

ICS **.**.***
CCS **



团 体 标 准

T/CECS XXX-XXXX

智能监测阻尼器

Intelligent monitoring damper

（征求意见稿）

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 发 布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类和标记 2

5 一般要求 3

6 要求 4

7 试验方法 8

8 检验规则 11

9 标志、包装、运输和贮存 12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是按中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2023]10 号）的要求制定。

本标准共分 9 章，主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、分类和标记、一般规定、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

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。

本文件由中国工程建设标准化协会提出。

本文件由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理。

本文件由上海市建筑科学研究院有限公司负责解释。在执行本标准过程中，如有意见和建议，请寄送解释单位（地址：上海市徐汇区宛平南路 75 号，邮政编码：200032）。

本文件负责起草单位：上海市建筑科学研究院有限公司

本文件参加起草单位：

本文件主要起草人：

主要审查人员：

智能监测阻尼器

1 范围

本标准规定了智能监测阻尼器的术语和定义、分类和标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存、全生命周期数据管理要求。

本标准适用于工业与民用建筑用智能监测阻尼器。构筑物、桥梁、设备等所需智能监测阻尼器也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 228 金属材料 室温拉伸试验方法
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3452 液压气动用O形橡胶密封圈
- GB/T 4162 锻轧钢棒超声检测方法
- GB/T 5777 无缝钢管超声波探伤检验方法
- GB/T 7314 金属材料 室温压缩试验方法
- GB/T 8162 标准无缝钢管
- GB/T 10708 往复运动橡胶密封圈结构尺寸系列
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 15242.1 液压缸活塞和活塞杆动密封装置用同轴密封件尺寸系列和公差
- GB/T 15242.2 液压缸活塞和活塞杆动密封装置尺寸系列 第2部分：支承环尺寸系列和公差

3 术语和定义

3.1

智能监测阻尼器intelligent monitoring damper

具有力、变形等参数监测功能，用于吸收和耗散由风、地震、移动荷载和动力设备等引起的结构振动能量的装置。

3.2

黏滞阻尼器 viscous fluid damper

以黏滞材料为阻尼介质的速度相关型阻尼器，一般由缸体、活塞、阻尼通道、阻尼材料、导杆和密封材料等部分组成。

3.3

屈曲约束耗能支撑 bucking-restrained brace

一般由核心单元、约束单元和位于两者间的无粘结材料及填充材料组成的具有设定初始刚度的位移相关型阻尼器。

3.4

智能监测 intelligent monitoring

利用传感器、监测仪器、采集仪等监测设备，自动、无损、实时地采集、处理和传输监测数据，分析各参数的变化特征、发展趋势，实时预警阻尼器安全风险，评估阻尼器安全状态。

3.5

监测模块 monitoring module

监测系统中传感器、监测仪器、采集设备等硬件的统称。

3.6

智能监测系统 intelligent monitoring system

由监测模块系统和数据采集、传输、储存及分析等软件系统集成，具有自动、无损、实时的数据采集与处理、数据传输、数据存储、数据库运行管理、数据分析与结构安全评估、预警和自动报告生成等功能的监测系统。

4 分类和标记

4.1 分类

智能监测黏滞阻尼器：阻尼指数为1的线性智能监测黏滞阻尼器，其代号为IMVFD-L；阻尼指数小于1的非线性智能监测黏滞阻尼器，其代号为IMVFD-NL。

智能监测屈曲约束耗能支撑：全钢结构约束型智能监测屈曲约束耗能支撑，其代号为IMBRB-S；钢套筒与砂浆（或混凝土）组合提供约束型智能监测屈曲约束耗能支撑，其代号为IMBRB-C。

4.2 监测参数代号

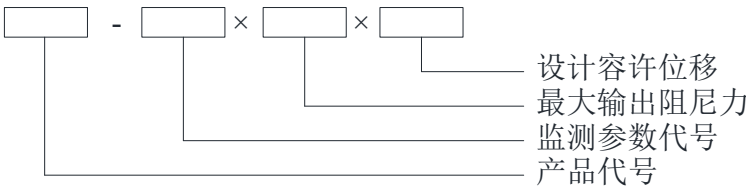
力监测功能，代号为F。

位移监测功能，代号为D。

内压监测功能，代号为P。

4.3 标记规则

4.3.1 智能监测黏滞阻尼器，其标记由产品代号、监测参数代号、最大阻尼力（kN）、设计容许位移（mm）组成。



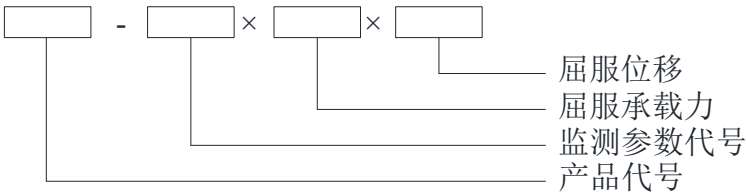
示例1:

线性智能监测黏滞阻尼器最大阻尼力500kN，设计容许位移60mm，可对力、位移及内压进行监测，标记为：IMVFD-L-FDP×500×60。

示例2:

非线性智能监测黏滞阻尼器最大阻尼力600kN，设计容许位移80mm，可对力、位移及内压进行监测，具有5G传输功能，标记为：IMVFD-NL-FDP5G×600×80。

4.3.2 智能监测屈曲约束耗能支撑，其标记由产品代号、监测参数代号、屈服承载力（kN）、屈服位移（mm）组成。



示例1:

全钢结构约束型智能监测屈曲约束耗能支撑屈服承载力300kN，屈服位移5mm，可对力和位移进行监测，标记为：IMBRB-S-FD×300×5。

示例2:

钢套筒与砂浆组合提供约束型智能监测屈曲约束耗能支撑屈服承载力400kN，屈服位移5mm，可对力和位移进行监测，具有5G传输功能，标记为：IMBRB-C-FD5G×400×50。

5 一般要求

5.1 通则

- 5.1.1 黏滞阻尼器的设计使用年限应为 30 年。
- 5.1.2 屈曲约束耗能支撑的设计使用年限应为 50 年。
- 5.1.3 监测模块的设计使用年限不宜小于 10 年。
- 5.1.4 监测系统的采样频率应满足监测要求。
- 5.1.5 监测模块应具有稳定性、耐久性、兼容性和可扩展性。
- 5.1.6 监测模块安装方式应牢固，安装工艺及耐久性应符合监测期内的使用要求。
- 5.1.7 采集设备不应设置在潮湿、有静电和磁场环境之中，且应有不间断电源保障。
- 5.1.8 智能监测系统应按规定的方法或流程进行参数设置和调试，并应符合下列规定：
 - a) 监测前，宜对传感器进行初始状态设置或零平衡处理；
 - b) 应对干扰信号进行来源检查，并应采取有效措施进行处理；
 - c) 使用期间的监测系统宜继承施工期间监测的数据，并宜进行对比分析与鉴别。
- 5.1.9 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检修。

- 5.1.10 当结构受到地震、洪水、台风、爆破等异常情况影响时应提高监测频次。
- 5.1.11 监测模块应可更换，更换后需重新校准。

5.2 监测模块

- 5.2.1 传感器的参数应能够满足阻尼器安全长期监测的要求，主要考察指标包括防护性能、温度性能、分辨率和长期漂移性能。
- 5.2.2 传感器的监测量程宜为满量程的 80%~90%，且最大工作状态点不应超过满量程。
- 5.2.3 传感器应具有良好而稳定的灵敏度和信噪比。
- 5.2.4 传感器应具有补偿功能。
- 5.2.5 传感器应符合监测系统对灵敏度、通频带、动态范围、量程、线性度、稳定性、供电方式及寿命要求。
- 5.2.6 力传感器与阻尼器之间应采用刚性连接，不得设置缓冲减震部件。
- 5.2.7 位移传感器与阻尼器之间应采用刚性连接，不得发生相对变形。
- 5.2.8 液压传感器与阻尼器之间应采取可靠密封措施，寿命期内不得发生阻尼材料泄露。

5.3 智能监测系统

- 5.3.1 智能监测系统设计应遵循安全可靠的原则，综合考虑阻尼器安全监测的需求、特点和可操作性，做到科学合理、技术先进、便于维护和推广。
- 5.3.2 智能监测系统宜具有完整的传感、调整、采集、传输、存储、数据处理及控制、预警及状态评估功能。
- 5.3.3 智能监测系统所使用的计算机、网络、软件和其他设备，应满足信息系统建设的要求和监测的目的和功能。监测系统硬件应有一定的冗余度，宜优先采用标准成熟的产品，保证能够正常稳定工作。
- 5.3.4 智能监测系统云平台软件架构及性能应与硬件相匹配，具有兼容性、可扩展性、易维护性和可操作性。当云平台数据与上级平台进行数据交互时，可采用专用网络或公共网络进行传输，使用公共互联网传输数据时，需要考虑数据的安全性，建议使用HTTPS协议进行加密。同时，还需考虑网络延时、数据传输量等问题，确保传输的效率和可靠性。
- 5.3.5 监测系统云平台建设除应执行本标准外，尚应符合信息安全、保密等国家现行相关标准规定。

6 要求

6.1 智能监测黏滞阻尼器

- 6.1.1 外观应符合下列要求：
 - a) 智能监测黏滞阻尼器产品外观应表面平整，无机械损伤，无锈蚀，无渗漏，标记清晰；
 - b) 智能监测黏滞阻尼器各部件尺寸偏差应符合表 1 规定。

表 1 智能监测黏滞阻尼器各部件尺寸偏差（单位：mm）

检验项目	允许偏差
长度	不超过产品设计值±3
截面有效尺寸	不超过产品设计值±2

- 6.1.2 材料应符合下列要求：
 - a) 黏滞阻尼材料：要求黏温关系稳定，闪点高，不易燃烧，不易挥发，无毒，抗老化性能强；

- b) 钢材：用于制作智能监测黏滞阻尼器的钢材应根据设计需要进行选择，缸体和活塞杆一般宜采用优质碳素结构钢、合金结构钢或不锈钢。优质碳素结构钢应符合 GB/T 699 的规定；合金结构钢应符合 GB/T 3077 的规定；结构用无缝钢管应符合 GB/T 8162 的规定；不锈钢棒应符合 GB/T 1220 的规定，不锈钢管应符合 GB/T 14976 的规定；
- c) 密封材料：智能监测黏滞阻尼器密封材料应选择高强度、耐磨、耐老化的密封材料。

6.1.3 性能应符合下列要求：

- a) 智能监测黏滞阻尼器的力学性能应符合表 2 的规定；

表 2 智能监测黏滞阻尼器力学性能要求

项目	性能指标
极限位移	实测值不应小于产品设计容许位移的 150%，当最大位移大于或等于 100 mm 时实测值不应小于设计容许位移的 120%。
最大阻尼力	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内；实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内。
阻尼系数	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内；实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内。
阻尼指数	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内；实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内。
滞回曲线	实测滞回曲线应光滑，无异常，在同一测试条件下，任一循环中滞回曲线包络面积实测值偏差应在产品设计值的±15%以内，实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内。

- b) 智能监测黏滞阻尼器的耐久性应符合表 3 的规定，且要求阻尼器在试验后无渗漏，无裂纹；

表 3 智能监测黏滞阻尼器耐久性要求

项目		性能指标
疲劳性能	最大阻尼力	变化率不大于±15%
	阻尼系数	变化率不大于±15%
	阻尼指数	变化率不大于±15%
	滞回曲线	光滑，无异常，包络面积变化率不大于±15%
密封性能		无渗漏，且阻尼力的衰减值不大于 5%

- c) 最大阻尼力的加载频率相关性能和温度相关性能的变化曲线应有规律性；
- d) 火灾时应具有阻燃性；火灾后应对阻尼器进行力学性能检测，其指标下降超过 15%时应进行更换。

6.2 智能监测屈曲约束耗能支撑

6.2.1 外观应符合下列要求：

- a) 智能监测屈曲约束耗能支撑应表面平整，无机械损伤，无锈蚀，无毛刺，标记清晰；
- b) 焊接连接部位，焊缝等级应为一级；
- c) 智能监测屈曲约束耗能支撑各部位尺寸偏差应符合表 4 的规定；

表 4 屈曲约束耗能支撑各部位尺寸偏差（单位：mm）

项目	允许偏差
支撑长度	不超过产品设计值±3
支撑横截面有效尺寸	不超过产品设计值±2
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 —支撑高度； d —支撑外径。	

6.2.2 材料应符合下列要求：

- a) 智能监测屈曲约束耗能支撑核心单元宜采用低屈服点钢材，采用其他钢材时，质量指标应符合国家标准 GB/T 700 或 GB/T 3077 的规定，且伸长率应大于 25%，屈强比应小于 80%，常温下冲击功韧性应大于 27J；
- b) 智能监测屈曲约束耗能支撑约束单元一般采用炭素结构钢或合金结构钢，钢材性能指标应符合 GB/T 700 或 GB/T 3077 的规定。

6.2.3 性能应符合下列要求：

- a) 智能监测屈曲约束耗能支撑力学性能应符合表 5 的规定；

表 5 智能监测屈曲约束耗能支撑力学性能要求

项目	性能指标
屈服承载力	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内；实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内
最大承载力	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内；实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内
屈服位移	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内；实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内
极限位移	实测值不应小于产品设计值的 120%以内
弹性刚度	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内；实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内
第 2 刚度	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内；实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内
滞回曲线	实测滞回曲线应光滑，无异常，在同一测试条件下，任一循环中滞回曲线包络面积实测值偏差应在产品设计值的±15%以内，实测值偏差的平均值应在产品设计值的±10%以内；监测值偏差的平均值应在实测值的±5%以内

- b) 智能监测屈曲约束耗能支撑的耐久性包括疲劳性能和耐腐蚀性能。其耐久性能应符合表 6 的规定；

表 6 智能监测屈曲约束耗能支撑耐久性能要求

项目	性能指标
设计容许位移下疲劳循环次数 N_f	≥ 30 次

耐腐蚀性能	目测无锈蚀
-------	-------

- c) 火灾时应具有阻燃性；火灾后应对阻尼器进行力学性能检测，其指标下降超过 15%时应进行更换。

6.3 监测模块

- 6.3.1 传感器的最大量程不应小于 1.5 倍满量程。
- 6.3.2 传感器的监测精度不应小于 $\pm 1\%FS$ 。
- 6.3.3 传感器的长期漂移性能不应大于 $0.1\%FS$ 。
- 6.3.4 传感器的迟滞差值不应大于 $2\%FS$ 。
- 6.3.5 传感器的重复性误差不应大于 5%。
- 6.3.6 传感器的动态响应频率不应小于 1kHz。
- 6.3.7 传感器的防护性能宜达到 IP65 级别，温度性能宜达到 $-20\sim 65^{\circ}C$ 范围，南方地区低温性能也可适当放宽要求。

6.4 智能监测系统

- 6.4.1 智能监测系统应包含数据采集与传输子系统、数据存储与处理子系统，宜包含构件信息与预警管理子系统、布置信息及模型展示子系统。

6.4.2 数据采集与传输子系统应符合下列要求：

- 数据采集系统接入的监测模块传感器应经省级及以上计量院检测认证，且满足相关章节对传感器的精度及长期漂移性能的要求，并建立传感器长期漂移性能数据档案；
- 传感器与数据采集设备的通讯可根据现场条件、传输距离、数据类型等优先采用可靠的有线传输方式，需要采用无线传输方式时，应确保传输的速度、稳定性、安全性及抗干扰性能；
- 数据采集设备与监测云平台之间的数据通讯应采用成熟的物联网通讯协议，确保数据传输满足高可靠性、高稳定性、低时延及高安全性要求；
- 数据采集时长、采样频率等应满足监测对象状态变化监测需求；
- 采样频率：静态 $\geq 10Hz$ ，动态 $\geq 1kHz$ ；
- AD 转换精度 ≥ 16 位，多通道同步误差 $\leq 0.1ms$ ；
- 无线传输距离 $\geq 500m$ （空旷环境，丢包率 $\leq 0.1\%$ ）；断网续传存储 $\geq 72h$ 数据；
- 通信协议支持 Modbus、MQTT，兼容 CECS 392 数据格式。

6.4.3 数据存储与分析子系统应符合下列要求：

- 数据存储可根据数据类型和功能特点采用关系型数据库和非关系型数据库，以满足数据的快速存储、展示、检索和分析计算功能；
- 监测数据可保存至公有云服务器或私有云服务器，需进行数据灾备，根据项目要求采取相应的网络安全等级，确保数据安全；
- 数据分析子系统应实时分析监测指标变化速率及累计变化量，包括日变化、周变化、月变化及年变化的最大值；
- 数据断联自动重连时间 $\leq 30s$ ，历史数据本地存储 $\geq 72h$ 。

6.4.4 构件信息与预警管理子系统建设应符合下列要求：

- 构件信息管理子系统应具备对单个阻尼器构件基本信息，人工监测数据、图片及报表信息，自动化监测数据、图片及报表信息等建筑全生命周期安全风险相关信息的录入、存储、展示、分析和下载的功能；

- b) 预警管理子系统应具备人工监测及自动化监测预警功能;
 - c) 传感器故障报警响应时间 $\leq 10\text{s}$ 。
- 6.4.5 置信息及模型展示子系统建设应符合下列要求:
- a) 布置信息及模型展示子系统应具备建筑空间信息管理功能,方便区域或单体构件进行定位、查询和风险管理,也为人工监测、运维及应急响应等业务功能提供布置信息支持;
 - b) 布置信息及模型展示子系统宜具备三维模型展示功能,可根据具体项目需求,采用实体建模,倾斜摄影、三维激光扫描等多种手段建立三维展示模型,并根据构件安全状态变化定期更新,为风险状态人工判读及对构件安全风险的多模态数据融合分析提供数据基础。
- 6.4.6 智能监测系统应包含临时供电模块,意外断电情况下应能保证供电 15 分钟,并传输阻尼器最后姿态及发出维保提示。

7 试验方法

7.1 基本要求

7.1.1 加载设备

智能监测阻尼器力学性能试验应采用由电脑程序控制的电液伺服试验机加载。试验机的力测量精度等级应不低于1级,位移分辨率应不大于0.1mm,并应能通过计算机自动采集,采样频率应可调。试验机的力、位移、速度和量程应能满足试验的要求。试验机应定期计量校准。

7.1.2 试件安装

智能监测阻尼器力学性能试验中试件与试验机的连接不应有间隙。试件的受力方向应与试验机的运动方向保持完全一致。试件安装的初始位置应在其行程的中间位置。

7.1.3 加载方式

智能监测阻尼器的力学性能试验应采用位移控制,位移加载曲线宜为三角波或正弦波。试验中应以结构基频 f_1 为加载频率、阻尼器设计位移 u_0 为加载幅值,进行5个循环的加载,并绘制滞回曲线。

7.1.4 数据采集

智能监测阻尼器力学性能试验过程中应对时间、力和位移的数据进行采样,采样频率应不低于试验加载频率的200倍,并保证每个加载循环的数据点不少于200个。

7.1.5 环境温度

阻尼器试验在室温条件下进行。

7.2 智能监测黏滞阻尼器

7.2.1 产品外观质量应用目测及常规量具测量评定。智能监测黏滞阻尼器长度和截面有效尺寸,用分辨率不低于 1mm 的钢卷尺在与量测方向垂直的不同位置量取 2 次,计算平均值。

7.2.2 每批黏滞阻尼材料的黏度、黏温系数、闪点、抗老化性能应有材料商提供的质量检验合格报告。

7.2.3 钢材的拉伸和压缩性能应分别按 GB/T 228 和 GB/T7314 的规定进行;锻轧钢棒超声波检验方法应符合 GB/T 4162 的规定;无缝钢管超声波探伤检验方法应符合 GB/T 5777 的规定。

7.2.4 密封材料应有材料商提供的符合 GB/T3452、GB/T10708、GB/T15242.1 和 GB/T15242.2 规定的质量合格检验报告。

7.2.5 智能监测黏滞阻尼器的力学性能试验应模拟使用环境,力学性能试验应按表 7 的规定进行。

表 7 智能监测黏滞阻尼器力学性能试验方法

项目	试验方法
----	------

极限位移 摩擦力	以 0.05mm/s 为加载速度向一个方向进行加载至该方向端部，然后以同样的加载方式进行反向加载至反向端部，再继续加载至试验机回到初始位置。 以加载至端部的位移作为极限位移。 以试验中的平均值作为摩擦力。
最大阻尼力	按 7.1.3 加载方式对试件进行加载，记录第 3 个循环所对应的最大阻尼力作为阻尼器的最大阻尼力。
阻尼系数 阻尼指数	按 7.1.3 加载方式，分别以 $0.2u_0$ 、 $0.3u_0$ 、 $0.4u_0$ 、 $0.6u_0$ 、 $0.8u_0$ 、 $1.0u_0$ 、 $1.2u_0$ 为加载幅值，采用三角波对试件进行 7 个工况的加载，选取每个工况第 3 个试验循环中对应的最大力值。以 4 倍实测加载幅值与 f_1 的乘积为加载速度，绘制各工况的速度与最大阻尼力的散点曲线，并对曲线按指数函数进行回归拟合。所得回归拟合公式中的系数即为阻尼系数，指数即为阻尼指数。
滞回曲线	按 7.1.3 加载方式，以三角波为加载波形对试件进行试验，绘制的力-位移曲线。

7.2.6 智能监测黏滞阻尼器的耐久性能应按表 8 的规定进行；

表 8 智能监测黏滞阻尼器耐久性能试验方法

项目	试验方法
疲劳性能	当阻尼器用于地震作用时，按 7.1.3 加载方式进行 60 个循环（幅值大于 100mm 时可加载 50 个循环、大于 200mm 时可加载 40 个循环、大于 300mm 时可加载 30 个循环、大于 400mm 时可加载 20 个循环、大于 500mm 时可加载 10 个循环）的加载，取第 3 个和第 59 个循环（倒数第 2 个循环）的数据绘制力-位移曲线；当阻尼器用于风振作用时，按 7.1.3 加载方式进行 3 次、每次 20000 个循环、累计 60000 个循环的加载，取第 3 个和每次第 19999 个循环的数据绘制力-位移曲线。计算最大阻尼力并分析滞回曲线形状。
密封性能	对试件的阻尼孔或间隙等部件进行封闭处理，确保阻尼器在加载时不发生位移。采用力控制方式、以 1.5 倍该型号阻尼器的最大阻尼力为幅值，对阻尼器分别进行两个方向 3min 持时的加载，并观察阻尼器是否出现渗漏现象。

7.2.7 智能监测黏滞阻尼器其他相关性能试验应按表 9 的规定进行；

表 9 智能监测黏滞阻尼器其他相关性能的试验方法

项目	试验方法
最大阻尼力加载频率相关性能	保持加载幅值与加载频率的乘积不变，以三角波为加载波形，分别以 $0.8f_1$ 、 $0.9f_1$ 、 $1.0f_1$ 、 $1.2f_1$ 、 $1.4f_1$ 、 $1.6f_1$ 为加载频率，对应的加载幅值分别为 $1.250u_0$ 、 $1.111u_0$ 、 $1.00u_0$ 、 $0.833u_0$ 、 $0.714u_0$ 、 $0.625u_0$ ，按 6.1.3 方法对试件进行试验，得到各工况的最大阻尼力，并计算各工况最大阻尼力与加载频率为 f_1 工况下最大阻尼力的比值，计算比值保留 2 位有效数字。

最大阻尼力温度相关性能	分别在-20℃、-10℃、0℃、10℃、20℃、30℃和 40℃的温度条件下按 6.1.3 方法对试件进行试验，计算不同温度条件下最大阻尼力的比值，计算比值保 2 位有效数字。
-------------	--

7.2.8 智能监测黏滞阻尼器遭受火灾后应按要求进行检测。

7.3 智能监测屈曲约束耗能支撑

7.3.1 屈曲约束耗能支撑的外观质量应用目测，外形尺寸和安装尺寸用分辨率不低于 1mm 钢卷尺在与量测方向垂直的不同位置量取 2 次，计算平均值。

7.3.2 钢材的性能试验应符合 GB/T 228 和 GB/T 7314 的规定。

7.3.3 产品力学性能试验在加载试验机上进行，试验模拟使用环境，智能监测屈曲约束耗能支撑力学性能应按表 10 的规定进行。

表 10 智能监测屈曲约束耗能支撑力学性能试验方法

项目	试验方法
滞回曲线	按 7.1.3 加载方式，以支撑长度的 1/300、1/250、1/200、1/150 和 1/100 为幅值、以不高于 0.25Hz 的加载频率，对试件进行分 5 次、每次 3 个循环的加载，再以支撑长度的 1/80 为幅值、相同的加载频率和波形曲线进行 1 个循环的加载，绘制力-位移曲线即滞回曲线。
弹性刚度	选取加载幅值为支撑长度 1/200 工况的滞回曲线，取卸载阶段曲线中最大位移值点至恢复力为零值点之间的曲线进行线性拟合，以该线性拟合系数（斜率）的作为弹性刚度。
第 2 刚度	选取加载幅值为支撑长度 1/100 工况的滞回曲线中的最大力值点，并与屈服点相连，所得连线的斜率作为第 2 刚度。
屈服承载力 屈服位移	选取加载幅值为支撑长度 1/300 工况的滞回曲线，自力值和位移值均为零点的位置绘制斜率为弹性刚度的斜线，斜线与滞回曲线相交的点即为屈服点。 屈服点所对应的位移为屈服位移，对应的力值为屈服承载力。
最大承载力	前 5 次加载中的最大力值，作为最大承载力。
极限位移	如果试验结束时试件未发生破坏，则以支撑长度的 1/80 作为极限位移；如发生破坏，则以支撑长度的 1/100 作为极限位移。

7.3.4 智能监测屈曲约束耗能支撑耐久性能应按表 11 的规定进行。

表 11 智能监测屈曲约束耗能支撑耐久性能试验方法

项目	试验方法
疲劳循环次数	采用三角波或正弦波在设计位移下进行两次连续往复加载，每次加载不少于 30 圈，两次加载间隔不超过 24h，绘制阻尼力-位移滞回曲线。当出现下列情况时中止试验，并记录已完成的循环次数。 1) 发生断裂破坏； 2) 最大承载力下降 15%； 3) 滞回曲线形状异常。
耐腐蚀性能	应采用干漆膜测厚仪检查。每个构件检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点涂层干漆膜厚度的平均值。

7.3.5 智能监测屈曲约束耗能支撑遭受火灾后应按要求进行检测。

7.4 智能监测系统

- 7.4.1 通信稳定性：高温（+85℃）、低温（-40℃）下连续运行72h，丢包率≤0.1%。
- 7.4.2 自诊断测试：模拟传感器断线、电源故障，记录报警时间与准确性。
- 7.4.3 数据采集与传输子系统测试应满足下列要求：
 - a) 多通道同步性：阶跃信号输入，时间偏差≤1ms；
 - b) 断网续传：网络中断 30min 后数据完整率 100%。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

- 8.2.1 出厂检验项目主要包括：
- a) 智能监测阻尼器产品的外观质量检验应分别根据 6.1.1、6.2.1 的要求，并分别按 7.2.1、7.3.1 的规定进行，要求每件必做；
 - b) 智能监测黏滞阻尼器产品的性能应根据 6.1.3 的要求，按 7.2.5 的规定进行检验。抽样检验数量为同一工程同一类型同一规格数量，标准设防类取 20%，重点设防类取 50%，特殊设防类取 100%，但不应少于 2 个，检验合格率应为 100%。被检测产品各项检验指标实测值在设计值的 ±10%以内，判为合格且可用于主体结构；
 - c) 智能监测屈曲约束耗能支撑产品的性能根据 6.2.3 的要求，并按 7.3.3 的规定进行检验。抽检数量为同一工程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的 3%，但不应少于 2 个，检验合格率应为 100%，被抽检产品检测后不得用于主体结构；
 - d) 智能监测阻尼器出厂检验项目内容按表 12 进行。

表 12 智能监测阻尼器出厂检验项目

阻尼器类型	指标
智能监测粘滞阻尼器	极限位移、最大阻尼力、阻尼系数、阻尼指数、滞回曲线
智能监测屈曲约束耗能支撑	屈服承载力、最大承载力、屈服位移、板限位移、弹性刚度、第 2 刚度、滞回曲线

- 8.2.2 出厂检验评定规则：
- a) 按 8.2.1 中的 1 进行检查时，如有一条不符合标准要求，则该件产品应判为不合格产品；
 - b) 按 8.2.1 中 2、3 进行抽检时，如有一件抽样的一项性能不符合标准要求，对同批产品按原抽样数加倍抽样，并重新进行所有项目的检测，如仍有一项不合格时，则判为该批产品不合格。

8.3 型式检验

- 8.3.1 型式检验项目应为本标准第 7 章的所有项目。
- 8.3.2 有下列情况之一时应进行型式检验：
 - a) 新产品的试制定型鉴定；

- b) 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；
- c) 正常生产时，每五年检验一次；
- d) 停产一年以上恢复生产时；
- 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型式检验要求时。

8.3.3 型式检验试件数目不应少于 3 件。

8.3.4 型式检验判定规则：

- a) 应由具有检测资质的第三方进行检验；
- b) 对于原材料和产品，检验结果应全部符合本标准要求，否则为不合格；
- c) 型式检验时， f_1 取 1Hz。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标牌

在阻尼器的明显部位应有清晰永久的标志并包含下列内容：

- a) 产品名称、型号；
- b) 基本参数；
- c) 商标；
- d) 出厂编号；
- e) 出厂日期；
- f) 制造厂名；
- g) 执行标准号。

9.2 包装

每件产品应采用可靠包装或按合同要求包装，便于运输和搬运安全；包装箱外部明显位置应有标志，有关标志的图式符号应符合GB/T 191的规定；包装发货的每箱产品中应具备下列文件：

- a) 产品使用说明书；
- b) 产品合格证；
- c) 装箱单。

9.3 运输

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

9.4 贮存

产品应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体，并远离热源的场所。