

朱清江 主编



高强高性能混凝土研制及应用

中国建材工业出版社

高强高性能混凝土研制及应用

朱清江 主编

中国建材工业出版社

内 容 提 要

高强高性能混凝土在建筑工程应用中所占比重愈来愈大,是建筑工程材料的新品种,也是建设部重点推广应用的十项新技术之一,书中就我国近年来高强高性能混凝土的研制和应用实例进行了较全面系统地介绍。

内容详实、全面、实用,可供广大工程技术人员,特别是从事建筑工程材料研究和开发的工程技术人员、施工技术人员参考使用,也可作为相关专业的院校师生的参考读物。

责任编辑:李书田

图书在版编目(CIP)数据

高强高性能混凝土的研制及应用/朱清江主编. -北京:中国建材工业出版社, 1999.7

ISBN 7-80090-832-1

I. 高… II. 朱… III. 高强混凝土-研究 IV. TU528.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 26020 号

高强高性能混凝土研制及应用

朱清江 主编

*

中国建材工业出版社出版

(北京百万庄国家建材局内 邮编:100831)

北京振兴印刷厂印刷

*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:13 $\frac{1}{2}$ 字数:32.15 千字

1999 年 7 月第一版 第一次印刷

印数:1~5000 册 定价:28.00 元

ISBN 7-80090-832-1/TU·186

审 委 白常举 李晨光 冯 浩

编 委 (以姓氏笔画为序)

丁建彤	丁桂荣	万朝均	卫惠云	马建新	王元	王立红
王冲	王安岭	王建卫	王新祥	王素梅	文梓芸	亢景富
方红华	方瑞良	尹志府	尹建浩	巴恒静	石云兴	叶枝荣
白光	冯乃谦	冯圣清	冯浩锋	冯健月	闫文芳	曲海涛
朱卫中	朱学农	成先红	邢宝举	任光善	刘元鹤	刘克农
刘启印	刘英利	刘明均	刘宝举	刘善檐	刘翠兰	祁学仁
迟宗立	孙振平	严吴南	苏 崢	杜庆檐	李仁福	李玉琳
李可长	李 宁	李旭峰	李 进	李志明	李丽荣	李家和
李继忠	李清和	李淑梅	李智诚	时志洋	吴义明	吴述义
吴国良	吴英俊	吴绍章	吴科如	吴晓东	吴 彬	何 桂
宋伏春	宗明昌	宋俐贤	汪 靖	沈 忠	沈 斌	张美玲
张冠伦	张晓萌	张 雄	张德成	张璐明	陈巧珍	陈志凡
陈安德	陈拥军	陈章洪	陈富银	陈 瑜	陈翠红	陈德文
陈嫣兮	林宝玉	杨小萍	杨长辉	杨忠国	杨英姿	杨继延
周士琼	周文宗	金宗濂	单国良	赵 阳	赵志刚	赵传文
赵若鹏	赵顺廷	赵秋晨	赵 晶	赵霄龙	胡玉初	郝存盛
郝挺宇	钟景裕	段雄辉	姚直书	姚 崧	袁庆莲	贾桓相
顾德珍	钱选青	徐汉丰	徐 欣	高玉海	高培伟	郭自力
郭兴军	郭佩玲	郭御军	唐 明	黄文新	黄 靖	崔朝栋
曹天霞	曹洪翔	阎广庆	鹿立云	梁书亭	梁德金	蒋永生
蒋陈霞	董 伟	蒲心诚	覃维祖	韩先福	韩素芳	韩继红
程 桦	舒 翔	游宝坤	覃 曾	谢友均	虞存伟	路来军
路新瀛	樊粤明	黎思辜				

前 言

混凝土是现代土建工程中最广泛使用的主要建筑材料。国际上自 70 年代即已开始应用高强混凝土,以适应现代工程结构向重载、高耸、大跨和承受恶劣环境条件发展的需要。近 20 年来,混凝土从单纯高强已发展到综合性的即高强高性能混凝土,并将成为 21 世纪的主体建筑材料。

我国与工业国家土建行业的主要差距之一就在于工程应用的混凝土强度等级普遍低下,加上管理素质等人为因素,质量问题时有发生,工程事故亦屡见不鲜,经济损失惊人。为了适应我国在 50 年内将要实现的宏伟经济目标,建筑材料中低强度占统治地位的混凝土技术必须向高强和高性能发展,推广应用是摆在工程技术人员和管理、设计人员面前的迫切任务。

本书就我国近年来高强高性能混凝土的研制和应用实例进行了较全面系统地介绍。其中主要介绍了高强高性能混凝土的原材料、配合比设计等,基本上代表了目前我国的研制水平;应用范围方面,基本上包融了整个建筑工程业。

本书所载的文章内容系从有关期刊、专业论文集所刊登的文章及作者提供的论文中进行筛选和加工而成,力求做到典型实用、技术先进,且编写格式统一,内容较为完整,使读者易从中得到裨益。但由于编辑时间较为仓促,加之编辑水平有限,书中难免有不少缺点和疏漏,热诚期望广大读者批评指正。

本书编写过程中,得到了广大作者的通力合作,在此深表感激,并对有关期刊编辑部、专业论文编辑者表示由衷的谢意。

编 者

目 录

前 言

第一章 综 述.....	1
第二章 C50~C80 高强高性能混凝土的研制	15
一、正负温 C50 高强混凝土	15
二、掺硅粉和粉煤灰配制高强混凝土	20
三、AN3000 型高效减水剂配制高性能混凝土	24
四、低离析高性能泵送混凝土	32
五、C60~C70 掺硅灰、硅质页岩高强混凝土	35
六、C50~C80 高强混凝土的研制	40
七、掺高性能减水剂的高性能混凝土	47
八、粉煤灰高强度混凝土	53
九、天然沸石超细粉及其复合超细粉配制的高性能 混凝土	60
十、C60~C80 低水泥用量的高强大流动性混凝土	67
十一、C70~C80 大流动性高强混凝土	75
第三章 C80 以上高强高性能混凝土的研制	82
一、粉煤灰高性能混凝土	82
二、磷渣超细粉配制高性能混凝土	88
三、C70、C80 高性能混凝土的研制	94
四、C80 锂渣高强混凝土	103
五、C80 级高性能混凝土的研制	109
六、沸石粉和粉煤灰双掺配制高性能	119
七、C80~C90 粉煤灰高性能混凝土	123

八、磷渣超细粉高性能混凝土·····	132
九、掺超细矿渣配制高强混凝土·····	139
十、超细矿渣和硅灰配制高性能混凝土·····	143
十一、100~150MPa 超高强性能混凝土的配制 ·····	150
十二、特细砂超高强高性能混凝土的研制·····	159
第四章 其它高强高性能混凝土的研制·····	164
一、水工高性能混凝土·····	164
二、耐久 100 年以上的高性能混凝土·····	170
三、采用高贝利特水泥制备高性能混凝土·····	174
四、水淬矿渣超细粉高性能混凝土·····	179
五、大掺量增钙灰高性能混凝土·····	197
六、GYH 复合技术配制高抗渗抗蚀高性能混凝土 ·····	208
第五章 C80 以下高温混凝土的应用·····	219
一、寒冷地区的高强混凝土配制及应用·····	219
二、C50~C60 级负温高强泵送混凝土配合比 设计实例·····	223
三、C50 级负温高强混凝土用于哈尔滨森融 大厦工程·····	229
四、C50 高强混凝土用于贡水特大桥工程 ·····	232
五、C50 泵送高强混凝土用于广东番禺大桥工程 ·····	238
六、C50 高强大体积混凝土用于上海金茂大厦工程 ·····	243
七、C50 大流动度高强混凝土用于清江 7 号特大工程 ·····	246
八、C50~C60 高强混凝土及在江阴长江公路大桥中 的应用·····	251
九、C60 高强混凝土用于广州中天广场工程 ·····	257
十、C60 高强混凝土用于深圳津房广场框支梁 ·····	260
十一、C60 高强泵送混凝土用于青岛发展大厦工程 ·····	266

十二、C60 高强泵送混凝土用于北京航华科贸 中心工程·····	269
十三、C60 高强大体积泵送混凝土用于青岛 中银大厦工程·····	277
十四、C60 粉煤灰泵送高强混凝土的配制及应用·····	280
十五、采用卵石配制 C60 高强混凝土用于湖南国贸 中心工程·····	287
十六、C60 级高强泵送混凝土在无锡市医药大楼 工程中应用·····	290
十七、-20℃ 以下 C60 高强混凝土在哈尔滨航天大厦 工程中的应用·····	295
十八、C60 低温快硬高强混凝土用于抢修机场跑道·····	299
十九、C60~C65 高强混凝土在煤矿钻井井壁 结构中的应用·····	306
二十、掺 SRH 超塑化剂配制 C50~C70 高强混凝土 及其工程应用·····	312
二十一、C60 预应力高强混凝土用于南京大世界 游乐场工程·····	316
第六章 C80 以上高强混凝土的应用 ·····	324
一、C80 高强混凝土及其应用·····	324
二、高质量 C80 预应力高强混凝土管桩的生产要点 ·····	333
三、蒸压粉煤灰高强混凝土及其应用·····	337
第七章 高性能混凝土的应用 ·····	343
一、矿渣高性能混凝土在首都国际机场停车楼 工作中的应用·····	343
二、C60 高性能混凝土及其工程应用·····	348
三、矿渣复合掺合料高性能混凝土及工程应用·····	352

四、免振捣自密实高性能混凝土的研制及其应用·····	359
五、高性能混凝土的配制及在首都国际机场新航站楼 工程的应用·····	371
六、UEA 膨胀剂配制高性能混凝土及应用 ·····	378
七、高性能混凝土在水电工程中的应用·····	384
八、掺高效防冻泵送剂的高性能负温混凝土 及工程应用·····	397
九、C80 高性能混凝土及工程应用 ·····	400
十、台湾的高性能混凝土及应用·····	405

第一章 综 述

1 高强混凝土

高强混凝土是指采用常规的水泥、砂石为原材料，使用一般的制作工艺，主要依靠添加高效减水剂或同时添加一定数量的活性矿物材料，使新拌混凝土拥有良好的工作性，并在硬化后具有高强高密实性能的水泥混凝土。目前抗压强度超过 50~60MPa 的混凝土通常被认为是高强混凝土，80MPa 以上者称为超高强混凝土。

高强混凝土对承受压力的构件有显著的技术经济效益，它不仅减少构件截面、减少混凝土用量，还能降低成本。在高层建筑中，由于高强混凝土的高强、早强和高变形模量，可以减小低层梁柱的截面并增加建筑使用面积、扩大建筑的柱网间距并改善建筑使用功能，可以通过增加结构刚度而减少高层房屋的压缩量与水平荷载下的横向位移。例如混凝土屋架由 C40 级提高到 C60，体积缩小 20%，造价降低 15%。柱子由 C30 改为 C50，用钢量减少 40%，造价降低 17%。高强混凝土可大大降低桥梁的结构自重和提高结构刚度，从而提高桥梁结构的混凝土等级，有利于增大桥下净空和大大提高桥的寿命。

高强混凝土致密、抗渗和抗冻性均高于普通混凝土，因此有腐蚀的环境，易遭破损的结构，尤其基础设施工程，多采用高强混凝土结构。

高强混凝土的优越性已被广泛认同，并已在工业与民用建筑、道桥建筑等工程中得到普遍推广应用，可以预期它将是 21 世纪首选的建筑材料。

1.1 配制高强混凝土所采用的原材料

1.1.1 水泥

配制高强混凝土用的水泥， C_3A 含量应低，其含量小于 8% 为好。水泥中游离氧化钙、镁等成分越少越好。水泥中 SO_3 含量要与熟料中的碱含量相匹配， SO_3 量的变动应保持在最佳值的 $\pm 0.2\%$ 之内。但细度则适中即可，因为细度高（比表面积大）的水泥，水化热高且集中，早期强度高而后期强度提高很少，所以一般不要求水泥磨得过细。我国生产的适用于配制高强混凝土的水泥有硅酸盐水泥（即纯熟料水泥）和普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）。

配制高强混凝土时，水泥用量较大，一般在 $450 \sim 550 \text{kg/m}^3$ ，当混凝土配比中同时加有活性矿物混合材时，水泥量可以减少 $10\% \sim 15\%$ 。水泥具体用量根据水泥的品种、细度；要求的坍落度大小、骨料形状、级配情况而定。特别是加有高效减水剂、引气剂等外加剂时，影响更大。一般掺优质高效减水剂的高强混凝土，水泥用量不大于 500kg/m^3 ，超过此值水泥用量对强度增长的作用已不显著，水泥利用系数降低。

水泥标号的高低对配制高强混凝土的影响很大。当混凝土等级不超过 C60 时，可以采用普通 425 号水泥配制。高于 C60 等级的高强混凝土，应采用普通 525 号、硅酸盐 525 号水泥或更高标号的水泥配制。

1.1.2 集料

粗集料的性能对高强混凝土的抗压强度及弹性模量起到决定性的制约作用，如果集料强度不足，其他提高混凝土强度的手段都将起不到任何作用。当混凝土强度等级在 C70 ~ C80 及以上时，仔细检验粗集料的性能就十分重要。但对 C50 ~ C60 混凝土，通常对粗集料的要求并无过于挑剔，虽然不同的粗集料对于较低等级高强混凝土的性能也有明显影响。

用于高强混凝土的粗集料宜选用坚硬密实的石灰岩或辉绿岩、花岗岩、正长岩、辉长岩等深成火成岩碎石。也可用卵石配制强度等级不高的 C50~C60 混凝土。卵石混凝土比碎石混凝土有较好的工作度，同样坍落度下的用水量稍少，有时仍可配制出与碎石混凝土相近的强度。粗集料的吸水率愈低，质量密度愈高，配制的混凝土强度就愈高。

粗集料的最大粒径与混凝土构件的尺寸、钢筋间距以及泵送条件等多种因素有关。通常情况下，对于级配良好的粗集料来说，最大粒径愈大，所有粗集料堆积后的空隙体积就愈小，因而能够节约水泥浆，对于强度、变形都有利，并且拌料的工作度也比较好。但是粗集料的颗粒愈大，颗粒本身的强度愈低，混凝土的抗渗性能也差。所以配制 C70~C80 混凝土时应选用粒径小于 20mm 的碎石，对于 C50~C60 混凝土，粗集料最大粒径可到 25mm。

相对于粗集料石子来说，细集料砂对高强混凝土的影响稍小些，但也绝对不容忽略。高强混凝土要用洁净的，颗粒接近圆形的天然中粗河砂，细度模数在 2.6~3.2 为好。除细度模数选择大的以外，砂的级配应当好，大于 5mm 和小于 0.315mm 的数量宜少，否则级配较差，使得成型的混凝土强度偏低。最好 0.6mm 累计筛余大于 70%，0.315mm 累计筛余达到 90%，而 0.15mm 累计筛余达 98%。此外，天然砂较人工砂需水量小，对硬化后期混凝土强度的增长有利。

1.1.3 粉煤灰

粉煤灰能有效地提高混凝土的抗渗性，显著改善混凝土拌合料的工作度并具有减水作用，泵送高强混凝土更应掺入适量的粉煤灰以提高拌料的可泵性。

应用粉煤灰时必须注意的一个问题是它的物理特征与化学成分有很大的变异性，与电厂的燃煤工艺、原料煤的成分、收集方

法等有很大关系。按照我国标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB1596-79)的规定,将粉煤灰分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三个等级。配制高强混凝土宜选用Ⅰ级灰,因其颗粒较细且需水量也较低,烧失量的限制应该更严些,不宜超过2%。碳的含量过高有害,也会使拌料需水量增加。GB1596-79没有对粉煤灰的化学成分作出规定,而美国的ASTM标准将粉煤灰分成低钙和高钙两类,前者的CaO含量小于10%,通常是无烟煤和烟煤的燃烧产物,活性较低,后者的CaO含量为15%~35%,通常是褐煤和次烟煤的燃烧产物,活性较高,但抗硫酸盐侵蚀和抑制碱骨料反应的效果不如低钙粉煤灰。用粉煤灰取代部分水泥后,混凝土的早期强度会受到削弱,所以掺量一般不超过水泥重的25%。但如粉煤灰的质量优良,颗粒较细,或者含钙量较高,完全可以采用更大的掺量。当工程设计所要求的强度以56d或更长龄期的强度为基准时,应用粉煤灰就更为有利。

1.1.4 沸石粉

沸石是由硅氧四面体组成的结晶矿物,分为斜发和丝光沸石,其晶形不同。硅氧四面体可以由铝氧八面体置换,但Si/Al比不是固定值。其它如Na、Ca、Sr等离子也无定值,这是因为Al置换Si后,四面体有一个氧离子得不到中和而呈负电性,于是电性活泼的Na、K、Ca、Mg等阳离子易被吸附。硅铝氧四面体上述的多样连接方式使沸石内部形成多孔结构,孔通常被水分子填满,称为沸石水,稍加热即可去除。脱水后的沸石多孔因而可有吸附性和离子交换特性。可作高效减水剂的载体,制成载体流化剂用以控制混凝土坍落度损失。未经脱水的沸石细粉直接掺入混凝土中使水化反应均匀而充分,改善混凝土强度及密实性。其强度发展、抗渗性、徐变,因吸附碱离子而抑制碱集料反应能力均较粉煤灰及矿粉更好。

沸石粉多以5%~10%等量取代水泥。

作为矿物外加剂直接使用的沸石粉质量要求是：细度为通过 0.08mm 筛余 $\leq 12\%$ ；吸胺值 $\geq 100\text{m} \cdot \text{mol}/100\text{g}$ ；密度 ≤ 2.4 ；安定性合格。其化学组成见表 1-1。

天然沸石的化学成分 (%)

表 1-1

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	烧失
61~69	12~14	0.8~1.5	2.5~3.8	0.4~0.8	0.8~2.9	0.5~2.5	10~15

1.1.5 磨细矿渣

高炉粒状矿渣磨细后，加入拌料中，对混凝土的工作度和耐久性均有益处，超细矿渣在配制高强混凝土中有巨大潜力，国外的研究表明，果能将矿渣磨细到 $8000 \sim 12000\text{cm}^2/\text{g}$ 并等量取代水泥，就能得到非常显著的增强效果，并使混凝土的坍落度损失减少，可泵性提高，水化热降低，孔隙率变小。

1.1.6 硅灰

硅灰为生产硅铁合金或单晶硅的付产品，根据硅含量分为 90%、75%、50%，高强混凝土所使用的硅灰为含硅 75% 及以上的，低于此值硅灰的活性过小，只作填料而无活性胶结料的功能。因含游离碳的多少不同，硅灰的颜色从暗灰到灰白色而有差异。

配制高强混凝土用的硅灰有如下要求：

(1) 颗粒平均直径约 $0.1\mu\text{m}$ ，比水泥颗粒直径小 2 个数量级；比表面积 $> 20000\text{m}^2/\text{kg}$ 。

(2) 化学成分中 $\text{SiO}_2 > 85\%$ ，其余为少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CaO 等。

使用硅灰的高强混凝土有其特征性能：

(1) 当混凝土水灰比低于 0.3 时，若保持坍落度相同，高效减少剂用量随水灰比降低而减少。而当水灰比大于 0.3 时，硅粉用量加大，其需水量和减水剂用量却是随之提高的。

(2) 配制 100MPa 及以上强度的混凝土, 硅灰的用量为 10%, 而配制 80MPa 以下的混凝土, 硅灰用量为内掺 5%。水泥用量过高, 硅灰效果反而差。

(3) 用硅灰的高强混凝土干缩小, 抗渗、抗冻融性、抗腐蚀性比用其它掺合料的高强混凝土都要好。其主要原因是硅灰颗粒极细小, 能显著减少混凝土的孔隙率和孔尺寸, 改善骨料界面及过渡层的水泥浆体结构。

1.1.7 外加剂

强度等级超过 C60 的高强混凝土, 水灰比已经很低, $W/(C+F)$ 对强度非常敏感, 混凝土的流动度和坍落度主要依靠高效减水剂来调节。应适当增加高效减水剂的用量, 一般在水泥用量的 0.8%~2.0% 为宜。掺高效减水剂还能对混凝土有很好的早强 (1~3d 强度提高 40%~70%) 和增强 (28d 强度提高 20%~40%) 作用。不使或很少使用早强剂, 使用后反而降低后期强度增长率。

但高强混凝土中往往同时使用少量的缓凝剂, 掺量在水泥用量的 0.01%~0.08% 之间。其作用一是调整坍落度的经时损失率, 弥补因掺高效减水剂而引起的混凝土坍落度损失过快的缺点; 二是控制早期水化, 避免水化放热过分集中而引发混凝土开裂; 三是进一步提高减水作用; 四是提高后期强度。但常用的有机缓凝剂在使用温度升高的情况下, 缓凝作用和增强作用都会减弱, 因而必须调高其掺量。而温度对糖类缓凝剂尤其敏感。而无机类缓凝剂受温度的影响较小。但不同的无机类缓凝剂对不同品种水泥影响不一致, 要通过试验确定。

对抗冻融性有较高要求和致密性有较高要求的高强混凝土, 往往需要掺少量引气剂或引气性减水剂, 掺量在 0.002%~0.008%。鉴于混凝土中与增加含气量 1%, 强度降低 5%~7%, 因而在配制高强混凝土时, 含气量很少有超过 4% 的, 对引气剂

在**高强混凝土**中有的使用须持慎重态度。

在冬期施工中，**高强混凝土**中需要掺入防冻剂。常用无机防冻剂掺量较大，对水的化学活性降低较显著，导致混凝土强度增长缓慢和 28d 验收强度偏低，对**高强度混凝土**的影响较为显著。由于**高强混凝土**的水泥用量大，水化热发展快而集中，因此防冻组分掺量可以减少，在气温 0℃ 左右时可以不用。在较低的负温环境中宜使用掺量小而防冻效果较好的有机防冻组分，这类防冻组分，由于其具有一定的缓凝性，在负温环境中强度增长相当缓慢，温度越高强度增长越快，直至恢复正常速度。

1.2 高强混凝土的配合比设计

1.2.1 配合比设计的一般原则

根据混凝土结构设计的强度要求，耐久性要求以及施工工艺对混凝土拌合物的要求（如初凝时间、入泵坍落度等）并充分考虑施工运输和环境温度等条件来确定混凝土配合比参数。

根据我国现行行业标准 JGJ/T55-96《普通混凝土配合比设计规程》，参考 HSCC-93-2《**高强混凝土**结构施工指南》，混凝土施工配制强度必须超过设计强度标准值，以满足强度保证率的需要。当无可靠的强度统计和标准差数值时，混凝土的施工配制强度（平均值）对 C50 和 C60 混凝土应不低于强度等级的 1.15 倍。

1.2.2 配合比设计的一般技术要点

1.2.2.1 正确选择原材料

选用标号不低于 525 号的硅酸盐或普通硅酸盐水泥，其活性不低于 57MPa。

所用粗骨料最大粒径不大于 31.5mm，针片状颗粒含量不宜大于 5%，含泥量不应大于 1%，泥块含量不应大于 0.5%；粗骨料除进行压碎指标试验外，对碎石的岩石立方体抗压强度试验结果不应小于混凝土设计要求强度的 1.5 倍。

应当使用中砂、细度模数宜大于 2.6，含泥量 $\leq 2.0\%$ ，泥块含量 $\leq 1\%$ 。

水泥用量不宜大于 $550\text{kg}/\text{m}^3$ 。

1.2.2.2 配合比计算方法及步骤

(1) 混凝土水灰比仍按下式计算

$$W/C = \frac{Af_{ce}}{f_{cu,o} + A \cdot Bf_{ce}}$$

式中 A 、 B 是回归系数，应根据工程所用并通过试验建立灰水比与混凝土强度关系式确定；亦可根据经验，即碎石混凝土 $A=0.48$ ， $B=0.52$ ；对卵石混凝土 $A=0.50$ ， $B=0.61$ 。

高强混凝土一般水灰比 <0.35 ，强度 80MPa 混凝土水灰比 <0.30 ， 100MPa 混凝土 <0.26 ；更高强度 $\delta=0.22$ 左右。

(2) 用水量

用水量应按表 1-2 取值。

塑性混凝土用水量 (kg/m^3) 表 1-2

坍落度 (mm)	卵石最大粒径 (mm)		碎石最大粒径 (mm)	
	10	20	10	20
10~30	190	170	200	185
30~50	200	180	210	195
50~70	210	190	220	205
70~90	215	195	230	215

注：本表用水量系不掺外加剂和采用中砂时的平均值，采用细砂时， 1m^3 混凝土用水量增加 $5\sim 10\text{kg}$ ，采用粗砂时减少 $5\sim 10\text{kg}$ 。

在未掺外加剂时，大流动性混凝土的用水量按下列原则确定：以表 1-2 中坍落度为 90mm 时的用水量为基础，坍落度增大 20mm ，用水量约增加 5kg 。

在使用减水剂时，混凝土用水量为：

$$m = m_{w0}(1 - \beta)$$