

土木工程材料

作者名称:玩原神导致的

2025 年 6 月 14 日

前言标题

这是一个基于 \LaTeX 的模板，用于撰写学习笔记。

模板旨在提供一个简单、易用的框架，以便你能够专注于内容，而不是排版细节，如不是专业者，不建议使用者在模板细节上花费太多时间，而是直接使用模板进行笔记撰写。遇到问题，再进行调整解决。

前言页显示日期：2025 年 6 月 14 日

目录

第零章 配合比计算	1
0.1 配合比计算的基本原理	1
0.1.1 一些参数说明	3
0.2 体积法与查表细节	3
0.3 课本计算案例	6

第零章 配合比计算

0.1 配合比计算的基本原理

配合比计算是土木工程中非常重要的一环，主要用于确定混凝土或砂浆等材料的组成比例，以满足工程设计要求。配合比计算的基本原理包括以下几个方面：

- 和易性要求(和易性包括流动性、粘聚性和保水性)
- 强度等级要求
- 耐久性要求
- 经济原则

Corollary 0.1.1. 强度等级要求和耐久性指标是给水胶比($\frac{W}{B}$)设置了一个最大值限制，因为加水可以提高流动性，但是会降低强度和耐久性

和易性要求(或者更直接一点是和易性中流动性)是给单位用水量设置了一个最小值限制，因为水泥浆的流动性和粘聚性与单位用水量密切相关。

细骨料和粗骨料也会影响流动性和粘聚性，在满足粘聚性和保水性基础上，尽量选择较小的砂率。

参数名称	含义	备注
$f_{cu,k}$	混凝土强度的工厂生产参考值	
$f_{ce,k}$	水泥强度等级标准值	
f_{ce}	28天标准养护下的胶砂抗压强度	$f_{ce} = \gamma_f \gamma_s \gamma_c f_{ce,k}$
γ_f	与粉煤灰相关的富余系数	一般不用
γ_s	与矿渣掺合物相关的富余系数	一般不用
γ_c	与等级相关的强度富余系数	
$f_{cu,0}$	混凝土强度的保证数	$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma$
W	用水量	
B	胶凝材料用量	
S	细骨料	
G	粗骨料	

表 1: 参数说明

Remark.

$$f_{cu,0} = \begin{cases} f_{cu,k} + 1.645\sigma & (f_{cu,k} < C60) \\ 1.15f_{cu,k} & (f_{cu,k} \geq C60) \end{cases}$$
$$\frac{W}{B} = \frac{\alpha_a f_{ce}}{f_{cu,0} + \alpha_a \alpha_b f_{ce}}$$
$$\text{砂率} = \frac{m_S}{m_S + m_G}$$

α_a 、 α_b —— 与粗骨料有关的回归系数，可通过历史资料统计得到，若无统计资料，可采用《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55—2011）提供的经验值：采用碎石时 $\alpha_a = 0.53$ ， $\alpha_b = 0.20$ ；采用卵石时 $\alpha_a = 0.49$ ， $\alpha_b = 0.13$

下标参数名称	含义	备注
ce	cementitious materials	是指胶凝材料
k	characteristic value	特征值，等级值
cu	cube	混凝土立方体

表 2: 下标参数说明

0.1.1 一些参数说明

表 4-24 水泥的强度富余系数			
水泥强度等级 $f_{ce,k}/\text{MPa}$	32.5	42.5	52.5
富余系数 γ_c	1.12	1.16	1.10

表 4-25 粉煤灰影响系数 γ_f 和矿渣微粉影响系数 γ_s		
掺量/%	粉煤灰影响系数 γ_f	粒化高炉矿渣微粉影响系数 γ_s
0	1.00	1.00
10	0.90~0.95	1.00
20	0.80~0.85	0.95~1.00
30	0.70~0.75	0.90~1.00
40	0.60~0.65	0.80~0.90
50	—	0.70~0.85

图 1: 强度富余系数的查表

表 4-36 混凝土的 σ 取值表			
混凝土强度等级	$\leq \text{C20}$	C25~C45	C50~C55
标准差 σ/MPa	4.0	5.0	6.0

图 2: 标准差参数

0.2 体积法与查表细节

$$\frac{m_{co}}{p_c} + \frac{m_{go}}{p_g} + \frac{m_{so}}{p_s} + \frac{m_{wo}}{p_w} + 0.01\alpha = 1$$
$$\text{砂率} = \frac{m_s}{m_s + m_{go}} \times 100\%$$

正如下表的伪代码所给出的计算流程一样，我们在计算中需要根据上文提到几个计算要求(强度、耐久性、和易性)来进行检验，以便满足要求。

以下有先后顺序:

- 1. 根据环境对水胶比检验
- 2. 根据粒径对砂率的检验
- 3. 根据粒径和坍落度对最大用水量的检验
- 4. 根据水胶比对胶凝材料最小用量检验

表 4-31 混凝土的最大水胶比要求 (GB 50010—2010)					
环境类别	条件	最大水胶比	最低强度等级	最大Cl ⁻ 含量/%	最大碱含量/(kg/m ³)
一	室内干燥环境;无侵蚀性静水浸没环境	0.60	C20	0.30	无限制
二 a	室内潮湿环境;非严寒和非寒冷地区的露天环境;非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境;严寒和寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境	0.55	C25	0.20	3.0
二 b	干湿交替环境;水位频繁变动环境;严寒和寒冷地区的露天环境;严寒和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境	0.50 (0.55)	C30 (C25)	0.15	
三 a	严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境;受除冰盐影响环境;海风环境	0.45 (0.50)	C35 (C30)	0.15	
三 b	盐渍土环境;受除冰盐作用环境;海岸环境	0.40	C40	0.10	
四	海水环境	—	—	—	
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境	—	—	—	

图 3: 水胶比检验

表 4-23 混凝土砂率选用表 (JGJ 55—2011) (单位: %)						
水胶比 (W/B)	卵石最大粒径/mm			碎石最大粒径/mm		
	10	20	40	16	20	40
0.40	26~32	25~31	24~30	30~35	29~34	27~32
0.50	30~35	29~34	28~33	33~38	32~37	30~35
0.60	33~38	32~37	31~36	36~41	35~40	33~38
0.70	36~41	35~40	34~39	39~44	38~43	36~41

图 4: 砂率的检验

表 4-22 塑性混凝土和干硬性混凝土的单位体积用水量 (JGJ 55—2011) (单位: kg/m ³)									
拌和物稠度		卵石最大粒径/mm				碎石最大粒径/mm			
项目	指标	10	20	31.5	40	16	20	31.5	40
坍落度/mm	10~30	190	170	160	150	200	185	175	165
	35~50	200	180	170	160	210	195	185	175
	55~70	210	190	180	170	220	205	195	185
	75~90	215	195	185	175	230	215	205	195

图 5: 最大用水量的查表(上)

续表

拌和物稠度		卵石最大粒径/mm				碎石最大粒径/mm			
维勃稠度/ s	16~20	175	160	—	145	180	170	—	155
	11~15	180	165	—	150	185	175	—	160
	5~10	185	170	—	155	190	180	—	165

图 6: 最大用水量的查表(下)

Remark. 注意:这里坍落度大于90，还得增加用水量，比如说 $200-90=110kg/m^3$,此时需要增加 $5 \times \frac{110}{20} = 27.5kg/m^3$

表 4-32 混凝土的最小胶凝材料用量

最大水胶比	最小胶凝材料用量/(kg/m³)		
	素混凝土	钢筋混凝土	预应力混凝土
0.60	250	280	300
0.55	280	300	300
0.50	320		
≤0.45	330		

图 7: 最大用水量的说明

表 4-32 混凝土的最小胶凝材料用量

最大水胶比	最小胶凝材料用量/(kg/m³)		
	素混凝土	钢筋混凝土	预应力混凝土
0.60	250	280	300
0.55	280	300	300
0.50	320		
≤0.45	330		

图 8: 胶凝材料用量的检验(上)

续表

矿物掺和料种类	水胶比	最大掺量 /%			
		钢筋混凝土结构		预应力钢筋混凝土结构	
		硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥
粒化高炉矿渣粉	≤0.40	65	55	55	45
	>0.40	55	45	45	35
钢渣粉	—	30	20	20	10
磷渣粉	—	30	20	20	10
硅灰	—	10	10	10	10
复合掺和料	≤0.40	65	55	55	45
	>0.40	55	45	45	35

图 9: 胶凝材料用量的检验(下)

Algorithm 1 混凝土配合比计算流程伪代码

```

1: 输入:  $f_{ce,k}, f_{cu,k}$ 
2:  $f_{ce} \leftarrow \gamma_f \gamma_s \gamma_c f_{ce,k}$ 
3:  $f_{cu,0} \leftarrow f_{cu,k} + 1.645\sigma$  ▷ 95%置信度, 由经验公式
4: 根据经验公式:

$$\frac{W}{B} = \frac{\alpha_a f_{ce}}{f_{cu,0} + \alpha_a \alpha_b f_{ce}}$$

5: 查表, 根据环境确定水胶比, 取小值为水胶比(需要考虑强度等级和耐久性条件)
6: 计算水胶比  $W/B$ 
7: if 掺杂减水剂 then
8:    $m_{w0} = m_{wL} \times (1 - \beta)$ ,  $\beta$ 为减水率,  $m_{wL}$ 为掺杂减水剂前的用水量
9: end if
10: if 给出W then
11:   计算胶凝材料用量  $B$ :  $B = \frac{W}{W/B}$ 
12:   根据粒径查出砂率
13:   检查胶凝材料使用量是否满足耐久性条件, 取最大值为胶凝材料用量
14:   使用体积法或表观密度法计算  $S_0, G_0$ 
15:   计算配比
16: else
17:   给了粒径, 查出最大用水量(用水越多经济性越好23333)
18:   检查胶凝材料使用量是否满足耐久性条件, 取最大值为胶凝材料用量
19:   求得 $W, B$ 
20:   使用体积法或表观密度法计算  $S_0, G_0$ 
21:   计算配比
22: end if

```

0.3 课本计算案例

Example 0.3.1. 室内框架结构普通钢筋混凝土梁, 混凝土设计强度等级为C35, 采用钢筋送法施工, 施工要求的坍落度为135~150mm, 采用机械搅拌和机械振动成型。原材料条件为: 强度等级为42.5的普通硅酸盐水泥; 级配合格的中砂 (细度模数为2.3); 级配合格的

碎石，最大粒径为20mm；饮用减水剂为树脂系高效减水剂，减水剂溶液浓度为30%，最佳掺量为1.5%，减水率为20%。试计算混凝土的初步配合比。

(1)计算 f_{cu_0} 和 f_{ce} ，查表1和2，得到：

$$f_{cu_0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma = 35 + 1.645 \times 5 = 43.2\text{MPa}$$

$$f_{ce} = \gamma_c \gamma_f \gamma_s f_{ce,k} = 1.16 \times 1.0 \times 1.0 \times 42.5 = 49.3\text{MPa}$$

(2)初步计算水胶比(还得根据环境进行检验):

$$\frac{W}{B} = \frac{\alpha_a f_{ce}}{f_{cu,0} + \alpha_a \alpha_b f_{ce}} = \frac{0.5 \times 49.3}{43.2 + 0.53 \times 0.2 \times 49.3} = 0.54$$

这里由于没说环境，所以跳过环境检验部分

(3)这里没给用水量，根据粒径和坍落度查表5，得到最大用水量为 $215 + \frac{150-90}{20} \times 5 = 230\text{kg/m}^3$ 。

(4)由于有减水剂，进行减水剂的矫正

$$m_{w0} = m_{wL} \times (1 - \beta) = 230 \times (1 - 0.2) = 184\text{kg/m}^3$$

(5)计算胶凝材料用量

$$B = \frac{W}{W/B} = \frac{184}{0.54} = 340.74\text{kg/m}^3$$

(6)计算减水剂掺量，注意，减水剂是按水泥重量的百分比来计算的，所以需要先计算水泥用量。

$$m_J = m_C \times J = 340.74 \times 0.015 = 5.11\text{kg/m}^3$$

(7)同时减水剂里也含有一定水分，进行减水剂的矫正

$$m_{wJ} = m_{w0} - m_J \times (1 - 0.3) = 184 - 5.11 \times 0.7 = 180\text{kg/m}^3$$

(8)根据最大粒径和水胶比确定砂率，查表4，得到砂率为40%。

(9)根据体积法计算细骨料和粗骨料的用量，确定最终配合比

计算砂用量 $m_{\text{砂}}$ 和石用量 $m_{\text{石}}$

用质量法计算，假定混凝土湿表观密度为 2400kg/m^3 ，则有：

$$\begin{cases} 341 + 180 + 5.12 + m_{\text{砂}} + m_{\text{石}} = 2400 \\ \beta_s = \frac{m_{\text{砂}}}{m_{\text{砂}} + m_{\text{石}}} \times 100\% = 40\% \end{cases}$$

求解该方程组，即得 $m_{\text{砂}} = 750\text{kg}$ ， $m_{\text{石}} = 1124\text{kg}$ 。

由此得混凝土初步配合比为 $C : W : S : G : J = 341 : 180 : 750 : 1124 : 5.12 = 1 : 0.53 : 2.20 : 3.30 : 0.015$ 。