

土建工程现场施工
技术丛书

JIANMING HUNNINGTU GONGCHENG SHIGONG SHOUC

简明混凝土 工程施工手册

朱国梁 顾雪龙 主编



中国环境科学出版社

土建工程现场施工技术丛书

简明混凝土工程施工手册

朱国梁 顾雪龙 编著

中国环境科学出版社

内 容 简 介

本手册主要系统介绍混凝土的基本性能、用途、组成材料、配合比和施工工艺、施工要点、机具设备以及混凝土质量检验与评定、质量缺陷与防治等。书中附有大量实用图表和数据,以及简单的计算公式和实例,尽可能反映近十几年来我国混凝土科学最新成果与工程技术经验;介绍最新修订的新规范、新标准。

全书内容包括混凝土分类和性能,混凝土组成材料,配合比设计计算,混凝土施工基本工艺,混凝土施工特殊工艺,混凝土冬期施工,混凝土质量检验与评定、混凝土质量缺陷与防治和特种混凝土等共九章。

本手册可供建筑设计、施工单位和材料部门的工程技术人员、工人使用,也可供工程建设监理和大专院校广大师生参考,并可作为建设系统专业技术人员继续教育培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

简明混凝土工程施工手册/朱国梁编著. —北京:中国环境科学出版社,2003.5

ISBN 7-80163-585-X

I. 简... II. 朱... III. 混凝土施工-技术手册
IV. TU755-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 030375 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
北京市联华印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2003 年 5 月第 一 版 开本 850×1168 1/32
2003 年 5 月第一次印刷 印张 14.375
印数 0—5 000 字数 370 千字

ISBN7-80163-585-X/TU·022

定价: 25.00 元

土建筑工程现场施工技术丛书编委会

主任委员 江正荣 朱维益

副主任委员 徐占发 高峰

委员 江正荣 朱维益 高峰 梁建智

王定一 王凤和 徐占发 朱国梁

朱晓斌

出版说明

这套《土建工程现场施工技术丛书》是由我社组织编写的，专门为从事民用与工业建筑施工人员，按每一施工阶段提供一本系统、简明、实用、内容丰富和便于使用的施工技术手册，以满足城市、村镇建筑行业的施工队伍提高职工技术素质、指导现场施工和新世纪建筑业迅速发展的迫切需要。

本丛书按照施工过程中的不同阶段分为以下十个分册：即1.《简明土方与地基基础工程施工手册》(含桩基工程)、2.《简明砌体工程施工手册》、3.《简明模板工程施工手册》、4.《简明钢筋工程施工手册》、5.《简明混凝土工程施工手册》、6.《简明预应力混凝土工程施工手册》、7.《简明结构吊装工程施工手册》、8.《简明防水工程施工手册》、9.《简明地面工程施工手册》、10.《简明装饰与装修工程施工手册》(含门窗、吊顶、隔断、幕墙等)。一般现场技术人员、队长、工长和高级技工，按不同阶段使用本丛书的有关分册，即可迅速了解各分部工程从施工准备、施工工艺、技术操作方法到质量、安全监控的全部施工过程；建筑施工中遇到的各种实际技术问题，查阅本手册便可较快地得到解决，并可顺利地进行施工。

本丛书编写尽可能涉及到建筑施工各阶段的主要方面，努力做到基本概念清楚，实用性强，适用面广，工艺先进，措施可靠，内容系统、完整，资料丰富、翔实；对近年各地区创新的新技术、新工艺、新材料、新机具设备、新成果亦适当的加以反映，使之能够满足从事建筑施工人员现场解决处理有关技术方面问题的要求。

本丛书的编写均采用我国有关部门最新颁布的2002年系列设计规范与工程施工质量验收规范和新材料、新技术标准。

本丛书是对应于国家对施工项目的十个分部工程施工而编写的，它既分开，又相互联系。本丛书的编写人员均为在施工单位长期从事施工实践又具有相当经验和知识水平的高级工程师，他们根据施工队伍的人员现实状况，在编写时文字力求做到简明扼要，学入浅出，通俗易懂，层次清楚，理论联系实际，使读者易于理解、掌握和应用。本丛书既可作为现场施工技术参考资料和技术指导，又可作为项目经理、施工人员的培训教材使用，同时在施工队伍中具有中等文化水平的工人、高级技工也可将本丛书作为提高自身技术水平的自学文本。

由于作者来自各方，经验不一，加上编写水平和时间所限，本丛书内容、选材是否适当，能否满足读者的实际需要，尚祈广大读者在使用中提出宝贵意见和建议，以便今后修订时，加以改进、充实、提高、使臻完善。

中国环境科学出版社

2002 年 12 月

前 言

混凝土是用量最大，用途最广的一种建筑材料。随着我国现代化建设事业的飞速发展，高层建筑、大型公共建筑大量涌现，促进了混凝土技术的发展，商品混凝土、大体积混凝土、泵送混凝土和高强混凝土等工艺已渐成熟和完善；随着现代都市化的发展，人民生活水平的提高和城镇居住环境的改善，涌现了大量能满足特殊性能要求的混凝土。

本手册旨在收集、整理、总结有关的新技术、新机具设备、新工艺并结合最新修订的国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2002 和其他有关规范、规程、标准。比较详细系统地介绍了混凝土分类和性能，混凝土组成材料，混凝土配合比设计计算，混凝土施工基本工艺，混凝土施工特殊工艺，混凝土工程冬期施工，混凝土质量检验与评定，混凝土质量缺陷与防治和特种混凝土等。编写方式上，采取文字与图、表结合，并附有大量计算实例，力求通俗易懂，简明扼要，便于读者查阅和理解。由于编者水平有限，手册难免有错漏之处，恳请读者提出批评指正。

作者谨识

2003.1

目 录

1 混凝土分类和性能	1
1.1 混凝土分类	1
1.2 混凝土基本性能	7
1.2.1 混凝土拌合物的基本性能	7
1.2.2 混凝土在凝结硬化中的基本性能	8
1.2.3 混凝土硬化后的基本性能	9
2 混凝土的组成材料	17
2.1 水泥	17
2.1.1 水泥的分类	17
2.1.2 水泥的基本性能	17
2.1.3 常用水泥的选用	21
2.1.4 其他品种水泥	22
2.1.5 水泥储运及使用注意事项	24
2.2 骨料	26
2.2.1 细骨料	26
2.2.2 粗骨料	28
2.3 水	32
2.4 矿物质混合材料	33
2.4.1 矿物质混合材料分类	33
2.4.2 粉煤灰	33
2.4.3 硅灰	35
2.4.4 沸石粉	35
2.5 外加剂	36
2.5.1 混凝土外加剂的分类及适用范围	36
2.5.2 各种外加剂的品种、性能及掺量	38

2.5.3	外加剂的掺入方法	45
3	混凝土配合比设计计算	47
3.1	普通混凝土配合比设计计算	47
3.1.1	设计原则与基本参数	47
3.1.2	设计计算步骤	47
3.1.3	普通混凝土配合比计算实例	55
3.2	掺粉煤灰混凝土配合比设计计算	56
3.2.1	掺粉煤灰混凝土配合比设计计算步骤	56
3.2.2	掺粉煤灰混凝土配合比计算实例	58
3.3	掺外加剂混凝土配合比设计计算	60
3.3.1	掺加气剂的普通混凝土配合比设计计算	60
3.3.2	掺减水剂的普通混凝土配合比设计计算	60
3.3.3	掺外加剂的普通混凝土配合比计算实例	60
3.4	抗渗混凝土配合比设计计算	64
3.4.1	抗渗混凝土配合比设计计算步骤	64
3.4.2	抗渗混凝土配合比计算实例	67
3.5	轻骨料混凝土配合比设计计算	68
3.5.1	轻骨料混凝土配合比设计计算步骤	69
3.5.2	轻骨料混凝土配合比计算实例	76
4	混凝土施工基本工艺	78
4.1	施工准备	78
4.1.1	材料准备	78
4.1.2	现场混凝土搅拌站布置	78
4.2	混凝土的搅拌	85
4.2.1	常用混凝土搅拌机	85
4.2.2	混凝土的搅拌操作要点	87
4.3	混凝土的运输	90
4.3.1	运输机具设备	90
4.3.2	混凝土运输操作要点	98
4.4	混凝土的浇筑	100

4.4.1	振捣机具设备及操作要点	100
4.4.2	混凝土浇筑的一般要求	108
4.4.3	施工缝的留设与处理	109
4.4.4	整体结构的分部工程浇筑施工要点	118
4.4.5	现场预制构件浇筑施工要点	123
4.5	混凝土的养护	125
4.5.1	自然养护	125
4.5.2	加热养护	128
5	混凝土施工特殊工艺	133
5.1	真空脱水混凝土	133
5.1.1	混凝土真空脱水设备	133
5.1.2	真空脱水参数	135
5.1.3	真空脱水施工要点	136
5.2	喷射混凝土	137
5.2.1	喷射混凝土的特点和用途	137
5.2.2	原材料要求和配合比	138
5.2.3	机具设备	140
5.2.4	喷射混凝土施工要点	143
5.2.5	钢纤维喷射混凝土	146
5.3	预填骨料灌浆混凝土	147
5.3.1	原材料要求和配合比	148
5.3.2	预填骨料灌浆混凝土施工要点	149
5.4	碾压混凝土	150
5.4.1	原材料要求和配合比	152
5.4.2	碾压混凝土施工要点	153
5.5	水下浇注混凝土	154
5.5.1	原材料要求和配合比	155
5.5.2	水下浇注混凝土施工要点	156
5.6	裹砂混凝土	156
5.7	磁化水混凝土	157

5.8	商品混凝土	159
5.8.1	商品混凝土工厂的规模和布局	159
5.8.2	商品混凝土对原材料的要求及配合比	161
5.8.3	商品混凝土厂(站)生产工艺与生产设备	162
5.8.4	商品混凝土的供应管理	169
5.9	泵送混凝土	174
5.9.1	泵送混凝土机械选型和计算	174
5.9.2	泵送混凝土机械设备现场布置	178
5.9.3	泵送混凝土的浇筑	185
5.10	大体积混凝土工程施工技术	190
5.10.1	大体积混凝土的特点	190
5.10.2	结构物裂缝的基本概念	191
5.10.3	混凝土裂缝控制施工计算	194
5.10.4	控制温度和收缩裂缝的技术措施	209
5.10.5	大体积混凝土浇筑要点	215
6	混凝土工程冬期施工	218
6.1	混凝土受冻类型与受冻机理	219
6.2	混凝土冬期施工基本要求	220
6.2.1	一般规定	220
6.2.2	混凝土的搅拌、运输和浇筑	221
6.3	混凝土冬期养护方法的选择	226
6.4	蓄热法及综合蓄热法	227
6.4.1	蓄热法	227
6.4.2	蓄热法热工计算	228
6.4.3	综合蓄热法	239
6.5	暖棚法养护	240
6.6	外加剂法	242
6.6.1	负温混凝土	242
6.6.2	氯盐冷混凝土	248
6.7	硫铝酸盐水泥负温早强混凝土	250

6.8	蒸汽加热法养护	253
6.8.1	常用蒸汽加热养护方法	254
6.8.2	蒸汽加热法热工计算	259
6.9	电热法养护	268
6.9.1	常用电热养护方法	268
6.9.2	电热法热工计算	275
6.10	远红外线养护	282
6.10.1	远红外线养护方法	283
6.10.2	远红外线加热法热工计算	285
7	混凝土质量检查与评定	288
7.1	混凝土施工中的质量要求与检验方法	288
7.1.1	原材料的质量要求与检验方法	288
7.1.2	混凝土配合比的质量要求与检验方法	289
7.1.3	混凝土拌制、运输、浇筑和养护的 质量要求与检验方法	290
7.2	现浇混凝土结构的外观质量要求与检验方法	292
7.3	混凝土强度检验与评定	296
7.3.1	混凝土试块的取样制作	296
7.3.2	混凝土强度评定	298
7.4	结构混凝土抗压强度的非破损检验	305
7.4.1	回弹法	305
7.4.2	超声、回弹综合法	310
7.4.3	取芯法	313
8	混凝土质量缺陷与防治	316
8.1	混凝土构件外形规格不正和轴线位移 产生原因及防治措施	316
8.1.1	表面不平整	316
8.1.2	歪斜变形	316
8.1.3	位移	317
8.2	混凝土表面缺陷产生原因及防治措施	318

8.2.1	蜂窝	318
8.2.2	露筋	319
8.2.3	麻面	320
8.2.4	孔洞	321
8.2.5	缝隙、夹层	322
8.3	混凝土内在缺陷产生原因及防治措施	324
8.3.1	混凝土强度不足、匀质性差	324
8.3.2	保护性能不良	325
8.4	混凝土裂缝产生原因及防治措施	326
8.4.1	塑性收缩裂缝	326
8.4.2	沉降收缩裂缝	327
8.4.3	凝缩裂缝	327
8.4.4	干缩裂缝	328
8.4.5	温度裂缝	330
8.4.6	碳化收缩裂缝	332
8.4.7	化学反应裂缝	333
8.4.8	沉陷裂缝	335
8.4.9	冻胀裂缝	336
8.4.10	张拉裂缝	337
8.4.11	徐变裂缝	339
8.4.12	其他施工裂缝	340
9	特种混凝土	343
9.1	轻骨料混凝土	343
9.1.1	轻骨料混凝土的组成材料	343
9.1.2	轻骨料混凝土的分类	346
9.1.3	轻骨料混凝土的主要技术性能	347
9.1.4	轻骨料混凝土配合比设计	349
9.1.5	轻骨料混凝土施工要点	349
9.2	重混凝土	351
9.3	大孔混凝土	356

9.4	特细砂混凝土	358
9.5	流态混凝土	361
9.6	高强混凝土	365
9.7	补偿收缩混凝土	369
9.8	道路水泥混凝土	374
9.9	防水混凝土	383
9.9.1	防水混凝土的分类及适用范围	383
9.9.2	普通防水混凝土	385
9.9.3	外加剂防水混凝土	388
9.9.4	补偿收缩防水混凝土	397
9.9.5	防水混凝土施工	399
9.10	耐酸混凝土	404
9.11	硫磺混凝土	409
9.12	耐碱混凝土	412
9.13	耐油混凝土	413
9.14	抗冻混凝土	416
9.15	耐低温混凝土	418
9.16	耐火混凝土	419
9.16.1	水泥耐火混凝土	420
9.16.2	水玻璃耐火混凝土	422
9.16.3	耐火混凝土施工要点	423
9.17	不发火混凝土	425
9.18	纤维混凝土	427
9.18.1	钢纤维混凝土	428
9.18.2	玻璃纤维混凝土	430
9.19	聚合物混凝土	434
9.19.1	树脂混凝土	434
9.19.2	聚合物水泥混凝土	437
9.20	钢管混凝土	439
	参考文献	442

1 混凝土分类和性能

1.1 混凝土分类

混凝土是由水泥、石灰、石膏等无机胶结料与水或沥青、树脂等有机胶结料的胶状物与粗细骨料，必要时掺入矿物质混合材料和外加剂，按适当比例配合，经过均匀搅拌、密实成型及一定温湿条件下养护硬化而成的一种复合材料。

混凝土的品种很多，其分类方法各不相同，一般可按其所用胶凝材料、骨料品种、性能用途和施工工艺、配筋方式及混凝土拌合物的流动性分类。常见的混凝土分类方法如表 1-1。本手册主要介绍一般工业与民用建筑和构筑物以无机胶凝材料水泥为主的混凝土工程。

混凝土分类方法

表 1.1

项次	分类方法	名称	特 性 用 途
1	按 胶 凝 材料分类	水泥混凝土	以硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥、火山灰质水泥、粉煤灰水泥等为胶凝材料。广泛用于各种混凝土工程
		石灰混凝土	以石灰、天然水泥、火山灰等活性硅酸盐或铝酸盐与硝石灰的混合物为胶凝材料
		石膏混凝土	以天然石膏及工业废料石膏为胶凝材料。可做小型砌块、板等内隔墙制品
		碱矿渣混凝土	以磨细矿渣及碱溶液为胶凝材料。是一种新型混凝土，可做各种结构
		水玻璃混凝土	以钠或钾水玻璃为胶凝材料，可做耐酸结构
		硫磺混凝土	硫磺加热熔化后，注入粗、细骨料中，冷却硬化，可作粘结剂及低温防腐蚀工程

续表

项次	分类方法	名称	特 性 用 途
1	按 胶 凝 材料分类	沥青混凝土	用天然或人造沥青为胶凝材料, 可做路面及耐酸、碱地面
		聚合物水泥混凝土	以水泥为主要胶凝材料, 加入少量乳胶或水溶性树脂。能提高和改善混凝土各种性能
		树脂混凝土	以聚酯树脂、环氧树脂、尿醛树脂等为胶凝材料。用于侵蚀性介质中
2	按 质 量 密 度 和 形 状 分 类	特重混凝土	用钢球、铁矿石、重晶石等为粗骨料。混凝土表观密度大于 $2700\text{kg}/\text{m}^3$, 用于防射线混凝土工程
		普通混凝土	用普通砂、石做骨料, 混凝土表观密度 $1900 \sim 2500\text{kg}/\text{m}^3$
		轻混凝土	用天然或人造轻骨料, 如浮石、火山渣和各种陶粒、矿渣等。混凝土表观密度 $1000 \sim 1900\text{kg}/\text{m}^3$, 可用于承重构件或既承重又保温的围护结构
		特轻混凝土	用人造轻骨料, 混凝土表观密度小于 $1000\text{kg}/\text{m}^3$, 如泡沫混凝土、加气混凝土等
		特细砂混凝土	凡以水泥作胶凝材料, 细度模数小于 1.5, 平均粒径在 0.25mm 以下的特细砂作细骨料, 碎石或卵石作粗骨料和水配制而成的混凝土。可以配制成一般混凝土。钢筋混凝土和预应力混凝土
		大孔混凝土	由水泥、粗骨料和水拌制而成的无砂混凝土, 分普通大孔混凝土, 堆积密度 $1500 \sim 1900\text{kg}/\text{m}^3$; 轻骨料大孔混凝土, 堆积密度 $500 \sim 1200\text{kg}/\text{m}^3$ 。前者可作预制墙板和多层、高层住宅墙体的承重墙, 后者作预制或现浇砌块和墙板

续表

项次	分类方法	名称	特 性 用 途
3	按性能、用途分类	防水混凝土	能承受 0.6MPa 以上的水压, 不透水的混凝土, 用于地下防水工程和贮水构筑物
		耐酸混凝土	用于化学工业的输液管、洗涤池、车间地面、设备基础等, 要求能抵抗强酸和腐蚀性气体的侵蚀, 如硫磺耐酸混凝土、沥青混凝土和水玻璃耐酸混凝土等
		耐碱混凝土	以普通水泥与耐碱骨料、粉料、水配制而成, 用作耐碱地坪、贮碱池、槽、罐体及受碱腐蚀的基础等
		耐油混凝土	系在普通混凝土中掺入密实剂氢氧化铁, 三氯化铁或三乙醇胺复合剂配制而成, 可用于建造贮存轻油类、重油类的油槽, 油罐设备及耐油底板、地坪等
		耐热(火)混凝土	通常能承受 200~900℃ 高温的混凝土称耐热混凝土, 承受 900℃ 以上高温的混凝土称耐火混凝土, 具有能长期经受高温并保持所需的物理力学性能, 用于热工设备内衬和受高温作用的结构, 如水泥耐热混凝土、水玻璃耐热混凝土
		抗冻混凝土	系在普通混凝土中掺入少量松香酸钠泡沫剂配制而成, 具有良好的抗冻、抗渗性能, 用于制冷设备基础工程
		耐低温混凝土	系用水泥、膨胀珍珠岩砂和泡沫剂配制而成, 用于深冷 (0~ -196℃) 工程作隔热、保温材料以及管道、屋面等隔热保温工程
		防辐射混凝土	系用水泥与特重的骨料配制而成的一种密度大、含有大量结合水的特重混凝土 (密度达 3000~4000kg/m ³), 又称屏蔽混凝土, 能屏蔽 α 、 β 、 γ 射线及中子射线等, 是原子能反应堆、粒子加速器等常用的防护材料
		水工混凝土	用于大坝等水工构筑物, 多数为大体积工程, 要求有抗冲刷、耐磨及抗大气腐蚀性, 依其不同使用条件可选用普通水泥、矿渣水泥或火山灰水泥及大坝水泥等