

中华人民共和国行业标准
混凝土异形柱结构技术规程

Technical specification for concrete structures with specially shaped columns

JGJ 149—2006

J 514—2006

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2006年8月1日

中国建筑工业出版社

2006 北京

中华人民共和国建设部

公告

第 415 号

建设部关于发布行业标准《混凝土异形柱结构技术规程》的公告

现批准《混凝土异形柱结构技术规程》为行业标准，编号为 JGJ 149-2006，自 2006 年 8 月 1 日起实施。其中第 3.3.1、4.1.1、4.2.3、4.2.4、4.3.6、5.3.1、6.1.6、6.2.5、6.2.10、7.0.2、7.0.3、7.0.4 为强制性条文，必须严格执行。

规程由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社发行。

中华人民共和国建设部

2006 年 3 月 9 日

前言

根据建设部建标[2004]84 号文件的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实际经验，依据国内研究成果，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语、符号；3 结构设计的基本规定；4 结构计算分析；5 截面设计；6 结构构造；7 异形柱结构的施工。

本规程由建设部负责管理和对强制性条文的解释，由主编单位负责具体技术内容的解释。

本规程主编单位：天津大学(邮政编码：300072，地址：天津市卫津路 92 号)

本规程参加单位：中国建筑科学研究院、清华大学、东南大学、南昌有色冶金设计研究院、南昌大学、天津市建筑设计院、天津市新型建材建筑设计研究院、甘肃省建筑设计研究院、广东省建筑设计研究院、昆明市建设局、昆明理工大学、同济大学、中国建筑标准设计研究院、天津市建筑材料集团总公司。

本规程主要起草人：严士超、康谷贻

王依群、陈云霞、戴国莹、赵艳静、容柏生、吕志涛、徐世晖、张元坤、桂国庆、黄锐、冯健、徐有邻、钱稼茹、贺民宪、黄兆纬、刘建、潘文、简洪平、熊进刚、卢文胜、张方、王铁成、李文清、李晓明、李红

目次

- 1 总则
- 2 术语、符号
 - 2.1 术语
 - 2.2 符号

3	结构设计的基本规定
3.1	结构体系
3.2	结构布置
3.3	结构抗震等级
4	结构计算分析
4.1	极限状态设计
4.2	荷载和作用
4.3	结构分析模型与计算参数
4.4	水平位移限值
5	截面设计
5.1	异形柱正截面承载力计算
5.2	异形柱斜截面受剪承载力计算
5.3	异形柱框架梁柱节点核心区受剪承载力计算
6	结构构造
6.1	一般规定
6.2	异形柱结构
6.3	异形柱框架梁柱节点
7	异形柱结构的施工
	附录 A 底部抽柱带转换层的异形柱结构
	本规程用词说明
	条文说明

1 总则

- 1.0.1 为在混凝土异形柱结构设计及施工中贯彻执行国家技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。
- 1.0.2 本规程主要适用于非抗震设计和抗震设防烈度为 6 度、7 度(0.10g, 0.15g)和 8 度(0.20g)抗震设计的一般居住建筑混凝土异形柱结构的设计及施工。
- 1.0.3 混凝土异形柱结构的设计及施工，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

- 2.1.1 异形柱 specially-shaped column
截面几何形状为 L 形、T 形和十字形，且截面各肢的肢高肢厚比不大于 4 的柱。
- 2.1.2 异形柱结构 structure with specially-shaped columns
采用异形柱的框架结构和框架-剪力墙结构
- 2.1.3 柱截面肢高肢厚比 ratio of section height to section thickness of column leg
异形柱柱肢截面高度与厚度的比值。

2.2 符号

- 2.2.1 作用和作用效应
- G_j ——第 j 层的重力荷载代表值；
- M_b^l 、 M_b^r ——框架节点左、右侧梁端弯矩设计值；
- M_x 、 M_y ——对截面形心轴 x 、 y 的弯矩设计值；

N ——轴向力设计值；
 V_c ——柱斜截面剪力设计值；
 V_{Eki} ——第 i 层对应于水平地震作用标准值的剪力；
 V_j ——节点核心区剪力设计值；
 σ_i ——第 i 个混凝土单元的应力；
 σ_j ——第 j 个钢筋单元的应力。

2.2.2 材料性能

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_y ——钢筋的抗拉强度设计值；
 f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值。

2.2.3 几何参数

a_s' ——受压钢筋合力点至截面近边的距离；
 A ——柱的全截面面积；
 A_{ci} ——第 i 个混凝土单元的面积；
 A_{sj} ——第 j 个钢筋单元的面积；
 A_{sv} ——验算方向的柱肢截面厚度 b_c 范围内同一截面箍筋各肢总截面面积；
 A_{svj} ——节点核心区有效验算宽度范围内同一截面验算方向的箍筋各肢总截面面积；
 b_c ——验算方向的柱肢截面厚度；
 b_r ——垂直于验算方向的柱肢截面高度；
 b_j ——节点核心区的截面有效验算厚度；
 d ——纵向受力钢筋直径；
 d_v ——箍筋直径；
 e_a ——附加偏心距；
 e_1 ——初始偏心距；
 e_0 ——轴向力对截面形心的偏心距；
 e_{ix} ——轴向力对截面形心轴 y 的初始偏心距；
 e_{iy} ——轴向力对截面形心轴 x 的初始偏心距；
 h_b ——梁截面高度；
 h_{b0} ——梁截面有效高度；
 h_c ——验算方向的柱肢截面高度；
 h_r ——垂直于验算方向的柱肢截面厚度；
 h_i ——第 i 层楼层层高；
 h_j ——节点核心区的截面高度；
 h_{c0} ——验算方向的柱肢截面有效高度；
 H ——房屋总高度；
 H_c ——节点上、下层柱反弯点之间的距离；
 l_0 ——柱的计算长度；
 r_a ——柱截面对垂直于弯矩作用方向形心轴 x_a — x_a 的回转半径；
 r_{min} ——柱截面最小回转半径；
 s ——箍筋间距；
 X_{ci} 、 Y_{ci} ——第 i 个混凝土单元的形心坐标；
 X_{sj} 、 Y_{sj} ——第 j 个钢筋单元的形心坐标；
 X_0 、 Y_0 ——截面形心坐标；

α ——弯矩作用方向角。

2.2.4 系数及其他

λ ——框架柱的剪跨比；

λ_v ——配箍特征值；

η_{jb} ——节点核心区剪力增大系数；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；

ζ_f ——节点核心区翼缘影响系数；

ζ_h ——节点核心区截面高度影响系数；

ζ_N ——节点核心区轴压比影响系数；

η_a ——偏心距增大系数；

ρ ——全部纵向受力钢筋配筋率；

ρ_{min} ——全部纵向受力钢筋最小配筋率；

ρ_{max} ——全部纵向受力钢筋最大配筋率；

ρ_v ——箍筋体积配箍率；

Ψ_T ——考虑非承重填充墙刚度对结构自振周期影响的折减系数；

n_c ——混凝土单元总数；

n_s ——钢筋单元总数。

3 结构设计的基本规定

3.1 结构体系

3.1.1 异形柱结构可采用框架结构和框架-剪力墙结构体系。

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，也可部分采用一般框架柱。

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。

3.1.2 异形柱结构适用的房屋最大高度应符合表 3.1.2 的要求。

表 3.1.2 异形柱结构适用的房屋最大高度(m)

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	24	24	21	18	12
框架-剪力墙结构	45	45	40	35	28

注：1 房屋高度指室外地面至主要屋面板板顶的高度(不包括局部突出屋顶部分)；

2 框架-剪力墙结构在基本振型地震作用下，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%时，其适用的房屋最大高度可比框架结构适当增加；

3 平面和竖向均不规则的异形柱结构或 IV 类场地上的异形柱结构，适用的房屋最大高度应适当降低；

4 底部抽柱带转换层的异形柱结构，适用的房屋最大高度应符合本规程附录 A 的规定；

5 房屋高度超过表内规定的数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效的加强措施。

3.1.3 异形柱结构适用的最大高宽比不宜超过表 3.1.3 的限值。

表 3.1.3 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-剪力墙结构	5	5	4.5	4	3.5

3.1.4 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一般钢筋混凝土结构的有关要求外，还应符合下列规定：

- 1 异形柱结构中不应采用部分由砌体墙承重的混合结构形式；
- 2 抗震设计时，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 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 异形柱结构的柱、梁、剪力墙均采用现浇结构

3.1.5 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。

3.2 结构布置

3.2.1 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。

3.2.2 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 3.2.4 条和第 3.2.5 条的有关规定。

3.2.3 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 3.2.3 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 3.2.3 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
现浇	4.5B, 55	4.0B, 50	3.5B, 45	3.0B, 40	2.5B, 35
装配整体	3.0B, 45	2.7B, 40	2.5B, 35	2.2B, 30	2.0B, 25

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 底部抽柱带转换层异形柱结构的剪力墙间距应符合本规程附录 A 的有关规定

3.2.4 异形柱结构的竖向布置应符合下列要求：

- 1 建筑的立面和竖向剖面宜规则、均匀，避免过大的外挑和内收；
- 2 结构的侧向刚度沿竖向宜均匀变化，避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力沿竖向的突变，竖向结构构件的截面尺寸和材料强度不宜在同一楼层变化；
- 3 异形柱框架-剪力墙结构体系的剪力墙应上下对齐连续贯通房屋全高。

3.2.5 不规则的异形柱结构，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 受力复杂部位的异形柱，宜采用一般框架柱。

3.3 结构抗震等级

3.3.1 抗震设计时，异形柱结构应根据结构体系、抗震设防烈度和房屋高度，按表 3.3.1 的规定采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。

表 3.3.1 异形柱结构的抗震等级

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	高度 (m)	≤21	>21	≤21	>21	≤18	>18	≤12
	框架	四	三	三	二	三(二)	二(二)	二
框架-剪力墙结构	高度 (m)	≤30	>30	≤30	>30	≤30	>30	≤28
	框架	四	三	三	二	三(二)	二(二)	二
	剪力墙	三	三	二	二	二(二)	二(一)	一

- 注：1 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)；
- 2 建筑场地为工类时，除 6 度外，应允许按本地区抗震设防烈度降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施，但相应的计算要求不应降低；
- 3 对 7 度(0.15g)时建于 III、IV 类场地的异形柱框架结构和异形柱框架-剪力墙结构，应按表中括号内所示的抗震等级采取抗震构造措施；
- 4 接近或等于高度分界线时，应结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级。

3.3.2 框架-剪力墙结构，在基本振型地震作用下，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%时，其框架部分的抗震等级应按框架结构确定。

3.3.3 当异形柱结构的地下室顶层作为上部结构的嵌固端时，地下一层结构的抗震等级应按上部结构的相应等级采用，地下一层以下的抗震等级可根据具体情况采用三级或四级。

4 结构计算分析

4.1 极限状态设计

- 4.1.1 居住建筑异形柱结构的安全等级应采用二级。
- 4.1.2 异形柱结构的设计使用年限不应少于 50 年。
- 4.1.3 异形柱结构应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态的计算和验算。
- 4.1.4 异形柱结构中异形柱正截面、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遵守国家现行相关标准的规定。
- 4.1.5 异形柱结构构件承载力应按下列公式验算：
- 无地震作用组合： $\gamma_0 S \leq R$ (4.1.5-1)
- 有地震作用组合： $S \leq R / \gamma_{RE}$ (4.1.5-2)
- 式中 γ_0 ——结构重要性系数：对安全等级为一级或设计使用年限为 100 年及以上的结构构件不应小于 1.1；对安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件，不应小于 1.0。结构的设计使用年限分类和安全等级划分，应分别按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50008 有关规定采用；
- S——作用效应组合的设计值；
- R——构件承载力设计值；
- γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数。
- 4.1.6 异形柱结构的构件截面设计应根据实际情况，按国家现行标准的有关规定进行竖向荷载、风荷载和地震作用效应分析及作用效应组合，并取最不利的作用效应组合作为设计的依据。
- 4.1.7 异形柱结构应进行风荷载、地震作用下的水平位移验算。

4.2 荷载和作用

- 4.2.1 异形柱结构的竖向荷载、风荷载及雪荷载等取值及组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。
- 4.2.2 异形柱结构抗震设防烈度和设计地震动参数应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定确定；对已编制抗震设防区划的地区，可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。
- 4.2.3 抗震设防烈度为 6 度、7 度(0.10g、0.15g)及 8 度(0.20g)的异形柱结构应进行地震作用计算及结构抗震验算。
- 4.2.4 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 45° 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。
- 4.2.5 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。

4.3 结构分析模型与计算参数

- 4.3.1 在竖向荷载、风荷载或多遇地震作用下，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。
- 4.3.2 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-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。

- 4.3.3 异形柱结构按空间分析模型计算时，应考虑下列变形：
 ——梁的弯曲、剪切、扭转变形，必要时考虑轴向变形；
 ——柱的弯曲、剪切、轴向、扭转变形；
 ——剪力墙的弯曲、剪切、轴向、扭转变形，当采用薄壁杆系分析模型时，还应考虑翘曲变形。
- 4.3.4 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。
- 4.3.5 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一般混凝土结构的有关规定采用。
- 4.3.6 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。
- 4.3.7 异形柱结构的计算自振周期折减系数 ψ_T 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。
- 4.3.8 设计中所采用的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。

4.4 水平位移限值

4.4.1 在风荷载、多遇地震作用下，异形柱结构按弹性方法计算的楼层最大层间位移应符合下式要求：

$$\Delta u_e \leq [\varepsilon_e]h \quad (4.4.1)$$

式中 Δu_e ——风荷载、多遇地震作用标准值产生的楼层最大弹性层间位移；

$[\varepsilon_e]$ ——弹性层间位移角限值，按表 4.4.1 采用；

h ——计算楼层层高。

表 4.4.1 异形柱结构弹性层间位移角限值

结构体系	$[\varepsilon_e]$
框架结构	1/600 (1/700)
框架-剪力墙结构	1/850 (1/950)

注：表中括号内的数字用于底部抽柱带转换层的异形柱结构。

4.4.2 7 度抗震设计时，底部抽柱带转换层的异形柱结构、层数为 10 层及 10 层以上或高度超过 28m 的竖向不规则异形柱框架-剪力墙结构，宜进行罕遇地震作用下的弹塑性变形验算。弹塑性变形的计算方法，可采用静力弹塑性分析方法或弹塑性时程分析方法。

4.4.3 罕遇地震作用下，异形柱结构的弹塑性层间位移应符合下式要求：

$$\Delta u_p \leq [\varepsilon_p]h \quad (4.4.3)$$

式中 Δu_p ——罕遇地震作用标准值产生的弹塑性层间位移；

$[\varepsilon_p]$ ——弹塑性层间位移角限值，按表 4.4.3 采用。

表 4.4.3 异形柱结构弹塑性层间位移角限值

结构体系	[ξ_p]	
框架结构	1/60	(1/70)
框架-剪力墙结构	1/110	(1/120)

注：表中括号内的数字用于底部抽柱带转换层的异形柱结构。

5 截面设计

5.1 异形柱正截面承载力计算

5.1.1 异形柱正截面承载力计算的基本假定应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 7.1.2 条的规定采用。

5.1.2 异形柱双向偏心受压的正截面承载力可按下列方法计算：

- 1 将柱截面划分为有限个混凝土单元和钢筋单元(图 5.1.2-1)，近似取单元内的应变和应力为均匀分布，合力点在单元形心处；
- 2 截面达到承载能力极限状态时各单元的应变按截面应变保持平面的假定确定；
- 3 混凝土单元的压应力和钢筋单元的应力应按本规程第 5.1.1 条的假定确定；

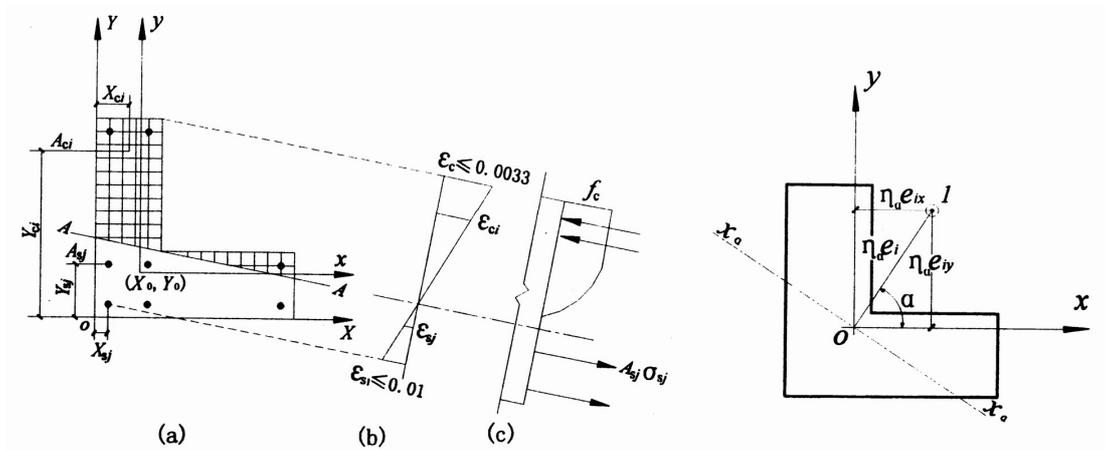


图 5.1.2-1 异形柱双向偏心受压正截面承载力计算

(a)截面配筋及单元划分；(b)应变分布；(c)应力分布

A-A — 截面中和轴

图 5.1.2-2 双向偏心异形柱截面

l—轴向力作用点；o—截面形心；x、y—截面形心轴； $x_\alpha - x_\alpha$ —垂直于弯矩作用方向的截面形心轴

图 5.1.2-2 双向偏心异形柱截面

4 无地震作用组合时异形柱双向偏心受压的正截面承载力应按下列公式计算(图 5.1.2-1)：

$$N \leq \sum_{i=1}^{n_c} A_{ci} \sigma_{ci} + \sum_{j=1}^{n_s} A_{sj} \sigma_{sj} \quad (5.1.2-1)$$

$$N \eta_\alpha e_{iy} \leq \sum_{i=1}^{n_c} A_{ci} \sigma_{ci} (Y_{ci} - Y_0) + \sum_{j=1}^{n_s} A_{sj} \sigma_{sj} (Y_{sj} - Y_0) \quad (5.1.2-2)$$

$$N \eta_\alpha e_{ix} \leq \sum_{i=1}^{n_c} A_{ci} \sigma_{ci} (X_{ci} - X_0) + \sum_{j=1}^{n_s} A_{sj} \sigma_{sj} (X_{sj} - X_0) \quad (5.1.2-3)$$

$$e_{ix} = e_i \cos \alpha \quad (5.1.2-4)$$

$$e_{iy} = e_i \sin \alpha \quad (5.1.2-5)$$

$$e_i = e_0 + e_a \quad (5.1.2-6)$$

$$e_0 = \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{N} \quad (5.1.2-7)$$

$$\alpha = \arctan \frac{M_x}{M_y} + n\pi \quad (5.1.2-8)$$

式中 N ——轴向力设计值；

η_a ——偏心距增大系数，按本规程第 5.1.4 条的规定计算；

e_{ix} 、 e_{iy} ——轴向力对截面形心轴 y 、 x 的初始偏心距(图 5.1.2-2)；

e_i ——初始偏心距；

e_0 ——轴向力对截面形心的偏心距；

M_x 、 M_y ——对截面形心轴 x 、 y 的弯矩设计值，由压力产生的偏心在 x 轴上侧时

M_x 取正值，由压力产生的偏心在 y 轴右侧时 M_y 取正值；

e_a ——附加偏心距，取 20mm 和 $0.15r_{\min}$ 的较大值，此处 r_{\min} 为截面最小回转半径；

α ——弯矩作用方向角(图 5.1.2-2)，为轴向压力作用点至截面形心的连线与截面形心轴 x 正向的夹角，逆时针旋转为正；

n ——角度参数，当 M_x 、 M_y 均为正值时 $n=0$ ；当 M_y 为负值、 M_x 为正或负值时 $n=1$ ；当 M_x 为负值、 M_y 为正值时 $n=2$ ；

σ_{ci} 、 A_{ci} ——第 i 个混凝土单元的应力及面积， σ_{ci} 为压应力时取正值；

σ_{sj} 、 A_{sj} ——第 j 个钢筋单元的应力及面积， σ_{sj} 为压应力时取正值；

X_0 、 Y_0 ——截面形心坐标；

X_{ci} 、 Y_{ci} ——第 i 个混凝土单元的形心坐标；

X_{sj} 、 Y_{sj} ——第 j 个钢筋单元的形心坐标；

n_c 、 n_s ——混凝土及钢筋单元总数。

5 有地震作用组合时异形柱双向偏心受压正截面承载力应按公式(5.1.2-1)至公式(5.1.2-8)计算，但在公式(5.1.2-1)~(5.1.2-3)右边应除以相应的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 。 γ_{RE} 应按本规程第 5.1.8 条采用。

5.1.3 异形柱双向偏心受拉正截面承载力应按本规程公式(5.1.2-1)~(5.1.2-3)计算，但式中 $N \eta_a e_{iy}$ 、 $N \eta_a e_{ix}$ 分别以 M_x 、 M_y 替代；轴向拉力设计值 N 应取负值。

5.1.4 异形柱双向偏心受压正截面承载力计算，应考虑结构侧移和构件挠曲引起的附加内力，此时可将轴向力对截面形心的初始偏心距 e_i 乘以偏心距增大系数 η_a 。 η_a 应按下列公式计算：

$$\eta_a = 1 + \frac{1}{(e_i/r_a)} (l_0/r_a)^2 C \quad (5.1.4-1)$$

$$C = \frac{1}{6000} [0.232 + 0.604(e_i/r_a) - 0.106(e_i/r_a)^2] \quad (5.1.4-2)$$

$$r_a = \sqrt{I_a/A} \quad (5.1.4-3)$$

式中 e_i ——初始偏心距；

l_0 ——柱的计算长度，应按国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002) 第

7.3.11 条采用；

r_a ——柱截面对垂直于弯矩作用方向形心轴 X_a-X_a 的回转半径(图 5.1.2-2)；

I_a ——柱截面对垂直于弯矩作用方向形心轴 X_a-X_a 的惯性矩；

A ——柱的全截面面积。

按公式(5.1.4-1)计算时，柱的长细比 l_0/r_a 不应大于 70。

注：当柱的长细比 l_0/r_a 不大于 17.5 时，可取 $\eta_a=1.0$ 。

5.1.5 有地震作用组合的异形柱，其节点上、下柱端的截面内力设计值应按下列规定采用：

1 节点上、下柱端弯矩设计值：

1) 二级抗震等级

$$\Sigma M_c = 1.3 \Sigma M_b \quad (5.1.5-1)$$

2) 三级抗震等级

$$\Sigma M_c = 1.1 \Sigma M_b \quad (5.1.5-2)$$

3) 四级抗震等级，柱端弯矩设计值取地震作用组合下的弯矩设计值。

式中 ΣM_b ——节点左、右梁端，按顺时针和逆时针方向计算的两端有地震作用组合的弯矩设计值之和的较大值；

ΣM_c ——有地震作用组合的节点上、下柱端弯矩设计值之和；柱端弯矩设计值的确定，在一般情况下，可按上、下柱端弹性分析所得的有地震作用组合的弯矩比进行分配。

当反弯点不在柱的层高范围内时，二、三级抗震等级的异形柱端弯矩设计值应按有地震作用组合的弯矩设计值分别乘以系数 1.3、1.1 确定；框架顶层柱及轴压比小于 0.15 的柱，柱端弯矩设计值可取地震作用组合下的弯矩设计值。

2 节点上、下柱端的轴向力设计值，应取地震作用组合下各自的轴向力设计值。

5.1.6 有地震作用组合的框架结构底层柱下端截面的弯矩设计值，对二、三级抗震等级应按有地震作用组合的弯矩设计值分别乘以系数 1.4 和 1.2 确定。

5.1.7 二、三级抗震等级框架的角柱，其弯矩设计值应按本规程第 5.1.5 和 5.1.6 条调整后的弯矩设计值乘以不小于 1.1 的增大系数。

5.1.8 有地震作用组合的异形柱，正截面承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应按下列规定采用：

——轴压比小于 0.15 的偏心受压柱应取 0.75；

——轴压比不小于 0.15 的偏心受压柱应取 0.80；

——偏心受拉柱应取 0.85。

5.2 异形柱斜截面受剪承载力计算

5.2.1 异形柱的受剪截面应符合下列条件：

1 无地震作用组合

$$V_c \leq 0.25 f_c b_c h_{c0} \quad (5.2.1-1)$$

2 有地震作用组合

剪跨比大于 2 的柱： $V_c \leq (0.20 f_c b_c h_{c0}) / \gamma_{RE}$ (5.2.1-2)

剪跨比不大于 2 的柱： $V_c \leq (0.15 f_c b_c h_{c0}) / \gamma_{RE}$ (5.2.1-3)

式中 V_c ——斜截面组合的剪力设计值；

γ_{RE} ——受剪承载力抗震调整系数，取 0.85；

b_c ——验算方向的柱肢截面厚度；

h_{c0} ——验算方向的柱肢截面有效高度。

5.2.2 异形柱的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

- 1 当柱承受压力时
1) 无地震作用组合

$$V_c \leq \frac{1.75}{\lambda + 1.0} f_t b_c h_{c0} + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{c0} + 0.07N \quad (5.2.2-1)$$

- 2) 有地震作用组合

$$V_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left(\frac{1.05}{\lambda + 1.0} f_t b_c h_{c0} + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{c0} + 0.056N \right) \quad (5.2.2-2)$$

- 2 当柱出现拉力时
1) 无地震作用组合

$$V_c \leq \frac{1.75}{\lambda + 1.0} f_t b_c h_{c0} + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{c0} - 0.2N \quad (5.2.2-3)$$

- 2) 有地震作用组合

$$V_c \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left(\frac{1.05}{\lambda + 1.0} f_t b_c h_{c0} + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{c0} - 0.2N \right) \quad (5.2.2-4)$$

式中 λ ——剪跨比。无地震作用组合时，取柱上、下端组合的弯矩设计值 M_c 的较大值与相应的剪力设计值 V_c 和柱肢截面有效高度 h_{c0} 的比值；有地震作用组合时，取柱上、下端未经按本规程第 5.1.5 条～第 5.1.7 条调整的组的弯矩设计值 M_c 的较大值与相应的剪力设计值 V_c 和柱肢截面有效高度 h_{c0} 的比值，即 $\lambda = M_c / (V_c h_{c0})$ ；当柱的反弯点在层高范围内时，均可取 $\lambda = H_n / 2h_{c0}$ ；当 $\lambda < 1.0$ 时，取 $\lambda = 1.0$ ；当 $\lambda > 3$ 时，取 $\lambda = 3$ ；此处， H_n 为柱净高；

N ——无地震作用组合时，为与荷载效应组合的剪力设计值 V_c 相应的轴向压力或拉力设计值；有地震作用组合时，为有地震作用组合的轴向压力或拉力设计值，当轴向压力设计值 $N > 0.3f_c A$ 时，取 $N = 0.3f_c A$ ；此处， A 为柱的全截面面积；

A_{sv} ——验算方向的柱肢截面厚度 b_c 范围内同一截面箍筋各肢总截面面积； $A_{sv} = nA_{sv1}$ ，此处， n 为 b_c 范围内同一截面内箍筋的肢数， A_{sv1} 为单肢箍筋的截面面积；

S ——沿柱高度方向的箍筋间距。

当公式(5.2.2-3)右边的计算值和公式(5.2.2-4)右边括号内的计算值小于 $f_{yv}(A_{sv}/S)h_{c0}$ 时，应取等于 $f_{yv}(A_{sv}/S)h_{c0}$ ，且 $f_{yv}(A_{sv}/S)h_{c0}$ 值不应小于 $0.36f_t b_c h_{c0}$ 。

5.2.3 有地震作用组合的异形柱斜截面剪力设计值 V_c 应按下列公式计算：

- 1 二级抗震等级

$$V_c = 1.2(M_c^t + M_c^b) / H_n \quad (5.2.3-1)$$

- 2 三级抗震等级

$$V_c = 1.1(M_c^t + M_c^b) / H_n \quad (5.2.3-2)$$

- 3 四级抗震等级取有地震作用组合的剪力设计值。

式中 M_c^t 、 M_c^b ——有地震作用组合、且经调整后的柱上、下端弯矩设计值；

H_n ——柱的净高。

在公式(5.2.3-1)和公式(5.2.3-2)中， M_c^t 、 M_c^b 之和应分别按顺时针初逆时针方向计算，

并取其较大值。 M_c^l 、 M_c^b 的取值应符合本规程第 5.1.5 条~第 5.1.7 条的规定。

5.2.4 二、三级抗震等级的角柱，有地震作用组合的剪力设计值应按本规程第 5.2.3 条经调整后的剪力设计值乘以不小于 1.1 的增大系数。

5.3 异形柱框架梁柱节点核心区受剪承载力计算

5.3.1 异形柱框架应进行梁柱节点核心区受剪承载力计算。

5.3.2 节点核心区受剪的水平截面应符合下列条件：

1 无地震作用组合

$$V_j \leq 0.24 \zeta_f \zeta_h f_c b_j h_j \quad (5.3.2-1)$$

2 有地震作用组合

$$V_j \leq (0.19 \zeta_N \zeta_f \zeta_h f_c b_j h_j) / \gamma_{RE} \quad (5.3.2-1)$$

式中 V_j ——节点核心区组合的剪力设计值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，取 0.85；

b_j 、 h_j ——节点核心区的截面有效验算厚度和截面高度，当梁截面宽度与柱肢截面厚度相同，或梁截面宽度每侧凸出柱边小于 50mm 时，可取 $b_j = b_c$ ， $h_j = h_c$ ，此处， b_c 、 h_c 分别为验算方向的柱肢截面厚度和高度(图 5.3.2)；

ζ_N ——轴压比影响系数，应按表 5.3.2-1 采用；

ζ_f ——翼缘影响系数，应按本规程第 5.3.4 条的规定采用；

ζ_h ——截面高度影响系数，应按表 5.3.2-2 采用。

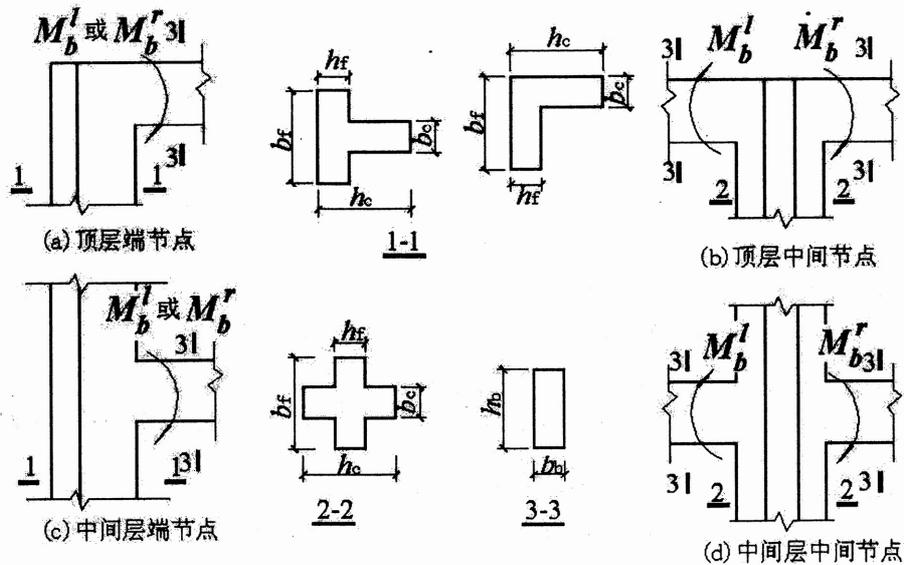


图 5.3.2 框架节点和梁柱截面

表 5.3.2-1 轴压比影响系数 ζ_N

轴压比	≤ 0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
ζ_N	1.00	0.98	0.95	0.90	0.88	0.86	0.84

注：轴压比 $N / (f_c A)$ 指与节点剪力设计值对应的该节点上柱底部轴向压力设计值 N 与柱全截面面积 A 和混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 乘积的比值。

表 5.3.2-2 截面高度影响系数 ζ_h

h_j	≤ 600	700	800	900	1000
ζ_h	1	0.9	0.85	0.8	0.75

5.3.3 节点核心区的受剪承载力应符合下列规定:

1 无地震作用组合

$$V_j \leq 1.38 \left(1 + \frac{0.3N}{f_c A} \right) \zeta_f \zeta_h f_t b_j h_j + \frac{f_{yv} A_{svj}}{s} (h_{b0} - a'_s) \quad (5.3.3-1)$$

2 有地震作用组合

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[1.1 \zeta_N \left(1 + \frac{0.3N}{f_c A} \right) \zeta_f \zeta_h f_t b_j h_j + \frac{f_{yv} A_{svj}}{s} (h_{b0} - a'_s) \right] \quad (5.3.3-2)$$

式中 N ——与组合的节点剪力设计值对应的该节点上柱底部轴向力设计值, 当 N 为压力且 $N > 0.3f_c A$ 时, 取 $N = 0.3f_c A$; 当 N 为拉力时, 取 $N = 0$;

A_{svj} ——核心区有效验算宽度范围内同一截面验算方向的箍筋各肢总截面面积;

h_{b0} ——梁截面有效高度, 当节点两侧梁截面有效高度不等时取平均值;

a'_s ——梁纵向受压钢筋合力点至截面近边距。

5.3.4 翼缘对节点核心区受剪承载力提高作用的翼缘影响系数应按下列规定采用:

1 对柱肢截面高度和厚度相同的等肢异形柱节点, 翼缘影响系数 ζ_f 应按表 5.3.4-1 取用:

表 5.3.4-1 翼缘影响系数 ζ_f

$b_f - b_c$ (mm)		0	300	400	500	600	700
ζ_f	L形	1	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10
	T形	1	1.25	1.30	1.35	1.40	1.40
	十字形	1	1.40	1.45	1.50	1.55	1.55

注: 1 表中 b_f 为垂直于验算方向的柱肢截面高度(图 5.3.2);

2 表中的十字形和 T 形截面是指翼缘为对称的截面。若不对称时, 则翼缘的不对称部分不计算在 b_f 数值内;

3 对 T 形截面, 当验算方向为翼缘方向时, ζ_f 按 L 形截面取值。

2 对柱肢截面高度与厚度不相同的不等肢异形柱节点, 根据柱肢截面高度与厚度不相同的情况, 按表 5.3.4-2 可分为四类; 在公式(5.3.2-1)、(5.3.2-2)和公式(5.3.3-1)、(5.3.3-2)中, ζ_f 均应以有效翼缘影响系数 $\zeta_{f,ef}$ 代替, $\zeta_{f,ef}$ 应按表 5.3.4-2 取用。

表 5.3.4-2 有效翼缘影响系数 $\zeta_{f,ef}$

截面类型	L形、T形和十字形截面			
	A类	B类	C类	D类
截面特征	$b_f \geq h_c$ 和 $h_f \geq b_c$	$b_f \geq h_c$ 和 $h_f < b_c$	$b_f < h_c$ 和 $h_f \geq b_c$	$b_f < h_c$ 和 $h_f < b_c$
$\zeta_{f,ef}$	ζ_f	$1 + \frac{(\zeta_f - 1)h_f}{b_c}$	$1 + \frac{(\zeta_f - 1)b_f}{h_c}$	$1 + \frac{(\zeta_f - 1)b_f h_f}{b_c h_c}$

注: 1 对 A 类节点, 取 $\zeta_{f,ef} = \zeta_f$, ζ_f 值按表 5.3.4-1 取用, 但表中 $(b_f - b_c)$ 值应以 $(h_c - b_c)$ 值代替;

2 对 B 类、C 类和 D 类节点, 确定 $\zeta_{f,ef}$ 值时, ζ_f 值按表 5.3.4-1 取用, 但对 B 类

D类节点，表中 (b_f-b_c) 值应分别以 (h_c-h_f) 和 (h_f-h_f) 值代替。

5.3.5 框架梁柱节点(本规程图 5.3.2)核心区组合的剪力设计值 V_j 应按下列公式计算:

1 无地震作用组合

1) 顶层中间节点和端节点

$$V_j = \frac{M_b^l + M_b^r}{h_{b0} - a'_s} \quad (5.3.5-1)$$

2) 中间层中间节点和端节点

$$V_j = \frac{M_b^l + M_b^r}{h_{b0} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{b0} - a'_s}{H_c - h_b} \right) \quad (5.3.5-2)$$

2 有地震作用组合

1) 顶层中间节点和端节点

$$V_j = \eta_{jb} \left(\frac{M_b^l + M_b^r}{h_{b0} - a'_s} \right) \quad (5.3.5-3)$$

2) 中间层中间节点和端节点

$$V_j = \eta_{jb} \left(\frac{M_b^l + M_b^r}{h_{b0} - a'_s} \right) \left(1 - \frac{h_{b0} - a'_s}{H_c - h_b} \right) \quad (5.3.5-4)$$

式中 η_{jb} ——核心区剪力增大系数，对二、三、四级抗震等级分别取 1.2、1.1、1.0；
 M_b^l 、 M_b^r ——框架节点左、右两侧梁端弯矩设计值，无地震作用组合时，取荷载效应组合的弯矩设计值；有地震作用组合时，取有地震作用组合的弯矩设计值；
 H_c ——柱的计算高度，可取节点上柱与下柱反弯点之间的距离；
 h_{b0} 、 h_b ——梁的截面有效高度、截面高度，当节点两侧梁高不相同，取其平均值。

5.3.6 当框架梁截面宽度每侧凸出柱边不小于 50mm 但不大于 75mm，且梁上、下角部的纵向受力钢筋在本柱肢的纵向受力钢筋外侧锚入梁柱节点时，可忽略凸出柱边部分的作用，近似取节点核心区有效验算厚度为柱肢截面厚度 $(b_j=b_c)$ ，并按本规程第 5.3.2 条至第 5.3.4 条的规定验算节点核心区受剪承载力。也可根据梁纵向受力钢筋在柱肢截面厚度范围内、外的截面面积比例，对柱肢截面厚度以内和以外的范围分别验算其受剪承载力。此时，除应符合本规程第 5.3.2 条至第 5.3.4 条要求外，尚宜符合下列规定：

1 按本规程公式(5.3.2-1)和公式(5.3.2-2)验算核心区受剪截面时，核心区截面有效验算厚度可取梁宽和柱肢截面厚度的平均值；

2 验算核心区受剪承载力时，在柱肢截面厚度范围内的核心区，轴向力的取值应与本规程第 5.3.3 条的规定相同；柱肢截面厚度范围外的核心区，可不考虑轴向压力对受承载力的有利作用。

6 结构构造

6.1 一般规定

6.1.1 异形柱结构的梁、柱、剪力墙和节点构造措施，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。

- 6.1.2 异形柱、梁、剪力墙和节点的材料应符合下列要求：
- 1 混凝土的强度等级不应低于 C25，且不应高于 C50；
 - 2 纵向受力钢筋宜采用 HRB400、HRB335 级钢筋；箍筋宜采用 HRB335、HRB400、HPB235 级钢筋。
- 6.1.3 框架梁截面高度可按 $(1/10 \sim 1/15)l_b$ 确定 (l_b 为计算跨度)，且非抗震设计时不宜小于 350mm；抗震设计时不宜小于 400mm。梁的净跨与截面高度的比值不宜小于 4。梁的截面宽度不宜小于截面高度的 1/4 和 200mm。
- 6.1.4 异形柱截面的肢厚不应小于 200mm，肢高不应小于 500mm。
- 6.1.5 异形柱、梁的纵向受力钢筋的连接接头可采用焊接、机械连接或绑扎搭接。接头位置宜设在构件受力较小处。在层高范围内柱的每根纵向受力钢筋接头数不应超过一个。
- 柱的纵向受力钢筋在同一连接区段的连接接头面积百分率不应大于 50%，连接区段的长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定。
- 6.1.6 异形柱、梁纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2002 第 9.2.1 条的规定。
- 注：处于一类环境且混凝土强度等级不低于 C40 时，异形柱纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度应允许减小 5mm。
- 6.1.7 异形柱、梁纵向受拉钢筋的锚固长度 l_a 和抗震锚固长度 l_{aE} 应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定确定。

6.2 异形柱结构

- 6.2.1 异形柱的剪跨比宜大于 2，抗震设计时不应小于 1.50。
- 6.2.2 抗震设计时，异形柱的轴压比不宜大于表 6.2.2 规定的限值。

表 6.2.2 异形柱的轴压比限值

结构体系	截面形式	抗震等级		
		二级	三级	四级
框架结构	L 形	0.50	0.60	0.70
	T 形	0.55	0.65	0.75
	十字形	0.60	0.70	0.80
框架-剪力墙结构	L 形	0.55	0.65	0.75
	T 形	0.60	0.70	0.80
	十字形	0.65	0.75	0.85

- 注：1 轴压比 $N/(f_c A)$ 指考虑地震作用组合的异形柱轴向压力设计值 N 与柱全截面面积 A 和混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 乘积的比值；
- 2 剪跨比不大于 2 的异形柱，轴压比限值应按表内相应数值减小 0.05；
 - 3 框架-剪力墙结构，在基本振型地震作用下，当框架部分承担的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的 50% 时，异形柱轴压比限值应按框架结构采用。

- 6.2.3 异形柱的钢筋应满足下列要求(图 6.2.3)：
- 1 在同一截面内，纵向受力钢筋宜采用相同直径，其直径不应小于 14mm，且不应大于 25mm；
 - 2 内折角处应设置纵向受力钢筋；
 - 3 纵向钢筋间距：二、三级抗震等级不宜大于 200mm；四级不宜大于 250mm；非抗震设计不宜大于 300mm。当纵向受力钢筋的间距不能满足上述要求时，应设置纵向构造钢筋，其直径不应小于 12mm，并应设置拉筋，拉筋间距应与箍筋间距相同。

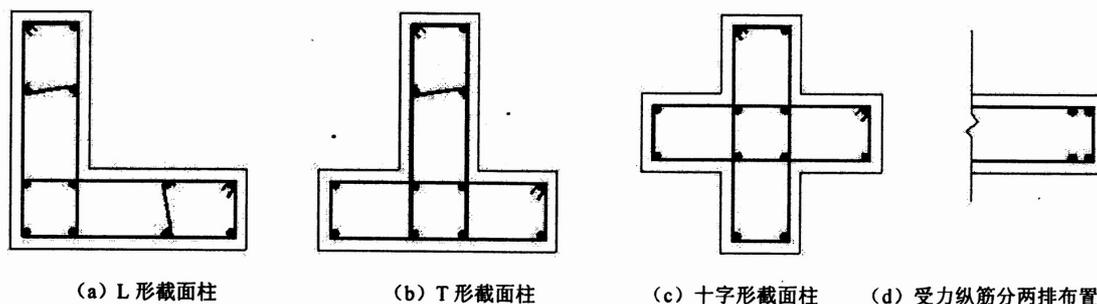


图 6.2.3 异形柱的配筋方式

6.2.4 异形柱纵向受力钢筋之间的净距不应小于 50mm。柱肢厚度为 200~250mm 时，纵向受力钢筋每排不应多于 3 根；根数较多时，可分二排设置(本规程图 6.2.3d)。

6.2.5 异形柱中全部纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表 6.2.5 规定的数值，且按柱全截面面积计算的柱肢各肢端纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于 0.2；建于 IV 类场地且高于 28m 的框架，全部纵向受力钢筋的最小配筋百分率应按表 6.2.5 中的数值增加 0.1 采用。

表 6.2.5 异形柱全部纵向受力钢筋的最小配筋百分率(%)

柱类型	抗震等级			非抗震
	二级	三级	四级	
中柱、边柱	0.8	0.8	0.8	0.8
角柱	1.0	0.9	0.8	0.8

注：采用 HRB400 级钢筋时，全部纵向受力钢筋的最小配筋百分率应允许按表中数值减小 0.1，但调整后的数值不应小于 0.8。

6.2.6 异形柱全部纵向受力钢筋的配筋率，非抗震设计时不应大于 4%；抗震设计时不应大于 3%。

6.2.7 异形柱应采用复合箍筋(图 6.2.7)，严禁采用有内折角的箍筋。箍筋应做成封闭式，其末端应做成 135° 的弯钩。

弯钩端头平直段长度，非抗震设计时不应小于 5d(d 为箍筋直径)；当柱中全部纵向受力钢筋的配筋率大于 3% 时，不应小于 10d。抗震设计时不应小于 10d，且不应小于 75mm。

当采用拉筋形成复合箍时，拉筋应紧靠纵向钢筋并钩住箍筋。

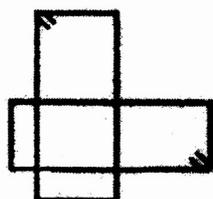


图 6.2.7 箍筋型式

6.2.8 非抗震设计时，异形柱的箍筋直径不应小于 0.25d(d 为纵向受力钢筋的最大直径)，且不应小于 6mm；箍筋间距不应大于 250mm，且不应大于柱肢厚度和 15d(d 为纵向受力钢筋的最小直径)；当柱中全部纵向受力钢筋的配筋率大于 3% 时，箍筋直径不应小于 8mm，间距不应大于 200mm，且不应大于 10d(d 为纵向受力钢筋的最小直径)；箍筋肢距不宜大于 300mm。

6.2.9 抗震设计时，异形柱箍筋加密区的箍筋应符合下列规定：

1 加密区的体积配箍率应符合下列要求：

$$\rho_v \geq \lambda_v f_c / f_{yv} \quad (6.2.9)$$

式中 ρ_v ——箍筋加密区的箍筋体积配箍率，计算复合箍的体积配箍率时，应扣除重叠部分的箍筋体积；

f_c ——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，超过 300N/mm^2 时，应取 300N/mm^2 计算；

λ_v ——最小配箍特征值，按表 6.2.9 采用。

- 2 对抗震等级为二、三、四级的框架柱，箍筋加密区的箍筋体积配箍率分别不应小于 0.8%、0.6%、0.5%。
- 3 当剪跨比 $\lambda \leq 2$ 时，二、三级抗震等级的柱，箍筋加密区的箍筋体积配箍率不应小于 1.2%。

表 6.2.9 异形柱箍筋加密区的箍筋最小配箍特征值 λ_v

抗震等级	截面形式	柱轴压比										
		≤ 0.3	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
二级	L 形	0.1	0.13	0.15	0.18	0.20	—	—	—	—	—	—
三级		0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	—	—	—	—
四级		0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	—	—
二级	T 形	0.09	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21	—	—	—	—	—
三级		0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	—	—	—
四级		0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	—
二级	十字形	0.08	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20	0.22	—	—	—	—
三级		0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	—	—
四级		0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22

6.2.10 抗震设计时，异形柱箍筋加密区的箍筋最大间距和箍筋最小直径应符合表 6.2.10 的规定。

表 6.2.10 异形柱箍筋加密区箍筋的最大间距和最小直径

抗震等级	箍筋最大间距(mm)	箍筋最小直径(mm)
二级	纵向钢筋直径的 6 倍和 100 的较小值	8
三级	纵向钢筋直径的 7 倍和 120（柱根 100）的较小值	8
四级	纵向钢筋直径的 7 倍和 150（柱根 100）的较小值	6（柱根 8）

注：1 底层柱的柱根指地下室的顶面或无地下室情况的基础顶面；

2 三、四级抗震等级的异形柱，当剪跨比 λ 不大于 2 时，箍筋间距不应大于 100mm，箍筋直径不应小于 8mm。

6.2.11 异形柱箍筋加密区箍筋的肢距：二、三级抗震等级不宜大于 200mm，四级抗震等级不宜大于 250mm。此外，每隔一根纵向钢筋宜在两个方向均有箍筋或拉筋约束。

6.2.12 异形柱的箍筋加密区范围应按下列规定采用：

- 1 柱端取截面长边尺寸、柱净高的 1/6 和 500mm 三者中的最大值；
- 2 底层柱柱根不小于柱净高的 1/3；当有刚性地面时，除柱端外尚应取刚性地面上、下各 500mm；
- 3 剪跨比不大于 2 的柱以及因设置填充墙等形成的柱净高与柱肢截面高度之比不大于 4 的柱取全高；
- 4 二、三级抗震等级的角柱取柱全高。

6.2.13 抗震设计时，异形柱非加密区箍筋的体积配箍率不宜小于箍筋加密区的 50%；箍筋

间距不应大于柱肢截面厚度；二级抗震等级不应大于 $10d$ (d 为纵向受力钢筋直径)；三、四级抗震等级不应大于 $15d$ 和 250mm 。

6.2.14 当柱的纵向受力钢筋采用绑扎搭接接头时，搭接长度范围内箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 0.25 倍，箍筋间距不应小于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100mm 。

6.3 异形柱框架梁柱节点

6.3.1 框架柱的纵向钢筋，应贯穿中间层的中间节点和端节点，且接头不应设置在节点核心区。

6.3.2 框架顶层柱的纵向受力钢筋应锚固在柱顶、梁、板内，锚固长度应由梁底算起。顶层端节点柱内侧的纵向钢筋和顶层中间节点处的柱纵向钢筋均应伸至柱顶(图 6.3.2)，当采用直线锚固方式时，锚固长度对非抗震设计不应小于 $1a$ ，抗震设计不应小于 $1a_E$ 。直线段锚固长度不足时，该纵向钢筋伸到柱顶后应分别向内、外弯折，弯弧内半径，对顶层端节点和顶层中间节点分别不宜小于 $5d$ 和 $6d$ (d 为纵向受力钢筋直径)。弯折前的竖直投影长度非抗震设计时不应小于 $0.5l_a$ ，抗震设计时不应小于 $0.5l_{aE}$ 。弯折后的水平投影长度不应小于 $12d$ 。

抗震设计时，贯穿顶层中间节点的梁上部纵向钢筋直径，对二、三级抗震等级不宜大于该方向柱肢截面高度 h_c 的 $1/30$ 。

顶层端节点处柱外侧纵向钢筋可与梁上部纵向钢筋搭接(图 6.3.2a)，搭接长度非抗震设计时不应小于 $1.6l_a$ ，抗震设计时不应小于 $1.6l_{aE}$ 。且伸入梁内的柱外侧纵向钢筋截面面积不宜少于柱外侧全部纵向钢筋面积的 50% 。在梁宽范围以外的柱外侧纵向钢筋可伸入现浇板内，伸入长度应与伸入梁内的相同。

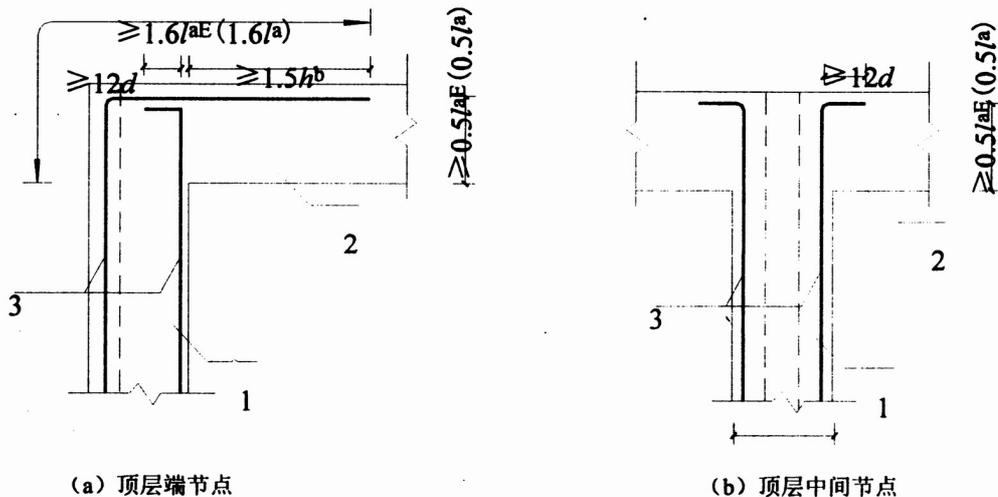


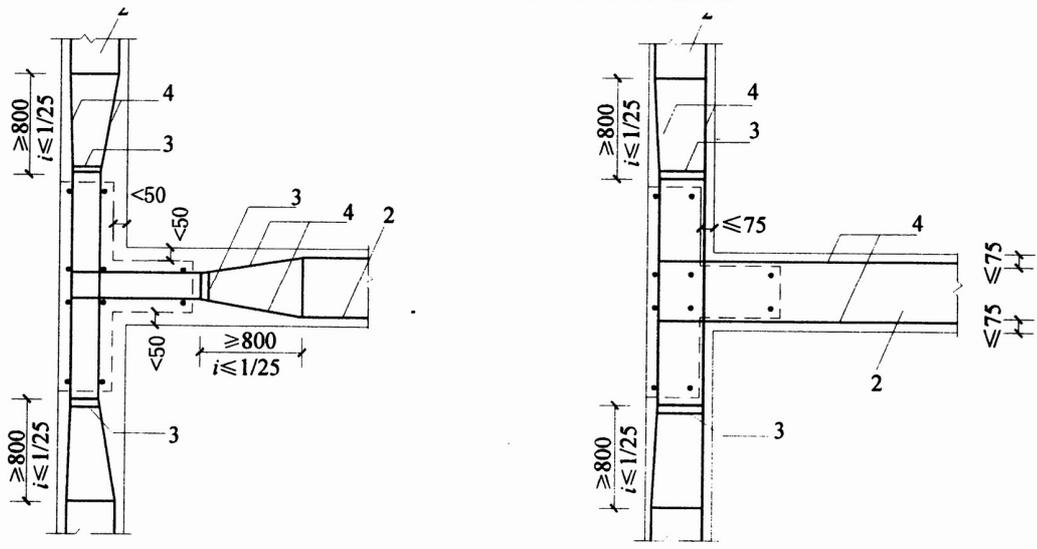
图 6.3.2 框架顶层柱纵向钢筋的锚固和搭接

注：括号内数值为相应的非抗震设计规定

1—异形柱；2—框架梁；3—柱的纵向钢筋

6.3.3 当框架梁的截面宽度与异形柱柱肢截面厚度相等或梁截面宽度每侧凸出柱边小于 50mm 时，在梁四角上的纵向受力钢筋应在离柱边不小于 80mm 且满足坡度不大于 $1/25$ 的条件下，向本柱肢纵向受力钢筋的内侧弯折锚入梁柱节点核心区。在梁钢筋弯折处应设置不少于 2 根直径 8mm 的附加封闭箍筋(图 6.3.3-1a)。

对梁的纵筋弯折区段内过厚的混凝土保护层尚应采取有效的防裂构造措施。



(a) 弯折锚入 (b) 直线锚入

图 6.3.3-1 框架梁纵向钢筋锚入节点区的构造

1—异形柱 2—框架梁；3—附加封闭箍筋；4—梁的纵向受力钢筋

当梁的截面宽度的任一侧凸出柱边不小于 50mm 时，该侧梁角部的纵向受力钢筋可在本柱肢纵向受力钢筋的外侧锚入节点核心区，但凸出柱边尺寸不应大于 75mm(图 6.3.3-1b)。且从柱肢纵向受力钢筋内侧锚入的梁上部、下部纵向受力钢筋，分别不宜小于梁上部、下部纵向受力钢筋截面面积的 70%。

当上部、下部梁角的纵向钢筋在本柱肢纵向受力钢筋的外侧锚入节点核心区时，梁的箍筋配置范围应延伸到与另一方向框架梁相交处(图 6.3.3-2)。且节点处一倍梁高范围内梁的侧面应设置纵向构造钢筋并伸至柱外侧，钢筋直径不应小于 8mm，间距不应大于 100mm。

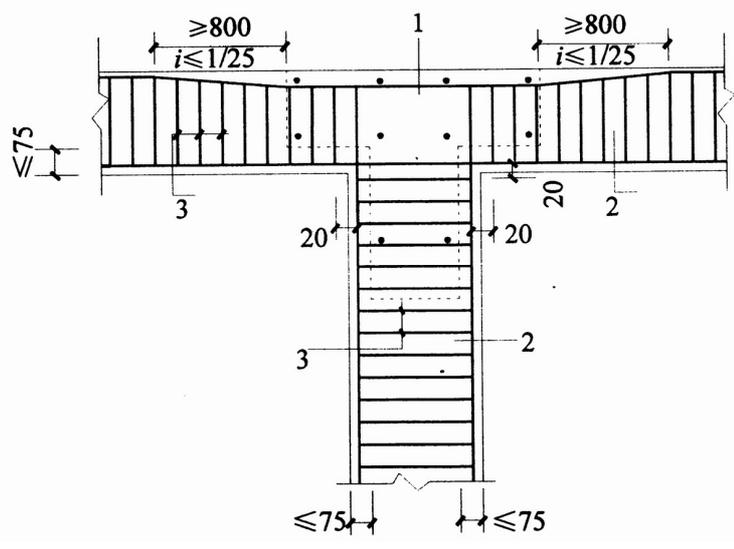


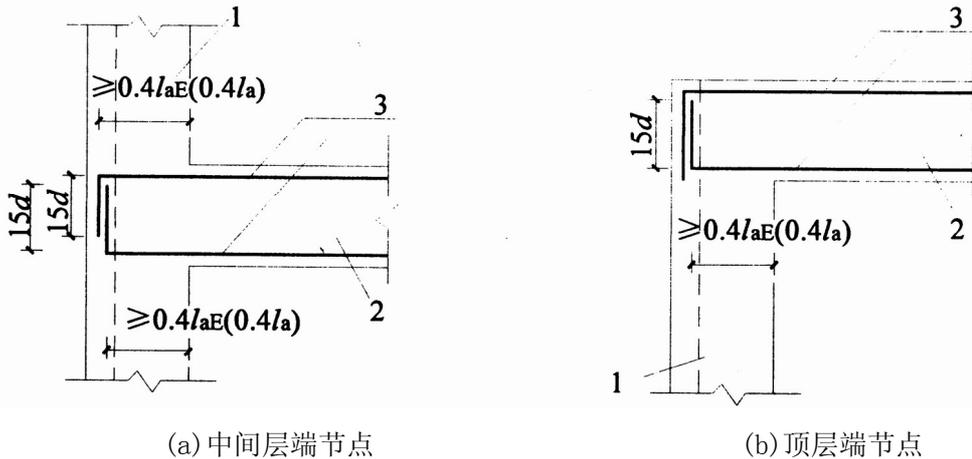
图 6.3.3-2 梁宽大于柱肢厚时的箍筋构造

1—异形柱；2—框架梁；3—梁箍筋

6.3.4 框架中间层端节点(图 6.3.4a)，框架梁上部和下部纵向钢筋可采用直线方式锚入端节点，锚固长度除非抗震设计不应小于 l_a ，抗震设计不应小于 l_{aE} ，尚应伸至柱外侧。当水

平直线段的锚固长度不足时，梁上部和下部纵向钢筋应伸至柱外侧并分别向下、向上弯折，弯弧内半径不宜小于 $5d$ (d 为纵向受力钢筋直径)，弯折前的水平投影长度非抗震设计时不应小于 $0.4l_a$ ，抗震设计时不应小于 $0.4l_{aE}$ ，对框架梁纵向钢筋在柱筋外侧伸入节点的情况，则分别不应小于 $0.5l_a$ 和 $0.5l_{aE}$ ，弯折后的竖直投影长度取 $15d$ 。

框架顶层端节点(图 6.3.4b)，梁上部纵向钢筋应伸至柱外侧并向下弯折到梁底标高，梁下部纵向钢筋应伸至柱外侧并向上弯折，弯弧内半径不宜小于 $6d$ 。弯折前的水平投影长度非抗震设计时不应小于 $0.4l_a$ ，抗震设计时不应小于 $0.4l_{aE}$ ，对框架梁纵向钢筋在柱筋外侧伸入节点的情况，则分别不应小于 $0.5l_a$ 和 $0.5l_{aE}$ 。弯折后的竖直投影长度取 $15d$ 。



(a) 中间层端节点

(b) 顶层端节点

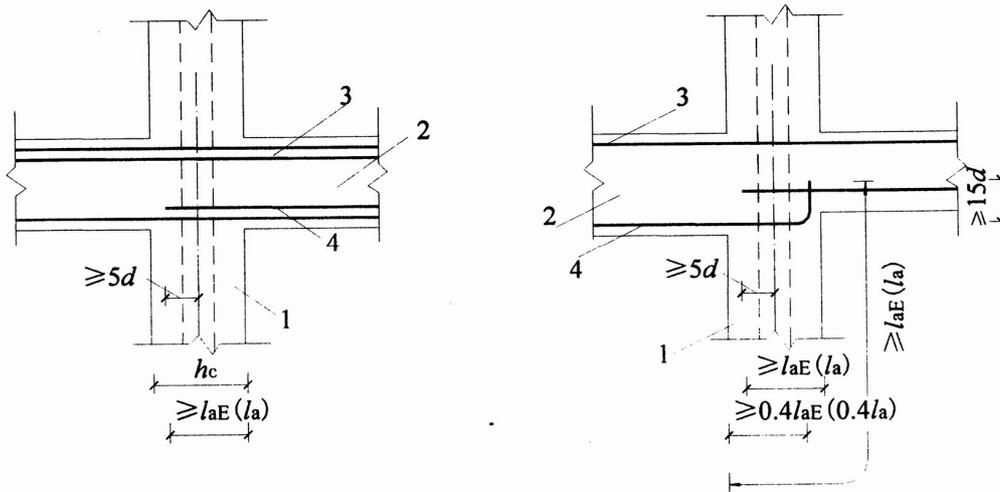
图 6.3.4 框架梁的纵向钢筋在端节点区的锚固

注：括号内数值为相应的非抗震设计规定

1—异形柱；2—框架梁；3—梁的纵向钢筋

6.3.5 中间层中间节点框架梁纵向钢筋应满足下列要求：

- 1 抗震设计时，对二、三级抗震等级，贯穿中柱的梁纵向钢筋直径不宜大于该方向柱肢截面高度 h_c 的 $1/30$ ，当混凝土的强度等级为 C40 及以上时可取 $1/25$ ，且纵向钢筋的直径不应大于 25mm ；
- 2 两侧高度相等的梁(图 6.3.5a)，上部及下部纵向钢筋各排宜分别采用相同直径，并均应贯穿中间节点；若两侧梁的下部钢筋根数不相同，差额钢筋伸入中间节点的总长度，非抗震设计时不应小于 l_a ；抗震设计时不应小于 l_{aE} ，且伸过柱肢中心线不应小于 $5d$ (d 为纵向受力钢筋直径)；
- 3 两侧高度不相等的梁(图 6.3.5b)，上部纵向钢筋应贯穿中间节点，下部纵向钢筋伸入中间节点的总长度，非抗震设计时不应小于 l_a ，抗震设计时不应小于 l_{aE} 。下部钢筋弯折时，弯弧内半径不宜小于 $5d$ 。弯折前的水平投影长度非抗震设计时不应小于 $0.4l_a$ ，抗震设计时不应小于 $0.4l_{aE}$ ；对框架梁纵向钢筋在柱筋外侧伸入节点核心区的情况，则分别不应小于 $0.5l_a$ 和 $0.5l_{aE}$ 。弯折后的竖直投影长度不应小于 $15d$ 。



(a) 等高梁节点 (b) 不等高梁节点

图 6.3.5 框架梁纵向钢筋在中间节点区的锚固

注：括号内数值为相应的非抗震设计规定

1—异形柱；2—框架梁；3—梁上部纵向钢筋；4—梁下部纵向钢筋

4 抗震设计时，对二、三级抗震等级的框架梁，梁端的纵向受拉钢筋百分率不宜大于表 6.3.5 的规定值。

表 6.3.5 梁端纵向受拉钢筋最大配筋百分率

抗震等级	混凝土	C25	C30	C35	C40	C45	C50
二、三级	钢筋	HRB335	1.4	1.7	2.0	2.2	2.4
		HRB400	1.1	1.4	1.7	1.9	2.1

6.3.6 节点核心区应设置水平箍筋。水平箍筋的配置应满足节点核心区受剪承载力的要求，并应符合下列规定：

- 1 非抗震设计时，节点核心区箍筋的最小直径、最大间距应符合本规程第 6.2.8 条的规定；
- 2 抗震设计时，节点核心区箍筋最大间距和最小直径宜按本规程表 6.2.10 采用。对二、三和四级抗震等级，节点核心区配箍特征值分别不宜小于 0.10、0.08 和 0.06，且体积配箍率分别不宜小于 0.8%、0.6%和 0.5%。对二、三级抗震等级且剪跨比不大于 2 的框架柱，节点核心区配箍特征值不宜小于核心区上、下柱端配箍特征值的较大值；
- 3 当顶层端节点内设有梁上部纵向钢筋与柱外侧纵向钢筋的搭接接头时，节点核心区的箍筋尚应符合本规程第 6.2.14 条的规定。

7 异形柱结构的施工

7.0.1 异形柱结构的施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求，并应与设计单位配合，针对异形柱结构的特点，制订专门的施工技术方案并严格执行。

7.0.2 异形柱结构的模板及其支架应根据工程结构的形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件进行专门设计。模板及其支架应具有足够的承载力、刚度和稳定性，应能可靠地承受浇筑混凝土的重量、侧压力和施工荷载。

7.0.3 异形柱结构的纵向受力钢筋，应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2002

第 4.2.2 条的要求，对二级抗震等级设计的框架结构，检验所得的强度实测值，尚应符合下列要求：

- 1 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值之比不应小于 1.25；
- 2 钢筋的屈服强度实测值与标准值的比值不应大于 1.3。

7.0.4 当钢筋的品种、级别或规格需作变更时，应办理设计变更文件。

7.0.5 异形柱框架的受力钢筋采用焊接或机械连接时，接头的类型及质量应符合设计要求及现行国家行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18、《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107 的有关规定。施工单位应具有相应的资质，操作人员应通过考核并持有相应的操作证件。

7.0.6 异形柱混凝土的粗骨料宜采用碎石，最大粒径不宜大于 31.5mm，并应符合现行国家行业标准《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及试验方法》JGJ 53 的有关规定。

7.0.7 每楼层的异形柱混凝土应连续浇筑、分层振捣，且不得在柱净高范围内留置施工缝。框架节点核心区的混凝土应采用相交构件混凝土强度等级的最高值，并应振捣密实。

7.0.8 冬期施工应符合现行国家行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104 和施工技术方案的规定。

7.0.9 异形柱结构施工的尺寸允许偏差应符合表 7.0.9 的规定，尺寸允许偏差的检验方法应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定执行。

表 7.0.9 异形柱结构施工的尺寸允许偏差

项次	项 目		允许偏差 (mm)	
1	轴线位置	梁、柱	6	
		剪力墙	4	
2	垂直度	层间	层高不大于 5m	6
			层高大于 5m	8
		全高 H (mm)	H/1000 且 ≤30	
3	标高	层高	±10	
		全高	±30	
4	截面尺寸		+8, 0	
5	表面平整 (在 2m 长度范围内)		6	
6	预埋设施中心 线位置	预埋件	8	
		预埋螺栓、预埋管	4	
7	预留孔洞中心线位置		10	

7.0.10 当需要替换原设计的墙体材料时，应办理设计变更文件。填充墙与框架柱、梁之间均应有可靠的连接。

7.0.11 异形柱肢体及节点核心区内不得预留或埋设水、电、燃气管道和线缆；安装水、电、燃气管道和线缆时，不应削弱柱截面。

附录 A 底部抽柱带转换层的异形柱结构

A.0.1 底部抽柱带转换层的异形柱结构，其转换结构构件宜采用梁。

A.0.2 底部抽柱带转换层的异形柱结构可用于非抗震设计和 6 度、7 度 (0.10g) 抗震设计的房屋建筑。

A.0.3 底部抽柱带转换层的异形柱结构在地面以上大空间的层数：非抗震设计不宜超过 3 层；抗震设计不宜超过 2 层。

A.0.4 底部抽柱带转换层异形柱结构适用的房屋最大高度应按本规程第 3.1.2 条规定的限值降低不少于 10%，且框架结构不应超过 6 层。框架-剪力墙结构，非抗震设计不应超过 12 层，抗震设计不应超过 10 层。

A.0.5 底部抽柱带转换层异形柱结构的结构布置除应符合本规程第3章的规定外，尚应符合下列要求：

- 1 框架-剪力墙结构中的剪力墙应全部落地，并贯通房屋全高。抗震设计时，在基本振型地震作用下，剪力墙部分承受的地震倾覆力矩应大于结构总地震倾覆力矩的50%；
- 2 矩形平面建筑中剪力墙的间距，非抗震设计不宜大于3倍楼盖宽度，且不宜大于36m；抗震设计不宜大于2倍楼盖宽度，且不宜大于24m。
- 3 框架结构的底部托柱框架不应采用单跨框架；
- 4 落地的框架柱应连续贯通房屋全高；不落地的框架柱应连续贯通转换层以上的所有楼层。底部抽柱数不宜超过转换层相邻上部楼层框架柱总数的30%；
- 5 转换层下部结构的框架柱不应采用异形柱；
- 6 不落地的框架柱应直接落在转换层主结构上。托柱梁应双向布置，可双向均为框架梁，或一方向为框架梁，另一方向为托柱次梁。

注：直接承托不落地柱的框架称托柱框架，直接承托不落地柱的框架梁称托柱框架梁，直接承托不落地柱的非框架梁称托柱次梁。

A.0.6 转换层上部结构与下部结构的侧向刚度比宜接近1。转换层上、下部结构侧向刚度比可按国家行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2002第E.0.2条的规定计算。

A.0.7 托柱框架梁的截面宽度，不应小于梁宽度方向被托异形柱截面的肢高或一般框架柱的截面高度；不宜大于托柱框架柱相应方向的截面宽度。托柱框架梁的截面高度不宜小于托柱框架梁计算跨度的1/8；当双向均为托柱框架时，不宜小于短跨框架梁计算跨度的1/8。

托柱次梁应垂直于托柱框架梁方向布置，梁的宽度不应小于400mm，其中心线应与同方向被托异形柱截面肢厚或一般框架柱截面的中心线重合。

A.0.8 转换层及下部结构的混凝土强度等级不应低于C30。

A.0.9 转换层楼面应采用现浇楼板，楼板的厚度不应小于150mm，且应双层双向配筋，每层每方向的配筋率不宜小于0.25%。楼板钢筋应锚固在边梁或墙体内。

楼板与异形柱内拐角相交部位宜加设呈放射形或斜向平行布置的板面钢筋。

楼板边缘和较大洞口周边应设置边梁，其宽度不宜小于板厚的2倍，纵向钢筋配筋率不应小于1.0%，钢筋连接接头宜采用焊接或机械连接。

A.0.10 转换层上部异形柱向底部框架柱转换时，下部框架柱截面的外轮廓尺寸不宜小于上部异形柱截面外轮廓尺寸。转换层上部异形柱截面形心与下部框架柱截面形心宜重合，当不重合时应考虑偏心的影响。

A.0.11 底部大空间带转换层的异形柱结构的结构布置、计算分析、截面设计和构造要求，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行标准的有关规定。

本规程用词说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规程中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。