



21世纪土木工程实用技术丛书



混凝土结构施工技术

Hunningtu Jiegou Shigong Jishu

刘津明 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪土木工程实用技术丛书

混凝土结构 施工技术

刘津明 编著



机械工业出版社

本书共分 19 章, 内容基本涵盖了当前混凝土结构施工的各个方面, 体现了当前施工技术的实际水平和新进展。主要内容为: 混凝土基本知识、混凝土的组成材料与配合比设计、普通混凝土结构施工技术、大模板施工技术、滑升模板施工技术、爬升模板施工技术、大体积混凝土施工技术、混凝土工程冬期施工技术、自密实混凝土施工技术、喷射混凝土施工技术、泵送混凝土施工技术、轻集料混凝土施工技术、纤维混凝土施工技术、钢管混凝土施工技术、型钢混凝土结构施工技术、高性能混凝土施工技术、混凝土结构的裂缝防治、混凝土结构工程质量检验和缺陷补救及绿色混凝土技术。

本书可供从事混凝土结构施工的技术人员参考使用, 也可供高等学校的教师、研究生和本科生作为教学参考书使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构施工技术/刘津明编著. —北京: 机械工业出版社, 2009. 1

(21 世纪土木工程实用技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 25700 - 4

I. 混… II. 刘… III. 混凝土结构 - 混凝土施工
IV. TU755

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 189204 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 薛俊高 责任校对: 张莉娟

封面设计: 张 静 责任印制: 邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2009 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

148mm × 210mm · 19.375 印张 · 573 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 25700 - 4

定价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68327259

封面防伪标均为盗版

《21 世纪土木工程实用技术丛书》

编 委 会

主任委员

赵国藩 大连理工大学 中国工程院院士

编委 (依姓氏笔画排序)

方鄂华 清华大学 教授

王永维 四川建筑科学研究院 教授

王清湘 大连理工大学 教授

王秀丽 兰州理工大学 教授

冯乃谦 清华大学 教授

江见鲸 清华大学 教授

朱伯龙 同济大学 教授

李 奇 机械工业出版社 副社长

刘津明 烟台大学 教授

宋玉普 大连理工大学 教授

杜荣军 北京建筑科学技术研究院 高工

沈祖炎 同济大学 院士

金伟良 浙江大学土建学院 教授

郝亚民 清华大学 教授

顾安邦 重庆交通学院 教授

陶学康 中国建筑科学研究院 教授

康岱新 哈尔滨工业大学 教授

聂建国 清华大学 教授

黄承逵 大连理工大学 教授

蔡中民 太原理工大学 教授

前言

主编

土木工程学院 土木工程专业 教师

混凝土是当代最主要的建筑材料，全世界水泥年产量已超过 12 亿 t，我国占 1/3。土木工程中混凝土年使用量可达 6 亿 m^3 以上。混凝土施工技术近年来发展迅速，混凝土的性能、强度、施工工艺都有了很大程度的进展。

近年我国大力开发节能水泥、碱—矿渣水泥，低需水量水泥等。外加剂用得愈来愈普遍，如今已发展到 20 类几百个品种的外加剂。主要有减水剂系列、泵送剂、速凝剂、早强剂、缓凝剂、防冻剂、膨胀剂、防水剂、阻锈剂、引气剂、消泡剂、着色剂，等。

我国在 20 世纪 60 年代就开始研制高强混凝土，国内已有不少的工程采用 C60 级高强混凝土。C80 以上等级的高强混凝土，目前处于试验研究阶段，有些城市正酝酿在工程中使用 C80 级混凝土。高强混凝土有其显著的优越性：混凝土强度等级从 C30 提高到 C60，对受压构件可节省混凝土 30% ~ 40%；受弯构件可节省混凝土 10% ~ 20%；由于强度提高，截面减少，自重减轻，增加使用面积；高强混凝土变形小，刚度提高，改善了建筑物的变形性能。

高性能混凝土（HPC）的应用标志着传统混凝土进入现代混凝土时代。高性能混凝土是指在施工操作时，具有良好的工作性能，不需要任何振捣就能充满模板的各个角落；在早期硬化阶段，很少有原始缺陷，水化热低、很少产生干缩

裂缝；在使用阶段，强度高、耐久性好。高性能混凝土能够适应高层建筑、大跨度、大荷载结构、特殊环境以及对建设速度、经济、节能等要求。美、英、日等国最近研究的高性能混凝土抗压强度可达 300MPa，抗折强度可达 150MPa，弹性模量可达 50GPa，可与陶瓷、铝、钢等相比拟。我国现在也已在某些重要工程中采用高性能混凝土，如世界跨度最长斜拉桥——杨浦大桥和亚洲最高的建筑——东方明珠电视塔、葛洲坝水电站工程等。

由于混凝土施工工艺的发展，要求新拌混凝土具有大流动、可泵性、自流平、自密实等特点。近 10 多年来，新拌混凝土的工作性能受到重视。混凝土的工作性包括流动性、填充性、粘聚性和振实性。影响工作性的因素包括：用水量、浆体和集料用量，水泥浆的塑性，集料的最大尺寸和他们的形状和表面特性。掺外加剂，如塑化剂和引气剂可以改善工作性。

近 20 年来，钢管混凝土结构逐渐被应用于建筑结构尤其是在高层建筑结构中。根据钢管内填充的混凝土强度的不同，分为普通钢管混凝土（C50 以下）、钢管高强混凝土（C50 以上）和钢管超高强混凝土（C100 以上）。

混凝土裂缝防治也是当前迫切希望解决的技术难题。然而混凝土裂缝防治是一个系统工程，包括设计、材料、施工中每一个技术环节。

混凝土耐久性技术与建筑物使用寿命密切相关。提高其耐久性的最重要的技术措施就是采用高抗氯离子渗透性的高性能混凝土，从根本上提高混凝土本身的护筋性能。采用低水胶比是提高混凝土耐久性的关键。采用粉煤灰、磨细矿渣粉、硅粉等矿物掺和料替代部分水泥作胶凝材料，使混凝土变得更加致密，从而降低混凝土的渗透性。

随着基本建设的推进,商品混凝土得到发展。实践证明,采用预拌混凝土可提高生产率 200%~250%,节约水泥 10%~15%,降低生产成本 5% 左右,还具有保证质量、节约施工用地、实现文明施工等方面的优越性。

超高程泵送混凝土技术已成为超高层建筑施工技术不可缺少的一个方面,并且已成为一种发展趋势受到各国工程界的重视。泵送混凝土技术近年发展迅速,泵送高度已超过 300m,水平输送距离达 2000m。如上海的金茂大厦泵送高度 382.5m;恒隆广场的泵送高度达 288m。

混凝土施工的这些新发展,表明混凝土技术应用方面还有很大开发的余地,有待我们去努力。只要我们掌握好混凝土的基本原理,运用已有的经验,经过试验,重视质量,我们完全有能力不断创新,继续提高,在混凝土技术上走在世界前列。

本书编写过程中,力求在混凝土基本知识、常用施工方法和近年我国在混凝土施工实践中所取得的经验等方面做一系统的介绍。本书的风格也力求深入浅出,简明易懂,内容上做到理论与实际并重。希望读者在阅读本书后,能在混凝土施工中获得一些实际的帮助。本书中所涉及的规范内容尽量采用我国最近出版的规范要求。此外,还收集整理了国内外某些混凝土施工方面的新技术,总结反映了我国历年行之有效并经过实践考验的工程经验。

本书共分 18 章,各章的主要内容如下:

第 1 章混凝土基本知识,介绍了混凝土的分类、水泥硬化机理及混凝土强度的形成、混凝土应具备的性能。第 2 章混凝土的组成材料与配合比设计,介绍了混凝土的组成材料、普通混凝土的配合比设计、干硬性混凝土配合比设计、掺矿物掺和料混凝土配合比设计。第 3 章混凝土施工工艺,

介绍了混凝土搅拌、混凝土拌和物的运输、混凝土浇筑与捣实、混凝土的养护。第4章大模板施工技术,介绍了大模板的组成、大模板的分类、大模板工程类型、大模板工程的施工。第5章滑升模板施工技术,介绍了滑升模板装置的构造、滑升模板装置的组装、墙体滑模施工、现浇梁滑模施工、楼板结构施工、滑模施工质量控制、滑框倒模施工工艺。第6章爬升模板施工技术,介绍了“有架爬模”施工工艺和“无架爬模”施工工艺。第7章大体积混凝土施工技术,介绍了大体积混凝土结构的特征、大体积混凝土的温度裂缝、混凝土的温度计算、大体积混凝土施工技术。第8章混凝土工程冬期施工技术,介绍了冻结对混凝土强度的影响、混凝土冬期施工所用材料、混凝土冬期施工方法、冬期施工混凝土质量检查及测温规定。第9章自密实混凝土施工技术,介绍了自密实混凝土的工作机理、自密实混凝土的原材料、自密实混凝土的配合比设计、配合比设计方法、自密实混凝土的施工。第10章喷射混凝土施工,介绍了喷射混凝土的原材料、喷射混凝土的配合比、喷射混凝土设备、喷射混凝土的施工工艺。第11章泵送混凝土施工技术,介绍了泵送混凝土设备、混凝土的泵送特性、混凝土原材料选择、泵送混凝土配比设计、混凝土泵送设备能力及需量的计算、泵送混凝土时的注意事项。第12章轻集料混凝土施工技术,介绍了轻集料混凝土的组成材料、轻集料混凝土配合比设计、轻集料混凝土施工。第13章纤维混凝土施工技术,介绍了钢纤维增强混凝土、聚丙烯纤维增强混凝土、玻璃纤维混凝土、碳纤维片材加固混凝土。第14章钢管混凝土施工技术,介绍了钢管混凝土的特点、钢管的制作与连接方式、钢管内混凝土的浇筑技术。第15章型钢混凝土结构施工技术,介绍了型钢混凝土结构材料、型钢混凝土构件、型

钢筋混凝土结构施工技术。第16章高性能混凝土施工技术,介绍了实现高性能混凝土的途径、高性能混凝土原材料、高性能混凝土的配合比设计、高性能混凝土的施工。第17章混凝土结构的裂缝防治,介绍了混凝土结构裂缝的类型与成因、裂缝对混凝土结构的影响及裂缝控制思路、钢筋混凝土结构裂缝控制措施、混凝土结构裂缝修补技术。第18章混凝土结构工程质量检验及缺陷补救,介绍了混凝土原材料的检验、混凝土强度的检验评定、混凝土结构综合检验、混凝土缺陷补救。第19章绿色混凝土技术,介绍了绿色混凝土的产生背景和发展及应用现状。

本书可供混凝土施工技术人员学习使用。也可供本专业的大专院校师生参考。

由于时间和水平有限,本书中难免存在不足甚至错误,衷心希望读者批评指正,以便今后进一步充实、提高。

刘津明

2009年元月于烟台

目 录

前言

第1章 混凝土基本知识	1
1.1 混凝土的分类	1
1.2 水泥硬化机理及混凝土强度的形成	5
1.3 混凝土应具备的性能	9
第2章 混凝土的组成材料与配合比设计	24
2.1 混凝土的组成材料	24
2.2 普通混凝土的配合比设计	50
2.3 干硬性混凝土配合比设计	64
2.4 掺矿物掺和料的混凝土配合比设计	69
第3章 普通混凝土结构施工技术	75
3.1 混凝土搅拌	75
3.2 混凝土拌和物的运输	88
3.3 混凝土浇筑与振捣	103
3.4 混凝土的养护	126
第4章 大模板施工技术	130
4.1 大模板的组成	130
4.2 大模板的分类	133

4.3	大模板工程类型	139
4.4	大模板工程的施工	144
第5章	滑升模板施工技术	168
5.1	滑模装置构造	169
5.2	滑模装置的组装	182
5.3	墙体滑模施工	184
5.4	现浇梁滑模施工	191
5.5	楼板结构施工	194
5.6	滑模施工质量控制	199
5.7	滑框倒模施工技术	204
第6章	爬升模板施工技术	211
6.1	“有架爬模”施工	212
6.2	“无架爬模”施工	226
第7章	大体积混凝土施工技术	231
7.1	大体积混凝土结构的特征	231
7.2	大体积混凝土的温度裂缝	232
7.3	混凝土的温度计算	238
7.4	大体积混凝土施工技术	249
第8章	混凝土工程冬期施工技术	261
8.1	冻结对混凝土强度的影响	261
8.2	冬期施工所用材料	266
8.3	混凝土冬期施工方法	277
8.4	冬期施工混凝土质量检查及测温规定	302
第9章	自密实混凝土施工技术	304
9.1	自密实混凝土的工作机理	305

9.2	自密实混凝土的原材料	308
9.3	自密实混凝土的等级	316
9.4	自密实混凝土的配合比设计	317
9.5	自密实混凝土的施工	326
第10章	喷射混凝土施工技术	329
10.1	喷射混凝土的原材料	329
10.2	喷射混凝土的配合比	337
10.3	喷射混凝土的设备	340
10.4	喷射混凝土的施工准备	341
10.5	喷射混凝土的施工工艺	342
第11章	泵送混凝土施工技术	348
11.1	泵送混凝土设备	348
11.2	混凝土的泵送特性	351
11.3	混凝土原材料的选择	357
11.4	混凝土配合比	365
11.5	混凝土泵送设备能力及需求量的计算	368
11.6	泵送混凝土时的注意事项	373
第12章	轻集料混凝土施工技术	376
12.1	轻集料混凝土的组成材料	376
12.2	轻集料混凝土配合比设计	377
12.3	轻集料混凝土的施工	385
12.4	轻集料混凝土工程实例	387
第13章	纤维混凝土施工技术	390
13.1	钢纤维增强混凝土	390
13.2	聚丙烯纤维增强混凝土	403
13.3	玻璃纤维混凝土	406

13.4	碳纤维片材加固混凝土	410
第 14 章	钢管混凝土施工技术	414
14.1	钢管混凝土的特点	416
14.2	钢管的制作与连接方式	420
14.3	钢管内混凝土的浇筑	435
14.4	钢管混凝土结构的经济效益	441
第 15 章	型钢混凝土结构施工技术	444
15.1	型钢混凝土结构材料	444
15.2	型钢混凝土构件	448
15.3	型钢混凝土结构施工	461
第 16 章	高性能混凝土施工技术	477
16.1	实现高性能混凝土的途径	477
16.2	高性能混凝土原材料	482
16.3	高性能混凝土的配合比设计	488
16.4	高性能混凝土的施工	500
16.5	国家大剧院高性能混凝土工程实例	504
第 17 章	混凝土结构的裂缝防治	509
17.1	混凝土结构裂缝的类型与成因	510
17.2	裂缝对混凝土结构的影响及控制思路	516
17.3	钢筋混凝土结构裂缝控制措施	521
17.4	混凝土结构裂缝修补技术	538
第 18 章	混凝土结构工程质量检验及缺陷补救	548
18.1	原材料检验	548
18.2	强度的检验评定	554
18.3	结构综合检验	561

18.4	混凝土缺陷补救	575
第 19 章	绿色混凝土技术	585
19.1	传统混凝土生产对环境的影响	585
19.2	混凝土的循环利用	586
19.3	绿色混凝土的应用	598
参考文献		604

第1章 混凝土基本知识

混凝土是以胶凝材料、水、细集料、粗集料，需要时可掺入外加剂和矿物掺合料，按适当比例配合，经过均匀拌制、密实成型及养护硬化而成的人工石材。

1.1 混凝土的分类

混凝土可根据其胶结材料、集料、用途、施工工艺、配筋材料等不同进行分类。

1.1.1 按胶结材料分类

按混凝土胶结材料的不同，混凝土可分为水泥混凝土、石灰—硅质胶结料混凝土、石膏混凝土、水玻璃混凝土、碱矿渣混凝土、硫磺混凝土、沥青混凝土、聚合物水泥混凝土和树脂混凝土等几类。

1. 水泥混凝土

以水泥为胶结材料按一定比例配以石子、砂子，需要时掺加一定的外加剂形成的混凝土，常用于建筑、道路、桥梁工程。

2. 石灰—硅质胶结料混凝土

用石灰和各种硅质材料（砂、工业废渣等）以水热合成方法产生水化胶凝物质的混凝土。

3. 石膏混凝土

以各种石膏为胶结材料制成的混凝土，常用于天花板及隔墙。

4. 水玻璃混凝土

以水玻璃为胶结材料的混凝土，常用于耐酸结构。

5. 碱矿渣混凝土

以磨细的矿渣及碱溶液为胶结材料的混凝土。

6. 硫磺混凝土

将硫磺加热熔化然后冷却硬化的混凝土，常用于粘接剂和低温防

腐层。

7. 沥青混凝土

以沥青为胶结料的混凝土，用于道路及防腐工程。

8. 聚合物水泥混凝土

以水泥为胶结料掺入乳胶和水溶性树脂聚合物的混凝土，其成品具有较高的抗拉、抗弯、抗渗、抗冻、耐磨等性能。

9. 树脂混凝土

以聚酯、环氧、尿醛等树脂为胶结材料的混凝土，用于防水堵漏及螺栓预留孔道快速灌浆等工程。

1.1.2 按集料分类

混凝土中使用的石子、砂子等材料统称为集料。由于使用的集料不同，混凝土可分为特重混凝土、普通混凝土、轻集料混凝土、细颗粒混凝土和大孔混凝土。

1. 特重混凝土

用水泥为胶结料，以钢屑、铁矿石及重晶石等为集料的混凝土，主要用于防辐射的屏蔽混凝土。

2. 普通混凝土

用水泥为胶结料，用普通砂石作集料的混凝土，可用于各种结构。

3. 轻集料混凝土

用陶粒、多孔烧结块、膨胀矿渣、浮石等天然或人造轻集料，用水泥作胶结料，密度小于 1950kg/m^3 的混凝土，常用于保温或填充结构。

4. 细颗粒混凝土

用砂子作集料，无粗集料的混凝土，主要用于薄壁结构构件。

5. 大孔混凝土

用轻粗集料或用普通粗集料不用细集料，密度为 $800 \sim 900\text{kg/m}^3$ 的混凝土，常用于墙体或过滤结构。

1.1.3 按用途分类

混凝土按用途分可分为结构混凝土、围护结构混凝土、道路混凝土、水工混凝土、多孔混凝土和特种混凝土等几类。

1. 结构混凝土

用于工业与民用建筑的普通钢筋混凝土结构的混凝土，主要要求混凝土应达到所要求的强度、耐久性及其他性能。

2. 围护结构混凝土

主要用于墙体、屋面和楼面等处。围护结构混凝土应具有所要求的保温、绝热性能及足够的强度、密度和隔声性能。

3. 道路混凝土

主要用于地面和道路工程，要求有足够的抗折强度、耐候性和耐磨性能。

4. 水工混凝土

主要用于大坝等水工构筑物，要求混凝土在硬化过程中放出的水化热较少，且应有高度的密实性、抗渗性、抗冻性和抗冲刷性。

5. 多孔混凝土

以专门的方法使胶结料、磨细硅质材料和水混合物发泡膨胀而得的混凝土。其集料就是存在于多孔混凝土人造孔隙中的空气。其密度一般在 600kg/m^3 左右。可用于自承重与绝热结构。

6. 特种混凝土

根据工程实际使用环境而提出的，要求混凝土具有耐火、耐酸、防辐射、耐低温等特种要求的混凝土。

1.1.4 按施工工艺分类

按施工工艺的不同，混凝土又可分为普通现浇混凝土、喷射混凝土、泵送混凝土、注浆混凝土、真空吸水混凝土和碾压混凝土等。

1. 普通现浇混凝土

主要用于工业与民用建筑的现场浇筑的钢筋混凝土建(构)筑物及其他工程。

2. 喷射混凝土

用压缩空气喷射施工的混凝土，要求混凝土具有速凝和早强性能。多用于隧道及大型管道的内衬。

3. 泵送混凝土

用混凝土泵输送混凝土拌和物的施工方法来施工的混凝土。

4. 注浆混凝土