

2023年度福建省科学技术奖

提名项目公示内容

1. 项目名称：极端复杂环境下桥梁结构安全关键技术研究与应用

2. 提名奖种：省科学技术进步奖

3. 提名单位：福建省教育厅

4. 项目简介：

福建作为台海前沿阵地，桥梁结构的抗爆性能需求迫切，同时闽台地区具有多山、海岸线长、季风气候明显等环境特点，一直面临着桥位墩型受限、海域腐蚀、强风等复杂环境下的桥梁安全挑战，科学解决极端复杂环境下桥梁结构的安全问题是确保桥梁结构高效运营的关键。本项目针对目前海域桥梁耐久性研究不充分、抗爆设计理论缺乏、抗倾覆措施不完善、复杂轻柔桥梁抗风机理不明等问题，依托国家重点研发计划“城市典型交通基础设施运维安全关键技术研究（编号：SQ2017YFSF06000）”，重点研究了实桥抗爆、桥梁抗倾覆和复杂轻柔桥梁抗风、海域桥梁抗腐蚀等安全关键技术，并在福厦铁路等重点工程示范应用后形成主要创新成果如下：

（1）首次基于实桥试验和受炸桥梁检测数据提出了桥梁结构域内爆炸荷载模式与超压分布，揭示了桥梁结构主受力构件在爆炸荷载作用下的动力响应规律与破坏特征，建立并完善了混凝土桥梁抗爆设计理论，提升了桥梁结构的抗爆性能并给出了桥梁运行管控方案；

（2）建立了强挡块、竖向钢筋连接和防落梁支座组成的新型独柱墩桥梁抗倾覆技术体系与成套装置，提高了独柱墩桥梁的整体性和抗倾覆性能，大幅提升了梁桥安全运营效率；

（3）针对复杂轻柔结构的低频、大曲率等力学特点，利用节段模型与全桥气弹模型提出了模态强耦合大跨度曲线桥梁的节段等效风洞试验技术；并基于能量法分析提出了柔性导流板等流场扰动措施控制方法，实现了复杂轻柔结构的安全性与舒适性保障；

（4）基于UHPC细观本构的“两步均质化”理论，研发了高抗腐性UHPC预制板、薄壁/薄壳UHPC复合结构，大幅提升桥梁结构在海域腐蚀环境下的安全性和服役寿命。

5. 主要完成单位：厦门理工学院、武汉理工大学、中交第二航务工程局有限公司、中交一公局厦门工程有限公司、厦门市政城市开发建设有限公司

6. 主要完成人及其贡献：陈昌萍、胡志坚、张永涛、王禹、钱长照、傅立磊、毛顺茂、周光伟、黄斌、王敏

7. 主要知识产权目录：

[1] 陈昌萍，胡海涛等. 一种风洞实验室用防风安装部件，发明专利，专利号：ZL202111400015.3

- [2] 胡志坚, 杜蕊蕊, 周向宇. 一种曲线梁桥抗倾覆支座, 发明专利, 专利号: ZL2017102968862
- [3] 张永涛, 王敏, 郑和晖, 彭成明, 巫兴发, 田飞, 李刚, 代浩, 彭志辉, 陈飞翔, 杨荣辉, 刘力, 徐鑫, 王江成. 高性能预制 UHPC~PHC 组合桩柱一体结构及其制备方法, 发明专利, 专利号: ZL 201910127258.0
- [4] 张永涛, 王敏, 郑和晖, 彭成明, 李刚, 巫兴发, 田飞, 代浩, 彭志辉, 陈飞翔, 杨荣辉, 刘力, 徐鑫, 王江成. 免承台的 UHPC 桩柱一体结构及施工方法, 发明专利, 专利号: ZL 201910114729.4
- [5] 一种城市敏感区硬岩地层立柱桩施工系统及其施工方法, (发明专利证书) 发明人: 王禹; 林登辉; 王士野; 付文辉; 李春杰; 陈华杰; 张乃龙. 专利号: ZL 2020 1 0874958.9
- [6] 钱长照. 一种无需固定直接测量测点动位移的位移计, 发明专利, 专利号: ZL201510328461.6
- [7] 周光伟, 胡海涛等. 一种风洞实验室用挡风结构, 发明专利, 专利号: ZL 202111400014.9
- [8] 郑和晖, 张永涛, 王敏, 彭成明, 巫兴发, 田飞, 李刚, 代浩, 彭志辉, 陈飞翔, 杨荣辉, 刘力, 徐鑫, 王江成. 大直径高性能 UHPC-钢管复合桩基及其施工方法, 发明专利, 专利号: ZL201910127457.1
- [9] 张祥敏, 陈昌萍, 周光伟, 钱长照, 胡海涛. 一种桥梁减振装置, 实用新型, 专利号: ZL202021694996.8
- [10] 陈昌萍. 大型桥梁损伤检测与疲劳寿命预测软件 V1.0, 软件著作权, 专利号: 2020SR0828528

8. 代表性论文专著目录:

- [1] 胡志坚、张周煜、张永涛、陈昌萍等, 双柱墩混凝土梁桥爆破拆除倒塌过程与机理研究, 中国公路学报, 2024, 37(5), 67-79.
- [2] Yuan, J H, Mao, Y Q, Chen, C P. Multiple-phase-field modeling for fracture of composite materials. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 2022, 29(28):7476-7490.
- [3] Yuan J H, Wang L, Chen C P. Interfacial fracture analysis for heterogeneous materials based on phase field model. *Computational Materials Science*, 2023, 220: 112066.
- [4] Hu Z, Fang J Q, Sun L Z. Blast effect zones and damage mechanisms of concrete bridges under above-deck car-bomb attacks. *International journal of damage mechanics*, 2018, 27(8): 1156-1172.
- [5] 胡志坚, 张一峰, 俞文生, 毛顺茂. 近场爆炸时预应力混凝土梁体抗爆分析. 中国公路学报, 2019, 32(3), 71-80.