

ICS 93.040  
CCS P28

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

# 桥梁用电涡流阻尼器

Eddy current damper for bridges

(征求意见稿)

7/30/2024

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 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 .....	2
4 分类、规格与型号 .....	3
4.1 分类 .....	3
4.2 规格 .....	5
4.3 型号 .....	5
5 技术要求 .....	6
5.1 通用性要求 .....	7
5.2 塔（墩）梁间电涡流阻尼器 .....	8
5.3 斜拉索外置式电涡流阻尼器 .....	9
5.4 调谐质量电涡流阻尼器 .....	10
6 试验方法 .....	10
6.1 外观 .....	10
6.2 材料 .....	10
6.3 工艺性能 .....	11
6.4 探伤 .....	11
6.5 防腐 .....	11
6.6 装配 .....	11
6.7 力学性能 .....	11
7 检验规则 .....	12
7.1 检验分类 .....	12
7.2 检验项目 .....	13
7.3 判定规则 .....	14
8 标志、包装、运输、储存 .....	15
8.1 标志 .....	15
8.2 包装 .....	15
8.3 运输 .....	15
8.4 储存 .....	16
附 录 A （资料性） 电涡流阻尼器的设计说明 .....	17
附 录 B （资料性） 连接方式 .....	20
附 录 C （资料性） 电涡流阻尼力-速度曲线 .....	21
附 录 D （资料性） 电涡流阻尼器的养护方法 .....	22
附 录 E （规范性） 力学性能试验方法 .....	23



## 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工导则 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。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国铁路设计集团有限公司，湖南大学，中交公路长大桥建设国家工程研究中心有限公司，中铁第一勘察设计院集团有限公司，湖南省潇振工程科技有限公司。

本文件主要起草人：苏伟、陈政清、马广、陈谨林、徐源庆、吴延伟、牛华伟、乔雷涛。

T/CCTAS XX—2024

# 桥梁用电涡流阻尼器

## 1 范围

本文件规定了桥梁用电涡流阻尼器的分类、规格与型号，技术要求，试验方法，检验规则，标志、包装、运输、储存等。

本文件适用于桥梁用塔（墩）梁间电涡流阻尼器、斜拉索外置式电涡流阻尼器和调谐质量电涡流阻尼器的生产和检验。

## 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 197 普通螺纹 公差

GB/T 223 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：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 1220 不锈钢棒

GB/T 1222 弹簧钢

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 3077 合金结构钢

GB/T 3217 永磁（硬磁）材料 磁性试验方法

GB/T 7314 金属材料 室温压缩试验方法

GB/T 7324 通用锂基润滑脂

GB/T 8162 结构用无缝钢管

GB/T 9163 关节轴承 向心关节轴承

GB/T 10095 圆柱齿轮

GB/Z 10096 齿条精度

GB/T 11345 焊缝无损检测 超声波检测技术、检测等级和评定  
GB/T 11376 金属及其他无机覆盖层 金属的磷化膜  
GB/T 11379 金属覆盖层 工业用铬电镀层  
GB/T 12966 铝及铝合金电导率涡流测试方法  
GB/T 13560 烧结钕铁硼永磁材料  
GB/T 17587 滚珠丝杠副  
GB/T 18254 高碳铬轴承钢  
GB/T 32791 铜及铜合金电导率涡流测试方法  
GB/T 33084 大型合金结构钢锻件 技术条件  
GB/T 34491 烧结钕铁硼表面镀层  
GB/T 40793 烧结钕铁硼表面涂层  
GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范  
GB 50661 钢结构焊接规范  
SH/T 0692-2000 防锈油

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 速度相关型阻尼器 velocity dependent damper

出力和耗能能力与运动速度相关的阻尼器，一般运动速度越快阻尼出力越大。

#### 3.2 电涡流阻尼器 eddy current damper (ECD)

基于电磁感应原理产生阻尼力，利用导体在磁场中运动产生阻尼力并发热，以吸收、耗散外部输入能量，是一种典型的速度相关型阻尼器。

#### 3.3 电涡流 eddy current

因导体板在电磁场中发生相对运动，而在导体板内产生的旋涡状电流环，称为电涡流。

#### 3.4 塔（墩）梁间电涡流阻尼器 eddy current damper between tower ( pier ) and girder

以电涡流阻尼为耗能元件，设置在主梁与桥塔、桥墩等结构之间，主要用于控制桥梁主梁纵向或横向振动。

#### 3.5 斜拉索外置式电涡流阻尼器 external eddy current damper for stay cables

以电涡流阻尼器为耗能元件，阻尼力沿着阻尼器轴线方向，设置在斜拉索与主梁之间，主要用于控制斜拉索风雨振、涡振以及参数振动等。

#### 3.6 调谐质量电涡流阻尼器 tuned mass eddy current damper (ETMD)

以电涡流阻尼器为耗能元件，主要用于控制桥梁主梁或杆件涡振、主梁人致振动等。

### 3.7 初始长度 initial length

平衡位置时阻尼器总长。

### 3.8 运动速度 motion velocity

阻尼器运动端与固定端的相对速度。

### 3.9 设计行程 design stroke

正常工作状态下，阻尼器相比于初始长度所允许产生的最大伸长或缩短的位移。

### 3.10 设计最大阻尼力 design maximum damping force

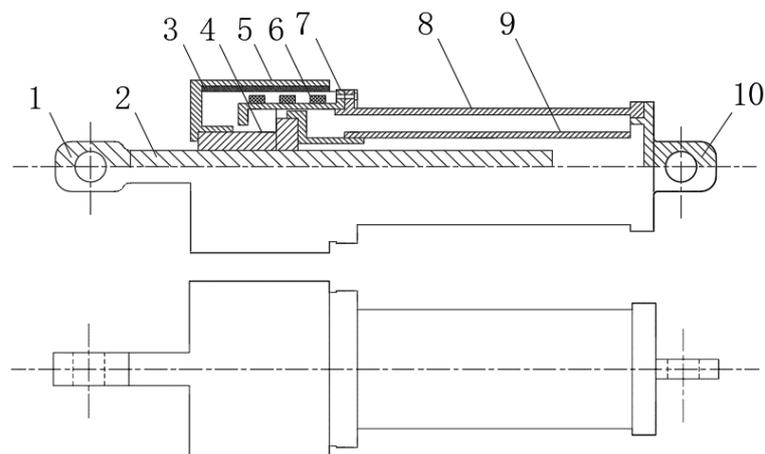
阻尼器正常工作状态下可产生的最大输出力。

## 4 分类、规格与型号

### 4.1 分类

电涡流阻尼器根据应用方式可分为塔（墩）梁间电涡流阻尼器、斜拉索外置式电涡流阻尼器和调谐质量电涡流阻尼器。其中，塔（墩）梁间电涡流阻尼器适用于主梁的纵向、横向、竖向振动控制，斜拉索外置式电涡流阻尼器适用于拉索振动控制，调谐质量电涡流阻尼器适用于桥梁人致振动、涡振等窄频带振动控制。

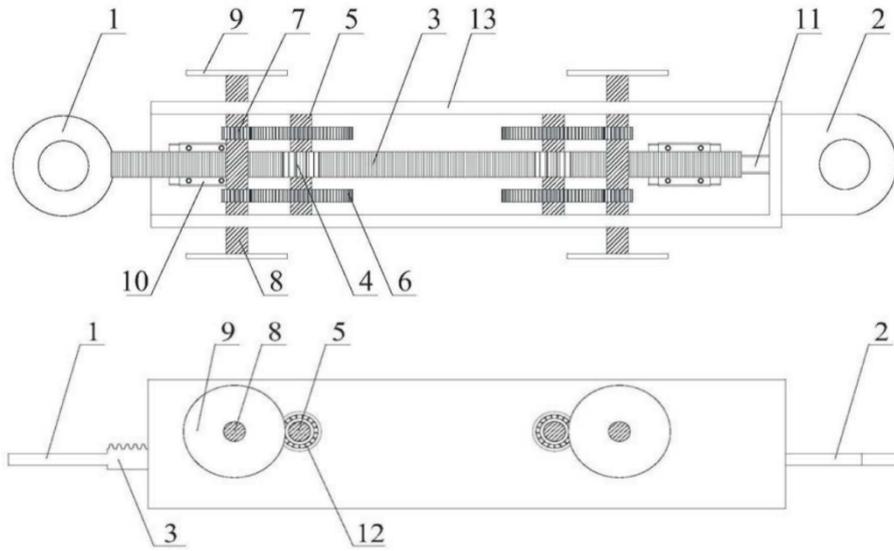
4.1.1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器按传动方式可分为滚珠丝杠式和齿轮齿条式。相应的结构示意见图 1~图 2。



标引序号说明：

- |        |         |       |        |         |
|--------|---------|-------|--------|---------|
| 1—首端头； | 2—滚珠丝杠； | 3—导体； | 4—螺母；  | 5—外转体；  |
| 6—磁体；  | 7—轴承外套； | 8—定筒； | 9—内转筒； | 10—尾端头。 |

图 1 滚珠丝杠式塔（墩）梁间电涡流阻尼器结构示意图



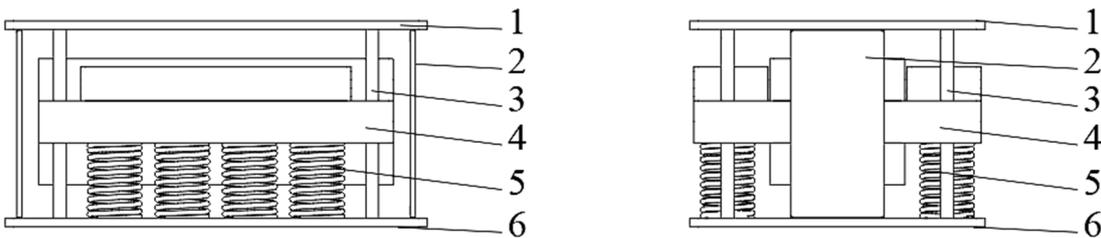
标引序号说明：

- 1—首端头； 2—尾端头； 3—齿条； 4—齿轮一； 5—传动轴一； 6—齿轮二；  
 7—齿轮三； 8—传动轴二； 9—导体板； 10—滑块； 11—滑轨； 12—轴承；  
 13—外壳

图 2 齿轮齿条式塔（墩）梁间电涡流阻尼器结构示意图

4.1.2 斜拉索外置式电涡流阻尼器的结构形式与滚珠丝杠式轴向阻尼器相同，见图 1 所示。

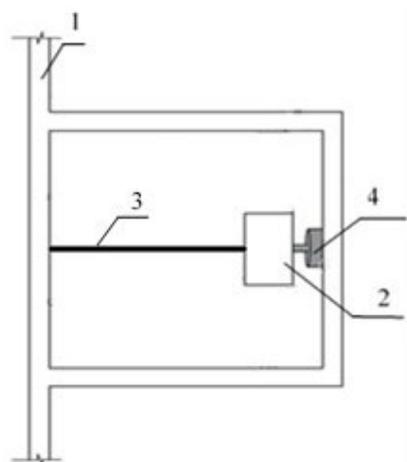
4.1.3 调谐质量电涡流阻尼器按工作方向，可分为竖向调谐质量电涡流阻尼器和水平向调谐质量电涡流阻尼器。其中，竖向调谐质量电涡流阻尼器可采用弹簧质量振子式（见图 3）或悬臂梁式（见图 4），而水平向调谐质量电涡流阻尼器除前述两种形式外也可采用摆式结构（见图 5）。



标引序号说明：

- 1—顶板； 2—阻尼单元； 3—导向单元； 4—质量块； 5—弹簧单元； 6—底板。

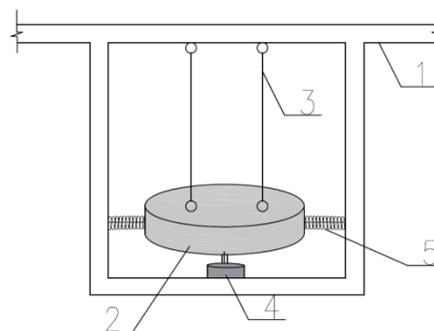
图 3 弹簧质量振子式调谐质量电涡流阻尼器结构示意图



标引序号说明:

1-主结构, 2-质量块, 3-悬臂杆, 4-阻尼器

图 4 悬臂梁式调谐质量电涡流阻尼器结构示意图



标引序号说明:

1-主结构, 2-质量块, 3-吊索, 4-阻尼器, 5-调频弹簧

图 5 摆式调谐质量电涡流阻尼器结构示意图

## 4.2 规格

4.2.1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器的参数设计可参考附录 A，其规格按设计阻尼力可分为 12 级：300，500，750，1000，1250，1500，1750，2000，2500，3000，3500，4000kN；按设计行程可分为 20 级： $\pm 100$ ， $\pm 150$ ， $\pm 200$ ， $\pm 250$ ， $\pm 300$ ， $\pm 350$ ， $\pm 400$ ， $\pm 450$ ， $\pm 500$ ， $\pm 600$ ， $\pm 700$ ， $\pm 800$ ， $\pm 900$ ， $\pm 1000$ ， $\pm 1100$ ， $\pm 1200$ ， $\pm 1300$ ， $\pm 1400$ ， $\pm 1500$ ， $\pm 1600$ mm。

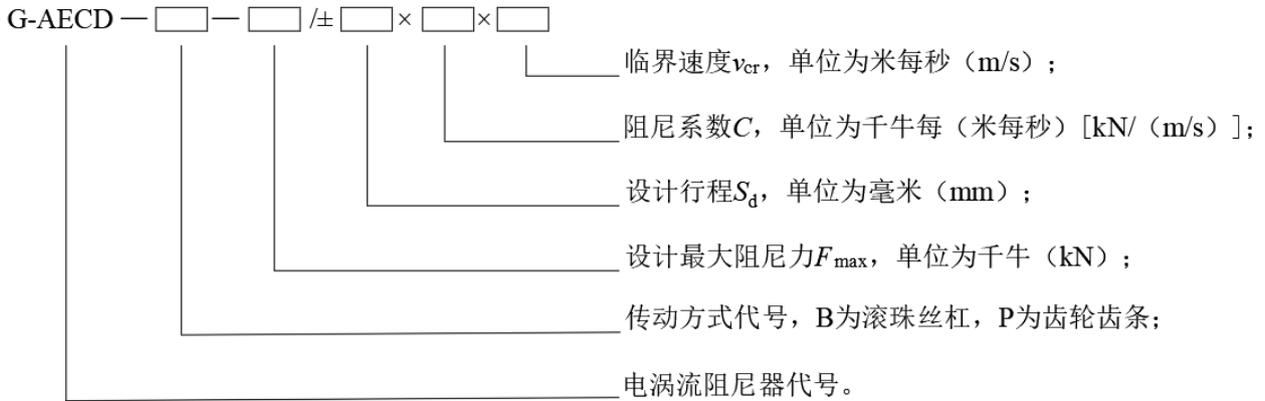
4.2.2 斜拉索外置式电涡流阻尼器的参数设计可参考附录 A，其规格按设计阻尼力可分为 6 级：5，10，15，20，25，30kN；按设计行程可分为 10 级： $\pm 15$ ， $\pm 20$ ， $\pm 25$ ， $\pm 30$ ， $\pm 40$ ， $\pm 50$ ， $\pm 60$ ， $\pm 80$ ， $\pm 100$ ， $\pm 120$ mm。

4.2.3 调谐质量电涡流阻尼器应根据主结构类型与控制目标，选择合适的结构形式，其参数设计可参考附录 A，相应规格应根据设计参数确定。

4.2.4 塔（墩）梁间电涡流阻尼器设计阻尼力超过 2000kN 时，宜采用齿轮齿条式塔（墩）梁间电涡流阻尼器；若采用滚珠丝杠式塔（墩）梁间电涡流阻尼器，则宜采用双阻尼器并联方式或多阻尼器分散布置方式设计，连接方式可参考附录 B。

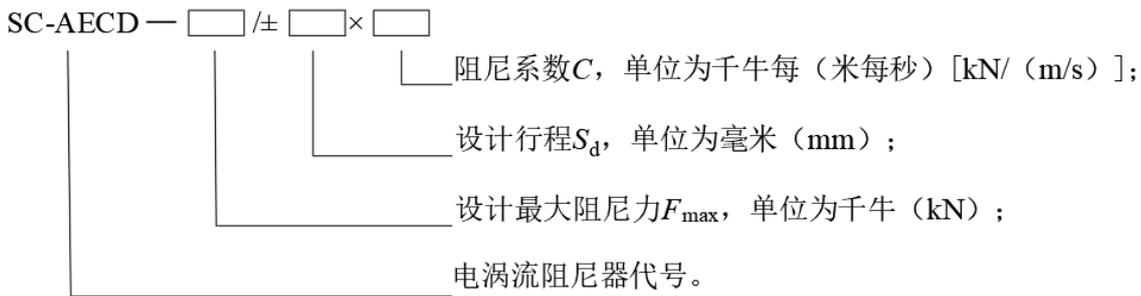
## 4.3 型号

4.3.1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器型号由产品名称代号、设计阻尼力（kN）、设计行程（mm）、阻尼系数（kN/（m/s））、临界速度（m/s）组成。



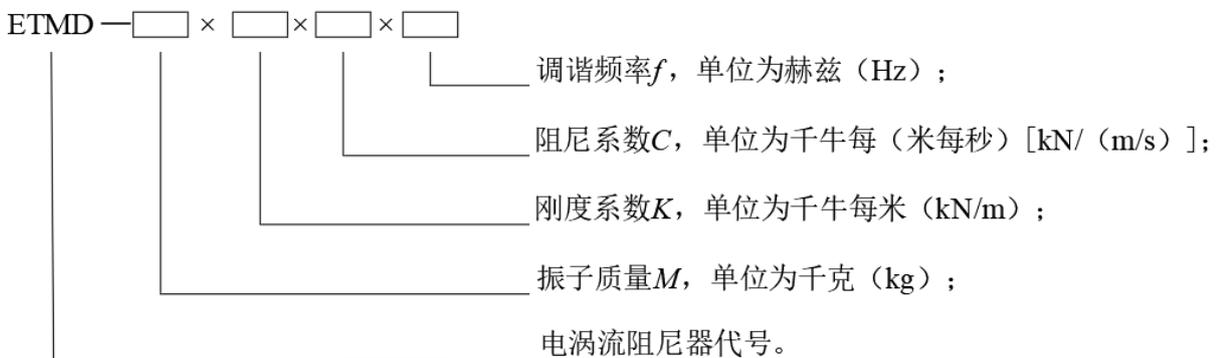
示例：G-AECD-B-1000/±500×2000×0.5，表示设计阻尼力 1000kN，设计行程±500mm，阻尼系数 2000kN/（m/s），临界速度 0.5m/s 的滚珠丝杠式塔（墩）梁间电涡流阻尼器。

4.3.2 斜拉索外置式电涡流阻尼器型号由产品名称代号、设计阻尼力（kN）、设计行程（mm）、阻尼系数（kN/（m/s））组成。



示例：SC-AECD-20/±60×80，表示设计阻尼力 20kN，设计行程±60mm，阻尼系数 80kN/（m/s），的斜拉索外置式电涡流阻尼器。

4.3.3 调谐质量电涡流阻尼器（ETMD）的标记由产品名称代号、振子质量（kg）、刚度系数（kN/m）、阻尼系数（kN/（m/s））及调谐频率（Hz）组成。



示例：ETMD-1500×200×25×3，表示振子质量为 1500kg，刚度系数为 200 kN/m，阻尼系数为 25 kN/（m/s），调谐频率为 3Hz 的调谐质量电涡流阻尼器。

## 5 技术要求

## 5.1 通用性要求

5.1.1 电涡流阻尼器力学性能应符合附录 C 的要求。

### 5.1.2 外观及尺寸

外观应标志清晰、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。

### 5.1.3 原材料与元器件

5.1.3.1 用于制作阻尼器的钢材应使用锻钢或轧钢，不应采用铸钢，宜采用优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、合金结构钢或不锈钢，并分别应符合 GB/T699、GB/T 1591、GB/T3077 和 GB/T1220 的规定。圆管形零部件还应符合 GB/T 8162 的规定。

5.1.3.2 永磁体宜使用烧结钕铁硼永磁材料制成，材料应符合 GB/T 13560 的规定。

5.1.3.3 导体材料宜选用铜、铝、铝合金或同等导电性能的材料。

### 5.1.4 使用条件

适用环境温度-40℃到 80℃，使用过程中应按要求对电涡流阻尼器进行养护，具体可参考附录 D 的规定。

### 5.1.5 工艺性能

#### 5.1.5.1 热处理

5.1.5.1.1 锻钢件应采用热处理，热处理后性能应符合 GB/T 33084 的规定。

5.1.5.1.2 轧钢件进行热处理时宜采用退火，退火后优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、合金结构钢、不锈钢的硬度和力学性能应分别符合 GB/T 699、GB/T 1591、GB/T 3077 和 GB/T 1220 的规定。

#### 5.1.5.2 机械加工

5.1.5.2.1 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。

5.1.5.2.2 轴承配合面圆柱度公差等级不应低于 GB/T 1184 中 6 级的规定；未注公差值不应低于 GB/T 1184 中 L 级的规定。

5.1.5.2.3 轴向阻尼器旋转体的同轴度公差不应低于 GB/T 1184 中 8 级的规定；传递荷载的螺纹连接副螺纹精度不应低于 GB/T 197 中 7H/6g 级的规定。

5.1.5.2.4 连接部位宜采用螺栓、销轴连接或焊接，应满足 GB 50205 的相关要求，其中，对接焊缝应为全熔透的一级焊缝，且应符合 GB 50661 的相关规定。

5.1.5.2.5 导体材料表面平面度公差不应低于 GB/T 1184 中 8 级的规定。

5.1.5.2.6 电涡流阻尼器采用关节轴承连接时应满足 GB/T 9163 的相关要求。

#### 5.1.5.3 防腐

5.1.5.3.1 滚珠丝杠表面应采用磷化处理或镀铬，采用磷化处理时，膜单位面积质量不应低于 10g/m<sup>2</sup>，并应符合 GB/T 11376 的规定；镀铬时，镀层总厚度不应小于 40μm，硬铬层应符合 GB/T 11379 的规定。

5.1.5.3.2 永磁体表面的防腐涂层、镀层应分别满足 GB/T 40793、GB/T 34491 的要求，防腐性能不应低

于电镀镍铜镍+电泳环氧复合涂层（NiCuNi+EP）。

5.1.5.3.3 阻尼器成品外露表面除滚珠丝杠外均应采用长效涂装，防腐体系及性能应符合设计要求。

#### 5.1.5.4 装配

5.1.5.4.1 阻尼器所有待装配金属部件，都应有生产厂家质量检验部门的合格标记或厂家提供的合格证明，方可进行装配。

5.1.5.4.2 装配前和装配过程中，应将铁屑、毛刺、油污、泥沙等杂物等清理干净。

5.1.5.4.3 磁钢装配过程中，应避免磕碰，表面不能出现涂层或镀层破损、磁钢破碎。

5.1.5.4.4 装配完成后，轴承、滚珠丝杠、齿轮、齿条等传动部件应采用 3 号锂基润滑脂进行润滑，润滑脂应符合 GB/T 7324 的规定。

## 5.2 塔（墩）梁间电涡流阻尼器

### 5.2.1 设计使用年限

在正常使用与维护情况下，设计使用年限不应低于 30 年。

### 5.2.2 材料

5.2.2.1 阻尼器滚珠丝杠副应满足 GB/T 17587 规定的要求；滚珠丝杠、滚珠螺母宜采用性能不低于 42CrMo 的钢材，其化学成分、力学性能应符合 GB/T 3077 的规定；阻尼器滚珠丝杠、滚珠螺母的滚道部分，硬度不应低于 HRC58；滚珠宜采用性能不低于 95Cr18 的不锈钢，其化学成分、力学性能应符合 GB/T 1220 的规定。

5.2.2.2 阻尼器齿轮、齿条应满足 GB/T 10095、GB/Z 10096 规定的精度要求；齿轮、齿条宜采用性能不低于 42CrMo 的钢材，其化学成分、力学性能应符合 GB/T 3077 的规定；阻尼器齿轮的齿面硬度不应低于 HRC50，齿条的齿面硬度不应低于 HRC58。

### 5.2.3 力学性能

塔（墩）梁间电涡流阻尼器力学性能要求见表 1。

表 1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器力学性能要求

序号	项目	性能指标
1	最大阻尼力	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内
2	最大位移	当设计行程≤200mm时，实测值不应小于设计值的120%； 当设计行程>200mm时，实测值不应小于设计值+40mm；
3	滞回曲线	实测滞回曲线应光滑，无异常，在同一测试条件下，任一循环的滞回曲线包围面积实测值与设计值的偏差率应在±15%以内
4	速度相关性	在设计工作速度的0.1~1倍范围内，阻尼力实测值偏差应在产品设计值的±15%以内

序号	项目	性能指标
5	频率稳定性	在设计工作频率的0.5~2倍范围内，阻尼力相对1倍工作频率时的偏差在±15%以内
6	启动摩擦力	用于风振抑制时，不大于设计最大阻尼力的2%
7	耐久性	加载不少于 $1 \times 10^5$ 次，不出现部件和连接损坏现象，且疲劳性能试验前后的最大阻尼力测试变化率应在±15%以内
8	温度稳定性	在-40°C~+80°C范围内，阻尼力相对20°C时的偏差在±15%以内

### 5.3 斜拉索外置式电涡流阻尼器

#### 5.3.1 设计使用年限

在正常维护与使用情况下，设计使用年限不应低于 20 年。

#### 5.3.2 材料

阻尼器滚珠丝杠副应满足 GB/T 17587 规定的要求；滚珠丝杠、滚珠螺母宜采用性能不低于 GCr15 或 42CrMo 的钢材，其化学成分、力学性能应符合 GB/T 18254、GB/T 3077 的规定；阻尼器滚珠丝杠、滚珠螺母的滚道部分，硬度不应低于 HRC58；滚珠宜采用性能不低于 95Cr18 的不锈钢，其化学成分、力学性能符合 GB/T 1220 的规定。

#### 5.3.3 力学性能

斜拉索外置式电涡流阻尼器力学性能要求见表 2。

表 2 斜拉索外置式电涡流阻尼器力学性能要求

序号	项目	性能指标
1	最大阻尼力	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内
2	最大位移	实测值不应小于设计值的120%
3	阻尼系数	实测值偏差应在产品设计值的±15%以内
4	滞回曲线	实测滞回曲线应光滑，无异常，在同一测试条件下，任一循环的滞回曲线包络面积实测值与设计值的偏差率应在±15%以内
5	频率稳定性	在设计工作频率的0.5~2倍范围内，阻尼系数相对1倍工作频率时的偏差在±15%以内
6	启动摩擦力	不大于设计最大阻尼力的2%
7	耐久性	加载不少于 $2 \times 10^5$ 次，不出现部件损坏现象，且疲劳试验前后的阻尼系数变化率应在±15%以内
8	温度稳定性	在-40°C~+80°C范围内，阻尼系数相对20°C时的偏差在±15%以内

## 5.4 调谐质量电涡流阻尼器

### 5.4.1 设计使用年限

在正常维护与使用情况下，设计使用年限不应低于 50 年。

### 5.4.2 材料

5.4.2.1 质量单元宜采用碳素结构钢，满足 GB/T 700 的规定要求。

5.4.2.2 刚度单元当采用螺旋弹簧或弹簧钢板时，宜选用力学性能不低于的 60Si2Mn 的弹簧钢，并符合 GB/T 1222 的规定。

### 5.4.3 力学性能

调谐质量电涡流阻尼器力学性能要求见表 3。

表 3 调谐质量电涡流阻尼器力学性能要求

序号	项目	性能指标
1	频率	实测值偏差应在产品设计值的±1%以内
2	阻尼比	实测值偏差应在产品设计值的0~+15%以内
3	最大位移	当设计行程≤200mm时，实测值不应小于设计值的120%； 当设计行程>200mm时，实测值不应小于设计值+40mm；
4	启动摩擦力	不大于0.05m/s <sup>2</sup> ×运动质量
5	耐久性	加载不少于2×10 <sup>5</sup> 次，不出现部件损坏现象，且疲劳试验前后的频率变化率应在±1%以内、阻尼比变化率应在±15%以内
6	温度稳定性	在-40℃~+80℃范围内，阻尼系数相对20℃时的偏差在±15%以内

## 6 试验方法

### 6.1 外观

6.1.1 阻尼器的外观质量可采用目测或借助放大镜等辅助工具检测；焊缝的外观质量应按 GB 50205 的规定进行。

6.1.2 阻尼器的外形尺寸可采用直尺、游标卡尺等常规量具检测。

6.1.3 金属部件粗糙度应用粗糙度检测仪器检测，金属部件的凹坑，划痕等表面缺陷可用目视法检测。

### 6.2 材料

6.2.1 钢材性能检测应按 GB/T 228.1 和 GB/T 7314 的规定进行，化学成分检测应按 GB/T 223 的规定进行。

6.2.2 永磁体性能检测应按 GB/T 3217 和 GB/T 13560 的规定进行。

6.2.3 滚珠丝杠副性能检测应按 GB/T 17587 的规定进行。

6.2.4 齿轮、齿条性能检测应按 GB/Z 10096 的规定进行。

6.2.5 导体材料导电性能检测应按 GB/T 32791、GB/T 12966 的规定进行。

### 6.3 工艺性能

#### 6.3.1 热处理

6.3.1.1 锻钢件热处理后的力学性能试验应按 GB/T 33084 的规定进行。

6.3.1.2 轧钢件热处理后的硬度试验应按 GB/T 230.1 的规定进行。

#### 6.3.2 机加工

金属部件机加工后，尺寸公差可用直尺、游标卡尺、千分尺等常规量具检测，形位公差应用专用仪器和设备检测。

### 6.4 探伤

焊接部位的超声波探伤方法应按照 GB/T 11345 的规定进行。

### 6.5 防腐

6.5.1 金属镀层厚度应用金属镀层测厚仪检测，镀层表面质量可采用目视法检测。

6.5.2 涂装涂层的检测方法应按设计要求的涂层规定进行。

### 6.6 装配

6.6.1 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、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。

6.6.2 金属部件装配前，应将铁屑、毛刺、油污和泥砂等杂物清理干净，其配合面和摩擦面不应有锈蚀、凹坑和影响使用性能及寿命的划痕，相互配合面均应洁净。

6.6.3 装配时，向心关节轴承的转角应用角度尺进行检测。向心关节轴承应符合 GB/T 9163 的有关规定。装配完成后，其内外表面应采用 SH/T 0692-2000 中 L-RD-3 防锈油进行防腐。

6.6.4 电涡流阻尼器的对称性和连接架的可动性，可用常规量具和目测法检测。

### 6.7 力学性能

6.7.1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器的力学性能的试验方法应按照表 4 中执行。

表 4 塔（墩）梁间电涡流阻尼器力学性能试验方法

序号	项目	试验指标	试验方法
1	最大位移测试	最大位移	使阻尼器匀速缓慢运动，记录其运动的最大行程值
2	速度相关性测试	最大阻尼力、滞回曲线、速度相关性	按附录中E1的要求进行
3	频率稳定性测试	频率稳定性	按附录中E2的要求进行
4	慢速测试	启动摩擦力	按附录中E3的要求进行
5	疲劳测试	耐久性	按附录中E4的要求进行
6	温度稳定性测试	温度稳定性	按附录中E5的要求进行

6.7.2 斜拉索外置式电涡流阻尼器的力学性能的试验方法应按照表 5 中执行。

表 5 斜拉索外置式电涡流阻尼器力学性能试验方法

序号	项目	试验指标	试验方法
1	最大位移测试	最大位移	使阻尼器匀速缓慢运动，记录其运动的最大行程值
2	速度相关性测试	最大阻尼力、阻尼系数、滞回曲线	按附录中E1的要求进行
3	频率稳定性测试	频率稳定性	按附录中E2的要求进行
4	慢速测试	启动摩擦力	按附录中E3的要求进行
5	疲劳测试	耐久性	按附录中E4的要求进行
6	温度稳定性测试	温度稳定性	按附录中E5的要求进行

6.7.3 调谐质量电涡流阻尼器的力学性能的试验方法应按照表 6 中执行。

表 6 调谐质量电涡流阻尼器力学性能试验方法

序号	项目	试验指标	试验方法
1	最大位移测试	最大位移	使阻尼器匀速缓慢运动，记录其运动的最大行程值
2	慢速测试	启动摩擦力	按附录中E3的要求进行
3	疲劳测试	耐久性	按附录中E4的要求进行
4	温度稳定性测试	温度稳定性	按附录中E5的要求进行
5	自由振动测试	频率、阻尼比	按附录中E6的要求进行

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

#### 7.1.1 原材料检验

原材料检验为部件加工用原材料及外协、外购件进厂时进行的验收检验。

## 7.1.2 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品因型号名称中的任何一项参数发生变化而进行试制定型鉴定时；
- b) 正常生产后，当原材料、结构、工艺等有较大变化，有可能对产品质量有影响时；
- c) 正常生产时，每两年检验一次；
- 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；
- g) 因特殊需要应进行型式检验时。

## 7.1.3 出厂检验

电涡流阻尼器应经制造厂家质量检验部门检验合格并附合格证明文件，方可出厂。

## 7.2 检验项目

### 7.2.1 原材料检验

电涡流阻尼器原材料检验的检验项目应符合表 7 的规定。

表 7 电涡流阻尼器原材料检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	检验频次
1	钢材	5.1.3、5.2.2、5.3.2、5.4.2	6.2.1	每批100%
2	滚珠丝杠副	5.2.2、5.3.2	6.2.3	每批100%
3	齿轮、齿条	5.2.2	6.2.4	每批100%
4	永磁体	5.1.3.2	6.2.2	每批1次
5	导体材料	5.1.3.3	6.2.5	每批1次

### 7.2.2 型式检验和出厂检验

7.2.2.1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器型式检验和出厂检验的检验项目应符合表 8 的规定。

表 8 塔（墩）梁间电涡流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	出厂检验频次
外观及尺寸	5.1.2	6.1	+	+	100%
防腐	5.1.5.3	6.5	+	+	20%且不少于 2 件
慢速测试	5.2.3	6.7	*	*	20%且不少于 2 件
最大位移测试	5.2.3	6.7	+	+	20%且不少于 2 件
速度相关性测试	5.2.3	6.7	+	+	20%且不少于 2 件
频率稳定性测试	5.2.3	6.7	+	△	20%且不少于 2 件

温度稳定性测试	5.2.3	6.7	+	-	/
疲劳测试	5.2.3	6.7	+	-	/
注：“+”表示要进行该项检验，“-”表示不进行该项检验，“△”为选做（对重大工程宜进行该项检测），“/”表示无此项规定，“*”表示当以风振荷载作用为主时，该项型式检验为必检项。					

7.2.2.2 斜拉索外置式电涡流阻尼器型式检验和出厂检验的检验项目应符合表 9 的规定。

表 9 斜拉索外置式电涡流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	出厂检验频次
外观	5.3.1	6.1	+	+	100%
防腐	5.1.5.3	6.5	+	+	20%且不少于 2 件
慢速测试	5.3.3	6.7	+	+	20%且不少于 2 件
最大位移测试	5.3.3	6.7	+	+	20%且不少于 2 件
速度相关性测试	5.3.3	6.7	+	+	20%且不少于 2 件
频率稳定性测试	5.3.3	6.7	+	△	20%且不少于 2 件
温度稳定性测试	5.3.3	6.7	+	-	/
疲劳测试	5.3.3	6.7	+	-	/
注：“+”表示要进行该项检验，“-”表示不进行该项检验，“△”为选做（对重大工程宜进行该项检测），“/”表示无此项规定。					

7.2.2.3 调谐质量电涡流阻尼器型式检验和出厂检验的检验项目应符合表 10 的规定。

表 10 调谐质量电涡流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	出厂检验频次
外观	5.4.1	6.1	+	+	100%
防腐	5.1.5.3	6.5	+	+	20%且不少于 2 件
自由振动测试	5.4.3	6.7	+	+	100%
慢速测试	5.4.3	6.7	+	+	20%且不少于 2 件
最大位移测试	5.4.3	6.7	+	+	20%且不少于 2 件
温度稳定性测试	5.4.3	6.7	+	-	/
疲劳测试	5.4.3	6.7	+	-	/
注：“+”表示要进行该项检验，“-”表示不进行该项检验，“/”表示无此项规定。					

### 7.3 判定规则

#### 7.3.1 原材料检验

检验结果不符合本文件要求的原材料及外协、外购件不应使用。

## 7.3.2 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。

## 7.3.3 出厂检验

7.3.3.1 外观及尺寸、行程检验结果不符合本标准要求电涡流阻尼器，可对相关部件进行更换或返修，合格后方可出厂。

7.3.3.2 每批产品中的速度相关性能试验结果合格件可出厂，不合格件不应出厂。

7.3.3.3 慢速性能试验采取随机抽样方式进行。抽样试验全部合格，则该批产品为合格；若抽样试验有不合格件应取双倍试样进行复检，复检后仍有不合格件，则该批产品为不合格。

# 8 标志、包装、运输、储存

## 8.1 标志

8.1.1 电涡流阻尼器的明显部位应有清晰永久的标志，应包含：

- 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。

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 每件产品应采用可靠包装或按用户要求包装，便于运输和搬运安全。

8.2.2 包装发货的包装箱中应具备下列文件：

- a) 产品使用说明书；
- b) 产品合格证；
- c) 装箱单。

8.3 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。

8.4 储存 产品应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体，并远离热源的场所。

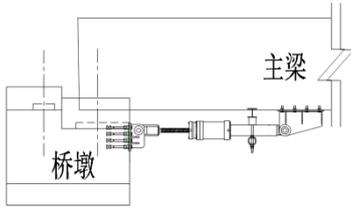
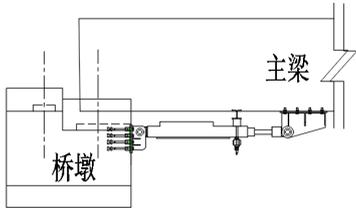
附录 A  
(资料性)  
电涡流阻尼器的设计说明

### A.1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器

A.1.1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器主要用于抑制地震响应等剧烈动力响应，其本构关系见附录 C 所述，对应的产品规格参数与理论分析参数相互对应。在常用有限元分析软件中可通过连接单元对电涡流阻尼器进行模拟，进而实现在指定动力荷载作用下的阻尼器参数比选，确定最终的设计参数。

A.1.2 塔（墩）梁间电涡流阻尼器的安装位置和安装方式示例见表 A.1。

表 A.1 塔（墩）梁间电涡流阻尼器的安装位置和安装方式示例

序号	阻尼器代号	安装位置	安装方式
1	G-AECD-B	主梁与桥塔 (墩) 之间	
2	G-AECD-P	主梁与桥塔 (墩) 之间	

### A.2 斜拉索外置式电涡流阻尼器

A.2.1 斜拉索外置式电涡流阻尼器主要用于抑制斜拉索的参数振动、线性内部共振、涡激共振、风雨激振等风致振动响应，设计时根据斜拉索的长度、索径以及索力等信息进行分析，确定阻尼器的设计参数。

A.2.2 斜拉索外置式电涡流阻尼器的设计宜综合考虑阻尼器安装位置、阻尼器刚度、阻尼非线性、斜拉索垂度与倾角等因素影响。阻尼参数可按式 (A.1) 和式 (A.2) 确定：

$$\frac{\zeta_n}{x_c/l} \cong \frac{\pi^2 \kappa}{(\pi^2 \kappa)^2 + 1} \quad (\text{A.1})$$

$$\kappa \cong \frac{c}{mL\omega_{01}} n \frac{x_c}{l} \quad (\text{A.2})$$

式中： $\kappa$ —无量纲的阻尼器阻尼参数；

$\zeta_n$ —阻尼器提供的第  $n$  阶振型阻尼比；

$\omega_{01}$ —拉索第一阶模态圆频率（rad/s）；

$x_c$ —阻尼器安装位置距较近索端的距离（m），如图 A.1 所示；

$n$ —拉索模态阶数；

$c$ —阻尼器的阻尼系数。

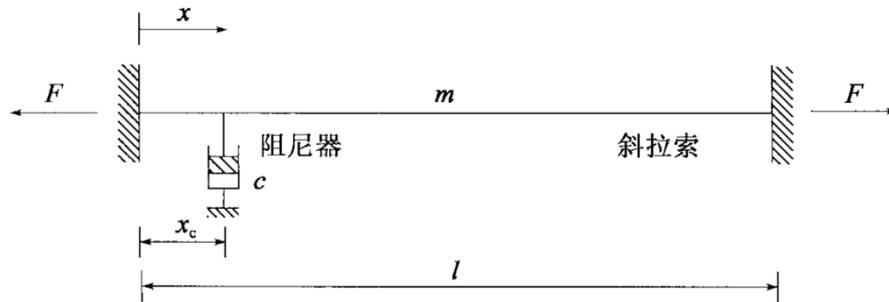


图 A.1 斜拉索外置式电涡流阻尼器原理图

A.2.3 斜拉索外置式电涡流阻尼器的安装位置和安装方式示例见表 A.2。

表 A.2 斜拉索外置式电涡流阻尼器的安装位置和安装方式示例

序号	阻尼器代号	安装位置	安装方式
1	SC-AECD	斜拉索与桥面间	

### A.3 调谐质量电涡流阻尼器

A.3.1 依据振动控制目标确定控制频率，针对不同荷载输入下的结构振动情况，结合结构本身动力特性设计调谐质量电涡流阻尼器参数，并计算验证其作用效果，分析时认为阻尼器的阻尼力为线性。

A.3.2 调谐质量电涡流阻尼器的参数设计是基于理论分析得到的，实际应用时应验证分析频率的准确性，基于实际测试结果对阻尼器参数进行修正。

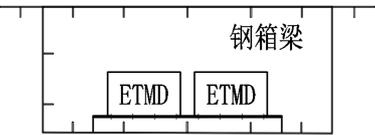
A.3.3 调谐质量电涡流阻尼器的初始摩擦力直接影响阻尼器的减振灵敏度，为满足桥梁结构振动控制的需求，正常工作状态下阻尼器的初始摩擦力应低于（振子质量  $\times 0.05m/s^2$ ）。

A.3.4 调谐质量电涡流阻尼器的安装位置应尽量集中设置在所控模态振型位移最大处，安装方向应根据

需要与所控结构振动主轴方向保持一致。当安装空间受限时，可考虑采用分散布置方式，但需考虑有效质量的折减。同时应考虑安装阻尼器的运行空间，即具有足够空间保证调谐质量在最大行程内正常运行。

A.3.5 调谐质量电涡流阻尼器的安装位置和安装方式示例见表 A.3。

表 A.3 调谐质量电涡流阻尼器的安装位置和安装方式示例

序号	阻尼器代号	安装位置	安装方式
1	ETMD	主梁内部或下方	

## 附录 B (资料性) 连接方式

B.1 待装配的金属部件应有生产厂家质量检验部门的合格标记。密封件、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。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及寿命的划痕，相互配合面均应洁净。

### B.2 塔（墩）梁间电涡流阻尼器单阻尼器连接

塔（墩）梁间电涡流阻尼器应采用销轴或法兰连接方式与结构主体进行连接，连接方式参见表 A.1。

### B.3 塔（墩）梁间电涡流阻尼器双阻尼器并联

两台塔（墩）梁间电涡流阻尼器并联作用时，应采用合理的连接分配块以保证两阻尼器的运动相容性，形式可参考图 B.1，并采用销轴或法兰连接方式与结构主体进行连接，连接方式同单阻尼器连接。

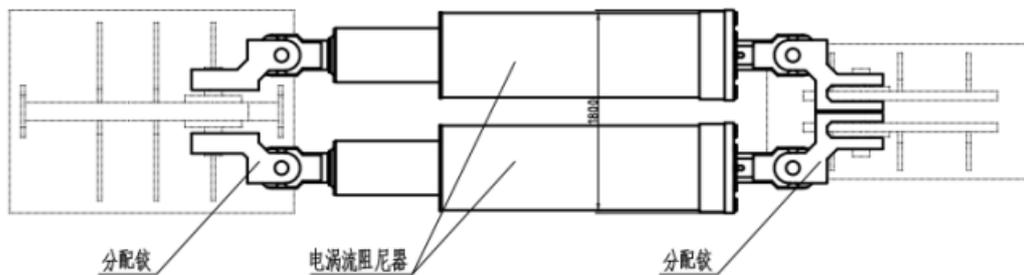


图 B.1 分配铰接连接形式

### B.4 斜拉索外置式电涡流阻尼器三角形并联

斜拉索外置式电涡流阻尼器宜采用三角形并联形式与斜拉索进行连接，连接首先将索夹初步固定在斜拉索的设计位置上，将 2 套阻尼器同索夹连接好，并将阻尼器活动端连接在下端水平杆处，调整阻尼器工装至中心位置，使索夹投影落在阻尼器底座水平杆的中心位置，形成等腰三角形结构，连接方式可以采用销轴，连接方式参见表 A.2。

### B.5 调谐质量电涡流阻尼器连接

调谐质量电涡流阻尼器采用支撑式或悬挂式与结构主体进行连接，依据工作面实际情况选择预制安装平台或在原结构面上设置安装支座，对应预设孔位逐个安装螺栓，并最终将阻尼器调整至水平。阻尼器与主结构的连接必须牢固可靠，以确保连接构件或支承的强度和稳定性要求，支撑及连接件一般采用钢结构，连接方式参见表 A.3。同时应考虑安装阻尼器对主结构受力的影响，必要时对主结构连接部位进行局部加固。

附录 C  
(资料性)  
电涡流阻尼力-速度曲线

C.1 电涡流阻尼器的阻尼力与运动速度之间的关系可以由式 (C.1) 确定:

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

C.2 阻尼力与运动速度之间的关系也可以由简化双折线公式 (C.2) 确定:

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

式中, 阻尼系数  $C$  与设计最大阻尼力、临界速度之间的关系由式 (C.3) 确定:

$$C = 2F_{\max}/v_{cr} \quad (\text{C.3})$$

电涡流阻尼器的力与速度关系如图 C.1 所示。

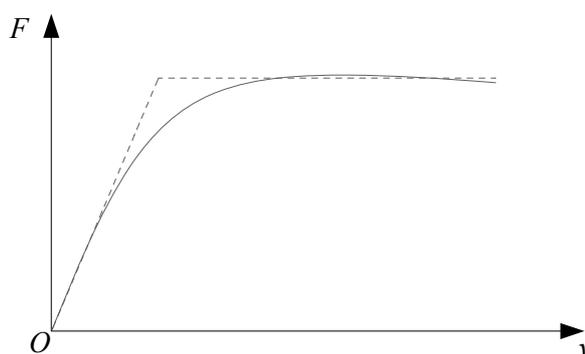


图 C.1 电涡流阻尼器力-速度关系曲线

C.3 设计单位在进行结构设计时可使用简化双折线模型描述电涡流阻尼器的本构关系, 工程实施过程中采购电涡流阻尼器时应提供设计最大阻尼力和临界速度两参数给阻尼器厂家作为生产依据。

**附 录 D**  
**(资料性)**  
**电涡流阻尼器的养护方法**

D.1 电涡流阻尼器养护工作要达到整齐、清洁、坚固、润滑、防腐、安全等的要求，养护工作内容包括日常巡检、定期检查和应急检查。

**D.2 日常巡检**

D.2.1 日常巡检时只需直观观察阻尼器是否正常工作，若未出现异常情况则无需过量维护。

D.2.2 阻尼器耳板和销轴长期带负荷工作，巡检时需注意这些部件的灵活性及工作状态，不应出现对性能有害的锈蚀。

D.2.3 巡检过程应注意观察阻尼器是否存在紧固螺栓松动、涂装风化剥落或异常变形等明显的缺陷或缺损。

**D.3 定期检查**

应每间隔 1 年对电涡流阻尼器进行一次原位常规检查，对滚珠丝杠等机械传动部件进行污垢处理和加脂润滑，注意观察阻尼器表面涂装的破损和锈蚀情况，及时开展除锈与喷涂工作。

**D.4 专项检查**

发生强烈地震、强风、火灾等灾情后应及时检查

附录 E  
(规范性)  
力学性能试验方法

### E1 速度相关性能试验

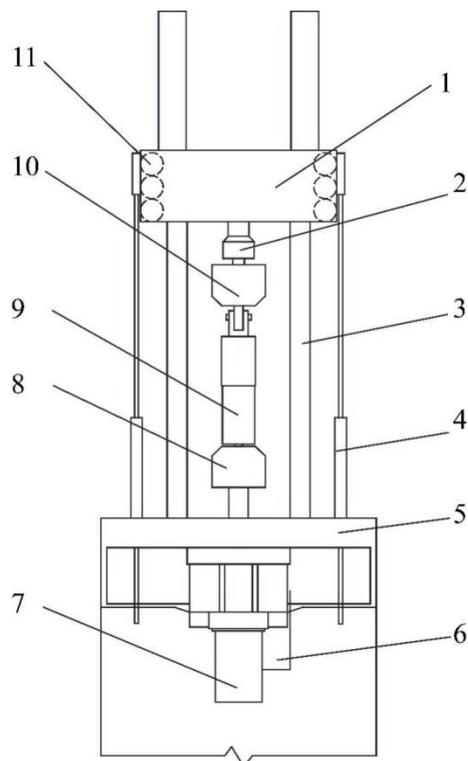
#### E.1.1 试样

电涡流阻尼器速度相关性能试验应采用本体进行。

#### E.1.2 试验方法

试验按下列步骤进行：

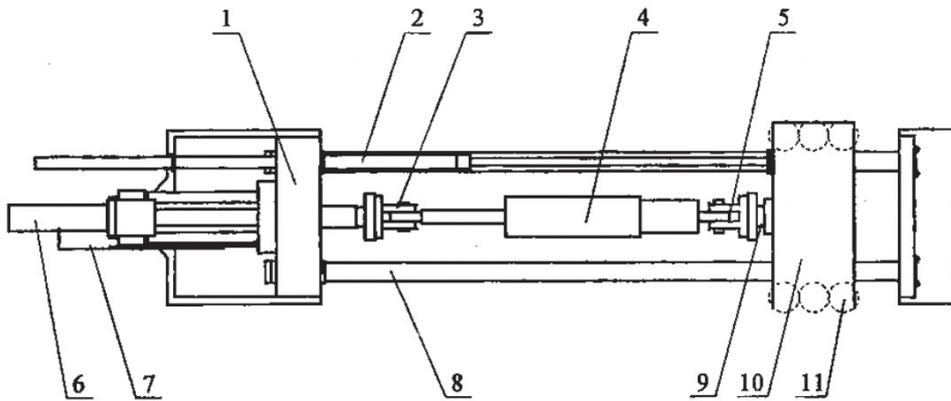
- a) 速度相关性能试验应在  $(23\pm 5)^\circ\text{C}$  环境温度下进行；
- b) 图E.1和E.2给出了两类电涡流阻尼器测试装备及其连接方式示意图，根据试验装备选择连接方式，但需与实际工况相吻合并避免对测试精度造成不利影响；



标引序号说明：

- |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1— 横梁；    | 4— 横梁驱动器； | 7— 加载驱动器； | 10— 上夹头；  |
| 2— 载荷传感器； | 5— 主机工作台； | 8— 下夹头；   | 11— 锁紧油缸。 |
| 3— 立柱；    | 6— 位移传感器； | 9— 试样；    |           |

图E.1 立式试验设备及连接方式示意



标引序号说明：

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

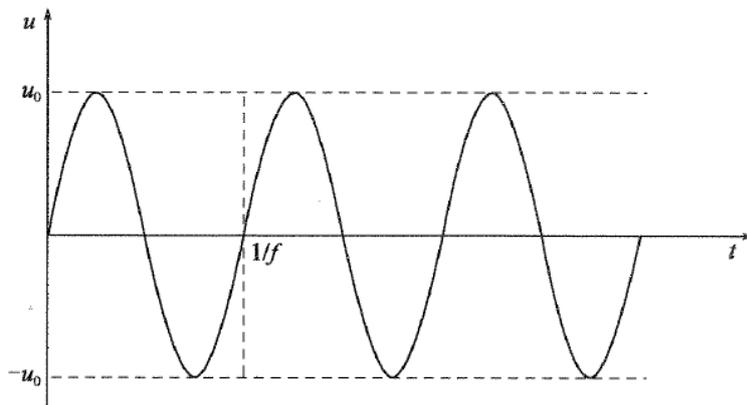
图E.2 卧式试验设备及连接方式示意

c) 在图E.1或图E.2所示的试验设备上对试样进行加载,使其在 $0.1v_{max}$ 、 $0.25v_{max}$ 、 $0.50v_{max}$ 、 $0.75v_{max}$ 、 $1.0v_{max}$ 等五个不同的最大速度下分别进行三次完整的位移循环测试;

d) 加载方式为正弦波加载(见图E.3),加载频率 $f$ 为设计工作频率 $f_d$ ,加载位移 $u$ 按式(E.1)计算,加载幅值 $u_0$ 按式(E.2)计算;

$$u = u_0 \sin(2\pi ft) \tag{E.1}$$

$$u_0 = \frac{v}{2\pi f} \tag{E.2}$$



图E.3 正弦波加载

e) 试样温度超过指定温度时应暂停试验。

### E.1.3 试验过程与数据

试验过程与数据应满足下列要求:

a) 理论阻尼力 $F_{\text{th}}$ 按式 (C.1) 计算, 实际阻尼力 $F_{\text{a}}$ 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;

b) 阻尼力—位移滞回曲线应光滑, 无异常;

c) 阻尼力—位移滞回曲线应全程连续记录。

#### E.1.4 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-位移滞回曲线以及试验中的异常情况。

## E2 频率稳定性能试验

### E.2.1 试样

电涡流阻尼器频率稳定性能试验应采用本体进行。

### E.2.2 试验方法

试验按下列步骤进行：

- a) 频率稳定性能试验应在  $(23\pm 5)$  °C 环境温度下进行；
- b) 在图E.1或图E.2的试验设备上对试样进行加载，使其在  $0.5f_d$ 、 $0.75f_d$ 、 $1.0f_d$ 、 $1.5f_d$ 、 $2.0f_d$  等五个不同加载频率  $f$  下以相同的最大速度  $v_{\max}$  分别进行三次完整的位移循环测试；
- c) 加载方式为正弦波加载（见图E.3），加载位移  $u$  按式（E.1）计算，加载幅值  $u_0$  按式（E.3）计算：

$$u_0 = \frac{v_{\max}}{2\pi f} \quad (\text{E.3})$$

- d) 加载幅值  $u_0$  应控制在设计行程  $S_d$  以内，否则加载频率  $f$  应相应改变；
- e) 试样温度超过指定温度时应暂停试验。

### E.2.3 试验过程与数据

试验过程与数据应满足下列要求：

- a) 实际阻尼力  $F_a$  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，不同加载频率下实际阻尼力的最大偏差  $\eta$  按式（E.4）计算：

$$\eta = \frac{F_{a\max} - F_{a\min}}{F_{a\max}} \times 100\% \quad (\text{E.4})$$

- b) 阻尼力—位移滞回曲线应光滑，无异常；
- c) 阻尼力—位移滞回曲线应全程连续记录。

### E.2.4 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-位移滞回曲线以及试验中的异常情况。

### E3 慢速性能试验

#### E.3.1 试样

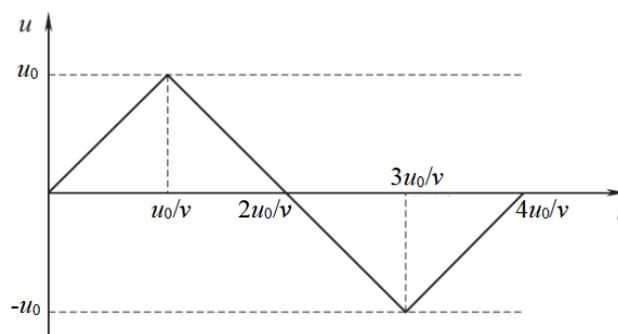
电涡流阻尼器慢速性能试验应采用本体进行。

#### E.3.2 试验方法

试验按下列步骤进行：

- 慢速性能试验应在  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  的环境温度下进行；
- 在图E.1或图E.2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；
- 加载方式为三角波加载（见图E.4），运动速度  $v$  取  $0.1\text{mm/s} \sim 1\text{mm/s}$ ，加载幅值  $u_0$  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  $10\text{mm}$ ，加载位移  $u$  按式（E.5）计算：



图E.4 三角波波形

$$u = \begin{cases} vt, & (0 \leq t \leq \frac{u_0}{v}) \\ 2u_0 - vt, & (\frac{u_0}{v} < t \leq \frac{3u_0}{v}) \\ vt - 4u_0, & (\frac{3u_0}{v} < t \leq \frac{4u_0}{v}) \end{cases} \quad (\text{E.5})$$

#### E.3.3 试验过程与数据

试验过程与数据应满足下列要求：

- 试验过程应运行平稳，无卡滞；
- 阻尼力-位移滞回曲线应全程连续记录；
- 慢速运动阻尼力取时程曲线最大阻尼力。

#### E.3.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- 环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；
- 描述试验过程及试验结果，记录全程阻尼力-位移滞回曲线以及试验中的异常情况。

## E4 疲劳性能试验

### E.4.1 试样

桥梁电涡流阻尼器疲劳性能试验应采用本体进行。

### E.4.2 试验方法

试验按以下步骤进行：

- a) 在图E.1或图E.2所示的试验设备上对试样加载，使其进行不少于规定次数的完整位移循环运动；
- b) 加载方式为正弦波加载（见图E.3），加载位移 $u$ 按式（E.3）计算；
- c) 加载幅值 $u_0$ 为 $\pm 5\text{mm}$ ，加载频率不低于 $0.5\text{Hz}$ ；
- d) 试样温度超过指定温度时应暂停试验。

### E.4.3 试验过程与数据

试验过程及数据应满足以下要求：

- a) 试验过程应运行平稳、无卡滞；
- b) 记录阻尼力-位移滞回曲线数据，数量不少于500组，应包含前10组循环和末10组循环，并计算试验前后最大阻尼力的变化率；
- c) 试验结束后阻尼器应无损伤。

### E.4.4 试验报告

试验报告应包含以下内容：

- 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-位移滞回曲线以及试验中的异常情况。

## E5 温度稳定性能试验

### E.5.1 试样

桥梁电涡流阻尼器温度稳定性能试验应采用本体进行。

### E.5.2 试验方法

试验按以下步骤进行：

- a) 温度稳定性能试验应分别在 $-40^{\circ}\text{C}$ ， $20^{\circ}\text{C}$ ， $80^{\circ}\text{C}$ 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24h，试样取出后需采取保温措施并在15min内完成试验；
- c) 在图E.1或图E.2所示的试验设备上对试样加载，使其连续进行三个完整的位移循环运动；
- d) 加载方式为正弦波加载（见图E.3），加载位移 $u$ 按式（E.3）计算；
- e) 加载频率 $f$ 为设计工作频率 $f_d$ ，加载幅值 $u_0$ 为阻尼器设计行程；
- f) 试样温度超过指定温度时应暂停试验。

### E.5.3 试验过程与数据

试验过程及数据应满足以下要求：

- a) 理论阻尼力 $F_{tb}$ 按式（C.1）计算，实际阻尼力 $F_a$ 取值以第3个滞回圈上的数据为准，拉伸、压缩两个方向分别取值，均应满足要求；
- b) 阻尼力—位移滞回曲线应光滑，无异常；
- c) 阻尼力—位移滞回曲线数据应全程连续记录。

### E.5.4 试验报告

试验报告应包含以下内容：

- a) 环境温度、试验温度、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-位移滞回曲线以及试验中的异常情况。

## E6 调谐质量阻尼器自由振动试验

### E.6.1 试样

电涡流调谐质量阻尼器自由振动试验采用本体进行。

### E.6.2 试验方法

试验按下列步骤进行：

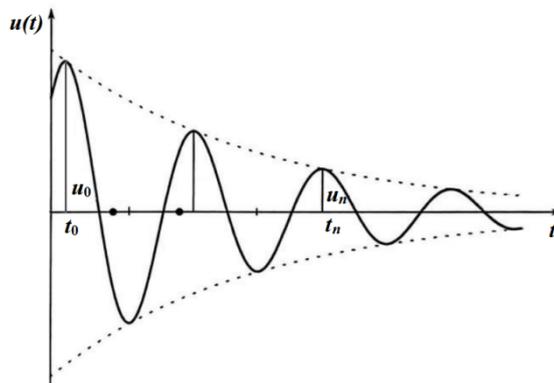
- a) 试验应在  $(23 \pm 5)$  °C 环境温度下进行；
- b) 电涡流调谐质量阻尼器试件的固定方式需与实际工况相吻合，并避免对测试精度造成不利影响；
- c) 给调谐质量阻尼器振子施加一个初始位移激励，令其自由振动直至停止，用合适的传感器（加速度计、拾振器、位移计等）测量并记录其运动时程曲线，形如图E.5；

d) 以自由振动过程中某一个峰值为起点，记录下其时间  $t_0$ 、振幅  $u_0$ ，向后数  $n$  个 ( $n \geq 5$ ) 周期，记录下这一峰值时刻的时间  $t_n$ 、振幅  $u_n$ 。调谐质量阻尼器的频率  $f$  按式 (E.6) 计算；

$$f = \frac{n}{t_n - t_0} \quad (\text{E.6})$$

e) 调谐质量阻尼器的阻尼比  $\xi$  按式 (E.7) 计算。

$$\xi = \frac{\ln \frac{u_0}{u_n}}{2\pi n} \quad (\text{E.7})$$



图E.5 调谐质量阻尼器自由振动曲线

### E.6.3 试验过程与数据

试验过程与数据应满足下列要求：

- a) 试验过程应运行平稳无卡滞；
- b) 调谐质量阻尼器振动时程曲线应全程连续记录，曲线应光滑、无异常。

### E.6.4 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 环境温度、试样规格；

b) 描述试验过程及试验结果，记录全程调谐质量阻尼器振动时程曲线，以及试验过程中异常情况。

---