

2025年度福建省科学技术奖
提名项目公示内容

高校（盖章）：福州大学

- 1.项目名称：复杂服役环境下海底供水管道本质安全成套技术及应用
- 2.提名奖种：省科学技术进步奖
- 3.提名专家：

专家姓名	工作单位	职称	学科专业
许唯临	四川大学	中国工程院院士	水利工程
李华军	中国海洋大学	中国工程院院士	海洋工程

4.项目简介：

海底供水管道是保障离岸岛礁用水的关键通道，其安全可靠运行是践行海洋强国战略的重要组成部分。我国东南海域（特别是台湾海峡）作为全球唯一受暖流黑潮与最活跃台风双重控制的区域，洋流-台风交互作用极易引发供水管道几何大变形，当前欧美针对油气管道的技术标准在此并不适用。此外，随着供水距离和需水量增加以及超大径厚比柔性管道的应用，我国海底供水管道建设面临着作用机理不清、适用标准缺失、设计方法不完善、施工工艺不成熟、成套装备不足等瓶颈，且尚无可供借鉴的国内外成熟工程案例。项目组面向国家海洋战略与对台供水保障重大需求，通过产学研用协同攻关，形成覆盖“理论-设计-施工-运维”的海底供水管道成套自主技术体系：

- （1）建立复杂服役环境下海底供水管道非线性力学行为分析模型与安全评价理论。自主研发海底供水管道强非线性动力响应的精细化预报模型，计算精度较传统方法提高 20%以上；基于多场耦合瞬态能量演化模型，

建立管道系统能量传递与损伤评估方法，揭示了复杂荷载下能量积累与耗散规律；提出的海底供水管道结构损伤诊断与失效检验技术，经中国特检院认证，管道损伤诊断与预测准确率超 90%。关键技术被中国船级社《在役海底管道系统检验指南》采纳，并被法国船级社（BV）应用于其海上设施一站式解决方案，实现从理论创新到标准引领与国际输出的跨越。

（2）提出海底供水管道本质安全设计与防护技术体系。构建考虑以抗水锤能力、疲劳寿命和材料成本的管道多目标优化设计模型，为管道结构参数的精细化设计提供定量依据；发明覆盖“施工安装-安全防护-在役监测”全过程的 6 套实验装置体系，弥补了我国在海底供水管道系统实验验证领域的空白；提出多级耗能宽频抑振技术，首创集防撞、阻渗与振动抑制功能于一体的复合安全防护技术。相关成果支撑制定《海底管道设计规范》等 2 部标准，形成首个适用于我国东南海域的供水管道自主设计与防护技术体系。

（3）研发海底供水管道制造-施工-运维-修护一体化技术体系与成套装备。首创超大径厚比（ $D/t > 60$ ）管道智能铺设与精准控制成套施工技术；开发国内首套完全自主可控的海底供水管道全链路智能安全决策平台；创新提出“机械卡箍+环形空间压力灌浆”双重长效密封修复工艺，研制了全球首台具备离线自主动力续航能力的海底管道内检测机器人。形成 6 部配套标准，实现施工运维国产化自主解决方案与规模化产业应用。

项目获知识产权 71 项（国际发明 4 项、中国发明 43 项、实用新型 21 项、软著 3 项）；发表论文 88 篇（SCI/EI 检索 79 篇），他引达 2134 次；出版专著 3 部，编制国标 1 部、CCS 标准 2 部、地标 1 部、企标 5 部。成果应用于金门、平潭、舟山等国家重点供水工程，支撑了福建省 90%、全国 80% 的海岛供水工程建设，研制装备形成产业化并出口“一带一路”国家。近三年新增产值约 60 亿元。

5.主要完成单位：

福州大学，中国石油集团海洋工程有限公司，福建省水务发展集团有限公司，上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司，中国特种设备检测研究院，西南石油大学，中国船级社，渤海石油装备福建钢管有限公司

6. 主要完成人及其贡献：

主要完成人姓名	对本项目主要技术贡献
---------	------------

主要完成人姓名	对本项目主要技术贡献
张挺	项目负责人，对创新点 1、2、3 有重要贡献：（1）构建海底供水管道强非线性动力响应精细化分析理论，提出水锤与洋流耦合激励下结构损伤演化评估方法。（2）发明系列安全实验验证技术，建立海宽频抑振与结构安全防护技术。（3）推动本项目成套技术在国内外重大工程中的应用。投入工作量占本人工作总量 80%。
朱红钧	对创新点 1、2 有重要贡献：（1）参与构建海底供水管道强非线性动力响应精细化分析理论，提出海底供水管道水锤与洋流耦合激励下结构损伤演化评估方法。（2）联合发明系列海底供水管道安全实验验证技术，参与建立海底供水管道宽频抑振与结构安全防护技术。投入工作量占本人工作总量 70%。
徐 普	对创新点 2、3 有重要贡献：（1）联合发明复杂服役环境下海底供水管道安全实验验证技术；（2）参与研发了基于超大径厚比管道铺设动力响应分析研究，实现了结构极端工况下的精准模拟铺设，投入工作量占本人工作总量 65%
陈海龙	对创新点 1、2 有重要贡献：（1）联合提出海底供水管道结构损伤诊断与失效检验技术和多目标协同优化设计方法；（2）总结并固化了海底管道工程实践经验，参与完成了 2 部标准的修订；（3）推动了相关技术体系在各分社的应用。投入本项目工作量占本人工作总量的 60%。
朱金良	对创新点 1、2、3 有重要贡献：（1）推动安全评价理论、本质安全设计与防护技术体系和智能诊断系统在平潭和金门供水工程的应用；（2）组织攻克跨区域（福建与金门）异构通讯协议（UDP/CoAP）的兼容与高效传输技术。投入本项目工作量占本人工作总量的 50%。
卢润坤	对创新点 2、3 有重要贡献：（1）研制全球首台具备复杂三维路径全适应与超百公里级离线自主动力续航能力的海底管道内检测机器人，参与制定了该领域首部国家标准；（2）推动智能诊断技术在中海油、中石油、国家官网等国内企业以及东南亚、非洲等国外重要海管工程的检测。
徐海宁	对创新点 2 有重要贡献：（1）参与提出海底供水管道多目标协同优化设计方法和宽频抑振与安全防护技术；（2）推动相关技术在金门自大陆引水工程、山东长岛县引水济岛工程、南通通州湾示范区绿色化工拓展区达标尾水排海工程勘察设计项目的应用。投入本项目工作量占本人工作总量的 40%。
兰新阳	对创新点 3 有重要贡献：（1）研发超大径厚比管道无配重智能铺设系统，集成高精度铺管作业平台、自适应张紧器系统及大尺度扩散器集成安装系统；（2）参与研发长距离岸拖深水无残余应力对接工艺、配套开发抗大横流锚泊布设技术；（3）推动施工成套技术和装备术在福建、浙江、东南亚等海管工程的应用。投入本项目工作量占本人工作总量的 40%。
胡知辉	对创新点 2、3 有重要贡献：（1）联合研发超大径厚比管道无配重智能铺设系统，集成高精度铺管作业平台、自适应张紧器系统及大尺度扩散器集成安装系统；（2）参与研发长距离岸拖深水无残余应力对接工艺、配套开发抗大横流锚泊布设技术；（3）参与海底管道设计规范的制定。投入本项目工作量占本人工作总量的 40%。
王洁	对创新点 3 有重要贡献：（1）研发 X65MO 螺旋埋弧焊管关键技术；（2）推动相关装备与技术服务在平潭、湄洲岛等国内外百余项重大海管项目工程中的应用。投入本项目工作量占本人工作总量的 40%。

7.主要知识产权目录:

序号	知识产权类别	授权专利名称	授权号	国(区)别	权利人	发明人	状态
1	发明专利	一种研究内外流耦合激励下海底倾斜管道非线性涡激振动模型的数值计算方法	ZL202311506594.9	中国	福州大学	张挺;章思茜;杨丁颖;徐普;詹昌洵;张海霞	有效
2	发明专利	一种输送非恒定内流的海底倾斜管道涡激振动模型的构建方法	ZL202311502418.8	中国	福州大学	张挺;章思茜;杨丁颖;徐普;詹昌洵;刘紫轩	有效
3	发明专利	一种基于傅里叶特征化 PINN 的输流管道振动分析方法	ZL202311474020.8	中国	福州大学	张挺;詹昌洵;杨丁颖;章思茜;徐普;鄢锐	有效
4	发明专利	Elimination Device For Water Hammer Effect Of Energy-Consuming Submarine Flow Conveying Pipeline	WO/2025/00877	南非	福州大学	Ting Zhang; Siqian Zhang; Dingying Yang; Changxun Zhan; Pu Xu	有效
5	发明专利	一种模拟海底悬跨管振动拍击耦合响应的实验装置及方法	ZL202011011983.0	中国	西南石油大学	朱红钧, 赵宏磊, 高岳, 胡洁, 丁志奇, 刘文丽	有效
6	发明专利	含变坡海床模型的波流水槽铺管动力研究试验装置及方	ZL202210409131.X	中国	福州大学	徐普;杜志新;张挺	有效

序号	知识产权类别	授权专利名称	授权号	国(区)别	权利人	发明人	状态
		法					
7	发明专利	Device and method for swinging power generation and vibration suppression by using arc-shaped wing plates with rough surfaces	US11306695B2	美国	西南石油大学	Hongjun Zhu, Xin Chu, Hongye Liu, Zhiqi Ding, Shuo Wang, Huazhong Su	有效
8	发明专利	一种海洋铺管船用张紧器的张力测试方法及系统	ZL202110850712.2	中国	中国石油天然气集团有限公司; 中国石油集团海洋工程有限公司	兰新阳;韩延峰;胡知辉;王顺;佟光军;唐彪;施昌威蓝天;于莉;郭学龙	有效
9	发明专利	螺旋焊管焊接位置自动跟踪装置及螺旋焊管生产线	ZL202010645936.5	中国	渤海石油装备福建钢管有限公司	王洁;刘忠宇;刘宏博;何森;卢浩军;白冰;沈建刚;周金;袁鹏飞	有效
10	发明专利	一种钢质管道内壁裂纹的检测量化方法	ZL202411933636.1	中国	中国特种设备检测研究院; 陕西省特种设备检验检测研究院	卢润坤;吕戌杪;陈金忠;刘畅;张晓明;辛佳兴;梁闯;马义来;周汉权;孟涛	有效

8.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
Thin-wall Structure	Application of Fourier feature physics-information neural network in model of pipeline conveying fluid. Thin-wall Structure	6.6	2024,198: 111693	2024-02-08	SCI 收录	15	通讯作者：4/Dingying Yang; 第一作者：1/Ting Zhang; 作者：2/Rui Yan, 3/Siqian Zhang, 4/Dingying Yang, 5/Anhao Chen
Energy	High performance energy harvesting from flow-induced vibrations in trapezoidal oscillators	8.857	2021, 236: 121484	2021-07-13	SCI 收录	63	通讯作者：1/Hongjun Zhu, 6/Junlei Wang 第一作者：1/Hongjun Zhu; 作者：2/Tao Tang, 3/Tongming Zhou, 4/Mingjin Cai, 5/Oleg Gaidai, 6/Junlei Wang
Applied Ocean Research	Temporal-spatial mode competition in slug-flow induced vibration of catenary flexible riser in both in plane and out of plane	4.3	2022, 119: 103017	2021-12-23	SCI 收录	25	通讯作者：1/Hongjun Zhu; 第一作者：1/Hongjun Zhu; 作者：2/Yue Gao, 3/Jie Hu, 4/Honglei Zhao, 5/Yan Bao
Ocean Engineering	Numerical simulation of deepwater S-lay and J-lay pipeline using vector form intrinsic finite element method	3.795	2021, 234: 109039	2021-06-16	SCI 收录	46	通讯作者：1/Xu Pu; 第一作者：1/Xu Pu; 作者：2/Zhixin Du, 3/Fuyun Huang, 4/Ahad Javanmardi
振动与冲击	内激励型振荡衰减流作用下输流管道动力不稳定分析	2.485	2021, 40(3): 284-290	2021-02-08	EI 收录	11	通讯作者：1/张挺; 第一作者：1/张挺, 作者：2/林震寰, 3/林通, 4/张恒

9.其他支撑材料目录:

证明材料类型	证明材料名称	证明材料提供单位
检索查新报告	附件 24: 论文检索报告	福州大学知识产权信息服务中心
检索查新报告	附件 25: 科技查新报告	西南信息中心查新中心
计划任务书或合同书、任务委托书等	附件 40: 内外激励源作用下海底输流管道流激涡激振动力学行为及耦合机制研究	福州大学

证明材料类型	证明材料名称	证明材料提供单位
	(国家自然科学基金)	
计划任务书或合同书、任务委托书等	附件 41: 严重段塞内流与非线性剪切外流夹击下的柔性立管多场多相耦合振动机理研究(国家自然科学基金)	西南石油大学
计划任务书或合同书、任务委托书等	附件 42: 深海 J 型铺设管道与斜坡海床土动力耦合及响应机理研究(省基金)	福州大学
其他相关材料	附件 43: 标准规范	中国船级社/中国特种设备检测研究院/福州大学/福建省水务发展集团有限公司/中国石油集团海洋工程有限公司
其他相关材料	附件 44: 福州大学、福建省水务发展集团有限公司、上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司和西南石油大学合作关系证明材料	福州大学
其他相关材料	附件 45: 福州大学和中国石油集团海洋工程有限公司、中国特种设备检测研究院和渤海石油装备福建钢管有限公司合作证明材料	福州大学
其他相关材料	附件 46: 中国石油集团海洋工程有限公司与福建省水务发展集团有限公司、中国特种设备检测研究院、中国船级社、渤海石油装备福建钢管有限公司合作合同	中国石油集团海洋工程有限公司
其他相关材料	附件 47: 福建省水务发展集团有限公司与上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司合作证明材料	福建省水务发展集团有限公司
其他相关材料	附件 48: 中国特种设备检测研究院与西南石油大学合作合同	中国特种设备检测研究院
其他相关材料	附件 49: 项目其他知识产权专著论文目录	福州大学