

DB42

湖北省地方标准

DB42/T 1744—2021

桥梁阻尼器应用指南

Application guidelines for dampers of bridges

2021 - 08 - 30 发布

2021 - 11 - 01 实施

湖北省市场监督管理局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

5 调谐式阻尼器 3

6 黏滞流体阻尼器 4

7 斜拉索外置式阻尼器 5

前 言

本文件按照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。

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专利的责任。

本文件由中铁大桥科学研究院有限公司提出。

本文件由湖北省交通运输厅归口。

本文件起草单位：中铁大桥科学研究院有限公司、中铁大桥局集团有限公司、桥梁结构健康与安全国家重点实验室、湖北省标准化与质量研究院。

本文件主要起草人：汪正兴、李东超、钟继卫、刘鹏飞、王波、盛能军、尹琪、吕江、马长飞、吴肖波、蔡欣、周琰、张耿、赵海威、张汉卫、李荣庆、齐舒、韩阳昱、莫颜君、柳宏、邵璇。

本文件实施过程应用中的疑问，可咨询湖北省交通运输厅，联系电话：027-83460362，邮箱：hbzjjglc@163.com；对本文件的有关修改意见和建议请反馈至中铁大桥科学研究院有限公司，联系电话：027-83556197，邮箱：qky6197@163.com，地址：湖北省武汉市硚口区建设大道103号，邮编430034

本文件为首次发布。

桥梁阻尼器应用指南

1 范围

本文件规定了桥梁工程中常用阻尼器的应用范围、技术要求、试验方法、检验规则等。
本文件适用于桥梁结构的风致振动、地震动及人致振动的控制。

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 50010 混凝土结构设计规范
GB 50017 钢结构设计标准
GB 50661 钢结构焊接规范
JG/T 209 建筑消能阻尼器
JGJ/T 487 建筑结构风振控制技术标准
JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
JT/T 926 桥梁用黏滞流体阻尼器
JTG/T 3360-01 公路桥梁抗风设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

桥梁阻尼器 bridge damper

桥梁阻尼器是一种安装在桥梁工程中用于吸收与耗散结构振动（主要包括风、地震动、列车、车辆、行人等引起的结构振动）能量的消能装置。

3.2

调谐式阻尼器 tuned damper

一般支撑或悬挂在结构上，当被控结构在外激励作用下产生振动时，带动阻尼器振动，阻尼器产生的惯性力反作用到被控结构上，调谐此惯性力，以控制结构的振动响应。本应用指南规定的调谐式阻尼器针对调谐质量阻尼器和调谐液体质量阻尼器。

3.3

调谐质量阻尼器 TMD tuned mass damper

由线性弹簧、阻尼装置、活动质量块及支撑架等部件组成的振动系统。

3.4

调谐液体质量阻尼器 TLMD tuned liquid mass damper

调谐液体质量阻尼器（TLMD）由线性弹簧、阻尼装置、活动质量块、阻尼液及壳体等部件组成，阻尼液为振动系统提供稳定的阻尼及附加质量。

3.5

调谐式阻尼器质量比 mass ratio of tuned damper

调谐式阻尼器中活动质量与被控结构受控模态的质量比值

3.6

黏滞流体阻尼器 FVD fluid viscous damper

以二甲基硅油为阻尼介质，用于吸收、耗散外部输入能量的装置，属于速度相关的被动型阻尼器。可应用于桥梁结构的抗震，也可作为斜拉索外置式阻尼器控制拉索振动。用于斜拉索振动控制时常被称为黏滞阻尼器。

3.7

斜拉索外置式阻尼器 external damper of stay cable

斜拉索外置式阻尼器是安装在斜拉桥的斜拉索上，由索夹、支座、阻尼器等组成，用于减小斜拉索风致振动的控制措施。

3.8

杠杆质量阻尼器 LMD lever mass damper

由连接杆、质量块、阻尼装置构成，通过连接杆将被控结构的振动放大并传递至质量块，由质量块带动安装于主梁处的阻尼装置耗散斜拉索振动能量。

3.9

粘弹性阻尼器 VED viscoelastic damper

利用粘弹性材料的剪切变形耗散振动能量的阻尼装置。

3.10

粘性剪切型阻尼器 VSD viscous shear damper

利用高粘度流体的粘滞力来耗散振动能量的阻尼装置。

3.11

磁流变阻尼器 magnetorheological damper

以磁流变液作为阻尼介质的阻尼装置。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 桥梁阻尼器为桥梁工程中常用的各类阻尼器，可分为调谐质量阻尼器、调谐液体质量阻尼器、黏滞流体阻尼器、粘弹性阻尼器、粘性剪切型阻尼器、磁流变液阻尼器、杠杆质量阻尼器等。

4.1.2 桥梁用阻尼器应按照下列规定选用。

- a) 黏滞流体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。
- b) 粘弹性阻尼器、粘性剪切型阻尼器应应用于桥梁结构中温度变化范围较小的结构振动控制。
- c) 调谐式阻尼器应应用于阻尼比较小的被控结构。

4.1.3 阻尼器布置，应根据被控结构振动特征和所采用的振动控制技术特点确定，应沿结构轴线对称布置，平面布置不应使结构产生扭转。

4.1.4 阻尼器安装位置应便于检查、维修及更换。

4.1.5 桥梁阻尼器应符合下列规定。

- a) 在设计荷载作用下，阻尼器应正常工作，其部件不应发生强度破坏。
- b) 在被控结构服役期内，阻尼器不应发生疲劳破坏。当阻尼器不能满足疲劳强度要求时，应能更换。
- c) 阻尼器不应承受被控结构的自重。
- d) 在设计荷载作用下，阻尼器不应与被控结构发生碰撞，并应采用防碰撞措施。

4.1.6 阻尼器提供的控制力、位移和速度允许值应大于相应设计值的 1.2 倍。

- 4.1.7 安装阻尼器而设置的支撑、垫石、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 阻尼器与被控结构之间的直接连接部件在阻尼器控制力允许值作用下应处于弹性状态。
- 4.1.9 安装在高处的阻尼器应具有防坠落措施。
- 4.1.10 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。
- 4.1.11 阻尼器表面应进行防腐涂装处理，且应符合 JT/T 722 的相关规定。

4.2 阻尼器检验

- 4.2.1 调谐式阻尼器检验应符合本文件 5.2 的规定。
- 4.2.2 黏滞流体阻尼器的检验应符合本文件 6.2 的规定。
- 4.2.3 斜拉索外置式阻尼器的检验应符合本文件 7.2 的规定。
- 4.2.4 当被控结构遭遇大于设计荷载后，应对阻尼器及其连接部件进行检查，发现阻尼器部件损坏或阻尼器工作异常时，应进行维修、加固或更换。

4.3 阻尼器安装

- 4.3.1 调谐式阻尼器的安装应符合本文件 5.3 的规定。
- 4.3.2 黏滞流体阻尼器的安装应符合本文件 6.3 的规定。
- 4.3.3 斜拉索外置式阻尼器的检验应符合本文件 7.3 的规定。

4.4 阻尼器养护

提供产品日常检查、维修使用说明书，说明书中提供如下信息。

- a) 日常检查的项目、检查周期和检查方法，包括避免产品损坏的注意事项。
- b) 拆卸或更换产品的说明，包括需要的工器具或额外机械设备。

4.5 阻尼器更换

- 4.5.1 阻尼器应保证正常使用阶段的全程可更换。
- 4.5.2 阻尼器更换包括部件更换和整体更换，阻尼器更换前应对阻尼器状况进行全面评估。阻尼器使用期间，当出现以下情况时，应更换阻尼器。
 - a) 当不可抗力造成阻尼器系统失效，不能通过修补保证阻尼器的减振效果。
 - b) 阻尼器服务年限已达到或接近设计年限，经检测，继续使用难以保证减振效果。

5 调谐式阻尼器

5.1 一般规定

- 5.1.1 桥梁主梁进行风振控制或人致振动控制、拱桥吊杆和拱上立柱用于风振控制时应采用调谐式阻尼器。
- 5.1.2 当被控结构的受控频率低于 0.3 Hz 时，应采用调谐液体质量阻尼器进行减振。
- 5.1.3 阻尼器设计前应对主结构进行自振特性分析、风致振动或人群荷载振动分析，根据被控结构的振动特性，指导阻尼器的设计。
- 5.1.4 调谐式阻尼器质量比不应低于 0.005。
- 5.1.5 调谐式阻尼器控制主梁涡激振动时，主梁的涡激振动响应应符合 JTG/T 3360-01 中的要求。
- 5.1.6 调谐式阻尼器应布置在结构受控振型的位移峰值处，且在布置断面内应均匀布置，避免产生应

力集中。

- 5.1.7 当采用多台调谐式阻尼器进行减振时，为提高控制效果的鲁棒性，阻尼器频率应均匀分布。
- 5.1.8 振动控制设计中，可仅考虑作用在被动结构上的动力荷载，不考虑作用在调谐式阻尼器上的动力荷载。
- 5.1.9 直接承受调谐式阻尼器作用的连接构件应进行阻尼器提供控制力下的强度验算。
- 5.1.10 直接承受调谐式阻尼器作用的连接构件应进行阻尼器提供控制力下的变形验算，其变形量应满足被控结构正常使用和调谐式阻尼器正常工作的要求。

5.2 检验

- 5.2.1 调谐式阻尼器安装前，应按本节相关规定进行检验，检验合格后方可使用。
- 5.2.2 调谐式阻尼器的频率和阻尼比应按照下列规定进行检验，抽样检验合格率应为 100%：
 - a) 抽样检验数量不应少于阻尼器数量的 20%，且不应少于 2 个；当只有 1 个时，取 1 个；
 - b) 调谐式阻尼器的实测频率与设计值的相对误差应小于 3%；
 - c) 调谐式阻尼器的实测阻尼比与设计值的相对误差应小于 10%；
 - d) 调谐式阻尼器的惯性质量应采用行程限位等安全保护措施，并应通过非破坏性试验验证上述安全保护措施的有效性和可靠性。

5.3 连接与安装

- 5.3.1 在阻尼器控制力设计值作用下，与调谐式阻尼器连接的结构应处于弹性状态。
- 5.3.2 调谐式阻尼器的安装应符合下列规定。
 - a) 采用导向的调谐式阻尼器，安装后导向结构的直线度和平行度应满足阻尼器正常工作要求。
 - b) 调谐式阻尼器安装部位应采用结构构造加强措施，并应进行强度和变形验算。在阻尼器控制力设计值作用下，连接结构构件应保证调谐式阻尼器正常工作。
 - c) 调谐式阻尼器周围应预留阻尼器正常工作、调试及检修的空间。
 - d) 调谐式质量阻尼器各部件应进行防腐处理，保证其正常使用寿命。

6 黏滞流体阻尼器

6.1 一般规定

- 6.1.1 黏滞流体阻尼器布置在斜拉桥、悬索桥主塔与主梁连接处，应对称成对布置，控制桥梁纵向地震动。
- 6.1.2 黏滞流体阻尼器适用环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，速度工作范围一般为 $0.01\text{ m/s} \sim 1.5\text{ m/s}$ 。
- 6.1.3 不同速度工况下，黏滞流体阻尼器出力应在设计阻尼力的 $\pm 15\%$ 之内。
- 6.1.4 在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时黏滞流体阻尼器出力，相对于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时出力偏差不应超过 $\pm 15\%$ 。
- 6.1.5 黏滞流体阻尼器的最大压强不应小于设计内压的 1.5 倍。
- 6.1.6 黏滞流体阻尼器的极限位移不应小于设计位移。
- 6.1.7 黏滞流体阻尼器的极限速度不应小于设计速度。
- 6.1.8 安装黏滞流体阻尼器后，在设计地震动作用下，桥梁结构关键截面应保持在弹性范围之内。
- 6.1.9 黏滞流体阻尼器在温度作用下出力不应大于设计阻尼力的 10%，不应给结构提供过大的附加外力。
- 6.1.10 黏滞流体阻尼器的表面应光洁，无凹坑或划痕，无机械损伤。
- 6.1.11 黏滞流体阻尼器的阻尼介质应选用无毒、不易燃、具有良好化学惰性的二甲基硅油。
- 6.1.12 在刹车制动作用下应对黏滞阻尼器与被控结构的连接构件进行强度及变形校核，其强度及变

形应符合 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。

6.1.13 黏滞流体阻尼器安装时浇筑垫石混凝土标号不得低于 C50。预埋件安装位置横桥向误差不大于 ± 5 mm、高程误差不大于 5 mm。预埋锚栓离垫石外边缘最小距离不低于 5 倍锚栓直径。

6.1.14 黏滞流体阻尼器应具有较好的密封性能，无渗漏。

6.1.15 应用于桥梁工程的黏滞流体阻尼器应符合下列规定。

- a) 在设计环境温度范围内，黏滞流体阻尼器的主要力学性能指标变化量不应大于 15%。
- b) 黏滞流体阻尼器应具有良好的疲劳性能。

6.1.16 黏滞流体阻尼器用于桥梁振动控制时，应符合下列规定：

- a) 阻尼的安装数量和位置应通过方案优化确定；
- b) 阻尼器应布置在结构变形和速度较大的位置，平面布置应避免偏心；
- c) 被控结构的动力响应分析应计入黏滞流体阻尼器给被控结构提供的附加阻尼。

6.2 检验

6.2.1 黏滞流体阻尼器检验应符合本文件规定外，尚应符合 JT/T 926、JG/T 209、JGJ/T 487 的规定。

6.2.2 黏滞流体阻尼器应经检验合格并附合格证明文件后方可出厂应用于桥梁结构。

6.2.3 黏滞流体阻尼器检验应符合下列规定：

- a) 钢材原材料力学性能和化学成分检验频次为每批 100%，二甲基硅油检验频次为每批 1 次；
- b) 抽样检验数量不应少于阻尼器数量的 20%，且不应少于 2 个；
- c) 黏滞流体阻尼器的超载耐压试验应在 1.5 倍设计最大压强下，持荷 120s，不应出现泄漏、破坏等现象；
- d) 阻尼器在温度作用等慢速运动情况下出力不应大于设计阻尼力的 10%，不对结构提供过大的附加外力；
- e) 阻尼器的检测频率应根据被控结构的主要频率确定，检测频率应采用 0.5 倍～2 倍设计工作频率范围内，实测阻尼力与设计阻尼力之差应小于 15%，且阻尼器不发生破坏；
- f) 阻尼器阻尼力检验应采用正弦激励法。加载速度峰值应取阻尼器速度设计峰值，往复加载圈数不少于 3 圈，实测阻尼力与设计阻尼力之差应小于 15%，且阻尼器不发生破坏。

6.2.4 阻尼器的温度性能试验在 -25°C 至 50°C 范围内进行，不同温度工况下黏滞流体阻尼器阻尼力相对于理论阻尼力的偏差不应超过 $\pm 15\%$ ，且相对于 20°C 时阻尼力偏差不应超过 $\pm 15\%$ 。

6.3 连接与安装

6.3.1 黏滞流体阻尼器应采用梁端铰接连接，连接部件仅承受轴向变形。

6.3.2 当安装空间不足时，安装方式可以采用一端铰接、一端在阻尼器缸筒中部铰接的连接方式。

7 斜拉索外置式阻尼器

7.1 一般规定

7.1.1 斜拉索外置式阻尼器应选择温度稳定性好、阻尼参数稳定的阻尼器。

7.1.2 斜拉索外置式阻尼器可以采用粘性剪切型阻尼器、黏滞阻尼器、杠杆质量阻尼器、磁流变阻尼器等。

7.1.3 斜拉索外置式阻尼器安装位置比不应小于 2.0%。

7.1.4 斜拉索外置式黏滞阻尼器、磁流变阻尼器应成对使用，对称布置，两阻尼器轴线夹角在 60° ～ 90° 之间。

7.1.5 当斜拉索面外振动显著时，不应采用粘性剪切型阻尼器。

7.1.6 当阻尼器安装高度大于 5 m，或对桥梁美观要求较高时，应采用杠杆质量阻尼器。

7.1.7 当斜拉索发生斜拉索外置式阻尼器无法控制的高阶振动时，可以设计调谐式阻尼器控制该高阶振动。

7.1.8 斜拉索外置式阻尼器采用含有液体的阻尼器时，应保证阻尼器的密封性能。

7.1.9 直接承受阻尼器作用的连接构件应满足在阻尼器提供控制力下的强度验算。

7.1.10 斜拉索外置式阻尼器的阻尼系数应根据设计优化确定，初步估算时可按照公式(1)进行计算，实际阻尼系数偏差不超过设计值的±10%。

$$C_{opt,n} = \frac{0.1mL\omega_{01}}{nx_c/L} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$C_{opt,n}$ ——斜拉索第 n 阶最优阻尼系数值 (N·s/m)；

m ——为斜拉索每延米质量 (kg/m)；

L ——斜拉索的索长 (m)；

ω_{01} ——斜拉索一阶圆频率 (rad/s)；

n ——斜拉索振型阶数；

x_c ——斜拉索外置式阻尼器索夹距离拉索锚点的距离 (m)；

x_c/L ——斜拉索外置式阻尼器的安装位置比。

7.1.11 斜拉索外置式阻尼器面内、面外支架刚度折减率不应大于 20%。刚度折减率按照公式(2)进行计算。

$$R = \frac{1}{1+\eta} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

R ——支架刚度折减率；

η ——无量纲参数，其值为 $\frac{kx_c}{H}$ ，用于支架刚度减值的计算；

k ——斜拉索外置式阻尼支架刚度 (N/m)；

H ——斜拉索的设计索力 (N)。

7.1.12 斜拉索减振性能应符合以下规定。

- a) 阻尼器能有效抑制斜拉索 15 阶以下各种风致振动，包括涡激振动、风雨振、抖振、参数振动等。
- b) 斜拉索安装阻尼器后，斜拉索的目标振幅应小于 $L/2000$ 。
- c) 安装阻尼器后，斜拉索自由振动的对数衰减率不低于 3%。

7.1.13 当斜拉索发生高阶振动时（30 阶以上），应设置额外的减振措施进行控制。

7.2 检验

7.2.1 斜拉索外置式阻尼器参数应按照下列规定进行检验，检验合格率应为 100%：

- a) 抽样检验数量不应少于阻尼器数量的 10%，且不应少于 3 套；
- b) 斜拉索外置式阻尼器的实测阻尼力与设计值的相对误差应小于 10%。

7.3 安装

7.3.1 斜拉索外置式阻尼器的安装包括预埋板、索夹、阻尼器主体的安装。

7.3.2 根据阻尼器的设计高度，安装阻尼器的索夹，索夹与索之间加设橡胶护垫，防止破坏斜拉索的 PE 护套。

7.3.3 阻尼器与桥面之间应设置预埋板，预埋板与钢桥面一般采用焊接方式、与混凝土桥面板采用预

埋钢筋或者植筋方式固定。

7.3.4 斜拉索外置式黏滞阻尼器、磁流变阻尼器的轴线，应与斜拉索垂直，当斜拉索与主梁倾角较大时，考虑实际安装空间，可适当放宽阻尼器主体与拉索之间的夹角，但不应小于 75° 。

7.3.5 杠杆质量阻尼器的连接杆应与斜拉索垂直，当斜拉索与主梁倾角较大时，考虑实际安装空间，可适当放宽阻尼器主体与拉索之间的夹角，但不应小于 75° 。

7.3.6 杠杆质量阻尼器的主体上部与连接杆铰接，下部与预埋板焊接或栓接，连接杆上部与索夹铰接。

7.3.7 全桥阻尼器安装调试完毕后，先清除钢板表面的油污、氧化皮、焊渣等，再进行涂装。
