

逢 甲 大 學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文

飛航管制飛安風險因素之探究
A Study on the Risk Factors of Air
Traffic Control Safety

The logo of Feng Chia University is a circular seal. It features a central emblem with a gear-like design and a cross-like shape. The emblem is surrounded by a wreath. The text "FENG CHIA UNIVERSITY" is written in English around the top half of the circle, and "逢甲大學" is written in Chinese around the bottom half. The seal is light gray and serves as a background for the title text.

指導教授：邱裕鈞
研 究 生：陳芋頤

中 華 民 國 九 十 五 年 六 月

誌 謝

又是一個炎熱的夏天，不知數過多少這樣的日子，就在這個夏天終於畢業了。一路上要感謝許多人，首先要感謝最敬愛的長榮大學航管系呂錦隆老師和楊雅玲老師帶領我進入學識的殿堂，不論我問的問題多麼白痴，呂老師和楊老師總是耐心地、細心地解說，在呂老師和楊老師遵遵教誨下，讓我體會了研究的意涵與真義，更啟發我對於研究的興趣，同時也要感謝老師們對於生活上的指點與關心，使我度過溫暖的大學生活。

碩士論文之所以能順利完成，要感謝恩師邱裕鈞老師辛勤的教導。不論是論文問卷之設計或論文之撰寫，邱老師總是不厭其煩地提供方向，邱老師豐富的教學經驗與深入淺出的教學方式，使我在學習旅程中更為進步與成長。論文口試期間，承蒙交通大學交通運輸研究所馮正民老師與玄奘大學行銷與流通管理學系系主任江勁毅老師撥冗細審，並惠予寶貴的建議，使論文更臻完美。論文得以順利完成，還要感謝論文輔導老師-逢甲大學交管系主任溫傑華老師之指導，與民航局的薛少怡先生、董吉利先生、林昌富先生、余家愷先生、游成俊先生、楊博文科長，及協助論文問卷發放與回收的各位民航局同仁們。此外，還要感謝曜章學長、孟宗學長、怡婷學姊、維方學姊及成大航太所晟桓學長，忍受我這個囉唆學妹的叨擾，給予我許多寶貝的意見。

當然也要謝謝我那群可愛國小、國中、高中、大學與研究所的摯友們，還有外交營及航太營所認識的朋友們，使這淡淡的生活增添許多色彩。最後還要感謝我的家人，因為妳們的支持才使我得以毫無顧忌地自由發揮，為理想而奮鬥。

陳芋頤 謹誌於

逢甲大學交通工程與管理學系碩士班

摘要

飛航管制提供航機航情，並維持航機隔離，於飛航安全中扮演舉足輕重之角色，無飛航管制的協助，飛航安全與效率將受到嚴重的影響。飛航管制之風險型態繁多，由飛航事故相關案例顯示，飛航管制乃為導致飛安風險主要肇因之一，然探討飛航管制之研究多分散於各個課題，較少全面性探討航管相關之飛安風險。因此，飛航管制所潛具之風險及其間可能存在之關聯特性，實應進一步加以研析，以作為降低飛安風險與改善策略之參考。

本研究旨在針對我國飛航管制之飛安風險因素作一全面性探討，並以文獻與我國部份可得案例之彙析為研究之理論基礎，據以研擬航管之飛安風險因素層面架構，包括硬體、軟體、人為、環境等四大因素構面，共計 57 個風險項目。另為求研究能符合我國航管風險狀況，乃實際訪談我國航管相關從業人員，並透過模糊語意問卷調查我國航管從業人員之感認。本研究係應用模糊理論與結構方程模式之測量模式概念研析重要的航管風險因素，為避免問項過多，造成模式建構與校估困難，本研究首先應用項目分析刪除不適切之問項，及以探索性因素分析將因素加以綜整後，再應用結構方程模式之測量模式概念建構航管風險因素模式，並以驗證性因素分析校估與驗證研究模式。

本研究另針對因素層面之關聯特性進行探討。根據本研究，我國航管相關從業人員認為我國航管之飛安風險因素共包括五大因素構面，並可以二十六個風險項目加以衡量，此五大因素構面分別為「組織內部狀況與制度」、「管制個人疏失」、「航管系統功能與人機介面」、「外部溝通」、「管制員專業能力與身體狀況」，其中又以「組織內部狀況與制度」、「航管系統功能與人機介面」此兩因素構面最能反映我國航管風險。此外，本研究發現五個因素構面間具顯著之正向關聯。最後，本研究乃根據研究結果提出風險改善之建議。

飛航管制飛安風險因素之探究

關鍵詞：飛航管制、飛航安全、項目分析、探索性因素分析、模糊語意問卷、驗證性因素分析



Abstract

Air Traffic Control (ATC) plays an important part on aviation safety. It provides flight information and maintains appropriate separation between aircrafts. Without the assistance of ATC, the flight safety and efficiency might be seriously affected. There are various types of risks related to ATC. In analyzing aviation incidents, it can be found that ATC is one of the major reasons for causing these unsafe events. Although numerous studies regarding ATC risks have been done, most of them only focus on specific topics of ATC without an overall discussion and analysis. Therefore, it would be essential to explore potential risk factors of ATC influencing aviation safety, and the relationships among them and then based on these results to propose the measures for risk mitigation.

This study aims to identify the key risk factors of ATC influencing aviation safety of our country. Firstly, Based on the previous literatures and the historical aviation incidents, influential risk factors of ATC to aviation safety are defined. The framework of ATC risk factor is formulated with a total of 57 potential risk items, which are further categorized into four aspects, including hardware, software, liveware and environment, respectively. Furthermore, the perspectives of air traffic controllers of our country on these risk items are interviewed by a fuzzy questionnaire. Secondly, this study utilizes fuzzy theory and one technique of structural equation modeling approach, measurement model, to identify the key risk factors of ATC influencing aviation safety. Facing the difficulties in dealing with large number of variables, the technique of item analysis is first employed to delete improper items, and then exploratory factor analysis is used to extract several principle components. Then, basing on these extracted principle components, the concept of measurement model is employed to develop ATC potential risk factor framework. At last, the confirmatory factor analysis is

utilized to test and verify the proposed model of ATC risk factor.

This study also develops and verifies the relationships between risk factors. The results show that the influential ATC risk factors to aviation safety of our country can be represented by five principle components, including human errors of ATC, constitutional framework of ATC, ATC system and its interface with human, external factor, and capability and physical conditions of the controllers, which can be represented by 26 key risk factors. The two principle components out of these five components have the most significant effect on ATC, which are constitutional framework of ATC, ATC system and its interface with human, respectively. Besides, we also find the significant and positive relationships among these five principle components. Based on the key risk factors and the relationships identified in each construct, some measures for ameliorating the ATC safety are proposed.

Key words: air traffic control, aviation safety, item analysis, exploratory factor analysis, fuzzy linguistic questionnaire, confirmatory factor analysis.

目錄

誌謝	i
摘要	ii
Abstract	iv
目錄	vi
圖目錄	ix
表目錄	x
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究範圍與限制	3
1.4 研究流程與內容	4
第二章 文獻與研究方法彙析	8
2.1 飛安理論介紹	8
2.1.1 錯誤鏈理論	8
2.1.2 莫菲定律	9
2.1.3 乳酪理論	9
2.1.4 SHELL 模式	9
2.1.5 誤失管理	10
2.1.6 組員資源管理	10
2.1.7 小結	11
2.2 飛安失事統計方法與分類	11
2.2.1 失事預防策略	11
2.2.2 IATA 失事統計方法與事故肇因	13
2.3 航管研究文獻回顧	14
2.3.1 人為因素	15
2.3.2 航管系統與人因工程	21
2.3.3 組織因素	25
2.3.4 工作環境	28

2.3.5 小結	29
2.4 航管案例研析	30
2.4.1 案例探討	31
2.4.2 小結	38
2.5 研究方法相關文獻回顧－結構方程模式	38
2.5.1 交通運輸領域	40
2.5.2 其他領域	41
第三章 研究方法與問卷設計	43
3.1 研究方法	43
3.1.1 結構方程模式理論與特性	43
3.1.2 結構方程模式應用與分析步驟	48
3.1.3 模式辨識	50
3.1.4 參數校估	51
3.1.5 模式評鑑	53
3.1.6 小結	60
3.2 模糊語意問卷設計與調查	61
3.2.1 模糊語意問卷設計步驟	61
3.2.2 模糊語意問卷設計與內容	63
3.2.3 小結	65
3.3 研究方法總結	66
第四章 研究架構與模式構建	67
4.1 研究模式架構	67
4.2 研究模式構建	70
4.3 問卷項目內容與受訪對象	73
4.3.1 問卷受訪群體	73
4.3.2 問卷內容與操作性定義	74
第五章 研究模式驗證與結果分析	78
5.1 樣本結構與特性分析	80
5.2 量表項目分析	80
5.3 量表探索性因素分析	83

5.4 量表信度與效度分析	89
5.5 研究模式校估與驗證	92
5.5.1 測量模式之二階驗證性因素分析	92
5.5.2 因素關聯特性檢定	107
5.6 研究結果探討與建議	113
5.6.1 研究結果探討	113
5.6.2 研究建議	116
5.6.3 小結	118
第六章 結論與建議	119
6.1 結論	119
6.1.1 航管風險因素測量模式之校估	119
6.1.2 我國航管之飛安風險因素分析	120
6.2 建議	121
參考文獻	122
附錄一	131



圖目錄

圖 1-1 研究流程架構簡圖	7
圖 3-1 潛在依變項之測量模式示意圖	46
圖 3-2 潛在自變項之測量模式示意圖	46
圖 3-3 典型的 SEM 模型圖示	47
圖 3-4 完整結構方程模型的參數圖示	48
圖 3-5 SEM 分析步驟之路徑示意圖	49
圖 3-6 研究問卷設計與調查流程圖	63
圖 3-7 模糊問卷語意變數隸屬函數圖	66
圖 4-1 研究模式架構圖	67
圖 4-2 航管風險因素層面與衡量指標架構圖	69
圖 4-3 研究測量模式初始架構圖	70
圖 4-4 航管風險二階驗證性因素分析模式架構圖	71
圖 5-1 問卷分析與研究模式驗證流程圖	79
圖 5-2 研究初始二階驗證性因素分析架構圖	93
圖 5-3 研究最終之航管風險因素測量模式架構圖	107
圖 5-4 因素關聯特性之假說架構	109

表目錄

表 2-1 失事預防策略分類	11
表 2-2 IATA 事故/事件肇因	13
表 2-3 JANUS 之管制員人為因素與項目分類	18
表 2-4 航管人為因素導因與內容彙整表	20
表 2-5 航管系統因素之影響層面與內容彙整表	24
表 2-6 組織因素影響層面與內容彙整表	28
表 2-7 管制員管制工作困擾因素問卷統計分析	29
表 2-8 我國管制因素相關之民航機飛航安全事故案例簡表	31
表 2-9 我國民航機空中接近、危險事件及失事案例簡表	32
表 2-10 我國航空器飛航違規表	37
表 2-11 結構方程模式相關文獻彙整	39
表 3-1 結構方程模式配適評鑑指標彙整表	60
表 3-2 八個語意變數尺度與詞彙	63
表 4-1 問卷調查對象與單位	74
表 4-2 受訪者人口統計變項項目	75
表 4-3 航管風險因素量表之構面與問項操作性定義	75
表 5-1 受訪者之基本資料表	80
表 5-2 量表項目分析結果一覽表	82
表 5-3 KMO 統計量之判斷原理	85
表 5-4 航管因素量表初始 KMO 與 Bartlett 檢定結果	85
表 5-5 航管量表初始因素分析結果	86
表 5-6 航管因素量表修正後之 KMO 與 Bartlett 檢定結果	87
表 5-7 航管量表因素分析結果與信度	87
表 5-8 航管量表因素分析之因素構面與變項	88
表 5-9 航管風險因素量表信度檢驗	90
表 5-10 二階驗證性模式參數估計結果	98
表 5-11 航管風險因素測量模式之整體模式配適度表	101
表 5-12 航管因素二階驗證性因素分析校估結果	103

表 5-13 航管風險因素構面之信、效度	104
表 5-14 因素構面相關性檢定結果	110



第一章 緒論

1.1 研究動機

「安全」為民眾選擇運輸工具重要參考指標之一，其中又以「航空運輸」備受矚目。根據統計，航空運輸之失事率低於鐵路與公路，然因其背負無數財產與生命安全，姑且不論傷亡程度及原因為何，飛航失事總是令人震撼。

航空體系乃由航空公司、飛航管制（以下簡稱航管）、場站、設備等許多層面環環相扣組成，缺一不可。綜觀飛航事故終會歸咎於某一肇因，但探究其發生過程，不難發現許多事故係由幾個環節相互影響所造成，飛安相關理論與文獻亦提出此類研究與論點。不論是發生飛航失事（accident）、意外事件（incident）抑或事故（occurrence），相關人員皆盡力調查肇事原因及提出解決方案，所期盼的無非是希望杜絕類似的情況再度發生。為提昇飛安水準，必須找出導致飛航失事的原因為何，並進一步瞭解其如何危及飛安，就潛在風險加以事前改善、預防，以將風險降到最低，於是乎「辨識風險」乃為一極重要之課題。

目前我國雖並未單因航管因素而直接造成飛航失事，然不乏因管制員疏失、航管系統設備失效或其他航管相關因素之問題，進而致使危險發生之案例。例如：管制員與航機駕駛員溝通不良，促使駕駛員誤判航管指令；又如航機駕駛員偏離航道，而管制員未能及時發現以糾正等等。由於航機駕駛員乃為飛安最終防護底限，故大多數事件終多歸究於駕駛員人為疏失之單一肇因，我國飛安相關研究之探討重點亦多著墨於座艙組員或航空公司等相關課題。相較之下，我國航管之飛安風險較少被全面性探索，多分散於各課題（如管制員壓力、訓練），可謂付之闕如；再則，航管系統當機率、管制案件等航管相關飛安統計資料，管理當局視為機密資料並不公開，造成資料取得與研究困難。

惟航管乃與駕駛員溝通、提供航情且解決各種緊急狀況之前線，於飛安體系中扮演舉足輕重之地位，無航管之協助，航機無

法安全且有效率地飛行。航管風險小則有如管制員個人口誤，大則有如各單位協調失當，或無線電失效而致使彼此聯繫困難等單一或多個因素產生交互影響作用；另影響航管績效之因素又甚廣，包括訓練、作業方式與獎懲制度等，其所隱藏之風險均可能致使如空中接近、違規事件等意外事件，更甚者為嚴重的飛航失事發生。再則，各風險因素對於航管之影響程度仍存在著差異。鑑此，航管之飛安相關風險實有進一步探究，並針對其間可能存在之關聯特性加以研析之必要。為提昇航管素質與飛安水準，實應掌握影響航管績效與安全之因子，找出危及飛安之航管風險，藉以事前改善及預防，避免錯誤環節的形成。

基此，本研究旨在針對航管之飛安風險因素作一全面性研析，並以我國航管系統為研究實證對象。飛航管制作業乃由各個層面構成，所具風險甚廣，根據我國民航局之定義，飛安事件可分三個等級：異常(danger)、意外(incident)、失事(accident)，各飛安統計資料無法順利全部取得，且管制案件和航管系統當機率等直接與航管相關之紀錄亦無法取得，無法從各案例紀錄中辨識、分析航管潛具之飛安風險。鑒於若僅藉由部份可得案例來推斷、歸納我國航管風險恐較不周詳，基於考量研究之完備性，為瞭解航管作業所涵蓋之層面與風險為何，本研究擬藉由飛安理論與航管相關文獻之彙析為研究架構之理論基礎，據此辨識航管風險因素；再則，為求研究客觀、完善與符合我國國情，乃輔以參考部份可得之我國飛航事故案例，及實地訪談我國航管相關從業人員，研擬航管風險因素模式架構，研析影響我國飛安之航管風險因素，找出影響航管績效與安全之重要因子。

另一方面，本研究應用風險辨識方法之「問卷調查」方式(Questionnaire Survey, 鄧家駒, 民 87 年)，針對我國航管相關從業人員進行認知調查，據以蒐集研究實證所需之資料，探究我國航管之飛安風險因素(包括航管系統、組織文化與管理、法規、制度、人為、環境..等內在與外在風險因素)。除找出影響飛安之重要航管因素外，本研究進一步分析各因素對航管之影響程度，

及因素關聯架構。期研究結果俾能提供主管當局進行航管資源分配與研擬改善措施之參考。

1.2 研究目的

航管乃由人員、系統、組織管理、工作環境、制度與程序等等層面所構成，實謂飛航系統重要之一環，極需各種軟、硬體層面相互協調，才得以維持作業績效與安全，此外，各層面間可能產生環環相扣之交互作用，牽一髮而動全身。為提昇飛安水準，實應針對可能導致事故發生之潛因加以預防及改善。綜觀以上，本研究欲探討之目的析言如下：

1. 藉由文獻回顧與航管相關案例之彙析，辨識航管風險因素。
2. 訪談我國航管相關從業人員，確認風險管理目標，研擬研究架構與研究模式。
3. 利用問卷對我國航管相關人員進行認知調查，以問卷調查之結果作為研究模式驗證與分析所需之資料。
4. 希望經本研究提出相關建議，提供予民航管理當局參考，期能降低飛安風險，提昇航管素質與飛安水準。

1.3 研究範圍與限制

我國民用航空運輸業之航管與軍方之戰管單位實屬不同體系，軍方之戰管制度非本研究所能掌握，另外，交通部民航局體制下之航管組織依業務內容又分為：機場塔台、近場台與區管中心（航路）等三大組織，此三大管制組織之軟、硬體與環境等因業務不同而稍有所差異，其所隱藏之危險因素亦不太相同，是以，本研究之研究範圍與限制如下：

1. 研究實證對象乃以我國民用航空運輸業之航管為主，並不包含軍方之戰管組織。
2. 航管作業風險之研析不細分塔台、近場台或區管中心，係以一概括方式探述我國航管相關之風險因素。
3. 如空域結構規劃、氣候等非航管所能掌控之因素，不在研究探

討範圍內。

4. 飛安相關案例僅就可取得之資料，加以彙析有關航管部分，無法探討所有案例。
5. 航管除外之肇因不在研究範圍內。

1.4 研究流程與內容

本研究流程可以圖 1-1 之簡圖表示，詳細之內容將於各章節闡述。確定研究目的後，整體研究內容與流程共可分為幾個階段進行探討，分述於下：

1. 第一階段：研究內容與架構確認

鑒於目前我國飛安相關研究中，以航管為探討主題之相關研究散見於各議題，本研究首先由蒐集相關文獻與整理案例資料著手，以確定研究的問題和方向，並針對我國飛安事故案例及國內外航管相關文獻與飛安理論加以探究，將所蒐集到的資料進行彙整，進而確定研究內容及研究架構。

2. 第二階段：研究模式構建

此階段係依據第一階段之結果，藉由文獻回顧與案例之彙析為研究模式之理論基礎，進而構建航管風險因素層面架構（主要由幾個層面構成，及包含哪些因素項目），及研擬各因素構面之關聯假說（哪些因素構面具相關性，與其相關狀況為何）。

3. 第三階段：確認研究方法

此階段之目的旨在尋找適合本研究所需之研究方法，以確認研究模式得以順利校估與驗證。其中結構方程模式可同時檢驗多個變項間之因果關係，並可針對可觀測的外生變項與不可觀測潛在變項之因果關係進行假說檢定。因此，本研究乃採取此一方法作為研究應用方法。另一方面，鑑於個人對風險認知之程度並不相同，且具模糊特性，為能精確掌握受訪者之感認，及避免傳統

李克特等距量表之量化方式可能造成的估計參數誤差，本研究將結合模糊理論與結構方程式之測量模式概念建構研究模式與設計研究所需之問卷，並進行模式之校估、驗證。

4. 第四階段：問卷設計與資料蒐集

於研究層面、研究關聯架構模式及研究方法確認後，便可著手研擬風險指標，與進行問卷內容之設計。為求研究內容更符合我國航管實際狀況，本研究擬與我國航管相關從業人員進行訪談，且藉此修改問量表問項之用詞及表達方式，期本航管風險量表能符合管制用語，並以受訪者最能瞭解的方式施測。待問卷修改完成後，便可進行問卷調查。

5. 第五階段：調查資料分析

本研究將問卷調查對象分為兩群體，待問卷回收後，將問卷資料進行整理，爾後著手進行量表資料分析，包括樣本結構特性、量表特性（信度、效度）、項目分析、探索性因素分析等。並以問卷調查結果作為研究實證所需之資料。

6. 第六階段：研究模式驗證與分析

此階段以問卷調查之結果作為研究實證資料之基礎，進行研究模式校估與驗證。首先校估研究所建構之航管風險因素模式，並進行模式修正，藉以發展良好配適度之航管風險因素模式。待模式已具良好配適度後，便可藉由研究模式驗證結果，加以探討研究模式合宜與否，及檢驗研究所選取之指標是否足以衡量航管因素，並進行後續分析，包括航管風險大致乃由哪些層面與項目所構成，各因素對航管之影響程度為何，並檢驗各因素層面之關聯架構。此外，就各因素項目所潛具之風險，與其對於航管績效和飛安之影響方式等加以闡述。

7. 第七階段：結論與建議

最後，就我國航管各風險因子進行評析，並研擬風險管理策略之建議，俾提供管理當局作為航管資源分配及研擬改善措施之參考。



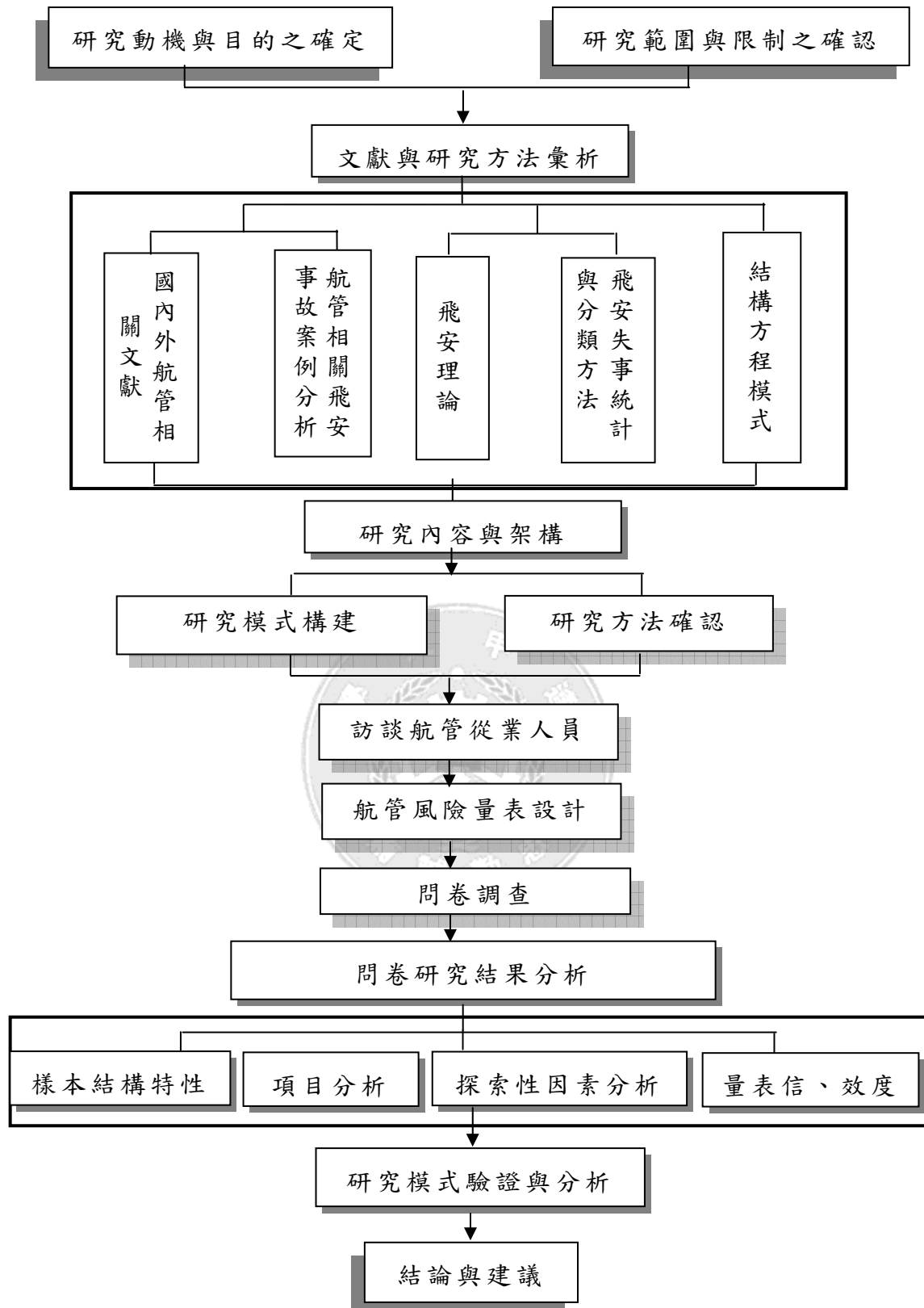


圖 1-1 研究流程架構簡圖

資料來源：本研究

第二章 文獻與研究方法彙析

航管乃為飛安體系重要之一環，實應對可能危及飛航安全之風險加以瞭解與預防，以降低對飛安之影響。本章節擬針對國內外航管相關文獻、飛航安全理論、事故統計與分類方法、我國航管相關飛安案例進行回顧，藉此辨識、歸納航管潛具之風險因素及影響層面，研擬研究模式。另一方面，為瞭解研究方法之應用，本章節將就結構方程模式之相關應用文獻加以探討。

綜此，本章節內容涵括三個部分，第一部分與第二部分主要在於彙析飛安理論、飛安失事肇因分類與統計方法、及航管風險相關研究。第三部份旨在藉由我國航管相關事件案例，探究於飛安事故中，航管之風險與影響環節為何，據以彙整我國航管風險層面與因素項目。

另於部份小節中，本研究將作一小結。本章節共可分為五小節，章節架構如下：

第一節為飛安理論介紹。

第二節為飛安失事統計方法與分類介紹。

第三節為航管相關研究文獻之回顧。

第四節為航管相關案例研析。

第五節為結構方程模式相關文獻之回顧。

2.1 飛安理論介紹

此節將列舉出幾個較具代表性之飛安理論，並作一簡要的概述，藉此瞭解影響飛安主要之層面，與其影響方式為何，及預防策略之意涵。

2.1.1 錯誤鏈理論 (Error Chain Rule)

錯誤鏈理論乃由布蘭博士 (Dr. Blame) 所提出。由於飛安失事往往是由一個以上危險事件或疏忽環環相扣所造成，如正駕駛員未遵守標準作業程序，而副駕駛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。

2.1.2 莫菲定律 (Murphy's Law)

此定律係為美國設計工程師空軍上尉莫菲所提出。1949 年其於加州愛德華基地執行假人滑行測試，因獲取數據失敗後提出「任何可能出錯的，一定會出錯」(”Whatever can go wrong, it will”), 此話之精神乃在於提醒所有的工程師於工程設計之初，應思考每個可能發生錯誤的地方，並事先加以預防。

飛安乃由各個環節所組成，牽一髮動全身，為避免事故發生後的嚴重損失，事先防範實屬相當重要，應將任何可能造成錯誤的因素加以改善與預防才是。

2.1.3 乳酪理論 (Swiss Cheese Theory)

乳酪理論 (或稱起士理論) 由 Reason 所提出，其以每片乳酪代表不同層級的飛安預防措施，不幸的是每個預防措施皆具漏洞，故當失誤發生時，光線便會穿過每片乳酪，即危險會突破預防措施，當每片乳酪因光線穿透而串聯起來時，代表預防措施已經無法阻止錯誤，而致使事故發生。

該理論之預防方法便在於將形成事故之其中一個錯誤移走，以防範錯誤串聯而導致失事。

2.1.4 SHEL 模式

SHEL 模式 (或 SHELL 模式)，乃由 E.Edwards 於 1988 年所提出。其發現飛安事故大多由人 (Livewires)、硬體 (Hardware)、軟體 (Software) 及環境 (Environment) 等四個主要因素所構成，又以「人」為中心。E.Edwards 認為人為疏失為造成飛安事故最主要的原因，若能減少人為疏失便可減少事故的發生。因此必須瞭解人為與其他因素之相互影響關係，進而制定一套失事預防策略。

端看飛安失事統計資料與學者的研究，均顯示人為因素為飛航事故最主要的肇因，此理論可充分解釋人為因素與其它各個層面間之彼此關聯關係，因此被廣為應用於探索人為因素。無論科

技再如何進步，航空作業環境依舊需要人為的設計與操作，而人更是制止危機發生的最終守護者，故除應瞭解人為對飛安所可能帶來之風險外，更應以適當措施加以避免。

2.1.5 誤失管理 (Error Reduction Operation)

誤失管理或稱為疏失管理 (Error Management)，根據 IATA 定義，疏失可分為「顯性」(Active Failure) 及「隱性」(Passive Failure) 兩種(戎凱和郭兆書，民 88)。

企業組織需隨時面對不同程度之疏失隨時發生，而疏失發生之部份原因可歸於能力限制、過度疲勞、工作壓力大或航管系統缺失等等。疏失類別則可分為：(1)斷章取義、(2)過度倚賴科技設備、(3)錯誤的假設。而欲預防疏失需瞭解疏失發生的原因，疏失之型態可分類為：(1)人為蓄意疏失、(2)作業疏失、(3)溝通疏失、(4)熟練度疏失、(5)運航決策疏失 (何慶生和梁季鈺，民 90)。

誤失管理旨在應用所有可得之資料，瞭解誤失的原因，並採取適當的行動，舉凡改變政策、程序及施以特殊的訓練等，藉以減低誤失的發生率，同時將誤失所產生之後果降低到最低程度 (鄭振坤，民 90)。

2.1.6 組員資源管理

「組員資源管理」(Crew Resources Management, CRM) 係由「座艙資源管理」(Cockpit Resources Management) 演進而來，使原本涵蓋範圍僅有座艙組員擴伸至所有相關的飛航組員。所謂的「組員」，除機艙內的座艙組員 (機師、空服員)，也包括地面飛航相關人員，如航管、維修人員、工程師、簽派員及其他相關人員，而資源則概括各種硬軟體、環境與人力資源等。

CRM 也被定義為「企業資源管理」。依據特定的組織需求，訂定訓練內容，以發展出理想的公司文化，強化整體環境之良性互動關係，提倡落實飛安是航空體系的共同責任，非單一歸咎於第一線人員的疏失(戎凱和郭兆書，民 88)。

目前組員資源管理已被視為可減少事故的有效措施，「組員

資源管理」涵蓋之層面為軟體、硬體、環境及人為，其主要之意涵乃在於強調一個團隊的合作精神，透過組織的管理與訓練、個人負責態度的增進、決策、協調溝通與領導能力之提昇，及各種資源、設備的使用與配合，創造一個和諧且安全的飛航環境。

2.1.7 小結

杜絕飛航失事根本之道，乃在於事先防範。各飛安相關理論不論其著眼點為何，最終之目的皆在提醒所有飛安參與者「預防」的重要性。再則，若能了解風險的型態與影響方式為何，必能對於降低飛安意外及提昇飛安績效有所幫助。

2.2 飛安失事統計方法與分類

飛安事故統計方法與肇因分類，以波音公司之失事預防策略，及國際航空運輸協會（International Air Transportation Association, IATA）之事故/事件肇因最具代表性，本小節除介紹上述兩方法之事故分類內容外，另就有關航管部份加以說明。

2.2.1 失事預防策略

「失事預防策略」(Accident Prevention Strategies)乃由美國波音公司所提出。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。其失事預防策略定為7類，分別為：航員、航空公司航務操作、航管、航站管理、氣象、飛機設計/性能、維修等，共計37項。

表 2-1 失事預防策略分類

類別	代碼	失事預防策略
航員	01	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（此時機長為非飛機操控者）
	07	副駕駛的再確認（此時副駕駛為非飛機操控者）

	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	飛行員不稱職時之發現及反應
	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	進場輔助設備之充分運用
	17	重飛決定之下達
	18	進場路徑之穩定性
	19	飛行員之警覺性及注意力
航空公司 航務操作	20	對近警告系統之反應
	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	完備之預警設施
	30	其他操作程序的認知程度
航管	40	航管系統之性能
	41	航管/飛行員間之溝通程度
航站 管理	50	跑道危險因素之排除
	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	氣象資料之提供與準確性
飛機設 計/性能	70	設計的改良
	71	性能數據是否表達清晰，且無曖昧之處
	72	緊急裝備是否完善
	73	製造程序
維修	80	維修或檢視作為

資料來源：陸鵬舉和嵇允嬋(民 85 年)& 本研究整理

該分類將航管獨立於一類別，又探討兩個項目，分別為航管系統之性能、航管/飛行員間之溝通程度。其中航管系統之性能(代碼 40) 旨為除通訊外，培養在處理航管硬體設備、系統性能、管理方向及管制人員工作表現上所面臨各種狀況的警覺性，以減少未來失事發生的潛在風險；而航管/飛行員間之溝通程度(代碼 41) 旨在增進航管人員與飛航組員間於請求空域、辨認及數據等

方面的充分溝通。

2.2.2 IATA 失事統計方法與事故肇因

IATA 以七個航空器飛行模態作為失事統計基礎：起飛、爬升、巡航、下降、進場、著陸、滑行，結果發現起飛和降落是最常發生失事之階段。其將飛航事故肇因歸類為五個主要因素構面，各構面分別包含幾個項目，如表 2-2 所示。

表 2-2 IATA 事故/事件肇因

人為因素 (HUM)		
分類代碼	肇因定義	肇因定義說明
H1	應主動察覺而未反應 (Active failure)	未遵守法規、未按規定標準或程序操作、缺乏資源管理、缺乏適當的訓練與紀律、怠惰、缺乏激勵、工作態度問題
H2	無意間而未反應 (Passive failure)	自滿、疏忽、大意、疲勞、工作負荷過量、誤解通訊、警覺性低、組員合作不良
H3	熟練/技能失誤 (Proficiency/Skill failure)	處理不當、決心判斷錯誤、缺乏訓練、經驗與能力不足
H4	失能 (Incapacitation)	心理或生理失能無法勝任飛行勤務
機械因素 (TEC)		
T1	發動機重大故障，無法維持正常推力或著火	
T2	發動機故障，火警警告	
T3	起落架、輪胎	
T4	飛行操作系統	
T5	結構損壞	
T6	火警、冒煙 (客貨艙)	
T7	工廠維修、服務 (包括人為失誤)	
T8	電子系統	
T9	設計、製造	
T10	其他	
T11	系統失敗	
T12	自動飛行	
環境因素 (ENV)		
E1	天氣	
E2	航管/通訊/航路衝突	
E3	地勤人員，客艙組員或旅客	

E4	鳥擊/外物損壞
E5	機場設施
E6	地面支援（政策、處理程序、訓練）
E7	導航設備
E8	危險物品
E9	安保
E10	其他
E11	管理監督
組織因素（ORG）	
O1	組員選擇/訓練
O2	標準/規則
O3	行政效率
O4	潛在問題失察
O5	管理/監督
O6	目標/政策模糊
O7	溝通不良
O8	其他
資料不足（I）	
資料不足歸類筆因	

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

大體上而言，「人為」因素主要包括了個人疏失、生理及心理狀況不佳、缺乏警覺性及不遵守規則等；「環境」因素則包含外在的一些危險誘因；「組織」因素之內容為管理、訓練、溝通等。近年來，事故發生之原因除人為疏失、機械故障外，組織問題也漸侵蝕飛航安全，因此組織文化逐漸受到重視。其中有關航管之部分，乃被納入於「環境」因素，且與通訊/航路衝突等歸為同一項目，並無特別探討航管風險之型態和內容。

2.3 航管研究文獻回顧

飛航事故案例顯示，大部分錯誤非僅由單一環節造成，是以，愈來愈多的研究乃針對各層面間所可能產生之疏失型態，與其影響加以研析。雖我國目前未單因航管因素造成重大傷亡，然風險滲透不同的層面，任一環節之作用均可能成為重大影響之關鍵，必須針對每一個介面所隱藏之風險及影響加以控管。

航管營運的複雜度（ATC complexity）被視為影響航管作業

績效與導致誤失之重要因素，國外不少學者針對此方面進行探究。我國國科會(1998)曾歸納管制員於航管作業所面臨之風險，包括人為錯誤因素、通訊功能不正常因素、系統功能的不正常因素、天氣因素等四大因素。根據我國交通部運輸研究所(民 81)問卷調查研究結果顯示，影響航管工作之主因有：航管工作之設計（管制程序、戰管、空域結構之複雜度）、團體合作、飛行員合作程度、航管通訊設備、天氣、組織氣候等項目。而航管工作之主要壓力來源為：工作的高度不確定和風險，其中，不確定因素則有如：航管工作負荷的變化太大、排班、團隊工作、通訊設備故障、飛行員的合作、航機可能的意外狀況、管制員之人為和意外錯誤的發生、處罰等。另黃國智(民 93)指出管制員困擾之項目為忙碌與疲勞、無聊或工作厭煩、年紀、軍方航情與壞天氣、正確的心理調適與人際關係。

綜觀以上，不論是航管本身相關之因素，舉凡設備問題、組織因素、協調溝通、個人因素，抑或外在因素，諸如與軍方或駕駛員協調狀況、天氣等不確定因素，均為影響管制績效與安全之重要因素。

航管相關之研究以探討人為因素、人機互動關係為大多數，以我國而言，航管相關研究多分散於各主題探討，本節將針對國內外航管相關之文獻進行回顧與彙析，包含系統、人為、訓練、制度、組織文化、環境...等各個層面，以瞭解航管作業所概括之範圍及風險原貌，並予以歸納，進而探索航管對飛安影響層面與方式為何。並基此結果為航管風險因素架構之主要理論依據，構建航管主要之飛安風險因素構面與研擬風險指標。最後本研究以我國航管為實證對象，研析我國航管之飛安風險因素。

2.3.1 人為因素

1. 文獻回顧

航管體系（ATC System）誤失可定義為：作業誤失而導致隔離不足或危險狀況。於誤失的意外報告中，最常見之疏失類型是：注意、判斷與溝通等三大類型，其中又以沒辨識到衝突、漫

不經心、作業程序之誤差、協調失敗與不佳之判斷力為大多數 (Stager,1991)。航管作業可說是管制員與駕駛員、航空器與環境之間的關係，近年來亦包括管制員個人與作業環境間之關係和特性，及與其他管制員、管理者、上級和工程師之關係 (Isaac and Ruitenber,1999)。

所謂「人為因素」(Hancock,1991)，乃與人類行為之基本行動方式具關聯性，且通常被描繪為促進人與機器系統交互影響作用之關鍵。Fokas (1991) 曾定義「人為因素」為指人與人，或與其他主體 (objects) 所產生或影響工作產出之相互作用關係。就我國航管案件而言，人為肇因佔七成以上 (王明揚等，民94)，關於人為因素之研究，愈來愈多文獻認為人為疏失僅非由個人操作不當所引起，故逐漸著重於探討人與其他介面之關係及影響作用，特別是人/人介面和人機介面。

Hopkin(c1995)指出大部份航管人為疏失皆非隨機，而是由系統設計、任務、設備、程序或基於管制需求所引起。任一介面的設計均存在導致人為錯誤之原因，故其就人與系統之關係、航管系統發展過程中所導致之人為因素、管制任務與工作、管制員甄選與訓練、作業環境、資料輸入設備、溝通、電腦提供協助之形式、電腦輔助功能所可能造成的人為因素、系統對個別管制員之影響、管制員聘用狀況，及其他與管制相關之情況 (如管理、維修等)，探究航管之人為因素。

Baker (民 93)亦提出類似看法，其認為人為因素之範圍和研究，應包含裝備的設計及評估、工作環境、程序與文件、個別與團隊訓練、輪班與固定班工作制度、資料顯示形式、個人因素與壓力、溝通、理解、專注、記憶、問題解決及情境警覺意識等。Isaac and Ruitenber(1999)便曾定義航管的軟體、硬體、人為、環境等四個層面彼此間之關係，就「人」(管制員)、「人/人」、「人/軟體」(管制員/程序、文件)、「人/硬體」(管制員/設備)、「人/環境」(管制員/其他因素)等介面關係探討管制人為作業疏失，及可能造成疏失的工作型態為何。其中「人」所探討之課題包括管制員之甄選與訓練、狀況察覺、決策與判斷等；「人/人」層面乃涵

括溝通、管制環境之溝通、團隊與團隊工作、與其他團隊之作業等方面議題；「人/軟體」則是程序、軟體呈現方式；而「人/硬體」探討人機系統關係、系統操作複雜度、系統功能容量、管制環境未來的改變等；另「人/環境」探討有如壓力、睡眠與疲勞、輪班作業制度、安全管理與電腦風險管理等等。

最容易發生管制個人疏失之工作狀態為何，各案例分析顯示不同結果。依據美國聯邦航空署，管制員最容易犯錯之時機於工作量为中或低度水準時(黃國智，民 93)。然加拿大飛安局曾隨機抽取 437 件事件中的 217 件進行調查，結果發現有 60% (約 100 多件) 之失誤起因於企劃錯誤、判斷錯誤、注意力疏忽；而將近 75% 的注意力疏忽竟發生於低工作負荷與低管制複雜度狀況 (Stager, 1991)。Isaac and Ruitenberg (1999) 則發現大部份航管誤失乃發生於三種情況：(1) 70-74% 的誤失事發生於中度交通狀況與複雜度狀況；(2) 45% 的誤失發生在管制員於席位管制期間之前 15 分鐘；(3) 62% 的誤失由管制經驗少於 6 年之管制員造成。由此可見，無論是何工作負荷度或管制複雜度均可能發生疏失。

關於探究疏失類型之相關研究中，Morrison and Wright(1989) 曾將管制員個人疏失分為管制或溝通兩大類，其中控制疏失又可細分為監視、時序、溝通三個子項；溝通疏失又分為指令之構句、專業術語之運用與傳遞、讀取及聽之疏失 (許尚華，民 83)。而 Grayson and Billings(1981) 則發現最常發生的溝通問題乃是內容不正確(如判斷和規劃錯誤)，及忘記已做或已傳送訊息。此外，Cardosi and Yost 分析 NASA 航空安全報告系統資料庫、FAA internal report 與 NTSB investigations 中有關管制員疏失之報告，發現最常見的管制員作業疏失為：(1) 遺忘航機、忘記跑道關閉、忘記跑道上車輛、忘記已頒佈的指令與許可；(2) 溝通錯誤，包括讀取/覆誦錯誤、頒佈一非管制員原先欲發佈之指令；(3) 管制員間缺乏適當之協調合作 (Aarons, 2002)。

至於造成管制員作業疏失之原因，除個人行為外，組織因素與管理為另一值得探究之課題。Paul(2001) 指出該因素主要之導因，乃因無評估管制場所與設備，因而造成的不適當規劃，及無

採取特殊之行動以減少作業疏失。管理者與上級沒有適當地管理管制室之作業，且管制員之輪班制度並不恰當或未提供適當之訓練。另外，於意外發生時，單位管理者之管理狀況，如其是否有進行管理或完全不在該作業職位上，亦是導致作業疏失之原因，有關案例統計發現，部分的意外事件係因管理者不在作業職位上，或忙碌於其他職務而未盡監理管理之職，進而致使錯誤發生（Aarons,2002）。

另一方面，Pounds and Isaac(2002)結合 FAA 人為因素研究與分類系統（Human Factor Analysis and Classification System，HFACS），及歐洲飛航管理人為失誤技術（Human Error Reduction in ATM technique，HERA），藉由 20 個飛航意外事件案例，分析管制員人為失誤，並以此發展出一套管制員人為失誤分析技術（JANUS）。JANUS 主要將人為失誤分為兩大因素架構：「任務」（task）及「外部行為特性」（external act character），兩個因素又細分為幾個重要項目，如表 2-3 所示。

表 2-3 JANUS 之管制員人為因素與項目分類

因素	項目內容
因素一 任務（task）	組織
	管理
	團隊因素
	人與人之間及社會因素
	個人因素
	環境
	工作場所
因素二 外部行為特性 （external act character）	管制員與飛航駕駛員間之溝通
	管制與空域
	飛航駕駛員行為
	天氣
	程序與命令
	文件與設備工具
	訓練與經驗

資料來源：Pounds and Isaac(2002)& 本研究整理

於我國相關研究方面，林豐福和林沛達(民85)認為於人為因素中，應考慮因人的機能與限制所引發錯誤的可能性；此外，應篩選具有絕對必要之資訊，且以有效的方式處理與傳送資訊，以避免在提供相關需求之資料時，發生資訊過度負荷現象；而在實施空中管理作業系統時，作業程序應以作業人員易瞭解之方式加以訂定。另外，劉韻珠(民86)指出以系統觀念調查航空事故人為因素時，必須針對飛航系統中相關人員作業之特性、以及人為疏失型態深入探討，先瞭解人員作業行為，確認哪些是誘使人員行為導致事件發生之因素，才能對類似的事件提出有效的防制措施。

再則，航管系統乃由管制員和駕駛員所組成的，故此兩個組織單位必須密切合作，才可確保飛安水準（Harss et al,1991）。管制單位與飛航系統之其他組織單位亦可能存在溝通問題，其中最常發生的即為管制員與駕駛員之協調溝通問題，不少學者針對此議題進行研究，例如：Hopkin（1988）指出管制員與駕駛員間之資訊傳遞方式、管制所需之資料輸入與傳遞、呈現方式等皆會造成人為疏失。Gasaway(1986)將管制員/駕駛員溝通錯誤之原因歸納為：漫不經心、沒專心聽、口齒不清、選擇性地接收訊息、駕駛艙噪音、外來的噪音、不適當的電子設備使用與選擇性接受訊息兩者同時存在等七個因素。Golaszewski(1989)則將溝通疏失分為六類：(1)駕駛員不正確地讀取、覆誦管制指令，而管制員未加以修正、(2)管制員不正確地讀取、覆誦與駕駛員溝通之資訊，而駕駛員未加以修正、(3)駕駛員讀取管制員欲頒布予另一架航機之指令、(4)航管將指令頒佈予錯誤的航機、(5)駕駛員不服從管制指令、(6)管制員聽錯其他管制員所傳遞之資訊，而其他管制員未加以修正。

最後，就我國實際發生之案例分析中，王明揚等(民94)針對民國九十年所發生的國內飛行員與航管人員溝通用語失誤之案例，分析可能產生的溝通問題，結果發現「飛行員的預期心理」、「聆聽與覆誦未確實執行」、「航管術語之誤解」、「分心」、「不完整的覆誦」等失誤，乃屬最易發生之溝通失誤。

2. 小結

綜觀以上，由國內外航管相關案例之統計分析，與有關文獻之研究結果可發現，致使管制人為因素之主因不僅僅是與個人有關，亦與航管其他因素及外部因素有關，並可彙整如表2-4所示。

表 2-4 航管人為因素導因與內容彙整表

因素	內容
個人	經驗/專業能力(指令、術語)不足
	缺乏協調合作能力
	溝通不良
	讀取/聆聽/覆誦不確實或錯誤
	未即時修正對方(駕駛員/其他管制員)不正確之行為
	判斷/規劃不適當
	疏忽
	忘記該做的事情
	不專心
	其他作業疏失
組織	工作環境與設備規劃不當
	缺乏組織安全性計畫
	作業需求與內容
	管理者未盡管理督導之責/管理疏忽
	工作負荷/壓力
	團隊合作狀況不佳
	程序規劃不合宜
	制度制定不適宜(獎懲/訓練/輪班/差勤/甄選/晉用/升遷)
系統	資訊輸入與提供方式之適切性
	協助功能之呈現形式與內容
	人機介面問題
	系統維修情況
	系統故障
外部	駕駛員
	軍情
	空域規劃
	氣候

資料來源：本研究整理

2.3.2 航管系統與人因工程

1. 文獻回顧

航管系統自動化雖可取代部份人工作業，提供更精確的航機資訊，及其他先進之功能，並提昇系統容量，進而增進航管作業效率與降低部份工作負荷。然而系統操作者終究是人，故人與系統之角色分配及互動關係於航管系統演進過程中顯得十分重要。不少研究認為先進系統潛藏之缺點與影響不容忽視，除系統設計問題外，亦針對人機介面（航管系統與管制員間之關係）之議題提出不少探討，更將人機影響作用視為重要之發展課題。

人為疏失係因當事者之能力不夠、訓練不足或精神渙散所引起，然近年的研究發現，絕大多數人為疏失乃因系統設計不當所引起(許尚華，民 83)。Goettl(1991)認為並非所有的自動化均可減少工作負荷，某些形式的自動化反而增加人類操控者之監控任務，若系統被視為安全可靠，那麼操作者可能會因此自滿，且於作業時不認真，間接產生危險問題。再則，雖目前航管作業愈來愈依賴系統，可如果航電系統常常停機維護，將造成管制員作業相當大的壓力(黃國智，民 93)。故 Fokas(1991)指出當自動化和人一起存在時，系統之設計應考量到人的缺點與限制。

所謂「航管系統人為因素」，乃指人、人與系統間之交互作用：人會影響系統安全、效率、容量、適用性狀況，而系統會影響人的角色、功能、工作滿意度和士氣（Hopkin,1988）。科技的進步，將造成人為因素相關問題之增加，例如：更複雜的資料處理(增加工作負荷)、更多極端的工作狀況(增加風險)、加重人力資源問題(管理單位需修改策略)、產生更多意外事故或操作錯誤，甚至是訓練失敗與人員短缺等問題（Jorna,1991）。Danaher(1980)認為採用自動化系統，無法減少航管人為錯誤。是以，若自動化在飛航系統中扮演更重要角色，則必須將人為因素視為未來系統設計所考量之重要因子。Garland(1991)亦認為系統自動化將帶來幾方面之人為疏失，包括：(1)技能降低，因減少使用技能的機會，而導致降低專業技能；(2)工作負荷，在低負荷量時，造成管制員厭倦、自滿、降低知覺滿意度、過度信度與濫用自動化系統；(3)

自覺失去管制，當系統愈來愈精密與自動化時，機器可自行制定決策與初步行動，不需人類的操控與輸入資料，此將影響人類自尊、工作滿意度和自我行動。

航管系統任何改變上之爭議，總是受到管制員所持的懷疑左右，故說服管制員接受新科技，以增進效率是一項困難的事(喬伊，民 91)。楊雅玲和陳芋頤（民 94）曾就我國航管自動化系統演進對管制員之衝擊進行研究，研究結果指出管制員所認知中，有關係統設計與功能之問題點為何，此問題點除可能造成管制員作業之困擾、誤解，也增加人機衝突與工作負荷，並降低對系統之信賴與接受度，進而影響作業績效與安全。由此可知，除作業疏失風險與生理方面，系統對於管制員之心理層面亦有所影響。

倘若管制員之工作負荷沒有清楚地施以任務分析及分配，潛在的人為疏失將維持不變，同時在某些狀況反而可能增加，故自動化有時反而導致人為疏失增加（Stager,1991、Bainbrige,1987）。另一方面，當航管作業逐漸趨向自動化科技，人與機器之關係將由互補逐漸改變為合作關係，透過人機介面之進步，團隊作業機會因而漸漸減少，如此將產生不良之影響(Hopkin,1991)。因此 Harss et al.(1991)認為人機之互動關係不能僅單獨著重於某一方面，應就人（個人的特殊行為）、職位、組織(管理形式、組織形象、部門和組織單位間之協調、組織氣候)等方面均加以著重，且這些方面均會相互影響。故於人機系統中，不能僅單獨考慮到人或系統，抑或只更換管制員或新技術。

由於系統之人為疏失通常牽涉系統故障，藉由瞭解以下七點因素，便可減少人為疏失：(1)環境、(2)人機介面、(3)組織相關規定之正確性、(4)人為因素、(5)系統設計、(6)訓練、(7)規章指南（Bailey,1983）。此外，倘若我們知道資訊和知識於系統中所扮演之角色與功能為何，及如何使航管系統容許人類失誤，並瞭解壓力因素所扮演之角色，藉此發展一綜合性之訓練計畫，亦可降低人為因素（Debons,1991）。

自動化對於訓練程序與甄選亦有相當之影響（Hopkin, 1988）。擁有操作自動化系統之技能實屬未來管制員必備之特

質，也是管制員甄選與訓練過程中重要之課程，若能應用自動化於甄選程序，便可簡化甄選過程與促進效率；而藉由電腦模擬實習操作，可使學員進一步認識自動化系統，且更熟悉電腦所提供之功能，及促進操作熟悉度和便利性。而相關系統維修程序也會因系統自動化有所差異。

就安全方面而言，航管不容許錯誤或失敗，故不論是系統或其它設備皆須具備高度可信度。技能會影響績效可達之最大水準、訓練之價值，與訓練後的個人化差異，故選用設備時，應盡量考量人類之特性。而系統操控之形式與敏感度同樣也會影響操作時之錯誤型態，然個人可透過技能的獲得，來改善大部份任務的作業績效（Hopkin,1988）。另一方面，Day（1991）指出系統設計之標準規範於未來航管系統發展中具重要之影響，相關人為因素之標準規範亦應納入。Isaac and Ruitenberg(1999)亦提出如此看法，複雜的人機介面需要程序規章與指南的規範，才得維持安全與效率，假若程序不充分或作業無法遵守標準規章，則系統失敗之機會將會增加。不僅如此，相關程序之規定，可減少個人作業之差異與不符規定之作業情況，藉由遵循標準程序作業，便可提昇管制安全與績效。

我國相關學者亦多著重於人機介面關係加以探討。其中蔡秋月(1997)認為人因工程在航管系統中具兩個核心主體：一為管制員本身，二為管制員與系統互動關係及其產生之結果。管制員必須結合管制工作的專業知識，以操作系統；而人因工程則得瞭解管制員與系統的介面關係，以設計舒適與安全之工作環境。此外，任何系統只要包含人工作業在內，就應以人本為出發點，提供人員滿意的環境，讓使用者能有益於整個系統的作業流暢，同時又不致於擔負過多或過少的工作量(黃國智，民 88)。根據我國交通部運輸研究所(民 81)，航管自動化系統的功能較多，結構也較複雜，於人機介面可能會產生若干不良之影響。當系統發生故障時，管制員必須有更迅速、正確的應變能力，因此航管自動化系統對管制員應變能力的要求也增高。

我國民航局(民 81)指出，於研究如何充分運用航管自動化系

統以降低航管人員工作量，並增加管制能量前，應了解航管自動化系統對航管人員工作量之影響是有其限制的，系統設計不良反而會增加管制員的工作量。此外，航管作業並非僅靠裝備設施即可達成，還需依賴人員來執行，及不同的航管單位分工合作。若要增加管制工作效率，則須增加管制席位、充實管制人力、加強人員訓練、提昇管制能力和技巧...等。

2. 小結

綜此，航管系統除其功能協助與資訊提供方式合宜與否，及相關設備、程序、指令等之設計與規劃，對管制績效與安全具影響性外，對於組織作業方式、制度之制定，甚至是管制員個人心理和生理皆具相當衝擊，進而成為導致危機之一大誘因。是以，於自動化過程中，相關作業程序、甄選與訓練制度是否應加以修改，以更符合自動化作業所需，也讓管制員更熟悉系統作業，乃屬不可忽視之重點。

再則，如何在追求高科技協助之餘，亦能與其他相關資源間取得平衡，制定符合管制作業所需之制度、程序和規章，值得有關當局深入思考。

表 2-5 航管系統因素之影響層面與內容彙整表

影響層面	內 容	
管制員	工作負荷	過度信賴系統
	工作壓力	濫用系統
	自滿	人為疏失
	不認真	能力
	角色扮演	士氣
	作業形式	技能
組織	人力資源	組織協調作業
	訓練程序	工作環境之設計
	甄選程序	

資料來源：本研究整理

2.3.3 組織因素

1. 文獻回顧

飛安失事統計雖仍以飛航航務運作相關組員為標的，然隨著科技的進步，使得組織、文化及系統逐漸受到重視(仁靜怡和賓立亞，民 90)。愈來愈多的飛航事故案例顯示，組織因素已成為主要肇因之一，近年來，航空產業與飛安研究將此納入分析重點，針對此方面作一深入探討，特別是組織安全文化與組織氣候。

組織文化直接影響到飛行安全及服務品質。航空業界組織文化之產生，乃淵源於飛航系統作業人員間之團隊合作作用，其涵蓋之範圍小至口號標語、員工制服配件，大至典章制度、管理措施、領導風格與組織氣候（許尚華，民 83）。航管組織係由管理單位、技術部門、管制員、管理與機師等組成的複雜社會系統，組織氣候惡化，或不同組織單位間、管制員間的爭論，將導致爭執，降低效率與組織能力，造成壓力與緊張，及缺乏為共同目標而一致行動的個人行為。因此，組織會影響個人行為態度，而組織和其成員之形象、特徵等會影響工作滿意度，甚至是團隊作業之成效（Harss et al.,1991）。故基於飛航安全的種種理由，透過合理的管理程序、管制員的態度之改善、人道主義、人員配置之效率，以預防及減少航管作業厭倦，乃為合適之組織策略（Hopkin,1988）。

由此可見，組織文化、氣候，甚至是作業方式，對於團隊作業方式、個人作業績效具其影響性，甚至是導致某些程度的人為疏失。Broach and Doller(2002)便鑑於近年來管制員人為操作錯誤增加，以 Human Factor Classification and Analysis System-Air Traffic Control（HFACS-ATC）為基礎，對各管制單位進行調查，以探討管制員態度、組織特性與督導管理方法對航管人為錯誤的影響。其中根據 HFACS-ATC 的分類，組織特性共可分為四大主要架構：(1)組織氣候，係指組織工作時的氣氛，若組織氣候具衝突與混亂將對飛安有不好的影響；(2)組織結構，亦為組織屬性，如管理者與管制員的比例、組織之分級制度等；(3)政策與程序，指組織所訂定的決策與規則等；(4)組織管理，包含人員、工作場

所、設備等組織所有資產之配置。

Isaac and Ruitenverg(1999)認為管制員間、管制員與管制單位間之溝通亦存在潛在問題。除生理和心理問題外，管制員強烈的社會文化差異會影響溝通，而溝通技巧則依據管制職位不同而有所不同。另管制等級制度導致更多溝通或協調衝突。而任何領導者必須要具建設性與有效地接受評論批評，以確保作業標準；團體組員間應彼此瞭解與坦誠，及知道其他夥伴對於作業之看法。

Baker (民 93)亦認為組織文化對組織安全與組織所進行的活動具重要之相互關係，組織處理錯誤的方法會反映出組織文化，應鼓吹公平文化，對真正的錯誤加以詳細檢查與分析。而就航管角度進行風險管理時，可從(1)管制員行為及管理的改進、(2)航管系統的改進與(3)程序等三方面進行。其中管制員行為及管理的改進方面，可透過管制員自我教育及領導統馭進行，亦即航管文化的演化。其認為管制員除應具備優良的專業知識外，還需具有合作協調能力、高情緒智商，才能發揮良好的團隊合作效益；而管理人對於管制員應輔導重於處罰，以建立協調合作、敬業及紀律的文化（黃國智，民 87）。

組織因素之探討課題，也包括程序、政策與制度方面。不當之政策與程序、制度，易致使管制員壓力與心理不平衡，尤其管制員超時加班工作與人力配置問題一直以來均是極被關注之課題，人力不足或超時加班將造成精神不佳或壓力過大，容易產生危險。儘管工作負荷量難以定義與量化，且尚無明確之證據顯示工作負荷量會造成管制員工作壓力，進而影響管制安全，及無證據可證明危險事件、事故或注意力疏失、作業失誤等與高工作負荷量之相關性（Hopkin,1988），然而不少研究皆針對此方面進行研究與提出不同論點，探討其對飛安之影響性。

Hopkin（1991）認為基於人道主義與醫學考量，減輕壓力是必須的，但卻不見得能明顯地提昇安全；然 Fokas（1991）卻認為疲勞或工作負荷大，乃為致使人為疏失之另一原因。管制員工作負荷高，再加上人數不足，將會造成安全疑慮（Ross,2002）。若工作需求超過作業資源，可能會造成疏失，且亦會造成管制員

心理與生理壓力，引發各種心血管疾病，甚至是對個人狀態產生影響（如降低工作滿意度與意志），進而影響工作績效（Tattersall et al.,1991）。工作負荷量所產生最不好之作用乃是影響管制員對組織結構與氣候之感認，英國 National Air Traffic Control Services 以英國管制員為研究對象，採用問卷調查的方式，定義航管壓力來源、評估壓力因素之影響（Tattersall et al.,1999），其中，就一般壓力來源中而言，管制員最關心的是組織結構與氣候，包括缺乏諮詢機會、員工士氣低、員工不足、訓練不足。

就我國而言，台灣管制員工作時數比國外管制員工作負荷量重(林豐福和林沛達，民 85)。且我國管制員需值班又得值日，致使超時工作休息太少的現象，依據相關辦法，反而造成工作負荷與俸祿不呈比例之情況(金新民，民 92)。Hopkin（1988）認為管制員輪班的標準必須加以確認與規定，以避免發生管制員超負荷工作量之潛在危險性，然而當空中交通量少時，相對地管制員工作量會減少，因而產生厭倦（或無聊），且厭倦（或無聊）、低工作負荷量等可能會導致自滿，也潛藏危機。

標準化程序乃為了減少人類行為之差異(Isaac and Ruitenverg,1999)，因此，程序應該清楚寫明、防止錯誤、不含糊、廣泛、不互相矛盾，且容易瞭解與實施才是。而對於管制員的甄選、使用、標準化晉昇與獎賞等方面，應建立一適當的機制，以提昇航管管理與團隊士氣(黃國智，民 87)。然而，金新民(民 92、民 93)曾以管制案件案例說明我國飛航服務總台及民航局航管組對管制案件調查看法的不同，並指出民航局航管組調查所依據之規定與法源具相互矛盾之處，更甚者，有些規定並未於規定程序中記載，產生法規依據模糊之問題。另一方面，我國航管訓練之教官選派制度、教導方式、人力配置具問題點(林昌富，民 89)。另一方面，根據我國交通部(民 92)之問卷調查統計結果顯示，管制員對航管制度不滿意之比例甚高，整理如下：(1)認為升等制度不公平健全者，占 72.9%、(2)給薪制度不滿意，占 75%、(3)值班時數計算方式不滿意，占 77%、(4)晉用及考驗制度不公平/健全，占 45.9%、(5)當生活遇到壓力時，服務單位沒有提供保密性的心

理輔導，占 82.6%、(6)對於管制作業室環境不滿意，占 59%。

2. 小結

組織相關因素不僅包括組織氣候、文化與作業方式，亦涵括各種有關制度和程序，甚至是團隊之協調溝通，個人行為態度。由表 2-7 更可發現，協調溝通之問題為首要影響管制作業之因素。其中，不佳之組織氣候與文化，將影響團隊作業與風氣、個人態度、個人對組織之認知，甚至間接影響心理因素。不適宜之制度，諸如：甄選、訓練、晉用、薪資與排班制度，會影響個人管制能力、作業意願與工作負荷狀況，產生心理不平衡。而不合宜之作業程序與規章，將促使作業不確實或不標準，甚至是無所適從。在在均是危及航管績效和安全之重要因子，不容忽視。

表 2-6 組織因素影響層面與內容彙整表

影響層面	內 容	
管制員	個人行為態度	工作壓力
	個人對組織的認同	工作負荷
	個人對組織的感受	心理負荷
	作業疏失	與他人或其他單位之溝通
	作業績效	工作滿意度
組織	組織作業績效	組織氣候
	團隊作業形式	組織安全文化
	團隊協調溝通	組織形象

資料來源：本研究整理

2.3.4 工作環境

1. 文獻回顧

工作環境與工作位置之設計乃屬影響人為因素之原因 (Hopkin,1988)。而航管作業環境之改變，可能會影響管制員任務特性與人員配置之標準 (Cohen et al.,1997)。Paul (2001) 指出管制作業室內易導致分心及焦躁之事物，將會造成作業疏失。

對工作空間及結構的決定，乃是影響人為錯誤可能或先後發生的先決條件，特別是決定有關顯示資料與代碼、管制的種類及輸入裝置的敏感度、工作空間內設備的規劃、通訊頻道、活動的方式及對於顯示器與失誤裝置之間的認知關係等(工作小組，民83)。根據劉宏一等人(民90)對我國管制員進行管制工作困擾因素問卷調查，結果發現工作環境不良竟是管制員工作困擾的第二大因素，占11.6%(見表2-7)。由此可見，工作環境之設計對於管制作業之績效與安全，具相當程度之影響。

表 2-7 管制員管制工作困擾因素問卷統計分析

排序	管制工作	困擾因素百分比
1	空域結構不良	17.9%
2	工作環境設計不良	11.6%
3	與軍方協調困難	10.1%
4	與其它航管單位協調困難	10.1%
5	助航、通訊設施不良	9.9%
6	程序失當	9.5%
7	與本單位行政主管協調困難	8.7%
8	航機過多	7.5%
9	自我能力不足	4.5%
10	與本單位值班督導、協調員協調困難	3.6%
11	與駕駛員溝通困難	3.6%
12	與單位內同事協調困難	3.0%

資料來源：劉宏一(民90)&本研究整理

2. 小結

由此，航管作業環境需輔以適當之系統擺設、空間規劃、人員配置，並移除外在干擾因素，才可提供良好的工作環境，進而提昇工作意願與效能，降低作業風險。

2.3.5 小結

飛航作業係為一個團隊合作與協調之大環境，需仰賴眾多人員、資源、設備、等相關內在及外在層面緊密地合作與溝通協調，

才得預防飛航每個階段所隱藏之潛在危險。而航管為維護飛安不可或缺之關鍵，儼然亦為一團隊合作的環境，綜觀以上，其相關任務除需管制員監控操作外，尚需航管系統、訓練、程序與法規、舒適工作環境、組織管理、團隊合作與協調溝通等硬軟體的各種資源協助，才得維護管制安全和效率。為防制任何可能發生的危險因子，必須瞭解風險型態及影響方式，否則任一個疏忽或彼此互動不良，都可能造成不可挽救的損失。

綜此，本研究擬基於文獻回顧之彙析為研究架構之理論基礎，參考相關研究所提出之航管飛安風險因素層面架構，並納入組員資源管理之理念及我國航管案例之因素，藉以構建研究架構，與研擬研究假說模式-「航管風險因素模式」，及建立各因素層面之關聯假說，並基此作為問卷設計與指標研擬之基礎。

航管風險因素可歸納為軟體、硬體、人為、環境四大因素構面加以探討。本研究乃參考 IATA 事故/事件肇因分類，探討航管作業可能面臨之風險，並將該分類之機械構面命名為硬體構面，組織構面更名為軟體構面，以更適合應用於探討我國航管風險。

本研究將航管作業所面臨之風險歸類如下，關於各因素構面之指標與因素相關性假說將於後續章節中詳細說明：

- 一、人為因素：如經驗不足、作業疏失、個人與其他人員協調不良、心理與生理因素、決策錯誤、警覺性不夠....等。
- 二、軟體因素：組織文化不佳與管理疏失、程序與制度不符作業時宜、組織氣候不佳...等組織內在因素。
- 三、硬體設備因素：如系統功能不正常、設計不良，及人機介面衝突等航管系統風險。
- 四、環境因素：工作環境設計不良、航管/非航管人員之溝通協調等外在風險因素。

2.4 航管案例研析

除文獻回顧外，為求研究符合國情，本研究輔以參考我國部份飛安案例，以了解、歸納我國航管於實際飛安事故中所具之風險為何。

2.4.1 案例探討

本節列舉出幾個國內飛航事件中，因牽涉航管因素而造成失事、空中接近、意外事件、飛航違規之案例，並說明航管影響飛航安全之型態為何。由於資料取得不易，本研究參考部份文獻，以蒐集研究所需之案例，整理於下。

表 2-8 我國管制因素相關之民航機飛航安全事故案例簡表

案例一	
日期	1993.02.28
事故發生過程簡述	航機於豐年機場與蘭嶼機場間失去聯繫而失事。
事故主要肇因	人為因素
航管誤失說明	1.蘭嶼塔台 VHF 受山區地形影響，小部份區間通話不良。 2.台東進場台與蘭嶼塔台管制所使用的通話頻道之頻率不同，因此無法得知彼此的通話。 3.航機轉換通話頻道卻未與航管聯絡，故無注意到豐年塔台呼叫另架航機有關蘭嶼機場關閉，指示返航之通話。 4.航管作業應修正飛航時間而未修正，應通報蘭嶼塔台而未通報，誤以為航機已於蘭嶼機場關閉前降落。 5.豐年與蘭嶼兩塔台間飛航資料傳遞未盡周延，致使雙方誤解，且均未互相查證。
飛行階段	進場
案例二	
日期	2004.04.24
事故發生過程簡述	天氣影響落地，以致飛機落地後偏離跑道。
事故主要肇因	天氣因素
航管誤失說明	航管人員未即時察覺天氣劇變，未提醒飛航駕駛員注意。
飛行階段	落地

資料來源：民航季刊（民 90）& 本研究整理

以上兩個案例皆發生於降落階段，雖最終肇因歸類為駕駛員人為因素和天氣因素，然管制疏失也佔了很大的比例。其相關疏失為：通訊不良、單位間協調不佳、資料傳遞不確實、管制員與

駕駛員溝通不良、作業不確實、警覺性不足等個人疏失因素與系統因素。

此外，民國 83 年 12 月 4 日，台北區管中心一管制員將新航 881 班機誤為印尼航空 981 班機，引導時指示新航班機爬升，卻發現西北航空班機迎面飛來，兩班機僅相距三哩，高度差一千呎。

民國 83 年 5 月，中正機場發生二次雷達當機，分別為 27 及 3 分鐘，同年 8 月再度發生雷達當機，當機時間長二個多小時。當機期間管制員只能使用陸空通訊無線電系統指揮班機起降。

民國 83 年 12 月 12 日，一架長榮班機由中正機場飛往紐西蘭，航機向北飛行到 37 呎才發現未依規定於四千七百呎右轉，朝著僅有四千呎的大屯觀音山飛去，幸航管員即時發現，引導其爬升至五千呎，使免於空難。

民 88 年 3 月 20 日某航空公司客貨兩用航機於松山機場起飛欲飛航高雄執行載客飛行任務，起飛後機場塔台通知有物件自航機掉落，發現是發動機整流罩，立即通知機長返航松山機場。

因此，可知管制員的警覺性、注意力與判斷能力十分重要，而航管系統雖可協助管制員管制作業，但當系統設備故障或當機時，反而增加了管制員壓力，此時管制員該如何冷靜地補救並繼續進行航機引導，更考驗個人專業能力與訓練。

至於空中接近事件、飛航違規與危險事件的案例，本研究參考陸鵬舉和嵇允嬋(民 85)之研究。其以美國波音公司之失事預防策略 (Accident Prevention) 理論為基礎，採用波氏迴歸模式探究民國 58 年至 84 年我國國籍航空器之飛航事故肇因，以分析飛安風險。該研究中將預防策略分為 A 類 (在失事報告中具體載明之結論) 與 B 類 (計劃研究人員審讀全案資料，經過研判後認為應該列入之原因)。於 A 類與 B 類統計中，有關航管因素之原因則分為(1)航管/飛行員間溝通程度，及(2)航管系統性能等兩個肇因。

表 2-9 我國民航機空中接近、危險事件及失事案例簡表

案例一	
日期	1978.08.13

事故發生過程簡述	某航空公司班機由於飛航駕駛員操作程序錯誤，飛機在順風進場重飛時，未收襟翼，在低空做低速轉彎，致使飛機失事墜毀。
飛安事故類別	航員因素、航管因素
失事/事件報告載明之原因	飛航駕駛員是否遵守程序 基本飛行技術 重飛決定之下達
經分析後研判之原因	航管系統之性能
飛行階段	重飛/初始爬升
案例二	
日期	1979.09.09
事故發生過程簡述	1.甲與乙兩航空公司管理階層缺乏安全管理計劃，造成飛航駕駛員不良習慣。 2.事故當天兩航空公司班次協調不當。 3.甲航空公司駕駛員未獲塔台許可擅自進入跑道。 4.乙駕駛員雖獲塔台許可降落，但跑道上仍有另架班機，不應降落。 5.塔台管制員無約束力，任由飛行員決定。
飛安事故類別	航員因素、航務操作因素、航管因素、航站管理因素
失事/事件報告載明之原因	飛航駕駛員是否遵守程序 其他操作程序的認知程度 飛航駕駛員之警覺性及注意力 航管/飛航駕駛員間之溝通程度 跑道危險因素的排除
經分析後研判之原因	航管系統之性能
飛行階段	著陸、裝卸滑行
案例三	
日期	1980.02.27
事故發生過程簡述	某航空公司班機於距跑道頭 6 哩時，機長發現高度較高，仍照常降落，致使嚴重後果。機場為求儘速下降，收回油門放襟翼及起落架並使用減速板，使下降率增大，操作失當。
飛安事故類別	航員因素、航務操作因素、航管因素、航站管理因素
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能 航管/飛航駕駛員間之溝通程度
飛行階段	最終進場
案例四	

日期	1989.10.26
事故發生過程簡述	某航空公司班機飛航駕駛員從花蓮機場 03 跑道起飛後，未遵守離場程序，且副駕駛未及時提醒正駕駛的錯轉而做改正動作，促使失事。
飛安事故類別	航員因素、航管因素
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能 航管/飛航駕駛員間之溝通程度
飛行階段	初始爬升
案例五	
日期	1994.08.12
事故發生過程簡述	S 航空公司班機由新加坡至台北，高度飛航空層 370 於距西港電台約 50 哩處，與越南 V 航空公司班機由胡志明市至台北同高度，管制員引導 S 航空公司班機避讓，但因引導不佳，致使兩航機隔離不足。
飛安事故類別	航管因素
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能
飛行階段	巡航
案例六	
日期	1994.11.28
事故發生過程簡述	G 航空公司班機由管制員引導，準備實施馬公機場儀器進場，管制員指示該班機高度從七千呎下降至五千呎，但管制員疏忽未注意到當時附近正有一架 A 航空公司班機高度為六千呎，雖管制員適時提供航情，仍造成隔離不足。
飛安事故類別	航管因素
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能
飛行階段	進場
案例七	
日期	1994.12.04
事故發生過程簡述	S 航空公司班機由漢城往新加坡，高度飛航空層 310，同時反方向有一架 N 航空公司班機由香港至東京，高度飛航空層 330，於鞍部電台附近時，管制員許可 S 班機爬高至飛航空層 350，但卻未注意 N 班機高度及位置，造成隔離不足。
飛安事故	航管因素

類別	
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能
飛行階段	巡航
案例八	
日期	1995.05.09
事故發生過程簡述	S 航空公司班機由嘉義機場起飛往松山機場，起飛後雷達電碼無顯示，僅初級信號顯示良好，因此仍實施雷達管制，但管制員遲至班機報告通過後龍電台東北十二浬時，才將其交予中正進場台。
飛安事故類別	航管因素
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能
飛行階段	巡航
案例九	
日期	1995.05.11
事故發生過程簡述	A 航空公司班機由松山機場起飛往高雄機場，同時段另一架 F 航空公司班機由松山機場往馬公機場，兩航機分別接受中正進場台松山東區席與松山西區席管制員雷達管制，由於兩席位管制員溝通不良，及未注意協調時機，致使兩航機於後龍東北隔離不足。
飛安事故類別	航管因素
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能
飛行階段	巡航
案例十	
日期	1995.05.26
事故發生過程簡述	K 航空公司班機於高雄機場準備起飛，因動作稍緩且管制員經驗不足，處理欠佳，造成與即將落地之 M 航空公司班機隔離不足。
飛安事故類別	航管因素
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能
飛行階段	進場
案例十一	
日期	1995.06.01

事故發生過程簡述	F 航空公司班機自豐年機場返回松山機場，於宜蘭南方二十哩、高度一萬五千呎，同時另有一架空軍運輸機與 F 班機對頭約三十哩，高度一萬四千呎，管制員許可 F 班機下降高度至一萬一千呎，因判斷錯誤致使兩航機隔離不足而接近。
飛安事故類別	航管因素
失事/事件報告載明之原因	航管系統之性能
飛行階段	巡航
案例十二	
日期	1995.06.15
事故發生過程簡述	Y 航空公司班機於台東豐年機場降落時，未放起落架。
飛安事故類別	航管因素、航員因素
失事/事件報告載明之原因	飛航駕駛員是否遵守程序 副駕駛的再確認
經分析後研判之原因	飛航駕駛員的溝通能力及動作 飛航駕駛員之警覺性及注意力 航管系統之性能
飛行階段	降落
案例十三	
日期	1995.07.30
事故發生過程簡述	C 航空公司班機降落時，未能適時地控制速度，偏出跑道。
飛安事故類別	航管因素、航員因素、氣象因素
失事/事件報告載明之原因	飛航駕駛員的溝通能力及動作 飛航駕駛員是否遵守程序 飛航駕駛員基本飛行技術 航管系統之性能 氣象資料之提供與準確性
經分析後研判之原因	飛航駕駛員之警覺性及注意力
飛行階段	降落

資料來源：陸鵬舉和嵇允嬋(民 85)& 本研究整理

空中接近案例多為管制員引導不佳、誤判、溝通或單位間協

調不良、疏忽等造成航機隔離不足。而危險事件則為歸咎於航管系統功能發生問題，及管制員未即時發現危險狀況。

故若管制員能適時發現航機不正常的飛航行為，並增進與駕駛員溝通協調能力，便可避免類似事件與飛航違規事件發生。

此外，關於飛航違規之相關案例，請參考表 2-10。

表 2-10 我國航空器飛航違規表

案例一	
日期	1994.12.12
事故發生過程簡述	E 航空公司班機自中正機場離場，原計畫由 06 跑道起飛後更換為 05 左跑道，飛航駕駛員未重新設定電腦系統之離場程序資料，致起飛後誤判航空器之位置，於距機場東北約五哩位置，高度 3200 呎，自行右轉向東飛航，有接近山區及造成與另一航空器隔離不足之疑慮，經航管引導重新加入正常航路。此外該航機未依造航管指定之鞍部一號離場程序飛航。
飛安事故類別	航員因素
失事/事件報告載明之原因	飛航駕駛員是否遵守程序
經分析後研判之原因	副駕駛的再確認
飛行階段	爬升
案例二	
日期	1994.03.21
事故發生過程簡述	G 航空公司班機由嘉義機場至台北，機場因簽派員疏忽誤其目的地為馬公，經塔台及副駕駛提醒仍飛往馬公，落地後才發現飛錯機場。
飛安事故類別	航管因素、航員因素、航務操作因素
失事/事件報告載明之原因	飛航駕駛員的溝通能力及動作 飛航駕駛員是否遵守程序 副駕駛的再確認 其他操作程序的認知程度 航管/飛航駕駛員間之溝通程度
飛行階段	無法定義
案例三	
日期	1995.06.14
事故發生過程簡述	Y 航空公司班機於台中水湳機場未經塔台許可便自行起

程簡述	飛。
飛安事故類別	航員因素
失事/事件報告載明之原因	飛航駕駛員是否遵守程序
經分析後研判之原因	副駕駛的再確認
飛行階段	巡航

資料來源：陸鵬舉和嵇允嬋(民 85)& 本研究整理

2.4.2 小結

在飛航管制風險與疏失上，除了航管系統功能之穩定性外，管制員與駕駛員溝通不良，或管制員與管制員彼此間溝通不良、航機交接不當，均為誘使飛航事故可能發生的重要原因之一。不論是空中接近等管制案件抑或飛航事故，只要是牽涉到航管因素，相關航管人員需要提供當時資料以協助調查，或被調查是否有個人疏失，姑且不管調查結果為何，或不論管制員是否須被懲處，抑或是否屬管制因素，均將對於管制員個人心理及航管作業蒙上一層陰影。

其中，表 2-9 之事故類別係根據波音公司失事預防策略之分類，雖其定義中「航管系統之性能」(代碼 40)旨為除通訊外，培養在處理航管硬體設備、系統性能、管理方向及管制人員工作表現上，所面臨各種狀況的警覺性，以減少未來失事發生的潛在風險。然本研究認為若能將管制員個人因素（包括疏失、疏忽）獨立成為一個事故類別項目，甚至將其他航管相關因素獨立歸類，與單純因航管系統設備功能發生問題而造成事故之肇因分開討論，則更能顯示航管之飛安風險因素。

2.5 研究方法相關文獻回顧－結構方程模式

結構方程模式多被應用於不可直接被觀測或量化之研究模式假說之驗證，並檢驗多個變數間是否具線性因果關係，最常見的方法乃為利用問卷調查量化個人認知，以取得研究所需之實證

資料，而模式之參數校估則多應用最大概似估計法。

結構方程模式起初多被應用於教育、心理學領域，近年來，已被其他研究領域所應用。本研究之研究方法為結構方程模式之測量模式概念，為瞭解結構方程模式如何應用，本節將進行相關研究之回顧，並整理於表 2-11，分述說明於後。

表 2-11 結構方程模式相關文獻彙整

作者	研究領域	研究主題	觀察變項型態或來源	模式校估軟體
Rahim et al. (2001)	管理	管理人權力、工作績效、管理衝突	問卷	LISREL
Jen and Hu (2003)	交通運輸	乘客再度使用公車之意願	問卷	SAS、LISREL
Chau(2001)	行為	電腦行為與自我效力對 IT 處理行為的影響	問卷	LISREL
Legge and Rainey (2003)	行為	影響贊同或反對民營化之因素	實際調查、資料	LISREL
游森期(民 92)	心理	心理與人格特質狀態	問卷	LISREL
蘇國楨和林錦郎(民 92)	教育	大學領導模式	問卷	LISREL
張郁雯(民 92)	教育	大學評鑑量表	問卷	LISREL
邱皓政(民 92)	心理	青少年自我概念	問卷	LISREL
周榮昌等(民 92)	交通運輸	高速公路資訊系統	問卷	LISREL
呂錦山和黃梅君(民 92)	交通運輸	影響定期船商實施純損風險管理因素	問卷	LISREL
吳宗修等(民 92)	交通運輸	駕駛人道路暴力行為	問卷	LISREL
溫傑華等(民 93)	交通運輸	駕駛人違規駕駛行為	問卷、實際數據	SAS
任維廉和呂唐榮(民 93)	交通運輸	國道客運乘客行為意向	問卷	SAS
林盈合(民 92)	交通運輸	航空公司風險因素	問卷	LISREL
趙延祥(民 92)	交通運輸	行人違規行為	問卷	LISREL
曾怡婷(民 94)	交通運輸	航空公司服務利潤鏈	問卷、實際數據	SAS
曾詩微(民 94)	會計	總經理獎酬因素	實際數據	AMOS

資料來源：本研究整理

2.5.1 交通運輸領域

近年來，結構方程模式應用於交通運輸領域已有不錯之研究結果，例如：吳宗修等（民 92）、趙延祥（民 92）均於研究中皆採用問卷調查方式，並應用計劃行為理論結合結構方程模式研究行為意向，前者研究駕駛人道路暴力行為之意向，後者則研究行人違規行為之意向。

另任維廉和呂唐榮（民 93）亦以問卷調查方法，應用結構方程模式探究影響國道客運乘客行為意向之因素，包括乘客知覺之服務品質、滿意度、移轉障礙等等。而由於駕駛者行經非號誌路口時，常因某些因素而致使道路意外事故發生，故溫傑華等（民 93）以駕駛人感受問卷與納入駕駛人社經變數，應用結構方程模式探究影響駕駛人於非號誌路口違規之因素為何。

周榮昌等（民 92）鑒於運輸研究中具無法量化之因子，便應用結構方程模式探究中山高速公路即時資訊系統對用路人行駛路線改變的影響。為了解旅運者的認知與態度，該研究以問卷調查為測量工具，探究影響高速公路駕駛者選擇路線之變數。校估結果顯示交通即時資訊系統對駕駛者認知具正面影響，且會增加路線轉移的傾向。另外，呂錦山和黃梅君（民 92）鑑於台灣海域之海難失事事件發生甚高，而台灣目前定期船商之風險管理大多由公司內部的保險或理賠部門執行，且風險之政策多採取規避方式，並無一完整的風險管理計劃。故其應用結構方程模式，透過對定期船商問卷調查，探討影響公司實施純損風險管理因素為何。

於航空運輸方面，曾怡婷（民 94）鑒於服務品質已成為影響航空旅客選擇航空公司重要因素之一，且服務品質不僅會影響旅客滿意度，亦影響航空公司利潤，故應用結構方程模式及運用服務利潤鏈之概念，驗證員工滿意度、顧客滿意度兩者對於航空公司獲利力之影響關係為何，探究影響航空公司獲利力之因素。除此，林盈合（民 92）採用模糊語意問卷，以飛安專家、學者為專

家問卷受訪者對象，應用結構方程模式之驗證性因素分析，將航空公司風險因素分為人為、機械、組織、環境四大因素，發展出符合我國國情之航空公司風險因素量表，期藉此達到事先預防之效。

Jen and Hu(2003)為瞭解影響乘客再度搭乘公車意願之因素，乃於台北都會區公車站與公車停靠站進行旅客問卷調查，建立且檢驗一「價值察覺模式」，以分析乘客再度使用城市公車的意願，並找出重要的影響因素。而為瞭解各因素關係與何者為重要影響因素，其結合SAS與LISREL統計軟體進行測量模式及結構模式之檢驗。

2.5.2 其他領域

除交通運輸領域外，其他領域之應用有如：Rahim et al.(2001)運用結構方程模式分析五種管理人權力類型、兩種下屬解決和管理人之間衝突的風格，及工作績效之間的相互影響關係。其中，管理人權力與解決衝突風格等資料的蒐集乃藉由對下屬問卷調查，而工作績效則由對管理人問卷調查取得。為了避免無回答問卷問題與有回答兩群組認知具差異，其以隨機抽樣與卡方值進行檢定。Chau(2001)藉由對三百多位學習商業管理的大學生進行調查，應用結構方程模式探討電腦行為與自我效力對IT處理行為的影響。

Legge and Rainey(2003)鑒於近年來民營化議題盛行，雖德國支持民營化，然東德和西德對於民營化看法不同，乃藉由觀察人民於銀行、醫院與電力等方面的言論意見，應用結構方程模式找尋影響民眾反對民營化的主要因素。其參考先前文獻研究結果選取個人特徵為外生變項，又研究自行發展個人經濟悲觀主義為模式潛在內生變項。蘇國楨和林錦郎(民92)以問卷為測量工具，建立我國大學領導模式量表。該研究利用Pearson相關分析、線性結構關係模式與層級迴歸分析等進行問卷結果分析。

游森期(民92)則應用結構方程模式，採取問卷調查建構「流行病學中心憂鬱量表」、「五因素人格特質量表」、「大學網路成癮

量表」、「憂鬱量表」等四種量表變項之間的結構方程式。各量表採李克特四點刻度計分，並以因素分析獲得各量表因素分類後，進行信、效度檢定。而張郁雯(民92)應用結構方程模式，亦利用問卷調查方式，對理工學院各系所學生進行認知調查，以建立大學生教學評鑑量表。此外，邱皓政(民92)建構青少年自我概念量表，該研究採取階層性驗證性因素分析，首先進行因素模型檢驗與競爭比較，待找出最佳模型後，再進行因果關係模式分析。

最後，曾詩微(民93)認為一公司高階管理者之獎酬與公司績效呈現一正向相關關係。獎酬制度適合與否，不僅將影響管理者工作意願，也影響公司、股東和其他相關人員之權利，故其運用結構方程模式，以企業實際之規模大小、會計、資本等各方面數據資料，探討影響公司高級管理者獎酬制度之因素。



第三章 研究方法與問卷設計

本研究之研究工具是問卷調查，除進一步結合模糊理論與結構方程模式之測量模式概念建構研究模式與問卷外，並應用驗證性因素分析來驗證研究模式-航管風險因素模式。本章節將針對研究方法之理論、特性，及研究問卷量表設計兩部份進行闡述。

3.1 研究方法

本研究所欲探究之航管風險因素乃屬一不可直接被測量之潛在因素，必須藉由其他可觀測之變項加以量測，且各風險因素間之相關性亦屬於潛在變項（Latent Variance）相關性之檢定，而一般用以探討顯性變數關係之統計迴歸方法，於本研究中並不適用。

結構方程模式（Structure Equation Modeling，SEM）可同時檢驗多個變項間之線性因果關係，且可針對可觀測之外生變項（Manifest Variance）與不可觀測之潛在變項的因果關係模式進行假說檢定。基此，本研究乃應用結構方程模式之測量模式概念進行研究模式校估、驗證，以檢驗研究所構建之航管風險因素模式是否適宜，與各風險指標是否足以衡量航管風險，及各航管因素間之關聯架構假說，期藉此找出影響飛安之重要航管因素。

3.1.1 結構方程模式理論與特性

結構方程模式（以下簡稱SEM）屬於多變量統計分析之一環，乃由瑞典統計學家Joreskog and Sorbom依據Bargmann and Bock (1966)的共變數結構分析加以發展而成，其後廣為一般社會及行為科學研究所使用，近年來也漸漸被應用於其他領域，如心理學、教育、行銷、經濟、財務與運輸之相關領域等。

簡單而言，SEM係指以多個線性模式呈現分析性變數關係之統計模式，可探討潛在變項間之單向與雙向因果關係。其有效地結合因素分析、路徑分析與多元迴歸，提供了一套完整的分析方法，並減少了上述幾種方法的限制與缺點。

SEM除了能考量測量誤差之外，還能提供模式配適度之評鑑指標，以檢測各項參數與模型特性，較傳統線性迴歸模式更具彈性。其優點與特性可條列如下（黃芳銘，2004、邱皓政，民93）：

- (1)包含許多不同的統計技術。
- (2)可同時處理測量與分析問題。
- (3)以共變數的運用為核心，也可處理平均數估計。
- (4)重視多重統計指標的運用。
- (5)具有理論先驗性。
- (6)可檢定個別項目的測量誤差，並將測量誤差從項目的變異量中抽離出來，使因素負荷量具較高的精確度。
- (7)可依據理論，預先設定項目放置於哪一個因素中，或哪幾個因素中，意即一個項目可同時分屬於不同因素，並可設定一個固定的因素負荷量，或設定任何幾個項目的因素負荷量相等。
- (8)可依據理論，設定某幾個因素之間具有或不具有相關。
- (9) SEM 乃是一種理論模式檢定的統計方法。可針對整體因素模式作統計的評估，以瞭解理論所建構之因素模式與所蒐集資料間的符合程度。

SEM模式中，主要包含潛在變項、測量變項和誤差變項等三種隨機變項，及結構參數。所謂的「潛在變項」，乃指無法直接衡量之構面或構念，例如：個人意識形態、學習態度等等；「測量變項」則是可直接被觀察的變項，諸如個人年齡、收入。由於潛在變項無法直接被觀測、估計，必須藉由可代表衡量此潛在變項之測量變項加以量測。至於各變項間的關係，則以結構參數描述。

一個完整的結構方程模式包括兩個部份：「測量模式」與「結構模式」。以下分別針對此兩個模式之理論加以說明。

一、測量模式

測量模式（Measurement Model），又可稱為衡量模式，主要在於描述潛在變項與測量變項之間的關係。如前所述，由於潛在

變項無法直接被觀察或量測，必須透過測量變項加以衡量、估計。檢測測量模式中的測量變項是否足以衡量潛在變項的統計技術，稱之為「驗證性因素分析」（Confirmatory Factor Analysis, CFA），藉此可檢驗研究者所提出的研究假說模式是否合宜，與評鑑測量變項可以定義潛在變項的程度。於實際應用上，研究者提出潛在因素與測量變項之關係，並建構測量模式之假設模式後，便可應用驗證性因素分析評鑑測量模式與理論界定樣本資料間之符映程度。

於潛在變項中，被假定為因者，稱為潛在自變項（latent independent variable）或稱外生變項（exogenous variables），以 ξ 表示；被假定為果者，則稱為潛在依變項（latent dependent variable）或稱內生變項（endogenous variable），以 η 表示。而於測量變項中，屬於潛在變項 ξ 的觀察指標命名為 X 變項；屬於潛在變項 η 的觀察指標命名為 Y 變項。針對測量模式而言， ξ 與 X、 η 與 Y 等變項間可構成了以下幾種關係：

- (1) 潛在自變項 ξ 與 X 變項之關係，以結構參數 Λ_x 表示。
- (2) 潛在依變項 η 和 Y 變項之關係，以結構參數 Λ_y 表示。
- (3) 外生測量變項（即 X）之測量誤差以 δ （delta）表示。
- (4) 內生測量變項（即 Y）之測量誤差以 ε 表示。
- (5) 潛在內生變項 η 無法被解釋的殘差以 ζ 表示。
- (6) ζ 之間的共變數矩陣以 Ψ 表示。
- (7) 潛在變項與可觀測變項間之迴歸係數以 λ 表示。
- (8) δ 之間的共變數矩陣以 Θ_δ 表示。
- (9) ε 之間的共變數矩陣以 Θ_ε 表示。

此外，Y 之測量模式若以矩陣形式表示，可表示為式（3-1），若是以迴歸方程式表示，則如式（3-2）所示，而其向量形式則表示如式（3-3）所示。

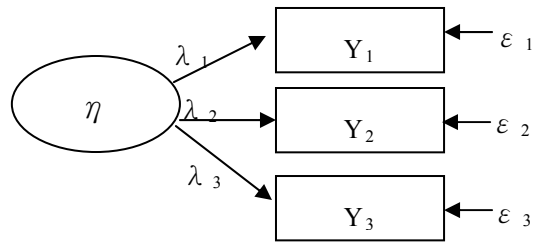


圖 3-1 潛在依變項之測量模式示意圖

$$Y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \dots \dots \dots \text{式 (3-1)}$$

$$Y = \lambda_y \eta + \varepsilon \dots \dots \dots \text{式 (3-2)}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} [\eta] + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{bmatrix} \dots \dots \dots \text{式 (3-3)}$$

X之測量模式程式若以矩陣形式表示，可表示為式(3-4)，
若是以迴歸方程式表示，則如式(3-5)所示。

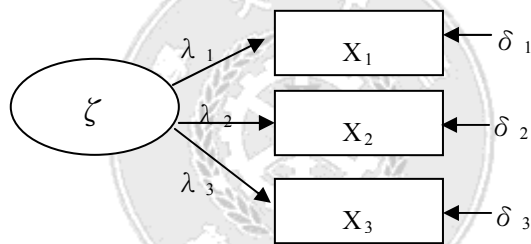


圖 3-2 潛在自變項之測量模式示意圖

$$X = \Lambda_x \zeta + \delta \dots \dots \dots \text{式 (3-4)}$$

$$X = \lambda_x \zeta + \delta \dots \dots \dots \text{式 (3-5)}$$

而其向量形式如式(3-6)所示。

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} [\zeta] + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{bmatrix} \dots \dots \dots \text{式 (3-6)}$$

SEM 中對於潛在變項之估計程序，乃在於考驗研究者先期提出的因素結構(測量模式)之適切性，一旦測量基礎確立了，潛在變項的因果關聯便可進一步透過多元迴歸、路徑分析等策略加以探究(邱皓政，民93)。

二、結構模式

結構模式 (Structural Model)，或稱為線性結構關係模式 (Linear Structural Relationships Model)。所謂的結構模式，係以路徑分析探討與驗證說明研究者所提出研究假說中，有關各變項間之因果關係 (Causal Relationship)。其主要在於建立潛在變項間互相影響之關係，即界定潛在內生變項與潛在外生變項之間的線性關係，除此，亦可衡量變項間之相互影響關係與影響程度。再則，此模式非僅止於探討單項因果關係，亦可探討變項間之雙向因果關係，故一般來說，結構模式包括兩種隱藏變項：內生（相依）變項與外生（解釋）變項。若潛在變項之間的因果關係僅為單一方向，稱為遞迴模式 (recursive model)；然當存在互惠關係時，則稱之為無遞迴關係模式 (nonrecursive model)。

潛在內生變項與潛在內生變項間 (η 與 η) 之迴歸係數以 β 表示，其結構係數矩陣則以 B 表示；若兩不可觀測之外生變項 (ξ 與 ξ) 之間存在著相關關係，其所形成之共變數變異數矩陣 (簡稱共變數矩陣，variance-covariance matrix) 以 Φ 表示，即以 Φ 表示潛在自變項 ξ 和潛在自變項 ξ 的關係，其迴歸係數則表示為 ψ 。而殘差向量，乃用以表示外生變項與內生變項間之解釋殘差，以 ζ 表示。此外生變項對內生變項的作用關係以迴歸係數 γ 表示，而結構係數矩陣則表示為 Γ 。結構模式之方程式可表示為：

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \dots\dots\dots \text{式 (3-7)}$$

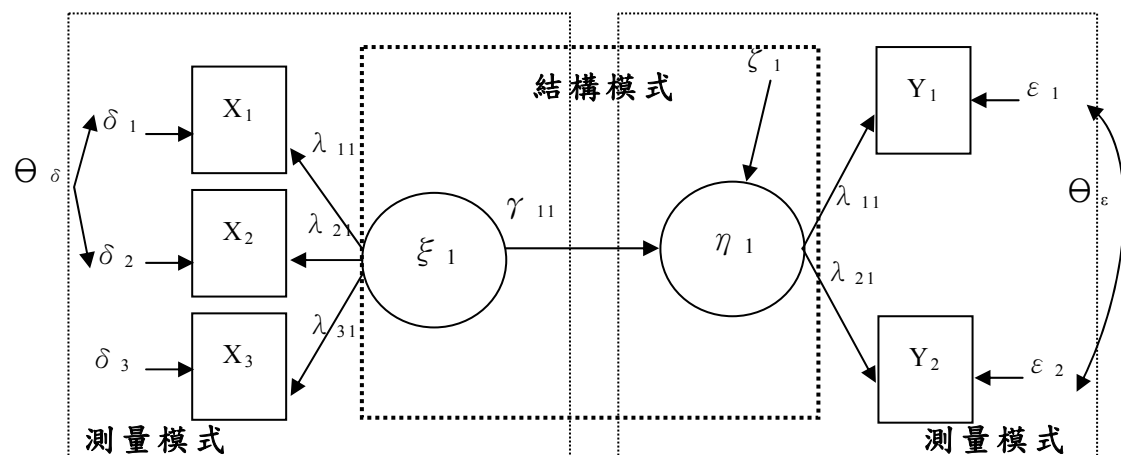


圖 3-3 典型的 SEM 模型圖示

資料來源：Byrne (1998)

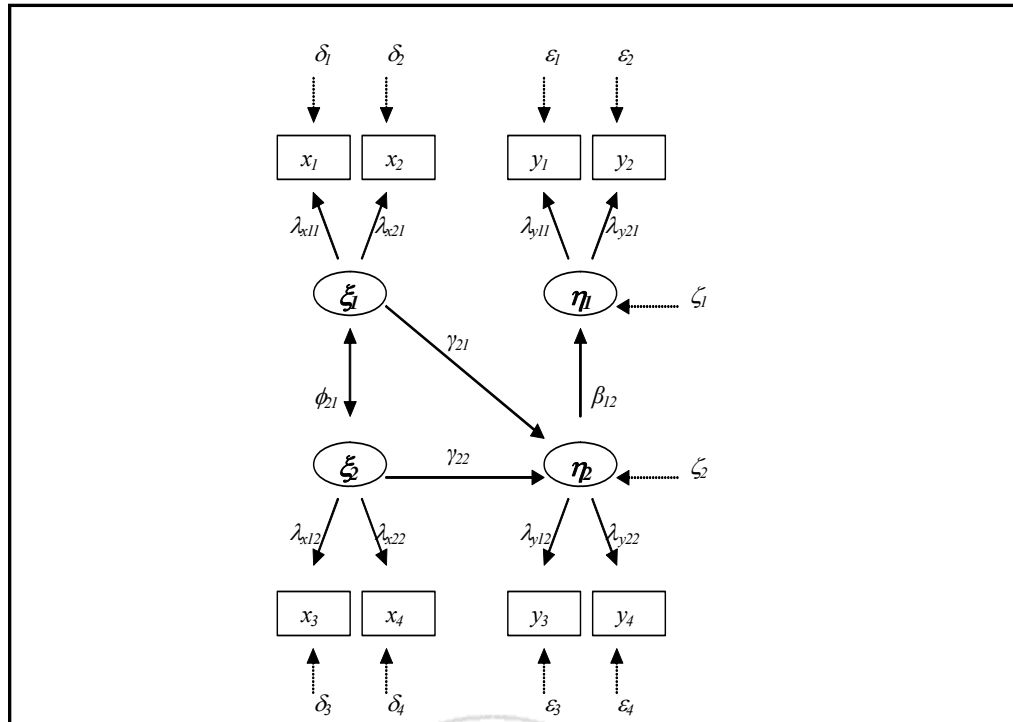


圖 3-4 完整結構方程模型的參數圖示

資料來源：邱皓政（民 93）& 本研究整理

Λ_x 、 Λ_y 、 Γ 、 Φ 、 B 、 Ψ 、 Θ_ϵ 、 Θ_δ 等是 SEM 主要的八個參數矩陣，在進行結構模式分析時，研究者必須先根據理論建立因果關係路徑圖，並將所要估計的參數代入測量模式與結構方程式中。若兩變數彼此間具有因果關係，以單箭號表示，箭頭所指者為果，箭頭來源為因；若為雙箭號，則表示兩者有相關但無因果關係；倘若兩變項具互惠關係時，則以兩條單箭號表示。

3.1.2 結構方程模式應用與分析步驟

SEM 主要特色之一，乃據理論為研究架構之基礎，故研究者必須先依據研究理論，發展一理論基礎模式，爾後構建變項間因果關係之路徑圖，並將路徑圖轉化為一套結構等式，指定其測量模式後，即可針對對研究者所提出的理論假設模式進行測量與驗證。SEM 分析之步驟如圖 3-5（黃芳銘，2004）所示，各步驟之內容分述於下：

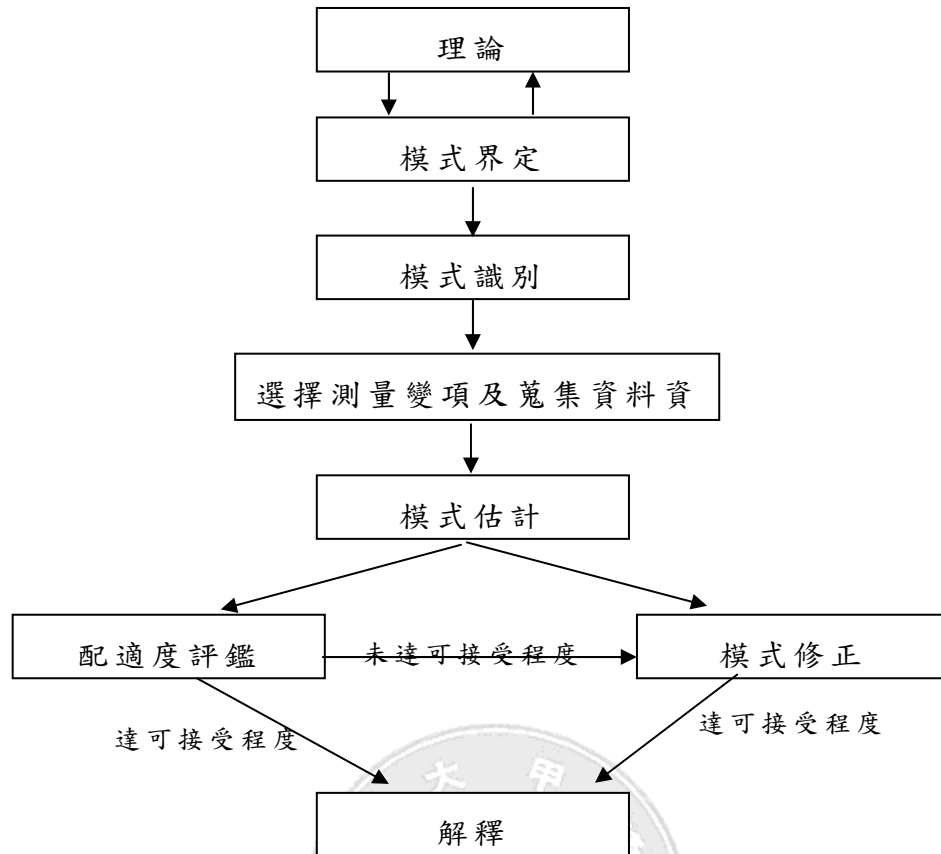


圖 3-5 SEM 分析步驟之路徑示意圖

資料來源：黃芳銘（2004）& 本研究整理

- (1)理論：SEM變項間關係之呈現，需要依靠理論來建立，且理論是假設模式成立主要的解釋依據。
- (2)模式界定：此步驟乃是將理論所呈現之假設，以SEM的形式加以表達。
- (3)模式識別：此階段在於決定模式是否可被識別，若可辨識，則後進行後續步驟。
- (4)選擇測量變項以及蒐集資料：即選擇用於模式中的測量變項，且蒐集測量變項的資料，以作為後續分析模式之用。
- (5)模式的估計：使用所蒐集之資料來估計模式參數。

簡而言之，研究者須先依據理論構建研究假說模式，設立測量指標，並蒐集所需之測量變項數據資料，並檢驗模式可被辨識後，才可進行模式驗證。倘若假設模式之配適度良好，方可進行

研究結果分析，否則，需進行模式修正，直至配適度可被接受後，才可進行模式結果分析。

3.1.3 模式辨識

在校估結構方程模式之前，需先進行模式辨識，以確定模式可順利地被估計，模式辨識又可分為測量模式、結構模式、整體模式之辨識，本節僅針對測量模式與整體模式之辨識進行說明。

1. 整體模式辨識

Bollen (1989) 提出一個衡量辨識性的必要但非充分的辨識條件計算法則，稱之為 t 法則，一般有關研究於處理辨識問題時，亦多採用此規則。t 法則係利用測量資料數 (the number of data points, DP)，與參數估計數目的比較來判斷模式之辨識性，其中 t 值代表模式中的自由估計參數數目，假設研究模式有 p 個外生測量變項，和 q 個內生測量變項，若符合下列關係式，代表研究之 SEM 模式可被辨識。意即研究假說模式必須是過度辨識，或充分辨識才可順利進行估計。

$$t \leq 1/2(p+q)(p+q+1)=DP \dots\dots\dots \text{式(3-8)}$$

p：外生測量變項的數目

q：內生測量變項的數目

t 法則之判斷原則如下：

- (1) $t < DP$ ，為過度辨識。方程式的數目低於未知數(估計參數)數目。
- (2) $t = DP$ ，為充分辨識。方程式的數目等於未知數的數目。
- (3) $t > DP$ ，為辨識不足。方程式的數目多於未知數的數目。

2. 測量模式辨識 (邱皓政，民 93)

測量模式之辨識，主要涉及測量模式中每一個潛在因素所影響的測量變項數目多寡。若測量模式僅有一個潛在因素，則至少要有三個以上的測量變項才可滿足辨識性，同時此三個測量變項之因素負荷量皆必須不等於 0，且殘差間無任何相關之假設。

若一測量模式具超過一個以上之潛在因素，當符合下列條

件，則測量模式可順利辨識：(1)每一個潛在變項只要有至少三個測量變項來估計；(2)每一個測量變項只用以估計單一個潛在變項（或僅被單一個潛在變項影響）；(3)殘差間並沒有共變假設；(4)潛在變項的變異數可自由估計。然當潛在變項僅以兩個測量變項估計時，模式假設殘差無相關、每一個測量變項僅用以估計單一個潛在變項，及沒有任何一個潛在變項之共變數或變異數為 0，則模式可維持於可辨識狀況。

此外，若潛在變項間具相關假設，則每一個潛在變項需要至少兩個測量變項加以衡量。而若潛在變項間不具相關假設，則每一個潛在變項則需三個以上測量變項衡量之。

3.1.4 參數校估

結構方程模式之目的，在於依照假設之模式重製一相關矩陣，使其與原來資料相關矩陣越接近越好，並進行模式是否能配適資料的適合度檢定，意即找尋最適之參數估計值，使配適函數可獲得最佳解。SEM所需估計的參數矩陣包括 Φ 、 B 、 Γ 、 Ψ 、 Λ_y 、 Λ_x 、 Θ_δ 、 Θ_ϵ 等八個參數矩陣，由電腦以疊代方式進行。

參數估計的方法是使樣本差距函數（discrepancy function） $F(S, \Sigma(\theta))$ 最小化，每疊代一次，電腦程式自動將估計所得的八個參數矩陣帶入 Σ 矩陣中，並計算配適函數值（fitting function）。隨著疊代次數的增加，適配函數大致上會越來越小，當前後兩次的配適函數差小於收斂標準時，電腦就會停止估計，此時所得之配適函數視為最小適配函數值（黃芳銘，2004、陳正昌等，2004）。

所謂配適函數，乃表示依據理論所估計出來的共變異矩陣（ Σ ）與由實際觀察資料所得到之共變異矩陣（ S ，樣本共變數矩陣）差異之函數。若兩共變異數矩陣完全適合的話，適配函數應該等於0。而樣本差距函數 $F(S, \Sigma(\theta))$ ，指樣本共變數矩陣 S 與理論假設模式矩陣 $\Sigma(\theta)$ 間距離的一個數值，電腦將根據最小配適函數值進行卡方考驗，假使檢定結果顯示卡方值不顯著，則接受虛無假設，表示研究者所提出的理論模式與觀察所得之資料可以適配；反之，則表示研究者所提出的理論模式與觀察所得之資料無

法適配。若理論模式的界定是正確的且資料的分配假設獲得滿足，那麼母體共變數矩陣應可被確實重製（Reproduction）。

X與Y之「共變數矩陣」可表示如式3-9所示（Joreskog and Sorbom,1989）。

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \lambda_y(I-B)^{-1}(\Gamma\Phi\Gamma' + \Psi)(I+B')^{-1}\lambda_y' + \Theta_{\varepsilon} & \lambda_y(I-B)^{-1}\Gamma\Phi\lambda_x' \\ \lambda_x\Phi\Gamma'(I-B')\lambda_y' & \lambda_x\Phi\lambda_x' + \Theta_{\varepsilon} \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{式 (3-9)}$$

$$\Sigma = \Sigma(\theta) \dots\dots\dots \text{式(3-10)}$$

I 為單位矩陣， θ 為包含模式估計參數的一個向量， $\Sigma(\theta)$ 為 θ 函數所得的共變數矩陣。

結構方程模式之參數估計方法大約有下列七種：(1)變數法、(2)二階最小平方法、(3)未加權最小平方法、(4)一般最小平方法、(5)最大概似法、(6)一般加權最小平方法、(7)對角線加權最小平方法。目前市面上已有幾種可分析SEM的軟體，其中以LISREL套裝軟體功能最為強大，本研究擬使用LISREL8.54進行模式分析。SEM參數估計的方法中，最常使用的是最大概似法(Maximum Likelihood, ML)，雖然ML在使用上有其樣本數要求，與其他限制條件，然於各領域之應用上已獲得不錯的結果，大多研究者亦多採取ML進行SEM參數之校估，故本研究應用ML進行研究模式參數之校估。

ML法，旨為在樣本符合多元常態分配下進行重製，其基本之假設是觀察數據皆由母體中抽取所得到，且所抽出來的樣本必須是所有可能樣本中選擇的機率之最大者，如此，估計的參數便能反應母體之參數。於SEM分析應用上，Anderson and Gerbing(1984)認為若以ML法進行參數估計，樣本數應至少大於150（陳正昌等，2004）。而Marsh and Hau(1999)則證實若測量變項與潛在因素之比為3或4時，則樣本數至少要有100，若比值為6以上，則50筆樣本就已足夠（黃芳銘，2004）。ML函數式如式3-11所示：

$$F = \log \|\Sigma\| + tr(S\Sigma^{-1}) - \log \|S\| - (p+q) \dots\dots\dots \text{式(3-11)}$$

其中 tr 為矩陣中對角線元素的總和，而 p 、 q 分別為潛在自變項與潛在依變項的測量變項個數， S 則為實際觀察資料所得之 X 、 Y 變項之 $p \times q$ 共變異矩陣。

3.1.5 模式評鑑

完成模式參數校估後，並可進行模式適配度評鑑與後續分析。適配度評鑑之目的，乃從各方面來評鑑理論模式是否能解釋實際觀察所得的資料，或者說理論模式與實際觀察所得資料的差距有多大。簡而言之，模式評鑑在於探討統計模式與投入資料之相容性為何，意即決定理論模式與所蒐集資料間之配適程度。研究者所建構之假設性結構方程模式在經過適配度檢定後，若資料和模式之間沒有明顯的不一致，才可根據假設模式進行資料分析，及變項間效果之推論與檢定，若適配度不理想，可藉由修正指標進行模式修正。

當統計模式之配適度愈高，表示模式之可用性愈高。Bagozzi and Yi (1988) 認為模式之評鑑可分為三個部份進行：模式基本配適度標準、整體模式配適度標準、模式內在配適度標準（陳正昌和程炳林，民 83）。以下分別針對此三部份進行說明。

1. 模式基本配適度標準

關於基本配適度之評鑑，Bagozzi and Yi (1988) 提出有幾項較重要之評估標準，若違反則表示模式具有違犯估計(offending estimates)之現象。分別為：

- (1) 不能有負的誤差變異。
- (2) 誤差變異必須達顯著水準。
- (3) 估計參數之間相關的絕對值不能太接近 1。
- (4) 因素負荷量不能太低或太高（最好介於 0.5-0.95 之間）。
- (5) 不能有太大的標準誤。

若有負的誤差變異時，Bentler and Chou (1987) 建議應將該參數刪除，並進行模式之其他修正。

2. 整體模式配適度標準

整體模式適配度在於評量整體模式與觀察資料之配適程度，可說是模式的外在品質。在此列舉出幾個最常用之適配度指標。

(1)卡方檢定

配適度分析乃以研究模式與觀察資料間無顯著差異為虛無假設，進行卡方考驗，故整體模式卡方檢定之目的，在於測試模式的共變異量與實際資料數據間模式之差異性。因此，若卡方值(X^2)不顯著，則虛無假說成立，表示模式與資料間具良好配適度。

卡方值愈小，表示模式配適度愈佳，尤其當卡方值愈趨近於零時。然而卡方值易受樣本之影響，大樣本雖可提高了觀察資料之穩定性，卻也易使卡方值相對增加，當卡方值愈大，表示模式配適度愈差，進而增加拒絕虛無假說之機率。以卡方分配檢驗SEM模式時，會因為參數數目與樣本數之技術特性，影響假設模式之契合度檢驗。自由度愈大，模式所需估計之參數愈多，使得影響假設模式之因素便愈多，容易導致模式契合度不佳之可能性提高。故除卡方檢定外，學者提出其他可評鑑模式配適度之指標。

(2)卡方值與自由度之比 (X^2/df)

鑒於卡方值易受到樣本和非常態分配之影響，容易使模式被拒絕，Joreskog (1970) 提出以 X^2/df 作為模式評鑑指標。Bollen (1989) 指出由於 X^2 之期望值正是其自由度，故 X^2/df 所代表的是與期望值差距有多大 (陳正昌等，2004)。於模式評鑑方面，當 X^2/df 值愈小，表示模式契合度愈高，然其數值應為多少，各學者均有不同之看法，其中 Kettinger and Lee (1994) 認為 X^2/df 值小於 5 時，模型即可被接受，小於 3 者愈佳；Carmines and McIver (1981)、Tanaka (1993)、Browne and Cudeck (1993) 等研究提出當 X^2/df 值小於 2 時，代表模式具理想契合度；而 Hair et al. (1998) 則認為 X^2/df 若小於 1，表示模式有機會坐大之現象。

(3)配適度指標 (Goodness of Fit Index, GFI)

GFI 由 Joreskog and Sorbom 於 1981 年提出，該指標數值類似於迴歸的 R^2 ，可看出理論模式之變異數和共變數能夠解釋觀察資料之變異數和共變數的程度，當 GFI 值愈接近 1，表示配適愈佳，其值若愈接近 0，表示配適愈不佳。一般學者建議 GFI 值大於 0.9 時，表示模式具極佳之配適程度，然 GFI 也易受樣本大小之影響，GFI 最大概似估計法之估計公式如下：

$$GFI = 1 - \frac{tr[(\hat{\Sigma}^{-1}S - I)^2]}{tr[(\hat{\Sigma}^{-1}S)^2]} \dots\dots\dots \text{式(3-12)}$$

或

$$GFI = \frac{tr(\hat{\sigma}'W\hat{\sigma})}{tr(S'WS)} \dots\dots\dots \text{式(3-13)}$$

於上式中，分子是理論假設模式之共變數所導出來的加權變異數和，分母是樣本實際觀察所得之共變數所導出來的加權變異數和。W 是加權矩陣。

(4)調整配適度指標（Adjusted Goodness of Fit Index，AGFI）

AGFI 亦由 Joreskog and Sorbom（1981）所提出，其目的乃利用變項個數和自由度的比來調整 GFI。一般認為 AGFI 比較不會受到樣本數的影響，該指標一般建議值為 0.9。公式如下：

$$AGFI = 1 - \frac{1-GFI}{1 - \frac{\text{估計參數數目}}{\text{觀察資料數}}} \dots\dots\dots \text{式(3-14)}$$

或

$$AGFI = 1 - [(\frac{k}{df})(1 - GFI)] \dots\dots\dots \text{式(3-15)}$$

其中， $k = (p + q + 1)(p + q)$ ，p 為外生變項之測量項目數目，q 為內生變項之測量項目數目。

(5)殘差均方根（Root Mean Square Residual，RMR）與標準化殘差均方根（SRMR）

RMR 與 SRMR 皆為殘差指數，用以反應假說模式之整體殘差，故其數值愈小時，表示模式配適愈佳。RMR 由 Joreskog and Sorbom 於 1986 年提出，RMR 乃基於標準化殘差所計算出來，為殘差變異數/共變數之平均值的平方根，並不具標準化特性，且受尺度影響，無一標準門檻決定模式於何種數值下可被接受，因此一般學者較建議以 SRMR 為殘差指數之評鑑指標。Bentler and Hu (1999)認為 SRMR 值若低於 0.08，則表示模式契合度佳；Sorbom and Joresog (1982)則建議 SRMR 之值應小於 0.05。而若 SEM 模式之分析矩陣為相關矩陣，則 RMR 值應介於 0~1，而 SRMR 之值最好低於 0.025；若為共變數矩陣，RMR 的意義則較難以判定，但其值應大於 0，另可觀察 SRMR(Bollen,1989)，該值則應小於 0.05(Tabachnick and Fidell,1996、陳正昌等，2004)。

$$RMR = \sqrt{\frac{2\sum\Sigma(s_{ij} - \hat{\sigma}_{ij})^2}{(p+q+1)(p+q)}} \dots\dots\dots \text{式(3-16)}$$

其中 S_{ij} 為觀察資料之變異數/共變數， $\hat{\sigma}_{ij}$ 為估計所之變異數/共變數。

(6)漸近誤差均方根 (Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA)

RMSEA 為一種不需要底線模式的絕對性指標。此測量乃基於一種母體的近似誤觀念，為一種評鑑接近配適的指標。RMSEA 不受樣本數大小的影響，當模式契合度愈佳時，其值會愈小。然而 Bentler and Yuan (1999)指出當樣本數較小時，RMSEA 值會有高估之現象，將使契合模式被視為不理想模式。對於 RMSEA 門檻值為何，學者有不同之看法，McDonald et al. (1996)建議若 RMSEA 值介於 0.8~1.0 之間，該模式為「中度配適」，若大於 1.0 則為「不良配適」；Bentler and Hu (1999)建議該值應小於 0.6，若大於 1 則表示模式不理想；而 McDonald and Ho (2002)認為小於 0.05 為良好契合度，而小於 0.08 是可接受模式之門檻。

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{F_0}{d}} \dots\dots\dots \text{式 (3-17)}$$

其中，d 為自由度； $F_0 = F(\Sigma_0, \tilde{\Sigma}_0)$ ， $F(\Sigma_0, \tilde{\Sigma}_0)$ 為是近似性所造成的差距（discrepancy due to approximation），測量理論模式與母群體共變數矩陣的配適缺乏性。其點估計如下：

$$\hat{\varepsilon} = \sqrt{\frac{\hat{F}_0}{d}} = \sqrt{\max\left\{\left(\frac{\hat{F}}{d} - \frac{1}{n}\right), 0\right\}} \dots\dots\dots \text{式 (3-18)}$$

其中 $\hat{F} = F(S, \hat{\Sigma})$ ，由此可知 RMSEA 是一種以母群體為基礎的測量。

(7) 增值配適量測指標（NFI、CFI、NNFI）

包括規範配適指標（Normed Fit Index，NFI）、非規範配適指標（Non-normed Fit Index，CFI）、比較配適指標（Comparative Fix Index，NNFI）等。增值配適量測指標乃在於使用一個較嚴格的底線模式（baseline model）和理論模式，比較測量配適改進比率的程度。其中 NFI 數值若愈接近 1，表示理論模式對底限模式的改進愈大；若愈接近 0，則表示理論模式和底線模式相比較並沒有好到哪裡去。一般而言，NFI、NNFI、CFI 之值若大於 0.9，代表模式配適狀況良好。

$$CFI = 1 - \frac{\tilde{d}}{\tilde{d}_0} \dots\dots\dots \text{式 (3-19)}$$

其中 $\tilde{d} = \max(d_1, 0)$ ， $d_0 = (d_0, d_1, 0)$ ， $d_0 = (x^2 - df_0)/n$ ， x^2 和 df 代表獨立虛無假設之卡方值及其自由度。

$$NFI = \frac{F_b - F_m}{F_b} = \frac{(x_b^2 - x_m^2)}{x_b^2} \dots\dots\dots \text{式 (3-20)}$$

其中， F_b 是底線模式的差距函數值， F_m 是理論模式的差距函數值， X_b^2 為底線模式的卡方值， X_m^2 則是理論模式之卡方值。

$$NNFI = \frac{(\frac{X_b^2}{df_b} - \frac{X_m^2}{df_m})}{\frac{X_b^2}{df_b} - 1} \dots\dots\dots \text{式(3-21)}$$

3. 模式內在配適度標準

模式內在配適度，在於評鑑模式之內在品質，又可分為測量模式和結構模式之評鑑。測量模式評鑑之目的有三：(1)評估測量變項是否可反映潛在變項；(2)評量模式內估計參數的顯著性；(3)檢測各指標與潛在變項之信度等。而結構模式評鑑乃在於評估研究理論模式之因果關係是否成立。模式內在配適度需評鑑之項目如下：

(1)個別項目之信度

個別項目之信度即為測量變項 X 與 Y 之 R^2 ，據此可瞭解模式所選取之觀察指標是否足以衡量潛在變項（或潛在構面），一般建議其值應大於 0.5，值愈大表示解釋能力愈好。

$$R^2 (X_i) = 1 - (\Theta_{ii}/\sigma_{ii}) \dots\dots\dots \text{式(3-22)}$$

其中 Θ_{ii} 為某一測量變項估計的誤差變異， σ_{ii} 是該測量變項的變異。

(2)潛在變項混合信度

潛在變項之混合信度乃由其所有的測量變項之信度組成，該計算係以個別潛在變項為單位，用以評估一構面下，各測量變項間之一致性。若潛在變項之混合信度值愈高，表示其測量變項愈能衡量該潛在變項，且代表變項間之相互關聯性愈強；反之，則代表各變項較不具一致性，對於其所衡量之潛在因素而言，屬於較不佳之測量指標。當以 ML 法估計參數時，其數值相當於該潛在變項所屬測量指標之 Cronbach α 係數，Bagozzi and Yi (1988) 建議潛在變項之混合信度應為大於 0.6。

$$\rho_{\xi i} = (\sum \lambda_{ij})^2 / [(\sum \lambda_{ij})^2 + \sum \Theta_{ij}] \dots\dots\dots \text{式(3-23)}$$

其中 $\rho_{\xi i}$ 為某一潛在變項之混合信度， λ_{ij} 為標準化負荷量， Θ_{ij} 為測量變項之測量誤差。

(3)所有估計參數 T 值之絕對值

若所估計參數之 T 值均達顯著水準，表示模式內在品質極佳，反之則未盡理想。各估計參數 T 值之絕對值應大於 1.96。此外，個別測量變項之標準化係數值代表每一個變項在其所反映潛在因素上之結構負荷量，可作為檢驗個別項目效度之指標，若個別測量變項呈統計顯著，表示該變項可用以反映其潛在因素。

(4)標準化殘差

殘差可分為標準化殘差和非標準化殘差，前者可解釋為標準常態變異，可檢測模式配適程度的好壞。殘差的大小反應了不良配適的問題，若為正的殘差，則表示低估測量變項間的共變，當其值大於 2.58（達 1%之顯著水準）時，可釋放此參數；若殘差為負，表示高估變項間的共變，當該值之絕對值大於 2.58 時，得將該變項予以刪除。簡而言之，標準化殘差之絕對值應小於 2.58（Joreskog and Sorbom，1988）。

標準化殘差也可利用莖葉圖和 Q 圖加以檢驗，從電腦程式輸出報表中的殘差分佈莖葉圖可看出殘差分佈的狀況。Joreskog 建議一個好的模式，其殘差會在莖葉圖中環繞 0 對稱分佈，且大部分殘差在中間。而於 Q 圖中，一個可接受的配適狀況，是模式所有標準化殘餘點大致分佈於 45° 線上，斜率愈大表示模式配適愈佳。

(5)修正指標（Modification Index，MI）

修正指標可用以檢視該參數是否需要修正，修正指標之大小表示修正該參數後，卡方值改變的最小值；而期望參數改變值之意義乃於當修正該參數時，於其該參數改變的大小，期望參數改變值可為正值，也可為負值。

修正指標可提供研究者刪除測量變項或將測量變項轉換至其他因素構面之建議，據以提高模式配適度，但在進行模式修正時，應考量是否合乎理論，且進行參數修正時，應一次只修正一個。Joreskog（1993）建議若最大修正指標無具理論意義，則選

擇次大之指標，直到有意義的指標方可被估計。而各參數之修正指標絕對值應小於 3.84，否則該測量變項應被修正。

(6)潛在變項之平均變異抽取量(Variance Extracted)

平均變異抽取量是評估潛在變項之各測量變項對該潛在變項的平均變異解釋力，其計算亦是以個別潛在變項為單位。該數值之意義乃表示透過測量指標，究竟可以量測到多少百分比的潛在變項，意即潛在因素所屬之測量變項對該所屬潛在因素之平均變異解釋能力。若潛在變項之平均變異抽取量愈高，表示測量變項愈能反映潛在變項，且潛在變項具越大的收斂效度及區別效度。Fornell and Larcker(1981)、Bagozzi and Yi(1988)均建議其標準值須大於0.5。平均變異抽取量為標準化因素負荷量平方之後的總和/(標準化因素負荷量平方後的總和+測量誤差之總和)，公式如下。

$$\rho_v = \frac{(\sum \lambda^2)}{[\sum \lambda^2 + \sum (\theta)]} \dots\dots\dots \text{式 (3-24)}$$

3.1.6 小結

鑒於結構方程模式之彈性與優點，本研究將應用結構方程模式之測量模式理念構建研究假說模式，並進一步以驗證性因素分析驗證研究模式是否合宜，檢驗研究所選取之各風險指標是否足以衡量航管風險因素，與各因素之影響程度，及各航管因素間之關聯架構，藉以研析我國航管重要之風險因子。

結構方程模式配適度評鑑項目與標準可整理如表 3-1 所示。

表 3-1 結構方程模式配適評鑑指標彙整表

	評鑑項目	標準	意義
基本配適度	誤差變異	不能有負	檢定模式是否違反估計
	誤差變異	必須達顯著水準	
	估計參數之間相關的絕對值	不能太接近 1	
	因素負荷量	最好介於 0.5~0.95	
	標準誤	不能太大	

整體模式配適度	卡方檢定	不顯著，且卡方值愈小愈好	評鑑整體模式與觀察資料之配適度程度
	卡方自由度比	1~5 之間	
	配適度指標	0~1 之間，最好 > 0.90	
	調整之配適度指標	0~1 之間，最好 > 0.90	
	規範配適指標指標	0~1 之間，最好 > 0.90	
	非規範配適指標	0~1 之間，最好 > 0.90	
	比較配適指標	0~1 之間，最好 > 0.90	
	標準化殘差均方	< 0.08 或 < 0.05	
	漸近誤差均方根	0~1 之間，愈小愈好	
模式內在配適度	個別項目之信度	> 0.5	評鑑模式之內在品質
	潛在變項混合信度	> 0.6	
	所有估計參數 T 值之絕對值	> 1.96	
	標準化殘差	< 2.58	
	修正指標	< 3.84	
	潛在變項平均變異抽取量	> 0.5	

資料來源：本研究整理

3.2 模糊語意問卷設計與調查

本研究之研究工具為問卷調查(Questionnaire Survey)，其旨為蒐集航管相關從業人員對本研究建構之航管因素變項之感受，調查方式乃請受訪者評比各因素項目對航管之影響程度。

傳統問卷多以李克特量表進行尺度量化的，受訪者須明確地勾選一個最認可的答案，雖容易清楚表達受訪者之意見，卻無法真實地表現其內心最真實的答案。鑑於本研究問卷所欲調查個人對風險影響程度之認知具模糊特性，為確實掌握受訪者之感認程度，及避免李克特等距量表可能造成的估計參數誤差等缺點，本研究乃應用模糊理論設計研究所需問卷，以模糊語意為模糊數(fuzzy number)，以為衡量尺度。

3.2.1 模糊語意問卷設計步驟

本問卷之設計與調查可分為三個主要階段進行說明，並以圖 3-6 簡示之。

1. 第一階段-辨識風險

首先，為達研究目的，本研究藉由探究相關文獻、航管相關飛安事故案例之彙析為研究理論架構之基礎，以瞭解航管作業內容與範圍，進而辨識、歸納航管相關潛在風險因子，並初步建構我國航管之飛安風險因素層面與指標。

2. 第二階段-訪談航管相關人員

本研究以我國航管為研究實證對象，基於考量研究客觀與完善性，及為求研究符合我國航管風險狀況，此階段乃依第一階段歸納所得之風險項目為基礎，實地訪談我國航管相關從業人員，期能更進一步辨識與確認風險目標，並據此為問卷架構之基礎。待確認風險目標與問卷項目內容後，著手設計研究所需之問卷。再則，藉由訪談航管相關從業人員之意見，修改量表問項用詞與施測表達方式，期使量表更符合管制用語，並以受訪者最能瞭解的方式施測。

3. 第三階段-問卷調查

待問卷設計完畢，針對航管相關人員進行問卷調查，以取得實證所需之資料。問卷回收後，以 LISREL 套裝軟體與其他統計軟體（SAS）進行研究結果分析，研究結果俾能提供民航管理單位參考，降低意外的發生。

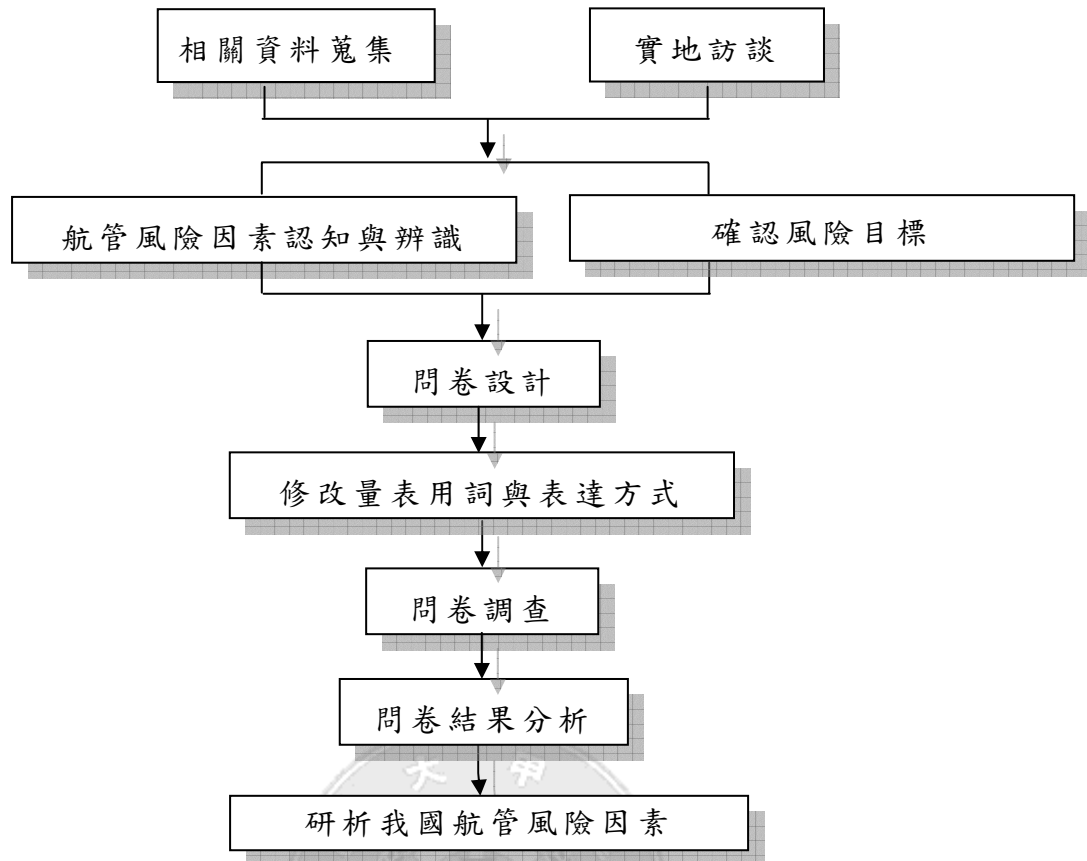


圖 3-6 研究問卷設計與調查流程圖

資料來源：本研究

3.2.2 模糊語意問卷設計與內容

1. 模糊語意變數

Chen and Hwang(1992)曾指出八種不同的語意尺度類別，可將語意化資訊轉化成模糊集合（請見表 3-2）。關於模糊問卷語意表達型態，本研究將選用第三種尺度規模，即採取五個語意尺度。

表 3-2 八個語意變數尺度與詞彙

SCALE	1	2	3	4	5	6	7	8
No. of terms used	two	three	five	five	six	seven	nine	eleven
None								○
Very low			○		○	○	○	○
Low-very low							○	○

Low		○	○	○	○	○	○	○
Fairly low				○	○		○	
More of less low								○
Medium	○	○	○	○		○	○	○
More or less high						○		○
Fairly high				○	○		○	
High	○	○	○	○	○	○	○	○
High-very high							○	○
Very high			○		○	○	○	○
Excellent								○

資料來源：Chen and Hwang(1992)& 本研究整理

2. 模糊問卷填答方式

關於模糊問卷的填答方式共有以下三種類型（Norwich and Tursen,1984）。

- (1)選擇最符合主觀判斷的隸屬函數。
- (2)對不同的陳述直接給予隸屬值。
- (3)畫出主觀判斷的隸屬函數圖形。

其中第二種填答方式係由受訪者直接填寫對該項敘述的感受程度，並轉換為隸屬程度。本模糊問卷將採用第二種方法，因為此種填寫方式可使受訪者容易表達心裡最直接、最真實的感受。

3. 隸屬函數類型

一般來說，模糊隸屬函數（fuzzy membership function）可分為三角模糊數（triangle fuzzy number）、梯形模糊數（trapezoidal fuzzy number）、鐘形模糊數（bell-shaped fuzzy number）或混合形（如三角形加梯形），乃由研究者自行設定適合該研究之隸屬函數形式。有關於模糊隸屬函數之建立類型可分為經驗判斷型、推理型和統計試驗型等三類型（趙晉緯，民 92），分述如下：

(1)經驗判斷型：制定隸屬函數的人為合乎常理，如：

$$u_A = \begin{cases} b, 0 < x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, a_1 < x < a_2 \\ 1, x > a_2 \end{cases} \dots\dots\dots \text{式(3-25)}$$

(2)推理型：以機率分配的結果推理其隸屬函度的函數，如：

$$u_A(X) = e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\bar{x}}{\sigma})^2} \dots\dots\dots \text{式(3-26)}$$

(3)統計試驗型：利用模糊統計試驗讓不同觀點與不同屬性的人作評判，再予以綜合得到隸屬函數。

在模糊隸屬函數建立方面，本研究擬以統計試驗型之方法，利用問卷調查的方式與結果，作為模糊隸屬函數建立的基礎。

3.2.3 小結

基於上述各點，本研究問卷之模糊語意變數（linguistic variable）採取五個語意等級（linguistic degree）為衡量尺度，其模糊語意集合為{很低、低、普通、高、很高}，並模糊隸屬函數範圍介於【0，100】之間，模糊語意隸屬函數形式則設定為三角形模糊數。

在填答方面，首先請各受訪者填寫其對各語意等級之感受區間數值後（如很低在我的感受中是 10-20 分），再進行各問項影響程度勾選。另一方面，為減少誤導與問項閱讀之困難，量表各問項之敘述方式皆採肯定語氣，避免使用「是否」和「疑問句」。

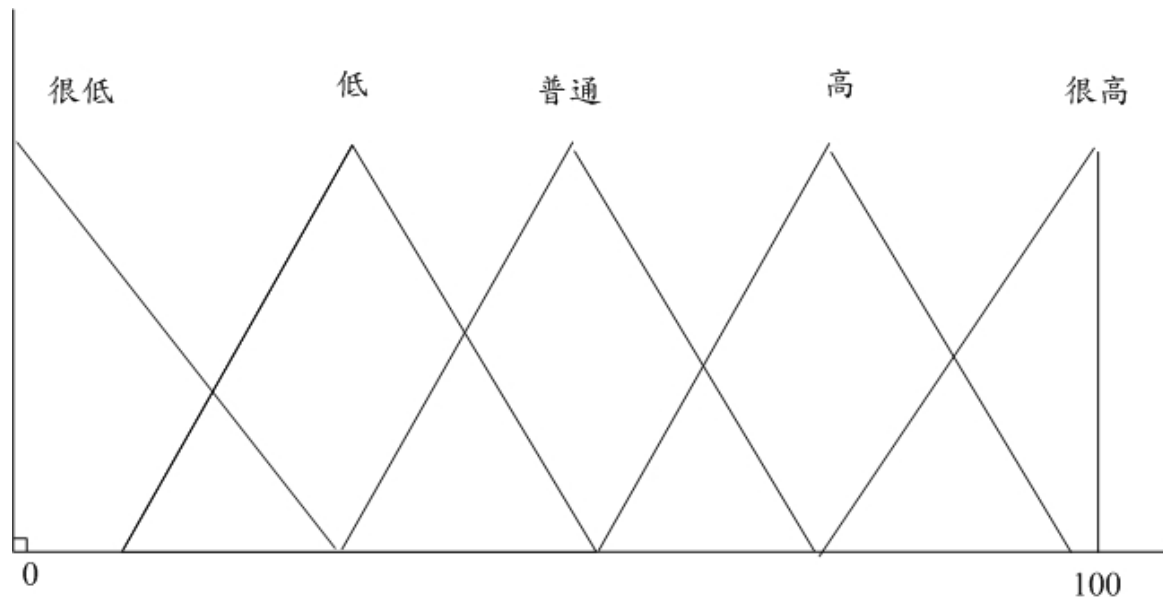


圖 3-7 模糊問卷語意變數隸屬函數圖

資料來源：本研究

3.3 研究方法總結

本研究乃進一步結合模糊理論與結構方程模式之測量模式概念，建構研究模式與設計研究所需之問卷，包括航管風險因素構面與衡量變項，並應用驗證性因素分析進行研究模式校估、驗證，檢驗研究所選取之指標是否足以衡量航管潛在風險因素，並檢驗各因素間之關聯架構。藉以探討我國重要之航管因素外，並衡量各因素之影響程度等。

第四章 研究架構與模式構建

本研究乃依據文獻回顧與輔以航管相關飛安案例之彙析為基礎，並藉由訪談，及應用結構方程模式為研究方法，建構航管風險因素之模式架構，選取適合衡量各因素之指標，與建立因素關聯架構假說。爾後，依研究架構與結合模糊理論，設計研究所需之問卷，採用問卷蒐集研究實證所需之資料後，進行模式校估與修正，以校估與驗證本研究模式，及進行研究結果分析與闡述。

4.1 研究模式架構

飛航管制為人、環境與系統相互協調之作業，唯有訓練優良的航管人員、安全的管制作業環境、精確的航管系統與各種適宜制度、法規、組織文化與管理，才能確保安全的品質與效率；除此，航管風險也與外在的一些環境條件有關，故內部與外部要素綜合成為影響飛航管制安全的導因。航管風險因素架構模式乃參考相關研究所提出之航管因素層面架構為主要基礎，而指標之研擬則另納入我國航管案例之因素與訪談結果，以符合我國國情，並可歸納為軟體、硬體、人為及環境等四大因素構面加以研析。

根據飛航事故發生過程與文獻研究顯示，衝擊飛航安全之來源往往包含一個以上的交互因子，除了單一肇因，也需瞭解其他交錯型態。根據研究構想可發展出一模式，作為研究架構基礎，此模式稱之為「ASHEL」模式，闡述如下。航管因素層面與各構面之衡量指標，可以圖 4-2 之層級架構概念加以描述。

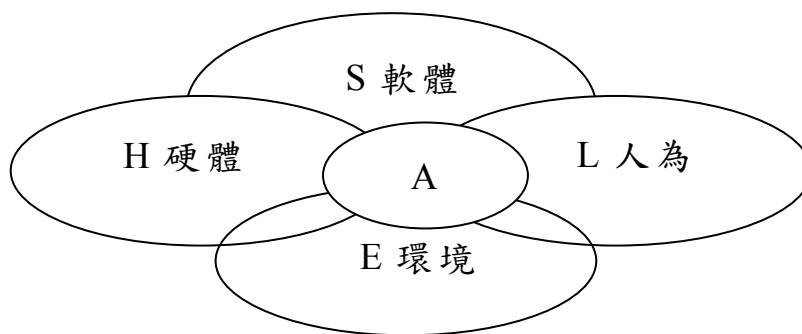


圖 4-1 研究模式架構圖

資料來源：本研究

此模式係以飛航管制（ATC）為中心，探討四個直接及間接影響管制安全之因素，分別為：

(1)軟體（Software）

探討內容主要為組織因素，包括組織管理、制度與程序二大層面。其中組織管理概括組織管理、領導統馭及團隊精神等內容；而制度與程序則為涵括管制作業相關程序、制度與法規合宜性。

(2)硬體（Hardware）

航管系統為航管作業不可缺少之工具，其功能與穩定性十分重要。根據統計，管制員之工作約 50% 為資料處理，30% 為協調聯絡，其餘 20% 為思考與下決定(陳炳樑等，民 85)。技術的進步，使得前兩項作業由航管系統代替，然人機之間存在著產生交互錯誤之風險。是以，除航管系統本身的功能外，需輔以人因工程之應用，才得維持安全與效率。此構面主要為辨識航管系統功能與設備、人機介面兩大因素風險。

(3)人為（Livewire）

根據飛航事故統計顯示，人為因素一直是最大的肇因來源，其中不乏管制員人為錯誤。造成人為錯誤的原因除個人疏失外，心理狀況與生理狀況皆是誘發危險的要因。此構面係探索管制員個人能力與狀況、作業面誤失等直接與間接所可能導致的管制人為飛安風險。

(4)環境（Environment）

舒適的工作環境不僅能提昇工作的意願，更能降低疏失風險發生的機率。除上述三主要因素構面外，飛航安全亦受到其他周遭相關環境因素協調不良的影響。此環境因素所欲探索的為航管外部管理、外部溝通等兩個層面。前者所涵蓋之內容除具體的航管作業環境外，還有無形的航管相關外部管理狀況，主要包括管制單位與上級機關互動情況。而後者所欲探討之風險內容則為非管制單位內、與非管制人員之協調溝通狀況，包括各管制單位間、管制單位與上級主管間、管制員與非管制人員間等之協調溝通狀況。

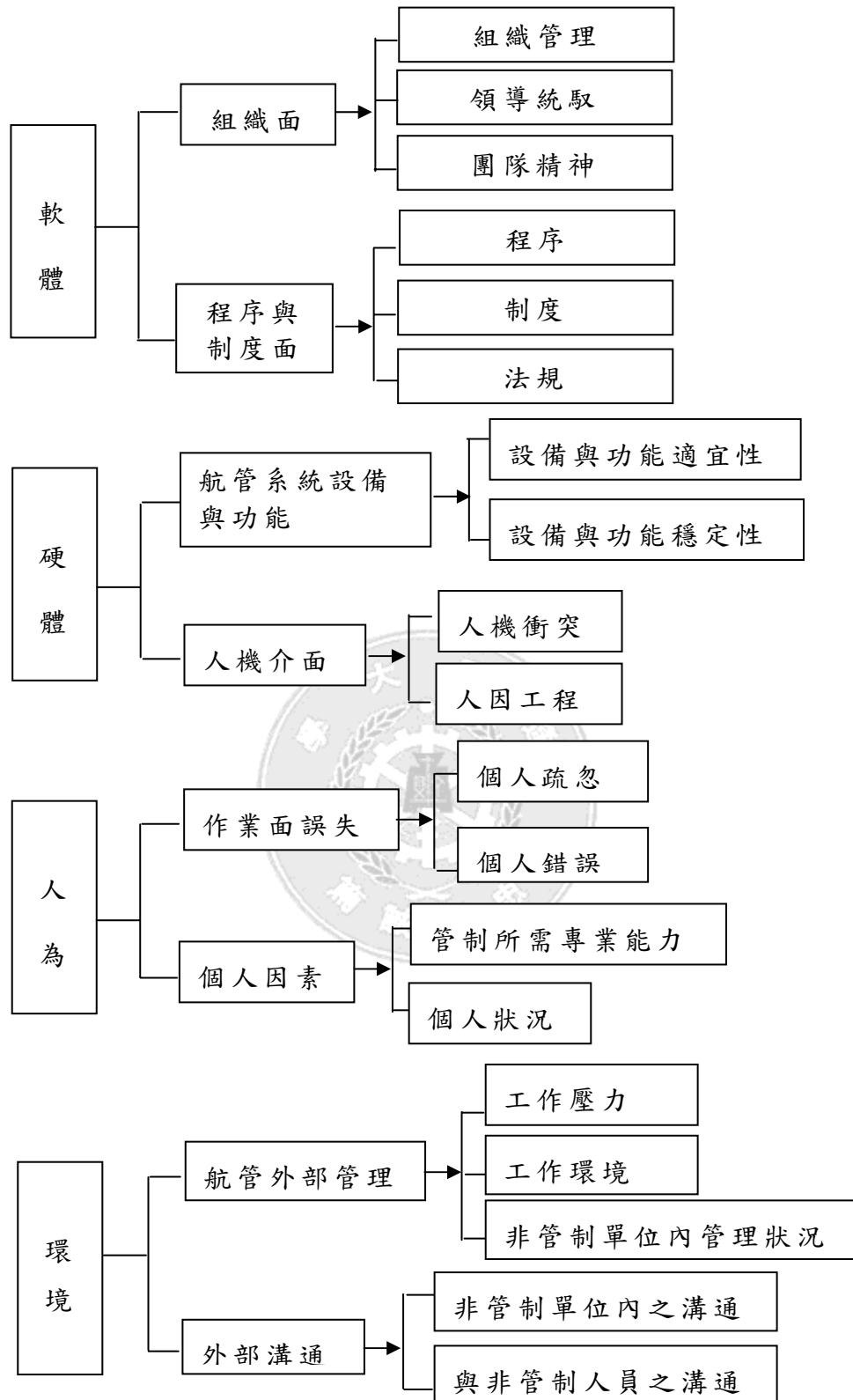


圖 4-2 航管風險因素層面與衡量指標架構圖

資料來源：本研究

4.2 研究模式構建

飛安相關案例與研究顯示，影響飛安之各因素間可能存在著關聯架構，航管除直接影響飛安外，也可能影響飛安其他層面而對飛安間接造成影響，然我國航管之飛安風險較少被全面性探究，故本研究之重點乃著重於研析我國航管之飛安風險因素。

本研究基於「ASHEL」模式探討四個主要航管風險因素構面：硬體、軟體、人為與環境。鑒於航管風險因素乃為潛在因素，無法直接被量測，本研究擬以硬體、軟體、人為與環境等構面為測量構面加以衡量，然上述四構面亦屬於潛在因素，須透過幾個可代表其績效之指標加以量測。至此，根據結構方程模式之測量模式概念，可進一步將研究模式建構為：「航管風險因素」測量模式，並應用驗證性因素分析針對模式可能存在的因素關聯架構進行假說檢定，與模式校估、驗證，研究之初始測量模式架構圖如圖 4-3 所示。

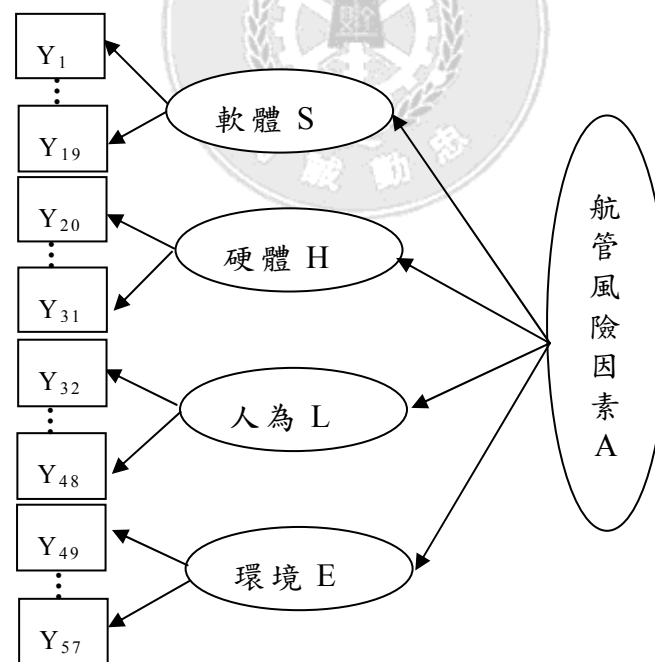


圖 4-3 研究測量模式初始架構圖

資料來源：本研究

[註] ○代表潛在變項，□表測量變項。

根據測量模式架構圖，航管風險因素與其所屬之四大因素構面分別構成驗證性因素分析之二階與一階潛在因素，而問卷所選取之問項則為測量變項，共計 57 個問項。其中，硬體、軟體、人為因素與環境等四個一階潛在因素各包含了幾個測量變項，此四個潛在因素再進一步建構出一個單一的且共同的二階潛在因素-「航管風險因素」。

二階驗證性因素分析模式圖可表示如圖 4-4。四個潛在因素與其所屬測量變項之關係為結構方程模式之「測量模式」，而一階潛在因素與二階潛在因素間則構成「結構模式」關係。

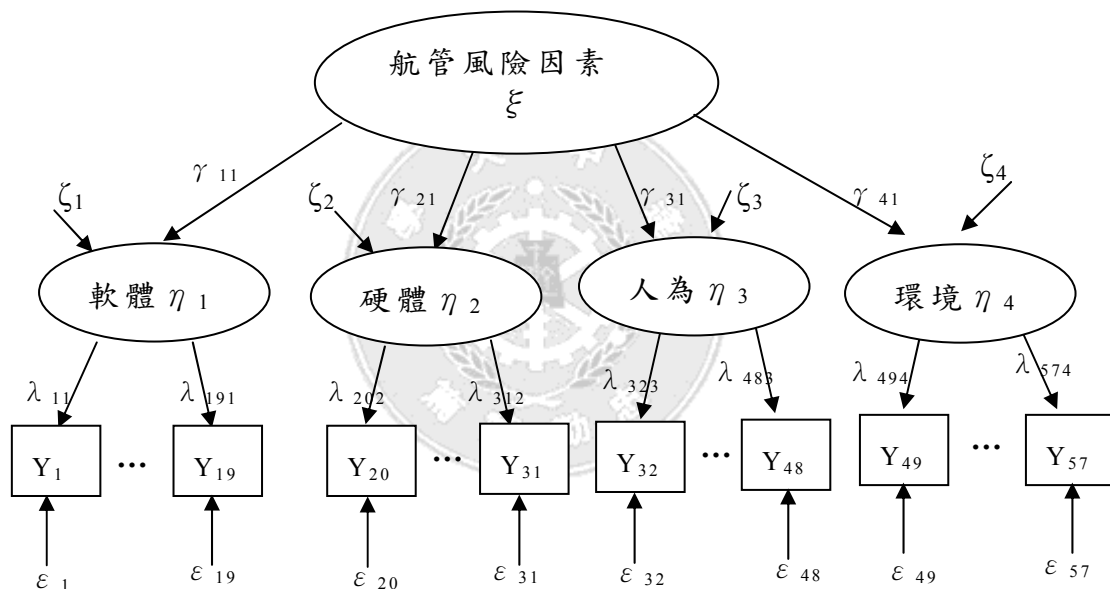


圖 4-4 航管風險二階驗證性因素分析模式架構圖

資料來源：本研究

航管風險因素共以四個潛在因素構面，共計 57 個問項為測量變項加以衡量，其中軟體構面共計 19 個問項(Y₁~Y₁₉)，硬體構面共計 12 個問項(Y₂₀~Y₃₁)，人為構面為 17 個問項(Y₃₂~Y₄₈)，環境構面則共計 9 個問項(Y₄₉~Y₅₇)。各因素構面之操作性定義與其所屬之測量變項內容將於 4.3 節加以描述。

二階潛在因素對於各測量變項並無直接效果，各一階潛在因

素間亦無直接關係。由於一階潛在因素之共變數變異數乃由二階潛在因素估計，故一階潛在因素彼此間不能拉雙箭頭，一階潛在因素之相關需透過二階潛在因素來解釋。以下針對研究之二階驗證性因素分析模式詳加說明。

1. 二階驗證性因素分析之結構模式

如圖 4-4，本研究二階驗證性因素分析模式之二階因素為「航管風險因素」，一階因素為「軟體」、「硬體」、「人為」、「環境」等四因素，而 $\zeta_1 \sim \zeta_4$ 是一階潛在因素無法被解釋之殘差， $\gamma_{11} \sim \gamma_{41}$ 為第二層之因素負荷量。

根據本研究模式，共有四個潛在依變項（即四個一階潛在因素），一個潛在自變項（即一個二階潛在因素），故共計四個 m 與一個 n ，若以結構模式之公式表示，為式(4-1)所示，矩陣方程式則可表示為式(4-2)所示。

$$\underset{(4*1)}{\eta} = \underset{(4*1)}{\Gamma} \underset{(1*1)}{\xi} + \underset{(4*1)}{\zeta} \dots\dots\dots \text{式(4-1)}$$

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{11} \\ \gamma_{21} \\ \gamma_{31} \\ \gamma_{41} \end{bmatrix} \times [1] + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \\ \zeta_4 \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{式(4-2)}$$

2. 二階驗證性因素分析之測量模式

本研究初始測量模式共計 57 個測量變項（以 Y 為代號表示）。其中，軟體因素以 Y_1 - Y_{19} 加以衡量，故其僅影響 Y_1 - Y_{19} ，以此類推，硬體因素僅影響 Y_{20} - Y_{31} ，人為因素僅影響 Y_{32} - Y_{48} ，環境因素僅影響 Y_{49} - Y_{57} 。 ε_1 - ε_{57} 是 Y 變項的測量誤差， $\lambda_{11} \sim \lambda_{574}$ 是第一層的因素負荷量。因研究模式有 57 個測量變項，故有 57 個 p ，其測量模式之公式可表示如式(4-3)所示，矩陣方程式則為式(4-4)。由各因素指向其各所屬之測量變項之單箭頭，代表本研究所假設存在之潛在因素對於測量變項的直接因果關係，而測量誤差彼此獨立。

$$\underset{(57*1)}{Y} = \underset{(57*4)}{\wedge_y} \underset{(4*1)}{\eta} + \underset{(57*1)}{\varepsilon} \dots\dots\dots \text{式 (4-3)}$$

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{19} \\ Y_{20} \\ Y_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{31} \\ Y_{32} \\ Y_{33} \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{48} \\ Y_{49} \\ Y_{50} \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{57} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \lambda_{191} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{202} & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \lambda_{312} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{333} & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \lambda_{483} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{504} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{574} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_{57} \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{式 (4-4)}$$

4.3 問卷項目內容與受訪對象

本研究應用風險辨識方法之問卷調查為研究工具，蒐集研究實證所需之資料，本節將就問卷內容之設計(包括變項操作性定義)與受訪者群體對象加以說明。

4.3.1 問卷受訪群體

航管作業乃屬一專業工作性質，唯有相關作業人員、管理者、教育者與事故調查者，才能較深入瞭解該作業實際上所可能面臨之風險，及各種作業需求、狀況。鑑此，基於考量研究之準確性，本問卷之受訪對象僅限於我國航管相關從業人員，並可區

分為兩群體，以更精確掌握航管風險因素。其中群體一係指各管制單位線上管制員，群體二則可視為上級行政管理人員，包括各管制單位之教官、督導、主管，及民航局主管機關等。問卷發放單位與群體對象整理如表 4-1 所示。

表 4-1 問卷調查對象與單位

群體分類	對象	單位/人員	單位/人員簡述
群體一	管制單位 管制員	航路管制	區管中心
		管制一級單位	高雄近場管制塔台、台東近場管制塔台
		管制二級單位	松山機場塔台、恆春機場塔台、花蓮近場台、台中近場台
群體二	上級行政管理	管制單位 行政人員	台長、副台長、主任、督導、教官、協調員、助理管制員
		民航局	航管組
		民航局	標準組分析科
		民航局	民航人員訓練所
		民航局	飛航服務總台之飛航業務室

資料來源：本研究

[註]恆春機場塔台為高雄近場管制塔台人員輪值。

4.3.2 問卷內容與操作性定義

本航管風險因素量表共包括三個部份，第一部分乃調查各風險項目對航管之影響程度，如 3.2 節所述，為精確掌握受訪者對風險之認知程度，本問卷採取模糊語意問卷，各構面皆採取五個語意等級(linguistic degree)為衡量尺度，其模糊語意集合皆為{很低、低、普通、高、很高}。首先請各受訪者填寫其對各語意等級的感受區間數值後，再進行各問項影響程度勾選。

問卷共探討四個因素構面，並設計適合衡量各構面之變項，期透過各變項衡量該因素構面，且藉由各因素構面衡量航管風險因素。各構面之操作性定義與其所屬之測量變項整理如表 4-3 所示。

第二部份則調查各受訪者之人口統計變項，包括性別、教育

程度、年齡、年資、工作性質等五個項目，其中僅有年資採開放式填答方式，其餘問項均以勾選方式進行填答。第三部份為提供受訪者填寫對本問卷或整體飛航管制系統之意見，採開放式回答。第二部份之人口統計變項調查內容請見表 4-2。

表 4-2 受訪者人口統計變項項目

	項目編號	內容	衡量尺度
人口統計變項	1	性別	類別
	2	年齡	比率
	3	教育程度	順序
	4	年資	開放式回答
	5	工作性質	類別

資料來源：本研究

表 4-3 航管風險因素量表之構面與問項操作性定義

衡量構面	研究層面	構面操作性定義	變項編號	變項內容
軟體	組織管理	組織內部管理與溝通狀況	Y ₁	上級之領導統馭能力
			Y ₂	團隊精神
			Y ₃	工作氣氛
			Y ₄	人力配置狀況
			Y ₅	管制員與單位主管之協調溝通狀況
			Y ₆	管制員與單位督導、協調員之協調溝通狀況
			Y ₇	同事間之協調溝通狀況
			Y ₈	上級對下級建議之處理方式與反應態度
			Y ₉	管制員對單位上級下達命令之服從度
			Y ₁₀	管制員對單位上級管理態度之認同度
	制度與程序	管制作業相關程序與制度、法規合宜性	Y ₁₁	人員甄選晉用制度之合宜性
			Y ₁₂	排班、請假、差勤制度之合宜性
			Y ₁₃	薪資結構之合理性
			Y ₁₄	獎懲制度之公平性
			Y ₁₅	管制案件及飛航事件調查制度之公平性
			Y ₁₆	安全評估制度實施之狀況
			Y ₁₇	訓練制度與檢定考核制度之合宜性
			Y ₁₈	訓練資源之適足度
			Y ₁₉	管制相關法令、作業程序與規則之合宜性

硬體	系統功能與設備	航管系統功能與設備適宜性	Y ₂₀	航管系統設備足敷管制需求
			Y ₂₁	航管系統所提供之資訊足敷管制需求
			Y ₂₂	航管系統所提供之資訊呈現方式與正確性
			Y ₂₃	航管系統之穩定性與可靠度
			Y ₂₄	航管備份系統之可靠度
			Y ₂₅	航管系統之故障維護效率
	人機介面衝突	航管系統所可能導致之人機介面問題與衝突	Y ₂₆	航管系統操作介面之使用方便性
			Y ₂₇	航管系統指令與程序之合宜性
			Y ₂₈	航管系統自動警示聲響與顯示之合宜性
			Y ₂₉	航管系統出現警示訊息時，管制員對該訊息瞭解之程度與即時反應
			Y ₃₀	航管系統功能與管制員自主權之衝突程度
			Y ₃₁	管制員對航管系統信賴程度
人為	個人因素	管制員之專業能力與生、心理狀況	Y ₃₂	管制員之協調能力
			Y ₃₃	管制員之判斷與應變能力
			Y ₃₄	管制員之英文能力
			Y ₃₅	管制員操作航管及備份系統之能力
			Y ₃₆	管制員對航機性能的了解程度
			Y ₃₇	管制員之身體健康狀況
			Y ₃₈	管制員情緒化
			Y ₃₉	管制員個人主觀意識強烈
	作業面誤失	管制個人作業疏失	Y ₄₀	不適當的許可
			Y ₄₁	未按標準作業程序進行管制
			Y ₄₂	下指令時口誤或沒有聆聽覆誦
			Y ₄₃	隔離不足
			Y ₄₄	疏於注意及確認飛航計劃與航機狀態
			Y ₄₅	管制條操作失當
			Y ₄₆	未確實完成航機交接
			Y ₄₇	未即時提供影響航機安全之航情予機師
			Y ₄₈	看錯航機代碼
環境	航管外部管理	航管作業環境，及管制單位與上級機關間之互動狀況	Y ₄₉	工作壓力
			Y ₅₀	工作環境之舒適度與安全性
			Y ₅₁	上級機關對其所屬管制單位建議之處理方式與反應態度
			Y ₅₂	管制單位對上級機關下達命令之服從度
			Y ₅₃	管制單位對上級機關管理方式與態度之認同度
	外部溝通	非管制單位內、非航管人員	Y ₅₄	各管制單位間之協調溝通狀況
			Y ₅₅	上級機關與所屬管制單位之溝通協調狀況
			Y ₅₆	管制員與民航機機師、空軍溝通協調狀況

	通	之協調溝 通狀況	Y ₅₇	管制員與機場航務人員溝通協調狀況
--	---	-------------	-----------------	------------------

資料來源：本研究



第五章 研究模式驗證與結果分析

目前結構方程模式相關之研究，均以明確之觀察資料進行應用，由於本研究採用模糊語意量表，為順利進行後續模式驗證與研究結果分析，待問卷回收後，必須先解模糊化，本研究擬取各受訪者所填寫各衡量尺度之區間中心值為各語意等級之明確認知分數，以達將模糊數轉換為明確數值之目的。而為避免因個人認知之模糊區間範圍過大，造成模式校估困難，本研究將各明確認知分數等距縮小(如均縮小 10%)，以利後續研究模式之驗證。

本航管風險因素量表事先未做初測，且為求研究之完整性，乃考量所有可能的風險因素項目，以致造成問項較多之現象，為順利進行研究模式建構與驗證，本研究將於解模糊化後，應用項目分析與探索性因素分析刪除不適切之變項，並進行重要變項之篩選與重整因素構面。

除以 LISREL8.54 套裝軟體執行驗證性因素分析外，本研究另應用 SAS 統計軟體進行研究問卷結果分析。整體問卷分析與研究模式驗證之流程可以圖 5-1 之簡圖表示。

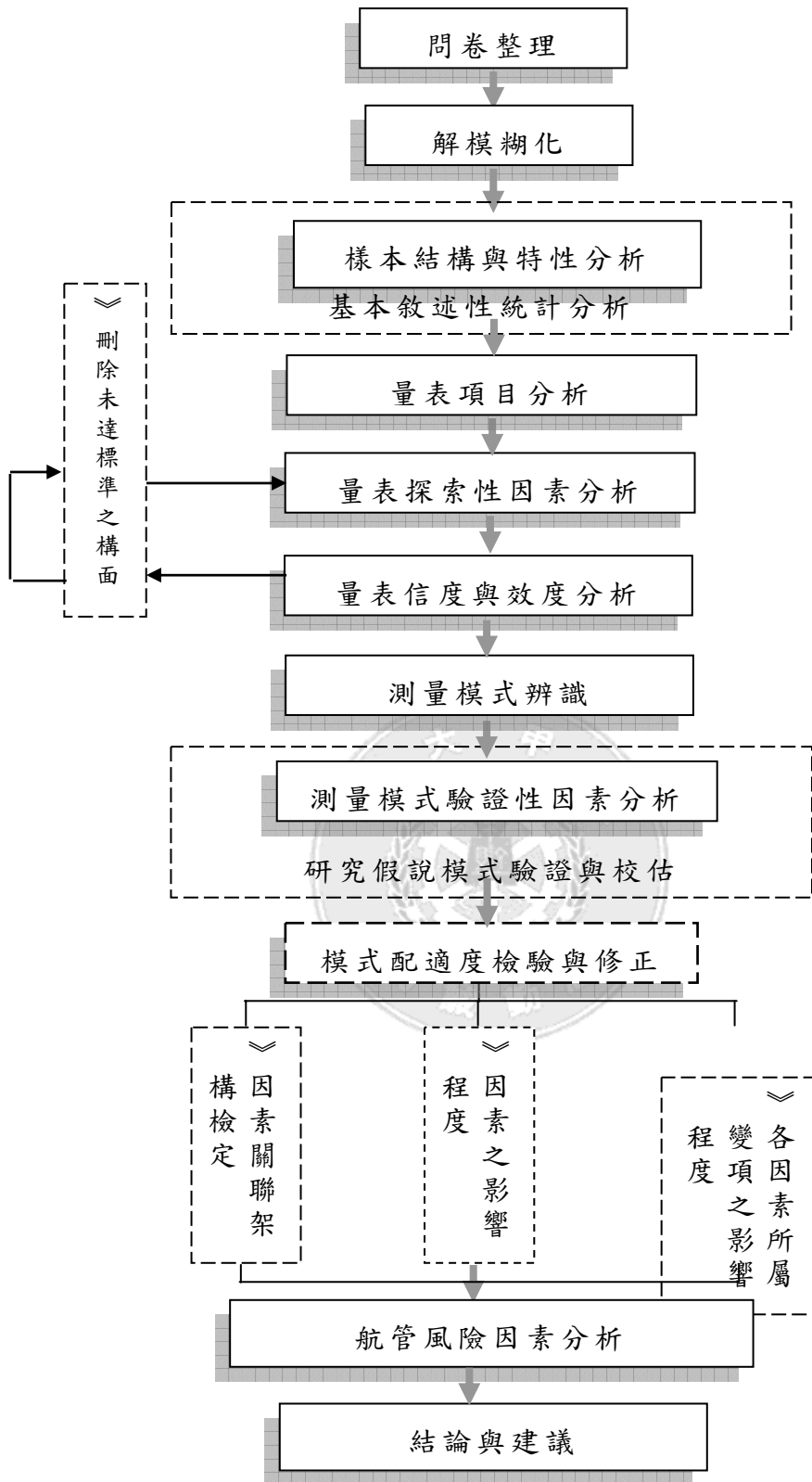


圖 5-1 問卷分析與研究模式驗證流程圖

資料來源：本研究

5.1 樣本結構與特性分析

本研究問卷共發放 232 份，回收 198 份(約 85.35%)，有效份數共計 166 份(約 71.55%)，其中，群體一共有效回收 97 份，而群體二為 69 份。由於本研究問卷乃採用模糊語意問卷，部分受訪者不熟悉此型態問卷的填答方式，造成部分無效問卷，其中，群體一共有效回收 97 份，而群體二為 69 份。本節將利用敘述性統計分析來闡述調查問卷中各人口統計項目所得之結果。

受訪者之基本資料請見表 5-1。整體而言，受訪者男女比例大致相同，年齡分佈以 31-40 歲居多，41-50 歲居次，顯示航管人員大多正值壯年。學歷則以大學（專）占絕大部份。平均工作年資達 13.78 年，顯示我國航管人員之航管經驗豐富。

表 5-1 受訪者之基本資料表

項目	分類	群體一		群體二	
		人數	百分比(%)	人數	百分比(%)
性別	男	47	48.45	48	69.57
	女	50	51.55	21	30.43
年齡	20-30	8	8.25	1	1.45
	31-40	77	79.38	11	15.94
	41-50	11	11.34	33	47.83
	51-60	1	1.03	21	30.43
	60 以上	-	-	3	4.35
學歷	高中職	-	-	2	2.9
	大學(專)	92	94.85	61	88.41
	碩士	5	5.15	6	8.7
平均工作年資	-----	8.835		20.739	

資料來源：本研究

5.2 量表項目分析

「項目分析」之目的係為針對欲測試之題目進行適切性之評估，以考驗一量表個別题目的可靠程度（邱皓政，2004）。本節將應用項目分析刪除不適切之問項，以降低因量表問項過多，可能造成測量模式校估困難之問題。

本研究問卷之目的乃在於辨識我國航管風險，並非一般的心

理測驗量表，本研究項目分析之目的迴於心理量表以刪除鑑別度低之問項為目的，故項目分析之應用上，本研究乃採取項目描述統計檢驗之偏態、因素分析之個別項目初始因素負荷量、相關法之校正項目總分相關係數等方法進行研究量表之項目分析，刪除不適切之變項。

其中，項目統計檢驗乃利用各項目的描述統計量，來診斷題目的優劣，量表各項目的描述統計資料可顯示出題目的基本性質，若項目之偏態太過嚴重，表示該項目屬較差的問項，若項目之偏態態接近正負 1，則可將其刪除。而相關分析法則為運用各項目與相對應總分之相關係數來檢驗項目的好壞，校正項目總分相關係數為該檢驗方法之一，其係應用每一個題目與其他題目加總後的總分（不含題目本身）之相關係數，使研究者得以清楚的辨別每一題目與其他題目的相對關聯性。由於同一題本之題目乃在於測量同一屬性，因此試題間應具有高相關，藉由項目與總分間之相關可評估同質性，若某一項目之校正項目總分相關係數小於 0.3，可將其刪除。另外，同質性之評估也可利用因素分析，研究者可將因素設定為一個主成分，藉由觀察每一項目是否具有某一水準之因素負荷量，進行同質性檢驗，若某一項目之因素負荷量未達 0.3，則可將其刪除。（邱皓政，2004）

根據以上原則，本研究量表之項目分析結果為表 5-2 所示。礙於篇幅限制，各項目之個別信度均以四捨五入之結果呈現，四捨五入後可發現各項目之信度均達 0.97 以上，且整體量表之信度為 0.9793，具高信度，此顯示全量表之同質性極高，故本量表項目具有相當的同質性。關於各項目之項目分析檢定結果，整理如下。

(1)偏態：

觀察各項目之偏態可發現，其中 V_6 、 V_9 、 V_{19} 、 V_{22} 、 V_{42} 、 V_{43} 、 V_{44} 、 V_{52} 等項目之偏態絕對值大於 0.9，且接近 1，是較不適切之變項，可考慮將其刪除。

(2)校正項目相關係數：

關於校正項目相關係數方面，雖 V_{39} 、 V_{49} 、 V_{52} 之相關係數較低，介於 3~4 之間，但大體上均大於 0.3 之門檻值，故各項目之校正項目相關係數均符合檢定標準。

(3)項目因素負荷量：

最後觀察個別項目之因素負荷量，發現 V_9 、 V_{39} 、 V_{49} 、 V_{52} 等四個變項之因素負荷量分別為 0.193、0.136、0.169 與 0.172，均小於 0.3 之門檻值，乃為較不適切之項目，可考慮將其刪除。

至此，根據項目分析之結果，顯示 V_9 和 V_{52} 之偏態與因素負荷量等兩項檢驗值未達標準，乃為較不適切之項目，故本研究決定予以刪除，保留其他 55 個變項。

表 5-2 量表項目分析結果一覽表

構面	題號	偏態	相關係數 ¹	因素負荷 ²	信度	構面	題號	偏態	相關係數 ¹	因素負荷 ²	信度
軟體	V_1	-0.849	0.708	0.514	0.979	人為	V_{32}	-0.892	0.589	0.378	0.979
	V_2	-0.523	0.599	0.385	0.979		V_{33}	-0.756	0.699	0.518	0.979
	V_3	-0.396	0.599	0.379	0.979		V_{34}	-0.594	0.638	0.436	0.979
	V_4	-0.681	0.761	0.599	0.979		V_{35}	-0.689	0.614	0.411	0.979
	V_5	-0.559	0.754	0.586	0.979		V_{36}	-0.566	0.614	0.409	0.979
	V_6	-1.055	0.613	0.408	0.979		V_{37}	-0.662	0.605	0.390	0.979
	V_7	-0.764	0.557	0.344	0.979		V_{38}	-0.814	0.626	0.407	0.979
	V_8	-0.804	0.749	0.573	0.979		V_{39}	-0.799	0.392	0.172	0.979
	V_9	-1.054	0.425	0.193	0.979		V_{40}	-0.880	0.753	0.561	0.979
	V_{10}	-0.769	0.743	0.562	0.979		V_{41}	-0.808	0.772	0.586	0.979
	V_{11}	-0.742	0.639	0.433	0.979		V_{42}	-1.123	0.790	0.615	0.979
	V_{12}	-0.648	0.710	0.532	0.979		V_{43}	-1.131	0.744	0.549	0.979
	V_{13}	-0.600	0.632	0.413	0.979		V_{44}	-1.017	0.786	0.608	0.979
	V_{14}	-0.855	0.705	0.504	0.979		V_{45}	-0.633	0.767	0.580	0.979
	V_{15}	-0.806	0.745	0.570	0.979		V_{46}	-0.899	0.790	0.616	0.979

	V ₁₆	-0.783	0.684	0.493	0.979		V ₄₇	-0.807	0.785	0.607	0.979
	V ₁₇	-0.719	0.713	0.539	0.979		V ₄₈	-0.887	0.800	0.635	0.979
	V ₁₈	-0.808	0.782	0.644	0.979		V ₄₉	-0.716	0.397	0.169	0.979
	V ₁₉	-1.042	0.753	0.586	0.979		V ₅₀	-0.677	0.768	0.601	0.979
硬 體	V ₂₀	-0.877	0.653	0.461	0.979	環 境	V ₅₁	-0.608	0.769	0.596	0.979
	V ₂₁	-0.596	0.701	0.531	0.979		V ₅₂	-0.954	0.359	0.136	0.980
	V ₂₂	-1.189	0.631	0.434	0.979		V ₅₃	-0.746	0.676	0.462	0.979
	V ₂₃	-0.729	0.721	0.550	0.979		V ₅₄	-0.324	0.668	0.474	0.979
	V ₂₄	-0.617	0.593	0.383	0.979		V ₅₅	-0.456	0.727	0.547	0.979
	V ₂₅	-0.755	0.688	0.509	0.979		V ₅₆	-0.643	0.695	0.507	0.979
	V ₂₆	-0.880	0.683	0.507	0.979		V ₅₇	-0.364	0.580	0.359	0.979
	V ₂₇	-0.823	0.738	0.581	0.979						
	V ₂₈	-0.700	0.631	0.425	0.979						
	V ₂₉	-0.846	0.5432	0.324	0.979						
	V ₃₀	-0.571	0.641	0.428	0.979						
	V ₃₁	-0.814	0.623	0.420	0.979						

資料來源：本研究

[註 1]校正後項目總分相關係數。

[註 2]主成分分析之單一因素原始因素負荷值。

[註 3]整體量表信度為 0.9793，信度欄位為各項目之個別信度，
以上數據均採四捨五入至小數點第三位。

5.3 量表探索性因素分析

所謂探索性因素分析 (Exploratory Factor Analysis, EFA)，旨在於針對內部相關性高之變數做資料簡化的工作，以少數幾個因素來解釋一群相互之間具關係存在的變數之數學模式，該方法可使用較少的向度來表示原來的資料結構，且還能保有資料所提供的大部份訊息 (曾國雄，民 67、陳正昌等，2004)。

探索性因素分析大多被應用於研究問卷之問項縮減與構面重整，為選取本研究問卷各構面具代表性之項目，本節擬以項目分析之結果為基礎，應用探索性因素分析來篩選變項，並將資料

做簡化，以決定量表各潛在構面變項之個數及各測量變項應歸屬的潛在因素。

於進行因素分析前，本研究先應用 Bartlett 球形考驗 (Bartlett Test of Sphericity) 與取樣適切性量數 (Kaiser-Meyer-Olkin measure of ampling adequacy, KMO) 檢驗量表是否適合進行因素分析。

1. Bartlett 球形考驗(邱皓政，民 93、陳正昌等，2004)

因素分析乃使用相關係數作為因素抽取之基礎，而 Bartlett 球形考驗可用以檢定各變項之相關係數狀況(是否不同且大於 0)。此一方法在於考驗由各變項所構成之相關係數矩陣是否可以抽出共同因素，若所得之 X^2 值達顯著水準，表示相關矩陣可以抽出共同因素，反之則表示相關矩陣無共同因素，因此若變項間具高度相關，則代表可能存在共同因素。因此，當 Bartlett 球形考驗呈現顯著，便表示各變項具共同因素存在，適合進行因素分析。

$$X^2 = - \{ N-1 - [(2V+5)/6] \} \ln | R_{vv} | \dots\dots\dots \text{式(5-1)}$$

N:觀察體總數

V 是變項數

$| R_{vv} |$: 所有特徵值的連乘積或相關矩陣的行列式。

2. KMO 檢驗值(邱皓政，民 93、陳正昌等，2004、吳明隆，民 94)

KMO 檢驗值代表與該變項有關之所有相關係數與淨相關係數之比較值，其計算方式是利用多變項相關係數之平方和與相關係數平方和之比率，決定是否適合進行因素分析。當該係數值愈高，表示相關情況良好，適合進行因素分析。KMO 之值會介於 0~1，若 KMO 值愈大時，表示變項間的共同因素愈多，愈適合進行因素分析，然若 KMO 之值少於 0.5，則不適合進行因素分析。

$$KMO = \sum_{i \neq j} r_{ij}^2 / (\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} a_{ij}^2) \dots\dots\dots \text{式(5-2)}$$

r_{ij}^2 : 相關係數

a_{ij}^2 : 淨相關係數

簡而言之，當 Bartlett 球形考驗呈現顯著，且 KMO 檢驗值愈

高，表示量表適合進行因素分析。KMO 檢驗值與量表因素分析適合性之對照表如表 5-3 所示。

表 5-3 KMO 統計量之判斷原理

KMO 檢驗係數值	因素分析適合性
0.9 以上	極佳（極適合）
0.8 以上	良好（適合）
0.7 以上	中度（尚可）
0.6 以上	平庸（勉強可）
0.5 以上	可悲（不適合）
0.5 以下	無法接受（非常不適合）

資料來源：邱皓政(民 93)、吳明隆（民 94）

根據本航管因素量表之 Bartlett 球形考驗與 KMO 檢定結果，KMO 檢驗值為 0.939，Bartlett 球形考驗之 X^2 為 9997.923，自由度為 1485，達統計顯著(表 5-4)，此結果顯示母群體的相關矩陣間有共同因素存在，適合進行因素分析。

表 5-4 航管因素量表初始 KMO 與 Bartlett 檢定結果

KMO取樣適切性量數		0.939
Bartlett 球形檢定	近似卡方分配	9997.923
	自由度	1485
	顯著性	0.000

資料來源：本研究

本研究於探索性因素分析之應用原則與步驟如下：

- (1)利用主成分分析法進行因素與構面的萃取。
- (2)根據 Kaiser (1960)的建議，選取特徵值大於 1 的因素，作為共同因素決定之準則。
- (3)利用最大變異直交轉軸（varimax rotation）取得因素負荷量，以篩選因素。
- (4)保留旋轉後因素負荷量大於 0.5 之變項。

(5)根據因素分析之結果，將各測量變項重新歸納分類予所屬之潛在構面，及進行共同因素之命名。

本量表原共計 57 個問項，經項目分析後刪除 2 個問項，以 55 個問項進行因素分析，初始因素分析後乃萃取出 8 個共同因素，各因素構面均保留因素負荷量大於 0.5 之問項，共計 49 個(見表 5-5)。所謂解釋變異量，可說明因素分析所萃取的因素可解釋全體變數變異量之比例，由表 5-5 可發現，8 個共同因素總可解釋全體變數變異量約 74.983%，其中又以共同因素一可解釋的程度最高，約 48.779%。然而共同因素七僅有一個所屬變項(V₄₉)，所包括之題數太少，不適宜單獨構成一構面，且共同因素八並無任何因素負荷量大於 0.5 之項目，故決定將共同因素七與共同因素八刪除，保留六個因素構面，計 48 個問項。

表 5-5 航管量表初始因素分析結果

因素構面	解釋變異	累積解釋變異	特徵值
因素 1	48.779%	48.779%	26.829
因素 2	7.486%	56.265%	4.117
因素 3	5.929%	62.194%	3.261
因素 4	3.799%	65.993%	2.090
因素 5	2.810%	68.804%	1.546
因素 6	2.185%	70.988%	1.202
因素 7	2.042%	73.030%	1.123
因素 8	1.953%	74.983%	1.074

資料來源：本研究

爾後，本研究根據 Bartlett 球形考驗與 KMO 檢驗值，檢定本航管風險因素量表是否適合再進行探索性因素分析。根據表 5-6 之檢定結果顯示，量表仍適合因素分析，因此，本研究再進行一次因素分析。結果共萃取出六個共同因素，共計 48 個問項，因

素分析結果請見表 5-7、表 5-8。

表 5-6 航管因素量表修正後之 KMO 與 Bartlett 檢定結果

KMO取樣適切性量數		0.942
Bartlett球形檢定	近似卡方分配	8862.478
	自由度	1128
	顯著性	0.000

資料來源：本研究

表 5-7 航管量表因素分析結果與信度

因素構面	解釋變異	累積解釋變異	特徵值	因素名稱
因素 1	50.469%	50.469%	24.2	組織內部狀況與制度
因素 2	7.948%	58.418%	3.82	管制個人疏失
因素 3	6.470%	64.888%	3.11	航管系統功能與人機介面
因素 4	3.694%	68.582%	1.77	組織內部氣氛與溝通
因素 5	2.978%	71.560%	1.43	外部溝通
因素 6	2.411%	73.971%	1.16	管制員專業能力與身體狀況

資料來源：本研究

由表 5-7 顯示，6 個因素構面共可解釋約 73.971% 的全體變數變異量，又以因素構面一可解釋約 50.469% 為最高。其中共同因素一包含 16 個變項，共同因素二至共同因素六另則分別包括 9 個、11 個、4 個、4 個、4 個變項。依據因素分析之結果可發現，六個因素構面中有兩個構面乃跟組織因素有關，與管制員個人因素有關之構面也有兩個，另兩個則分別與系統、外部因素有關。

本研究將因素分析篩選後之問項，重新歸納、排列予所屬之潛在因素構面，並將萃取所得之 6 個潛在因素依據其變項屬性，分別加以命名，其中因素一之項目多為各種航管制度與程序合宜性，及多種上下級間互動狀況，故將其命名為「組織內部狀況與制度」；而因素二之項目皆為管制作業常見之疏失，故命名為「管制個人疏失」；因素三則全為航管系統有關之項目，又依其內容

可命名為「航管系統功能與人機介面」；因素四之項目內容為同單位管制員間、管制員與督導和協調員之通狀況，另包括工作氣氛與團隊精神，故本研究將其命名為「組織內部氣氛與溝通」；因素五除為管制員與非管制人員之協調溝通狀況，如駕駛員、機務人員等，另包括非管制單位內（上級機關與管制單位、各管制單位間）之協調溝通狀況，故將其命名為「外部溝通」；而因素六除三個有關管制員專業能力之項目外，還有一個項目為身體健康狀況，故命名為「管制員專業能力與身體狀況」。

表 5-8 航管量表因素分析之因素構面與變項

因素	變項	變項定義	因素負荷量
因素 1	Y ₁	上級之領導統馭能力	0.692
	Y ₂	管制員與單位主管之協調溝通狀況	0.637
	Y ₃	上級對下級建議之處理方式與反應態度	0.740
	Y ₄	管制員對單位上級管理態度之認同度	0.701
	Y ₅	人員甄選晉用制度之合宜性	0.661
	Y ₆	排班、請假、差勤制度之合宜性	0.662
	Y ₇	薪資結構之合理性	0.746
	Y ₈	獎懲制度之公平性	0.828
	Y ₉	管制案件及飛航事件調查制度之公平性	0.794
	Y ₁₀	安全評估制度實施之狀況	0.639
	Y ₁₁	訓練制度與檢定考核制度之合宜性	0.639
	Y ₁₂	訓練資源之適足度	0.575
	Y ₁₃	管制相關法令、作業程序與規則之合宜性	0.600
	Y ₁₄	工作環境之舒適度與安全性	0.504
	Y ₁₅	上級機關對其所屬管制單位建議之處理方式與反應態度	0.667
	Y ₁₆	管制單位對上級機關管理方式與態度之認同度	0.650
因素 2	Y ₁₇	不適當的許可	0.859
	Y ₁₈	未按標準作業程序進行管制	0.846
	Y ₁₉	下指令時口誤或沒有聆聽覆誦	0.874
	Y ₂₀	隔離不足	0.889
	Y ₂₁	疏於注意及確認飛航計劃與航機狀態	0.850
	Y ₂₂	管制條操作失當	0.782
	Y ₂₃	未確實完成航機交接	0.860
	Y ₂₄	未即時提供影響航機安全之航情予機師	0.842
	Y ₂₅	看錯航機代碼	0.843
因素 3	Y ₂₆	航管系統設備足敷管制需求	0.691

因素 3	Y ₂₇	航管系統所提供之資訊足敷管制需求	0.755
	Y ₂₈	航管系統所提供之資訊呈現方式與正確性	0.731
	Y ₂₉	航管系統之穩定性與可靠度	0.682
	Y ₃₀	航管備份系統之可靠度	0.710
	Y ₃₁	航管系統之故障維護效率	0.712
	Y ₃₂	航管系統操作介面之使用方便性	0.650
	Y ₃₃	航管系統指令與程序之合宜性	0.704
	Y ₃₄	航管系統自動警示聲響與顯示之合宜性	0.691
	Y ₃₅	航管系統出現警示訊息時，管制員對該訊息瞭解之程度與即時反應	0.627
因素 4	Y ₃₆	管制員對航管系統信賴程度	0.565
	Y ₃₇	團隊精神	0.727
	Y ₃₈	工作氣氛	0.713
	Y ₃₉	管制員與單位督導、協調員之協調溝通狀況	0.620
因素 5	Y ₄₀	同事間之協調溝通狀況	0.652
	Y ₄₁	各管制單位間之協調溝通狀況	0.613
	Y ₄₂	上級機關與所屬管制單位之協調溝通狀況	0.590
	Y ₄₃	管制員與民航機機師、空軍溝通協調狀況	0.624
因素 6	Y ₄₄	管制員與機場航務人員溝通協調狀況	0.677
	Y ₄₅	管制員之英文能力	0.675
	Y ₄₆	管制員操作航管及其備份系統之能力	0.568
	Y ₄₇	管制員對航機性能的了解程度	0.675
	Y ₄₈	管制員之身體健康狀況	0.534

資料來源：本研究

5.4 量表信度與效度分析

為瞭解航管風險因素量表與各因素構面是否具內部一致性與效度，將於此節進行信度與效度檢定。

1. 量表信度

一量表的信度分析可評估整份量表的可靠程度，當一量表信度愈高，代表該量表愈穩定。信度分為內在信度與外在信度，由於本問卷僅進行一次施測，故不討論外在信度，而內在信度係指一量表是否測量單一概念，同時，組成量表題項的內在一致程度如何，如果內在信度 > 0.8 ，表示量表具高信度（邱皓政，2004、吳明隆，民 94）。

一量表之問項若與其潛在變項間具很強的關係，該變項間也會存在著很強之關係，此意味著這些問項所測量的是相同的事情

(Devellis, 1999)。簡單來說，信度，乃指測驗一致性之程度，一致性愈高表示信度愈高，為了解本問卷量表是否具內部一致性 (Internal Consistency)，本研究採取 Cronbach's α 係數加以檢定量表信度。若 α 值愈大，顯示該量表或該量表因素內各測量問項之相關性愈大，量表內部一致性愈高。其係數檢定方法公式如下：

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \dots \dots \dots \text{式(5-3)}$$

k：量表中所包括的問項數目。

σ_i^2 ：所有受訪者在第 i 問項的分數之變異數， $i=1,2,3\dots k$ 。

σ_t^2 ：所有受訪者量表總分的變異數。

Devellis (1999) 認為若 α 低於 0.6，該量表應完全不接受；若介於 0.6 至 0.65，為最好不要；0.65-0.7 為最小接受值，0.7-0.8 為相當好；0.8-0.9 則屬相當好。而 Cronbach(1951)建議 Cronbach's α 係數應大於 0.7。根據檢驗結果（請見表 5-9），本量表整體之信度高達 0.9514，其中又以因素構面二之信度最高，Cronbach's α 係數值約 0.984，其他因素構面亦有不錯之信度，Cronbach's α 係數值介於 0.84~0.97 之間，均達 Cronbach 建議之 0.7 標準值，與達 Devellis 之建議值範圍，在在顯示本航管風險因素量表具極高的內部一致性。

表 5-9 航管風險因素量表信度檢驗

因素構面	因素名稱	題數	Cronbach's α	
因素 1	組織內部狀況與制度	16	0.9634	0.9514
因素 2	管制個人疏失	9	0.984	
因素 3	航管系統功能與人機介面	11	0.942	
因素 4	組織內部氣氛與溝通	4	0.852	
因素 5	外部溝通	4	0.876	
因素 6	管制員專業能力與身體狀況	4	0.849	

資料來源：本研究

2. 量表效度

所謂的「效度」，常被定義為測驗所欲測量之特質或行為的正確性，或者指衡量測驗是否能夠測量到其所要測量之潛在特質程度之統計指標。效度又可分為內容效度（content validity）、效標關聯效度（Criterion-related Validity）與建構效度（construct validity），本研究所欲探討的效度乃包括內容效度與建構效度。

所謂內容效度，在於反映測量工具本身內容廣度的適切程度（邱皓政，2004），指一個測驗本身所能包括的概念意義範圍或程度，意即測驗的內容是否能針對所欲的目的，且具有代表性與適當性。因其相當依賴邏輯的處理而非統計技術，故相當依賴研究族群對理論定義之認同，及依賴研究者在選擇指標時，是否能夠涵括該測驗所預測之內容領域或面向（黃芳銘，2004）。內容效度沒有任何統計量可以衡量，若問卷內容以理論為基礎，並參考以往學者類似研究之內容加以修訂，並與實務或學術專家討論過，即可認為具有相當的內容效度。（邱皓政，2004）。

鑑於本航管風險因素量表原共包含四大航管因素構面，其乃根據相關研究文獻為理論架構之基礎，並輔以參考我國航管相關飛安案例，及實際訪談我國現職之航管從業人員，歸納航管風險項目後，設計出本研究之正式問卷。再則，藉由訪談進行問項篩選及修正，並依據因素分析，重整與萃取出6個構面，保留48個變項，故本量表應擁有良好的內容效度。

關於建構效度，係指量表能測量理論上某概念或特質的程度，即構念是否能真實反應實際狀況。或說建構效度指變項準確地測量出研究建構的程度。本研究乃應用因素分析之主成分分析法，萃取得到六個構面，分別為「組織內部狀況與制度」、「管制個人疏失」、「航管系統功能與人機介面」、「組織內部氣氛與溝通」、「外部溝通」、「管制員專業能力與身體狀況」，此六個構面累積解釋變異量為73.971%，且六個構面的信度及問卷整體信度值均大於0.7，且各變項具極高之因素負荷量（介於0.534~0.874），故本問卷具相當程度之建構效度。

5.5 研究模式校估與驗證

本研究依據文獻回顧為研究理論架構之基礎，據以發展研究模式-「航管風險因素」測量模式。如第四章所述，本航管風險因素模式乃為二階測量模式，為驗證研究所構建之假說模式，本研究利用問卷蒐集實證所需之資料。以下將根據項目分析與因素分析所得之結果，應用 LISREL8.54 軟體，採最大概似估計法進行驗證性因素分析。

本模式驗證主要之目的有三：(1)檢驗各測量變項（即問項）是否足以衡量其所屬之潛在因素（即因素構面）；(2)各潛在因素構面是否足以成為航管風險因素之衡量構面；另(3)考驗因素構面間關聯架構，以驗證各因素間是否存在相關性。此外，也針對測量模式之配適度、效度，各因素層面、各變項之影響程度進行探討。

本章節於模式驗證方面，所欲探討之內容與步驟請見圖 5-1，包括首先進行模式辨識，以確認研究之測量模式可順利校估後，進行驗證性因素分析。若模式配適度良好，則繼續後續相關分析，若配適度不佳，則修正模式，直至產生良好配適度之航管風險測量模式。本章節也將就模式校估之操作方法加以闡述。

本研究欲進行驗證性因素分析之測量模式由 48 個測量變項、6 個一階潛在因素構面，及一個二階潛在因素所構成，問卷回收之有效樣本數為 166 份，大於 Anderson and Gerbing(1984)所建議之 150 份，而測量變項與潛在因素之比值 >6 ，問卷樣本數亦大於 Marsh and Hau(1999)所建議之 50 份。基此，可進行研究模式之參數校估與驗證。

5.5.1 測量模式之二階驗證性因素分析

本研究之測量模式屬二階驗證性因素分析，經因素分析後之二階驗證性因素分析初始架構如圖 5-2 所示。航管風險因素為二階潛在因素(ξ)，因素構面一至因素構面六為二階潛在因素(6個 η)， Y_1 - Y_{16} 為因素構面一之測量變項， Y_{17} - Y_{25} 為因素構面二之測量變項， Y_{26} - Y_{36} 為因素構面三之測量變項， Y_{37} - Y_{40} 為因素構面四之測

量變項， Y_{41} - Y_{44} 為因素構面五之測量變項， Y_{45} - Y_{48} 為因素構面六之測量變項。而 γ_{11} - γ_{61} 為第二層之因素負荷量， λ_{11} - λ_{486} 為第一層之因素負荷量， ε_1 - ε_{48} 分別為 Y_1 - Y_{48} 之測量誤差， ζ_1 - ζ_6 則為因素構面一至因素構面六無法被解釋之殘差。

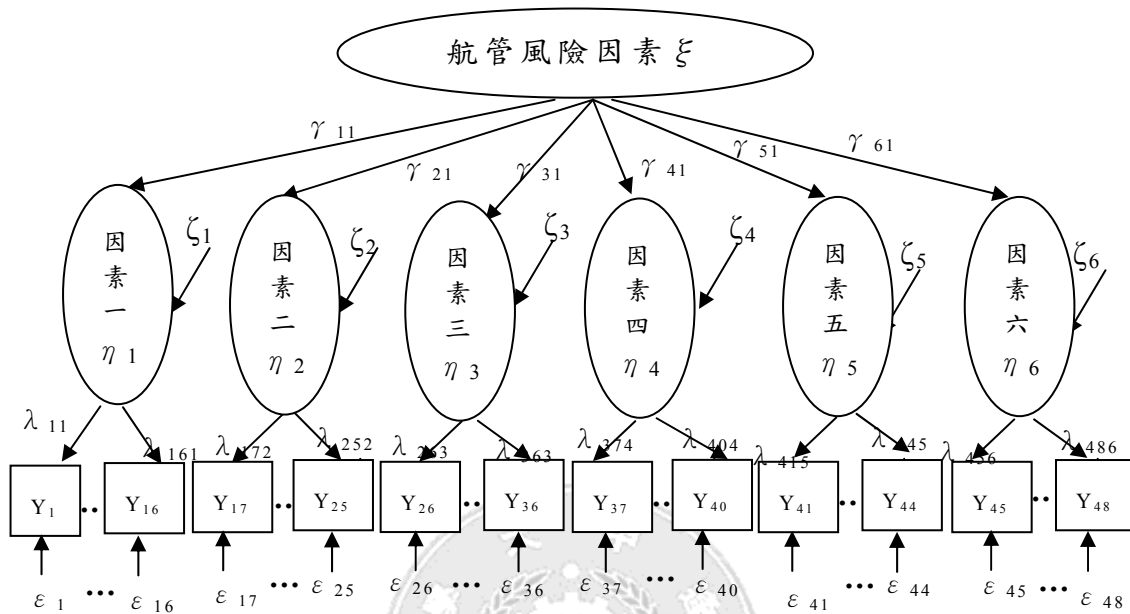


圖 5-2 研究初始二階驗證性因素分析架構圖

資料來源：本研究

1. 模式辨識與校估操作

於 SEM 分析操作上，資料之分析矩陣型態可採共變數矩陣或相關矩陣，而 LISREL 套裝軟體內定以共變數矩陣作為分析矩陣，故本研究採用共變數矩陣作為資料之分析矩陣。

Joreskog and Sorbom (1989) 指出 Λ_x 、 Λ_y 矩陣中，每一個直行都有一個參數被設定為 1，其目的乃是要以該指標作為其所屬潛在變項之單位，被設定為 1 的指標稱為參照指標 (reference indicator)，通常每一個潛在變項都必須要有一個指標被固定為參數指標 (陳正昌等，2004)。由於潛在變項乃由 SEM 分析所估計出來，而非實際的測量變項，因此必須給予一特定的單位尺度，若潛在變項作為被他人決定或影響之內生潛在變項，潛在變項本身成為估計的主要對象，此時應設定測量變項的因素負荷量為 1，使潛在變項之變異數可自由估計 (邱皓政，民 93)。

於本研究二階驗證性因素分析模式中，6 個一階因素乃受其共同二階因素（航管風險因素）之影響，故 6 個一階航管因素均屬於潛在內生變項。為使測量模式可被辨識及順利進行參數校估，本研究於模式校估操作上，係皆將各一階潛在因素構面之第一個測量變項的因素負荷量設定為 1，以確保每一個因素構面的變異量可以自由估計。例如：因素構面一共有 16 個所屬之測量變項，其影響測量變項 Y_1 - Y_{16} ，故將 Y_1 之因素負荷量設定為 1；又如：因素構面二影響測量變項 Y_{17} - Y_{25} ，將 Y_{17} 之因素負荷量設定為 1，以此類推，於因素構面六中，則設定 Y_{45} 之因素負荷量為 1。

在此將研究模式假設之設定整理列述如下：

- (1) 模式中共有 48 個 Y ，6 個一階 η 與 1 個高階 ξ 。各個測量變項僅受到單個一階潛在因素影響，共產生 48 個第一層因素負荷量 ($\lambda_{11} \sim \lambda_{48}$)。
- (2) 模式中共有 48 個測量殘差 ($\varepsilon_1 \sim \varepsilon_{48}$)，其變異量被自由估計。測量殘差間為獨立且無共變。
- (3) 6 個一階潛在因素被二階因素解釋不足之處，產生 6 個 ζ ，其變異量被自由估計。
- (4) 為了使一階因素量尺得以確立，每一個因素之因素負荷量為 1。
- (5) 各一階因素僅受到一個高階因素影響，故產生 6 個第二層因素負荷量 ($\gamma_{11} \sim \gamma_{61}$)。

在研究模式參數校估與驗證之前，需先進行模式辨識，以確保模式可被正確估計。依據圖 5-2，研究假說模式共包含 48 個測量變項，所需校估之參數矩陣共有 5 個，分別為 Λ_y 、 Ψ 、 Θ_ε 、 Γ 、 Φ ，而所欲校估之參數共有 102 個，其中 Λ_y 矩陣有 42 個、 Γ 有 6 個、 ε 矩陣有 48 個、 ξ 有 6 個。驗證性因素分析皆假設潛在因素影響測量變項，其箭頭方向被期望是從潛在變項劃向測量變項，此應用乃為遞迴模式，故無 β 係數存在，該測量模式之辨識可適用 t 法則（黃芳銘，2004）。而觀察本研究之驗證性因素分析架構圖，乃屬於遞迴模式，基此，應用 t 法則進行測量模式辨識。本測量模式共形

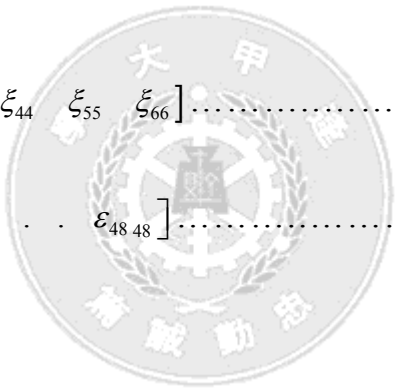
成 $1/2(48)(48+1)=1176$ (DP)個要素，所欲估計之參數數目 $t=102$ ，因 $t < 1176$ ，故模式可被辨識。

另鑑於研究假說模式乃屬於測量模式之操作，故擬再採取測量模式辨識原則說明模式是否可被辨識。首先，於航管風險因素假說模式中，可發現每一個一階潛在因素皆有至少四個測量變項加以估計，且每一個測量變項只用以估計單一個潛在變項（僅被單一個潛在變項影響），另假設殘差間並沒有共變假設，且潛在變項的變異數可自由估計，故測量模式可被辨識。

$$\Gamma_{(6 \times 1)} = \begin{bmatrix} \gamma_{11} \\ \gamma_{21} \\ \gamma_{31} \\ \gamma_{41} \\ \gamma_{51} \\ \gamma_{61} \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{式 (5-4)} \quad \Phi_{(1 \times 1)} = [1] \dots\dots\dots \text{式 (5-5)}$$

$$\Psi_{(6 \times 6)} = \text{diag}[\xi_{11} \quad \xi_{22} \quad \xi_{33} \quad \xi_{44} \quad \xi_{55} \quad \xi_{66}] \dots\dots\dots \text{式 (5-6)}$$

$$\Theta_{\varepsilon_{(48 \times 48)}} = \text{diag}[\varepsilon_{11} \quad \varepsilon_{22} \quad . \quad . \quad . \quad \varepsilon_{48 \ 48}] \dots\dots\dots \text{式 (5-7)}$$



$$\Lambda_y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \lambda_{161} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{182} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{192} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \lambda_{252} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{273} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \lambda_{363} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{384} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{394} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{404} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{425} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{435} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{445} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{466} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{476} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{486} \end{bmatrix} \dots \text{式 (5-8)}$$

2. 模式驗證與評鑑

一理想的測量模式，應是潛在變項所影響的每一個測量變項的因素負荷量接近 1，且需達到統計顯著，同時每一個測量變項僅受到一個單一潛在變項影響（邱皓政，民 93）。測量模式之模式評鑑可分為三方面加以探討：基本配適度、整體模式配適度、

模式內在結構配適度，以下將針對本研究假說模式進行模式校估與驗證。

一、基本配適度評鑑

於基本配適度評鑑方面，本研究根據 Bagozzi and Yi (1988) 之建議進行模式基本配適度評鑑，以檢驗模式是否具有違犯估計 (offending estimates) 之現象，本研究測量模式參數校估結果整理如表 5-10 所示，並分述如下：

(1) 誤差變異

本研究模式需校估之誤差變異包括6個一階潛在因素的誤差變異 ζ 、48個測量變項的誤差變異 ε ，與一個二階潛在因素之誤差變異PHI。其中PHI於本研究中定義為1.00，另由表5-10發現， ζ 和 ε 皆為大於零之正數，且均達統計顯著水準，故符合模式評鑑標準。

(2) 參數間之相關

由LISREL報表所輸出的參數相關矩陣可發現，估計參數之間無太大之相關係數，其絕對值均低於0.9之評鑑標準值，故參數間之相關符合模式評鑑標準。

(3) 因素負荷量

由表5-10發現，第一層因素負荷量介於0.63~0.96之間(請見標準化參數估計值)，第二層因素負荷量介於0.72~0.86之間，大體上而言，沒有太大或太小之因素負荷量，故符合評鑑標準。

(4) 標準誤

由表5-10可發現，本二階驗證性因素分析估計參數之標準誤數值介於0.05~0.29之間，並無太大的標準誤，且各標準誤之T值均達統計顯著，故符合評鑑標準。

以上之結果顯示本研究模式並無違反估計之現象，故可進行後續模式評鑑與分析。

表 5-10 二階驗證性模式參數估計結果

參數	ML 初 始值	標準 誤	T 值	標準化參 數估計值	參數	ML 初 始值	標準 誤	T 值	標準化參 數估計值
λ_{11}	---	---	---	0.81	ε_1	1.43	0.17	8.53*	0.35
λ_{21}	0.89	0.07	12.39*	0.82	ε_2	1.03	0.12	8.48*	0.33
λ_{31}	1.05	0.08	13.22*	0.85	ε_3	1.07	0.13	8.27*	0.27
λ_{41}	1.05	0.08	12.59*	0.83	ε_4	1.36	0.16	8.43*	0.32
λ_{51}	0.84	0.08	10.17*	0.71	ε_5	1.85	0.21	8.78*	0.50
λ_{61}	0.84	0.08	11.21*	0.76	ε_6	1.36	0.16	8.67*	0.42
λ_{71}	1.05	0.10	10.67*	0.73	ε_7	2.50	0.29	8.73*	0.46
λ_{81}	1.14	0.09	12.96*	0.84	ε_8	1.40	0.17	8.34*	0.29
λ_{91}	1.06	0.08	13.25*	0.86	ε_9	1.08	0.13	8.26*	0.27
λ_{101}	0.94	0.08	11.06*	0.75	ε_{10}	1.78	0.20	8.69*	0.43
λ_{111}	0.90	0.08	11.43*	0.77	ε_{11}	1.47	0.17	8.64*	0.40
λ_{121}	0.89	0.08	11.75*	0.79	ε_{12}	1.29	0.15	8.59*	0.38
λ_{131}	0.83	0.07	11.59*	0.78	ε_{13}	1.17	0.14	8.62*	0.39
λ_{141}	0.92	0.08	11.14*	0.76	ε_{14}	1.68	0.19	8.68*	0.43
λ_{151}	1.03	0.08	12.79*	0.84	ε_{15}	1.21	0.14	8.39*	0.30
λ_{161}	0.89	0.08	11.33*	0.77	ε_{16}	1.48	0.17	8.65*	0.41
λ_{172}	----	----	----	0.92	ε_{17}	0.75	0.09	8.35*	0.15
λ_{182}	1.05	0.05	21.49*	0.92	ε_{18}	0.80	0.10	8.32*	0.15
λ_{192}	1.13	0.05	24.37*	0.96	ε_{19}	0.50	0.07	7.67*	0.09
λ_{202}	1.27	0.05	23.28*	0.94	ε_{20}	0.82	0.10	7.99*	0.11
λ_{212}	1.16	0.05	22.89*	0.94	ε_{21}	0.74	0.09	8.07*	0.12
λ_{222}	1.10	0.06	18.73*	0.88	ε_{22}	1.45	0.17	8.62*	0.22
λ_{232}	1.21	0.05	24.53*	0.96	ε_{23}	0.55	0.07	7.62*	0.08
λ_{242}	1.23	0.05	22.83*	0.94	ε_{24}	0.84	0.10	8.09*	0.12
λ_{252}	1.30	0.06	23.31*	0.95	ε_{25}	0.84	0.11	7.98*	0.11
λ_{263}	---	---	---	0.80	ε_{26}	1.10	0.13	8.30*	0.37
λ_{273}	0.97	0.08	12.86*	0.86	ε_{27}	0.63	0.08	7.80*	0.26
λ_{283}	0.87	0.08	11.15*	0.77	ε_{28}	0.97	0.12	8.41*	0.40
λ_{293}	0.89	0.08	11.84*	0.81	ε_{29}	0.79	0.10	8.22*	0.35
λ_{303}	0.97	0.09	10.57*	0.74	ε_{30}	1.44	0.17	8.52*	0.45
λ_{313}	0.97	0.08	12.02*	0.82	ε_{31}	0.88	0.11	8.16*	0.33
λ_{323}	0.93	0.08	11.62*	0.80	ε_{32}	0.95	0.11	8.29*	0.36
λ_{333}	1.02	0.08	12.58*	0.84	ε_{33}	0.79	0.10	7.94*	0.29
λ_{343}	0.93	0.09	10.57*	0.74	ε_{34}	1.32	0.16	8.53*	0.45
λ_{353}	0.68	0.08	8.71*	0.63	ε_{35}	1.29	0.15	8.78*	0.60
λ_{363}	0.73	0.08	9.65*	0.69	ε_{36}	1.11	0.13	8.67*	0.52
λ_{374}	---	---	---	0.77	ε_{37}	0.88	0.12	7.17*	0.40
λ_{384}	1.14	0.12	9.75*	0.76	ε_{38}	1.27	0.17	7.36*	0.43
λ_{394}	1.01	0.10	9.91*	0.77	ε_{39}	0.94	0.13	7.23*	0.41
λ_{404}	1.03	0.10	10.14*	0.79	ε_{40}	0.87	0.12	7.02*	0.38
λ_{415}	---	---	---	0.80	ε_{41}	0.93	0.13	7.31*	0.36
λ_{425}	1.13	0.10	11.01*	0.79	ε_{42}	1.31	0.18	7.49*	0.38
λ_{435}	1.14	0.09	12.19*	0.85	ε_{43}	0.81	0.13	6.45*	0.27
λ_{445}	1.13	0.11	10.69*	0.77	ε_{44}	1.47	0.19	7.67*	0.41

λ_{456}	---	---	---	0.81	ε_{45}	0.71	0.11	6.72*	0.34
λ_{466}	0.89	0.09	10.20*	0.75	ε_{46}	0.86	0.11	7.57*	0.44
λ_{476}	1.14	0.10	10.87*	0.79	ε_{47}	1.10	0.15	7.12*	0.38
λ_{486}	0.94	0.10	9.81*	0.72	ε_{48}	1.12	0.14	7.77*	0.48
ζ_1	0.75	0.15	5.12*	0.28	ζ_4	0.47	0.11	4.47*	0.36
ζ_2	2.00	0.28	7.05*	0.48	ζ_5	0.43	0.10	4.25*	0.26
ζ_3	0.51	0.11	4.85*	0.27	ζ_6	0.39	0.09	4.21*	0.28
γ_{11}	1.38	0.13	10.37*	0.85	γ_{41}	0.92	0.10	9.01*	0.80
γ_{21}	1.48	0.15	9.80*	0.72	γ_{51}	1.12	0.11	10.18*	0.86
γ_{31}	1.17	0.11	10.25*	0.85	γ_{61}	1.00	0.10	10.05*	0.85

資料來源：本研究

[註]* 為T值大於1.96之顯著水準

二、整體模式配適度評鑑

在整體模式評鑑方面，鑒於卡方值易受樣本數之大小影響，而RMR並不具標準化特性，且受尺度影響，無一標準門檻決定模式於何種數值下可被接受，故於整體模式配適度評鑑方面，除卡方值外，本研究以參考 X^2/df 與其他常用之評鑑指標為主，包括NFI、NNFI、CFI、GFI、AGFI、SRMR、RMR、RMSEA。

(1) 初始模式

研究初始測量模式驗證性因素分析之卡方值=2732.99，自由度為1074，其他配適度評鑑指標如下： $X^2/df=2.545$ 、NFI=0.94、NNFI=0.96、CFI=0.97、GFI=0.59、AGFI=0.55、SRMR=0.07、RMSEA=0.097。其中 $X^2/df=2.548 < 5$ ，且NFI、NNFI、CFI均大於0.9之一般建議值，顯示模式具不錯之契合度，而SRMR與RMSEA雖小於1，但尚有改善的空間，再則GFI和AGFI未達0.9，顯示模式具修正之空間。

鑑於各變項之T值均呈現統計顯著（T值均達1%之顯著水準），故採用刪除殘差值最大的變數進行模式修正。LSREL軟體報表會計算出衡量變數兩兩之間的標準化殘差值，刪除殘差值較大的變數可以避免干擾後續分析的結果。本研究將依據LSREL軟體報表中所提供的標準化殘差值指標，參考殘差分佈狀況進行模式修正，以提高模式配適度。

(2) 修正模式一

根據初始模式校估結果，顯示 Y_{42} 、 Y_{46} 、 Y_{40} 、 Y_{31} 、 Y_{44} 等變項具較大之殘差值，於是計算此五變項之殘差絕對值總和，結果發現最大的殘差絕對值和出現於 Y_{42} ，是以，以刪除 Y_{42} 之方式進行第一次測量模式修正。

刪除 Y_{42} 後，整體模式配適度結果為： $X^2/df=2.518$ 、 $NFI=0.94$ 、 $NNFI=0.97$ 、 $CFI=0.97$ 、 $GFI=0.60$ 、 $AGFI=0.56$ 、 $SRMR=0.07$ ， $RMSEA=0.096$ ，又卡方值為2588.64，自由度為1028，第一次修正模式後，可發現 X^2/df 、 GFI 、 $AGFI$ 、 $SRMR$ 與 $SRMEA$ 均獲得改善，且 $NNFI$ 數值提昇0.01，顯示第一次模式的修正具不錯之效果，不過仍需進行修正。

(3)修正模式二

依據刪除 Y_{42} 後的修正模式一報表，顯示較大的殘差值出現於 Y_{46} 、 Y_{40} 、 Y_{28} 、 Y_{31} 、 Y_{33} 等變項，又以 Y_{46} 之殘差絕對值總和為最大，故決定刪除 Y_{46} 進行第二次的模式修正。

經由刪除 Y_{46} 之第二次模式修正的結果發現，模式卡方值為2468.25，自由度為983，而其他配適度評鑑指標為： $X^2/df=2.5109$ 、 $NFI=0.95$ 、 $NNFI=0.97$ 、 $CFI=0.97$ 、 $GFI=0.61$ 、 $AGFI=0.57$ 、 $SRMR=0.068$ ， $RMSEA=0.096$ ，修正結果顯示部份配適度評鑑指標已有改善。

(4)最終模式

依據上述之步驟，本研究進行多次模式修正，由於因素四刪除了 Y_{40} 和 Y_{37} ，僅剩下 Y_{38} 和 Y_{39} 兩變項，為避免影響後續模式校估，決定將因素四整個刪除。

最終模式之校估評鑑結果顯示，整體模式配適度已獲得改善（請見表5-11），其中，卡方值為502.11，自由度為294， $X^2/df=1.708 < 2$ ，且 NFI 、 $NNFI$ 、 CFI 均大於0.96，雖 GFI 、 $AGFI$ 未達0.9之最佳值，但已在可接受範圍內，分別為0.81、0.77。此外，本研究最終測量模式之 $SRMR$ 值為0.047，小於0.05之建議值， $RMSEA$ 為0.065，亦接近0.05，此顯示最終模式已有良好之契合度。

表 5-11 航管風險因素測量模式之整體模式配適度表

配適度指標	初始測量 模式	修正 模式一	修正 模式二	修正 模式N	最終修正 模式
修正內容	無	刪除 Y ₄₂	刪除 Y ₄₆	.....	刪除 Y ₃₁
X ²	2732.99	2588.64	2468.25		502.11
X ² /df	2.545	2.518	2.5109	.....	1.708
GFI	0.59	0.6	0.61	.....	0.81
AGFI	0.55	0.56	0.57	.....	0.77
NFI	0.94	0.94	0.95	.....	0.96
NNFI	0.96	0.97	0.97	.....	0.98
CFI	0.97	0.97	0.97	.....	0.98
RMSEA	0.097	0.096	0.096		0.065
SRMR	0.07	0.07	0.068	.....	0.047

資料來源：本研究

本研究乃基於研究之完整性，考量了所有可能的風險項目，且未進行初測，造成問項過多之現象，雖以項目分析與因素分析篩選、萃取重要之因素構面和項目，但初始測量模式之測量問項仍多達48個，為提高模式配適度，於二階驗證性因素分析，刪除多個影響模式配適度之重要變項。

經整體模式修正後，剩下因素一、因素二、因素三、因素五與因素六等五大因素構面與26個問項，由於本航管因素之修正後測量模式，已達良好之整體模型配適度，因此，可進行模式內在結構配適度評鑑與後續分析。

三、模式內在配適度檢驗

個別項目信度和構面混合信度皆為評鑑模式內在結構配適度之重要指標。藉由觀察個別項目信度之檢測結果，可瞭解所選取之測量變項是否足以解釋潛在因素構面，而混合信度則可評估一因素構面中各變項之一致性。

除 26 個問項的個別項目信度與 5 個一階潛在因素（即因素構面）的混合信度外，本節所欲檢驗的模式內在配適度檢驗之項目還包括潛在因素之平均變異抽取量、估計參數是否達顯著水準

等，另針對二階驗證性因素修正後的航管風險因素模式與量表之信度、效度加以探討。

(1) 參數估計之顯著水準

由整體驗證性因素分析之校估結果（表 5-12）顯示，不論是第一階之標準化因素負荷量，抑或第二階之標準化因素負荷量之 T 值均呈統計顯著（達 1% 之顯著水準），表示各測量變項可有效地反應其所對映之潛在因素構面，且各潛在因素構面也可有效地反映航管風險因素。故各變項可視為衡量其所屬潛在因素之測量變項，且 5 個潛在因素可為航管風險之衡量因素構面。

(2) 項目信度、混合信度與平均變異抽取量

由表 5-12，可得知各測量變項之個別項目信度結果良好，整體而言，其數值介於 0.44~0.93，大致上均大於 0.5 之標準值，僅有兩個變項個別項目信度數值介於 0.4~0.5 之間，然因其 T 值均達統計顯著，故予以保留。

另一方面，由表 5-13 發現，各因素構面混合信度之數值均大於 0.6 之門檻值，大體上介於 0.828~0.978 之間，數值愈高者表示變項之關聯愈高，其中因素構面一、因素構面二、因素構面三之混合信度均高達 0.9 以上，顯示各構面下之變項具一致性。再則，潛在因素之平均變異抽取量皆達 0.5 之建議值，顯示各變項至少可量測到其所屬之因素構面 50%，又以因素構面二之平均變異抽取量為最高，該數值約 0.87。

(3) 信度與效度

在信度方面，本研究所欲探討的包括潛在構面之混合信度（或稱建構信度）與量表之 Cronbach's α 係數檢定。如前所述，經二階驗證性因素分析修正後，模式各因素構面之混合信度均達標準值，再則，量表各構面之 Cronbach's α 亦大於 0.7 之建議值（見表 5-13），顯示經二階驗證性因素分析修正後的航管風險因素測量模式和量表均具良好之信度。

而於效度檢定方面，本研究擬以標準化因素負荷量作為建構效度之檢定基礎，另以驗證性因素分析後，各變項之因素負荷量 T 檢定之結果，作為收斂效度之判斷依據，在區別效度檢定方面，

則以潛在變項之平均變異抽取量作為評鑑指標。由表 5-12，可知各測量變項之標準化因素負荷量皆大於 0.5，顯示本航管因素量表具良好之建構效度。關於收斂效度方面，鑒於各變項與其對映構面間所得之因素負荷量的 T 值均達顯著水準，表示各變項與其所屬之構面具相關性，可有效地衡量該構面，故具有收斂效度。最後，從表 5-13 得知，各潛在因素構面之平均變異抽取量均達到 0.5 之建議值，代表具有區別效度。

上述結果在在顯示測量變項具一致性及穩定性，故驗證性因素分析修正後之航管風險因素模式與量表具有高信度與效度。

表 5-12 航管因素二階驗證性因素分析校估結果

構面因素及問項	T 值	標準化 因素負 荷量	個別項 目信度
航管風險因素量表			
因素構面一	9.6***	0.86	
Y ₄ 管制員對單位上級管理態度之認同度	-----	0.76	0.58
Y ₅ 人員甄選晉用制度之合宜性	10.16***	0.76	0.58
Y ₆ 排班、請假、差勤制度之合宜性	10.65***	0.79	0.63
Y ₉ 管制案件及飛航事件調查制度之公平性	11.27***	0.83	0.69
Y ₁₀ 安全評估制度實施之狀況	10.92***	0.81	0.65
Y ₁₁ 訓練制度與檢定考核制度之合宜性	11.47***	0.84	0.71
因素構面二	9.28***	0.70	
Y ₁₇ 不適當的許可	-----	0.91	0.83
Y ₁₈ 未按標準作業程序進行管制	20.14***	0.92	0.84
Y ₂₁ 疏於注意及確認飛航計劃與航機狀態	21.38***	0.93	0.87
Y ₂₂ 管制條操作失當	19.12***	0.90	0.81
Y ₂₃ 未確實完成航機交接	24.05***	0.97	0.93
Y ₂₄ 未即時提供影響航機安全之航情予機師	22.42***	0.95	0.90
Y ₂₅ 看錯航機代碼	21.85***	0.94	0.88
因素構面三	9.90***	0.86	
Y ₂₇ 航管系統設備足敷管制需求	-----	0.78	0.61
Y ₃₀ 航管備份系統之可靠度	9.38***	0.69	0.48
Y ₃₂ 航管系統操作介面之使用方便性	12.20***	0.86	0.73
Y ₃₃ 航管系統指令與程序之合宜性	12.18***	0.91	0.83
Y ₃₄ 航管系統自動警示聲響與顯示之合宜性	10.67***	0.77	0.59

Y ₃₅ 航管系統出現警示訊息時，管制員對該訊息瞭解之程度與即時反應	8.91***	0.66	0.44
Y ₃₆ 管制員對航管系統信賴程度	9.32***	0.69	0.47
因素構面五	9.4***	0.83	
Y ₄₁ 各管制單位間之協調溝通狀況	-----	0.79	0.63
Y ₄₃ 管制員與民航機機師、空軍溝通協調狀況	11.96***	0.88	0.78
Y ₄₄ 管制員與機場航務人員溝通協調狀況	10.56***	0.78	0.61
因素構面六	8.97***	0.81	
Y ₄₅ 管制員之英文能力	-----	0.78	0.61
Y ₄₇ 管制員對航機性能的了解程度	10.36***	0.82	0.68
Y ₄₈ 管制員之身體健康狀況	9.52***	0.75	0.56

資料來源：本研究

[註 1]***: 1%之顯著水準，**: 5%之顯著水準，*: 10%之顯著水準。

[註 2]在模式校估操作上，係將每一個因素之第一個測量變項之因素負荷量設定為 1，使每一個因素的變異量可以自由估計，故無呈現每一個因素之第一個測量變項 T 值檢定量。

表 5-13 航管風險因素構面之信、效度

構面名稱	問項個數	混合信度 (建議值 > 0.6)	平均變異抽取 量(建議值 > 0.5)	Cronbach's α (建議值 > 0.7)
因素構面一	6	0.914	0.639	0.913
因素構面二	7	0.978	0.866	0.978
因素構面三	7	0.910	0.593	0.909
因素構面四	3	0.860	0.584	0.855
因素構面五	3	0.828	0.616	0.826

資料來源：本研究

3. 小結

綜此，根據研究校估與修正結果，我國航管相關從業人員認為我國航管風險因素可分為 5 個潛在因素加以探討，並以表 5-12 所示的 26 個項目為觀察指標。

我國航管風險因素最終之模式架構圖可以圖 5-3 加以表示。同時，觀察各因素構面之標準化因素負荷量，可發現以因素構面一「組織內部狀況與制度」與因素構面三「航管系統功能與人機介面」最能反映航管之飛安風險，影響程度最大，其標準化因素負荷量均為 0.86；其次是因素構面五「外部溝通」，標準化因素

負荷量為 0.83；再則是因素構面六「管制員專業能力與身體狀況」，標準化因素負荷量為 0.81；最後是因素構面二「管制個人疏失」，標準化因素負荷量為 0.70。

根據本研究，因素構面二與因素構面六皆屬於管制員個人層面因素，因素構面三為系統因素，因素構面一為組織層面因素，而因素構面五則屬外部因素，此顯示航管風險來源除航管本身之因素外，亦與外部環境狀況有關。航管風險因素可彙整並說明如下：

(1)因素構面一「組織內部狀況與制度」

此因素乃由 6 個風險指標加以衡量，主要內容為管制員對單位上級管理態度之認同度，及各種管制制度與程序之合宜性，並可歸納為制度制定之合宜性、下級對上級之認同度兩大類型，而其中航管相關制度之項目占了五項，顯示除上下級之互動狀況外，相關制度之合宜性對於航管績效與安全具相當程度之影響。大致來說，各項目的標準化因素負荷量數值介於 0.76~0.84 之間，又以 Y_{11} (訓練制度與檢定考核制度之合宜性)最能反映該因素，其標準化因素負荷量為 0.84。

(2)因素構面二「管制個人疏失」

此因素乃由 7 個項目加以衡量，其內容如同航管相關文獻之研究，主要為管制員於作業時容易犯的各種人為誤失，包括未完成或不確實之作業，及多種作業疏失，諸如：1.不適當的許可、2.未按標準作業程序進行管制、3.疏於注意及確認飛航計劃與航機狀態、4.未確實完成航機交接、5.未及時提供影響航機安全之航情予機師、6.管制條操作失當、7.看錯航機代碼，並可歸類為作業不確實、疏忽兩大類型。整體而言，各風險指標之標準化因素負荷量數值介於 0.90~0.97，均大於 0.9，又以 Y_{23} (未確實完成航機交接)最能反映管制個人疏失，標準化因素負荷量為 0.97。

(3)因素構面三「航管系統功能與人機介面」

此因素亦由 7 個項目加以衡量，內容探討包括幾種航管系統

功能狀況、可信度，與人機介面之問題，並可歸納為系統適足性、人機互動關係兩種類型，其項目為1.航管系統設備足敷管制需求、2.航管備份系統之可靠度、3.航管系統操作介面之使用方便性、4.航管系統指令與程序之合宜性、5.航管系統自動警示聲響與顯示之合宜性、6.航管系統出現警示訊息時，管制員對該訊息瞭解之程度與即時反應、7.管制員對航管系統信賴程度。各項目之標準化因素負荷量數值介於0.66~0.91之間，又以 Y_{33} (航管系統設備足敷管制需求)最能反映該因素，其標準化因素負荷量為0.91。

由此可見，航管系統除應提供符合需求之資訊外，相關功能之協助與指令、程序等應避免造成管制員誤解與困擾，並著重介面之便利性，以獲得管制員之信賴，促進人機合作與互信。

(4)因素構面五「外部溝通」

此因素則以3個項目加以衡量，分別為1.各管制單位間之協調溝通狀況、2.管制員與民航機機師、空軍協調溝通狀況、3.管制員與機場航務人員溝通協調狀況等，又依據項目之特性，可彙整為管制單位間、管制員與非管制人員之溝通協調狀況兩大類型加以探討。而各項目之標準化因素負荷量數值介於0.78~0.88之間，又以 Y_{43} (管制員與民航機機師、空軍溝通協調狀況)最能反映外部溝通之風險，其標準化因素負荷量是0.88。

(5)因素構面六「管制員專業能力與身體狀況」

此因素由3個風險指標衡量，包括管制員之英文能力、管制員之身體健康狀況、管制員對航機性能的瞭解程度等三個項目。各項目之標準化因素負荷量數值介於0.75~0.82之間，又以 Y_{47} (管制員對航機性能的了解程度)較能反映該因素，標準化因素負荷量是與0.82。

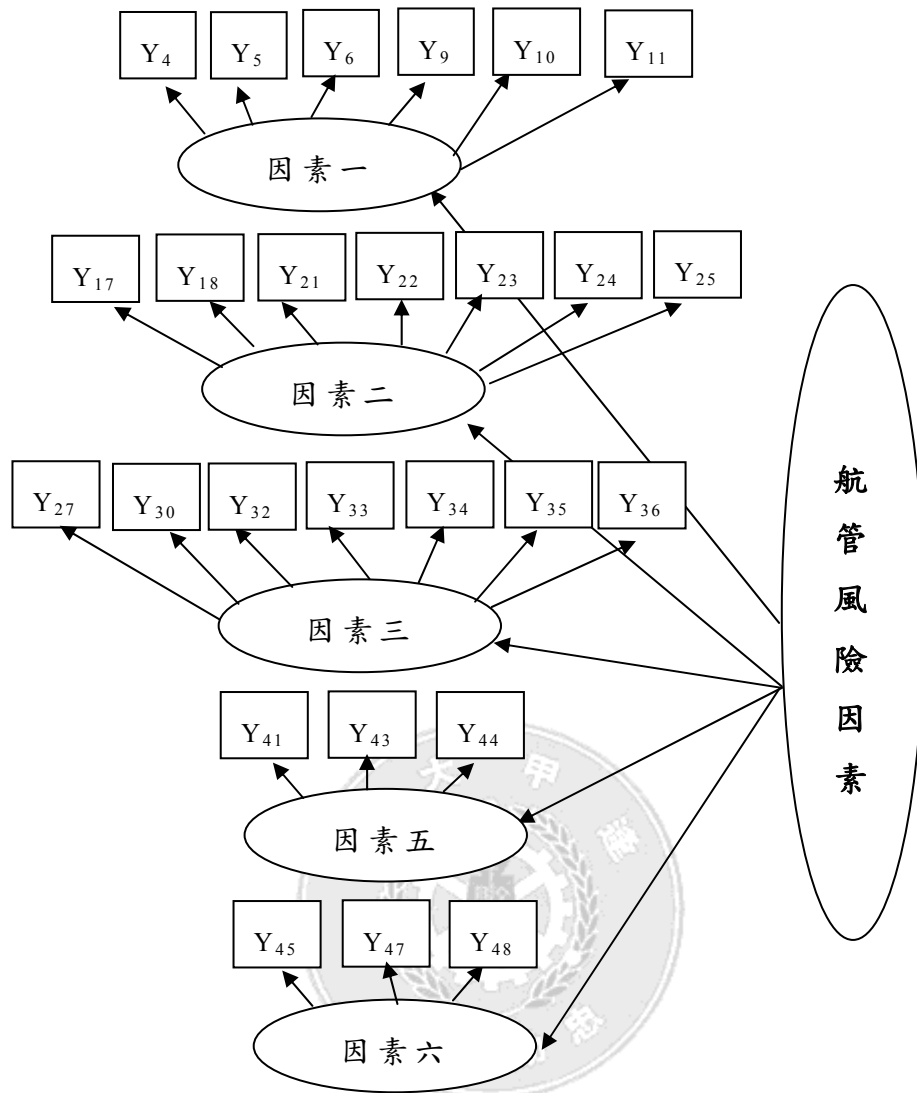


圖 5-3 研究最終之航管風險因素測量模式架構圖

資料來源：本研究

5.5.2 因素關聯特性檢定

由上節模式校估結果，顯示因素一、因素二、因素三、因素五與因素六等 5 個因素構面可視為航管風險之衡量構面。依據飛安實際案例分析與各文獻之研究，在在顯示危機乃非僅由單一環節所構成，是以，各介面是否存在關聯特性，甚至是交互影響作用，及各介面間所可能產生的疏失型態，與其影響方式乃受到重視，學者們乃將其納為研究重點。

惟有人、軟體與硬體相互協調，才得以維護管制績效與素質、安全，雖本研究將我國航管之飛安風險歸納為五大因素構

面，然而不少學者均提出風險各層面存在關聯特性，甚至可能會相互影響之論點，鑒此，各介面間之相關關係及可能產生之風險，實需加以研析。

各一階潛在因素之相關性乃由二階潛在因素加以解釋，然二階驗證性因素分析模式之 LISREL 報表並無呈現一階潛在因素相關性之統計檢定值，為了解此五大潛在因素彼此間是否具關聯特性，本節依文獻理論為基礎(請見表 2-4、表 2-5、表 2-6)，應用一階驗證性因素分析加以驗證各因素之關聯架構，並設立幾個假說。

- H1：因素構面二（管制個人疏失）與因素構面一（組織內部狀況與制度）存在正相關。
- H2：因素構面二（管制個人疏失）與因素構面三（航管系統功能與人機介面）存在正相關。
- H3：因素構面二（管制個人疏失）與因素構面五（外部溝通）存在正相關。
- H4：因素構面二（管制個人疏失）與因素構面六（管制員專業能力與身體狀況）存在正相關。
- H5：因素構面一（組織內部狀況與制度）與因素構面六（管制員專業能力與狀況）存在正相關。
- H6：因素構面五（外部溝通）與因素構面六（管制員專業能力與身體狀況）存在正相關。
- H7：因素構面三（航管系統功能與人機介面）與因素構面一（組織內部狀況與制度）存在正相關。

一階驗證性因素分析架構圖如圖 5-4 所示，據初始模式校估結果顯示，一階驗證性因素分析初始模式具不錯之配適度，雖還有修正之空間，但本節僅針對一階因素構面間之相關性進行檢定，故不再進行模式修正與信度、效度說明。

據模式檢驗結果（請見表 5-14），七個假說均呈統計顯著，故假說成立，表示兩兩因素間存在關聯特性，意即因素構面二分別與因素構面一、因素構面三、因素構面五、因素構面六等因素

存在正相關，且因素構面一與因素構面六具正向相關，及因素構面五與因素構面六具正向相關，而因素構面一與因素構面三也存在正相關關係。

其中又以因素構面一與因素構面三之相關性最強(H7 相關係數值為 0.74)，其次為因素構面一與因素構面六(H5 相關係數值為 0.70)，再則是因素構面因素構面五與因素構面六(H6 相關係數值為 0.66)，最後是因素構面一與因素構面二(H1 相關係數值為 0.61)、因素構面二與因素構面五(H3 相關係數值為 0.60)、因素構面二與因素構面三(H2 相關係數值為 0.59)、因素構面二與因素構面六(H4 相關係數值為 0.56)。此外可發現因素構面二與其他因素皆具關聯性，顯示航管人為因素之重要性，也驗證相關文獻之論點。

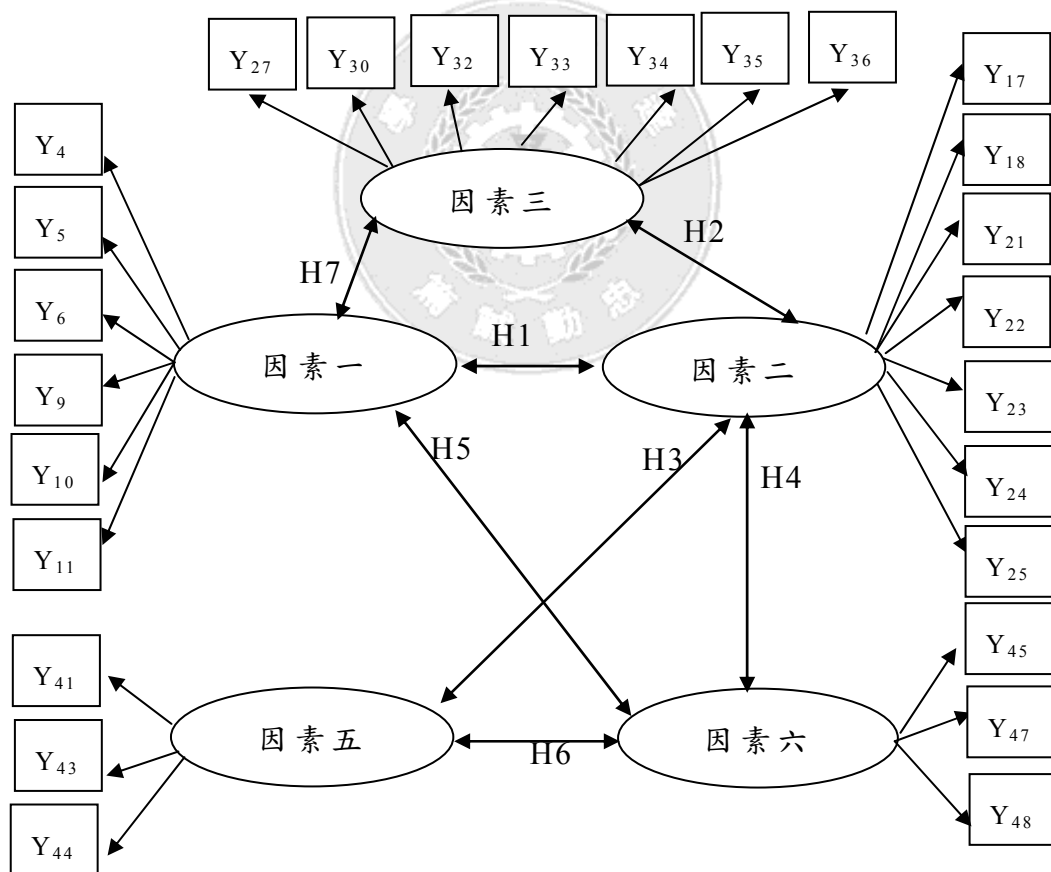


圖 5-4 因素關聯特性之假說架構

資料來源：本研究

[註] $\chi^2/df=1.738$ 、 $NFI=0.96$ 、 $NNFI=0.98$ 、 $CFI=0.98$ 、 $SRMR=0.047$ 、 $GFI=0.81$ 、 $RMSEA=0.067$ 、 $AGFI=0.77$ 。

表 5-14 因素構面相關性檢定結果

假說	T 值	相關係數值
H1	5.82	0.61
H2	5.75	0.59
H3	5.76	0.60
H4	5.56	0.56
H5	5.77	0.70
H6	5.59	0.66
H7	6.08	0.74

資料來源：本研究

茲就各因素間之關聯架構進行以下簡單說明：

(1)因素構面一與因素構面二（H1）

各管制相關制度，諸如人員選用、訓練、排班、考核與安全評估等制度，若制定不適宜或不足，甚至是未確實落實，抑或管制員對於上級管理態度不認同，較易發生管制員不願意遵從上級指示進行作業之情況，而程序不適宜將增加作業不確定性，促使管制員無所適從等等，上述各種狀況均可能容易造成各種管制作業疏失風險，如個人疏失，或組織單位容易忽視風險的存在。根據本研究因素關聯性檢定結果，因素構面一（組織內部狀況與制度）與因素構面二（管制個人疏失）乃呈現一正向相關關係，此顯示我國航管相關從業人員認為此兩因素對於航管具同方向之影響，即若受訪者認為因素構面一對於航管具影響性，則受訪者認為因素構面二對於航管亦具影響性，且兩因素層面對於航管之影響乃屬同方向。本研究推測可能是受訪者認為此兩因素具有相關性，甚至意味著受訪者認為此兩因素可能相互影響所致。

(2)因素構面二與因素構面三（H2）

相關研究顯示，部份航管風險，如人為疏失，乃因系統設計問題，或人機介面衝突所引起。倘若航管系統所提供之功能與資訊，甚至是介面的操控方式能合乎實際作業所需，並考量人因工程之應用，及取得管制員的信賴，則可降低人機衝突與其他人機介面所產生之問題，進而降低系統因素所可能直接或間接產生的

管制風險。根據本研究結果，因素構面二（管制個人疏失）與因素構面三（航管系統功能與人機介面）為正相關之關係，此顯示我國航管相關從業人員認為因素構面二與因素構面三對於航管乃屬相同方向之影響，即若受訪者認為因素構面二對於航管具正向影響，則其亦認為因素構面三對於航管具正向影響。本研究推測可能是受訪者認為此兩因素具有相關性，甚至意味著受訪者認為此兩因素可能相互影響所致。

(3)因素構面二與因素構面五（H3）

航管風險除與航管相關因素有關外，也可能起因於外在環境因素。國內外飛安相關案例與研究顯示，部分飛安危機乃因管制員與航機駕駛員間，甚至是與機場航務人員溝通不佳所導致，進而造成管制員疏失等風險。此外，各管制單位間若協調溝通不佳，將可能致使航機資訊傳遞或航機交接不確實。本研究檢定了因素構面二（管制個人疏失）與因素構面五（外部溝通）之關聯性，根據本研究結果，此兩因素具正向關聯，此顯示我國航管相關從業人員認為此兩因素對航管具相同方向之影響。本研究推測可能是受訪者認為此兩因素具有相關性，甚至意味著受訪者認為此兩因素可能相互影響所致。

(4)因素構面二與因素構面六(H4)

若管制員英文能力不足，將可能造成管制員無法正確、順利表達管制指令，及發生與駕駛員溝通不良等問題，甚至容易使對方誤解其話意。抑或當管制員個人身體健康狀況不佳時，將可能因精神恍惚、不適，而導致某些管制疏失情況。根據研究檢定結果發現，因素構面二（管制個人疏失）與因素構面六（管制員專業能力與身體狀況）彼此為正相關之關係，此顯示我國航管相關從業人員認為此兩因素對於航管具同方向之影響。本研究推測可能是受訪者認為此兩因素具有相關性，甚至意味著受訪者認為此兩因素可能相互影響所致。

(5)因素構面一與因素構面六(H5)

航管組織相關制度之訂定合宜性，對於管制員之能力與身體狀況等的關係，已在有關研究中証實。倘若訓練不足，則將潛藏間接導致管制員專業能力不足之隱憂，甚至在面臨各種緊急狀況時，因無法順利處理危機而造成壓力，進而影響身體健康。另一方面，輪班制度與人員晉用制度不合宜，將會造成管制員工作負荷不平均之現象。因素構面一（組織內部狀況與制度）與因素構面六（管制員專業能力與身體狀況）之關聯檢定結果乃呈現一正向關係，顯示我國航管相關從業人員認為此兩因素對於航管之影響乃屬同向。本研究推測可能是受訪者認為此兩因素具有相關性，甚至意味著受訪者認為此兩因素可能相互影響所致。

(6)因素構面五與因素構面六(H6)

研究指出，管制員與航機駕駛員溝通協調之問題，係為飛安風險之一大隱憂，部份之學者乃針對此一議題進行探討。如前所述，管制員若英文能力不佳，將可能導致與航機駕駛員間溝通困難，而管制員在進行航機引導與狀況排除時，大多依據專業知能之學習、個人經驗與航管系統之協助進行決策，然管制員未能了解航機性能，可能無法給予即時、最有幫助之協助，或下達未符合航機性能之指令，造成駕駛員抱怨與溝通困難，我國目前已有少部分管制員自進行航機駕駛學習，而我國「飛航服務安全管理系统手冊」也將航機之機型及其性能特性納入安全評估所應考量之重要因素。此外，若管制員未能與機場航務人員取得適當之溝通，將致使可能造成危險或緊急之狀況無法順利、即時排除。本研究結果發現，因素構面五（外部溝通）與因素構面六（管制員專業能力與身體狀況）乃為正向關係，此顯示我國航管相關從業人員認為此兩因素對航管具相同方向之影響。本研究推測可能是受訪者認為此兩因素具有相關性，甚至意味著受訪者認為此兩因素可能相互影響所致。

(7)因素構面一與因素構面三(H7)

系統因素除可能造成個人因素之發生外，依據相關文獻之論點，系統因素與組織相關制度的制定亦有所關聯，舉例來說，自動化的引進可能影響訓練制度適宜性，組織須訂定一符合自動化需求之訓練內容，才得使管制員儘快且更全盤地了解自動化系統之功能操控方式。本研究針對因素構面一(組織內部狀況與制度)與因素構面三(航管系統功能與人機介面)之相關性進行檢定，結果發現兩者具正向關係，顯示我國航管相關從業人員認為此兩因素對於航管具同向之影響關係。本研究推測可能是受訪者認為此兩因素具有相關性，甚至意味著受訪者認為此兩因素可能相互影響所致。

(8) 因素相關性程度

由表 5-14 可發現，各因素之相關關聯中，又以因素構面一(組織內部狀況與制度)與因素構面三(航管系統功能與人機介面)之相關性之強度最強，相關係數為 0.74，此結果顯示我國航管相關從業人員對於此兩因素的看法最具一致性，且最為強烈，推測可能是受訪者認為兩者最具有相關性所致。

5.6 研究結果探討與建議

5.6.1 研究結果探討

依據本研究，我國航管相關從業人員認為我國航管之飛安風險因素共包括 5 個因素構面，分別為：「組織內部狀況與制度」、「管制個人疏失」、「航管系統功能與人機介面」、「外部溝通」、「管制員專業能力與身體狀況」，並可以 26 個項目加以衡量，又可彙整為組織因素、系統因素、人為因素與外部因素加以探討，其中人為因素可歸納為探討各種管制人為疏失、管制員英文能力與身體狀況等風險；組織因素探討多種制度制定之適宜性，及下級對上級之認同度；系統因素探討航管系統功能與人機介面之衝突問題；外部因素則探討非管制單位內、管制員與非管制員間之溝通協調狀況。由此可發現，除航管本身之因素外，我國航管風險與外部環境因素有關，故外部因素亦是致使我國航管風險

肇因之一。此外，各因素中又以因素構面一「組織內部狀況與制度」與因素構面三「航管系統功能與人機介面」最能反映我國航管風險。

根據本研究，與管制員直接有關之因素分別為因素構面二「管制個人疏失」及因素構面六「管制員能力與身體健康狀況」，如同航管飛安案例與文獻之研究結果，大多管制人為疏失起因於疏忽、作業不確實。而致使人為因素之風險除個人行為外，管制員生理狀況與專業能力亦是重要影響關鍵，倘若管制員身體狀況不適，容易產生疲勞、分心、壓力、疏忽等狀況，間接影響管制效率與安全；再則，管制員/駕駛員溝通問題乃嚴重危及飛安水準，不少研究針對此一課題加以探討。除文化背景差異外，語言是另一重要因素，目前英文為飛航共通語言，尤其對於非英系國家之我國而言，不正確之術語或指令都可能讓駕駛員產生誤解，或溝通困難。

航管作業系統自動化後，雖可降低人為作業，然系統操控者終究是人，人機介面之問題、系統可靠度及功能是否會造成不良之影響作用，實為關注之議題。若設備不符合作業需求，或資訊呈現之方式與內容不正確，甚至所提供之功能與相關指令、程序易致使管制員誤解或作業困難，介面不方便操控，抑或系統功能導致人機衝突等，均將增加管制員壓力與負荷，反而影響管制效率與安全。除工作負荷與壓力問題外，管制員心理層面之轉變，不論是工作滿意度降低、自覺喪失管制能力、失去成就感、過度依賴系統，或自負、不能接受系統協助等，也是危機來源之一。本因素構面三「航管系統功能與人機介面」，歸納出航管系統設備、功能與呈現方式之風險，可見人機之互動關係於飛航安全中所扮演之角色有多麼重要，如何於人機之間取得平衡，考驗著有關單位之智慧。

組織因素近年來已為造成飛安危險主要之隱因，組織因素逐漸受到航空界重視，如組織資源管理、組織管理策略等更被視為可提昇安全之重要措施。於本研究中，與組織相關之風險因素為因素構面一「組織內部狀況與制度」，共計 6 項指標，內容主要

著眼於航管制度面與程序面之問題，另包含管制員對單位上級之認同度。航管儼然為一團隊作業之大環境，除管制員間之協調溝通外，作業績效與個人對於組織之信任、認同等具相當程度之關聯，當管制員對於上級之管理不具認同感，不僅會影響個人工作意願，也會造成上級與下級協調溝通之問題。除此，組織相關制度(如甄選、訓練、排班)為影響組織文化、作業效率之另一因子，若甄選和訓練制度不適宜，將晉用不合適之管制員，產生管制能力不足或不符管制需求之員工，甚至訓練不恰當將會導致個人疏失。而排班與差勤制度不公平，將降低個人對組織之認同與工作意願等，在在均可能成為影響管制效率與安全之潛因。再則，組織是否建立與確實實施安全評估制度，實屬相當重要，尤其對於維護飛安第一線之航管作業而言，安全評估制度的執行確實與否更是重要。是以，藉由組織安全文化之建立，提倡安全的觀念，制定合宜之程序與策略，則可降低組織因素之影響作用。

飛航系統係為許多層面環環相扣所組成，各環節需達充分之協調合作，才能降低風險。除組織、系統、管制員個人等航管本身因素外，研究結果發現，我國航管相關從業人員認為管制員與駕駛員（包括民航機和空軍）、管制員與機場航務人員、及各管制單位間之協調溝通狀況等外部因素乃為影響管制績效與安全之誘因，可見除管制作業環境外，機場和空域均可能隱藏危機。

再則，根據本研究針對 5 個因素構面關聯特性檢定之結果顯示，我國航管相關從業人員認為我國航管風險各因素間存在正相關關係，實謂牽一髮而動全身。又以因素構面一「組織內部狀況與制度」與因素構面三「航管系統功能與人機介面」之相關性最強，而因素構面二「管制個人疏失」則與其它各因素均具相關關係。鑑此，我國航管風險因素間可能存在相關性，甚至可能相互影響，而我國航管人為因素除個人因素所致使外，如制度、組織協調溝通等組織因素，抑或系統因素，甚至是外部因素均可能與人為疏失有關。

綜此，除了解單一肇因所隱藏之風險，及影響方式外，應針對各因素可能存在的交互作用加以了解，方可避免錯誤環節產生

環環相扣之影響關係，提昇航管績效與安全，進而增進飛航安全之水準。

5.6.2 研究建議

此節將針對訪談、問卷意見回覆與研究結果，提出對於我國航管風險因素相關之建議。

(1)組織因素與外部溝通

就本研究訪談與問卷回覆意見中，大部分之意見反映目前我國航管最大之問題，乃為制度、組織與程序問題，包括排班制度、薪資結構與人力配置問題，及上下溝通/認知問題。排班與人力配置問題，造成部分單位人力不足或管制員工作負荷過大，易感到疲勞和壓力，隱藏危及安全之風險；加以認知中的薪資與工作負荷不成比例，造成個人心理不平衡，進而影響工作意願與績效。而作業程序之規定不一或不清楚，導致作業和遵循之困難，也造成對於管制案件定義差異之問題，影響管制效率。再則，上下級認知差異、階級制度，產生協調溝通障礙。而本研究結果也顯示制度問題點。

建議管理階層應符合時宜地調整相關作業之規範與內容，並依據實際之需求，適當地修改制度，以促進作業程序和制度之適宜性。另外，近年來，「組員資源管理」被航空界視為重要措施，且目前於座艙組員相關研究上，已得到不錯之成效，若能加以改良實施於飛航管制環境，相信可有不錯之收穫，值得作一探討。而除檢視目前相關制度不適宜之處外，組織因素需個人與管理者共同努力，管理者應要能多接納下屬之建言或接受溝通，藉由建立適當的溝通管道、正確的管理方法，與提倡安全的觀念，以減少彼此誤解及溝通困難，漸而增進管制員對上級之認同感，降低管制員對於組織單位不好的認知，建立良好之組織文化與氣候。此外，藉由加強個人與管理者之決策能力、管理能力、溝通行為，及改善個人之行為態度，除可改善各管制單位協調溝通狀況，也對管制員與非管制員間之訊息傳遞、溝通效率有所助益，進而提昇作業績效與安全。

(2)系統因素

航管系統乃為管制作業相當重要之輔助工具，除操作介面之操作容易度，與提供多種功能外，最重要的是符合實際作業所需，並且以管制員最可接受之方式提供相關設備與功能，避免誤解與作業困難。我國現存自動化系統之部分指令與程序較為複雜，潛藏操作疏失之風險，建議未來可進一步多多參考管制員之意見，了解系統操作之困難或困惑處，及其它人機衝突問題點，藉由考量實際管制作業需求，簡化複雜的介面、程序，或減少不必要的指令等方法，提供更適宜的設備與功能，並改善資訊呈現方式，以提昇管制員對系統之信賴度，與降低管制人為疏失，進而增進人機介面的整合與優勢，強化人與系統之合作關係。

(3)人為因素

於降低人為疏失方面，建議檢視相關訓練制度與資源（包括在職訓練、複訓之人力與教材）是否充足，強化緊急狀況之訓練，以加強解決危機之能力與強化警覺知能。更重要的為是否符合時宜及適時修改訓練內容，以切實際需求，此外，建議可多以國內外管制相關案例進行機會教育，以實際發生之事件探討造成人為因素之原因為何。另一方面，可參考先進各國訓練制度之訂定措施，就適合我國國情之部分截長補短，以使我國航管作業得以與國際接軌。當然，訓練之餘最重要的是檢核制度之確實性，於管制席位作業中，管理者之監督也很重要，若能確實盡到管理之責，即時發現或糾正管制作業疏失，便可降低意外發生。此外，藉由系統因素與組織因素之改善，也可獲得減少人為疏失不錯之成效。

另一方面，我國除少部份管制員自行學習航機駕駛外，目前我國飛航管制員協會已規畫並開放該協會之管制員會員報名參加國際航機駕駛艙見習作業，使管制員有進一步瞭解航機性能之機會，建議未來能繼續規畫此類活動，而未來若能由飛航服務總台或民航局持續承辦，則可使我國更多管制員得以了解航機性能，除可增進管制員與航機駕駛員之溝通外，也可增進管制員決策之能力。

5.6.3 小結

各層面之潛在風險必須加以預防，才可避免形成錯誤環節。然而我國航管屬為政府管轄之機關單位，相關機制在制定上和實施上，受限於政府規定及措施之限制，造成相關制度或資源配置改善之困難。然若能與管制人員達成充分、適當之溝通，或許能提昇員工對於組織之認同感，與改善組織氣候，進而增進作業績效。



第六章 結論與建議

本研究旨在全面性地研析我國航管潛具之飛安風險。本研究最重要的貢獻，乃在於探討影響我國航管績效與安全之風險因素和項目，除辨識航管風險層面、型態與影響方式外，也將因素關聯架構納入研究探討重點，據以提出相關建議，期能提供相關當局於研擬航管資源分配與提昇績效、安全之參考。

6.1 結論

本研究顯示幾個重要之結果，且多驗證飛安案例分析與相關文獻之研究論點，相關主管單位可依據本研究結果所得之風險因素與指標，檢視相關作業之風險及影響方式，以提昇航管素質與作業效率。以下將針對研究模式與研究結果進行闡述。

6.1.1 航管風險因素測量模式之校估

首先在研究假說模式校估方面，為避免變項過多，造成模式建構與校估困難，本研究首先應用項目分析刪除不適切項目，及以探索性因素分析進行變項篩選與構面萃取後，再利用驗證性因素分析進行航管風險因素模式校估與驗證。探索性因素分析共萃取六大因素構面，而於二階驗證性因素分析過程中，為提高模式配適度，以發展良好之航管風險因素模式，乃刪除了不少重要變項，最終保留五大因素構面與 26 個變項。經多次模式修正後，本航管風險因素模式不論於基本模式配適標準、整體模式配適標準，抑或內在配適標準等方面均達評鑑標準，顯示該模式已達一定之水準。再則，經探索性因素分析後之航管風險因素量表和修正後之航管風險因素模式皆具有高信度和效度，故可利用研究所構建之因素層面與風險指標探討我國航管之飛安風險。

雖本研究問卷回收有效份數符合學者之建議份數，然而整體模式配適度評鑑指標之 GFI、AGFI 未達一般建議值(0.9)，是否因本研究初始假說模式之變項過多，造成參數校估不易，抑或問卷樣本數問題所造成，值得後續作一探討。

6.1.2 我國航管之飛安風險因素分析

經研究結果顯示，我國航管相關從業人員認為我國航管之飛安風險因素可以五大因素構面，共計 26 個風險項目加以衡量，並可綜整為人為、系統、組織、外部等因素探討。此五因素構面依據對於航管之影響程度排序如下：「組織內部制度與制度」(標準化因素負荷量為 0.86)，其風險可歸納為制度制定之合宜性與下級對上級之認同度兩大類型加以探討；「航管系統功能與人機介面」(標準化因素負荷量為 0.86)，風險項目可彙整為系統適足性、人機互動關係兩種類型加以探討；「外部溝通」(標準化因素負荷量為 0.83)，又可歸納為管制單位間、管制員與非管制人員之溝通協調狀況兩大類型，最後是「管制員專業能力與身體狀況」(標準化因素負荷量為 0.83)，「管制個人疏失」(標準化因素負荷量為 0.70)，又可歸納為作業不確實、疏忽兩大類型探討。此外可發現此五大因素共有兩個因素乃與管制員有關，另三個因素則分別屬於組織因素、系統因素與外部因素。

由研究結果顯示，我國航管之飛安風險除與航管本身因素相關外，也與外部因素有關。不論是國內外學者之相關研究，抑或實際案例之分析，均顯示人為因素、組織因素、系統因素與外部環境因素之重要性，而本研究結果亦驗證我國航管風險乃由此四大因素所構成。

另一方面，研究所設立七個有關各因素層面之正向關聯假說均呈統計顯著，故因素相關性假設乃成立，意即兩兩因素間存在正相關，其中「管制個人疏失」此因素又分別與其它四個因素具正相關關係，因此，管制人為疏失風險除可能是管制個人因素造成外，也可能與其它因素如組織因素、系統因素、外部因素有關。

本研究另依據研究結果提出建議，有關管理者可針對此 26 個因素項目所可能隱藏之誤失、危機加以審查與監督，並強化相關的預防措施。關於組織因素、系統因素與人為因素等所可能致使之風險乃值得有關當局加以重視與預防，另外，也應針對外部因素所可能潛藏之風險加以檢視，並避免各風險層面產生交互影響作用，方可防止錯誤鏈之形成。增加管理績效之餘，也應思考

風險發生後的因應策略，將損失和影響降到最低。

6.2 建議

以下針對研究限制與結果提出後續研究之建議。

1. 為求研究精確，本問卷之受訪對象乃限於航管相關從業人員，然該特定對象有限，產生本研究樣本數受限問題，導致可能影響模式校估之疑慮。建議後續研究若要增加受訪樣本數，可考慮將非航管相關從業人員之飛安研究者納入受訪者對象，例如我國飛安委員會委員、交通部運研所之航空安全研究人員等。
2. 受限於案例資料蒐集困難，本研究僅能以參考國內外之相關研究所提出之航管因素架構為研究基礎，輔以參考我國部份實際案例與訪談航管相關人員，研擬航管風險因素模式。然研究實證資料乃屬受訪者之個人感認，若可蒐集大部份案例資料，便可從中研析我國航管風險，所得之研究結果將更具適切性。
3. 我國航管單位共劃分為機場塔台管制、近場管制與航路管制，由於作業內容不同，所具之潛在風險相異。建議後續研究可分別針對三大航管組織單位之實際作業風險進行探究，藉以更精確地掌握我國航管風險。
4. 為簡化模式之構建，本研究先將受訪者回覆之模糊認知加以解模糊化，再利用傳統結構方程模式進行校估與驗證，未來可進一步建立模糊結構方程模式，以充分反應受訪者主觀模糊認知。
5. 根據飛航事故發生過程顯示，航管除可能直接影響飛安外，也可能透過對飛安其他層面（如航機駕駛員等）之影響，而間接地造成飛航危險發生。未來可進一步構建「航管與飛安其他層面」、「航管與飛安」之因果關聯架構，應用結構方程模式探究航管對飛安之因果影響關係為何。

參考文獻

- 【1】Devellis, R.F.,量表的發展：理論與應用，吳齊殷譯，弘智文化事業有限公司，1999 年 4 月。
- 【2】Baker,S.,「Human Factor in ATC」，黃國智翻譯，飛航管制季刊第九十二期，民九十三年七月，頁 8-頁 12。
- 【3】王明揚、蔡玟玲、徐翰、何立己，「航管通話風險：溝通失效案例分析」，第三屆危機管理國際學術研討會，民九十四年十一月二十五日，頁 c57-頁 c64。
- 【4】工作環境小組，「管制員的工作空間」，飛航管制季刊第十四卷第一期，民八十三年一月，頁 39-頁 44。
- 【5】王保進，多變量分析-套裝程式與資料分析，高等文化教育有限公司，2004。
- 【6】中華民國交通部統計處，「民用航空器駕駛員及飛航管制員對飛航制度意見調查之摘要分析」，民九十二年八月。
- 【7】中華民國交通部運輸研究所，「航管自動化發展配合計畫之研究－飛航管制人員作業制度分析與檢討」，民八十一年。
- 【8】中華民國行政院國科會，「從飛航管制的角度談飛航安全的改善及建議」研討會，1998 年。
- 【9】中華民國交通部民用航空局，「增進台北飛航情報區管制能量研究報告書」，交通部民用航空局八十一年度專題研究報告，民 81 年。
- 【10】王文俊，認識 fuzzy，全華科技圖書股份有限公司，民八十六年十一月。
- 【11】中華民國飛航管制員協會網站：www.rocatca.org.tw。
- 【12】王蕙玲，「塔台人員的資源管理」，航空醫學會刊，第十卷第二期，1996 年，頁 29-頁 33。
- 【13】戎凱、郭兆書，「國家資源管理-從人為因素觀點探討改善台灣飛安的方法」，民航季刊第一卷第四期，民八十八年十二月，頁 361-頁 369。
- 【14】任維廉、呂堂榮，「國道客運乘客知覺之服務品質、滿意度，

- 與移轉障礙對其行為意向之影響」，運輸計劃季刊，第三十三卷第二期，民九十三年六月，頁 421—頁 448。
- 【15】呂錦山、黃梅君，「影響定期商實施純損風險管理因素之探討」，第九屆運輸安全研討會，民九十二年，頁 RM11-RM19。
- 【16】吳宗修、謝智仁、張家峰，「道路暴力行為意向之研究」，第九屆運輸安全研討會，民九十二年，頁 OI1-頁 OI9。
- 【17】林昌富，「管制案件」，飛航管制季刊第七十六期，民八十九年七月，頁 19-頁 23。
- 【18】林昌富，「管制員特質」，飛航管制季刊第七十六期，民八十九年七月，頁 15-頁 21。
- 【19】金新民，「我對航管問題的看法之九」，飛航管制季刊第八十六期，民九十二年，頁 34-頁 35。
- 【20】金新民，「我對航管問題的看法之十一」，飛航管制季刊第九十三期，民九十三年，頁 26-頁 29。
- 【21】國籍各航空公司，「國籍航空公司案例之分析」，民航季刊第三卷第二期，民九十年六月，頁 143—頁 188。
- 【22】林豐福、林沛達，「台灣地區飛航安全概述」，交通部運輸研究所研究報告，民八十五年六月。
- 【23】周榮昌、陳志成、翁美娟，「即時交通資訊對高速公路使用者路線轉移之影響」，運輸學刊，第十五卷第一期，民九十二年三月，頁 25-頁 47。
- 【24】邱皓政，「自我概念項度與成分雙維理論之效度檢驗與相關因素研究」，國立政治大學教育與心理研究第二十六期，民 92 年，頁 85-頁 131。
- 【25】邱皓政，量化研究與統計分析，五南圖書出版社，2004 年 6 月。
- 【26】邱皓政，結構方程模式：LISREL 的理論、技術與應用，雙葉書廊有限公司，民九十三年。
- 【27】周文賢，多變量統計分析 SAS/STAT 使用方法，智勝文化事業有限公司，民九十一年。
- 【28】林盈合，「航空公司飛安風險因素之探討」，成功大學交通

管理科學研究所碩士論文，民九十二年。

- 【29】陸鵬舉、嵇允嬋，「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，民八十五年三月。
- 【30】許尚華，「由事故分析談人為因素對飛航安全之影響」，中華民國八十三年航空安全研討會，民八十三年六月，頁 101-頁 134。
- 【31】陳炳樑、江天錚、田楚城、李萬里，「台北飛航情報區飛航管制服務現況與面臨之問題」，中華民國第三屆運輸安全研討會，民八十八年十一月，頁 303-頁 309。
- 【32】張郁雯，「大學生教學評鑑量表之發展研究」，國立政治大學教育與心理研究第 26 期，民 92 年，頁 227-頁 239。
- 【33】陳正昌、程炳林，SPSS、SAS、BMDP 統計軟體在多變量統計上的應用，五南圖書出版有限公司，民八十三年。
- 【34】陳正昌，程炳林，陳新豐，劉子鍵，多變量分析方法－統計軟體應用，五南文化圖書出版社，2004。
- 【35】黃國智，「飛航管制員看飛航安全」，科學月刊第二十九卷第十期，民八十七年十月，頁 824—頁 830。
- 【36】黃國智，「從飛航管理看航管系統現代化方向」，民航季刊第一卷第二期，民國八十八年六月，頁 155-頁 170。
- 【37】黃國智，「飛航管制的經驗」飛航管制季刊第九十三期，民九十三年十月，頁 9-頁 19。
- 【38】喬伊，「提及新科技為何管制員都心存懷疑」，飛航管制季刊第八十五期，頁 24—頁 27。
- 【39】游森期，「台灣地區大學生人格特質、網路成癮、憂鬱與焦慮之結構方程式模式檢定」，國立政治大學教育與心理研究第 26 期，民九十二年，頁 501-頁 525。
- 【40】曾怡婷，「應用結構方程模式探討國內航空公司之服務潤鏈」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民九十四年。
- 【41】曾詩微，「影響總經理獎酬之因素-公司績效、董事會監督能力或大股東控制力」，逢甲大學會計學系碩士班碩士論文，民九十四年。

- 【42】曾國雄，多變量解析之實例應用，華泰書局，民六十七年。
- 【43】黃芳銘，結構方程模式理論與應用，五南圖書出版有限公司，2004。
- 【44】馮正民、邱裕均，研究分析方法，建都文化事業股份有限公司，民九十三年。
- 【45】楊雅玲、陳芋頌，「我國航管自動化系統更新對飛航管制員衝擊及因應策略之探究」，民航季刊第七卷第一期，民九十四年三月，頁 101-頁 134。
- 【46】溫傑華、黃建樺、李香怡，「非號誌路口違規駕駛行為影響因素之研究」，運輸學刊，第十六卷第二期，民九十三年六月，頁 183—頁 202。
- 【47】劉韻珠，「國內外航空事故肇因分析與失事調查組織以及作業研究」，交通部運輸研究所，民八十六年六月。
- 【48】蔡秋月，「人因工程與飛航管制人員的關係」，航空醫學會刊第十卷第二期，1997 年，頁 55—頁 60。
- 【49】劉宏一等，「飛航管制員問卷調查主要壓力來源」，飛航管制季刊第七十八期，民九十年一月，頁 7—頁 26。
- 【50】趙延祥，「應用計畫行為理論探討行人違規行為之研究」，逢甲大學交通工程與管理學系碩士班碩士論文，民九十三年六月。
- 【51】趙晉緯，人行空間綜合評估指標建立之研究，國立台灣大學土木工學研究所碩士論文，民九十二年六月。
- 【52】鄭振坤，「飛安事故的軌跡與危機因數偵測」，中華民國第八屆運輸安全研討會，民國九十年十月二十五日，頁 466 -頁 478。
- 【53】鄧家駒，「風險管理」，華泰文化事業公司，民八十七年 4 月。
- 【54】蘇國楨、林錦郎，「我國大學主管領導模式的發展及其應用之研究：主位研究途徑的觀點」，教育與心理研究，第二十六期，民九十二年十二月，頁 567-頁 594。
- 【55】Anderson, J. C. and Gerbing, D. W., "The effect of sampling

- on convergence, improper solutions, and goodness-of-fit indices for maximum likelihood confirmatory factor analysis,” Psychometrika, Vol.49, 1984, pp155-pp173.
- 【56】Aarons, R. N., “controllers make mistakes too”, Business & Commercial Aviation, Vol.90 Issue2, Feb 2002, pp76-pp77.
- 【57】Bailey, R. W. Human error in computer systems, Englewood Cliffs, NJ :Prentice Hall, 1983.
- 【58】Bagozzi, R. P. and Yi, Y., “On the evaluation of structural equation models”, Academy of Marketing Science, Vol.16 No.4, 1988, pp74-pp94.
- 【59】Bainbrige, L., “Ironies of automation”. In Rasmussen, J., Duncan K., and Leplat, J.(Ed). New Technology and human error, Chichester: Wiley,1987,pp271-pp283.
- 【60】Bentler, P. M., and Yuan, K. H., “Structural equation modeling with small samples: Test statistics,” Multivariate Behavioral Research, Vol.34, 1999, pp181-pp197.
- 【61】Broach, D., and Doller, C.S., ”Relationship of Employee Attitudes and Supervisor-Controller Ratio to En Route Operational Error Rates”, U.S. Federal Aviation Administration, FAA Technical Report Document Page, DOT/FAA/AM-02/9,May 2002.
- 【62】Bollen,K.A., Structural equations with latent variables, Wiley, 1989.
- 【63】Byrne,B.M., Structural equation modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS : basic concepts, applications, and programming,Lawrence Erlbaum Associates,c1998.
- 【64】Chen, S. J. and Hwang,C.L.,Fuzzy Multiple Attribute Decision Making-Method and Application, Spring-Verlag, New York, 1992.
- 【65】Chau,P. Y. K., “Influence of computer attitude and self-efficacy on IT usage behavior”, Journal of End User Computing,

Vol.13 NO.1, Jan-Mar 2001,pp26-pp33.

- 【66】Cronbach, L. J., “Coefficient Alpha and Internal Structure of Tests”, Psychometrika, Vol 16 No 3, 1951, pp.297-334.
- 【67】Cohen et al., Air traffic control facilities: improving methods to determine staffing requirements / Committee to Study the Federal Aviation Administration's Methodologies for Estimating Air Traffic Controller Staffing Standards, transportation research board, Washington, D.C.1997.
- 【68】Danaher, J. W., “Human Error in ATC System Operation”, Human Factors, Vol.22,1980,pp535-pp545.
- 【69】Day,P.O.,”Human Factors in System Design”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V.D., and Marvin L. S. Ed., 1991, pp201-pp208.
- 【70】Debons, A.,”Air Traffic Control and System Issues”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed., 1991, pp63-pp78.
- 【71】Fornell, C. and Larcker, D., “Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error”, Journal of Marketing Research, Vol.18,1981,p39-p50.
- 【72】Garland,D.J.,”Automated Systems: The Human Factor”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed.,1991, pp209-pp215.
- 【73】Gasaway, D., “Say again! I report! Say again!”,24th Annual Symposium Proceedings,1986.
- 【74】Goettl, B.P.,”Attention, Workload, and Automation”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A.,Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed., 1991, pp293-297.
- 【75】Golaszowski, R.,”An analysis of pilot-controller read-back errors”. Journal of ATC,1989,pp54-pp56.
- 【76】Grayson, R. L.and Billings C. E.,”Information transfer between air traffic control and aircraft: Communication problems

- in flight operations”. In Billings, C. E. and Cheancy, E. S. (Ed). Information transfer problem in the aviation system. Moffett Field, CA: National Aeronautics and Space Administration, NASA Technical Paper 1875, 1981.
- 【77】 Hancock, P.A., ”The aims of Human Factors and Their Application to Issues in Automation and Air Traffic Control”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed., pp187-pp199.
- 【78】 Hayduk, L.A, Structural equation modeling with LISREL: essentials and advances, Johns Hopkins University Press, c1987.
- 【79】 Harss, C., Lichtenfeld, J., Kastner, M., and Goodrich, J., ”Air Traffic Control Working Conditions and Organization: Suggestions for Analysis and Improvements from a Psychological of View”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed., 1991, pp395-pp406.
- 【80】 Hu, L., and Bentler, P. M., ”Cutoff criteria for fit indexes in covariance Structure Equation Modeling”, 1999, pp1-pp55.
- 【81】 Hopkin, V.D., Human factors in air traffic control, London, Taylor & Francis, c1995. Bristol, PA.
- 【82】 Hopkin, V.D., ”The impact of Automation on Air Traffic Control Systems”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed., 1991, pp3-pp19.
- 【83】 Hopkin, V.D., ”Air Traffic Control”, in Human Factors in Aviation, Edited by Earl L. Wiener and David C. Nagel, C19, pp639-pp663, ACADEMIC PREDD INC, New York, c1988.
- 【84】 Ioannis Fokas, ”Human Factors in ATC Communication”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed., 1991, pp349-pp35.

- 【85】 Isaac, A.R.and Ruitenberg,B., Air traffic control: human performance factors , Aldershot Brookfield, Vt. :Ashgate, c1999.
- 【86】 Jaccard,J., and Wan,C. K.,LISREL approaches to interaction effects in multiple regression, Sage Publications , c1996.
- 【87】 Joreskog,K.G.,and Sorbom,D.,LISREL8: structural equation modeling with the SIMPLIS command language, Scientific Software International,c1993.
- 【88】 Joreskog,K.G.and Sorbom,D.,LISREL7:a guide to the program and applications,Scientific Software International,c1989.
- 【89】Joreskog,K.G. and Sorbom,D.,PRELIS 2 user's reference guide : a program for multivariate data screening and data summarization: a preprocessor for LISREL, Scientific Software International,c1996.
- 【90】 Joresog, K. G. and Sorbom, D.,“The use of structural equation models in evaluation research”, A second generation of multivariate analysis, Fornell, C. Eds., Vol.2, 1982, pp381-pp418, New York, NY: Praeger.
- 【91】 Jen, W. and Hu, K. C., “Application of perceived value model to identify factors affecting passengers”. Transportation,Vol. 30 No.3, Aug 2003, pp307-pp327.
- 【92】 Keechoo and Chung,Y., “A Data Algorithm For Estimating Link Travel Time”, Intelligent Transportation System,2002, pp235-pp260.
- 【93】 Kettinger, W.J.and Lee, C.C., “Perceived Service Quality and User Satisfaction with the Information Services Function”, Decision Sciences, Vol.25, 1994,pp.737-766.
- 【94】 Kevin,K. E., Using LISREL for structural equation modeling: a researcher's guide, Sage Publications,c1998.
- 【95】Morrison, R. and Wright, R. H., “ATC control and communications problems: An overview of recent ASRS data”,Processing

- of the Fifth International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, OH.1989.
- 【96】Norwich, A. M. and Turksen, I.B., “A Model for The measurement of Membership and the consequences of Its Empirical Implementation”, Fuzzy and Sets Systems, Vol.12, 1984, pp1-pp25.
- 【97】Paul, R., ”DOT:Controller Errors on the Rise”, Business & Commercial Aviation, Vol.88 Issue 3, Mar 2001, pp14.
- 【98】Pounds, J. and Isaac, A., “Development of an FAA EUROCONTROL Technique for the Analysis of Human Error in ATM”, U.S. Federal Aviation Administration, FAA Technical Report Document Page,DOT/FAA/AM-02/12,July 2002.
- 【99】Legge, J. S. and Rainey, H. G., “Privatization and Public Opinion in Germany”,Public Organization Review,Vol.3 No.2, Jun 2003, pp127-pp149.
- 【100】Rahim, M. A., Antonioni, D., and Psenicka, C., “A structural equations model of leader power, subordinates' styles of handling conflict, and job performance”, International Journal of Conflict Management, Vol.12 No.3,2001,pp191-pp211.
- 【101】Ross,W., “Air Traffic staff shortage leads to safety concerns”, Person Today, August 2002, pp2-pp2.
- 【102】Stager, P., “Error models for operating irregularities: implications for automation”. Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed., 1991, pp321-pp338.
- 【103】Tattersall, A.J., Farmer, E.W. and Belyavin,A.J., ”Stress and Workload Management in Air Traffic Control”, Automation and systems issues in air traffic control, Wise J. A., Hopkin V. D., and Marvin L. S. Ed., 1991, pp256-266.

附錄一

您好：

感謝您於百忙之中撥空填寫此份問卷調查，本問卷旨在分析飛航管制之風險因素，及其對飛航安全的影響程度，各風險因素分為「硬體」、「軟體」、「人為」、「環境」等四大構面。本問卷僅供學術研究之用，絕不單獨對外發表，您的寶貴意見對本研究有絕對性地影響和幫助，為增進本研究之完整性，懇請您盡可能完整填寫，感謝您的支持與協助。

敬祝您 身體健康！工作順利！

逢甲大學交通工程與管理研究所 助理教授 邱裕鈞

研究生 陳芋頤 敬上

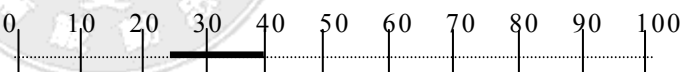
電子信箱 0915496505@yahoo.com.tw

連絡住址：台中市西屯區文華路 100 號逢甲大學交管研究所

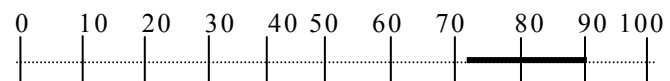
一、語意等級調查：

本問卷以 5 個語意等級：很低、低、普通、高、很高，衡量各種因素對飛航管制的影響程度。然由於每個人對各語意等級之差異程度認知不一，故在進行本問卷問項之勾選前，請您先劃分各語意等級之分佈狀況，以便於將您的語意等級予以量化。本問卷以 0 分~100 分之範圍區分語意等級，愈接近 0 分表示影響程度愈低，愈接近 100 分表示影響程度愈高，各等級分數之分佈狀況可重疊或不重疊。例如：若將各語意等級轉換為分數，在您認知中各語意等級分數之分佈範圍大約為

(1) 很低 = (25) ~ (40) 分

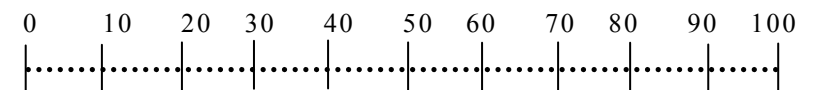


(2) 高 = (73) ~ (90) 分

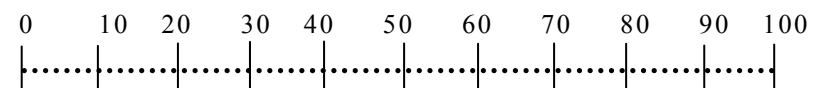


◎ 請您用實線畫出並填寫您認知中各語意等級分數之分佈範圍，完成後請開始勾選各問項之影響程度：


(1) 很低 = () ~ () 分



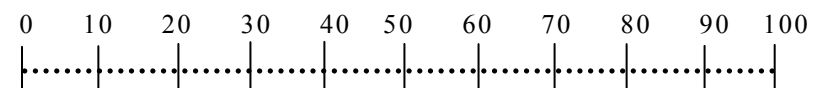
(2) 低 = () ~ () 分




(3) 普通 = () ~ () 分



(4) 高 = () ~ () 分



(5) 很高 = () ~ () 分



二、風險因素調查

(一) 軟體構面對飛航管制的影響程度

		很 低	低	普 通	高	很 高
組織面	1、上級之領導統馭能力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2、團隊精神	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3、工作氣氛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4、人力配置狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5、管制員與單位主管之協調溝通狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6、管制員與單位督導、協調員之協調溝通狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7、同事間之協調溝通狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8、上級對下級建議之處理方式與反應態度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9、管制員對單位上級下達命令之服從度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10、管制員對單位上級管理態度之認同度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
制度與程序面	11、人員甄選晉用制度之合宜性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	12、排班、請假、差勤制度之合宜性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13、薪資結構之合理性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	14、獎懲制度之公平性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15、管制案件及飛航事件調查制度之公平性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	16、安全評估制度實施之狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	17、訓練制度與檢定考核制度之合宜性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	18、訓練資源之適足度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	19、管制相關法令、作業程序與規則之合宜性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(二) 硬體構面對飛航管制的影響程度

		很 低	低	普 通	高	很 高
系統功能與設備	1、航管系統設備足敷管制需求	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2、航管系統所提供之資訊足敷管制需求	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3、航管系統所提供之資訊呈現方式與正確性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4、航管系統之穩定性與可靠度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5、航管備份系統之可靠度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6、航管系統之故障維護效率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
人機	7、航管系統操作介面之使用方便性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8、航管系統指令與程序之合宜性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

介面與衝突	9、航管系統自動警示聲響與顯示之合宜性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10、航管系統出現警示訊息時，管制員對該訊息瞭解之程度與即時反應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11、航管系統功能與管制員自主權之衝突程度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	12、管制員對航管系統信賴程度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(三) 人為因素構面對飛航管制的影響程度

		很低	低	普通	高	很高
個人因素	1、管制員之協調能力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2、管制員之判斷與應變能力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3、管制員之英文能力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4、管制員操作航管及其備份系統之能力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5、管制員對航機性能的了解程度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6、管制員之身體健康狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7、管制員情緒化	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8、管制員個人主觀意識強烈	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
作業面	9、不適當的許可	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10、未按標準作業程序進行管制	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11、下指令時口誤或沒有聆聽複誦	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	12、隔離不足	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13、疏於注意及確認飛航計劃與航機狀態	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	14、管制條操作失當	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15、未確實完成航機交接	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	16、未即時提供影響航機安全之航情予機師	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	17、看錯航機代碼	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(四) 環境因素構面對飛航管制的影響程度

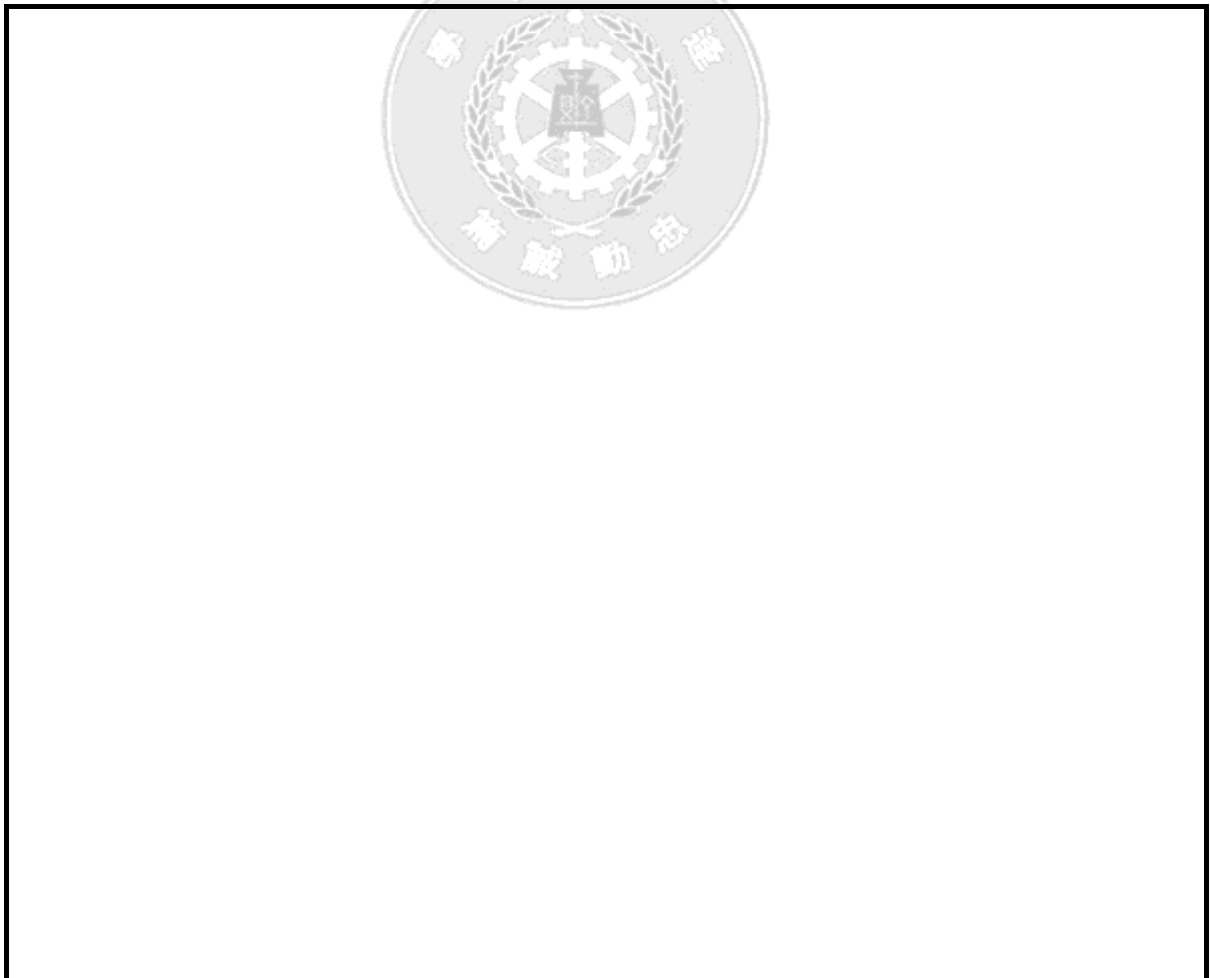
		很低	低	普通	高	很高
航管外部管理	1、工作壓力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2、工作環境之舒適度與安全性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3、上級機關對其所屬管制單位建議之處理方式與反應態度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4、管制單位對上級機關下達命令之服從度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5、管制單位對上級機關管理方式與態度之認同度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

外部溝通	6、各管制單位間之協調溝通狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7、上級機關與所屬管制單位之溝通協調狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8、管制員與民航機機師、空軍溝通協調狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9、管制員與機場航務人員溝通協調狀況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

三、個人基本資料

- 1、您的性別 ☐男 ☐女
- 2、您的年齡 ☐20~30 歲 ☐31~40 歲 ☐41~50 歲 ☐51~60 歲
☐61 歲以上
- 2、您的教育程度 ☐高中職 ☐大學（專）☐碩士 ☐博士
- 3、您的管制服務年資 _____年
- 4、您的工作性質為 ☐管制員 ☐協調員 ☐單位行政主管 ☐督導
☐教官 ☐其他（請註明）_____

四、如果您對本問卷或整體飛航管制系統有任何意見，敬請惠予賜教



問卷結束，最後，再度感謝您的協助！