

船舶运维故障诊断的国际化双语智能服务模式研究

辜钰淇, 郑金梅, 张阿林*

湖北工业大学外国语学院 湖北武汉

【摘要】随着全球化航运发展, 船舶运维向智能化、国际化转型, 故障诊断是航运安全与增效关键, 但语言与技术壁垒制约跨境智能服务。本文围绕船舶运维故障诊断, 构建中英双语语料库, 结合自然语言处理与智能服务设计, 剖析双语文本术语、故障逻辑及处置表述的语义差异, 搭建含实时语义匹配等模块的双语智能服务模式, 以期消除语义知识断层, 提升跨境运维服务精度效率, 助力船舶智能运维国际化。

【关键词】船舶运维; 故障诊断; 双语智能服务; 自然语言处理

【基金项目】湖北工业大学 2025 年大学生创新训练计划项目: 工业科技语料库的跨学科知识迁移 AI 系统建模研究

【收稿日期】2026 年 8 月 5 日

【出刊日期】2026 年 9 月 7 日

【DOI】10.12208/j.ssr.20260296

On the international bilingual intelligent service mode for ship operation-maintenance fault diagnosis

Yuqi Gu, Jinmei Zheng, Alin Zhang*

School of Foreign Languages, Hubei University of Technology, Wuhan, Hubei

【Abstract】 With the development of global shipping, ship operation-maintenance is transforming toward intelligence and internationalization. Fault diagnosis serves as the key to shipping safety and operational efficiency, yet linguistic and technical barriers constrain cross-border intelligent services. Focusing on ship operation-maintenance fault diagnosis, this paper constructs a Chinese-English bilingual corpus. Combined with natural language processing and intelligent service design, it analyzes semantic differences in bilingual texts concerning terminology, fault logic and disposal descriptions. A bilingual intelligent service mode including real-time semantic matching and other modules is established to bridge semantic and knowledge gaps, improve the accuracy and efficiency of cross-border operation-maintenance services, and facilitate the international application of intelligent ship operation-maintenance.

【Keywords】Ship operation-maintenance; Fault diagnosis; Bilingual intelligent service; Natural language processing

1 引言

随着经济全球化的加深, 全球超过 80% 的贸易货物通过海运流通, 航运业作为全球贸易的核心载体, 进入了规模化、智能化的发展新阶段。然而船舶传统运维依赖人工经验, 短板突出, 亟需新一代信息技术赋能船舶智能运维^[5]。首先, 现有船舶运维智能诊断体系多基于单语言搭建, 难以应对跨语言场景难题。其次, 国际航运具备跨地域、跨语言、跨文化特点, 语言与文化差异一直制约着船舶故障诊断水平。再次, 通用机器翻译缺乏领域专业性, 易引发误判, 威胁海上航行安全^[15]。针对上述船舶运维故障诊断痛点, 本论文确立三个研

究目标: 剖析船舶运维故障诊断中英文文本多维度差异及成因; 融合自然语言处理技术搭建双语智能服务核心模块; 依托典型案例验证该模式效能, 支撑方案落地优化。

2 研究现状

船舶故障诊断技术作为船舶运维体系核心技术, 伴随工业与信息技术发展, 正由传统人工诊断向智能诊断演进, 技术体系持续完善^[7]。当前相关研究多面向单语言、单场景开展技术优化, 较少兼顾国际化航运场景, 对跨语言故障诊断服务研究欠缺, 未能解决语言、文化差异引发的现实难题。

第一作者简介: 辜钰淇, 湖北工业大学外国语学院 23 级学生, 研究方向: 翻译理论与实践;

第二作者简介: 郑金梅, 湖北工业大学外国语学院 23 级学生, 研究方向: 翻译理论与实践;

*通讯作者: 张阿林, 湖北工业大学外国语学院副教授, 研究方向: 科技翻译。

自然语言处理(NLP)技术已初步应用于船舶故障报告文本分析、船舶知识图谱搭建等方向^[2],但在跨语言语义匹配、故障推理等层面仍处于探索阶段,尚未形成适配船舶故障诊断业务的跨语言 NLP 应用体系^[16]。现存短板主要体现在三方面:现有智能诊断研究大多局限于单一语言场景,难以处理中英文故障诊断中的语义、专业知识与文化差异;船舶领域 NLP 应用以单语言文本处理为主,跨语言推理相关研究较为薄弱;跨语言信息服务技术缺乏系统性整合,未结合故障诊断业务流程搭建一体化双语智能服务框架^[4]。

据此,本文围绕船舶运维故障诊断中英文双语差异展开研究,融合 NLP 技术与智能服务设计方法,搭建面向国际化场景的双语智能服务模式,弥补现有研究短板。研究创新主要包含三点:系统梳理船舶故障诊断领域中英文双语差异,厘清差异表现形式与作用机理;推动跨语言 NLP 技术与船舶故障诊断业务深度融合,设计适配业务流程的三大智能服务模块;构建集成化船舶运维故障诊断双语智能服务模式,为船舶智能运维国际化提供可行方案^[12]。

3 中英船舶故障诊断双语语料库构建

3.1 语料来源

本研究的语料均来源于船舶运维故障诊断领域的权威专业文本,确保语料的专业性、真实性与代表性,主要包括三大类:一是船舶设备维修手册,涵盖船舶发动机、推进系统、导航系统、电力系统等核心设备的中英文维修手册;二是船舶故障报告,收集国内外航运企业、船舶维修机构近 5 年的中英文船舶故障诊断与处理报告;三是船舶运维专家知识库,整合行业专家的中英文故障诊断经验、专业论述与解决方案^[9]。

3.2 处理流程

为后续的双语差异分析与自然语言处理技术应用提供数据支撑,我们对语料进行了采集、清洗、对齐与标注规范制定^[4]。应用多种自然语言处理技术,支撑语料库分析与双语智能服务模式构建,核心技术包括文本挖掘(如:关键词提取(TF-IDF(Term Frequency-Inverse Document Frequency)算法))、命名实体识别(如:基于深度学习的 BERT(Bidirectional Encoder Representation from Transformers)模型)、语义匹配、知识图谱构建与故障推理^[20]。

4 研究发现与结果分析

4.1 术语表述的系统性差异

船舶工程领域中英文故障术语一般有四类差异问题:一是专业术语直译缺失。船舶工程部分中文本土化

术语无对应英文直译词,需释义表达,如中文“扫气箱着火”对应英文“scavenging box fire”;部分国外厂商专属英文术语无统一中文译法,如“engine misfire”存在“发动机失火”“发动机缺缸”两种常用表述。二是一词多义与多词一义。部分核心术语语义随场景变化易引发误解,英文“fault”可指船舶的“故障类型”或“故障点”,中文“故障码”包含通用与设备专属两类代码含义;同时存在同义异词情况,中文“推进系统故障”“动力推进故障”、英文“navigation system failure”与“navigational equipment malfunction”均分别指代同一故障。三是缩写与全称使用差异。英文行业通用术语缩写,如 ECS(电子海图系统)、EPS(电力系统),中文极少使用缩写,普遍采用完整术语表述。四是术语语体色彩差异。英文故障术语均为中性客观表述,语体单一;中文术语分通俗与专业书面语,且业内使用习惯不一,如通俗表述“船舶发动机卡死”、专业表述“船舶发动机卡滞”,英文统一表述为“ship engine seizure”。

由此可见,术语表述的差异,容易导致故障诊断信息在传递过程中出现语义失真,成为跨语言故障诊断沟通的首要障碍^[15]。

4.2 故障归因的逻辑式差异

故障归因是船舶故障诊断核心环节,指技术人员依托故障现象研判故障成因的思考与表述逻辑。中英文故障归因表述存在明显逻辑差异,折射出中西方思维模式区别:一是整体思维与线性思维之别。中文偏向整体思维,以故障整体现象为切入点,结合设备整体工况综合推断诱因,多用“总-分”结构;先概述故障现象,再罗列潜在成因,成因间逻辑边界模糊,频繁使用“可能”等模糊表述。英文偏向线性思维,立足故障细节,遵循“现象—直接原因—间接原因”递进逻辑,常采用“分-总”或线性递进句式,各项成因均配有事实逻辑支撑,较少使用模糊词汇。二是因果表达语序不同。中文因果语序灵活,因果分句可前置或后置,既可借助连接词显化逻辑,也能依靠语义隐含因果。英文语序相对固定,普遍遵循“原因在前、结果在后”,依靠特定连接词清晰标注因果,极少依靠语义暗含逻辑。三是逻辑连接词使用存在差距。数据表明,船舶故障诊断英文文本逻辑连接词使用频次为中文的 1.8 倍,词汇类型丰富,可精准区分因果、递进、转折等关系。中文文本连接词种类单一,以因果类为主,递进、转折等逻辑多依靠语义传递,易引发逻辑歧义^[17]。

4.3 解决方案的文化偏好差异

技术人员根据故障原因制定维修操作指南与解决

方案,然而中英文在解决方案的表述上存在三处文化差异:一是步骤详略不同,英文倾向精细化描述,明确工具、参数、操作力度与顺序,适配新手;中文表述简洁概括,侧重核心步骤,依靠技术人员经验灵活处置。二是结构顺序有别,英文遵循“准备—操作—检测—注意事项”的标准化固定流程;中文为实用化流程,顺序灵活,常整合或省略部分环节,适合熟手。三是表述方式各异,英文多用祈使句,语气直接;中文多使用陈述句,借助“应”、“需”、“建议”等词委婉提出要求。这类文化偏好差异,易使不同语言背景技术人员产生理解偏差、操作不规范,降低维修质量与效率^[14]。

5 国际化双语智能服务核心模块设计

结合前文船舶运维故障诊断领域的中英双语差异分析结果,国际化双语智能服务应以实时语义匹配、跨语言故障推理、动态多语言解释与呈现三大模块为核心,按照“语义理解-逻辑推理-服务呈现”的流程,针对性解决该领域术语表述、故障归因逻辑、解决方案的双语差异痛点^[1]。系统设置三大核心模块,支撑双语船舶故障智能诊断,实现故障识别、推理与呈现的全流程智能化。

实时语义匹配模块负责提取用户中英文故障描述的关键信息,消除语义偏差,将非规范表述转化为标准化故障实体。该模块通过搭建船舶故障双语术语库,建立口语与标准术语映射;依托双语预训练模型结合对比学习微调优化语义匹配效果;搭配动态术语纠错机制,适配船员日常表达,实现语义精准标准化对齐^[4]。

跨语言故障推理模块承接语义匹配结果,依托双语知识图谱完成跨语言故障推理。模块构建五位一体双语故障知识图谱,梳理故障全链条因果关系;研发双逻辑路径推理引擎,适配中英文差异化归因逻辑;引入贝叶斯网络开展不确定性推理,对故障原因进行概率排序,并结合行业标准校验,保障故障推理精准合规^[18]。

动态多语言解释与呈现模块以用户为核心,适配双语用户认知与使用需求。模块搭建含语言、专业等级等维度的用户标签体系,精准匹配适配的故障解决方案;针对方案专业内容,提供双语图文、视频演示及交互式问答服务,同时依据用户专业等级动态调整方案深度,大幅提升方案可读性与实操性^[3]。

5.1 案例应用与分析

为验证本研究构建的双语智能服务模式的实际应用效果,选取2021年“Ever Given”轮在苏伊士运河搁浅事件中的故障诊断与应急处理环节。苏伊士事件的善后,故障诊断与应急处理环节由中、日、英等多国工

程师组成,由于语言表达习惯、术语使用差异,初步故障描述存在模糊性,延误了初步诊断^[13]。

(1) 实时语义匹配环节:印度籍船员输入英文故障描述:“Loss of steering control during high wind, vessel deviated from channel.”模块自动识别关键信息“steering control”,“high wind”,“deviation”,并匹配双语术语库中“舵机失效”、“偏航”、“风力影响”等中英文对应术语。同时将口语化描述标准化为符合中文表达习惯的文本,同步至中方岸基工程师。

(2) 跨语言故障推理环节:模块基于识别出的故障现象,采用归纳式推理路径匹配双语故障诊断知识图谱,快速定位核心故障原因为“舵机液压系统失效”,并识别出“液压油泄漏”、“舵机泵过载”等次要原因。此时,模块自动生成符合英文演绎式逻辑的故障推理报告,同步给外籍工程师,保障跨语言推理逻辑一致^[19]。

(3) 动态多语言呈现环节:针对中方工程师,生成遵循“应急响应-原因分析-操作建议”结构的中文解决方案,优先指导“检查舵机液压系统压力”、“确认液压油位”等操作;针对日籍工程师,生成符合其严谨操作习惯的日文版本,嵌入“安全确认-逐步操作-规范校验”流程,并匹配日本船级社(NK)相关规范。

6 研究结论与展望

6.1 研究主要结论

船舶运维故障诊断中英文文本在术语表述、故障归因逻辑、解决方案呈现层面存在系统性差异:专业术语对应程度不足,故障归因分别对应归纳式、演绎式思维,解决方案存在跨文化偏好区别,这些差异是跨语言智能诊断精度不足、协同效率偏低的关键诱因^[6]。研究搭建包含实时语义匹配、跨语言故障推理、动态多语言解释呈现三大模块的双语智能服务模式,分别对应消解三类双语差异,构建完整服务闭环。案例验证表明,该模式能够有效弥合跨语言语义与知识壁垒,提升国际船舶故障诊断效率与准确度,为船舶智能运维国际化提供可行理论框架与实践方案^[8]。

6.2 研究局限与未来展望

本研究存在三点后续改进方向:一是扩充语料库规模与覆盖范围。当前语料聚焦主流商船核心设备故障诊断场景,特种船舶、小众设备相关语料较为匮乏,后续将采集对应场景数据,提升语料场景与设备类型多样性。二是拓展语种覆盖。现有服务模式仅支持中英双语,难以满足航运领域西语、法语、俄语、日语等国际沟通需求,后续将扩充多语种语料,优化跨语言语义

匹配与推理模型, 实现由双语向多语种升级, 适配多元化国际航运运维场景^[15]。三是引入多模态数据优化诊断效果。现有方案依托文本数据搭建, 后续融合振动、温度、压力等时序监测数据以及故障图像、视频等视觉信息, 搭建多模态跨语言智能故障诊断体系, 提高诊断完备性与准确率^[10]。

参考文献

- [1] 曹阳,刘建设,陈驰. 船舶云数据运维系统的设计及研究[J]. 舰船科学技术, 2025, 47 (01): 163-168.
- [2] 董永涛,崔翥龙. 基于大模型和检索增强生成技术的舰艇装备故障智能问答系统[J]. 中国舰船研究, 2025, 20(06): 144-153.
- [3] 董小伟,张雪琴,韦昊函等. 船舶吊舱推进器智能运维关键技术及系统设计[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2026, (03).
- [4] 傅娟. 基于深度学习的自然语言处理技术在智能翻译系统中的应用研究 [J]. 计算机科学, 2025, 52 (S2): 98-103.
- [5] 贾宝柱,吴军. AI 赋能, 护航未来: 船舶智能运维与故障诊断的创新与实践[J]. 中国舰船研究, 2025, 20(02): 1-2.
- [6] 马勇,胡祖硕,王雯琦等. 船用智能设备与系统的发展现状与展望[J]. 机械工程学报, 2024, 60(20): 181-192.
- [7] 孙飞. 船舶柴油机监测与故障诊断技术现状及发展趋势 [J]. 科技风, 2018, (29): 145.
- [8] 吴文豪,陈国兵,杨自春. 数字孪生技术在船舶装备运维中的应用及挑战[J]. 舰船科学技术, 2022, 44(08): 139-144.
- [9] 汪益兵,韩志豪,站翌婷. 面向智能船舶的设备故障预测与管理系统 [J]. 船舶工程, 2025, 47 (03): 93-98.
- [10] 张侨禹,宋汉江,李良才等. 基于数字孪生的舰船动力系统智能运维技术[J]. 中国舰船研究, 2022, 17(S1): 73-80.
- [11] 张圣伦,张楠. 云计算在网络通信数据智能运维系统中的应用 [J]. 现代信息科技, 2022(6): 125-127+132.
- [12] 杨易. 全生命周期视角下船舶智能运维的标准体系构建与实践[J]. 船舶工程, 2026, 48(02): 180.
- [13] 严新平,刘佳仑,胡欣珏等. 新一代航运系统的未来船舶技术展望 [J]. 船海工程, 2024, 53 (05): 1-4.
- [14] Aiello g, Giallanza A, Vacante S, et al. Propulsion monitoring system for digitized ship management: preliminary results from a case study[J]. Procedia Manufacturing, 2020, 42: 16-23.
- [15] Costa, Jussà M R, et al. Scaling neural machine translation to 200 languages [J]. Nature, 2023, 620.
- [16] Patil R, Gudivada V. Techniques and Applications of Natural Language Processing [J]. Applied Sciences, 2026, 16 (4): 1726-1726.
- [17] Ruihan W, Hui C, Cong G. A Bayesian inference-based approach for performance prognostics towards uncertainty quantification and its applications on the marine diesel engine[J]. ISA Transactions, 2021, 118: 159-173.
- [18] Wang Y, Qian L, Hong M, et al. Navigation risk assessment for ocean-going ships in the north pacific ocean based on an improved dynamic Bayesian network model[J]. Ocean Engineering, 2025, 315.
- [19] Yang X, Lin Z, Zhang W, et al. A data-driven comparative risk assessment of marine traffic accidents using an object-oriented Bayesian network[J]. Ocean Engineering, 2026, 351(P1).
- [20] Zhang Y X, Zhao Y, Zhang Y X. Research on the Application of Neural Network Knowledge Graph Model in Machine Translation Knowledge Graph Reasoning[J]. Automation & Instrumentation, 2024(2).

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS