 CECS xxx : 202x

中国工程建设协会标准

低屈服点钢应用技术规程

**Technical specification for application of**

**low-yield-point steel**

（征求意见稿）

中国计划出版社中国工程建设协会标准

**低屈服点钢应用技术规程**

**Technical specification for application of**

**low-yield-point steel**

**CECS xxx : 202x**

**主编单位: 清华大学**

 **中国船舶重工集团国际工程有限公司**

**批准单位: 中国工程建设标准化协会**

**施行日期: 202x年x月x日**

中国计划出版社

**202x**  北 京

# 前 言

根据中国工程建设标准化协会（2015）建标协字第044号文《关于印发2015年第一批工程建设协会标准制定、修订计划的通知》的要求，制定本规程。

低屈服点钢具有屈服强度低，强度指标稳定且变化范围窄，延性和滞回耗能性能出色等特点。与其它减震材料和抗震技术相比，采用低屈服点钢的耗能抗震结构具有构造简单、震后更换方便、耗能能力优异和可靠性高等优点，既可用于新建结构的消能减震设计，也可用于既有结构的消能减震加固设计，是未来结构抗震工程领域的一种重要结构形式。为规范低屈服点钢在结构工程应用中的设计、制作、检验等技术要求，促进其进一步发展，规程编制组通过开展广泛的调研和科研工作，总结和采用了国内外近期的研究成果和有关工程设计经验，并在广泛征求意见的基础上制定了本规程。

本规程共7章，主要内容是：总则、术语和符号、材料及设计指标、基本规定、屈曲约束支撑、钢板剪力墙、其他类型消能器。

根据国家计委计标[1986]1649号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求，推荐给工程建设设计、施工和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会钢结构专业委员会CECS/T C01归口管理，由清华大学（北京市海淀区清华大学，邮编：100084）负责解释。在使用中如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位：清华大学

中国船舶重工集团国际工程有限公司

参 编 单 位：暂略

主要起草人： 暂略

中国工程建设标准化协会

202x年x月x日

# 目 次

1 总 则 （1）

2 术语和符号 （2）

2.1 术语 （2）

2.2 符号 （3）

3 材料及设计指标 （6）

3.1 材料及选用 （6）

3.2 设计指标 （7）

4 基本规定 （10）

4.1 一般要求 （10）

4.2 结构分析 （11）

4.3 连接与节点 （12）

5 屈曲约束支撑 （13）

5.1 形式与构造 （13）

5.2 受力性能要求 （13）

5.3 节点计算 （15）

5.4 制作、安装、验收和维护 （15）

6 钢板剪力墙 （17）

6.1 一般要求 （17）

6.2 非加劲低屈服点钢板剪力墙 （19）

6.3 加劲低屈服点钢板剪力墙 （24）

6.4 构造要求 （25）

6.5 制作、安装、验收和维护 （25）

7 其他类型消能器 （26）

7.1 一般要求 （26）

7.2 其他类型消能器的技术性能 （27）

7.3 主体结构设计 （28）

7.4 连接与构造 （29）

7.5 制作、安装、验收和维护 （30）

本规程用词说明 （31）

引用标准名录 （32）

附：条文说明（暂时置于每条条文之后） （34）

# **1** 总 则

**1. 0. 1** 为在低屈服点钢的结构工程应用及设计、制作、检验中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，并充分发挥低屈服点钢在延性和耗能方面的显著优势，制定本规程。

条文说明：无。

**1. 0. 2** 本规程适用于抗震设防烈度为6、7、8和9度地区采用低屈服点钢的新建建筑结构和既有建筑结构抗震加固的抗震及消能减震设计、施工、验收和维护。

抗震设防烈度大于9度地区及行业有特殊要求的工业建筑，其消能减震设计应按有关专门规定执行。

条文说明：本条与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011中条文（1. 0. 3）的规定一致；

**1. 0. 3** 按本规程设计与施工的新建低屈服点钢消能减震结构，其抗震设防目标应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的要求；既有建筑结构采用低屈服点钢进行消能减震加固时，抗震设防目标还应满足现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的规定。

条文说明：本条与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011（1. 0. 1）和现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297（1. 0. 3）的规定一致；

**1. 0. 4** 低屈服点钢消能减震结构的设计、施工、验收和维护，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# **2** 术语和符号

条文说明：本章所用的术语和符号是参照我国现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132和《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083的规定编写的，并根据需要增加了一些内容。

## **2. 1** 术 语

**2. 1. 1** 低屈服点钢 low-yield-point steel

低屈服点钢是屈服强度低且变化范围窄、延性好、耗能能力优的钢材，并满足国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905相关规定。

**2. 1. 2** 低屈服点钢消能器 energy dissipation device with low-yield- point steel

低屈服点钢消能器是通过低屈服点钢制成的核心材料屈服时产生的弹塑性滞回变形来耗散或吸收能量的装置，通常属于位移相关型消能器。

**2. 1. 3** 低屈服点钢消能部件 energy dissipation part with low-yield- point steel

由低屈服点钢消能器和支撑或连接低屈服点钢消能器的构件组成的部分。

**2. 1. 4** 屈曲约束支撑 buckling-restrained brace

由核心单元、外约束单元等组成，利用核心单元产生弹塑性滞回变形耗散能量的减震装置。

**2. 1. 5** 钢板剪力墙 steel plate shear wall

承受水平剪力为主的钢板墙体。

**2. 1. 6** 附加阻尼比 additional damping ratio

消能减震结构往复运动时低屈服点钢消能器附加给主体结构的有效阻尼比。

**2. 1. 7** 附加刚度 additional stiffness

消能减震结构往复运动时低屈服点钢消能器附加给主体结构的刚度。

条文说明：本规程给出了7个与低屈服点钢结构工程应用与设计相关的专用术语，并参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《钢结构设计标准》GB 50017和现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的规定编写。所汇总专业术语从钢结构设计、消能减震设计以及加固设计的角度赋予其特定的涵义，但不一定是其严密的定义。所给出的英文译名是参考国内外相关标准拟定的，亦不一定是国际上的标准术语。

## **2. 2** 符 号

**2. 2. 1** 作用和作用效应设计值

 *M* —— 弯矩；

 *N* —— 轴心力；

 *V* —— 剪力；

**2. 2. 2** 计算指标

 *A*1 —— 屈曲约束支撑内核约束屈服段截面面积；

 *E* —— 低屈服点钢的弹性模量；

 *G* —— 低屈服点钢的剪变模量；

 *M*b(web) —— 钢板剪力墙边缘梁跨中附加弯矩；

 *M*c(web) —— 钢板剪力墙边缘柱附加弯矩；

 *N*ysc —— 屈曲约束支撑的受拉或受压屈服承载力；

 *N*tmax—— 屈曲约束支撑的受拉极限承载力；

 *N*c max—— 屈曲约束支撑的受压极限承载力；

 *P*—— 钢板剪力墙边缘柱轴力设计值；

 *P*1 —— 钢板剪力墙边缘柱端组合的最不利轴力；

 *V*d —— 钢板剪力墙的剪力设计值；

 *V*b(web) —— 钢板剪力墙边缘梁端部附加剪力；

 *V*c(web) —— 钢板剪力墙边缘柱附加剪力；

 *V*u —— 钢板剪力墙的抗剪承载力；

 *f* —— 低屈服点钢的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

 *f*ay —— 低屈服点钢的屈服强度标准值；

 *q* —— 钢板剪力墙拉力带在边缘柱上产生的竖向分量；

 *w*u —— 钢板剪力墙边缘梁附加竖向均布荷载；

 Δ*u*py —— 低屈服点钢消能器在水平方向的屈服位移；

 Δ*u*sy —— 设置低屈服点钢消能器的主体结构层间屈服位移；

 *ρ* —— 低屈服点钢的质量密度；

**2. 2. 3** 几何参数

 *H*c —— 钢板剪力墙边缘柱柱高，按与钢板剪力墙相连上下框架梁的轴线距离计算；

 *H*e —— 钢板剪力墙的净高度；

 *I*b —— 钢板剪力墙边缘梁截面惯性矩；

 *I*bmin —— 钢板剪力墙边缘梁截面最小惯性矩；

 *I*c —— 钢板剪力墙边缘柱截面惯性矩；

 *I*cmin —— 钢板剪力墙边缘柱截面最小惯性矩；

 *L*b —— 梁跨，按与钢板剪力墙相连框架柱的轴线距离计算；

 *L*e —— 墙板净宽度；

 *t*w —— 钢板剪力墙的厚度；

 *t*w,*i*、*t*w,*i*+1 —— 分别为上、下墙板厚度；

 *α* —— 拉杆模型中拉杆条倾角；

 *λ* —— 钢板剪力墙的相对高厚比；

**2. 2. 4** 计算系数

 *η*y —— 钢材的超强系数；

 *α* —— 低屈服点钢的线膨胀系数；

 *ω* —— 钢材的应变强化调整系数；

 *β* —— 屈曲约束支撑的受压强度调整系数；

 *η*e —— 钢板剪力墙边缘柱的变轴力等效系数；

条文说明：本规程给出了42个常用符号并分别作出了定义，这些符号都是本规程各章节中所引用的，并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章节的条文中列出。

# **3** 材料及设计指标

## **3. 1** 材料及选用

**3. 1. 1** 低屈服点钢宜采用LY100钢、LY160钢、LY225钢，其质量应符合现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905的规定。

条文说明：本条结合国内外工程应用经验及国产低屈服点钢生产情况，推荐提出了按中国标准生产的3种牌号低屈服点钢。当有充分可靠的依据时，也可选用其他牌号的低屈服点钢。

**3. 1. 2** 低屈服点钢板厚度不应大于100mm，当超过100mm时应按有关专门规定进行检验。

条文说明：本条关于适用板厚的限值与现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905（1 范围）的规定一致。

**3. 1. 3** 低屈服点钢材应具有屈服强度、断后伸长率、抗拉强度和硫、磷含量以及碳当量的合格保证，其中屈服强度实测值应在目标值的±20MPa范围内。

条文说明：本条规定了结构工程应用中低屈服点钢应具有力学性能和化学成分等合格保证的项目，并参照了现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017（4.3.2）的规定。其中，对屈服强度的规定与传统钢材不同。由于低屈服点钢应具有屈服强度稳定、波动范围小的特点，故参考现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905，规定材料实测屈服强度的波动范围应在目标值的±20MPa范围内，此处“目标值”的说法与上述国标保持一致，即钢材牌号LY后的数值。

**3. 1. 4** 低屈服点钢的连接材料应符合下列要求：

**1** 螺栓连接宜采用钢结构用大六角高强度螺栓或扭剪型高强度螺栓。

**2** 钢结构用大六角高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231的规定；扭剪型高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》GB/T 3633的规定。

**3** 销轴连接采用的销轴应符合现行国家标准《销轴》GB/T 882的规定。

**4** 低屈服点钢的焊接，选用的焊条或焊丝和相应的焊剂型号及性能应与选用的低屈服点钢力学性能相适应，其熔敷金属的力学性能应符合设计规定，且不应低于相应低屈服点钢母材标准的下限值，并应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的规定；焊条宜采用低氢型焊条。

条文说明：低屈服点钢构件与支撑、主体结构的连接可分为高强度螺栓连接、销轴连接和焊接，其中高强度螺栓连接和焊接的材料及选用与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017（4.4）的规定一致，销轴连接则参考现行国家标准《销轴》GB/T 882的规定。

## **3. 2** 设 计 指 标

**3. 2. 1** 低屈服点钢的强度设计指标，应根据钢材牌号按表3. 2. 1采用。

表**3. 2. 1** 低屈服点钢的强度设计指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 低屈服点钢牌号 | 屈服强度标准值*f*ay（N/mm2） | 屈服强度设计值*f*（N/mm2） | 超强系数*η*y |
| LY100 | 80 | 75 | 1.325 |
| LY160 | 140 | 135 | 1.143 |
| LY225 | 205 | 185 | 1.102 |

条文说明：该条文给出了三种常用国产低屈服点钢的强度设计指标，包括屈服强度标准值、屈服强度设计值、材料的超强系数与应变强化调整系数。其中，材料的屈服强度标准值采用我国现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905中各牌号低屈服点钢屈服强度规定范围的下限值，该做法与常用钢材标准保持一致，即规定屈服强度的下限。现行协会标准《高性能建筑钢结构应用技术规程》T/CECS 599中对上述三种牌号低屈服点钢屈服强度标准值的取值亦与上述表格中相同。屈服强度设计值与超强系数的取值依据文献“Gang Shi, Yang Gao, Xun Wang, Material properties and partial factors for resistance of low yield point steels in China. Construction and Building Materials. 2019, 209: 295-305.”中研究成果。文献对调研得到的鞍钢所提供的约500组钢材实测数据进行统计分析，对LY100、LY160和LY225，其屈服强度平均值分别为106、160和226MPa，标准值分为别93、144和209MPa。考虑与已有规范一致，钢材的屈服强度标准值取《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905中下限值，分别为80、140和205MPa，对应超强系数分别为1.325、1.143和1.102。采用已有国标GB50017中材料分项系数计算方法，结合调研数据，得到国产低屈服点钢抗力分项系数分别为1.022、1.022和1.096，并以5MPa为单位修约得到设计强度分别为75、135和185MPa。对比GB50017-2017，Q235钢材抗力分项系数为1.090，与本规范对LY225提出的建议值较为接近。而对LY100和LY160，其抗力分项系数稍低于Q235。

**3. 2. 2** 低屈服点钢的物理性能指标应按表3. 2. 2采用。

表**3. 2. 2** 低屈服点钢的物理性能指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 弹性模量 *E*（N/mm2） | 剪变模量 *G*（N/mm2） | 线膨胀系数 *α*（以每℃计） | 质量密度 *ρ*（kg/m3） |
| 206×103 | 79×103 | 12×10-6 | 7850 |

条文说明：本条与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017（4.4.8）的规定一致。

**3. 2. 3** 低屈服点钢连接材料的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017执行。

条文说明：低屈服点钢连接材料的强度设计值与低屈服点钢材本身并无直接关系，本条建议与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 (4.4.1) –(4.4.7)的规定保持一致。

# **4** 基 本 规 定

## **4. 1** 一 般 要 求

**4. 1. 1** 低屈服点钢的工程应用设计可分为新建建筑结构设计和既有建筑结构加固设计。主要适用于下列构件：

 （1）屈曲约束支撑；

 （2）钢板剪力墙；

 （3）其他类型消能器。

条文说明：低屈服点钢既可用于新建建筑结构，也可用于既有建筑结构的加固改造，可明显提高结构的抗震性能和耗能能力。本条根据低屈服点钢受力性能，并结合广泛的相关工程应用和产品调研，提出了主要的适用范围供设计时参考。其中屈曲约束支撑同时适用于抗震设计和消能减震设计，钢板剪力墙主要适用于抗震设计，其他类型消能器主要适用于消能减震设计。本规程不考虑抗风设计。

**4. 1. 2** 低屈服点钢消能减震结构的地震作用与作用效应计算，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011执行。

条文说明：低屈服点钢应用于结构工程中，其地震作用与作用效应计算与传统建筑结构无本质区别，因此本条建议按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011执行。

**4. 1. 3** 低屈服点钢消能减震结构的抗震性能化设计，应根据工程实际需求，分别针对主体结构的不同构件部位和低屈服点钢消能部件设定不同的性能目标，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。

条文说明：本条参考现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297（3. 1. 3）的规定。

**4. 1. 4** 当低屈服点钢消能减震结构遭遇设防地震、罕遇地震或火灾高温环境后，应对低屈服点钢构件进行检查和维护。

条文说明：低屈服点钢消能减震结构一般要求在小震作用下保持弹性，但遭遇设防地震或罕遇地震后，可能产生塑性损伤，使其耗能能力低于设计指标；火灾高温环境后低屈服点钢的力学性能也会发生退化，从而影响其消能减震功能。因此，经历上述作用效应后，需对低屈服点钢进行检查维护，必要时进行更换，以保证结构整体抗震性能。

**4. 1. 5** 低屈服点钢构件在结构设计方案中的布置原则、选型依据和产品要求应符合现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297和《建筑消能阻尼器》JG/T 209的要求。

条文说明：低屈服点钢消能减震构件属于现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297（6. 2. 1、6. 2. 2）和《建筑消能阻尼器》JG/T 209中涉及的一类金属消能器，因此本条按以上标准的规定执行。

## **4. 2** 结 构 分 析

**4. 2. 1** 低屈服点钢消能减震结构分析的总阻尼比、总刚度，在低屈服点钢进入塑性后，应考虑低屈服点钢构件的附加阻尼比和附加有效刚度，或在结构分析模型中考虑构件的实际循环滞回模型。

条文说明：低屈服点钢消能构件的存在，增加了主体结构的总阻尼比和总刚度。消能构件提供的附加阻尼比与主体结构的工作状态（是否进入塑性）有关，而附加刚度与低屈服点钢消能构件的相对位移有关，一般用有效刚度表示；因此，准确考虑附加阻尼比和附加有效刚度，关系到结构是否设计得既安全又经济。

**4. 2. 2** 低屈服点钢构件的恢复力模型应经过试验验证，具体模型参数应符合本规程第5、6、7章节的相关规定。

条文说明：低屈服点钢构件的恢复力模型可采用折线型模型。

**4. 2. 3** 低屈服点钢消能减震结构分析模型及分析方法应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定，并考虑低屈服点钢消能器安装次序的影响。

条文说明：结构分析模型应准确考虑低屈服点钢消能构件的影响，并按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定进行计算分析。

## **4. 3** 连接与节点

**4. 3. 1** 低屈服点钢消能器与支撑、主体结构构件的连接，应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构加固设计标准》GB 51367、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367等相关设计标准的规定。

条文说明：低屈服点钢消能器与支撑、主体结构构件的连接和构造措施，可按传统建筑结构工程相关设计标准的规定执行。

**4. 3. 2** 低屈服点钢消能构件与支撑、主体结构构件的连接可采用高强度螺栓连接、销轴连接或焊接；当在建筑结构生命周期内有维护、更换消能构件的要求时，宜采用高强度螺栓连接或销轴连接。

条文说明：为便于在主体结构生命周期内检修、维护和更换低屈服点钢消能构件，本规程建议优先采用高强度螺栓或销轴连接；当设计时没有上述要求时，也可采用焊接。

**4. 3. 3** 低屈服点钢消能构件的内部连接构造可采用焊接。

条文说明：低屈服点钢消能构件产品内部核心耗能材料（即低屈服点钢材）与其他支撑维护板件在保证性能可靠的条件下可采用焊接。

# **5** 屈曲约束支撑

## **5. 1** 形式与构造

**5. 1. 1** 屈曲约束支撑可采用外包钢筋混凝土屈曲约束支撑、外包钢管混凝土屈曲约束支撑和全钢型屈曲约束支撑等形式。

条文说明：本条与现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 （5. 4. 1）的规定以及《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99（E. 2. 1）的规定保持一致。

**5. 1. 2** 屈曲约束支撑的核心单元截面可采用“一”字形、“十”字形、“H”字形、“T”字形、双“一”字形、双“T”字形以及闭口环形等截面形式。

条文说明：给出了屈曲约束支撑核心单元常见的几种截面形式。

## **5. 2** 受力性能要求

**5. 2. 1** 屈曲约束支撑设计的一般规定应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99中E.1节相关要求。

条文说明：参考现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99中相关要求。

**5. 2. 2** 屈曲约束支撑的承载力应满足下式要求：

 *N*≤*A*1*f* （5.2.2-1）

式中：*N*——屈曲约束支撑的轴力设计值；

 *A*1——内核约束屈服段截面面积；

 *f*——内核单元钢材的强度设计值，按表3.2.1采用。

条文说明：参考现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99中条文E.2.2。

**5. 2. 3** 屈曲约束支撑的轴向受拉和受压屈服承载力可按下式计算：

 *N*ysc=*η*y *f*ay *A*1 （5.2.3-1）

式中：*N*ysc ——屈曲约束支撑的受拉或受压屈服承载力；

 *η*y ——内核单元钢材的超强系数，按表3.2.1采用；

 *f* ay——内核约束屈服段钢材的屈服强度标准值，按表3.2.1采用。

若采用内核约束屈服段钢材的实测屈服强度参与计算，则上式中可不考虑材料超强系数*η*y。*N*ysc也可通过试验获得。

条文说明：参考现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99中条文E.2.3，但此处明确指出了公式中采用的是钢材屈服强度的标准值。

**5. 2. 4** 屈曲约束支撑的轴向受拉和受压极限承载力可按下式计算：

 *N*tmax= *ω N*ysc （5.2.4-1）

 *N*cmax= *βω N*ysc （5.2.4-2）

式中：*N*tmax ——屈曲约束支撑的受拉极限承载力；

 *N*cmax ——屈曲约束支撑的受压极限承载力；

 *ω*——内核单元钢材的应变强化调整系数，对LY100、LY160与LY225牌号低屈服点钢建议分别取2.4、2.4与1.5；

 *β*——屈曲约束支撑的受压强度调整系数，依据构件形式及其构造特点综合确定，但不应超过1.5。

 *N*tmax与*N*cmax也可通过试验确定。

条文说明：考虑材料的应变强化以及屈曲约束支撑拉、压不等强的受力特征，参考美国ANSI/AISC 341-16 中条文F4-2a内容给出构件的极限承载力计算公式。对材料的应变强化调整系数，现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99中已有建议值，但依据编者的调研与试验研究成果，该取值偏小，故在此参考协会标准《高性能建筑钢结构应用技术规程》T/CECS 599中推荐取值。对受压强度调整系数，其主要与支撑的构造特点相关，应依据构件形式及构造特点综合确定。为避免支撑在受力过程中出现明显的拉、压不平衡现象，通常在屈曲约束支撑在检验时都要求受压强度调整系数不应过大，我国《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99限制为不大于1.3，而美国ANSI/AISC 341-16限制为不大于1.5，结合对已有试验研究结果的调研与编制组所开展的独立试验，认为此处取1.5更为合理。

**5. 2. 5** 屈曲约束支撑外约束单元应该具有足够抗弯刚度，确保屈曲约束支撑核心单元在工作状态下不发生屈曲。

条文说明：无。

**5. 2. 6** 屈曲约束支撑的连接段和过渡段应保证工作状态下不发生局部失稳破坏。

条文说明：本条与现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 （5. 4. 4）的规定一致。

## **5. 3** 节点计算

**5. 3. 1** 屈曲约束支撑与主体结构的连接可采用螺栓连接、焊接或者销轴连接等形式，对于螺栓、焊缝、销轴等的计算和构造要求应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定。

条文说明：无

**5. 3. 2** 屈曲约束支撑与主体结构的连接节点承载力应符合下式规定：

 *N*n ≥ 1.2*N*cmax （5. 3. 2-1）

式中：*N*n ——屈曲约束支撑节点的承载力设计值。

条文说明：本条参考现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011与行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99中的相关规定。

## **5. 4** 制作、安装、验收和维护

**5. 4. 1** 屈曲约束支撑的制作与安装、质量验收及维护应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99附录E的规定。

条文说明：参考现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99附录E。

**5. 4. 2** 屈曲约束支撑的性能应经过试验检验，包括考察连接的组件试验和支撑的单轴往复加载试验。具体试验方法和验收标准参考现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99附录E.4的规定。

条文说明：参考现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99附录E.4。

# **6** 钢板剪力墙

## **6. 1** 一般要求

**6. 1. 1** 低屈服点钢板剪力墙结构整体要求宜按现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中条文3.1.1~3.1.6、4.1.1、4.1.2执行。

**6. 1. 2** 周边框架梁、柱及连接节点不应先于低屈服点钢板剪力墙破坏。

条文说明：本条为保证低屈服点钢板剪力墙发挥耗能优势。

**6. 1. 3** 低屈服点钢板剪力墙与周边框架宜采用四边连接。

条文说明：考虑低屈服点钢材强度较低，不建议两侧开缝，减小对承载力和刚度的折减。

**6. 1. 4** 周边框架梁柱节点宜采用刚性连接形式。

条文说明：根据文献研究成果（Chen S J, Jhang C. Experimental study of low-yield-point steel plate shear wall under in-plane load. Journal of Constructional Steel Research, 2011, 67(6): 977-985.），刚性连接节点耗能能力更好，充分发挥低屈服点钢板剪力墙耗能优势。

**6. 1. 5** 低屈服点钢板剪力墙的高厚比宜符合下式规定：

 *λ* ≤ 400 （6.1.5-1）

 *λ* = *H*e / *t*w （6.1.5-2）

式中：*λ*——钢板剪力墙的相对高厚比；

*H*e ——钢板剪力墙的净高度；

*t*w ——钢板剪力墙的厚度。

条文说明：现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015的4.1.6条规定：非加劲钢板剪力墙的高厚比宜符合下式规定：

*λ* ≤ 600 （4.1.6-1）

 （4.1.6-2）

式中：*λ*n ——钢板剪力墙的相对高厚比；

*H*e ——钢板剪力墙的净高度；

*t*w ——钢板剪力墙的厚度；

*ε*k ——钢号修正系数，取；

*f*y ——钢材的屈服强度。

上述要求在现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015的条文说明中有备注：利用屈曲后强度的非加劲钢板剪力墙，钢板宽厚比越大相对越经济，但钢板过薄易产生较大的平面外初始几何缺陷，综合构件加工、制作及施工等因素确定钢板的最大相对高厚比为600。

对于低屈服点钢板剪力墙，其屈服强度较低（尤其是LY100和LY160），在受力较小的情况下，钢板进入屈服，一般发生屈服后屈曲行为。如果钢板很薄，在较小的荷载下会产生较大的平面外变形，发出较大声响，影响正常使用。

按照层高3900mm，考虑经济效益，板厚10mm，高厚比为390。

根据文献研究成果（Chen S J, Jhang C. Cyclic behavior of low yield point steel shear walls. Thin-Walled Structures, 2006, 44 (7): 730–738.），高厚比变化200~100承载能力变化不明显，耗能能力提高1.6~1.7倍，即高厚比越小，耗能能力越好。

**6. 1. 6** 低屈服点钢板剪力墙的跨高比宜符合下式规定：

 0.8 ≤ *L*e / *H*e ≤ 2.5 （6.1.6-1）

式中：*L*e ——钢板剪力墙的净跨度。

条文说明：参考现行美国钢结构抗震设计规范ANSI/AISC 341，保证拉力带角度。

## **6. 2** 非加劲低屈服点钢板剪力墙

**6. 2. 1** 非加劲低屈服点钢板剪力墙的简化模型选用，宜按现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中附录A执行；当有可靠依据时，可采用其他分析模型。

条文说明：现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015与美国钢结构抗震设计规范ANSI/AISC 341均采用拉杆模型，但并不完全一样，后者只考虑拉杆贡献，未考虑受压杆件的影响。

**6. 2. 2** 非加劲低屈服点钢板剪力墙的抗剪承载力应满足下式规定：

 *V*d ≤ *V*u （6.2.2-1）

 *V*u = 0.42*ft*w*L*esin2*α* （6.2.2-2）

式中：*V*d ——钢板剪力墙的剪力设计值；

*V*u ——钢板剪力墙的抗剪承载力；

*f* ——低屈服点钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

*α* ——拉杆模型中拉杆条倾角；

*L*e ——钢板剪力墙的净跨度；

*t*w ——钢板剪力墙的厚度。

条文说明：本条参考现行美国钢结构抗震设计规范ANSI/AISC 341规定。

现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015的4.2.1条规定：四边连接非加劲钢板剪力墙的抗剪承载力应满足下列公式要求：

*V*d ≤ *V*u （4.2.1-1）

*Vu*= 0.42*ft*w*L*e （4.2.1-2）

根据公式计算得到的拉杆条倾角*α*基本在38°~45°之间，现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015将杆的倾角近似取45°。

拉杆条模型的抗剪承载力是根据理想弹塑性本构得到，但低屈服点钢板剪力墙的强屈比通常大于2.0 （LY100和LY160），如果仍然采用理想弹塑性本构模型，会低估钢板剪力墙的承载能力。但偏于安全考虑，并不考虑材料的应变强化对承载力的有利贡献。

参考文献：“蔡克铨, 林盈成, 林志翰. 钢板剪力墙抗震行为与设计. 建筑钢结构进展, 2007, 9(5):19-25.”

**6. 2. 3** 非加劲低屈服点钢板剪力墙，其边缘柱截面最小惯性矩宜按照下式计算：

 *I*c ≥ *I*cmin （6.2.3-1）

  （6.2.3-2）

式中：*I*c ——钢板剪力墙边缘柱截面惯性矩；

*I*cmin ——钢板剪力墙边缘柱截面最小惯性矩；

*H*c ——钢板剪力墙边缘柱柱高，按与钢板剪力墙相连上下框架梁的轴线距离计算；

*L*b ——梁跨，按与钢板剪力墙相连框架柱的轴线距离计算；

*L*e ——钢板剪力墙的净跨度；

*H*e ——钢板剪力墙的净高度。

条文说明：对边缘柱刚度的控制主要是保证拉力带的充分发展，本条公式为现行美国钢结构抗震设计规范ANSI/AISC 341计算限值公式。

现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015（4.2.2）对非加劲钢板剪力墙边缘柱的截面惯性矩作了规定，高厚比越大，*κ*值越小，折减越小，对刚度要求越高，具体如下：

*I*c ≥ (1 - *κ*) *I*cmin （4.2.2-1）

 （4.2.2-2）

 （4.2.2-4）

 （4.2.2-5）

 （4.2.2-6）

式中：*I*c ——钢板剪力墙边缘柱截面惯性矩；

*I*cmin ——钢板剪力墙边缘柱截面最小惯性矩；

*H*c ——钢板剪力墙边缘柱柱高，按与钢板剪力墙相连上下框架梁的轴线距离计算；

*L*b ——梁跨，按与钢板剪力墙相连框架柱的轴线距离计算；

*t*w ——钢板剪力墙的厚度；

*κ*——剪切力分配系数；

*λ*n0 ——非加劲钢板剪力墙的正则化高厚比；

*k*r ——四边固接板弹性抗剪屈曲系数；

*l*min ——钢板剪力墙短边长度；

*l*max ——钢板剪力墙长边长度；

*ε*k ——钢号修正系数，取；

*f*y ——钢材的屈服强度。

低屈服点钢材的强屈比通常大于2.0 （LY100和LY160），为了考虑应变强化现象对边缘框架的不利影响，这里偏于保守的取美国规范中对边缘柱的刚度要求。

同时，通过考虑低屈服点钢材循环强化影响的非加劲低屈服点钢板剪力墙结构的遍历参数分析，当内嵌钢板宽高比较大时，其强度发展有明显转折，故为保证内嵌钢板强度的充分发展，建议对内嵌钢板宽高比较大的情况，加强对柱子刚度的要求。

*L*/*h*=1.0



*L*/*h*=1.2



*L*/*h*=1.5

柱柔度系数（式6. 2. 3-2）：

美国规范规定**h需要不大于2.5。但依据以上开展的研究结果，建议当内嵌钢板宽厚比大于1.5时，**h不大于2.3。

**6. 2. 4** 非加劲低屈服点钢板剪力墙，其边缘梁的截面惯性矩及其边缘柱的轴力计算应按现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中条文4.2.4执行。

**6. 2. 5** 进行非加劲低屈服点钢板剪力墙抗震设计时，其边缘柱应能承受拉力带产生的附加内力。边缘柱端附加剪力及弯矩按下式计算：

 *V*c(web)= 0.5 *ω h f* sin2(*α*) *t*w （6.2.5-1）

 *M*c(web)= *ω* *h*2 *f* sin2(*α*) *t*w / 12 （6.2.5-2）

式中：*V*c(web) ——钢板剪力墙边缘柱附加剪力；

*M*c(web) ——钢板剪力墙边缘柱附加弯矩。

*ω*——应变强化调整系数，宜取1.2。

条文说明：根据现行美国钢结构抗震设计规范ANSI/AISC 341，本条计算公式是根据拉力带屈服推导得到；现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中并没有特别规定。

考虑低屈服点钢材明显的应变强化作用，增加应变强化系数*ω*。根据研究成果，对于LY100和LY160的低屈服点内嵌钢板，当边缘框架较强，并且内嵌钢板高厚比在150~600范围内变化时，平均剪应力最大值与屈服剪应力比值**/**y 分布在1.2左右，故建议取*ω=*1.2。

同时，美国钢结构抗震设计规范ANSI/AISC 341中在计算边缘框架构件时，对于其中墙板厚度*t*w的估算考虑了体系超强系数（取**s=1.2），相当于拉力带传递到边缘框架的荷载扩大了此倍数。

与本规程中条文5.3.2和条文7.4.3的系数相同。

综上，建议取*ω=*1.2。

**6. 2. 6** 进行非加劲低屈服点钢板剪力墙抗震设计时，其边缘梁应能承受拉力带产生的附加内力。

**1** 边缘梁端部附加剪力按下式计算：

 *V*b(web)= *w*u *L*e / 2 （6.2.6-1）

 *w*u= *ω* *f* (*t*w,*i* - *t*w,*i*+1) cos2(*α*) （6.2.6-2）

式中：*V*b(web) ——钢板剪力墙边缘梁端部附加剪力；

*w*u ——钢板剪力墙边缘梁附加竖向均布荷载；

*L*e ——墙板净宽度；

*t*w,*i*、*t*w,*i*+1 ——分别为上、下墙板厚度。

*ω*——应变强化调整系数，宜取1.2。

**2** 边缘梁跨中附加弯矩按下式计算：

 *M*b(web)= *w*u *L*e2/ 8 （6.2.6-3）

式中：*M*b(web) ——钢板剪力墙边缘梁跨中附加弯矩；

条文说明：根据现行美国钢结构抗震设计规范ANSI/AISC 341，本条计算公式是根据拉力带屈服推导得到；现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中并没有特别规定。

考虑低屈服点钢材明显的应变强化作用，增加应变强化系数*ω*。根据研究成果，对于LY100和LY160的低屈服点内嵌钢板，当边缘框架较强，并且内嵌钢板高厚比在150~600范围内变化时，平均剪应力最大值与屈服剪应力比值**/**y 分布在1.2左右，故建议取*ω=*1.2。

同时，美国钢结构抗震设计规范ANSI/AISC 341中在计算边缘框架构件时，对于其中墙板厚度*t*w的估算考虑了体系超强系数（取**s=1.2），相当于拉力带传递到边缘框架的荷载扩大了此倍数。

与本规程中条文5.3.2和条文7.4.3的系数相同。

综上，建议取*ω=*1.2。

## **6. 3** 加劲低屈服点钢板剪力墙

**6. 3. 1** 加劲低屈服点钢板剪力墙承载力计算准则宜按现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中条文5.1.1执行。

**6. 3. 2** 利用低屈服点钢板剪力墙屈曲后强度时，其边缘柱及边缘梁的截面惯性矩应满足本规程条文6.2.4的规定。

**6. 3. 3** 加劲低屈服点钢板剪力墙的加劲肋与内嵌钢板宜采用焊接连接。

条文说明：低屈服点钢材的可焊性较好。同时，由于其屈服强度较低，连接设计时应尽量避免打孔，避免削弱其承载力。

**6. 3. 4** 加劲低屈服点钢板剪力墙的加劲肋布置形式、截面形式以及最小弯曲刚度宜按现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中条文5.1.4 、5.1.5、5.1.6和5.2.1执行。

**6. 3. 5** 加劲低屈服点钢板剪力墙的弹性剪切屈曲临界应力应按现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015附录C计算。当以加劲低屈服点钢板剪力墙的屈曲状态为其承载力极限状态时，其抗剪承载力宜按现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中条文5.2.3计算。采用其他形式加劲肋时，加劲钢板剪力墙的弹性剪切屈曲临界应力应采用数值计算确定。

**6. 3. 6** 对于十字加劲低屈服点钢板剪力墙和交叉加劲低屈服点钢板剪力墙宜按照现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中条文5.2.4和5.2.5执行。

## **6. 4** 构造要求

**6. 4. 1** 低屈服点钢板剪力墙与边缘构件可采用焊接或高强度螺栓连接，其具体要求宜按照现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中条文4.4.1、4.4.2执行。

**6. 4. 2**  加劲低屈服点钢板剪力墙，加劲肋布置构造要求宜按照现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中条文5.1.4、5.1.5、5.1.6、5.4.1和5.4.4执行。

**6. 4. 3** 低屈服点钢板剪力墙节点设计与连接构造应按现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中第9章的相关规定执行。

## **6. 5** 制作、安装、验收和维护

**6. 5. 1** 低屈服点钢板剪力墙的制作与安装、质量验收及维护应符合现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015中第10、11、12章的规定。

# **7** 其他类型消能器

## **7. 1** 一 般 要 求

**7. 1. 1** 其他类型消能器主要指除屈曲约束支撑和钢板剪力墙以外以低屈服点钢为核心材料的消能器，包括剪切型和弯曲型等。

条文说明：本条给出了其他类型消能器的含义。

**7. 1. 2** 其他类型低屈服点钢消能器用于框架支撑时，设计中应考虑层间位移传递至消能器时的位移损失。

条文说明：工程实践表明，其他类型低屈服点钢消能器应用于框架支撑时通常采用斜撑型和抗震壁式连接（详见7. 4. 1条）布置于上下楼层之间，受连接形式及结构整体弯曲影响，消能器水平剪切变形小于上下楼层之间的水平变形。抗震壁式连接主要是支承梁的转动造成位移传递损失，支撑型连接则是钢支撑的轴向拉压变形引起了整个支承体系的水平变形，造成位移传递损失。因此在设计中应考虑这一变形特征。

**7. 1. 3** 低屈服点钢消能减震结构构件设计时，应考虑消能部件引起的柱、墙、梁的附加轴力、剪力和弯矩作用。

条文说明：本条与现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的规定一致（6. 1. 4）。

**7. 1. 4** 低屈服点钢消能器在结构中的布置，应保证结构动力特性、刚度、承载力的对称性和连续性，并宜优先布置在变形较大的部位，同时考虑结构服役期内检查和更换的便捷性。

条文说明：无。

**7. 1. 5** 低屈服点钢消能器的设计位移应根据结构在罕遇地震作用下的弹塑性时程分析确定。

条文说明：无。

## **7. 2** 其他类型消能器的技术性能

**7. 2. 1** 低屈服点钢消能器设计使用年限的确定应按现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297中条文5. 1. 1执行。

条文说明：无。

**7. 2. 2** 低屈服点钢消能器应经过消能减震结构或子结构动力试验以验证其消能减震效果。动力试验可按现行行业标准《建筑抗震试验方法规程》JGJ 101执行，并保证累计非弹性变形不低于200倍屈服变形的条件下消能器的滞回曲线稳定、承载力不退化；抽检数量不少于同一工程同一类型同一规格消能器数量的3%，且不少于2个。

条文说明：本条与现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的规定一致（5. 1. 5）。为反映消能器在主体结构中的真实受力性能和消能减震效果，避免因不同生产厂家制作工艺不同导致的性能差异影响结构设计安全性，要求生产厂家对每类消能器至少应进行一次消能器布置于二层及以上的整体结构或子结构中进行动力性能试验或地震模拟振动台试验，以验证其性能。

**7. 2. 3** 低屈服点钢消能器中核心材料低屈服点钢应符合现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905的规定，非消能材料应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591或《建筑结构用钢板》GB/T 19879-2005的规定。

条文说明：消能器中核心耗能材料采用低屈服点钢材制作，其他非消能材料主要用于构造连接、支撑和维护作用，采用普通钢材即可。

**7. 2. 4** 低屈服点钢消能器的外观、工作环境应符合现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209的规定。

条文说明：消能器产品本身的外观要求和工作环境范围应按现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209执行。

**7. 2. 5** 低屈服点钢消能器的力学性能要求应按现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297执行。

条文说明：消能器的其他力学性能具体可参见现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297（5. 2. 3）。

**7. 2. 6** 低屈服点钢消能器的稳定性能及其非消能构件的设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定。

条文说明：消能器本身的整体和局部稳定性能以及非消能构件的设计按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017执行。

## **7. 3** 主体结构设计

**7. 3. 1** 采用其他类型低屈服点钢消能器的主体结构设计、截面和变形抗震验算以及构造措施应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和《钢结构设计标准》GB 50017的规定。

条文说明：采用其他类型低屈服点钢消能器的主体结构设计方法和设计理念与传统抗震结构的无本质区别，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和《钢结构设计标准》GB 50017执行即可。

**7. 3. 2** 力学分析模型应同时考虑主体结构与消能器，以反映消能器对主体结构总刚度和总阻尼比的贡献。

条文说明：消能器对主体结构有附加刚度和附加阻尼比的贡献，应在整体分析模型中准确考虑。

**7. 3. 3** 消能器宜布置在相对层间位移较大的楼层，但不宜使主体结构出现薄弱构件或薄弱层。具体布置原则可参考现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297执行。

条文说明：消能器的布置原则具体按现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297执行（6. 2. 1、6. 2. 2）。

**7. 3. 4** 主体结构分析时，其他类型消能器用于框架层间支撑时，消能器的恢复力模型参数应符合下式规定：

 Δ*u*py /Δ*u*sy ≤ 2/3 （7. 3. 4-1）

式中：Δ*u*py——消能器在水平方向的屈服位移；

Δ*u*sy——设置消能器的主体结构层间屈服位移。

条文说明：当其他类型消能器用于框架层间支撑时，其恢复力模型参数通过屈服位移控制，同时考虑到位移传递损失（即消能器的水平变形小于层间变形），消能器屈服位移与主体结构层间屈服位移的比值应适当放宽；现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297规定（6. 3. 1）该比例限制为2/3，本条暂时沿用该取值。

**7. 3. 5** 其他类型消能器的恢复力模型应采用成熟的模型并经试验验证，可采用双线性模型。

条文说明：本条参考现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297规定（3. 3. 5），并考虑到低屈服点钢优异的滞回耗能能力，建议采用简单的双线性模型。

**7. 3. 6** 其他类型消能器附加给主体结构的有效阻尼比计算可按现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297执行。

条文说明：有效阻尼比计算可按现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的6. 3. 2条执行。

**7. 3. 7** 采用其他类型消能器的主体结构抗震性能化设计，包括性能水准判断和抗震性能目标宏观判断，可参考按行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297执行。

条文说明：采用其他类型消能器的主体结构抗震性能化设计，可按行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的6. 5. 2、6. 5. 3条执行。

## **7. 4** 连接与构造

**7. 4. 1** 其他类型消能器与主体框架结构的连接一般分为斜撑式和抗震壁式（图7. 4. 1），柱底支撑和连梁直接与支承构件相连，并保证连接承载力的可靠性。



图7. 4. 1 其他类型消能器与主体结构连接方式

条文说明：本条列出了几种连接方式及部分示意图。

**7. 4. 2** 其他类型消能器与主体结构的连接应采用高强度螺栓、销轴或焊缝，其计算及构造要求应符合现行国家标准建筑抗震设计规范》GB 50011**、**《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661和现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82的规定。

条文说明：其他类型消能器与主体结构的连接按传统结构设计规范规定执行。

**7. 4. 3** 与消能器连接的支撑构件、支墩等作用力取值应为消能器在设计位移下对应阻尼力的1.2倍。

条文说明：本条按现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的规定执行（7. 1. 6）。

## **7. 5** 制作、安装、验收和维护

**7. 5. 1** 其他类型消能器的制作、进场验收、施工安装顺序、施工测量、施工质量验收以及检测和维护，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297、《建筑消能阻尼器》JG/T 209的规定。

条文说明：其他类型消能器的施工、验收和维护按现行相关标准规定执行。

# 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：

正面词采用“可”，反面词采用“不可”；

**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”或“应按……执行”。非必须按所指定标准执行时，写法为“可参照……执行”。

# 引用标准名录

**1** 《混凝土结构设计规范》GB50010

**2** 《建筑抗震设计规范》GB 50011

**3** 《钢结构设计标准》GB 50017

**4** 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023

**5** 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205

**6** 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

**7** 《钢结构焊接规范》GB 50661

**8** 《钢结构加固设计标准》GB 51367

**9** 《碳素结构钢》GB/T 700

**10** 《销轴》GB/T 882

**11** 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228

**12** 《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229

**13** 《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230

**14** 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231

**15** 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

**16** 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632

**17** 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》GB/T 3633

**18** 《碳钢焊条》GB/T 5117

**19** 《低合金钢焊条》GB/T 5118

**20** 《建筑结构用钢板》GB/T 19879-2005

**21** 《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905

**22** 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82

**23** 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99

**24** 《建筑抗震试验方法规程》JGJ 101

**25** 《建筑消能减震技术规程》JGJ 297

**26** 《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015

**27** 《建筑消能阻尼器》JG/T 209