

混凝土新技术

The New Concrete

[意]Mario Collepardi 著

刘数华 冷发光 李丽华 译

世界混凝土最新技术译著

中国建材工业出版社

世界混凝土最新技术译著

混凝土新技术

The New Concrete

[意] Mario Collepardi 著

刘数华 冷发光 李丽华 译

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土新技术/ (意) 克罗帕蒂著; 刘数华, 冷发光,
李丽华译. —北京: 中国建材工业出版社, 2008. 9
ISBN 978-7-80227-458-7

I. 混… II. ①克…②刘…③冷…④李… III. 混凝土—
新技术 IV. TU528

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 134550 号

内 容 简 介

主要介绍新型胶凝材料及其水化、凝结、硬化; 新型混凝土的各种性能, 包括新拌混凝土的流变性能、泌水和离析, 硬化混凝土的孔结构、力学性能, 钢筋混凝土的劣化, 混凝土的耐久性以及相应的配合比设计方法; 介绍新型化学外加剂和矿物掺合料及其在混凝土中的作用机理; 介绍一些混凝土特性, 包括干缩、自收缩、徐变以及开裂, 提出预测模型和改善措施; 介绍当前最流行的新型混凝土: 高强混凝土、自密实混凝土、喷射混凝土、轻混凝土、纤维增强混凝土、收缩补偿混凝土、再生混凝土、耐火混凝土等。

该书内容丰富, 实例贯穿全文, 既可以作为建筑师和土木工程师、建筑承包商、混凝土生产商的工具书, 又可以作为高校教师、学生的教学参考书, 还可以作为混凝土专家、学者的科研用书。

混凝土新技术 (The New Concrete)

[意] Mario Collepardi 著 刘数华 冷发光 李丽华 译

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京密云红光印刷厂

开 本: 710mm × 1000mm 1/16

印 张: 23.75

字 数: 445 千字

版 次: 2008 年 9 月第 1 版

印 次: 2008 年 9 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-458-7

定 价: 75.00 元

著作权合同登记图字: 01-2008-3705 号

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

献给我的妻子 Isabella!

——Mario Collepari

《混凝土新技术》(The New Concrete)

的读后感想

本人有幸较早拜读了《混凝土新技术》(The New Concrete)一书,深受教益。觉得该书真是一部难得的优秀著作。

1. 该书全面介绍了当前混凝土技术的有关内容,使读者通过学习能更清晰地了解和掌握混凝土技术发展的内容和方向。

2. 该书最大的特点是通过图解的方法去阐述技术的重点和难点,使问题的解释更形象化、科学化;阐述简练,但形象而深刻。

3. 该书的另一个特点是理论结合实际,并教会读者如何应用理论去分析问题、解决问题。

三位译者对该书进行了很认真的翻译,专业水平和语言水平都很高,用语得体到位。

清华大学

冯乃谦

2008年6月

前 言

本书命名为《混凝土新技术》，何为“新”，用“新”的原因很多，一些是与书中介绍的材料有关，另一些则是与本书阐述的内容有关。

首先，近30年间，混凝土的组成和性能都有了很多变化。例如，只有很少一部分的水泥仍是硅酸盐水泥。在欧洲，现代混凝土结构中90%的水泥都是复合水泥，以粉煤灰、磨细高炉矿渣、天然或人工火山灰、硅灰以及其他材料（包括石灰石粉）为主，它们取代了硅酸盐水泥。化学外加剂（特别是高效减水剂）的广泛应用使混凝土技术不断革新，为了配制高强混凝土或自密实混凝土，水灰比降至0.3，甚至更低。最近，减缩剂的应用，特别是结合聚合物纤维或过烧氧化钙膨胀剂，可以使混凝土在缺少水养护的条件下仍不开裂。

其次，此书可供从事各方面研究工作的读者参阅。可供建筑师和土木工程师（他们对混凝土及其性能的新资料非常关心）、承包商、混凝土生产商参阅。其他一些优秀著作如A. M. Neville的《混凝土的性能》、P. C. Aitcin的《高性能混凝土》以及P. K. Mehta和P. J. M. Monteiro合著的《混凝土的结构、性能和材料》，更多的是供科学家、学生或混凝土专家参阅。

此外，此书主要采用欧洲标准研究水泥和混凝土性能，包括特征强度、渗透性和耐久性等。同时，还引用了很多美国（ACI和CANMET）和日本（特别是化学外加剂）的科技文献，使读者很容易快速建立有关混凝土强度、耐久性、浇筑、振捣和养护等科技理念。

本书由武汉大学刘数华博士、中国建筑科学研究院冷发光博士和清华大学李丽华博士翻译。在本书的翻译出版过程中，得到了清华大学覃维祖教授的帮助，在此深表感谢。

由于译者水平有限，难免有不当之处，敬请读者指正。

刘数华 博士

2008年8月

水资源与水电工程科学国家重点实验室，武汉大学

目 录

第1章 术语简介	1
1.1 范围	1
1.2 混凝土的组分	1
1.3 混凝土的配制	3
1.4 混凝土的力学性能	5
1.5 结构的耐久性(Durability)	8
1.6 配合比设计(Mix Design)	9
1.7 从搅拌到养护	10
补充文献	10
第2章 水泥	11
2.1 水泥:混凝土的核心	11
2.2 水泥并不尽相同	11
2.3 制定水泥标准的必要性	11
2.4 欧洲水泥的快速发展	12
2.5 水泥的凝结时间(Setting Time)	12
2.6 水泥的强度等级	13
2.7 硅酸盐水泥(Portland Cement)	14
2.8 火山灰(Pozzolan)	18
2.9 矿渣	19
2.10 其他辅助胶凝材料	20
2.11 水泥的品种	23
补充文献	25
第3章 水泥的水化	26
3.1 水化、凝结和硬化	26
3.2 硅酸盐水泥的水化	26

3.3	铝酸盐的水化	27
3.4	石膏在水泥凝结中的作用	27
3.5	硅酸盐的水化	29
3.6	氢氧化钙的作用	32
	补充文献	34
第4章	骨料	35
4.1	骨料的作用	35
4.2	骨料的选用准则	36
4.2.1	氯化物	36
4.2.2	硫酸盐	36
4.2.3	碱-活性硅	37
4.2.4	碱-碳酸盐反应	38
4.2.5	黏土和其他粉质材料	39
4.2.6	有机杂质	39
4.2.7	冰冻侵蚀	39
4.2.8	力学性能	39
4.3	骨料的级配	40
4.3.1	筛分分析	41
4.3.2	理想级配分布	43
4.3.3	骨料的最佳结合	45
4.4	骨料的含水率	48
4.5	骨料含水率对混凝土性能的影响	49
4.6	依据配合比设计,确定骨料用量	50
4.7	最大粒径和颗粒粒径分布对需水量的影响	52
4.8	用于高性能混凝土的骨料	53
4.9	特种骨料	53
	补充文献	54
第5章	水	55
5.1	水的作用	55
5.2	配合比设计的奥妙	55
5.2.1	Lyse 准则	55

5.2.2	Abrams 定则	57
5.2.3	需水量	58
5.3	用水量的现场调整	58
5.4	用水量现场调整的责任	59
	补充文献	60
第6章	新拌混凝土的工作性	61
6.1	工作性的重要性	61
6.2	工作性的选择	64
6.3	工作性好的混凝土给承包商带来的好处	64
6.4	结构的工作性和可靠性	65
6.5	密实度	67
6.6	试件和芯样的强度	68
6.7	工作性和密实度的补充	69
	补充文献	69
第7章	泌水与离析	70
7.1	泌水	70
7.2	水泥浆的泌水	70
7.2.1	泌水与水泥细度	71
7.2.2	泌水与矿物掺合料	72
7.2.3	泌水与化学外加剂	73
7.2.4	搅拌程序	73
7.3	砂浆的泌水	74
7.3.1	灌浆砂浆	74
7.3.2	开挖填充砂浆	74
7.4	混凝土的泌水	74
7.4.1	混凝土工业地板的泌水	75
7.4.2	泌水与钢筋-混凝土粘结	76
7.4.3	泌水与分层浇筑	77
7.4.4	泌水与过渡区	77
7.5	如何减小混凝土的泌水和离析	77
	补充文献	79

第8章 混凝土的孔隙率	80
8.1 混凝土中孔的类型	80
8.2 毛细管孔隙率与强度	82
8.3 毛细管孔隙率与弹性模量	84
8.4 毛细管孔隙率与渗透性	84
8.5 毛细管孔隙率与耐久性	85
补充文献	86
第9章 力学性能	87
9.1 强度	87
9.2 水泥浆的抗压强度	88
9.3 混凝土的抗压强度	88
9.3.1 新拌混凝土密实度对抗压强度的影响	90
9.3.2 养护温度对抗压强度的影响	91
9.4 特征强度	91
9.5 欧洲标准中的强度等级	95
9.6 抗折强度和抗拉强度	96
9.7 抗折强度和抗拉强度与抗压强度的关系	98
9.8 抗压强度与弹性模量的关系	98
补充文献	100
第10章 钢筋混凝土的劣化	101
10.1 劣化的起因	101
10.2 钢筋的锈蚀	105
10.2.1 碳化对锈蚀的加速作用	105
10.2.2 氯化物对锈蚀的加速作用	109
10.3 水泥浆引起的混凝土劣化	115
10.3.1 硫酸盐对水泥浆侵蚀引起的混凝土损伤	115
10.3.2 水泥浆浸出引起的混凝土损伤	119
10.3.3 冻融循环引起的混凝土损伤	120
10.3.4 物理作用引起的表面开裂	125
10.3.5 机械应力对表面混凝土的损害	125
10.4 碱-骨料反应	126

10.4.1 碱-硅反应	126
10.4.2 碱-碳酸盐反应	128
补充文献	129
第11章 混凝土的耐久性	130
11.1 暴露等级	130
11.2 暴露等级 XC:碳化	132
11.3 暴露等级 XD:除海水外的氯化物	133
11.4 暴露等级 XS:来自海水的氯化物引起的腐蚀	134
11.5 暴露等级 XF:冻融侵蚀	135
11.6 暴露等级 XA:化学侵蚀	137
11.7 获得长期耐久性的方法	139
11.7.1 钢筋的长期耐久性	139
11.7.2 XA3 暴露等级下的长期耐久性	142
补充文献	142
第12章 配合比设计	143
12.1 配合比设计的定义	143
12.2 拌合用水量与工作性、骨料类型和外加剂的关系	145
12.3 水灰比与强度和水泥品种的关系	146
12.4 水灰比和含气量与耐久性的关系	146
12.5 骨料搭配	148
补充文献	149
第13章 化学外加剂	150
13.1 化学外加剂的分类	150
13.2 促进剂	150
13.2.1 促凝剂	151
13.2.2 促硬剂	153
13.3 缓凝剂	153
13.4 引气剂	154
13.5 阻锈剂	155
13.6 碱-硅反应(ASR)抑制剂	155

13.7	憎水剂	156
13.8	黏度调节剂	158
13.9	减缩剂	159
13.10	减水剂	161
13.11	超塑化剂或高效减水剂	163
13.11.1	为什么高效减水剂重要	163
13.11.2	高效减水剂的发展	165
13.11.3	高效减水剂的作用机理	167
13.11.4	坍落度保持的进步	170
13.11.5	特种多功能高效减水剂	173
13.11.6	如何使用高效减水剂	177
	补充文献	179
第14章	温度与混凝土	181
14.1	温度的重要性	181
14.2	温度对混凝土强度发展的影响	181
14.3	温度对现场浇筑的影响	184
14.4	预制混凝土中的热处理	185
14.5	水化热与温度梯度	186
	补充文献	192
第15章	养护、干缩与开裂	193
15.1	混凝土养护的重要性	193
15.2	养护对混凝土强度的影响	195
15.3	养护对耐久性的影响	196
15.4	混凝土的收缩	197
15.5	塑性收缩	198
15.6	干缩	200
15.6.1	混凝土的标准干缩	202
15.6.2	混凝土结构干缩的预测	205
15.6.3	混凝土结构干缩预测实例	207
15.7	自收缩	209
	补充文献	210

第16章 混凝土的徐变	211
16.1 弹性应变、徐变与松弛	211
16.2 基本受压徐变和干燥徐变	213
16.3 混凝土结构受压徐变的预测	214
16.4 混凝土结构徐变的数值应用	217
补充文献	218
第17章 高强混凝土	219
17.1 高强混凝土与高性能混凝土	219
17.2 硅灰在高强混凝土中的作用	223
17.3 过渡区对强度的影响	225
17.4 致密小颗粒混凝土	227
17.5 活性粉末混凝土	229
补充文献	232
第18章 自密实混凝土	233
18.1 前言:自密实混凝土的前身	233
18.2 自密实混凝土的组成	236
18.3 自密实混凝土的流变性能测试	237
18.4 自密实混凝土和普通流态混凝土的组成	239
18.5 硬化自密实混凝土的性能	242
18.5.1 抗压强度	242
18.5.2 自密实混凝土中钢筋-混凝土粘结性能	243
18.5.3 自密实混凝土的干缩和徐变	244
18.6 自密实混凝土中新的原材料的作用	247
18.7 自密实混凝土的实际应用	250
18.7.1 装饰自密实混凝土	250
18.7.2 高强自密实混凝土	253
18.7.3 大体积自密实混凝土	255
18.7.4 预制轻自密实混凝土	258
18.7.5 没有湿养条件下的补偿收缩自密实混凝土	261
补充文献	263

第19章 结构轻混凝土	265
19.1 轻混凝土	265
19.2 罗马万神庙的轻混凝土	266
19.3 轻混凝土的分类	267
19.4 结构轻混凝土	268
19.5 结构预拌轻混凝土	269
补充文献	272
第20章 纤维增强混凝土	273
20.1 纤维增强混凝土的行为	273
20.2 纤维的种类	273
20.3 纤维增强混凝土的应用	273
20.3.1 聚合物微纤维的应用	276
20.3.2 聚合物大纤维的应用	276
20.3.3 不配钢丝网和不进行湿养的无裂缝混凝土地板	276
20.4 减小干缩的室内实验	277
20.5 不配钢丝网和不进行湿养的无裂缝混凝土现场实验	281
20.6 纤维增强混凝土的受拉行为	286
20.7 钢纤维增强混凝土的冲击强度	288
20.8 PVA 纤维的应用	290
补充文献	292
第21章 收缩补偿混凝土	293
21.1 膨胀剂	293
21.2 如何测试约束膨胀	294
21.3 试件膨胀与实际结构膨胀	297
21.4 膨胀剂的过去	298
21.5 过烧石灰膨胀剂与硫酸铝膨胀剂	298
21.6 过烧石灰膨胀剂	299
21.7 不进行湿养条件下,减缩剂与 CaO 结合的实际应用	301
第22章 喷射混凝土	307
22.1 定义	307

22.2	ACI 对正确应用喷射混凝土的推荐意见	307
22.2.1	现场浇筑喷射混凝土	308
22.2.2	基层与喷射混凝土的粘结性能	309
22.2.3	喷射混凝土中层面间的粘结	310
22.2.4	对配筋的填充密实行为	310
22.2.5	喷射混凝土的损失	311
22.3	喷射混凝土的组成	312
22.4	喷射混凝土的辅助材料	312
22.4.1	用于喷射混凝土的矿物掺合料	313
22.4.2	用于喷射混凝土的纤维	313
22.4.3	用于喷射混凝土的化学外加剂	314
22.5	高性能喷射混凝土	316
	补充文献	317
第23章	再生混凝土	318
23.1	简介	318
23.2	再生骨料的加工	320
23.3	再生骨料的性能	321
23.3.1	再生骨料的密度	321
23.3.2	吸水率	322
23.3.3	污染物质	322
23.4	新拌再生混凝土	324
23.5	硬化再生混凝土	324
	补充文献	325
第24章	混凝土的耐火性	326
24.1	耐火性	326
24.2	火灾中混凝土的行为	326
24.3	保护层对耐火性的影响	328
24.4	服役荷载对耐火性的影响	330
24.5	高强混凝土在火灾中的行为	331
24.6	金属纤维对耐火性的影响	332
24.7	聚合物纤维对耐火性的影响	332
	补充文献	333

第 25 章 混凝土的质量控制	334
25.1 前言	334
25.2 组成材料的技术要求	334
25.3 性能的技术要求	335
25.3.1 混凝土性能的技术要求	335
25.3.2 对承包商的要求	336
附件一 术语索引	339
附件二 作者索引	351

第1章 术语简介

1.1 范围

本章的目的是为读者提供混凝土 (Concrete)、原材料 (Raw Materials)、生产过程 (Production Process) 和主要性能 (Properties) 的定义背景和术语解释。

1.2 混凝土的组分

大体上, 混凝土由两相组成: 石头 (又称为骨料, Aggregate) 和水泥浆基体 (Cement Matrix), 水泥浆基体的主要作用是覆盖和联结骨料颗粒。骨料又至少含有两种组分: 砂 (Sand) 和砾石 (Gravel) 或碎石 (Crushed Stone)。水泥浆基体 (通常也称水泥浆, Cement Paste) 也是一样, 也含有两种组分, 即水 (Water) 和水泥 (Cement)。水泥有很多种类, 目前最主要的、使用最广泛的是硅酸盐水泥 (Portland Cement)。

硅酸盐水泥颗粒通常呈灰色, 通过一系列的工业过程生产而得, 包括制备生料、煅烧熟料 (Clinker) 和粉磨水泥三个主要阶段。图 1.1 是生产熟料的煅烧窑, 图 1.2 是磨细熟料的磨粉机。粉磨水泥时, 通常还加入少量 (4% ~ 8%) 的石膏 (Gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 或硫酸钙 (CaSO_4), 最后的产物称为硅酸盐水泥。水泥加水 (约 30%) 后形成的混合物即为水泥浆, 新拌水泥浆易于成型; 大约 1h 后开始失去塑性, 即凝结 (Setting); 随后硬化 (Hardening), 形成典型的天然岩石结构。如果不掺入石膏或硫酸钙, 磨细熟料将很快失去塑性, 发生闪凝 (Quick Setting), 以致难以在规定的时间完成现场施工。因此, 硫酸钙 (或石膏) 也被称为调凝剂。如果还有其他的原材料与熟料和调凝剂一同加入粉磨, 如天然火山灰材料 (Natural Pozzolan) 和一些工业副产品: 粉煤灰 (Coal Ash)、矿渣 (Blast Furnace Slag) 等, 则又可依据掺用材料的种类和掺量, 将它们分别称为复合硅酸盐水泥 (Blended Portland Cement)、火山灰质硅酸盐水泥 (Pozzolan Portland Cement)、矿渣硅酸盐水泥 (Slag Portland Cement) 及复合硅酸盐水泥 (Composite Portland Cement)。