

運用層級分析法探討陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素

筆者/鄧國雄、宋政哲

提要

國家運輸安全調查委員會統計近 10 年（2011-2020 年）國籍航空器發生 83 件重大飛航事故，其中以民用航空運輸業 48 件最多，如依美國 NTSB（國家運輸安全委員會）對飛航事故原因，概分為「與人相關」、「與環境相關」及「與航空器相關」三大類。結果顯示，以「與人相關」計 33 件，佔 68.8% 最高，故人為因素是影響國籍航空的主要因素。而國軍近 6 年重大事故計 18 件，其中 12 件為飛安事故，顯見飛行安全的良窳攸關飛行戰力的維持。故探討影響飛行安全之關鍵因素是一個重要的課題。

本次以陸軍旋翼機飛行安全為個案探討，以陸軍航空部隊負責計畫、執行及考核等業管主官(管)為專家訪談對象，運用修正式德爾菲法 (Modified Delphi method)，分析影響飛行安全之相關因素，並藉由分析層級程序法(AHP)及 Expert Choice 軟體，對陸軍空勤人員分析評估影響飛行安全關鍵因素之權重比較，藉以尋求先期預防及改善建議。

研究結果發現，影響陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素共計 17 項，其中依據數據分析及實務經驗認為「溝通協調」、「人格特質」、「判斷決策」、「知識技巧」等 4 項，重要程度遠超過其他項目，占整體權重 51.4%，可提供陸航後續推行飛行安全政策規劃作業之參考。

關鍵詞：飛行安全、修正式德爾菲法、層級分析法、陸軍旋翼機

壹、前言

國家運輸安全調查委員會統計近 10 年（2011-2020 年）國籍航空器發生 83 件重大飛航事故，其中以民用航空運輸業 48 件最多，如依美國 NTSB（國家運輸安全委員會）對飛航事故原因，概分為「與人相關」、「與環境相關」及「與航空器相關」三大類。結果顯示，以「與人相關」計 33 件，佔 68.8% 最高，故人為因素是影響國籍航空的主要因素。¹而國軍近 6 年重大事故計 18 件，其中 12 件為飛安事故，²顯見飛行安全的良窳攸關飛行戰力的維持。故探討影響飛行安全之關鍵因素是一個重要的課題。

一、研究背景與動機

飛行安全是指的是航空器在空中之活動或如鳥類、其它物品等在空中飛翔的動作，沒有損失、受傷或風險的狀態，也就是杜絕意外和失事，以零事故做為目標。³以國籍航空面言，近 10 年（2011-2020）國籍航空器共發生 83 件重大飛航事故，其中以民用航空運輸業 48 件最多，普通航空業 10 件、飛航訓練機構 2 件、自由氣球 1 件、超輕型載具 12 件、公務航空器 8 件、遙控無人機 2 件，共造成 117 人死亡。⁴

根據運安會事故調查報告「與可能肇因有關之調查發現」，並依據 NTSB 之發生原因分類，每一事故至少包括一個主要原因，或可能涵蓋兩個或以上之原因。例如偏離跑道事故，可能包含「駕駛員」、「天氣」及「機場設施」等因素；艙壓失效事故，則可能包含「系統與裝備」及「維修人員」之因素。

綜上所述，我國近 10 年民用航空運輸業飛機重大飛航事故發生原因，以「與人相關」計 33 件，佔 68.8% 最高（其中 56.3% 與駕駛員有關，12.5% 與維修、地勤及客艙等其他人員有關）；「與環境相關」計 21 件，佔 43.8% 次之（其中 31.3% 與天氣有關，12.5% 與機場/航管/導航設施有關）；「與航空相關」計 17 件，佔 35.4%（其中 25% 與系統與裝備有關，8.3% 與發動機有關，2.1% 與結構有關），其他因素計 2 件，佔 4.2%，⁵如圖 1 所示，所以人為因素是影響國籍航空的主要因素。

¹ 國家運輸安全調查委員會，〈台灣飛安統計 2011-2020〉，<https://www.ttsb.gov.tw/media/5269/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E9%A3%9B%E5%AE%89%E7%B5%B1%E8%A8%882011-2020.pdf>，2021/9/24，（檢索日期：2022 年 7 月 27 日）。

² 徐建峰，〈國軍重大事故大事記！6 年累計 18 起意外 12 件墜機 27 人殉職〉，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=24&SerialNo=147592，2022/6/22，（檢索日期：2022 年 7 月 27 日）。

³ 飛行安全概論，〈https://www.sir.com.tw/webstore/PDFbrowse/img/aesop_fables/010FR081906.pdf〉，（檢索日期：2022 年 7 月 28 日）。

⁴ 同註 1，頁 14~15。

⁵ 同註 1，頁 22。

圖 1、民用航空運輸業重大飛航事故原因分類統計



資料來源：《台灣飛安統計》（2011-2020），頁 22

陸軍旋翼機扮演快速投入戰場，達成突擊或增援作戰的重要角色，並與地面部隊結合，迅速執行地空整體協同作戰，陸軍旋翼機已逐漸成為陸軍重要戰力之一，故避免肇生飛行危安，落實先期預防工作，亦是維持陸軍有生戰力的重要因素。而辨識影響陸軍航空部隊飛行安全之相關因素，是做好飛行安全管控及預防的第一步，統計自 1971 年至 2021 年間，陸軍旋翼機飛行失事意外，計 27 起，共計 52 人殉職（如表 1），分析主要事故肇生因素，大致區分「人為」、「環境」及「航空器」等三類，其中以「人為因素」15 件，最高；「環境因素」8 件，次之；「航空器因素」4 件，再次之，故「人為因素」是影響陸航部隊飛行安全的主要因素，雖與民間航空運輸業重大飛航事故主要原因相同，但為達成不同的飛行目的（民間航空以運輸為主；陸軍旋翼機以作戰為主），及不同的飛行規範上，所產生影響飛行安全因素亦不同，例如陸軍旋翼機要實施武器射擊及空中纏鬥等訓練科目，而民用航空則無相關訓練科目；陸軍旋翼機採空域採面的方式管制，較民用航空採點對點的航道管制，空域範圍較大，難度較高。由上述例子，推論陸軍旋翼機飛行安全風險程度較高。

故探討影響陸軍航空部隊飛行安全因素，以提高風險管控層次，降低飛（危）安事故發生機率，確保各項戰、演、訓任務能在安全的前提下順遂執行，為本研究之動機。

表 1、陸軍旋翼機飛行事故肇生因素統計表

區分	飛行事故肇生因素			死亡人數
	人為	環境	航空器	
1971 年至 1980 年	2	3	1	16
1981 年至 1990 年	2	2	2	15
1991 年至 2000 年	2	1	1	8
2001 年至 2010 年	2	2	0	11
2011 年至 2021 年	7	0	0	2
合計	15	8	4	52

資料來源：作者整理

二、研究目的

藉由現況檢討、文獻探討及專家問卷調查方式，歸納影響飛行安全之關鍵因素，再運用修正式德爾菲法(Modified Delphi method)及層級分析法(AHP)分析各因素間的影響與權重，藉以達成下列目的：

- (一)運用修正式德爾菲法實施專家訪談，並藉由層級分析法(AHP)，分析影響飛行安全之關鍵因素。
- (二)針對關鍵因素研擬改善建議，以提供決策單位後續政策精進參用。

三、研究範圍與限制

(一)研究範圍：

本研究係探討陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素，主要以陸軍航空部隊負責計畫、執行及考核等業管主官(管)為專家訪談對象（共計 8 員），提列影響飛行安全之關鍵因素，後續再運用層級分析法(AHP)針對空勤人員（35 員）進行抽樣及分析比較各因素間的影響與權重。

(二)研究限制：

本研究採文獻蒐集、現況檢討、問題探討、層級架構建立及問卷調查等方式，研究過程力求周延，惟仍有未涵蓋之處，故僅針對影響陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素探究結果，然許多組織內外部等影響因素，例如針對各型機組文化、上

級政策、各型機的飛行訓練作業程序及主官(管)領導風格等因素，未納入考量，為本研究限制。

四、研究架構與流程

本研究藉由研究背景及動機確立研究目的，並透過文獻探討及資料蒐集，界定研究問題主軸，進而找出影響飛安因素之關鍵項目；另透過問卷調查，建立層級架構來評估權重，運用 AHP 層級分析法予以分析與論證，歸納出關鍵因素，完成結論與建議，以提供後續政策指導單位參考運用。研究流程(如圖 2)所示，重點摘述如后：問題動機說明：主要以闡述研究問題之動機，與預期本研究可達成之成果。

(一)文獻探討：

結合研究目的及動機，進行陸軍航空部隊機種介紹、影響飛安因素相關理論與研究及影響陸航飛行安全之相關因素等文獻資料蒐整與歸納，並探討影響陸航飛行安全之相關因素，作為本研究之學理依據。

(二)專家訪談：

選定陸軍航空部隊實際從事飛行任務之業管主官管區分「計畫、執行、及考核」等三類，以問卷方式實施專家訪談，期能獲得飛行安全之關鍵因素。

(三)AHP 層級分析法：

透過 AHP 分析層級程序法針對專家訪談方式，所獲得飛行安全關鍵因素，以現行飛行人員進行抽樣之研討與分析、歸納出飛行安全關鍵因素之權重。

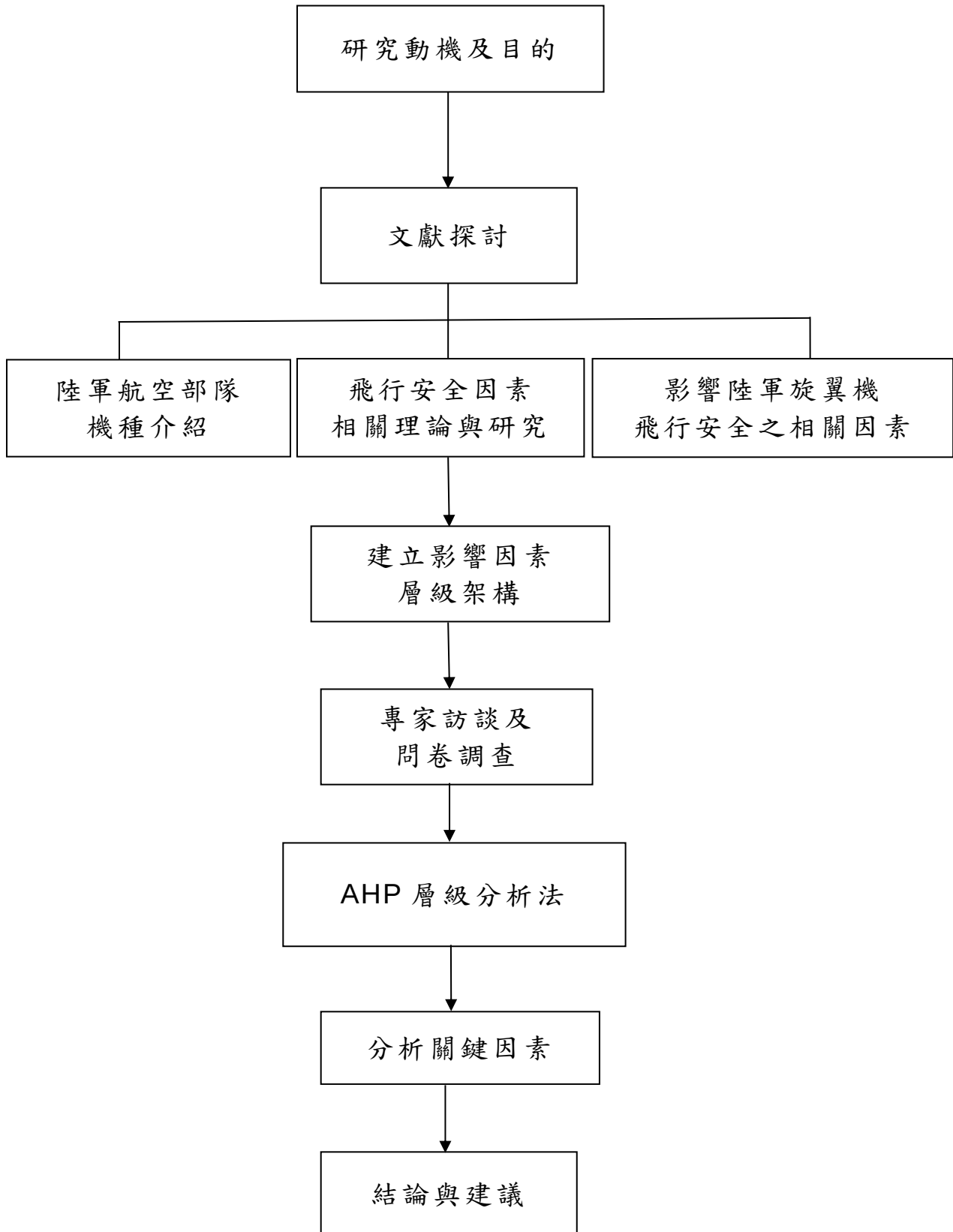
(四)分析關鍵因素：

本研究透過現況檢討、文獻蒐集整理及探討分析，作為學理依據，並運用問卷調查及 AHP 層級分析程序法等方式，歸納出相對應之關鍵因素。

(五)結論與建議：

由研究分析得悉影響飛行安全之關鍵因素，並提出相關結論與研擬改善建議，以供決策單位後續政策精進。

圖 2、研究流程圖



資料來源：作者自行製作

貳、文獻探討

本章針對陸軍航空部隊機種介紹及任務說明、飛行安全因素相關理論與研究及影響陸軍旋翼機飛行安全之相關因素等方向，實施文獻探討及分析，以歸納研究所需主（次）準則。

一、陸軍航空部隊機種介紹

(一)任務：

陸軍航空特戰指揮部（簡稱陸軍航特部），為中華民國陸軍的航空（武裝直升機、運輸機）部隊擁有強悍攻擊與戰搜能量，再加上近年換裝 AH-64E 攻擊直升機及 UH-60M 黑鷹直升機等二型機，是一個指管靈活、火力強大且機動快速，具全方位作戰應變能力，為國軍空地整體作戰關鍵戰力的部隊，所肩負任務為平時擔任作戰區戰備應變部隊，執行反空（機）降、反突擊及反特攻、反恐、災害救援、空運、空中戰術機動、傷患後送與搜救等任務；戰時依令遂行灘岸殲敵任務，確保防區安全。⁶

(二)組織：

陸軍航特部下轄單位，計有陸軍航空第六〇一旅、陸軍航空第六〇二旅及陸軍航空特戰指揮部飛行訓練指揮部等三個部隊，⁷如圖 3 所示。

(三)機種介紹：

陸軍航空部隊所配賦旋翼機種，計有 AH-1W 攻擊直升機、AH-64E 阿帕契直升機、OH-58D 偵察直升機、UH-60M 黑鷹直升機、CH-47SD 運輸直升機及 TH-67 教練直升機等六型機，共計 194 架，其中 AH-64E 阿帕契直升機 30 架及 UH-60M 黑鷹直升機 60 架均向美國購買，並於 2015 年全數抵達臺灣。除 UH-60M 黑鷹直升機調撥空勤總隊 15 架及空軍 15 架使用外，陸軍現有 30 架服役中，以執行空中攻擊、偵蒐、警戒、機動、突擊、指管、空中運補、戰場搜救及傷患後送等任務，陸軍各旋翼機型詳如表 2 所示。⁸

⁶ 洪子揚，〈【勁旅榮光】陸軍航空第 601 旅 攻搜強悍 關鍵戰力〉，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1431914>，2022/6/22，（檢索日期：2022 年 7 月 29 日）。

⁷ 中華民國 108 年國防報告書編纂委員會，《中華民國 108 年國防報告書》（臺北市：國防部，西元 2019 年），頁 62。

⁸ 維基百科，〈中華民國陸軍航空特戰指揮部〉，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E9%99%B8%E8%BB%8D%E8%88%AA%E7%A9%BA%E7%89%B9%E6%88%B0%E6%8C%87%E6%8F%AE%E9%83%A8>，2022/07/07，（檢索日期：2021 年 10 月 28 日）

圖 3、陸軍司令部架構圖



資料來源：<https://www.mnd.gov.tw/NewUpload/%E6%AD%B7%E5%B9%B4%E5%9C%8B%E9%98%B2%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8%E7%B6%B2%E9%A0%81%E5%B0%88%E5%8D%80/%E6%AD%B7%E5%B9%B4%E5%9C%8B%E9%98%B2%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8%E5%B0%88%E5%8D%80.files/%E5%9C%8B%E9%98%B2%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8-108/%E5%9C%8B%E9%98%B2%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8-108-%E4%B8%AD%E6%96%87.pdf> ,2022.08.01

表 2、陸軍各旋翼機型統計表

區分	架數
AH-1W 攻擊直升機	61
AH-64E 阿帕契直升機	29
OH-58D 偵察直升機	37
UH-60M 黑鷹直升機	30
CH-47SD 運輸直升機	8
TH-67 教練直升機	29
合計	194

資料來源：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E9%99%B8%E8%BB%8D%E8%88%AA%E7%A9%BA%E7%89%B9%E6%88%B0%E6%8C%87%E6%8F%AE%E9%83%A8> , 2022,07,07

二、飛行安全因素相關理論與研究：

(一)飛行安全定義

安全是人類最重視的基本要件，⁹也被視為一個關鍵績效指標，反映出組織運營政策和流程的有效性，¹⁰安全更是航空業

⁹ De Florio, F. (2016). Chapter 1 - Flight Safety. In F. De Florio (Ed.), Airworthiness (Third Edition) (pp. 1-3): Butterworth-Heinemann.

¹⁰ Flouris, T., & Reyes, F. (2018). Safety Performance Comparisons in Scheduled US C arrier Operations: 2000-2004. The Collegiate Aviation Review International, 24(1).

中最重要的議題，透過各種努力來確保飛行安全為營運的首要目標。¹¹

風險分析學會（Society for Risk Analysis, SRA）定義安全為免除不可接受的風險。¹²國際標準化組織（International Organization for Standardization, ISO）及國際電工委員會（International Electrotechnical Commission, IEC）在國際標準工作指南中制定安全為避免任何不能承擔的風險。¹³另外，美國國防部在系統安全技術書刊中明確指出，安全是一種狀態可使人員免於死亡、受傷、職業傷害或是造成設備損壞、財產損失以及環境遭受到破壞。¹⁴

在飛行安全定義部分，國際民用航空組織（ICAO）認為安全為降低任何與飛航活動或航空器作業有關的風險，並控制在許可範圍內。¹⁵另外，國際航空運輸協會（International Air Transport Association, IATA）定義安全為透過不間斷的風險管控及危險識別，來降低對人或財產損害的風險，並將風險控制在可容忍的程度內。¹⁶此外，本研究彙整過去研究文獻中學者提出對飛行安全的相關定義，詳如表 3 所示。

¹¹Lee, H.-B., & Park, J.-W. (2016). Comparative study on hazardous attitudes and safe operational behavior in airline pilots. *Journal of Air Transport Management*, 54, 70-79.

¹²SRA. (2018). *Society for Risk Analysis Glossary*. Location: Society for Risk Analysis.

¹³ISO & IEC. (2014). *Guide 51*(3rd ed.). Location: Switzerland.

¹⁴DOD. (2000). *MIL-STD-882D*. Location: Department of Defense.

¹⁵ICAO. (2019). *ICAO Safety Report*. Location: International Civil Aviation Organization

¹⁶IATA. (2020). *Safety Report 2019* (56th ed.). Location: International Air Transport Association.

表 3、飛行安全相關定義綜整表

學者	年份	定義
Rose	1990	認為安全代表事故率的高低。
Bell, Robertson, and Wagner	1995	飛行安全被認為是一套特定於飛行領域中受到社會制約的態度、信念和價值。
Popovic and Vasic	2008	大多數活動都涉及某種風險，並且永遠不會完全擺脫風險，因此，安全定義為接受緩解後的風險。
Rohacs	2012	是一套方法、規則和技術，用於避免因非必要系統的不確定性、隨機出現的錯誤或故障所造成的緊急情況。
Roelen and Klompstra	2012	飛航安全不代表完全沒有事故發生，飛航安全測量的標準，主要將失事率降到可接受的範圍內。
Flouris and Reyes	2018	為一個關鍵的績效指標，可能反映了組織運行政策和程序的成效。

資料來源：作者自行整理

綜上所述，本研究認為飛行安全並不代表完全沒有任何危害發生，而是透過各種風險管控的方式，將可能會發生的傷害降到最低，故飛行安全零危安是大家必須努力達成的目標。

(二)飛行安全相關理論

針對國內外飛安事件的發生，多方學者各自提出理論來探討飛安事故主要肇生原因，其中最為著名的就是莫菲定律(Murphy's Law)，1949年，美國空軍上尉墨菲(Edward A. Murphy)執行一項以假人進行的滑軌測試，然而測試失敗，但他也從中領悟出「有可能會出錯的事，就一定會發生！」意指任何一件事件，只要機率大於零，就有發生的可能。¹⁷另外著名的「骨牌效應理論」，認為飛安事件的發生就像一直線骨牌，每一張骨牌都是一件失事的因子，當前一個失事因子倒下，就會引發後續關聯的失事因相繼發生，因此，藉由還原及追溯整個事故發生的前因後果，挖掘並改善造成失事的主要因子，以防止相似

¹⁷張有恆，2016。《飛行安全管理 二版》。臺北：華泰文化。

事故再度發生。¹⁸除上述兩個理論，另外還有更多飛行安全之相關理論，詳如表 4 所示。

表 4、飛行安全相關理論綜整表

學者	年份	理論	內容
Heinrich	1931	三角形理論	將事故程度分為重大事故、輕微事故和無事故，顯示如果減少輕微事故的數量，會使重事故的數目相應減少。
Heinrich	1931	骨牌效應理論	飛機之所以會失事多半是因為五類因素造成的連鎖反應，從上到下依序分別是 環境、人員、不正常行為、意外產生及傷害，因此藉由還原追溯整個事故發生的前因後果，挖掘並改善造成失事的關鍵因素，使可控制並防止類似事故再次發生。
Wright	1940	5M模型	討論人員、儀器、管理、環境與任務五個項目之間的關係，用於航空安全的故障排除和風險管理。
Murphy	1949	莫菲定律	「凡是可能會出錯的事，就一定會出錯」，指的是任何事，都會有發生的機率。
Edwards/ Hawkins	1972/ 1984	SHELL 模型	SHELL模型由Edwards首先提出，認為所有飛安事故的產生係因四種因素相互影響，分別是人與軟體、人與硬體及人與環境，後來由Hawkins於1984添加人與人之間的影響，強調以人為中心與各因素之間的相互係，因此演化成SHELL模型。
Reason	1990	乳酪理論	每一層乳酪皆代表組織內各階層的安全機制，飛安事件的發生，只是光線湊巧同時穿過每一層乳酪氣孔，這些氣孔好比飛航安全的漏洞，因此只要改善其中一個環節，就可預防災害發生。

¹⁸同註 17。

Shappell and Wiegmann	2000	人為因素分析 與歸類系統 (HFACS)	根據Reason提出的「乳酪理論」為發展基礎，將人為因素區分為四個層級共十八個子項目，指出架構中每一個層級均會受到上一層級的影響，第一線操作人員的疏失，確實與上層督導及組織有間接的影響。
-----------------------------	------	----------------------------	---

資料來源：作者自行製作

綜上所述，本研究認為大多飛行安全理論以預防為主要觀點，藉探討相關影響飛行安全因素中，尋找最佳防範措施，除可事前降低飛安事故發生率，並可提升危機發生時的應變能力，有效降低損害。

三、影響陸軍旋翼機飛行安全相關因素

旋翼機（或稱直升機）是最富有機動性的交通工具。¹⁹當災難發生時，比較其他交通工具，直升機具有前進偏遠或在難以到達地區執行救援工作的優勢。²⁰ De Voogt, Uitdewilligen, and Eremenko 指出，因直升機其特性與配有獨特的裝備，可執行許多特殊的空中任務，使得風險程度也增高。²¹ Iseler and De Maio 也認為相對於一般民航客機只有點到點飛行，而直升機需執行各項獨特並具有危害的任務。²²從 2021 年國家運輸安全調查委員會之台灣飛安統計資料中看出，近十年（2011-2020 年）國籍普通航空業航空器全毀及致命事故率統計，5 年移動平均值下降至 0.55 次/萬飛時，²³如圖 4 所示；而國籍直昇機全全毀及致命事故率，5 年移種平均下降到 1.42 次/萬飛時，或 1.78 次/萬離場次，如圖 5 所示，故直升機的重大飛航事故均高於國籍普通航空業航空器。故本研究將以相關影響飛行安全因素的文獻為範圍，整理歸納出本研究所需構面及準則，作為後續研究基礎。

¹⁹Xavier, I., Bandeira, R., Silva, L., Bandeira, A., & Campos, V. (2019). Employing helicopters in the modelling of last mile distribution system in large-scale disasters. *Transportation Research Procedia*, 37, 306-313.

²⁰Ozdamar, L. (2011). Planning helicopter logistics in disaster relief. *OR Spectrum*, 33, 655-672.

²¹De Voogt, A. J., Uitdewilligen, S., & Eremenko, N. (2009). Safety in high-risk helicopter operations: The role of additional crew in accident prevention. *Safety Science*, 47(5), 717-721.

²²Iseler, L., & De Maio, J. (2001). Analysis of US civil rotorcraft accidents from 1990 to 1996 and implications for a safety program. Paper presented at the Annual Forum Proceedings-American Helicopter Society.

²³同註 1，頁 23。

圖 3、普通航空器全毀及致命率



資料來源：《台灣飛安統計》（2011-2020），頁 23

圖 4、國籍直昇機全毀及致命率



資料來源：《台灣飛安統計》（2011-2020），頁 24

(一)影響飛行安全之構面

根據 2019 年國際航空運輸協會(IATA)的安全報告中顯示，從 2015 年至 2019 年期間影響飛行安全的因素眾多，大致可區分為「人為因素」、「機械因素」、「環境因素」及「組織因素」四大影響飛行安全層面。²⁴

人為因素範圍包含機組員間的溝通協調、生理疲勞影響飛行操作、及因錯誤判斷造成人員傷亡等因素，Kelly and Efthymiou 指出所有的飛航事故有超過 75% 都歸咎於人為因素。²⁵而過去許多的飛航事故主要原因都是飛行員操作上的失誤。²⁶

機械因素如發動機熄火、機械磨損、飛機系統設計不良等影響飛機正常飛行。儘管現代科技發達使得飛機動力系統具有無與倫比的可靠性，很少需要機組人員的持續關注，但是還是會有系統故障失效的一天，而飛行人員必須能夠做出適當處置以確保飛行安全。²⁷

環境因素包含天氣、地形或障礙物等因素妨礙飛行的順遂。Borsky and Unterberger 指出天氣的衝擊經常會影響交通運輸系統的正常運行；組織因素包含因訓練不足、風險管控成效不佳及管理疏失等因素造成飛安。²⁸

組織因素包含因訓練不足、風險管控成效不佳及管理疏失等因素造成飛安。Pettersen and Bjørnskau 指出預期飛行上的安全是透過以往的經驗及錯誤中學習，這需要背後負責的組織確遵標準程序及有效分配資源。²⁹

綜上所述，歸納出影響飛行安全之構面，如表 5 所示。

²⁴ IATA. (2020). Safety Report 2019 (56th ed.). Location: International Air Transport Association

²⁵ Kelly, D., & Efthymiou, M. (2019). An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017. *Journal of Safety Research*, 69, 155-165.

²⁶ Gramopadhye, A. K., & Drury, C. G. (2000). Human factors in aviation maintenance: how we got to where we are. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(2), 125-131.

²⁷ Asmayawati, S., & Nixon, J. (2020). Modelling and supporting flight crew decision-making during aircraft engine malfunctions: developing design recommendations from cognitive work analysis. *Applied Ergonomics*, 82, 102953.

²⁸ Borsky, S., & Unterberger, C. (2019). Bad weather and flight delays: The impact of sudden and slow onset weather events. *Economics of Transportation*, 18, 10-26.

²⁹ Pettersen, K. A., & Bjørnskau, T. (2015). Organizational contradictions between safety and security – Perceived challenges and ways of integrating critical infrastructure protection in civil aviation. *Safety Science*, 71, 167-177.

表 5、影響飛行安全之構面

項次	構面	說明
1	人為因素	係指引起事故的因素是因於人的行為和表現。
2	機械因素	係指引起事故的因素是因於機器或裝備故障或失效。
3	環境因素	係指引起事故的因素是因於天氣、地形及外物。
4	組織因素	係指引起事故的因素是因於團隊內部管理、督導及教育訓練。

資料來源：作者自行製作

(二)影響飛行安全之準則

各研究領域的學者觀點不同，但對於所提出的影響飛行安全之評估準則具有相似含義，綜整出 24 項評估準則，如表 6 所示。

李文進認為溝通除了提供訊息功能外，也包含了管理的功用，而領導能力不足的問題，會降低組員間協調溝通能力；³⁰不同的領導風格也會影響機組員向上溝通的意願。³¹另外，情感智慧與溝通兩者彼此間有正向的關係，對組織間團體合作與建立關係有正面的影響。³²因此，將項次 8「領導統御」及項次第 11「情感智慧」一併整合至項次 1「溝通協調」內。

Bendak and Rashid 認為因工作壓力而睡眠不足會產生疲勞，導致認知能力下降、肇生飛安及增加疾病的風險。³³此外，Sallinen et al.指出評估飛行員在飛行期間的警覺性可作為疲勞造成危險的識別方式。³⁴因此，將項次 10「工作壓力」及項次 7「警覺性」一併整合至項次 3「飛行疲勞」內。

³⁰ 李文進 (1997)。人因工程學與飛航安全。中華民國航空醫學會刊，11 (1)，P35-P47。

³¹ Chen, S.-C. (2017). Paternalistic leadership and cabin crews' upward safety communication: The motivation of voice behavior. *Journal of Air Transport Management*, 62, 44-53.

³² Hendon, M., Powell, L., & Wimmer, H. (2017). Emotional intelligence and communication levels in information technology professionals. *Computers in Human Behavior*, 71, 165-171.

³³ Bendak, S., & Rashid, H. S. J. (2020). Fatigue in aviation: A systematic review of the literature. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 76, 102928.

³⁴ Sallinen, M., Sihvola, M., Puttonen, S., Ketola, K., Tuori, A., Härmä, M., . . . Åkerstedt, T. (2017). Sleep, alertness and alertness management among commercial airline pilots on short-haul and long-haul flights. *Accident Analysis & Prevention*, 98, 320-329.

李文進、游重山、Harries, D.、李倫文、王宏任研究發現飛行員不當的決策會誘發其做出違反規定的行為，有如骨牌效應的第一張牌；另外，研究也發現，遭遇天氣突變時，飛行時數少的飛行員容易做出錯誤的判斷，³⁵，因此做出好或壞的決策判斷與飛行經驗有正面相關。結合上述，將項次 9「違反規定」及項次 6「飛行經驗」一併整合至項次 4「決策判斷」內。

Shappell et al.在對航空事故研究中指出，不安全的監督通常包括總體監督不足或未能提供適當的訓練。³⁶因此，將項次 24「教育訓練不足」整合至項次 21「不充分的督導」內。

綜上所述，根據相關文獻研究結果，故將 24 項影響飛行安全評估準則整併為 17 項準則，如表 7 所示。

³⁵李文進、游重山、Harries, D.、李倫文、王宏任（2008）。決策失誤與違反標準作業程序對飛安事件結果之影響。危機管理學刊，5（1），71-78。

³⁶Shappell, S., Detwiler, C., Holcomb, K., Hackworth, C., Boquet, A., & Wiegmann, D. (2007). Human Error and Commercial Aviation Accidents: An Analysis Using the Human Factors Analysis and Classification System. Human factors, 49, 227-242.

表 6、影響飛行安全之評估準則（整併前）

項次	準則	文獻																		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	溝通協調					◎			◎				◎	◎			◎		◎	
2	人格特質					◎			◎	◎										
3	飛行疲勞					◎		◎	◎					◎		◎				
4	判斷決策					◎			◎					◎		◎	◎		◎	
5	知識技巧					◎			◎					◎		◎	◎			
6	飛行經驗																	◎		
7	警覺性					◎		◎	◎					◎					◎	
8	領導統御																◎		◎	
9	違反規定					◎			◎								◎			
10	工作壓力													◎					◎	
11	情感智慧														◎					
12	主要系統失效						◎				◎			◎			◎			
13	機械零件失效						◎				◎			◎						
14	控制系統設計						◎													
15	能見度不佳			◎										◎						
16	高壓電線干擾		◎																	
17	機場設施不完善				◎									◎						
18	噪音干擾	◎																		
19	山區飛行											◎								
20	作業計畫不周					◎			◎					◎		◎	◎			
21	不充分的督導					◎			◎							◎				
22	蓄意隱藏缺失					◎			◎											
23	違規的督導					◎			◎							◎				
24	教育訓練不足															◎				
A: Nurfitriyana, Ivone, and Adhy (2020) B:Chandrasekaran, Payan, Collins, and Mavris (2020) C: Leung, Gough, and Butler (2020) D: Shao, Jia, Xu, and Feng (2020) E: Kelly and Efthymiou (2019) F: Khattak, Jan, Kazi, Borhana, and Khan (2019) G: Kandera, Skultety, and Mesarosova (2019) H:Filho, Souza, Siqueira, Souza, and Vasconcelos(2019) I:Ju, Ji, Lan, and You (2017) J: Duarte et al. (2016) K: Junping and Lixin (2015)										L: Archer (2015) M:楊慧華、徐煒翔（2015） N: 中華民國航空醫學暨科學期刊編輯部（2010） O:江國超（2010） P: 吳富堯、王心靈、陳楊正光、崔海恩（2008） Q: Li, Baker, Grabowski, Qiang, and Rebok（2003） R:李文進（1997）										

資料來源：作者自行製作

表 7、飛行安全之評估準則（整併後）

序號	準則	參考文獻	準則說明	併入準則
1	溝通協調	Kelly and Efthymiou (2019) ; Filho et al. (2019) ; Archer (2015) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指相互交換意見及想法，進而達到共同期待的目標（例如：座艙資源管理）。	領導統御 情感智慧
2	人格特質	Kelly and Efthymiou (2019) ; Filho et al. (2019) ; Ju et al. (2017)	係指個人行事風格以及人際關係上，有一定的表現方式或模式（例如：過度自信）。	
3	飛行疲勞	Kelly and Efthymiou (2019) ; Kandra et al. (2019) ; Filho et al. (2019) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指一種主觀性的感覺，使人自覺不能像平常一樣，有足夠的能量去執行日常的作業（例如：壓力、睡眠不足）。	工作壓力 警覺性
4	判斷決策	Kelly and Efthymiou (2019) ; Filho et al. (2019) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指思考過程中將觀念上一致或不合之處互相比較後，將其化為實際的意見，並於檢視事實或論證後確認優先順序，已做出正確的決定的過程（例如：進雲處置作為）。	違反規定 飛行經驗
5	知識技巧	Kelly and Efthymiou (2019) ; Filho et al. (2019) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指從學習過程如教育訓練中所能認知及可加以運用的專業（例如：緊急程序處置）。	
6	主要系統失效	Khattak et al. (2019) ; Duarte et al. (2016) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指功能喪失或異常，導致其不能執行預期功能（例如：發動機熄火）。	
7	機械零件失效	Khattak et al. (2019) ; Duarte et al. (2016) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指零件由於某種原因，導致其尺寸、形狀、或材料的組（與性能發生變化而不能完全正常的功能（例如：結構腐蝕）。	
8	控制系統設計	Khattak et al. (2019)	係指控制不良或配置不當，暴露人工學缺陷、或太複雜無法正確使用（例如：面板設計複雜、滑鼠指標不明確等）。	
9	能見度不佳	Leung et al. (2020) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指人眼觀測目標物時，能從背景分辨出目標物的最大距（例如：飛機進雲、霧霾、濃煙等）。	
10	高壓電線干擾	Chandrasekaran et al. (2020)	係指影響直升機飛行高度之設施（例如：南北高壓電塔電線）。	
11	機場設施不完善	Shao et al. (2020) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指機場場面的助導航設施（例如：燈光、標線、標誌、跑道等）。	
12	噪音干擾	Nurfitriyana et al. (2020)	係指聲波的頻率、強弱變化無規律、雜亂無章的聲音（例如：旋翼轉動、發動機運轉之噪音）。	
13	山區飛行	Junping and Lixin (2015)	係指山地地形起伏大，氣流紊亂複雜（例如：升降氣流）。	
14	作業計畫不周	Kelly and Efthymiou (2019) ; Filho et al. (2019) ; 楊慧華、徐煒翔 (2015)	係指安排工作流程時不周全，及管理不確實（例如：不良的組員搭配、工作量超荷）。	
15	不充分的督導	Kelly and Efthymiou (2019) ; Filho et al. (2019)	係指疏忽對飛行任務威脅、不當的訓練、人員易犯疏失之預防措施及安全規定之要求等（例如：督導者未能提供組員適切的訓練）。	教育訓練 不足
16	蓄意隱藏缺失	Kelly and Efthymiou (2019) ; Filho et al. (2019)	係指了解個人、裝備、訓練或其他相關安全領域的缺失，但未矯正此不適當的行為（例如：未報告不安全之潛在危機）。	
17	違規的督導	Kelly and Efthymiou (2019) ; Filho et al. (2019)	係指故意無視現有的規則、規定、指示或標準操作程序（例如：授權予不合格的組員飛行任務	

資料來源：作者自行製作

綜上所述構面及準則，予以歸納整合為 4 項主準則及 17 項次準則，作為本研究初步架構，詳細如表 8 及表 9 所示。

表 8、影響飛行安全因素之主準則

構面	說明
A、人為因素	係指引起事故的因素是因於人的行為和表現。
B、機械因素	係指引起事故的因素是因於機器或裝備故障或失效。
C、環境因素	係指引起事故的因素是因於天氣、地形及外物。
D、組織因素	係指引起事故的因素是因於團隊內部管理、督導及教育訓練。

資料來源：作者自行製作

表 9、影響飛行安全因素之次準則

次準則	說明
A1、溝通協調	係指相互交換意見及想法，進而達到共同期待的目標（例如：座艙資源管理）。
A2、人格特質	係指個人行事風格以及人際關係上，有一定的表現方式或模式（例如：過度自信）。
A3、飛行疲勞	係指一種主觀性的感覺，使人自覺不能像平常一樣，有足夠的能量去執行日常的作業（例如：壓力、睡眠不足）。
A4、判斷決策	係指思考過程中將觀念上一致或不合之處互相比較後，將其化為實際的意見，並於於視事實或論證後確認優先順序，已做出正確的決定的過程（例如：進雲處置作為）。
A5、知識技巧	係指從學習過程如教育訓練中所能認知及可加以運用的專業（例如：緊急程序處置）。

B1、主要系統失效	係指功能喪失或異常，導致其不能執行預期功能（例如：發動機熄火）。
B2、機械零件失效	係指零件由於某種原因，導致其尺寸、形狀、或材料的組（與性能發生變化而不能完全正常的功能（例如：結構腐蝕）。
B3、控制系統設計	係指控制不良或配置不當，暴露人體工學缺陷、或太複雜無法正確使用（例如：面板設計複雜、滑鼠指標不明確等）。
C1、能見度不佳	係指人眼觀測目標物時，能從背景分辨出目標物的最大距離（例如：飛機進雲、霧霾、濃煙等）。
C2、高壓電線干擾	係指影響直升機飛行高度之設施（例如：南北高壓電塔電線）。
C3、機場設施不完善	係指機場場面的助導航設施（例如：燈光、標線、標誌、跑道等）。
C4、噪音干擾	係指聲波的頻率、強弱變化無規律、雜亂無章的聲音（例如：旋動、發動機運轉之噪音）。
C5、山區飛行	係指山地地形起伏大，氣流紊亂複雜（例如：升降氣流）。
D1、作業計畫不周	係指安排工作流程時不周全，及管理不確實（例如：不良的組員搭配、工作量超荷）。
D2、不充分的督導	係指疏忽對飛行任務威脅、不當的訓練、人員易犯疏失之預防措施及安全規定之要求等（例如：督導者未能提供組員適切的訓練）。
D3、蓄意隱藏缺失	係指了解個人、裝備、訓練或其他相關安全領域的缺失，但未矯正此不適當的行為（例如：未報告不安全之潛在危機）。
D4、違規的督導	係指故意無視現有的規則、規定、指示或標準操作程序（例如：授權予不合格的組員飛行任務）。

資料來源：作者自行製作

參、研究設計

本研究首先藉由相關文獻探討，彙整出初步影響陸軍旋翼機飛行安全之重要因素，後續藉由專家學者豐富的實務經驗，以修正式德爾菲法專家問卷，確認各因素評估主、次準則之正確性並實施修正，以建立正式問卷主、次準則，最後再進行層級分析法（AHP）正式問卷調查，以找出影響陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素。

一、修正式德爾菲法

德爾菲法（Delphi Method）是由美國德蘭公司（Rand Corporation）於 1950 年發展出來的一種專家意見法，屬於群體決策技術，其運作的方式，是邀請一群與研究問題有關的專家或學者，在彼此匿名的情況下對某一特定議題的判斷，進行數次的個別問卷調查，透過多回合的反覆循環式回答，直到專家們之間的意見差異性降到最低並從中獲得一致性的共識。³⁷

另 Murry & Hammons（1995）更進一步提出修正式德爾菲法（Modified Delphi Method, MDM）³⁸，其作法及統計方式與傳統德爾菲法大致相同，差異在於簡化傳統的德爾菲法繁複的問卷調查過程，改以文獻蒐集或是專家訪談方式取代，以直接發展出結構性問卷，如此可節省時間，並且能夠使專家成員聚焦在研究問題上，其步驟流程如下：

（一）訂定研究問題

運用文獻篩選相關因素，擬定層級構面與指標，作為修正式德爾菲法專家問卷之基礎。

（二）選擇專家學者

確認對研究主題熟悉之專家並成立專家小組。Delbecq, Van de Ven and Gustafson 建議專家成員同質性高的，成員數量宜為 15-30 人，若成員間異質性較高，則 5-10 人即可。³⁹

（三）問卷發放及回收

採用修正式德爾菲法，將文獻探討所設計之問卷發放給專家小組進行填寫調查。

（四）分析專家意見

³⁷ 宋文娟，〈一種質量並重的研究法-德菲法在醫務管理學研究領域之應用〉，《醫務管理期刊》，2（2），2001 年，頁 11-20。

³⁸ Murry Jr., J. W., & Hammons, J. O. 1995. "Delphi: A versatile methodology for conduction qualitative research." The Review of Higher Education, Vol. 18（4），pp. 423-436.

³⁹ Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H., & Gustafson, D. H. 1975. "Group techniques for program planning: A guide to nominal group and delphi processes." Foresman and Company.

問卷回收後，加以彙整及分析，確認各準則中專家意見是否達成一致性共識，若有，則可進行最後結果研究，反之，則重新編制次一回合問卷，並加入前一回合專家意見及建議事項，提供專家填達時之參考，依此類推，直至問卷各準則均達一致性且趨於穩定。

(五) 確認問卷有效性（橫斷面檢定）

重要性（平均數 Mean）檢定：各準則專家效度達 0.7 以上，則該準則通過重要性檢定。以五點量表為例： $5 \times 0.7 = 3.5$ ， $\text{Mean} \geq 3.5$ ，通過重要性檢定。

一致性（四分位差 QD）檢定：四分位差小於或等於尺度的十分之一，則準則達成一致性。以五點量表為例： $5 \times 0.1 = 0.5$ ， $\text{QD} \leq 0.5$ ，小組成員對該變項達一致性。

$\text{QD} = ((\text{Q3} - \text{Q1})) / 2$ ，Q1、Q3 第 1 四分位數及第 3 四分位數。

重要性及一致性均通過時，該準則即留用。

二、層級分析法

層級分析法是美國匹茲堡大學教授賽提（Thomas. L. Saaty）在 1971 年所提出之一套有系統且是定性與定量相結合的決策分析方法，其目的是為了處理在不確定情況下，以及具有數個評估因素的決策問題。

層級分析法可以利用樹狀的層級結構，將複雜的決策問題在一個層級中區分為數個簡單的子問題，並且每個子問題可以獨立進行分析，這個層級中的子問題可以包含是任何類型的子問題，無論是有形或是無形，仔細計算或是粗略估計，理解清晰或是模糊，只要是用於最終決策的子問題都可以包括於此。⁴⁰一旦層級建構完畢，即可藉由專家與各層級決策者的意見，透過名目尺度（nominal scale）建立各層級要素間的成對比較矩陣（pairwise comparison matrix），以求得各矩陣之特徵向量（eigenvector），並依其特徵向量作為層級各要素間的優先順序，以提供決策者作為決策取捨或再評估的參考性指標。⁴¹

(一) 層級分析法操作步驟

層級分析法是以每一層級要素在上一層級某一要素作為評估基準下，進行成對比較，其操作步驟首先須實施

⁴⁰ 褚志鵬，〈層級分析法（AHP）理論與實作〉，《國立東華大學》，2009 年，頁 2-3

⁴¹ 鄧振源、曾國雄，〈層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（上）〉，《中國統計學報》，第 27 卷第 6 期，1989 年，頁 5-22。

問題的描述，決定研究問題目標和達成總目標的各項因素，然後建立層級架構，依據層級架構設計 9 評尺度評估問卷，以協助評估者判斷同一層級兩兩指標的相對重要程度。接續將取得之成對比較矩陣，計算出特徵向量及特徵值，以求取得因素間的相對權重。

(二)一致性檢定

為檢定評估者依主觀所做之判斷的合理程度，因此需進行一致性檢定，以確定其判斷結果是否可信。一致性的檢定是以一致性指標（Consistency Index, C.I.）與一致性比率（Consistency Ratio, C.R.）為基礎。

1. 一致性指標（C.I.）的判定

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

$\lambda_{\max}$ 比較矩陣之最大特徵值（Eigenvalue），即為各準則之權重， n 為層級因素個數。

- (1) $C.I.=0$ ，表示評前後判斷完全具一致性。
- (2) $C.I.>0$ ，表示評前後判斷不具一致性。
- (3) $C.I.\leq 0$ ，表示矩陣的一致性在可接受之範圍內。

2. 一致性比率（C.R.）：用來衡量矩陣的一致性是否達到一定的水準， $C.R.\leq 0.1$ ，表示矩陣具有一致性。

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}, \text{ R.I. 指隨機性指標 (Random Index), 如表 10。}$$

表 10、決策因素 m 對應之隨機性指標表

m	1	2	3	4	5	6	7
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32

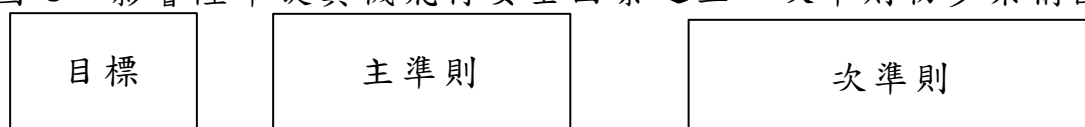
資料來源：鄧振源、曾國雄（1989），頁 5-22

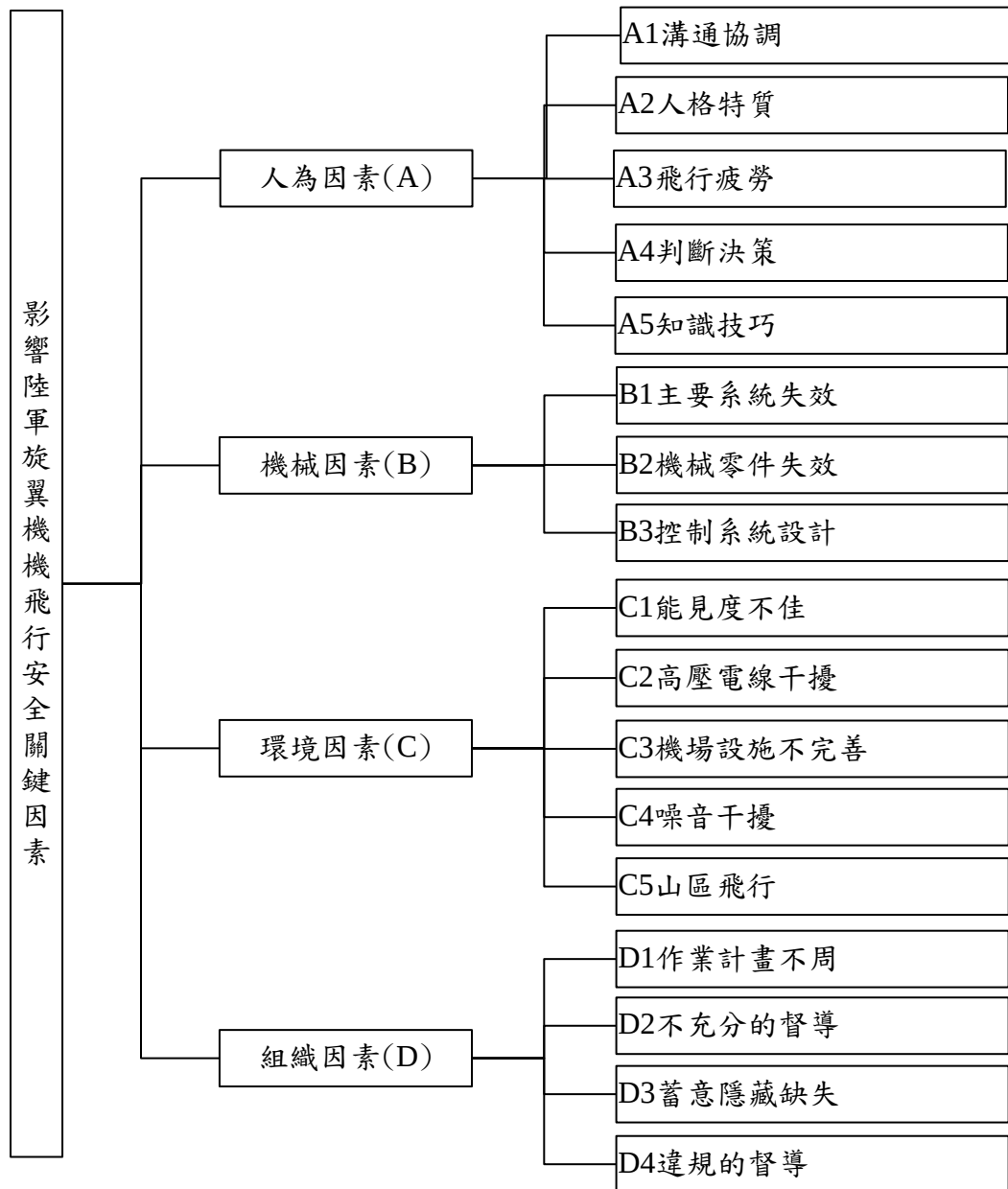
三、專家問卷設計及施測

(一)初步層級架構建立

本研究之層級架構係以文獻探討方式，歸納出初步層級架構組成因素，第一層級「主準則」計 5 項，第二層級「次準則」計 17 項，如圖 5 所示。

圖 5、影響陸軍旋翼機飛行安全因素之主、次準則初步架構圖





資料來源：作者自行製作

(二)問卷設計

本問卷主要是在確認主、次準則，對研究目標的正確性，透過彙整所有專家意見，直到取得共識意見為止，以依據以修正評估準則。問卷採用李克特氏五點量表（Likert-type）衡量，從 1：「非常不同意」、2：「不同意」、3：「普通」、4：「同意」到 5：「非常同意」等尺度衡量，每項子準則之平均值，將代表該準則的平均強度。

另本研究將影響陸軍旋翼機飛行安全因素，初期以文獻探討方式實施歸納，研擬「人為因素」、「機械因素」、「環境因素」及「組織因素」等 4 個主準則及 17 項次準則定義（如表 11、12），並藉以分析專家意見，據以設計第二階段層級分析法正式問卷的層級架構。

表 11、影響陸軍旋翼機飛行安全因素之主、次準則定義說明表

主準則	次準則	定義說明
人為因素	溝通協調	係指相互交換意見及想法，進而達到共同期待的目標（例如：座艙資源管理）。
	人格特質	係指個人行事風格以及人際關係上，有一定的表現方式或模式（例如：過度自信）。
	飛行疲勞	係指一種主觀性的感覺，使人自覺不能像平常一樣，有足夠的能量去執行日常的作業。（例如：壓力、睡眠不足）。
	判斷決策	係指思考過程中將觀念上一致或不合之處互相比較後，將其化為實際的意見，並於檢視事實或論證後確認優先順序，已做出正確的決定的過程，（例如：進雲處置作為）。
	知識技巧	係指從學習過程如教育訓練中所能認知及可加以運用的專業。（例如：緊急程序處置）。

機械因素	主要系統失效	係指功能喪失或異常，導致其不能執行預期功能，(例如：發動機熄火)。
	機械零件失效	係指零件由於某種原因，導致其尺寸、形狀、或材料的組織與性能發生變化而不能完全正常的功能，(例如：結構腐蝕)。
	控制系統設計	係指控制不良或配置不當，暴露人體工學缺陷、或太複雜無法正確使用。(例如：面板設計複雜、滑鼠指標不明確等)。
環境因素	能見度不佳	係指人眼觀測目標物時，能從背景分辨出目標物的最大距離，(例如：飛機進雲、霧霾、濃煙等)。
	高壓電線干擾	係指影響直升機飛行高度之設施。(例如：南北高壓電塔電線)。
	機場設施不完善	係指機場場面的助導航設施。(例如：燈光、標線、標誌、跑道等)。
	噪音干擾	係指聲波的頻率、強弱變化無規律、雜亂無章的聲音。(例如：旋翼轉動、發動機運轉之噪音)。
	山區飛行	係指山地地形起伏大，氣流紊亂複雜。(例如：升降氣流)。
組織因素	作業計畫不周	係指安排工作流程時不周全，及管理不確實。(例如：不良的組員搭配、工作量超荷)。
	不充分的督導	係指疏忽對飛行任務威脅、不當的訓練、人員易犯疏失之預防措施及安全規定之要求等，(例如：督導者未能提供組員適切的訓練)。
	蓄意隱藏缺失	係指了解個人、裝備、訓練或其他相關安全領域的缺失，但未矯正此不適當的行為，(例如：未報告不安全之潛在危機)。
	違規的督導	係指故意無視現有的規則、規定、指示或標準操作程序，(例如：授權予不合格的組員飛行任務)。

資料來源：作者自行製作

表 12、專家問卷範例

影響層級 準則	非常重要 5 分	重要 4 分	普通 3 分	不重要 2 分	非常不重要 1 分
A. 人為因素					
B. 機械因素					
C. 環境因素					
D. 組織因素					
◎其他建議準則：					

資料來源：作者自行製作

(三)專家選擇與問卷發放方式

本研究規劃藉由負責計畫(區分教育及戰訓)、執行(曾任作戰隊長)及考核(飛安考核業務)等業管主官(管)為專家訪談對象(共計 8 員)等專家實施問卷調查，以確認影響陸軍旋翼機飛行安全之主要因素，以利獲得最重要及符合現況之關鍵因素。專家條件設定為與執行過飛行業務有關人員及具實際飛行人員身分者(如表 13)，並以網路問卷 google 表單方式發放問卷施測，共計 8 份。

表 13、受訪專家資料

項次	服務單位	職稱	姓名	曾任或現任工作領域
1	航特部 教務處	上校 教務處長	林○存	現負責飛行軍官飛行訓練教育計畫規劃及執行。
2	航特部 602 旅	上校 參謀主任	楊○健	曾任航特部作訓處長負責航空部隊戰訓任務規劃及執行。
3	國防 大學	上校 教官	黃○龍	曾任 A 型機作戰隊長負責規劃執行飛行任務。
4	航特部 601 旅	上校 隊長	鄭○翔	現任 A 型機作戰隊長負責規劃執行飛行任務。
5	航特部 601 旅	上校 參謀主任	賴○宏	曾任 O 型機作戰隊長負責規劃執行飛行任務。
6	航特部 601 旅	上校 隊長	陳○展	現任 U 型機作戰隊長負責規劃執行飛行任務。
7	航特部 空運作戰隊	上校 隊長	吳○旺	現任 C 型機作戰隊長負責規劃執行飛行任務。
8	航特部 601 旅	中校 科長	蔡○宸	現任 601 旅督察科長，負責航空部隊考核飛安業務。

資料來源：作者自行製作

四、正式問卷設計及施測

(一)專家問卷結果

本研究之問卷運用修正式德爾菲法，邀請 8 位專家針對文獻探討所建構的初步架構，進行準則必要性評分問卷以確認主準則及次準則意見的一致性，總計實施二回合。

第一回合分析結果（如表 14），各主、次準則平均數均大於 3.5（預設標準），表示所有準則專家均認為重要；另四分位差均 ≤ 0.5 ，表示專家意見趨於一致且穩定，遂進行第二次回合專家問卷調查。

表 14、專家問卷結果(第一回合)

研究目標	主準則	平均數	四分位差	次準則	平均數	四分位差
影響陸軍旋翼機飛行安全因素	人為因素	4.875	0	溝通協調	5	0
				人格特質	4.375	0.5
				飛行疲勞	4.75	0.375
				判斷決策	4.875	0
				知識技巧	4.625	0.5
	機械因素	4.75	0.375	主要系統失效	5	0
				機械零件失效	4.5	0.5
				控制系統設計	4.375	0.5
	環境因素	4.75	0.375	能見度不佳	5	0
				高壓電線干擾	4.375	0.5
				機場設施不完善	4.375	0.5
				噪音干擾	4.375	0.5
				山區飛行	4.75	0.375
	組織因素	4.875	0	作業計畫不周	4.875	0
				不充分的督導	4.625	0.5
				蓄意隱藏缺失	4.75	0.375
				違規的督導	4.5	0.5

資料來源：作者自行製作

第二回合問卷分析結果（如表 15），主、次準則均達預設標準（平均數 ≥ 3.5 、四分位差均 ≤ 0.5 ），且改變比例均 ≤ 0.15 ，整體問卷穩定度為 100%，表示專家看法均一致且穩定，無需再進行次一回合，故將結果納為本研究之主、次準則關鍵因素。

表 15、專家問卷結果(第二回合)

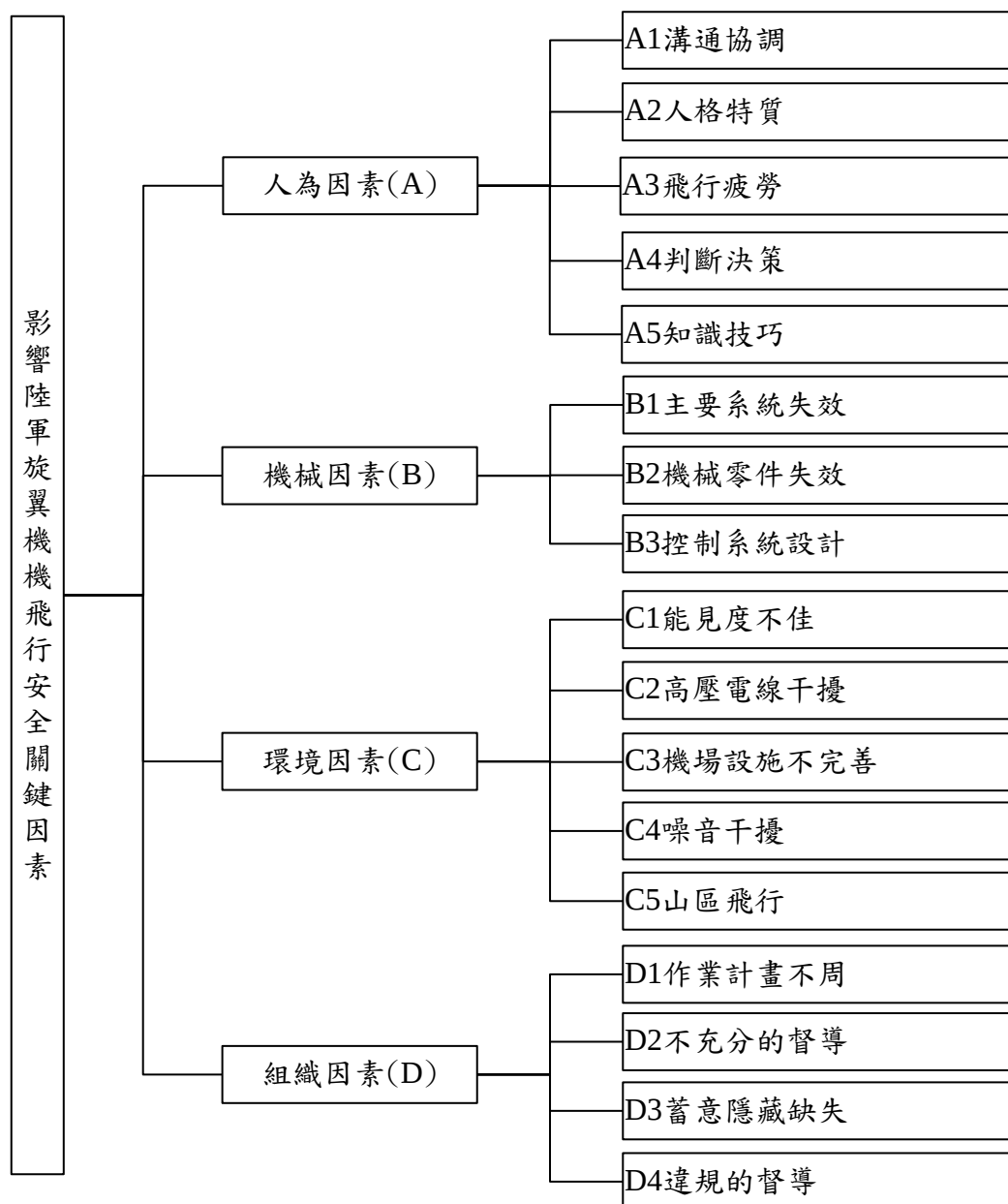
研究目標	主準則	平均數	四分位差	改變比例	次準則	平均數	四分位差	改變比例
影響陸軍旋翼機飛行安全因素	人為因素	4.875	0	0	溝通協調	5	0	0
					人格特質	4.375	0.5	0
					飛行疲勞	4.75	0.375	0
					判斷決策	4.875	0	0
					知識技巧	4.625	0.5	0
	機械因素	4.75	0.375	0	主要系統失效	5	0	0
					機械零件失效	4.5	0.5	0
					控制系統設計	4.375	0.5	0
	環境因素	4.75	0.375	0	能見度不佳	5	0	0
					高壓電線干擾	4.375	0.5	0
					機場設施不完善	4.375	0.5	0
					噪音干擾	4.375	0.5	0
					山區飛行	4.75	0.375	0
	組織因素	4.875	0	0	作業計畫不周	4.875	0	0
					不充分的督導	4.625	0.5	0
					蓄意隱藏缺失	4.75	0.375	0
					違規的督導	4.5	0.5	0
	整體穩定度（%）			100%	整體穩定度（%）			100%

資料來源：作者自行製作

(二)準則修訂及確認

依專家問卷分析結果，確定影響陸軍旋翼機飛行安全之主、次準則關鍵因素，並據以設計第二階段層級分析法正式問卷，確認層級架構圖如圖 6，層級架構準則定義說明如表 17。

圖 6、影響陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素層級架構圖



資料來源：作者自行製作

表 17、修訂後影響陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素

主準則	次準則	定義說明
人為因素	溝通協調	係指相互交換意見及想法，進而達到共同期待的目標，(例如：座艙資源管理)。
	人格特質	係指個人行事風格以及人際關係上，有一定的表現方式或模式(例如：過度自信)。
	飛行疲勞	係指一種主觀性的感覺，使人自覺不能像平常一樣，有足夠的能量去執行日常的作業。(例如：壓力、睡眠不足)。
	判斷決策	係指思考過程中將觀念上一致或不合之處互相比較後，將其化為實際的意見，並於檢視事實或論證後確認優先順序，已做出正確的決定的過程，(例如：進雲處置作為)。
	知識技巧	係指從學習過程如教育訓練中所能認知及可加以運用的專業。(例如：緊急程序處置)。
機械因素	主要系統失效	係指功能喪失或異常，導致其不能執行預期功能，(例如：發動機熄火)。
	機械零件失效	係指零件由於某種原因，導致其尺寸、形狀、或材料的組織與性能發生變化而不能完全正常的功能，(例如：結構腐蝕)。
	控制系統設計	係指控制不良或配置不當，暴露人體工學缺陷、或太複雜無法正確使用。(例如：面板設計複雜、滑鼠指標不明確等)。
環境因素	能見度不佳	係指人眼觀測目標物時，能從背景分辨出目標物的最大距離，(例如：飛機進雲、霧霾、濃煙等)。
	高壓電線干擾	係指影響直升機飛行高度之設施。(例如：南北高壓電塔電線)。
	機場設施不完善	係指機場場面的助導航設施。(例如：燈光、標線、標誌、跑道等)。
	噪音干擾	係指聲波的頻率、強弱變化無規律、雜亂無章的聲音。(例如：旋翼轉動、發動機運轉之噪音)。
	山區飛行	係指山地地形起伏大，氣流紊亂複雜。(例如：升降氣流)。
組織因素	作業計畫不周	係指安排工作流程時不周全，及管理不確實。(例如：不良的組員搭配、工作量超荷)。
	不充分的督導	係指疏忽對飛行任務威脅、不當的訓練、人員易犯疏失之預防措施及安全規定之要求等，(例如：督導者未能提供組員適切的訓練)。
	蓄意隱藏缺失	係指了解個人、裝備、訓練或其他相關安全領域的缺失，但未矯正此不適當的行為，(例如：未報告不安全之潛在危機)。
	違規的督導	係指故意無視現有的規則、規定、指示或標準操作程序，(例如：授權予不合格的組員飛行任務)。

資料來源：作者自行製作

(三)問卷設計

依據專家問卷結果修訂後之評估準則及層級架構實施製作，並配合 EXPERT CHOICE 11 軟體模式，採 9 尺度評估設計，尺度劃分為絕對重要、極重要、重要、稍重要、相等、稍不重要、不重要、極不重要、絕對不重要，等 9 個等級，數字越大則表示重要性越強，問卷範例如表 18。

表 18、正式問卷範例（雙邊九尺度評量表）

評量項目 (A)	A：B																	評量項目 (B)
	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	
	極為重要		非常重要		頗為重要		稍微重要		同等重要		稍微重要		頗為重要		非常重要		極為重要	
人為因素																		組織因素

資料來源：本研究整理

(四)研究對象選擇與問卷發放方式

本研究主在探討陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素，問卷發放對象為陸軍航空部隊各型機飛行人員，合計 35 員（如表 19），採電子郵件傳送及回收，並同步以 LINE 輔導進行填寫，均完成回收。

表 19、問卷發放各型機飛行人員統計表

項次	各型機	階級	飛行等級	人數
1	AH-64E	中校	教官	1
		少校	正駕駛	3
		上尉	副駕駛	3
2	AH-1W	中校	教官	1
		少校	正駕駛	3
		上尉	副駕駛	3
3	OH-58D	中校	教官	1
		少校	正駕駛	3
		上尉	副駕駛	3
4	UH-60M	中校	教官	1
		少校	正駕駛	3
		上尉	副駕駛	3
5	CH47-SD	中校	教官	1
		少校	正駕駛	3
		上尉	副駕駛	3
合計				35

資料來源：本研究整理

肆、研究結果與分析

一、基本資料特性與描述性統計分析

本次 AHP 問卷係由 35 位陸軍航空部隊現役飛行人員所填寫，對其基本資料統計變數項目進行結構分析，概述如下，統計表如表：

(一)階級：以「中校」5 人（14%）為最低、依序「少校」15 人「43%」、「上尉」15 人「43%」。

(二)各型機：本次研究發放問卷以陸軍航空部隊「AH-64E」、「AH-1W」、「OH-58D」、「UH-60M」、「CH47-SD」等 5 型機各發 7 人（20%）。

(三)飛行等級：以「教官」5 人（14%）為最低、依序「正駕駛」15 人「43%」、「副駕駛」15 人「43%」。

表 20、基本資料統計表

項次	屬性	項目	人數	比例
1	階級	中校	5	14%
		少校	15	43%
		上尉	15	43%
2	各型機	AH-64E	7	20%
		AH-1W	7	20%
		OH-58D	7	20%
		UH-60M	7	20%
		CH47-SD	7	20%
3	飛行等級	教官	5	14%
		正駕駛	15	43%
		副駕駛	15	43%

資料來源：本研究整理

二、各層級準則間之權重分析

運用層級分析法，透過問卷調查結果，經 Expert Choice 11 軟體進行權重值分析，計算各主準則（構面）及次準則（關鍵因素）間的權重，以評估同一層級兩兩準則間的關係，權重越大，表示該準則越重要。本研究層級架構共分三層級：第一層目標層為本

研究主要目標「探討陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素」，第二層為主要準則（構面），包括「人為因素」、「機械因素」、「環境因素」及「組織因素」等 4 項，第三層為次要準則（關鍵因素），包括「溝通協調」、「人格特質」、「飛行疲勞」、「判斷決策」、「知識技巧」、「主要系統失效」、「機械零件失效」、「控制系統設計」、「能見度不佳」、「高壓電線干擾」、「機場設施不完善」、「噪音干擾」、「山區飛行」、「作業計畫不周」、「不充分的督導」、「蓄意隱藏缺失」及「違規的督導」等 17 個項目。

(一)一致性檢定

一致性檢定標準為 C.I.值=0 表示完全具一致性，C.I.值 ≤ 0.1 一致性在接受範圍，C.R.值 ≤ 0.1 表示符合一致性。依軟體分析結果（如表 21），各層級之一致性指標（C.I.）及比率（C.R.）均小於 0.1，表示本研究之 AHP 問卷結果通過一致性檢定，亦即受測者前後判斷具一致性。

表 21、各層級一致性指標及比率值

主準則	C.I.	C.R.	次準則	C.I.	C.R.
人為因素	0.01	0.01	溝通協調 人格特質 飛行疲勞 判斷決策 知識技巧	0.002	0.002
機械因素			主要系統失效 機械零件失效 控制系統設計	0.01	0.01
環境因素			能見度不佳 高壓電線干擾 機場設施不完善 噪音干擾 山區飛行	0.03	0.02
組織因素			作業計畫不周 不充分的督導 蓄意隱藏缺失 違規的督導	0.007	0.007

資料來源：本研究整理

(二)主準則分析結果

如表 22 所示，在四大主準則中，依權重大小，順序為人為因素(0.472)、組織因素(0.185)、機械因素(0.178)及環境因素(0.166)，顯示陸軍航空部隊飛行人員在執行飛行任務時，人為因素為飛行安全之明顯主要影響因

素。

表 22、主準則之權重值

陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素	權重值	排序
人為因素	0.472	1
機械因素	0.178	3
組織因素	0.185	2
環境因素	0.166	4
C.I.	0.01	
C.R.	0.01	

資料來源：本研究整理

(三)次準則分析結果

1. 「人為因素」之權重值

如表所示，「人為因素」下，5 個次準則依權重大小，順序為溝通協調（0.326）、人格特質（0.198）、飛行疲勞（0.123）、判斷決策（0.196）及知識技巧（0.157）。在此構面中，顯示「溝通協調」是明顯受重視的因素。

表 23、「人為因素」之權重值

人為因素	權重值	排序
溝通協調	0.326	1
人格特質	0.198	2
飛行疲勞	0.123	5
判斷決策	0.196	3
知識技巧	0.157	4
C.I.	0.002	
C.R.	0.002	

資料來源：本研究整理

2. 「機械因素」之權重值

如

表所示，「機械因素」下，3 個次準則（關鍵因素）依權重大小，順序為主要系統失效（0.624）、機械零件失效（0.204）及控制系統設計（0.172）。在此構面中，顯示「主要系統失效」是明顯受重視的因素。

表 24、「機械因素」之權重值

機械因素	權重	排序
主要系統失效	0.624	1
機械零件失效	0.204	2
控制系統設計	0.172	3
C.I.	0.01	
C.R.	0.01	

資料來源：本研究整理

3. 「環境因素」之權重值

如表 25 所示，「環境因素」下，5 個次準則依權重大小，順序為能見度不佳（0.502）、機場設施不完善（0.164）、高壓電線干擾（0.163）、噪音干擾（0.086）及山區飛行（0.085）。在此構面中，顯示「能見度不佳」是明顯受重視的因素。

表 25、「環境因素」之權重值

環境因素	權重	排序
能見度不佳	0.502	1
機場設施不完善	0.164	2
高壓電線干擾	0.163	3
噪音干擾	0.086	4
山區飛行	0.085	5
C.I.	0.03	
C.R.	0.02	

資料來源：本研究整理

4. 「組織因素」之權重值

如表 26 所示，「組織因素」下，4 個次準則依權重大小，順序為作業計畫不周（0.460）、蓄意隱藏缺失（0.263）、不充分的督導（0.152）及違規的督導（0.125）。在此構面中，顯示「作業計畫不周」是明顯受重視的因素。

表 26、「組織因素」之權重值

組織因素	權重	排序
作業計畫不周	0.460	1
蓄意隱藏缺失	0.263	2
不充分的督導	0.152	3
違規的督導	0.125	4
C.I.	0.007	
C.R.	0.007	

資料來源：本研究整理

5.綜合分析結果

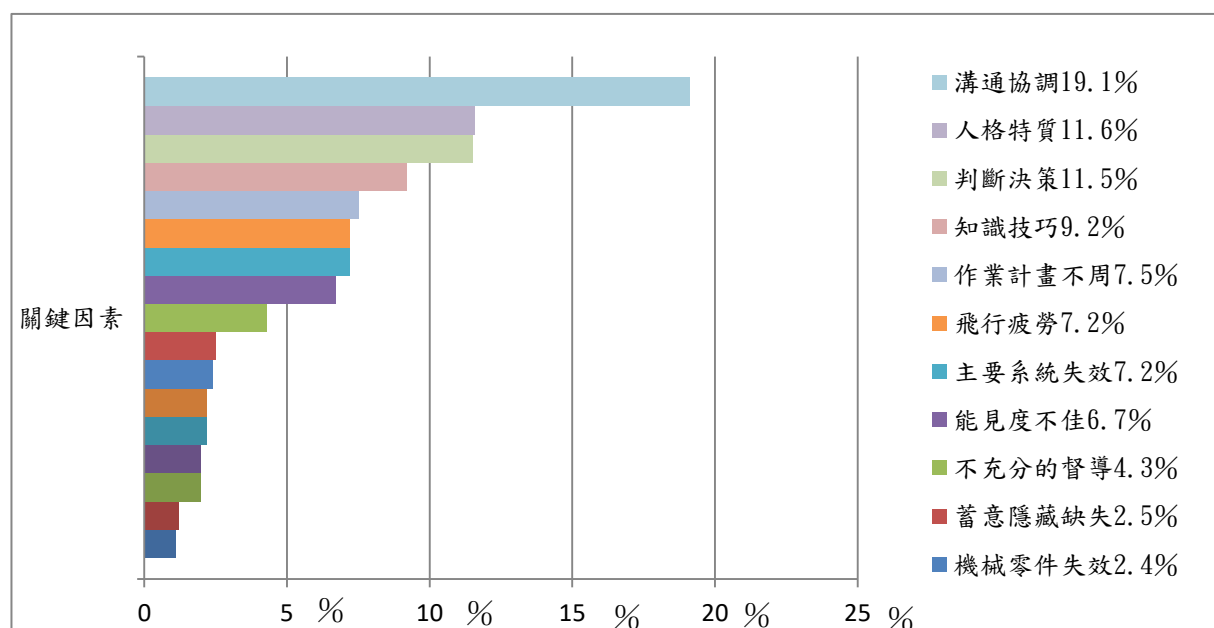
影響陸軍旋翼機飛行安全因素之權重，彙整如表 27 及圖 7 所示，在所有次準則下（整層級），次準則權重較高的前 3 項分別為溝通協調（19.1%）、人格特質（11.6%）及判斷決策（11.5%），其中第 1 項重要程度均超過 15%，第 2、3 項亦超過 10%，第 4-17 項為重要程度均低於 10%（含）以下，與前 3 項有明顯差距，由此可知溝通協調、人格特質及判斷決策等 3 項遠比其他因素具有絕對的影響力。

表 27、影響陸軍旋翼機飛行安全因素之次準則（整層級）權重比

主準則層	構面 權重	次準則層	次準則 權重	整層級 權重	整層級 排序
人為因素	0.472	溝通協調	0.326	0.191	1
		人格特質	0.198	0.116	2
		飛行疲勞	0.123	0.072	6
		判斷決策	0.196	0.115	3
		知識技巧	0.157	0.092	4
機械因素	0.178	主要系統失效	0.624	0.072	6
		機械零件失效	0.204	0.024	11
		控制系統設計	0.172	0.020	14
環境因素	0.166	能見度不佳	0.502	0.067	8
		機場設施不完善	0.164	0.022	12
		高壓電線干擾	0.163	0.022	12
		噪音干擾	0.086	0.012	16
		山區飛行	0.085	0.011	17
組織因素	0.185	作業計畫不周	0.460	0.075	5
		蓄意隱藏缺失	0.263	0.025	10
		不充分的督導	0.152	0.043	9
		違規的督導	0.125	0.020	14

資料來源：本研究整理

圖 7、影響陸軍旋翼機飛行安全因素之次準則（整層級）權重長條圖



資料來源：本研究整理

伍、結論與建議

本研究藉由現況檢討、文獻探討及實務專家問卷調查方式，歸納「人為因素」、「機械因素」、「環境因素」及「組織因素」等 4 個主準則，並依此發展出「溝通協調」、「人格特質」、「飛行疲勞」、「判斷決策」、「知識技巧」、「主要系統失效」、「機械零件失效」、「控制系統設計」、「能見度不佳」、「機場設施不完善」、「高壓電線干擾」、「噪音干擾」、「山區飛行」、「作業計畫不周」、「蓄意隱藏缺失」、「不充分的督導」、「違規的督導」等 17 個次準則，完成影響陸軍旋翼機飛行安全因素之評估準則及架構的建立，利用分析層級程序法（AHP）以求得各評估準則間之權重值，藉以找出影響飛行安全之關鍵因素，可提供決策者將有限資源投入於關鍵項目之提升，即可運用最佳的方式，獲得最大效益，以下為所得之結論與建議。

一、結論

本研究運用層級分析法探討陸軍旋翼機飛行安全因素，分析結果，依序為「溝通協調」、「人格特質」、「判斷決策」、「知識技巧」、「作業計畫不周」、「飛行疲勞」、「主要系統失效」、「能見度不佳」、「不充分的督導」、「蓄意隱藏缺失」、「機械零件失效」、「機場設施不完善」、「高壓電線干擾」、「控制系統設計」、「違規的督導」、「噪音干擾」及「山區飛行」等 17 項飛行安全因素，其中「溝通協調」、「人格特質」、「判斷決策」、「知識技巧」等 4 項，其影響程度遠超過其他項目，占整體權重 51.4%，且均屬「人為因素」範疇。

綜上，影響陸軍旋翼機飛行安全之關鍵因素，以「人為因素」為主，與相關文獻及統計資料結果一致。就研究對象而言，以「溝通協調」、「人格特質」、「判斷決策」及「知識技巧」等 4 項因素，為主要影響飛行安全的「人為因素」。

二、建議

降低飛行安全風險，有助陸軍旋翼機戰力維持，而風險管理首要步驟為辨識風險因素，透過辨識結果，達成先期預防、風險控制及危機應變等作為，期能降低風險發生機率及危機損害程度。而本研究所得「溝通協調」、「人格特質」、「判斷決策」及「知識技巧」等 4 項飛行安全因素，均可分別獨立為一研究議題，故以討論的方式，對於未來研究方向提供建議：

(一)建構座艙資源管理，改善飛行員溝通能力

本次研究結果，影響飛行安全的關鍵因素為「人為因素」，

故飛行員之間的溝通與協調，凸顯座艙資源管理的重要。飛行任務中，由副駕駛擔任目標搜索及標定，而正駕駛（機長）負責射擊任務及飛行安全，但在飛行過程中，若由正駕駛（機長）發現目標時，如未能有效傳遞訊息，延遲副駕駛反應時間，未能有效確認，並妥善應處作為，造成航空器偏離目標物鎖定範圍，影響飛行任務順利達成。

陳肇陽（2009）⁴²指出座艙資源管理的主要目的是增加飛行員在判斷決策、溝通能力、機長領導、面對疲勞、壓力的生、心理適航及工作團隊等處理能力。故建議可參考國際航空運輸協會（International Aviation Transportation Association, IATA）規範第六代「座艙資源管理」模式⁴³，以「威脅」與「疏失」管理模式，建構適合陸軍旋翼機的「座艙資源管理」模式，使飛行組員以「綜效」方式運作，以強化飛行組員於座艙內，面對風險及各項操作的態度，確保飛行時的安全。

（二）納入人格特質評鑑，穩定飛行員心緒管理

Hunt 與 Burke(1995)⁴⁴認為飛行是一項複雜的技能，不僅需要健全的體魄敏捷的反應，更需要成熟穩定的人格特質。而陸軍旋翼機飛行常備軍官班學員，除飛行的核心知識及基本技能，像是眼球移動速度、手腳控制、多工處理、方向感、短期記憶、航管通話專業術語及飛機姿態等訓練項目外，未納入人格特質評鑑。且正式成為飛行員後，僅實施一般考核。然而，帶飛教官或資深正駕駛（機長）與副駕駛因人格特質不同，較容易形成溝通阻礙，例如：正駕駛具有極端性格，在行事作風上過於強勢，易使副駕駛產生懼怕及緊張，而無法充分表現出飛行學能和應變能力。

建議在飛行訓練前及正式成為飛行員後，均能納入人格特質評鑑項目，除能使飛行員能瞭解自身人格特質外，對於飛行教官帶領飛訓學員時，能依不同的人格特質給予不同的教學方式，有助學習效能。對於部隊而言，在

⁴²陳肇陽（2009）。赴美國南加大航安班受訓返國心得報告。行政院飛航安全委員會，台北市。

⁴³IATA, <Crew Resource Management (CRM) Implementation>, <https://www.iata.org/en/training/courses/crm-implementation-virtual/tals44/en/>, 2022/08/15, (檢索日期：2022年08月15日)

⁴⁴Hunter DR, and Burke EF.: Handbook of Pilot Selection. England: Avebury Aviation. 1995

飛行員招募、甄選、職務適任與管理方面，可作為初步參考。

(三)增加實體飛行訓練，提升判斷決策能力

陸軍旋翼機在執行實體飛行訓練前，應先透過飛行模擬機實施各種飛行情境模擬，例如山區飛行、高壓電線干擾及進雲處置作為等訓練。但副駕駛部份飛行訓練課程，如進雲處置作為等，考量飛行安全風險因素影響，僅由正駕駛對副駕駛實施模擬器訓練指導，而未實體飛行。當面對實際狀況時，將降低副駕駛正確判斷決策能力，僅能仰賴正駕駛來執行該項作業程序。

綜上類似的飛行訓練情境，正駕駛（飛行教官）在帶飛訓練過程中，應詳細評估副駕駛飛行素質，並循序漸進的誘導，適時增加實體飛行訓練時間，逐漸減少模擬機訓練，期能增加實作方式，提升飛行判斷決策能力。

(四)增加飛機保修課程，提升飛行員故障預警及應變能力

飛行員訓練內容，以飛行實體操作為主要訓練目標。但對於飛機保修的知識亦是學習重點（如機體異常狀況、引擎異音、升空前引擎熄火應變、飛機妥善檢查等保修知識），均有助飛行員能掌握飛機的妥善狀況，降低飛行安全風險。

建議增加飛行保修課程，除運用飛行模擬機對環境驟變、能見度不佳及高壓電線干擾等情境模擬飛機故障狀況，訓練飛行員應變能力外，並增加飛機保修課程，使機組人員對飛機實體及機況能更入瞭解，在執行任務時，能有效分配工作，確保組員對飛行整體狀態監控與應變，有效提升飛行員故障預警及應變能力。

參考文獻

一、中文部分

- 國家運輸安全調查委員會，〈台灣飛安統計 2011-2020〉，
<https://www.ttsb.gov.tw/media/5269/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E9%A3%9B%E5%AE%89%E7%B5%B1%E8%A8%882011-2020.pdf>，2021/9/24，(檢索日期：2022 年 7 月 27 日)。
- 徐建峰，〈國軍重大事故大事記！6 年累計 18 起意外 12 件墜機 27 人殉職〉，
https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=24&SerialNo=147592，2022/6/22，(檢索日期：2022 年 7 月 27 日)。
- 飛行安全概論，
<https://www.sir.com.tw/webstore/PDFbrowse/img/aesop_files/010FR081906.pdf>，(檢索日期：2022 年 7 月 28 日)。
- 洪子揚，〈【勁旅榮光】陸軍航空第 601 旅 攻搜強悍 關鍵戰力〉，
<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1431914>，2022/6/22，(檢索日期：2022 年 7 月 29 日)。
- 中華民國 108 年國防報告書編纂委員會，《中華民國 108 年國防報告書》(臺北市：國防部，西元 2019 年)，頁 62。
- 維基百科，〈中華民國陸軍航空特戰指揮部〉，
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E9%99%B8%E8%BB%8D%E8%88%AA%E7%A9%BA%E7%89%B9%E6%88%B0%E6%8C%87%E6%8F%AE%E9%83%A8>，2022/07/07，(檢索日期：2021 年 10 月 28 日)
- 張有恆，2016。《飛行安全管理 二版》。臺北：華泰文化。
- 李文進 (1997)。人因工程學與飛航安全。中華民國航空醫學會刊，11 (1)，P35-P47。
- 李文進、游重山、Harries, D.、李倫文、王宏任 (2008)。決策失誤與違反標準作業程序對飛安事件結果之影響。危機管理學刊，5 (1)，71-78。
- 宋文娟，〈一種質量並重的研究法-德菲法在醫務管理學研究領域之應用〉，《醫務管理期刊》，2 (2)，2001 年，頁 11-20。
- 褚志鵬，〈層級分析法 (AHP) 理論與實作〉，《國立東華大學》，2009 年，頁 2-3

鄧振源、曾國雄，〈層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（上）〉，《中國統計學報》，第 27 卷第 6 期，1989 年，頁 5-22。
陳肇陽（2009）。赴美國南加大航安班受訓返國心得報告。行政院飛航安全委員會，台北市。

二、英文部份

De Florio, F. (2016). Chapter 1 - Flight Safety. In F. De Florio (Ed.), *Airworthiness (Third Edition)* (pp. 1-3): Butterworth-Heinemann.

Flouris, T., & Reyes, F. (2018). Safety Performance Comparisons in Scheduled US Carrier Operations: 2000-2004. *The Collegiate Aviation Review International*, 24(1).

Lee, H.-B., & Park, J.-W. (2016). Comparative study on hazardous attitudes and safe operational behavior in airline pilots. *Journal of Air Transport Management*, 54, 70-79.

SRA. (2018). *Society for Risk Analysis Glossary*. Location: Society for Risk Analysis.

ISO & IEC. (2014). *Guide 51(3rd ed.)*. Location:Switzerland.

DOD. (2000). *MIL-STD-882D*. Location: Department of Defense.

ICAO. (2019). *ICAO Safety Report*. Location: International Civil Aviation Organization

IATA. (2020). *Safety Report 2019 (56th ed.)*. Location: International Air Transport Association.

Xavier, I., Bandeira, R., Silva, L., Bandeira, A., & Campos, V. (2019). Employing helicopters in the modelling of last mile distribution system in large-scale disasters. *Transportation Research Procedia*, 37, 306-313.

Ozdamar, L. (2011). Planning helicopter logistics in disaster relief. *OR Spectrum*, 33, 655-672.

- De Voogt, A. J., Uitdewilligen, S., & Eremenko, N. (2009). Safety in high-risk helicopter operations: The role of additional crew in accident prevention. *Safety Science*, 47(5), 717-721.
- Iseler, L., & De Maio, J. (2001). Analysis of US civil rotorcraft accidents from 1990 to 1996 and implications for a safety program. Paper presented at the Annual Forum Proceedings-American Helicopter Society.
- IATA. (2020). Safety Report 2019 (56th ed.). Location: International Air Transport Association
- Kelly, D., & Efthymiou, M. (2019). An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017. *Journal of Safety Research*, 69, 155-165.
- Gramopadhye, A. K., & Drury, C. G. (2000). Human factors in aviation maintenance: how we got to where we are. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(2), 125-131.
- Asmayawati, S., & Nixon, J. (2020). Modelling and supporting flight crew decision-making during aircraft engine malfunctions: developing design recommendations from cognitive work analysis. *Applied Ergonomics*, 82, 102953.
- Borsky, S., & Unterberger, C. (2019). Bad weather and flight delays: The impact of sudden and slow onset weather events. *Economics of Transportation*, 18, 10-26.
- Pettersen, K. A., & Bjørnskau, T. (2015). Organizational contradictions between safety and security – Perceived challenges and ways of integrating critical infrastructure protection in civil aviation. *Safety Science*, 71, 167-177.

- Chen, S.-C. (2017). Paternalistic leadership and cabin crews' upward safety communication: The motivation of voice behavior. *Journal of Air Transport Management*, 62, 44-53.
- Hendon, M., Powell, L., & Wimmer, H. (2017). Emotional intelligence and communication levels in information technology professionals. *Computers in Human Behavior*, 71, 165-171.
- Bendak, S., & Rashid, H. S. J. (2020). Fatigue in aviation: A systematic review of the literature. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 76, 102928.
- Sallinen, M., Sihvola, M., Puttonen, S., Ketola, K., Tuori, A., Härmä, M., . . . Åkerstedt, T. (2017). Sleep, alertness and alertness management among commercial airline pilots on short-haul and long-haul flights. *Accident Analysis & Prevention*, 98, 320-329.
- Shappell, S., Detwiler, C., Holcomb, K., Hackworth, C., Boquet, A., & Wiegmann, D. (2007). Human Error and Commercial Aviation Accidents: An Analysis Using the Human Factors Analysis and Classification System. *Human factors*, 49, 227-242.
- Murry Jr., J. W., & Hammons, J. O. 1995. " Delphi: A versatile methodology for conduction qualitative research." *The Review of Higher Education*, Vol. 18 (4) , pp. 423-436.
- Delbecq, A. L., Van de Ven , A. H., & Gustafson, D. H. 1975." Group techniques for program planning: A guide to nominal group and delphi processes." *Foresman and Company*.
- IATA , <Crew Resource Management (CRM) Implementati on> , <https://www.iata.org/en/training/courses/crm-implementation-virtual/tals44/en/> , 2022/08/15 , (檢 索 日 期 : 2022 年 08 月 15 日)

Hunter DR, and Burke EF,: Handbook of Pilot Selection.
England: Avebury Aviation. 1995

筆者簡介



姓名：鄧國雄

級職：中校教官

學歷：國防大學中正理工學院電子科電算組、國防大學管理學院戰略班、國防大學管理學院資源決策與管理研究

經歷：憲令部通信隊區隊長、憲指部人軍處人參官、憲指部戰督組長、國防大學管理學院中校教官

電子信箱：軍網：windbear@webmail.mil.tw

民網：windbearhome@gmail.com



姓名：宋政哲

級職：少校學員

學歷：國防大學管理學院指職軍官班 92 年班、陸軍後勤學校正規班 98 年班、國防大學陸軍指參學院 111 年班

經歷：陸軍航空訓練指揮部作情科教育器材官、陸軍航空訓練指揮部作情科教育訓練與參謀官、陸軍航空特戰指揮部教務處教育行政官、陸軍航空特戰指揮部指揮官辦公室侍從官、陸軍航空第 602 旅攻擊營人事官、陸軍航空第 602 旅戰搜營人事官、陸軍航空第 602 旅攻擊直升機第一作戰隊人事官、陸軍航空第 601 旅人事科少校人管官

電子信箱：軍網：taxi406@webmail.mil.tw

民網：leonboss2334@gmail.com