

有关航行安全的海员疲劳研究

马向阳 刘婷婷 董洁 钱之博

中国船舶集团有限公司系统工程研究院, 中国·北京 100094

【摘要】海上疲劳对船舶作业和海员个人安全有着巨大影响, 相关研究认为, 56%的搁浅事故和38%的碰撞事故都与疲劳相关。但国内对于航行疲劳的研究还处于起步阶段, 大多数研究忽略了船舶复杂的工作环境和工种差异, 难以有效检测和预警航行疲劳。本文总结了历年来有关海员疲劳质化和量化的主要手段, 结合对近1000名被试海员的量表调查与生物监测, 针对身处不同岗位及环境的海员给出了一般性的疲劳评估模型, 结合安全管理, 对量化模型在疲劳预测、疲劳检测中的作用进行了探讨。

【关键词】脑力疲劳; 疲劳周期; 疲劳预测

A Study on Seafarers' Fatigue Related to Navigation Safety

Ma XiangYang¹, Liu TingTing², Dong Jie³, Qian Zhibo⁴

China Shipbuilding Corporation System Engineering Research Institute, Beijing 100094, China

[Abstract] Fatigue at sea has a great impact on ship operation and seafarers' personal safety. According to relevant research, 56% of grounding accidents and 38% of collision accidents are related to fatigue. However, the research on navigation fatigue is still in its infancy in China. Most of the researches only discuss the causes of pilot fatigue, but ignore the complicated working environment and work type differences of ships. In maritime safety management and accident detection, fatigue prediction and detection are essential. This paper summarizes the main means of seafarers' fatigue qualitative and quantitative analysis over the years, and through the horizon project of China EU cooperation, the scale survey and brain wave monitoring are carried out for nearly 1000 seafarers. A general fatigue assessment model is given for seafarers in different positions and environments. Combined with safety management, the role of the quantitative model in fatigue prediction and fatigue detection is improved. It is discussed.

[Keywords] Mental Fatigue; Fatigue cycle; Fatigue prediction

引言

海员疲劳一直是引发海上事故的重要原因, 国际海事组织(IMO)将疲劳定义为: “由于身体、精神或情绪上的消耗, 导致体力和思维能力上的降低, 表现出力量、速度、反应时间、协调性或平衡性在内的能力降低”, 在美国海岸警卫队的赞助分析中, Raby和Lee针对279起海上事故进行了统计, 发现约16%的海上重大事故和33%的人身伤亡事故都与船员疲劳有关^[1], 英国高级船员工会的调查显示“77%的高级船员认为3-10年内疲劳状况正在恶化”^[2]。相较于疲劳对于航行安全的重要意义, 航运市场却缺乏有效的量化手段, 国内大部分海事疲劳研究局限在驾驶员的成因描述上, 难以满足事故调查和疲劳监测的需求。在国际相关领域研究中, 美国海岸警卫队采用USCG评判法, 截取事故发生前24h内的工作时间、睡眠时间以及疲劳症状个数来判定疲劳责任, 英国海事调查分部根据事故发生前的96小时内的工作、休息时间判断疲劳程度。上述研究将疲劳与困倦视为同义词, 以睡眠量或休息时间作为判断疲劳的主要依据, 忽略了航行中的复杂环境和人员分工, 测量方式也过于主观, 对疲劳及疲劳成因难以做到有效量化。在上个世纪, 不少学者就注意到这一现象, 例如YOSHITAKE在1978年就指出疲劳与困倦的不同, 并简单描述了疲劳的三种特征——“困倦与迟钝”、“注意力缺失”以及“身体不适”^[3]。

本文结合近1000名船员的船舶航行跟踪数据, 开展相关疲劳研究。采用量表检测和脑电波检测等手段, 研究类目包括船员的睡眠、压力、注意力等心理生理特征, 最终有效数据包括937份有效问卷以及相关生理检测参数, 重点研究了处在不同岗位的船员的疲劳差异, 验证睡眠节律、值班周期、航行时间以及工作环境对疲劳造成的影响, 并建立一般性的船员疲劳与各影响因素间的量化模型, 服务于疲劳预测, 保障航行安全。

1 成因

目前领域内专家对于疲劳的诱因及特征解释相差较大, 缺乏统一的学术定义。区别于IMO的定义, Caldwell在提到航

空业时, 将疲劳描述为无法被意志力、经济激励或其他激励因素所抵消的生理因素^[4]; 此外, 一部分医学研究者认为疲劳是一种身体和精神上的虚弱状态^[5]; 另一部分船舶行业学者, 将疲劳解释为一种以睡眠为终点的心理和身体警觉性丧失^[6]。总结上述观点, 结合海安会通函1014号文件, 本文将航行疲劳解释为对于船员警惕性(注意力、反应力、记忆力等)的阻尼, 将疲劳的症状分类为生理疲劳、心理疲劳、执行力下降。



图1 疲劳的成因

2 测量

现代疲劳的研究起源于20世纪初, 受限于当时的理论及技术水平, 有关疲劳的评估长期依靠主观分析, 后期形成疲劳检测量表辅助检测, 如针对慢性疲劳症状设计的PFRS-f剖面图^[7], 针对困倦疲劳症状设计的卡式睡眠量表^[8]SCL-90症状自评量表以及自认疲劳分级量表^[9]等。20世纪末期, 学者们逐渐采用客观测量方法, 基于生物特征信号的采集开展研究, 如唾液皮质醇测试、脑电波测试、心率检测等。但这一测量手段易导致实验结果的片面失真, 缺乏复杂环境因素的综合调查。21世纪以来, 疲劳测量逐步采用更为综合的测量方法, 如Smith^[10]在卡迪夫大学的船员疲劳调查项目中针对船舶运动和噪音, 船员睡眠, 唾液皮质醇等疲劳特征或影响因素进行了量化测量, 并与船员日记进行比对, 从而得到了船员值班及航行期间的疲劳累

计情况。HORIZON 项目^[11]采用了包含疲劳测量量表、深度访谈、环境调查与EEG检测在内的综合手段。按照卡迪夫船员疲劳检测项目及HORIZON项目的实践经验,对于疲劳的测量首先要明确所测量的环境,衡量环境的标准由构成疲劳成因决定,本项目中测得的有关工作强度、环境、睡眠质量与疲劳的相关性结果如表1所示。

表1 组织和环境压力源的因子负荷及多维偏好分析

成因	类目	值
工作量和工作时间的变动(陆上/海上)(Cronbach's $\alpha = 0.65$)	在港口工作时,工作时间是比在航行中多还是少?	0.83
	在港工作是否比海上工作要求更高?	0.84
休息时间(Cronbach's $\alpha = 0.49$)	是否每天有规律的休息10小时?	0.81
	超过6小时的不间断休息?	0.82
	紊乱	0.71
	责任过重	0.80
工作满意度(Cronbach's $\alpha = 0.74$)	前景渺茫	0.79
	没有工作机会	0.77
	待遇不公平	0.76
睡眠质量(Cronbach's $\alpha = 0.81$)	难以入睡	0.71
	睡眠持续时间短	0.79
环境因素(Cronbach's $\alpha = 0.74$)	噪音	0.66
	天气	0.73
	晃动	0.69

3 生物模型构建

疲劳分析要考虑疲劳的形成周期和强度,疲劳按病情变化快慢可划分为急性疲劳和慢性疲劳,而慢性疲劳是由于行为反复暴露在急性疲劳中所形成的病态^[11-12]。构建一个合理的生物模型就要描述航行中各影响要素是产生和积累疲劳的。本文参考了部分安全事故中的人因模型,结合相关疲劳预测模型如Drew Dawson^[12]根据睡眠和昼夜节律特征构建的疲劳预测生物模型;Jepson^[11-13]等人归纳海员睡眠、值班、压力、疾病、生理需求等因素的多阶段疲劳模型;道格拉斯等人基于事故人为成因而提出的HFACS模型^[13]。图4所示是结合项目调查结果和Hockey模型构建的海员疲劳产生和反馈模型示意图,构建的疲劳但反馈模型。

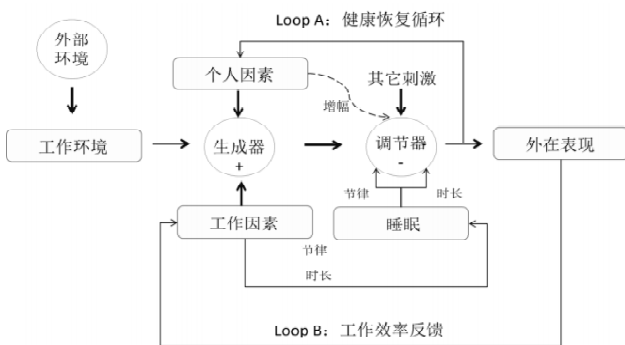


图2 疲劳的产生与反馈示意图

在项目中我们分析得到,频繁的靠港是通过加强工作强度、缩短休息时间来增加船员疲劳度;船员休息时间过于零散造成节律紊乱无法通过继续增加休息量来削弱疲劳。此外,该模型可以借鉴诸多现有的研究成果为模型提供初始化的参数设置,如航行小憩应控制在较短时间(15-40 min),休息时间最多可以分成两段,每段时长最少6h,船舶颠簸时,需要增加15%-

20%的额外体力才能抵消额外疲劳。图3为本项目中测量的高级船员与常人一日内疲劳周期的对比,可以验证一天内异常的睡眠节律对船员疲劳造成的累积影响。

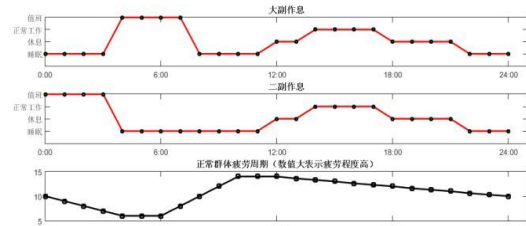


图3 值班计划与疲劳周期对比图

4 结论

船员疲劳量化研究可为船员疲劳预测和航行安全保障工作服务,如船员疲劳预测软件工具、疲劳监测手环等。本文结合船舶复杂的工作环境,针对值班计划、工作强度、睡眠节律等影响要素,建立了普遍适用的生物模型来描述船员的疲劳的累积过程。此外,调查结果也显示了,工作量和工作时间、休息时间、工作满意度、睡眠质量以及环境五个方面对船员疲劳造成的影响,希望引起航运业在进行生产调度时对船员昼夜节律、工作强度的关注,注意在满足船员休息时间的的基础上注意控制船员的休息频次。

参考文献

- [1] Raby M, Lee J D. Fatigue and workload in the maritime industry[J]. Stress, workload and fatigue, 2001: 566-578.
- [2] 尹朝忠. 影响船员疲劳的因素及防止措施[J]. 武汉船舶职业技术学院学报, 2008 (04): 16-20.
- [3] YOSHITAKE, H. Three Characteristic Patterns of Subjective Fatigue Symptoms[J]. Ergonomics, 1978, 21 (3): 231-233.
- [4] Caldwell J A, Caldwell J L. Fatigue in aviation: A guide to staying awake at the stick[M]. Routledge, 2016.
- [5] Kaltsas G, Vgontzas A, Chrousos G. Fatigue, endocrinopathies, and metabolic disorders. PMR 2010; 2: 393-398.
- [6] MacLachlan M. Maritime Psychology: Definition, Scope and Conceptualization[M]// Maritime Psychology. 2017.
- [7] C Ray. Chronic fatigue syndrome and depression: Conceptual and methodological ambiguities[J]. Psychological Medicine, 1991, 21 (1): 1-9.
- [8] van den Berg J, Neely G, Nilsson L, Knutsson A, Landstrom U. Electroencephalography and subjective ratings of sleep deprivation. Sleep Med 2005; 6: 231-240.
- [9] 季红光, 王海明, 张麟, et al. 舰员航行时心理因素神经行为与疲劳状况测评[J]. 解放军预防医学杂志, 1999 (01): 24-27.
- [10] Smith A P, Allen P H, Wadsworth E J K. Seafarer fatigue: The Cardiff research programme[J]. 2006.
- [11] Jepson J R, Zhao Z, van Leeuwen W M A. Seafarer fatigue: a review of risk factors, consequences for seafarers' health and safety and options for mitigation[J]. International maritime health, 2015, 66 (2): 106-117.
- [12] Dawson D. Modelling fatigue and the use of fatigue models in work settings[J]. Accident Analysis & Prevention, 2011, 43 (2): 549-564.
- [13] 道格拉斯A. 维格曼, 斯科特A. 夏佩尔. 飞行事故人的失误分析, 人的因素分析与分类系统[M]. 中国民航出版社, 2006.