

海洋工程特种设备技术解析及其性能优化研究

付维民 张月华 胡良如 高继东

海洋石油工程股份有限公司 300452

DOI: 10.12238/ems.v6i10.9280

[摘要] 随着全球经济的快速发展和能源需求的不断增加,海洋工程作为资源开发的重要领域,其特种设备的技术进步与性能优化成为行业关注的焦点,本文首先概述了海洋工程特种设备的基本概念与分类,随后深入解析了关键设备技术,包括水下生产系统、深海机器人、水下拖曳系统以及大型起重设备等,在此基础上探讨了多种性能优化策略,包括可靠性分析、结构优化、智能化管理以及日常维护与保养等,提升海洋工程特种设备的整体性能,降低事故风险,提高作业效率。

[关键词] 海洋工程; 特种设备; 技术解析; 性能优化

Research on Technical Analysis and Performance Optimization of Marine Engineering Special Equipment

Fu Weimin, Zhang Yuehua, Hu Genru, Gao Jidong

Offshore Oil Engineering Co., Ltd. 300452

[Abstract] With the rapid development of the global economy and the increasing demand for energy, marine engineering, as an important field of resource development, has become a focus of industry attention for the technological progress and performance optimization of its special equipment. This article first outlines the basic concepts and classifications of marine engineering special equipment, and then deeply analyzes key equipment technologies, including underwater production systems, deep-sea robots, underwater towing systems, and large lifting equipment. Based on this, various performance optimization strategies are discussed, including reliability analysis, structural optimization, intelligent management, and daily maintenance and upkeep, to improve the overall performance of marine engineering special equipment, reduce accident risks, and improve operational efficiency.

[Keywords] ocean engineering; Special equipment; Technical analysis; performance optimization

引言:

海洋工程特种设备是指在海洋环境中使用的各类复杂、高精度的装置、仪器和设备,广泛应用于海洋勘探、资源开发、环境保护及深海探索等领域,这些设备不仅需承受极端的海洋环境,还需满足高效、安全、可靠的工作要求,因此对其技术进行深入解析并实施有效的性能优化策略,对于保障海洋工程项目的顺利进行具有重要意义。

一、海洋工程特种设备概述

(一) 基本概念

海洋工程特种设备是指在海洋环境中,用于勘探、开发、建设、维护等工作的特殊设备,包括但不限于水下生产系统、深海机器人、水下拖曳系统、大型起重设备等,这些设备通常具有高度的技术集成性和环境适应性,能够在复杂多变的海洋环境中稳定工作。

(二) 分类与特点

根据用途和功能的不同,海洋工程特种设备可分为以下

几类:

- 水下生产系统:** 主要包括水下油气生产、集输、增压、控制及保护等设备,是海洋资源开发的关键装备。
- 深海机器人:** 包括载人潜水器(HOV)、有缆遥控潜水器(ROV)和无缆自治潜水器(AUV),能够完成各种复杂的水下作业任务。
- 水下拖曳系统:** 包括水下声纳、传感器、分析仪器等,主要用于数据采集和样品收集。
- 大型起重设备:** 用于海洋工程结构物的吊装、安装和拆卸,是海洋工程建设不可或缺的重要工具。

二、关键技术解析: 深入探索海洋工程的核心技术领域,在海洋工程这一充满挑战与机遇的领域,关键技术的发展与创新是推动行业进步的重要驱动力,以下我们将对水下生产系统技术、深海机器人技术、水下拖曳系统技术以及大型起重设备技术这四大关键技术进行深入剖析,在全面展现其技术细节、应用价值及未来发展前景^[1]。

(一) 水下生产系统技术: 深海能源开发的基石

1. 水下油气分离技术: 在水下恶劣的环境中, 如何实现高效、稳定的油气分离是一大技术难题, 现代水下油气分离技术采用了高效的分离装置和先进的流体力学设计, 通过精确控制油气混合物的流速、压力和温度等参数, 实现了油气的高效分离, 减少了资源浪费和环境污染。

2. 水下增压技术: 由于深海压力巨大传统增压方式难以直接应用于水下, 因此水下增压技术通过创新的压力传递机制和耐压材料的应用, 实现了在深海环境下的高效增压, 为油气输送提供了稳定的动力支持。

3. 水下管道连接技术: 水下管道作为油气输送的“生命线”, 其连接质量直接关系到整个生产系统的稳定性, 现代水下管道连接技术不仅要求连接强度高、密封性好, 还需具备在深海环境下抗腐蚀、耐磨损的能力, 通过精密的制造工艺和严格的质量控制, 确保了水下管道连接的可靠性和耐久性。

(二) 深海机器人技术: 探索深海的智能使者

1. 水下导航定位技术: 深海环境复杂多变, 精确的导航定位是实现深海机器人精准作业的基础。现代水下导航定位技术融合了卫星导航、惯性导航、声学导航等多种技术手段, 通过高精度算法处理, 实现了机器人在深海环境下的精确定位和导航。

2. 水下作业工具技术: 深海机器人的作业能力直接决定了其应用范围, 现代水下作业工具技术不断创新, 开发出了多样化的作业工具, 如机械手、采样器、钻机等, 这些工具能够在深海环境下完成复杂的作业任务, 如地质勘探、生物采样、设备安装等。

3. 能源供应及通信技术: 能源供应和通信是保障深海机器人长时间工作的关键。现代深海机器人采用高效能源储存技术和无线通信技术, 通过太阳能、化学电池或海底电缆等多种方式供电, 并通过声纳、光纤等通信手段实现数据的实时传输和远程控制。

(三) 水下拖曳系统技术: 精准采集海洋数据的利器

1. 拖曳设备的设计、制造与安装: 拖曳设备的设计需充分考虑水动力学特性和稳定性要求, 通过精密的制造工艺和安装技术, 确保设备在水下高速移动时的稳定性和数据采集的准确性。

2. 数据传输与处理技术: 水下拖曳系统需实时传输采集到的数据至地面处理中心, 现代数据传输技术通过高带宽、低延迟的通信手段, 实现了数据的快速传输和实时处理, 同时先进的数据处理技术能够对海量数据进行快速分析和挖掘, 提取出有价值的信息。

(四) 大型起重设备技术: 海洋工程建设的强大支撑

1. 起重机的设计、制造与安装: 大型起重机的设计需充分考虑海洋环境的复杂性和作业需求的多样性, 通过精确的力学分析和优化设计, 确保了起重机在起重过程中的稳定性和安全性, 同时精密的制造工艺和严格的安装标准也保障了起重机的性能和寿命。

2. 安全监控与自动化控制技术: 海洋工程建设过程中安全监控和自动化控制技术的应用对于减少人为失误、提高作

业效率具有重要作用, 现代大型起重设备配备了先进的安全监控系统和自动化控制装置, 能够实时监测起重过程中的各项参数和状态, 并通过自动化控制实现精确操作和应急处理。

三、性能优化策略: 深入探索与实践

在海洋工程领域, 特种设备作为探索深海、开发海洋资源的关键工具, 其性能优化直接关系到项目的成功与安全。以下, 我们将从可靠性分析与优化、结构优化、以及智能化管理三个维度, 深入探讨这些策略的具体实施路径、技术细节及其带来的深远影响。

(一) 可靠性分析与优化的深度剖析

可靠性作为衡量海洋工程特种设备性能的基石, 其重要性不言而喻, 面对复杂多变的海洋环境, 任何微小的故障都可能引发连锁反应, 造成巨大的经济损失甚至人员伤亡, 因此对设备进行全面的可靠性分析, 并据此实施精准的优化措施, 是确保设备稳定运行、延长使用寿命的关键。

1. 故障树分析法 (FTA): 该方法通过构建逻辑树状图, 从系统最不希望发生的顶事件 (如设备失效) 出发, 逐级向下分析导致该事件发生的所有可能原因, 直至找到基本事件 (如零部件磨损、设计缺陷等)。FTA 不仅帮助工程师直观理解故障传播路径, 还能定量评估各故障模式的发生概率及影响程度, 为制定针对性的优化方案提供科学依据。

2. 风险矩阵分析法: 结合故障发生的可能性和后果的严重性, 将风险划分为不同的等级, 便于优先处理高风险项。通过定期更新风险矩阵, 企业可以动态调整优化策略, 确保资源的高效利用。

3. 统计分析法: 利用历史故障数据, 运用统计学原理分析故障发生的规律, 识别出频发故障点和高风险区域。通过数据驱动的决策, 企业可以更加精准地制定预防性维护计划, 减少非计划停机时间, 提高设备可用率^[4]。

在优化实践方面除了上述分析方法的应用, 还需关注设备设计、制造工艺和使用维护的全生命周期管理。设计上, 采用冗余设计、容错设计等策略, 提高系统的容错能力; 制造过程中, 严格控制原材料质量, 优化生产工艺, 减少制造缺陷; 使用维护阶段, 建立完善的维护保养体系, 定期进行设备检查与测试, 及时发现并处理潜在问题。

(二) 结构优化的多维度考量

海洋工程特种设备的结构优化, 提升设备在极端环境下的适应性和耐久性, 这不仅要求工程师具备深厚的专业知识, 还需要对海洋环境有深刻的理解。

以深海机器人为例, 其结构布局的优化需充分考虑水下压力、水流冲击、温度变化等多重因素, 通过采用轻质高强度的复合材料, 减轻机器人重量, 同时增强其抗压性能, 优化内部组件布局, 减少流体阻力提高运动效率, 设计合理的密封结构, 防止海水渗透, 确保电子元件的安全运行。

在水下生产系统方面, 结构优化则更多关注于系统的整体性能和安全性, 通过优化管道连接方式, 如采用柔性接头、增强型法兰等, 提高管道系统的耐压能力和抗震性能, 加强防腐防锈措施, 如涂覆高性能防腐涂料、采用阴极保护技术

等, 延长设备使用寿命减少维护成本。

(三) 智能化管理的全面升级

随着信息技术的飞速发展, 智能化管理已成为提升海洋工程特种设备性能的新趋势, 通过物联网、大数据、人工智能等技术的融合应用, 实现了对设备的全面感知、智能分析和精准控制。

1. 物联网技术: 通过在设备上安装各类传感器, 实时采集设备运行数据, 如温度、压力、振动等, 构建起设备运行的数字孪生模型, 这些数据通过无线网络传输至云端或数据中心, 为后续的数据分析提供丰富的数据源^[1]。

2. 大数据技术: 利用大数据处理平台, 对海量运行数据进行清洗、整合、分析, 挖掘出设备运行的潜在规律和异常模式, 通过构建预测模型, 提前预判设备故障, 为预防性维护提供科学依据。

3. 人工智能技术: 引入机器学习、深度学习等 AI 技术, 对设备运行数据进行深度挖掘, 实现故障诊断的自动化和智能化, AI 系统能够自动识别设备故障类型, 提出维修建议, 甚至实现远程操控, 减少人工干预, 提高维修效率。

此外智能化管理系统还具备自我学习和优化的能力, 通过不断积累运行数据, 优化算法模型提高预测精度和决策效率, 形成闭环的智能化管理体系, 这不仅提升了设备的运行效率和可靠性, 还为企业带来了显著的经济效益和社会效益。

(四) 日常维护与保养

日常维护与保养是确保海洋工程特种设备持续高效运行不可或缺的一环, 应建立详细的设备维护手册, 明确各项维护内容和周期, 包括定期检测、清洁、润滑、紧固螺栓等常规维护工作, 此外针对特定设备, 还需制定专项维护计划, 如水下生产系统的防腐处理、深海机器人的电池更换及水下传感器校准等。

在维护过程中应注重预防性维护的实施, 通过对设备运行数据的持续监测和分析, 预测潜在故障并提前进行干预, 避免故障发生对生产造成重大影响。预防性维护不仅减少了非计划停机时间还降低了维修成本和风险。

同时加强维护人员的专业培训也是至关重要的, 随着海洋工程技术的不断发展, 新设备、新技术层出不穷, 维护人员需要不断学习新知识、新技能, 以应对日益复杂的维护任务, 通过定期举办培训班、技术交流会等形式, 提高维护人员的专业素养和技术水平, 确保他们能够熟练掌握设备的操作和维护技能。

(五) 环境适应性提升

海洋工程特种设备的工作环境极其恶劣, 包括高盐度、强腐蚀、高压、低温等多种极端条件, 因此提升设备的环境适应性是性能优化的重要方向之一, 在设备设计阶段就应充分考虑环境因素对设备性能的影响, 采用耐腐蚀材料、增强密封性能、优化散热设计等措施, 提高设备的抗腐蚀、抗压力、抗低温等能力^[2]。

在设备使用过程中还需根据环境变化及时调整设备参数和运行状态, 例如在深海作业时需根据水深、水温等条件调

整深海机器人的浮力、姿态和动力输出等参数, 在恶劣海况下需增强设备的抗风浪能力, 确保设备稳定工作。

四、案例分析

为了更具体地说明海洋工程特种设备的技术解析与性能优化策略, 以下选取两个典型案例进行分析。

(一) 水下生产系统性能优化案例

某海上油气田采用了一套先进的水下生产系统。在初期运行过程中, 发现系统存在腐蚀严重、管道堵塞等问题。经过深入分析, 发现主要是由于海水中高盐度和杂质对设备造成了严重腐蚀, 同时生产过程中产生的杂质也易在管道内积聚。针对这些问题, 采取了以下优化措施:

1. 对关键部件采用更耐腐蚀的材料进行替换, 2. 加强系统的防腐处理, 如涂覆防腐涂料、安装牺牲阳极等, 3. 优化生产工艺流程, 减少杂质产生, 4. 定期对管道进行清洗和疏通。经过优化后系统的运行稳定性和可靠性显著提高, 故障率明显降低。

(二) 深海机器人智能化管理案例

某科研机构研发了一款深海机器人, 并成功应用于深海科考任务中。为了提升机器人的管理水平和运行效率, 引入了智能化管理系统, 该系统通过物联网技术实现了对机器人的远程监控和数据传输, 利用大数据技术对运行数据进行实时分析和挖掘, 通过人工智能技术实现故障诊断和预测性维护。

在智能化管理系统的支持下, 科研人员能够实时掌握机器人的运行状态和位置信息, 及时发现并解决潜在问题; 提前预测并安排维护任务, 提高机器人的管理效率, 降低了维护成本和风险。

结束语:

海洋工程特种设备作为海洋资源开发和利用的重要工具, 其技术水平和性能优化直接关系到海洋工程项目的成败, 本文深入解析了海洋工程特种设备的关键技术, 并提出了多种性能优化策略, 包括可靠性分析与优化、结构优化、智能化管理以及日常维护与保养等, 这些策略的实施将有助于提高设备的整体性能、降低事故风险、提高作业效率。同时通过案例分析进一步验证了这些策略的有效性和实用性。未来随着科技的不断进步和海洋工程技术的不断发展, 海洋工程特种设备的性能优化将成为行业关注的焦点和热点。

[参考文献]

[1] 姜效瑜, 贾广斌. 浅谈海洋工程配套设备采购与管理[J]. 船舶工程, 2011 (S1): 3. DOI: CNKI: SUN: CANB. 0. 2011-S1-055.

[2] 高国权. 海洋工程用设备的国产化问题[J]. 中国海上油气(工程), 1990, 2 (5): 6. DOI: CNKI: SUN: HSYQ. 0. 1990-05-002.

[3] 罗永赞. 海洋工程设备用不锈钢的选择原则[J]. 材料开发与应用, 1986, 000 (006): 10.

[4] 杜威. 海洋工程机电设备安装工程及验收管理的要点分析[J]. 大众标准化, 2021 (7): 3. DOI: 10. 3969/j. issn. 1007-1350. 2021. 07. 075.