

## 7.2 钢筋下料长度计算

### 7.2.1 钢筋下料长度基本计算

#### 1. 弯钩增加长度计算

钢筋弯钩有半圆弯钩、直弯钩及斜弯钩三种形式(图 7-1), 各种弯钩增加长度  $l_z$  按下式计算:

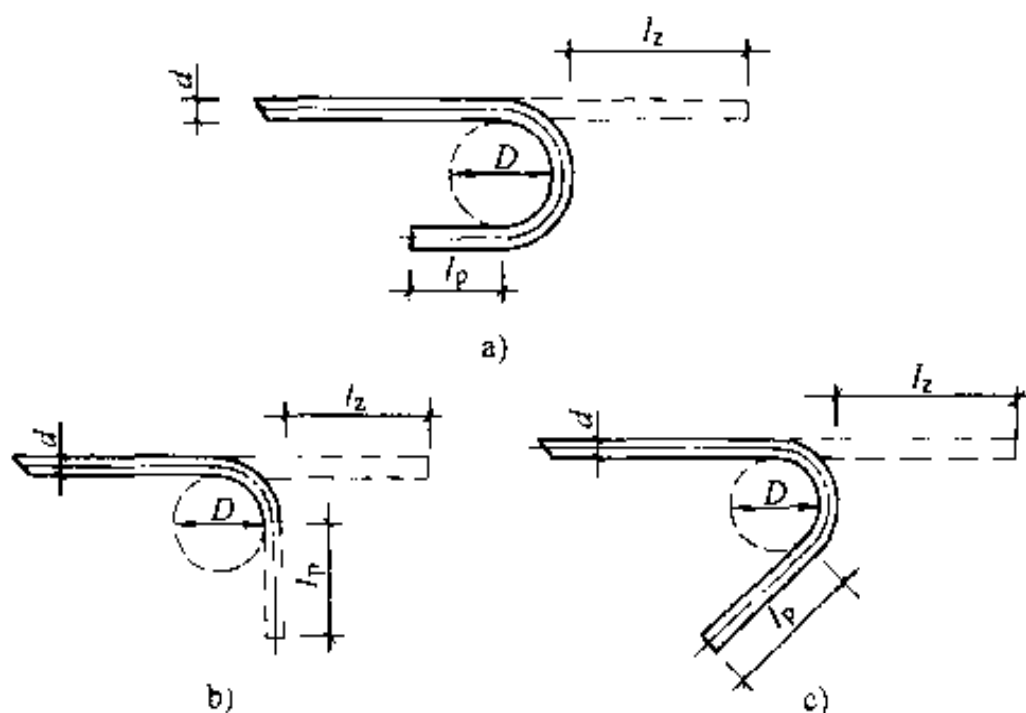


图 7-1 钢筋弯钩形式

a) 半圆 (180°) 弯钩 b) 直 (90°) 弯钩 c) 斜 (135°) 弯钩

$$\text{半圆弯钩 } l_z = 1.071D + 0.571d + l_p \quad (7-6)$$

$$\text{直弯钩 } l_z = 0.285D - 0.215d + l_p \quad (7-7)$$

$$\text{斜弯钩 } l_z = 0.678D + 0.178d + l_p \quad (7-8)$$

式中  $D$ ——圆弧弯曲直径, 对 I 级钢筋取  $2.5d$ ;

Ⅱ级钢筋取  $4d$ ；Ⅲ级钢筋取  $5d$ ；

$d$ ——钢筋直径；

$l_p$ ——弯钩的平直部分长度。

采用Ⅰ级钢筋，按圆弧弯曲直径为  $2.5d$ ， $l_p = 3d$  考虑，半圆弯钩增加长度应为  $6.25d$ ；直弯钩  $l_p$  按  $5d$ ，考虑增加长度应为  $5.5d$ ；斜弯钩  $l_p$  按  $10d$  考虑，增加长度为  $12d$ 。三种弯钩型式各种规格钢筋弯钩增加长度可参见表 7-1。

表 7-1 各种规格钢筋弯钩增加长度参考表

钢筋直径 $d/\text{mm}$	半圆弯钩/ $\text{mm}$		半圆弯钩/ $\text{mm}$ (不带平直部分)		直弯钩/ $\text{mm}$		斜弯钩/ $\text{mm}$	
	1个 钩长	2个 钩长	1个 钩长	2个 钩长	1个 钩长	2个 钩长	1个 钩长	2个 钩长
6	40	75	20	40	35	70	75	150
8	50	100	25	50	45	90	95	190
9	60	115	30	60	50	100	110	220
10	65	125	35	70	55	110	120	240
12	75	150	40	80	65	130	145	290
14	90	175	45	90	75	150	170	170
16	100	200	50	100				
18	115	225	60	120				
20	125	250	65	130				

(续)

钢筋直径 $d/\text{mm}$	半圆弯钩/mm		半圆弯钩/mm (不带平直部分)		直弯钩/mm		斜弯钩/mm	
	1个 钩长	2个 钩长	1个 钩长	2个 钩长	1个 钩长	2个 钩长	1个 钩长	2个 钩长
22	140	275	70	140				
25	160	315	80	160				
28	175	350	85	190				
32	200	400	105	210				
36	225	450	115	230				

注: 1. 半圆弯钩计算长度为  $6.25d$ ; 半圆弯钩不带平直部分为  $3.25d$ ; 直弯钩计算长度为  $5.5d$ ; 斜弯钩计算长度为  $12d$ ;

2. 半圆弯钩取  $l_p = 3d$ ; 直弯钩  $l_p = 5d$ ; 斜弯钩  $l_p = 10d$ ; 直弯钩在楼板中使用时, 其长度取决于楼板厚度;

3. 本表为 I 级钢筋, 弯曲直径为  $2.5d$ , 取尾数为 5 或 0 的弯钩增加长度。

## 2. 弯起钢筋斜长计算

梁、板类构件常配置一定数量的弯起钢筋, 弯起角度有  $30^\circ$ 、 $45^\circ$  和  $60^\circ$  几种 (图 7-2)。

弯起钢筋斜长增加的长度  $l_s$  可按下式计算:

弯起  $30^\circ$  角  $S = 2.0h$ ;  $l = 1.73h$

$$l_s = S - l = 0.268h \quad (7-9)$$



$$\begin{aligned} \text{弯起 } 45^\circ \text{ 角} \quad S &= 1.414h; \quad l = 1.00h \\ l_s &= S - l = 0.414h \end{aligned} \quad (7-10)$$

$$\begin{aligned} \text{弯起 } 60^\circ \text{ 角} \quad S &= 1.155h; \quad l = 0.577h \\ l_s &= S - l = 0.578h \end{aligned} \quad (7-11)$$

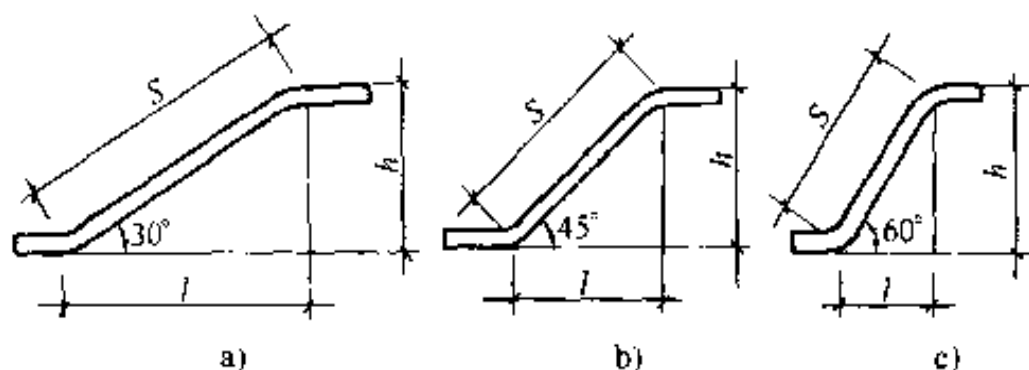


图 7-2 弯起钢筋斜长计算简图

a) 弯起  $30^\circ$  角   b) 弯起  $45^\circ$  角   c) 弯起  $60^\circ$  角

### 3. 弯曲调整值计算

钢筋弯曲时，内皮缩短，外皮延伸，只中心线尺寸不变，故下料长度即中心线尺寸。一般钢筋成形后量度尺寸都是沿直线量外皮尺寸；同时弯曲处又成圆弧，因此弯曲钢筋的量度尺寸大于下料尺寸，两者之间的差值称为“弯曲调整值”，即在下料时，下料长度应等于量度尺寸减去弯曲调整值。

钢筋弯曲常用型式及调整值计算简图，如图 7-3 所示。

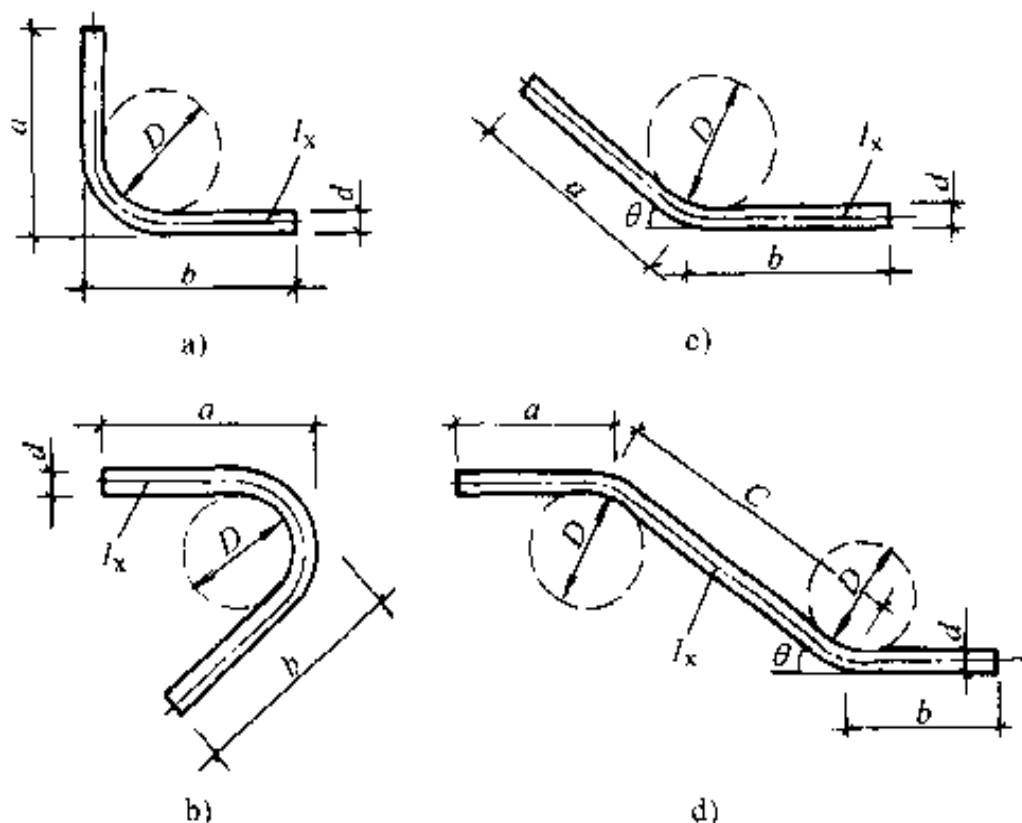


图 7-3 钢筋弯曲型式及调整值计算简图

a) 钢筋弯曲  $90^\circ$  b) 钢筋弯曲  $135^\circ$

c) 钢筋一次弯曲  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$  d) 钢筋弯曲  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$

$a, b$ —量度尺寸  $l_x$ ——下料长度

不同级别钢筋弯折  $90^\circ$  和  $135^\circ$  时 (图 7-3a、b) 的弯曲调整值参见表 7-2。对一次弯折钢筋 (图 7-3 c) 和弯起钢筋 (图 7-3 d) 的弯曲直径  $D$  不应小于钢筋直径  $d$  的 5 倍, 其弯折角度为  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$  的弯曲调整值参见表 7-3。

表 7-2 钢筋弯折 90°和 135°时的弯曲调整值

弯折角度	钢筋级别	弯曲调整值	
		计 算 式	取 值
90°	I 级	$\Delta = 0.215D + 1.215d$	1.75d
	II 级		2.08d
	III 级		2.29d
135°	I 级	$\Delta = 0.822d - 0.178D$	0.38d
	II 级		0.11d
	III 级		-0.07d

注：1. 弯曲直径：I 级钢筋  $D=2.5d$ ；II 级钢筋  $D=4d$ ；III 级钢筋  $D=5d$ 。

2. 弯曲图见图 7-3 钢筋弯曲调整值计算简图 (a)、(b)。

表 7-3 钢筋一次弯折和弯起 30°、45°、60°的弯曲调整值

弯折 角度	一次弯折的弯曲调整值		弯起钢筋的弯曲调整值	
	计 算 式	按 $D=5d$	计 算 式	按 $D=5d$
30°	$\Delta=0.006D+0.274d$	0.3d	$\Delta=0.012D+0.28d$	0.34d
45°	$\Delta=0.022D+0.436d$	0.55d	$\Delta=0.043D+0.457d$	0.67d
60°	$\Delta=0.054D+0.631d$	0.9d	$\Delta=0.108D+0.685d$	1.23d

注：弯曲图见图 7-3 钢筋弯曲调整值计算简图 (c)、(d)。

#### 4. 箍筋弯钩增加长度计算

箍筋的末端应作弯钩，用 I 级钢筋或冷拔低碳钢丝制作的箍筋，其弯钩的弯曲直径应大于受力钢筋直径，且不小于箍筋直径的 2.5 倍；弯钩平直部分的长度，对一般结构，不宜小于箍筋直径的 5 倍，对有抗震要求的结构，不应小于箍筋的 10 倍。

弯钩形式，可按图 7-4a、b 加工，对有抗震要求和受扭的结构，可按图 7-4c 加工。

常用规格钢筋箍筋弯钩长度增加长度见表 7-4。

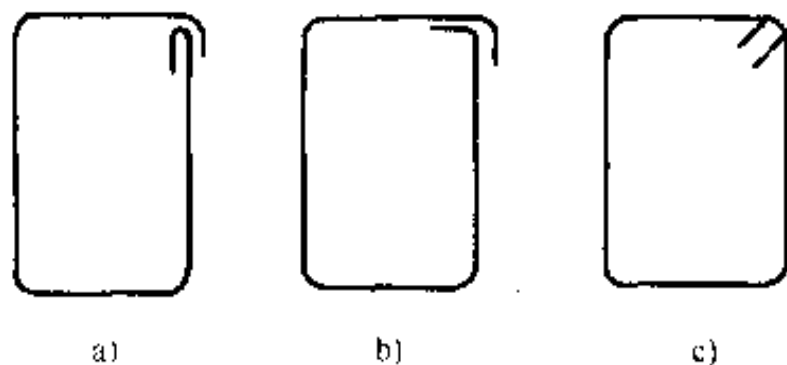


图 7-4 钢筋弯钩示意图

a)  $90^\circ/180^\circ$  b)  $90^\circ/90^\circ$  c)  $135^\circ/135^\circ$

表 7-4 箍筋弯钩长度增加值参考表

钢筋直径 $d/\text{mm}$	一般结构箍筋两个弯钩增加长度		抗震结构 两个弯钩 增加长度 ( $27d$ )
	两个弯钩均为 $90^\circ$ ( $14d$ )	一个弯钩 $90^\circ$ ，另一个 弯钩 $180^\circ$ ( $17d$ )	
$\leq 5$	70	85	135
6	84	102	162
8	112	136	216
10	140	170	270
12	168	204	324

注：箍筋一般用内皮尺寸标示，每边加上  $2d$ ，即成为外皮尺寸，表中已计入。

#### 5. 下料长度计算

一般构件钢筋多由直钢筋、弯起钢筋和箍筋组



成，其下料长度按下式计算：

$$\text{直钢筋下料长度} = \text{构件长度} - \text{保护层厚度} + \text{弯钩增加长度} \quad (7-12)$$

$$\text{弯起钢筋下料长度} = \text{直段长度} + \text{斜段长度} + \text{弯钩增加长度} - \text{弯曲调整值} \quad (7-13)$$

$$\text{箍筋下料长度} = \text{箍筋外皮周长} + \text{弯钩增加长度} - \text{弯曲调整值} \quad (7-14)$$

【例 7-3】 现有一根矩形梁，配筋如图 7-5，试计算各根钢筋的下料长度。

【解】 ①号钢筋是 2 根  $\Phi 22$  的直钢筋。

下料长度 = 构件长度 - 两端钢筋保护层厚度

即：  $6000\text{mm} - 2 \times 25\text{mm} = 5950\text{mm}$

②号钢筋 是 1 根  $\Phi 22$  的弯起钢筋，弯起终点外的锚固长度  $L_m - 20d = 20 \times 22\text{mm} = 440\text{mm}$ ，因此弯起钢筋端头需向下弯  $440\text{mm} - 265\text{mm} = 175\text{mm}$

下料长度 = 直段长度 + 斜段长度 - 弯曲调整值

即：  $(4520 + 265 \times 2 + 175 \times 2) + 635 \times 2 - (2 \times 0.67 \times 22 + 2 \times 2.08 \times 22) \approx 6530\text{mm}$

③号筋 是 2 根  $\Phi 12$  的架立钢筋，伸入支座的锚固长度  $L_m$ （作构造负筋）  $= 25d = 25 \times 12\text{mm} = 300\text{mm}$ ，为满足操作需要，应向下弯  $150\text{mm}$ 。

下料长度 = 直段长度 + 弯钩增加长度 - 弯曲调整值

即：  $5950\text{mm} + 150\text{mm} \times 2 + 150\text{mm} - 2 \times 1.75$



$\times 12\text{mm} \approx 6360\text{mm}$

④号钢筋 是 $\Phi 6$ 的箍筋，间距 200mm。

下料长度 = 箍筋周长 + 弯钩增加长度 + 钢筋弯曲调整值

即  $(450 + 150)\text{mm} \times 2 + 150\text{mm} + 2 \times 0.38 \times 6\text{mm} \approx 1355\text{mm}$

箍筋个数 = (主筋长度  $\div$  箍筋间距) + 1 =  $5950 \div 200 + 1 = 31$  个。

钢筋配料计算完成后，需填写钢筋下料通知单，如表 7-5。

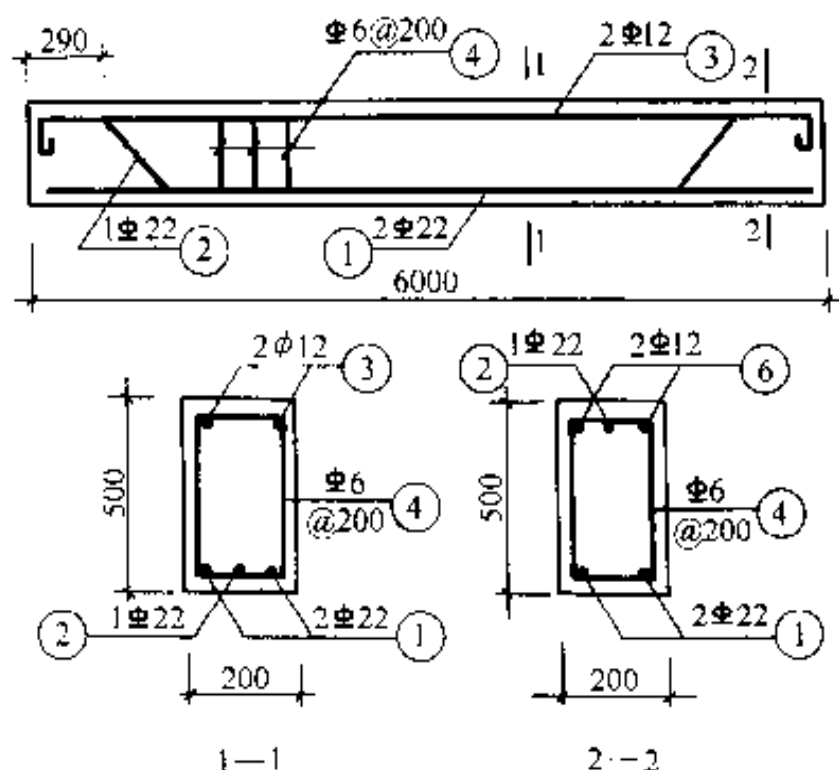
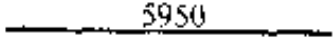
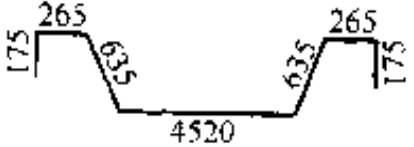
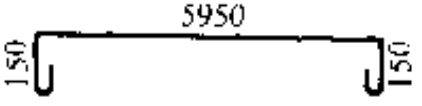



图 7-5 L-1 梁配筋详图



表 7.5 钢筋下料通知单

构件名称	编号	简图	钢号与直径	下料长度 (mm)	单位根数	合计根数	重量 (kg)
L · 1 共 5 根	①		Φ 22	5950	2	10	178
	②		Φ 22	6530	1	5	98
	③		Φ 12	6360	2	10	57
	④		Φ 6	1355	31	155	47
合 计							380

## 7.2.2 特殊形状钢筋下料长度计算

### 1. 梯形构件钢筋下料长度计算

平面或立面为梯形的构件 (图 7-6), 其平面纵向钢筋长度或立面箍筋高度, 在一组钢筋中存在多种不同长度的情况, 其下料长度或高度, 可用数学法根据比例关系进行计算。每根钢筋的长短差  $\Delta$  可按

下式计算：

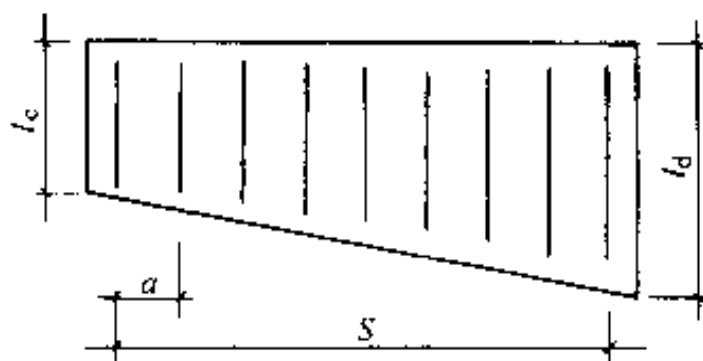


图 7-6 变截面梯形构件下料长度计算简图

$$\Delta = \frac{l_d - l_c}{n - 1} \text{ 或 } \Delta = \frac{h_d - h_c}{n - 1} \quad (7-15)$$

其中 
$$n = \frac{S}{a} + 1 \quad (7-16)$$

式中  $\Delta$ ——每根钢筋长短差或箍筋高低差；

$l_d$ 、 $l_c$ ——分别为平面梯形构件纵、横向配筋最大和最小长度；

$h_d$ 、 $h_c$ ——分别为立面梯形构件箍筋的最大和最小高度；

$n$ ——纵、横向筋根数或箍筋个数；

$S$ ——纵、横筋最长筋与最短筋之间或最高箍筋与最低箍筋之间的距离；

$a$ ——纵、横筋或箍筋的间距。

## 2. 圆形构件钢筋下料长度计算

对于圆形的构件，其配筋也是按缩尺计算，只外

形不是直线坡，而是成圆弧形的。其配筋有直线形和圆形两种

### (1) 按弦长布置的直线形钢筋

先根据弦长计算公式算出每根钢筋所在处的弦长，再减去两端保护层厚度，即得该处钢筋下料长度。

当钢筋间距为单数时（图 7-7a），配筋有相同的两组，弦长可按下式计算：

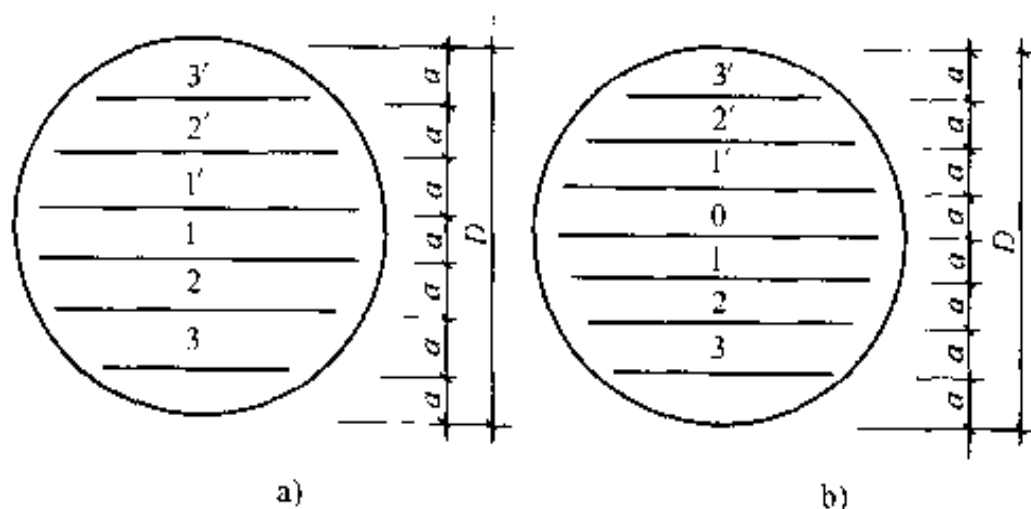


图 7-7 按弦长布置钢筋下料长度计算简图

a) 按弦长单数间距布置    b) 按弦长双数间距布置

$$l_i = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i-1)^2} \quad (7-17)$$

当钢筋间距为双数时（图 7-7b），有一根钢筋所在位置的弦长即为该圆的直径，另有相同的两组配筋，弦长可按下式计算：

$$l_i = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i)^2} \quad (7-18)$$

其中 
$$n = \frac{D}{a} - 1 \quad (7-19)$$

式中  $l_i$ ——第  $i$  根（从圆形向两边数）钢筋所在的弦长；

$i$ ——序号数；

$n$ ——钢筋根数；

$a$ ——钢筋间距；

$D$ ——圆形构件的直径

### (2) 按圆周布置的圆形钢筋

按圆周布置的缩尺配筋如图 7-8 所示。计算时，一般按比例方法先求出每根钢筋的圆直径，再乘以圆周率，即为圆形钢筋的下料长度。

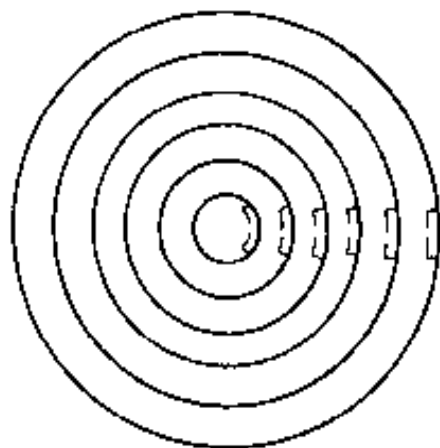


图 7-8 按圆周布置钢筋下料长度计算简图

### 3. 圆形切块钢筋下料长度计算

圆形切块的形状如图 7-9 所示。缩尺钢筋是按等距均匀布置，成直线形，计算方法与圆形构件直线形

配筋相同，先确定每根钢筋所在位置的弦与圆心间的距离（弦心距） $C$ ，弦长即可按下式计算：

$$l_0 = \sqrt{D^2 - 4C^2} \quad (7-20)$$

或 
$$l_0 = 2 \sqrt{R^2 - C^2} \quad (7-21)$$

弦长减去两端保护层厚度  $d$ ，即可求得钢筋长度  $l_i$ ：

$$l_i = 2 \sqrt{R^2 - C^2} - 2d \quad (7-22)$$

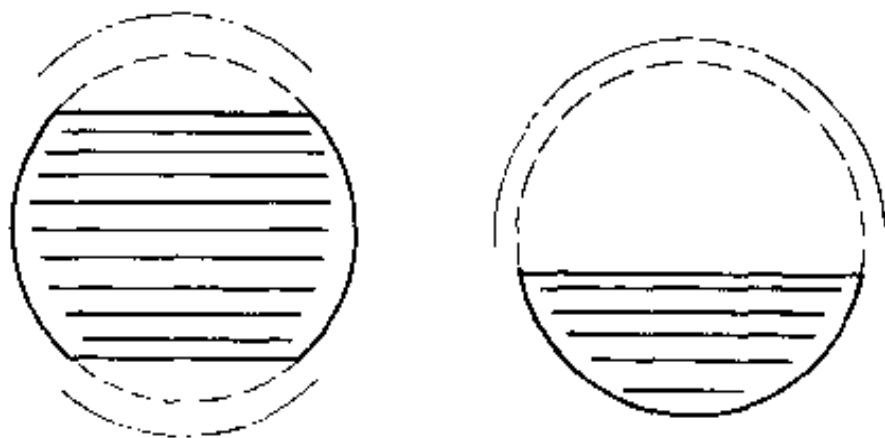


图 7-9 圆形切块的类型

式中  $l_0$ ——圆形切块的弦长；

$D$ ——圆形切块的直径；

$C$ ——弦心距，即圆心至弦的垂线长；

$R$ ——圆形切块的半径。

#### 4. 螺旋箍筋下料长度计算

在圆柱形构件中，螺旋箍筋沿圆周表面缠绕，每米钢筋骨架长的螺旋箍筋长度可按下式计算（图 7-10）：

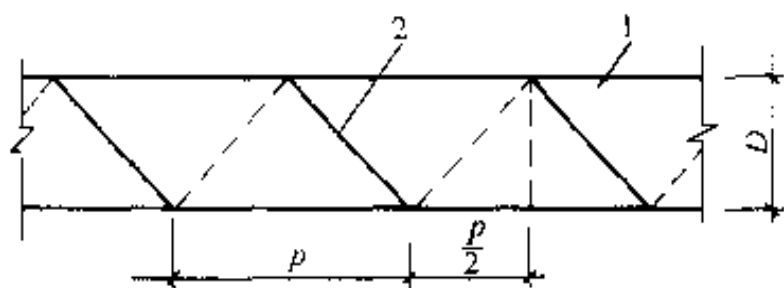


图 7-10 螺旋箍筋下料长度计算简图

1—主筋 2—螺旋箍筋

$$l = \frac{2000\pi a}{p} \left[ 1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3}{64} (e^2)^2 \right] \quad (7-23)$$

其中 
$$a = \frac{\sqrt{p^2 + 4D^2}}{4} \quad (7-24)$$

$$e^2 = \frac{4a^2 - D^2}{4a^2} \quad (7-25)$$

亦可按以下简化公式计算：

$$l = \frac{1000}{p} \sqrt{(\pi D)^2 + p^2} + \frac{\pi d}{2} \quad (7-26)$$

式中  $l$ ——每 1m 钢筋骨架长的螺旋箍筋长度(mm)；

$\pi$ ——圆周率，取 3.1416；

$p$ ——螺距 (mm)；

$D$ ——螺旋线的缠绕直径，可采用箍筋中心距，  
即主箍外皮距离加上箍筋直径 (mm)；

$d$ ——螺旋箍筋的直径 (mm)。

螺旋箍筋的长度也可根据勾股弦定理按下式计算  
(图 7-11)：

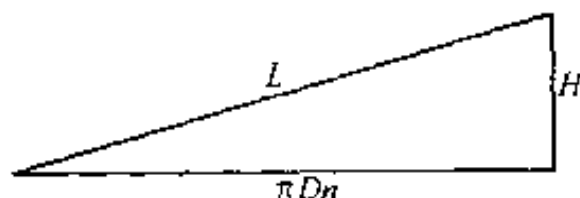


图 7-11 螺旋箍筋计算简图

$$L = \sqrt{H^2 + (\pi Dn)^2} \quad (7-27)$$

式中  $L$ ——螺旋箍筋的长度；

$H$ ——螺旋线起点到终点的垂直高度；

$n$ ——螺旋线的缠绕圈数；

其他符号意义同前。

#### 5. 曲线构件钢筋下料长度计算

曲线构件中曲线的走向和形状是以“曲线方程”确定的，钢筋下料长度分别按以下计算：

##### (1) 曲线钢筋长度计算

曲线钢筋长度采用分段按直线计算的方法。计算时，系根据曲线方程  $y = f(x)$ ，沿水平方向分段，每段长度  $l = x_i - x_{i-1}$ ，一般取 300～500mm，然后求已知  $x$  值时的相应  $y$  ( $y_i, y_{i-1}$ ) 值，再用勾股弦定理计算每段的斜长（三角形的斜边）如图 7-12，最后再将斜长（直线段）按下式叠加，即得曲线钢筋的长度（近似值）。

$$L = 2 \sum_{i=1}^n \sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + l^2} \quad (7-28)$$



式中  $L$ ——曲线钢筋长度；

$x_i$ 、 $y_i$ ——曲线钢筋上任一点在  $x$ 、 $y$  轴上的投影距离；

$l$ ——水平方向每段长度。

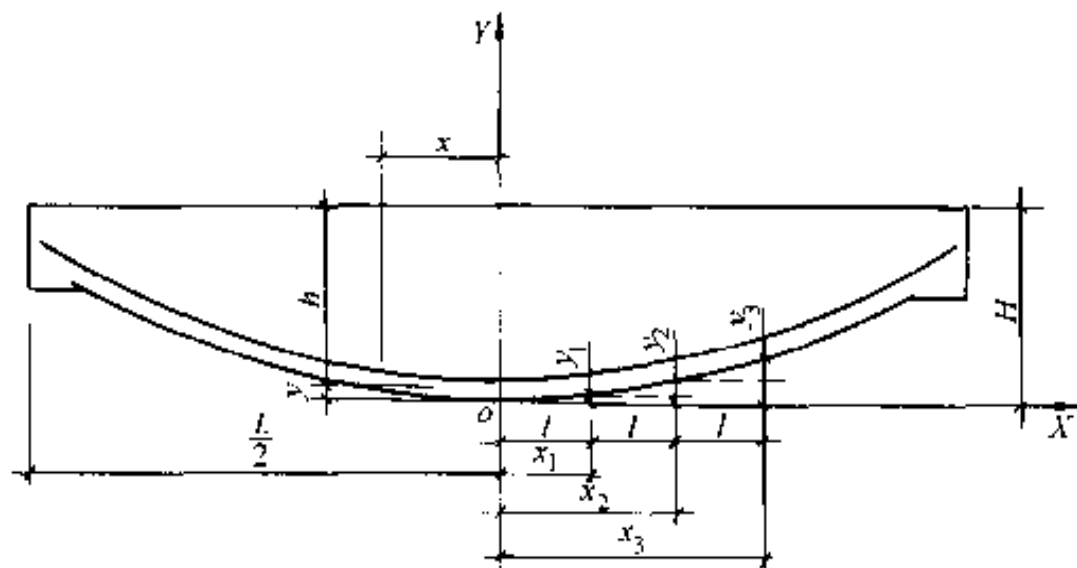


图 7-12 曲线钢筋下料长度计算简图

## (2) 抛物线钢筋长度

当构件一边为抛物线形时（图 7-13），抛物线钢筋的长度  $L$ ，可按下式计算：

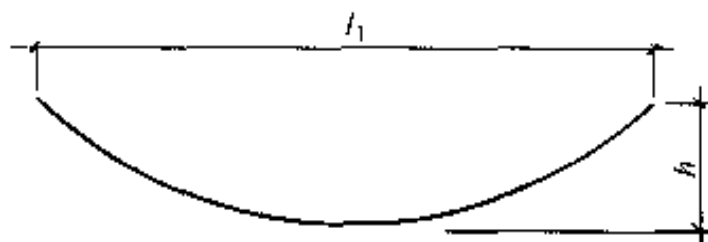


图 7-13 抛物线钢筋下料长度计算简图

$$L = \left(1 + \frac{8h^2}{3l_1^2}\right) l_1 \quad (7-29)$$

式中  $h$ ——抛物线的矢高；

$l_1$ ——抛物线水平投影长度。

### (3) 箍筋高度计算

根据曲线方程，以箍筋间距确定  $x_i$  值，可求得  $y_i$  值（图 7-12），然后利用  $x_i$ 、 $y_i$  值和施工图上有关尺寸，即可计算出该处的构件高度  $h_i = H - y_i$ ，再扣去上下层混凝土保护层，即得各段箍筋高度。

**[例 7-4]** 薄腹梁尺寸及箍筋如图 7-14 所示，试计算确定每个箍筋的高度。

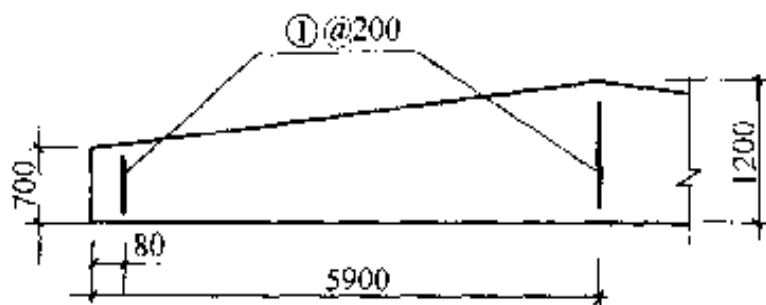


图 7-14 薄腹梁尺寸及箍筋布置

**[解]** 梁上部斜面坡度为  $\frac{1200 - 700}{5900} = \frac{5}{59}$ ，最低箍筋所在位置的模板高度为  $700\text{mm} + 80\text{mm} \times \frac{5}{59} = 707\text{mm}$ ，故箍筋的最小高度  $h_c = 707\text{mm} - 50\text{mm} = 657\text{mm}$ ，又  $h_d = 1200\text{mm} - 50\text{mm} = 1150\text{mm}$ ，又由式

(7-16) 得:  $n = \frac{s}{a} + 1 = \frac{5900 - 80}{200} + 1 = 30.1$ , 用 30 个箍筋, 再由式 (7-15) 得:

$$\Delta = \frac{h_d - h_c}{n - 1} = \frac{1150\text{mm} - 657\text{mm}}{30 - 1} = 17.0\text{mm}$$

故各个箍筋的高度分别为: 657mm、674mm、691mm、708mm、725mm、742mm……1150mm。

**[例 7 5]** 钢筋混凝土圆板, 直径 2.4m, 钢筋沿圆直径等间距布置如图 7-15 所示, 两端保护层厚度共为 50mm, 试求每根钢筋的长度, 并拟定表达格式。

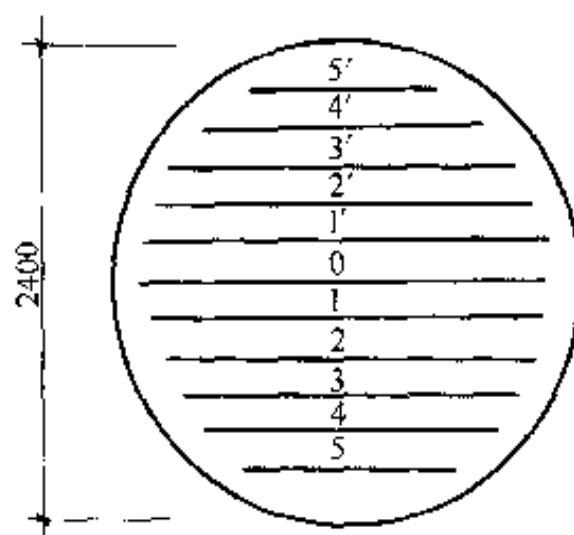


图 7-15 圆板钢筋布置

**[解]** 由图知配筋间距为双数,  $n = 11$

0 号钢筋长图  $l_0 = 2400\text{mm} - 50\text{mm} = 2350\text{mm}$

1 号至 5 号钢筋长度, 由式 (7-18) 得:

1 号钢筋长度

$$l_1 = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i)^2} - 50\text{mm}$$

$$= \frac{2400}{11+1}\text{mm} \times \sqrt{(11+1)^2 - (2 \times 1)^2} - 50\text{mm}$$

$$= 2316\text{mm}$$

2 号钢筋长度

$$l_2 = 200\text{mm} \times \sqrt{(11+1)^2 - (2 \times 2)^2} - 50\text{mm}$$

$$= 2213\text{mm}$$

3 号钢筋长度

$$l_3 = 200\text{mm} \times \sqrt{(11+1)^2 - (2 \times 3)^2} - 50\text{mm}$$

$$= 2028\text{mm}$$

4 号钢筋长度

$$l_4 = 200\text{mm} \times \sqrt{(11+1)^2 - (2 \times 4)^2} - 50\text{mm}$$

$$= 1739\text{mm}$$

5 号钢筋长度

$$l_5 = 200\text{mm} \times \sqrt{(11+1)^2 - (2 \times 5)^2} - 50\text{mm}$$

$$= 1277\text{mm}$$

材料表中的表达格式：画两个直径式样，其中一个写上长度 2350mm，根数为一根；另一个写上长度 1277~2316mm，根数为 2×5。0 号钢筋为一个编号；1 至 5 号钢筋合编为一个编号。

【例 7-6】 钢筋混凝土圆形切块板，直径为

2.50m，钢筋布置如图 7-16 所示，两端保护层厚度共为 50mm，试求每根钢筋的长度，并拟定表达格式。

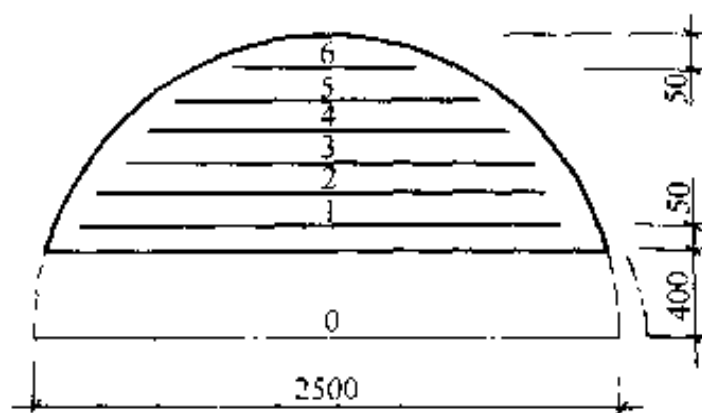


图 7-16 圆形切块板钢筋布置

【解】 每根钢筋之间的间距由图 7-16 计算

$$a = \frac{S}{n-1} = \frac{\left(\frac{2500}{2} - 50 - 50 - 400\right)}{6-1} \text{mm} = 150 \text{mm}$$

故  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ …… $C_6$  分别为 450mm、600mm、750mm、900mm、1050mm、1200mm，代入式 (7-20) 得各根钢筋的长度为：

$$\begin{aligned} l_1 &= \sqrt{D^2 - 4C^2} - 50 \text{mm} \\ &= \sqrt{2500^2 - 4 \times 450^2} \text{mm} - 2 \times 25 \text{mm} \\ &= 2282 \text{mm} \end{aligned}$$

$$l_2 = \sqrt{2500^2 - 4 \times 600^2} \text{mm} - 50 \text{mm} = 2143 \text{mm}$$

$$l_3 = \sqrt{2500^2 - 4 \times 750^2} \text{mm} - 50 \text{mm} = 1950 \text{mm}$$

$$l_4 = \sqrt{2500^2 - 4 \times 900^2} \text{mm} - 50 \text{mm} = 1685 \text{mm}$$

$$l_5 = \sqrt{2500^2 - 4 \times 1050^2} \text{mm} - 50 \text{mm} = 1306 \text{mm}$$

$$l_6 = \sqrt{2500^2 - 4 \times 1200^2} \text{mm} - 50 \text{mm} = 650 \text{mm}$$

材料表中的表达格式：画一个直径式样，写上长度 650~2282mm，根数为 6 根。

【例 7-7】 钢筋混凝土圆截面柱，采用螺旋形箍筋，钢筋骨架沿直径方向的主径外皮距离为 290mm，钢筋直径  $d = 10 \text{mm}$ ，箍筋螺距  $p = 90 \text{mm}$ ，试求每 1m 钢筋骨架长度螺旋箍筋的下料长度。

【解】  $D = 290 \text{mm} + 10 \text{mm} = 300 \text{mm}$ ，由式 (7-24) 和式 (7-25)：

$$a = \frac{\sqrt{p^2 + 4D^2}}{4} = \frac{\sqrt{90^2 + 4 \times 300^2}}{4} \text{mm} = 151.7 \text{mm}$$

$$e^2 = \frac{4a^2 - D^2}{4a^2} = \frac{4 \times 151.7^2 - 300^2}{4 \times 151.7^2} = 0.0222$$

代入式 (7-23) 得：

$$\begin{aligned} l &= \frac{2000\pi a}{p} \left[ 1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3}{64} (e^2)^2 \right] \\ &= \frac{2000 \times 3.1416 \times 151.7}{90} \\ &\quad \left[ 1 - \frac{0.0222}{4} - \frac{3}{64} (0.0222)^2 \right] \text{mm} \end{aligned}$$



$$= 10532\text{mm}$$

按简式 (7-26) 计算:

$$\begin{aligned} l &= \frac{1000}{p} \sqrt{(\pi D)^2 + p^2} \text{mm} + \frac{\pi d}{2} \text{mm} \\ &= \frac{1000}{90} \sqrt{(3.1416 \times 300)^2 + 90^2} \text{mm} \\ &\quad + \frac{3.1416 \times 10}{2} \text{mm} \\ &= 10535\text{mm} \end{aligned}$$

按式 (7-27) 计算

$$\begin{aligned} l &= \sqrt{H^2 + (\pi D n)^2} \\ &= \sqrt{1000^2 + (3.1416 \times 300 \times \frac{1000}{90})^2} \text{mm} \\ &= 10520\text{mm} \end{aligned}$$

式 (7-23) 与式 (7-26)、式 (7-27) 计算结果分别相差 0.02% 和 0.10%，可忽略不计。

【例 7-8】 钢筋混凝土鱼腹式吊车梁尺寸及配筋如图 7-17，下缘曲线方程为  $y = 0.0001x^2$ ，试求曲线钢筋长度及箍筋的高度。

【解】 (1) 曲线钢筋长度计算

取钢筋的保护层为 25mm，则钢筋的曲线方程为： $y = 0.0001x^2 + 25$

钢筋末端 C 点处的  $y$  值为  $900\text{mm} - 25\text{mm} = 875\text{mm}$ ，故相应的  $x$  值为：

$$x = \sqrt{\frac{y-25}{0.001}} = \sqrt{8500000} \text{ mm} = 2915 \text{ mm}$$

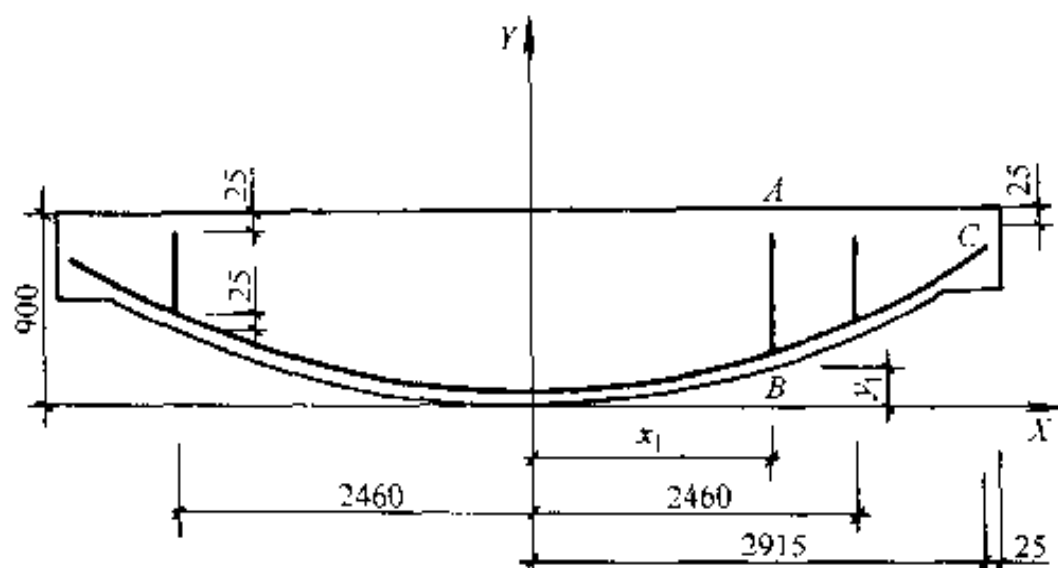


图 7-17 鱼腹式吊车梁尺寸及配筋

曲线钢筋按水平方向每 300mm 分段，以半根钢筋长度进行计算的结果列于表 9-6 中，所分第一段始端的  $y = 25$  未在表中示出，而  $y_i - y_{i-1}$  栏中的  $y_{i-1}$  值是取 25 的。

表 7-6 钢筋长度计算表 (mm)

段序	终端 $x$	终端 $y$	$x_i - x_{i-1}$	$y_i - y_{i-1}$	段长
1	300	34	300	9	300.1
2	600	61	300	27	301.2
3	900	106	300	45	303.4
4	1200	169	300	63	306.5
5	1500	250	300	81	310.7





(续)

段序	终端 $x$	终端 $y$	$x_i - x_{i-1}$	$y_i - y_{i-1}$	段长
6	1800	349	300	99	315.9
7	2100	466	300	117	322.0
8	2400	601	300	135	329.0
9	2700	754	300	153	336.8
10	2915	875	215	121	246.7

曲线钢筋总长为：

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \sum_{i=1}^n \sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (x_i - x_{i-1})^2} \text{ mm} \\
 &= 2 (300.1 + 301.2 + 303.4 + 306.5 + \\
 &\quad 310.7 + 315.9 + 322.0 + 329.0 + 336.8 + \\
 &\quad 246.7) \text{ mm} \\
 &= 2 \times 3072.3 \text{ mm} \approx 6145 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(2) 箍筋高度计算

由式 (7-16) 得出梁半跨的箍筋根数为：

$$n = \frac{s}{a} + 1 = \frac{2460}{200} + 1 = 13.3 \quad \text{用 14 根}$$

设箍筋的上、下保护层均为 25mm，则根据箍筋所在位置的  $x$  值可算出相应的  $y$  值（如图中 AB 箍筋有相应的  $x_1$ 、 $y_1$  值），则

$$\text{箍筋的高度 } h_i \approx H - y_i - 50 = 900 - y_1 - 50$$

$$\text{各箍筋的实际间距为 } \frac{2460}{14-1} \text{ mm} = 189 \text{ mm}$$

从跨中起向左或右顺序编号的各箍筋高度列于表 7-7。

表 7-7 箍筋高度计算表

编 号	$x$	$y$	高度/mm
1	0	0	850
2	189	4	846
3	378	14	836
4	567	32	818
5	756	57	793
6	945	89	761
7	1134	129	721
8	1323	175	675
9	1512	229	621
10	1701	289	561
11	1890	357	493
12	2079	432	418
13	2268	514	336
14	2460	605	245