

混凝土配合比设计手册

● 李立权 编

华南理工大学出版社



混凝土配合比 设计手册

李立权 编

华南理工大学出版社
·广州·

前 言

混凝土配合比设计是混凝土生产的第一工序，也是关键工序。本书是根据我国新颁布的《JGJ/T 55—96 普通混凝土配合比设计规程》以及其他与混凝土有关的标准、规程编写的。它以普通混凝土配合比为主，以部分常用特种混凝土配合比为辅，专门介绍了混凝土配合比的设计方法；并采纳我国各地成熟的理论和经验以及新的方法，阐述了混凝土配合比设计的基本理论、设计程序、材料选用、计算公式和各种基本参数；介绍普通混凝土配合比设计 648 例；特种混凝土设计方法 11 种。本书在编写中力求简明扼要，注重应用，适合我国土建施工人员、混凝土工长及技工使用，亦可作土建技术人员和土建专业师生参考之用。

本书由广东省老科技工作者协会土建组审阅并提出许多宝贵意见，在此谨表谢意。

编 者

1998 年 9 月

目 录

1 普通混凝土配合比设计方法	1
1.1 概述	1
1.2 设计流程及配制强度	2
1.3 选料	8
1.4 配料	14
1.5 试配、调整及确定	25
1.6 降低成本的措施	30
1.7 普通混凝土配合比参考表	31
2 特种混凝土配合比设计	61
2.1 掺外加剂混凝土	61
2.2 掺粉煤灰混凝土	73
2.3 高强混凝土	79
2.4 泵送混凝土	83
2.5 轻骨料混凝土	85
2.6 大体积混凝土	98
2.7 抗渗混凝土	104
2.8 抗冻混凝土	110
2.9 钢纤维混凝土	113
2.10 无砂大孔混凝土	119
2.11 离心成型混凝土	127
附录	134
参考文献	140

1 普通混凝土配合比设计方法

1.1 概述

混凝土的历史，可追溯到泥结卵石、石灰三合土等的时代，已有 4000 多年的历史。作为波特兰水泥混凝土，从 1824 年发明至今，虽只有 100 多年的历史，但发展很快，在土木工程中是用途最广、用量最大的建筑材料。

混凝土发展到今天，根据各种工程的特殊要求，也形成了种类纷繁的特种混凝土。高耸建筑的基础，需要大体积的特种混凝土；有防水要求的工程，需要抗渗混凝土；重要工程需要高强混凝土；寒冷气候地区需要抗冻混凝土；对耐受冲击和抗疲劳的构件，需要纤维混凝土；为降低建筑物自身质量，为调节气温，常常选用轻骨料* 或无砂大孔混凝土；为节省垂直运输的费用，应选用泵送混凝土；在目前，为提高混凝土的施工可操作性，为获得混凝土硬化后的高性能，采用双掺（掺外加剂、掺粉煤灰）混凝土已成为混凝土工作者的首要选择。可以说，混凝土家族已形成以普通混凝土为主，以特种混凝土为辅的庞大混凝土家族。

我国新颁布的《JGJ/T 55—96 普通混凝土配合比设计规

* 某些书籍称为集料，此处仍沿用习惯用法为骨料。

程》积累、收集了广泛的资料和意见,对旧的《JGJ 55—81 普通混凝土配合比设计技术规定》作了必要的修订,同时增补了常用的特种混凝土配合比设计的规定。这标志着我国混凝土技术在发展道路上又向前迈了一大步。本书谨就各种混凝土配合比的设计工作,作重点的而又是普及式的推广和介绍。

混凝土配合比设计为什么不叫混凝土配合比配合法或混凝土配合比计算法呢。因为混凝土配合比是一个牵涉到各个方面的工作。一是要保证混凝土硬化后的结构强度和所要求的其他性能;二是要满足施工工艺易于操作而又不遗留隐患;三是在符合上述两项要求下选用合适的材料和计算各种材料的用量;四是对初步的设计结果进行试配、调整使之达到工程的要求;五是要在满足上述要求的同时降低成本。

我们作为混凝土配合比设计工作者,在配合比设计之前,要做好下列准备工作:一要掌握设计图纸对混凝土结构的全部要求;二要了解施工单位对混凝土工程的施工组织设计方案;三要了解当地所能采购到的材料品种、质量和供应能力。根据这些资料,才能选择配合比设计的适当的参数进行工作。

1.2 设计流程及配制强度

1.2.1 设计流程

混凝土配合比设计的基本流程如图 1-1。

第一阶段:根据设计图纸及施工单位的工艺条件,结合当地、当时的具体条件,提出要求,为第二阶段作准备。

第二阶段:选用材料、选用设计参数,这是整个设计的

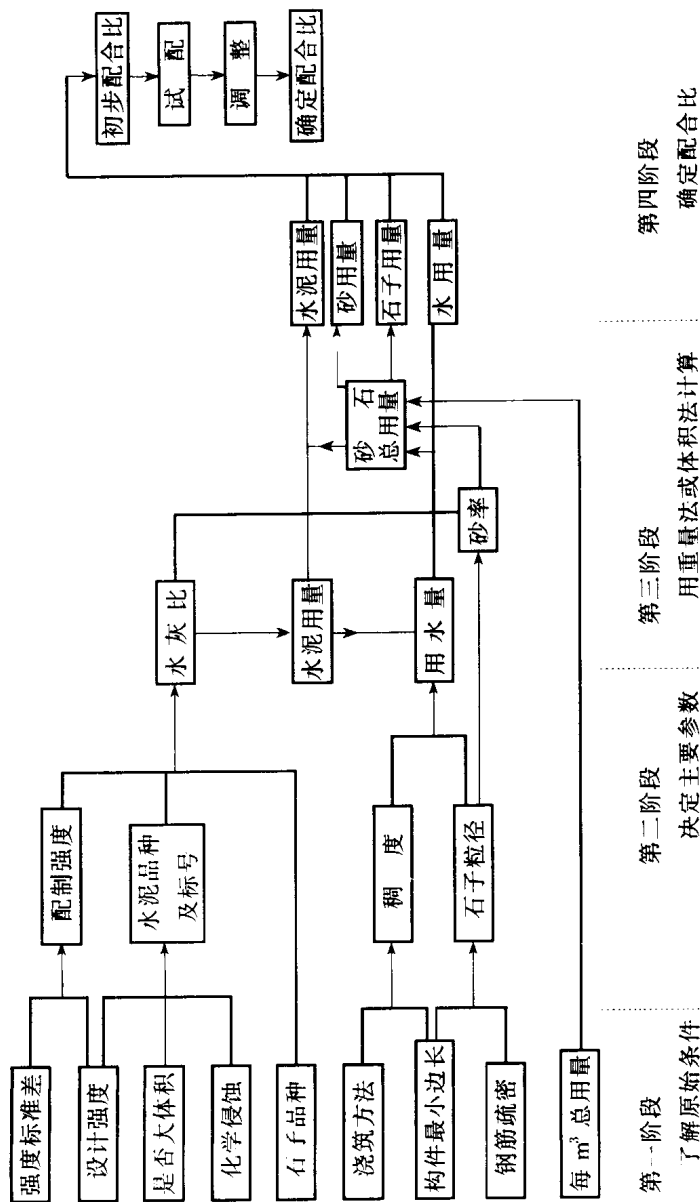


图 1-1 配合比设计的基本流程

基础。材料和参数的选择决定配合比设计是否合理。

第三阶段：计算用料，可用重量法或体积法计算。

第四阶段：对配合比设计的结果，进行试配、调整并加以确定。

配合比确定后，应签发配合比通知书。通知书的格式如表 1-1。搅拌站在进行搅拌前，应根据仓存砂、石的含水率作必要的调整，并根据搅拌机的规格确定每拌的投料量。搅拌后应将试件强度反馈给签发通知书的单位。

1.2.2 配制强度

普通混凝土配合比设计的配制强度，按式 (1-1) 计算：

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

式中 $f_{cu,0}$ ——混凝土的施工配制强度，MPa；

$f_{cu,k}$ ——设计的混凝土强度标准值，MPa；

σ ——施工单位的混凝土强度标准差，MPa。

在正常情况下，式(1-1)可以采用等号。但在现场条件与试验条件有显著差异时，或重要工程对混凝土工程有特殊要求时，或 C30 级及其以上强度混凝土在工程验收可能采用非统计方法评定时，则应采用大于号。

1.2.3 强度标准差

强度标准差是检验混凝土搅拌部门的生产质量水平的标准之一。混凝土配合比设计引入标准差，目的是使所配制的混凝土强度有必需的保证率。标准差应由搅拌单位提供的近期生产混凝土的强度统计值按式(1-2)计算。如没有资料可

* 本书公式基本上引自国家标准，个别公式由编者根据标准公式推导。

表 1-1 混凝土配合比设计通知书

施 工 资 料	工程名称: _____												特殊要求: _____											
	项目名称: _____																							
	工程数量: _____																							
													委托日期 年 月 日											
(每立方米混凝土用量) 配合比材料质量及数量	基本参数		强度标准差	混凝土强度等级		坍落度	构件最小截面		最小钢筋间距															
	水 泥			砂			石 子			外 加 剂			粉 煤 灰											
	品种	标号	密度	规格	等级	密度	品种	级配	密度	品牌	减水率	级 别	密度											
水 用 量 kg(用当地自来水)。以水泥为 1, 确定后配合比: $m_w : m_c : m_s : m_g : m_a : m_f =$												kg												
其他事项																								

供计算标准差时，可参照表 1-2 及表 1-3 选用。

[2]*

表 1-2 σ 值

单位：MPa

混凝土强度等级	低于 C20	C20 ~ C35	高于 C35
σ	4.0	5.0	6.0

注：在采用本表时，施工单位可根据实际情况，对 σ 值作适当调整。

[2]

表 1-3 混凝土的配制强度

强度等级	强度标准差 (MPa)					
	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
C7.5	10.8	11.6	12.4	14.1	15.7	17.4
C10	13.3	14.1	14.9	16.6	18.2	19.9
C15	18.3	19.1	19.9	21.6	23.2	24.9
C20	24.1	24.1	24.9	26.6	28.2	29.9
C25	29.1	29.1	29.9	31.6	33.2	34.9
C30	34.9	34.9	34.9	36.6	38.2	39.9
C35	39.9	39.9	39.9	41.6	43.2	44.9
C40	44.9	44.9	44.9	46.6	48.2	49.9
C45	49.9	49.9	49.9	51.6	53.2	54.9

标准差：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N f_{cu,i}^2 - N \cdot \mu_{fcu}^2}{N - 1}} \quad (1-2)$$

* 为便于读者查考，本书引用各表均在左上角用方括号注明引用资料的序号。未加注的则为编者参照有关标准或规程编制的。

式中 $f_{cu,i}$ ——统计周期内第 i 组混凝土试件的立方体抗压强度值, MPa;

N ——统计周期内相同强度等级的混凝土试件组数, 该值不得少于 25 组;

$\mu_{f_{cu}}$ ——统计周期内 N 组混凝土试件立方体抗压强度的平均值。

1.2.4 配制强度计算例题

例 1 某多层钢筋混凝土框架结构房屋, 柱、梁、板混凝土设计的结构强度为 C25 级, 据搅拌站提供该站前一个月的生产水平资料如下, 请计算其标准差及混凝土的配制强度。

资料:

①组数 $N = 27$;

②前一个月各组总强度 $\sum f_{cu,i} = 968.8$;

③各组强度值的总值 $\sum f_{cu,i}^2 = 36401.18$;

④各组强度的平均值 $\mu_{f_{cu}} = 36.548$;

⑤强度平均值的平方值乘组数 $N\mu_{f_{cu}}^2 = 36065.42$ 。

解 (1) 标准差。将资料各值代入式 (1-2):

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{36401.18 - 36065.42}{27 - 1}} \\ &= 3.594 \text{ MPa (取 } \sigma = 3.6 \text{ MPa)}\end{aligned}$$

如查表 1-2, 则 $\sigma = 5 \text{ MPa}$ 。

(2) 配制强度。按题意: 混凝土的设计强度 $f_{cu,k} = 25 \text{ MPa}$; 施工单位混凝土强度标准差 $\sigma = 3.6 \text{ MPa}$;

将上列两值代入式 (1-1):

$$f_{cu,0} = 25 + 1.645 \times 3.6$$

$$= 31.00 \text{ MPa}$$

如查表 1-3, 则 $f_{\text{cu},0} = 33.2 \text{ MPa}$ 。

1.3 选料

选料的原则:

- 1) 保证混凝土的强度;
- 2) 符合工程性能和长期气象、水文条件的要求;
- 3) 就地取材。

1.3.1 水泥

水泥为水硬性材料, 经水化后在混凝土中主要起胶结作用。

水泥的强度以标号表示, 其名称、代号、标号和抗压强度如表 1-4。

水泥品种繁多, 各种工程有其特定的水泥。用于建筑工程的通常有 5 种, 各有其特性, 应根据工程的具体要求作选择。其特性如表 1-5。

选用水泥时, 应选用与工程相对应的品种, 可参考表 1-6。

所选水泥, 其强度应稍高于混凝土的设计强度。但高强、高性能混凝土经采取工艺措施后, 可略低于混凝土强度。普通混凝土选用水泥的标准, 可参考表 1-7。

表 1-4 土建工程常用硅酸盐水泥强度指标

水泥名称	代 号	标 号	28d 强度 (MPa)	
			抗 压	抗 折
硅酸盐水泥	P. I	425R	42.5	6.5
		525、525R	52.5	7.0
	P. II	625、625R	62.5	8.0
		725R	72.5	8.5
普通水泥	P.0	325	32.5	5.5
		425、425R	42.5	6.5
		525、525R	52.5	7.0
		625、625R	62.5	8.0
矿渣水泥	P.S	275	27.5	5.0
		325	32.5	5.5
火山灰水泥	P.P	425、425R	42.5	6.5
		525、525R	52.5	7.0
粉煤灰水泥	P.F	625R	62.5	8.0

注：标号后加 R 的，表示快硬水泥。

表 1-5 五种常用水泥的特性

	硅酸盐水泥	普通水泥	矿渣水泥	火山灰水泥	粉煤灰水泥
密度 (g/cm ³)	3.0~3.15	3.0~3.15	2.9~3.1	2.8~3.0	2.8~3.0
①硬化	快		慢	慢	慢
②早期强度	高	高	低	低	低
③水化热	高	高	低	低	低
④抗冻性	好	好	较差	较差	较差
⑤耐热性	较差	较差	好	较差	较差
⑥耐腐蚀性	较强	强			
⑦干缩性			较大	较大	较小
⑧抗水性			较好	较好	较好
⑨耐硫酸盐类侵蚀		较差	较好	较好	较好
⑩抗碳化能力					较好

表 1-6 对五种常用水泥的选用

项 目		硅酸盐 水 泥	普通 水泥	矿渣 水泥	火山灰 质水泥	粉煤灰 水 泥
环 境 条 件	在普通气候环境中的混凝土		✓✓	✓	✓	✓
	在干燥环境下的混凝土		✓✓	✓	×	×
	在高湿度环境中，或永远处在水下的混凝土			✓✓	✓	✓
	在严寒地区的露天混凝土、寒冷地区的经常处在水位升降范围内的混凝土（水泥标号 ≥ 325 号）		✓✓	✓	×	×
	严寒地区处在水位升降范围内的混凝土（水泥标号 ≥ 425 号）		✓✓	×	×	×
工 程 特 点	厚大体积的混凝土			✓✓	✓✓	✓✓
	要求快硬的混凝土	✓✓	✓	×	×	×
	C40 以上的混凝土	✓✓	✓	✓	×	×
	有抗渗要求的混凝土	✓✓	✓✓	✓	✓✓	✓
工 程 特 点	有耐磨性要求的混凝土（水泥标号 ≥ 325 号）	✓✓	✓✓	✓	×	×

注：①符号意义：✓✓优先选用，✓可以选用，×不得选用。

②受侵蚀性环境水或侵蚀性气体作用的混凝土，应根据侵蚀性介质的种类、浓度等具体条件，按专门（或设计）规定选用。

③蒸汽养护用的水泥品种，宜根据具体条件通过试验确定。

④严寒地区与寒冷地区的区分详见表 2-21（92 页）。

表 1-7 水泥标号的选择

混凝土强度等级	$\leq C10$	C15 ~ C25	C30 ~ C40	$\geq C50$
水泥标号	275	325, 425	425, 525	525 ~ 725

1.3.2 砂

砂与石子统称混凝土的骨料，砂属细骨料。骨料在混凝土中起架构作用。用砂时应注意 3 点：

1) 通常使用天然河砂或淡水湖砂；海砂应经冲洗除净氯盐，经检验合格后方可用于钢筋混凝土；山砂含矿物质较多，应经处理并检验合格方可使用。

2) 砂按粒径组合，以细度模数表示，如表 1-8。普通混凝土用砂，其细度模数在 2.7 ~ 3.4 之间的中粗砂较好。砂子颗粒级配如表 1-9，通常采用 1 区或 2 区。如为特细砂，则应按特细砂混凝土设计。

3) 砂的质量分为优等品、一等品及合格品三个等级，选用时应与混凝土强度相匹配。通常如表 1-10。质量标准见附表 I（134 页）。

[4] 表 1-8 砂的规格分类

规 格	粗	中	细	特细
细度模数	3.7 ~ 3.1	3.0 ~ 2.3	2.2 ~ 1.6	1.5 ~ 0.7

[4]

表 1-9 砂子颗粒级配区

筛孔尺寸 (mm)	孔 型	累 计 筛 余 (%)		
		级配 1 区	级配 2 区	级配 3 区
10.00	圆	0	0	0
5.00	圆	10 ~ 0	10 ~ 0	10 ~ 0
2.50	圆	35 ~ 5	25 ~ 0	15 ~ 0
1.25	方	65 ~ 35	51 ~ 10	25 ~ 0
0.63	方	85 ~ 71	70 ~ 41	40 ~ 16
0.315	方	95 ~ 80	92 ~ 70	85 ~ 55
0.16	方	100 ~ 90	100 ~ 90	100 ~ 90

表 1-10 混凝土强度与砂、石子质量等级的匹配

混凝土强度等级 (MPa)	高强、高性能	$\geq$ C30	$\leq$ C25
砂、石子质量等级	优等品	一等品	合格品

1.3.3 石子

石子品种的选用,可按该地区常用的石材。并符合下列三个要求:

- 1) 石子的最大粒径应符合表 1-11 的要求;

[2]

表 1-11 粗骨料粒径的限制

结 构 种 类	最大粒径尺寸
方形或矩形截面的构件	不得超过最小边长的 1/4
混凝土实心板	①不宜超过板厚的 1/2 ②不得超过 50 mm
钢筋混凝土	同时不得大于两根钢筋间净距的 3/4

- 2) 要有一定的级配,如表 1-12;

3) 石材的极限强度应不小于混凝土强度的 1.5 倍,同时不应小于 45MPa; 质量要求(包括针片状颗粒含量、坚固性和压碎值)的等级同表 1-10。石子有害物质的含量指标见附表 II (135 页)。

表 1-12 石子颗粒的级配

[5]

筛孔尺寸 (圆孔筛) mm	2.50	5.00	10.0	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0	50.0	63.0	80.0	100
	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %	筛余 %
公称粒径 mm	5 ~ 10	95 ~ 100	80 ~ 100	0 ~ 15	0							
连续	5 ~ 16	95 ~ 100	90 ~ 100	30 ~ 60	0 ~ 10	0						
粒	5 ~ 20	95 ~ 100	90 ~ 100	40 ~ 70	0 ~ 10	0						
级	5 ~ 25	95 ~ 100	90 ~ 100		30 ~ 70	0 ~ 5	0					
	5 ~ 31.5	95 ~ 100	90 ~ 100	70 ~ 90	15 ~ 45		0 ~ 5	0				
	5 ~ 40	95 ~ 100	95 ~ 100	75 ~ 90	30 ~ 60			0 ~ 5	0			
单	10 ~ 20		95 ~ 100	85 ~ 100	0 ~ 15	0						
粒	16 ~ 31.5		95 ~ 100				0 ~ 10	0				
	20 ~ 40			95 ~ 100	80 ~ 100			0 ~ 10	0			
粒	31.5 ~ 63				95 ~ 100		75 ~ 100	45 ~ 75		0 ~ 10	0	
级	40 ~ 80				95 ~ 100			70 ~ 80		30 ~ 60	0 ~ 10	0