

出國報告（出國類別：進修）

赴澳洲參加運輸安全調查員之 人爲因素專業訓練出國報告

服務機關：行政院飛航安全委員會

姓名職務：工程師／鄭永安

派赴國家：澳洲

出國期間：民國 99 年 8 月 16 日至 8 月 20 日

報告日期：民國 99 年 11 月 20 日

目次

壹、目的.....	2
貳、過程.....	3
參、心得.....	6
肆、建議.....	31

壹、目的

國際民航組織於 1993 年發布之人為因素指南編號七 (Human Factors Digest No.7) -失事及意外事件人為因素調查 (Investigation of Human Factors in Accidents and Incidents)，為本會執行人為因素調查之重要指導文件。該指南已提供調查員有關執行人為因素調查的正確觀念、人為因素調查員及專業分組之組成與資格條件、事實資料蒐集系統性分法、分析方法、調查報告架構、及事故預防作為等。除該指南提供之資訊外，調查機關亦應提供人為因素調查員適當之訓練，以強化事故調查中有關人為因素相關議題之調查深度與廣度，故本會派員赴澳洲參加本訓練。

另外，為執行「強化我國飛航事故調查能力及建置亞洲地區飛航安全網計畫」中有關駕駛員疲勞調查方法之子計畫，特請澳洲運輸安全局加深疲勞調查相關課程，並藉此機會與該局調查員對此議題進行廣泛之交流與討論。故本報告之重點將針對疲勞調查部分。

貳、過程

本次訓練之課程表如下：

Monday 16 August 2010		
0830 - 0845	Welcome by ATSB Chief Commissioner Martin Dolan	
0845 - 0945	Overview of Human Factors	Richard Batt
	Morning Tea	
1000 - 1100	Overview of Human Factors	Richard Batt
	Break	
1115 - 1215	Human Factors Class Exercise	Richard Batt
	Lunch	
1300 - 1400	Individual Actions	Melanie Todd
1400 - 1500	Perception	Richard Batt
	Afternoon Tea	
1515 - 1615	Memory	Richard Batt
	Break	
1630 - 1715	Marine Case Study	Richard Batt
1715 - 1730	Revision	Richard Batt
	Welcome Drinks Cellar Bar, University House	
Tuesday 17 August 2010		
0830 - 0845	Quiz	Richard Batt
0845 - 0945	Attention	Richard Batt
	Morning Tea	
1000 - 1100	Situational Awareness	Mal Christie
	Break	
1115 - 1215	Decision making	Mal Christie
	Lunch	
1300 - 1400	Decision Making	Mal Christie
1400 - 1500	Fatigue	Melanie Todd
	Afternoon Tea	
1515 - 1615	Automation	Richard Batt
	Break	
1630 - 1715	ATC Case Study	Richard Batt
1715 - 1730	Revision	Richard Batt

Wednesday 18 August 2010

0830 - 0845	Quiz	Richard Batt
0845 - 0945	Safety Management Systems	Christine Boag-Hodgson
	Morning Tea	
1000 - 1100	Workload	Christine Boag-Hodgson
	Break	
1115 - 1215	Workload Class Exercise	Christine Boag-Hodgson
	Lunch	
1300 - 1400	Stress	Christine Boag-Hodgson
1400 - 1500	Ergonomics	Will Kerr
	Afternoon Tea	
1515 - 1615	Alarms and Responses	Will Kerr
	Break	
1630 - 1715	Aviation Case Study	Richard Batt
1715 - 1730	Revision	Richard Batt
1900 for 1930	Course Dinner, Scarth Room, University House, Smart Casual Dress	

Thursday 19 August 2010

0830 - 0845	Quiz	Richard Batt
0845 - 0945	Risk Controls	Peter Renshaw
	Morning Tea	
1000 - 1100	Communication	Peter Renshaw
	Break	
1115 - 1215	Team Resource Management	Will Kerr
	Lunch	
1300 - 1400	Human Factors in Maintenance	Melanie Todd
1400 - 1500	Human Factors Investigation Issues	Richard Batt
	Afternoon Tea	
1515 - 1615	Organisational Influences	Richard Batt
	Break	
1630 - 1715	Organisational Influences Class Exercise	Richard Batt
1715 - 1730	Revision	Richard Batt

Friday 20 August 2010

0830 - 0845	Quiz	Richard Batt
0845 - 0945	Medical and Environmental Conditions	David Newman
	Morning Tea	
1000 - 1100	Medical and Environmental Conditions	David Newman
	Break	
1115 - 1215	Safety Culture	Rick Sellers
	Lunch	
1315 - 1415	Safety in Action	Rick Sellers
1415 - 1515	Rail Case Study	Richard Batt
1515 - 1530	Course Certificates issued by ATSB Chief Commissioner Martin Dolan	
1545 - 1700	ATSB Lab Tour (optional)	

參、心得

3.1 人爲因素與人爲錯誤

人爲因素（Human Factors）係探討人在生活中或工作時進行的各項活動中，人本身之特性與限制，及遭周環境、機器、設備、程序、其他人員、組織等與人之影響及互動；所有可影響人類在某一時間所作的決定或行爲之因素，都屬於人爲因素之討論範圍。

人爲因素爲包含多項領域之應用科學，例如：工程、生理、心理、醫學、社會學、人類學、管理學；人爲因素研究之目標：透過系統化之資訊蒐集與研究，以掌握人的特性，使人類於工作或生活中有最佳的表現，達成安全及效率之目標；高度技術複雜及高風險之產業，如核電廠、鑽油業、運輸業特別重視人爲因素；除事故時要重視人爲因素之調查外，在組織規劃、系統設計、程序訂定、人員招募及訓練規劃與執行時，即應廣泛應用之人爲因素相關知識。

人爲錯誤（Human Error）係指人類心智或身體之活動未能達成預期的結果，造成不安全之情況產生；廣義之人爲因素即包含人爲錯誤；統計資料顯示 70%-80%之民用及軍用航空飛航事故皆與人爲錯誤有關；找出人爲錯誤只是事故調查之開端，進一步發覺及造成人爲錯誤之相關因素才能真正減少錯誤的發生，改善飛航安全。

3.2 國際民航組織人爲因素調查指南

國際民航組織（ICAO）1993年發布 Human Factors Digest No.7- Investigation of Human Factors in Accidents and Incidents，爲人爲因素調查之重要指引，人爲因素調查員應予以熟讀及使用，內容包括：

1. 人爲因素調查正確觀念與態度；
2. 人爲因素調查團隊組成；

3. 人爲因素相關事實資料蒐集與分析；
4. 報告撰寫及事故預防。

該指引指出，人爲因素檢查表爲事故調查時有效的輔助工具，其可幫助調查員檢視人爲因素相關議題之完整性、協助調查員整理所蒐集之資料。該指南亦提供數個人爲因素檢查表供調查員使用。

3.3 人爲因素調查正確之觀念與態度

整理人爲因素調查正確之觀念與態度如下：

1. 許多實證研究已證實人爲因素議題確實存在，且經適當訓練確實可改變人員之行爲表現，故人爲因素調查確實可行且必要；
2. 不可能有人可精通所有人爲因素議題，且人爲因素調查員不一定要是生理或心理專業或學者，一般之調查員經適當之訓練及評估後，即可擔任，當調查時有特殊專業需求時，再請求專業人士協助即可；
3. 調查員容易只針對其有能力提出改善方法之人爲因素議題，進行深入調查，事實上，有時可能需累積多件事務才能提出有效改善建議，另外，人爲因素調查員之主要職責爲找出問題，雖其本身無法對該問題提出有效改善方法，但至少可將該問題彰顯出來或紀錄下來，讓有能力的人提出改善建議；
4. 調查員容易只針對其熟悉之人爲因素議題進行深入調查，正確態度爲平時廣泛吸收各項人爲因素議題所需知識及調查方法，遭遇不熟習議題時，徵詢該領域專家協助；
5. 人爲因素調查應以文獻爲參考依據，以科學之方法進行分析，應盡量避免僅依據個人主觀之看法或經驗；
6. 人員訪談爲取得人爲因素調查所需資料之方法之一，訪談時，絕非檢察官或警察審問犯人，錯誤的態度將造成受訪者不願意提供正確的資訊；

7. 訪談者係資訊需求者，受訪者為資訊供給者，正確的態度為訪談者有求於受訪者，訪談者應盡力營造讓受訪者信任之氣氛，強調目的為避免類似事故再發生；
8. 訪談前的準備十分重要，特別是訪談與死者相關人員有關死者之敏感性問題時。若能透過其他方法取得，則可不透過訪談取得，若僅能透過訪談取得時，應構思敏感問題之問法，及解釋問此問題之正面目的，然調查員不應因問題敏感而放棄；
9. 有關個人隱私部分，除非確實與瞭解事故發生及改善有關，應盡可能不要揭露於調查報告或公開資訊中，最好的方法為訂定規範給予保障；
10. 無上級機關支持或法規規範下，調查機關要調查人為因素中有關組織與管理的深入議題將會遭遇困難；
11. 調查機關應有廣泛之人為因素相關知識、及明瞭如何應用相關知識於調查中，以發掘過去未發覺之可能肇因，故調查機關應給予調查員完整之訓練，持續蒐集適當之人為因素相關文獻，建立健全之調查方法及專家諮詢管道；
12. 事故發生後，會有許多對事故原因之揣測及流言，專業之調查員應盡可能推廣唯有經過系統性之調查，蒐集事實資料，經分析討論後，才可能獲知事故之真正原因；
13. 事故調查報告應對事不對人，不影響調查報告完整性前提下，盡可能避免可被作為處分依據之描述方式；
14. 人為因素調查常因缺乏技術指引而不被人所信任，事實上 ICAO 已出版關於人為因素調查之技術指引，亦有權威機關或學者提出實用之調查工具，調查員應充分使用及宣導，降低外界之疑慮。

3.4 事實資料蒐集之實務考量

事實資料蒐集階段仍涉及資訊之選擇及分析過程。實際上類似理論形成之過程，牽涉到假設，及蒐集可能之證據驗證假設。事故調查不是學術研究亦非司法調查，追求的是”可能”的事故原因，調查標準亦非符合法規即可，因此，只要是可避免類似事故發生或可能有助於飛航安全之相關資料皆可蒐集，以作為分析時比較之參考。調查的深度及廣度視調查之資源而定，資源包括：人力、時間及金錢等，重要的是要能夠回答：事故中關鍵之事件為何會發生，及為何未能阻擋事件持續惡化最後造成人員或/及航機實質損壞。

3.5 分析作業基本概念與方法

分析作業時，可量測之人為因素議題相對容易分析，如：需要多大的力量才能移動控制桿、需要多少亮度的燈光才能看清楚儀表指示或發現裂痕、作業現場的噪音分貝、溫度、人員飲酒量等。然而，人為因素調查相對於其他方面之調查，存在許多不可量測之議題，例如：疲勞、溝通、訓練、制度，故不易求得毫無爭議之分析結論。分析的目標為：評估哪些人為因素議題可能存在，及其對人員行為可能之影響。分析時之困難為：如何評估個人的行為或表現低於標準或不適當、及如何減少臆測等，此等困難可能使得調查員不願意去分析人為因素議題。

人為因素議題基本的分析方法：歸納法及比較法；比較法係將調查對象與目前存在之較佳做法進行比較，以指出調查對象可再改善或強化處，例如：訓練課程、訓練教材、管理制度等議題之調查，即可使用此方法；歸納法不若演繹法，其所得到的結論無法驗證，如何減少質疑之關鍵在於證據力是否足夠及使用具一致性且可接受之推理方法，成功關鍵係調查員有該因子相關之實證研究文獻、及已蒐集足夠之事實資料。

通用性歸納推理方法，常使用於分析無形或較難量化之影響人為表現相關因子，例如：疲勞、視錯覺等議題，步驟簡述如下：

步驟一：評估是否存在某人為因素存在之條件

- 依現有事實資料，列出可考慮分析之人為因素議題；
- 評估其重要性，決定要分析之議題；
- 依據蒐集之實證研究資料，列出各議題發生之原因；
- 比對事實資料，研判是否存在各議題發生之條件。

步驟二：評估事故中人員之行爲表現是否存在該人為因素議題可能之影響

- 依據實證研究資料，列出人員受到該人為因素影響時，可能出現的行爲表現，並與事故中人員實際之表現進行比對；
- 研判事故中人員之不安全行爲，是否可能受到該人為因素影響。

3.6 事件與因子間之影響關係

影響因子、人為錯誤及事件間影響關係示意圖如圖 3-1。兩類影響關係如下，調查報告撰寫時應予以釐清：

1. Cause-in-fact: If A exists, then B will occur

此係指 A 因子直接導致 B 因子發生，例如：手冊未更新導致維修人員使用錯誤的維修程序執行工單。

2. Probabilistic: if A exists, then the likelihood of B increase

此係指 A 因子存在增加 B 因子犯錯之機率，而非 A 因子存在，B 因子一定惠存在，例如：作業現場燈光亮度暗增加維修人員結構檢查時未發現疲勞裂紋之機率。

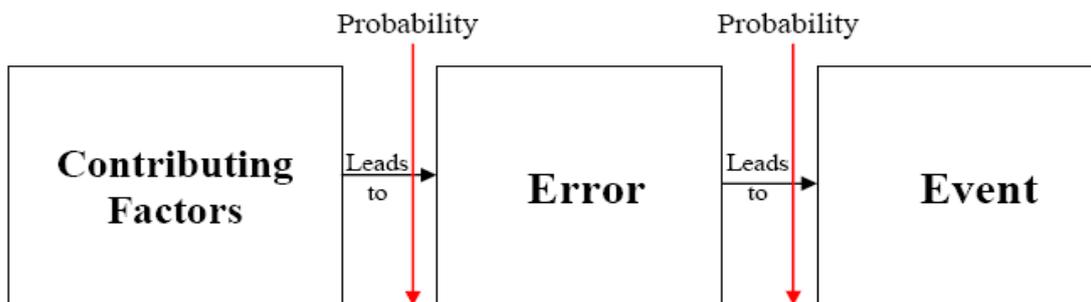


圖 3-1 事件與因子間影響關係示意圖

3.7 人為因素調查成功關鍵

整理人為因素調查成功關鍵如下：

1. 長官/法規支持深入調查人為因素議題；
2. 調查員正確之觀念、態度及邏輯推理能力；
3. 調查員廣泛之人為因素相關訓練；
4. 訪談之技巧與蒐集資料之能力；
5. 健全的調查程序及方法；
6. 人為因素相關文獻之建立及持續蒐集；
7. 專業諮詢管道之建立及使用；
8. 事故資料庫之建立或/及使用；
9. 時間比財務支援更重要。

3.8 人員疲勞調查指引

過去許多失事調查報告都曾指出，駕駛員「疲勞(Human Fatigue)」是造成事故發生的重要因素。1985年2月19日，華航 CI006 班機，原定由台北飛往洛杉磯之波音 747-400SP 客機，於太平洋上空巡航時由 41,000 呎高空失控下墜，直到下降至 9,500 呎駕駛員將航機改平後緊急轉降舊金山，航機於失控下墜過程中速度超

過其設計限制而嚴重受損。調查報告中指出，該機除第 4 號引擎於巡航中熄火外，其餘皆正常，航機失控主要原因係駕駛員過度相信自動駕駛，將注意力集中於 4 號引擎熄火之狀況上，未保持對航機姿態之監控所致。因當時航空界對疲勞的研究有限，該報告雖於分析中提及，然未於結論中指出機長因疲勞而影響其 4 號引擎熄火後之表現，但此事故卻引發航空界對於疲勞影響的高度重視；1997 年 8 月 6 日大韓航空 801 號班機，大雨中於關島機場進場過程中於跑道頭前撞山失事，調查報告中即指出，組員於最後進場階段疲勞駕駛即為事故原因之一，該事故共造成 228 人死亡。

許多失事或意外事件調查報告無法真實地呈現疲勞對該事故之影響，原因在於駕駛艙無客觀的疲勞偵測設備。澳洲 ATSB 為於事故後調查人員疲勞議題，經加拿大運輸安全委員會（以下簡稱 TSB）同意後使用其疲勞調查指引，其內容包含：

1. 該指引之目的；
2. 疲勞及睡眠相關之基本概念介紹；
3. 疲勞調查檢查表及使用說明。

TSB 疲勞調查指引之限制：由於目前缺乏評估人類疲勞程度之身體或化學檢測，故 TSB 編訂該指引，供調查員調查時使用。該指引係針對缺乏睡眠（sleep deficit）及晝夜節律變化（circadian rhythms）與生理時鐘失調所導致之心智疲勞（mental fatigue），提供調查指引，而上述兩者皆會受到工作及睡眠作息安排的影響。

初始評估：何種情況下須將人員疲勞列為調查議題係調查員首先要思考的問題，畢竟調查之資源及時間有限。初始評估階段，調查員須蒐集相關事實資料以回答下列 4 個問題：

1. 事故發生之時間是否處於調查對象生理時鐘精神狀況之低點（處於生理時鐘精神狀態最低點的時段，00:00 時-06:00 時，特別是 03:00 時至 05:00 時；另外，次低點為 15:00 時-17:00 時）；

2. 調查對象之正常生理時鐘是否被打亂（例如：時差之狀況）；
3. 調查對象最近一次睡醒後至事故發生時之時間長度（人正常清醒時間超過 14-16 小時後，超過越久精神狀況越差）；
4. 依據調查對象事故前 72 小時之作息，評估其少於正常睡眠需求之累計時間（超過 90% 的人之一日正常所需之睡眠時間為 7.5-8.5 小時）；

若以上任何一個問題的答案是負面的，則表示人員疲勞係該事故的調查議題之一。

疲勞調查流程：

調查員要證明人員疲勞確實為造成某一事故之可能因素（contributing factor），必須同時證明以下兩點，而加拿大 TSB 疲勞調查指引中，係針對以上兩點，各自設計一個檢查表供調查員使用：

1. 調查對象於事故時符合疲勞產生條件，評估項目如下：
 - 睡眠量-Quantity of Sleep：評估是否產生睡眠債（sleep debt）
 - ✓ 最近一次睡眠之時間長度：就寢入眠時間及起床時間；
 - ✓ 睡眠是否有中斷，中斷的原因及長度；
 - ✓ 最近一次睡眠起床後，是否曾小睡片刻（nap），若有，何時及持續時間多久；

註：1.5 至 2 小時之睡眠長度才可真正減少睡眠債，任務前有達 20 分鐘之小睡片刻，有助於任務初期之精神狀態，但無法折抵正常所需之睡眠；
 - ✓ 描述事故任務前過去 72 小時之睡眠作息；

註：睡眠 1 小時可降低 2 分之睡眠債，清醒 1 小時增加 1 分之睡眠債；
 - 睡眠品質-Quality of Sleep：評估睡眠是否有效、真正有助於恢復疲勞
 - ✓ 瞭解研究對象正常之睡眠習性，如：正常之就寢及起床時間；
 - ✓ 睡眠時是否受到打擾及睡眠環境如何；

註：正常睡眠環境為安靜、溫度適中、通風、自己的床、黑暗之房間；

✓ 是否有睡眠相關之疾病；

- 工作歷史-Work History：評估事故前之工作量是否可能影響睡眠之長度與品質

✓ 事故前之值勤或/及待命時間長度是否會影響任務時之精神狀態；

✓ 事故前一周各類之工作時數加總是否產生累積性疲勞；

- 非正常之排班-Irregular Schedules：評估是否因排班而影響睡眠長度及品質

✓ 是/否輪班工作者；

✓ 輪班時段是否固定、若不固定，輪班轉換方式與變化程度如何、加班情形、是否有連做兩班之情形、安全相關重要作業之工作時段安排狀況；

註：一天可調整 1-1.5 小時之生理時鐘、人對於改為夜間上班、日間睡覺之調整適應較慢、前兩晚夜班時清晨之精神狀態會顯著地下降、輪班應以順時鐘方向改變較快適應、理想之順序為 day 日-evening 晚-night 夜，夜班之時間長度應較短，且越後面改變速度要越慢，即給人員較長時間適應、加班、連班或安全相關重要工作應盡量安排在 7am-11pm；

✓ 組織是否建立疲勞因應措施；

- 時差之影響-Circadian Factors：瞭解是否因時差影響睡眠長度或品質

✓ 時差之長度、改變的速度及旅行方向；

調查對象於事故時之不安全行為或決策，與人在疲勞狀況下可能之行為表現一致，即存在疲勞徵狀，評估項目與指標如下：

- 注意力-Attention

✓ 漏看或看錯程序中之某步驟；

✓ 程序執行順序錯誤；

- ✓ 心裡老想著某一任務有關之事情；
 - ✓ 未注意到自己不佳之行爲表現；
 - ✓ 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；
 - ✓ 未能注意到警告訊號；
- 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；
- 清醒程度-Alertness
 - ✓ 不自覺地進入睡眠狀態： Microsleeps、小睡 (nap)、或長時間之睡眠；
 - ✓ 身體自動的反應未經思考的操作動作或反應 (Automatic Behavior Syndrome, ABS)；
- 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時出現困難；
 - ✓ 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；
- 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；
- 身體的影響-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加；

加拿大 TSB 疲勞調查指引

3.0 Fatigue Investigation Checklists

Guidelines

Because of the pervasive nature of fatigue in our society, fatigue should be considered an underlying factor in virtually all occurrences. In support of this, four questions provide guidance as to the initial assessment of fatigue as a contributing factor to an occurrence:

At what time of day did the occurrence take place?
Was the operator's normal circadian rhythm disrupted?
How many hours had it been since awakening?
Does the 72-hour sleep history suggest a sleep debt?

If the answer to any of the above questions indicates a problem, then fatigue should be investigated in depth.

To establish fatigue as a contributing factor, it must be demonstrated both

The person or crew was in a fatigued state; and
The unsafe act or decision is consistent with the type of behaviour expected of a fatigued person or crew.

The following checklists, **Checklist 1 - Establishing the fatigued state** and **Checklist 2 - Establishing the link between fatigue and the unsafe act/decision**, have been developed to aid in the collection of fatigue-related evidence.

Checklist 1 consists of four columns: *Issue*; *Probes*; *Best-case Responses*; and *Notes*. The first column, *Issue*, is a listing of significant factors relating to fatigue. Each one of these issues is described in *Section 1, Sleep and Fatigue*. Each *Issue* is accompanied by a list of *Probes*, questions that examine various aspects of the issue. Probe questions are important in determining whether the *Issue* is pertinent to the occurrence. The third column, *Best-case Responses*, provides a foundation for analysis of fatigue; that is, any response different from the best-case represents a potential reduction in rested state. The fourth is for investigator notes.

Checklist 2 consists of three columns. The first two, *Performance Impairment* and *Indicators*, describe the possible effects of fatigue on performance. The third is for investigator notes.

Checklist 1 - Establishing the fatigued state

Issue	Probes	Best-case Response	Notes
Quantity of Sleep Summary - establish whether or not there was a sleep debt	What was the length of last consolidated sleep period? Start time? Awake Time? Was your sleep interrupted (for how long)? Have you had any naps since your last consolidated sleep? Duration of naps? Describe your sleep patterns in the last 72 hours. (Apply sleep credit system)	7.5 to 8.5 hours Normal circadian rhythm, late evening Normal circadian rhythm, early morning No Yes Had opportunity for restorative (1.5-2 hrs) or strategic (20 min) nap prior to start of late shift 2 credits for each hour of sleep; loss of one credit for each hour awake - should be positive value	
Quality of Sleep Summary - establish whether or not the sleep was restorative	How did the sleep period relate to the individual normal sleep cycle i.e., start/finish time? (See "Quantity") Sleep disruptions? Sleep environment? Sleep pathologies?	Normal circadian rhythm, late evening/early morning No awakenings Proper environmental conditions (quiet, comfortable temperature, fresh air, own bed, dark room) None	
Work History Summary - establish whether the hours worked and the type of duty or activities involved had an impact on the quantity and quality of sleep	Hours on duty and/or on call prior to the occurrence? Work history in preceding week?	Situation dependent - hours on duty and/or on call and type of duty that ensure appropriate level of alertness for the task Number of hours on duty and/or on call and type of duty that do not lead to a cumulative fatigue effect	

<p>Irregular Schedules</p> <p>Summary - establish whether the scheduling was problematic with regards to its impact on quantity and quality of sleep</p>	<p>Was he/she a shiftworker?</p> <p>If yes, was it a permanent shift?</p> <p>If no, was it rotating (vs irregular) shiftwork?</p> <p>How are overtime or double shifts scheduled?</p> <p>Scheduling of critical safety tasks?</p> <p>Is there a fatigue counter-measure program in place?</p>	<p>No (Shiftworkers never fully adapt in terms of sleep quality)</p> <p>Yes - Days</p> <p>Yes - Rotating clockwise, rotation slow (1 day for each hour advanced), night shift shorter, and at the end of cycle.</p> <p>Scheduled when operators will be most alert in the context of their circadian rhythm.</p> <p>Scheduled when operators will be most alert in the context of their circadian rhythm.</p> <p>Yes</p>	
<p>Circadian Dysrhythmia (Jet Lag)</p> <p>Summary - establish the existence and impact of jet lag on quantity and quality of sleep</p>	<p>Number of time zones crossed?</p> <p>If more than one, at what rate were they crossed?</p> <p>In which direction was the travel?</p>	<p>One</p> <p>The slower the better</p> <p>East to West</p>	

Checklist 2 - Establishing the link between fatigue and the unsafe act/decision

Performance Impairment	Indicators	Notes
Attention	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> Forgot a task or elements of a task Forgot the sequence of task or task elements Inaccurately recalled operational events 	
Alertness	<ul style="list-style-type: none"> Succumbed to uncontrollable sleep in form of microsleep, nap, or long sleep episode Displayed automatic behaviour syndrome 	
Reaction Time	<ul style="list-style-type: none"> Responded slowly to normal, abnormal or emergency stimuli Failed to respond altogether to normal, abnormal or emergency stimuli 	
Problem-solving Ability	<ul style="list-style-type: none"> Displayed flawed logic Displayed problems with arithmetic, geometric or other cognitive processing tasks Applied inappropriate corrective action Did not accurately interpret situation Displayed poor judgement of distance, speed, and/or time 	

Mood	<p>Was less conversant than normal</p> <p>Did not perform low-demand tasks</p> <p>Was irritable</p> <p>Distracted by discomfort</p>	
Attitude	<p>Displayed a willingness to take risks</p> <p>Ignored normal checks or procedures</p> <p>Displayed a "don't care" attitude</p>	
Physiological Effects	<p>Exhibited speech effects - slurred, rate, content</p> <p>Exhibited reduced manual dexterity - key-punch entry errors, switch selection</p>	

3.9 疲勞自我評估

調查時若疲勞評估對象仍健在，亦可請當事人自我評估任務時之疲勞狀況，如圖 3-2 所示。

NAME		DATE AND TIME
SUBJECTIVE FATIGUE <i>(Circle the number of the statement which describes how you feel RIGHT NOW.)</i>		
1	Fully Alert; Wide Awake; Extremely Peppy	
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; Ready To Drop	
COMMENTS		

圖 3-2 疲勞自我評估量表

3.10 疲勞風險管理系統

人員疲勞相關文獻¹指出，許多組織藉由工作時間及休息時間之規定以管理人員疲勞相關風險。此方法係假設人員於規定內之最長工作時間工作後，藉由最少休息時間之保障，可消除工作所造成的疲勞，而得以繼續投入工作。然而，此假設係源至於身體性疲勞（physical fatigue）之研究，對於心智疲勞（mental fatigue）卻不一定成立。實務上，許多因素皆會影響人員休息之有效性，例如：睡眠長度及品質、持續清醒之時間、生理時鐘、及其他個人或家庭因素等。故僅藉由規範工

¹ FRMS for the Canadian Aviation Industry: Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System, TP 14575E, Transport Canada, April 2007。

作時間及休息時間之管理機制可能無法有效管理人員疲勞相關風險。

疲勞風險管理系統（Fatigue Risk Management System，以下簡稱 FRMS）可能是當前最有效且完整之疲勞管理制度。傳統之疲勞管理觀念係認為疲勞為員工個人之問題，應自行承擔主要之管理責任，故認為員工因疲勞致而可能影響工作時，應主動提出；FRMS 之觀念係認為疲勞管理系員工與組織共同的責任，組織亦有責任主動去減少疲勞產生之任務風險，及主動掌握員工可能之疲勞狀態。

FRMS 係建立於組織之安全管理系統（Safety Management System）內，其概念係將疲勞列為風險管理之危害因子，藉由組織將人員疲勞視為可能影響飛航安全之危害（hazard）因素，透過安全管理系統之架構，於組織內建立多重之人員疲勞危害控管機制，如圖 3-3，係加拿大運輸部所建議，包含五個層級的人員疲勞危害控管機制，各層級之內容簡述如下：

層級 1：藉由人員工作及休息時間之規定，或/及人員疲勞預測模式（fatigue modelling）檢視人員排班，評估人員有無適當且足夠之休息機會；

層級 2：建立適當的機制，掌握員工實際之睡眠狀況，並依據不同程度之睡眠狀況，提供管理者處置之準則或方式；

層級 3：藉由員工填寫疲勞徵狀檢查表或/及員工主動報告機制之設計，掌握員工疲勞狀況，據以重新安排工作或增加交互檢查機制等；

層級 4：建立適當機制有效蒐集及分析員工因疲勞所犯之錯誤，並據以擬定改善策略；

層級 5：事件調查時，強化人員疲勞相關資料之蒐集與分析，並據以擬定改善策略。

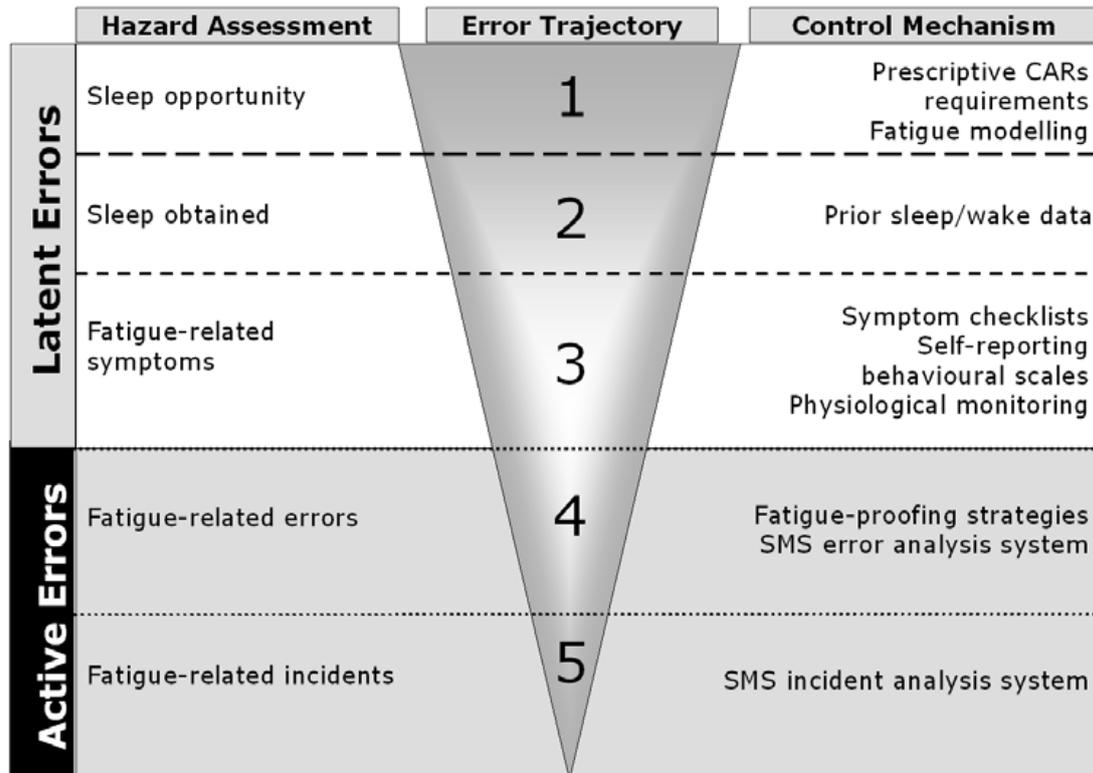


圖 3-3 人員疲勞危害控管機制

國際民航組織（ICAO）已於 2008 年宣示規劃將 FRMS 納入第六號附約中，並於 2009 年 8 月成立 FRMS 工作小組，草擬 FRMS 相關之技術文件。歐盟 EASA、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正在草擬或已完成 FRMS 相關法規或/及技術文件。目前各國有關 FRMS 之法規內容，一種是用來取代原有之飛航時間相關限度（例如：澳洲），另一種則是與之並存（例如：加拿大）。另外，亦有多家航空公司正在建置所屬之 FRMS，例如：國泰航空、智利航空等。

目前有關 FRMS 建置最完整之技術指引應為加拿大運輸部（Transport Canada）所訂定之「Fatigue Risk Management System (FRMS) Toolbox」，此文件可由加拿大運輸部網站下載：www.tc.gc.ca/CivilAviation，包含之文件及內容簡述如下：

1. *FRMS for the Canadian Aviation Industry: An Introduction to Managing Fatigue, TP 14572E*: introductory material intended to raise awareness about fatigue ;

概述疲勞管理的重要性，簡述疲勞之成因與影響、及疲勞管理策略。

2. *FRMS for the Canadian Aviation Industry: Fatigue Management Strategies for Employees, TP 14573E*: provides the knowledge and skills required to apply appropriate fatigue management strategies at the individual level ;

此篇係屬提供給員工閱讀之參考資料，詳細介紹疲勞管理相關之觀念與知識，內容包含：

- ✓ Working Non-traditional Hour
- ✓ Fatigue
- ✓ Sleep
- ✓ Napping
- ✓ Food
- ✓ Water
- ✓ Caffeine
- ✓ Alcohol
- ✓ Nicotine
- ✓ Drugs
- ✓ Well-being
- ✓ Physical Exercise
- ✓ Social/Family Life
- ✓ Commuting
- ✓ Work Schedule Design
- ✓ Jet Lag

3. *FRMS for the Canadian Aviation Industry: Employee Training Assessment, TP 14574E*: an optional module intended to assess employee competence in topics covered in the Fatigue Management Strategies for Employees workbook ;

該篇係提供組織作為考驗員工是否熟悉疲勞管理相關策略時之參考。

4. *FRMS for the Canadian Aviation Industry: Developing and Implementing a Fatigue Risk Management System, TP 14575E*: explains how to manage the risks associated with fatigue at the organizational level within a safety management system framework ;

此篇係提供給組織，使其瞭解何謂 FRMS 及如何建置與執行。

5. *FRMS for the Canadian Aviation Industry: Policies and Procedures*

Development Guidelines, TP 14576E: proposes a policy structure while providing examples and guidelines to help organizations through the process of designing fatigue risk management policies and procedures ;

此篇係提供給組織，使其瞭解如何編寫 FRMS 管理手冊，包含政策及程序之範例等。

6. *FRMS for the Canadian Aviation Industry: Fatigue Audit Tools, TP 14577E*: provides an overview of tools available to employers to help determine whether scheduling provides employees with adequate opportunities to get sufficient sleep ;

此篇係提供給組織，使其瞭解如何達成人員疲勞危害控管機制層級 1 之要求-確保人員之排班能夠給予員工足夠之休息機會。

7. *FRMS for the Canadian Aviation Industry: Trainer's Handbook, TP 14578E*: in addition to a training presentation on fatigue, fatigue management systems, and individual fatigue management strategies, the package includes background information for delivery of the workshop, learning outcomes, and questions frequently asked by participants 。

此篇係提供給組織，使其瞭解如何提供給員工疲勞及 FRMS 相關之訓練。

另外，加拿大運輸部亦頒訂有有關 FRMS 建置與執行之民航通告，供業者參考，及提供檢查員檢視業者 FRMS 時所需之評估指引：

1. Advisory Circular on Development and Implementation of Fatigue Risk Management Systems in the Canadian Aviation Industry, AC No.: SUR-001 ;
2. Fatigue Risk Management Systems Assessment Guide, Staff Instruction No.: SUR-007 。

FRMS 係新的疲勞管理方法，且仍在持續發展中，調查時可檢視調查組織各層級之疲勞危害控管機制，評估其有效性，及對事故肇因之可能影響。

3.11 疲勞預測模式

目前已存在許多的生物計量模式（bio-mathematical models）用來評估人類疲勞及其影響，該等模式可應用於 FRMS 層級 1 之疲勞危害控管機制，主要可用來協

助組織檢視其人員班表產生疲勞危害之風險程度。

澳洲民航局 (Civil Aviation Safety Authority, CASA) 於 2010 年 3 月公佈一研究報告 -“Bio-mathematical Fatigue Modelling in Civil Aviation Fatigue Risk Management Application Guidance”，詳細介紹及比較 6 個疲勞評估之生物計量模式，可供參考：

1. Circadian Alertness Simulator (CAS)
2. Fatigue Audit InterDyne (FAID)
3. Interactive Neurobehavioral Model (INM)
4. Sleep, Activity, Fatigue, and Task Effectiveness (SAFTE)
5. Sleep/ Wake Predictor (SWP)
6. System for Aircrew Fatigue Evaluation (SAFE)

該研究報告完成時，CAS、FAID、SAFTE、SWP 已進一步開發應用軟體可供使用，每一軟體之功能與限制皆不相同，使用時應依需求選擇適合的軟體。其中 FAID 係加拿大運輸部建議使用之模式，該模式較為單純，只要輸入班表，即可評估該班表給予人員有效睡眠機會之程度；依據 SAFTE 模式所開發之商用軟體 FAST (Fatigue Avoidance Scheduling Tool) 及 FAST AVIATION 功能上較為完整，可預測出人員心智績效表現隨時間變化之程度，澳洲 ATSB 目前有使用該軟體協助調查，可由 FAST 網站下載試用板及使用手冊，該軟體於調查時使用之缺點係需要 3 周以上之人員作息資料，其預測值才有足夠之信心水準。

SAFTE 模式概述、理論模式及 FAST 軟體輸出範例如下：

Sleep, Activity, Fatigue, and Task Effectiveness (SAFTE)

Organisation: Fatigue Science, United States, www.fatiguescience.com

Contact: Dr. Steve Hursh, Dr. John Caldwell, info@fatiguescience.com

References: [14, 20-22]

Description:

The SAFTE model includes a sleep reservoir, circadian rhythm, and sleep inertia component, and has an 'auto sleep' function that calculates likely sleep times based on work schedules and sleep physiology. The SAFTE model has been originally based on laboratory data, but the sleep calculations have been validated in ground transportation operational studies. A software version of a Fatigue Avoidance Scheduling Tool (FAST) has been tailored to accept aviation-specific inputs.

Products and services:

- Software packages in two versions: FAST and FAST AVIATION. License terms dependant on the duration of the licensing period (1 vs. 2 years), and the intended use of the software (i.e. corporate versus consultant).
- Consulting services, using both FAST and FAST AVIATION are available through Fatigue Science.

圖 3-4 SAFTE 模式概述

Sleep, Activity, Fatigue and Task Effectiveness Model

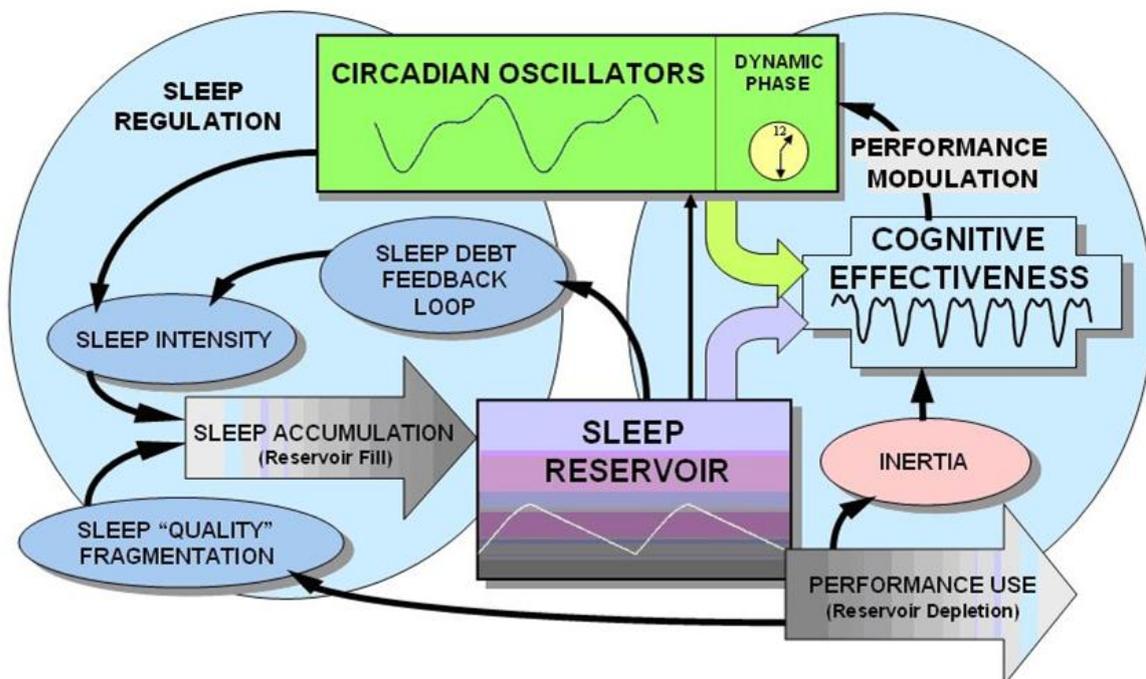


圖 3-5 SAFTE 理論模式

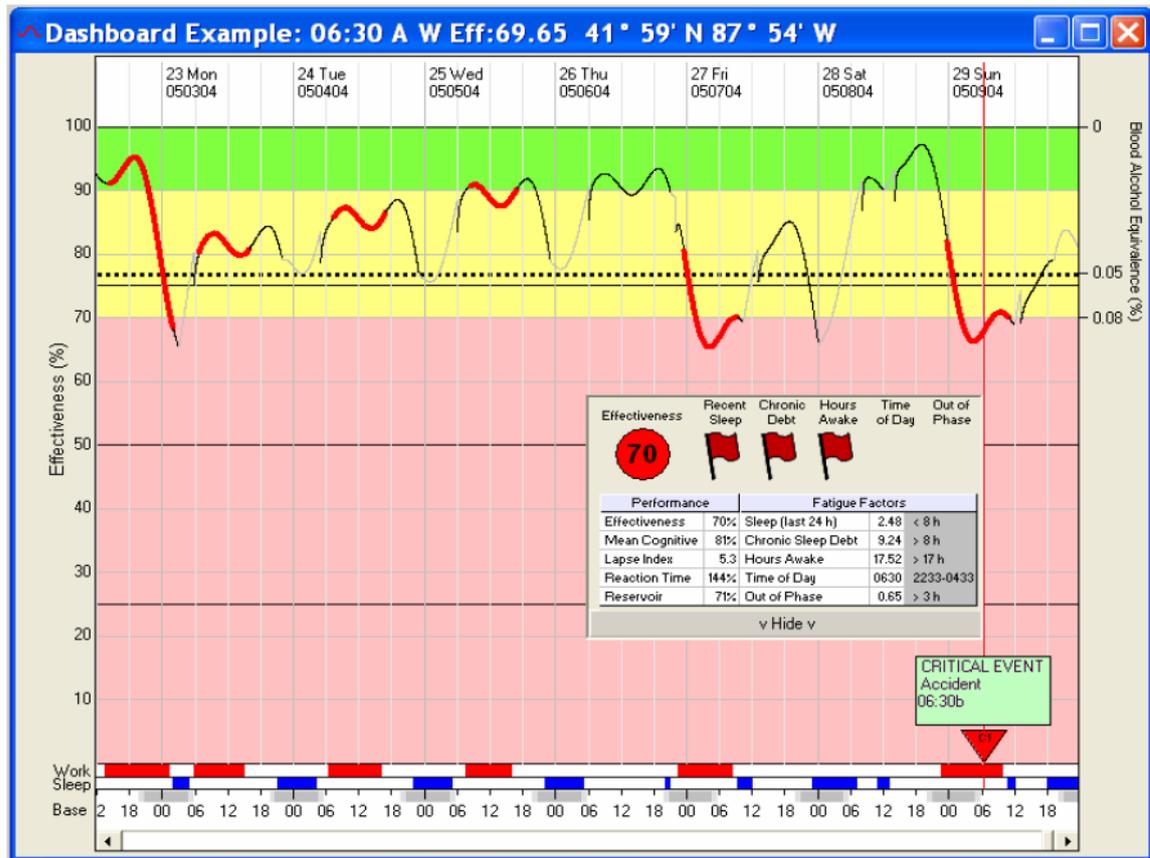


圖 3-6 FAST 軟體輸出結果

CASA 研究報告對疲勞評估生物計量模式之使用建議如下：

1. 找出班表中疲勞風險較高之時段，給予適當之控管機制；
2. 比較不同班表排定結果之疲勞風險值；
3. 比較不同疲勞因應策略之成效；
4. 教育訓練時使用，讓人員更容易了解睡眠及生理時鐘等對其表現之影響；
5. 盡量不要用在個人於某特定時間之疲勞程度評估及是否能夠安全執行任務之指標值；
6. 模式之輸入值未必一定正確，如：睡眠品質，模式本身亦有未能考量的變數，故不要因為模式輸出為量化之數值就認為一定比質化之疲勞評估正確；
7. 應另行建置人員是否適合執行任務之評估制度；
8. 應建立整體性之疲勞相關資料蒐集，將更有助於強化疲勞評估生物計量模式之功能與信、效度。

疲勞評估生物計量模式未來研究方向：

1. 如何與排班最佳化演算法結合，使疲勞指標成為排班計算時之限制式；
2. 透過個人疲勞預測相關資料的蒐集，包括：犯錯及睡眠狀況之詳細資料，強化個人疲勞狀況之預測。

肆、建議

人爲因素係事故發生之主要原因，亦爲飛航安全改善之首要目標，然調查機關對人爲因素調查能量所投入的資源卻相當有限，例如：並無專門之人爲因素調查員、未能提供調查員適當之訓練、調查工具、與方法等。本會爲提升人爲因素調查能量近年來已陸續派遣 4 位調查員（含本次）赴澳洲 ATSB 接受本訓練，亦透過國科會支持之研究計畫，發展人爲因素調查方法與工具，幫助調查員能夠以系統性且科學化之方式執行人爲因素相關議題之調查，爲持續強化本會人爲因素調查能量建議如下：

1. 本會應於年度調查員複訓，強化人爲因素調查相關之課程，使所有調查員都能夠具備人爲因素之基礎知識及正確之觀念與態度。
2. 本會應持續強化人爲因素調查員仍欠缺之相關訓練，如：安全管理系統(SMS)之調查方式。
3. 本會應持續發展人爲因素調查方法與工具及建立專家諮詢管道。