

# 混凝土配合比 设计手册

(依据 JGJ55-2011编写)

---

◆ 苏德利 主编



中国建筑工业出版社

# 混凝土配合比设计手册

(依据 JGJ 55—2011 编写)

苏德利 主编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土配合比设计手册/苏德利主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-112-14534-8

I. ①混… II. ①苏… III. ①混凝土-配合比设计-手册 IV. ①TU528.062-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 168758 号

## 混凝土配合比设计手册 (依据 JGJ 55—2011 编写) 苏德利 主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业出版社印刷

\*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 8 $\frac{1}{4}$  字数: 222 千字

2012 年 11 月第一版 2012 年 11 月第一次印刷

定价: 25.00 元

ISBN 978-7-112-14534-8

(22612)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

混凝土是土建工程中应用最广、用量最大、不可替代的建筑材料之一。随着我国建筑工程的飞速发展，新型混凝土技术和施工工艺的不断涌现，混凝土的组分及其配合比设计也越来越复杂，国家也颁布了许多新的规范和规程，如《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)、《水泥土配合比设计规程》(JGJ/T 233—2011)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002) (2010 版)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《大体积混凝土施工规范》(GB 50496—2009) 等。为了适应新形势的变化，我们编写了这本《混凝土配合比设计手册》。

根据混凝土的性能不同，本书将混凝土配合比设计分为普通混凝土配合比设计、特种混凝土配合比设计及混凝土参考配合比三大部分，其中特种混凝土主要包括：抗渗混凝土、抗冻混凝土、高强混凝土、泵送混凝土、大体积混凝土、道路水泥混凝土、高性能混凝土、轻骨料混凝土、纤维混凝土及水下混凝土等，主要从原材料选用及配合比设计两个方面对混凝土配合比设计做了详细的介绍。本书内容翔实，应用性强，可供建筑材料、建筑施工人员使用，也可供各类大中专院校师生参考。

限于时间和作者水平，疏漏或不妥之处在所难免，恳请有关专家和读者提出宝贵意见。

编者

2012 年 6 月

# 目 录

<b>1 概述</b> .....	1
1.1 混凝土配合比设计的原则 .....	1
1.2 混凝土配合比设计的方法 .....	2
1.2.1 简易配合比设计 .....	2
1.2.2 复杂配合比设计 .....	12
1.3 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55—2011 主要修订 内容介绍 .....	14
<b>2 原材料</b> .....	17
2.1 水泥 .....	17
2.2 骨料 .....	18
2.2.1 细骨料 .....	18
2.2.2 粗骨料 .....	21
2.3 外加剂 .....	25
2.4 掺合料 .....	25
2.4.1 粉煤灰 .....	27
2.4.2 硅灰 .....	29
2.4.3 粒化高炉矿渣 .....	30
2.4.4 沸石粉 .....	30
2.5 水 .....	31
2.5.1 混凝土拌合用水 .....	31
2.5.2 混凝土养护用水 .....	32
<b>3 普通混凝土配合比设计</b> .....	33
3.1 设计流程 .....	33
3.2 混凝土配制强度的确定 .....	33
3.2.1 确定混凝土配制强度 .....	33

3.2.2	确定混凝土标准差 .....	34
3.3	混凝土配合比计算 .....	35
3.3.1	水胶比计算 .....	35
3.3.2	用水量和外加剂用量计算 .....	37
3.3.3	胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量计算 .....	38
3.3.4	砂率计算 .....	40
3.3.5	粗、细骨料计算 .....	41
3.4	混凝土配合比的试配 .....	42
3.5	配合比的调整与确定 .....	43
<b>4</b>	<b>特种混凝土配合比设计 .....</b>	<b>46</b>
4.1	抗渗混凝土 .....	46
4.1.1	原材料选用 .....	46
4.1.2	配合比设计 .....	58
4.2	抗冻混凝土 .....	59
4.2.1	原材料选用 .....	60
4.2.2	配合比设计 .....	66
4.3	高强混凝土 .....	67
4.3.1	原材料选用 .....	67
4.3.2	配合比设计 .....	74
4.4	泵送混凝土 .....	75
4.4.1	原材料选用 .....	75
4.4.2	配合比设计 .....	80
4.5	大体积混凝土 .....	81
4.5.1	原材料选用 .....	81
4.5.2	配合比设计 .....	87
4.6	道路水泥混凝土 .....	87
4.6.1	原材料选用 .....	88
4.6.2	配合比设计 .....	95
4.7	高性能混凝土 .....	101
4.7.1	原材料选用 .....	101
4.7.2	配合比设计 .....	104
4.8	轻骨料混凝土 .....	106

4.8.1	原材料选用	106
4.8.2	配合比设计	114
4.9	纤维混凝土	118
4.9.1	原材料选用	119
4.9.2	配合比设计	123
4.10	水下混凝土	125
4.10.1	原材料选用	126
4.10.2	配合比设计	135
<b>5</b>	<b>混凝土参考配合比</b>	<b>137</b>
5.1	普通混凝土参考配合比	137
5.2	特殊混凝土参考配合比	222
5.2.1	高强混凝土参考配合比	222
5.2.2	泵送混凝土参考配合比	224
5.2.3	大体积混凝土参考配合比	227
5.2.4	道路水泥混凝土参考配合比	227
5.2.5	高性能混凝土参考配合比	228
5.2.6	轻骨料混凝土参考配合比	231
5.2.7	纤维混凝土参考配合比	232
5.2.8	水下混凝土参考配合比	233
<b>附录 A</b>	<b>亚甲蓝 MB 值测定方法</b>	<b>236</b>
<b>附录 B</b>	<b>试件制备</b>	<b>240</b>
<b>附录 C</b>	<b>试验方法</b>	<b>245</b>
<b>参考文献</b>		<b>255D</b>

# 1 概述

## 1.1 混凝土配合比设计的原则

“配合比设计”主要是确定混凝土中各组成材料的用量，即  $1\text{m}^3$  混凝土中各成分的质量，以单位  $\text{kg}/\text{m}^3$  表示。配合比设计必须考虑以下几个方面：

(1) 涉及新拌混凝土浇筑的各种参数，如工作性、运输时间、温度、坍落度损失、配筋密度等。

(2) 硬化混凝土的工程性能要求，如强度、耐久性、干缩、徐变、弹性模量等。

(3) 可供选用的材料，即水泥、骨料及化学外加剂等。

混凝土配合比设计工作一方面确定了一些新拌混凝土和(或)硬化混凝土性能的关系；另一方面还确定了一些混凝土性能与组成材料的关系。这些关系主要表现为：

(1) 水胶比。水胶比是影响强度、耐久性、渗透性、干缩和徐变等混凝土性能的最重要的参数。

(2) 骨料。骨料的选择，包括骨料的种类(天然的或人工破碎的)和粒径。在水灰比一定的条件下，骨料会对混凝土的拌合用水量产生影响，进而影响水泥用量以及由其决定的所有性能，如与水泥水化热相关的温度梯度、收缩等。

(3) 化学外加剂(特别是减水剂)。化学外加剂能够改善新拌混凝土和硬化混凝土的诸多性能，如工作性、抗压强度、耐久性等。

(4) 水泥用量。水泥用量是混凝土的主要参数，它会对其他



参数的确定产生影响。水泥的品种和强度等级是其两大重要指标。水泥的品种会对混凝土的性能及混凝土结构的耐久性有着重要的影响。水泥的强度等级是水泥的另一重要指标，提高水泥的强度等级不仅可以缩短冬季施工的脱模时间，还可以配制满足特殊要求的高强混凝土。

## 1.2 混凝土配合比设计的方法

可以将配合比设计分为两类：

(1) 简易配合比设计，只需满足下列要求：①特征强度 ( $f_{ck}$ )；②工作性 ( $W$ )；③水泥的品种和强度等级 ( $t_c$ )；④骨料的最大粒径 ( $D_{max}$ ) 和种类 (天然的或人工破碎的)。

(2) 复杂配合比设计，除以上要求外，至少还包括下列要求中的一种：①早期抗压强度；②抗折强度和 (或) 抗拉强度；③耐久性；④渗透性。

为了满足这些附加要求，需要确定另一水胶比，该水胶比与满足特征强度要求的水胶比有所不同。在这种情况下，应该选择最小的水胶比以满足所有性能要求。

### 1.2.1 简易配合比设计

图 1-1 为整个简易配合比设计过程的示意图，按照该图可以确定每  $1\text{m}^3$  混凝土中水泥 ( $c$ )、水 ( $w$ )、砂 ( $s$ ) 和石 ( $g$ ) 的单位体积用量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) 以及空气的单位体积含量 ( $V_{a'}$ ,  $\text{L}/\text{m}^3$ )。

配合比设计中，需根据以下公式 (准则 1 或准则 2) 将特征强度 ( $f_{ck}$ ) 转化为 28d 平均抗压强度 ( $f_{mc28}$ )，并以此检验混凝土的特征强度：

准则 1 (适用于 3 个试验结果)：

$$f_{mc28} \geq f_{ck} + 4 \quad (1-1)$$

准则 2 (适用于 15 个试验结果)：

$$f_{mc28} \geq f_{ck} + K \cdot \delta \quad (1-2)$$

式中  $\delta$ ——为标准差。

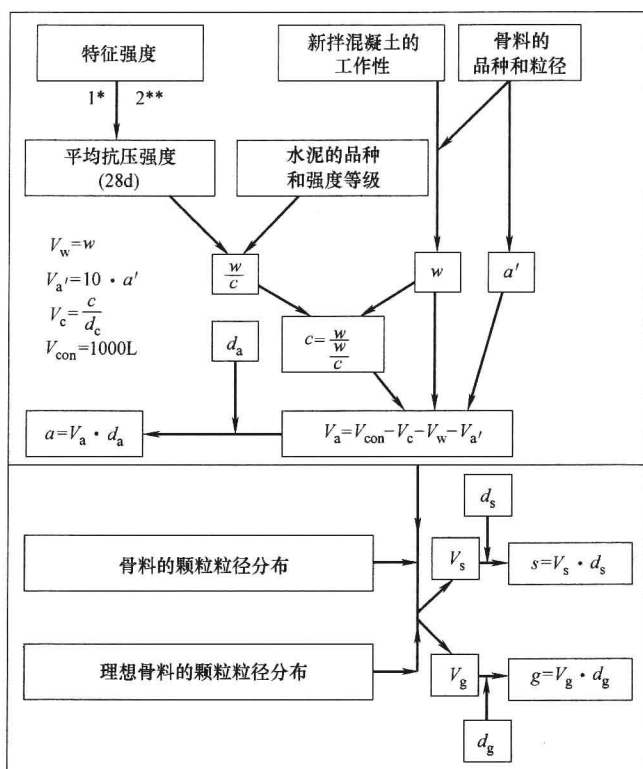


图 1-1 混凝土配合比设计的全过程

(\* 按照准则 1 确定特征强度; \*\* 按照准则 2 确定特征强度。下同)

如果已知水泥的品种和强度等级，便可根据图 1-2 由 28d 平均抗压强度 ( $f_{mc28}$ ) 推算出混凝土的水灰比 ( $\frac{w}{c}$ )。

如果已知设计坍落度、骨料的最大粒径 ( $D_{max}$ ) 和种类 (天然的或人工破碎的)，便可根据图 1-3 推算出拌合用水量。使用天然骨料时，拌合用水量应减少  $10\text{kg}/\text{m}^3$ ；使用人工破碎骨料时，拌合用水量需增加  $10\text{kg}/\text{m}^3$ 。

通过图 1-4 可以推算出混凝土中的气体体积含量 ( $a'$ )。

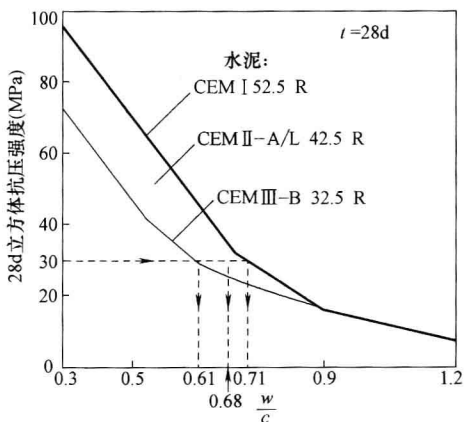


图 1-2 水泥强度等级对混凝土抗压强度的影响

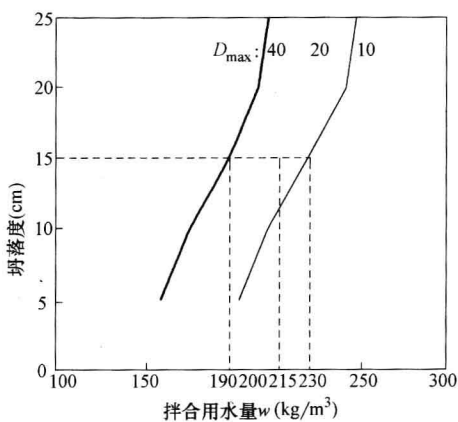


图 1-3 骨料最大粒径对新拌混凝土工作性的影响

因此，水泥用量可用式 (1-3) 计算，计算过程如图 1-5 所示。

$$c = \frac{w}{\frac{w}{c}} \quad (1-3)$$

每  $1\text{m}^3$  混凝土中，骨料的体积用量  $V_a$  可以通过等式 (1-4)

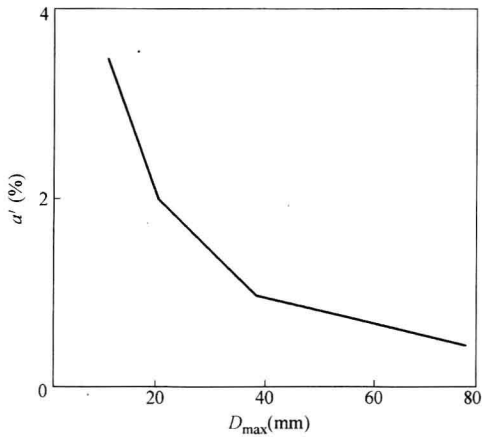


图 1-4 骨料最大粒径 ( $D_{\max}$ ) 对混凝土中含气量的影响

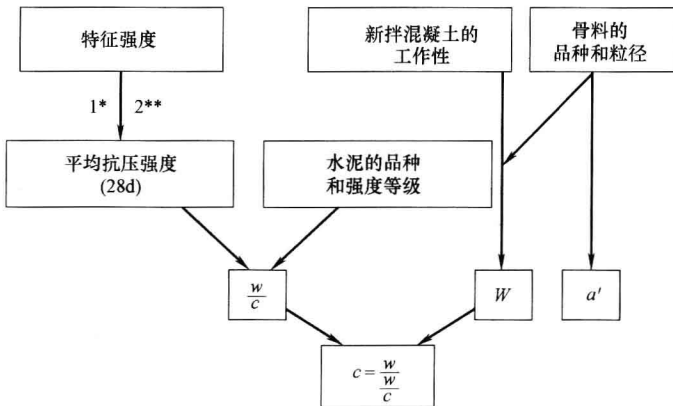


图 1-5 水灰比的确定过程示意图

求得。式 (1-4) 中, 假设混凝土的体积  $V_{\text{con}}$  为  $1\text{m}^3$  ( $1000\text{L}$ ), 用其减去水泥体积  $V_c$ 、水的体积  $V_w$  和空气体积  $V_{a'}$ , 即为骨料的体积用量  $V_a$ :

$$V_a = V_{\text{con}} - V_c - V_w - V_{a'} = 1000 - \left(\frac{c}{d_c}\right) - w - (10 \times a')$$

(1-4)

式中  $d_c$ ——水泥的密度，约为 3.15kg/L。

在确定骨料的体积用量  $V_a$  后，将其与骨料的表观密度  $d_a$ （约为 2.7kg/L）相乘，便得骨料用量  $a$ ，如图 1-6 所示。

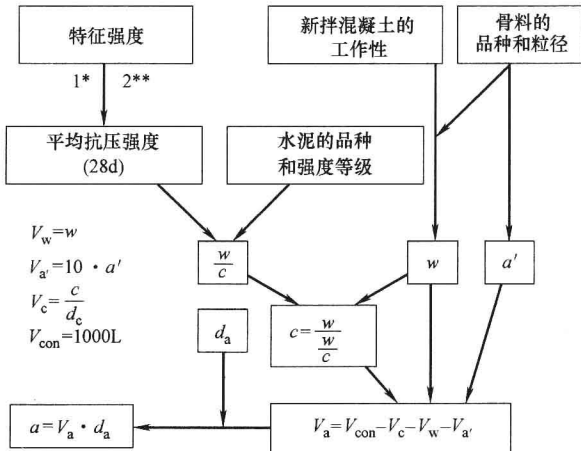


图 1-6 骨料用量的确定过程示意图

混凝土配合比设计最后的重要一步是处理好两种或多种骨料（通常是砂子和石子）的搭配问题，使混合骨料尽可能地接近“理想”骨料的颗粒粒径分布，如图 1-7 所示。

理想骨料由一系列固体颗粒组成，骨料颗粒之间的空隙体积最小（服从 Füller 或 Thompson 等式）；或者为了提高工作性，空隙体积可以稍高一点。

不管是什么样的理想骨料，骨料的总体积用量  $V_a$  均可分为砂子的体积用量  $V_s$  和石子的体积用量  $V_g$ ：

$$V_a = V_s + V_g \quad (1-5)$$

最后，将砂子和石子的体积用量分别乘以它们的密度，即得砂子和石子的单位质量用量，如图 1-8 所示。

$$s = V_s \cdot d_s \quad (1-6)$$

$$g = V_g \cdot d_g \quad (1-7)$$

至此，混凝土配合比设计计算过程全部结束，得到每  $1m^3$

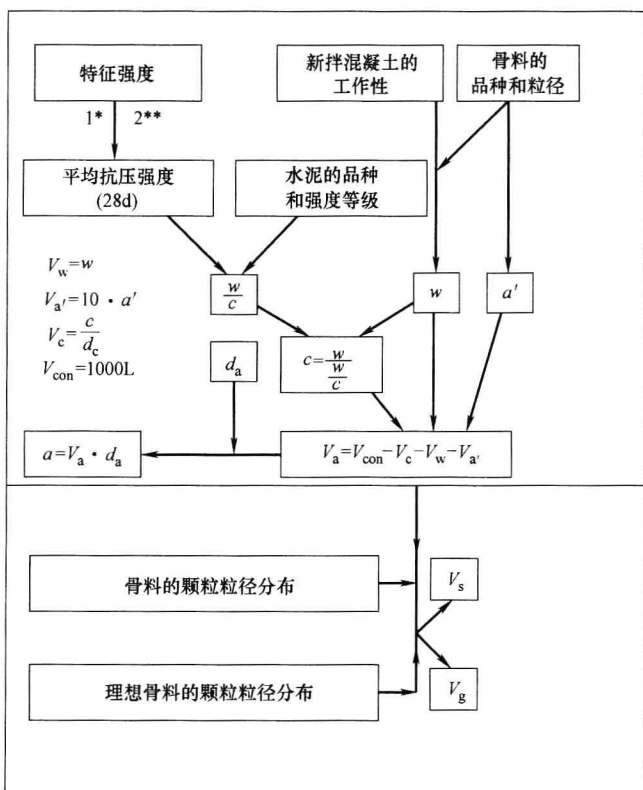


图 1-7 砂子和石子用量的确定过程示意图

混凝土中水泥 ( $c$ )、水 ( $w$ )、砂子 ( $s$ )、石子 ( $g$ ) 的用量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )。

以下为混凝土简易配合比设计实例，立方体特征强度 ( $f_{cu/ck}$ ) 分别按照准则 1 和准则 2 确定。混凝土的技术性能要求和原材料特性为：

- (1)  $f_{cu/ck} = 20\text{MPa}$ ;
- (2) 工作性：坍落度 = 15cm;
- (3) 水泥品种：CEM II A/L42.5R;
- (4) 骨料的最大颗粒粒径  $D_{\max} = 40\text{mm}$ 。



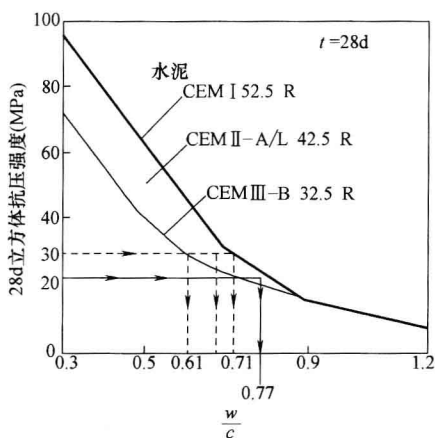


图 1-9 水灰比的确定过程 (准则 1)

$$c = \frac{w}{\frac{w}{c}} = \frac{190}{0.77} = 247(\text{kg}/\text{m}^3) \approx 250(\text{kg}/\text{m}^3)$$

根据骨料的最大颗粒粒径  $D_{\max}$  为 40mm, 从图 1-10 中可以查得含气量  $a'$  为 1%, 对应的气体体积  $V_{a'}$ , 为  $10\text{L}/\text{m}^3$ 。

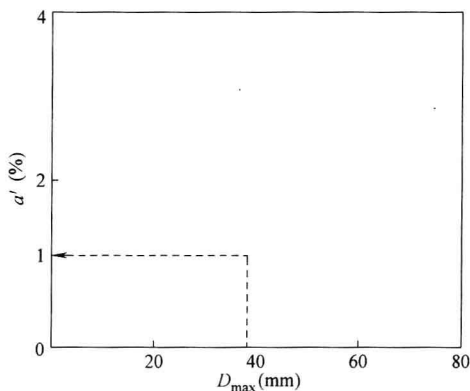


图 1-10 含气量  $a'$  的确定过程

然后, 根据式 (1-4) 计算骨料的体积用量  $V_a$ :



$$V_a = V_{\text{con}} - V_c - V_w - V_{a'} = 1000 - \left(\frac{c}{d_c}\right) - w - (10 \times a')$$

$$= 1000 - \left(\frac{247}{3.15}\right) - 190 - 10 = 721 (\text{L}/\text{m}^3)$$

假设骨料的表观密度  $d_a$  为  $2.7 \text{L}/\text{m}^3$ ，则其质量  $a$  为：

$$a = V_a \cdot d_a = 721 \times 2.7 = 1948 (\text{kg}/\text{m}^3) \approx 1950 (\text{kg}/\text{m}^3)$$

表 1-1 列出了混凝土的设计要求、原材料以及根据准则 1 计算出的水泥 ( $c$ )、水 ( $w$ ) 和骨料 ( $a$ ) 用量。

混凝土的性能、材料及配合比 (根据准则 1) 表 1-1

性能要求	材 料	混凝土的组成
$f_{\text{cu}/\text{ck}} = 20 \text{MPa}$	CEM II A/L42.5R	$w = 190 \text{kg}/\text{m}^3$
坍落度 = 15cm	骨料最大粒径 $D_{\text{max}} = 40 \text{mm}$	$c = 250 \text{kg}/\text{m}^3$
准则 1	$K \cdot \delta = 4 \text{MPa}$	$a = 1950 \text{kg}/\text{m}^3$

## (2) 准则 2

根据准则 2 可计算 28d 平均抗压强度  $f_{\text{cu}/\text{mc}28}$  为：

$$f_{\text{cu}/\text{mc}28} \geq f_{\text{ck}} + K \cdot \delta$$

式中  $\delta$ ——标准差：

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (f_{\text{cu}/i28} - f_{\text{cu}/\text{mc}28})^2}{n-1}} \quad (1-8)$$

式中  $f_{\text{cu}/i28}$ ——单个试件的 28d 立方体抗压强度，MPa；

$i$ ——试件编号。

如果该组试件测试的标准差  $\delta$  为 7MPa，则可计算  $f_{\text{cu}/\text{mc}28}$  为：

$$f_{\text{cu}/\text{mc}28} \geq f_{\text{ck}} + K \cdot \delta = 20 + 1.4 \times 7 = 30 (\text{MPa})$$

根据水泥品种为 CEM II A/L42.5R，28d 平均抗压强度  $f_{\text{cu}/\text{mc}28}$  为 30MPa，则从图 1-11 可以查得水灰比  $\frac{w}{c}$  为 0.68。

水灰比  $\frac{w}{c}$  为 0.68，根据式 (1-3) 可计算水泥用量  $c$ ：

$$c = \frac{w}{\frac{w}{c}} = \frac{190}{0.68} = 279 (\text{kg}/\text{m}^3) \approx 280 (\text{kg}/\text{m}^3)$$