

科技进步奖公示内容

项目名称：	深海油气开采核心装备系统集成关键技术及工程应用
提名单位：	上海市
提名等级：	国家科技进步奖一等奖
项目简介：	本项目属于海洋油气田开采技术领域。陆地油气资源日趋枯竭。新增石油储量中60%为海洋油气，多集中于深海。本项目成果问世之前，美国垄断深海油气开采领域，对我国实行产品限制及技术封锁，而向南海、东海周边国家大量提供技术和产品，大肆掠夺我国海洋油气资源。 深海油气开采核心装备主要包括水下井口装备、水下压力关断控制系统、水下对接系统等近百种，外部处于低能见度的深海、内部处于油气藏高压、高温、高腐蚀的极限环境中。水下钻井完井工艺要求整个系统在海底高效可靠安装集成，各种装置和接口须具备高寿命及高可靠性，避免泄漏造成海洋污染。 在党中央建设海洋强国战略指引下，本项目多个国家科技重大专项和自然科学基金项目为依托，立足自主创新，在核心部件上突破超深水极限工况密封关键技术，在设备之间突破海底高精度自动对接关键技术，形成了油气开采系统深海集成及应用技术体系，自主研发出我国首套深海油气开采系统并实现海底系统集成，打破了美国人认为只有他们才能实现的神话。主要创新为： 1、创新超深水极限工况密封关键技术。①首次实现超深水金属-非金属耦合联动密封。创新研发压力正反馈的金属-橡胶融合密封技术，解决了金属密封一次安装成功率低，非金属密封寿命短的缺陷，实现了极限工况下油气开采运动部件超长寿命（20年）的动密封难题；②实现超深水高压金属动密封。创新研发了硬质合金成分配比及工艺参数，精确控制极限工况中两种金属面硬度差值，解决了高压运动、沙粒冲蚀造成磨损出现的泄漏问题，产品使用寿命提高3倍。所有极限工况密封产品已通过国际第三方认证。 2、创新超深水高精度自动对接技术。①创新设计多通道异面同步高精度对中技术，自主研发出海底自动对中、液压锁紧高精度导向装置，实现2000米超深水横、垂向高精度对中安装及远程

	液压控制，较传统钢丝牵引方式缩短 95%的水下作业时间。②首次实现超深水多通道异径异平面同步连接及密封。创新研制出超深水液压压力反馈调节预紧机构，研发了极限温度下金属密封过盈量控制补偿技术，解决了深海油气开采装备对接时多维同步金属密封的难题。一次对接成功率超过美国产品达 100%，且水下安装作业时间为传统方式的 1/10。 3、创新超深水油气开采装备海底系统集成技术。①首次利用数据融合结合运动仿真模拟实物集成，采用多目标优化方法编制出完整的制造工艺规程、海底安装测试标准及生产操作规范；②独创 45 种深海油气开采国产成套专用水下作业装备，对采集数据进行重构保证系统工作的可靠性，并集成海底安装、测试、维护、回收技术。建立了自主知识产权的海底系统集成技术体系，使海底集成便捷可靠，打破美国垄断。 共获发明专利 52 项；发表论文 128 篇，部分核心技术暂未公开发表；制定企业标准 10 项（无国标）。项目成果获 2016 年上海市科技进步一等奖。2011 年来，42 台套装备应用于南海、东海水下油气田，相关产品出口俄罗斯、东南亚、中东等 10 多个“一带一路”国家和地区。近 3 年新增国内产值 12 亿元，出口创汇 5 千万美元，间接经济效益超 50 亿元。该成果的研发与应用打破美国高端石油装备垄断，引领推动我国海洋深水油气开采核心装备国产化、产业化，维护国家海洋安全，着力提升我国在该领域的国际影响力。
客观评价：	1. 与当前国内外同类研究、同类技术的综合比较 目前深海油气开采系统核心装备关键技术全球只有美国 Cameron, FMC, GE, AKER 及本公司共 5 家单位掌握，其中 Cameron, FMC 全球市场占有率高达 80%以上。本项目通过自主研发，突破了 1500 米超深水极限工况密封、超深水高精度自动对接、超深水海底系统集成及应用等一系列深海油气开采关键技术，具体技术指标到达或超过国际先进水平。 2. 第三方评价 多项国家重大专项和国家自然科学基金通过验收，获专家高度评价。“深海油气开采装备核心部件——水下双孔连接器”经查新，结论为国外无相关多孔设计，具有创新性，部分技术指标高于国际同类产品，达到国际先进水平；“深海油气开采装备核心部件——水下安全阀门”经查新，结论为部分技术指标高于国际同类产品，达到国际先进水平；“一种水下线性金属密封技术”经查新，结论为部分技术指标高于国际同类产品，达到国际先进水

	平。 国际权威第三方检测报告：法国必维船级社（BV）、中国船级社（CCS）对本项目设计、制造、装配、测试全过程的鉴定审核工作。对水下液控阀门、水下管道连接器、水下双孔连接器、环状空间密封、水下采油树等系列装备出具了检测报告及符合性评价，其核心技术指标：设计水深 1500 米、防腐等级 HH-NL、极限低温、极限高温、极限压力、产品性能等级 PR2 等满足或超过国际标准要求，整体技术水平达到国际先进水平。 用户评价：项目开发产品在中国南海崖城 13-4 气田、东方 1-1 气田、流花 11-1 油田得到广泛应用，产生了良好的社会效益及经济效益，得到了中国海洋石油总公司及各分公司的高度认可。在首套水下采油树出厂验收会上，中海油资深工程师、专家评审组组长胡泽刚认为项目整体水平达到国际先进水平。 3. 国内外重要科技奖励 本项目获得2016年上海市科技进步一等奖。
应用情况：	2011 年来，42 套装备分别应用于南海崖城 13-4 气田、流花 11-1 油田、东方 1-1 气田, 东海天台 6-2-1 海底气田、宁波 19-6-1 海底气田以及印尼、中东、泰国、埃及、巴西等地，产品及技术服务获得客户高度好评。2016 年至 2018 年新增国内产值 12 亿元，出口创汇 5 千万美元，间接经济效益超 50 亿元，带动了一批国内优秀企业良性发展，增强“一带一路”的国际技术引领，获得良好社会效益。深水油气开采装备的设计、制造、测试等技术体系的建立填补了国内空白，打破了国外对我国技术和产品的双重封锁，促进了我国海工装备产业链的良性发展，增强国际竞争力；海底集成操作、测试作业规程的建立，打破了长期以来海洋油气水下开采设备主要依靠进口、设备的安装测试及维修必须依靠国外公司人员作业的被动局面。 目前，俄罗斯、中东等地区是全球原油及天然气主要的出口国，油气开采装备的需求量巨大，但均受到美国的技术封锁，只能寻求美国以外的技术支持。本项目的研究成果受到上述国家地区以及东南亚的石油公司的关注，并逐年递增地向我方采购相关装备及服务。目前项目相关技术和服务已经输出俄罗斯、东南亚、中东等 10 多个“一带一路”国家和地区。项目成果在国际和国内具有十分广阔的市场应用和推广前景。

主要知识产权和标准规范目录：	1. 机械控制水下双管道对接锁紧装置，发明专利：201410161453.2 2. 一种小型空间结构架安装孔的三指标同步检测装置，发明专利：201610418563.1 3. 液压式水下管道连接器，发明专利：201210238991.8 4. 机械自适应管道连接器，发明专利：201310020288.4 5. 一种泥线悬挂器，发明专利：201410162405.5 6. 一种液压控制水下管道水平对接锁紧装置及对接锁紧方法，发明专利：201410161376.0 7. 用于控制力矩电机的变频控制器及方法，发明专利：201310395649.3 8. 传感器网络节点数量计算方法，发明专利：201410209614.0 9. 一种伺服驱动器插补控制方法，发明专利：201410426468.7 10. 水下连接器的振动测试台，发明专利：201520757835.1
主要完成人情况：	1 李志刚、2 张鹏举、3 王刚、4 甘屹、5 魏国亮、6 李荣斌 7 施佳、8 梁斌、9 杨丽红、10 贾鹏、11 蔡锦达、12 孙福佳、13 何伟铭、14 汪伟俊、15 齐效文
主要完成单位情况	1 上海理工大学；2 中国海洋石油总公司研究总院；3 哈尔滨工程大学；4 美钻能源科技（上海）有限公司；5 上海电机学院
完成人合作关系说明：	（见下页）

完成人合作关系说明

上海理工大学与、中国海洋石油总公司研究总院、哈尔滨工程大学、美钻能源科技（上海）有限公司、上海电机学院等单位本着发挥各自优势，“产学研用”紧密联合的原则，联合开展“深海油气开采核心装备系统集成关键技术及工程应用”研究，合作各方共同总体策划、确定研究内容、实施方案和项目目标等内容。合作各方一致同意在海洋开采装备领域开展合作，主要包括水下采油树、水下管道连接器、水下控制系统、水下远程控制安装机具等装备的理论研究与实践应用，并开展水下采油树和水下管道连接器等装置的试验测试和优化，共同推动产业化。

上海理工大学负责项目总体策划、设计方法、设备制造工艺、密封材料、设计制造协作模式、复杂系统集成研究与应用；中国海洋石油总公司研究总院负责采油装备设计、测试、产业化等；哈尔滨工程大学负责方案设计及结构优化，重点开展了水下控制系统及主要核心装备的测试研究；美钻能源科技（上海）有限公司负责水下采油树、水下管道连接器、水下控制系统、水下远程控制安装机具等设备的总体设计、制造、测试及产业化；上海电机学院负责材料成分的优化与控制、组织性能控制与处理、低温强韧化特性分析。各承担单位共同完成“十二五国家重大专项”——大型油气田及煤层气开发——“荔湾3-1及周边油气田水下生产系统测试系统完善”等项目，并顺利通过验收。

第一完成人签名： 李志刚