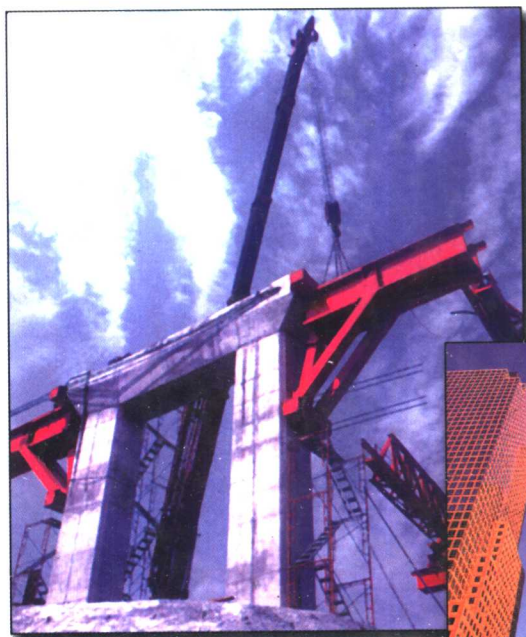
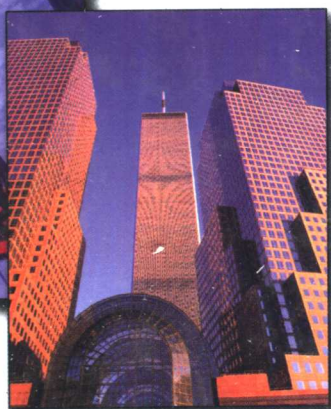


现代混凝土 配合比设计手册

XIANDAI HUNNINGTU PEIHEBI SHEJI SHOUC



张应立 主 编
杨柏科 申爱琴 副主编



人民交通出版社

China Communications Press

Xiandai Hunningtu Peihebi Sheji Shouce

现代混凝土配合比设计手册

张应立 主 编

杨柏科 副主编

申爱琴

人民交通出版社

内 容 提 要

本书在扼要阐述混凝土配合比设计的基本原则与原理的基础上,详细地介绍了国内外普通混凝土、特种材料混凝土、特种性能混凝土、特种施工方法混凝土、掺外加剂混凝土、沥青混凝土等 100 多种混凝土的原材料技术要求、配合比设计方法、步骤及设计实例。该书具有配合比设计百科全书之功能。

本书对从事混凝土配合比的设计、混凝土施工的工程技术人员具有实用价值,亦可供从事混凝土科研人员、大专院校师生及混凝土结构设计人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

现代混凝土配合比设计手册 / 张应立主编. —北京:
人民交通出版社, 2002.5

ISBN 7-114-04280-9

I. 现... II. 张... III. 混凝土—配合料—比例—
手册 IV. TU528.062-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 031655 号

现代混凝土配合比设计手册

张应立 主 编

杨柏科 副主编

申爱琴

正文设计:王静红 责任校对:刘晓方 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:53.25 字数:1342 千

2002 年 12 月 第 1 版

2002 年 12 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001~4000 册 定价:92.00 元

ISBN 7-114-04280-9

U·03140

前言

混凝土是现代主要建筑材料之一,也是目前世界上生产量最大的人造材料。据统计,20世纪60年代全世界混凝土的平均用量不到20亿吨,70年代已超过30亿吨,到80年代已达50亿~60亿吨,而90年代则达80亿吨,到2000年估计可达100亿吨,每年每人平均消耗量约1.54t,这是任何其他材料难以比拟的。混凝土将成为下一世纪用量最大、用途最广的建筑材料已是人们的共识。其原因是混凝土具有原材料丰富易得,施工简便,可浇筑成各种形状,能适应各种使用环境,配制成所需强度,具有耐久、防渗、保温、耐火、耐蚀、防射线、节约能耗、减少环境污染、成本较低等特点。混凝土工程不仅可以创造良好的居住环境,而且还可利用结构群体构成现代化城市优美的风貌。

在现代土建工程中的铁路与公路的隧道、大桥,水利水电的大坝、电站,河道整治中的河堤、河坝,工业与民用建筑等各项工程中,混凝土对整个工程的质量和成本影响,起着举足轻重的作用。然而,在影响工程质量与成本的诸多因素中,配合比设计乃是成败的关键,对于那些经验还不丰富的混凝土配合比设计人员来说,选准一套适当的配合比方案,是至关重要的。

随着科学技术的发展和建筑结构形式与造型的多样化,各种混凝土层出不穷,品种繁多,且在日新月异地发展。新型混凝土有其特殊的性能和施工方法,适合于某些特殊领域,有些已在国内外得到广泛应用。为适应我国经济建设的需要,更好地满足社会各界对混凝土越来越高的要求,以适应各种混凝土对于不同品种的原材料、不同技术性能的要求,提供在不同生产工艺、设备及质量管理条件下的混凝土配合比设计的思路和方法,作者广泛收集国内外资料,历时十余年,几易其稿,编写了《现代混凝土配合比设计手册》。

编写本书的宗旨是:将广大混凝土工作者的生产实践经验和科研成果,以及国内外的先进技术归纳整理,以飨广大读者。

本书从实用出发,坚持理论联系实际的原则。因此,在分别介绍了国内外100多种混凝土配合比的设计原理、方法、步骤的同时,详细介绍了每种混凝土配合比设计实例。

书中所使用的标准是现行标准,如有新标准出台,请按新标准使用。

本书通俗易懂,文字流畅,深入浅出,图文并茂,具有配合比设计百科全书之功能,无论遇到哪种混凝土需要进行配合比设计时,便可以从容不迫地在此手册中寻找到的满意的答案。因此,此手册对从事混凝土工程的技术人员具有指导性作用和实用价值。

本书由张应立主编,杨柏科、申爱琴副主编。参加编写和提供资料的还有周玉华、张福、赵朋志、苏知咸、张梅等。在编写过程中,曾得到中国建筑业混凝土协会专家们的指导、帮助和铁道部都匀桥梁厂领导的大力支持,全书由高级工程师陈功审定。桥梁厂等单位的技术图书室为本书提供了不少宝贵资料,书中还引用了一些作者的著作、文献、资料。值此本书出版之际,特向关心和支持本书的各位领导、专家、审定人及引用文献的原编著者,表示由衷感谢。

由于这部书涉及面广,内容较多,作者知识有限,实践经验不足,如有错误不妥之处,敬请专家们和广大读者不吝批评指教,谢谢!

作 者
2002 年 4 月

符号使用说明

- $f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度(MPa)
 $f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值(MPa)
 f_{ce} ——水泥 28d 抗压强度实测值(MPa)
 $f_{ce,g}$ ——水泥强度等级值(MPa)
 m_{wa} ——掺外加剂时每立方米混凝土中的用水量(kg)
 m_{c0} ——基准配合比混凝土每立方米的水泥用量(kg)
 m_{g0} ——基准配合比混凝土每立方米的粗集料用量(kg)
 m_{s0} ——基准配合比混凝土每立方米的细集料用量(kg)
 m_{w0} ——基准配合比混凝土每立方米的用水量(kg)
 m_c ——每立方米混凝土的水泥用量(kg)
 m_g ——每立方米混凝土的粗集料用量(kg)
 m_s ——每立方米混凝土的细集料用量(kg)
 m_w ——每立方米混凝土的用水量(kg)
 m_{cp} ——每立方米混凝土拌和物的假定质量(kg)
 γ_c ——水泥强度等级值的富余系数
 β ——外加剂的减水率(%)
 β_s ——砂率(%)
 ρ_c ——水泥密度(kg/m³)
 ρ_g ——粗集料的表观密度(kg/m³)
 ρ_s ——细集料的表观密度(kg/m³)
 ρ_w ——水的密度(kg/m³)
 α ——混凝土的含气量百分数
 $\rho_{c,t}$ ——混凝土表观密度实测值(kg/m³)
 $\rho_{c,c}$ ——混凝土表观密度计算值(kg/m³)
 δ ——混凝土配合比校正系数
 P_g ——石子的空隙率(%)
 V_s ——砂子体积(m³)
 V_g ——石子体积(m³)
 M_k ——砂子细度模数
 P_s ——砂子的空隙率(%)
 V_{sg} ——砂石混合料体积(m³)
 m_{sg} ——砂石混合集料总质量(kg)
 w_s ——砂子的含水率(%)
 w_g ——石子的含水率(%)
 ρ_{sg} ——混合集料加权平均密度(kg/m³)
 w_{sg} ——混合集料含水率(%)
 m_{f0} ——粉煤灰混凝土粉煤灰用量(kg)

ρ_A ——混合集料表观密度(kg/m^3)

ρ'_A ——混合集料视密度(kg/m^3)

K_a ——混凝土含水量(%)

K_b ——减水系数

σ ——混凝土强度的标准差(MPa)

C_v ——混凝土强度的离差系数

ρ'_g ——粗集料视密度(g/cm^3)

ρ'_s ——细集料视密度(g/cm^3)

f_2 ——砂浆抗压强度平均值(MPa)

$f_{m,0}$ ——砂浆试配强度(MPa)

其余符号含义详见书中所注。

目 录

第一章 混凝土配合比设计的基本原则与原理.....	1
第一节 混凝土配合比设计的基本原则.....	1
第二节 混凝土配合比设计的基本原理.....	2
第二章 普通混凝土配合比设计.....	6
第一节 常见普通混凝土配合比设计.....	6
第二节 单粒级普通混凝土配合比设计	34
第三节 最经济水泥用量普通混凝土配合比设计	38
第三章 特种材料混凝土配合比设计	52
第一节 轻集料混凝土配合比设计	52
第二节 普通大孔混凝土配合比设计	65
第三节 无砂大孔混凝土配合比设计	68
第四节 轻集料大孔混凝土配合比设计	73
第五节 特细砂混凝土配合比设计	76
第六节 浮石轻混凝土配合比设计	84
第七节 泡沫混凝土配合比设计	86
第八节 石膏混凝土配合比设计	91
第九节 硫磺混凝土配合比设计	94
第十节 彩色混凝土配合比设计	96
第十一节 白色混凝土配合比设计	99
第十二节 上釉混凝土配合比设计.....	102
第十三节 钢纤维混凝土配合比设计.....	103
第十四节 植物及其他有机纤维混凝土配合比设计.....	111
第十五节 玻璃纤维混凝土配合比设计.....	114
第十六节 聚合物水泥混凝土配合比设计.....	119
第十七节 聚合物浸渍混凝土配合比设计.....	123
第十八节 树脂混凝土配合比设计.....	127
第十九节 低收缩聚酯混凝土配合比设计.....	132
第二十节 硅酸盐混凝土配合比设计.....	132
第二十一节 煤矸石混凝土配合比设计.....	137
第二十二节 灰砂硅酸盐混凝土配合比设计.....	142
第二十三节 矿渣及全矿渣混凝土配合比设计.....	147
第二十四节 钢(铁)渣混凝土配合比设计.....	159
第二十五节 液态渣混凝土配合比设计.....	160
第二十六节 蒸压磷尾矿砂混凝土配合比设计.....	161

第二十七节	碱矿渣高强混凝土配合比设计	162
第二十八节	粉煤灰混凝土配合比设计	166
第二十九节	粉煤灰泵送混凝土配合比设计	188
第三十节	普通高强粉煤灰混凝土配合比设计	195
第三十一节	高压养护粉煤灰加气混凝土配合比设计	205
第三十二节	常压养护粉煤灰加气混凝土配合比设计	218
第三十三节	高钙粉煤灰混凝土配合比设计	226
第三十四节	粉煤灰硅酸盐混凝土配合比设计	227
第三十五节	粉煤灰陶粒混凝土配合比设计	229
第三十六节	预应力粉煤灰陶粒混凝土配合比设计	233
第三十七节	高强粉煤灰陶粒混凝土配合比设计	234
第三十八节	粉煤灰页岩混凝土配合比设计	236
第三十九节	无集料粉煤灰轻质混凝土配合比设计	237
第四十节	粉煤灰免蒸制品配合比设计	239
第四十一节	粉煤灰冷压制品配合比设计	241
第四十二节	硅灰超高强混凝土配合比设计	241
第四章	特种性能混凝土配合比设计	245
第一节	高强混凝土配合比设计	245
第二节	高性能混凝土配合比设计	252
第三节	干硬性混凝土配合比设计	257
第四节	预应力混凝土配合比设计	261
第五节	自应力混凝土配合比设计	268
第六节	流态混凝土配合比设计	270
第七节	防水抗渗混凝土配合比设计	288
第八节	膨胀水泥防水混凝土配合比设计	292
第九节	补偿收缩混凝土配合比设计	294
第十节	掺铝粉的微膨胀混凝土配合比设计	299
第十一节	耐酸混凝土配合比设计	301
第十二节	耐碱混凝土配合比设计	308
第十三节	耐油混凝土配合比设计	311
第十四节	耐火混凝土配合比设计	313
第十五节	防射线混凝土配合比设计	326
第十六节	抗冲耐磨混凝土配合比设计	337
第十七节	振动挤压混凝土配合比设计	345
第十八节	贫混凝土配合比设计	350
第十九节	快硬混凝土的配制	353
第五章	特种施工方法混凝土配合比设计	357
第一节	隧道混凝土配合比设计	357
第二节	道路混凝土配合比设计	361
第三节	压力灌浆混凝土配合比设计	367

第四节	水下浇筑混凝土配合比设计	369
第五节	高压力水下灌注混凝土配合比设计	392
第六节	水工混凝土配合比设计	394
第七节	泵送混凝土配合比设计	401
第八节	喷射混凝土配合比设计	410
第九节	钢纤维喷射混凝土配合比设计	420
第十节	碾压混凝土配合比设计	421
第十一节	碾压混凝土简化配合比设计	436
第六章	掺外加剂混凝土配合比设计	440
第一节	掺减水剂的普通混凝土配合比设计	440
第二节	掺引气剂的普通混凝土配合比设计	445
第三节	掺高效减水剂的高强混凝土配合比设计	446
第四节	掺外加剂的防水混凝土配合比设计	449
第五节	掺速凝剂的喷射混凝土配合比设计	456
第六节	掺减水剂的大体积混凝土配合比设计	458
第七节	掺减水剂的泵送混凝土配合比设计	461
第八节	掺外加剂的预制混凝土配合比设计	462
第九节	掺外加剂的流动混凝土配合比设计	467
第十节	加气混凝土配合比设计	468
第十一节	掺外加剂配制不同用途混凝土的配合比设计	480
第十二节	铁尾矿加气混凝土配合比设计	482
第七章	沥青混凝土配合比设计	489
第一节	普通沥青混凝土配合比设计	489
第二节	耐腐蚀沥青混凝土配合比设计	508
第三节	水工沥青混凝土配合比设计	509
第四节	彩色沥青混凝土配合比设计	523
第五节	工地沥青混凝土配合比简易设计	524
第八章	砂浆配合比设计	526
第一节	砌筑砂浆配合比设计	526
第二节	抹灰砂浆配合比设计	531
第三节	防水砂浆配合比设计	536
第四节	抗冲耐磨水泥砂浆配合比设计	538
第五节	抗冲耐磨聚合物砂浆配合比设计	540
第六节	高强度喷射砂浆配合比设计	547
第七节	沥青砂浆配合比设计	549
第八节	水下沥青砂浆配合比设计	552
第九节	粉煤灰砂浆配合比设计	553
第十节	高掺量原状粉煤灰砂浆配合比设计	556
第十一节	粉煤灰双灰粉砂浆配合比设计	558
第九章	混凝土配合比设计中的新技术应用	562

第一节	混凝土快速测定强度在配合比设计中的应用	562
第二节	1 小时推定混凝土强度用于配合比的简捷设计	573
第三节	按不同水泥强度等级调整混凝土设计配合比	580
第四节	混凝土水灰比的快速测定	584
第五节	混凝土试配强度确定新方法	587
第六节	混凝土配合比设计主要数据的合理取值	588
第七节	按砂浆富余率、水泥浆富余率进行混凝土配合比设计	593
第八节	混凝土配合比设计砂率速算公式	598
第九节	混凝土配合比设计中粗集料人工级配简便测算法	600
第十节	混凝土配合比设计中用砂石混合比重法计算砂石用量	602
第十一节	混凝土混合集料获得所要求级配的几种方法	605
第十二节	混凝土配合比计算尺	615
第十三节	混凝土设计配合比现场修正新方法	620
第十四节	用排水法计算砂子的含水率	622
附录		624
一、	混凝土配合比设计的基本知识	624
二、	美国普通混凝土配合比设计	639
三、	英国普通混凝土配合比设计	648
四、	离心成型混凝土配合比设计	650
五、	常用耐火混凝土参考配合比	652
六、	水下不分散混凝土	683
七、	抗拉强度控制的混凝土配合比设计	689
八、	国外轻集料混凝土配合比设计示例	696
九、	蒸压养护高强水泥制品配合比设计	713
十、	国外压力灌浆混凝土配制示例	720
十一、	寒冷条件下浇筑混凝土的配合比设计	733
十二、	炎热条件下浇筑混凝土的配合比设计	734
十三、	混凝土应用外加剂的基本知识	735
十四、	国外加气混凝土配合比设计	752
十五、	用图表计算确定混凝土配合比	758
十六、	统计学在混凝土配合比设计中的应用	816
十七、	混凝土标号与混凝土强度等级的换算关系	830
十八、	普通混凝土常用配合比参考表	831
主要参考文献		838

第一章 混凝土配合比设计的基本原则与原理

混凝土配合比设计,其过程包括两个相关的步骤:(1)选择混凝土的适宜组分(水泥、集料、水及外加剂);(2)求出它们的相应数量(配合比),使之尽可能经济地配制出工作性、强度和耐久性合适的混凝土。这些比例将随混凝土所用的具体组分而定,而组分本身又取决于其用途。也可以考虑其他指标,诸如为了使收缩率和徐变趋于最小值,或为了周围特别的化学介质而设计。然而,尽管在配合比设计的理论方面已经做了大量的工作,但它基本上仍停留在经验方法上。而且,虽然许多混凝土性质是重要的,但大多数设计方法主要是以某一指定的工作性和龄期时达到规定的抗压强度为基准。此乃假设如果达到规定抗压强度,则其他性质(或许抗冻融性,或其他耐久性问题)也将得到满足。

第一节 混凝土配合比设计的基本原则

混凝土配合比设计就是根据工程要求、结构形式和施工条件来确定混凝土的组份,即水泥、集料、水及外加剂的配合比例。

一、配合比设计的基本参数

- 1.混凝土的强度要求——强度等级。
- 2.所设计混凝土的稠度要求——坍落度或维勃稠度值。
- 3.所使用的水泥品种、强度等级及其质量水平,即强度等级富余系数 γ_c 。
- 4.粗细集料的品种、最大粒径、细度以及级配情况。
- 5.可能掺用的外加剂或掺合料。
- 6.除强度及稠度以外的其他性能要求。

二、配合比设计的基本原则

配合比设计的基本原则就是按所采用的材料定出既能满足工作性、强度及耐久性和其他要求且又经济合理的混凝土各组成部分的用量比例。

1.工作性

一个设计适当的配合比必须易于浇筑并用现有设备能完全捣实。易修饰性必须得到满足,离析和泌水应降至最小。原则上,应供应工作性满足要求而又便于浇筑的混凝土。有关工作性的需水量,主要取决于集料的特性而不是水泥的特性。如果工程需要,应当以增加砂浆用量重新设计配合比来改善工作性,而不是用单纯的和更多的水或更多的细集料来改善工作性。因此,为了获得良好的混凝土拌和料,在配合比设计者与工程承包者之间的合作是不可避免的。

2.强度及耐久性

一般来说,各种混凝土规范要求一个最小抗压强度。这些规范也包括允许水灰比和最小水泥用量等的限制。保证这些要求相互不矛盾是很重要的,在实际工作中,28d 强度未必最重要,可以其他龄期强度控制设计。

规范还可能要求混凝土满足某些耐久性要求,例如抗冻融性或化学侵蚀性。考虑这些要求,可以对水灰比或水泥用量作进一步的限制,此外还可以要求使用外加剂。

因此,配合比设计的步骤应包括令人满意地解决上述所有的要求。因为这些要求不能同时使之最佳,所以有必要采用某些折衷办法(如在强度与工作性之间)。必须记住,除非采用正确的浇筑、抹面和养护,否则即使是一个“完善的”配合比也不能正确地实现。

3. 经济性

混凝土的成本是由材料、人工和设备费用所构成。但是,除某些特种混凝土外,人工及设备费大都与所生产混凝土的种类和性质基本无关。因此在确定不同配合比设计的相对费用中,材料费是非常重要的。因为水泥比集料昂贵得多,将水泥用量减至最低是降低混凝土造价惟一的最重要因素。一般来说,为达到降低水泥用量的目的,可采用有可能充分浇筑密实的最小坍落度;采用切实可行的集料最大粒径;采用最佳含砂率,并且当工程需要时,更可使用适当的外加剂。应该注意到,除成本外,使用低水泥用量还有其他好处:收缩率一般将降低,并且水化热较小。但是,如果水泥用量太低,则将减弱混凝土的早期强度,并将使混凝土的均匀性处于更不利的条件。

具体配合比设计的经济性还应与施工工地所要求的质量控制等级有关。但由于混凝土固有的变异性,混凝土平均强度必须大于规定的最低抗压强度。至少在小工地上,“超标准”设计的混凝土比经济效率较高但要严格控制质量的混凝土更为便宜。

第二节 混凝土配合比设计的基本原理

混凝土配合比设计的基本原理是建立在混凝土和混凝土混合料的性能变化规律的基础上的。如普通混凝土的配合比有四个基本变量:水泥、水、细集料和粗集料,可分别用 C 、 W 、 X 和 Y 表示单位体积混凝土的用量,配合比设计就是要确定这四个基本变量。为此,必须建立起四个表示各未知数之间相互关系的方程式。这些方程式体现出混凝土和混凝土混合料性能的变化规律。

一、确定用水量的方程——需水性定则

这个定则表示在实际应用的情况下,混凝土混合料的流动性与用水量之间的依赖关系。在不同的配合比设计方法中,都直接或间接地采用了这个基本定则。混凝土每 m^3 的用水量可用下式计算:

$$m_{w0} = \frac{10}{3}(T + k) \quad (1-1)$$

式中: T ——坍落度(以 cm 计);

k ——集料常数。

也可查表选用。

二、确定水灰比和水泥用量的方程——水灰比定则

水灰比定则阐明水和水泥的质量比与混凝土抗压强度之间的依赖关系。利用这个定则,

就可以根据混凝土配制强度确定水灰比。

混凝土的强度与水灰比在 0.4~0.84 之间近似地成线性关系,其一般的表达式为:

$$\frac{W}{C} = \frac{\alpha_a f_{ce}}{f_{cu,0} + \alpha_a \alpha_b f_{ce}} \quad (1-2)$$

式中: $\frac{W}{C}$ ——水灰比;

$f_{cu,0}$ ——配制强度(MPa);

α_a, α_b ——回归系数;

f_{ce} ——水泥的实测强度(MPa),

$$f_{ce} = \gamma_c f_{ce,g}$$

$\gamma_{ce,g}$ ——水泥 28d 抗压强度等级值(MPa);

γ_c ——水泥标号富余系数,按 1.00~1.13 取值。

在当地缺乏配合比实际资料的情况下,回归系数可按表 1-1 采用。

回归系数 α_a, α_b 选用表

表 1-1

系 数	石子品种	
	碎 石	卵 石
α_a	0.46	0.48
α_b	0.07	0.33

知道了 $\frac{W}{C}$ 及用水量 m_{w0} 后,即可按下式求得水泥用量 m_{c0} :

$$m_{c0} = \frac{m_{w0}}{\left(\frac{W}{C}\right)} \quad (1-3)$$

三、确定集料总用量的方程——绝对体积法和假定质量法的假设

利用以上两个定则算出单位体积混凝土的用水量和水泥用量后,即可应用绝对体积法或假定表观密度法算出单位体积混凝土中的集料总用量(绝对体积或质量)。

1. 绝对体积法(又称体积法) 这个方法是假设混凝土组成材料绝对体积的总和等于混凝土的体积,因之得下列方程式:

$$\frac{m_{c0}}{\rho_c} + \frac{m_{s0}}{\rho_s} + \frac{m_{g0}}{\rho_g} + \frac{m_{w0}}{\rho_w} + 10\alpha = 1\ 000 \quad (1-4)$$

$$\beta_s = \frac{m_{s0}}{m_{s0} + m_{g0}} 100\%$$

式中: $m_{c0}, m_{s0}, m_{g0}, m_{w0}$ ——分别为每 m^3 混凝土中水泥、砂、石、水的用量(kg/m^3);

$\rho_c, \rho_w, \rho_s, \rho_g$ ——分别为水泥、水的密度,砂、石的视密度(单位 g/cm^3 , 计算时换算成 kg/m^3);

1 000——指 $1m^3$ 的体积为 1 000L。

在上述关系式中, ρ_c 可取 2.9~3.1, $\rho_w = 1.0$

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;

β_s ——砂率(%)。

2. 假定质量法(又称重量法) 这种方法是假定混凝土混合物湿表观密度值(又称计算湿表观密度)为已知,因之,可求出单位体积混凝土的集料总用量(质量):

当采用质量法时,应按下列公式计算:

$$m_{c0} + m_{g0} + m_{s0} + m_{w0} = m_{cp} \quad (1-5)$$

式中: m_{cp} ——每立方米混凝土拌和物的假定质量(kg),其值可取 2 360 ~ 2 450kg。

四、确定粗细集料比例的方程——颗粒级配问题

在建立第四个依赖关系上,亦即在处理颗粒级配的问题上,各种配合比计算方法有着不同的特点。

1. 最佳含砂率 即在保证混凝土强度与和易性要求的情况下用水量或水泥用量为最小时的含砂率 β_s 。

$$\beta_s = \frac{m_{s0}}{m_{s0} + m_{g0}} \times 100(\%) \quad (1-6)$$

因此,处理颗粒级配的问题即体现在确定最佳含砂率的问题上。影响最佳含砂率的因素有:

- (1) 最大粒径:随着最大粒径的增大,含砂率减小;
- (2) 粗集料品种:碎石混凝土的含砂率较卵石混凝土的大;
- (3) 细集料的粗细程度:用细砂时的含砂率较用粗砂的小;
- (4) 水泥用量:随着水泥用量的增大,含砂率减小。

2. 美国混凝土协会根据下述规律建立第四个依赖关系 在单位体积混凝土中按捣实体积计的粗集料最佳用量,取决于粗集料最大粒径和细集料的细度模数,而与粗集料的形状无关。

为了便于使用,根据美国混凝土协会配合比设计资料,可简化为下列公式:

$$m_{g0} = \left[V_y + \frac{1}{10}(2.80 - M_k) \right] \times 1\,000 \rho_g (\text{kg}) \quad (1-7)$$

式中: ρ_g ——在干燥捣实状态下粗集料的表观密度(以 kg/L 计);

M_k ——细集料的细度模数;

V_y —— $M_k = 2.80$ 时单位体积混凝土粗集料的最佳用量,按捣实体积计, V_y 可根据最大粒径按表 1-2 选择。

V_y 选 择 表

表 1-2

最 大 粒 径(mm)	10	20	40	80
V_y	0.42	0.61	0.72	0.80

显然,这个规律直接或间接地包含了上述所有影响最佳含砂率的因素。在水灰比和用水量为一定的情况下,水泥用量和集料的总量不变, m_{g0} 随着 M_k 的增大而减少,这表示含砂率随着 M_k 的增大而增大。同时,粒形对粗集料空隙率的影响,已体现在同一集料最佳用量内,卵石的空隙率较碎石小,所以同一最佳用量的含砂率也小。在用水量为一定的情况下,水泥用量随着水灰比的增大而减少,水和水泥的绝对体积总和也减小,因此,集料绝对体积的总和增大,则在 m_{g0} 不变的情况下,含砂率增大。在水灰比为一定的情况下,根据需水性定则,用水量将随着最大粒径的增大而减少,因此,水和水泥绝对体积的总和也减小,集料的总量则增大;另一方面,最大粒径增大含砂率则减小,所以 V_y 随着最大粒径的增大而有着较大幅度的增加。

3. 前苏联计算方法的特点是采用砂浆拨开系数,该法认为:在混凝土混合料中砂浆的体积

应较粗集料的空隙体积大。

前苏联建议计算每立方米混凝土中粗集料用量的公式为：

$$m_{g0} = \frac{1\,000}{\frac{P_g}{\rho_g} + \frac{1}{\rho'_g}} \tag{1-8}$$

式中： m_{g0} ——每立方米混凝土中粗集料含量(kg/m³)；

P_g ——粗集料空隙率；

ρ_g ——粗集料表观密度(kg/m³)；

ρ'_g ——粗集料视密度(kg/m³)；

α ——砂浆拨开系数。

$P_{石}$ 、 ρ_g 及 ρ'_g 均可对具体采用的集料经试验测得， α 可由表 1-3 查得。

砂浆拨开系数表

表 1-3

混凝土混合料种类	每立方米混凝土水泥用量(kg)	α	
		碎石	卵石
塑性的	200	1.25	1.30
塑性的	250	1.30	1.37
塑性的	300	1.35	1.42
塑性的	350	1.42	1.50
塑性的	400	1.47	1.57
干硬性的	不限	1.05 ~ 1.10	1.05 ~ 1.10

4. 美国和前苏联的方法，均直接采用了水灰比定则和需水性定则及绝对体积法，但在处理颗粒级配问题上则不同，各有特点。英国的方法在直接采用水灰比定则和绝对体积法上是与美国和前苏联相同的，但在采用需水性定则和处理颗粒级配问题上则不同。英国方法的特点，是采用了集灰比，即集料与水泥的质量比。混凝土混合料的和易性按密实因数分为四个等级。最大粒径为 40mm、20mm 和 10mm 的集料级配曲线按粗细程度分为四种标准类型。根据表格，按和易性等级、集料级配曲线标准类型和水灰比，选择集灰比。根据粗集料和细集料的筛分结果，确定细集料与粗集料的比例，使其与某一标准集料级配曲线相似，这样，就得到 $\frac{m_{s0}}{m_{g0}}$ 的质量比。

在水灰比、集灰比和细粗集料比选定后，应用绝对体积法即可算出各基本组成材料的配合比。

由此可见，集灰比实际上是需水性定则和颗粒级配的综合反映。按照美国和前苏联方法，在水灰比和用水量确定后，集灰比实际也已确定。因此，三种方法的不同点，还是在如何正确处理颗粒级配的问题上。严格地讲，颗粒级配应包含所有固体粒子的级配，亦即包含水泥和集料的级配，它们对混凝土拌和物的和易性，都会有或多或少的影 响。但是，这种严格的精密性在实际应用的误差范围内不能完全体现出来。在实际应用中，不考虑水泥的级配问题，而只考虑单位体积混凝土的水泥用量对和易性的影响。用级配曲线或表格分别规定粗集料和细集料的级配范围，以及规定集料级配范围以确定含砂率，这对配合比设计计算也是合理的，而且使用方便。但必须指出，在此情况下含砂率是对混凝土混合料和易性影响的主要因素。

第二章 普通混凝土配合比设计

普通混凝土是指由水泥、粗细集料(碎石或卵石及硅质砂)加水拌和,经水化硬化而成的一种人造石,主要作为承受荷载的结构材料使用。为了改善混凝土的工艺性能和力学性能,常加入某些适量的外加剂及矿物掺和料。

普通混凝土配合比设计,各国都有比较成熟的方法,本章除介绍一般普通混凝土配合比设计方法外,对单粒级,最经济水泥用量的方法一并加以介绍,以供借鉴参考。

第一节 常见普通混凝土配合比设计

一、原材料技术要求

(一)水泥

水泥属水硬性胶凝材料,在混凝土中主要起胶结作用。

1. 水泥品种

水泥品种极多,按大类分为通用水泥、特种水泥和专用水泥三大类。土建工程常用的为通用水泥,主要品种有表 2-1 的五种。

土建工程常用五种水泥的组成

表 2-1

名 称	简 称	主 要 组 成
硅酸盐水泥	硅酸盐水泥	由硅酸盐熟料 0~5% 石灰石或粒化高炉矿渣、加适量石膏磨细而成
普通硅酸盐水泥	普通水泥	以硅酸盐熟料为主,加适量混合材及石膏磨细而成。所掺材料不能大于下列数值(按水泥质量计); 活性混合材 15%; 或非活性混合材 10%
矿渣硅酸盐水泥	矿渣水泥	以硅酸盐熟料为主,加入不大于水泥质量的 20%~70% 的粒化高炉矿渣及适量石膏磨细而成
火山灰质硅酸盐水泥	火山灰质水泥	以硅酸盐水泥为主,加入不大于水泥质量的 20%~50% 的火山灰质混合料及适量石膏磨细而成
粉煤灰硅酸盐水泥	粉煤灰水泥	以硅酸盐熟料为主,加入不大于水泥质量的 20%~40% 的粉煤灰及适量石膏磨细而成