

CECS \*\*\*:2022

**中国工程建设标准化协会标准**

对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构

技术规程

**Technical Standard of Multi-celled Concrete Filled Tuber Wall Structure with Binding Bars**

（征求意见稿）

中国XX出版社

（2022.XX）

**中国工程建设标准化协会标准**

对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构

技术规程

**Technical Standard of Multi-celled Concrete Filled Tuber Wall Structure with Binding Bars**

**CECS \*\*：2022**

主编单位：浙江越宫钢结构有限公司

浙江大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年XX月XX日

中国XX出版社

20XX年 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2021年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字﹝2021﹞020号）的要求，制定本标准。

本规程共分10章，主要内容包括：总则、术语与符号、材料、基本规定、结构计算分析、对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件设计、节点设计、防护设计、制作和施工以及验收。

本规程涉及一种新型的结构系统，即“对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构”（简称：“栓-管砼结构”），由对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙、钢柱、钢梁、楼板等受力构件组合而成。具有以下特点：

1、“栓-管砼结构”中的构件标准化程度高，且均预设有与外围护系统、设备与管线系统和内装系统相连接的连接节点，为装配式建筑的“六化一体”（标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用）实施与应用打下了良好的基础。

2、对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙，是在工厂将对穿螺栓、窄翼缘槽钢和钢方管拼焊形成含有多个空腔体的钢结构部件，经现场向空腔体内灌注混凝土后，形成的可以承受竖向荷载及地震作用的新型钢板组合抗震墙（简称：“栓-管砼抗震墙”）。“栓-管砼抗震墙”充分利用了钢结构和混凝土的材料力学优点和结构受力特点，同时采用对穿螺栓提高了壁板的稳定性，增加了对内部混凝土的横向约束，从而形成了一种新型的性能优越的钢-混凝土组合抗震墙结构。

3、“栓-管砼抗震墙”中的对穿螺栓增加了混凝土与钢管的界面抗剪能力，放宽了各腔钢管壁板的宽厚比要求，可使钢管混凝土壁板的宽厚比限值由60*ε*k提高到75*ε*k，减少了20%的焊缝数量。

4、“栓-管砼抗震墙”中对穿螺栓的外露伸长部分还可以按预埋螺栓设计，作为结构系统与外围护系统、设备与管线系统和内装系统的固定连接点，全面提高了装配式住宅的四大系统装配率。

本规程的某些内容涉及专利，涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与浙江越宫钢结构有限公司协商处理，本规程的发布机构不承担识别专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会钢结构专业委员会归口管理，由浙江越宫钢结构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，请寄送至解释单位（地址：浙江省绍兴市越城区袍中南路166号，邮编：312000）。

**主编单位：**浙江越宫钢结构有限公司

浙江大学

**参编单位：**XXXX

XXXX

**主要起草人：**华玉武 童根树

XXX

**主要审查人：**XXX

XXX

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc4847)

[2 术语与符号 2](#_Toc8235)

[2.1 术 语 2](#_Toc946)

[2.2 符 号 4](#_Toc18756)

[3 材 料 6](#_Toc6829)

[3.1 钢 材 6](#_Toc15250)

[3.2 混 凝 土 6](#_Toc24612)

[3.3 防护材料 7](#_Toc27741)

[3.4 连接材料 7](#_Toc27349)

[4 基本规定 8](#_Toc4919)

[4.1 一般要求 8](#_Toc18207)

[4.2 构件承载力设计 9](#_Toc6895)

[4.3 结构变形和舒适度验算 10](#_Toc11483)

[5 结构计算分析 12](#_Toc31534)

[6 对穿螺栓多腔钢管混凝土构件设计 15](#_Toc16222)

[6.1 一般规定 15](#_Toc29446)

[6.2 压弯、拉弯构件的强度计算 16](#_Toc28244)

[6.3 一字墙稳定计算 17](#_Toc13516)

[6.4 L形和T形抗震墙墙肢的稳定计算 19](#_Toc1713)

[6.5 构造要求 23](#_Toc30154)

[7 节点设计 26](#_Toc15382)

[7.1 一般规定 26](#_Toc10392)

[7.2 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的拼接节点 26](#_Toc30290)

[7.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的墙脚节点 29](#_Toc7957)

[7.4 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点 33](#_Toc19429)

[7.5 楼板与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点 37](#_Toc31068)

[8 防护设计 40](#_Toc6579)

[8.1 防腐保护设计 40](#_Toc12583)

[8.2 防火保护设计 41](#_Toc26959)

[9 制作和施工 56](#_Toc19836)

[9.1 一般规定 56](#_Toc8826)

[9.2 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙制作和施工 57](#_Toc26780)

[9.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土浇筑 58](#_Toc10708)

[9.4 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙防火施工 60](#_Toc17031)

[10 验 收 62](#_Toc24010)

[10.1 一般规定 62](#_Toc11419)

[10.2 原材料及成品进场 62](#_Toc11338)

[10.3 零部件加工工程 68](#_Toc16140)

[10.4 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件组装工程 73](#_Toc3781)

[10.5 焊接工程 77](#_Toc26496)

[10.6 安装工程 81](#_Toc5807)

[10.7 腔内混凝土工程 88](#_Toc21071)

[10.8 防护工程 90](#_Toc12955)

[本标准用词说明 95](#_Toc19490)

[引用标准名录 96](#_Toc13435)

[附：条文说明 98](#_Toc28692)

Contents

1 General provisions1

2 Terms and symbols2

2.1 Terms 2

2.2 Symbols4

３ Materials 6

3.1 Steel6

3.2 Concrete6

3.3 Protection materials7

3.4 Connection materials7

４ Basic requirements of structrual design 8

4.1 General requirements 8

4.2 Capacity of structural members9

4.3 Limits of horizontal displacement and requirements of comfort degree 10

5 Structural analysis 12

6 Design of structural members15

6.1 General requirements 15

6.2 Strength of MC-CFTW with tie-bolts16

6.3 Stability of MC-CFTW with tie-bolts17

6.4 Stabilty MC-CFTW with tie-bolts used in L-T-and H-Shaped walls19

6.5 Detailing requirements23

7 Design of joints26

7.1 General requirements 26

7.2 Splice of MC-CFTW members 26

7.3 Base joint of MC-CFTW members 29

7.4 Joints of Beam-to-MC-CFTW members33

7.5 Connection of Concrete Slab-to-MC-CFTW members37

8 Protection40

8.1 Corrosion prevention design 40

8.2 Fire-resistance design41

9 Fabrication and construction56

9.1 General requirements 56

9.2 Fabrication and Construction of MC-CFTW members 57

9.3 Requirements on in-site concrete and its density58

9.4 Fire pretection of MC-CFTW members 60

10 Acceptance62

10.1 General requirements62

10.2 Admision of materials and members in site62

10.3 Manufacture of MC-CFTW parts68

10.4 Assembly of MC-CFTW members73

10.5 Welding od MC-CFTW with tie-bolts 77

10.6 Installation of MCST members 81

10.7 Concrete pouring of MCST88

10.8 Protection90

Explanation of wordS in this standard 95

List of quoted standards 96

Addition: Explanation of provisions98

# 

# 总 则

### **1.0.1** 为规范对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、方便施工，特制定本规程。

### **1.0.2** 本规程适用于多层和高层民用建筑中，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的设计、制造、施工和验收。

### **1.0.3** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的设计、制造、施工和验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 

# 术语与符号

## 术 语

### 对穿螺栓 tie-bolt

由一个螺杆和2～4个螺母（含垫片）组成的连接副。可以将两个窄翼缘槽钢对向连接。外露伸长部分可以按预埋螺栓设计，作为结构系统与外围护系统、设备与管线系统和内装系统的固定连接点。

### 窄翼缘槽钢 narrow flange channel

由钢带经冷弯或冲压而成的窄翼缘槽钢，或热轧窄翼缘槽钢。

### 窄翼缘槽钢组件 component built-up by narrow flange channels with tie-bolts

由两个窄翼缘槽钢通过对穿螺栓连接而成的组件。

### 矩形钢管 rectangular steel tube

对冷轧或热轧钢带直接进行连续弯角变形，经高频焊接后形成的矩形钢管；对冷轧或热轧钢带进行连续弯曲变形，经高频焊接后成圆管，通过整形最终形成的矩形钢管；以及采用热轧（扩）无缝方法制造的矩形钢管。截面形式有正方形和长方形。

### 对穿螺栓多腔钢管构件 multi-cellular tube wall with tie-bolts

由窄翼缘槽钢组件和钢方管交替组拼而成的具有多个竖向空腔的构件，形式有**一**字型、**L**型、**T**型、**[** 型、**工**字型、**十**字型等。

### 腔内混凝土 infilled concrete

浇筑在对穿螺栓多腔钢管构件空腔体内的混凝土。可采用普通混凝土或自密实混凝土。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙 Multi-chamber Concrete Filled Tube Wall with tie-bolts

是由工厂完成的对穿螺栓多腔钢管构件，经现场安装并向空腔体内灌注混凝土后，形成的可以承受竖向荷载及地震作用的新型钢板组合墙（简称：“栓-管砼抗震墙”）。

### 混凝土的工作承担系数 Percentage of load-carrying capacity shared by concrete

腔内混凝土受压承载力占全部截面受压承载力的比值。

## 符 号

*E*c ——混凝土的弹性模量；

*E*s ——钢材的弹性模量；

*f* ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

*f*v ——钢材的抗剪强度设计值；

*f*c ——混凝土的抗压强度设计值；

*f*t ——混凝土的抗拉强度设计值；

*f*y ——钢材的屈服强度；

*f*w ——焊缝的抗拉强度设计值；

*G* ——钢材的剪变模量；

*t*f ——构件的设计耐火极限；

*M* ——弯矩设计值；

*M*u ——截面受弯承载力设计值；

*N* ——轴心拉（压）力设计值；

*N*u ——截面受压承载力设计值；

*R* ——承载力设计值；

*S* ——不考虑地震作用时的荷载效应组合设计值；

*S*E ——考虑多遇地震作用时，荷载和地震作用效应组合的设计值；

*V* ——剪力设计值。

*A*c ——管内混凝土的截面面积；

*A*L ——局部受压面积；

*A*s ——钢管的截面面积；

*A*sn ——钢管的净截面面积；

*b，h* ——钢管截面的边长；

*I*s ——钢管截面的惯性矩；

*t* ——钢板的厚度；

*α* ——钢材的线膨胀系数；

*ρ* ——钢材的质量密度；

*β* ——等效弯矩系数；

*β*c ——混凝土强度影响系数；

*β*m ——弯矩放大系数；

*β*v ——剪力放大系数；

*φ* ——轴心受压构件的稳定系数；

*γ* ——系数；

*γ*0 ——结构重要性系数；

*γ*RE ——承载力抗震调整系数。

# 

# 材 料

## 钢 材

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的钢材，宜采用Q235钢和Q355钢，其质量标准应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700和《低合金高强度结构钢》GB/T1591和《建筑结构用钢板》GB/T 19879的规定，当有可靠依据时也可采用其它牌号的钢材。

### 采用的钢带应满足现有国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T709，且不应低于PT.B类厚度偏差要求。

### 对穿螺栓用的钢筋应满足现有国家标准《钢筋混凝土用钢第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1的规定。

### 窄翼缘槽钢、钢方管，壁厚小于等于6mm时，其钢材强度设计值，应按《冷弯型钢结构技术规范》GB50018规定采用。热轧和焊接成型的矩形钢管，其钢材强度设计值，应按《钢结构设计标准》GB50017规定采用。

### 抗震设计时，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，且断后伸长率不应小于20%；

**3** 钢材应有良好的焊接性和合格的冲击韧性。

## 混 凝 土

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的混凝土强度等级不应低于C30，不宜高于C80。混凝土的抗压强度和弹性模量应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010执行。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的混凝土可采用普通混凝土或自密实混凝土；采用普通混凝土时骨料粒径不宜大于20mm，并应采取振捣措施保证混凝土的密实度；自密实混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T283的规定。

## 防护材料

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的防腐涂料、稀释剂和固化剂，应按现行国家标准《涂料产品分类和命名》GB/T 2705和设计文件的要求选用，其品种、规格、性能等应符合国家现行有关产品标准和设计文件的要求。

### 富锌防腐油漆的锌含量应符合现行行业标准《富锌底漆》HG/T 3668和设计文件的有关规定。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构用防火涂料，应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB14907和设计文件的要求。

## 连接材料

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构用焊接材料应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50009的有关规定。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构连接用紧固件材料应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的有关规定。

### 对穿螺栓连接副应符合现行国家标准《紧固件公差螺栓、螺钉和螺母》GB/T3103.1规定产品等级为A级的公差要求。

# 基本规定

## 一般要求

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构可采用剪力墙结构、框架-核心筒结构等结构体系。

### 房屋适用高度：对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙组合结构乙类和丙类建筑的最大适用高度应符合表4.1.2的规定。平面和竖向均不规则的结构，其最大适用高度宜适当降低。

表 4.1.2 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的最大适用高度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构体系 | 设防烈度 | | | |
| 6度，7度（≤0.10g） | 7度(0.15g)  8度(0.2g) | 8度(0.3g) | 9度(0.4g) |
| 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构 | 160 | 130 | 110 | 80  (60) |
| 框架-对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构 |
| 框架-对穿螺栓多腔钢管混凝土核心筒结构 | 200 | 160 | 140 | 100  (80) |

**注：**1 甲类建筑，6、7、8度时宜按本地区抗震设防烈度提高一度后符合本表的要求。

2 房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分）。

3 当房屋高度超过本表数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效的加强措施。

4 8度设防地区，近场地震时，适用高度采用括号里面的数字。

### 房屋的高宽比：对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙组合结构的高宽比不宜超过表4.1.3的规定。

表 4.1.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙组合结构的最大适用高宽比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 烈 度 | 6度、7度 | 7度(0.15) | 8度(0.3g) | 9度(0.4g) |
| 最大高宽比 | 7 | 6.5 | 6 | 5 |

**注：**1 计算高宽比的高度从室外地面算起。

2 当塔形建筑底部有大底盘时，计算高宽比的高度从大底盘顶部算起。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构房屋应根据设防分类、烈度和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。丙类建筑的抗震等级应按表4.1.4确定。

表4.1.4 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构房屋的抗震等级

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 房屋高度 | 抗震设防烈度 | | | | |
| 6 | 7 | 8(0.2g) | 8(0.3g) | 9(0.4) |
| ≤50m |  | 四 | 三 | 二 | 一 |
| ＞50m | 四 | 三 | 二 | 一 | 一 |

注：1 高度的分界基本按照18层住宅结构来确定。

2 高度接近或等于高度分界时，允许结合房屋不规则程度和场地、地基条件确定抗震等级。

3 一般情况下，结构的抗震等级应与结构相同；当整个结构或某个部位各构件的承载力均满足2倍地震作用组合下的承载力要求时，构件抗震等级应允许降低一度确定。

### 非承重墙宜采用轻质墙体材料，墙体与主体结构应有可靠的拉结，其构造应能够防止墙体在墙体平面外的倾覆。抗震设计时，应满足《建筑抗震设计规范》GB50011第13章的要求。

## 构件承载力设计

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构构件的承载力应符合下列规定：

**1** 持久设计状况、短暂设计状况应按下式验算：

（4.2.1-1）

式中：*γ0* ——结构重要性系数，对安全等级为一级的结构构件不应小于1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于1.0；

*S* ——作用组合的效应设计值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定计算；

*R* ——构件承载力设计值。

**2** 地震设计状况应按下式验算：

（4.2.1-2）

式中：*γ*RE——构件承载力抗震调整系数。

**注：**公式（4.2.1-1）中的，公式（4.2.1-2）中的在本标准各章中用内力设计值N、M、V等表达。

### 钢构件及钢管混凝土柱的承载力抗震调整系数应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011，《钢管混凝土结构技术规范》GB50936 和现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的相关规定。对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构构件的承载力抗震调整系数，正截面承载力验算时应取0.8，抗剪承载力验算时应取0.8。当仅计算竖向地震作用时，各类结构构件的承载力抗震调整系数均应取1.0。

## 结构变形和舒适度验算

### 按照弹性方法计算的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构房屋，在风荷载作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比不宜大于1/400；当采用有较高变形限制的非结构构件和装饰材料时，层间相对位移与层高之比宜适当减小；当无隔墙时，可适当增大。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构房屋，在地震作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比不宜大于下列数值。

**1** 在多遇地震作用下（按弹性计算） 1/300。

**2** 在罕遇地震作用下（按弹塑性计算） 1/70。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构在罕遇地震作用下的弹塑性变形验算应符合下列规定：（增加罕遇地震验算范围，放宽常遇地震下的侧移限制）

**1** 下列结构应进行弹塑性变形验算：

**1）** 甲类建筑；

**2）** 房屋高度大于150m结构；

**3）** 采用隔震和消能减震设计的结构。

**2** 下列结构宜进行弹塑性变形验算：

**1）** 表4.3.3规定的高度范围且为竖向不规则类型的结构。

表 4.3.3 宜进行弹塑性变形验算的竖向不规则结构高度范围

| 烈度、场地类别 | 房屋高度范围（m） |
| --- | --- |
| 8度Ⅰ、Ⅱ类场地和7度 | ＞100 |
| 8度Ⅲ、Ⅳ类场地 | ＞80 |
| 9 | >60 |

**2）** 7度Ⅲ、Ⅳ类场地的乙类建筑和8度时的乙类建筑。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的风振舒适度验算及楼盖结构舒适度验算应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的有关规定。

### 6度及7度（0.1g）地区房屋高度不超过100m时，可采用对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙与钢筋混凝土抗震墙混合布置，此时侧移限值、刚重比应满足《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3关于混合结构的要求。

# 结构计算分析

**5.0.1** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的荷载及荷载组合，静力荷载、风荷载和地震作用下的内力和位移计算，应符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB50009、《建筑抗震设计规范》GB50011、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99的有关规定。

**5.0.2** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的变形和内力可按弹性方法计算。结构分析模型应根据结构实际情况确定。所选的分析模型应能准确地反映结构中各构件的实际受力状况。对结构分析软件的计算结果，应进行分析判断，确认其合理、有效后方可作为工程设计的依据。

**5.0.3** 进行内力和位移计算时，可假定楼板在其自身平面内为无限刚性，设计时应采取相应措施来保证楼板平面内整体刚度。

**5.0.4** 应采用二阶弹性分析，假想荷载按下式取值。

　 　　　(5.0.4)

式*中： Gi* ——第*i*层的总重力荷载设计值；

*n* ——结构的总层数；

*f*y ——钢材屈服强度。

**5.0.5** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构抗震计算的阻尼比：在多遇地震作用下，高度不大于50m时，可取0.04；高度大于50m且小于200m时，可取0.035；罕遇地震作用下，阻尼比可取0.05。

**5.0.6** 风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的阻尼比可取为0.025～0.03。验算房屋建筑的风振舒适度时，阻尼比宜取0.01～0.015。

**5.0.7** 当非承重墙体为砌体墙时，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的计算自振周期折减系数可取为0.75～0.95。

**5.0.8** 结构弹性阶段的内力和位移计算时，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的截面刚度取值应符合下列规定：

**1** 可将钢板折算为等效混凝土面积计算其轴向、抗弯和抗剪刚度。

**2** 组合轴向刚度*EA*=*E*s*A*s +*E*c*A*c

组合抗弯刚度*EI*= *E*s*I*s +*E*c*I*c

组合剪切刚度*GA*= *G*s*A*s +*G*c*A*c

式中：*E*s、*E*c——钢材、混凝土的弹性模量；

*G*s、*G*c ——钢材、混凝土的剪变模量；

*I*s ——对穿螺栓多腔钢管的截面惯性矩；

*I*c ——对穿螺栓多腔钢管内混凝土的截面惯性矩。

**3** 当对穿螺栓腔的墙厚小于矩形钢管腔的墙体厚时，刚度取以各自腔是宽度加权的平均墙厚计算。

**5.0.9** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构的性能设计和结构弹塑性分析还应按《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3和《建筑抗震设计规范》GB50011有关规定进行分析。

**5.0.10** 抗震设计的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙底部加强部位的范围，应符合下列规定：

**1** 底部加强部位的高度，应从地下室顶板算起。

**2** 部分框支对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙，其底部加强部位的高度，可取框支层以上两层的高度及落地抗震墙总高度的1/10二者的较大值。对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙房屋高度大于24m时，底部加强部位的高度可取底部两层和墙体总高度的1/10二者的较大值；房屋高度不大于24m时，底部加强部位可取底部一层。

**3** 当结构计算嵌固端位于地下一层的底板或以下时，底部加强部位尚宜向下延伸到计算嵌固端。

**5.0.11**  一级对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的底部加强部位以上，墙肢的组合弯矩设计值应乘以增大系数，弯矩增大系数可取为1.2，剪力相应调整。

**5.0.12**  一、二、三级的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的底部加强部位，其截面组合的剪力设计值应按下式调整：

*V*=*η*vw*V*w  (5.0.12)

式中： *V ——*墙体底部加强部位截面组合的剪力设计值；

*Vw* ——墙体底部加强部位截面组合的剪力计算值；

*ηvw* ——墙体剪力增大系数，一、二级可取1.6，三级可取1.4，四级可取1.2。

**5.0.13** 结构的整体稳定性应满足下式要求：

剪力墙结构、框架-剪力墙结构、框架-核心筒结构应满足下式要求：

（5.0.13）

式中： *EJ*d ——结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度（kN·mm2），可按倒三角形分布荷载作用下结构顶点位移相等的原则，将结构的侧向刚度折算为竖向悬臂受弯构件的等效侧向刚度；

*H* ——房屋高度（mm）；

*G*i ——第*i*楼层重力荷载设计值（kN），取1.3倍的永久荷载标准值与1.5倍的楼面可变荷载标准值的组合值。

# 对穿螺栓多腔钢管混凝土构件设计

## 一般规定

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件采用矩形钢管和窄翼缘槽钢交替布置拼装形成（图6.1.1），其中对穿螺栓腔比矩形钢管内缩10mm。



10

1

3

10

2

4

(a)



1

1

5

2

3

5

2

4

4

10

10

10

10

10

3

(b) (c)

图6.1.1 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件典型示意图

1——长方形钢管；2——窄翼缘槽钢；3——对穿螺栓连接副；

4——混凝土；5——正方形钢管

### L形、T形抗震墙各肢中，截面长度与墙体厚度之比的最大值应大于4。

### L形墙、T形墙厚度不应小于层高以及无支长度的1/40，一字墙厚度不应小于层高以及无支长度的1/30。

### L形、T形、工字形的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的强度和稳定性，可取每片一字形墙肢的内力和支承条件分别验算。

## 压弯、拉弯构件的强度计算

### 弯矩作用平面内的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙墙肢压弯构件，其承载力应满足下式要求：

(6.2.1-1)

 (6.2.1-2)

 (6.2.1-3)

 (6.2.1-4)

 (6.2.1-5)

式中： *N* ——轴心压力设计值（N）；

*N*un ——轴心受压时净截面受压承载力设计值（N）；

*Mx* ——弯矩设计值（N·mm）；

*a*ck ——混凝土工作承担系数标准值；

*M*un ——只有弯矩作用时净截面的受弯承载力设计值（N·mm）；

*f* ——钢材强度设计值（N/mm2）；

*b,h* ——分别为对穿螺栓多腔钢管混凝土墙肢截面平行、垂直于弯曲轴的边长（mm）；

*b*av *——*加权平均墙厚（mm）；

*w*1 *——*钢管腔的宽度（mm）；

*w*2 ——窄翼缘槽钢腔的宽度（mm）；

*t*s ——钢管壁厚,分腔板可以均摊到两侧壁板，可以采用等效厚度，按照墙肢内的最大腔的宽度，将竖向分隔板的面积分摊到最宽的腔上，两侧平均分配（mm）；

*d*n ——墙内混凝土受压区高度（mm） ；

*A*sn ——钢的净截面面积（mm2）；

*As* ——钢的毛截面面积（mm2）；

*f*c ——混凝土抗压强度设计值（N/mm2）；

*A*c ——混凝土面积（mm2）。

### 弯矩作用平面内的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙拉弯构件，其承载力应满足下式要求：

 (6.2.2)

式中：*A*sn——多腔钢管净截面面积（mm2）。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的剪力由对穿螺栓多腔钢管管壁承受，其剪切承载力应满足下式要求：

 (6.2.3)

式中：*V* ——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的最大剪力设计值（N）；

*Aw*——墙体中与受力方向平行的钢板面积，对L形，T形，C形构件，不包括墙体翼缘的钢板面积（mm2）；

*fv*——钢板抗剪强度设计值（MPa）。

## 一字墙稳定计算

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土墙肢压弯构件，其弯矩作用平面内的稳定性应满足下式要求：

 (6.3.1-1)

 (6.3.1-2)

 (6.3.1-3)

 (6.3.1-4)

 (6.3.1-5)

 (6.3.1-6)

 (6.3.1-7)

 (6.3.1-8)

 (6.3.1-9)

式中：*f*y ——钢材的屈服强度（N/mm2）；

*f*ck ——混凝土的抗压强度标准值(N/mm2)；

*N*Ex ——欧拉临界力（N）；

*φ*x ——弯矩作用平面内的轴心受压稳定系数；

*M*ux ——只有弯矩*M*x作用时截面的受弯承载力设计值（N·mm）。

### 一字形抗震墙弯矩作用平面外的稳定性应满足下式要求：

 (6.3.2-1)

 (6.3.2-2)

 (6.3.2-3)

 (6.3.2-4)

 (6.3.2-5)

式中：*φy* ——构件的稳定系数；

*λ*ny ——正则化长细比。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的构件计算长度*l*0取构件所在楼层的层高*h*s。对楼板有局部削弱，构件与周边水平连接比较薄弱的部位，应采取加强措施保证结构的整体性。

## L形和T形抗震墙墙肢的稳定计算

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的墙肢正则化宽厚比*λ*p按下式进行计算：

 (6.4.1)

式中： *N*y ——墙肢的轴心受压承载力标准值（N）；

*N*cr ——墙肢单位宽度上的临界力（N）；

B ——墙肢宽度；

*f*ck ——混凝土的抗压强度标准值（MPa）；

*A*c ——混凝土面积（mm2）；

*A*s ——钢截面面积（mm2）。

### 三边支承墙肢受压时单位墙宽的临界压力：

 (6.4.2-1)

四边支承板受压时单位墙宽的临界压力：

 (6.4.2-2)

 (6.4.2-3)

 (6.4.2-4)

 (6.4.2-5)

 (6.4.2-6)

 (6.4.2-7)

 (6.4.2-8)

 (6.4.2-9)

 (6.4.2-10)

 (6.4.2-11)

式中：*N*cr,N ——墙肢轴压时，单位宽度上的临界力（N）；

*N*cr,M ——墙肢受弯时，以最大压力计量的单位宽度上的临界力（N）；

*D*c ——墙肢的混凝土部分提供的墙肢厚度方向的抗弯刚度（mm）；

*D*sm ——墙肢的两个钢表层提供的墙肢厚度方向的抗弯刚度（mm）；

*B* ——墙肢宽度，对截面的翼缘墙肢和腹板墙肢分别为*b*f和*b*w；（mm）；

*t* ——墙肢钢板面层的厚度（mm）；

*B* ——墙肢的总宽度（不扣除半个墙厚）（mm）；

*H* ——墙肢的层高（不扣除楼板厚度）（mm）；

*E*s,*E*c ——钢材、混凝土的弹性模量（MPa）；

*μ*s,*μ*c ——钢材、混凝土的泊松比。

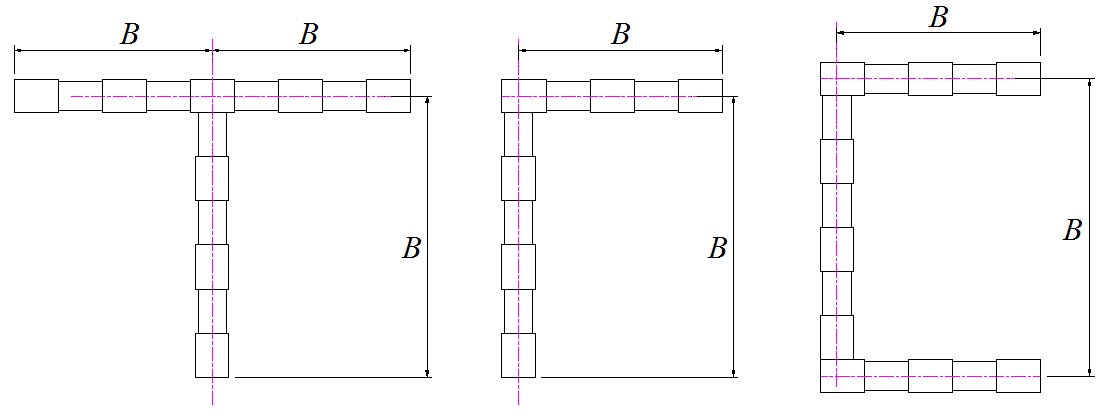


图6.4.2对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙腹板墙肢和翼缘墙肢宽度

表6.4.3 三边、四边支承墙肢正则化宽厚比*λ*p限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 墙肢类型 | 抗震等级 | | |
| 四级 | 三级 | 一、二级 |
| 三边支承墙肢  四边支承墙肢 | 0.5 | 0.45 | 0.4 |

注：1 三边支承墙肢指L形、T形、［形、工形截面的翼缘墙肢以及T形截面的腹板墙肢。四边支承墙肢指［形和工形截面的腹板墙肢；

2 *λ*p按6.4.1条计算。

**6.4.3** 三边、四边支承的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙墙肢的平面外压弯稳定性验算应满足下列公式的要求：

**1** 三边支承墙肢：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.4.3-1） |
|  | （6.4.3-2） |
|  | （6.4.3-3） |
|  | （6.4.3-4） |

式中： *φ*N3 ——轴心压力作用下三边支承墙肢稳定系数；

*λ*pN ——轴心压力作用下墙肢正则化宽厚比，按本规程第6.4.1条计算；

*M*x ——墙肢的强轴方向弯矩设计值；

*N*——墙肢的受压承载力设计值；

*M*ux ——墙肢的强轴方向受弯承载力设计值。

**2** 四边支承墙肢时：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.4.3-5） |
|  | （6.4.3-6） |
|  | （6.4.3-7） |
|  | （6.4.3-8） |

式中： *φ*N4 ——轴心压力作用下四边支承墙肢稳定系数；

*λ*p ——墙肢正则化宽厚比，由式(6.4.1)计算。

## 构造要求

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件应符合下列规定：

**1** 钢管壁厚不应小于4mm；

**2** 矩形钢管短边不应小于150mm，对穿螺栓腔的墙体厚度不小于130mm。

**3** 对穿螺栓的腔，从第2个腔开始布置。墙肢端部和墙肢交汇处应采用矩形钢管。

### 窄翼缘槽钢与钢管通过喇叭形焊缝拼装成对穿螺栓钢管，喇叭形焊缝的有效熔深应不小于3mm。L形，T形的翼缘肢和腹板肢交接处的纵向焊缝不应小于较小板厚。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的墙肢边缘第一个钢管宽厚比不应大于50*ε*k，其他部位钢管的宽厚比应满足表6.5.3要求。

表6.5.3对穿螺栓多腔钢管混凝土构件的对穿螺栓多腔钢管壁板宽厚比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 抗震等级 | | 四级，三级 | | 二级 | | 一级 |
| 其他 | 轴压比  ≥0.5 | 其他 | 轴压比  ≥0.5 |
| 无对穿螺栓  的腔 | 端头第1腔 | 60*ε*k | 54*ε*k | 60*ε*k | 50*ε*k | 45*ε*k |
| 其他钢管腔 | 60*ε*k | 60*ε*k | 60*ε*k | 60*ε*k | 60*ε*k |
| 对穿螺栓间距0.5b~0.6b | 第2腔 | 72*ε*k | 72*ε*k | 72*ε*k | 60*ε*k | 60*ε*k |
| 其他腔 | 72*ε*k | 75*ε*k | 72*ε*k | 72*ε*k | 60*ε*k |

**注：**。端部第一个腔即使设置了对穿螺栓，宽厚比仍然按照未设置对穿螺栓的钢管控制，b是壁板宽度。

### 对穿螺杆的抗拉强度设计值，应满足

 （6.5.4）

式中：*AL*——螺杆面积；

*fL*——螺杆设计强度；

*a* ——上下螺杆间距；

*b* ——布置螺杆的腔的宽度。

### 当墙肢的宽度大于1m时，墙肢的中间1/3宽度范围内，可以不设置对穿螺栓。但是在底部加强区、以及上下墙肢的对接部位上下1m高度范围内，变截面处的上下1m高度范围内，仍需要设置至少3列对穿螺栓。连梁节点1m范围内应布置对穿螺栓。

### 当结构中布置有L形或T形对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙时，墙体翼墙截面宽度不宜小480mm和层高1/6的较大者。当不符合时，墙体按一字形墙体设计。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件中混凝土的工作承担系数，按照整片墙计算，*α*ck应在0.2~0.6之间。

 （6.5.7）

### 重力荷载代表值作用下，一、二、三级对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙墙肢的轴压比不宜超过表6.5.8的限值。一字形截面对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的轴压比限值应相应减少0.1。

表6.5.8对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙墙肢轴压比限值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 抗震等级 | 一级 | 二级 | 三级 | 四级 |
| 轴压比限制 | 0.50 | 0.55 | 0.6 | 0.65 |

**注：**墙肢轴压比是指重力荷载代表值作用下墙肢承受的轴压力设计值与墙肢的全截面面积抗压强度设计值之比。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的布置宜避开建筑机电和设备等管线位置。当无法避免时，应符合下列规定：

**1** 洞口宜设在墙肢宽度方向的中间部位。

**2** 洞口符合以下要求时，结构整体计算中可不考虑其影响：在整个墙肢的宽度和高度范围内，洞口边与墙肢两端的净距及洞口与洞口之间的净距不小于洞口的直径或最大边长，且不小于400mm；在每层层高范围内，洞口立面面积不大于墙肢立面面积的15%。

**3** 洞口周边可采用套管、抗震墙外贴板、局部抗震墙壁板加厚等措施予以补强，补强后的截面承载力不应低于未开孔截面的承载力。

**4** 洞口的尺寸和位置应避免形成不利于墙肢管腔内混凝土浇灌的较小空腔。

# 节点设计

## 一般规定

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构中，钢构件及钢筋混凝土构件的连接设计应符合相关现行国家、行业标准的规定，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙及钢梁的连接设计尚应符合本章规定。

### 连接焊缝的设计应符合下列规定：

**1** 梁与抗震墙或柱的相关连接焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构焊接规范》GB 50661的规定，对于高层建筑尚应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的规定；

**2** 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的连接焊缝质量等级可参照钢框架梁与钢柱的连接焊缝确定；

**3** 上下节墙体壁板的对接拼接、对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙墙脚处壁板与底板的连接，其焊缝应全熔透，焊缝质量等级不低于二级；

**4** 焊缝的坡口形式和尺寸，宜根据板厚和施工条件按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661的要求选用。

### 钢结构承重构件的螺栓连接，应采用高强度螺栓摩擦型连接，并应按现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的规定进行计算。

## 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的拼接节点

### 单根窄翼缘槽钢或钢管当长度不够时，允许在组装成对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙前进行工厂拼接，但同一墙体中的相邻两根窄翼缘槽钢或钢管的拼接连接处位置宜错开不小于200mm。

### 根据构造和运输要求，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙可按多个楼层分段制作。每段的对接拼接处应设置横隔板（图7.2.2a），并符合下列规定：

**1** 上下段墙体等厚度时，横隔板厚度不小于16mm；

**2** 上、下节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙厚度不同时，应在工厂焊接拼接节点，且其厚度差不应大于50mm。对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙外壁（可计入贴板）之间的间距*C*不应大于25mm。横隔板厚度不应小于16mm，且应满足

*t*≥*C*-*t*1+*t*2  （7.2.2）

式中：*t* ——横隔板厚度，不应小于16mm；

*C* ——上、下墙体外壁之间的间距（mm）；

*t*1 ——下节墙体壁板厚度（mm）；

*t*2 ——上节墙体壁板厚度（mm）。

**3** 上、下节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙厚度相差不大于30mm时，上节墙体可与下节墙体一侧对齐布置，另一侧贴板加强，即（图7.2.2b）的方式；上、下节墙体厚度相差大于30mm时，上节墙体宜与下节墙体居中布置，两侧贴板加强，即（图7.2.2c）的方式；

**4** 底部加强部位及以上三层（不少于两个现场拼接接头）或抗震设防不小于8度时，墙体现场拼接处，应采用贴板或钢筋加强，也可采用其他可靠措施（图7.2.2d）。



2

1

3

2

3

1

（a） （b）



1

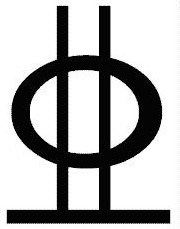
4

1

（c） （d）

图7.2.2 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙对接做法

1——端板；2——连接板；3——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙；

4——预留插筋25，一端插入长度大于900mm待下柱砼浇筑完毕后插入混凝土

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙对接拼接处采用贴板加强时，应符合下列规定：

**1** 贴板应沿对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙外围通长设置，其厚度不小于4mm和墙体壁板厚度减2mm的较大值，高度不小于墙体厚度；

**2** 贴板与墙体壁板采用塞焊连接，塞焊的孔径为12mm，塞焊孔在每个墙体腔长范围内居中设置一个；

**3** 贴板与墙体壁板应同时加工焊缝坡口或企口形式。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙对接拼接处采用钢筋加强时，应符合下列要求：

**1** 应在竖隔板处设置不少于两根钢筋进行加强，且分散、对称布置；

**2** 钢筋抗拉设计承载力之和不小于竖隔板抗拉设计承载力；

**3** 钢筋总长度取受拉钢筋基本锚固长度的2倍；

**4** 钢筋的强度等级宜不低于HRB400。

**5** 当采用U形钢筋时，U形钢筋开口向下，钢筋伸入下段钢管内的锚固长度为基本锚固长度，伸入上段钢管内U形段总投影长度为0.7倍基本锚固长度。

## 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的墙脚节点

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙与基础的连接，应保证连接的抗弯承载力设计值不小于构件的内力设计值、连接的极限抗弯承载力不小于构件的塑性抗弯承载力与连接系数*η*j之积、连接的极限抗拉承载力不小于构件的塑性抗拉承载力。

对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的塑性抗弯承载力应取材料强度标准值按本标准第6.2.1条和6.2.2条计算，*N*应取多遇地震作用下墙肢的组合轴力设计值，按较不利情况进行节点设计。*η*j可按表7.3.1取值：

表7.3.1墙脚抗震设计的连接系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 嵌固端以下  地下室层数 | 6度、7度（0.1g） | 7度（0.15g）、  8度（0.20g） | 8度（0.30g） |
| 无 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 一层 | 1.0 | 1.2 | 1.2 |
| 二层及以上 | — | 1.0 | 1.2 |

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙与基础的连接，可采用锚筋式连接。

### 锚筋式墙脚（图7.3.3），应与墙体壁板对中设置连接钢筋和端部型钢并锚入基础。锚筋式墙脚的设计应符合以下规定：

**1** 墙体的轴力和弯矩由受压区连接钢筋（端部型钢）及基础混凝土、受拉区连接钢筋（端部型钢）共同承担，受压区宽度取为底板有效宽度，受压区边缘取至底板边缘；

**2** 轴力作用下，连接的抗弯承载力设计值可按受压区连接钢筋（端部型钢）及基础混凝土、受拉区连接钢筋（端部型钢）均达到强度设计值进行计算；

**3** 轴力作用下，连接的极限抗弯承载力可按受压区连接钢筋（端部型钢）及基础混凝土达到强度标准值、受拉区连接钢筋（端部型钢）达到极限强度进行计算；

**4** 墙体剪力可由底板与混凝土基础间的摩擦传递，摩擦系数可取为0.4。当剪力大于摩擦力时，再考虑锚筋的受剪作用。由于墙体截面比较长，考虑锚筋受剪时需考虑受力不均匀的影响，引入剪应力不均匀系数1.2。

**5** 根据上述墙脚受力计算原则，锚筋面积As1和端部型钢面积As2的计算可采用下式来进行计算：

**1）** 当有剪力、法向拉力和弯矩共同作用时：

 (7.3.3-1)

 (7.3.3-2)

**2）** 当有剪力、法向压力和弯矩共同作用时：

 (7.3.3-3)

 (7.3.3-4)

上述公式中的系数，应按下列公式计算：

 (7.3.3-5)

 (7.3.3-6)

式中： *f*y ——锚筋的抗拉强度设计值，不应大于300N/mm2；

*f*c ——基础混凝土抗压强度设计值；

*V* ——剪力设计值；

*N* ——法向拉力或法向压力设计值，法向压力设计值不应大于0.5*f*c*A*，此处，*A*为锚板的面积；

*M* ——弯矩设计值；

*a*v ——锚筋的受剪承载力系数；

*d* ——锚筋直径；

*a*b ——锚板的弯曲变形折减系数；

*t* ——底板厚度；

*z* ——沿剪力作用方向最外层锚筋中心线之间的距离。

**6** 底板的有效宽度取墙厚与两侧贴板厚度及两侧底板有效外伸宽度之和。底板外伸部分未设加劲肋时，其每侧有效外伸宽度可按下式计算，且不应大于实际外伸宽度：

 (7.3.3-7)

式中： *a* ——底板自墙体贴板外侧算起的有效外伸宽度；

*f* ——底板钢材强度设计值；

*f*c ——基础混凝土抗压强度设计值；

*t* ——底板厚度。

**7** 构造要求：

**1）** 钢筋宜采用HRB400钢筋，不应采用冷加工钢筋；钢筋直径不应小于18mm，不宜大于28mm，钢筋的间距不应小于3*d*（*d*为钢筋直径），且应利于基础顶部钢筋避开。

**2）** 底板边缘至锚筋中心不小于2*d*和20mm；底板厚度不宜小于*d*，且宜大于*l*/8，*l*为锚筋的间距。

**3）** 连接钢筋与底板应采用穿孔塞焊，塞焊深度不小于（2/3）d且不小于10mm，并在底板底部与钢筋围焊，焊脚高度10~16mm，且不小于锚筋直径的0.5倍。

**4）** 墙体与底板连接处，应于四周外侧贴板加强，贴板厚度不小于墙体壁板厚度和8mm的较大值，贴板高度不小于1.3*b , b*为墙肢厚度。贴板与墙体壁板采用塞焊连接，塞焊的孔径为12mm，塞焊孔在每个墙体拼接单元范围内至少居中设置一个。



1

3

2

5

6

7

8

9

4

（a）墙脚节点构造要求



1

1

2

3

4

9

10

2

3

4

9

6

6

（b）无插筋的墙脚 （c）有插筋的墙脚

图7.3.3锚筋式墙脚

1——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙；2——贴板；3——贴板塞焊孔；4——底板；

5——外包混凝土抗震墙；6——基础；7——角钢；8——端部封板；9——锚筋；10——插筋

**5）** 墙体厚度小于等于150mm时，应采用无插筋的墙脚形式（图7.3.3b）；墙体厚度大于150mm时，可根据计算需要采用有插筋的墙脚形式（图7.3.3c）。插筋锚入对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内的长度不小于40*d*。

## 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点

### 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的刚接连接，应保证连接的抗弯承载力设计值不小于构件的抗弯承载力设计值；连接的极限抗弯承载力尚应大于构件的塑性抗弯承载力。

### 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的刚接连接，可采用锚筋式刚接节点或槽形加强板式刚接节点两种形式。

### 抗震等级为一、二级的框架梁，与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙刚接时宜采用能将塑性铰自梁端外移的端部扩大形连接、梁端加盖板或骨形连接。

### 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙采用锚筋式刚接的形式时（图7.4.4），锚筋及端板与墙体的连接应符合以下规定：

**1** 钢梁达到抗弯承载力设计值时，端板厚度应满足式（7.4.4-1）的要求；钢梁达到全塑性抗弯承载力时，端板厚度应满足式（7.4.4-2）的要求；

 （7.4.4-1）

 （7.4.4-2）

式中： *t*p ——端板厚度；

*h*w、*t*wb ——钢梁腹板的高度、厚度；

*b*、*t*fb ——钢梁翼缘的宽度、厚度；

*S*i ——沿翼缘宽度方向，锚筋到最近的端板边缘的距离；

*A*sl ——单根锚筋的截面面积；

*f*b、*f*yb ——钢梁翼缘钢材的抗拉强度设计值、屈服强度；

*f*r、*f*yr ——锚筋的抗拉强度设计值、屈服强度；

*f*p、*f*yp、*f*up ——端板钢材的抗拉强度设计值、屈服强度、抗拉强度；

*η*j ——连接系数，当钢梁材质为Q235时，取1.4；当钢梁材质为Q355时，取1.3。

**2** 构造要求：

**1）** 端板应从钢梁上、下翼缘外表面向外各伸出不小于1.12*b*f，其宽度不小于墙体厚度；端板与墙体采用角焊缝进行围焊；端板与钢梁翼缘的连接焊缝采用全熔透焊缝，焊接质量等级为一级，焊缝位置的上、下各3倍钢梁翼缘厚度范围内，应对端板进行探伤检查，不应有夹渣、分层等缺陷；

**2）** 在墙体内与钢梁上下翼缘相对应的位置设置锚筋。锚筋宜采用HRB400钢筋，不应采用冷加工钢筋。锚筋直径不应小于16mm，不应大于22mm；锚筋锚入墙体内的一端应设置端板，端板边长不小于60mm，端板与锚筋的焊缝按照等强要求确定。



5

6

7

1

4

3

8

2

2

3

4

5

6

1

8

7

1

1

1—1

图7.4.4-1 梁墙锚筋式刚接节点一

1——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙；2——钢梁；3——连接板；4——端板；

5——锚筋；6——锚固板；7——侧板；8——节点域填板



5

6

7

1

4

3

2

2

3

4

5

6

1

7

1

1

1—1

≥30

图7.4.4-2 梁墙锚筋式刚接节点二

1——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙；2——钢梁；3——连接板；4——端板；

5——锚筋；6——锚固板；7——侧板；

### 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙刚性连接节点，墙板节点域的长度应满足下式

 　　　 (7.4.5)

式中：*l*1 ——第一个腔的宽度；

*t*1 ——第一个腔钢管的壁厚；

*l*2 ——第二个腔的宽度；

*t*2 ——第二个腔的总厚度，含贴板厚度；

*f*vy ——墙板的剪切屈服强度；

*A*bf ——梁翼缘面积；

*f*yb ——梁翼缘钢板屈服强度。

### 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的垂直方向连接应采用铰接，腹板连接件应采用T形连接件，T形件翼缘焊接于腹板（图7.4.6），并对连接件和焊缝的承载力进行验算。墙体壁板应符合下列规定：

**1** T形连接件与墙体壁板采用角焊缝进行围焊；

**2** 墙体壁板按三面破坏的拉剪破坏（block shear）模式计算（图7.4.6）；

*V*b*≤*（*L t*s）*f* (7.4.6)

式中：*V*b ——钢梁的剪力设计值；

*f* ——墙体壁板的抗拉强度设计值；

*L* ——墙体壁板上的计算宽度。



4

3

1

2

1

2

3

1

4

1

1-1

图7.4.6 梁墙铰接节点

1——对空螺栓多腔钢管混凝土抗震墙；2——楼板；3——钢梁；4——T形连接件

## 楼板与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙作为现浇楼板边支座时，应按简支边考虑楼板的计算边界条件。

### 现浇钢筋混凝土楼板或钢筋桁架楼承板与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接做法如（图7.5.2），并应符合下列规定：



4

1

3

5

6

2

1

1

1-1

1

7

4

5

10-20

≥25d

≥1*a*

6

2

3

10-20

（a）墙体作为楼板边支座

2

1-1

4

1

3

5

6

1

3

5

3

2

7

≥*L*/4

≥25d

6

4

≥*L*/4

≥25d



（b）墙体作为楼板中间支座

图7.5.2 现浇楼板与墙连接节点

1——楼板；2——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙；3——楼板钢筋；

4——支座长钢筋；5——抗剪件；6——抗剪件筋板；7——支座短钢筋

**1** 楼板位置处，墙体的每个腔体上应设置两排，且不少4个预留孔；

**2** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙上应设置支座钢筋；支座钢筋按长、短支座钢筋间隔布置，其强度应与楼板钢筋强度等级相同；直径应不小于10mm；支座钢筋的上、下层钢筋配筋量宜相同；

**3** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙作为楼板边支座时（图7.5.2a），上、下层长支座钢筋的配筋量不小于楼板同方向跨中上、下层钢筋的计算配筋量；支座钢筋应穿过墙体后应外露10~20mm；长支座钢筋伸入楼板内长度应不小于钢筋基本锚固长度，短支座钢筋伸入楼板内长度应不小于25倍钢筋直径；

**4** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙作为楼板中间支座时（图7.5.2b），上层长支座钢筋的配筋量应按连续板中间支座处的负弯矩计算确定；下层长支座钢筋的配筋量不小于楼板同方向跨中下层钢筋的计算配筋量；墙体两侧的长支座钢筋应连续，其伸入楼板内长度应不小于钢筋基本锚固长度和*L*/4（*L*为双向板短边方向的计算跨度或单向板受力方向的计算跨度）；

**5** 支座处应设置T形抗剪件，其高度不宜小于楼板厚度的2/3，其底部宽度不应小于35mm。支承钢筋桁架楼承板时，其底部宽度不应小于桁架下弦钢筋直径的5倍及50mm。抗剪件腹板间距不宜大于600mm。

### 在楼盖外角处、沿着板边、凹角部位等温度、收缩应力较大的现浇板区域，宜在板的表面双向配置防裂构造钢筋。

# 防护设计

## 防腐保护设计

### 钢材表面原始锈蚀等级和钢材除锈等级标准应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T8923的规定。

**1** 表面原始锈蚀等级为D级的钢材不应用作钢结构构件；

**2** 喷砂或抛丸用的磨料等表面处理材料应符合防腐蚀产品对表面清洁度和粗糙度的要求，并符合环保要求。

### 钢结构构件应采用喷射或抛丸除锈，除锈等级应大于Sa2。不易维修的重要构件的除锈等级不应低于Sa2，各类富锌底漆的除锈等级不应低于Sa2。

### 在有机富锌或无机富锌底涂料上，宜采用环氧云铁和环氧铁红的涂料。

### 建筑内部不应有外露钢结构。室外裸露的钢结构构件防腐蚀保护层厚度应按现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251确定。

### 室内正常使用环境下，钢结构构件表面采用防火涂料、水泥砂浆、轻质底层抹灰石膏、砌筑砌体进行防火保护时，可不使用面涂层，其防腐蚀保护层最小厚度为140*μ*m。

### 室内湿度较大的部位（如卫生间、厨房等）的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙墙面，应符合下列规定：

**1** 除按防腐蚀涂层设计外，墙面应设置厚度不小于30mm的水泥砂浆进行隔护；

**2** 未采用面涂层时，防腐蚀保护层最小厚度不应小于200*μ*m；

**3** 卫生间墙面的水泥砂浆表面应设置防水层，并应在楼层墙脚部位设置素混凝土翻边，翻边高度不小于150mm，厚度不小于30mm；

**4** 卫生间内的钢梁防火保护层表面宜采用防水砂浆保护。

### 采用界面层将岩棉贴附在墙体表面且岩棉外表面有砂浆抹面层或采用岩棉防火且具有石材、人造板材等不透明材料防护时，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙外墙的外表面，可不使用面涂层，防腐蚀保护层最小厚度为200*μ*m。

### 地下室部分的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙墙面，应符合下列规定：

**1** 除按防腐蚀涂层设计外，宜采用水泥砂浆进行防火保护；

**2** 未采用面涂层时，防腐蚀保护层最小厚度不应小于200*μ*m；

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙直接埋置土壤时，两侧宜外包钢筋混凝土，每侧外包厚度不小于100mm。

### 底层对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙外墙的外侧宜采用细石混凝土、水泥砂浆等措施进行包覆，包裹高度宜伸出室外地面不小于150mm。采用水泥砂浆包覆时，保护厚度不小于30mm。

### 维护困难的部位，可采用下列任意一种方式进行加强处理：

**1** 构件涂层厚度可增加20~60*μ*m；

**2** 按《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251相关规定进行腐蚀裕量计算。

## 防火保护设计

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的耐火极限宜按柱构件的耐火极限确定；采取防火保护措施后，构件的耐火极限应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016要求。连接节点的防火保护层厚度不得小于被连接构件保护层厚度的较大值。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的耐火极限可通过耐火试验或抗火计算确定。耐火试验应符合现行国家标准《建筑构件耐火试验方法》GB/T9978的规定。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙可采用喷涂防火涂料、外包不燃材料等防火保护措施。外包不燃材料可采用浇筑C20混凝土或砌筑砌体（加气混凝土砌块、陶粒空心砌砖块、粘土砖）、轻质防火厚板、柔性毡状材料（岩棉等）、金属网抹轻质底层抹灰石膏、金属网抹M5砂浆等其他隔热材料。

### 采用其他防火隔热材料作为对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙防火层时，生产厂家除应提供强度、耐候性参数外，尚应提供导热系数或等效导热系数、密度和比热容等参数。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件在火灾下的荷载比应按下式计算：

*n*f=*N*f /*N*uk (8.2.5)

式中： *n*f ——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件火灾下的荷载比；

*N*f ——火灾下对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的轴心压力设计值（N）；

*N*uk ——常温下对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的轴心受压承载力设计值（N）。

### 标准火灾下受火时间不大于3.0h、双面受火无防火保护的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件，其耐火极限按式(8.2.6)计算，也可查表8.2.6确定。其中，墙体两面受火，且承载力指其在火灾下保持稳定性的能力。

 (8.2.6-1)

 (8.2.6-2)

 (8.2.6-3)

 (8.2.6-4)

 (8.2.6-5)

式中： *t*R ——耐火极限（min）；

*λ*g ——绕弱轴方向的几何长细比；

*l*e ——为构件的计算长度（mm）；

*b* ——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的腔体高度（mm）；

、、 ——计算参数。

表8.2.6 无防火保护下对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的耐火极限

| 长细比 | 高宽比 | 腔体  高度 | 腔体  宽度 | 耐火极限*t*R (min) | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 荷载比*n*f | | | | |
| *λ*g | *d/b* | *b*(mm) | *d*(mm) | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| 20 | 1.0 | 100 | 100 | 76 | 56 | 42 | 29 | 21 |
| 130 | 130 | 95 | 67 | 47 | 33 | 23 |
| 150 | 150 | 107 | 74 | 50 | 34 | 24 |
| 200 | 200 | 148 | 93 | 60 | 41 | 25 |
| 250 | 250 | 180 | 103 | 68 | 44 | 27 |
| 300 | 300 | 224 | 113 | 76 | 48 | 29 |
| 1.6 | 100 | 160 | 78 | 58 | 42 | 28 | 19 |
| 130 | 208 | 94 | 66 | 48 | 31 | 21 |
| 150 | 240 | 104 | 72 | 51 | 33 | 22 |
| 200 | 320 | 141 | 81 | 53 | 35 | 23 |
| 250 | 400 | 171 | 91 | 60 | 36 | 24 |
| 300 | 480 | 204 | 100 | 65 | 39 | 25 |
| 40 | 1.0 | 100 | 100 | 65 | 49 | 38 | 28 | 19 |
| 130 | 130 | 79 | 54 | 41 | 29 | 21 |
| 150 | 150 | 87 | 58 | 43 | 30 | 21 |
| 200 | 200 | 105 | 67 | 50 | 33 | 23 |
| 250 | 250 | 123 | 78 | 55 | 36 | 25 |
| 300 | 300 | 148 | 89 | 59 | 38 | 27 |
| 1.6 | 100 | 160 | 67 | 50 | 37 | 25 | 17 |
| 130 | 208 | 79 | 57 | 41 | 28 | 19 |
| 150 | 240 | 87 | 61 | 44 | 28 | 20 |
| 200 | 320 | 103 | 63 | 46 | 30 | 20 |
| 250 | 400 | 118 | 73 | 47 | 31 | 22 |
| 300 | 480 | 136 | 82 | 50 | 32 | 24 |
| 60 | 1.0 | 100 | 100 | 52 | 40 | 29 | 21 | 16 |
| 130 | 130 | 58 | 45 | 32 | 22 | 17 |
| 150 | 150 | 61 | 48 | 33 | 23 | 17 |
| 200 | 200 | 73 | 54 | 37 | 24 | 18 |
| 250 | 250 | 88 | 62 | 41 | 27 | 21 |
| 300 | 300 | 105 | 70 | 47 | 31 | 24 |
| 1.6 | 100 | 160 | 55 | 43 | 31 | 22 | 15 |
| 130 | 208 | 64 | 50 | 35 | 24 | 17 |
| 150 | 240 | 70 | 54 | 38 | 24 | 18 |
| 200 | 320 | 76 | 54 | 35 | 25 | 18 |
| 250 | 400 | 87 | 61 | 37 | 26 | 20 |
| 300 | 480 | 99 | 66 | 43 | 29 | 22 |
| 80 | 1.0 | 100 | 100 | 41 | 31 | 22 | 15 | 10 |
| 130 | 130 | 43 | 33 | 22 | 16 | 11 |
| 150 | 150 | 44 | 33 | 22 | 16 | 11 |
| 200 | 200 | 48 | 35 | 24 | 17 | 12 |
| 250 | 250 | 52 | 38 | 26 | 19 | 14 |
| 300 | 300 | 58 | 40 | 28 | 21 | 16 |
| 1.6 | 100 | 160 | 46 | 37 | 26 | 20 | 13 |
| 130 | 208 | 52 | 41 | 28 | 21 | 14 |
| 150 | 240 | 55 | 43 | 29 | 22 | 14 |
| 200 | 320 | 64 | 46 | 31 | 23 | 14 |
| 250 | 400 | 70 | 49 | 32 | 24 | 15 |
| 300 | 480 | 74 | 50 | 33 | 25 | 15 |

### 标准火灾下双面受火的无防火保护对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件，其火灾下的承载力系数*k*T可按式(8.2.7)计算，也可查表8.2.7确定；对于非标准火灾，式(8.2.7-3)中的受火时间*t*应取等效曝火时间。

 (8.2.7-1)

 (8.2.7-2)

 (8.2.7-3)

 (8.2.7-4)

 (8.2.7-5)

式中： *k*T ——火灾下对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的承载力系数；

*t* ——受火时间（min）；

Δ、、、 ——计算参数。

表8.2.7 标准火灾双面受火下对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的承载力系数

| 长细比 | 墙体厚度 | 承载力系数*k*T | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 受火时间（h） | | | | | |
| *λ*g | *b*(mm) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| 20 | 100 | 0.50 | 0.31 | 0.17 | 0.06 | 0.00 | 0.00 |
| 130 | 0.52 | 0.33 | 0.20 | 0.10 | 0.00 | 0.00 |
| 150 | 0.53 | 0.35 | 0.22 | 0.12 | 0.02 | 0.00 |
| 200 | 0.56 | 0.39 | 0.27 | 0.17 | 0.08 | 0.00 |
| 250 | 0.58 | 0.42 | 0.30 | 0.21 | 0.12 | 0.05 |
| 300 | 0.60 | 0.45 | 0.33 | 0.24 | 0.16 | 0.09 |
| 40 | 100 | 0.45 | 0.24 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 130 | 0.47 | 0.27 | 0.12 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 150 | 0.48 | 0.29 | 0.15 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |
| 200 | 0.51 | 0.33 | 0.20 | 0.09 | 0.00 | 0.00 |
| 250 | 0.54 | 0.36 | 0.24 | 0.13 | 0.04 | 0.00 |
| 300 | 0.56 | 0.39 | 0.27 | 0.17 | 0.08 | 0.00 |
| 60 | 100 | 0.35 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 130 | 0.37 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 150 | 0.39 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 200 | 0.42 | 0.21 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 250 | 0.45 | 0.25 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 300 | 0.48 | 0.28 | 0.14 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| 80 | 100 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 130 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 150 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 200 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 250 | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 300 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

### 采用金属网抹M5水泥砂浆、B06蒸压加气混凝土砌块和岩棉板作为防火保护时，标准火灾下耐火极限3.0 h的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件，其防火保护层的设计厚度应符合表8.2.8-1和表8.2.8-2的规定。防火保护层的厚度应取表8.2.8-1和表8.2.8-2中的较大值。

表8.2.8-1稳定性要求下双面受火对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件防火保护层厚度

| 长细比 | 高宽比 | 腔体  高度 | 腔体  宽度 | 防火保护层最小厚度 (mm) | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *λ*g | *d/b* | *b* | *d* | 水泥砂浆 | | | 加气混凝土 | | | 岩棉 | | |
| (mm) | (mm) | *n*f=0.2 | *n*f=0.4 | *n*f=0.6 | *n*f=0.2 | *n*f=0.4 | *n*f=0.6 | *n*f=0.2 | *n*f=0.4 | *n*f=0.6 |
| 20 | 1.0 | 100 | 100 | 20 | 35 | 55 | 6 | 14 | 24 | 2 | 3 | 6 |
| 130 | 130 | 14 | 30 | 49 | 5 | 12 | 22 | 1 | 3 | 6 |
| 150 | 150 | 10 | 27 | 45 | 4 | 11 | 21 | 1 | 3 | 6 |
| 200 | 200 | 3 | 20 | 39 | 1 | 8 | 18 | 1 | 3 | 5 |
| 250 | 250 | 1 | 17 | 36 | 1 | 7 | 17 | 1 | 3 | 5 |
| 300 | 300 | 0 | 15 | 33 | 0 | 6 | 15 | 0 | 2 | 5 |
| 1.6 | 100 | 160 | 19 | 36 | 60 | 6 | 14 | 25 | 2 | 4 | 7 |
| 130 | 208 | 14 | 31 | 54 | 5 | 12 | 24 | 1 | 3 | 6 |
| 150 | 240 | 11 | 28 | 51 | 4 | 11 | 23 | 1 | 3 | 6 |
| 200 | 320 | 4 | 24 | 47 | 2 | 10 | 22 | 1 | 3 | 6 |
| 250 | 400 | 1 | 22 | 44 | 1 | 9 | 20 | 1 | 3 | 6 |
| 300 | 480 | 0 | 18 | 40 | 0 | 8 | 19 | 0 | 2 | 5 |
| 40 | 1.0 | 100 | 100 | 27 | 39 | 57 | 9 | 15 | 25 | 3 | 5 | 8 |
| 130 | 130 | 21 | 36 | 55 | 7 | 14 | 24 | 2 | 3 | 6 |
| 150 | 150 | 17 | 34 | 54 | 6 | 14 | 24 | 2 | 3 | 6 |
| 200 | 200 | 12 | 29 | 48 | 4 | 12 | 22 | 2 | 3 | 6 |
| 250 | 250 | 9 | 25 | 41 | 3 | 10 | 19 | 1 | 3 | 5 |
| 300 | 300 | 6 | 23 | 38 | 2 | 9 | 18 | 1 | 3 | 5 |
| 1.6 | 100 | 160 | 26 | 43 | 69 | 8 | 17 | 29 | 3 | 5 | 8 |
| 130 | 208 | 20 | 39 | 67 | 7 | 15 | 28 | 2 | 4 | 8 |
| 150 | 240 | 17 | 36 | 66 | 6 | 14 | 27 | 2 | 4 | 8 |
| 200 | 320 | 13 | 33 | 58 | 4 | 13 | 25 | 2 | 3 | 7 |
| 250 | 400 | 10 | 30 | 53 | 3 | 12 | 23 | 1 | 3 | 6 |
| 300 | 480 | 7 | 29 | 48 | 2 | 11 | 21 | 1 | 3 | 6 |
| 60 | 1.0 | 100 | 100 | 41 | 55 | 80 | 13 | 22 | 34 | 4 | 5 | 9 |
| 130 | 130 | 36 | 51 | 75 | 11 | 20 | 32 | 4 | 5 | 9 |
| 150 | 150 | 33 | 48 | 72 | 10 | 19 | 31 | 3 | 5 | 9 |
| 200 | 200 | 26 | 44 | 66 | 8 | 18 | 28 | 3 | 5 | 7 |
| 250 | 250 | 19 | 38 | 55 | 6 | 15 | 24 | 2 | 4 | 7 |
| 300 | 300 | 13 | 31 | 47 | 4 | 12 | 22 | 2 | 4 | 6 |
| 1.6 | 100 | 160 | 39 | 52 | 87 | 12 | 20 | 36 | 4 | 5 | 10 |
| 130 | 208 | 34 | 48 | 82 | 11 | 19 | 34 | 4 | 5 | 9 |
| 150 | 240 | 30 | 46 | 79 | 10 | 18 | 32 | 3 | 5 | 9 |
| 200 | 320 | 25 | 42 | 75 | 8 | 17 | 31 | 3 | 5 | 9 |
| 250 | 400 | 19 | 39 | 66 | 6 | 16 | 28 | 2 | 4 | 8 |
| 300 | 480 | 15 | 34 | 59 | 5 | 13 | 25 | 2 | 4 | 7 |
| 80 | 1.0 | 100 | 100 | 46 | 68 | 118 | 16 | 30 | 47 | 5 | 8 | 13 |
| 130 | 130 | 44 | 66 | 116 | 15 | 29 | 46 | 4 | 7 | 13 |
| 150 | 150 | 43 | 64 | 114 | 14 | 28 | 46 | 4 | 7 | 13 |
| 200 | 200 | 39 | 60 | 100 | 12 | 26 | 41 | 4 | 7 | 11 |
| 250 | 250 | 35 | 55 | 86 | 11 | 23 | 36 | 4 | 6 | 10 |
| 300 | 300 | 30 | 51 | 77 | 9 | 21 | 33 | 3 | 5 | 9 |
| 1.6 | 100 | 160 | 41 | 56 | 93 | 13 | 23 | 38 | 4 | 6 | 11 |
| 130 | 208 | 36 | 53 | 87 | 11 | 21 | 35 | 3 | 5 | 10 |
| 150 | 240 | 32 | 50 | 82 | 10 | 20 | 33 | 3 | 5 | 9 |
| 200 | 320 | 26 | 45 | 78 | 8 | 19 | 32 | 3 | 5 | 9 |
| 250 | 400 | 22 | 43 | 72 | 7 | 17 | 30 | 3 | 5 | 8 |
| 300 | 480 | 20 | 41 | 68 | 7 | 16 | 29 | 2 | 4 | 8 |

表 8.2.8-2 绝热性要求下单面受火对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件防火保护层厚度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 腔体高度（mm） | 防火保护层最小厚度（mm） | | |
| *b* | 加气混凝土 | 岩棉 | 水泥砂浆 |
| 100 | 15 | 7 | 45 |
| 130 | 11 | 5 | 31 |
| 150 | 8 | 4 | 22 |

### 采用防火涂料作为防火保护层时，标准火灾下耐火极限2.0h、2.5h以及3.0h的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件，其防火保护层的设计厚度可查表8.2.9-1和表8.2.9-2确定。防火保护层的厚度应取表8.2.9-1和表8.2.9-2中的较大值。

表8.2.9-1 稳定性要求下双面受火对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件防火涂料保护层厚度

| 长细比 | 高宽比 | 腔体 | 腔体 | 防火保护层最小厚度 (mm) | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 高度 | 宽度 |
| *λ*g | *d/b* | *b* | *d* | *t*R=2.0h | | | *t*R=2.5h | | | *t*R=3.0h | | |
| (mm) | (mm) | *n*f=0.2 | *n*f =0.4 | *n*f =0.6 | *n*f=0.2 | *n*f =0.4 | *n*f =0.6 | *n*f=0.2 | *n*f =0.4 | *n*f =0.6 |
| 20 | 1 | 100 | 100 | 2 | 5 | 11 | 3 | 7 | 13 | 4 | 8 | 16 |
| 130 | 130 | 1 | 4 | 10 | 2 | 6 | 12 | 3 | 7 | 14 |
| 150 | 150 | 1 | 4 | 9 | 2 | 5 | 12 | 2 | 7 | 14 |
| 200 | 200 | 0 | 3 | 9 | 1 | 4 | 11 | 1 | 5 | 13 |
| 250 | 250 | 0 | 2 | 8 | 0 | 3 | 11 | 1 | 4 | 12 |
| 300 | 300 | 0 | 2 | 8 | 0 | 3 | 10 | 0 | 4 | 12 |
| 1.6 | 100 | 160 | 2 | 5 | 12 | 3 | 7 | 14 | 4 | 8 | 17 |
| 130 | 208 | 1 | 4 | 11 | 2 | 6 | 13 | 3 | 7 | 16 |
| 150 | 240 | 1 | 4 | 10 | 2 | 5 | 13 | 2 | 7 | 15 |
| 200 | 320 | 0 | 4 | 10 | 1 | 5 | 12 | 1 | 6 | 14 |
| 250 | 400 | 0 | 3 | 9 | 0 | 4 | 12 | 1 | 5 | 14 |
| 300 | 480 | 0 | 3 | 9 | 0 | 4 | 11 | 0 | 5 | 13 |
| 40 | 1 | 100 | 100 | 3 | 6 | 12 | 4 | 8 | 14 | 5 | 9 | 17 |
| 130 | 130 | 2 | 5 | 11 | 3 | 7 | 13 | 4 | 9 | 16 |
| 150 | 150 | 1 | 5 | 11 | 2 | 6 | 13 | 3 | 8 | 16 |
| 200 | 200 | 1 | 4 | 10 | 2 | 8 | 12 | 2 | 7 | 14 |
| 250 | 250 | 0 | 3 | 9 | 1 | 5 | 11 | 2 | 6 | 13 |
| 300 | 300 | 0 | 3 | 8 | 1 | 4 | 11 | 1 | 5 | 12 |
| 1.6 | 100 | 160 | 3 | 6 | 13 | 4 | 8 | 16 | 5 | 10 | 19 |
| 130 | 208 | 2 | 5 | 12 | 3 | 7 | 14 | 4 | 9 | 17 |
| 150 | 240 | 1 | 5 | 11 | 2 | 6 | 14 | 3 | 8 | 16 |
| 200 | 320 | 1 | 4 | 11 | 2 | 6 | 14 | 2 | 7 | 16 |
| 250 | 400 | 0 | 4 | 10 | 1 | 6 | 13 | 2 | 7 | 15 |
| 300 | 480 | 0 | 4 | 9 | 1 | 5 | 12 | 1 | 7 | 14 |
| 60 | 1 | 100 | 100 | 4 | 8 | 14 | 5 | 10 | 17 | 7 | 13 | 20 |
| 130 | 130 | 3 | 7 | 13 | 5 | 9 | 16 | 6 | 11 | 19 |
| 150 | 150 | 3 | 7 | 13 | 4 | 9 | 16 | 6 | 11 | 19 |
| 200 | 200 | 2 | 6 | 12 | 3 | 8 | 15 | 4 | 10 | 18 |
| 250 | 250 | 1 | 5 | 11 | 2 | 7 | 13 | 3 | 9 | 16 |
| 300 | 300 | 1 | 4 | 9 | 2 | 6 | 12 | 2 | 7 | 14 |
| 1.6 | 100 | 160 | 4 | 7 | 15 | 5 | 10 | 18 | 6 | 12 | 21 |
| 130 | 208 | 3 | 6 | 13 | 4 | 8 | 16 | 5 | 10 | 19 |
| 150 | 240 | 2 | 6 | 12 | 3 | 8 | 15 | 5 | 10 | 18 |
| 200 | 320 | 2 | 6 | 12 | 3 | 8 | 15 | 4 | 10 | 18 |
| 250 | 400 | 1 | 6 | 11 | 2 | 7 | 14 | 3 | 9 | 16 |
| 300 | 480 | 1 | 5 | 10 | 2 | 6 | 13 | 3 | 8 | 15 |
| 80 | 1 | 100 | 100 | 6 | 11 | 21 | 7 | 14 | 25 | 9 | 17 | 30 |
| 130 | 130 | 5 | 11 | 19 | 7 | 14 | 23 | 9 | 17 | 27 |
| 150 | 150 | 5 | 11 | 19 | 7 | 14 | 23 | 9 | 17 | 27 |
| 200 | 200 | 4 | 11 | 18 | 6 | 14 | 22 | 8 | 17 | 25 |
| 250 | 250 | 4 | 9 | 16 | 5 | 12 | 19 | 7 | 14 | 22 |
| 300 | 300 | 3 | 8 | 14 | 5 | 11 | 17 | 6 | 13 | 20 |
| 1.6 | 100 | 160 | 5 | 9 | 17 | 6 | 12 | 20 | 8 | 14 | 24 |
| 130 | 208 | 4 | 8 | 16 | 5 | 11 | 19 | 7 | 13 | 22 |
| 150 | 240 | 4 | 8 | 16 | 5 | 10 | 19 | 6 | 13 | 22 |
| 200 | 320 | 3 | 7 | 16 | 4 | 10 | 19 | 5 | 12 | 22 |
| 250 | 400 | 2 | 7 | 15 | 3 | 9 | 18 | 5 | 11 | 21 |
| 300 | 480 | 2 | 7 | 15 | 3 | 9 | 18 | 4 | 11 | 21 |

表8.2.9-2 绝热性要求下单面受火对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件防火涂料保护层厚度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 腔体高度*b* | 防火保护层最小厚度（mm） | | |
| *t*R=2.0h | *t*R=2.5h | *t*R=3.0h |
| 100 | 8 | 9 | 10 |
| 130 | 6 | 8 | 9 |
| 150 | 2 | 4 | 6 |

### 设置防火保护层时应采取合适的构造措施，其中：

**1** 采用水泥砂浆作为防火保护层时，应在砂浆内布置金属网。砂浆的强度等级不宜低于M5；金属丝的网格不宜大于20mm，丝径不宜小于1.0mm，金属网应与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙可靠连接。

**2** 采用加气混凝土砌块作为防火保护层时，砌块底面及砌块之间应用砂浆填缝，采取措施保证砌块与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙可靠连接。

**3** 采用岩棉作为防火保护层时，将岩棉板贴靠在对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙表面后，宜布置龙骨（镀锌钢板）进行卡固或其他可靠措施固定岩棉。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件应在每个楼层设置直径为12mm~15mm的排气孔（图8.2.11）。在第一节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的底部不大于250mm处设一排排气孔，其它节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的排气孔宜设在钢梁上翼缘的不小于250mm处，每个对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙腔体布置1个。当楼层高度大于6m时，应增设排气孔，且排气孔沿墙高度方向间距不宜大于6m。



2

6

6

5

5

3

4

1

1

≥250

250

图8.2.11 排气孔的构造

1——对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙；2——底板；3——钢梁；

4——端板；5——墙脚加强贴板；6——排气孔

### 采用轻质底层抹灰石膏作为防火保护时，应符合下列规定：

**1** 标准火灾下耐火极限3.0h时，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙防火保护层厚度为35mm；应在保护层内布置金属网，金属丝的网格宜30mm~50mm，丝径不宜小于1.2mm，金属网应与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙可靠连接。

**2** 标准火灾下耐火极限2.0h时，钢梁下翼缘处防火保护层厚度为25mm，腹板内充填轻质底层抹灰石膏，钢梁下翼缘应设置金属网；保护层角部外表面宜设置网格布。如（图8.2.12）所示。



3

2

4

≥50

1

≥50

15

20

25

20

图8.2.12 钢梁的轻质底层抹灰石膏构造做法

1——钢梁；2——楼板；3——轻质底层抹灰石膏：4——金属网

# 制作和施工

## 一般规定

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的制作和施工，除符合本规程的规定外，尚应遵守现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的制作单位应根据已批准的技术设计文件编制施工详图，且经原设计单位批准。当需要修改时，制作单位应向原设计单位申报，经同意并签署文件后方能生效。

### 钢板、钢带、矩形钢管及焊接材料等的品种、规格、性能

### 均应满足设计要求，并符合本规程第3章的规定。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙在制作前，应根据设计文件、施工方案文件和工厂技术条件等编制加工工艺文件。其内容至少应包括：

**1** 成品质量的保证措施。

**2** 控制薄钢板焊接变形措施。

**3** 控制构件外形尺寸的措施。

**4** 结构防腐涂装工艺及要求。

**5** 构件吊装、运输及成品保护措施。

### 施工前，施工单位应编制专项施工方案，应包含下列内容：

**1** 季节性施工技术措施。

**2** 受大风或其他水平荷载影响的固定措施。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土的冬期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T104的有关规定。

## 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙制作和施工

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件在制作前应根据设计文件绘制钢构施工详图。钢结构施工详图应根据施工方案或施工组织设计的要求、制作厂的生产条件、现场施工条件等确定对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的出厂分段或工地拼装节点位置。

### 窄翼缘槽钢当采用冷弯成型时，应采用专用设备自动成型，长度根据工程构件需要定尺下料，尽量减少对接，减少浪费。冷弯角度、截面尺寸等应符合本规程验收标准。

### 钢构件分段拼接时，采用的焊缝质等级应符合设计要求。当设计没有要求时，应采用质量等级不低于二级的全熔透焊缝。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件组装应在各零、部件检查合格后进行。构件的除锈和涂装应在制作质量检验合格后进行。制作完成后应进行质量验收，外形尺寸的允许偏差应符合要求。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件制作完毕后应清除腔体内的杂物，应保持腔体内清洁。

### 安装现场应设置构件堆场，并应采取防止构件变形及表面污染的保护措施。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件吊装前应检查腔体内情况，并清除腔体内杂物。

### 构件吊装作业时，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，在构件吊装就位后宜同步进行校正。

### 安装时，每节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层的轴线引上。竖向投测宜每50m ~80m设一转点。

### 当天安装完成的结构应形成稳固的空间刚度单元，必要时应增加临时支撑结构或临时措施。

### 下节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件内混凝土设计强度达到50%后，再进行上节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的安装。

### 上、下节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件现场拼接时，可采用可拆卸式耳板临时固定对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙，并应符合下列规定：

**1** 应进行安装耳板的设计，设计风压取值不应低于0.2kN/ m2；

**2** 布置耳板时，每片对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙墙肢至少布置一对耳板。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的现场焊接应在主体结构校正完成后进行。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的安装、焊接经检验合格后应补漆。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的安装质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205和现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99的规定。

## 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土浇筑

### 混凝土施工前应有切实可行的施工组织计划，应有突然遇雨、突然停电等异常情况的应急措施。

### 当高温施工时，自密实混凝土的入模温度不宜超过35℃，冬季施工时自密实混凝土的入模温度不宜低于5℃。在降雨、降雪期间，不宜在露天浇筑混凝土。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土宜采用自密实混凝土，粗骨料最大公称粒径不应大于20mm，坍落扩展度宜为550mm~655mm。施工前应进行配合比设计，并应进行现场浇筑工艺试验，挠筑方法应与结构形式相适应。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土浇筑应待本节钢结构构件全部施工完成后进行。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土应连续浇注完成。施工缝宜留于钢管端口以下300mm~500mm处。当浮浆过厚时，应刮去浮浆。混凝土终凝后，可注入清水养护，水深不宜少于200mm。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土的浇筑应从顶部向下浇筑。最大倾落高度不宜大于9m，当倾落高度大于9m时，宜采用辅助装置进行浇筑，并应符合下列规定：

**1** 浇筑最后一节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙时，可直接将混凝土浇筑满。待腔内混凝土达到设计强度50%后，再进行补浆。将封顶板按设计要求，现场焊接在顶板上，并在封顶板的预留孔中按设计要求插入钢筋。

**2** 浇筑屋顶楼板混凝土前，应在最后一节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙腔体内按设计要求插入钢筋。

### 混凝土浇筑完毕后应对每节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙管口进行临时封闭。

### 腔内混凝土的浇筑质量，可采用敲击钢管的方法进行初步检查，当有异常，可采用超声波等方法进行检测。对浇筑不密实部位，可采用钻孔压浆法进行补浆，然后将钻孔进行补焊封固。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土的取样与试件留置应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《混凝土强度检验评定标准》GB50107的有关规定，并应符合下列规定：

**1** 每一对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙段、同一配合比的混凝土，取样不得少于一次。

**2** 当一节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙段内混凝土用量超过100m3时，同配合比的混凝土每100m3取样次数不得少于一次。

**3** 每次取样应至少留置一组标准养护试件，同条件养护试件

的留置组数应根据实际需要确定。

## 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙防火施工

### 钢结构防火涂料的应用，除遵守本规范外，尚应遵守国家有关防火规范及其他现行规定。

### 钢结构住宅防火涂料应采用厚涂型涂料，其产品应通过国家检测机构检测合格方可使用。

### 多高层钢结构住宅采用传统防火涂料时，应采用非膨胀型防火涂料。非膨胀型防火涂料考虑界面处理后的综合粘结强度和抗压强度应符合表9.4.3的规定，其他指标需满足《钢结构防火涂料》GB14907的要求。

表9.4.3 厚涂型钢结构防火涂料性能

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 | 指 标 |
| 粘结强度（MPa） | ≥0.15 |
| 抗压强度（MPa） | ≥1.5 |
| 干密度（kg/m3） | ≤500 |

### 钢结构防火涂装施工前应具备下列条件：

**1** 相应的工程设计技术文件、资料齐全。

**2** 施工现场及施工中使用的水、电、气满足施工要求，并能保证连续施工。

**3** 钢结构安装工程检验批质量检验合格。

**4** 钢结构表面除锈、防锈涂装检验批质量检验合格。

**5** 施工现场的防火措施、管理措施及灭火器材配备符合消防安全需求。

### 防火涂料施工应符合下列规定：

**1** 防火涂料涂装应符合施工作业指导书和设计文件的要求。

**2** 当产品说明书或施工作业指导书未做要求时，溶剂性防火涂料施工环境温度宜为5℃~38℃，相对湿度不应大于85%；风速大于5m/s时不宜作业，雨天或构件表面结露时不应作业。水基性防火涂料施工和养护期间，环境温度应为5℃~38℃。

**3** 防火涂料涂装施工可采用刷涂、滚涂、抹涂及喷涂等方法，宜根据产品特性、构件大小、施工的复杂程度采取一种或多种方法进行施工。各种施工作业前均应先进行试涂，试涂合格后方可全面展开施工。

# 验 收

## 一般规定

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构工程的检查与验收除应符合本标准外，尚应现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《钢结构工程施工验收规范》GB50205和《混凝土结构工程施工质量验收标准》GB 50204的有关规定。

### 焊接技术人员应接受过专门的焊接技术培训，且有一年以上焊接生产或施工实践经验；焊工应按所从事钢结构的钢材种类、焊接节点形式、焊接方法、焊接位置等要求进行技术资格考试，并取得相应的资格证书，其施焊范围不得超越资格证书的规定。

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构各分项工程可按楼层或施工段划分为一个或若干个检验批。

### 轻质底层抹灰石膏、混凝土、无机轻集料保温砂浆、水泥砂浆和加气混凝土砌块防火保护工程的验收应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249的有关规定。

## 原材料及成品进场

I 主控项目

### 钢带、钢筋、钢方管、钢板、窄翼缘槽钢等材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量合格证明文件，中文标志及出厂检验报告等。

### 钢材进厂后应按照《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.2.3 条～第 5.2.5 条的规定进行抽样复验，其复验结果应符合现行国家标准和设计要求。

检查数量：按照《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.2.5 条的规定频次进行抽样复验。

检验方法：见证取样、送样，检查复验报告。

### 成品钢方管和窄翼缘槽钢进场后应按照《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.2.3 条～第 5.2.5 条的规定进行抽样复验的规定对原材料进行抽样复验，复验结果应符合现行国家标准和设计要求。

检查数量：按照《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.2.5 条的规定频次进行抽样复验。

检验方法：见证取样、送样，检查复验报告。

### 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量合格证明文件，中文标志及出厂检验报告等。

### 用于重要焊缝的的焊接材料应按照《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205和《钢结构工程施工规范》GB50755的规定要求进行抽样复验，其复验结果应符合现行国家标准和设计要求。

检查数量：按照《钢结构施工规范》GB50755规定的频次。

检验方法：见证取样、送样，检查复验报告。

### 结构件间连接用高强度大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副、对穿螺栓、地脚锚栓等紧固标准件及螺母、垫圈等标准配件，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副出厂时应分别随箱带有扭矩系数和紧固轴力（预拉力）的检验报告。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查产品的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

### 高强度大六角头螺栓连接副应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205附录B的规定检验其扭矩系数，其检验结果应符合规范附录B的规定。

检查数量：按照《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205附录B执行。

检验方法：检查复验报告。

### 扭剪型高强度螺栓连接副应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205附录B的规定检验预拉力，其检验结果应符合规范附录B的规定。

检查数量：按照《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205附录B执行。

检验方法：检查复验报告。

### 腔内混凝土强度等级应依据结构计算或节点强度计算的要求由设计决定。混凝土的强度等级、力学性能指标和质量标准应分别符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《混凝土强度检验评定标准》GB50107及现行协会标准《自密实混凝土应用技术规程》CECS203的规定。混凝土的强度级别，对Q235材质结构不宜小于C30,对Q355材质结构不宜小于C40。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查混凝土试件强度报告。

### 钢结构防腐涂料、稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能等符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查产品的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

### 钢结构防火涂料的品种和技术性能应符合设计要求，并应经过具有资质的检测机构检测符合国家现行有关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查产品的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

### 钢结构工程所涉及到的其他特殊材料，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查产品的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

Ⅱ 一般项目

### 钢板和钢带的厚度及允许偏差应符合国家现行标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T709产品标准要求，原材料应按较高精度（PT.B）选取。

检查数量：每批同一品种、规格的钢板抽检 10%，且不少于 3 张（卷），每张（卷）检测 5 处。

检验方法：用游标卡尺、外径千分尺量或超声波测厚仪量测。

### 钢筋和窄翼缘槽钢的直径（厚度）及允许偏差应符合国家现行标准《钢筋混凝土用钢第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1和《热轧型钢》GB/T706产品标准要求。

检查数量：每批同一品种、规格抽检 10%，且不少于 3 根，每根检测 5 处。

检验方法：用游标卡尺、外径千分尺量或超声波测厚仪量测。

### 开卷后钢带的宽度的允许偏差±2mm。

检查数量：每一品种、规格的钢板检测 5 处。

检验方法：钢尺量测。

### 钢板的平整度应符合其产品标准的要求。

检查数量：每一品种、规格的钢板抽检 10%，且不少于 3 张，每张检测 3 处。

检验方法：拉线、钢尺和游标卡尺。

### 用于制作冷弯窄翼缘槽钢的钢卷板镰刀弯除应符合其产品标准的要求外，尚应满足下列规定：任意宽度卷板的任意长度区域内的宽度方向弯曲应≤L/1000，且≤10mm。

检查数量：每一批次钢卷板抽检 10%，且不少于 3 张，每张检测 3 处。

检验方法：拉线、钢尺量测。

### 钢材的表面外观质量除应符合现行国家有关标准的规定外，尚应符合下列规定：

**1** 当钢材的表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度负允许偏差值的1/2；

**2**  钢材表面锈蚀等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 1 部分未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T8923.1规定的 C 级及 C 级以上；

**3**  钢材端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：尺量检查、观察检查。

### 钢方管和窄翼缘槽钢截面尺寸、厚度及允许偏差应符合其产品标准的要求。

检查数量：每批同一品种、规格抽检 10%，且不少于 3 根，每根检测 3 处。

检验方法：用钢尺、游标卡尺及超声波测厚仪量测。

### 钢方管和窄翼缘槽钢的表面外观质量除应符合其产品标准的规定外，尚应符合本规范10.2.13条规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

### 钢筋和窄翼缘槽钢的表面外观质量及截面尺寸允许偏差应符合其产品标准的规定要求。

检查数量：每批同一品种、规格的钢筋抽检10%，且不少于3根， 每根检测3处。

检验方法：用钢尺、游标卡尺、外径千分尺量测。

### 焊条外观不应有药皮脱落、焊芯生锈等缺陷；焊剂不应受潮结块。

检查数量：按批量抽查 1%，且不应少于 10 包。

检验方法：观察检查。

### 焊丝外观不应有生锈等缺陷；

检查数量：按批次抽查 1%，且不应少于 10 盒（5 桶）。

检验方法：观察检查。

### 高强度螺栓连接副，应按包装箱配套供货，包装箱上应标明批号、规格、数量及生产日期。螺栓、螺母、垫圈外观表面应涂油保护，不应出现生锈和沾染赃物，螺纹不应损伤。

检查数量：按包装箱数抽查5%，且不应少于3箱。

检验方法：观察检查。

### 对穿螺栓，应符合现行国家标准《紧固件公差螺栓、螺钉和螺母》GB/T3103.1规定产品等级为A级的公差要求。

检查数量：按规格抽查8只。

检验方法：钢尺、游标卡尺和螺纹规等。

### 混凝土用粗骨料最大粒径不宜大于抗震墙厚度的1/3，且不宜大于20mm。对不易保证混凝土浇筑质量的节点和部位，应采用自密实混凝土或高强度无收缩砂浆。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

### 泵送混凝土坍落度宜控制在160mm～200mm，其扩展度大于或等于550mm，水胶比宜控制在0.40～0.45，且应避免混凝土拌合物泌水、离析。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

### 防腐涂料和防火涂料的型号、名称、颜色及有效期应与其质量证明文件相符。开启后，不应存在结皮、结块、凝胶等现象。

检查数量：每种规格抽查5%，且不应少于3桶。

检验方法：观察检查。

## 零部件加工工程

Ⅰ主控项目

### 钢材切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层和大于1mm的缺棱。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用放大镜及百分尺检查，有疑义时作渗透、磁粉或超声波探伤检查。

### 碳素结构钢在环境温度低于-16℃，低合金结构钢在环境温度低于-12℃时，不应进行冷矫正和冷弯曲。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

### 窄翼缘槽钢等钢部件拼接或对接时所采用的焊缝质量等级应符合设计要求。当设计没有要求时，应采用质量等级不低于二级的全焊透焊缝。超声波探伤的质量等级、缺陷分级、探伤比例按照《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205和《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T203执行。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查超声波探伤记录。

### A、B级螺栓孔（I类孔）应具有H12的精度，孔壁表面粗糙度Ra不应大于12.5*u*m。其孔径的允许偏差应符合表10.3.4-1的规定。

C级螺栓孔（Ⅱ类孔），孔壁表面粗糙度不应大于25*u*m，其允许偏差应符合表10.3.4-2的规定。

检查数量：按钢构件数量抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：用游标卡尺或孔径量规检查。

表10.3.4-1 A、B级螺栓孔径的允许偏差（mm）

| 序号 | 螺栓公称直径、螺栓孔直径 | 螺径公称直径  允许偏差 | 螺栓孔直径允许偏差 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 10-18 | 0.00  -0.18 | +0.18  0.00 |
| 2 | 18-30 | 0.00  -0.21 | +0.21  0.00 |
| 3 | 30-50 | 0.00  -0.25 | +0.25  0.00 |

表10.3.4-2 C级螺栓孔的允许偏差（mm）

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 | 允许偏差 |
| 直 径 | +1.0  0.0 |
| 圆 度 | 2.0 |
| 垂直度 | 0.03*t*,且不应大于2.0 |

### 预埋件尺寸的制作允许偏差应符合表 10.3.5 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用钢尺量测。

表 10.3.5 预埋件尺寸的允许偏差(mm)

| 项 目 | 允许偏差 | 图 例 |
| --- | --- | --- |
| 预埋件外形尺寸 | ±10.0 | }242P@T%K]F[W3WC0UQ8[_A |
| 锚筋长度 | ±10.0 | A`R1D8O[J6IMUL44_E[)VQR |
| 锚筋位置 | 2.0 | N%OI2ODECY}8UTBFZEG[(0V |

Ⅱ一般项目

### 气割的允许偏差应符合表10.3.6的规定。

检查数量：按切割面数抽查10%，且不应少于3个。

检验方法：观察检查或用钢尺、塞尺检查。

表10.3.6 气割的允许偏差（mm）

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 | 允 许 偏 差 |
| 零件宽度、长度 | ±3.0 |
| 切割面平面度 | 0.05t,且不应大于2.0 |
| 割纹深度 | 0.3 |
| 局部缺口深度 | 1.0 |
| 注：t为切割面厚度。 | |

### 机械剪切的允许偏差应符合表10.3.7的规定.

检查数量：按切割面数抽查10%,且不应少于3个。

检验方法：观察检查或用钢尺、塞尺检查。

表10.3.7 机械剪切的允许偏差(mm)

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 | 允 许 偏 差 |
| 零件宽度、长度 | ±3.0 |
| 边缘缺棱 | 1.0 |
| 型钢端部垂直度 | 2.0 |

### 窄翼缘槽钢成型后的允许偏差，应符合表10.3.8 的规定。

检验数量：按批次抽查10%，且不少于3件。

检验方法：见表10.3.8。

表10.3.8 窄翼缘槽钢的允许偏差（mm）

| 项 目 | 允许偏差 | 检验方法 | 图例 |
| --- | --- | --- | --- |
| 窄翼缘槽钢转角外壁半径 R | 外径 R 等于2.0～3.5t  (t为板厚) | 用R量具及  钢尺检查 |  |
| 窄翼缘槽钢高度h | -0.5～1.0 | 用钢尺、游标卡尺检查 |  |
| 窄翼缘槽钢两翼板宽度b | ±2 | 用钢尺、游标卡尺检查 |  |
| 窄翼缘槽钢开口折边夹角 | -5°～0 | 量规检查 |  |
| 窄翼缘槽钢孔与折边的距离 | ±1 | 用钢尺检查 | )[1A0}54Q4[H6O$JCJFX]~Q |
| 弯曲*f*  （直线度） | *L*/1250，且不大于8mm； | 拉线加钢尺检查 | {0HBZ@S2STQDI4@]`%@0TT4 |
| 窄翼缘槽钢  平面凹凸度 | 每米 2.0 | 用1米钢直尺加塞尺检查 | IMG_256 |

### 螺栓孔孔距的允许偏差应符合表10.3.9的规定。

检查数量：按钢构件数量抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：用钢尺检查。

表10.3.9 螺栓孔孔距允许偏差（mm）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓孔孔距范围 | ≤500 | 501-1200 | 1201-3000 | >3000 |
| 同一组内任意两孔间距离 | ±1.0 | ±1.5 | - | - |
| 相邻两组的端孔间距离 | ±1.5 | ±2.0 | ±2.5 | ±3.0 |
| 注：1 在节点中连接板与一根杆件相连的所有螺栓孔为一组；  2 对接接头在拼接板一侧的螺栓孔为一组；  3 在两相邻节点或接头间的螺栓孔为一组，但不包括上述两款所规定的螺栓孔；  4 受弯构件翼缘上的连接螺栓孔，每米长度范围内的螺栓孔为一组。 | | | | |

### 螺栓孔孔距的允许偏差超过本规范表10.3.9规定的允许偏差时，应采用与母材材质相匹配的焊条补焊后重新制孔。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

## 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件组装工程

Ⅰ主控项目

### 构件组装允许偏差应符合表 10.4.1 的规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：见表10.4.1。

表 10.4.1 结构件组装允许偏差（mm）

| 项目 | 允许偏差 | | 检验  方法 | 图例 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 一字型组装平整度 | 2.0 | | 用钢尺或拉线检测 | 0Z85FR)UHI_THZ`AGP0685L |
| 扭　曲 | h/250；且不应大于5.0 | | 用拉线、吊线和钢尺检查 | H3~4IT`C_OAJ(WH0U4U]GMS |
| 截面垂直度△ | L≤500 | 3.0 | 用靠模加钢  尺检查或（对角线等原理） | COI@B9B%]}@NE@)G{1TV@KG |
| L＞500 | 4.0 |
| 组装  直线度  （侧弯f） | L/1000；  且不大于10.0 | | 拉线加钢尺检查 |  |

### 结构件焊后允许偏差应符合表 10.4.2 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：见表 10.4.2。

表 10.4.2 结构件组焊后允许偏差(mm)

| 项 目 | 允许偏差 | | | 检验  方法 | 图 例 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 连接处平整度△ | ≤1m | 2.0 | | 用钢直尺检查 | [6ZPS63`O1MFP%SZC[I7$H1 |
| ＞1m | 3.0 | |
| 非连接处平整度△ | - | 5.0 | | 用钢直尺检查 |
| 宽度测量 | -3,+5 | | | 用钢尺  检查 | K5D9P7RF7(W4%L]5HD1)B3B |
| 局部平面度△ | 长度方向每米不大于3.0 | | | 用 1m 直尺和塞尺检查 | IMG_256 |
| 扭　曲 | h/250；且不应大于5.0 | | | 用拉线、吊线和钢尺检查 |  |
| 截面  垂直度△ | L≤500 | | 2.0 | 用靠模加钢尺 检查或（角线对等原理） | COI@B9B%]}@NE@)G{1TV@KG |
| 500＜L≤ 1000 | | 3.0 |
| L＞1000 | | 5.0 |
| 总长 L | -3～0 | | | 用钢尺  检查 |  |
| 焊后直线度  （侧弯f） | L/1000；且不大于10 | | | 用钢尺、拉线检查 |  |
| 端部对轴线垂直度△ | *b*/500；且不大于 2.0 | | | 用钢直尺 检查 | 00(%}MWBP4Y8]B)_X56R[}N |
| 连接板第排孔到墙端面距离  L1 | ±2.0 | | | 用钢直尺 检查 |  |

## 焊接工程

Ⅰ 主控项目

### 焊接材料与母材的匹配应符合设计文件的要求及现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661的规定。焊接材料在使用前，应按其产品说明书及焊接工艺文件的规定进行烘焙和存放。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明书和烘焙记录。

### 焊工必须经考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊工合格证及其认可范围、有效期。

### 施工单位应按照现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661的规定，在结构件制作和安装前进行焊接工艺评定，根据评定报告确定焊接工艺，编写焊接工艺规程并应遵照执行。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告、焊接工艺规程和焊接作业记录。

### 设计要求全焊透的一、二级焊缝应按照《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《钢结构焊接规范》GB50661、《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T203的要求进行无损检测，其结果应符合现行国家标准和设计要求。

检查数量：按规范要求执行。

检验方法：检查超声波探伤记录。

### T形接头、十字形接头、角接接头等要求焊透的对接与角接组合焊缝，其加强焊脚尺寸应符合《钢结构工程施工质量规范》GB50205的要求。

检查数量：资料全数检查；同类焊缝抽查 10%，且不应少于 3 条。

检验方法：观察检查，用焊缝量规抽查测量。

### 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷。且一级焊缝不得有咬边、未焊满、根部收缩等缺陷。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝按条数抽查 5%，且不应少于 1 条； 每条检查 1 处，总抽查数不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查，当存在疑义时，采用渗透或磁粉探伤检查。

Ⅱ 一般项目

### 焊缝外观质量应符合表 10.5.7 的规定。

表 10.5.7 焊缝外观质量标准（mm）

| 项 目 | 允许偏差 | | |
| --- | --- | --- | --- |
| 缺陷类型 | 一级 | 二级 | 三级 |
| 裂纹 | 不允许 | | |
| 纵向焊缝  厚度 | 0～2 | -1～2 | |
| 未焊满  （指不足设计要求） | 不允许 | ≤0.2+0.02*t*，且≤1.0，每100mm长度焊缝内未焊满累积长度≤25 | ≤0.2+0.04*t*，且≤2.0，每100mm长度焊缝内未焊满累积长度≤25 |
| 根部收缩 | 不允许 | ≤0.2+0.02*t*，且≤1.0，长度不限 | ≤ 0.2+0.04*t*，且≤2.0，长度不限 |
| 咬边 | 不允许 | ≤0.05*t*,且≤0.5；连续长度≤100，且焊缝两侧咬边总长≤10%焊缝全长 | ≤0.1*t* 且≤1.0，长度不限 |
| 弧坑裂纹 | 不允许 | | 允许存在个别长度≤5.0 的弧坑裂纹 |
| 电弧擦伤 | 不允许 | | 允许存在个别电弧擦伤 |
| 接头不良 | 不允许 | 缺口深度≤0.05*t*,且≤0.5 | 缺口深度≤0.1*t*,且≤1.0 |
| 每 1000mm长度焊缝不应超过 1 处 | |
| 表面夹渣 | 不允许 | | 深≤0.2t 长≤0.5t,且≤20.0 |
| 表面气孔 | 不允许 | | 每50mm长度焊缝内允许直径＜0.4*t*,且≤ 3.0 的气孔 2 个，孔距≥6 倍孔径 |
| 注：表内 *t* 为连接处较薄的板厚 | | | |

检查数量：每批同类构件抽查10%，且不应少于3件；被抽查构件中，每一类型焊缝按条数抽查5%，且不应少于1条；每条抽查1处，总抽查数不应少于10处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

### 结构件纵向焊缝尺寸允许偏差应符合表10.5.8的规定。

表 10.5.8 结构件纵向焊缝尺寸允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 允许偏差（mm） | 图 例 |
| 窄翼缘槽钢连接焊缝有效厚度 h | 0～1 | DQ`MD4ULW(MMKG)V9~F]RHY |

检查数量：每批同类构件抽查10%，且不应少于3件；被抽查构件中，每种焊缝按条数各抽查5%，但不应少于1条；每条检查2处，总抽查数不应少于10处。

检验方法：观察检查、焊缝量规及超声波测厚仪检查。

### 焊成凹形的角焊缝，焊缝金属与母材间应平缓过渡；加工成凹形的角焊缝，不得在其表面留下切痕。

检查数量：每批同类构件抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：观察检查。

### 焊缝感观应达到：外形均匀、成型较好，焊道与焊道、焊道与基本金属间过渡较平滑，焊渣和飞溅物基本清除干净。

检查数量：每批同类构件抽查10%，且不应少于3件；被抽查构件中，每种焊缝按数量各抽查5%，总抽查出不应少于5处。

检验方法：观察检查。

## 安装工程

Ⅰ 主控项目

### 构件进场应进行验收，其加工制作质量应符合设计要求和合同约定及本规范的相关要求。

检查数量：全数检查。

检验方法: 检查构件出厂验收记录、尺量检查、观察检查。

### 构件进场应按安装工序配套核查构件、配件的数量。

检查数量：全数检查。

检验方法：按照安装工序清单清点构件、配件的数量。

### 构件上的连接板、吊装耳板、加劲肋、钢筋孔的规格、位置和数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：尺量检查、观察检查及出厂验收记录。

### 建筑物的定位轴线、基础上构件的定位轴线和标高应符合设计要求。当设计无要求时，应符合表10.6.4的规定。

检查数量：抽查10%，且不少于3处。

检验方法：采用经纬仪、水准仪、全站仪和钢尺实测。

表 10.6.4 建筑物定位轴线、基础上构件的定位轴线和标高的允许偏差(mm)

| 项 目 | 允许偏差 | 图 例 |
| --- | --- | --- |
| 建筑物定位轴线 | L/20000,且不应大于 3.0 | YQE@@YG`C1[Q)L1[Y[)789O |
| 基础上构件的定位轴线 | 1.0 | 43AP_X3@L2M6TMWV}LH)_2H |
| 基础上构件的底标高 | ±2.0 |  |

### 构件预埋件的安装允许偏差应符合表10.6.5的规定。

检查数量：抽查10%，且不少于3个。

检验方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺检查。

表 10.6.5预埋件安装的允许偏差(mm)

| 项 目 | 允许偏差 | 图 例 |
| --- | --- | --- |
| 平整度 | 每米内不大于3.0 | **XA79M5016VB@743{C]@A3@X** |
| 预埋件定位 | 5.0 | 43AP_X3@L2M6TMWV}LH)_2H |
| 预埋件标高 | ±3.0 |  |
| 预留孔中心偏移 | 10.0 | **AWJK___A{XO%0}@)C[B}9QM** |

### 地脚螺栓位置允许偏差5.0mm。

检查数量：抽查10%，且不少于3个。

检验方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺检查。

### 构件安装的允许偏差应符合表10.6.7的规定。

检查数量：抽查10%，且不应少于3根。

检验方法：用水准仪、全站仪、激光经纬仪和钢尺实测。

表 10.6.7 构件安装的允许偏差

| 项 目 | 允许偏差（mm） | 图 例 |
| --- | --- | --- |
| 构件定位轴线 | 1.0 | 7T`28E3}}RDJS73L)D29]71 |
| 首节构件轴线对定位轴线的偏差 | 3.0 | ]PG%L3W`FA}PXWAY~}C3O}T |
| 单节构件的垂直度（简图画两个方向） | X 向：h/1000，且不大于 10.0 | CN@%78(]UEK]TJ4YW%T8LHQ |
| Y 向：h/1000，且不大于 10.0 |

### 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构主体结构的整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差应符合表10.6.8的规定。

检查数量：对主要立面全部检查。对每个所检查的立面，除两列角部构件外，尚应至少选取一列中间构件。

检验方法：对于整体垂直度可采用激光经纬仪、全站仪测量，也可根据各节构件的垂直度允许偏差累计(代数和)计算。对于整体平面弯曲，可按产生的允许偏差累计（代数和）计算。

表 10.6.8 整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差(mm)

| 项 目 | 允许偏差（mm） | 图 例 |
| --- | --- | --- |
| 主体结构的整体平面弯曲 | L/1500，  且不应大于25.0 |  |
| 主体结构的整体垂直度 | H/2500+10，  且不大于50.0 |  |

Ⅱ 一般项目

### 构件不应有运输、堆放造成的变形、脱漆等现象。

检查数量：同批构件抽查10%，且不少于3件。

检验方法：观察检查。

### 地脚螺栓(锚栓)尺寸的允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205第10.2.5条的规定。地脚螺栓(锚栓)的螺纹应有保护措施。

检查数量：按柱基数抽查10%，且不应少于3个。

检验方法：用钢尺现场实测。

### 构件表面应干净，主要表面不应有疤痕、泥沙等污垢。

检查数量：抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：观察检查。

### 主要构件的中心线及标高基准点等标记应齐全。

检查数量：抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：观察检查。

### 构件安装的允许偏差应符合表10.6.13的规定。

检查数量：按同类构件或节点数抽查10%，其中对穿螺栓钢管结构件和梁各不应少于3件，主梁与次梁连接节点不应少于3个。

检验方法：用水准仪、全站仪、激光经纬仪、直尺和钢尺检查。

表 10.6.13 构件安装的允许偏差

| 项 目 | 允许偏差（mm） | 图 例 |
| --- | --- | --- |
| 同一层各对穿螺栓钢管结构件顶标高差△ | 5.0 | {)M)`B[J]AQSCDWLW_[CIQJ |
| 上、下对穿螺栓钢管结构件对接处的错口△ | 2.0 | %T$QHQ5Y~{BOYH2$$MQ%L$K |
| 同一根梁两端顶面的高差△ | l/1000，且不大于10.0 | ED5HZ)JRCAW(5A5}(L28}D0 |
| 主梁与次梁表面的高差△ | ±2.0 | Z{@{U4()`7TGJ~S7ZNC3%ETPODEQ29%)UY]2KV7L]AVNBK |
| 梁的跨中  垂直度 | h/500 | 0APATMI$XP1O}DX6`@OAOWQ |

### 主体结构总高度的允许偏差应符合表10.6.14的规定。

检查数量：按标准对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构件列数抽查10%，且不应少于4列。

检验方法：采用全站仪、水准仪和钢尺实测。

表 10.6.14 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构主体总高度的允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 允许偏差(mm) | 图 例 |
| 用设计标高  控制安装 | H/1000，且不应大于 30.0；  -H/1000，且不应小于-30.0 | H  ***Δ*** |

## 腔内混凝土工程

Ⅰ 主控项目

### 腔内混凝土的强度等级应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试件强度试验报告。

### 腔内混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间，同一施工段钢管束内混凝土应连续浇筑。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

### 1腔内混凝土浇筑应密实。

检查数量：全数检查；按施工段内构件数量抽查10%，不少于3处，每处不少于3个点。

检验方法：敲击检查；钻孔观察检查。

### 腔内的插筋规格、数量、性能应符合设计要求及现行国家有关标准的规定。

检查数量：按每一施工段构件数量抽查10%进行全数检查。

检验方法：观察检查、钢尺量测。

### 腔内混凝土的工作性能和收缩性就符合设计要求和图家现行有关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

Ⅱ 一般项目

### 腔内混凝土浇筑施工面应低于现场对接接口500mm以上，以防焊接时高温影响混凝土质量。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量检查，检查施工记录。

### 腔内的混凝土浇筑方法及浇灌孔、排气孔的留置应符合设计及专项施工方案的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

### 腔内混凝土浇筑前，应对安装质量检查确认，并应清理腔内壁污物；混凝土浇筑后应对腔口进行临时封闭。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

### 腔内混凝土浇筑后的养护方法和养护时间应符合专项施工方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

### 腔内的混凝土浇筑后，浇灌孔、排气孔按设计要求封堵，表面应平整，并进行表面清理和防腐处理。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

## 防护工程

Ⅰ 主控项目

### 涂装前钢材表面除锈应符合设计要求和国家现行有关标准和规定。处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。当设计无要求时，钢材表面除锈等级应符合《钢结构工程施工质量验收规范》的规定。

检查数量：按构件数量抽查10%，且同类构件不应少于3件。

检验方法：用铲刀检查和用现行国家标志《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923规定的图片对照观察检查。

### 防腐涂料、涂装遍数、涂装间隙、涂层厚度均应符合设计文件、涂料产品标准的要求。当设计对涂层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度：室外应为150*μ*m，室内应为125*μ*m。

检查数量：按构件数抽查10%，且同类构件不应少于3件。

检验方法：用干漆膜测量厚仪检查。每个构件检测5处，每处的数值为3个相距50mm测点涂层干漆膜厚度的平均值。漆膜厚度的允许偏差应为-25*μ*m。

### 防火涂料、防火板等防火保护材料的质量应符合国家现行产品标准的规定和设计要求，并应具备产品合格证、国家权威质量监督机构出具的检验报告和型式认可证书。

检查数量：全数检查。

检验方法：查验产品合格证、检验合格报告和型式认可证书。

### 防火涂料的黏结强度应符合现行国家标准的规定，其允许偏差为-10%。

检查数量：按施工进货的生产批次确定，每一进货批次应抽检一次。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB14907的规定。

### 防火板的抗折强度应符合产品标准的规定和设计要求，其允许偏差为-10%。

检查数量：按施工进货的生产批次确定，每一进货批次应抽检一次。

检验方法：按产品标准进行抗折试验。

### 防火涂料涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求。当产品说明书无要求时，环境温度宜为5℃～38℃，相对湿度不应大于85%。涂装时，构件表面不应有结露,涂装后4.0h内应保护免受雨淋、水冲等,并应防止机械撞击。

检查数量：全数检查。

检验方法：直观检查。

### 防火涂料的涂装遍数和每遍涂装的厚度均应符合产品说明书的要求。防火涂料涂层的厚度不得小于设计厚度。非膨胀型防火涂料涂层最薄处的厚度不得小于设计厚度的85%；平均厚度的允许偏差应为设计厚度的±10%,且不应大于±2mm。膨胀型防火涂料涂层最薄处厚度的允许偏差应为设计厚度的±5%，且不应大于±0.2mm.

检查数量：按同类构件基数抽查10%,且均不应少于3件。

检验方法：每一构件选取至少5个不同的涂层部位，用测厚仪分别测量其厚度。

### 膨胀型防火涂料涂层表面的裂纹宽度不应大于0.5mm，且lm长度内均不得多于1条；当涂层厚度小于或等于3mm时，不应大于0.lmm。非膨胀型防火涂料涂层表面的裂纹宽度不应大于lmm，且lm长度内不得多于3条。

检查数量：按同类构件基数抽查10%，且均不应小于3件。

检验方法：直观和用尺量检查。

### 防火板保护层的厚度不应小于设计厚度，其允许偏差应为设计厚度的±10%，且不应大于±2mm。

检查数量：按同类构件基数抽查10%，且均不应少于3件。

检验方法：每-构件选取至少5个不同的部位，用游标卡尺分别测量其厚度；防火板保护层厚度为测点厚度的平均值。

### 防火板的安装龙骨、支撑固定件等应固定牢固，现场拉拔强度应符合设计要求,其允许偏差应为设计值的-10%。

检查数量：按同类构件基数抽查10%，且均不应少于3个。

检验方法：现场手掰检查；查验进场验收记录、现场拉拔检测报告。

### 防火板安装应牢固稳定、封闭良好。

检查数量：按同类构件基数抽查10%，且均不应少于3件。

检验方法：观察检查。

Ⅱ一般项目

### 构件表面不应误涂、漏涂，涂层不应脱皮和返锈等。涂层应均匀、无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

### 当钢结构处在有腐蚀介质环境或外露且设计有要求时，应进行涂层附着力测试，在检测处范围内，当涂层完整程度达到70%以上时，涂层附着力达到合格质量标准的要求。

检查数量：按构件数抽查1%，且不应少于3件，每件测3处。

检验方法：按照现行国家标准《漆膜附着力测定法》GB1720或《色漆和清漆、漆膜的划格试验》GB9286执行。

### 涂装完成后，构件的标志、标记和编号应清晰完整。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

### 防火涂料的外观、在容器中的状态等，应符合产品标准的要求。

检查数量：按防火涂料施工进货批次确定，每一进货批次应抽检一次。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907的规定。

### 防火板表面应平整，无孔洞、凸出物、缺损、裂痕和泛出物。有装饰要求的防火板，表面应色泽一致、无明显划痕。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

### 防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘和泥砂等污垢。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

### 防火涂层不应有误涂、漏涂、涂层应闭合无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等外观缺陷，乳突已剔除。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

### 防火板的安装允许偏差应符合《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用2m垂直检测尺、2m靠尺、塞尺、直角检测尺、钢直尺实测。

### 防火板分层安装时，应分层固定、相互压缝。

检查数量：全数检查。

检验方法：查验隐蔽工程记录和施工记录。

### 防火板的安装接缝应严密、顺直，接缝边缘应整齐。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察和用尺量检查。

本标准用词说明

**1** 为了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，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑结构荷载规范》GB 50009

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《建筑抗震设计规范》GB 50011

《建筑设计防火规范》GB 50016

《钢结构设计标准》GB 50017

《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018

《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

《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

《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300

《钢结构焊接规范》GB 50661

《钢结构工程施工规范》GB 50755

《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249

《工程结构通用规范》GB 55001

《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002

《组合结构通用规范》GB55004

《钢结构通用规范》GB55006

《混凝土结构通用规范》GB 55008

《碳素结构钢》GB/T 700

《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709

《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度目视评定》GB/T 8923

《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99

《混凝土异形柱结构技术规程》JGJ 149

《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203

《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178

《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251

《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283

《建筑结构用冷弯薄壁型钢》JG/T 380

中国工程建设标准化协会标准

**对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构**

**技术标准**

CECS \*\*\*:2022

**条 文 说 明**

目 录

[1 总 则 1](#_Toc22629)

[2 术语与符号 2](#_Toc4716)

[2.1 术 语 2](#_Toc4316)

[2.2 符 号 4](#_Toc16418)

[3 材 料 6](#_Toc19214)

[3.1 钢 材 6](#_Toc3556)

[3.2 混 凝 土 6](#_Toc19842)

[3.3 防护材料 7](#_Toc2871)

[3.4 连接材料 7](#_Toc23964)

[4 基本规定 8](#_Toc79)

[4.1 一般要求 8](#_Toc21822)

[4.2 构件承载力设计 9](#_Toc16203)

[4.3 结构变形和舒适度验算 10](#_Toc9924)

[5 结构计算分析 12](#_Toc7910)

[6 对穿螺栓多腔钢管混凝土构件设计 15](#_Toc3211)

[6.1 一般规定 15](#_Toc23662)

[6.2 压弯、拉弯构件的强度计算 16](#_Toc4479)

[6.3 一字墙稳定计算 17](#_Toc30349)

[6.4 L形和T形抗震墙墙肢的稳定计算 19](#_Toc9036)

[6.5 构造要求 23](#_Toc8935)

[7 节点设计 26](#_Toc5833)

[7.1 一般规定 26](#_Toc20102)

[7.2 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的拼接节点 26](#_Toc19988)

[7.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的墙脚节点 29](#_Toc30792)

[7.4 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点 33](#_Toc26495)

[7.5 楼板与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点 37](#_Toc31895)

[8 防护设计 40](#_Toc27513)

[8.1 防腐保护设计 40](#_Toc3071)

[8.2 防火保护设计 41](#_Toc156)

[9 制作和施工 56](#_Toc1838)

[9.1 一般规定 56](#_Toc20845)

[9.2 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙制作和施工 57](#_Toc30528)

[9.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土浇筑 58](#_Toc23745)

[9.4 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙防火施工 60](#_Toc14652)

[10 验 收 62](#_Toc1797)

[10.1 一般规定 62](#_Toc5485)

[10.2 原材料及成品进场 62](#_Toc24218)

[10.3 零部件加工工程 68](#_Toc21200)

[10.4 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件组装工程 73](#_Toc16424)

[10.5 焊接工程 77](#_Toc11937)

[10.6 安装工程 81](#_Toc16995)

[10.7 腔内混凝土工程 88](#_Toc8582)

[10.8 防护工程 90](#_Toc19734)

[本标准用词说明 95](#_Toc26352)

[引用标准名录 96](#_Toc7539)

[中国工程建设标准化协会标准 98](#_Toc8360)

[1 总 则 103](#_Toc18937)

[3 材 料 104](#_Toc32678)

[4 基本规定 105](#_Toc10862)

[4.1一般要求 105](#_Toc25753)

[4.2 结构变形 107](#_Toc27838)

[5 结构计算分析 110](#_Toc15827)

[6 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件设计 112](#_Toc9660)

[6.1 压弯、拉弯构件的计算 112](#_Toc21876)

[6.2 墙肢的稳定计算 112](#_Toc25890)

[6.3 构造要求 113](#_Toc6663)

[6.4 L形和T形抗震墙墙肢的稳定计算 118](#_Toc20026)

[7 节点设计 121](#_Toc31984)

[7.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的墙脚节点 121](#_Toc784)

[7.4 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点 122](#_Toc7514)

[7.5 楼板与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点 122](#_Toc24111)

[8 防护设计 124](#_Toc27527)

[8.1防腐保护设计 124](#_Toc5930)

[8.2 防火保护设计 127](#_Toc4015)

[9 制作和施工 128](#_Toc4225)

[9.2 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的制作和施工 128](#_Toc30935)

[9.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土浇筑 128](#_Toc16806)

[9.4 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙防火施工 129](#_Toc1577)

[10 验 收 130](#_Toc25416)

[10.1 一般规定 130](#_Toc9051)

[10.7 腔内混凝土工程 130](#_Toc18752)

# 

# 1 总 则

**1.0.1**  在对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构体系的研发过程中，进行了大量的试验研究，包括对穿螺栓钢管混凝土短柱试验、对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙抗震性能试验等，同时还进行了大量的数值分析。本标准总结已有的研究成果，形成了系统的对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构设计方法，为该体系的推广应用奠定了基础。

**1.0.2** 为方便工程实际应用，除了结构设计内容外，标准还包含了制作和施工的内容。

**1.0.3** 本标准编制原则是列入必须的或国家现行有关标准中没有包含的条文。本标准与相关标准规范间有一定的分工和衔接，因此，除了本标准明确规定外，在设计时还必须遵守国家现行的有关标准。

# 3 材 料

**3.0.1~3.0.3** 钢材的选用应符合现行国家标准《钢结构设计标准》 GB 50017、《建筑抗震设计规范》 GB 50011的有关规定。对穿螺栓多腔钢管的钢材牌号宜采用Q235钢、Q355钢，其质量等级应不低于B级，并应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》 GB/T 700和《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591的规定，当有可靠依据时也可采用其它牌号的钢材。冷弯成型的槽钢或矩形钢管，其强度指标、弹性模量、剪变模量、线膨胀系数应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》 GB 50018的规定采用。

**3.0.4** 钢材的塑性耗能区应满足这些要求，例如钢梁形成塑性铰的区域，多腔钢管混凝土墙体的底部加强区和变截面部位。

**3.0.5、3.0.6** 对穿螺栓多腔钢管内混凝土强度等级不应低于C30级。混凝土强度等级、力学性能和质量标准应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010执行。采用普通混凝土时，应采取适当振捣措施。自密实混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283的规定。混凝土强度等级与钢材强度等级的匹配关系是：Q235与C30,C35,C40匹配,套箍系数大于等于0.75时可以与C50匹配；Q355与C30,C40,C50匹配，套箍系数大于等于0.75时可以与C60匹配。

# 4 基本规定

## 4.1一般要求

**4.1.1、4.1.4** 对穿螺栓多腔钢管混凝土组合结构不同结构体系的最大适用高度确定原则如表1所示，同时还参考了《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99等标准的相关规定。

表1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设防烈度 | 适用高度 |  | 取值 |
| 0.1 | 160 | 2560 | 160 |
| 0.15 | 130 | 2535 | 130 |
| 0.2 | 113 | 2553.8 | 110 |
| 0.3 | 92 | 2539.2 | 90 |
| 0.4 | 80 | |  | | --- | | 2560 | | 80 |
| 设防烈度 | 适用高度 |  | 取值 |
| 0.1 | 200 | 4000 | 200 |
| 0.15 | 163 | 3985.35 | 160 |
| 0.2 | 142 | 4032.8 | 140 |
| 0.3 | 115 | 3967.5 | 110 |
| 0.4 | 100 | 4000 | 100 |

**4.1.2** 抗震等级的划分，体现了对不同抗震设防烈度、不同结构类型、不同烈度、同一烈度但不同高度的结构延性要求不同。按照抗震设计等能量的概念，由于对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙延性高于混凝土剪力墙延性，其抗震等级可适当降低。本条按照《建筑抗震设计规范》GB 50011对于多、高层钢结构的要求确定对穿螺栓多腔钢管混凝土组合结构的抗震等级。

**4.1.3** 减轻填充墙体的自重是降低结构总重量的有效措施，轻质板材容易实现与主体结构的连接构造，能适应钢结构层间位移角相对大的特点。非承重墙体无论与主体结构采用刚性连接还是柔性连接，都应按非结构构件进行抗震设计。

**4.1.5** 按照不同设防烈度下的适用高度的确定方法，高度确定后，宽度似乎应该一样，因为底部倾覆弯矩是一样的，即不需要对不同设防烈度设置一个不同的宽度限值，这样高宽比完全决定于高度。如下表所示，倾覆力矩除以不变的宽度（参数 ，相当于竖向构件的轴力），就会趋于相等。意味着如果只有水平力，不同高度相同宽度的不同烈度的构件是相同大小的。但是实际上有重力，高烈度区的结构，因为高度低，重力小很多，所以又可以容纳更高的高度，但是高度又有4.1.4条的规定，4.1.5条就只能调整宽度，即高烈度区可以设置比下表所列举的高宽比更大的限值，这样就确定了表2。

下表的*a*gmax*H*相当于剪力，可见，按照表4.1.1的高度，烈度从0.1g增大到0.3g, 剪力增加的倍数是1.7倍左右，考虑到周期的减小，剪力增大约2倍。钢结构的抗剪承载力高，容易满足抗剪承载力要求。

表2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设防烈度 | 适用高度 |  |  |  |
| 0.1 | 160 | 7 | 16 | 112 |
| 0.15 | 130 | 5.7 | 19.5 | 111 |
| 0.2 | 110 | 5 | 22 | 110 |
| 0.3 | 90 | 4 | 27 | 108 |
| 0.4 | 80 | 3.5 | |  | | --- | | 32 | | 112 |
| 设防烈度 | 适用高度 |  |  |  |
| 0.1 | 200 | 7 | 20 | 140 |
| 0.15 | 160 | 5.7 | 24 | 137 |
| 0.2 | 140 | 5 | 28 | 140 |
| 0.3 | 115 | 4 | 34.5 | 138 |
| 0.4 | 100 | 3.5 | 40 | 140 |

## 

## 4.2 结构变形

**4.2.1** 风荷载作用下，考虑到结构构件变形和人体舒适感，层间变形宜取值偏严。因此，风荷载作用下，弹性层间位移角取为1/400。

**4.2.2** 通过收集国内外42片双层钢板混凝土组合剪力墙的抗震试验资料，试验构件屈服层间位移角主要分布在1/110到1/275之间，平均屈服层间位移角为1/183。对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙抗震性能试验的试件屈服位移角为1/156~1/110，平均屈服位移角为1/131，与其他人研究结果接近，见表3。

结构体系的抗震性能除了竖向构件因素外，水平钢梁的影响也很大。通常情况下，当竖向结构为钢结构时，结构体系采用钢筋混凝土梁时，其弹性层间位移角限制参照钢筋混凝土结构并适当放松；当采用钢-混凝土组合梁时，其弹性层间位移角参照纯钢结构并适当加严。对穿螺栓多腔钢管混凝土组合结构中，竖向构件均采用钢梁进行连接。因此，多遇地震作用下，弹性层间位移角取为1/350。

表3 7片对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的试验侧移情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试件 | 加载方向 | 屈服  位移角 | 峰值  位移角 | 破坏  位移角 |
| GHQ-1 | 正向 | 1/115 | 1/51 | 1/43 |
| 负向 | 1/127 | 1/59 | 1/49 |
| GHQ-2 | 正向 | 1/124 | 1/61 | 1/47 |
| 负向 | 1/112 | 1/59 | 1/45 |
| GHQ-3 | 正向 | 1/117 | 1/62 | 1/47 |
| 负向 | 1/110 | 1/62 | 1/50 |
| GHQ-4 | 正向 | 1/118 | 1/66 | 1/43 |
| 负向 | 1/123 | 1/69 | 1/53 |
| GHQ-5 | 正向 | 1/145 | 1/64 | 1/45 |
| 负向 | 1/153 | 1/57 | 1/47 |
| GHQ-6 | 正向 | 1/146 | 1/51 | 1/43 |
| 负向 | 1/148 | 1/62 | 1/45 |
| GHQ-7 | 正向 | 1/156 | 1/67 | 1/48 |
| 正向 | 1/148 | 1/64 | 1/44 |

另外，当风荷载作用和地震作用都较小的地区，除了结构的计算层间位移角满足要求，还应注意控制结构刚度不能过小。一般建议结构第一自振周期不超过，其中H为结构主屋面的高度。

**4.2.3** 本条规定了在一定条件下，可将对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙与钢筋混凝土抗震墙混合使用。由于两种抗震墙的性能具有明显差异，此时侧移限值、刚重比等结构整体控制指标应满足《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3关于混合结构的要求。

# 5 结构计算分析

**5.0.4~5.0.5** 多遇地震作用下，对穿螺栓多腔钢管混凝土组合结构的阻尼比取值参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011中钢结构阻尼比取值的规定。考虑到GB50011的取值主要针对纯钢结构，当高度大于50m时，对阻尼比取值适当进行了放松。

风荷载作用下，结构的塑性变形比设防烈度地震作用下的小，故抗风设计时的阻尼比应比抗震设计时为小。同时，采用的风荷载作用时回归期越短，其阻尼比取值越小。一般情况下风荷载作用时，混合结构的阻尼比可取为0. 02～0.04；有填充墙的钢结构房屋阻尼比可取0.02。

对穿螺栓多腔钢管混凝土组合结构的抗侧刚度主要来自对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙，风荷载作用下，其阻尼比应比混合结构小，且应比地震作用下的阻尼比小，但不小于有填充墙的钢结构房屋。

综合以上因素，风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时，对穿螺栓多腔钢管混凝土组合结构的阻尼比可取为0.025～0.03。验算风振舒适度时，阻尼比宜取0.01～0.02。

**5.0.7** 现行国家、行业标准对于钢-混凝土组合构件的计算刚度均取钢部分的刚度与混凝土部分的刚度之和，本标准亦采用相同原则。

**5.0.9** 本条中的抗震承载力调整系数与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011中钢结构构件的抗震调整系数保持一致。

**5.0.10~5.0.12** 结构底部墙肢在罕遇地震作用下可能出现塑性铰，为保证抗震墙底部出现塑性铰后具有足够大的延性，对此部位适当加强。本条与《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的相关规定保持一致。并通过以下抗震措施，进一步加强该区域：

1 墙肢剪力调整要求，以进一步提高抗剪切破坏的能力.

2 对一级墙肢非加强区增加弯矩调整要求，以进一步保证塑性铰出现在底部加强区。

**5.0.13** 本条引用了《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的相关规定，主要是为了强调尽量避免出现墙肢小偏心受拉的情况。当某一侧墙肢出现大偏心受拉时，应适当提高另一侧墙肢的抗弯和抗剪承载能力。

# 6 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件设计

## 6.1 压弯、拉弯构件的计算

**6.1.1** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙，在轴力－弯矩相关关系曲线上，当轴力等于0.5倍的混凝土抗压承载力时，弯矩承载力最大，高于纯弯时的承载力。当轴力等于混凝土的抗压承载力时，其抗弯承载力等于纯弯的承载力。在《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS159中，引入了矩形钢管混凝土不考虑增大的抗弯承载力的规定，这个规定已经偏于安全，因此不再对抗弯承载力进行折减。钢筋混凝土抗震墙的抗弯承载力采用钢筋和混凝土达到各自的设计强度进行计算，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙按照（6.1.1-1）(6.1.1-3)设计，偏安全的程度更高。

**6.1.2** 本条仅适用于一字形对穿螺栓多腔钢管混凝土墙的稳定计算。为加强对一字形对穿螺栓多腔钢管混凝土墙的要求，未采用板的稳定理论，直接采用杆的稳定理论考虑一字形对穿螺栓多腔钢管混凝土墙的稳定承载力。公式经过了试验研究和大量的数值分析验证，与试验和分析结果吻合较好。

**6.1.5** 墙肢抗剪承载力仅考虑与受力方向一致的钢板抗剪承载力，不考虑混凝土的抗剪承载力。

**6.1.6、6.1.7** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙计算稳定系数时，各参数均应采用标准值计算，目前有关规程采用设计值计算是欠妥当的。

## 6.2 墙肢的稳定计算

**6.2.1** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的墙肢正则化宽厚比*λ*p，计算稳定系数时，各参数均应采用标准值计算，目前有关规程采用设计值计算是欠妥当的。

**6.2.2、6.2.3** 在进行墙肢平面外稳定计算时，各墙肢相互支承作用较大，不可忽略。根据各类墙肢的边界条件，采用板件稳定理论，可得到四边、三边简支板临界荷载和屈曲系数。考虑几何非线性、材料非线性和初始几何缺陷的影响，初始几何缺陷采用弹性屈曲分析得到的一阶屈曲波形的形式，缺陷幅值分别取1/1000和1/500，利用有限元分析方法对墙肢进行了弹塑性稳定分析。将分析得到稳定系数和正则化宽厚比绘制成如（图6.2.2-1）和（图6.2.2-2）所示。从图中可看出：随着*λ*p的增大，稳定系数逐渐减小，但减小的幅度不大。初始缺陷的大小对墙体弹塑性稳定承载力有一定的影响，随着缺陷的增大，相同*λ*p的墙肢稳定承载力有所降低。采用欧洲钢结构协会提出的弹塑性稳定系数。为达到一定长细比下稳定系数等于1的目的，公式可转化为：。当n的取值为1附近时，可获得与EC3规范中的四条柱子曲线很接近的稳定系数曲线。因此，取n等于1，公式转化为*φ*p=1/（1-*λ*2b0+*λ*2p）。

取*λ*p0=0.5，则公式转化为*φ*p=1/（1-0.52+*λ*2p）。从稳定曲线图上可知，本标准提出的稳定计算公式远小于初始缺陷下的数值分析结果，也小于winter公式，更小于欧拉公式曲线，略大于EC3杆件的稳定公式曲线，较为适用。同时，当*λ*p小于0.5时，计算得到的*φ*p为1，故工程设计时若将异形截面的各组成墙肢的*λ*p控制在0.5以内，可不用验算墙肢的稳定性。当*λ*p大于0.5时，需进行墙肢平面外稳定计算。

## 6.3 构造要求

**6.3.1** 为方便向钢管内浇筑混凝土，同时为保证墙体具有一定的稳定性，墙体厚度不能过薄，因此规定墙体厚度不应小于125mm。为避免钢管在浇筑混凝土时出现局部外鼓现象，规定钢管壁厚不宜小于4mm。为便于墙肢之间或墙梁构件之间的连接，第1腔和L形、T形墙的交接部位应采用普通钢管。

**6.3.2** 统计不同壁板厚度的若干条焊缝数据显示：在钢板弯角半径为3*t*（*t*对穿螺栓钢管壁板厚度）的情况下，焊缝表面宽度与焊缝熔深有一定关系。当*t*=4mm或5mm时，焊缝面宽不小于*t*即可达到熔深不小于钢管壁板厚度；当*t*=6mm或8mm时，焊缝面宽不小于板厚减去1mm即可达到熔深不小于钢管壁板厚度，焊缝表面宽度可以作为辅助检查指标。



1

3

2

t

B

h

t

R=3t

图1焊缝示意图

1——矩形钢管；2——窄翼缘槽钢；3——焊缝

**6.3.3** 对穿螺栓钢管混凝土短柱试验研究表明，通过设置对穿螺栓能够提高钢管壁板的局部稳定性。设置对穿螺栓的钢管壁板屈曲系数*K*和屈曲应力*σ*cr可由下式来进行计算：





式中：*b* ——腔的宽度；

*a* ——上下螺栓的间距。

将屈曲应力等于屈服强度时的宽厚比记为*Ey* ，这个宽厚比的0.5，0.6，0.7，0.8倍是钢结构构件板件宽厚比分类的依据。

表4 对穿螺栓钢管混凝土板件宽厚比取值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 高宽比 | 屈曲系数 | 屈服宽厚比 | 抗震等级及对应的屈服宽厚比的倍数 | | | |
|  |  |  | 一级 | 二级 | 三级 | 四级 |
|  |  |  | 0.5 | 0.6 | 0.673 | 0.8 |
| 1 | 10.667 | 90.58 | 45.29 | 54.35 | 60.96 | 72.46 |
| 0.9 | 10.845 | 91.33 | 45.67 | 54.80 | 61.47 | 73.07 |
| 0.8 | 11.477 | 93.96 | 46.98 | 56.37 | 63.23 | 75.17 |
| 0.7 | 12.79 | 99.19 | 49.59 | 59.51 | 66.75 | 79.35 |
| 0.6 | 15.218 | 108.19 | 54.10 | 64.92 | 72.81 | 86.55 |
| 0.55 | 17.10 | 114.69 | 57.34 | 68.81 | 77.18 | 91.75 |
| 0.5 | 19.667 | 122.99 | 61.50 | 73.80 | 82.78 | 98.40 |

上表中的 59.0就是现在我国的CECS 159和 GB50936的宽厚比规定的来源(59+1=60)，采用的是屈服宽厚比的0.642倍。

腔体宽度的规定，不仅要考虑宽厚比，还要考虑生产的规格不能多，不然不利于标准化，还需要Q235、Q355在同一台设备生产，同一台设备还需要能够生产4mm和5mm。所以，腔的宽度就不仅仅是宽厚比的理论来确定，最后的取值见下表。240/300两个宽度，可以两个厚度采用，即钢管规格定为240mm和300mm。

表5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 厚度 | 腔体宽度 | 对穿螺杆间距 | 采用的钢材 | 经济墙厚 |
| 1 | 4 | 200 |  | Q355 无需对穿 | 125,150 |
| 2 | 4 | 240 | 120 | Q235无需对穿,Q355-DC 需要对穿 | 125 |
| 3 | 4 | 300 | 150 | Q235-DC需要对穿 | 125 |
| 4 | 5 | 240 |  | Q355 无需对穿 | 150 |
| 5 | 5 | 300 | 150 | Q235无需对穿, Q355-DC需要对穿 | 150 |
| 6 | 5 | 360 | 180 | Q235-DC 需要对穿 | 150 |

如果螺栓间距取腔体宽度，此时螺栓起不到对钢管壁板的加劲作用，因为螺栓正好落在了屈曲波形的节线上，在抗震等级4级的其他腔，本规程规定宽厚比可以采用80。因此确定的规格，配合对穿螺栓间距，可以达到抗震等级二级的要求。而抗震等级一级时，则应采用更小的宽度或增加板厚。

表6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 规格 | | 对穿螺栓间距 | 对穿腔钢板的宽厚比  正则化宽厚比，屈服强度 | 备注 |
| 1 | 4 | 240 | 120 | 60， 0.573, Q355 | ＜0.6,满足抗震等级二级要求 |
| 2 | 4 | 300 | 150 | 75， 0.593, Q235 |
| 3 | 5 | 300 | 150 | 60， 0.573， Q355 |

**6.3.4** 对穿螺栓的抗拉强度设计值经过试验，直径12,14配对应的厚度和宽度，螺栓不发生破坏，或很晚的阶段才发生破坏。理论上，螺栓的抗拉强度与其分摊面积有关，所以引入式(6.3.4)。

**6.3.5** 试验研究表明，在中部钢管设置对穿螺栓对墙体抗震性能影响较小。在水平荷载作用下，墙体中部钢管受力较小，钢板屈曲发生较晚，屈曲主要发生在墙体达到峰值荷载和承载力退化阶段，在中部钢管设置对穿螺栓对墙体抗震性能没有明显提高，故墙体中间位置可不设置对穿螺栓。

**6.3.6** 通过在一字墙的两端设置端柱，可有效提高一字墙的抗震性能。当一字墙过宽时，为保证其面外稳定承载力，应在墙体中间增设钢管混凝土柱。

**6.3.7** 作为墙肢支承边的翼墙，其自身在出平面的稳定性应有保障，当*λ*0不大于0.215时，其稳定系数大于0.97，据此本条规定了翼墙的最小截面宽度。一般情况下计算高度为一个楼层高度的墙体能够自然满足本条规定，但是穿层墙体还需要按照本条进行复核。

**6.3.8** 为保证对穿螺栓多腔钢管混凝土组合结构具有一定的抗震能力，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙必须具有较好的延性。根据相关研究成果，采用限制混凝土工作承担系数的方法来保证抗震墙的延性，从而得到表6.3.8。

**6.3.9** 轴压比是影响抗震墙在地震作用下塑性变形能力的重要因素。试验表明，相同轴压比的情况下，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的延性要远好于普遍混凝土剪力墙。本条对《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3的混凝土剪力墙轴压比限值进行了适当放松，给出了对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的轴压比限值。考虑到一字墙比L形、T形墙更为不利，对一字墙的轴压比限值进行了适当加严。

**6.3.10** 本条对洞口面积和洞口间距、边距的规定参考了钢筋混凝土整体墙的开孔要求，并适当从严。

## 6.4 L形和T形抗震墙墙肢的稳定计算

**6.4.1~6.4.3** L形、T形、[形、工形等异形截面的各片墙肢可相互起支承作用。对穿螺栓多腔钢管混凝土墙的截面宽度较大，面内稳定系数很大，因此其稳定承载力与强度承载力接近。计算墙肢面内稳定时，为进一步简化计算，不考虑各墙肢相互作用，均按一字形墙体计算条考虑。

平面外稳定分析时，各墙肢互为支承，按照正交板屈曲理论计算稳定性，可得到四边、三边简支板临界荷载。

考虑几何非线性、材料非线性和初始几何缺陷的影响，初始几何缺陷采用弹性屈曲分析得到的一阶屈曲波形的形式，缺陷幅值取1/500，利用数值分析方法进行了弹塑性稳定分析。将分析得到稳定系数和正则化宽厚比绘制成如下图2和图3所示。从中可看出：随着*λ*p的增大，稳定系数逐渐减小。初始缺陷的大小对墙体弹塑性稳定承载力有一定的影响，随着缺陷的增大，相同*λ*p的墙肢稳定承载力有所降低。采用欧洲钢结构协会提出的弹塑性稳定系数。为达到一定长细比下稳定系数等于1的目的，公式可转化为：。

四边支承时取*λ*b0=0.55，*n*＝1.8，三边支承时*λ*b0=0.4，*n*=1.65。曲线与有限元分析的曲线对比如图2和图3所示，从稳定曲线图上可知，本规程提出的稳定计算公式远小于有限元分析结果，也小于winter公式，。



图2 四边简支时φp-λp关系曲线



图3 三边简支时φp-λp关系曲线

三边简支和四边简支墙体纯弯时的稳定系数为1.0,即不会发生弯扭失稳。

压弯时的相关关系曲线见图4



(a) 四边支承板



(b) 三边支承板

图4 墙肢压弯相关关系

# 7 节点设计

## 7.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的墙脚节点

**7.3.1** 墙脚的连接系数*η*j参考了现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99，同时考虑了抗震设防烈度及嵌固端以下地下室层数的影响。6度及7度（0.1g）时，嵌固端以下地下室层数若不少于2层，可不进行连接的极限抗弯承载力验算。

罕遇地震作用下墙肢轴力可能会变小甚至由受压变为受拉，仅取多遇地震作用下墙肢的组合轴力设计值或按只受弯来进行连接的极限抗弯承载力验算有时会造成连接偏弱，因此提出了“连接的极限抗拉承载力不应小于构件的塑性抗拉承载力”的设计要求，该要求任何情况下均应满足。

考虑到墙肢的实际承载力可能会超过计算承载力，因此，只有弯矩作用下墙肢的塑性抗弯承载力*M*ux应乘以1.25的超强系数。

**7.3.3** 墙脚连接的抗弯承载力计算时不考虑受压区基础混凝土强度的局部承压提高系数，此时基础的局部承压自动满足。连接钢筋和型钢应与钢管壁板对中，以便直接将钢管壁板的拉压力传至基础。锚筋承载力计算公式和构造要求参考了《混凝土结构设计规范》GB50010对预埋件承载力计算和钢筋锚固长度的有关规定。

底板有效外伸宽度的计算方法参照了欧洲规范，假定底板下基础反力达到*f*c时，悬挑板根部的应力刚好达到*f*。底板厚度不宜小于*d*，一是锚筋穿孔塞焊的构造需要，二是为了减小钢管壁板在锚筋处的应力集中。

抗震墙与底板连接处，沿四周外侧贴板一是可以加强钢管与底板的连接焊缝，二是使墙底的塑性铰上移，三是减小钢管壁板在锚筋处的应力集中。

## 7.4 钢梁与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点

**7.4.1** 强震作用下梁端可能会出现塑性铰，除按照构件的抗弯承载力设计值验算连接的抗弯承载力设计值外，尚需按构件的塑性抗弯承载力验算连接的极限抗弯承载力。

**7.4.3** 通过在梁上下翼缘局部焊接钢板或加大截面，可有效提高节点延性，在罕遇地震作用下获得在远离梁柱节点处梁截面塑性发展的设计目标。

**7.4.4、7.4.5** 本条给出的节点形式可以减少焊缝长度，且不需要制作牛腿，有利于制作和运输。其中，槽形加强板式节点通过在墙体三面壁板外侧设置贴板来进行加强，钢梁翼缘采用端焊缝直接与墙肢上的端板来进行连接。为保证达到刚接节点性能，采用塑性铰线法进行推导，给出了锚筋式刚接节点和槽形加强板式节点的端板厚度计算公式。根据现有外贴板式节点的抗震性能试验结果，这类节点的抗震性能和普通框架梁与钢管混凝土柱的性能接近。

## 7.5 楼板与对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的连接节点

**7.5.2** 根据相关推出试验结果，为进一步保证楼板和对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙，各腔内混凝土共同工作，在每层楼板位置处，墙体每一个钢管均应预留两排，总共不少于4个钢筋孔，每个孔插入的钢筋直径不宜小于10mm。

对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙作为现浇楼板边支座时，考虑到楼板边的整体性比现浇混凝土差，因此按简支边计算楼板。对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙作为中间支座时，两侧均有现浇楼板且楼板钢筋可以穿过墙体布置，满足刚接要求，因此可按刚接计算。

考虑到施工方便、抗裂缝要求，将支座钢筋采用两种长度伸入楼板内，并长、短间隔布置。当一长一短布置无法满足计算要求时，也可两长一短布置。仅考虑长支座钢筋的受力作用，短支座钢筋作为构造要求布置。

# 8 防护设计

## 8.1防腐保护设计

**8.1.4、8.1.5** 在《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第2部分：环境分类》GB/T30790.2中对大气腐蚀腐蚀性等级和典型环境环境示例如表7所示。

表7 大气腐蚀腐蚀性等级和典型环境环境示例

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 腐蚀性  等级 | 低碳钢的单位面积质量损失/厚度损失  （经过第一年暴露后） | | 温和气候下典型的环境示例 | |
| 质量损失  g.m-2 | 厚度损失  *μ*m | 外部 | 内部 |
| C1很低 | ≤10 | ≤1.3 | ------ | 清洁大气环境下的保温建筑物，例如办公室、商店、学校和旅馆 |
| C2低 | ＞10  且≤200 | ＞1.3  且≤25 | 低污染水平的大气，大多数乡村地区 | 可能发生凝露的不保温建筑物，例如仓库、体育馆 |
| C3中等 | ＞200  且≤400 | ＞25  且≤50 | 城市和工业大气，中度二氧化硫污染，低盐度的沿海地区 | 高湿度和存在一定空气污染的生产场所，例如食品加工厂、酿酒厂、牛奶场 |
| C4高 | ＞400  且≤650 | ＞50  且≤80 | 工业区和中盐度的沿海地区 | 化工厂、游泳池、沿海船舶和造船厂 |

查阅中国大气腐蚀监测平台的实测值研究成果，表8列出国内一些城市的大气腐蚀腐蚀等级。

表8 国内碳钢大气腐蚀腐蚀等级（实测值）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 腐蚀性等级 | 城市 | 腐蚀性等级 | 城市 | 腐蚀性等级 |
| 上海 | C3 | 漠河 | C2 | 广州 | C4 |
| 北京 | C3 | 拉萨 | C2 | 重庆 | C4 |
| 武汉 | C3 | 敦煌 | C2 | 成都 | C4 |
| 琼海 | C3 | 库尔勒 | C2 | 海口 | C4 |
| 沈阳 | C3 | 包头 | C2 | 文昌 | C4 |
| 鞍山 | C3 | 万宁 | C2 | 青岛 | C4 |

根据国家自然科学基金资助项目“材料自然环境腐蚀数据积累及规律研究”研究成果，我国大陆地区大部分地区应处于C3腐蚀等级。

原则上在腐蚀性等级C1下的构件不需要防腐蚀保护。但如用于腐蚀性等级C1下的钢构件未进行涂装，且运输、临时贮存或安装过程中长期处于暴露条件下，腐蚀就会发生。因此，C1等级宜按C2等级进行防腐蚀设计。

现有防腐蚀涂层的耐久性结果主要针对裸露涂层，裸露钢结构防腐蚀涂层的耐久性通常受到日照、退色、粉化、污染、磨损或基于美观以及其他方面的原因，耐久性较差，通常需要频繁进行维护。建筑内部的钢结构构件通常都不会完全暴露在空气中，除了防腐蚀层外，表面会有防火保护层和装饰层进行保护，进一步隔绝了大气环境，不存在日照、退色、污染、磨损、美观等影响，耐久性可进一步提高。

综合以上结论，办公室、商店、住宅、学校和旅馆等有保温的建筑，室内的大气腐蚀性等级为C1级。建筑中应通过防腐蚀涂层，防火涂料层和装饰层设置不小于两层保护，以达到长效保护的目的。

通常情况下防腐蚀层中的面涂层主要遮蔽日光对涂层的破坏、装饰功能和密封等作用。采用防火涂料、水泥砂浆、无机保温砂浆、轻质底层抹灰石膏、砌筑砌体（以界面层贴附在钢结构构件表面时）等材料进行防火保护时，可与钢结构构件表面紧紧包裹在一起，密封性能良好，可以达到面涂层的功能。因此，可不涂刷面涂料。

**8.1.6** 卫生间、厨房属于经常用水房间，且漏水现场时有发生，应设置不少于三道的防腐蚀防线。第一道为防腐蚀涂层设计，第二道为水泥砂浆防火层，水泥砂浆厚度不小于30mm。第三道为在水泥砂浆表面做建筑防水层。通常情况下，卫生间水泥砂浆表面还存在瓷砖装饰层保护。

为防止墙根处积水或漏水，应设置素混凝土翻边。虽然卫生间的钢梁位于吊顶上部，但卫生间水蒸气较多，钢梁表面容易承受冷凝水。因此宜防水砂浆进一步保护，特别是采用防火涂料、柔性防火材料等孔隙率较大的防火保护层，外层应采用防水砂浆包覆。

**8.1.7** 考虑到采用黏贴岩棉的粘结界面层密封性能良好，如粘结破坏，岩棉就会脱离，同时岩棉外部还有砂浆抹面层保护，保护性能良好。如岩棉外部采用石材、人造板材等不透明材料防护时，也可提供相应的保护。因此，以上两种情况均可对中间漆形成一定程度的有效保护，也可不涂刷面涂层。提高但随着建筑使用年限的增加，建筑外围护系统的易于破坏。同时，相关研究显示提高中间层漆膜厚度可有效提高防腐蚀保护层的耐久性。

综合以上情况，为进一步提高外墙的防腐蚀性能，防腐蚀最小保护层最小厚度保持不变，可增加中间层漆膜厚度。

**8.1.8** 地下室容易漏水，南方地区雷雨天气前后常常墙面或地面产生大量冷凝水，因此，宜采用水泥砂浆作为第二道防线且防腐蚀保护层最小厚度不宜减少。

**8.1.11** 增加底涂料中金属锌的含量、增加漆膜厚度、腐蚀裕量计算均是有效的提高防腐蚀性能的措施，可选择使用。

## 8.2 防火保护设计

**8.2.1** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙承担了竖向荷载，因此宜按柱的要求来确定抗震墙的耐火极限。

**8.2.3** 防火隔热材料应不炸裂，不产生穿透裂缝。防火保护层在火灾下应能适应结构构件的变形。采用外包普通混凝土防火保护构造时，为了防止在高温下混凝土爆裂，宜加构造钢筋。

**8.2.6** 几何长细比主要反映了几何非线性对构件耐火性能的影响，不涉及材料性能。根据钢板组合剪力墙的耐火研究表明，虽然钢板组合剪力墙的形式多样，其耐火极限可由其中的基本组成单元，即单个腔体的参数确定。

**8.2.7~8.2.9** 由于推导公式所覆盖的算例中荷载范围有限，实际工程中若构件的火灾荷载比大于0.85，则不适用该公式进行计算。

**8.2.11** 火灾下对穿螺栓多腔钢管内混凝土会产生一定的水蒸气。为保证钢管和混凝土之间共同工作良好，保证结构的安全，应在钢管上设置排气孔。对于比较高的抗震墙，仅在楼层位置的钢管上设置排气孔不能保证充分排气，因此本条规定排气孔还要沿抗震墙的高度方向设置，间距不宜大于6m。

# 9 制作和施工

## 9.2 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的制作和施工

**9.2.3** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件的制作需要经过下料、组装、焊接、涂装等多道工序，每一道关键工序前均应检查合格后，方可进入下一道工序。

**9.2.4~9.2.6** 保持对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙构件内部清洁是保证混凝土浇筑质量的重要措施，应在出厂前，安装前进行检查。

**9.2.8** 避免测量累积误差，安装时定位轴线必须从地面控制轴线引用，不得从下层的轴线引上。

**9.2.9** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的竖向面积大，承受的风荷载作用较大，施工过程中应及时形成稳固的空间刚度单元，保证施工安全。

## 9.3 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土浇筑

**9.3.1** 自密实混凝土施工工艺目前已经很成熟，适用于对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土的施工。由于项目条件的不同，为保证对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土的浇筑质量，应结合各方面的条件进行现场浇筑工艺试验，确定好施工工艺参数后方可大面积进行施工。

**9.3.4** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土设计强度达到50%，腔内混凝土的沉降基本完成，同时上部施工不会对腔内混凝土形成扰动。在形成空间整体情况下，经过计算，上一节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙和施工荷载自重（混凝土楼板还未浇筑）对本节对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙的应力影响较小。

**9.3.5** 混凝土浇筑完成后，对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙顶须进行封闭处理，主要目的是防止杂物、雨水等落入对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内而影响后续混凝土质量。

## 9.4 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙防火施工

**9.4.3** 多高层钢结构住宅构件外有装饰材料，没有可预留的膨胀空间，应采用非膨胀型防火涂料。钢结构装配式住宅考虑到室内住宅环境的装饰装修，需要在防火涂料外侧施工抹灰层。非膨胀型防火涂料的传统配方只关注导热性能，对强度要求极低，根据抹灰砂浆的特点，需要提高防火涂料的抗压强度和粘结强度。

这两项指标，需要涂料厂家更改配方，或选择这两项指标较高的厂家产品。

# 10 验 收

## 10.1 一般规定

**10.1.1** 对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构中既有钢结构又含有混凝土，除了符合本章规定外，还应符合的现行国家标准和行业标准有《钢结构工程施工规范》GB50755、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《钢结构焊接规范》GB50661、《钢管混凝土结构技术规范》GB50936、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《混凝土结构工程施工规范》GB50666、《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283等。

对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构是钢结构工程子分部的一部分，其分项工程的划分及验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300及《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的有关规定。各分项工程中对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙结构内容应按本标准的相关规定进行检查验收，其余检查项应按照国家现行规范标准执行。

**10.1.2** 焊接工程是所有钢结构工程施工中重要的环节，对焊接作业相关人员的资格要求，是保证构件焊接质量的基本条件。具体要求可按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661的相关规定执行。

**10.1.4** 对轻质底层抹灰石膏、混凝土、无机轻集料保温砂浆、水泥砂浆和加气混凝土砌块防火保护工程的验收应按照符合现行国家现行标准《建筑钢结构防火技术规范》GB51249中混凝土、砂浆和砌体防火保护工程验收内容执行的有关规定。

## 10.7 腔内混凝土工程

**10.7.3**  对穿螺栓多腔钢管混凝土抗震墙内混凝土的密实性指标，通过敲击检查方式，是方便可行的检查办法。敲击检查密实性也是在混凝土浇筑施工过程中采取的主要控制手段。初步检查如有异常，可采用超声波或钻孔等方法进行检测。对不密实部位，应采用钻孔压浆法进行补强，然后将钻孔补焊封固。