

基于微服务的船舶智能维修系统研究

李龙智

江苏科技大学，江苏镇江，212003；

摘要：本研究聚焦于开发基于微服务架构的船舶智能维修系统，以应对传统船舶维修模式的弊端。通过深入剖析船舶维修业务流程与数据需求，运用微服务技术将系统拆分为多个独立、可灵活扩展的服务模块，实现船舶设备状态实时监测、故障精准预测与智能维修决策支持。研究表明，该系统显著提升了船舶维修效率，降低维修成本，增强船舶运行可靠性，为船舶维修领域的数字化转型提供了创新思路与实践方案。

关键词：船舶智能维修；微服务架构；物联网；大数据分析

DOI:10.69979/3041-0673.25.02.028

在航运业蓬勃发展的今天，船舶大型化和智能化水平越来越高，这就要求船舶维修更加准确和高效。微服务架构作为一种创新的软件架构方式，拥有高度的内聚性、较低的耦合性和易于扩展的特点，这使其能够有效地应对复杂系统开发和维护的各种挑战。结合微服务架构以及物联网和大数据分析技术建设船舶智能维修系统，已成为提高船舶维修水平和确保船舶安全运营的必然趋势，在理论和实践上都有一定意义。

1 船舶维修业务的现状及需求分析

在航运业日益发达的今天，船舶维修业务现状及需求引起了人们的广泛关注，目前传统的船舶维修模式正面临着许多的困境。一方面定期检修机制不灵活。按固定周期进行检修工作常常会忽视船舶实际运行状态的不同。比如有些船舶行驶于某一航线，运行条件比较平稳，但仍然需要按照统一检修周期进行检修，造成不必要的拆解和检修，不仅浪费了人力和物力，而且延长了船舶的停航时间并影响了运营效率。另一方面以人工经验为主的维修决策具有很大的局限性。维修人员技术水平参差不齐，在故障判断与处理上更多地依赖于以往的经验而缺少准确的数据支持。这样就使维修质量很难得到保证，易发生同一种故障重复检修，疑难故障诊断费时费力的情况^[1]。

就船舶维修业务要求而言，对实时性的要求越来越紧迫。在船舶自动化程度越来越高的情况下，设备故障对船舶安全运行造成的威胁也越来越大，在发生故障时，要求能快速定位问题所在，采取有效的维修措施来缩短船舶的停机时间。比如船舶主机的突发故障如果不能得到及时的维修，就有可能使船舶丧失海上的动力而

面临着极大的安全风险。

2 基于微服务的船舶智能维修系统特点

以微服务为核心的船舶智能维修系统表现出了一系列独特而又非常具有优势的性能。第一，灵活性和可扩展性高。微服务架构把整个系统分解为若干个小服务模块，每一个模块都集中在具体的业务功能上，例如故障诊断和维修资源管理。这表明，在船舶维修业务需求发生变动的情况下，可以对单一模块进行升级或扩充，而不会妨碍其他模块的正常运作。

第二，系统具有优良的实时性和高效性。在物联网技术的支持下，该系统可以对船舶设备的运行数据进行实时采集，并通过各微服务模块协同处理对设备状态进行迅速分析，从而达到对故障进行及时报警和诊断的目的。比如，用于设备状态监测的微服务不断采集传感器的数据，当数据发生异常波动时，就会立刻引发故障诊断微服务的深入分析，用较短的时间判断故障的类型和部位，给维修人员赢得宝贵的时间。同时，微服务之间基于消息队列等高效通信机制实现异步通信，显著提高了系统响应速度并确保维修流程畅通。

第三，该系统可靠性和稳定性好。由于每个微服务模块都是独立的，单个模块的失效并不会造成整个系统的瘫痪。举例来说，如果维修计划中的微服务因为临时数据的错误而出现故障，那么其他如故障诊断和维修资源管理等微服务依然能够正常运作，从而确保船舶维修业务的某些关键环节不会受到影响。并且，每个微服务可根据自身业务负载进行独立的资源调配与优化，进一步提升系统整体的可靠性与稳定性。另外，本系统具有较强的数据分析和决策支持能力，利用大数据分析技术

挖掘大量设备的运行数据,从而为维修决策提供科学依据,实现了由经验驱动维修到数据驱动维修的转变,显著提高了船舶维修的精准性和科学性,全方位适应现代船舶维修业务的复杂要求。

3 基于微服务的船舶智能维修系统的应用

3.1 对设备状态进行实时监控

以微服务为核心的船舶智能维修系统,在设备状态实时监控中显示出了突出的功效。船舶设备类型多、分布广,大到巨大的动力引擎,小到精密电子仪器等,只要有设备发生故障,就会对船舶正常工作造成影响^[2]。该系统利用物联网技术,在船舶的关键设备区域部署了大量的传感器,例如温度传感器、压力传感器、振动传感器等。这些传感器就像是敏感的“触角”,能够实时收集设备运行的各种参数,包括但不限于温度、压力、转速和振动幅度等。

通过无线网络,将传感器获取的数据快速传送给设备状态监控微服务模块。模块采用高效数据处理算法实现了大量实时数据的清洗、整理和分析。一方面,通过匹配预置设备正常工作的参数范围,当检测到数据超过阈值时,则马上发出预警信号。比如,船舶主机某个缸体温度不断上升,超出了正常工作温度区间,该系统就会立即报警给船舶管理人员和维修人员,以提醒可能会出现机械故障或者散热问题。另一方面,应用数据挖掘技术深度分析装备运行数据,发现装备运行中可能存在的规律和趋势。通过建立设备运行状态模型,可以对设备潜在的性能衰退或者故障隐患进行预先预判,从而对预防性维修工作提供强有力的支撑。以船舶发电机为例,对船舶发电机的长时间运行数据分析表明,船舶发电机电压输出波动幅度逐渐加大,虽然还没有超过正常值,但是从趋势分析来看,预计在未来的一段时期内,可能会遭遇电压不稳定的故障,因此需要提前制定维修方案,以防止突发故障导致船舶电力供应中断。设备状态实时监控功能使得船舶管理人员可以随时随地了解设备运行状态,做到全方位、全天候地对船舶设备进行监测和控制,从而为船舶安全平稳运行构筑坚实的基础。

3.2 故障精准诊断的实现

准确地诊断船舶运行中的故障是高效修理的关键。以微服务为核心的船舶智能维修系统将先进故障诊断技术融入其中,以多微服务协同作业的方式实现船舶故

障的准确定位和分析,所述故障诊断微服务在所述装置的状态监测微服务进行故障预警时,可以快速启动^[3]。这种微服务先采集与故障设备有关的各种数据,主要有实时运行参数、历史故障记录和设备维护日志。接下来,我们采用了如以机器学习为基础的故障检测模型和专家系统等多种智能技术,对收集到的数据进行了全面的分析。机器学习模型可以通过学习海量历史故障数据自动识别出数据中的特征模式并由此判断出当前故障类型和成因。以船舶推进系统故障诊断为例,利用以往同类型故障实例数据进行训练,该模型可以基于当前获取的振动和转速数据特征进行故障诊断,迅速判断出故障的原因是螺旋桨受损、传动轴不平衡还是推进电机失效。该专家系统融合了船舶维修领域内专家的丰富经验,并采用规则推理方法来对故障进行准确诊断。系统在遭遇复杂故障时会交叉验证机器学习结果和专家系统推理结果,从而提高了诊断精度。另外,故障诊断微服务具有远程诊断的功能。当船舶航行时,如果遭遇疑难故障,船上维修人员可以通过该系统向岸上专家团队进行实时故障数据传输,专家们运用故障诊断微服务,并结合其专业知识和丰富的经验远程分析和指导故障,从而向船上维修人员给出精准的维修建议。通过实施故障精准诊断,极大地缩短了故障诊断时间并提高诊断准确率,从而避免了由于误诊、误判而造成维修延误和资源浪费等问题,为船舶迅速恢复正常营运提供了强有力的保证。

3.3 维修资源的高效调配

对维修资源进行有效调配,对于确保船舶维修工作的顺利开展、降低维修成本具有十分重要的意义。以微服务为核心的船舶智能维修系统,通过为维修资源管理提供微服务来达到科学调配和优化船舶维修过程中所需人力、物力和财力的目的。

在人力资源中,对每一位维修人员的技能水平、工作经验和目前工作状态都进行了系统而详尽的记录。维修资源管理微服务在船舶发生故障需进行修理时,依据故障种类和难易程度从修理人员数据库中遴选出具有相关技能和经验者,并且结合他们目前所处的位置和工作安排对维修人员到维修现场进行合理的分配。比如,对船舶电气系统故障优先配置熟练的电气维修技术人员,根据船舶所处位置选择最接近、空闲时间较长的人员以减少维修响应时间。

从物力资源上看,该系统实现了对船舶维修过程中

所需要的零部件、工具和其他材料的信息化管理。实时了解库存物资品种、数量、储存地点等情况。在接收到维修任务后,基于故障诊断结果自动生成所需要的零部件和工具清单并进行库存查询,如果库存不充分,则系统会马上启动采购流程、给供应商下采购订单、追踪采购进度。同时通过和供应商搭建信息共享平台来实现零部件供应实时监测,以保证检修所需的材料能及时就位。

从财力资源上看,该体系实现了维修成本的精细化管理。依据维修任务复杂程度、人力物力资源需要对维修费用进行估算。检修时,对各种成本的开支进行实时的记录,例如零部件的采购成本和人员工时的成本。本文对维修成本进行了监测和分析,提出了企业进行成本控制、优化维修资源配置、提高资金使用效益的建议。通过高效调配维修资源,达到合理使用维修资源、减少资源闲置和浪费、促进船舶维修工作整体效益和效率提升的目的。

3.4 维修计划的智能生成

以微服务为核心的船舶智能维修系统维修计划的智能生成,是提高船舶维修效率和质量的关键环节,这一功能是依靠系统较强的数据处理和分析能力来实现的,考虑了多种因素并自动产生出科学、合理、非常有针对性的维修计划。该系统首先汇集从设备状态实时监控微服务中获取的设备操作数据,从故障精准诊断微服务中产出的故障细节,并从维修资源管理微服务中获取了可利用的资源信息。设备运行数据显示了设备历史运行状态、当前性能变化趋势,如设备累计运行时长、关键部件磨损速率,为评判设备检修紧急程度和必要性奠定了基础。故障诊断结果清楚地显示出具体故障的类型、部位和严重性,为维修方案制定提供了核心参考依据。而且维修资源信息涉及到可分配维修人员的技能和时间安排、库存零部件的数量和采购周期,这些都决定着维修计划是否可行。

在高级算法模型的支持下,该系统实现了对上述多元数据的深度挖掘和分析。根据不同种类故障和设备状况配套相应的维修策略和流程。如针对船舶主机一般磨

损故障,该系统依据历史维修经验和设备技术手册决定采取现场替换磨损部件进行修复,并且综合考虑维修人员的技能和工作安排选择最适合的维修队伍。同时根据库存零部件的状况,如果需要的零件有足够的存货,应立即安排修理;如果需要购买,该系统将根据购买周期和修理的紧急程度对修理时间节点进行合理的规划,以保证修理工作能够在零部件到齐之后快速进行。该系统在维修计划生成过程中也充分考虑到了船舶运营计划和航行任务,避免船舶在完成重要运输任务或者靠泊关键港口时安排大范围的修理,避免对船舶的正常营运造成影响。比如,如果船舶马上就要进入繁忙运输旺季时,该系统将优先选择那些对于船舶安全运行非常重要而又花费时间少的紧急修理项目,并把某些可以推迟的预防性修理任务调至运输淡季。并且,维修计划会以可视化的形式呈现,维修任务的先后顺序、预计耗时、所需资源等信息一目了然,方便船舶管理人员与维修人员清晰了解维修流程,提前做好准备工作。通过智能生成维修计划,确保船舶可持续平稳地运营。

4 结束语

通过对船舶维修业务的深入洞察和先进技术的整合应用,有效地解决了传统维修方式所面临的多种问题。本系统实现对船舶设备状态的实时监控、准确的故障诊断和预测及智能维修决策等功能,显著提高维修效率和减少维修成本,提高船舶运行可靠性。但是在航运技术日益发展的今天,船舶智能维修领域还有着更进一步探索的空间,促使船舶维修行业朝着智能化和数字化的方向持续发展。

参考文献

- [1] 郑兰. 基于大数据分析的运行预测与智能管理系统设计[J]. 集成电路应用, 2023, 40(08): 338-339.
- [2] 周其波, 汪颖异, 沈苏雯. 基于任务驱动的船舶抢修“六化模型”理论方法及应用[J]. 中国修船, 2025, 38(01): 62-67.
- [3] 曹力, 杨可, 姜子尧. 基于模拟退火算法的船舶维修优化方法研究[J]. 中国修船, 2024, 37(S1): 58-62.