

海洋工程装备科研项目指南
(2013 年版)

海洋工程装备制造业是国家战略性新兴产业的重要组成部分，是高端装备制造业的重点方向。大力发展海洋工程装备，对加快装备制造业结构调整和转型升级，抢占未来经济科技竞争的制高点，推动海洋资源开发和海洋经济发展，支撑我国建设海洋强国目标实现具有十分重要的意义。

为进一步落实《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》(国发[2012]28号)和《海洋工程装备制造业中长期发展规划》(工信部联规[2011]597号)，加快提升海洋工程装备制造业创新能力，提升行业技术水平，特制定本指南。指南从工程与专项、关键系统和设备、共性技术与标准三个方面，提出了“十二五”后三年海洋工程装备制造业的重点科研方向。

一、工程与专项

(一) 深远海浮式基地

1、工程总目标

满足我国深远海岛礁生活和建设、岛礁和海洋旅游、海上维权执法、海洋油气及渔业资源开发、后勤保障等方面的紧迫需要，根据不同海域风、浪、流分布的情况，结合不同用途对浮式结构型的需要，重点开展小水线面半潜箱型、筒形桁架组合型、单船体型单元浮式结构及复合型浮式结构等系列深远海大型浮式结构设计、建造、安装等方面的关键技术研究，分阶段实施大型浮式结构的示范工程。

主要包括：“小水线面半潜式箱型组合浮式结构工程化研制”，“筒形桁架组合型浮式结构工程化研制”，“单船体浮式结构工程化研制”，“变干舷

异型多阶次浮式结构工程化研制”，“超大型多类结构复合型浮式结构工程化研制” 5 个课题。

2、重点研究方向

2015 年前，重点开展单元浮式结构的研究，即小水线面半潜箱型组合浮式结构、多功能筒形桁架组合型浮式结构、多功能单船体型浮式结构等三型单元浮式结构的关键设计建造技术研究，并结合目标海域和岛礁具体情况进行工程示范。具体如下：

(1) 小水线面半潜箱型组合浮式结构工程化研制

研究目标：

开发南海开敞海域适用的小水线面半潜箱型组合浮式结构，设计寿命达到 25 年以上。

研究内容：

- 1) 目标岛礁自然环境（无泻湖的开敞水域，包括风、浪、流、海床结构、台风、温度、湿度、盐度等）研究
- 2) 开敞水域岛礁的使用特征与技术指标优化论证
- 3) 功能与舒适性、使用性、维护性匹配的总布置研究
- 4) 总体性能分析技术研究
- 5) 系泊定位技术研究
- 6) 防波技术研究
- 7) 浮式结构、防波设施水池模型试验技术研究
- 8) 浮式结构运输与安装技术研究
- 9) 新型材料在浮式结构设计建造中的应用技术研究

- 10) 高温、高湿、高日照、多盐环境下的防腐技术研究
- 11) 岛礁环境测量技术与环境测量装置研制
- 12) 设计、建造、安装及安全标准研究

成果形式:

相关研究报告；浮式结构、防波设施水池模型试验报告；浮式结构设计指导性文件；防波设施设计与安全分析指导性文件；泻湖外波浪环境测量装置样机；相关技术标准名录；相关专利；小水线面半潜式组合型浮式结构工程示范。

(2) 多功能筒形桁架组合型浮式结构工程化研制

研究目标:

开发南海开敞水域环境适用的筒形桁架组合型浮式结构，设计寿命达到25年以上。

研究内容:

- 1) 所处海域（包括岛礁周边，泻湖内、外）的风、浪、流环境条件研究
- 2) 浮式结构功能与安全性、使用性、维护性匹配的总布置研究
- 3) 浮式结构波浪中水动力特性分析技术研究
- 4) 浮式结构三维波浪载荷计算与结构分析响应研究
- 5) 特殊节点结构设计与疲劳分析研究
- 6) 不沉性等级划分与新型轻型材料研究
- 7) 浮式结构多单元连接形式设计与强度分析
- 8) 电站与电力推进系统配置研究
- 9) 系泊定位技术研究
- 10) 水池模型试验技术研究

- 11) 运输与多单元安装技术研究
- 12) 抗疲劳新材料及结构形式应用研究
- 13) 防腐技术、防腐钢材应用与技术标准研究
- 14) 设计、建造、安装及安全标准研究

成果形式:

相关研究报告；浮式结构、定位设备水池模型试验报告；浮式结构设计与安全分析指导性文件；相关技术标准名录；相关专利；多功能筒形桁架组合型浮式结构工程示范。

(3) 多功能单船体型浮式结构工程化研制

研究目标:

开发一型适用于深水/浅水的单船体型浮式结构，设计寿命达到 25 年以上。

研究内容:

- 1) 浮式结构功能、规划研究、经济性分析
- 2) 考虑泻湖内外环境差异的浮体波浪流环境与生存条件研究
- 3) 浮式结构总体方案研究
- 4) 浮式结构结构设计技术研究
- 5) 浮式结构补给形式研究
- 6) 浮式结构系泊技术及模型试验研究
- 7) 浮式结构生态保障及新能源系统研究
- 8) 高强度轻质复合材料的应用研究
- 9) 基于防腐技术的材料、涂料应用研究
- 10) 浮式结构物建造与安装技术研究

11) 设计、建造、安装及安全标准研究

成果形式:

相关研究报告; 浮式结构、定位设备水池模型试验报告; 浮式结构设计与安全分析指导性文件; 相关技术标准名录; 相关专利; 单体船型浮式结构工程示范。

(二) 深海天然气浮式装备 (一期工程)

1、工程总目标

满足我国深海大型气田开发和海上液化天然气接收站建设的紧迫需求, 系统开展深海天然气浮式装备 (英文简称: FLNG, 包括浮式液化天然气生产储卸装置 LNG-FPSO 和浮式储存及再气化装置 LNG-FSRU) 设计、建造、集成等方面的关键技术研究, 以及相关关键设备和系统的研制, 形成相应的总体设计方案、设备工程样机及全套系统的试验验证装置, 完成有关测试和检验、试验验证等工作, 建立相应的 FLNG 设计建造规范与标准体系。开发一型适应我国南海大型气田开发需要、舱容约 30 万立方米、LNG 年产量约为 200-300 万吨的 LNG-FPSO, 一型舱容在 20 万立方米以上、年气化能力约为 200 万吨的 LNG-FSRU。

工程分两期实施, 一期目标是: 完成 LNG-FPSO、LNG-FSRU 总体设计方案, 实现 LNG-FSRU 再气化模块及 LNG-FPSO 部分系统和设备的样机研制, 具备 20-50 万方/天的小型天然气液化系统核心装置的工程化应用能力。二期目标是: LNG-FPSO、LNG-FSRU 总体具备工程化条件, 主要系统和设备完成样机研制及实验验证, 具备 LNG 年产 200-300 万吨的天然气预处理系统及液化系统装置研制能力。

主要包括: “LNG-FPSO 总体设计技术研究”, “LNG-FSRU 总体设计技术

研究”，“LNG-FSRU 再气化系统装置研制”，“FLNG 货物围护系统设计与建造技术研究”，“天然气液化系统设计、集成及试验验证”，“天然气预处理用大型塔器研制”，“天然气液化用大型混合冷剂压缩机研制”，“天然气液化用大型板翅式换热器冷箱研制”，“大型 LNG 绕管式换热器研制”，“海水-混合冷剂换热器研制”，“LNG 液力透平研制”，“LNG 潜液泵研制”，“天然气液化系统硫回收装置研制”，“LNG 蒸发汽再液化装置研制”，“货物外输/转驳装置研制”，“内转塔式单点系泊系统开发及液体旋转接头研制”，“液化天然气船用殷瓦合金和绝缘箱胶合板关键技术应用研究”，“FLNG 建造、安装及调试关键技术研究”等 18 个课题。

2、重点研究方向

2015 年前，重点围绕一期工程目标，突破天然气预处理系统及液化系统、再气化系统、内转塔式单点系泊系统、LNG 货物外输/转驳装置等设备和系统设计、制造、试验验证等方面的关键技术，部分系统和设备完成样机研制；开展 FLNG 建造、安装及调试关键技术研究；开展处理能力为 20-50 万方/天的天然气液化工艺和设备试验验证；初步建立起 FLNG 设计建造规范与标准体系。具体如下：

(1) 天然气液化系统设计、集成及试验验证

研究目标：

掌握天然气液化系统的设计技术、集成技术，完成处理能力为 20-50 万方/天的天然气液化系统的设计和制造，开展工艺和关键设备试验验证。

研究内容：

- 1) 处理能力为 20-50 万方/天的天然气液化系统总体方案设计

- 2) 天然气液化系统集成技术研究
- 3) 天然气液化系统工艺和关键设备试验验证

成果形式:

总体设计方案; 处理能力为 20-50 万方/天天然气液化系统及试验报告。

(2) 天然气预处理用大型塔器研制

研究目标:

掌握适合 FLNG 天然气预处理系统使用的大型塔器的设计制造关键技术, 包括强度计算、填料和塔盘的水力学计算等, 完成大型塔器详细设计和样机研制, 具备工程化应用条件, 与国际同类产品技术水平相当。

研究内容:

- 1) 工艺参数优化和工艺流程设计
- 2) 大型塔器的材料选型、强度计算及分析
- 3) 大型塔器中填料、塔盘等内件水力学计算
- 4) 大型塔器气液分布器的设计与优化
- 5) 晃荡对大型塔器性能影响研究
- 6) 适用于年产液化天然气 300 万吨 LNG-FPSO 使用的大型塔器详细设计
- 7) 大型塔器样机研制

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告; 样机及试验验证报告, 并通过船级社认可。

(3) 天然气液化用大型混合冷剂压缩机研制

研究目标:

完成满足 LNG 年产量约为 200-300 万吨的 LNG-FPSO 要求的大型混合冷剂压缩机的选型方案，攻克设计制造关键技术，完成详细设计和样机研制，具备工程化应用条件，与国际同类产品技术水平相当。

研究内容:

- 1) 压缩机选型方案论证
- 2) 设计制造关键技术研究
- 3) 大型混合冷剂压缩机详细设计
- 4) 大型混合冷剂压缩机样机研制

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告；样机及试验验证报告，并通过船级社认可。

(4) 天然气液化用大型板翅式换热器冷箱研制

研究目标:

掌握板翅式换热器冷箱均布、安全性相关技术等关键技术，完成相应的试验研究和小型样机研制，满足 LNG-FPSO 的技术要求。

研究内容:

- 1) 多联板翅式换热器均布技术研究
- 2) 板翅式换热器应用于 FLNG 的安全性和可靠性研究
- 3) 板翅式换热器小型样机研制

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告；适用于处理能力为 20-50 万方/天天然气液化系统的样机及试验验证报告，并通过船级社认可。

(5) 大型 LNG 绕管式换热器研制

研究目标:

掌握 LNG 绕管式换热器设计、制造、检验等方面的关键技术，完成满足 LNG 年产量为 200-300 万吨 LNG-FPSO 要求的大型绕管式换热器详细设计方案，开展中试研究，完成小型样机研制，设计、制造、检验能力达到 LNG-FPSO 的技术要求。

研究内容:

- 1) LNG 绕管式换热器设计关键技术研究
- 2) 晃动对 LNG 绕管式换热器性能影响研究
- 3) LNG 绕管式换热器制造和检验关键技术研究
- 4) LNG 绕管式换热器小型样机研制
- 5) 相关技术标准研究

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告；适用于处理能力为 20-50 万方/天天然气液化系统的样机及试验验证报告，并通过船级社认可。

(6) 海水-混合冷剂换热器研制

研究目标:

掌握海水-混合冷剂换热器设计、制造、检验等关键技术，开展满足 LNG 年产量约为 200-300 万吨的 LNG-FPSO 要求的海水-混合冷剂换热器详细设计方案，完成中试研究和小型样机研制，设计、制造、检验能力达到 LNG-FPSO 技术要求。

研究内容:

- 1) 海水-混合冷剂换热器选型研究
- 2) 设计关键技术研究
- 3) 制造和检验关键技术研究
- 4) 海水-混合冷剂换热器小型样机研制

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告; 适用于处理能力为 20-50 万方/天天然气液化系统的样机及试验验证报告, 并通过船级社认可。

(7) LNG 液力透平研制

研究目标:

掌握 LNG 液力透平的关键技术, 完成小型样机设计制造及现场试验, 开展适用 LNG-FPSO 的 LNG 液力透平详细设计, 完成中试研究和样机研制。

研究内容:

- 1) 液力透平设计关键技术研究
- 2) 小型样机设计制造及现场试验
- 3) 适用 LNG-FPSO 的 LNG 液力透平详细设计
- 4) LNG 液力透平小型样机研制
- 5) 技术标准研究

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告; 小型样机及试验验证报告, 并通过船级社认可。

(8) LNG 潜液泵研制

研究目标:

掌握水力技术、结构优化设计、密封技术等 LNG 潜液泵关键设计制造技术，开展适用 LNG-FPSO 的 LNG 潜液泵详细设计，完成中试研究和小型样机研制。

研究内容:

- 1) 水力计算与选型
- 2) 泵体结构优化设计
- 3) 密封设计
- 4) 适用 LNG-FPSO 的 LNG 潜液泵详细设计
- 5) LNG 潜液泵小型样机研制及试验研究
- 6) 技术标准研究

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告；小型样机及试验验证报告，并通过船级社认可。

(9) 天然气液化系统硫回收装置研制

研究目标:

研究适用于浮式条件下的硫磺回收工艺，研制橇装的硫磺回收装置，具备安全性高、占地少的特点，完成小型样机研制。

研究内容:

- 1) 硫回收装置关键设备选型研究
- 2) 硫回收工艺的工艺包设计
- 3) 硫回收装置的橇块化技术研究
- 4) 硫回收装置小型样机研制
- 5) LNG-FPSO 硫磺回收装置的技术标准研究

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告；小型样机及试验验证报告，并通过船级社认可。

(10) LNG 蒸发汽再液化装置研制

研究目标:

根据 LNG 蒸发汽 (BOG) 和浮式平台的特点设计出适合浮式平台上的 BOG 再液化工艺，完成 BOG 再液化装置的橇块化设计，达到能够制造的深度，完成小型样机研制。

研究内容:

- 1) 核心设备选型研究和浮式条件下的适应性研究
- 2) 橇块化设计方案研究
- 3) 再液化装置的橇块化设计
- 4) 再液化装置小型样机研制
- 5) 相关技术标准研究

成果形式:

相关设计图纸、计算书、研究报告；小型样机及试验验证报告，并通过船级社认可。

(11) 货物外输/转驳装置研制

研究目标:

研究开发适用于 LNG-FSRU、LNG-FPSO 与穿梭 LNG 船之间的货物外输/转驳装置，能够实现低温液体和气体的输送，具备较高的可靠性。货物外输/转驳装置在满足旁靠相关海况的相对运动和串联情况下，转运能力达到 1.0

万立方米/小时。

研究内容:

- 1) 两船并靠水动力分析与试验验证
- 2) 旁靠转驳与串联转驳的比较论证
- 3) 刚性装卸臂与低温软管输送比较论证
- 4) 软管旁靠输送装置样机研制
- 5) 软管旁靠转运的模拟海况试验和液体试验
- 6) 串联输送技术预研

成果形式:

两船旁靠水动力分析和水池模型试验报告; 旁靠转驳与串联转驳设计图纸和计算书; 软管旁靠输送装置样机及试验验证报告, 并通过船级社认可。

(12) 内转塔式单点系泊系统开发及液体旋转接头研制

研究目标:

对 FLNG 单点系泊系统进行系统研究, 开发一型适合深海 LNG-FPSO 作业需要的内转塔式单点系泊系统的设计方案和一型适合近海 LNG-FSRU 作业需要的内转塔式单点系泊系统的设计方案, 完成系统的基本设计和液体旋转接头、电滑环等关键设备样机的研制, 通过船级社认可。

研究内容:

- 1) 国外内转塔式单点系泊系统功能(多种接卸管路系统能力)分析
- 2) 内转塔式单点系泊系统总体设计技术研究
- 3) 与 FLNG 船体的匹配设计研究
- 4) 水动力性能分析与模型试验
- 5) 海上安装方案研究

- 6) 核心部件—液体旋转接头及电滑环研制
- 7) 内转塔式单点系泊系统及关键部件功能验证试验技术研究

成果形式:

相关技术研究报告；液体旋转接头、电滑环样机及样机设计图纸、计算书、试验报告；相应的专利；内转塔式单点系泊系统设计指导性文件；内转塔式单点系泊系统设计及关键部件的技术标准。

(13) 液化天然气船用殷瓦合金和绝缘箱胶合板关键技术应用研究

研究目标:

完成液化天然气（LNG）船用殷瓦合金带材和绝缘箱胶合板研制，突破应用关键技术，完成模拟舱建造和实船应用。

研究内容:

- 1) LNG 船用殷瓦合金带材制造、加工、焊接工艺技术研究；
- 2) LNG 船用绝缘箱胶合板制造、加工工艺技术研究；
- 3) LNG 船用殷瓦合金带材加工性能、焊接性能研究；
- 4) LNG 船用绝缘箱胶合板加工性能研究。
- 5) 采用 LNG 船用殷瓦合金带材、绝缘箱胶合板模拟舱建造及试验验证。

成果形式:

相关技术研究报告；LNG 船用殷瓦合金带材制造、加工、焊接等工艺文件及相关标准；LNG 船用胶合板及绝缘箱制造、加工工艺文件及相关标准；相关技术专利；LNG 船用殷瓦合金和绝缘箱胶合板通过 GTT 和有关船级社认可。模拟舱建造并通过 GTT 和有关船级社认可，实现实船应用。

(三) 水下油气生产系统（一期工程）

1、工程总目标

以我深海油气田开发为工程背景，系统开展水下生产系统、控制系统、安防系统、铺管系统等的总体设计技术研究，以及水下采油树、混输增压泵、脐带缆、水下阀门、水下作业工具等关键设备的研制，初步形成水下油气生产系统的标准体系。掌握3000米水深水下生产系统及关键设备设计、制造、测试与安装技术；实现1500米水深水下生产系统及关键设备产业化。

工程分两期实施，一期目标是：具备500米水深水下油气生产系统及关键设备的工程设计、制造、测试与安装能力，初步实现产业化。二期目标：具备1500米水深水下油气生产系统及关键设备的工程设计、制造、测试与安装能力，初步实现产业化；掌握3000米水深水下油气生产系统关键技术。

主要包括：“水下生产系统设计及关键设备研发”，“水下控制系统与关键设备研发”，“水下安防系统研制”，“水下混输增压泵研制”，“水下两相湿气流量装置研制”，“水下立式采油树研制”，“水下立式采油树配套工具研制”，“海底管道作业工具研制”，“硬质土海底管道施工技术与装备研制”，“卷管式海底管道铺设装置研制”，“软管铺设系统研制”，“综合生产脐带缆研制”，“水下阀门工程化研制”，“高强度钢配套水下焊接材料研制”，“水下作业仿真测试技术与配套装备研制” 15 个课题。

2、重点研究方向

2015年前，重点围绕一期目标，开展水下油气生产系统的总体设计和集成技术研究、各子系统及其关键设备的研制。重点研究方向如下：

(1) 水下生产系统设计及关键设备研发

研究目标：

掌握 500 米水下生产系统工程设计、制造、测试与安装技术，以及水下

关键油气生产系统及配套工具的功能分析、设计要求和系统集成技术，形成深水海底管道作业装备技术要求，完成 500 米采油树下游系列产品（分离设备除外）的工程样机及工程示范应用。

研究内容:

- 1) 水下生产系统总体开发方案研究
- 2) 深海水下生产系统分离技术研究
- 3) 水下关键油气处理设备及配套工具的功能分析、设计要求和系统集成技术研究
- 4) 完成深水海底管道作业装备技术要求研究
- 5) 海底管线终端(PLET)设计、制造、测试与安装技术研究
- 6) 水下硬质跨接管设计、制造、测试与安装技术研究
- 7) 水下管汇产品设计、制造、测试与安装技术研究
- 8) 海底管线终端的设计、制造、测试与安装的标准研究

成果形式:

水下生产系统设计关键技术研究报告；水下生产系统总体设计方案及流动保障、材料与防腐、可靠性分析工程设计研究报告；水下关键油气处理设备及配套工具的功能分析和设计要求文件；海底管道作业工具技术要求文件；水下生产系统分离技术研究报告；500 米 NPS 10"海底管线终端图纸报告及工程样机；水下硬质跨接管产品的设计、制造、测试与安装的工程设计文件与技术研究报告及 6"水下硬质跨接管工程样机；水下管汇产品的设计、制造、测试与安装的工程设计文件与技术研究报告及 4 井槽水下管汇工程样机；样机海试及工程示范应用报告。

(2) 水下控制系统与关键设备研发

研究目标:

掌握 500 米水下控制系统设计、制造、测试与安装技术能力，完成水下控制产品的功能分析、设计要求及总体系统集成技术研究，掌握水下控制模块、水下分配单元及水下温压变送器的设计、制造、安装技术。

研究内容:

- 1) 功能分析和设计要求
- 2) 系统总体设计、测试和总体系统集成技术研究
- 3) 水下控制模块 (SCM) 设计、制造、测试和安装技术研究
- 4) 水下分配单元 (SDU) 设计、制造、测试和安装技术研究
- 5) 水下温压变送器设计、制造、测试和安装技术研究

成果形式:

水下控制系统方案设计与研究报告；水下控制产品的功能分析、设计要求及总体系统集成技术研究报告；水下控制模块产品设计、制造、测试与安装的设计与研究报告；500 米可回收式水下控制模块原理样机及全套设计文件；500 米可回收式水下分配单元原理样机及全套设计文件；500 米水下温压变送器原理样机及全套设计文件。

(3) 水下安防系统研制

研究目标:

掌握 500 米水下安防系统产品设计、制造、测试与安装技术，完成 500 米水下安防系统的工程样机研制。

研究内容:

- 1) 水下安防系统设计、制造、测试、安装技术研究
- 2) 水下安防系统工程样机研制
- 3) 水下安防系统设计、制造与测试标准研究

成果形式:

水下安防系统设计、制造与测试的设计与研究报告；以水下设施为中心的 500 米水下安防系统工程样机；相关标准研究报告。

(4) 水下混输增压泵研制

研究目标:

掌握 500 米水下混输增压泵的设计、制造、测试与安装技术，工程应用和总体方案设计技术，成橇设计技术，关键零部件制造、测试与安装工程技木，完成 500 米水下混输增压泵工程样机。

研究内容:

- 1) 总体方案研究
- 2) 设计技术研究
- 3) 控制系统设计技术研究
- 4) 供电系统设计技术研究
- 5) 水下混输增压泵成橇设计技术研究
- 6) 水下混输增压泵制造、测试与安装技术研究

成果形式:

500 米水下混输增压泵工程样机设计文件及支持性的研究报告；500 米水下混输增压泵工程样机；制造、测试与安装的相关文件与海试报告。

(5) 水下两相湿气流量装置研制

研究目标:

掌握 500 米水下两相湿气流量装置产品设计、制造、测试与安装技术，完成 500 米水下两相湿气流量装置工程样机的研制。

研究内容

- 1) 水下两相湿气流量装置设计、制造、测试、安装技术研究
- 2) 工程样机研制
- 3) 水下两相湿气流量装置设计、制造与测试标准研究

成果形式

水下两相湿气流量装置产品设计、制造与测试的设计文件与研究报告；500 米 6"水下两相湿气流量装置工程样机。

(6) 水下立式采油树研制

研究目标:

掌握满足海洋 500 米水深油气开发需要的水下立式采油树系统的设计、制造技术，完成 500 米水深水下立式采油树工程样机研制。

研究内容:

- 1) 设计、制造技术研究
- 2) 试验方法及试验装置研究
- 3) 水下立式采油树工程样机和海试
- 4) 下水安装及回收技术研究

成果形式:

水下立式采油树产品设计、制造与测试的设计文件与研究报告；500 米

水下立式采油树工程样机及海试报告。

(7) 水下立式采油树配套工具研制

研究目标:

掌握满足 500 米水深油气开发需要的水下立式采油树系统配套工具的设计、制造技术，完成工程样机研制。

研究内容:

- 1) 设计、制造技术研究
- 2) 工厂验收试验方法及试验装置研究
- 3) 工程样机

成果形式:

水下立式采油树配套工具产品设计、制造与测试的设计文件与研究报告；500 米水下立式采油树配套工具工程样机。

(8) 海底管道作业工具研制

研究目标:

针对深水管道安装及应急维修作业的需求，突破深水环境下系列海底管道作业工具与装备的设计、制造、测试、安装关键技术，掌握 1500 米水深管道多功能维修机具和管线切割关键技术，完成 500 米工程样机的研制。

研究内容:

- 1) 金刚石绳锯机、闸刀锯研制
- 2) 海底管道多功能作业机具研制
- 3) 电弧复合切割机锯研究、设计和工程样机的研制

成果形式:

500 米金刚石绳锯机工程样机及相关技术文件；500 米多功能作业机具工程样机及相关技术文件；闸刀锯工程样机及相关技术文件；500 米电弧复合切割机工程样机及相关技术文件。

(9) 硬质土海底管道施工技术 with 装备研发

研究目标:

针对深水管道作业的需求，开展硬质土海底管道施工作业装备关键技术研究，完成 500 米工程样机的研制。

研究内容:

- 1) 大深度海底管道挖沟技术理论研究
- 2) 硬质土海底管道挖沟机设计技术研究
- 3) 硬质土海底管道挖沟机制造工艺及测试技术

成果形式:

设计图纸、计算说明书、实验报告等全套设计资料；500 米水深硬质土海底管道挖沟机工程样机；相关专利。

(10) 卷管式海底管道铺设装置研制

研究目标:

掌握卷管装置与铺管装置分析设计技术，形成卷管装置与铺管装置设计能力，完成卷管与铺管装置样机，并形成测试体系。

研究内容:

- 1) 卷管流程与卷管过程力学模拟与分析
- 2) 铺管流程与铺管过程力学模拟与分析
- 3) 铺管过程矫直及对正系统技术研究

4) 卷管装置及配套设施样机试制

5) 卷管与铺管装置测试

成果形式:

卷管与铺管力学分析报告; 卷管与铺管装置设计图纸、计算书、试验报告; 相关专利; 卷管与铺管装置工程样机。

(11) 软管铺设系统研制

研究目标:

掌握 500 米深水软管铺设关键技术, 完成 500 米深水软管铺设系统工程样机研制。

研究内容:

1) 深水软管铺设技术研究

2) 软管铺设关键设备制造技术研究

成果形式:

500 米水深软管铺设系统相关技术文件; 软管铺设系统工程样机及示范应用。

(12) 综合生产脐带缆研制

研究目标:

掌握 500 米水深综合生产脐带缆设计、制造、测试和安装技术能力, 完成 500 米水深中心大孔径综合生产脐带缆测试样缆。

研究内容:

1) 产品设计技术

2) 制造技术

3) 样缆研制和产品测试技术

成果形式:

500 米水深大孔径综合生产脐带缆设计、制造与测试的设计文件与研究
报告, 500 米水深中心大孔径综合生产脐带缆样缆及海试报告。

(13) 水下阀门工程化研制

研究目标:

掌握 500 米水深水下阀门及执行机构的设计、制造与测试技术, 具备 500
米水深水下阀门高压舱测试能力, 完成 500 米水深水下阀门工程样机研制,
完成海试。

研究内容:

- 1) 水下阀门(闸阀、球阀)设计、制造与测试技术研究;
- 2) 水下阀门执行机构的设计、制造与测试技术研究;
- 3) 水下阀门高压舱测试技术研究。

成果形式:

水下闸阀及执行机构样机及相关支持文件; 水下球阀及执行机构样机及
相关支持文件; 水下阀门制造与测试研究报告; 500 米水深水下阀门测试高
压舱; 5000 磅/平方英寸的 6"水下闸阀工程样机; 一台 2500 磅的 12"水下
球阀工程样机。

(14) 高强度钢配套水下焊接材料研制

研究目标:

掌握屈服强度为 460MPa、550MPa、690MPa 级别高强度钢无缝药芯焊丝、
实心焊丝、焊条等焊材的制造, 及 360MPa 和 390MPa 级别高强度钢水下焊接

药芯焊丝、全位置焊条和高效切割电极研制技术，水下焊接接头性能指标与实验方法满足美国标准 ANSI/AWS D3.6 1999 (Specification for underwater welding)。

研究内容:

- 1) 460MPa、550MPa、690MPa 级别高强度钢焊接所需药芯焊丝、焊条渣系的确定
- 2) 360MPa 级别高强度钢 30 米水深水下焊接药芯焊丝、390MPa 级别高强度钢 30 米水深全位置焊条以及 200 米水深药芯焊丝的渣系确定
- 3) 460MPa、550MPa、690MPa 级别高强度钢手工电弧焊、气保焊、埋弧焊工艺规范确定
- 4) 360MPa 和 390MPa 级别高强度钢不同水深水下焊条电弧焊、药芯焊丝电弧焊工艺规范确定
- 5) 焊缝金属常规力学性能调整及耐腐蚀性能优化
- 6) 焊缝金属断裂韧性研究
- 7) 焊接接头扩散氢控制
- 8) 各种焊材焊接工艺性调整及配方优化

成果形式:

各类焊接材料相关技术研究报告；相应的各类焊接材料实物；相应的各类焊接材料生产工艺指导性文件；各类焊接材料焊接工艺规程；相关专利；工程示范应用。

(15) 水下作业仿真测试技术与配套装备研制

研究目标:

通过开展海洋工程大型装备作业测试系统功能需求研究、海洋水动力环

境模型研究、海洋工程大型装备作业风险源识别与分析研究，建立海洋工程作业安全模拟系统，形成 500 米水下安装和铺管作业仿真测试平台。

研究内容:

- 1) 作业测试系统功能需求研究
- 2) 作业测试系统平台研究
- 3) 作业水动力环境模型研究
- 4) 作业风险源识别与分析研究
- 5) 安全模拟系统工程应用研究

成果形式:

水下安装测试系统及支持文件；180 度水下起重作业测试系统及支持文件；240 度驾驶/铺管/DP/调度作业测试系统及支持文件；完成万吨级浮托方案验证和过程预演；完成 500 米水深海洋工程安全作业模拟系统平台及装备。

二、关键系统和设备

(一) 海洋平台及 FPSO 用大容量发电模块研制

研究目标:

以满足海洋平台及 FPSO 用大容量电站系统中发电模块工作需要为目标，通过开展海洋平台及 FPSO 用大容量发电模块设计技术研究，突破电站系统中发电模块匹配仿真、试验验证等关键技术，掌握海洋平台及 FPSO 用大容量电站系统中发电模块设计技术和集成方法，完成一套大容量电站系统中发电模块的设计和研制。其技术指标为：1) 电压 11kV，2) 单机功率 ≥ 5000 —10000KW，3) 电站模块匹配仿真软件仿真精度 $\geq 90\%$ ，4) 电站结构噪声隔振量 $\leq 15\text{dB(A)}$ ，5) 中压系统 THD $<4\%$ ，400V 系统 THD $<5\%$ ，6) 排放满足 Tier

III 要求。

研究内容:

- 1) 大容量电站系统中发电模块集成设计技术研究
- 2) 发电模块匹配仿真技术研究
- 3) 发电模块试验验证技术研究

成果形式:

各种相关技术研究报告；仿真软件理论文本、使用说明、源代码文件、目标文件、测试报告，软件著作权登记证书；机组样机及设计图纸、计算书、试验报告；相应的专利；海洋工程用大容量发电模块技术标准。

(二) 浮式钻井补偿系统研制

研究目标:

掌握深水浮式钻井补偿系统设计制造关键技术，完成样机研制。

研究内容:

- 1) 钻井升沉补偿绞车设计研究
- 2) 天车型钻柱升沉补偿装置技术研究
- 3) 液缸式隔水管张紧装置技术研究

成果形式:

天车型钻柱升沉补偿装置、升沉补偿绞车、液缸式隔水管张紧装置的设计图纸、计算书及相关技术报告；1000hp 钻井升沉补偿绞车的工程样机，天车型钻柱升沉补偿装置、液缸式隔水管张紧装置原理样机，一套工程样机和两套原理样机的测试及试验报告，并获得船级社认可；相关专利。

(三) FPSO 系泊监测系统研制

研究目标:

针对目前渤海、南海的 FPSO 系泊系统应用现状，开展 FPSO 整体运动性能数值分析技术研究以及系泊系统方案设计研究，在此基础上研制出一套集成环境监测、FPSO 运动与载荷监测同时具备评估与预警功能的系统，以及可能的主动控制系统，为 FPSO 系泊系统设计、安全作业以及维修、改造提供技术支持，使得系泊系统在全生命周期内风险可控、事故可防或减少，从而保证总体装备能够经济合理地安全运行。

研究内容:

- 1) 开展系泊系统的全生命周期安全性评估、事故损伤评估与风险评估技术研究
- 2) FPSO 水动力/系泊分析研究
- 3) FPSO 系泊系统监测与预警总体集成技术研究
- 4) FPSO 系泊系统监测与预警系统开发
- 5) 监测数据后处理技术研究
- 6) 工程化应用

成果形式:

FPSO 系泊系统风险评估方法及完整性管理体系；FPSO 总体性能数值计算报告；FPSO 单点系泊系统评估报告；塔架式系泊 FPSO 运动与载荷监测系统一套；获得船级社认可，实现工程示范应用；相关专利。

(四) 井口防喷器就位系统研制

研究目标:

掌握大型井口防喷器及采油树准确传输就位系统的甲板空间布置特点；掌握深水钻井平台对大型井口防喷器及采油树准确传输就位系统的设计要求；完成大型井口防喷器及采油树准确传输就位系统的工程样机研制；完成

系统的测试并取得船级社相关认证工作；编制我国井口防喷器及采油树准确传输就位系统的设计指南。

研究内容:

- 1) 半潜式钻井平台及钻井船用 500 吨 BOP 龙门吊(含 BOP/LMRP 扶正装置), 150 吨龙门吊的研制
- 2) 半潜式钻井平台及钻井船用 400 吨 BOP 滑移小车(含 BOP/LMRP 测试桩), 250 吨滑移小车的研制
- 3) 半潜式钻井平台及钻井船用 500 吨 BOP 升降月池车 (BOP 的垂直升降及存储功能) 研制
- 4) 半潜式钻井平台及钻井船用带有悬挂功能的 250 吨月池车 (首次将悬挂移出功能与存储功能整合) 研制
- 5) 整套系统的控制系统研制
- 6) 上述五组设备的功能测试

成果形式:

全套设计文件；半潜式钻井平台及钻井船用 500 吨 BOP 龙门吊 (含 BOP/LMRP 扶正装置) 及 150 吨 XTree 龙门吊样机制造及试验报告；半潜式钻井平台及钻井船用 400 吨 BOP 滑移小车 (含 BOP/LMRP 测试桩) 及 250 吨 XTree 滑移小车样机制造及试验报告；半潜式钻井平台及钻井船用 500 吨 BOP 升降月池车 (BOP 的垂直升降及存储功能) 及 250 吨 XTree 月池车 (XTree 存储及悬挂移出功能) 样机制造及试验报告；BOP/XTree 精确传输就位系统控制系统样机制造及实验报告；全套系统取得相关船级社认证及工程示范；各设备专用功能专利。

(五) 海洋油气压裂作业系统研制

研究目标:

突破在海洋环境下装备的轻量化、模块化以及智能化的集成压裂装备系统设计及制造关键技术；完成一套适应我国海洋油气开发要求、满足船体布置要求、总输出功率 15000hp 模块化压裂装备系统研究；完成液体泵送装置、供砂与混砂装置、快速脱离装置、满足环保要求的海水处理及压裂液回收装置的样机研制。

研究内容:

- 1) 海洋油气模块式压裂装备系统参数确定及配套方案技术研究
- 2) 压裂装备模块化系统整体装备布置、连接、减振与控制研究
- 3) 压裂作业系统智能化控制与安全保护系统研究
- 4) 液体泵送模块、供砂与混砂模块、快速脱离模块、压裂液处理模块的研究及样机研制并取得船级社认证

成果形式:

压裂作业系统技术研究报告、全套设计资料；模块化的关键装备及成套系统集成；控制系统及软件著作权；海洋油气压裂作业工程示范应用；相关专利；相关技术标准。

(六) 深水液压打桩锤研制

研究目标:

掌握深水液压打桩锤设计技术；完成适应 2000 米以内水深，锤芯重量 40 吨加速度不小于 1.8g 的液压打桩锤研制。

研究内容:

- 1) 开展深水液压打桩锤和 1500 米脐带电缆绞车的设计研究
- 2) 系统设计方法及深水动力单元 (HPU) 设计方法研究
- 3) 深水液压打桩锤施工工艺技术及锤装备制造

成果形式:

深水液压打桩锤技术研究报告；深水液压打桩锤各设计阶段设计图纸、计算书、试验报告；深水液压打桩锤专利审核证书；深水液压打桩锤制造规范标准；相关专利；深水液压打桩锤产品样机及工程示范。

(七) 基于漏磁的海底管道内检测器研制

研究目标:

掌握海底复杂管道高通过与高精度内检测技术、海底管道多功能检测与缺陷精确定位技术、海底管道综合评估技术；突破基于漏磁的海底管道高适应性高清晰度检测器工程化设计技术；完成海底管道综合评估系统研制及海底管道内检测器研制；完成工程示范应用。

研究内容:

- 1) 复杂管道的高清晰度内检测器设计、数据采集分析技术研究
- 2) 海底管道缺陷及轨迹精确定位技术研究
- 3) 海底管道内多类型检测数据融合、缺陷判别及安全评估研究
- 4) 复杂管道的高清晰度内检测器制造、测试与示范应用
- 5) 综合性安全评估专家分析系统开发、测试与示范应用

成果形式:

研究报告、试验报告、海底管道内检测器详细设计图纸、计算书等；系列化海底管道内检测器及其试验标验设施；缺陷分析软件与综合评估系统；相关专利；系列指导性文件、相关规范和标准；工程示范。

(八) 高性能深水浮力材料研制

研究目标:

完成适应水深 1500 米-3000 米水深的抗压强度不小于 35 MPa、渗水率每

天不大于 1%、密度大于 0.50 g/cm³ 的浮力材料研制。

研究内容:

- 1) “深水浮力材料” 材料体系研究
- 2) “深水浮力材料” 结构设计及制备工艺研究
- 3) “深水浮力材料” 可靠性评价及标准研究
- 4) “深水浮力材料” 在 ROV 作业设备中应用研究

成果形式:

典型海洋工程装备专用深水浮力材料研制；海洋工程装备用高性能深水浮力材料工程示范应用；海洋工程装备用高性能深水浮力材料典型工程部件生产标准和质量标准；报告、图纸及相关专利。

(九) 大排量潜液泵系统技术研究

研究目标:

开展潜液泵系统关键技术研究，完成 15 万吨以上 FPSO 配套的大排量潜液泵系统样机设计及研制和试验验证。

研究内容:

- 1) 液压潜液泵系统适配性及集成设计技术研究
- 2) 高效单吸离心式潜液泵模型及泵体优化设计技术研究
- 3) 潜液泵系统防腐及密封技术研究
- 4) 不同工作压力的流体输送多层同心管组件集成技术研究
- 5) 无极调速、运行监控及安全保护策略等控制技术研究
- 6) 典型产品样机研制及性能试验研究
- 7) 潜液泵系统模块化、标准化及系列化技术研究及设计

成果形式:

相关技术研究报告；典型大排量液压潜液泵系统工程样机设计图纸、计

算书及试验报告；工程样机，通过船级社认可并实现实船配套；潜液泵系统系列化设计图纸、计算书及技术规范；产品设计、制造及试验验证技术规范；相关专利。

（十）大型铺管船深水绞车系统技术研究

研究目标：

以满足 400 吨大型管道铺设的铺管船配套需求为主要目标，开展大型铺管船 400 吨 A&R 绞车系统集成设计技术研究和关键部件研制；完成一型 400 吨大型铺管船 400 吨 A&R 绞车系统集成设计，完成系统模块化设计，包括牵引绞车模块、储绳绞车模块、补偿单元、驱动和控制等关键技术研究，样机研制和实验验证，获得相关船级社的认可。

研究内容：

- 1) 大型铺管船深水 A&R 绞车系统集成设计技术研究；
- 2) 400 吨 A&R 绞车系统牵引、补偿、控制等关键设备技术研究和研制；
- 3) 大型铺管船 A&R 绞车系统试验验证技术研究。

成果形式：

各类技术研究报告；400 吨 A&R 绞车系统集成设计技术文件并获得船级社审核；400 吨 A&R 绞车系统关键设备样机研制；产品设计、制造及试验验证技术规范；相关专利。

三、共性技术与标准

（一）海洋工程涡激振动和涡激运动专用工程计算软件开发

研究目标：

建立海洋立管涡激振动和 Spar 平台涡激运动的 CFD 计算方法，开发海

洋立管涡激振动（VIV）和 Spar 平台涡激运动（VIM）的 CFD 软件，解决海洋立管 VIV 和 VIM 引起的疲劳强度预报问题，为海洋工程立管和平台的设计提供数值分析工具。

研究内容:

- 1) 南海海流和内波测量和建模研究
- 2) 基于任意物体高雷诺数 ($Re > 10^4 \sim 10^6$) 绕流 CFD 方法研究和软件开发
- 3) 挠性结构（如深海立管）的动力学计算方法研究和软件开发
- 4) 流体结构耦合计算方法研究和软件开发
- 5) 软件包前处理和后处理功能开发
- 6) 软件功能及计算精度多种验证方法研究（实际结构、模型试验、国外声誉良好的同类工程计算软件比较）

成果形式:

相应的各类研究报告；VIV、VIM 计算软件理论文本、使用说明、源代码文件、目标文件、测试报告、软件著作权登记证书；软件计算功能与精度的深水池模型验证、实际结构验证与工程应用、国外同类软件比较等报告。

（二）海洋工程数据库研究开发

研究目标:

针对海洋工程行业发展对基础数据的迫切需求，通过梳理海洋工程产业体系，建立科学、合理、系统、内容丰富、可扩展性良好的海洋工程数据库，涵盖海洋油气勘探、开发、生产等环节的装备和设备及各环节参与者的相关数据和信息，实现集信息获取、处理、存储、维护和服务等功能为一体，且应用系统界面友好、功能齐全，能够实现多维度筛选与交叉查询，满足不同

类型用户的研究分析需求，为政府主管部门、行业有关单位、上下游企业提供优质、快捷、完备的数据信息服务和决策支撑。

研究内容:

- 1) 海洋工程产业体系研究
- 2) 海洋工程数据库数据采集技术研究
- 3) 海洋工程数据库数据结构设计技术研究
- 4) 海洋工程数据库数据分析与展示技术研究
- 5) 海洋工程数据库实现技术研究

成果形式:

相关研究报告；具有自主知识产权的海洋工程数据库 1 套，包含软硬件系统、软件理论文本、使用说明、测试报告、软件著作权登记证书等。

(三) FPSO 失效数据库及风险评估系统研发

研究目标:

在借鉴国外海洋工程风险数据库的基础上，针对我国 FPSO 特点，重点研究 FPSO 的风险源、风险成因、致灾机理及防损措施，系统掌握 FPSO 风险评估技术，开发具有自主知识产权的 FPSO 失效数据库和 FPSO 风险评估软件。数据库涵盖 FPSO 设备的失效及维护、人因可靠性及相关结构的可靠性数据；开发的 FPSO 风险评估系统包括可靠性预测、系统建模、故障模式及影响分析、寿命失效数据分析等；风险监测系统可实现对 FPSO 外输及生产作业的全面安全监测。

研究内容:

- 1) FPSO 风险辨识技术
- 2) FPSO 失效数据库设计及研发
- 3) FPSO 风险评估系统研发

4) FPSO 重大风险监测系统设计

成果形式:

风险辨识及评估技术研究报告; FPSO 失效数据收集与分析指导性文件; FPSO 失效数据库、风险评估系统、风险监测系统各 1 套; 相关专利。

(四) 潜水器标准体系项目研究

研究目标:

为满足海洋探索和资源开发的需求, 结合国际潜水器的技术发展和国内潜水器的研发, 根据《船舶工业标准体系(2012年版)》, 重点开展深海潜水器(EB)设计、建造、试验、作业、维护与修理等相关重点标准研究, 填补行业空白, 建立完善潜水器标准体系, 为国内潜水器发展奠定技术基础。

研究项目:

具体研究项目详见附件。标准研究项目可按每一项单独进行申报, 或按相关联项目组合申报。

成果形式:

相关研究报告和标准草案。

附件:

潜水器标准体系研究项目表

序号	标准体系号	研究项目名称
1	EBA0001	潜水器标识通用要求
2	EBA0010	潜水器钛合金对接焊缝射线检测方法及其质量分级
3	EBA0011	潜水器钛合金对接焊缝超声波检测方法及其质量分级
4	EBA0013	深海潜水器合成固体浮力块设计要求
5	EBB0001	载人潜水器无动力潜浮运动压载匹配计算方法
6	EBB0002	深海载人潜水器耐压结构设计计算方法
7	EBB0003	载人潜水器结构疲劳强度校核方法
8	EBB0004	深海载人潜水器水面支持系统技术要求
9	EBB0006	深海空间站耐压结构设计规则
10	EBB0008	潜水器球形载人舱设计方法
11	EBB0011	潜水器舱口盖启闭机构
12	EBB0012	潜水器生命支持系统设计要求
13	EBB0013	潜水器环境控制系统安全要求
14	EBB0014	载人潜水器信息显控系统设计要求
15	EBB0015	载人潜水器手操系统设计要求
16	EBB0016	载人潜水器航迹推算系统设计要求
17	EBB0021	便携式 AUV 结构模块化设计要求
18	EBB0024	水下滑翔器总体设计方法
19	EBB0025	水下滑翔器控制系统设计方法

20	EBB0027	潜水器导管设计计算方法
21	EBB0028	潜水器螺旋桨设计计算方法
22	EBB0029	载人潜水器电气绝缘对供电设计的通用要求
23	EBB0030	潜水器电缆水密接插件
24	EBC0001	潜水器建造工艺要求
25	EBC0003	潜水器钛合金窄间隙 TIG 焊接工艺要求
26	EBC0004	潜水器水密电缆敷设工艺
27	EBD0002	深海载人潜水器试验方法
28	EBD0004	潜水器与潜水系统压力试验方法
29	EBD0005	潜水器海底避碰系统性能及测试要求
30	EBD0006	潜水器底置导航系统性能及测试要求
31	EBD0007	载人潜水器电气绝缘检测方法
32	EBD0008	水下滑翔器陆上联调试验规程
33	EBD0009	水下滑翔器海上试验规程
34	EBE0001	潜水器作业工具技术要求
35	EBF0001	载人潜水器使用与维护修理指南