

海员疲劳：关于危险因素的综述

Jørgen Riis Jepsen^{1,2}, 赵志葳^{1,3}, 涂铭珊⁴, Wessel M.A. van Leeuwen⁵

摘要： 疲劳对船员健康和安全的影 响已经在海运业以及学术界引起了广泛的关注。本研究对研究海上作业疲劳相关危险因素的文献进行分析。由于该领域文献非常有限，因此，必要时收录与船员有相似暴露特征的人群研究，如实施轮班的工作人群。海上工作涉及疲劳相关的多个外部危险因素，比如工作紧张、不规律工作、睡眠的定型和定量指标、工作负荷和诸如噪声和船体运动等物理因素。疲劳的易感性有个体差异。鉴于船员疲劳发生的高频度及其带来后果的严重性，在可能的范围内消除疲劳的危险因素尤为重要。

关键词： 疲劳；海员；危险因素；健康

疲劳在医学上是指一种机体和/或精神虚弱的状态，可对所有人产生影响，不受职业和文化的影响。同时，它也是多种疾病的伴随症状和病人求医最常见的原因之一^[1]。与此同时，疲劳与特定工作环境存在着紧密的关联。

疲劳和困倦常按同义词使用，但其实它们的含义大相径庭。充足的睡眠可以解决困倦问题，但对疲劳无效。因为疲劳还涉及机体层面，比如由于身体活动周期过长而引起身体虚弱及耐力下降。精神疲劳主要由于精神压力和情绪耗竭或工作负荷过高导致。如时差反应和轮班工作时出现的睡眠-觉醒周期和昼夜节律的紊乱，可导致工作和睡眠的不规律以及工作周期中睡眠时间和质量的下降。精神疲劳的发生是逐步地和潜隐地，可表现为认知障碍和行为能力降低，以及如疲惫和警觉性的降低等。国际海事组织将疲劳定义为由于生理、心理或情绪付出所导致的身体和/或精神能力降低，对几乎所有的身体能力都有影响，包括力量、速度、反应时间、决策或平衡^[2]。因此我们提出一个疲劳的可行性定义：一种可能以睡眠为终点的心理和身体警觉性的逐步丧失。

与工作有关的疲劳，尤其在对安全敏感性很高的

职业领域，如交通运输（包括陆运、海运和航运），是一个亟需解决的问题。在职业环境中的工作相关疲劳所致健康结局已经被广泛地研究。陆地贸易，包括公路运输和铁路运输，以及航空运输行业积累了很多的疲劳相关研究经验可借鉴到海上运输环境^[3]。疲劳与其所致的急性和慢性结局的关系很复杂^[4]。图1简要地展示了他们之间的主要关系。

本文旨在描述当前已知的导致海员工作相关疲劳的原因。

1 海事行业的特征

海事行业为保证船舶不间断运行而要求海员以轮班制工作。诸多已经应用的轮班形式中绝大部分都有共同的特点，即睡眠不足，因为轮班将一天切分为多个时段而导致海员睡眠和恢复时间不足。海上作业期间海员可能在多种不良环境中睡眠，如持续暴露于噪音、振动和船体运动，以及其他干扰因素。结果导致睡眠在数量和质量上均无法保证，尤其是在常规日间工作时间以外工作的时候，必须在非常规睡眠时间内入睡^[5]。

海上工作模式及生活受货物种类、贸易类型、船员的国籍和船旗国等的影响存在很大的差异，类似的影响也可发生在疲劳程度上。短海程的工作因为停靠的港口更多，工作负荷随之增加，导致了更严重的疲劳^[6]。相比于岸上的工人，海员高水平倦怠和睡眠不足的问题更突出^[7]。然而，无法对海员疲劳的程度和影响做全面的估计。既往的研究因为应答率低而使得研究结果难以与一般人群的疲劳发生率进行比较。但是，海员的每日疲劳变动模式可以测量，而且模式

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2016.16387

[通信作者] 赵志葳, E-mail: zhao@health.sdu.dk

[作者单位] 1.Centre of Maritime Health and Society, University of Southern Denmark, Esbjerg, Denmark; 2.Department of Occupational Medicine, Hospital of South-western Jutland, Denmark; 3.Seafarers Development International Research Centre, Dalian Maritime University, China; 4.University of Southern Denmark, Esbjerg, Denmark; 5.Stress Research Institute, Stockholm University, Sweden

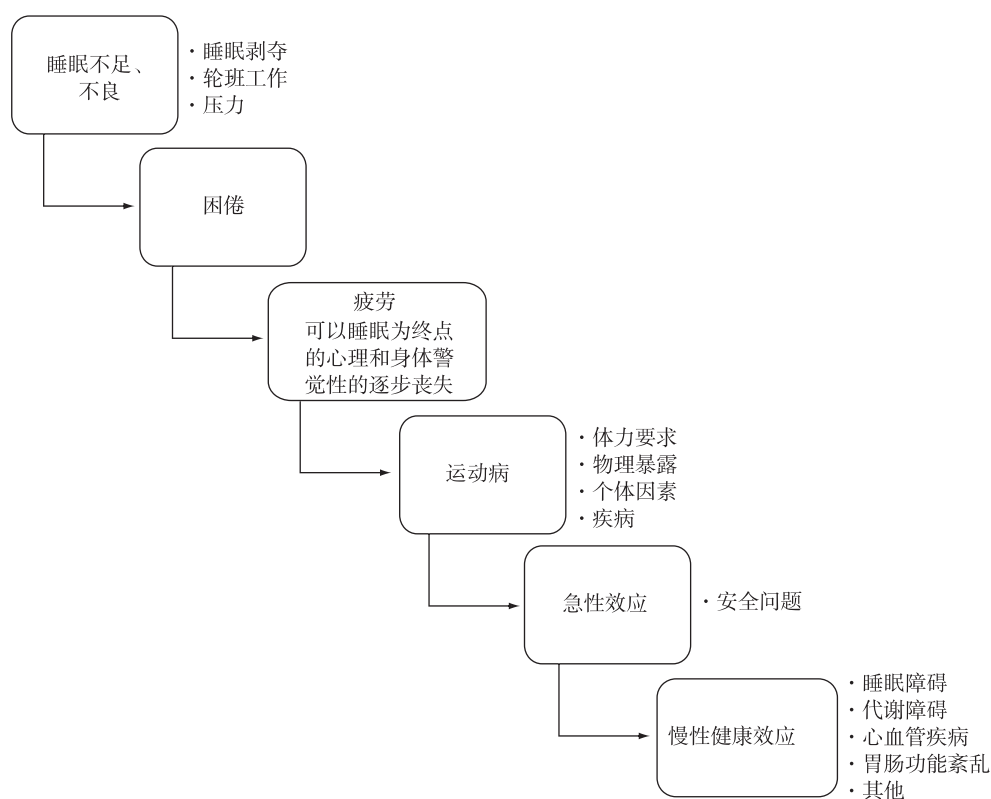


图1 疲劳主要影响因素及结果示意图

的变化在某些特定的海员亚组和航程始末间相当可观^[8]。有证据表明海员的工作时间有漏报的问题，可能与文化和贸易压力有关^[9-10]。

2 疲劳的测量

因为疲劳是主观感受、工作表现和生理功能活动的综合体现，因此测量很复杂。缺乏统一的将疲劳与健康和安全联系起来的疲劳测量工具对相关研究是一个挑战。然而对困倦进行主观评价的卡罗林斯卡困倦度分类表(KSS)提供一个简捷的方案，而且与脑电波和行为变量之间相比较有较高的效度^[11-12]。因此，KSS有可能成为研究疲劳的可行的替代测量工具，并且在多个疲劳研究中显示其应用价值^[12-19]。需要强调的是，对困倦的主观评价对工作表现的主观评价是有区别的^[20]。困倦已经被证明与环境相关^[21]，即困倦可认为是在无情环境因素支持的情况下，缺乏保持醒觉状态注意力的能力。所以困倦相关的环境因素可能会影响KSS的评分结果^[13]。睡眠日记可以用于估计睡眠时长，而在海上工作可应用的活动记录仪或者脑电图对睡眠进行更为客观的测量，不过无法提供个体疲劳程度的信息。

多种特定的疲劳测量仪器已经在使用，Dittner等^[22]对此进行了回顾。这些目前可用的工具绝大部

分存在的问题是，它们多用于特定医疗环境中的疲劳测量，例如罹患某些疾病且疲劳作为症状之一的群体。这导致绝大部分的工具不适于测量类似海员的潜在健康人群。我们认为，1995年Smets等人^[23]开发的多维疲劳量表(Multidimensional Fatigue Inventory, MFI-20)是一款适用性较佳的工具。该量表设计用于测量癌症患者的疲劳，但已经在健康志愿者中进行过验证^[24]。该量表包含20个项目，每个项目有1~7级，将疲劳分为5个维度，即综合疲劳、躯体疲劳、精神疲劳、激励减退、活动减少。

3 疲劳的危险因素

一项在海员中进行的问卷调查发现疲劳症状与海上作业的职业和环境危险因素有关(如睡眠质量、工作时长和轮班、航行时长、工作需求、工作紧张、睡眠紊乱、跨越时区等)。疲劳率与危险因素的数量以及更差的认知结局和健康结局相关，而且疲劳是后者最为重要的危险因素^[25]。其他的新近研究确认必须综合考虑这些风险因素才能更好地了解海上作业相关的疲劳，并且强调应避免超过每24h两个6h班次的情况，因为这种工作安排会导致相当高水平的困倦^[26]。

海上工作人员中研究最多的是商业船队海员。然

而有证据显示,有时候捕鱼作业人员更容易发生疲劳。一篇关于捕鱼作业人员疲劳问题研究的综述中,5个研究均确认该行业中疲劳是相当严重的风险^[27]。一项关于捕鱼作业人员的研究表明,海上作业过程中23%作业人员的工作日里睡眠时间少于4h,所以不难理解捕鱼作业人员在睡眠后仍然保持较高的主观疲劳评分^[28]。另一项研究表明,60%的捕鱼作业人员认为,工作时候的疲劳使得个人安全受到威胁;16%的捕鱼作业人员曾经涉及与疲劳相关的事故;44%的捕鱼作业人员表明他们曾经经历过工作到精疲力竭的情况^[29]。

工作紧张、轮班和体力劳动都是疲劳相关的最重要的危险因素^[30-31]。睡眠剥夺,而不是主观的睡眠质量,与观察到的生物学和代谢改变的相关性最佳。大多数有关睡眠与健康之间联系的研究基于睡眠时长^[32-34],但是,研究睡眠质量和健康关系的流行病学研究越来越多^[35]。有实验性的研究证实了睡眠时长严重减少后出现不良健康效应的因果关系^[35-37]。

3.1 紧张

社会心理的工作特征对于睡眠和疲劳的影响关系复杂。不良的社会心理工作特征仅表现轻微的影响。高工作紧张水平与入睡困难和夜班期间运动神经警觉性的降低相关,但平均睡眠时长和睡眠效率并未受影响^[38]。有关于海员心理紧张的文献综述的结论是海上航行涉及精神、心理以及生理来源的紧张因子,其中最重要的因子是:与家人分离、在船上的孤独感、疲劳、多国性、有限的娱乐活动以及睡眠剥夺。这些因子因级别和部门的不同而发生变化。与之相关的心理健康风险则建议通过帮助海员降低紧张水平和发展应对不可避免的紧张情境的应对策略^[39]。工作场所的社会情境和紧张与睡眠受扰和醒觉损伤有较强的关联。性别和年龄可能对这些关联有修饰作用,而在休息时间无法停止对工作忧虑似乎是紧张和睡眠之间重要的联系^[31]。睡觉时诸如与工作相关的高水平的紧张或者忧虑,与睡眠质量受损有关^[40]。而且由于工作相关思虑而导致的入睡时间延迟与工作紧张是典型的相关^[41]。

最近一篇文献回顾发现,工作需求和工作控制对睡眠质量仅有轻到中度的影响^[42]。另外一项有关睡眠质量和工作要求与工作控制之间关系的纵向研究证实,从紧张度不高的工作向紧张度高的工作的转换与明显的睡眠质量降低和疲劳增加有关,而与之相反的转换过程则可改善睡眠相关问题^[43]。这与既往的

一项研究的结果一致,该研究是探讨工作时间控制和工作时间多样性对疲劳恢复、睡眠质量、工作-生活平衡以及工作中自我报告的虚惊事故发生等的影响。高水平的工作时间控制和工作时间多样性对健康和工作-生活平衡有积极的影响^[44]。

一项基于活动记录仪的研究发现客观睡眠效率与社会心理工作特征以及消极情绪反应的变动无关,而自我记录的不良睡眠在过度投入工作或工作中社会支持较低的人群中更为多见^[45]。另一项研究显示,一个高负荷的工作周和过量的紧张增加困倦表现、睡眠不良,而且影响昼间皮质醇分泌模式,表现为较平坦的形式,可能是由于紧张的工作周提高夜间皮质醇分泌水平^[46]。利用睡眠日记获得的自我报告疲劳的日间变动与睡眠质量不佳、前一个晚上睡眠时长减少(利用活动记录仪检测)、较高的紧张水平以及同日内罹患的感冒或者发热具有关联^[47]。

3.2 不规律的工作与睡眠质量

大多数成年人每日睡眠需要7~9h,且由单个主要的夜间睡眠过程完成为最佳,但该睡眠方式可能在海上工作环境中难以实现,尤其涉及轮班工作时。对轮班相关的疲劳研究,在日间和轮班工作以及在多种轮班制度的工人间均观察到明显的差别。在一项涉及轮班工人和日班工人的病例对照研究中,两组工人的睡眠情况相似,失眠与睡眠时间、焦虑、抑郁、疲劳和生活质量受损密切相关^[48],轮班工人在警觉性方面低于固定班次的工人^[49]。

轮班工作会导致入睡困难,睡眠时间减少以及工作日困倦,且可持续数日。而轮班模式的变动仅能起部分改善作用。目前并无明确的证据表明慢性睡眠问题的根源在于长期轮班工作^[50],尽管一些回顾性研究提示这种关系的可能性^[51]。

轮班工作和长工时工作对睡眠不足均有贡献^[52]。当轮班工作包含夜班,则能对睡眠、主观和生理的困倦、工作表现、事故风险以及继发其他的健康结局,比如心血管疾病等,产生深刻的负向效应。其原因是适应白昼的昼夜生理与在“错误”的生物钟时刻工作/睡眠的需求之间的冲突。其他对轮班困倦和相关事故风险产生负向效应的因素还包括超过12h的长工时班次和个体时相不耐受较严重。这些因素可能在生物钟夜间的睡眠和工作表现以及在生物钟昼间失眠方面已表现严重障碍工作者中发生轮班相关的疾患^[53]。

轮班相关的失眠随含夜班的工时安排不同表现也不同,其在两班次轮转比三班次轮转要多见(分别

为29.8%和19.8%)。而三班轮转员工的失眠情况高于固定夜班员工(分别为67.7%和41.7%)。相对于两班次和三班次轮转,休息日失眠更多见于固定夜班的员工(分别为4.2%、3.6%、11.4%)^[54]。

班次从向前轮转转变为向后轮转很可能增加员工在两个连续的下午轮班之间的入睡困难,但是受到的社会关系干扰则降低^[55]。两班时制(工作6h/休息6h)比三班时制(工作4h/休息8h)疲劳程度更为显著^[16, 18],最为明显的是在睡眠生物压力高的凌晨4点到6点^[16]。

Eriksen等^[17]证实,6/6班时制中员工的困倦水平在夜班的午夜到早上6点达到最高水平,维持较高水平直到该班次结束。6/6班时制(每日工作12h)相比较于每日工作8h的4/8班时制,与船员清晨工作时间发生严重困倦的风险更高相关。船员报告更短的睡眠时长、更频繁的当班瞌睡以及更严重的困倦。17.6%的船员在职业生涯中至少有一次发生当班入睡的情况^[16]。

这些发现在HORIZON项目中得到了证实,该项目是用3个连接的航海模拟器模拟可持续的真实航海体验,同时对轮机舱船员和驾驶舱船员开展4/8和6/6两种班时制研究。睡眠和困倦使用多导睡眠仪记录进行客观评价^[19, 56-57]。实验结果显示高频次的严重困倦,表现为数个船员当班时入睡。6/6班时制相对于4/8班时制更易诱发困倦,海员当班入睡发生率较高。而6/6班时制中发生困倦的起始时间范围要短于既往研究的预测。当班海员在夜间时段的困倦程度达到最高,而且在下午时段即出现困倦表现。困倦随每周工作时间的增加而逐步升高。这项研究证明在休息期间睡眠扰动的深刻影响,并且海员在班后期间的实际睡眠量也低于预期。实施6/6轮时制海员的睡眠总量低于全面恢复所需的正常量。轮时制海员的平均总睡眠量6.5h,且分为两部分:主体部分是“夜间”时段和其他休息时间的“瞌睡”^[58]。主观和客观困倦水平的峰值发生在夜间和凌晨,这与相对较多的海上事故发生的时间段吻合。加班对困倦有很强的影响。在短暂的加班后,大量的实验参与者出现工作中入睡的情况^[19]。

Lützhöft等^[18]的研究中也有类似的发现,6/6轮时制员工报告较短的睡眠时间而且睡眠也通常是为两阶段。困倦水平在00:00—06:00和06:00—12:00两个时段相对较高,并且困倦持续增高至班末。不同轮时制的睡眠时长有差别,在06:00—12:00和18:00—24:00这两

个时段休息的员工可获得较长的睡眠时间^[17]。

无论睡眠在远洋船舶上分2段或3段,还是捕鱼船上分5段或6段,应用视觉模拟评分和活动记录仪进行24h昼夜警觉性节律评估的结果均显示海员在夜间和午后的警觉性下降。睡眠的碎片化应不仅视为一种职业现象,而且也受社会因素的影响,比如用餐的时间^[59]。

3.3 睡眠质量

并非所有的睡眠具备相同的质量以及相同的身心恢复的作用。质量最高的睡眠通常是在夜间获得,而在其他时间睡眠则更容易被干扰以及时长变短,导致睡眠质量下降。对于正常情况下睡眠8h者,良好的身心恢复需大约无间断的6h睡眠。

由于睡眠质量基本与睡眠的连续性一致,睡眠连续性的客观测量与主观睡眠质量评价密切相关^[60]。睡眠受扰似乎比其他已知的疲劳危险因素具备更强的预测能力^[14]。这与以下的观察相一致,即主观的睡眠安静程度与入睡的容易程度均可提高睡眠质量;睡前醒觉持续时间和睡眠时间的选择决定睡眠质量的主观经历^[61]。觉醒困难被认为与高工作需求、低社会支持、男性、低龄和吸烟相关^[31]。睡眠受扰则与女性、年龄超过49岁、有现患病、工作狂、高强度体力工作和轮班有关^[30]。

3.4 物理风险因素

暴露于65dB(A)轮机噪声对睡眠产生不良效应^[62],但这似乎更多的是主观效应,例如,与睡眠质量相关联,但活动记录仪则不明显^[63]。多个研究中发现睡眠通常会被噪音和船体运动干扰^[8, 26]。与身处移动的环境相关,绝大多数海员都经历过晕动病,这是导致疲劳的一个主要原因^[64]。然而,极少关于船体运动严重程度降低机体和精神表现方面的证据^[65]。已证实随船体运动加剧的天数里船员经历更多与晕动病相关的限制和疲劳,表现为某些活动和反应尤其受船体运动的影响^[66]。

3.5 个人危险因素

一项关于海上作业白班工人和夜班工人的研究显示轮班工作时间的健康效应存在巨大的个体差异,因此在制定解决疲劳的策略时需考虑不同个体可能对不同班次的适应性^[67]。在对昼夜节律有损害作用的个体因素中,年龄是一个需要注意的问题,因为海运行业的劳动力有老龄化的趋势。老龄化降低了昼夜节律对夜班的适应速度,而且对睡眠质量和慢性疾病危险因素有重要影响^[68]。睡眠紊乱在年龄较大的员工

中更为多见。针对提高年龄较大员工工作条件的实用措施应灵活机动地将工作需求与老龄化员工不同水平的工作能力、健康和社会需求相适应^[69]。一项有关海上作业海员的研究发现,与年轻的海员相比,年长的海员并没有感受到更多的工作相关疲劳,但是工作相关疲劳感则随海上工作需求持续暴露时间累积^[70]。

年龄较大的轮班员工倾向于报告更多的可降低早上和晚上班次工作表现的主观困倦^[15],另一篇关于老龄人群对轮班耐受性的系统综述则给出了相反的结果,其结论认为仅有有限的证据表明老龄人群对轮班的耐受性降低。规划轮班工作时是否应考虑与年龄相关方面的问题仍有争议^[71]。然而,主观睡眠质量逐步变差,觉醒困难和睡眠后休息不充分的感受随着年龄的增长而增多^[30-31]。相反,疲劳更常见于49岁以下的年轻人^[30]。

4 结论

本综述列举了在海事行业中疲劳的多个决定因素。外部危险因素包括工作紧张、不规律工作、睡眠的定性和定量指标、工作负荷以及诸如噪声和船体运动等物理因素。疲劳的易感性存在巨大的个体差异,受年龄、性别和健康状况等影响。

(复旦大学公共卫生学院 金克峙 译)

Originally published in the *Int Marit Health*.

•作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] Kaltsas G, Vgontzas A, Chrousos G. Fatigue, endocrinopathies, and metabolic disorders[J]. *PMR*, 2010, 2(5): 393-398.
- [2] International Maritime Organization. Guidelines on Fatigue[EB/OL]. [2015-03-03]. <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>.
- [3] Smith AP, Allen PH, Wadsworth EM. A comparative approach to seafarers' fatigue[C]//Proceedings of the International Symposium on Maritime Safety, Science and Environmental Protection. Kyongju: The Society of Naval Architects of Korea, 2007.
- [4] Jepsen JR, Zhao Z, van Leeuwen WM. Seafarer fatigue: a review of risk factors, consequences for seafarers' health and safety and options for mitigation[J]. *Int Marit Health*, 2015, 66(2): 106-117.
- [5] Ohayon MM, Smolensky MH, Roth T. Consequences of shiftworking on sleep duration, sleepiness, and sleep attacks[J]. *Chronobiol Int*, 2010, 27(3): 575-589.
- [6] Smith AP, Lane T, Bloor M, et al. Fatigue offshore: Phase 2. The short sea and coastal shipping industry[R]. Cardiff: Seafarers International Research Centre/Centre for Occupational and Health Psychology, Cardiff University, 2003.
- [7] Smith AP, Lane T, Bloor M. Fatigue offshore: A comparison of offshore oil support shipping and the offshore oil industry[R]. Cardiff: Seafarers International research Centre/Centre for Occupational and health Psychology, Cardiff University, 2001.
- [8] Wadsworth EJ, Allen PH, Wellens BT, et al. Patterns of fatigue among seafarers during a tour of duty[J]. *Am J Ind Med*, 2006, 49(10): 836-844.
- [9] Allen P, Wadsworth E, Smith A. Seafarers' fatigue: a review of the recent literature[J]. *Int Marit Health*, 2008, 59(1/2/3/4): 81-92.
- [10] Allen P, Wadsworth E, Smith A. The relationship between recorded hours of work and fatigue in seafarers[R]. London: Taylor and Francis, 2006.
- [11] Kaida K, Takahashi M, Akerstedt T, et al. Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables[J]. *Clin Neurophysiol*, 2006, 117(7): 1574-1581.
- [12] van den Berg J, Neely G, Nilsson L, et al. Electroencephalography and subjective ratings of sleep deprivation[J]. *Sleep Med*, 2005, 6(3): 231-240.
- [13] Akerstedt T, Kecklund G, Axelsson J. Effects of context on sleepiness self-ratings during repeated partial sleep deprivation[J]. *Chronobiol Int*, 2008, 25(2): 271-278.
- [14] Akerstedt T, Knutsson A, Westerholm P, et al. Mental fatigue, work and sleep[J]. *J Psychosom Res*, 2004, 57(5): 427-433.
- [15] Bonnefond A, Harma M, Hakola T, et al. Interaction of age with shift-related sleep-wakefulness, sleepiness, performance, and social life[J]. *Exp Aging Res*, 2006, 32(2): 185-208.
- [16] Härmä M1, Partinen M, Repo R. Effects of 6/6 and 4/8 watch systems on sleepiness among bridge officers[J]. *Chronobiol Int*, 2008, 25(2): 413-423.
- [17] Eriksen CA, Gillberg M, Vestergren P. Sleepiness and sleep in a simulated "six hours on/six hours off" sea watch system[J]. *Chronobiol Int*, 2006, 23(6): 1193-1202.
- [18] Lützhöft M1, Dahlgren A, Kircher A. Fatigue at sea in Swedish shipping-a field study[J]. *Am J Ind Med*, 2010, 53

- (7): 733-740.
- [19] van Leeuwen WM, Kircher A, Dahlgren A, et al. Sleep, sleepiness, and neurobehavioral performance while on watch in a simulated 4 hours on/8 hours off maritime watch system [J]. *Chronobiol Int*, 2013, 30(9): 1108-1115.
- [20] Kaida K, Akerstedt T, Kecklund G, et al. The effects of asking for verbal ratings of sleepiness on sleepiness and its masking effects on performance [J]. *Clin Neurophysiol*, 2007, 118(6): 1324-1331.
- [21] Evaluation of US Department of Transportation. Efforts in the 1990s to address operator fatigue [R]. Washington DC: National Transportation Safety Board, 1999.
- [22] Dittner AJ, Wessely SC, Brown RG. The assessment of fatigue: a practical guide for clinicians and researchers [J]. *J Psychosom Res*, 2004, 56(2): 157-170.
- [23] Smets EM, Garssen B, Bonke B, et al. The Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) psychometric qualities of an instrument to assess fatigue [J]. *J Psychosom Res*, 1995, 39(3): 315-325.
- [24] Lin JM, Brimmer DJ, Maloney EM, et al. Further validation of the Multidimensional Fatigue Inventory in a US adult population sample [J]. *Popul Health Metr*, 2009, 7: 18.
- [25] Wadsworth EJ, Allen PH, McNamara RL, et al. Fatigue and health in a seafaring population [J]. *Occup Med (Lond)*, 2008, 58(3): 198-204.
- [26] Smith A, Allen P, Wadsworth E. Seafarers fatigue: The Cardiff Research Programme [R]. Cardiff: Centre for Occupational and Health Psychology, 2006.
- [27] A Høvdanum AS, Jensen OC, Petursdóttir G, et al. A review of fatigue in fishermen: a complicated and underprioritised area of research [J]. *Int Marit Health*, 2014, 65(3): 166-172.
- [28] Gander P, van den Berg M, Signal L. Sleep and sleepiness of fishermen on rotating schedules [J]. *Chronobiol Int*, 2008, 25(2): 389-398.
- [29] Allen P, Wellens BT, Smith A. Fatigue in British fishermen [J]. *Int Marit Health*, 2010, 62(3): 154-158.
- [30] Akerstedt T, Fredlund P, Gillberg M, et al. Work load and work hours in relation to disturbed sleep and fatigue in a large representative sample [J]. *J Psychosom Res*, 2002, 53(1): 585-588.
- [31] Akerstedt T, Knutsson A, Westerholm P, et al. Sleep disturbances, work stress and work hours: a cross-sectional study [J]. *J Psychosom Res*, 2002, 53(3): 741-748.
- [32] Cappuccio FP, Cooper D, D'Elia L, et al. Sleep duration predicts cardiovascular outcomes: a systematic review and meta-analysis of prospective studies [J]. *Eur Heart J*, 2011, 32(12): 1484-1492.
- [33] Xi B, He D, Zhang M, et al. Short sleep duration predicts risk of metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis [J]. *Sleep Med Rev*, 2014, 18(4): 293-297.
- [34] Wang Q, Xi B, Liu M, et al. Short sleep duration is associated with hypertension risk among adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *Hypertens Res*, 2012, 35(10): 1012-1018.
- [35] Ferrie JE, Kumari M, Salo P, et al. Sleep epidemiology-a rapidly growing field [J]. *Int J Epidemiol*, 2011, 40(6): 1431-1437.
- [36] Tobaldini E, Pecis M, Montano N. Effects of acute and chronic sleep deprivation on cardiovascular regulation [J]. *Arch Ital Biol*, 2014, 152(2/3): 103-110.
- [37] van Leeuwen WM, Hublin C, Sallinen M, et al. Prolonged sleep restriction affects glucose metabolism in healthy young men [J]. *Int J Endocrinol*, 2010, 2010: 108641.
- [38] Härmä M. Psychosocial work characteristics and sleep-a well-known but poorly understood association [J]. *Scand J Work Environ Health*, 2013, 39(6): 531-533.
- [39] Carotenuto A, Molino I, Fasanaro AM, et al. Psychological stress in seafarers: a review [J]. *Int Marit Health*, 2012, 63(4): 188-194.
- [40] Akerstedt T, Kecklund G, Axelsson J. Impaired sleep after bedtime stress and worries [J]. *Biol Psychol*, 2007, 76(3): 170-173.
- [41] Akerstedt T. Psychosocial stress and impaired sleep [J]. *Scand J Work Environ Health*, 2006, 32(6): 493-501.
- [42] Van Laethem M, Beckers DG, Kompier MA, et al. Psychosocial work characteristics and sleep quality: a systematic review of longitudinal and intervention research [J]. *Scand J Work Environ Health*, 2013, 39(6): 535-549.
- [43] de Lange AH, Kompier MA, Taris TW, et al. A hard day's night: a longitudinal study on the relationships among job demands and job control, sleep quality and fatigue [J]. *J Sleep Res*, 2009, 18(3): 374-383.
- [44] Kubo T, Takahashi M, Togo F, et al. Effects on employees of controlling working hours and working schedules [J]. *Occup Med (Lond)*, 2013, 63(2): 148-151.
- [45] Jackowska M, Dockray S, Hendrickx H, et al. Psychosocial

- factors and sleep efficiency: discrepancies between subjective and objective evaluations of sleep[J]. *Psychosom Med*, 2011, 73(9): 810-816.
- [46] Dahlgren A, Kecklund G, Åkerstedt T. Different levels of work-related stress and the effects on sleep, fatigue and cortisol[J]. *Scand J Work Environ Health*, 2005, 31(4): 277-285.
- [47] Åkerstedt T, Axelsson J, Lekander M, et al. Do sleep, stress, and illness explain daily variations in fatigue? A prospective study[J]. *J Psychosom Res*, 2014, 76(4): 280-285.
- [48] Vallières A, Azaiez A, Moreau V, et al. Insomnia in shift work[J]. *Sleep Medicine*, 2014, 15(12): 1440-1448.
- [49] Arulanandam S, Tsing C G. Comparison of alertness levels in ship crew. An experiment on rotating versus fixed watch schedules[J]. *Int Marit Health*, 2009, 60(1/2): 6-9.
- [50] Åkerstedt T. Shift work and disturbed sleep/wakefulness[J]. *Occup Med (Lond)*, 2003, 53(2): 89-94.
- [51] Dumont M, Montplaisir J, Infante-Rivard C. Sleep Quality of Former Night-shift Workers[J]. *Int J Occup Environ Health*, 1997, 3(Supplement 2): S10-S14.
- [52] Bayon V, Leger D, Gomez-Merino D, et al. Sleep debt and obesity[J]. *Ann Med*, 2014, 46(5): 264-272.
- [53] Åkerstedt T, Wright KP Jr. Sleep loss and fatigue in shift work and shift work disorder[J]. *Sleep Med Clin*, 2009, 4(2): 257-271.
- [54] Flo E, Pallesen S, Åkerstedt T, et al. Shift-related sleep problems vary according to work schedule[J]. *Occup Environ Med*, 2013, 70(4): 238-245.
- [55] Barton J, Folkard S, Smith L, et al. Effects on health of a change from a delaying to an advancing shift system[J]. *Occup Environ Med*, 1994, 51(11): 749-755.
- [56] Maurier P, Barnett M, Pekcan C, et al. Fatigue and performance in bridge and engine control room watchkeeping on a 6on/6off watch regime[R]. London: International Conference on Human Factors in Ship Design, 2011.
- [57] Barnett M, Pekcan C, Gatfield D, et al. The use of linked simulators in project "HORIZON": Research into seafarer fatigue[R]. Singapore: MARSIM, 2012.
- [58] Project HORIZON-Final Report Findings Southampton 2012 [EB/OL]. [2015-03-03]. <http://www.warsashacademy.co.uk/about/resources/final-horizon-report-final-as-printed.pdf>.
- [59] Tirilly G. The impact of fragmented sleep at sea on sleep, alertness and safety of seafarers[J]. *Medicina Maritima*, 2004, 4(1): 96-105.
- [60] Åkerstedt T, Hume K, Minors D, et al. The meaning of good sleep: a longitudinal study of polysomnography and subjective sleep quality[J]. *J Sleep Res*, 1994, 3(3): 152-158.
- [61] Åkerstedt T, Hume K, Minors D, et al. Good sleep-its timing and physiological sleep characteristics[J]. *J Sleep Res*, 1997, 6(4): 221-229.
- [62] Tamura Y, Kawada T, Sasazawa Y. Effect on ship's noise on sleep[J]. *J Sound Vib*, 1997, 205(4): 417-425.
- [63] Tamura Y, Horiyasu T, Sano Y, et al. Habituation of sleep to a ship's noise as determined by actigraphy and a sleep questionnaire[J]. *J Sound Vib*, 2002, 250(1): 107-113.
- [64] Wertheim A H. Working in a moving environment[J]. *Ergonomics*, 1998, 41(12): 1845-1858.
- [65] Pisula P J, Lewis C H, Bridger R S. Vessel motion thresholds for maintaining physical and cognitive performance: a study of naval personnel at sea[J]. *Ergonomics*, 2012, 55(6): 636-649.
- [66] Haward B M, Lewis C H, Griffin M J. Motions and crew responses on an offshore oil production and storage vessel[J]. *Appl Ergon*, 2009, 40(5): 904-914.
- [67] Goh V H, Tong T Y, Lim C L. Circadian disturbances after night-shift work onboard a naval ship[J]. *Mil Med*, 2000, 165(2): 101-105.
- [68] Ramin C, Devore E E, Wang W, et al. Night shift work at specific age ranges and chronic disease risk factors[J]. *Occup Environ Med*, 2015, 72(2): 100-107.
- [69] Härmä M I, Ilmarinen J E. Towards the 24-hour society-new approaches for aging shift workers?[J]. *Scand J Work Environ Health*, 1999, 25(6): 610-615.
- [70] Bridger R S, Brasher K, Dew A. Work demands and need for recovery from work in ageing seafarers[J]. *Ergonomics*, 2010, 53(8): 1006-1015.
- [71] Blok M M, de Looze M P. What is the evidence for less shift work tolerance in older workers?[J]. *Ergonomics*, 2011, 54(3): 221-232.

(收稿日期: 2016-01-07)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 汪源)