定按 GB/T 7760 的规定进行。

5) 压缩性能：压缩永久变形的测定按 GB/T 7759 的规定进行，采用 A 型试样。

6) 剪切性能：剪切模量、等效阻尼比、剪切模量和等效阻尼比的温度相关性的测定按 GB/T 20688.1-2007 中第 5.8 节的规定进行；破坏剪应变的测定按 GB/T 20688.1-2007 中第 5.9 节的规定进行。

7) 脆性温度：脆性温度的测定按 GB/T 15256 的规定进行。

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

9) 低温结晶性能：低温结晶性能的测定按 GB/T 20688.1-2007 中第 5.12 节的规定进行。

2 滑移材料物理性能试验应符合下列规定：

1) 密度：密度的测定按 GB/T 1033.1 的规定进行。

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

3) 球压痕硬度：球压痕硬度的测定按 GB/T 3398.1 的规定进行。

4) 线磨耗系数：线磨耗系数的测定按附录 A 的规定进行。

5) 极限抗压强度：试验要求如下：

a 试验设备：本试验在压力试验机上进行。

b 试件尺寸：试件厚度不小于 5 mm，平面尺寸取 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 。

c 试验程序：极限抗压强度试验应按下列顺序进行：

a) 清理试件表面与上下承压板面；

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

d 计算结果:

- a) 滑移材料抗压强度应按下式计算 (精确至 0.1MPa) :

$$f_v = \frac{F}{A} \quad (5.1.2-1)$$

式中 f_v ——滑移材料抗压强度 (MPa) ;

F ——滑移材料抗压破坏荷载 (N) ;

A ——滑移材料承压面积 (mm^2) 。

- b) 抗压强度值按以下方法确定:

3 个试件中的算术平均值作为该组试件的强度值 (精确至 0.1 MPa) ;

3 个测试值中最大值或最小值中如有一个与中间值的差值超过中间值的 15% 时, 则把最大值及最小值一并舍除, 取中间值作为该组试件的抗压强度值;

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

- 6) 抗压弹性模量: 抗压弹性模量的测定按附录 C 的规定进行。

3 滑移滑板性能试验应符合下列规定:

1) 压缩性能

a 竖向压缩刚度的测定按 GB/T 20688.1-2007 中第 6.3.1 条规定的方法进行, 加载方法采用第 4.3.1 条第 3 款中的方法 2 加载 3 次, 竖向压缩刚度 K_v 应按第 3 次加载循环测试值计算。

- b 试验标准温度为 23℃, 否则应对试验结果进行温度修正。

2) 剪切性能

- a 动摩擦系数、初始刚度 K_1 的测定按附录 C 的规定。

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

- c 试验标准温度为 23℃, 否则应对试验结果进行温度修正。

3) 剪切性能相关性

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

b 加载速度相关性：加载速度相关性的测定按 GB/T20688.1-2007 的第 6.4.3 条的规定进行，可采用单剪试验装置，基准加载速度取值为 0.4 m/s。

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

d 温度相关性：温度相关性的测定按 GB/T20688.1-2007 的第 6.4.5 条的规定进行，可采用单剪试验装置，温度取值范围为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，必要时可增加温度取值。

4) 压缩相关性性能：压应力相关性的测定按 GB/T 20688.1-2007 的第 6.4.7 条的规定进行。

5) 极限性能

a 竖向极限抗压性能

a) 试验装置和程序：试验装置和程序按 GB 20688.5-2014 的规定进行。

b) 竖向极限抗压强度计算：滑板支座抗压强度计算按下式计算（精确至 0.1MPa）：

$$f_{sv} = \frac{F_v}{A} \quad (5.1.2-2)$$

式中 f_{sv} ——滑移支座抗压强度（MPa）；

F ——试件破坏荷载（N）；

A ——试件承压面积（ mm^2 ）；如果滑板材料面积小于橡胶内部钢板面积时，可取滑板材料的面积。

b 水平极限抗压性能

a) 通则

应在恒定压力下施加水平位移测定滑板支座的水平极限性能。试验过程中，恒定压力允许偏差为 $\pm 10\%$ ，剪切位移允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

应采用单剪试验方法，设备摩擦力对剪力的修正见 GB/T 20688.1-2007 附录 E，设备摩擦力应小于剪力的 3%。

惯性力对剪力的修正见 GB/T 20688.1-2007 的附录 D。

b)加载

试验可采用单边 1 次加载；应测定滑板支座在设计压力下的极限水平位移能力；极限水平位移状态指滑板支座出现破坏、屈曲或滚翻；当单边水平位移达到指定极限水平位移(应至少取 500mm) 时，若没有明显的破坏迹象，则可停止试验，并根据最大剪力和水平位移确定滑板支座的极限水平性能。

6) 耐久性能

a 老化性能：老化性能的测定按 GB/T 20688.1-2007 中第 6.7.1 条的规定进行。

b 徐变性能：徐变性能的测定按 GB/T 20688.1-2007 中第 6.7.2 条的规定进行。

5.1.3 建筑摩擦摆隔震支座的试验方法应符合下列要求：

1 支座用材料

1) 摩擦材料

a 摩擦材料的物理力学性能测定应按表 5.1.3-1 规定的试验方法进行。

b 摩擦材料的基准厚度和厚度极限偏差测定应采用直尺、卡尺、卷尺等量具进行测量，量具精度 应满足测量要求。

c 摩擦材料的外观质量采用目测法进行检查。

表5.1.3-1 摩擦材料物理机械性能试验方法

序号	项 目	试验方法
1	密度 $p/(g/cm^3)$	按 GB/T 1033.1 的规定进行
2	拉伸强度/MPa	按 GB/T 1040.3 的规定进行，采用 5 型试样、厚度 $2\text{ mm}\pm0.2\text{ mm}$ ，试验拉伸速度为 50mm/min
3	断裂伸长率/%	
4	球压痕硬度(H132/60) (H/MPa)	按 GB/T 3398.1 的规定进行
5	在无润滑条件下与不锈钢板或镀铬钢板 摩擦时的线磨耗/ μm	按 GB/T 37358-2019 附录 B 的相关规定进行
6	蠕变压缩变形	按 GB/T 37358-2019 附录 C 的相关规定进行

- 2) 不锈钢：摩擦材料的外观质量采用目测法进行检查。
- 3) 黏结剂：黏结摩擦材料与钢材的剥离强度的测定应按 GB/T 7760 的规定进行。
- 4) 防尘橡胶板材料：防尘橡胶板用三元乙丙橡胶材料的物理力学性能测定应按表 5.1.3-2 规定的试验方法进行。

表5.1.3-2 防尘橡胶板物理机械性能

项 目	试验方法
硬 度 IRHD	按 GB/T 6031 中规定的方法测定
拉伸强度/MPa	按 GB/T 528 规定的方法测定，采用 1 型哑铃状试样
拉断伸长率/%	
脆性温度/°C	按 GB/T 1682 规定的方法测定
耐臭氧老化	按 GB/T 7762 规定的方法测定，其中试验条件为 40°C×96 h，20%的伸长率，臭氧浓度为 100×10^{-4}
热空气老化	按 GB/T 3512 规定的方法进行，试验条件为 100°C×70 h。老化后拉伸性能测试同拉伸强度测试方法

2 外观质量

- 1) 摩擦材料、金属摩擦面及机加工件外观质量采用目测法进行检查。
- 2) 铸钢件的表面缺陷采用量具进行测量，并采用目测法进行检查。

3 支座性能

1) 试样：成品支座的竖向压缩性能、剪切性能试验宜采用足尺支座进行，受检验设备能力所限，可选用有代表性的缩尺支座进行试验，缩尺支座的竖向设计承载力不宜小于3000 kN，且缩尺比例不宜小于1/2。

2) 试验方法：成品支座的力学性能试验方法应按表5.1.3-3规定的试验方法进行。

表 5.1.3-3 摩擦摆隔震支座力学性能试验方法

序号	性能	试验项目	试验方法
1	压缩性能	竖向压缩变形	按 GB/T 37358-2019 附录 D 的规定进行
2		竖向承载力	
3	剪切性能	静摩擦系数	按 GB/T 37358-2019 附录 E 的规定进行，其中动摩擦系数下限按加载速度为 4 mm/s 确定，上限按 150 mm/s 确定。试验标准温度为 23 °C，否则应对试验结果进行温度修正
4		动摩擦系数	
5		屈服后刚度	
6	剪切性能相关性	反复加载次数相关性	按 GB/T 37358-2019 附录 E 的规定进行
7		温度相关性	温度相关性的测定按 GB/T 20688.1 的 6.4.5 条的规定进行，可采用单剪试验装置
8	水平极限变形能力	极限剪切变形	按 GB/T 37358-2019 附录 E 的规定进行

5.1.4 其他隔震装置、隔震附加装置的试验方法应满足国家标准要求。

【条文说明】目前，工程上常用的隔震附件装置有抗拉装置、限位装置、抗风装置等。

5.2 减震装置

5.2.2 阻尼器的外观质量采用目测或借助放大镜等辅助工具检测；焊缝的外观质量按 GB/T 50205 的规定进行。

5.2.3 阻尼器的外形尺寸采用直尺、游标卡尺等常规量具检测。

5.2.4 阻尼器的力学性能试验方法应符合下列要求：

1 阻尼器的相关试验在标准环境温度（23℃±2℃）下进行，阻尼器的力学性能参数按本标准附录 C 的规定。

2 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑的力学性能试验方法应符合表 5.2.4-1 的规定，摩擦阻尼器的力学性能试验方法应符合表 5.2.4-2 的规定。

3 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的力学性能试验方法应符合表 5.2.4-3 的规定，黏弹性阻尼器的力学性能试验方法应符合表 5.2.4-4 的规定。

4 其他类阻尼器的力学性能应根据其耗能机理确定，在控制位移情况下，参照速度相关型阻尼器的要求进行检测。

表 5.2.4-1 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑的力学性能试验方法

项目	试验方法
名义屈服位移	(1) 采用位移控制加载，加载频率不低于 0.02Hz，加载位移幅值按设计位移的 10%、25%、50%、75%和 100%进行逐级加载，每级循环加载 3 次，绘制荷载—位移滞回曲线； (2) 参数取值取 100%设计位移第 2 次循环的结果；取该循环左右两侧卸载刚度的平均值作为弹性刚度（卸载刚度取最大位移点和承载力卸载为零时两点的斜率）；取该循环上下两个加载刚度的平均值作为第二刚度；以坐标原点为起点、弹性刚度为斜率做第一条射线，以设计位移对应的点为起点、第二刚度为斜率做第二条射线，两条射线的交点定义为名义屈服点，取该点对应的横坐标为名义屈服位移实测值，纵坐标为名义屈服力实测值；取设计位移与名义屈服位移的比值为延性系数；取该循环设计位移下两个方向承载力的均值作为设计阻尼力的实测值，取该循环包络面积为滞回曲线面积
名义屈服力	
弹性刚度	
设计阻尼力	
第二刚度	
延性系数	
滞回曲线	
极限位移	(1) 采用位移控制加载，取 120%设计位移作为极限位移值，在该位移幅值下循环加载 3 次； (2) 取第 2 个循环两个方向上最大承载力的均值作为极限承载力实测值
极限承载力	

表 5.2.4-2 摩擦阻尼器的力学性能试验方法

项目	试验方法
起滑位移	(1) 采用正弦波或三角波形式的位移控制加载, 加载位移幅值为 10mm, 加载频率取峰值速度<0.2mm/s 对应的频率, 加载半圈, 绘制荷载—位移滞回曲线; (2) 取曲线平稳段开始前力的最大值作为起滑力, 起滑力对应的位移为起滑位移
起滑力	
设计阻尼力	(1) 采用正弦波或三角波形式的位移控制加载, 加载位移幅值为设计位移, 加载频率取峰值速度为 100mm/s 对应的频率, 循环加载 3 次, 绘制荷载-位移滞回曲线; (2) 参数取值取第 3 个循环结果; 取位移零点处对应的两个方向阻尼力平均值为设计阻尼力的实测值, 取该循环包络面积为滞回曲线面积
滞回曲线	
极限位移	采用正弦波或三角波形式的位移控制加载, 加载幅值为 120%设计位移, 加载频率为 0.02Hz, 加载 3 圈

表 5.2.4-3 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的力学性能试验方法

项目	试验方法
设计阻尼力	(1) 采用正弦波形式的位移控制加载, 加载频率为设计频率, 加载位移幅值按设计位移的 30%、50%、70%、100%和 120%进行逐级加载, 每个工况循环加载 5 次, 绘制荷载—位移滞回曲线; (2) 设计阻尼力和滞回曲线取 100%设计位移工况的第 3 个循环结果; 取该循环两个方向阻尼力平均值为设计阻尼力的实测值, 取该循环包络面积为滞回曲线面积; (3) 阻尼力与速度关系取每个工况下第 3 个循环的两个方向阻尼力平均值为该工况阻尼力实测值
滞回曲线	
阻尼力与速度相关规律	
极限位移	采用位移控制加载, 控制试验机的加载系统使阻尼器匀速缓慢运动, 记录其伸缩运动的极限位移值

表 5.2.4-4 黏弹性阻尼器的力学性能试验方法

项目	试验方法
设计阻尼力	(1) 采用正弦波形式的位移控制加载, 加载位移幅值为设计位移, 加载频率为设计频率, 循环加载 5 次, 绘制荷载—位移滞回曲线; (2) 参数取值取第 3 个循环结果; 取该循环两个方向最大阻尼力的平均值为设计阻尼力的实测值; 绘制该循环两个方向最大阻尼力之间的连线, 取该连线的斜率为表观剪切模量; 取该循环零位移对应的两个方向恢复力平均值与最大位移对应的两个方向恢复力平均值的比值, 作为损耗因子的实测值; 绘制该循环两个方向最大位移点之间的连线, 取该连线的斜率为储能刚度; 取该循环包络面积为滞回曲线面积
表观剪切模量	
损耗因子	
储能刚度	
滞回曲线面积	
极限位移	采用正弦波形式位移控制加载, 加载频率为设计频率的 83%, 加载位移幅值为设计位移的 120%, 循环加载 3 次, 取第 2 个循环两个方向上最大位移的平均值为极限位移实测值

5.2.5 阻尼器的力学性能相关性试验方法应符合下列要求:

1 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑的多次往复试验应以设计位移作为加载位移幅值, 循环加载 30 次, 绘制对应的荷载-位移滞回曲线, 取第 3 次循环和第 29 次循环两个方向上最大承载力的平均值和滞回曲线面积进行对比。

2 摩擦阻尼器的力学性能相关性试验应符合表 5.2.5-1 的规定。

3 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的力学性能相关性试验应符合表 5.2.5-2 的规定，黏弹性阻尼器的力学性能相关性试验应符合表 5.2.5-3 的规定。

表 5.2.5-1 摩擦阻尼器的力学性能相关性试验方法

项目	试验方法
温度相关性	采用正弦波或三角波形式的位移控制加载，加载位移幅值为设计位移，加载频率为 f_1 ，试验温度分别为-20℃、-10℃、0℃、10℃、23℃、30℃、40℃，各温度工况循环加载 3 次，设计阻尼力和滞回曲线面积实测值取第 2 个循环的结果
速度相关性	采用正弦波形式的位移控制加载，加载位移幅值为设计位移，加载频率分别为 $0.4f_1$ 、 $0.7f_1$ 、 $1.0f_1$ 、 $1.2f_1$ ，各速度工况循环加载 3 次，设计阻尼力和滞回曲线面积实测值取第 2 个循环的结果
位移相关性	采用正弦波形式的位移控制加载，加载频率为 f_1 ，加载位移峰值分别取设计位移的 50%、80%和 100%，各位移工况循环加载 3 次，设计阻尼力实测值取第 2 个循环的结果
多次往复相关性	采用正弦波形式的位移控制加载，加载位移幅值为设计位移，加载频率为 f_1 ，循环加载 30 次，设计阻尼力和滞回曲线面积取第 29 次和第 3 次循环的结果进行对比

注： f_1 为对应设计位移和加载速度100mm/s的频率

表 5.2.5-2 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的力学性能相关性试验方法

项目	试验方法
温度相关性	采用正弦波形式的位移控制加载，加载幅值为设计位移，加载频率为设计频率，试验温度分别为-20℃、-10℃、0℃、10℃、23℃、30℃、40℃，各温度工况循环加载 3 次，设计阻尼力和滞回曲线面积实测值取第 2 个循环的结果
加载频率相关性	采用正弦波形式的位移控制加载，加载位移分别为设计位移的 100%、60%、40%和 30%，对应加载频率分别为设计频率的 40%、67%、100%和 133%，各频率工况循环加载 3 次，设计阻尼力取第 2 个循环的结果
多次往复相关性	（1）采用正弦波形式的位移控制加载：当阻尼器用于抗震时，加载幅值为设计位移，加载频率为设计频率，当设计位移不大于 200mm 时循环加载 30 次，当位移大于 200mm 时循环加载 5 次；当阻尼器用于抗风时，加载幅值为设计位移的 10%，加载频率为设计频率，每次连续循环加载不应少于 2000 次，累计循环加载 10000 次 （2）设计阻尼力和滞回曲线面积取第 $n-1$ 次与第 3 次结果进行对比， n 为循环加载总次数

表 5.2.5-3 黏弹性阻尼器的力学性能相关性试验方法

项目		试验方法
温度相关性	表观剪切模量	采用正弦波形式的位移控制加载，加载位移幅值为设计位移，加载频率为设计频率，试验温度分别为-20℃、-10℃、0℃、10℃、23℃、30℃、40℃，各温度工况循环加载 3 次，表观剪切模量和损耗因子实测值取第 2 个循环的结果
	损耗因子	
加载频率相关性	表观剪切模量	采用正弦波形式的位移控制加载，加载位移分别为设计位移的 100%、60%、40%和 30%，对应加载频率分别为设计频率的 40%、67%、100%和 133%，各频率工况循环加载 3 次，设计阻尼力取第 2 个循环的结果
	损耗因子	

项目		试验方法
变形相关性	表观剪切模量	采用正弦波形式的位移控制加载，加载频率为设计频率，加载位移幅值分别取设计位移的 50%、80%、100%和 120%，各工况循环加载 3 次，剪切模量和损耗因子取第 2 个循环的结果，对比各工况相对于 100%设计位移幅值时的变化率
	损耗因子	
多次往复相关性	表观剪切模量	(1) 采用正弦波形式的位移控制加载；当阻尼器用于抗震时，加载幅值为设计位移，加载频率为设计频率，当设计位移不大于 200mm 时循环加载 30 次，当位移大于 200mm 时循环加载 5 次；当阻尼器用于抗风时，加载幅值为设计位移的 10%，加载频率为设计频率，每次连续循环加载不应少于 2000 次，累计循环加载 10000 次 (2) 表观剪切模量和损耗因子取第 $n-1$ 次与第 3 次结果进行对比， n 为循环加载总次数
	损耗因子	

5.2.6 阻尼器的耐久性试验应符合下列要求：

1 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑的耐久性应按现行国家标准《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定》GB/T 1771 的规定进行产品的耐中性盐雾性能测定。当摩擦阻尼器的摩擦材料采用有机材料时，应采用热空气老化试验测试其老化性能，试验条件为 100℃，96h，老化试验结束后按表 5.2.4-1 进行力学性能试验。摩擦阻尼器的耐腐蚀性能应按现行国家标准《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定》GB/T 1771 的耐中性盐雾性能测定。

2 黏滞阻尼器和电涡流阻尼器的耐腐蚀性能应按现行国家标准《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定》GB/T 1771 的规定进行耐中性盐雾性能测定；线式黏滞阻尼器的密封性能应采用加压装置，在对阻尼孔或间隙等部位进行封闭处理后，对阻尼器腔体内部加压到 1.5 倍的设计阻尼力对应的腔体压力，保持 30 分钟。

3 黏弹性阻尼器的耐久性试验按表 5.2.6 的规定进行。

表 5.2.6 黏弹性阻尼器的耐久性试验方法

项目		试验方法
钢件耐腐蚀性能	外观	按 GB/T 1771 的规定进行
老化性能	表观剪切模量	将试件放入鼓风电热恒温干燥箱中，保持稳定 80℃，经过 192h 后取出，冷却至标准温度（23±2℃），再按表 18 进行力学性能试验
	损耗因子	
	滞回曲线	
	极限位移	
	外观	

6 检验规则

6.1 隔震装置

6.1.1 隔震装置型式检验

1 型式检验包括支座外观质量和尺寸偏差检查、材料物理性能检测和支座力学性能试验。当设计有其他要求时，尚应进行相应的检验。型式检验应由第三方检测机构进行检验，并提供型式检验报告。

2 隔震装置有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1) 新产品的试制、定型、鉴定；
- 2) 当原料、结构、工艺等有较大改变，有可能对产品质量影响较大时；
- 3) 正常生产时，隔震橡胶支座每 4 年检验一次，摩擦摆支座每 5 年检验一次；
- 4) 停产 1 年以上恢复生产时。

对于隔震橡胶支座，当满足下列全部条件时可采用以前相应的型式检验结果。

- 1) 支座用相同的材料配方和工艺方法制作；
- 2) 相应的外部尺寸和内部尺寸相差 10%以内；
- 3) 第二形状系数 S_2 相差 ± 0.4 以内；
- 4) 第二形状系数 S_2 小于 5，以前的极限性能和压应力相关性试验试件的 S_2 ，不大于本次试验试件的 S_2 ；
- 5) 以前的试验条件更严格。

3 当全部型式检验项目均合格时，判定型式检验合格；当检验结果有不合格项目时，则判定型式检验不合格。型式检验合格后方可进行生产。

6.1.2 隔震装置出厂检验

1 隔震装置的出厂检验包括装置外观质量和尺寸偏差检查、支座力学性能试验。当设计有其他要求时，尚应进行相应的检测。

2 隔震层中的隔震装置应在安装前进行出厂检验，其检测试件应采用随机抽样的方式抽取。出厂检验数量应符合下列要求：

- 1) 特殊设防类、重点设防类建筑，每种规格产品抽样数量应为 100%。

2) 标准设防类建筑，每种规格产品抽样数量不应少于总数的 50%；有不合格试件时，应 100%检测。

3) 每项工程抽样总数不应少于 20 件，每种规格的产品抽样数量不应少于 4 件，当产品少于 4 件时，应全部进行检验。

3 当全部出厂检验项目均符合要求时，判定该产品合格；当检验结果有不合格项目时，则判定该产品不合格；出厂时应剔除不合格产品，不合格产品不得出厂。

6.1.3 建筑隔震橡胶支座的检验项目应符合下列规定：

1 橡胶材料物理力学性能：橡胶材料物理力学性能检验项目见表 6.1.3-1。

表 6.1.3-1 橡胶材料物理力学性能检验项目

性能	项 目	出厂检验	型式检验
硬度	硬度	△	√
拉伸性能	拉伸强度	√	√
	扯断伸长率	√	√
	25%定伸应力	△	√
	300%定伸应力	△	√
压缩性能	压缩永久变形	△	√
黏合性能	黏合强度	△	√
热空气老化 性能	拉伸强度变化率	△	√
	扯断伸长率变化率	△	√
	硬度变化	△	√
抗臭氧性能	臭氧老化	×	√
	静态拉伸试验	×	√
脆性性能	脆性温度	×	√

注：√——要进行试验；×——不进行试验；△——可选择进行试验。

2 外观质量：出厂检验和型式检验均应进行支座外观质量检验，外观质量检验按表 4.2.1 要求，按第 5.1.1 条规定进行。

3 尺寸偏差：出厂检验应进行支座尺寸偏差外部项目的检验。支座的尺寸偏差检验按表 4.3.1-1 要求，按第 5.1.1 条规定进行。型式检验应进行支座尺寸偏差内部和外部项目的检验。

4 支座竖向和水平力学性能：支座力学竖向和水平性能检验项目见表 6.1.3-2。

表 6.1.3-2 支座力学竖向和水平性能检验项目

性能	检验项目		出厂检验	型式检验	试件
压缩性能	竖向压缩刚度/(kN/m)		√	√	足尺
	压缩变形性能		√	√	
	竖向极限压应力/MPa		×	√	足尺或缩尺 模型 A
	水平位移为支座内部橡胶直径 55%状态时的极限压应力/MPa		×	√	足尺或缩尺 模型 B
	侧向不均匀变形/mm		√	√	
拉伸性能	竖向拉伸刚度/(kN/m)		△	√	足尺或缩尺 模型 B
	竖向极限拉应力/MPa		×	√	
水平剪切性能	水平等效刚度/(kN/m)	剪应变为 100%或 γ_0	√	√	足尺
		剪应变为 250%	△	√	
	等效阻尼比		√	√	
	屈服后水平刚度(铅芯支座)/(kN/m)		√	√	
	屈服力(铅芯支座)/kN		√	√	
极限剪切性能	水平极限变形能力		×	√	足尺

注：√——要进行试验；×——不进行试验；△——可选择进行试验；
缩尺模型 A：直径或长边尺寸≥500 mm；
缩尺模型 B：直径或长边尺寸≥1000 mm。

5 耐久性性能：支座耐久性检验项目见表 6.1.3-3。

表 6.1.3-3 支座耐久性检验项目

性能	试验项目	出厂检验	型式检验	试件
老化性能	竖向刚度	×	√	足尺或缩尺模型 A， 标准试件，剪切型橡胶 试件
	水平等效刚度	×	√	
	等效阻尼比	×	√	
	水平极限变形能力	×	√	
徐变性能	徐变量	×	√	足尺或缩尺模型 C
疲劳性能	竖向刚度	×	√	足尺或缩尺模型 A
	水平等效刚度	×	√	
	等效阻尼比	×	√	
	外观情况	×	√	

注：√——要进行试验；×——不进行试验；△——可选择进行试验；
缩尺模型 A：直径或长边尺寸≥500 mm；
缩尺模型 B：直径或长边尺寸≥1000 mm；
缩尺模型 C：直径或长边尺寸≥300 mm。

6 相关性性能：支座相关性检验项目见表 6.1.3-4。

表 6.1.3-4 支座相关性检验项目

性能	试验项目	出厂检验	型式检验	试件
竖向应力相关性	水平等效刚度	×	√	足尺或缩尺模型 A
	等效阻尼比	×	√	
大变形相关性	水平等效刚度	×	√	
	等效阻尼比	×	√	
加载频率相关性	水平等效刚度	×	√	
	等效阻尼比	×	√	
温度相关性	水平等效刚度	×	√	足尺或缩尺模型 A
	等效阻尼比	×	√	

注：√——要进行试验；×——不进行试验；△——可选择进行试验；

缩尺模型 A：直径或长边尺寸≥500 mm；

缩尺模型 B：直径或长边尺寸≥1000 mm。

6.1.4 建筑隔震弹性滑板支座的检验应符合下列规则：

橡胶材料物理性能应按表 6.1.4-1 规定的检验项目做出厂检验和型式检验。

表 6.1.4-1 橡胶材料物理性能试验项目

序号	性能	试验项目	型式检验		出厂检验	
			内部橡胶	橡胶保护层	内部橡胶	橡胶保护层
1	拉伸性能	拉伸强度	√	√	√	√
		拉断伸长率	√	√	√	√
		100%拉应变时的弹性模量	√	√	×	×
2	老化性能	拉伸强度变化率	√	√	△	△
		拉断伸长率变化率	√	√	△	△
		100%拉应变时的弹性模量变化率	√	√	×	×
3	硬度	硬度	√	√	△	△
4	粘合性能	橡胶与金属粘合强度	√	√	△	×
5	压缩性能	压缩永久变形	√	×	√	√
6	剪切性能	剪切模量	√	×	△	×
		等效阻尼比	√	×	△	×
		剪切模量和等效阻尼比的温度相关性	√	×	×	×
		破坏剪应变	√	×	×	×
7	脆性性能	脆性温度	√	√	X	×
8	抗臭氧性能	外观变化	×	√	×	√
9	低温结晶性能	硬度变化率	√+	√+	×	×

注：√——应进行试验；×——不进行试验；△——可选择进行试验；

√——使用环境温度低于 0℃时，应进行试验；

√+——应进行试验，除非橡胶对工作温度范围内的结晶不敏感(见 GB/T 20688.1—2007 的 5.7)。

滑移材料的出厂检验和型式检验项目可根据表 3.2.2-2 所列性能进行试验。

弹性滑板支座力学性能应按表 6.1.4-2 规定的检验项目做出厂检验及型式检验。

表 6.1.4-2 滑板支座力学性能试验项目

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

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

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

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

6.1.5 建筑摩擦摆隔震支座用材料应按表 6.1.5-1 规定的检验项目进行出厂检验和型式检验, 并附有每批进料材质证明。成品支座应按表 6.1.5-2 规定的检验项目进行出厂检验和型式检验。

表 6.1.5-1 支座用材料的试验项目

序号	材料	试验项目	出厂检验	型式检验	检验周期
1	摩擦材料	物理力学性能、厚度外观	√	√	批原料不大于 200 kg/次
2	不锈钢板	外观	√	√	每批钢板
3	黏结剂	滑板与钢板黏结剥离强度	√	√	每批
4	防尘板橡胶	物理力学性能	√	√	每批

注: 1 “√”——进行试验; “×”——不进行试验。 2 检验周期针对的是出厂检验。

表 6.1.5-2 整体支座的试验项目

序号	性能	试验项目	出厂检验	型式检验	试件
1	外观质量		√	√	足尺
2	尺寸偏差	摩擦材料	√	√	足尺

3		金属摩擦面	√	√	足尺
4		机加工件	√	√	足尺
5		整体支座	√	√	足尺
6	支座力学性能试验	竖向压缩变形	√	√	足尺或缩尺
7		竖向承载力	×	√	
8		剪切性能试验	√	√	
9		剪切性能相关性试验	△	√	
10		水平极限变形试验	△	√	

注：“√”——进行试验；“×”——不进行试验；“△”——可选择进行试验。

6.2 减震装置

6.2.1 阻尼器的检验分为型式检验和出厂检验。

【条文说明】本标准对产品标准，不涉及见证检验，见证检验要求需根据相关规定执行。

6.2.2 型式检验和出厂检验应按表 6.2.2-1~表 6.2.2-6 的规定进行。

表 6.2.2-1 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑的试验项目

序号	项目指标	出厂检验	型式检验	检验数量	试件
1	材料	√	√	每批	—
2	外观	√	√	每件	足尺
3	尺寸	√	√	每件	足尺
4	名义屈服位移	√	√	抽检数量为同一批次同一类型同一规格数量的 3%，当同一类型同一规格的阻尼器产品数量较少时，可以在同一类型阻尼器中抽检总数量的 3%，但不应少于 2 个，检验合格率为 100%，被抽检产品检测后不得用于工程结构	阻尼器吨位在 1000 吨以下，且最长尺寸在 8m 以内的应采用足尺试件；其他阻尼器可采用缩尺试件，最小缩尺比例 1/2（超出范围专项研究）
5	名义屈服力	√	√		
6	弹性刚度	√	√		
7	设计阻尼力	√	√		
8	第二刚度	√	√		
9	延性系数	√	√		
10	滞回曲线面积	√	√		
11	极限位移	√	√		
12	极限承载力	√	√		
13	多次往复相关性	√	√		
14	耐久性	×	√		可缩尺试件或截断，最小缩尺比例 1/2（超出范围专项研究）

注：“√”——进行试验；“×”——不进行试验。

表 6.2.2-2 摩擦阻尼器的试验项目

序号	性能	试验项目	出厂检验	型式检验	检验数量	试件
1	摩擦材料	蠕变压缩变形	×	√	每批	摩擦副
2		磨损率	×	√		
3	外观	外观	√	√	每个	足尺
4	尺寸	尺寸	√	√	每个	足尺

序号	性能	试验项目	出厂检验	型式检验	检验数量	试件
5	力学性能	起滑位移	√	√	对于标准设防类建筑，每种产品抽样数量不应少于总数的 20%，且不少于 2 件；对于重点设防类建筑，每种产品抽样数量不应少于总数的 50%，且不少于 2 件；对于特殊设防类建筑，产品抽样数量应为总数 100%，且不少于 2 件。	足尺
6		起滑力	√	√		
7		设计阻尼力	√	√		
8		滞回曲线面积	√	√		
9		极限位移	√	√		
10	温度相关性	设计阻尼力	×	√		足尺或缩尺，最小缩尺比例 1/2（超出范围专项研究）
11		滞回曲线面积	×	√		
12	速度相关性	设计阻尼力	×	√		足尺
13		滞回曲线面积	×	√		
14	位移相关性	设计阻尼力	×	√		
15		滞回曲线面积	×	√		
16	多次往复相关性	设计阻尼力	×	√		
17		滞回曲线面积	×	√		
18	老化性能	起滑力	×	√		足尺或缩尺，最小缩尺比例 1/2（超出范围专项研究）
19		设计阻尼力	×	√		
20		滞回曲线	×	√		
21	耐腐蚀性能	外观	×	√		小试样

表 6.2.2-3 黏滞阻尼器的试验项目

序号	性能	试验项目	出厂检验	型式检验	检验数量	试件
1	外观	外观	√	√	每个	足尺
2	尺寸	尺寸	√	√	每个	足尺
3	力学性能	设计阻尼力	√	√	对于标准设防类建筑，每种产品抽样数量不应少于总数的 20%，且不少于 2 件；对于重点设防类建筑，每种产品抽样数量不应少于总数的 50%，且不少于 2 件；对于特殊设防类建筑，产品抽样数量应为总数 100%，且不少于 2 件。	足尺
4		阻尼力与速度相关规律	√	√		
5		滞回曲线	√	√		
6		极限位移	√	√		
7	温度相关性	设计阻尼力	×	√		足尺或缩尺，最小缩尺比例 1/2（超出范围专项研究）
8		滞回曲线	×	√		
9	加载频率相关性	设计阻尼力	×	√		足尺
10	多次往复相关性	设计阻尼力	×	√		
11		滞回曲线	×	√		
12	耐腐蚀性能	外观	×	√		足尺
13	密封性能	外观	×	√		
14		阻尼力	×	√		

表 6.2.2-4 电涡流阻尼器的试验项目

序号	性能	试验项目	出厂检验	型式检验	检验数量	试件
1	外观	外观	√	√	每个	足尺
2	尺寸	尺寸	√	√	每个	足尺

序号	性能	试验项目	出厂检验	型式检验	检验数量	试件
3	力学性能	设计阻尼力	√	√	对于标准设防类建筑, 每种产品抽样数量不应少于总数的 20%, 且不少于 2 件; 对于重点设防类建筑, 每种产品抽样数量不应少于总数的 50%, 且不少于 2 件; 对于特殊设防类建筑, 产品抽样数量应为总数 100%, 且不少于 2 件。	足尺
4		阻尼力与速度相关规律	√	√		
5		滞回曲线	√	√		
6		极限位移	√	√		
7	温度相关性	设计阻尼力	×	√		足尺或缩尺, 最小缩尺比例 1/2 (超出范围专项研究)
8		滞回曲线	×	√		
9	加载频率相关性	设计阻尼力	×	√		足尺
10	多次往复	设计阻尼力	×	√		
11	相关性	滞回曲线	×	√		
12	耐腐蚀性能	外观	×	√		足尺

表 6.2.2-5 黏弹性阻尼器用橡胶类黏弹性材料的试验项目

序号	试验项目		出厂检验	型式检验	检验周期
1	拉伸强度		×	√	每批
2	扯断伸长率		×	√	
3	扯断永久变形		×	√	
4	热空气老化 70℃、168h	拉伸强度变化率	×	√	
5		扯断伸长率变化率	×	√	
6	0℃~40℃工作频率下材料损耗因子 δ		×	√	
7	钢板与阻尼材料之间的黏合强度		×	√	

注: “√”——进行试验; “×”——不进行试验。

表 6.2.2-6 黏弹性阻尼器的试验项目

序号	试验项目		出厂检验	型式检验	出厂检验数量	试件
1	外观		√	√	每个	足尺
2	尺寸		√	√	每个	
3	设计阻尼力		√	√	对于标准设防类建筑, 每种产品抽样数量不应少于总数的 20%; 对于重点设防类建筑, 每种产品抽样数量不应少于总数的 50%; 对于特殊设防类建筑, 产品抽样数量应为总数 100%。	
4	表观剪切模量		√	√		
5	损耗因子		√	√		
6	储能刚度		√	√		
7	滞回曲线面积		√	√		
8	极限位移		×	√		
9	温度相关性	表观剪切模量	×	√		
10		损耗因子	×	√		
11	加载频率相关性	表观剪切模量	×	√		
12		损耗因子	×	√		
13	变形相关性	表观剪切模量	×	√		
14		损耗因子	×	√		

序号	试验项目		出厂检验	型式检验	出厂检验数量	试件
15	多次往复相关性	表观剪切模量	×	√		可缩尺，但缩尺比例应不小于 1/2
16		损耗因子	×	√		
17	钢件耐腐蚀性能	外观	×	√		试样
18	老化性能	表观剪切模量	×	√		可缩尺，但缩尺比例应不小于 1/2
19		损耗因子	×	√		
20		滞回曲线面积	×	√		
21		极限位移	×	√		
22		外观	×	√		

注：“√”——进行试验；“×”——不进行试验。

6.2.3 型式检验应由具有检测资质的第三方进行检验，每个型号阻尼器数量不少于 3 件。

当有以下情况之一时应当进行型式检验：

- 1 新产品的试制定型鉴定；
- 2 当原料、结构、工艺等有较大改变，有可能对产品质量影响较大时；
- 3 正常生产时，每五年检验一次；
- 4 停产一年以上恢复生产时；
- 5 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 6 因特殊需要而必须进行型式检验时。

对于原材料和产品，检验结果应全部符合本文件要求，否则为不合格。

出厂检验时，原材料、外观、尺寸、力学性能检验项目应全部合格后方可出厂。若任一件抽样试件的一项性能不合格，该抽样检验不合格。不合格产品不得出厂。

6.2.4 出厂检验应符合下列规定：

- 1 出厂检验由产品供应商自身完成，检验合格并附检测报告。
- 2 出厂检验的检验项目应包括建筑消能器的外观、尺寸偏差、基本力学性能。
- 3 检验数量应符合下列要求：

1) 金属屈服型消能器、屈曲约束支撑抽检数量不少于同一批次同一类型同一规格数量的 3%，当同一类型同一规格的消能器数量较少时，可在同一类型的消能器中抽检总数量的 3%，但不应少于 2 件，检测合格率应为 100%。金属

屈服型消能器和屈曲约束支撑检测后产品不得用于主体结构。

2) 摩擦消能器、黏滞消能器、电涡流阻尼器、黏弹性消能器用于标准设防类、重点设防类、特殊设防类工程时，试件抽样比例分别不应少于同一批次同一类型同一规格总数的 20%、50%、100%，且不应少于 2 件。检测合格率应为 100%，检测后产品可用于主体结构。

4 若产品检测合格率未达到 100%，对于特殊设防类工程，该批次消能器不得在主体结构中使用；对于其他工程，应对同批产品按原抽样数量加倍抽检，并重新进行所有项目的检测，如加倍抽检的检测合格率仍未达到 100%，则该批次消能器不得在主体结构中使用。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 隔震装置

- 7.1.1 每批出厂隔震装置，应附有随行文件，应包含出厂检验报告和型式检验报告。
- 7.1.2 每个出厂隔震装置，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，生产执行标准及厂名、编号、日期。
- 7.1.3 每个隔震装置的包装应牢固可靠。包装外应注明产品名称、规格、体积和质量。包装内应附有产品合格证、质量检验单。
- 7.1.4 隔震装置运输、贮存中，应避免暴晒、雨淋、雪浸，并应保持清洁。不应与碱、酸、油类、有机溶剂等影响支座质量的物质相接触，并距离热源 1m 以上。
- 7.1.5 隔震装置在运输、贮存过程中不应拆卸。

7.2 减震装置

- 7.2.1 每个出厂减震装置，应有明显标志，其内容应包括：产品名称、规格型号、基本参数、产品生产执行标准及厂名、编号、日期。
- 7.2.2 每个减震装置的包装应牢固可靠。包装外应注明产品名称、规格、体积和质量。包装内应附有产品合格证、质量检验单。
- 7.2.3 每批出厂减震装置，应附有随行文件，应包含出厂检验报告和型式检验报告。
- 7.2.4 减震装置运输、贮存中，不应磕碰、拆卸、超高码放，应保持清洁，并贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体的场所，避免暴晒、雨淋、雪浸，严禁与碱、酸、油类、有机溶剂等影响阻尼器质量的物质相接触，并距离热源 1m 以上。

附录 A 减隔震装置基本力学模型

A.1 符 号

- S ——位移 (mm) ;
 S_y ——屈服位移 (mm) ;
 $S_{\max}$ ——最大位移 (mm) ;
 K_h ——水平等效刚度 (kN/mm) ;
 K_1 ——初始水平刚度 (kN/mm) ;
 K_2 ——屈服后水平刚度 (kN/mm) ;
 P ——荷载 (kN) ;
 P_y ——屈服力或起滑摩擦力 (kN) ;
 $P_{\max}$ ——最大荷载 (kN) ;
 Q_d ——零位移时剪力 (kN) 。

A.2 基本力学模型

装置基本力学模型可简化为弹性模型、理想熔断模型、双线性模型、理想弹塑性模型及椭圆模型, 见图 A.2。

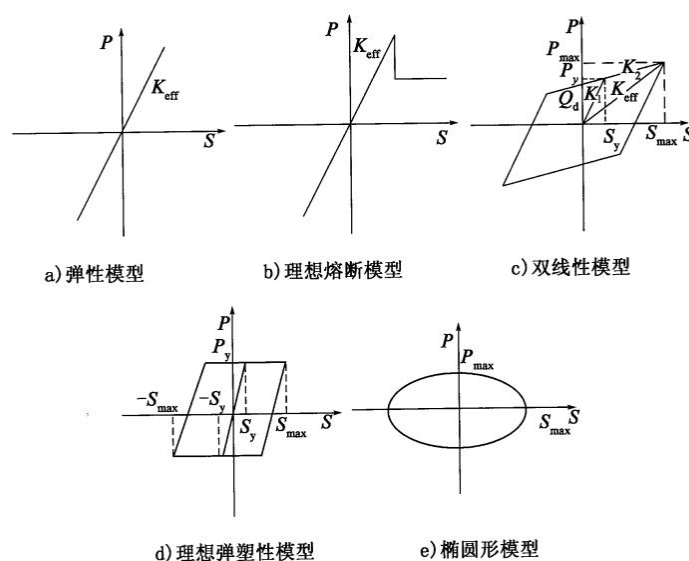


图 A.2 基本力学模型

A.3 刚性连接装置力学模型

A.3.1 永久连接装置在约束方向采用弹性模型模拟，见图 A.2a。

A.3.2 熔断保护装置的力学模型采用理想熔断模型模拟，见图 A.2b。

A.3.3 速度锁定装置的力学模型采用相应的连接方式模拟。

A.4 隔震装置力学模型

A.4.1 隔震装置中有阻尼叠层橡胶支座、曲面滑块隔震装置的力学模型采用双线性模型模拟，见图 A.2c）。

A.4.2 隔震装置中无阻尼叠层橡胶支座的力学模型采用弹性模型模拟，见图 A.2a。

A.4.3 隔震装置中平面滑块隔震装置力学模型采用理想弹塑性模型模拟，见图 A.2d。

A.5 减震装置力学模型

A.5.1 金属阻尼器力学模型采用双线性模型模拟，见图 A.2c。

A.5.2 摩擦阻尼器力学模型采用理想弹塑性模型模拟，见图 A.2d。

A.5.3 黏滞阻尼器力学模型采用椭圆形模型模拟，见图 A.2e。

附录 B 建筑隔震橡胶支座计算模型

B.1 范围

本附录建议的隔震支座计算模型包括：天然橡胶支座(LNR)、铅芯橡胶支座(LRB)和高阻尼橡胶支座(HDR)的计算模型。

B.2 通则

隔震橡胶支座计算模型可用于隔震结构的动力时程分析。

计算模型中的竖向受压刚度、竖向受拉刚度、屈服力、屈服后水平刚度和水平等效刚度等力学性能参数应通过支座的力学性能试验来确定。

水平向计算模型宜考虑两个剪切变形方向的耦合。

B.3 天然橡胶支座的力学模型

B.3.1 竖向受压力学模型

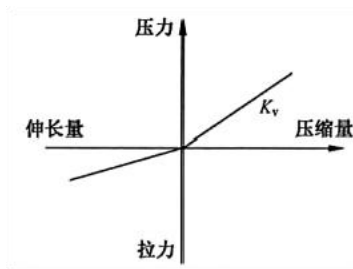
竖向受压力学模型采用线弹性模型，线弹性刚度取支座的竖向受压刚度。

B.3.2 竖向受拉力学模型

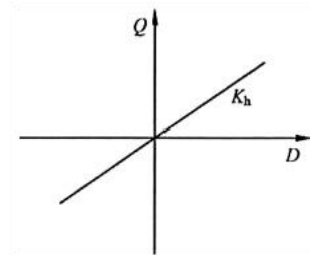
竖向受压力学模型采用线弹性模型，线弹性刚度取支座的竖向受拉刚度。

B.3.3 水平向力学模型

水平向力学模型采用线弹性模型见图 B.3.3，线弹性刚度取支座的水平等效刚度。



a) 竖向计算模型



b) 水平向计算模型

图 B.3.3 天然橡胶支座计算模型

B.4 铅芯橡胶支座的力学模型

B.4.1 竖向受压力学模型

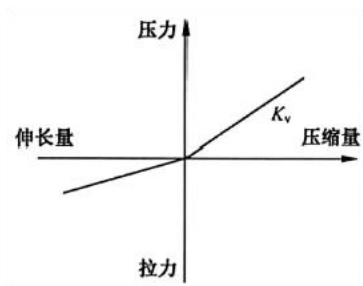
竖向受压力学模型采用线弹性模型，线弹性刚度取支座的竖向受压刚度。

B.4.2 竖向受拉力学模型

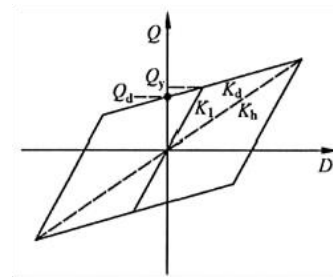
竖向受压力学模型采用线弹性模型，线弹性刚度取支座弹性受拉阶段的受拉刚度。

B.4.3 水平向力学模型

水平向力学模型采用双线性模型见图 B.4.3，恢复力曲线的大小和形状由屈服力，屈服前水平刚度和屈服后水平刚度确定。



a) 竖向计算模型



b) 水平向计算模型

图 B.4.3 铅芯橡胶支座水平向计算模型

B.5 高阻尼橡胶支座的力学模型

B.5.1 竖向受压力学模型

竖向受压力学模型采用线弹性模型，线弹性刚度取支座的竖向受压刚度。

B.5.2 竖向受拉力学模型

竖向受压力学模型采用线弹性模型，线弹性刚度取支座弹性受拉阶段的受拉刚度。

B.5.3 水平向力学模型

水平向力学模型采用修正双线性模型见图 B.5.3，恢复力曲线的大小和形状由屈服力、屈服前水平刚度和屈服后水平刚度确定。屈服力、屈服前水平刚度和屈服后水平刚度随支座剪应变进行修正。

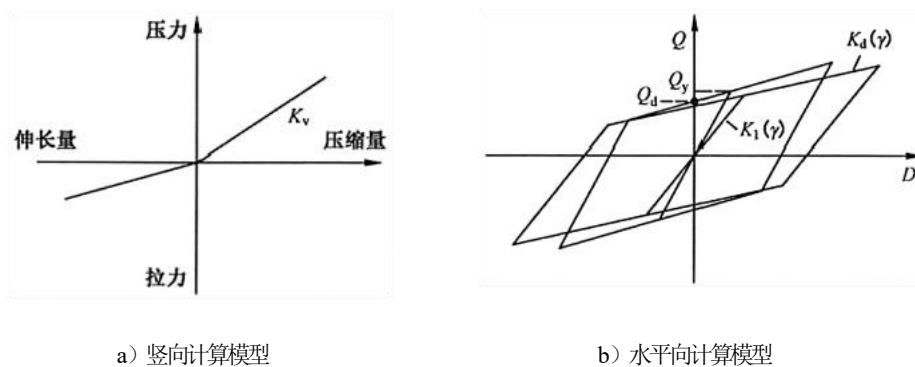


图 B.5.3 高阻尼橡胶支座水平向计算模型

B.6 弹性滑板支座的力学模型

B.6.1 竖向受压力学模型

竖向受压力学模型采用线弹性模型，线弹性刚度取支座的竖向受压刚度。

B.6.2 水平向力学模型

水平向力学模型采用修正双线性模型见图B.4，恢复力曲线的大小和形状由屈服力，屈服前水平刚度和屈服后水平刚度确定。

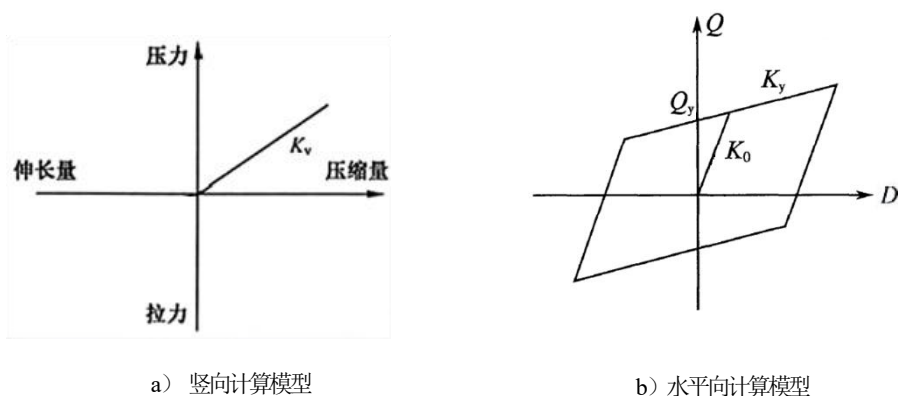


图 B.4 弹性滑板支座水平向计算模型

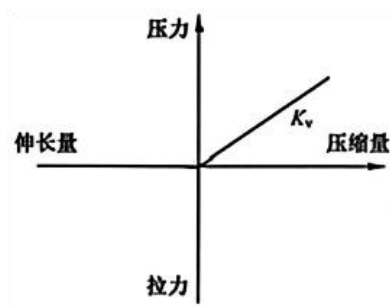
B.7 摩擦摆支座的力学模型

B.7.1 竖向受压力学模型

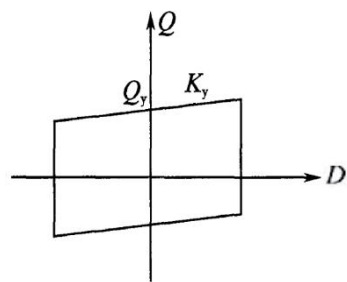
竖向受压力学模型采用线弹性模型，线弹性刚度取支座的竖向受压刚度。

B.7.2 水平向力学模型

水平向力学模型采用修正双线性模型见图B.7.2，恢复力曲线的大小和形状由屈服力，屈服前水平刚度和屈服后水平刚度确定。



a) 竖向计算模型



b) 水平向计算模型

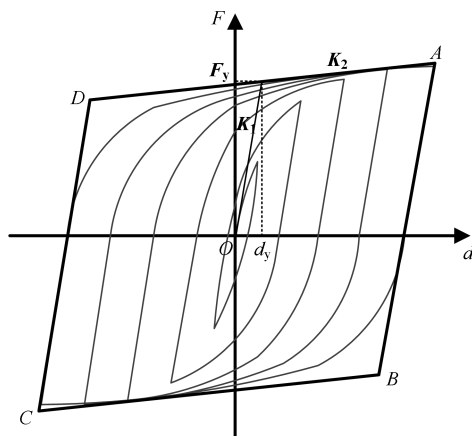
图 B.7.2 摩擦摆支座水平向计算模型

附录 C 消能减震装置性能技术参数

C.1 位移相关型阻尼器

C.1.1 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑

金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑的力学性能可采用双线性力学模型进行模拟，其荷载-位移滞回关系见图 C.1.1。

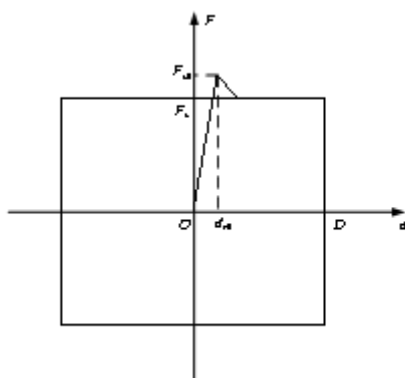


F_y ——名义屈服力，单位为千牛（kN）； d_y ——名义屈服位移，单位为毫米（mm）；
 K_1 ——弹性刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）； K_2 ——第二刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）；
 F ——阻尼器出力，单位为千牛（kN）； d ——阻尼器变形，单位为毫米（mm）；
 S_{ABCD} ——滞回圈的面积，位移上循环一周耗散的能量（kN·mm）。

图 C.1.1 金属屈服型阻尼器和屈曲约束支撑荷载-位移滞回曲线

C.1.2 摩擦阻尼器

摩擦阻尼器的力学性能可采用理想塑性模型进行模拟，其荷载-位移滞回曲线见图 C.1.2。



F_{s0} ——起滑力，单位为千牛（kN）； d_{s0} ——起滑位移，单位为毫米（mm）；
 F_s ——设计阻尼力，单位为千牛（kN）； D ——设计位移，单位为毫米（mm）。

图 C.1.2 荷载-位移滞回曲线

C.2 速度相关型阻尼器

C.2.1 黏滞阻尼器

黏滞阻尼器的力学性能可用 Maxwell 模型进行模拟，其力学本构关系可由式 (C.2.1) 表示，其荷载-位移滞回曲线关系见图 C.2.1-1，其力-速度关系曲线关系见图 C.2.1-2。

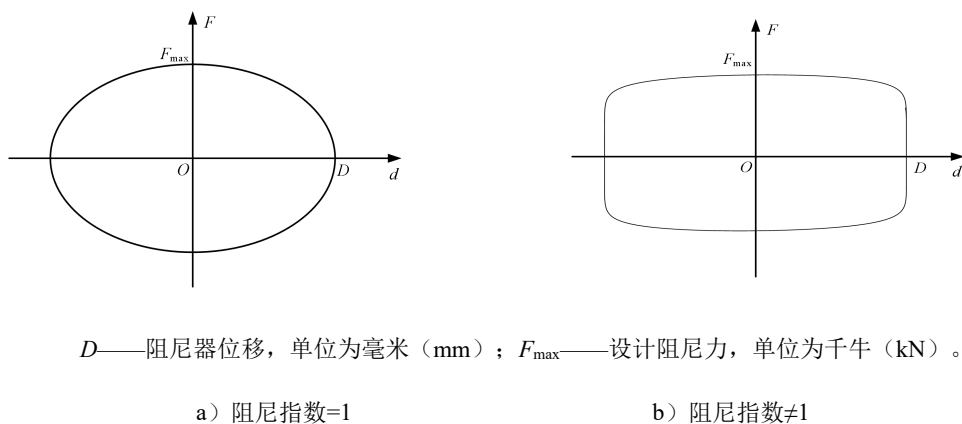
$$F = Cv^\alpha \quad (\text{C.2.1})$$

式中：F——阻尼力 (kN)；

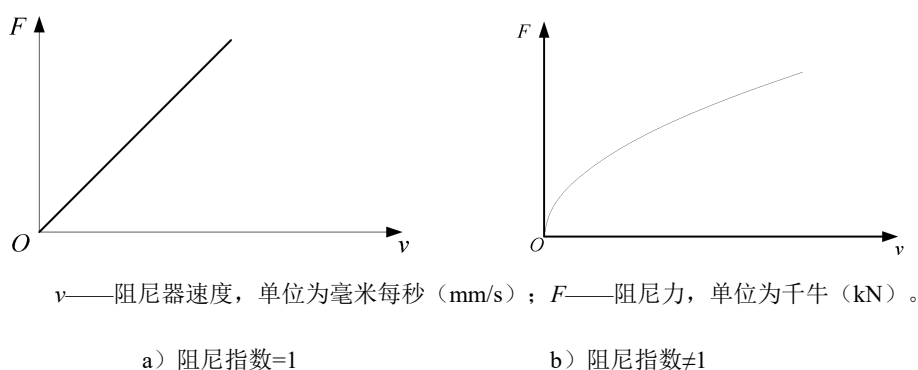
C——阻尼系数 (kN·(s/mm)^α)；

v——阻尼器变形速度 (mm/s)；

α——阻尼指数。



图C.2.1-1 黏滞阻尼器荷载-位移滞回曲线



图C.2.1-2 黏滞阻尼器的力-速度关系曲线

C.2.2 电涡流阻尼器

电涡流阻尼器的力学本构关系可由式 (C.2.2-1) 表示，也可简化为双折线本构关系式 (C.2.2-2)，其荷载-位移滞回关系曲线见图C.2.2。

$$F = \frac{2}{\frac{v}{v_{cr}} + \frac{v_{cr}}{v}} F_{\max} \quad (\text{C.2.2-1})$$

式中： F ——阻尼力（kN）；

$F_{\max}$ ——设计阻尼力（kN）；

v ——阻尼器变形速度（mm/s）；

v_{cr} ——临界速度（mm/s）

$$F = \begin{cases} Cv, v < \frac{v_{cr}}{2} \\ F_{\max}, v \geq \frac{v_{cr}}{2} \end{cases} \quad (C.2.2-2)$$

$$C = 2 \frac{F_{\max}}{v_{cr}} \quad (C.2.2-3)$$

式中： C ——初始阻尼系数（kN·（s/mm））。

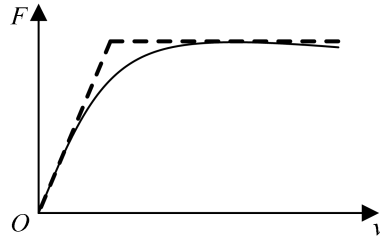


图 C.2.2 电涡流阻尼器力-速度关系曲线

C.2.3 黏弹性阻尼器

黏弹性阻尼器力学本构可采用 Kelvin 模型进行模拟，其力学本构关系可由式（C.2.3-1）表示，其荷载-位移滞回曲线见图 C.2.3。

$$F(t) = K_1 D + \frac{\eta K_1}{2\pi f_1} \dot{D} \quad (C.2.3-1)$$

$$K_1 = \frac{F_{1+} - F_{1-}}{D_{1+} - D_{1-}} \quad (C.2.3-2)$$

$$\eta = \frac{F_{1+} - F_{1-}}{F_{0+} - F_{0-}} \quad (C.2.3-3)$$

式中： D ——阻尼器变形位移（mm）；

$\dot{D}$ ——阻尼器变形速度（mm/s）；

K_1 ——阻尼器储能刚度（kN/mm）；

D_{1+} 、 F_{1+} ——阻尼器正向最大位移值（mm）和其对应的阻尼力（kN）；

D_{1-} 、 F_{1-} ——阻尼器负向最大位移值（mm）和其对应的阻尼力（kN）；

f_1 ——阻尼器的设计频率（Hz）。

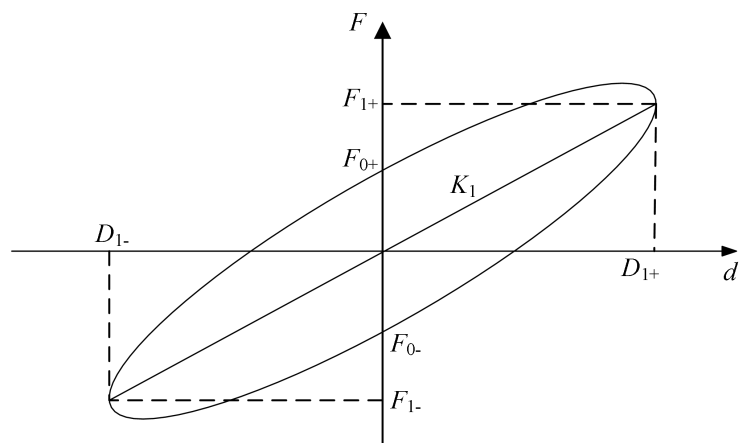


图 C.2.3 黏弹性阻尼器荷载-位移滞回曲线

本标准用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规程中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计标准》 GB/T 50010
- 2 《建筑抗震设计标准》 GB/T 50011
- 3 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 4 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068
- 5 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223
- 6 《建筑隔震设计标准》 GB/T 51408
- 7 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 8 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 9 《钢结构通用规范》 GB 55006-2021
- 10 《混凝土结构通用规范》 GB 55008-2021
- 11 《橡胶支座第1部分：隔震橡胶支座试验方法》 GB/T 20688.1
- 12 《橡胶支座第3部分：隔震橡胶支座》 GB/T 20688.3
- 13 《橡胶支座第4部分：普通橡胶支座》 GB/T 20688.4
- 14 《橡胶支座第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》 GB/T 20688.5
- 15 《建筑摩擦摆隔震支座》 GB/T 37358
- 16 《高层混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 17 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
- 18 《建筑消能减震技术规程》 JGJ 297
- 19 《建筑隔震工程施工及验收标准》 JGJ 360
- 20 《建筑隔震橡胶支座》 JG/T 118
- 21 《建筑隔震柔性管道》 JG/T 541
- 22 《建筑消能阻尼器》 JG-T 209
- 23 《桥梁减隔震装置通用技术条件》 JT/T 1062
- 24 《建筑结构隔震设计规程》 DB 61/T 5020