2020年度“江苏省力学学会科学技术奖”评选结果公示

根据江苏省力学学会“关于2020年度江苏省力学学会科学技术奖推荐（提名）工作的通知”（苏力字[2019]023号）的文件精神，经提名和推荐、专家评审、奖励委员会审核、讨论、通过，评选结果公示如下：

项目名称： 多功能超轻多孔结构跨尺度设计理论及其应用

获奖等级： 特等奖

主要完成人： 卢天健、沈承、倪长也、刘桂武、何思渊、张钱城、辛锋先、徐峰、金峰、韩宾、林敏、赵振宇

完成单位： 南京航空航天大学、江苏大学、东南大学、西安交通大学

项目简介：

结构的轻量化是机械、航空、航天、航海等领域的重要发展方向，而多功能一体化是实现结构轻量化的重要途径，如何设计并构建具有高效承载、吸能、吸声、散热、流动传质等多样化特殊功能的高孔隙率多孔结构成为相关研究的挑战性难题，其核心瓶颈问题包括：重大目标需求牵引下的孔隙构型选择和设计、跨尺度多物理性能表征、多功能一体化构建和制备工艺等。该项目在973、863、基金重点、111、江苏省基金等项目支持下，创建了尺度效应和孔形貌影响下随机/规则多孔金属结构的力/热/声/流动传质理论，提出了以泡沫、蜂窝、陶瓷、液体等异材填充规则点阵骨架空隙构建混杂多孔结构的新概念并建立了其多功能轻量化设计理论、制备技术和性能表征方法，为我国在该前沿领域的基础理论、整体技术和工程化应用取得国际领先成果做出了突出贡献。主要创新成果如下：

1、创建了尺度效应和孔形貌影响下随机/规则多孔结构的力/热/声理论体系，攻克了不同服役条件下孔径和孔形貌的优化设计难题，解决了重点工程急需。发现随机多孔结构的吸能、散热、吸声、流动传质等特殊性能对孔隙缺陷不敏感但其承载能力受到孔隙缺陷的严重制约， 提出不含孔隙缺陷、兼具承载和功能双重特性的多样化规则多孔结构，解决了特殊服役条件下孔隙构型选择和多尺度优化设计的瓶颈问题。成果被评价为“非常少有的”“考虑孔隙构型” 的“开拓性工作”；以项目负责人命名的立方胞元模型（Lu et al.’s cubic cell model）被收入英国两院院士、剑桥大学Ashby教授的专著《泡沫金属设计手册》。

2、提出以泡沫和陶瓷等异材填充金属点阵构建混杂多孔结构的新概念，开辟了结构轻质-承载-多功能一体化设计新途径，成功应用于新型舰船等重点型号工程。创建了混杂多孔结构的力热耦合、流固耦合及声振耦合动力学理论，提出了不同材质/组分的功能互补和界面约束原则及多功能一体化设计方法，实现了传统密实材料难以达到的强度与延韧性的兼顾，攻克了空间和重量严格约束下实现高效承载吸能的难题。美国国防科学研究委员会主席Wadley院士评价该成果“混杂结构可调整冲击碎片的空间分布”，“为冲击防护提供了令人关注的机会”；

国际力学大师Reddy院士评价称该发现点“系统研究了混杂三明治结构的侵彻极限速度、能量吸收与破坏机理”；波兰光复勋章获得者Niezgoda教授评价该成果“具有光明前途”。

3、揭示了流速和孔形貌对水凝胶和试纸等含液多孔柔性材料力热电宏观性能的影响规律，创建了相应的跨尺度多场耦合理论，成功构建了基于含液多孔柔性材料的检测芯片。系统考虑流动速度、物质浓度、孔隙率、孔形貌对流动传质特性的影响，创建了多孔介质内液体流动输运的跨尺度动力学模型，构建了其多物理性能优化设计体系，指导开发了纸基和硅基等多孔检测芯片，解决了检测设备的轻量化、低成本、超灵敏快速检测等难题，被国际权威专家和同行评价为“简单易用”、“廉价，携带方便”、“具有可处理多种流体的能力”；美国三院院士Whitesides教授评价该成果“对资源匮乏下的生物检测具有重要意义”。

该项目成果出版了多孔结构声振耦合领域的第一本专著及规则多孔结构流动传质领域的第一本专著。20篇代表作中1篇入选“中国百篇最具影响国际学术论文”，1篇入选“中国百篇最具影响国内学术论文”，1篇入选中国科协优秀科技论文，2篇入选 ESI，谷歌总计被引用1924 次，其中SCI他引920次。开拓性研究成果被系统应用，效果显著，填补了多项空白：随机多孔金属成功应用于载人飞船着落缓冲、特种型号导弹抗高冲击过载等关键工程；基于规则多孔结构，牵头开展了我国新一代航母关键装备的轻量化设计，减重效果显著；异材填充金属点阵新型防护结构成功应用于新型舰船等重点工程并被列入我国首部舰用装甲材料型谱，部分产品出口东南亚。项目负责人当选国际力学界最高组织 IUTAM 的理事及固体力学学科评议组成员，任《力学学报（英文版）》主编和《应用数学与力学》主编；项目完成人举办相关国际国内学术会议6次、受邀做国际学术大会特邀报告30余次；培养杰青1人、优青2人、全国百篇优博提名1人。

项目名称： 海洋环境水运工程侵蚀防治关键技术及应用

获奖等级： 一等奖

主要完成人： 蒋林华、储洪强、徐宁、李保松、蒋俣、聂志虎、金鸣、沙益春

完成单位： 河海大学、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、苏州禄丰检测科技有限公司、浙江舟山奔腾建材制品有限公司、南京益珑信息科技有限公司

项目简介：

确保复杂环境重大工程的耐久性是现代工程结构面临的重大挑战。研发侵蚀防治新技术，提高海洋环境水运工程服役寿命是“一带一路”倡议和沿海开发等重大战略需求。本项目针对海洋环境水运工程结构受到的复杂侵蚀作用，创建侵蚀防治理论方法体系，构建“隔、阻、缓、修” 防护系统，在新技术的工艺、材料和装备方面取得重大创新性突破：

大掺量矿物掺合料关键技术。研发了激发稳定剂，制备的大掺量矿物掺合料混凝土的氯离子扩散系数可降低20%以上、钢筋腐蚀临界氯离子浓度可提高30%以上，建立了基于等效时

间的氯离子及其它侵蚀离子浓度分布的数学模型和基于EIS的混凝土冻融损伤评价方法及冻融损伤深度预测模型，发展了复杂海洋环境下水运工程混凝土耐久寿命预测理论和方法。

环境友好抗侵蚀外加剂技术：开发了非亚硝酸盐钢筋阻锈剂、植物型钢筋阻锈剂、生物型阻锈剂等系列外加剂，植物型钢筋阻锈剂的阻锈效率可达93%以上，探明了环境友好抗侵蚀外加剂对混凝土中氯离子结合与释放、钢筋腐蚀临界氯离子浓度和腐蚀速率的影响规律，揭示了环境友好抗侵蚀外加剂的抗侵蚀机理，建立了基于有效抗侵蚀外加剂浓度的改进氯离子结合等温线。

电化学脱盐与修复技术：首创脉冲电化学脱盐方法，脱盐效率高达70%、比直流电化学脱盐效率高10%～25%、钢筋与混凝土的握裹力损失降低36%以上，揭示了氯盐-硫酸盐共存条件下电流作用对结合氯离子稳定性的影响规律和失稳机理，提出了氯盐-硫酸盐共存条件下混凝土中氯离子含量的测定方法；发明了脉冲电沉积修复混凝土裂缝的方法和装置，揭示了电沉积工艺参数及钢筋-混凝土技术参数对裂缝愈合效果、沉积物的组成与结构、钢筋-混凝土体系的电化学特征的影响规律，探明了电沉积处理对混凝土微结构的影响机理；首次提出了电解池-扩散-电化学综合方法，研发了无需硫酸铜介质的钢筋锈蚀量化智能检测与评估系统，实现了钢筋锈蚀程度、发展速率的完全非破损检测。

长效防护涂层技术：发明了海洋钢结构长效防护多层环氧重防腐涂层及制备方法，探明了多层涂层的协同长效防护机制；提出了基于多羧基螯合作用的锈蚀转化、吸收表面带锈涂装方法， 通过环氧树脂接枝多羧基和异氰酸酯接枝聚苯胺，发明了用于金属表面处理的聚苯胺改性多羧基环氧树脂基料，提升了涂层在潮湿、带锈基材表面的施工性能和结合力。

项目发表论文139 篇（SCI收录65篇、EI收录17篇），授权国家发明专利 11 项、计算机软件著作权7项、实用新型专利3项，制定、参编标准4项，主编、参编专著教材4部（主编3部）。成果已在恒逸文莱炼化一体化码头、上海孚宝化工品码头、天津港等海内外重大工程中成功应用，满足了提高海洋环境水运工程服役寿命的重大战略需求，推动了我国水运工程行业的自主创新与技术进步。近两年新增销售额 9.91亿元，新增利润2.29亿元，取得了显著社会、经济效益。

项目名称： 现代混凝土结构全寿命周期裂缝诊治成套技术

获奖等级： 一等奖

主要完成人： 沈德建、吴胜兴、刘琳、唐永圣、赵海涛、张今阳、袁娇娇、李明、李成才、康家诚、刘慈、冯志卓

完成单位： 河海大学

项目简介：

在水利、土木工程中，全寿命周期内混凝土结构性能的衰退直到最终退出工作均与混凝土裂缝有关，是目前普遍关心的热点和难点问题。混凝土结构在早龄期由于水泥水化热，在

运行期由于钢筋锈蚀和冻融作用，都易出现裂缝。因此，从重大工程全寿命角度看，只有将寿命周期内各主要环节中混凝土结构开裂的机理研究透彻，才能提出修复和预防措施。

该项目在国家自然科学基金、水利部公益性行业专项科研经费项目、国家科技支撑计划项目等课题的支持下，开展产、学、研、用协同攻关，在现代钢筋混凝土结构裂缝诊治成套技术等方面取得了突破性进展，形成主要创新成果如下：

1、提出了混凝土早龄期抗裂性能和运行期冻融及锈蚀开裂的测试和评估技术。发明了钢筋锈蚀量的测试装置和方法及混凝土与钢筋动态粘结性能测定方法。开发了混凝土早龄期热学、力学和变形参数的测试方法和装置。构建了采用残余应力和抗拉强度比值预测开裂时间的方法和采用降温时拉应力发展速率和降温时间的比值来评价抗裂性能的方法。研发了长标距型光纤传感器和自传感纤维复合材料的设计方法和制备工艺。建立了冰冻作用下和不同湿度条件下预测混凝土材料宏观力学性能和传输性能的多尺度模型。解决了混凝土早龄期性能难以测试、钢筋锈蚀率难以测试和冻融损伤难以定量评估的难题。

2、建立了老化开裂混凝土结构性能评估和修复成套技术。构建了考虑钢筋锈蚀量、锈蚀钢筋力学性能退化、粘结性能退化和环境条件等因素的锈蚀梁、柱、节点和剪力墙的承载力评价方法。建立了考虑初始受弯裂缝位置和高度等因素的混凝土梁自振频率理论计算公式。发明了纤维布与混凝土界面动态力学行为的测试装置和测试方法；提出了考虑混凝土强度、加载速率和初始静载等因素的界面动态性能分析方法。提出了考虑裂缝影响的混凝土梁纤维布修复后的承载力计算方法。开发了在梁端部沿宽度方向设置凹槽的新型锚固方法和新型扇形锚固技术。提出了采用纤维布修复老化开裂梁、墙、柱、剪力墙和节点的方法。提出了剪力墙以及锈蚀剪力墙加固后承载力理论计算方法。研发了光纤自传感纤维复合材料筋嵌入式加固混凝土梁和柱的方法。解决了老化开裂混凝土结构性能难以评估、修复时难以锚固和修复后承载力难以准确计算的难题。

3、开发了内养护和智能结构预防新建混凝土结构开裂技术。将高吸水性树脂或陶粒等吸水材料掺入混凝土中，在水化过程中释放出水分，实现了对混凝土的内养护。构建了内养护混凝土早龄期自收缩、内部湿度、残余应力和抗裂性能预测模型；揭示了温度、收缩、约束和徐变共同作用下内养护混凝土抗裂性能变化规律。提出了内养护材料用量的确定方法和施工技术。探明了养护温度、水灰比、矿粉、粉煤灰、钢纤维、聚丙烯纤维等对早龄期混凝土开裂风险的影响。发明了测试粘结性能的液压固定装置和动静态粘结性能测试装置，提出了纤维筋与混凝土在静态、动态和往复荷载作用下的粘结性能计算方法；开发了同时采用基于分布式光纤传感的自传感纤维复合材料筋与钢筋的混凝土梁和柱等智能结构，具有裂缝自监测和自诊断功能。解决了常规养护效果差、纤维复合材料与混凝土动态粘结性能难以计算和新建结构裂缝难以实时、长期监测的难题。

该项目共获得授权发明专利31项，获软件著作权8项。培养了硕博士40余名，发表论文共73篇，其中SCI论文52篇，JCR一区论文36篇，高被引论文1篇，扩展版高被引论文2篇。其中发表的17篇SCI论文被SCI他人引用达362次。主持编写地方标准《混凝土中钢筋腐蚀检测技术规程》和著作《民用建筑工程质量检测鉴定与实务》及《基于分布式光纤传感的自传感FRP材料与智能结构》。

裂缝诊治成果已应用到南水北调中线湍河渡槽工程、沙河渡槽工程、某机场跑道工程、

茨淮新河插花枢纽、黄沙岗闸、淮沭新河特大桥、南京东坝桥、洪卫桥、杨家湾老闸桥等工程中，相关测试技术已经应用在瑞士沃特拜试验设备（南京）有限公司、南京卓恒测控技术有限公司和南京斯贝科测试仪器有限公司的产品中。经同行鉴定，“桥梁工程混凝土裂缝防治技术标准研究”成果达到国际领先水平，“配筋高强混凝土施工期裂缝防治成套技术研究”成果达到国际先进水平。

公示期为2020年4月16日至4月22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实名反映。公示期后，不再受理。

联系人：宋家斌

电话：025－83786951

信箱：jslxxh@163.com。

江苏省力学学会

2020年4月16日