

中国工程建设协会标准

高层建筑钢—混凝土混合结构  
设计规程

Specification for design of steel-concrete mixed  
structure of tall buildings

CECS 230 : 2008

主编单位：中国建筑标准设计研究院

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2008年11月1日

中国计划出版社

2008 北 京

# 中国工程建设标准化协会公告

第 29 号

## 关于发布《高层建筑钢—混凝土混合结构设计规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会[2002]建标协字第 33 号文《关于印发中国工程建设标准化协会 2002 年第二批标准制、修订项目计划的通知》的要求,由中国建筑标准设计研究院等单位编制的《高层建筑钢—混凝土混合结构设计规程》,经本协会组织审查,现批准发布,编号为 CECS 230 : 2008,自 2008 年 11 月 1 日起施行。

中国工程建设协会标准  
高层建筑钢—混凝土混合结构  
设计规程

CECS 230 : 2008

☆

中国建筑标准设计研究院 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

850×1168 毫米 1/32 5.125 印张 130 千字

2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—8100 册

☆

统一书号:1580177·085

定价:40.00 元

中国工程建设标准化协会  
二〇〇八年七月十七日

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会(2002)建标协字第 33 号文《关于印发中国工程建设标准化协会 2002 年第二批标准制、修订项目计划的通知》的要求,制定本规程。

近年来,钢框架—混凝土核心筒混合结构已成为我国高层建筑中应用最多的结构形式。现行国家行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 虽然对这种结构设计的若干基本问题作出了规定,但由于框架形式的多样,其与核心筒组合形式不同带来的受力特点的差异、框架部分的层剪力分担率以及构件和连接设计中方方面面的问题,还缺少相关的标准。为了使这种结构的设计有据可依,促进其进一步合理发展,由中国建筑标准设计研究院组织有关单位,共同编制了本规程。

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

本规程由中国工程建设标准化协会钢结构专业委员会 CECS/TC 1 归口管理,由中国建筑标准设计研究院(北京市海淀区首体南路 9 号主楼国际 2 号楼,100044)负责解释。在使用中如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料寄往解释单位。

**主 编 单 位:** 中国建筑标准设计研究院

**参 编 单 位:** 清华大学

同济大学

上海中巍结构工程设计顾问事务所

浙江杭萧钢构股份公司

长安大学

天津市建筑设计院

主要起草人: 蔡益燕 方鄂华 钱稼茹 叶列平 郁银泉  
崔鸿超 李国强 赵作周 周绪红 申林  
杨强跃 陈国津 陈敖宜

中国工程建设标准化协会  
2008年7月17日

## 目次

|     |                   |       |
|-----|-------------------|-------|
| 1   | 总 则 .....         | ( 1 ) |
| 2   | 术语、符号 .....       | ( 2 ) |
| 2.1 | 术语 .....          | ( 2 ) |
| 2.2 | 符号 .....          | ( 3 ) |
| 3   | 材 料 .....         | ( 8 ) |
| 3.1 | 钢材 .....          | ( 8 ) |
| 3.2 | 连接材料 .....        | (10)  |
| 3.3 | 钢筋和混凝土 .....      | (12)  |
| 4   | 结构设计基本规定 .....    | (13)  |
| 4.1 | 一般规定 .....        | (13)  |
| 4.2 | 结构平面布置 .....      | (17)  |
| 4.3 | 结构竖向布置 .....      | (17)  |
| 4.4 | 结构设计的其他规定 .....   | (18)  |
| 5   | 结构计算分析 .....      | (21)  |
| 5.1 | 一般规定 .....        | (21)  |
| 5.2 | 计算参数及内力调整 .....   | (24)  |
| 5.3 | 罕遇地震作用下变形验算 ..... | (25)  |
| 6   | 构件设计 .....        | (27)  |
| 6.1 | 钢构件 .....         | (27)  |
| 6.2 | 钢—混凝土组合梁 .....    | (30)  |
| 6.3 | 钢管混凝土构件 .....     | (30)  |
| 6.4 | 钢管混凝土柱 .....      | (39)  |
| 6.5 | 钢板混凝土连梁和钢连梁 ..... | (45)  |
| 6.6 | 伸臂桁架和腰桁架 .....    | (52)  |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 7 连接设计 .....               | (55)  |
| 7.1 一般规定 .....             | (55)  |
| 7.2 钢梁与钢柱的连接 .....         | (55)  |
| 7.3 钢梁与钢骨混凝土柱的连接 .....     | (59)  |
| 7.4 钢梁与钢管混凝土柱的连接 .....     | (61)  |
| 7.5 钢梁与钢筋混凝土柱的连接 .....     | (65)  |
| 7.6 钢骨混凝土梁与钢骨混凝土柱的连接 ..... | (68)  |
| 7.7 钢梁与混凝土墙的连接 .....       | (71)  |
| 7.8 柱与柱的连接 .....           | (75)  |
| 8 柱脚设计 .....               | (78)  |
| 8.1 钢柱柱脚 .....             | (78)  |
| 8.2 钢骨混凝土柱柱脚 .....         | (87)  |
| 8.3 钢管混凝土柱柱脚 .....         | (92)  |
| 9 混合结构的施工、防火和防腐蚀 .....     | (96)  |
| 附录 A 高强螺栓连接计算 .....        | (98)  |
| 本规程用词说明 .....              | (100) |
| 附:条文说明 .....               | (101) |

## 1 总 则

**1.0.1** 为满足高层建筑钢—混凝土混合结构应用的需要,做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量,制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于 10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28m 的高层建筑钢—混凝土混合结构的设计。钢—混凝土混合结构是指由钢框架、钢支撑框架、混合框架,或钢框筒、混合框筒与钢筋(或钢骨)混凝土核心筒(或剪力墙)组成的结构,可分为双重抗侧力体系和非双重抗侧力体系。

本规程不适用于建造在危险地段场地的钢—混凝土混合结构。

**1.0.3** 抗震设计的高层建筑混合结构应根据其使用功能的重要性分为甲、乙、丙三个抗震设防类别。建筑抗震设防类别的划分和抗震设防标准应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

**1.0.4** 高层建筑混合结构的设计除应符合本规程的规定外,尚应符合现行国家强制性标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 组合柱 composite column

由钢和混凝土组合而成并共同受力的柱,包括钢骨混凝土柱和钢管混凝土柱。

#### 2.1.2 组合梁 composite beam

由钢和混凝土组合而成并共同受力的梁,包括钢骨混凝土梁和钢—混凝土组合梁,后者是由混凝土板与钢梁组合而成并共同工作的梁。

#### 2.1.3 钢骨混凝土筒(剪力墙) steel-reinforced concrete core (shear wall)

由钢筋混凝土和钢骨架组成并共同受力的筒(剪力墙)。

#### 2.1.4 混合框架或混合框筒 mixed frame or mixed framed core

由组合柱与钢梁或组合梁组成的框架或框筒。

#### 2.1.5 双重抗侧力体系 dual system

由两种受力、变形性能不同的抗侧力结构单元组成并共同承受水平地震作用的结构体系。例如,框架—剪力墙,框架—核心筒,筒中筒等体系,其中框架部分承受的地震层剪力应符合本规程双重抗侧力体系的规定。

#### 2.1.6 框架层剪力分担率 percentage of story shear force carried by frame

框架部分最小地震层剪力标准值与该层总地震层剪力标准值的比值。

### 2.2 符 号

#### 2.2.1 作用和作用效应:

$M$ ——弯矩设计值;

$N$ ——轴力设计值;

$V$ ——剪力设计值;

$M_{cy}^{ss}$ ——钢骨混凝土柱钢骨部分的受弯承载力;

$M_B$ ——埋入式柱脚柱钢骨底部截面的弯矩设计值;

$M_{Bu}$ ——埋入式柱脚钢骨底部的混凝土承载力;

$M_c^{ss}$ ——基础顶面柱钢骨部分承担的弯矩设计值;

$M_{cu}^{rc}$ ——钢骨混凝土柱钢筋混凝土部分的受弯承载力;

$M_u$ ——圆形钢管混凝土柱的受弯承载力;极限受弯承载力;

$M_{wu}$ ——钢骨(管)混凝土剪力墙的正截面受弯承载力;

$M_b^l, M_b^r$ ——分别为梁左右端顺时针或反时针方向考虑地震作用组合的弯矩设计值;

$M_p^l, M_p^r$ ——分别为节点区左右梁端顺时针或反时针方向全塑性受弯承载力;

$M_{bua}^l, M_{bua}^r$ ——分别为梁左右端顺时针或反时针方向实配的正截面抗震受弯承载力;

$M_{pc}$ ——有轴力作用时钢柱截面的全塑性受弯承载力;

$M_1$ ——钢柱脚的受弯承载力;

$N_{cy}^{ss}$ ——钢骨混凝土柱钢骨部分的轴力承载力;

$N_B$ ——埋入式柱脚柱钢骨底部截面的轴力设计值;

$N_{cu}^{rc}$ ——钢骨混凝土柱钢筋混凝土部分的轴力承载力;

$N_c^{rc}$ ——基础顶面柱混凝土部分所承担的轴力设计值;

$N_l$ ——钢管混凝土局部作用的轴压力设计值;

$N_{ul}$ ——钢管混凝土柱的局部受压承载力;

$N_0$ ——圆形钢管混凝土短柱的轴心受压承载力;

$N_{av}$ ——单个栓钉或穿筋的抗剪承载力设计值;  
 $N_y$ ——钢柱的轴向屈服承载力;  
 $R_s$ ——单个螺栓的实际受剪承载力;  
 $V_y^{ss}$ ——钢骨混凝土构件钢骨部分的受剪承载力;  
 $V_{cu}^{rc}$ ——钢骨混凝土构件钢筋混凝土部分的受剪承载力;  
 $V_b$ ——钢骨(板)混凝土连梁的剪力设计值;  
 $V_{Gb}$ ——在重力荷载代表值作用下,按简支梁计算的梁端截面剪力设计值;  
 $V_j$ ——节点核心区剪力设计值;  
 $V_{ss}$ ——钢梁传来的剪力;  
 $T_y$ ——U形加强筋的受拉承载力;  
 $T_a$ ——单个栓钉或穿筋的抗拉承载力设计值;  
 $W_k$ ——风荷载标准值;  
 $\Delta u$ ——层间位移。

## 2.2.2 材料性能和抗力:

$E_c$ ——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;  
 $f_a$ ——栓钉钉杆钢材抗拉强度设计值;钢管材料的抗拉、抗压强度设计值;  
 $f_B$ ——混凝土承压强度设计值;  
 $f_t, f_c$ ——混凝土轴心抗拉、轴心抗压强度设计值;  
 $f_{ck}$ ——混凝土轴心抗压强度标准值;  
 $f_v$ ——钢材的抗剪强度设计值;  
 $f_{ce}$ ——钢材的端面承压强度设计值;  
 $f_y$ ——钢材的屈服强度;  
 $f_{yv}$ ——箍筋的抗拉强度设计值;  
 $f_{yk}$ ——钢筋或U形加强筋的抗拉强度标准值;  
 $f_u$ ——钢材的极限抗拉强度最小值;

$f_t^w, f_c^w, f_v^w$ ——对接焊缝的抗拉、抗压和抗剪强度设计值;  
 $f_t^w$ ——角焊缝的抗拉、抗压和抗剪强度设计值;  
 $\tau_0$ ——钢管与核心混凝土界面的粘结强度设计值;

## 2.2.3 几何参数:

$A$ ——毛截面面积;  
 $A_{ss}, A_a$ ——钢骨、钢管横截面面积;  
 $A_w$ ——钢梁腹板截面面积;  
 $A_c$ ——钢管混凝土柱混凝土截面面积;钢管内混凝土横截面面积;  
 $A_{sv}$ ——配置在同一混凝土斜截面内箍筋各肢的全部截面面积;  
 $A_{sh}$ ——配置在同一截面内箍筋的截面积;  
 $A_0$ ——栓钉将混凝土拔出成45°台锥体破坏时侧表面的投影面积;  
 $A_l$ ——U形加强筋的截面面积之和;  
 $a$ ——U形加强筋重心至基础表面或至柱底板下表面的距离;  
 $B_c$ ——与弯矩方向垂直的柱身宽度;  
 $b_e$ ——外包层混凝土的截面有效宽度;  
 $b_{se}$ ——钢柱埋入部分的有效承压宽度;  
 $D$ ——栓钉钉头直径;  
 $D_c$ ——与弯矩作用方向平行的柱身尺寸;  
 $d_0$ ——预埋件受拉区栓钉的面积形心至预埋件受压边缘的距离;  
 $e_0$ ——偏心距;  
 $e_1$ ——螺栓群的实际偏心距;  
 $e_2$ ——折算偏心距;  
 $a_b$ ——梁受拉主筋至截面受拉边缘距离;  
 $b_j$ ——节点核心区受剪截面宽度;

$h_e$ ——栓钉埋入混凝土的钉杆深度;  
 $h_B$ ——柱脚埋置深度;  
 $H$ ——房屋高度;层高;  
 $H_n$ ——框架柱净高;  
 $h$ ——层高;  
 $h_b$ ——梁截面高度;  
 $h_{b0}$ ——混凝土连梁截面有效高度;  
 $h_c$ ——柱截面高度;  
 $h_j$ ——节点核心区受剪截面高度;  
 $I_{sb}$ ——高强螺栓群的截面面积惯性矩;  
 $l$ ——构件长度;基础顶面到钢柱反弯点的距离;  
 $l_e$ ——柱的等效计算长度;埋置长度;  
 $n_s$ ——高强螺栓群的螺栓数;  
 $n_t$ ——预埋件受拉区栓钉或穿筋的数量;  
 $n_c$ ——预埋件受压区栓钉或穿筋的数量;  
 $r_c$ ——钢管内混凝土横截面的半径;  
 $s$ ——箍筋间距;  
 $t$ ——钢板厚度;  
 $t_w$ ——腹板厚度;  
 $t_f$ ——翼缘厚度;  
 $B$ ——箱形截面边长;  
 $D$ ——钢管外径;  
 $W_{pb}$ ——梁的塑性截面模量;  
 $W_{pc}$ ——柱的塑性截面模量。

#### 2.2.4 计算系数:

$\alpha$ ——与混凝土强度等级有关的系数;  
 $\beta_c$ ——混凝土强度影响系数;  
 $\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数;  
 $\gamma$ ——栓钉材料抗拉强度最小值与屈服强度之比;

$K$ ——刚度系数;  
 $\varphi$ ——钢管混凝土轴心受压构件稳定系数;  
 $\eta$ ——强柱系数;  
 $\eta_j$ ——节点核心区剪力增大系数;  
 $\eta_m$ ——预埋件弯矩增大系数;  
 $\eta_v$ ——预埋件剪力增大系数;  
 $\psi$ ——折减系数;  
 $\rho_{sh}$ ——水平箍筋的配筋率;  
 $\varphi_l$ ——钢管混凝土柱考虑长细比影响的承载力折减系数;  
 $\varphi_e$ ——钢管混凝土柱考虑偏心率影响的承载力折减系数;  
 $\varphi_0$ ——钢管混凝土轴心受压柱考虑长细比影响时的承载力折减系数;  
 $\theta$ ——钢管混凝土套箍系数;  
 $\xi$ ——与混凝土强度等级有关的系数;  
 $\omega$ ——考虑局部压应力分布状况的系数;  
 $n$ ——柱的轴压力系数;  
 $\delta_j$ ——节点形式系数。

### 3 材 料

#### 3.1 钢 材

**3.1.1** 承重结构的钢材,非抗震结构宜采用 Q235、Q345 和 Q390 钢,抗震结构宜采用 Q235、Q345 和 Q235GJ、Q345GJ、Q390GJ、Q420GJ 钢。钢材质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的规定。当采用其他牌号的钢材时,尚应符合有关标准的规定和要求。

**3.1.2** 应根据承重结构的重要性、荷载特征、连接方法、工作环境以及构件所处部位等不同情况,选择合适的钢材牌号和质量等级,并应保证抗拉强度、伸长率、屈服强度、冷弯性能、冲击韧性等合格,硫、磷含量不高于有关标准规定的限值。焊接结构构件尚应保证碳含量不高于有关标准规定的限值。

**3.1.3** 常用钢材强度值,应按表 3.1.3 的规定采用。

表 3.1.3 钢材的强度值(N/mm<sup>2</sup>)

| 钢材<br>牌号 | 钢材厚度<br>(mm) | 屈服强度<br>$f_y$ | 极限抗拉<br>强度最小值<br>$f_u$ | 强度设计值           |             |                  |
|----------|--------------|---------------|------------------------|-----------------|-------------|------------------|
|          |              |               |                        | 抗拉、抗压、抗弯<br>$f$ | 抗剪<br>$f_v$ | 端面承压<br>$f_{ce}$ |
| Q235     | ≤16          | 235           | 375                    | 215             | 125         | 325              |
|          | 16~40        | 225           |                        | 205             | 120         |                  |
|          | 40~60        | 215           |                        | 200             | 115         |                  |
|          | 60~100       | 205           |                        | 190             | 110         |                  |
| Q345     | ≤16          | 345           | 470                    | 310             | 180         | 400              |
|          | 16~35        | 325           |                        | 295             | 170         |                  |
|          | 35~50        | 295           |                        | 265             | 155         |                  |
|          | 50~100       | 275           |                        | 250             | 145         |                  |

续表 3.1.3

| 钢材<br>牌号   | 钢材厚度<br>(mm) | 屈服强度<br>$f_y$ | 极限抗拉<br>强度最小值<br>$f_u$ | 强度设计值           |             |                  |
|------------|--------------|---------------|------------------------|-----------------|-------------|------------------|
|            |              |               |                        | 抗拉、抗压、抗弯<br>$f$ | 抗剪<br>$f_v$ | 端面承压<br>$f_{ce}$ |
| Q390       | ≤16          | 390           | 490                    | 350             | 205         | 415              |
|            | 16~35        | 370           |                        | 335             | 190         |                  |
|            | 35~50        | 350           |                        | 315             | 180         |                  |
|            | 50~100       | 330           |                        | 295             | 170         |                  |
| Q345<br>GJ | 16~35        | 345           | 490                    | 310             | 180         | 415              |
|            | 35~50        | 335           |                        | 300             | 175         |                  |
|            | 50~100       | 325           |                        | 295             | 170         |                  |

注:1 表中厚度系指计算点的钢材厚度,对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

2 抗震结构用钢材牌号不宜高于 Q345。必要时可选用《建筑结构用钢板》GB/T 19879 规定的优质建筑钢板。

**3.1.4** 对处于外露环境,且对耐腐蚀有特殊要求的或在腐蚀性气态和固态介质作用下的承重结构,宜采用耐候钢,其质量要求应符合现行国家标准《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 的规定。

**3.1.5** 抗震结构钢材的屈强比不应大于 0.85,应有明显的屈服台阶,伸长率不应小于 20%(50mm 标距试样),并应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。

**3.1.6** 当连接采用焊接、钢材板厚等于和大于 40mm 且承受厚度方向拉力时,受拉板件在板厚方向的截面收缩率,不应小于现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 规定的 Z15 级允许值。

对板厚等于 30mm~40mm 的 Q345 钢材,下料前宜加强检验。

**3.1.7** 钢材的物理性能指标应按表 3.1.7 采用。

表 3.1.7 钢材的物理性能指标

| 弹性模量 $E$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 剪变模量 $G$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 线膨胀系数 $\alpha$<br>(以每℃计) | 质量密度 $\rho$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| $206 \times 10^3$                | $79 \times 10^3$                 | $12 \times 10^{-6}$      | 7850                                |

**3.1.8** 在混合结构的设计文件和钢材订货文件中,应注明建筑结

构的设计使用年限、所采用钢材的牌号、连接材料的型号(或钢号)和对钢材所要求的力学性能、化学成分及其他附加保证项目。此外,还应注明所要求的焊缝形式、焊缝质量等级、端面刨平顶紧部位及对施工的要求。

### 3.2 连接材料

3.2.1 承重钢结构的焊接材料应符合下列要求:

1 手工焊接用焊条,应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117或《低合金钢焊条》GB/T 5118 的规定。选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。

2 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和焊剂,应与主体金属力学性能相适应,并应符合现行国家标准的规定。

3 二氧化碳气体保护焊用焊丝,应符合现行国家标准《气体保护焊用焊丝》GB/T 14958 的规定。

4 熔化嘴电渣焊和非熔化嘴电渣焊采用的焊丝,应符合现行国家标准《熔化焊用焊丝》GB/T 14957 的规定。

5 当两种不同的钢材相连时,应采用与低强度钢材主体金属力学性能相适应的焊接材料。

6 焊缝强度设计值应按表 3.2.1 的规定采用。

3.2.2 连接螺栓应符合下列规定:

1 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 的规定。

2 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3662 和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》GB/T 3663 的规定。

3 螺栓连接的强度设计值应符合表 3.2.2 的规定。

3.2.3 圆柱头焊钉(栓钉)连接件的材料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。

3.2.4 锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中规定的 Q345 钢制成。

表 3.2.1 焊缝的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

| 焊接方法和焊条型号             | 构件钢材    |                                 | 对接焊缝                     |                          |                          | 角焊缝                      |
|-----------------------|---------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                       | 牌号      | 厚度或直径(mm)                       | 抗压<br>$f_c^w$            | 焊缝质量为下列等级时,抗拉 $f_t^w$    |                          | 抗剪<br>$f_v^w$            |
|                       |         |                                 |                          | 一级、二级                    | 三级                       |                          |
| 自动焊、半自动焊和 E43 型焊条的手工焊 | Q235    | ≤16<br>16~40<br>40~60<br>60~100 | 215<br>205<br>200<br>190 | 215<br>205<br>200<br>190 | 185<br>175<br>170<br>160 | 125<br>120<br>115<br>110 |
| 自动焊、半自动焊和 E50 型焊条的手工焊 | Q345    | ≤16<br>16~35<br>35~50<br>50~100 | 310<br>295<br>265<br>250 | 310<br>295<br>265<br>250 | 265<br>250<br>225<br>210 | 180<br>170<br>155<br>145 |
| 自动焊、半自动焊和 E55 型焊条的手工焊 | Q390    | ≤16<br>16~35<br>35~50<br>50~100 | 350<br>335<br>315<br>295 | 350<br>335<br>315<br>295 | 300<br>285<br>270<br>250 | 205<br>190<br>180<br>170 |
| 自动焊、半自动焊和 E50 型焊条的手工焊 | Q345 GJ | 16~35<br>35~50<br>50~100        | 310<br>300<br>295        | 310<br>300<br>295        | 265<br>255<br>250        | 180<br>175<br>170        |

- 注:1 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂,应保证其熔敷金属的力学性能不低于现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293 和《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 中相关的规定。
- 2 焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。厚度小于 8mm 钢材的对接焊缝,不应采用超声波探伤确定焊缝质量等级。
- 3 对接焊缝在受压区的抗弯强度设计值取  $f_c^w$ ,在受拉区的抗弯强度设计值取  $f_t^w$ ,极限抗拉强度取母材的  $f_u$ 。
- 4 表中厚度系指计算点的钢材厚度,对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。
- 5  $t < 8\text{mm}$  的对接焊缝为三级焊缝。

表 3.2.2 螺栓连接的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

| 螺栓的性能等级、锚栓<br>和构件钢材牌号 |                     | 普通螺栓     |          |          | 承压型连接高强度螺栓 |          |          | 螺栓  |
|-----------------------|---------------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|-----|
|                       |                     | C级螺栓     |          |          |            |          |          |     |
|                       |                     | 抗拉 $f_t$ | 抗剪 $f_v$ | 承压 $f_c$ | 抗拉 $f_t$   | 抗剪 $f_v$ | 承压 $f_c$ |     |
| 普通螺栓                  | 4.6级、4.8级           | 170      | 140      | —        | —          | —        | —        | —   |
| 锚栓                    | Q234 钢              | —        | —        | —        | —          | —        | —        | 140 |
|                       | Q345 钢、<br>Q345GJ 钢 | —        | —        | —        | —          | —        | —        | 180 |
| 承压型连接<br>高强度螺栓        | 8.8 级               | —        | —        | —        | 400        | 250      | —        | —   |
|                       | 10.9 级              | —        | —        | —        | 500        | 310      | —        | —   |
| 构件                    | Q235                | —        | —        | 305      | —          | —        | 470      | —   |
|                       | Q345、Q345GJ         | —        | —        | 385      | —          | —        | 590      | —   |
|                       | Q390                | —        | —        | 400      | —          | —        | 615      | —   |

注:1 C级螺栓孔的允许偏差和孔壁表面粗糙度,均应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

2 高强度螺栓承压型连接的钢材极限承压强度取  $1.5f_u$ 。

3.3 钢筋和混凝土

3.3.1 钢筋和混凝土的选用及材料性能与强度指标,应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

3.3.2 用于抗震等级为一、二级的混合框架结构的纵向受力普通钢筋,其检验所得的强度实测值应符合下列要求:

1 钢筋的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 钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3。

3.3.3 高层建筑混合结构的混凝土强度等级不宜低于 C30,轻骨料混凝土可用于楼板和围护结构,其强度等级不宜低于 LC20。

4 结构设计基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 高层建筑混合结构不应采用严重不规则的结构体系,并应符合下列要求:

1 应具有必要的承载能力、刚度和变形能力。

2 应避免因部分结构或构件的破坏而导致整个结构丧失承受重力荷载、风荷载和地震作用的能力。

3 对可能出现的薄弱部位,应采取有效措施予以加强。

4.1.2 乙类和丙类高层建筑混合结构的最大适用高度应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 高层建筑混合结构的最大适用高度(m)

| 结构类型            |                                | 非抗震<br>设防 | 抗震设防烈度 |     |     |    |
|-----------------|--------------------------------|-----------|--------|-----|-----|----|
|                 |                                |           | 6      | 7   | 8   | 9  |
| 混合<br>框架<br>结构  | 钢梁—钢管(钢管)混凝土柱<br>钢管混凝土梁—钢管混凝土柱 | 60        | 55     | 45  | 35  | 25 |
|                 | 钢梁—钢筋混凝土柱                      | 50        | 50     | 40  | 30  | —  |
| 双重抗<br>侧力体<br>系 | 钢框架—钢筋混凝土剪力墙                   | 160       | 150    | 130 | 110 | 50 |
|                 | 钢框架—钢管混凝土剪力墙                   | 180       | 170    | 150 | 120 | 50 |
|                 | 混合框架—钢筋混凝土剪力墙                  | 180       | 170    | 150 | 120 | 50 |
|                 | 混合框架—钢管混凝土剪力墙                  | 200       | 190    | 160 | 130 | 60 |
|                 | 钢框架—钢筋混凝土核心筒                   | 210       | 200    | 160 | 120 | 70 |
|                 | 钢框架—钢管混凝土核心筒                   | 230       | 220    | 180 | 130 | 70 |
|                 | 混合框架—钢筋混凝土核心筒                  | 240       | 220    | 190 | 150 | 70 |
|                 | 混合框架—钢管混凝土核心筒                  | 260       | 240    | 210 | 160 | 80 |
|                 | 筒中筒                            |           |        |     |     |    |
|                 | 钢框筒—钢筋混凝土内筒<br>混合框筒—钢筋混凝土内筒    | 280       | 260    | 210 | 160 | 80 |
|                 | 钢框筒—钢管混凝土内筒<br>混合框筒—钢管混凝土内筒    | 300       | 280    | 230 | 170 | 90 |

续表 4.1.2

| 结构类型             |                                       | 非抗震<br>设防 | 抗震设防烈度 |     |   |   |
|------------------|---------------------------------------|-----------|--------|-----|---|---|
|                  |                                       |           | 6      | 7   | 8 | 9 |
| 非双重<br>抗侧力<br>体系 | 钢框架—钢筋(钢管)混凝土核心筒<br>混合框架—钢筋(钢管)混凝土核心筒 | 160       | 120    | 100 | — | — |

- 注:1 当混合框架中的柱采用钢管混凝土或钢框架采用支撑框架时,高度限值在有可靠依据时可适当放宽。  
2 房屋高度指室外地面至主要屋面高度,不包括局部突出屋面的水箱、电梯机房、构架等高度。  
3 双重抗侧力体系和非双重抗侧力体系应符合本规程第 4.1.3 条的规定。  
4 混合框架和钢筋混凝土剪力墙(核心筒)中的钢筋或钢管的延伸高度,不应小于结构总高度的 60%。  
5 非双重抗侧力体系 7 度的最大适用高度仅适用于 0.1g。  
6 平面和竖向均不规则的结构或 IV 类场地上的结构,最大适用高度应适当降低。

4.1.3 多遇地震时,高层建筑混合结构框架—剪力墙和框架—核心筒中框架部分的最小地震层剪力标准值应满足式(4.1.3)的要求,式中框架部分层剪力分担率  $\beta$  的最小值应按表 4.1.3 取值;框架部分的最小地震层剪力也不应小于按结构整体分析得到的框架部分的地震层剪力。

$$V_{fi} \geq \beta \cdot V_i \quad (4.1.3)$$

式中  $V_{fi}$ ——第  $i$  楼层框架部分的地震层剪力;

$V_i$ ——第  $i$  楼层的总地震层剪力;

$\beta$ ——框架部分的地震层剪力分担率。

当框架部分的地震层剪力按式(4.1.3)调整时,由地震作用产生的该楼层各构件的剪力、弯矩和轴力标准值均应进行相应调整。

表 4.1.3 框架部分层剪力分担率  $\beta$  的最小值

| 结构体系     | 设防烈度         | $\beta$ 的最小值 |
|----------|--------------|--------------|
| 双重抗侧力体系  | 8 度, 9 度     | 18%          |
|          | 7 度          | 15%          |
| 非双重抗侧力体系 | 7 度(0.1g)及以下 | 10%          |

注:当外钢框架设置支撑时,支撑的长细比不应大于:120  $\sqrt{235/f_y}$  (6、7 度), 90  $\sqrt{235/f_y}$  (8 度), 60  $\sqrt{235/f_y}$  (9 度)。

4.1.4 非双重抗侧力体系中,剪力墙或核心筒应承担 100% 的地震剪力。

4.1.5 抗震设计的框架—剪力墙结构,在基本振型地震作用下,框架部分底部承受的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的 50% 时,其框架部分的抗震等级应按混合框架结构确定,与表 4.1.2 中混合框架结构相比,其最大适用高度可适当增加。

4.1.6 高层建筑框架—核心筒混合结构中,核心筒高宽比不宜大于 12。

4.1.7 高层建筑混合结构的位移限值应符合下列要求:

1 在风荷载和多遇地震作用下,最大弹性层间位移角不宜大于表 4.1.7 的限值。

表 4.1.7 弹性层间位移角限值

| 结构类型    | 混合框架结构 |        | 其他结构                 |                      |
|---------|--------|--------|----------------------|----------------------|
|         | 钢梁     | 钢筋混凝土梁 | $H \leq 150\text{m}$ | $H \geq 250\text{m}$ |
| 层间位移角限值 | 1/400  | 1/500  | 1/800                | 1/500                |

注:房屋高度  $H$  介于 150~250m 时,层间位移角限值可采用线性插值。

2 在罕遇地震作用下,高层建筑混合结构的弹塑性层间位移角,对于混合框架结构不应大于 1/50,其余结构不应大于 1/100。

4.1.8 高度超过 150m 的高层建筑混合结构,应满足舒适度要求,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的 10 年一遇的风荷载计算的顺风向和横风向结构顶点最大加速度  $a_w$  和  $a_{tr}$ ,不应超过表 4.1.8 规定的最大加速度限值  $a_{max}$ 。必要时,可通过风洞试验结果计算确定顺风向和横风向结构顶点最大加速度  $a_w$  和  $a_{tr}$ ,其结果也不应超过表 4.1.8 规定的最大加速度限值  $a_{max}$ 。

表 4.1.8 结构顶点最大加速度限值

| 使用功能  | $a_{max} (\text{m/s}^2)$ |
|-------|--------------------------|
| 住宅、公寓 | 0.15                     |
| 办公、旅馆 | 0.25                     |

4.1.9 高层建筑混合结构在风荷载作用下的顶点最大加速度,可按下列公式计算:

1 顺风向顶点最大加速度

$$a_w = \xi_v \frac{\mu_s w A}{m_{\text{tot}}} \quad (4.1.9-1)$$

式中  $a_w$ ——顺风向顶点最大加速度( $\text{m/s}^2$ );

$\mu_s$ ——风荷载体型系数;

$w$ ——重现期为 10 年的风压值,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用;

$\xi_v$ ——分别为脉动增大系数和脉动影响系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用;

$A$ ——建筑物总迎风面积( $\text{m}^2$ );

$m_{\text{tot}}$ ——建筑物总质量( $\text{t}$ ).

2 横风向顶点最大加速度

$$a_{tr} = \frac{b_r}{T_1^2} \cdot \frac{\sqrt{BL}}{\gamma_B \sqrt{\xi_{t,cr}}} \quad (4.1.9-2)$$

$$b_r = 2.05 \times 10^{-4} \left( \frac{v_{n,m} T_1}{\sqrt{BL}} \right)^{3.3} \quad (\text{kN/m}^3) \quad (4.1.9-3)$$

式中  $a_{tr}$ ——横风向顶点最大加速度( $\text{m/s}^2$ );

$v_{n,m}$ ——建筑物顶点平均风速( $\text{m/s}$ ),  $v_{n,m} = 40 \sqrt{\mu_s \mu_z w_0}$ ,  $\mu_z$  为风压高度变化系数,  $w_0$  为基本风压( $\text{kN/m}^2$ ),按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用;

$\gamma_B$ ——地面以上建筑物所受的平均重力( $\text{kN/m}^3$ );

$\xi_{t,cr}$ ——建筑物横风向的临界阻尼比值,一般可取 0.01~0.02;

$T_1$ ——建筑物横风向基本自振周期( $\text{s}$ );

$B, L$ ——分别为建筑物平面的宽度和长度( $\text{m}$ ).

## 4.2 结构平面布置

4.2.1 高层建筑混合结构的平面宜简单、规则、对称,具有足够的抗扭刚度,尽量减少结构在地震作用下的扭转。结构扭转为主的第一自振周期  $T_t$  与平动为主的第一自振周期  $T_1$  之比不应大于 0.85。

4.2.2 高层建筑混合结构的平面布置应避免表 4.2.2 所列的不规则类型。

表 4.2.2 平面不规则类型

| 不规则类型   | 定义                                                                                  |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 扭转不规则   | 楼层的最大弹性水平位移(或层间位移),大于该楼层两端弹性水平位移(或层间位移)平均值的 1.2 倍,超过 1.5 倍为严重不规则                    |
| 凹凸不规则   | 结构平面凹进的一侧尺寸,大于相应投影方向总尺寸的 30%                                                        |
| 楼板局部不连续 | 楼板的尺寸和平面刚度具有急剧不连续性,其有效楼板宽度小于结构平面典型宽度的 50%,或开洞面积大于该层楼面面积的 30%,以及楼层错层(错开高度大于楼面梁的截面高度) |

4.2.3 高层建筑混合结构的楼盖应具有良好的刚度和整体性。当楼面有较大开口或为转换层楼面时,应采用现浇楼盖,或在楼板平面设支撑。

4.2.4 跨度较大的楼面梁不宜支承在核心筒连梁及剪力墙连梁上。

## 4.3 结构竖向布置

4.3.1 抗震设防的混合结构竖向布置应符合下列规定:

- 1 结构的刚度、质量和承载力,沿高度变化宜均匀,避免出现软弱层和薄弱层;
- 2 钢框架设置支撑时,支撑在竖向宜连续布置,且宜延伸至基础;
- 3 框架柱沿竖向宜连续布置;
- 4 框架—核心筒结构中的核心筒沿竖向应连续布置。

4.3.2 混合结构沿高度可由钢筋混凝土、钢管混凝土、钢管混凝土

土和钢结构等不同材料的构件组成。不同材料的框架柱连接处应设置过渡层,避免刚度和承载力突变。

4.3.3 混合结构的竖向布置应避免表 4.3.3 所列的不规则类型。

表 4.3.3 竖向不规则类型

| 不规则类型      | 定 义                                                                      |
|------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 侧向刚度不规则    | 某一层的侧向刚度小于相邻上一层的 70%,或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%;除顶层外,局部收进的水平向尺寸大于相邻下一层的 25% |
| 竖向抗侧力构件不连续 | 竖向抗侧力构件(柱、剪力墙、支撑)的内力由水平转换构件(梁、桁架等)向下传递                                   |
| 楼层承载力突变    | 抗侧力构件的层间受剪承载力小于相邻上一楼层的 80%                                               |

#### 4.4 结构设计的其他规定

4.4.1 高层建筑混合结构中钢筋混凝土和钢管混凝土构件的抗震等级应根据烈度、结构类型和房屋高度确定,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 4.4.1 确定。甲类、乙类建筑的抗震等级可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 确定烈度后按表 4.4.1 确定。钢管混凝土柱和钢梁、钢柱均不分抗震等级。

表 4.4.1 高层建筑混合结构的抗震等级

| 结构类型    |       | 烈 度 |        |      |     |        |      |     |        |
|---------|-------|-----|--------|------|-----|--------|------|-----|--------|
|         |       | 6   |        | 7    |     | 8      |      | 9   |        |
| 混合框架结构  | 高度(m) | ≤30 | >30    | ≤30  | >30 | ≤30    | >30  | ≤25 |        |
|         | 框架    | 四   | 三      | 三    | 二   | 二      | 一    | —   |        |
| 双重抗侧力体系 | 高度(m) | ≤50 | 50~130 | >130 | ≤50 | 50~120 | >120 | ≤50 | 50~100 |
|         | 剪力墙   | 四   | 三      | 二    | 三   | 二      | 一    | 特一  | —      |

续表 4.4.1

| 结构类型     |              | 烈 度     |      |        |      |      |        |      |     |
|----------|--------------|---------|------|--------|------|------|--------|------|-----|
|          |              | 6       |      | 7      |      | 8    |        | 9    |     |
| 双重抗侧力体系  | 钢框架—钢筋混凝土核心筒 | 高度(m)   | ≤150 | >150   | ≤130 | >130 | ≤100   | >100 | ≤70 |
|          | 钢框架—钢管混凝土核心筒 | 核心筒     | 二    | —      | 二    | —    | —      | 特一   | —   |
|          | 混合框架—钢筋混凝土墙  | 高度(m)   | ≤60  | 60~130 | >130 | ≤60  | 60~120 | >120 | ≤60 |
|          | 混合框架—钢管混凝土墙  | 钢管混凝土墙  | 四    | 三      | 二    | 三    | 二      | —    | 特一  |
|          | 混合框架—钢管混凝土墙  | 墙       | 四    | 三      | 二    | 三    | 二      | —    | 特一  |
|          | 混合框架—钢筋混凝土筒  | 高度(m)   | ≤150 | >150   | ≤130 | >130 | ≤100   | >100 | ≤80 |
|          | 混合框架—钢管混凝土筒  | 钢管混凝土筒  | 三    | 二      | 二    | —    | —      | 特一   | —   |
|          | 筒中筒          | 高度(m)   | ≤180 | >180   | ≤150 | >150 | ≤120   | >120 | ≤90 |
|          | 筒中筒          | 钢管混凝土外筒 | 三    | 二      | 二    | —    | —      | 特一   | —   |
|          | 筒中筒          | 内筒      | 三    | 二      | 二    | —    | —      | 特一   | —   |
| 非双重抗侧力体系 | 高度(m)        | ≤80     | >80  | ≤60    | >60  | /    |        | /    |     |
|          | 钢管混凝土框架      | 三       | 二    | 二      | —    |      |        |      |     |
|          | 核心筒          | —       | —    | —      | —    |      |        |      |     |

注:1 表中所指“特一、一、二、三、四级”即“抗震等级为特一、一、二、三、四级”的简称;

2 建筑场地为 I 类时,除 6 度外可按表内降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施,但相应的计算要求不应降低;

3 接近或等于高度分界时,应允许结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级;

4 “内筒”是指表 4.1.2 中所列各种筒中筒结构中的内筒。

4.4.2 构件的承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$  应根据构件类型分别按有关标准确定。圆钢管混凝土柱的承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$  可取

1.0。

4.4.3 框架—核心筒结构和筒中筒结构的外框架梁柱连接应采用刚接;楼盖梁宜采用钢梁,与周边框架柱宜采用刚接,与钢筋混凝土核心筒应采用铰接,与钢骨混凝土核心筒中钢骨架的连接可视具体情况采用铰接或刚接。

4.4.4 当高度超过 100m 时,框架—核心筒结构中可设置伸臂桁架,必要时也可同时设置腰桁架,此时应考虑设置伸臂桁架后的内力突变及采取有效的抗震构造措施。

## 5 结构计算分析

### 5.1 一般规定

5.1.1 高层建筑混合结构在风荷载和多遇地震作用下的内力和位移应按弹性方法计算。

5.1.2 高层建筑混合结构弹性分析的荷载和荷载效应组合应按下列规定执行:

1 竖向荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定取值。当楼面活荷载大于  $4\text{kN/m}^2$  时,应考虑其不利分布。

2 风荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定取值。对于特别重要或对风荷载比较敏感的高层建筑混合结构,承载力计算时,基本风压应按 100 年重现期的风压值采用;位移计算时,基本风压可按 50 年重现期的风压值采用。

3 当房屋高度大于 200m 时,或当房屋高度大于 150m 且有下列情况之一时,宜进行风洞试验:

1) 平面形状不规则或立面形状复杂;

2) 立面开洞或连体建筑;

3) 周围地形和环境复杂;

4) 当多栋建筑间距较近,又没有可供参考的类似试验资料以了解其群体效应的相互影响。

4 地震作用应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 计算,在单向地震作用下应考虑偶然偏心的影响,每层楼面质心沿垂直于地震作用方向的附加偏心距可按下列公式计算:

$$e_i = \pm 0.05L_i \quad (5.1.2)$$

式中  $e_i$ ——第  $i$  层质心偏心距,各楼层偏移方向应相同;

$L_i$ ——第  $i$  层垂直于地震作用方向的建筑物总长度。

5 无地震作用的荷载效应组合应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定执行;有地震作用的荷载效应组合应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。

5.1.3 计算地震作用时,高层建筑混合结构的阻尼比可取为 0.05。

5.1.4 高层建筑混合结构在地震作用下的内力和位移计算所采用的结构自振周期,应考虑非结构构件的影响予以修正,修正计算自振周期要考虑非结构构件的材料、数量及其与主体结构的连接方式,分别乘以下列系数:

- 1 框架结构、框架—剪力墙结构可取 0.7~1.0;
- 2 框架—核心筒结构可取 0.8~1.0;
- 3 筒中筒结构可取 0.9~1.0。

5.1.5 高层建筑混合结构的计算模型可采用空间计算模型或空间协同计算模型。

规则的矩形、圆形等长宽比不大的建筑,结构计算时可假定楼盖平面内为无限刚性;如有楼板开大洞口、楼盖凹进凸出较大、楼盖错层等情况,结构计算时宜考虑楼盖变形。

抗震计算或对复杂平面结构进行非抗震计算时,应考虑平扭耦联的计算模型。

计算振型数应使振型参与质量之和不小于总质量的 90%。

5.1.6 高层建筑混合结构的钢构件、钢筋混凝土构件、钢管混凝土构件、钢管混凝土构件应分别建立各自计算单元,梁、柱可采用杆单元模型,剪力墙可采用薄壁单元、墙板单元、壳单元或平面有限元等模型,支撑可采用两端铰接杆单元。

5.1.7 在进行弹性阶段的结构整体内力和变形分析时,钢管混凝土构件及钢管混凝土柱的刚度可按下列方法确定:

1 钢管混凝土梁、柱及钢管混凝土柱截面的轴向刚度、抗弯刚度和抗剪刚度可采用钢管或钢管部分的刚度与钢筋混凝土部分

的刚度之和,即:

$$EA = E_c A_c + E_{ss} A_{ss} \quad (5.1.7-1)$$

$$EI = E_c I_c + E_{ss} I_{ss} \quad (5.1.7-2)$$

$$GA = G_c A_c + G_{ss} A_{ss} \quad (5.1.7-3)$$

式中  $E_c A_c$ ——钢筋混凝土部分的轴向刚度;

$E_{ss} A_{ss}$ ——钢管(或钢管)部分的轴向刚度;

$E_c I_c$ ——钢筋混凝土部分的抗弯刚度;

$E_{ss} I_{ss}$ ——钢管(或钢管)部分的抗弯刚度;

$G_c A_c$ ——钢筋混凝土部分的抗剪刚度,只计入腹板部分面积;

$G_{ss} A_{ss}$ ——钢管(或钢管)部分的抗剪刚度,只计入与受力方向平行的腹板面积。

2 无端柱钢管混凝土剪力墙可按相同截面的钢筋混凝土剪力墙计算轴向、抗弯、抗剪刚度。有端柱钢管混凝土剪力墙,可按 H 形截面混凝土墙计算轴向和抗弯刚度,端柱中的钢管可折算为等效混凝土面积后,计入 H 形截面的翼缘面积。墙的抗剪刚度可只计入腹板混凝土面积。

3 考虑混凝土的开裂及徐变影响时,以及对于结构受力较大的部位,在进行结构变形计算时,宜适当降低钢筋混凝土部分的抗弯刚度,降低系数可取 0.6~0.8,但不得小于相同截面尺寸的钢筋混凝土构件的抗弯刚度。

5.1.8 高度超过 100m,或不规则高层建筑混合结构进行弹性分析时,至少应采用两个不同力学模型的计算程序进行整体计算。

5.1.9 当没有地下室或地下室顶板处不能作为嵌固端,而钢柱又采用埋入式柱脚时,钢柱的嵌固端宜取在基础顶面向下 1.5 倍柱截面高度处。

5.1.10 高度超过 100m 的高层建筑混合结构,宜进行模拟施工过程计算。当部分结构先行施工时,应考虑其独立承受外部荷载的能力且确保其稳定,或视其能力确定允许先行施工的楼层数。

5.1.11 对于高度超过 100m 的钢框架(钢框筒)—混凝土核心筒结构,宜考虑混凝土后期徐变、收缩和不同材料构件压缩变形差的影响,必要时应采取相应措施减小内、外结构的竖向变形差。

## 5.2 计算参数及内力调整

5.2.1 高度大于 100m 的高层建筑混合结构分析,当重力荷载引起的楼层附加弯矩大于楼层初始弯矩 10% 时,应计入重力二阶效应的影响。

5.2.2 进行结构弹性分析时,应考虑现浇混凝土楼板对钢梁和钢筋混凝土梁刚度的增大作用。当梁一侧或两侧有混凝土楼板时,钢筋混凝土梁刚度的增大系数可取 1.3~2.0,钢梁刚度的增大系数可取 1.2~1.5。

5.2.3 钢筋混凝土框架梁可考虑竖向荷载作用下弯矩的塑性内力重分布。现浇结构梁端弯矩调幅系数可取 0.8~0.9;梁端弯矩调幅后跨中弯矩应按平衡条件相应增大,调整后的跨中弯矩值不应小于简支梁跨中弯矩的 50%。取调整后的梁内力与其他荷载效应组合。

5.2.4 不规则结构的设计内力应按下列要求进行调整:

1 竖向不规则结构中薄弱层的层剪力乘以 1.15 的增大系数;

2 当最大层间位移大于该楼层两端层间位移平均值的 1.2 倍,但不超过 1.5 倍时,可将本规程第 5.1.2 条中规定的附加偏心距加大为  $0.06L_i$  进行计算;当最大层间位移大于该楼层两端层间位移平均值的 1.5 倍,但不超过 1.7 倍时,可将附加偏心距加大为  $0.075L_i$  计算。应按加大附加偏心距计算所得的地震内力进行组合并设计构件,角柱弯矩设计值应乘以增大系数 1.2。

5.2.5 不参与抗侧力计算、仅承受竖向荷载的少量柱,其弯矩设计值可取其轴力设计值乘以结构层间位移值,并按此弯矩计算该构件的剪力设计值。

5.2.6 抗震设计的高层建筑混合结构的梁、柱、墙和节点核心区的内力设计值的调整和增大应按国家现行有关标准的规定执行。

5.2.7 抗震设计的剪力墙或核心筒中的连梁刚度可予以折减,折减系数不宜小于 0.5;也可根据连梁弹性刚度计算得到的弯矩,直接降低连梁弯矩,降低系数不宜小于 0.8。上述两种方法不应同时采用。

## 5.3 罕遇地震作用下变形验算

5.3.1 高层建筑混合结构在罕遇地震作用下的弹塑性层间位移角宜根据国家现行有关标准的规定计算。

5.3.2 高层建筑混合结构在罕遇地震作用下的弹塑性变形验算,可采用弹塑性时程分析方法或静力弹塑性分析方法。

5.3.3 进行弹塑性时程分析和静力弹塑性分析时,应对结构整体进行分析,并采用合理的计算模型。

5.3.4 罕遇地震作用下的弹塑性时程分析应符合下列规定:

1 选用不少于 2 条能反映场地特性的地震强震加速度记录和 1 条人工模拟的加速度时程曲线。地震加速度时程的峰值应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定采用,地震加速度时程的持续时间不宜少于 20s;时程分析的积分步长不宜大于 0.02s,且不宜大于结构基本周期的 1/10;

2 阻尼比宜采用 0.05;

3 应同时作用重力荷载代表值,其荷载分项系数可取为 1.0,重力荷载代表值应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定计算;

4 恢复力模型可根据已有资料或试验确定。

5.3.5 进行静力弹塑性分析时,水平荷载的分布模式不应少于两种。

5.3.6 进行弹塑性时程分析或静力弹塑性分析时,应采用构件的

实际截面和实际配筋,并应采用材料强度标准值。

5.3.7 弹塑性时程分析或静力弹塑性分析均宜计入结构整体的  $P-\Delta$  效应。

6 构件设计

6.1 钢 构 件

6.1.1 钢梁和钢柱的强度和稳定性计算,应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定执行。非抗震设计时结构效应应考虑重要性系数,或将钢材的强度设计值除以重要性系数。抗震设计时,钢材的强度设计值应除以构件承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$ ,取截面塑性发展系数  $\gamma_x=\gamma_y=1.0$ 。

6.1.2 轴心受压构件的稳定系数  $\varphi$  应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定采用。对于板厚  $t\geq 40\text{mm}$  的工形截面柱和箱形截面柱,应按表 6.1.2 的截面分类选用相应的  $\varphi$  值。其他各类截面的稳定系数  $\varphi$  应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定采用。

表 6.1.2 轴心受压构件的截面分类(板厚  $t\geq 40\text{mm}$ )

| 构件类别           |                 | $\varphi_x$ (绕强轴) | $\varphi_y$ (绕弱轴) |
|----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 轧制工形和<br>H 形截面 | $t < 80$        | b 类               | c 类               |
|                | $t \geq 80$     | c 类               | d 类               |
| 焊接工形截面         | 翼缘为焰切边          | b 类               | b 类               |
|                | 翼缘为轧制边或剪切边      | c 类               | d 类               |
| 焊接箱形截面         | 板件宽厚比 $> 20$    | b 类               | b 类               |
|                | 板件宽厚比 $\leq 20$ | c 类               | c 类               |

6.1.3 钢柱稳定承载力计算时,其内力和计算长度应按下列方法确定:

1 当重力荷载引起的楼层附加弯矩小于或等于楼层初始弯矩的 10% 时,其内力可采用一阶弹性分析计算,柱的计算长度系数按本条说明中的方法计算。也可采用本条第 2 款的方法计算。

2 当重力荷载引起的楼层附加弯矩大于楼层初始弯矩 10% 时,其内力计算应采用考虑二阶效应的计算方法,此时柱计算长度系数取 1.0。

采用考虑二阶效应的计算方法时,对钢筋(和钢骨)混凝土构件应考虑构件的刚度折减,对钢柱应计入初始缺陷的影响。

6.1.4 框架的钢梁与钢柱构件的板件宽厚比不应大于表 6.1.4 规定的限值。

表 6.1.4 梁、柱构件板件宽厚比限值

| 板件名称 |            | 非抗震、6 度       | 7 度           | 8 度           | 9 度           |
|------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 梁    | 工形截面翼缘外伸部分 | 11            | 10            | 9             | 9             |
|      | 工形截面腹板     | 85—120 $\rho$ | 80—110 $\rho$ | 72—100 $\rho$ | 72—100 $\rho$ |
| 柱    | 工形截面翼缘外伸部分 | 13            | 11            | 10            | 9             |
|      | 工形截面腹板     | 43            | 43            | 43            | 43            |
|      | 箱形截面壁板     | 39            | 37            | 35            | 33            |

注:1 表中  $\rho=N_b/A_f$ ,  $N_b$  为钢梁的轴压力设计值,采用刚性楼板假定分析时  $N_b=0$ ,但此时腹板的高厚比不应大于  $80\sqrt{235/f_y}$ 。

2 表中所列数值适用于 Q235,采用其他牌号钢材时应乘以  $\sqrt{235/f_y}$ 。

6.1.5 钢框架柱的长细比不应大于表 6.1.5 规定的限值。

表 6.1.5 钢框架柱长细比限值

| 烈度  | 非抗震、6 度 | 7 度 | 8 度、9 度 |
|-----|---------|-----|---------|
| 长细比 | 120     | 80  | 60      |

注:表中所列数值适用于 Q235 钢,采用其他牌号钢材时应乘以  $\sqrt{235/f_y}$ 。

6.1.6 混合结构中的钢框架柱,在梁翼缘对应位置应设置横向加劲肋或横隔板。工形截面柱和箱形截面柱节点域的稳定性应符合下列规定:

$$t_w \geq \frac{h_b + h_c}{90} \quad (6.1.6)$$

式中  $t_w$ ——节点域处柱的(单块)腹板厚度;

$h_b$ 、 $h_c$ ——分别为梁翼缘和柱翼缘间的距离。

6.1.7 有地震作用效应组合时,钢框架平面内的任一梁柱节点域除应满足式(6.1.6)的要求外,尚应符合下列规定:

1 双重抗侧力体系的框架部分应符合强柱弱梁要求,可按式(6.1.7-1)规定进行计算。当符合《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 第 8.2.5 条第 1 款规定的条件时,可不按(6.1.7-1)式验算。

$$\sum W_{pc}(f_{yc} - N/A_c) \geq \eta \sum W_{pb} f_{yb} \quad (6.1.7-1)$$

2 节点域的强度应符合式(6.1.7-2)的要求,节点域屈服承载力应符合式(6.1.7-3)的规定,当不满足时应对节点域进行补强。

$$(M_{b1} + M_{b2})/V_p \leq (4/3)f_v/\gamma_{RE} \quad (6.1.7-2)$$

$$\phi(M_{pb1} + M_{pb2})/V_p \leq (4/3)f_v \quad (6.1.7-3)$$

式中  $f_{yc}$ 、 $f_{yb}$ ——分别为柱和梁的钢材屈服强度;

$\sum W_{pc}$ 、 $\sum W_{pb}$ ——分别为受弯平面内与所考虑节点相连的上、下柱和左、右梁的塑性截面模量之和;

$N$ ——柱轴向压力设计值;

$A_c$ ——柱截面面积;

$M_{b1}$ 、 $M_{b2}$ ——分别为节点域两侧梁的弯矩设计值;

$M_{pb1}$ 、 $M_{pb2}$ ——分别为节点域两侧梁的全塑性受弯承载力;

$\gamma_{RE}$ ——节点域承载力抗震调整系数,取 0.85;

$V_p$ ——节点域的体积,对工形柱  $V_p = h_b h_c t_p$ ,对箱形柱  $V_p = 1.8 h_b h_c t_p$ ,对圆管柱  $V_p = (\pi/2) h_b h_c t_p$ 。此处  $h_c$  为工形柱腹板的高度、箱形柱腹板的高度或圆管柱的内径,  $h_b$  为梁腹板的高度。对十字形柱,  $V_p$  可按《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—98 第 8.3.10 条的规定采用;  $t_p$  为柱在节点域的腹板厚度;

$\eta$ ——强柱系数,超过 6 层的钢框架,6 度 IV 类场地和 7 度时可取 1.0,8 度时可取 1.05,9 度时可取

1.15;

$f_v$ ——钢材的抗剪强度设计值;

$\phi$ ——折减系数,6度Ⅳ类场地和7度时可取0.6,8、9度时可取0.7。

注:当柱节点域腹板厚度不小于梁、柱截面高度之和的1/70时,可不验算节点域的稳定性。

## 6.2 钢—混凝土组合梁

### 6.2.1 钢—混凝土组合梁应符合下列要求:

1 组合梁的混凝土翼板可带板托或不带板托。在高层建筑中,宜采用不带板托的翼板。翼板可用现浇混凝土板,也可采用混凝土叠合板或压型钢板混凝土组合板。

2 采用压型钢板混凝土组合板时,翼板的有效厚度应取压型钢板顶面以上部分且不应小于70mm,组合板的折算厚度不宜小于110mm。压型钢板在中间跨钢梁上的支承长度不应小于50mm,在端支座压型钢板凹肋处应设置栓钉锚固件,栓钉应穿透压型钢板,并焊于钢梁上。

3 翼板伸出边梁中心线不应小于150mm,且伸出边梁边缘不应小于50mm。

4 施工阶段若钢梁下无临时支承,组合梁的全部自重和施工荷载应由钢梁单独承受,并按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 验算钢梁的强度、变形和稳定性。

6.2.2 组合梁构件设计和构造要求,应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定执行。

## 6.3 钢骨混凝土构件

### 6.3.1 钢骨混凝土梁、柱中的钢骨应符合下列要求:

1 非抗震和四级抗震等级,钢骨含钢率不应小于2%;

2 一、二、三级抗震等级,钢骨含钢率不应小于4%;

3 特一级抗震等级,钢骨含钢率不应小于6%;

4 钢骨的含钢率不宜大于15%;

5 钢骨的混凝土保护层厚度,对梁不宜小于100mm,对柱不宜小于150mm。

6.3.2 钢骨混凝土构件中的钢骨板件厚度不应小于6mm,宽厚比不应大于表6.3.2的限值。

表 6.3.2 钢骨板件的宽厚比限值

| 钢号   | $b/t_f$ | $h_w/t_w$<br>(梁) | $h_w/t_w$<br>(柱) | $B/t$<br>(柱) |
|------|---------|------------------|------------------|--------------|
| Q235 | 23      | 107              | 96               | 72           |
| Q345 | 20      | 91               | 81               | 61           |

注:表中符号见图6.3.2。

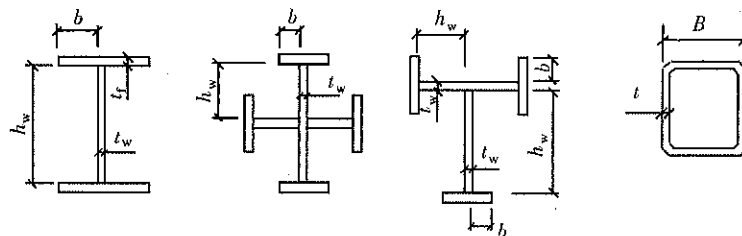


图 6.3.2 钢骨板件宽厚比

### 6.3.3 钢骨混凝土梁、柱配筋应符合下列构造要求:

1 受力纵筋直径不应小于16mm。

2 钢骨混凝土梁受拉纵筋配筋率不应小于0.2%,受压侧两侧角部必须配置一根直径不小于14mm的纵向钢筋。受拉侧和受压侧纵筋的配置分别不宜超过两排,且梁的纵筋应尽量避免穿过柱中钢骨翼缘。

3 钢骨混凝土柱受压侧纵向钢筋的配筋率不应小于0.2%,全部纵向钢筋的配筋率不应小于0.6%,且必须在四角配置一根

直径不小于 16mm 的纵向钢筋。

4 有抗震设防要求的结构,其构件应采用具有 135°弯钩的封闭式箍筋,弯钩的直段长度不应小于 8 倍箍筋直径。

5 钢骨上设置抗剪连接件时宜采用栓钉。当栓钉位置不正对钢梁腹板时,若钢梁上翼缘承受拉力,则栓钉杆直径不应大于钢梁上翼缘厚度的 1.5 倍;若钢梁上翼缘不承受拉力,则栓钉杆直径不应大于钢梁上翼缘厚度的 2.5 倍。栓钉杆的直径不宜小于 16mm,其长度不应小于栓钉杆直径的 4 倍。栓钉的间距沿梁轴线方向不应小于 6 倍栓钉杆的直径,垂直梁的间距方向不应小于 4 倍栓钉杆的直径,且均不宜大于 300mm;栓钉中心至钢骨板件边缘的距离不应小于 50mm。栓钉顶面的混凝土保护层厚度不应小于 15mm。

6.3.4 钢骨为对称配置的钢骨混凝土梁的正截面受弯承载力应符合式(6.3.4)的规定。当有地震作用组合时,公式右端应除以承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$ 。

$$M \leq M_{by}^{ss} + M_{bu}^{rc} \quad (6.3.4)$$

式中  $M$ ——弯矩设计值;

$M_{by}^{ss}$ ——梁中钢骨部分的受弯承载力,  $M_{by}^{ss} = \gamma_s W_{ss} f_{ss}$ , 其中,  $W_{ss}$  为钢骨截面模量;  $\gamma_s$  为截面塑性发展系数,对工字形钢骨截面,  $\gamma_s$  取 1.05;  $f_{ss}$  为钢骨的抗拉、抗压、抗弯强度设计值;

$M_{bu}^{rc}$ ——梁中钢筋混凝土部分的受弯承载力,可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算。

6.3.5 受轴力和弯矩作用的钢骨混凝土柱正截面承载力应符合式(6.3.5)的规定。当有地震作用组合时,公式右端应除以承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$ 。

$$N \leq N_{cy}^{ss} + N_{cu}^{rc} \quad (6.3.5-1)$$

$$M \leq M_{cy}^{ss} + M_{cu}^{rc} \quad (6.3.5-2)$$

式中  $N, M$ ——钢骨混凝土柱的轴力和弯矩设计值,当结构分析

已考虑二阶效应时,可不再乘偏心距增大系数。

对于抗震结构,应根据强柱弱梁的要求按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关钢筋混凝土柱的规定确定弯矩设计值;

$N_{cy}^{ss}, M_{cy}^{ss}$ ——钢骨部分承担的轴力及相应的受弯承载力,可按现行行业标准《钢骨混凝土结构设计规程》YB9082 计算;

$N_{cu}^{rc}, M_{cu}^{rc}$ ——钢筋混凝土部分承担的轴力及相应的受弯承载力,可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算。

6.3.6 钢骨混凝土梁、柱构件的斜截面受剪承载力应符合式(6.3.6)的规定。当有地震作用组合时,公式右端应除以承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$ 。

$$V \leq V_y^{ss} + V_{cu}^{rc} \quad (6.3.6)$$

式中  $V$ ——剪力设计值。对于抗震结构,应根据强剪弱弯的要求按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定确定;

$V_y^{ss}$ ——钢骨部分的受剪承载力,  $V_y^{ss} = t_w h_w f_{ssv}$ , 其中  $t_w$  为钢骨腹板的厚度,  $h_w$  为钢骨腹板的高度,  $f_{ssv}$  为钢骨腹板的抗剪强度设计值,  $h_w t_w$  应计入与受剪方向一致的所有钢骨板材的面积;

$V_{cu}^{rc}$ ——钢筋混凝土部分的受剪承载力,可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算。

6.3.7 钢骨混凝土梁、柱的受剪截面尚应符合下列规定:

1 无地震作用组合时

$$V \leq 0.45 \beta_c f_c b_b h_{b0} \quad (6.3.7-1)$$

$$V_{cu}^{rc} \leq 0.25 \beta_c f_c b_b h_{b0} \quad (6.3.7-2)$$

$$\frac{f_{ssv} t_w h_w}{\beta_c f_c b_b h_{b0}} \geq 0.1 \quad (6.3.7-3)$$

## 2 有地震作用组合时

$$V \leq (0.36\beta_c f_c b_b h_{b0}) / \gamma_{RE} \quad (6.3.7-4)$$

$$V_{cu}^c \leq (0.20\beta_c f_c b_b h_{b0}) / \gamma_{RE} \quad (6.3.7-5)$$

$$\frac{f_{ssv} t_w h_w}{\beta_c f_c b h_{b0}} \geq 0.1 \quad (6.3.7-6)$$

式中  $\beta_c$ ——混凝土强度影响系数。当混凝土强度等级不超过 C50 时,取  $\beta_c = 1.0$ ;当混凝土强度等级为 C80 时,取  $\beta_c = 0.8$ ;其间接线性内插法确定  $\beta_c$  值。

6.3.8 抗震设计时,钢筋混凝土柱的轴压力系数  $n$  不应大于表 6.3.8 的限值,轴压力系数可按式(6.3.8)计算。

$$n = N / (f_c A_c + f_{ss} A_{ss}) \quad (6.3.8)$$

式中  $N$ ——柱的轴压力设计值;

$n$ ——轴压力系数。

表 6.3.8 钢筋混凝土柱轴压力系数限值

| 结构类型                         | 抗震等级 |      |      |      |
|------------------------------|------|------|------|------|
|                              | 特一级  | 一级   | 二级   | 三级   |
| 框架结构                         | 0.60 | 0.65 | 0.75 | 0.85 |
| 框架—剪力墙结构<br>框架—筒体结构<br>筒中筒结构 | 0.65 | 0.70 | 0.80 | 0.90 |

6.3.9 钢筋混凝土框架梁箍筋配置应符合下列构造要求:

1 梁中箍筋的最小面积配箍率,对于特一级,不应小于 0.3%;对于一、二级,不应小于 0.25%;对于三、四级和非抗震结构不应小于 0.2%。箍筋直径和间距应符合表 6.3.9 的要求,箍筋间距也不应大于梁高的 1/2。

2 非抗震结构中框架梁箍筋的直径和间距应符合表 6.3.9 的相关要求。

3 抗震结构中框架梁的箍筋直径、间距应符合表 6.3.9 的相关要求。在距梁端 2 倍梁高的范围内应为箍筋加密区。当梁净跨

小于梁截面高度的 4 倍时,梁全跨应按箍筋加密区要求配置箍筋。

表 6.3.9 钢筋混凝土梁箍筋直径和间距的构造要求

| 抗震等级 | 箍筋最小直径<br>(mm) | 非加密区箍筋最大间距<br>(mm) | 加密区箍筋最大间距(取最小值)<br>(mm) |
|------|----------------|--------------------|-------------------------|
| 非抗震  | 8              | 250                | —                       |
| 三、四级 | 8              | 250                | $h_b/4, 8d, 150$        |
| 一、二级 | 10             | 200                | $h_b/4, 6d, 100$        |
| 特一级  | 12             | 200                | $h_b/4, 6d, 100$        |

注:  $d$  为纵向钢筋直径。

6.3.10 钢筋混凝土框架柱箍筋配置应符合下列构造要求:

1 非抗震结构中的框架柱箍筋的直径和间距应符合表 6.3.10-1 的规定。

2 抗震结构中的框架柱箍筋直径、间距应符合表 6.3.10-1 的规定。距柱上下端 1.5 倍截面高度的范围应为箍筋加密区。当柱净高小于柱截面高度的 4 倍时,柱全高应按箍筋加密区要求配置箍筋。

3 柱中箍筋加密区的最小体积配箍率,应符合表 6.3.10-2 的要求。柱中箍筋非加密区的体积配箍率不应小于加密区的体积配箍率的一半。

表 6.3.10-1 钢筋混凝土柱箍筋直径和间距构造要求

| 抗震等级 | 箍筋最小直径<br>(mm) | 非加密区箍筋最大间距<br>(mm) | 加密区箍筋最大间距(取较小值)<br>(mm) |
|------|----------------|--------------------|-------------------------|
| 非抗震  | 8              | 200                | —                       |
| 三、四级 | 10             | 200                | $8d, 150$               |
| 一、二级 | 10             | 150                | $8d, 100$               |
| 特一级  | 12             | 150                | $8d, 100$               |

注:  $d$  为纵向钢筋直径。

表 6.3.10-2 钢筋混凝土柱箍筋加密区的最小体积配箍率

| 抗震等级 | 轴压力系数 $< 0.4$ | 轴压力系数 $> 0.7$ | $0.4 \leq$ 轴压力系数 $\leq 0.7$ |
|------|---------------|---------------|-----------------------------|
| 三级   | 0.4%          | 0.8%          | 线性插值                        |
| 一、二级 | 0.5%          | 0.9%          |                             |
| 特一级  | 0.6%          | 1.0%          |                             |

6.3.11 钢骨混凝土剪力墙(钢骨混凝土核心筒)设计应符合下列规定:

1 无端柱钢骨混凝土剪力墙应在端部暗柱中配置钢骨,并应在楼板标高处设置暗梁。

端部暗柱内钢骨最小含钢率应符合下列要求:抗震等级为特一级、一、二级时,为4%;其他情况为2%。钢骨及纵向钢筋除应满足承载力计算要求外,纵筋及箍筋宜符合表6.3.11的规定,暗柱面积和其他构造宜符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3中的有关构造边缘构件的规定,底部加强部位范围应符合本规程第6.3.13条的规定;端部暗柱中钢骨应采用工字钢或槽钢等截面形式,以保证钢骨与混凝土的粘结,其惯性矩较大的形心轴(强轴)应与墙面平行,宜放置在暗柱内靠外边缘一侧。暗柱中钢骨的保护层厚度不应小于50mm。

抗震等级为特一级、一级时,暗梁内应配置钢骨,与暗柱内钢骨组成框架;抗震等级为二级时,暗梁内宜配置钢骨,其他情况可设置钢筋混凝土暗梁。

表 6.3.11 剪力墙构造边缘构件的配筋要求

| 抗震等级 | 底部加强部位               |          |          | 其他部位                 |          |          |
|------|----------------------|----------|----------|----------------------|----------|----------|
|      | 纵向钢筋最小量(取较大值)        | 箍筋       |          | 纵向钢筋最小量(取较大值)        | 箍筋或拉筋    |          |
|      |                      | 最小直径(mm) | 最大间距(mm) |                      | 最小直径(mm) | 最大间距(mm) |
| 特一级  | $0.015A_c, 6\Phi 16$ | 8        | 100      | $0.012A_c, 6\Phi 14$ | 8        | 150      |
| 一级   | $0.012A_c, 6\Phi 16$ | 8        | 100      | $0.010A_c, 6\Phi 14$ | 8        | 150      |
| 二级   | $0.010A_c, 6\Phi 14$ | 8        | 150      | $0.008A_c, 6\Phi 12$ | 8        | 200      |
| 三级   | $0.005A_c, 4\Phi 12$ | 6        | 150      | $0.005A_c, 4\Phi 12$ | 6        | 200      |
| 四级   | $0.005A_c, 4\Phi 12$ | 6        | 200      | $0.004A_c, 4\Phi 12$ | 6        | 250      |

2 有端柱剪力墙的端柱为钢骨混凝土柱,楼层处应设置暗梁。端柱中的钢骨最小含钢率、保护层厚度和钢筋构造与钢骨混凝土柱相同,应符合本规程第6.3.1条的规定。纵筋及箍筋的配置除必须满足计算要求外,尚宜符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3中剪力墙构造边缘构件的规定。抗震结

构中,在楼板标高处暗梁内应设置钢骨,与柱内钢骨形成钢框架;非抗震结构中,可仅设置钢筋混凝土暗梁。

3 暗梁内的钢骨或钢筋均不参加剪力墙承载力计算,可按构造要求或施工阶段要求设置。剪力墙墙板上水平钢筋应伸入边柱且有足够的锚固长度,宜在钢骨外绕过或与钢骨焊接。

4 无端柱剪力墙暗柱和有端柱剪力墙的端柱中的竖向钢骨应沿高度连续贯通,且应有可靠的锚固。

6.3.12 钢骨混凝土剪力墙墙板部分的厚度应符合表6.3.12要求。

表 6.3.12 剪力墙截面最小厚度

| 抗震等级     | 剪力墙部位   | 最小厚度(二者中之较大者) |       |        |       |
|----------|---------|---------------|-------|--------|-------|
|          |         | 底部加强          |       | 其他部位   |       |
| 特一级、一、二级 | 有端柱或有翼墙 | $H/16$        | 200mm | $H/20$ | 160mm |
|          | 无端柱或无翼墙 | $H/12$        | 200mm | $H/15$ | 180mm |
| 三、四级     | 有端柱或有翼墙 | $H/20$        | 160mm | $H/25$ | 160mm |
|          | 无端柱或无翼墙 | $H/20$        | 180mm | $H/25$ | 180mm |
| 非抗震      | 有端柱或有翼墙 | —             | —     | $H/25$ | 160mm |
|          | 无端柱或无翼墙 | —             | —     | $H/25$ | 180mm |

注:表内符号  $H$  为层高及净宽(无支长度)二者之较小者。

6.3.13 钢骨混凝土剪力墙的竖向及水平分布筋应符合下列要求:

1 非抗震及四级抗震等级,面积配筋率不应小于0.2%,直径不应小于8mm,间距不应大于300mm。

2 特一级、一、二、三级抗震等级,面积配筋率不应小于0.25%,直径不应小于8mm,间距不应大于200mm。

3 抗震结构的钢骨混凝土剪力墙底部加强部位水平分布筋的间距不应大于150mm(抗震等级三、四级)、100mm(抗震等级特一级、一、二级),特一级抗震等级剪力墙加强部位面积配筋率尚不应小于0.4%。

加强部位高度可取结构总高度的 1/10,且不少于 2 层楼高(10 层及 10 层以上的结构)或 1 层楼高(10 层以下的结构),钢筋混凝土核心筒的加强部位宜增加一层。

**6.3.14** 抗震设计时,钢筋混凝土剪力墙底部加强部位在重力荷载代表值作用下的轴压力系数不宜超过表 6.3.14 的限值,轴压力系数按式(6.3.14)计算。

$$n = \frac{N}{A_c f_c + A_{ss} f_{ss}} \quad (6.3.14)$$

式中  $N$ ——重力荷载代表值作用下剪力墙的轴压力设计值,应计入荷载分项系数;

$A_c, f_c$ ——分别为剪力墙的全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值;

$A_{ss}, f_{ss}$ ——分别为剪力墙内钢筋截面面积和钢筋抗压强度设计值。

表 6.3.14 钢筋混凝土剪力墙轴压力系数  $n$  的限值

| 抗震等级   | 特一级、一级(9 度) | 二级(7、8 度) | 二级   |
|--------|-------------|-----------|------|
| 有端柱剪力墙 | 0.45        | 0.55      | 0.65 |
| 无端柱剪力墙 | 0.40        | 0.50      | 0.60 |

**6.3.15** 钢筋混凝土剪力墙在轴压力设计值作用下的正截面受弯承载力应符合下列规定:

$$M \leq M_{wu} \quad (6.3.15)$$

式中  $M_{wu}$ ——正截面受弯承载力,将端部钢筋面积计入剪力墙端部钢筋面积,可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3 中钢筋混凝土剪力墙正截面承载力计算方法确定。有地震作用组合时,尚应考虑承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$ 。

**6.3.16** 钢筋混凝土剪力墙斜截面受剪承载力应符合下列规定:

#### 1 无端柱钢筋混凝土剪力墙

$$V_w \leq W_{wu}^{rc} + V_{wu}^{ss} \quad (6.3.16-1)$$

#### 2 有端柱钢筋混凝土剪力墙

$$V_w \leq V_{wu}^{rc} + \frac{1}{2} \sum V_{cu} \quad (6.3.16-2)$$

式中  $V_w$ ——钢筋混凝土剪力墙的剪力设计值,应根据强剪弱弯的要求按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关钢筋混凝土剪力墙的规定确定;

$V_{wu}^{rc}$ ——剪力墙中钢筋混凝土腹板部分的受剪承载力,可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算;

$V_{wu}^{ss}$ ——无端柱剪力墙中钢筋部分的受剪承载力,可按现行行业标准《钢筋混凝土结构设计规程》YB 9082 计算;

$V_{cu}$ ——有端柱剪力墙中每根钢筋混凝土端柱的受剪承载力,可按现行行业标准《钢筋混凝土结构设计规程》YB 9082 计算。

### 6.4 钢管混凝土柱

**6.4.1** 圆形钢管混凝土柱和矩形钢管混凝土柱的设计与施工,凡本规程未作规定者,应符合国家现行有关标准的规定。

**6.4.2** 圆形钢管混凝土柱应符合下列要求:

- 1 钢管直径  $D$  不宜小于 300mm;
- 2 钢管壁厚  $t$  不宜小于 6mm;
- 3 钢管外径与壁厚的比值  $D/t$  宜在  $(20 \sim 90)(235/f_y)$  之间,  $f_y$  为钢材的屈服强度;
- 4 套箍指标  $\theta$  不应小于 0.5,也不宜大于 2.5;
- 5 柱的长径比  $l/D$  不应大于 20;
- 6 轴向压力偏心率  $e_0/r_c$  不应大于 1.0,  $e_0$  为偏心距,  $r_c$  为核心混凝土横截面的半径。

**6.4.3** 矩形钢管混凝土柱应符合下列要求:

- 1 钢管截面边长尺寸不宜小于 300mm;
- 2 钢管壁厚  $t$  不宜小于 6mm;
- 3 钢管管壁板件的边长与其厚度的比值不应大于  $60(235/f_y)$ ;
- 4 柱的长度与截面短边尺寸的比值不宜大于 20。

6.4.4 圆形钢管可采用直缝焊接管或无缝管;矩形钢管可采用直缝焊接管,也可采用钢板或型钢焊接成型的矩形管。焊缝应采用对接熔透焊缝,焊缝强度不应低于管材强度,焊缝质量应符合一级焊缝的标准。

6.4.5 圆形钢管混凝土柱和矩形钢管混凝土柱的轴向受压承载力应符合下列规定:

$$\text{无地震作用组合时} \quad N \leq N_u \quad (6.4.5-1)$$

$$\text{有地震作用组合时} \quad N \leq N_u / \gamma_{RE} \quad (6.4.5-2)$$

式中  $N$ ——轴压力设计值;

$N_u$ ——钢管混凝土柱的轴向受压承载力;

$\gamma_{RE}$ ——轴向受压承载力抗震调整系数,取 1.0。

6.4.6 圆形钢管混凝土柱的轴向受压承载力应按下列公式计算:

$$N_u = \varphi_1 \varphi_e N_0 \quad (6.4.6-1)$$

$$\text{当 } \theta \leq \xi \text{ 时} \quad N_0 = 0.9 A_c f_c (1 + \alpha \theta) \quad (6.4.6-2)$$

$$\text{当 } \theta > \xi \text{ 时} \quad N_0 = 0.9 A_c f_c (1 + \sqrt{\theta} + \theta) \quad (6.4.6-3)$$

$$\theta = A_s f_a / (A_c f_c) \quad (6.4.6-4)$$

式中  $N_0$ ——钢管混凝土短柱的轴心受压承载力;

$\theta$ ——钢管混凝土套箍系数;

$\alpha$ ——与混凝土强度等级有关的系数,混凝土强度等级不大于 C50 时可取 2.00,混凝土强度等级大于 C50 时可取 1.80;

$\xi$ ——与混凝土强度等级有关的系数,混凝土强度等级不大于 C50 时可取 1.00,混凝土强度等级大于 C50 时可取 1.56;

$f_a$ ——钢管材料的抗拉、抗压强度设计值;

$f_c$ ——钢管内混凝土的轴心抗压强度设计值;

$A_a$ ——钢管的横截面面积;

$A_c$ ——钢管内混凝土的横截面面积;

$\varphi_1$ ——考虑长细比影响的轴心受压承载力折减系数,按表 6.4.6 采用;

$\varphi_e$ ——考虑偏心影响的轴心受压承载力折减系数,按本规程第 6.4.7 条的规定计算。

表 6.4.6 圆形钢管混凝土柱考虑长细比影响的轴心受压承载力折减系数

| $l_0/D$     | $\leq 7$ | 8.5  | 10.5 | 12   | 14   | 15.5 | 17   | 19   | 20   |
|-------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\varphi_1$ | 1.00     | 0.98 | 0.95 | 0.92 | 0.87 | 0.81 | 0.75 | 0.70 | 0.68 |

注:表中  $l_0$  为钢管混凝土柱计算长度,可取  $1.0H$ ,  $H$  为层高; $D$  为钢管外径。

6.4.7 圆形钢管混凝土柱考虑偏心影响的轴心受压承载力折减系数  $\varphi_e$  可按下列公式计算:

$$\text{当 } e_0/r_c \leq 1.55 \text{ 时} \quad \varphi_e = \frac{1}{1 + 1.85 \frac{e_0}{r_c}} \quad (6.4.7-1)$$

$$\text{当 } e_0/r_c > 1.55 \text{ 时} \quad \varphi_e = \frac{0.4}{e_0/r_c} \quad (6.4.7-2)$$

$$e_0 = \frac{M_2}{N}$$

式中  $e_0$ ——偏心距;

$r_c$ ——钢管内混凝土横截面的半径;

$M_2$ ——柱端弯矩设计值的较大者;

$N$ ——柱轴压力设计值。

6.4.8 圆形钢管混凝土柱的受剪承载力应符合下列规定:

$$\text{无地震作用组合时} \quad V \leq V_u \quad (6.4.8-1)$$

$$\text{有地震作用组合时} \quad V \leq V_u / \gamma_{RE} \quad (6.4.8-2)$$

式中  $V$ ——剪力设计值;

$V_u$ ——钢管混凝土柱的受剪承载力;

$\gamma_{RE}$ ——受剪承载力抗震调整系数,取  $\gamma_{RE}=1.0$ 。

#### 6.4.9 圆形钢管混凝土柱的受剪承载力应按下列式计算:

$0 < \lambda < 0.5$  且  $N/(f_a A_a + f_c A_c) \leq 0.4$  时

$$V_u = \frac{1.6}{\lambda + 0.3} f_t A_c + [0.3 - (0.6 - \frac{1+a^2}{2})\lambda] f_a A_a + 0.05 \frac{N}{\lambda} \quad (6.4.9-1)$$

$\lambda \geq 0.5$  且  $N/(f_a A_a + f_c A_c) \leq 0.4$  时

$$V_u = 2.0 f_t A_c + \frac{1+a^2}{8\lambda} f_a A_a + 0.1N \quad (6.4.9-2)$$

$0 < \lambda < 0.5$  且  $N/(f_a A_a + f_c A_c) > 0.4$  时

$$V_u = \frac{1.6}{\lambda + 0.3} f_t A_c + [0.3 - (0.6 - \frac{1+a^2}{2})\lambda] f_a A_a + 0.02 \frac{f_a A_a + f_c A_c}{\lambda} \quad (6.4.9-3)$$

$\lambda \geq 0.5$  且  $N/(f_a A_a + f_c A_c) > 0.4$  时

$$V_u = 2.0 f_t A_c + \frac{1+a^2}{8\lambda} f_a A_a + 0.04(f_a A_a + f_c A_c) \quad (6.4.9-4)$$

式中  $f_t$ ——钢管内混凝土轴心抗拉强度设计值;

$\lambda$ ——钢管混凝土柱剪跨比,计算剪跨比时,宜采用上、下柱端组合的弯矩设计值的较大值,剪力宜取对应的剪力设计值,柱截面有效高度宜取钢管混凝土柱的外径;

$N$ ——柱的轴压力设计值;

$a$ ——管内混凝土直径与钢管外直径比。

#### 6.4.10 圆形钢管混凝土柱的受弯承载力应按下列式计算:

$$M_u = 0.24 N_0 r_c \quad (6.4.10)$$

式中  $M_u$ ——圆形钢管混凝土柱的受弯承载力;

$N_0$ ——钢管混凝土短柱的轴心受压承载力,可按本规程第 6.4.6 条计算。

#### 6.4.11 圆形钢管混凝土柱的局部受压应符合下列规定:

无地震作用组合时  $N_1 \leq N_{ul}$  (6.4.11-1)

有地震作用组合时  $N_1 \leq N_{ul}/\gamma_{RE}$  (6.4.11-2)

式中  $N_1$ ——局部作用的轴压力设计值;

$N_{ul}$ ——圆形钢管混凝土柱的局部受压承载力;

$\gamma_{RE}$ ——局部受压承载力抗震调整系数,取 1.0。

#### 6.4.12 圆形钢管混凝土柱在组合界面附近局部受压时(图 6.4.12),局部受压承载力 $N_{ul}$ 应按下列公式计算:

$$\text{当 } A_1/A_c \geq 1/3 \text{ 时 } N_{ul} = (N_0 - N')\omega \sqrt{\frac{A_1}{A_c}} \quad (6.4.12-1)$$

$$\text{当 } A_1/A_c < 1/3 \text{ 时 } N_{ul} = (N_0 - N')\omega \sqrt{3} \frac{A_1}{A_c} \quad (6.4.12-2)$$

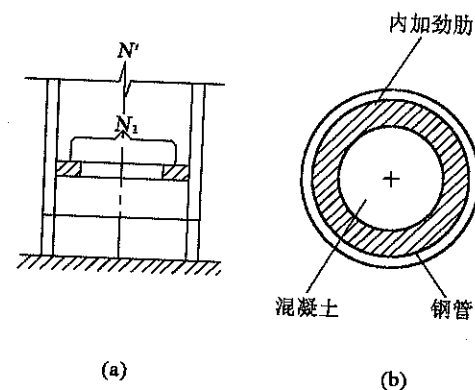


图 6.4.12 组合界面附近局部受压

式中  $N_0$ ——局部受压区段圆形钢管混凝土柱的轴心受压承载力,按本规程第 6.4.6 条计算;

$N'$ ——非局部作用的轴压力设计值;

$\omega$ ——考虑局部压应力分布状况的系数。当局部压应力

均匀分布时可取 1.0;当局部压应力非均匀分布(例如,通过与钢管内壁焊接的柔性抗剪连接件局部受压)时可取 0.75。内加强环,环形隔板,钢筋环和栓钉可视为柔性抗剪连接件,内衬管段和穿心牛腿(承重销)可视为刚性抗剪连接件;

$A_l$ ——混凝土局部受压面积;

$A_c$ ——钢管内混凝土截面面积。

**6.4.13** 圆形钢管混凝土柱在其组合界面附近的局部受压承载力不足时,可将钢管直径 1.5 倍长度范围内柱的钢管壁加厚。

**6.4.14** 钢管与管内混凝土界面剪力传递区(图 6.4.14)的长度可取为钢管直径  $D$  的 2 倍;剪力传递区内的粘结受剪承载力可按下列下式计算:

$$V_{ul} = 2\pi D^2 \tau_0 \quad (6.4.14)$$

式中  $V_{ul}$ ——剪力传递区内的粘结受剪承载力;

$D$ ——钢管直径;

$\tau_0$ ——钢管与管内混凝土界面的粘结强度设计值,可按表 6.4.14 采用。

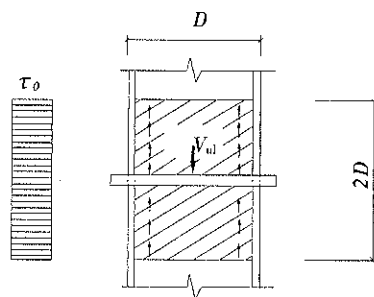


图 6.4.14 界面剪力传递区

表 6.4.14 钢管与管内混凝土界面的粘结强度设计值  $\tau_0$  (N/mm<sup>2</sup>)

| 混凝土强度等级  | ≤C50 | C60  | C70  | C80  |
|----------|------|------|------|------|
| $\tau_0$ | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |

**6.4.15** 焊接于圆钢管内壁的抗剪连接件可采用环形隔板、钢筋环、内衬管段或栓钉。抗剪连接件部位混凝土的局部受压承载力应按本规程第 6.4.12 条的规定计算。

**6.4.16** 矩形混凝土柱轴心受压承载力、偏心受压承载力等,可按现行标准《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159 的规定计算。

## 6.5 钢板混凝土连梁和钢连梁

**6.5.1** 高层建筑混合结构核心筒(剪力墙)的连梁可选用下列类型:(1)钢筋混凝土连梁,(2)钢板混凝土连梁,(3)钢骨混凝土连梁,(4)钢连梁,(5)钢筋混凝土交叉暗撑连梁。

跨高比不大于 2 的连梁宜采用(2)、(3)、(4)、(5)类型,跨高比不大于 1 的连梁宜优先采用(2)、(3)、(4)类型。当连梁截面厚度较大时,可采用钢骨混凝土连梁;当连梁截面厚度较小时,可采用钢板混凝土连梁。钢筋混凝土连梁及钢筋混凝土交叉暗撑连梁应按现行国家行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的规定设计,钢骨混凝土连梁可按现行行业标准《钢骨混凝土结构设计规程》YB 9082 的规定设计,钢板混凝土连梁和钢连梁设计应符合本规程的规定。

**6.5.2** 钢板混凝土连梁的受弯承载力应按下列公式计算:

无地震组合时

$$M_b \leq A_s f_{sy} \gamma h_{b0} + 0.1 t_w h_w^2 f_{ssy} \quad (6.5.2-1)$$

有地震作用组合时

$$M_b \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} [A_s f_{sy} \gamma h_{b0} + 0.1 t_w h_w^2 f_{ssy}] \quad (6.5.2-2)$$

式中  $M_b$ ——连梁的弯矩设计值;

$A_s$ ——连梁中抗弯纵筋的截面面积;

$\gamma h_{b0}$ ——连梁截面的抗弯内力臂高度,  $\gamma h_{b0} = h_{b0} - a'$ ;

$f_{sy}$ ——钢筋的抗拉强度设计值;

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/118067031050006134>