

整夜睡眠剝奪對船員 主觀睏睡度及心智負荷之影響

Effects of One Night Sleep Deprivation on Seafarers' Subjective Sleepiness and Mental Workload

陳志立 Chih Li Chen¹

曾承志 Cheng Jr Tzeng²

黃冠瑋 Kuan Wei Huang³

摘要

疲勞造成的海事案件比例逐年攀升，而睡眠剝奪係是造成船員疲勞的原因；然睡眠剝奪對船員執行航行技能的本質問題在於其對船員的主觀睏睡度與心智負荷是否影響？本文以實驗設計，概分正常睡眠和睡眠剝奪兩種情境，並分別採用史丹佛睏睡度量表及美國太空總署工作負荷量表計算主觀睏睡度及心智負荷數值等，進而以統計成對 *t* 檢定分析。結果顯示，在各情境中，主觀睏睡度在工作前後並無顯著差異，其意謂著主觀睏睡度具有可信賴的一致性；另外，兩種情境對比下，睡眠剝奪確實對於船員的主觀睏睡度與心智負荷皆具有顯著影響。

關鍵詞：睡眠剝奪、主觀睏睡度、心智負荷

ABSTRACT

The rates of maritime accidents caused by fatigue of the seafarer owing to the sleep deprivation have increased gradually every year; however, do essential problems of influencing a seafarer to perform their navigational skills be resulted from subjective sleepiness and mental workload? An experiment approach with two scenarios, normal sleep as well as sleep deprivation, is adopted to investigate the subjective sleepiness and mental workload. The questionnaire of Stanford Sleepiness Scale (SSS) is used to measure the former; while the NASA Task Load Index (NASA-TLX) is adopted to measure the latter. Then, those data are analyzed by using the statistical paired *t*-test. It is shown that effects of subjective sleepiness have

¹ 國立台灣海洋大學商船學系 副教授 (聯絡地址：20224 基隆市中正區北寧路二號；E-mail：clchen@mail.ntou.edu.tw)

² 國立台灣海洋大學系統工程暨造船學系 博士班研究生

³ 國立台灣海洋大學商船學系 碩士班研究生

no difference before and after the task for each scenario. It means that the subjective sleepiness shows reliable consistency. Nevertheless, when the two scenarios are compared to each other, sleep deprivation have significant effects on seafarers' subjective sleepiness and mental workload.

Keywords: Sleep deprivation, Subjective sleepiness, Mental workload

壹、緒論

1989 年美國籍超級油輪 Exxon Valdez 為閃避浮冰群而偏離出港航道，進而觸礁擱淺，造成了阿拉斯加港以南 1500 哩的海岸線遭受約 1100 萬加崙原油外洩汙染，堪稱是史上最大的海洋環境汙染事件。根據美國運輸安全委員會（National Transportation Safety Board, NTSB）的調查報告，事件的原因是該船人員飲酒、超時工作以及並未遵守工作規定等；並強調該船從阿拉斯加港離開時「沒有任何一名艙面當值人員是已充份休息」^[1-3]。另在 2003 年 6 月 29 日，一艘滿載 3300 噸鋅濃縮物的雜貨船 Jambo，由於凌晨四點值更的大副打瞌睡而錯失了警報的提醒，未修正航向，導致在蘇格蘭西岸的 Loch Broom 擱淺而沉沒，船上所裝載貨物更釀成當地嚴重的環境災害^[4]。

近年來，除了 Exxon Valdez 與 Jambo 的事故外，船員疲勞所造成的海事案件不斷發生，根據調查顯示：高達 50% 以上的海事人為事故，其主因皆為船員疲勞所致^[5]。據此，國際海事組織（International Maritime Organization, IMO）相當重視船員疲勞的問題，並於 2002 年出版了「疲勞管理指導手冊（Guidelines on Fatigue）」，其目的希望船員（seafarer）能夠了解疲勞發生的原因、症狀及其風險，並提供船員有效預防疲勞的方法^[6]。雖然，目前「疲勞」尚未有共通的技術性定義（technical definition），但是皆認定疲勞會造成人體機能的降低及其工作效能的退化。鑑此，IMO 將疲勞定義為「由於生理、心智或情緒的耗費，造成生理或心智方面的能力減弱，如耐力、速度、反應時間、協調、決策或平衡等（A reduction in physical and/or mental capability as the result of physical, mental or emotional exertion which may impair nearly all physical abilities including: strength; speed; reaction time; coordination; decision making; or balance.）」。更進一步將船員疲勞的因素分為：船員個人、管理制度（船上及岸上）、船體結構及工作環境等四項。其中船員個人因素指出：個人的睡眠與休息、生理時鐘、心理因素、健康、壓力、攝取化學藥物（酒精、藥品、咖啡因）、年齡、輪班制度、工作負荷（生理/心理）以及時差等，它們的差異皆會影響其疲勞的程度^[6]。

然而，學者 Allen 等人^[7]的論文則將疲勞風險因素（fatigue risk factors）分為五項，生理時鐘、工作週期與排班、噪音與振動、睡眠以及其他風險因素等。其結論有「時差」會加重生理時鐘的不適而產生疲勞；以及「夜間工作」與「工

作超過 8 小時以上」更容易造成疲勞等。

另外，國際運輸工人聯盟（International Transport Workers' Federation, ITF）^[8]於 1998 年曾對 60 個不同國籍共 2500 多名船員進行調查，大多數船員每週工作時數約為 60 小時以上，其中 25% 的船員更回報了每週工作時數總計超過 80 小時以上，且 80% 的船員更指出自身所感受的疲勞程度會隨著輪班時間的增加而上升，此報告再度說明了船員疲勞與工作時間有密切關係。

實務上，船舶經常性的進出港過程中，「當值時間變動」或「超時工作」將產生船員睡眠剝奪的現象^[7]，進而導致船員警覺性降低（diminished alert）以及其工作效能損傷（impaired performance）^[6]。

目前與疲勞相關的研究論文概分兩大類，一為調查船員疲勞的發生原因及其影響^[6-8]，另一則是以實驗設計，探討酒精、咖啡因與工作排班等因素對於船員航行技能的影響^[20-23]。綜合論述，在船員疲勞議題上，則可概分兩大因素，化學藥物及工作時間等，以論文數量來看，前者較多；然就作業機制言之，後者較為重要，基此，引發本文探討工作時間因素的初始動機。「工作時間」之相對即為「睡眠（休息）時間」，因此，探討「睡眠時間」與「工作效能」之相關性方為研究船員疲勞之重點。簡言之，船員可能因為超時工作影響到睡眠時間，即「睡眠剝奪」，導致船員工作效能降低，但是從邏輯思考之，程序上，「睡眠時間」對主觀的生理或心智有影響之後，才造成客觀的工作效能變化。準此，欲探討「睡眠剝奪」對於船員航行技能的影響之前，其背後的本質問題則是：「『睡眠剝奪』對船員的主觀睏睡度與心智負荷是否影響？」。換言之，若本質問題之答案為肯定，則進一步探討睡眠剝奪對於工作效能之影響才有意義。依此動機，本文以實驗設計，將情境分為正常睡眠和睡眠剝奪兩種，並分別採用史丹佛睏睡度量表（Stanford Sleepiness Scale, SSS）及美國太空總署工作負荷量表（NASA Task Load Index, NASA-TLX）量測主觀睏睡度及心智負荷數值等，繼而採用統計成對 *t* 檢定（paired *t*-test）分析，進而洞察本質問題，即在各情境中，主觀睏睡度是否具有一致性？又兩情境對比下，睡眠剝奪對船員的主觀睏睡度與心智負荷是否影響？

貳、文獻回顧

首先，藉由主觀睏睡度及心智負荷等相關量表之回顧，來決定本文所採用的量表；再透過船員疲勞實驗相關論文之回顧，以決定實驗對象的招募。

2.1 量測量表回顧

2.1.1 主觀睏睡度

現行多種主觀睏睡度量表，以史丹佛睏睡度量表（SSS）及 Epworth 睏睡度量表（Epworth Sleepiness Scale, ESS）兩種使用度最高且較為知名^[9]。

SSS 是由學者 Hoddes 等人^[10]於 1973 年所提出，以七種自我感受的狀態來描述當下的睏睡程度，並以簡單的數字 1 到 7 來表示其所代表的狀態，如表 1 所示，受測者則根據其自身狀況填寫適當數字以表示當時的睏睡程度。

ESS 則由學者 Johns^[11]所提出，主要用來調查受測者近期內的日間睏睡狀態。ESS 是設定 8 種活動情境，如表 2 示，並讓受測者依據近一個月的生活經驗，以 0 分（絕不可能發生）到 3 分（很可能發生）自評在該情境下打瞌睡的可能性，再以加總後的數值來反映出受測者日間睏睡度，數值越大顯示其日間睏睡度越高，而當數值在 2 至 10 分，則屬正常範圍。

SSS 與 ESS 兩量表最大的差異在衡量不同時間期間之受測者睏睡度，SSS 是量測受測者當下的主觀睏睡度，ESS 則是量測受測者在一段時期的日間睏睡度；另外，依使用的目的區分，SSS 多半用於比較工作前後變化或是一段連續時間內各時點的變化，而 ESS 則是用以判斷受測者有無睡眠障礙，如表 3 所示。

表 1 史丹佛睏睡度量表（SSS）對應之睏睡度描述

數值	睏睡度之描述
1	警覺著、非常清醒、有活力
2	有效率地運作但尚未達顛峰狀態、能夠專心
3	清醒著但不是非常警覺
4	意識有點不清楚、不是很警覺、有點鬆懈
5	意識模糊、有點睏睡、動作慢下來
6	想睡、想躺下、頭昏昏沉沉
7	差一點就睡著了、無法保持清醒

註：資料來源：[10]，並經過中正大學心理學系睡眠實驗室翻譯。

表 2 Epworth 睏睡度量表 (ESS) 之活動情境內容。

活動情境內容
1. 坐著與閱讀
2. 看電視
3. 在公共場所 (如戲院或會議場) 安靜坐著時
4. 連續坐車 (乘客) 一小時
5. 在下午, 當環境許可而躺下休息時
6. 坐著與人交談
7. 午餐 (未飲酒) 後安靜地坐著時
8. 坐在車裡, 因交通阻塞車停數分鐘時

註：資料來源：[11]，並經過中正大學心理學系睡眠實驗室翻譯。

表 3 SSS 與 ESS 兩量表之比較

比較項目 \ 量表名稱	SSS 量表	ESS 量表
量表目的	量測受測者當下主觀睏睡度，以調查工作前後比較	量測受測者日間睏睡度，以判斷有無睡眠障礙
衡量指標	以數值 1 至 7 為指標，數值越大表示其睏睡度越高	數值大於 16 屬於嚴重；數值在 2 至 10 分，則屬正常範圍
量表用法	隨時可填	一段時間填寫一次

資料來源：本文整理。

由於本文係探討各情境中工作前後比較及不同情境間對比，故本文採用 SSS 量測受測者之主觀睏睡度較為適宜。

2.1.2 心智負荷

船員個人可能因為疲勞、壓力、工作環境、經驗及能力降低的影響，導致工作負荷過大而產生工作風險或災害。工業界早在 1970 年代就開始針對生理體能之外的工作負荷進行研究，並相繼應用於空運業相關人員如航機機師與塔台管制人員以及陸運之汽車駕駛者。即除肌肉疲勞外所產生的疲勞、壓力及人為失誤 (human error) 的工作負荷，均稱為心智負荷 (mental workload) [12]。

目前，已有多種發展成熟的主觀心智負荷量表，以美國太空總署工作負荷

量表 (NASA-TLX) ^[13] 和主觀工作負荷評估技術量表 (Subjective Workload Assessment Technique, SWAT) ^[14] 等兩種較廣為使用 ^[15]。

NASA-TLX 係以心智需求 (mental demand)、體力需求 (physical demand)、時間 (temporal demand)、自我績效 (performance)、努力 (effort) 及挫折 (frustration level) 等六項指標，藉由各指標兩兩比較後的加權平均，即各指標權重；再根據六項指標的自我評分乘以其權重，所得之數值，以評估受測者的主觀心智負荷 ^[13]。

SWAT 則以時間負荷 (time load)、心智努力負荷 (mental effort load) 及心理壓力負荷 (psychological stress load) 等三項指標，再將各指標依某工作內容細分為 27 種情境，建構出 3x27 的矩陣，其中的元素 (entries) 由受測者依其感受，按低 (1)、中 (2) 及高 (3) 等三種負荷尺度 (scales) 填寫之，收集足夠之樣本數 (建議數量為 30) 後，繼而對 27 種情境進行排序，並對排序後的情境分別給予 0 至 100 之數值以對應之，最後完成該工作之情境數值卡 (cards)。未來可藉由該工作卡來量測其他受測者對該工作的負荷程度 ^[14,16,17]。因 SWAT 過於繁複且排序耗時，學者 Luximon 等人 ^[18] 修正 SWAT 並撰寫程式以方便應用。

學者 Farmer 等人 ^[15] 依照 Eggemeier 等人 ^[19] 所建議的量表特性，進行主觀心智負荷量表之比較，如表 4 示；可明顯看出，在各特性上，NASA-TLX 皆比 SWAT 優。故本文採用 NASA-TLX 量測受測者之心智負荷。

表 4 NASA-TLX 與 SWAT 兩量表之比較

名稱 \ 特性	NASA-TLX	SWAT
可靠性(Reliability)	高可靠性	延遲 30 分鐘後自評亦具有可靠性
有效性(Validity)	經多數文獻驗證，且被廣泛採用	具有效性，然其指標之完整性受質疑
敏感性(Sensitivity)	高敏感性	高敏感性； 但對工作負荷低者，其敏感性較 NASA-TLX 低
特徵性(Diagnosticity)	六項指標	三項指標
干擾性(Intrusiveness)	低干擾性	費時，較 NASA-TLX 高

註：1. 資料來源：[15]。

2. 本文整理。

2.2 船員疲勞實驗

實驗對象的特質和能力以及實驗工作的難易程度對研究結論的影響頗巨，因此，透過船員疲勞實驗相關論文之評析，思考實驗對象之招募。

學者 Graham 等人^[20]以實驗探討酒精及咖啡因等攝取對航海工作技能之影響。受測者有 12 位，均具有海上經驗之從業人員。其以沒有飲用任何化學藥物作為控制組，並將實驗組分為純飲酒、純飲用咖啡因以及混搭飲用酒與咖啡因等三類組；而量測受測者的航海技能之工作則概分為視覺搜尋能力（簡易）、海圖圖示搜尋能力（中等）以及航海問題求解正確與速度能力（困難）。以統計的觀點發現，在與控制組對比下，純飲酒減弱視覺搜尋能力及問題求解正確能力；純飲用咖啡因對視覺搜尋能力則有增強效果；其他對航海工作技能均無顯著影響等。

學者 Jonathan 等人^[21]探討低血液酒精濃度（blood alcohol concentrations, BACs）受測者對在模擬機演練工作效能之影響。受測者有 38 位，均具有海上與模擬機經驗且至少 21 歲的甲板實習生（deck officer cadet）。實驗設計分為飲酒（BACs 小於 0.05%）與飲用安慰劑（placebo）兩組，並以主觀的自我評估量表及客觀的模擬機數據，透過統計分析，其結果發現低血液酒精濃度仍會影響受測者的工作效能。

學者 Kim 等人^[22]調查發現韓國船員有飲酒習慣，以實驗探討不同的血液酒精濃度（0.00%、0.05% 及 0.08%）受測者對在模擬機演練操船繞圓工作效能之影響。受測者有 9 位，有 8 位具有海上與模擬機經驗之甲板實習生以及 1 位經驗豐富的引水人。並以主觀的 NASA-TLX 量表量測心智負荷、客觀的心電圖（Electrocardiography, ECG）測量心跳率（heart rate）與心跳變異率（heart rate variability）以及使用模擬機數據衡量船舶的繞圓軌跡。其統計分析顯示，當血液酒精濃度增加時，心智負荷值、心跳率與心跳變異率以及完成工作的時間皆顯著地增加，且繞圓航跡之變動幅度亦增加。

學者 Eriksen 等人^[23]探討值更制度對受測者在睏睡度與睡眠時間之影響。受測者為 12 名不同海事領域的從業人員（包括商船船員、引水人及軍艦船員）。實驗係將受測者分為兩組，進行 6/6 值更制度中不同時段，即夜班（0000-0600）、早班（0600-1200）、日班（1200-1800）及晚班（1800-2400）等，並在模擬機所設定的航路上實施航行作業數天。期間則採用 Karolinska 睏睡度量表（Karolinska Sleepiness Scale, KSS）量測受測者的主觀睏睡度，以及以睡眠時間紀錄表詳細記錄其睡眠時間。其結果經統計分析，兩組的主觀睏

睡度無顯著差異，然共同點則是在夜班的睏睡度最高，且夜班後的睡眠時間最長。

綜言之，前三篇實驗論文在探討酒精或咖啡因對於工作效能的影響；而最後一篇則是量測值更制度中各時段的睏睡度與睡眠時間的變化，比較如表 5 所示。

表 5 船員疲勞實驗之比較

論文	實驗	疲勞因素	實驗對象	工作內容	實驗數據
Graham 等人 ^[20]		酒精 咖啡因	12 名 35-52 歲的海事從業人員，並有飲酒與咖啡之習慣	視覺搜尋、海圖圖示搜索、航海問題求解	客觀：準確率、完成時間
Jonathan 等人 ^[21]		低濃度的酒精	38 名至少 21 歲具海上經驗及模擬機經驗的甲板實習生	航行作業模擬、拖船作業模擬	主觀：自我評估指標 客觀：模擬機實驗數據
Kim 等人 ^[22]		酒精	8 名具模擬機經驗之甲板實習生以及 1 名領港	繞圓操船作業模擬	主觀：NASA-TLX 客觀：ECG、模擬機操船實驗數據
Eriksen 等人 ^[23]		值更制度	12 名 26-51 歲的海事從業人員	航行作業模擬	主觀：KSS 睏睡度量表 客觀：睡眠時間紀錄表

註：1.資料來源：[20,21,22,23]。

2.本文整理。

Graham 的論文缺少客觀的疲勞因素數據，即血液酒精濃度，頗為可惜；而 Jonathan 和 Kim 的論文，以欠缺實務經驗的甲板實習生操演困難的航行作業模擬，其結論令人質疑。鑑此，本文招募對象為具有航海專業知識且有海上實習經驗之大學生，並選擇簡易的航行作業，即基本的雷達定位模擬；另為了實驗結果的可靠性，在實驗前一週實施教育訓練，直至受測者熟悉模擬機作業環境及工作內容為止。

學者 Harma^[24] 等人對實際在船從業人員，以問卷調查比較不同值更制

度，即「4/8 值更」與「6/6 值更」。其結論有：值夜更之船副的睏睡度最高且其後之睡眠時間較長，更發現睡眠時間與睏睡度有顯著影響；在與「4/8 值更」比較下，「6/6 值更」的受測者有較高的睏睡度以及睡眠時間較短的現象。對照下，Eriksen 的論文雖採用模擬機實驗，然而僅探討「6/6 值更」，其結論為 Harma 論文之部分成果，貢獻不大。事實上，就航行風險而言，「整夜睡眠剝奪」比「值更制度」為高，此即為本文欲探討的動機及驗證之處。

參、實驗設計

針對本文研究目的，實驗在自動測繪雷達模擬機教室中進行，該模擬機為挪威 Kongsberg Maritime AS 公司所開發之 SBS2000 Ship's Bridge Simulator Polaris。以下分別就受測者篩選、整體實驗流程及實驗施測程序等說明實驗設計。

3.1 受測者篩選

本實驗的受測者係為具備航海專業知識與海上實習經驗之高年級大學生，然而，為避免受測者的睡眠狀態、睡眠障礙及生活作息型態等影響實驗設計之成果，於招募受測者的同時，分別採用「睡眠與身心健康問卷」^[25]、「Epworth 睏睡度量表(ESS)」與「日夜作息習慣量表(Morningness-Eveningness Questionnaire, MEQ)」等三種問卷量表篩選受測者。各問卷量表之用途說明及其篩選依據分述如下：

「睡眠與身心健康問卷」為國立中正大學心理學系睡眠實驗室蔡玲玲等人所開發，共有34道題目，主要是調查受測者平日與假日的生活作息、睡眠習慣與品質及身心健康等狀態。本文以該實驗室的建議，設定無任何影響睡眠之病痛、每日睡眠時間維持七小時以上，且睡眠習性具有規律性作為篩選標準。

「Epworth 睏睡度量表(ESS)」之目的在調查受測者是否具有睡眠障礙；據學者 Johns^[11]的研究，無睡眠障礙之正常範圍，其數值在 2 至 10 分，但中文版之 ESS 量表^[26]建議數值在 12 分以下為正常範圍，本實驗以此作為篩選。

「日夜作息習慣量表(MEQ)」則由學者 Horne 等人^[27]在 1976 年提出，共 19 題與日常作息相關的測驗，依照所填答的狀況加總計分，即可判定受測者作息型態之類別，其概分為夜晚型、偏向夜晚型、中間型、偏向日間型及日間型等五大類。由於實驗對象為大學生，他們通過航海人員考試再補足海上經歷，即可擔任三副一職，而三副之海上作息為 0800-1200 及 2000-2400，因此本實驗挑選「中間型」之受測者，以符合事實。

本次實驗共招募 63 位自願者，經篩選的結果，僅 12 名符合本實驗的篩選標準，計 5 男 7 女，而平均年齡為 21.3 歲。

3.2 整體實驗流程

本實驗的執行過程包括實驗說明與練習、正常睡眠情境及睡眠剝奪情境等三個階段，各階段前後相距一週，說明如下：

1. 實驗說明及練習：為使實驗結果具有可靠性，在正式施測前一週進行實驗說明與練習，直至受測者熟悉模擬機工作環境。
2. 正常睡眠情境：首次施測為正常睡眠情境，要求受測者於前一天 2400 前就寢，並於施測當日 0800 前起床，實驗則在 0900 開始。
3. 睡眠剝奪情境：在正常睡眠情境實驗後一週的同時段，進行睡眠剝奪情境的實驗，其要求受測者在施測前一天 0800 起床後便不可再入睡，且不能有劇烈消耗體力的活動，並在施測前一天 2200 至實驗地點進行睡眠剝奪的監控，直至施測當天 0900 開始實驗，總計受測者剝奪睡眠的時間長達 24 小時以上。

3.3 實驗施測程序

實驗施測程序如圖 1 所示。受測者在實驗工作前先行填寫 SSS，進入模擬機後開始執行簡易的航行作業，即基本的雷達定位模擬，並於工作完成後填寫 SSS 及 NASA-TLX，此為完成一次施測實驗；總計十次施測，即完成該情境之實驗。

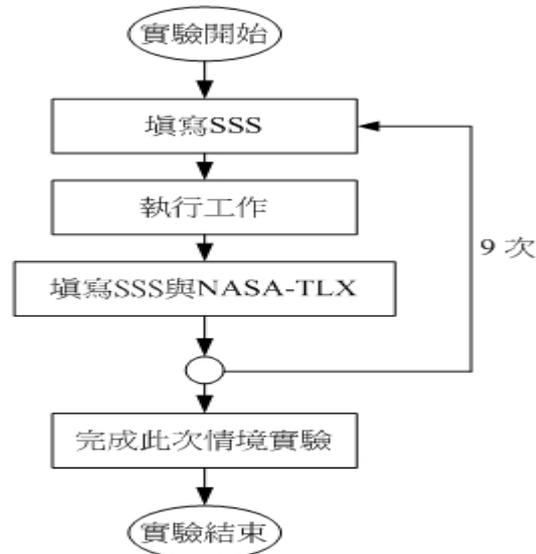


圖 1 實驗施測程序

肆、數據分析及其結果

分別在正常睡眠與睡眠剝奪兩種情境下，蒐集 12 位受測者在實驗工作前後的主觀睏睡度（以 SSS 量測）與工作後的心智負荷（採 NASA-TLX 量測）之數據，總計有 120 人次之樣本數。使用統計之成對平均差的 t 檢定，探討各別情境在工作前後之主觀睏睡度等差異以及兩種情境對比下，整夜睡眠剝奪對於主觀睏睡度與心智負荷等影響。

4.1 主觀睏睡度

1. 主觀睏睡度量測平均數之意義

正常睡眠情境下受測者於工作前主觀睏睡度的平均數及標準差分別為 2.0833 和 0.6931，而工作後之平均數及標準差則為 2.0167 和 0.6480，如表 6 示。該數值表示受測者於正常睡眠情境下，在工作前後的主觀睏睡度係屬於「有效率地運作但尚未達顛峰狀態、能夠專心」的狀態，如表 1 所示。

睡眠剝奪情境下受測者在工作前主觀睏睡度的平均數及標準差分別為 4.2417 和 1.4023，而工作後之平均數及標準差則為 4.2250 和 1.3059，如表 6 示。其表示受測者在睡眠剝奪情境下，無論工作前或工作後的主觀睏睡度則屬於「意識有點不清楚、不是很警覺、有點鬆懈」的狀態，如表 1 所示。

2. 各情境中工作前後主觀睏睡度之成對比較

為確認受測者在各情境中，是否因為工作而影響其睏睡度；採用成對平均數差的 t 檢定。令 μ_1 為工作前主觀睏睡度； μ_2 為工作後主觀睏睡度；而 μ_D 為 $\mu_1 - \mu_2$ 。虛無假設為 $H_0: \mu_D = 0$ ；其對立假設為 $H_1: \mu_D \neq 0$ ，若設定顯著水準 $\alpha = 0.05$ ，且假設檢定使用雙尾形式，檢定結果如表 6 所示。

表 6 各情境中工作前後主觀睏睡度之成對平均數差 t 檢定表

成對比較組	平均	標準差	t 值	$t_{0.025,119}$	p -value
工作前（正常睡眠）	2.0833	0.6931			
工作後（正常睡眠）	2.0167	0.6480	1.906	1.9801	0.059
工作前（睡眠剝奪）	4.2417	1.4023			
工作後（睡眠剝奪）	4.2250	1.3059	0.364	1.9801	0.717

在正常睡眠情境下，工作前後的 t 統計量為 1.906 小於臨界值 1.9801，落於接受域；或因 p 值 (0.059) > 0.05 ，故兩者推論皆無法拒絕虛無假設，即主觀困睡度在工作前後無顯著差異。在睡眠剝奪情境下，工作前後的 t 統計量為 0.364 亦小於臨界值，落於接受域；或因 p 值 (0.717) > 0.05 ，均無法拒絕虛無假設，即主觀困睡度在工作前後無顯著差異。

結果顯示，無論在正常睡眠或睡眠剝奪情境中，在顯著水準 0.05 下，沒有充份證據棄卻虛無假設，即受測者在工作前後，他們的主觀困睡度無顯著差異；該結果可說明主觀困睡度量表具有可信賴的一致性，且設定的實驗工作不會增加受測者的主觀困睡度。

3. 工作前或工作後的兩情境主觀困睡度之成對比較

以同樣的檢定方法針對工作前或工作後的兩種不同情境，即正常睡眠與睡眠剝奪，進行成對比較推論。令 μ_1 為正常睡眠情境主觀困睡度； μ_2 為睡眠剝奪情境主觀困睡度；而 μ_D 為 $\mu_1 - \mu_2$ 。假設檢定設立為 $H_0: \mu_D = 0$ 對 $H_1: \mu_D \neq 0$ 。若顯著水準為 0.05，檢定結果如表 7 所示。

工作前的兩種情境，成對比較的 t 統計量為 -16.649 小於臨界值，落於拒絕域；或因 p 值 < 0.05 ，因此兩者推論皆拒絕虛無假設，即工作前主觀困睡度在不同的情境下有顯著差異。工作後的兩種情境，成對比較的 t 統計量為 -17.882 小於臨界值，以及其 p 值 < 0.05 ，故均拒絕虛無假設，即工作後主觀困睡度在不同的情境下有顯著差異。

結果推論，無論在工作前或工作後，正常睡眠與睡眠剝奪兩情境，在顯著水準 0.05 下，有充份證據棄卻虛無假設，即受測者在兩情境對比下的主觀困睡度具有顯著差異，換言之，受測者受到睡眠剝奪的影響，在睡眠剝奪情境中主觀困睡度有顯著地提高。

表 7 兩情境對比下主觀困睡度之成對平均數差 t 檢定表

成對比較組	平均	標準差	t 值	$-t_{0.025,119}$	p -value
正常睡眠 (工作前)	2.0833	0.6931	-16.649	-1.9801	0.000
睡眠剝奪 (工作前)	4.2417	1.4023			
正常睡眠 (工作後)	2.0167	0.6480	-17.882	-1.9801	0.000
睡眠剝奪 (工作後)	4.2250	1.3059			

表 8 兩情境對比下心智負荷之成對平均數差 t 檢定表

成對比較組	平均	標準差	t 值	$-t_{0.025,119}$	p -value
正常睡眠情境	32.3412	14.7425			
睡眠剝奪情境	39.0028	15.7840	-7.390	-1.9801	0.000

4.2 心智負荷

正常睡眠情境下受測者心智負荷的平均數及標準差分別為 32.3412 和 14.7425，而睡眠剝奪情境的心智負荷之平均數及標準差則為 39.0028 和 15.7840，如表 8 所示。受測者在兩情境中所感受的心智負荷值皆屬中低水準^[17]，其符合本文以簡易的航行作業作為實驗工作之預期結果。

以同樣的統計檢定，針對各情境工作後的心智負荷作成對比較。若顯著水準為 0.05，因 p 值小於顯著水準，故拒絕虛無假設，即工作後的心智負荷在不同情境下有顯著差異。簡言之，其結果可推論，在顯著水準 0.05 下，有充份證據棄卻虛無假設，即受測者經歷整夜睡眠剝奪後，其心智負荷有顯著地提高。

伍、結論與建議

5.1 結論

本文以實驗設計探討整夜睡眠剝奪對船員的主觀睏睡度及心智負荷之影響。為得到可靠的結果，招募對象為具有「準船副」的大學生，透過「睡眠與身心健康問卷」、「Epworth 睏睡度量表 (ESS)」及「日夜作息習慣量表」等篩選出無睡眠障礙的「中間型」生活作息類型，並設計簡易的航行工作，且以嚴謹的實驗施測程序，分別採用 SSS 及 NASA-TLX 量表蒐集主觀睏睡度及心智負荷之數據。使用成對平均數差的 t 檢定推論，各別情境，即正常睡眠與睡眠剝奪，其工作前後主觀睏睡度無顯著差異 ($p > 0.05$) 且主觀睏睡度量表具有一致性；又無論工作前或工作後，兩情境對比下的主觀睏睡度皆有顯著差異 ($p < 0.05$)；另外，工作後的心智負荷在不同情境下亦有顯著差異 ($p < 0.05$)。綜言之，整夜睡眠剝奪確實對船員的主觀睏睡度及心智負荷皆具有顯著影響。

5.2 建議

期待未來研究成果，能夠制定出適當的作業機制以降低船員疲勞，提升海事安全，進而保護海洋環境。本文的具體建議如下：

1. 本文以實驗設計實證發現，整夜睡眠剝奪確實對船員的主觀困睡度及心智負荷皆具有顯著影響。未來研究建議：可進一步探討睡眠剝奪對船員客觀的工作效能之影響，其包括日間工作及夜間工作等；另不同等級的船員之航行工作的難易度也有所差異，亦值得探討。
2. 本文受測者係為無睡眠障礙且生活作息為「中間型」的準船副，未來研究建議：可擴大招募受測者，如不同生活作息類型、海上資歷、年齡或性別等，透過交叉分析探討睡眠剝奪或工作時間對船員主觀困睡度與心智負荷以及客觀的工作效能等影響；其不僅增加樣本數亦可豐富研究內容。
3. 本文實驗組僅探討整夜睡眠剝奪情境，未來研究建議：實驗設計可考量在不同程度的睡眠剝奪時間間隔或連續當值時間間隔等對於船員客觀的工作效能之影響，再輔以差分法（difference method）計算無差異的工作效能之臨界時間點。

致謝

本文作者們誠摯地感謝國立臺灣海洋大學航海人員訓練中心提供場地和設備，以及商船學系 95 與 96 級入學學生自願參與實驗，使本研究得以順利完成。

參考文獻

1. VTI : The Swedish National Road and Transport Research Institute, "Fatigue at Sea : A review of Research and Related Literature", Sweden, 2006.
2. Thomas, F. S., Mireille, R., Alice, F., and Antonio, B. C., "Work Hours, Sleep Patterns and Fatigue among Merchant Marine Personnel", *European Sleep Research Society*, Vol. 6, pp. 245-251, 1997.
3. John, G., "In the Wake of the Exxon Valdez: Murky Legal Waters of Liability and Compensation", *New England Law Review*, Vol. 25, pp. 571, 1990.
4. Marine Accident Investigation Branch, "Bridge Watch-keeping Safety Study", United Kingdom, 2004.
5. Peter, A. H. and Desmond, P. A., "Stress, Workload, and Fatigue", N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, pp. 566-578, 2001.
6. International Maritime Organization (IMO), "Guidelines on Fatigue", Albert Embankment, London, 2002.
7. Allen, P., Wadsworth, E., and Smith, A., "Seafarers' Fatigue: A Review of the Recent Literature", *International Maritime Health*, Vol. 59, pp. 1-4, 2008.
8. International Transport Federation (ITF), "Seafarer fatigue: Wake up to the Dangers: ITF", 1998.

9. Mitler, M. M., and Miller, J. C., “Methods of Testing for Sleeplessness”, *Behavioral Medicine*, Vol. 21, No. 4, pp. 171-183, 1996.
10. Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R., and Dement, W. C., “Quantification of Sleepiness: a New Approach”, *Psychophysiology*, Vol. 10, pp. 431-436, 1973.
11. Johns, M. W., “A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: the Epworth Sleepiness Scale”, *Sleep*, Vol. 14, pp. 540-545, 1991.
12. Wickens, C. D. and Hollands, J. G., “*Engineering Psychology and Human Performance*”, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2000.
13. Hart, S. G. and Staveland, L. E., “Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P.A. Hancock & N. Meshkati (Eds.)”, *Human Mental Workload*, Amsterdam: North-Holland, pp. 139-183, 1988.
14. Reid, G. B. and Nygren, T. E., “The Subjective Workload Assessment Technique: A Scaling Procedure for Measuring Mental Workload. In P.A. Hancock & N. Meshkati (Eds.)”, *Human Mental Workload*, Amsterdam: Elsevier, pp. 185-218, 1988.
15. Farmer, E., and Adam, B., “*Review of Workload Measurement, Analysis and Interpretation Methods*”, European organization for the safety of air navigation, pp. 15-17, 2003.
16. Rubio, S., Diaz, E., Martin, J., and Puente, J. M., “Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods”, *Applied Psychology: An International Review*, Vol. 53, No. 1, pp. 61-86, 2004.
17. Embrey, D., Blackett, C., Marsden, P. and Peachey, J., “*Development of a Human Cognitive Workload Assessment Tool*”, MCA Final Report, 2006.
18. Luximon, A. and Goonetilleke R. S., “Simplified Subjective Workload Assessment Technique”, *Ergonomics*, Vol. 44, No. 3, pp. 229-243, 2001.
19. Eggemeier, F. T., Wilson, G. F., Kramer, A. F., and Damos, D. L., “General Considerations Concerning Workload Assessment in Multi-task Environments. In D.L. Damos (Ed.)”, *Multiple task performance*, London: Taylor & Francis, pp. 207-216, 1991.
20. Graham, M., and John, L., “Effect of Alcohol and Caffeine on Maritime Navigational Skills”, *Ergonomics*, Vol. 43, No. 1, pp. 17-26, 2000.
21. Jonathan, H., Rohsenow, D. J., Cote, J., Gomez, B., Mangione, T. W., and Laramie, A. K., “Effect of Low-dose Alcohol Exposure on Simulated Merchant Ship Piloting by Maritime Cadets”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 33, pp. 257-265, 2001.
22. Kim, H., Yang, C. S., Lee, B. W., Yang, Y. H., and Hong, S. K., “Alcohol Effects on Navigational Ability Using Ship Handling Simulator”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 37, pp. 733-743, 2007.
23. Eriksen, C. A., Gillberg, M., and Vestergren, P., “Sleepiness and Sleep in a Simulated “Six Hours on /Six Hours off” Sea Watch System”, *Chronobiology*

- International*, Vol. 23, No. 6, pp. 1193-1202, 2006.
24. Harma, M., Markku, P., Risto, R., Matti, S., and Pertti, S., "Effects of 6/6 and 4/8 Watch Systems on Sleepiness among Bridge Officers", *Chronobiology International*, Vol. 25, No. 2&3, pp. 413-423, 2008.
 25. 鄭伊真, "整夜睡眠剝奪對於錯誤監控歷程的影響", 國立中正大學心理學研究所碩士論文, 2006。
 26. Chen, N. H., Johns, M. W., Li, H. Y., Chu, C. C., Liang, S. C., and Shu, Y. H. et al., "Validation of a Chinese Version of the Epworth Sleepiness Scale", *Quality of Life Research*, Vol. 11, No. 8, pp. 817-821, 2002.
 27. Horne, J. A. and Ostberg, O., "A Self-assessment Questionnaire to Determine Moringness-eveningness in Human Circadian Rhythms", *International journal of chronobiology*, Vol. 4, pp. 97-110, 1976.