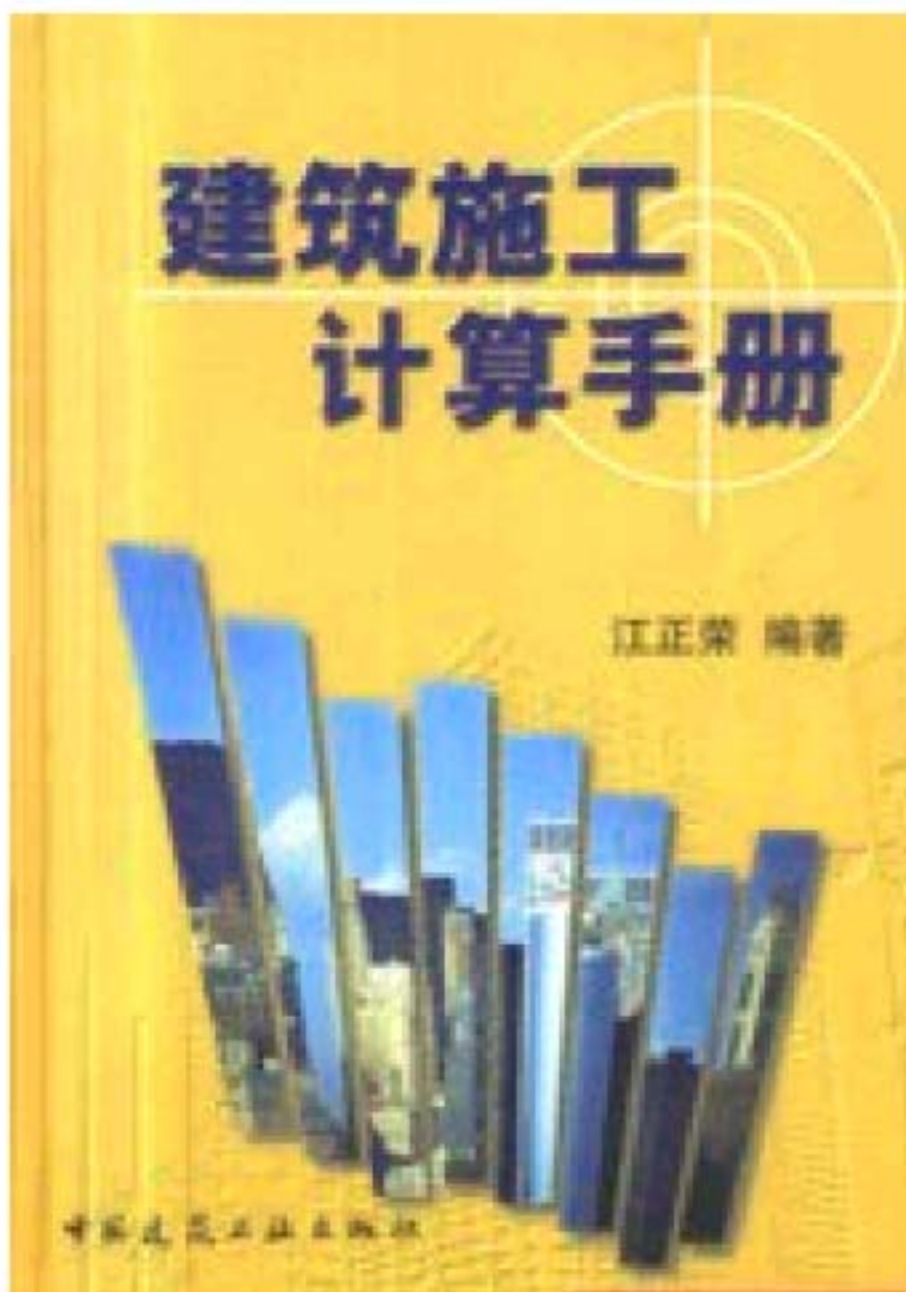


建筑施工计算手册

江正荣



中国建筑工业出版社

6 砌体与墙体工程

6.1 砌筑砂浆配合比计算

6.1.1 水泥砂浆、混合砂浆配合比计算

水泥砂浆、水泥混合砂浆配合比的确定，应按以下方法、步骤进行计算：

一、计算砂浆试配强度 $f_{m,0}$

砂浆的试配强度，可按下列式确定：

$$f_{m,0} = f_2 + 0.645\sigma \quad (6-1)$$

其中

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{m,i}^2 - N\mu_{fm}^2}{N-1}} \quad (6-2)$$

式中 $f_{m,0}$ ——砂浆的试配强度，精确至 0.1 (MPa)；

f_2 ——砂浆设计强度（即砂浆抗压强度平均值）(MPa)；

σ ——砂浆现场强度标准差，精确至 0.1 (MPa)；

$f_{m,i}$ ——统计周期内同一品种砂浆第 i 组试件的强度 (MPa)；

μ_{fm} ——统计同期内同一品种砂浆 N 组试件强度的平均值 (MPa)；

N ——统计周期内同一品种砂浆试件的总组数， $N \geq 25$ 。

当不具有近期统计资料时，其砂浆现场强度标准差 σ 可按表 6-1 取用。

砂浆强度标准差 σ 选用值 (MPa)

表 6-1

砂浆强度等级 施工水平	M2.5	M5.0	M7.5	M10.0	M15.0
优 良	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00
一 般	0.62	1.25	1.88	2.50	3.75
较 差	0.75	1.50	2.25	3.00	4.50

二、计算每立方米砂浆中的水泥用量 Q_c

每立方米砂浆中的水泥用量，可按下列式计算：

$$Q_c = \frac{1000 (f_{m,0} - B)}{A \cdot f_{ce}} \quad (6-3)$$

式中 Q_c ——每立方米砂浆的水泥用量 (kg/m^3)；

$f_{m,0}$ ——砂浆的试配强度 (MPa)；

f_{ce} ——水泥的实测强度,精确至0.1(MPa);

当无法取得水泥的实测强度值时,可按下列式计算:

$$f_{ce} = r_c \cdot f_{ce,k} \quad (6-4)$$

式中 $f_{ce,k}$ ——水泥商品标号对应的强度值;

r_c ——水泥标号值的富余系数,该值应按实际统计资料确定。无统计资料时 r_c 取1.0;

A、B——砂浆的特征系数,可按表6-2取用。

A、B 系 数 值

表 6-2

砂浆品种	A	B
水泥混合砂浆	1.50	4.25
水泥砂浆	1.03	3.50

注:各地区也可用本地区试验资料确定 A、B 值,统计用的试验组数不得少于 30 组。

当计算出水泥砂浆中的水泥用量不足 $200\text{kg}/\text{m}^3$ 时,应按 $200\text{kg}/\text{m}^3$ 采用。

三、按水泥用量 Q_c 计算掺加料用量 Q_D

水泥混合砂浆的掺加料用量可按下列式计算:

$$Q_D = Q_A - Q_C \quad (6-5)$$

式中 Q_D ——每立方米砂浆的掺加料用量 (kg/m^3);

Q_C ——每立方米砂浆的水泥用量 (kg/m^3);

Q_A ——每立方米砂浆中胶结料和掺加料的总量 (kg/m^3); 一般应在 $300 \sim 350 \text{ kg}/\text{m}^3$ 之间。

石灰膏不同稠度时,其换算系数可按表6-3进行换算。

石灰膏不同稠度时的换算系数

表 6-3

石灰膏稠度 (mm)	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30
换算系数	1.00	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86

四、确定砂用量 Q_s

每立方米砂浆中的砂子用量 Q_s (kg/m^3) 应以干燥状态 (含水率小于 0.5%) 的堆积密度值作为计算值。

五、按砂浆的稠度选用用水量 Q_w

每立方米砂浆中的用水量 Q_w (kg/m^3) 可根据经验或按表6-4选用。

每立方米砂浆中用水量选用值

表 6-4

砂浆品种	混合砂浆	水泥砂浆
用水量 (kg/m^3)	260~300	270~330

注:1. 混合砂浆中的用水量,不包括石灰膏或粘土膏中的水;

2. 当采用细砂或粗砂时,用水量分别取上限或下限;

3. 稠度小于 70mm 时,用水量可小于下限;

4. 施工现场气候炎热或干燥季节,可酌量增加水量。

六、进行砂浆试配、调整与确定

试配时应采用现场实际使用的材料；搅拌方法应与施工时使用的方法相同

按计算配合比进行试拌，测定其拌合物的稠度和分层度，若不能满足要求，则应调整用水量或掺加料，直到符合要求为止。然后确定为试配时的砂浆基准配合比。

试配时至少应采用三个不同的配合比，其中一个为按以上试样得出的基准配合比，另外两个配合比的水泥用量按基准配合比分别增加及减少 10%，在保证稠度、分层度合格的条件下，可将用水量或掺加料用量作相应调整。

三个不同的配合比，经调整后，应按国家现行标准《建筑砂浆基本性能试验方法》的规定制作试件，测定砂浆强度等级；并选定符合强度要求的且水泥用量较少的配合比。

砂浆配合比确定后，当材料有变更时，其配合比必须重新通过试验确定。

常用砌筑砂浆的参考配合比见表 6-5。

常用砌筑砂浆配合比参考表

表 6-5

砂浆强度等级	重量配合比			材料用量 (kg/m ³)			外加剂掺量 (%)
	水泥	石灰膏	砂子	水泥	石灰膏	砂子	
M 1.0	1	1.53~1.57	17.0~15.3	85~95	130~150	1430~1450	1~3
M 2.5	1	0.92~1.00	12.0~11.2	120~130	110~130	1430~1450	1~2
M 5.0	1	0.52~0.58	8.53~7.63	170~190	90~110	1430~1450	1~2
M 7.5	1	0.33~0.39	6.9~6.3	210~230	70~90	1430~1450	1
M 10.0	1	0.15~0.22	5.6~5.2	260~280	40~60	1430~1450	0

注：石灰膏稠度为 12cm；机械拌合。

【例 6-1】 用 425 号普通硅酸盐水泥，含水率为 2% 的中砂，堆积密度为 1480kg/m³，掺用石灰膏，稠度为 105mm，施工水平为一般，试配制砌筑砖墙，柱用 M7.5 等级水泥石灰砂浆，稠度要求 70~100mm。

【解】 (1) 计算试配强度 $f_{m,0}$

已知 $f_2 = 7.5\text{MPa}$ ，由表 6-1 得 $\sigma = 1.88\text{MPa}$

由式 (6-1) 得：

$$f_{m,0} = 7.5 + 0.645 \times 1.88 = 8.7\text{MPa}$$

(2) 计算水泥用量 Q_C

查表 6-2 得 $A = 1.5$ ； $B = -4.25$

按式 (6-4) $f_{ce} = 42.5\text{MPa}$

$$\begin{aligned} \text{由式 (6-3)} \quad Q_C &= \frac{1000 (f_{m,0} - B)}{A \cdot f_{ce}} \\ &= \frac{1000 (8.7 + 4.25)}{1.5 \times 42.5} = 203\text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

(3) 计算石灰用量 Q_D

取 $Q_A = 300\text{kg/m}^3$

则 $Q_D = Q_A - Q_C = 300 - 203 = 97\text{kg/m}^3$

石灰膏稠度 105 换算成 120mm 查表 6-3 得：

$$97 \times 0.98 = 95 \text{ kg/m}^3$$

(4) 计算用砂量 Q_s

根据砂子堆积密度和含水量计算砂用量为:

$$Q_s = 1480 (1 + 0.02) = 1510 \text{ kg/m}^3$$

(5) 选择用水量 Q_w

根据表 6-4 选择试配用水量 $Q_w = 300 \text{ kg/m}^3$

(6) 确定配合比

由以上计算得出砂浆试配时各材料的用量比例为:

$$\begin{aligned} \text{水泥:石灰膏:砂:水} &= 203:95:1510:300 \\ &= 1:0.47:7.44:1.48 \end{aligned}$$

6.1.2 粉煤灰砂浆配合比计算

粉煤灰水泥砂浆、粉煤灰水泥混合砂浆配合比的确定,应按以下方法步骤进行计算:

一、计算砂浆试配强度 $f_{m,0}$

砂浆的试配强度,可按下列式确定:

$$f_{m,0} = f_2 + 0.645\sigma \quad (6-6)$$

其中

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{m,i}^2 - N\mu_{tm}^2}{N-1}} \quad (6-7)$$

符号意义均同“6.1.1 水泥砂浆、混合砂浆配合比计算”。

二、计算水泥用量 Q_c

每立方米砂浆中的水泥用量,可按下列式计算:

$$Q_c = \frac{1000 (f_{m,0} - B)}{A \cdot f_{ce}} \quad (6-8)$$

当无法取得水泥的实测强度值时, f_{ce} 可按下列式计算:

$$f_{ce} = r_c \cdot f_{ce,k} \quad (6-9)$$

以上符号意义均同“6.1.1 水泥砂浆、混合砂浆配合比计算”。

当计算出水泥砂浆中的水泥用量不足 200 kg/m^3 时,应按 200 kg/m^3 采用。

三、计算石灰用量 Q_D

按求出的水泥用量由下列式计算石灰用量:

$$Q_D = Q_A - Q_c \quad (6-10)$$

式中 Q_D ——每立方米不掺粉煤灰砂浆中的石灰膏用量 (kg/m^3);

Q_A ——每立方米砂浆中胶结料和掺加石灰膏的重量 (kg/m^3); 一般应在 $300 \sim 350 \text{ kg/m}^3$ 之间;

Q_c ——每立方米砂浆中的水泥用量 (kg/m^3)。

四、选择水泥取代率,计算粉煤灰砂浆的水泥用量 Q_{co}

每立方米粉煤灰砂浆的水泥用量,可按下列式计算:

$$Q_{co} = Q_c (1 - \beta_{m1}) \quad (6-11)$$

式中 Q_{co} ——每立方米粉煤灰砂浆的水泥用量 (kg/m^3);

β_{m1} ——水泥取代率(%)；

Q_C ——每立方米不掺粉煤灰砂浆的水泥用量 (kg/m^3)。

五、选择石灰取代率，计算粉煤灰砂浆的石灰膏用量 Q_{D0}

每立方米粉煤灰砂浆的石灰膏用量，按下式计算：

$$Q_{D0} = Q_D (1 - \beta_{m2}) \quad (6-12)$$

式中 Q_{D0} ——每立方米粉煤灰砂浆的石灰膏用量 (kg/m^3)；

β_{m2} ——石灰膏取代率(%)；

Q_D ——每立方米不掺粉煤灰砂浆的石灰膏用量 (kg/m^3)。

六、选择粉煤灰超量系数，计算粉煤灰砂浆中的粉煤灰用量 Q_{f0}

每立方米粉煤灰砂浆中的粉煤灰用量，按下式计算：

$$Q_{f0} = \delta_m [(Q_C - Q_{C0}) + (Q_D - Q_{D0})] \quad (6-13)$$

式中 Q_{f0} ——每立方米粉煤灰砂浆的粉煤灰用量 (kg/m^3)；

δ_m ——粉煤灰超量系数；

其他符号意义同前。

七、计算砂用量 Q_{s0}

计算水泥、粉煤灰、石灰膏和砂的绝对体积，求出粉煤灰超出水泥部分的体积，并扣除同体积的砂用量，则得每立方米粉煤灰砂浆中的砂用量按下式计算：

$$Q_{s0} = Q_s - \left(\frac{Q_{f0}}{\rho_f} + \frac{Q_{D0}}{\rho_D} - \frac{Q_C}{\rho_C} - \frac{Q_D}{\rho_D} \right) \rho_s \quad (6-14)$$

式中 Q_{s0} ——每立方米粉煤灰砂浆的砂用量 (kg/m^3)；

Q_s ——每立方米砂浆的砂用量 (kg/m^3)；

ρ_C ——水泥相对密度；

ρ_f ——粉煤灰相对密度；

ρ_D ——石灰膏相对密度；

ρ_s ——砂相对密度；

其他符号意义同前。

八、确定用水量 Q_w

通过试拌，按粉煤灰砂浆稠度确定用水量。

九、试配与调整配合比

试配与调整方法同“6.1.1 水泥砂浆、水泥混合砂浆配合比计算”。

砂浆中粉煤灰取代水泥率及超量系数见表 6-6。

砂浆中粉煤灰取代水泥率及超量系数

表 6-6

砂浆品种		砂浆强度等级				
		M1	M2.5	M5	M7.5	M10
水泥石灰砂浆	β_m (%)	15~40			10~25	
	δ_m	1.2~1.7			1.1~1.5	

续表

砂浆品种		砂浆强度等级				
		M1	M2.5	M5	M7.5	M10
水泥砂浆	β_m (%)	—	25~40	20~30	15~25	10~20
	δ_m	—	1.3~2.0		1.2~1.7	

注：表中 β_m 为粉煤灰取代水泥率； δ_m 为粉煤灰超量系数。

砂浆中粉煤灰取代石灰膏率可通过试验确定，但最大不宜超过 50%。

【例 6-2】住宅楼工程需配制砌砖墙用 M5 水泥石灰砂浆，采用 425 号普通硅酸盐水泥，含水率 2% 的中砂， $Q_S = 1500 \text{ kg/m}^3$ ，粉煤灰取代率 $\beta_{m1} = 15\%$ ，取代石灰膏率 $\beta_{m2} = 45\%$ ，取粉煤灰超量系数 $\delta_m = 1.6$ ，石灰膏稠度 120mm，施工水平一般。试求每立方米砂浆中的水、石灰膏、粉煤灰及砂用量。

【解】 (1) 计算试配强度

已知 $f_2 = 5.0 \text{ MPa}$ ，由表 6-1 得 $\sigma = 1.25$

由式 (6-6) 得：

$$f_{m,0} = 5.0 + 0.645 \times 1.25 = 5.8 \text{ MPa}$$

(2) 计算水泥用量 Q_C

查表 6-2 得， $A = 1.5$ ； $B = -4.25$ ；又 $f_{ce} = 42.5 \text{ MPa}$

由式 (6-8) 得 $Q_C = \frac{1000 (5.8 + 4.25)}{1.5 \times 42.5} = 158 \text{ kg/m}^3 < 200 \text{ kg/m}^3$

按 200 kg/m^3 采用。

(3) 计算石灰膏用量 Q_D

取 $Q_A = 350 \text{ kg/m}^3$ 由式 (6-10) 得：

$$Q_D = 350 - 200 = 150 \text{ kg}$$

(4) 计算粉煤灰砂浆水泥用量 Q_{CO}

由式 (6-11) 得：

$$Q_{CO} = Q_C (1 - \beta_{m1}) = 200 (1 - 0.15) = 170 \text{ kg/m}^3$$

(5) 计算粉煤灰砂浆石灰膏用量 Q_{DO}

由式 (6-12) 得：

$$Q_{DO} = Q_D (1 - \beta_{m2}) = 150 (1 - 0.45) \approx 83 \text{ kg}$$

(6) 计算粉煤灰砂浆的粉煤灰用量 Q_{fo}

由式 (6-13) 得

$$\begin{aligned} Q_{fo} &= \delta_m [(Q_C - Q_{CO}) + (Q_D - Q_{DO})] \\ &= 1.6 [(200 - 170) + (150 - 83)] = 155 \text{ kg} \end{aligned}$$

(7) 计算粉煤灰砂浆中的砂用量 Q_{SO}

取 $\rho_C = 3.1$ ， $\rho_f = 2.2$ ， $\rho_D = 2.9$ ， $\rho_S = 2.62$ ， $Q_S = 1500 \text{ kg/m}^3$ ，由式 (6-14) 得：

$$Q_{SO} = Q_S - \left(\frac{Q_{CO}}{\rho_C} + \frac{Q_{fo}}{\rho_f} + \frac{Q_{DO}}{\rho_D} - \frac{Q_C}{\rho_C} - \frac{Q_D}{\rho_D} \right) \rho_S$$

$$= 1500 - \left(\frac{170}{3.1} + \frac{155}{2.2} + \frac{83}{2.9} - \frac{200}{3.1} - \frac{150}{2.9} \right) \times 2.62$$

$$= 1401 \text{ kg}$$

(8) 确定用水量 Q_w

根据表 6-4 选择试配用水量为 280 kg/m^3

(9) 试配与调整配合比

由以上得出每立方米粉煤灰砂浆材料用量为:

水泥:石灰膏:粉煤灰:砂:水

$$= 170:83:155:1401:280$$

$$= 1:0.49:0.91:8.24:1.65$$

通过试配,假定符合要求,故不需调整。

6.2 砂浆强度的换算

砂浆在不同温度和龄期下,其强度增长情况是不相同的,温度高者强度也高,温度低者强度也低;同时,砂浆的强度随龄期的增加而提高。因此在实际施工时,当砂浆养护的温度和龄期不符合标准养护温度 ($20^\circ \pm 3^\circ \text{C}$) 和标准养护龄期 (28d) 时,常常需要按实际养护温度和龄期来进行砂浆强度换算,以确定砂浆是否达到设计强度等级要求,或据以确定砖结构(如过梁或筒拱)等的拆模时间。

一、按温度进行强度换算

砂浆在不同温度养护条件下,不同龄期的砂浆强度增长情况,在砖石工程施工及验收规范附录一中列出了三个表格,如表 6-7、表 6-8 和表 6-9 所示。

由表知,如已知配制砂浆的水泥种类、标号和养护温度和龄期,即可推算出相当标准养护温度下的砂浆强度。当养护温度高于 25°C 时,表内虽未列出 28d 的强度百分率,考虑到温度较高时对强度发展的有利因素,可以按 25°C 时的百分率,即只要砂浆试块强度达到设计强度等级的 104%,即认为合格。当自然温度在表列温度值之间时,可以采用插入法求取百分率。

用 325 号、425 号普通硅酸盐水泥拌制的砂浆强度增长表

表 6-7

龄期 (d)	不同温度下的砂浆强度百分率 (以在 20°C 时养护 28d 的强度为 100%)							
	1°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
1	4	6	8	11	15	19	23	25
3	18	25	30	36	43	48	54	60
7	38	46	54	62	69	73	78	82
10	46	55	64	71	78	84	88	92
14	50	61	71	78	85	90	94	98
21	55	67	76	85	93	98	102	104
28	59	71	81	92	100	104	—	—

用 325 号矿渣硅酸盐水泥拌制的砂浆强度增长表

表 6-8

龄期 (d)	不同温度下的砂浆强度百分率 (以在 20℃ 时养护 28d 的强度为 100%)							
	1℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
1	3	4	5	6	8	11	15	18
3	8	10	13	19	30	40	47	52
7	19	25	33	45	59	64	69	74
10	26	34	44	57	69	75	81	88
14	32	43	54	66	79	87	93	98
21	39	48	60	74	90	96	100	102
28	44	53	65	83	100	104	—	—

用 425 号矿渣硅酸盐水泥拌制的砂浆强度增长表

表 6-9

龄期 (d)	不同温度下的砂浆百分率 (以在 20℃ 时养护 28d 强度为 100%)							
	1℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
1	3	4	6	8	11	15	19	22
3	12	18	24	31	39	45	50	56
7	28	37	45	54	61	68	73	77
10	39	47	54	63	72	77	82	86
14	46	55	62	72	82	87	91	95
21	51	61	70	82	92	96	100	104
28	55	66	75	89	100	104	—	—

二、按龄期进行强度换算

由于砂浆强度等级的龄期定为 28d, 故表 6-7~表 6-9 中龄期最多为 28d, 因此根据表格最多只能推算到 28d 的砂浆强度。至于 28d 以上, 龄期 $t \leq 90d$ 的强度, 可按式推算:

$$R_t = \frac{1.5tR_{28}}{14+t} \quad (6-15)$$

式中 R_t ——龄期为 t (d) 时的砂浆强度 (MPa);

t ——龄期 (d);

R_{28} ——龄期 28d 的砂浆抗压强度 (MPa)。

按式 (6-15) 适用于混合砂浆和水泥砂浆在温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 的情况。

【例 6-3】 用 325 号普通硅酸盐水泥拌制 M2.5 砂浆, 试块采取现场自然养护, 养护期间 (28d) 的平均气温为 5°C 和 25°C , 砂浆试块 28d 的试压结果分别为 1.76MPa 和 2.57MPa, 试换算该两组试块强度是否达到设计要求。

【解】 已知养护期限 28d、温度分别为 5°C 和 25°C , 由表 6-7 查得应达到强度等级的百分率分别为 71% 和 104%。

即试块强度值分别应不小于:

$$2.5 \times 0.98 \times 0.71 = 1.74\text{MPa}$$

$$2.5 \times 0.98 \times 1.04 = 2.55 \text{MPa}$$

现试压结果分别为 1.76MPa (>1.74MPa) 和 2.57MPa (>2.55MPa)

故符合砂浆设计强度等级要求。

【例 6-4】 已知一组混合砂浆试块龄期 40d 的平均强度为 2.73MPa，试推算该试块在标准温度 ($20 \pm 5^\circ\text{C}$) 条件下，龄期为 28d 和 60d 的强度。

【解】 由公式 (6-15) 龄期 28d 的强度为：

$$\begin{aligned} 2.73 &= \frac{1.5 \times 40 \times R_{28}}{14 + 40} \\ &= \frac{2.73 \times 54}{1.5 \times 40} = 2.46 \text{MPa} \end{aligned}$$

则龄期为 60d 的强度为：

$$R_{60} = \frac{1.5 \times 60 \times 2.46}{14 + 60} = 2.99 \text{MPa}$$

故推算龄期 28d 和 60d 的强度分别为 2.46MPa 和 2.99MPa。

6.3 砖墙用料的计算

在砌砖墙时，常需计算砖墙用料，包括砖、砌筑砂浆和砂浆材料用量。

一、砖及砂浆用量计算

计算前先量出砖的平均长度、宽度、厚度，或按出厂合格证上砖的规格尺寸。设砖长 = a ，砖宽 = b ，砖厚 = c ，再按规范要求，确定灰缝厚度，设竖缝为 d_1 ，横缝 = d_2 ，则：

1. 砖墙每平方米需用砖及砂浆的数量，根据砖墙厚度（图 6-1）按下式计算：

(1) 半砖墙

$$\text{砖数} \quad A = \frac{1}{(a + d_1)(c + d_2)} \quad (\text{块}) \quad (6-16)$$

$$\text{砂浆量} \quad B = b - A \cdot a \cdot b \cdot c \quad (\text{m}^3) \quad (6-17)$$

(2) 一砖墙

$$\text{砖数} \quad A = \frac{1}{(b + d_1)(c + d_2)} \quad (\text{块}) \quad (6-18)$$

$$\text{砂浆量} \quad B = a - A \cdot a \cdot b \cdot c \quad (\text{m}^3) \quad (6-19)$$

(3) 一砖半墙

$$\text{砖数} \quad A = \frac{1}{(a + d_1)(c + d_2)} + \frac{1}{(b + d_1)(c + d_2)} \quad (\text{块}) \quad (6-20)$$

$$\text{砂浆量} \quad B = (a + b + d_1) - A \cdot a \cdot b \cdot c \quad (\text{m}^3) \quad (6-21)$$

(4) 二砖墙

$$\text{砖数} \quad A = \frac{2}{(b + d_1)(c + d_2)} \quad (\text{块}) \quad (6-22)$$

$$\text{砂浆量} \quad B = (2a + d_1) - A \cdot a \cdot b \cdot c \quad (\text{m}^3) \quad (6-23)$$

2. 每立方米砖墙需用砖及灰浆的数量等于每平方米需用数量乘以下列倍数，

(1) 半砖墙的倍数 = $\frac{1}{6}$

$$(2) \text{一砖墙的倍数} = \frac{1}{a}$$

$$(3) \text{一砖半墙的倍数} = \frac{1}{a+b+d_1}$$

$$(4) \text{二砖墙的倍数} = \frac{1}{2a+d_1}$$

二、砂浆材料用量计算

砌墙常用水泥砂浆、石灰砂浆和混合砂浆，配料采用体积配合比（或由重量比折成体积配合比）

1. 水泥砂浆用料计算：

设 $W_c = 1\text{m}^3$ 水泥的重量 = 1350kg，或按实际量出重量，并设水泥砂浆配合比为水泥：砂 = $C:S$ ，按需要的稠度加水拌合成砂浆后，量其体积，可求出拌合成砂浆后的制成系数 V_m ，即：

$$V_m = \frac{\text{拌合成砂浆后的体积}}{(C+S) \text{ 的体积}} \quad (6-24)$$

该制成系数为计算用数数量的重要根据，一般为 0.65~0.80，则：
每立方米砂浆需用水泥数量

$$= \frac{W_c \cdot C}{(C+S) V_m} \text{ (kg)} \quad (6-25)$$

每立方米砂浆需用砂子数量

$$= \frac{S}{(C+S) V_m} \text{ (m}^3\text{)} \quad (6-26)$$

2. 石灰砂浆用料计算：

设 $W_l = 1\text{m}^3$ 生石灰的重量 = 1150kg，或按实际量出；生石灰化为熟石灰体积增加，增加率多少视生石灰的质量而定，亦可在现场由实际量得，方法是取一个单位体积的生石灰（碎成粉末），加适量水化为熟石灰后，量其体积，则

V_l = 熟石灰的体积/生石灰的体积

V_l 一般为 2~2.5。设石灰砂浆配合比例为：石灰：砂 = $l:S$ ，则每立方米砂浆生石灰用量

$$= \frac{W_l \cdot l}{(l+S) \cdot V_m \cdot V_l} \text{ (kg)} \quad (6-27)$$

每立方米砂浆砂子用量

$$= \frac{S}{(l+S) V_m} \text{ (m}^3\text{)} \quad (6-28)$$

V_m 符号的意义同水泥砂浆。

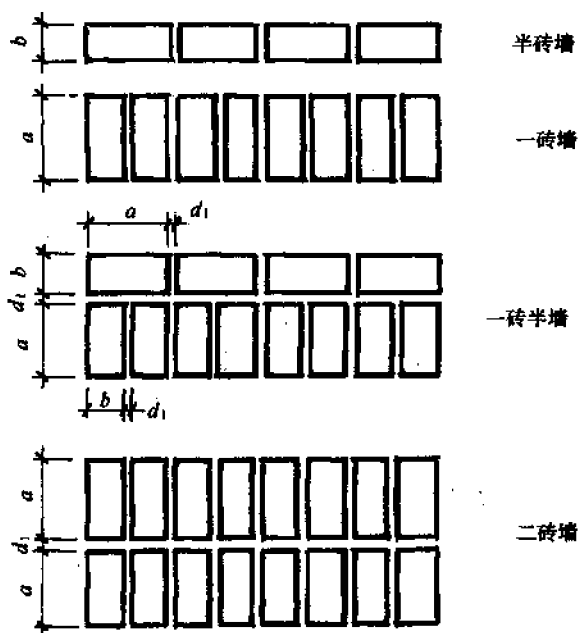


图 6-1 砖墙平面图

3. 混合砂浆用料计算:

设混合砂浆的配合比为: 水泥: 石灰膏: 砂 = $C:l:S$, 则

每立方米混合砂浆需用水泥数量

$$= \frac{W_c \cdot C}{(C+l+S) V_m} \text{ (kg)} \quad (6-29)$$

每立方米混合砂浆需用石灰数量

$$= \frac{W_l \cdot l}{(C+l+S) V_m \cdot V_l} \text{ (kg)} \quad (6-30)$$

每立方米混合砂浆需用砂子数量

$$= \frac{S}{(C+l+S) V_m} \text{ (m}^3\text{)} \quad (6-31)$$

V_m 、 V_l 符号的意义同石灰砂浆。

【例 6-5】 砌一砖墙, 砖规格为 $240 \times 115 \times 53\text{mm}$, 用混合砂浆砌筑, 砂浆体积配合比为: 水泥: 石灰膏: 砂子 = $1:2:11$, 灰缝宽度 $d_1 = d_2 = 10\text{mm}$, 已知 $V_m = 0.75$, $V_l = 2$, 试计算每立方米砖墙需用砖、砂浆、水泥、石灰和砂的数量。

【解】 按以上计算公式:

$$\begin{aligned} \text{砂数量} \quad A &= \frac{1}{(b+d_1)(c+d_2)} \cdot \frac{1}{a} \\ &= \frac{1}{(0.115+0.01)(0.053+0.01)} \cdot \frac{1}{0.24} = 529 \text{ 块} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{砂浆数量} \quad B &= (a - A \cdot a \cdot b \cdot c) \cdot \frac{1}{a} \\ &= (0.24 - 127 \times 0.24 \times 0.115 \times 0.053) \cdot \frac{1}{0.24} \\ &= 0.225\text{m}^3 \end{aligned}$$

混合砂浆需用水泥数量

$$\begin{aligned} &= \frac{W_c \cdot C}{(C+l+S) V_m} \cdot B \\ &= \frac{1350 \times 1}{(1+2+11) \times 0.75} \times 0.225 = 29\text{kg} \end{aligned}$$

混合砂浆需用石灰数量

$$\begin{aligned} &= \frac{W_l \cdot l}{(C+l+S) V_m \cdot V_l} \cdot B \\ &= \frac{1150 \times 2}{(1+2+11) 0.75 \times 2} \times 0.225 = 25\text{kg} \end{aligned}$$

混合砂浆需用砂子数量

$$\begin{aligned} &= \frac{S}{(C+l+S) V_m} \cdot B \\ &= \frac{11}{(1+2+11) \times 0.75} \times 0.225 = 0.236\text{m}^3 \end{aligned}$$

故每立方米砖墙需用砖 529 块, 混合砂浆 0.225m^3 , 水泥 29kg, 石灰 25kg, 砂 0.236m^3 。

三、砌墙实体积用砖和用灰量计算

砖砌体材料用量有时需按实体积计算砖墙用砖和用灰量,以立方米计。

每立方米各种不同厚度砖墙用砖和用灰量可分别由以下通用公式求得:

1. 需用砖块净用量计算

每立方米砖墙净用砖块数量 A (块) 可按下式计算:

$$A = \frac{1}{D(a+d)(c+d)} \cdot K \quad (6-32)$$

式中 D ——砖墙厚度;

a ——砖长度;

c ——砖厚度;

d ——灰缝厚度;

K ——系数, $K = N \times 2$;

N ——墙身的砖数。

2. 需用砂浆净用量计算

每立方米砖墙砂浆净用量 B (m^3) 可按下式计算:

$$B = 1 - N \times V \quad (6-33)$$

式中 N ——墙身的砖数量 (块);

V ——每块砖体积。

【例 6-6】 普通粘土砖墙, 采用砖规格为 $240 \times 115 \times 53\text{mm}$, 横竖灰缝厚度均为 10mm , 试分别计算半砖、一砖、一砖半、二砖、二砖半厚砖墙每立方米砌体需用砖块数量和用灰量。

【解】 每块砖体积为 $0.24 \times 0.115 \times 0.053 = 0.0014628\text{m}^3$

(1) 半砖厚墙

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{0.115(0.24+0.01)(0.053+0.01)} \times 0.5 \times 2 \\ &= 552 \text{ 块} \end{aligned}$$

$$B = 1 - 552 \times 0.0014628 = 0.192\text{m}^3$$

(2) 一砖厚墙

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{0.24(0.24+0.01)(0.053+0.01)} \times 1 \times 2 \\ &= 529 \text{ 块} \end{aligned}$$

$$B = 1 - 529 \times 0.0014628 = 0.226\text{m}^3$$

(3) 一砖半厚墙

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{0.365(0.24+0.01)(0.053+0.01)} \times 1.5 \times 2 \\ &= 522 \text{ 块} \end{aligned}$$

$$B = 1 - 522 \times 0.0014628 = 0.237\text{m}^3$$

(4) 二砖厚墙

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{0.49(0.24+0.01)(0.053+0.01)} \times 2 \times 2 \\ &= 518 \text{ 块} \end{aligned}$$

$$B = 1 - 518 \times 0.0014628 = 0.242\text{m}^3$$

(5) 二砖半厚墙

$$A = \frac{1}{0.614 (0.24 + 0.01) (0.053 + 0.01)} \times 2.5 \times 2$$

$$= 517 \text{ 块}$$

$$B = 1 - 517 \times 0.0014628 = 0.244\text{m}^3$$

6.4 砖墙排砖计算

普通粘土砖墙的铺砌方法有满丁满条、五层重排法；老的砌法有三顺一丁、一顺一丁等。在砌筑前，要根据设计的门窗口、砖墙、门窗垛等尺寸和排砖方法，进行排砖计算或校核，以使砖墙尺寸准确。以下简介砖墙尺寸排砖计算及校核公式。

一、砖墙长度计算

1. 满丁满条砌法

砖墙长度按下式计算：

$$\text{满条长度} \quad L = 2e + N_1 a + (N_1 + 1) d_1 \quad (6-34)$$

$$\text{或} \quad L = 25N_1 + 38 \quad (6-35)$$

$$\text{满丁长度} \quad L = N_2 b + (N_2 - 1) d_1 \quad (6-36)$$

$$\text{或} \quad L = 12.5N_2 - 10 \quad (6-37)$$

式中 L ——砖墙长度 (cm)；

a ——砖墙长度，一般为 24cm；

b ——砖墙宽度，一般为 11.5cm；

e ——七分头砖长度，一般取 18.5cm；

N_1 ——条砖的数量，其数值取整数；

N_2 ——丁砖的数量，其数值取整数；

d_1 ——竖缝宽度，一般取 1.0cm。

2. 五层重排砌法

砖墙长度按下式计算：

$$L = 2e + 2b + N_1 a + (N_1 + 3) d_1 \quad (6-38)$$

$$\text{或} \quad L = 25N_1 + 63 \quad (6-39)$$

$$L = N_2 b + (N_1 - 1) d_1 \quad (6-40)$$

$$\text{或} \quad L = 12.5N_2 - 10 \quad (6-41)$$

其他符号意义同前。

二、门窗口宽度计算

门窗口宽度按下式计算：

$$B = b + N_1 a + (N_1 + 1) d_1 \quad (6-42)$$

$$\text{或} \quad B = 25N_1 + 12.5 \approx 25N_1 + 13 \quad (6-43)$$

式中 B ——门窗口宽度；

其他符号意义同前。

三、门窗高度按下式计算

$$H = (c + d_2) K \quad (6-44)$$

式中 H ——门窗高度 (cm);

c ——砖厚度, 一般为 5.3cm;

d_2 ——横缝厚度, 一般取 1.0cm;

K ——砖厚加灰缝 (=6.3cm) 的倍数。

如门窗口上面砌砖法碯, H 应再加 1cm。

按以上公式计算的排砖设计参考数据见表 6-10。

粘土砖清水墙排砖设计参考数据

表 6-10

N	砖墙长度 (满丁满条) (cm)	砖墙长度 (五层重排) (cm)	门窗口宽度 (cm)	N	砖墙长度 (满丁满条) (cm)	砖墙长度 (五层重排) (cm)	门窗口宽度 (cm)
1	63	88	38	16	438	463	413
2	88	113	63	17	463	488	438
3	113	138	88	18	488	513	463
4	138	163	113	19	513	538	488
5	163	188	138	20	538	563	513
6	188	213	163	21	563	588	538
7	213	238	188	22	588	613	563
8	238	263	213	23	613	638	588
9	263	288	238	24	638	663	613
10	288	313	263	25	663	688	638
11	313	338	288	26	688	713	663
12	338	363	313	27	713	738	688
13	363	388	338	28	738	763	713
14	388	413	363	29	763	788	738
15	413	438	388	30	788	813	763

注: 砖的标准尺寸为 $24 \times 11.5 \times 5.3$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 厚) cm。7 分头砖长为 18.5cm, 灰缝宽为 10mm。

【例 6-7】 砖墙采用满丁满条砌法, 顺铺条砖数量 $N_1 = 4$, 试计算砖墙长度和进行排砖设计。

【解】 由式 (6-35) 得:

$$\text{砖墙长度 } L = 25N_1 + 38 = 25 \times 4 + 38 = 138\text{cm}$$

排砖方法如图 6-2a 所示。

【例 6-8】 砖墙采用五层重排砌法, 顺铺条砖的数量 $N_1 = 3$, 试计算砖墙长度和进行排砖设计。

【解】 由式 (6-39) 得:

$$\text{砖墙长度 } L = 25N_1 + 63 = 25 \times 3 + 63 = 138\text{cm}$$

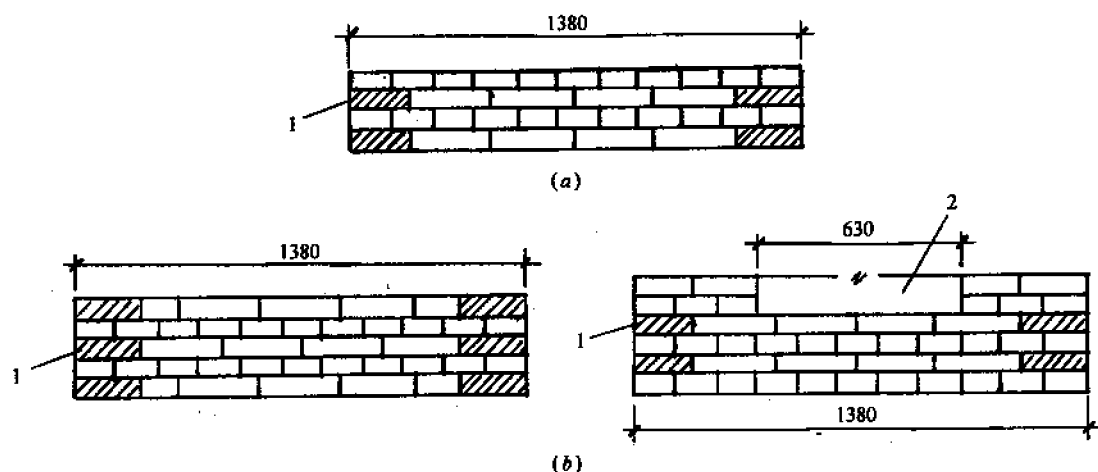


图 6-2 砖墙排砖方法

(a) 砖墙满丁满条; (b) 砖墙五层重排砌法; (c) 满丁满条砌门窗口

1—七分头; 2—窗口

排砖方法如图 6-2b 所示。

【例 6-9】 砖墙采用满丁满条砌法砌门窗口，窗口下顺铺砖数量 $N_1 = 2$ ，试计算砖墙门窗口宽度和进行排砖设计。

【解】 由式 (6-43) 得：

$$\text{门窗口宽度 } B = 25N_1 + 13 = 25 \times 2 + 13 = 63\text{cm}$$

排砖方法如图 6-2c 所示。

6.5 砖拱圈楔形砖加工规格及数量计算

砌筑砖拱圈时，常需计算确定各类拱的用砖加工尺寸和数量，以下简介计算方法。

1. 当砖拱圈仅由一种楔形砖组砌时，楔形砖小头的厚度和每环拱顶所需楔形砖的数量可由下式计算（图 6-3）：

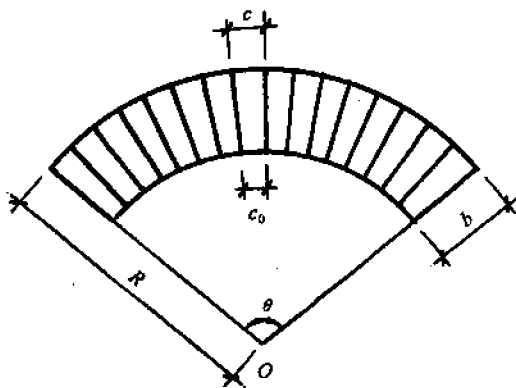


图 6-3 砖拱楔形砖加工计算简图

$$c_0 = \frac{c(R-b)}{R} \quad (6-45)$$

$$N = \frac{\pi R \theta}{180(c+d)} \quad (6-46)$$

式中 c_0 ——楔形砖小头厚度 (mm);
 c ——楔形砖或直形砖大头的厚度 (mm);
 R ——砖拱的外半径 (mm);
 b ——砖拱的砌砖厚度 (mm);
 d ——砖缝厚度 (mm);
 θ ——拱的中心角 ($^\circ$)。

2. 当砖拱圈用楔形砖与直形砖搭配组砌时, 每环拱所需楔形砖与直形砖的数量可由下式计算:

$$\text{楔形砖块数} \quad N = \frac{\pi \theta b}{180(c-c_0)} \quad (6-47)$$

$$\text{直形砖块数} \quad n = \frac{\pi R \theta}{180(c+d)} - N \quad (6-48)$$

式中 N ——楔形砖的数量 (块);
 n ——直形砖的数量 (块);
 其他符号意义同前。

3. 当砖拱圈用两种不同楔形砖搭配组砌时, 每环拱所需不同楔形砖的数量可由下式计算:

$$(N_1 + N_2)(c + d) = l \quad (6-49)$$

$$N_1(c_1 + d) + N_2(c_2 + d) = l_0 \quad (6-50)$$

式中 N_1 ——一种楔形砖数量 (块);
 N_2 ——另一种楔形砖数量 (块);
 c_1 ——一种楔形砖 (数量为 N_1) 的小头厚度 (mm);
 c_2 ——另一种楔形砖 (数量为 N_2) 的小头厚度 (mm);
 l ——拱外弧长度 (mm);
 l_0 ——拱内弧长度 (mm)。

【例 6-10】 砖拱外半径 $R = 1230\text{mm}$, 拱的厚度 $b = 230\text{mm}$, 拱中心角 $\theta = 60^\circ$, 楔形砖的大头厚度 $c = 65\text{mm}$, 砖缝厚度 $d = 2\text{mm}$, 试求楔形砖小头的厚度和每环拱顶所需楔形砖的块数。

【解】 由式 (6-45) 得:

$$\text{楔形砖小头厚度} \quad c_0 = \frac{c(R-b)}{R} = \frac{65(1230-230)}{1230} \approx 52\text{mm}$$

由式 (6-46) 得:

$$\begin{aligned} \text{每环拱楔形砖数} \quad N &= \frac{\pi R \theta}{180(c+d)} = \frac{3.14 \times 1230 \times 60}{180(65+2)} \\ &= 19.2 \text{ 块} \quad \text{用 20 块} \end{aligned}$$

【例 6-11】 砖烟囱某段平均半径 $R=3.0\text{m}$, 砖规格为 $240\times 115\times 53\text{mm}$, 砖垂直缝 $d=10\text{mm}$, 试求加工砖小头的宽度及数量。

【解】 由式 (6-45) 得:

$$\begin{aligned}\text{砖的小头加工宽度 } b_0 &= \frac{b(R-a)}{R} = \frac{115(3000-240)}{3000} \\ &= 106\text{mm}\end{aligned}$$

故加工砖的规格为 $240\text{mm}\times 115/106\text{mm}\times 53\text{mm}$, 实际不需每块砖都加工, 可将几块砖加工的数量集中到一块砖上, 如每三块砖加工一块, 则加工砖尺寸为 $240\text{mm}\times 115/88\text{mm}\times 53\text{mm}$

又由式 (6-46) 得:

$$\text{砖加工数量 } N = \frac{\pi R \theta}{180(c+d)} = \frac{3.14 \times 3000 \times 360}{180(115+10)} = 150 \text{ 块}$$

故每圈加工数量为 150 块。

【例 6-12】 砖拱外半径 $R=3040\text{mm}$, 拱的厚度 $b=230\text{mm}$, 拱中心角 $\theta=45^\circ$, 用 $230\text{mm}\times 113\text{mm}\times 65\text{mm}$ 和 $230\text{mm}\times 113\text{mm}\times 65/55\text{mm}$ 两种砖组砌, 试求每环拱顶所需楔形砖和直形砖的数量。

【解】 由式 (6-47) 得:

$$\begin{aligned}\text{每环拱顶楔形砖数量 } N &= \frac{\pi \theta b}{180(c-c_0)} = \frac{3.14 \times 45 \times 230}{180(65-55)} \\ &\approx 18 \text{ 块}\end{aligned}$$

由式 (6-48) 得:

$$\begin{aligned}\text{每环拱顶直形砖数量 } N &= \frac{\pi R \theta}{180(c+d)} - N \\ &= \frac{3.14 \times 3040 \times 45}{180(65+2)} - 18 = 18 \text{ 块}\end{aligned}$$

【例 6-13】 砖拱外半径 $R=1200\text{mm}$, 采用 $230\text{mm}\times 113\text{mm}\times 65/55\text{mm}$ 和 $230\text{mm}\times 113\text{mm}\times 65/45\text{mm}$ 两种不同楔形砖组砌, 砖缝厚度 $d=2\text{mm}$, 试求出两种楔形砖需用的数量。

【解】 由式 (6-49)、式 (6-50) 得:

$$(N_1 + N_2)(65+2) = 1200\pi \quad (1)$$

$$N_1(55+2) + N_2(45+2) = 970\pi \quad (2)$$

$$\text{由 (1) 式 } N_1 + N_2 = \frac{120\pi}{67}$$

$$N_1 + N_2 = 56 \text{ 块}$$

$$N_1 = 56 - N_2 \quad (3)$$

以 (3) 式代入 (2) 式得:

$$(56 - N_2) \times 57 + 47N_2 = 970\pi$$

解之得: $N_2 \approx 15 \text{ 块}$

则 $N_1 = 56 - N_2 = 56 - 15 = 41 \text{ 块}$

故两种不同楔形砖需用数量分别为 41 块和 15 块。

6.6 砖墙、柱施工允许自由高度的计算

在施工中, 刚砌筑完的砖墙、柱, 当超过一定高度, 如尚未安装楼板、屋面板或浇筑圈梁、安设连系梁, 或采取临时支撑措施, 在较大风荷载作用下, 将有可能被风吹倒塌, 遇此情况, 应对其稳定性进行验算。

验算时, 假定砖墙、柱底部砂浆与楼板或基础的粘结作用忽略不计, 其抗倾覆稳定性可按式计算 (图 6-4):

$$Kq \cdot \frac{h^2}{2} = \frac{\gamma b^2 h}{2}$$

$$h = \frac{\gamma b^2}{Kq} \quad (6-51)$$

式中 h ——砖墙柱的允许自由高度 (m);

q ——风荷载 (kN/m^2);

K ——抗倾覆安全系数, 当墙、柱厚 190、240mm 时, 取 $K = 1.12$; 墙、柱厚 370mm, $K = 1.41$; 墙、柱厚 490mm, $K = 1.49$; 墙、柱厚 620mm, $K = 1.46$;

γ ——砖、石砌体重度 (kN/m^3);

b ——墙、柱厚度 (m)。

为应用方便, 在砖石工程施工及验收规范中列出了在不同风载时, 不同墙、柱厚度的允许自由高度如表 6-11, 可供参考。

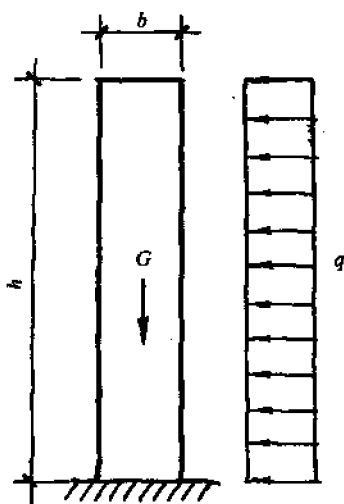


图 6-4 砖墙柱倾覆性计算简图

墙和柱的允许自由高度 (m)

表 6-11

墙 (柱) 厚度 (cm)	砌体重度 $> 16 \text{ kN/m}^3$ (石墙、实心砖墙)			砌体重度 $13 \sim 16 \text{ kN/m}^3$ (空心砖墙、空斗墙)		
	风载 (kN/m^2)			风载 (kN/m^2)		
	0.3 (相当 于 7 级风)	0.4 (相当 于 8 级风)	0.6 (相当 于 9 级风)	0.3 (相当 于 7 级风)	0.4 (相当 于 8 级风)	0.6 (相当 于 9 级风)
19	—	—	—	1.4	1.1	0.7
24	2.8	2.1	1.4	2.2	1.7	1.1
37	5.2	3.9	2.6	4.2	3.2	2.1
49	8.6	6.5	4.3	7.0	5.2	3.5
62	14.0	10.5	7.0	11.4	8.6	5.7

注: 1. 本表适用于施工处标高 (H) 在 10m 范围内的情况。如 $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ 、 $15\text{m} < H \leq 20\text{m}$ 和 $H > 20\text{m}$ 时, 表内的允许自由高度值应分别乘以 0.9、0.8 和 0.75 的系数;

2. 当所砌筑的墙, 有横墙或其他结构与其连接, 而且间距小于表列限值的 2 倍时, 砌筑高度不受此限制;

3. 施工处标高 H 按下式计算:

$$H = L + \frac{h}{2}$$

式中 H ——施工处标高 (m);

L ——起始计算自由高度处的标高 (m);

h ——表内允许自由高度值 (m)。

4. 7 级风为疾风, 相当风速 $13.9 \sim 17.1 \text{ m/s}$; 8 级为大风, 相当风速 $17.2 \sim 20.7 \text{ m/s}$; 9 级为烈风, 相当风速 $20.8 \sim 24.4 \text{ m/s}$ 。

【例 6-14】 写字楼 370mm 砖墙，砌体重度 $\gamma = 16.8 \text{ kN/m}^3$ ，求在风载 $q = 0.4 \text{ kN/m}^2$ 作用时的墙允许自由高度。

【解】 370mm 砖墙，取 $K = 1.41$ ，由式 (6-51) 得：

$$h = \frac{\gamma b^2}{Kq} = \frac{16.8 \times 0.37^2}{1.41 \times 0.4} = 4.0 \text{ m}$$

故，砖墙允许自高度为 4.0m。

6.7 砖含水率、砂浆灰缝厚度和饱满度对砌体强度的影响计算

在砌体施工中，砖的含水率、砂浆水平灰缝厚度和砂浆饱满度是砌体质量控制的重要指标之一，常直接影响砌体的强度和耐久性，因此施工中必须了解其影响程度，加以控制。

一、砖含水率对砌体强度的影响计算

对于普通粘土砖，含水率对砌体抗压强度的影响系数，可按下列式计算：

$$K = 0.84 + \frac{3\sqrt{w}}{10} \quad (6-52)$$

式中 w ——砖的含水率（以百分数计）。

表 6-12 为砖含水率对砌体抗压强度的影响试验数据，可供参考。由表知，采用含水率为 8%~10% 和饱和的砖砌的砌体，抗压强度比含水率为零的砖砌体分别提高 20% 和 30% 左右。

砖含水率对砌体抗压强度的影响

表 6-12

砖强度 (MPa)	砂浆强度 (MPa)	砖含水率 (%)	砌体抗压强度 (MPa)	影响系数 K
6.91	3.88	0	1.63	0.84
6.91	4.29	4.75	1.93	1.01
6.91	2.98	10.8	2.05	1.06
6.91	3.88	20.0 (饱和)	2.14	1.11

二、砂浆水平灰缝厚度对砌体强度的影响计算

砂浆水平灰缝厚度 t 对砌体抗压强度的影响系数 ϕ ，可按下列式计算：

$$\text{对水平砖砌体} \quad \phi = \frac{1.4}{1 + 0.04t} \quad (6-53)$$

$$\text{对空心砖砌体} \quad \phi = \frac{2}{1 + 0.1t} \quad (6-54)$$

式中 t ——砂浆水平灰缝厚度 (mm)。

水平灰缝厚度对实心 and 空心砖砌体抗压影响的试验数据分别见表 6-13 和表 6-14 可供参考。

水平灰缝厚度对实心砖砌体抗压强度的影响

表 6-13

砖强度 (MPa)	砂浆强度 (MPa)	灰缝厚度 (mm)	砌体破坏强度平均值 (MPa)
13.43	3.66	8.5	6.03
		10.0	5.73
		12.0	4.36
13.43	4.01	8.5	7.60
		10.0	7.01
		12.0	4.95

水平灰缝厚度对实心砖砌体抗压强度的影响

表 6-14

平均灰缝厚度 (mm)	破坏强度 (MPa)	平均灰缝厚度 (mm)	破坏强度 (MPa)
0	30.28 (磨光)	10.41	20.40
(干砌)	14.05 (修平)	9.65	20.87
0	29.11	16.26	18.88
0.51	27.49	17.10	18.07
1.27	31.65	15.75	21.95
		25.40	14.87

三、砂浆水平灰缝饱满度对砌体强度的影响计算

砂浆水平灰缝饱满度为 B 时的砌体抗压强度, 可按下式计算:

$$R_B = (0.2 + 0.8B + 0.4B^2) R \quad (6-55)$$

式中 R_B ——水平灰缝砂浆饱满度为 B 时的砌体抗压强度;

B ——水平灰缝砂浆饱满度 (以小数计);

R ——设计规范中规定的砌体抗压强度。

上式当 $B=0.73$ 时, $R_B=R$, 表明当水平灰缝砂浆饱满度达到 73%, 砌体的抗压强度即能达到设计规范中规定的数值。但从保证提高施工质量出发, 新规范仍取水平灰缝的砂浆饱满度不得低于 80%, 以便于施工掌握。

6.8 砖烟囱砌筑楔形砖加工规格及数量计算

砖烟囱筒身及内衬砌筑, 为保证砌筑质量, 常需将大部分标准砖进行加工成楔形砖。为减少加工砖的种类和数量, 应将筒身高度分成几段计算, 而在使用加工砖的比例上加以调整, 其计算方法如下图 6-5 所示。

设 MN 为半径 R 圆弧的一部分

$$AB = EC = a; \quad BC = AE = b$$

$$OB = OC = R; \quad AF = b_0$$

由图知 $\triangle OBC$ 与 $\triangle OAF$ 为相似三角形

则

$$\frac{AF}{OA} = \frac{BC}{OB}$$

$$b_0 = AF = \frac{BC \times OA}{OB} = \frac{b(R-a)}{R} \quad (6-56)$$

又由图知

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{(b - b_0 + d)}{2a}$$

砖的圆心角

$$\alpha = 2 \arctg \left(\frac{b - b_0 + d}{2a} \right) \quad (6-57)$$

式中 R ——烟囱外半径 (mm);

a ——砖的长度, 一般为 240mm;

b ——砖的宽度, 一般为 115mm;

b_0 ——加工砖小头的宽度 (mm);

α ——砖的圆心角 ($^\circ$);

d ——垂直灰缝厚度 (mm), 一般为 10mm。

1. 采用单一楔形砖砌筑时, 圆周楔形砖的数量按下式计算:

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} \quad (6-58)$$

式中 N ——单一楔形砖的数量 (块);

α ——砖的圆心角 ($^\circ$)。

2. 采用楔形砖与直形砖相间砌筑时, 圆周楔形砖或直形砖的数量按下式计算:

$$N = \frac{360^\circ}{2\alpha} \quad (6-59)$$

符号意义同前。

3. 采用两种规格楔形砖砌筑时, 圆周楔形砖的数量按下式计算:

$$N_1 = \frac{(360 - N_2 \alpha_2)}{\alpha_1} \quad (6-60)$$

$$N_2 = \frac{(360 - N_1 \alpha_1)}{\alpha_2} \quad (6-61)$$

式中 N_1 ——一种楔形砖的数量 (块);

N_2 ——另一种楔形砖的数量 (块);

α_1 ——一种楔形砖的圆心角 ($^\circ$);

α_2 ——另一种楔形砖的圆心角 ($^\circ$)。

【例 6-15】 砖烟囱某段半径 $R = 3.0\text{m}$, 砖规格为 $240 \times 115 \times 53\text{mm}$, 试求加工砖小头的宽度和数量。

【解】 由式 (6-56) 得加工砖的小头宽度;

$$b_0 = \frac{b(R - a)}{R} = \frac{115 \times (3000 - 240)}{3000} = 106\text{mm}$$

即加工砖的规格为 $240 \times 115/106 \times 53\text{mm}$ 实际上不需要每块砖都加工, 可将数块砖加工的数量集中到一块砖上, 如三块砖中有一块加工, 则加工砖尺寸为 $240 \times 115/88 \times 53\text{mm}$ 。

由式 (6-57) 砖的圆心角

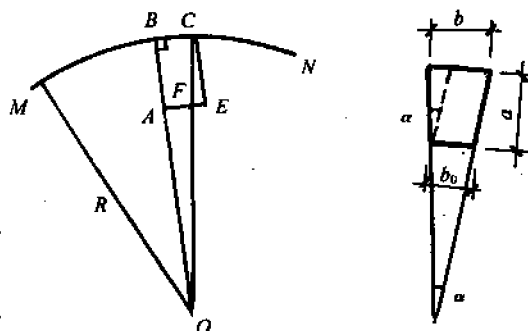


图 6-5 砖烟囱楔形砖加工计算简图

$$\begin{aligned}\alpha &= 2\arctg\left(\frac{b-b_0+d}{2a}\right) \\ &= 2\arctg\left(\frac{115-106+10}{2\times 240}\right) \\ &= 2\arctg 0.00208\end{aligned}$$

$$\therefore \alpha = 2.6^\circ$$

由式 (6-58)

$$\text{加工砖数量 } N = \frac{360^\circ}{\alpha} = \frac{360^\circ}{2.6^\circ} = 138 \text{ 块}$$

【例 6-16】 烟囱内衬采用两种规格楔形砖砌筑, 已知砖圆心角 (含灰缝厚度) 分别为 2.6° 和 5.2° , 试求圆周需要两种楔形砖的数量。

【解】 由式 (6-60) $\therefore N_1 = N_2$

$$N_1 = \frac{(360 - N_2 \alpha_2)}{\alpha_1} = \frac{360 - N_1 \times 5.2^\circ}{2.6^\circ}$$

解之得 $N_1 = 46 \text{ 块}$

$$N_2 = N_1 = 46 \text{ 块}$$

6.9 砖烟囱砌筑稳定性验算

砖烟囱每日砌筑一定高度, 底部砂浆尚未凝固, 未达到一定的砌体强度, 在较大风载作用下在迎风面一侧有可能出现拉应力, 在背风面一侧出现较大压应力, 将会使烟囱开裂, 变形, 甚至失稳倒塌, 因此在施工中特别是在冬季施工, 每砌一定高度, 应对其强度和稳定性进行验算, 使每天砌筑高度控制在允许范围以内, 否则应采取预防失稳技术措施。

验算的基本点是: 在迎风面不允许出现拉应力, 在背风面的压应力不允许超过砂浆强度为零时的砖砌体抗压强度设计值。

设烟囱每天砌筑段高度为 h

则该砌筑段筒壁重量可按下式计算:

$$G = \frac{\pi}{8} [(D_1^2 - d_1^2) + (D_2^2 - d_2^2)] \gamma h \quad (6-62)$$

式中 G ——每天砌筑段的筒壁重量 (kN);

D_1 、 D_2 ——该段筒壁底部和顶部的外直径 (m);

d_1 、 d_2 ——该段筒壁底部和顶部的内直径 (m);

γ ——筒身砖砌体密度 (kN/m³);

h ——该砌筑段高度 (m)。

该砌筑段筒壁所受风力弯矩, 可按下式计算:

$$M = \frac{1}{6} k q h^2 (D_1 + 2D_2) \quad (6-63)$$

式中 M ——风力作用于该砌筑段的弯矩 (kN·m);

k ——风力系数, 对圆形烟囱取 0.6; 方形取 1.0;

q ——风荷载 (kN/m^2);

其他符号意义同前。

该砌筑段筒壁底部截面面积可按式计算:

$$A = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_1^2) \quad (6-64)$$

该砌筑段筒壁底部截面抵抗矩可按式计算:

$$W = \frac{\pi (D_1^4 - d_1^4)}{32D_1} \quad (6-65)$$

在风荷载作用下该砌筑段筒壁稳定性, 可按式计算:

迎风面的拉应力或压应力:

$$f_t = \frac{G}{A} - \frac{M}{W} \geq 0 \quad (6-66)$$

背风面的压应力:

$$f_c = \frac{G}{A} + \frac{M}{W} \quad (6-67)$$

式中 f_t ——烟囱迎风面的拉应力或压应力 (MPa);

f_c ——烟囱背风面的压应力 (MPa);

其他符号意义同前。

将式 (6-62) ~ 式 (6-65) 分别代入式 (6-66) 和式 (6-67) 中, 即可分别求得 f_t 和 f_c 值。

式 (6-66) 中 $\frac{G}{A} > \frac{M}{W}$, 所得 f_t 为压应力, 反之为拉应力, 验算时要求 f_t 大于或等于零, 即不出现拉应力, 否则应调整日砌筑筒身高度 h , 使控制在允许范围以内。

式 (6-67) 中的压应力, 应不超过砂浆强度为零时的砖砌体的抗压强度设计值, 否则亦应调整日砌筑筒身高度 h , 使控制在允许范围以内。

【例 6-16】 60m 砖烟囱, 每日砌筑高度为 6.0m, 该砌筑段 $D_1 = 4.5\text{m}$; $d_1 = 3.76\text{m}$; $D_2 = 4.25\text{m}$, $d_2 = 3.51\text{m}$; 已知用 Mu10 红砖、M5.0 水泥混合砂浆砌筑, 砌体密度 $\gamma = 18.5\text{kN/m}^3$, 风载 $q = 0.5\text{kN/m}^2$, $k = 0.6$, 试验算该砌筑高度是否满足稳定性要求。

【解】 由式 (6-62) 该砌筑段筒壁重量为:

$$\begin{aligned} G &= \frac{3.14}{8} [(4.50^2 - 3.76^2) + (4.25^2 - 3.51^2)] \times 18.5 \times 6.0 \\ &= 516.27\text{kN} \end{aligned}$$

由式 (6-63) 该砌筑段筒壁所受风力弯矩为:

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{6} \times 0.6 \times 0.5 \times 6^2 (4.5 + 2 \times 4.25) \\ &= 23.40\text{kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

由式 (6-64) 该砌筑段筒壁底部截面面积为:

$$A = \frac{3.14}{4} (4.5^2 - 3.76^2) = 4.80\text{m}^2$$

由式 (6-65) 该段筒壁底部截面抵抗矩为:

$$W = \frac{3.14 (4.5^4 - 3.76^4)}{32 \times 4.5} = 4.58 \text{m}^3$$

由式 (6-66) 该砌筑段筒壁迎风面的应力为:

$$\begin{aligned} f_t &= \frac{G}{A} - \frac{M}{W} = \frac{516.27}{4.80} - \frac{23.40}{4.58} \\ &= 107.56 - 5.11 = 102.45 \text{kPa} \\ &\approx 0.102 \text{MPa} > 0 \quad \text{满足要求。} \end{aligned}$$

因用 Mu10 红砖, 当砌筑砂浆强度为零时的砖砌体抗压强度设计值为 0.7MPa。

由式 (6-67) 该砌筑段筒壁背风面的压应力为:

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{G}{A} + \frac{M}{W} = \frac{516.27}{4.80} + \frac{23.40}{4.58} \\ &= 107.56 + 5.11 = 112.67 \text{kPa} \\ &\approx 0.113 \text{MPa} < 0.7 \text{MPa} \quad \text{满足要求。} \end{aligned}$$

故该烟囱每日砌筑 6.0m 高可满足强度和稳定性要求。