

当代

CWCCCEAST

当代土木建筑科技丛书

主编 许溶烈

Collected Works in Contemporary Civil Engineering
and Architectural Science and Technology



近代混凝土技术

黄土元 蒋家奋 杨南如 周兆桐 等编著

陕西科学技术出版社

CWCCEAST

近代混凝土技术

黄土元 蒋家奋 杨南如 周兆桐 等编著



陕西科学技术出版社

985068

当代土木建筑科技丛书

近代混凝土技术

黄土元 蒋家奋 杨南如 周兆桐

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

新华书店经销 西北工业大学印刷厂印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 29 印张 5 插页 60 万字

1998 年 10 月第 1 版 1998 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1—5000

ISBN 7-5369-2819-X/TU · 91

定 价: 49.80 元

作者简介

(以姓氏笔画为序)

- 孙 伟 东南大学材料科学与工程系教授
- 杨南如 南京化工大学材料科学与工程学院教授
- 周兆桐 中国建筑东北设计院高级工程师
- 顾 玲 苏州混凝土水泥制品研究院高级工程师
- 谈慕华 同济大学材料科学与工程学院教授
- 黄士元 同济大学材料科学与工程学院教授
- 蒋家畚 苏州混凝土水泥制品研究院教授级高工

当代土木建筑科技丛书编委会

主 编：许溶烈

编 委：（以姓氏笔画为序）

丁大钧	丁士昭	丁金粟	毛朝屏
刘 季	刘大海	江见鲸	许溶烈
安 昆	李家宝	李 秀	付昌宁
何广乾	宋绍铭	严星华	杨嗣信
陈家辉	陈启高	陈祥福	陈寿梁
陈一诺	张 琬	张钦楠	张祖刚
罗祥麟	周兆桐	郑坤生	郑道宏
秦 荣	袁文伯	徐永基	徐正忠
徐培福	高渠清	梅占馨	韩大建
程庆国	程耿东	谢礼立	谢行皓
鲍家声	虞福京	魏 琰	

BB137 / 2

序

中华人民共和国建设部总工程师

许溶烈

经济建设必须依靠科学技术，科学技术也必须面向经济建设。建国以来，我国土木建筑理论和技术得到了空前的发展，兴建了很多有代表性的工程，如广东国际大厦、上海南浦大桥、大瑶山隧道、秦山核电站等。这些工程规模宏大、技术难度高，有的填补了我国空白，有的达到了国际先进水平，充分体现了我国当代土木建筑的科技水平。

为适应深化改革与发展现代化建设事业的需要，由国内著名专家、学者、教授和管理者共同倡议：以高度的时代责任感和献身精神组织编著、出版能够反映当代国内外土木建筑科技方面近年来新成就的系列丛书。经过广泛调查研究和征求意见，现决定编辑出版当代土木建筑科技丛书，英文译为：“Collected Works in Contemporary Civil Engineering and Architectural Science and Technology”。

序

这套丛书的指导思想是：贯彻“百花齐放、百家争鸣”的方针，坚持理论与实践相结合的原则，为土木建筑科技人员服务，为工程建设服务。丛书内容包括工程理论和工程实践。主要分为建筑学、工程结构、工程力学、基础工程、电脑应用、技术经济、地下工程、抗震防灾、城市规划、超高层建筑、大跨度空间结构和工程风险分析及有关交叉学科、边缘学科等方面的著作。

丛书编辑出版过程中，得到了国家建设部科技委以及有关司局、中国土木工程学会和中国建筑学会的领导和同志们的关心和支持。同时，也得到陕西省新闻出版局和陕西科学技术出版社的领导和同志们的关心和支持。在此我仅以编委会的名义向参与丛书编著、出版等工作单位的领导和专家致以衷心的感谢。

我期望本丛书的相继出版、发行，对广大读者会有所裨益，本丛书不足之处，敬请读者批评指正。

本书序

混凝土是当代最大宗的人造材料，也是最重要的建筑材料之一。1997年，我国水泥产量达5.1亿吨，占世界年产量的三分之一，可见我国混凝土用量之巨。所以，水泥混凝土在我国社会与经济发展中占据着重要的位置。

解放以来，我国混凝土科技从无到有，改革开放以来更有长足的进步。从事混凝土科研、设计、生产和应用的队伍不断扩大，优秀人才不断涌现，有些混凝土机构驰名中外，科研成果效益显著，更有不少论文著作问世。但是，在全国范围内，还有不少混凝土工程用材浪费，质量低下，甚至出现重大事故，带来巨大损失，重要原因之一是从业人员技术素养不高和责任心不强所致。

本书以混凝土材料学基础与混凝土技术新进展为主要内容，向从事混凝土材料设计、生产与施工的科技人员提供全面而系统的知识，是很有意义的。

参与本书编写工作的七位专家学者，从事混凝土科研、教学、设计、生产数十年，不仅有较高的学术水平，并且有丰富的实践经验，掌握着大量的国内外水泥混凝土的科技信息。因此本书能够理论联系实际，密切结合国情，涵盖面广又能突出重点，具有新颖性、实用性、可读性等优点，是精心之作，将对我国跨世纪基础设施建设与住宅建筑作出很大贡献。

中国工程院院士 吴中伟

1998年6月

前言

我国自改革开放以来，建筑工程和基础设施建设蓬勃发展，高楼大厦、机场、厂房、公路桥梁、水工结构如雨后春笋拔地而起。中国已成为世界上最大的“建设工地”。所有这些工程都离不开混凝土材料。我国每年生产多少混凝土，目前找不到确切的统计数据，我国水泥年产量已达 4.5 亿 t 以上，保守的估计，混凝土年产量也应在 4 亿~5 亿 m³。混凝土当今是最主要的建筑材料之一，而且由于与其他结构材料相比，混凝土具有原材料易得、使用面广、能耗低、使用寿命长等优点，将继续是主要的结构材料。

回顾近 20 年，水泥质量和标号的提高，各种外加剂的出现和混合材料的广泛使用大大推进了我国混凝土技术的发展。过去我国混凝土平均强度在 20 MPa 左右。现在 C 40 以上的混凝土已相当普遍地使用。商品混凝土、大流动性混凝土、泵送混凝土发展很快，现在我国泵送混凝土技术水平已很高，一次泵送高度可达 380 m 以上。混凝土耐久性问题越来越受到重视，一些高耐久性技术正在开发推广。工业废渣的利用、膨胀混凝土和收缩补偿混凝土、混凝土基复合材料（如钢纤维混凝土、钢管混凝土、聚合物混凝土等）等新材料、新技术都有长足的进展。

80 年代以来，在混凝土技术发展的同时，我国已有许多优秀的介绍各种混凝土新技术的专著问世，国外有关混凝土的教科书也已翻译出版。然而，我在实际工作中深深感到，我国还很需要以土建设计、施工人员为主要读者的综合性混凝土书籍，介绍材料学的基

前言

本知识和新的研究成果，以推动研究成果更好地转化为生产力。

混凝土作为一种大宗性的重要建筑材料，理应纳入材料科学的范畴。材料科学研究材料的组成、结构与其性能的关系，混凝土看起来是一种简单的常用材料，而且是一种传统的老材料，但它与金属、塑料，甚至玻璃陶瓷不同，它是一种多相、多孔、非常不匀质的材料，它的结构比匀质材料复杂得多。材料科学已进入分子、原子级的微观世界，而混凝土内既有大到 cm 级的集料，也有小到 μm 级的孔和水泥水化产物。实践表明，材料科学甚至水泥科学的一些基本理论往往不能直接用于混凝土材料，但材料科学的一些基本理论和概念、近代测试方法却对混凝土学科的发展起着指导和启迪的作用。

混凝土材料学归根结蒂是基于实验的一门学科。混凝土研究过去曾长期处于经验配方的阶段，因而进展较慢。现在材料科学的物理、化学和力学的近代知识和先进的精密测试方法已引入混凝土的研究，使混凝土材料学逐步建立在近代科学方法的基础上。因此把实验结果和感性经验提高到理论和科学的认识正是我们混凝土科技工作者的一项艰巨任务。

由于大量混凝土的试验研究是在实验室中考虑单一因素作用下进行的，而混凝土的使用环境和条件要复杂得多，混凝土结构既承受荷载，又受环境的物理、化学等多种因素的综合作用，实验室条件与工程实际的条件既有相同又有差异之处，所以混凝土材料学

前言

的理论和规律必须经实践检验才能指导设计和施工。

本书分两篇，第1篇是混凝土材料学基础。我们力图深入浅出地介绍混凝土材料学的一些基本理论和规律。在这一篇中，与一般混凝土教材一样，我们分章阐述了组成材料、新拌混凝土的性能、硬化混凝土的结构和力学性能。此外，我们认为水泥是混凝土的最主要和最活泼的组成材料，水泥的水化和水泥浆体结构与性能是学习和研究混凝土材料的基础。因此在第1章“水泥材料科学概论”中较扼要系统地讲述了水泥材料。混凝土耐久性问题是近20年来混凝土材料学中的研究热点，其对国民经济的社会效果和经济效益以及工程安全性的重要性越来越被人重视。所以在本书中占有较大的篇幅。

第2篇分章介绍在我国得到大量推广使用的较成熟的各种混凝土新技术的进展，包括高强和高性能混凝土、聚合物混凝土、膨胀混凝土、钢纤维混凝土、钢管混凝土、粉煤灰混凝土、冬季施工混凝土、水下不分散混凝土和真空脱水混凝土。

参加本书编写工作的同志有：杨南如（第1章）、蒋家奋（第2、5、6、8、12和15章）、黄士元（第3、4、7、13和14章）、周兆桐（第7章中7.9节和第10章）、谈慕华（第9章）、孙伟（第11章）和顾玲（第16章，经杨长友审校）；最后由黄士元总成。

我要特别感谢我国混凝土学的先驱者吴中伟院士的支持。他审

前言

阅了本书的编写大纲和某几个章节，提出了中肯的宝贵意见，在审阅了本书的清样后，也为本书作了序。

在编写过程中，我们力求与国际最新科技进展接轨，与此同时，我们注意介绍我国自己的较成熟的科研成果、资料 and 科技进展。我们力图把基本理论与实际应用结合得更好些。为此我们为本书的编成花费了精力和时间，但本书可能还没有很好和全面概括我国混凝土技术的发展水平，有些最新的科研成果由于种种原因还没有得到反映；某些混凝土的重要领域，如轻混凝土、非结构的纤维增强混凝土等尚未涉足。总之，不足之处在所难免，只能留待读者和专家指出和批评了。我深信并希望今后有更多更好的同类书籍出版问世。

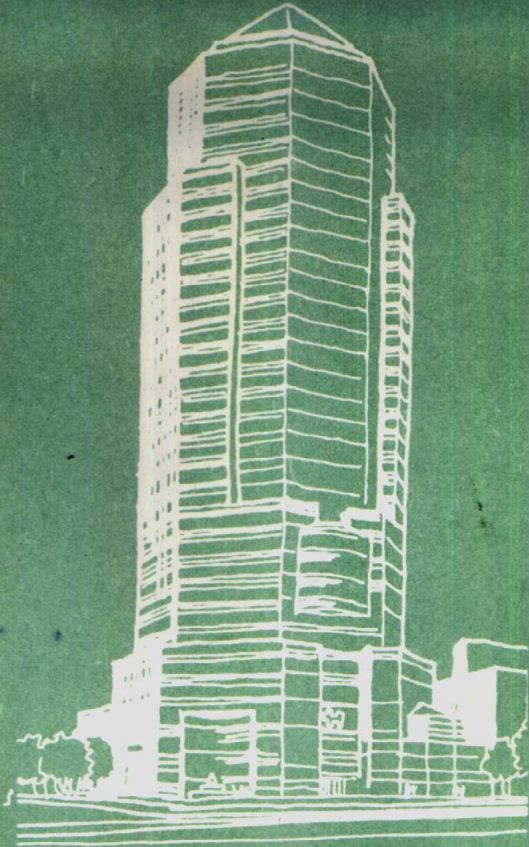
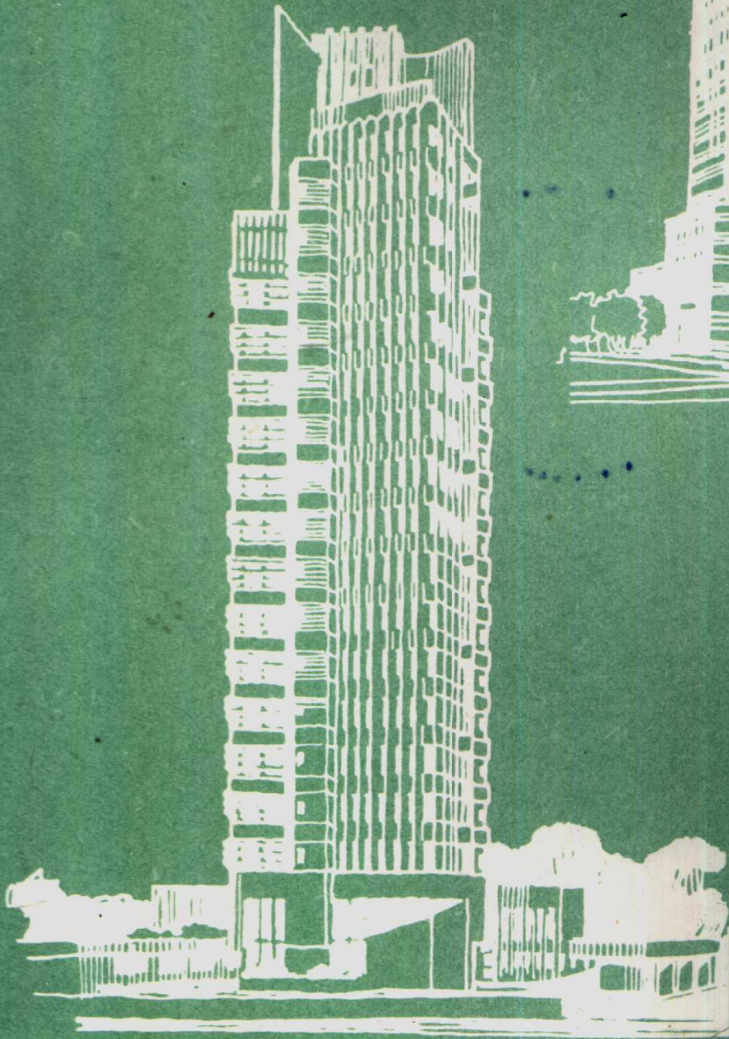
我们谨以此书献给土建设计、施工和材料工作者以及高等院校有关专业的教师和学生。

黄士元

1997 年 12 月于上海



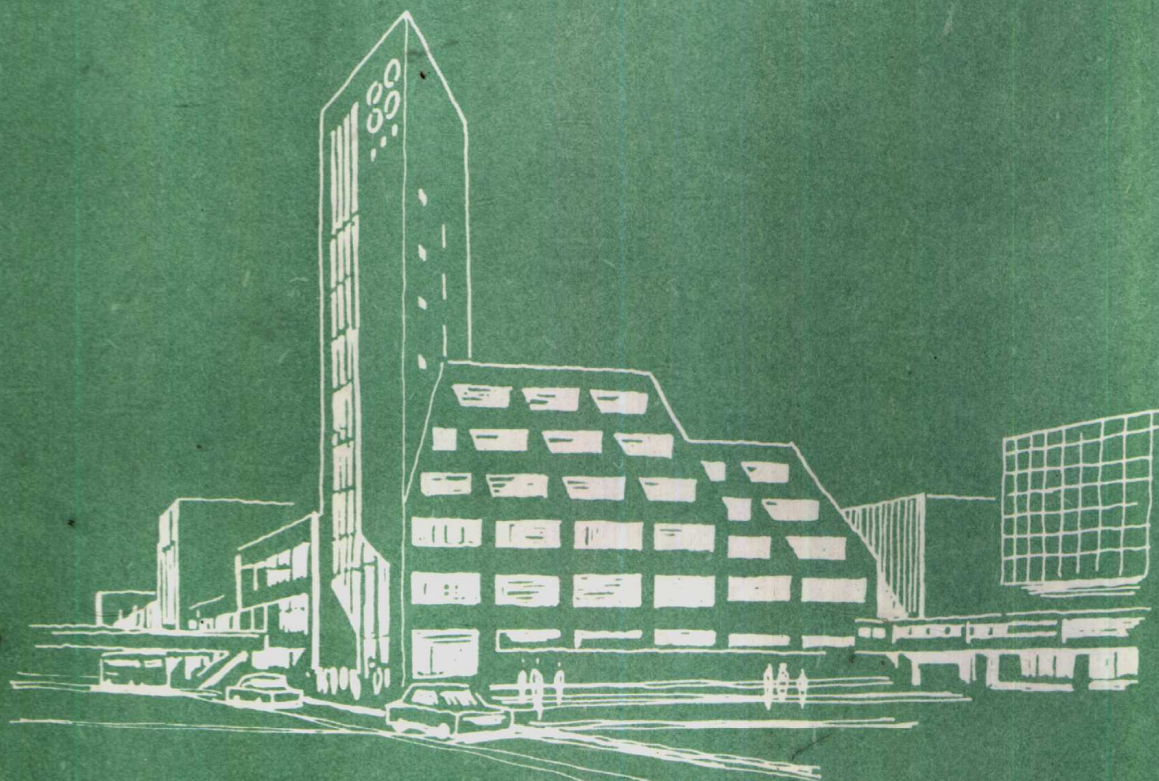
BB137/2



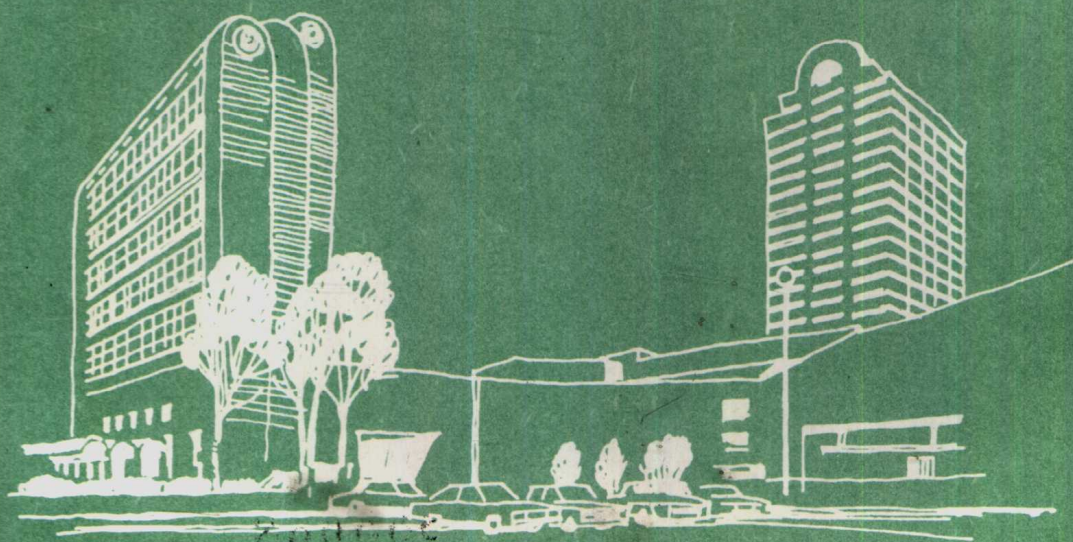
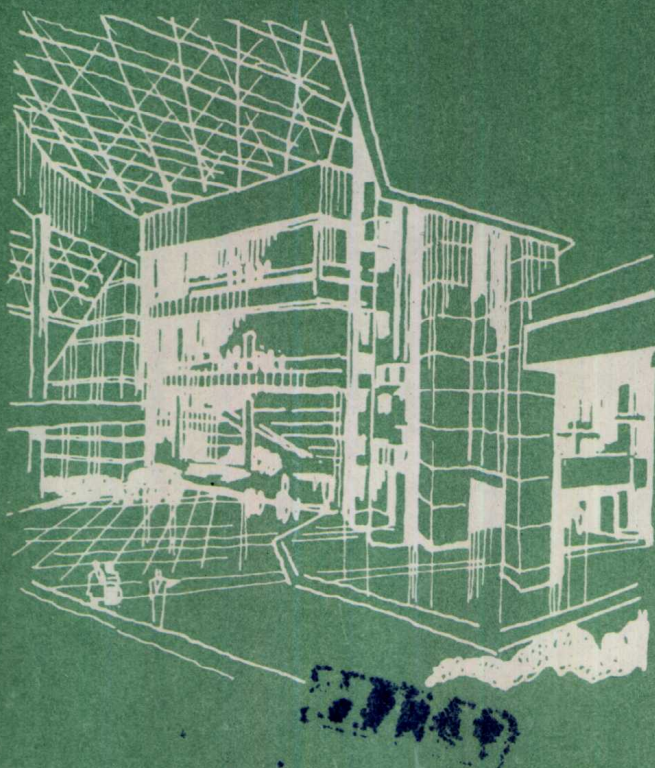


學參閱覽館

20003月15



885068



目录

第 1 篇	混凝土材料学基础	【 1 】
第 1 章	水泥材料学概论	【 1 】
1. 1	硅酸盐水泥的生产	【 2 】
1. 1. 1	硅酸盐水泥熟料的组成	【 2 】
1. 1. 2	硅酸盐水泥熟料矿物	【 4 】
1. 1. 3	生产水泥熟料的原料	【 6 】
1. 1. 4	水泥熟料的生产过程	【 7 】
1. 2	硅酸盐水泥的水化	【12】
1. 2. 1	水泥熟料单矿物的水化反应	【12】
1. 2. 2	硅酸盐水泥的水化	【17】
1. 3	硅酸盐水泥的性能和标准	【20】
1. 3. 1	凝结时间	【20】
1. 3. 2	水泥浆体的强度	【21】
1. 3. 3	水泥浆体的体积变化	【28】
1. 3. 4	水泥浆体的耐热性	【30】
1. 3. 5	水泥的标准	【31】
1. 4	硬化水泥浆体的结构	【32】
1. 4. 1	硬化水泥浆体结构的特点	【33】
1. 4. 2	硬化水泥浆体中的固相	【34】
1. 4. 3	水泥石中的液相	【39】
1. 4. 4	硬化水泥浆体的孔隙和孔结构	【39】
1. 4. 5	硬化水泥浆体结构与力学性能的关系	【42】
1. 4. 6	硬化水泥浆体的体积稳定性	【43】