

人的因素在直升机舰面保障效能方面的影响

温其穆^{1,2}, 赵越超³, 孙嘉铖¹

¹中国船舶集团有限公司, 系统工程研究院, 北京

²西北工业大学航海学院, 陕西 西安

³中国海警局直属第二局, 浙江 宁波

收稿日期: 2024年9月26日; 录用日期: 2024年12月17日; 发布日期: 2024年12月25日

摘要

舰载直升机执行驻舰任务时需开展一系列的保障工作, 保障工作的时效影响直升机出动回收的效能。作为一个人-机耦合的作业过程, 人素在保障工作中直接影响作业的效能。本文通过研究人在舰载直升机保障过程中的影响, 提出如何让舰载直升机的保障效能处于高效的状态。

关键词

直升机, 舰面保障, 人素

Human Factor of influence in the Carrier Helicopter Deck Support

Qimu Wen^{1,2}, Yuechao Zhao³, Jiacheng Sun¹

¹System Engineering Research Institute, China State Shipbuilding Corporation, Beijing

²School of Marine Science and Technology, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shaanxi

³Second Bureau of China Coast Guard, Ningbo Zhejiang

Received: Sep. 26th, 2024; accepted: Dec. 17th, 2024; published: Dec. 25th, 2024

Abstract

Carrier helicopters need a series of support active, the efficiency of the actives influence the effect of the takeoff and landing of helicopters. As a man-machine coupling operation, human factor influences the efficiency directly. The paper researches the human factor in the process of carrier helicopter deck support, puts forward how to keep the efficiency on high performance state.

文章引用: 温其穆, 赵越超, 孙嘉铖. 人的因素在直升机舰面保障效能方面的影响[J]. 国际航空航天科学, 2024, 12(4): 171-177. DOI: 10.12677/jast.2024.124020

Keywords

Helicopter, Deck Support, Human Factor

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前海上战争正向着空间化、多维度、多平台发展，舰载航空装备作为海上作战的重要载体，在预警侦查、人员救护、反潜反舰作战、两栖突击运输以及海上电子战等方面承担着重要的任务。舰载直升机在舰上进行保障时，除需要如加油设施、助降设施等相应的硬件设施外，人作为保障实施主体，对作战效能影响显而易见。目前国内已有对海员长期作业疲劳对作业效能影响的相关研究，但由于舰载直升机的保障具有特殊性，国内关于人员对舰载直升机的舰上作业保障效能影响的研究较少。本文旨在通过研究，在确保安全作业的前提下减少人素对舰载直升机舰面保障作业效能的影响，使舰载直升机的驻舰保障工作处于合理的水平。

2. 直升机舰面保障简介

舰载直升机的舰上舰面保障作业，是指舰载直升机从初始处于在机库内停放的状态，在接到任务指令开始，进行出库准备作业并进行任务载荷加挂和起飞执行任务，再到完成任务重新转入平时状态为止的整个过程。在整个过程中，舰载直升机完成出库牵引、起降平台保障、机务检查、任务载荷加载、起飞、任务飞行、回收着舰、飞行后检查、转运回机库并系留等多个环节，主要流程如表 1 所示。

Table 1. Main process of ship surface operations
表 1. 舰面作业主要流程

序号	保障全流程项目	内容
1	直升机起飞准备作业	舰载直升机舰面检查、加油、加氮、挂弹、维护等
2	直升机起飞作业	舰载直升机起飞
3	直升机执行任务	舰载直升机作战任务飞行
4	直升机着舰作业	舰载直升机着舰系留
5	直升机飞行后检查作业	舰载直升机检查
6	直升机舰面排故作业	舰载直升机舰面机库排故
7	直升机入库作业	舰载直升机从甲板移动至机库

3. 人的因素在舰面保障工作中的主要影响

由于舰船受海浪、风等因素影响，长期处于六自由度的运动状态，人在舰面甲板作业时可能出现因环境影响造成的身体疲劳或是站不稳等情况。

对直升机的舰面保障作业流程进行验评估证发现：影响舰面出动能力的全流程保障活动主要包括起

飞准备作业着舰作业、飞行后检查和舰面排故作业等。这些作业很大程度影响着舰载直升机的出动强度，而此部分工作内容恰恰是人的因素进行主导的。

通过对前人的相关研究发现：人的因素在舰面保障工作中的影响主要体现在人的技能水平、环境影响以及生理疲劳三方面。

3.1. 人的技能水平

为验证人的技能水平可以通过短时的集中训练达到相对稳定的状态，选取 10 名零基础人员实验。实验前，由教练向参试人员讲解主要操作要点，进行 20 次重复操作并记录每一次的操作时间，分析 20 次操作时间的变化趋势，如表 2 所示。

Table 2. Test time results of participant A
表 2. 参试人员 A 的测试时间结果

试验次序	实验结果(s)	试验次序	实验结果(s)	试验次序	实验结果(s)	试验次序	实验结果(s)
第 1 次	320	第 6 次	300	第 11 次	275	第 16 次	257
第 2 次	325	第 7 次	280	第 12 次	268	第 17 次	255
第 3 次	315	第 8 次	285	第 13 次	272	第 18 次	254
第 4 次	310	第 9 次	290	第 14 次	254	第 19 次	258
第 5 次	315	第 10 次	275	第 15 次	256	第 20 次	255

从图 1 可见在实验初期，由于参试人员 A 对操作不熟悉等原因，工作耗费的时间相对较长。经过 3~5 次训练之后，人员对操作明显开始熟悉，操作时间出现显著下降。经过近 20 次的重复操作之后，参试人员明显基本掌握了操作要领，每次的操作时间基本稳定，操作时间稳定在 255 s。

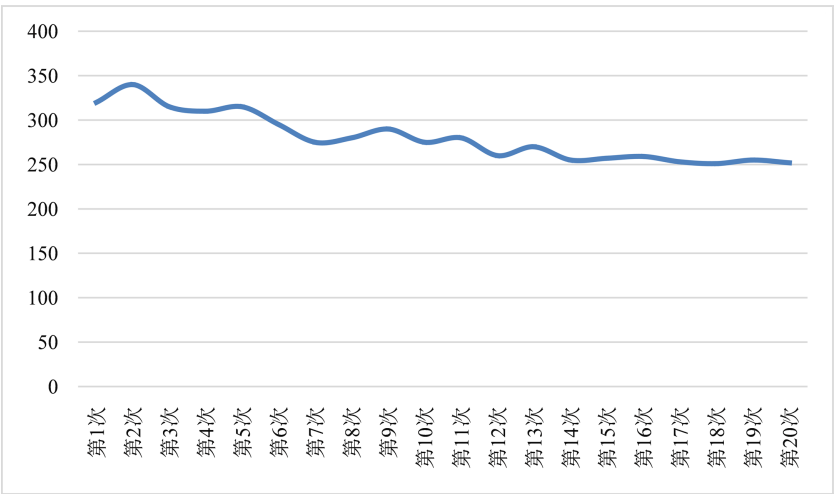


Figure 1. Curve of operation time test results
图 1. 操作时间测试结果曲线图

同样的实验方法分别对 10 名参试人员开展相同的实验，并通过分析 10 名人员的稳定操作时间，初步证明通过短时重复性的训练，可让人员尽快掌握操作技巧并可使操作时间基本保持稳定。

在中国的兵役制度下，老兵退役后往往由新兵接替老兵的工作、这种情况导致在直升机的舰面保障

工作中，一个保障团队往往由老兵和新兵共同组成。而舰载直升机的舰面保障横跨直升机和舰船两个专业，具有较高的专业性。绝大多数的新兵在接触本专业之后，都需要在部队从头开始进行本专业的系统性学习。这种情况导致新兵在工作中因为掌握知识有限，工作效率相对较低。老兵由于经验丰富可以较快地进行保障工作，影响整个保障工作效率的短板往往是团队中的新兵，形成了著名的“水桶效应”。新兵对知识学习得越快，整个团队保障直升机效能提升得越明显。

除了进行多次训练外，周期性的训练也是提升舰面保障作业效能的重要手段。在陈月的《基于卷积记忆模型的汉语知觉训练分析》论文中，形成了如图 2 所示的记忆遗留曲线，并得出了：人在多次学习或记忆之后，大脑对该记忆的遗留量是一个随时间呈阶跃变化且按负指数规律衰减的函数，并且每重新学习一次，大脑中的信息痕迹量就有一次阶跃[1]的结论。将此理论应用到舰载直升机舰面保障人员的技能训练中可以得到如下推广：在舰面保障人员的学习过程中，通过设定周期性的学习和训练，使人员的技能稳定在平均线上，并经过长期的学习结合操作，使人员的平均技能水平逐渐提高，达到合理的技能水平。

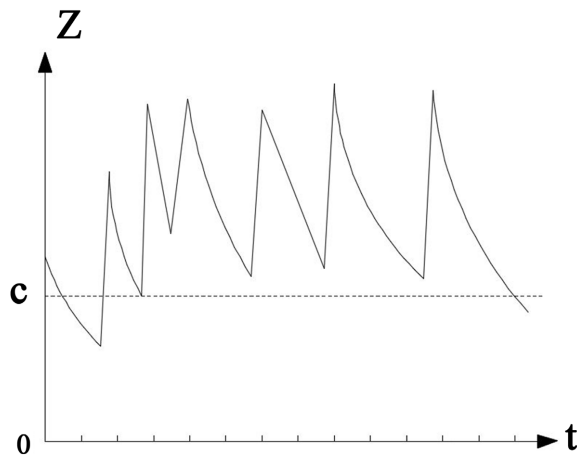


Figure 2. Memory legacy curve
图 2. 记忆遗留曲线

3.2. 环境影响

直升机的舰面保障作业主要是在舰船的飞行甲板或是机库内开展的。人员在甲板面上作业时，不仅要受舰船运动对人的影响，还要受到甲板风的冲击；在直升机起降阶段，还要承受直升机与舰船耦合形成的复杂流场的冲击。根据我国军标中的相关要求，舰载直升机在进行着舰时，直升机能够承受的最大风速为 20 m/s [2]。人在舰面作业时需承受同样的风速，由表 3 可知此时人承受的阻力值为 70 N。一个 80 kg 的人在地面以 1 m/s 的速度行走时，受到的滑动摩擦力约为 80 N，在 20 m/s 的风速下作业时，意味着舰面保障人员需要多克服约 1 倍的阻力。

人员在舰面作业时除了要克服风的阻力外，还需要克服海浪对舰船产生的纵横摇影响，根据全球海洋环境统计数据显示：世界各国海军主要活动集中在北半球海域，出现 3 级及以下海况的概率仅为 22%~30%，出现 4~6 级海况的概率则高达 62%~67% [3]。在 4 级海况下，舰船的横摇角约为 5°，由图 3 所示作业人员在甲板上需承受因舰船运动产生的额外的摩擦力，以人员体重为 80 kg 为例进行计算，在甲板上受到的分力约为 70 N。结合人承受的合成风产生的阻力，在甲板上作业的人员需要付出约平时 3 倍的能量进行保障作业，对人员的身体素质提出了较高的要求，因此对于舰面作业人员应适当的增强体质训练，满足舰面作业活动对体力的要求。

Table 3. Human resistance at different wind speeds
表 3. 不同风速下人体阻力

来流速度/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	C_D	迎风面积/ m^2	力/N	力矩/($\text{N}\cdot\text{m}$)
10	0.5745	0.55	19	17
15	0.5471	0.55	41	37
20	0.5227	0.55	70	64
23	0.5260	0.55	94	86
30	0.5374	0.55	163	148
35	0.5422	0.55	224	204
40	0.5477	0.55	295	068

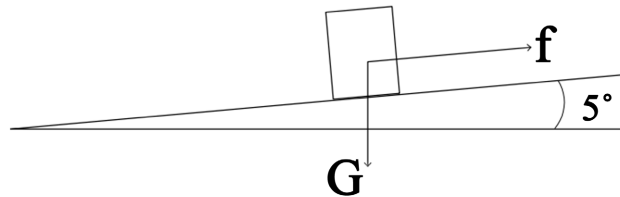


Figure 3. Schematic diagram of the force exerted on personnel working on deck under the influence of ship motion in level 4 sea conditions

图 3. 4 级海况下人员在甲板作业受舰船运动影响的受力示意图

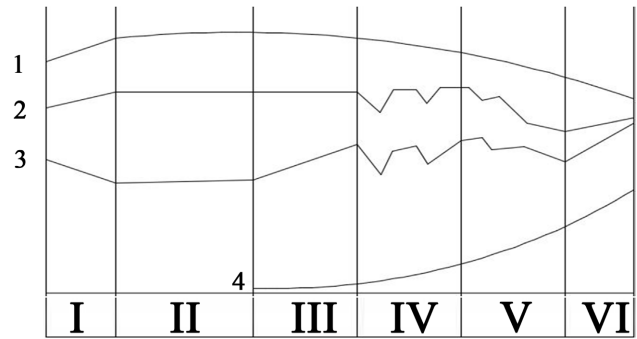
3.3. 生理疲劳

舰载直升机驻舰执行任务期间,相关保障人员要随直升机进行保障[4]。执行任务期间,受限于舰船上狭小的空间和海洋环境的影响,作业人员长期处于疲劳状态,对于作业人员的身心都产生一定的影响。尤其是直升机的机务保障人员,长期在陆上工作和生活,受到海上环境影响尤为明显,最为显著的影响就是机务人员长期感到疲劳。

疲劳是一种介于睡眠和清醒状态之间的状态。按出现的时间分,舰面保障人员的疲劳可分为因值班产生的疲劳和在长时间执行任务之后出现的疲劳。前者是短时产生的,经过一定的休息可消除,属于可逆的疲劳;而后者则是积累产生的,在本次任务期间不可恢复。随着时间轴的推进,长时间执行任务产生的疲劳也在增加,前者虽属于可逆的疲劳,但无法恢复到值班前的状态。按程度进行划分,疲劳程度可分为一般性和过度性[5]。一般性疲劳是人体的正常生理反应,是因人体的自我保护产生的;过度性疲劳是在经过较大强度工作后人的身体未得到充分恢复,紧接着进入下一轮的工作周期中。由于疲劳未得到充分释放,人体中还有上次工作所产生的疲劳现象。疲劳在不断的循环中累积,最终形成过渡性的疲劳。疲劳对舰面保障人员最明显的影响就是工作能力下降,工作效率降低,并开始逐步出现差错。

如前所述,人员的疲劳是一个动态变化的过程。根据疲劳时机和工作能力进行分析,研究两者之间的相互影响,如图 4 所示。

由于疲劳程度的不同,功能变化也有不同特征:在疲劳初期,机体功能虽波动但仍在正常的范围,此时可以通过每日休息可将影响消除;随着疲劳的增加,人体机能的上限指标下降,机能的波动将出现超出正常范围的情况,此时需要通过大量的休息进行修复;在最终情况下,人体机能水平异常,不适宜继续进行保障工作。



机体的最大机能(I); 工作效率(II); 情绪一意志的紧张(III); 疲劳(IV)。

Figure 4. The interrelationship between changes in body function and work ability during fatigue
图 4. 疲劳时机体的功能与工作能力变化间的相互联系

受人的生理影响，昼夜变化对保障作业产生的影响如图 5 所示：人在昼间工作效能较高，在夜间工作能力出现降低。根据莱曼的相关研究，人的生理状态从 18 点开始持续下降，到第二天 6 点达到最低点。

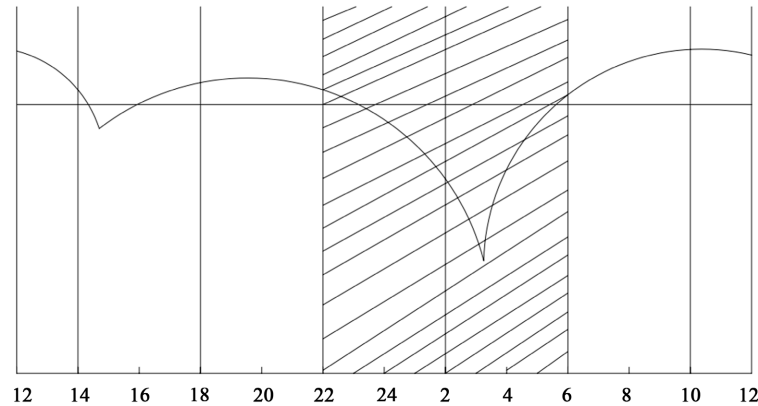


Figure 5. Labor productivity variation curve during a day and night period
图 5. 一昼夜期间劳动生产率变化曲线

4. 结论

本文通过分析人的技能水平、环境影响和生理疲劳情况对工作的影响，研究了人的因素可能对直升机舰面保障作业的影响。通过分析三种影响因素产生的原因和应对方法，提出在直升机舰面保障工作中对保持作业效能的建议：为提高舰载直升机舰面保障的作业效能，建议从事直升机舰面保障专业的新兵通过短时高强度的重复训练，使技能达到保障团队的平均水平，再通过对团队进行周期性的重复训练，使整个团队的平均技能水平逐步提高；在进行高强度的技能训练时，应增加人员的体能训练，同时为保证人员处于机体机能相对良好的状态，在任务期间应当让保障人员得到良好的休息，避免使舰面保障人员过度疲劳；复杂的舰面保障工作应当优先安排在昼间进行，夜间仅进行必要的保障作业。

参考文献

[1] 陈月, 解焱陆, 周照莲, 等. 基于卷积记忆模型的汉语知觉训练分析[C]//中国中文信息学会语音信息专业委员会, 中国声学学会语言, 听觉和音乐声学分会, 中国语言学会语音学分会. 第十二届全国人机语音通讯学术会议(NCMMSC2013)论文集. 2013: 6.

-
- [2] 李体明, 刘东岳, 楼伟锋, 等. GJB534B-2009. 舰船直升机舰面系统通用要求[S]. 北京: 总装备部军标出版发行社, 2009.
 - [3] 贺少华, 袁泉, 谭大力, 腾腾. 直升机高海况起降相关装备能力要素分析[J]. 海军航空大学学报, 2023, 38(2): 186-194.
 - [4] 崔鲁宁, 贺少华. 舰船甲板气流场对人员作业安全性影响分析[J]. 空气动力学学报, 2023, 41(3): 101-110.
 - [5] 贾宝柱, 谢灯峰, 林叶锦. 海员疲劳及其影响因素[J]. 中国航海, 2018, 41(4): 94-100.