

# 舰船装备保障资源和维修策略优化

闫昭学 赵成 臧先峰

中国人民解放军 91697 部队 山东 青岛 266500

**摘要:** 舰船装备保障资源与维修策略优化是提升装备可靠性的关键。本文构建涵盖人力、物资、技术的资源体系,分析资源约束与冲突,设计动态调配机制;分类设计预防性、恢复性、改进性维修策略,提出选择与动态调整模型;研究资源分配、时机、路径的协同优化方法;依托数字化、智能化技术及标准化设计,形成优化实施路径,为舰船装备保障提供理论支撑与实践指导。

**关键词:** 舰船装备;保障资源;维修策略;协同优化;技术驱动

引言: 舰船作为海上活动核心载体,其装备可靠性直接影响任务执行成效。保障资源合理配置与维修策略科学制定是确保装备稳定运行的基础。当前,舰船装备面临任务复杂度提升、环境适应性要求提高等挑战,传统保障模式难以满足需求。探索保障资源体系构建方法,优化维修策略分类与设计,实现资源与策略协同,成为提升舰船装备保障效能的重要课题。

## 1 舰船装备保障资源体系构建

### 1.1 保障资源分类与功能定位

舰船装备保障资源体系涵盖人力资源、物资资源和技术资源三大核心模块,各模块通过功能互补与协同运作支撑装备全寿命周期保障需求<sup>[1]</sup>。人力资源以技术团队能力分级为基础,构建多层次技术梯队,涵盖初级操作人员、中级技术人员与高级专家,通过跨岗位协同机制实现技能互补与任务灵活分配。例如,初级人员负责基础维护,中级人员承担复杂故障排查,高级专家主导关键技术攻关,形成梯次化能力结构以适应不同保障场景。物资资源聚焦备件与耗材管理,采用分级存储策略,将高价值、低消耗备件集中于岸基仓库,将高频使用、易损耗材配置于舰载存储单元,同时建立动态调度规则,根据任务需求实时调整物资配比,确保资源利用效率最大化。技术资源以诊断系统、维修手册与数据平台为支撑,构建一体化技术架构。诊断系统集成多源传感器数据,实现故障智能识别与定位;维修手册采用模块化设计,支持快速检索与定制化生成;数据平台整合装备运行历史数据与维修案例库,为决策提供数据驱动支持,三者通过标准化接口实现无缝集成,形成覆盖装备全状态的技术保障网络。

### 1.2 资源约束与冲突分析

资源约束源于物理空间、供应链效率与任务需求的多重限制。舰载空间有限性直接制约资源存储与携带量,

需在装备可靠性需求与空间占用之间寻求平衡,例如通过轻量化设计减少备件体积,或采用折叠式工具提升空间利用率。供应链延迟问题则体现在多级供应体系中信息传递的时效性差异,岸基仓库与舰船之间的物资补给需经历需求提报、审批、运输等多个环节,信息滞后可能导致保障响应滞后,需通过数字化手段缩短信息流转周期。多任务竞争进一步加剧资源分配矛盾,不同任务对同类资源的需求可能存在时间重叠或优先级差异,例如战备巡航与日常训练对燃油的消耗冲突,需建立基于任务紧迫性、装备重要性等因素的优先级分配逻辑,确保关键任务资源供给。

### 1.3 资源动态调配机制

动态调配机制通过横向与纵向协同实现资源高效流动。横向协同聚焦跨舰船、跨编队资源共享,建立标准化资源清单与补偿规则,例如某舰船执行任务期间出现备件短缺,可通过编队内其他舰船的冗余资源快速支援,并通过后续任务中的资源倾斜实现补偿平衡。纵向协同则强调岸基与海上资源的互补性支援,岸基仓库作为战略储备节点,可为海上舰船提供紧急物资补给,同时接收舰船返港后的维修需求,形成“海上保障-岸基维修”的闭环流程。弹性储备机制基于风险评估结果确定资源冗余量,通过分析装备故障模式、任务环境等因素,量化不同场景下的资源需求波动范围,进而设定安全库存水平,例如针对高故障率部件增加备件储备,或针对极端环境任务预留额外耗材,以提升体系抗风险能力。

## 2 舰船装备维修策略分类与设计

### 2.1 维修策略类型与适用场景

舰船装备维修策略涵盖预防性、恢复性与改进性三大类别,各策略通过差异化设计满足不同保障需求。预防性维修以降低故障发生概率为目标,包含定期维护与状态监测两种模式。定期维护依据装备运行时间或里程

设定固定周期,执行润滑、紧固、清洁等标准化操作;状态监测维修则通过传感器实时采集振动、温度、压力等参数,当数据偏离正常范围时触发维修任务,两种模式的选择需结合装备故障规律与监测成本综合判断恢复性维修聚焦故障后修复,根据故障严重程度分为紧急抢修与常规修复。紧急抢修要求在短时间内恢复装备基本功能,资源调用优先保障关键备件与技术人员;常规修复则侧重彻底排除故障根源,可能涉及部件更换或系统调试,资源分配需兼顾效率与成本。改进性维修通过技术升级或系统重构提升装备性能,决策依据包括技术成熟度、成本效益比及任务需求变化。实施路径涵盖局部改进与整体替换,例如对老旧设备进行模块化升级,或对频繁故障的系统进行重新设计,以延长装备使用寿命并增强适应性。

## 2.2 维修策略选择模型

维修策略选择需综合关键性评估、故障模式分析与环境适应性三方面因素。关键性评估通过量化装备对任务执行的影响权重,确定维修优先级。例如,动力系统故障可能导致全舰瘫痪,需赋予最高权重;辅助设备故障则影响有限,权重相应降低<sup>[2]</sup>。故障模式分析借助失效模式与影响分析(FMEA)工具,识别潜在故障模式、发生概率及后果严重度,进而排序维修任务并制定风险控制措施。环境适应性调整规则针对不同海域、气候条件优化策略参数。例如,高温高湿环境可能加速设备腐蚀,需缩短润滑周期;强振动环境可能引发部件松动,需增加紧固频次。

## 2.3 维修策略动态调整

动态调整机制通过实时状态反馈、任务需求变化与资源可用性更新实现策略优化。实时状态反馈利用传感器数据持续监测装备运行状态,当参数异常时触发维修计划修正逻辑,例如根据液压系统温度变化调整冷却系统维护周期。任务需求变化可能引发维修窗口重调度,例如原定维修计划与紧急任务冲突时,通过算法重新分配维修时间与资源,确保任务执行与装备保障的平衡。资源可用性更新针对备件短缺或技术人员不足等情况,生成替代方案并验证其可行性。例如,当某型备件缺货时,可评估使用兼容备件或临时改装方案的可行性,确保维修任务不中断。

# 3 保障资源与维修策略协同优化方法

## 3.1 资源分配优化

备件库存优化需兼顾使用频率与存储成本,通过分级存储策略实现资源高效配置。高频使用备件采用“就近存储”原则,分散配置于舰船舱室,缩短取用时间;

低频高价值备件则集中存放于岸基仓库,通过定期补货维持安全库存。补货策略结合需求预测与库存周转率,当库存量低于再订货点时触发补货流程,确保备件供给与消耗动态平衡。维修任务排序需处理多任务并发场景,通过优先级计算规则分配资源。任务优先级综合装备关键性、故障严重度及任务紧迫性确定,例如影响航行安全的动力系统故障优先处理,辅助设备故障可适当延后。资源匹配规则根据任务需求调用相应技术团队与备件,确保维修活动高效开展。人员技能匹配聚焦技术团队能力与维修任务的适配性,通过技能矩阵评估人员专业水平,将具备相应资质的技术人员分配至对应任务。例如,电子设备维修任务优先分配给熟悉电路原理的技术人员,机械故障处理则由精通机械结构的团队负责,实现人力资源最大化利用。

## 3.2 维修时机优化

预防性维修周期设定以可靠性分析为基础,通过收集装备运行历史数据,建立故障率随时间变化的数学模型,确定最佳维修时间阈值。这一阈值并非固定不变,而是会依据装备实际运行工况、所处环境条件等因素进行动态修正。当运行时间逐渐接近阈值时,系统自动触发维修流程启动机制,提前对装备潜在故障隐患进行排查与消除,有效避免故障发生。状态监测阈值设计针对关键参数异常情况,通过设定预警值与干预值实现分级响应机制。参数值一旦超过预警值,系统立即启动加强监测模式,密切跟踪参数变化动态;当接近干预值时,则果断下达停机检修指令,防止故障范围扩大造成更严重损失。任务窗口匹配需精准协调维修活动与任务计划的时间与空间关系,例如将维修任务巧妙安排在装备闲置时段或任务间隙期,最大程度减少对任务执行的干扰。若维修与任务时间出现冲突,则通过灵活调整任务顺序或合理压缩维修时长的方式实现协同,确保整体任务进度不受显著影响。

## 3.3 维修路径优化

海上维修路线规划依托地理信息系统,结合海域实时气象条件与障碍物分布情况,运用智能算法生成最短路径并有效规避风险区域。在规划过程中,不仅要充分考虑当前气象状况,还应参考历史气象数据对未来一段时间天气变化趋势进行预测,为维修船只航行安全提供全方位保障。例如,精准避开台风路径或暗礁区域,确保维修船只能够安全且快速地抵达目标位置。港口维修流程优化聚焦于从靠泊到离港的全流程效率提升,通过推行并行作业模式与深度流程再造手段压缩整体时间。在靠泊期间,对各环节作业顺序进行科学合理规划,例

如同步开展备件装载与设备检测工作,大幅减少离港前准备时间。多级维修协同强调部队级凭借快速响应能力、专业技术优势负责现场紧急修复工作并提供必要的技术支持与备件补充;基地级则凭借深厚技术积累开展深度维修与技术升级工作<sup>[3]</sup>。为保障两级之间顺畅协作,专门设计了标准化接口,通过该接口实现数据实时互通与任务无缝联动,进而形成覆盖全维修链条的高效协同网络,全面提升整体维修效率与质量。

#### 4 技术驱动的优化实施路径

##### 4.1 数字化技术集成

物联网技术通过部署在装备各节点的传感器网络,实现状态参数的实时采集与传输。传感器类型涵盖振动、温度、压力等多维度指标,数据经边缘计算设备初步处理后上传至云端平台,形成装备全生命周期数据流。这一架构为后续分析提供基础数据支撑。大数据分析依托海量历史数据与实时监测信息,构建故障模式识别模型。通过机器学习算法挖掘数据关联规律,识别早期故障特征并预测剩余使用寿命,进而动态调整维修周期。例如,当某部件振动频率持续偏离正常范围时,系统可提前预警并建议缩短检修间隔。数字孪生技术创建装备虚拟镜像,模拟不同维修方案的效果。在虚拟环境中预演备件更换、系统调试等操作,验证方案可行性并优化步骤顺序,减少实际维修中的试错成本。虚拟与现实数据的双向同步确保仿真结果贴近真实场景。

##### 4.2 智能化技术赋能

人工智能决策系统基于多源数据生成维修方案。通过深度学习算法分析故障类型、资源可用性及任务优先级,自动推荐最优维修策略。例如,面对多任务并发时,系统可权衡备件库存与技术人员技能,优先处理影响任务执行的关键故障。自主维修机器人具备环境感知与自主操作能力,可在复杂场景下完成精密维修任务。通过激光导航与视觉识别技术定位故障点,机械臂执行备件

更换或焊接操作,全程无需人工干预。安全控制模块实时监测机器人状态,确保操作符合安全规范。区块链技术构建分布式供应链账本,记录备件生产、运输、存储全流程信息。各参与方通过加密算法共享数据,实现供应链透明化。备件溯源功能可快速定位问题批次,提升质量管控效率,同时减少假冒伪劣备件流入渠道。

##### 4.3 标准化与模块化设计

接口标准化制定跨型号装备的维修工具规范。统一工具尺寸、连接方式与操作逻辑,使同一工具可适配多种装备,减少工具种类与库存成本。模块快速更换设计将装备划分为独立功能单元,故障时直接插拔更换模块而非整体拆解。通过标准化接口与快速连接机构,缩短维修时间并降低技术门槛。验证流程包括模块兼容性测试与长期可靠性评估,确保更换后装备性能稳定。通用化备件体系通过归并相似功能备件,减少备件种类数量。分析不同装备的备件需求,合并通用性强、规格相近的部件,形成标准化备件清单。这一方法降低库存管理复杂度,通过批量采购降低采购成本,缓解库存压力。

#### 结束语

舰船装备保障资源与维修策略优化是一项系统工程,涉及多方面内容。通过构建保障资源体系、设计维修策略、实现协同优化以及借助数字化、智能化技术等手段,能够有效提升舰船装备保障水平。标准化与模块化设计进一步为保障工作提供便利。这些研究成果可直接应用于舰船装备保障实践,为保障装备稳定运行提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]吉哲,张松涛,代春明.基于机器学习的舰船机电装备故障诊断[J].船电技术,2022,42(2):1-4.
- [2]蒋超利,冯国利,方子轩,等.舰船电气装备测试性标准初探[J].海军工程大学学报,2023,35(1):68-73.
- [3]孙赓,计浩然,柏杨.基于元宇宙的舰船装备维修保障训练仿真系统研究[J].计算机应用与软件,2025,42(5):1-5,42.