

基于全生命周期理念的船舶机电技术管理研究

周成

中国远洋海运集团，上海，200127；

摘要：在现代船舶运营中，机电技术管理的有效性直接关系到船舶的安全、效率与可靠性。全生命周期管理理念强调从设计选型、安装调试、运行维护到升级报废的全过程管理，旨在提升船舶机电设备的综合性能与经济效益。本文探讨了全生命周期理念在船舶机电技术管理中的应用，分析了各阶段的关键要素与管理策略，旨在为船舶行业的可持续发展提供参考。

关键词：全生命周期管理；船舶；机电技术管理；设备优化

DOI:10.69979/3041-0673.25.02.029

引言

船舶作为复杂工业产品，其设计、建造、营运管理等全生命周期内的工程活动涉及众多技术与管理要素。机电技术作为船舶运行的核心支撑，其管理水平直接影响船舶的整体性能。全生命周期管理理念通过精细化、系统化的管理手段，确保船舶机电设备在全生命周期内保持高效、稳定运行。

1 船舶全生命周期管理概述

船舶全生命周期管理是指对船舶从设计、建造、运营、维护、改造到报废的整个过程进行统筹规划、优化控制和评价，以提高船舶的安全性、经济性和环保性，延长船舶的使用寿命。这一管理方法不仅涉及多方参与，还包括多个阶段的综合管理，如设计阶段的安全评估、建造阶段的质量控制、运营阶段的能耗管理以及报废阶段的资源回收等。在船舶机电技术管理中，全生命周期理念强调以设备性能最优化为目标，综合考虑成本、效率、环境等因素，实施科学、合理的管理策略。

2 船舶机电设备管理的重要性

船舶机电设备是船舶运行的核心部分，包括动力系统、电气系统和辅助设备等。这些设备的可靠性和效率直接影响船舶的航行安全和经济效益。

2.1 设备管理的目标

(1) 确保设备的可靠性和安全性：通过定期检查和维护，减少设备故障率，保障船舶航行安全。

(2) 提高设备的运行效率：优化设备的运行参数，

降低能耗，提升船舶的整体性能。

(3) 延长设备使用寿命：通过科学的维护策略和备件管理，延长设备的使用寿命，减少更换频率。

2.2 管理方法

(1) 预防性维护：通过定期检查和保养，预防设备故障的发生。

(2) 基于状态的维护：根据设备的实际运行状态进行维护，避免过度维护或不足维护。

(3) 故障预测与健康管理：利用先进的数据分析技术，预测设备故障并提前进行干预。

3 船舶机电技术管理全生命周期阶段分析

3.1 设计与选型阶段

在设计与选型阶段，需充分考虑船舶用途、航行条件、负载需求等因素，选择质量可靠、性能稳定的产品，并确保其符合国际和国内标准。同时，考虑设备的可维护性和可扩展性，为未来的升级和改造奠定基础。例如，采用模块化设计可以简化设备的安装和维护过程。此外，通过仿真技术和BIM技术的应用，可以在设计阶段发现潜在问题并进行优化。

3.2 安装与调试阶段

安装与调试是确保机电设备正常运行的关键环节。必须严格按照设计图纸和安装规范进行操作，确保线路连接正确、设备安装位置合理。通过数字化解决方案，如PLM系统，可以实现设计与生产的无缝衔接，确保设备按照设计要求正确安装。同时，建造过程中需严格控

制质量，避免返工和材料浪费。调试工作包括对设备功能、性能进行测试，对参数进行调整，确保其达到设计要求。

3.3 运行与维护阶段

定期维护对于延长设备使用寿命、提高设备可靠性至关重要。维护工作包括日常巡检、定期保养和故障维修等。建立完善的维护管理制度，制定详细的维护计划和操作规程，加强对维护人员的培训和考核，是提高维护工作效率和质量的关键。此外，采用智能监控系统，可以实时监测设备状态，提前预警潜在故障。

3.4 升级与改造阶段

随着技术进步和船舶运营需求的变化，机电设备的升级与改造成为必然。在进行升级与改造时，需充分评估其可行性和经济性，选择合适的方案和技术，确保与原有设备的兼容性和协调性。通过科学的维修策略和备件管理，可以有效降低维修成本，延长设备使用寿命。

3.5 报废与处置阶段

当设备达到使用寿命或无法满足船舶运行要求时，需进行报废与处置。报废处置过程中应遵循环保法规和安全规定，对设备进行妥善处理，防止对环境造成污染和对人员造成伤害。

同时通过合理的拆解和回收计划，可以最大限度地减少资源浪费。

4 全生命周期理念在船舶机电设备管理中的数字化应用策略

数字孪生技术在船舶机电设备全生命周期管理中的应用案例非常丰富，涵盖了从设计、制造到运营和维护的各个阶段。

4.1 预测性维护

利用数字孪生技术对船舶发动机进行预测性维护。通过实时监测设备运行数据，结合传感器采集的数据，预测潜在的故障和维护需求，减少了设备故障停机时间。

4.2 远程监控与诊断

实现对船舶设备的远程监控和故障诊断。岸基人员可以通过数字孪生平台远程实时监控船舶设备的运行

状态，当出现异常时，能够快速进行诊断和分析，提供远程指导和支持。

4.3 三维可视化运维平台

船舶设备数字孪生管理系统基于数字孪生技术，通过对船端设备进行1:1数字化建模，在数字空间构建虚实结合的全信息映射，同步反映物理设备的实时动态。该平台实现设备间的联系、维护人员对设备状况进行实时远程评估、故障诊断及快速定位，从而为设备预警、故障分析、预测性维护、视情维护、能耗分析等提供全生命周期的管理。

4.4 拖轮数字孪生智能系统

拖轮数字孪生智能系统通过装配在全船的9961个传感器监测点，对主要机电设备进行数据采集与分析，实时掌握船舶态势、水域环境、设备状况和作业能耗等信息。基于实时感知数据构建拖轮数字孪生体，实现智能航行、设备健康状态评估、能效优化等功能。

4.5 船舶管件加工制造车间数字孪生解决方案

船舶管件加工制造车间数字孪生系统在对管加车间现有设备进行数字化升级改造的基础上，开展车间设备的工业互联，优化工厂布局和工艺流程，实现数字化车间的管理信息化、设计制造数字化，全面提高核心竞争力，满足客户多样化需求。

4.6 海洋装备健康管理运维数字孪生平台

该平台利用数字孪生技术构建了一个基于物理信息、历史数据和传感器数据的数字模型，对海洋平台的安全健康管理。通过建立数字孪生模型实现海洋平台的波高等海洋环境进行精准反映，对平台关键位置的结构应力应变等通过可视化技术进行查看，对平台关键位置的结构安全评估寿命预测等功能。

4.7 智慧船舶数字孪生三维可视化平台

该平台通过构建智慧管理平台，利用传感器和数据采集技术进行三维实景建模，实现船舶的可视化管理。数字孪生模型的应用覆盖了船舶的全生命周期，包括仿真预测优化、生产管理、维护管理、智能运营和环境监测等多个方面。

4.8 船舶设备远程检验数字孪生系统

该系统展示了如何利用数字孪生技术进行远程评估、运维和诊断，实现船舶设备的远程数字化检验，解决检验的便捷性和成本问题。

5 船舶机电设备维护管理策略

在船舶机电设备管理中，预防性维护和基于状态的维护是两种重要的维护策略，具体实施方法如下：

5.1 预防性维护的具体实施方法

5.1.1 建立完善的设备维护计划

制定详细的维护计划，包括定期检查、清洁和润滑设备；根据设备的使用情况和性能指标，动态调整维护周期和项目。

5.1.2 定期检查与保养

定期更换润滑油、清洁过滤器、检查电气连接和紧固件；对关键机械部件进行振动和温度监测，以及时发现潜在故障。

5.1.3 采用智能监测技术

实时监控设备状态，通过远程振动传感器和软件进行预测性维护；收集和分析船舶运行数据，如振动数据、温度数据、油液分析数据等，实现对设备的状态监测和预测性维护。

5.1.4 培养维修人员的专业技能

提高维修人员的专业技能和知识，确保他们能够有效地执行预防性维护任务。

5.1.5 建立设备故障数据库：

记录和分析故障原因，为预防性维护提供指导。

5.2 基于状态的维护的具体实施方法

5.2.1 实时监控设备状态

通过视觉检查、定期测试和传感器等手段，实时监控设备状态；利用状态监测和故障诊断技术，预测设备的剩余寿命和维修需求。

5.2.2 动态调整维护周期：

根据设备的实际运行状况和性能退化趋势，动态调整维护周期和项目；实现按需维护，避免不必要的维护活动，提高资源利用效率和成本效益。

5.2.3 优化库存规划：

基于状态的维护通过减少非计划停机时间，优化库存规划，确保所需资源的及时供应。

5.2.4 结合日历和计数的维护：

对于非关键设备，可以采用基于计数的维护策略，根据设备运行小时数或事件次数进行维护；对于关键设备，基于状态的维护策略可能更有效，因为它能够实时监控设备状况并进行预测性维护。

5.2.5 制定详细的维护计划：

制定详细的维护计划，并按计划进行，可以有效降低设备故障的风险。

6 船舶报废阶段的管理实践

船舶报废阶段的资源回收和再利用的最佳实践包括以下几个方面：

6.1 专业拆解与分类

船舶在拆解前需要进行专业的准备，包括移除所有设备、机械和危险材料，如石棉、多氯联苯和燃油残留物，以确保工人安全和防止环境污染。拆解过程中，使用先进的切割技术（如电弧切割和等离子切割）将船只切割成更小的部分，以便于后续的分类和处理。

6.2 资源高效回收

废旧船舶中蕴含着丰富的可回收资源，如钢铁、有色金属、塑料及木材等。通过专业的识别、分类与加工流程，这些资源得以高效回收利用。钢铁是最主要的可回收元素，广泛用于建筑和其他行业。此外，船舶还含有大量非铁金属，如铝、铜和黄铜，是回收市场的宝贵商品。

6.3 绿色船舶回收

绿色船舶回收是一种负责任的废物处理方式，通过隔离对海洋和人类有害的船舶部件，妥善处理拆解废物，重新利用重要且可重复使用的部件，减少废物对环境的影响。绿色船舶回收中心配备先进的设施，能够安全地处理有毒废物，将有害物质的处置率提高至99%左右。

6.4 循环经济模式

构建循环经济模式是提升废旧船舶资源利用效率的重要途径。通过加强废旧船舶资源的循环利用和再制造，不仅能够降低资源消耗，还能创造新的经济价值。船舶回收设施还能处理和回收发动机、发电机、电气设备和机械等其他部件，可翻新、转售或作为备件使用，

减少对新制造的需求，延长现有设备的生命周期。

6.5 技术和创新

推进技术和创新是实现真正循环船舶回收的关键。例如，“设计为回收”的概念可以在设计阶段识别回收挑战，减少或替代危险材料，使船舶易于拆解。通过标准化所有部件和设备，可以更容易地识别末期船舶的组件，以实现再利用、翻新或回收。

6.6 国际合作与认证

国际海事组织（IMO）要求船舶持有“绿色护照”，记录所有有害材料的使用情况，并在船舶建造和使用期间进行更新。通过国际合作和认证，确保船舶回收过程符合国际标准，减少对环境和社会的负面影响。

6.7 经济与环保效益

船舶回收提供了经济利益和资源效率。该行业已做出重大改变，以确保安全的工作条件和环境保护。使用废金属生产新产品而非金属矿石可以减少空气和水污染，同时减少制造新产品的资源需求。

7 结语

全生命周期理念在船舶机电技术管理中，从设计到报废的每一个阶段都需要科学的管理和优化策略，随着

进一步应用，将有助于提升设备性能、延长使用寿命、降低运营成本。未来，随着新技术的不断涌现和管理理念的不断更新，全生命周期管理将更加智能化、精细化，为船舶行业的可持续发展注入新的活力。

本文基于全生命周期理念，深入探讨了船舶机电技术管理的各个阶段及其关键要素，旨在为船舶行业的设备管理提供理论支撑和实践指导。通过实施科学、合理的全生命周期管理策略，船舶企业能够提升机电设备的综合性能，增强市场竞争力，实现可持续发展。

参考文献

- [1] 巩龙辉. 船舶维修保养技术经济性研究. Diss. 上海交通大学.
- [2] 谢璟. 产品数据管理系统在船舶行业中的研究与应用. Diss. 上海交通大学, 2015.
- [3] 杨超. 基于全生命周期的我国船机控制系统质量管理体系研究. Diss. 哈尔滨工程大学.

作者简介：周成(1978-)，男，汉，山东，工学学士，机务经理，中级工程师，船舶机电一体化，机务管理，电气自动化