

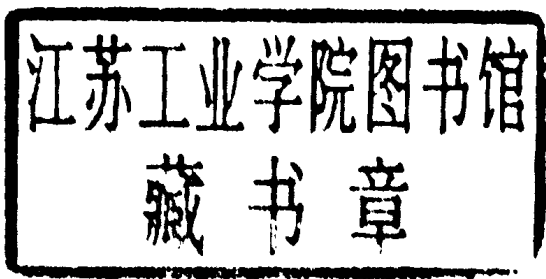
17.00
44

钢筋混凝土圆形环截面构件 程序设计和计算用表

施岚青 傅德炫 编著

地质出版社

1992



17.00
44

钢筋混凝土圆形环截面构件 程序设计和计算用表

施岚青 傅德炫 编著

地震出版社

1992

目 录

第一部分 计算原理和流程框图

一、圆形截面偏心受压构件	1
1. 基本公式	1
2. $\alpha = 0.625$ 时的偏心距 e_{0b}	1
3. 钢筋面积计算	2
4. 承载力校核	8
5. 用近似公式计算偏心受压构件	14
6. 用近似公式求 $\alpha = 0.625$ 时的偏心距 e_{0b}	14
7. 用近似公式计算钢筋面积	15
8. 用近似公式计算受压承载力 N_u	20
二、圆形截面受弯构件	25
1. 基本公式	25
2. 承载力计算流程图	26
3. 钢筋面积计算公式及流程图	26
三、圆形截面偏心受拉构件	31
1. 基本公式	31
2. 承载力计算流程图	32
3. 钢筋面积计算公式及流程图	32
四、环形截面偏心受压构件	38
1. 基本公式	38
2. $\alpha = 2/3$ 时的偏心距 e_{0b}	38

3. 钢筋面积计算	39
4. 承载力校核	44
五、 环形截面受弯构件	49
1. 基本公式	49
2. 钢筋面积计算公式及流程图	49
3. 承载力校核的计算公式及流程图	50
六、 环形截面偏心受拉构件	54
1. 基本公式	54
2. 承载力计算流程图	54
3. 钢筋面积计算公式及流程图	54

第二部分 计算程序

一、 圆形截面偏心受压构件	59
1. 钢筋面积计算	59
2. 承载力校核	62
二、 圆形截面受弯构件	65
1. 钢筋面积计算	65
2. 承载力校核	66
三、 圆形截面偏心受拉构件	68
1. 钢筋面积计算	68
2. 承载力校核	70
四、 环形截面偏心受压构件	72
1. 钢筋面积计算	72
2. 承载力校核	75
五、 环形截面受弯构件	77
1. 钢筋面积计算	77

2. 承载力校核	79
六、 环形截面偏心受拉构件.....	80
1. 钢筋面积计算	80
2. 承载力校核	82

第三部分 计算用表

表 1 圆形截面受弯构件的承载力和钢筋面积.....	85
表 2 环形截面受弯构件的承载力和钢筋面积.....	90
表 3 圆形截面偏心受压构件的承载力和钢筋面积.....	97
表 4 环形截面偏心受压构件的承载力和钢筋面积	227
表 5 圆形截面偏心受压构件 $n = N / f_{cm} A$ 与 $e = \eta e_i / r_s$ 时的 $\beta = f_y A_s / f_{cm} A$ 值	277
表 6 环形截面偏心受压构件 $n = N / f_{cm} A$ 与 $e = \eta e_i / r_s$ 时的 $\beta = f_y A_s / f_{cm} A$ 值	287
表 7 偏心距增大系数	297
表 8 各种圆形构件的直径 d 与配置 n 根钢筋时的钢筋中—中间距 (弧长)	302

第一部分 计算原理和流程框图

一、圆形截面偏心受压构件

1. 基本公式

$$N \leqslant \alpha f_{\text{cm}} A \left(1 - \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha} \right) + (\alpha - \alpha_1) f_y A_s \tag{1.1}$$

$$N\eta e_1 \leqslant \frac{2}{3} f_{\text{cm}} A r \frac{\sin^3 \pi\alpha}{\pi} + f_y A_s r_s \frac{\sin \pi\alpha + \sin \pi\alpha_1}{\pi} \tag{1.2}$$

$$\alpha_1 = 1.25 - \alpha \tag{1.3}$$

式中 A ——构件截面面积 $A = \pi r^2$;

A_s ——全部纵向钢筋的截面面积;

r ——圆形截面的半径;

r_s ——纵向钢筋所在圆周的半径;

α ——对应于受压区混凝土截面面积的圆心角与 2π 的比值;

α_1 ——纵向受拉钢筋截面面积与全部纵向钢筋截面面积的比值, 当 $\alpha > 0.625$ 时, 取 $\alpha_1 = 0$ 。

上述公式适用于截面内纵向钢筋数量不少于 6 根的圆形截面的情况。

2. $\alpha = 0.625$ 时的偏心距 e_{0b}

将 $\alpha = 0.625$, $\alpha_1 = 0$ 代入式(1.1), 得

$$N = 0.625 f_{\text{cm}} A \left(1 - \frac{\sin 1.25\pi}{1.25\pi} \right) + 0.625 f_y A_s$$

$$N = 0.7375 f_{\text{cm}} A + 0.625 f_y A_s \tag{1.4}$$

$$f_y A_s = \frac{1}{0.625} (N - 0.7375 f_{\text{cm}} A)$$

$$f_y A_s = 1.6N - 1.18 f_{\text{cm}} A \tag{1.5}$$

将 $\alpha=0.625$, $\alpha_t=0$ 代入式(1.2), 得

$$Ne_{0b} = \frac{2}{3}f_{cm}Ar\frac{\sin^3 0.625\pi}{\pi} + f_y A_s \frac{r_s}{\pi} \sin 0.625\pi$$

$$Ne_{0b} = 0.1673f_{cm}Ar + 0.2941f_y A_s r_s$$

$$e_{0b} = \frac{1}{N}(0.1673f_{cm}Ar + 0.2941f_y A_s r_s) \tag{1.6}$$

将式(1.4)代入式(1.6), 得

$$e_{0b} = \frac{0.1673f_{cm}Ar + 0.2941f_y A_s r_s}{0.7375f_{cm}A + 0.625f_y A_s} \tag{1.7}$$

此式用于已知 A_s 时校核承载力 N_u 。

将式(1.5)代入(1.6), 得

$$\begin{aligned} e_{0b} &= \frac{1}{N} [0.1673f_{cm}Ar + 0.2941r_s(1.6N - 1.18f_{cm}A)] \\ &= 0.4706r_s + \frac{f_{cm}A}{N}(0.1673r - 0.3471r_s) \end{aligned}$$

此式用于已知轴压力 N 时求钢筋面积 A_s 。

3. 钢筋面积计算

已知 r , r_s , f_{cm} , f_y , N , ηe_i , 求 A_s 。

(1) 当 $\eta e_i \geq e_{0b}$ 时,

$\alpha \leq 0.625$, $\alpha_t = 1.25 - 2\alpha$ 代入式(1.1), 得

$$N = \alpha f_{cm}A \left(1 - \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha} \right) + (3\alpha - 1.25)f_y A_s$$

$$N = \alpha(f_{cm}A + 3f_y A_s) - \left(1.25f_y A_s + \frac{f_{cm}A}{2\pi} \sin 2\pi\alpha \right)$$

$$\alpha = \frac{N + 1.25f_y A_s + \frac{f_{cm}A}{2\pi} \sin 2\pi\alpha}{f_{cm}A + 3f_y A_s} \tag{1.8}$$

用式(1.8)求 α 值时, 先假定一个 α 值, 求得 $\sin 2\pi\alpha$ 值, 再代入式(1.8), 求得一新的 α 值, 如此反复迭代, 直到取得一稳定的 α 值为止。

由式(1.2)得

$$A_s = \frac{\pi N \eta e_i - \frac{2}{3} f_{cm} A r \sin^3 \pi \alpha}{f_y r_s (\sin \pi \alpha + \sin \pi \alpha_i)} \quad (1.9)$$

先假定一个 A_s 值, 由式(1.8)求得一个 α 值, 代入式(1.9)求得新的 A_s 值, 再求 α 值, 反复迭代得到稳定的 A_s 值。

(2) 当 $\eta e_i < e_{0b}$ 时,

$\alpha > 0.625$, $\alpha_i = 0$, 代入式(1.1)得

$$\begin{aligned} N &= \alpha f_{cm} A - \frac{f_{cm} A}{2\pi} \sin 2\pi\alpha + \alpha f_y A_s \\ A_s &= \frac{1}{\alpha f_y} \left(N - \alpha f_{cm} A + \frac{f_{cm} A}{2\pi} \sin 2\pi\alpha \right) \end{aligned} \quad (1.10)$$

以 $\alpha_i = 0$ 代入式(1.2)得

$$\begin{aligned} N \eta e_i &= \frac{2}{3} f_{cm} A \frac{r}{\pi} \sin^3 \pi \alpha + f_y A_s \frac{r}{\pi} \sin \pi \alpha \\ \frac{2}{3} f_{cm} A r \sin^3 \pi \alpha + f_y A_s r \sin \pi \alpha - N \eta e_i \pi &= 0 \end{aligned} \quad (1.11)$$

也可写成

$$\sin^3 \pi \alpha + \frac{f_y A_s r}{f_{cm} A r} \sin \pi \alpha - \frac{1.5 N \eta e_i \pi}{f_{cm} A r} = 0$$

$$\text{令 } p = \frac{f_y A_s r}{2 f_{cm} A r}, \quad q = \frac{3 N \eta e_i \pi}{4 f_{cm} A r}, \quad D = \sqrt{q^2 + p^3}$$

则上式又可写成 $\sin^3 \pi \alpha + 3p \sin \pi \alpha + 2q = 0$

解此三次方程得

$$\sin \pi \alpha = \sqrt[3]{D + q} - \sqrt[3]{D - q} \quad (1.12)$$

因 $\alpha > 0.625$, 则 $\sin \pi \alpha = \sin(\pi - \pi \alpha)$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{\pi} \sin^{-1} \sin \pi \alpha \quad (1.13)$$

计算时,先假定一个 A_s 值,代入式(1.11),求得 $\sin \pi \alpha$ 值,由式(1.13)求得 α 值,再代入式(1.10)求得新的 A_s 值,如此反复迭代求出稳定的 A_s 值。

(3) 钢筋面积计算的流程图示于图 1.1。

[例 1.1] 一圆形截面偏压构件,已知 $r = 200\text{mm}$, $f_{cm} = 11\text{N/mm}^2$, $f_y = 310\text{N/mm}^2$, $N = 500\text{kN}$, $\eta e_i = 200\text{mm}$,求 A_s 。

解: (1) 计算参数:

$$A = \pi r^2 = \pi \times 200^2 = 125664\text{mm}^2$$

$$r_s = r - 35 = 200 - 35 = 165\text{mm}$$

$$n = \frac{N}{f_{cm} A} = \frac{500 \times 10^3}{11 \times 125664} = 0.3617$$

$$R = \frac{r}{r_s} = \frac{200}{165} = 1.212$$

$$e = \frac{\eta e_i}{r_s} = \frac{200}{165} = 1.212$$

$$\begin{aligned} e_{0b} &= \left[0.4706 + \frac{1}{n} (0.1673R - 0.3471) \right] r_s \\ &= \left[0.4706 + \frac{1}{0.3617} \times (0.1673 \times 1.212 - 0.3471) \right] \times 165 = 11.8\text{mm} \end{aligned}$$

$$\eta e_i > e_{0b}$$

(2) 迭代:

$$\text{假定 } \beta^{(0)} = 0.01 \frac{f_y}{f_{cm}} = 0.01 \frac{310}{11} = 0.2818$$

再假定 $\alpha^{(0)} = 0.4$, $\sin 2\pi\alpha = \sin 0.8\pi = 0.5878$

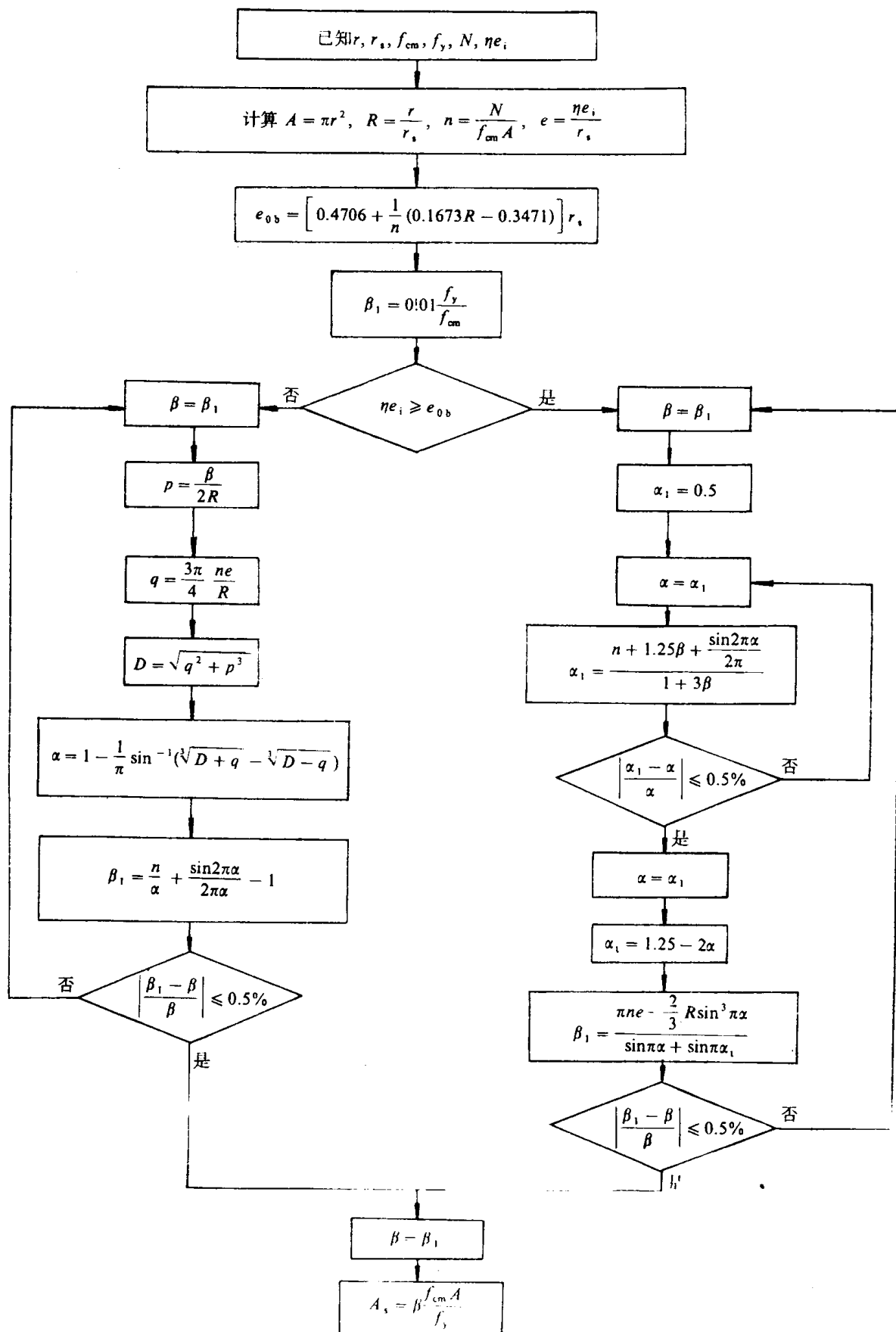


图 1.1 圆形截面偏心受压构件钢筋面积计算流程图

$$\alpha^{(1)} = \frac{n + i.25\beta + (\sin 2\pi\alpha) / 2\pi}{1 + 3\beta} = \frac{0.3617 + 1.25 \times 0.2818 + 0.5878 \div 2\pi}{1 + 3 \times 0.2818} = 0.4361$$

$$\left| \frac{\alpha^{(1)} - \alpha^{(0)}}{\alpha^{(0)}} \right| = \left| \frac{0.4361 - 0.4}{0.4} \right| = 9.03\% > 0.5\%$$

将 $\alpha^{(1)}$ 代入上式反复迭代，最后求出一稳定 α 值，计算结果见下表：

迭代次数 i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha^{(i)}$	0.4361	0.4199	0.4285	0.4243	0.4264	0.4254	0.4259	0.4256	0.4257	0.4257
$\frac{\alpha^{(i)} - \alpha^{(i-1)}}{\alpha^{(i-1)}}$	9.03	3.71	2.05	0.98	0.49	0.23	0.12	0.07	0.02	0

求得 α 后再求 $\beta^{(1)}$ ：

$$\alpha = 0.4257$$

$$\sin \pi \alpha = \sin 0.4257\pi = 0.9729$$

$$\alpha_t = 1.25 - 2\alpha = 1.25 - 2 \times 0.4257 = 0.3986$$

$$\sin \pi \alpha_t = \sin 0.3986\pi = 0.9497$$

$$\beta^{(1)} = \frac{\pi ne - \frac{2}{3} R \sin^3 \pi \alpha}{\sin \pi \alpha + \sin \pi \alpha_t} = \frac{\pi \times 0.3617 \times 1.212 - \frac{2}{3} \times 1.212 \times 0.9729^3}{0.9729 + 0.9497} = 0.3294$$

$$\left| \frac{\beta^{(1)} - \beta^{(0)}}{\beta^{(0)}} \right| = \left| \frac{0.3294 - 0.2818}{0.2818} \right| = 16.9\% > 0.5\%$$

需要继续迭代。

注意，这里要得到一个新的 β 值，先要迭代求得一稳定的 α 值，再代入公式求得一个新的 β 值，整个过程包括了二套循环迭代。结果见下表：

迭代次数 i	1	2	3	附注
α	0.4257	0.4253	0.4253	对应每一个 β 值， α 需按表 1 迭代而得
$\beta^{(i)}$	0.3294	0.3297	0.3297	
$\left \frac{\beta^{(i)} - \beta^{(i-1)}}{\beta^{(i-1)}} \right \%$	16.9	0.09	0.00	

(3) 求 A_s :

$$A_s = \beta \frac{f_{cm} A}{f_y} = 0.3297 \frac{11 \times 125664}{310} = 1470 \text{mm}^2$$

[例 1.2] 一圆形截面偏压构件, 已知 $r=200\text{mm}$, $f_{cm}=11\text{N/mm}^2$, $f_y=310\text{N/mm}^2$, $N=1600\text{kN}$, $\eta e_i=40\text{mm}$, 求 A_s 。

解: (1) 计算参数:

由前例知 $A=125664\text{mm}^2$, $r_s=165\text{mm}$, $R=1.212$

$$n = \frac{N}{f_{cm} A} = \frac{1600 \times 10^3}{11 \times 125664} = 1.157$$

$$e = \frac{\eta e_i}{r_s} = \frac{40}{165} = 0.2424$$

$$e_{0b} = \left[0.4706 + \frac{1}{n} (0.1673R - 0.3471) \right] r_s$$

$$= \left[0.4706 + \frac{1}{1.157} (0.1673 \times 1.212 - 0.3471) \right] \times 165 = 57.1 \text{mm}$$

$$\eta e_i < e_{0b}$$

(2) 迭代:

$$\text{假定 } \beta^{(0)} = 0.01 \frac{f_y}{f_{cm}} = 0.01 \times \frac{310}{11} = 0.2818$$

$$p = \frac{\beta}{2R} = \frac{0.2818}{2 \times 1.212} = 0.1162$$

$$q = \frac{3\pi n e}{4R} = \frac{3 \times \pi \times 1.157 \times 0.2424}{4 \times 1.212} = 0.5455$$

$$D = \sqrt{q^2 + p^3} = \sqrt{0.5455^2 + 0.1162^3} = 0.5469$$

$$\sin \alpha = \sqrt[3]{D + q} - \sqrt[3]{D - q} = \sqrt[3]{0.5469 + 0.5455} - \sqrt[3]{0.5469 - 0.5455} = 0.917$$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{\pi} \sin^{-1} \sin \alpha = 1 - \frac{1}{\pi} \sin^{-1} 0.917 = 0.6306$$

$$\beta^{(1)} = \frac{n}{\alpha} + \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha} - 1 = \frac{1.157}{0.6306} + \frac{\sin(2\pi \times 0.6306)}{2\pi \times 0.6306} - 1 = 0.6509$$

$$\left| \frac{\beta^{(1)} - \beta^{(0)}}{\beta^{(0)}} \right| = \left| \frac{0.6509 - 0.2818}{0.2818} \right| = 131.0\% > 0.5\%$$

需反复迭代, 结果如下表:

迭代次数 i	1	2	3	4	5	6	7	8
$\alpha^{(i)}$	0.6306	0.7175	0.6627	0.6961	0.6752	0.6881	0.6800	0.6850
$\beta^{(i)}$	0.6509	0.3960	0.5417	0.4472	0.5042	0.4682	0.4903	0.4765
$\left \frac{\beta^{(i)} - \beta^{(i-1)}}{\beta^{(i-1)}} \right \%$	131.0	39.2	36.8	17.4	12.7	7.14	4.72	2.81
迭代次数 i	9	10	11	12	13	14	15	16
$\alpha^{(i)}$	0.6819	0.6838	0.6827	0.6834	0.6829	0.6832	0.6830	0.6832
$\beta^{(i)}$	0.4850	0.4797	0.4830	0.4810	0.4822	0.4814	0.4819	0.4816
$\left \frac{\beta^{(i)} - \beta^{(i-1)}}{\beta^{(i-1)}} \right \%$	1.78	1.09	0.69	0.41	0.25	0.17	0.10	0.06

(3) 求 A_s :

$$A_s = \beta \frac{f_{cm} A}{f_y} = \frac{0.4816 \times 11 \times 125664}{310} = 2148\text{mm}$$

从上述两例可以看到, 迭代次数和所需精度有关。如控制精度为 5% 时, 迭代次数应不会太多。具体精度数值由设计者确定。

4. 承载力校核

已知 $r, A_s, r_s, f_{cm}, f_y, \eta e_i$, 求受压承载力 N_u 。

(1) 当 $\eta e_i \geq e_{0b}$ 时,

$\alpha \leq 0.625, \alpha_i = 1.25 - 2\alpha$ 代入式(1.1), 得

$$N = \alpha(f_{cm}A + 3f_yA_s) - \left(1.25f_yA_s + \frac{f_{cm}A}{2\pi} \sin 2\pi\alpha\right)$$

$$\alpha = \frac{N + 1.25f_yA_s + \frac{f_{cm}A}{2\pi} \sin 2\pi\alpha}{f_{cm}A + 3f_yA_s} \quad (1.14)$$

用上式求 α 值时, 先假定一个 α 值, 求出 $\sin 2\pi\alpha$, 再代入式(1.14), 求得新的 α 值, 经过反复迭代, 求得稳定的 α 值。

由式(1.2)得

$$N = \frac{1}{\eta e_i \pi} \left[\frac{2}{3} f_{cm} A r \sin^3 \pi\alpha + f_y A_s r_s (\sin \pi\alpha + \sin \pi\alpha_i) \right] \quad (1.15)$$

计算时, 先假定一个 N 值, 再按上述迭代法由式(1.14)求得一稳定的 α 值, 再将该 N , α 值代入式(1.15), 求得一新的 N 值, 再求 α 值, 反复迭代求得稳定的 N 值, 即为承载力 N_u 。

(2) 当 $\eta e_i < e_{0b}$ 时,

$\alpha > 0.625$, $\alpha_i = 0$, 代入式(1.1)得

$$N = \alpha f_{cm} A \left(1 - \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha} \right) + \alpha f_y A_s$$

$$N = \alpha(f_{cm}A + f_yA_s) - \frac{f_{cm}A}{2\pi} \sin 2\pi\alpha \quad (1.16)$$

代入式(1.2)得

$$N\eta e_i = \frac{2}{3} f_{cm} A \frac{r}{\pi} \sin^3 \pi\alpha + f_y A_s \frac{r_s}{\pi} \sin \pi\alpha$$

移项整理后又可写成

$$\sin^3 \pi\alpha + \frac{1.5f_yA_s r_s}{f_{cm}Ar} \sin \pi\alpha - \frac{1.5N\eta e_i \pi}{f_{cm}Ar} = 0 \quad (1.17)$$

$$\text{令 } p = \frac{f_yA_s r_s}{2f_{cm}Ar}, \quad q = \frac{3N\eta e_i \pi}{4f_{cm}Ar}, \quad D = \sqrt{q^2 + p^3}$$

$$\text{解得 } \sin \pi\alpha = \sqrt[3]{D + q} - \sqrt[3]{D - q}$$

因 $\alpha > 0.625$, 则 $\sin \pi \alpha = \sin(\pi - \pi \alpha)$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{\pi} \sin^{-1} \sin \pi \alpha \quad (1.18)$$

计算时, 先假定一个 N 值, 代入式(1.17), 求得一个 $\sin \pi \alpha$ 值, 进而由式(1.18)求得一个 α 值, 再将 α 代入式(1.16)得一新的 N 值, 如此反复迭代, 求出稳定的 N 值即为承载力 N_u 。

(3) 承载力计算的流程图如图 1.2 所示。

[例 1.3] 一圆形截面偏压构件, 已知 $r = 200\text{mm}$, $f_{cm} = 11\text{N/mm}^2$, $f_y = 310\text{N/mm}^2$, $A_s = 1470\text{mm}^2$, $\eta e_i = 200\text{mm}$, 求承载力 N_u 。

解: (1) 计算参数:

$$A = \pi r^2 = \pi \times 200^2 = 125664\text{mm}^2$$

$$r_s = r - 35 = 200 - 35 = 165\text{mm}$$

$$\beta = \frac{f_y A_s}{f_{cm} A} = \frac{310 \times 1470}{11 \times 125664} = 0.3297$$

$$R = \frac{r}{r_s} = \frac{200}{165} = 1.212$$

$$e = \frac{\eta e_i}{r_s} = \frac{200}{165} = 1.212$$

$$e_{0b} = \left(\frac{0.1673R + 0.2941\beta}{0.7375 + 0.625\beta} \right) r_s = \left(\frac{0.1673 \times 1.212 + 0.2941 \times 0.3297}{0.7375 + 0.625 \times 0.3297} \right) \times 165 = 52.4\text{mm}$$

$$\eta e_i > e_{0b}$$

(2) 迭代:

先假定 $n^{(0)} = 0.4$, 再假定 $\alpha^{(0)} = 0.4$

$$\alpha^{(1)} = \frac{n + 1.25\beta + (\sin 2\pi \alpha) / 2\pi}{1 + 3\beta} = \frac{0.4 + 1.25 \times 0.3297 + \frac{\sin(2 \times 0.4\pi)}{2\pi}}{1 + 3 \times 0.3297} = 0.4553$$

$$\left| \frac{\alpha^{(1)} - \alpha^{(0)}}{\alpha^{(0)}} \right| = \left| \frac{0.4553 - 0.4}{0.4} \right| = 13.8\% > 0.5\%$$

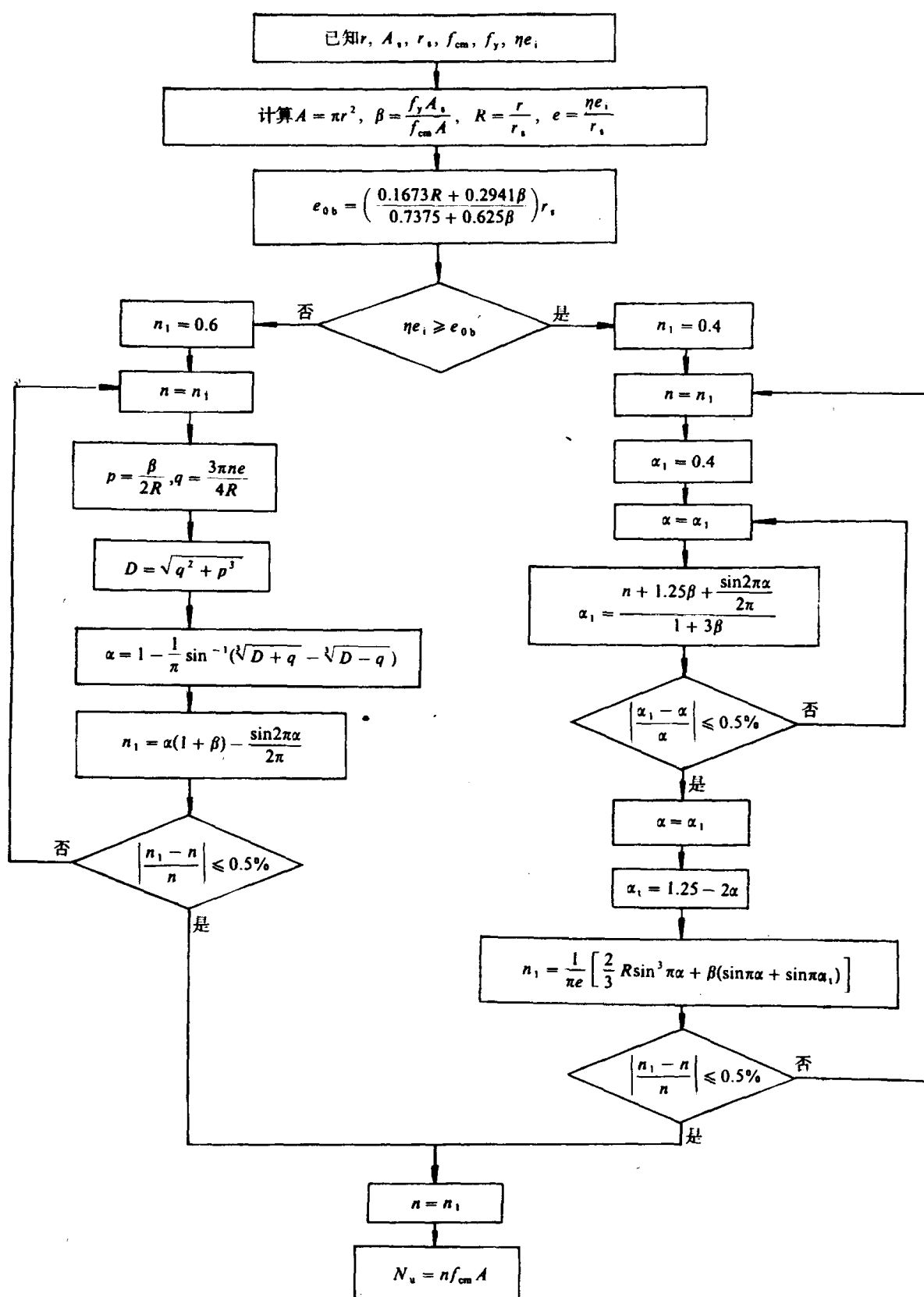


图 1.2 圆形截面偏心受压构件承载力计算流程图