

中华人民共和国行业标准

型钢混凝土组合结构技术规程

Technical specification for steel reinforced
concrete composite structures

JGJ 138—2001

J 130-2001

2 0 0 2 北 京

中华人民共和国行业标准
型钢混凝土组合结构技术规程

Technical specification for steel reinforced
concrete composite structures

JGJ 138—2001

条文说明

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2002年1月1日

中国建筑资讯网

2002 北京

前 言

《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ138—2001 经建设部 2001 年 10 月 23 日以建标[2001]214 号文批准，业已发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位的有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《型钢混凝土组合结构技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，供使用者参考。在使用过程中如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄中国建筑科学研究院结构所(100013)。

目 次

1 总 则	5
2 术语、符号	6
3 材 料	7
4 设计基本规定	9
5 型钢混凝土框架梁	12
6 型钢混凝土框架柱	15
7 型钢混凝土框架梁柱节点	17
8 型钢混凝土剪力墙	19
9 连接构造	20
10 施工及质量要求	22
附录 A 配置十字形型钢的型钢混凝土	23
柱正截面承载力简化计算	23

1 总 则

1.0.1 型钢混凝土组合结构是把型钢埋入钢筋混凝土中的一种独立的结构型式。由于在钢筋混凝土中增加了型钢，型钢以其固有的强度和延性，以及型钢、钢筋、混凝土三为一体地工作使型钢混凝土结构具备了比传统的钢筋混凝土结构承载力大、刚度大、抗震性能好的优点，与钢结构相比，具有防火性能好，结构局部和整体稳定性好，节省钢材的优点，有针对性地推广应用此类结构，对我国多、高层建筑的发展、优化和改善结构抗震性能都具有极其重要的意义。

本规程是在对型钢混凝土组合结构进行了系统的试验研究和大量工程试点的基础上，并参考了国外有关的技术规定制定的。

1.0.2~1.0.3 国内外试验表明，型钢混凝土组合结构在低周反复荷载作用下具有良好的滞回特性和耗能能力，尤其是配置实腹型钢的型钢混凝土组合结构构件的延性性能、承载力、刚度，更优于配置空腹型钢的型钢混凝土组合结构构件，因此，本规程主要针对配置实腹型钢的型钢混凝土组合结构构件的设计方法和连接构造作出规定，其适用范围为非地震区和设防烈度为 6 度至 9 度地震区。

基于对型钢混凝土梁的疲劳性能未作研究，本规程不适用于疲劳构件。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 型钢混凝土组合结构指混凝土内配置轧制型钢或焊接型钢和钢筋的结构。

2.2 符 号

2.2.1~2.2.4 符号是根据现行国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ 83 的规定制定的。

3 材 料

3.1 型 钢

3.1.1 型钢混凝土组合结构构件中采用的型钢钢材的选用标准，是依据现行国家标准《钢结构设计规范》GBJ 17、《碳素结构钢》GB 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 规定的，型钢钢材的性能应与钢结构对钢材性能的要求相同。由于 Q235—A 级钢不要求任何冲击试验值，并只在用户有要求时才进行冷弯试验，因此，不适用于多、高层建筑结构中作为主要承重钢材。B、C、D 等级钢是分别满足不同的化学成分和不同温度下的冲击韧性要求的钢材；C、D 级钢的碳、硫、磷含量较低，更适用于重要的焊接构件。

3.1.2 基于型钢混凝土组合结构中的型钢是截面的主要承重部分，对钢材性能要求满足抗拉强度、伸长率、屈服点、硫磷含量、含碳量的要求，且将现行钢结构设计规范规定的“必要时保证冷弯性能”的要求，改为“应满足冷弯试验”的要求。另外，考虑到高层型钢混凝土组合结构常采用厚钢板，且大多数建筑考虑抗震，为此，规程中提出了冲击韧性合格的要求。

另外，国内的型钢混凝土组合结构工程中，大量采用焊接型钢，由此，在钢板交接处、梁柱节点和柱脚处的焊缝局部应力集中，焊接过程中容易形成撕裂，同时，厚钢板存在各向异性，Z 轴向性能指标较差，为此，对采用厚度等于或大于 50mm 的钢板时，应满足现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB 5313 中有关 Z15 级的断面收缩率指标的要求，它相当于硫含量不超过 0.01%。

地震区钢材性能应具有较好的延性，因此，要求钢材的极限抗拉强度和屈服强度不能太接近，其强屈比不小于 1.2。

3.1.3~3.1.6 钢材强度设计值是由钢材的屈服标准值除以材料分项系数确定的。对 Q235 钢和 Q345 钢，其分项系数分别取为 1.087 和 1.111。钢材的物理性能指标、型钢焊接要求和焊缝强度设计值的取值，按现行国家标准《钢结构设计规范》GBJ 17—88 规定取用。

3.1.7~3.1.8 在型钢混凝土组合结构构件中，采用作为抗剪连接件的栓钉，应该是符合现行国家标准《圆柱头焊钉》GB10433 规定的合格产品，不得用短钢筋代替栓钉。栓钉的力学性能指标不能低于表 3.1.7 规定。连接型钢的普通螺栓、高强螺栓、锚栓都应符合有关标准的要求。

3.2 钢 筋

3.2.1~3.2.2 纵向钢筋和箍筋宜采用延性较好的热轧钢筋。

3.3 混 凝 土

3.3.1~3.3.2 为了充分发挥型钢混凝土组合结构中型钢的作用，混凝土强度等级不宜过低，本规程规定了混凝土强度等级不宜小于 C30。对于 C70~C80 高强度混凝土，考虑到目前对强度在 C70 以上的混凝土的型钢混凝土组合结构性能研究不够，因此，如通过试验研究，有可靠依据时，可采用 C70~C80。

3.3.3 为便于混凝土的浇筑，需对混凝土最大骨料直径加以限制。

4 设计基本规定

4.1 结构类型

4.1.1 型钢混凝土组合结构的结构性能，基本上是属于钢筋混凝土结构范畴，在多、高层建筑中可以全部结构构件采用型钢混凝土组合结构，也可某几层或框支层或某局部部位采用型钢混凝土组合结构。目前，国内高层建筑工程中，都是有针对性的在需要发挥型钢混凝土承载力大、延性好、刚度大的特点的部位采用，如在框架-剪力墙结构、筒体结构、框支剪力墙结构中的框支层采用型钢混凝土框架柱；在跨度较大的框架结构中采用型钢混凝土梁；根据受力要求，在一般剪力墙和筒体剪力墙中采用型钢混凝土剪力墙。

在多、高层建筑的各种体系中，型钢混凝土结构构件可以与钢筋混凝土结构构件组合，也可与钢结构构件组合，不同结构发挥其各自特点。在型钢混凝土结构设计中主要是处理好不同结构材料的连接节点，以及沿高度改变结构类型带来的承载力和刚度的突变。

对房屋的下半部分采用型钢混凝土，上半部分采用钢筋混凝土的框架柱，由日本的阪神地震震害表明，凡是刚度和强度突变处容易发生破坏，因此，在设计中应重视过渡层的构造。本规程对设防烈度为 9 度，又是一级抗震等级的框架柱，规定沿高度框架柱的全部结构构件应采用型钢混凝土组合结构。

4.1.2 试验表明，配置实腹式型钢的型钢混凝土柱具有良好的变形性能和耗能能力，适用于地震区采用。而配置空腹式型钢的型钢混凝土柱的变形性能及抗剪承载力相对差一些，必须配置一定数量的斜腹杆，其变形性能才可改善。因此，本规程规定空腹斜腹杆焊接型钢宜用于非地震区或设防烈度为 6 度地区的建筑。

4.1.3 为提高型钢混凝土结构构件的承载力和刚度，型钢混凝土框架梁和框架柱的型钢配置，宜采用充满型宽翼缘实腹型钢。充满型实腹型钢，是指型钢上翼缘处于截面受压区，下翼缘处于截面受拉区，即设计中应考虑在满足型钢混凝土保护层要求和便于施工的前提下，型钢的上翼缘和下翼缘尽量靠近混凝土截面的近边。

4.1.4 为提高剪力墙的承载力和延性，宜在剪力墙两端或边柱中配置实腹型钢，而且，为了加强剪力墙的抗侧力，也可在剪力墙腹板内加设斜向钢支撑。

4.2 设计计算原则

4.2.1 型钢混凝土组合结构在选择合理的平面布置、竖向布置，以及在进行荷载和

地震作用组合下的内力和位移计算等方面应遵守现行国家标准和有关技术规程的规定。

4.2.2 在进行弹性阶段的内力和位移计算中，除了需要型钢混凝土结构构件的截面换算弹性抗弯刚度外，在考虑构件的剪切变形、轴向变形时，还需要换算截面剪切刚度和轴向刚度。计算中采用了钢筋混凝土的截面刚度和型钢截面刚度叠加的方法。

4.2.3 基于型钢混凝土组合结构构件具有比钢筋混凝土结构构件更好的延性和耗能特性，为此，型钢混凝土组合结构和由它和混凝土结构组成的混合结构，其房屋最大适用高度可以比钢筋混凝土结构作不同程度的提高。对于全部结构构件均采用型钢混凝土结构时，房屋高度可提高 30%~40%，而其结构阻尼比的取值是考虑型钢混凝土组合结构的阻尼比略低于钢筋混凝土结构，因此，阻尼比采用 0.04。

4.2.4~4.2.5 型钢混凝土组合结构构件的两个极限状态的设计要求，与国家现行标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89、《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89 相一致。

4.2.6 抗震等级的划分主要根据不同的设防烈度，不同的结构类型，不同的房屋高度来确定的，因此，型钢混凝土组合结构或由它和混凝土结构组成的结构，其抗震等级的划分和选定基本上与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 相同，只是增加了筒体结构的抗震等级要求。另外，允许型钢混凝土框支剪力墙结构在 8 度设防烈度地区建造，房屋高度可超过 80m，但不可超过 100m，抗震等级取一级。

4.2.7 考虑到型钢混凝土组合结构的延性和耗能能力的特点已在框架柱的轴压比限值中体现了，因此，对于在正常使用极限状态下，按风荷载或地震作用组合的楼层层间位移、顶点位移的限值不作放松，要求满足现行行业标准《高层建筑结构设计施工规程》JGJ 3—91 规定的限值要求。

4.2.8~4.2.9 型钢混凝土梁的最大挠度限值和最大裂缝宽度限值与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 规定相一致。

4.3 一般构造

4.3.1~4.3.2 型钢混凝土组合结构是钢和混凝土两种材料的组合体，在此组合体中，箍筋的作用尤为突出，它除了增强截面抗剪承载力，避免结构发生剪切脆性破坏外，还起到约束核心混凝土，增强塑性铰区变形能力和耗能能力的作用，对型钢混凝土组合结构构件而言，更起到保证混凝土和型钢、纵筋整体工作的重要作用，因此，为保证在大变形情况下能维持箍筋对混凝土的约束，箍筋应做成封闭箍筋，其末端应有 135° 弯钩，弯钩平直段也应有一定长度，当采用拉结箍筋时，至少一端应有 135° 弯钩。

4.3.3 在确定型钢的截面尺寸和位置时，宜满足型钢有一定的混凝土保护层厚度，

以防止型钢不发生局部压屈变形，保证型钢、钢筋混凝土相互粘结而整体工作，同时，也是提高耐火性、耐久性的必要条件。

4.3.4 型钢混凝土结构构件中型钢钢板不宜过薄，以利于焊接和满足局部稳定要求。由于型钢受混凝土和箍筋的约束，不易发生局部压屈，因此，型钢钢板的宽厚比可以比现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—98 的规定放松，参考日本有关资料，规定钢板宽厚比大致比纯钢结构放松 1.5~1.7 倍左右。

4.3.5 型钢上设置的抗剪栓钉，为发挥其传递剪力作用，栓钉的直径、长度、间距宜正确的选定。

5 型钢混凝土框架梁

5.1 承载力计算

5.1.1 型钢混凝土受弯构件试验表明，受弯构件在外荷载作用下，截面的混凝土、钢筋、型钢的应变保持平面，受压极限变形接近于 0.003、破坏形态以型钢上翼缘以上混凝土突然压碎、型钢翼缘达到屈服为标志，其基本性能与钢筋混凝土受弯构件相似，由此，建立了型钢混凝土框架梁的正截面受弯承载力计算的基本假定。

5.1.2 配置充满型实腹型钢的型钢混凝土框架梁的正截面受弯承载力计算，是把型钢翼缘也作为纵向受力钢筋的一部分，在平衡式中增加了型钢腹板受弯承载力项 M_{aw} 和型钢腹板轴向承载力项 N_{aw} 。 M_{aw} 、 N_{aw} 的确定是通过型钢腹板应力分布积分，再做一定的简化得出的。根据平截面假定提出了判断适筋梁的相对界限受压区高度 ξ_b 的计算公式。

5.1.3 为使框架梁满足“强剪弱弯”要求，对不同抗震等级的框架梁剪力设计值 V_b 进行调整。调整原则与国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 相一致。

5.1.4 型钢混凝土梁的剪切破坏，随着剪跨比的不同主要是剪压破坏和斜压破坏两种形式。防止剪压破坏由受剪承载力计算来保证，斜压破坏由截面控制条件来保证。通过集中荷载作用下斜截面受剪承载力试验，建立了控制斜压破坏的截面控制条件，即给出了型钢混凝土梁受剪承载力的上限，此条件对均布荷载是偏于安全的。

5.1.5 型钢混凝土梁受剪承载力计算公式是在试验研究基础上，采用分别考虑型钢和钢筋混凝土二部分的承载力，通过 52 根试验梁数据回归分析和可靠度分析，得出了型钢部分对受剪承载力的贡献为型钢腹板部分的受剪承载力，其值与腹板强度、腹板含量有关，对集中荷载作用下的梁，还与剪跨比有关，而且近似假定型钢腹板全截面处于纯剪状态，即 $\tau_{xy} = \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}} = 0.58f_a$ 。

5.1.6 当梁的荷载较大，需要的截面高度较高时，为节省钢材，减少自重，可采用桁架式空腹型钢的型钢混凝土梁，其承载力计算可把上、下弦型钢作为纵向受力钢筋，斜腹杆承载力的竖向分力作为受剪箍筋考虑。由于对型钢混凝土宽扁梁尚未进行试验研究，为此，规程规定的框架梁受剪承载力计算公式对宽扁梁不能直接采用，有待进一步研究。

5.2 裂缝宽度验算

5.2.1~5.2.2 型钢混凝土梁的裂缝宽度计算公式是基于把型钢翼缘作为纵向受力钢筋，且考虑部分型钢腹板的影响，按国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—

89 的有关裂缝宽度计算公式的形式，建立了型钢混凝土梁在短期效应组合作用下并考虑长期效应组合影响的最大裂缝宽度计算公式。

针对型钢混凝土梁裂缝宽度计算公式的建立，国内有关单位进行了大量的试验研究，也提出了基本思路较接近的计算方法，经分析研究确定了本规程给出的计算公式。所进行的 8 根试验梁，在(0.4~0.8)极限弯矩范围内，短期荷载作用下的裂缝宽度的计算值与试验值之比的平均值为 1.011，均方差为 0.24。

对长期荷载作用下的裂缝宽度计算，采用钢筋混凝土梁长期裂缝宽度的取值方法，即在短期荷载作用下的裂缝宽度计算公式基础上考虑长期影响的扩大系数 1.5。

5.3 挠度验算

5.3.1~5.3.3 试验表明，型钢混凝土梁在加载过程中截面平均应变符合平截面假定，且型钢与混凝土截面变形的平均曲率相同，因此，截面抗弯刚度可以采用钢筋混凝土截面抗弯刚度和型钢截面抗弯刚度叠加的原则来处理。

$$B_s = B_{rc} + B_a$$

型钢在使用阶段采用弹性刚度：

$$B_a = E_a I_a$$

通过不同配筋率，混凝土强度等级，截面尺寸的型钢混凝土梁的刚度试验，认为钢筋混凝土截面抗弯刚度主要与受拉钢筋配筋率有关，经研究分析，确定了钢筋混凝土截面部分抗弯刚度的简化计算公式。

长期荷载作用下，由于压区混凝土的徐变、钢筋与混凝土之间的粘结滑移徐变，混凝土收缩等使梁截面刚度下降，根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 的有关规定，引进了荷载长期效应组合对挠度的增大系数 θ ，规定了长期刚度的计算公式。

5.4 构造要求

5.4.1 为保证框架梁对框架节点的约束作用，以及便于型钢混凝土梁的混凝土浇筑，框架梁的截面宽度不宜过小。另外，考虑到截面高度与宽度比值过大，对梁抗扭和侧向稳定不利，因此，对框架梁的高宽比作了规定。

5.4.2 为保证梁底部混凝土浇筑密实，梁中纵向受力钢筋宜不超过二排，如超过二排，施工上应采取措施，如分层浇筑等，以保证梁底混凝土密实；纵向受拉钢筋配筋率、直径、净距，以及纵筋与型钢净距的规定，是保证混凝土与钢筋与型钢有良好的粘结力，同时，也有利于框架梁在正常使用极限状态下的裂缝分布均匀和减小裂缝宽度。

5.4.3 梁两侧沿高度配置一定量的腰筋，其目的是有助于增加箍筋、纵筋、腰筋所形成的整体骨架对混凝土的约束作用。同时也有助于防止由于混凝土收缩引起的收缩裂缝的出现。

5.4.4 型钢混凝土梁在受有集中反力或集中力作用处，应设置对称加劲肋，以助于承受剪力。

5.4.5~5.4.7 考虑地震作用的框架梁端应设置箍筋加密区，是从构造上增强对梁端混凝土的约束，且保证梁端塑性铰区“强剪弱弯”的要求。同时为了便于施工，在满足箍筋配筋率的情况下，箍筋肢距可比普通钢筋混凝土梁的箍筋肢距适当放松，但设计中应尽量减小箍筋肢距。沿梁全长箍筋配筋率的规定，是在静力设计要求基础上适当给予增加。

5.4.8 转换层大梁和托柱梁荷载大、受力复杂，为增加混凝土和剪压区型钢上翼缘的粘结剪切力，宜在梁端 1.5 倍梁高范围内，型钢上翼缘增设栓钉。

5.4.9 对配置桁架式型钢的型钢混凝土梁，为保证桁架压杆的稳定性，其细长比宜小于 120。

5.4.10 为保证开孔型钢混凝土梁开孔截面的受剪承载力，必须控制圆形孔的直径相对于梁高和型钢截面高度的比例不能过大，且由于孔洞周边存在应力集中情况，必须采取一定的构造措施。

5.4.11 圆形孔洞截面处的受剪承载力计算是参考了日本的计算方法，又结合国内试验研究确定的。计算方法中考虑了扣除开孔影响后截面上混凝土受剪承载力，以及孔洞周围补强钢筋和型钢腹板扣除孔洞后的受剪承载力。

6 型钢混凝土框架柱

6.1 承载力计算

6.1.1 型钢混凝土框架柱正截面偏心受压承载力计算的基本假定，是通过试验研究，在分析了型钢混凝土压弯构件的基本性能基础上提出的。其计算基本假定与受弯构件正截面受弯承载力的基本假定相同。

6.1.2~6.1.5 配置充满型实腹型钢的型钢混凝土框架柱的正截面偏心受压承载力计算公式，是在基本假定基础上，采用极限平衡方法，以及型钢腹板应力图形简化为拉压矩形应力图情况下，作出的简化计算方法，对于框架柱处于大偏压、或小偏压受力情况，给出了不同的腹板受弯承载力和腹板轴向承载力的计算式，其他计算参数，基本上参照钢筋混凝土偏心受压承载力计算公式中的参数。

对于配十字型、箱型截面型钢的型钢混凝土组合柱，其正截面偏心受压承载力计算在附录 A 中给出了简化计算方法。

6.1.6~6.1.8 考虑地震作用的框架柱上、下柱端、框架底层柱根、框支层柱两端的弯矩设计值，以及框架柱、框支柱的剪力设计值的确定，都与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 相一致。

6.1.9 框架柱的受剪截面控制条件与框架梁一致。

6.1.10 试验研究表明，型钢混凝土框架柱的斜截面受剪承载力可由钢筋混凝土和型钢二部分的斜截面受剪承载力组成，压力对受剪承载力也有有利的影响。计算公式中型钢部分对受剪承载力的贡献只考虑型钢腹板部分的受剪承载力。

6.1.11 型钢混凝土框架柱轴压比限值的规定是保证框架柱具有较好的延性和耗能性能的必要条件，通过不同轴压比情况下，承受低周反复荷载作用的型钢混凝土压弯构件试验表明，在相同的轴压比情况下，型钢混凝土柱比钢筋混凝土柱具有更好的滞回特性和延性性能，因此其轴压比计算中应考虑型钢的有利作用，即型钢混凝土柱的轴压比按 $\frac{N}{f_c A + f_a A_a}$ 计算。轴压比限值的确定，是在试验研究基础上，规定

二级抗震等级的框架结构柱的轴压比限值为 0.75，此控制值能保证框架柱延性系数达到 3。对于其他不同抗震等级，不同结构体系的框架柱，其轴压比限值相应进行调整。

6.2 构造要求

6.2.1~6.2.2 对于型钢混凝土框架柱，为保证柱端塑性铰区有足够的箍筋约束混凝土，使框架柱有一定的变形能力，为此，柱端必须从构造上设置箍筋加密区，同时，

满足一定的箍筋体配筋率要求。

6.2.3 型钢混凝土框架柱的型钢配筋率不宜过小，因为，配置一定量的型钢，才能使型钢混凝土构件具有比钢筋混凝土更高的承载力，更好的延性。同时，也必须配置一定数量的纵向钢筋，以便在混凝土、纵筋、箍筋的约束下的型钢能充分发挥其强度和塑性性能；对于作为构造措施要求配置的型钢数量，可不受此限制。

6.2.4 考虑到型钢混凝土柱承受的弯矩和轴力较大，因此，纵向钢筋直径不宜过小，同时，为便于浇注混凝土，钢筋间净距不宜过小。对于箍筋，要求必须与纵筋牢固连接，以便起到约束混凝土的作用。

7 型钢混凝土框架梁柱节点

7.1 承载力计算

7.1.1 型钢混凝土框架节点包括型钢混凝土柱与型钢混凝土梁组成的节点、型钢混凝土柱与钢筋混凝土梁或钢梁组成的节点，各类节点都需保证在梁端出现塑性铰后，节点不发生剪切脆性破坏。为此梁柱节点的剪力设计值需要调整，对一级抗震等级，采用考虑梁端实配钢筋、强度标准值对应的弯矩值的平衡剪力乘以增大系数；对二级抗震等级，采用梁端弯矩设计值的平衡剪力乘以增大系数。

7.1.2 规定节点截面限制条件，是为了防止混凝土截面过小，造成节点核心区混凝土承受过大的斜压应力，以致使节点混凝土被压碎。根据型钢混凝土小剪跨的静力剪切试验，确定节点的截面限制条件，对低周反复荷载作用下的节点截面限制条件，则乘以系数 0.8。

7.1.3 根据型钢混凝土梁柱节点试验，其受剪承载力由混凝土、箍筋和型钢组成，混凝土的受剪承载力，由于型钢约束作用，混凝土所承担的受剪承载力增大；另外，混凝土部分受剪机理，可视为斜压杆受力，该斜压杆截面面积，随柱端轴压力增加而增大。但其轴压力的有利作用，限制在 $0.5f_c b_c h_c$ 范围内。对于一级抗震等级，考虑在大震情况下，柱轴力可能减少，甚至于出现受拉情况，为安全起见，不考虑轴压力有利影响。

基于型钢混凝土柱与各种不同类型的梁形成的节点，其梁端内力传递到柱的途径有差异，给出了不同的梁柱节点受剪承载力计算公式。公式中还考虑了中节点、边节点、顶节点节点位置的影响系数。

7.1.4 钢梁或型钢混凝土梁与型钢混凝土柱的连接节点的内力传递机理较复杂，根据日本的试验结果，当梁为型钢混凝土梁或钢梁时，如果型钢混凝土柱中的型钢过小，使型钢混凝土柱中的型钢部分与梁型钢的弯矩分配比在 40%以下时，即不能充分发挥柱中型钢的抗弯承载力，且在反复荷载作用下，其荷载位移滞回曲线将出现捏拢现象，由此设计中要求型钢混凝土柱中的型钢部分与梁型钢的弯矩分配比不小于 50%。同时，当梁为型钢混凝土梁时，设计要求柱中的混凝土部分与梁中的混凝土部分的弯矩分配比也不小于 50%。

当梁为钢筋混凝土梁、柱为型钢混凝土柱时，如果型钢混凝土柱的混凝土截面过小，同样使型钢混凝土柱中的钢筋混凝土的抗弯承载力不能充分发挥，在反复荷载作用下，其荷载位移滞回曲线也将出现捏拢现象。由此设计中宜满足规范(7.1.4-2)

式的要求。

7.2 构造要求

7.2.1~7.2.2 考虑到四边有梁约束的型钢混凝土框架节点，其受剪承载力和变形能力都优于钢筋混凝土节点，因此，框架节点的箍筋体积配筋率比钢筋混凝土框架节点可相应减少。

8 型钢混凝土剪力墙

8.1 承载力计算

8.1.1 通过两端配有型钢的钢筋混凝土剪力墙压弯承载力的试验表明，采用国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 中沿截面腹部均匀配置纵向钢筋的偏心受压构件的正截面受压承载力计算公式，来计算两端配有型钢的钢筋混凝土剪力墙的正截面偏心受压承载力是合适的。计算中把端部配置的型钢作为纵向受力钢筋一部分考虑。

8.1.2~8.1.3 考虑地震作用的型钢混凝土剪力墙的剪力设计值的确定和受剪截面控制条件与国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 相一致。

8.1.4 两端配有型钢的钢筋混凝土剪力墙的剪力试验表明，端部设置了型钢，由于型钢的暗销抗剪作用和对墙体的约束作用，受剪承载力大于钢筋混凝土剪力墙，本规程所提出的剪力墙在偏心受压时的斜截面受剪承载力计算公式中，加入了端部型钢的暗销抗剪和约束作用这一项。

8.1.5~8.1.6 在框架-剪力墙结构中，周边有型钢混凝土柱和钢筋混凝土梁或型钢混凝土梁的现浇剪力墙，其斜截面受剪承载力是由考虑轴力有利影响的混凝土部分、水平分布钢筋、周边柱内型钢三部分的受剪承载力之和组成，混凝土项考虑了周边柱对混凝土墙体的约束系数 β_r 。

8.2 构造要求

8.2.1~8.2.2 型钢混凝土剪力墙的厚度、水平和竖向分布钢筋的最小配筋率、端部暗柱、翼柱的箍筋、拉筋等构造要求与国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 和行业标准《钢筋混凝土高层建筑结构设计与规程》JGJ 3—91 的规定相一致，但为保证混凝土对型钢的约束作用，必须保证一定的混凝土保护层厚度；水平分布筋需穿过墙端型钢，以保证剪力墙整体作用。

8.2.3 有型钢混凝土周边柱的剪力墙，周边梁可采用型钢混凝土梁或钢筋混凝土梁，当不设周边梁时，也应在相应位置设置钢筋混凝土暗梁。另外，为保证现浇混凝土剪力墙与周边柱的整体作用，要求剪力墙中的水平分布钢筋绕过或穿过周边柱的型钢，且要满足钢筋锚固要求。

9 连接构造

9.1 梁柱节点连接构造

9.1.1~9.1.4 型钢混凝土柱中型钢柱的加劲肋布置，除了按钢结构构造配置以外，为保证梁端内力更好地传递，型钢混凝土柱应在梁上、下边缘位置处设置水平加劲肋。型钢混凝土柱与各类梁的连接构造，必须从柱型钢截面形式和纵向钢筋的配置上，考虑到便于梁内纵向钢筋贯穿节点，以尽可能减少纵向钢筋穿过柱型钢的数量，且应尽量使梁内钢筋穿过型钢腹板，而不穿过型钢翼缘，因为，在有梁约束情况下的节点区，其抗剪承载力的储备较大，为此，规程规定了型钢腹板损失率的限值。关于采取在型钢柱上设置钢牛腿的方法，从试验中发现，在钢牛腿末端位置处，由于截面承载力和刚度突变，很容易发生混凝土挤压破坏，因此，要求钢牛腿的翼缘设计成变截面翼缘，改善上述情况的出现，另外，设置钢牛腿的办法，在吊装型钢柱时，施工上也有不便之处，不是一种很理想的节点连接构造。

9.1.5 型钢混凝土柱与型钢混凝土梁或钢梁的连接，其型钢柱与型钢梁的连接应采用刚性连接，且满足钢结构焊接要求。

9.1.6 当框架梁采用型钢混凝土结构，而框架柱采用钢筋混凝土结构时，若梁、柱节点为刚性连接，则必须对梁内型钢在支座处采取可靠的支承和锚固措施，以保证梁柱刚性节点的内力传递。在钢筋混凝土的框架柱中设置型钢构造柱是一种较好的措施。

9.2 柱与柱连接构造

9.2.1 结构竖向布置中，如下部若干层采用型钢混凝土结构，而上部各层采用钢筋混凝土结构，则应考虑避免这两种结构的刚度和承载力的突变，以避免形成薄弱层。日本 1995 年阪神地震中曾发生过此类震害。因此，设计中应设置过渡层。

9.2.2 在国内的高层钢结构工程中，结构上部采用钢结构柱，下部采用型钢混凝土柱，此两种结构类型的突变，同样必须设置过渡层。

9.2.3 型钢混凝土柱中，当型钢某层需改变截面时，宜考虑型钢截面承载力和刚度的逐步过渡，且需考虑便于施工操作。

9.3 梁与梁连接构造

9.3.1 梁与梁的连接，当二跨全是型钢混凝土梁时，则型钢梁的连接，应满足钢结构要求；对一侧为型钢混凝土梁，另一侧为钢筋混凝土梁时，为保证型钢的锚固和

传递，应有相应的措施。

9.3.2 为保证钢筋混凝土次梁和型钢混凝土主梁连接整体，要求次梁中的钢筋的锚固和传递，应满足相应的构造措施。

9.4 梁与墙连接构造

9.4.1 型钢混凝土梁垂直于现浇钢筋混凝土剪力墙的连接，应保证其内力传递。梁深入墙内的节点可以形成铰接和刚接，都应满足相应的构造要求。

9.5 柱脚构造

9.5.1~9.5.3 型钢混凝土柱的柱脚，采用埋入式柱脚相对于非埋入式柱脚更容易保证柱脚的嵌固，柱脚埋深的确定很重要，参考国外技术规程提出了埋置深度不宜小于 3 倍型钢柱截面高度的要求。规程规定自柱脚部位向上延伸一层范围的型钢柱宜设置栓钉，以保证型钢与混凝土整体工作。

10 施工及质量要求

10.0.1~10.0.11 为保证施工质量，对型钢制作、材质、焊接质量、吊装等做出规定。

附录 A 配置十字形型钢的型钢混凝土 柱正截面承载力简化计算

利用简化计算,可在确定的柱截面尺寸和型钢尺寸的情况下,根据已知外轴力 N ,按表给出的计算系数,由公式 A.0.1-1 和 A.0.13 确定计算弯矩,最后判断计算弯矩是否大于外弯矩 M 。

另外,也可根据已知的外弯矩、由表 A.0.1-1、表 A.0.1-2 和公式 A.0.1-1~A.0.1-4 得出计算的配筋特征值 $\rho f_y/f_c$,最后判断计算的配筋特征值是否小于表 A.0.1-1 或表 A.0.1-2 中的配筋特征值。计算中要注意钢筋与型钢配置(面积、位置)的相似性。