

2016 年度“江苏力学科学技术奖”获奖结果公示

根据江苏省力学学会“关于 2016 年度江苏力学科学技术奖推荐工作的通知”（苏力字[2016]005 号）的文件精神，经申报和推荐、专家组评审、奖励委员会审核、讨论、通过，评选结果公示如下：

项目名称：现代工程材料多尺度力学的高性能仿真技术

获奖等级：一等奖

主要完成人：苟晓凡，许文祥，傅卓佳，薛峰，姜全国，殷德顺，孙甲鹏

完成单位：河海大学

项目及成果简介

该项目属于计算力学与计算材料学的交叉学科。

现代工程材料力学性能的跨尺度定量分析是力学、材料和物理等学科共同关注的前沿领域，该领域面临的瓶颈问题是缺少对材料微结构高效定量的表征技术，从而直接影响到对多尺度力学性能与材料结构关联的内在机理认识。在五个国家自然科学基金项目的有力支持下，项目团队紧密围绕计算材料力学领域中的难点问题开展研究，取得了一套完全具有国内自主知识产权的创新成果：

1. 发明了复杂几何拓扑集料周围界面体积分数的计算方法，首次实现了多种工程材料内部界面的定量表征，揭示了粒子拓扑几何对界面微结构演化的机理。克服了水泥基、陶瓷基、聚合物基等现代工程材料界面微结构信息难以定量提取的技术难题。得到了美国物理学会、工业与应用数学学会和力学工程学会三料会士、普林斯顿大学 Salvatore Torquato 教授的高度评价：“The RSA packing process in the first three space dimensions has been used to model... by Xu et al.”（许等首次使用了 RSA 堆积过程模拟）。

2. 构建了现代工程材料传输性能的多尺度模型，发现了材料宏观裂纹尖端电流奇异性以及低维材料导电性能的尺度依赖性。建立了材料微结构与电、磁、热等传输性能的多尺度关联模型，揭示了界面微结构信息驱动下的传输行为内在机理。得到了美国 NIST Edward J. Garboczi 教授的肯定：“The volume fraction of the interfacial ... can be a significant contributor to macroscopic physical properties...”（许等在界面微结构与宏观性能耦合上做出了重要贡献）。

3. 发展了一种高性能仿真技术，实现了工程材料电、磁、热等传输行为的高效模拟，研发了模拟相关传输行为的计算软件包。克服了传统数值模拟方法效率低、难并行等技术难点。得到了包括斯洛伐克科学院院士 J. Sladek 教授，香港城市大学 K. M. Liew 教授等 10 余个国家和地区研究学者的积极评价。开发的计算软件包已被瑞士苏黎世联邦理工学院 Paolo Ermanni 教授等应用，其研究成果发表在著名期刊 Composites Part A (2013 47: 1)。

本项目 20 篇主要 SCI 论文发表在 ACS Appl. Mater. Interfaces、Sci. Rep.、J. Mater. Chem. C、Scripta Mater.、J. Appl. Phys. 等国际著名期刊上，被 SCI 引用 207 次，单篇最高 SCI 引用 41 次。本项目相关的理论、方法和结果得到了国内外同行的积极评价和后续研究，也已被国内外同行采用或作为其研究的基础或典型算例。澳大利亚科学院院士 Aibing Yu 评价

本项目开发的椭圆接触方法为“优化高效的检测算法”；第一完成人获得 IEEE 应用超导委员会授予的“The 2007 Van Duzer Prize”，这是我国学者首次获该项国际学术奖励。成果引领了现代工程材料多尺度力学分析新方向的快速发展。

项目名称：云空化内部微泡群流动结构及演化规律研究

获奖等级：一等奖

主要完成人：彭晓星、徐良浩、曹彦涛、张国平、刘登成、郑巢生、陆林章、赵文峰

完成单位：中国船舶重工集团公司第七〇二研究所

项目及成果简介：

长期以来空化流及空化机理的研究，吸引着大批的研究机构和研究人员，在空化理论和空化模拟方面取得很大的进展，但对不同空化类型的认识程度仍然存在很大的差异。其中云空化机理的研究还很不足，基本处在起步阶段，且主要工作集中在云空化形成机理方面，对云空化内部结构知之甚少。本项目的研究目的就是利用高速摄像和 PIV 等现代流场测试、空化观测手段，结合理论分析与快速发展的 CFD 技术，探索和研究云空化内部微泡群的流动结构及演化过程，从而为建立起云空化演化及其溃灭的分析模型，预报空蚀风险率提供基础和手段。

项目采用先进的试验测量手段和大量的试验观察和测量，并辅以数值模拟，揭示了大尺度云空化的发生和发展机理，特别是获得了对云空化演化过程中 U 型涡流动特征的新认识，对舰船螺旋桨和其他水力机械中云空化的控制具有明确的指导意义。主要技术特点及指标包括：

1) 建立了基于大涡模拟和质量输运空化模型的空化流动数值分析方法，得到的空泡形态与试验结果一致。

2) 建立了基于多方位高速摄像的云空化观测技术，国际上首次捕获了云空化的 U 型涡结构图像。

3) 首次采用自行开发的激光干涉成像测核技术，成功用于云空化内微泡的数目和尺寸的测量，证实了云空化由微气泡组成（图 2）。

4) 揭示了从片空化失稳后形成云空化的演化过程，发现了云空化演化过程中出现 U 型涡结构的规律。

5) 发表论文 20 余篇，其中 SCI 收录 6 篇，EI 收录 4 篇。

项目成果对大尺度云空化的产生机理做了更深入的阐释，加深了对云空化产生机理的认识。同时对云空化的演化机制给出了清晰的解释，并通过试验结果和数值模拟结果详细分析了云空化演化的结构及成因，为云空化的控制利用奠定了理论基础。此外，本研究在测试技术方面，尝试了高速摄影多方位同步观察云空化演化过程，并利用自主研发的激光干涉成像测核技术测量云空化内部气核分布，为云空化的研究提供了有力的技术手段。

项目成果已在清华大学水力机械研究所相关项目中获得应用。在理论方面，对云空化物理建模及空蚀、噪声预报等具有广阔的应用前景。在应用领域，可对发生在水泵、水轮机等其他水力机械中由云空化引起的空蚀进行有效抑制，从而产生巨大的经济效益。对舰船螺旋桨而

言，云空化不仅是空蚀源，也是振动和噪声源，本研究成果关于云空化演化规律的认识将为改善舰船声隐身性能提供技术基础，对提高我国海军的战斗力具有重要的应用前景。

项目名称：高温作用下岩层介质的损伤演化及破裂机理研究

获奖等级：优秀成果奖

主要完成人：张连英，李明，刘瑞雪，李雁，雷蕾，李兵，仇培涛

完成单位：徐州工程学院

项目及成果简介：

应用领域：处理高温环境下的岩石工程问题已成为岩石力学发展的新方向。高放射性核废料的地层深埋处置、地热资源的开发、大都市圈的大深度地下空间开发利用、石油的三次开采、煤炭地下气化及贮存及火灾后重要建筑物保护与修复等工程问题，都需要考虑岩石在高温作用下岩层介质的损伤演化及破裂机理，其相关的力学参数是岩石地下工程开挖、支护设计、围岩稳定性分析的基本依据。

技术原理：利用 MTS810 电液伺服材料试验系统以及与之配套的高温炉 MTS652.02 对高温作用下岩石进行不同加载速率下单轴压缩实验及常温、700℃温度作用下单轴蠕变实验，分析了温度对岩石物理力学性质和蠕变特性的影响，以及高温状态下加载速率对岩石物理力学性质的影响。运用电镜扫描、X 衍射分析等实验手段分析了温度对岩石力学性质和行为的影响，并研究了其微观力学机制。运用损伤力学、统计强度理论、粘弹性理论和热力学理论，探讨了岩石在高温状态和不同加载速率下的损伤演化、损伤本构及蠕变特征。

本研究对组成岩层的主要种类岩样砂岩、泥岩、石灰岩、大理岩进行不同温度和加载速率下其基本力学性能及高温蠕变特性的系统测试，并对岩样损伤演化及破坏机理进行系统研究。取得主要成果如下：

(1) 系统测定了常温至 800℃高温条件下泥岩、砂岩、大理岩、石灰岩试样的全应力-应变曲线，分析得到了岩样的弹性模量、峰值强度、峰值应变、软化模量等随温度的变化规律，并给出了加载速率对泥岩力学性能的影响，揭示了泥岩随温度升高和加载速率增加的脆延转化特性。

(2) 基于泥岩试样断口的电镜扫描和 X 射线衍射分析试验，给出了高温作用下泥岩试样组分结构的变化特征、影响泥岩力学性能的组分因素、试样断口处裂纹的形态及发育变化特征。结果表明，高温作用下泥岩试样的组分与物相变化是导致岩样断口处裂隙的扩展、

闭合、晶界破裂形式差异的重要原因，从而呈现了不同温度段泥岩宏观力学性能的变化特征。有效地揭示了高温作用下泥岩宏观破裂特征的微观机制。

(3) 依据岩石损伤力学与统计强度理论，结合高温作用下泥岩的力学性能，构建了考虑温度及应变率效应的岩石损伤演化方程和本构模型，并针对所测泥岩岩样的力学特性，给出了相应的损伤本构方程具体参数，本构模型与试验结果具有很好的印证性。

(4) 通过对常温及高温（700℃）作用下泥岩的分级加载蠕变试验，得到了相应的蠕变曲线，给出了泥岩的蠕变经验方程，并初步建立了考虑温度效应的泥岩蠕变本构模型，包括：

泥岩的蠕变方程、卸载方程和松弛方程。

公示期为 2016 年 4 月 27 日至 5 月 3 日。在公示期内,如对获奖项目有异议,请向江苏省力学学会秘书处反映。联系人为江苏省力学学会邬萱,南京西康路 1 号,邮编:210098;电话:025—83786951(可以传真);电子信箱:jslxxh@163.com)。公示期后,不再受理。

