

中国钢结构协会标准

# 钢管混凝土框架—屈曲约束钢板剪力墙 结构技术标准

Technical standard for concrete-filled steel tubular frame structure  
with buckling-restrained steel plate shear walls

(征求意见稿)

2024 北京

中国钢结构协会标准

# 钢管混凝土框架—屈曲约束钢板剪力墙 结构技术标准

Technical standard for concrete-filled steel tubular frame structure  
with buckling-restrained steel plate shear walls

XXX:2024

(征求意见稿)

## 前 言

根据中国钢结构协会《关于发布中国钢结构协会 2023 年第三批团体标准编制计划的通知》（中钢构协〔2023〕51 号）的要求，编制组经过深入调查研究，认真总结研究成果和实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 8 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、剪力墙结构设计、构件与连接、加工与制作、施工与验收、结构维护。

本标准的某些内容有可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国钢结构协会管理，由北京峰筑工程技术研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈至北京峰筑工程技术研究院有限公司（地址：北京市海淀区羊坊店路 18 号，光耀东方广场写字楼 N 座 622，邮政编码：100038，联系电话：010-68467460，邮箱：Fengzhubiaozhun@163.com）。

主编单位：北京峰筑工程技术研究院有限公司  
同济大学

参编单位：

# 目录

<b>1 总则</b> .....	1
<b>2 术语和符号</b> .....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
<b>3 设计基本规定</b> .....	5
3.1 一般规定.....	5
3.2 抗震等级.....	6
<b>4 材料</b> .....	8
<b>5 结构设计</b> .....	10
5.1 一般规定.....	10
5.2 结构布置.....	10
5.3 结构分析.....	10
<b>6 构件与连接</b> .....	16
6.1 钢管混凝土框架.....	16
6.2 消能钢板剪力墙.....	16
6.3 连接构造.....	19
<b>7 加工与制作</b> .....	24
7.1 一般规定.....	24
7.2 加工与制作.....	24
7.3 加工验收.....	25
<b>8 施工与验收</b> .....	27
<b>9 结构维护</b> .....	30
<b>附录 A 消能钢板剪力墙技术要求</b> .....	31
用词说明.....	32
引用标准名录.....	33
条文说明.....	34

# Contents

<b>1</b>	<b>General Provisions</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Terms and Symbols</b> .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols.....	3
<b>3</b>	<b>Basic Requirements for Design</b> .....	5
3.1	General Requirements.....	5
3.2	Seismic Category .....	6
<b>4</b>	<b>Materials</b> .....	8
<b>5</b>	<b>Design of Structure</b> .....	10
5.1	General Requirements.....	10
5.2	Structural Layout.....	10
5.3	Structural Analysis .....	10
<b>6</b>	<b>Members and Connections</b> .....	16
6.1	Concrete Filled Steel Tubular Frame .....	16
6.2	Energy-Dissipating Steel Plate Shear Walls.....	16
6.3	Detailing of Connections.....	19
<b>7</b>	<b>Processing, Manufacturing and Transportation</b> .....	24
7.1	General Requirements.....	24
7.2	Processing, Manufacturing and Transportation.....	24
7.3	Processing Acceptance .....	25
<b>8</b>	<b>Construction and Acceptance</b> .....	27
<b>9</b>	<b>Maintaince of Structure</b> .....	30
<b>Appendix A</b>	<b>Technical Requirements for Energy-Dissipating Steel Plate Shear Walls</b> .....	31
	Terminology .....	32
	Reference Standards.....	33
	Commentary.....	34

# 1 总 则

**1.0.1** 为在建筑工程中应用钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构,做到安全适用、经济合理、技术先进、方便施工,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于抗震设防烈度为 6 至 9 度的多层与高层建筑的钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的设计、施工和构件制作。

**1.0.3** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的设计、施工和构件制作,除应符合本规范的规定外,必须符合国家现行通用规范的规定,尚应符合其他国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.1 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构** Concrete-filled steel tubular frame structure with energy-dissipating steel plate shear walls

钢管混凝土柱与梁形成的框架,部分或全部框架与消能钢板剪力墙连接的结构。

**2.1.2 消能钢板剪力墙** Energy-dissipating steel plate shear wall

用于消能减震的钢板剪力墙构件,包括屈曲约束钢板剪力墙和波纹钢板剪力墙。

**2.1.3 屈曲约束钢板剪力墙** Buckling-restrained steel plate shear wall

在内嵌钢芯板面外设置约束构件以防止或减少平面外屈曲,使内嵌钢芯板达到有效耗能的钢板剪力墙。

**2.1.4 无屈曲波纹钢板墙** Non-buckling corrugated steel plate shear wall

利用波纹钢板的面外刚度使波纹钢板先屈服而不面外屈曲的钢板剪力墙。

**2.1.5 大刚度无屈曲波纹钢板墙** Non-buckling corrugates steel plate shear wall with enhanced stiffness

在无屈曲波纹钢板墙上设置单侧混凝土板的钢板剪力墙。

**2.1.6 钢管钢筋混凝土柱** Reinforced concrete-filled steel tubular column

在钢管内设置钢筋混凝土的柱构件。

## 2.2 符号

### 2.2.1 材料性能

$f_c$ ——混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_y, f_y'$  ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

$f_a, f_a'$  ——型钢（钢板）抗拉、抗压强度设计值；

$f_{av}$ ——型钢（钢板）抗剪强度设计值；

$f_{yc}$ ——型钢（钢板）的屈服强度；

$E$ ——钢材的弹性模量；

### 2.2.2 作用和作用效应

$S_d$ ——不考虑地震作用时，荷载组合的效应设计值；

$S_E$ ——荷载和地震作用组合的效应设计值；

$S_c$ ——正常使用极限状态荷载组合的效应设计值。

$R_d$ ——结构抗力；

$C$ ——结构或构件达到正常使用要求的变形容许值；

$M$ ——弯矩设计值；

$N$ ——轴向力设计值；

$V$ ——剪力设计值；

$M_c$ ——柱端弯矩设计值

$M_{bua}$ ——梁端塑性弯矩值

$M_{cua}$ ——柱实际弯矩值

$\gamma_0$ ——结构重要性系数；

$\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数；

$\eta_c$ ——柱端弯矩增大系数；

$\eta_{vc}$ ——柱剪力增大系数；

### 2.2.3 几何参数

$h$ ——楼层层高

$A_c$ ——混凝土截面面积；

$A_a$ ——钢管的截面面积；

$A_s$ ——钢筋的截面面积；

$H_n$ ——柱的净高；

$l_b$ ——等效交叉支撑的长度；

$\beta$ ——等效交叉支撑与水平向的夹角；  
 $H$ ——钢板剪力墙的高度；  
 $B$ ——钢板剪力墙的宽度；  
 $A_b$ ——消能钢板剪力墙等效交叉支撑的截面面积；  
 $A_c$ ——波纹钢板剪力墙竖向边缘构件的截面面积；  
 $t_c$ ——波纹钢板墙与上下梁之间 T 型转换件的腹板厚度；  
 $A_{cc}$ ——波纹钢板墙与上下梁之间 T 型转换件的截面积；

#### 2.2.4 计算系数及其他

$a_{lim}$  ( $\text{m/s}^2$ ) ——结构风振加速度限值  
 $\Delta_u$ ——结构楼层层间最大位移；  
 $\mu_N$ ——柱轴压比；  
 $K$ ——消能钢板剪力墙的弹性抗侧刚度；  
 $D_c$ ——消能钢板剪力墙面外约束单元的平面外抗弯刚度；  
 $k_{cr}$ ——剪切屈曲系数；  
 $Q_u$ ——消能钢板剪力墙的极限承载力；  
 $P_0$ ——上部波纹钢板墙传递至本层竖向边缘构件的竖向力作用；  
 $Q_v$ ——单个螺栓的抗剪承载力；  
 $n_1$ ——波纹钢板墙竖向边缘构件范围内的螺栓数量；  
 $n_2$ ——中间波纹钢板区域的螺栓数量；

### 3 设计基本规定

#### 3.1 一般规定

3.1.1 乙类和丙类建筑的钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构最大适用高度应符合表 3.1.1 的规定。

表 3.1.1 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构最大适用高度 (m)

抗震设防烈度	6 度	7 度		8 度		9 度
		0.1g	0.15g	0.2g	0.3g	
最大适用高度	200	200	180	150	120	100

- 注：1.甲类建筑，6、7、8 度时宜按照本地区抗震设防烈度提高一度后符合本表要求，9 度时应专门研究；  
2. 钢管混凝土框架的框架柱为实心钢管混凝土柱，梁为钢梁，消能钢板剪力墙为屈曲约束钢板剪力墙或波纹钢板剪力墙；  
3. 平面和竖向均不规则结构的最大适用高度宜适当降低。

3.1.2 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的安全等级和设计使用年限应符合现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068 和《工程结构可靠性设计统一标准》 GB50153 的规定。

3.1.3 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223 的规定确定其抗震设防类别。

3.1.4 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构构件承载能力计算应满足下列公式要求：

$$\text{不考虑地震作用时, } \gamma_0 S_d \leq R_d \quad (3.1.4-1)$$

$$\text{考虑多遇地震作用时, } S_E \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (3.1.4-2)$$

式中： $\gamma_0$ ——结构重要性系数；

$S_d$ ——不考虑地震作用时，荷载组合的效应设计值；

$S_E$ ——考虑多遇地震作用时，荷载和地震作用组合的效应设计值；

$R_d$ ——结构抗力；

$\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》

GB50011 的有关规定取值。

**3.1.5** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构构件正常使用极限状态的计算应满足下式要求：

$$S_c \leq C \quad (3.1.5)$$

式中：C——结构或构件达到正常使用要求的变形容许值；

$S_c$ ——正常使用极限状态荷载组合的效应设计值。

**3.1.6** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的荷载、作用及效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计标准》GB/T50011 的有关规定。

**3.1.7** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的设计工作年限不应小于 50 年；混凝土构件的耐久性不宜小于 50 年；钢结构的防腐应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 的有关规定；当采用钢结构防腐保护层时，防腐设计使用年限不宜小于 15 年，不应小于 10 年。

## 3.2 抗震等级

**3.2.1** 各抗震设防类别的多层和高层建筑结构，其抗震措施应符合下列要求：

1 甲类、乙类建筑：应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施，但抗震设防烈度为 9 度时应按比 9 度更高的要求采取抗震措施；当建筑场地为 I 类时，应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。

2 丙类建筑：应按本地区抗震设防烈度确定其抗震措施；当建筑场地为 I 类时，除 6 度外，应允许按本地区抗震设防烈度降低一度的要求采取抗震构造措施。

**3.2.2** 当建筑场地为 III、IV 类时，对设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 地区，宜分别按抗震设防烈度 8 度（0.20g）和 9 度（0.40g）时各类建筑的要求采取抗震构造措施。

**3.2.3** 抗震设计时，钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构构件应根据设防类别、烈度、构件类型和房屋高度采用不同的抗震等级，相应的计算和构造措施要求应符合国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《组合结构通用规范》GB55004、《钢结构通用规范》GB55006、《建筑抗震设计标准》GB/T50011、《钢

结构设计标准》GB50017、《钢管混凝土结构技术规范》GB50936、《组合结构设计规范》JGJ138、《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380 的有关规定。丙类建筑的钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构构件抗震等级应按表 3.2.3 确定。

表 3.2.3 构件抗震等级

结构及构件类型		抗震设防烈度											
		6 度			7 度			8 度			9 度		
钢管 混凝土 框架- 消能 钢板 剪力 墙	房屋高 度 (m)	≤ 50	50~ 150	> 150	≤ 50	50~ 130	> 130	≤ 50	50~ 100	> 100	≤ 50	50~ 70	> 70
	I 类 钢管混 凝土框 架	四	四	三	四	三	二	三	二	一	二	一	一
	II 类钢 管混凝 土框架	三	三	二	三	二	一	二	一	一*	一	一*	一*
	消能钢 板剪力 墙	C	B	B	C	B	B	B	B	A	B	A	A

注：1.当某个部位各构件的承载力均满足 2 倍地震作用组合下的内力要求时，7~9 度的构件抗震等级应允许按降低一度确定；

2. I 类钢管混凝土框架：不与消能钢板剪力墙连接的钢管混凝土框架；

II 类钢管混凝土框架：与消能钢板剪力墙直接连接的钢管混凝土框架；

3. 一\*钢管混凝土框架的框架柱地震作用较一级钢管混凝土框架的框架柱地震作用增大 20%；

4. 消能钢板剪力墙应满足附录 A 的有关规定。

## 4 材料

**4.0.1** 钢管混凝土框架所用的钢板、型钢等钢材应符合现行国家标准《组合结构通用规范》GB 55004、《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定；消能钢板剪力墙的钢板宜采用低屈服点钢、Q235 钢或 Q355 钢，应满足现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905 的有关规定；耐候钢应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的有关规定。

**4.0.2** 抗震设计时，钢管混凝土框架所用的钢材应符合下列规定。

- 1 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85。
- 2 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 20%。
- 3 钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。

**4.0.3** 抗震设计时，消能钢板剪力墙的钢板宜用低屈服强度钢，应符合下列规定：

- 1 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.80；
- 2 屈服强度实测值应在目标值的 $\pm 20\text{MPa}$  范围内；
- 3 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 40%；
- 4 钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。

**4.0.4** 抗震设计时，消能钢板剪力墙采用碳素钢钢板或低合金钢钢板时，钢材性能应符合下列规定：

1 碳素钢钢材的断后伸长率应大于 25%，屈强比应小于 0.80，在工作温度下冲击韧性应大于 34J，超强系数不应大于 1.15。

2 低合金钢钢材的断后伸长率应大于 15%，屈强比应小于 0.85，在工作温度下冲击韧性应大于 27J，超强系数不应大于 1.2。

**4.0.5** 消能钢板剪力墙的耐低周疲劳性能、耐久性能和工作环境应符合现行标准《承载-消能减震技术规程》T/CECS 900 的有关规定。

**4.0.6** 对按一、二、三级抗震等级设计的框架构件中的纵向受力普通钢筋应采用 HRB400E、HRB500E、HRBF400E 或 HRBF500E 钢筋，其强度和最大拉力下总伸长率的实测值应符合下列规定。

- 1 抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25。
- 2 屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.30。
- 3 最大力下的总延伸率不应小于 9%。

**4.0.7** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构所用的混凝土强度等级不应低于

C30，不宜超过 C80，不应超过 C100。混凝土的抗压强度和弹性模量应按现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 和《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 执行。

**4.0.8** 对 Q355 级钢管，内填充的混凝土强度等级宜为 C40~C70；对 Q390、Q420、Q460 级钢管，内填充的混凝土强度等级不宜低于 C50。当采用 C80 以上高强混凝土时，应有可靠的依据。

**4.0.9** 用于钢管的焊接材料应与设计选用的钢材相匹配，且应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

**4.0.10** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构采用的普通螺栓连接或高强度螺栓连接应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 执行，所选用的高强度大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

**4.0.11** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构使用的栓钉应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构地下室宜采用钢筋混凝土结构或钢骨混凝土结构。

**5.1.2** 高层钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙建筑宜采用有利于减小风作用效用的形体。

**5.1.3** 对于高度超过 50m 的钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙民用建筑，框架柱宜采用钢管钢筋混凝土柱；对于高度超过 100m 的钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构民用建筑，框架柱应采用钢管钢筋混凝土柱。

**5.1.4** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的框架柱抗震等级为一级时，宜用钢管钢筋混凝土柱。

### 5.2 结构布置

**5.2.1** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构及其抗侧力结构的平面布置宜规则、对称，并应具有良好的整体性；建筑的立面和竖向剖面宜规则，结构的侧向刚度沿高度宜均匀变化，竖向抗侧力构件的截面尺寸和材料强度等级宜自下而上逐渐减小，应避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力突变。

**3.2.3** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构楼盖应符合下列规定：

1 宜采用压型钢板现浇混凝土楼板、现浇钢筋桁架混凝土楼板或钢筋混凝土楼板，楼板应与钢梁有可靠连接。

2 对转换层楼盖、加强层楼盖或楼板有大开洞等情况，宜设置水平支撑桁架。

### 5.3 结构分析

**5.3.1** 在正常使用条件下，钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构按风荷载或多遇地震标准值作用下，以弹性方法计算的位移，以及结构的薄弱层层间弹塑性位移，应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

**5.3.2** 按弹性方法计算的风荷载或多遇地震标准值作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比 $\Delta u / h$  宜符合下列规定：

1 高度不大于 150m 时，其楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u / h$  不宜大于表

5.3.2 的限值。

2 高度不小于 250m 的高层建筑，其楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u / h$ 不宜大于 1 / 250。

3 高度在 150m~250m 之间的高层建筑，其楼层层间最大位移与层高之比 $\Delta u / h$  的限值可按本条第 1 款和第 2 款的限值线性插入取用。

表 5.3.2 楼层层间最大位移与层高之比的限值

使用功能	$\Delta u / h$ 限值
住宅、公寓	1/350
办公、旅馆	1/300

注：1.楼层层间最大位移 $\Delta u$  以楼层竖向构件最大的水平位移差计算，不扣除整体弯曲变形。抗震设计时，本条规定的楼层位移计算可不考虑偶然偏心的影响；2.高档旅馆标准同住宅。

5.3.3 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构在罕遇地震作用下的薄弱层弹塑性变形验算，应符合下列规定：

- 1 甲类建筑和 8 度、9 度抗震设防的乙类建筑结构应进行弹塑性变形验算。
- 2 采用隔震和消能减震设计的建筑结构应进行弹塑性变形验算。
- 3 房屋高度大于 150m 的结构应进行弹塑性变形验算。
- 4 7 度 III、IV 类场地和 7 度抗震设防的乙类建筑结构宜进行弹塑性变形验算。

5.3.4 结构薄弱层（部位）层间弹塑性位移与层高之比 $\Delta u / h$  应符合表 3.4.4 的限值。

表 5.3.4 层间弹塑性位移角限值

使用功能	$\Delta u / h$ 限值
住宅、公寓	1/60
办公、旅馆	1/50

5.3.5 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构风振舒适度应满足表 5.3.5 要求。结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度可按现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定计算，也可通过风洞试验结果确定，计算时结构阻尼比宜取 0.01~0.02。

表 5.3.5 结构风振加速度限值

使用功能	$a_{lim}$ (m/s <sup>2</sup> )
住宅、公寓	0.15
办公、旅馆	0.25

5.3.6 楼盖结构应具有适宜的舒适度。楼盖结构的竖向振动频率不宜小于 3Hz，竖向振动加速度峰值不应超过表 5.3.6 的限值。楼盖结构竖向振动加速度可按《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 附录 A 计算。

表 5.3.6 楼盖竖向振动加速度限值

使用功能	峰值加速度限值 (m/s <sup>2</sup> )	
	竖向自振频率不大于 2Hz	竖向自振频率不小于 4Hz
住宅、办公	0.07	0.05
商场及室内连廊	0.22	0.15

注：楼盖结构竖向自振频率为 2Hz~4Hz 时，峰值加速度限值可按线性插值选取。

5.3.7 抗震设计时，钢管混凝土柱的轴压比不宜大于表 5.3.7 的限值，轴压比可按下列下式计算：

$$\mu_N = N / (f_c A_c + f_a' A_a + f_y' A_s) \quad (5.3.7)$$

式中： $\mu_N$ ——钢管混凝土柱的轴压比；

$N$ ——考虑地震组合的柱轴向压力设计值；

$A_c$ ——混凝土截面面积；

$f_c$ ——混凝土的轴心抗压强度设计值；

$f_a'$ ——钢管的抗压强度设计值；

$A_a$ ——钢管的截面面积；

$f_y'$ ——钢管内纵向钢筋的抗压强度设计值；

$A_s$ ——钢管内纵向钢筋的截面面积；内无纵向钢筋时，取 0。

表 5.3.7-1 矩形钢管素混凝土柱轴压比限值

抗震等级	一	二	三
轴压比限值	0.70	0.80	0.90

表 5.3.7-2 矩形钢管钢筋混凝土柱轴压比限值

抗震等级	一	二	三
轴压比限值	0.75	0.85	0.95

表 5.3.7-3 圆钢管素混凝土柱轴压比限值

抗震等级	一	二	三
轴压比限值	0.75	0.85	0.95

表 5.3.7-4 圆钢管钢筋混凝土柱轴压比限值

抗震等级	一	二	三
轴压比限值	0.90	1.0	1.0

- 注：1.当混凝土强度等级采用 C65~C70 时，轴压比限值应比表中数值减小 0.05；  
 2.当混凝土强度等级采用 C75~C80 时，轴压比限值应比表中数值减小 0.10；  
 3.钢板剪力墙所在跨框架柱的轴压比限值应比表中数值减小 0.05。

**5.3.8** 当钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构采用抗震性能化设计时，应根据其抗震设防类别、设防烈度、场地条件、结构类型和不规则性，建筑使用功能和附属设施功能的要求，投资大小、震后损失和修复难易程度等，对选定的抗震性能目标提出技术和经济可行性综合分析和论证。钢管混凝土柱在罕遇地震作用下应具有继续承载能力。

**5.3.9** 结构弹性阶段整体内力和变形分析时，钢管混凝土构件截面刚度可取钢管及混凝土刚度之和。

**5.3.10** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构在地震作用下楼层位移验算和构件设计时，阻尼比可按如下规定取值。

1 房屋高度小于 50m，可取为 0.04；大于 50m，小于 100m 时，可取为 0.035，房屋高度大于 100m，小于 250m 时，可取 0.02~0.03。

2 罕遇地震作用下的弹塑性分析，钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的阻尼比可取 0.05。

**5.3.11** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构在风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时，阻尼比为 0.02~0.04。

**5.3.12** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构中构件的计算长度应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

**5.3.13** 结构弹塑性分析时,应考虑钢管混凝土柱在轴力和弯矩作用下的弹塑性变形以及屈曲约束消能钢板剪力墙的弹塑性剪切变形。

**5.3.14** 钢管、钢梁的恢复力模型和骨架曲线可采用二折线模型,其滞回模型可不考虑刚度退化;钢管混凝土柱可采用纤维模型或分层壳模型。

**5.3.15** 采用静力弹塑性分析方法进行结构弹塑性分析时,应符合下列规定:

1 可在结构的各主轴方向分别施加单向水平力;水平力可作用在各层楼盖的质心位置,不考虑偶然偏心的影响。

2 结构的每个主轴方向宜采用不少于两种水平力分布模式,其中一种宜与振型分解反应谱法得到的水平力分布模式相同。

**5.3.16** 采用弹塑性时程分析方法进行结构弹塑性分析时,应符合下列规定:

1 宜采用双向水平或三向地震输入。

2 地震波的选取应符合《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定。

**5.3.17** 钢管混凝土框架-屈曲约束钢板剪力墙结构应按本节规定调整构件的组合内力设计值。构件截面抗震验算时,非抗震的承载力设计值应除以本标准规定的承载力抗震调整系数;凡本标准未作规定者,应符合现行国家有关标准的要求。

**5.3.18** 一、二、三、四级框架的梁柱节点处,除框架顶层和柱轴压比小于 0.15 的节点外,柱端组合的弯矩设计值应符合下式要求:

$$\sum M_c = \eta_c \sum M_{bua} \quad (5.3.18)$$

式中:  $\sum M_c$ ——一节点上下柱端截面顺时针或反时针方向组合的弯矩设计值之和,上下柱端的弯矩设计值,可按弹性分析分配;

$\sum M_{bua}$ ——一节点左右梁端截面反时针或顺时针方向实配的正截面抗震受弯承载力所对应的塑性弯矩值之和,根据实配钢梁面积和材料强度标准值确定;对于工字钢和箱型钢梁,截面塑性发展系数可取 1.12。

$\eta_c$ ——柱端弯矩增大系数,一\*级取 1.25,一级取 1.20,二级取 1.15,三级取 1.10,四级取 1.05。

当反弯点不在柱的层高范围内时,柱端截面组合的弯矩设计值可乘以上述柱端弯矩增大系数。

**5.3.19** 一、二、三、四级框架结构的底层,柱下端截面组合的弯矩设计值,应

分别乘以增大系数 1.7、1.5、1.3 和 1.2。底层柱应按上下端的不利情况配置。

**5.3.20** 一、二、三、四级的框架柱组合的剪力设计值应按下列公式调整：

$$V = \eta_{vc} (M_{cua}^b + M_{cua}^t) / H_n \quad (5.3.20)$$

式中：V——柱端截面组合的剪力设计值；

$H_n$ ——柱的净高；

$M_{cua}^t$ 、 $M_{cua}^b$ ——分别为偏心受压柱的上下端顺时针或反时针方向正截面抗震受弯承载力所对应的实际弯矩值，根据实配钢管面积、材料强度标准值和轴压力等确定；

$\eta_{vc}$ ——柱剪力增大系数，一\*级取 1.25，一级取 1.20，二级取 1.15，三级取 1.10，四级取 1.05。

**5.3.21** 一、二、三、四级框架的角柱，经本节第 5.3.18、5.3.19、5.3.20 条调整后的组合弯矩设计值、剪力设计值尚应乘以不小于 1.10 的增大系数。

**5.3.22** 梁柱节点计算与构造应符合现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的有关规定。

## 6 构件与连接

### 6.1 钢管混凝土框架

6.1.1 钢管混凝土柱的形状宜为圆形、矩形或正多边形。

6.1.2 钢管截面最小边尺寸或直径不宜小于 350mm；环境防腐蚀条件较好时，钢管壁厚不宜小于 6mm，其他条件下不宜小于 8mm；当钢管截面边长大于或等于 1000mm 时，宜在钢管壁设置竖向加劲肋。

6.1.3 钢管混凝土柱在每个楼层的外钢板角部应设置防火排气孔，排气孔直径不宜小于 20mm，位置宜位于柱与楼板相交位置上方及下方 100mm 内，孔心至边缘距离不宜小于 100mm，各腔上的排气孔宜在高度方向相互错开。

6.1.4 框架梁宜采用钢梁，钢梁宜采用 H 型钢。

6.1.5 钢管混凝土柱的钢板宽厚比  $b/t$  应符合现行《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的有关要求。

6.1.6 当采用钢管钢筋混凝土柱时，钢筋配置宜符合下列规定：

- 1 宜在腔体内配置纵向钢筋和箍筋；
- 2 纵筋的最小配筋率不宜小于截面面积的 0.3%。
- 3 钢筋直径不小于 16mm 时宜采用机械连接，直径小于 16mm 时宜采用焊接或搭接连接。

6.1.8 钢梁翼缘和腹板的厚度不宜小于 6mm。

6.1.9 钢梁的钢板宽厚比  $b/t$  应符合现行国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定；与钢板剪力墙直接相连的钢梁耐火极限同柱的耐火极限。

6.1.10 钢梁上宜设置整体式楼板；住宅、公寓的整体式楼板宜用预制混凝土叠合板。

### 6.2 消能钢板剪力墙

6.2.1 消能钢板剪力墙宜采用屈曲约束钢板墙或波纹钢板墙。波纹钢板墙宜采用无屈曲波纹钢板墙或大刚度无屈曲波纹钢板墙。

6.2.2 消能钢板剪力墙应符合下列规定：

- 1 在 50 年一遇风荷载或多遇地震作用的基本组合下，消能钢板剪力墙应保持弹性。

2 在罕遇地震下，消能钢板剪力墙的滞回性能应符合《承载-消能减震技术规程》T/CECS 900 的相关规定。

3 消能钢板剪力墙的变形能力，应大于罕遇地震下结构达到《承载-消能减震技术规程》T/CECS 900 规定的极限位移限值时构件变形的 1.2 倍。

6.2.3 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构在中、大震下的验算应采用弹塑性分析方法。进行弹塑性分析时，消能钢板墙可采用连接单元进行模拟，宜采用强化双线性恢复力模型。

6.2.4 消能钢板剪力墙在结构弹性设计时可采用以下简化模型：

1 屈曲约束钢板墙可采用等效支撑模型（图 6.2.4-1）进行计算。

等效支撑的截面面积  $A_b$  可按下式计算：

$$A_b = \frac{Kl_b}{2E \cos^2 \beta} \quad (6.2.4-1)$$

式中： $K$ 为屈曲约束钢板墙的弹性抗侧刚度； $l_b$ 为等效交叉支撑的长度； $\beta$ 为等效交叉支撑与水平向的夹角， $\beta = \arctan(\frac{H}{B-2e})$ ； $H$ 为钢板剪力墙的高度； $B$ 为钢板剪力墙的宽度。

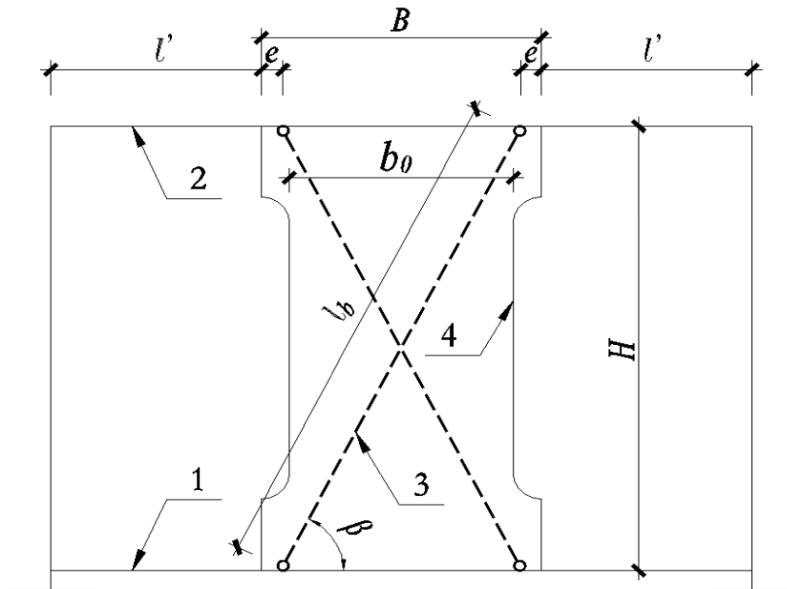


图 6.2.4-1 屈曲约束钢板墙等效支撑模型

1-下部框架梁；2-上部框架梁；3-等效交叉支撑；4-屈曲约束钢板墙

2 波纹钢板墙可采用等效支撑框架模型（图 6.2.4-2）进行计算。

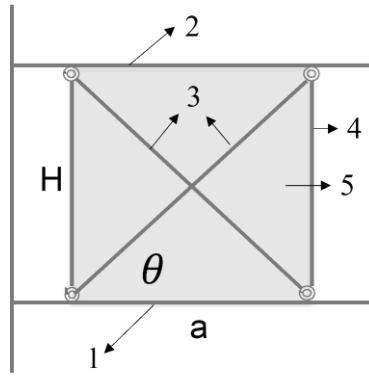


图 6.2.4-2 等效支撑框架模型

- 1-下部框架梁；2-上部框架梁；3-等效交叉支撑；4-竖向边缘构件；  
5-波纹钢板墙

等效交叉支撑的截面面积  $A_b$  可按下式计算：

$$A_b = \frac{K(H^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}{2Ea^2} \quad (6.2.4-2)$$

式中： $K$  为波纹钢板墙弹性抗侧刚度； $H$  为墙高， $a$  为墙宽， $E$  为钢材弹性模量。

竖向边缘构件的截面面积  $A_c$  可按下式计算：

$$A_c = \frac{Q_u H}{2af_y} + \frac{P_0}{f_y} \quad (6.2.4-3)$$

式中： $Q_u$  为波纹钢板墙的极限承载力； $f_y$  为竖向边缘构件的钢材屈服强度； $P_0$  为上部波纹钢板墙传递至本层竖向边缘构件的竖向力作用。

**6.2.5** 屈曲约束钢板墙和大刚度波纹钢板墙的面外约束单元，其平面外抗弯刚度  $D_c$  应满足下式要求：

$$D_c \geq \frac{Q_u B}{k_{cr} \pi^2} \quad (6.2.5-1)$$

式中： $D_c$  为面外约束单元的平面外抗弯刚度； $Q_u$  为钢板墙极限承载力； $B$  为钢板墙芯板宽度； $k_{cr}$  为剪切屈曲系数，可根据（6.2.5-2）式进行计算：

$$k_{cr} = 0.18\left(\frac{B}{H}\right)^4 + 6.62\left(\frac{B}{H}\right)^2 \quad (6.2.5-2)$$

式中：波纹钢板墙的宽高比  $B/H$  不宜小于 0.4 且不宜大于 2。

**6.2.6** 大刚度波纹钢板墙的面外约束单元宜单侧布置，在达到钢板墙极限承载力之前，应保持弹性不开裂。在小震下，面外约束单元应与波纹钢板共同抗侧，在中、大震下，面外约束单元应退出抗侧，只为波纹钢板提供面外约束作用。

6.2.7 无屈曲波纹钢板墙中的波纹钢板波型，应保证钢板墙在 1/50 层间变形下不会发生面外屈曲。大刚度波纹钢板墙中的波纹钢板波型，在带面外约束单元的情况下，应保证钢板墙在 1/50 层间变形下不发生面外屈曲。

6.2.8 消能钢板剪力墙不宜承担结构竖向荷载，设计耐火极限同柱耐火极限。

### 6.3 连接构造

6.3.1 钢管混凝土柱的现场拼接宜符合下列规定：

- 1 钢管混凝土柱的竖向钢板现场拼接宜采用焊缝连接；
- 2 钢管混凝土柱的竖向钢板现场对接焊缝宜采用全熔透焊缝。

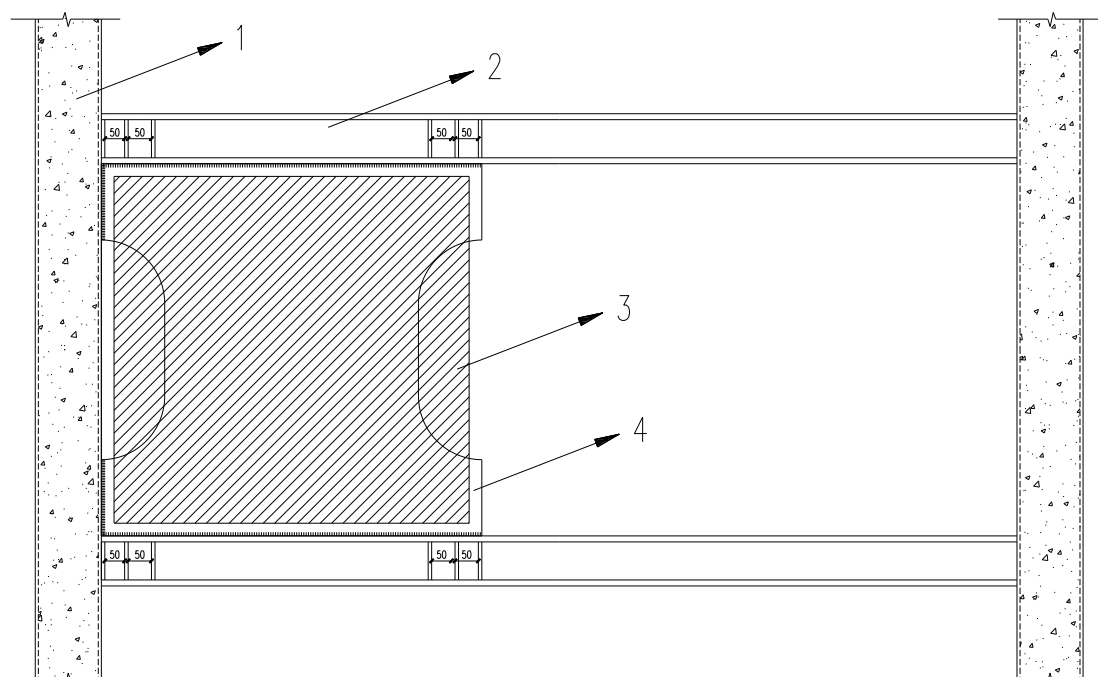
6.3.2 钢管混凝土柱的组装焊缝宜符合下列规定：

- 1 钢管混凝土柱外钢管之间的组装焊缝应采用全熔透焊缝；
- 2 节点区域内的钢管混凝土柱的组装焊缝应采用全熔透焊缝；
- 3 现场横向拼接焊缝上下各 150mm 内的钢管混凝土柱钢管组装焊缝应采用全熔透焊缝。

6.3.3 钢管混凝土柱与钢梁连接的构造宜采用内加强环式连接。内加强环的宽度不宜小于 0.5 钢梁翼缘宽度，不宜小于 150mm，内加强环厚度不宜小于钢梁翼缘厚度。

6.3.4 屈曲约束钢板墙芯板与钢管混凝土框架的连接，可采用下列形式(图 6.3.4)：

- 1 芯板上下端和钢梁连接，芯板侧边和柱局部或者全部连接；
- 2 芯板仅上下端与钢梁连接。



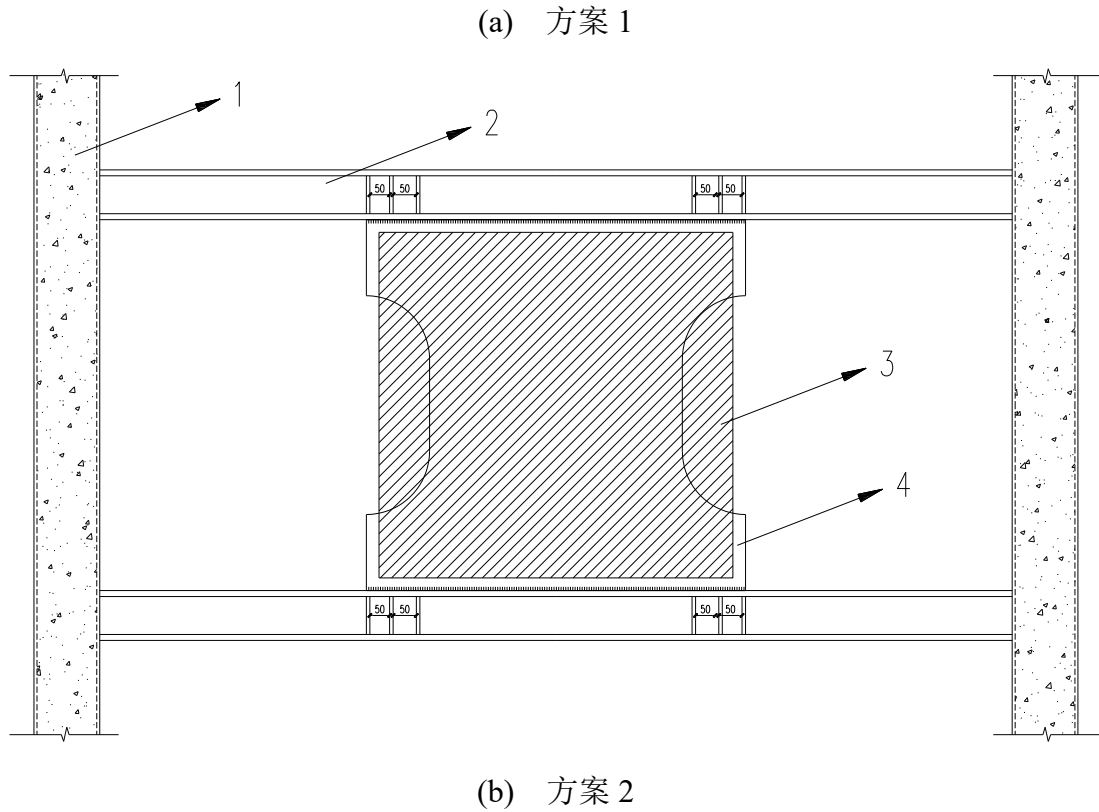


图 6.3.4 屈曲约束钢板墙与钢管混凝土框架的连接形式

1-钢管混凝土柱；2-钢梁；3-屈曲约束钢板墙面外约束单元；4-屈曲约束钢板墙芯板

**6.3.5** 屈曲约束钢板墙芯板与钢管混凝土框架的连接可采用焊接或螺栓连接。采用焊接时，宜采用对接焊缝，焊缝质量检验等级宜为一级。

**6.3.6** 屈曲约束钢板墙和大刚度波纹钢板墙的面外约束单元距离梁翼缘及连接节点板的净距应不小于 50mm，距离钢管混凝土柱边缘的净距应不小于 50mm。当屈曲约束钢板墙芯板仅上下端与钢梁连接，而不与钢管混凝土柱连接时，芯板与钢管混凝土柱边缘的净距应不小于层净高的 1/50。

**6.3.7** 波纹钢板墙与框架梁的连接宜采用焊缝连接，如图 6.3.7 所示。焊缝宜为对接焊缝，应满足一级焊缝要求。

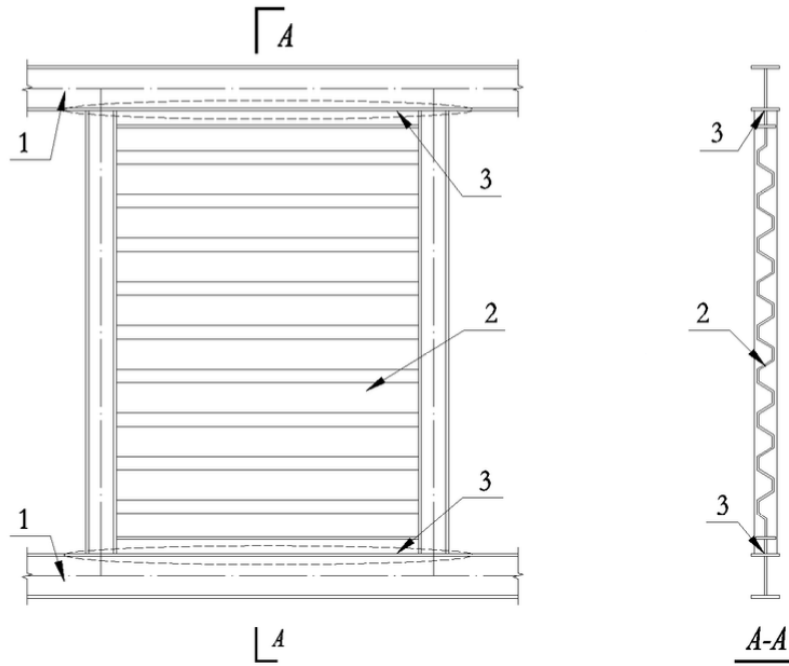


图 6.3.7 无屈曲波纹钢板墙或大刚度波纹钢板墙与框架梁的焊缝连接

1-钢梁；2-波纹钢板墙；3-一级焊缝

波纹钢板墙与上下框架梁的波纹钢板宽度范围内的 T 型转换件腹板厚度  $t_c$  应满足下式要求：

$$t_c \geq \frac{Q_u}{af_{yc}} \quad (6.3.7-1)$$

式中： $Q_u$  为波纹钢板墙的极限承载力； $a$  为波纹板宽度， $f_{yc}$  为 T 型转换件的屈服强度。

竖向边缘构件宽度范围内的 T 型转换件截面积  $A_{cc}$  应满足下式要求：

$$A_{cc} \geq \frac{Q_u H}{2af_{yc}} + \frac{P_o}{f_{yc}} \quad (6.3.7-2)$$

**6.3.8** 波纹钢板墙与框架梁可采用螺栓连接，如图 6.3.8 所示。

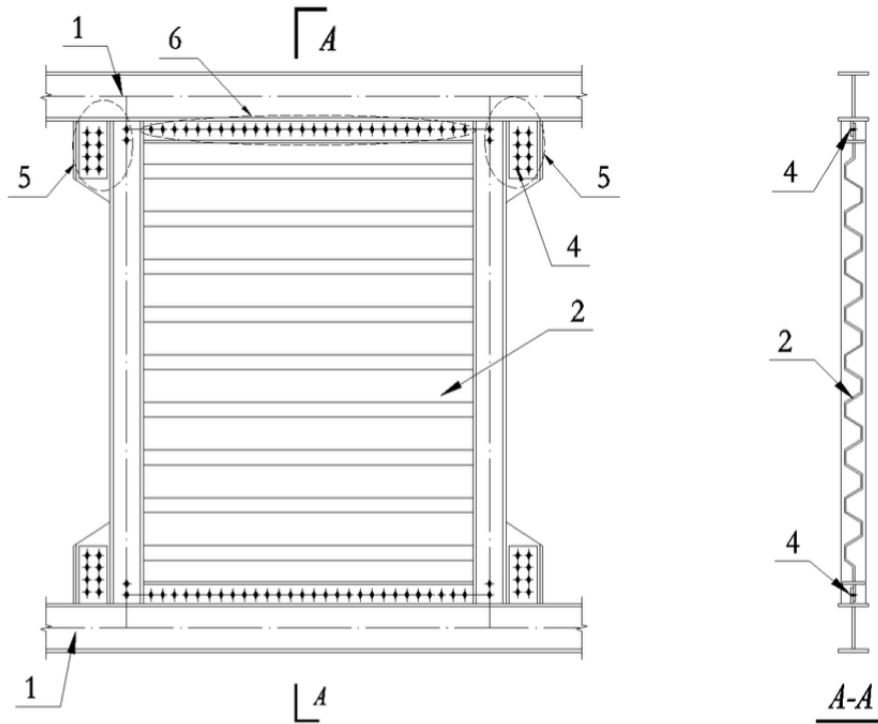


图 6.3.8 波纹钢板墙与框架梁的螺栓连接

1-框架梁；2-波纹钢板墙；4-摩擦型高强螺栓；5-螺栓数量  $n_1$ ；5-螺栓数量  $n_2$

波纹钢板墙竖向边缘构件范围内的螺栓数量  $n_1$  和中间波纹钢板区域的螺栓数量  $n_2$  应满足下式要求：

$$n_1 \geq \frac{Q_u H}{2aQ_v} + \frac{P_o}{Q_v} \quad (6.3.8-1)$$

$$n_2 \geq \frac{Q_u}{Q_v} \quad (6.3.8-2)$$

式中： $Q_v$  为单个螺栓的抗剪承载力。

### 6.3.9 钢管混凝土柱与楼盖连接构造宜符合下列规定：

- 1 钢管混凝土柱与楼板纵筋宜通过钢筋连接器或钢筋连接板连接；
- 2 钢管混凝土柱外壁与楼板连接处宜设置栓钉；
- 3 钢管混凝土柱宜在楼层标高处设置水平加劲肋。

### 6.3.10 钢管混凝土柱的柱脚构造宜符合下列规定：

- 1 钢管混凝土柱脚宜采用外露式柱脚或半埋入式柱脚；
- 2 当采用外露式柱脚时，柱底宜设置抗剪件；
- 3 当采用外露式柱脚且柱底有较大拉力时，宜在柱脚设置高强锚杆。
- 4 高强锚杆支架设计时宜考虑基础底板钢筋布置和混凝土浇筑等施工工况。

**6.3.11** 与消能钢板剪力墙相连的框架梁，应在钢板墙端部位置处的腹板两侧设置加劲肋（图 6.3.4），加劲肋的高度应为梁腹板高度，一侧的加劲肋宽度不应小于  $(0.5b_f - t_w)$ ，厚度不应小于  $0.75t_w$  和 10mm 的较大值。加劲肋应在钢板墙左右两端分别布置 3 道，每道加劲肋净距 50mm，最外侧加劲肋离柱边的净距不小于 50mm。

**6.3.12** 钢管混凝土柱与消能钢板剪力墙相连时，宜在连接位置处设置加劲肋或分腔板。

## 7 加工与制作

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的钢结构加工、制作、工厂质量验收以及检测应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99、《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380 的有关规定；预制混凝土构件的制作、工厂质量验收以及检测应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

**7.1.2** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构设计时，宜考虑构件在工厂制作和现场吊装的合理分段，单件重量、长度、宽度应满足加工制造、运输和安装的设备要求。

**7.1.3** 应在工厂加工制作消能钢板剪力墙。

### 7.2 加工与制作

**7.2.1** 消能钢板剪力墙宜与相邻钢构件做成消能钢板剪力墙单元。

**7.2.2** 消能钢板剪力墙的加工、制作应符合下列规定：

1 消能钢板剪力墙在制作前应根据设计文件、施工详图的要求和制作单位的技术条件编制加工工艺文件，制定合理的工艺流程并建立质量保证体系；

2 采用开缝芯板时，开缝宜采用激光或等离子切割，切割起始位置应在缝高一半处，缝端部应圆弧过渡。

3 采用波纹芯板时，下料应采用激光或者等离子切割，下料后芯板不应变形。芯板宜采用双折边模具进行折弯。折弯前，应事先调制模板进行试压。折弯时，应根据波型参数，在机床模具列表中输入正确的双折边上下模具尺寸，上下模具阻抗强度，以及模具的压平高度。

4 焊缝坡口切割宜整条一次性切割；中间有缺棱时，应采用匹配的焊材补焊并打磨。

5 工厂焊接宜采用焊接变形和收缩量小且焊接残余应力低的焊接工艺。

6 芯板开设螺栓孔时，宜与鱼尾板、夹板等配合制孔。

7 消能钢板剪力墙单元组成部件宜分别组装、焊接，经检验合格后，再进行单元总装焊接。

7.2.3 消能钢板剪力墙的芯板拼接长度不应小于 1000mm，宽度不应小于 500mm，且单块钢板只允许一条拼接缝。芯板表面不应有凹凸不平、划痕等缺陷。

7.2.4 屈曲约束钢板剪力墙的外约束混凝土板宜采用固定台模工艺制作。

### 7.3 加工验收

7.3.1 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构构件的尺寸、结构、形状、平整度、垂直度和水平度等应符合设计图纸要求。

7.3.2 屈曲约束钢板剪力墙芯板的尺寸允许偏差应符合表 7.3.2 的有关要求。

表 7.3.2 屈曲约束钢板剪力墙芯板外形尺寸主控项目的允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)	
芯板高度、宽度		±2.0	
芯板平面内对角线		±2.0	
芯板纵向、横向最外侧安装孔距离		±2.0	
芯板连接处	截面几何尺寸	±2.0	
	平面度差	螺栓连接	±1.0
		其他连接	±2.0
芯板弯曲矢高		h/1500，且不应大于 5.0	

注：h 为芯板的垂直高度。

7.3.3 屈曲约束钢板剪力墙外约束混凝土板的尺寸允许偏差应符合表 7.3.3 的有关要求。

表 7.3.3 外约束混凝土板尺寸允许偏差

项目		允许偏差 (mm)
产品尺寸	高度/宽度/厚度	(-1, +2)
表面平整度	内约束面	1
	外表面	2
侧向弯曲	墙板	L/1500 且 ≤5

翘曲	墙板	$L/1500$ 且 $\leq 5$
对角线差	墙板	3
挠度变形	墙板下垂	0
预留孔	中心线位置	3
	孔尺寸	(-1, +3)

**7.3.4** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构构件外观不得有严重缺陷和影响结构性能、安装、使用功能的尺寸偏差。

**7.3.5** 应在钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构构件明显部位标明生产单位、构件编号、生产日期和质量验收标志。

**7.3.6** II类钢管混凝土框架的钢构件加工、制作精度宜与消能钢板剪力墙的精度匹配。

## 8 施工与验收

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的钢结构安装与验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢结构焊接规范》GB 50661、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定；钢筋混凝土部分的施工与验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

**8.1.2** 消能钢板剪力墙的现场安装与验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

**8.1.3** 消能钢板剪力墙安装施工之前应进行焊接工艺评定。

**8.1.4** 消能钢板剪力墙安装施工之前应编制安装工艺文件。

**8.1.5** 消能钢板剪力墙与直接相连的钢管混凝土框架宜进行预拼装。

### 8.2 构件安装

**8.2.1** 消能钢板剪力墙应采用后固定法或后安装法施工。

**8.2.2** 消能钢板剪力墙进场后应符合列规定：

- 1 应根据消能钢板剪力墙安装进度计划编制零部件进场计划；
- 2 消能钢板剪力墙进场后，不得产生内部积水、污物；
- 3 零部件应按安装逆顺序堆放，中间加垫木，并交错堆放；
- 4 零部件堆放时，编号、标识应外露。

**8.2.3** 消能钢板剪力墙宜设置专用吊耳，宜采用四点吊，并采用专用吊具吊装和翻身，吊装全过程应平稳进行，不得碰撞、歪扭、快起和急停，应控制吊装时的构件变形。

**8.2.4** 消能钢板剪力墙宜对称安装，吊装就位后应采取临时固定措施。

**8.2.5** 消能钢板剪力墙施工过程中，应监测与消能钢板剪力墙相连框架梁的水平度和框架柱的垂直度。

**8.2.6** 同层的消能钢板剪力墙采用高强度螺栓和焊接连接时，应先进行高强度螺

栓施工，再进行焊接施工。

#### **8.2.7 消能钢板剪力墙的现场焊接应符合下列规定：**

1 整体焊接时，竖向应自下而上焊接，平面上应以中心单元为基点，向两侧逐块焊接；

2 单个单元的焊接时，应先焊接立焊缝再焊接横焊缝；

3 屈曲约束钢板剪力墙的芯板厚度大于 30mm 时，宜采用双面坡口焊缝，且横焊缝宜采用 K 形坡口焊缝，立焊缝宜采用 X 形坡口焊缝；

4 波纹钢板墙的芯板宜采用对接单坡焊接，且应在出厂前应开好坡口。竖向边缘构件宜从内侧开口，先将三条边从内侧焊接好后，再盖封板焊接。

5 每一条焊缝应在 4 小时内焊完，如有中断，应焊完 2/3 以上。

6 不应在焊缝以外的母材上打火、引弧，并应做好保护，防止裸露铜丝在母材上打火，擦伤母材。

7 引弧板、熄弧板材质应和母材材质相同，焊缝引出长度应大于 50mm，引弧板、熄弧板长度和宽度不小于 50mm，厚度不小于 8mm。

8 焊接结束后，应用火焰切割去除引弧板、熄弧板和临时固定卡板，修磨平整和清除焊缝表面焊渣，涂刷防腐涂料。

9 内部缺陷部位应在清除（用磨光机或碳弧气刨）后进行返修，返修使用与正式焊相同的焊接工艺进行焊接，返修后应进行复探。同一部位的返修次数不应超过两次，如果超过，应制定专门的返修方案。

#### **8.2.8 消能钢板剪力墙的焊缝变形控制措施应符合下列规定：**

1 应控制焊接线能量输入和焊接坡口间隙；

2 宜采用分段焊或间断焊工艺；

3 可采用刚性固定法或增加约束度，也可采取反变形措施。

**8.2.9 消能钢板剪力墙焊缝的端部、角部以及间距较小的焊缝和加劲肋焊缝，施焊时宜留应力释放孔。**

### **8.3 质量验收**

**8.3.1 消能钢板剪力墙宜按钢结构制作工程检验批的划分原则，划分为一个或若干个检验批。**

**8.3.2 消能钢板剪力墙安装允许偏差应符合表 8.3.2 的规定。**

检查数量：按消能钢板墙数量抽查 20%，且不应少于 3 个单元。

检验方法：用激光铅垂仪、经纬仪和钢尺检查。

表 8.3.2 消能钢板剪力墙安装允许偏差

项目	允许偏差(mm)
定位轴线	1.0, 梁腹板厚度的 1/10
单层垂直度	H/1000, 且不应大于 5.0
单层上端水平度	(L/1500)+3, 且不应大于 5.0
平面弯曲	L (H)/1500, 且不应大于 5.0

注：平面弯曲水平方向取消能钢板剪力墙的宽度 L，竖直方向取消能钢板剪力墙的垂直高度 H。

8.3.3 II 类钢管混凝土框架的钢构件安装精度宜与消能钢板剪力墙的安装精度匹配。

## 9 结构维护

**9.0.1** 应根据钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的安全性等级、类型及使用环境，建立全寿命周期内的结构使用、维护管理制度。

**9.0.2** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构维护应遵守预防为主、防治结合的原则，应进行日常维护、定期检测与鉴定、应急检测与鉴定。

**9.0.3** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的钢构件及连接部分的检测间隔时间不宜超过 10 年，不应超过 15 年。

**9.0.4** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构的混凝土构件的检测间隔时间不宜超过 30 年，不应超过 50 年。

**9.0.5** 日常维护应检查钢构件及连接的损伤、混凝土构件的损伤、荷载变化情况、环境、重大设备荷载及位置以及消防车通行时的主要受力构件等。

**9.0.6** 结构工程出现下列情况之一时，应进行检测和鉴定：

- 1 进行改造、改变使用功能、使用条件或使用环境；
- 2 达到设计使用年限拟继续使用；
- 3 因遭受灾害、事故而造成损伤或损坏；
- 4 存在严重的质量缺陷或出现严重的腐蚀、损伤、变形。

**9.0.7** 构件检测应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344 的有关规定。检查方法可采用目测检查和抽样检验。构件抽样检验时，应在结构中抽取典型构件，对构件基本性能进行原位测试或实验室测试，测试内容应能反映构件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使用年限。

## 附录 A 消能钢板剪力墙技术要求

- A.0.1 消能钢板剪力墙的构造要求、性能指标应满足现行行业标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380 和现行团体标准《承载消能减震技术规程》T/CECS 900 的有关规定。
- A.0.2 C 类消能钢板剪力墙的累计塑性变形不宜小于 200 倍屈服变形。
- A.0.3 C 类消能钢板剪力墙的芯板宜用低屈服点钢或碳素结构钢，厚度不宜小于 6mm;有可靠依据时，芯板可用 Q355GJC 或 Q355GJD。
- A.0.4 B 类消能钢板剪力墙的累计塑性变形不宜小于 250 倍屈服变形。
- A.0.5 B 类消能钢板剪力墙的高厚比不宜大于 550。
- A.0.6 B 类消能钢板剪力墙的芯板宜用低屈服点钢或碳素结构钢，厚度不宜小于 8mm。
- A.0.7 A 类消能钢板剪力墙的高厚比不宜大于 500。
- A.0.8 A 类消能钢板剪力墙的芯板宜用低屈服点钢，厚度不宜小于 8mm。
- A.0.9 A 类消能钢板剪力墙的累计塑性变形不宜小于 300 倍屈服变形。
- A.0.10 A 类消能钢板剪力墙的混凝土盖板应双层双向配筋，混凝土标号不宜小于 C35，每个方向的单侧配筋率不宜小于 0.25%，钢筋直径不宜小于 8mm。
- A.0.11 A 类消能钢板剪力墙的芯板防腐宜采用金属热喷涂。

## 用词说明

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”。

## 引用标准名录

- 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 《钢结构设计标准》 GB50017
- 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068
- 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223
- 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 《钢结构工程施工规范》 GB 50755
- 《钢管混凝土结构技术规范》 GB50936
- 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 《组合结构通用规范》 GB55004
- 《钢结构通用规范》 GB55006
- 《混凝土结构设计标准》 GB/T50010
- 《建筑抗震设计标准》 GB/T50011
- 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231
- 《建筑用低屈服强度钢板》 GB/T 28905
- 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》 GB/T 10433
- 《耐候结构钢》 GB/T 4171
- 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 《组合结构设计规范》 JGJ138
- 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ99
- 《建筑钢结构防腐技术规程》 JGJ/T 251
- 《钢板剪力墙技术规程》 JGJ/T 380
- 《承载-消能减震技术规程》 T/CECS 900

中国钢结构协会标准

钢管混凝土框架-屈曲约束钢板剪力墙  
结构技术标准

T/CSCS XXX—2024

条 文 说 明

## 制定说明

住建部“十四五”建筑业发展规划”（2022）提出要积极大力推广应用装配式建筑，积极推进高品质钢结构住宅建设，鼓励学校、医院等公共建筑优先采用钢结构。“建设工程抗震管理条例”（中华人民共和国国务院令第 744 号）明确提出在学校、医院等建设工程中采用隔震减震等技术，提高抗震性能。“钢框架-屈曲约束钢板剪力墙”已被列入住建部第一批装配式建筑技术推广名单（2022）。在工程实践中，主要采用钢管混凝土框架-屈曲约束钢板剪力墙结构体系。该体系取得了良好的综合效益，但是也发现了一些问题。有必要总结已有工程经验和科研成果编制本标准。

目前，本标准编制组会同有关单位总结国内已有的钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构技术的经验，结合我国抗震设防区域、设计、制作、施工、人员等实际情况，编制出适用于我国国情的高抗震性能《钢管混凝土框架-屈曲约束钢板剪力墙技术标准》。本标准的实施将进一步促进节能减排和循环经济在建设领域的应用，可使新建装配式钢管混凝土结构建筑在自然灾害中的抗震性能有效的发挥，保护人民生命和财产的安全。

为便于广大的设计、制作、施工等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，标准编制组按章节条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

<b>1</b>	<b>总则</b> .....	37
<b>2</b>	<b>术语和符号</b> .....	38
	2.1 术语 .....	38
<b>3</b>	<b>设计基本规定</b> .....	39
	3.1 一般规定 .....	39
	3.2 抗震等级 .....	39
<b>4</b>	<b>材料</b> .....	40
<b>5</b>	<b>结构设计</b> .....	41
	5.1 一般规定 .....	41
	5.3 结构分析 .....	41
<b>6</b>	<b>构件与连接</b> .....	42
	6.1 钢管混凝土框架 .....	42
	6.2 消能钢板剪力墙 .....	42
	6.3 连接构造 .....	42
<b>7</b>	<b>加工与制作</b> .....	43
	7.1 一般规定 .....	43
	7.2 加工与制作 .....	43
	7.3 加工验收 .....	43
<b>8</b>	<b>施工与验收</b> .....	27
	8.1 一般规定 .....	44
	8.2 构建安全 .....	44

# 1 总 则

**1.0.1** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构是一种新型结构，具备装配式建造和减震消能的优点，而且较传统钢结构的防火性能好，成本低。本结构包括钢管混凝土框架-屈曲约束钢板剪力墙结构、钢管混凝土框架-波纹钢板剪力墙结构等形式，在工程实践中，冬奥村人才公租房等项目采用了钢管混凝土框架-屈曲约束钢板剪力墙结构体系，取得了良好的综合效益。住建部于 2022 年把“钢框架-屈曲约束钢板剪力墙”列入第一批装配式建筑技术推广名单。特总结有关工程经验和科研成果，制定本标准。本结构可能涉及“一种工业化预加工再生式结构体系及其施工方法”（ZL 201610418567.X，专利权人：姚攀峰）、一种新型屈曲约束耗能钢板剪力墙、结构体系及其施工方法”（ZL 201810834210.9，专利权人：姚攀峰）或“无屈曲波形结构耗能构件及其设计方法”（ZL 201710425071.X，专利权人：同济大学，南通蓝科减震科技有限公司）专利的使用。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与专利权人协商处理。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.5** 大刚度无屈曲波纹钢板墙在小震下形成组合墙来提高弹性抗侧刚度，在中大震作用下混凝土板退出抗侧，利用波纹钢板面外刚度提供面外约束。

### 3 设计基本规定

#### 3.1 一般规定

**3.1.1** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构具有抗震性能好、施工速度快、易修复的优点，目前已经成为工业化建筑的重要结构形式之一。消能钢板剪力墙有多种形式，本标准结合冬奥会人才公租房等工程实践，对实心钢管混凝土柱，梁为钢梁，消能钢板剪力墙为屈曲约束钢板剪力墙或波纹钢板剪力墙的结构体系编制有关内容。

**3.1.7** 结构寿命对建筑的绿色低碳有着重要意义，本条对结构的耐久性做了要求。混凝土部分耐久性不宜低于 50 年，宜采用 70 年甚至 100 年等更高的性能。

#### 3.2 抗震等级

**3.2.3** 构件抗震等级对结构安全有着重要意义，II 类钢管混凝土框架承担消能钢板剪力墙直接传来的地震作用，其抗震等级适当提高。

## 4 材料

**4.0.1** 部分钢构件在运维期间难以进行防腐涂层的施工，特增加了耐候钢的要求。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 地下空间往往潮湿、通风差，容易对钢构件产生腐蚀。本条要求地下室采用钢筋混凝土结构或钢骨混凝土结构，有利于减少结构的运维成本，防止或减少钢构件的腐蚀，提升结构整体的使用寿命。

**5.1.3 5.1.4** 钢管钢筋混凝土柱的延性和耐火性能优于钢管素混凝土柱，对于重要构件，宜优先采用钢管钢筋混凝土柱。

### 5.3 结构分析

**5.3.1** 钢管混凝土框架-消能钢板剪力墙结构属于组合结构，按照《钢管混凝土结构技术规范》GB50936 有关条文要求，其以弹性方法计算的位移和薄弱层层间弹塑性位移计算，宜符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

**5.3.2** 鉴于对本结构体系工程实践有限，层间位移角限值适当从严。

**5.3.5** 鉴于目前使用者对舒适度有越来越高的要求，本标准的结构风振加速度性能较《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的风振舒适度的性能提高了将近 10.7%~25.0%。

**5.3.7** 钢管内素混凝土会发生收缩徐变，造成素混凝土与钢管之间的纵向和横向脱空，对结构静力性能和动力性能产生不利影响。赛格大厦晃动事件（2021 年，深圳）表明钢管素混凝土构件存在此问题。钢管素混凝土构件脱空之后，有可能遇到火灾作用与其他作用耦合的情况，更加不利。故本标准对钢管素混凝土结构作出较为严格的要求。

**5.3.17~5.3.22** 有利于实现“强柱弱梁”、柱的“强剪弱弯”、“强节点‘弱构件’”。

## 6 构件与连接

### 6.1 钢管混凝土框架

6.1.6 对钢管钢筋混凝土柱的钢筋予以构造要求。

6.1.8 有利于提升钢梁的耐久性。

6.1.9 与钢板剪力墙直接相连的钢梁耐火极限同柱的耐火极限，有利于提升结构整体的防火性能。

### 6.2 消能钢板剪力墙

6.2.3 采用强化双线性恢复力模型进行模拟消能钢板墙时，屈服后刚度比可取为2%。

6.2.5 由于式 6.2.5-2 是通过曲线拟合后得到的近似计算公式，因此，当消能钢板墙的宽高比  $B/H$  小于 0.4 或者大于 2 时，该式的误差会相对较大。另一方面，当  $B/H$  小于 0.4 或大于 2 时，消能钢板墙的消能效率会相对较低，因此建议  $B/H$  应在 0.4 和 2 之间。

6.2.6 面外约束单元与波纹钢板之间设置有连接件，并在连接件的位置浇筑了轻质混凝土。小震下，轻质混凝土不破坏，面外约束单元与波纹钢板墙形成组合墙机制，因此墙的抗侧刚度大；中大震下，轻质混凝土会被连接件挤压破坏，此时，面外约束单元与波纹钢板之间产生相对面内滑移，形成屈曲约束墙机制，因此只为波纹钢板提供面外约束，而不参与抗侧。

6.2.8 消能钢板剪力墙不承担结构竖向荷载时，确有依据并经过论证，方可不做防火保护。

### 6.3 连接构造

6.3.3 对于小尺寸钢管混凝土柱，确有依据时，可采用外加强板或外加强环方式。

6.3.6 面外约束单元与框架梁柱边缘保持距离的目的是为了在结构变形大的时候，面外约束单元不会因为与框架梁柱发生碰撞而破坏，从而影响钢板墙的性能充分发挥。

6.3.5 6.3.7 屈曲约束钢板墙芯板或波纹钢板墙与钢管混凝土框架的连接比较重

要，如果采用焊缝连接，要求为对接焊缝，且为一级焊缝。

## **7 加工与制作**

### **7.1 一般规定**

**7.1.2** 消能钢板剪力墙宽度不宜超过 3m，钢梁、钢管柱分段长度不宜超过 15m。

**7.1.3** 不允许现场加工制作消能钢板剪力墙。

### **7.2 加工与制作**

**7.2.1** 消能钢板剪力墙与相邻的钢梁或钢管混凝土柱的钢管做成单元，整体吊装。这样有利于提升现场安装的精度和速度。

### **7.3 加工验收**

**7.3.2** 屈曲约束钢板剪力墙芯板是重要构件，本条要求严于普通钢构件。

## 8 施工与验收

### 8.1 一般规定

8.1.4 8.1.5 鉴于消能钢板剪力墙单元的重要性，对其提出更加严格的质量要求。

### 8.2 构件安装

8.2.1 施工中要采取措施，消除重力荷载对钢板剪力墙的作用。