

**T/CECS XXX-20XX**

**中国工程建设标准化协会标准**

黏滞阻尼器应用技术规程

Technical specification for application of viscous dampers

**（征求意见稿）**

**XX出版社**

中国工程建设标准化协会标准

**黏滞阻尼器应用技术规程**

Technical specification for application of viscous dampers

T/CECS XXX-20XX

主编单位：江苏容大减震科技股份有限公司

广州大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX月XX日

**中国计划出版社**

**202X　北　　京**

前　　言

根据建标协字[2021]20号文“关于印发《2021年第二批协会标准制订、修订计划》的通知”要求，《黏滞阻尼器应用技术规程》的编制工作由江苏容大减震科技股份有限公司、广州大学组织完成，编制组经过深入调查研究，认真总结我国黏滞阻尼器实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为6章，主要技术内容包括：总则、术语及符号、黏滞消能结构设计、黏滞阻尼器产品设计与制作、黏滞阻尼器的性能检测、施工、验收和维护。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布单位不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程标准化协会抗震专业委员会归口管理，由江苏容大减震科技股份有限公司、广州大学负责具体技术内容的解释。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料或建议寄送解释单位（地址：江苏省常州市新北区奔牛天禧路19号，江苏容大减震科技股份有限公司《黏滞阻尼器应用技术规程》编制组；邮政编码：213000；电子邮箱：zhangmin@roadjz.com），以供修订时参考。

主编单位：

参编单位：

　主要起草人：

　主要审查人：

**目　　次**

[1　总　　则 （](#_Toc162941127)1）

[2　术语及符号 （2](#_Toc162941128)）

[2.1　术语 （2](#_Toc162941129)）

[2.2　符号 （](#_Toc162941130)3）

[3　黏滞消能结构设计 （](#_Toc162941131)5）

[3.1　一般规定 （](#_Toc162941132)5）

[3.2　黏滞消能结构分析 （](#_Toc162941133)5）

[3.3　黏滞消能结构设计 （1](#_Toc162941134)0）

[3.4　风振控制设计 （12](#_Toc162941135)）

[3.5　黏滞阻尼器与结构的连接 （13](#_Toc162941136)）

[4　黏滞阻尼器产品设计与制作 （](#_Toc162941137)19）

[4.1　一般规定 （](#_Toc162941138)19）

[4.2　性能要求 （](#_Toc162941139)20）

[4.3　装配要求 （](#_Toc162941140)22）

[4.4　标志、包装、运输与存放 （2](#_Toc162941141)2）

[5　黏滞阻尼器的性能检测要求 （23](#_Toc162941142)）

[5.1　外观检测 （23](#_Toc162941143)）

[5.2　成品性能检测 （](#_Toc162941144)23）

[5.3　检测规则 （24](#_Toc162941145)）

[6　施工、验收和维护 （27](#_Toc162941146)）

[6.1　一般规定 （27](#_Toc162941147)）

[6.2　进场、安装、验收 （27](#_Toc162941148)）

[6.3　施工安装顺序 （28](#_Toc162941149)）

[6.4　施工测量、校正与安装 （29](#_Toc162941150)）

[6.5　黏滞消能部件的焊接和紧固件连接 （30](#_Toc162941151)）

[6.6　施工安全和施工质量验收 （30](#_Toc162941152)）

[6.7　检查与维护 （31](#_Toc162941153)）

[6.8　黏滞消能结构专用标识 （32](#_Toc162941154)）

[附录A　设计阻尼力试验 （36](#_Toc162941155)）

[附录B　极限位移试验 （38](#_Toc162941156)）

[附录C　耐压性能试验 （39](#_Toc162941157)）

[附录D　速度相关性能试验 （40](#_Toc162941158)）

[附录E　频率相关性能试验 （42](#_Toc162941159)）

[附录F　慢速性能试验 （44](#_Toc162941160)）

[附录G　抗震疲劳性能试验 （46](#_Toc162941161)）

[附录H　抗风荷载性能试验 （48](#_Toc162941162)）

[附录J　密封磨损性能试验 （49](#_Toc162941163)）

[附录K　温度相关性能试验 （50](#_Toc162941164)）

[附录L　耐候性能试验 （52](#_Toc162941165)）

[附录M　建议标准化产品规格及性能参数 （53](#_Toc162941166)）

[本规程用词说明 （54](#_Toc162941167)）

[引用标准名录 （55](#_Toc162941168)）

附：[条文说明 （57](#_Toc162941169)）

**Contents**

[1　General provisions （1](#_Toc148356820)）

[2　Terms and symbols （](#_Toc148356820)2）

[2.1　Terms （2](#_Toc148356821)）

[2.2　Symbols （3](#_Toc148356822)）

[3　Design of viscous energy dissipation structure （5](#_Toc148356823)）

[3.1　General requirments （5](#_Toc148356824)）

[3.2　Analysis of visous energy dissipation structure （5](#_Toc148356825)）

[3.3　Design of viscous energy dissipation structure （10](#_Toc148356826)）

[3.4　Design of wind-induced structural vibration control （12](#_Toc148356827)）

[3.5　Connection of viscous fluid damper and main structure （13](#_Toc148356828)）

[4　Design and manufacture of viscous fluid damper （19](#_Toc148356829)）

[4.1　General requirments （19](#_Toc148356830)）

[4.2　Performance requirements （20](#_Toc148356831)）

[4.3　Assembling requirements （22](#_Toc148356834)）

[4.4　Sign, packaging, transportation and storage （22](#_Toc148356835)）

[5　Test of performance of viscous fluid damper （23](#_Toc148356836)）

[5.1　Appearance inspection （23](#_Toc148356837)）

[5.2　Product performance testing （23](#_Toc148356838)）

[5.3　Detection rule （24](#_Toc148356839)）

[6　Construction, quality acceptance and maintenance （27](#_Toc148356846)）

[6.1　General requirments （27](#_Toc148356847)）

[6.2　Site approach, installation and acceptance （27](#_Toc148356848)）

[6.3　Installation sequence （28](#_Toc148356849)）

[6.4　Construction survey, correction and installation （29](#_Toc148356850)）

[6.5　Welding of viscous energy dissipation part and fastener connection （30](#_Toc148356851)）

[6.6　Safty and acceptance of construction quality （30](#_Toc148356852)）

[6.7　Examination and maintenance （31](#_Toc148356853)）

[6.8　Special identification of viscous energy dissipation structure （32](#_Toc148356854)）

[Appendix A　Design damping force test （36](#_Toc148356855)）

[Appendix B　Stroke verification test （38](#_Toc148356856)）

[Appendix C　Pressure test （39](#_Toc148356857)）

[Appendix D　Velocity dependent test （40](#_Toc148356858)）

[Appendix E　Frequency dependent test （42](#_Toc148356859)）

[Appendix F　Low velocity test （44](#_Toc148356860)）

[Appendix G　Seismic fatigue test （46](#_Toc148356861)）

[Appendix H　Wind load cycle test （48](#_Toc148356862)）

[Appendix J　Seal wear test （49](#_Toc148356863)）

[Appendix K　Temperature dependent test （50](#_Toc148356864)）

[Appendix L　Weathering performance test （52](#_Toc148356865)）

[Appendix M　Recommend standardizing products and performance （53](#_Toc148356865)）

[Explanation of wording in this specification （54](#_Toc148356865)）

[List of quoted standards （55](#_Toc148356865)）

[Addition：Explanation of provisions （57](#_Toc148356865)）

1　总　　则

**1.0.1**为保证在建筑工程中合理应用黏滞阻尼器技术，在黏滞消能结构设计、施工和黏滞阻尼器产品设计、生产中贯彻国家的技术经济政策和防震减灾法律法规，实行以预防为主的方针，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

**1.0.2**本规程适用于抗震设防烈度6度至9度地区及风振控制采用黏滞阻尼器技术的新建建筑和既有抗震加固工程设计、施工、验收和维护以及黏滞阻尼器产品的设计、生产和检测。抗震设防烈度大于9度及有特殊要求的地区，应按有关专门规定执行。

**1.0.3**采用黏滞阻尼器对既有建筑结构进行抗震加固时，应按照现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的有关规定进行抗震鉴定，抗震加固的设防目标不应低于现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的有关规定。

**1.0.4**黏滞阻尼器的应用除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关规范和标准的规定。

2　术语及符号

## 2.1　术语

**2.1.1**黏滞阻尼器viscous fluid damper

由缸体、活塞、阻尼通道、黏滞阻尼材料、密封材料等部分组成，通过内部黏滞阻尼材料运动产生黏滞阻尼消耗能量的一种速度相关型阻尼器。

**2.1.2**黏滞消能部件viscous energy dissipation part

由黏滞阻尼器、支撑或连接组件组成的部分。

**2.1.3**黏滞消能层viscous energy dissipation layer

布置黏滞消能部件的楼层。

**2.1.4**黏滞消能结构viscous energy dissipation structure

设置黏滞阻尼器的结构。黏滞消能结构包括主体结构和黏滞消能部件。

**2.1.5**黏滞消能子结构viscous energy dissipation substructure

与黏滞消能部件直接连接的主体结构单元。

**2.1.6**附加阻尼比additional damping ratio

黏滞消能结构往复运动时黏滞阻尼器附加给主体结构的阻尼比。

**2.1.7**附加有效阻尼比additional effective damping ratio

考虑各种不确定因素后对附加阻尼比的折减值。

**2.1.8**黏滞阻尼器设计阻尼力design(calculate) force of viscous damper

设计速度下黏滞阻尼器提供的阻尼力。

**2.1.9**黏滞阻尼器设计位移calculate displacement of viscous damper

黏滞消能结构在罕遇地震动水准或设计风荷载下黏滞阻尼器达到的位移值。

**2.1.10**黏滞阻尼器设计速度design velocity of viscous damper

黏滞消能结构在罕遇地震动水准或设计风荷载下黏滞阻尼器达到的速度值。

**2.1.11**黏滞阻尼器极限位移ultimate displacement of viscous damper

黏滞阻尼器容许达到的最大位移，位移超过该值后认为阻尼器退出工作。

**2.1.12**黏滞阻尼器极限速度ultimate velocity of viscous damper

黏滞阻尼器容许达到的最大速度，速度超过该值后认为阻尼器退出工作。

**2.1.13**地震总输入能量total input seismic energy

一次地震过程中，地震作用对结构所做的功，即为结构动能、结构应变能、结构固有模态阻尼耗能、阻尼器耗能和结构滞回耗能的总和。

**2.1.14**设计工作年限design working life

黏滞阻尼器在正常使用和维护情况下所具有的不丧失使用功能的期限。

**2.1.15**型式检验type testing

黏滞阻尼器制造商为了取得规定规格和型号的黏滞阻尼器产品的生产资格，委托具有相应资质的第三方检测机构进行的产品性能的综合性检验。

**2.1.16**见证检验evidential testing

在见证单位见证下，按照有关规定从施工现场随机抽取试样，送至具备相应资质的第三方检测机构进行的检验。

**2.1.17**标准件**standard part**

结构、尺寸、画法、标记等各个方面已经完全标准化，并由专业厂生产的常用零（部）件。

## 2.2　符号

**2.2.1**结构参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 黏滞消能结构在水平外部激励作用下的总应变能； |
|  | —— | 黏滞消能结构的固有模态阻尼比； |
|  | —— | 黏滞消能结构的第阶模态质量； |
|  | —— | 黏滞消能结构的第阶振型； |
|  | —— | 黏滞消能结构的基本自振周期； |
|  | —— | 黏滞消能结构的第阶振型周期。 |

**2.2.2**阻尼器参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 黏滞消能结构的附加阻尼比； |
|  | —— | 第个黏滞阻尼器在预期两端的相对位移下往复循环一周所耗散的能量； |
|  | —— | 黏滞阻尼器提供的第阶振型附加阻尼比； |
|  | —— | 黏滞阻尼器提供的附加阻尼矩阵； |
|  | —— | 第个黏滞阻尼器由试验确定的线性阻尼系数； |
|  | —— | 第个黏滞阻尼器两端的相对位移； |
|  | —— | 阻尼指数的函数； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的控制力； |
|  | —— | 第个黏滞阻尼器在水平外部激励下的最大控制力； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的两端相对速度； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的两端相对位移； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的等效线性阻尼系数； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的阻尼系数； |
|  | —— | 黏滞阻尼器中液体的流动指数； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的两端相对位移设计值； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的振动圆频率； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的设计工作频率； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的设计速度； |
|  | —— | 黏滞阻尼器的设计位移； |
|  | —— | 黏滞阻尼器在频率相关性下实际阻尼力的最大偏差； |
|  | —— | 黏滞阻尼器在抗震疲劳性能下实际阻尼力的衰减率； |
|  | —— | 黏滞阻尼器在抗风荷载性能下实际阻尼力的衰减率； |
|  | —— | 黏滞阻尼器在温度相关性能下实际阻尼力（-30℃）的衰减率； |
|  | —— | 黏滞阻尼器在温度相关性能下实际阻尼力（60℃）的衰减率； |

3　黏滞消能结构设计

## 3.1　一般规定

**3.1.1**　黏滞阻尼器可用于新建消能减震结构和既有建筑结构消能减震加固及建筑结构风致振动控制。

**3.1.2**　黏滞阻尼器可分为建筑结构减震用黏滞阻尼器和风振控制用黏滞阻尼器。

**3.1.3**　当黏滞阻尼器用于结构抗震时，在多遇地震作用下，黏滞阻尼器应进入工作状态。当黏滞阻尼器用于结构抗风时，在风荷载作用下，黏滞阻尼器应正常工作。

**3.1.4**　同时对抗震和抗风有要求的黏滞消能结构，应按《建筑抗震设计规范》GB 50011和《建筑结构风振控制技术标准》JGJ 487分别进行减震控制系统和风振控制系统设计，黏滞阻尼器使用数量和性能参数应同时满足抗震和抗风设计的要求。

**3.1.5**　黏滞消能结构方案设计时，消能部件的布置应符合下列规定：

**1**　黏滞消能部件宜根据需要沿结构主轴方向布置，形成合理的消能结构体系；

**2**　黏滞消能部件宜布置在层间相对变形或相对速度较大的位置；

**3**　**黏滞消能部件的布置宜避免使结构出现薄弱构件或薄弱层，整体结构沿高度方向宜刚度均匀；**

**4**　黏滞消能部件的布置应符合设计文件中所注明的使用环境要求，且应便于黏滞消能部件的检查、维护和替换。

**3.1.6**　设计文件中应注明黏滞阻尼器使用的环境、检查和维护要求。

## 3.2　黏滞消能结构分析

**3.2.1**　黏滞消能结构的结构构件、非结构构件和附属设备的使用功能有专门要求，除应满足基本抗震设防目标外，尚应满足结构构件、非结构构件和附属设备的抗震性能要求。

**3.2.2**　黏滞消能主体结构及消能子结构，应根据抗震性能化设计的需求，区分结构关键构件、普通竖向构件、重要水平构件、普通水平构件并分别选定合适的性能水准。

**3.2.3**　黏滞消能结构设计保证主体结构符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定；黏滞消能结构的楼（屋）盖宜满足平面内无限刚性的要求。当楼（屋）盖平面内无限刚要求不满足时，应考虑楼（屋）盖平面内的弹性变形，并建立符合实际情况的力学分析模型。抗震计算分析模型应同时包括主体结构和消能部件。

**3.2.4**　采用不同计算软件对黏滞消能结构进行设计时，各计算模型应保持一致。对特殊设防类和房屋高度超过60m的重点设防类建筑，宜采用不少于两个计算软件对地震作用计算结果进行比较分析。

**3.2.5**　黏滞消能结构的分析模型应正确反映结主体结构、阻尼器及间接连接的受力特性、不同荷载工况的传递途径、在不同地震作用水准下主体结构和黏滞阻尼器所处的工作状态。可采用层剪切模型、杆系模型、纤维模型、三维实体单元模型及上述几类模型的混合模型。

**3.2.6**　**黏滞消能结构的地震响应分析方法应根据主体结构和黏滞阻尼器工作状态选择：**

**1**　**当主体结构处于弹性工作状态，黏滞阻尼器处于非线性工作状态时，宜采用弹性时程分析法或弹塑性时程分析法，也可将黏滞阻尼器进行等效线性化，采用附加有效阻尼比和附加刚度的振型分解反应谱法；**

**2**　**当主体结构进入弹塑性工作状态时，应采用弹塑性时程分析法。**

**3.2.7**　采用振型分解反应谱法时，宜采用时程分析法进行多遇和设防地震下的补充计算。当取3组加速度时程输入时，计算结果应取时程分析法包络值和振型分解反应谱法的较大值；当取7组及7组以上的时程输入时，计算结果宜取时程分析法的平均值和振型分解反应谱法的较大值。

**3.2.8**　采用弹性时程分析和弹塑性时程分析时，黏滞消能结构的恢复力模型应包括主体结构和黏滞阻尼器的恢复力模型。采用的恢复力模型应能正确反映主体结构和黏滞阻尼器的受力和工作状态。

**3.2.9**　采用弹塑性时程分析法时，宜根据主体结构构件弹塑性参数和消能部件的参数确定结构分析模型，相对于弹性分析模型可有所简化，**但二者在多遇地震下**的线性分析结果应基本一致。

**3.2.10**　黏滞阻尼器的恢复力模型可采用麦克斯韦（Maxwell）模型，模型参数应通过足尺试验确定。

**3.2.11**　当在垂直相交的两个平面内布置黏滞阻尼器，且分别按不同水平方向进行结构地震作用分析时，应考虑相交处的柱在双向地震作用下的受力。

**3.2.12**　黏滞消能结构设计时，应考虑黏滞阻尼器引起的柱、墙、梁的附加轴力、剪力和弯矩作用。

**3.2.13**　**采用振型分解反应谱法时，**黏滞消能结构的总阻尼比应为主体结构阻尼比与黏滞阻尼器附加给主体结构的有效阻尼比之和。黏滞消能结构在多遇地震、设防地震、罕遇地震下的总阻尼比应分别计算，黏滞阻尼器提供给结构的附加有效阻尼比超过25%时，宜按25%计算。

**3.2.14**　黏滞阻尼器的附加有效阻尼比可按以下3种方式计算：

**1**　方法1：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.14-1) |

式中：——黏滞阻尼器的附加阻尼比；

——第个黏滞阻尼器在结构预期层间位移下往复循环一周所消耗的能量（kN·m），可采用本规程3.2.16条规定估算；

——黏滞消能结构在水平外部激励作用下的总应变能（kN·m）宜取正向、负向结构运动下的总应变能平均值，可采用本规程3.2.15条规定估算；

——黏滞阻尼器的总个数；

**2**　方法2：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.14-2) |

式中：——黏滞消能结构的固有模态阻尼比；

——黏滞阻尼器累积耗能时程；

——黏滞消能结构固有模态阻尼累积耗能时程；

——黏滞阻尼器的附加有效阻尼比时程的最大值，宜在输入时程峰值较大的有效持续时间段内选取，即在增长激烈的时段内考察；

**3**　方法3：采用非线性时程分析时，结构等效阻尼比也可采用结构总阻尼比的迭代修正方法计算。按下述步骤计算结构的总阻尼比和黏滞阻尼器的参数。

1）假定各个黏滞阻尼器的设计参数，如线性阻尼系数和液体流动指数，采用非线性时程分析法进行结构分析；

2）经结构分析可得各楼层的水平剪力最大值、各黏滞阻尼器的最大阻尼力及最大阻尼力对应的相对位移；

3）黏滞阻尼器附加给结构的等效阻尼比，可按式（3.2.14-3）进行计算，结构总阻尼比，可按式（3.2.14-4）计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.14-3) |
|  | (3.2.14-4) |

式中：——黏滞阻尼器附加给结构的等效阻尼比；

——主体结构阻尼比；

——黏滞消能结构固有模态阻尼累积耗能；

——结构总阻尼比；

4）将计算得到的结构总阻尼比带入计算模型中进行时程分析，经结构分析可得各楼层的水平剪力最大值；

5）将步骤4计算得到的楼层水平剪力及步骤2得到的楼层水平剪力，按式（3.2.14-5）进行各楼层水平剪力误差计算，确定水平剪力误差最大楼层；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.14-5) |

式中：——楼层的水平剪力最大值误差；

——由步骤4求得的楼层的水平剪力最大值；

——由步骤2求得的楼层的水平剪力最大值；

6）基于步骤5确定的水平剪力误差最大楼层进行结构总阻尼比迭代修正，可按式（3.2.14-6）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.14-6) |

式中：——迭代修正后的结构总阻尼比；

7）重复步骤4与步骤6进行反复迭代，直至大于或等于；

8）以输入的各时程波计算所得的结构总阻尼比最小值作为结构总阻尼比。

**3.2.15**　不计及扭转影响时，黏滞消能结构在水平地震作用下的总应变能，可按下式估算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.15) |

式中：——质点的水平地震作用标准值（一般取相应于第一振型的水平地震作用即可，kN）；

——质点对应于水平地震作用标准值的位移（m）。

**3.2.16**　线性黏滞阻尼器往复一周消耗的能量，可按下式估算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.16) |

式中：——黏滞消能结构的基本自振周期（s）；

——第个黏滞阻尼器的线性阻尼系数（kN·s/m），由试验确定；

——第个黏滞阻尼器两端的相对位移（m），应为阻尼器双向运动位移的平均值。

**3.2.17**　非线性黏滞阻尼器往复一周消耗的能量，可按下式估算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.17) |

式中：——阻尼指数的函数，可按表3.2.17取值；

——第个黏滞阻尼器在水平地震作用下的最大阻尼力（kN）。

**表3.2.17** **取值**

|  |  |
| --- | --- |
| 阻尼指数 | 取值 |
| 0.25 | 3.7 |
| 0.50 | 3.5 |
| 0.75 | 3.3 |
| 1 | 3.1 |

注：其他阻尼指数对应的值可线性插值。

**3.2.18**　采用等效线性模型时，黏滞阻尼器阻尼力应按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.18-1) |
|  | (3.2.18-2) |

式中：——黏滞阻尼器控制力（kN）；

——黏滞阻尼器两端相对速度（m/s）；

——黏滞阻尼器等效线性阻尼系数（kN·s/m），宜采用本规程3.2.20条计算；

——黏滞阻尼器中液体的流动指数，通过试验确定。

**3.2.19**　采用非线性模型时，黏滞阻尼器阻尼力宜按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.19-1) |
|  | (3.2.19-2) |

式中：——黏滞阻尼器阻尼系数（kN/(m/s)*α*），通过试验确定。

**3.2.20**　黏滞阻尼器等效线性阻尼系数宜按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.20-1) |
|  | (3.2.20-2) |

式中：——伽马函数；

——黏滞阻尼器两端相对位移设计值（m）；

——黏滞阻尼器的振动圆频率（rad/s）。

**3.2.21**　黏滞阻尼器与斜撑、墙体（支墩）或梁等支撑构件组成消能部件时，支撑构件沿阻尼器方向的刚度应符合下式规定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2.21) |

式中：——支撑构件沿黏滞阻尼器作用方向的刚度（kN/m）；

——黏滞消能结构的基本自振周期（s）。

## 3.3　黏滞消能结构设计

**3.3.1**　黏滞消能结构总水平地震作用，不得低于6度设防的非消能结构的总水平地震作用。各楼层水平地震剪力应满足《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

**3.3.2**　黏滞消能结构的抗震等级及主体结构构件的截面抗震验算，对于新建结构，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定执行；对于加固结构，混凝土结构应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023、行业标准《建筑抗震加固设计规范》JGJ 116和国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定，钢结构应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。

**3.3.3**　采用振型分解反应谱法计算黏滞消能结构地震响应时，宜按相应水平地震作用下黏滞阻尼器的有效附加阻尼比取值。

**3.3.4**　抗震设计时，黏滞消能结构的弹性层间位移角限值和弹塑性层间位移角限值应根据结构类型，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定执行。当有在设防地震作用下满足正常使用要求时，应满足相关规定。

**3.3.5**　主体结构的抗震构造措施应符合下列规定：

**1**　主体结构的抗震等级应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定执行；

**2**　当黏滞消能结构的抗震性能明显提高时，主体结构的抗震构造措施要求可适当降低。当消能结构构件承载力高于多遇地震提高一度的要求时，结构的抗震构造措施可减低一度且不低于6度采用。

**3.3.6**　黏滞消能子结构截面抗震验算应符合下列规定：

**1**　黏滞消能子结构中梁、柱、墙构件宜按重要构件设计，并应按考虑罕遇地震作用效应和其他荷载作用标准值的效应，其值应小于构件极限承载力；

**2**　黏滞消能子结构中的梁、柱和墙截面设计应考虑黏滞阻尼器设计速度下的阻尼力作用；

**3**　黏滞消能子结构的节点应进行阻尼器在极限速度下引起的阻尼力作用下的截面验算；

**4**　当黏滞阻尼器的轴心与结构构件的轴线有偏差时，结构构件应考虑附加弯矩或因偏心而引起的平面外弯曲的影响。

**3.3.7**　黏滞消能子结构的构造措施应符合下列规定：

**1**　黏滞消能子结构的抗震构造措施要求应按抗震设防烈度要求执行；

**2**　黏滞消能子结构为混凝土或型钢混凝土构件时，构造措施应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的规定；黏滞消能子结构为剪力墙时，其端部宜设暗柱，顶部宜设暗梁；

**3**　黏滞消能子结构为钢结构构件时，构造措施应满足现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的规定。

**3.3.8**　黏滞阻尼器设计位移、设计承载力应通过结构在罕遇地震作用下的弹塑性分析来确定。

**3.3.9**　黏滞阻尼器的极限位移应不小于罕遇地震作用下阻尼器设计位移的1.2倍，黏滞阻尼器的极限速度不应小于罕遇地震作用下阻尼器设计速度的1.2倍。

## 3.4　风振控制设计

**3.4.1**　黏滞消能结构的风荷载计算应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《建筑结构风振控制技术标准》JGJ 487的规定，黏滞消能结构在风荷载作用下的位移和舒适度应满足正常使用需求。

**3.4.2**　黏滞消能结构的风振响应分析方法应符合：

**1**　针对黏滞消能结构风振舒适度进行计算时，应采用时程分析法计算黏滞消能结构风振响应；

**2**　针对黏滞消能结构风振位移进行计算时，当黏滞消能结构风振以第一阶振型为主且结构平立面形状规则时，可采用等效风荷载法计算黏滞消能结构风振响应；当黏滞消能结构风振中高阶振型响应影响显著或结构平立面形状复杂时，宜采用时程分析法计算黏滞消能结构风振响应。

**3.4.3**　当采用时程分析法计算黏滞消能结构风振响应时，风荷载时程应符合下列规定：

**1**　当主体结构高宽比大于6或须考虑扭转风振响应时，宜进行刚性模型风洞试验，采用风洞试验测量的三维风荷载时程；

**2**　当主体结构高宽比小于6，且扭转风振响应可忽略时，宜采用结构所在地相似地貌条件下实测的风速时程计算风荷载，但应根据当地设计风荷载的要求对实测风速幅值进行调整，调整后10m高度处实测风速时程的10min平均风速应与当地设计风速一致；

**3**　当主体结构高宽比小于6，且扭转风振响应可忽略时，无风洞试验结果和当地实测数据时，可参照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《建筑结构风振控制技术标准》JGJ 487的相关规定，采用人工模拟风荷载时程。

**3.4.4**　采用等效风荷载法计算结构风振响应，当黏滞阻尼器沿主体结构的平面和高度方向分布均匀且提供给结构的附加有效阻尼比不超过20%时，黏滞阻尼器提供给结构的附加阻尼比可按下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.4.4) |

式中：——阻尼器提供的第阶振型附加阻尼比；

——结构第阶模态质量（kg）；

——结构第阶振型；

——结构第阶自振周期（s）；

——黏滞阻尼器提供的附加阻尼矩阵，可采用本规程3.2.20条规定的黏滞阻尼器的等效线性阻尼计算。

**3.4.5**　计算黏滞消能部件的风振控制效率时，宜考虑关键部件损坏、施工误差等影响，对附加阻尼比进行折减。

**3.4.6**　阻尼器与斜撑、填充墙或者梁的连接构件串联使用时，连接构件刚度应符合式3.2.21。

**3.4.7**　黏滞消能部件应符合下列规定：

**1**　风荷载标准值作用下黏滞消能部件应正常工作，其部件不应发生破坏；

**2**　在黏滞消能结构服役期内黏滞消能部件不应发生疲劳破坏；黏滞消能部件在风荷载标准值作用下，应能连续工作4小时不发生疲劳破坏；当风振控制系统不满足疲劳强度要求时，应能更换；

**3**　黏滞消能部件不应承载主体结构重力荷载。

**3.4.8**　**黏滞阻尼器位移和速度设计值的计算应符合下列规定：**

**1**　**黏滞阻尼器位移和速度设计值应取为风振作用下黏滞阻尼器最大位移和最大速度计算值的1.4倍；**

**2**　**对于地震设防烈度高于6度的结构，尚应考虑大震工况下黏滞阻尼器的最大位移和最大速度，取其1.2倍与风振计算结果1.4倍进行对比，按较大值确定设计值。**

**3.4.9**　黏滞消能子结构在黏滞阻尼器极限速度对应的阻尼力作用下，应处于弹性工作状态。

## 3.5　黏滞阻尼器与结构的连接

**3.5.1**　黏滞阻尼器与主体结构的连接形式应根据具体工程的情况进行合理设计和选择，可采用支撑型、墙型、门架型、腋撑型、墩型和肘节型等。

**3.5.2**　当黏滞阻尼器采用支撑型连接时，可采用单斜支撑布置、“V”字形和人字形等布置。支撑宜采用双轴对称截面，宽厚比或径厚比应满足《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的规定。

**3.5.3**　黏滞阻尼器与节点板宜采用销轴连接，隔震层用黏滞阻尼器宜采用球铰连接，节点板与支撑、预埋件的连接可采用高强螺栓或焊接连接，高强螺栓及焊接的计算、构造要求应符合国家标准《钢结构设计标准》GB50017的规定。

**3.5.4**　销轴、节点板**、**预埋件、支撑、支墩及支墙应具有足够的刚度、强度和稳定性。

**3.5.5**　黏滞阻尼器的支撑或连接元件或构件、连接板应保持弹性。与黏滞阻尼器相连的销轴、节点板、预埋件、支撑、支墩及支墙的作用力取值应为黏滞阻尼器在设计速度下对应阻尼力的1.2倍。

**3.5.6**　黏滞消能部件与非结构构件之间应采用柔性连接构造，保证黏滞阻尼器的在极限位移下的变形空间。

**3.5.7**　预埋件的锚筋应根据黏滞阻尼器受力特征计算其总截面面积。预埋件的锚筋和锚板设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的规定。

**3.5.8**　预埋件的锚筋应与钢板牢固连接，当预埋件锚筋直径不大于20mm时可采用压力埋弧焊；当锚筋直径大于20mm时宜采用穿孔塞焊。锚筋的锚固长度宜大于20倍钢筋直径，且不应小于250mm。当无法满足锚固长度要求时，应采取其他有效的锚固措施。

**3.5.9**　在T形、十字形和角形焊接的连接节点中，当埋板厚度不小于40mm且沿着厚度方向有较高撕裂拉力作用，埋板宜具有厚度方向抗撕裂性能的合格保证率。

**3.5.10**　沿剪力方向锚筋排数不宜多余四排，当多于四排时，应充分考虑锚筋层数的折减或采取其它有效传递剪力的措施。

**3.5.11**　支撑、支墩**、**支墙应按本规程3.5.5条黏滞阻尼器附加的水平剪力进行截面验算。

**3.5.12**　支撑和支墩、支墙的计算长度应符合下列规定：

**1**　采用单斜消能部件时，支撑计算长度应取支撑与阻尼器连接处到主体结构预埋连接板连接中心的距离。

**2**　采用“V”字支撑、人字形或肘接支撑时，支撑计算长度应取布置阻尼器水平梁平台底部到主体结构预埋连接板连接中心处的距离。

**3**　采用墙型或墩型连接时，应取支墙或支墩的净高。

**3.5.13**　与阻尼器连接的支撑、支墩和支墙的刚度应满足本规程3.2.21条要求。

**3.5.14**　支墙、支墩沿长度方向全截面箍筋应加密，并配置网状钢筋。

**3.5.15**　黏滞阻尼器用销轴材质宜采用45号钢、35CrMo或40Cr等钢材，耳板材质宜采用Q355、Q390与Q420。黏滞阻尼器用销孔和销轴表面宜采用机加工，其质量要求应符合相应的机械零件加工标准的规定，其间隙宜符合本规程3.5.16条。当销轴直径大于120mm时，宜采用锻造加工工艺制作。

**3.5.16**　销轴连接的构造应符合下列规定（图3.5.16）：

**1**　销轴孔中心应位于节点板耳板的中心线上，轴与孔的配合间隙应符合表3.5.16的要求；

**表3.5.16　轴与孔的配合间隙*G***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 销轴直径*D*（mm） | 30≤*D*＜50 | 50≤*D*＜80 | 80≤*D*＜120 | 120≤*D*＜180 | 180≤*D*＜250 |
| 轴孔间隙*G*（um） | 50≤*G*≤212 | 60≤*G*≤254 | 72≤*G*≤299 | 85≤*G*≤300 | 100≤*G*≤300 |

**2**　节点板耳板两侧宽厚比b/t不宜大于4，几何尺寸应符合下列公式规定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5.16-1) |
|  | (3.5.16-2) |

式中：——节点板耳板两侧边缘与销轴孔边缘净距（mm）；

——节点板耳板厚度（mm）；

——顺受力方向，销轴孔边距板边缘最小距离（mm）。



**图3.5.16**　**销轴连接节点板**

**3.5.17**　节点板耳板应按下列公式进行抗拉、抗剪强度的计算：

**1**　节点板耳板孔净截面处的抗拉强度：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5.17-1) |
|  | (3.5.17-2) |

**2**　节点板耳板端部截面抗拉（劈开）强度：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5.17-3) |

**3**　节点板耳板抗剪强度：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5.17-4) |
|  | (3.5.17-5) |

式中：——轴向拉力设计值（N）；

——计算宽度（mm）；

——销轴孔径（mm）；

——节点板耳板抗拉强度设计值（N/mm2）；

Z——节点板耳板端部抗剪截面宽度（图3.5.17，mm）；

——节点板耳板钢材抗剪强度设计值（N/mm2）。



**图3.5.17**　**节点板受剪面示意图**

**3.5.18**　销轴应按下列公式进行承压、抗剪与抗弯强度的计算：

**1**　销轴承压强度：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5.18-1) |
|  | (3.5.18-2) |

**2**　销轴抗剪强度：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5.18-3) |

**3**　销轴抗弯强度：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5.18-4) |
|  | (3.5.18-5) |

**4**　计算截面同时受弯受剪时组合强度应按下式验算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5.18-6) |

式中：——销轴直径（mm）；

——销轴连接中节点板耳板的承压强度设计值（N/mm2）；

——受剪面数目；

——销轴的抗剪强度设计值（N/mm2）；

——销轴计算截面弯矩设计值（N·mm）；

——销轴的抗弯强度设计值（N/mm2）；

——两端节点板厚度（mm）；

——中间阻尼器耳板厚度（mm）；

——两端节点板与中间阻尼器节点板耳板间间距（mm）。

**3.5.19**　支撑长细比、宽厚比应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99中心支撑的规定。

**3.5.20**　黏滞阻尼器与主体结构的连接方式有支撑型，墙型等多种型式（图3.5.20）。可结合建筑隔墙位置放置，宜布置在层间相对速度、位移较大的楼层。采用中间柱型连接时，应设置暗梁暗柱，且锚筋应在暗柱的内侧。



（a）支撑式 （b）墙型 （c）支撑式

**图3.5.20**　**黏滞阻尼器与主体结构的连接方式**

4　黏滞阻尼器产品设计与制作

## 4.1　一般规定

**4.1.1**　黏滞阻尼器的设计使用年限不应低于50年。当黏滞阻尼器达到设计使用年限时应及时检测，重新确定黏滞阻尼器使用年限或更换。

**4.1.2**　黏滞阻尼器产品外观应符合下列规定：

1　黏滞阻尼器产品应表面平整，无机械损伤，无锈蚀，无渗漏。外表应采用防锈措施，涂层应均匀，表面光滑；

2　黏滞阻尼器长度、截面有效尺寸允许偏差±2毫米。

**4.1.3**　制作黏滞阻尼器的钢材应根据设计需要进行选择，宜选用优质碳素结构钢、合金结构钢或不锈钢。优质碳素结构钢应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699的有关规定；合金结构钢应符合现行国家标准《合金结构钢》GB/T 3077的有关规定；结构用无缝钢管应符合现行国家标准《结构用无缝钢管》GB/T 8162的规定；不锈钢棒应符合现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220的有关规定，不锈钢管应符合现行国家标准《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976的有关规定。

**4.1.4**　黏滞阻尼器的阻尼介质材料应具备黏温性能稳定，闪点高，不易燃烧，不易挥发，无毒及抗老化性能强的特性。

**4.1.5**　黏滞阻尼器的密封件材料应选择摩擦系数小、耐磨性高、不粘附、耐老化及寿命长的复合型非金属材料。

**4.1.6**　黏滞阻尼器的标准件要求应符合下列规定：

**1**　螺栓、螺钉和螺柱应根据所需性能等级按《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.1的有关规定选用符合要求的化学成分、机械性能指标和热处理技术；

**2**　螺母应根据所需的性能等级按《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2的规定选用符合要求的化学成分、机械性能指标和热处理技术，且应与所选的螺栓、螺钉和螺柱相配；

**3**　开口销、圆锥销、圆柱销、销轴的材料应分别符合《开口销》GB/T 91、《圆锥销》GB/T 117、《圆柱销 不淬硬钢和奥氏体不锈钢》GB/T 119.1、《圆柱销 淬硬钢和马氏体不锈钢》GB/T 119.2、《无头销轴》GB/T 880、《销轴》GB/T 882的规定。

**4.1.7**　黏滞阻尼器防腐处理技术应符合表4.1.7规定：

**表4.1.7　黏滞阻尼器零部件防腐技术要求**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 零部件名称 | 零件基础  材质 | 防腐工艺 | 工艺  要求 | 执行标准 | 备注 |
| 活塞杆 | 合金钢 | 镀硬铬、镀镍、镍铬共镀 | 厚度≥  70 μm | 《金属覆盖层 工程用铬电镀层》GB/T 11379、《金属覆盖层 工程用镍电镀层》GB/T 12332 | **/** |
| 化学镀镍磷合金 | 厚度≥  40 μm | 《金属覆盖层 化学镀镍-磷合金镀层 规范和试验方法》GB/T 13913、《金属覆盖层 工程用镍电镀层》GB/T 12332 | **/** |
| 不锈钢 | 镀硬铬、镀镍、镍铬共镀 | 厚度≥  40 μm | 《金属覆盖层 工程用铬电镀层》GB/T 11379、《金属覆盖层 工程用镍电镀层》GB/T 12332 | **/** |
| 化学镀镍磷合金 | 厚度≥  20 μm | 《金属覆盖层 化学镀镍-磷合金镀层 规范和试验方法》GB/T 13913、《金属覆盖层 工程用镍电镀层》GB/T 12332 | **/** |
| 阻尼器成品 | 优质碳素结构钢、合金结构钢 | 长效防腐体系 | **/** | **/** | 外露表面除活塞杆 |

## 4.2　性能要求

**4.2.1**　黏滞阻尼器的力学性能应符合表4.2.1的规定。

**表4.2.1**　**黏滞阻尼器力学性能要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 性能指标 |
| 极限位移 | | 当设计位移小于100 mm时，实际位移值不应小于黏滞阻尼器设计位移的150%；当设计位移大于和等于100 mm时，实际位移值不应小于黏滞阻尼器设计位移的120%。 |
| 设计阻尼力 | 阻尼力 | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力相对于设计阻尼力的偏差不应超过±15%；在进行同一批次、规格和尺寸的试件试验时，实际阻尼力相对于设计阻尼力的偏差的平均值不应超过±10%。 |
| 滞回曲线 | 滞回曲线应饱满、光滑，无异常。在同一测试条件下，任一循环中滞回曲线面积实测值相对于设计滞回曲线面积的偏差不应超过±15%；同一工况下，滞回曲线面积实测值偏差的平均值应在设计值的±10%以内。 |
| 耐压性能 | | 耐压持续期间，压力损失不允许超过最大压强的5%，不应出现泄漏、部件损坏等现象。 |
| 慢速性能 | | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力不应大于设计阻尼力的10%。 |
| 速度相关性能 | 阻尼力 | 各速度工况下，拉伸和压缩方向的实际阻尼力相对于理论阻尼力的偏差不应超过±15%。 |
| 滞回  曲线 | 滞回曲线应饱满、光滑，无异常。 |

**4.2.2**　黏滞阻尼器的耐久性应符合表4.2.2的规定。且要求阻尼器在试验后无渗漏，无裂纹。

**表4.2.2**　**黏滞阻尼器耐久性要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 性能指标 |
| 抗震疲劳性能 | 阻尼力 | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力相对于设计阻尼力的偏差不应超过±15%。 |
| 衰减率 | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力的衰减率不应超过15%。 |
| 滞回  曲线 | 滞回曲线应饱满、光滑，无异常。在同一测试条件下，任一循环中滞回曲线面积实测值相对于设计滞回曲线面积的偏差不应超过±15%。 |
| 抗风荷载性能 | 衰减率 | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力的衰减率不应超过15%。 |
| 滞回  曲线 |
| 密封磨损性能 | |

**4.2.3**　黏滞阻尼器环境适应性应符合表4.2.3的规定。环境试验后应对阻尼器进行力学性能检测，其指标下降超过15%时应进行整机或非金属材料的更换。

**表4.2.3 黏滞阻尼器环境适应性要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 性能指标 |
| 温度相关性能 | 阻尼力 | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力相对于理论阻尼力的偏差不应超过±15%。 |
| 滞回  曲线 | 滞回曲线应饱满、光滑，无异常。 |
| 耐候性能 | 外观 | 外观无明显锈蚀，无腐蚀缺陷。 |
| 阻尼力 | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力相对于理论阻尼力的偏差不应超过±15%。 |
| 滞回  曲线 | 滞回曲线应饱满、光滑，无异常。在同一测试条件下，任一循环中滞回曲线面积实测值相对于设计滞回曲线面积的偏差不应超过±15%。 |

**4.2.4**　频率相关性

黏滞阻尼器频率相关性应符合表4.2.4的规定。设计阻尼力的加载频率相关性能的变化曲线应有规律性。

**表4.2.4　黏滞阻尼器频率相关性要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 性能指标 |
| 频率相关性能 | 阻尼力 | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力相对于理论阻尼力的偏差不应超过±15%。 |
| 偏差率 | 拉伸和压缩方向的实际阻尼力的最大偏差不应超过15%。 |
| 滞回  曲线 | 滞回曲线应饱满、光滑，无异常。 |

**4.3　装配要求**

**4.3.1**　黏滞阻尼器应使用经检验合格的零件按产品标准的规定进行装配。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、重新填充及重新密封的操作。

## 4.4　标志、包装、运输与存放

**4.4.1**　在黏滞阻尼器明显部位应有清晰永久的标志并至少包含以下内容：

**1**　黏滞阻尼器名称、型号；

**2**　基本参数；

**3**　商标；

**4**　出厂编号；

**5**　出厂日期；

**6**　制造厂名；

**7**　执行标准号。

**4.4.2**　每件黏滞阻尼器产品应釆用可靠包装，保证黏滞阻尼器尽量少承担外界附加力，并且便于运输或搬运安全。包装箱外部明显位置上应有有关字样和标志，有关标志的图示符号应符合《包装储运图示标志》GB/T 191的规定。包装发货的每箱产品中应至少具备下列文件：

**1**　产品使用说明书；

**2**　产品合格证；

**3**　性能检验报告；

**4**　装箱单。

**4.4.3**　黏滞阻尼器运送时应根据其长度、重量选择合适的运输工具，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匀接触，并不得磕碰、超高码放。

**4.4.4**　黏滞阻尼器应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体，并远离热源的场所， 且应按照型号和安装顺序分区存放。

5　黏滞阻尼器的性能检测要求

## 5.1　外观检测

**5.1.1**　成品外形尺寸采用直尺、卡尺等量具检测。

**5.1.2**　成品外观质量采用目测或借助放大镜检测。

## 5.2　成品性能检测

**5.2.1**　检测条件应符合下列规定：

**1**　在需要通过试验设备加载的试验中，控制试样运动应采用位移控制法；

**2**　试验设备的精度和校准应满足以下要求：测力传感器的精度等级不得低于一般精度要求，误差范围在±0.5%以内；位移传感器的精度等级不得低于0.5级，误差范围在±0.5%以内；温度传感器的精度等级不得低于B级，允许偏差值在±(0.3+0.005|t|)℃以内，其中|t|为实际温度的绝对值，其它类型温度传感器可参考此偏差范围要求；试验设备系统与测力传感器和位移传感器的精度偏差不超过±0.5%；

**3**　试验设备应具备合格的校准证书，复校时间间隔可根据实际使用情况，由用户自主决定，建议复校时间为1年。位移传感器的校准方法应参照《线位移传感器校准规范》JJF 1305；载荷传感器的校准方法应参照《拉力、压力和万能试验机检定规程》JJG 139；温度传感器的校准方法应参照《数字温度指示调节仪检定规程》JJG 617；试验设备系统的校准方法应参照《温度、湿度、振动综合环境试验系统校准规范》JJF 1270；

**4**　检测时应对阻尼器缸体中部表面进行温度监控，当温度超过70℃时，应暂停测试，直至冷却至室温后再开展后续测试。温度记录应在测试前5min进行，持续至测试后15min。

**5.2.2**　检测项目及方法应符合下列规定：

**1**　黏滞阻尼器的设计阻尼力试验见附录A；

**2**　黏滞阻尼器的极限位移试验见附录B；

**3**　黏滞阻尼器的耐压性能试验见附录C；

**4**　黏滞阻尼器的速度相关性能试验见附录D；

**5**　黏滞阻尼器的频率相关性能试验见附录E；

**6**　黏滞阻尼器的慢速性能试验见附录F；

**7**　黏滞阻尼器的抗震疲劳性能试验见附录G；

**8**　黏滞阻尼器的抗风荷载性能试验见附录H；

**9**　黏滞阻尼器的密封磨损性能试验见附录J；

**10**　黏滞阻尼器的温度相关性能试验见附录K；

**11**　黏滞阻尼器的耐候性能试验见附录L。

## 5.3　检测规则

**5.3.1**　黏滞阻尼器的检测分为型式检测、出厂检测和见证检测三类。

**5.3.2**　有下列情况之一时，应进行型式检测：

**1**　新产品（技术指标发生重大变化或突破时）的试制定型鉴定；

**2**　产品结构、材料或工艺等有较大改变影响产品性能时；

**3**　正常生产时，每五年检验一次；

**4**　转场生产时；

**5**　停产一年以上，恢复生产时；

**6**　因特殊需要应进行型式检测时。

**5.3.3**　黏滞阻尼器产品在出厂前应进行出厂检测，经生产厂家质量检验部门检测合格并附合格证明文件（出厂检测报告、合格证等）后方可出厂。

**5.3.4**　黏滞阻尼器产品在进场安装前应进行见证检测，由项目监理方进行抽样、送检至具有CMA资质认证的第三方检测机构，检测合格并提交第三方检测报告后，方可进场安装。

**5.3.5**　黏滞阻尼器产品的型式检测、出厂检测和见证检测的检测项目、检测内容及检测要求应符合表5.3.5的规定。

**表5.3.5　黏滞阻尼器产品型式检测、出厂检测和见证检测**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | | 技术要求 | 试验方法 | 检测类型 | | |
| 型式检测 | 出厂检测 | 见证检测 |
| 力学性能 | 外观尺寸 | 4.1.2 | 5.1 | √ | √ | √ |
| 设计阻尼力 | 4.2.1 | 附录A | √ | √ | √ |
| 极限位移 | 4.2.1 | 附录B | √ | √ | √ |
| 耐压性能 | 4.2.1 | 附录C | √ | √ | √ |
| 慢速性能 | 4.2.1 | 附录F | √ | √ | √ |
| 速度相关性能 | 4.2.1 | 附录D | √ | √ | √ |
| 耐久性 | 抗震疲劳性能 | 4.2.2 | 附录G | √ | - | Δ |
| 抗风荷载性能 | 4.2.2 | 附录H | Δ | - | Δ |
| 密封磨损性能 | 4.2.2 | 附录J | Δ | - | - |
| 环境适应性 | 温度相关性能 | 4.2.3 | 附录K | √ | - | - |
| 耐候性能 | 4.2.3 | 附录L | √ | - | - |
| 频率相关性能 | | 4.2.4 | 附录E | √ | - | - |
| 注：“√”表示要进行该项检测，“-”表示不进行该项检测，“Δ”为选做。 | | | | | | |

**5.3.6**　型式检测频次应符合下列规定：

**1**　黏滞阻尼器型式检测试件数目不应少于3件；

**2**　对于抗震用黏滞阻尼器，抗震疲劳性能和环境适应性检测项目的试件数目每项不少于1件，其余项目每项不少于3件；

**3**　对于抗风用黏滞阻尼器，耐久性和环境适应性检测项目的试件数目每项不少于1件，其余项目每项不少于3件。

**5.3.7**　出厂检测频次应符合下列规定：

**1**　黏滞阻尼器出厂检测试件数目应为100%检测；

**2**　慢速性能和速度相关性能检测项目的抽检比例为20%，且不少于2件，其余项目的抽检比例为100%。

**5.3.8**　见证检测频次应符合下列规定：

**1**　黏滞阻尼器用于标准设防类、重点设防类和特殊设防类工程时，见证检测抽样比例分别为同一工程同一类型同一规格总数的20%、50%和100%，且不应少于2个；

**2**　对于抗震用黏滞阻尼器，分别抽取同一工程同一类型同一规格中不少于1件产品进行抗震疲劳性能检测，检测后的产品不得用于主体结构；

**3**　对于抗风用黏滞阻尼器，分别抽取同一工程同一类型同一规格中不少于1件产品进行抗风荷载性能检测，检测后的产品不得用于主体结构。

**5.3.9**　型式检测应符合下列规定：

**1**　型式检测应由具有检测资质的第三方进行；

**2**　型式检测采用送样或随机抽样方式进行。型式检测项目全部合格，则该批产品为合格。当检测项目中有不合格项，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。

**5.3.10**　出厂检测应符合下列规定：

**1**　每批产品中设计阻尼力和耐压性能试验结果合格件可出厂，不合格件不应出厂；

**2**　外观、尺寸、设计阻尼力、极限位移和耐压性能检测结果不符合本标准要求的黏滞阻尼器成品，可对相关部件更换或返修，直至合格后方可出厂；

**3**　慢速性能和速度相关性能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。

**5.3.11**　见证检测应符合下列规定：

**1**　见证检测应由具有检测资质的第三方进行，第三方单位资质能力应经过客户认可；

**2**　见证检测采用客户随机抽样方式进行。检测项目全部合格，则该批产品为合格。

6　施工、验收和维护

## 6.1　一般规定

**6.1.1**　黏滞消能部件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。

**6.1.2**　黏滞消能部件子分部工程的施工，宜根据本规程规定，结合主体结构的材料、体系、消能部件及施工条件，编制专项施工方案。

**6.1.3**　黏滞消能部件子分部工程的施工作业，宜划分为黏滞消能部件进场验收和黏滞消能部件安装和维护两个阶段。

**6.1.4**　黏滞消能部件尺寸、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设计文件规定并符合本规程相应要求。

## 6.2　进场、安装、验收

**6.2.1**　黏滞消能部件的制作单元，宜根据制作、安装和运输条件及黏滞消能部件的特点确定。

**6.2.2**　黏滞消能部件进场时，应进行进场验收，并经监理（建设）单位核准。

**6.2.3**　黏滞阻尼器进场应有型式检验报告、出厂检验报告及原材料相关质量证明文件，并应按规定见证检验。见证检验的样品应当在监理（建设）单位见证下从项目的产品中随机抽取，应由相应检测资质的第三方进行检验，见证检验的数量和项目应符合第5.3节的有关规定。当设计有其它要求时，尚应进行相应的检验。

**6.2.4**　除6.2.3要求外，其它消能部件应提供下列质量证明文件：

**1**　支撑和连接件所用钢材、焊接材料、紧固件、涂料等原材料的质量证明文件；

**2**　黏滞阻尼器生产厂家生产及服务能力证明材料；

**3**　其它必要证明文件。

**6.2.5**　黏滞消能部件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现行国家标准《工程测量规范》GB 50026和《建筑变形测量规范》JGJ 8的要求。

**6.2.6**　黏滞消能部件的安装接头节点采用焊接和螺栓连接时，应符合设计文件和《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204等相关规定。

**6.2.7**　黏滞消能子分部工程验收程序应符合下列规定：

**1**　黏滞消能子分部工程的检验批及分项工程应由监理单位组织施工单位项目技术负责人等进行验收；

**2**　黏滞消能子分部工程完工后，应由总监理工程师组织施工单位项目负责人和项目技术负责人、设计单位项目负责人等进行验收。

**6.2.**8　黏滞消能子分部工程施工质量验收应在自检合格基础上，按检验批、分项工程、子分部工程进行验收，并应符合下列规定：

**1**　工程施工质量应符合设计要求和本规程规定；

**2**　隐蔽工程在隐蔽前，应进行隐蔽工程验收，形成隐蔽验收文件；

**3**　检验批的施工质量应按主控项目和一般项目进行验收，主控项目的合格率应为100％，一般项目的合格率应不小于80％，且尺寸偏差不应超出允许偏差1.2倍：

**4**　工程的观感质量应由验收人员现场检查，并应共同确认。

**6.2.9**　建筑监测系统宜与建筑地震观测系统和机电智能化系统统筹设置。宜选用带有监测功能的减震装置组建监测系统。

**6.2.10**　黏滞消能建筑使用或管理单位应编写维护管理计划书。

## 6.3　施工安装顺序

**6.3.1**　黏滞消能部件的施工安装顺序，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。

**6.3.2**　黏滞消能结构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**　确定结构的黏滞消能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**　确定同一部位各黏滞消能部件及主体结构构件的局部安装顺序，并编制安装顺序表。

**6.3.3**　对于钢结构，黏滞消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法。

**6.3.4**　对于现浇混凝土结构，黏滞消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法进行。

**6.3.5**　对于装配式混凝土结构，各类构件或部件的总体施工安装顺序，可按本规程相关内容执行。

**6.3.6**　既有结构抗震加固中，黏滞消能部件的总体施工安装顺序可按本规程相关结构形式的黏滞消能部件安装方法进行。

**6.3.7**　同一部位各黏滞消能部件的局部安装顺序编制应符合下列规定：

**1**　确定同一部位各黏滞消能部件的现场安装单元、安装连接顺序；

**2**　编制同一部位各黏滞消能部件的局部安装连接顺序，包括阻尼器、支撑、支墩、连接件的类型、规格和数量。

**6.3.8**　同一部位黏滞消能部件的现场安装单元及局部安装连接顺序，同一部位黏滞消能部件的制作单元超过一个时，宜先将各制作单元及连接件在现场地面拼装为扩大安装单元后，再与主体结构进行连接。

**6.3.9**　黏滞消能部件的现场安装单元或扩大安装单元与主体结构的连接，宜采用现场原位连接。

## 6.4　施工测量、校正与安装

**6.4.1**　黏滞消能部件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现行国家标准《工程测量规范》GB 50026和《建筑变形测量规范》JGJ 8的要求。

**6.4.2**　黏滞消能部件安装前，准备工作应包括下列内容：

**1**　黏滞消能部件的定位轴线、标高点等应进行复查；

**2**　黏滞消能部件的运输进场、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**　对黏滞消能部件的制作质量应进行全面复查。

**6.4.3**　黏滞消能部件安装的吊装就位、测量校正应符合设计文件的要求。

## 6.5　黏滞消能部件的焊接和紧固件连接

**6.5.1**　黏滞消能部件安装接头节点的焊接、螺栓连接，应符合设计文件和现行国家标准《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。

**6.5.2**　黏滞消能部件采用铰接连接时，黏滞消能部件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0.3 mm。

**6.5.3**　黏滞消能部件安装连接完成后，应符合下列规定：

**1**　黏滞阻尼器没有形状异常及损害功能的外伤；

**2**　黏滞阻尼器的黏滞材料未泄漏或剥落，未出现涂层脱落和生锈；

3　黏滞消能部件的临时固定件应予撤除。

## 6.6　施工安全和施工质量验收

**6.6.1**　黏滞消能部件的施工应符合现行国家标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80和《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33的有关规定，并根据黏滞消能部件的施工安装特点，在施工组织设计中制定施工安全措施。

**6.6.2**　黏滞消能部件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按表6.6.2的规定执行。

**表6.6.2　黏滞消能部件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) 黏滞消能部件钢材复验；  (2) 高强度螺栓预拉力和扭矩系数复验；  (3) 摩擦面抗滑移系数复验。 | 《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 | 黏滞消能部件平面外垂直度 | 随机抽查3个部位的黏滞消能部件。 | 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 |

**6.6.3**黏滞消能部件子分部工程观感质量检查项目按表6.6.3的规定执行。

**表6.6.3　黏滞消能部件子分部工程观感质量检查项目**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 抽检数量及检验方法 | 合格质量标准 |
| 1 | 黏滞消能部件的普通涂层表面。 | 随机抽查3个部位的黏滞消能部件。 | 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。 |

## 6.7　检查与维护

**6.7.1**　黏滞消能部件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。

**6.7.2**　黏滞消能部件应根据阻尼器的类型、使用期间的具体情况、阻尼器设计工作年限和设计文件要求等进行定期检查。黏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，在达到设计工作年限时应进行抽样检验。黏滞消能部件在遭遇地震、强风、火灾等灾害后应进行抽样检验。

**6.7.3**　黏滞阻尼器目测检查时，应观察黏滞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6.7.3的规定。

**表6.7.3　阻尼器检查内容及维护方法**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 检查内容 | 维护方法 |
| 1 | 黏滞阻尼器的导杆上漏油，黏滞阻尼材料泄露。 | 更换阻尼器 |
| 2 | 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 | 黏滞阻尼器的导杆、出现腐蚀、表面污垢硬化结斑结块。 | 及时清除 |
| 4 | 阻尼器被涂装的金属表面外露、锈蚀或损伤，防腐或防火涂装层出现裂纹、起皮、剥落、老化等。 | 重新涂装 |
| 5 | 阻尼器产生弯曲、局部变形。 | 更换阻尼器 |
| 6 | 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 |

**6.7.4**支撑目测检查时，应检查支撑、连接部位变形和外观及其他问题等，目测检查内容及维护处理方法应符合表6.7.4的规定。

**表6.7.4　支撑目测检查内容及维护处理方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 抽检数量及检验方法 | 合格质量标准 |
| 1 | 黏滞消能部件的普通涂层表面。 | 随机抽查3个部位的黏滞消能部件。 | 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。 |

**6.7.5**黏滞消能部件抽样检验时，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，并应能推定可否达到预定的工作年限。

**6.7.6**黏滞消能部件抽样检验时，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，并应能推定可否达到预定的工作年限。

## 6.8　黏滞消能结构专用标识

**6.8.1**黏滞消能结构专用标识形式简明、图文并茂，设置于减震和风振控制建筑特定位置，为项目业主、施工方、使用者、物业管理及维护人员提供必要的减震和风振控制工程技术信息，避免使用中的不当行为影响消能功能，促进消能建筑的正常使用、合理维护，指导人员遇震时正确疏散。

**6.8.2**黏滞消能结构专用标识分为如下两类：

**1**黏滞消能结构建筑工程主标识；

**2**其他专用标识，包括黏滞阻尼器标识、黏滞消能层标识、黏滞消能层检修口（吊装口）标识、疏散避让标识等。

**6.8.3**黏滞消能结构专用标识为正方形，采用标牌或标签形式，图形和文字信息应便于识读，图形部分为白底蓝图，文字信息部分为蓝底白字。

**6.8.4**必要时可根据工程实际需要在标识中增设其他语言文字。

**6.8.5**标识图样宜符合下列规定：

**1**黏滞消能结构主标识见图6.8.5-1：

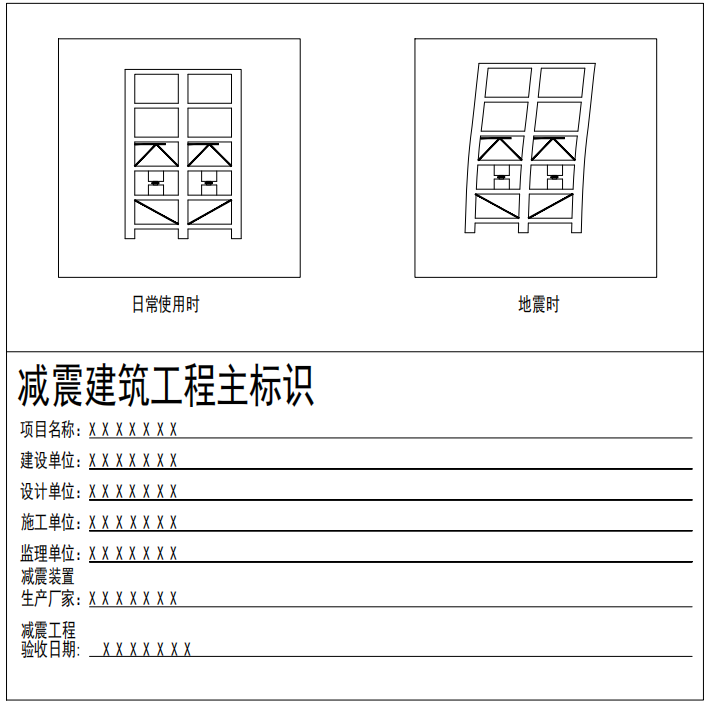
1）尺寸可采用600 mm×600 mm（宽×高）；

2）颜色可采用深蓝色C90 M70 Y0 K35／R17 G57 B125；

3）中文标题可采用85号方正大黑简体；

4）中文说明文字可采用35号方正黑体简体；

5）中文正文表头可采用35号方正黑体简体，中文表格正文可采用45号方正黑体简体。



**图6.8.5-1　黏滞消能结构主标识**

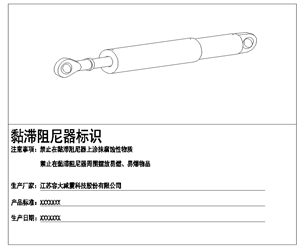
**2**黏滞阻尼器标识见图6.8.5-2：

1）尺寸可采用200 mm×200 mm（宽×高）；

2）颜色可采用深蓝色C90 M70 Y0 K35／R17 G57 B125；

3）中文标题可采用45号方正大黑简体；

4）中文注意事项可采用20号方正黑体简体，中文表格正文可采用15号方正黑体简体。



**图6.8.5-2　黏滞阻尼器标识**

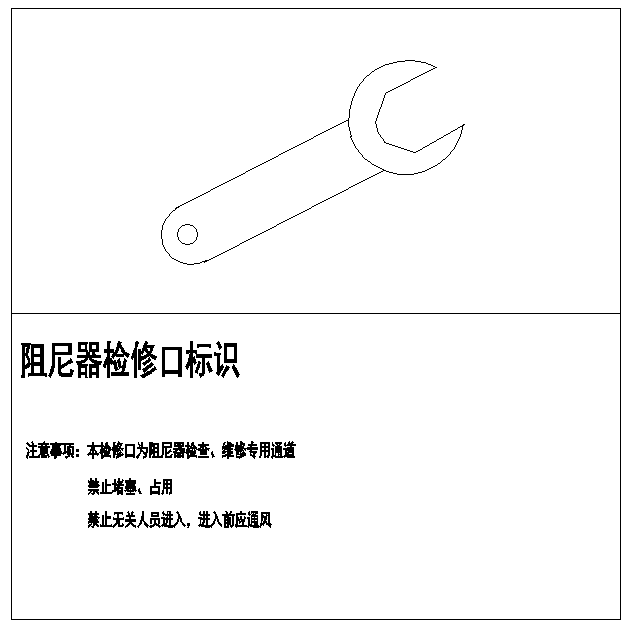
**3**阻尼器检修口标识见图6.8.5-3：

1）尺寸可采用200 mm×200 mm（宽×高）；

2）颜色可采用深蓝色C90 M70 Y0 K35／R17 G57 B125；

3）中文标题可采用45号方正大黑简体；

4）中文注意事项可采用20号方正黑体简体，中文表格正文可采用15号方正黑体简体。



**图6.8.5-3　减震层检修口标识**

**4**疏散避让标识见图6.8.5-4：

1）尺寸可采用200 mm×200 mm（宽×高）；

2）颜色可采用深蓝色C90 M70 Y0 K35／R17 G57 B125；

3）中文标题可采用45号方正大黑简体；

4）中文注意事项可采用20号方正黑体简体，中文表格正文可采用15号方正黑体简体。



**图6.8.5-4　疏散避让标识**

# 附录A　设计阻尼力试验

**A.0.1**黏滞阻尼器的设计阻尼力试验应采用阻尼器本体进行，并准备试样试验所需的工装、夹具。

**A.0.2**试验应满足下列要求：

**1**设计阻尼力试验应在室温环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其在设计速度下进行5个完整的位移循环测试；当试验设备能力限制时，应考虑理论计算与试验结合来推算、验证产品的设计阻尼力和产品的结构强度和稳定性；

**3**加载频率为设计工作频率，加载振幅按式A.0.2-1计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (A.0.2-1) |

式中，——加载振幅；

——设计加载速度；

——设计工作频率。

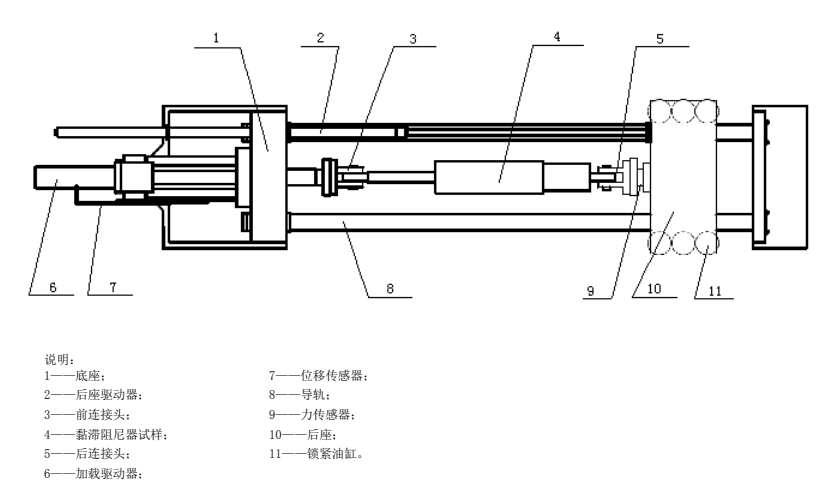
**4**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载位移按式A.0.2-2计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (A.0.2-2) |

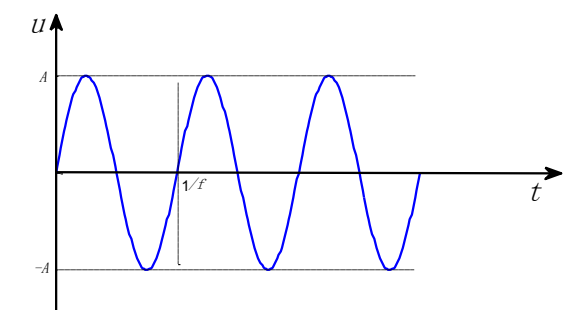
式中，——加载位移。

**5**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验；

**6**当试验设备行程满足不了加载要求时，可提高加载频率f来验证产品的设计阻尼力值。



**图A.0.2-1　试验设备及连接方式示意**



**图A.0.2-2　加载正弦波波形**

**A.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**力和位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

**2**理论阻尼力按式A.0.3计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (A.0.3) |

式中，——理论阻尼力。

**3**实际阻尼力分别取第3个滞回圈上拉伸、压缩两个方向实测阻尼力值的绝对值；

**4**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。

**A.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**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，以及试验过程中的异常情况。

# 附录B　极限位移试验

**B.0.1**黏滞阻尼器极限位移试验应采用阻尼器本体进行。

**B.0.2**试验应满足下列要求：

**1**极限位移试验应在室温环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其进行1个完整的位移循环运动；当黏滞阻尼器极限位移大于设备自身能力时，也可采用物理方法进行测量；

**3**加载方式为采用静力加载试验，控制试验机的加载系统使阻尼器匀速缓慢运动，记录其伸缩运动的极限位移值。

**B.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**力、位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

**2**试验过程应运行平稳，无卡滞；

**3**阻尼力时程曲线和位移时程曲线数据应全程连续记录。采用物理方法测量可保留照片等录像素材。

**B.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**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C　耐压性能试验

**C.0.1**黏滞阻尼器耐压性能试验应采用阻尼器本体进行。

**C.0.2**试验按以下步骤进行：

**1**按图C.0.2，将试样的一个注油口与液压加载设备连接，确认注油口及其它部位密封好后，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；

图示, 工程绘图

描述已自动生成

**图C.0.2　耐压性能试验示意**

**2**待压强上升至设计最大压强的1.5倍时，停止注入阻尼介质，并持荷180 s以上。设计最大压强由式C.0.2计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (C.0.3) |

式中，——设计最大压强；

——黏滞阻尼器缸筒内孔直径（mm）；

——黏滞阻尼器伸出杆直径（mm）。

**3**解除注油口与液压加载设备的连接，检查试样是否有阻尼介质泄漏和部件损坏等现象。

**C.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**记录耐压试验的压力时程曲线，曲线需包含加压和泄压过程；

**2**试验过程应运行平稳，无卡滞。

**C.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**试验设备、试样规格、最高压力值、最高压力持续时间；

**2**描述试验过程及试验结果，记录试验过程中的异常情况；

**3**压力表最高读数的照片。

# 附录D　速度相关性能试验

**D.0.1**黏滞阻尼器速度相关性能试验应采用阻尼器本体进行，受试验设备能力限制时可采用缩尺模型进行。缩尺模型只允许行程缩短，其它应与阻尼器本体相同。

**D.0.2**试验按以下步骤进行：

**1**速度相关性能试验应在室温环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其在0.01、0.1、0.25、0.5、0.75、1.0和1.2倍设计速度下分别进行5个完整的位移循环测试；

**3**加载频率为设计工作频率，加载振幅按式A.0.2-1计算；

**4**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载位移按式A.0.2-2计算；当加载位移小于5 mm时，加载位移取值5 mm，并降低加载频率来完成试验；

**5**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验。

**D.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**力和位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

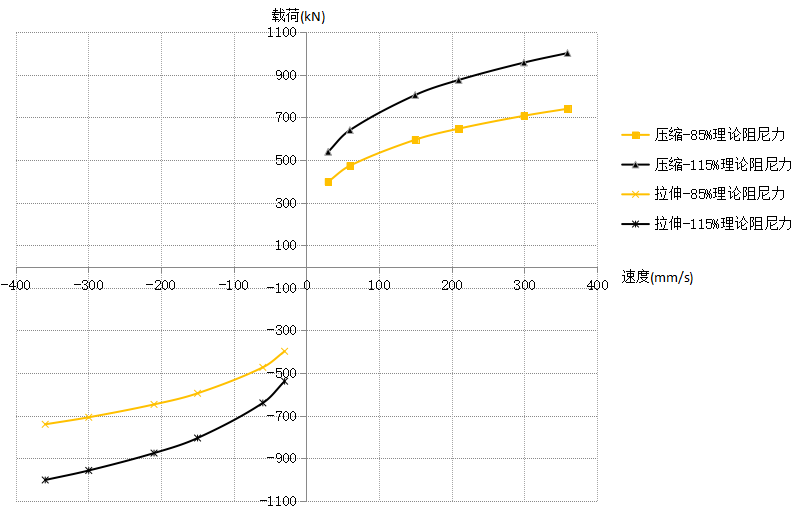
**2**理论阻尼力按式A.0.3计算；

**3**实际阻尼力取值以第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；

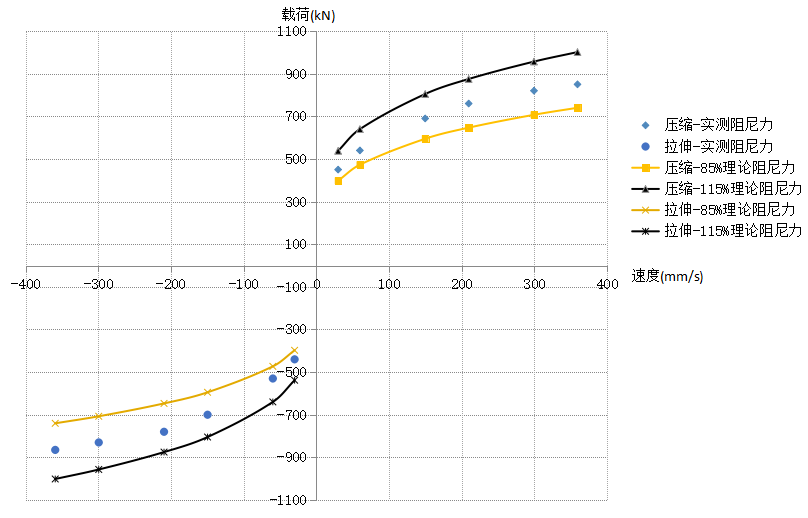
**4**分别计算0.01、0.1、0.25、0.5、0.75、1.0和1.2倍设计速度下的理论阻尼力数值，分别绘制拉伸、压缩方向各工况下速度-115%理论阻尼力和速度-85%理论阻尼力的带平滑线的散点图，如图D.0.3-1所示；

**5**图D.0.3-1中插入各速度工况下实测速度-实测阻尼力的散点，各散点的的位置均应在85%/115%理论阻尼力平滑线范围内，如图D.0.3-2；

**6**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。



**图D.0.3-1　速度-85%/115%理论阻尼力平滑线散点图**



**图D.0.3-2　实测速度-实测阻尼力散点图**

**D.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**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、阻尼力—位移和阻尼力—速度滞回曲线，以及试验过程中的异常情况。

# 附录E　频率相关性能试验

**E.0.1**黏滞阻尼器频率相关性能试验应采用阻尼器本体进行，受试验设备能力限制时可采用缩尺模型进行。缩尺模型只允许行程缩短，其它应与阻尼器本体相同。

**E.0.2**试验按以下步骤进行：

**1**频率相关性能试验应在室温环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其在六种不同加载频率下，以设计运动速度分别进行5个完整的位移循环运动；

**3**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载振幅和加载频率见表E.0.2，加载振幅应控制在极限位移以内，则加载频率相应改变；

**4**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验。

**表E.0.2　频率相关性能试验输入数据表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 加载振幅 (mm) | 加载频率 (Hz) |
| 1 | 1.2 | 0.6 |
| 2 | 1.2 | 0.8 |
| 3 | 1.0 | 1.0 |
| 4 | 0.83 | 1.2 |
| 5 | 0.714 | 1.4 |
| 6 | 0.625 | 1.6 |
| 注：为黏滞阻尼器的设计位移；为黏滞阻尼器的设计工作频率。 | | |

**E.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**力、位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

**2**实际阻尼力取第3个滞回圈上拉伸、压缩两个最大阻尼力绝对值的平均值，不同加载频率下实际阻尼力最大偏差按式E.0.3计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (E.0.3) |

式中：——频率相关性下实际阻尼力的最大偏差；

——六个不同加载频率中的实际阻尼力最大值

——六个不同加载频率中的实际阻尼力最小值。

**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。

**E.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**描述试验过程及试验结果，记录全程的阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线，以及试验过程中的异常情况。

# 附录F　慢速性能试验

**F.0.1**黏滞阻尼器慢速性能试验应采用阻尼器本体进行。受试验设备能力限制时可采用缩尺模型进行。缩尺模型只允许行程缩短，其它应与阻尼器本体相同。

**F.0.2**试验按以下步骤进行：

**1**慢速性能试验应在室内环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其进行1个完整的位移循环运动；

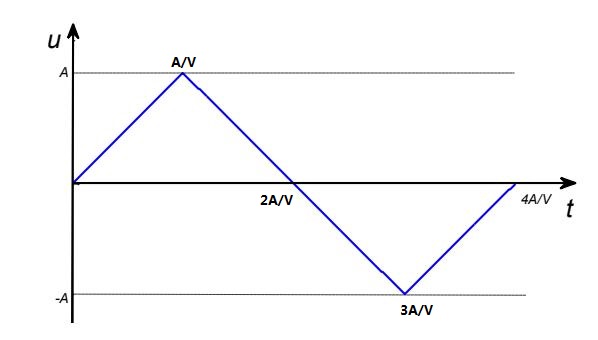
**3**加载方式为三角波加载（图F.0.2），加载速度取0.01 mm/s~0.1 mm/s，加载振幅不小于工程结构温度变化引起的阻尼器本身位移，且不小于10 mm，加载位移按式F.0.2计算。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (F.0.2) |

式中：——加载位移；

——加载速度；

——加载幅值。

****

**图F.0.2　三角波波形**

**F.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**力、位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

**2**试验过程应运行平稳，无卡滞；

**3**阻尼力时程曲线和位移时程曲线数据应全程连续记录。

**F.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**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G　抗震疲劳性能试验

**G.0.1**黏滞阻尼器抗震疲劳性能试验应采用阻尼器本体进行，受试验设备能力限制时可采用缩尺模型进行。缩尺模型只允许行程缩短，其它应与阻尼器本体相同。

**G.0.2**对于抗震用黏滞阻尼器，试验按以下步骤进行：

**1**抗震疲劳性能试验应在室温环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其连续进行个30个完整的位移循环运动，位移大于100 mm时加载10个循环；

**3**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载位移按式A.0.2-2计算；

**4**加载频率为设计工作频率，取为结构基本周期的倒数，当无法确定该参数时，加载频率可按式G.0.2计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (G.0.2) |

式中：——加载频率。

**5**加载振幅为设计位移；

**6**连续记录全加载过程的阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线；

**7**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验。

**G.0.3**对于抗风用黏滞阻尼器，试验按以下步骤进行：

**1**抗震疲劳性能试验应在室内环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其连续进行10个完整的位移循环运动；

**3**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载位移按式A.0.2-2计算；

**4**加载频率为设计工作频率，取为结构基本周期的倒数，当无法确定该参数时，加载频率可按式G.0.2计算；

**5**加载振幅为设计位移；

**6**连续记录全加载过程的阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线；

**7**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验。

**G.0.4**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**力、位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

**2**理论阻尼力按式A.0.3计算；

**3**拉伸和压缩方向的地震阻尼力衰减率由式G.0.4计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (G.0.4) |

式中：——地震作用下的实际阻尼力衰减率；

——第2个位移循环对应的实际阻尼力；

——第个位移循环对应的实际阻尼力，取9和29。

**4**阻尼力—位移滞回曲线应饱满、光滑、无异常，实际阻尼力分别取滞回圈上最大拉伸、压缩实测阻尼力的绝对值。

**G.0.5**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**描述试验过程及试验结果，记录试验过程中的异常情况。

# 附录H　抗风荷载性能试验

**H.0.1**黏滞阻尼器抗风荷载性能试验应采用阻尼器本体进行，受试验设备能力限制时可采用缩尺模型进行。缩尺模型只允许行程缩短，其它应与阻尼器本体相同。

**H.0.2**试验按以下步骤进行：

**1**抗风荷载性能试验应在室内环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其进行2000个完整的位移循环运动；

**3**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载位移按式A.0.2-2计算；

**4**加载频率为设计工作频率，取为结构基本周期的倒数，当无法确定该参数时，加载频率可按式G.0.2计算；

**5**加载振幅应为设计位移的10%；

**6**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验。

**H.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**理论阻尼力按式A.0.3计算；

**2**风振阻尼力衰减率由式H.0.3计算；

|  |  |
| --- | --- |
|  | (H.0.3) |

式中：——风振下的实际阻尼力衰减率。

**3**试验过程中试样应运行平稳，无卡滞，实际阻尼力分别取滞回圈上的最大拉伸、压缩实测阻尼力的绝对值。

**H.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**力、位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

**2**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**3**描述试验过程及试验结果，记录全程的阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线，以及试验过程中的异常情况。

# 附录J　密封磨损性能试验

**J.0.1**黏滞阻尼器密封磨损性能试验应采用阻尼器本体进行。

**J.0.2**试验按以下步骤进行：

**1**密封磨损性能试验应在室内环境下进行；

**2**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其进行60000个完整的位移循环运动，每次连续加载20000个完整的位移循环，间隔加载三次；

**3**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载位移按式A.0.2-2计算；

**4**加载振幅为±5 mm，加载频率不大于1 Hz，且不小于0.1 Hz；

**5**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验。

**J.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**力、位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

**2**试验过程应运行平稳，无卡滞；

**3**记录阻尼力—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。

**J.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**描述试验过程及试验结果，记录的阻尼力—位移滞回曲线，以及试验过程中的异常情况。

# 附录K　温度相关性能试验

**K.0.1**黏滞阻尼器温度相关性能试验应采用阻尼器本体进行，受试验设备能力限制时可采用缩尺模型进行。缩尺模型只允许行程缩短，其它应与阻尼器本体相同。

**K.0.2**试验按以下步骤进行：

**1**温度相关性能试验应分别在-30℃，20℃，60℃的温度下进行；

**2**试样应在所需试验温度环境下放置不小于24小时，试样取出后需采取保温措施并在15分钟内完成试验；

**3**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其连续进行5个完整的位移循环运动；

**4**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载位移按式A.0.2-2计算；

**5**加载频率为设计工作频率，加载振幅为设计位移，若缩尺模型的行程小于设计位移，则在不改变最大加载速度的前提下可以减小加载振幅；

**6**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验。

**K.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**力、位移数据的采样频率应不低于试验加载频率的200倍，在试验前记录室内环境温度；

**2**理论阻尼力按式A.0.3计算；

**3**实际阻尼力分别取第3个滞回圈上的拉伸、压缩两个方向最大阻尼力的绝对值，-30℃最大偏差按式J.0.3-1计算，60℃最大偏差按式J.0.3-2计算。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (J.0.3-1) |
|  | (J.0.3-2) |

式中：——在-30℃温度条件下的阻尼力衰减率；

——在60℃温度条件下的阻尼力衰减率；

——试样在-30℃时的实际阻尼力值；

——试样在20℃时的实际阻尼力值；

——试样在60℃时的实际阻尼力值。

**4**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。

**K.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**描述试验过程及试验结果，记录全程的阻尼力时程曲线、位移时程曲线和阻尼力—位移滞回曲线，以及试验过程中的异常情况。

# 附录L　耐候性能试验

**L.0.1**黏滞阻尼器耐候性能试验应采用阻尼器本体进行，受试验设备能力限制时可采用缩尺模型进行。

**L.0.2**试验按以下步骤进行：

**1**按照中性盐雾试验要求，连续进行1008小时盐雾环境试验；

**2**按照湿度试验要求，在温度（30±2）℃、相对湿度（93±3）%试验环境下，开展不小于56天的湿热试验；

**3**中性盐雾试验和湿度试验应各用1台试验样机完成；

**4**试验完成后，2台阻尼器均开展设计阻尼力试验，试验应在（23±5）℃的环境温度下进行；

**5**在图A.0.2-1所示的试验设备上对试样加载，使其在设计速度下进行5个完整的位移循环测试；

**6**加载频率为设计工作频率，加载振幅按式A.0.2-1计算；

**7**加载方式为正弦波加载（图A.0.2-2），加载位移按式A.0.2-2计算；

**8**对试样温度进行监测，超过指定温度时应暂停试验。

**L.0.3**试验过程与数据应满足以下要求：

**1**理论阻尼力按式A.0.3计算；

**2**实际阻尼力取第3个滞回圈上拉伸、压缩两个方向实测阻尼力绝对值的平均值；

**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。

**L.0.4**试验报告应包括以下内容：

**1**环境温度、试验设备、试样规格、试验输入参数；

**2**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，以及试验过程中的异常情况。

# 附录M　建议标准化产品规格及性能参数

**表M.0.1　黏滞阻尼器技术参数表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 技术指标 | 参数值 | 说明 |
| 设计阻尼力（kN） | 150、200、300、400、500、600、700、800、900、1000、1200、1350、1500、1650、1800、2000、2200、2500、2800、3000、3500、4000 | 设计阻尼力分为22级，载荷范围：150 kN~4000 kN。 |
| 设计位移（mm） | ±30、±50、±100、±125、±150、±175、±200、±250、±300、±350、±400、±450、±500、±550、±600、±650、±700、±800、±900、±1000 | 设计位移分为20级。 |
| 速度指数 | 0.2、0.3、0.4、0.45、0.6、1 | 减震黏滞阻尼器 0.3  抗风黏滞阻尼器 0.4  隔震黏滞阻尼器 1 |
| 参考设计速度 | 100 mm/s~500 mm/s | / |
| 实现功能 | 减震、抗风、隔震 | 阻尼器可根据不同的实现功能来进行参数选型。 |

# 本规程用词说明

**1**为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

# 引用标准名录

**1**《混凝土结构设计规范》GB 50010

**2**《建筑抗震设计规范》GB 50011

**3**《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

**4**《包装储运图示标志》GB/T 191

**5**《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3

**6**《建筑消能减震技术规程》JGJ 297

**7**《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1

**8**《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2

**9**《开口销》GB/T 91

**10**《圆锥销》GB/T 117

**11**《圆柱销 不淬硬钢和奥氏体不锈钢》GB/T 119.1

**12**《圆柱销 淬硬钢和马氏体不锈钢》GB/T 119.2

**13**《无头销轴》GB/T 880

**14**《销轴》GB/T 882

**15**《金属材料 弯曲试验方法》GB/T 232

**16**《金属夏比冲击试验方法》GB/T 229

**17**《金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法》GB/T 230.1

**18**《液压气动用O形橡胶密封圈 第2部分：外观质量检验规范》GB/T 3452.2

**19**《往复运动橡胶密封圈外观质量》GB/T 15325

**20**《往复运动橡胶密封圈结构尺寸系列》GB/T 10708

**21**《硫化橡胶或热塑性橡胶硬度的测定（10～100IRHD）》GB/T 6031

**22**《往复运动橡胶密封圈材料》HG/T 2810

**23**《紧固件 电镀层》GB/T 5267.1

**24**《磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》GB/T 4956

**25**《色漆和清漆拉开法附着力试验》GB/T 5210

**26**《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286

**27**《人造气氛腐蚀环境 盐雾试验》GB/T 10125

**28**《环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验》GB/T 2423.3

**29**《线位移传感器校准规范》JJF 1305

**30**《拉力、压力和万能试验机检定规程》JJG 139

**31**《数字温度指示调节仪检定规程》JJG 617

**32**《温度、湿度、振动综合环境试验系统校准规范》JJF 1270

**中国工程建设标准化协会标准**

**黏滞阻尼器应用技术规程**

**T/CECS XXX -20XX**

# 条文说明

**目　　次**

1　总　　则

**1.0.1**目前国内的黏滞阻尼器消能减震（振）技术快速发展，科研成果不断积累，应用黏滞阻尼器技术的工程数量越来越多。制定本规程，是为了促进和规范黏滞阻尼器技术的应用，确保工程质量，获得良好的综合经济效益和社会效应。

**1.0.3**现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023中要求加固结构在预期的后续工作年限内具有相应的抗震设防目标。

2　术语及符号

## 2.1　术语

**2.1.1~2.1.16**本节汇总了本规程所采用与黏滞阻尼器及减震结构设计相关的专门术语。本规程采用的其他术语均应符合现行国家标准《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083的规定。

## 2.2　符号

**2.2.1~2.2.2**本节汇总了本工程所采用的主要符号及其含义，按拉丁字母和希腊字母顺序排列。每个符号由主体符号或主体符号带上、下标构成。主体符号一般代表物理量，上、下标代表物理量以外的术语、说明语，用以进一步说明符号的涵义。本节未列出的其他符号及其含义均在各有章节的条文中列出。

3　黏滞消能结构设计

## 3.1　一般规定

**3.1.1**　黏滞阻尼器可有效降低结构的水平地震作用和风荷载引起的结构振动，适用范围较广，可用于不同结构类型和高度的建筑结构中，同时黏滞阻尼器给结构附加一定的阻尼，可满足不同水准地震下预期的位移要求和风振下结构加速度的要求。对震后需抗震加固的建筑结构及由于抗震设防烈度提高而不能满足新抗震性能要求的建筑结构，在满足竖向承载力要求的情况下可采用黏滞阻尼器消能减震技术来实现新的抗震设防要求。

**3.1.2**　黏滞阻尼器的应用范围较广，由于黏滞阻尼器在不同应用场景下，控制指标不同且产品性能要求及测试要求不同，故根据不同场景分为减震用黏滞阻尼器和风振控制用黏滞阻尼器，其中减震用黏滞阻尼器包含隔震建筑中的隔震层用黏滞阻尼器。

## 3.2　黏滞消能结构分析

**3.2.1**　根据《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002）的要求，非结构构件、装饰构件等构件及其连接在地震作用下要具有相应的抗震能力。

**3.2.2**　结构抗震性能化设计综合考虑结构承载力和变形能力，具有很强的针对性和灵活性，可根据具体工程需要，对整个结构、局部部位或关键构件采取有效的抗震措施以达到预期性能目前，进而提高结构的抗震安全性，并满足建筑结构不同使用功能的要求。

**3.2.4**　在弹性模型条件下，各软件计算所得的质量、周期相对误差不大于5%；振型分解反应谱法所得的层间剪力，除顶部个别楼层外，相对误差不大于10%。

**3.2.14**　当建筑结构以剪切变形为主，且结构质量和刚度沿高度分布比较均匀时，可用方法1计算附加阻尼比。其他类型的建筑结构建议同时采用方法1和方法2进行附加有效阻尼比的计算。考虑到地震波的选取的随机性、阻尼器与连接间隙、支撑变形等影响宜对附加阻尼比折减，折减系数宜取0.8-0.9。

## 3.4　风振控制设计

**3.4.5**　采用黏滞消能部件进行结构风振控制时，由于黏滞阻尼器所处位置的层间变形、速度均不相同，各阻尼器发挥的效率存在差异，需要考虑关键部件失效产生的影响，加之施工误差亦会降低减振效果，因此需要综合考虑各方面影响对附加阻尼比进行折减，保障黏滞消能结构性能。实际设计时，可以通过去除效率最高的阻尼器或附加阻尼比折减20%来计算。

## 3.5　风振控制设计

**3.5.1~3.5.2**　阻尼器与主体结构的连接，根据阻尼器的不同，可采用不同的连接形式（图3.5.1）。“K”形支撑布置时会在框架柱中部交点处给柱带来侧向集中力的不利作用，在地震作用下，可能因受压斜杆屈曲或受拉斜杆屈服，引起较大的侧向变形，使柱发生屈曲甚至造成倒塌，故不宜采用“K”字形布置。支撑斜杆宜采用双轴对称截面。当采用单轴对称截面（双角钢组合T形截面），应采取防止绕对称屈曲的构造措施。板件局部失稳影响支撑斜杆的承载力和消能能力，其宽厚比需要加以限制。





（a）支撑型



（b）墙型



（c）腋撑式 （d）肘节式



（e）隔震层墩式

**图3.5.1**　**阻尼器的布置形式**

1　梁；2　柱或墙；3　阻尼器；4　支撑；5　节点板；6　预制板；

7　支墩或支墙；8　水平平台；9　平面外限位装置

**3.5.3**　本条内容同现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017有关条文。节点板（或连接件）和结构构件间的连接采用高强度螺栓连接或焊接，当采用螺栓连接时，应保证相连节点在罕遇地震下不发生滑移;当阻尼器的阻尼力较大时，宜采用刚接;与阻尼器相连的支撑应保证在阻尼器最大输出阻尼力作用下处于弹性状态，不发生平面内、外整体失稳，同时与主体相连的预埋件、节点板等也应处于弹性状态，不得发生滑移、拔出和局部失稳等破坏。与支撑相连接的节点承载力应大于支撑的极限承载力，以保证节点足以承受罕遇地震下可能产生的最大内力。阻尼器与连接支撑、主体结构之间的连接节点，应符合钢构件连接、或钢与混凝土构件连接、或钢与钢-混凝土组合构件连接的构造要求。

**3.5.4**　消能部件属非承重构件，其功能仅在结构变形过程中发挥耗能作用，而不承担结构的竖向承载作用，即增设阻尼器不改变主体结构的竖向受力体系，为此，无论是新建消能减震结构还是既有建筑的抗震加固主体结构都必须满足竖向承载力的要求。与阻尼器相连的支撑应具有足够刚度，以保证消能部件中的变形绝大部分发生在阻尼器上，阻尼器支撑的刚度应根据计算确定。节点板在支撑力（考虑附加弯矩）作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生面外失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋的措施。

以前对于消能减震结构分析，一般将阻尼器视为单方向的消能，亦即沿着框架的平面方向消能，所以，一些相关研究皆是以平面框架（二维构架）装设阻尼器来探讨消能减震结构在地震作用下的反应，由于应用平面框架的概念，对于阻尼器平面外的方向皆视为不受地震作用而忽视阻尼器平面外的力学特性。然而，由于建筑结构体系的复杂及不规则以及应用平面框架理论有其条件的限制，建筑结构大部分已经不再适用平面框架的理论，加上近年来结构分析技术的进步，目前皆是以三维空间结构来做结构分析设计。所以，在三维空间结构分析时，阻尼器不仅需考虑框架平面内的力学特性，亦需考虑阻尼器在框架平面外的力学特性。并且由于附加支撑在阻尼器的阻尼力作用下，常产生轴压变形，在设计附加支撑时经常只考虑到附加支撑平面内的刚度，来保证阻尼器的大变形而忽略了附加支撑的平面外刚度，导致附加支撑在地震作用时平面外屈曲破坏，使阻尼器不能发挥其应有的耗能效果。为此，需要保证附加支撑在轴力作用的平面外刚度。

当采用人字形支撑时，可同时考虑与橡胶支座的合理组合，通过橡胶支座或其他提供平面刚度装置给支撑提供一定的平面外刚度，以保持支撑平面外的稳定（图3.5.4）。



**图3.5.4**　**阻尼器安装立面图**

1　平面外限位装置；2　阻尼器；3　支撑

**3.5.5**　由于消能支撑常采用连接板与主体结构相连，从现有的混凝土钢支撑结构和钢结构的支撑破坏情况发现，在地震中常出现连接钢板部分发生互不相同平面外的失稳，由此导致梁发生大的扭转变形并使钢筋混凝土剥落，使阻尼器不能产生相对位移，从而不能发挥相应的耗能效果。与消能部件相连接的主体结构构件与节点应考虑阻尼器在最大输出阻尼力作用，从而保证阻尼器在罕遇地震作用下不丧失功能。

**3.5.7**　预埋件的构造形式应根据受力性能和施工条件确定，力求构造简单，传力直接。预埋件可分为受力预埋件与构造预埋件两种。均由两部分组成：埋设在混凝土中的锚筋和外露在混凝土表面部分的锚板。锚筋和锚板都采用可焊性好的结构钢。锚筋常用钢筋，对于受力较大的预埋件常采用角钢。对于L形预埋板相互垂直方向的预埋板承担的内力宜按支撑角度对轴向力进行分解获取。

**3.5.8~3.5.14**　阻尼器的附加内力通过预埋件、支撑和剪力墙(支墩）传递给主体结构构件，因此，要求预埋件、支撑和剪力墙（支墩）在阻尼器极限位移时附加的外力作用下不会出现失效，其构造措施比一般预埋件要求更高。支撑的计算长度取值遵循如下原则:计算支撑的轴向刚度时，计算长度取其净长。计算平面内、外失稳时，计算长度应取支撑与阻尼器的长度总和。

**3.5.15**　结构工程中的销轴常用Q235或Q345等结构用钢，也有用45号钢、35CrMo和40Cr等非结构常用钢材。现行国家标准《销轴》GB/T 882对公称直径3 mm~100 mm的销轴作了规定。结构工程中荷载较大时需要用到直径大于100 mm的销轴，目前没有标准的规格。也没有像精制螺栓这样的标准规定销轴的精度要求。因此设计人员在设计文件中应注明对销轴和耳板销轴孔精度、表面质量和销轴表面处理的要求。对于非结构常用钢材按本规程3.5.15条规定的原则确定设计强度指标。对于非结构常用钢材按《钢结构设计标准》GB 50017相关条款执行。

**3.5.16**　本条节点板的构造要求除宽厚比外，其余是参考美国标准ANSIAISC 360-05 Specification for Structural Steel Building给出。宽厚比要求主要是考虑避免节点板端部平面外失稳而提出的。

**3.5.17~3.5.18**　这两条规定了销轴和节点板的计算。销轴连接中节点板可能进入四种承载力极限状态（图3.5.17）。



（a）节点板耳板净截面受拉 （b）节点板耳板端部劈开



（c）节点板耳板端部受剪 （d）节点板耳板面外失稳

**图3.5.17**　**销轴连接中节点板耳板四种承载力极限状态**

**1**　节点板耳板净截面受拉。

美国标准ANSI/AISC 360-05Specification for Structural Steel Building 、欧洲标准EN1993-1-8:2005和我国行业标准《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》JTJ025-86计算耳板净截面的受拉承载力可分别表达如下：

1）ANSI/AISC 360-05:

2）EN 1993-1-8: 2005:

3）《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》JTJ025-86：

式中：。

若用美国标准构造要求假定销轴连接的几何尺寸然后分别按美国标准和欧洲标准计算耳板净截面的受拉承载力，发现两者相差很大，前者约为后者的1.2倍~4倍。根据我国钢结构构件弹性设计极限状态的含义并考虑耳板净截面处应力分布不均匀性,我们参考欧洲标准并同时参考美国标准最大有效计算宽度提出本标准的计算公式。与我国行业标准《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》JTJO25-86比较，本标准计算公式对应于k=1.33~1.54。

2　节点板耳板端部劈开强度计算。

美国标准ANSI/AISC 360-05没有节点板端部劈开强度计算公式。但通过构造要求可有：

1）参考ASME2006定义的公式可表达成:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (a) |

2）参考欧洲标准EN1993-1-8:2005计算耳板端部尺寸的公式，可表达成:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (b) |

3）《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》JTJ025-86可表达成：

式中：。

我们用式（a）和式（b）进行试算，结果若满足式（b），则一般均能满足式（a）。本标准采纳式（b）,与我国行业标准JTJO25-86比较，对应于k=1.65 ~2.08。

**3**　节点板耳板端部受剪承载力计算。

美国标准ANSI/AISC 360-05：

本标准根据两个受剪面实际尺寸，则：

**4**　节点板耳板面外失稳。

在净截面抗拉强度计算中规定了有效宽度，一般能满足，ASME有关文献表明，当时不会发生耳板面外失稳。

4　黏滞阻尼器产品设计与制作

**4.1**　**一般规定**

**4.1.2**　黏滞阻尼器由缸体、活塞、活塞杆、黏滞阻尼材料、密封部件及连接部件组成，减震黏滞阻尼器、抗风黏滞阻尼器产品示意见图4.1.2-1，隔震黏滞阻尼器产品示意见图4.1.2-2。



|  |  |
| --- | --- |
| 说明： |  |
| 1、关节轴承 | 8、活塞 |
| 2、销头 | 9、缸体 |
| 3、防尘罩 | 10、静密封件 |
| 4、活塞杆 | 11、右端盖 |
| 5、动密封件 | 12、连接筒 |
| 6、左端盖  7、黏滞阻尼介质 | 13、连接筒耳环 |

**图4.1.2-1**　**减震黏滞阻尼器、抗风黏滞阻尼器产品示意图**



|  |  |
| --- | --- |
| 说明： |  |
| 1、头部球铰 | 2、尾部球铰 |

**图4.1.2-2　隔震黏滞阻尼器产品示意图**

减震黏滞阻尼器、抗风黏滞阻尼器应在每一端安装自润滑向心关节轴承或球铰，向心关节轴承应符合GB/T 9163。黏滞阻尼器转角（图4.1.2-3），转角范围不应小于±6°。



（a）关节轴承转角



（b）节点板转角



（c）球铰转角

**图4.1.2-3　转角范围示意图**

**4.1.3** 黏滞阻尼器重要结构受力件不应采用铸钢。缸体根据实际使用情况，宜采用45或27SiMn热轧无缝钢管。缸体不应采用焊接成形。

**4.1.4**　黏滞阻尼器阻尼介质材料黏度变化率应在±5%以内，在230℃×2h下挥发份不应超过0.75%。不应使用烃基流体。宜选用二甲基硅油，应符合现行行业标准《二甲基硅油》HG/T 2366的有关规定。

**4.1.5** 黏滞阻尼器的密封件宜采用PTFE、PEEK类复合型密封材料。密封材料不宜使用聚氨酯类、橡胶类密封材料。

**4.1.6** 黏滞阻尼器成品外露表面宜采用热喷锌加封闭油漆处理工艺，其中热喷锌厚度不低于80μm，封闭油漆的厚度不低于30μm。

**4.3**　**装配要求**

**4.3.1**　黏滞阻尼器装配时，任何变形、损伤和锈蚀的零件不应用于装配，不应使用有缺陷及超过有效使用期限的密封件。零件在装配前应清洗干净，不应带有任何污染物（如铁屑、毛刺、纤维状杂质等）零件装配时，不应使用棉纱、纸张等纤维易脱落物擦拭阻尼器内腔及零件配合表面。阻尼器缸体入注阻尼介质，宜静止24小时后，测量液面高度，将阻尼介质液面误差调整至规定高度。整体装配结束后，擦拭表面多余阻尼介质，确保阻尼器表面平整，无渗漏。

## 4.4　标志、包装、运输与存放

**4.4.1**　黏滞阻尼器的质量是黏滞消能结构性能的重要保证，采取规范、统一的措施来管控黏滞阻尼器的生产及出厂对于保证其质量是必要的。

**4.4.2**　黏滞阻尼器在工厂加工完成后，要通过汽车、火车、轮船等交通工具运达工程现场，对黏滞阻尼器各构件的良好包装对于保证其出厂准确度、运输质量及进场验收是必要的。

**4.4.3**　黏滞阻尼器一般是由钢与黏滞材料构成的消能构件，运输过程中可能造成的局部变形，外观受损等不仅会影响到其进场验收，更会影响到其使用性能，因此有必要采取一定的措施，保证黏滞阻尼器在运送过程不发生损坏。

**4.4.4**　黏滞阻尼器下垫枕应具有较大支撑面，其间离应较小，其上严禁堆放物品，以防止支撑构件在自重及外力作用下出现受力方向的挠曲初始变形。黏滞阻尼器贮存不当可能会发生钢制品锈蚀、支撑初始变形等影响其外观与使用性能的损坏，因此有必要保证其及存环境与堆放措施。

6　施工、验收和维护

## 6.1　一般规定

**6.1.1**　本规程关于黏滞消能部件的施工、验收和维护的条文规定，是针对国内外消能减震技术工程应用中发展较为成熟的黏滞消能部件，结合混凝土结构、钢结构等类型的新建房屋，亦或针对总结黏滞消能部件施工、验收和维护的工程实践经验，吸收日本、美国等国外相关规范和国内有关施工验收标准的先进技术而编制的。

黏滞消能结构中黏滞阻尼器是关键部分。由于黏滞阻尼器施工安装方法各有特点。因此，黏滞消能部件及主体结构的施工安装组织设计或施工安装方案编制是组织黏滞消能部件施工的重要前期工作，应结合黏滞消能部件和主体结构的特点以及结构施工安装组织设计的基本要求编制。当既有建筑抗震加固采用黏滞消能结构时，可参照本规程的有关规定进行。

**6.1.2**　结合黏滞消能结构的特点，根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的有关规定，将黏滞消能部件作为上部主体结构分部工程的一个子分部工程进行施工质量管理和竣工验收。

黏滞阻尼器是一种专门技术部件，具有多种类型和不同的构造特点，其设计呈多样化，安装工种和工序较多，施工工艺和施工技术复杂，同时，黏滞消能部件又是涉及安全的重要部件。因此，在黏滞消能部件的施工质量管理和竣工验收中，若将其视为几个分项工程并分别归结到主体结构的相应分项工程验收批中，是难以适应质量验收要求的。故本规程提出在主体结构分部工程中，不论上部主体结构为钢结构、混凝土结构还是其他结构，均将黏滞消能部件作为主体结构分部工程的一个子分部工程，以利于施工质量管理和验收。

消能部件子分部工程，根据结构材料和施工方法可分为:现浇混凝土结构、装配整体式混凝土结构、钢结构等建筑的消能部件子分部工程，以及抗震加固建筑的消能部件子分部工程。

消能部件的施工应符合《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，并根据消能部件的施工安装特点，在专项施工方案中制定施工安全措施。消能减震结构的施工是土建、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，并根据消能减震结构的施工安装特点，在编制专项施工方案时应制定安全施工、消防和环保等措施。

**6.1.3**　根据施工方法和主要工序，将黏滞消能部件子分部工程的施工作业内容划分为二个阶段。

黏滞消能部件子分部工程可按不同施工阶段划分相应的分项工程，其中，黏滞消能部件进场验收，是指进入黏滞消能部件各分项工程实施现场的主要原材料、标准件、成品件或其他特殊定制成品(如黏滞阻尼器等)的进场及验收。

黏滞消能部件中附加钢构件的制作，可划分为钢零件及钢组件的加工、钢构件组装、组装的焊接连接、紧固件连接、钢构件预拼装、钢构件防腐涂料涂装等六个分项工程。

黏滞消能部件的安装和维护，可划分为支撑结构的安装、黏滞消能部件安装、安装和焊接连接、紧固件连接、黏滞消能部件防腐涂装等五个分项工程。其中，安装分项工程的内容包括制定安装次序、吊装就位、测量校正定位及临时固定等工序，涂装分项工程的内容包括安装连接后普通防腐涂料局部补充涂装。一般无需涂装防火涂料。为了避免阻尼器在建筑自重下出现明显的变形，一般情况下布置于建筑中的阻尼器不承受建筑的竖向荷载，为此，阻尼器在发生火灾后即使出现失效，也不会导致结构失去竖向承载能力，从而不需要进行防火处理。

各阶段的施工作业，应根据具体工程设计情况确定其所含的分项工程或工序。检验批次是分项工程施工质量管理和验收的基本单元，可根据与施工方式一致且便于质量控制的原则划分。黏滞消能部件分项工程的检验批，可按主体结构检验批的划分方法确定，例如可按楼层或预制柱节高度范围、施工流水段、变形缝或空间刚单元等划分。

**6.1.4**　黏滞消能支撑结构可为钢材预制部件，也可为混凝土部件，黏滞阻尼器外廓或接头多为钢制件，黏滞消能部件在主体结构中的安装精度要求较高，其精度随主体结构的类型和安装顺序的不同而有所不同。因此，对黏滞消能部件的制作尺寸及其他加工质量应严格要求。在黏滞消能部件制作过程中或进场前，应对其进行检查，对发现的尺寸偏差或其他质量问题应在加工过程中进行修理，不宜在黏滞消能部件到现场安装时才进行质量检查，导致因质量问题而影响施工工期。

## 6.2　进场、安装、验收

**6.2.1**　黏滞消能部件的制作单元一般将现场的安装单元、两个或多个制作单元在工地地面拼装为扩大的安装单元，因此，制作单元除根据生产、运输条件确定外，还要尽量便于安装连接，以保证安装质量。

## 6.3　施工安装顺序

**6.3.1**　该条考虑了已有不同支撑形式及构造特点的黏滞阻尼器安装施工，有利于新型阻尼器及相关部件的研制、开发和推广应用。黏滞消能结构施工安装前，应确定结构的各类普通构件和消能部件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。

**6.3.3**　钢结构中黏滞消能减震部件的安装顺序，是根据一般钢结构的安装顺序，并结合黏滞消能部件的特点，按现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的规定综合制定的。采用本条的安装顺序，便于构件的安装进度和测量校正。

黏滞消能减震钢结构的平行安装法可采用以下顺序进行：

1　在每层柱所在的高度范围内，应先安装平面内的中部柱，再沿本层柱高从下向上分别进行黏滞消能部件、楼层梁吊装连接;然后从中部向四周按上述次序，逐步安装其余柱、黏滞消能部件、梁及其他构件，最后安装本层柱高范围内的各层楼梯，并铺设各层楼面板。

2　消能减震钢结构一个施工流水段的柱高度范围的全部消能部件和结构构件安装连接完毕，并验收合格后，方可进行该流水段的上一层柱范围或下一流水段的安装。

3　进行钢构件的涂装和内外墙板施工。

黏滞消能减震钢结构的后装法可先施工一个或多个结构层的钢柱、梁板等构件，下一步在安装位置焊接或拴接节点板；然后安装黏滞阻尼器。平面上宜从中部向四周开展，竖向宜从下向上逐渐进行。

**6.3.4**　消能减震的现浇混凝土结构施工中，黏滞消能部件和主体结构构件的总体安装顺序，应根据结构特点、施工条件等确定。消能减震混凝土结构的后装法可先施工一个或多个结构层的混凝土墙柱和梁板等构件，包括混凝土支撑墙、混凝土构件上与黏滞消能部件相连的节点预埋件；如有混凝土支撑构件，则跟随主体一并浇筑，然后安装黏滞消能部件，并与混凝土构件的预埋件连接，当设计中不考虑黏滞消能部件的抗风作用时，可在各层混凝土柱、墙、梁、板以及节点预埋件全部施工完毕后，再安装黏滞消能部件。

**6.3.5**　装配式结构施工前期准备较多，需要安装队伍及时开展安装指导工作，如预埋件留设和混凝土支撑墙的制作等。

**6.3.6**　黏滞阻尼器既可用于新建建筑，又可用于既有结构的抗震加固当中，安装工作涉及到预埋件的设置、支撑的形式、连接件的安装、黏滞阻尼部件的安装等，要制定相应的施工计划，在保证黏滞阻尼部件安装质量的前提下尽量减小对既有结构使用功能的影响。

**6.3.7**　同一部位的黏滞消能部件，当仅有阻尼器时直接作为安装单元，当还设有附加支撑或与结构为销栓铰接、球面铰接时，各制作单元及铰接件在现场地面拼装成扩大安装单元后，再与结构进行安装连接。

安装单元与结构的安装连接，精度要求高，连接施工较困难。如何进行安装连接，是黏滞消能部件安装中的一个普遍问题，例如黏滞阻尼器通过专门铰接件与结构连接时要求无间隙连接，经分析研究，总结了有关方法，制定本条款并独立列出。

对于消能减震的钢结构，在黏滞消能部件设置部位，柱的安装单元宜采用带悬臂梁段的柱，且在柱与黏滞消能部件连接处设置柱上连接件。对于黏滞阻尼器，其两端与节点连接件为球面铰接、销栓铰接或螺栓连接，其同一部位黏滞消能部件的局部安装顺序为：将地面拼装后的阻尼器及附加连接件一起起吊，并将附加连接件在柱或基础的连接板上初步定位、校正和临时固定，再连接牢固。

对于消能减震的现浇混凝土结构：

**1**　对于抗风作用的黏滞消能部件，宜采用黏滞消能部件平行安装法时，同一部位各黏滞消能部件的安装，应在其下层混凝土构件浇筑完毕以及其同层周围柱的钢筋、预埋件和模板安装后进行。黏滞阻尼器安装时，其两端与附加铰接件在地面拼装连接为扩大安装单元后一起起吊，再将阻尼器下端的附加连接件在已浇筑梁或基础预埋板上定位和临时固定（连接件在柱钢筋骨架中留出锚筋），将上端在柱的钢筋骨架上定位和临时固定，两端连接牢固之后，安装上部梁板的钢筋骨架、模板和浇筑混凝土。

**2**　采用黏滞消能部件后装法时，在地面或楼面将黏滞消能部件进行拼装，检查测量拼装后的总尺寸和锚栓孔位置，并与安装部位的相应空当尺寸、锚栓位置进行对照核查，凡是预拼装尺寸大于安装位置预留尺寸，或锚栓与栓孔错位大于本规程或现行国家有关规范的允许偏差，导致不能就位时，安装前应在地面进行修理。对于黏滞阻尼器，两端与附加铰接件地面拼装后，安装时在已浇筑混凝土结构上初步定位、校正、临时固定，最后用焊接或锚栓连接牢固。

## 6.4　施工测量、校正与安装

**6.4.1**　多高层建筑结构四廓主轴线及标高点施工测量放样的允许偏差，根据目前国内建筑施工测量水平，建筑物施工放线的允许偏差应符合表2规定，表中的允许偏差是根据现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203和《高层建筑混凝 土结构技术规程》JGJ 3的有关规定，对外廓主轴线及标高点相对于地面或首层的偏差控制，除控制顶部偏差外，增加了每层相对地面的偏差控制，以避免偏差的积累。

**6.4.3**　屈曲约束支撑施工前准备工作包括技术准备、安装人员准备、运输（吊装、安装）机具准备、临时吊点准备等方面。

黏滞阻尼器安装前应对支撑连接的上、下梁柱节点进行位置检查，主要检查内容包括节点与施工图的偏位以及节点板在施工过程中出现的出平面偏移。平面偏移不得超过节点板处最厚板板厚的1/3；当超过上述偏差时，应采取相应的措施予以纠偏，矫正后方可开始黏滞阻尼器的安装。

黏滞阻尼部件的垂直运翰可采用塔吊或汽车吊装，起吊时所有吊耳捆扎牢固，严禁单点起吊，提升过程中应安排人员进行指挥。水平运输设备可采用钢管、钢滚轮小车及其它可运输设备；对1吨以下的构件可直接在楼层面运输，1吨以上、5吨以下（含5吨）的构件水平运输路线，均应在楼层面舖设钢板，5吨以 上的构件水平运输，则应在楼面上鋪设型钢导執或走管。

黏滞阻尼器的安装误差消除，对于焊接型，可通过切割节点板消除误差；对于高强螺栓连接型，可通过调节节点板连接板消除误差；对于销轴连接型，可通过调节下端节点板消除误差。

黏滞阻尼器在安装过程中，就位后应采取有效措施进行临时固定；临时固定后，应对支撑位直进行调整与校正；校正无误后，进行黏滞阻尼器的最终固定。对于焊接型连接，应进行电焊固定，先焊接上端节点，后焊接下端节点；对高强螺栓型连接，应先用临时螺栓进行固定，经检查确认符合要求后方可安装高强螺栓，其穿入方向应方便施工，且穿入方向宜一致；对销轴型连接，应先安装上端销轴，后安装下端销轴；对焊接、高强螺栓和销轴型并用的连接，当设计无特殊要求时，可按先栓后焊的顺序施工。黏滞阻尼器的最终固定时间应根据设计要求确定。

多高层建筑结构四廓主轴线及标高点施工测量放样的允许偏差，根据目前国内建筑施工测量水平，建筑物施工放线的允许偏差应符合下表规定，表中的允许偏差是根据现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的有关规定，对外廓主轴线及标高点相对于地面或首层的偏差控制，除控制顶部偏差外，增加了每层相对地面的偏差控制，以避免偏差的累积。

**表6.4.3-1**　**建筑施工放线允许偏差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差a(mm) | 图例 |
| 外廓主轴线位置的放线偏差 | 相邻层主轴线的相对位置 | 3.0 | 图片包含 游戏机, 截图  描述已自动生成 |
| 高Z处楼面与首层相对位置  Z≤30m  30m<Z≤60m  60m<Z≤90m  90m<Z≤120m  120m<Z≤150m  Z>150m | 5.0  10.0  15.0  20.0  25.0  30.0 |
| 基础及各层  外廓主轴线  长度L、B  的放线偏差 | L(B)≤30m  30m<L(B)≤60m  60m<L(B)≤90m  L(B)>90m | ±5.0  ±10.0  ±15.0  ±20.0 | 图片包含 图示  描述已自动生成 |
| 墙、柱、梁及黏滞消能部件定位轴线位置的放线偏移 | | 2.0 | 图片包含 游戏机  描述已自动生成 |
| 项目 | | 允许偏差a(mm) | 图例 |
| 结构层标高点放样偏差 | 相邻楼层或柱节的相对标高 | ±3.0 | 安 |
| 高Z处楼面与地  面相对标高  Z≤30m  30m<Z≤60m  60m<Z≤90m  90m<Z≤120m  120m<Z≤150m  Z>150m | ±5.0±10.0±15.0±20.0±25.0±30.0 |
| 墙、柱、梁及黏滞消能部件  边线位置的放线偏移 | 3.0 | |  |

黏滞消能部件的施工安装及连接完成后，黏滞消能部件安装的允许偏差应符合下表的规定。

**表6.4.3-2**　**消能减震结构施工安装的允许偏差**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | | | 允许偏差a(mm) | | 图例 |
| 多高层混凝土结构 | 多高层钢结构 |
| 黏滞消能部件底板中心线对定位轴线的安装偏移 | | | | 10.0 | 5.0 | 图片包含 游戏机, 天线  描述已自动生成 |
| 阻尼器的人字形附加支撑的平面外垂直度 | | | | 10 | h/1000 |  |
| 消能部件锚栓位置 | 锚栓预留孔中心定位轴线偏移 | | | 10.0 |  | 图示  描述已自动生成 |
| 锚栓中心对定位轴线偏移 | | | 2.0 |  |
| 项目 | | | | 允许偏差a(mm) | | 图例 |
| 多高层混凝土结构 | 多高层钢结构 |
| 黏滞消能部件底板螺栓孔对底板中心线的偏移 | | | | 1.5 | 1.5 |  |
| 墙柱中心线  对定位轴线  偏移 | | 底层柱的柱底 | | 5.0 | 3.0 | 图片包含 游戏机, 水, 桌子, 船  描述已自动生成 |
| 上部层柱的柱底 | | 5.0 | 2.0 |
| 梁轴线对定位轴线的偏移 | | | | 5.0 | 2.0 |  |
| 墙柱垂直度 | 每层或每节柱高 | | ≤5.0m | 8 | h/1000  且不应大于1.0 |  |
| >5.0m | 1 |
| 主体结构全高 | | | H/1000，  且不应大于30.0 | (H/2500)+10.0，  且不应大于50.0 |  |
| 结构标高对标高线偏移 | 基础上柱底安装标高偏移 | | | ±5.0 | ±2.0 |  |
| 每层或每节柱的标高偏移 | | | ±10.0 | ±3.0 |  |
| 结构顶部标高偏移 | | 用相对标高控制安装 | ±30.0 |  | 工程绘图  描述已自动生成 |
| 用设计标高控制安装 | ＋H/1000，且不应大于+3.0  -H/1000，且不应小于-30.0 |

## 6.5　黏滞消能部件的焊接和紧固件连接

**6.5.2**　黏滞消能部件采用铰接连接时，连接间隙会影响黏滞消能部件的消能性能的发挥，为了减小其对结构减震性能的影响，对采用铰接连接时，黏滞消能部件与销栓或球铰等铰接件之间的间隙应做出相应的规定。

## 6.6　施工安全和施工质量验收

**6.6.1**　消能减震结构的施工是土建、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，并根据消能减震结构的施工安装特点，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。

**6.6.2**　在黏滞消能部件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，结合黏滞消能部件子分部工程的施工安装特点，规定了具体检测项目。

## 6.7　检查与维护

**6.7.1**为保证黏滞消能部件在地震作用下能正常发挥其预定功能，确保建筑结构的安全，并为以后工程应用和标准修订积累经验，业主或房产管理部门等应在建筑结构使用过程中进行维护管理。

定期检查是由物业管理部门对黏滞消能部件本身及其与建筑物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黏滞消能部件不能正常使用。

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黏滞消能部件性能有无影响。

其中，抽样检查是黏滞消能部件的检查方法之一。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工作年限等。

**6.7.5**黏滞消能部件正常维护中，定期目测检查的周期主要根据黏滞消能部件中关键部件—阻尼器的设计工作年限，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，约为结构设计工作年限的1/5~1/3。在正常使用与正常维护下，不同类型阻尼器的设计工作年限虽然不同，然而，定期检查的周期以阻尼器的设计工作年限为基础取其1/5~1/3，即约为10年，应该属于一个较正常的时间间隔。但由于建筑使用的特殊性，进行定期检查时会影响建筑使用，为此，黏滞消能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，在达到设计工作年限时应进行抽样检查。

黏滞消能部件的应急检查，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），同样应对黏滞消能部件实施应急检查。通过应急检查，确认黏滞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，即使黏滞阻尼器经检查未遭受到损伤，也要检查其附加支撑、连接件是否受到的影响。虽然黏滞消能部件一般是根据其设计工作年限内的累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。

**6.7.6**黏滞消能部件正常维护中，定期目测检查的周期主要 根据黏滞消能部件中关键部件—阻尼器的设计工作年限，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，约为结构设计工作年限的1/5~1/3。在正常使用与正常维护下，不同类型阻尼器的设计工作年限虽然不同，然而，定期检查的周期以阻尼器的设计工作年限为基础取其1/5~1/3，即约为10年，应该属于一个较正常的时间间隔。但由于建筑使用的特殊性，进行定期检查时会影响建筑使用，为此，黏滞消能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，在达到设计工作年限时应进行抽样检查。

黏滞消能部件的应急检查，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)，同样应对黏滞消能部件实施应急检查。通过应急检查，确认黏滞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，即使黏滞阻尼器经检查未遭受到损伤，也要检查其附加支撑、连接件是否受到的影响。虽然黏滞消能部件一般是根据其设计工作年限内的累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。