

纳米工程水泥基材料：从水化调控到界面增强

叶家元¹, 侯鹏坤², 张文生¹

(1. 中国建筑材料科学研究总院有限公司, 北京 100024; 2. 济南大学材料科学与工程学院, 济南 250022)

关键词: 水泥基材料, 纳米改性, 水化调控, 界面增强

中图分类号: TU528 **文献标志码:** A **文章编号:** 0454-5648(2026)05-2715-01

水泥基材料使用量大、应用面广, 其性能提升与绿色低碳发展直接关系到建筑行业节能降碳和重大工程长期服役安全。在“双碳”战略背景下, 降低熟料用量、提高矿物掺合料反应活性、发展轻质高性能水泥基材料、延长结构服役寿命, 已成为水泥基材料领域的重要发展方向。然而, 低碳水泥基材料普遍存在早期反应活性不足、孔结构调控困难、界面过渡区薄弱、断裂韧性偏低等问题, 制约了其在工程中的高效利用与耐久服役。

近年来, 纳米材料凭借其小尺寸效应、表界面效应和成核诱导作用, 为水泥基材料低碳化与高性能化提供了新的技术途径。纳米二氧化硅、纳米硅酸钙晶核、水化硅酸钙/聚羧酸减水剂纳米复合材料及其他纳米填料, 可通过促进离子溶出、诱导水化产物成核、优化孔隙结构和改善界面过渡区, 实现水泥基材料从水化调控到界面增强的多尺度性能提升。因此, 纳米改性技术已成为水泥基材料性能调控的重要手段。

编者邀请了来自同济大学、新加坡国立大学、

武汉理工大学、大连理工大学、天津大学与中国铁道科学研究院等单位的专家学者, 针对纳米改性水泥基材料水化调控、界面增强和力学性能强化进行了介绍, 形成了本专题的主要内容框架。本专题包括 2 篇综述与 4 篇研究论文, 内容包括多种类纳米材料对气泡轻质混凝土稳定性、粉煤灰和偏高岭土早期性能、磷酸镁水泥与硅酸盐水泥界面和海底隧道盾构管片混凝土的断裂性能的研究进展。这些研究既立足我国水泥基材料绿色低碳转型与重大基础设施耐久服役的工程需求, 又接轨纳米改性胶凝材料水化调控、界面设计与多尺度性能提升的国际研究前沿, 呈现了纳米材料在低碳水泥基材料早期反应激发、孔结构优化、界面过渡区致密化和断裂韧性提升等方面的最新进展, 为低碳水泥基材料的进一步发展提供了技术参考。

衷心感谢各位作者、审稿专家和编辑对本专题的奉献。由于专题篇幅所限, 本专题仅涉及纳米改性低碳水泥基材料领域的部分研究成果, 疏漏与不足之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

Nano-Engineered Cementitious Materials: From Hydration Control to Interfacial Enhancement

YE Jiayuan¹, HOU Pengkun², ZHANG Wensheng¹

(1. China Building Materials Academy, Beijing 100024, China; 2. School of Materials Science and Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China)

Keywords: cementitious materials; nano-modification; hydration control; interfacial enhancement