

矩形柱纵筋按构造配筋案例分析

张月月

柱纵筋的配筋设计不仅需要满足承载力计算的要求，还需遵循规范中关于最小配筋率的强制性规定。本文系统梳理了 YJK 软件中关于混凝土矩形柱纵筋按构造配筋的几种典型场景，分析其原因和计算方法，旨在帮助工程师和设计师更好地理解和应用相关规范，从而在实际工作中做出更加科学和合理的决策。

柱纵筋按构造配筋是指当柱按承载力计算得到的纵筋配筋数值小于按规范要求的最小配筋率计算得到的配筋数值时，则柱按构造配筋数值配筋。现行混凝土相关规范对柱纵筋最小配筋率的规定大致相同，局部有差异。

《混凝土结构通用规范》对柱纵筋的最小配筋率的要求如图一所示：

4.4.9混凝土柱纵向钢筋和箍筋配置应符合下列规定：

1 柱全部纵向普通钢筋的配筋率不应小于表4.4.9-1的规定，且柱截面每一侧纵向普通钢筋配筋率不应小于0.20%；当柱的混凝土强度等级为C60以上时，应按表中规定值增加0.10%采用；当采用400MPa级纵向受力钢筋时，应按表中规定值增加0.05%采用。

表4.4.9-1 柱纵向受力钢筋最小配筋率(%)

柱类型	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
中柱、边柱	0.90(1.00)	0.70(0.80)	0.60(0.70)	0.50(0.60)
角柱、框支柱	1.10	0.90	0.80	0.70

注：表中括号内数值用于房屋建筑纯框架结构柱。

图一

《混凝土结构设计标准》（2024年版）对柱纵筋的最小配筋率的要求如图二所示：

11.4.12 框架柱和框支柱的钢筋配置，应符合下列要求：

1 框架柱和框支柱中全部纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表 11.4.12-1 规定的数值，同时，每一侧的配筋百分率不应小于 0.20%；对 IV 类场地上较高的高层建筑，最小配筋百分率应增加 0.1；

表 11.4.12-1 柱全部纵向受力钢筋最小配筋百分率 (%)

柱类型	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
中柱、边柱	0.90(1.00)	0.70(0.80)	0.60(0.70)	0.50(0.60)
角柱、框支柱	1.10	0.90	0.80	0.70

- 注：1 表中括号内数值用于框架结构的柱；
 2 采用 335MPa 级、400MPa 级纵向受力钢筋时，应分别按表中数值增加 0.1 和 0.05% 采用；
 3 当混凝土强度等级为 C60 以上时，应按表中数值增加 0.10% 采用。

图二

《混凝土结构设计规范》(2015 年版)对柱纵筋的最小配筋率的要求如图三所示：

11.4.12 框架柱和框支柱的钢筋配置，应符合下列要求：

1 框架柱和框支柱中全部纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表 11.4.12-1 规定的数值，同时，每一侧的配筋百分率不应小于 0.2；对 IV 类场地上较高的高层建筑，最小配筋百分率应增加 0.1；

表 11.4.12-1 柱全部纵向受力钢筋最小配筋百分率 (%)

柱类型	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
中柱、边柱	0.9 (1.0)	0.7 (0.8)	0.6 (0.7)	0.5 (0.6)
角柱、框支柱	1.1	0.9	0.8	0.7

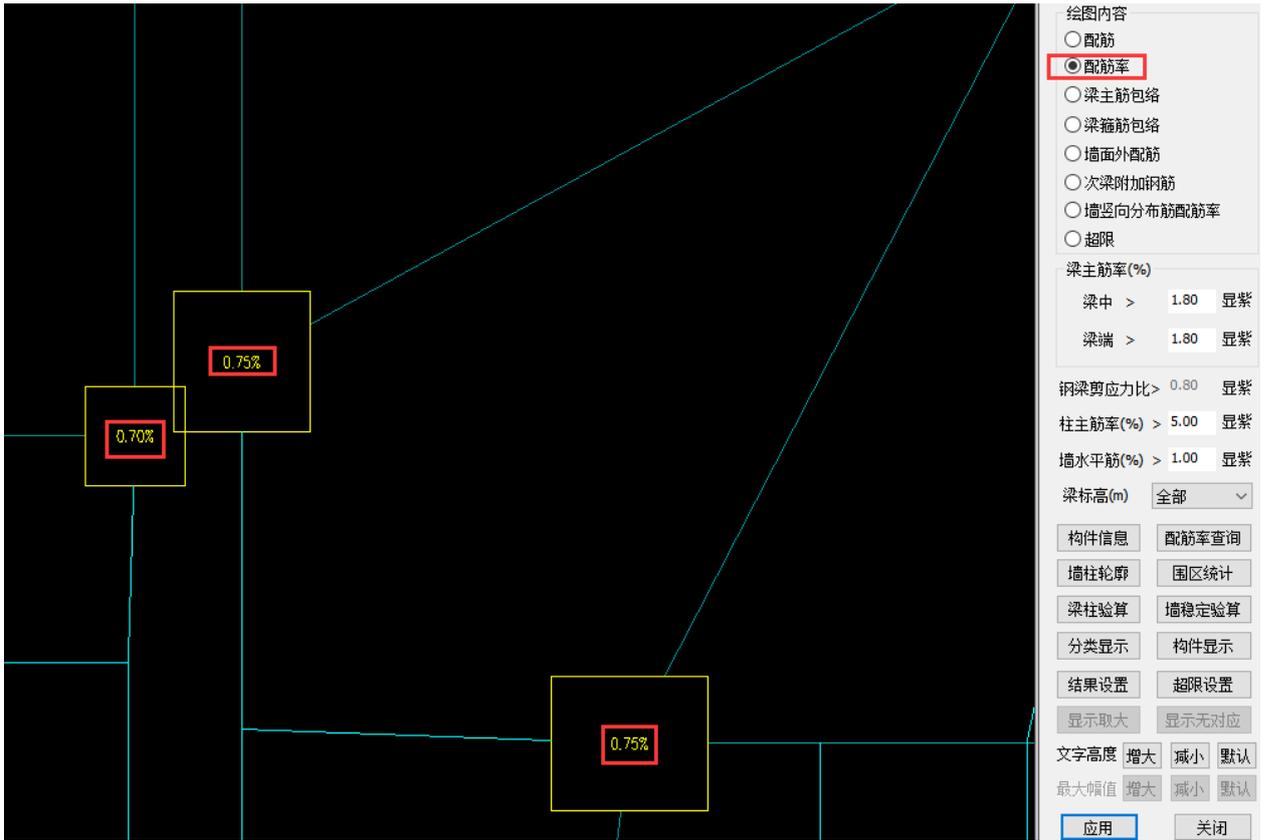
注：

- 1 表中括号内数值用于框架结构的柱；
 2 采用 335MPa 级、400MPa 级纵向受力钢筋时，应分别按表中数值增加 0.1 和 0.05 采用；
 3 当混凝土强度等级为 C60 以上时，应按表中数值增加 0.1 采用。

图三

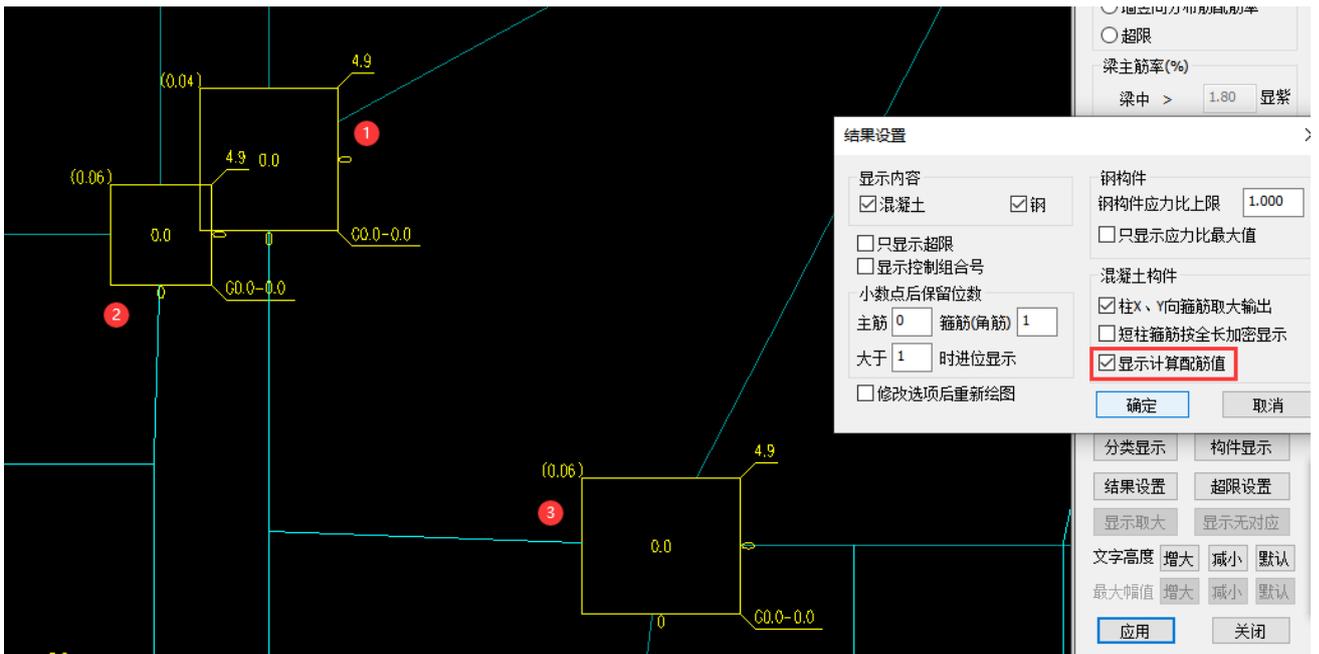
情况一：单侧最小配筋率控制

案例 1：框剪结构，模型定义了 4 级构造，柱子钢筋级别为 HRB400，按规范柱纵筋最小配筋率应该为 0.55%，柱子计算输出结果配筋率为什么是 0.75% 和 0.70% 呢？



图四

工程分析：对于这个模型，首先查看配筋简图并打开【结果设置】中的【显示计算配筋值】，可以看到图五中的柱纵筋计算配筋面积是 0，说明这些柱是按构造配筋取值。此时显示的纵筋配筋率 0.75%和 0.70% 应该是构造配筋率，按规范要求，这些柱的全部纵筋最小配筋率应是 0.55%。

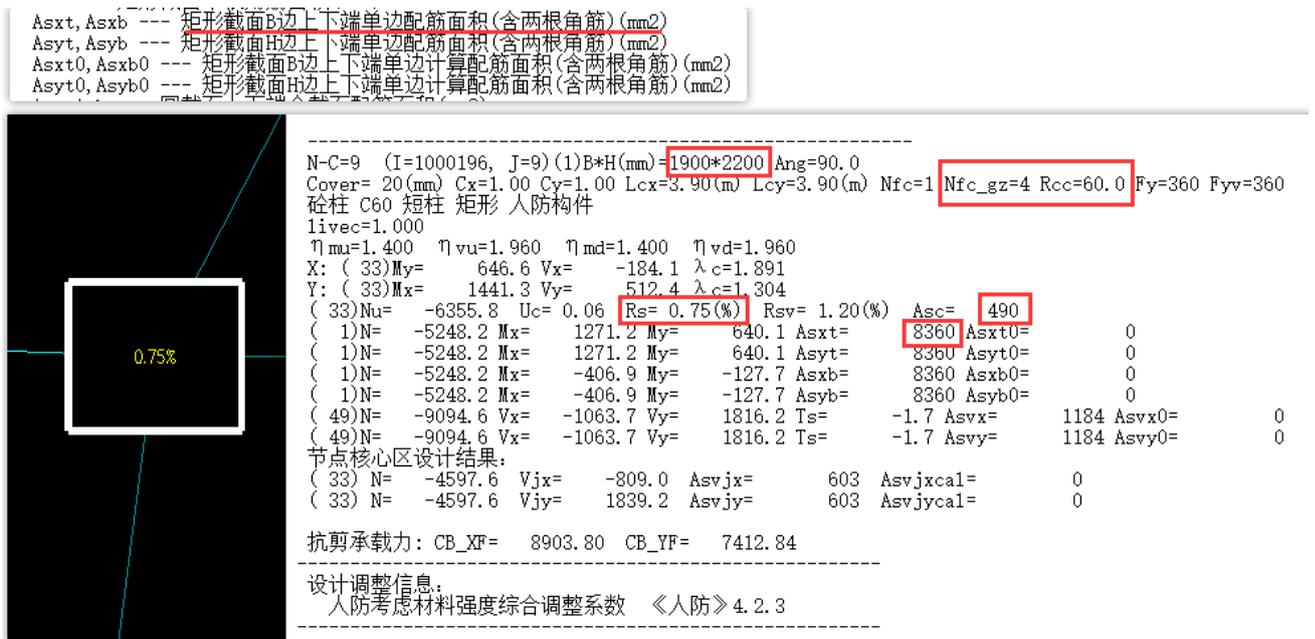


图五

是否程序输出有误呢？查看模型可以看到，配筋率 0.75%和 0.70%的柱截面尺寸也有差异，并且该模型中柱截面尺寸都比较大。规范不仅对全截面最小配筋率进行规定，同时还要求柱每一侧的纵筋不应小于 0.2%。这时需要计算下这些柱的单侧最小配筋及全部纵筋配筋率。

对图五中的 3 号柱：

单侧最小配筋需要 $1900 \times 2200 \times 0.002 = 8360 \text{mm}^2$ ，与构件信息中输出的 Asx (Asy) 一致，如图六所示。



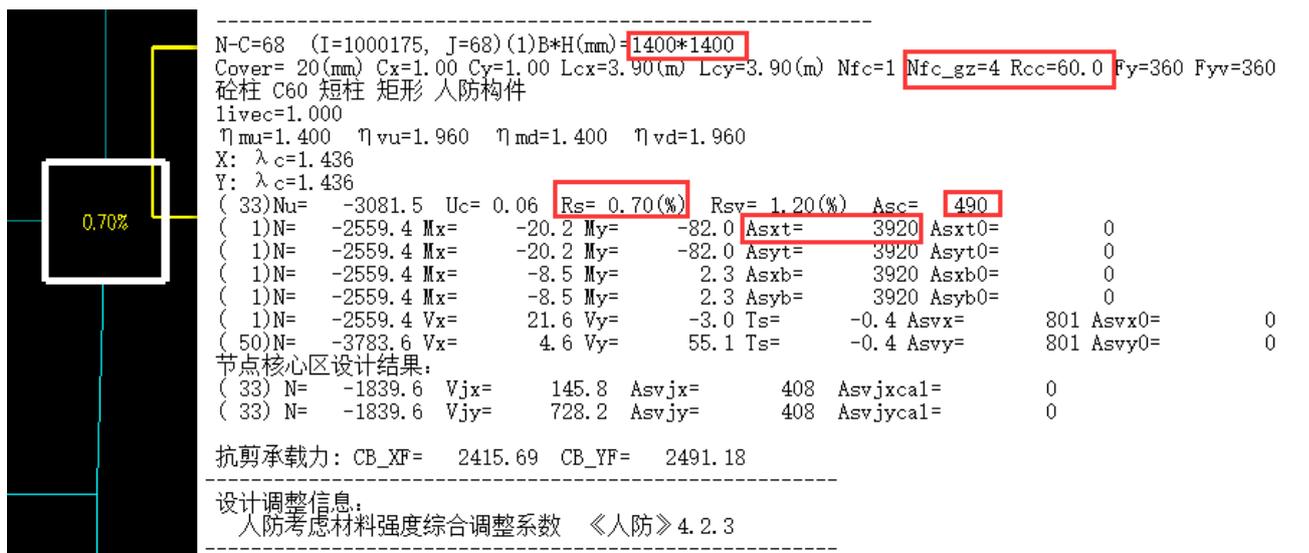
图六

从上图中可以看出，角筋面积 Asc 是 490 mm²。由于单侧配筋面积 8360mm² 包含了角筋面积，所以计算全截面纵筋面积时需要进行扣除，以免重复计算。

那么全截面纵筋配筋面积需要 $4 \times (8360 - 490) = 31488 \text{mm}^2$ ，进而全截面纵筋配筋率 $= 31488 / 1900 / 2200 = 0.753\%$ ，与程序输出一致，一点差异是精度原因。

同样，对图五中的 2 号柱：

单侧最小配筋需要 $1400 \times 1400 \times 0.002 = 3920 \text{mm}^2$ ，与构件信息中输出的 Asx (Asy) 一致，如图七所示。



图七

角筋面积 A_{sc} 也是 490mm^2 ，那么全截面纵筋配筋面积需要 $4 \times (3920 - 490) = 13720\text{mm}^2$ ，进而全截面纵筋配筋率 $= 13720 / 1400 / 1400 = 0.700\%$ ，与程序输出一致。

情况二：全截面最小配筋率控制

案例 2： 框架结构，构件详细计算书中的配筋值与图形中不一致（见图八），差别较大， 3388mm^2 如何得到？

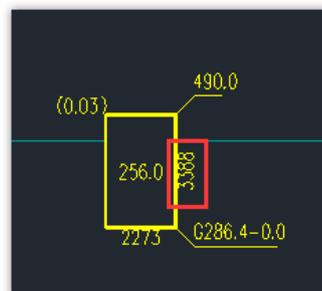
中和轴位于腹板

$$\xi < \xi_{\min}$$

$$A_s = A'_s = \frac{N(\eta_{ns}e_i - \frac{h}{2} + a_s)}{f_y(h_0 - a_s)}$$

$$= \frac{233942.97 \times (1.00 \times 915.48 - 400.00 + 52.50)}{300.00 \times (747.50 - 52.50)}$$

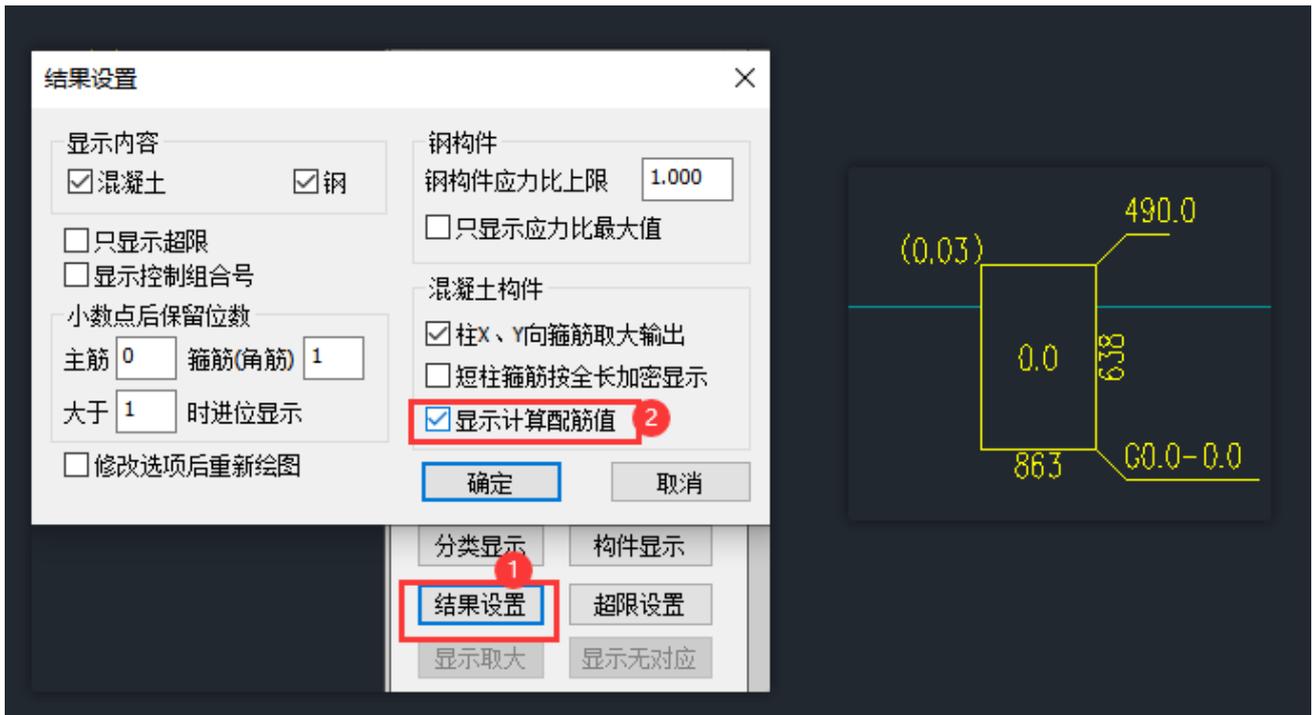
$$= 637.29\text{mm}^2$$



图八

工程分析： 对这种详细计算书数值与图形中不一致情况，首先考虑图形中是否为构造配筋，可以通过以下两种方法确认：

1. 在配筋简图右侧边栏中找到【结果设置】，打开后勾选【显示计算配筋值】，确定后点击应用，此时图形结果会显示全部计算配筋值，可以看到 Y 向配筋已由 3388mm^2 变为 638mm^2 ，与构件详细计算书中一致了。如图九所示：



图九

2. 打开此柱的【构件信息】，按程序的输出规则，可以看到计算配筋面积 $Asyt_0=637 \text{ mm}^2$ ，而 $Asyt=3387 \text{ mm}^2$ 是该柱 Y 向顶部配筋的计算值和构造值的大值。

```

Asxt, Asxb --- 矩形截面B边上下端单边配筋面积(含两根角筋)(mm2)
Asyt, Asyb --- 矩形截面B边上下端单边配筋面积(含两根角筋)(mm2)
Asxt0, Asxb0 --- 矩形截面B边上下端单边计算配筋面积(含两根角筋)(mm2)
Asyt0, Asyb0 --- 矩形截面B边上下端单边计算配筋面积(含两根角筋)(mm2)

```

图十

```

-----
N-C=2 (I=7000012, J=6000012) (1)B*H(mm)=800*1300
Cover= 30(mm) Cx=1.00 Cy=1.25 Lcx=22.53(m) Lcy=3.60(m) Nfc=2 Nfc_gz=2 Rcc=25.0 Fy=300 Fyv=210
砼柱 C25 矩形
livec=1.000
η mu=1.000 η vu=1.300 η md=1.500 η vd=1.950
X: λ c=2.408
Y: λ c=9.030
( 74)Nu= -415.3 Uc= 0.03 Rs= 0.90(%) Rsv= 0.64(%) Asc= 490
( 1)N= -394.2 Mx= -107.2 My= -59.1 Asxt= 2273 Asxt0= 0
( 77)N= -311.9 Mx= -65.9 My= -277.2 Asyt= 3387 Asyt0= 637
( 48)N= -274.4 Mx= 461.4 My= 4.7 Asxb= 2273 Asxb0= 863
( 1)N= -394.2 Mx= -102.7 My= -28.8 Asyb= 3387 Asyb0= 0
( 73)N= -406.8 Vx= 94.6 Vy= 9.2 Ts= 34.0 Asvx= 286 Asvx0= 0
( 47)N= -274.5 Vx= 11.2 Vy= 136.8 Ts= -12.8 Asvy= 286 Asvy0= 0
节点核心区设计结果:
( 73) N= 0.0 Vjx= 544.7 Asvjx= 256 Asvjxcal= 0
( 0) N= 0.0 Vjy= 0.0 Asvjy= 256 Asvjycal= 0
抗剪承载力: CB_XF= 736.63 CB_YF= 110.83

```

图十一

通过构件信息或图形显示可清楚看到 $Asx=2273 \text{ mm}^2$ 和 $Asy=3387 \text{ mm}^2$ 均是构造值，根据结构体系、抗

震构造等级、钢筋级别混凝土强度等级等判断出程序输出的全截面配筋率 $R_s=0.90\%$ 是规范要求的最小配筋率，那么可以根据最小配筋率得到配筋面积具体数值，计算过程如下：

构造配筋的全截面总面积 $A_{sa}=1300*800*0.9\%=9360\text{ mm}^2$ ；

程序对矩形柱的构造配筋结果默认按照长短边的边长比例进行分配，并且单边面积包含一根角筋面积 A_{sc} 。

边长比例：800:1300=8:13，长边分配的配筋面积= $9360*13/21/2=2897\text{ mm}^2$ ，短边分配的配筋面积 $A_{s短}=9360*8/21/2=1783\text{ mm}^2$ ；

从图十可以看到程序输出单边配筋 A_{sx} 、 A_{sy} 是包含两根角筋的，因此 $A_{s短}$ 和 $A_{s长}$ 分别需要再加一个角筋面积才能与 A_{sx} 、 A_{sy} 相等，角筋面积在图十一有输出， $A_{sc}=490\text{ mm}^2$ ；

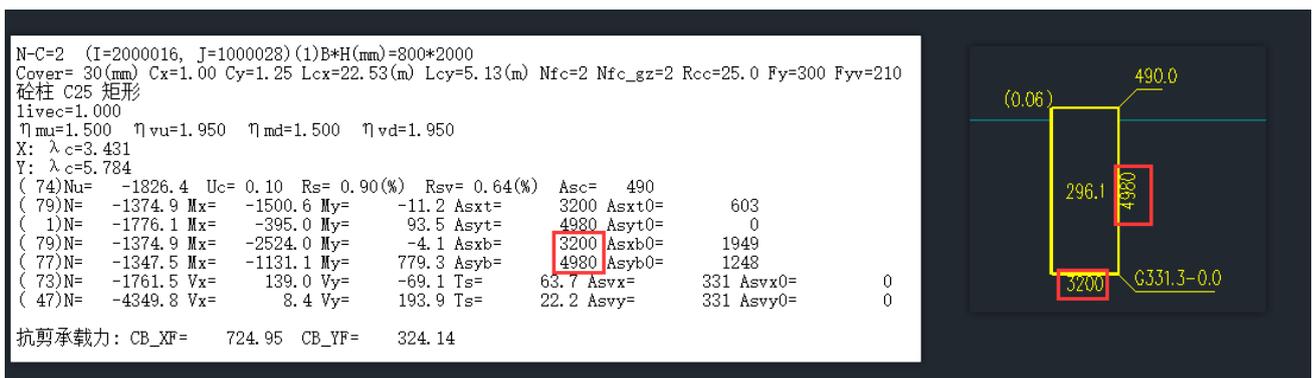
短边配筋面积： $A_{sx}=1783+490=2273\text{ mm}^2$ ，长边配筋面积： $A_{sy}=2897+490=3387\text{ mm}^2$ ，与构件信息输出及图形显示一致。

验算单侧最小配筋率：

短边配筋率： $\rho_{sx}=2273/1300/800=0.219\%$ 大于 0.2% ，长边配筋率： $\rho_{sy}=3387/1300/800=0.326\%$ 大于 0.2% ，均满足规范要求。

情况三：全截面最小配筋率和单侧最小配筋率同时控制

案例 3： 框架结构，如果矩形柱按边长比例分配配筋，那么下面图十二这颗柱单边应为 2547 mm^2 和 5633 mm^2 ，实际却是 3200 mm^2 和 4980 mm^2 ，这是什么原因？



图十二

工程分析： 查看这个模型，通过该柱基本信息可以判断，全截面配筋率 $R_s=0.90\%$ 是规范要求的最小配筋率，单侧配筋面积 3200 和 4980 还是构造值，按案例 2 方法求解图十二这颗柱的 A_{sx} 、 A_{sy} ，计算过程如下：

构造配筋的全截面总面积 $A_{sa}=2000*800*0.9\%=14400\text{ mm}^2$ ；

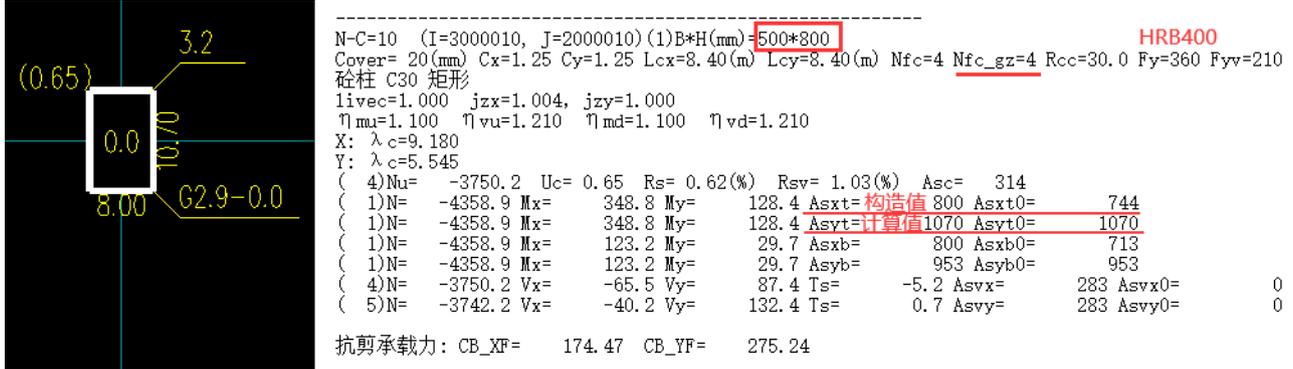
边长比例：800:2000=2:5，短边分配的配筋面积 $A_{s短}=14400*2/7/2=2057\text{ mm}^2$ ， $A_{sx}=2057+490=2547\text{ mm}^2$ ；

验算短边单侧最小配筋率：

短边配筋率： $\rho_{sx}=814/500/800=0.204\%$ 大于 0.2%，满足规范要求。

此时，柱纵筋全截面配筋 $=2*(Asx+Asy)-4*Asc=2x(814+1207)-4x314=2786\text{mm}^2$ ，配筋率 $=2786/500/800=0.697\%\approx 0.7\%$ ，与程序输出基本一致。

案例 5：与案例 4 类似的是图十四所示柱，框剪结构中柱，一侧是计算值 1070，一侧是构造值 800，



图十四

工程分析：按照前面案例 4 的思路，长边取计算配筋值 1070mm^2 ，短边取全截面最小配筋率按边长比例分配得到的结果，同时考虑单侧最小配筋率要求。

具体计算如下：

构造配筋的全截面总面积 $Asa=500*800*0.55\%=2200\text{mm}^2$ ；

边长比例： $800:2000=2:5$ ，长边已经按计算值，那么仅分配短边，短边分配的配筋面积 $As_{短}=2200*5/13/2=423.1\text{mm}^2$ ， $Asx=423.1+314=737.1\text{mm}^2$ ，与构件信息输出及图形显示不一致。

按照单侧最小配筋率计算配筋面积： $Asx=500*800*0.20\%=800\text{mm}^2$ 大于 737.1mm^2 ，所以需要两者取大值，最终 $Asx=800\text{mm}^2$ ，与构件信息输出及图形显示一致。

此时，柱纵筋全截面配筋 $=2*(Asx+Asy)-4*Asc=2x(800+1070)-4x314=2484\text{mm}^2$ ，配筋率 $=2484/500/800=0.621\%$ ，与程序输出基本一致。

情况五：层间受剪承载力形成的薄弱层自动调整配筋控制

案例 6：两个荷载和层高接近，尺寸相同的管架，但是不知道为什么二层柱配筋相差很大，查看单构件计算书发现纵筋配筋表中，一个管架设计值和计算值一致，另一个则不一致，请问是什么原因导致的？如图十五及图十六所示：

配筋表-纵筋

纵筋		工况ID	设计值	计算值	N	Mx	My
顶	AsxT	27	3409.5	3409.5	200.1	-68.6	740.5
	AsyT	27	2922.4	2922.4	200.1	-68.6	740.5
底	AsxB	27	3409.5	3409.5	200.1	-98.3	1577.8
	AsyB	27	2922.4	2922.4	200.1	-98.3	1577.8

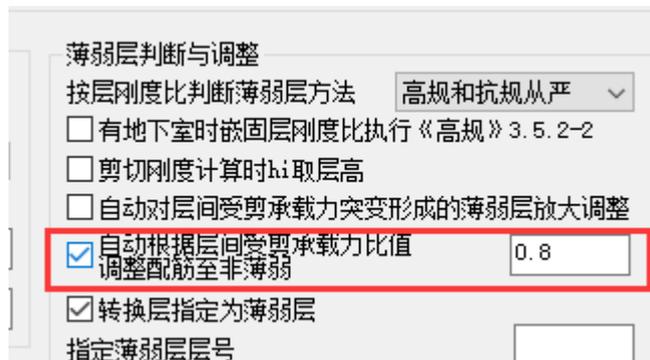
图十五

配筋表-纵筋

纵筋		工况ID	设计值	计算值	N	Mx	My
顶	AsxT	27	4915.3	3208.1	172.9	-65.4	699.6
	AsyT	27	4213.1	2749.8	172.9	-65.4	699.6
底	AsxB	27	4915.3	3208.1	172.9	-96.4	1499.7
	AsyB	27	4213.1	2749.8	172.9	-96.4	1499.7

图十六

工程分析：模型中计算参数勾选了【自动根据层间受剪承载力比值调整配筋至非薄弱】，这时软件对层间受剪承载力比值小于参数设置的数值（默认是 0.8，见图十七）的楼层，将自动增加柱、墙构件的计算配筋，目的是使该层层间受剪承载力比值大于 0.8，软件增加的是柱的纵向钢筋(如果本次迭代，增加柱的纵向钢筋不起作用，则增加箍筋)和剪力墙的水平分布钢筋。



图十七

若不勾选计算，会发现两个模型均有受剪承载力不满足的薄弱层，见图十八、十九，并且薄弱层所在楼层不相同。此时再勾选去计算，程序优先调整配筋去满足受剪承载力要求，对二层柱来说，一个模型不用调整配筋，计算值和设计值一致；一个模型需要调整配筋，就出现了计算值和设计值不一致，这里的设计值即是自动调整配筋后得到的数值而并非计算得到，实际是构造配筋值。

 楼层抗剪承载力验算

Ratio_X, Ratio_Y: 表示本层与上一层的承载力之比

层号	塔号	X向承载力	Y向承载力	Ratio_X	Ratio_Y	
4	1	7.5072E+03	3.6691E+03	1.00	1.00	
3	1	8.0076E+03	3.8769E+03	1.07	1.06	
2	1	5.0695E+03	2.8432E+03	0.63	0.73	薄弱层且与上层之比<0.65
1	1	4.7010E+03	2.3793E+03	0.93	0.84	

图十八

 楼层抗剪承载力验算

Ratio_X, Ratio_Y: 表示本层与上一层的承载力之比

层号	塔号	X向承载力	Y向承载力	Ratio_X	Ratio_Y	
4	1	7.4879E+03	3.6610E+03	1.00	1.00	
3	1	5.0184E+03	2.8722E+03	0.67	0.78	薄弱层
2	1	4.5910E+03	2.5402E+03	0.91	0.88	
1	1	4.7388E+03	2.6061E+03	1.03	1.03	

图十九

值得注意的是：这个参数对勾选【鉴定加固】选项的工程是不起作用的。

此外，前面案例中提到了矩形柱的边长比例分配，这里需要补充说明一下：程序将控制参数【柱全截面配筋按边长分配】放在了高级选项中，见图二十，默认是勾选，即对于构造配筋结果会按照柱边长比例进行分配，不勾选则均匀分配。

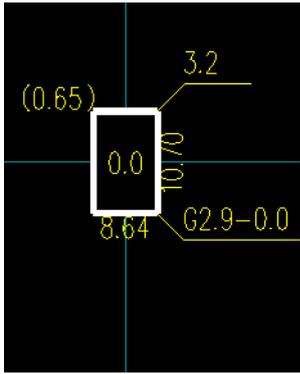
控制参数

通用	梁	柱	墙	整体指标	其他
柱长小于该值不设计(m)		0.200			
矩形截面柱角筋面积		设置			
<input checked="" type="checkbox"/> 柱配筋设计时考虑另一端弯矩影响					
<input checked="" type="checkbox"/> 柱全截面配筋按边长分配					
<input type="checkbox"/> 柱双向地震调整不判断内力大小					
<input type="checkbox"/> 变截面柱被打断时截面仍按主柱取					

图二十

如案例 5 中的柱，不勾选【柱全截面配筋按边长分配】时，按均匀分配方式分配到短边的配筋面积 $A_{s短}=2200/4=550\text{mm}^2$ ， $A_{sx}=550+314=864\text{mm}^2$ ，与构件信息输出及图形显示一致（见图二十一）。

验算短边单侧最小配筋率： $\rho_{sx}=864/500/800=0.216\%$ 大于 0.2%，满足规范要求。



```

-----
N-C=10 (I=3000010, J=2000010)(1)B*H(mm)=500*800
Cover= 20(mm) Cx=1.25 Cy=1.25 Lcx=8.40(m) Lcy=8.40(m) Nfc=4 Nfc_gz=4 Rcc=30.0 Fy=360 Fyv=210
砼柱 C30 矩形
livec=1.000 jzx=1.004, jzy=1.000
ηmu=1.100 ηvu=1.210 ηmd=1.100 ηvd=1.210
X: λc=9.180
Y: λc=5.545
( 4)Nu= -3750.2 Uc= 0.65 Rs= 0.65(%) Rsv= 1.03(%) Asc= 314
( 1)N= -4358.9 Mx= 348.8 My= 128.4 Asxt= 864 Asxt0= 833
( 1)N= -4358.9 Mx= 348.8 My= 128.4 Asyt= 1070 Asyt0= 1070
( 1)N= -4358.9 Mx= 123.2 My= 29.7 Asxb= 864 Asxb0= 833
( 1)N= -4358.9 Mx= 123.2 My= 29.7 Asyb= 864 Asyb0= 833
( 4)N= -3750.2 Vx= -65.5 Vy= 87.4 Ts= -5.2 Asvx= 283 Asvx0= 0
( 5)N= -3742.2 Vx= -40.2 Vy= 132.4 Ts= 0.7 Asvy= 283 Asvy0= 0
抗剪承载力: CB_XF= 174.47 CB_YF= 280.82

```

图二十一

此时，柱纵筋全截面配筋= $2 * (Asx+Asy) - 4 * Asc = 2x (864+1070) - 4x314 = 2612\text{mm}^2$ ，配筋率= $2612/500/800 = 0.653\%$ ，与程序输出基本一致。

通过对矩形柱纵筋按构造配筋的几类典型案例解析，我们不仅能够更好地理解规范要求 and 程序计算方法，还能在实际工程中灵活应对各种复杂情况。