

## 出國報告（出國類別：其他）

# 赴新加坡參加航空人為因素研討會 出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：袁世立／調查官

派赴國家：新加坡

出國期間：民國 111 年 11 月 6 日至 11 月 12 日

報告日期：民國 112 年 2 月 12 日

公務出國報告提要 系統識別號 C11200147

出國報告名稱：赴新加坡參加航空人為因素研討會出國報告

頁數：29 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：郭芷桢

電話：(02)7727-6228

出國人員姓名：袁世立

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：運輸安全組

職稱：調查官

電話：(02)7727-6291

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：民國 111 年 11 月 6 日至 11 月 12 日

出國地區：新加坡

報告日期：民國 112 年 2 月 12 日

分類號/目

關鍵詞：人為因素、Human Factor

內容摘要：

為提升本會運輸事故調查之專業知識及技能，強化本會人員人為因素相關專業知識，參加此次航空人為因素研討會；研討會主辦單位為新加坡民航學院，研討會議程共計 24 項主題，目的為瞭解人為因素的概念及其在航空運營環境中的應用，並於研討會結束後能瞭解航空業人為因素相關應用、人為錯誤和容錯的概念、辨識人為因素與航空安全事故的關聯性、及如何應用人為因素原則和概念，進一步管理個人、組織和系統層面的人為錯誤及違規行為。

# 目次

壹、目的.....	3
貳、過程.....	4
參、心得.....	10
肆、建議.....	28

## 壹、目的

為提升本會運輸事故調查之專業知識及技能，強化本會人員人為因素相關專業知識，由運輸安全組袁世立調查官於 111 年 11 月 6 日至 12 日赴新加坡參加航空人為因素研討會；報名參加此次研討會與會人員共計 34 人，分別來自 12 國家：布吉納法索、庫克群島、印度、以色列、約旦、馬爾地夫、紐西蘭、阿曼、巴布亞紐幾內亞、新加坡、泰國及台灣；全體與會人員合照如圖 1。

此次研討會主辦單位為新加坡民航學院，研討會議程共計 24 項主題，目的為瞭解人為因素的概念及其在航空運營環境中的應用；課程內容包括：瞭解人為錯誤、人為表現及限制、人為因素及系統安全、系統設計及自動化、錯誤管理、文化及安全管理等，研討會期間除了由講師傳授專業知識外，亦安排 Airbus 飛機製造商東南亞區域安全主任分享 Airbus 所推廣之安全資訊，且研討會安排多場小組討論簡報分享，過程穿插影片、案例討論等方式，期使與會人員於研討會後學習到：航空業人為因素相關應用、人為錯誤和容錯的概念、辨識人為因素與航空安全事故的關聯性、及如何應用人為因素原則和概念，進一步管理個人、組織和系統層面的人為錯誤及違規行為。



圖 1: 全體與會人員合影

## 貳、過程

### 一、出國行程

日期 月/日	起訖地	任務
11/6	前往桃園機場 搭乘星宇航空 (JX731) 台北 - 新加坡	啟程
11/7-11	新加坡	航空人為因素研討會
11/12	前往樟宜機場 搭乘星宇航空 (JX732) 新加坡 - 台北	返國

### 二、研討會議程安排

**Singapore Aviation Academy**  
**International Workshop: Human Factors in Aviation**  
**07-11 November 2022**

**DAY 1**

**Monday 7th November**

0830	<i>Arrival &amp; Workshop Registration</i>	
0900	Workshop Opening & Welcome	Singapore Aviation Academy
0915	<b>Session 1</b> <b>Workshop Introduction &amp; Overview</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Housekeeping</li><li>• Personal introductions by instructors and students - backgrounds in aviation, expectations and goals</li><li>• Overview of the workshop - objectives and scope</li><li>• Workshop structure and timetable</li><li>• Work methods, group activities and presentations</li><li>• Workshop materials</li><li>• Key terms and definitions</li><li>• Benefits of effective human factors management</li></ul>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
1030	<i>Welcome Refreshments</i>	

1100	<b>Session 2</b> <b>Aviation Human Factors ~ Past, Present and Future</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Defining human factors</li> <li>• Human factors vs human error</li> <li>• The human factors contribution to aviation safety</li> <li>• The origins of aviation psychology and human factors</li> <li>• The evolution of Cockpit Resource Management (CRM)</li> <li>• Human factors in contemporary aviation - from CRM to Non-Technical Skills (NTS)</li> <li>• Human factors programs today in aviation and beyond</li> <li>• The success of human factors programs - the evidence</li> <li>• The future for human factors</li> <li>• Group Discussion: What role will human factors play in meeting future aviation challenges?</li> </ul>	Dr Graham Edkins
1230	<i>Lunch</i>	
1330	<b>Session 3</b> <b>Understanding Human Error</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principles of Human Error</li> <li>• Unintended and intended actions - Types of Errors</li> <li>• The role of non-compliance (violations)</li> <li>• Do errors “cause” accidents?</li> <li>• Error and violation producing conditions</li> <li>• Human error myths</li> </ul>	Brent Hayward
1500	<i>Afternoon Refreshment break</i>	
1530	<b>Session 4</b> <b>Practical Application Exercise</b> <i>A Fatal Flaw</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participants will view a video case study and be required to: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identify the organizational human factors issues that impacted the performance of the flight crew;</li> <li>○ Identify the organizational culture and broader system issues that allowed the accidents to occur.</li> </ul> </li> </ul>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
1700	End of Day 1	

**DAY 2**  
**Tuesday 8th November**

0845	<b>Review of Day 1 - Q &amp; A Session</b>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
0915	<b>Session 5</b> <b>Human Performance Capabilities &amp; Limitations</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Characteristics of human performance</li> <li>• Effects of Stress</li> <li>• Fatigue Management</li> <li>• Situational Awareness</li> <li>• Decision Making</li> <li>• Operational implications – managing human performance</li> </ul>	Brent Hayward
1045	<i>Morning Refreshment Break</i>	
1115	<b>Session 6</b> <b>Human Factors &amp; Systems Safety</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A human factors approach to event investigation</li> <li>• The Reason Model - Organisational Accidents</li> <li>• Developing error tolerance</li> <li>• Aviation accident Case Study: QF1</li> </ul>	Dr Graham Edkins
1300	<i>Lunch</i>	
1400	<b>Session 7</b> <b>Practical Application Exercise</b> <i>Case Study: Upstanding Landing</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participants will view a video case study and be required to: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Review the incident data</li> <li>○ Analyse the incident using the Reason Model contributing factors</li> <li>○ Propose recommendations to reduce risk and prevent recurrence</li> <li>○ Document their findings on a PowerPoint template</li> </ul> </li> </ul>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
1530	<i>Afternoon Refreshment break</i>	
1545	<b>Session 8</b> <b>Team presentations of Upstanding Landing analysis</b>	Team Presentations
1700	End of Day 2	

### DAY 3

**Wednesday 9th November**

0845	<b>Review of Day 2 - Q &amp; A Session</b>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
0915	<b>Session 9</b> <i>Guest Speaker</i>	Capt. Adrian Abraham Regional Safety Director

	Airbus Vision on Safety in our Industry	SE Asia, AIRBUS Services
1030	<i>Morning Refreshment Break</i>	
1100	<b>Session 10</b> <b>Mental Health, Well-Being and Support Programs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mental Fitness to Fly</li> <li>• Alcohol and Drugs / Drug and Alcohol Management Programs</li> <li>• Addiction and Chemical Dependency</li> <li>• Personal, Organisational and Industry wide strategies to support safety critical workers (peer support networks etc)</li> </ul>	Dr Graham Edkins
1230	<i>Lunch</i>	
1330	<b>Session 11</b> <b>Practical Application Exercise</b> <i>Case Study: Airtime</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participants will view two incident case study videos and be required to: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identify the errors and/or violations made in the incident and the key human performance limitations, health and well-being issues that impacted crew performance</li> <li>○ Develop a practical management strategy for the aircraft operator to manage human performance, physical and psychological fitness for duty issues</li> </ul> </li> </ul>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
1530	<i>Afternoon Refreshment break</i>	
1545	<b>Session 12</b> <b>Team presentations of operator management strategy</b>	Team Presentations
1600	<b>Session 13</b> <b>System Design and Automation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advances in aviation safety</li> <li>• Evolution of aviation technology and design</li> <li>• Technology and reliability</li> <li>• Automation ~ positives and negatives</li> <li>• Human-centered design</li> </ul>	Brent Hayward
1700	End of Day 3	

## DAY 4

**Thursday 10th November**

0845	<b>Review of Day 3 - Q &amp; A Session</b>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
0915	<b>Session 14</b>	Dr Graham Edkins

	<b>Error Management</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Managing unintended actions (slips &amp; lapses)</li> <li>• Managing intended actions (mistakes &amp; violations)</li> <li>• Individual vs. Organisational error management strategies</li> </ul>	
1030	<i>Morning Refreshment Break</i>	
1100	<b>Session 15</b> <b>Culture &amp; Safety Management</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• National, Organisational and Professional cultures</li> <li>• Essential ingredients of safety culture</li> <li>• The myth of a 'no blame' reporting culture</li> <li>• Fair and Just culture</li> <li>• Relationship between safety culture maturity and High Reliability Organisations (HRO's)</li> </ul>	Brent Hayward
1230	<i>Lunch</i>	
1330	<b>Session 16</b> <b>Social and Group Influences on performance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The influence of role and status</li> <li>• Social influences - group pressure and conformity</li> <li>• Team composition and dynamics</li> <li>• Barriers to effective communication</li> <li>• Management strategies to improve team performance</li> </ul>	Dr Graham Edkins
1445	<i>Afternoon Refreshment break</i>	
1500	<b>Session 17</b> <b>Practical Application Exercise</b> <i>Case Study: Crossed Wires</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participants will view an aviation maintenance case study video and be required to: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identify the key cultural, social and group influences that contributed to the incident</li> <li>○ Develop a practical safety culture management strategy for the aviation maintenance organisation based on Reason's essential safety culture ingredients</li> </ul> </li> </ul>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
1600	<b>Session 18</b> <b>Team Presentations of management strategy</b>	Team Presentations
1700	End of Day 4	

## DAY 5

Friday 11th November

0845	<b>Review of Day 4 - Q &amp; A Session</b>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
------	--	----------------------------------

0900	<b>Session 19</b> <b>Briefing: Major Exercise</b> <i>In this major exercise participants will employ the knowledge and methods covered during the workshop to consolidate their understanding and application of Human Factors concepts to enhance aviation safety</i>	Brent Hayward & Dr Graham Edkins
0930	<b>Session 20</b> <b>Major Exercise commences:</b> <i>Course members work in assigned teams</i>	Group Work
1030	<i>Morning Refreshment Break</i>	
1045	<b>Session 21</b> <b>Major Exercise continues:</b> <i>Course members work in assigned teams</i>	Group Work
1230	<i>Lunch</i>	
1300	<b>Session 22</b> <b>Major Exercise continues:</b> <i>Course members work in assigned teams</i>	Group Work
1400	<b>Session 23a</b> <b>Presentation of Team Reports 1</b>	Teams
1500	<i>Afternoon Refreshment break</i>	
1515	<b>Session 23b</b> <b>Presentation of Team Reports 2</b>	Teams
1615	<b>Session 24</b> <b>HF Workshop Summary and Review</b> • Summary • Workshop evaluation & feedback	Brent Hayward Dr Graham Edkins & SAA
1645	<b>Conclusion of the 2022 SAA Human Factors in Aviation Workshop</b>	

### 三、講師名單



Dr. Graham Edkins



Mr. Brent Hayward



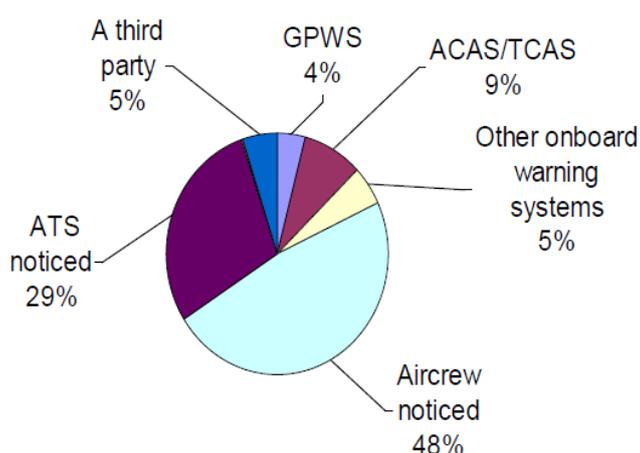
Captain Adrian Abraham

## 參、心得

本次研討會議程共計24項主題，目的為瞭解人為因素（Human Factor）的概念及其在航空運營環境中的應用，研討目標：瞭解人為因素的演變、範圍及如何應對未來挑戰，瞭解人為錯誤於大型複雜社會技術系統之事件調查，說明人為表現限制對於有效決策、增加錯誤發生概率之可能影響，識別可能影響個人之風險管理行為與團隊影響壓力，藉由學習人為因素相關專業知識，瞭解人為表現之限制，培養評估人為因素與運輸事故關聯性之能力。研討會重點內容摘要說明如下：

### 3.1 航空人為因素觀念及未來議題

航空產業從飛機的設計、製造、飛行操作、維修、營運管理，到飛航管制、政府監理，每個階段、每項作業皆需由人所組成之團隊始能完成，故當航空事故、事件發生後，人為因素往往佔事故肇因相當高的比例；澳洲運輸安全局（Australian Transport Safety Bureau, ATSB）於1998-1999年間統計分析超過2,000份調查報告後，顯示約82%係與人為因素相關。



***82% of recovery measures was from people!***

圖3-1 澳洲事件事故肇因統計分析

從航空業界累積多年之營運經驗，及歷年事件事故調查報告所顯示，「人」在維持、加強飛航安全方面扮演著非常重要的角色，進行事件事故調查時，除了需要確認是否為系統設計不佳、人為犯錯、訓練不足、作業程序未臻完善或未遵循標準作業程序、文件化管理不良、監理作業未到位、組織於上次發生錯誤時未能及時處理、受到商業、政治或管理上的壓力...等原因之外，更應以正面態度瞭解人為因素與事件事故間之關聯性，找到上述缺失的根源；彙整人為因素之重要觀念如下：

1. 為達到實現既定安全目標之目的，航空業以有效風險控管及持續改善安全績效的方式推動安全管理系統（**Safety Management System, SMS**），然而要達到實現最低合理風險（**as low as reasonably practicable risk**）之營運安全目標，安全管理系統需整合營運（**operation**）、技術（**technical**）、人力資源（**human resource**）、財務（**financial**）等管理系統，才有可能實現。
2. 系統設計應考量人為錯誤的可能性，並容許一定程度之人為錯誤；當系統偵測到發生人為錯誤時，應有適當警示提醒，甚至能主動除錯。
3. 人為因素與人為錯誤（**human error**）絕對不是同義詞，進行事件事故調查時，應思考如何改善系統及降低人為犯錯的機率。
4. 即使每一事件事故皆會涉及人為錯誤或違規行為，無論此事件多麼輕微，都必須視為系統性的問題進行事故安全調查，以確保航空業界能有顯著並持續改善的系統性安全。

現今社會多元發展，科技進步快速，新的航空產業不斷興起，相對的也會衍生新的危害與風險，航空安全管理應是順應社會、文化變遷而動態發展的；參考國際民用航空組織安全管理手冊（**Safety Management Manual, SMM / published by ICAO**），航空安全管理發展時序如圖3-2。

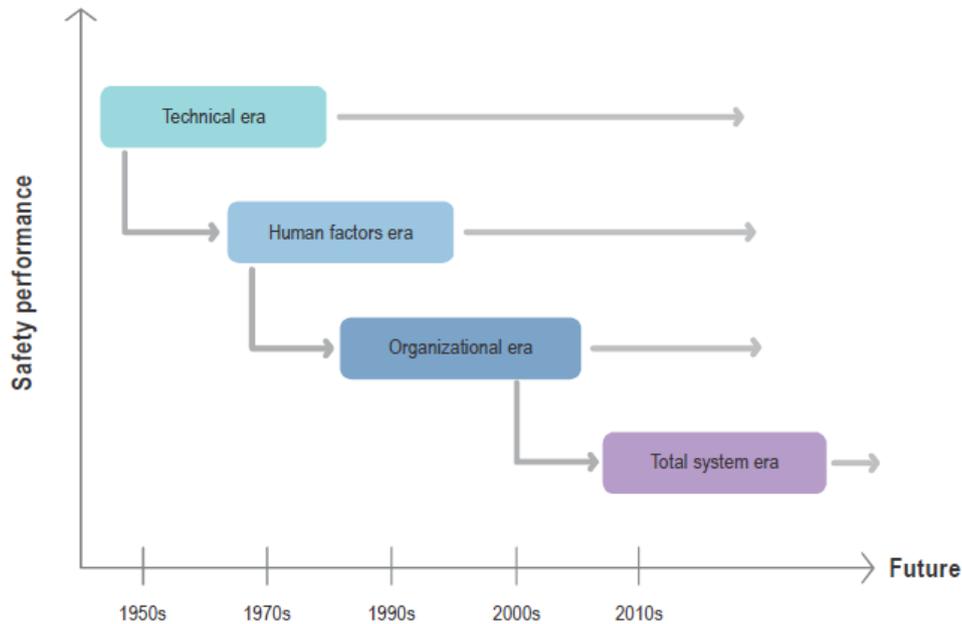


圖3-2 航空安全發展時序圖

航空安全管理所專注的焦點，從1950年代改善技術層級，陸續演進至人為因素相關議題、探討人機介面，以降低人為錯誤，再進展到組織層級相關組織文化、政策、風險控管，以監控安全風險及新興安全議題，直到目前已進展到全系統化管理時代，以因應航空產業目前高複雜度，且不同組織間發生多起負面結果的現象。

觀察航空產業及社會文化發展趨勢，未來人為因素討論的議題，包含：

- 航空保安：近年來恐怖主義盛行，重大基礎建設往往為恐怖攻擊的對象，航空相關產業亦常成為激進份子威脅的對象。
- 飛行機師需求：依據波音公司預測，全球民用航空公司近20年飛行機師人數約需498,000人，相關人員之知識、技術能力培訓及實務經驗累積，將對既有生態產生一定程度之衝擊。
- 無人空中載具：專家預估於2030年，全球將有超過10億架次無人機投入營運，新加坡更計畫於2030年開放空中計程車，無人機相關勢必朝向多元化蓬勃發展。

### 3.2 人為錯誤及人為表現限制

凡人皆會犯錯，就算是具備豐富經驗的專家、技術人員，亦有犯錯的時候，依據研究結果顯示：82%的航班於飛行過程中曾發生人為錯誤，平均每個航班發生2.8個人為錯誤。雖然人一定會犯錯，但是藉由訂定標準作業程序、接受專業訓練、組員資源管理等機制，可大幅降低因人為錯誤所衍生的重大安全事故；國際航空運輸協會（International Air Transport Association, IATA）2022年安全報告相關數據顯示，整體航空產業每百萬起降之死亡風險從2020年0.13提高至2021年0.23，2012-2016年的5年滾動平均值與最近的5年期間（2017-2021年）進行比較，死亡風險從0.24降到0.14，呈現下降趨勢。

人為表現（human performance）是有其限制的，人所能處理的資訊非常有限，尤其是在一定時間內需要同時處理大量資料時，注意力必須將集中在相對重要的資訊上，因而不自覺會忽略其他事物；除了注意力有所限制之外，影響人為表現的相關因素，諸如：工作環境、壓力、工作負荷、疲勞、記憶力、溝通、視覺認知...等，人為表現受上述各項因素影響之後，處理周遭環境事務的能力隨即降低；以一趟飛航任務而言，飛行機師於起飛與降落階段需處理較多注意事項、危害風險較高，亦承受較大的壓力，當飛航進入進場階段，飛行機師已執行飛航任務一段時間，其疲勞程度、危機處理警覺性都與起飛階段不同，若在進場階段遇到飛機設備發生異常顯示，或接收到機場的天氣狀況改變、能見度降低，需要考慮重飛或轉降其他機場時，發生航空事故的機率將大幅提升，如圖3-3。

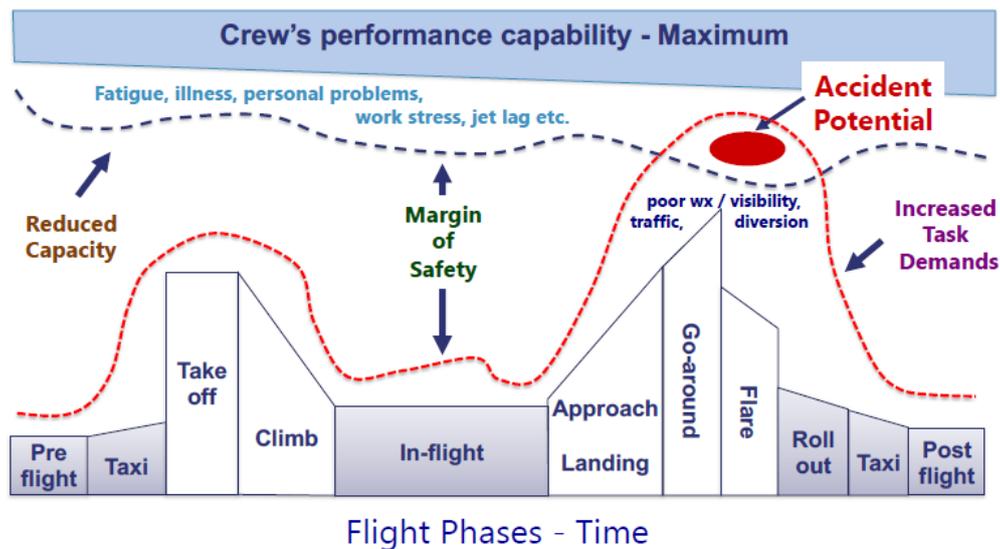


圖3-3 飛行各階段機師人為表現能力與飛行任務需求示意圖

彙整人為錯誤、人為表現限制之重要觀念如下：

1. 人為錯誤係指人類心智或身體之活動未能達成預期的結果，人為錯誤實際上是人為表現限制的結果、是受到個人 (individual)、環境 (environment) 及組織 (organization) 因素等各層面共同影響所造成的，如圖3-4。

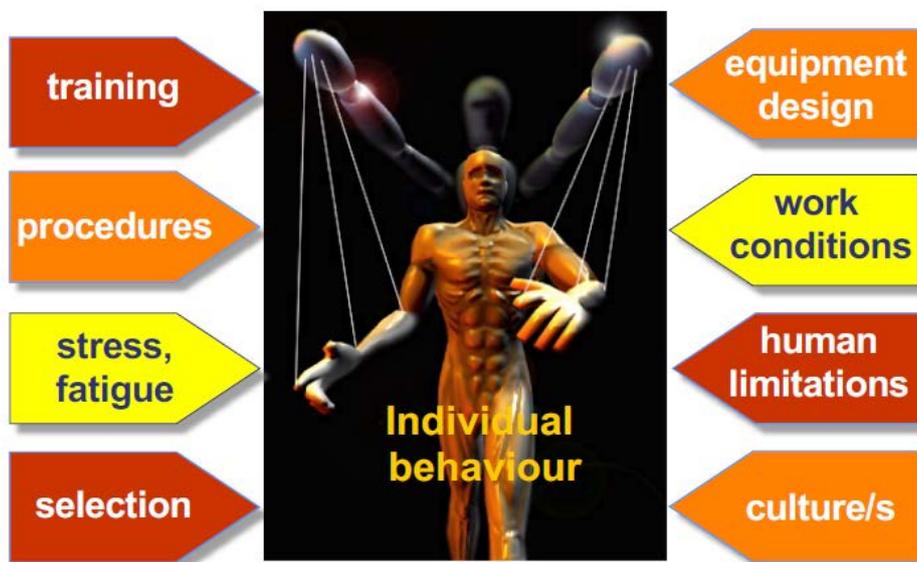


圖3-4 人為錯誤相關因素

2. 不安全的行為可區分為2類：1.無意的行為、2.刻意的行為，如圖3-5；刻意犯錯才被歸類為違規，違規的行為加上人為錯誤將會大大降低安全係數。

## Varieties of 'Unsafe Acts'

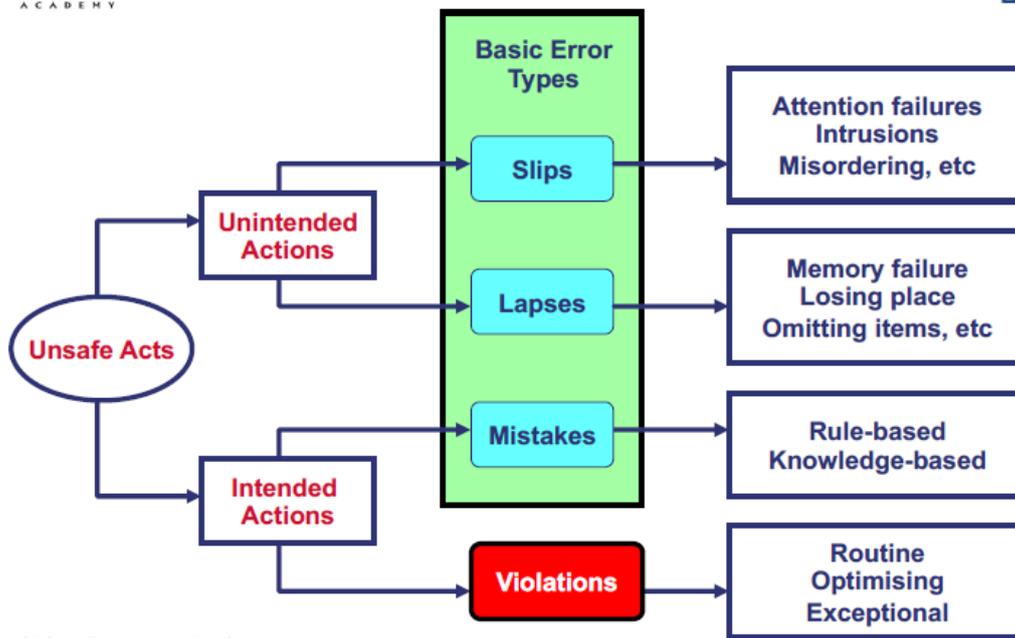


圖3-5 不安全行為之樣態

3. 大部分人為錯誤並非刻意要犯錯，受過專業訓練、實務經驗豐富的專家，亦有可能犯錯；人為錯誤通常不會立即產生嚴重後果，並非為事件事故的主要原因，而是更深層問題的表徵，調查人員在事故調查蒐集事實資料，當發現有人為錯誤情事發生時，應進一步瞭解造成該項人為錯誤的原因，以及當時為何未能及時阻擋事件持續惡化，始能找到事故真正的肇因；人為錯誤永遠無法避免，藉由管理的方式，瞭解發生人為錯誤的背後原因，擬定對策才能降低人為錯誤的機率。為降低人為錯誤衍生之高度危害，營運單位需定期處理突發事件、管理錯誤、違規和異常情況，做出正確的判斷及決定，識別潛在的危險行為和情況，藉由識別出具有風險的人為錯誤作業方式，進而避免發生嚴重後果。
4. 執行人為因素調查的困難之處，在於蒐集具體量測數據較為困難，且人為表現能力受相關因素影響程度因人而異，分析結果較無說服力；研討會提及影響人為表現因素如：壓力、疲勞、情境警覺，摘錄相關研究內容如下：

## A. 壓力

- 當需處理令人不安的情境或事件時，就會產生壓力，依最近研究顯示，日常生活中發生的各種事項，均可能令人感到壓力，如圖3-6；當人感受到壓力時，不論生理、心理、精神及行為各種層面均將受到影響，如圖3-7。



### Holmes and Rahe Survey of Recent Life Experiences



Event	Rating	Event	Rating
Death of a spouse	100	Son or daughter leaving home	29
Divorce	73	Trouble with in-laws	29
Marital Separation	65	Outstanding personal achievement	28
Jail Term	63	Partner begins or stops work	26
Death of a close family member	63	Change in living conditions	25
Personal injury or illness	53	Trouble with boss	23
Marriage	50	Change in work hours or conditions	20
Fired at work	47	Change in residence	20
Marital reconciliation	45	Change in schools	20
Retirement	45	Change in recreation	19
Pregnancy	40	Change in church activities	19
Sex Difficulties	39	Change in social activities	18
Gain of a new family member	39	Change in sleep habits	16
Work readjustment	39	Change in eating habits	15
Change in financial state	38	Holiday	13
Death of a close friend	37	Christmas	12
Mortgage over \$100 000	31	Minor violations of the law	11
Change in responsibilities at work	29		

圖3-6 日常生活各項壓力排序

## Symptoms of Stress

Physiological	Cardiovascular, gastrointestinal, respiratory, sleep disturbances, migraines, muscular tension, minor infections
Psychological	Anxiety, mood changes, loss of interest, poor self-esteem, feelings of losing control, not able to cope
Mental	Difficulties concentrating, omissions, errors, slowness, poor judgement, poor memory, reduced vigilance and attention
Behavioural	Loss of motivation, tendency to skip items and look for short-cuts, easily distracted, slowness or hyperactivity

圖3-7 壓力症狀

### B. 疲勞

- 人類警覺程度係受睡眠、晝夜規律、睡眠慣性三項因素進行調節，如圖3-8：

## Human alertness levels are regulated by three processes

 <p><b>1. Sleep/wake</b></p> <p>Alertness increases with sleep and decreases with hours awake</p>	 <p><b>2. Circadian rhythms</b></p> <p>Alertness varies in a 24-hour rhythm</p>	 <p><b>3. Sleep inertia</b></p> <p>Temporary grogginess experienced upon waking from sleep</p>
--	--	--

圖3-8 睡眠、晝夜規律、睡眠慣性影響人類警覺程度

- 依相關研究顯示，因疲勞（或保持持續清醒狀態）所導致的人為表現能力降低的情形，與血液酒精濃度升高所產生的結果有等效性，如：保持17小時清醒的狀態，與血液酒精濃度0.05%的對照組相同；保持24小時清醒時，則與血液酒精濃度0.1%時相同。此項研究結果說明了人類若無法適時休息、睡眠，行為能力如同受到一定程度的酒精濃度影響。
- 疲勞會導致警覺性、注意力與反應能力降低、判斷能力減弱、短期記憶變差、影響邏輯推理、空間定向能力變差等，將直接影響飛行相關任務之人為表現能力，航空產業營運業者、飛行組員、客艙組員、航管人員、維修人員均應瞭解疲勞管理的重要性；國際民航組織（ICAO）已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，內容涵蓋民用航空業、普通航空業，分別針對飛航組員、客艙組員、維修人員及航管人員，作為其日常營運相關活動之參考依據；當調查人員認為有進行疲勞調查需要時，應熟悉調查對象適用之相關規範章節內容。
- 為持續的監控和管理與疲勞相關的安全因素，應建置疲勞風險管理系統（Fatigue Risk Management Systems, FRMS），以確保第一線人員於執行勤務時，能保持安全執行勤務所需之能力；疲勞管理需以多面向的角度進行，相關內容包含：
  - 危害識別及其減緩措施  
Hazard identification and mitigation
  - 疲勞管理教育訓練  
Staff education
  - 疲勞評估  
Fatigue measurement
  - 使用生物數學模式排班系統

## Rostering (use of biomathematical models)

### ➤ 管理階層對疲勞管理之承諾

#### Management commitment to fatigue risk management

ICAO針對民用航空業、普通航空業之疲勞管理相關標準與建議措施，已納入國際民航公約第6號附約與第11號附約，對於工作時數、休息時數亦有具體的規範，疲勞管理並非僅需遵循法規所規定之時數限制，應進一步根據導致疲勞因素的科學理解，以生物數學模式預測組員班表可能導致之疲勞風險，坊間常見之疲勞生物數學模式，如：The Boeing Alertness Model (BAM); The Fatigue Risk Index (FRI); The System for Aircrew Fatigue Evaluation (SAFE)等，疲勞生物數學模式屬於預測式疲勞危害識別工具，通常與組員排班系統搭配，以預測組員依特定班表執行飛行勤務之疲勞程度，營運業者需視其營運規模及特性評估並引進適合之平台。

本會已發展「疲勞調查與風險評估指南」手冊，手冊內容從基本的疲勞定義開始說明，涵蓋疲勞管理、疲勞調查流程、疲勞資料蒐集、疲勞分析及疲勞生物數學模式與軟體，作為本會調查員進行事故調查時使用之參考文件，且針對新進調查員安排疲勞調查相關訓練課程，以協助本會調查員於事故發生後，具備蒐集疲勞相關事實資料之概念，並應用科學方法分析疲勞是否為事故發生之影響因素，以及檢視營運業者疲勞管理機制等；本會亦已建置SAFE的疲勞調查工具，可於事故調查中進行評估組員可能之疲勞程度，然而使用前應瞭解其相關限制因素並適當運用。完成此次研討會課程後，再次檢視本會疲勞調查相關文件，對於疲勞調查會有更深一層的認識，對日後事故調查工作具有極大助益。

## C. 情境警覺

- 情境警覺係指經適時且正確的認知周遭過去與現在所發生的事情，進而預期接下來將發生的事情，以對未來發生狀況做正確的處置；本質

上可以區分為認知（perception）、理解（understanding）以及預測（projection）三個層面。

- 情境警覺不佳之表徵現象為不當使用程序、做事模稜兩可、固執狹隘及精神渙散等；缺乏情境警覺的原因，可能為溝通問題（communication problem）、自滿（complacency）、不確定性（uncertainty）、警告作動尚未處理完畢（unresolved warning system）、疲勞與壓力（fatigue and stress）等。情境警覺能力可藉由專業訓練及日常工作中累積，如圖3-9：

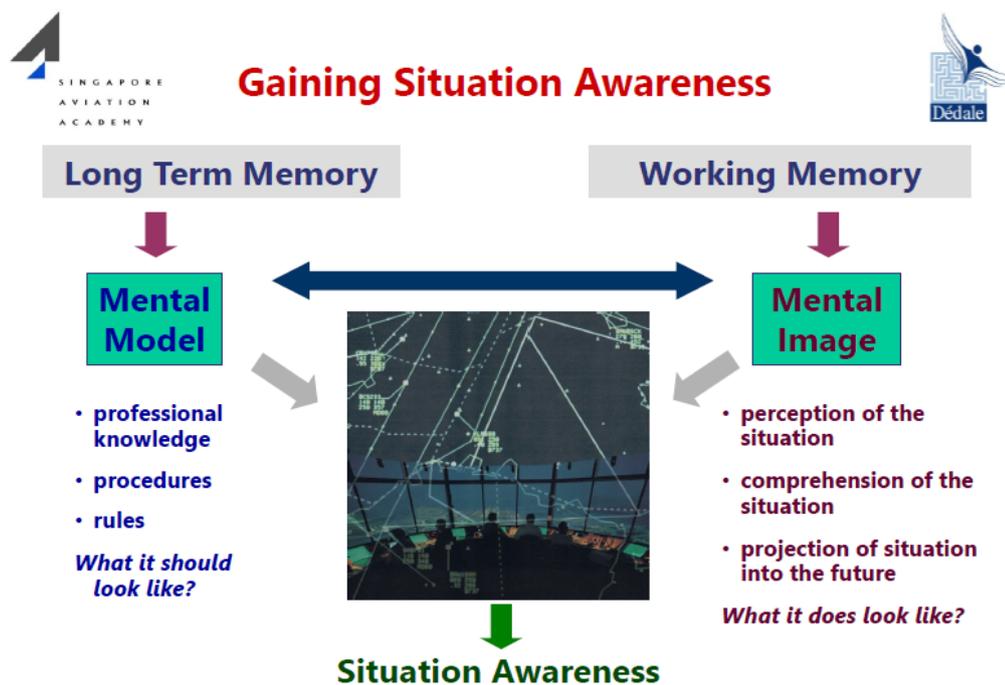


圖3-9 情境警覺能力養成關係圖

### 3.3 適合執行飛行任務之心理狀態

依據世界衛生組織（World Health Organization, WHO）心理健康相關統計資料，全世界25%人口在其一生中，至少會發生一種甚或多種的心理或行為方面的障礙；每年約有800,000人自殺，且每件自殺案件平均經歷過20次失敗；心理方面的疾病將增加罹患其他疾病（如：愛滋病、心血管及糖尿病）的風險。心理方面較為常見的疾病為：抑鬱症（depression）、焦慮症（anxiety）及物質使用障礙（substance use disorder），描述個人在會產生重大傷害和不良後果的狀況下，仍持續使用物質

-包括酒精 的狀況)，卻僅有約1/3的人洽詢專業心理協助，男性求助的機率更遠低於女性。

由於存在汙名化和歧視的問題，且具有失去飛行員執照的敏感性、失去工作的恐懼感，航空業對於心理健康方面的問題，未能得到充分瞭解，一般而言僅能藉由事故調查發現、研究或事件報告及匿名問卷中得知。自1982年起至少計有7起航空事故與心理問題有關，共造成超過500人死亡：

1. 1982, DC-8, 日本航空 (Japan Airlines), 24人死亡。
  2. 1994, ATR 42, 摩洛哥皇家航空 (Royal Air Maroc), 44人死亡。
  3. 1997, Boeing 737, 勝安航空 (Silk Air), 104人死亡。
  4. 1999, ATR 42, 博茨瓦納航空 (Air Botswana), 1人死亡。
  5. 1999, Boeing 767, 埃及航空 (Egypt Air), 217人死亡。
  6. 2013, Embraer 190, 莫三比克航空 (Mozambique Airlines), 33人死亡。
  7. 2015, A320, 德國之翼航空 (German Wings), 150人死亡。
- 於2015年德國之翼航空空難後，為避免類似情形再發生，監理機關已規定：駕駛艙內不得少於2名組員。
  - 歐盟和亞洲區域通常要求機組人員停止服藥後，才能恢復第一線的工作；自1990年初，美國、加拿大和英國採取類似澳州的處理方式，允許飛行員服用抗抑鬱藥飛行；相關研究顯示，心理經適當治療後，並未有任何安全風險。

### 3.4 自動化設計

既然凡人皆會犯錯，為減少人為疏失、減輕人力的負荷與疲勞、提高飛行精確度，現代化飛機已引進許多先進的設計，駕駛艙及飛行操作觀念已與早期飛機明顯不

同；彙整主要設計演進綜整如下：

- 強化資訊處理系統
  - 整合主飛行顯示與導航參數
  - 電子顯示航機監控系統
  - 抬頭顯示 (head up displays)
- 自動化設計
  - 飛行管理系統 (flight management system)
  - 線傳飛控系統 (fly by wire controls)
  - 飛機系統自動化
- 安全網概念
  - 飛行安全包絡線 (Flight envelope protections)
  - 地面迫近警告系統、地形避撞預警系統 (EGPWS / TAWS)
  - 空中防撞系統 (TCAS / ACAS)
  - 最低安全高度警告 (STCA, MSAW)

自動化設計雖可提高技術可靠度、提升飛行性能提升、線傳飛控系統降低手動飛行的困難度，並降低成本，尤其關於操作、燃料、維修和人力運用（兩人一組），卻也衍生出人機互動的問題，諸如：飛行機師的操作技能逐漸低落、增加飛行機師對系統認知與監督能力的要求、自動化發生不預期反應問題、系統限制、人員對系統過度依賴或人機介面設計不良等。飛行機師應瞭解飛行員才是飛行的操縱者，自動化設計主要目的為協助降低人為錯誤、減輕工作負荷，絕非最終決定的主宰。

航空產業已高度運用自動化系統。飛機系統接收多元資訊，經由複雜的電腦運算，整合顯示於駕駛艙多功能顯示器，飛行機師再經判定後所選定的飛航模式達到安全、效率、經濟的飛行操作。飛行機師在質與量方面，是否都已接受足夠的自動化飛行訓練，包括了自動化系統的功能與限制、功能模式顯示所代表的意義與系統的作動方式，飛航組員對自動化系統無法理解或不全然瞭解，係人為因素在自動化的關切議題。摘錄空中巴士飛機製造商之自動化設計理念，如圖3-10。

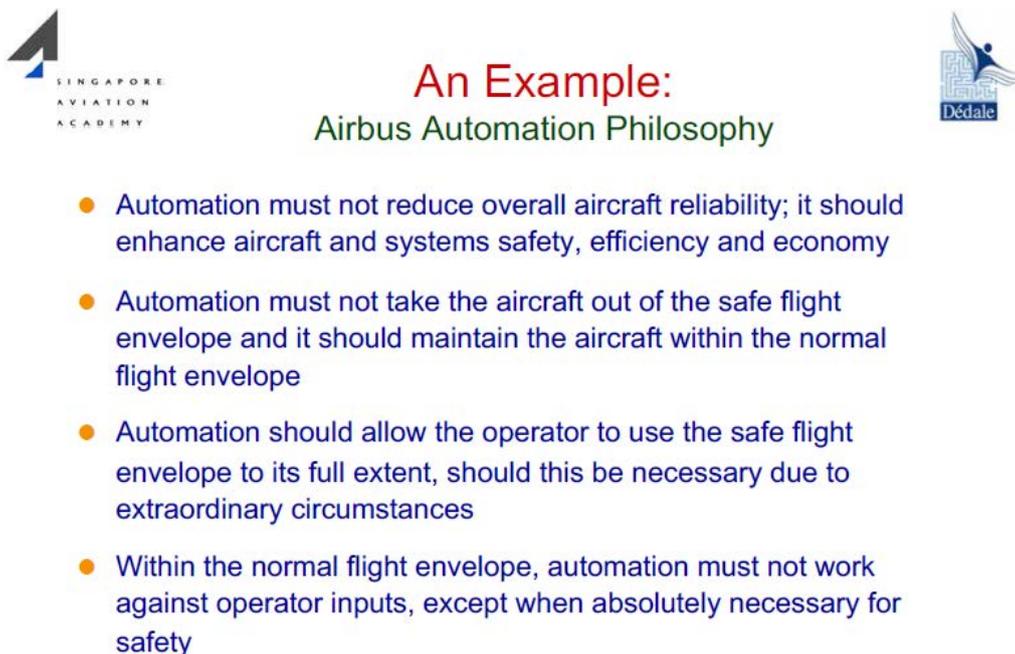


圖3-10 Airbus自動化設計理念

### 3.5 人為因素及系統安全

1972年英國E. Edward教授所提出的SHELL模式，評估人與人、人與軟硬體及人與環境之間的互動關係，發掘並加以分析潛在問題，進一步尋求解決方案；1980年英國曼徹斯特大學James Reason教授，以SHELL模式為基礎提出起士理論(Reason Model)，已廣泛應用在高度技術複雜且高安全風險之產業，如核電廠、運輸業，並經多年實務驗證其有效性；ICAO於1994年認可Reason Model作為組織面和管理面因素的調查指南，納入其所訂國際民航公約第19號附約「安全管理」、第9859號文件「安全管理手冊」，以系統性、全面性之風險管理、事件預防角度，達到安全管理的目

的，已成為航空產業安全管理系統之基礎；事故發生的原因可運用Reason Model進行風險分析：第一線人員之不安全作為，通常與事故當時之局部條件有關，局部條件則有可能受到組織的影響，當防禦措施無法正常運作時，不安全作為將進一步導致事故發生，事故調查應以找到事故肇因，進而針對肇因給予改善建議避免類似事故再發生為重點，故應強調事故發生之系統性問題，而非僅著重於第一線人員之不安全作為或機械故障，如圖3-11。

### The Reason Model: The Organisational Accident

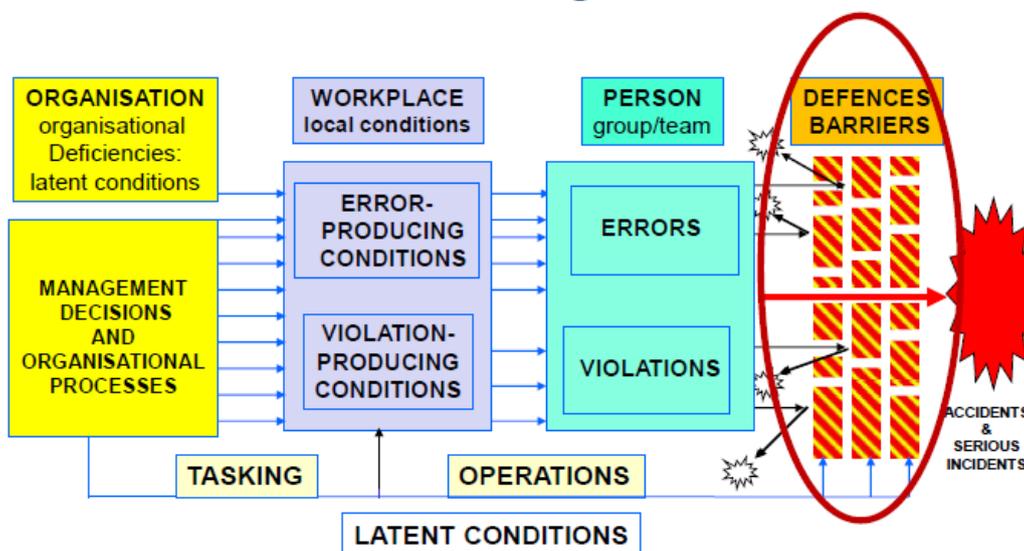


圖3-11 Reason Model事故發生模型

事故調查亦可運用Reason Model進行調查分析，可說是風險管理的逆向工程，如圖3-12，依序從防禦機制、人為錯誤、違規、局部條件、及組織的影響，系統性瞭解各階層的防禦漏洞，依據蒐集之事實資料及調查分析過程之發現，確認事故發生的肇因；國際民航公約第13號附約「航空器事故和飛航事故調查」提供調查人員系統性執行飛航事故調查業務。

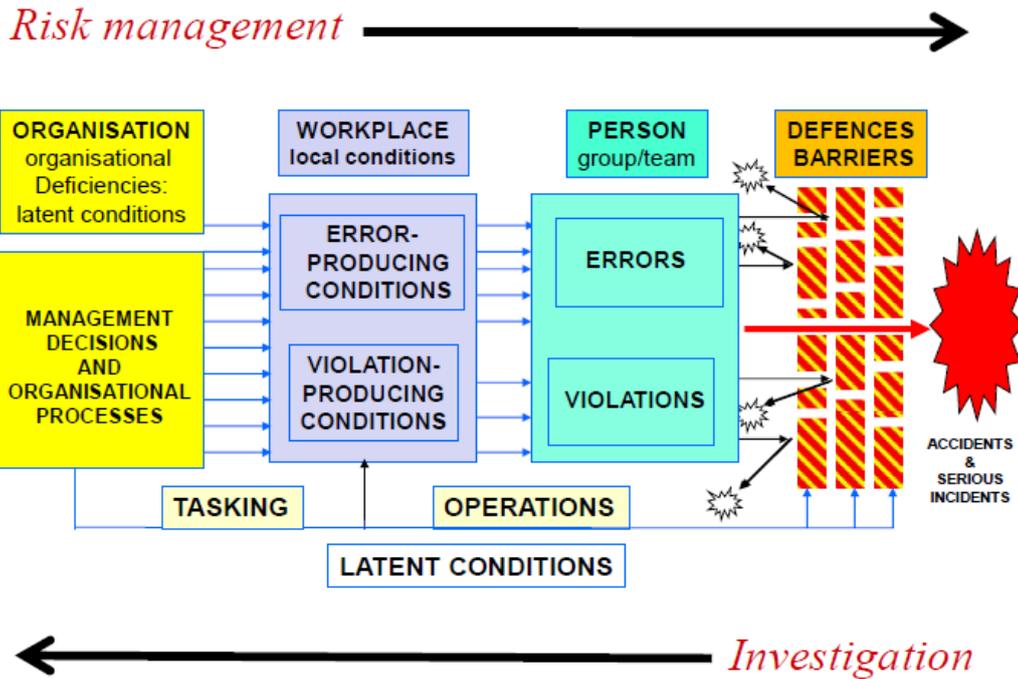


圖3-12 事故調查可視為風險管理之逆向工程

本會之調查分析方法乃參考ATSB依據Reason Model調整之分析模式，強調事故發生之系統性問題，而非僅關注第一線人員之不安全作為或機械故障，如圖3-13。

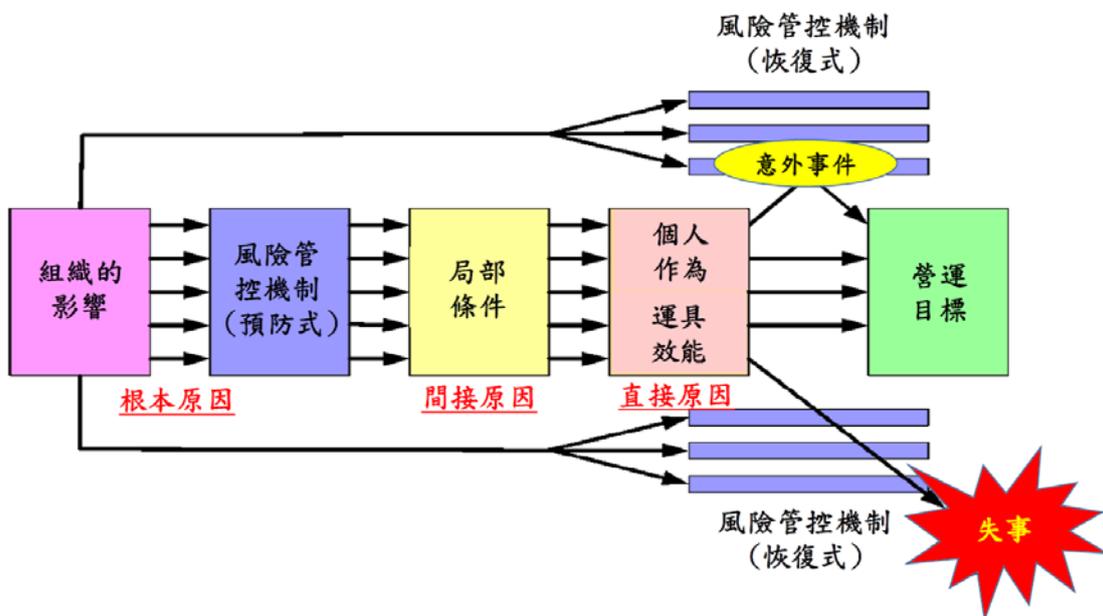


圖3-13 本會之調查分析模式

Reason Model演進至今已不僅單純是瑞士起司 (Swiss cheese) 模型，曾有評論指出Reason Model討論範圍僅至組織影響，未考慮政府政策、監理機制的影響，Reason

Model仍可提供一套系統性結構化的方法，作為下列各項作業之指引：

- 安全管理系統（Safety Management System）
- 事件事故調查（Accident and Incident Investigation）
- 資料庫建置及分析（Data base construction and analysis）
- 安全報告系統（Safety reporting systems）
- 主動式事故預防計畫（Proactive accident prevention programs）
- 安全稽核（Safety audits）

### 3.6 社會、團隊對個人行為表現績效的影響

個人在進行決策判斷時，通常會先行蒐集可用的各式方案，權衡相關資料並進行評估，接下來根據可能的利弊得失結果，選擇適當行動方案；在下決策的決定過程中，往往也會受到下列因素的影響：

1. 職場上的角色、狀態、權限的不同；
2. 群體壓力及從眾心理的影響。

在歷年航空事故中，可發現權力梯度（Authority Gradient）的影響力，最經典的案例當屬特內里費（Tenerife）空難：事故發生在1977年3月27日的傍晚，兩架波音747客機在西班牙北非外海自治屬地加那利群島北特內里費機場的跑道上高速相撞，導致兩架飛機上共計583名的乘客及機組人員死亡的慘劇，荷蘭皇家航空的飛機在未經許可的情況下起飛，撞上了尚在跑道的泛美航空飛機；事故調查發現這起空難事故係受到許多促成因素（contributing factor）影響，除了天氣因素、對塔台通訊內容錯誤解讀等，尚有下列重要原因：

- 荷航機長在未取得起飛許可情況下強行起飛。
- 當荷航飛航工程師（Flight Engineer）向機長提出泛美航班是否已經淨空主跑道之質疑時，荷航機長仍決定起飛。

飛航工程師未明確質疑機長的決定，也許是因為荷航飛行員的職位較高且資深，導致副駕駛和飛航工程師都沒有再堅持提出質疑，約13秒後兩架飛機就發生撞擊。可見當權力梯度明顯傾斜時，團隊決策受其影響越明顯，飛航機組人員的協調溝通及有效團隊合作與熟練的飛行技能，對於飛行安全均至關重要，共同分攤工作量，分享問題解決及下達決策過程的判斷能力，可降低可能的錯誤；研討會中彙整高度績效團隊各項特徵，如圖3-14。



## Characteristics of High-Performance Teams

- ▶ **Participative leadership** - using a democratic leadership style that involves and engages team members
- ▶ **Effective decision-making** - using a blend of rational and intuitive decision-making methods, depending on the nature of the task being undertaken
- ▶ **Open and clear communication** - ensuring that the team mutually constructs shared meaning, using effective communication methods and channels
- ▶ **Valued diversity** - valuing a diversity of experience and background within the team, including a diversity of viewpoints
- ▶ **Mutual trust** - trusting in other team members and trusting in the team as an entity
- ▶ **Managing conflict** - dealing with conflict openly and transparently and not allowing grudges to build up and destroy team morale
- ▶ **Clear goals** - goals that are developed using SMART (specific, measurable, accountable, reasonable and timely) criteria
- ▶ **Defined roles and responsibilities** - each team member understands what they must do (and what they must not do) to demonstrate their commitment to the team and support team success
- ▶ **Coordinative relationship** - the bonds between the team members allow them to seamlessly coordinate their work to achieve both efficiency and effectiveness
- ▶ **Positive atmosphere** - an overall team culture must exist that is open, transparent, positive, future-focused and able to deliver success.

圖3-14 高度績效團隊各項表徵

## 肆、建議

執行人為因素調查有許多需要克服的難處，不論在蒐集具體量測數據，或是後續分析、評估是否存在人為因素議題及其可能之影響，調查人員均需要持續精進人為因素專業知識，並瞭解如何運用在事故調查工作上；參加此次研討會後，學習到調查人員應具備人為因素正確調查觀念、調查態度及調查能力，並參照本會所發展的人為因素調查程序及方法，積極參與人為因素相關研討會議、蒐集相關文獻、累積實務調查經驗；為持續強化本會人為因素調查能量建議本會：

- 一、 持續辦理或參加國際各訓練機構所提供與人為因素相關之訓練課程，調查人員應持續關注人為因素調查技術、分析方法與工具的變革，瞭解新技術、新方法與新工具對於調查工作或效能提昇之助益，具備專業人為因素相關知識。
- 二、 持續派員參與不同國家、地區之調查機關或訓練機構所辦理有關人為因素之研討會或國際交流活動，瞭解世界各國關注之人為因素相關議題、以及有關人為因素調查技術之在實際調查業務中之運作現況，作為我國規劃及調整事故調查相關程序與作業細節之參考，精進調查技術。
- 三、 建立調查人員與人為因素相關領域之專家、學者諮詢溝通管道，以利健全人為因素調查方法及精進 人因認知理論基礎。