



飛 航 安 全

探討人為因素對 飛航安全影響

空軍中校 蔡金倉

提

要

確保飛航安全，是全世界任一個國家極力推動的一個目標。在大量民用航空器與國家航空器飛訓需求之下，使現有台北「飛航情報區」(Flight Information Region, FIR)呈現飽和的狀態。在安全、迅速、有序的前提下，所有飛航安全實有賴於所有的參與者(空地間)共同努力來維護。

從美國波音公司2008年所公布的全球民航機重大飛航事件統計分析發現，超過7成的飛航事件與人為因素有關。在探討飛航事件案例中發現，很多失誤就已經存在而且發生。這也提醒了我們，若在飛航事件發生前，督導人員適時給予建議，那麼悲劇就不可能發生了！

關鍵詞：飛航事件、飛航安全、組員資源管理

壹、緒論

一、研究動機與背景

飛航是不容許發生錯誤的專業行為，這不是口號，而是強調維護「飛航安全」的重要性。因為整個與飛航安全相關層面廣泛，從航空器設計、製造、維護，乃至於飛航管制、機場管理，甚至於經濟及社會都有可能造成之影響。如發生「飛航事件」對社會成本、人力資源及個人財物損失，甚至該國在國際整



體之形象將影響甚鉅。構成危害飛航安全因素有許多，要如何防範？航空安全網(Aviation Safety Network)所公布2018年全球民航機重大飛航事件統計分析，2018年全球共發生

表1 失事預防策略分類

致命空難15起，導致556人遇難。【註1】需要注意的是，失事預防策略依美國波音公司(The Boeing Company)飛機安全工程部門將287架商用客機失事事件加以分析統計並發展出其建議改正措施的失事預防策略共分為7大類37項。其指出一個失事事件的發生係由一連串的失誤相互影響所形成，若能打破其中一個環節，便可避免失事發生。

(一)失事預防策略：

1. 飛航組員(Crew)。
2. 航空公司航務作業(Airline Flight Operations)。
3. 飛航管制(Air Traffic Control)。
4. 場站管理(Airport Management)。
5. 航空氣象情報(Weather Information)。
6. 飛機設計與性能

類別	代碼	涵蓋	失事預防策略
飛航組員	01	15	飛行員是否遵守程序
	02		飛行員未操控飛機時是否遵守程序
	03		飛行機械師是否遵守程序
	04		飛航組員是否遵守程序
	06		機長的再確認
	07		副駕駛的再確認
	10		飛行員(非操控飛機者)的溝通能力及動作
	11		飛行員(操控飛機者)的溝通能力及動作
	12		飛行員不稱職時的發現及反應
	13		基本飛行技術
	15		機長或教官下達指令之能力與權威性
	16		進場輔助設施之充分運用
	17		重飛決定之下達
	18		進場路徑之穩定性
航空公司航務操作	20	11	對近地警告系統之反應
	21		近地警告系統之設置
	22		進場輔助系統之堪用性
	23		進場程序
	24		飛行員對於機種之經驗
	25		非正常飛行狀況之訓練
	26		訓練飛行時之處理能力
	27		重量及重心之控制
	28		空勤組員疲勞之控制
	29		完備之預警措施
	30		其他操作程序的認知程度
航管	41	2	航管系統之性能 航管
	42		航管人員/飛行員間之溝通程度
航站管理	51	3	跑道危險因素的排除
	52		機場對於飛機墜毀、著火及搶救之應變措施
	53		其他的相關機場服務
氣象	60	1	氣象資料之提供與準確性
飛機設計/性能	70	3	設計的改良
	71		性能數據是否表達清晰且無模糊之處
	72		緊急裝備是否完善
維修	80	1	維修或檢視作為

資料來源：Boeing Commercial Airplane Group, "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents-Worldwide Operations 1959-2003", 2004.

註1 航空安全網<https://kknews.cc/zh-tw/other/j5bp916.html> (檢索日期2019年10月1日)



(Airplane Design/Performance)。

7. 維修 (Maintenance)。^{【註2】}

(二) 失事預防策略分類：

在可預防37項目飛航組員最多15項，不難發現飛航組員在飛航安全維護工作扮演關鍵核心角色，把這些錯誤鏈失事預防策略發生總數作多寡排名，排名前者表示最常發生或最嚴重弊端，把這些最常發生弊端改正，飛安情況就會獲得最大的改善。錯誤鏈若改正，表示錯誤鏈引起的失事便不易再次發生。^{【註3】}

探討這些飛航事件中發現，很多失誤就已經存在而且發生，提醒了我們「落實風險管理」重要性，若在飛航事件發生前，督導人員適時給予建議，那麼悲劇就不可能發生了！

二、研究目的

(一) 利用文獻探討，找出飛航事件原因。

(二) 回顧航空發展史，人為因素造成的重大空難不勝枚舉，藉由案例與實踐，降低飛航事件再發生。

三、研究限制：為了使研究的主題集中及紮實，使研究的成果明確及實用。本研究在文獻收集上，部份內容涉軍方飛航事件，各國均列為機敏資料，資料收集上較為困難，在論述上難以將具體化。本研究範圍限縮國際民航組織 (International Civil Aviation Organization, ICAO) 公布案例與實踐、國內飛航安全委員會失事調查報告及媒體披露報導事件。藉由案例分析與實踐，提供飛航參與者參考與運用。

貳、文獻探討

一、飛航安全

飛行安全或飛航安全雖然是一個耳熟能詳的名詞，甚至是我國民航主管機關的組織章程與法令所律定之要務，始終沒有具體的定義。美國聯邦航空總署 (Federal Aviation Administration, FAA) 飛航標準安全資訊分析中心 (Flight Standards Safety Analysis Information Center, FSAIC) 曾對於「安全」有以下定義：「安全是指系統在可容受的條件範疇之下，經由評估至可接受的風險等級運作的品質表現」。國內學者景鴻鑫(1998) 各種技術與資源，經過整

註2 Boeing Commercial Airplane Group, "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents-Worldwide Operations 1959-2003", 2004.

註3 Boeing Commercial Airplane Group, "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents-Worldwide Operations 1959-2003", 2004.



合，以確保在飛航系統運作時免於事故的發生。楊馥如(1999)認為凡是維護航空器乘員、貨物及地面人員財產安全，對航空載具及人員在安全上所做的努力。方斌(2002)則認為失事預防是無疑是促進飛行安全的第一要素。張國政(2005)飛航安全是指處理及防範航空器在飛航過程中，由於相關因素影響，如第一，人為因素，人類天性就會犯錯不可能期待達到永不犯錯的境界；第二，機械因素，包括了

表2 國際航空運輸協會飛安事故事件肇因分類

類別	代碼	事故/事件肇因
人為因素	H1	應主動察覺而未反應
	H2	無意間而未反應
	H3	熟練程度/技能失誤
	H4	失能
	T1	發動機重大故障，無法維持正常推力或著火
	T2	引擎損壞，不能工作，失火警告
	T3	起落架和輪胎問題
	T4	儀航控制問題
	T5	飛機結構問題
	T6	失火，煙霧(駕駛艙、客艙、貨艙)
	T7	公司維修服務問題(包括人為錯誤)
	T8	航電問題
環境因素	T9	設計製造問題
	T10	其它
	T11	系統損壞
	T12	自動飛行問題
	E1	氣象因素
	E2	飛航服務，通信或航行衝突
	E3	地勤人員，座艙組員或旅客
	E4	因鳥擊或外物造成損壞
	E5	機場設施造成之因素
	E6	地面支援因素(如操作程序，訓練等)
	E7	助導航儀器
組織因素	E8	危險物品
	E9	安檢
	E10	其它
	E11	法規疏失(不足或不適用等)
	O1	組員的挑選與訓練
	O2	標準作業程序或規定不足
	O3	管理不當行政效率差
	O4	潛在失察問題
資料不足因素	O5	管制與監督不足
	O6	目標模糊
	O7	溝通不良
	O8	其他
資料不足因素	II	資料不足而無法分類

數個項目，描述造成意

資料來源：IATA Safety Report (Jet) 1997, Appendix A



外事件的主要因素，其事故/事件肇因(Accident/Incident Cause)如表2所示。

二、組員資源管理

「人為因素分析與歸類系統(Human Factors Analysis and Classification System, HFACS)」以Reason(1990)「人為失誤(Human Error)」理論為基礎，闡述整個飛行組織系統中的「顯性失效」(active failures)與「隱性失效」(latent failures)^{【註4】}，是Wiegmann & Shappell(2003)基於飛安失事調查與分析之過程所發展出的理論模型。^{【註5】}

人為因素分析與歸類系統(HFACS)發生前兆的因素來辨識區域內潛在的危

表3 組員資源管理演進過程

名稱	年代	沿革	內容
第一代	1981	美國聯合航空的管理訓練	1. 以企業管理顧問方式，以管理方格為主體。 2. 重視個人風格改變及人際關係，屬心理學。 3. 糾正個人行為的缺陷。
第二代	1986	Cockpit為Crew Resource Management (CRM)	1. 強調飛航組員的團隊觀念、任務提示概念、狀況警覺和壓力管理。 2. 加入許多特殊的飛行操作概念 3. 認識錯誤環節。
第三代	1990	初期強調以系統管理飛行相關事宜	1. 強調系統性的管理，以飛行各組織實施訓練方式，整合各項系統以強化飛行安全。 2. 將CRM導入駕駛艙自動化議題。 3. 航空人為因素評估開端。 4. 對教授課程的教官做特別訓練。 5. 範圍延伸至空服員、簽派員、維修人員。
第四代	1993	組員資源管理	1. 發展適合特定組織需求的創新訓練計畫。 2. 將CRM概念程序化，列如檢查表包含CRM行為。 3. CRM與模擬機「線上導向飛行訓練(Line-Oriented Flight Training, LOFT)合併施訓及考核。
第五代	1998	疏失管理	1. 人為疏失是無所不在，且不可避免為前提。 2. 疏失管理：疏失避免、疏失捕捉、降低疏失後果等。 3. 五個原則：疏失認知、資源管理、溝通、遵守標準作業程序、反應靈敏。 4. 三道防線，避免(Avoid)、捕捉(Trap)、減輕(Mitigate)等疏失影響。 5. 在疏失管理架構下，持續CRM開始地位及複訓。
第六代	2001	威脅與疏失管理	1. 加入威脅管理概念。 2. 威脅與疏失管理訓練。 3. 線上安全稽核(Line Operations Safety Audit, LOSA)的發展。

資料來源：張有恆(2005)《飛航安全管理》

註4 Reason, J. (1990). Human error. Cambridge university press.

註5 Shappell, S., & Wiegmann, D. (2003). A human error analysis of general aviation controlled flight into terrain (CFIT) accidents occurring between 1990-1998. Federal Aviation Administration, Office of Aerospace Medicine Technical Report No. DoT/FAA/Am-03/4. office of Aerospace medicine, Washington, DC, 20591.



險因子，共區分為四個層級共十八個子項目，且認為架構中每一個較高層級均會直接影響下一層級。第一層「不安全的操作行為」：這是大多數飛航事件的焦點，是所謂的「顯性失效」，因為駕駛員的操作行為與判斷直接影響到飛航事件的發生。第二層「不安全操作的前置狀況」這個層級正確指出事故一連串潛在導因與明顯的錯誤，同時也詳細說明操作者不安全的操作之背景因素，等項目。第三層級「不安全的督導」主要聚焦在較高階的督導者，以發掘出「不安全操作的前置狀況」的潛在原因，其中包括「不充分的督導」項目。第四層「組織(管理)的影響」此層級是最易被忽略的高階組織管理階層，也是最難發掘出潛在的「隱性失效」，因為能直接影響督導與操作者執行狀況的潛在錯誤與決策等項目(Wiegmann & Shappell, 2003)。

參、國(內)外飛航事件案例分析

由於科技發展，單純因機械故障而造成重大空難已不多見。從文獻中發現全球飛安超過7成的飛航事件與人為因素有關。故減少疏失及避免因此造成致命事故，是提升飛航安全核心。

一、國際重大飛航事件KLM4805案例分析

1977年3月27日西班牙屬地特內里費北部機場(Aeropuerto de Tenerife Norte)，當地時間1706時，荷蘭航空(KLM Royal Dutch Airlines，以下簡稱KLM4805)波音747型機，在跑道上滾行起飛(Rolling Take-off)，撞上另一架正在跑道上落地滑行泛美航空(Pan American World Airways，以下簡稱PA1736)，波音747型機，造成583人死亡，是航空史上死亡人數最多的空難。本研究針對當日關鍵無線電通話紀錄。

KLM4805: We are now at takeoff!

塔台: OK Standby for takeoff We will call you!

語意: 好的.... 待命起飛.... 我們會通知你!

PA1736: We are still taxiing down the runway!

語意: 我們還在跑道上滑行! 【註6】

事後由西班牙組成失事調查小組，事故雙方航空公司的代表參加了整個調查過程。調查小組認為塔台要求他們進入的是四號斜滑道是造成災難的主要原因，KLM4805要求起飛時，塔台回答「稍待給你起飛許可，我會再呼叫你」，KLM4805在無線電通話中可能只聽到起飛許可幾個字句，而誤認為已獲得起飛許可。塔台要求PA1736報告脫離跑道，PA1736回答「脫離跑道時會報告」，

註6 Aircraft Accident Digest (ICAO Circular 153-AN/56) page 22-68.

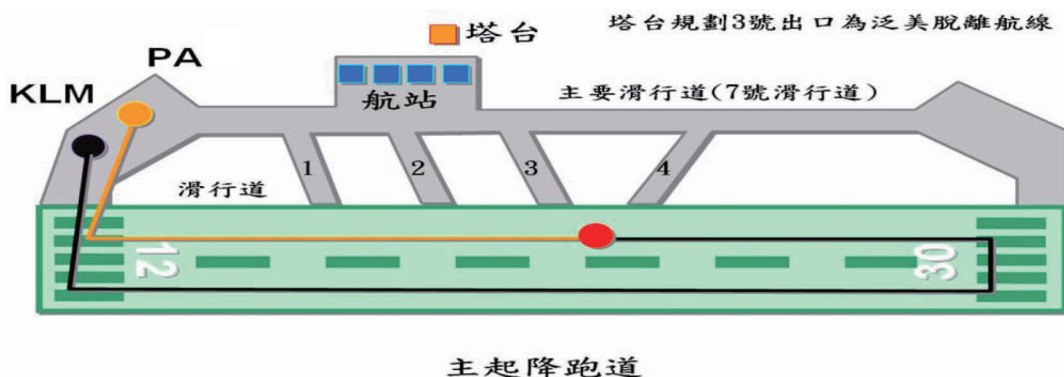


圖1 西班牙屬地特內里費北部機場示意圖

KLM4805在無線電通話中，又誤認為PA1736已脫離跑道，當時塔台要PA1736在三號斜滑道和跑道交叉處脫離跑道，當時一號斜滑道被其他飛機擋住，在濃霧中看不到一號斜滑道，PA1736四號斜滑道誤認為塔台要他轉彎的三號斜滑道，PA1736無法及時脫離跑道。【註7】

從人為因素的角度，當時低能見度影響視線，以致兩架客機的駕駛反應時間受到影響，KLM4805未獲得起飛許可，塔台最重要的指示「Standby for takeoff」（待命起飛我們會通知你），竟然被情急的航航空公司駕駛員所打斷，造成「Standby for takeoff We will call you」與「We are still taxiing down the runway！」等兩句話在波道中同時發射，導致KLM4805只聽清楚塔台的OK指示，其餘後面指示則僅是一段雜音干擾，機組人員確信已經獲得了起飛許可而起飛。塔台和KLM4805間的誤解造成的，30～37秒後，慘劇發生！【註8】如果，當時督導人員適時給予建議，那麼悲劇應該就不會發生了。

二、國內重大飛航事件探討

(一) SQ006在跑道滾行起飛時撞毀關閉整修跑道機具案例分析

2000年10月31日2317時在桃園機場新加坡航空公司(以下簡稱SQ006)，波音B747-400型機，因中度颱風象神(Xangsane)侵襲，能見度不足300公尺，在跑道滾行起飛(Rolling Take-off)時，誤入施工中跑道，導致起飛時撞上施工機具，造成機上83人死亡。

從人為因素的角度，事故有許多影響飛航組員滑錯跑道因素，包括飛航組員急於在颱風來襲前起飛的時間壓力，黑夜、強風、豪雨等造成能見度不佳，機場場面指示牌、滑行道中心線與中心線燈有瑕疵，管制員無法目視，SQ006也未主動提供進一步協助；另調查發現新航手冊中僅對滑行路徑(taxi

註7 Aircraft Accident Digest (ICAO Circular 153-AN/56) page 22-68.

註8 Aircraft Accident Digest (ICAO Circular 153-AN/56) page 22-68.



圖2 SQ006撞擊停止後大火燃燒情形



圖3 SQ006波音747-400機身前段

資料來源：飛航安全委員會SQ006失事調查報告

routing)及狀況與環境警覺(situational and environmental awareness)指導，但對低能見度訓練(low visibility training)無詳細指導，導致飛航事件發生。

(二)GE222降落不順利重飛失敗後墜落民宅案例分析

2014年7月23日1900時，復興航空222(以下簡稱GE222)ATR 72-500型機，因中度颱風麥德姆(Matmo)風雨過大，能見度不足500公尺，重飛(Go-Around)失敗，墜落於澎湖縣湖西鄉西溪村，起火燃燒。機上48人罹難，10人重傷。

從人為因素的角度，機長在降落時未遵照標準程序，保持最低重飛高度330呎(約100.5公尺)。能見度已下降至500公尺，氣象資料更新速度不及氣

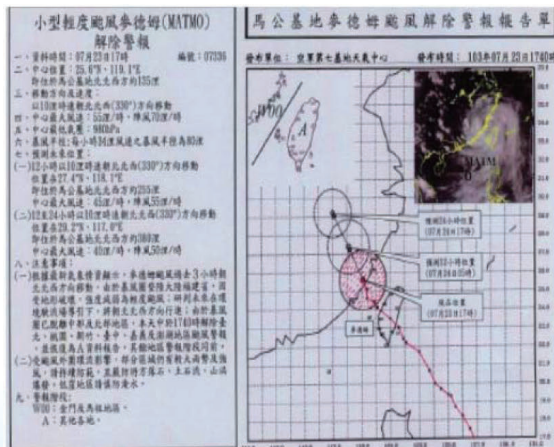


圖4 馬公基地麥德姆颱風警報單

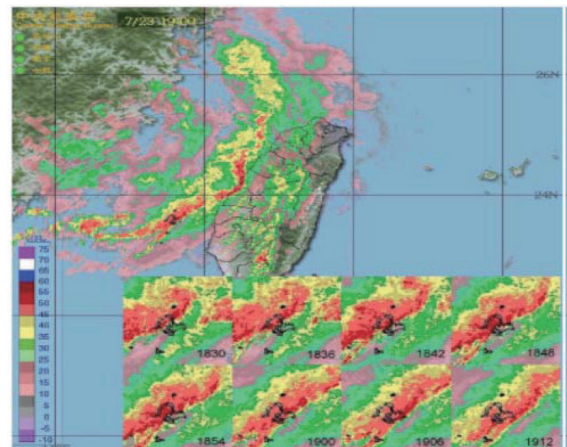


圖5 中央氣象局雷達合成圖

資料來源：飛航安全委員會GE222失事調查報告



圖6 GE235失控撞擊臺北市環東大道



圖7 GE235墜毀於基隆河

資料來源：飛航安全委員會GE235失事調查報告

候變化，駕駛員們得到的資訊卻是1600公尺。駕駛員在看不見跑道導致偏離跑道，重飛失敗，撞上樹林，墜落民宅。

(三) GE235起飛後墜落基隆河案例與實踐

2015年2月4日1055時，復興航空235（以下簡稱GE235）ATR72-600型機，從臺北松山機場飛往金門尚義機場，在起飛後不久即因正駕駛員(Pilot Flying, PF)錯將正常運作的一號(左)發動機關閉，導致該GE235失去動力，飛機因失速而在環東大道上空翻轉90度，墜毀於基隆河，造成43人死亡，15人生還。

從人為因素的角度，機長起飛時自動起飛動力控制系統(Automatic Take-off Power Control System, ATPCS)燈號未亮，未放棄起飛。二號(右)發動機熄火卻收回一號(左)發動機。駕駛艙內部溝通不順暢，終釀悲劇。

肆、如何落實風險管理減少人為疏失案例發生

現今民航事業發展快速，民用航空器及國家航空器任務頻繁之際，在有限的空域裡，須容納諸多航行量，然飛安工作任一環節疏忽大意或不夠周密，對飛行安全均足以導致嚴重的危害。因此，「落實飛行前檢查」端賴平日各環節專業訓練踏實及相互配合與否，如此，才能避免飛航事件再發生。

一、國際飛航事件案例肇因歸類與改進方法

(一)KLM4805事故發生的不確定性(Uncertainty)：當時機場能見度只有300公尺，以致兩架客機的駕駛反應時間受到影響，再加上該機場的跑道中央燈故障，又缺乏地面雷達顯示飛機位置；另無線電通訊問題(當一機組同另一機組以及塔台同時通話時，發生通訊中斷現象)。



(二) 以風險控管角度分析肇因歸類與改進方法

KLM4805事故都是顯而易見，而且很容易避免的錯誤，塔台管制員對於KLM4805的起飛要求時，KLM4805在沒得到塔台管制員許可確認的情況下不得強行起飛，塔台管制人員及KLM4805均未使用通話術語，通話過程如果能以「Negative」取代「OK」，那麼這場空難就不會發生了。

由於飛安事件往往是由一個以上危險事件或疏忽環環相扣所造成，如駕駛員未遵守標準作業程序，而飛航管制單位未加以警告與糾正等。改進方法：

1. 任務前雙方實施任務提示充分溝通，詳閱各項規定如促進飛行安全守則。
2. 飛航過程中，確實保持標準儀器離場程序(Standard Instrument Departure, SID)離場，如有懷疑應確認後再行動，並加強機外顧慮。
3. 飛航管人員應不斷複習各種狀況及規定，尤其對本質學能稍差人員或警覺不足人員應加強輔導。

二、國內飛航事件案例肇因歸類與改進方法

(一) SQ006事故發生的不確定性

1. 以風險控管角度分析：中度颱風象神(Xangsane)肆虐，能見度500至600公尺，因大雨造成能見度不佳、機組人員因專注於側風而忽略跑道標誌的疏忽與塔台方面的溝通不良以及SQ006由NP 滑行道轉進N1滑行道，並繼續轉向05右跑道時，三位組員均未確認滑行路徑。依吉普生(Jeppesen)航圖滑行至05左跑道之路線須先由NP滑行道作90度右轉彎，再繼續沿N1滑行道直行。而非直接由NP滑行道以連續之180度轉彎進入05右跑道。且當時亦無任何組員口頭確認進入那條跑道，因而誤闖了正在施工維修而暫時關



圖8 SQ006滾行方向相反殘骸分布圖



圖9 SQ006殘骸與機場相關位置

資料來源：飛航安全委員會SQ006失事調查報告



閉的05R跑道(現為NC滑行道)。^{【註9】}

2. 肇因歸類與改進方法：飛安會報告認為「不安全作為、不安全狀況或造成本次事故」，飛航組員無視相關航圖並且未有複查確實瞭解其滑行路線，也可能因為轉彎時間較長，未能察覺航機進入錯誤跑道。進入跑道後，飛航組員亦未檢查目視輔助系統(Para Visual Display, PVD)及主要飛航顯示器(Primary Flight Display, PFD)顯示飛機未對正05L正確跑道。飛航組員為趕在颱風象神來襲前時間壓力起飛，強風、低能見度及溼滑跑道等情況，均潛在地影響飛航組員下達決策和維持狀況警覺之能力；另塔台管制員未開啟05L跑道之進場燈及跑道燈。歸納原因，實為缺乏安全認知與危機管理觀念所致。^{【註10】}改進方法：

- (1) 飛航組員未能複查並確實瞭解其在跑道之正確路線，督導人員在任務提示前、中、後，隨時掌握可能發生之危險因子，適時給予指導。
- (2) 重視巡場機制，每日定時巡場，檢查機場燈光時亦檢查機場指示牌。發現燈管破裂當天即予更換。此外，每週及每月定期維護檢查時，將指示牌拆下維修。
- (3) 趕在颱風進襲前起飛之時間壓力，強風、低能見度及溼滑跑道等情況，均潛在地影響飛行員下達決策和維持狀況警覺之能力，督導人員隨時提醒與研判並預作轉降外場準備。

(二) GE222事故發生的不確定性

1. 以風險控管角度分析：兩位駕駛員在看不見跑道的情况下應該立即馬上重飛，可是卻反而花費了珍貴的13秒鐘搜尋根本看不見的跑道而毫無任何舉動，導致飛機越飛越偏離跑道，且越飛越低。雖然後來決定重飛；惟未保持最低下降高度(Minimum Descent Altitude, MDA)，當時高度僅72呎(約21公尺)，飛越誤失進場點(Missed Approach Point, MAPt)0.5哩決定重飛，重飛失敗，撞上樹林，墜落民宅。^{【註11】}
2. 肇因歸類與改進方法：飛安會報告認為GE222未遵照20跑道非精確儀器進場程序(Non-precision approach, NPA)(註1參閱補充說明)，能見度下降至500公尺，進場階段，當時最大雨量每分鐘1.8毫米(註2參閱補充說明)

註9 行政院飛航安全委員會，〈ASC-AAR-02-04-004事故調查報告〉《新加坡航空公司SQ006班機於中正機場起飛時撞毀在部份關閉跑道上失事》，2002年

註10 行政院飛航安全委員會，〈ASC-AAR-02-04-004事故調查報告〉《新加坡航空公司SQ006班機於中正機場起飛時撞毀在部份關閉跑道上失事》，2002年。

註11 行政院飛航安全委員會，〈ASC-AOR-16-01-002事故調查報告〉《GE222於馬公機場20跑到進場時撞地墜毀於住宅區》，2016年。



- 飛航組員疲勞駕駛協調溝通不良，副駕駛發現

(1) 避免超時工作與飛行，疲勞駕駛會導致飛行員反應力不足，各級督導人員應依照標準規定程序飛行。

(2) 在惡劣天氣下之飛航航空器，不確定位置或迷失，在緊急情況下應該適時將電碼指定 7700，以利後續人員協助處理。

(3) 軍民合用機場，協調民用航空局航空氣象訊息，自動氣象觀測系統 (Automated Weather Observation System, AWOS) 中，跑道視程 (Runway Visual Range, RVR) 感應器及數據與空軍同步，以確保資料可靠。

(三) GE235事故發生的不確定性

。GE235在跑道滾行起飛(Rolling Take-off)，4秒鐘後自動起飛動力控制系統(ATPCS)斷線，應立即中止起飛，但駕駛員卻照常起飛。機上系統監測到右邊的二號(右)發動機出現異常後即自動順槳(Auto Feather Unit, AFU)，無法產生動力。然而機長反將正常運作一號(左)發動機斷油，致兩具發動機無法產生動力。最後，發現關錯油門導致失速，墜入基隆河。[

2. 肇因歸類與改進方法：正駕駛員(PF)當發生僅告聲響後解除自動駕駛，不但增加駕駛員後續之工作負荷，且降低其評估與處置緊急狀況之能力。駕駛員忽略單發動機處置程序，隨後接近地面警告系統(Enhanced Ground

註13 行政院飛航安全委員會〈ASC-AOR-16-06-001事故調查報告〉《GE235於臺北松山機場東方3哩處失控墜毀於基隆河》，2016年。



Proximity Warning System, EGPWS)發出pull-up警告聲，隨即以向左滾轉機腹朝上撞擊基隆河面。^{【註14】}改進方法：

- (1)落實人員標準化訓練及考核機制，尤其遵守高風險的操作形成一種操作文化。
- (2)隨時養成「程序糾正」以及「雙交叉確認」習慣，俾利在緊急狀況時，各級督導人員提供指引。

三、探討人為因素對飛航安全影響因素：由於科技發展，單純因機械故障而造成重大空難已不多見。從案例中發現全球飛安超過7成的飛航事件與人為因素有關。故減少疏失及避免因此造成致命的事故，是提升飛航安全核心。

(一)造成人為疏失因素分析

從1977年KLM4805國際飛航事件案例肇因歸類與改進方法，航空器機組人員確信已經獲得了起飛許可而起飛，塔台和KLM4805間的誤解造成；另國內SQ006班機、GE222班機及GE235班機事故顯示大部份錯誤非單一環節造成。

造成人為疏失，飛航組員所遭遇的問題通常與操作技術無關，而與不良的團體決策、無效溝通、不當領導方式、不佳工作分配、飛行員合作程度、航管工作之設計(管制程序、空域結構之複雜度)、天氣或資源管理不當等有關。

從KLM4805駕駛這架飛機的飛行組員由Jacob Veldhuyzen van Zanten機長率領，他是荷蘭皇家航空一位非常資深且經驗豐富的明星級機師，擁有超過12,000小時的飛行經驗，並且長年擔任新進飛行員的訓練官。顯見傳統的飛行員訓練著重於飛行技術，偏重個人表現，權威式領導造成空難事件。

(二)人為因素分析與歸類系統

探究事件發生的根本原因，如事件肇因或風險因素牽涉人為因素，於分析階段亦可使用人為因素分析與歸類系統。依照人為因素分析與歸類系統(Human Factors Analysis and Classification System, HFACS)，案例發生前兆的因素來辨識區域內潛在的危險因子為，第一「不安全的操作行為」(Unsafe Act)，包含決策錯誤、技術操作的錯誤、知覺感官的錯誤及違規等行為，不安全行為是人表現出來與人的心理特徵相違背的，非正常行為。第二，「不安全操作的前置狀況」(Preconditions for Unsafe Act)，包含執行任務時作業人員的生理或心智狀況及組員資源管理等。

從人為因素分析與歸類系統發現例中錯誤發生時，人員或環境的實際情

註14 行政院飛航安全委員會〈ASC-AOR-16-06-001事故調查報告〉《GE235於臺北松山機場東方3哩處失控墜毀於基隆河》，2016年。



況有關，顯示「駕駛員的操作行為與判斷直接影響到飛航事件的發生，事故一連串潛在導因與明顯的錯誤有關」。再依照人為因素分析，可能危機因應處理能力不夠、經驗不足、未按標準作程序、欠缺協調溝通能力、缺乏團隊合作精神等。

- (三)組員資源管理：從上述案例實際上這些缺點都可以透過加強訓練來避免或改進。有鑒於此，航空界發展出飛行組員資源管理(Cockpit Resource Management, CRM)等，為確保飛航安全，包括人力、硬體、軟體等，以提升工作績效並適時做出正確決策與操作。從航空安全人為因素發現，飛安事故之預防與改善策略，機組人員在飛航安全上扮演了極重要的角，為避免機組人員發生溝通協調不良的情形，而造成飛航安全疏失與錯誤發生，應降低因組員間之溝通協調問題而所造成的飛安意外事故。甚至擴展至塔台管制員、地面維修人員、航空簽派員及管理階層。避免人為因素發生的重點在於狀況警覺、團隊合作、領導、決策下達、溝通技巧等。
- (四)小結：近年來發生飛安事件，經分析後均認為大部份係人為因素。為營造健全飛安環境與確保飛安核心，並有效預防飛安風險因素發生；進而培養良好之飛安習慣與文化工作，以應付各式需求。本研究目的是透過利用文獻探討，找出飛航事件原因。以精確發掘肇致意外事件的「人為因素」，並研擬有效的失事預防策略，以提昇飛行安全。

伍、結語

飛安事件的發生並非僅由單一原因造成，是由一連串的失誤鏈串連而成。早期機械因素所佔的比例最高，隨著科技快速的發展，機械及其他因素日漸減少，人為因素則逐年增加。目前航空電子與機械等科技技術之純熟，從波音公司資料皆顯示，將近70%-80%的飛安失事及意外事件的肇因與人為因素有關。由於飛安事件往往是由一個以上危險事件或疏忽環環相扣所造成，如飛行員未遵守標準作業程序，而飛航管制單位未加以警告與糾正等。故其認為只要打斷其中一個環節，便可防止事故的發生。

在民用航空器及國家航空器任務頻繁之際，以有限的空域裡，須容納諸多航流量，然飛安工作任一環節疏忽大意或不夠周密，將足以對飛行安全導致嚴重的危害。因此，確保飛行安全，端賴平日各環節專業訓練踏實及相互配合與否。相反地，若未能「落實飛行前檢查」有可能犯下致命的錯誤。舉例來說，若在任務前地勤及機護人員未能依照標準作業程序(Standard Operation Procedures, SOP)的維修及安檢步驟足項檢測飛航器；或是督導人員輕忽隨意帶過未能落實再次確認，都可



能造成嚴重的人機安危及莫大損失。

強化業者自我檢視與督察系統功能

從近年來台灣發生一系列的飛安事件後，在各方面檢討分析後均認為大部份係人為因素，這就牽涉到業者人力資源的訓練與勤務管理上是否確實依照標準作業程序執行，因此有待進一步強化業者的自我督察與檢視系統功能之發揮，才能自我提昇，以重建飛安信心。

- 一、發掘影響各種潛在因素：積極發掘影響飛行安全之各種潛在因素，從案例與實踐中發現，大多飛航事件都在天氣或能見度不佳時發生飛航事件。顯見天氣或能見度不佳起飛之時間壓力，潛在地影響飛行員下達決策和維持狀況警覺之能力。督導人員隨時提醒，隨時養成「程序糾正」以及「雙交叉確認」習慣，隨時發掘影響安全的問題適時改進，才能確保人員、裝備之安全。
- 二、摒棄一切人為因素：重視人為因素所造成的影響是刻不容緩之事：過去各單位重視技術層面，而忽略了人為因素所造成的影響，經常在熟悉的環境下重複執行類似的任務，卻造成了心理鬆懈，忽略了風險因子。各部門應分層負責，對有安全顧慮之事物即實施檢查，並將檢查所見缺點分析檢查，提供改進意見，作為安全教育及預防失事之參考。
- 三、重視飛安管理紀律：部分督導人員未重視飛安管理紀律，導致飛航人員投機取巧，不遵守標準作業程序(SOP)，形成飛安隱憂；將上述絕發掘問題，研擬適切之改進措施，消弭影響飛行失事於未然，達到預防行為的功效。
- 四、建立安全有序文化：消弭及降低飛航事件，是重要之工作目標，亦是民航業者所追尋目標，然失事預防工作更為整體性、長期性及全面性的工作，成敗之關鍵在於「人」，故未來工作之重點乃在於建立安全文化，使人人均能遵守規定並將失事預防視為己任，拋棄「因便就簡」及「鄉愿苟且」之錯誤心態，全力達成「零飛安」之目標。

補充說明：

註1. 當時20跑道無精確進場儀降設備(Instrument Landing System, ILS)。

註2. 世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)，大雨每小時雨量超過8毫米或6分鐘內超過0.8毫米。中央氣象局發布大雨、豪雨特報的規定：時雨量超過15毫米(含)。

參考文獻

一、中文書籍

1. 李彌，《航空運輸學》(航安海洋用品有限公司附設出版部)，2003年。
2. 凌鳳儀著，《航空運輸管理概論》，(文笙書局)，2000年。
3. 凌鳳儀、林信得編著，《航空運輸學》，(文笙書局)，1993年。



4. 張國政，《航空運輸專論》(交通部民用航空局發行)，2005年。
5. 張有恆，《飛航安全管理》(華泰文化發行)，2005年。
6. 張有恆，《航空運輸學》(華泰文化發行)，2007年。
7. 崔海恩、王心靈編著，《飛航安全》(凱林國際教育股份有限公司)，2017年。
8. 顏進儒，《運輸學》(五南圖書出版股份有限公司)，2005年。
9. 鄭燦堂，《風險管理－理論與實務》(五南圖書出版股份有限公司)，2008年

二、期刊

1. 方斌(2002)，〈國內搭機民眾對客艙安全認知之調查研究〉《國立成功大學工業管理研究所碩士論文》。
2. 景鴻鑫(1998)，〈飛安新思維〉《科學月刊》，第二九卷，第十期。
3. 楊馥如(1999)，〈國籍民用航空運輸業財務健全情況暨飛航安全之研究〉《國立交通大學經營管理研究所博士論文》。
4. 蔡金倉(2009)，〈人為及環境因素對飛航安全的影響〉《空軍軍官雙月刊》，第145頁78-87。
5. 陸鵬舉(1996)，〈國籍航空器飛安事故模型建立及預測之研究〉《國立成功大學航空太空研究所碩士論文》。

三、法規書籍

1. 交通部民用航空局，《民用航空法》，2018年。
2. 交通部運輸研究所，《航空安全相關法規與事故資料之分析研究》，1997年。
3. 行政院飛航安全委員會，〈ASC-AAR-02-04-004事故調查報告〉《新加坡航空公司SQ006班機於中正機場起飛時撞毀在部份關閉跑道上失事》，2002年。
4. 行政院飛航安全委員會，〈ASC-AOR-16-06-001事故調查報告〉《GE235於臺北松山機場東方3哩處失控墜毀於基隆河》，2016年。
5. 行政院飛航安全委員會，〈ASC-AOR-16-01-002事故調查報告〉《GE222於馬公機場20跑到進場時撞地墜毀於住宅區》，2016年。

四、英文書籍

1. Boeing Commercial Airplane Group, "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents-Worldwide Operations 1959-2003", 2004.
2. IATA Safety Report(Jet) 1997, Appendix A
3. Reason, J. (1990). Human error. Cambridge university press.
4. Shappell, S., & Wiegmann, D. (2003). A human error analysis of general aviation controlled flight into terrain (CFIT) accidents occurring between 1990-1998. Federal Aviation Administration, Office of Aerospace Medicine Technical Report No. DoT/FAA/Am-03/4. office of Aerospace medicine, Washington, DC, 20591.
5. Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2003). A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System. Aldershot, England: Ashgate.

五、網路資料

1. 航空安全網<https://kknews.cc/zh-tw/other/j5bp916.html>(檢索日期2019年10月1日)
2. 波音公司網站 <http://www.boeing.com/>

作者簡介

空軍中校 蔡金倉

學歷：空軍航技術學院83年班、空軍指揮參謀學院98年班、開南大學空運管理學系碩士、元智大學管理學院E化與服務科學組博士。經歷：攔截管制長、武器選派長、主任教官、中隊長，現職：戰管聯隊北部區域作戰管制中心中校副主任。