

多源信息融合的船舶综合通讯系统状态评估与故障预警机制

王勇

嘉兴市科讯电子有限公司 314000

【摘要】船舶综合通讯系统状态稳定是保障船舶航行安全、远洋作业协同与应急处置高效的核心基础。本文深入解析多源信息融合原理及全维度感知、高可靠研判的技术优势，围绕信息源标准化采集、融合算法优化、状态评估指标体系构建、故障预警模型升级、系统容错机制完善等维度，提出船舶综合通讯系统状态评估与故障预警机制的设计路径，旨在提升系统运行稳定性、故障预判准确率与应急响应能力，为船舶远洋通讯安全与智能化运维提供技术支撑。

【关键词】多源信息融合；船舶综合通讯系统；状态评估；故障预警

Status Evaluation and Fault Early Warning Mechanism for Multi-Source Information Fusion in Integrated Ship Communication Systems

Wang Yong,

Jiaxing Kexun Electronics Co., Ltd., 314000

【Abstract】The stable operation of integrated ship communication systems serves as the fundamental foundation for ensuring navigation safety, enabling effective coordination during long-distance operations, and facilitating efficient emergency response. This paper provides an in-depth analysis of the principles underlying multi-source information fusion and its technical advantages in achieving comprehensive perception and highly reliable analysis. Focusing on key dimensions—including standardized information source acquisition, optimized fusion algorithms, the establishment of a status evaluation index system, upgraded fault early warning models, and enhanced system fault tolerance mechanisms—the study proposes a design framework for improving the status evaluation and fault early warning capabilities of integrated ship communication systems. The aim is to enhance system operational stability, improve fault prediction accuracy, and strengthen emergency response capabilities, thereby providing technical support for safe and intelligent long-distance ship communications and maintenance operations.

【Key words】 multi-source information fusion; integrated ship communication system; condition assessment; fault early warning;

船舶综合通讯系统运行状态直接决定船舶航行指挥、船岸协同、应急通信链路的畅通性与可靠性。传统通讯系统监测手段单一、数据孤立、故障响应滞后，无法满足远洋复杂工况下高可靠、高实时的通讯保障需求。多源信息融合技术凭借多维度数据整合与智能研判特性，可实现系统运行状态全域感知、异常趋势提前识别与故障类型精准定位。基于此，本文从船舶综合通讯系统状态评估与故障预警机制设计切入，为船舶通讯系统智能化、安全化升级提供技术参考。

一、多源信息融合原理

多源信息融合是以全域数据感知与智能决策为核心的信息处理技术，其核心逻辑是通过多维度信息采集、标准化预处理、分层级融合计算，构建完整的数据交互与研判链路。系统将卫星通讯、微波通讯、内部总线、传感器监测、设备

运行日志等多类型信息源进行统一接入，经降噪、校准、格式转换后送入融合单元。融合单元依据规则匹配、特征提取与模型推理，对多源数据进行时空关联与互补验证，输出一致性、高置信度的系统状态结果，有效抑制单源数据误差、噪声干扰与信息缺失带来的研判偏差。

二、多源信息融合在船舶综合通讯系统中的优势

（一）提升状态感知全面性保障运行可靠性

多源信息融合体系可同步采集船舶通讯设备硬件参数、信号传输质量、链路负载、环境干扰、供电状态等全维度数据，突破传统单参数监测的片面性局限，实时刻画通讯系统完整运行画像。该特性可精准捕捉隐性异常与早期劣化趋势，将状态偏差控制在萌芽阶段，进而保障远洋航行中通讯链路持续稳定，为船舶安全航行与应急通讯奠定坚实基础。

（二）强化故障研判精准度优化运维效率

多源信息融合可实现硬件层、链路层、应用层、环境层数据联动分析，打破各子系统数据孤岛壁垒。通过构建多维度特征关联逻辑，实现异常特征匹配、故障类型分类与影响范围评估，同时融合算法的精确推理能力可实现故障定位、预警等级与处置建议的柔性输出，大幅缩减故障排查时间与运维成本。

三、多源信息融合的船舶综合通讯系统状态评估与故障预警机制设计路径

（一）多源信息标准化采集，夯实状态评估数据基础

船舶综合通讯系统状态评估精度，直接决定航行安全与应急通讯保障能力。在船舶智能化运维导向下，传统数据采集模式存在格式不统一、时序不同步、噪声干扰大等问题，难以适配远洋复杂工况下精准评估需求。运维主体需以多源信息标准化采集为核心，构建“统一接入-预处理校准-质量管控”的三维数据体系，破解传统数据采集的碎片化问题，为状态评估筑牢数据根基。

首先，运维主体需做好统一接入规划，夯实数据采集基础。针对船舶卫星通讯、甚高频通讯、内部数据总线、环境传感器、设备自检信息等多类型数据源特点，制定统一接口规范与传输协议，开展全场景数据接入适配。例如，在远洋航行通讯监测中，可针对不同频段、不同设备类型，预设采样频率、数据格式、传输时延等参数及适配区间，提前规避数据不兼容导致的评估偏差。同时，建立数据溯源台账，对每一组采集数据的来源、时间戳、设备型号、工况环境进行详细记录，关联融合特征与异常阈值，确保数据调用可追溯、可校验，为不同工况下评估模型快速适配与迭代优化提供数据支撑。

其次，运维主体应强化预处理校准，搭建双维度数据保障。针对船舶高湿、高盐、强振动、强电磁干扰等复杂场景，推行“降噪滤波-时序对齐-缺失补全”模式，关键数据校准精度控制在 0.01 单位内，确保数据质量满足船舶通讯系统评估需求。将数据完整率、校准准确率、异常检出率等指标纳入采集考核，权重占比不低于 45%，倒逼运维团队优化采集流程。

最后，运维主体需完善质量管控机制，维持数据稳定性。搭建数据质量闭环系统，整合采集记录、校准结果与评估反馈，建立多源数据优化数据库，通过数据比对持续修正采集参数。为保证数据长期稳定，可制定定期校准计划，对采集系统实行“每日点检校准+每周全面调试+每月性能复测”的

全周期管理，同步检查数据存储与传输稳定性。

（二）通讯系统状态评估体系优化，适配全工况精准研判

作为船舶通讯保障的核心执行环节，科学的评估体系肩负着状态精准判定与风险提前识别的双重责任。将评估体系优化全面融入船舶综合通讯系统全生命周期运维，可实现多工况、全链路状态的精准研判与风险管控。

运维主体可搭建“指标构建-工况适配-模型迭代”的评估优化实施路径，以多源信息融合为核心支撑，贯穿船舶停泊、近海航行、远洋作业、应急处置等各个场景，达成评估体系改进与船舶运维实践的深度衔接。需建立评估结果与船舶安全效益的联动机制，将状态评估目标拆解为指标适配、精度调控、工况适配等具体任务。例如，围绕远洋船舶综合通讯系统评估优化，可采用模块化融合评估单元，替换传统单指标判定模式，通过实时数据融合与特征补偿，动态适配不同航行区域的干扰偏差；并同步优化评估权重与阈值区间，在复杂工况下降低误判率，将状态评估精度控制在 $\pm 0.03\text{mm}$ 内，提升系统健康判定准确率与换型适配效率。

同时，运维主体应推动评估标准与船舶通讯管理体系深度融合，将融合式评估应用规范纳入船舶运维管理制度。在方案优化过程中，由技术组联合一线船员梳理不同工况下通讯系统状态偏差痛点，结合船舶远洋运行经验，制定分场景评估优化方案，形成“指标改进+融合适配”的协同推进模式。例如，针对近海高电磁干扰、远洋弱信号覆盖、极地低温高湿、港区密集通信等典型工况，分别提取信号衰减、链路抖动、时延超标、丢包率上升等偏差特征，建立对应评估阈值与融合权重，实现不同场景下评估模型自动切换，有效提升复杂海况下状态判定稳定性与预警可信度。

（三）故障预警模型智能融合，实现异常识别与预警协同

船舶综合通讯系统故障处置效率与安全保障水平，直接由预警模型的智能融合水平决定。在船舶航运高质量升级导向下，运维主体需以预警模型革新为核心抓手，将特征提取、趋势预测、分级预警、处置建议等关键环节转化为实际保障效能。

运维主体可搭建“特征精准提取、趋势提前预测、分级智能预警、闭环优化迭代”的四维预警体系，以“安全优先、精准预警、快速响应”为核心逻辑。该体系摒弃传统预警“阈值触发”的被动模式，将船舶通讯系统结构特性、工况环境、运行负荷与融合模型参数深度绑定。通过特征提取模块的异常识别、趋势预测模块的劣化推演、分级预警模块的等级判定、闭环优化模块的模型修正四方联动，形成“特征识异常、预测明趋势、预警降风险、处置提效率”的闭环运行模式。其核心在于将故障预警从“单一阈值判断”转向“多维度融

合研判”，从“被动响应”升级为“主动预判”，预警模型通过实时特征补偿、时序分段适配与状态闭环纠偏策略，实现预警阈值、响应时序与研判精度的动态匹配，使智能融合预警体系成为驱动船舶通讯系统安全保障提质增效的核心动力。

推行这一体系时，应制定“四维智能预警执行标准清单”，将特征偏差阈值、预测准确率、预警响应速度、处置匹配度等要求量化落地，以标准控精度、以参数督流程、以实效验成果，推动预警全环节规范化运行。例如，可将特征提取的异常重合度、趋势预测的偏差率、分级预警的响应同步率、预警准确率、故障漏报率、平均预警提前量等核心量化指标纳入船舶运维综合考核体系。通过加权赋值与阈值标定构建多维度预警效能评价框架，实现对预警模型可靠性、响应时效性与研判精准度的客观度量，为预警机制迭代优化提供量化依据与数据支撑。例如，针对船舶卫星通信、甚高频通信、内部数据链等不同子系统，按故障影响等级完成预警指标加权分配，结合远洋航行、近海作业、港口停泊等工况完成阈值动态标定，可精准识别早期异常、降低误报漏报率，直观反映预警系统实际运行效能，为模型持续优化提供可量化的改进方向。

（四）系统抗干扰与容错升级，规避远洋复杂工况影响

系统抗干扰与容错升级是船舶通讯安全精准保障的核心防线，更是规避远洋复杂工况影响、提升综合通讯系统可靠性的关键举措。船舶运维主体作为航运安全链条的责任主体，肩负着推动船舶智能化发展与保障航行安全稳定性的双重使命，需构建“抗扰强化-容错兜底-精准管控”一体化优化体系，筑牢基于多源信息融合的船舶综合通讯系统高效运行的技术根基。

为实现抗干扰与容错升级目标，应搭建“三维协同”优化机制，以船舶行业技术规范为基准确明升级边界，以现场

运行反馈为依据动态调整优化方向，以技术革新为支撑提升抗扰与容错能力，确保船舶综合通讯系统全流程状态可控、稳定可靠。在组织实施层面，需组建由信息融合技术专家牵头，船舶通讯、设备运维、安全管理等部门深度参与的专项优化小组，打破部门间技术壁垒，建立跨领域技术研讨与问题联动处置机制。针对不同航线、不同工况、不同设备规格的通讯保障差异，将状态稳定性控制、故障提前预警、抗干扰适配性提升等核心目标，转化为可量化的优化指标，嵌入系统全生命周期管理。例如，可将远洋通讯链路位置偏差值、设备重复运行精度、通讯模块抗电磁干扰阈值等关键参数，细化为分段测试、实时监测、异常预警、容错切换等核心任务，确保优化措施与船舶远洋通讯保障需求精准契合。

为提升优化决策科学性与针对性，需搭建智能化融合监测平台，整合船舶通讯系统运行参数、多源融合数据、工况监测记录、故障处置日志等核心资源，实现跨部门数据实时互通与多维度比对，破解技术数据孤岛难题。而在干扰与故障处置环节，推行“溯源排查-分级应对-容错切换”管理模式。通过复盘系统运行日志、核查通讯设备硬件状态、评估现场电磁与振动干扰源，精准定位成因，同步启动分级容错机制，保障核心通讯链路不中断。

四、结论

多源信息融合技术可有效解决船舶综合通讯系统状态评估片面、故障预警滞后、复杂工况适应性差等难题。通过多源信息标准化采集、状态评估体系优化、故障预警模型智能融合、抗干扰与容错升级的多维设计路径，能显著提升系统运行稳定性、故障预判准确率与远洋工况适应性，为船舶综合通讯系统智能化、安全化发展提供可靠技术支撑。

参考文献

- [1]应友,傅雨佳. 船舶统一通讯平台系统研究 [J]. 江苏船舶, 2024, 41 (03): 43-46+68.
- [2]王连佳,何金平,王炳轩,等. 小型 LNG 船通讯系统方案设计 [J]. 船电技术, 2021, 41 (11): 61-64.
- [3]张雨晗. 基于自由损失模型的船舶通讯时长计算 [J]. 中国新通信, 2019, 21 (03): 15.
- [4]张翔. 有限传输路长的船舶匿名通信系统设计 [J]. 舰船科学技术, 2018, 40 (18): 139-141.
- [5]潘海鑫. 基于无线自组网的船舶通讯系统应用分析 [J]. 硅谷, 2014, 7 (23): 104+108.

作者简介：王勇，出生年月：1983年3月，男，汉族，籍贯：浙江嘉兴，学历：本科，职称：中级工程师，研究方向：信息工程。