

中国工程建设协会标准

**钢管混凝土叠合柱结构
技术规程**

Technical specification for steel tube-reinforced
concrete column structures

(征求意见稿)

《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》编制组
2018 年 5 月

前 言

根据中国工程建设标准化协会建标协字[2008]52 号文《关于印发〈2008 年工程建设协会标准制定、修订计划（第一批）〉的通知》的要求，由清华大学会同有关单位在《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》CECS 188:2005 的基础上进行修订。

本规程共分 7 章和 1 个附录，主要技术内容包括：总则，术语和符号，基本规定，叠合柱框架设计，钢管混凝土剪力墙设计，连接设计，结构施工及验收。

本规程修订的主要技术内容是：1.叠合柱结构的最大适用高度；2.叠合柱结构的弹性层间位移角限值和部分类型叠合柱结构的弹塑性层间位移角限值；3. 采用实配值进行强柱弱梁验算及强剪弱弯验算；4.叠合柱及钢管混凝土剪力墙中钢管受剪承载力计算方法；5.验算叠合柱及钢管混凝土剪力墙抗剪截面时，考虑钢管的受剪承载力；6.偏心受压叠合柱、钢管混凝土剪力墙正截面受压承载力计算方法；7.叠合柱、钢管混凝土剪力墙的构造要求；8.叠合柱的轴压比计算方法；9.叠合柱截面纵向钢筋最小总配筋率；10. 叠合柱箍筋加密区的最小配箍特征值；11.钢管混凝土剪力墙轴心受压和轴心受拉承载力计算方法；12.矩形截面偏心受压钢管混凝土剪力墙的正截面受压承载力、矩形截面偏心受拉钢管混凝土剪力墙的正截面受拉承载力计算方法；13.剪跨比不大于 1 的偏心受压、偏心受拉钢管混凝土剪力墙斜截面受剪承载力计算方法；14.钢管混凝土剪力墙轴压比的计算方法及轴压比限值；15.钢筋混凝土梁与叠合柱连接节点；16.叠合柱柱脚设计要求；17.调整了“结构施工及验收”条文的次序，增加了内容。

根据原国家计委计标[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，现批准发布中国工程建设协会标准《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》，编号为 CECS 188:2018，推荐给工程建设设计、施工和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会（CECS/TC 5）归口管理，由清华大学土木工程系（北京 100084；E-mail:qianjr@tsinghua.edu.cn)负责解释。在使用中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料径寄解释单位。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

中国工程建设标准化协会

2018 年 月 日

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 主要符号	2
3 基本规定	5
3.1 一般规定	5
3.2 材料	8
3.3 结构计算	9
4 叠合柱框架设计	14
4.1 一般规定	14
4.2 叠合柱设计	17
5 钢管混凝土剪力墙设计	27
6 连接设计	41
6.1 梁柱连接	41
6.2 钢管对接	45
6.3 钢管混凝土柱脚	46
7 结构施工及验收	49
7.1 一般规定	49
7.2 钢管制作与安装	49
7.3 钢管内混凝土施工	51
7.4 钢管外混凝土施工	52
7.5 叠合柱结构工程验收	52
附录 A 叠合柱框架梁柱节点核心区截面抗震验算	53
本规程用词说明	54
引用标准名录	55
附：条文说明	

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic requirements	5
3.1	General requirements	5
3.2	Materials	8
3.3	Structure calculation	9
4	Steel tube-reinforced concrete column frame design	14
4.1	General requirements	14
4.2	Steel tube-reinforced concrete column design	17
5	Steel tube-reinforced concrete wall design	27
6	Connection design	41
6.1	Beam-column connection	41
6.2	Steel tube-steel tube connection	45
6.3	Steel tube-reinforced concrete column footing	46
7	Structure construction and Acceptance	48
7.1	General requirements	48
7.2	Manufacture and construction of steel pipe	48
7.3	Puring of concret inside of steel pipe	50
7.4	Puring of concrete out of steel pipe	51
7.5	Projest Acceptance	51
Appendix A	Seismic design for core zone of beam-column joint of steel tube-reinforced concrete frame	52
	Explanation of Wording of this Specification	53
	List of Quoted Standards	54
	Addition: Explanation of Provisions	

1 总 则

1.0.1 为在工业和民用建筑工程中合理应用钢管混凝土叠合柱结构，做到安全适用、技术先进、经济合理、方便施工，制定本规程。

【说明】自《钢管混凝土叠合柱结构技术规程》CECS188:2005 颁布实施以来，天津、深圳、重庆、北京等地已有多幢高层建筑及工业厂房采用钢管混凝土叠合柱结构，取得了显著的经济效益，也为钢管混凝土叠合柱结构的设计、施工积累了经验。同时，进行了大量的试验研究，包括组合柱（包括钢管壁开洞组合柱）轴心受压试验，组合柱抗震性能试验，RC 梁-组合柱节点核心区抗剪性能试验，RC 梁-核心区钢管壁开洞组合柱节点抗震性能试验，钢管壁开洞组合柱受剪性能试验，钢管混凝土剪力墙轴心受压试验，钢管混凝土剪力墙轴心受拉试验，偏心受压、偏心受拉钢管混凝土剪力墙抗剪性能试验，等，并进行了大量的数值分析。新的工程经验及新的试验研究成果为规程修订提供了依据。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为 6 度至 9 度地区的工业和民用建筑钢管混凝土叠合柱结构的设计、施工及验收。

【说明】叠合柱结构适用于民用建筑，也适用于工业建筑。

1.0.3 钢管混凝土叠合柱结构的设计、施工及验收，除应符合本规程要求外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【说明】除了应符合本规程中引用的国家现行有关标准外，也应符合未在本规程中引用的国家现行有关标准。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢管混凝土叠合柱 steel tube-reinforced concrete (ST-RC) column

由中部圆形钢管混凝土和钢管外钢筋混凝土叠合而成的柱称为钢管混凝土叠合柱，简称叠合柱。叠合柱截面可为方形、矩形或圆形。叠合柱钢管内混凝土和钢管外混凝土强度等级可相同、也可不同，可同期施工、也可不同期施工。同期施工是指，同时浇筑钢管内混凝土和钢管外混凝土；不同期施工是指，先浇筑钢管内混凝土形成钢管混凝土柱，承受部分施工期间的竖向荷载，后浇筑钢管外混凝土。同期施工的叠合柱也称为组合柱。

2.1.2 叠合柱结构 steel tube-reinforced concrete (ST-RC) column structure

全部或部分框架柱采用叠合柱的建筑结构。

2.1.3 钢管混凝土剪力墙 steel tube-reinforced concrete (ST-RC) shear wall

墙肢两端或墙肢两端及中部配置圆形钢管混凝土的剪力墙称为钢管混凝土剪力墙，钢管内、外混凝土强度等级可相同也可不同、可同期施工也可不同期施工。

2.1.4 含管率 steel tube area ratio

叠合柱中钢管截面面积与柱全截面面积的比值，或钢管混凝土剪力墙中钢管截面面积与剪力墙阴影部分面积的比值。

【说明】只给出了可能是本规程特有的几个术语。

2.2 主要符号

2.2.1 作用效应和抗力

ΣM_c —节点上下柱端截面顺时针或反时针方向组合的弯矩设计值之和；

M —弯矩设计值；

N —轴力设计值；

V —剪力设计值；

N_0 —钢管混凝土短柱轴心受压承载力设计值；

V_c 、 V_w —分别为用于验算叠合柱和钢管混凝土剪力墙受剪截面的剪力设计值。

2.2.2 材料力学性能

E —弹性模量；

G —剪切变形模量；

f_c —混凝土轴心抗压强度设计值；

f_t —混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_a 、 f'_a —分别为钢管钢材抗拉、抗压强度设计值；

f_y 、 f'_y —分别为钢筋抗拉、抗压强度设计值；

f_{yv} —箍筋抗拉强度设计值；

f_{yh} 、 f_{yw} —分别为钢管混凝土剪力墙水平、竖向分布钢筋抗拉强度设计值；

f'_{yw} —钢管混凝土剪力墙竖向分布钢筋抗压强度设计值；

β_c —混凝土强度影响系数；

$[\theta_e]$ —弹性层间位移角限值；

$[\theta_p]$ —弹塑性层间位移角限值。

2.2.3 几何参数

A —构件全截面面积；

A_a 、 A'_a —分别为受拉、受压钢管截面面积；

A_{co} —钢管外混凝土截面面积；

A_{ci} —钢管内混凝土截面面积；

A_s 、 A'_s —分别为钢管混凝土剪力墙受拉、受压端边缘构件竖向钢筋截面面积；

A_{sw} —剪力墙竖向分布钢筋截面面积；

A_{aw} —钢管混凝土剪力墙中分布钢管的总截面面积

A_{ss} —叠合柱全部纵向钢筋截面面积；

A_{sv} —叠合柱同一截面内各肢箍筋、拉筋的全部截面面积；

b —矩形截面叠合柱宽度；

b_w —钢管混凝土剪力墙截面厚度；

h —叠合柱截面高度，计算楼层层高；

h_0 —叠合柱截面有效高度；

h_w —剪力墙截面高度；

h_{w0} —剪力墙截面有效高度；

I —截面惯性矩；

l_0 —叠合柱的计算长度；

s —箍筋间距。

2.2.4 计算系数及其他

m —钢管混凝土剪力墙配置的钢管总数；

n —叠合柱的叠合比；

n_c —叠合柱的轴压比；

n_w —钢管混凝土剪力墙的轴压比；

λ —剪跨比；

λ_v —叠合柱箍筋配箍特征值；

θ —钢管混凝土套箍指标；

φ —钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数；

ρ_a —钢管含管率；

γ_{RE} —承载力抗震调整系数。

【说明】用下标 a 表示钢管，用下标 i 表示钢管内混凝土，用下标 o 表示钢管外混凝土。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 叠合柱结构房屋建筑应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 确定其抗震设防类别及抗震设防标准。

3.1.2 叠合柱结构的建筑设计、结构布置要求、结构规则性要求、不规则类型判别和不规则结构设计要求，应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

3.1.3 叠合柱结构可采用框架、框架-剪力墙、框架-支撑、框架-核心筒和筒中筒结构等结构类型。叠合柱结构乙类和丙类房屋建筑适用的最大高度应符合表 3.1.3 的规定。表中：

1 采用钢筋混凝土梁的叠合柱框架结构，其叠合柱高度可根据需要确定，但不应少于底部 2 层；

2 采用钢筋混凝土梁的叠合柱框架-剪力墙、叠合柱框架-核心筒和叠合柱筒中筒结构，其叠合柱高度不应小于剪力墙底部加强部位高度加以上 2 层；

3 叠合柱与钢筋混凝土柱之间宜设置 1~2 层过渡层，过渡层可采用钢管壁减薄的叠合柱或在截面中部附加芯柱的钢筋混凝土柱；

4 部分框支剪力墙结构的框支层采用叠合柱时，叠合柱的高度应贯通框支层全高；

5 采用钢梁的叠合柱结构，其叠合柱应沿结构全高设置；

6 采用钢管混凝土剪力墙时，其高度不应小于底部加强部位加以上 2 层。

表 3.1.3 叠合柱结构房屋建筑适用的最大高度(m)

结构类型		设 防 烈 度				
		6	7	8(0.2g)	8(0.3g)	9
叠合柱框架	钢筋混凝土梁	60	50	40	35	24
	钢梁	90	70	60	50	30
叠合柱框架-剪力墙（钢筋混凝土梁）		130	120	100	80	50
叠合柱框架-支撑（钢梁）		220	190	150	130	70
叠合柱框架-核心筒	钢筋混凝土梁	150	130	100	90	70
	钢梁	220	190	150	130	70
叠合柱筒中筒	钢筋混凝土梁	180	150	120	100	80
	钢梁	280	230	170	150	90

注：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）。

【说明】共 5 种叠合柱结构类型，如果将采用钢筋混凝土梁和钢梁的同一类结构视为 2 种结构类型，则叠合柱结构有 8 种类型。采用钢筋混凝土梁的叠合柱结构（叠合柱

高度未贯通结构全高), 其适用高度与相同设防烈度的相应钢筋混凝土结构的适用高度相同; 采用钢梁的叠合柱框架结构, 其适用高度参考钢框架结构的适用高度确定; 采用钢梁的叠合柱框架-核心筒结构、叠合柱筒中筒结构, 其适用高度分别与型钢或钢管混凝土框架-核心筒结构、型钢或钢管混凝土筒中筒结构的适用高度相同; 采用钢梁的叠合柱框架-支撑结构, 6 度时的适用高度与钢管混凝土框架-支撑结构的适用高度相同, 7 度及 7 度以上时的适用高度低于钢管混凝土框架-支撑结构的适用高度。

叠合柱与钢筋混凝土柱之间设置过渡层, 以避免承载力、刚度突变。

剪力墙结构及部分框支剪力墙结构也可以采用钢管混凝土剪力墙, 但没有列为叠合柱结构, 同样, 钢管混凝土剪力墙高度不应小于底部加强部位加以上 2 层。

3.1.4 叠合柱结构房屋建筑应根据抗震设防类别、设防烈度、结构类型和建筑高度采用不同的抗震等级, 并应符合本规程规定的相应内力调整措施和基本抗震构造措施, 本规程未规定时, 应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的相应内力调整措施和基本抗震构造措施。丙类叠合柱结构房屋建筑除钢梁、钢支撑外, 结构的抗震等级应按表 3.1.4 确定, 并应符合下列规定:

- 1 设防烈度为 6、7、8、9 度时, 钢梁、钢支撑的抗震等级应分别为四、三、二、一级;
- 2 甲、乙类建筑应按设防烈度提高一度确定其抗震等级, 当建筑高度超过本规程表 3.1.2 相应规定的上界时, 应采取更严格的抗震构造措施;
- 3 叠合柱结构房屋建筑抗震等级的其他要求, 应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 现浇钢筋混凝土房屋的相关规定。

表 3.1.4 叠合柱结构房屋建筑的抗震等级 (不包括钢梁)

结构类型		设 防 烈 度									
		6		7			8			9	
叠合柱框架结构	高度 (m)	≤24	>24	≤24	>24		≤24	>24		≤24	
	框架	四	三	三	二		二	一		一	
	大跨度框架	三		二			一			一	
叠合柱框架-剪力墙结构	高度 (m)	≤60	>60	≤24	25~60	>60	≤24	25~60	>60	≤24	>25
	框架	四	三	四	三	二	三	二	一	二	一
	剪力墙	三		三	二		二	一		一	
叠合柱框架-支撑、叠合柱框架-核心筒结构	高度(m)	≤150	>150	≤130	>130		≤100	>100		≤70	
	框架	三	二	二	一		一	一		一	
	核心筒	二		二	一		一	特一		特一	
叠合柱筒中筒结构	高度(m)	≤180	>180	≤150	>150		≤120	>120		≤90	
	外筒	三	二	二	一		一			一	
	内筒	二		二	一		一	特一		特一	

【说明】叠合柱结构中框架、剪力墙、核心筒的抗震等级，与现行国家标准相应结构类型中框架、剪力墙、核心筒的抗震等级一致。

3.1.5 部分框支剪力墙结构的框支柱采用叠合柱时应符合下列规定：

1 叠合柱的钢管及纵向钢筋应延伸进转换构件内，与转换构件的连接应满足固端的要求；

2 地面以上框支层的层数，8 度时不宜超过 4 层，7 度时不宜超过 6 层，6 度时不宜超过 8 层；底部加强部位及以上 2 层采用钢管混凝土剪力墙时，地面以上框支层的层数可适当增加。

【说明】叠合柱的抗震性能优于钢筋混凝土柱，因此，框支柱为叠合柱时，框支层的层数可适当增加。

3.1.6 叠合柱应延伸至基础。

对于钢管混凝土剪力墙，无地下室或只有一层地下室时，其钢管应延伸至基础；有两层或两层以上地下室时，其钢管应延伸至地下一层的底板或以下。

【说明】叠合柱承受的轴压力大，由叠合柱直接传至基础、而不是由叠合柱转换为钢筋混凝土柱再传至基础较为合理。剪力墙中的钢管混凝土承担的轴压力小，无须直接传至基础；当地下室顶板作为计算嵌固端时，剪力墙中的钢管延伸至地下一层的底板，即可作为计算嵌固端。

3.1.7 剪力墙底部加强部位以上的部位，墙肢的组合弯矩设计值应乘以增大系数，其值不宜小于 1.2，剪力设计值应相应增大。

【说明】抗规对一级剪力墙有该项规定，本条不限一级，目的为使剪力墙屈服尽可能发生在采用约束边缘构件的底部加强部位。

3.1.8 利用叠合柱及钢管混凝土剪力墙的钢管进行地下室逆作施工时，应遵循以下原则：

1 剪力墙逆作时，应根据逆作施工完成之前上部结构的荷载确定所需钢管的数量，钢管宜沿墙肢均匀布置；

2 向下逆作的第一层地下室楼盖与基坑支护结构应有可靠连接，确保穿过楼盖的钢管混凝土柱受侧限、不发生侧移；

3 应充分考虑逆作段钢管垂直度偏差引起的初始弯矩及其对叠合后截面的影响；

4 确定逆作段钢管的计算长度时，应考虑施工过程中钢管周边及底部的约束情况；

5 地下室逆作期间，应考虑土方开挖时可能存在的不平衡土压力对逆作竖向构件

的影响；

6 地下室底板形成整体刚度前，宜监测地下室逆作竖向构件的位移及应力。

3.2 材料

3.2.1 叠合柱结构钢材的选用应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的有关规定。

3.2.2 叠合柱结构钢材的强度指标、无缝钢管的强度指标、焊缝的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定取值。

3.2.3 叠合柱结构的钢材应符合下列规定：

- 1 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85；
- 2 钢材抗拉性能应有明显的屈服台阶，其断后伸长率不应小于 20%；
- 3 钢材应具有良好的可焊性和与其工作温度相应的冲击韧性合格保证。

3.2.4 叠合柱及钢管混凝土剪力墙的钢管可采用直缝焊接钢管、螺旋缝焊接钢管或热轧无缝钢管，不宜采用输送流体用的螺旋焊管；焊接钢管应采用对接熔透焊缝，焊缝强度不应低于管材强度，工厂焊接时焊缝质量应符合一级标准。

3.2.5 叠合柱结构的焊接材料应符合下列规定：

1 手工焊接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、《热强钢焊条》GB/T 5118 的有关规定。选择的焊条型号应与被焊钢材性能相适应。

2 自动或半自动焊接用的焊丝和焊剂应与被焊钢材性能相适应，并应符合国家现行有关标准的规定。

3 二氧化碳气体保护焊接用的焊丝应符合现行国家标准《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110 的规定。

4 两种强度级别的钢材焊接时，宜采用与强度较低钢材相适应的焊条或焊丝。

3.2.6 叠合柱结构的受力钢筋应符合下列规定：

- 1 宜采用延性、韧性和可焊性较好的钢筋；
- 2 纵向受力钢筋和箍筋宜选用符合抗震性能指标的不低于 HRB400 级的热轧钢筋，箍筋也可选用符合抗震性能指标的 HPB300 级热轧钢筋；
- 3 纵向受力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；
- 4 纵向受力钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.3；

5 纵向受力钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

3.2.7 叠合柱钢管内及钢管混凝土剪力墙钢管内的混凝土强度等级不应低于 C35，钢管外的混凝土强度等级不宜低于 C35；钢管直径不大于 400mm 时，钢管内宜采用自密实混凝土；钢管钢材强度宜与钢管内混凝土强度等级相匹配。

【说明】 钢管对管内混凝土的约束效果与混凝土强度等级、钢管钢材强度有关。对于强度高的混凝土，应采用钢材强度高的钢管，若采用钢材强度低的钢管，为达到相同的约束效果，必然需要增加钢管壁的厚度，从而增加工程造价。

3.2.8 当混凝土强度等级不高于 C80 时，其轴心抗压强度标准值 f_{ck} 、轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 、轴心抗压强度设计值 f_c 和轴心抗拉强度设计值 f_t 应按表 3.2.8 采用；当混凝土强度等级高于 C80 时，上述指标可按表 3.2.8 采用，也可根据试验确定。

表 3.2.8 混凝土强度标准值和设计值(N/mm²)

强度种类		混凝土强度等级													
		C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80	C85	C90	C95	C100
标准 值	f_{ck}	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2	53.0	55.9	58.7	61.5
	f_{tk}	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11	3.16	3.21	3.25	3.29
设计 值	f_c	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9	37.9	39.9	41.9	43.9
	f_t	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22	2.26	2.29	2.32	2.35

3.2.9 当混凝土强度等级不高于 C80 时，其弹性模量 E_c 应按表 3.2.9 采用；当混凝土强度等级高于 C80 时，其弹性模量可按表 3.2.9 采用，也可根据试验确定。混凝土的剪切变形模量 G_c 可按混凝土弹性模量的 0.4 倍采用。

表 3.2.9 混凝土弹性模量 ($\times 10^4$ N/mm²)

混凝土强度等级	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80	C85	C90	C95	C100
E_c	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80	3.85	3.90	3.95	4.00

【说明】 C35~C80 混凝土的强度值及弹性模量值与国家现行标准的规定一致。C85~C100 混凝土的强度值及弹性模量值，与 CECS188:2005 的规定一致，为外推值，试验实测值大于表 3.2.8 及表 3.2.9 规定的数值。

3.3 结构计算

3.3.1 叠合柱结构的荷载标准值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定采用。

3.3.2 叠合柱结构在竖向荷载、风荷载和多遇地震作用下的内力和位移，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的规定计算。

3.3.3 叠合柱结构在罕遇地震作用下的弹塑性变形验算，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的规定执行。

3.3.4 叠合柱结构的荷载效应组合应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50007 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的规定执行。

3.3.5 叠合柱结构弹性内力和位移计算时，叠合柱和钢管混凝土剪力墙的刚度取值应符合下列规定：

1 叠合柱的刚度可按下列公式计算：

$$EA = E_{co}A_{co} + E_{ci}A_{ci} + E_aA_a \quad (3.3.5-1)$$

$$EI = E_{co}I_{co} + E_{ci}I_{ci} + E_aI_a \quad (3.3.5-2)$$

$$GA = G_{co}A_{co} + G_{ci}A_{ci} + G_aA_a \quad (3.3.5-3)$$

式中： EA 、 EI 、 GA —分别为叠合柱的轴向刚度、抗弯刚度和抗剪刚度；

E_{co} 、 E_{ci} 、 E_a —分别为钢管外混凝土、钢管内混凝土和钢管的弹性模量；

G_{co} 、 G_{ci} 、 G_a —分别为钢管外混凝土、钢管内混凝土和钢管的剪切变形模量；

A_{co} 、 A_{ci} 、 A_a —分别为钢管外混凝土、钢管内混凝土和钢管的截面面积；

I_{co} 、 I_{ci} 、 I_a —分别为钢管外混凝土、钢管内混凝土和钢管截面在所计算方向对柱截面形心轴的惯性矩。

2 钢管混凝土剪力墙的轴向刚度可按下列公式计算：

$$EA = E_{co}A_{co} + E_{ci}A_{ci} + E_aA_a \quad (3.3.5-4)$$

式中： EA —钢管混凝土剪力墙的轴向刚度；

E_{co} 、 E_{ci} 、 E_a —分别为管外混凝土、管内混凝土和钢管的弹性模量；

A_{co} 、 A_{ci} 、 A_a —分别为管外混凝土、管内混凝土和钢管的截面积。

3 一字形截面钢管混凝土剪力墙，钢管可按钢管外混凝土强度等级折算为等效混凝土面积计入墙截面计算其抗弯刚度和抗剪刚度。

4 有端柱或有翼墙的钢管混凝土剪力墙，可按带翼缘剪力墙计算其抗弯刚度和抗剪刚度，端柱内钢管或翼墙有效长度内钢管可折算为等效混凝土面积计入翼缘，腹板内钢管可折算为等效混凝土面积计入腹板，墙的抗剪刚度可不计入端柱内钢管或翼墙有效长度内钢管作用。

【说明】叠合柱的轴向刚度、抗弯刚度和抗剪刚度以及钢管混凝土剪力墙的轴向刚度，采用叠加法计算，即分别计算管外混凝土、钢管、管内混凝土的刚度后相加得到。钢管混凝土剪力墙仅两端有钢管时，也可不计钢管对刚度的提高作用，近似按相同截面混凝土剪力墙计算其刚度。剪力墙单侧翼缘有效长度可取下述 3 个数值的最小值：翼缘墙厚的 6 倍，墙面至洞口的距离，与相邻剪力墙间距的 1/2。

3.3.6 叠合柱结构的弹性内力和位移计算时，楼面梁的抗弯刚度可考虑楼板的作用予以增大，现浇和装配整体式钢筋混凝土楼盖楼面梁刚度增大系数可取 1.3~2.0，钢-混凝土组合楼盖楼面梁刚度增大系数可取 1.5~2.0。

3.3.7 叠合柱结构的阻尼比，多遇地震作用下，采用钢筋混凝土梁时可取 0.05，采用钢梁时可取 0.045；罕遇地震作用下，弹塑性时程分析时可采用与多遇地震作用下相同的阻尼比，推覆分析或等效弹性分析时，可采用 0.06~0.07，也可根据结构构件屈服情况确定。

【说明】参考钢管混凝土结构的阻尼比，确定多遇地震作用下采用钢梁的叠合柱结构的阻尼比。罕遇地震作用下弹塑性时程分析，构件屈服后滞回耗能，采用弹性结构的阻尼比；罕遇地震作用下推覆分析或等效弹性分析，采用增大结构阻尼比的方法考虑构件屈服后滞回耗能。

3.3.8 叠合柱结构构件的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应按表 3.3.8 采用。

表 3.3.8 叠合柱结构构件承载力抗震调整系数

材料	结构构件	受力状态	γ_{RE}
钢	梁，螺栓，焊缝	强度	0.75
		稳定	0.80
混凝土	梁	受弯	0.75
	轴压比小于 0.15 的叠合柱和钢筋混凝土柱	偏压	0.75
	轴压比不小于 0.15 的叠合柱和钢筋混凝土柱	偏压	0.80
	钢管混凝土剪力墙和钢筋混凝土剪力墙	偏压	0.85
	各类构件	受剪，偏拉	0.85

3.3.9 在风荷载或多遇地震标准值作用下，叠合柱结构按弹性方法计算的楼层内最大层间水平位移应符合下式要求：

$$\Delta u_e \leq [\theta_e] h \quad (3.3.9)$$

式中： Δu_e —风荷载或多遇地震标准值产生的楼层内最大弹性层间水平位移；

$[\theta_e]$ —弹性层间位移角限值，高度不大于 150m 的叠合柱结构，宜按表 3.3.9 采

用；高度不小于 250m 采用钢筋混凝土梁的叠合柱筒中筒结构不宜大于 1/500，高度不小于 250m 采用钢梁的叠合柱框架-支撑结构不宜大于 1/250，高度不小于 250m 采用钢梁的叠合柱框架-核心筒、叠合柱筒中筒结构不宜大于 1/400；高度在 150m~250m 时，可按表 3.3.9 限值与上述限值的线性插值取用；

h —计算楼层层高。

表 3.3.9 叠合柱结构弹性层间位移角限值

结构类型		$[\theta_e]$
叠合柱框架	钢筋混凝土梁	1/500
	钢梁	1/350
叠合柱框架-支撑	钢梁	1/350
叠合柱框架-剪力墙，叠合柱框架-核心筒， 叠合柱筒中筒	钢筋混凝土梁	1/800
	钢梁	1/600

【说明】叠合柱框架结构、叠合柱框架-支撑结构的弹性层间位移角限值，小于相应钢管混凝土结构的弹性层间位移角限值，采用钢筋混凝土梁的叠合柱框架-剪力墙、叠合柱框架-核心筒结构的弹性层间位移角限值与相应钢筋混凝土结构的相同，筒中筒与框架-核心筒结构都是由框架与剪力墙（井筒）组成，采用钢筋混凝土梁的筒中筒的弹性层间位移角限值与框架-核心筒结构的相同，采用钢梁的叠合柱框架-剪力墙、叠合柱框架-核心筒、叠合柱筒中筒结构的弹性层间位移角限值比采用钢筋混凝土梁的相应结构大。

3.3.10 在罕遇地震作用下，叠合柱结构薄弱层（部位）弹塑性层间位移应符合下式要求：

$$\Delta u_p \leq [\theta_p] h \quad (3.3.10)$$

式中： Δu_p —弹塑性层间位移；

$[\theta_p]$ —弹塑性层间位移角限值，可按表 3.3.10 采用；对框架结构，当轴压比小于 0.40 时，可提高 10%；当柱全高的箍筋构造采用比本规程中框架柱箍筋最小配箍特征值大 30%时，可提高 20%，但累计不超过 25%。

表 3.3.10 叠合柱结构弹塑性层间位移角限值

结构类型	$[\theta_p]$
叠合柱框架，叠合柱框架-支撑	1/50
叠合柱框架-剪力墙，叠合柱框架-核心筒，叠合柱筒中筒	1/100

【说明】叠合柱框架、叠合柱框架-支撑结构的弹塑性层间位移角限值与钢管混凝土

框架、钢管混凝土框架-支撑结构的相同；叠合柱框架-剪力墙、叠合柱框架-核心筒的弹塑性层间位移角限值与相应钢筋混凝土结构的相同，叠合柱筒中筒结构的弹性层间位移角与叠合柱框架-核心筒结构的相同，因此，其弹塑性层间位移角限值也与叠合柱框架-核心筒结构的相同。

3.3.11 高度大于 150m 的叠合柱结构应满足风振舒适度要求。在现行国家《建筑结构荷载规范》GB50009 规定的 10 年一遇的风荷载标准值作用下，结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度计算值不应超过表 3.3.11 的限值。结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度可按合适的经验公式计算，也可通过风洞试验结果确定，计算时结构阻尼比宜取 0.01~0.02。

表 3.3.11 结构顶点风振加速度限值 a_{lim}

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

3.3.12 叠合柱结构的计算自振周期，应根据填充墙的刚度和数量予以折减。

4 叠合柱框架设计

4.1 一般规定

4.1.1 钢筋混凝土梁-叠合柱节点处，除框架顶层、柱轴压比小于 0.15 者及转换梁-叠合柱节点外，叠合柱端组合的弯矩设计值应符合下式要求：

$$\sum M_c \geq \eta_c \sum M_{bua} \quad (4.1.1)$$

式中： $\sum M_c$ —节点上、下柱端截面顺时针或反时针方向组合的弯矩设计值之和，上、

下柱端的弯矩设计值，可按弹性分析的上、下柱端弯矩之比分配；

$\sum M_{bua}$ —节点左、右梁端截面反时针或顺时针方向实配的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值之和，根据实配钢筋面积(计入梁受压筋和相关楼板钢筋)和材料强度标准值确定；

η_c —强柱系数，框架结构及框支层框架不应小于 1.2，其他结构不应小于 1.1。

【说明】采用实配梁端弯矩确定柱端弯矩设计值。框架结构以外其他结构的主要抗震构件是剪力墙，因此，其强柱系数小于框架结构的强柱系数；框支层的主要抗震构件也是剪力墙，考虑到框支层框架的重要性，其强柱系数与框架结构的相同。

4.1.2 钢梁-叠合柱节点处，除框架顶层、柱轴压比小于 0.15 者及与支撑斜杆相连的节点外，叠合柱端组合的弯矩设计值应符合式(4.1.2-1)、式(4.1.2-2)要求：

1 等截面梁与柱连接时

$$\sum M_c \geq \eta_s \sum f_{yb} W_{pb} \quad (4.1.2-1)$$

2 梁端加强型连接或骨式连接的端部变截面梁与柱连接时

$$\sum M_c \geq \sum (\eta_s f_{yb} W_{pb1} + M_v) \quad (4.1.2-2)$$

式中： W_{pb} —梁的塑性截面模量；

W_{pb1} —梁塑性铰所在截面的梁塑性截面模量；

f_{yb} —梁的钢材屈服强度；

η_s —强柱系数，框架结构不应小于 1.2，其他结构不应小于 1.1；

M_v —梁塑性铰剪力对梁端产生的附加弯矩， $M_v = V_{pb} \cdot x$ ；

V_{pb} —梁塑性铰剪力；

x —塑性铰至柱面的距离，塑性铰可取梁端部变截面翼缘的最小处。梁端加强型连接可取加强板的长度加四分之一梁高，骨形连接取 $(0.5 \sim 0.75)b_f$

$+(0.3\sim 0.45)h_b$, b_f 和 h_b 分别为梁翼缘宽度和梁截面高度, 有试验依据时, 也可按试验取值。

【说明】按钢梁-钢柱节点确定柱端弯矩设计值的方法确定叠合柱的弯矩设计值。钢柱轴压比小于 0.4 调整为叠合柱轴压比小于 0.15 可不按强柱弱梁确定柱的弯矩设计值, 强柱系数与钢筋混凝土梁-叠合柱节点的强柱系数相同。

4.1.3 叠合柱框架结构底层柱的下端, 其组合的弯矩设计值应乘以增大系数, 一、二、三、四级分别不应小于 1.7、1.5、1.3 和 1.2; 底层柱纵向钢筋应按上下端的不利情况配置。

【说明】与钢筋混凝土框架结构柱底弯矩增大系数相同。

4.1.4 叠合柱组合的剪力设计值应符合下式要求:

$$V = 1.2(M_{cua}^b + M_{cua}^t)/H_n \quad (4.1.4)$$

式中: V —柱端截面组合的剪力设计值;

H_n —柱的净高;

M_{cua}^b 、 M_{cua}^t —分别为柱的上、下端顺时针或反时针方向实配的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值, 根据实配钢筋面积、材料强度标准值和轴力设计值等确定。

【说明】为实现强剪弱弯, 采用实配受弯承载力确定柱剪力设计值。

4.1.5 对于角部叠合柱, 经本规程第 4.1.1、4.1.2、4.1.3 和 4.1.4 调整后的组合弯矩设计值和剪力设计值尚应乘以不小于 1.10 的增大系数。

4.1.6 对于钢筋混凝土梁-叠合柱框架, 其梁端截面组合的剪力设计值应符合下式要求:

$$V_b = 1.1(M_{bua}^l + M_{bua}^r)/l_n + V_{Gb} \quad (4.1.6)$$

式中: V_b —梁端截面组合的剪力设计值;

l_n —梁的净跨;

V_{Gb} —梁柱重力荷载代表值 (9 度时高层建筑还应包括竖向地震作用标准值) 作用下按简支梁分析的梁端截面剪力设计值);

M_{bua}^l 、 M_{bua}^r —分别为梁左右端反时针或顺时针方向实配的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值, 根据实配钢筋面积 (计入受压钢筋和相关楼板钢筋) 和材料强度标准值确定。

【说明】为实现强剪弱弯，采用实配受弯承载力确定框架梁剪力设计值。

4.1.7 叠合柱受剪截面应符合下列要求：

1 持久、短暂设计状况

$$V_c \leq 0.25 \beta_{co} f_{co} b h_0 \quad (4.1.7-1)$$

2 地震设计状况

剪跨比大于 2 的柱

$$V_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.20 \beta_{co} f_{co} b h_0) \quad (4.1.7-2)$$

剪跨比不大于 2 的柱及框支柱

$$V_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.15 \beta_{co} f_{co} b h_0) \quad (4.1.7-3)$$

式中： V_c —用于验算叠合柱受剪截面的剪力设计值，可按下式计算：

$$V_c = V - \frac{1+a^2}{8\lambda} f_a A_a \quad (4.1.7-4)$$

V —叠合柱剪力设计值；

a —钢管内、外直径的比值；

λ —验算截面的剪跨比， $\lambda \leq 0.5$ 时取 $\lambda = 0.5$ ， $\lambda \geq 2$ 时取 $\lambda = 2$ ；

β_{co} —钢管外混凝土强度影响系数，当混凝土强度等级不超过 C50 时， β_{co} 取 1.0，

当混凝土强度等级为 C80 时， β_{co} 取 0.8，其间按线性内插法确定；

f_{co} —钢管外混凝土轴心抗压强度设计值；

f_a —钢管钢材抗拉、抗压强度设计值；

b —矩形截面柱宽度；

h_0 —柱截面有效高度；

A_a —钢管截面面积。

【说明】叠合柱的最小受剪截面要求与钢筋混凝土柱的相同。验算叠合柱受剪截面及受剪承载力时，考虑钢管混凝土的抗剪作用。进行了钢管混凝土柱、叠合柱在跨中横向集中荷载作用下的试验，结果表明：钢管混凝土柱试件的破坏形态与剪跨比、轴压力有关，剪跨比小于 0.5、施加轴压力的试件为剪切破坏，剪跨比为 0.5~1、施加轴压力的试件为剪弯破坏；钢管混凝土柱的受剪承载力由混凝土、轴压力和钢管 3 部分贡献组成，剪跨比不小于 0.5 时，混凝土、轴压力和钢管的贡献分别为 $0.2f_c A_c$ 、

$0.1N$ 和 $\frac{1+a^2}{8\lambda} f_a A_a$; 剪跨比不大于 1 的叠合柱的破坏形态为剪切破坏, 采用 $\frac{1+a^2}{8\lambda} f_a A_a$

计算钢管对叠合柱受剪承载力的贡献, 采用现行国家标准规定的钢筋混凝土柱的相关方法计算混凝土、轴压力和箍筋对受剪承载力的贡献, 叠合柱试件的受剪承载力试验值大于计算值。一般情况下, 叠合柱的剪跨比大于 0.5。因此, 钢管对叠合柱受剪承载力的贡献采用 $\frac{1+a^2}{8\lambda} f_a A_a$ 进行计算。采用剪力设计值扣除 $\frac{1+a^2}{8\lambda} f_a A_a$ 后的剪力值验算叠合柱的受剪截面。

4.1.8 钢筋混凝土梁-叠合柱框架节点核心区的抗震验算应符合下列要求:

- 1 一、二、三级框架的节点核心区, 应进行抗震验算;
- 2 四级框架的节点核心区, 可不进行抗震验算, 但应符合对抗震构造措施的要求;
- 3 节点核心区截面的抗震验算方法应符合本规程附录 A 的规定。

4.1.9 现浇钢筋混凝土楼(屋)盖的框架梁部分上部纵向钢筋布置在楼板内时, 应符合下列规定:

- 1 钢筋布置范围不宜超过梁侧面 2 倍板厚;
- 2 布置在楼板内的钢筋面积不宜超过梁端上部钢筋总面积的 20%;
- 3 钢筋直径不宜小于 16mm;
- 4 钢筋应与垂直布置的板面钢筋绑扎牢固, 且应在梁端箍筋加密区范围内设置直径不小于 8mm、间距不大于 200mm 封闭箍筋;
- 5 钢筋弯折绕过钢管时, 在柱截面以内的弯折角度不宜大于 1:6, 在柱截面以外的弯折角度不宜大于 1:12。

【说明】框架梁端部负弯矩钢筋比较多、影响混凝土浇注时, 可以将少量钢筋配置在楼板内。本条对梁纵筋布置在楼板内的构造要求作了规定。

4.2 叠合柱设计

4.2.1 不同期施工的叠合柱浇筑钢管内混凝土前, 施工阶段荷载作用下的钢管最大压应力不宜大于钢管钢材抗压强度设计值的 60%, 并应满足稳定性要求。

4.2.2 不同期施工的叠合柱的叠合比可通过试算确定, 一般情况下可为 0.3~0.6。叠合比可按下式计算:

$$n = \frac{N_i}{N} \quad (4.2.2)$$

式中： n —不同期施工的叠合柱的叠合比；

N —叠合柱的轴压力设计值，应取按结构整体计算和按柱实际受载面积和荷载情况计算所得两个轴力中的较大者；

N_i —浇筑管外混凝土前钢管混凝土部分已承受的轴压力设计值，该轴力设计值应由施工期的结构自重和施工荷载产生，荷载分项系数可分别取 1.2 和 1.4，施工荷载的大小可根据实际情况确定。

4.2.3 叠合柱的轴心受压承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$N \leq 0.9\varphi[(f_{co}A_{co} + f'_yA_{ss}) + N_0] \quad (4.2.3-1)$$

2 地震设计状况

$$N \leq 0.9\varphi[(f_{co}A_{co} + f'_yA_{ss}) + N_0] / \gamma_{RE} \quad (4.2.3-2)$$

式中： N —叠合柱轴心压力设计值；

φ —钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数，可按表 4.2.3 采用；

f_{co} —钢管外混凝土轴心抗压强度设计值；

f'_y —纵向钢筋的抗压强度设计值；

A_{co} —钢管外混凝土截面面积；

A_{ss} —全部纵向钢筋截面面积；

N_0 —钢管混凝土短柱轴心受压承载力设计值，可按本规程第 4.2.4 条计算；

γ_{RE} —承载力抗震调整系数，可按本规程表 3.3.8 采用。

表 4.2.3 钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数

l_0/b	≤ 8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
l_0/d	≤ 7	8.5	10.5	12	14	15.5	17	19	21	22.5	24	26
φ	1.00	0.98	0.95	0.92	0.87	0.81	0.75	0.70	0.65	0.60	0.56	0.52

注：表中， l_0 为构件的计算长度， b 为矩形截面的短边尺寸； d 为圆形截面的直径。

【说明】叠合柱轴心受压试验研究及理论分析表明，达到轴心受压承载力时，钢管混凝土的承受的轴压力大约为钢管混凝土短柱轴心受压承载力的 0.9 倍。因此，采用式 (4.2.3) 计算叠合柱的轴心受压承载力。统计了清华大学、华南理工大学、大连理工大学 35 个轴心受压叠合柱试件的试验结果，轴心受压承载力试验值与式 (4.2.3-1) 的计算值之比的平均值大于 1.2，有安全裕度。

4.2.4 钢管混凝土短柱轴心受压承载力设计值 N_0 可按下式计算：

当 $\theta \leq 1/(\alpha-1)^2$ 时

$$N_0 = 0.9f_{ci}A_{ci}(1 + \alpha\theta) \quad (4.2.4-1)$$

当 $1/(\alpha-1)^2 < \theta \leq 2.5$ 时

$$N_0 = 0.9f_{ci}A_{ci}(1 + \sqrt{\theta} + \theta) \quad (4.2.4-2)$$

式中： f_{ci} —钢管内混凝土轴心抗压强度设计值；

A_{ci} —钢管内混凝土截面面积；

θ —钢管混凝土套箍指标， $\theta = f_a A_a / (f_{ci} A_{ci})$ ；

α —与混凝土强度等级有关的系数，可按表 4.2.4 采用。

表 4.2.4 系数 α

混凝土强度等级	$\leq C50$	C50~C100
α	2.0	1.8

【说明】采用现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB50936 的相关公式计算钢管混凝土短柱的轴心受压承载力。

4.2.5 偏心受压叠合柱正截面受压承载力计算应符合下列规定：

1 可采用管外钢筋混凝土分担的轴力设计值和弯矩设计值、管外混凝土强度等级、按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 钢筋混凝土柱正截面受压承载力公式进行计算；

2 方形及矩形截面叠合柱可按如图 4.2.5 所示的等效工字型截面钢筋混凝土柱、圆截面叠合柱可按扣除钢管混凝土的环形截面钢筋混凝土柱进行正截面承载力计算；

3 管外钢筋混凝土分担的轴力设计值 N_{co} 和弯矩设计值 M_{co} 可按下列规定确定：

$N \leq N_b$ 时

$$N_{co} = N \quad (4.2.5-1)$$

$$M_{co} = M - M_0 \quad (4.2.5-2)$$

$N > N_b$ 时

$$N_{co} = \frac{f_{co} A_{co}}{f_{co} A_{co} + N_0} N \quad (4.2.5-3)$$

$$M_{co} = M - \left(\frac{1.3N_{ci} + N_0}{N_0} \right) M_0 \quad (N_{ci} \leq 0.255N_0) \quad (4.2.5-4)$$

$$M_{co} = M - 1.79 \left(\frac{N_0 - N_{ci}}{N_0} \right) M_0 \quad (N_{ci} > 0.255 N_0) \quad (4.2.5-5)$$

$$M_0 = 0.3 N_0 r_c \quad (4.2.5-6)$$

$$N_{ci} = N - N_{co} \quad (4.2.5-7)$$

式中： N_b —叠合柱界限破坏时的轴压力， $N_b = 0.5 \alpha_1 \beta_1 f_{co} A$ ；

M 、 N —分别为偏心受压叠合柱的弯矩设计值和轴力设计值；

M_{co} 、 N_{co} —分别为管外钢筋混凝土分担弯矩设计值和轴力设计值；

N_{ci} —钢管混凝土分担的轴力设计值；

M_0 —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 4.2.4 条的规定计算；

r_c —钢管混凝土管内混凝土半径；

α_1 、 β_1 —钢管外混凝土等效矩形应力图图形系数，当混凝土强度等级不超过 C50 时，

α_1 取为 1.0， β_1 取为 0.8，当混凝土强度等级为 C80 时， α_1 取为 0.94， β_1

取为 0.74，其间 α_1 和 β_1 取值分别按线性内插法确定；

f_{co} —钢管外混凝土轴心抗压强度设计值；

A —叠合柱截面面积。

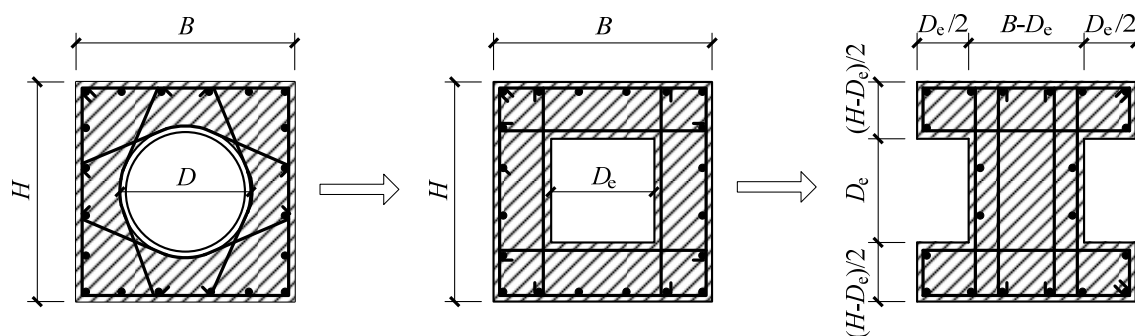


图 4.2.5 叠合柱管外钢筋混凝土等效工字型截面

注： $D_e = D\sqrt{\pi}/2$ ， D 为钢管外径

【说明】 采用叠加法计算偏心受压叠合柱正截面受压承载力，即叠合柱正截面受压承载力为钢管混凝土柱正截面受压承载力和管外钢筋混凝土柱正截面受压承载力之和。钢管混凝土柱的正截面受压承载力按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB50936-2014 第 6.1.3 条说明给出的钢管混凝土短柱 $M-N$ 相关曲线及有关公式确定。叠合柱为大偏心受压时，不考虑轴力对钢管混凝土柱正截面受压承载力的影响，管外钢筋混凝土的轴力设计值取叠合柱的轴力设计值，管外钢筋混凝土的弯矩设计值取叠

合柱弯矩设计值扣除钢管混凝土柱的受弯承载力；叠合柱为小偏心受压时，轴力设计值在钢管混凝土与管外钢筋混凝土之间分配，钢管混凝土柱分担的弯矩设计值由钢管混凝土柱分配到的轴力确定，管外钢筋混凝土的弯矩设计值取叠合柱弯矩设计值扣除钢管混凝土柱分担的弯矩设计值。采用管外钢筋混凝土分担的轴力设计值和弯矩设计，按扣除钢管混凝土的等效工字型截面或环形截面钢筋混凝土柱进行正截面受压承载力计算，确定柱的纵向钢筋。

4.2.6 矩形截面偏心受压叠合柱的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$V \leq \frac{1.75}{\lambda_1 + 1} f_{to} b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + \frac{1+a}{8\lambda_2} f_a A_a + 0.07N \quad (4.2.6-1)$$

2 地震设计状况

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left(\frac{1.05}{\lambda_1 + 1} f_{to} b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + \frac{1+a}{8\lambda_2} f_a A_a + 0.056N \right) \quad (4.2.6-2)$$

式中：\$V\$——叠合柱剪力设计值；

\$N\$——叠合柱轴压力设计值，当 \$N\$ 大于 \$0.3f_{co}A\$ 时，取 \$0.3f_{co}A\$；

\$f_{to}\$——管外混凝土抗拉强度设计值；

\$f_{yv}\$——箍筋抗拉强度设计值；

\$A_{sv}\$——同一截面内各肢箍筋（包括拉筋）的全部截面面积；

\$s\$——箍筋间距；

\$\lambda_1\$、\$\lambda_2\$——叠合柱剪跨比，\$\lambda_1 = \lambda_2 = M/(Vh_0)\$，\$M\$ 为柱端截面未经本规程第4.1.1、4.1.2、4.1.3和4.1.5条调整的组合弯矩计算值，可取柱上下端的较大值，\$V\$ 为与 \$M\$ 对应的组合剪力计算值；\$\lambda_1 < 1\$ 时取 \$\lambda_1 = 1\$，\$\lambda_1 > 3\$ 时取 \$\lambda_1 = 3\$；\$\lambda_2 < 0.5\$ 时取 \$\lambda_2 = 0.5\$，\$\lambda_2 > 2\$ 时取 \$\lambda_2 = 2\$。

4.2.7 矩形截面偏心受拉叠合柱的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$V \leq \frac{1.75}{\lambda_1 + 1} f_{to} b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + \frac{1+a}{8\lambda_2} f_a A_a - 0.2N \quad (4.2.7-1)$$

2 地震设计状况

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left(\frac{1.05}{\lambda_1 + 1} f_{to} b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + \frac{1+a}{8\lambda_2} f_a A_a - 0.2N \right) \quad (4.2.7-2)$$

当式 (4.2.7-1) 右端计算值或式 (4.2.7-2) 右端括号内计算值小于 \$f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + \frac{1+a}{8\lambda_2} f_a A_a\$

时，应取 $f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + \frac{1+a}{8\lambda_2} f_a A_a$ ，且 $f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$ 值不应小于 $0.36f_{to}bh_0$ 。

式中： N —叠合柱轴向拉力设计值，取正值；

λ_1 、 λ_2 —叠合柱剪跨比，按本规程第 4.2.6 条确定。

4.2.8 叠合柱的截面尺寸，应符合下列各项要求：

1 矩形截面的宽度和高度，不宜小于 350mm；圆柱的直径，四级或不超过 2 层时不宜小于 350mm，一、二、三级且超过 2 层时不宜小于 400mm。

2 剪跨比宜大于 2。

3 矩形截面长边与短边的边长比不宜大于 3。

【说明】对于层数不多的叠合柱结构，矩形截面叠合柱一个方向的最小尺寸可为 300mm，此时，另一方向的尺寸不应小于 400mm。考虑到钢管混凝土对柱刚度和承载力的提高作用，一、二、三级且超过 2 层时，矩形截面叠合柱的最小边长（直径）比钢筋混凝土柱的最小边长小 50mm。

4.2.9 叠合柱钢管外的混凝土厚度及钢管应符合下列要求：

1 钢管外的混凝土厚度不宜小于 120mm，采用自密实混凝土时钢管外的混凝土厚度不宜小于 100mm；

2 钢管直径不宜小于 108mm，钢管壁厚不宜小于 4mm；

3 钢管混凝土套箍指标不宜小于 0.4、不宜大于 2.5，套箍指标大于 2.5 时，应考虑其超过部分对钢管内混凝土的约束作用，可考虑其作为型钢对叠合柱刚度和承载力的提高作用；

4 钢管混凝土（包括钢管）截面积与叠合柱截面积的比值不宜大于 0.45；

5 钢管含管率不应小于 2%、不宜大于 15%；对于低、多层建筑叠合柱结构，当钢管混凝土短柱的轴心受压承载力设计值 N_0 大于叠合柱轴力设计值时，含管率不应小于 1.2%。含管率可按下式计算：

$$\rho_a = A_a / A \quad (4.2.9)$$

式中： ρ_a —叠合柱钢管含管率；

A_a —钢管的截面面积；

A —叠合柱全截面面积。

【说明】对套箍指标大于 2.5 的钢管混凝土柱的轴向受压性能研究尚不充分。因此，套箍指标超过 2.5 的钢管混凝土柱，钢管对混凝土的约束作用按套箍指标 2.5 计，但

超过部分可按型钢的作用计。

根据研究,为避免叠合柱达到轴心受压承载力前钢管外钢筋混凝土严重破坏,需限制钢管混凝土截面面积与叠合柱截面面积的比值。限制了面积比,仍需用箍筋约束管外混凝土。

4.2.10 叠合柱的轴压比限值,可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 钢筋混凝土柱轴压比限值的规定采用。叠合柱的轴压比可按下列公式计算:

$$n_c = N / (f_{co} A_{co} + 0.9 N_0) \quad (4.2.10)$$

式中: n_c —叠合柱的轴压比;

N —叠合柱轴力设计值;

N_0 —钢管混凝土短柱轴心受压承载力设计值,可按本规程第 4.2.4 条的规定计算。

【说明】轴心受压的叠合柱达到其承载力时,钢管混凝土尚未达到其短柱轴心受压承载力。因此,计算叠合柱的轴压比时,考虑钢管对管内混凝土的约束作用,但予以折减。

4.2.11 叠合柱的纵向钢筋配置,应符合下列要求:

- 1 纵向钢筋的最小总配筋率,中柱及边柱不应小于 1%,角柱及框支柱不应小于 1.1%;建造于 IV 类场地且较高的高层建筑,最小总配筋率应增加 0.1%;
- 2 钢管外混凝土强度等级高于 C60 时,最小总配筋率应增加 0.1%;
- 3 每一侧配筋率不应小于 0.2%;
- 4 纵向钢筋总配筋率不应大于 5%;
- 5 宜对称配筋,且宜集中配置在角部;
- 6 纵向受力钢筋净间距不宜小于 50mm、不宜大于 200mm;
- 7 纵向钢筋与钢管的最小净距不宜小于 30mm。

【说明】ACI 认为,规定纵向钢筋最小总配筋率是为了避免混凝土开裂前纵向钢筋屈服。为简化设计,不同抗震等级叠合柱纵向钢筋的最小总配筋率相同。叠合柱纵向钢筋的总配筋率为纵向钢筋的截面面积与叠合柱截面面积的比值。

4.2.12 叠合柱应设置箍筋加密区,并应符合下列规定:

1 箍筋加密区的范围应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 关于钢筋混凝土柱箍筋加密区范围的规定。

2 一般情况下,加密区箍筋的最大间距和最小直径应按表 4.2.12-1 采用。

表 4.2.12-1 叠合柱箍筋加密区的箍筋最大间距和最小直径

结构类型	箍筋最大间距（采用较小值）	箍筋最小直径(mm)
框架结构，框支层框架	$6d$, 100	10
其他结构框架	$8d$, 100	8

注： d 为柱纵向钢筋最小直径。

3 框架结构叠合柱及框支框架叠合柱的箍筋直径大于 12mm、框架结构以外其他结构叠合柱的箍筋直径大于 10mm 时，除底层柱下端外，最大间距应允许采用 150mm。

4 叠合柱箍筋加密区的体积配箍率，应符合下式要求：

$$\rho_v \geq \lambda_v f_{co} / f_{yv} \quad (4.2.12)$$

式中： ρ_v —叠合柱箍筋加密区的体积配箍率，9 度框架叠合柱及框支框架叠合柱不应小于 1.5%，框架结构叠合柱、剪跨比不大于 2 的叠合柱不应小于 1.2%，其他结构框架叠合柱不应小于 1%。计算箍筋体积配箍率时，可取外围箍筋中心线所围混凝土扣除钢管混凝土的体积，扣除的体积不应大于外围箍筋中心线所围体积的 25%；

f_{co} —管外混凝土轴心抗压强度设计值，强度等级低于 C35 时，应按 C35 计算；

f_{yv} —箍筋或拉筋抗拉强度设计值；

λ_v —最小配箍特征值，宜按表 4.2.12-2 采用，框支框架叠合柱的最小配箍特征值应比表内框架结构数值增加 0.02。

表 4.2.12-2 叠合柱箍筋加密区的箍筋最小配箍特征值

结构类型	箍筋形式	叠合柱轴压比							
		≤0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95
框架结构	普通箍、复合箍	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	
其他结构框架	普通箍、复合箍	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21

注：普通箍指单个矩形箍和单个圆形箍，复合箍指由矩形、多边形、圆形箍或拉筋组成的箍筋。

【说明】 地震作用下，叠合柱有可能在其两端出现塑性铰。为提高叠合柱两端的弹塑性变形能力，两端应设置箍筋加密区，配置足够多的箍筋，形成箍筋约束混凝土，提高混凝土的极限压应变。对于叠合柱框架结构，叠合柱是其唯一的竖向结构构件；对于框架结构以外的其他叠合柱结构，剪力墙是其主要竖向结构构件，叠合柱是相对次要的竖向结构构件。基于此，轴压比相同的情况下，框架结构叠合柱箍筋加密区的最小配箍特征值，高于其他结构叠合柱箍筋加密区的最小配箍特征值。

为使相同结构类型、相同轴压比的叠合柱具有理论上相同的弹塑性变形能力，叠合柱箍筋加密区的最小配箍特征值只与结构类型和轴压比有关，与设防烈度、结构高

度无关。

由于钢管已对管内混凝土形成约束，计算叠合柱箍筋体积配箍率时，可扣除钢管混凝土部分的体积。由于至今已完成试验的叠合柱试件的钢管混凝土部分的体积都不大于试件体积的 28%，因此，规定了扣除的体积不应大于外围箍筋中心线所围体积的 25%。

4.2.13 叠合柱非箍筋加密区的箍筋配置，应符合下列要求：

- 1 体积配箍率不宜小于加密区的 50%。
- 2 箍筋间距，框架结构叠合柱不应大于 10 倍纵向钢筋直径，其他结构叠合柱不应大于 15 倍纵向钢筋直径。

4.2.14 叠合柱的箍筋配置方式宜符合下列规定：

- 1 宜采用复合箍。复合箍可由外围矩（方）形封闭箍与拉筋组成（图 4.2.14a、b），或由外围矩（方）形封闭箍和八角形封闭箍与拉筋组成（图 4.2.14c、d）。拉筋可紧靠箍筋并钩住纵筋。
- 2 绕过钢管的拉筋与钢管相交部分的圆弧宜与钢管同心，不相交部分宜为直段。
- 3 箍筋加密区的箍筋及拉筋的肢距，绕过钢管的拉筋肢距不宜大于 400mm，其他箍筋及拉筋的肢距不宜大于 200mm。
- 4 截面周边纵向钢筋应至少每隔一根位于箍筋的角部或拉筋的弯钩内。

【说明】钢筋混凝土柱轴心受压试验研究表明，拉筋紧靠箍筋并钩住纵筋的试件，其承载能力及弹塑性变形能力与拉筋紧靠纵筋并钩住箍筋的试件没有差别。但前者施工比后者方便，且拉筋端部弯钩的混凝土保护层厚度与箍筋的混凝土保护层厚度相同，满足耐久性设计的要求。纵筋位于箍筋的角部或拉筋的弯钩内，可避免纵筋过早压曲。

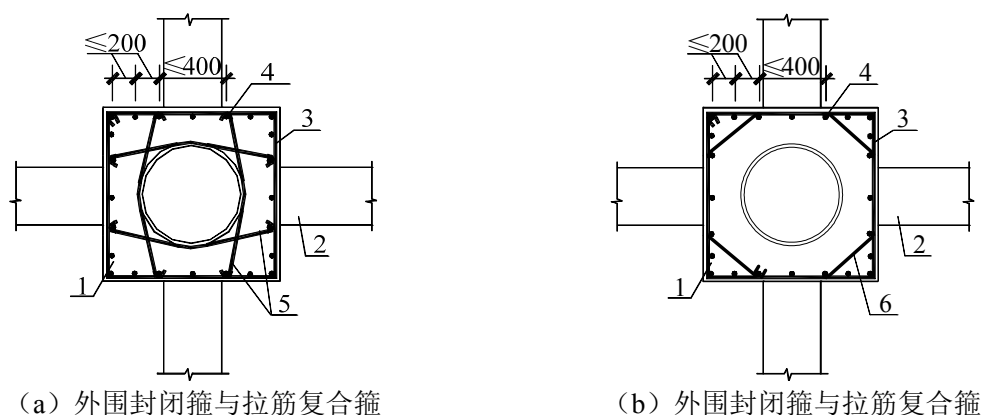


图 4.2.14 叠合柱箍筋配置方式示意图

1-叠合柱；2-梁；3-封闭箍；4-纵向钢筋；5-拉筋；6-八角形封闭箍

4.2.15 在叠合柱箍筋加密区及叠合柱节点核心区，宜在钢管壁外表面各贴焊两道闭合的环筋，钢管直径不大于 400mm 时环筋直径不宜小于 14mm，钢管直径大于 400mm 时环筋直径不宜小于 16mm，箍筋加密区的环筋宜焊接在距柱端不大于 500mm 范围内，节点核心区的环筋宜焊接在核心区的中、下部位，环筋与钢管之间可采用间断的单面角焊缝焊接，焊缝总长度不宜小于环筋长度的 1/2，焊缝高度不宜小于 6mm。

【说明】钢管壁外表面贴焊环筋，目的是加强钢管与混凝土之间的粘结。

4.2.16 叠合柱框架节点核心区箍筋的最大间距和最小直径宜按本规程表 4.2.12-1 的规定采用；叠合柱框架结构节点核心区配箍特征值不宜小于 0.12、且体积配箍率不宜小于 0.8%，其他结构框架节点核心区配箍特征值不宜小于 0.10、且体积配箍率不宜小于 0.6%。柱剪跨比不大于 2 的框架节点核心区，体积配箍率不宜小于核心区上、下柱端的较大体积配箍率。计算箍筋体积配箍率时，可取外围箍筋中心线所围混凝土扣除钢管混凝土的体积，扣除的体积不应大于外围箍筋中心线所围体积的 25%。

4.2.17 部分框支剪力墙结构的框支柱、筒中筒结构转换层及转换层以下的柱采用叠合柱时，叠合柱中的钢管混凝土短柱轴心受压承载力标准值不应小于重力荷载代表值作用下的轴压力。钢管混凝土短柱的轴心受压承载力标准值可按本规程第 4.2.4 条的规定计算，计算时，钢管钢材的强度可取其屈服强度，混凝土的轴心抗压强度可取其标准值。计算重力荷载代表值作用下的轴压力时，荷载分项系数可取 1.0。

【说明】本条规定的目的，是提高转换层的抗地震倒塌能力。地震中，即使管外钢筋混凝土严重破坏、失去承受重力荷载的能力，只要钢管混凝土能承受重力荷载代表值产生的轴压力，将极大降低叠合柱失效、结构倒塌的风险。

5 钢管混凝土剪力墙设计

5.0.1 钢管混凝土剪力墙截面厚度不宜小于 300mm，且底部加强部位不宜小于层高的 1/16，其他部位不宜小于层高的 1/20。

5.0.2 钢管混凝土剪力墙的受剪截面应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$V_w \leq 0.25 \beta_{co} f_{co} b_w h_{w0} \quad (5.0.2-1)$$

2 地震设计状况

$$\text{剪跨比大于 2 时} \quad V_w \leq (0.20 \beta_{co} f_{co} b_w h_{w0}) / \gamma_{RE} \quad (5.0.2-2)$$

$$\text{剪跨比不大于 2 时} \quad V_w \leq (0.15 \beta_{co} f_{co} b_w h_{w0}) / \gamma_{RE} \quad (5.0.2-3)$$

式中： V_w —验算剪力墙受剪截面时采用的剪力设计值，可按下列式计算：

$$V_w = V - \sum_{i=1}^m \frac{1+a_i^2}{8\lambda} f_a A_{a,i} \quad (5.0.2-4)$$

V —剪力墙剪力设计值；

f_{co} —钢管外混凝土的轴心抗压强度设计值；

b_w —剪力墙截面厚度；

h_{w0} —剪力墙截面有效高度， $h_{w0}=h_w-a'$ ， a' 为受压区端部边缘构件纵筋和钢管合力点至受压区边缘的距离；

β_{co} —钢管外混凝土强度影响系数，可按本规程 4.1.7 条采用；

m —钢管总数；

a_i —各钢管内、外直径的比值；

λ —验算截面的剪跨比， $\lambda \leq 0.5$ 时取 $\lambda=0.5$ ， $\lambda \geq 2$ 时取 $\lambda=2$ 。

【说明】验算钢管混凝土剪力墙的最小受剪截面时，考虑钢管的抗剪作用。

5.0.3 钢管混凝土剪力墙轴心受压承载力应符合下列规定：

1 墙肢两端配置钢管及墙肢配置分布钢管，且钢管之间剪力墙的体积配箍率不小于 0.6% 时：

1) 持久、短暂设计状况

$$N_c \leq \phi [f_{co} A_{co} + f'_y (A_s + A'_s) + f'_{yw} A_{sw} + \sum_{i=1}^m f_{ci} A_{ci,i} (1 + \theta_i)] \quad (5.0.3-1)$$

2) 地震设计状况

$$N_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} [\phi [f_{co} A_{co} + f'_y (A_s + A'_s) + f'_{yw} A_{sw} + \sum_{i=1}^m f_{ci} A_{ci,i} (1 + \theta_i)]] \quad (5.0.3-2)$$

2 除本条 1 以外的其他情况:

1) 持久、短暂设计状况

$$N_c \leq \phi [f_{co} A_{co} + f'_y (A_s + A'_s) + f'_{yw} A_{sw} + \sum_{i=1}^m (f_{ci} A_{ci,i} + f_a A_{a,i})] \quad (5.0.3-3)$$

2) 地震设计状况

$$N_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \phi [f_{co} A_{co} + f'_y (A_s + A'_s) + f'_{yw} A_{sw} + \sum_{i=1}^m (f_{ci} A_{ci,i} + f_a A_{a,i})] \quad (5.0.3-4)$$

式中: N_c —剪力墙轴心压力设计值;

f_{ci} —钢管内混凝土轴心抗压强度设计值;

f'_y —剪力墙两端边缘构件竖向钢筋抗压强度设计值;

f'_{yw} —剪力墙竖向分布钢筋抗压强度设计值;

A_s 、 A'_s —分别为剪力墙受拉、受压端边缘构件内竖向钢筋截面面积;

A_{sw} —剪力墙竖向分布钢筋截面面积;

A_{co} —钢管外混凝土截面面积;

$A_{ci,i}$ —单根钢管内混凝土截面面积;

$A_{a,i}$ —单根钢管截面面积;

ϕ —钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数,可按本规程表 4.2.3 采用。

【说明】 试验表明,两端及中部都配置钢管的钢管混凝土剪力墙,若箍筋对钢管之间混凝土约束足够强,达到轴心受压承载力时,剪力墙竖向压应变较大,钢管对管内混凝土约束作用得到一定程度的发挥。计算钢管之间剪力墙的体积配箍率时,可计入水平分布钢筋及拉筋。

5.0.4 钢管混凝土剪力墙轴心受拉承载力应符合下列规定:

1 持久、短暂设计状况

$$N_t \leq 1.05 \sum_{i=1}^m f_a A_{a,i} + f_y (A_s + A'_s) + f_{yw} A_{sw} \quad (5.0.4-1)$$

2 地震设计状况

$$N_t \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} [1.05 \sum_{i=1}^m f_a A_{a,i} + f_y (A_s + A'_s) + f_{yw} A_{sw}] \quad (5.0.4-2)$$

式中： N_t —剪力墙轴心拉力设计值；

f_y —剪力墙两端边缘构件内竖向钢筋抗拉强度设计值；

f_{yw} —剪力墙竖向分布钢筋抗拉强度设计值。

【说明】钢管混凝土剪力墙轴心受拉承载力由钢管、边缘构件竖向钢筋及竖向分布钢筋的受拉承载力 3 部分组成。

5.0.5 矩形截面偏心受压钢管混凝土剪力墙的正截面受压承载力应符合下列规定（图 5.0.5）：

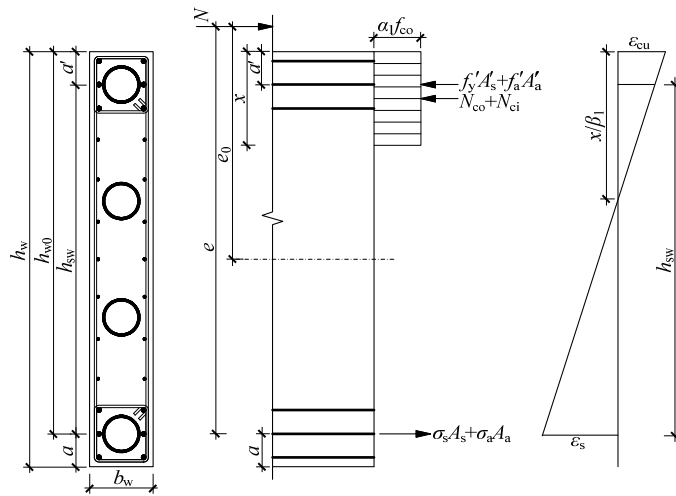


图5.0.5 矩形截面偏心受压钢管混凝土剪力墙正截面受压承载力计算参数示意

1 持久、短暂设计状况

$$N \leq N_{co} + N_{ci} + f_y'A_s' + f_a'A_a' - \sigma_s A_s - \sigma_a A_a + N_{sw} + N_{aw} \quad (5.0.5-1)$$

$$Ne \leq M_{co} + M_{ci} + (f_y'A_s' + f_a'A_a')(h_{w0} - a') + M_{sw} + M_{aw} \quad (5.0.5-2)$$

$$e = e_0 + \frac{h_w}{2} - a \quad (5.0.5-3)$$

受压区钢管外混凝土轴力 N_{co} 、弯矩 M_{co} ：

$$N_{co} = \alpha_1 f_{co} (b_w x - A_{ao}') \quad (5.0.5-4)$$

$$M_{co} = \alpha_1 f_{co} b_w x \left(h_{w0} - \frac{x}{2} \right) - \alpha_1 f_{co} A_{ao}' (h_{w0} - a') \quad (5.0.5-5)$$

受压区钢管内混凝土轴力 N_{ci} 、弯矩 M_{ci} ：

$$N_{ci} = k f_{ci} A_{ai}' \quad (5.0.5-6)$$

$$M_{ci} = k f_{ci} A_{ai}' (h_{w0} - a') \quad (5.0.5-7)$$

$$k = 1 + (1 - 0.009 f_{ci}) \theta \quad (5.0.5-8)$$

竖向分布钢筋承担的轴向压力 N_{sw} 、弯矩 M_{sw} ：

$$N_{sw} = \left(1 + \frac{x/\beta_1 - h_{w0}}{0.5h_{sw}} \right) f_{yw} A_{sw} \quad (5.0.5-9)$$

$$M_{sw} = \left[0.5 - \left(\frac{x/\beta_1 - h_{w0}}{h_{sw}} \right)^2 \right] f_{yw} A_{sw} h_{sw} \quad (5.0.5-10)$$

墙肢分布钢管承担的轴力 N_{aw} 、弯矩 M_{aw} ：（假设钢管均匀分布在区域 h_{sw} 范围内）

$$N_{aw} = \left(1 + \frac{x/\beta_1 - h_{w0}}{0.5h_{sw}} \right) f_{aw} A_{aw} \quad (5.0.5-11)$$

$$M_{aw} = \left[0.5 - \left(\frac{x/\beta_1 - h_{w0}}{h_{sw}} \right)^2 \right] f_{aw} A_{aw} h_{sw} \quad (5.0.5-12)$$

当 $x \leq \xi_b h_{w0}$ 时，

$$\sigma_s = f_y \quad (5.0.5-13)$$

$$\sigma_a = f_a \quad (5.0.5-14)$$

当 $x > \xi_b h_{w0}$ 时，

$$-f'_y \leq \sigma_s = E_s \varepsilon_{cu} \left(\frac{\beta_1 h_{w0}}{x} - 1 \right) \leq f_y \quad (5.0.5-15)$$

$$-f'_a \leq \sigma_a = E_s \varepsilon_{cu} \left(\frac{\beta_1 h_{w0}}{x} - 1 \right) \leq f_a \quad (5.0.5-16)$$

- 式中：
- N_{co} 、 N_{ci} ——分别为受压区钢管外、钢管内混凝土承担的轴力；
 - M_{co} 、 M_{ci} ——分别为受压区钢管外、钢管内混凝土合力对受拉区端部钢管及竖向钢筋合力点的力矩；
 - N_{sw} 、 N_{aw} ——分别为除两端外沿墙肢均匀配置的竖向分布钢筋、分布钢管所承担的轴力，当 $x/\beta_1 > h_{w0}$ 时，取 $x/\beta_1 = h_{w0}$ 进行计算；
 - M_{sw} 、 M_{aw} ——分别为除两端外沿墙肢均匀配置的竖向分布钢筋、分布钢管轴力对受拉区端部钢管及竖向钢筋合力点的力矩，当 $x/\beta_1 > h_{w0}$ 时，取 $x/\beta_1 = h_{w0}$ 进行计算；
 - σ_s 、 σ_a ——分别为受拉区端部竖向钢筋、钢管的应力；
 - f_y 、 f_a ——分别为受拉区端部竖向钢筋、钢管钢材的抗拉强度设计值；
 - f'_y 、 f'_a ——分别为受压区端部竖向钢筋、钢管钢材的抗压强度设计值；
 - f_{co} 、 f_{ci} ——分别为受压区钢管外、钢管内混凝土轴心抗压强度设计值；
 - f_{yw} 、 f_{aw} ——分别为墙内均匀配置的竖向分布钢筋、分布钢管的强度设计值；
 - A_s 、 A_a ——分别为受拉区端部竖向钢筋、钢管的截面面积；
 - A'_s 、 A'_a ——分别为受压区端部竖向钢筋、钢管的截面面积；
 - A'_{ao} 、 A'_{ai} ——分别为受压区端部钢管外径、内径围合圆形截面面积；
 - A_{sw} 、 A_{aw} ——分别为墙肢内均匀配置的竖向分布钢筋、分布钢管的总截面面积

积；

k — 钢管内混凝土强度提高系数；

θ — 钢管混凝土套箍指标；

a 、 a' — 分别为受拉区、受压区端部竖向钢筋及钢管合力点至截面受拉、受压边缘的距离；

h_w 、 h_{w0} — 分别为剪力墙截面高度、截面有效高度，其中 $h_{w0} = h_w - a$ ；

h_{sw} — 均匀配置竖向分布钢筋、分布钢管区段的墙肢截面长度，宜取
 $h_{sw} = h_{w0} - a'$ ；

b_w — 剪力墙截面厚度；

x — 受压区混凝土等效矩形应力图高度；

e_0 — 偏心距， $e_0 = M/N$ ；

α_1 、 β_1 — 混凝土受压等效矩形应力图图形系数，可按本规程4.2.5条采用；

E_s — 钢材弹性模量；

ε_{cu} — 混凝土极限压应变，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定采用。

2 地震设计状况

公式（5.0.5-1）、（5.0.5-2）右端均应除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} ， γ_{RE} 取为0.85。

【说明】采用平截面假定计算矩形截面偏心受压钢管混凝土剪力墙的正截面受压承载力，条文给出的计算公式的形式与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的一致，考虑分布钢筋、分布钢管对承载力的贡献。也可以采用现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的方法，计算矩形截面偏心受压钢管混凝土剪力墙的正截面受压承载力。

5.0.6 偏心受拉钢管混凝土剪力墙的正截面受拉承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$N \leq \frac{1}{\frac{1}{N_{ou}} + \frac{e_0}{M_{wu}}} \quad (5.0.6-1)$$

2 地震设计状况

$$N \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{\frac{1}{N_{ou}} + \frac{e_0}{M_{wu}}} \right] \quad (5.0.6-2)$$

3 N_{ou} 、 M_{wu} 应按下列公式计算

$$N_{ou} = 1.05 \sum_{i=1}^m f_a A_{a,i} + f_y (A_s + A'_s) + f_{yw} A_{sw} \quad (5.0.6-3)$$

$$M_{wu} = f_y A_s (h_{w0} - a'_s) + f_a A_{ab} (h_{w0} - a'_a) + f_{yw} A_{sw} \left(\frac{h_{w0} - a'_s}{2} \right) \quad (5.0.6-4)$$

式中： e_0 —轴向拉力对截面重心的偏心距；

N —剪力墙轴向拉力设计值；

N_{0u} —剪力墙轴心受拉承载力；

M_{wu} —剪力墙受弯承载力；

a'_s —受压端端部钢筋合力点至截面受压边缘的距离；

a'_a —受压端端部钢管混凝土合力点至截面受压边缘的距离；

A_{ab} —受拉端端部钢管截面面积

A_s —受拉端端部钢筋截面面积。

【说明】 偏心受拉钢管混凝土剪力墙的正截面受拉承载力计算公式的形式，与现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010有关偏心受拉剪力墙正截面受拉承载力计算公式的形式相同，公式中，钢管混凝土剪力墙轴心受拉承载力考虑全部钢管的作用，受弯承载力考虑端部边缘构件内钢管的作用。

5.0.7 剪跨比不大于1.0的偏心受压钢管混凝土剪力墙的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$V \leq \sum_{i=1}^m V_{a,i} + \sum_{j=1}^n V_{c,j} + V_{sh} \quad (5.0.7-1)$$

2 地震设计状况

$$V \leq \frac{0.8}{\gamma_{RE}} \left(\sum_{i=1}^m V_{a,i} + \sum_{j=1}^n V_{c,j} + V_{sh} \right) \quad (5.0.7-2)$$

其中：

$$V_{a,i} = (0.2f_{ci}A_{ci,i} + 0.6f_aA_{a,i} + 0.1N'_i)(1 - 0.45\sqrt{\lambda}) \quad (5.0.7-3)$$

$$V_{c,j} = \frac{0.55}{\lambda} (0.5f_{to}bh_j + 0.13N_{0,j}) \quad (5.0.7-4)$$

$$V_{sh} = f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} \quad (5.0.7-5)$$

$$N'_i = \frac{E_{ci}A_{ci,i} + E_aA_{a,i}}{\psi \sum E_{co}A_{co,i} + \sum_{i=1}^m (E_{ci}A_{ci,i} + E_aA_{a,i})} \quad (5.0.7-6)$$

$$N_{0j} = \frac{bh_j(N - \sum_{i=1}^m N'_i)}{A - \sum_{i=1}^m (A_{ci,i} + A_{a,i})} \quad (5.0.7-7)$$

式中： $V_{a,i}$ —单根钢管混凝土柱受剪承载力；

$V_{c,j}$ —相邻钢管之间单根钢筋混凝土柱受剪承载力；

V_{sh} —水平分布钢筋受剪承载力；

N —剪力墙轴压力设计值；

N'_i —单根钢管混凝土承受的轴压力设计值，受拉时取0；

$N_{0,j}$ —相邻钢管之间剪力墙承受的轴压力， $N_{0,j} > 0.2f_{co}bh_j$ 时取 $0.2f_{co}bh_j$ ；

λ —计算截面的剪跨比， $0.3 \leq \lambda \leq 1.0$ ， $\lambda < 0.3$ 时取 $\lambda = 0.3$ ；

ψ —钢管外混凝土轴压刚度折减系数，取0.85；

b —剪力墙截面厚度；

h_j —相邻钢管间距；

f_{yh} —水平分布钢筋抗拉强度设计值；

A_{sh} —配置在同一截面内的全部水平分布钢筋截面面积；

s —水平钢筋间距；

f_{to} —钢管外混凝土轴心抗拉强度设计值；

E_{co} 、 E_{ci} —分别为钢管外混凝土弹性模量和钢管内混凝土弹性模量；

$A_{co,j}$ 、 $A_{ci,j}$ 、 $A_{a,j}$ —分别为钢管之间剪力墙截面面积、单根钢管混凝土柱截面面积和单根钢管截面面积。

【说明】根据试验研究结果，建立了剪跨比不大于1.0的偏心受压钢管混凝土剪力墙斜截面受剪承载力计算公式。

5.0.8 剪跨比大于1.0的偏心受压钢管混凝土剪力墙的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$V \leq \frac{1}{\lambda_1 - 0.5} (0.5f_{to}b_w h_{w0} + 0.13N \frac{A_w}{A}) + f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \sum_{i=1}^m \frac{1+a_i^2}{8\lambda_2} f_a A_{a,i} \quad (5.0.8-1)$$

2 地震设计状况

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{\lambda_1 - 0.5} (0.4 f_{to} b_w h_{w0} + 0.1 N \frac{A_w}{A}) + 0.8 f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + 0.8 \sum_{i=1}^m \frac{1 + a_i^2}{8 \lambda_2} f_a A_{a,i} \right] \quad (5.0.8-2)$$

式中：\$N\$—与剪力设计值 \$V\$ 对应的轴压力设计值，\$N\$ 大于 \$0.2f_{co}b_w h_w\$ 时取 \$0.2f_{co}b_w h_w\$；

\$A\$—剪力墙截面面积；

\$A_w\$—T 形、I 形钢管混凝土剪力墙腹板截面面积，对矩形截面剪力墙，取为 \$A\$；

\$\lambda_1\$、\$\lambda_2\$—计算截面的剪跨比，\$\lambda_1 = \lambda_2\$，\$\lambda_1\$ 小于 1.5 时取 \$\lambda_1 = 1.5\$，\$\lambda_1\$ 大于 2.2 时取 \$\lambda_1 = 2.2\$，\$\lambda_2\$ 小于 0.5 时取 \$\lambda_2 = 0.5\$，\$\lambda_2\$ 大于 2 时取 \$\lambda_2 = 2\$。

【说明】剪跨比大于 1.0 的偏心受压钢管混凝土剪力墙斜截面受剪承载力验算公式，在钢筋混凝土剪力墙公式的基础上，增加了钢管的受剪承载力。

5.0.9 墙肢两端带叠合柱的偏心受压钢管混凝土剪力墙的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$V \leq \frac{1}{\lambda_1 - 0.5} (0.5 \beta_r f_{to} b_w h_{w0} + 0.13 N \frac{A_w}{A}) + f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \sum_{i=1}^m \frac{1 + a_i^2}{8 \lambda_2} f_a A_{a,i} \quad (5.0.9-1)$$

2 地震设计状况

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{\lambda_1 - 0.5} (0.4 \beta_r f_{to} b_w h_{w0} + 0.10 N \frac{A_w}{A}) + 0.8 f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + 0.8 \sum_{i=1}^m \frac{1 + a_i^2}{8 \lambda_2} f_a A_{a,i} \right] \quad (5.0.9-2)$$

式中：\$\beta_r\$—墙端叠合柱对剪力墙的约束系数，可取 1.2。

【说明】考虑端柱对墙体的约束作用，混凝土部分的受剪承载力比无端柱时提高 20%。

5.0.10 剪跨比不大于 1.0 的偏心受拉钢管混凝土剪力墙的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$V \leq 0.5 \left[\left(\frac{f_{to} A_{co}}{\lambda} - 0.2 N \frac{E_{co} A_{co}}{\sum_{i=1}^m (E_{ci} A_{ci,i} + E_a A_{a,i}) + E_{co} A_{co}} \right) + \sum_{i=1}^m (f_{ti} A_{ci,i} + 0.6 f_a A_{a,i}) (1 - 0.45 \sqrt{\lambda}) \right] + \frac{f_{yh} A_{sh}}{s} h_{w0} \quad (5.0.10-1)$$

上式右端计算值小于 \$0.5 \sum_{i=1}^m (f_{ti} A_{ci,i} + 0.6 f_a A_{a,i}) (1 - 0.45 \sqrt{\lambda}) + \frac{f_{yh} A_{sh}}{s} h_{w0}\$ 时，应取

$$0.5 \sum_{i=1}^m (f_{ti} A_{ci,i} + 0.6 f_a A_{a,i}) (1 - 0.45 \sqrt{\lambda}) + \frac{f_{yh} A_{sh}}{s} h_{w0}。$$

2 地震设计状况

$$V \leq \frac{0.8}{\gamma_{RE}} \left\{ 0.5 \left[\frac{f_{to} A_{co}}{\lambda} - 0.2N \frac{E_{co} A_{co}}{\sum_{i=1}^m (E_{ci} A_{ci,i} + E_a A_{a,i}) + E_{co} A_{co}} \right] + \sum_{i=1}^m (f_{ti} A_{ci,i} + 0.6 f_a A_{a,i}) (1 - 0.45 \sqrt{\lambda}) \right\} + \frac{f_{yh} A_{sh}}{s} h_{w0} \quad (5.0.10-2)$$

上式右端计算值小于 $\frac{0.8}{\gamma_{RE}} [0.5 \sum_{i=1}^m (f_{ti} A_{ci,i} + 0.6 f_a A_{a,i}) (1 - 0.45 \sqrt{\lambda}) + \frac{f_{yh} A_{sh}}{s} h_{w0}]$ 时，应取

$$\frac{0.8}{\gamma_{RE}} [0.5 \sum_{i=1}^m (f_{ti} A_{ci,i} + 0.6 f_a A_{a,i}) (1 - 0.45 \sqrt{\lambda}) + \frac{f_{yh} A_{sh}}{s} h_{w0}]。$$

式中： N —剪力墙轴向拉力设计值；

A_{co} —钢管外混凝土面积；

f_{to} 、 f_{ti} —分别为钢管外、钢管内混凝土轴心抗拉强度设计值；

λ —计算截面的剪跨比， $0.3 \leq \lambda \leq 1$ ， λ 小于 0.3 时取 $\lambda=0.3$ 。

【说明】根据试验研究结果，提出剪跨比不大于 1.0 的偏心受拉钢管混凝土剪力墙的斜截面受剪承载力计算公式。

5.0.11 剪跨比大于 1.0 的偏心受拉钢管混凝土剪力墙的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 持久、短暂设计状况

$$V \leq \frac{1}{\lambda_1 - 0.5} (0.5 f_{to} b_w h_{w0} - 0.2N \frac{A_w}{A}) + f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \sum_{i=1}^m \frac{1+a_i^2}{8\lambda_2} f_a A_{a,i} \quad (5.0.11-1)$$

上式右端的计算值小于 $f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \sum_{i=1}^m \frac{1+a_i^2}{8\lambda_2} f_a A_{a,i}$ 时，应取 $f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \sum_{i=1}^m \frac{1+a_i^2}{8\lambda_2} f_a A_{a,i}$ 。

2 地震设计状况

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{\lambda_1 - 0.5} (0.4 f_{to} b_w h_{w0} - 0.16N \frac{A_w}{A}) + 0.8 f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + 0.8 \sum_{i=1}^m \frac{1+a_i^2}{8\lambda_2} f_a A_{a,i} \right] \quad (5.0.11-2)$$

上式右端的计算值小于 $\frac{0.8}{\gamma_{RE}} (f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \sum_{i=1}^m \frac{1+a_i^2}{8\lambda_2} f_a A_{a,i})$ 时，应取

$$\frac{0.8}{\gamma_{RE}} (f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \sum_{i=1}^m \frac{1+a_i^2}{8\lambda_2} f_a A_{a,i})。$$

式中： N —钢管混凝土剪力墙轴向拉力设计值；

λ_1 、 λ_2 —计算截面的剪跨比，可按本规程第 5.0.8 条的规定确定。

【说明】剪跨比大于 1.0 的偏心受拉钢管混凝土剪力墙斜截面受剪承载力验算公式，在钢筋混凝土剪力墙公式的基础上，增加了钢管的受剪承载力。

5.0.12 钢管混凝土剪力墙应符合下列规定：

1 钢管直径不宜小于 108mm，钢管壁厚不宜小于 4mm，钢管混凝土套箍指标不宜小于 0.4，钢管外混凝土保护层厚度不宜小于 75mm。

2 两端边缘构件内钢管截面面积不宜小于 $0.02A_{w1}$ ， A_{w1} 可按图 5.0.12-1 中剪力墙的阴影部分计算，布置 2 根及以上钢管时，钢管间距不宜小于 150mm。

3 墙肢内钢管宜均匀布置，钢管中心距不宜大于 3 倍墙厚，钢管直径、壁厚宜与边缘构件内钢管直径、壁厚分别相同；钢管两侧应配置拉筋，拉筋宜紧靠水平分布钢筋、钩住竖向分布钢筋，拉筋与钢管之间的最小间距不宜大于 50mm，拉筋与水平分布钢筋形成的暗柱（图 5.0.12-2 中的阴影部分）的体积配箍率不宜小于 0.8%，计算体积配箍率时，可扣除钢管混凝土的体积。

4 剪力墙的水平分布钢筋应锚固于两端边缘构件内。

5 钢管壁外表面应贴焊闭合的环筋。钢管直径不大于 200mm 时，环筋的直径不宜小于 6mm；钢管直径大于 200mm 时，环筋的直径不宜小于 8mm。环筋的间距不应大于 600mm。环筋与钢管之间可采用单面角焊缝间断焊接，焊接长度不应小于钢管周长的一半，焊缝高度不宜小于 5mm。

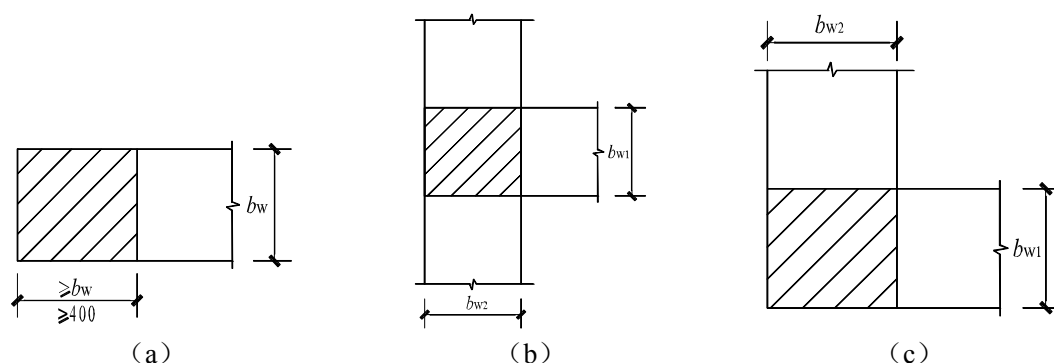


图 5.0.12-1 计算边缘构件内钢管截面面积的 A_{w1} 范围

(a) 暗柱；(b) 有翼墙；(c) 转角墙

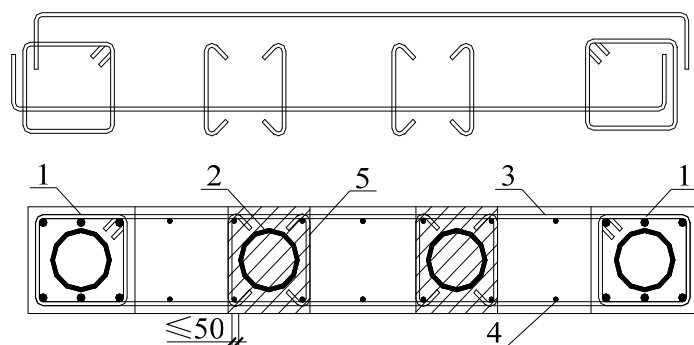


图 5.0.12-2 设置分布钢管的钢管混凝土剪力墙构造示意

1-边缘构件；2-钢管；3-水平分布筋；4-竖向分布筋；5-拉筋

【说明】规定了边缘构件内钢管最小含管率。墙中钢管两侧配置拉筋，与水平钢筋一起对钢管周围的混凝土形成约束，避免钢管周围的混凝土过早压坏，以发挥钢管对混凝土的约束作用。钢管壁外表面焊接钢筋环，目的是增加钢管与混凝土之间的粘结力，使钢管混凝土与管外混凝土共同工作。当采用本规程第 5.0.2 条的 1 验算钢管混凝土剪力墙的受剪截面时，尚应在钢管之间配置箍筋和/或拉筋，其体积配箍率不宜小于 0.6%。

5.0.13 剪力墙的端柱为叠合柱时，其设计应符合下列要求：

- 1 端柱截面边长不应小于 2 倍墙厚；
- 2 端柱钢管配置应符合叠合柱的要求，端柱配筋构造应满足与剪力墙相同抗震等级的叠合柱的要求；
- 3 剪力墙的水平分布钢筋应锚固于端柱内（图 5.0.13）。

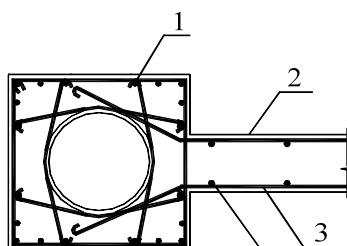


图 5.0.13 端柱为叠合柱时的构造示意

1-端柱；2-墙；3-分布钢筋

5.0.14 钢管混凝土剪力墙竖向和水平分布钢筋的配筋应符合下列规定：

- 1 特一级剪力墙底部加强部位的竖向和水平分布钢筋的配筋率不应小于 0.35%，其他部位的竖向和水平分布钢筋的配筋率不应小于 0.30%，钢筋间距不应大于 300mm。

2 一、二、三级剪力墙的竖向和水平分布钢筋的配筋率不应小于 0.25%，四级剪力墙的竖向和水平分布钢筋的配筋率不应小于 0.2%，钢筋间距不应大于 300mm。

3 部分框支剪力墙结构的落地剪力墙底部加强部位，竖向和水平分布钢筋的配筋率不应小于 0.3%，钢筋间距不应大于 200mm。

4 对与室外直接接触，或由于其他原因导致剪力墙温度应力较高的部位，竖向和水平分布钢筋的配筋率不应小于0.25%，钢筋间距不应大于200mm。

5 竖向和水平分布钢筋直径不应小于 8mm，且不宜大于墙厚的 1/10。

6 竖向和水平分布钢筋不应少于双排配筋，双排及多排分布钢筋间拉筋的间距不宜大于 600mm，直径不应小于 6mm。

【说明】与钢筋混凝土剪力墙竖向和水平分布钢筋配筋的规定相同。

5.0.15 钢管混凝土剪力墙在重力荷载代表值作用下的轴压比不宜超过表5.0.15规定的限值。该轴压比可按下式计算：

$$n_w = N / [f_{co}A_{co} + \sum_{i=1}^m (f_{ci}A_{ci,i} + f_a A_{a,i})] \quad (5.0.15)$$

式中： n_w —剪力墙在重力荷载代表值作用下的轴压比；

N —重力荷载代表值作用下剪力墙的轴压力设计值；

f_{co} 、 f_{ci} —分别为管外、管内混凝土轴心抗压强度设计值；

f_a —钢管钢材抗压屈服强度设计值；

$A_{a,i}$ 、 $A_{ci,i}$ —分别为单根钢管的截面面积和单根钢管内混凝土的截面面积；

A_{co} —钢管外混凝土截面面积。

表5.0.15 钢管混凝土剪力墙轴压比限值

抗震等级	特一级， 一级[8度(0.3g)、9度]	一级[7度、8度(0.2g)]	二、三级
墙端端柱配置钢管	0.55	0.65	0.75
墙端暗柱及墙中配置钢管	0.5	0.6	0.7
墙端暗柱配置钢管	0.45	0.55	0.65

【说明】仅边缘构件配置钢管的钢管混凝土剪力墙拟静力试验表明：轴压比（按钢管内外混凝土强度分别计算，不考虑钢管的影响）为0.55、含管率为2.25%的试件，其极限位移角为1/55，为钢筋混凝土剪力墙试件的1.22倍；轴压比为0.73、含管率为4.49%的试件，其极限位移角为1/62，为轴压比0.7、含管率2.25%试件的1.26倍；有端柱、轴压比为0.77、含管率为1.5%的试件，其极限位移角达1/40，大于矩形截面钢管混凝土

土剪力墙试件。可见，高轴压比钢管混凝土剪力墙具有良好的弹塑性变形能力，端柱配置钢管的剪力墙的弹塑性变形能力大于矩形截面钢管混凝土剪力墙。因此，钢管混凝土剪力墙的轴压比限值可高于钢筋混凝土剪力墙。计算钢管混凝土剪力墙的轴压比时，考虑钢管的作用，不考虑钢管对管内混凝土的约束作用。

5.0.16 钢管混凝土剪力墙两端和洞口两侧应设置约束边缘构件，约束边缘构件包括暗柱、端柱和翼墙，约束边缘构件沿墙肢的 l_c 、配箍特征值 λ_v 、竖向钢筋最小配筋量及最小直径、箍筋或拉筋沿竖向最大间距宜符合表5.0.16（图5.0.16）的规定。约束边缘构件的箍筋体积配箍率可按本规程式（4.2.12）计算，计算体积配箍率时，可适当计入满足构造要求且在墙端有可靠锚固的水平分布钢筋的截面面积，且可扣除钢管混凝土的体积，扣除的体积不应大于外围箍筋中心线所围混凝土体积的25%。

表5.0.16 钢管混凝土剪力墙约束边缘构件的范围及配筋要求

项 目	特一级， 一级[8度(0.3g)、9度]		一级[7度、8度(0.2g)]		二、三级	
	$n_w \leq 0.3$	$n_w > 0.3$	$n_w \leq 0.4$	$n_w > 0.4$	$n_w \leq 0.5$	$n_w > 0.5$
l_c （暗柱）	$0.20h_w$	$0.25h_w$	$0.15h_w$	$0.20h_w$	$0.15h_w$	$0.20h_w$
l_c （翼墙或端柱）	$0.15h_w$	$0.20h_w$	$0.10h_w$	$0.15h_w$	$0.10h_w$	$0.15h_w$
λ_v	0.12 (0.14)	0.20 (0.24)	0.12	0.20	0.12	0.20
竖向钢筋最小配筋量	$0.01A_c$ ($0.012A_c$)		$0.01A_c$		$0.008A_c$	
竖向钢筋最小直径 (mm)	16		16		14	
箍筋或拉筋沿竖向最大 间距(mm)	100		150		150	

- 注： 1 剪力墙的翼墙长度小于其3倍厚度或端柱截面边长小于2倍墙厚时，按无翼墙、无端柱查表；
 2 l_c 为约束边缘构件沿墙肢最小长度，不应小于墙厚和400mm；有翼墙或端柱时，不应小于翼墙厚度加300mm或端柱沿墙肢方向截面高度加300mm；
 3 λ_v 为约束边缘构件的最小配箍特征值，图5.0.16中非阴影部分的最小配箍特征值可为 $\lambda_v/2$ ；
 4 h_w 为墙肢长度；
 5 n_w 为重力荷载代表值作用下墙肢轴压比，可按本规程式(5.0.15)计算；
 6 A_c 为图5.0.16所示约束边缘构件阴影部分的截面面积；
 7 λ_v 及竖向钢筋最小配筋量括号内数值适用于特一级钢管混凝土剪力墙。

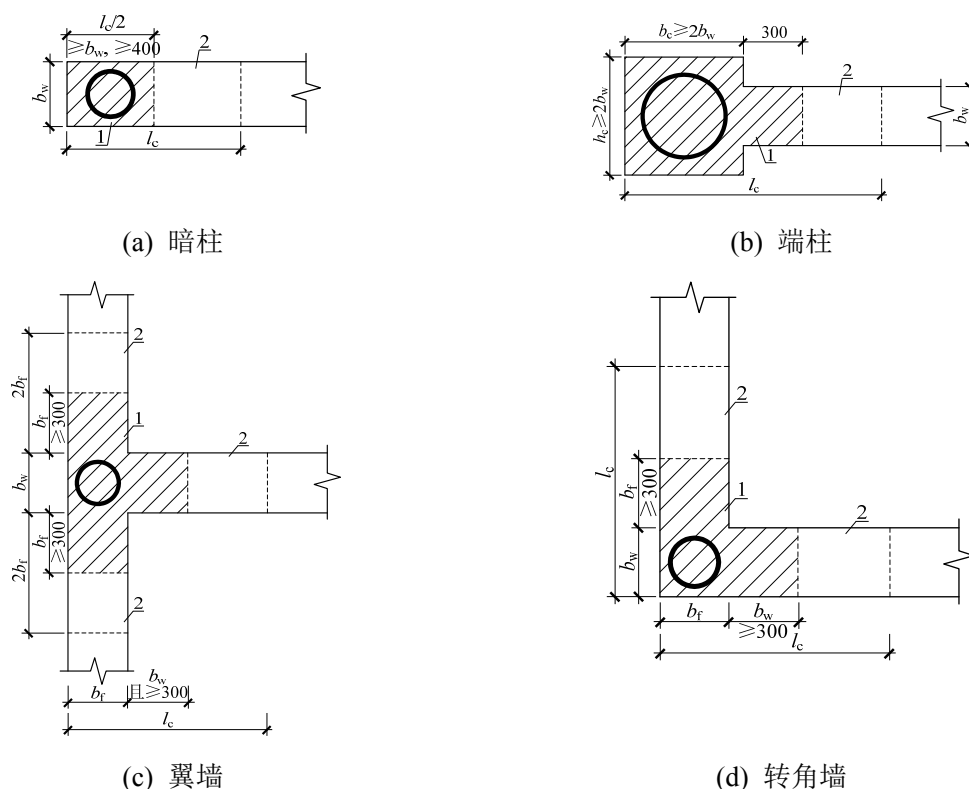


图 5.0.16 钢管混凝土剪力墙约束边缘构件

1-阴影部分；2-非阴影部分

5.0.17 当钢筋混凝土连梁纵筋受墙肢端部钢管阻挡、锚固长度不足时，可采用墙内设置连梁纵筋锚固筋、将连梁纵筋固定于锚固筋的做法，如图 5.0.17 所示。当锚固筋和纵筋的强度等级相同时，锚固筋总面积不应小于纵筋总面积的 0.6 倍；锚固长度 l_{aE} 由平直段起算，且不应小于 600mm。

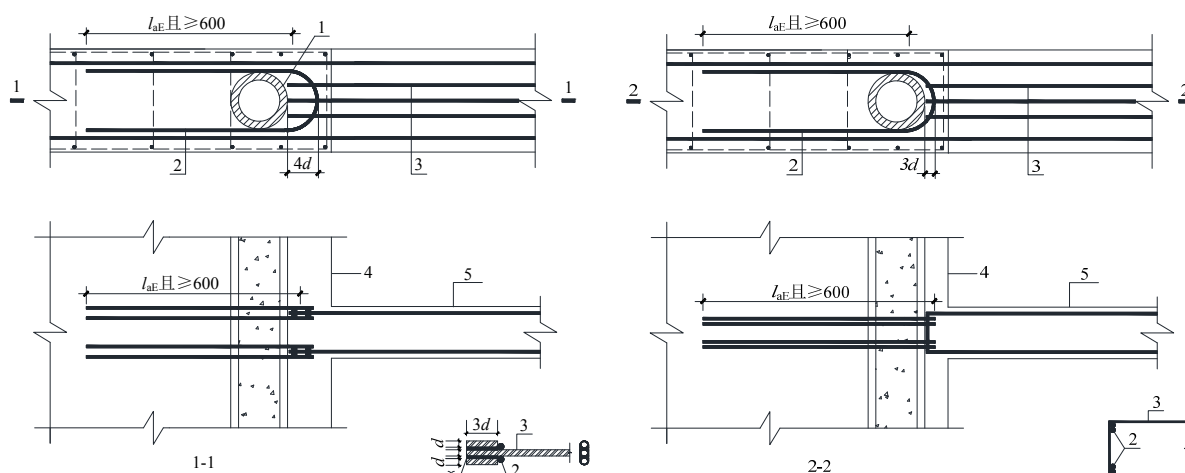


图 5.0.17 钢筋混凝土连梁纵筋锚固构造图

1-钢管；2-纵筋锚固筋；3-受钢管阻挡的连梁纵筋；4-墙肢；5-连梁

6 连接设计

6.1 梁柱连接

6.1.1 梁柱连接节点应传力明确，构造简单，整体性好，安全可靠和施工方便。框架梁与叠合柱的连接宜为刚性连接。

【说明】规定了梁柱连接节点的基本要求。

6.1.2 钢筋混凝土梁与叠合柱的连接应符合下列要求：

- 1 宜尽量减少梁的纵向钢筋根数，可采用并筋方式布置梁的纵向钢筋；
- 2 梁的纵向钢筋直径不应大于叠合柱截面高度的 $1/20$ ；
- 3 梁的部分上部纵向钢筋布置在楼板内时，可按本规程第 4.1.9 条的规定执行；
- 4 梁纵向钢筋的连接接头不宜设置在节点核心区内。

6.1.3 钢筋混凝土梁与叠合柱可采用穿筋连接、变宽度梁连接或带外伸钢板的外加强环连接。

【说明】本规程规定了 3 种钢筋混凝土梁与叠合柱的刚性连接方式，也可采用其他经试验研究验证的可行的连接方式。

6.1.4 钢筋混凝土梁的纵向钢筋单筋穿过钢管或并筋穿过钢管与叠合柱连接时，应符合下列规定：

- 1 梁的纵筋单筋穿过钢管时，钢管壁上可开圆形穿筋孔，其直径不宜小于 $d+13\text{mm}$ ， d 为梁纵筋直径。
- 2 梁的纵筋并筋穿过钢管时，钢管壁上可开椭圆形穿筋孔，孔的大小应考虑施工时梁的纵筋能顺利穿过。
- 3 穿筋孔的环向净距不应小于孔的长径，钢管壁开孔的截面损失率不宜大于 30%，超过时应采用内衬管段或外套管段与钢管壁紧贴焊接，管段壁厚不应小于钢管的壁厚，管段端面至孔边的净距不应小于孔长径的 2.5 倍。
- 4 钢管管壁上开孔的位置，应考虑节点不同方向梁纵筋标高的差异。

【说明】穿筋连接是钢筋混凝土梁与叠合柱刚性连接最简单、施工最方便的连接方式，梁纵筋数量不多时，可采用单筋穿筋或并筋穿筋连接。

6.1.5 钢筋混凝土梁上部及底部纵向钢筋分别整体穿过钢管与叠合柱进行连接时，可在节点核心区钢管壁上部及底部开较大洞口，并应符合下列规定：

- 1 开洞部位剩余的钢管截面面积不应小于钢管原截面面积的 50%；
- 2 应采取措施对钢管进行补强，可采用加厚节点核心区钢管壁的方法，或采用在

洞口上下分别加设内环板及洞口两侧分别加设竖向加劲肋的方法进行补强（图 6.1.5）；

3 加厚节点核心区钢管壁补强时，加厚段钢管应伸出核心区，伸出长度不宜小于 300mm，加厚后核心区钢管的等效截面面积 $A_{a,ef}$ 不应小于钢管原截面面积 A_a 。钢管等效截面面积 $A_{a,ef}$ 可按下式计算：

$$A_{a,ef} = [(h_t A_{a,t} + h_b A_{a,b} + (h - h_t - h_b) A_{a,m})] / h \quad (6.1.5-1)$$

式中： $A_{a,ef}$ —核心区钢管等效截面面积；

$A_{a,t}$ 、 $A_{a,b}$ —分别为核心区上部和底部钢管壁开洞部位钢管截面面积；

$A_{a,m}$ —核心区钢管壁未开洞部位钢管截面面积；

h_t 、 h_b —分别为核心区上部和底部钢管壁洞口高度；

h —核心区高度。

4 采用加设内环板及竖向加劲肋补强时，内环板和加劲肋宽不宜小于 80mm、厚不宜小于 10mm，内环板和加劲肋与钢管内壁之间可采用单面角焊缝焊接连接，且内环板及竖向加劲肋的等效截面面积应满足下式规定：

$$A_{j,ef} \geq (A_a f_a - f_a A_{a,ef}) / f_s \quad (6.1.5-2)$$

$$A_{j,ef} = A_r + n A_p (h_t + h_b) / h \quad (6.1.5-3)$$

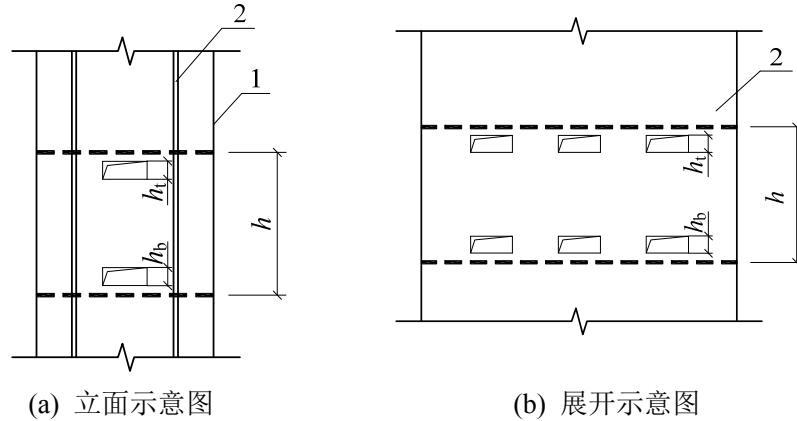
式中： $A_{j,ef}$ —核心区全部内环板和竖向加劲肋的等效截面面积；

A_r —洞口上下内环板的横截面面积之和；

n —竖向加劲肋的数量；

A_p —单个竖向加劲肋的横截面面积；

f_s —内环板和竖向加劲肋钢材的抗拉强度设计值。



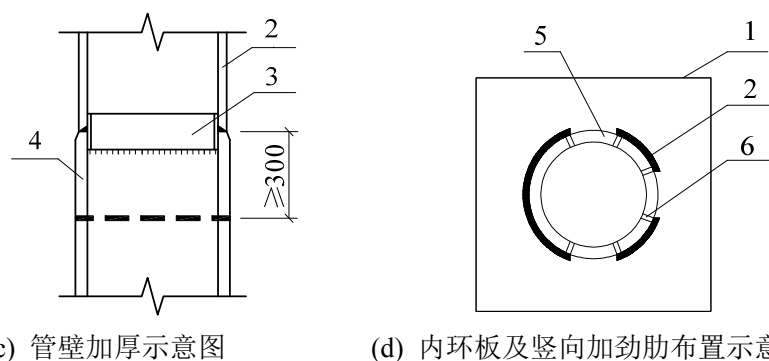


图 6.1.5 管壁开较大洞口构造示意图

1-叠合柱；2-钢管；3-内衬管；4-管壁加厚；5-内环板；6-竖向加劲肋

【说明】试验研究表明，管壁开较大洞口、梁上部和底部纵筋分别整体穿过钢管混凝土、按本条规定加强核心区钢管的钢筋混凝土梁-叠合柱连接节点的抗震性能满足要求。计算节点核心区钢管壁加厚的等效截面面积时，采用加厚的钢管壁计算开洞部位及未开洞部位钢管截面积。

6.1.6 钢筋混凝土梁与叠合柱可采用梁端加宽的方式进行连接（图 6.1.6），梁内侧纵向钢筋可穿过钢管混凝土，梁外侧纵向钢筋可连续绕过钢管混凝土，绕筋斜度不宜大于 1:6，且应在梁变宽度处配置附加箍筋。

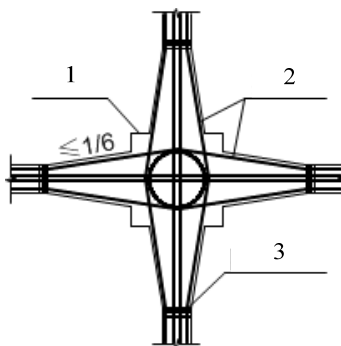


图 6.1.6 变宽度梁构造示意

1-叠合柱；2-梁纵筋；3-附加箍筋

【说明】叠合柱的钢管直径较小、梁的宽度较大时，可采用变宽度梁连接方式。

6.1.7 钢筋混凝土梁与叠合柱采用带外伸钢板的外加强环（图 6.1.7）连接时，应符合下列规定：

1 外加强环应为环绕钢管的封闭满环，外加强环与钢管外壁应采用全熔透焊缝连接。

2 梁的纵向钢筋可与外伸钢板可靠焊接，且宜有不少于 1/2 梁纵筋面积的纵筋穿过叠合柱连续配置。

3 外加强环的最小宽度 c_1 不宜小于外伸钢板宽度的 0.7 倍。

4 外伸钢板的宽度不宜大于钢筋混凝土梁宽的 $2/3$ ，厚度应符合下式规定：

$$t \geq 1.2 \frac{A_s f_y}{b_s f} \quad (6.1.7)$$

式中： f —外伸钢板钢材抗拉强度设计值；

f_y —梁纵筋抗拉强度设计值；

A_s —焊在外伸钢板上的全部梁纵向钢筋的截面面积；

b_s —外伸钢板的宽度；

t —外伸钢板的厚度。

5 梁端至外伸钢板端部以外 2 倍梁高范围内，箍筋配置应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 梁端箍筋加密区的规定。

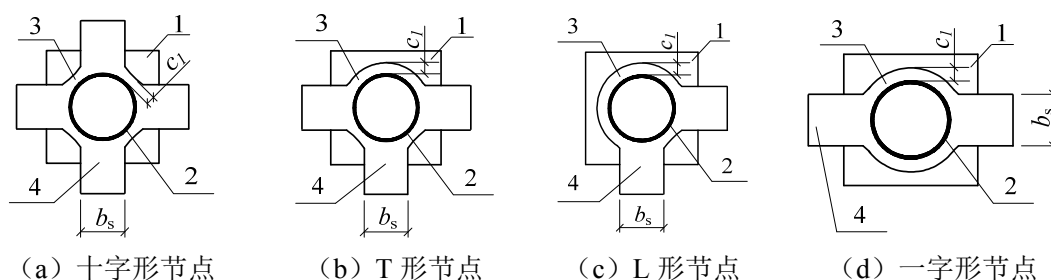


图6.1.7 钢筋混凝土梁与叠合柱采用带外伸钢板的外加强环连接示意图

1-叠合柱；2-钢管；3-外加强环；4-外伸钢板

6.1.8 钢梁与叠合柱内的钢管混凝土可采用多边形环状钢牛腿连接，钢管混凝土的直径较大时，也可采用内加强环连接，或采用钢梁穿过钢管混凝土柱的连接方式。

6.1.9 钢梁与叠合柱内的钢管混凝土采用多边形环状钢牛腿连接（图 6.1.9）时，钢牛腿翼缘与钢管外壁应采用全熔透焊缝连接，钢牛腿腹板与钢管可采用双面角焊缝连接，钢牛腿与钢梁应采用栓焊连接。钢牛腿翼缘和腹板的厚度分别不应小于钢梁翼缘和腹板的厚度，多边形环状钢牛腿的上、下翼缘应闭合，最小宽度 c 不宜小于钢梁翼缘宽度的 0.7 倍。

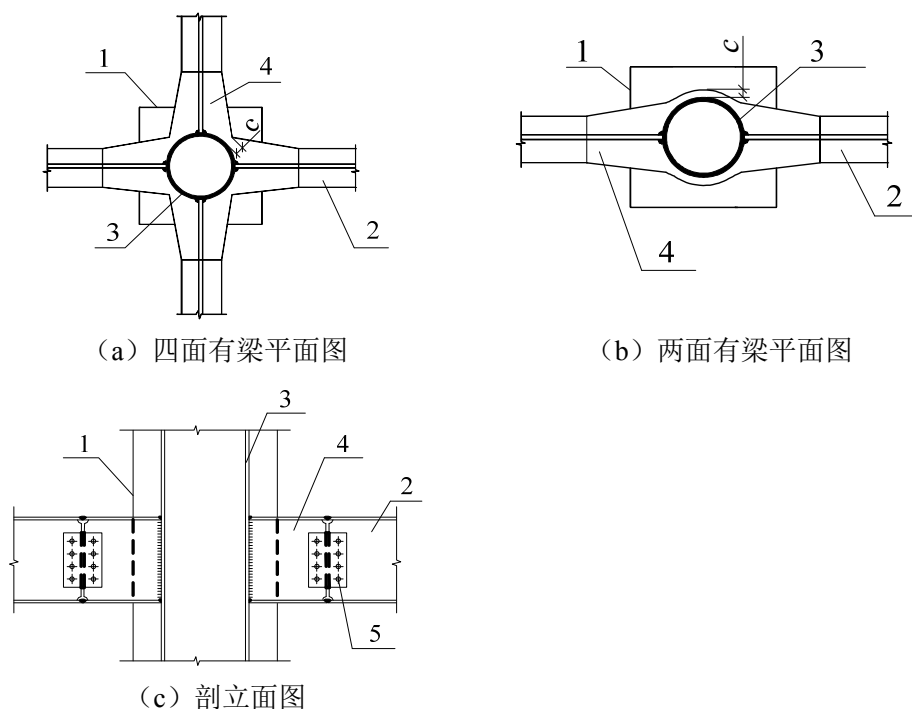


图6.1.9 钢梁与多边形环状钢牛腿连接示意图

1-叠合柱；2-钢梁；3-钢管；4-多边形环状钢牛腿；5-摩擦型高强度螺栓

6.2 钢管对接

6.2.1 等直径钢管对接接缝处宜设置环形隔板和内衬钢管，内衬钢管也可兼作抗剪连接件，并应符合下列规定：

- 1 钢管对接应采用对接熔透焊缝，直焊缝钢管对接处应错开钢管焊缝；
- 2 内衬钢管仅作为衬管使用时（图 6.2.1a），其壁厚宜为 4mm~6mm，高度宜为 50mm，外径宜比钢管内直径小 2mm；
- 3 内衬钢管兼作抗剪连接件时（图 6.2.1b），其壁厚不宜小于 16mm，高度宜为 100mm，外径宜比钢管内直径小 2mm。

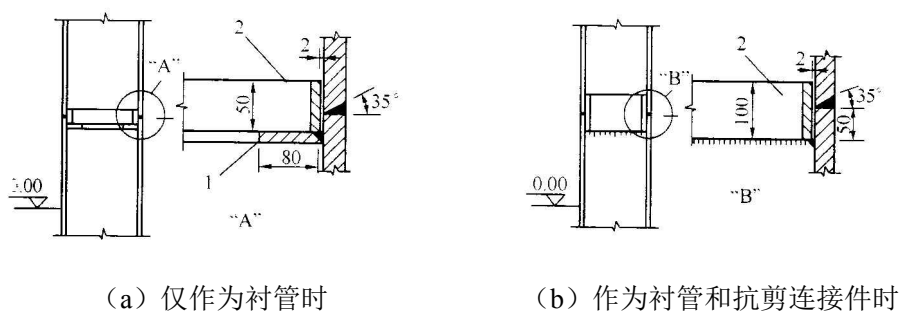


图 6.2.1 等直径钢管对接构造

1-环形隔板；2-内衬钢管

6.2.2 不同直径钢管对接时，宜采用一段变径钢管连接（图 6.2.2）。变径钢管的上下两端均宜设置环形隔板，变径钢管的壁厚不应小于所连接的钢管壁厚，变径段的斜度不宜大于 1:6，变径段宜设置在楼盖结构高度范围内。

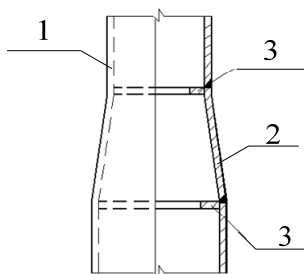


图 6.2.2 不同直径钢管接长构造示意图

1-钢管；2-变径钢管；3-环形隔板

【说明】不同直径的钢管对接时，需设置变径钢管过渡。钢管转折处存在较大的横向作用，因此，变径钢管的斜度不宜过大，且需在转折处设置隔板抵抗横向作用。

6.3 钢管混凝土柱脚

6.3.1 叠合柱及钢管混凝土剪力墙的钢管混凝土可采用埋入式柱脚或端承式柱脚。

【说明】钢管直径比较小、或独立柱基础、或无地下室的情况，可采用埋入式柱脚，其他情况可采用端承式柱脚。

6.3.2 钢管混凝土埋入式柱脚的柱脚板可为环形钢板，钢管混凝土端承式柱脚的柱脚板可为中部开圆洞的方形钢板或环形钢板，钢板厚度不应小于钢管壁厚的 1.5 倍，且不应小于 20mm；

【说明】端承式柱脚的柱脚板采用中部开圆洞的方形钢板，锚筋布置在柱脚板四周，便于基础水平钢筋通过。

6.3.3 叠合柱的竖向钢筋、钢管混凝土剪力墙的竖向钢筋应伸入基础混凝土，伸入长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 受拉钢筋抗震锚固长度的规定，且应分别设置箍筋及水平分布钢筋。

6.3.4 叠合柱钢管混凝土柱脚板下的基础混凝土内宜配置方格钢筋网或螺旋箍，应验算施工阶段和使用阶段叠合柱柱脚板下基础混凝土的局部受压承载力及受冲切承载力，局部受压承载力及受冲切承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。

【说明】叠合柱柱脚板下基础混凝土应满足局部承压及抗冲切要求。

6.3.5 钢管混凝土埋入式柱脚（图 6.3.5）的构造应符合下列规定：

1 叠合柱的钢管埋入基础混凝土的深度不应小于 $2D$, 钢管混凝土剪力墙的钢管埋入基础混凝土的深度 L_D 不应小于 $1.5D$, D 为钢管直径。

2 埋入深度范围内, 钢管外壁应贴焊环筋, 环筋直径不应小于 8mm, 间距不宜大于 $1.5D$, 且不宜大于 300mm。

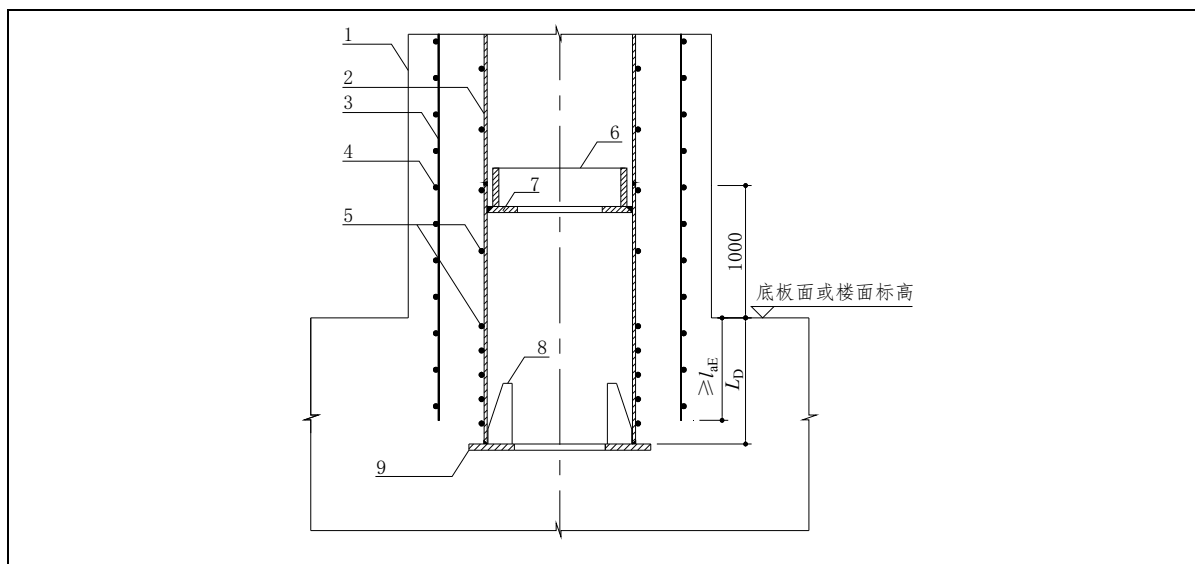


图 6.3.5 钢管混凝土埋入式柱脚

1—叠合柱或钢管混凝土剪力墙；2—钢管；3—竖向钢筋；4—箍筋或水平分布钢筋；
5—贴焊环筋；6—内衬钢管；7—环形隔板；8—限位钢板；9—柱脚板

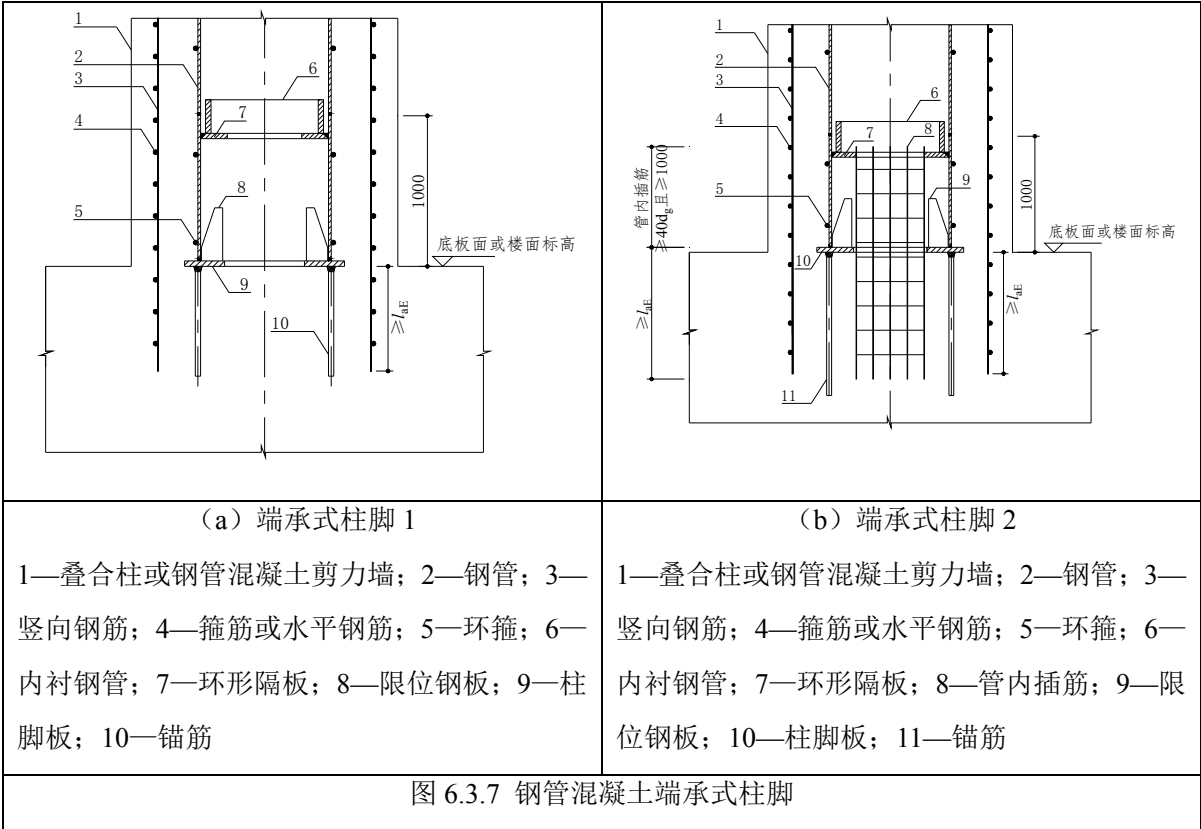
【说明】当钢管直径较小、就位无困难时，可取消限位钢板。

6.3.7 钢管混凝土端承式柱脚（图 6.3.7）的构造应符合下列规定：

1 锚筋直径和数量由计算确定。当按构造配置时，锚筋直径不宜小于 18mm，间距不宜大于 200mm，锚筋长度不应小于 $40d_m$ (d_m 为锚筋直径) 及 800mm 的较大者；锚筋与柱脚板的连接宜采用开孔塞焊；

2 采用方形柱脚板时，锚筋可按方形布置：

3 钢管内配置钢筋笼时，钢筋笼的竖向钢筋伸入钢管的长度不应小于 $40d_g$ (d_g 为钢筋笼竖向钢筋直径) 和 1000mm 的较大者，钢管与柱脚板的焊缝高度不应小于钢管壁厚。伸入基础混凝土的长度不应小于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 受拉钢筋抗震锚固长度的规定。



【说明】最不利荷载效应组合情况下，叠合柱为小偏心受压、钢管混凝土剪力墙的钢管不受拉时，锚筋长度可适当减小，但不应小于 $15d_m$ 。

6.3.8 钢管混凝土剪力墙中受压钢管混凝土、钢管外纵筋满足承载力要求的大偏心受压叠合柱的钢管混凝土、小偏心受压叠合柱的钢管混凝土采用本规程图 6.3.7 (a) 所示端承式柱脚时，其锚筋应符合本规程 6.3.7 条规定的构造要求。

6.3.9 钢管混凝土剪力墙中受拉钢管混凝土、偏心受拉叠合柱的钢管混凝土采用本规程图 6.3.7 (b) 所示端承式柱脚时，应符合下列规定：

$$N_t \leq 1.1(f_y A_{ss} + f_{ym} A_m + f_{yg} A_g) \quad (6.3.9)$$

式中： N_t —钢管混凝土剪力墙中受拉钢管混凝土的拉力设计值，或偏心受拉叠合柱的拉力设计值；

f_y 、 f_{ym} 、 f_{yg} —分别为钢管外竖向钢筋、锚筋、钢管内钢筋笼竖向钢筋的抗拉强度设计值；

A_y 、 A_{ym} 、 A_{yg} —分别为钢管外竖向钢筋、锚筋、钢管内钢筋笼竖向钢筋的截面面积。

7 结构施工及验收

7.1 一般规定

7.1.1 叠合柱结构施工及验收,应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《钢结构焊接规范》GB50661、《钢结构工程施工规范》GB50755、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 中的相关规定。

7.1.2 应根据设计图纸和施工条件,确定施工方案,编制施工组织设计;宜采用平行流水、立体交叉作业;支承施工机具的结构或地基,应进行承载力、变形和稳定验算,并应经设计单位复核,必要时应对支承施工机具的结构、地基采取加固措施。

7.1.3 钢管及连接材料所用钢材及焊条均应有产品质量证明书,并应满足设计要求。

7.2 钢管制作与安装

7.2.1 钢管制作、安装前,应根据已批准的技术设计文件,结合吊装机械设备的吨位大小,设备定点位置等因素编制施工详图并制定制作工艺。施工详图应取得工程设计单位认可。

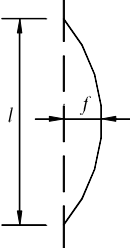
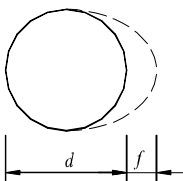
7.2.2 卷制钢管所采用的板材应平直,表面未受冲击、未锈蚀,当表面有轻微锈蚀、麻点、划痕等缺陷时,其深度不应大于钢板厚度负偏差值的 1/2,钢管壁厚的负偏差不应超过设计壁厚的 3%。

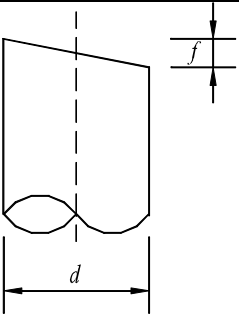
7.2.3 钢管制作长度可根据运输和吊装条件确定。

7.2.4 对高层建筑框架柱,钢管制作应预留弹性压缩量,其值可由制作单位和设计单位根据实际情况共同确定。

7.2.5 钢管制作偏差不应大于表 7.2.5 规定的允许偏差值。钢管长度不应有负偏差。

表 7.2.5 钢管制作允许偏差

偏差名称	示意图	允许偏差值
纵向弯曲		$f=l/1000$ $f=10\text{mm}$ 取较小值
椭圆度		$f/d=3/1000$

管端不平度		$f/d=1/500$ $f=3\text{mm}$ 取较小值
-------	---	---------------------------------------

7.2.6 钢管的拼接、开孔、开槽和节点组装，宜在专业钢结构工厂或工地的钢结构车间内进行，经质量检验合格后方可使用。

7.2.7 钢管运输及现场安装时应避免钢管的附加变形。

7.2.8 钢管现场拼接加长时，宜分段反向施焊，并保持对称，管肢对接间隙宜为 0.5mm~2.0mm，具体取值可经试焊确定。应采取有效措施避免或减少焊接残余变形，焊后管肢应保持平直。水平对接焊缝应满足二级焊缝的质量要求。当管壁厚不小于 30mm 时，施焊前宜均匀加热焊缝附近部位，以减少焊接残余应力。

7.2.9 小直径钢管现场对接焊接前可采用点焊定位，大直径钢管现场对接焊接前可采用附加钢筋焊于钢管外壁作临时固定，固定点的间距可取 300mm，且不应少于 3 点；直径大于 1m 的钢管现场对接焊接时应采取更稳妥有效的方法定位固定。

7.2.10 现场吊装钢管前，应对其外表面和内壁除锈和清理，应无可见油污，无附着不牢的氧化皮、铁锈或污染物。

7.2.11 钢管吊点的位置应根据吊装方法、钢管的受力状况经验算确定。应注意减少吊装荷载作用下钢管变形，必要时可采取临时加固措施。

7.2.12 现场吊装钢管时，应将其上口包封，防止异物落入管内。

7.2.13 钢管吊装就位后应立即进行校正，并应采取临时固定措施保持钢管稳定。经检查合格后，应立即进行焊接固定。

7.2.14 钢管的安装偏差不应大于表 7.2.14 规定的允许偏差。

表 7.2.14 钢管安装允许偏差

序号	检 查 项 目	允 许 偏 差
1	立柱中心线和基础中心线	±5mm
2	立柱顶面标高和设计标高	±10mm，中间层±20mm
3	立柱顶面不平度	±5mm
4	立柱不垂直度	长度的 1/1000，且不大于 15mm

5	立柱之间的距离	间距的 1/1000
6	立柱上下两平面相应对角线差	长度的 1/1000，且不大于 20mm

7.3 钢管内混凝土施工

7.3.1 钢管内浇筑的混凝土除应满足强度、弹性模量、低收缩、低徐变、早强、后期强度有一定增长等力学性能要求外，还应具有良好的工作性能（可泵送，不发生泌水离析现象等）。

7.3.2 混凝土的原材料、配合比设计、混凝土的拌制、运输、浇筑，应符合现行行业标准《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281、《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T283、《高抛免振捣混凝土应用技术规程》JGJ/T 296 的相关规定。

7.3.3 当采用高强混凝土时，应在施工前进行配合比设计，通过充分试配并经包括现场试验在内的混凝土性能试验，确认满足要求后方可使用。所采用外加剂和掺合料的性能和组成应具有相容性。混凝土生产单位应掌握所生产的高强混凝土的配合比，可根据具体情况及时调整。

7.3.4 钢管内混凝土宜分楼层浇筑，且宜与钢管安装高度相一致，可每楼层一次浇筑，也可多楼层一次浇筑。

7.3.5 钢管内混凝土可采用高位抛落免振捣法、常规人工浇捣法或泵送顶升浇筑法进行浇筑，应根据工程的具体施工条件确定管内混凝土的浇筑方法。

7.3.6 采用高位抛落免振捣法时，料斗的下口直径应比钢管内径小 100~200mm，混凝土下落时管内空气应能顺利排出。在抛落混凝土的同时，宜用粗钢筋棒插捣，特别是上部 2m 范围内应仔细插捣，使混凝土充填密实。抛落高度不足 4m 时，应辅以插入式振动器振实。

7.3.7 采用人工浇捣法时，应采用振捣器振实混凝土。管径小于 350mm 时，可采用附着在钢管壁上的外部振捣器进行振捣，振动器位置应随管内混凝土面的升高而调整，每次升高宜为 1~1.5m，每次振捣时间不应少于 1min；振捣器的工作范围，以钢管横向振幅不小于 0.3mm 为有效，振幅可采用百分表实测。管径不小于 350mm 时，可采用振捣棒振捣混凝土，每次振捣时间不应少于 30s，一次浇筑高度不宜大于 2m。管径不小于 900mm 时，工人可进入管内按常规方法用振动棒振捣。

7.3.8 钢管内混凝土多层一次浇筑时，可采用泵送顶升浇筑法，钢管直径不宜小于泵径的 2 倍。

7.3.9 钢管内的混凝土宜连续浇筑完成，间歇时间不应超过混凝土的初凝时间。需留施工缝时，应封闭钢管，防止水、油和异物落入。

7.3.10 钢管内混凝土的浇筑质量，可通过敲击钢管进行初步检查，且可在钢管壁上钻小孔进行复查，如有异常，可进行超声波检测。对不密实的部位，应采用钻孔压浆法进行补强，然后将钻孔补焊封固。

7.3.11 钢管内混凝土浇筑后，应覆盖上部外露部分并浇水养护。

7.3.12 在冬期浇筑钢管内混凝土时，入管混凝土的温度应高于 15℃。当室外气温低于 5℃、高于-10℃时，浇筑混凝土前应加热钢管并包裹覆盖；当室外气温低于-10℃时，钢管外应包裹电热毯保温或在混凝土浇筑时掺入无氯盐防冻剂。

7.3.13 梁柱节点核心区与梁交界面处不应留施工缝。宜采用钢丝网或其它方法做好不同强度等级混凝土交界面的隔挡措施。

7.4 钢管外混凝土施工

7.4.1 对不同期施工的叠合柱，应根据设计采用的叠合比确定浇筑钢管外混凝土楼层的间隔层数。

7.4.2 对不同期施工的叠合柱，不宜过早架设钢管外的钢筋笼。架设钢筋笼前应对钢管外壁进行除锈处理。

7.4.3 钢管外混凝土可采用免振自密实混凝土或普通混凝土，采用免振自密实混凝土时，应采用粗钢棒进行插捣。

7.4.4 钢管外混凝土的浇筑及养护可采用与普通钢筋混凝土柱相同的方法。

7.4.5 应选择适用的工具式模板及其支撑架；当需要清水混凝土时，模板应满足不抹灰的装饰效果要求。

7.5 叠合柱结构工程验收

7.5.1 叠合柱结构工程验收除应符合本章的规定外，尚应符合现行有关标准的规定。混凝土结构工程验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定，钢结构工程验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定。

附录 A 叠合柱框架梁柱节点核心区截面抗震验算

A.0.1 钢筋混凝土梁-叠合柱节点核心区截面的剪力设计值应符合下列要求:

$$V_{jw} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.36\eta_j \beta_{co} f_{co} b_j h_j) \quad (\text{A.0.1})$$

式中: V_{jw} —验算叠合柱节点核心区最小受剪截面采用的剪力设计值, 可按下列式计算:

$$V_{jw} = V_j - 0.35 f_a A_a \quad (\text{A.0.2})$$

V_j —梁柱节点核心区的剪力设计值, 可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定计算;

η_j —正交梁的约束影响系数, 可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定采用;

b_j —节点核心区的截面有效验算宽度, 可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定计算;

h_j —节点核心区的截面高度, 可采用验算方向的柱截面高度;

f_a —钢管钢材抗拉强度设计值;

A_a —钢管截面面积。

A.0.2 当叠合柱上下楼层钢管在核心区采用贯通型连接时, 节点核心区截面受剪承载力应符合下列规定:

$$V_j \leq (1.1\eta_j f_{to} b_j h_j + 0.05\eta_j N b_j / b_c + f_{yv} A_{svj} (h_{b0} - a_s') / s + 0.35 f_a A_a) / \gamma_{RE} \quad (\text{A.0.2-1})$$

9 度的一级

$$V_j \leq (0.9\eta_j f_{to} b_j h_j + f_{yv} A_{svj} (h_{b0} - a_s') / s + 0.35 f_a A_a) / \gamma_{RE} \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中: N —对应于组合剪力设计值的上柱组合轴压力较小值, 其值不应大于柱截面面积与管外混凝土轴心抗压强度设计值乘积的 50%, 当 N 为拉力时, 取 $N = 0$;

h_{b0} —梁截面的有效高度, 节点两侧梁截面有效高度不等时可采用平均值;

A_{svj} —核心区有效验算宽度范围内同一截面验算方向箍筋的总截面面积;

f_{yv} —箍筋抗拉强度设计值。

【说明】验算钢筋混凝土梁-叠合柱节点核心区最小受剪截面及受剪承载力时, 考虑钢管的抗剪强度, 根据材料力学, 取 $0.35 f_a A_a$ 。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应按执行”或“应符合.....的规定（或要求）”。非必须按所指定标准执行时，写法为“可参照.....执行”。

引用标准名录

- 《建筑结构荷载规范》 GB50009
- 《混凝土结构设计规范》 GB50010
- 《建筑抗震设计规范》 GB50011
- 《钢结构设计标准》 GB50017
- 《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
- 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB50205
- 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB50223
- 《钢结构焊接规范》 GB50661
- 《钢结构工程施工规范》 GB50755
- 《非合金钢及细晶粒钢焊条》 GB/T 5117
- 《热强钢焊条》 GB/T 5118
- 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》 GB/T 8110
- 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 《高强混凝土应用技术规程》 JGJ/T 281
- 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T283
- 《高抛免振捣混凝土应用技术规程》 JGJ/T 296

中国工程建设协会标准

**钢管混凝土叠合柱结构
技术规程**

CECS 188:2018

条文说明