

出國報告（出國類別：其他）

參加疲勞風險管理研討會出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：鄭永安／副飛安調查官

楊啟良／工程師

派赴國家：英國

出國期間：民國 106 年 6 月 3 日至 6 月 9 日

報告日期：民國 106 年 9 月 7 日

目次

壹、目的.....	2
貳、過程.....	3
參、心得.....	6
肆、建議.....	50

壹、目的

國際民航組織（ICAO）於 2011 年 6 月起針對民航運輸業航空公司、國際普通航空業、以及飛航服務單位，陸續將「疲勞風險管理系統（fatigue risk management system, 以下簡稱 FRMS）」相關標準與建議措施納入國際民航公約第 6 號附約與第 11 號附約。

另外，ICAO 亦陸續公布供民航監理機關、民航運輸業航空公司、飛航服務單位、國際普通航空業使用之 FRMS 相關技術文件，包括：

- Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches (Doc 9966, Second Edition - 2016)；
- Fatigue Management Guide for Airline Operators (Second Edition - 2015)；
- Fatigue Management Guide for Air Traffic Service Providers (First Edition - 2016)；
- Fatigue Management Guide for General Aviation Operators of Large and Turbojet Aeroplanes (First Edition - 2016)。

為加強本會調查人員對 FRMS 建置與評估之瞭解，以建置相關議題之調查能量，本會派員參加英國民航局（UKCAA）所規劃之疲勞風險管理研討會，主題為有效的疲勞風險管理系統（FRMS），內容包括四大單元，分別是：

- 疲勞科學；
- 疲勞評估工具；
- FRMS 架構與建置；
- FRMS 評估。

各單元並規劃有個案研討，兼具理論與實作。

貳、過程

1. 行程

本次研討會議地點為位於英國蓋威克郡（Gatwick）之英國民航局（UKCAA）訓練中心，行程自民國 106 年 6 月 3 日至 6 月 9 日，共計 7 日，行程表如下：

月	日	起訖地點	行程紀要
6	3-4	台北－英國蓋威克郡	起程與轉機
6	5-7	英國蓋威克郡	研討會
6	8-9	英國蓋威克郡－台北	返 程

2. 參與人員

本次研討會共計有來自亞洲、歐洲與非洲之 16 位人員出席，與會者背景包括民航運輸業者及直升機業者之航務部門或安全部門、民航主管機關及事故調查機關。與會者與講員合影如下。



與會者與講員合影

3. 講員簡介

本次研討會共有兩位講員，皆為英國籍，個人簡歷如下：

Kathryn Jones

Jones 女士擁有航空安全管理碩士學位，自 1989 年任職民航運輸業以來，專精於飛航組員飛時限制法規相關業務。曾職司航空公司排班工作，曾任英國民航局查核員，並曾負責制定飛時限制法規，自 2013 年起擔任英國民航局人為因素計畫主持人迄今。

Jones 女士亦為歐洲航空安全局（EASA）法制小組成員，目前正致力於緊急醫療任務及空中計程車業務之飛時法規制定；同時擔任國際民航組織（ICAO）國際標準與建議措施及程序（SARPs）編審委員，參與第 6 號及第 11 號附約（Annex）之修訂工作，並為 ICAO 人為因素任務小組成員，負責制定相關指引。

Barbara Stone

Barbara 女士擁有睡眠與環境科學博士學位，為國防與運輸領域之睡眠生理及藥理學專家，且為疲勞風險管理科技有限公司（FRMSc）之共同創辦人，並負責疲勞風險評估軟體（SAFE）之研究與開發工作。

Barbara 女士曾參與或主導 50 項以上之睡眠生理及藥理領域研究計畫，合作對象包括英、美、歐洲等地之學術機構及國防或航空業者，為世界飛安基金會超長程飛行（ULR）工作組成員，亦為歐洲航空安全局（EASA）飛時法規工作組技術成員。研究領域涵蓋疲勞、輪班制度及噪音、藥物、環境與時差問題對睡眠乃至於安全之影響，職業生涯中已發表 100 項以上之著作。

4. 議程表

本次會議為期三日，詳細之議程表如下所示。

Contents

Effective Fatigue Risk Management Systems

- Introduction – FRMS Overview
- Key Concepts – why manage fatigue?
- Fatigue Science
- Application of Fatigue Science in Aviation
- Tools for Measuring and Assessing Fatigue
- Countermeasures
- Day 1 Homework – Developing a Safety Case
- FRMS Framework
- Role of the Fatigue Safety Action Group
- Culture – Just / Organisational / Individual
- Risk Management
- Fatigue Safety Assurance
- Training and Communications
- Communication
- Fatigue Management and Integration of FRMS into SMS
- FRMS Manual Development
- Successful Implementation of FRMS
- Evaluating a Fatigue Safety Case
- Exercise – Develop a Fatigue Safety Case
- Course Summary

議程大綱

參、心得

課程心得與重點擇要整理如下：

1. 疲勞管理方法

依據 ICAO Doc 9966 Manual for Oversight of Fatigue Management Approaches 第 2 版，ICAO 將疲勞管理方法分為下列兩類：

(1) Prescriptive approach

除要求業者須符合執勤與休息期間相關規定外，業者亦應藉由現有之安全管理系統（以下簡稱 SMS），使用被動式的（reactive）疲勞風險管理工具來識別疲勞危害，如圖 1-1。圖中所謂” Reactive Hazard Identification”，係指藉由已發生之安全事件或意外事件識別出疲勞危害，再進行後續之風險評估與控管流程。

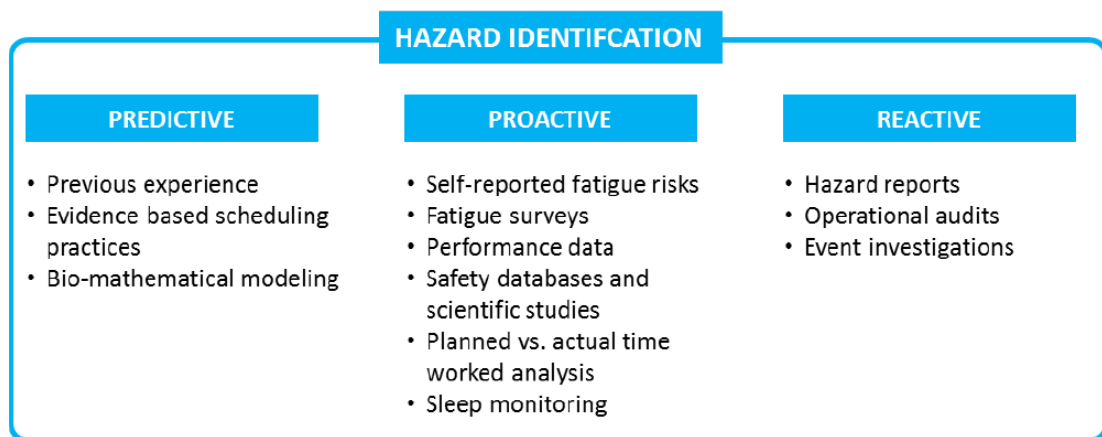


圖 1-1 ICAO 疲勞危害識別工具

(2) Performance-based approach

要求業者對於特定之航線派遣建置 FRMS，並須通過監理機關之核准。經核准之特定派遣得於維持相同或更高之安全水準下，免除飛時與休時法規限制。除了被動式的危害識別機制外，亦需要建置主動與預測式危害識別機制。我國目前之法規與民航通告雖鼓勵業者參照 FRMS 之內容管理疲勞危害，但尚未許可有免除飛時與休時法規限制之立法。

圖 1-2 為 ICAO 對於” Prescriptive approach” 與” Performance-based approach” 之說明與比較。

	PRESCRIPTIVE APPROACH	FRMS APPROACH
AIM	<p>The State</p> <ul style="list-style-type: none"> The State ensures that the service provider is managing their fatigue risks to a level acceptable to the State. <p>Service Provider</p> <ul style="list-style-type: none"> Service provider manages fatigue risks within constraints of prescribed limits using existing SMS processes. 	<ul style="list-style-type: none"> The State ensures that the Service Provider is managing their fatigue risks to a level equivalent to, or better than, a prescriptive approach. Service Provider identifies their limits, manages their fatigue risks within agreed safety objectives and targets, and monitors them through their FRMS processes. These are continually assessed and may be altered as a result of FRMS experience.
POLICY & DOCUMENTATION	<p>The State</p> <ul style="list-style-type: none"> Regulator sets the regulations for prescriptive limits and Service Provider obligations. The prescriptive limits are intended to be outer limits, not targets. <p>Service provider</p> <ul style="list-style-type: none"> Service Provider's SMS policy includes fatigue as a hazard to be managed. Service Provider documents duty time limits and non-duty time minimums in their operations manual. Service Provider maintains records of planned and actual working times. 	<ul style="list-style-type: none"> The State establishes FRMS regulations and develops processes for approval and oversight of FRMS. Service Provider has specific FRMS policy signed by the accountable executive. Service Provider's policy defines maximum work periods and minimum non-work periods for each operation covered by the FRMS. These limits may be altered by agreement with the Regulator as a result of FRMS experience. Service Provider develops full FRMS documentation including description of processes, outputs and training records. Service Provider develops specific fatigue report procedures and documentation. Service Provider documents decisions and actions made in response to fatigue hazards detected by the FRMS. Service Provider maintains records of planned and actual working times.
FATIGUE RISK MANAGEMENT PROCESSES	<p>The State</p> <ul style="list-style-type: none"> The State identifies generic fatigue hazards within an operational context. The State makes risk assessment based on generic information (scientific principles, literature reviews, best practices). The State identifies prescriptive limits. <p>Service Provider</p> <ul style="list-style-type: none"> Service Provider identifies fatigue hazards mainly through reactive processes, including data collected through existing safety reporting mechanisms. Service Provider considers scientific principles when developing work schedules (rosters) that are compliant with prescriptive limitation regulations. Service Provider assesses and mitigates their fatigue-related risks using existing SMS processes. 	<ul style="list-style-type: none"> The State reviews and approves the Service Provider's maximum work periods and minimum non-work periods for each part of their operations covered by the FRMS. The State reviews and approves the Service Provider's processes for fatigue hazard identification, risk assessment and mitigation. Service Provider identifies maximum work periods and minimum non-work periods for each part of their operations covered by the FRMS. Service Provider develops and implements reactive, proactive and predictive processes for identifying fatigue. Service Provider develops and implements fatigue risk assessment methodologies and adds specific fatigue

圖 1-2 Prescriptive approach 與 Performance-based approach 之說明與比較

	PRESCRIPTIVE APPROACH	FRMS APPROACH
		mitigation strategies.
SAFETY ASSURANCE	The State <ul style="list-style-type: none"> The State reviews compliance with prescriptive limits. The State reviews service provider's scheduling practices to evaluate whether they are based on scientific principles. SMS Safety Performance Indicators are agreed by the State and Service Provider. 	<ul style="list-style-type: none"> The State reviews and agrees to service provider-identified Safety Performance Indicators. The State may require adjustment of service provider-identified maximum duty limits and non-duty minimums.
	Service Provider <ul style="list-style-type: none"> SMS Safety Performance Indicators are agreed by regulator and Service Provider. Service provider considers changes to its operating environment and any impacts these changes may have on fatigue risks. 	<ul style="list-style-type: none"> Service Provider identifies FRMS Safety Performance Indicators. Service Provider considers changes to its operating environment and any impacts these changes may have on fatigue risks.
TRAINING AND COMMUNICATION	The State <ul style="list-style-type: none"> The State provides guidance for safety education and promotional material that includes fatigue. 	<ul style="list-style-type: none"> The State provides guidance for FRMS training and promotional material. The State assesses the service provider's fatigue training programme. The State develops an FRMS approval and oversight training programme for inspectors. The State assesses the effectiveness of their FRMS training programme.
	Service Provider <ul style="list-style-type: none"> Service provider assesses fatigue management training needs using SMS processes. Service provider safety training includes fatigue management specific to the operational context. Service provider keeps safety training records. Service provider considers fatigue when reporting on safety performance. Service Provider includes general fatigue information in internal safety communications. 	<ul style="list-style-type: none"> Service provider training includes fatigue management specific to how the FRMS works and roles of the various stakeholders. Service provider assesses the effectiveness of their FRMS training programme. Service provider keeps safety training records. Service provider identifies a feedback process to communicate fatigue issues identified through data collection. Service provider includes fatigue topics in internal safety communications.

圖 1-2 Prescriptive approach 與 Performance-based approach 之說明與比較 (續)

本課程則將航空業者之疲勞管理文化分為三種類型，如圖 1-3：

- (1) 法規符合文化 (compliance culture)：業者認為疲勞管理就是符合飛時與休時法規標準，符合法規就沒有疲勞的議題，其餘皆是組員應承擔的責任。
- (2) 責任共享文化 (responsibility culture)：業者與組員應共同承擔疲勞管理責任，除了符合飛時與休時法規標準外，業者會藉由 SMS，將疲勞視為其中一項危險因子進行管理。目前我國運輸業者多屬於此類。
- (3) 績效導向文化 (performance culture)：業者針對特定的派遣或飛航任務，應用疲勞、睡眠、認知能力與工作負荷評估等特定方法進行疲勞原因識別、風險分析、管控、以及持續監控管理績效，並能因應內/外環境變動，持續改善。

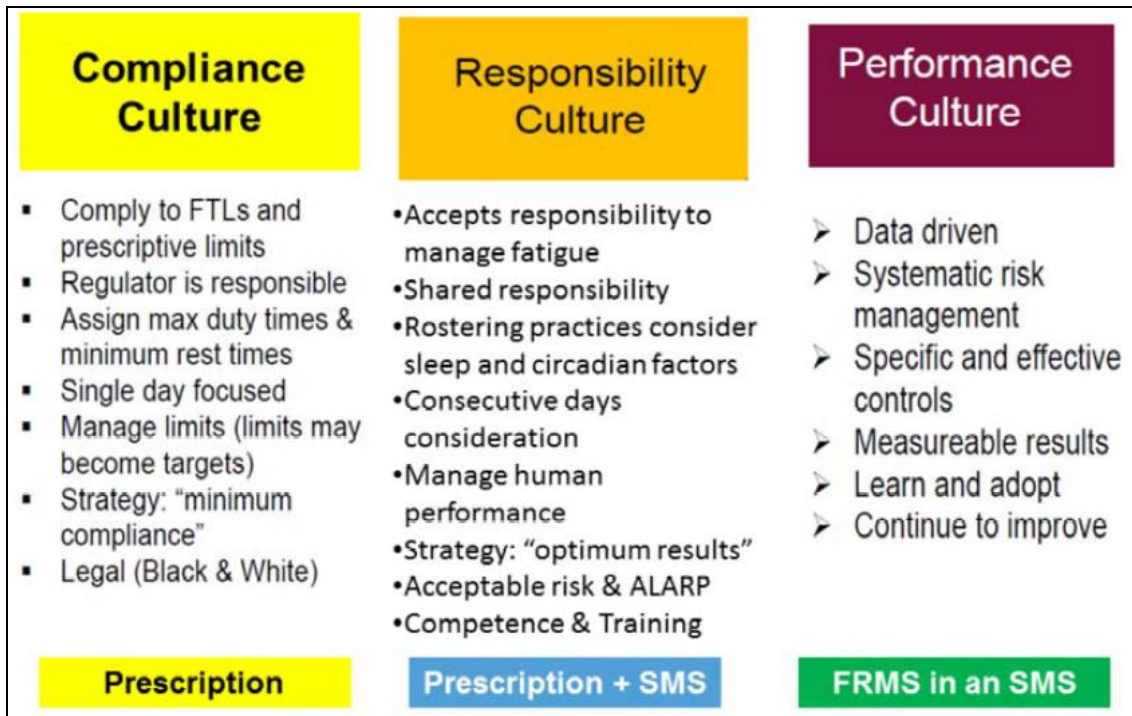


圖 1-3 疲勞管理文化類型

2. ICAO 疲勞管理相關標準與建議措施

國際民航組織（ICAO）於 2011 年 6 月起針對民航運輸業航空公司、國際普通航空業、以及飛航服務單位，陸續將疲勞管理相關標準與建議措施納入國際民航公約第 6 號附約與第 11 號附約包括：

- Annex 6, Part I. Operation of Aircraft, International Commercial Air Transport – Aeroplanes :
 - ✓ Chapter 4, Section 4.10-Fatigue Management（架構圖如圖 2-1）
 - ✓ Appendix 2. Organization and content of an operations manual, Section 2.1.2-Operations Manual Content
 - ✓ Appendix 7- FRMS requirements
- Annex 6, Part II. Operation of Aircraft, International General Aviation – Aeroplanes ;
 - ✓ Section 2, Chapter 2.2- Flight operations, 2.2.5- Duties of Pilot-in-Command
 - ✓ Section 3, Chapter 3.4- Flight operations, 3.4.2- Operations Management
- Annex 11. Air Traffic Services.
 - ✓ Chapter 2, General, Section 2.28-Fatigue Management

- ✓ Appendix 6. Prescriptive Fatigue Management Requirement
- ✓ Appendix 7- FRMS requirements

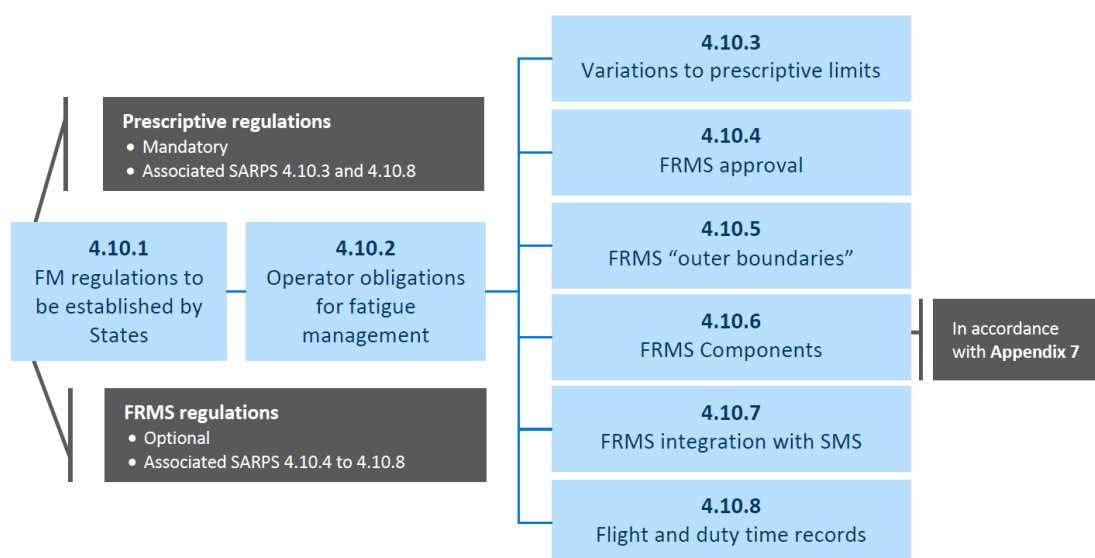


圖 2-1 國際民航公約第 6 號附約第一部 4.10 疲勞管理之法規架構

以下針對國際民航公約第 6 號第一部，適用於我國民航運輸業航空公司之標準與建議措施摘要說明如下：

4.10-疲勞管理

- 依據 4.10.1 節之標準，各會員國須依據科學的原則與知識，訂定相關規定以管理組員疲勞，目的係確保飛航與客艙組員於任務時能保持足夠的警覺能力。為此，會員國應訂定下列規定：
 - a) 訂定飛時與休時相關規定，包括：飛航時間（flight time）、飛航執勤期間（flight duty period）、執勤期間（duty period）、及休息期間（rest period）之限度等；
 - b) 訂定 FRMS 相關規定，授權航空器使用人可藉由 FRMS 管理組員疲勞。

上述第 1 項為強制性標準，第 2 項則為非強制性，也就是說，會員國須訂定飛航與客艙組員之飛時與休時限度，然可自行評估是否要訂定 FRMS 相關規定，供業者據以執行，然而不論何者，皆須有疲勞科學作為依據。

ICAO 建議會員國可使用 ICAO 全球安全監督查核計畫（USOAP）中，對該國整體飛安監理制度之評估，作為是否訂定 FRMS 相關規定之決策參考，對於缺乏有效執行力評估（lack of effective implementation），若評估結果為「低分（low score）」，其代表意義為：該國民航法規與國際標準一致；該國具備有效的民航監理機制、事故調查機制、危害與事件報告系統、並編制有足夠

且適任之人員；該國的航空業普遍能夠遵守民航法規、並建置有效的危害與事件報告與分析系統。即表示該國整體飛安監理制度成熟度可能已具備訂定與執行 FRMS 相關規定之條件。

ICAO 亦建議，在推動 FRMS 前，各會員國應先致力於強化組員飛時與休時相關限度，使其更加嚴謹，以能充分考量近年來組員疲勞相關之研究成果。除此之外，在 FRMS 架構下，組員飛時與休時限度並非固定，是可調整的，調整的狀況端視組員受疲勞的影響程度而定，所以不同航空公司或不同航線之組員飛時與休時限度可能不同，使得監理機關可能需要強化其能力，始能評估業者訂定之飛時與休時限度是否適當。因此，FRMS 相較於現行以飛時與休時規定管理組員疲勞之做法，監理機關可能需要增加疲勞管理相關之專業人力、強化人員訓練、訂定配套的作業指引與工具、以及建置專家支援系統等額外作為，此亦為各國政府自我評估是否已可訂定 FRMS 相關規定之考量要素。

- 4.10.2 節指出，當會員國已訂定有 4.10.1 節所述之法定飛時與休時限度，以及 FRMS 相關規定時，航空器使用人為管理疲勞相關安全風險，可有下列三種選擇：
 - a) 所有飛航任務之組員派遣皆遵循法定飛時與休時限度；或
 - b) 所有飛航任務皆使用 FRMS 管理組員疲勞；或
 - c) 部分飛航任務使用 FRMS，其餘仍遵循法定飛時與休時限度。

也就是說，除了傳統藉由遵循法定飛時與休時限度，並使用現有之 SMS 管理疲勞危害外，航空公司亦可對於某些特定航線或全部之飛航任務，藉由 FRMS 之建置與運作，提供相較於法定飛時與休時限度同等或更佳之安全水準時，在其 FRMS 經監理機關審核通過後，即可免受法定組員飛時與休時限度之規範。

- 4.10.4 節指出會員國核准航空器使用人之 FRMS 後，航空器使用人始得以該 FRMS 取代全部或部分之法定組員工時與休時限度。經核准之 FRMS 須提供相較於法定飛時與休時限度同等或更佳之安全水準。

此條文之重點在於國家須有一清楚具體的 FRMS 核准流程，要求業者提供具體證據證明其 FRMS 流程已有效運作，而非僅是書面審查業者之 FRMS 手冊或計畫。

- 4.10.5 節指出會員國核准業者之 FRMS 後，須建立一流程以確保業者之 FRMS 提供相較於法定飛時與休時限度同等或更佳之安全水準，作為此流程的一部分，會員國須：
 - a) 要求業者訂定最大飛時/飛航執勤期間、與執勤期間上限，與休息期間下限，並須經監理機關接受，上述數值須基於科學的原理與知識，並以安全確保流程予以監控；

- b) 當業者之資料顯示上述數值太高或太低時，須強制要求降低最大值及增加最小值；
- c) 核准增加最大值或降低最小值係只有業者基於 **FRMS** 運作經驗與疲勞相關資料證明這些變動具正當性。


本節的重點在於變動管理。飛時上限及休時下限之訂定，皆須依據科學的原理與知識，經過疲勞風險管理流程之評估，輔以疲勞危害改善措施之執行，以及安全確保流程之監視。一旦相關安全績效指標顯示該等限度偏高或偏低時，監理機關有權強制要求航空器使用人調整，甚至撤銷其 **FRMS**，此時業者須回歸到遵循法定工時與休時限度。當航空器使用人欲增加任何上限值及減少下限值時，亦須依據其運作 **FRMS** 所累積之經驗與疲勞相關數據資料，證明具合理性，監理機關始能核准。簡而言之，**FRMS** 的概念在於提供一套管理機制，讓業者與監理機關能夠持續投入於評估組員疲勞狀況，並據以調整組員工時與休時限度，而非只是訂定一個固定的工時與休時限度值。

- 4.10.6 節則指出，航空器使用人之 **FRMS** 應至少達成下列基本要求：
 - a) 應用科學的原則與知識於 **FRMS**；
 - b) 持續識別疲勞相關危害（**hazard**）並評估其風險；
 - c) 確保疲勞相關危害之改善作為能有效地減少其風險，且應盡速推動；
 - d) 持續監視及定期評估相關改善作為之成效；
 - e) 持續改善 **FRMS** 整體績效。

3. 疲勞科學

疲勞定義


依據 ICAO 的定義，疲勞（**fatigue**）係指組員可能因睡眠不足、持續清醒時間過長、生理時鐘、或工作負荷的影響，使其處於身體或心理表現能力衰退的狀態，進而削弱組員的警覺力及安全執行任務的能力。檢視 ICAO 對疲勞的定義乃包含疲勞的原因（**Causes**）、徵狀（**Symptoms**）與後果（**Consequences**）三部分，詳如圖 3-1。

ICAO Fatigue Definition


Fatigue in aviation has been defined by ICAO as:

Symptoms	A physiological state of reduced mental or physical performance capability
Causes	resulting from sleep loss or extended wakefulness, circadian phase, or workload (mental and/or physical activity)
Consequences	that can impair a crew member's alertness and ability to safely operate an aircraft or perform safety related duties.

Copyright © CAA International Limited & Fatigue Risk Management Science Ltd



4

A wholly owned subsidiary of the UK CAA
M2 Effective FRMS – Fatigue Science V04

圖 3-1 ICAO 對疲勞之定義

睡眠

哺乳類動物，包括人類之睡眠係被兩類機制所管理，一個為晝夜變動機制（circadian oscillator），係影響每日睡眠或清醒的時機，實際睡眠若能配合晝夜變動規律，乃易於獲得有效之睡眠，即能維持良好的睡眠品質；另一管理機制為睡眠/清醒之自我平衡（homeostatic state），亦即睡眠的驅動與需求量會隨著持續清醒時間增加而擴大，相對地，實際睡眠時間越長，清醒的驅動與時間相對增長。

睡眠結構：睡眠主要可分成兩種不同的類型，第一種睡眠稱快速動眼期睡眠（rapid eye movement sleep，簡稱 REM sleep），REM sleep 可以看到眼睛是會快速移動的，眼球快速轉動的原因是此時期為作夢的時間，腦部活動量大。另外一個階段就是非快速動眼期睡眠（non-rapid eye movement sleep，簡稱 NREM sleep），腦部活動少，體溫降低，代謝降低，NREM sleep 分做四個不同的階段，其中第一與第二階段為淺眠期，第三及第四階段為深睡期或慢波期，為身體休養及恢復期。

正常的睡眠從清醒第一個要進入的睡眠狀態是 NREM sleep（若直接進入 REM sleep 就是猝睡症【narcolepsy】，不是正常的睡眠），第一階段是處於醒/睡之間的階段，是最容易被叫醒的（失眠者主要是進入第一階段的時間會延長，或是第一階段的時間比一般人長）。接著進入第二階段，然後第三階段、第四階段。接著會從第四階段回到第三階段，再回到第二階段，此時正常不會回到第一階段，因為回到第一個階段會有機會清醒，而是進入到 REM sleep。

由清醒進入第一階段、第二階段、第三階段、第四階段再回到第三階段、第二階段，再進入 REM sleep，如此算一個睡眠週期，每一個週期約 90 分鐘。8 小時的睡眠時間約會經過 4 到 6 個週期，詳如圖 3-2，通常只有在前面兩個週期會進入深層睡眠，也就是說在入眠以後的前 3 個小時，是最難被喚醒的時間，後面的週期，深層睡眠會逐漸減少，在清晨階段，主要以第二階段的睡眠居多，實際上整個睡眠的過程也是以第二階段的睡眠最多約 45 至 60%，所以第二階段又稱作基礎睡眠（baseline sleep）。另外，後期的睡眠中進入 REM sleep 的比例會增加。睡眠品質不佳通常是指睡眠週期受到影響，即使睡眠量相同，效果卻不佳。

圖 3-3 是睡眠各階段的 EEG¹腦電波顯示狀況，可用來判斷睡眠的階段。清醒時主要是非同步的 alpha 波（7-13 Hz）跟 beta 波（13-30 Hz），振幅較小。第一與第二階段睡眠的腦波主要是 theta 波（4-7 Hz），頻率較清醒時慢。第一與第二階段主要的差別在於第二階段有一個比較快的波形產生，該波形約 13Hz，稱作睡眠紡錘波（sleep spindles），這種紡錘波只有在第二個階段會出現，通常以此判斷進入睡眠。第三與第四階段頻率變慢（0.5-4 Hz）但振幅變高，屬於 delta 波，是一種同步化的腦波，此時又稱慢波期，為身體休息、修復，以及中樞神經成熟重要的時期，生長激素分泌亦於此慢波期。至於 REM sleep 的腦波，基本上與清醒時的腦波很類似，雖然是在睡眠狀態下，惟大腦是處於高度活化狀態，主要出現的是 alpha 和 beta 波，因此 REM sleep 又稱作矛盾睡眠或活化睡眠（active sleep），REM sleep 為身體生長及中樞神經發育重要階段，負責整合日間學習記憶。

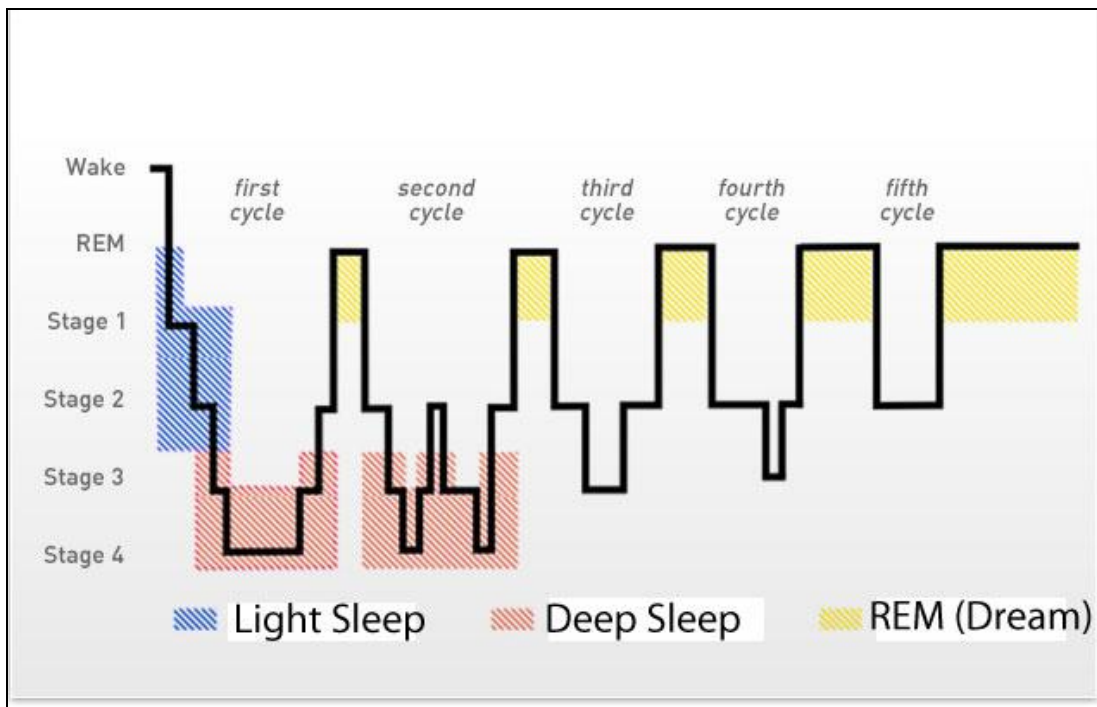


圖 3-2 睡眠階段之週期變化

¹ 腦電波儀 (Electroencephalography, EEG)：將腦中神經細胞產生的電位變化，放大後記錄下來的結果。臨床上是以前貼在頭皮上測量，所得的紀錄，為某一特定時間內多數腦細胞電位之綜合，而不是單一腦細胞之電位變化。

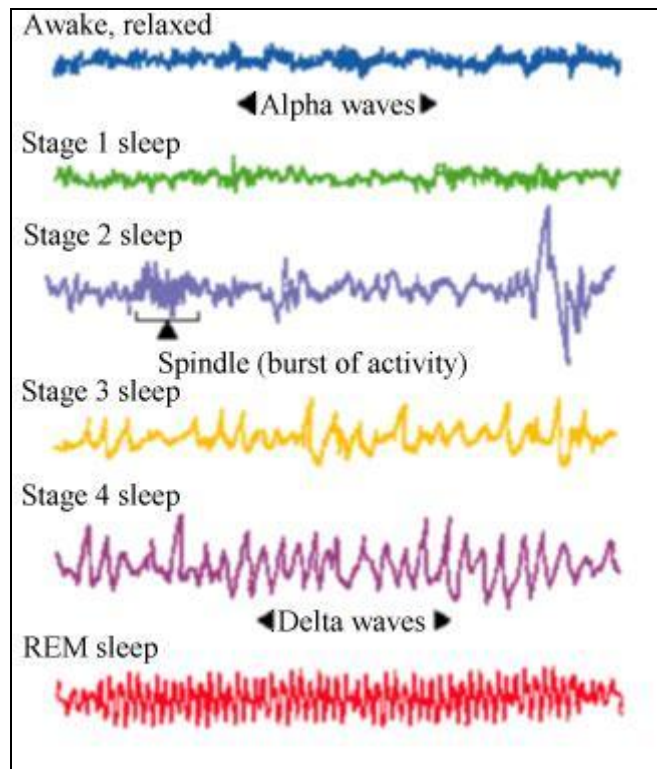


圖 3-3 睡眠各階段的 EEG 腦電波顯示狀況

年齡與睡眠

兒童、成人、老年人總睡眠時間不同，兒童最長，接著依序是成人、老年人；REM sleep 的睡眠時間各族群差距較小，NREM sleep 各睡眠階段之時間長度差異較大；兒童的深睡期（SWS）時間較長；老年人深睡期較短，且第一階段睡眠時間隨年齡而增長（stage 1），睡眠中清醒次數亦較多（WASO）。

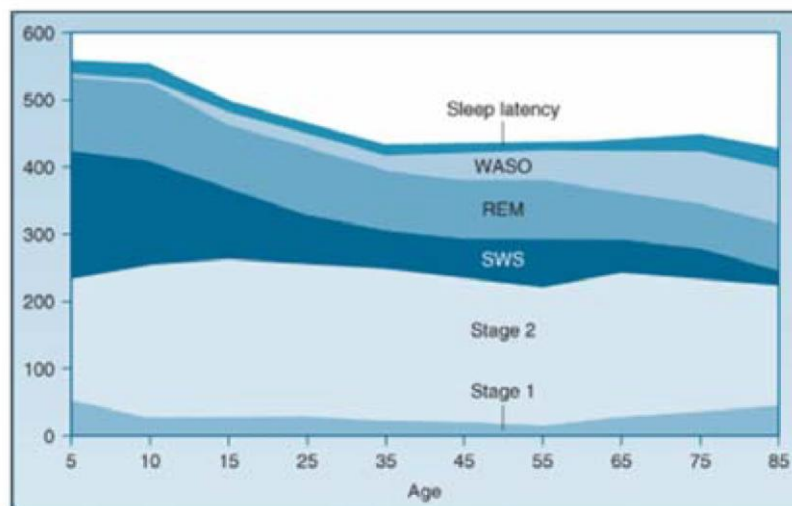


圖 3-4 睡眠與年齡之關係

光照與睡眠

人類的生理週期是由內在與外在因素所決定，所謂內在因素就是指控制生理時鐘的基因，而外在因素則包括光線及非光線的刺激。哺乳類動物的視交叉上核（*suprachiasmatic nucleus, SCN*）負責控制生理週期，如醒睡週期、體溫控制等。光線可經由刺激視網膜來產生神經傳導至視交叉上核，視交叉上核則可發出神經傳導至松果體而影響褪黑激素（*melatonin*）的分泌，所以照光後褪黑激素會減少，因而影響生理週期。

環境中的光線可經由刺激視交叉上核來影響人體生理週期，進而造成相位移動（*phase shift*），移動的程度則與光線暴露量大小以及時間長短有關。如對夜間工作者，建議其於白天回家路上戴太陽眼鏡避光，房間裝厚重窗簾阻擋光線，可幫助白天睡眠。對白天工作者，如果早上醒來精神不濟，則可考慮睡前將窗簾拉開，讓第二天早上陽光照進室內，可讓醒來時的精神變好。

生理時鐘

生理時鐘（*body clock*），亦稱“*circadian rhythms*”係指人類每日生理上多項功能或運作機制會隨晝夜時間變化，例如：睡眠或清醒、消化作用（*digestion*）、荷爾蒙分泌（*hormone production*）、體溫（*body temperature*）等。人體生理週期並非 24 小時，而是介於 23.8 至 27.1 小時為一次循環。人類夜晚會想要睡覺，白晝精神較佳，較不易入睡，亦是生理時鐘之影響。當人類生活作息與體內生理時鐘不協調時，即容易產生疲勞或導致睡眠品質不佳。一般生理時鐘低谷期（*circadian rhythm trough*）是介於 2230 時至 0430 時間²（加/減 1.5 小時）；午後低谷期（*post-lunch dip*）為 1400 時³加/減 0.75 小時，上述期間是一日之內人類整體認知能力相對較低的階段。*circadian rhythms* 可藉由於直腸測量核心體溫或藉由尿液測量褪黑激素量而獲得。另外藉由測量睡眠結構是否正常亦可瞭解受測對象生理時鐘是否恢復正常。

生理時鐘具每日重新調整的能力，惟其每日可調整之時數有限，1 日 23 至 27 小時間之生理時鐘是人類可以適應之變化程度，且人類對於延長生理時鐘之調整能力較佳，例如，往西飛，生理時鐘延長，1 小時時差需 1 日調整；往東飛，1 小時時差需 1.5 日調整。然而，若處於同一個時區，惟因排班影響由正常日班（0900-1700）改為夜班（2200-0600），生理時鐘可能需要更長的時間調整，文獻指出（如圖 3-5），可能需連續夜班 15 日後，工作期間之平均認知能力水準才能達正常之 90% 以上。

圖 3-6 則顯示生理時鐘對機上休息的影響，即使航空公司提供睡鋪給飛航組員，若處於生理時鐘較不利睡眠之時段（1600 時至 2000 時），飛航組員實際能夠睡著的時間仍有限。

² Core body temperature trough generally occurs between 22:30 and 04:30: Duffy, J., Dijk, D., Klerman, E., Czeisler, C. (1998). Later endogenous circadian temperature nadir relative to an earlier wake time in older people. *American Journal of Physiology*, 275, R1478-R1487.

³ Monk, T. (2005). The post-lunch dip in performance. *Clinical Sports Medicine*, 24, e15-e23.

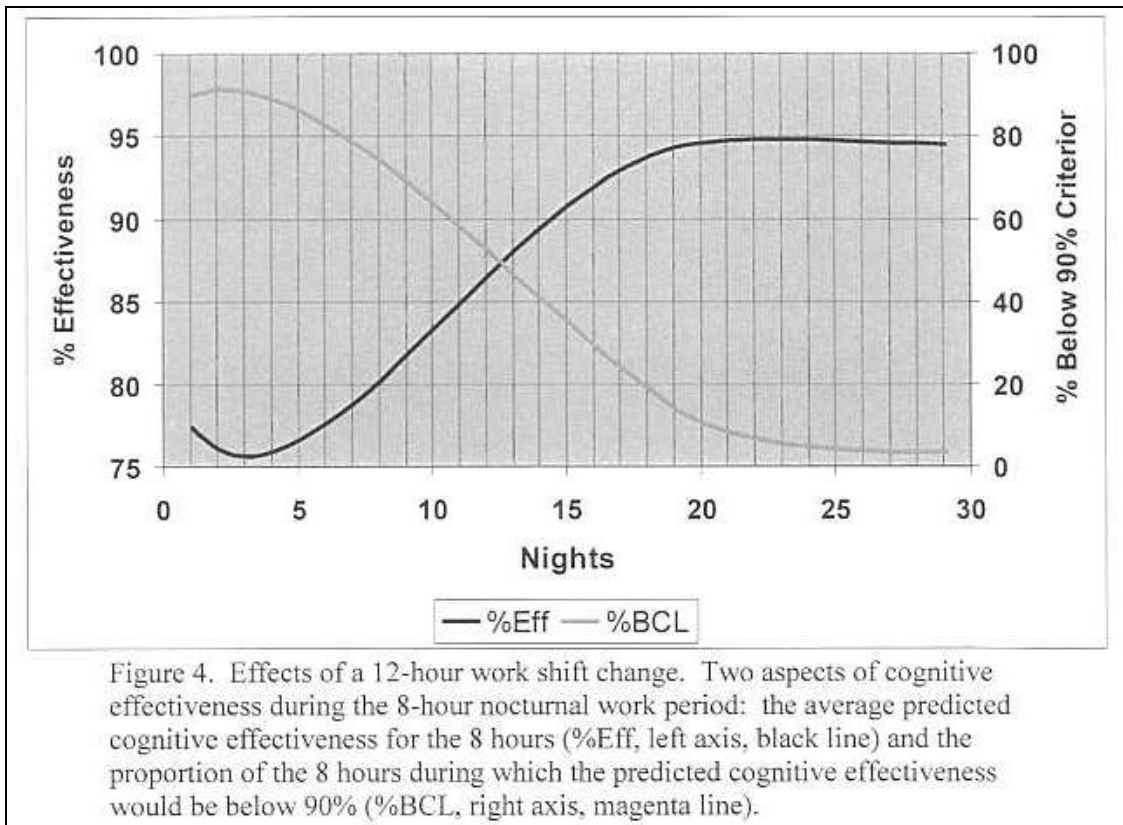


圖 3-5 日班改為夜班之生理時鐘適應狀況

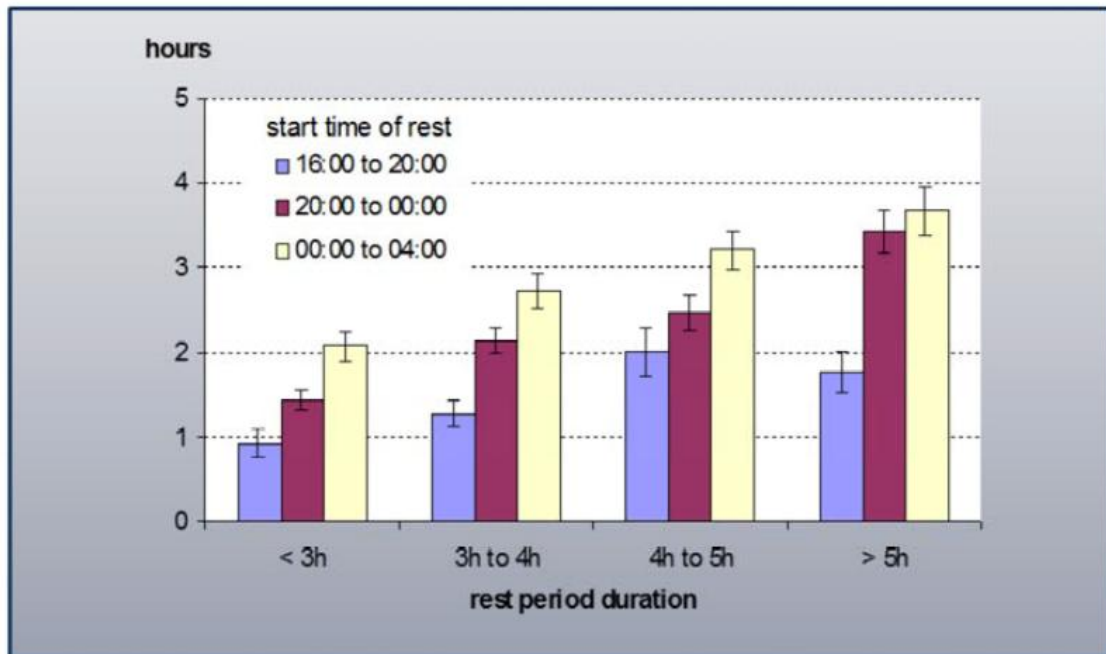


圖 3-6 生理時鐘對機上休息之影響

睡眠慣性

睡眠慣性 (sleep inertia) 可定義為：“the temporary disturbance in performance that often occurs immediately following awakening(人類由睡眠中清醒時所處於一種暫時性認知能力水準不佳之狀態)”。睡眠慣性是種正常的生理現象，其影響時間通常是在清醒後 30 分鐘內，最長可達 2 小時，特別是原已有睡眠不足、或/及於熟睡期、或生理時鐘低點清醒時，睡眠慣性持續時間會較久，因此如待命勤務、機上輪休後，應避免仍處於睡眠慣性影響下工作。

圖 3-7 是小睡 (nap) 與疲勞指數之實驗數據，圖中可發現小睡後短暫時間內之疲勞指數會高於未小睡，且小睡 1 小時後清醒於短暫時間內疲勞指數高於小睡 10 分鐘後清醒，此為睡眠慣性之影響，小睡 1 小時由於已達熟睡期，因此清醒後之睡眠慣性影響較大亦較久。但是一旦睡眠慣性之影響消失後，小睡 1 小時對於減緩疲勞之效果就優於 10 分鐘。

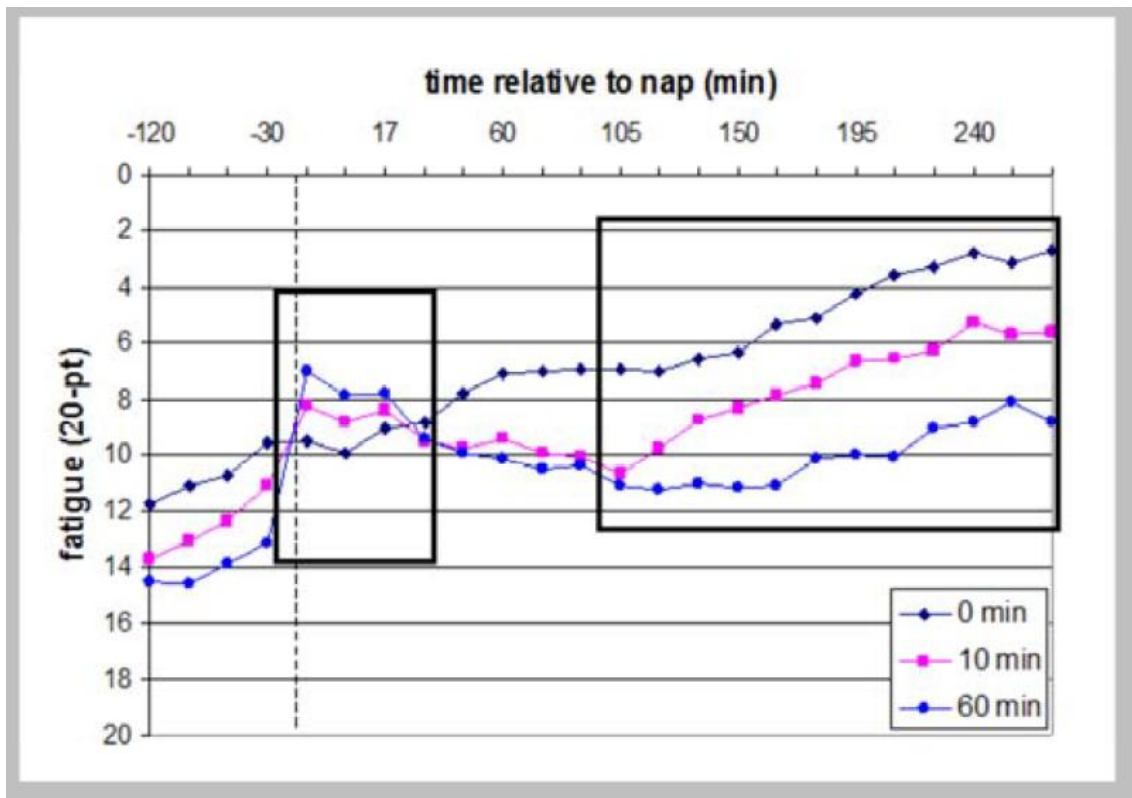


圖 3-7 小睡與疲勞指數之實驗數據

個人差異性

每個人每日的睡眠需求量，與生理時鐘相位是存在差異性的。睡眠需求量而言，有人需求高，有人需求低；生理時鐘而言，有人相位較正常提早，有人延遲。這是疲勞評估時需要考量的。

持續清醒時間

人類隨著持續清醒時間 (continuous wakefulness) 越長，睡眠需求越高，相對地疲勞程度亦越高。研究上係將持續清醒時間以血液中酒精濃度 (blood alcohol concentration, 簡稱 BAC) 進行對比⁴，如圖 3-8。當持續清醒時間達 17 小時，相當於 BAC 值 0.05，手眼協調能力已顯著下降；持續清醒時間達 22 小時，相當於 BAC 值 0.08，可視為持續清醒時間之極限值，研究上指出多數人都會開始出現 micro-sleep 與身體狀態不穩 (state instability) 之現象。

然而，理想之持續清醒時間長度日夜亦會有差異，若在夜間建議之持續清醒時間會較短，例如當於含生理時鐘低谷期連續工作時間達 10 小時，可能已達高疲勞水準。

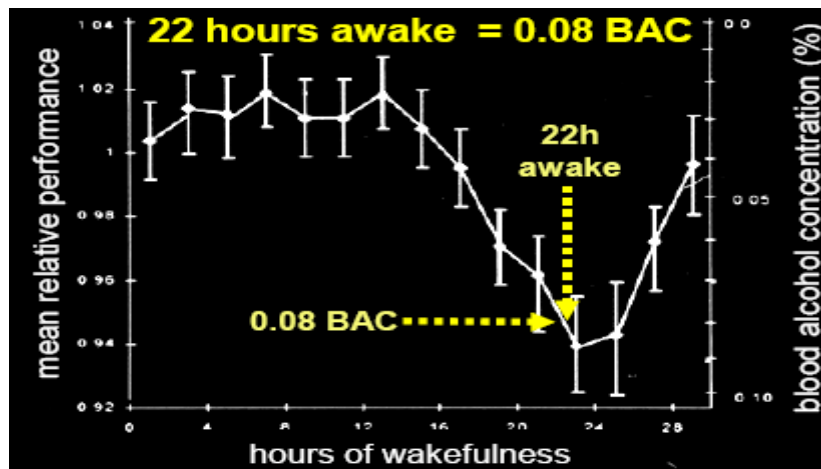


圖 3-8 持續清醒時間相對於血液中酒精濃度之關係

Micro-sleep

Micro-sleep 是指人類在無法控制下進入短暫的睡眠狀態，持續時間約數秒至 30 秒，是屬於人類處於高度疲勞狀態下所出現之疲勞身體徵兆。ICAO 將其定義為「A short period of time (seconds) when the brain disengages from the environment (it stops processing visual information and sounds) and slips uncontrollably into light non-REM sleep. Micro-sleeps are a sign of extreme physiological sleepiness.」。

Sleep loss

熬夜未睡眠後，接下來的睡眠結構會改變，第一夜睡眠的深睡期比例會較正常高；第二夜 REM sleep 的比例會較正常高；通常第三夜睡眠結構會恢復正常，亦是以此判斷是否由熬夜的影響中恢復。然而時差尚未適應者，可能需要更長的恢復期。

⁴ Dawson, D., & Reid, K. (1997). Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature*, 388, 235.

良好睡眠習慣

維持舒適的睡眠情境：

- 燈光：室內宜昏暗為主，避免明亮的燈光照射。
- 溫度：房間溫度建議 25 至 26°C，可以適當使用冷氣、電風扇。
- 避免噪音：保持房間環境安靜，若是屋外有無法避免的噪音，可在房間加裝隔音窗戶或其他隔音設備。舒緩的音樂或開電風扇來產生背景聲音，以降低噪音的影響。睡眠前提醒家人或飯店人員勿打擾。
- 飲食：睡前 4 到 6 小時內避免飲用含酒精、咖啡因、茶類或其他提神飲料，睡前三小時避免大量飲食如：吃宵夜等。雖然酒精有暫時幫助入睡的效果，縮短入睡時間，但在身體代謝之後反而會中斷睡眠，影響正常睡眠結構，延緩或抑制 REM sleep，對於有睡眠呼吸中止症候群者，亦會加重其影響。
- 溫水澡：睡前約 90 分鐘內洗溫水澡，有利於末端血管擴張，降低體溫，有利睡眠。

睡眠時間：

- 固定睡眠時間，建議晚上上床睡覺時間是晚上 11 點，睡眠 7 至 8 小時，勿超過 9 小時。
- 躺床超過 30 分鐘仍無法入睡時，可以起床做些緩和運動、散步、看書等，等有睡意再入睡，避免睡前上網及看電視。
- 維持固定的生活作息時間，避免早上賴床、隨意小睡。
- 確實填寫睡眠日誌有助於瞭解及改正睡眠習慣。

控制光線的照射協助生理時鐘的調節：

- 睡覺時要控制臥室中的光線，避免室內光度太亮，如第二天早上醒來精神不佳可於睡前將窗簾及百葉窗打開，讓陽光喚醒生理時鐘。
- 夜班工作者在早上回家時可戴太陽眼鏡，以避免早晨照光對於白天睡眠的負面影響，並於入睡時保持室內昏暗。

規律的運動：

- 每週運動 3 天，每天至少 30 分鐘。
- 運動時期最大心跳： $(220 - \text{年齡}) * 0.8$ 。
- 日間運動有助於白天精神變好及夜晚睡眠品質，但避免睡前三小時劇烈運動。

該不該睡午覺：健康的午睡固定 20 至 30 分鐘最恰當，若是超過 30 分鐘，身體便會進入不易睡醒的深睡期，容易打亂生理時鐘，影響正常晚覺。

睡眠障礙

睡眠障礙 (sleep disorder) 會影響睡眠的品質，進而影響工作時之精神狀態。常見睡眠障礙如下：

失眠 (insomnia)：

失眠是最常見的睡眠障礙，全球盛行率約 26.8%。失眠可分為入睡困難或入睡容易但睡眠無法維持，也可依發生時間長短分為暫時性失眠 (持續幾天) 及慢性失眠 (持續一至三個月)。暫時性失眠多與生活壓力相關，壓力消失後，失眠就會痊癒。

慢性失眠肇因如下：日夜節律障礙，睡眠環境不良，內科疾病、神經疾病或精神疾病、藥物以及不明原因失眠。長時間失眠會造成免疫力變差，生活品質下降，生產力下降，意外事件增加等。

治療失眠先要釐清失眠的原因並加以矯正，其餘再考慮施予認知行為治療或藥物治療。藥物治療包括治療潛在內科或精神科疾病，例如以精神科藥物治療憂鬱症及焦慮症、以消炎鎮痛藥治療風濕疾病、以多巴胺接受體治療週期性下肢抽動 (periodic leg movement)，以及使用輔助性藥物改善睡眠。

睡眠呼吸中止症候群 (obstructive sleep apnoea, OSA)：

睡眠時的生理變化包括呼吸驅動力下降，氣道阻力增加及肌肉收縮力下降，當變化程度超過生理範圍則會造成睡眠呼吸中止。睡眠呼吸中止可分為中樞型和阻塞型，前者為中樞神經呼吸驅動力下降，導致呼吸量異常，後者的中樞神經呼吸驅動力正常，但上呼吸道肌肉張力於睡眠時大幅下降，造成上呼吸道塌陷，氣流阻滯以及血氧降低。中樞型的睡眠呼吸中止較少見，可能的原因包括心衰竭以及腦神經病變。阻塞型睡眠呼吸中止則相當普遍，約有 4% 的男性及 2% 的女性有此症狀。通常年齡介於 40 至 60 歲，男性，肥胖 (身高體重指數高於 30)，頸圍大於 43 公分，習慣性打鼾 (每星期≥3 晚)，以及患有高血壓者較容易患有阻塞型呼吸睡眠中止。

睡眠呼吸中止症候群的臨床症狀包括：經常性打鼾、嗜睡、注意力不集中、夜尿、高血壓、被目睹呼吸中止、睡醒時會口乾、疲倦及頭痛。通常一個人有習慣性打呼，呼聲很大 (隔兩個房間之的距離也聽得到)，以及經常被目睹睡眠呼吸中止 (每星期≥3 晚)，則患有中重度睡眠呼吸中止的可能性為一般人的 3 至 4 倍。

睡眠呼吸中止的標準診斷方法為整夜睡眠多項生理檢查 (overnight polysomnography)，藉由偵測腦波、胸腹運動、呼吸氣流、血氧以及心電圖等，記錄睡眠中的各項生理變化。以上檢查不但可以正確診斷出睡眠呼吸中止症候群，對於睡眠結構以及影響睡眠的原因，如週期性下肢抽動亦有幫助。

阻塞型睡眠呼吸中止的治療方式視中止嚴重度而定，一般先由戒酒、戒煙、減重

及側睡開始。輕度患者若日間嗜睡症狀不明顯，可接受局部手術治療將鬆弛的組織切除，使上呼吸道直徑擴大，亦可戴牙套將下顎往前推，以避免在睡眠時上呼吸道塌陷。然而，症狀明顯或嚴重的呼吸中止患者，應接受連續性正壓呼吸器治療。

FAA 體檢規定，BMI（身體質量指數）大於或等於 40 且頸圍大於 17 英吋者必須進一步檢查以診斷是否有 OSA。

4. 疲勞調查方法

ICAO 疲勞相關指引中，提供有飛安事件疲勞評估檢查表，詳如圖 4-1。

飛安事件之疲勞分析流程整理如下：

- (1) 確認該派遣符合法規要求；
- (2) 蒐集調查對象個人睡眠需求與特性；
- (3) 評估調查對象於事件時是否具備疲勞形成條件或顯著疲勞程度（test for existence）；
- (4) 評估調查對象於事件時之行為表現，是否與人在疲勞狀況下可能之行為表現一致，即存在疲勞徵狀（test for influence）；
- (5) 檢視組織之疲勞風險管理機制/調查對象之家庭、社交、與個人因素。

疲勞形成條件中睡眠/清醒相關評估指標如下：

- (1) 短期睡眠不足/事故前三個睡眠時段之睡眠量與品質不足（acute sleep disruption）；
- (2) 長期睡眠不足（chronic sleep disruption）；
- (3) 持續清醒時數（continuous wakefulness）；
- (4) 生理時鐘因子（circadian factor）：低谷期/時差；
- (5) 睡眠障礙（sleep disorders）：如失眠症、嗜睡症、阻塞型睡眠呼吸中止症等；
- (6) 藥物影響、心理狀況、或疾病（medical, psychological, illnesses and drugs）。

疲勞形成之任務相關評估指標如下：

- (1) 工作環境（work environment）：偏冷、偏熱、吵雜、昏暗之工作環境；
- (2) 工作負荷（workload）：任務與訓練兼施、班機延誤、遭遇惡劣天氣等；
- (3) 飲食因素（diet）：工作時已長時間未用餐。

疲勞可能徵狀評估指標：

(1) 情緒性徵狀 (emotional symptoms)

- 情緒 (mood)
 - ✓ 相較正常時不愛交談；
 - ✓ 不想執行需求較低之工作；
 - ✓ 較易怒、煩躁；
 - ✓ 易因小事而分心。
- 態度 (attitude)
 - ✓ 出現對風險接受度變高之心態；
 - ✓ 故意忽略正常的檢查作業或執行步驟；
 - ✓ 出現”蠻不在乎”之心態。

(2) 認知性徵狀 (cognitive symptoms)

- 注意力 (attention)
 - ✓ 漏看或看錯程序中之某步驟；
 - ✓ 程序執行順序錯誤；
 - ✓ 心裡持續想著某一事物；
 - ✓ 未注意到自己不佳之行為表現；
 - ✓ 使用舊有的習慣或方式執行任務；
 - ✓ 專注於較不重要的問題而忽略更重要的問題；
 - ✓ 未能察覺情況之危險性；
 - ✓ 未能預判可能之危害；
 - ✓ 警覺力下降；
 - ✓ 未能注意警告訊號。
- 記憶力 (memory)
 - ✓ 忘記某一步驟或任務有關之事情；
 - ✓ 忘記任務或事情之順序；
 - ✓ 記錯任務有關之事情。
- 反應時間 (reaction Time)
 - ✓ 反應太慢，較正常需要更長的時間去接受刺激、解讀刺激及行動；
 - ✓ 面對正常、異常或緊急狀況之各種刺激一同或相繼出現時不知如何反應。
- 問題解決能力 (problem-solving ability)
 - ✓ 出現錯誤的決策邏輯；

- ✓ 面對算數或幾何相關問題之計算出現困難；
- ✓ 使用不恰當之改正動作；
- ✓ 未能正確地解讀所面臨的狀況或問題；
- ✓ 不佳之距離、速度或時間判斷。

(3) 身體性徵狀 (physical symptoms)

● 清醒程度 (alertness)

- ✓ 不自覺地進入睡眠狀態 (micro-sleep)、或長時間之睡眠；
- ✓ 身體自動產生的操作動作或反應 (automatic behavior syndrome, ABS)。

● 生理影響 (physiological effects)

- ✓ 講話含糊不清、速度變慢；
- ✓ 操作之靈巧、敏捷度降低、按鍵輸入或開關選擇錯誤率增。

組織/家庭/社交/個人相關因素檢視說明如下：

- (1) 組織因素：組織決定或影響員工之工作時間、休息時間、休息環境、待命時間、排班、輪班、人員派遣、任務要求與環境、績效標準、疲勞管理機制等。
- (2) 家庭/社會因素：維持家庭生活需求（如：孩童接送、新生兒照顧、生活用品採買）、家庭有重要事件或活動發生、家庭睡眠環境不佳、親戚或友人之社交活動需求等。
- (3) 個人因素：缺乏疲勞相關之知識或/及因應策略、時差或輪班工作調適能力差、缺乏運動、長時間通勤需求、個性、嗜好、習慣、年齡等。

Checklist 1. Establishing the Fatigued State

Questions	Best Case Responses	Investigator's Notes
Quantity of Sleep establish whether or not there was a sleep debt		
How long was last consolidated sleep period?	7.5 to 8.5 hours	
Start time?	Normal circadian rhythm, late evening	
Awake Time?	Normal circadian rhythm, early morning	
Was your sleep interrupted (for how long)?	No	
Any naps since your last consolidated sleep?	yes	
Duration of naps?	Had opportunity for restorative (1.5-2 hrs) or strategic (20 min) nap prior to start of late shift	
Describe your sleep patterns in the last 72 hours. (Apply sleep credit system)	2 credits for each hour of sleep; loss of one credit for each hour awake - should be a positive value	
Quality of Sleep establish whether or not sleep was restorative		
How did the sleep period relate to the individual normal sleep cycle i.e., start/finish time?	Normal circadian rhythm, late evening/early morning	
Sleep disruptions?	No awakenings	
Sleep environment?	Proper environmental conditions (quiet, comfortable temperature, fresh air, own bed, dark room)	
Sleep pathologies (disorders)	None	

圖 4-1 飛安事件疲勞評估檢查表

Checklist 1: Establishing the Fatigued State (continued)

Questions	Best Case Responses	Investigator's Notes
Work History establish whether hours worked and type of duty or activities involved had an impact on sleep quantity and quality		
Hours on duty and/or on call prior to the occurrence?	Situation dependent - hours on duty and/or on call and type of duty that ensure appropriate level of alertness for the task	
Work history in preceding week?	Number of hours on duty and/or on call and type of duty that do not lead to a cumulative fatigue	
Irregular Schedules establish whether the scheduling was problematic with regards to its impact on quantity and quality of sleep		
Was crew member or controller a shift worker (working through usual sleep times)?	No (The circadian body clocks and sleep of shift workers do not adapt fully)	
If yes, was it a permanent shift?	Yes -days	
If no, was it rotating (vs irregular) shift work?	Yes - Rotating clockwise, rotation slow (1 day for each hour delayed), night shift shorter, and at the end of cycle	
How are overtime or double shifts scheduled?	Scheduled when crew members or controllers are in the most alert parts of the circadian body clock cycle (late morning, mid evening)	
Scheduling of critical safety tasks?	Scheduled when crew members or controllers are in the most alert parts of the circadian body clock cycle (late morning, mid evening)	
Has crew member or controller had training on personal fatigue mitigation strategies?	Yes	
Jet Lag establish the existence and impact of jet lag on quantity and quality of sleep		
Number of time zones crossed?	one	
If more than one, at what rate were they crossed?	the slower the better	
In which direction was the flight?	westward	

圖 4-1 飛安事件疲勞評估檢查表 (續)

Checklist 2: Establishing the Link Between Fatigue and the Unsafe Act(s)/Decision(s)

Performance Indicators	Investigator's Notes
Attention	
Overlooked sequential task element	
Incorrectly ordered sequential task element	
Preoccupied with single tasks or elements	
Exhibited lack of awareness of poor performance	
Reverted to old habits	
Focused on a minor problem despite risk of major one	
Did not appreciate gravity of situation	
Did not anticipate danger	
Displayed decreased vigilance	
Did not observe warning signs	
Memory	
Forgot a task or elements of a task	
Forgot the sequence of task or task elements	
Inaccurately recalled operational events	
Alertness	
Succumbed to uncontrollable sleep in form of microsleep, nap, or long sleep episode	
Displayed automatic behavior syndrome	
Reaction Time	
Responded slowly to normal, abnormal or emergency stimuli	
Failed to respond altogether to normal, abnormal or emergency stimuli	
Problem-Solving Ability	
Displayed flawed logic	
Displayed problems with arithmetic, geometric or other cognitive processing tasks	
Applied inappropriate corrective action	
Did not accurately interpret situation	
Displayed poor judgment of distance, speed, and/or time	

圖 4-1 飛安事件疲勞評估檢查表（續）

Checklist 2: Establishing the Link Between Fatigue and the Unsafe Act(s)/Decision(s) (continued)

Performance Indicators	Investigator's Notes
Mood	
Was less conversant than normal	
Did not perform low-demand tasks	
Was irritable	
Distracted by discomfort	
Attitude	
Displayed a willingness to take risks	
Ignored normal checks or procedures	
Displayed a 'don't care' attitude	
Physiological Effects	
Exhibited speech effects	
Exhibited reduced manual dexterity - key-punch entry errors, switch selection	

圖 4-1 飛安事件疲勞評估檢查表（續）

5. 疲勞生物數學模式

ICAO 對疲勞生物數學模式之定義如下：*a computer program designed to predict aspects of a schedule that might generate an increased fatigue risk for the average person, based on scientific understanding of the factors contributing to fatigue*（依科學上對疲勞原因的瞭解所發展之電腦程式，以預測班表所存在的疲勞風險）。疲勞生物數學模式是屬於預測式（**predictive**）疲勞危害識別工具，其限制因素如下：

- (1) 主要考慮睡眠與清醒相關變數；
- (2) 不考慮個人之差異：睡眠需求差異、睡眠習慣、時差適應狀況、睡眠相關障礙、疾病、用藥或酒精影響等；
- (3) 不考慮睡眠品質的差異；
- (4) 不考慮任務時工作負荷、環境因素、壓力等所導致的疲勞。

本課程係介紹英商 Fatigue Risk Management Science Limited（簡稱 FRMSc）所開發之疲勞生物數學模式- System for Aircrew Fatigue Evaluation predictive fatigue model for pilot（簡稱 SAFE），目前全球已有許多民航運輸業航空公司使用 FRMScs 公司之 SAFE 進行疲勞分析，例如：新加坡航空、紐西蘭航空、日本航空、英國航空、國泰航空、馬來西亞航空、台灣虎航等。另外，包括英國與澳洲等民航監理機關之研究報告亦認可此軟體可評估組員班表疲勞風險。

SAFE 主要功能係可預測飛航組員班表中所存在之疲勞風險。當輸入班表任務相關之必要變數，可估算出可能之睡眠時段，以及每趟任務中每 15 分鐘之疲勞水準，並提供多種疲勞指標，包括：警覺度指數、Samn-Perelli 指數、Karolinska 睡眠量

表指數、反應力測試指標等，最常用者係 Samn-Perelli 指數，為 7 尺度之疲勞評量指標，如圖 5-1。

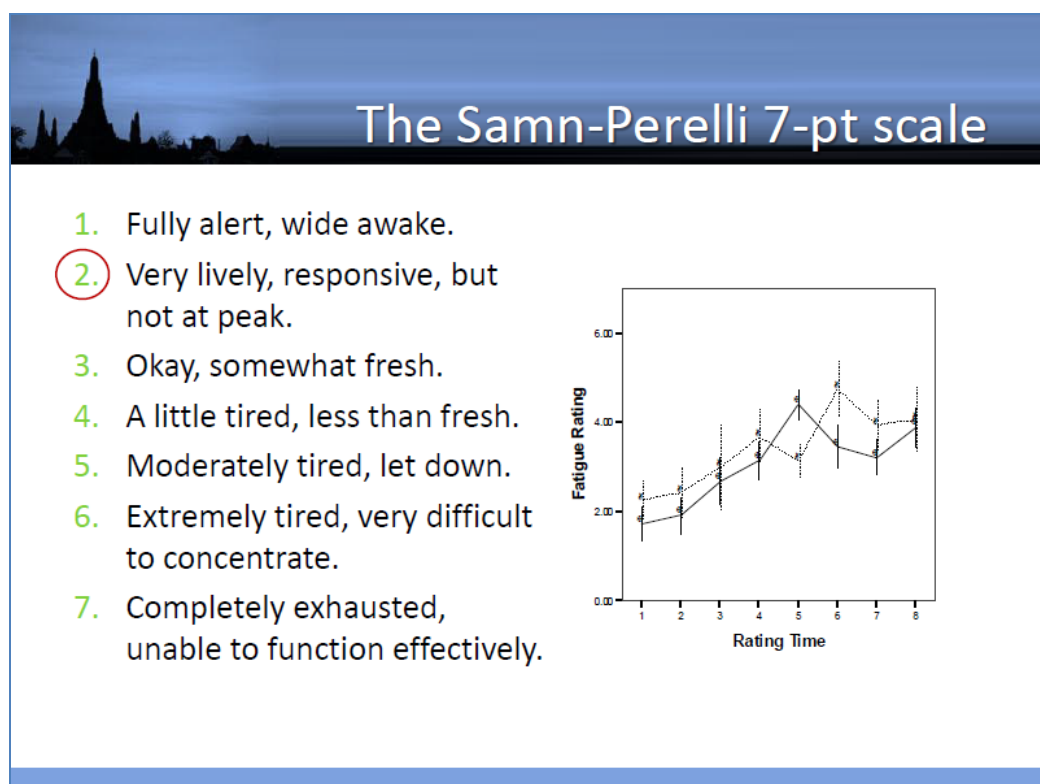


圖 5-1 Samn-Perelli 疲勞評估指數

一般航空公司在使用的時候，會先設定最高可容忍之疲勞值，通常是使用 Samn-Perelli 疲勞評估指數 5 分或以上為門檻值。當所有飛航組員次月班表排定完成後，SAFE 可識別出高於門檻值之飛航任務，航空公司則可據此調整班表，設法使其低於門檻值。另外 SAFE 亦可計算出增派飛航組員或機上輪休之疲勞水準；亦可手動輸入飛航組員實際之睡眠時段，有助於飛安事件調查之疲勞評估。SAFE 之顯示畫面如圖 5-2、5-3、5-4、5-5 與 5-6。

整體而言，SAFE 可協助業者辨識每一飛航組員班表中高疲勞風險之派遣；亦可作為員工教育訓練與溝通之工具。SAFE 亦可協助於飛安事件調查中評估飛航組員可能之疲勞程度，惟其僅考慮睡眠與清醒相關變數，應充分了解後妥適運用。

依據 ICAO 對疲勞的定義，疲勞亦應考慮工作負荷；另參考 ICAO Doc 9966 FRMS Manual Appendix H. Bio-mathematical models，亦有提醒目前的疲勞分析軟體未考慮個人工作負荷與工作壓力對疲勞程度之影響。因此，於疲勞分析後，可以軟體評估結果為基礎再額外考量工作負荷部分。

工作負荷可考慮的因素包括：任務與訓練兼施、地形影響（特別是針對直昇機或普通航空業任務所面臨的多地障地形）、天氣影響（如遭遇惡劣天氣增加避讓需求、颱風使得遭遇亂流頻率增加、天氣炎熱駕艙溫度高）、任務強度（如多次起降）、

機場或空域繁忙、航機帶最低裝備需求手冊（MEL）許可之故障飛行而影響航機性能或增加因應程序、乘客因素（特別是針對客艙組員假期航班、學生團體乘客、滋擾旅客）、工作負荷過低，特別又處於生理時鐘低谷期時。

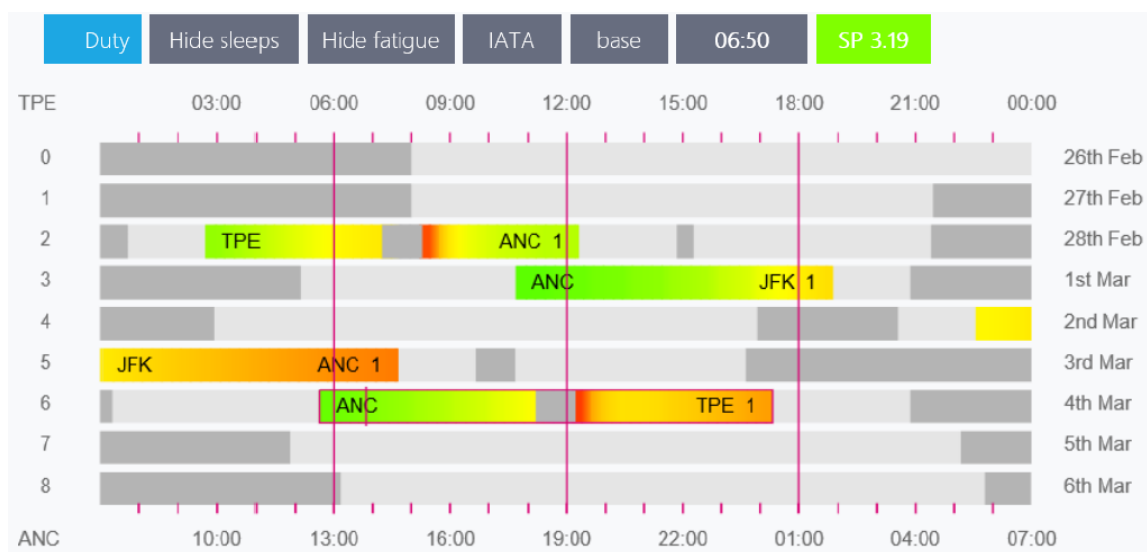


圖 5-2 個別組員班表輸入後之疲勞水準畫面（灰色為預估之睡眠時段/任務時之疲勞水準由低到高顏色會由綠轉黃轉紅之方式呈現）

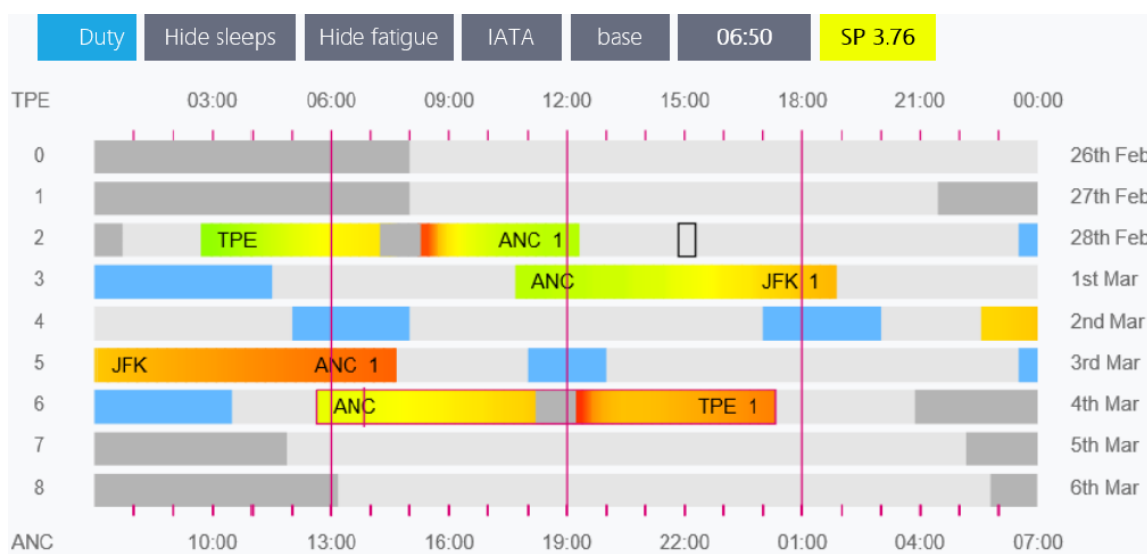


圖 5-3 個別組員班表與實際睡眠時段輸入後之疲勞水準畫面（藍色為實際睡眠時段/任務時之疲勞水準由低到高顏色會由綠轉黃轉紅之方式呈現）

SP 3.19

On the SP scale, the predicted level of alertness for duty ANC - TPE on day 6 at 03 Mar 2010 06:50 (base) is 3.19 This is 1.3 hours into the duty period lasting a total of 11.7 hours.

Samn Perelli Scale Definitions

1. fully alert, wide awake
2. very lively, responsive, but not at peak
3. okay, somewhat fresh
4. a little tired, less than fresh
5. moderately tired, let down
6. extremely tired, very difficult to concentrate
7. completely exhausted, unable to function effectively

This is equivalent to 3.98 on the KSS scale, and 52.37 on the AS scale.

At this mean level of alertness, the probability of a value of at least 8 on the Karolinska Sleepiness Scale is 0.02.

圖 5-4 任務時段每 15 分鐘 SAFE 可預測出一個疲勞水準值，主要是以預選之疲勞指標呈現其數值，點選後，可看到不同疲勞評估指標之數值

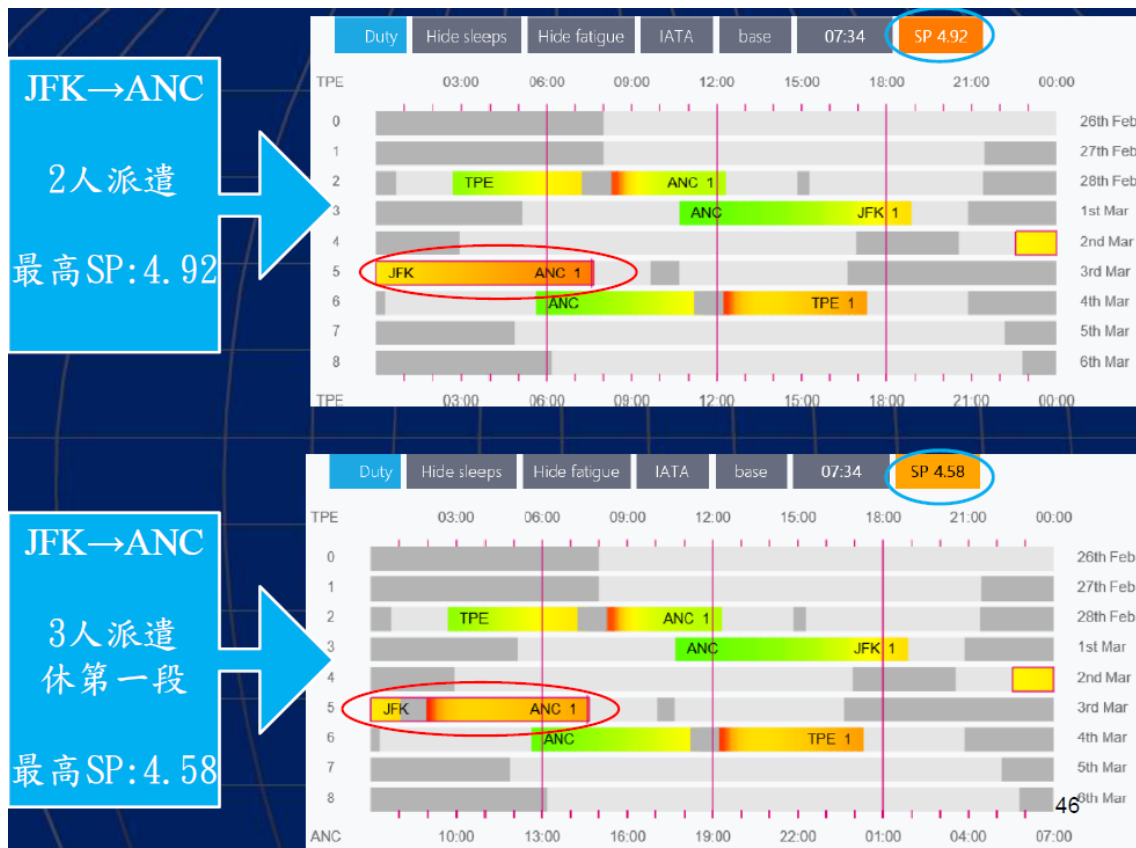


圖 5-5 SAFE 可計算出增派飛航組員或/及安排機上輪休後之疲勞水準變化

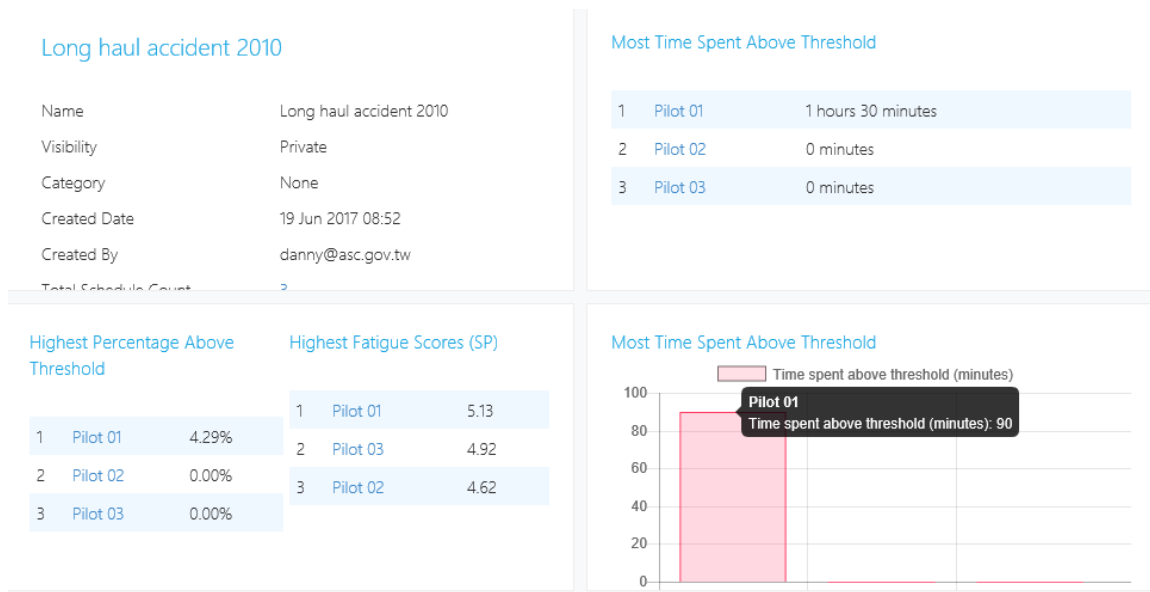


圖 5-6 基本統計分析功能，SAFE 可提供每一位飛航組員所輸入班表最高之疲勞值、超出門檻值之時間長度與百分比

6. FRMS 架構與建置

FRMS 起源於澳洲一家運輸公司-Queensland Transportation，為管理旗下卡車司機工作時數所發展之管理模式。在航空界，最早係紐西蘭航空（Air New Zealand）於 1995 年開始發展 FRMS。後續包括：歐盟、加拿大、澳洲、紐西蘭、英國、美國等區域或國家之民航監理機關亦投入 FRMS 相關法規或技術文件之訂定，例如：加拿大運輸部(Transport Canada)於 2007 年起發表一系列供航空業者參考之 FRMS 建置工具與民航通告（AC No.: SUR-001）、以及供監理機關檢查員檢視 FRMS 時所需之評估指引（Staff Instruction No.: SUR-007）；美國聯邦航空總署（FAA）亦於 2010 年發表有關 FRMS 建置之民航通告（AC 120-103）等。

ICAO 將 FRMS 定義為：一套藉由資料蒐集與分析以持續監視與管理疲勞相關風險的管理方法。系統的運作須依據科學的理論、知識及營運經驗。系統建置目的係為確保線上作業人員能在足夠的清醒程度下執行工作。

FRMS 的出現，是希望能夠在安全、營運績效與成本間取得平衡，並在維持同等甚至更高之安全水準下，提供航空業者更大的營運彈性。

FRMS 對航空界所帶來的影響，首重觀念的改變，期許由現今著重組員工作及休息期間是否合法，以及組員感到疲勞時應主動提出，提升為主動評估與降低組員疲勞以致無法安全執行任務，以及由組員、航空器使用人及監理機關共同承擔疲勞管理責任。

國際民航公約第 6 號附約第一部附錄 7 中，詳述有 FRMS 之基本要求，依該附錄，FRMS 共有 4 個組成要素，概述如下。FRMS 組成要素與 SMS 相似，差異係 FRMS 只針對疲勞危害，SMS 針對所有安全危害因子。

- (1) **FRMS 之政策與文件 (FRMS policy and documentation)**：業者應明確訂定有關 **FRMS** 之政策、安全目標、運作流程、作業程序、組織、人員權責與執掌、以及訓練與宣導計畫等，並藉由文件加以具體規範，且須定期檢視相關文件以確保其適當性。

1.1 FRMS policy

1.2 FRMS documentation

- (2) **疲勞風險管理流程 (fatigue risk management processes)**：業者應先選定要執行疲勞風險管理流程之飛航任務，針對該任務特性蒐集相關資料，並使用預測式 (**predictive**)、主動式 (**proactive**) 及被動式 (**reactive**) 之危害識別方法，找出可能之組員疲勞危害，並對各危害進行風險評估，接著針對高風險之危害訂定風險降低策略並據以執行。

2.1 Identification of hazards

2.2 Risk assessment

2.3 Risk mitigation

- (3) **FRMS 安全確保流程 (FRMS safety assurance processes)**：業者應選定適當的安全績效指標，並進行趨勢分析，以驗證疲勞風險控管之有效性。另應建立適當機制，用以評估組織發生重大改變時 (例如：營運環境改變、組織內部調整、新的工具或技術出現等) 對 **FRMS** 產生之影響程度，以及持續強化 **FRMS** 整體運作績效。
- (4) **FRMS 推動流程 (FRMS promotion processes)**：業者應對 **FRMS** 相關人員，包括：管理階層、組員及排班人員等提供適當之訓練，以及訂定與執行推動 **FRMS** 所需之宣導計畫，包括對所有利害相關人員介紹 **FRMS** 之政策、程序與人員職責等、以及說明 **FRMS** 相關資料蒐集與分享之方式與管道。

SMS Framework	FRMS
1. Safety Policy & Objectives	1. Fatigue Safety Policy & Documentation
2. Safety Risk Management	2. Fatigue Safety Risk Management processes: <ul style="list-style-type: none"> • Identification of hazards • Risk assessment • Risk mitigation • Implementation • Evaluation
3. Safety Assurance	3. Fatigue Safety Assurance processes: <ul style="list-style-type: none"> • Monitor effectiveness of FRMS • Processes for managing changes to the operational environment, within the organisation, or to the FRMS itself • Continuous improvement of the FRMS
4. Safety Promotion	4. Fatigue Safety Promotion processes: <ul style="list-style-type: none"> • Training programmes • FRMS communication plan

圖 6-1 FRMS 架構圖

FRMS 的兩項主要作業活動（operational activities）為疲勞風險管理流程與 FRMS 確保流程並可形成封閉之循環，詳如圖 6-2。當業者要藉由 FRMS 建置與運作而免於飛時與休時法規限制時，先要定義清楚任務範圍，例如：台北-紐約之超長程飛航任務，若只有特定季節或派遣時段受影響亦應具體定義；接著業者要建立有預測式、主動式、被動式之資料蒐集與評估流程以持續監控任務之疲勞水準；並藉由監控流程包含疲勞基礎研究、業者營運經驗、他航類似經驗、業者內部之疲勞研究、疲勞軟體等各類方式，設法識別此派遣可能會導致疲勞的原因，並評估其風險與決定適當的控管機制；接著執行擬定之疲勞控管機制，並訂定相關的疲勞安全績效指標予以監控，且需符合內部與外部之要求標準，以確保 FRMS 有效性，當疲勞安全績效未能達成要求標準，或出現重大變動時，則應重新檢視相關任務之疲勞危害因子。

圖 6-2 之疲勞風險管理流程包含"small hazard"與"large hazard"兩類，small hazard 係指在日常作業中即可處理之疲勞危害，例如：組員因家庭因素任務前睡眠品質不佳，通常無需重大的財務成本或程序變動；large hazard 則表示需要 FSAG 或 SMS 安全行動小組進一步評估與討論者，例如：多位組員反映某紅眼航班往返任務，返程落地時非常疲累。

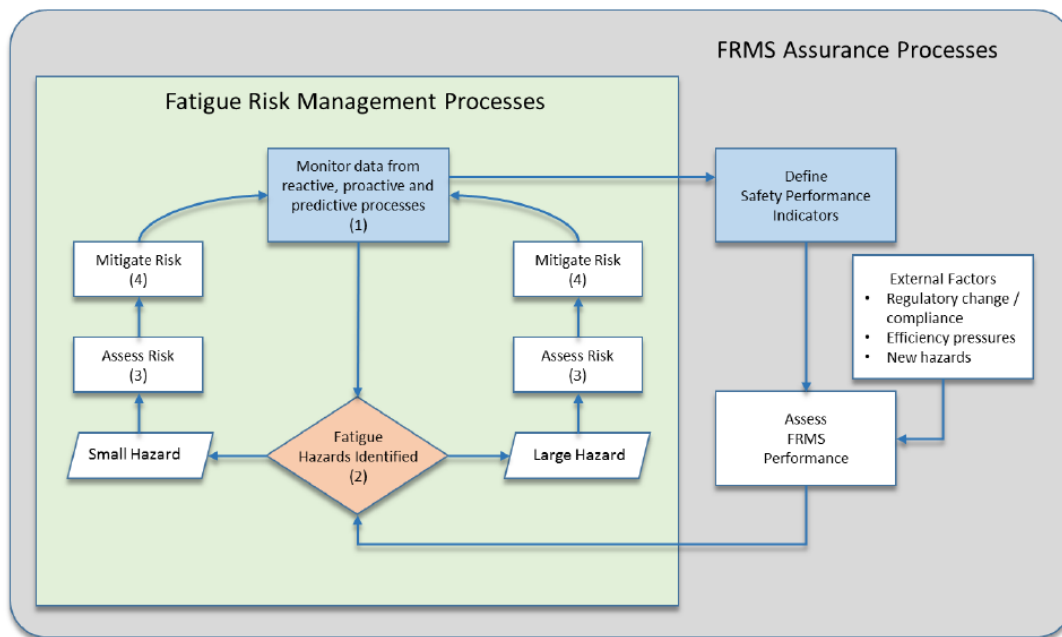


圖 6-2 FRMS 作業活動

疲勞安全行動小組

FRMS 建置與運作之核心在於業者應於內部成立疲勞安全行動小組（fatigue safety action group, 簡稱 FSAG），通常由安全管理部門主管擔任召集人，成員可包括：組員管理單位、組員工會代表、公司內部醫務單位、派遣、排班、內/外部疲勞相關研究人員等。FSAG 應對 SMS 之決策組織-安全管理委員會（safety review board, SRB）負責，FSAG 之職掌包括發展相關之疲勞控管策略，當有特定之疲勞控管措施之成本達一定程度時，應提交由 SRB 進行決策。FSAG 之組成與職掌如圖 6-3。

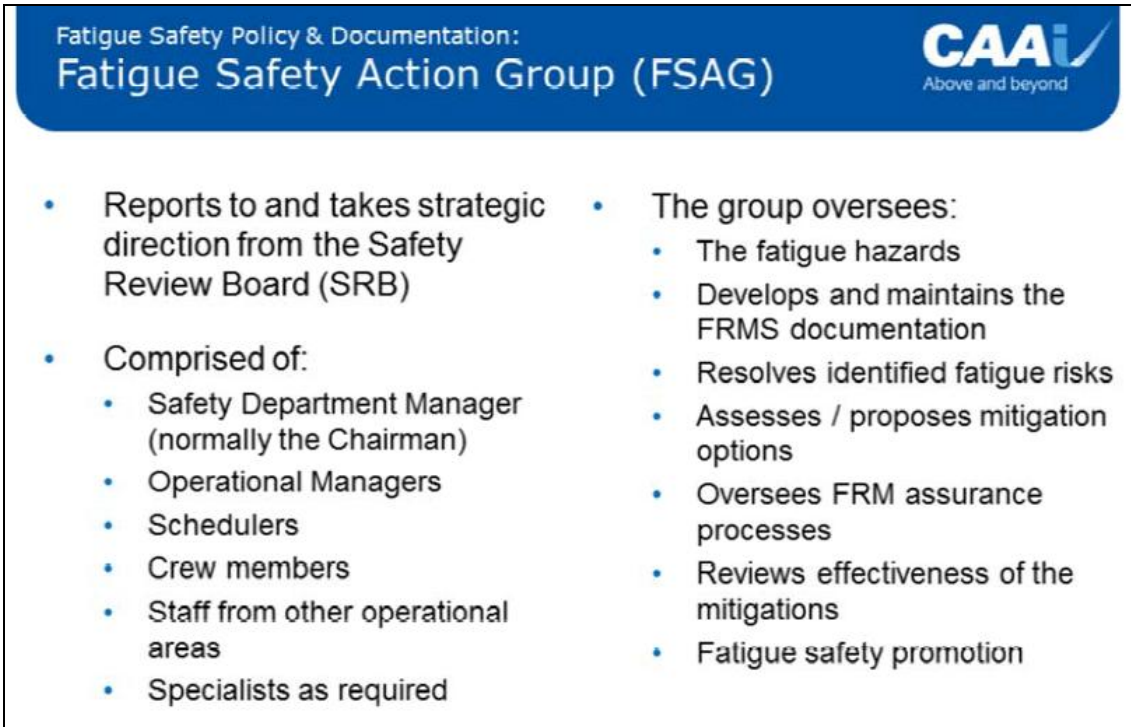


圖 6-3 FSAG 組成與職掌

疲勞危害識別方法

ICAO 所建議之疲勞危害識別方式如圖 6-4，與一般安全危害識別方法相同，可依預測式、主動式或被動式方法予以分類。但相較於其他危害因子，疲勞危害識別會需要特定之工具或方法，以能夠針對疲勞、睡眠、生理時鐘、認知能力與工作負荷等進行評估，如圖 6-5，因此於 FRMS 建置過程中，可能會需要外部特定領域專家的協助。

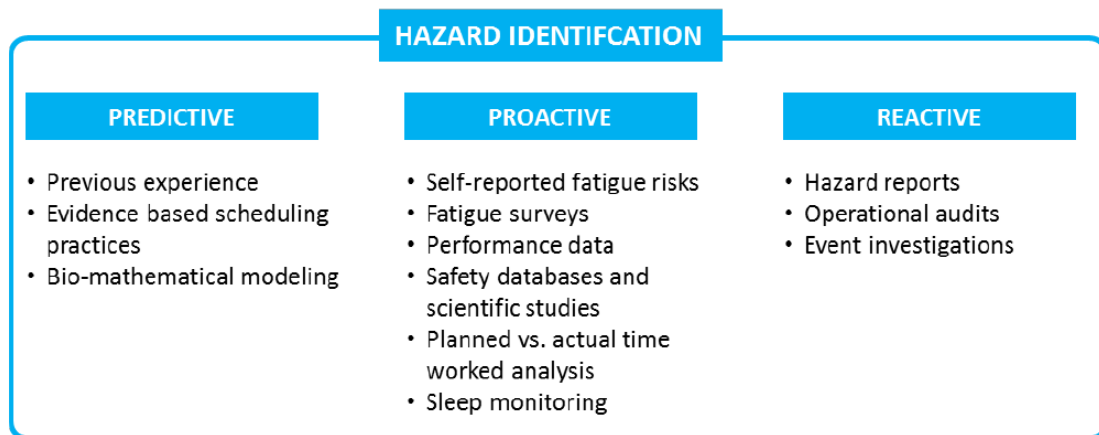


圖 6-4 ICAO 疲勞危害識別方法

Table 6B-1. Summary of fatigue, sleep, performance and workload measures

	Measurement Tool	Subjective / Objective	Strengths	Weaknesses
Fatigue	Fatigue reports	Subjective	Simple, cost-effective, possibly completed online, allow immediate identification of possible fatigue risk	Subject to possible bias, requires an effective reporting culture
	Retrospective surveys	Subjective	Simple, cost-effective, large amounts of data can be collected	Subject to recall bias, items not always well validated
	Rating scales (e.g. KSS, SP, VAS)	Subjective	Simple, cost-effective, quick to complete, large amounts of data can be collected, many scales well used in aviation	Subject to possible bias
	Physiological measures (e.g. EEG, EOG)	Objective	Objective and not subject to bias	Intrusive, burden on individual, time consuming, labour intensive, expensive, artefact (noise) in data can be a problem
Sleep	Retrospective surveys	Subjective	Simple, cost-effective, large amounts of data can be collected, some well used in aviation	Subject to recall bias, items not always well validated
	Sleep diaries	Subjective	Simple, cost-effective, can obtain multiple measures at once (e.g. sleep and fatigue ratings), diaries well used in aviation	Subject to recall bias, most diaries not well validated, multiple days of data need to be collected, some burden on individuals
	Actigraphy	Objective	Objective and not subject to bias, well used in aviation	Moderately intrusive, burden on individual, analysis time consuming, labour intensive, moderate costs
	Polysomnography	Objective	Objective and not subject to bias, has been used in aviation	Intrusive, burden on individual, time consuming, expensive, labour intensive
Circadian rhythms	Physiological measures (e.g. core body temperature, melatonin)	Objective	Objective and not subject to bias, have been used in aviation	Intrusive, burden on individual, time consuming, expensive, labour intensive, artefact (noise) in data can be a problem
Performance	Retrospective surveys	Subjective	Simple, cost-effective, large amounts of data can be collected	Subject to bias, items not always well validated
	Performance tests (e.g. PVT)	Objective	Objective and not subject to bias, some measures have been well used in aviation	Moderately intrusive, burden on individual, analysis time consuming, labour intensive, moderate costs, distraction in testing environment may be an issue
Workload	Ratings scales (e.g. NASA TLX ³⁸ , Overall Workload Scale, VAS)	Subjective	Simple, cost-effective, some scales have been used in aviation	Subject to bias, items not always well validated
	Physiological measures (e.g. EEG, ECG)	Objective	Objective and not subject to bias	Invasive, time consuming, expensive, labour intensive, artefact (noise) in data can be a problem

圖 6-5 疲勞、睡眠、認知能力與工作負荷評估方法

疲勞風險評估

疲勞風險評估的困難包括：疲勞的風險程度會隨著任務階段與任務過程之狀況因素而變動，例如相同的疲勞水準，降落時天氣良好或遭遇惡劣天氣，所造成的疲勞風險亦不同；各式疲勞評估的方法都有其限制，應確實瞭解，特別是不同疲勞因子間存在相互影響關係，例如：生理時鐘會影響理想之持續清醒時間或飛航執勤期間，因此，如何藉由加權計算以真正評估出疲勞風險可能需要客製化設計。

風險矩陣 (risk matrices) 是常見的風險評估方法，其缺點是未能將風險控管措施

納入考量。圖 6-6 為依據 ICAO 安全管理手冊第三版所調整之風險評估矩陣，若業者僅是使用 SMS 管理疲勞危害，此疲勞風險矩陣或許已經足夠，但若要建置 FRMS，則可能需要客製化發展疲勞危害之風險評估方法。

若要使用風險矩陣，疲勞後果的嚴重度（severity）與可能性（likelihood）都需要特別考量。嚴重度的分類需要反映出評估對象之疲勞程度（例如圖 6-7），因為疲勞程度代表行為能力降低之程度；亦可使用疲勞生物數學模式計算之結果作為嚴重度分類。另外，疲勞時之任務類型或需求亦會影響嚴重性，因此亦可針對特定任務評估可能存在之疲勞因子，作為嚴重度之分類依據，並藉由評估現存降低嚴重度之疲勞危害控管機制，以決定真正的嚴重度。

可能性的分類方法會受到所選用嚴重度分類之影響，當某特定特型任務或派遣之嚴重度分類決定後，或可使用多少比例的組員執行該類任務、或該類任務占每月任務比例等曝光率決定可能性，如圖 6-8。

Likelihood		Fatigue Severity				
		Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Frequent	5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
Remote	3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable	2	2A	2B	2C	2D	2E
Extremely Improbable	1	1A	1B	1C	1D	1E

圖 6-6 依據 ICAO 安全管理手冊第三版所調整之風險評估矩陣

Table 5-4. Example Fatigue Severity Classification: Perceived levels of fatigue.

Samn-Perelli Score	Meaning	Value
7	Completely exhausted, unable to function effectively	A
6	Moderately tired, very difficult to concentrate	B
5	Moderately tired, let down	C
4	A little tired	D
3	Okay, somewhat fresh	E
2	Very lively, responsive, not at peak	E
1	Fully alert, wide awake	E

圖 6-7 使用 Samn-Perelli 疲勞程度尺度作為嚴重度分類

Frequency of Exposure per Crew Member per Working Period (week)				
Relevant fatigue factors	May be scheduled every day	May be scheduled twice per week	May be scheduled once per week	Unexpected circumstances
0-3	low	low	low	low
4-6	moderate	moderate	low	low
7-9	high	moderate	moderate	moderate
> 9	high	high	high	high

圖 6-8 客製化疲勞風險矩陣

圖 6-9、6-10、與 6-11 為德國之翼（Germanwings）航空公司，一家經營歐洲短程航線之業者所發展之疲勞風險評估方法，其依據 ICAO 對疲勞的定義，將睡眠債、持續清醒時間、生理時鐘與工作負荷等疲勞因子、以及對應之疲勞控管措施納入嚴重度評估，為疲勞生物數學模式之替代方法。該公司自 2007 年開始發展該方法，藉由蒐集與檢視疲勞相關基礎研究、以及配合其任務特性之內部疲勞調查與研究等開發出該方法，並經 5 年之運作使用，詳細介紹見「*Tritschler, T. (2015) Fatigue Risk Assessment Methodologies. Paper present at the EASA FRMS Workshop, Cologne*」。ICAO 則將其納入 FRMS 相關手冊，作為客製化疲勞風險評估方法之範例。

Fatigue Factor Assessment and Mitigation Table				
	Type of Shift/Specific Duty:			
	Fatigue Factor:	Worst Case:	Mitigated:	Comment:
Wakefulness	Time since awake > 2h prior C/I*			
	Time since awake > 6h prior C/I*			
	Time on task > 10h (FDT)			
	Time on task > 12h < 14h (FDT)			
Sleepdebt	Previous nightsleep ** reduced < 4h (night: 22-08LT)			
	Previous nightsleep ** reduced > 4h			
	Reduced nightsleep > 4h before previous night ***			
	Previous "nightduty" ** (daysleep only)**			
Circadian Factors	Circadian disruption > 4h **			
	Flight after 2300LT or last landing during darkness			
	Flighttime <2h during WOCL			
	Flighttime > 2 h during WOCL			
Workload	3 or 4 consecutive flights/sectors			
	5 or 6 flights / or: 3 flights during night			
	Known hassles			
	Training flights			
Sum of fatigue factors				
Assessment of fatigue factors: 1-3 relevant factors: accept 4-6 relevant factors: check 7-9 relevant factors: mitigate >10 relevant factors: avoid			* Crew member's responsibility ** Depending on preceding duty *** The night before, 2 consecutive nights are relevant	
Factors are not fully weighted! FSAG use only.				
Tritschler, FRMS Forum Luxemburg, 2015				

圖 6-9 風險因子評估與控管表

Fatigue Factor Assessment and Mitigation Table			
	Fatigue Factor:	Factor Explained:	Scientific Study:
Wakefulness	Time since awake > 2h prior C/I*	Up to 2hrs a considered minimum before start of duty.	Vejvoda 2014 [1] DLR GWI Study 2009 [2]
	Time since awake > 6h prior C/I*	Own research showed acceptable performance up to 16h wakefulness	
	Time on task > 10h (FDT)	According DLR up to 10h FDT are recommended, but only 4 duties above 10h per week (NASA short haul)	Dinges 1996 [3] Samel 1997 [4] Goode 2003 [5]
	Time on task > 12h < 14h (FDT)	According NASA & DLR more than 12hrs of FDT are not recommended	Spencer 1999 [6]
Sleepdebt	Previous nightsleep reduced < 4h (night: 22-08LT)	Own research showed acceptable performance after 6 hrs of sleep	Vejvoda 2014 [1] Basic sleep science, e.g.[7]
	Previous nightsleep reduced > 4h	Less than 4 hours of nightsleep show impairment	
	Reduced nightsleep >4h before previous night ***	At least 2 consecutive nights are relevant	Dawson 2006 [8]
	Previous "nightduty" (daysleep only)	Sleep during daytime is less restorative than at night	Spencer 1997 [9]
Circadian Factors	Circadian disruption > 4h	Shift-lag effect leads to circadian disr. and manifests as a decrement in performance; Effect on 1 st day in many studies	Stewart 2003 [10][11]
	Flight after 2300LT and/or last landing during darkness	Circadian effect measurable after 2300LT	Vejvoda 2014 [1] Powell 2007/08 [12] [13]
	Flighttime <2h during WOCL	Performance impairment during WOCL	Basic sleep science [14] Spencer [6] [15] [16] Gundel 2011 [17] Powell [13]
	Flighttime > 2 h during WOCL	Strong performance impairment	
Workload	3 or 4 consecutive flights/sectors	Number of sectors are of important influence, own study up to 4 acceptable	Gander 1994 [18] Spencer 2005 [16] Powell 2007 [12] Niederl 2007 [19] DLR GWI Study 2009 [2]
	5 or 6 flights / or: 3 flights during night	More than 5 sectors per duty show impairment	
	Known Hassles	The strongest influence on levels of fatigue at the end of a flight was the level of hassle associated with this flight (Spencer)	Bourgeois 2003 [20][21] Spencer 2005 [16] Stewart 2006 [22] Tritschler 2010 [23]
	Training flights	For Training Captains workload may be particularly high, when commanding training and assessment duties	Stewart, 2009 [24]
Most scientific studies have investigated specific factors only. The combination of independent studies may be of conflict.			
Tritschler, FRMS Forum 2015			

圖 6-10 風險因子評估說明與依據

How to use the Fatigue Assessment and Mitigation Table			
Step 1:	Describe the duty that is to be assessed in the top line. E.g. 4 Sectors Checkin 1500LT Checkout 2330LT.		
Step 2:	Mark every line when this factor is relevant in a worst case scenario (use 1 st column). In the above example: If the Checkin is at 1500 LT it is obvious that the crewmembers will be awake for more than 2h. This is the first x in the box. It is quite obvious that the crewmembers are awake for more than 6 hours, so this is the second x. Continue through every line of the list and mark every relevant line.		
Step 3:	Count all marked lines together and state the sum in the box "Sum of fatigue factors".		
Step 4:	Compare this number with the box below "Assessment of fatigue factors": Keep in mind, that the numbers provided are based on expert advice of the author. This needs to be adapted to the acceptability of (fatigue-) risk of each individual organisation.		
Step 5	1-3 relevant factors:	accept	This duty is acceptable, process completed.
	4-6 relevant factors:	check	Check in the list of relevant factors if some fatigue factors may be avoided.
	7-9 relevant factors:	mitigate	Check in the list of relevant factors to reduce the number of factors.
	>10 relevant factors:	avoid	Check in the list of relevant factors to reduce the number of factors.
Step 6	Go through the second column "Mitigated" and mark all remaining fatigue factors.		
Step 7	Count all relevant lines of the column "Mitigated" together and state the sum in the box "Sum of fatigue factors".		
Step 8	Compare this number with the box below "Assessment of fatigue factors", if required return to step 5.		
Step 9	Note all required mitigations (avoidance of this fatigue factor) in the comment line.		
Step 10	Implement this mitigation according your decision making process and monitor effectiveness continuously.		

圖 6-11 風險因子評估與控管表使用流程

疲勞安全績效指標

疲勞安全績效指標的訂定須經監理機關認可，且需依 FRMS 運作經驗與任務變動而調整，依資料來源其類型可分為三類：

- (1) 營運安全績效指標 (operational safety performance indicators)：所使用的資料為日常的營運資料，通常是將任務特性中可能造成疲勞的因子訂定成指標，例如國內短程航線的特性中，較易造成疲勞的特性為多次起降與早班任務，則可將每月早班且超過 4 次起降以上的任務不得超過 10% 作為指標，其他範例如圖 6-12。圖 6-13 為 NASA 於 1994 年所發表之不同任務之疲勞原因比較。
- (2) 組員疲勞安全指標 (crew fatigue safety performance indicators)：所使用的資料

係組員疲勞評估相關資料，此類資料蒐集所需之時間與成本高於日常的營運資料，且較為敏感，通常是為因應某些狀況的發生，才會展開此類資料的蒐集，如：多位組員反映某一派遣顯著疲勞、意外事件調查發現有疲勞議題、開闢新航線等，如圖 6-14 為針對長程與超長程任務所設計之指標範例。

組員疲勞指標訂定應符合下列條件：

- 該指標已經科學驗證能夠用來衡量所欲評估的項目；
- 該指標相關資料蒐集過程不得對組員工作有不利影響；
- 該指標於航空業界已廣為使用，以利相互比較。

(3) 疲勞生物數學模式指標 (bio-mathematical model thresholds SPIs)：生物數學模式所預測之疲勞水準門檻值亦可作為指標，例如每月超過 SP 值 5.0 分航班數不超過 5%，但要注意的是，不同的任務特性，所使用的疲勞指數門檻值亦可能不同。由於現有的疲勞生物數學模式並非專為某特定任務或派遣之營運環境所設計，因此不能以其取代 FRMS 之建置。

Safety Performance Indicator	Acceptable Value/Target
How often the maximum scheduled duty day (e.g., 13 hours) is exceeded	Maximum scheduled duty day will not be exceeded on more than 5% of days in any 28-d period
Number of flight duty periods ending 30 minutes later than scheduled	If report time is earlier than 05:00, flight duty period extensions of 30 minutes or more may not occur on more than 10% of days in any 28-d period
How often minimum 10-hour break is reduced	Not acceptable to operate next duty period. Acceptable on no more than 1% of flights in any 28-d period
How often duty periods end in the window of circadian low (WOCL)	For non-augmented crew, no duty period longer than 9 hours will be scheduled to end in the WOCL. Delays acceptable on no more than 1% of flights in any 28-d period
Number of pairings identified as high fatigue risk, e.g., no more than three consecutive night flights scheduled	Target - no exceptions
Number report times earlier than 06:30 on successive days	No more than 2 scheduled. Acceptable on no more than 1% of flights in any 28-d period
Number of reserve crew call-outs for fleet A at base B	Not to exceed 5% in any 28-day period

圖 6-12 營運安全績效指標

Cause of Fatigue Hazard	Type of Operations		
	Short-haul	Night Cargo	Long-haul
Restricted sleep due to short rest breaks	X		
Restricted sleep due to early duty report times	X		
Multiple high workload periods across the duty day	X		
Multiple sectors	X	X	
High density airspace	X		
Long duty days	X		X
Extended wakefulness on duty days			X
High workload during circadian low		X	X
Shorter sleep periods at wrong times in the circadian cycle		X	X
Circadian disruption (due to night work)		X	X
Split sleep patterns and short sleep episodes on layovers		X	X
Circadian disruption (due to crossing multiple time zones)			X
Circadian drift (changes in circadian pattern) following extended trips			X

圖 6-13 不同飛航任務之疲勞原因比較 (NASA 1994)

Measure	SPIs for long range and ultra-long range operations (1 flight per duty period)
sleep/wake history monitored using actigraphy and sleep diaries	<ol style="list-style-type: none"> 1. sleep in the 24 hours prior to duty start time 2. time awake at duty start time 3. sleep in the 24 h prior to TOD (including in-flight sleep for augmented crews) 4. time awake at TOD
performance measured on the psychomotor vigilance task (PVT)	<ol style="list-style-type: none"> 1. pre-flight PVT performance speed 2. PVT performance speed in the hour prior to TOD
subjective fatigue rated on the 7-point Samn-Perelli crew checklist	<ol style="list-style-type: none"> 1. pre-flight fatigue rating 2. fatigue rating at TOD
subjective sleepiness rated on the 9-point Karolinska Sleepiness Scale	<ol style="list-style-type: none"> 1. pre-flight sleepiness rating 2. sleepiness rating at TOD

圖 6-14 組員疲勞安全指標

FRMS 建置流程

ICAO 於 2015 年後出版的第三版 FRMS 相關手冊提出供四階段的 FRMS 建置流程 (four phase in FRMS implementation)，詳如圖 6-15。

第一階段-準備階段 (preparation)：此階段業者之目標為發展運作 FRMS 所需的能

力。主要工作包括：具體定義申請使用 FRMS 之任務或派遣；執行 FRMS 差異分析並依據結果訂定建置計畫；評估與提供所需之財務與人力；由成立 FASG，負責組織內疲勞管理活動之協調；發展 FRMS 政策、文件系統、溝通宣導計畫、與訓練計畫。

第二階段-試行階段 (trial)：此階段業者之目標為驗證運作 FRMS 之能力。主要工作包括：準備試行計畫；對監理機關申請試行提案；執行試行計畫並監督相關 SPI；依據試行結果視需要調整與改善 FRMS 有效性。

第三階段-啟動階段 (launch)：獲得監理機關之許可，並正式啟動 FRMS。

第四階段-維持與強化階段 (maintain and improve)：藉由日常自我督導與民航局等外部查核持續檢視 FRMS；使用安全確保機制持續維持並改善 FRMS。

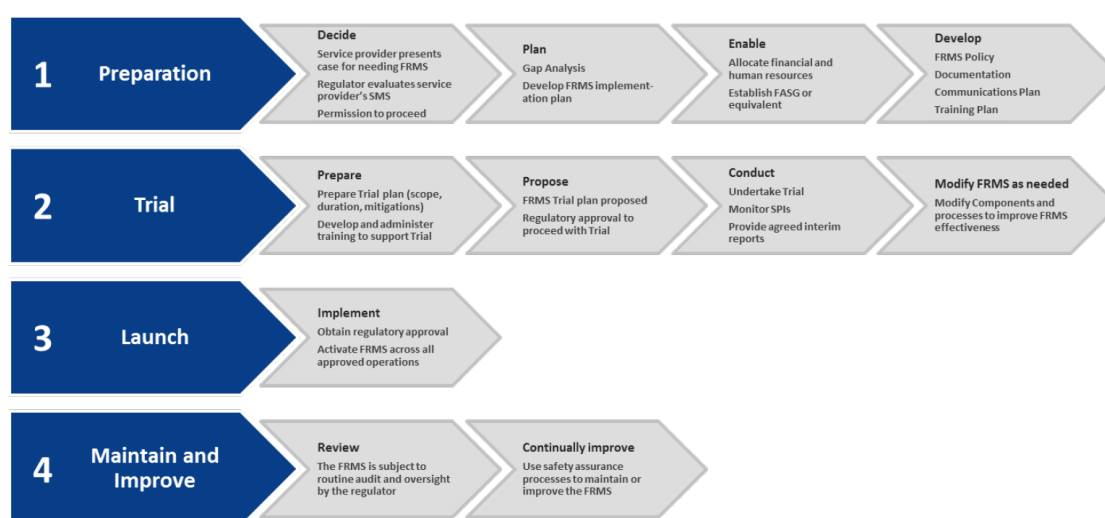


圖 6-15 四階段的 FRMS 建置流程

本課程指出，航空業者偶會接獲客戶提出特殊任務之需求，例如載運士兵、器材往返戰區附近之包機任務。為滿足安全上的重重顧慮，其飛時、休時與疲勞管理相關條件可能無法符合日常任務時之相關規範，故業者在決定是否承接此等任務前，須先使用 FRMS 評估執行上之可行性及可能帶來之衝擊，以作為於決策依據並研擬配套方案，並據以向民航主管機關提出申請。

業者在評估時，可依照下列六個步驟進行：

(1) 評估此一改變的特性、規模及其衝擊

瞭解偏離正常標準之程度，掌握作業環境狀況，及相關改變可能帶來之衝擊。

(2) 識別任務中可能的危害及其後果。

列舉部分或全部項目，以確認危害及其後果均已被識別。確保關鍵人員均參與其中。

(3) 對識別出之危害進行評估。

確認以正確方式對風險之「可能性」、「嚴重程度」及「風險耐受程度」進行評估。

(4) 研擬降低風險之對策。

列出部分或全部的風險消彌對策，並逐一檢視其合理性與可靠度，以確認風險能被降至可接受程度。

(5) 確證相應對策有效且具體可行。

提出相關數據或證據，經論證程序以確認風險消彌對策有效且具體可行，且須能涵蓋目前與未來的所有情況。

(6) 研擬安全確保機制，並管控殘餘風險。

檢視組織對此變革的管理機制，及轉換過程中之風險管控機制。未來如何納入相關指標，以利後續追蹤與監控。

講者亦針對執行層面提出相關建議，以供業者參考：

- 可透過訪談、問券調查或研討會蒐集資訊；
- 可針對特定議題進行學術研究；
- 可透過內部報告系統、事件調查、查核發現等管道蒐集安全資訊，以進行差異分析；
- 可規劃相應訓練與宣導，並執行考驗與確保計畫；
- 訂定明確目標與成果指標（KPI），以利成效評估；
- 須將人為因素納入考量；
- 須設想緊急應變計畫；
- 開始執行後須持續蒐集數據與資訊，以利監控並據以調整；
- 管理階層的支持；
- 設計檢查表、流程圖或標準作業程序等工具；
- 邀集相關領域專家參與。

7. FRMS 監理與評估工具

針對四階段的 FRMS 建置流程，各階段業者與民航監理機關之作業目標如圖 7-1。配合業者之建置，各階段監理機關之審核作業整合如圖 7-2 淺藍色方塊部分。

第一階段-準備階段 (preparation)：此階段監理機關之目標為檢視業者是否具備發展 FRMS 的能力條件，由於 SMS 與 FRMS 的方法雷同，所以可藉由業者運作 SMS 管理疲勞之有效性，例如：運作之時效與改善是否如期完成、員工使用自願報告的意願、是否提供適當的疲勞警覺訓練、是否運用適當的方法識別出疲勞因子、預劃與實際組員班表之變動程度、安全績效指標之趨勢分析與檢視能力等。

當監理機關認為業者有發展 FRMS 之條件後，應提供下列指引：FRMS 差異分析工具、確認業者指派關鍵人員與成立 FSAG 推動 FRMS、檢視業者之 FRMS 政策與文件。

第二階段-試行階段(trial)：此階段監理機關之目標為檢驗業者運作 FRMS 之能力。主要工作包括：於業者準備試行計畫過程中提供指導、審查業者之試行提案；監督試行計畫之執行；檢視試行結果。

第三階段-啟動階段 (launch)：此階段之初，當監理機關依據試行運作，認為業者 FRMS 以能有效運作，並能達到可接受之安全績效水準，則可核准業者之 FRMS；接者監理機關需要發展配套之監理計畫，此階段之監理強度雖低於試行階段，但會高於一般日常階段之監理，以確認正式運作後之 FRMS 績效等同或更高於試行階段，並能因應變動而有效及時調整。

第四階段-維持與強化階段 (maintain and improve)：此階段監理機關的目標係將 FRMS 監理調整至一般日常監理之強度。隨著業者 FRMS 正式運作一段監理所設定之時間，監理機關應依據業者自業者運作 FRMS 之經驗，檢視監理的流程與程序，並設法改善。

當對業者之 FRMS 監理調成至日常監理強度，檢查員應持續注意或執行下列事項：

- 蒐集與瞭解特許任務相關之疲勞研究；
- 檢視業者 SPI 之趨勢變化，以及當有惡化趨勢時業者之後續處理；
- 訪談 FRMS 運作相關人員，掌控 FRMS 運作關鍵人員之更動，當有更動時應訪談新進人員；
- 視情況參加 FSAG 會議，瞭解實際運作流程；
- 選擇對疲勞危害識別之主要資料來源（如疲勞報告、預劃與實際班表差異等）與流程進行檢視；
- 定期檢視與評估 FRMS 相關訓練之執行與有效性；

- 確保業者建立充分的 FRMS 相關資料保存流程，並確實執行。

監理機關亦應訂定機制，依情況取消或調整業者針對特定任務或派遣使用 FRMS 取代法規之特許，例如：FRMS 之流程或功能運作未能符合法規要求，且限期改善無效；FRMS 之運作有效性未如預期，安全績效未能維持時，應考量降低最大限度，如飛航執勤期間，提高最低限度，如休息期間等。

另外，ICAO Doc 9966 第二版 Appendix K 提供有 FRMS 評估工具，同時可供業者與監理機關配合不同的 FRMS 建置階段使用，示意如圖 7-3。

	Service Provider	State
Approval process	Phase 1. Preparation	Developing FRMS capability
	Phase 2. Trial	Validation of FRMS capability
	Phase 3. Launch	Getting approval
Continued oversight	Phase 4. Maintain and Improve	Embedding FRMS into normal operations

圖 7-1 FRMS 建置各階段業者與監理機關之作業目標

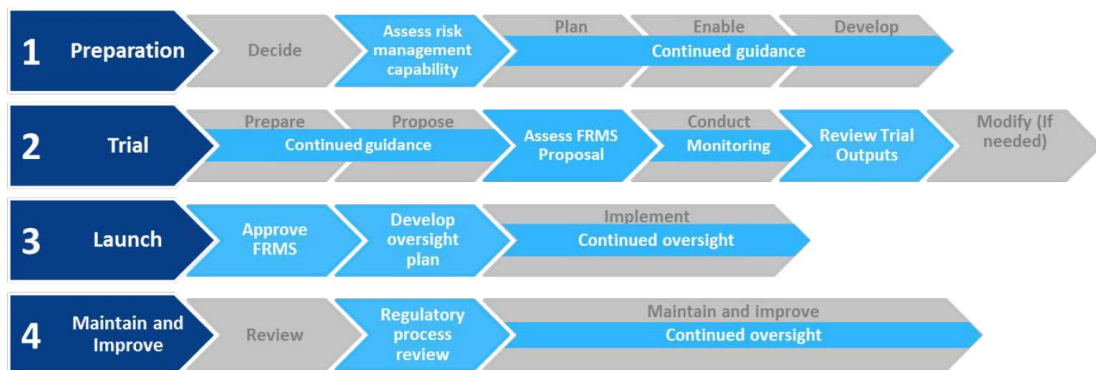


圖 7-2 業者與監理機關 FRMS 建置與監理工作整合

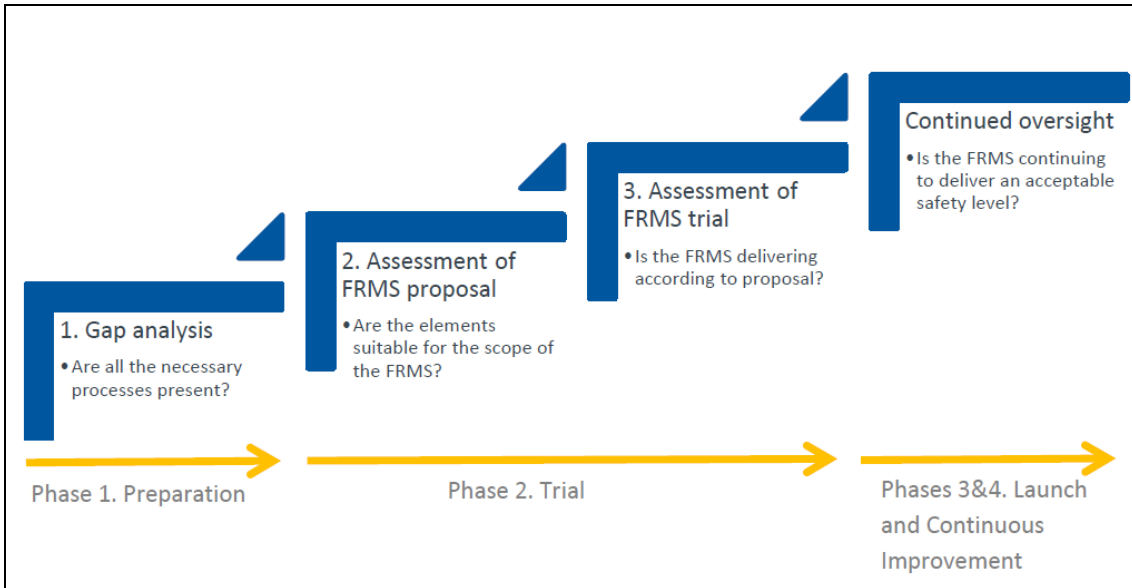


圖 7-3 FRMS 評估工具於不同核准階段之使用

肆、建議

1. 摘錄本課程部分內容，於本會民國 106 年 8 月 15 日舉辦之 2017 飛安資訊交流研討會中，與民航業界分享。
2. 依據本次訓練所學以及相關課程資料，更新本會疲勞調查指引。
3. 依據本次訓練所學以及相關課程資料，設計本會調查人員疲勞調查訓練課程，並進行內部訓練。
4. 持續掌握我國民航業者對於疲勞風險管理系統之發展進度、使用疲勞風險分析評估軟體之狀況、以及民航局對疲勞風險管理系統之相關法制化進度與監理作為。