

## 2025年度福建省科学技术奖

### 提名项目公示内容

**项目名称：**近海桥梁多灾害演化机理、性能评估与韧性提升关键技术

**提名奖种：**福建省科学技术进步奖

**提名单位：**秦顺全，吕西林

**项目简介：**本项目属于桥梁工程技术领域。

随着交通强国建设向近海深水复杂极端环境的推进，近海桥梁在全寿命周期内面临地震、强风、海啸、波浪等突发灾害与海洋氯盐侵蚀、流水冲刷等长期环境作用的共同影响，基于单一灾害和初始状态的传统设计理论和方法已难以满足其服役期的抗灾性能目标和日常运维需求，近海桥梁亟待突破基于全寿命周期的时变抗多灾风险评估方法和高效运维的技术瓶颈。项目经十余年科技攻关与工程实践，通过作用机制-评估方法-韧性提升三个层次的协同创新，攻克了复杂环境下多灾害耦合作用机理不明、时变设计理论滞后、风险评估方法缺乏的难题，取得如下成果：

(1) 揭示了近海桥梁在复杂环境下的多灾害耦合作用机制及其量化效应，首次明确了近海桥梁在全寿命周期的损伤演化和失效风险具有显著的非线性放大特征。系统阐明了海洋氯盐环境中桥梁下部结构的非一致腐蚀长期演化规律以及强风、波浪/海啸、冲刷、碰撞与地震等动载耦合作用下的桥梁致灾机理和灾变演化规律；揭示了风震联合作用下橡胶支座滑动失效的动力放大机制，量化了近海箱梁桥在极端波浪/海啸作用下的壅水、流固耦合作用效应，探明了地震作用下深水冲刷诱发的群桩基础

受力重分布规律和车桥碰撞的能量传递机制。

(2) 创建了近海桥梁基于全寿命周期的多维概率易损性曲面与时变风险评估方法,为服役期的安全运维决策提供了关键的科学依据。针对近海桥梁在服役期遭受多重灾害并发的随机性,构建了基于地理位置历史事件的联合概率分布模型,表征桥址处风-震等极端灾害事件的并发特征;针对结构时变力学性态下非线性动力响应规律的离散性,提出了基于高斯过程回归和多灾强度指标的概率地震需求模型,揭示了近海桥梁结构灾致动力响应在对数空间中的异方差特征,结合考虑多维不确定性的易损性响应面,构建了耦合能力衰减机制的多灾风险评估方法,量化了关键构件在复杂环境与极端动载长期交替作用下的时变失效概率。

(3) 研发了基于高性能材料和系统协同优化的桥梁抗灾韧性提升技术,为近海桥梁的工业化建造和管养提供了必备的技术支撑。面向工业化建造的近海桥梁的预制拼装结构体系,提出了高强高韧性材料和传统减灾装置的联合应用控制技术,避免了单一构件加固可能诱发破坏模式转移的风险,显著提升了构件的延性与抗灾能力;面向地震主导的近海桥梁提出了多种新型节点连接技术和多目标协同控制策略,增强了构件的抗震性能和震后快速恢复能力,实现了全桥抗灾性能的整体优化。

成果获发明专利36项,编制标准3部,发表高水平期刊论文135篇,成果已应用于国内多座大跨度双塔斜拉桥、深水高墩连续刚构桥、近海跨海桥梁等重大工程,为复杂场地桥梁防灾设计、减隔震装置优化、耐久寿命预测及性能退化以及桥梁加固方案比选提供了量化依据,显著提升了桥梁全寿命期运营安全水平,降低了维护成本和社会经济损失。成果具有显著的创新性和先进性,在福州、厦门、上海、广州等城市多座近海及跨海桥梁中推广应用,新增利润约2.65亿元,取得了显著的经济和社会效益,整



体提升了我国近海桥梁多灾害防护水平。

**主要完成单位：**福州大学、同济大学、中交一公局厦门工程有限公司、上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司、福州市交通建设集团有限公司、福建省永正工程质量检测有限公司、福建省交通规划设计院有限公司、上海市市政规划设计研究院有限公司。

**主要完成人及其贡献：**

谷音：项目总负责人，担负项目策划、组织与协调全面工作，涉及前期规划、过程实施、成果总结与提升、先进技术应用示范等各个环节，对本项目主要创新点一、二和三作出了创造性贡献，建立了近海桥梁在复杂环境下的多灾害耦合作用机制及其量化效应，阐明了海洋氯盐环境中桥梁下部结构的非一致腐蚀规律，明确了近海桥梁在全寿命周期的损伤演化失效风险，是代表性知识产权和论文著作主要完成人之一。

徐艳：参与项目的总体策划、过程实施和成果应用推广等各个环节。对本项目主要创新点一、二和三作出了主要性贡献，构建了融合地理环境特征与历史灾害数据的近海桥梁多灾害概率分布模型，揭示了极端地震与非平稳激励下车-桥动态耦合非线性机理，建立了考虑近海环境因素的时变抗灾设计和韧性评价体系，与第一完成人共同建立了近海桥梁全寿命周期性能与韧性评估方法，是代表性知识产权和论文著作的共同完成人。

黄斌：对本项目主要创新点三作出了主要性贡献，研发了近海桥梁结构加固维修高性能材料，并应用于多座桥梁加固与韧性提升，参与多个产学研合作项目，发表重要论文，参与技术报告撰写，主要完成了创新技术现场应用的有效性验证，在材料研发以及现场应用推广中发挥了关键作用。

闫兴非：对项目主要创新点二和三做出了主要性贡献，完成桥梁抗震、灾害风险监测以及新型构造等多项桥梁多灾害相关发明专利，是代表性知识产权共同完成人，是主要知识产权的发明人之一，协助项目总负责人开展项目成果应用与推广。

郑豪峰：对本项目主要创新点三作出了主要性贡献，完成多篇论文和专利，参与项目报告的编写，协助项目负责人开展新技术实施与应用推广，将技术应用于省内多座近海大桥，对项目成果应用与推广起到重要作用。

何杰：协助项目负责人开展新技术的实施与应用推广，完成多篇论文和专利，参与相关规范标准编制，对项目成果的应用推广起到重要作用。

余彧美：协助项目负责人制定了研究大纲，参与多个产学研合作项目，发表重要论文，协助项目总负责人撰写项目研究计划，结合现场检验了项目研究成果的应用有效性。

王靖程：与项目负责人共同完成近海桥梁冲刷、地震灾害条件下群桩基础性能评估研究，完善近海桥梁性能评估与韧性提升体系，是创新点二的贡献者之一。

陈岳莲：参与项目的总体策划与过程实施，负责技术推广应用研究工作，发表重要论文，参与技术报告撰写，解决成果应用关键问题，对项目成果落地与社会经济效益提升起到重要作用。

何昌轩：对本项目主要创新点三作出了一般性贡献，提出近海桥梁高强高韧性材料，提出桥梁加固新方法，完成代表性知识产权，参与相关标准制定，参与项目成果推广应用。



### 主要知识产权目录:

知识产权类别	授权专利名称	授权号	国(区)别	权利人	发明人	有效/无效
发明专利	一种非均匀约束收缩测试的方法及装置	ZL202211317489.6	中国	福州大学	谷音; 严新坚; 黄伟; 单晓颖	有效
发明专利	一种便携的水泥胶砂流动度测定尺及其测定方法	ZL202210832183.8	中国	福州大学	谷音; 单晓颖; 严新坚	有效
发明专利	一种取芯钻头	ZL202211098906.2	中国	福州大学	谷音; 邱少秋; 孙颖; 黄新艺	有效
发明专利	全预制轻型大悬臂预弯组合盖梁结构及施工方法	ZL202010714602.9	中国	福州大学	黄新艺; 卓卫东; 谷音; 孙颖; 王志坚	有效
发明专利	应用于 H 型混凝土桥塔上横梁的组合型剪力铰装置	ZL201410694015.2	中国	同济大学	王瑞龙; 徐艳; 李建中; 项乃亮; 邓雅兰; 刘笑显	有效
发明专利	一种鉴别真粉煤灰与固体废弃物冒充的假粉煤灰的方法	ZL202210474349.3	中国	中交一公局厦门工程有限公司; 中交一公局绿建(厦门)科技有限公司; 同济大学	黄斌; 龚明子; 钱潘悦; 姚武; 魏永起; 苏艺凡; 王涛	有效
发明专利	预制拼装墩梁固结结构及其施工方法	ZL201910312069.0	中国	上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司	胡皓; 周良; 闫兴非; 陆元春; 甘露	有效
发明专利	桥梁防撞激光校准系统及其使用方法	ZL202010118560.2	中国	上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司	闫兴非; 侯伟; 张涛	有效
发明专利	大跨度公路桥梁的过载性能长期监测和预测系统	ZL202010301526.9	中国	福建省永正工程质量检测有限公司	晁鹏飞, 谢坤明, 余印根, 何杰, 缪锋	有效
发明专利	钢纤维拔出试件浇筑模具、浇筑方法及粘结滑移测试方法	ZL201911375381.0	中国	上海市市政规划设计研究院有限公司	过震文 段昕智 王强 何昌轩 白午龙 李逸翔 王欢 余江滔	有效

### 代表性论文专著目录:

刊名	论文（专著）名称	影响因子	年卷页码	发表时间	SCI/EI收录情况	他引次数	作者：排序/姓名
Ocean Engineering	Study on the dynamic response of offshore bridge under earthquake action and tsunami impact	5.5	2023, 281: 114696	2023/8/1	SCI 收录	12	通讯作者：2/Yin Gu; 第一作者：1/Heyu CHen; 作者：2/Yin Gu; 3/Yun Que; 4/Libo Chen
工程力学	考虑不均匀腐蚀影响的钢筋混凝土桥墩抗震性能研究	2.875	2022, 39(4): 113-122	2022/4/1	EI 收录	16	通讯作者：1/谷音; 第一作者：1/谷音; 作者：2/戴向东, 3/李攀, 4/卓卫东;
Engineering Structures	Gaussian process regression driven rapid life-cycle based seismic fragility and risk assessment of laminated rubber bearings supported highway bridges subjected to multiple uncertainty sources	6.4	2024, 316: 118615	2024/10/1	SCI 收录	11	通讯作者：2/Y Xu, 3/J Li; 第一作者：1/K Yin; 作者：4/X Zhou;
东南大学学报 (自然科学版)	基于多源输入的近沿海地区典型双塔斜拉桥震-风联合作用下的风险分析	1.878	2025, 55(5): 1301-1310	2025/9/20	EI 收录	1	通讯作者：1/徐艳; 第一作者：1/徐艳; 作者：2/陈敏伟;

							通讯作者: 4/H Wei;第 一作者: 1/H Bin;作 者: 2/ X Feixiang, 3/ G Mingzi, 4/H Wei, 5/P Axin, 6/Y Yu;
Magazin e of Concrete Research	Mechanical properties of steel fibre-UHPC interface: Experimental study and numerical simulation	1.6	2025,7 7(1-2): 104-11 6	20 25/ 7/1	SCI 收录	1	



## 附件-提名专家信息

专家姓名	专家 身份	工作单位	学科专业
秦顺全	中国工程院院士	中铁大桥局	桥梁工程

### 专家简介:

秦顺全，桥梁工程专家，中国工程院院士。创立了桥梁分阶段施工的无应力状态控制法理论，创新了大型桥梁结构工厂化、标准化施工方法；实现了大跨度桥梁和跨海大桥建造诸多技术上的突破，解决了多项国家重点工程建设的关键技术难题。先后主持了武汉天兴洲长江大桥、南京大胜关长江大桥、青藏铁路拉萨河特大桥、杭州湾大桥、港珠澳大桥、孟加拉国帕克西大桥等多座国内外大型桥梁的设计、施工技术工作

专家姓名	专家 身份	工作单位	学科专业
吕西林	中国工程院院士	同济大学	结构工程

### 专家简介:

吕西林，结构工程专家，中国工程院院士。长期从事结构抗震领域的研究，带领团队在结构抗震防灾新技术、复杂高层建筑结构抗震、建筑物移位改造技术等方面，做出了一系列开创性研究工作。、开发的“组合消能减震支撑技术”，成功应用于上海世博会主题馆等重大工程、汶川地震后恢复重建工程和国家校舍抗震安全工程；创建了复杂高层建筑抗震分析、性能评估与设计理论，成果为上海中心大厦、上海环球金融中心、上海世博园中国馆及主题馆等一批重大工程的建设提供了技术支撑