

出國報告（出國類別：會議）

國際航空安全調查員協會
/巴基斯坦分會
飛安研討會出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：副飛安調查官／官文霖

派赴國家：巴基斯坦伊斯蘭馬巴德市

出國期間：民國 106 年 12 月 5 日至 12 月 10 日

報告日期：民國 106 年 12 月 29 日

摘要：

國際航空安全調查員協會的巴基斯坦分會創立於 2006 年。該會議屬巴國運輸安全年會性質，由 PAKIST-SASI 與空軍及警察部門共同主辦，本次會議行程圓滿且收獲豐富。

航空安全場次約有 130 位專業人士參加，並有 15 篇技術論文發表。主要重點包括：運輸安全、新式調查技術、人為因素、安全管理等。本會代表出席發表一篇論文「The Impact of Emerging Technologies on Accident Occurrence Investigations」並獲大會表揚。職針對全球飛安稽核計畫、事故調查員避免偏見之研究，及直昇機飛行特性與重大風險提出研習心得，以供飛安會同仁參考。

目次

一、目的	3
二、過程	4
三、心得	7
3.1 Pakistan-SASI	7
3.2 PK-661 航班飛航事故之爭議	7
3.3 如何作到有效的安全調查	9
3.4 事故調查員避免偏見之研究	10
3.5 ICAO 全球飛安稽核計畫及事故統計	17
3.6 直昇機飛行特性與重大風險	22
3.7 拉合爾大學航空學院	26
四、建議	30

一、目的

本次會議由國際航空安全調查員協會（International Society of Air Safety Investigators, ISASI）的巴基斯坦分會主辦（以下簡稱 Pakistan-SASI），本次會議屬巴國運輸安全年會性質，Pakistan-SASI 邀請巴國空軍及警察部門共同主辦，以期擴大安全資訊的分享效益。

Pakistan-SASI 主席親自邀請國際民航組織（ICAO）、美國國家運輸安全委員會（NTSB）、澳洲運輸安全局（ATSB）、波音公司、空中巴士、歐洲航空安全局（EASA）、日本運輸安全委員會（JTSB）、新加坡航空學院及新加坡運安會、台灣飛安會等。礙於巴國的恐怖攻擊傳聞，歐美國家代表並未踴躍出席。ATSB、JTSB 與 NTSB 代表則出席軌道安全場次會議。

航空安全場次約有 130 位專業人士參加，並有 15 篇技術論文發表。主要重點包括：運輸安全、新式調查技術、人為因素、安全管理等。本會代表出席發表一篇論文「The Impact of Emerging Technologies on Accident /Occurrence」並獲大會表揚。



圖 1 本次會議人員合影

二、過程

日期	起訖地	任務
月/日		
12/05	台北 - 大陸北京 - 伊斯蘭馬巴德	啟程及轉機
12/06	伊斯蘭馬巴德	準備會議 講員報到
12/07	伊斯蘭馬巴德	會議
12/08		
12/09 12/10	伊斯蘭馬巴德 - 大陸北京 - 台北	返國

會議主題：失事調查- 他們真的有所作為嗎？

會議地點與時間：2017年12月7日-8日伊斯蘭瑪巴德市

7th Dec. Technical Program 12月7日議程	
Session 1 -Moderator- Madam Seema Zaman	
09:00	Seminar Opening Remarks 開幕貴賓致詞 AVM Rafi Seminar Chair, Wing Cdr Syed Naseem Ahmed, President SASI Pakistan
09:10	History Role & Contributions of NTSB for Global Safety. 美 國 NTSB 對全球飛安之貢獻 Captain Mohsin Ausaf, PIA
09 30	Investigator' s Biases 事故調查員避免偏見之研究 AVM Mohd Rafi
10:00	ISASI Reachout Held in Karachi, Pakistan. 巴基斯坦 2016 年舉 辦調查員培訓研討會之成果 J. Gary DiNunno
10:30 - 11:00	Morning Break

Session 2 - Moderator Miss Ayesha Mateen

- 11:00 Helicopter Accidents - A Challenge to developing countries. 直升機事故 - 對發展中國家的挑戰
Brigadier Asim Razzaq, President AIB, Army Aviation
- 11:20 Safety Oversight Audit Program- ICAO. ICAO 全球飛安查核計畫
Engr Sana Ullah Malik
- 11:40 Risk Management in Aviation 航空風險管理理論及實務
Captain Mohsin Ausaf Khan
- 12:00 Importance of Simulators in Flight Safety. 飛航模擬器對於改善飛安之重要性
Ikhlq Ahmed 12:30 - 13:30 Lunch Break

Session 3 Moderator - Capt. Mohsin

- 13:30 How to Make a Real Difference Investigation? 如何作到有效的安全調查
Alain Guillardou 法國 BEA 退休資深調查員 EASA 飛安查核員
- 14:00 Role of Judiciary in Aviation Safety. 司法機關在航空安全中的作用
Dr Faiz Mir, Vice Chancellor Air University
- 14:30 Assistance to the Families of Air Crash Victims- ICAO Perspectives. 國際民航組織對罹難家屬援助之觀點
Dr Abdul Razzaq, Director Geo.
- 15:00 - 15 :00 Coffee Break

Session 4 Moderator Flg Officer Anum

- 15:00 Safety and Reliability with High Profits for most airlines- Why not Pakistan? 巴基斯坦為何沒有安全可靠又獲利的航空公司?
Khwaja M. (KM) Ali
- 15:20 Fatigue and Transportation Accidents - Challenges to Accident Investigators, Dr Fatima Yousuf 疲勞和交通事故 - 事故調查員的挑戰
- 15:40 Understanding the Future Air Navigation System 未來航空導航系統介紹
Mr. Asad Afridi
- 16:00 The Impact of Emerging Technologies on Accident Occurrence Investigations, Dr Michael Guan, Taiwan Aviation Safety Council 新興技術對事故調查的影響
- 16:30 Establishing an Independent Accident Investigation Organization in Pakistan, Syed Naseem Ahmed, President SASI Pakistan 在巴基斯坦設立獨立事故調查組織
- 17:00 Address by the Chief of Air Staff Air Marshal Suhail Aman HI (M)
- Awards and Group Photographs

8th Dec. (Tour)

Visit the AVIATION MANAGEMENT, UNIVERSITY of LAHORE 參訪拉合爾大學航空學院

Contact Person:

Dr. Arsal Ejaz. UMT Road, C-II, Johar Townh, Lohore, Pakistan
Tel Office +92 42 111-300

三、心得

3.1 Pakistan-SASI

國際航空安全調查員協會（ISASI）積極提升全世界飛安水平，於許多地方成立地區性航空安全調查員協會。巴基斯坦航空安全調查員協會（SASI-Pakistan）成立 2006 年，辦公室位於巴國舊首都卡拉奇市，該國飛安專家主張以「區域方法（regional approach）」進行運輸安全訓練。

SASI-Pakistan 主席指出，亞太地區、中東地區及非洲低區極為欠缺運輸安全的知識。巴國政府已意識到航空、公路、鐵路、海事及管道安全的立法不夠完善，運輸事故造成國家極大的生命及財產損失。航空領域即使透過飛航資料監測（FDM）、國際民航組織的全球安全監督稽核計畫（USOAP），及國際運協的飛航作業安全稽核（IATA Operation Safety Audit）等安全作為，其效益因涉及區域性的安全文化影響而大打折扣。

SASI-Pakistan 專家認為，歐美航空器製造商所發展的飛航訓練計畫，應先考慮使用者的文化差異，航空安全訓練主要在訓練民航人員的專業態度，但改變態度是一件困難的事情。巴國主張以區域方法安全訓練，針對航空人員持續進行在職訓練，並考量不同組織及族群間的社會文化行為。

SASI-Pakistan 扮演積極的角色，促進巴國航空人才與美國南加大飛安研究所（SCSI）、英國克蘭菲爾德技術大學（Cranfield University）、國際航空安全調查員協會，以及新加坡民航學院合作，進行專業人員的訓練計畫。

3.2 PK-661 航班飛航事故之爭議

2000 年至 2017 年期間，巴基斯坦共發生 7 件致命的民航機飛航事故。巴國整個交通運輸的相關資源多數由軍方掌控。根據巴基斯坦民航局的飛航事故調查規則，巴國民航機的飛航事故是由民航局以臨時性籌組事故調查委員會來進行調查。

2016 年 12 月 7 日，巴基斯坦航空公司一架 ATR 42-500 型機，661 號航班執行吉德拉爾至伊斯蘭瑪巴德的載客任務，於赫韋利揚山區發生致命事故，機上所有機組及乘客全數罹難。

事故當日，PK-661 於巡航階段曾發生求救訊號，不久就墜毀於赫韋利揚山區。一名目擊者表示，該機沿著山邊飛行高度很低，發動機發出很高頻的雜音，且姿態飄忽不定的上下晃動著，然後就撞上山坡，接著看到火光。當日約 1612 時，飛行高度約 13,500 呎時，1 號發動機故障。數秒後機組向航管通報發動機故障。緊接著 3 分鐘內，航管雷達顯示該機快速下墜，雷達訊號就消失且失去無線電通話。圖 2 為 PK-661 航班主殘骸外觀圖。



圖 2 PK-661 航班主殘骸外觀圖

巴國動員軍警及當地民眾進行搜救行動；巴國民航局人員找到兩具飛航紀錄器後，交給 ATR 公司人員並請求解讀。初步解讀資料顯示，1530 時，該機由吉德拉爾機場起飛，兩具發動機及所有航電系統正常。

相關調查資料顯示，該機於 2007 年 5 月 3 日首航，本事故發生前曾發生兩次重大事故：2009 年 5 月 30 日，該機於拉合爾機場發生重落地並損壞航機主結構；經過特別維修後重新加入營運機隊。2014 年發生數次發動機故障，經過檢修並更換新的發動機。2016 年 10 通過該國民航局的適航檢驗，事故前累計飛時為 18,700 小時。

本事故發生 2 個月後，巴基斯坦民航局及軍方已意識到國際社會及該國人民對

他們的不滿。故由 SASI-Pakistan 出面，邀請 ISASI 主席 Frank Del Gandio 先生帶領 3 名歐美資深調查員赴巴國實施 4 天的飛航事故調查訓練課程，講師與授受訓學員合照詳圖 3。

因巴國不按國際民航組織的規定執行事故調查，錯失邀請法國、美國及加拿大派員參加。根據有限的事實資料，無從研判事故可能肇因及相關風險。迄今，巴國民航局未公布調查進度及相關報告。礙於巴國輿論的批評，巴基斯坦航空公司董事長被迫辭職下台。

此外，本次會議期間，數名巴基斯坦航空公司主管及乘客家屬向 Pakistan-SASI 詢問進度，一度造成混亂局面。



圖 3 2016 年 Pakistan-SASI 舉辦之航事故調查訓練課程合照

3.3 如何作到有效的安全調查

Alain Guillardou 是法國 BEA 退休的資深調查員，目前是 EASA 飛安查核員。他的演講很生動且容易了解。對於如何有效的安全調查，他提出 4 點關鍵因素：獨立且專業的調查機構、明確的程序與有效率的調查、可靠的調查員及事實資料、他人看得懂且可以運用的調查發現與改善建議。

選拔飛航事故調查員時，應考慮其人格特質：高度專業、耐心及同理心、低調務實、不愛出風頭、公正客觀、具邏輯推理的思考與寫作能力。

反覆評估所蒐集到的事實資料，選用一種邏輯推理工具協助彙整分析內容（SHELL、ECCAIRS、REASON），使用 ICAO 調查報告格式撰寫報告，主要內容包括事

實資料、分析結果、調查發現及改善建議。

Alain 總結點出司法調查與飛安調查的差異性，值得我們借鏡與思考：「Judicial Investigation is for the past event (specific persons), safety investigation is for the future (everyone)」。

3.4 事故調查員避免偏見之研究

提報者是巴國學者，曾參與數件交通事故調查也是 ISASI 的個人會員。他引用 FAA 航空醫學辦公室的研究果，2001 年美國 FAA 研究員 Marx, D. and Watson¹ 曾於維修疏失原因的論文中提到，調查員的偏見議題：「基於資料分析，調查員的邏輯推理程序有可能產生偏見。存在某事件違反規則或違反程序的證據時，且防範措施可能失誤情況下，調查員對該事件的正面描述及負面描述，會影響調查過程及肇因的研判。例如，找到違反規則的證據可能會導致調查員停止收集與分析資料，而認為已經找到“原因” …」。

因此，FAA 推廣五項因果關係規則（Five Rules of Causation）以協助調查員的邏輯推理能力」。美國勞工統計局也是使用五項因果關係規則作為勞工案件的分析工具。FAA 的五項因果關係的調查規則，可視為調查員的調查工作輔助工具，用以協助完整的收證與分析用，它是基於 1984 年 Fisker 與 Taylor² 的歸納因素理論的七項因果關係規則：

1. 因果陳述必須清楚呈現「原因」及「影響」的關係
2. 因果關係陳述中不得使用負面性的描述（如：poorly 不良或 inadequate 不足）
3. 每項人為疏失必須有一個前面的原因
4. 每項程序偏差必須有一個前面的原因
5. 沒有作為屬於原因的前提是他有責任採取行動才算數
6. 事故原因的查詢必須超越調查員所能控制的範圍
7. 有罪責的陳述與解釋必須伴隨著有關的犯罪行為及其不良後果間關係

以下摘錄五項因果關係規則：

¹ Marx, D. and Watson, J. (2001). Maintenance Error Causation. FAA, Office of Aviation Medicine.

² Fiske, S. T. and Taylor, S. E. (1984) Social Cognition. Reading, MA: Addison-Wesley.

Rule 1 - Causal Statements must clearly show the "cause and effect" relationship.

描述一個事件的發生原因時，調查員應該查明根本原因與不良結果間的聯繫性，以根本原因分析工具 RCA 清楚呈現每個事件序及發生經過。

Rule 2 - Negative descriptors (e.g., poorly, inadequate) not used in causal statements.

調查員可能腦海裡有一個很詳細的解釋某一事件的事實及發生的原因；但調查員為簡化文書作業或縮短與人溝通的過程，而於報告中陳述「維修手冊寫得不好」。為強化因果關係的描述（並避免煽動性陳述），建議不要使用任何負面的描述文字，而是使用準確且清晰的描述詞。

即使像「粗心大意」和「自滿」亦屬不好的描述。它們是廣泛又負面的判斷詞，對描述導致某一事件的實際情況或行為沒有什麼作用。

例子：操控駕駛員執行進場程序設定時，因粗心大意導致航機落地時擾流板未展開而發生衝出跑道事故

修正後的詞句：該機最後進場期間，因為能見度變差且尾風增強，操控駕駛員因忙於重新計算落地距離，工作負荷增大而忘記備動擾流板，航機觸地後擾流板未展開，航機減速性能不佳，剩餘跑道不足導致航機以 50 哩/時通過跑道末端，衝出跑道約 300 公尺後停止。

Rule 3 - Each human error must have a preceding cause.

任何交通事故都會涉及數項人為疏失的調查發現，如果只陳述某項人為疏失而沒有解釋發生的原因，對預防類似的事故是沒有幫助的。某項人為疏失可能源自系統性疏失（system-induced error）或個人的危險行為。調查員對於因果關係中的每項人為疏失，都必須盡力找到相對應的發生疏失的原因，而非陳述該項疏失本身，如此才能擬定預防性策略。

Rule 4 - Each procedural deviation must have a preceding cause.

程序違規是不能直接管理的疏失嗎？其實不然，可透過修訂法規及標準操作

程序來預防。如果維修人員忘記執行一項程序，除個人因素（遺忘或蓄意）外，也可能要探討是否工單設計不夠完善或是教育訓練未特別強調執行步驟，容易導致該項疏失。

Rule 5 - Failure to act is only causal when there was a pre-existing duty to act.

調查員當然可以找到不會發生某項事故的方法（如：下雨就停飛，就不會發生衝出跑道；使用 6 台導航電腦，確保飛機不會導航電腦不會故障），但要先考慮是否偏離主題。調查員務實的做法是現行的運行規範及系統設計邏輯去思考，如何降低風險或提升系統的可靠度。

飛航事故調查員面對相同的事證或物證，都可能因自身的學識及經驗差異，作出不一致的推論或結論。絕大多數情況下，飛航事故調查員的邏輯推論是屬於理性的（rational），亦即該項理性推論是基於事實資料所提出合理又正確的結果。

飛航事故調查員對特定事證或物證作出推論時，常會面臨三種情況：確定（certainty）、風險（risk）以及不確定（uncertainty）。面對可能方案的結果都為已知屬於確定的情況。面對可能方案均存在風險，需要各自評估其成功與失敗的機率。

人類面對各式決策過程，經常應用個人經驗法則或直覺（heuristics）以簡化決策過程。所謂直覺式決策（intuitive decision making）是一種由個人經驗、感覺和判斷累積而成的決策方式。例如：一位資深發動機專家，如一開始就認為發動機維修有問題；該員及其團隊成員會盡力去找發動機維修的相關問題，而忽視駕駛員的人為操作議題。

直覺式決策可細分為五種邏輯推論的基礎：以過去經驗為基礎、以個人情緒或感情為基礎、以個人認知為基礎、以個人道德或價值觀為基礎、以潛意識的心理層面為基礎，詳圖 4。

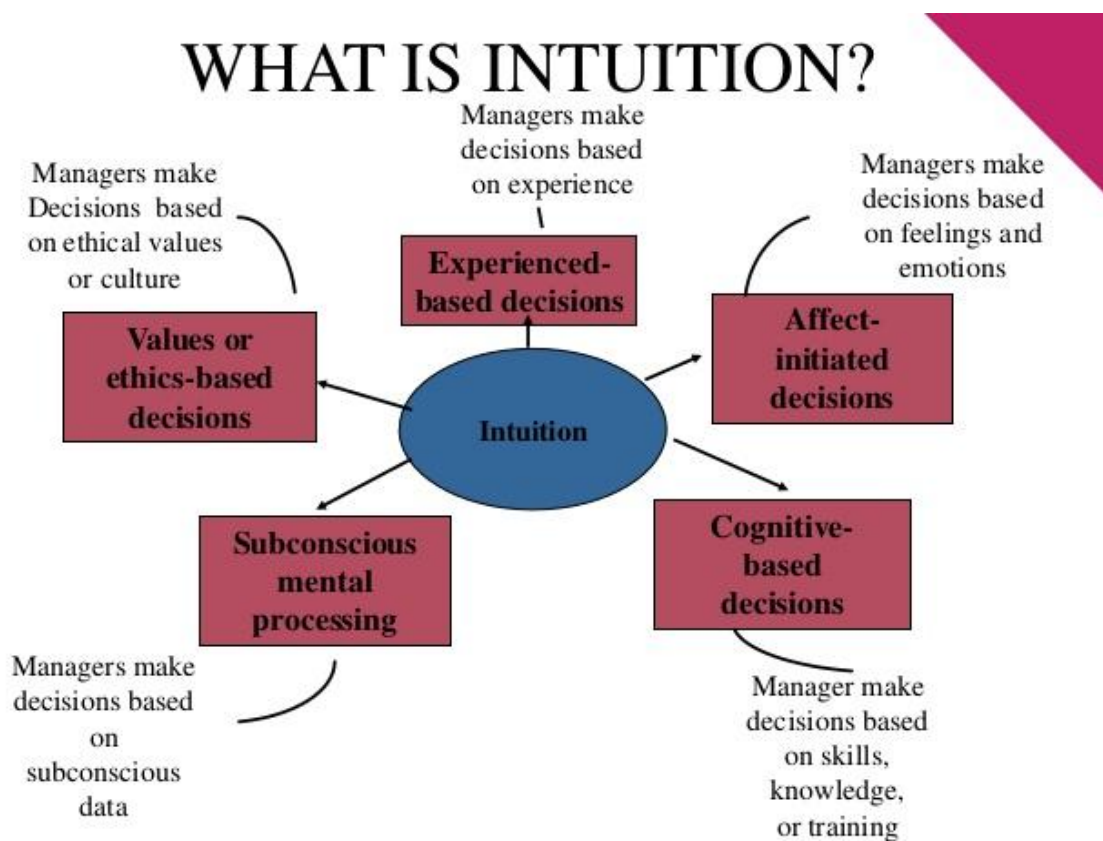


圖 4 直覺式決策模型示意圖

以過去經驗為基礎，雖有助於釐清複雜、不確定及模稜兩可的資訊，有時對調查人員的工作極為有效，也可能導致推論過程之疏失與偏見，常見的偏見如下：

- ◆ **定錨效應 (anchoring effect)**：過度依賴初期資訊，先入為主的作出結論，且拒絕接受後來的資訊。如繁忙地面滑行作業情況下，航管告知要等待 20 分鐘才發布滑行許可，飛航組員經過 35 分鐘還沒獲得滑行許可，可能會出現不耐煩的心態。調查員 A 可能一開始高估調查員 B 的工作能力；一旦調查員 B 提交調查員 A 交代的某項現場報告時，調查員 A 發現此一認知落差，進而不再分享資訊給 B，而採取個人經驗法則來迅速決斷調查發現。

- ◆ **接近性偏見 (availability bias)**：傾向從大腦內萃取最近發生、印象最深刻的事件，造成錯誤的判斷與結論。例如：航機墜毀後客艙組員未執行疏散旅客，調查員可能只關注客艙組員的相關訓練與訪談，未完整考量逃生燈光是否有亮?逃生門是否卡住或崩塌?機長重傷無法下達逃生指令等問題。
- ◆ **確認偏見 (confirmation bias)**：刻意尋求與支持先前做出的決策資訊，忽略與已收集到相互矛盾的資訊。確認偏見細分為三種：搜尋特定資訊的偏見；帶有偏見的解釋；記憶回憶。
 - 搜尋特定資訊的偏見-人類傾向於尋找支持自我觀點的證據，而忽略那些不支持他/她觀點的證據。在駕駛艙內，駕駛員只檢查他/她認為合理的資訊，或者他/她期望看到的資訊。
 - 帶有偏見的解釋-相同事實資料，兩個人會提出不同的解釋。如起飛期間聽到爆炸聲響，一名駕駛員會認為是爆胎；另一人會認為是發動機故障。如果有人查看 ECAM 警告訊息及發動機參數，則可以確認是 N1 轉速下掉。
 - 記憶回憶-亦即選擇性喚回記憶。飛行中，右座駕駛員肉眼看到一個小黑影從窗外閃過，此時一具發動機遭遇鳥擊而熄火；該名駕駛員可能會立即認為右側發動機故障，作出判斷誤關二號發動機（其實是一號發動機遭遇鳥擊而熄火）。該名飛行員可能認為他看到飛機右側的黑色模糊，與此同時，一台發動機在攝取一隻鳥時失速。駕駛員可能會立即作出反應，好像右側發動機失靈，如果左側可能停止並關閉錯誤的發動機。
 - 案例 1 CRJ100 起飛事故（2006.08.27），駕駛員使用錯誤跑道起飛而撞擊樹木墜毀。
 - ◆ 原因-操控駕駛員過去在此機場多次遇到若干跑道燈光不亮的事件，他都能安全起飛。事故航班他錯過數項可用資訊，持續認為他在正確的跑道上。

- 案例 2 B737-400 事故（1989.01.08），航機進場期間一號發動機故障，副駕駛誤認為是二號發動機故障，兩名機組持續搜尋二號發動機故障的相關訊息，並做出關斷二號發動機的決定，致航機墜毀。

- ◆ 原因-副駕駛近期曾遭遇二號發動機故障事件

- ◆ 框架偏見（framing bias）：屬於認知偏見，調查員將注意力集中在少數面向，建立不正確的參考點。例如：投資理財，出現正收益時，人會保守傾向投資來避免風險；出現投資虧損時，人會傾向高風險以期追求高的利益。

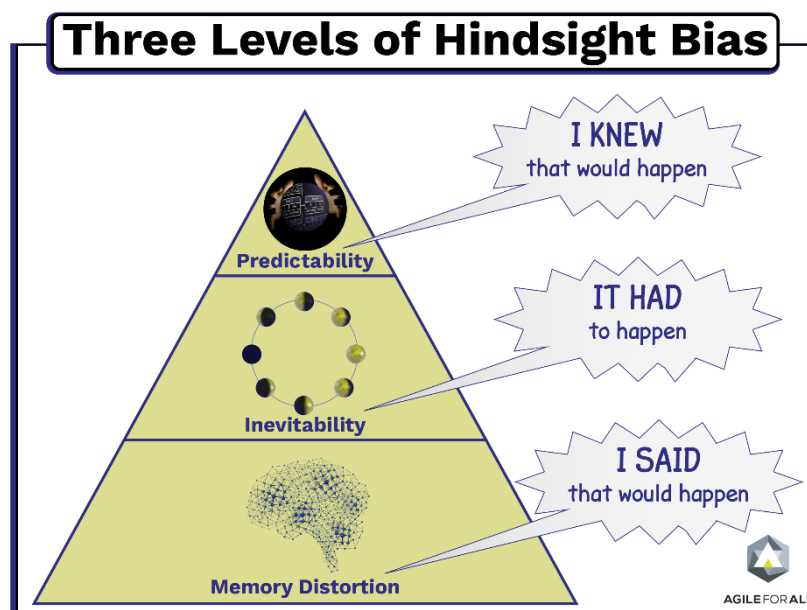


圖 5 後見之明分類圖

- ◆ 後見之明（hindsight bias）：放馬後砲，事後吹噓早就料到事情的結果。調查員基於一項實驗結果，就陳述「很明顯這樣發生（it was evident to happen this way）」。後見之明也分 3 類型：可預測型、必然型、記憶錯亂型。相關案例：
 - 例如：駕駛艙內某警告燈絲斷裂，就推斷事故發生期間某警告有亮起的結論，未查明多大的撞擊力量燈絲會斷裂，未探討有亮的燈絲與沒亮的燈絲斷口微觀型態不同的現象。
 - 會中討論熱烈的案例 NTSB A320 哈德遜河迫降案例，調查員使用數學模型分析，兩發動機遭遇鳥擊後，從座艙警告作動到返航機場的

所需時間。完全忽略雙發失效、低高度複雜周遭地形的議題，以此來評斷 1549 航班機長的決策是否有失客觀。

- ◆ **立即滿足偏見 (immediate gratification bias)**：不想有太多投入，卻希望能有立即的效果。
- ◆ **過度自信偏見 (overconfidence bias)**：認為自己懂得很多，或對自己的表現過度樂觀。
- ◆ **隨機偏見 (randomness bias)**：調查員自以為觀察到兩事件的相同點；事實上兩事件屬於隨機並不存在相同特點。
- ◆ **代表性偏見 (representation bias)**：以本事件與另一事件的相似程度，以研判本案例的發生機率。
- ◆ **選擇性認知偏見 (selective perception bias)**：調查員用比較偏狹的觀念來詮釋並分析事情。確認偏見是選擇性認知偏見的一分項。
- ◆ **自我中心偏見 (self-serving bias)**：以自我為中心，一味爭功，並將失敗推給他人或外在因素。選擇性收集對自己有利或有興趣的資訊，忽略團隊的整體目標。
- ◆ **替代性偏見 (substitution bias)**：人類面對一個令人困惑的問題或決定時，會傾向於使用一個更容易且更簡化的問題來替代。當某位調查員在某領域具有很強的專業知識時，此情況會更明顯。
- ◆ **沉沒成本疏失 (sunk costs error)**：探討問題時，未專注於未來；只關心過去所花費的時間、金錢或努力。忘記現階段的決策不能修正過去的錯誤。

對調查員預防偏見的建議：

1. 訪談時不評論肇事人員的作為，不提出誘導性的問題；
2. 透過專業分組的分工與邏輯性討論，以降低偏見；
3. 基於事實，允許不同觀點及挑戰性思維方式；
4. 持續反省個人的價值觀及判斷依據；
5. 發展調查程序工具，以邏輯推理方式來覆驗證相關調查發現與分析結果；
6. 發現新的事實資料尤其涉及人為疏失時，要從人為表現的限制及組織面來探討其影響性，而不是妄下結論它屬於違規而停止蒐證，詳圖 6。

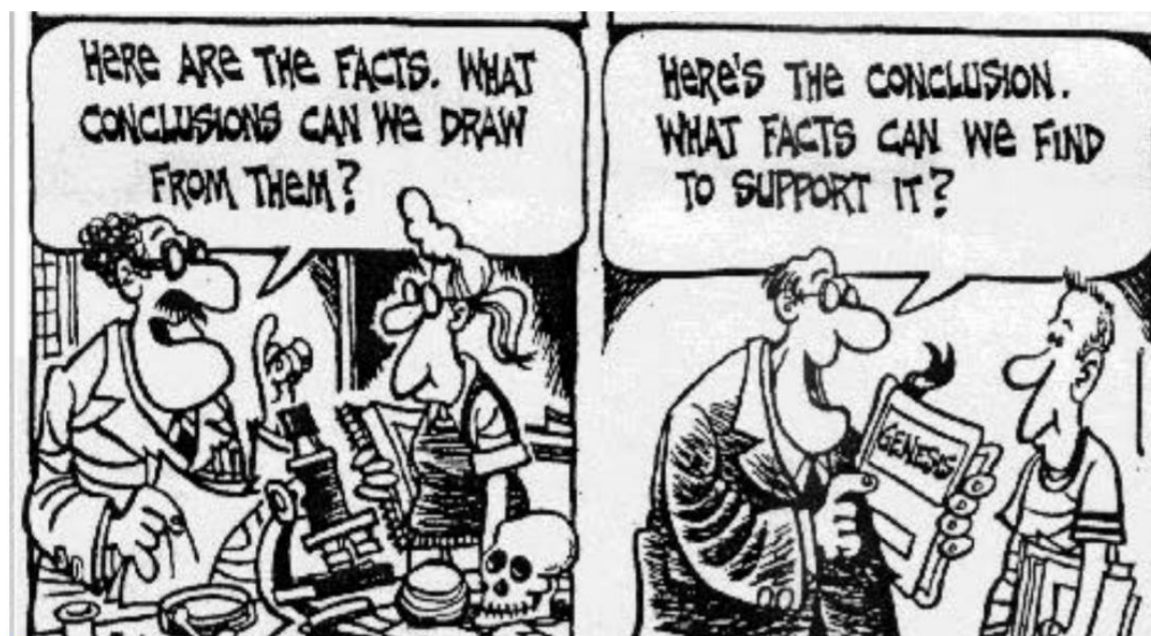


圖 6 客觀公正調查與帶有偏見的卡通示意圖

3.5 ICAO 全球飛安稽核計畫及事故統計

目前，ICAO 有 191 個締約國，所有國家按照 ICAO 的全球航空安全計畫（Global Aviation Safety Plan, GASP）執行國家航空安全計畫（State Safety Program, SSP）及安全管理系統（Safety Management System, SMS）。ICAO 依據風險管理原則，評估全球及地區的航空安全指標，並監督全球航空安全計畫的相關措施。ICAO 致力於全球協調一致飛航安全活動中，締約國的風險評估及安全管理方法，能夠具體有效的降低風險。

1998 年 10 月，ICAO 第 34 屆大會同意對全體締約國進行定期、強制、系統性的全球安全監督稽核計畫³（Universal Safety Oversight Audit Program, USOAP）；於 1999 年 1 月 1 日正式開始實施。2004 年 10 月，ICAO 第 35 屆大會決定採用全面系統的評估方式，涵蓋所有與安全相關附約中涉及安全方面的規定。並於 2005 年 1 月 1 日開始實施，規畫花 6 年對所有締約國進行評估。

³ 全球安全監督稽核計畫之查核重點：民航法律制度、作業規則建立、組織及安全監督功能、人員的資格與專業訓練、技術指引與程序、檢定給證制度、監理及檢查制度、安全改正等。

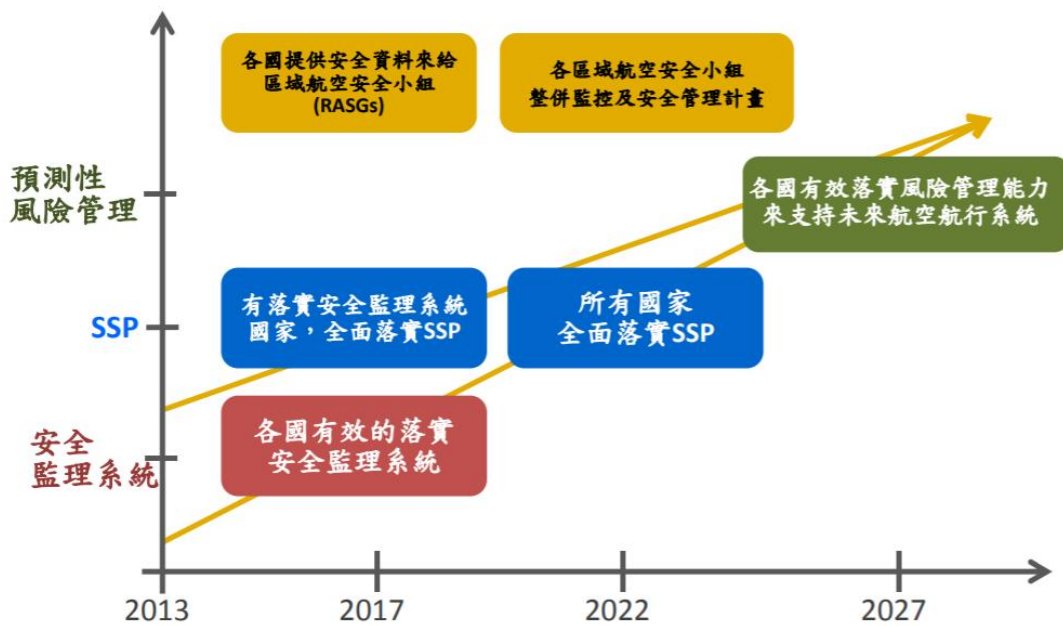


圖 7 ICAO 全球航空安全計畫之目標及推動規畫

2007 年 9 月，ICAO 第 36 屆大會，要求理事會審議在 2010 年之後繼續實施 USOAP，並提出以持續監測評估⁴（Continuous Monitoring Approach, CMA）為基礎的新作法。CMA 是以安全風險管理為基礎的系統，持續監測各國的安全監督能力，採取一致的方法評價其航空活動的安全水準，評估其安全管理能力，詳圖 7。為方便各員國採用持續監測方式，需要建立一個互動性的線上框架，同時還建立一個中央資料庫，以持續有效地管理不同來源的資訊。

2010 年 10 月 ICAO 第 36 屆大會通過以 CMA 取代 USOAP。此外，任何締約國的 USOAP 結果低於 60 分者，改善飛安的焦點放在飛安監理制度；USOAP 結果高於 60 分者，改善飛安的焦點放在安全管理系統。圖 8 為最新的全球飛安稽核統計結果，分為 8 個面向。目前，有三大面向屬於不及格狀態，包括：機場、助導航設施及事故調查。

針對締約國的事故調查稽核重點有 11 項，包括：安全建議、失事及意外事件報告之保存及分析能力、組織事故調查（通知相關國家/通知授權代表）、參與其他國家的事務調查（擔任授權代表/觀察員）、調查員培訓、失事及意外事件初報、失事及意外事件立法（涉及 Annex 13 標準及建議措施）、失事及意外事件資料庫

⁴ 持續監測評估包括四大項目：蒐集飛安資訊、決定締約國之安全風險指標、降低風險指標之作法及優先項目、締約國之 USOAP 缺點改正進度及重大安全顧慮的改正進度。

(ICAO ADREP/ECCAIRS)、失事及意外事件調查裝備、失事及意外事件調查能量、公布調查報告。USOAP 對事故調查機構之稽核重點及結果，詳圖 9。

據查 ICAO 於 2011 年 6 月完成巴基斯坦的 USOAP，成績 83 分高於同期的世界標準 65 分。



圖 8 ICAO 對締約國進行全球飛安稽核統計圖

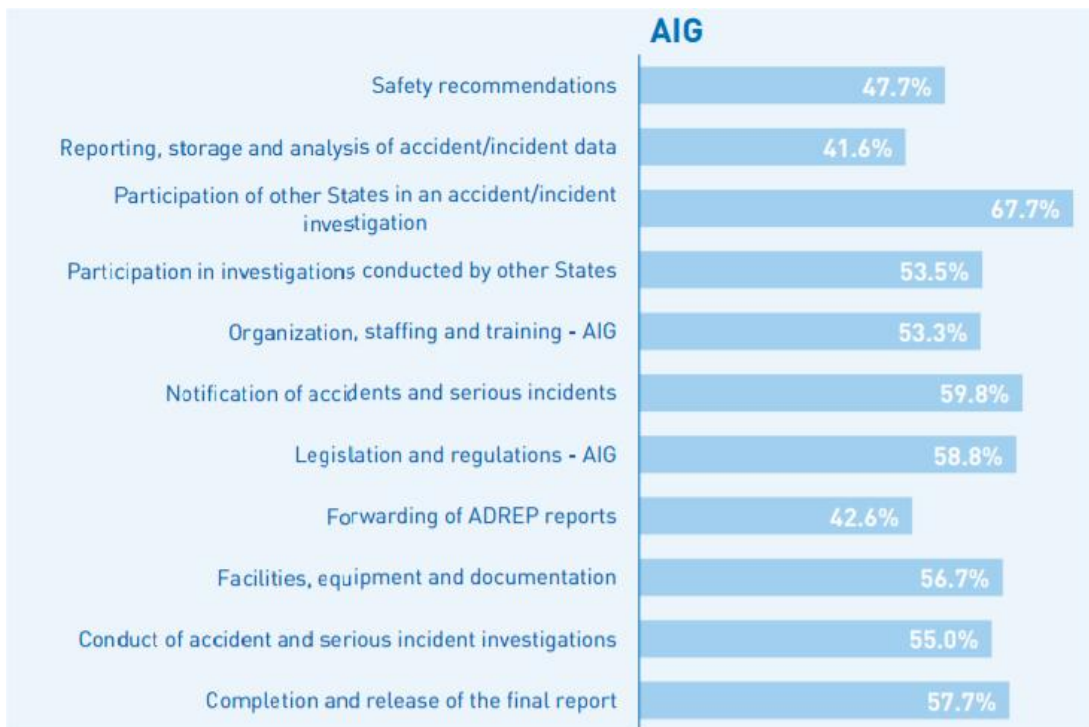


圖 9 ICAO USOAP 對事故調查機構之稽核重點及結果

ICAO 考量到若干締約國經濟及專業能力問題，提出地區航空安全組 (Regional Aviation Safety Groups, RASGs) 和地區安全監督組織 (Regional Safety Oversight Organizations, RSOOs) 以建立的區域性機構/組織合作，促進

和發展必要的建設和解決新出現的民航安全問題。

過去 5 年的事故統計（2002-2016）顯示，失事案件及失事率均有所下降，詳圖 10。2016 年共發生 75 件（造成 182 人死亡），比 2015 年減少 18%。此 5 年期間，定期的民航運數數量持續增加，每百萬離場的失事率為 2.1 次，比 2015 年減少 25%。

提報者進一步指出，能大幅提升全球飛安紀錄要在非洲、中南美洲及南亞多費心，詳表 1 為 2013 年及 2016 年的失事統計數據比較。此外，ICAO 的事故統計從 2013 年開始，將北美地區及中南美洲合併；且將獨立國協與歐洲合併。

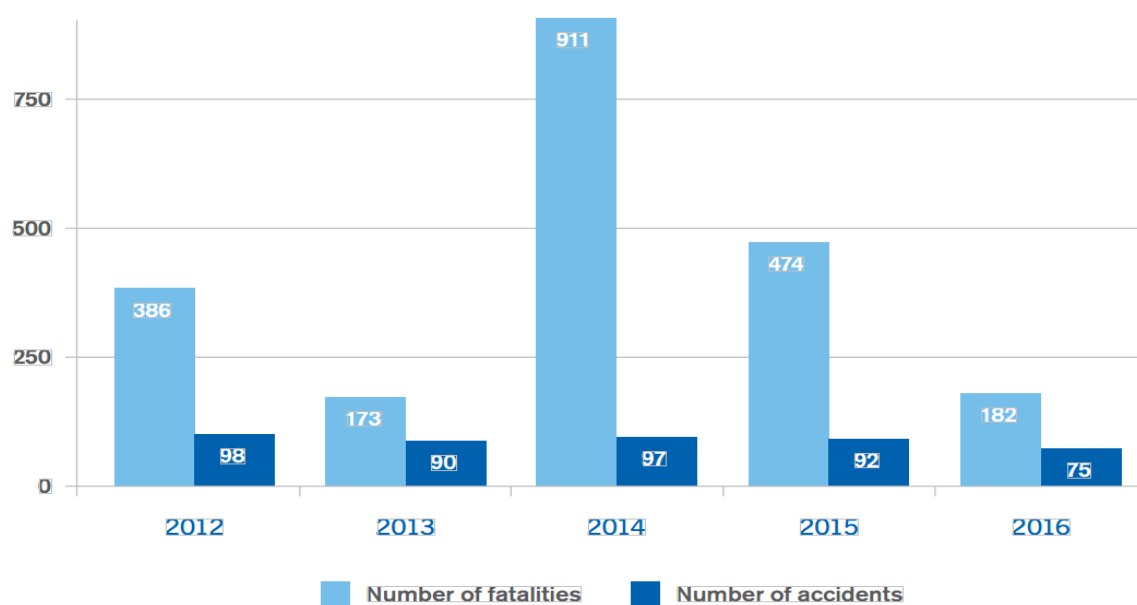


圖 10 ICAO 近 5 年失事統計圖（最大起飛重量逾 5700 公斤）

表 1 ICAO 失事統計數據比較表（2013 年 vs. 2016 年）

UN region	Estimated departures (millions)		No. accidents		Accident rate (per million departures)		No. of fatal accidents	
	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016
AFI	0.7	0.9	9	1	12.9	1.2	1	1
APAC	8.6	10.7	19	19	2.2	1.8	1	2
EUR	7.9	8.7	21	24	2.7	2.8	2	2

MID	1.1	1.3	2	3	1.8	2.3	0	2
PA	13.8	13.3	39	28	2.8	2.1	5	0
World	32.1	34.9	90	75	2.8	2.1	9	7

ICAO 提報者指出，2010 年 ICAO 與 IATA 簽署合作備忘錄，目的是為失事及意外事件的飛安資訊交換，並促進各國民航業者、民航監理機構、各類飛安協會及 ICAO 之間的合作，以期降低整體的飛航風險。事故統計分類及分析方法，詳 Commercial Aviation Safety Team/ICAO Common Taxonomy Team（以下簡稱 CICTT）的使用手冊。

ICAO 統計資料顯示，前三大高風險事故分類分別為跑道安全相關事故⁵（runway safety related events, RS）、空中失控（loss of control in-flight, LOC-I）、可控飛行撞地（controlled flight into terrain, CFIT）。

2016 年的失事案件中，61.3%屬於此三類事故類型，且屬於致命失事佔 50%，詳圖 11。根據 ICAO 統計資料，2016 年有兩項特別訊息，未發生可控飛行撞地事故，非洲失事率大幅改善已超越亞太地區的飛安水平。

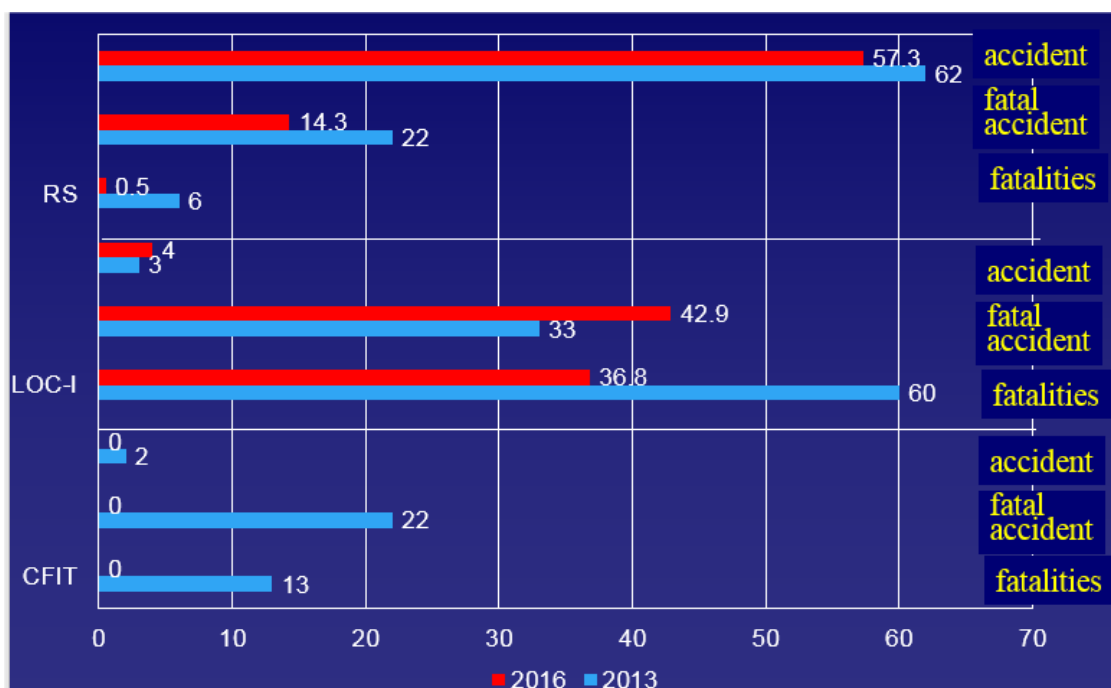


圖 11 ICAO 2013 年與 2016 年失事統計比較圖

⁵ Includes runway excursions and incursions, undershoot/overshoot, tailstrike and hard landing events.

3.6 直昇機飛行特性與重大風險

巴基斯坦北面高山環伺，近期發生多起直昇機事故，例如 2015 年 8 月，在中巴邊境連續兩架 MI-8 直昇機於執行救援任務時墜毀造成 16 人死亡。提報者是巴基斯坦軍用直昇機資深駕駛員及飛行訓練教官，他先引用美國的直昇機事故統計資料，並探討數項直昇機飛行的重大風險，重點節錄如下：

3.6.1 美國的直昇機事故統計

提報者引用美國 FAA 的直昇機事故統計資料，他指出 2013 年 10 月至 2014 年 4 月期間，美國民用直昇機共發生 82 件失事，其中 23 件屬於致命失事。此 82 件失事的統計發現三大現象：23%屬於訓練飛行、21%屬於私人飛行、11%屬於緊急醫療。此 82 件失事的可能肇因中 79%涉及目視天氣條件、11%涉及機載系統或結構損壞。

3.6.2 主要影響山區飛行的因素

影響直昇機在山區飛行的因素，主要為飛行高度、山區地形、山區氣流和氣象條件等。

◆ 飛行高度

- 空氣密度及大氣壓力隨飛航高度增加而減小，造成直昇機飛航性能及操控性變差。
- 最大飛航速度隨飛航高度的增加而減小，對應的指示空速亦隨空氣密度和溫度的變化而變化。
- 風速隨海拔高度的增加而增大。屬近地邊界層內，因摩擦力作用，可能亂流會增強；近地邊界層外至大器對流層，風場變化有規律可循。
- 大氣溫度隨著飛航高度的升高而逐漸降低，對於水氣充足且溫度介於+4度C至-20度C有可能遭遇飛行積冰。

◆ 山區地形

- 山區飛行時外界參照物較為相似且難以辨認，著陸場地較為複雜。
- 山區飛行選擇著陸場地較難，這是因為著陸場地通常處於山坡上，此類場地較為複雜，低高度操作時十分危險。

◆ 山區氣流

- 氣流容易使直昇機進入危險狀態，飛行員可能誤判氣流方向出現反向修

正，而增加危險。

- 氣流通過地表及障礙物時，會受擾動產生亂流。障礙物的上風邊屬相對平靜的上升氣流帶；下風邊屬下降氣流帶且可能存在亂流。
- 收縮狀的山谷附近，氣流會產生附壁作用（Venturi Effect）。即流體與周遭物體表面存在摩擦時，流體的流速會減慢。

◆ 氣象條件

- 山區常出現輻射霧，特點為生成快、消散快，多數發生於秋冬季節的夜間和清晨。山區的霧具有一定的隱蔽性，直昇機低空突然遭遇時會失去目視參考增加操作風險。
- 山地降雨屬強烈且分佈不均。當鋒面氣旋等天氣系統移向山區時，由於地形抬升作用，加強上升氣流擾動，相應降雨也會增強。夏季山區多對流，易形成地形雷暴，陰晴不定天氣多變操作風險。
- 山區低雲複雜多變，難以預報。尤其是山谷中的低雲，飛行中很難肉眼發現。過去直昇機撞山事故，大多與誤入低雲或霧有關。

◆ 山區飛行注意事項

- 飛行前確認山區的海拔高度、周遭地形、山脈走向，以評估影響飛行安全的因素及其嚴重程度。
- 盡可能保持經濟速度飛行以獲得最大剩餘功率。
- 盡可能避開亂流較強的時段，或增加避讓距離。
- 進入山區前判斷飛行區域的風向風速、上升高度來觀察飛行區域內可能出現的霧、低雲、降雨等危險天氣。
- 盡可能避開降雨區，因強降雨會影響視線並影響爬升性能。
- 盡早避開可預期的危險區，如山的背風觀察到滾筒狀雲時，其下降氣流和亂流必定較強，應避免進入。
- 飛過山脊後不要立即下降高度，防止遭遇較強的下降氣流而失去控制；飛出山谷後不要過早轉彎，防止進入附近的渦旋氣流中。

3.6.3 環狀渦流特性及風險

直昇機於正常空中懸停狀態下，大量的空氣通過主旋翼由上往下形成升力錐面，少部份翼尖渦流會被吸起來再從翼尖由上往下循環運動，此翼尖渦流不會產生

升力，且會消耗直昇機的馬力。提報者建議可以研讀美國 FAA 的「Rotorcraft Flying Handbook」以理解環狀渦流狀態之特性與風險。直昇機從懸停狀態過渡至有效平移升力（Effective Translational Lift, ETL）期間，主旋翼升力錐面與氣流的運動關係圖，詳圖 12。

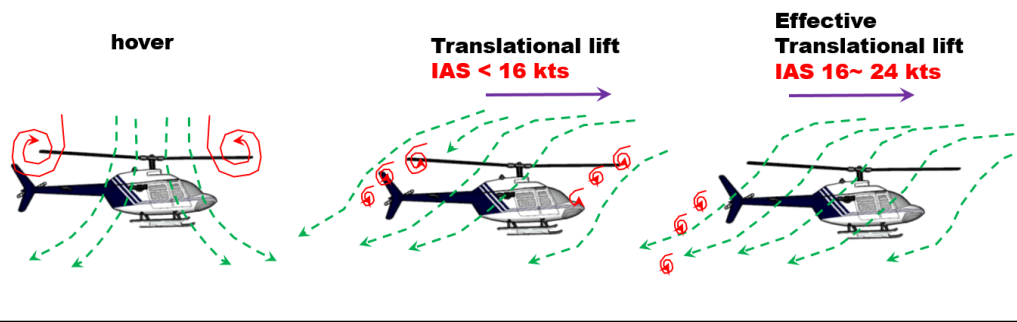


圖 12 直昇機從懸停狀態過渡至有效平移升力期間，主旋翼升力錐面與氣流的運動關係圖

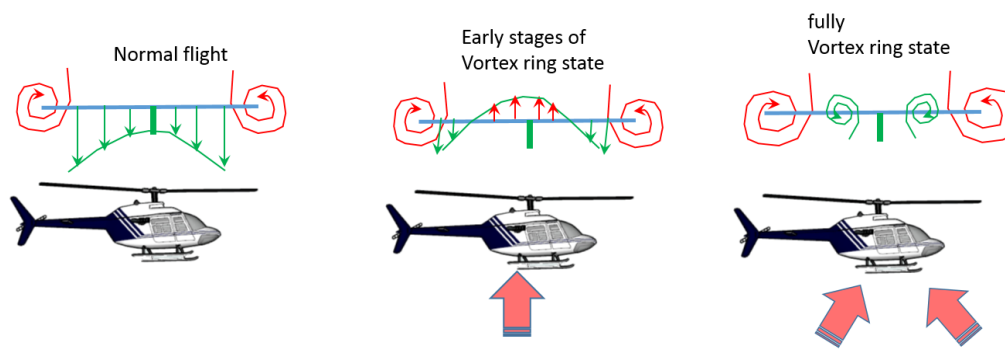


圖 13 直昇機從懸停狀態與環狀渦流狀態，主旋翼升力錐面與氣流的運動關係圖

所謂環狀渦流狀態（Vortex Ring State, VRS）亦可稱為帶動力下沉，當直昇機處於地面效應高度以上且帶動力 20 至 100%，進入本身產生的下洗氣流作用區域（翼尖渦流增加而破壞升力錐面），即使使用最大馬力 100% 仍然急遽下降高度的氣動力現象。在相同的馬力配置下，增加馬力還不能防止下沉，如操作不當，它會導致直昇機抖動、搖晃、嚴重時操縱失控而墜地失事。

環狀渦流狀態形出初期，主旋翼的氣流會分成兩種：靠近翼根氣流由下往上；翼尖渦流逐漸擴大由上往下循環運動，直昇機會出現抖動。當發展成完全環狀渦流狀態，直昇機會經歷非指令的俯仰和滾轉振盪，迴旋桿的控制效益很低甚至喪失，且下降率可能高於 3,000 呎/分，詳圖 13。

直昇機進入環狀渦流狀態的形成條件：1. 水平速度低於有效平移升力範圍，即空速 30 浬/時以下。直昇機帶動力下降時的下降率趨近主旋翼「下洗氣流速度⁶」。2. 呈現近乎垂直的下降率，至少 300 呎/分，實際值與直昇機總重、主旋翼轉速、海拔高度有關。例如，直昇機總重 2,250 公斤、三片主旋翼葉片（直徑 10.7 公尺）其產生的誘導速度為 1,000 呎/分。3. 馬力介於 20 至 100%。

因此，研判及改正環狀渦流狀態是飛行員保證安全且應瞭解的知識。一般而言，不安全狀態為空速低於 30 浬/時，且下降率是每分鐘大於 500 呎的帶動力下沉狀態。

◆ 預防進入環狀渦流狀態

- 直昇機飛行帶有動力，垂直下降或小速度下降時，體變矩桿別收太多，保持較小的下降率。
- 較大載重、高海拔或高氣條件，剩餘功率小情況下，不宜做垂直上升或勉強在較高的海拔高度上懸停。
- 於複雜地形、高度較低且重量較重的情況下，沒有特殊需要不要做垂直下降。
- 在做快停或恢復功率自轉時，要有警覺可能進入環狀渦流狀態。

◆ 環狀渦流狀態之改正（多數直昇機業者提倡之作法）

於完全環狀渦流狀態下，部分飛行員第一反應是收集體變矩桿來減小下降率，然而這樣只會使情況更加惡化，下降率增加。正確的作法為稍稍收集體變矩桿，且向前推迴旋桿來獲得空速以脫離環狀渦流區⁷。脫離環狀渦流狀態的改正方法：

- 收集體變矩桿，減少主旋翼攻角，向前推迴旋桿，建立加速姿態，讓直昇機恢復到有效平移升力範圍。
- 如果加速姿態無法建立，再下放集提桿並建立自轉，再次明確的視需要前推迴旋桿以增加空速。
- 情況嚴重時迴旋桿很難操控，改正方法為先收集體變矩桿進入自轉，擺脫環狀渦流，當迴旋桿可操控後，再向前壓迴旋桿以獲得空速。

⁶ 洗氣流速度或下洗誘導速度：空氣於通過旋翼旋轉面後向下移動的速度，誘導速度是直昇機型別及總重的函數。

⁷ [Methods to Improve Helicopter Pilot Capabilities](#). Irish Aviation Authority.

◆ 環狀渦流狀態之改正 ([Vuichard Recovery](#)，針對主旋翼逆時針旋轉，[Robison 直昇機公司建議](#))

- 增加集體變矩桿至起飛馬力，且踩左舵維持航向。
- 同時向右壓迴旋桿約10度至20度，以獲得向右橫向速度。
- 當航機下降高度達20呎至50呎時，到達不穩定環狀渦流的上緣後，改正操作即完成，詳圖14。

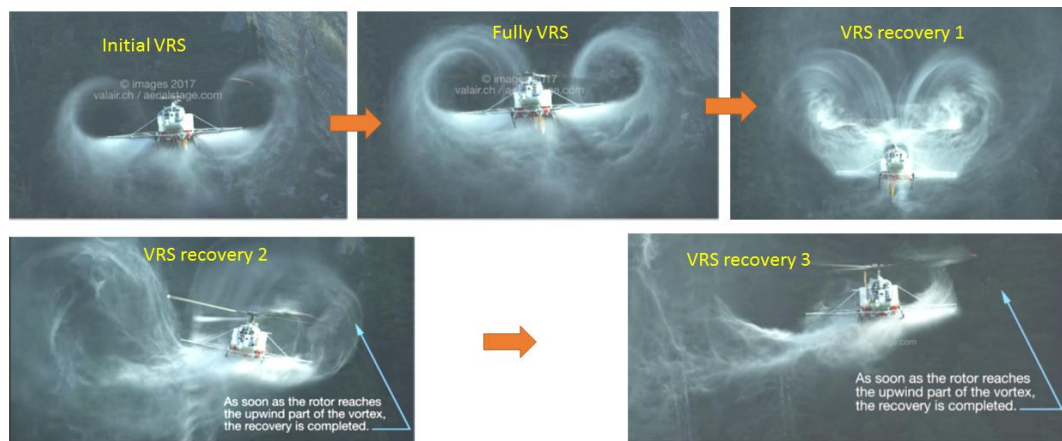


圖14 環狀渦流狀態改正過程之翼尖渦流示意圖

◆ 如何避免進入環狀渦流狀態

執行環狀渦流狀態之改正會造成高度大量損失，尤其在接近地面期間。避免空速低於 30 哩/時及下降率大於每分鐘 500 呎的動力下沉情況，因此，下列的飛航操作應特別小心，包括：在封閉場地執行偵察及進場；順風進場；大角度進場；無地面效應滯空(HOGE)；低空速自轉改出；順風急停等。

3.7 拉合爾大學航空學院

拉合爾大學是巴基斯坦知名大學，於高等教育方面已取得卓越成就。近年，該國政府為培養航空專業人才設立拉合爾大學航空學院，以提供優質的教育，提供全新的師資與課程，該學院教師具備各種航空背景，包括：退役的巴基斯坦空軍教官、航空專業資深人員、飛航管制員，及受過國外飛行訓練的教授，及普通航空業的管理人員等。



圖 15 Cessna-172 飛航模擬教具

該學院的大學學位與台灣有很大的不同，根據學生的興趣及就業需要，實習課程區分為：航空公司管理、航空公司航機運控、航空公司地勤運控、機場規劃及管理、航空包機公司、空中服務、空安全監理、航空安全研究機構等。圖 15 為該校的 Cessna-172 飛航模擬教具。該校為促進學生多了解軍用航空與民用航空的發展，也常去參訪航空公司及巴基斯坦航空技術學院，圖 16 為該校的大三航電實習課程的教學器材。



圖 16 大三航電實習課程的教學器材

參訪的簡報過程中，一位留學美國的結構專長的研究員提到，他多次參與地面運具及飛機的事故調查鑑定工作。該國是全世界排名第 9 名的高死亡國家，尤其是地面運輸事故及建築物火災造成的事故最常見。根據該國政府統計資料，每天每 10,000 人於道路發生事故致死為 15 人；每年喀拉蚩市發生 30,000 件道路事故。

圖 17 為 2013 年 8 月某一運輸巴士失事，造成 20 多人死亡。該校協助鑑定其結構強度，透過現場證據及有限元素分析，研判巴士經過改裝的大樑結構強度不足，於彎曲山路發生底盤受力不均，巴士車身逃生口附近的上緣結構發生斷裂而崩塌。

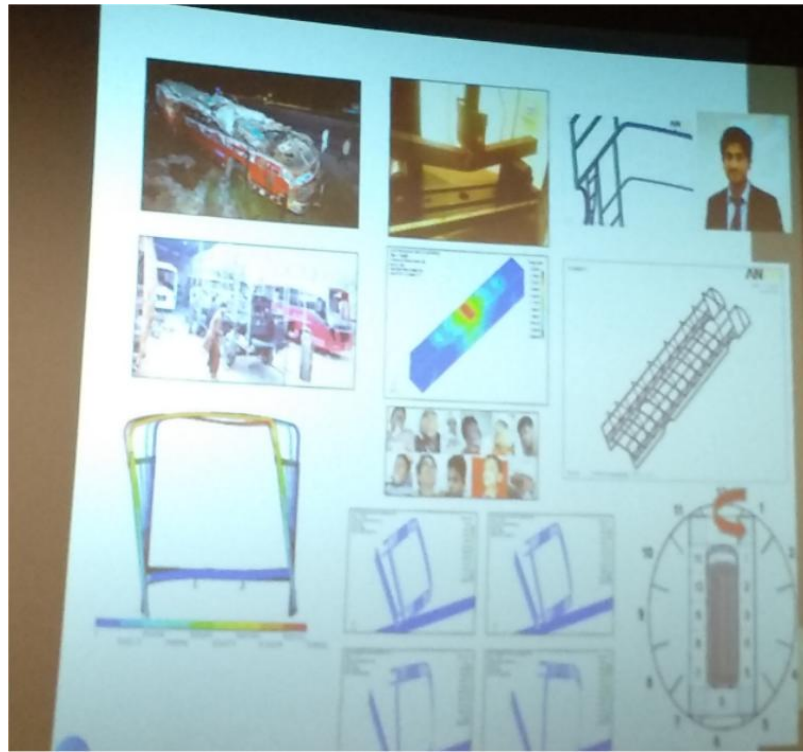


圖 17 以現場證據及有限元素分析巴士結構強度

四、建議

本次參加 ISASI 巴基斯坦分會飛安研討會，去程發生行李遺失第 4 天才找回，行程稍受影響但收穫豐富，職與與會代表交流熱絡，多數成員對我國飛安會的技術能量有更深入的認識，據此出以下 2 項建議：

1. 廣泛研習涉及人為因素及偏見之相關研究；
2. 積極發展直昇機事故的調查能量，如山區飛行及帶動力下沉等議題。