重庆市工程建设标准

钢管混凝土异形柱结构技术规程

**（征求意见稿）**

**前** **言**

本规程编制组经广泛调查研究，开展基础试验研究，认真总结实际工程经验，参考国内外相关规范标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.材料；4.基本规定；5.钢管混凝土异形柱设计；6.节点设计和连接构造；7.钢构件防护；8.制作与施工；9.质量验收。

本标准由重庆市城乡建设委员会负责管理，由重庆大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送重庆大学土木工程学院（地址：重庆市沙坪坝区重庆大学B区第二综合教学楼1616）

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 重庆大学 |
| 参编单位： |  |
|  |  |
|  |  |
| 本标准主要起草人员： | 刘界鹏，杨远龙 |
| 本标准主要审查人员： |  |
|  |  |

目 次

**1 总则**

**2 术语和符号**

**3 材料**

3.1 钢材

3.2 混凝土和钢筋

3.3 连接材料

**4 基本规定**

4.1 一般规定

4.2 结构分析与设计原则

**5 钢管混凝土异形柱设计**

5.1 一般规定

5.2 承载力计算

**6 节点设计和连接构造**

6.1 一般规定

6.2 节点连接设计

**7 钢构件防护**

7.1 防火

7.2 防腐

**8 制作与施工**

8.1 一般规定

8.2 钢构件的制作与施工

8.3 混凝土浇筑

**9 质量验收**

9.1 一般规定

9.2 主控项目

9.3 一般项目

1 总 则

1.0.1 为在钢管混凝土异形柱的设计、制作安装及验收过程中做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于钢管混凝土异形柱的设计、制作安装及验收。

1.0.3 钢管混凝土异形柱的设计、制作安装及验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢管混凝土异形柱special-shaped concrete-filled steel tubular column

在T形、L形等异形钢管内浇筑混凝土形成的柱构件。

2.1.2 多腔钢管混凝土异形柱 special-shaped multi-cell concrete-filled steel tubular column

在钢管混凝土异形柱内设置内隔板以形成多个腔室形式的钢管混凝土异形柱。

2.1.3 含钢率 steel ratio

构件截面中钢板面积与混凝土面积之比。

2.1.4 屈曲 buckling

结构、构件或板件达到受力临界状态时在其刚度较弱方向产生另一种较大变形的状态。

2.1.5 中性轴neutral axis

钢管混凝土异形柱在外力作用下截面压应力和拉应力分界线。

2.1.6 层间位移角inter-story drift angle

钢管混凝土异形柱在风荷载或多遇地震标准值作用下按弹性方法计算的楼层层间最大水平位移与层高之比。

2.2 符号

1. 计算指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *E*s | —— | 钢板的弹性模量； |
| *E*c | —— | 混凝土的弹性模量； |
| *f*s | —— | 钢板的抗拉、抗压和抗弯强度设计值； |
| *f*c | —— | 混凝土的轴心抗压强度设计值； |
| *f*y | —— | 钢板的屈服强度标准值； |
| *f*u | —— | 钢板的抗拉强度设计值； |
| *f*v | —— | 钢板的抗剪强度设计值； |
| *G*s | —— | 钢材的剪变模量； |
| *G*c | —— | 钢管内混凝土的剪变模量； |
| *M* | —— | 钢管混凝土异形柱的弯矩设计值； |
| *M*b | —— | 钢管混凝土异形柱承载力相关曲线上B点抗弯承载力设计值； |
| *M*c | —— | 钢管混凝土异形柱承载力相关曲线上C点抗弯承载力设计值； |
| *M*u | —— | 钢管混凝土异形柱的抗弯承载力设计值； |
| *N* | —— | 钢管混凝土异形柱的轴压力设计值； |
| *N*0 | —— | 钢管混凝土异形柱的简单叠加受压强度承载力设计值； |
| *N*b | —— | 钢管混凝土异形柱承载力相关曲线上B点轴压承载力设计值； |
| *N*c | —— | 钢管混凝土异形柱承载力相关曲线上C点轴压承载力设计值； |
| *N*u,cr | —— | 钢管混凝土异形柱轴心平面外受压稳定承载力； |
| *N*u | —— | 钢管混凝土异形柱的轴心受压承载力设计值； |
| *P*vy | —— | 竖向肋板节点屈服承载力； |
| *V* | —— | 钢管混凝土异形柱的剪力设计值； |
| *V*c | —— | 混凝土抗剪承载力； |
| *V*n | —— | 轴压力N作用下抗剪承载力的提高值； |
| *V*s | —— | 钢管抗剪承载力； |
| *V*u | —— | 钢管混凝土异形柱的抗剪承载力设计值； |
| *υ* | —— | 钢材的泊松比； |

1. 几何参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *A* | —— | 钢管混凝土异形柱的截面面积； |
| *A*c | —— | 钢管混凝土异形柱截面的混凝土面积； |
| *A*s | —— | 钢管混凝土异形柱截面的钢板面积； |
| *A*st | —— | 连接标准件的截面面积； |
| *A*sw | —— | 平行于钢管混凝土异形柱受力平面的钢板面积； |
|  | —— | 平行于剪力墙受力平面的受压钢板面积； |
| *EA* | —— | 钢管混凝土异形柱的截面轴压刚度； |
|  | —— | 钢管混凝土异形柱混凝土部分的截面轴压刚度； |
|  | —— | 钢管混凝土异形柱钢板部分的截面轴压刚度； |
| *EI* | —— | 钢管混凝土异形柱的截面弯曲刚度； |
|  | —— | 钢管混凝土异形柱混凝土部分的截面弯曲刚度； |
|  | —— | 钢管混凝土异形柱钢板部分的截面弯曲刚度； |
| *GA* | —— | 钢管混凝土异形柱的截面剪切刚度； |
|  | —— | 钢管混凝土异形柱混凝土部分的截面剪切刚度； |
|  | —— | 钢管混凝土异形柱钢板部分的截面剪切刚度； |
| *H* | —— | 钢管混凝土异形柱的高度； |
| *I*s | —— | 钢管的截面惯性矩； |
| *I*c | —— | 钢管内混凝土的截面惯性矩； |
| *L* | —— | 钢管混凝土异形柱的宽度； |
|  | —— | 钢管混凝土异形柱钢管的厚度； |
|  | —— | 钢管混凝土异形柱柱肢的厚度； |
| *λ* | —— | 钢管混凝土异形柱的平面外长细比； |
| *λ*0 | —— | 强度破坏界限长细比； |
| *λ*p | —— | 弹塑性失稳界限长细比。 |
|  |  |  |

1. 计算系数及其他

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *n* | —— | 轴压比； |
| *n*0 | —— | 等效轴压比； |
| *α*st | —— | 连接标准件拉力系数； |
| *α*sc | —— | 钢管混凝土异形柱的含钢率； |
| *θ* | —— | 钢管混凝土异形柱的套箍系数； |
| *φ* | —— | 钢管混凝土异形柱轴心受压稳定系数； |
| *Ψ*st | —— | 考虑连接标准件间距影响的调整系数； |
| *ψT* | —— | 钢管混凝土异形柱结构的计算自振周期折减系数； |
|  | —— | 结构重要性系数； |
| *S*d | —— | 作用组合的效应设计值； |
| *R*d | —— | 构件承载力设计值； |
|  | —— | 构件承载力抗震调整系数； |
| *ζ*h | —— | 与节点域高宽比*h*/*B*h相关的函数； |
| *ζ*c | —— | 套箍作用影响系数； |
| *ζ*f | —— | 正交柱肢影响系数。 |

3 材 料

3.1 钢 材

3.1.1 钢管混凝土异形柱钢材牌号宜采用Q235钢和Q345钢，钢材质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700-2006 与《低合金高强度结构钢》GB/T 1591-2018的规定。对考虑屈曲后强度的钢管混凝土异形柱宜采用Q235GJ钢和Q345GJ钢，钢材质量应符合现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879-2015的规定。当有可靠依据时，可选用低屈服强度钢。

3.1.2 钢管混凝土异形柱钢材质量等级宜选用B级及以上级别。焊接结构不应选用A级钢。当选用Q235钢材时，钢材材质应为镇静钢。

3.1.3 钢管混凝土异形柱钢材性能应具有屈服强度、断后伸长率、抗拉强度、冷弯试验和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳当量的合格保证。

3.1.4 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；钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于20%；钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。

3.1.5 钢材的设计用强度指标，应根据钢材牌号、厚度或直径按表3.1.5采用。

表3.1.5 钢材的设计用强度指标（N/mm2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢材  牌号 | | 钢材厚度  （mm） | 强度设计值 | | | 屈服强度 | 抗拉强度 |
| 抗拉、抗压、抗弯 | 抗剪 | 端面承压  （刨平顶紧） |
| 碳素结构钢 | Q235 | ≤16 | 215 | 125 | 320 | 235 | 370 |
| ﹥16，≤40 | 205 | 120 | 225 |
| ﹥40，≤100 | 200 | 115 | 215 |
| 低合金高强度结构钢 | Q345 | ≤16 | 305 | 175 | 400 | 345 | 470 |
| ﹥16，≤40 | 295 | 170 | 335 |
| ﹥40，≤63 | 290 | 165 | 325 |
| ﹥63，≤80 | 280 | 160 | 315 |
| ﹥80，≤100 | 270 | 155 | 305 |
| Q390 | ≤16 | 345 | 200 | 415 | 390 | 490 |
| ﹥16，≤40 | 330 | 190 | 370 |
| ﹥40，≤63 | 310 | 180 | 350 |
| ﹥63，≤100 | 295 | 170 | 330 |
| Q420 | ≤16 | 375 | 215 | 440 | 420 | 520 |
| ﹥16，≤40 | 355 | 205 | 400 |
| ﹥40，≤63 | 320 | 185 | 380 |
| ﹥63，≤100 | 305 | 175 | 360 |
| Q460 | ≤16 | 410 | 235 | 470 | 460 | 550 |
| ﹥16，≤40 | 390 | 225 | 440 |
| ﹥40，≤63 | 355 | 205 | 420 |
| ﹥63，≤100 | 340 | 195 | 400 |

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

3.1.6建筑结构用钢板的设计用强度指标，可根据钢材牌号、厚度或直径按表3.1.6采用。

表3.1.6 建筑结构用钢板的设计用强度指标（N/mm2）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 建筑结构用钢板 | 钢材厚度  （mm） | 强度设计值 | | | 钢材强度 | |
| 抗拉、抗压、抗弯 | 抗剪 | 端面承压（刨平顶紧） | 屈服强度 | 抗拉强度 |
| Q345GJ | ﹥16，≤50 | 325 | 190 | 415 | 345 | 490 |
| ﹥50，≤100 | 285 | 175 | 335 |

3.1.7 钢管混凝土异形柱钢材的物理性能指标应按表3.1.7采用。

表3.1.7 钢材弹性模量和剪变模量（×105N/mm2）

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

3.1.8 钢管混凝土异形柱所用的连接标准件螺杆材质可选用强度等级为Q235、Q345的钢材，其质量等级不宜低于B级。

3.2 混凝土和钢筋

3.2.1 混凝土和钢筋的设计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。

3.2.2 钢管混凝土异形柱的混凝土强度等级不应低于C30。当采用C80以上高强混凝土时，应有可靠的依据。

3.2.3 钢管混凝土异形柱构件中可采用自密实混凝土。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。

3.3 连 接 材 料

3.3.1 钢管混凝土异形柱中所用焊接材料应符合下列规定：

1 手工焊接所用的焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 的规定，所选用的焊条型号应与主体金属力学性能相适应；

2 自动焊或半自动焊用焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110，及《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045 、《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493的规定；

3 埋弧焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470的规定。

表3.3.1 焊缝的强度指标（N/mm2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接方法和  焊条型号 | 构件钢材 | | 对接焊缝强度设计值 | | | | 角焊缝强度设计值 | 对接焊缝抗拉强度 | 角焊缝抗拉、抗压和抗剪强度 |
| 牌号 | 厚度  （mm） | 抗压 | 焊缝质量为下列等级时，抗拉 | | 抗剪 | 抗拉、抗压和抗剪 |
| 一级、二级 | 三级 |
| 自动焊、半自动焊和E43型焊条手工焊 | Q235 | ≤16 | 215 | 215 | 185 | 125 | 160 | 415 | 240 |
| ﹥16，≤40 | 205 | 205 | 175 | 120 |
| ﹥40，≤100 | 200 | 200 | 170 | 115 |
| 自动焊、半自动焊和E50、E55型焊条手工焊 | Q345 | ≤16 | 305 | 305 | 260 | 175 | 200 | 480(E50)  540(E55) | 280(E50)  315(E55) |
| ﹥16，≤40 | 295 | 295 | 250 | 170 |
| ﹥40，≤63 | 290 | 290 | 245 | 165 |
| ﹥63，≤80 | 280 | 280 | 240 | 160 |
| ﹥80，≤100 | 270 | 270 | 230 | 155 |
| Q390 | ≤16 | 345 | 345 | 295 | 200 | 200(E50)  220(E55) |
| ﹥16，≤40 | 330 | 330 | 280 | 190 |
| ﹥40，≤63 | 310 | 310 | 265 | 180 |
| ﹥63，≤100 | 295 | 295 | 250 | 170 |
| 自动焊、半自动焊和E55、E60型焊条手工焊 | Q420 | ≤16 | 375 | 375 | 320 | 215 | 220(E55)  240(E60) | 540(E55)  590(E60) | 315(E55)  340(E60) |
| ﹥16，≤40 | 355 | 355 | 300 | 205 |
| ﹥40，≤63 | 320 | 320 | 270 | 185 |
| ﹥63，≤100 | 305 | 305 | 260 | 175 |
| 自动焊、半自动焊和E55、E60型焊条手工焊 | Q460 | ≤16 | 410 | 410 | 350 | 235 | 220(E55)  240(E60) | 540(E55)  590(E60) | 315(E55)  340(E60) |
| ﹥16，≤40 | 390 | 390 | 330 | 225 |
| ﹥40，≤63 | 355 | 355 | 300 | 205 |
| ﹥63，≤100 | 340 | 340 | 290 | 195 |
| 自动焊、半自动焊和E50、E55型焊条手工焊 | Q345GJ | ﹥16，≤35 | 310 | 310 | 265 | 180 | 200 | 480(E50)  540(E55) | 280(E50)  315(E55) |
| ﹥35，≤50 | 290 | 290 | 245 | 170 |
| ﹥50，≤100 | 285 | 285 | 240 | 165 |

注：1 手工焊用焊条、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母材的性能。

2 焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的规定，其检验方法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。其中厚度小于6mm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，在受拉区的抗弯强度设计值取。

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计算下列情况的连接时，表3.4规定的强度设计值应乘以相应的折减系数；几种情况同时存在时，其折减系数应连乘。

1. 施工条件较差的高空安装焊缝乘以系数0.9；
2. 进行无垫板的单面施焊对接焊缝的连接计算应乘折减系数0.85。

3.3.2 钢管混凝土异形柱结构紧固件材料应符合下列规定：

1 钢管混凝土异形柱连接用4.6 级与4.8 级普通螺栓（C级螺栓）及5.6级与8.8级普通螺栓（A级或B级螺栓）的质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T3098. 1 和《紧固件公差螺栓、螺钉、螺柱和螺母》GB/T3103. 1的规定。C级螺栓与A级、B级螺栓的规格和尺寸应分别符合现行国家标准《六角头螺栓C级》GB/T 5780 与《六角头螺栓》GB/T 5782的规定。

2 圆柱头焊（栓）钉连接件的质量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 大六角高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 123的规定。扭剪型高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632的规定。

表3.3.2 螺栓连接的强度指标 (N/mm2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓的性能等级、锚栓  和构件钢材的牌号 | | 强度设计值 | | | | | | | | | | 高强度螺栓的抗拉强度 |
| 普通螺栓 | | | | | | 锚栓 | 承压型连接高强度螺栓 | | |
| C级螺栓 | | | A级、B级螺栓 | | |
| 抗拉 | 抗剪 | 承压 | 抗拉 | 抗剪 | 承压 | 抗拉 | 抗拉 | 抗剪 | 承压 |
| 普通  螺栓 | 4.6级、4.8级 | 170 | 140 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5.6级 | — | — | — | 210 | 190 | — | — | — | — | — | — |
| 8.8级 | — | — | — | 400 | 320 | — | — | — | — | — | — |
| 锚栓 | Q235 | — | — | — | — | — | — | 140 | — | — | — | — |
| Q345 | — | — | — | — | — | — | 180 | — | — | — | — |
| Q390 | — | — | — | — | — | — | 185 | — | — | — | — |
| 承压型连接高强度螺栓 | 8.8级 | — | — | — | — | — | — | — | 400 | 250 | — | 830 |
| 10.9级 | — | — | — | — | — | — | — | 500 | 310 | — | 1040 |
| 构件  钢材牌号 | Q235 | — | — | 305 | — | — | 405 | — | — | — | 470 | — |
| Q345 | — | — | 385 | — | — | 510 | — | — | — | 590 | — |
| Q390 | — | — | 400 | — | — | 530 | — | — | — | 615 | — |
| Q420 | — | — | 425 | — | — | 560 | — | — | — | 655 | — |
| Q460 | — | — | 450 | — | — | 595 | — | — | — | 695 | — |
| Q345GJ | — | — | 400 | — | — | 530 | — | — | — | 615 | — |

注：1 A级螺栓用于*d*≤24mm和*L*≤10*d*或*L*≤150mm（按较小值）的螺栓；B级螺栓用于*d*＞24mm和*L*＞10*d*或*L*＞150mm（按较小值）的螺栓；*d*为公称直径，*L*为螺栓公称长度。

2 A、B级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度，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的要求。

3 用于螺栓球节点网架的高强度螺栓，M12～M36为10.9级, M39～M64为 9.8级。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 根据建筑布置及结构受力的需要，异形柱结构中的框架柱，可全部采用异形柱，也可部分采用—般框架柱。当根据建筑功能需要设置底部大空间时，可通过框架底部抽柱并设置转换梁，形成底部抽柱带转换层的异形柱结构，其结构设计应符合本规程附录 A 的规定。

4.1.2采用钢管混凝土异形柱结构的多层和高层建筑的平面和竖向布置及规则性要求，应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JCJ 3和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的有关规定。

4.1.3工业与民用建筑采用钢管混凝土异形柱时，框架梁宜采用钢梁或钢-混凝土组合梁。

4.1.4 采用钢管混凝土异形柱结构的多层和高层建筑无地下室时，钢管混凝土异形柱应采用埋入式柱脚；当设置地下室且钢管混凝土异形柱伸至地下至少两层时，宜采用埋入式柱脚，也可采用非埋入式柱脚。

4.1.5 对受压为主的钢管混凝土异形柱构件，钢板截面边长和壁厚之比*B*/t不应大于60。对受弯为主的钢管混凝土异形柱构件，钢板截面边长和壁厚之比*B*/t不应大于135。

4.1.6  钢管混凝土异形柱的钢管在浇筑混凝土前，其轴心应力不宜大于钢管抗压强度设计值的60％，并应满足稳定性要求。

4.2 结构分析与设计原则

4.2.1 采用钢管混凝土异形柱结构的多层和高层建筑的荷载及荷载组合，静力荷载、风荷载和地震作用下的内力和位移等计算，应符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的有关规定。采用钢管混凝土构件的杆塔结构的内力及位移计算应符合现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135和《构筑物抗震设计规范》GB 50191等的有关规定。

4.2.2 钢管混凝土异形柱构件设计，应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

4.2.3 钢管混凝土异形柱构件的承载力应按下列公式验算：

    无地震作用组合

 (4.2.3-1)

    有地震作用组合

 (4.2.3-2)

式中：——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；

——作用组合的效应设计值；

——构件承载力设计值；

——构件承载力抗震调整系数。

4.2.4 抗震设计时，钢管混凝土异形柱构件的抗震调整系数应按表4.2.4采用。

表4.2.4 承载力抗震调整系数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 正截面承载力验算 | | 斜截面承载力验算 | 节点板件、连接焊缝、连接螺栓 | |
| 钢管混凝土异形柱 | 支撑 | 强度验算 | 稳定验算 |
| 0.80 | 0.80 | 0.85 | 0.75 | 0.80 |

4.2.5 钢管混凝土异形柱结构进行内力和位移计算时，钢管混凝土异形柱构件的截面刚度可按下列公式计算：

*EA*=*E*s*A*s+*E*c*A*c （4.2.5-1）

*EI*=*E*s*I*s+*E*c*I*c （4.2.5-2）

*GA*=*G*s*A*s+*G*c*A*c （4.2.5-3）

式中：*EA*——钢管混凝土异形柱的组合轴压刚度；

*EI*——钢管混凝土异形柱的组合抗弯刚度；

*GA*——钢管混凝土异形柱的组合剪切刚度；

、——钢管、钢管内混凝土的弹性模量；

、——钢管、钢管内混凝土的剪变模量；

、——钢管、钢管内混凝土的截面面积；

、——钢管、钢管内混凝土的截面惯性矩。

4.2.6钢管混凝土异形柱构件中，钢管各边长不宜小于168mm，壁厚不宜小于3.0mm。

4.2.7钢管混凝土异形柱结构乙类和丙类建筑的最大适用高度应符合表4.2.7的规定。对平面和竖向均不规则的结构，表中最大适用高度宜适当降低；对甲类建筑，6度～8度时宜按本地区设防烈度提高一度后符合本表的规定，9度时应专门研究；当房屋高度超过表中数值时，结构设计应进行专门研究和论证，并应采取有效措施。

表4.2.7实心钢管混凝土结构的最大适用高度*H* (m)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构体系 | 非抗震设计 | 抗震设计 | | | |
| 6度 | 7度 | 8度 | |
| 0.2g | 0.3g |
| 框架结构 | 50 | 40 | 32 | 24 | 不适用 |
| 框架-剪力墙 | 100 | 90 | 70 | 50 | 40 |

注：房屋高度指室外地面至房屋主要屋面的高度，不包括突出屋面的电梯机房、水箱、构架等高度。

4.2.8 钢管混凝土异形柱结构适用的最大高宽比不宜超过表4.2.8的限值。

表4.2.8异形柱结构适用的最大高宽比

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构体系 | 非抗震设计 | 抗震设计 | | | |
| 6度 | 7度 | | 8度 |
| 0.05g | 0.10g | 0.15g | 0.20g |
| 框架结构 | 2.5 | 4 | 3.5 | 3 | 2.5 |
| 框架-剪力墙 | 5 | 5 | 4.5 | 4 | 3.5 |

4.2.9钢管混凝土异形柱结构丙类建筑的抗震等级应按表4.2.9确定，相应的计算和构造措施要求应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的有关规定。框架中的钢梁、钢支撑、钢管混凝土支撑抗震等级可按钢结构构件确定；当接近或等于高度分界时，可结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级；对乙类建筑及Ⅲ、Ⅳ类场地且设计基本地震加速度为0.15g和0.30g地区的丙类建筑，当高度超过对应的适用高度时，应采用特一级的抗震构造措施。

表4.2.9钢管混凝土异形柱结构房屋的抗震等级

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构类型 | | 烈度 | | | | | | | |
| 6 | | 7 | | | 8 | | |
| 框架 | 高度（m） | ≤24 | ＞24 | ≤24 | ＞24 | | ≤24 | ＞24 | |
| 框架 | 四 | 三 | 三 | 二 | | 二 | 一 | |
| 框架-剪力墙 | 高度（m） | ≤60 | ＞60 | ≤24 | ＞24≤60 | ＞60 | ≤24 | ＞24  ≤60 | ＞60 |
| 框架 | 四 | 三 | 四 | 三 | 二 | 三 | 二 | 一 |
| 剪力墙 | 三 | 二 | 三 | 二 | | 二 | 一 | |

注：表中“特一和一、二、三、四”即“抗震等级为特一级和一、二、三、四级”的简称。

4.2.10  钢管混凝土异形柱房屋结构在风荷载或多遇地震标准值作用下，按弹性方法计算的最大楼层层间位移与层高之比△*u*/*h*宜符合下列规定：

表4.2.10-1 钢管混凝土异形柱结构弹性层间位移与层高之比△*u/h* 限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 结构类型 | | 限值 |
| 框架 | 钢筋混凝土梁板楼盖 | 1/450 |
| 钢梁-混凝土板组合楼盖 | 1/300 |
| 框架-剪力墙 | | 1/800 |

钢管混凝土异形柱房屋结构在罕遇地震作用下的薄弱层弹塑性位移与层高比△*u***p** /*h*，不宜大于下表中的限值。

表4.2.10-2钢管混凝土异形柱结构弹塑性位移与层高之比△*u*p/*h*限值

|  |  |
| --- | --- |
| 结构类型 | △*u***p** /h限值 |
| 框架 | 1/50 |
| 框架-剪力墙 | 1/100 |

4.2.11 当部分框支剪力墙结构采用钢管混凝土异形框支柱时，应符合下列规定：

1框支柱应从基础顶面伸至转换层，并应与转换构件连接；

2在地面以上设置框支层的位置，8度时不宜大于4层，7度时不宜大于6层，6度时其层数可适当增加。

4.2.12  采用钢梁的钢管混凝土异形柱结构在多遇地震作用下的阻尼比可按表4.2.12取值，并应依据实际情况确定，在罕遇地震作用下的结构阻尼比可取0.050。

表4.2.12多遇地震下钢管混凝土异形柱结构阻尼比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 结构类型 | 结构高度 | | |
| H≤50m | 50m＜H≤100m | 100m＜H≤250m |
| 框架 | 0.040 | 0.035 | － |
| 框架-剪力墙 | 0.040 | 0.040 | 0.035～0.030 |

4.2.13 抗震设计时，钢管混凝土异形柱的轴压比应按下式计算，并不宜大于表4.2.13的限值：

 （4.2.13） 式中： ——轴压比；

*N*——考虑地震组合的柱轴心力设计值(N)；

——钢管内混凝土面积(mm2)；

——混凝土的轴心抗压强度设计值(MPa)；

*f*——钢管的抗压强度设计值(MPa)；

——钢管的截面面积(mm2)。

表4.2.13钢管混凝土异形柱轴压比限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 一级 | 二级 | 三级 |
| 0.70 | 0.80 | 0.90 |

4.2.14 钢管混凝土异形柱结构体系应通过技术、经济和使用条件的综合分析比较确定，除应符合国家现行标准对钢管混凝土柱结构的有关要求外，还应符合下列规定：

1 钢管混凝土异形柱结构中不应采用部分由钢-混凝土组合墙承重的混合结构形式；

2 抗震设计时，钢管混凝土异形柱结构不应采用多塔、连体和错层等复杂结构形式，也不应采用单跨框架结构；

3 钢管混凝土异形柱结构的楼梯间、电梯井应根据建筑布置及结构抗侧向作用的需要，合理地布置剪力墙或一般框架柱；

4.2.15 钢管混凝土异形柱结构的填充墙与隔墙应符合下列要求：

1 填充墙与隔墙应优先采用轻质墙体材料，根据不同条件选用非承重砌体或墙板；

2 墙体厚度应与异形柱柱肢厚度协调一致，墙身应满足保温、隔热、节能、隔声、防水和防火等要求；

3 填充墙和隔墙的布置、材料强度和连接构造应符合国家现行标准的有关规定。

4.2.16 抗震设计的钢管混凝土异形柱框架-剪力墙结构，应根据在规定的水平力作用下结构底层框架部分承受的地震倾覆力矩与结构总地震倾覆力矩的比值，确定相应的设计方法，并应符合下列规定:

  1框架部分承受的地震倾覆力矩不大于结构总地震倾覆力矩的10%时，应按剪力墙结构进行设计，其中的框架部分应按框架-剪力墙结构的框架进行设计;  
 2当框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的10%但不大于50%时，应按框架-剪力墙结构进行设计;

3当框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的50%但不大于80%时，应按框架-剪力墙结构进行设计，其适用的最大高度可比框架结构适当增加，框架部分的抗震等级和轴压比限值宜按框架结构的规定采用;  
 4当框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩80%时，应按框架-剪力墙结构进行设计，其适用的最大高度宜按框架结构采用，框架部分的抗震等级和轴压比限值应按框架结构的规定采用。

4.2.17 钢管混凝土异形柱结构宜采用规则的结构设计方案。抗震设计的异形柱结构应符合抗震概念设计的要求，不应采用特别不规则的结构设计方案。抗震设计时，对不规则异形柱结构的定义和设计要求，除应符合国家现行标准外，尚应符合本规程第 4.2.18条和第4.2.10条的有关规定。

4.2.18 钢管混凝土异形柱结构的平面布置应符合下列要求：

1 异形柱结构的一个独立单元内，结构的平面形状宜简单、规则、对称，减少偏心，刚度和承载力分布宜均匀；

2 异形柱结构的框架纵、横柱网轴线宜分别对齐拉通：异形柱截面肢厚中心线宜与框架梁及剪力墙中心线对齐；

3 异形柱框架-剪力墙结构中剪力墙的最大间距不宜超过表4.2.18的限值(取表中两个数值的较小值)，当剪力墙之间的楼盖、屋盖有较大开洞时，剪力墙间距应比表中限值适当减小。当剪力墙间距超过限值时，在结构计算中应计入楼盖、屋盖平面内变形的影响。

表4.2.18钢管混凝土异形柱结构的剪力墙最大间距(m)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 楼盖、屋盖类型 | 非抗震设计 | 抗震设计 | | | | |
| 6度 | 7度 | | 8度 | |
| 0.05g | 0.10g | 0.15g | 0.20g | 0.30g |
| 现浇 | 4.5*B*，55 | 4.0*B*，50 | 3.5*B*，40 | 3.0*B*，40 | 2.5*B*，35 | 2.0*B*，25 |
| 装配整体 | 3.0*B*，45 | - | - | - | - | - |

注：1 表中 *B* 为楼盖宽度(m)；

2 现浇层厚度不小于 60mm 的叠合楼板可作为现浇板考虑；

3 底部抽柱带转换层钢管混凝土异形柱结构的剪力墙间距宜符合本规程附录 A 的有关规定。

4.2.19 不规则的钢管混凝土异形柱结构，其抗震设计尚应符合下列要求：

1 扭转不规则时，楼层竖向构件的最大水平位移和层间位移与该楼层两端弹性水平位移和层间位移平均值的比值不应大于1.45；

2 楼层承载力突变时，其薄弱层地震剪力应乘以1.20的增大系数；楼层受剪承载力不应小于相邻上一楼层的 65%；

3 竖向抗侧力构件不连续(底部抽柱带转换层异形柱结构)时，该构件传递给水平转换构件的地震内力应乘以 1.25～1.5 的增大系数；

4 受力复杂部位的钢管混凝土异形柱，宜采用一般框架柱。

4.2.20当钢管混凝土异形柱结构的地下室顶板作为上部结构的嵌固部位时，地下一层与首层的侧向刚度比不宜小于2，地下一层及以下不应采用异形柱，地下一层结构的抗震等级应与上部结构相同，地下一层以下抗震构造措施的抗震等级可逐层降低一级，但不应低于四级。作为上部结构嵌固部位的地下室楼层的顶楼盖应采用梁板结构，楼板厚度不宜小于180mm，混凝土强度等级不宜小于C30，且应采用双层双向配筋，每层每个方向的配筋率不宜小于0.25%。

4.2.21 钢管混凝土异形柱结构的设计使用年限应按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153的相关规定确定。一般居住建筑钢管混凝土异形柱结构的安全等级应采用二级，抗震设防类别按丙类。钢管混凝土异形柱结构应进行承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算。异形柱正截面、斜截面及梁柱节点承载力应按本规程第5章的规定进行计算;其他构件的承载力计算应符合国家现行相关标准的规定。

4.2.22 钢管混凝土异形柱结构的地震作用计算，应符合下列规定：

1一般情况下，应允许在结构两个主轴方向分别计算水平地震作用并进行抗震验算， 各方向的水平地震作用应由该方向抗侧力构件承担，7 度(0.15g)及 8 度(0.20g)时尚应对与主轴成 450方向进行补充验算；

2 在计算单向水平地震作用时应计入扭转影响；对扭转不规则的结构，水平地震作用计算应计入双向水平地震作用下的扭转影响。

4.2.23 钢管混凝土异形柱结构地震作用计算宜采用振型分解反应谱法，不规则的钢管混凝土异形柱结构的地震作用计算应采用扭转耦联振型分解反应谱法。

4.2.24 在竖向荷载、风荷载或多遇地震作用下，钢管混凝土异形柱结构的内力和位移可按弹性方法计算。框架梁及连梁等构件可考虑在竖向荷载作用下梁端局部塑性变形引起的内力重分布。

4.2.25 钢管混凝土异形柱结构的分析模型应符合结构的实际受力状况，异形柱结构的内力和位移分析应采用空间分析模型，可选择空间杆系模型、空间杆-薄壁杆系模型、空间杆一墙板元模型或其他组合有限元等分析模型。规则结构初步设计时，也可采用平面结构空间协同模型估算。

钢管混凝土异形柱结构按空间分析模型计算时，应考虑下列变形：

1 梁的弯曲、剪切、扭转变形，必要时考虑轴向变形；

2 柱的弯曲、剪切、轴向、扭转变形；

3剪力墙的弯曲、剪切、轴向、扭转、翘曲变形。

4.2.26 钢管混凝土异形柱结构内力与位移计算时，可假定楼板在其自身平面内为无限刚性，并应在设计中采取措施保证楼板平面内的整体刚度。对楼板大洞口的不规则类型，计算时应考虑楼板平面内的变形，或对采用楼板平面内无限刚性假定的计算结果进行适当调整。

4.2.27 钢管混凝土异形柱结构内力与位移计算时，楼面梁刚度增大系数、梁端负弯矩和跨中正弯矩调幅系数、扭矩折减系数、连梁刚度折减系数的取值，以及框架-剪力墙结构中框架部分承担的地震剪力调整要求，可根据国家现行标准按组合结构的有关规定采用。

4.2.28 计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期，应考虑非承重填充墙体对结构整体刚度的影响予以折减。

4.2.29 钢管混凝土异形柱结构的计算自振周期折减系数*ψT*可按下列规定取值：

1 框架结构可取 0.60～0.75；

2 框架-剪力墙结构可取 0.70～0.85。

设计中所采用的钢管混凝土异形柱结构分析软件的技术条件，应符合本规程的有关规定。软件应经考核验证和正式鉴定，对结构分析软件的计算结果应经分析判断，确认其合理有效后方可用于工程设计。

5 钢管混凝土异形柱设计

5.1 一般规定

5.1.2 钢管混凝土异形柱柱肢厚度和钢管厚度规定

钢管混凝土异形柱的柱肢厚度与钢管厚度的比值宜符合下式规定：

15 ≤ *t*wc/ *t*sw ≤60 (5.1.1)

式中：*t*wc —— 钢管混凝土异形柱柱肢的厚度（mm）；

*t*sw ——钢管混凝土异形柱钢管的厚度（mm）。

5.1.3 钢管混凝土异形柱钢管的厚度不宜小于4mm。

5.1.4 钢管混凝土异形柱的两侧宜设置暗柱或端柱，暗柱、端柱宜采用矩形钢管混凝土构件。

5.1.5 结构内力和变形分析时，钢管混凝土异形柱的刚度可按下列公式计算：

*EI* = *E*s*I*s + *E*c*I*c(5.1.5-1)

*EA= E*s*A*s + *E*c*A*c (5.1.5-2)

*GA* =*G*s*A*s + *G*c*A*c (5.1.5-3)

式中： *EI* —— 钢管混凝土异形柱的截面弯曲刚度（N·mm2）；

*EA* —— 钢管混凝土异形柱的截面轴压刚度（N）；

*GA* —— 钢管混凝土异形柱的截面剪切刚度（N）；

*E*s*I*s —— 钢管混凝土异形柱钢管部分的截面弯曲刚度（N·mm2）；

*E*s*A*s—— 钢管混凝土异形柱钢管部分的截面轴压刚度（N）；

*G*s*A*s —— 钢管混凝土异形柱钢管部分的截面剪切刚度（N）；

*E*c*I*c—— 钢管混凝土异形柱混凝土部分的截面弯曲刚度（N·mm2）；

*E*c*A*c —— 钢管混凝土异形柱混凝土部分的截面轴压刚度（N）；

*G*c*A*c —— 钢管混凝土异形柱混凝土部分的截面剪切刚度（N）。

5.2 承载力计算

5.2.1 钢管混凝土异形柱轴心受压强度承载力设计值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.2.1-1) |
|  |  | (5.2.1-2) |
|  |  | (5.2.1-3) |
|  |  | (5.2.1-4) |
|  |  | (5.2.1-5) |
|  |  | (5.2.1-6) |

式中： *N*0 —— 钢管混凝土异形柱的简单叠加受压强度承载力设计值（N）；

*f* —— 钢材的抗压强度设计值（N/mm2）；

*f*c —— 混凝土的抗压强度设计值（N/mm2）；

*f*y —— 钢材的抗压强度标准值（N/mm2）；

*f*ck —— 混凝土的抗压强度标准值（N/mm2）；

*θ* —— 钢管混凝土异形柱的套箍系数；

*α*sc—— 钢管混凝土异形柱的含钢率；

*B*、*C* —— 影响系数。

5.2.2 平面外受压稳定承载力设计值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *N*u,cr=*φN*u | | | (5.2.2-1) |
|  | | | (5.2.2-2) |
|  | | | (5.2.2-3) |
|  | | | (5.2.2-4) |
| 式中： | *N*u,cr | ——钢管混凝土异形柱轴心平面外受压稳定承载力（N）； | |
|  | *N*u | ——钢管混凝土异形柱轴心受压强度承载力设计值（N），按式5.2.1计算； | |
|  | *φ* | ——钢管混凝土异形柱轴心受压的稳定系数； | |
|  | *λ*0 | —— 强度破坏界限长细比； | |
|  | *λ*p | —— 弹塑性失稳界限长细比。 | |

5.2.3 受弯承载力设计值

（1）中和轴平行翼缘柱肢，且翼缘柱肢受压-YYSY

①当*h*≤*t*w时，钢管混凝土异形柱截面应力分布简化为图6（a）、（b），受弯承载力设计值按式（8）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a） T形钢管混凝土柱 | （b）L形钢管混凝土柱 |
| 图5.2.3-1 钢管混凝土异形柱截面应力分布 (YYSY：*h*≤*t*w) | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.2.3-1) |
| 式中： | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |
|  | 。 | |

②当*h*＞*t*w时，钢管混凝土异形柱截面应力分布简化为图7（a）、（b），受弯承载力设计值按式（9）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）T形钢管混凝土柱 | （b）L形钢管混凝土柱 |
| 图5.2.3-2 钢管混凝土异形柱截面应力分布 (YYSY：*h*≥*t*w) | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.2.3-2) |
| 式中： | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |

（2）中和轴平行翼缘柱肢，且翼缘柱肢受拉-YYSL

①当*h*≤*t*w时，钢管混凝土异形柱截面应力分布简化为图8（a）、（b），受弯承载力设计值按式（10）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）T形钢管混凝土柱 | （b）L形钢管混凝土柱 |
| 图5.2.3-3 钢管混凝土异形柱截面应力分布 (YYSL：*h*≤*H*-*t*w) | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.2.3-3) |
| 式中： | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |

②当*h*＞*H*-*t*w时，钢管混凝土异形柱截面应力分布简化为图9（a）、（b），受弯承载力设计值按式（11）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）T形钢管混凝土柱 | （b）L形钢管混凝土柱 |
| 图5.2.3-4 钢管混凝土异形柱截面应力分布 (YYSL：*h*≥*H*-*t*w) | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.2.3-4) |
| 式中： | ； | |
|  | ； | |
|  | ; | |
|  | ； | |
|  | ； | |

（3）中和轴平行腹板柱肢-PXFB

①当*b*≤0.5(*B*-*t*w)时，钢管混凝土异形柱截面应力分布简化为图10（以T形截面为例，L形与T形简化过程相同），受弯承载力设计值按式（12）计算：

|  |
| --- |
|  |
| 图5.2.3-5 T形钢管混凝土柱截面应力简化分布 (PXFB：*b*≤0.5(*B*-*t*w)) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.2.3-5) |
| 式中： | ; | |
|  | ; | |
|  | ; | |
|  | ; | |
|  | ; | |

②当*b*＞0.5(*B*-*t*w)时，钢管混凝土异形柱截面应力分布简化为图11（以T形截面为例，L形与T形简化过程相同），受弯承载力设计值按式（13）计算：

|  |
| --- |
|  |
| 图5.2.3-6 T形钢管混凝土柱截面应力简化分布 (PXFB：*b*＞0.5(*B*-*t*w)) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.2.3-6) |
| 式中： | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |
|  | ； | |
|  |  | |

5.2.4 钢管混凝土异形柱单向压-弯复合受力的*N*-*M*承载力相关曲线为：

|  |  |
| --- | --- |
| 当，  当，  当， | （5.2.4-1） |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | *N*u | —— 钢管混凝土异形柱轴心受压承载力设计值（N）； |
|  | *M*u | —— 钢管混凝土异形柱抗弯承载力设计值（N·mm）； |
|  | *N*b | —— 钢管混凝土异形柱承载力*N*-*M*相关曲线上B点的轴压承载力设计值（N），*N*b =2 *N*c； |
|  | *M*b | —— 钢管混凝土异形柱承载力*N*-*M*相关曲线上B点的抗弯承载力设计值（N·mm），*M*b = *M*u； |
|  | *N*c | —— 钢管混凝土异形柱承载力*N*-*M*相关曲线上C点的轴压承载力设计值（N）； |
|  | *M*c | —— 钢管混凝土异形柱承载力*N*-*M*相关曲线上C点的抗弯承载力设计值（N·mm）； |

C点对应的截面应力简化分布如图12所示，不同受力方向下的*N*c和*M*c计算方法如下：

（1）钢管混凝土异形柱翼缘柱肢受压（YYSY）时：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.4-2) |
| 其中： | |
| ； | |
| ； | |
| ； | |
| ； | |
| 。 | |

（2）钢管混凝土异形柱翼缘柱肢受拉（YYSL）时：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.4-3） |
| 其中： | |
| ； | |
| ； | |
| ； | |
| ； | |
| 。 | |

（3）钢管混凝土异形柱截面中和轴平行腹板柱肢（PXFB）时：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.4-4） |
| 其中： | |
| ； | |
| ； | |
| ； | |
| ； | |
|  | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a) YYSY | |
|  |  |
| (b) YYSL | |
|  | |
| (c) PXFB | |
| 图5.2.4-1 钢管混凝土异形柱截面在C点的简化应力分布 | |

双向压-弯复合受力的*N*-*M*承载力相关曲线为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.4-5） |
| 其中：x、y分别为相互垂直的两个特征方向；*M*x*、M*y为截面弯矩；*M*0x *、M*0y为特征方向相应轴力下的抗弯承载力；*α*1、*α*2为系数，取值见表5和表6。 | |

表5.2.4-1 等肢（*B*=*H*）T形钢管混凝土柱双向压弯承载力系数*α*1和*α*2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 加载角度  0-90° | *n* | 0 | | 0.1 | | 0.2 | | 0.3 | | 0.4 | |
| *B*/*t*w | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 |
| 1.5 | 1.50 | 2.00 | 1.60 | 2.00 | 1.70 | 2.00 | 1.80 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 2.0 | 1.40 | 2.00 | 1.72 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.40 | 2.00 | 3.40 | 2.00 |
| 2.5 | 1.30 | 2.00 | 1.50 | 2.00 | 2.10 | 2.00 | 2.80 | 2.00 | 4.00 | 2.00 |
| 3.0 | 1.30 | 1.80 | 1.60 | 2.00 | 2.60 | 2.00 | 4.00 | 2.00 | 6.20 | 2.00 |
| 3.5 | 1.30 | 1.60 | 1.66 | 1.70 | 2.00 | 2.00 | 3.40 | 2.00 | 5.40 | 2.00 |
| 4.0 | 1.30 | 2.00 | 1.80 | 2.00 | 1.80 | 2.00 | 3.20 | 2.00 | 4.80 | 2.00 |
| *n* | 0.5 | | 0.6 | | 0.7 | | 0.8 | | 0.9 | |
| *B*/*t*w | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 |
| 1.5 | 2.40 | 2.00 | 2.40 | 2.00 | 2.40 | 2.00 | 2.40 | 2.00 | 2.40 | 2.00 |
| 2.0 | 4.60 | 2.00 | 5.60 | 2.00 | 6.80 | 2.00 | 7.60 | 2.00 | 8.80 | 2.00 |
| 2.5 | 7.20 | 2.00 | 9.80 | 2.00 | 11.00 | 2.00 | 11.40 | 2.00 | 12.00 | 2.00 |
| 3.0 | 11.00 | 2.00 | 14.00 | 2.00 | 15.20 | 2.00 | 15.20 | 2.00 | 15.20 | 2.00 |
| 3.5 | 11.00 | 2.00 | 14.00 | 2.00 | 15.20 | 2.00 | 15.20 | 2.00 | 15.20 | 2.00 |
| 4.0 | 11.00 | 2.00 | 14.00 | 2.00 | 15.20 | 2.00 | 15.20 | 2.00 | 15.20 | 2.00 |
| 加载角度  0-负90° | *n* | 0 | | 0.1 | | 0.2 | | 0.3 | | 0.4 | |
| *B*/*t*w | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 |
| 1.5 | 2.20 | 1.80 | 2.00 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.64 | 1.80 | 1.64 | 1.80 |
| 2.0 | 2.88 | 1.80 | 2.50 | 1.80 | 2.00 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.50 | 1.80 |
| 2.5 | 3.10 | 1.80 | 2.80 | 1.80 | 2.20 | 1.80 | 1.68 | 1.80 | 1.50 | 1.80 |
| 3.0 | 4.20 | 1.80 | 3.40 | 1.80 | 2.30 | 1.80 | 1.64 | 1.80 | 1.48 | 1.80 |
| 3.5 | 5.20 | 1.80 | 4.60 | 1.80 | 3.00 | 1.80 | 2.00 | 1.80 | 1.50 | 1.80 |
| 4.0 | 6.80 | 1.80 | 6.00 | 1.80 | 4.20 | 1.80 | 3.00 | 1.80 | 1.92 | 1.80 |
| *n* | 0.5 | | 0.6 | | 0.7 | | 0.8 | | 0.9 | |
| *B*/*t*w | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 |
| 1.5 | 1.64 | 1.80 | 1.64 | 1.80 | 1.52 | 1.80 | 1.36 | 1.80 | 1.26 | 1.80 |
| 2.0 | 1.26 | 1.80 | 1.12 | 1.80 | 1.00 | 1.80 | 1.00 | 1.80 | 0.80 | 1.80 |
| 2.5 | 1.20 | 1.80 | 1.00 | 1.80 | 0.80 | 1.80 | 0.80 | 1.80 | 0.80 | 1.80 |
| 3.0 | 1.12 | 1.80 | 0.90 | 1.80 | 0.80 | 1.80 | 0.80 | 1.80 | 0.80 | 1.80 |
| 3.5 | 1.12 | 1.80 | 0.90 | 1.80 | 0.80 | 1.80 | 0.70 | 1.80 | 0.68 | 1.80 |
| 4.0 | 1.40 | 1.80 | 0.90 | 1.80 | 0.80 | 1.80 | 0.60 | 1.80 | 0.60 | 1.80 |

表5.2.4-2 等肢（*B*=*H*）L形钢管混凝土柱双向压弯承载力系数*α*1和*α*2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 加载角度  0-90° | *n* | 0 | | 0.1 | | 0.2 | | 0.3 | | 0.4 | |
| *B*/*t*w | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 |
| 1.5 | 2.60 | 1.80 | 2.40 | 1.80 | 2.38 | 1.80 | 2.30 | 1.80 | 2.00 | 1.80 |
| 2.0 | 2.60 | 1.80 | 2.20 | 1.80 | 2.00 | 1.80 | 1.72 | 1.80 | 1.60 | 1.80 |
| 2.5 | 2.40 | 1.80 | 2.20 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.50 | 1.80 | 1.20 | 1.80 |
| 3.0 | 2.10 | 1.80 | 1.86 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.50 | 1.80 | 1.00 | 1.80 |
| 3.5 | 2.10 | 1.80 | 2.00 | 1.80 | 1.40 | 1.80 | 1.10 | 1.80 | 0.90 | 1.80 |
| 4.0 | 1.90 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.20 | 1.80 | 1.00 | 1.80 | 1.00 | 1.60 |
| *n* | 0.5 | | 0.6 | | 0.7 | | 0.8 | | 0.9 | |
| *B*/*t*w | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 |
| 1.5 | 1.80 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.70 | 1.80 |
| 2.0 | 1.40 | 1.80 | 1.30 | 1.80 | 1.30 | 1.80 | 1.30 | 1.80 | 1.30 | 1.80 |
| 2.5 | 1.10 | 1.80 | 1.00 | 1.80 | 1.00 | 1.80 | 1.00 | 1.80 | 1.00 | 1.50 |
| 3.0 | 1.00 | 1.60 | 1.00 | 1.60 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.30 |
| 3.5 | 1.00 | 1.60 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.30 |
| 4.0 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.20 |
| 加载 角度  0-负90° | *n* | 0 | | 0.1 | | 0.2 | | 0.3 | | 0.4 | |
| *B*/*t*w | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 |
| 1.5 | 2.40 | 2.00 | 2.44 | 2.00 | 2.48 | 2.00 | 2.50 | 2.00 | 2.70 | 2.00 |
| 2.0 | 1.90 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.20 | 2.00 | 2.50 | 2.00 | 3.20 | 2.00 |
| 2.5 | 1.60 | 2.00 | 1.80 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.40 | 2.00 | 3.80 | 2.00 |
| 3.0 | 1.10 | 2.00 | 1.40 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 3.00 | 2.00 | 4.00 | 2.00 |
| 3.5 | 1.10 | 2.00 | 1.40 | 2.00 | 1.60 | 2.00 | 2.40 | 2.00 | 3.80 | 2.00 |
| 4.0 | 1.10 | 2.00 | 1.30 | 2.00 | 1.60 | 2.00 | 2.60 | 2.00 | 3.80 | 2.00 |
| *n* | 0.5 | | 0.6 | | 0.7 | | 0.8 | | 0.9 | |
| *B*/*t*w | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 | *α*1 | *α*2 |
| 1.5 | 2.80 | 2.00 | 2.90 | 2.00 | 3.00 | 2.00 | 3.20 | 2.00 | 3.30 | 2.00 |
| 2.0 | 4.00 | 2.00 | 4.20 | 2.00 | 4.00 | 2.00 | 2.60 | 2.00 | 2.50 | 2.00 |
| 2.5 | 4.00 | 2.00 | 5.40 | 2.00 | 4.20 | 2.00 | 3.40 | 2.00 | 2.60 | 2.00 |
| 3.0 | 5.40 | 2.00 | 8.80 | 2.00 | 9.80 | 2.00 | 6.80 | 2.00 | 6.00 | 2.00 |
| 3.5 | 4.90 | 2.00 | 7.80 | 2.00 | 9.60 | 2.00 | 5.80 | 2.00 | 4.80 | 2.00 |
| 4.0 | 5.60 | 2.00 | 8.80 | 2.00 | 9.80 | 2.00 | 6.80 | 2.00 | 3.80 | 2.00 |

5.2.5 受剪承载力设计值

（1）钢管抗剪承载力

钢管混凝土异形柱的抗剪承载力*V*u由式（5.2.5-1）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.5-1） |
| 其中：*V*s为钢管抗剪承载力；*V*c为混凝土抗剪承载力；*V*n为轴压力*N*作用下抗剪承载力的提高值。 | |

钢管抗剪承载力计算方法如下：

① 当剪跨比λ=0时，钢管处于纯剪状态，钢管的抗剪承载力*V*s可按式（5.2.5-2）计算，其中*A*s为腹板柱肢钢管面积，*f*y为钢材屈服强度。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.5-2） |

② 当剪跨比*λ*≥0.5时，钢管主要发生受弯破坏，钢管的抗剪承载力*V*s可按式（5.2.5-3）计算，其中*α*=*t*w/*H*，(1+3*α*)/(6(1+*α*)*λ*)≤0.6。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.5-3） |
|  | |

③ 当剪跨比0<*λ*<0.5时，钢管为弯剪破坏，*V*s的由式（5.2.5-4）计算。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.5-4） |

（2）混凝土抗剪承载力

混凝土抗剪承载力*V*c计算方法如下：

① 当剪跨比*λ*<0.5时，

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.5-5） |

② 当剪跨比*λ*≥0.5时，

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.2.5-6） |

式中，*A*c=(*H*-2*t*)(*t*w-2*t*)，为腹板柱肢混凝土面积；*f*tk为混凝土轴心抗拉强度。

（3）轴压力作用下的抗剪承载力提高值

轴压力作用下的抗剪承载力提高值*V*n由式（5.2.5-7）计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.2.5-7） |

当轴压比*n*大于0.3时，取轴压力*N*=0.3(*A*s*f*y+ *A*c*f*ck)。

5.2.6 轴压比计算公式和轴压比限值

考虑地震作用的钢管混凝土异形柱，其在重力荷载代表值作用下的轴压比不宜超过表5.2.6的限值。

 (5.2.6)

式中：——轴压比；

——钢管混凝土异形柱的轴压力设计值（N）；

——混凝土的轴心抗压强度设计值（N/mm2）；

——钢管混凝土异形柱截面的混凝土面积（mm2）；

——钢材的屈服强度设计值（N/mm2）；

——钢管混凝土异形柱截面的钢板总面积（mm2）。

表5.2.6 钢管混凝土异形柱轴压比限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 抗震等级 | 一级（9度） | 一级（6、7、8度） | 二、三级 |
| 轴压比限值 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |

6 节点设计和连接构造

6.1 一般规定

6.1.1 节点及连接应便于安装及检验。

6.1.2 钢管混凝土异形柱承受竖向荷载时，节点及连接设计计算应考虑竖向荷载的影响。

6.1.3 钢管混凝土异形柱与钢梁的连接设计应符合下列规定：

1 连接承载力设计值不应小于钢管混凝土异形柱中的钢管承载力设计值；

2 抗震设计时，连接极限承载力应大于钢管混凝土异形柱的屈服承载力。

6.2 节点连接设计

6.2.1 钢管混凝土异形柱与工字钢梁之间采用竖向肋板或U形板进行连接。竖向肋板节点采用图6.1所示的构造形式，U形板节点采用图6.2所示的构造形式。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）节点平面图 | （b）节点立面图 |
| 图6.2.1-1 竖向肋板节点 | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）节点平面图 | （b）节点立面图 |
| 图6.2.1-2 U形板节点 | |

6.2.2竖向肋板节点屈服承载力*P*vy采用式（6.2.2-1）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.2-1） |

式中，

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.2-2） |
|  | （6.2.2-3） |

6.2.3竖向肋板节点构造要求

（1）竖向肋板应延伸至异形柱阴角位置，保证与侧面柱钢板的连接长度；

（2）竖向肋板厚度应不小于梁翼缘厚度；

（3）竖向肋板在翼缘外高度应大于0.5倍梁翼缘宽度，翼缘内高度应大于0.2倍梁翼缘宽度；

（4）为保证梁翼缘荷载充分传递给竖向肋板，竖向肋板与翼缘间连接长度*l*1应满足：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.3） |

6.2.4 U形板节点屈服承载力采用式（33）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.4-1） |

式中，

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.4-2） |
|  | （6.2.4-3） |
|  | （6.2.4-4） |

6.2.5 U形板节点构造要求

（1）U形板需延伸至异形柱截面阴角位置，保证与侧面钢板的连接长度；

（2）U形板厚度应不小于梁翼缘厚度；

（3）U形板薄弱截面宽度应不小于0.7倍梁翼缘宽度，即*b*1+*b*2≥0.7*b*f；

（4）为避免应力集中，U形板与翼缘交界处需光滑过渡，且扩展角度不应大于45°；

（5）为保证节点刚度，柱单腔室钢板宽厚比不宜大于50；

（6）柱单腔室边长应不小于150mm，以便混凝土浇筑；

（7）U形板与柱钢管应采用全熔透焊缝连接；

（8）U形板连接件承载力应不小于梁翼缘全截面塑性承载力的1.3倍，即：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.5） |

6.2.6 钢管混凝土异形柱-H型钢梁框架节点的节点域抗剪承载力采用式（6.2.6-1）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.6-1） |

式中，

*ζ*h——与节点域高宽比*h*/*B*h相关的函数，见公式（6.2.6-2）；

*ζ*c——套箍作用影响系数，见公式（6.2.6-3）；

*ζ*f——正交柱肢影响系数，对于翼缘柱肢和腹板柱肢的高度和厚度相等的等肢柱，用公式（6.2.6-4）计算，对于不等肢柱且*ζ*f大于1时，采用表7-10里的*ζ*f,ef代替*ζ*f；

*n*0——等效轴压比，当*n*小于0.2时*n*0等于*n*，当*n*大于0.2时*n*0等于0.2。

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.6-2） |
|  | （6.2.6-3） |
|  | （6.2.6-4） |

表6.2.6 有效翼缘影响系数*ζ*f,ef

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 截面特征 | *B*c≥*B*h和*b*h≥*b*c | *B*c≥*B*h和*b*h<*b*c | *B*c<*B*h和*b*h≥*b*c | *B*c<*B*h和*b*h<*b*c |
| *ζ*f,ef |  |  |  |  |

7 钢构件防护

7.1 防火

7.1.1 钢管混凝土异形柱的设计耐火极限不应低于现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

7.1.2 钢管混凝土异形柱应进行防火保护设计，可采用喷涂防火涂料、外包不燃材料等防火保护措施。

7.1.3 设计文件中应注明钢管混凝土异形柱的设计耐火等级、设计耐火极限，以及防火保护措施及其防火保护材料的性能要求。

7.1.4 采用防火涂料时，钢管混凝土异形柱与周边构件连接节点处的涂层厚度不应小于相邻构件的涂层厚度。

7.1.5 防火涂料施工前钢板表面的除锈应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923 的规定。防火涂料涂装应分层施工，应在前一道涂层干燥或固化后进行后一道涂层施工。

7.2 防腐

7.2.1 钢管的防腐设计及施工应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构工程施工规范》GB 50755的有关规定。

7.2.2 钢板表面原始锈蚀等级和除锈等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923 的规定。除锈前应将钢板表面的焊渣、毛刺、块锈、油污等清除干净。表面采用喷射或抛射除锈，除锈等级不应低于Sa21/2 级。局部难以进行喷射或抛射除锈时，可采用手动或动力工具除锈，除锈等级应达到St3级。

7.2.3 钢板表面除锈后，应及时涂刷底漆。表面除锈处理与涂装的间隔时间不宜超过4h，在车间内作业或湿度较低的晴天不应超过8h。不同涂层间的施工应有适当的重涂间隔时间，最大及最小重涂间隔时间应符合涂料性能要求。

7.2.4 钢管混凝土异形柱涂装时的环境温度和相对湿度，应符合涂料产品性能要求。

7.2.5 钢管混凝土异形柱防腐采用金属热喷涂时，喷涂方式及施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

7.2.6 工地焊接部位的焊缝两侧宜留出暂不涂装区，宽度可为焊缝两侧各l00mm。焊缝两侧也可涂刷不影响焊接性能的车间底漆。焊接完毕后，对焊缝热影响区应按原涂装要求重新进行表面清理和涂装。

7.2.7 对长期有高温、高湿作用的局部环境，应采取隔护、通风、排湿等措施。围护结构的设计构造应避免钢板表面因热桥影响引起的结露或积潮。

8 制作与施工

8.1 一般规定

8.1.1 钢管混凝土异形柱的制作安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

8.1.2 在钢管混凝土异形柱工程施工前，应编制制作、安装工艺文件。

8.2 钢构件的制作与施工

8.2.1 钢管混凝土异形柱钢板上开孔宜采用激光或等离子切割。

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

8.2.3 钢管的工厂焊接，宜采用焊接变形和收缩量小且焊接残余应力低的焊接工艺。

8.2.4 钢管单元组成部件宜分别组装、焊接，经检验合格后，再进行单元总装焊接。

8.2.5 钢管运输过程中，宜采用专用胎架。

8.2.6 装卸车及吊装时，应采用牢固的绑扎方式，吊点设置宜选择保证钢管变形最小的位置。

8.2.7 钢管角部宜切割成圆角或倒角形式，圆切角半径或直角切角边长不应小子35mm和墙板厚度的较大值。

8.2.8 当钢管混凝土异形柱主要承受水平剪力、不承担竖向压力时，宜采用后固定法施工；当钢管混凝土异形柱既承受水平剪力，又承担竖向压力时，可与结构框架同步施工。

8.2.9 钢管进场后，宜集中堆放，且应符合下列规定：

1 应根据柱钢管安装进度计划编制零部件进场计划；

2 钢管单元进场后应及时清理内部积水、污物；

3 零部件应按安装逆顺序堆放，中间加垫木，并交错堆放；

4 零部件堆放时，编号、标识应外露。

8.2.10 钢管混凝土异形柱宜对称安装。

8.2.11 钢管单元吊装就位后应采取临时固定措施。

8.2.12 钢管施工过程中，应监测与钢管相连框架梁的水平度和框架柱的垂直度。

8.2.13 钢管的现场焊接应符合下列规定：

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

2 单个单元的焊接时，应先焊接立焊缝再焊接横焊缝；

3 钢板厚度大于30mm 时，宜采用双面坡口焊缝，且横焊缝宜采用K形坡口焊缝，立焊缝宜采用X 形坡口焊缝。

8.2.14 钢管混凝土异形柱的焊缝变形控制措施应符合下列规定：

1 应控制焊接线能量输入和焊接坡口间隙；

2 宜采用分段焊或间断焊工艺；

3 可采用刚性固定法或增加约束度，也可采取反变形措施。

8.2.15 钢管焊缝的端部、角部以及间距较小的焊缝和加劲肋焊缝，施焊时宜留应力释放孔。

8.3 混凝土浇筑

8.3.1 钢管混凝土异形柱的混凝土浇筑应符合下列规定：

1 应验算钢管在混凝土浇筑过程中的承载力、变形和稳定性。

2 通气孔设置应符合设计要求；设计无要求时，宜在距离钢管上边缘200mm区域内，设置直径不小于150mm的通气孔。

3 观察口的设置应符合设计要求；设计无要求时，宜在钢管上部两角区域内，设置直径不小于l00mm的观察口。

9 质量验收

9.1 一般规定

9.1.1 钢管混凝土异形柱工程可按钢结构制作工程检验批的划分原则，划分为一个或若干个检验批。

9.1.2 钢管混凝土异形柱制作和安装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。

9.2 主控项目

9.2.1 钢管混凝土异形柱构件加工外形尺寸的允许偏差应符合表9.1的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用钢尺、直角尺、塞尺、拉线等检查。

表 9.2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 允许偏差（mm） | |
| 柱高度、宽度 | | ±4.0 | |
| 柱钢板平面内对角线 | | ±4.0 | |
| 柱钢管纵向、横向最外侧安装孔距离 | | ±3.0 | |
| 钢管连接处 | 截面几何尺寸 | ±3.0 | |
| 平面度差 | 螺栓连接 | ±1.0 |
| 其他连接 | ±3.0 |
| 钢板弯曲矢高 | 受压 | *h*/1000，且不应大于10.0 | |

9.2.2 钢管混凝土异形柱安装允许偏差应符合表X的规定。

检查数量：按柱数量抽查10%，且不应少于3个单元。

检验方法：用全站仪或激光经纬仪和钢尺检查。

表9.2.2 钢管混凝土异形柱安装允许偏差

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） |
| 定位轴线 | 1.0 |
| 单层垂直度 | *h*/250，且不应大于15.0 |
| 单层上端水平度 | （*L*/1000）+3，且不应大于10.0 |
| 平面弯曲 | *L*（*h*）/1000，且不应大于10.0 |

注：平面弯曲水平方向取钢管混凝土异形柱的宽度*L*，竖直方向取钢管混凝土异形柱的垂直高度*h*。

9.3 一般项目

9.3.1 钢管混凝土异形柱的钢板拼接长度不应小于1000mm，宽度不应小于500mm，且单块钢板只允许一条拼接缝。钢板表面不得有凹凸不平、划痕等缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察和用钢尺检查。

9.3.2 钢管混凝土异形柱构件外形尺寸一般项目的允许偏差应符合表9.3的规定。

检查数量：按钢构件数抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：用钢尺、直角尺、塞尺、拉线等检查。

表9.3.2 构件外形尺寸一般项目的允许偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差（mm） | 检验方法 | 图例 |
| 扭曲 | | *t*w/250  且不应大于5.0 | 拉线、吊线和钢尺检查 |  |
| 截面高度 | 组合截面形式 | *t*w<500，±2；  500<*t*w≤1000，±3；  *t*w>1000，±4 | 用钢尺和拉线检查 |  |
| 钢板  形式 | 钢板厚度及允许偏差应符合产品标准的要求 |
| 构件截面连接处对角线差 | | 3.0 | 拉线、吊线和钢尺检查 |  |
| 板件斜切 | | 不应大于宽度的1%，且不应大于5.0 | 用直角尺和钢尺检查 |  |
| 局部平整度 | | *t*sw<14，±3.0 | 用塞尺和钢尺检查 |  |
| *t*sw≥14，±2.0 | 用塞尺和钢尺检查 |
| 连接标准件定位 | | ±5.0 | 用拉线和钢尺检查 |  |