

ICS 45.040
S 13

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3561—2020

铁路桥梁黏滞阻尼器和速度锁定器

Fluid viscous damper and lock-up device for railway bridges

2020-09-01 发布

2021-03-01 实施

国家铁路局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和符号 2

4 结构形式、规格和型号 3

5 技术要求 5

6 检验方法 8

7 检验规则 9

8 标志、包装、运输和储存 10

附录 A（规范性附录） 缓慢运动性能试验方法 12

附录 B（规范性附录） 地震作用性能试验方法 14

附录 C（规范性附录） 风振作用性能试验方法 15

附录 D（规范性附录） 冲击荷载性能试验方法 16

附录 E（规范性附录） 循环荷载性能试验方法 17

附录 F（规范性附录） 速度稳定性能试验方法 18

附录 G（规范性附录） 频率稳定性能试验方法 19

附录 H（规范性附录） 温度稳定性能试验方法 20

附录 I（规范性附录） 耐久性能试验方法 22

附录 J（规范性附录） 耐压极限性能试验方法 23

附录 K（规范性附录） 超载极限性能试验方法 24

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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

本标准由中国铁路经济规划研究院有限公司提出并归口。

本标准起草单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、中国铁路经济规划研究院有限公司、株洲时代新材料科技股份有限公司、河北宝力工程装备股份有限公司。

本标准主要起草人：臧晓秋、牛斌、苏永华、高策、曹志峰、周勇政、孙明德、王凯林、赵建林、解剑锋、宁响亮。

铁路桥梁黏滞阻尼器和速度锁定器

1 范围

本标准规定了铁路桥梁黏滞阻尼器和速度锁定器的结构形式、规格和型号,技术要求,检验方法,检验规则,标志、包装、运输和储存。

本标准适用于设计阻尼力为 300 kN~4 000 kN 的铁路桥梁黏滞阻尼器和设计锁定力为 300 kN~4 000 kN 的铁路桥梁速度锁定器。

2 规范性引用文件

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

GB/T 191 包装储运图示标志(GB/T 191—2008,ISO 780:1997,MOD)

GB/T 197—2018 普通螺纹 公差(ISO 965-1:2013,MOD)

GB/T 223 钢铁及合金 含量的测定

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分:室温试验方法(GB/T 228.1—2010,ISO 6892-1:2009,MOD)

GB/T 699 优质碳素结构钢

GB/T 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值(ISO 2768-2:1989,MOD)

GB/T 1220 不锈钢棒

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 1800.1—2009 产品几何规范(GPS)极限与配合 第 1 部分:公差、偏差和配合的基础(ISO 286-1:1988,MOD)

GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差(ISO 2768-1:1989(E),MOD)

GB/T 3077 合金结构钢

GB/T 4162—2008 锻轧钢棒超声检测方法

GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法(GB/T 4956—2003,ISO 2127:1982,IDT)

GB/T 9163 关节轴承 向心关节轴承(GB/T 9163—2001,ISO 12440-1:1998,EQV)

GB/T 11379 金属覆盖层 工程用铬电镀层(GB/T 11379—2008,ISO 6158:2004,IDT)

GB/T 12332 金属覆盖层 工程用镍电镀层(GB/T 12332—2008,ISO 4526:2004,IDT)

GB/T 13913 金属覆盖层 化学镀镍-磷合金镀层(GB/T 13913—2008,ISO 4527:2003,IDT)

HG/T 2366 二甲基硅油

JB/T 6396 大型合金结构钢锻件 技术条件

NB/T 47013.3—2015 承压设备无损检测 第 3 部分:超声检测

NB/T 47013.4—2015 承压设备无损检测 第 4 部分:磁粉检测

NB/T 47013.5—2015 承压设备无损检测 第 5 部分:渗透检测

SH/T 0692—2000 防锈油

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

黏滞阻尼器 **fluid viscous damper**

利用黏滞阻尼材料运动时产生黏滞阻尼,实现吸收耗散外部输入能量的装置。

注:黏滞阻尼器通常由缸体、活塞、活塞杆、黏滞阻尼材料等组成。

3.1.2

速度锁定器 **lock-up device; shock transmission units**

利用黏滞阻尼材料达到设计速度时产生锁定力,实现转移分散外部输入能量的装置。

注:速度锁定器通常由缸体、活塞、活塞杆、黏滞阻尼材料等组成。

3.1.3

初始长度 **initial length**

黏滞阻尼器或速度锁定器活塞位于缸体内居中位置时,两端轴承中心的距离。

3.1.4

运动速度 **movement velocity**

黏滞阻尼器或速度锁定器活塞与缸体的相对运动速度。

3.1.5

设计行程 **design stroke**

黏滞阻尼器或速度锁定器处于初始长度时,允许产生的最大伸长量或缩短量。

3.1.6

设计工作频率 **design working frequency**

黏滞阻尼器在正常工作状态下每秒钟可往复运动的次数。

3.1.7

设计阻尼力 **design damping force**

黏滞阻尼器在正常工作状态下产生的最大输出力。

3.1.8

设计地震位移 **design seismic displacement**

桥梁结构遭遇设防地震时,黏滞阻尼器活塞与缸体最大相对位移。

3.1.9

设计风振位移 **design wind vibration displacement**

桥梁结构遭遇设计基准风速时,黏滞阻尼器活塞与缸体最大相对位移。

3.1.10

设计锁定力 **design locking force**

速度锁定器在正常工作状态下发生锁定时产生的设计输出力。

3.1.11

设计锁定速度 **design locking velocity**

速度锁定器在正常工作状态下发生锁定时,活塞与缸体的相对运动速度。

3.1.12

设计锁定位移 design locking displacement

速度锁定器在正常工作状态下发生锁定时,活塞与缸体的相对位移。

3.2 符号

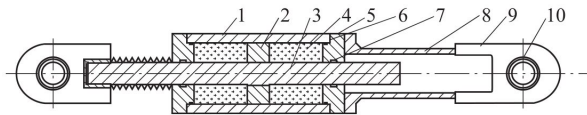
下列符号适用于本文件。

- A ——加载振幅,单位为毫米(mm);
- C ——阻尼系数,设计值,单位为千牛每 α 次方米负 α 次方秒 $[\text{kN}/(\text{m}/\text{s})^\alpha]$;
- D ——缸体内径,单位为毫米(mm);
- d ——活塞杆直径,单位为毫米(mm);
- F_{aF} ——实际阻尼力,单位为千牛(kN);
- F_{aL} ——实际锁定力,单位为千牛(kN);
- F_{aF2} ——第二个循环的实际阻尼力,单位为千牛(kN);
- F_{aF5} ——第五个循环的实际阻尼力,单位为千牛(kN);
- F_{aF1999} ——第1999个循环的实际阻尼力,单位为千牛(kN);
- F_F ——设计阻尼力,单位为千牛(kN);
- F_L ——设计锁定力,单位为千牛(kN);
- F_{th} ——理论阻尼力,单位为千牛(kN);
- f ——加载频率,单位为赫(Hz);
- f_d ——设计工作频率,单位为赫(Hz);
- P_F ——对应于设计阻尼力的压强,单位为兆帕(MPa);
- P_L ——对应于设计锁定力的压强,单位为兆帕(MPa);
- S_d ——设计行程,单位为毫米(mm);
- S_{eq} ——设计地震位移,单位为毫米(mm);
- S_{wv} ——设计风振位移,单位为毫米(mm);
- S_L ——设计锁定位移,单位为毫米(mm);
- S_{aL} ——实际锁定位移,单位为毫米(mm);
- $\text{sgn}()$ ——符号函数;
- t ——加载时间,单位为秒(s);
- u ——加载位移,单位为毫米(mm);
- v ——运动速度,单位为米每秒(m/s);
- v_F ——设计运动速度,单位为米每秒(m/s);
- v_L ——设计锁定速度,单位为米每秒(m/s);
- α ——速度指数。

4 结构形式、规格和型号

4.1 结构形式

黏滞阻尼器和速度锁定器由缸体、活塞、活塞杆、阻尼介质、端盖、密封部件及连接部件组成,结构示意图如图1所示。



- 说明：
- | | | |
|---------------|---------|---------------|
| 1——缸体； | 2——活塞； | 3——活塞杆； |
| 4——阻尼介质； | 5——端盖； | 6——密封部件(静密封)； |
| 7——密封部件(动密封)； | 8——连接筒； | 9——耳环； |
| 10——向心关节轴承。 | | |

图 1 黏滞阻尼器和速度锁定器结构示意图

4.2 规格

4.2.1 黏滞阻尼器

4.2.1.1 黏滞阻尼器规格系列按设计阻尼力分为 20 级:300 kN,400 kN,500 kN,600 kN,700 kN,800 kN,900 kN,1 000 kN,1 100 kN,1 200 kN,1 350 kN,1 500 kN,1 650 kN,1 800 kN,2 000 kN,2 200 kN,2 500 kN,3 000 kN,3 500 kN,4 000 kN。

4.2.1.2 设计行程分为 15 级:±50 mm,±100 mm,±150 mm,±200 mm,±250 mm,±300 mm,±350 mm,±400 mm,±450 mm,±500 mm,±600 mm,±700 mm,±800 mm,±900 mm,±1 000 mm。

4.2.2 速度锁定器

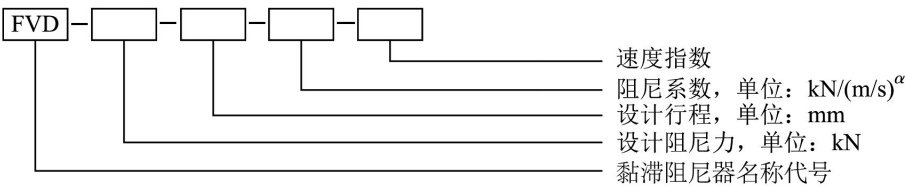
4.2.2.1 速度锁定器规格系列按设计锁定力分为 20 级:300 kN,400 kN,500 kN,600 kN,700 kN,800 kN,900 kN,1 000 kN,1 100 kN,1 200 kN,1 350 kN,1 500 kN,1 650 kN,1 800 kN,2 000 kN,2 200 kN,2 500 kN,3 000 kN,3 500 kN,4 000 kN。

4.2.2.2 设计行程分为 15 级:±50 mm,±100 mm,±150 mm,±200 mm,±250 mm,±300 mm,±350 mm,±400 mm,±450 mm,±500 mm,±600 mm,±700 mm,±800 mm,±900 mm,±1 000 mm。

4.3 型号

4.3.1 黏滞阻尼器

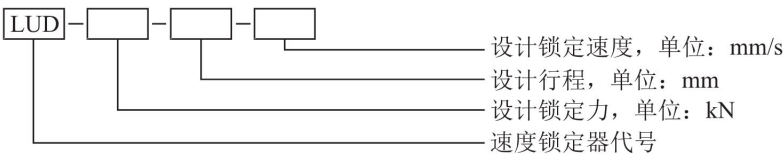
黏滞阻尼器型号表示方法如下：



示例:FVD-3000-±400-3000-0.3,表示设计阻尼力为 3 000 kN、设计行程±400 mm、阻尼系数 3 000 kN/(m/s)^{0.3}、速度指数为 0.3 的黏滞阻尼器。

4.3.2 速度锁定器

速度锁定器型号表示方法如下：



示例:LUD-3000-±400-5,表示设计锁定力为 3 000 kN、设计行程±400 mm、设计锁定速度 5 mm/s 的速度锁定器。

5 技术要求

5.1 适用环境

黏滞阻尼器、速度锁定器适用环境温度为一25℃～+60℃。

5.2 外观质量

表面应光洁无凹坑或划痕,无漏油,无机械损伤,漆膜表面光滑,不应有漏喷、流痕、橘皮现象。

5.3 材料要求

5.3.1 钢材

5.3.1.1 钢材应采用锻钢或轧钢,不应采用铸钢。

5.3.1.2 活塞杆应采用力学性能不低于40Cr的合金结构钢,化学成分、力学性能应符合GB/T 3077的规定;或采用力学性能不低于14Cr17Ni2的不锈钢,化学成分、力学性能应符合GB/T 1220的规定。

5.3.1.3 缸体、活塞、端盖应采用力学性能不低于40Cr的合金结构钢,化学成分、力学性能应符合GB/T 3077的规定,缸体不应采用焊接成形。

5.3.1.4 耳环、连接筒应采用力学性能不低于45号钢的优质碳素结构钢,化学成分、力学性能应符合GB/T 699的规定;或采用力学性能不低于Q355C的低合金高强度结构钢,化学成分、力学性能应符合GB/T 1591的规定。

5.3.2 阻尼介质

阻尼介质应黏温关系稳定、闪点高、不易燃烧、不易挥发、无毒、抗老化,宜选用无色透明、无可见机械杂质、理化性能符合HG/T 2366中规定的二甲基硅油。

5.4 工艺要求

5.4.1 热处理

5.4.1.1 热处理后的锻钢件力学性能应符合JB/T 6396的规定。

5.4.1.2 热处理后的轧钢件力学性能应符合GB/T 699、GB/T 1591、GB/T 3077或GB/T 1220的规定。

5.4.2 机加工

5.4.2.1 缸体内表面和活塞杆表面尺寸公差不应低于GB/T 1800.1—2009中的IT8级的规定;未注尺寸公差不应低于GB/T 1804—2000中的c级的规定。

5.4.2.2 缸体内表面和活塞杆表面圆柱度不应低于GB/T 1184—1996中6级的规定;未注形位公差不应低于GB/T 1184—1996中的L级的规定。

5.4.2.3 传递荷载的螺纹连接副螺纹精度不应低于GB/T 197—2018中7H/6g级的规定。

5.4.2.4 缸体内表面、活塞杆表面粗糙度最大参数值为MRR R_{\max} 0.8;安装密封件的沟槽表面粗糙度最大参数值为MRR R_{\max} 1.6。

5.4.2.5 活塞杆、缸体、活塞、端盖的配合面和摩擦面不应有肉眼可见的凹坑、划痕等缺陷。

5.4.3 探伤

5.4.3.1 缸体、活塞杆应进行磁粉或渗透探伤,表面不应有任何裂纹、白点和横向缺陷显示,磁粉探伤的

质量等级应符合 NB/T 47013.4—2015 中 I 级的规定,渗透探伤的质量等级应符合 NB/T 47013.5—2015 中 I 级的规定。

5.4.3.2 缸体、连接筒、活塞、耳环、端盖应进行超声波探伤,超声波探伤质量等级应符合 NB/T 47013.3—2015 中 II 级的规定;活塞杆应进行超声波探伤,超声波探伤质量等级应符合 GB/T 4162—2008 中 A 级的规定。

5.4.4 防腐

5.4.4.1 活塞杆表面可采用镀硬铬、镀镍、镍铬共镀或化学镀镍磷合金,基底材料为合金钢时,镀硬铬、镀镍、镍铬共镀镀层厚度不低于 70 μm ,化学镀镍磷合金镀层厚度不低于 40 μm ;基底材料为不锈钢时,镀硬铬、镀镍、镍铬共镀镀层厚度不低于 40 μm ,化学镀镍磷合金镀层厚度不低于 20 μm 。硬铬层、镍铬共镀层的技术要求应符合 GB/T 11379 的规定,镍层的技术要求应符合 GB/T 12332 的规定,化学镀镍磷合金层的技术要求应符合 GB/T 13913 的规定。

5.4.4.2 黏滞阻尼器、速度锁定器成品外露表面除活塞杆外应采用长效防腐体系,防腐体系及性能应符合设计要求。

5.4.5 装配

5.4.5.1 所有待装的金属部件,都应有生产厂家质量检验部门的合格标记,密封件、向心关节轴承、阻尼介质等外购部件应有厂家提供的合格证明,方可进行装配。

5.4.5.2 金属部件装配前,应将铁屑、毛刺、油污和泥砂等杂物清除干净。其配合面和摩擦面不应有锈蚀、凹坑和影响使用性能和寿命的划痕。

5.4.5.3 装配过程中应防止密封件损坏、密封件不应有划伤、碰伤及挤压变形等受损现象。

5.4.5.4 阻尼介质在缸体内应填充满。缸体密封后不应解封,若有特殊情况需要解封,应由生产厂家进行解封及重新密封的操作。解封后应重新填充阻尼介质至解封前状态,方可重新密封。

5.4.5.5 向心关节轴承应符合 GB/T 9163 的相关规定。装配完成后,轴承的倾斜角不应小于 3°,其内外表面应采用 SH/T 0692—2000 中 L-RD-3 防锈油进行防腐。

5.5 性能要求

5.5.1 黏滞阻尼器

5.5.1.1 黏滞阻尼器的基本力学性能应符合表 1 的规定。

表 1 黏滞阻尼器基本力学性能要求

项 目		性 能 要 求
缓慢运动性能		在以速度 0.01 mm/s~0.1 mm/s 进行缓慢运动时,实际阻尼力(F_{aF})不大于设计阻尼力(F_F)的 10%
动力作用性能	地震作用	在地震作用条件下,实际阻尼力(F_{aF})相对理论阻尼力(F_{th})的偏差不大于 $\pm 15\%$,实际阻尼力(F_{aF})的衰减率(η_1)不大于 15%,不应出现泄漏、部件损坏等现象
	风振作用	在风振作用条件下,实际阻尼力(F_{aF})的衰减率(η_2)不大于 15%,不应出现泄漏、部件损坏等现象

5.5.1.2 黏滞阻尼器的稳定性能应符合表 2 的规定。

表 2 黏滞阻尼器稳定性能要求

项 目	性 能 要 求
速度稳定性能	在设计运动速度(v_F)的 0.1 倍到 1.0 倍范围内,实际阻尼力(F_{aF})相对于理论阻尼力(F_{th})的偏差 $\leq \pm 15\%$
频率稳定性能	在设计运动速度(v_F),频率为 0.5~2.0 倍设计工作频率(f_d)范围内,各实际阻尼力(F_{aF})之间的偏差 $\leq 15\%$
温度稳定性能	在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的实际阻尼力(F_{aF}),相对于 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的实际阻尼力(F_{aF})的偏差 $\leq 10\%$

5.5.1.3 黏滞阻尼器的耐久性能应符合表 3 的规定。

表 3 黏滞阻尼器耐久性能要求

项 目	性 能 要 求
耐久性能	加载次数不少于 2×10^5 次且密封件与金属部件的摩擦位移不低于 $\pm 5\text{ mm}$ 的条件下,不应出现泄漏、部件损坏等现象

5.5.1.4 黏滞阻尼器的耐压极限性能应符合表 4 的规定。

表 4 黏滞阻尼器耐压极限性能要求

项 目	性 能 要 求
耐压极限性能	在 1.5 倍设计压强下,持荷 180 s,不应出现泄漏、部件损坏等现象

5.5.2 速度锁定器

5.5.2.1 速度锁定器的基本力学性能应符合表 5 的规定。

表 5 速度锁定器基本力学性能要求

项 目	性 能 要 求
缓慢运动性能	在以速度 $0.01\text{ mm/s} \sim 0.1\text{ mm/s}$ 进行缓慢运动时,实际阻尼力(F_{aF})不大于设计锁定力(F_L)的 10%
动力作用性能	冲击荷载 在 0.5 s 内施加到设计锁定力(F_L),并维持 5 s 恒定,然后在 1 s 内反向,再持续 5 s。最大锁定位移不大于 12 mm。在荷载持续部分测得的速度不大于设计锁定速度(v_L)
	循环荷载 在设计锁定力(F_L),频率 $f_0 = 0.1\text{ Hz} \sim 1\text{ Hz}$,对速度锁定器施加形式为 $F(t) = F_L \sin(2\pi f_0 t)$ 的正弦荷载。加载 15 个循环,不应出现泄漏、部件损坏等现象
注:最大锁定位移为荷载由零至设计锁定力的位移。	

5.5.2.2 速度锁定器的温度稳定性能应符合表 6 的规定。

表 6 速度锁定器温度稳定性能要求

项 目	性 能 要 求
温度稳定性能	在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的实际锁定位移(S_{aL}),相对于 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的实际锁定位移(S_{aL})的偏差 $\leq \pm 15\%$

5.5.2.3 速度锁定器的耐久性能应符合表 7 的规定。

表 7 速度锁定器耐久性能要求

项 目	性 能 要 求
耐久性能	经不少于 2×10^5 次加载不应出现泄漏、部件损坏等现象

5.5.2.4 速度锁定器的极限性能应符合表 8 的规定。

表 8 速度锁定器极限性能要求

项 目	性 能 要 求
耐压极限性能	在 1.5 倍设计压强下,持荷 180 s,不应出现泄漏、部件损坏等现象
超载极限性能	在 0.5 s 内,施加到 1.5 倍设计锁定力(F_L),并维持 5 s 恒定,然后在 1 s 内反向,再持续 5 s,不应出现任何破坏或液体的泄漏

6 检验方法

6.1 外观

外观质量采用目视检查或专用量具检测。

6.2 材料

6.2.1 钢材

钢材力学性能按 GB/T 228.1 的规定进行检验,化学成分按 GB/T 223 的规定进行检验。

6.2.2 阻尼介质

外观采用目视法检测。二甲基硅油理化性能按照 HG/T 2366 的规定进行检验。

6.3 工艺

6.3.1 热处理

6.3.1.1 锻钢件热处理后的力学性能试验按 JB/T 6396 的规定进行。

6.3.1.2 轧钢件热处理后的力学性能试验按 GB/T 699、GB/T 1591、GB/T 3077 或 GB/T 1220 的规定进行。

6.3.2 机加工

6.3.2.1 金属部件的尺寸公差、形位公差采用通用或专用量具检测。

6.3.2.2 金属部件粗糙度用粗糙度检测仪器检测。金属部件的凹坑、划痕等表面缺陷目视检查。

6.3.3 探伤

6.3.3.1 磁粉探伤方法按 NB/T 47013.4—2015 的规定进行,渗透探伤方法按 NB/T 47013.5—2015 的规定进行。

6.3.3.2 缸体、连接筒、活塞、耳环、端盖的超声波探伤方法按 NB/T 47013.3—2015 的规定进行,活塞杆的超声波探伤方法按 GB/T 4162—2008 的规定进行。

6.3.4 防腐

6.3.4.1 活塞杆镀层厚度用金属镀层测厚仪检测,镀层的表面质量目视检查。

6.3.4.2 黏滞阻尼器、速度锁定器防腐涂层厚度按 GB/T 4956 的规定进行检测。

6.4 性能

6.4.1 试验设备的精度应满足以下要求:

- a) 静态误差不超过试验设备满量程的 0.5%;
- b) 动态误差不超过试验设备满量程的 3%。

6.4.2 测试时应对阻尼器进行温度监控,温度记录应在测试前 5 min 进行,持续至测试后 15 min。

6.4.3 黏滞阻尼器、速度锁定器的缓慢运动性能试验方法见附录 A。

6.4.4 黏滞阻尼器的地震作用性能试验方法见附录 B。

6.4.5 黏滞阻尼器的风振作用性能试验方法见附录 C。

6.4.6 速度锁定器的冲击荷载性能试验方法见附录 D。

6.4.7 速度锁定器的循环荷载性能试验方法见附录 E。

6.4.8 黏滞阻尼器的速度稳定性能试验方法见附录 F。

6.4.9 黏滞阻尼器的频率稳定性能试验方法见附录 G。

6.4.10 黏滞阻尼器、速度锁定器的温度稳定性能试验方法见附录 H。

6.4.11 黏滞阻尼器、速度锁定器的耐久性能试验方法见附录 I。

6.4.12 黏滞阻尼器、速度锁定器的耐压极限性能试验方法见附录 J。

6.4.13 速度锁定器的超载极限性能试验方法见附录 K。

7 检验规则

7.1 检验分类

黏滞阻尼器、速度锁定器的检验分为型式检验和出厂检验两类。

7.2 型式检验

7.2.1 有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品定型或首次生产时;
- b) 产品结构、材料或工艺等有较大改变影响产品性能时;
- c) 正常生产满两年时;
- d) 转场生产时;
- e) 停产一年及以上恢复生产时。

7.2.2 型式检验项目见表 9、表 10,对不同规格产品,取设计阻尼力或锁定力最大的产品进行型式检验。

7.3 出厂检验

出厂检验项目和数量见表 9、表 10。

表 9 黏滞阻尼器型式检验和出厂检验

检 验 项 目		型式检验	出厂检验	出厂检验数量	技术要求	检验方法
外观		✓	✓	每件	5.2	6.1
防腐涂层厚度		✓	✓	20%,且不少于2件	5.4.4.2	6.3.4.2
基本力学性能	缓慢运动性能	✓	✓	20%,且不少于2件	5.5.1.1	6.4.3
	地震作用性能	✓	✓	20%,且不少于2件		6.4.4
	风振作用性能	✓	—	—		6.4.5
稳定性能	速度稳定性能	✓	✓	20%,且不少于2件	5.5.1.2	6.4.8
	频率稳定性能	✓	—	—		6.4.9
	温度稳定性能	✓	—	—		6.4.10
耐久性能		✓	—	—	5.5.1.3	6.4.11
耐压极限性能		✓	✓	每件	5.5.1.4	6.4.12

表 10 速度锁定器型式检验和出厂检验

检 验 项 目		型式检验	出厂检验	出厂检验数量	技术要求	检验方法
外观		✓	✓	每件	5.2	6.1
防腐涂层厚度		✓	✓	20%,且不少于2件	5.4.4.2	6.3.4.2
基本力学性能	缓慢运动性能	✓	✓	20%,且不少于2件	5.5.2.1	6.4.3
	冲击荷载性能	✓	✓	20%,且不少于2件		6.4.6
	循环荷载性能	✓	—	—		6.4.7
温度稳定性能		✓	—	—	5.5.2.2	6.4.10
耐久性能		✓	—	—	5.5.2.3	6.4.11
极限性能	耐压极限性能	✓	✓	每件	5.5.2.4	6.4.12
	超载极限性能	✓	✓	20%,且不少于2件		6.4.13

7.4 判定规则

7.4.1 型式检验

型式检验项目全部合格,则该次检验为合格。

7.4.2 出厂检验

出厂检验项目全部合格,则该批次产品为合格。当检验项目中有不合格项,应取双倍试样进行复检,复检后仍有不合格项,则该批次产品为不合格。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 在黏滞阻尼器和速度锁定器的明显部位应有清晰永久的标志,应包含以下内容:

a) 产品名称、型号;

- b) 基本参数;
- c) 商标;
- d) 出厂编号;
- e) 制造厂名;
- f) 执行标准号。

8.1.2 包装箱外部明显位置上应有产品名称、型号、商标、制造厂名等标志,有关标志的图式符号应符合 GB/T 191 的规定。

8.2 包装

8.2.1 每件产品应包装牢固或按用户要求包装,便于运输和搬运安全。

8.2.2 包装箱中应附有下列资料:

- a) 使用说明书;
- b) 出厂合格证;
- c) 装箱单。

8.3 运输

运输过程中应防雨、防潮和防晒,不应与有腐蚀性的化学品混运接触,并不应磕碰、超高码放。

8.4 储存

产品应储存在干燥、通风、无阳光直射、无腐蚀性气体并远离热源场所。

附 录 A
(规范性附录)
缓慢运动性能试验方法

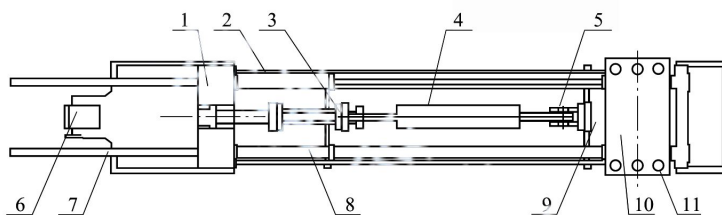
A.1 试样

黏滞阻尼器、速度锁定器缓慢运动性能试验应采用本体进行。

A.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 缓慢运动性能试验应在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 图 A.1 给出了一种黏滞阻尼器测试装备及其连接方式示意图,根据试验装备的不同连接方式也会有所不同,但均需与实际工况吻合并避免对测试精度造成不利影响；



说明：

- 1——底座； 2——后座驱动器； 3——前连接头； 4——试样；
5——后连接头； 6——加载驱动器； 7——位移传感器； 8——导轨；
9——力传感器； 10——后座； 11——锁紧油缸。

图 A.1 试验设备及连接方式示意

- c) 在图 A.1 所示的试验设备上对试样加载,使其进行一个完整的位移循环运动；
- d) 加载方式为三角波加载(图 A.2),运动速度(v)取 $0.01\text{ mm/s} \sim 0.1\text{ mm/s}$,加载振幅 A 不小于工程结构温度变化引起的阻尼器本身位移,且不小于 10 mm ,加载位移(u)按公式(A.1)计算。

$$u = \begin{cases} vt & \left(0 \leq t \leq \frac{A}{v}\right) \\ 2A - vt & \left(\frac{A}{v} < t \leq \frac{3A}{v}\right) \\ vt - 4A & \left(\frac{3A}{v} < t \leq \frac{4A}{v}\right) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

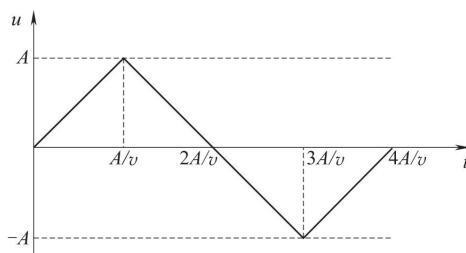


图 A.2 三角波波形

A.3 试验过程与数据

A.3.1 试验过程应运行平稳,无卡滞。

A.3.2 阻尼力时程曲线和位移时程曲线数据应全程连续记录,缓慢运动阻尼力取时程曲线最大阻尼力。

A.4 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数;
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程阻尼力时程曲线和位移时程曲线,以及试验过程中异常情况。

附 录 B
(规范性附录)
地震作用性能试验方法

B.1 试样

黏滞阻尼器地震作用性能试验应采用本体进行。

B.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 地震作用性能试验应在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 在图 A.1 所示的设备上对试样进行加载,使其进行连续 6 个完整的位移循环运动；
- c) 加载方式为正弦波加载,加载位移(u)按公式(B.1)计算,加载振幅(A)为设计地震位移(S_{eq}),加载频率(f)为设计工作频率(f_d), $f_d = 1/T$,其中 T 为结构基本周期,当无法确定该参数时,加载频率 f 可按公式(B.2)计算；

$$u = A \sin(2\pi ft) \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

$$f = \frac{v_F}{2\pi A} \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

- d) 连续记录全程阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线；
- e) 试样温度超过 75°C 时应暂停试验。

B.3 试验过程与数据

B.3.1 理论阻尼力(F_{th})按公式(B.3)计算。

$$F_{\text{th}} = C |v|^a \text{sgn}(v) \quad \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

B.3.2 地震阻尼力衰减率(η_1)由公式(B.4)计算。

$$\eta_1 = \frac{|F_{\text{aF2}} - F_{\text{aF5}}|}{F_{\text{aF2}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

B.3.3 阻尼力—位移滞回曲线应饱满、光滑,无异常,实际阻尼力(F_{aF})取滞回圈上的最大拉伸、压缩实测阻尼力绝对值的平均值。

B.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线及试验过程中异常情况。

附 录 C

(规范性附录)

风振作用性能试验方法

C.1 试样

黏滞阻尼器风振作用性能试验应采用本体进行。

C.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 风振作用性能试验应在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 在图 A.1 所示的设备上对试样进行加载,使其进行 2 000 个完整的位移循环运动；
- c) 加载方式为正弦波加载,加载位移(u)按公式(B.1)计算,加载振幅(A)为设计风振位移(S_{wv}),加载频率(f)为设计工作频率(f_d), $f_d=1/T$,其中 T 为结构基本周期,当无法确定该参数时,加载频率 f 可按公式(B.2)计算；
- c) 试样温度超过 75°C 时应暂停试验。

C.3 试验过程与数据

C.3.1 风振阻尼力衰减率(η_2)由公式(C.1)计算。

$$\eta_2 = \frac{|F_{\text{aF2}} - F_{\text{aF1999}}|}{F_{\text{aF2}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(\text{C.1})$$

C.3.2 试验过程中试样应运行平稳,无卡滞,实际阻尼力(F_{aF})取滞回圈上的最大拉伸、压缩实测阻尼力绝对值的平均值。

C.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线,以及试验过程中异常情况。

附 录 D
(规范性附录)
冲击荷载性能试验方法

D.1 试样

速度锁定器冲击荷载性能试验应采用本体进行。

D.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 冲击荷载性能试验应在 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 在图 A.1 所示的试验设备上对试样加载。在 0.5 s 内,对速度锁定器施加设计锁定力,并维持 5 s 荷载恒定,然后在 1 s 内反向,再持续 5 s 荷载恒定,然后在 0.5 s 内卸载至零。

D.3 试验过程与数据

D.3.1 试验过程应运行平稳,无卡滞。

D.3.2 锁定力时程曲线和位移时程曲线数据应全程连续记录。

D.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程锁定力时程曲线、位移时程曲线,以及试验过程中异常情况。

附 录 E
(规范性附录)
循环荷载性能试验方法

E.1 试样

速度锁定器循环荷载性能试验应采用本体进行。

E.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 循环荷载性能试验应在 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下进行。
- b) 在图 A.1 所示的试验设备上对速度锁定器施加形式为 $F(t)=F_L\sin(2\pi f_0t)$ 的正弦荷载。频率 $f_0=0.1\text{ Hz}\sim 1\text{ Hz}$, 加载 15 个循环。
- c) 试样温度超过 75°C 时应暂停试验。

E.3 试验过程与数据

E.3.1 试验过程应运行平稳, 无卡滞。

E.3.2 锁定力时程曲线和位移时程曲线数据应全程连续记录。

E.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果, 记录全程锁定力时程曲线、位移时程曲线, 以及试验过程中异常情况。

附 录 F

(规范性附录)

速度稳定性能试验方法

F.1 试样

黏滞阻尼器速度稳定性能试验应采用本体进行。

F.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 速度稳定性能试验应在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 在图 A.1 所示的设备上对试样进行加载,使其在 $0.1v_F$ 、 $0.25v_F$ 、 $0.50v_F$ 、 $0.75v_F$ 、 $1.0v_F$ 等五个不同速度(v)下分别进行三个完整的位移循环测试；
- c) 加载频率(f)为设计工作频率(f_d),加载振幅(A)按公式(F.1)计算；

$$A = \frac{v}{2\pi f} \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

- d) 加载方式为正弦波加载,加载位移 u 按公式(B.1)计算；
- e) 试样温度超过 75°C 时应暂停试验。

F.3 试验过程与数据

F.3.1 理论阻尼力(F_{th})按公式(B.3)计算。

F.3.2 实际阻尼力(F_{aF})取第二个滞回圈上的最大拉伸、压缩实测阻尼力绝对值的平均值。

F.3.3 阻尼力—位移滞回曲线应光滑,无异常;阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线数据应全程连续记录。

F.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线,以及试验过程中异常情况。

附 录 G

(规范性附录)

频率稳定性能试验方法

G.1 试样

黏滞阻尼器频率稳定性能试验应采用本体进行。

G.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 频率稳定性能试验应在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 在图 A.1 所示的设备上对试样进行加载,使其在 $0.5 f_d$ 、 $0.75 f_d$ 、 $1.0 f_d$ 、 $1.5 f_d$ 、 $2.0 f_d$ 等五个不同加载频率(f)下以相同运动速度(v_F)分别进行三个完整的位移循环测试；
- c) 加载振幅(A)按公式(G.1)计算；

$$A = \frac{v_F}{2\pi f} \quad \dots\dots\dots (G.1)$$

- d) 加载方式为正弦波加载,加载位移 u 按公式(B.1)计算；
- e) 加载振幅(A)应控制在设计行程(S_d)内,否则加载频率(f)相应改变；
- f) 试样温度超过 75°C 时应暂停试验。

G.3 试验过程与数据

G.3.1 实际阻尼力(F_{aF})取第二个滞回圈上的最大拉伸、压缩实测阻尼力绝对值的平均值,不同加载频率实际阻尼力最大偏差(η_3)按公式(G.2)计算。

$$\eta_3 = \frac{F_{aF\max} - F_{aF\min}}{F_{aF\max}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (G.2)$$

式中：

$F_{aF\max}$ ——五个不同加载频率中的最大实际阻尼力；

$F_{aF\min}$ ——五个不同加载频率中的最小实际阻尼力。

G.3.2 阻尼力—位移滞回曲线应光滑,无异常;阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线数据应全程连续记录。

G.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线,以及试验过程中异常情况。

附录 H

(规范性附录)

温度稳定性能试验方法

H.1 试样

黏滞阻尼器、速度锁定器温度稳定性能试验应采用本体进行。

H.2 试验步骤及要求

H.2.1 黏滞阻尼器

试验按以下步骤进行：

- a) 温度稳定性能试验应分别在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行；
- b) 试样应在所需试验温度环境下放置不小于 24 h ，试样取出后需采取保温措施并在 15 min 内完成试验；
- c) 在图 A.1 所示的试验设备上对试样加载，使其连续进行 3 个完整的位移循环运动；
- d) 加载方式为正弦波加载，加载位移(u)按公式(B.1)计算；
- e) 加载频率(f)为设计工作频率(f_d)，加载振幅(A)为设计地震位移(S_{eq})；
- f) 试样温度超过 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时应暂停试验。

H.2.2 速度锁定器

试验按以下步骤进行：

- a) 温度稳定性能试验应分别在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行；
- b) 试样应在所需试验温度环境下放置不小于 24 h ，试样取出后需采取保温措施并在 15 min 内完成试验；
- c) 在图 A.1 所示的试验设备上对试样加载。在 0.5 s 内，对速度锁定器施加设计锁定力，并维持 5 s 荷载恒定，然后在 1 s 内反向，再持续 5 s 荷载恒定，然后在 0.5 s 内卸载至零。

H.3 试验过程与数据

H.3.1 黏滞阻尼器

H.3.1.1 实际阻尼力(F_{aF})取第二个滞回圈上的最大拉伸、压缩实测阻尼力绝对值的平均值， $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 最大偏差(η_4)按公式(H.1)计算， $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 最大偏差(η_5)按公式(H.2)计算。

$$\eta_4 = \frac{|F_{aF(-25)} - F_{aF(23)}|}{F_{aF(23)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{H. 1})$$

$$\eta_5 = \frac{|F_{aF(60)} - F_{aF(23)}|}{F_{aF(23)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{H. 2})$$

式中：

$F_{aF(-25)}$ —— $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的实际阻尼力；

$F_{aF(60)}$ —— $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的实际阻尼力；

$F_{aF(23)}$ —— $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的实际阻尼力。

H.3.1.2 阻尼力—位移滞回曲线应光滑,无异常;阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线数据应全程连续记录。

H.3.2 速度锁定器

H.3.2.1 试验过程应运行平稳,无卡滞。

H.3.2.2 锁定力时程曲线和位移时程曲线数据应全程连续记录。

H.4 试验报告

H.4.1 黏滞阻尼器

试验报告应包括以下内容:

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数;
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线,以及试验过程中异常情况。

H.4.2 速度锁定器

试验报告应包括以下内容:

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数;
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程锁定力时程曲线、位移时程曲线,以及试验过程中异常情况。

附 录 I
(规范性附录)
耐久性能试验方法

I.1 试样

黏滞阻尼器、速度锁定器耐久性能试验应采用本体进行。

I.2 试验步骤及要求

I.2.1 黏滞阻尼器

试验按以下步骤进行：

- a) 耐久性能试验应在 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 在图 A.1 所示的设备上对试样进行加载,使其进行 2×10^5 个完整的位移循环运动；
- c) 加载方式为正弦波加载,加载位移(u)按公式(B.1)计算；
- d) 加载振幅(A)为 $\pm 5\text{ mm}$,加载频率(f)不小于 0.5 Hz ；
- e) 试样温度超过 75°C 时应暂停试验。

I.2.2 速度锁定器

试验按以下步骤进行：

- a) 耐久性能试验应在 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 在图 A.1 所示的设备上对试样进行加载,使其进行 2×10^5 个完整的荷载循环；
- c) 加载方式为正弦波加载,加载荷载 $F=F_0\sin(2\pi ft)$,其中 F_0 为 $0.1F_L$,当有特殊要求时 F_0 应满足设计要求,加载频率(f)不小于 0.5 Hz ；
- d) 试样温度超过 75°C 时应暂停试验。

I.3 试验过程与数据

I.3.1 试验过程应运行平稳,无卡滞。

I.3.2 记录阻尼力一位移滞回曲线数据,数量不少于600个循环,应包含最前200个循环和最后200个循环。

I.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果,记录阻尼力一位移滞回曲线,以及试验过程中异常情况。

附录 J
(规范性附录)
耐压极限性能试验方法

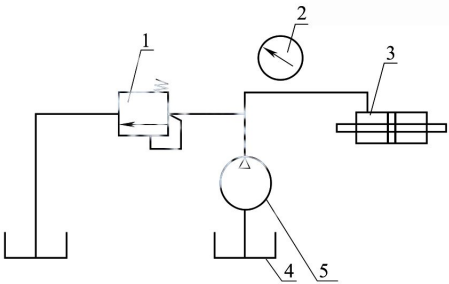
J.1 试样

黏滞阻尼器、速度锁定器耐压极限性能试验应采用本体进行。

J.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 耐压极限性能试验应在 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下进行。
- b) 按图 J.1,将试样的一个注油口与液压泵连接,确认注油口及其他部位密封好后,控制加载设备向注油口中注入与试样中相同的阻尼介质,使其内部压强缓慢上升。



说明：

- 1——溢流阀；2——压力表；3——试样；
- 4——油箱；5——液压泵。

图 J.1 耐压极限性能试验示意

- c) 待压强上升至 1.5 倍设计压强时,停止注入阻尼介质,并持荷 180 s 以上;黏滞阻尼器设计压强 (P_F) 按公式(J.1)计算,速度锁定器设计压强 (P_L) 按公式(J.2)计算。

$$P_F = \frac{4F_F}{\pi(D^2 - d^2)} \dots\dots\dots (J.1)$$

$$P_L = \frac{4F_L}{\pi(D^2 - d^2)} \dots\dots\dots (J.2)$$

- d) 解除注油口与液压泵的连接,检查试样是否有阻尼介质泄漏和部件损坏等。

J.3 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 试验设备、试样规格、最高压力值、最高压力持续时间；
- b) 描述试验过程及试验结果,记录试验过程中的异常情况；
- c) 压力表最高读数照片。

附 录 K
(规范性附录)
超载极限性能试验方法

K.1 试样

速度锁定器超载极限性能试验应采用本体进行。

K.2 试验步骤及要求

试验按以下步骤进行：

- a) 超载极限性能试验应在 $(23\pm5)^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下进行；
- b) 在图 A.1 所示的试验设备上对试样加载,在 0.5 s 内,对速度锁定器施加 1.5 倍设计锁定力,并维持 5 s 荷载恒定,然后在 1 s 内反向,再持续 5 s 荷载恒定,然后在 0.5 s 内卸载至零。

K.3 试验过程与数据

K.3.1 试验过程应运行平稳,无卡滞。

K.3.2 锁定力时程曲线和位移时程曲线数据应全程连续记录。

K.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- b) 描述试验过程及试验结果,记录全程锁定力时程曲线和位移时程曲线,以及试验过程中异常情况。