

单元7 混凝土配合比设计



知识点 概述



01

概述

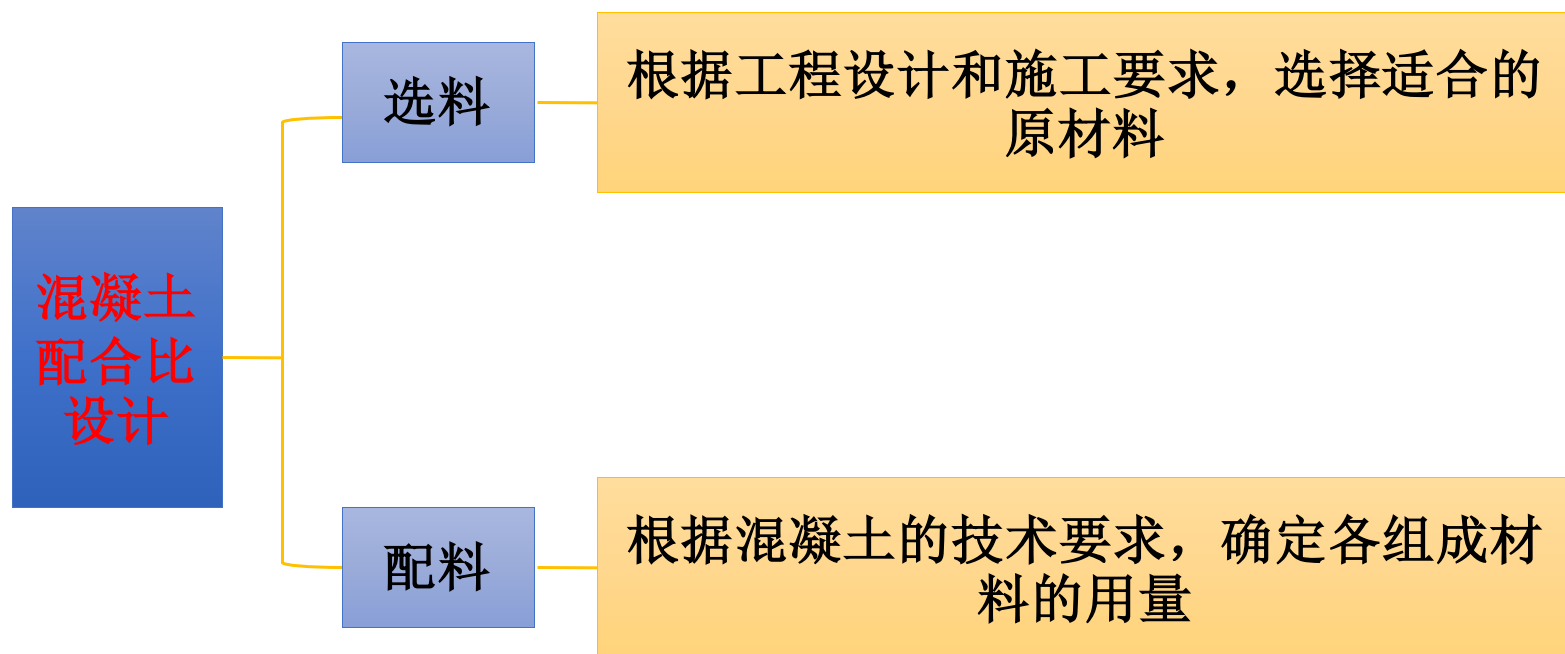


01 概述



(一) 概述

混凝土中各组成材料用量之比即为混凝土的配合比。





1、混凝土配合比表示方法

➤ 单位用量表示法

以每 1 m^3 混凝土中各种材料的质量表示：

水泥：水：砂：石子=300 kg：180 kg：720 kg：1200 kg

➤ 相对用量表示法

以各种材料的质量比来表示（以水泥质量为1）

水泥：水：砂：石子=1：0.6：2.4：4



2、混凝土配合比设计的基本要求

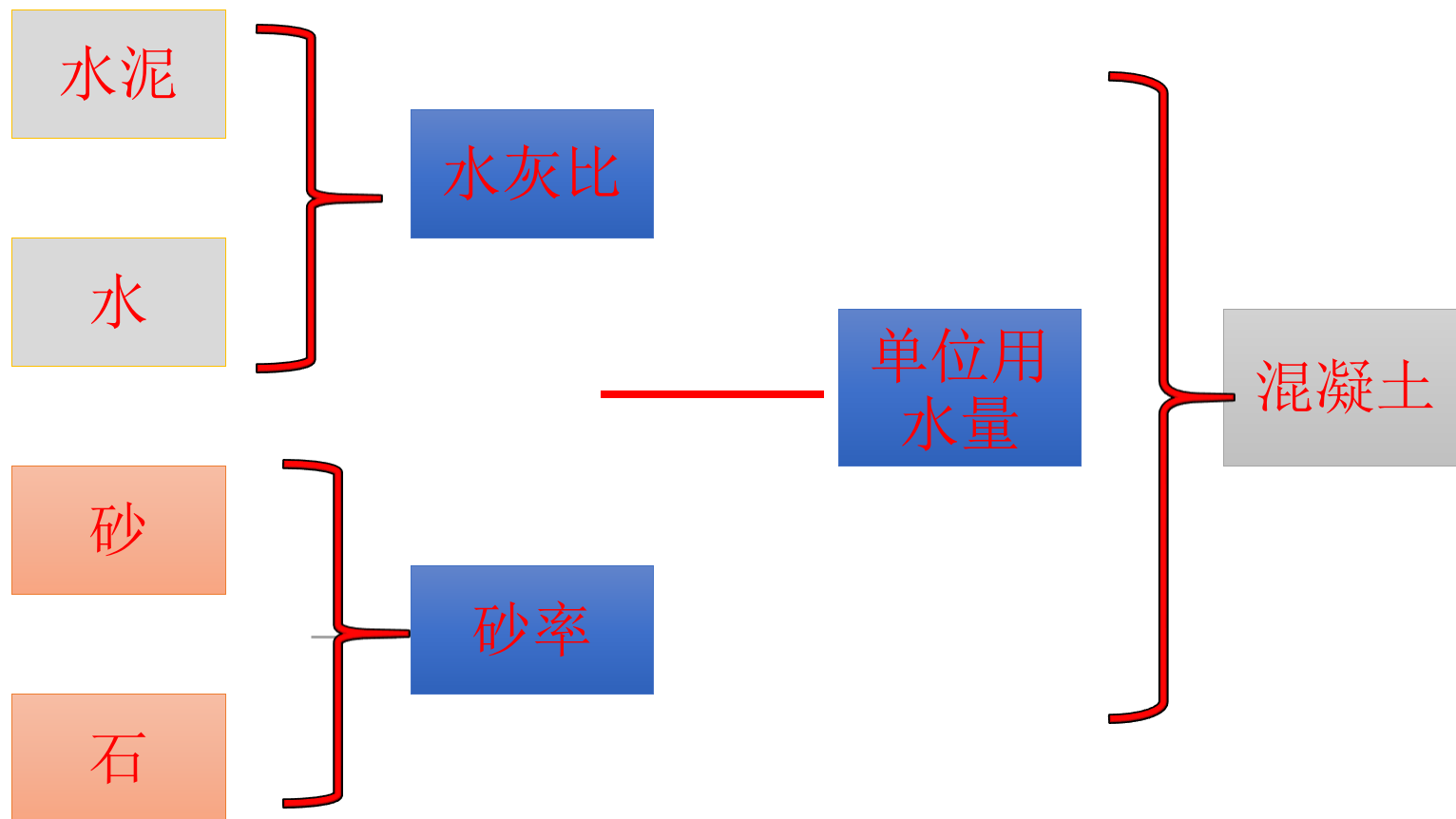
- 施工和易性的要求
- 结构物强度要求
- 环境耐久性要求
- 经济性的要求



3、混凝土配合比设计的准备资料

- 混凝土设计强度等级；
- 工程特征（工程结构断面尺寸、钢筋最小净距等）；
- 耐久性要求（如抗冻性、抗侵蚀、耐磨、碱—集料等）；
- 水泥强度等级和品种；
- 砂、石的种类，石子最大粒径、密度等；
- 施工方法等。

4、混凝土配合比设计的三参数

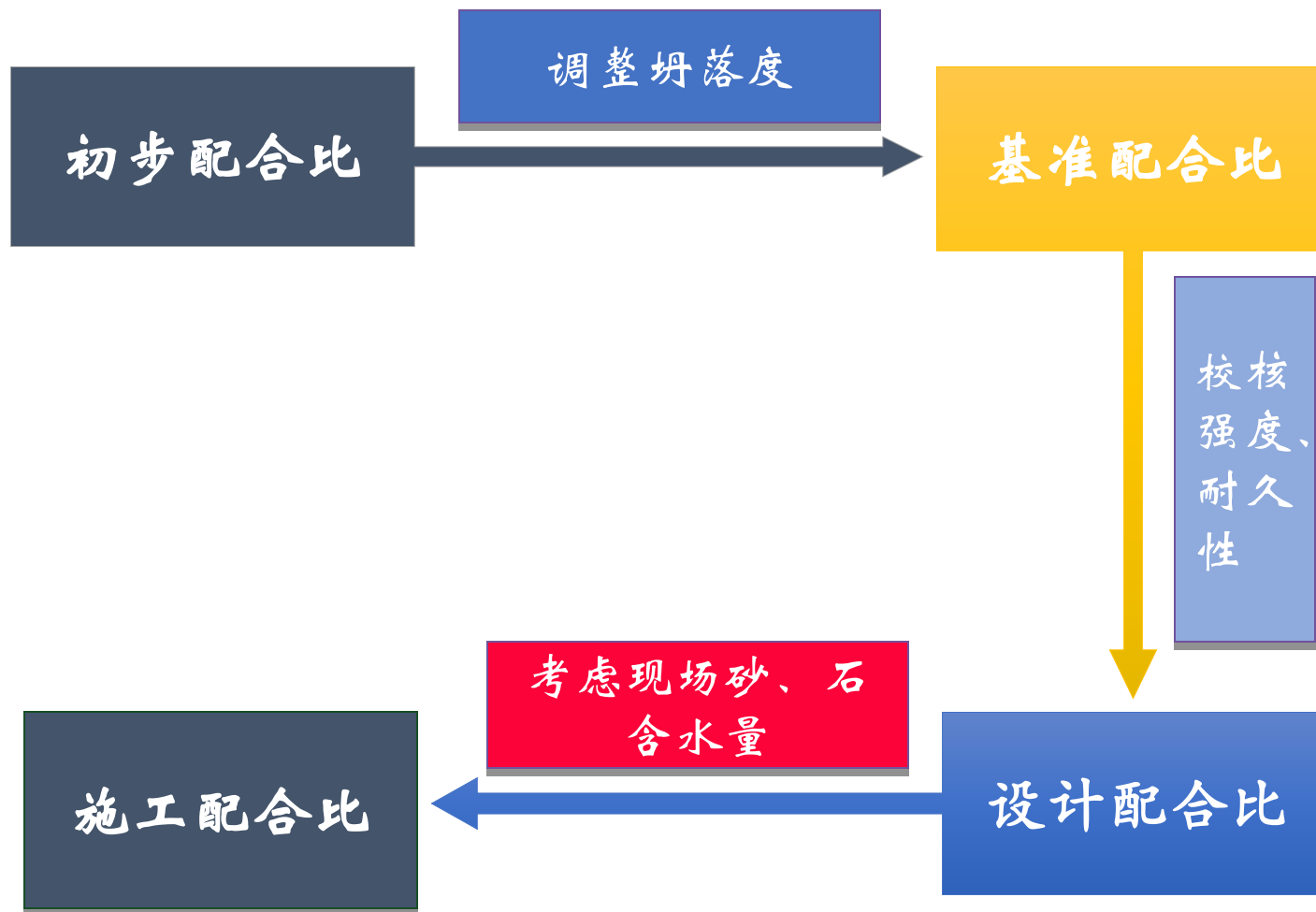




● 确定三个参数的基本原则

- 在满足混凝土强度和耐久性的基础上，确定混凝土的水灰比；
- 在满足混凝土施工要求的和易性基础上，根据粗骨料的种类和规格确定混凝土的单位用水量；
- 砂在骨料中的数量应以填充石子空隙后略有富余的原则来确定砂率。

5、混凝土配合比设计的步骤





知识点

混凝土配合比 设计实例



01

普通混凝土配合比设计

02

路面混凝土配合比设计

03

粉煤灰混凝土配合比设计



01 普通混凝土配合比设计



- **已知:**某现浇钢筋混凝土梁, 混凝土设计强度等级C30, 施工要求坍落度为35~50mm, **使用环境为室内使用**。施工单位无该种混凝土的历史统计资料, 该混凝土采用统计法评定。所用的原材料情况如下:
 - 1.水泥: 42.5级普通水泥, 实测28d抗压强度为46.0MPa, 密度 $\rho_c = 3100 \text{kg/m}^3$;
 - 2.砂: 级配合格, $\mu_f = 2.7$ 的中砂, 表观密度 $\rho_s = 2650 \text{kg/m}^3$;
 - 3.石子: 5~20mm的碎石, 表观密度 $\rho_g = 2720 \text{kg/m}^3$ 。



• 试求：

1. 该混凝土的**设计配合比**(**试验室配合比**)。
2. 施工现场砂的含水率为3%，碎石的含水率为1%时的**施工配合比**。

01 普通混凝土配合比设计



建筑工程质量与安全专业教学资源库

Teaching Resource Library for Quality and Safety of Construction Engineering

一、计算配合比(初步配合比)

1. 配制强度 ($f_{cu,0}$) 的确定

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ 55—2011

备案号 J 64—2011

普通混凝土配合比设计规程

Specification for mix proportion design of ordinary concrete



4.0.1 混凝土配制强度应按下列规定确定：

1. 当混凝土的设计强度等级小于 C60 时，配制强度应按下列公式计算：

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (4.0.1-1)$$

式中， $f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，这里取设计混凝土强度等级值（MPa）；

σ ——混凝土强度标准差（MPa）。

2. 当设计强度等级大于或等于 C60 时，配制强度应按下列公式计算：

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k} \quad (4.0.1-2)$$



4.0.2 混凝土强度标准差应按照下列规定确定：

1. 当具有近 1 个月~3 个月的同一品种、同一强度等级混凝土的强度资料时，其混凝土强度标准差 σ 应按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{fcu}^2}{n-1}} \quad (4.0.2)$$

式中， σ ——混凝土强度标准差；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组的试件强度 (MPa)；

m_{fcu} —— n 组试件的强度平均值 (MPa)；

n ——试件组数， n 值应大于或者等于 30。

对于强度等级不大于 C30 的混凝土：当 σ 计算值不小于 3.0MPa 时，应按式(4.0.2)计算结果取值；当 σ 计算值小于 3.0MPa 时， σ 应取 3.0MPa。对于强度等级大于 C30 且小于 C60 的混凝土：当 σ 计算值不小于 4.0MPa 时，应按式(4.0.2)计算结果取值；当 σ 计算值小于 4.0MPa 时， σ 应取 4.0MPa。



2. 当没有近期的同一品种、同一强度等级混凝土强度资料时，其强度标准差 σ 可按表 4.0.2 取值。

表 4.0.2 标准差 σ 值 (MPa)

混凝土强度标准值	$\leq C20$	C25~C45	C50~ C55
σ	4.0	5.0	6.0



查表4.02，当混凝土强度等级为C30时，取 $\sigma = 5.0\text{Mpa}$ ，

得：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma = 30 + 1.645 \times 5.0 = 38.2\text{MPa}$$



2. 计算水胶比 (W/B)

5.1.1 混凝土强度等级不大于 C60 等级时，混凝土水胶比宜按下式计算：

$$W/B = \frac{\alpha_a \square f_b}{f_{cu,0} + \alpha_a \square \alpha_b \square f_b}$$

式中 W/B——混凝土水胶比

α_a 、 α_b ——回归系数，取值应符合本规程 5.1.2 条的规定；

f_b ——胶凝材料（水泥与矿物掺合料按使用比例混合）28d 胶砂强度（MPa），试验方法应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 执行；当无实测值时，可按本规定 5.1.3 确定；



5.1.2 回归系数 α_a 和 α_b 宜按下列规定确定：

1. 根据工程所使用的原材料，通过试验建立的水胶比与混凝土强度关系式来确定；
2. 当不具备上述试验统计资料时，可按表 5.1.2 采用。

表 5.1.2 回归系数 α_a 、 α_b 选用表

系数	粗骨料品种	
	碎石	卵石
α_a	0.53	0.49
α_b	0.20	0.13



5.1.3 当胶凝材料28d胶砂抗压强度值(f_b) 无实测值时,可按下式计算:

$$f_b = \gamma_f \gamma_s f_{ce} \quad (5.1.3)$$

式中: γ_f 、 γ_s ——粉煤灰影响系数和粒化高炉矿渣粉影响系数,可按表 5.1.3 选用;
 f_{ce} ——水泥 28d 胶砂抗压强度 (MPa),可实测,也可按本规程第 5.1.4 条选用。

表 5.1.3 粉煤灰影响系数 (γ_f) 和粒化高炉矿渣粉影响系数 (γ_s)

掺量 (%)	种类	粉煤灰影响系数 γ_f	粒化高炉矿渣粉影响系数 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



5.1.4 当水泥28d胶砂抗压强度(f_{ce}) 无实测值时, 可按下式计算:

$$f_{ce} = \gamma_c f_{ce, g} \quad (5.1.4)$$

式中: γ_c ——水泥强度等级值的富余系数, 可按实际统计资料确定; 当缺乏实际统计资料时, 也可按表5.1.4选用;

$f_{ce, g}$ ——水泥强度等级值(MPa)。

表 5.1.4 水泥强度等级值的富余系数(γ_c)

水泥强度等级值	32.5	42.5	52.5
富余系数	1.12	1.16	1.10



2. 计算水胶比 (W/B)

查表知：对于碎石， $\alpha_a=0.53$ ， $\alpha_b=0.20$ ，且已知：

$f_{ce}=46.0$ Mpa，则：

$$\frac{W}{C} = \frac{\alpha_a \cdot f_{ce}}{f_{cu,0} + \alpha_a \cdot \alpha_b \cdot f_{ce}} = \frac{0.53 \times 46.0}{38.2 + 0.53 \times 0.2 \times 46.0} = 0.57$$



校核：查表得最大水灰比为0.60，可取水灰比为0.57。

中华人民共和国国家标准

混凝土结构设计规范

Code for design of concrete structures

GB 50010 - 2010

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 1 年 7 月 1 日



3.5.3 设计使用年限为 50 年的混凝土结构，其混凝土材料应符合表 3.5.3 的规定。

表 3.5.3 结构混凝土材料的耐久性基本要求

环境等级	最大水胶比	最低强度等级	最大氯离子含量 (%)	最大碱含量 (kg/m ³)
—	0.60	C20	0.30	不限制
二 a	0.55	C25	0.20	3.0
二 b	0.50 (0.55)	C30 (C25)	0.15	
三 a	0.45 (0.50)	C35 (C30)	0.15	
三 b	0.40	C40	0.10	

表 3.5.2 混凝土结构的环境类别

环境类别	条 件
—	室内干燥环境； 无侵蚀性静水浸没环境
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
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
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



续表 3.5.2

环境类别	条 件
三 b	盐渍土环境； 受除冰盐作用环境； 海岸环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

校核：查表得最大水灰比为0.60，可取水胶比为0.57。



3. 确定单位用水量 (m_{w0})

5.2.1 每立方米干硬性或塑性混凝土的用水量 (m_{w0}) 应符合下列规定:

1. 混凝土水胶比在 0.40~0.80 范围时, 可按表 5.2.1-1 和表 5.2.1-2 选取;
2. 混凝土水胶比小于 0.40 时, 可通过试验确定。

表 5.2.1-1 干硬性混凝土的用水量 (kg/m^3)

拌合物稠度		卵石最大公称粒径 (mm)			碎石最大粒径 (mm)		
项目	指标	10.0	20.0	40.0	16.0	20.0	40.0
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

表 5.2.1-2 塑性混凝土的用水量 (kg/m^3)

拌合物稠度		卵石最大粒径 (mm)				碎石最大粒径 (mm)			
项目	指标	10.0	20.0	31.5	40.0	16.0	20.0	31.5	40.0
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	105	195	185
	75~90	215	195	185	175	230	215	205	195

注：① 本表用水量系采用中砂时的取值。采用细砂时，每立方米混凝土用水量可增加 5~10kg；采用粗砂时，可减少 5~10kg。

② 掺用矿物掺合料和外加剂时，用水量应相应调整。



3. 确定单位用水量 (m_{w0})

- 根据混凝土坍落度为35~50mm，石子为5~20mm的碎石，查表，
可选取单位用水量 $m_{w0}=195\text{kg}$ 。



4. 计算水泥用量 (m_{co})

$$m_{co} = \frac{m_{w0}}{W/B} = \frac{195}{0.57} = 342\text{kg}$$

- **校核：**查得最小水泥用量为280kg，可取水泥用量为342kg

3.0.4 除配制 C15 及其以下强度等级的混凝土外，混凝土的最小胶凝材料用量应符合表 3.0.4 的规定。

表 3.0.4 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/m ³)		
	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		



5. 选取确定砂率 (β_s)

5.4 砂率

5.4.1 砂率 (β_s) 应根据骨料的技术指标、混凝土拌合物性能和施工要求, 参考既有历史资料确定。

5.4.2 当缺乏砂率的历史资料时, 混凝土砂率的确定应符合下列规定:

1. 坍落度小于 10mm 的混凝土, 其砂率应经试验确定。
2. 坍落度为 10~60mm 的混凝土砂率, 可根据粗骨料品种、最大公称粒径及水灰比按表 5.4.1 选取。
3. 坍落度大于 60mm 的混凝土砂率, 可经试验确定, 也可在表 5.4.2 的基础上, 按坍落度每增大 20mm、砂率增大 1% 的幅度予以调整。



表 5.4.2 混凝土的砂率 (%)

水胶比 (W/B)	卵石最大公称粒径 (mm)			碎石最大粒径 (mm)		
	10.0	20.0	40.0	16.0	20.0	40.0
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



5. 选取确定砂率 (β_s)

- 查表， $W/B=0.57$ 和碎石最大粒径为20mm时，可取 $\beta_s=38\%$ 。



6. 计算粗、细骨料的用量 (m_{g0}, m_{s0})

5.5 粗、细骨料用量

5.5.1 采用质量法计算粗、细骨料用量时，应按下列公式计算：

$$m_{f0} + m_{c0} + m_{g0} + m_{s0} + m_{w0} = m_{cp} \quad (5.5.1-1)$$

$$\beta_s = \frac{m_{s0}}{m_{g0} + m_{s0}} \times 100\% \quad (5.5.1-2)$$

式中 m_{g0} ——每立方米混凝土的粗骨料用量 (kg/m^3);
 m_{s0} ——每立方米混凝土的细骨料用量 (kg/m^3);
 m_{w0} ——每立方米混凝土的用水量 (kg/m^3);
 β_s ——砂率 (%);
 m_{cp} ——每立方米混凝土拌合物的假定质量 (kg/m^3), 可取 $2350 \sim 2450 \text{kg}/\text{m}^3$ 。

01 普通混凝土配合比设计



6. 计算粗、细骨料的用量 (m_{g0}, m_{s0})

(1) 质量法求计算配合比

假定, 1m^3 新拌混凝土的质量为 2400kg 。则有:

$$\left\{ \begin{array}{l} 342 + m_{g0} + m_{s0} + 195 = 2400, \\ \frac{m_{s0}}{m_{s0} + m_{g0}} \times 100\% = 38\% \end{array} \right.$$

求得: $m_{g0} = 1157\text{kg}$, $m_{s0} = 706\text{kg}$ 。

计算配合比:

1m^3 混凝土: 水泥 342kg , 水 195kg , 砂 706kg , 碎石 1157kg 。

材料之间的比例: $m_{c0} : m_{w0} : m_{s0} : m_{g0} = 1 : 0.57 : 2.06 : 3.38$

5.5.2 当采用体积法计算混凝土配比时，砂率应按公式（5.5.1-2）计算，粗、细骨料用量应按公式（5.5.2）计算。

$$\frac{m_{c0}}{\rho_c} + \frac{m_{f0}}{\rho_f} + \frac{m_{g0}}{\rho_g} + \frac{m_{s0}}{\rho_s} + \frac{m_{w0}}{\rho_w} + 0.01\alpha = 1 \quad (5.5.2)$$

式中 ρ_c ——水泥密度 (kg/m^3)，应按《水泥密度测定方法》GB/T 208 测定，也可取 $2900 \text{ kg}/\text{m}^3 \sim 3100 \text{ kg}/\text{m}^3$ ；

ρ_f ——矿物掺合料密度 (kg/m^3)，可按《水泥密度测定方法》GB/T 208 测定；

ρ_g ——粗骨料的表观密度 (kg/m^3)，应按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52 测定；

ρ_s ——细骨料的表观密度 (kg/m^3)，应按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52 测定；

ρ_w ——水的密度 (kg/m^3)，可取 $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ；

α ——混凝土的含气量百分数，在不使用引气型外加剂时， α 可取为 1。



(2). 体积法求计算配合比 $\alpha=1$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{342}{3100} + \frac{m_{g0}}{2720} + \frac{m_{s0}}{2650} + \frac{195}{1000} + 0.01 = 1 \\ \frac{m_{s0}}{m_{s0} + m_{g0}} \times 100\% = 38\% \end{array} \right.$$

• 求得： $m_{g0} = 1138\text{kg}$ ， $m_{s0} = 694\text{kg}$ 。

• 计算配合比：

1m³混凝土：水泥342kg，水195kg，砂694kg，
碎石1138kg。

材料之间的比例： $m_{c0} : m_{w0} : m_{s0} : m_{g0} = 1 : 0.57 : 2.03 : 3.33$



二、配合比的试配、调整与确定（试拌配合比）

（以体积法计算配合比为例）

（一）配合比的试配

- 按计算配合比试拌20L混凝土，各材料用量为：

6.1.3 每盘混凝土试配的最小搅拌量应符合表 6.1.3 的规定，并不应小于搅拌机公称容量的1/4 且不应大于搅拌机公称容量。

表 6.1.3 混凝土试配的最小搅拌量

粗骨料最大公称粒径（mm）	最小搅拌的拌合物量（L）
≤31.5	20
40.0	25



- 按计算配合比试拌20L混凝土，各材料用量为：

$$\text{水泥：} 0.02 \times 342 = 6.84\text{kg}$$

$$\text{水：} 0.02 \times 195 = 3.9\text{kg}$$

$$\text{砂：} 0.02 \times 694 = 13.88\text{kg}$$

$$\text{碎石：} 0.02 \times 1138 = 22.76\text{kg}$$

拌合均匀后，测得坍落度为25mm，低于施工要求的坍落度(35~50mm)，增加水泥浆量5%，测得坍落度为40mm。此时混凝土的配合比取为：水泥:砂:碎石:水=342:694:1138:195。



经调整后各项材料用量为：

$$\text{水泥： } 6.84 \times 1.05 = 7.18\text{kg}$$

$$\text{水： } 3.9 \times 1.05 = 4.10\text{kg}$$

$$\text{砂： } 13.88\text{kg}$$

$$\text{碎石： } 22.76\text{kg}$$

因此，试拌配合比为：

$$m_{c0} : m_{w0} : m_{s0} : m_{g0} = 1 : 0.57 : 1.93 : 3.17$$



6.1.5 应在试拌配合比的基础上，进行混凝土强度试验，并应符合下列规定：

1. 应至少采用三个不同的配合比。当采用三个不同的配合比时，其中一个应为本规程第 6.1.4 条确定的试拌配合比，另外两个配合比的水胶比宜较试拌配合比分别增加和减少 0.05，用水量应与试拌配合比相同，砂率可分别增加和减少 1%。
2. 进行混凝土强度试验时，应继续保持拌合物性能符合设计和施工要求；
3. 进行混凝土强度试验时，每个配合比至少应制作一组试件，标准养护到 28d 或设计规定龄期时试压。



以试拌配合比为基础，采用水灰比为0.52，0.57和0.62的三个不同配合比，制作强度试验试件。其中，水灰比为0.52和0.63的配合比也应经过和易性调整，保证满足施工要求的和易性；同时，测得其表观密度分别为 2380kg/m^3 ， 2383 kg/m^3 和 2372 kg/m^3 。如下表：



混凝土配合比的试配结果

编号	混凝土配合比					混凝土实测性能		
	水灰比	水泥/kg	水/kg	砂/kg	石/kg	坍落度/mm	表观密度/(kg/m ³)	28d抗压强度/MPa
1	0.52	392	204	657	1118	45	2380	47.8
2	0.57	358	204	685	1117	40	2383	43.2
3	0.62	329	204	713	1115	40	2372	33.2



三、设计配合比的调整与确定

1. 根据本规程 6.1. 5 条混凝土强度试验结果，宜绘制强度和胶水比的线性关系图或插值法确定略大于配制强度的强度对应的胶水比；

- $f_{cu,0}=38.2\text{MPa}$ 对应的W/B为0.59（内插法）。因此，取水胶比为0.59，用水量为204kg，砂率保持不变。
- 调整后的配合比为：
- 水泥=346kg，水=204kg，砂=689kg，
- 石子=1124kg，表观密度2378kg。



由以上定出的配合比，还需根据混凝土的实测表观密度 $\rho_{c,t}$ 和

计算表观密度 $\rho_{c,c}$ 进行校正。

6.2.2 混凝土拌合物表观密度和配合比校正系数的计算应符合下列规定：

1. 配合比调整后的混凝土拌合物的表观密度应按下列公式计算：

$$\rho_{c,c} = m_c + m_f + m_g + m_s + m_w \quad (6.2.2-1)$$

2. 混凝土配合比校正系数按下式计算：

$$\delta = \frac{\rho_{c,t}}{\rho_{c,c}} \quad (6.2.2-2)$$

式中 δ ——混凝土配合比校正系数

$\rho_{c,t}$ ——混凝土拌合物表观密度实测值 (kg/m^3)；

$\rho_{c,c}$ ——混凝土拌合物表观密度计算值 (kg/m^3)。



3. 当混凝土拌合物表观密度实测值与计算值之差的绝对值不超过计算值的 2% 时，按本规程第 6.2.1 条调整的配合比可维持不变；当二者之差超过 2% 时，应将配合比中每项材

- 11 -

料用量均乘以校正系数 δ 。



调整后的配合比实测的表现密度为 $\rho_{c,t} = 2378\text{kg}$;

计算表现密度:

$$\rho_{c,c} = 346 + 204 + 689 + 1124 = 2363\text{kg};$$

$$\text{由于 } \frac{|\rho_{c,t} - \rho_{c,c}|}{\rho_{c,c}} = \frac{|2378 - 2363|}{2363} = 0.6\% <$$

2%, 故配合比维持不变。



设计配合比:

1m³混凝土的材料用量:

水泥346kg; 水204kg; 砂689kg; 碎石1124kg。

各材料之间的比例:

$$m_{c0} : m_{w0} : m_{s0} : m_{g0} = 1 : 0.59 : 1.99 : 3.25$$



四、现场施工配合比

- 将设计配合比，换算成施工配合比时，用水量应扣除砂、石所含水量，砂、石用量则应增加砂、石所含水量。因此，施工配合比为：

$$m'_s = m_s(1 + \omega_s) = 689 \times (1 + 0.03) = 710kg$$

$$m'_g = m_g(1 + \omega_g) = 1124 \times (1 + 0.01) = 1135kg$$

$$\begin{aligned} m'_w &= m_w - m_g \cdot \omega_g - m_s \cdot \omega_s \\ &= 204 - 389 \times 0.03 - 1124 \times 0.01 = 172kg \end{aligned}$$



施工配合比:

$$m_c' : m_w' : m_g' : m_s' = 1 : 0.50 : 2.05 : 3.28$$



02 路面水泥混凝土配合比设计



一、公路面层水泥混凝土的配合比设计应满足：

- 1.弯拉强度（抗折强度）
- 2.工作性
- 3.耐久性
- 4.兼顾经济性



各级公路面层水泥混凝土配合比设计宜采用**正交试验法**；二级及二级以下的公路可采用**经验公式法**。

一、**混凝土配合比设计**包括两个阶段：

- **1. 目标配合比**（确定混凝土的水泥用量、胶凝用量、水灰（胶）比，外加剂掺量等）
- **2. 施工配合比**（通过试拌确定拌和参数）



本节的水泥混凝土配合比设计适用于滑模摊铺机、三辊轴机组及小型机具施工的水泥混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土面层水泥混凝土目标配合比设计。



(一) 计算初步配合比

1. 确定配制强度

面层水泥混凝土配置28d弯拉强度均值宜按下式计算：

$$f_c = \frac{f_t}{1 - 1.04C_V} + tS$$



式中：

f_c ——配制28d弯拉强度的均值 (MPa) ；

f_t ——设计弯拉强度标准值 (MPa) ， 按设计确定，

且不应低于《公路水泥混凝土路面设计规范（

JTGD40-2011）表3.0.8的规定》；



s ——弯拉强度试验样本的标准差 (MPa), 有试验数据时应使用试验样本的标准差; 无实验数据时可按公路等级及设计弯拉强度强度, 参考下表规定;

t ——保证率系数, 按下表确定;

C_V ——弯拉强度变异系数, 应按统计数据取值, 小于0.05时取0.05; 无统计数据时, 按下表取值。



中华人民共和国行业标准

公路水泥混凝土路面设计规范

Specifications for Design of Highway Cement Concrete Pavement

JTG D40—2011



3.0.8 水泥混凝土的设计强度应采用 28d 龄期的弯拉强度。各交通荷载等级要求的水泥混凝土弯拉强度标准值不得低于表 3.0.8 的规定。

表 3.0.8 水泥混凝土弯拉强度标准值

交通荷载等级	极重、特重、重	中 等	轻
水泥混凝土的弯拉强度标准值(MPa)	≥ 5.0	4.5	4.0
钢纤维混凝土的弯拉强度标准值(MPa)	≥ 6.0	5.5	5.0



JTG

中华人民共和国行业推荐性标准

JTG/T F30—2014

公路水泥混凝土路面施工技术细则

Technical Guidelines for Construction of Highway Cement Concrete Pavements



3.0.2 各安全等级路面的材料性能和结构尺寸参数的变异水平可分为低、中和高三级,应按公路等级以及所采用的施工技术和所能达到的施工质量控制和管理水平,通过调研确定变异水平等级和相应的变异系数,高速公路、一级公路的变异水平等级宜为低级,二级公路的变异水平等级应不大于中级。确有困难时可按表 3.0.2 规定的主要设计参数

表 4.2.2-2 各级公路水泥混凝土面层弯拉强度试验样本的标准差 s

公路等级	高速	一级	二级	三级	四级
目标可靠度 (%)	95	90	85	80	70
目标可靠指标	1.64	1.28	1.04	0.84	0.52
样本的标准差 s (MPa)	$0.25 \leq s \leq 0.50$		$0.45 \leq s \leq 0.67$	$0.40 \leq s \leq 0.80$	

表 4.2.2-3 变异系数 C_v 的范围

弯拉强度变异水平等级	低	中	高
弯拉强度变异系数 C_v 的范围	$0.05 \leq C_v \leq 0.10$	$0.10 \leq C_v \leq 0.15$	$0.15 \leq C_v \leq 0.20$



表 4.2.2-1 保证率系数 t

公路等级	判别概率 p	样本数 n (组)			
		6~8	9~14	15~19	≥ 20
高速	0.05	0.79	0.61	0.45	0.39
一级	0.10	0.59	0.46	0.35	0.30
二级	0.15	0.46	0.37	0.28	0.24
三、四级	0.20	0.37	0.29	0.22	0.19



2.水灰（胶）比确定

(1) 计算水灰比。无掺合料时，根据粗集料的类型，水灰比可分别

按下列统计公式计算：

碎石或破碎卵石混凝土

$$\frac{W}{C} = \frac{1.5684}{f_c + 1.0097 - 0.3595 f_s}$$



卵石混凝土

$$\frac{W}{C} = \frac{1.2816}{f_c + 1.5492 - 0.4709 f_s}$$

式中：

W/C — 水灰比

f_c —— 水泥混凝土配制28d弯拉强度的均值 (MPa) ；

f_s —— 水泥实测28d抗折强度值 (MPa) ，



(2) 计算水胶比。掺用粉煤灰、硅灰、矿渣粉等掺合料时，应计入超量取代法中代替水泥的那一部分掺合料用量（代替砂的超量部分不计入）计算水胶比。

校核：计算水胶比（水灰比）大于下表规定时，应按表4.2.4取值、



4.2.4 各级公路面层水泥混凝土的最大水灰（胶）比和最小单位水泥用量应符合表4.2.4的规定。最大单位水泥用量不宜大于 $420\text{kg}/\text{m}^3$ ；使用掺合料时，最大单位胶材总量不宜大于 $450\text{kg}/\text{m}^3$ 。

表 4.2.4 各级公路面层水泥混凝土最大水灰（胶）比和最小单位水泥用量

公路等级		高速、一级	二级	三、四级
最大水灰（胶）比		0.44	0.46	0.48
有抗冰冻要求时最大水灰（胶）比		0.42	0.44	0.46
有抗盐冻要求时最大水灰（胶）比*		0.40	0.42	0.44
最小单位水泥用量 (kg/m^3)	52.5 级	300	300	290
	42.5 级	310	310	300
	32.5 级	—	—	315
有抗冰冻、抗盐冻要求 时最小单位水泥用量 (kg/m^3)	52.5 级	310	310	300
	42.5 级	320	320	315
	32.5 级	—	—	325
掺粉煤灰时最小单位水 泥用量 (kg/m^3)	52.5 级	250	250	245
	42.5 级	260	260	255
	32.5 级	—	—	265



续上表

公路等级		高速、一级	二级	三、四级
有抗冰冻、抗盐冻要求时掺粉煤灰混凝土最小单位水泥用量 (kg/m^3) ^b	52.5 级	265	260	255
	42.5 级	280	270	265

注：^a处在除冰盐、海风、酸雨或硫酸盐等腐蚀性环境中或在大纵坡等加减速车道上，最大水灰（胶）比宜比表中数值降低 0.01 ~ 0.02。

^b掺粉煤灰，并有抗冰冻、抗盐冻要求时，面层不应使用 32.5 级水泥。



3. 砂率确定

水泥混凝土的砂率易按细度模数和粗集料种类，按表

4.2.11-1选取。

砂细度模数		2.2-2.5	2.5-2.8	2.8-3.1	3.1-3.4	3.4-3.7
砂率 Sp/%	碎石	30-34	32-36	34-38	36-40	38-42
	卵石	28-32	30-34	32-36	34-38	36-40



4. 单位用水量

根据粗集料的种类和坍落度要求，按经验公式计算单位用水量。

碎石混凝土：

$$W_0 = 104.97 + 0.309S_L + 11.27 \frac{C}{W} + 0.61S_P$$



卵石混凝土：

$$W_0 = 86.89 + 0.370S_L + 11.24 \frac{C}{W} + 1.00S_P$$

掺外加剂的混凝土单位用水量

$$W_{0W} = W_0 \left(1 - \frac{\beta}{100}\right)$$



式中：

W_0 ——不掺外加剂与掺合料混凝土的单位用水量
(kg/m^3)；

S_L ——坍落度 (mm)；

S_P ——砂率 (%)；

W_{0W} ——掺外加剂混凝土的单位用水量 (kg/m^3)；

β ——所用外加剂的实测减水率(%)。



4.2.3 不同施工工艺混凝土拌合物的工作性应符合下列规定：

1 碎石混凝土滑模摊铺时的坍落度宜为 10 ~ 30mm，卵石混凝土滑模摊铺时的坍落度宜为 5 ~ 20mm，振动黏度系数宜为 200 ~ 500N · s/m²。混凝土拌合物振动黏度系数试验方法见附录 A。

2 三辊轴机组摊铺时，拌合物的现场坍落度宜为 20 ~ 40mm。

3 小型机具摊铺时，拌合物的现场坍落度宜为 5 ~ 20mm。

4 拌和楼（机）出口拌合物坍落度值，应根据不同工艺摊铺时的坍落度值加上运输过程中坍落度损失值确定。



5. 单位水泥用量

$$C_0 = \left(\frac{C}{W}\right)W_0$$



6. 混凝土砂石用量

集料用量可按密度法或体积法计算。

按密度法计算时混凝土单位质量： $2400-2450\text{kg}/\text{m}^3$ ；

按体积法计算时，应计入含气量。



7. 验算

经计算得到的配合比，应验算粗集料的填充体积率。

粗集料的填充体积率不易小于70%。



4.2.12 掺用掺合料时，配合比设计应符合下列规定：

1 掺用矿渣粉或硅灰时，配合比设计应采用等量取代水泥法，掺量应通过试验确定，并应扣除水泥中相同数量的矿渣粉或硅灰。

2 掺用粉煤灰时，配合比设计宜按超量取代法进行，取代水泥的部分应扣除等量水泥量；超量部分应代替砂，并折减用砂量。

3 I、II级粉煤灰的超量取代系数可按表4.2.12初选。粉煤灰最大掺量，I型硅酸盐水泥不宜大于30%；II型硅酸盐水泥不宜大于25%；道路硅酸盐水泥不宜大于20%。粉煤灰总掺量应通过试验最终确定。

表 4.2.12 各级粉煤灰的超量取代系数

粉煤灰等级	I	II	III
超量取代系数 k	1.1 ~ 1.4	1.3 ~ 1.7	1.5 ~ 2.0



(二) 基准配合比——试拌调整工作性

初步配合比的各项材料用量，或借助于经验公式和数据计算所得，或利用经验资料查得，因而不一定能完全符合具体的工程实际情况，所以必须在实验室内按以下步骤进行试拌调整，提出工作性满足要求的基准配合比。



1、应检验混凝土拌合物工作性是否满足相应的摊铺工艺的要求。

检验的项目包括：坍落度（或维勃稠度）及其损失、含气量，振动黏度系数等。



➤ **坍落度**：按上面计算的初步配合比配制混凝土拌和物，测定坍落度，并观察粘聚性和保水性，振实难易程度，如不符合要求，应进行调整，调整时应注意不得减小满足计算弯拉强度及耐久性要求的单位水泥用量，具体调整方法如下：

(1) 新拌混凝土过稀，坍落度过大，流浆离析时，说明砂石用量不足，保持水灰比和砂率不变，同时增大砂石用量；



(2)新拌混凝土过干，坍落度过小，粘聚性不足，说明砂石用量过大，保持水灰比和砂率不变，同时减少砂石用量，或增加水泥浆用量；

(3)新拌混凝土砂浆过多，坍落度合适，振实后表面砂浆较厚时，应降低砂率；

(4)新拌混凝土砂浆量过少，拌和物干涩，坍落度合适，增大砂率，或增加水泥浆用量。



试拌用量的确定

6.1.3 每盘混凝土试配的最小搅拌量应符合表 6.1.3 的规定，并不应小于搅拌机公称容量的 1/4 且不应大于搅拌机公称容量。

表 6.1.3 混凝土试配的最小搅拌量

粗骨料最大公称粒径 (mm)	最小搅拌的拌合物量 (L)
≤31.5	20
40.0	25



➤ 含气量检验

路面混凝土的抗折强度、抗冻性、耐久性和干缩变形量的大小，主要与新拌混凝土的含气量有关。含气量检测应按照《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》中规定的方法进行检测，含气量应符合下表要求，如含气量不能满足要求，应适当调整引气剂的用量。



表 4.2.6-1 拌和机出口拌合物含气量均值及允许偏差范围 (%)

公称最大粒径 (mm)	无抗冻要求	有抗冰冻要求	有抗盐冻要求	试验方法
9.5	4.5 ± 1.0	5.0 ± 0.5	6.0 ± 0.5	混凝土拌合物 含气量测定应符合 JTJ E30 T0522
16.0	4.0 ± 1.0	4.5 ± 0.5	5.5 ± 0.5	
19.0	4.0 ± 1.0	4.0 ± 0.5	5.0 ± 0.5	
26.5	3.5 ± 1.0	3.5 ± 0.5	4.5 ± 0.5	
31.5	3.5 ± 1.0	3.5 ± 0.5	4.0 ± 0.5	

2、采用密度法计算的配合比，应实测拌合物的视密度，并按视密度调整配合比，调整时水灰比不得增大，单位水泥用量不得减小。调整后的拌合物视密度允许偏差应达到调整前的 $\pm 2\%$ 之内。

(三) 实验室配合比——强度、耐久性检验

➤ 抗弯拉强度试件制备：

采用3个不同的配合比，其一为基准配合比，另2个配合比的W/C较基准配合比分别 ± 0.02 。其用水量、砂用量、石子用量应与基准配合比相同，即运用固定用水量定则，以保证另外两组配合比的工作性基本满足要求（必要时，砂率可分别增减1%）。

每种配合比至少制作一组（3块）试件。



- **强度检测：**各种混凝土应实测7d和28d的配置弯拉强度均值或者抗压强度均值，掺粉煤灰水泥混凝土还应实测56d的配置弯拉强度均值。



➤ 耐久性检验

包括：**耐磨性**；有**抗冻性**要求时应实测拌合物的含气量，硬化混凝土的最大气泡间距系数和抗冻性；有抗盐要求时，除应检验含气量和最大气泡间距系数外，尚应实测抗盐冻性。



(四) 施工配合比——扣减现场的砂石含水率

施工期间，料堆的实际含水率变化时应实测粗细

集料的时间含水率，并下式调整：

$$S_W = S_0(1 \pm \omega_s)$$

$$G_W = G_0(1 \pm \omega_g)$$

$$W_W = W_0 - G_0\omega_g - S_0\omega_s$$

$$W_W = W_0 + G_0\omega_g + S_0\omega_s$$



03 粉煤灰混凝土配合比设计



粉煤灰混凝土

粉煤灰的加入，可减少水泥剂量，改善混凝土一系列性能，可以充当混凝土的减水剂、释水剂、增塑剂、密实剂、抑热剂、抑胀剂，经济效益明显。粉煤灰是燃烧煤粉后收集到的灰粒，亦称飞灰。可用于水泥生产原料，在公路工程基层以及水泥混凝土的组成材料。

粉煤灰技术指标

粉煤灰等级	质量指标			
	45 μm 筛余 (%) \leq	烧失量 (%) \leq	需水量比 (%) \leq	SO ₃ 含量 (%) \leq
I	12	5	95	3
II	20	8	105	3
III	45	15	115	3



使用条件：

- 1、I级粉煤灰适用于钢筋混凝土和跨度小于6米的预应力钢筋混凝土；
- 2、II级粉煤灰适用于钢筋混凝土和无筋混凝土；
- 3、III级粉煤灰主要用于无筋混凝土，对设计强度等级C30及以上无筋粉煤灰宜采用I、II级粉煤灰；
- 4、对于预应力混凝土、钢筋混凝土及设计强度等级C30及以上的无筋混凝土的粉煤灰等级，如经试验论证，可采用比上述三条低一级的粉煤灰。



粉煤灰混凝土配合比设计

可以采用等量取代法、超量取代法以及外加法。

第 4.1.4 条 当粉煤灰混凝土配合比设计采用超量取代法时,超量系数可按表 4.1.4 选用;当混凝土超强较大或配制大体积混凝土时,可采用等量取代法;当主要为改善混凝土的和易性时,可采用外加法。

中华人民共和国国家标准

粉煤灰混凝土应用技术规范

GBJ 146 — 90

主编部门:中华人民共和国水利部

批准部门:中华人民共和国建设部

施行日期:1991 年 10 月 1 日



配合比设计原则

按照等强度等级、等稠度的原则，用超量取代法进行调整。

等稠度和等强度等级，是指配制成的粉煤灰混凝土具有与基准混凝土拌合物相同的稠度和硬化后制定龄期的强度等级相等。

超量取代法指的是粉煤灰总掺入量中，一部分取代等体积的水泥，超量部分却代等体积的砂。



➤ 设计步骤:

(1) 基准混凝土配合比的确定;

(2) 选定粉煤灰取代水泥的掺量百分率和粉煤灰超量系数, 粉煤灰

取代水泥剂量百分率, 不得超过下表规定:



粉煤灰的超量系数

表 4.1.4

粉煤灰等级	超量系数
I	1.1 ~ 1.4
II	1.3 ~ 1.7
III	1.5 ~ 2.0

03 粉煤灰混凝土配合比设计



混凝土种类	粉煤灰取代水泥最大限量 (%)			
	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰硅酸盐水泥
预应力钢筋混凝土	25	15	10	——
钢筋、高强、耐冻、蒸压混凝土	30	25	20	15
中低强度、泵送、大体积、地下、以及水下混凝土	50	40	30	20
碾压混凝土	65	55	45	35



(3) 计算粉煤灰取代水泥剂量、超量部分质量和总掺量

粉煤灰取代水泥剂量： $mf1 = mco \times f\%$

粉煤灰超量部分质量： $mf2 = mf1 \times (\delta f - 1)$

粉煤灰总掺量： $mf = mf1 + mf2$



- (4) 计算粉煤灰混凝土的单位水泥用量： $m_{cf} = m_{co} - m_{f1}$ 。
- (5) 计算粉煤灰混凝土的单位砂用量： $m_{sf} = m_{so} - (m_{f2}/\rho_f) \times \rho_s$ 。
- (6) 确定粉煤灰混凝土各种材料用量。
- (7) 试拌调整确定提出实验室配合比。



例题： 已知普通水泥混凝土基准配合比水：水泥：砂：石 = 185：343：616：1256 (Kg) ， 普通硅酸盐水泥、钢筋混凝土，混凝土设计强度等级C30，掺加 I 级粉煤灰，粉煤灰密度为 $2.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。



一、确定粉煤灰取代水泥掺量百分率和粉煤灰超量系数

1. 由水泥品种、混凝土工程种类，查表确定取代水泥的最大掺量25%，

现取为20%；

2. 由粉煤灰等级 I、水泥强度等级，水泥混凝土等级C30，取粉煤灰

超量系数1.2。



3. 粉煤灰取代水泥剂量:

$$m_{f1} = m_{co} \times f = 343 \times 20\% = 69\text{Kg}$$

粉煤灰超量部分质量:

$$m_{f2} = m_{f1} \times (\delta_f - 1) = 69 (1.2 - 1) = 14\text{Kg}$$

粉煤灰总量:

$$m_f = m_{f1} + m_{f2} = 68 + 14 = 83\text{Kg}$$



4. 计算粉煤灰混凝土的单位水泥用量：

$$m_{cf} = m_{co} - m_{f1} = 343 - 69 = 274\text{Kg}$$

5. 计算粉煤灰混凝土单位砂用量：

$$m_{sf} = m_{so} - (m_{f2}/\rho_f) \times \rho_{sf} = 599\text{Kg}$$



6. 试拌调整提出实验室配合比

经试拌塌落度符合要求，实测湿表观密度

$2410\text{kg}/\text{m}^3$ ，由上计算理论表观密度 $2379\text{kg}/\text{m}^3$ ，

校正系数 = 1.01，调整后的各材料用量为：

$$m_{co} = 278\text{Kg}, m_f = 84\text{Kg}, m_w = 187\text{Kg},$$

$$m_s = 605\text{Kg}, m_{go} = 1269\text{Kg}$$

知识点学习

谢谢观看