

陕西省工程建设标准

桥梁粘滞阻尼器应用技术指南

Technical guideline for fluid viscous damper of bridge

(征求意见稿)

《桥梁粘滞阻尼器应用技术指南》编制组

2022年8月

前 言

根据“陕西省住房和城乡建设厅关于下达 2021 年度工程建设标准制定计划的通知”（陕建标发[2021]3 号）文件，经广泛调查研究，认真总结实践经验，并参考国内相关标准，在广泛征求意见的基础上，结合陕西省实际，编制了本标准。

本标准共分 7 章和 8 个附录，主要内容包括：1.总则及适用范围；2.术语、定义及符号；3.结构形式、规格；4.技术要求；5.设计试验方法；6.检验规则；7. 消能部件施工、验收和维护。

本标准由陕西省住房和城乡建设厅归口管理，陕西省建设标准设计站负责出版，西安市政设计研究院有限公司负责具体技术内容及解释。执行过程中如有意见和建议，请反馈给西安市政设计研究院有限公司（地址：陕西省西安市朱雀大街中段 50 号，邮编：710068，电话：029-88410519-8605，邮箱：512258016@qq.com）。

本标准主编单位：西安市政设计研究院有限公司

江苏工邦振控科技有限公司

本标准参编单位：（排名不分先后）

陕西省交通规划设计研究院

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

中铁第一勘察设计院集团有限公司

西安公路研究院

长安大学

西安建筑科技大学

本标准主要起草人：王 军 郭有松 陈长海 孙虎平 郝宪武 罗 娜

华 勇 门发忠 王晓明 杨继武 任润田 王 飞

徐胜乐 聂东升 李晓娟 王泽银 姚锁平 吴 振

律百军 郭鹏征 范傲丽 成永锋 贺 强 胡 琪

商 飞 康斌锴

本标准主要审查人：

目次

1	总则及适用范围	1
2	术语、定义及符号	2
2.1	术语和定义	2
2.2	主要符号	3
3	结构形式、规格	4
3.1	桥梁粘滞阻尼器结构形式	4
3.2	桥梁粘滞阻尼器阻尼结构要求	6
3.3	阻尼器型号	6
3.4	规格	6
4	设计要求	8
4.1	工作条件	8
4.2	外观	8
4.3	材料	8
4.4	工艺性能	9
4.5	力学性能	10
5	桥梁粘滞阻尼器施工、验收和维护	12
5.1	一般规定	12
5.2	桥梁粘滞阻尼器进场验收	12
5.3	桥梁粘滞阻尼器的施工安装顺序	12
5.4	施工测量和桥梁粘滞阻尼器的安装、校正	13
5.5	桥梁粘滞阻尼器安装的焊接和紧固件连接	13
5.6	施工安全和施工质量验收	14
5.7	桥梁粘滞阻尼器的维护	15
	本指南用词说明	16

引用标准名录	17
附：条纹说明	19

1 总则及适用范围

1.0.1 本标准规定了桥梁粘滞阻尼器的结构形式、规格、设计要求、设计试验方法、施工、验收、维护的要求。

1.0.2 本标准规定的桥梁粘滞阻尼器适用于公路、市政和铁路桥梁的减隔震设计。桥梁粘滞阻尼器的设计与应用除应符合本标准的要求外，尚应符合国家、行业其他有关标准、规范的要求。

2 术语、定义及符号

2.1 术语和定义

2.1.1 桥梁粘滞阻尼器 viscous fluid damper

桥梁粘滞阻尼器，是一种基于液压原理，形成耗能机制的阻尼装置。其阻尼力与结构相对运动速度相关。

2.1.2 初始长度（销销距） initial length

桥梁粘滞阻尼器活塞位于缸体内居中位置时，两端轴承间的中心距。

2.1.3 最大长度 max length

桥梁粘滞阻尼器活塞位于缸体内，一端极限位置时，阻尼器两端的距离。

3.1.4 设计抗震位移 unstrained length of cable restrainers

桥梁结构遭遇抗震设防烈度的地震时，桥梁粘滞阻尼器产生的最大位移。

2.1.5 设计风振位移 design wind vibration displacement

桥梁结构遭遇设计基准风速时，桥梁粘滞阻尼器产生的最大位移。

2.1.6 设计行程 design stroke

桥梁粘滞阻尼器处于初始长度时，允许产生的最大伸长量或缩短量。

2.1.7 阻尼力 damping force

活塞在缸体内运动时，桥梁粘滞阻尼器产生的输出力。

2.1.8 设计最大阻尼力 design maximum damping force

桥梁粘滞阻尼器在正常工作状态下可产生的最大输出力。

2.1.9 低速摩擦阻力 low speed friction resistance

桥梁粘滞阻尼器在低速工作状态下可产生的最大输出力，低速通常指运动速度小于 0.1mm/s。

2.1.10 运动速度 movement velocity

桥梁粘滞阻尼器活塞与缸体的相对运动速度。

2.1.11 速度指数 velocity exponent

桥梁粘滞阻尼器阻尼力与速度关系的幂指数参数。

2.1.12 阻尼系数 damping coefficient

桥梁粘滞阻尼器在以单位速度运动时所产生的阻尼力之值。

2.1.13 设计工作频率 design working frequency

桥梁粘滞阻尼器在正常工作状态下每秒钟可往复运动的次数。

2.2 主要符号

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（米每秒） $^{\alpha}$ (kN/(m/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_a——实际阻尼力，单位为千牛(kN)；

F_{a2}——第二个循环的实际阻尼力，单位为千牛(kN)；

F_{a5}——第五个循环的实际阻尼力，单位为千牛(kN)；

F_{a1999}——第 1999 个循环的实际阻尼力，单位为千牛(kN)；

F_{max}——设计最大阻尼力，单位为千牛(kN)；

F_{th}——理论阻尼力，单位为千牛(kN)；

f——加载频率，单位为赫兹(Hz)；

P_{max}——对应于设计最大阻尼力的压强，单位为兆帕(MPa)；

S_a——实际行程，单位为毫米(mm)；

S_d——设计行程，单位为毫米(mm)；

S_{eq}——设计抗震位移，单位为毫米(mm)；

S_{wv}——设计风振位移，单位为毫米(mm)；

sign()——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_{max}——设计最大运动速度，单位为米每秒(m/s)；

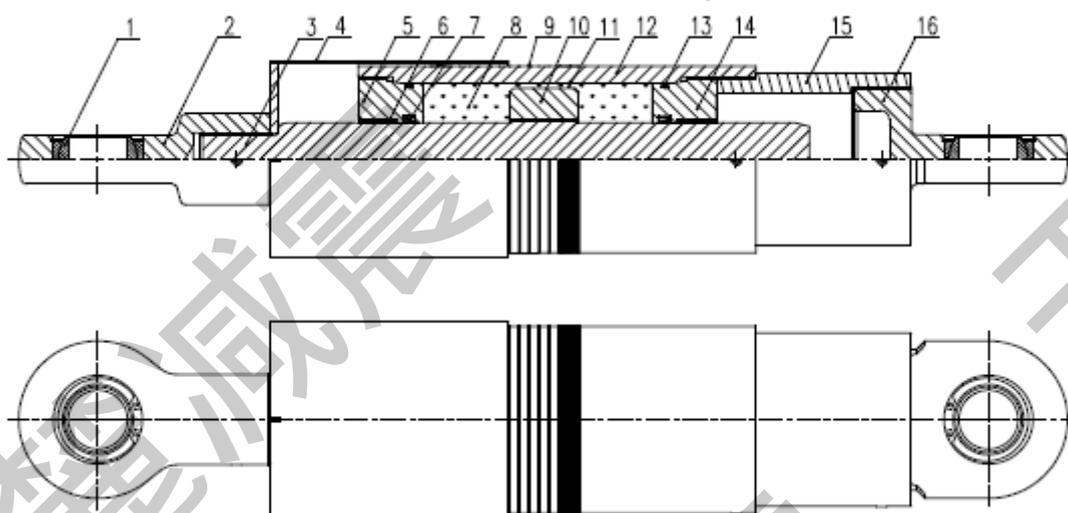
α ——速度指数；

η_1 ——地震阻尼力衰减率，见式 (F.1) 的规定。

η_2 ——风振阻尼力衰减率，见式 (G.1) 的规定。

3.1.2 间隙式桥梁粘滞阻尼器

间隙式桥梁粘滞阻尼器是指活塞和缸筒内壁留有间隙,结构示意图见图3.1.2。

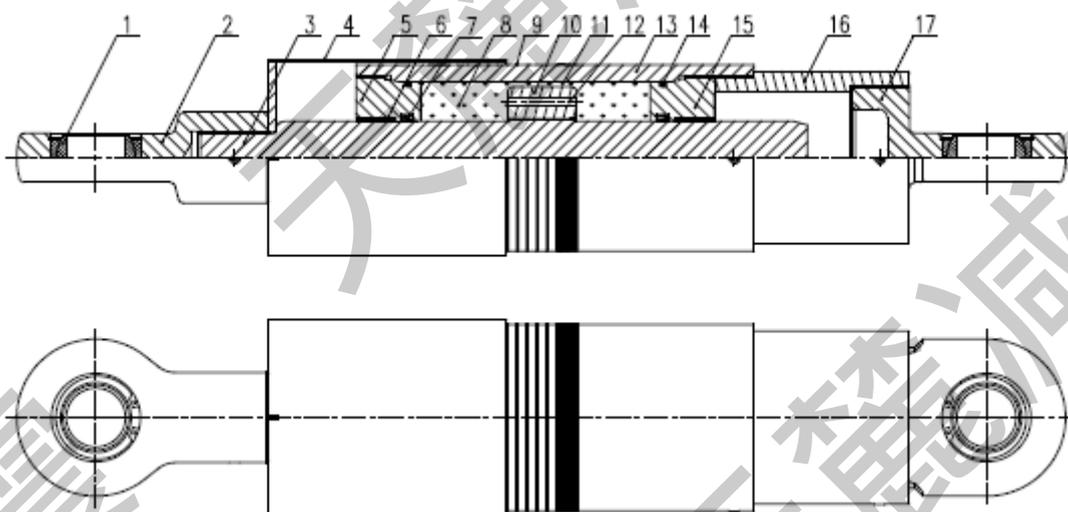


说明: 1-关节轴承; 2-前销头; 3-活塞杆; 4-不锈钢壳体; 5-左端衬套; 6-复合轴承;
7-动密封件; 8-粘滞硅油; 9-刻度线; 10-活塞; 11-阻尼间隙; 12-油缸; 13-静密封件;
14-右端衬套; 15-连接管; 16-后销头;

图 3.1.2 间隙式桥梁粘滞阻尼器结构示意图

3.1.3 混合式桥梁粘滞阻尼器

混合式桥梁粘滞阻尼器是指活塞上既有小孔,且活塞与缸筒内壁又留有间隙的阻尼器,结构示意图见图3.1.3。



说明: 1-关节轴承; 2-前销头; 3-活塞杆; 4-不锈钢壳体; 5-左端衬套; 6-复合轴承;
7-动密封件; 8-粘滞硅油; 9-刻度线; 10-活塞; 11-阻尼间隙; 12-阻尼孔; 13-油缸;
14-静密封件; 15-右端衬套; 16-连接管; 17-后销头;

图 3.1.3 混合式桥梁粘滞阻尼器结构示意图

3.2 桥梁粘滞阻尼器阻尼结构要求

3.2.1 桥梁粘滞阻尼器是一种速度型液体粘滞阻尼器，基本公式为：

$$F = C \cdot V^\alpha \quad (3.2.1)$$

式中：F—设计阻尼力（kN）；

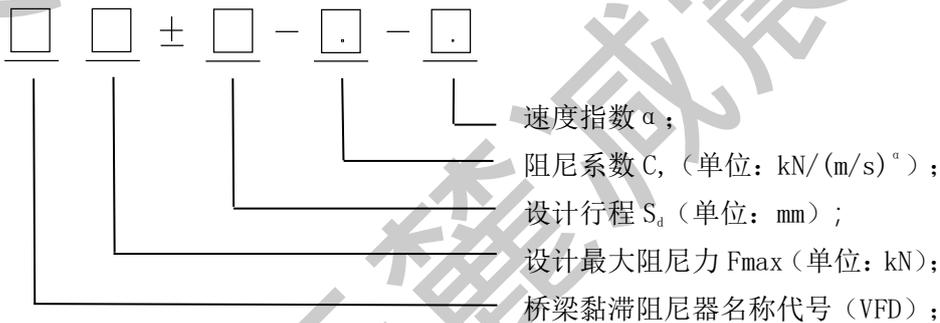
C—阻尼系数（ $\text{kN}/(\text{mm}/\text{s})^\alpha$ ）；

V—活塞运动速度（ mm/s ）；

α —速度指数，工程中常用的范围为 α 在 0.1~1.0 之间。

3.3 阻尼器型号

桥梁粘滞阻尼器型号表示方法如下：



示例：

设计最大阻尼力 1500kN，设计行程 $\pm 500\text{mm}$ ，阻尼系数 $2000\text{kN}/(\text{m}/\text{s})^{0.3}$ ，速度指数 0.3 的桥梁粘滞阻尼器，其型号表示为：VFD1500 ± 500 —2000—0.3。

注：本应用技术指南桥梁粘滞阻尼器型号表示方法借鉴了《桥梁用粘滞流体阻尼器》JT/T 926 中 4.3 条。

3.4 规格

3.4.1 桥梁粘滞阻尼器规格系列按设计最大阻尼力共分为 17 级（kN）：600，700，800，900，1000，1200，1350，1500，1650，1800，2000，2200，2500，2800，3000，3500，4000。

3.4.2 设计行程共分为 18 级（mm）： ± 100 ， ± 125 ， ± 150 ， ± 175 ， ± 200 ， ± 250 ， ± 300 ， ± 350 ， ± 400 ， ± 450 ， ± 500 ， ± 550 ， ± 600 ， ± 650 ， ± 700 ， ± 800 ， ± 900 ， ± 1000 。

实际行程(S_a)不应小于设计行程(S_d)。

3.4.3 速度指数共分为 7 级：0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0。

3.4.4 转角范围不应小于 $\pm 6^\circ$ 。

3.4.5 阻尼器的载荷系列和油缸缸径系列见下表：

表 3.4.5 桥梁粘滞阻尼器的载荷系列和油缸缸径

序号	额定载荷(kN)	油缸内径(mm)	活塞杆直径(mm)	工作压力(MPa)
1	200	100	50	34.0
2	330	125	50	32.0
3	550	160	60	31.8
4	850	200	90	33.9
5	1000	220	95	32.3
6	1200	220	95	38.8
7	1650	280	125	33.5
8	2200	320	140	33.8
9	2750	360	160	33.7
10	3050	380	170	33.6

4 设计要求

4.1 工作条件

- 4.1.1 桥梁粘滞阻尼器适用环境温度应为 $-25^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。应避免长时间阳光直射和雨水浸淋，周围应无强磁场源、强电场源和高温热源。
- 4.1.2 桥梁粘滞阻尼器应应用于桥梁结构中相对位移或相对速度较大的构件之间。
- 4.1.3 桥梁粘滞阻尼器安装位置应便于检查、维修及更换。
- 4.1.4 在设计阻尼力作用下，桥梁粘滞阻尼器应正常工作，其部件不应发生强度破坏。
- 4.1.5 桥梁粘滞阻尼器连接部件的作用力取值应为阻尼器在设计位移或设计速度下对应阻尼力的 1.2 倍。
- 4.1.6 桥梁粘滞阻尼器的设计工作频率范围宜不大于 2Hz。
- 4.1.7 桥梁粘滞阻尼器安装时对应的桥墩、垫石、桥梁、连接构件、预埋件等结构，应符合 GB 50017 和 GB 50010 中关于钢构件连接或钢与钢筋混凝土构件连接的构造措施要求。
- 4.1.8 桥梁粘滞阻尼器安装在高空时应具有防坠落等措施。
- 4.1.9 桥梁粘滞阻尼器与被控结构之间应采用螺栓连接或焊接连接，当采用焊接连接时，应符合 GB 50661 的相关规定。

4.2 外观

桥梁粘滞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，无漏油，无机械损伤，漆膜表面光滑，不应有漏喷、流痕、橘皮等现象。

4.3 材料

4.3.1 钢材

1 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。

2 缸体、活塞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。

3 前销头、壳体、连接管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 Q345B 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。

4 钢材应采用锻钢或轧钢，不应采用铸钢。优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、合金结构钢、不锈钢等原材料应分别符合 GB/T 699、GB/T 1591、GB/T 3077、GB/T 1220 的规定。

4.3.2 阻尼介质

阻尼介质宜选用无毒、不易燃、具有良好化学惰性的甲基硅油。二甲基硅油应无色透明，无可见机械杂质；理化性能应符合 HG/T 2366 中“一等品”的规定。

4.4 工艺性能

4.4.1 热处理

1 锻钢件应进行热处理，热处理后力学性能应符合 JB/T 6396 的规定。

2 轧钢件应进行热处理，热处理宜采用退火，退火后优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、合金结构钢、不锈钢的硬度应分别符合 GB/T 699、GB/T 1591、GB/T 3077 和 GB/T 1220 的规定。

4.4.2 机加工

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

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

3 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。

4 轴承应选用向心关节轴承，其外形尺寸、公差应符合 GB/T 9163 的规定。

5 缸体内表面、活塞杆表面粗糙度不应低于 Ra0.8 的要求；安装密封件的沟槽表面粗糙度不应低于 Ra1.6 的要求。

6 活塞杆、缸体、活塞、端盖的配合面和摩擦面目视不应有凹坑、划痕等缺陷。

4.4.3 探伤

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，磁粉探伤的质量分级应符合 JB/T 4730.4 中 I 级的规定，渗透探伤的质量分级应符合 JB/T 4730.5 中 I 级的规定。

2 缸体、连接管、活塞、前销头、壳体应进行超声探伤，超声探伤质量分级应符合 JB/T 4730.3 中 II 级的规定；活塞杆应进行超声探伤，超声探伤质量分级应符合 GB/T 4162 中 A 级的规定。

4.4.4 防腐

1 活塞杆表面镀铬、镀镍或铬镍共镀，基底材料为合金钢时，镀层总厚度不宜低于 70 μm ；基底材料为不锈钢时，镀层总厚度可低至 40 μm 。硬铬层的技术要求应符合 GB/T 11379 的规定。

2 桥梁粘滞阻尼器成品外露表面除活塞杆外均应进行防腐涂装，喷砂喷锌处理，锌层厚度不低于 120 μm 。涂层应符合 JT/T 722 中涂层配套体系编号为“S05”的要求。

4.4.5 装配

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。

2 已涂装金属部件在涂装未干透前，不应进行装配。

3 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。

4 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 阻尼介质在缸体内应填满。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。

6 装配完成后，轴承内外表面均用 SH/T 0692 中 L-RD-4-3 防锈油进行防腐。

4.5 力学性能

4.5.1 理论阻尼力

桥梁粘滞阻尼器理论阻尼力(F_{th})与运动速度(V)的关系按式(1)计算:

$$F_{th} = C|V|^{\alpha} \text{sign}(V) \quad (4.5.1)$$

4.5.2 耐压性能

桥梁粘滞阻尼器在 1.5 倍设计最大压强(P_{max})下, 静态持荷 120s, 不应出现泄漏、部件损坏等现象。

4.5.3 慢速性能

桥梁粘滞阻尼器在运动速度(V)不低于 $1 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 慢速运动时, 实际阻尼力(F_a)不应大于设计最大阻尼力(F_{max})的 10%。

4.5.4 速度相关性能

在设计最大运动速度(V_{max})的 0.1 倍~1.0 倍范围内, 实际阻尼力(F_a)相对于理论阻尼力(F_{th})的偏差不应超过 $\pm 15\%$ 。其中设计最大运动速度值(V_{max})按式(2)计算:

$$V_{max} = \left| \frac{F_{max}}{C} \right|^{\frac{1}{\alpha}} \quad (4.5.4)$$

4.5.5 频率相关性能

在设计最大运动速度(V_{max}), 频率为 0.5 倍~2.0 倍设计工作频率(f_d)范围内, 各实际阻尼力(F_a)之间的偏差不应超过 $\pm 15\%$ 。

4.5.6 温度相关性能

在 -25°C 和 60°C 时的实际阻尼力(F_a), 相对于 20°C 时实际阻尼力(F_a)的偏差不应超过 $\pm 15\%$ 。

4.5.7 地震作用性能

在模拟地震工况条件下, 实际阻尼力(F_a)相对于理论阻尼力(F_{th})的偏差不应超过 $\pm 15\%$ 。实际阻尼力(F_a)的衰减率(η_1)不应超过 15%。

4.5.8 风振荷载性能

在模拟风振工况条件下, 实际阻尼力(F_a)的衰减率(η_2)不应超过 15%。

4.5.9 疲劳与耐磨性能

加载次数不小于 200000 次且密封件与金属部件的摩擦滑动距离累积不小于 4000m 的条件下, 不应出现泄漏、部件损坏等现象。

5 桥梁粘滞阻尼器施工、验收和维护

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁粘滞阻尼器工程应作为主体结构分部工程的一个子分部工程进行施工和质量验收。

5.1.2 桥梁粘滞阻尼器工程的施工,宜根据本应用技术指南,结合主体结构的材料、体系、阻尼器及施工条件,编制施工组织设计,确定施工技术方案。

5.1.3 桥梁粘滞阻尼器子分部工程的施工作业,宜划分为二个阶段:阻尼器进场验收和阻尼器部件安装防护。阻尼器进场验收应提供下列资料:

- 1 阻尼器检验报告;
- 2 监理单位、建设单位对阻尼器检验的确认单。

5.1.4 桥梁粘滞阻尼器尺寸、变形、连接件位置及角度、螺栓孔位置及直径、高强度螺栓、焊接质量、表面防锈漆等应符合相关设计文件规定。

5.2 桥梁粘滞阻尼器进场验收

5.2.1 桥梁粘滞阻尼器的制作单元,宜根据制作、安装和运输条件及阻尼器的特点确定。

5.2.2 桥梁粘滞阻尼器进场验收时,应具有产品检验报告;阻尼器类型、规格、尺寸偏差和性能参数,应符合设计文件和现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 279 及《桥梁用粘滞流体阻尼器》JT/T 926 的规定。

5.2.3 桥梁粘滞阻尼器所用的钢材、焊接材料、紧固件和涂料,应具有质量合格证书,并应符合设计文件规定。

5.2.4 连接件等附属支承构件的制作单位应提供原材料、产品的质量合格证书。

5.3 桥梁粘滞阻尼器的施工安装顺序

5.3.1 桥梁粘滞阻尼器的施工安装顺序,应由设计单位、施工单位和阻尼器生产厂家共同商讨确定,并符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规

范》GB 50204 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

5.3.2 桥梁粘滞阻尼器的施工安装顺序制定,应符合下列规定:

- 1 划分结构的施工流水段。
- 2 确定结构的阻尼器及主体结构构件的总体施工顺序,并编制总体施工安装顺序表。
- 3 确定同一部位各阻尼器部件及主体结构构件的局部安装顺序,并编制安装顺序表。

5.3.3 对于桥梁项目,阻尼器和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法进行。

5.3.4 同一部位各阻尼器部件的局部安装顺序编制应符合下列规定:

- 1 确定同一部位各阻尼器部件的现场安装单元、安装连接顺序。
- 2 编制同一部位各阻尼器部件的局部安装连接顺序,包括阻尼器、桥墩、垫石、桥梁、连接构件、预埋件的类型、规格和数量。

5.4 施工测量和桥梁粘滞阻尼器的安装、校正

5.4.1 桥梁粘滞阻尼器平面与标高的测量定位、施工测量放样和安装测量定位应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 和《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 的要求。

5.4.2 桥梁粘滞阻尼器安装前,准备工作应包括下列内容:

- 1 桥梁粘滞阻尼器的定位点、标高点等应进行复查。
- 2 桥梁粘滞阻尼器的运输进场、存储及保管应符合制作单位提供的施工操作说明书和国家现行有关标准的规定。
- 3 按照阻尼器制作单位提供的施工操作说明书的要求,应核查安装方法和步骤。
- 4 对桥梁粘滞阻尼器的制作质量应进行全面复查。

5.4.3 桥梁粘滞阻尼器安装的吊装就位、测量校正应符合设计文件的要求。

5.5 桥梁粘滞阻尼器安装的焊接和紧固件连接

5.5.1 桥梁粘滞阻尼器安装接头节点的焊接、螺栓连接,应符合设计文件和

国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661 及《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

5.5.2 桥梁粘滞阻尼器采用铰接连接时,阻尼器与销栓或球铰等铰接件之间的间隙应符合设计文件要求,当设计文件无要求时,间隙不应大于 0.3mm。

5.5.3 桥梁粘滞阻尼器安装连接完成后,应符合下列规定:

- 1 阻尼器没有形状异常及损害功能的外伤。
- 2 阻尼器的粘滞材料未泄漏,未出现涂层脱落和生锈。
- 3 阻尼器部件安装时的临时固定件应予撤除。

5.6 施工安全和施工质量验收

5.6.1 桥梁粘滞阻尼器的施工应符合国家现行标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ80 和《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的有关规定,并根据桥梁粘滞阻尼器的施工安装特点,在施工组织设计中制定施工安全措施。

5.6.2 桥梁粘滞阻尼器子分部工程有关安全及功能的见证取样检测项目和检验项目可按表 5.6.2 的规定执行。

表 5.6.2 桥梁粘滞阻尼器子分部工程有关安全及功能的
见证取样检测项目和检验项目

项次	项目	抽检数量及检验方法	合格质量标准
1	见证取样送样检测项目:(1)消能部件钢材复验;(2)高强度螺栓预拉力和扭矩系数复验	《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定	《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定
2	焊缝质量:(1)焊缝尺寸;(2)内部缺陷;(3)外观缺陷	一、二级焊缝按焊缝处数随机抽检 3%,且不应少于 3 处;检验采用超声波或射线探伤及量规、观察	《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定
3	高强度螺栓施工质量:(1)终拧扭矩;(2)梅花头检查	按节点数随机抽检 3%,且不应少于 3 个节点;检验方法应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定	《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定
4	桥梁粘滞阻尼器平面外垂直度	随机抽查 3 个部位的桥梁粘滞阻尼器	符合设计文件及《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定

5.6.3 桥梁粘滞阻尼器子分部工程观感质量检查项目可按表 5.6.3 的规定执行。

表 5.6.3 桥梁粘滞阻尼器子分部工程观感质量检查项目

项次	项目	抽检方法、数量	合格质量标准
1	阻尼器的普通涂层表面	随机抽查 3 个部位的桥梁粘滞阻尼器	均匀、无气泡、无皱纹
2	连接节点	随机抽查 10%	连接牢固, 无明显外观缺陷
3	工作范围内的障碍物	随机抽查 10%	在工作范围内无障碍物

5.7 桥梁粘滞阻尼器的维护

5.7.1 桥梁粘滞阻尼器的检查根据检查时间或时机可分为定期检查和应急检查,根据检查方法可分为目测检查和抽样检验。

5.7.2 桥梁粘滞阻尼器会根据使用期间的具体情况、阻尼器设计使用年限和设计文件要求等进行定期检查。粘滞消能器在正常使用情况下一般 10 年或二次装修时应进行目测检查,在达到设计使用年限时应进行抽样检验。桥梁粘滞阻尼器在遭遇地震、强风、火灾等灾害后应进行抽样检验。

5.7.3 阻尼器目测检查时,应观察阻尼器及连接构件等的外观、变形及其他问题。目测检查内容及维护方法应符合表 5.7.3 的规定。

表 5.7.3 桥梁粘滞阻尼器检查内容及维护方法

序号	检查内容	维护方法
1	桥梁粘滞阻尼器的导杆上漏油,粘滞阻尼材料泄漏	更换阻尼器
2	桥梁粘滞阻尼器连接部位的螺栓出现松动,或焊缝有损伤	拧紧、补焊
3	桥梁粘滞阻尼器的导杆外露界面出现腐蚀、表面污垢硬化结斑结块	及时清除
4	桥梁粘滞阻尼器被涂装的金属表面外露、锈蚀或损伤,防腐或油漆涂装层出现裂纹、起皮、剥落、老化等	重新涂装
5	桥梁粘滞阻尼器产生弯曲、局部变形	更换阻尼器
6	桥梁粘滞阻尼器周围存在可能限制阻尼器正常工作的障碍物	及时清除

5.7.4 桥梁粘滞阻尼器抽样检验时,应在结构中抽取在役的典型阻尼器,对其基本性能进行原位测试或实验室测试,测试内容应能反映阻尼器在使用期间可能发生的性能参数变化,并能推定可否达到预定的使用年限。

本指南用词说明

1 为便于在执行本指南时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应该按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”

引用标准名录

- GB/T 191 《包装储运图示标志》
- GB/T 197 《普通螺纹公差》
- GB/T 223 《钢铁及合金含量的测定》
- GB/T 226 《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》
- GB/T 231.1 《金属材料布氏硬度试验第 1 部分：试验方法》
- GB/T 228.1 《金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法》
- GB/T 699 《优质碳素结构钢》
- GB/T 1184 《形状和位置公差未注公差值》
- GB/T 1220 《不锈钢棒》
- GB/T 1591 《低合金高强度结构钢》
- GB/T 1800.1 《产品几何技术规范（GPS）线形尺寸公差 ISGB/O 代号体系
第 1 部分：公差、偏差和配合的基础》
- GB/T 1804 《一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差》
- GB/T 1814 《钢材断口检验法》
- GB/T 3077 《合金结构钢》
- GB/T 4162 《锻轧钢棒超声检测方法》
- GB/T 7314 《金属材料室温压缩试验方法》
- GB/T 9163 《关节轴承向心关节轴承》
- GB/T 11379 《金属覆盖层工程用铬电镀层》
- GB/T 12332 《金属覆盖层工程用镍电镀层》
- HG/T 2366 《二甲基硅油》
- NB/T 47013.3 《承压设备无损检测第 3 部分：超声检测》
- NB/T 47013.3 《承压设备无损检测第 4 部分：磁粉检测》
- NB/T 47013.3 《承压设备无损检测第 5 部分：渗透检测》
- JB/T 6396 《大型合金结构钢锻件技术条件》
- JT/T 722 《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》
- SH/T 0692 《防锈油》
- JG/T 209 《建筑消能阻尼器》

JT/T 926 《桥梁用桥梁粘滞阻尼器》
EN 15129 《隔震装置》
GB 50661 《钢结构焊接规范》
GB 50205 《钢结构工程施工质量验收标准》
JGJ 82 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》
GB 50111 《铁路工程抗震设计规范》
CJJ 99 《城市桥梁养护技术标准》
CJJ 166 《城市桥梁抗震设计规范》
JTG B02 《公路工程抗震规范》
JTG 5120 《公路桥涵养护规范》
JTG/T 2231-01 《公路桥梁抗震设计规范》

陕西省工程建设标准

桥梁粘滞阻尼器应用技术指南

Technical guideline for fluid viscous damper of bridge

（征求意见稿）

条文说明

目次

1 范围	22
2 术语、定义及符号	23
3 结构形式、规格	24
3.1 结构形式	24
3.2 规格	24
4 设计要求	26
4.1 工作条件	26
4.2 外观	26
4.3 材料	26
4.4 工艺性能	27
4.4.1 热处理	27
4.4.2 机加工	27
4.4.3 探伤	27
4.4.4 防腐	27
4.4.5 装配	27
4.5 力学性能	28
5 桥梁粘滞阻尼器施工、验收和维护	29
5.1 一般规定	29
5.2 桥梁粘滞阻尼器进场验收	29
5.3 桥梁粘滞阻尼器的施工安装顺序	29
5.4 施工测量和桥梁粘滞阻尼器的安装、校正	30
5.5 桥梁粘滞阻尼器安装的焊接和紧固件连接	30
5.6 施工安全和施工质量验收	31

5.7 桥梁粘滞阻尼器的维护 31

1 范 围

1.0.1 本标准规定了桥梁粘滞阻尼器的结构形式、规格、设计要求、设计试验方法、施工、验收、维护的要求。

1.0.2 本标准规定的桥梁粘滞阻尼器适用于公路、市政和铁路桥梁的减隔震设计。桥梁粘滞阻尼器的设计与应用除应符合本标准的要求外，尚应符合现行国家、行业其他有关标准、规范的要求。

2 术语、定义及符号

本章仅将本应用技术指南中出现的、人们比较生疏的术语列出。术语的解释，其中部分是国际公认的定义，但大部分是概括性的涵义，并非国家或者国家公认的定义。术语的英文名称不是标准化名称，仅供引用时参考。

3 结构形式、规格

3.1 结构形式

桥梁粘滞阻尼器采用双出杆结构,由于双出杆油缸活塞两边的推杆直径相同,在运动过程中活塞两边的容积改变相等,在构造上比较简单,不仅增加了双向运动阻尼器的对称性,而且提高了其结构的稳定性及可靠性,还使得加工使用及维修更方便。

桥梁粘滞阻尼器的基本形式确定为双出杆阻尼器后,还必须确定活塞上耗能构件的形式。根据活塞上的构造不同,桥梁粘滞阻尼器可分为孔隙式、间隙式和混合式阻尼器三种。

阻尼器活塞上耗能构件的形式之所以分三种形式,是因为粘滞阻尼活塞结构与速度指数 α 的关系非常密切,初步总结如下:

(1) 当桥梁粘滞阻尼器要求为线性即 $\alpha=1$ 时,通常采用阻尼孔,活塞采用密封无间隙,通过调节孔的大小和长度来调节阻尼系数。硅油黏度较低,通常采用 350~10000 里斯。

(2) 采用孔+间隙结构,用铜钉为导向,通过调整间隙尺寸,硅油黏度采用 5 万到 10 万。通过调整孔的几何尺寸和间隙来调整阻尼系数与速度指数。

因此,通过实践加以理论分析可知,选用不同黏度的硅油,配合不同尺寸的孔隙结构和间隙结构,完全可以实现不同的阻尼系数 C 和不同速度指数 α 的桥梁粘滞阻尼器。

这三种耗能构件形式在不同参数 (C —阻尼系数和 α —速度指数) 的桥梁粘滞阻尼器中均有运用,且均能形成饱满的滞回曲线,因此应根据阻尼器的参数不同合理使用。具体每个不同阻尼系数 C 和速度指数 α 的阻尼器,耗能构件形式和活塞的结构尺寸应根据流体力学的计算和样机试验的结果来确定。

3.2 规格

3.2.1 桥梁粘滞阻尼器常用规格按照最大阻尼力共分为 17 级,按照设计行程共分为 18 级,且实际行程(S_a)不应小于设计行程(S_d),速度指数分为 7 级。

3.2.2 桥梁粘滞阻尼器规格选取

阻尼器载荷、行程可以根据不同桥梁抗震分析结果，由设计师自行确定，以满足桥梁抗震要求为准。

4 设计要求

4.1 工作条件

4.1.1 桥梁粘滞阻尼器适用环境温度应为 $-25^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。应避免长时间阳光直射和雨水浸淋，周围应无强磁场源、强电场源和高温热源。

4.1.2 桥梁粘滞阻尼器应应用于桥梁结构中相对位移或相对速度较大的构件之间。

4.1.3 桥梁粘滞阻尼器安装位置应便于检查、维修及更换。

4.1.4 在设计阻尼力作用下，桥梁粘滞阻尼器应正常工作，其部件不应发生强度破坏。

4.1.5 桥梁粘滞阻尼器连接部件的作用力取值应为阻尼器在设计位移或设计速度下对应阻尼力的 1.2 倍。

4.1.6 桥梁粘滞阻尼器的设计工作频率范围宜不大于 2Hz。

4.1.7 桥梁粘滞阻尼器安装时对应的桥墩、垫石、桥梁、连接构件、预埋件等结构，应符合 GB 50017 和 GB 50010 中关于钢构件连接或钢与钢筋混凝土构件连接的构造措施要求。

4.1.8 桥梁粘滞阻尼器安装在高空时应具有防坠落等措施。

4.1.9 桥梁粘滞阻尼器与被控结构之间应采用螺栓连接或焊接连接，当采用焊接连接时，应符合 GB 50661 的相关规定。

4.2 外观

桥梁粘滞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，无漏油，无机械损伤，漆膜表面光滑，不应有漏喷、流痕、橘皮等现象。

4.3 材料

4.3.1 桥梁粘滞阻尼器的金属材料除应本标准的规定外，还应符合相应标准的要求；

4.3.2 阻尼介质宜选用无毒、不易燃、具有良好化学惰性的甲基硅油。二甲

基硅油应无色透明，无可见机械杂质；理化性能应符合 HG/T 2366 中“一等品”的规定。

4.4 工艺性能

4.4.1 热处理

4.3.1 锻钢件应进行热处理，热处理后力学性能应符合 JB/T 6396 的规定。

4.3.2 轧钢件应进行热处理，热处理宜采用退火，退火后优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、合金结构钢、不锈钢的硬度应分别符合 GB/T 699、GB/T 1591、GB/T 3077 和 GB/T 1220 的规定。

4.4.2 机加工

1 零部件尺寸公差、形位公差、螺纹精度等级、表面粗糙度除应符合本标准规定外，还应符合相应标准的要求。

2 轴承应选用向心关节轴承，其外形尺寸、公差应符合 GB/T 9163 的规定。

3 活塞杆、缸体、活塞、端盖的配合面和摩擦面目视不应有凹坑、划痕等缺陷。

4.4.3 探伤

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，磁粉探伤的质量分级应符合 JB/T 4730.4 中 I 级的规定，渗透探伤的质量分级应符合 JB/T 4730.5 中 I 级的规定。

2 缸体、连接管、活塞、前销头应进行超声探伤，活塞杆应进行超声探伤，超声探伤质量分级应符合本标准规定及相应标准的要求。

4.4.4 防腐

1 活塞杆表面处理除应符合本标准的规定还应符合相应标准的要求。

2 桥梁粘滞阻尼器除活塞杆外的成品外露表面均应进行防腐涂装，涂层体系和涂层厚度除应满足本标准的规定。还应符合标准规范的需求。

4.4.5 装配

- 1 所有待装的金属部件,都应经检验合格;外购部件应有厂家提供的合格证明;
- 2 已涂装金属部件在涂装未干透前,不应进行装配。
- 3 金属部件装配前,配合面和摩擦面不应有锈蚀、凹坑和影响使用性能及寿命
- 4 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 阻尼介质在缸体内应充满。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。
- 6 装配完成后,轴承内外表面均按照本标准规定涂防锈油进行防腐。

4.5 力学性能

桥梁粘滞阻尼器应按照技术要求和本标准的规定进行理论阻尼力、耐压性能、慢速性能、速度相关性能、频率相关性能、温度相关性能、地震作用性能、风振荷载性能、疲劳与耐磨性能的检测。

5 桥梁粘滞阻尼器施工、验收和维护

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁粘滞阻尼器工程应作为主体结构分部工程的一个子分部工程进行施工和质量验收。

5.1.2 桥梁粘滞阻尼器工程的施工,宜根据本应用技术指南,结合主体结构的材料、体系、阻尼器及施工条件,编制施工组织设计,确定施工技术方案。

5.1.3 桥梁粘滞阻尼器子分部工程的施工作业,宜划分为二个阶段:阻尼器进场验收和阻尼器部件安装防护。阻尼器进场验收应提供下列资料:

- 1 阻尼器检验报告;
- 2 监理单位、建设单位对阻尼器检验的确认单。

5.1.4 桥梁粘滞阻尼器尺寸、变形、连接件位置及角度、螺栓孔位置及直径、高强度螺栓、焊接质量、表面防锈漆等应符合相关设计文件规定。

5.2 桥梁粘滞阻尼器进场验收

5.2.1 桥梁粘滞阻尼器的制作单元,宜根据制作、安装和运输条件及阻尼器的特点确定。

5.2.2 桥梁粘滞阻尼器制造是一项专门技术,其采用的材料除钢材、焊接材料和紧固件外,还有硅油及其他粘滞材料,为此,产品在进场时各类材料应具有质量合格证。进场时还应提供制作偏差等,这些材料的品种、规格和性能指标应符合设计文件和现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 279 及《桥梁用粘滞流体阻尼器》JT/T 926 的规定。

5.2.3 桥梁粘滞阻尼器所用的钢材、焊接材料、紧固件和涂料,应具有质量合格证书,并应符合设计文件规定。

5.2.4 连接件等附属支承构件的制作单位应提供原材料、产品的质量合格证书。

5.3 桥梁粘滞阻尼器的施工安装顺序

5.3.1 该条既考虑了已有不同类型及构造特点的阻尼器安装施工,也有利于

新型阻尼器及相关部件的研制、开发和推广应用。桥梁粘滞阻尼器施工安装前,应确定结构的各类普通构件和阻尼器的总体及局部施工安装顺序,这对施工安装质量有重要影响,应遵循本条规定的要求,以确保施工安装质量。

5.3.2 桥梁粘滞阻尼器的施工安装顺序制定,应符合下列规定:

- 1 划分结构的施工流水段。
- 2 确定结构的阻尼器部件及主体结构构件的总体施工顺序,并编制总体施工安装顺序表。
- 3 确定同一部位各阻尼器部件及主体结构构件的局部安装顺序,并编制安装顺序表。

5.3.3 对于桥梁项目,阻尼器和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法进行。

5.3.4 同一部位各阻尼器部件的局部安装顺序编制应符合下列规定:

- 1 确定同一部位各阻尼器部件的现场安装单元、安装连接顺序。
- 2 编制同一部位各阻尼器部件的局部安装连接顺序,包括阻尼器、桥墩、垫石、桥梁、连接构件、预埋件的类型、规格和数量。

5.4 施工测量和桥梁粘滞阻尼器的安装、校正

5.4.1 桥梁粘滞阻尼器平面与标高的测量定位、施工测量放样和安装测量定位应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 和《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 的要求。

5.4.2 桥梁粘滞阻尼器安装前,准备工作应包括下列内容:

- 1 桥梁粘滞阻尼器的定位点、标高点等应进行复查。
- 2 桥梁粘滞阻尼器的运输进场、存储及保管应符合制作单位提供的施工操作说明书和国家现行有关标准的规定。
- 3 按照阻尼器制作单位提供的施工操作说明书的要求,应核查安装方法和步骤。
- 4 对桥梁粘滞阻尼器的制作质量应进行全面复查。

5.4.3 桥梁粘滞阻尼器安装的吊装就位、测量校正应符合设计文件的要求。

5.5 桥梁粘滞阻尼器安装的焊接和紧固件连接

5.5.2 桥梁粘滞阻尼器采用铰接连接时,连接间隙会影响桥梁粘滞阻尼器性能的发 挥,为了减小其对结构减震性能的影响,对采用铰接连接时,桥梁粘滞阻尼器与销栓或球铰等铰接件之间的间隙应做出相应的规定。

5.5.3 桥梁粘滞阻尼器安装连接完成后,应符合下列规定:

- 1 阻尼器没有形状异常及损害功能的外伤。
- 2 阻尼器的粘滞材料未泄漏,未出现涂层脱落和生锈。
- 3 阻尼器部件安装时的临时固定件应予撤除。

5.6 施工安全和施工质量验收

5.6.1 桥梁粘滞阻尼器的施工是土建、安装等多工种、多单位的交叉混合施工,应严格遵守国家、行业、企业有关施工安全的技术标准和规定,并根据桥梁粘滞阻尼器的施工安装特点,在编制施工组织设计文件时应制定安全施工、消防和环保等措施。

5.6.2、5.6.3 在桥梁粘滞阻尼器子分部工程的质量验收中,为便于该子分部工程有关安全及使用功能的见证取样检测和检验的可操作性,本条根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205,结合桥梁粘滞阻尼器子分部工程的施工安装特点,规定了具体检测项目。

5.7 桥梁粘滞阻尼器的维护

5.7.1 定期检查是由相关管理部门对桥梁粘滞阻尼器本身及其与桥梁连接的状况进行的正常检查,其目的是力求尽早发现可能的异常以避免桥梁粘滞阻尼器部件不能正常使用。

应急检查是指在发生强震、强风、火灾等灾害后立即实施的检查,目的是检查确认上述灾害对桥梁粘滞阻尼器性能有无影响。

其中,抽样检查是桥梁粘滞阻尼器的检查方法之一。所谓抽样检查,是指在定期检查或应急检查中,在结构中抽取在役的典型阻尼器,对其基本性能进行原位测试或实验室测试,目的是反映阻尼器在使用过程中可能发生的性能参数变化,并推定阻尼器能否达到设计使用年限等。

5.7.2~5.7.4 桥梁粘滞阻尼器正常维护中,定期目测检查的周期主要根据桥梁粘滞阻尼器中关键部件—阻尼器的设计使用年限,并参照现有一般结构构件的维护实践经验确定。一般结构构件实际检查周期大致为 10~15 年,约为结构设计使用年限的 $1/5\sim 1/3$ 。在正常使用与正常维护下,定期检查的周期以阻尼器的设计使用年限为基础取其 $1/5\sim 1/3$,即约为 10 年,应该属于一个较正常的时间间隔。粘滞阻尼器在正常使用情况下一般 10 年或二次装修时应进行目测检查,在达到设计使用年限时应进行抽样检查。

桥梁粘滞阻尼器的应急检查,包括应急目测检查和应急抽样检测,与主体结构的应急检查要求是一致的,即在地震及其他外部扰动发生后(如地震、强风、火灾等灾害后),同样应对桥梁粘滞阻尼器实施应急检查。通过应急检查,确认阻尼器是否超过极限能力或是否受到超过预估的损伤,以判断是否需要修理或更换。另外,即使阻尼器经检查未遭受到损伤,也要检查其连接件是否受到的影响。虽然桥梁粘滞阻尼器一般是根据其设计使用年限内的积地震损伤要求来设计制造的,但由于国内外消能减震工程应用实践的时间短,几乎没有大震下的实测性能数据及震害破坏经验,因而进行应急检查是必要的。