工程材料与结构
Engineering Materials and Structures
2023 年第 02 卷第 03 期
Vol. 02, No. 03, 2023

《Nano-Engineered Cementitious Composites: Principles and Practices》书评

李晓民

（甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司，兰州 730010）

摘要：英文专著《Nano-Engineered Cementitious Composites: Principles and Practices》是纳米工程化水泥基复合材料领域的首部著作，由国际出版公司 Springer 出版，全书共 10 章，其中第一章系统介绍了纳米工程化水泥基复合材料的基本原理，包括水泥基复合材料的基本理论以及纳米工程化水泥基材料的原理；第二章全面总结了纳米工程化水泥基复合材料的研究进展，包括进展的总体介绍以及 23 种具体的纳米工程化水泥基材料的研究进展；第三章至第九章展示了该著作作者在纳米工程化水泥基复合材料领域的系统研究结果（包括碳纳米管、石墨烯、纳米氧化硅、纳米氧化钛、纳米氧化锆、纳米氮化硼、静电自组装碳纳米管-炭黑填料工程化水泥基复合材料）；第十章对纳米工程化水泥基复合材料的未来发展和挑战进行了深入分析。该著作可作为土木工程专业特别是水泥基复合材料与结构方向学生的学习教材或参考书，也可对纳米工程化水泥基复合材料以及纳米工程化复合材料领域的研究和工程人员提供指导和参考。

关键词：水泥基复合材料；纳米工程化；原理；实践；书评

DOI：10.48014/ems.20230723001

引用格式：李晓民 .《Nano-Engineered Cementitious Composites: Principles and Practices》书评[J]. 工程材料与结构，2023，2(3)：64-67.

《Nano-Engineered Cementitious Composites: Principles and Practices》[1]是大连理工大学的韩宝国教授、香港理工大学的丁思齐博士、大连理工大学的王佳亮博士，以及大连理工大学和哈尔滨工业大学的欧进萍教授撰写的纳米工程化水泥基复合材料领域首部英文专著。该著作由国际著名科技出版公司（全球第一大科技图书出版公司和第二大科技期刊出版公司）Springer 出版。

水泥基复合材料是以水泥为胶凝材料制备的一类复合材料，广义上包括不含骨料的水泥石、仅含细骨料的砂浆以及含有粗细骨料的混凝土。由于硅酸盐水泥性能优异且应用最为普遍，所以一般水泥基复合材料主要指硅酸盐水泥基复合材料。硅酸盐水泥基复合材料已成为人类文明在地球上有形足迹的最明显表现之一，其应用量大面广，是世界上用量最大的人造工程材料。相较于其他工程材料，水泥基复合材料的生产资源和能源消耗少、有害副产品少、环境损害小；同时因其高抗压和耐疲劳等优异的力学性能以及耐水和抗火等特性，应用水泥基复合材料建造的基础设施具有高安全和耐久性以及维护少等优点，因此水泥基复合材料是人类可持续发展的可靠选择且在可预见的未来仍不可代替。但水泥基复合材料的固有缺点和现有性能无法很好满足人类未来生存空间的建造和拓展，而且大量水泥基复合材料的生产和使用对资源、能源和环境影响巨大[2]。此外，水泥基复合材料

通讯作者　Corresponding author：李晓民，13919772255@139.com

收稿日期：2023-07-23；　**录用日期**：2023-08-01；　**发表日期**：2023-09-28

是由水泥水化相和骨料相组成的一个多相、多尺度复杂体系。虽然骨料相为毫米至厘米级,普通水泥本身的颗粒粒径通常在 7～200μm,但水泥水化相实际上为以水化硅酸钙(C-S-H)凝胶(几十个纳米)为主凝聚而成的初级纳米材料。因此,水泥基复合材料中存在纳米行为是其自然属性。另外,在水泥基复合材料发展过程中,科学界和工业界也一直在自发地应用纳米技术对水泥基复合材料内部的纳米行为进行操控以实现水泥基复合材料增强或改性,如纳米晶种的应用、矿物掺合料的使用、化学外加剂的使用等。所以,纳米科学与技术对于水泥基复合材料领域并不是新科学或新技术,只是在最近 20 年纳米技术的飞速发展,加深了人们对水泥基复合材料的纳米行为的理解,并丰富了纳米增强或改性水泥基复合材料的方法和手段,使纳米工程化水泥基复合材料领域的研究与应用达到一个非常活跃的时期。纳米工程化水泥基复合材料的内涵与外延的不断扩展(比如由最初复合纳米材料到现在主动应用纳米科学与技术理解和调控水泥基复合材料),而且新型纳米工程化水泥基复合材料不断出现并陆续应用于不同的工程领域。为推动纳米工程化水泥基复合材料的(超)高性能化以及多功能/智能化发展并促进水泥基复合材料建设相关基础设施的可持续发展,韩宝国教授、丁思齐博士、王佳亮博士以及欧进萍教授在近二十年研究的基础上,吸纳该领域全世界的核心研究成果,撰写了著作《Nano-Engineered Cementitious Composites: Principles and Practices》[1]。该英文专著第一章系统介绍了纳米工程化水泥基复合材料的基本原理(Basic principles of nano-engineered cementitious composites),包括:(1)水泥基复合材料的基本理论,主要涵盖:①水泥基复合材料组成总体介绍,组成包括水泥、水、骨料、化学外加剂、矿物外加剂、增强纤维、改性聚合物等,其中水泥重点介绍了制备、组成和细度,水化、凝结和硬化过程,胶凝过程及能力;②水泥基复合材料结构总体介绍,结构包括水泥石基体相、增强相和界面相的结构,重点介绍了水泥石基体相的结构特征(包括硬化水泥石的总体描述、硬化水泥石中的固相、硬化水泥石中的气相、硬化水泥石中的液相以及硬化水泥石结构与性能的关系,特别对硬化水泥石中四种固体相:C-S-H 凝胶、氢氧化钙、钙钒石/三硫型硫铝酸钙以及未水化水泥颗粒,并对水泥水化产物中最重要的 C-S-H 凝胶的化学组成、内部硅氧四面体聚合结构、形貌以及结构模型进行了系统总结);③水泥基复合材料科学与技术的层次观;(2)纳米工程化水泥基材料的原理,包括:①纳米科学与技术对水泥基复合材料的重要性;②纳米工程化水泥基复合材料的热力学和动力学基础(涵盖纳米材料基本原理和纳米工程化水泥基材料的热力学和动力学可行性分析);③纳米工程水泥基复合材料中纳米中心效应:Nano-core effect,主要从纳米效应(小尺寸和高比表面积)以及中心效应(改变水化/优化水化产物/增加 C-S-H 凝胶密实度、吸附、减少原生裂纹等本征效应,成核效应、填充和结合效应)两方面论证了纳米中心效应及其影响因素,还在此基础上特别介绍纳米核壳效应区及基于纳米中心效应和核壳效应区理解和调控水泥基复合材料结构与性能。第二章全面总结介绍了纳米工程化水泥基复合材料的研究进展(Current progress of nano-engineered cementitious composites),包括进展的总体介绍以及 23 种具体的纳米工程化水泥基材料的研究进展(纳米水泥工程化水泥基复合材料、纳米硅灰工程化水泥基复合材料、纳米粉煤灰工程化水泥基复合材料、纳米炭黑工程化水泥基复合材料、碳纳米管工程化水泥基复合材料、碳纳米纤维工程化水泥基复合材料、石墨烯工程化水泥基复合材料、纳米氧化硅工程化水泥基复合材料、纳米二氧化钛工程化水泥基复合材料、纳米氧化锆工程化水泥基复合材料、纳米氧化铝工程化水泥基复合材料、纳米氧化镁工程化水泥基、纳米氧化锌工程化水泥基复合材料、纳米二氧化锌工程化水泥基复合材料、纳米氧化铜工程化水泥基复合材料、纳米氧化铁工程化水泥基复合材料、纳米四氧化三铁工程化水泥基复合材料、纳米氧化铬工程化水泥基复合材料、纳米碳化硅工程化水泥基复合材料、纳米二碳化三钛工程化水泥基复合材料、纳米氮化硼工程化水泥基复合材料、纳米碳酸钙工程化水泥基复合材料、纳米硫酸钡工程化水泥基复合材料、纳米硅酸铝工程化水泥基复合材料、纳米铁氧体工程化水泥基复合材料、纳米水化硅酸钙晶种工程化水泥基复合材料、纳米黏土工程化水泥基复合材料、纳米钙钛矿工程

化水泥基复合材料、纳米纤维素工程化水泥基复合材料、纳米碳化蔗糖工程化水泥基复合材料、混杂纳米填料工程化水泥基复合材料、原位生长碳纳米管/碳纳米管纤维工程化水泥基复合材料及碳纳米管胶乳薄膜涂覆骨料工程化水泥基复合材料)。第三章至第九章展示了作者在纳米工程化水泥基复合材料领域的系统研究结果,包括第三章的碳纳米管工程化水泥基复合材料(Carbon nanotubes-engineered cementitious composites,主要包括流变行为、力学性能、输运特性、电学性能、感知性能以及工程应用案例)、第四章的石墨烯工程化水泥基复合材料(Graphene-engineered cementitious composites,主要包括流变行为、力学性能、耐久性以及功能/智能性能)、第五章的纳米氧化硅工程化水泥基复合材料(Nano SiO_2-engineered cementitious composites,主要包括流变行为、力学性能以及耐久性)、第六章的纳米氧化钛工程化水泥基复合材料(Nano TiO_2-engineered cementitious composites,主要包括流变行为、力学性能、耐久性以及电学性能)、第七章的纳米氧化锆工程化水泥基复合材料(Nano ZrO_2-engineered cementitious composites,主要包括力学性能、电学性能以及耐久性)、第八章的纳米氮化硼工程化水泥基复合材料(Nano BN-engineered cementitious composites,主要包括力学性能和耐久性)、第九章的静电自组装碳纳米管-炭黑填料工程化水泥基复合材料(Electrostatic self-assembled carbon nanotube/nano carbon black fillers-engineered cementitious composites,主要包括力学性能、电学性能、感知性能以及工程应用案例)。第十章对纳米工程化水泥基复合材料的未来发展和挑战(Future developments and challenges of nano-engineered cementitious composites,主要包括在设计、制备/加工、测试/表征/模拟、性能/机理/模型和应用等方面的挑战和应对策略,以及潜在的风险)进行了深入分析。

纳米只是一个尺度概念,但在纳米尺度内认识和改造自然会带来无尽的可能,所以纳米科学与技术已经引发了很多领域的技术革命,而且是一个无尽的前沿方向。作为纳米工程化复合材料领域的一个重要分支,纳米工程化水泥基复合材料已成为水泥基复合材料领域一个热点和前沿。因此,著作《Nano-Engineered Cementitious Composites:Principles and Practices》选题先进。另外,该著作不仅涵盖了纳米工程化水泥基复合材料的基本理论、相关技术以及工程应用,也包括其设计理论与方法、制备与加工、测试与表征、力学/耐久/功能/智能性能与调控方法、性能产生机理与本构模型、工程应用尝试/案例以及面临挑战与未来发展等。因此,该著作内容系统丰富并构建了纳米工程化水泥基复合材料的整体理论与实践框架。该著作不仅可以作为纳米工程化水泥基复合材料领域甚至水泥基复合材料领域的研究生或本科生教材,而且也可以为相关土木工程材料与结构科研工作者、工程技术人员、设计人员提供参考和启发。对于其他相关领域(如纳米工程化金属基、陶瓷基、高分子基复合材料)的研究和工程技术人员,该著作也具有较高的参考价值。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

参考文献(References)

[1] Han B,Ding S,Wang J,et al. Nano-Engineered Cementitious Composites:Principles and Practices [M]. Berlin:Springer,2019.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-7078-6

[2] 王欣悦,丁思齐,董素芬,等.混凝土可持续发展:应对碳排放引起气候变化危机[J].工程材料与结构,2022,1(1):1-14.
https://doi.org/10.48014/ems.20220728001

Book Review of *Nano-Engineered Cementitious Composites: Principles and Practices*

LI Xiaomin

(Gansu Province Transportation Planning, Survey and Design Institute Co. LTD, Lanzhou 730050, China)

Abstract: *Nano-Engineered Cementitious Composites: Principles and Practices*, published by the international publishing company Springer Nature Singapore Pte Ltd., is the first English monograph in the field of nano-engineered cementitious composites. The whole monograph contains 10 chapters. Chapter 1 systematically introduces the basic principles of nano-engineered cementitious composites, including the basic theory of cementitious composites and the principles of nano-engineered cementitious composites. Chapter 2 comprehensively summarizes the research progress of nano-engineered cementitious composites, including an overall introduction of the research advancements and progress on 23 specific nano-engineered cementitious composites. Chapters 3-9 present the results of the systematic research in the field of nano-engineered cementitious composites, namely carbon nanotubes-, graphene-, nano SiO_2-, nano TiO_2-, nano ZrO_2-, nano BN-, and electrostatic self-assembled carbon nanotube/nano carbon black fillers-engineered cementitious composites by the authors of this work. Chapter 10 provides an in-depth analysis of the future development and challenges of nano-engineered cementitious composites. This monograph can be used as a learning material or reference book for students majoring in civil engineering, especially those focusing on cementitious composites, and also as a guide and reference for researchers and engineers in the field of nano-engineered cementitious composites as well as nano-engineered composites.

Keywords: Cementitious composites; nano engineering; principles; practices; book review

DOI: 10.48014/ems.20230723001

Citation: LI Xiaomin. Book review of *Nano-Engineered Cementitious Composites: Principles and Practices* [J]. Engineering Materials and Structures, 2023, 2(3): 64-67.

Copyright © 2023 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).