



T/CECS G XXXX: 20XX

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路桥梁弹塑性钢阻尼器

Elastoplastic steel damper for highway bridges

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路桥梁弹塑性钢阻尼器

Elastoplastic steel damper for highway bridges

主编单位：广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：XX 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

目 录

前言	II
引言	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和符号	2
4 分类、规格及型号	3
5 技术要求.....	7
6 试验方法.....	11
7 检验规则.....	12
8 标志、包装、储存和运输.....	13
9 安装与维护	14
10 更换.....	14
附录 A（规范性附录）	16
附录 B（规范性附录）	18

前 言

根据交通运输部和中國工程建设标准化协会《公路工程标准编写导则》(JTG A04)的要求,由广东省交通规划设计研究院股份有限公司、株洲时代新材料科技股份有限公司和江门市鑫輝密封科技有限公司共同承担《公路桥梁弹塑性钢阻尼器》(以下简称“本文件”)的制定工作。

编写组在调研公路桥梁弹塑性钢阻尼器的使用情况和相关研究进展的基础上,以优化公路桥梁弹塑性钢阻尼器的安装与维护和提高使用寿命为核心,完成了本文件的编写工作。

本文件分为 10 章,主要包括范围、规范性引用文件、术语、定义和符号、分类、规格及型号、技术要求、试验方法、检测规则、标志、包装、运输、储存和运输、安装与维护,以及更换。

请注意本文件的某些内容可能直接或间接涉及专利,本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件是基于通用的工程建设理论及原则编制,适用于本文件提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件,使用本文件相关条文时,应对适用性及有效性进行验证。

本文件由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理,由广东省交通规划设计研究院股份有限公司负责具体技术内容的解释,在执行过程中如有意见或建议,请函告本文件日常管理组,中国工程建设标准化协会公路分会(地址:北京市海淀区西土城路 8 号;邮编:100088;电话:010-62079839;传真:010-62079983;电子邮箱:shc@rioh.cn)。

主 编 单 位: 广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司

参 编 单 位: 株洲时代新材料科技股份有限公司, 湖南大学, 江门市鑫輝密封科技有限公司

主 编: 王雷、梁立农、孙向东、陈彦北、徐东进、杨钻、王景奇、牛华伟、章宏清

主要参编人员: 欧阳柳、郝红肖、孔令俊、金杰、解晓添、段银龙、刘琴、陈浩、韩金豹、梁传波

主 审：

参加审查人员：

征求意见稿

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到 4.1.1、4.1.2 与公路桥梁弹塑性钢阻尼器结构形式相关的专利的使用。（专利号为 ZL201110335139.8 《防落梁装置》、ZL201910251768.9 《一种减震装置》）。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构保证，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人：株洲时代新材料科技股份有限公司

地址：湖南省株洲市天元区海天路 18 号

邮编：412007

联系电话：15197358369

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任

目 录

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和符号.....	2
4 分类、规格及型号.....	3
5 技术要求.....	7
6 试验方法.....	11
7 检验规则.....	12
8 标志、包装、储存和运输.....	13
9 安装与维护.....	14
10 更换.....	14
附录 A（规范性附录）.....	16
附录 B（规范性附录）.....	18

公路桥梁弹塑性钢阻尼器

1 范围

本标准规定了公路桥梁弹塑性钢阻尼器产品的术语、定义和符号、分类和规格型号、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、贮存和运输、施工与维护、更换等。

本标准适用于公路桥梁用弹塑性钢阻尼器的设计、制造和试验等，市政、铁路、轨道交通等桥梁用弹塑性钢阻尼器可参照使用。

条文说明：

根据《公路工程技术标准》（JTG B01—2014）和《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2015）的规定，本条文进行相应修订。

本标准适用于屈服力范围为 100 kN~10000 kN，设计阻尼位移为 ± 40 mm~ ± 400 mm 的弹塑性钢阻尼器。

超出以上设计参数范围的弹塑性钢阻尼器可参考本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1814	钢材断口检验法
GB 50205	钢结构工程施工质量验收标准
GB/T 226	钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
GB/T 228.1	金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
GB/T 699	优质碳素结构钢
GB/T 700	碳素结构钢
GB/T 1184	形状和位置公差未注公差值
GB/T 1591	低合金高强度结构钢
GB/T 1804	一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 3077	合金结构钢
GB/T 3280	不锈钢冷轧钢板和钢带
GB/T 5782	六角头螺栓
GB/T 7314	金属材料 室温压缩试验方法
HG/T 2502	5201 硅油
JB/T 4730.4	承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测
JB/T 4730.5	承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测
JB/T 5943	工程机械 焊接件通用技术条件

JT/T 391	公路桥梁盆式支座
JT/T 722	公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
JT/T 843	公路桥梁弹塑性钢减震支座
JT/T 901	桥梁支座用高分子材料滑板
JTG 5120	公路桥涵养护规范
JTG/T H21	公路桥梁技术状况评定标准
JTG/T 3650	公路桥涵施工技术规范

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1 钢阻尼元件 steel damping component

利用钢材的弹塑性变形吸收和耗散地震能量的钢制部件，一般由塑性和强度均较好的低碳钢材材料制成。

3.1.2 锚固组件 anchorage assembly

由锚锭、连接销、连接板、预埋板等组成，连接钢阻尼元件和桥梁结构的组件。

3.1.3 弹塑性钢阻尼器 elastoplastic steel damper

钢阻尼元件通过锚固组件与桥梁墩、梁之间进行连接，利用钢阻尼元件的弹塑性变形以吸收和耗散地震能量的阻尼装置。

3.1.4 连接销 connecting pin

连接钢阻尼元件及其它构件的销状零件。

3.1.5 屈服位移 yield displacement

阻尼元件或钢阻尼器发生屈服时产生的位移，一般为滞回（荷载—位移）曲线发生明显转折时对应的位移。

3.1.6 屈服力 yield stress

阻尼元件或钢阻尼器达到屈服位移时钢阻尼装置的出力。

3.1.7 设计阻尼位移 design damping displacement

阻尼元件或钢阻尼器受到外部荷载作用后允许的最大变形量。

3.1.8 设计阻尼力 design damping force

阻尼元件或钢阻尼器变形到设计阻尼位移时的出力。

3.1.9 屈前刚度 stiffness before yielding

在滞回曲线（荷载—位移）中，屈服点前的直线斜率。

3.1.10 屈后刚度 stiffness after yielding

在滞回曲线（荷载—位移）中，屈服点后的直线斜率。

3.1.11 等效刚度 equivalent stiffness

在滞回曲线（荷载—位移）中，连接最高峰值点与最低峰值点之间的直线斜率。

3.1.12 等效阻尼比 equivalent damping ratio

一个荷载循环所吸收的能量与总变形能之比。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

F ——阻尼力，单位为千牛（kN）。

F_y ——屈服力，单位为千牛（kN）。

F_d ——设计阻尼力，单位为千牛（kN）。

F_{xd} ——连接销设计抗剪力，单位为千牛（kN）。

K' ——等效刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）。

K_1 ——屈前刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）。

K_2 ——屈后刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）。

S ——阻尼位移量，单位为毫米（mm）。

S_y ——屈服位移，单位为毫米（mm）。

S_d ——设计阻尼位移，单位为毫米（mm）。

ξ' ——等效阻尼比，单位为百分比（%）。

E_s ——双线性恢复力模型（滞回曲线）所包络的面积。

4 分类、规格及型号

4.1 分类

4.1.1 弹塑性钢阻尼器的基本结构由弹塑性钢阻尼元件与连接构件组成，按连接构件的结构形式将弹塑性钢阻尼器分为间隙配合型、铰接型、固接型及混合型。

条文说明：

本条中混合型弹塑性钢阻尼器为间隙配合型与铰接型或固接型的组合型式。

a) 间隙配合型弹塑性钢阻尼器：

1) 钢阻尼元件一端的连接方式为间隙配合，而另一端的连接方式为铰接，如图 1；

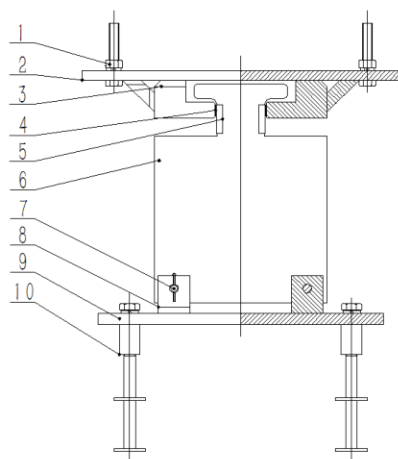
2) 钢阻尼元件一端的连接方式为间隙配合，而另一端的连接方式为固接，如图 2。

b) 铰接型弹塑性钢阻尼器：

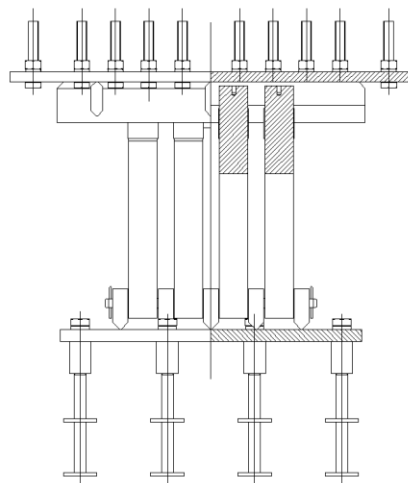
钢阻尼元件的端部的连接方式都为铰接，如图 3。

c) 固接型弹塑性钢阻尼器：

钢阻尼元件的端部的连接方式都为固接，如图 4。



(a) 横桥向

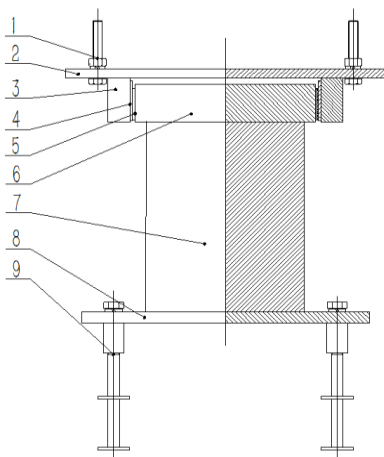


(b) 顺桥向

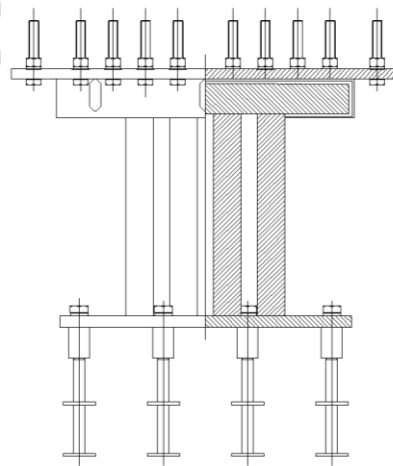
说明:

- 1—连接螺栓; 2—上底板; 3—纵向导轨; 4—镜面冷轧不锈钢板; 5—耐磨滑板;
6—钢阻尼元件; 7—连接销; 8—耳板; 9—下底板; 10—下锚碇钢棒。

图 1 间隙配合型 (含铰接) 弹塑性钢阻尼器结构示意图



(a) 横桥向

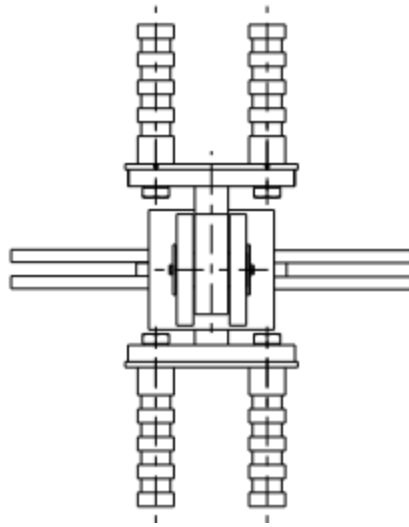


(b) 顺桥向

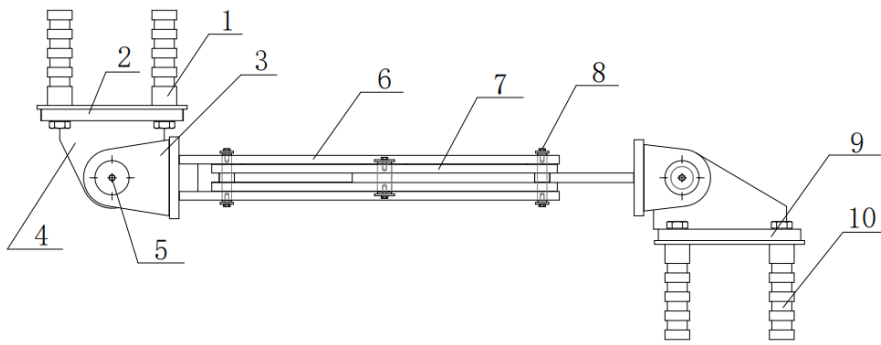
说明:

- 1—连接螺栓; 2—上底板; 3—纵向导轨; 4—镜面冷轧不锈钢板; 5—耐磨滑板; 6—连接板;
7—钢阻尼元件; 8—下底板; 9—下锚碇钢棒

图 2 间隙配合型 (含固接) 弹塑性钢阻尼器结构示意图



(a) 横桥向

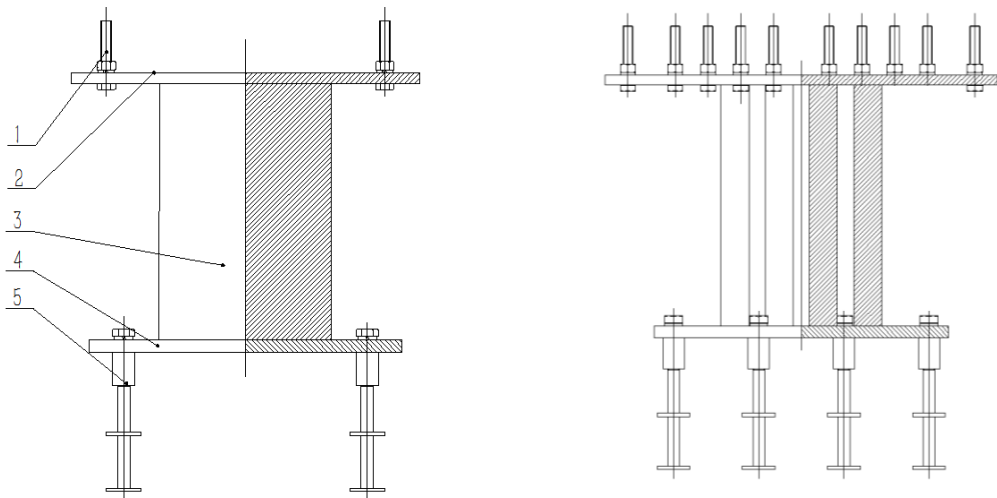


(b) 顺桥向

说明:

- | | | | |
|----------|----------|----------|---------|
| 1—上锚碇钢棒; | 2—上底板; | 3—连接板; | 4—耳板; |
| 5—大连接销; | 6—拉板; | 7—钢阻尼元件; | 8—小连接销; |
| 9—下底板; | 10—下锚碇钢棒 | | |

图 3 铰接型弹塑性钢阻尼器结构示意图



(a) 横桥向

(b) 顺桥向

说明:

1—连接螺栓;

2—上底板;

3—钢阻尼元件;

4—下底板;

5—下锚碇钢棒

图 4 固接型弹塑性钢阻尼器结构示意图

4.1.2 按公路桥梁对弹塑性钢阻尼器的约束方式分为两类:

a)双向约束型:弹塑性钢阻尼器与桥梁在横桥向和纵桥向形成双向约束。

b)单向约束型:弹塑性钢阻尼器与桥梁在横桥向或纵桥向仅有一个方向形成约束,另一正交方向可以自由滑动。

间隙配合型弹塑性钢阻尼器一般用于单向约束要求的桥梁;固定型弹塑性钢阻尼器、铰接型弹塑性钢阻尼器一般用于双向约束要求的桥梁。

4.1.3 按使用温度范围分为:

a) 常温型弹塑性钢阻尼器,适用温度范围为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ 。

b) 耐寒型弹塑性钢阻尼器,适用温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.4 按照地震对公路桥梁弹塑性钢阻尼器的损伤状态进行评估,将弹塑性钢阻尼器分为无损伤型、有损伤型、破坏型三类,见表 1。

表 1 弹塑性钢阻尼器型式与阻尼位移量指标

型式	变形特征	阻尼位移量指标
无损伤	产生弹性变形	$S \leq S_y$
有损伤	产生塑性变形	$S_y < S \leq S_d$
破坏	产生裂纹或断裂	$S > S_d$

4.2 规格

4.2.1 弹塑性钢阻尼器按屈服力分为 40 级:

100kN, 200kN, 300kN, 400kN, 500kN, 600kN, 700kN, 800kN, 900kN, 1000kN, 1100kN, 1200kN, 1300kN, 1400kN, 1500kN, 1600kN, 1700kN, 1800kN, 1900kN, 2000kN, 2100kN, 2200kN, 2300kN, 2400kN, 2500kN, 2600kN, 2700kN, 2800kN, 2900kN, 3000kN, 3500kN, 4000kN, 4500kN, 5000kN, 5500kN, 6000kN, 7000kN, 8000kN, 9000kN, 10000kN。

条文说明:

本条中当弹塑性钢阻尼器屈服力有特殊需要时,可按实际需要调整大小。

4.2.2 弹塑性钢阻尼器按纵向与横向设计阻尼位移分别为 19 级:

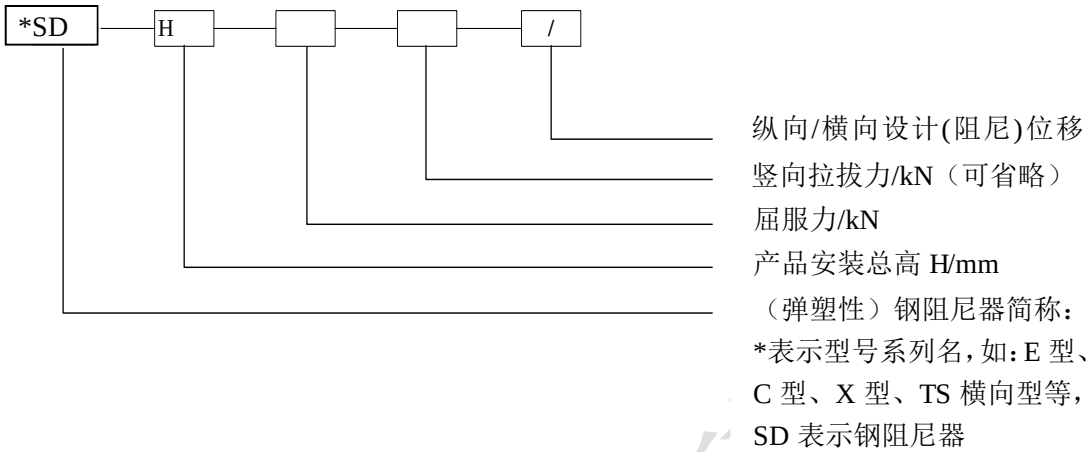
$\pm 40\text{mm}$, $\pm 60\text{mm}$, $\pm 80\text{mm}$, $\pm 100\text{mm}$, $\pm 120\text{mm}$, $\pm 140\text{mm}$, $\pm 160\text{mm}$, $\pm 180\text{mm}$, $\pm 200\text{mm}$, $\pm 220\text{mm}$, $\pm 240\text{mm}$, $\pm 260\text{mm}$, $\pm 280\text{mm}$, $\pm 300\text{mm}$, $\pm 320\text{mm}$, $\pm 340\text{mm}$, $\pm 360\text{mm}$, $\pm 380\text{mm}$, $\pm 400\text{mm}$ 。

条文说明:

本条中当弹塑性钢阻尼器设计阻尼位移有特殊需要时，可按实际需要调整位移大小。

4.3 型号

弹塑性钢阻尼器型号表示方法如下：



示例 1: TSSD-H500-2000-8000-300/400

横向型钢阻尼器，产品安装总高 500mm，屈服力为 2000kN，纵向拉拔力为 8000kN，纵向设计位移为±300mm，横向设计阻尼位移为±400mm。

5 技术要求

5.1 工作环境

常温型弹塑性钢阻尼器，适用温度范围为-25℃~+60℃；耐寒型弹塑性钢阻尼器，适用温度范围为-40℃~+60℃。

5.2 外观和尺寸

弹塑性钢阻尼器的外形尺寸应符合设计图要求，表面应光洁，无凹坑或划痕，无机械损伤，油漆表面光滑。

5.3 设计使用寿命

弹塑性钢阻尼器的设计使用寿命应为 100 年。

5.4 材料

5.4.1 钢材

- a) 常温型、耐寒型弹塑性钢阻尼器钢阻尼元件宜采用断裂伸长率不低于 21%的低合金高强度钢，不得采用铸件，其化学成分和机械性能应符合 GB/T1591 的要求，如采用其它材料，可由设计图纸指定，其机械性能应符合相关规范要求。
- b) 钢阻尼元件用钢材的主要化学成分应分别符合 GB/T700 和 GB/T1591 的规定。
- c) 弹塑性钢阻尼器主要钢件（除钢阻尼元件、连接销、螺栓及镜面不锈钢外）宜采用低合金高强度钢，其化学成分和机械性能应符合 GB/T700 和 GB/T 1591 的要求，如采用其它材料，可由设计图纸指定，机械性能应符合相关规范要求。
- d) 弹塑性钢阻尼器锚锭钢棒宜采用优质碳素钢 45#，其化学成分和机械性能应符合 GB/T 699 的要求，如用其它材料，其机械性能不得低于 45#要求。

e) 弹塑性钢阻尼器中连接销可采用 40Cr 或其它材料,如采用 40Cr,其化学成分和机械性能应符合 GB/T 3077 的要求,如采用其它材料,其机械性能不宜低于 40Cr 调质后的要求。

f) 间隙配合型的弹塑性钢阻尼器用镜面冷轧不锈钢板采用 06Cr17Ni12Mo2、06Cr19Ni13Mo3 或 06Cr18Ni11Ti,工作表面符合 GB/T 3280 的 8#表面加工要求,材质的化学成分和机械性能应符合 GB/T 3280 的要求。

g) 螺栓性能应符合 GB/T 5782 的有关规定。

条文说明:

本条中,对于应用于弹塑性钢阻尼器受力部位的连接螺栓,为保证连接强度,宜采用 8.8 级及以上螺栓。

5.4.2 耐磨滑板

弹塑性钢阻尼器用耐磨滑板,可采用聚四氟乙烯板、改性超高分子量聚乙烯板或 SF-1B 三层复合板,其性能应不低于 JT/T 901 的要求。

条文说明:

本条中,主要适用于间隙配合型设置有导向结构进行相对滑动的钢阻尼器。

5.4.3 硅油脂

宜采用优等品硅油脂 5201-2 硅油脂,乳白色或灰色半透明脂状物,无机械杂质,其物理化学性能应符合 HG/T 2502 的有关规定。

条文说明:

本条中,主要适用于设置有聚四氟乙烯板、改性超高分子量聚乙烯板等耐磨滑板与不锈钢对磨的间隙配合型钢阻尼器,以尽量降低摩擦对导向性能的不利影响。

5.5 工艺性能

5.5.1 机加工

零部件加工尺寸偏差应符合设计图纸要求,未注公差의线性和角度尺寸公差应按 GB/T 1804 中 m 级规定进行,形状和位置公差의未注公差应按 GB/T 1184 中 L 级的规定进行。

钢阻尼元件宜采用连接销与锚固组件连接,连接销加工尺寸偏差应符合设计图纸要求,未注公差应按 GB/T 1184 中 K 级的规定进行。

5.5.2 焊接

弹塑性钢阻尼器焊接部位的技术要求应符合受力需求和设计规定,当无具体规定时,焊接部位的技术要求应符合 JB/T 5943 的规定。镜面冷轧不锈钢板与基层钢板采用氩弧焊周边连续焊接,焊后不锈钢板应与基层钢板密贴,不锈钢板焊接后的平面度最大偏差不得超过耐磨条对角线长度的 0.3‰,焊缝应光滑、平整、连续,焊接技术要求符合 JB/T 5943 的有关规定。

5.5.3 探伤

a) 钢阻尼元件宜整体成型,不应采用焊接、铆接及螺栓连接等方式进行拼接,并对其进行超声波探伤,探伤过程应符合相关技术要求。

b) 弹塑性钢阻尼器焊接部位应符合相应图纸要求,不应有未焊透、裂纹、夹渣、气孔

等缺陷；对焊接关键部位需逐件进行超声波探伤，质量须满足 GB 50205 中规定的I级焊缝要求，内部不允许有裂纹。

5.5.4 装配

- a) 待装零部件应有合格标记。
- b) 弹塑性钢阻尼器装配时，弹塑性钢阻尼器安装孔与连接销配合面均需涂抹黄油等防锈油。
- c) 弹塑性钢阻尼器外露表面应平整、美观、焊缝均匀，漆膜表面光滑，不允许有掉漆、流痕、褶皱等现象。
- d) 弹塑性钢阻尼器组装完成后，上、下连接板平面应平行，平行度应不大于长边的 2%。

条文说明：

装配前准备，间隙型弹塑性钢阻尼器的相对滑动面（不锈钢表面与耐磨滑板表面）不应夹有灰尘和杂质。

5.5.5 防腐涂装

- a) 弹塑性钢阻尼器钢件应进行防腐处理。
- b) 采用热浸锌处理时，锌层厚度 $\geq 50\mu\text{m}$ 。
- c) 弹塑性钢阻尼器使用处在 JT/T 722 中的 C1-C3 腐蚀环境，阻尼器外露钢件表面采用配套编号为 S04 的涂装防护体系；如处在 C4-C5-M 的腐蚀环境，则采用配套号为 S07、S09 或 S11 的涂装防护体系。所用涂装配套体系的面漆若无特殊要求，均采用桔黄色。涂装的表面处理、涂装要求及涂层质量均应符合 JT/T 722 的有关要求。
- d) 弹塑性钢阻尼器宜采用 8.8 级螺栓及 8.8 级以下的螺栓采用镀锌进行防护，镀锌层厚度 $\geq 25\mu\text{m}$ ，锚栓螺栓（10.9 级）表面采用渗锌进行防护，渗锌厚度 $\geq 30\mu\text{m}$ 。

5.6 成品性能

5.6.1 基本要求

弹塑性钢阻尼器的屈服力、屈服位移、设计阻尼力和设计阻尼位移应满足设计要求。对于有抗拔力要求的，抗拔力也应满足设计要求。

5.6.2 承载力

- a) 弹塑性钢阻尼器的设计阻尼力不宜低于其 1.5 倍的屈服力。

$$F_d \geq 1.5F_y \quad (1)$$

- b) 在弹塑性钢阻尼器受到设计阻尼力作用下，连接销设计抗剪力安全系数应大于等于 3。连接销按疲劳荷载加载，荷载循环次数应不低于 20。

条文说明：

参考标准《公路桥梁弹塑性钢减震支座》JT/T 843 规定的连接销的疲劳荷载循环次数是 11 次，本条文规定的 20 次荷载循环次数要求，是出于安全性的角度考虑。

c) 对于有抗拔力要求的钢阻尼器,设计抗拔力应满足风载及地震作用下抗倾覆的要求。

条文说明:

针对有抗倾覆要求的桥梁用钢阻尼器应给出该要求。

5.6.3 弹塑性钢阻尼器阻尼性能

弹塑性钢阻尼器阻尼性能应由钢阻尼元件阻尼性能确定。

钢阻尼元件的阻尼力、阻尼位移应符合双线性恢复力模型,如图 5 所示。当钢阻尼元件的阻尼位移量 S 等于屈服位移 S_y 时,其阻尼力 F 等于屈服力 F_y ;当钢阻尼元件的阻尼位移量 S 等于设计阻尼位移 S_d 时,其阻尼力 F 等于设计阻尼力 F_d 。图中阻尼力和阻尼位移量的负号表示数值相等,加载方向相反。

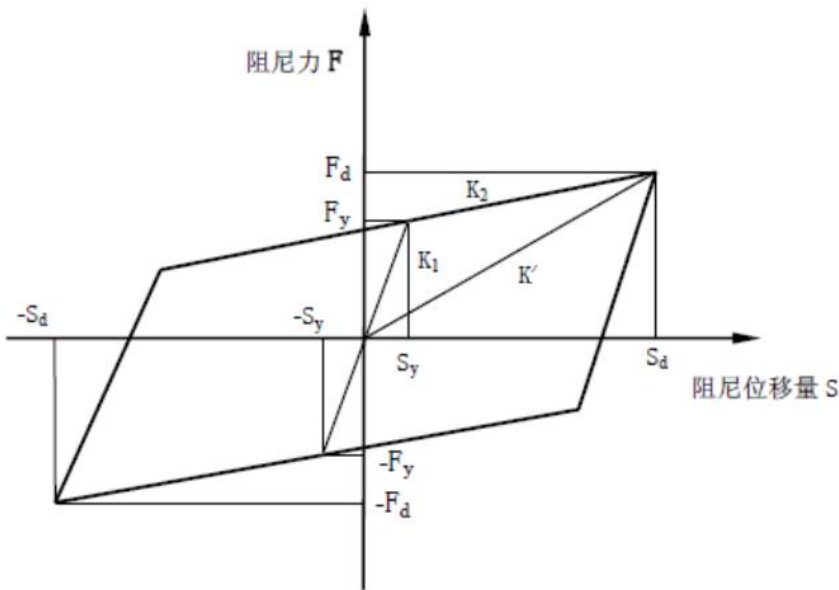


图 5 钢阻尼元件双线性恢复力模型

a) 钢阻尼元件按设计阻尼位移加载,荷载循环次数不应低于 20 次,钢阻尼元件开裂长度不应大于开裂处断面尺寸的 1/5,且开裂宽度不应大于 3mm。

条文说明:

参考标准《公路桥梁弹塑性钢减震支座》JT/T 843 规定的钢阻尼元件的疲劳荷载循环次数是 11 次,本条文规定的 20 次荷载循环次数要求,是出于安全性的角度考虑。

b) 钢阻尼元件的阻尼力、阻尼位移、等效刚度、等效阻尼比应符合设计要求,其允许偏差和低温性能偏差应符合表 2 的规定。

表 2 阻尼性能允许偏差

项目	允许偏差	低温性能偏差 (-40℃)
屈服力 F_y (kN)	±15%	±30%

等效刚度 K' (kN/mm)	$\pm 15\%$	$\pm 40\%$
等效阻尼比 ξ' (%)	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$

c) 达到设计阻尼位移时钢阻尼元件的等效阻尼比范围一般为 25%~50%，超出 50%可进行专门设计。

d) 等效阻尼比 ξ' 按式 (2) 进行计算

$$\xi' = E_s / 4\pi F_d S_d \quad (2)$$

其中 E_s 为双线性恢复力模型（滞回曲线）所包络的面积，即一个荷载循环所吸收的能量， F_d 为设计阻尼力， S_d 为设计阻尼位移。

6 试验方法

6.1 外观

弹塑性钢阻尼器成品外形尺寸用直尺、游标卡尺等常规量具检测，外观质量采用目测或借助放大镜检测。

6.2 材料

6.2.1 钢材

a) 钢材机械性能检测按 GB/T 228.1 和 GB/T 7314 的规定进行，化学成分检测按 GB/T 223 的规定执行。

b) 钢材内部缺陷检测按 GB/T 226 和 GB 1814 的规定进行。

6.2.2 耐磨滑板

耐磨滑板层间结合牢固、压缩永久变形按 JT/T 391 中附录 B 的规定进行，其它性能按 JT/T 901 的规定进行。

6.2.3 硅油脂

5201-2 硅油脂物理化学性能试验按 HG/T 2502 的规定进行。

6.3 工艺性能

6.3.1 机加工

金属部件的尺寸公差用直尺、游标卡尺、千分尺等常规量具检测，形位公差用专用仪器和设备检测。

6.3.2 探伤

磁粉探伤方法按 JB/T 4730.4 的规定进行，渗透探伤方法按 JB/T 4730.5 的规定进行。

6.3.3 防腐

阻尼器成品涂层的检测方法按 JT/T 722 的规定进行。

6.4 成品性能

6.4.1 阻尼元件

a) 钢阻尼元件阻尼性能试验按照附录 A 的规定进行。受试验设备能力限制时，钢阻尼

元件的阻尼性能可采用缩尺模型进行。

b) 弹塑性钢阻尼元件低温阻尼性能试验应按附录 A 的规定，在下列条件下进行：

—试验温度：-40℃±3℃；

—试验时间：试样应置于试验温度条件下 2h 以上方可做试验。

若受试验条件限制，应在试验要求温度下放置 24h 后取出后 30min 以内完成试验。

6.4.2 连接销

连接销设计抗剪力性能试验按附录 B 的规定进行。

6.4.3 弹塑性钢阻尼器

弹塑性钢阻尼器应按附录 A 的规定进行阻尼性能试验，受试验设备能力限制时，可采用缩尺模型进行试验。对于有抗拔力要求的对于有抗拔力要求的钢阻尼器，应进行抗拔力测试，实测抗拔力应大于设计抗拔力。

7 检验规则

7.1 检验分类

弹塑性钢阻尼器的检验分原材料检验、出厂检验和型式检验三类。

7.1.1 原材料检验

弹塑性钢阻尼器加工用原材料进厂时应进行验收检验合格方可接收。

条文说明：

如弹塑性钢阻尼器部件为外协、外购件时，应按本标准相关要求进入厂验收，验收合格方可接收。

7.1.2 出厂检验

产品出厂时应经检测部门质量控制试验，检验合格后，附合格证书，方可出厂使用。

7.1.3 型式检验

型式检验应由国家指定的质量检测机构进行，在下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品或老产品转场生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有重大改进，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，定期每两年进行一次检查；
- d) 产品停产两年后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时；

7.2 检验项目

7.2.1 原材料检验

弹塑性钢阻尼器用原材料检验项目应符合表 3 的规定。

表 3 原材料检验项目

检验项目	技术要求	试验方法	检验频次
钢材	5.4.1	6.2.1	每批一次
耐磨滑板	5.4.2	6.2.2	每批复合滑板（不大于 30kg）一次
硅油脂	5.4.3	6.2.3	每批硅油脂（不大于 50kg）一次

7.2.2 检验项目及检验周期

弹塑性钢阻尼器型式检验和出厂检验的项目应符合表 4 规定。

表 4 弹塑性钢阻尼器型式检验和出厂检验

检验项目		技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验	检验频次	
						型式检验	出厂检验
外观		5.2	6.1	+	+	100%	100%
防腐		5.5	6.3	+	-	不少于 1 件	/
弹塑性钢 阻尼器	尺寸要求	5.5.1	6.1	+	+	不少于 3 件	20%，但不少于 3 件
	抗拔力	5.6.2	6.4.3	*	*	不少于 3 件	5%，但不少于 1 件
	阻尼性能	5.6.3	6.4.3	*	*	不少于 3 件	5%，但不少于 1 件
钢阻尼元 件	尺寸要求	5.5.1	6.1	+	+	不少于 3 件	20%，但不少于 3 件
	阻尼性能	5.6.3	6.4.1	+	+	不少于 3 件	5%，但不少于 1 件
连接销	尺寸要求	5.5.1	6.1	+	+	不少于 3 件	20%，但不少于 3 件
	抗剪性能	5.6.4	6.4.2	+	+	不少于 3 件	5%，但不少于 3 件
不锈钢焊接板		5.5.2	6.3.2	+	-	不少于 3 件	/
注 1：“+”表示要进行该项检验；“-”表示不进行该项检验；“*”表示选做，在无法进行弹塑性钢阻尼器的阻尼性能试验时可由组成该阻尼器的钢阻尼元件的阻尼性能试验代替；“/”表示无此项规定。							

7.3 检验结果的判定

7.3.1 原材料检验

检验结果不符合本标准要求的原材料不得使用。

7.3.2 出厂检验

在出厂检验中对整体弹塑性钢阻尼器检验不合格的部件，应进行更换，直至全部检验项目均符合要求后方可出厂。

7.3.3 型式检验

型式检验采用随机抽样方式进行。型式检验项目全部合格，则该批产品为合格。当检验项目中有不合格项，应取双倍试样对不合格项目进行复检，复检后仍有不合格，则该批产品为不合格。

8 标志、包装、储存和运输

8.1 标志

每个弹塑性钢阻尼器应有永久性标牌，其内容应包括：产品名称、规格型号、主要技术指标（屈服力、屈服位移、设计阻尼力、设计阻尼位移）、生产厂名、出厂编号和出厂日期。

8.2 包装

每个弹塑性钢阻尼器均应包装牢固。包装时应注明项目名称、产品名称、规格型号和出厂日期，并附产品合格证、使用说明书及装箱单。

条文说明：

包装是安全运输和短期存放的需要，应有防雨措施。运输和搬运切不可野蛮装卸，损伤产品的防腐层，影响使用寿命。

8.3 储存、运输

弹塑性钢阻尼器在储存、运输过程中，应避免阳光直接照射、雨雪浸淋，并保持清洁；严禁与酸、碱、油类及有机溶剂等影响弹塑性钢阻尼器质量的物质接触，并距热源 1m 以上，且不能与地面直接接触。

9 安装与维护

9.1 安装

弹塑性钢阻尼器应设置在支承垫石上，支承垫石的混凝土强度等级应不低于C50，支承垫石的配筋应满足连接锚栓的承载力要求，垫石高度应考虑阻尼器安装、养护和更换方便，垫石顶面应平整，且四角高差不应大于2mm。

弹塑性钢阻尼器宜采用预埋套筒和锚固螺栓的连接方式，墩台顶面支承垫石部位应预留锚栓孔，预留孔外径尺寸应大于锚栓钢棒直径加100mm，预留孔长度应大于锚栓钢棒长度60mm，预留孔中心及对角线位置偏差不应超过10mm，预留孔边缘距离支承垫石边缘最小距离不宜小于100mm。

支承垫石应更加受力要求设置配筋，布筋范围应大于弹塑性钢阻尼器底板平面尺寸。

9.2 维护

弹塑性钢阻尼器应按照 JTG 5120 以及 JTG/T H21 进行经常检查和定期检查，确保弹塑性钢阻尼器及连接处于正常工作状态。经常检查一般可以每季度一次，检查内容包括涂层、杂物、锈迹、明显缺陷、位移量等。定期检查一般最长不超过三年一次，检查内容包括弹塑性钢阻尼器组件是否完好、清洁，有无断裂、错位、脱空，锚固螺栓、连接销是否完好，垫石是否有裂缝等。

10 更换

当钢阻尼元件产生较大塑性变形或出现明显裂纹时，应对钢阻尼元件进行更换。

10.1 更换要求

弹塑性钢阻尼器一般不需整体更换，只需更换钢阻尼元件或损坏部件。更换钢阻尼元件施工应符合 JTG/T 3650 的相关规定，更换后的钢阻尼元件的构造应符合设计要求及相关规定。

10.2 更换方法

采用连接销连接的钢阻尼元件，通过拆装连接销，完成钢阻尼元件的更换；采用螺栓连

接的钢阻尼元件，通过拆装连接螺栓，完成钢阻尼元件的更换；采用顶板或底板连接的钢阻尼元件，通过拆装预埋板的连接螺栓，完成钢阻尼元件的更换。

10.3 使用寿命

弹塑性钢阻尼器的更换时间和频次，应根据现场情况来判断，在不发生塑性变形及锈蚀的前提下，弹塑性钢阻尼器的设计使用寿命是 100 年。

征求意见稿

附录 A（规范性附录）

钢阻尼元件阻尼特性试验方法

A.1 试样

钢阻尼元件阻尼特性试验用钢阻尼元件必须与弹塑性钢阻尼器用钢阻尼元件相同。试验工装应模拟弹塑性钢阻尼器的装配状态。受试验设备能力限制时，钢阻尼元件的阻尼性能可采用缩尺模型进行。

A.2 试样数量

试样数量为三组，取三组试样试验结果平均值为该批试样试验结果。疲劳性能试验试样数量为一组。

A.3 试验条件

A.3.1 试验温度

实验室标准室温为 $23^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，试验前将试样在标准室温下放置 24h。

低温试验温度为 $-40^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，试样应置于试验温度条件下 2h 以上方可做试验，若受试验条件限制，应在试验要求温度下放置 24h 后取出后 30min 以内完成试验。

A.3.2 试验要求

试验应符合下列要求：

- a) 测试精度： $\pm 1.0\%$ ；
- b) 钢阻尼元件阻尼力、阻尼位移应符合图 5 所示双线性恢复力模型。

A.4 试验方法

A.4.1 标准位移-载荷试验

标准位移-载荷试验是测试钢阻尼元件在设计阻尼位移条件下阻尼力 F 与位移 S 之间的变化关系。该试验应按以下步骤进行，并记录相关数据：

- $\pm 0.25S_d$ ，5 次循环；
- $\pm 0.50S_d$ ，5 次循环；
- $\pm 1.0S_d$ ，5 次循环。

条文说明：

标准位移-载荷试验试验时，宜采用正弦波循环加载，平均速度宜采用 2 mm/s。

A.4.2 超载位移-载荷试验

超载位移-载荷试验是测试钢阻尼元件在超出设计阻尼位移条件下的承载力。该试验加载位移按 $\pm 1.2S_d$ （一次）进行，并记录相关数据。

条文说明：

标准位移-载荷试验试验时，宜采用正弦波循环加载，平均速度宜采用 2 mm/s。

A.4.3 疲劳载荷试验

疲劳性能试验荷载按 $1.0S_d$ 设计阻尼位移持续反复加载，加载频率不应低于 0.01Hz（不宜超过 5Hz），循环次数为 20 次，并记录钢阻尼元件开裂长度、开裂宽度等相关数据。

A.4.4 测试结果

测试结果应同时满足以下几点，试验数据才可被认为合格：

- 做完 A4.1 与 A.4.2 试验后，钢阻尼元件无断裂；
- 载荷位移曲线应随着位移的增加是连续的；
- 从第三个循环（ $\pm 1.0S_d$ ）开始记录 S 对应的载荷值 F，最大值变化不应超过 15% 的设计值，平均值不应超过 10% 的设计值，并以第三次记录的等效刚度 K' 、等效阻尼比 ξ' 试验计算值为测试值；
- 第三个循环记录的 ξ' 测试值和其它循环（第一个循环除外）测试值变化率不应超过 10%；
- 三组试样各自屈服力 F_y 相比最大差异不超过 $\pm 15\%$ ；
- 疲劳荷载试验循环次数及试样样品裂口应符合 5.6.3 的要求。

A.5 试验报告

试验报告应包含以下内容：

- (a) 试验装置及试验概况：试验设备、试验荷载、实验室温度，试样规格及形式等；
- (b) 基本参数的测试结果按表 A.1 形式给出；
- (c) 钢阻尼元件的等效双线性曲线；
- (d) 钢阻尼元件的载荷—位移图；
- (e) 描述试验过程概况，重点记录试验过程中出现的异常现象；
- (f) 记录试件未破坏时超载试验的极限位移和阻尼力；
- (g) 记录钢阻尼元件疲劳荷载循环次数；
- (h) 试验结论；
- (i) 试验过程及安装照片等附件。

表 A.1 基本参数测试结果

试件编号：

基本参数	F_y (kN)	F_d (kN)	S_y (mm)	S_d (mm)	K' (kN/mm)	ξ' (%)
设计值						
测试值						
最大误差(%)						
平均误差(%)						

附录 B（规范性附录）
连接销抗剪性能试验方法

B.1 试样和数量

B.1.1 试样

被测试件需按足尺试样，设计专用试验装置模拟连接销在弹塑性钢阻尼器中的安装使用情况。

B.1.2 试样数量

抗剪力试验试件数量为三组，取三组试件试验结果平均值为该批试件试验结果。疲劳性能试验试件数量为一组。

B.2 试验条件

B.2.1 试验温度

试验室标准温度为 $23^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，试验前将试样直接放置在标准温度下，停放 24h。

B.2.2 试验要求

测试精度： $\pm 1.0\%$ 。

B.2.3 抗剪力试验

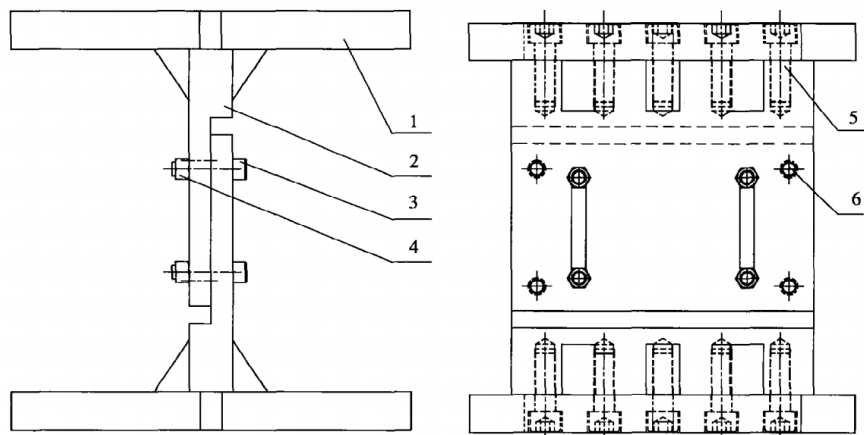
测试连接销的剪切承载力。

B.2.4 疲劳性能测试

测试连接销受交变剪切荷载时的疲劳性能。

B.3 试验装置

设计专用试验装置模拟连接销在弹塑性钢阻尼器中的安装使用情况，在专用试验装置上安装连接销，图 B.1 为连接销抗剪性能试验试验装置示意图。装配时连接销的缺口应与剪切面保持平齐。



说明：

1——连接板； 2——剪切板； 3——导向螺栓； 4——螺母； 5——连接螺栓； 6——连接销装配孔。

B.1 为连接销抗剪性能试验试验装置示意图

根据不同试验条件制作不同工装，但应与实际工况相吻合，避免工装本身对测试条件及测试精度造成不利影响。

B.4 试验方法

试验中连接销连续加载至设计抗剪力，并保持至少 1min，然后卸载至设计荷载的 5%，反复三次。

疲劳性能试验荷载按正弦波加载，峰值为设计疲劳荷载，加载频率：1Hz（试验工作人员可根据情况适当调整，但不宜超过 5Hz），持续加载 20 个循环。

B.5 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 试件概况描述：试验连接销形式及规格；
- b) 试验装置及试验概况：试验装置、试验设备、试验荷载、试验温度等；
- c) 描述试验过程概况，设计抗剪力及疲劳荷载作用下是否损坏及出现异常；
- d) 试验结论；
- e) 试样安装过程及试验过程照片等附件。

征求意见稿