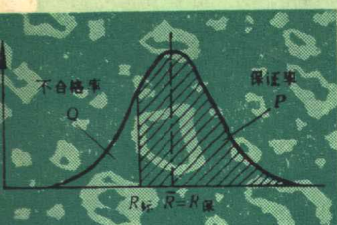


92175/12
26785



混凝土配合比 经验式计算法

水利电力部第十三工程局建筑工程处

中国建筑工业出版社

混凝土配合比经验式计算法

水利电力部第十三工程局建筑工程处

中国建筑工业出版社

本书介绍一种可以简捷、有效取得混凝土配合比的新方法——“经验式计算法”。这种方法是以工程实践中积累的混凝土配合比试验资料为基础，用数理统计方法整理成一定条件下，每立方米混凝土石子用量、容重、用水量与石子最大粒径的对数直线经验式以及混凝土强度与灰水比的直线经验式，并制成相应图表，可供查用。

本书可供混凝土工程施工单位、混凝土制品厂以及混凝土试验研究人员参考。

混凝土配合比经验式计算法

水利电力部第十三工程局建筑工程处

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
湖北省新华印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：3 3/8 字数：71千字

1975年5月第一版 1975年5月第一次印刷

印数：1—52,630册 定价：0.27元

统一书号：15040·3215

前 言

正确选择混凝土的配合比，是混凝土工程设计和施工中的一项重要任务。目前，混凝土配合比设计方法有很多种，在工程实践中，我们感到有的方法繁杂、费事；有的方法虽然简单，但往往不切实际。因此，希望找到一种既简捷，而又切合实际的混凝土配合比设计法。

遵照毛主席“要认真总结经验”和“理性认识依赖于感性认识，感性认识有待于发展到理性认识”的教导，我们在四女寺水利枢纽扩建工程中，以本工程的试验资料为基础，用数理统计法对试验数据进行了分析研究，经过反复实践，逐步掌握了混凝土配合比的一些规律，总结成为一种计算混凝土配合比的新方法——“经验式计算法”。

通过我们的工程实践，用“经验式计算法”取得的混凝土配合比是简捷、实用和便于施工的。通过国内外某些资料（见书末参考文献）所提供的数据分析表明，我们认为，“经验式计算法”反映混凝土配合比的基本规律是有普遍性的。

必须指出，“经验式计算法”是以当地或本工程积累的试验资料为基础，由于具体情况不同，经验式中的常数可能发生不同程度的变化。因此，本书第三章列出选择混凝土配合比的经验数据，仅供缺少试验资料时参考，或便于进行试拌和调整。读者可以根据实际情况，总结各自的实践经验，正确地掌握这种方法。

毛主席教导我们：“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”“经验式计算法”对于混凝土配合比基本规律的认识仅仅是开始，希望广大读者提供宝贵的实践经验，共同修改和补充，把混凝土配合比设计法提高到一个新的水平，为多快好省地完成社会主义各项基本建设任务作出贡献。

书中列有三个附录：附录Ⅰ说明选择水灰比用的强度计算式与经验式的由来和意义；附录Ⅱ说明建议中的混凝土石子用量表可能具有一定的普遍意义；附录Ⅲ可以帮助读者根据试验资料自行建立经验式。

本书由我处蔡正咏同志执笔编写，试验室的全体同志参加了试验和资料的计算工作。在编写过程中，承国家建委建筑材料科学研究院吴中伟同志、北京市水利工程总队试验室、水利电力部第二工程局试验室、北京市建筑工程局科学研究所等有关单位和同志校核资料并提出宝贵意见，谨此一并致谢。

由于我们的思想和业务水平有限，书中错误和不足之处难免，热诚地希望读者批评指正。

水利电力部第十三工程局建筑工程处

1974年10月

毛主席语录

人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

要完全地反映整个的事物，反映事物的本质，反映事物的内部规律性，就必须经过思考作用，将丰富的感觉材料加以去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的改造制作工夫，造成概念和理论的系统，就必须从感性认识跃进到理性认识。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。

目 录

前 言

一、经验式算法的基本概念	1
(一) 选择配合比的一般原则、步骤和方法	1
(二) 什么叫“混凝土配合比经验式算法”?	4
(三) 混凝土配合比有哪些基本规律可以建立经验式?	5
(四) 混凝土配合比经验式算法有哪些优点?	6
(五) 今后研究和继续验证的问题	7
二、四女寺工程建立的基本经验式	9
(一) 试验用的原材料和主要混凝土配合比	9
(二) 混凝土石子用量和容重的经验式	12
(三) 用水量经验式	12
(四) 强度经验式	15
(五) 用经验式计算混凝土配合比的误差	15
三、经验式算法选择混凝土配合比的建议	17
1. 总则	17
2. 需用的基本资料	17
3. 基本经验式	18
4. 选择配合比	19
5. 配合比的算例	25
附录 I 选择混凝土水灰比用的强度计算式与经验式	33
(一) 混凝土施工中强度波动的规律——正态分布	33
(二) 混凝土强度的保证率与不合格率	36

(三) 选择混凝土水灰比用的保证强度计算式·····	39
(四) 强度均方差与离差系数的经验式·····	40
(五) 考虑水泥标号的混凝土强度经验式·····	46
附录Ⅱ 关于混凝土砂率的计算值和试验值的比较资料·····	49
(一) 三门峡工程混凝土($D=120$ 毫米)砂率计算值 和试验值的比较资料·····	50
(二) 三门峡工程关于粗、细砂混凝土砂率计算值和 试验值的比较资料·····	50
(三) 北京水利科学研究院关于普通混凝土和加气混 凝土($D=20$ 毫米)砂率计算值和试验值的比 较资料·····	52
(四) 北京市水利局水利工程总队试验室关于延庆县 白河堡水库混凝土最优砂率试验值和计算值的 比较资料·····	52
附录Ⅲ 建立经验式的数理统计法·····	55
(一) 直线式中试验常数的求法·····	55
(二) 经验相关·····	63
(三) 用水量经验式的计算·····	81
(四) 石子用量经验式的计算·····	87
(五) 容重经验式的计算·····	93
参考文献·····	99

一、经验式计算法的基本概念

(一) 选择配合比的一般原则、步骤和方法

选择混凝土配合比应当遵循的某些基本原则是：

1. 最少单位用水量。混凝土在满足施工和易性的条件下，如果水泥用量维持不变，用水量越少，水灰比越小，混凝土质量越好；如果水灰比维持不变，用水量越少，水泥用量也越省，同时混凝土的体积变化也越小。因此，应力求最少单位用水量。目前，某工程大体积混凝土的用水量可低达80~85公斤/立方米。

2. 最大石子粒径。石子最大粒径越大，总表面越小，表面上需要包裹的水泥浆越少，混凝土的容重增加，密实性提高。但是，石子最大粒径并不是可以任意加大的，一般受到结构断面尺寸和钢筋最小间距以及施工设备等条件的限制，即使是大体积混凝土，石子最大粒径也很少超过150毫米。

3. 最多石子用量。混凝土的组成材料以石子为主体，砂子填充石子的空隙，水泥浆则使砂石胶成一体。石子用量越多，需要水泥浆越少，例如干硬性混凝土的石子用量比较多。但是，石子用量并不可任意增多，通常为了满足施工和易性，石子表面需要包裹一层砂浆，所以混凝土的最多石子用量总是应当小于石子捣实容重。石子用量过多，不利于混凝土拌合物的粘聚性和浇捣后的密实性。在原材料与混凝土和易性一定的条件下，应当有一个最优石子用量。

4. 最密骨料级配。欲使石子用量最多，应使砂石骨料混合物级配合适，密度最大，空隙率最小。石子用量过大不利于最密骨料级配。骨料级配还应与混凝土和易性相适应。

在原材料一定的条件下，一般选择混凝土配合比的三个主要步骤是：

1. 根据设计要求的强度和耐久性选定水灰比；
2. 根据施工要求的坍落度和石子最大粒径选定用水量，用水量除以选定的水灰比求出水泥用量；
3. 选定砂石用量，通过试拌判断混凝土的和易性，必要时适当调整用水量和砂率。

选定混凝土的砂石用量在次序上有两种不同的方法：一种是根据常用的砂率关系，先求砂子用量，后求石子用量；另一种是先求石子用量，后求砂子用量。因为先求石子用量比较合理，所以经验式算法采用后一种方法。

从某些混凝土配合比表可以发现，在原材料与混凝土坍落度一定的条件下，各种标号的混凝土，尽管水灰比和水泥用量的变化幅度很大，但只要石子最大粒径、级配和砂子细度模数保持不变，混凝土的石子用量基本不变，这一方面说明石子用量主要取决于石子最大粒径、级配和砂子细度模数；另一方面也说明石子用量与水灰比、水泥用量基本无关。水泥用量改变时，砂子用量不能不随之改变。如果先求石子用量，最后求砂子用量，水泥用量改变时，砂率可以自行调整，所以认为先求石子用量比较合理。当其它条件一定时，石子用量维持不变还有一个好处是：当工地拌和配料时，砂子用量、水泥用量或用水量即使经常变动，不须改变石子用量及其称量设备，使拌和配料工作得以简化。

经验式算法一个重要的基本概念是：对于原材料与和

易性一定的混凝土，石子用量主要取决于石子最大粒径，可以建立二者的经验关系。建立石子用量与石子最大粒径的经验关系应当考虑石子捣实容重在內，这种经验关系才能具有比较普遍的实际意义。因为石子的粒形（卵石或碎石）、级配、比重等因素对于石子用量有相当的影响，而石子的捣实容重又能比较集中地反映这些因素的实际情况，测定石子捣实容重也并不困难。所以，在经验式计算法中，应当强调实际测定石子捣实容重的必要性。

在混凝土中砂石骨料构成紧密级配，所以最优石子用量在一定程度上与砂子级配（以细度模数表示）有关。其它条件一定时，砂子细度模数越大，石子用量越小。经验表明，砂子细度模数每增减0.1，石子用量相应增减1%^[8]。

在原材料一定，但和易性不同的混凝土中，石子用量是不同的。例如干硬性混凝土的石子用量显然要比泵用混凝土的石子用量多。但是，大多数常用混凝土的和易性介于干硬性混凝土和泵用混凝土两种极端情况之间。经验式计算法主要指大多数常用和易性的混凝土。经验表明，对于低坍落度或干硬性混凝土，石子用量相应增加10%；对于高坍落度或泵用混凝土，石子用量相应减少10%^[3]（参看第三章表4-2调整值和配合比算例的例5和例6）。混凝土配合比的选择一般都要通过试拌，这些经验调整值可供试拌调整时参考。

在现有的混凝土配合比设计法中，计算配合比有两种不同的方法：一种是绝对体积法；还有一种是容重法。在条件相同时，两种方法的计算结果应当是一致的。在普通混凝土中，即使不掺加气剂，仍然存在偶然裹入的含气量。这种含气量在不同石子最大粒径的混凝土中波动于0.2~3.0%之

间，除了实测之外，难以取得准确的数值。根据这种含气量的波动，再加上组成材料比重的误差，估计用绝对体积法计算混凝土配合比的精度大约在1%左右。在试拌混凝土时可以直接测定混凝土的容重，测量误差一般在1%左右，因此，用实测容重计算混凝土的配合比，在精度上并不亚于绝对体积法，似乎更加切合实际。实际上，对于试拌混凝土并不需要很高的精度。比较起来，采用容重法，计算配合比时节省了绝对体积法中把重量变成绝对体积和把绝对体积变成重量这些繁琐的换算，从而使配合比的计算更加简捷。因此，在经验式算法中计算配合比采用了容重法。

选择混凝土水灰比的强度应超过设计标号，超过多少须由设计要求的保证率和施工质量控制水平而定，其计算式和经验式可以参看附录 I。

（二）什么叫“混凝土配合比经验式算法”？

以相当数量的试验资料为基础，根据混凝土配合比的内在联系，找出若干基本规律，用数理统计方法整理成经验式和相应的图表，可以简捷地取得混凝土的配合比。这种方法称之为经验式算法。

影响混凝土配合比的因素是错综复杂的，必须根据不同的具体条件通过试验才能取得切实可行的混凝土配合比。但是，如果已经积累相当数量的试验资料，总结成经验式，以便在某些近似条件下，用经验式进行计算，只须通过简单的试拌和必要的调整即可得到要求的混凝土配合比，从而节省一些不必要的试验工作量。凡是已经积累相当试验资料的试验室都可以采用这种经验式算法。在缺少试验资料的情况下，也可以参考已有的经验值，逐步建立适用的经验式，

用以简捷、有效地取得混凝土的配合比。

(三) 混凝土配合比有哪些基本规律可以建立经验式?

在原材料一定的条件下, 有四个基本规律可以建立经验式:

1. 混凝土以石子用量为主体。混凝土的单位石子用量与灰水比、水泥用量、砂子用量、含气量诸因素基本无关。当混凝土和易性维持大体相同的条件下, 单位石子用量 G 主要取决于石子最大粒径 D , 可以建立二者的经验式:

$$G = b_1 + m_1 \lg D$$

式中 b_1 、 m_1 为试验常数。

当考虑到通用于碎石、卵石各种级配混凝土的石子用量时, 采用 G 与石子捣实容重 γ 之比: $G/\gamma = V$, 可以建立 $V \sim \lg D$ 的经验式:

$$V = b'_1 + m'_1 \lg D$$

式中 V 称为石子填充体积百分率, b'_1 、 m'_1 均为试验常数。

$V \sim \lg D$ 经验式比 $G \sim \lg D$ 经验式有更广泛的适用性。

这是第一个基本经验式。

2. 混凝土的容重主要取决于骨料比重和石子用量。在原材料不变、骨料比重一定的条件下, 因为石子用量主要取决于石子最大粒径, 所以混凝土的容重 U 也主要取决于石子最大粒径 D , 可以建立二者的经验式:

$$U = b_2 + m_2 \lg D$$

式中 b_2 、 m_2 为试验常数, 与骨料的比重大小有关。

这是第二个基本经验式。

3. 在坍落度一定的条件下, 混凝土的单位用水量 W 主要取决于石子最大粒径 D , 可以建立二者的经验式:

$$W = b_3 + m_3 \lg D$$

式中 b_3 、 m_3 为试验常数， b_3 值主要与原材料的需水性有关， m_3 值的范围大约在 50~75 之间，一般在 70 左右。

必须指出，在灰水比大于 2.0（或水灰比小于 0.50）的情况下，还必须考虑水泥用量对于用水量的影响；在冬、夏季节还必须考虑温度的影响。

这是第三个基本经验式。

4. 混凝土的强度 R 与灰水比 C/W 成直线关系，可以建立二者的经验式：

$$R = b_4 + m_4 C/W$$

式中 b_4 、 m_4 为试验常数，与混凝土的龄期、水泥的品种、标号有关。

这是第四个基本经验式，也是其它混凝土配合比设计法共同肯定的基本经验式。

只要掌握以上四个基本经验式，就可以全部取得混凝土的配合比。当已知实际采用的石子最大粒径 D ，用第一、第二、第三个基本经验式可以分别求出混凝土的容重 U 、石子用量 G 和用水量 W 。根据设计提出的耐久性和强度要求确定水灰比 W/C 。 $W/(W/C) =$ 水泥用量 C 。最后， U 减去 G 、 W 、 C 之和的剩余重量即为砂子用量 S ，即 $S = U - (G + W + C)$ 。

必须指出，当已知混凝土的用水量 W ，水泥用量 C ，水泥比重 G_c （一般在 3.0~3.1），骨料混合平均比重 G_a （一般在 2.65 左右）和混凝土的含气量 a （%），根据混凝土容重等于各组成材料单位用量之和： $U = W + C + A$ 、混凝土单位体积（1000 升）等于各组成材料单位用量绝对体积之和：

$1000 = W + \frac{C}{G_c} + \frac{A}{G_a} + 10a$ ，可以从理论上算出混凝土容重 U ：

$$U = 10G_a(100 - a) + C\left(1 - \frac{G_a}{G_c}\right) - W(G_a - 1)$$

在有条件算出 U 值的情况下，不一定要建立混凝土容重的经验式。

(四) 混凝土配合比经验式算法有哪些优点？

1. 把大量繁琐的试验资料，通过数学平差处理，可以概括成为形式简练的经验式，而且试验资料越丰富，经验式的计算结果越接近实际。

2. 在某些近似条件下，应用经验式可以采用内插值或外推值，从而节省一些不必要的试验工作量。

3. 在原材料和石子级配不变，混凝土和易性大体相同的条件下，混凝土的容重和石子用量不变，其余水泥砂浆的重量相应成为一个常数，即水泥和砂子的重量可以相互替换。当水灰比或水泥用量改变时，砂子用量随之改变，砂率可以自行调整。

4. 在工地进行拌和机的配料时，即使用水量，水泥用量，砂子用量需要经常变动，如果石子级配和混凝土拌和量不变，石子用量及其称量设备可以无须改变，便于施工。

(五) 今后研究和继续验证的问题

1. 选择混凝土水灰比涉及到结构设计要求的保证率和施工质量控制标准的问题，我国目前尚未制订这方面的标准和要求，建议中提出强度保证率参考表和附录 I 中提出相关直线 $\sigma \sim \bar{R}_{28}$ 或 $C_p \sim \bar{R}_{28}$ 以均方差 σ_r 作为划分施工质量控制水

平的分界线都是初步的，是否适宜尚有待进一步研究和探讨。附录Ⅰ所搜集到黄河三门峡等十二个工程施工中部分统计资料整理而成的两种经验式，虽然在数理统计上认为相关是存在的，但相关的程度并不十分密切，尚有待今后积累资料作更多的验证。

2. 建议中混凝土石子用量表（表4-1）是以四女寺工程统计的经验式为基础，参考其它经验，适当调整制成的，是否具有足够的普遍意义仍是一个有待研究的问题。虽然我们曾对三门峡工程等砂率试验资料进行了有代表性的校核，并且大体相符（参看附录Ⅱ），但仍须在今后实践中作更多的验证。

3. 影响混凝土配合比的因素常不止一个，例如新拌混凝土的容重不仅与石子最大粒径有关，而且与骨料比重大小有关，要找出这两个因素和容重的经验关系就是二元回归分析的问题。附录Ⅲ介绍的数理统计法仅限于现有经验式计算法中一般所用的简单的一元回归分析，至于较复杂的多元回归分析尚有待今后研究和补充。

二、四女寺工程建立的基本经验式

(一) 试验用的原材料和主要混凝土配合比

四女寺工程混凝土原材料的主要性能示于表 1，三十种主要混凝土配合比示于表 2。

混凝土原材料的主要性能

表 1

水		泥		砂		碎		石		
厂家与 品 种	比 重	28天强度 (公斤/厘米 ²)		细度 模数 <i>F.M</i>	面干 饱和 比重	面干 饱和 比重	最大 粒径 <i>D</i> (毫米)	级 配	捣实容重 γ (公斤/ 立方米)	
		压	拉							
济南水 泥厂矿 渣硅酸 盐水泥	3.0	426	27	3.0	2.62	2.70	10	100%	1580	
							20	100%	1650	
							25	100%	1615	
							40	5~20的 40%	1675	
山东某 厂普通 硅酸盐 水泥	3.1	570	30	3.0	2.62	2.70	40	20~40的 60%		1690
							80	5~20的 20%		
								80	20~40的 30%	
									80	