

HUNNINGTU PEIZHI
SHIYONG JISHU SHOUC

混凝土配制 实用技术手册

第三版

李继业 刘福臣 王 宁 编著



化学工业出版社

HUNNINGTU PEIZHI
SHIYONG JISHU SHOUC

混凝土配制 实用技术手册

第三版

李继业 刘福臣 王 宁 编著



化学工业出版社
· 北京 ·

本书是在参考大量有关资料的基础上,结合国家现行标准、规范、规定和规程编著而成,较系统地介绍了多种混凝土的材料组成和要求、配合比设计的方法步骤及配制混凝土的参考配合比,不仅涵盖面比较广、内容先进丰富,而且具有很强的工程实用性,是一本供混凝土配合比设计和施工的应用型工具书。

本书可供建筑、土木工程、水利等领域从事设计、施工、监理、质监、造价等专业的技术人员、科研人员和管理人员参考,也可供高等学校相关专业师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土配制实用技术手册/李继业,刘福臣,王宁
编著. —3版. —北京:化学工业出版社,2014.9
ISBN 978-7-122-21531-4

I. ①混… II. ①李…②刘…③王… III. ①混
凝土-配制-技术手册 IV. ①TU528.062-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第175095号

责任编辑:刘兴春

责任校对:宋 玮

装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张26 字数645千字 2015年1月北京第3版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 85.00 元

版权所有 违者必究

第三版前言

混凝土是土建工程中应用最广、用量最大的建筑材料之一，任何一个现代建筑工程都离不开混凝土。据有关部门初步估计，目前全世界每年生产的混凝土材料已超过 100 亿吨，预计今后每年生产混凝土将达到 120 亿~150 亿吨。随着科学技术的进步，混凝土不仅广泛地应用于工业与民用建筑、水工建设和城市建设，而且还可以制成压力管道、地下工程、宇宙空间站及海洋开发用的各种构筑物等。

进入 21 世纪以来，我国各项建设事业飞速发展，给混凝土科学技术的发展带来欣欣向荣的景象，各种现代化的大型建筑如雨后春笋，新型混凝土技术和施工工艺不断涌现，并在工程应用中获得巨大的经济效益和社会效益，为我国社会主义现代化建设插上了腾飞的翅膀，有力地促进了国民经济各项事业的发展。

根据专家预测，混凝土今后发展的基本趋势是：①混凝土技术已进入高科学技术时代，正向着高强度、高工作性和高耐久性的高性能方向发展；②混凝土科学技术的任务已从过去的“最大限度向自然索取财富”，变为合理应用、节省能源、保护生态平衡，使其成为科学、节能和绿色建筑材料；③混凝土能否长期维持在特殊环境中正常使用，以适应特殊性能、特殊材料和特殊施工的要求也成为今后混凝土的努力方向，也是混凝土的未来和希望；④混凝土如何科学合理地进行配制，以达到混凝土的性能和技术要求，这也是混凝土技术发展和研究的重要课题。

随着混凝土科学技术的发展，国家对混凝土所用材料、施工工艺、质量标准提出新的要求，自 2008 年以来颁布了很多新的规范和规程，如《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2010)、《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007/XG1—2009)、《混凝土膨胀剂》(GB 23439—2009)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《混凝土膨胀剂》(GB 23439—2009)、《用于水泥中的粒化高炉矿渣》(GB/T 203—2008)、《砂浆、混凝土防水剂》(JC 474—2008) 等。

随着对建筑节能和环境保护要求的提出，对混凝土的应用也提出了更高的要求，如再生混凝土的利用等已成为当今混凝土技术研究的重点，很有必要将这些内容及时增加。另外，根据工程实际需要，也有必要对书中有关内容进行完善和删减。因此，需要对《混凝土配制实用技术手册》(第二版) 进行修订。

本次出版为第三次修订，修订的主要内容有：(1) 对已作废的规范和标准以

现行的进行了修订，这是本次修订的重点，如《建设用砂》（GB 14684—2011）、《建设用卵石、碎石》（GB 14685—2011）、《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55—2011）等；（2）对在工程中应用较少的混凝土进行删除，如删减了第二版中的“耐油混凝土”、“膨胀混凝土”、“无砂大孔混凝土”、“树脂混凝土”等章节；（3）重新补充和完善了“再生骨料混凝土”等章节；等等。

本书在编著过程中非常注重实践与理论相结合，特别注意突出了工程的应用性、实用性，尽量为混凝土配合比设计和施工技术人员的实际应用创造有利条件。

本书主要由山东农业大学李继业、刘福臣、王宁编著，张雷、李海豹、李海燕参加了部分内容的编著工作。本书由李继业教授负责全书的规划，由刘福臣负责全书的资料收集，由王宁负责全书的校核。编著具体分工为：李继业编著第一章、第三章、第四章、第十七章、第二十一章、第二十四章；刘福臣编著第二章、第十章、第十二章、第十八章、第十九章、第二十章、第三十章；王宁编著第五章、第十一章、第二十二章、第二十八章、第三十一章；李海豹编著第七章、第十三章、第二十五章、第二十六章、第二十九章；李海燕编著第六章、第十四章、第二十三章、第二十七章；张雷编著第八章、第十五章、第九章、第十六章。全书最后由李继业终稿、定稿。

本书较系统地介绍了多种混凝土的材料组成和要求，配合此设计的方法步骤及配制混凝土的参考配合比，涵盖面广、内容先进丰富，具有较强的工程实用性，可以作为土木工程混凝土配合比设计和施工技术人员的工具书、技术参考书，也可以作为建筑类技术工人的自学教材，还可以作为土木工程类高等学校教师和学生的参考和辅助教材。

由于混凝土技术与施工工艺发展非常迅速，限于编著者掌握的技术资料不全和水平有限，不当之处在所难免，敬请专家和读者提出宝贵的意见。

编著者

2014年8月于泰山

第一版前言

在人类社会发展和科学技术发展的实践中，人们将材料、信息和能源作为实现现代文明的三大支柱，把信息技术、生物技术和新材料作为“新产业革命”的重要标志。由此可以清楚地看出，建筑材料在社会发展和国民经济建设中具有举足轻重的作用。

纵观混凝土 100 余年的发展历程，特别是当今混凝土科学技术的进步，才使得混凝土这种传统的建筑材料立于不败之地。各国的经济发展充分证明：混凝土仍然是现代建筑中运用最广泛的材料之一，它具有结构性能好、可塑性好、防水性能好和适合工业化生产等优点。混凝土经过 20 世纪的发展，已经从一种简单的结构材料转变成一种富有诗意的、浪漫的建筑材料，从一种单一性能的材料扩展成为一种多性能的材料，从一种低技术含量的材料发展成为一种高技术含量的材料。

根据专家预测，混凝土今后发展的基本趋势是：①混凝土技术已进入高科学技术时代，正向着高强度、高工作性和高耐久性的高性能方向发展；②混凝土科学技术的任务已从过去的“最大限度向自然索取财富”变为合理应用、节省能源、保护生态平衡，使其成为科学、节能和绿色建筑材料；③混凝土能否长期维持在特殊环境中正常使用，以适应特殊性能、特殊材料和特殊施工的要求也成为今后混凝土的研制、发展的方向，也是混凝土的未来和希望；④如何科学合理地进行配制，以达到混凝土的性能和技术要求，这也是混凝土技术发展和研究的重要课题。

我们根据一些混凝土工程的实践和科研项目，参考近几年国内外有关专家的研究成果，在总结、学习和发展的基础上，组织编写了这本《混凝土配制实用技术手册》，目的是通过介绍这些混凝土的组成材料、配合比设计和参考配合比等，大力推广应用、发展混凝土先进、快捷的配制技术，为混凝土的配合比设计和配制做出更大的贡献。

本书在编写过程中非常注重实践与理论相结合，特别注意突出了工程的应用性、实用性，尽量为混凝土配合比设计和施工技术人员的具体应用创造有利条件。

全书由山东农业大学李继业教授担任主编，由刘经强副教授、张峰工程师和郝忠梅副教授担任副主编，张平、沈万和、武岩、李琪、李凌霄参加了编写。

本书由李继业教授负责全书的规划及统稿，刘经强负责全书的资料收集，张

峰负责全书的校核，郝忠梅负责为全书绘图。编写具体分工为：李继业编写第一章、第三章、第四章、第十九章、第三十六章；刘经强编写第二章、第十章、第十二章、第二十四章、第三十章；张峰编写第五章、第十一章、第二十二章、第三十一章；郝忠梅编写第七章、第十三章、第二十五章、第二十六章、第二十九章；第六章、第十四章、第二十三章、第二十七章、第三十五章；沈万和编写第八章、第十五章、第三十三章；武岩编写第九章、第十六章、第三十四章；李琪编写第十七章、第二十一章、第三十二章；李凌霄编写第十八章、第二十章、第二十八章。

本书可作为建筑、土木工程、水利等领域混凝土配合比设计和施工技术人员的技术工具书、技术参考书，也可作为建筑类技术工人的自学教材，还可作为高等院校相关专业的本科生、研究生参考和辅助教材。

由于混凝土技术与施工工艺发展非常迅速，限于编者掌握的技术资料水平，不当之处，敬请专家和读者提出宝贵的意见。

编 者

2008年1月于泰山

第二版前言

混凝土是土建工程中应用最广、用量最大的建筑材料之一，任何一个现代建筑工程都离不开混凝土。据有关部门初步估计，目前全世界每年生产的混凝土材料已超过 100 亿吨，预计今后每年生产混凝土将达到 120 亿~150 亿吨，随着科学技术的进步，混凝土不仅广泛地应用于工业与民用建筑、水工建设和城市建设，而且还可以制成压力管道、地下工程、宇宙空间站及海洋开发用的各种构筑物等。

进入 21 世纪以来，我国各项建设事业飞速发展，给混凝土科学技术的发展带来欣欣向荣的景象，各种现代化的大型建筑如雨后春笋，新型混凝土技术和施工工艺不断涌现，并在工程应用中获得巨大的经济效益和社会效益，为我国社会主义现代化建设插上了腾飞的翅膀，有力地促进了国民经济各项事业的发展。

2008 年，我们根据一些混凝土工程的实践和科研项目，参考近几年国内外有关专家的研究成果，在总结、学习和发展的基础上，组织编写了《混凝土配制实用技术手册》。由于本书非常注重实践与理论相结合，特别注意突出了应用性和实用性，得到广大读者的认可。

随着混凝土科学技术的发展，国家对混凝土所用材料、施工工艺、质量标准提出新的要求，自 2008 年以来颁布了很多新的规范和规程，如《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2010)、《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007/XG1—2009)、《混凝土膨胀剂》(GB 23439—2009)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) 和《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 等。为适应新形势的变化，在 2008 年版《混凝土配制实用技术手册》的基础上，我们又修订出版了《混凝土配制实用技术手册》(第二版)。

本书由山东农业大学李继业教授担任主编，由刘经强副教授、高树清高级工程师和黄传国工程师担任副主编，孔繁明、孔祥田、李海豹、任烁、王海宇参加了编写。

本书编写具体分工为：李继业编写第一章、第三章、第四章、第十九章；刘经强编写第二章、第十章、第十二章、第二十四章、第三十章；高树清编写第五章、第十一章、第二十二章、第三十一章；黄传国编写第七章、第十三章、第二十五章、第二十六章、第二十九章；孔繁明编写第六章、第十四章、第二十三章、第二十七章、第三十五章；孔祥田编写第八章、第十五章、第三十三章；李海豹编写第九章、第十六章、第三十四章；任烁编写第十七章、第二十一章、第

三十二章；王海宇编写第十八章、第二十章、第二十八章。

本书虽然经过修订，但由于混凝土的材料和施工工艺发展非常迅速，限于编者掌握的技术资料 and 水平，不当和疏漏之处仍在所难免，敬请读者提出宝贵的意见。

编 者

2011 年 5 月于泰山

目 录

第一章 普通混凝土	1
第一节 普通混凝土的材料组成	1
第二节 普通混凝土配合比设计	6
第三节 普通混凝土参考配合比	11
第二章 道路水泥混凝土	28
第一节 道路水泥混凝土的材料组成	28
第二节 道路水泥混凝土配合比设计	49
第三节 道路水泥混凝土参考配合比	57
第三章 高性能混凝土	59
第一节 高性能混凝土的材料组成	59
第二节 高性能混凝土配合比设计	67
第三节 高性能混凝土参考配合比	74
第四章 轻骨料混凝土	76
第一节 轻骨料混凝土的材料组成	76
第二节 轻骨料混凝土配合比设计	83
第三节 轻骨料混凝土参考配合比	93
第五章 防射线混凝土	95
第一节 防射线混凝土的材料组成	95
第二节 防射线混凝土配合比设计	98
第三节 防射线混凝土参考配合比	101
第六章 聚合物混凝土	104
第一节 聚合物混凝土的材料组成	104
第二节 聚合物混凝土配合比设计	111
第三节 聚合物混凝土参考配合比	111
第七章 高强混凝土	114
第一节 高强混凝土的材料组成	114
第二节 高强混凝土配合比设计	124
第三节 高强混凝土参考配合比	127
第八章 耐酸混凝土	130
第一节 耐酸混凝土的材料组成	130
第二节 耐酸混凝土配合比设计	137
第三节 耐酸混凝土参考配合比	139
第九章 耐碱混凝土	142
第一节 耐碱混凝土的材料组成	142

第二节 耐碱混凝土配合比设计	144
第三节 耐碱混凝土参考配合比	145
第十章 耐磨混凝土	146
第一节 耐磨混凝土的材料组成	146
第二节 耐磨混凝土配合比设计	150
第三节 耐磨混凝土参考配合比	156
第十一章 耐热混凝土	160
第一节 耐热混凝土的材料组成	160
第二节 耐热混凝土配合比设计	165
第三节 耐热混凝土参考配合比	166
第十二章 耐火混凝土	168
第一节 耐火混凝土的材料组成	168
第二节 耐火混凝土配合比设计	175
第三节 耐火混凝土参考配合比	177
第十三章 耐海水混凝土	180
第一节 耐海水混凝土的材料组成	180
第二节 耐海水混凝土配合比设计	184
第三节 耐海水混凝土参考配合比	186
第十四章 喷射混凝土	187
第一节 喷射混凝土的材料组成	187
第二节 喷射混凝土配合比设计	194
第三节 喷射混凝土参考配合比	199
第十五章 泵送混凝土	201
第一节 泵送混凝土的材料组成	201
第二节 泵送混凝土配合比设计	207
第三节 泵送混凝土参考配合比	211
第十六章 钢纤维混凝土	214
第一节 钢纤维混凝土的材料组成	214
第二节 钢纤维混凝土配合比设计	217
第三节 钢纤维混凝土参考配合比	224
第十七章 冬季施工混凝土	226
第一节 冬季施工混凝土的材料组成	226
第二节 冬季施工混凝土配合比设计	230
第三节 冬季施工混凝土参考配合比	231
第十八章 流态混凝土	232
第一节 流态混凝土的材料组成	232
第二节 流态混凝土配合比设计	238
第三节 流态混凝土参考配合比	244
第十九章 水工混凝土	248
第一节 水工混凝土的材料组成	248

第二节 水工混凝土配合比设计	252
第三节 水工混凝土参考配合比	257
第二十章 大体积混凝土	258
第一节 大体积混凝土的材料组成	258
第二节 大体积混凝土配合比设计	263
第三节 大体积混凝土参考配合比	265
第二十一章 防水混凝土	266
第一节 防水混凝土的材料组成	266
第二节 防水混凝土配合比设计	276
第三节 防水混凝土参考配合比	278
第二十二章 绿化混凝土	282
第一节 绿化混凝土的材料组成	282
第二节 绿化混凝土配合比设计	285
第三节 绿化混凝土参考配合比	287
第二十三章 水下浇筑混凝土	288
第一节 水下浇筑混凝土的材料组成	288
第二节 水下浇筑混凝土配合比设计	295
第三节 水下浇筑混凝土参考配合比	302
第二十四章 再生骨料混凝土	304
第一节 再生骨料混凝土概述	304
第二节 再生骨料性能与制备	310
第三节 再生骨料混凝土的性能	316
第四节 再生混凝土配合比设计	327
第二十五章 煤矸石混凝土	333
第一节 煤矸石混凝土的材料组成	333
第二节 煤矸石混凝土配合比设计	339
第三节 煤矸石混凝土参考配合比	340
第二十六章 粉煤灰陶粒混凝土	342
第一节 粉煤灰陶粒混凝土的材料组成	342
第二节 粉煤灰陶粒混凝土配合比设计	344
第三节 粉煤灰陶粒混凝土参考配合比	346
第二十七章 粉煤灰混凝土	348
第一节 粉煤灰混凝土的材料组成	348
第二节 粉煤灰混凝土配合比设计	350
第三节 粉煤灰混凝土参考配合比	361
第二十八章 泡沫混凝土	365
第一节 泡沫混凝土的材料组成	365
第二节 泡沫混凝土配合比设计	368
第三节 泡沫混凝土参考配合比	371
第二十九章 沥青混凝土	372

第一节	沥青混凝土的材料组成	372
第二节	沥青混凝土配合比设计	376
第三节	沥青混凝土参考配合比	383
第三十章	加气混凝土	385
第一节	加气混凝土的材料组成	385
第二节	加气混凝土配合比设计	390
第三节	加气混凝土参考配合比	392
第三十一章	碾压混凝土	393
第一节	碾压混凝土的材料组成	393
第二节	碾压混凝土配合比设计	397
第三节	碾压混凝土参考配合比	400
参考文献		402

第一章 普通混凝土

普通混凝土一般指以水泥为主要胶凝材料，与水、砂、石子，必要时掺入化学外加剂和矿物掺合料，按适当比例配合，经过均匀搅拌、密实成型及养护硬化而成的人造石材。混凝土在凝结硬化前的塑性状态，即新拌混凝土或混凝土拌和物；硬化之后的坚硬状态，即硬化混凝土或混凝土。

普通混凝土具有很多的优异性能，广泛地应用于建筑工程、水利水电工程、道路桥梁工程、地下工程、国防工程、港口工程等，是当代最重要的建筑材料之一，也是世界上用量最大的人工建筑材料。

第一节 普通混凝土的材料组成

普通混凝土是由水泥、砂子、石子、水和外加剂按适当比例配合，经过混合、拌制而成的水硬性材料。在普通混凝土中，砂子（细骨料）和石子（粗骨料）统称为骨料，主要起着骨架的作用，是混凝土中占比例最大的材料，它们不参与水泥与水的化学反应；水泥与水混合形成水泥浆，水泥浆包裹在骨料的表面并填充其空隙。在混凝土硬化前，水泥浆主要起润滑作用，赋予混凝土拌和物一定的流动性，以便于混凝土浇筑、振捣施工；水泥浆硬化后主要起胶结作用，将砂、石骨料胶结成为一个坚硬的整体。

普通混凝土的技术性能在很大程度上是由原材料及其相对含量决定的，另外也与施工环境条件、施工工艺等有关。因此，要确保普通混凝土的质量，必须了解组成混凝土原材料的性质和质量要求。

一、水泥

水泥是普通水泥混凝土中价格最贵、影响质量和性能的关键性材料，它不仅直接影响普通混凝土的强度和耐久性，而且还影响工程的经济性。因此，在普通水泥混凝土中主要是合理选择水泥品种和强度等级。

（一）水泥品种的选择

配制普通混凝土所用的水泥，应根据混凝土的工程特点和所处环境，结合各种水泥的不同特性进行选用。在建筑工程中最常用的水泥是硅酸盐系列水泥，其技术性能应符合国家标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2007/XG1—2009）中的规定。常用水泥品种的选用如表 1-1 所列。

（二）水泥强度等级的选择

配制普通混凝土所用水泥的强度等级，应当与混凝土的设计强度等级相适应。原则上是配制高强度等级的混凝土，应选用高强度等级的水泥；配制低强度等级的混凝土，应选用低强度等级的水泥。

对于一般强度的混凝土，水泥的强度等级宜为混凝土强度等级的 1.5~2.0 倍。例如，配制 C25 混凝土，可选用强度等级为 42.5 的水泥；配制 C30 混凝土，可选用强度等级为 52.5 的水泥。

二、细骨料

粒径在 0.15~4.75mm 之间的骨料称为细骨料，俗称为砂（子）。砂可分为天然砂和人工砂两类。天然砂是岩石经自然风化后所形成的大小不等的颗粒，包括河砂、山砂及淡化海砂；人工砂包括机制砂和混合砂。

根据现行国家标准《建设用砂》（GB/T 14684—2011）中的规定，配制混凝土应选用质量良好的砂子，对砂的质量要求主要包括砂中有害杂质的含量、砂的坚固性与碱活性、砂的粗细程度与级配等。

表 1-1 常用水泥品种的选用

混凝土工程特点或所处的环境条件		优先选用	可以选用	不宜选用
普通混凝土	在普通气候环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥 火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥	
	在干燥环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥
	在高湿环境中或水下的混凝土	矿渣硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥 火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥	
	厚大体积的混凝土	粉煤灰硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 火山灰硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	硅酸盐水泥 快硬硅酸盐水泥
有特殊要求的混凝土	要求快硬的混凝土	快硬硅酸盐水泥 硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥 火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥
	高强（大于 C40）混凝土	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥	火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥
	严寒地区的露天混凝土和处在水位升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥
	严寒地区处在水位升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥	—	矿渣硅酸盐水泥 火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥
	有抗渗要求的混凝土	普通硅酸盐水泥 火山灰硅酸盐水泥	—	矿渣硅酸盐水泥
	有耐磨性要求的混凝土	硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥

（一）建设用砂的分类、规格和类别

（1）建设用砂的分类 建设用砂按其产源不同，可分为天然砂和人工砂两类。

（2）建设用砂的规格 建设用砂按细度模数，可分为粗砂、中砂和细砂三种规格，其细度模数分别为 3.7~3.1、3.0~2.3、2.2~1.6。

（3）建设用砂的类别 建设用砂按其技术要求可分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类三个类别。

（二）建设用砂的技术要求

建设用砂的技术要求主要包括颗粒级配、砂的含泥量、泥块含量和石粉含量、有害物

质、坚固性、表观密度、堆积密度和空隙率，碱集料反应等方面。

(1) 建设用砂的颗粒级配 建设用砂的颗粒级配应符合表 1-2 中的规定。对于砂浆用砂，4.75mm 筛孔的筛余量应为 0。砂的实际颗粒级配除 4.75mm 和 600 μ m 筛子外，可以略有超出，但各级累计筛余量超出数值总和应不大于 5%。

表 1-2 建设用砂的颗粒级配

砂的分类	天然砂			机制砂		
	I 区	II 区	III 区	I 区	II 区	III 区
方孔筛	累计筛余/%					
4.75mm	10~0	10~0	10~0	10~0	10~0	10~0
2.36mm	35~5	25~0	15~0	35~5	25~0	15~0
1.18mm	65~35	50~10	25~0	65~35	50~10	25~0
600 μ m	85~71	70~41	40~16	85~71	70~41	40~16
300 μ m	95~80	92~70	85~55	95~80	92~70	85~55
150 μ m	100~90	100~90	100~90	97~85	94~80	94~75

(2) 建设用砂的含泥量、泥块含量和石粉含量 建设用砂的含泥量、泥块含量和石粉含量，应符合表 1-3 中的规定。

表 1-3 建设用砂的含泥量、泥块含量和石粉含量

砂的种类		类别	I 类	II 类	III 类
天然砂		含泥量(按质量计)/%	≤1.0	≤3.0	≤5.0
		泥块含量(按质量计)/%	0	≤1.0	≤2.0
机制砂		MB 值	≤0.5	≤1.0	≤1.4 或合格
	MB 值 ≤1.4	石粉含量(按质量计)/%	≤10.0	≤10.0	≤10.0
		泥块含量(按质量计)/%	0	≤1.0	≤2.0
	MB 值 >1.4	石粉含量(按质量计)/%	≤1.0	≤3.0	≤5.0
		泥块含量(按质量计)/%	0	≤1.0	≤2.0

注：石粉含量可根据使用地区和用途，经试验检验，由供需双方协商确定。

(3) 建设用砂的有害物质 砂中如含有云母、轻物质、硫化物及硫酸盐、氯化物、贝壳等，其限量应符合表 1-4 中的规定。

表 1-4 建设用砂的有害物质限量

有害物质名称	I 类	II 类	III 类
云母(按质量计)/%	≤1.0	≤2.0	≤2.0
轻物质(按质量计)/%	≤1.0	≤1.0	≤1.0
有机物	合格	合格	合格
硫化物及硫酸盐 (按 SO ₃ 质量计)/%	≤0.5	≤0.5	≤0.5
氯化物(以 Cl ⁻ 质量计)/%	≤0.01	≤0.02	≤0.06
贝壳(按质量计)/%	≤3.0	≤5.0	≤8.0

注：贝壳指标仅适用于海砂，其他的砂子不做要求。

(4) 建设用砂的坚固性 建设用砂的坚固性采用硫酸钠溶液法进行试验，砂的质量损失应符合表 1-5 中的规定。机制砂除了满足坚固性要求外还应满足表 1-5 中的单级最大压碎指标要求。

表 1-5 建设用砂的坚固性和压碎指标

类别	I 类	II 类	III 类
坚固性质量损失/%	≤8.0	≤8.0	≤10.0
机制砂的单级最大压碎指标/%	≤20	≤25	≤30

(5) 表观密度、堆积密度和空隙率 建设用砂的表观密度、堆积密度和空隙率应满足以下要求：表观密度不小于 2500kg/m³；堆积密度不小于 1400kg/m³；空隙率不大于 44%。

(6) 建设用砂的碱集料反应 经碱集料反应试验后，试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率应小于 0.10%。

三、粗骨料

粗骨料一般是指粒径大于 4.75mm 的岩石颗粒，主要可分为卵石和碎石两类。卵石是由于自然条件的作用形成的岩石颗粒，一般可分为河卵石、海卵石和山卵石；碎石是由天然岩石（或卵石）经破碎、筛分而制得。

根据国家标准《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685—2011）中的规定，按卵石、碎石的技术要求，将卵石、碎石分为 I 类、II 类和 III 类。I 类宜用于强度等级大于 C60 的混凝土，II 类宜用于强度等级大于 C30~C60 及抗冻、抗渗或其他要求的混凝土，III 类宜用于强度等级小于 C30 的混凝土（或建筑砂浆）。

为保证混凝土的强度和耐久性，在国家标准《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685—2011）中，对卵石和碎石的各项技术指标都做了具体规定，主要包括以下几个方面。

(一) 建设用卵石、碎石的一般要求

(1) 用矿山废石生产的碎石有害物质，除应符合“建设用卵石、碎石的有害物质限量”要求外，还应符合我国环保和安全相关的标准、规范，不应对人体、生物、环境及混凝土性能产生有害影响。

(2) 建设用卵石、碎石的放射性应符合《建筑材料放射性核素限量》（GB 6566—2010）中的规定。

(二) 建设用卵石、碎石的技术要求

建设用卵石、碎石的技术要求主要包括颗粒级配，含泥量和泥块含量，针、片状颗粒含量，有害物质，坚固性，岩石抗压强度，压碎指标，表观密度、连续级配松散堆积空隙率，吸水率，碱集料反应等方面。

(1) 颗粒级配 建设用卵石、碎石的颗粒级配应符合表 1-6 中的规定。

(2) 建设用卵石、碎石的含泥量和泥块含量 建设用卵石、碎石的含泥量和泥块含量应符合表 1-7 中的规定。

(3) 建设用卵石、碎石的针、片状颗粒含量 建设用卵石、碎石的针、片状颗粒含量应符合表 1-8 中的规定。