

实用 混凝土 大全

冯乃谦 主编

科学出版社

实用

混凝土大全

主编 冯乃谦

科学出版社

2001

《实用混凝土大全》编辑委员会

主 编 冯乃谦

副主编 杨 静 胡春芝 马孝轩 姚 燕 丁建彤

编 委 (以姓氏笔画为序)

丁建彤	清华大学土木工程系
马孝轩	中国建筑科学研究院
区国雄	深圳市建筑设计总院
文梓芸	华南理工大学材料学院
冯乃谦	清华大学土木工程系
邢 锋	深圳大学建筑与土木工程系
孙 伟	东南大学材料科学与工程学院
李启令	同济大学材料学院
杨 静	清华大学土木工程系
吴淑华	铁道部科学研究院铁道建筑科学研究所
陈志源	同济大学材料学院
陈益民	中国建筑材料科学研究院
林宝玉	南京水利科学研究院
周士琼	长沙铁道学院土建学院
姚 燕	中国建筑材料科学研究院
胡春芝	北京建筑材料科学研究院
顾晴霞	中建三局
唐运交	株洲工学院
阎培渝	清华大学土木工程系

序 言

人类进入 21 世纪,要进一步可持续发展,面临着人口膨胀、环境恶化和资源短缺三大问题。材料科学技术要获得可持续发展,除了对材料的技术性与经济性提出要求以外,还要求它具有环境协调性,也就是说需要从省能源、省资源、高耐久性与再生利用的角度出发发展新材料。

混凝土材料是人类文明建设中不可缺少的物质基础。1998 年全世界混凝土的生产量约 28 亿立方米,中国混凝土产量(未计入港澳台的)约占世界总产量的 45%,约 13 亿立方米。每年要耗费约 4.0 亿吨水泥,23 亿吨砂石。而每生产 1t 水泥又要耗费 1.10t 石灰石,0.25t 黏土,115kg 煤和 108kW·h 电,还有其它辅助原料。可见混凝土工业不仅能源与资源消耗巨大,而且排出大量 CO_2 和 NO_x ,污染环境。

当前,混凝土技术发展有两个重要方向:一是发展高强度、高性能混凝土,也就是通常所说的 HPC;二是使普通混凝土高性能化,使其使用寿命由 40~45 年延长至 60~70 年。混凝土沿着这两个方向发展的物质基础则是多功能的高效减水剂与矿物质超细粉。矿物质超细粉是指粒径 $<10\mu\text{m}$ 的粉体材料。硅铁合金冶炼时回收的硅灰,粒径都在 $0.2\mu\text{m}$ 以下,比表面积约 $2 \times 10^5 \text{m}^2/\text{kg}$,其在混凝土中的功能与效果早已为人们所熟知。而对于超细矿渣与粉煤灰,仅从过去的矿渣水泥和粉煤灰水泥的角度去理解是不行的。将粉煤灰或矿渣和水泥熟料共同粉磨成水泥,粒子大小与水泥粒子是等同的。而单独粉磨的超细矿渣与超细粉煤灰,掺入 20%~30% 到水泥中后,能填充水泥空隙,降低空隙体积,提高水泥浆体流动性,提高水泥石密实度,提高抗渗性与耐久性,使 HPC 的使用寿命达百年以上。对于普通强度的混凝土,以超细粉取代部分水泥后,可以减少泌水、离析与分层,改善混凝土的结构,提高抗渗与耐久性,延长混凝土的使用寿命。因此,有人说,矿物质超细粉是混凝土的第 6 组分。

减水剂早已被人们认为是混凝土的第 5 组分。但是对于混凝土新技术来说,对减水剂不仅要求减水,还要求它应具有对水泥粒子的分散性好、减水率高、提高耐久性,并具有控制坍落度损失的功能。因此,氨基磺酸系与多羧酸系高效减水剂成为今后发展的方向。

混凝土材料要达到省资源、省能源及长寿命的目的,重要的是广泛而有效地利用矿物质超细粉与新型高效减水剂,以及采取合理的配比与优良的施工质量。

本书共分七篇 30 章。**第一篇 混凝土原材料**:包括水泥、混凝土化学外加剂、矿物质超细粉、骨料、增强材料和拌合用水共 6 章。除了论述硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥,以及粉煤灰硅酸盐水泥外,还介绍了各种特种水泥、生态水泥以及省资源省能源水泥;从与环境共生的角度,阐述了水泥技术发展的方向。化学外加剂是混凝土的第 5 组分,对之除了介绍常用与常生产的外加剂以外,还介绍了芳香族氨基磺酸盐系高效减水剂。这种外加剂生产工艺简单,生产时几乎无污染,功能好,又能与多品种水泥和其它高效减水剂相容,是今后减水剂发展的方向。本篇中介绍的其它化学外加剂为我国长期实践中的战果,包含

大量的经验配方和专门技术,是一般资料中难以找到的,在工程应用中有很重要的参考价值。矿物质超细粉是高性能混凝土的第6组分。对矿物质超细粉的填充性、流动性、强度与耐久性本篇进行了全面的介绍,这些是国内外高性能混凝土技术的新发展。骨料在混凝土中约占总质量的70%~75%;文中引入了骨料的质量系数的概念,为定量地综合评价骨料的质量提供了依据。对混凝土的增强材料从有机纤维、无机纤维、金属纤维到钢筋,进行了全面系统的论述,为读者既提供了理论知识,又提供了应用经验与选择方法。

第二篇 混凝土的性能:包括新拌混凝土、早期混凝土、硬化混凝土的物理力学性能、混凝土的耐久性以及混凝土配合比设计共5章^①。重点叙述了混凝土耐久性,其内容大部分是编者长期对混凝土耐久性布点观测的研究成果。

第三篇 混凝土的生产工艺及设备:包括混凝土拌合物的制备、混凝土的输送、成型、混凝土特殊施工方法、养护,以及混凝土质量检验与控制共6章。这一篇由长期从事混凝土生产与施工的工程技术人员编写,具有明显的实用性。

第四篇 各种混凝土:包括按密度及形状分类的混凝土、按流动性分类的混凝土、按性能用途分类的混凝土、按施工方法分类的混凝土、特种增强混凝土、聚合物混凝土,以及水泥混凝土制品等共7章。编写本篇的作者有长期从事这方面研究的学者和专家,也有长期从事施工的技术人员。本篇是他们的经验和理论的总结,力图全面系统地介绍国内外广泛应用的各种混凝土,使读者了解各种混凝土的特性、组成材料、工艺、性能与施工应用。

第五篇 混凝土结构的病害及修补加固:包括混凝土结构病害的诊断和混凝土结构的维修与加固2章。这是混凝土结构在应用过程中通过病害诊断、维修恢复功能,以达到进一步延长使用寿命的重要技术手段。这也是本书的特色之一。

第六篇 废弃混凝土的再生利用:包括破碎与切断工程方法以及废弃混凝土的再生利用共2章。随着建设事业的发展 and 大规模的基本建设,不可避免地要拆除一部分旧的建筑与结构物,会带来大量的工业垃圾;同时,由于商品混凝土的大量生产与应用,也排出更多的废弃物。有效地处理与利用这些资源,是混凝土生产成为绿色工业的重要方面。通过本篇介绍,为资源的再生循环利用提供了基础知识。

第七篇 混凝土的测试分析:包括硬化混凝土物理力学性能测试和微观分析共2章。通过学习,读者能掌握有关混凝土性能的微观与宏观测试基础知识和手段。

本书力图反映国内国际混凝土技术的最前沿状况和最新成果,聘请了国内的有关研究单位、施工单位及教育部门的专家学者参加编委会。应该说本书的内容既是最基本的,又能全面反映出国内外最先进的成果。大多数编委结合自己长期的科学研究、生产实践与教学工作积累的成果,编写了有关内容,使本书具有明显的实用性与科学性。全面、先进、科学与实用成为本书的追求目标。

本书编写过程中,除了编委们共同努力和鼎力相助之外,科学出版社的有关领导多次检查、听取汇报并给予鼓励,使本书得以不断完善与提高。日本朋友笠井芳夫先生为本书编写提供了大量的资料。中国硅酸盐学会混凝土水泥制品理事会也为本书的编写与出版给予了极大的鼓励与支持。在此表示衷心的感谢。

^① 全面的介绍了新拌混凝土、早期混凝土、硬化混凝土的各种性能、与性能有关的机理及其影响因素等。

“书是人类进步的阶梯”，这是高尔基的名言。本书如能使我国的工程技术人员、科研教学人员、学生，以及有关读者有所教益，这对编者将是莫大的鼓励和鞭策。

初次编写这样的大型参考书，水平有限，经验不足，错误难免，欢迎批评指正，并望原谅。

冯乃谦

目 录

第一篇 混凝土原材料

第一章 水 泥

1.1 导 言	3	1.5.6 复合硅酸盐水泥	64
1.2 硅酸盐水泥熟料	3	1.6 特种水泥	68
1.2.1 硅酸盐水泥生产的主要工艺	4	1.6.1 快硬高强水泥系列	69
1.2.2 硅酸盐水泥熟料的矿物组成	5	1.6.2 膨胀水泥系列	92
1.2.3 熟料的率值与矿物组成计算	8	1.6.3 自应力水泥系列	96
1.3 无机矿物质混合材	10	1.6.4 水工水泥系列	100
1.4 水泥水化与硬化	16	1.6.5 油井水泥	107
1.4.1 硅酸盐水泥熟料单矿物的水化	16	1.6.6 装饰水泥	113
1.4.2 硅酸盐水泥的水化	21	1.6.7 耐高温水泥及胶凝材料系列	117
1.4.3 水化产物	24	1.6.8 其它特种水泥	121
1.4.4 外加物和温度对水化的影响	30	1.7 生态水泥	133
1.4.5 新拌水泥浆体微结构的形成	35	1.7.1 引 言	133
1.4.6 新拌水泥浆体的流变性	38	1.7.2 生态水泥的概念	134
1.4.7 水泥浆体的凝结与硬化	41	1.7.3 生态水泥的性质	134
1.4.8 硬化水泥浆体的结构与性能	43	1.7.4 制造工艺	136
1.4.9 水泥浆体与骨料的黏结	44	1.7.5 生态水泥用途的开发	138
1.5 硅酸盐系列品种水泥	47	1.7.6 结 论	139
1.5.1 硅酸盐水泥	48	1.8 省资源、省能源的水泥	140
1.5.2 普通硅酸盐水泥	51	1.8.1 省资源、省能源水泥的类型	140
1.5.3 矿渣硅酸盐水泥	54	1.8.2 省资源、省能源水泥的能源消耗和 CO ₂ 排放量	140
1.5.4 火山灰质硅酸盐水泥	58	1.8.3 省资源、省能源水泥的性能	141
1.5.5 粉煤灰硅酸盐水泥	61	参考文献	143

第二章 混凝土化学外加剂

2.1 导 言	145	2.9 防水剂(防湿剂)	187
2.2 化学外加剂的定义与分类	145	2.9.1 概 述	187
2.2.1 概 述	145	2.9.2 防水剂的种类及其主要化学成分	187
2.2.2 分 类	146	2.9.3 各种防水剂的防水效果	188
2.2.3 命名与定义	146	2.9.4 防水剂的规格及试验方法	191
2.3 普通减水剂	146	2.9.5 对新拌砂浆和混凝土性能的影响	191
2.3.1 概 述	146	2.9.6 对硬化混凝土性能的影响	192
2.3.2 种 类	147	2.9.7 影响防水剂作用效果的因素	192
2.3.3 几种主要减水剂的制备	149	2.10 泵送剂	193
2.3.4 普通减水剂对混凝土性能的影响	150	2.10.1 概 述	193
2.3.5 减水剂的应用	155	2.10.2 泵送剂的种类	194
2.4 高效减水剂	156	2.10.3 泵送剂在泵送混凝土中的应用	194
2.4.1 概 述	156	2.10.4 泵送剂对新拌混凝土性能的影响	195
2.4.2 萘磺酸盐甲醛缩合物	157	2.10.5 对硬化混凝土性能的影响	197
2.4.3 作用机理	160	2.10.6 影响泵送剂性能因素	197
2.4.4 萘系减水剂的性能与应用	161	2.10.7 其它外加剂在泵送混凝土中的作用	197
2.4.5 氨基磺酸系高效减水剂	162	2.11 阻锈剂	198
2.5 早强剂	165	2.11.1 概 述	198
2.5.1 概 述	165	2.11.2 阻锈剂的种类	198
2.5.2 品 种	165	2.12 引气剂/引气减水剂	200
2.6 速凝剂	168	2.12.1 概 述	200
2.6.1 概 述	168	2.12.2 引气剂种类	200
2.6.2 速凝剂的品种	169	2.12.3 引气减水剂的作用机理	201
2.6.3 速凝剂的作用机理	170	2.12.4 对塑性混凝土性能的影响	203
2.6.4 影响速凝剂作用的因素	171	2.12.5 引气剂对硬化混凝土的影响	203
2.7 防冻剂	173	2.12.6 影响引入空气量的因素	205
2.7.1 概 述	173	参考文献	207
2.7.2 防冻剂的种类	174		
2.7.3 防冻剂的作用机理	175		
2.7.4 防冻剂的应用	176		
2.8 膨胀剂	177		
2.8.1 概 述	177		
2.8.2 各类膨胀剂简介	178		

第三章 矿物质超细粉

3.1 水泥-矿物质超细粉最密实填充	208	3.2 超细粉对水泥浆体性能的影响	210
--------------------	-----	-------------------	-----

3.2.1	试验用原材料	210
3.2.2	试验方法	211
3.2.3	不同品种不同掺量超细粉浆体的稠度变化	212
3.2.4	超细粉与 NF 共同掺用时浆体流动度的变化	213
3.2.5	NF 掺量对超细粉增塑效果的影响	214
3.2.6	NF 添加方式对浆体流动度的影响	214

3.2.7	超细粉对水泥强度的增强效果	216
3.3	不同粉体对 HPC 耐久性的影响	218
3.3.1	掺硅粉(SF)混凝土	218
3.3.2	掺矿渣超细粉(SG)混凝土	219
3.3.3	掺粉煤灰(FA)混凝土	220
3.3	结 论	223
	参考文献	224

第四章 骨 料

4.1	骨料的岩石与矿物	225
4.1.1	岩石分类	225
4.1.2	不同岩石骨料的性能	226
4.1.3	骨料中有害作用的矿物	227
4.2	骨料的化学性质	228
4.2.1	耐酸性及耐碱性	228
4.2.2	碱-骨料反应 (详见耐久性部分)	228
4.3	骨料的物理性质	228
4.3.1	骨料的类型与物理性质	228
4.3.2	骨料的含水状态及其吸水率	229
4.3.3	骨料的强度	231
4.3.4	表观密度 ρ 、堆积密度 ρ_t	233

4.3.5	级 配	234
4.3.6	级配理论	239
4.3.7	杂质含量及其控制	243
4.3.8	骨料的耐久性	244
4.4	普通骨料	246
4.4.1	天然普通骨料	246
4.4.2	人工普通骨料	246
4.5	轻骨料	247
4.5.1	人造轻骨料的历史	248
4.5.2	人造轻骨料的制造	248
4.5.3	人造轻骨料的性能	250
4.6	重骨料	253
	参考文献	254

第五章 增强材料

5.1	有机纤维	255
5.1.1	天然有机纤维	256
5.1.2	有机合成纤维	258
5.2	无机纤维	264
5.2.1	石棉纤维	264
5.2.2	玻璃纤维	266
5.2.3	碳纤维	272
5.2.4	用于增强水泥基复合材料的 其它陶瓷纤维	277
5.3	金属纤维	277
5.3.1	钢纤维	277

5.3.2	不锈钢纤维	282
5.3.3	非晶态金属纤维	283
5.4	钢 筋	284
5.4.1	钢筋混凝土用热轧带肋钢筋	284
5.4.2	钢筋混凝土用热轧光圆钢筋	288
5.4.3	钢筋混凝土用余热处理钢筋	290
5.4.4	预应力混凝土用热处理钢筋	291
5.4.5	低碳热轧圆盘条	293
5.4.6	冷轧带肋钢筋	294
5.4.7	混凝土制品用冷拔冷轧低碳 螺纹钢丝	296

5.4.8 预应力混凝土用钢丝	297	5.4.12 冷轧扭钢筋	305
5.4.9 预应力混凝土用低合金钢丝 ...	299	5.4.13 环氧树脂涂层钢筋	307
5.4.10 预应力混凝土用钢绞线	301	5.4.14 钢筋机械连接技术	309
5.4.11 钢绞线、钢丝束无黏结 预应力筋	303	参考文献	314

第六章 拌合用水

6.1 混凝土拌合用水标准(JGJ63—89)	316	混凝土施工(JTJ221—87)]	318
6.1.1 拌合用水的类型	316	6.2.3 港口工程技术规范[海港钢筋混凝土 结构腐蚀(JTJ228—87)]	319
6.1.2 技术要求	317	6.3 关于磁化水	319
6.2 其它规范的技术要求	318	参考文献	319
6.2.1 水工混凝土施工规范 (SDJ207—82)	318		
6.2.2 港口工程技术规范[混凝土和钢筋			

第二篇 混凝土的性能

第一章 新拌混凝土

1.1 新拌混凝土流变学	325	1.3.2 贯入性试验	340
1.1.1 关于流变学问题	325	1.3.3 填充性试验	342
1.1.2 新拌混凝土的流变学研究 ...	326	1.3.4 组分分离性试验	347
1.1.3 流变学模型	326	1.3.5 泵送性试验	347
1.1.4 新拌混凝土的流变学参数 ...	331	1.4 组分分离性	349
1.1.5 新拌混凝土的流变学试验 ...	332	1.4.1 粗骨料的分离	349
1.2 新拌混凝土工作性的概念及涵义	334	1.4.2 泌 水	349
1.3 工作性试验方法	336	1.4.3 泌水量试验	349
1.3.1 流动性试验	336	参考文献	350

第二章 早期混凝土

2.1 离 析	351	2.3.1 早期抗压强度	353
2.2 混凝土的凝结、硬化和放热	352	2.3.2 早期压应变	354
2.2.1 凝结试验	352	2.3.3 早期抗拉强度	355
2.2.2 水化引起的温升	352	2.3.4 早期拉应变	356
2.3 早期强度	353	2.4 早期冻害	357

2.5 早期收缩	357	早期开裂	362
2.5.1 混凝土的自收缩	357	2.7 早期脱模后混凝土的养护及	
2.5.2 早期收缩的影响因素	358	强度发展	362
2.6 早期开裂	361	参考文献	364
2.6.1 影响早期开裂行为的因素	362		
2.6.2 高强高流态混凝土的			

第三章 硬化混凝土的物理力学性能

3.1 混凝土的组织结构	366	3.5 干缩、徐变	414
3.1.1 骨料相的结构	366	3.5.1 混凝土的干缩	414
3.1.2 硬化水泥浆体的结构	368	3.5.2 混凝土的徐变	422
3.1.3 水泥石与骨料间过渡区相的 结构	371	3.6 体积稳定性	429
3.2 强 度	374	3.6.1 自生体积变化(收缩、膨胀)	429
3.2.1 混凝土强度理论	374	3.6.2 温度变形	430
3.2.2 混凝土的抗压强度、影响因素及 强度发展	383	3.7 混凝土的表观密度	431
3.2.3 混凝土的其它强度	396	3.8 含水率	431
3.3 脆 性	405	3.9 热性能	432
3.3.1 脆性指标	405	3.9.1 导热系数	432
3.3.2 混凝土脆性研究的一些结论	405	3.9.2 导温系数(热扩散系数)	432
3.3.3 脆性破坏机理的研究概况	406	3.9.3 比 热	433
3.3.4 影响脆性的外界因素	408	3.9.4 热膨胀系数	434
3.4 弹性模量、泊松比	408	3.10 声学、电气、放射线屏蔽性能	435
3.4.1 混凝土的受压应力-应变关系	408	3.10.1 声学性能	435
3.4.2 弹性模量	411	3.10.2 电学性能	436
3.4.3 泊松比	413	3.10.3 防射线屏蔽性能	438
		参考文献	439

第四章 混凝土的耐久性

4.1 抗渗性	440	4.3 耐磨蚀性	470
4.1.1 渗透原理及影响因素	440	4.3.1 混凝土磨蚀破坏的机理	470
4.1.2 抗渗性的量测与表征	440	4.3.2 混凝土磨蚀试验方法	472
4.1.3 混凝土渗透性的控制	443	4.3.3 影响混凝土耐磨蚀性能的 因素	474
4.2 混凝土中的钢筋腐蚀及其防护	449	4.3.4 混凝土抗磨蚀性能的设计	476
4.2.1 混凝土中钢筋腐蚀的机理	449	4.4 化学侵蚀	478
4.2.2 混凝土中性化	449	4.4.1 侵蚀的过程与分类	478
4.2.3 氯离子侵蚀	455	4.4.2 侵蚀性环境介质	487
4.2.4 提高混凝土护筋性能的措施	458		

4.4.3 混凝土化学侵蚀举例	496	4.7.4 耐低温性	530
4.4.4 混凝土化学侵蚀的防护措施 ...	500	4.8 混凝土的表面劣化	530
4.5 混凝土在土壤中的腐蚀与强度发展	510	4.8.1 冻融剥蚀破坏	530
规律		4.8.2 磨蚀引起的剥蚀	531
4.5.1 试验材料与编号	510	4.8.3 由于钢筋锈蚀引起的剥蚀	
4.5.2 土壤腐蚀的一般规律	511	破坏	531
4.6 碱-骨料反应	518	4.8.4 环境化学侵蚀引起的剥蚀 ...	531
4.6.1 概 况	518	4.8.5 低强和风化引起的剥蚀	532
4.6.2 碱-骨料反应的类型及反应		4.9 耐热性、耐火性	532
要素	518	4.9.1 混凝土受热时的破坏	532
4.6.3 碱-骨料反应引起膨胀的机理 ...	519	4.9.2 高温对混凝土性能的影响 ...	533
4.6.4 碱-骨料反应的评价方法	521	4.9.3 影响混凝土耐热性及耐火性的	
4.6.5 AAR 的抑制措施	524	因素	535
4.7 抗冻性与耐低温性	525	4.9.4 提高混凝土耐热性、耐火性的	
4.7.1 混凝土冻融破坏机理	525	措施	537
4.7.2 影响混凝土抗冻性的主要		4.9.5 高强混凝土、高性能混凝土的	
因素	526	耐热性、耐火性	537
4.7.3 保证混凝土抗冻耐久性的		4.10 电流对钢筋的腐蚀	537
措施	527	参考文献	538

第五章 混凝土配合比设计

5.1 配合比的基本原理及配量公式	542	5.2.1 绝对体积法	546
5.1.1 强度、流动性及耐久性配量		5.2.2 假设表观密度法	548
原则	542	5.2.3 普通强度混凝土高性能化的	
5.1.2 配合比定量准则	545	配合比设计	550
5.2 配合比设计典型举例	546	参考文献	550

第三篇 混凝土的生产工艺及设备

第一章 混凝土拌合物的制备

1.1 现场制备	555	1.2.1 散装水泥	569
1.1.1 搅拌机	555	1.2.2 混凝土搅拌站(楼)	570
1.1.2 计 量	560	1.2.3 商品混凝土的制备	574
1.1.3 搅拌方法	563	1.2.4 移动式混凝土搅拌机组	575
1.1.4 搅拌温度的调整	567	1.2.5 混凝土(砂浆)干拌料	575
1.2 预拌混凝土	568	参考文献	578

第二章 混凝土的输送

2.1 现场制备混凝土的常规运输	579	2.2.2 混凝土搅拌运输车	581
2.1.1 一般要求	579	2.3 混凝土泵送和布料	584
2.1.2 手推车运输	580	2.3.1 泵送对混凝土施工性能的	
2.1.3 机动翻斗车	580	基本要求	584
2.1.4 混凝土吊斗	581	2.3.2 泵送设备	585
2.2 预拌混凝土的运输	581	2.3.3 布料设备	594
2.2.1 一面卸料的混凝土运输车		2.3.4 泵送混凝土施工要点	594
(自卸汽车)运输	581		

第三章 成型

3.1 模板体系	600	3.3.3 连续浇注及浇注间歇允许	
3.1.1 模板类型	600	时间	623
3.1.2 模板配置及计算	609	3.3.4 施工缝留置	623
3.1.3 脱模剂	615	3.3.5 大体积混凝土浇注	626
3.2 振捣	616	3.4 混凝土表面处理	634
3.2.1 振捣设备	616	3.4.1 新浇混凝土的表面处理	634
3.2.2 振捣作业	616	3.4.2 真空吸水表面处理	634
3.3 浇注	620	3.5 预制构件与制品成型	635
3.3.1 浇注前的准备工作	620	3.5.1 现场预制	635
3.3.2 分层浇注与浇注厚度、浇注		3.5.2 挤出法生产制品	649
路线的确定	621	3.5.3 离心法生产制品	650

第四章 混凝土特殊施工方法

4.1 喷射法	651	4.2 预填骨料法	669
4.1.1 原材料及配合比	651	4.2.1 概述	669
4.1.2 喷射施工工艺	656	4.2.2 原材料选择及配合比	669
4.1.3 喷射混凝土的特性	660	4.2.3 预填骨料灌浆法施工要点	671
4.1.4 锚杆喷射混凝土	661	参考文献	676
4.1.5 纤维喷射混凝土	663		

第五章 养护

5.1 湿度、温度的影响	678	5.2 标准养护	680
5.1.1 湿度的影响	678	5.3 自然养护	681
5.1.2 温度的影响	679	5.3.1 潮湿养护	682

5.3.2 保水养护	683	5.4.1 养护设备	683
5.3.3 空气中养护	683	5.4.2 养护加热方式	686
5.3.4 保温养护	683	5.4.3 养护制度	692
5.4 混凝土制品的养护	683	参考文献	694

第六章 混凝土质量检验与控制

6.1 质量保证体系和管理体系	695	6.3.2 混凝土强度评定	701
6.2 新拌混凝土质量检验与控制	697	6.3.3 混凝土外观检查及允许偏差	702
6.2.1 新拌混凝土的质量指标	697	6.3.4 预制混凝土构件检验	703
6.2.2 混凝土质量的初步控制	697	6.4 混凝土强度统计检验与控制	707
6.2.3 混凝土质量的生产控制	698	6.4.1 混凝土强度的统计检验	707
6.3 硬化混凝土质量检验与控制	700	6.4.2 混凝土强度控制	708
6.3.1 混凝土强度检验与控制	700	参考文献	711

第四篇 各种混凝土

第一章 按密度及形状分类的混凝土

1.1 普通混凝土	716	1.4 多孔混凝土	736
1.1.1 定 义	716	1.4.1 概 述	736
1.1.2 普通混凝土的组成材料	716	1.4.2 多孔混凝土的原料	737
1.1.3 普通混凝土的配比设计	717	1.4.3 多孔混凝土的技术性能	737
1.1.4 普通混凝土的性能与应用	718	1.4.4 多孔混凝土配合比设计	740
1.2 轻骨料混凝土	719	1.4.5 多孔混凝土的应用与 注意事项	742
1.2.1 轻骨料混凝土的定义及分类	719	1.5 特细砂混凝土	743
1.2.2 轻骨料	720	1.5.1 定 义	743
1.2.3 轻骨料混凝土的技术性质	721	1.5.2 特细砂资源及使用情况	743
1.2.4 轻骨料混凝土的配合比设计	728	1.5.3 特细砂的含泥量	743
1.2.5 轻骨料混凝土的应用及应注意的 问题	731	1.5.4 特细砂混凝土的配制原则	745
1.3 重混凝土	732	1.5.5 特细砂混凝土配合比设计	747
1.3.1 概 述	732	1.6 轻骨料多孔混凝土	749
1.3.2 重混凝土的原材料	732	1.6.1 原材料及其技术要求	750
1.3.3 防辐射重混凝土的配合比 设计	733	1.6.2 载气体多孔混凝土的表观密度、 强度与载气体掺量关系	750
1.3.4 重混凝土的应用及施工 注意事项	736	1.6.3 轻骨料多孔混凝土的表观密度、 强度与轻骨料掺量关系	751

1.6.4 多孔混凝土与轻骨料多孔混凝土的 结构特点	752
-------------------------------------	-----

参考文献	754
------	-----

第二章 按流动性分类的混凝土

2.1 干硬、超干硬混凝土	755	2.4.1 概 述	767
2.1.1 概 述	755	2.4.2 流态化作用及其机理	767
2.1.2 干硬、超干硬性混凝土的 原材料	756	2.4.3 流态混凝土的原材料	769
2.1.3 干硬、超干硬混凝土的 压实机理	757	2.4.4 流态混凝土拌合物的性质 ...	771
2.1.4 干硬、超干硬性混凝土的 主要技术性能	759	2.4.5 流态混凝土的配合比设计 ...	772
2.1.5 干硬性混凝土的配合比设计 ...	763	2.5 自流平、自密实混凝土	776
2.2 塑性混凝土	764	2.5.1 自流平、自密实混凝土的 组成材料	776
2.3 流动性混凝土	764	2.5.2 自流平材料配合比实例	777
2.3.1 概 述	764	2.5.3 自流平混凝土性能的 影响因素	778
2.3.2 流动性混凝土的配合比设计 ...	764	2.5.4 自流平、自密实混凝土的使用 方法与应用注意事项	780
2.4 流态混凝土	767	参考文献	781

第三章 按性能用途分类的混凝土

3.1 高强混凝土	782	3.3.6 道路混凝土收缩裂缝的防治	815
3.1.1 概 述	782	3.3.7 其它道路水泥混凝土	819
3.1.2 高强混凝土的配制途径	784	3.4 大体积混凝土	821
3.1.3 高强混凝土的性能	786	3.4.1 大体积混凝土的温度裂缝 ...	822
3.1.4 高强混凝土施工	789	3.4.2 温度裂缝的控制措施	823
3.1.5 有待深入研究的课题	790	3.4.3 大体积混凝土的配合比设计 ...	827
3.2 高性能混凝土	791	3.4.4 高强及高性能大体积混凝土的 裂缝控制	828
3.2.1 概 述	791	3.5 引气混凝土	829
3.2.2 高性能混凝土的组成材料 ...	796	3.5.1 混凝土引气量的影响因素 ...	830
3.2.3 高性能混凝土的性能	797	3.5.2 气泡分布状态	833
3.2.4 高性能混凝土的施工	803	3.5.3 引气混凝土的性能	834
3.3 道路混凝土	804	3.5.4 引气混凝土的应用	838
3.3.1 常用道路混凝土简介	805	3.6 膨胀混凝土	838
3.3.2 道路混凝土组成材料的基本 要求	806	3.6.1 补偿收缩混凝土	839
3.3.3 道路混凝土的工作性	808	3.6.2 自应力混凝土	843
3.3.4 道路混凝土抗折强度	810	3.6.3 补偿收缩混凝土与自应力	
3.3.5 道路混凝土配合比设计	811		

混凝土的区别	844	3.12 修补混凝土(参见第五篇)	873
3.6.4 膨胀混凝土的应用	845	3.13 硫磺混凝土	873
3.6.5 膨胀混凝土的发展	847	3.13.1 硫磺混凝土的组成材料及 技术要求	874
3.7 耐海水混凝土	847	3.13.2 硫磺混凝土的配合比	878
3.7.1 海水对混凝土腐蚀的特点 ...	848	3.13.3 硫磺混凝土的性能	878
3.7.2 耐海水混凝土的技术要求 ...	848	3.13.4 硫磺混凝土的配制及施工 ...	882
3.7.3 耐海水混凝土的组成材料及 配合比设计	850	3.14 装饰混凝土	884
3.8 耐酸混凝土	851	3.14.1 装饰混凝土的概念	884
3.8.1 水玻璃耐酸混凝土概述	852	3.14.2 装饰混凝土的成型工艺 ...	887
3.8.2 水玻璃耐酸混凝土的主要原材料 及其技术性能	852	3.14.3 装饰混凝土的耐久性	891
3.8.3 水玻璃耐酸混凝土的主要 技术性能	855	3.14.4 装饰混凝土及其制品的 应用	893
3.8.4 水玻璃耐酸混凝土的配合比 设计	857	3.15 透水性混凝土	894
3.8.5 水玻璃耐酸混凝土的施工及 应用	859	3.15.1 研究应用背景及意义	894
3.9 耐磨耗混凝土	861	3.15.2 透水性混凝土的种类及 基本性能	895
3.9.1 混凝土的耐磨性	861	3.15.3 透水混凝土的研究与发展 ...	896
3.9.2 各种耐磨耗混凝土	867	3.15.4 透水性混凝土的用途	897
3.9.3 耐磨耗混凝土施工	868	3.15.5 原材料与配合比设计	898
3.10 耐热混凝土	869	3.15.6 物理力学性能	900
3.10.1 概 述	869	3.15.7 透水性混凝土路面材料的 施工	902
3.10.2 耐热混凝土的种类及 原材料	869	3.16 绿化混凝土	903
3.10.3 耐热混凝土的配合比选择 ...	870	3.16.1 绿化混凝土的开发研究 现状	903
3.10.4 使用耐热混凝土的注意 事项	871	3.16.2 绿化混凝土的类型及其基本 结构	904
3.11 屏蔽混凝土 (参见重骨料混凝土)	873	3.16.3 绿化混凝土的性能	906

第四章 按施工方法分类的混凝土

4.1 预拌混凝土	908	4.2.3 碾压混凝土的性能	913
4.1.1 预拌混凝土的发展概况	908	4.2.4 碾压混凝土的原材料和配合比 设计	913
4.1.2 预拌混凝土的发展趋势	909	4.2.5 碾压混凝土施工	916
4.1.3 预拌混凝土现场施工方法 ...	910	4.3 水下浇注混凝土	918
4.2 碾压混凝土	911	4.3.1 概 述	918
4.2.1 概 述	911	4.3.2 水下浇注混凝土原材料选择 ...	919
4.2.2 碾压混凝土压实机理	912		

4.3.3 水下浇注混凝土的性能	921	4.5.2 原材料选择和配合比确定	930
4.3.4 水下浇注混凝土配合比设计	923	4.5.3 夏季混凝土施工	930
4.4 冬季施工混凝土	924	4.6 喷射混凝土(见第三篇第四章)	932
4.4.1 概 述	924	4.7 真空脱水混凝土	932
4.4.2 冬季施工混凝土的原材料和配比 选择	925	4.7.1 概 述	932
4.4.3 冬季条件对混凝土的影响	926	4.7.2 真空脱水原理及对混凝土性能的 影响	933
4.4.4 冬季条件下混凝土的施工 方法	927	4.7.3 真空混凝土配合比设计	934
4.5 夏季施工混凝土	929	4.8 预填骨料混凝土	936
4.5.1 概 述	929	参考文献	936

第五章 特种增强混凝土

5.1 纤维增强混凝土	937	5.1.10 高性能纤维增强混凝土	980
5.1.1 纤维增强混凝土的分类	937	5.2 钢管混凝土	988
5.1.2 纤维增强混凝土的基本理论	938	5.2.1 概 述	988
5.1.3 纤维增强混凝土的力学行为 特征	944	5.2.2 钢管混凝土的分类	988
5.1.4 天然纤维增强混凝土	946	5.2.3 钢管混凝土的特点	989
5.1.5 玻璃纤维增强混凝土	947	5.2.4 钢管混凝土力学性能的设计	994
5.1.6 碳纤维增强混凝土	954	5.2.5 钢管混凝土结构的施工	997
5.1.7 合成纤维增强混凝土	958	5.2.6 钢管混凝土的应用	998
5.1.8 钢纤维增强混凝土	961	参考文献	999
5.1.9 混杂纤维增强混凝土	976		

第六章 聚合物混凝土

6.1 纯聚合物混凝土(树脂混凝土)PC	1005	6.2.2 PMM 和 PMC 的性能	1029
6.1.1 原材料	1005	6.2.3 聚合物改性砂浆和混凝土的 应用	1035
6.1.2 纯聚合物混凝土的常见种类	1007	6.2.4 聚合物改性混凝土的标准和 指南	1036
6.1.3 纯聚合物混凝土的力学性能	1009	6.3 聚合物浸渍混凝土(PIC)	1038
6.1.4 纯聚合物混凝土的化学和物 理性能	1013	6.3.1 浸渍用的聚合物材料	1038
6.1.5 PC 的应用	1017	6.3.2 浸渍混凝土的制备工艺	1040
6.1.6 纯聚合物混凝土(PC)的标准	1022	6.3.3 浸渍混凝土的性能	1042
6.2 聚合物改性混凝土(PMC)	1024	6.4 沥青混凝土	1044
6.2.1 PMC 和 PMM 用的聚合物 及其改性机理	1024	6.4.1 沥青混凝土的特性和分类	1044
		6.4.2 沥青混凝土组成材料	1046