

# 数字化转型背景下船舶资产安全生产标准化闭环管理研究

马泽慧

中国船舶集团有限公司第七二六研究所，上海市，201108；

**摘要：**在全球航运业智能化、绿色化转型及中国“交通强国”、“海洋强国”战略驱动下，数字化转型成为船舶资产管理革新与安全保障的核心引擎。本研究探索数字化转型如何赋能船舶资产安全生产，构建标准化闭环管理体系。论文分析了当前船舶安全管理的信息孤岛、流程割裂及被动响应等困境，阐述了数字化技术与安全生产标准化、闭环管理理论的融合逻辑。进而构建了以“全要素数据融合、全过程智能管控、全周期持续改进”为特征的安全生产标准化闭环管理模型，该模型基于统一数字底座，贯通风险感知、计划执行、过程监控、绩效评估的PDCA循环。最后，从技术集成、标准协同、组织变革提出实施路径，并展望与数字孪生、AI大模型融合的未来方向，为航运企业提供理论框架与实践参考。

**关键词：**数字化转型；船舶资产管理；安全生产标准化；闭环管理；智能航运

**DOI：**10.6979/3041-0673.26.04.068

## 引言

船舶资产作为航运业核心，其安全运营关乎企业经济效益、人员生命安全、海洋环境保护和国家战略物资运输。当前，船舶安全管理面临船型复杂化、绿色化（如氨/甲醇燃料船舶）、运营节奏加快及高素质船员紧缺等挑战，传统依赖人工经验和纸质流程的模式已难以适应高风险动态环境。同时，大数据、物联网、人工智能和数字孪生等数字技术为破解安全管理深层次矛盾提供新可能。业界共识是推动安全管理从“人防”、“技防”向数据驱动的“智防”转变。但数字化缺乏系统性框架易导致工具化、碎片化和“数据烟囱”，无法持续提升安全绩效。因此，将数字工具与安全生产标准化及闭环管理深度融合，构建自适应、自优化的智能安全管理体系至关重要。本研究旨在探讨该体系的理论建构与实践路径。

## 1 理论基础与文献综述

### 1.1 安全生产标准化与敏捷管理理论

安全生产标准化是通过建立系统、科学、规范的管理体系，实现生产环节中“人、机、料、法、环”的和谐统一与风险可控。其效能持续发挥的关键，在于拥有一套能够适应动态复杂环境的管理方法论。传统的PDCA循环阐述了持续改进的基本逻辑，而在当今数字化、快变的背景下，OODA循环（观察-定向-决策-行动）理论为理解安全管理提供了更具动态性和敏捷性的视角。该理论强调在快速变化的环境中，通过更短的“感知-认知-决策-行动”周期来构建竞争优势，其核心是基

于实时信息的快速理解、判断与响应。将标准化建设与OODA循环相结合，意味着安全管理体系不仅能确保流程规范，更能实现对风险的敏捷感知、智能研判、快速决策和精准执行，从而构建“标准化为体，敏捷化为用”的现代安全管理范式。

### 1.2 船舶资产管理数字化转型的内涵

船舶资产的数字化转型，其深度远超设备自动化，本质在于构建覆盖全生命周期的数字孪生，实现物理与数字空间的深度融合与实时交互。如《数字船舶白皮书》所定义的，其核心是创建以统一语义、唯一数字身份和集成数据模型为基础的船舶数字实体。这一转型为资产管理带来了革命性变化：它提供了全局、透明、可计算的资产视图。当这一数字化基础与OODA循环相结合时，数字孪生便成为“观察”的窗口和“定向”的沙盘，使得基于全生命周期数据的快速认知、模拟推演与优化决策成为可能，从而极大地压缩安全管理的决策响应周期。

### 1.3 数字化转型赋能安全敏捷管理的逻辑

数字技术赋能安全管理，实质上是赋能OODA循环的每一个环节，并加速循环运转。首先，物联网与传感技术极大地扩展和深化了“观察”的广度、精度与实时性，实现全天候数据采集。其次，大数据与人工智能提升了“定向”的深度，能对复杂数据进行分析、挖掘与模式识别，实现从现象到原因、从当前到未来的智能研判。再次，云计算与协同平台优化了“决策”与“行动”的流程，支持船岸即时信息同步、远

程专家会商与标准化指令的精准下发，并形成行动数据的实时反馈闭环。至此，数字化转型将传统相对滞后的安全管理流程，重塑为一个数据驱动、快速循环、持续学习的敏捷自适应系统。

## 2 船舶安全生产管理现状与数字化转型挑战

尽管数字化是明确方向，但当前船舶安全生产管理在转型过程中仍面临多重挑战，制约了标准化闭环管理的有效实现。

### 2.1 “信息孤岛”与数据割裂问题突出

船舶的设计、建造、运营和检验环节往往由不同主体负责，数据标准不统一，格式各异，导致全生命周期数据流断裂，形成大量“信息孤岛”。岸基管理层难以及时、准确地掌握船舶实时安全状态，安全管理决策缺乏全面数据支撑。

### 2.2 安全管理流程碎片化与合规性压力

传统安全管理严重依赖纸质文件和人工传递，流程繁琐、效率低下，且容易出错或遗漏。同时，国际海事组织（IMO）、中国海事局及中国船级社（CCS）的法规规范不断更新趋严，如《智能船舶规范》（2025）对智能功能、网络安全提出了更细致的要求，手动跟踪和确保合规的难度与成本日益增大。

### 2.3 风险管控被动滞后，预警能力不足

现有模式多侧重于事故后的调查与处理，对深层次风险隐患的实时感知和事前预警能力薄弱。例如，对于船员疲劳操作、封闭空间危险气体聚集、关键设备性能劣化等风险的识别，往往依赖定期检查或个人经验，缺乏持续、客观的数据监测与智能分析手段。

### 2.4 体系运行与持续改进机制薄弱

许多公司的安全管理体系（SMS）运行与日常业务“两张皮”，内部审核和管理评审流于形式，未能有效形成“检查-纠正-预防”的闭环，导致体系自我完善的功能失灵，安全绩效陷入瓶颈。

## 3 数字化转型驱动的安全生产标准化敏捷管理体系构建

为应对前述挑战，本研究构建一个以数据为驱动、以标准化为基础、以敏捷响应为核心的船舶安全生产管理体系。该体系以覆盖全生命周期的统一数字底座为基石，以“OODA 敏捷管理循环”为核心运行逻辑，旨在通过更短的感知-决策周期，实现安全风险的可视、可知、可控与可预测。

### 3.1 基础层：构建船舶统一数字底座

体系的有效运行依赖于坚实、统一的数据基础。需为每艘船舶建立覆盖设计、建造、运营、维护直至拆解的全生命周期“统一数字底座”。这包括：为所有物理与逻辑对象赋予唯一数字身份；融合多源数据形成船舶的动态数字孪生体；并基于可信数据空间技术，在保障数据主权的前提下，实现与船东、管理公司、船级社、港口等多方安全、高效的数据协同。此数字底座是整个OODA循环得以运行的“数据燃料”和“协同平台”。

### 3.2 观察（Observe）阶段：全域感知与数据融合

本阶段目标是构建透明、实时的全局安全态势感知能力，解决“看不见、摸不着”的盲区。

智能感知网络部署：整合视频AI行为识别、设备物联网状态监测、环境传感器及导航数据，构建全天候、全维度的“神经末梢”。

多源数据实时融合：通过统一数字底座，将来自不同系统、不同格式的实时数据与历史数据、模型数据（如三维模型、设备台账）进行清洗、对齐与关联，形成供分析决策的统一、可信的数据全景视图。

### 3.3 定向（Orient）阶段：智能分析与风险研判

本阶段是循环的认知核心，旨在从数据中理解现状、评估威胁并形成应对情境。

动态风险评估与预警：基于融合后的数据，利用规则引擎和机器学习模型，进行实时风险诊断与趋势预测。系统可自动识别如“船员疲劳操作风险升高”、“关键设备性能进入劣化早期”等隐性隐患，并发布分级预警。

标准化作业情境构建：结合风险评估结果、设备保养计划（PMS）、强制法规（如IMO、CCS规范）及公司安全标准，系统自动生成或推荐标准化的作业计划、工作指令与预防性维护工单，为下一阶段的决策提供清晰、合规的备选行动方案。

### 3.4 决策（Decide）阶段：方案生成与协同决断

本阶段基于研判结果，在多重约束下形成最优或满意的行动指令。

智能辅助决策与方案仿真：对于高风险或复杂作业，系统可在数字孪生体中进行作业过程模拟，评估不同方案的安全性与效率，为管理者和船员提供决策支持。

船岸协同决断与指令下达：依托云平台，启动船岸视频会商机制，实现远程专家智慧融入。最终确定的行动方案被转化为具体的、包含标准作业程序（SOP）的电子工单和作业许可，并自动匹配所需资源与人员资质，

通过移动终端精准下发。

### 3.5 行动 (Act) 阶段：标准化执行与反馈学习

本阶段是决策的落地，并收集效果数据以驱动循环学习与进化。

**移动化、无纸化标准执行：**船员通过手持终端接收指令，依照内置的 SOP 指引逐步执行，并通过拍照、签名、数据录入等方式实现过程电子化记录，确保操作可追溯。

**过程实时监控与自适应调整：**岸基安全中心可实时监控作业进展与现场环境变化。若出现突发情况或偏离预期，系统可触发新的“观察-定向”流程，快速生成调整指令，实现动态管理。

**行动反馈与闭环学习：**所有执行结果、偏差记录、新发现的风险点都作为宝贵的反馈数据，实时回传至系统数据库。这些数据用于优化风险评估模型、丰富安全知识库、并触发安全管理体系文件（如程序、预案）的复审与修订建议，从而完成从单次行动到体系能力提升的闭环学习。

## 4 体系实施路径与策略建议

为确保上述基于 OODA 循环的敏捷体系落地，需从技术、标准、组织三方协同推进。

### 4.1 技术集成路径：由点及面，迭代敏捷化

应采取“平台筑基、场景突破、循环加速”的策略。首先，建设或引入集成化的数字底座平台。随后，选择高风险、高价值的典型场景（如封闭空间进入、热工作业）作为“试点循环”，部署感知设备，跑通“观察-定向-决策-行动”全流程，快速验证价值。继而，将成功模式复制到更多场景，并逐步与更广泛的外部系统（如供应链、港口服务）集成，最终实现全生命周期数据驱动的大循环。

### 4.2 标准协同策略：主动嵌入，引领发展

企业需主动将国际国内最新标准与规范（如 CCS《智能船舶规范》、海事局智能监控指南）的要求，内化到数字化平台的“定向”规则库和“行动”SOP 中，实现合规性检查的自动化。领先企业更应积极参与数据接口、智能算法评估等行业标准的制定，将自身基于 OODA 循环的最佳实践转化为行业共识。

### 4.3 组织变革保障：培育敏捷文化与数据素养

体系成功的关键在于人与组织的适配。需重塑安全文化，倡导基于数据的透明、学习、快速响应的敏捷文

化；调整组织架构，可设立负责数据运营与循环优化的跨职能团队；加强能力建设，重点培养船员和岸基人员的数据解读能力、在辅助决策下的决断力以及人机协同能力。

## 5 结论与展望

本研究论证了以 OODA 敏捷管理循环为核心重构船舶安全生产管理体系的必要性与可行性。所构建的“数字底座+敏捷循环”体系，通过强化实时观察、智能定向、协同决策和反馈学习，能够系统化解信息孤岛、流程僵化与响应滞后等问题，实现安全管理的动态敏捷与持续进化。展望未来，该体系可与数字孪生深度结合，在虚拟空间中进行事故推演与应急预案的优化迭代；与生成式人工智能（AIGC）结合，实现自然语言交互的智能辅助决策与培训内容生成；与区块链技术结合，确保 OODA 循环中关键决策与行动记录的不可篡改与可信追溯。在“十五五”及更长远的时期，构建并运行此类敏捷、智能的安全管理体系，是中国航运业提升本质安全水平、应对未来挑战的战略选择。

### 参考文献

- [1] 吉洪文, 杨永刚, 赵杰超. 国内外船舶建造安全生产对比研究[J]. 船舶物资与市场, 2025(10): 33.
- [2] 中国船级社. 数智赋能, 船安未来! 中国船级社安全实验室 2025 年度会议在连云港成功召开[EB/OL]. (2025-12-15) [2025-12-30]. <https://www.ccs.org.cn/ccswz/articleDetail?id=202512150434645246>.
- [3] 厦门大学. 厦大研发的这一系统, 给船舶装上了“智能管家”![EB/OL]. (2025-09-19) [2025-12-30]. <https://szri.xmu.edu.cn/info/1044/8102.htm>.
- [4] 中国船检. 《智能船舶规范》(2025)修订要点解读[EB/OL]. (2025-04-14) [2025-12-30]. [https://m.thepaper.cn/baijiahao\\_30640809](https://m.thepaper.cn/baijiahao_30640809).
- [5] 刘志良. 《数字船舶白皮书》发布[N]. 中国船舶报, 2025-10-31(02).
- [6] 中华人民共和国海事局. 中华人民共和国海事局关于发布《船舶智能监控系统技术指南(1.0)》的公告[EB/OL]. (2025-03-11) [2025-12-30]. <https://www.msa.gov.cn/html/xxgk/tzgg/qt1/20250311/811578B9-46DC-401B-8535-79C81880D32A.html>.

作者简介: 马泽慧(1993.03-), 女, 汉族, 籍贯: 山东省淄博市, 学历: 硕士研究生, 职称: 工程师, 研究方向: 机械工程。