

天津市科学技术进步奖拟提名项目公示内容

一、项目名称

复杂海域海底管道维抢修关键技术及装备研究与应用

二、主要完成单位

完成单位	排名	对本项目主要贡献
中国石油集团工程技术研究有限公司	1	<p>作为项目的关键技术研发单位，以理论分析、基础实验与现场测试相结合的方式提出了复杂海域海底管道变形缺陷超声非接触式精准测量和点接触式测量方法，为保证相关工程顺利进行提供了理论基础和技术支撑：</p> <p>（1）提出海底管道变形非接触式超声测量方法，分析了复杂海况条件对超声测量精度的影响机制，提出了恶劣海况影响的方法，解决了海底管道变形非接触式超声测量的技术难题。</p> <p>（2）引入数字化描述方法，对管道外表面上的点进行数字化描述，构建管道外表面三维模型，提出自动旋转+气动自动打点的水下三维打点测量方法，并开发专用测量装备，以点式接触测量方式测量海底管道变形，提升了管道变形缺陷测量精度和测量方法的适应性，并应用于复杂海域海底管道维修中。</p> <p>相关技术成果在册镇海底管道修复整治等工程中进行了成功应用，缩短了工程周期，提高了工程质量，产生了较大的经济和社会效益。</p>
中国石油集团海洋工程（青岛）有限公司	2	<p>作为主要参与单位，以在复杂海域精确安装异形结构管卡修复大变形海底管道的需求为背景：</p> <p>（1）提出了基于超高压水射流的混凝土配重层破拆方法，并研制了施工装备，研发了施工工法，解决了复杂海域下管道混凝土配重层、防腐层清理的难题。</p> <p>（2）设计了六自由度调整的管卡安装架及管卡安装施工工法，克服复杂海况的影响，解决具有弯曲角度和空间角度的大口径海底管道异形结构管卡的安装难题，实现在水下能见度低、含沙量大、海流流速高、海床承载力低的恶劣海况条件下，异形结构管卡精准安装，对成果的推广应用做出了重要贡献，推动了国内海底管道维抢修技术的创新与发展。</p>
中国科学院金属研究所	3	<p>作为主要参与单位，在海底管道变形超声测量系统的开发研制中做出重要贡献。</p> <p>（1）开展有限元仿真，计算最优频谱响应，研制了专用超声测量换能器，开展复杂海域超声测量系统应用试验，提高了测量结果的准确性。</p> <p>（2）通过管道变形的声学测量建模，提出管道变形量与声速声压、衰减系数等声学参数的对应关系，分析浑浊海水介质对超声波传播的影响，提出海水浑浊度、盐度与声速之间的映射规律，解决了以超声回波法测量海底管道变形</p>

		<p>的关键技术难题。</p> <p>相关技术成果在册镇海底管道修复整治等工程中进行了成功应用，为管卡的设计、制造提供了重要技术数据依托，提高施工效率及工程质量。</p>
中国石油天然气股份有限公司大港油田分公司	4	<p>作为主要参与单位，在复杂海域海底管道维抢修成果开发及应用中，对技术及装备的综合实验及海洋试验研究、成果推广应用做出重要贡献。</p> <p>（1）设计并开展测量系统功能调试，提升系统性能，基于测量系统作业环境开展海洋试验与应用研究，验证并优化系统功能及各项技术指标，确保测量系统的可靠性及技术指标的先进性。</p> <p>（2）设计并开展管卡制造检验试验，确保管卡各项指标满足管道维修需要，开展管卡安装海洋试验，优化施工工法和安装流程，提升管卡安装施工效率及成功率。</p> <p>对成果的推广应用做出了重要贡献，推动了国内海底管道维抢修技术的进步。</p>
天津俊昊海洋工程有限公司	5	<p>作为主要参与单位，在异形结构管卡设计制造中做出重要贡献，为复杂海域海底管道维抢修工程施工提供有利的技术支撑。</p> <p>（1）提出异形结构管卡高强度夹锁及高承压密封技术，设计了分散式夹锁片及双侧法兰盘夹锁结构设计，解决了管卡结构性夹锁难题，研发了主动式管卡周向密封结构，解决了管卡对管道的复杂变形适应性难题，提高管道维修成功率和施工效率。</p> <p>（2）提出大口径异形结构管卡制造精度控制技术，解决了管卡设计制造中椭圆度及弯曲度控制技术难题，提升了管卡的承压和密封能力，并应复杂海域海底管道维修中，提高了工程质量。</p>

三、主要完成人

1、牛虎理；2、王克宽；3、段瑞彬；4、何亚章；5、姚志广；6、刘剑；7、卫宪；8、李明。

四、提名者

中国石油集团工程技术研究有限公司

五、提名意见

海底油气管道是保障国家能源安全的重要设施，其损伤事故直接影响能源供应安全，同时可能造成严重人员伤亡、环境污染和重大经济损失。因此快速有效地修复管道，对保障海底管道服役安全具有重要战略意义。

紧密结合国家重大需求，中国石油天然气集团公司科学研究与技术开发项目等多个项目支持下，形成了具有自主知识产权的海底管道维抢修关键技

术及装备。项目成果在册镇海底管道变形修复整治项目、大港赵东 C/D 油田二次开发调整等项目中应用，实现工程新增收入 58977 万元，新增利润 21372 万元，新增税收 7668.5 万元，直接节约工程费用 21313 万元，为治理海底管道安全隐患提供了重要支撑，在中央巡视重点督办的安全隐患治理项目应用中获得了较高的声誉，有效保障了海洋环境生态、经济和民生，社会效益显著。

提名该项目为天津市科学技术进步奖（类别：技术开发类）（二等奖）。

六、项目简介

本项目针对海底管道大变形、大范围缺陷修复要求，开展海底管道变形缺陷测量技术、异形结构管卡设计制造技术以及异形管卡水下安装技术研究，解决了恶劣海况条件下管道变形缺陷修复的安全性、准确性、时效性技术难题，遏制和减少事故发生，实现海底油气管道维抢修关键技术突破。创新点如下：

（1）研发了零可见度下海底管道变形缺陷水下自动测量技术及测量装备，施工效率较手动测量提高 10 倍，测量脱离距离达 600mm、位置精度达 1.0mm、空间方位角测算误差小于 $\pm 0.1^\circ$ ，实现了大海流流速、零可见度的恶劣海况下管道变形水下自动测量。

（2）研发了异形结构管卡高强度夹锁密封技术，夹锁力达 7000KN、密封耐压 15MPa，适应管道角度变形误差 $\pm 0.5^\circ$ 、椭圆度误差 2%。

（3）提出了基于六自由度调整的大口径异形结构管卡安装方法，研制了管卡安装施工装备；管卡安装角度调节精度 0.01° 、位置调节精度 1.0mm，可实现恶劣海况下 90t 重“安装架+结构管卡”一次性准确就位与合拢。

授权发明专利 8 件，授权实用新型专利 7 件，登记国家软件著作权 1 件，中国石油认定专有技术 1 件，发表学术论文 9 篇。

本项目成果于 2021 年到 2023 年，先后在中国石油大港油田分公司、国家管网集团东部原油储运公司宁波输油处等单位应用，成功完成了中央巡视重点督办、国家管网集团重点安全隐患治理项目一册镇海底输油管道变形缺陷修复工程，填补了零可见度下海底管道大变形管卡修复技术空白，创海底管道修复技术服务收入 4.27 亿元，改善了长江中下游地区的环境生态质量，经济和社会效益显著。

复杂海域海底管道大变形缺陷管卡修复技术与应用首次实现在零可见度条件下完成异形结构管卡快速、准确安装，为全球海底管道缺陷永久性修复提供了全新的解决方案，引领了变形海底管道管卡修复安装技术的发展，其技术影响力处于行业领先地位。

七、主要知识产权证明目录（限 10 项）

序号	知识产权类别	名称	国别	授权号	合作者/项目排名	权利人
1	发明专利	一种数据采集传输控制器	中国	ZL202110136466.4	段瑞彬（3），牛虎理（1），王克宽（2），刘剑（6），何亚章（4）	中国石油集团海洋工程有限公司；中国石油集团工程技术研究有限公司

2	发明专利	一种 U 形管桩护甲安装工具	中国	ZL201710418413.5	牛虎理 (1), 刘剑 (6), 何亚章 (4)	中国石油集团海洋工程有限公司; 中国石油集团工程技术研究有限公司
3	发明专利	一种轻质内涨密封中高压管道维抢修管卡	中国	ZL201510900923.7	王克宽 (2)	中国石油集团海洋工程有限公司; 中国石油集团工程技术研究有限公司
4	实用新型	一种行走车	中国	ZL201620900971.6	王克宽 (2), 段瑞彬 (3)	中国石油集团海洋工程有限公司; 中国石油集团工程技术研究有限公司
5	实用新型	一种管道维抢修管卡	中国	ZL201520494309.0	王克宽 (2)	中国石油集团海洋工程有限公司; 中国石油集团工程技术研究有限公司
序号	知识产权类别	论文 (著作) 名称	作者	刊名/出版社	年国内国际刊号码	发表年份卷期
1	论文	基于水下超声测距方法的海底管道屈曲变形测量技术研究	王克宽, 段瑞彬, 何亚章, 于德周, 王来臻	石油工程建设	ISSN1001-2206	2023 年,49(03)
2	论文	册镇海底管道变形缺陷修复技术研究	崔琬婷, 丁银山, 段瑞彬, 李洪星, 王来臻	石油工程建设	ISSN1001-2206	2022 年,48(06)
3	论文	自由悬跨分析在海底管道维修中的应用研究	崔琬婷, 唐景鑫, 冯永超, 于德周, 张涛	石油工程建设	ISSN1001-2206	2023 年,49(03)
4	论文	海底管道变形测量传感采集系统设计与实现	段瑞彬, 丁银山, 牛虎理, 王克宽, 王来臻, 何亚章	石油工程建设	ISSN1001-2206	2024 年,50(02)
5	论文	基于管卡修复方案下的海底管道变形精准测量技术施工应用	王立领, 曹国民, 丁银山, 张涛, 王克宽	石油工程建设	ISSN1001-2206	2023 年,49(01)