

老旧船舶导航电气设备简易升级方案

景 辉

天津航海仪器研究所 天津 300100

摘 要: 老旧船舶导航电气设备普遍存在设备老化、备件断供、功能落后等问题, 难以满足现行航行安全要求。本文在分析老旧船舶导航系统组成与运行现状的基础上, 系统梳理了导航定位精度不足、雷达故障频发、配电线路老化、航行灯光不完善及设备兼容性差等核心问题, 确立了“不改结构、少动线路、模块替换、即插即用”的升级原则, 提出了涵盖卫星导航、雷达、通信识别、综合显示及电源适配的系统性简易升级方案。方案以最小工程代价实现导航能力显著提升, 为老旧船舶以较低投入满足安全航行要求提供了可行路径。

关键词: 老旧船舶; 导航设备; 简易升级

引言: 全球商船队中船龄超过15年的老旧船舶仍占相当比例, 其导航电气设备普遍面临电子元器件老化、原厂备件停产断供、故障率逐年攀升等现实困境。与此同时, 航行安全标准与通航管理要求持续提高, 内河船舶须配备北斗终端, 沿海船舶对AIS和雷达性能要求也日益严格, 老旧设备已难以满足现行规范。若对整船导航系统进行全新更换, 成本高昂且改造周期长, 经济上并不合理。如何在有限投入下实现导航设备的功能提升, 是老旧船舶运营方面面临的现实课题。本文立足工程实际, 研究以最小改动实现最大功能提升的简易升级方案。

1 老旧船舶导航电气设备组成及运行现状

1.1 船舶导航电气系统主要组成

船舶导航电气系统由导航设备、通信设备、航行信号设备及配电线路四部分构成。导航设备主要包括卫星导航接收机(GPS/北斗)、雷达、陀螺罗经或磁罗经、测深仪、计程仪等, 用于确定船位、航向和航速, 探测周围航行环境。通信设备主要包括AIS(船舶自动识别系统)、VHF无线电话等, 用于船岸通信和船舶间动态信息交换。航行信号设备包括航行灯、信号灯及其控制器, 用于显示船舶航行状态。配电与线路系统则为上述所有设备提供电力供应。各设备分布在驾驶室、海图室及桅杆等位置, 通过独立电缆线路连接, 形成完整的导航电气网络。老旧船舶的导航设备多采购于不同年代, 品牌型号混杂, 系统集成度低, 各设备之间缺乏统一的数据交互标准。

1.2 老旧船舶导航设备运行特点

老旧船舶导航设备多采用独立式架构, 各设备自成系统、互不联通, 数据显示分散于不同的显示器或仪表盘上, 操作人员需在不同工位间切换查看。电子部件以模拟电路或早期数字电路为主, 功耗大、发热高, 可靠

性随使用年限增加而明显下降。原厂备件大多已停产, 维修依赖拆机件或替代品, 故障修复周期长。部分船舶超20年的船舶, 原始设计图纸与设备资料已不全, 电气线路走向不明, 增加了故障排查和改造的技术难度^[1]。另外, 老式设备对供电质量敏感, 船舶电网波动时易出现重启或数据丢失现象。尽管存在上述问题, 大量老旧船舶仍处于运营状态, 其导航设备的基本功能尚存, 具备通过局部升级实现性能提升的技术基础。

2 老旧船舶导航电气设备现存主要问题

2.1 导航定位设备精度不足

大量老旧船舶仍使用单GPS接收机, 不支持北斗系统, 在北斗信号覆盖区域无法利用国产卫星导航资源。部分设备为12通道以下的老款型号, 搜星慢、信号丢失频繁, 尤其在桥区、峡谷等卫星信号遮挡严重的航段, 定位中断现象时有发生。设备定位误差普遍在10米以上, 在复杂航道或港口水域无法满足精密导航需求。同时, 老款GPS不具备差分定位功能, 无法利用沿海差分台站发出的修正信号提高精度。一旦GPS系统出现信号异常或遭受干扰, 船舶将丧失可靠的定位手段, 缺乏北斗作为备份, 航行安全存在隐患。

2.2 雷达设备老化故障频发

老式模拟雷达或早期数字雷达的磁控管、混频器、微波波导元件等核心部件均有有限使用寿命, 磁控管一般工作1000~2000小时后性能即明显下降, 且多数型号已停产, 维修高度依赖拆机件。显示器以CRT或早期液晶为主, 亮度和分辨率不足, 白天强光下难以看清目标, 雨雪杂波抑制能力差, 近距离目标回波与小目标识别困难。部分老旧雷达无自动标绘功能, 不能与AIS设备联动, 无法实现目标自动跟踪和碰撞风险评估, 在繁忙水域完全依赖操作人员人工标绘, 工作强度大且易遗漏。

2.3 电气线路与配电系统老化

导航设备供电线路长期运行于高温、潮湿、盐雾环境中,绝缘层老化龟裂,铜芯氧化导致接触电阻增大,线路压降超出设备允许范围,造成设备欠压运行甚至无法启动。配电板上的老式开关、保险座、接线端子等电气元件已停产多年,备件难以获取,部分船舶使用非标件替代,存在接触不良、发热烧蚀等安全隐患。另外,老旧船舶的导航设备多直接接入主配电板,未经过稳压隔离处理,当大功率设备启动导致电网波动时,导航设备易受干扰而重启或死机,严重影响航行安全^[2]。

2.4 航行灯光与报警系统不完善

航行灯控制器多为老式继电器逻辑电路,无故障自检功能,灯泡烧毁后驾驶台无法获得及时告警,只有在外部目视检查时才能发现。灯具仍以白炽灯为光源,寿命仅1000小时左右,更换频繁,且灯器密封老化,水汽侵入导致反光镜镀层氧化、透光率下降。部分老旧船舶的航行灯布置位置和色度不符合现行规范要求,如舷灯水平遮蔽弧不足、桅灯垂直高度不达标等。通用报警系统多为分立元件构成的简易音调发生器,故障率高,报警种类区分能力弱,难以满足现行规范对声光报警的多样化要求。

2.5 设备兼容性差、智能化程度低

各导航设备接口标准不统一,部分老旧设备仅具备简单的触点式或模拟量输出,无标准数据通信接口,无法接入现代船舶网络。即使具备NMEA 0183接口的设备,其输出语句种类有限,数据刷新率低,难以支持电子海图显示与信息系统对多源数据融合的需求。不同品牌设备之间数据格式存在差异,无法实现雷达与AIS目标叠加、GPS定位数据自动标绘等基本集成功能。驾驶台设备林立、操作界面各异,操作人员需熟悉多种不同人机交互方式,工作效率低、误操作风险高。

3 简易升级方案总体设计

3.1 升级原则与思路

确立“不改结构、少动线路、模块替换、即插即用”四项基本原则。不改驾驶台结构——不打孔、不开新孔、不改动台面布局;少动线路——充分利用原有电缆管线路由,原则上不重新敷设电缆;模块替换——选用标准尺寸的模块化设备,直接替换原设备主机或核心部件;即插即用——新设备应具备宽电压输入适应能力,供电接口与原线路兼容,数据接口支持标准NMEA协议。整体思路为:以功能叠加为主,尽量保留原设备作为备用,通过加装标准化通用模块弥补原有设备的功能短板,最终实现导航能力跨越式提升。

3.2 升级方案的技术路线

按“可替换、可加装、可兼容”三个层次组织实施。替换类:GPS接收机替换为GPS/北斗双模接收机,利用原天线同轴电缆,仅更换主机;老式雷达处理器和显示器替换为通用型数字处理器与LED工业屏。加装类:增加AIS收发一体机、导航信息集成显示终端(NMEA数据融合)、航行灯故障监测模块、小型UPS电源。兼容类:通过NMEA协议转换器实现新旧设备数据互通,加装信号隔离器和稳压模块解决电源适配问题。整个方案按照“先定位、后通信、再雷达及综合显示”的优先顺序推进实施^[3]。

4 各设备简易升级实施方案

4.1 导航定位系统升级

用GPS/北斗双模接收机直接替换原有单GPS主机,天线同轴电缆沿用,仅需在接收机端加装天线接头转换器(BNC转TNC或SMA)。新设备为宽电压输入(DC 10~36V),可直接接入原供电线路,输出NMEA 0183语句格式不变,后端设备(如雷达、AIS、电子海图)无需任何改动即可接收定位数据。升级后可同时接收GPS L1和北斗B1频段信号,可视卫星数量由原来的4~6颗增加至12~16颗,定位精度由10米级提升至3米级,在桥区和高架航道下的信号连续性显著改善。预算约2000~5000元。

4.2 雷达系统简易升级

采用“处理器+显示器替换”方案:保留原天线单元和波导连接,在雷达天线基座处加装匹配器后,更换为通用型数字雷达处理器和LED液晶显示器。新处理器集成信号数字化处理、多级杂波抑制、回波积累和目标自动跟踪功能,显示器采用高亮工业屏。如原天线磁控管已严重老化且无替代货源,则整机替换为固态导航雷达,其采用固态收发模块,免磁控管、免预热、即开即用,功耗降低约40%,平均故障间隔时间由2000小时延长至20000小时以上。选型时须确认天线基座螺栓孔距与原船匹配或提供转接板。预算约2~8万元。

4.3 通信与识别系统升级

加装AIS收发一体机,选择带独立显示屏的B类或A类设备。安装时利用原VHF天线或加装专用VHF天线(小型全向天线,可安装于雷达桅杆空闲位置),GPS信号取自升级后的双模接收机(如AIS自带GPS模块则作为备份)。新AIS设备具备船舶动态信息自动播发、周边目标接收显示及SART遇险信号接收功能。同时,对老旧VHF/DSC设备进行功能补充,加装一台手持式VHF作为驾驶台应急备用,确保主设备故障时通信不中断。AIS设备选型注意显示屏尺寸不小于4英寸,操作界面简洁。预

算约1~3万元。

4.4 综合信息显示与集成

加装导航信息集成显示终端——一台多功能工业显示器（12~15英寸），内置NMEA数据融合模块，通过四路NMEA 0183输入汇集GPS/北斗、AIS、测深仪、计程仪数据，经协议解析后在同一屏幕上以船舶位图叠加方式显示船位、周围AIS目标、航向、航速、水深等信息^[4]。集成终端可安装简易电子海图软件（如OpenCPN开源平台或国产内河电子航道图系统），将船舶实时位置标绘于电子海图上，实现雷达图像叠加AIS目标的基本功能（需雷达具备数字输出接口）。显示终端安装于驾驶台便于观察位置，采用支架式安装避免打孔。预算约1~3万元。

4.5 电源与接口适配

在配电板与导航设备之间加装多路DC/DC稳压隔离模块，每路输出独立稳压（ $24V\pm 2\%$ ），有效隔离船舶电网波动对导航设备的冲击。对于接口不匹配的问题，加装NMEA协议转换器，将老式设备触点信号或非标串口信号转换为标准NMEA 0183语句。同时配置信号隔离器，避免不同设备共地带来的电气干扰。对雷达、AIS、集成终端等关键导航设备增设一台小型在线式UPS（500VA以内），在主配电板切换或电网瞬时失压时为导航设备提供不间断供电，确保航行数据不丢失、设备不重启。预算约0.5~1.5万元。

5 升级方案的评估与应用建议

5.1 经济性分析

本升级方案的核心优势在于以较低投入实现导航能力的显著提升。全套升级材料费用约4~18万元（含双模GPS接收机、数字雷达处理器及显示器、AIS收发一体机、集成显示终端、UPS及配套模块），而全套更换新导航系统费用通常在60万元以上，简易升级成本仅为全新更换的10%~30%。从维护成本看，升级后LED光源寿命延长50倍，年航行灯维护工时减少约80%；固态雷达免磁控管更换，年均可节约维护费用5000~8000元。从间接效益看，升级后满足北斗终端配备要求，可避免海事检查缺陷项整改罚款和船舶滞留损失。以船舶剩余运营年限5

年计，升级投入可在2年内收回，经济性明显。

5.2 实施建议

升级按“先定位、后通信、再雷达及显示”的顺序分三个阶段推进，每个阶段完成后进行不少于24小时的海上试航验证。施工建议利用船舶进坞检修或两次航次之间的停泊窗口期进行，总工时约40~60小时，可在3~5天内完成。施工前应对原有设备功能状态进行全面测试记录并拍照存档，作为恢复备份和效果对比的依据。新设备安装完成后须组织驾驶员进行操作培训，内容涵盖新设备基本操作、数据读取和日常维护要点，培训时间不少于4小时。升级完成后应及时更新船舶检验证书附件的设备清单，并向船检机构报备，确保合规性。建议船东结合船舶剩余运营年限和计划换船时间，合理评估投入产出比后决策实施。

结束语

老旧船舶导航电气设备的更新改造，不应简单等同于“换新船”式的大拆大建。本文提出的简易升级方案，以不改结构、少动线路为约束，通过模块化替换和功能叠加，使老旧船舶以较小的经济代价获得导航能力的实质性提升。方案覆盖卫星导航、雷达、通信识别、综合显示及电源适配等核心环节，注重设备间的兼容整合，在保障基本安全功能的前提下充分尊重船舶运营的经济性。简易升级是有限期的现实选择，建议船东结合船舶剩余运营年限合理规划，充分利用简易升级方案的安全效益和经济价值，为老旧船舶安全运营提供可靠技术支持。

参考文献

- [1] 李志刚. 卫星导航中的船舶导航设备无线通信信号截获方法研究[J]. 通信电源技术, 2026, 43(5): 167-169.
- [2] 真国建. 北斗卫星导航系统在渔业船舶上的应用[J]. 黑龙江水产, 2021, 40(6): 18-20.
- [3] 杨懋, 王丹. 基于时间同步的船舶综合导航设备控制技术[J]. 自动化博览, 2025, 42(11): 38-41.
- [4] 徐益兵. 港作船舶电气自动化的现状及发展前景[J]. 中国港口, 2024(6): 45-47.