

成果名称:	基于微观调控的环境友好水泥基复合材料增强增韧方法及机理研究
登记日期:	2020-06-12
完成单位:	华南农业大学,同济大学,香港科技大学,武汉大学,深圳大学,上海交通大学,汕头大学
完成人员:	李庚英,李好新,余靖,汤盛文,李伟文,陈兵,梁坚凝
研究起止日期:	2001-01-01至2018-05-31
主要应用行业:	建筑业
社会经济目标:	基础设施以及城市和农村规划
评价单位:	华南农业大学学术委员会
评价日期:	2020-05-16
成果简介:	水泥基复合材料是目前最常用的建筑材料，其安全性和可靠性至关重要，一旦出事，将会造成巨大的经济损失和人员伤亡。同时，水泥用量巨大，造成严重的环境污染和资源浪费。在国家自然科学基金《高性能碳纳米管-水泥基机敏材料的构筑及性能研究（51378303）》和蔡磺酸盐甲醛缩合物毒害物质在水泥混凝土中渗出及稳定驻留机理（51578412）》以及广东省自然科学基金面上项目《基于界面化学作用力的废弃水泥混凝土高效利用研究（S2013010011951）》和《一种改善碳纳米管水泥基亚敏材料性能的方法及作用机理（S2011010005199）》的资助下，经过十多年持续研究，发现了符合结晶学原理的工业废渣活性激化的非均相成核机制，获得了基于界面化学作用力和形态效应的增强增韧方法，设计了微纳观结构动态测试体系，构筑了多界面微细观结构模型，揭示了裂缝扩展过程中断裂能平衡原理是水泥基复合材料形成多缝开裂与应变硬化特性的核心基础，建立了基于粘滞裂纹模型结合微观力学和断裂力学设计高韧性材料的科学方法和工作理论，为制备高强、高韧化环境友好水泥基复合材料奠定了理论基础。主要科学发现点为：①构建了符合结晶学原理的工业废渣活性激化的非均相成核机制，构筑了基于界面化学作用力、形态效应和表面效应的增强增韧方法，获得了高掺量环境友好水泥基复合材料，实现了贝灰、粉煤灰、废弃橡胶、滤泥和废弃红砖等工业固体废渣资源化利用。②揭示了水泥基复合材料界面裂缝扩展的基本规律，探索出裂缝粘聚力是脆性材料增韧的关键因素，建立了将裂缝粘聚力和等效裂缝相结合的微观力学设计模型，构筑了一种新的环境友好超高韧性水泥基材料，废渣掺量可达80%，拉伸变形能力是普通混凝土的300-700倍，并实现了工程应用。③发明了水泥基材料水化特征的微纳观结构动态测试新体系，提出了划分水泥水化阶段划分的新理论，揭示了水化诱导期的水化产物消耗离子、破坏平衡、引发新离子进入溶液的动态平衡本质，利用频率渗透理论和分形公式，实时监控了水泥水化微观结构变化和传输性能普遍对应关系。④建立了水泥混凝土构件受弯裂缝底部界面剪应力集中导致的脱粘剥离机理和微结构模型，提出了微细结构控裂功能梯度复合结构概念和设计理论。该成果为揭示工业废渣激活机制、水泥水化微结构特征、复合材料界面耦合效应和水泥基材料开裂机理提供了理论依据和分析方法，为制备高强高韧环境友好水泥基复合材料奠定了理论基础。研制的高韧性环境友好水泥基新材料可大幅提升结构安全性和耐久性并显著降低造价。该成果共发表相关论文42篇，总影响因子205.8，SCI总引1906次。其中10篇代表性论文发表在该领域权威期刊Cement and concrete research, Journal of cleaner production, Cement and concrete composites, Construction and building materials, ASCE-Journal of materials in civil engineering和《硅酸盐学报》期刊上，总影响因子54.5，最高影响因子为7.395，SCI总引411次，SCI他引358次，总他引377次。另外，该成果还获得美国授权发明专利1件，国家授权专利7件。获得了麻省理工学院、密西根理工大学、麦克马斯特大学、赫瑞瓦特大学、东南大学、同济大学和天津大学等的专家学者广泛引用和高度评价。认为环境友好水泥基高韧性材料不但节约了资源能源还具有优良的抗裂性能和耐久性能，可广泛用于承受频繁冲击荷载和化学离子腐蚀的严酷环境混凝土结构中。该成果可以实现土木工程材料的可持续发展目标，避免因为混凝土结构突然失效而造成的经济损失和人员伤亡，具有显著的经济效益和社会效益。并且该成果工艺简单、造价低，应用前景广阔。