

國立交通大學

交通運輸研究所

博士論文

No. 038

航空公司飛航運作系統安全分析模式之建立

Development of a System Safety Analysis Model
for Airline Operation

研究生：葉文健

指導教授：汪進財

中華民國九十三年五月

航空公司飛航運作系統安全分析模式之建立

Development of a System Safety Analysis Model for Airline Operation

研究生：葉文健

Student: Weh-Chien Yeh

指導教授：汪進財 博士

Advisor: Dr. Jinn-Tsai Wong

國立交通大學 交通運輸研究所 博士論文

A Dissertation
Submitted to Institute of Traffic and Transportation
College of Management
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Doctor of Philosophy
in
Engineering

May 2004
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年五月

謝 誌

感謝

恩師費心指導	使得思維邏輯更為縝密
教授盡心授課	使得學識涵養更為豐碩

委員撥冗審查	使得論文內容更為紮實
同儕相互砥礪	使得治學態度更為嚴謹

職員不吝協助	使得學業事務更為順遂
碩士班學弟妹	使得休閒生活更為多采

家人充分支持	使得求學過程更為無礙
摯友殷切關懷	使得情感思緒更為平穩

葉文健 謹誌

民國九十三年六月

航空公司飛航運作系統安全分析模式之建立

研究生：葉文健

指導教授：汪進財 博士

國立交通大學交通運輸研究所

摘要

航空公司位於飛航安全的第一線，飛航安全亦是航空業經營成功與否的重要關鍵，而飛安管理的主要核心便是預防事件的發生。然而，航空運輸為一複雜系統，其涉及個人、機器、設備、組織與環境等諸多因素，而且其交互間之影響關係相當密切，欲確切發掘問題之核心，以杜絕事件之發生，實非易事。因此，必須建立完善之飛安風險分析系統，協助飛安管理者系統性地深入剖析複雜之飛安體系，探索所有潛在飛安危險因子，發掘一切導致問題發生之可能環節，以改善根本缺失並提升飛安系統運作之績效。基於上述原因，本研究由失事肇因、系統組成、事件形成與系統運作等觀點之釐清，以及飛安管理理念與機制之探討著手，掌握飛航安全系統之內涵與本質，進而構建完整性與層級性的航空公司飛安系統架構。本研究以結構化方程模式作為方法論之基礎，為能確實反應飛安系統之架構且有效發掘系統問題之根本，進而研擬模式構建、系統解析與問題改善之方式。接著，依據本研究所研提之模式構建方式，一一探討各系統層級之飛安影響因素，研擬對應之績效品質評量指標，以確立飛安系統之衡量模式；透過系統各層級與各活動關係之釐清，系統性串連各飛安系統環節，以確立飛安系統之結構模式。最後，基於完整之系統模式架構與給定之假設性線性參數，進一步透過數值案例，應用與呈現本研究所研提之系統解析與問題改善方式；結果顯示，本研究所研提之系統安全分析模式確能運作，而且可作為診斷航空公司安全品質與健康之有效工具。

關鍵字：航空公司、飛航運作、安全管理、系統安全、安全分析。

Development of a System Safety Analysis Model for Airline Operation

Student: Wen-Chien Yeh

Advisor: Dr. Jinn-Tsai Wong

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Airlines are on the forefront to deal with the aviation safety which is crucial for success. The core of the aviation safety management is to prevent the occurrence of accidents. However, air transportation is a complex system involving closely related factors such as humans, machines, facilities, organizations and environments, and it is hard to discover the causes to prevent accidents from the system. Therefore, it is necessary to develop a system safety analysis model to assist the safety managers dissecting and analyzing the system, exploring the hazard factors and discovering the critical problems with a systemically approach. For this reason, this study begins with clarifying the characteristics of aviation safety system through different viewpoints—accident causes, system components, accident formations and system operations; and then, exploring the concepts and essences of safety management. Thus, a comprehensive and hierarchical framework of airline safety system could be constructed. In order to clearly represent the framework and effectively discover the root cause of the system, the methodology of Structural Equation Model (SEM) is adopted, and the processes of model construction, safety analysis and problem improvement are brought up. According to the proposed model construction process, the study follows with specifying the frameworks of measurement model and structure model of the system. The effecting factors of each system level are explored one by one, and their corresponding indicators and measurements are drawn up respectively. The relationship between levels and activities of the system are identified, and all the system components can be methodically connected. In the final, basis on the constructed model frameworks and given linear parameters, a numerical case is further illustrated by applying the proposed processes of safety analysis and problem improvement. The demonstration reveals that the proposed system safety analysis model works well and can be a useful tool for airlines to diagnose the quality and health of their safety systems.

Keywords: Airline, Flight Operation, Safety Management, System Safety, Safety Analysis.

目 錄

第一章 緒論	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究背景	2
1.3 研究目的	6
1.4 研究範疇	7
1.5 研究內容	8
1.6 研究架構	10
第二章 飛安系統之本質	11
2.1 失事事件之概況	11
2.2 失事事件之形成	14
2.3 飛安系統之體系	16
2.4 飛安系統之組成	22
2.5 小結	34
第三章 飛安管理之機制	37
3.1 飛安管理之角色	37
3.2 飛安管理之理念	39
3.3 飛安管理之觀點	43
3.4 小結	53
第四章 系統分析之方法	53
4.1 分析模式之概念	53
4.2 分析模式之理論	58
4.3 系統模式之建立	64
4.4 系統模式之分析	67
4.5 系統問題之改善	72
4.6 小結	74

第五章 分析模式之結構	75
5.1 系統解構之方法	75
5.2 線上活動之組成	79
5.3 線上活動之關係	81
5.4 安全計畫之型態	83
5.5 安全計畫之關係	86
5.6 安全架構與分析之整合	87
5.7 結構模式之架構	88
第六章 分析模式之指標	93
6.1 觀測因子之探討	93
6.2 觀測資料之型態	99
6.3 觀測因子之指標	101
6.4 觀測資料之彙整	106
6.5 衡量模式之架構	109
第七章 分析模式之應用	111
7.1 數值模式	111
7.2 案例分析	127
7.3 改善計劃	135
7.4 小結	138
第八章 結論與建議	139
8.1 結論	139
8.2 建議	143
參考文獻	147

表目錄

表 2.1	IATA 航空器失事原因之類別.....	17
表 2.2	民航主管機關執行飛安督導工作之要件	24
表 2.3	FSF 所研擬航空公司飛安管理之體系.....	26
表 2.4	航空公司飛安實踐與落實之軟體機制	28
表 3.1	安全管理之原則	50
表 4.1	配適度指標特性	62
表 4.2	數值比較嚴重性綜整	70
表 4.3	路徑影響效果	72
表 4.4	因子負荷效果	73
表 4.5	因子分數效果	73
表 5.1	安全計畫之管理活動	86
表 6.1	安全設計影響因素	98
表 6.2	安全執行影響因素	99
表 6.3	安全設計評量之指標架構—系統功能	101
表 6.4	安全設計評量之指標架構—系統組件	102
表 6.5	安全設計評量之指標架構—系統程序	103
表 6.6	安全設計評量之指標架構—系統監控	103
表 6.7	安全設計評量之指標架構—系統界面	104
表 6.8	安全執行評量之指標架構—系統功能	104
表 6.9	安全執行評量之指標架構—系統組件	105
表 6.10	安全執行評量之指標架構—系統程序	105
表 6.11	安全執行評量之指標架構—系統監控	105
表 6.12	安全執行評量之指標架構—系統界面	106

表 6.13	安全執行評量之指標架構—系統組件範例	107
表 6.14	評量指標評點方式範例	108
表 6.15	影響因素評點方式範例	109
表 7.1	各活動/計畫之原始觀測資料範例	115
表 7.2	各活動/計畫之標準化觀測資料範例	116
表 7.3	各活動/計畫之標準化變異與共變異矩陣範例	117
表 7.4	模式整體之標準化變異與共變異矩陣範例	119
表 7.5	飛航資訊活動系統主要關聯結構模式之路徑參數	120
表 7.6	安全績效門檻值	127
表 7.7	個別性與整體性問題分析結果	135
表 7.8	問題變數路徑影響效果	136
表 7.9	問題變數因子負荷效果	137
表 7.10	問題變數因子分數效果	137
表 7.11	安全分析改善之品質提升效果	137
表 7.12	人員安全計畫改善之品質提升效果	137
表 7.13	改善計劃之預估成效	138

圖目錄

圖 1.1	航機運行相關活動	8
圖 1.2	研究架構	10
圖 2.1	全毀失事飛行階段之比率	13
圖 2.2	波音公司全球失事統計與預測	14
圖 2.3	每一失事事件改善策略數目之統計資料	15
圖 2.4	全毀失事肇因之統計	16
圖 2.5	SHELL 模式	18
圖 2.6	系統工程之 5M 模式	19
圖 2.7	飛航系統之危險因子	19
圖 2.8	失事事件形成因素與系統安全概念	20
圖 2.9	整體飛安系統之概念	22
圖 2.10	LOSA 之飛航組員錯誤管理模式	33
圖 2.11	維修活動失誤風險之評量指標架構	34
圖 2.12	航空公司飛安系統中各構面因子之交互影響關係	35
圖 3.1	運輸服務與飛航安全之關係	38
圖 3.2	意外事件及其可能後果	41
圖 3.3	Reason 之組織性失事模式	44
圖 3.4	肇事因素與人為錯誤及飛安事件間之關係	45
圖 3.5	風險評量矩陣	47
圖 3.6	RAT 之起落架運作分析模式	47
圖 3.7	AvRAM 系統之雛形	48
圖 3.8	服務(生產)管理理論之演化	49
圖 3.9	全面品質管理之機制架構	51
圖 3.10	安全管理之機制架構	52

圖 4.1	安全管理之使命、價值、願景與目標體系	54
圖 4.2	飛安管理組織之層級	54
圖 4.3	飛安管理機制之運作	56
圖 4.4	飛安評量指標層級架構	57
圖 4.5	結構化方程模式示意圖	59
圖 4.6	結構化方程模式構建步驟	63
圖 4.7	系統分析模式建立之架構	64
圖 4.8	因子衡量模式之架構	66
圖 4.9	數值比較概念	68
圖 4.10	因子負荷與路徑係數探討	71
圖 5.1	IDEF0 模式之概念.....	76
圖 5.2	線上活動與管理活動之關係架構	77
圖 5.3	航機運行與相關活動之流程	80
圖 5.4	航機飛行前準備階段之線上活動與作業流程	81
圖 5.5	航機飛行前準備階段中與飛航資訊相關活動之交互關係	82
圖 5.6	航機飛行前準備階段中飛航資訊活動之「機制」與「控制」要素	84
圖 5.7	安全計畫之設計理念	85
圖 5.8	安全計畫之功能劃分	86
圖 5.9	安全架構及分析之設計理念	87
圖 5.10	線上活動層結構模式	88
圖 5.11	安全計畫層結構模式	89
圖 5.12	安全架構及分析層結構模式	89
圖 5.13	線上活動層與安全計畫層間結構模式	90
圖 5.14	安全計畫層與安全架構及分析層間結構模式	91
圖 5.15	安全架構及分析層與線上活動層間結構模式	91
圖 5.16	飛航資訊活動之飛安管理系統結構模式架構	92

圖 6.1	紀錄、觀察與訪查資訊之特性	100
圖 6.2	飛航資訊活動之飛安管理系統衡量模式架構	110
圖 7.1	系統安全分析模式之應用範疇	112
圖 7.2	飛航資訊活動系統主要關聯結構模式架構	113
圖 7.3	各活動/計畫之三階層衡量模式架構	114
圖 7.4	飛航資訊活動系統結構模式與衡量模式之關聯	121
圖 7.5	安全架構衡量模式	122
圖 7.6	安全分析衡量模式	122
圖 7.7	人員管理安全計畫衡量模式	123
圖 7.8	文件管理安全計畫衡量模式	123
圖 7.9	設施管理安全計畫衡量模式	124
圖 7.10	控制管理安全計畫衡量模式	124
圖 7.11	「航機與組員適航確認」活動衡量模式	125
圖 7.12	「飛航資料蒐集」活動衡量模式	125
圖 7.13	「飛行計畫擬訂」活動衡量模式	126
圖 7.14	「飛行計畫簡報」活動衡量模式	126
圖 7.15	飛航資訊活動系統主要關聯結構模式之因子品質分數	128
圖 7.16	安全架構衡量模式之因子品質分數	129
圖 7.17	安全分析衡量模式之因子品質分數	129
圖 7.18	人員管理安全計畫衡量模式之因子品質分數	130
圖 7.19	文件管理安全計畫衡量模式之因子品質分數	130
圖 7.20	設施管理安全計畫衡量模式之因子品質分數	131
圖 7.21	控制管理安全計畫衡量模式之因子品質分數	131
圖 7.22	「航機與組員適航確認」活動衡量模式之因子品質分數	132
圖 7.23	「飛航資料蒐集」活動衡量模式之因子品質分數	132

圖 7.24	「飛行計畫擬訂」活動衡量模式之因子品質分數	133
圖 7.25	「飛行計畫簡報」活動衡量模式之因子品質分數	133
圖 7.26	問題變數關係架構	136

第一章 緒論

1.1 研究緣起

安全一直是飛航服務中最重要的要素，也是乘客最關心的權益，但在安全的環境中卻也是最難以使民眾有所感受。根據國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)之統計資料[ICAO, 2003]，雖然全世界飛安失事發生率逐年下降並趨於穩定至每百萬起降架次 0.7 起，然而隨著全球經濟景氣持續之復甦與成長，預期全球航空運量自 2005 年後，將可掃除 911 事件與 SARS 之陰霾，逐年成長 5% 以上；這表示如果失事率再不能有效降低的話，則總失事件數將會逐年遽增，造成更多人的傷亡，亦映證 Rose (1992)、Hasson (1997) 與 Berendsen (2000) 等學者之憂心。此外，由民國七十七年至民國八十六年間，20,000 公斤以上之國籍民航機失事統計來看，計全毀失事 6 架次，總飛時為 1,983,122 小時，平均失事率為每百萬飛時 3 架次，而國際民航組織(ICAO)統計之同期全球平均失事率為每百萬飛時 0.818 架次[交通部民航局，民 89]，相較之下，我國平均失事率遠高於國際平均失事率 3.5 倍。再加上，我國最近飛航事件頻傳，尤其是民國八十七年（中華-桃園，國華-新竹）、民國八十九年（中華-香港，立榮-花蓮）與民國九十一年（中華-澎湖，復興-澎湖），分別接連發生兩起重大飛航失事事件，更嚴重影響民眾對我國飛航安全的信心。

Amjad (1996) 在國際飛航安全基金會(Flight Safety Foundation; FSF)年會發表的演說中指出，世界各國的航空安全狀況可以分成兩群，第一群是屬於飛航安全狀況良好的國家，其佔全球航空運輸量的 84%；第二群是屬於飛航安全狀況較差的國家，其佔全球航空運輸量的 16%。然而，全球 70% 的飛機失事事件卻是由第二群國家所發生的，也就是說第二群國家發生失事事件的機率是第一群國家的 12 倍之高。而在歷次全國飛航安全改進策略會議中歸結得出 [交通部，民 87、民 89、民 91]，我國飛航失事事件頻傳的主要原因便是缺乏良好的飛航安全管制機制與專業的安全管理，以及航空公司對員工的專業訓練不足，而這也正是 Amjad 在 FSF 年會中認為飛航安全狀況較差國家的問題所在。因此，如何有效提升飛安管理效能以確保民眾的安全，不僅為當前航空界專家學者們關心的課題，更為我國空運管理首要努力的目標。

由我國民航政策白皮書[民用航空局，民 89]之綜整可知，整個飛航安全系統之主要參與者，包括交通部民用航空局與行政院飛航安全委員會等政府單位、航空業者、民間團體、民眾與軍方等層面。雖然，飛安系統之參與者繁多，但就整體而言，主要的關鍵份子為飛航服務實際營運者之航空公司，其不僅位於飛安運作與管理之第一線，亦為整體飛安系統之核心。航空公司之主要產品為提供旅客或貨物運送之服務，但是服務提供之過程將提升自身之人員與資產，或是載運之

旅客與貨物的危險性，尤其是每次失事或意外事件的發生，公司不僅必須負擔航機損失與旅客賠償，尚須承受股價降低、保費調漲與需求移轉等之損失[Chance & Ferris, 1987; Borenstein & Zimmerman, 1988; Mitchell & Maloney, 1989; Bosch et al., 1998]，甚至引起民眾對航空運輸之不安，造成其他航空公司旅客需求之減少[Wong and Yeh, 2003a]。因此，為保障民眾享有安全之權益與減少公司鉅額流失之成本，以及維護航空市場健全之營運，航空公司必須致力於各項飛航安全確保之工作，所以飛安管理為航空事業經營核心之一，而非僅為航空公司內部附屬之措施或系統。

Reason(1997)認為航空公司對飛安管理的主要動力來自組織的承諾(Commitment)、認知(Cognizance)與能力(Competence)，而這也正是 Mintzberg (1989)所謂管理之核心。就航空公司安全管理角度來說，承諾就是必須要有達到安全境界之企圖與投入各項飛安資源之意願，認知就是能夠正確發覺與判斷各項公司運作之潛在危險，而能力就是擁有充足的知識與技能以消除潛在之危險。此三者之妥善整合，即形成公司持續不斷改善而朝向安全境界邁進之動力來源，也就是各種改善措施與管理方法成功的關鍵因素，以及「理想的安全文化」(Ideal Safety Culture)[Wilson, 1993; Reason, 1997]。然而，整體航空公司飛安管理系統之參與份子繁多且日常營運作業項目龐雜，其涉及個人、機器、設備、組織與環境等諸多因素，要檢視航空公司安全之政策與理念是否深達組織各個層面，了解飛安資源投入之狀況與運作之成效，掌握導致各項作業運作發生缺失之根本原因，學習與累積各項飛安技能與知識，實非易事。

由於系統安全分析(System Safety Analysis)的目的便是透過各種方法、技術或程序分析複雜的系統，完整地評估所欲研究系統內與安全相關之風險[FAA, 2000]，而構建模式(Model)的用意，即在運用邏輯性的理論架構簡化現實中繁雜的系統，並依研究需要盡可能地精確呈現系統的內涵，以探討與釐清系統相關議題。因此，建立一套完善的系統安全分析模式對航空公司之飛安管理者而言，可作為系統性地深入剖析複雜飛安體系與探索問題發生癥結之工具，深入瞭解因子交互影響之特性並確切診斷出所有形成錯誤之原因，從而根本改善缺失並提升飛安管理之績效。換句話說，系統安全分析模式為航空公司飛安理念能否確實落實之重要工具與飛安理念之具體表現，亦為能否擁有良好安全績效之關鍵。

1.2 研究背景

探究飛安管理之理念，欲建立一套符合航空公司飛安管理所需之系統安全分析模式，其主要議題如下：

一、全面系統之掌握

就安全管理而言，航空運輸為一複雜系統，其涉及個人、機器、設備、組織與環境等諸多因素，而且其交互間之影響關係相當密切，如欲了解輸入資源與輸出結果間關係的外部系統行為(System Behavior)，以評量與控制整體系統風險，或是釐清系統內各因子交互影響關係的內部系統架構(System Structure)，以確認潛在危險並加以抑制，唯有以更全面性與系統性的思考模式方能確切掌握此一系統。因此，飛安管理思考的原則與趨勢也由強調安全工程設計的運輸侵權法規學派(Transportation Tort Law School)，演變至強調硬體設施可靠性的可靠性工程學派(Reliability Engineering School)，進而至強調硬體與軟體設施和人為與組織因素等整合而成的系統安全工程學派(System Safety Engineering School) [McIntyre, 2000]，而失事事件亦被視為由多種因子與不同錯誤所引發之組織失事(Organizational Accident)或系統失事(System Accident)[Reason, 1997; FAA, 2000]。而各種進行安全管理之研究方法，為了徹底釐清疏失發生之原因，以提升整體安全之績效，其研究之主要論點與系統範疇，亦由早期探究個人疏失所引起之不安全行為或受傷事故的個人模式(Personal Model)，演變至由人因工程之角度探討工作場所屬性，對於工作人員績效或工作可靠度影響的工程模式(Engineering Model)，進而延伸至更上層之管理、組織與社會等因子之組織模式(Organizational Model)，或稱為系統方法(System Approach)。

由於系統(System)為一個實體，其運作狀態(性能)係由個別組成份子之交互影響所形成，所以系統輸出之結果受到輸入之資源與運作之方式，以及各部分與環境間之互動關係所影響 [Blakeney, 1983]；再加上整體飛安系統之參與份子繁多與因子關係交錯，而且導致事件之發生原因絕不僅止於單一之層面。因此，飛安績效之提升，需由整體安全系統著手管理，不能僅探討人為錯誤與技術層面因素，更應深入發掘組織與文化等潛藏危機；換言之，飛航安全之落實需靠各參與份子同心協力與各運作機制相互配合方能達成，這也是避免事件再發生的唯一良方。而美國聯邦飛航總署(FAA) [ATOS, 1997]亦認為安全為一系統性概念，要探討事件發生之原因，不能僅探討技術層面之因素，應該以整體系統之觀點，將組織與文化層面一併考量，如此方能釐清導致事件發生之潛在因素，並適切運用技術與管理之手段，進一步分析、評估與控制飛安之風險。

二、運作機制之檢視

美國聯邦航空總署[FAA, 2004]認為完善之飛航安全管理系統，應由系統安全分析的角度，透過各種方法、技術或程序監理複雜的飛安系統，完整地評估所欲研究系統內與安全相關之風險；Hale 等人(1996)認為欲正確診斷航

航空公司飛安系統體質並確切評量其飛安風險，必須掌握整體系統動態之狀況與作業流程之運行，也就是航空公司各項日常作業活動；Kiwani (1998)指出安全管理系統必須落實至日常作業活動中，如此方能達到安全確保與提升之效能，而作業活動亦往往為安全管理系統之具體表現。

然而，在複雜的飛安管理系統中最常面臨之問題為難以了解系統全貌，僅能運用片面之控制方式處理部分之層面，所以往往難以有效且確實地處理與改善問題，並維持系統之品質，這也是為何一般航空公司需針對許多的工作項目與運作流程，建置不同的飛安控管機制，而這些機制，又往往分屬不同的工作部門與飛安管理次系統，如此將難以有效維持整體系統之品質，更枉論確實地處理與改善系統根本之問題。因此，完善的系統安全分析模式，應能協助管理者了解整體飛安管理系統之全貌，確實檢視飛安運作機制之運行狀況，以有效進行安全相關之作業管理工作，並確實提升與維持航空公司整體飛安品質。

三、完善資料之蒐集

Bird(1969)針對 21 種產業中 297 家公司之 1753498 起失事事件加以分析，其結果指出嚴重傷害之事故(Serious Injury)、輕微傷害之事故(Minor Injuries)、財產損失之事故(Property Damage Accident)與無明顯傷害之事件(Incidents with No Visible Damage or Injury)，四者發生次數之比值約為 1:10:30:600，表示若僅以飛安失事事件與意外事件作為飛安資訊之依據，則僅能反映所有飛安問題之冰山一角；此外，而且這些失事與意外事件具有偶發性，並不是時常發生，如果有匿報的情形發生，則可供分析與檢討之資料將更為稀少，難以達到問題發掘之功效。所以，事件之調查報告主要是提供作為事後補救之用，以免類似事件再次發生，此種被動式的飛安改善動作更難以達到防患於未然之積極功效。因此，Logan(1999)指出提升飛安績效僅靠意外事件資料之分析是不夠的，必須更廣泛地蒐集與分析各項機務與航務等日常性運作資料；而美航(US Airways) [US Airways, 2003] 亦正積極探討線上運作安全查核(Line Operations Safety Audit, LOSA)資訊之運用方法，以提升飛安管理之績效，預防潛在事件之發生。

此外，由整體飛安系統來看，潛在之危險因子就存在於日常營運作業中，而作業流程之品質控管亦需要各項運作資料作為評判之依據，為能適切控制各項流程之運作與發掘導致事件發生之根本肇因，建立一能妥善蒐集、整理、分析與回饋各項資料之飛安資訊系統，便為系統安全分析模式的核心。不過，飛安相關資訊之來源與管道相當多，諸如航空公司內部的自我督察、人員考核、可靠度資料、飛行資料、組員報告、維修紀錄[Bertrand de Courville, 2003]，以及外部的民航主管機關之查核報告、失事調查組織之調查結果、飛機製造商適航指令等等，由於片面之資料僅能進行片面之

分析，分析者與管理者唯有使用所有可取得與正確之資訊，方能進行適切之判斷與決策[FAA, 2000]，而有效的安全管理系統也必須蒐集各種被動之事件資訊與主動之定期健康檢查(health check)資訊[Reason, 1997]。因此，唯有適切地整合各項可用的飛安資訊，方能確實發揮飛安改善之功效。

四、根本肇因之探索

Wilson(1993)認為許多系統改善或管理方法之核心理念皆為「第一次就將事情做好」(Do it right the first time)，而其成功之關鍵要素皆在於確實的組織承諾(The real (vs. perceived) organizational commitment) 對於現況的深入分析(The careful analysis of current operations and/or processes)、願意做任何必須的改變與設置必要控制機制(The Willingness to make any needed changes and to install necessary controls)，以及採行合適的改正與防範措施(The taking of appropriate corrective, adaptive, and preventive)。因此，良好的飛安管理系統，為能確保各項程序能妥善運作且避免問題與疏失之發生，以及符合問題之多變與環境之變遷，必須持續不斷地檢討與改進，而持續改善之動力則來自於問題之發掘，也就是根本肇因之分析(Root Cause Analysis)。

Reason(1997)認為一般的飛安管理機制極度仰賴紀律之規範而忽略管理之意涵，對於事件之發生，常專注於問題的表象並將錯誤歸責於個人，忽略了人為疏失之發生深受周遭環境所影響；此外，僅專注於處理已發生的錯誤，並在錯誤檢討上使用責備與無意義的說詞，以及未能適當區別不可避免與可控制的錯誤發生因素，此種作法對於問題之改善與飛安之提升效果不彰。其實，各種探究航空事件發生之理論，諸如 Blame 之失誤鍊法則(Error Chain Rule)、Heinrich(1959)之骨牌效應理論(Domino Sequence Theory)或 Reason(1997)之乳酪理論(Swiss Cheese Theory)，皆指出事故的發生是肇因於個人、組織與環境等一系列危險因素，而且各因素間交互影響且環環相扣；此外，根據國際飛航安全基金會(FSF)之統計資料顯示[Matthews, 2000]，失事事件鮮少由單一因素所造成，平均而言每起失事包含 4.39 個疏失，也映證了其實際系統之複雜性。因此，一如 Cicero 所說的「引起事件發生之原因比事件本身更值得我們注意」[Ho, 2000]，理想的飛安管理機制，不應如以往大多僅止錯誤責任之歸責與事件後果之彌補，應要深入整體系統運作之潛在層面，明瞭事件發生之潛在原因，積極發掘並消除根本肇因，以確實地減低失事之風險。

1.3 研究目的

透過上述之探討可知，一套符合航空公司飛安管理所需之系統安全分析模式應能全面性掌握飛安系統與檢視運作機制，進而依據各飛安環節蒐集完整資料，達到探索根本肇因與預防飛安事件之功效；然而，在系統管理中最常面臨之問題為難以了解系統之全貌，更何況是作業活動繁多且機制運作複雜之航空公司飛安管理系統，若不能清楚瞭解與掌握飛安系統之全貌與各項活動間之交互影響關係，則難以確認各項潛在危險之所在與蒐集完善之飛安資訊，更罔論探索與發掘系統根本問題與消弭事件肇因。

相關方法[GAIN, 2000; Mimpriss, 2000; Luxhøj, 2000]，如初始危害分析(Preliminary Hazard Analysis, PHA)、錯誤型態與影響分析(Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)、風險評量矩陣(Risk Assessment Matrix)、事件樹(Event Tree Analysis, ETA)、失誤樹分析(Fault Tree Analysis, FTA)、網路邏輯分析(Network Logic Analysis, NLA)等，其理論大多為憑藉先驗知識或統計歸納之方法確認與選取關鍵因素，以邏輯性與主觀性方式推論因素間影響關係與程度，以及事件發生之可能後果，進而評判關鍵影響因子與其危害程度。此種推論過程看似合理且科學，但在如此複雜之飛安系統中，僅憑先驗知識與邏輯而推測因子間之層級關係與交互影響，而未經嚴謹驗證，恐怕會隱藏著許多誤判之可能性；此外，各方法之分析對象，大多為已發生之危害事件或人為疏失，對於未發生潛在危害或系統隱藏之安全品質則鮮少探討。

因此，如何掌握飛安系統之本質與飛安管理之機制，系統化串連與邏輯化綜整航空公司運作項目，勾勒出清晰之飛安管理系統藍圖，提供設計者構建完善飛安分析模式之依據，以及分析者發掘系統根本問題之工具，則為發展系統安全分析模式與落實飛安管理之關鍵。是故，本研究之目的如下：

- 一、釐清飛航安全系統本質，探討各項可能影響飛安之因素及其交互關係。
- 二、確立航空公司飛安管理機制，反映各項作業流程與掌握系統運作動態。
- 三、構建層級性飛安分析構面，整合各項飛安資訊並擬定完整飛安指標架構。
- 四、發展適切之系統安全分析模式，協助發掘系統潛在問題與事件根本肇因。

1.4 研究範疇

航空公司飛安運作之主要內容大致分為機務、航務與飛安等三部門，機務部門負責飛機維修相關事務及管理維修人員，維修人員必須根據航空公司與民航局相關規定，遵循一定的時程與程序監控飛機及發動機性能，以保證飛機能正常無誤運作。而維修人員的聘用、考核與訓練，以及其人員的配置也須符合航空公司的政策與民航局的相關規定，以確保維修作業的運作績效與維修人員技能素質，對於不同機型間的維修工作的差異，也需要特別注重；另外，管理人員也需負責日常監控維修人員的修護工作，以保障飛機的修護品質。

航務部門主要工作人員可分成兩大類，分別為執行飛機運行之飛航組員與負責飛航業務運作之管理人員。由於飛航組員的表現直接影響飛行安全，因此相關人員之飛安管理格外重要，亦為航務部門之主要工作；在飛行員方面，包括聘用、訓練、資格審核、日常監督作業等等，均需依照公司與民航局之相關規定程序進行，期使飛行員能處於適合飛航的狀態，降低飛安事故風險。為使其他飛航組員與飛行員之間具有良好的互動，賦予企業資源管理(Corporate Resource Management)或是組員資源管理(Crew Resource Management)之觀念與訓練，強化群體決策之機制與功能，避免發生不必要的人為疏失。除此之外，面對航務部門龐大的運作體制，航務部門建立完善之標準考核系統，定期定時考核各飛航組員。

飛安部門主要負責建立自我督察系統，檢視日常任務運作時可能發生的潛在錯誤，監控飛行人員日常操作之狀況、航機適航之性能、機務部門的維修工作、工作人員之飛安教育與訓練，以及各項危險事件之調查與分析，以維持機務、航務部門能正常運作，灌輸正確之飛安觀念與技能，並監控與確保整體運作之安全；飛安部門之充分發揮與順暢運作，端賴於完善之飛安資訊系統，及時且廣泛蒐集飛安相關資訊，並加以分析與檢討，以有效發掘分析機務、航務部門日常運作的潛在風險，進一步提出改善措施。

由此可知，對航空公司而言，飛安管理是一個十分複雜的系統，除了直接與飛安相關之維修與飛行等線上作業項目外，尚且包括人員甄選、訓練與考核等與飛安間接相關之非線上作業項目。就精確與完整的角度來說，航空公司系統安全分析模式最好是能涵蓋所有的運作項目，但是涵蓋的項目越多，則模式之分析與運算的複雜性將大大提高，而且會模糊真正問題的焦點。不過，歸納航空公司整體飛航安全運作之內容，由於航機為提供飛航服務重要之關鍵，亦為公司最龐大之投入成本，若以獲利為前提，航空公司營運之方向便是讓航機獲得最大之使用，減少無謂之間置消耗，並提供各項充足的人員、設施與資訊，讓航機能安全與有效地完成任務，以提供顧客所需要之飛航服務，所以本研究將以圖 1.1 之航機運行相關飛航活動為主要研究範疇。

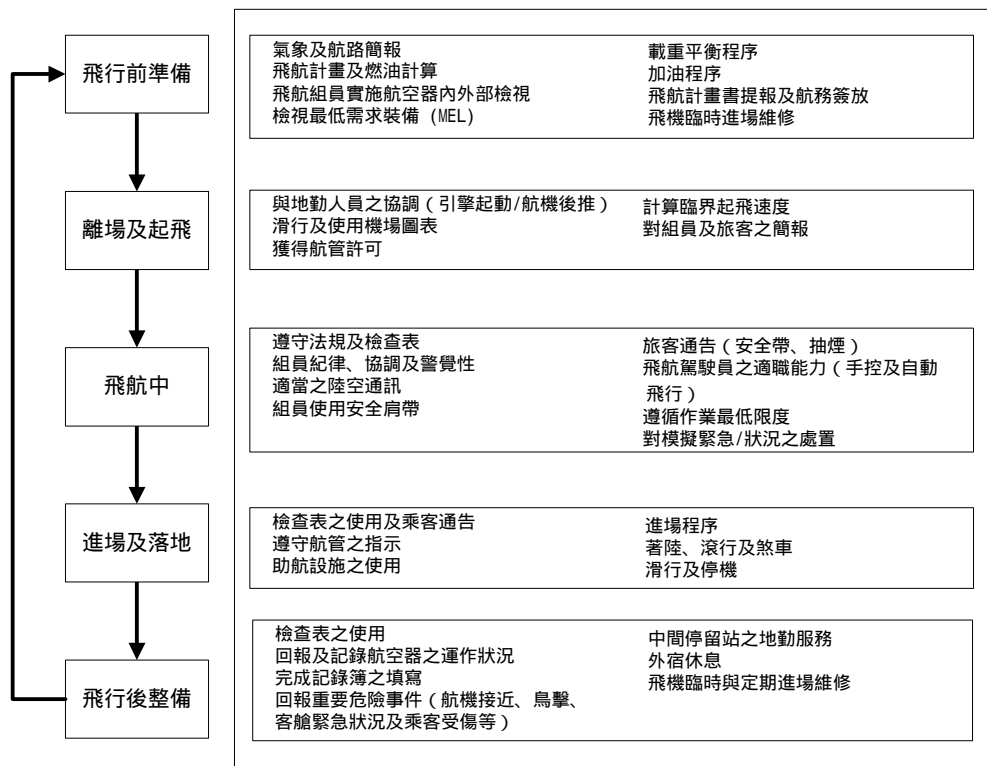


圖 1.1 航機運行相關活動

1.5 研究內容

為能深入了解飛航安全系統之特性，掌握航空公司飛安運作概況，以建立一套完善的系統安全分析模式，本研究的主要內容如下：

一、飛安系統本質之探討

航空公司飛航運作系統安全模式之建立，其用意為預防失事事件之發生，而為達此一功能就必須先從飛航安全系統本質之探討著手，掌握導致失事事件發生之潛在危險因素，釐清飛安系統之組成及其交互影響之關係，了解航空公司飛安管理之核心層面與功能，作為後續建立飛安管理機制與安全分析模式之依據。

二、飛安管理機制之釐清

航空公司為確保自身所提供之飛航服務符合民眾對安全之期盼，並監控各項作業以減少疏失之發生，確保飛航運作之安全，已於各作業環節設計或建置諸多安全保證機制或流程監督系統；然而，此種運用片面之控制方式處理部分之層面，往往難以有效且確實地處理與改善系統中根本問題。因此，為能掌握飛航安全管理機制之精神，以及思索飛航安全分析模式應有之機能，必須針對飛航安全管理的要件與各種安全管理的核心理念加以釐清與探討，確立飛安管理機制之架構，作為安全分析與系統評量之方針，以及系統分析模式構建之依據。

三、飛安管理藍圖之繪製

為提供方便快捷與安全可靠的空運服務，航空公司飛航運作之活動甚多，如組員派遣、旅客服務、貨物裝載、物料補給、航機操作、航機維修等等；由於此一系統的複雜性，而且各個飛安潛在危險因子就存在其中，所以為能構建一完善之航空公司系統安全分析模式，便需層次分明地綜整各項作業活動，以了解飛航運作之組成與運作流程，進而掌握其交互影響關係。因此，如何以系統分析的角度繪製清晰之飛安管理藍圖，層級性解構飛安管理系統，辨識確保與提升飛安績效之關鍵活動，掌握作業層面與管理層面之關係，並串聯飛安管理運作之流程，為分析模式構建之關鍵。

四、安全評量指標之訂定

由航空公司飛航運作系統中可知，各活動要素之品質往往難以運用統計或試驗等方式直接衡量或觀測，必須藉由其他間接相關之指標來加以評判，所以需進一步針對各活動要素，研擬公正、客觀且能夠適切反應其安全品質之指標。因此，本研究擬由安全系統之觀點與飛安管理之層級，擬定適切之安全衡量構面與安全衡量指標，作為評量航空公司飛安系統運作品質與改善成效之依據，以及尋找可能潛在危險之先驅指標(Precursor)，達到適切診斷系統安全健康之目的。

五、安全分析模式之構建

藉由先前飛安系統之探討可知，飛安之參與份子與飛安影響因素相當龐雜，而且事故的發生是肇因於一系列危險因素，各因素間交互影響且環環相扣，所以若要徹底杜絕事件發生之成因，除了危險因子之發掘外，更須進一步掌握危險因子間之關聯。因此，如何緊密串連理論模式建立、模式結構分析與改善方案評估等三項完整功能，構建一個完整性且系統性之推論模式，將有助於發掘與改善航空公司飛安系統之根本問題，提升與確保安全品質之績效，為落實飛安管理必要之工具。

六、安全分析模式之應用

依據解構後之飛航運作管理系統架構，以及訂定的系統安全衡量指標，進一步構建可能之系統關係架構。雖然，本研究無實際且充足的資料可供關係校估或模式驗證之用，但仍可針對所建立之模式架構，以假設性關係函數加以替代實際的影響關係，運用敏感度分析之概念，衡量各活動或其運作要素對於整體飛航運作系統之影響程度，進行整體飛安風險水準之估算與瓶頸問題點之發掘，測試與檢驗模式之分析能力，以作為後續飛安系統改善之依據。

1.6 研究架構

為能建立完善之航空公司飛航運作系統安全分析模式，本研究之架構與章節之安排如下：首先，透過相關文獻之評析與彙整，於第二章與第三章釐清飛安系統之本質與確立飛安管理之機制，並以此作為第四章系統分析方法構建之依據；接著，於第五章按藍圖法之系統解構概念，建立分析模式之結構，於第六章分別由安全設計與安全執行兩構面，研擬分析模式中各環節之評量指標；最後，於第七章藉由數值案例之應用，具體呈現與測試模式之分析能力，並且於第八章提出本研究所獲致之結論及後續研究之相關建議；整體研究架構即如圖 1.2 所示。

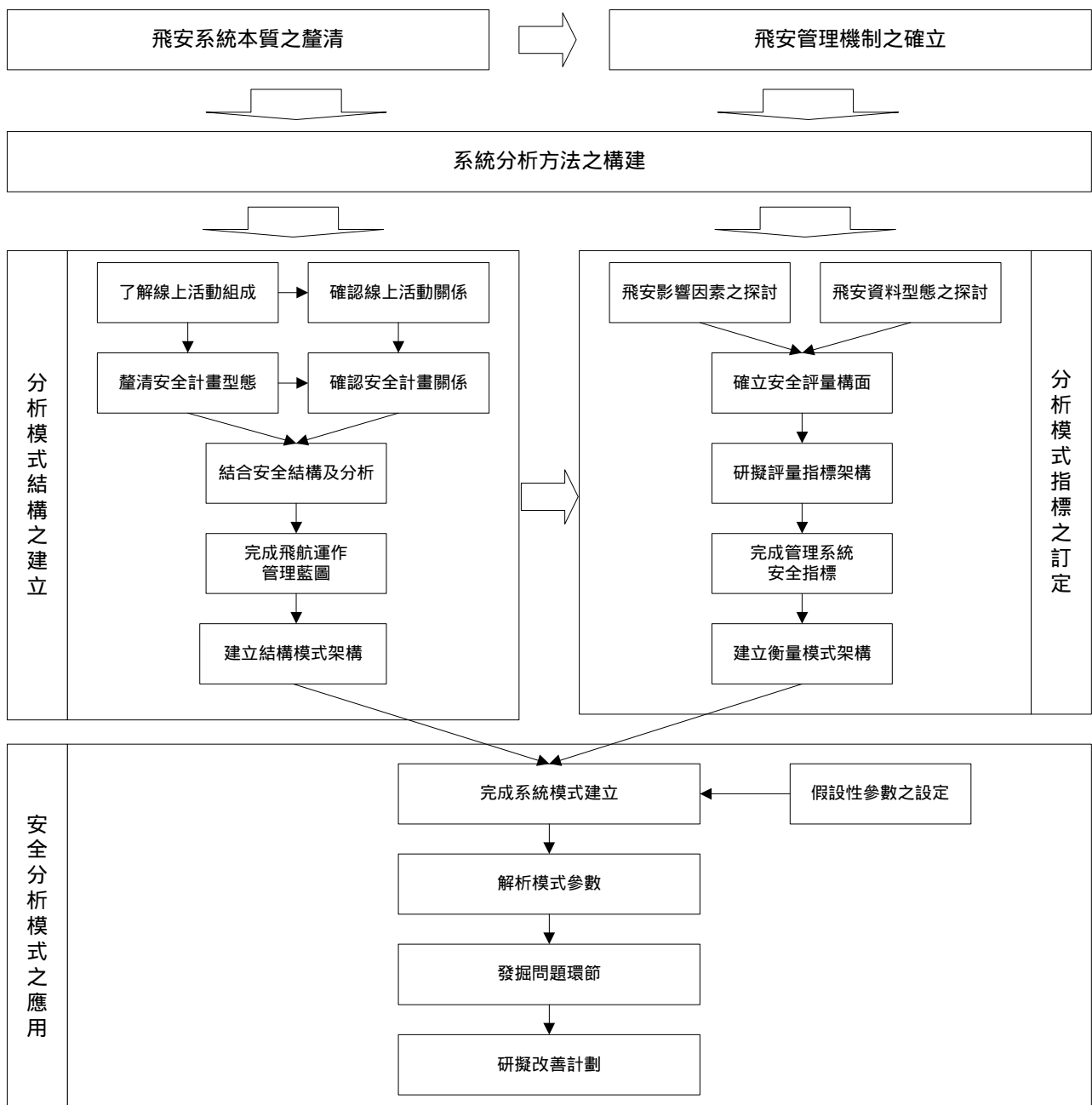


圖 1.2 研究架構

第二章 飛安系統之本質

航空公司飛航運作系統安全模式之建立，其用意為預防失事事件之發生，而為達此一功能就必須先從飛航安全系統本質之探討著手，掌握導致失事事件發生之潛在危險因素，徹底了解飛安系統之組成及其交互影響之關係，如此方能作為後續建立飛安管理機制與安全分析模式之依據。因此，本章藉由失事事件之統計資料與事件形成之分析理論，了解導致失事發生之概況；接著，由失事肇因、系統組成、事件形成與系統運作等觀點加以探討，釐清飛安系統體系之全貌；最後，由環境、組織與活動等三個層面，一一探討影響航空公司飛安績效之因素，確實釐清飛航安全之本質。

2.1 失事事件之概況

2.1.1 失事事件之定義

對飛航安全之研究而言，失事事件發生率為衡量飛安水準最主要且廣為一般大眾所接受之指標。依據 ICAO 與波音公司失事統計[Boeing, 2002]之定義，航機之失事事件可分成運作失事(Operational Accident)、航機失事(Airplane Accident)、全毀失事(Hull Loss Accident)、主要失事(Major Partial accident)與死亡失事(Fatal Accident)等五類。

- 一、運作失事：指自任何人員為飛航目的登上航空器時起，至所有人員離開該航空器時止，於航空器運作中造成之事件，代表一般飛機營運的風險。
- 二、航機失事：指自任何人員為飛航目的登上航空器時起，至所有人員離開該航空器時止，於航空器運作中造成機體實質損壞(Substantial damage)或人員致命傷害(Fatal injury)或嚴重傷害(Serious injury)。其中：
 - (一) 實質損壞(Substantial damage)：指航空器蒙受損壞或其結構變異，致損及該航空器之結構強度、性能或飛航特性，或通常須經大修或更換受損之組件者。但屬發動機之故障或受損，而其損壞僅限於發動機、發動機蓋或其配件；或損壞僅及於螺旋槳、翼尖、輪胎、剎車、整流罩，或航空器表面凹陷者則不在此限。
 - (二) 致命傷害(Fatal injury)：指由於事故造成之傷害而於30天內導致人員死亡。

(三) 嚴重傷害(Serious injury):指事故後七日以內需在醫院治療四十八小時以上者、骨折(但不包括手指足趾及鼻等之單純性骨折)、撕裂傷導致嚴重之出血或神經、肌肉、筋腱之損害、內臟器官之傷害與全身皮膚有百分之五以上之二級或三級之灼傷。

三、全毀失事：指飛機遭受嚴重損毀且其修復超過經濟上修復的價值，亦包括飛機失蹤、飛機殘骸在搜尋終止前未被發現與機體遭受實質損毀且無法接近。

四、主要失事：指飛機遭受嚴重損毀且其修復成本超過飛機保險價值的 10% 或一百萬美金(1992 年之價格)即為此類事故。

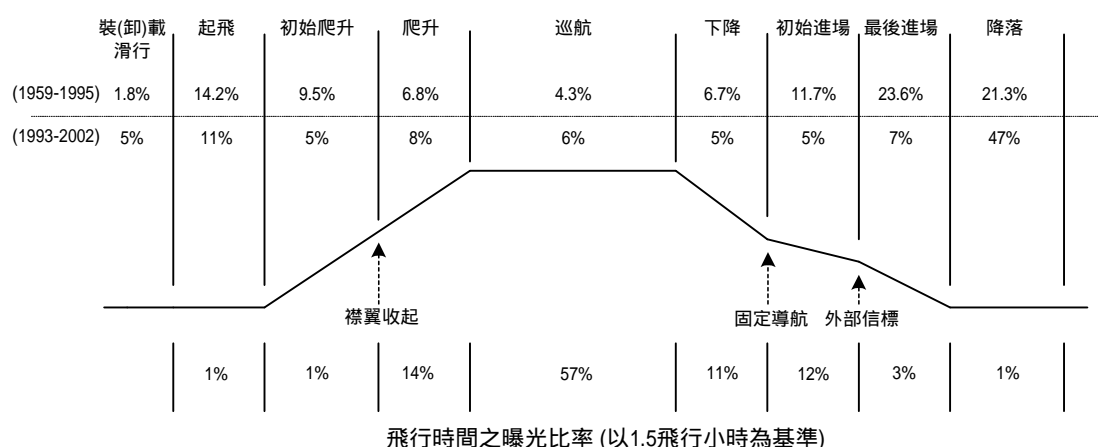
五、死亡失事：造成機組人員或乘客致命傷害之事故。

由上述失事之定義來看，運作失事與航機失事之定義最為廣泛，但是運作失事僅對於營運時期有所界定，對於事件之定義並不明確，所以一般統計資料並不採用；而全毀與主要失事，主要是就財務上維修金額之大小而加以考量，亦為一般保險業者所使用之定義，而死亡失事則僅針對人員之死亡加以區分。航機失事為目前最廣泛使用之失事定義，亦為我國民航局所採行之定義。根據波音公司之統計資料[Boeing, 2002]顯示，由西元 1959 年至 2002 年，全球商用飛機共發生 1337 起航機失事事件，其中造成飛機嚴重毀損或人員死亡者有 1242 起。

進一步針對航機失事之定義來看，其定義之範圍包括全毀失事與死亡失事。不過，死亡事件包括旅客因行走跌倒與亂流造成的嚴重碰撞與餐飲時食物中毒等而引發的死亡事件，並非皆為航機營運所造成之事件；而全毀與主要失事也並不一定表示飛機遭受嚴重損毀，有可能僅為老舊機齡飛機的輕微損毀而不值得維修，或是地勤車輛碰撞造成之嚴重損毀。此外，根據 Bird(1969)針對 21 種產業中 297 家公司之 1753498 起失事事件加以分析，其結果指出嚴重傷害之事故(Serious Injury)、輕微傷害之事故(Minor Injuries)、財產損失之事故(Property Damage Accident)與無明顯傷害之事件(Incidents with No Visible Damage or Injury)，四者發生次數之比值約為 1:10:30:600，其中嚴重傷害事件發生之比率佔不到所有事件的千分之二，顯示失事事件具有稀少與偶發之特性，僅能反映所有飛安問題之一角；而 Barnett(1979)之研究更指出，航空公司之失事事件發生率，往往因其飛航航路、營運航程、起降機場、航管區域、使用機型等因素而有所不同。因此，以失事事件來推斷航空公司之飛安水準並不恰當，更難以達到事件預防之功效。

2.1.2 失事發生之階段

根據波音(Boeing)公司[Boeing, 2002]之統計資料，由飛機航行歷程之裝(卸)載、起飛、初始爬升、爬升、巡航、下降、初始進場、最後進場與降落九個階段來看(圖 2.1)，近五成失事事件集中在最後進場與降落之 4% 飛行時間裡，而且 1988 年 7 月至 1995 年 11 月近七年所發生之 30 起飛行員操控下撞地(Controlled Flight Into Terrain, CFIT)中有 23 起是發生在進場階段。因此，世界各國成立「減少 CFIT、進場與降落事故任務小組」(CFIT and Approach and Landing Accident Reduction Task Force)，積極進行相關課題之研討，亦引發各界積極投入此一改善工作；其中航太工業界研發出加強型地面接近警報系統(Enhanced Ground Proximity Warning System, EGPWS)，以及垂直狀況顯示系統(Vertical Situation Display System, VSDS)，以加強航機之性能與飛行員對地形之掌握，而美國飛安基金會[FSF, 1999]亦提出一套進場與降落之輔助工具，以加強飛行員在進場與降落時對各項風險之認知。



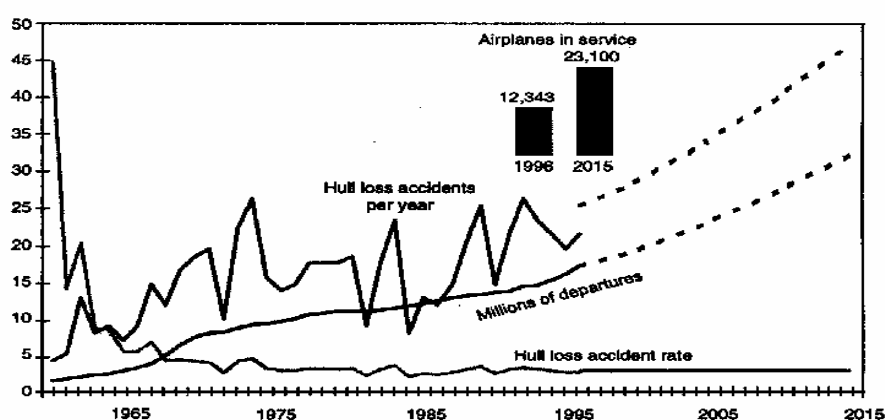
資料來源：Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents [Boeing, 1996 & 2003]

圖 2.1 全毀失事飛行階段之比率

然而，歷年來航空業者雖不斷致力於航機性能之更迭與改進，ACARS、TCAS、GPWS、EGPWS 與 VSDS 等設備之研發與使用，CFIT 與 ARLA 等全球性重要失事改善計畫之進行，以及組員資源管理(Crew Resource Management, CRM)之推動，但是由 1959-1995 年間與 1993-2002 年間之資料相較來看，失事發生之主要飛航階段仍在於起飛與初始爬升及最後進場與降落這僅占 7% 航程的時段內。這也反映出，飛航失事之發生與航機飛行之階段有密切的相關，凸顯出起飛與降落階段作業之繁忙與複雜，而飛航作業層面之改善已到達瓶頸階段，對於整體飛航事件減少之效益將為有限。

2.1.3 失事發生之趨勢

就歷年全球商用飛機失事率之統計來看(圖 2.2),不論是航空服務盛行之美加地區或是其他國家,整體失事率皆呈現不斷下降之趨勢且趨於穩定,不過多位學者[Rose, 1990; Hasson, 1997; Berendsen, 2000]不斷提出警訊,隨著全球航空公司不斷拓展航線與增加航班,如果失事率再不能有效改善的話,則總失事件數將會逐年增加,造成更多人的傷亡。而且,不論是 Boeing 公司或 Airbus 公司皆估計直至 2015 年,航空運量每年將呈 5%之成長,也就是說若失事率如果繼續維持不變,一旦到 2010 年,全球之航機失事件數將從 2000 之每年平均 45 起而增加至每年平均 70 起左右[Berendsen, 2000]。因此,如何再進一步有效地降低飛安事件的發生,便成為當今刻不容緩且急需解決的課題。



資料來源：[Hasson, 1997]

圖 2.2 波音公司全球失事統計與預測

2.2 失事事件之形成

回顧以往之文獻[交通部運輸研究所, 民 86; Reason, 1997], 有關航空事故分析的理論可整理如下：

一、骨牌效應理論(Domino Sequence Theory)：

此一理論在 1931 年由 H.W. Heinrich 提出, 用以探討航空事故發生的原因。由於骨牌只要排列中之一片被推倒, 即會產生連環傾倒之效應, 故該理論係運用推理, 自失事的結果追溯整個事件發生的過程, 再發掘所有可能造成失事的原因, 以協助管理階層檢討其在各項工作之督導上, 是否仍存在相同的問題, 進而謀求改善之道, 以防止類似事件之再發生。其基本理論認為失事是由接觸衍生, 接觸發生是由次標準操作結果或狀況衍生, 次標準操作結果或狀況是由人與工作因素衍生, 人與工作因素則可追溯至管理上之欠缺掌控。

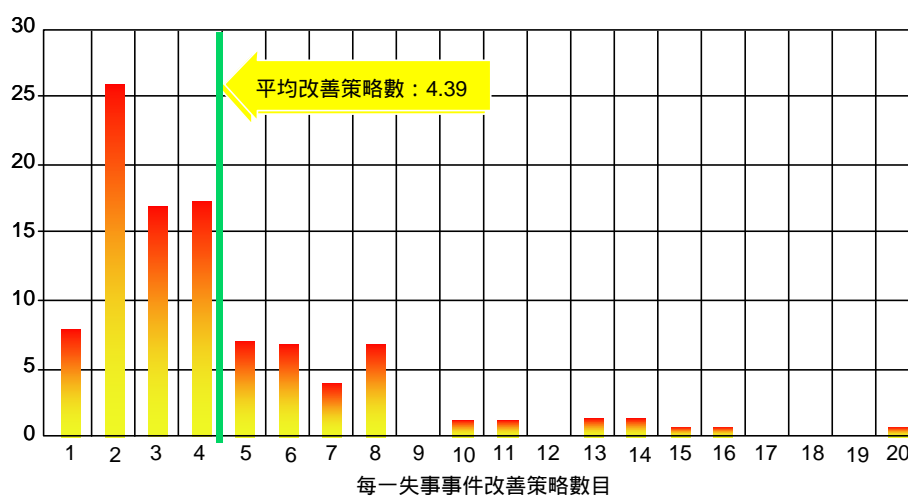
二、錯誤鏈理論(Error Chain Rule)：

錯誤鏈理論是由 Blame 所提，其指出安全事故的發生並非僅由單一原因造成，而是由一連串的失誤串聯而成，所以預防之道在於將環節移走或打斷，以避免事故之釀成，而這些肇事原因大致可以區分成航員、航管、航空公司、航站、飛機設計、維修與氣象等七大類。因此，若能從飛安體系中研發出一套機制，提早發覺各項疏失，打斷造成飛安事故的錯誤鏈或錯誤網路，即可有效降低飛安事故發生的風險。

三、乳酪理論(Swiss Cheese Theory)：

乳酪理論為 Reason 所提出，其認為航空公司的各項飛安預防措施，目的在於防範各項疏失的發生，就好比一片片的乳酪可以用來阻絕光線的穿透；然而基於成本效益的考量及不可避免的風險，各種飛安預防措施皆會有疏漏之處，就如每片乳酪都會有孔洞一般。若潛在危險因子穿透預防措施，則表示可能會發生飛安上的失誤；單一的失誤若能及時改正並不會造成飛安上的威脅，只有當許多的失誤一連串地形成時，意外事件才會發生，進一步甚至演變成失事事件，造成飛安上無法彌補的遺憾。

根據 Matthews(2000)之統計資料顯示(圖 2.3)，失事事件鮮少由單一因素所造成，平均而言每起失事包含 4.39 個疏失；而骨牌效應理論、乳酪理論或錯誤鏈理論皆指出，事故的發生是肇因於一系列事件，這些事件環環相扣與交互影響，只要能阻止其中一項事件的發生，這個事故便不會發生。換言之，現行的飛安管理理論皆將失事事件視為由多種因子與不同錯誤所引發之組織性失事(Organizational Accident)或系統性失事(System Accident)[Reason,1997; FAA, 2000]。因此，飛安績效之提升與落實，不應僅從片面之疏失著手，需妥善釐清飛航安全系統之全貌。



資料來源: [Matthews, 2000]

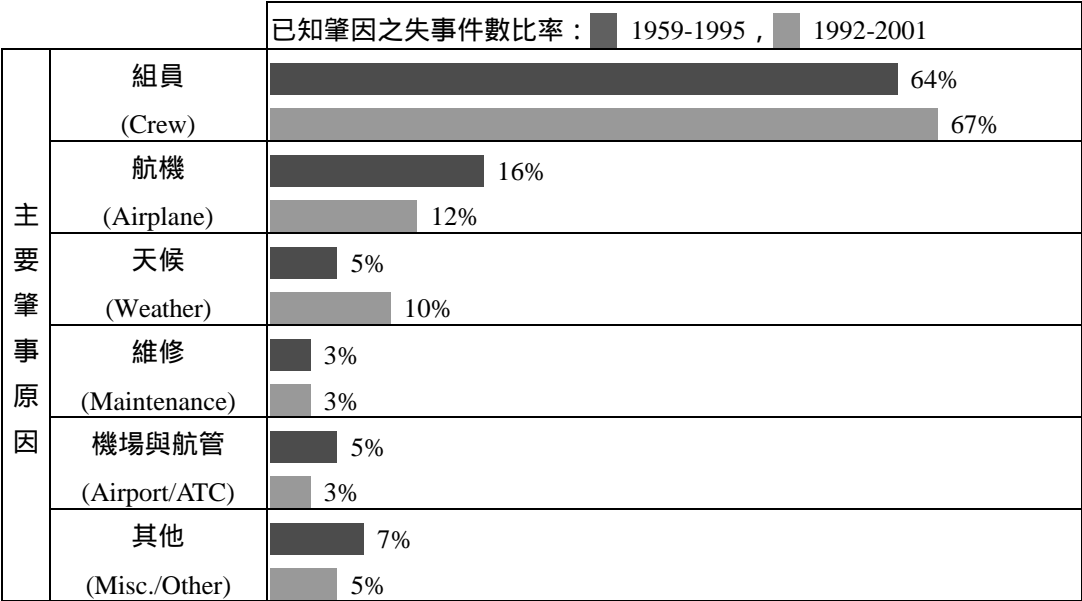
圖 2.3 每一失事事件改善策略數目之統計資料

2.3 飛安系統之體系

由於導致事件發生之原因相當複雜，其涉及個人、機器、設備、組織與環境等諸多因素，而且其交互間之影響關係相當密切，所以唯有以更全面性與系統性的思考模式方能確切掌握此一系統。以下由失事肇因、系統組成與系統運作等觀點加以探討，進一步釐清飛安系統之體系。

2.3.1 失事肇因之觀點

根據波音公司公布之失事統計報告[Boeing, 1996 & 2002],主要肇事原因為組員、航機、天候、維修，以及機場與航管等五類(圖 2.4)，而國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA) [IATA, 1998]將肇事之原因分為人員、機械、環境與組織等四類(表 2.1)。不論波音公司或國際航空運輸協會之統計方式，由於肇事原因係從失事調查資料加以推演與歸納，而在災難發生後，不論管理者、監督者與社會大眾總想要知道是誰犯的過錯，即將調查與事後改正工作之焦點放在人為因素上，尤其是放在實際執行飛航任務與肩負防止失事發生最後防線的飛行組員身上。因此，組員疏失往往成為為肇事歸責之表面箭靶，這也是為何不論是波音公司或國際航空運輸協會的統計資料皆顯示其為最主要之失事肇因。而航機為航空公司提供飛航服務之運具，不僅搭載旅運之乘客與託付之貨物，亦裝設諸多飛航操控儀器與安全防護裝置，所以自然地航機狀況便成為失事後調查之重點，也往往成為飛航失事之第二肇因。相形之下，影響組員駕駛與航機飛行之飛航環境因素，如天候、機場等，以及組織管理因素如航機維修、人員訓練等，變成為導致事件發生之次要原因。



資料來源：[Boeing, 1996 & 2002]

圖 2.4 全毀失事肇因之統計

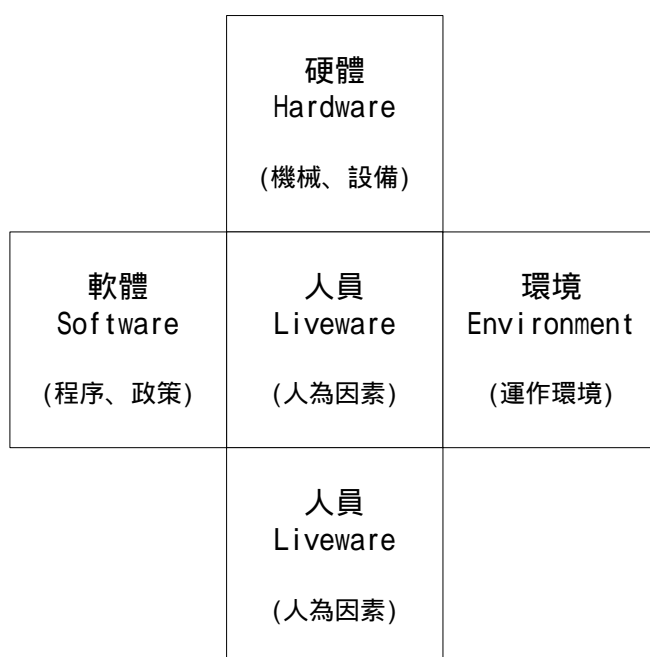
表 2.1 IATA 航空器失事原因之類別

人員類 (Human Category)	H1 : 主動性疏失 H2 : 被動性疏失 H3 : 能力/技術疏失 H4 : 失能
機械類 (Technical Category)	T1 : 發動機重大故障、無法維持正常推力、失火 T2 : 發動機故障、火警 T3 : 起落架、輪胎 T4 : 飛行操控 T5 : 結構損壞 T6 : 艙內火警、冒煙 T7 : 工廠維修、服務(包括人為因素) T8 : 航電系統 T9 : 設計、製造 T10 : 其他 T11 : 系統故障 T12 : 自動駕駛
環境類 (Environmental Category)	E1 : 天氣 E2 : 航管、通訊、航路衝突 E3 : 地勤人員、客艙組員、旅客 E4 : 鳥擊、外物損傷 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 : 安全 E10 : 其他 E11 : 管制的監督
組織類 (Organizational Category)	O1 : 組員徵選與訓練 O2 : 不完善的作業程序及規定 O3 : 行政疏失 O4 : 潛在問題 O5 : 監控不周 O6 : 目標不明確 O7 : 溝通不當 O8 : 其他
資料不足(Insufficient Data)	

資料來源：1998 IATA Safety Report Jet

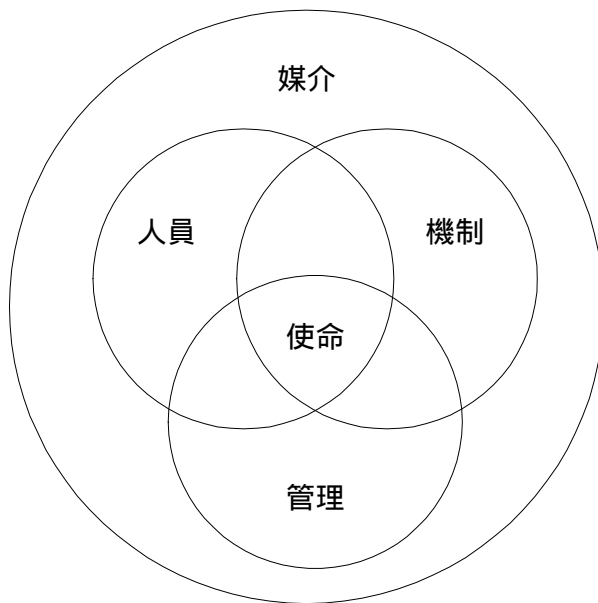
2.3.2 系統組成之觀點

由於人為因素是航空領域中最重要之因素，其為個人與團體績效與行為之表現，除了包含個人之心理與生理因素外，還包括個人、機器、設備與環境間之關係[Thom, 1997]，而此一觀念也正是圖 2.5 所示之 SHELL 模式的核心精神。SHELL 模式[FAA, 2000]強調，人員為維繫系統安全績效之核心，而此一績效係透過其與其他人員、硬體、軟體及環境間共同運作所形成，所以影響系統安全績效之因子，不僅應考量其組成份子，更須包括各組成份子間溝通與互動之關係。而另一著名的 5M 模式[FAA, 2000]（圖 2.6），其概念為使命(Mission)乃系統之目的或主要功能，為群聚所有系統要素之核心，而系統內之主要要素除了參與系統運作之相關人員(Man)與運作所需之硬體及軟體之機制(Machine)，還需包括涉及系統運作、維護、設置與關閉等相關之程序、政策與法規之管理因素(Management)；而各系統要素，則在適當的環境媒介(Media)下相互配合且發揮功效，以確實達成系統之使命。不同於 SHELL 模式以人員為核心與 5M 模式以使命為核心之方式，美國洛格司大學(Rutgers University)發展之 AvRAM 系統[Luxhøj, 2000]，其由飛航運作之角度構建如圖 2.7 所示之飛航系統，認為安全之飛航活動，取決於航機系統、組織、環境，以及溝通與控制等因素。



資料來源：[FAA, 2000]

圖 2.5 SHELL 模式



使命(Mission)：系統之目的或主要功能。

人員(Man)：參與系統運作之相關人員。

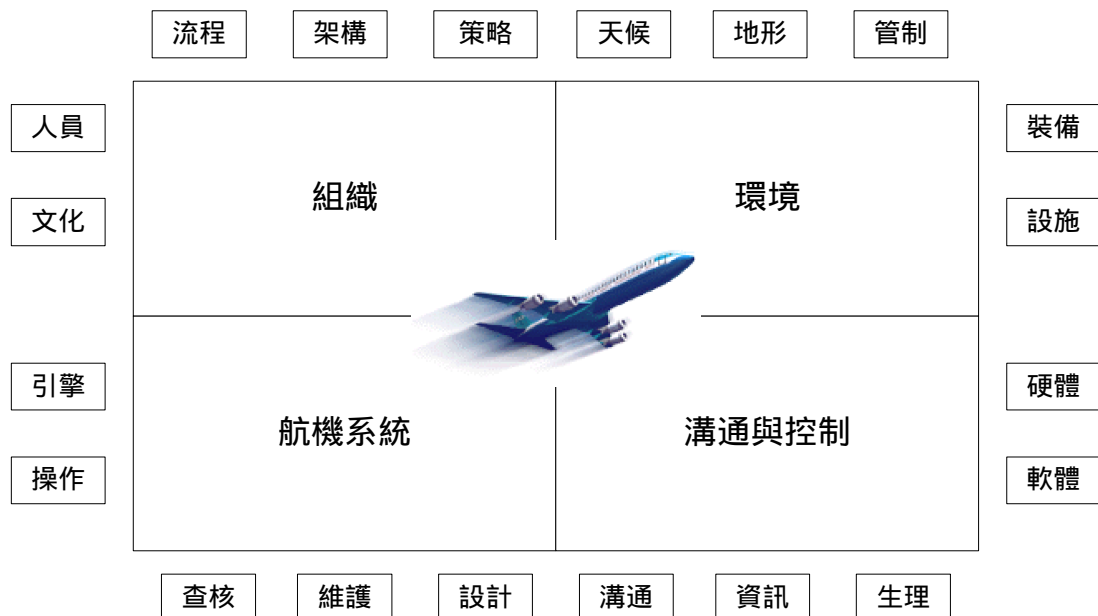
機制(Machine)：包括系統所需之硬體與軟體要件。

管理(Management)：系統運作、維護、設置與關閉等相關之程序、政策與規定。

媒介(Media)：為系統運作、維護與設置之環境。

資料來源：[FAA, 2000]

圖 2.6 系統工程之 5M 模式

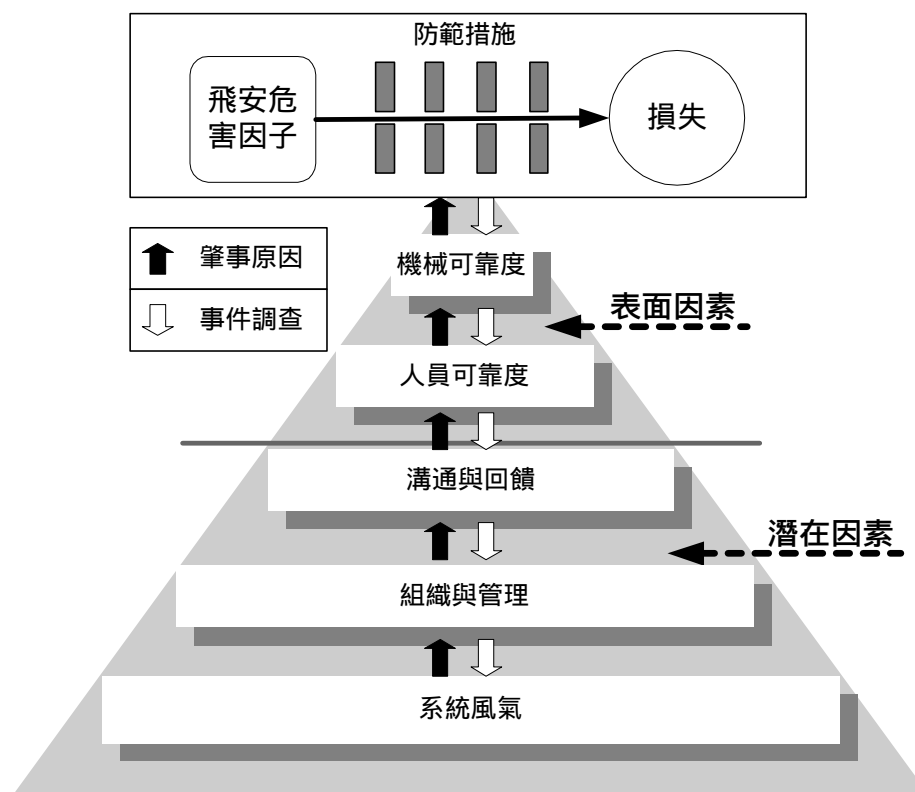


資料來源：[Luxhøj, 2000]

圖 2.7 飛航系統之危險因子

2.3.3 系統運作之觀點

汪進財等人(民 92)曾基於系統組成與失事形成之觀點，綜整 Reason(1997)與英國健康安全執行部(Health and Safety Executive, HSE) [Braithwaite, 1998]之研究，進一步解釋系統安全之概念如圖 2.8 所示；就整體事件發生之系統而言，事件之發生受到機械可靠度(Engineering Reliability)、人員可靠度(Operator Reliability)、溝通與回饋(Communication and Feedback Control)、組織與管理(Organization and Management)，以及系統風氣(System Climate)等五個層面所影響。其中，機械可靠度為與航機飛行相關之硬體與軟體，包括機體、引擎、助航設施與導航設備等；人員可靠度則泛指所有影響飛航運作之人為因素，對象包含飛行員、維修人員、航管人員與查核人員等，層面包括甄選、訓練、經驗交流、工作設計、工作環境與支援系統等，所以其可靠度與組織與管理層面息息相關。溝通與回饋指透過文件、簡報、工作紀錄與通報系統等方式之訊息傳遞與回饋，其為聯繫與協調各層面因素以達成飛安目標之關鍵；組織與管理層面透過設施的使用、場所的提供、標準的制訂、目標的確立與理念的傳達，深深地影響公司對安全的管理制度；系統風氣為五個層次中最廣的一層，也就是航空公司、民航主管當局與其他組織共同形成之產業風氣，而此一層面主要受到經濟壓力、民眾意見、政府管制與技術可行性之影響。同時，此五項系統層面之關係環環相扣，並非獨立運作。



資料來源：本研究整理

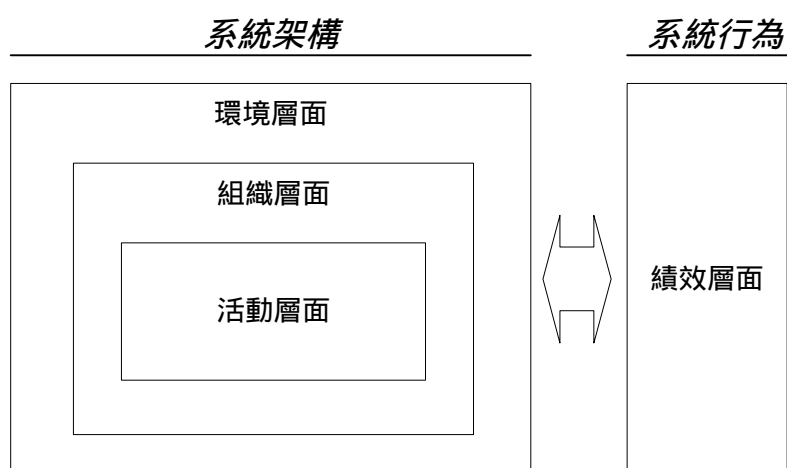
圖 2.8 失事事件形成因素與系統安全概念

以航空公司為例，若是整個系統中的良好飛安風氣未能形成具體共識，則航空公司便容易姑息自滿，難以具有積極謀求飛安改善與飛航為先之經營理念；一旦缺乏此一理念，自然地在管理機制、標準制訂上便容易傾向注重運作之效率與營運之利益而忽略飛安工作之確保與落實，以及缺乏各項充足維修設備與訓練課程之提供。資訊之蒐集與使用，端視組織運作之需要而設計，在一個僅注重運作效率之公司裡，那麼在管理、考核與監督等機制所需的資訊內容中飛安資訊便不被重視，此一資訊之宣導與觀念之傳遞便難以落實。人員在此一訓練環境與設施缺乏及飛安理念薄弱之公司裡，又怎能獲得正確且安全之觀念與合格之技能，並專注細心地致力於一切安全環節之上，再加上相關設備之匱乏與機件保養維修之不確實，航機在飛行中自然充滿高度風險，安全績效難以信賴。

2.3.4 飛安系統之架構

Zelgler 等人(2000)認為，對系統安全研究者而言，了解輸入資源與輸出結果間關係的外部系統行為(System Behavior)，以及釐清系統內各因子交互影響關係的內部系統架構(System Structure)，為兩大主要議題；系統行為與系統架構並非單獨存在，兩者間有著相輔相成之效果，研究者可藉由系統內部之架構推估與了解外部之行為，而系統外部之行為亦可作為校估與推演內部架構之依據。依此概念，本研究進一步，將圖 2.8 之安全系統加以重整，視飛安危害因子所導致的事件發生與損失視為系統外部之行為，亦即航空公司所呈現的飛安績效，而將機械可靠度、人員可靠度、溝通與回饋、組織與管理、系統風氣等，視為飛安系統之內部架構。

針對飛安系統之內部架構而言，由先前探討之飛安系統組成可知，航空公司之飛安績效，除了受本身系統風氣、組織與管理、溝通與回饋等影響外，組織外部的環境也是影響其運作績效之重要因素。當組織外部的環境變動時，公司在追求營運目標或維持營運正常的前提下，其營運決策、營運方式、資源分配等內部狀態必須隨之調整，而整體安全狀態亦將隨之波動，所以就航空公司飛安評量指標而言，組織外部的環境為不可或缺之指標，其可視為航空公司經營運作之先天條件。雖然，原模式中以系統風氣一項作為組織外部的環境表徵，但仍不足以涵蓋其他系統模式所提及之相關因素，例如航空器飛行時之地形、天候、氣溫與風向等自然環境因素，或是機場、航管與空域限制等運作環境因素，以及旅運需求、解除管制等與航空公司經營運作有關之市場環境因素。此外，人員可靠度與機械可靠度往往表現於各項飛航作業活動之中，所以將之歸為活動層面，而溝通與回饋及組織與管理，由於就屬性而言，同屬航空公司經營與管理之機制，所以歸為組織層面。根據以上概念，飛安系統內部之架構分成環境、組織與活動等三個層面，而飛安系統外部之行為則由績效層面探討，其整體概念即如圖 2.9 所示。



資料來源：本研究整理

圖 2.9 整體飛安系統之概念

2.4 飛安系統之組成

為釐清飛安系統之本質，本節進一步依據上節歸納之飛安系統架構，由環境、組織與活動等三個層面，一一探討飛安系統之組成與影響航空公司飛安績效之因素。

2.4.1 環境層面

根據本研究之整理，將環境層面主要可分成自然環境 (Physical Environment)、運作環境 (Operating Environment) 與管制環境 (Regulatory Environment)等三類，以下分別加以探討：

一、自然環境：

自然環境為航機飛行時之周遭媒介(Ambient Medium)，影響航機之飛行與飛行組員之駕駛，主要包括常態(constant)的自然環境因子，如大氣 (Atmosphere)、地形(Terrain)與光線(Light)等，以及動態(changing)的自然環境因子，如與天候(Weather)相關之風向(Wind)及雲霧(Cloud/Fog)等[Kern, 1996; 交通部運研所，民 85]。

(一) 大氣

空氣給予航空器上升的浮力與引擎的推力，是航機得以飛行的主要因素，舉凡一切飛行動作，如起飛、仰轉、爬升、滑行、降落，以及航程之最大航高、最低航速，皆與大氣中空氣密度及含氧量等因素相關。

(二) 地形

雖說航空器飛行於空中為一種可以克服地形因素之交通運具,而且飛行計畫規劃之航路亦往往遠離高山等危險之區域,然而在飛航事件發生頻率最高的起迄端點,由於處於飛行之爬升與下降階段,地形為影響到離場航道、飛行仰角的重要因素,亦為影響航機飛航安全之關鍵。

(三) 光線

光線主要影響的是飛行組員之視覺,明亮的光線有助於飛行員對於周遭環境的觀察,以及對地形、地物之辨識。因此,在夜晚或天候所造成之光線限制下,飛行組員必須仰賴航空器所裝載之導航儀器,以及機場之燈光照明與助航儀器加以克服。

(四) 天候

由於天候變化的難以精確掌握,天候因素相較於前述三項自然因素來得關鍵,造成飛航危險的天候因素不外乎晴空亂流、雷雨亂流、低空風切、山嶽波亂流、低能見度、積水與降雨等六大項。因此,各項危險天候因素占正常天候之天數比例,為評量航空公司飛航作業安全必須考量之因素。

二、運作環境：

運作環境,主要包括機場、航管、助導航設施、空域限制、飛航管制等設施或限制,其主要功能為提供飛行組員飛行時必要的訊息,順利執行飛航任務,以及提供航空器起飛與降落之一切必要協助[Kern, 1996];此外,運作環境不僅直接影響航空器之飛行與飛行員之駕駛,亦影響航空公司之航機配置、人員訓練、飛行計畫、特殊儀降、航程延展等作業活動。

Barnett 等人(1979)之研究指出,飛航航路、營運航程、起降機場、航管區域等環境因素,對於航空公司之失事事件發生率有顯著之影響。例如偏遠地區航線,由於其旅客需求通常較低且機場規模不大,所以航空公司大多以較小型的飛機經營,而且一般來說此類地區之機場起降設施較差,所以該航空公司之飛安績效也可能先天上即居於劣勢。此外,由於天空的開放,使得航班的遽增與航網結構的變化,亦可能導致現有空中助導航設備與航空管制人員無法應付大量的班次需求之隱憂[Borenstein and Zimmerman, 1988; Oster et al., 1989]。

三、管制環境：

航空運輸由於與國際交流及民眾生活息息相關，雖說解除管制為產業之發展趨勢，不過其範疇僅止於放寬經營條件之市場營運限制，對於飛航安全之管制從未鬆懈，甚至日漸強化；是故民航主管機關基於善盡保障民眾享有安全之權益並促進航空市場之良性競爭，必須妥善督導航空公司之飛航運作，以維持與確保良好之飛安水準。因此，民航主管機關對於航空公司之飛安管制機制，為影響航空公司飛安績效之關鍵因素。

根據 ICAO 對民航主管機關飛安系統建立與管理之建議 [ICAO, 1999]，ICAO 飛安督導計畫執行之查核議題(Audit Protocol) [ICAO, 2000]，以及美國聯邦航空總署(FAA)對各國飛安水準評量之國際飛安評鑑(International Aviation Safety Assessment, IASA)問項[FAA, 2001]，其內容綜整與歸納如表 2.2。探討各建議項目或考核內容可知，民航主管機關欲建立與管理一足以確保該國飛航運作安全之督導系統，其要件必須有明確制訂主要民航之法規與特殊營運之規範，並且有健全之組織結構與完善之飛安督導功能，運用合格之技術人員與標準之指導手冊進行相關查核之工作，確實肩負人員給照、航務運作、航機適航等相關之認證與監督工作。

表 2.2 民航主管機關執行飛安督導工作之要件

ICAO 飛安督導手冊(Safety Oversight Manual- Part A)
1.主要民航之法規(Primary aviation legislation)
2.具體營運之規則(Specific operation regulation)
• 航機註冊與適航(Aircraft registration and airworthiness)
• 航空人員給證(Personnel licensing)
• 業者認證與監督(Air operator certification and surveillance)
3.組織結構與督導功能(CAA structure and safety oversight function)
• 飛航安全標準部門(Flight safety standard department)
• 人員認證組(Personnel licensing section)
• 飛航作業組(Aircraft operation section)
• 航機適航組(Airworthiness section)
4.技術指導之手冊(Technical guidance)
5.合格技術之人員(Qualified technical personnel)
• 查核員資格與經歷(Qualification and experience of inspector)
• 查核員訓練(Training of inspector)
6.給照與認證之義務(Licensing and certification obligations)
7.持續監督之義務(Continued surveillance obligations)
8.解決安全之議題(Resolution of safety issue)

表 2.2 民航主管機關執行飛安督導工作之要件(續)

ICAO 飛安查核計畫(Safety Oversight Audit Programme- Audit Protocol)	
1.主要民航法規與規則(Primary aviation legislation and civil aviation regulations)	<ul style="list-style-type: none"> • 法規公布與修正程序(Promulgation and amendment procedures) • 法規執行程序(Enforcement procedures) • 查核員之授權(Empowerment of inspectors)
2.民航主管機關之組織(Organization of the state's civil aviation authority)	<ul style="list-style-type: none"> • 民航組織系統(Civil aviation organization system) • 組織建立(Establishment) • 人員組成與徵募政策(Staffing constitution and recruitment policy) • 人員訓練政策(Staff general training policy) • 作業文件與技術資料庫(Documentation and technical library) • 組織運作資源(Resource)
3.人員認證(Personnel licensing)	<ul style="list-style-type: none"> • 人員給證與訓練系統之法規(Personnel licensing and training system-Regulatory background) • 人員給證與訓練系統之組織架構與人員配置(Organization and staffing of personnel licensing and training system) • 人員給證與評等之程序(Procedures established for personnel licensing and rating) • 人員證照與等級之監控(Control and supervision of licenses and ratings issued) • 訓練機構之監控(Control and supervision of training institutes and/or aviation schools)
4.航機運作(Operation of aircraft)	<ul style="list-style-type: none"> • 航機運作認證之法規(Aircraft operations certification- Regulatory background) • 航機運作認證系統之組織架構與人員配置(Organization and staffing of aircraft operations certification system) • 航機運作認證之程序(Procedures established for aircraft operations certification) • 航機運作之監督(Aircraft operations supervision)
5.航機適航(Airworthiness of aircraft)	<ul style="list-style-type: none"> • 航機適航認證與查核之法規(Airworthiness certification and inspection- Regulatory background) • 航機適航認證與查核之組織架構與人員配置(Organization and staffing of airworthiness certification and inspection) • 航機適航認證與查核之程序(Procedures established for airworthiness certification and inspection) • 航機設計、製造、運作與維修之監督(Surveillance of the design, production, operation and maintenance of aircrafts) • 航機適航認證之更新與持續確認(Renewal and continuing validity of certificates of airworthiness)
FAA 國際飛安評鑑(International Aviation Safety Assessment)	
1.組織結構與督導功能(Organisational structure and safety oversight functions)	
2.主要民航法規與規則(Primary aviation legislation and regulation)	<ul style="list-style-type: none"> • 法規效期與內容 • 各項作業之法令基礎 • 人員給證規則 • 飛航作業規則 • 航機適航規則 • 國際運輸業者規則
3. 給照與認證責任(Licensing & certification obligations)	<ul style="list-style-type: none"> • 航空公司 • 航空人員 • 航機維修廠
4. 技術指導之手冊(Technical Guidance)	
5. 合格技術之人員(Qualified technical personnel)	<ul style="list-style-type: none"> • 人力結構 • 人員資格 • 人員訓練
6. 持續性監督與解決安全議題(Continued surveillance obligations and resolution of safety issues)	

資料來源：本研究整理

2.4.2 組織層面

以下由安全管理、事業管理與財務管理三方面探討組織層面對飛安系統之影響因素。

一、安全管理

對航空公司而言，安全管理(Safety Management)即針對飛航運作、機坪作業或航機維修的相關風險施以系統性管理，以達到高水準的飛安績效[UK CAA, 2001]，所以安全管理一向被視為航空公司確保良好飛安水準之核心因素。於是為使各航空公司在建立飛安管理機制時能有所依循，以及全面落實飛安管理之精神，國際飛安基金會提出飛安管理應有之內涵[US FSF, 2000]，分為「安全架構」(Structure)、「安全計畫」(Programs)與「風險管理」(Risk Management)三大部分(表 2.3)。此外，為避免系統層次概念混淆，以及使用統一名稱，以下將「風險管理」構面改稱為「安全分析」。

表 2.3 FSF 所研擬航空公司飛安管理之體系

安全架構	安全計畫	安全分析
目標(Goal) 範圍(Scope) 文化(Culture) 組織(Organization)	系統組件(Systems) 操控裝置(Controls) 工作流程(Work Process)	機制設計(Design) 風險分析(Risk Analysis) 關鍵瓶頸(Thresholds) 資料蒐集(Data Collection)

資料來源：[US FSF, 2000]

「安全架構」為飛安管理之骨幹，可分為目標、範圍、文化與組織四大部分，其意涵分別如下：

- 目標：設立飛安願景與安全績效目標，如避免失事發生、人員傷亡與設施損壞。
- 範圍：選定所欲管理的項目(課程、訓練、監督、矯正)，並決定場所(機艙、客艙、維修、地面、安檢)與品質控管方式(內部評估機制)，目的為建立全面監控與確保各項日常作業品質之機制。
- 文化：良好的文化是透過人與人良好的溝通與關係，正確的飛安觀念與使命，以及完善的飛航作業品質管理與內部評估機制，於實習、訓練、工作與經驗累積中慢慢凝聚而成，而且能在經濟與安全的課題間取得平衡。
- 組織：藉由符合資格之人員確保日常程序運作順暢、機組人員符合適航資格與機務維修品質等，而且由專責與獨立的安全部門作全面品質控管。

「安全計畫」為監控各項活動是否正常運作並達到安全標準之關鍵機制，其基本要素包含系統組件、操控裝置與工作流程三大部分：

- 系統組件：組織、政策、程序、文件、紀錄、證照。
- 操控裝置：關鍵流程、決策人員、定期複檢、持續蒐集資料、獨立自主、標準作業手冊。
- 工作流程：認證工作、正確使用績效資訊、人員訓練與考核、服從程序、工作技術。

「安全分析」是指一連串危害因素分析與控制措施，用以降低或消除事件發生風險，而風險係指潛在危險(Hazard)發生之可能性與其所產生負面之效果，其中所謂的潛在危險是泛指一切可能造成飛安危害之事件、行為或環境。風險管理之內容包括機制設計、風險分析、風險門檻與資料蒐集四部分：

- 機制設計：確保機制健全且將安全融入營運管理之中，並定義出潛在風險之主要衡量指標。
- 風險分析：衡量潛在危險發生之嚴重度並篩選重要順序。
- 風險門檻：擬定風險門檻值，針對迫切危機處提出警訊。
- 資料蒐集：透過已知事件、自願報告或其他管道蒐集之資料持續不斷地進行風險管理。

此外，為讓整體飛安管理體系能有效運作並發揮功效，英國民用航空局[UK CAA, 2002]認為除應具備必要之硬體要件外，更應具備實踐與落實之軟體機制，相對應美國飛安基金會所提之「安全架構」、「安全機制」與「安全分析」，分別為「全員整合之飛安態度」(A Comprehensive Corporate Approach to Safety)、「實踐飛安之有效組織」(An Effective Organization for Delivering Safety)與「達成飛安監控之系統」(Systems to Achieve Safety Oversight) (表 2.4)。

表 2.4 航空公司飛安實踐與落實之軟體機制

<p>全員整合之飛安態度(A Comprehensive Corporate Approach to Safety)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 明定飛安之職責(Published Safety Accountabilities) ● 合格之安全管理人員(Safety Manager) ● 積極之安全文化(Positive Safety Culture) ● 明確之安全政策與施行方法(Documentation of Business Policies and Practices) ● 獨立之安全檢查系統(Independent Safety Oversight Process) ● 定期檢討之安全計畫(Regularly Reviewed Safety Plans) ● 嚴謹之安全檢討流程(Formal Safety Review Processes)
<p>實踐飛安之有效組織(An Effective Organization for Delivering Safety)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 安排徵選、聘用、培養與訓練之制度(Arrangements for Selection, Recruitment, Development and Training) ● 全員安全認知之訓練(Safety Awareness Training for Management and Staff) ● 明訂資產添購與委外運作之標準與督察(Defined Standards and Auditing of Asset Purchases and Contracted Services) ● 監控安全重要設施、系統與服務之績效(Monitoring Performance of Safety Significant Equipment, Systems or Services) ● 紀錄與監控安全之標準(Recording and Monitoring Safety Standards) ● 危險分析與風險評量工具(Hazard Analysis and Risk Assessment Tools) ● 系統變動之管理(Change Management) ● 安排工作人員溝通飛安要事之機制(Arrangements for Staff to Communicate Significant Safety Concerns) ● 緊急應變之規劃(Emergency Response Planning)
<p>達成飛安監控之系統(Systems to Achieve Safety Oversight)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 分析飛行資料(Arrangement for the Analysis of Flight Data) ● 飛安事件報告(Written Safety Event/Issue Reports) ● 施行飛安督察檢視(Conducting Safety Audit Review) ● 實行內部意外調查與改正行動(Conducting Internal safety Incident Investigations and Implementing Remedial Actions) ● 有效運用飛安資料進行績效分析(Effective use of Safety Data for Performance Analysis) ● 持續飛安提升動作(Arrangements for ongoing Safety Promotion) ● 定期檢視飛安管理系統(Periodic Review of the Safety Management System) ● 線上管理人員即時監控(Line Manager's Monitoring)

資料來源：[UK CAA, 2002]

二、事業管理

航空公司為提供乘客及貨物旅運服務之企業，為降低成本及獲取收益，航空公司將依外在機會與威脅，以及內在優勢與劣勢，調整市場範疇與經營型態；由於事業經營之變動與資源分配之調整，也使得事業管理往往被列為評量航空公司飛安績效之重要考量因素。以下主要綜整美國聯邦航空總署[FAA, 2001]與澳洲民用航空安全局[CASA, 1999]之查核手冊，針對航空公司事業管理之關鍵因素：營運團隊、營運市場、營運機能與航機組成等四項進行探討。

(一) 營運團隊

營運團隊為主導航空公司經營與運作之權力來源，故為事業管理之核心要素。為謀求更佳之經營契機，航空公司往往藉由申請、收購、合併或退出等方式取得、轉移或釋出航空運輸事業之營運權，而此種營運權的變動將可能導致高層主管異動，使得經營型態轉變與組織架構調整等情形產生，進而成為航空公司飛安水準潛在危險因子。雖然，Kanafani(1989)、Oster(1989)與 Evans(1989)以每百萬班次之總失事事故率衡量新進者之安全績效，其結果並無顯著證據可認定新進業者之飛安績效較差；不過，各國民航主管機關仍認為[CASA, 1999; FAA, 2001]，為能確保航空公司飛航運作之安全，對於新進航空公司仍應賦予較多之關注。

(二) 營運市場

由於市場之開放與競爭，航空公司為謀求自身經營之契機，因應市場旅運需求之變化，航空公司間或其他運具間之競爭性與公司自身之營運條件與特性，藉由營運市場之擴張或退出，或是飛航路網或班次之調整，以提升市場競爭之優勢、提供更好的服務航網或更緊密的轉接服務。由於此種營運市場因素之變動，涉及既有航務運作、機務維修與人員訓練等機制之配合，以及飛機、組員、各場站服務人員等資源之調配；若公司無足夠之資源或適當之管理，將會影響飛航運作之安全水準。

(三) 營運機能

航空公司之主要產品為提供旅客或貨物運送之服務，而為能順利完成此一運輸服務，航空公司需具備飛航運作、航機維護、地勤作業、安全監控、人員訓練等營運所需之機能；不過，航空公司基於本身營運能量與成本效益之考量，可將部份機能委外營運，諸如航機維修(Maintenance)、人員訓練(Training)、地勤作業(Ground Handling)等，或是新增、關閉或重置部分外站設施，甚至整個外站。如此，當上述營運機能有所變動時，委外公司之安全績效及外站之作業能量，將可能直接影響既有之飛航服務及飛安績效。

(四) 機隊組成

航機為航空公司提供飛航服務之關鍵運具，亦為最主要之成本投資。航機之自有或租賃，以及機隊之屬性——機齡、混合性與複雜性等，將顯著地直接影響維修計畫與技術、航務運作與流程、地勤作業與支援、組員甄選與訓練、作業督導與監控等項目，尤其當機隊組成發生大幅變動，則對於整體飛安系統之影響更為顯著。

三、財務管理

財務狀況為航空公司能否繼續營運之關鍵，而財務困難是否會造成飛安投入的降低，進而使得航空公司飛安水準的降低，一直為飛安相關研究之重要議題，尤其是在解除管制後的激烈競爭與 90 年代起航空運輸業普遍呈現蕭條下，不論航空公司營運健全與否皆紛紛出現財務上的赤字。根據 Rose(1990)與 Singal(1998)之研究發現航空公司獲利能力或財務穩健性確實對事件發生件數之減少有正面之助益，不過 Golbe(1986)與 Dionne(1997)等研究卻顯示獲利能力對飛安績效並無顯著影響，所以整體而言財務對飛安之影響並無具體結論。

汪進財等人(民 89)進一步指出，欲探討航空公司財務績效對飛安水準之影響，就應瞭解到航空公司資源使用之關鍵取決於自身對飛安管理的理念、政府監督飛安的功能與市場制衡飛安事件的機制，而這也才是真正決定財務狀況對飛安投入影響之核心。也就是說如果航空公司視飛安為自身責無旁貸的責任，亦為提升經營績效與降低成本之關鍵，同時體認到越是飛安健全也意味著其在營運上越具對消費者的吸引力及競爭優勢，那麼不論公司財務狀況好壞，其對飛安的投入一定是竭盡所能地維持與提升；此外，如果民航主管機關能妥善設定飛安應有的標準，並對航空公司之飛安狀況有效控管，那麼航空公司又怎麼有太多機會降低其飛安水準，並且危及民眾的安全。至於市場機制對飛安績效的制衡能力，則顯現於保險業者、投資者與旅客分別於保費、股價與需求上對飛航事件所反應的程度，如果市場上絕不能容忍任何失事事件發生，也就是說一旦失事發生保費會大幅提升，股價與需求會大幅滑落，那麼又有那家航空公司能承擔失事發生的後果，而不盡力做好飛航安全。正因為存在此等複雜之因素，使得以往之研究並未能在航空公司獲利能力與飛安間關係上獲得一致的共識；或者說，邏輯上其間本來就不應該存有顯著且必然的關係。

雖說基於飛航安全之可觀效益及合理成本，理性與正常之航空公司必然不會輕易忽視，所以當航空公司財務狀況正常時，航空公司不會為獲取更多利潤，冒飛安事件發生之風險而減少飛安投入；但是當面臨財務虧損時，航空公司會有減少資源投入之傾向，尤其是當財務狀況嚴重惡化時，其更具有飛安上高度潛在風險，但若民航主管機關能適時針對財務狀況不佳的航空公司加以嚴密監督，那麼其飛安水準將不致低於安全管制之最低可能標準，如此即可事先防範不幸的飛航事件發生，亦可使政府資源作更有效之使用。

2.4.3 活動層面

為深入了解活動層面之飛安系統影響因素，以下由美國聯邦飛航總署(FAA)之航空運輸監督作業系統(Air Transport Oversight System, ATOS) [FAA, 2004]、美國德州奧斯汀大學之線上運作安全督導系統(Line Operations Safety Audits, LOSA) [Helmreich et al., 1999a]，以及鍾易詩(民 89)由航空公司日常作業運作流程著手構建之失誤樹風險分析模式等著手探討。

一、航空運輸監督作業系統(ATOS)

FAA 之飛航標準服務室(Office of Flight Standard Service)於 1998 年提出一套新的航空公司飛安監理方式，運用系統安全之原則與風險管理之程序，標準化認證與監理流程並將兩者加以連結，加入風險評量之理念與方法，期能改正以往查核品質不能有效確保與查核資料不能充分運用之問題，並預先於失事發生前找出與改正肇事之根源，讓整體飛安系統更為安全，此一系統稱為航空運輸監督作業系統[FAA, 2004]。其認知到不僅所有查核運作流程應加以妥善整合成一系統，而且航空公司飛安系統之評估亦為提升飛安最有效之方式；因此，為能有效評估航空公司飛安績效，並達到事件預防之目的，而將航空公司的各項飛安運作工作視為一個完整系統，而不再是一個個片段層面，並深入考量與探究其整體飛安運作應有之要素，藉由目前各航空公司系統中所蒐集與分析得到之各項資料，進一步改進原有之飛安認證與查核方式。

在航空公司之活動評量上，ATOS 主要將航空公司之日常作業活動分成 1.航空器型控、2.手冊、3.飛航操作、4.人員訓練與資格、5.航路結構、6.航空人員飛航、休息及執勤時間，以及 7.技術管理等七大項。其中，第 1 項與第 3 項屬於日常性機務與航務線上作業活動，第 2 項、第 4 項與第 6 項屬於組織層面之支援系統活動，第 7 項屬於組織層面中飛安管理之安全架構，而第 5 項屬於因應外部飛航運作環境之組織層面事業管理活動。因此，其活動層面之項目，不僅包含日常性線上的作業活動，亦包括航空公司非線上的管理活動，其目的在於全面性與系統性評量航空公司飛安之績效水準。

此外，ATOS 系統認為欲有效衡量航空公司之作業活動，必須從組織因素之安全屬性查核(Safety Attribute Inspection)與活動因素之要素績效(Element Performance Inspection)兩層面著手。安全屬性查核之主要目的在於評量航空公司之飛安系統是否適切運作且符合下列六項應有之安全屬性：

- 責任(Responsibility)：航空公司是否派有明確、合格且具能力之專業人員負責此一活動運作之品質。

- 授權(Authority)：航空公司是否授權明確、合格且具能力之專業人員建立與修正此一活動之機制。
- 程序(Procedure)：航空公司針對此一活動是否具有明確之文件化程序以利活動之運作。
- 控制(Control)：航空公司是否設計適切之檢查機制，確保此一活動之結果符合需求。
- 程序評估(Process Measurement)：航空公司是否妥善衡量與評估此一活動，發掘與改正發生之缺失與潛在之問題。
- 界面(Interface)：航空公司是否明確訂定活動間之運作機制與管理活動間之交互關係。

要素績效查核之主要目的在於評量航空公司之飛安系統是否正確地運作，其評量內涵為：

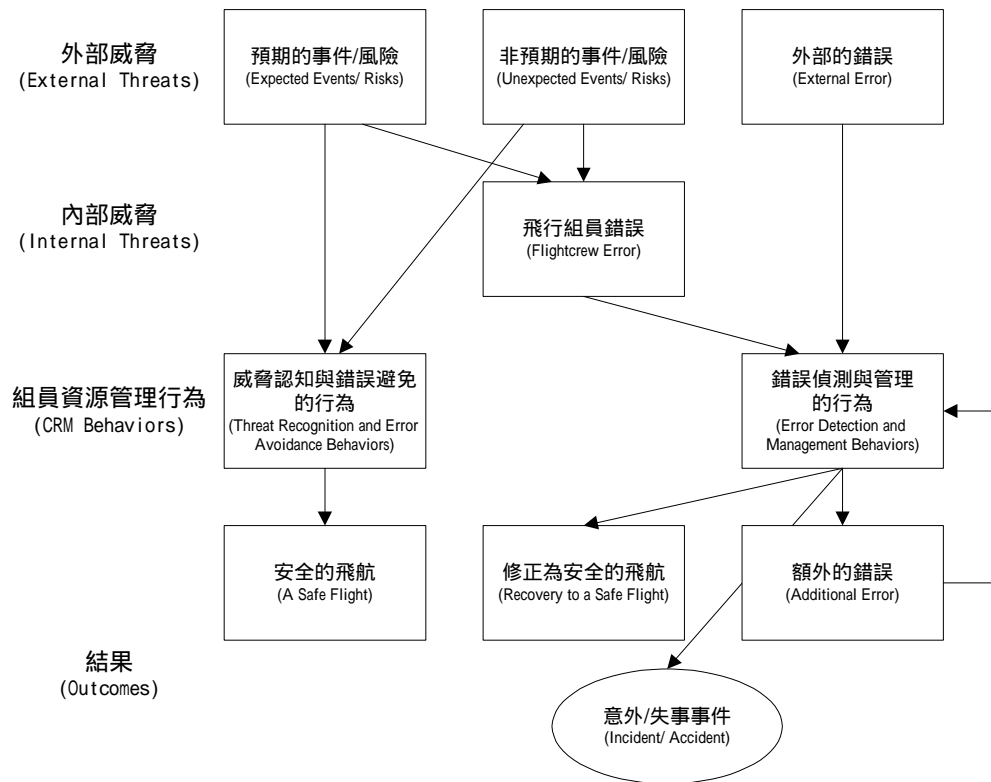
- 績效評量(Performance Measurement)：此一活動是否達到所需之成效。
- 程序(Procedure)：此一活動是否符合公司之政策與程序。
- 控制(Control)：此一活動是否符合公司之控制機制。

二、線上運作安全督導系統(LOSA)

LOSA 系統係由美國德州奧斯汀大學在 FAA 的經費贊助下於 1990 年開始發展，其目的在於深入航空公司日常運作活動中，於事件形成前預先發掘各項潛在危險因子，目前主要評量對象為航空公司航空器飛行運作相關之活動，由於其對飛安事件預防之顯著成效，未來將全面拓展至空中交通管制(Air Traffic Control)與航機維修、飛航簽派等線上活動項目。

LOSA 的理論基礎來自於 Helmreich 等人(1999b and 2001)所發展之飛行組員錯誤管理模式(The Model of Flightcrew Error Model) (圖 2.10)，其認為飛行組員執行飛航任務之結果(outcomes)，決定於組員資源管理之行為(CRM Behaviors)，而組員資源管理之行為又受到外在威脅(External Threats)與內在威脅(Internal Threats)等因子之影響。其中外在威脅包括預期的事件/風險(Expected Events/ Risks)、非預期的事件/風險(Unexpected Events/ Risks)與非機艙內之外部錯誤(External Error)等三項，第一項指飛航地形、預估天氣與機場條件等，第二項指 ATC 指令、飛航系統故障與飛航操作壓力等，第三項指 ATC、航機維護與簽派作業等；而內部威脅則指機艙內飛航組員所犯之錯誤。來自機艙外部或內部的威脅，進一步受到組員資源管理行為(CRM Behaviors)之防衛；飛航組員處理過程中，亦可能發生額外的錯誤(Additional Error)並持續修正，若成功則安全地完成飛航任務，反

之則意外/失事事件之發生將難以避免。



資料來源：[Helmreich et al., 1999b]

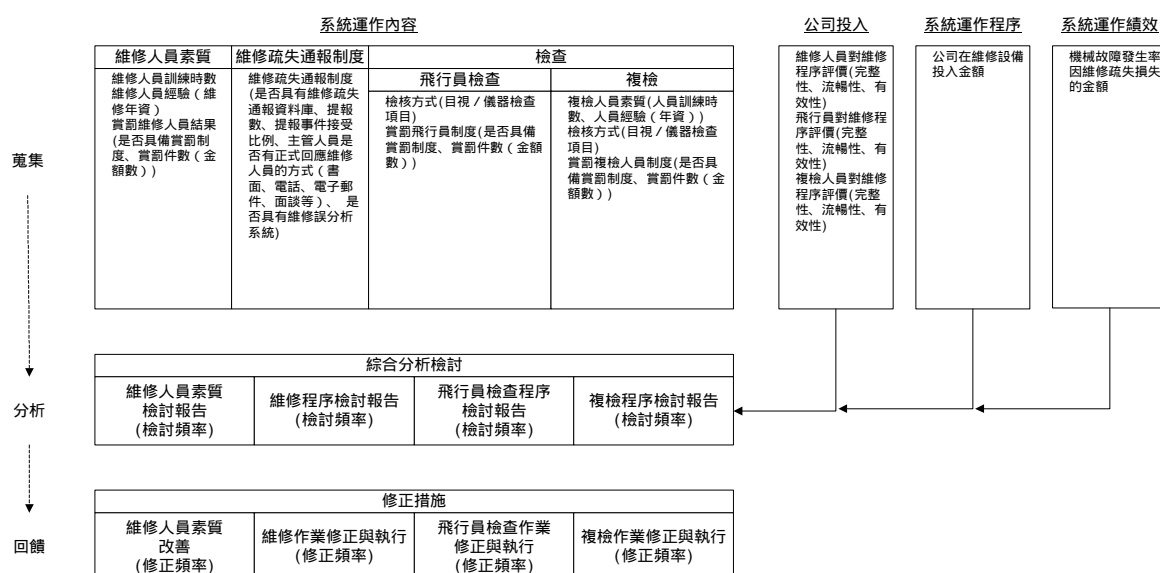
圖 2.10 LOSA 之飛航組員錯誤管理模式

LOSA 目前之核心對象為飛航組員及組員執行之日常飛航任務 [Helmreich et al., 1999a]，其以航機運作流程為主幹，進一步分為飛行前/滑離航廈 (Predeparture/ Taxi-Out)、起飛與爬升 (Takeoff/ Climb)、巡航 (Cruise)、下降/進場/落地 (Descent/ Approach/ Landing) 等四個飛行階段；在航機運作過程中，觀測者以專業之主觀評判，記載航程之外部威脅，紀錄飛行組員所犯之錯誤、處理方式與結果，依據紀錄內容加以評判組員資源管理 (CRM) 之績效得點；此外，運用外部威脅管理評量表 (External Threat Management Worksheet)，評斷天候、地形、機型、維修、簽派、地勤、後艙、航管等外部影響飛航之潛在危險因素，以及運用錯誤管理評量表 (Error Management Worksheet)，評斷機長、副機長、飛航機械員等飛航組員對各種飛航錯誤之處理方式，以全面性發掘各層面之飛安危險因子。

三、日常作業運作流程之失誤樹風險分析模式

鍾易詩(民 89)認為，飛安事故的發生是由許多不安全的因素交互影響下的結果，若將失事原因單純歸咎於發生事故的端點，或僅就事故端點的缺失進行改善，並無法確實改善飛安，毋寧說要預防飛安。研究中以航務日常運作流程為主，分別探討未執行飛航任務階段，從甄選一個適宜的飛行員開始，一直到其成為一個適任的飛行員，直至非外宿待機時公司所須進行控管飛行員的程序；以及執行飛航任務的階段，包括起飛前必須執行的各項程序，以及飛行員外宿待機時公司進行控管飛行員的程序。

接著，依據各細部流程之運作方式，以失誤樹分析方法(Fault Tree Analysis)反向推演導致各流程發生事件之可能作業疏失，並以資料之蒐集、分析與回饋所構成的持續性飛安改進角度，由運作內容、運作程序、公司投入、運作績效、分析檢討與修正措施等構面(圖 2.11)，全面性考慮航空公司飛航運作系統之可能影響因素。



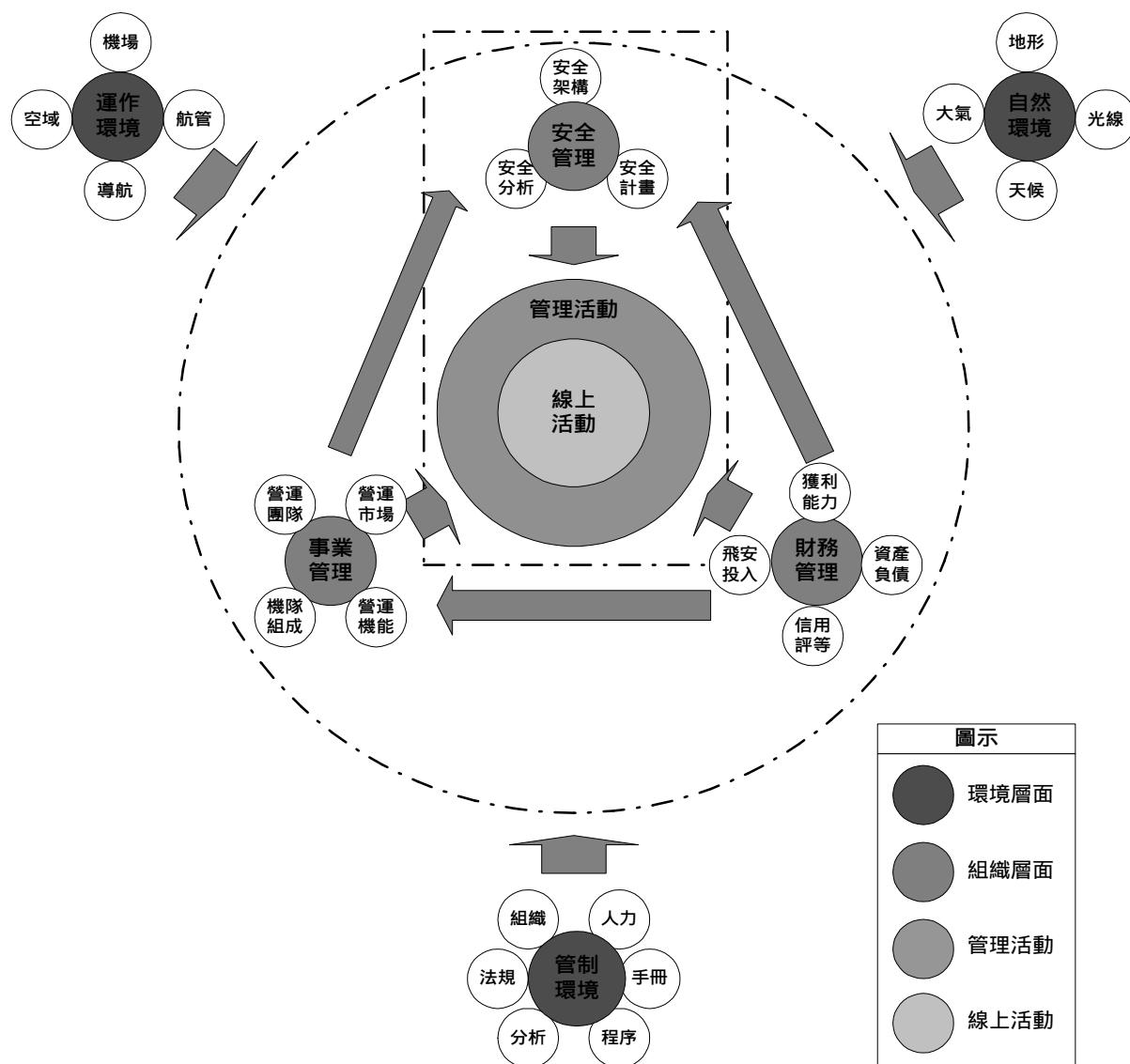
資料來源：[鍾易詩, 民 89]

圖 2.11 維修活動失誤風險之評量指標架構

2.5 小結

就航空公司飛安系統而言，活動層面之作業活動與管理活動，為航空公司之具體飛安作為；組織層面之安全管理、事業管理與財務管理，為航空公司之內部飛安體質；環境層面之自然環境、運作環境與管制環境，為航空公司之經營條件；而績效層面之飛安事件、通報案件與查核紀錄，則為航空公司整體系統所呈現之

外在飛安表現。此三層面可妥善結合如圖 2.12 所示，清楚地反映航空公司飛安系統之全貌，並層次分明地呈現各構面因子之交互影響關係。



資料來源：本研究整理

圖 2.12 航空公司飛安系統中各構面因子之交互影響關係

自然、運作與管制等環境層面因素皆為航空公司經營運作之外在與先天條件，限制著航空公司飛安水準，並影響組織層面與活動層面之績效，而且航空公司並無法控制與改變此層面的因素，僅能由組織層面或活動層面進行調整，採取防範與應變的措施。

組織層面因素為航空公司飛安動能之根基與飛安運作之核心，亦為調和與處理環境層面因素對活動層面因素影響之中介層。在組織層面中，安全管理反映著航空公司的安全核心機制，以及對於安全水準控管與改進的能力；事業管理構面為組織運作與市場經營之核心，其變動將影響活動層面各項作業之運作功能與工作分擔，進而可能造成公司飛安水準之負面影響；而財務管理為航空公司整體資源統籌分配之樞紐，亦為公司能否繼續營運的基礎，尤其當財務狀況嚴重惡化時，則可能影響公司對飛安資源的投入意願，使得飛安管理構面無法順暢運作，導致飛安品質大幅下降。因此，對於組織層面而言，安全管理為安全系統之中心，必須妥善配合事業管理之運作，事先因應各種可能之變化，同時獲得財務管理之充分支持，讓各項安全管理計畫或措施得以順暢施行，如此方能確保公司之飛安績效。

活動層面為航空公司內部提供飛航服務與維持安全水準的實質措施，不僅可具體表現安全管理系統之運作績效，亦可呈現系統動態之狀況與作業流程之運行，所以各項活動執行成效的良莠，將直接影響著航空公司飛安績效的表現；此外，活動層面之飛安績效表現，往往受到組織層面與環境層面因素之影響。

此外，由上述之探討可知，雖然影響航空公司飛安系統績效之因素繁多，航空公司飛安系統之核心，主要在於組織層面之安全管理，以及活動層面之作業活動與管理活動。因此，如何進一步適切掌握此一核心，即為建立系統安全分析模式之關鍵，亦為本研究後續主要範疇。

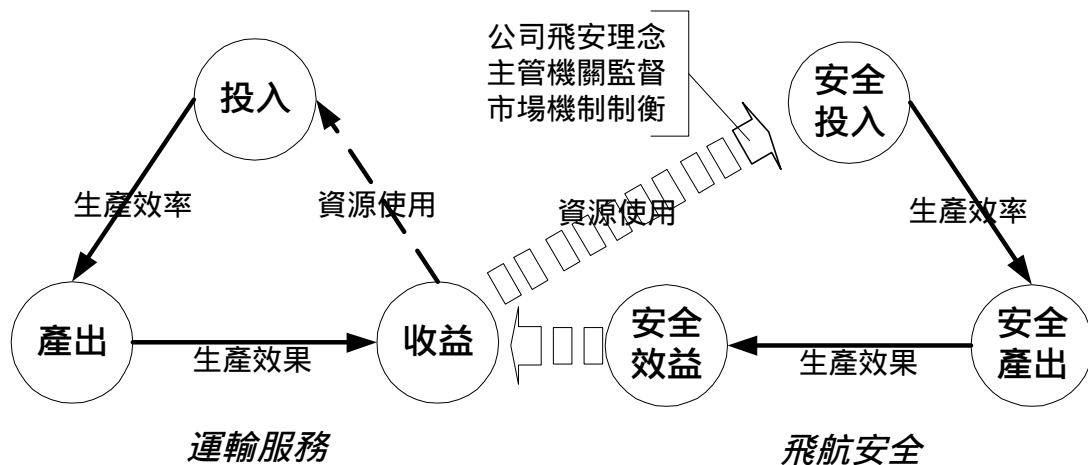
第三章 飛安管理之機制

安全(Safe)一詞之定義為遠離危險(out of danger)或不受傷害威脅(not threatened by harm)，所以確保民眾安全也一向被航空運輸視為營運之最高原則；管理(Management)為規劃(Planning)、組織(Organizing)、派遣(Staffing)、指揮(Directing)、協調(Co-ordinating)、報告(Reporting)與預算(Budgeting)等活動之總稱[Fayol, 1916; Gulick, 1937]，可說是組織行為的整體表現。因此，對航空公司而言，安全管理(Safety Management)即針對飛航運作、機坪作業或航機維修的相關危險因子施以系統性管理，以達到高水準的飛安績效[UK CAA, 2002]，這也是為何安全管理為航空公司之核心。為能釐清飛航安全管理之機制，本章首先探討飛航服務與飛安管理之關係，掌握飛安管理於航空公司中所扮演之關鍵角色；接著，由飛安管理之投入與飛安管理之效益著手，了解在利益與安全之權衡下，航空公司對於飛安管理之理念；最後，由失誤、風險與品質等不同安全管理觀點，掌握飛航安全管理之機制架構與運作概念，以作為系統分析與安全評量之方針。

3.1 飛安管理之角色

以運輸服務層面來說，航空公司之營運是為了滿足顧客之需求而提供其旅行或貨物運送之服務，其除了投入資金、人員與設備等基本要素，並設定多項作業程序，諸如人員訓練、組員派遣、航機維修、飛行操作與地面作業等，讓各項航、機務運作項目順暢運行，有效地產出航班、座位、艙位等產品，接著將產品售予顧客換取收益，最後再運用此一收益購買投入要素以從事生產，此即為航空公司運輸服務之生產循環；而此一生產循環，可藉由 Farrell(1957)所提出的生產效率模型為基礎而加以釐清，其關係如圖 3.1 所示。

以飛航安全層面來說，旅運安全是顧客之基本需求與期望，所以提供安全之飛航服務不僅為航空公司的責任與義務，亦為其在市場上主要競爭指標；而航空公司若要航機與人員使用效率最高，並以最低之成本提供顧客可靠之服務，其中的關鍵便是使運作疏失發生最少，亦為飛安管理之主要功能。因此，如圖 3.1 所示，為能使各項工作順暢運作，航空公司必會依其有限收益與財務狀況，調整資源應投入之項目與額度，其中當然包括飛安的投入，以免飛安事件對飛航作業造成不良之影響。此外，飛安之投入項目，除了先前運輸服務所述之各項基本工作外，還應包含綜整各項運作流程，設定各項飛行與維修等流程監控與品質管理之資訊分析系統，並配置適切之人力與設備，充分發揮資料蒐集、分析與回饋及問題之發掘、檢討與改善等功能與機制，以確保各項日常作業，諸如人員訓練、飛行操作與航機維修等之品質；而主要產出便是控制運作疏失發生率，維持整體營運系統之穩定，其效益便是減少各類事件之發生及其所造成之負面衝擊。



資料來源：[汪進財等人, 民 90]

圖 3.1 運輸服務與飛航安全之關係

飛安之績效取決於航空公司對飛安資源之投入，而 Dinne(1997)指出影響航空公司對於飛安資源投入之關鍵，在於自身對飛安管理的理念、政府監督飛安的功能與市場制衡飛安事件的機制等三項。也就是說如果航空公司視飛安為自身責無旁貸的責任，亦為提升經營績效與降低成本之關鍵，同時體認到越是飛安健全也意味著其在營運上越具對消費者的吸引力及競爭優勢，那麼航空公司對飛安的投入一定是竭盡所能地維持與提升；此外，如果民航主管機關能妥善設定飛安應有的標準，並對航空公司之飛安狀況有效控管，那麼航空公司又怎麼有太多機會降低其飛安水準，並且危及民眾的安全。至於市場機制對飛安績效的制衡能力，則顯現於保險業者、投資者與旅客分別於保費、股價與需求上對飛航事件所反應的程度，如果市場上絕不能容忍任何失事事件發生，也就是說一旦失事發生保費會大幅提升，股價與需求會大幅滑落，那麼又有那家航空公司能承擔失事發生的後果，而不盡力做好飛航安全。因此，雖說飛安資源投入之多寡，其關鍵取決於航空公司的理念、政府的監督與市場的制衡機制，但是政府與市場僅是扮演查核與監督的角色，航空公司自身才是防範飛安事件發生的第一線與確保飛航安全的主角。換言之，航空公司對飛安管理的理念是飛安績效表現良莠之核心，亦是飛安管理效能能否提升之關鍵。

此外，不同之航空公司，即使其飛安投入資源的項目與經費相同，所產生的飛安績效亦不會全然一樣，而此一差異就在於各公司之整體運作流程與結構並不相同，也就是飛安管理機制之設計。假設兩家航空公司皆針對飛行操作與航機維修兩項主要流程分別設有品質管制系統，而且其投入之人力與設備亦相仿，其中一家公司採獨立流程系統設計，將飛行操作與航機維護流程分別控管，不過另一家體認到正確的飛航操作可以降低機件損耗的速度，而良好的航機維護為確保航機順利操控的保障，所以將兩系統加以妥善串聯與分析；自然地，兩家公司在飛安管理能力之表現上有所差異，甚至後者僅需較少的人力與設備便能發揮前者之

效益。因此，唯有釐清航空公司對各項資源與流程之整合能力，以及整體飛安運作系統之完整性，方能有效檢討與提升航空公司飛安管理之效能。

3.2 飛安管理之理念

航空公司資源使用之主要關鍵取決於自身對飛安管理的理念，如果每家航空公司皆認知飛安是降低成本、提升經營績效與增加市場競爭力之良方，則必然會竭盡所能地維持與提升飛安之水準，但事實上各家公司之理念卻不盡相同，造成其間差異的原因，主要在於對飛安投入與飛安效益的不甚瞭解，以及存著飛安是相當耗費成本且效益不甚顯著的謬思。

3.2.1 飛安管理之投入

到底飛安之投入有哪些？航空公司為能讓各項作業順暢運行以提供顧客適切之飛航服務，均已設定諸多作業流程，以提升投入之資源使用效率與減少日常運作疏失之發生，其實隱含著就是可靠與安全的觀點，而這些維持飛航服務正常運作的各項投入，在本質上就是飛航安全之基本投入，只要航空公司欲持續經營，其不應因財務困難而作調整。在此基本飛安硬體雛形下，為確保飛安相關功能可以發揮，作業品質可以確保，一套良好之軟體管理系統應當不可或缺，而以往一般人將此類飛行與維修等流程監控與品質管理之資訊分析系統，視為飛航服務之額外安全投入，除了考慮需龐大之投入外，也未能體會其顯著之效果。其實為了確保各項人員訓練、飛行操作與航機維修等日常運作流程之品質，同時提升飛航服務之績效與品質，此等管理系統所需之額外投入並不是很大，重點是主管階層要有正確的理念賦予基本的飛安硬體設施與作業該有的靈魂，提供良好飛安所必要之基本軟、硬體投入。

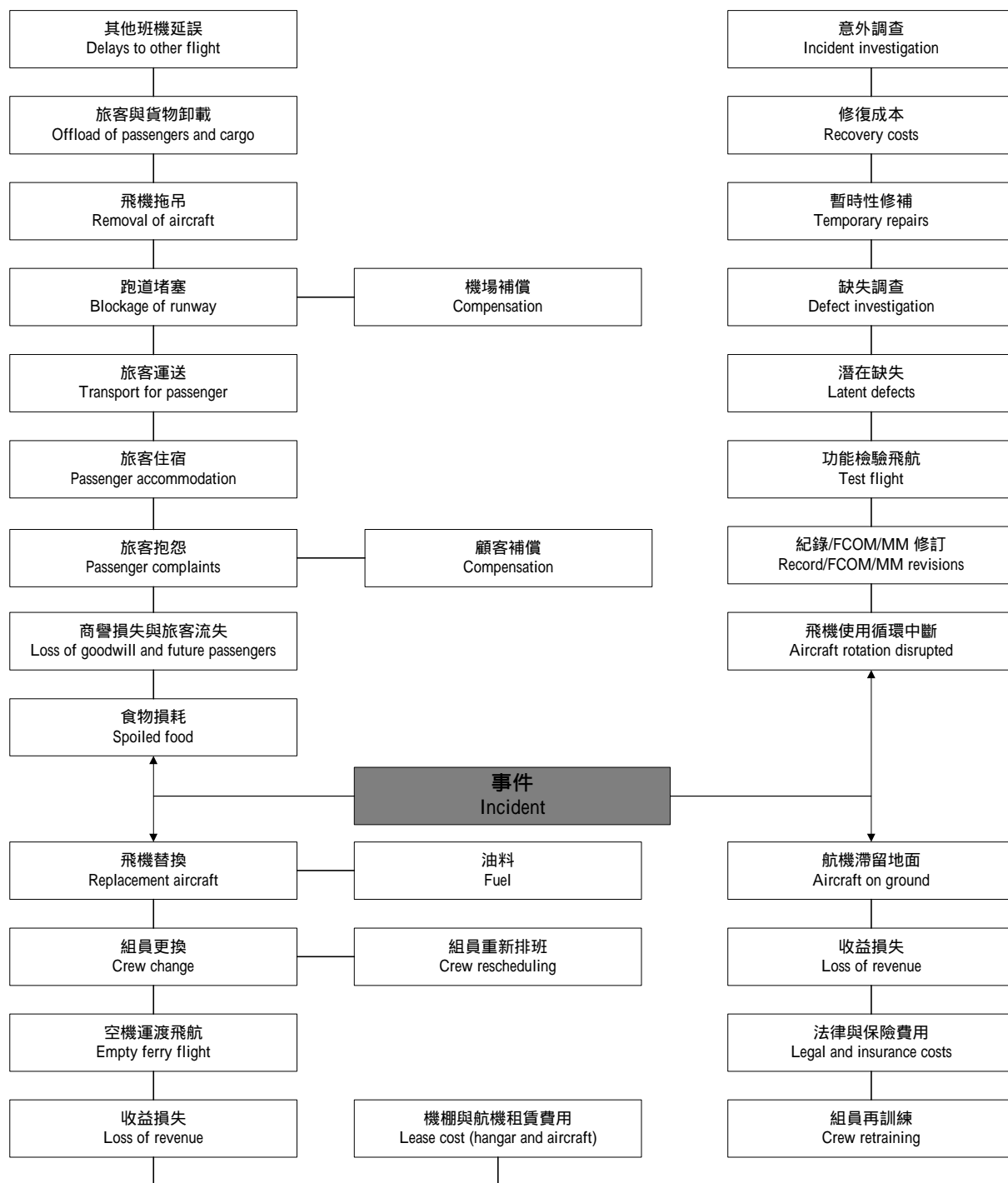
雖然隨著品質要求不斷提升，以及飛安之觀念逐步擴大與技術逐步演進，飛安相關投入金額與運作項目亦逐漸增加，使得以往並無適當技術與設備可執行之飛行操作、地面作業與航機維修等流程之監控變得可行，但此種高成本設備之使用，雖有助於飛安之改善，但卻非萬靈丹，對於小型公司更是不合使用效益與難以負擔。為了避免捨近求遠，有效選擇飛安的投入，若能妥善設計各項流程並嚴謹統合整體之系統，其效能不見得會遜於高科技設施但各項作業獨立運作之系統，而且各項需昂貴且複雜設備之作業監控亦可藉由與其他單位之合作而完成，例如善用飛安委員會之儀器解讀各項飛行資料，或是委託具規模之航空公司或維修公司進行航機維護與監控工作，自身僅需負擔資料分析與檢討及問題發掘與改善之工作，如此一來成本之投入將節省許多。雖說如此，其間之流程綜整、系統整合與資料分析工作，亟需倚賴高素質的員工方能適切達成；因此，任用與培養適切的人員並不斷充實及提升其作業能力與系統運作能量，亦為提升飛航服務與飛航安全之關鍵。

3.2.2 飛安管理之效益

而飛安之效益又為何？一般考慮之飛安效益，僅考慮失事與意外發生後之航機損壞修復或旅客傷害賠償之直接成本；其實，事件所造成之衍生成本，如商譽毀損、股價降低、保費提升與需求轉移，更遠高於事件之直接成本[Chance and Ferris, 1987; Borenstein and Zimmerman, 1988; Mitchell and Maloney, 1989; Bosch et al., 1998; UK CAA, 2003; Wong and Yeh, 2003]。根據保險公司於 1998 年之計算，機坪事件(Ramp Incident) – 諸如停泊時遭餐車碰撞(A/C struck by catering truck)、滑行時遭其他飛機碰撞(A/C struck by another whilst taxiing)、停泊時遭空橋碰撞(Maneuvering pier struck parked A/C)、後推時遭拖車碰撞(A/C struck by tug during pushback)，每年總計大約造成航空業近 30 億美元的直接損失，不過其所衍生之額外成本如圖 3.2 所示，包括旅客之引導安頓、貨物之重新裝載，航機之更換、人員之調度與旅客延誤賠償等，甚至其他班機延誤與事件調查之成本，據推估至少在 20 倍以上[GAIN, 2000]。

此外，航空公司一旦發生飛安事件，就好比製造業之產品有瑕疵一般，其將使得市場對產品的需求減低，進而造成公司營業收入減少及股價下降等損失，而這一串的衝擊正反映出市場對產品品質的制衡機制。Chance 及 Ferris (1987)與 Mitchell 及 Maloney(1989)等人的研究皆指出，失事事件的發生將對公司的股東權益嚴重受損，而後者之研究更進一步指出，如果事故的原因為可歸責於航空公司者，將使公司價值顯著下降 2.2%，反之則為 1.2%。Borenstein 及 Zimmerman(1988)針對市場機制對航空安全制衡之研究，其結果顯示事件發生當天該公司股價將明顯下滑，造成其總資產現值下降，不過跌落的股價在事件發生兩個月後將逐漸回升。對於保險費用而言，其金額一般約占航空公司總營業成本的 1%-3%¹，在失事事件發生後將會調高 20% 左右；雖然，隔年只要公司正常營運，其保費又將會因公司飛安紀錄良好而有所調降，不過其所造成之損失亦相當龐大。就旅客需求量來說，Borenstein 及 Zimmerman(1988)之研究指出，平均而言在失事發生起四個月的期間內總共將減少約 10%-15% 的月旅客量；而 Bosch 等人(1998)之研究則指出，當失事事件發生時，經營航線範圍相似的競爭者將因旅客需求的移轉而獲利，而其他的競爭者則將因民眾對整體飛航安全的惶恐而造成損失。Wong 與 Yeh (2003)使用 SAS 軟體之 X11 程序(X11 Procedure)進行需求資料之時間擾動因素調整，其指出不論自身或其他公司發生飛安事件，經營航程長及替代運具少之航線的航空公司，其受失事事件的影響程度較小。

¹各航空公司保費占營業成本之比率，經訪查而知中華--1.7%(1997)、1.5%(1998)、遠航--2.9%(1998)、大華--1.36%(1996)、0.96%(1997)、立榮--1.98%(1997)



資料來源：Operator's Flight Safety Handbook [GAIN, 2000]

圖 3.2 意外事件及其可能後果

綜整上述對於飛安管理投入與效益之探討，由於意外事件或失事事件直接造成之成本與衍生之額外成本相當龐大，基於飛航安全之可觀效益及合理成本，理性與正常之航空公司必然不會輕易忽視。因此，當航空公司財務狀況正常時，航空公司不需要冒飛安疏失發生之風險而減少飛安投入，以獲取更多的利潤，必定會持續維持現有的飛安水準，確保飛航的安全；甚至為了提高飛安的信譽與服務的水準，以吸引更多的顧客，反而會積極增加各項資源的投入，以提高營業收益與市場占有率。

當航空公司財務狀況發生虧損時，為了維持公司獲利與正常營運，其對各項資源的運用絕對不如財務正常時來得寬裕。如果僅是短暫或小額的虧損，而且公司的體質健全足以承擔，基於永續經營與避免不必要風險的原則，公司會維持各項資源投入，以維持各項作業與飛安機制正常運作；就算要節省經費支出，也會從其他項目扣減，不會貿然減少必要飛安資源的投入，增加飛航安全上的風險，畢竟飛安所產生之效益相當可觀。

如果是長期或鉅額的虧損，使得公司的財務狀況持續惡化，以致難以維持正常營運，此時公司將面臨存續的危機而不得不大幅減少各項工作支出，當然在此種不穩定的經營環境中難免影響整體日常運作工作之順暢，使得人員與機件疏失發生數增加；不過航空運輸是受管制的產業，尤其是各項作業項目與程序的安全標準皆受到民航主管機關嚴密地監督，所以即使航空公司減少飛安資源投入，只要符合法規規定之基本要求，其飛安風險仍會維持在合理且可接受的標準之下。

此外，由投入資源對飛安績效之影響關係可知，增加飛安相關資源的投入，以強化各項飛安預防措施，確實能達到提升飛航安全的效果，反之減少資源投入也的確會增加事件發生之風險；不過，各措施間的相互配合與資源有效分配及使用方為影響航空公司飛航安全之關鍵因素。換言之，航空公司之飛安水準取決於公司對飛安的理念，而此一理念不僅反映在資源投入的多寡，更在於如何有效利用資源改善根本之問題，亦即妥善之飛安管理。因此，增加飛安資源的投入並非提升安全績效之唯一法則，只要有心改善飛安管理機制，則有可能總資源投入減少但飛安績效反而提高之情形發生；反之若一味增加資源，忽略飛安管理之核心理念，則對飛安僅有事倍功半之效果。

3.3 飛安管理之觀點

由上節可知，飛安管理不只為航空公司之附屬機制，更為公司能否永續經營之關鍵；因此，為能掌握飛安管理之核心精神，以作為後續飛安管理分析系統建立之方針，有必要針對不同之飛安管理觀點進一步加以探討。

就失事調查紀錄來看，人為因素一直為肇事的主因，所以對飛航安全管理而言，預防人為疏失的發生為一重要且急需克服之議題；此外，在災難發生後，管理者總是想要知道是誰犯的過錯，自然地調查與事後改正之工作大多將焦點放在人為因素上，這也使得人為因素一直為肇事歸責之表面箭靶。因此，疏失管理一直為飛安系統管理中不可或缺之重要觀點。

以往飛安管理常存在著以零失事與零錯誤為目標之觀念，然而以科學的角度來看，除非航機停飛或公司歇業，否則只要航機繼續飛行與日常工作繼續執行，就會存有失事與錯誤發生的可能性；此外，就安全而言，Lowrance (1976)認為一件事被稱為安全係指其風險認為可以接受，而 ICAO (2000)也定義安全係受害或損失之風險在可接受範圍內之狀態。因此，安全應視為一種感觀的認知，而風險可視為評量安全績效之衡量指標，以及飛安目標達成程度之可行衡量尺度。

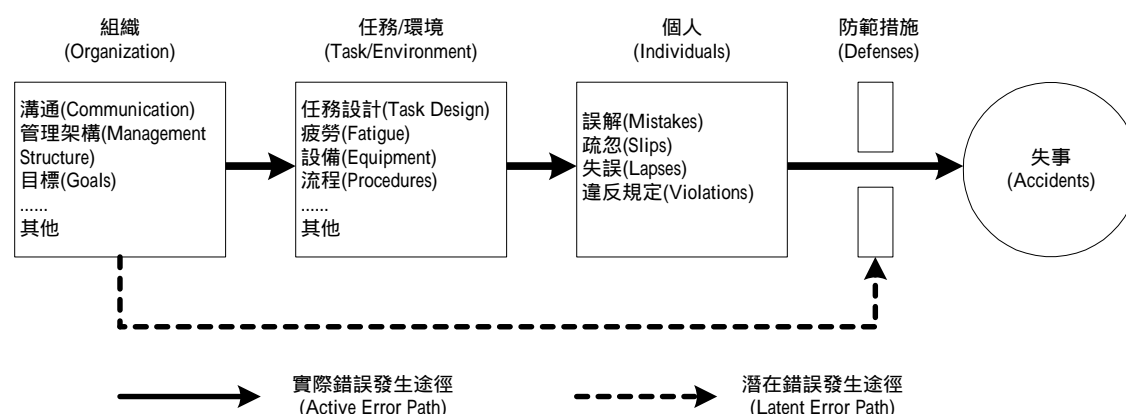
許多學者認為全面品質管理之概念適合應用在安全與健康等領域上，其原因在於全面品質管理的基本原則給予安全管理人員良好的準則，得以妥善應用於日常之工作場所[Vincoli, 1991]。而 Dumas(1987)認為安全是品質的一項維度，消除產品所有的瑕疵，即包含消除所有不安全的作業；Minter(1991)也指出如果一項機制將安全視為完成工作之成效，那麼這項機制必然符合安全品質之要求。因此，對將安全視為服務第一優先的航空公司而言，品質管理與安全管理間的關連相當密切，而品質管理也一直為安全管理中重要之觀點。

以下便由疏失管理(Error Management)、風險管理(Risk Management)與品質管理(Quality Management)等不同安全管理觀點，釐清飛安管理之核心精神。

3.3.1 疏失管理

人為疏失之定義為「人之作為未能符合一個不明確或明確之標準，使得預先規劃之一連串活動不能達到所期望之結果，而且此一失敗無法歸因於其他事件之干擾」[Senders, 1991]，一般可分成計劃、記憶與執行等三種類型[Reason, 1990]。計劃錯誤係指人員在擬定行動細節時所發生之錯誤，其通常由於對狀況認識不清、誤判或對系統未能全盤瞭解，所以此類錯誤的後果也最為嚴重且難以發現；記憶錯誤是指正確行動擬定後，忘記或分不清該怎麼做；而執行錯誤是指人們在執行正確行動時所發生之疏失；而且根據 Diehl (1991)之研究顯示，此三類疏失發生率之比值約為 5 : 3 : 1。

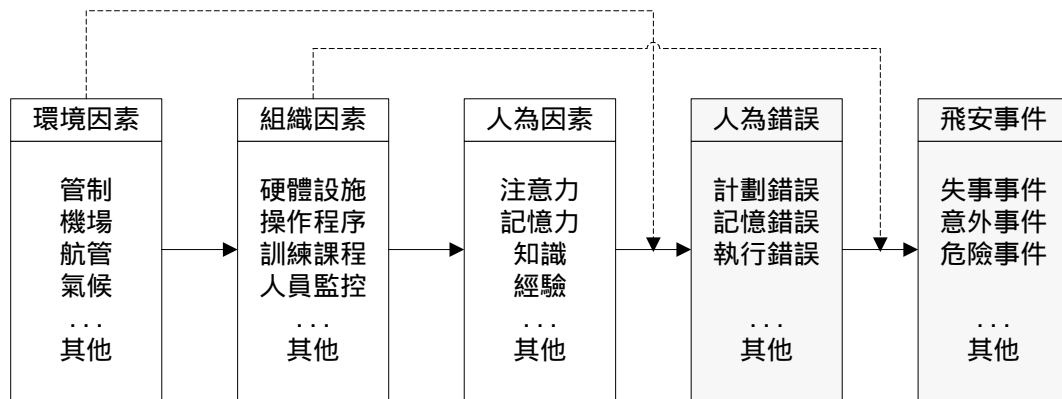
Thom(1997)指出人為因素是航空領域中最重要之因素，其為個人與團體績效與行為之表現，除了包含個人之心理與生理因素外，還包括個人與個人、機器、設備與環境間之關係。正由於其牽涉之範圍相當廣泛，再加上該類人員位於組織之第一線與維持航機正常運作之核心，所以人為因素亦一直為航機肇事之最主要因素；此外，Reason (1990)認為人類的技術雖然已能製造出性能良好之飛機，但是飛航運作相關人員，包含維修人員、航管人員、飛行員等，仍扮演著讓飛機安全運作的重要角色，也同時扮演著不安全的因素，導致失事與意外事件之發生。況且，根據 Jones 與 Nisbett (1971)之研究，肇事者通常會在不知覺地受周遭因素(circumstances)所影響，而且這些導致錯誤行為發生之因素，往往會影響個人對錯誤的認知判斷，以及對錯誤發生的嚴重性與過程之評斷[Lerner & Simmons, 1966; Walster, 1966; Shaver, 1970]。因此，人為錯誤的發生，其實有相當程度是受設施、操作程序與訓練制度等外在因素所影響，而其關係即如 Reason(1995)由組織因素與個人因素之層面所提出之組織性失事關係模式(圖 3.3)，認為事件形成之途徑應為組織、任務/環境、個人，而致事件發生。



資料來源：[Reason, 1995]

圖 3.3 Reason 之組織性失事模式

此外，Barnett(1979)的研究指出，航空公司飛航事件的發生與事件發生率，往往受其飛航航路、營運航程、起降機場、航管區域、使用機型等因素之影響。換言之，航空公司之飛安績效亦受管制、機場、航管與氣候等外在環境因素所影響；例如由於政府負有提供偏遠地區良好交通運輸之責任，所以往往管制航空公司退出此一市場，不過由於其旅客需求通常較低且機場規模不大，所以航空公司大多以較小型的飛機經營，再加上一一般而言此類地區之機場起降設施較差，以及天候環境較為不良等因素影響，所以飛安條件也可能先天上即居於劣勢。因此，與其說人為錯誤為飛安事件的主要肇因，不如說人為錯誤，為人為、組織與環境等因素綜合的表徵，所以可將 Reason 之組織性失事模式加以延伸，形成圖 3.4 所示之概念。



資料來源：本研究整理

圖 3.4 肇事因素與人為錯誤及飛安事件間之關係

這也是為何 Smith(1996) 與 Weinstein(1996)指出以往對於人為錯誤的管理，大多試圖藉由制度與規範限制工作人員之行為，或是藉由獎勵措施激勵工作士氣，而且往往僅在事件發生後採取檢討與補救措施，然而此種方式往往僅能獲致短期且有限的效果。Reason(1997)亦認為錯誤管理機制過度仰賴紀律之規範與標準之訂定而忽略管理之意涵，對於事件之發生，往往專注於問題的表象並將錯誤歸責於個人，忽略了人為疏失之發生深受周遭環境所影響；此外，僅專注於處理已發生的錯誤，以及未能適當區別不可避免與可控制的錯誤發生因素，此種作法對於問題之發掘與飛安之提升效果有限。

3.3.2 風險管理

風險是一種複雜的觀念，其強調未來、可能性及未發生事件之不確定性。較廣為接受之風險定義有 Wharton 所指「事件發生次數(frequency)及事件規模(consequences)的組合乘積」，Gratt 所指「事件發生機率(probability)及事件發生後果之乘積」或 Lowrance 所指「有關負面影響的嚴重程度(severity)與機率之衡量」，其皆表明風險為「事件發生」與「發生後果」兩基本要素之組合 [蔡明志，民 89]。Lowrance (1980)曾依事件屬性將危險事物分成六類：1.傳染與變質性之疾病(Infectious and Degenerative Diseases)、2.自然之災害(Natural Disasters)、3.大型科技系統之故障(Failure of Large Technological Systems)、4.間斷性小規模之事件(Discrete Small-Scale Accidents)、5.低量慢性效應之危險(Low-Level Delayed-Effect Hazard)與 6.社會政治之動盪(Sociopolitical Disruption)，此六類危險事物之差異在於其形成原因與過程是否清楚了解、風險值是否可以精確量測、事件後果是否能夠承擔、事件發生與發生後果可否控制，而這也與 MacCrimmon (1986)認為風險形成之三項原因：缺乏對自然力量、人力與投入資源的控制，缺乏適當、可靠及熟悉的資訊，缺乏事件發生前可應變的時間，相互呼應。

一般而言，風險管理分成以下步驟[US Air Force, 1998; FSF, 2000; McIntyre, 2000; Hatfield and Hipel, 2002; UK CAA, 2002]：

一、危險確認(Hazard Identification)

藉由系統性推論、統計性資料或專家判斷，確認各項可能導致事件發生之危險因子。

二、危險偵測(Hazard Detection)

針對系統內各項已確認之可能危險因子，透過調查（survey）、查核（inspection）或觀察（observation）等方式，決定曝光量之時間、接近度（proximity）、容量或重複次數等程度，並紀錄其發生次數、發生原因、處理方式與造成之後果。

三、風險衡量(Risk Measurement)

（一）發生概率(probability)

發生概率為各項危險因子於既定之曝光量下發生之可能性，可藉由推估或是實際數值加以量測。

（二）嚴重程度(severity)

嚴重程度係由各項危險因子對人、對設備、或是對任務（mission）所造成之衝擊來決定，通常為合理預期下之最壞可能結果。

四、風險評估(Risk Assessment)

針對每一危險因子，將其嚴重度與發生概率之衡量值加以結合，計算每一危險因子之風險程度並加以排序，評判各危險因子之風險程度，以及決定各項危險改善與資源使用之優先順序。

五、風險控制(Risk Control)

依據排定之優先順序，進一步考量危險因子之可控制性，以及公司自身之營運條件，研擬與執行消除、減緩、轉移或承擔等風險控制措施。

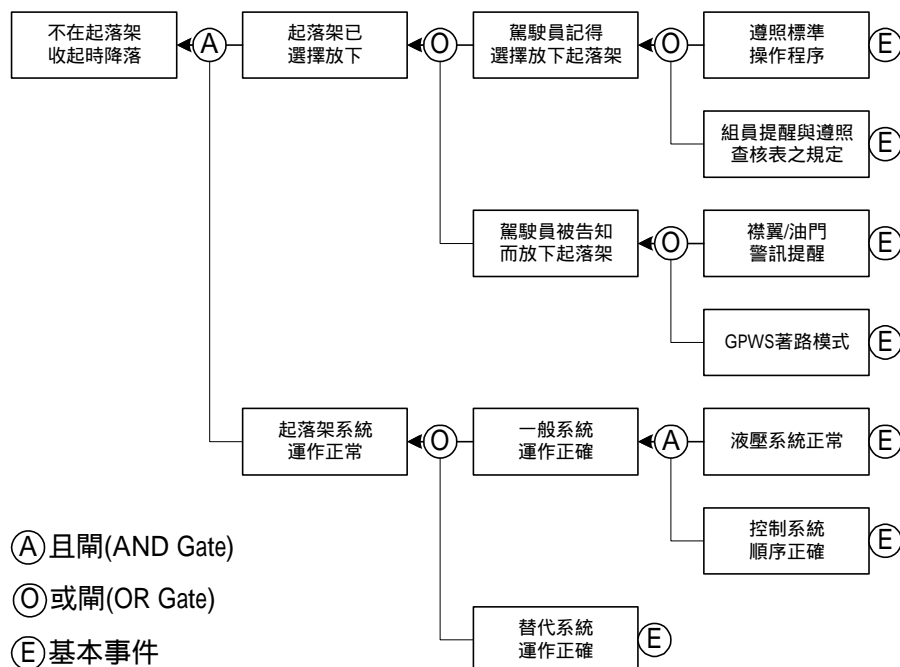
由於風險管理被認為是一科學的安全管理方式，所以其觀念亦被廣泛地應用在飛安相關領域，如美國空軍使用之運作風險管理程序(Operational Risk Management, ORM) [US Air Force, 1998]，其依據風險管理之步驟，由定義可能之潛在危險因素著手，並將發生之可能性與負面效果轉化成量化之數值，最後運用風險評量矩陣(Risk Assessment Matrix) (圖 3.5)，依風險程度等級排定各項危險改善與資源使用之優先順序，作為改善措施施行之依據。

嚴重性 Severity 可能性 Likelihood	無影響 No Safety Effect	輕微 Minor	嚴重 Major	危險 Hazardous	災難 Catastrophic	
可能 Probable						高度風險 HIGH RISK
少見 Remote						中度風險 MEDIUM RISK
極少見 Extremely Remote						
極不可能 Extremely Improbable						低度風險 LOW RISK

資料來源：[US Air Force, 1998]

圖 3.5 風險評量矩陣

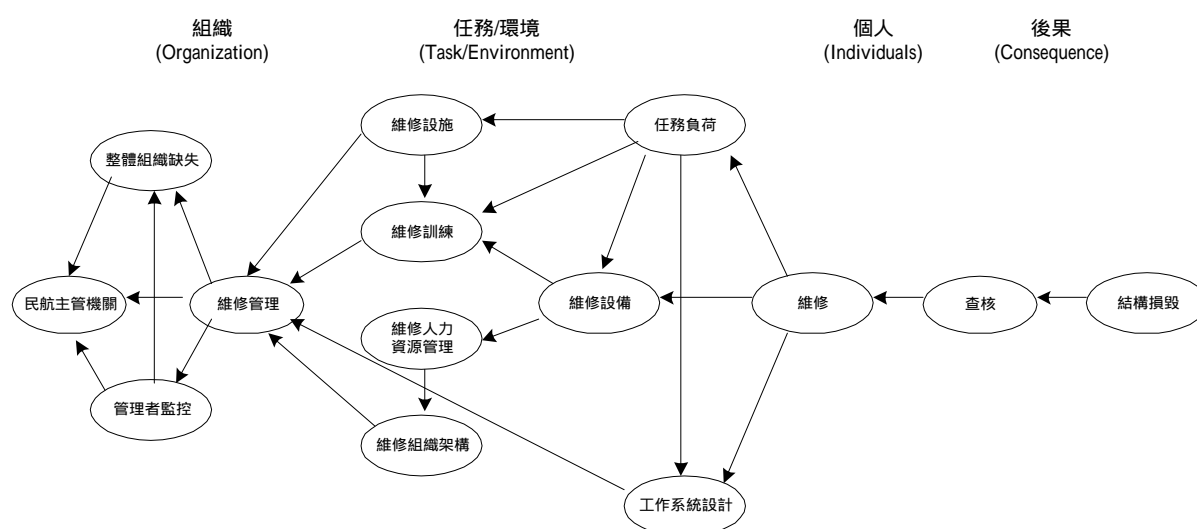
英航(British Airways)使用之風險分析工具(Risk Analysis Tool, RAT) [Mimpriss,2000]，其針對單一錯誤事件，運用失誤樹(Fault Tree Analysis)之概念，倒推確保事件不發生之程序(圖 3.6)，接著依照 BASIS 資料庫推算各基本事件發生之機率，計算各項意外事件發生之機率，並運用敏感度分析法尋找關鍵風險因子而加以改善整體系統之安全績效。



資料來源：[Mimpriss,2000]

圖 3.6 RAT 之起落架運作分析模式

美國洛格司大學(Rutgers University)發展之飛航風險分析與管理(Aviation Risk Analysis and Management; AvRAM) [Luxhøj, 2000]，其以 Reason(1995)之模式(圖 3.3)為基礎，由整體系統之角度，進而推演與架構事件形成之可能原因與關係架構(圖 3.7)；接著運用專家知識與失事及意外調查資料等推估各因素發生之機率與交互影響之條件機率，架構飛航系統風險分析之模型，然後透過敏感度分析方法排定各因素之影響順序，再以層級分析法(AHP)與 Brown-Gibson 法評估最應改善之風險因子，以進行風險降低之工作，提升整體系統績效。其中 AHP 方法係運用效益、成本、風險發生率、風險嚴重性與組織影響性等五個構面，透過專家意見之調查，兩兩比較各項因子之重要性權重；而 Brown-Gibson 法係運用客觀之因子損失成本比率及主觀之專家重要性比率，透過兩項衡量指標間之權重分配，給予各因子綜合影響權重。



資料來源：[Luxhøj, 2000]

圖 3.7 AvRAM 系統之雛形

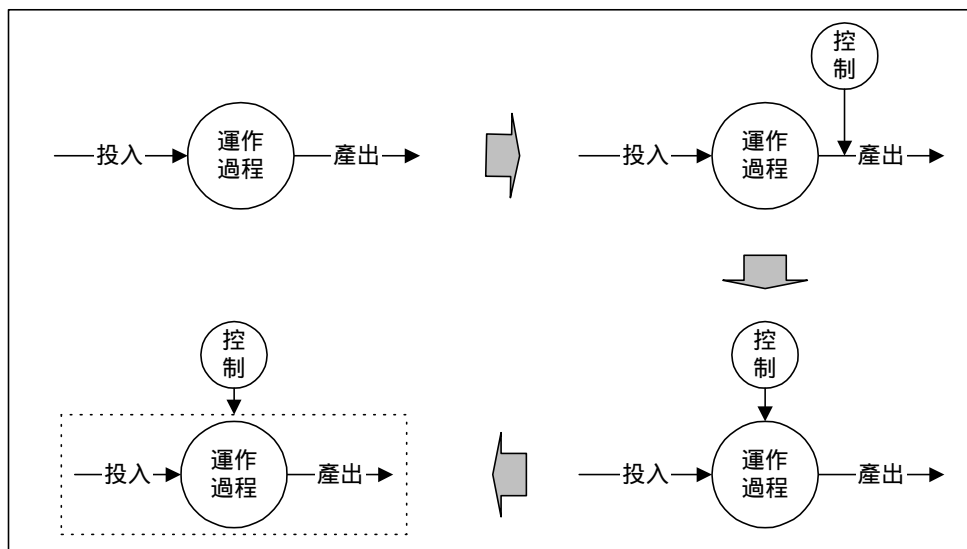
然而，許多學者對此一強調科學基礎的方式，對於飛航安全管理之機制是否適用仍存有疑慮。Hoffman 與 Miller (1983)認為，安全管理係用以防範重大事件的發生，然而飛安重大事件係屬稀有之事件，即便各項作業錯誤與人為疏失亦為少見，所以較難獲得充足的觀測資料，準確估算各事件之發生率，因而常常仰賴專家之主觀判斷；而且風險係由許多不確定因素所形成，雖說機率為一種適切之表達方式，但卻無法充分詮釋所有的不確定性因素，尤其是在知識與經驗不充分的狀況下，風險管理更難以施行[Bennett, 2000]。此外，由 3.2.2 小節之敘述可知，飛安事件發生後，不僅只造成航機之實質損失與人員傷亡之賠償，還包括班機延誤、事件改善等成本，所以事件的後果往往難以周全且客觀地評量。況且，對於航空運輸此類屬於大型科技性系統之風險評量，目前仍大多依賴複雜的分析模式，由瞭解系統內個別份子之故障率著手，進而推估次系統之可靠性及次系統間

之交互影響，再加上與外界環境影響因素之互動關係，以及事件發生對環境與生命之衝擊，最後推論出整體系統運作之風險；雖然，各步驟看似合理且符合科學推論之基礎，但是在如此長串的邏輯推測中卻隱藏著許多誤判之可能性[Lowrance, 1980]，尤其是當觀測資料不充足與先驗知識不完備之情境下，模式之關係架構更難以確認[Wong and Yeh, 2003]。

3.3.3 品質管理

品質管理之起源，可以從 1920 年代開始談起，首先 Walter Shewhart 在貝爾實驗室(Bell Laboratories)與其團隊伙伴發展一套統計流程控制方法(Statistical Process Control, SPC)，其特色為在生產過程中設定作業品質衡量制度，有別於以往僅設控制節點於生產線之末端。此一概念於 1950 年代被 Deming 吸收並帶往日本，並提出品質連鎖反應(Chain Reaction)說，強化當時以行動為導向(Action-Oriented)之日本社會，改善僅重視執行而忽視計畫與檢驗之缺失，並獲致良好成效。直至 1970 年代，Deming 將此觀念引回美國，並與其他對美國管理階層具有深切影響力之專家學者，提出全面品質管理(Total Quality Management, TQM)之概念，並將其推廣至全世界。

全面品質管理(Total Quality Management; TQM)係一種包含狹義之統計控制方法，以及複雜之技術性與行為性方法論，用以改善組織績效之管理手段[Dean, 1994]；其核心概念係由品質控制(Quality Control)、品質確保(Quality Assurance)開始，進而演變至品質管理，其意涵為公司內每一份子對於產品品質皆應負有責任，而且品質並不是僅憑藉檢驗人員於生產之最後階段加以控制，更要緊的是必須涵蓋整體生產流程與組織全體[Mann, 1985]；若將其映對於簡單生產模型之上，其演進過程可表示如圖 3.8 所示。



資料來源：本研究整理

圖 3.8 服務(生產)管理理論之演化

許多學者認為全面品質管理(TQM)之概念適合應用在安全與健康等領域上，其原因在於全面品質管理的基本原則給予安全管理人員良好的準則，得以妥善應用於日常之工作場所[Vincoli, 1991]，或可作為提升組織運作績效策略(Strategies)、措施(Practices)與工具(Tools)之集合，達到全面整合與落實之功效[Lawler, 1995]。因此，Manzanedo (1994)認為只需將品質(quality)一詞改為安全(Safety)，原有之概念、原則、技術與方法，即可適切應用於組織之安全管理，而Roughton (1993)亦將全面品質管理之原則融入安全管理之中，並加以詮釋如表 3.1 所示。

表 3.1 安全管理之原則

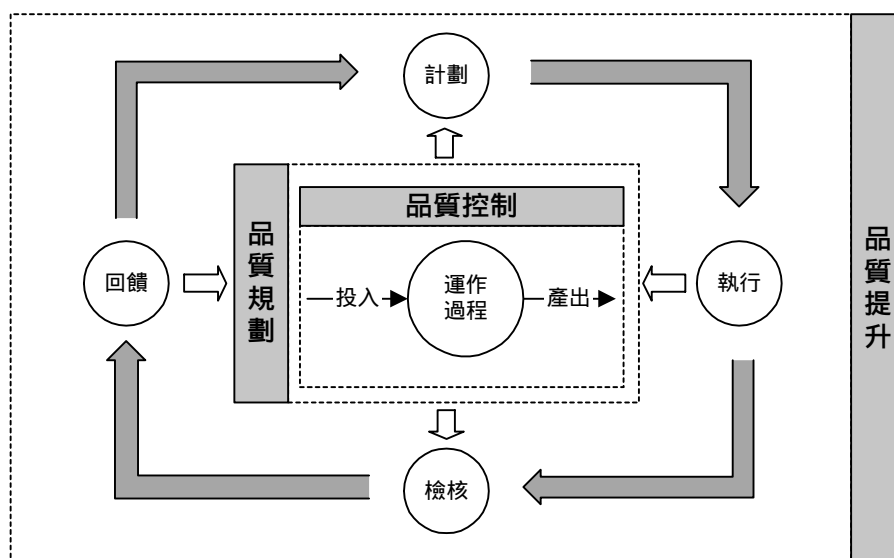
組織承諾 (organizational commitment)	高階管理者應該積極投入於品質與安全改善程序之中，並扮演領導者之角色，而且各項改善程序應與日常作業活動緊密整合。
文化(culture)	組織應能認知品質與安全為一共同體，而品質與安全的問題應由組織全體需共同努力解決；此外，發現問題應視為組織改善之契機，取代對員工之責難。
形式 (Formation)	形式為所有員工共識形成之基礎與語言溝通之媒介，品質與安全之形式應整合各項基礎工具之知識，諸如問題解析、肇因診斷、資料蒐集與統計原理。
持續改進 (Continuous improvement)	品質與安全之改進應針對組織所有環節持續進行。
顧客滿意 (Satisfaction of the client)	釐清顧客與員工之需求，評量與控制其滿意度，並且妥善發展意見交流之管道或抱怨管理之系統。
評量系統 (Systems of measuring)	建立完善之評量系統，發掘潛在缺失，作為組織持續改善之機會。
溝通 (communication)	溝通為高層與員工維繫良好關係之關鍵，若溝通不良則整體系統將受損害；此外，各項品質與安全改進之提案，應與員工充分溝通與整合。

資料來源：[Roughton, 1993]

Juran (1989)指出整體品質管理之運作流程可分為三個主要活動(Activity)，分別為品質規劃(Quality Planning)、品質控制(Quality Control)與品質提升(Quality Improvement)。首先，全面品質管理強調機制設計之重要性，顧客需求之滿足與否，端賴品質規劃活動能否了解顧客之需求，建立適切之生產流程或服務方式，達到預期之功效與目標；換言之，良好之品質規劃即決定組織之品質績效，而個人之工作績效在公司安排工作時即已經決定，所以當顧客反應產品或服務品質不佳時，應檢討整體運作系統，而非苛責員工表現；其次，為使一切作業依循既定之規劃達到預期之品質，則藉由品質控制活動監督生產流程與服務方式並檢核目標達成之績效，即時更正作業上之疏失，維持系統產出之品質；最後，為確保整體運作系統能妥善運作，必須持續地檢討與改進現有之系統，提供更好之產品與服務，而此則需仰賴良好之品質提升。

McCarthy (2000)認為全面品質管理之三項原則，其精神不僅在於組織如何提供顧客適切與滿意之服務，更重要的是組織如何改進與提升服務品質，以不斷地滿足顧客之需求，甚至超越顧客之期望，所以全面品質管理又常稱為持續性品質改進(Continuous Quality Improvement, CQI)。品質提升之代表流程為 Deming (1989)之 PDCA 循環模式--計劃(Plan)、執行(Do)、檢核(Check)與回饋(Act)，即公司藉由系統性之資料蒐集與分析，發掘系統之缺失或改善之機會，研擬適切之改善計劃；接著，執行擬定之改善計劃，修正或更新原有之系統，並進一步監督與評量改善之成效，掌握改善之成效；最後，維持或拓展成功之改善計劃，或是檢討與修正不具效果之計劃並重新執行 PDCA 循環。Huber (1990)認為要能正確診斷問題之癥結，必須主動調查與分析各項資料，不只是蒐集與紀錄一堆數字，或是僅分析其趨勢與變異，並且應將持續改善過程中所擷取之各項有用資訊轉化為知識(Knowledge)並加以傳播，進而培養良好之品質哲學(文化)。

全面品質管理認為品質規劃、品質控制與品質改善等三項活動，以及計劃、執行、檢核與回饋等步驟之妥善結合，為系統品質之良好機制，其系統架構可表示如圖 3.9 所示。品質控制活動負責即時監督與修正規劃後實際作業之執行狀況與產品品質，確保規劃目標之達成；而品質控制所蒐集之運作資料與差異指標，亦為品質提升中計劃改善措施之參考，以及檢核改善措施施行成效之依據。換言之，品質控制活動為系統資訊蒐集與分析之核心，亦為品質規劃與品質提升兩者緊密結合之媒介，讓整體系統之運作，不僅是被動地修正執行之錯誤與產品之瑕疵，更進而主動地檢討系統之潛在疏失與改善系統之本質；此種雙迴路(double-loop)分析與管理之方式與 Argyris(1978)所提「積極型學習組織」(Generative Learning Organization)之概念相互契合，亦為組織能否學習知識與傳承經驗之關鍵。



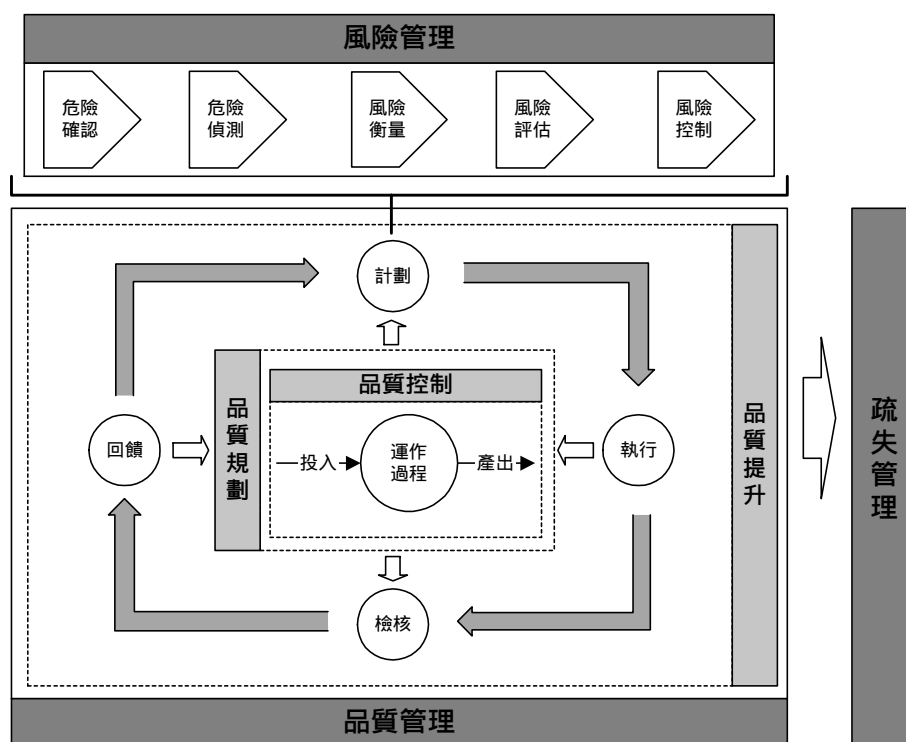
資料來源：本研究整理

圖 3.9 全面品質管理之機制架構

3.4 小結

藉由上述三種管理之理念探討可知，飛安事件與人為錯誤為安全系統之表徵，往往具有隨機與稀少之特性，不僅無法反映航空公司真實飛安績效，對於問題發掘與飛安改善之效果更為有限。風險雖然是較為理性與科學之安全評量方法，然而人為疏失、作業錯誤或飛安事件之發生機率難以準確估算且無法詮釋所有不確定因素，其發生所造成之後果易難以全面評量。對於品質管理觀念而言，品質之規劃、控制與提升等三項活動，不僅反映安全有賴於完善之系統設計，亦凸顯飛安管理之關鍵——主動監督與持續改善，使航空公司成為積極型學習組織。因此，品質管理之觀念適合作為良好飛安管理機制之設計基礎及檢討航空公司飛安體質之參考依據。

良好安全管理系統之重點在於品質提升，而其核心又在於首要之步驟——計劃，即如何發掘潛在危險與根本問題，研擬適切之改善計劃，持續不斷地檢討與改進；然而，全面品質管理僅提供基本概念，並未提及較佳之系統性分析方法。反觀風險管理，雖然風險之數值難以作為安全績效評量之指標，不過其系統性分析方法——確認、偵測、衡量、評估與控制，恰好與此一步驟契合，補強此部分之不足。因此，完善之安全管理系統運作機制即可表示如圖 3.10，以品質管理之雙迴路架構為核心，結合風險管理之分析工具，確保航空公司之安全績效，確實釐清與改善疏失發生之根本原因。



資料來源：本研究整理

圖 3.10 安全管理之機制架構

第四章 系統分析之方法

藉由先前飛安系統之探討可知，飛安之參與份子與飛安影響因素相當龐雜，而且事故的發生是肇因於一系列危險因素，各因素間交互影響且環環相扣，所以若要徹底杜絕事件發生之成因，除了危險因子之發掘外，更須進一步掌握危險因子間之關聯；因此，為能適切管理複雜之飛安系統，一個完整性且系統性的推論模式為必要之工具。

4.1 分析模式之概念

依據前一章之探討，飛安管理之角色不僅在於預防危險事件與減少作業疏失，亦在於減少無謂之改善成本與提升整體之營運效率，而飛安管理之效益，則繫於理念之貫徹與落實。因此，如何藉由願景轉化與組織整合，創造以確保與提升安全為理念之管理系統與核心組織，進而融合安全管理機制之架構，勾勒清晰之飛安管理系統運作方式，以及設計適宜之安全評量構面，則為建立航空公司系統安全分析模式之基礎。

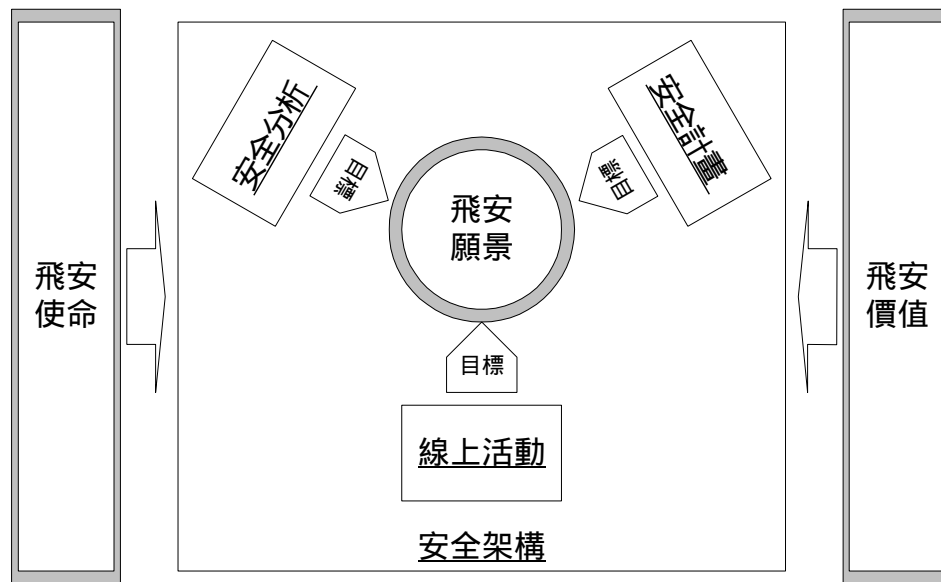
4.1.1 願景轉化

就航空公司飛安管理系統之核心——組織層面安全管理之安全架構、安全計畫與安全分析，以及各項線上與管理活動而言，其能否充分發揮其效能之關鍵，在於是否擁有共同之飛安使命與價值，亦即飛安管理系統之核心目標與存在理由，以及引導飛安管理系統永續發展之法則與信念。若航空公司明確宣示其飛安使命為「使顧客與員工免於傷害」，而其核心價值為「積極持續提升飛安品質，視問題為改善之機會」，則位於飛安管理系統最高層之飛安架構，應基於此一使命與信念妥善制訂未來努力與改進之方向，亦即飛安管理之願景——如「成為全球最安全航空公司」，而各項飛安分析、飛安計畫與線上活動皆以此為依循，設定安全目標以達成此一願景。如此，飛安系統內各計畫/活動方能緊密契合且運作順暢，發揮事半功倍之效果，其安全使命、價值、願景與目標之體系可表示如圖 4.1。

4.1.2 組織整合

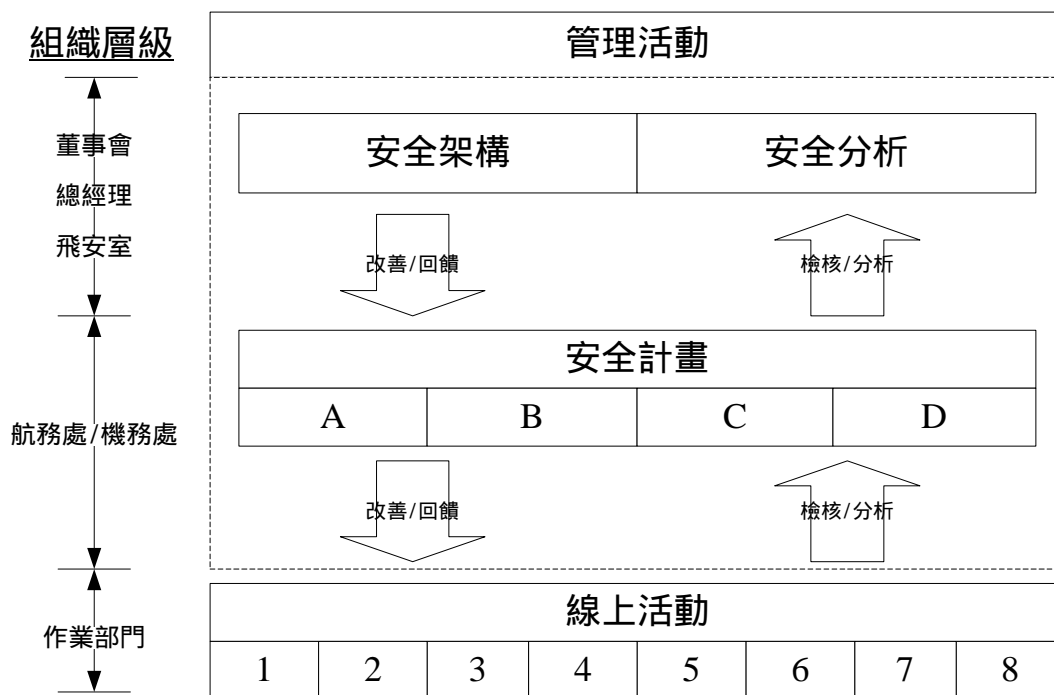
在「使顧客與員工免於傷害」之使命與「積極持續提升飛安品質，視問題為改善之機會」之核心價值下，依前一章所勾勒之飛安系統全貌與圖 3.10 安全管理系統機制架構，則安全架構、安全分析、安全計畫與線上活動之組織層級關係可表示如圖 4.2。其功能探討如下：作業部門位於飛安核心系統之最基層，負責線上活動相關之實際飛航工作執行與航機設備維護；航務處與機務處等事業單位負責安全計畫之運作，主要功能為線上活動執行績效之監控與分析，及其安全品質之改善；飛安室負責整體面安全分析，主要功能為各項安全計畫與線上活動執行績效之監控與系統根本問題之發掘，並將相關結果傳遞與呈報予組織高層，作為公司整體安全管理系統修正與改善之依據；董事會與總經理位於組織之最高層，負責公司整體系統機制之統籌，以及系統運作方式之調整。所有高層、事業單位

與作業部門，依其功能與執掌致力於飛安品質之維護與提升，朝向共同之願景與核心目標前進，如此方能發揮組織之綜效，而圖 4.2 之飛安管理組織層級，亦適合作為飛安管理之總譜，辨識促成飛安確保與提升之關鍵計畫/活動及其間交互關係，檢視飛安系統中各功能環節與組織部門之合作協調概況。



資料來源：本研究整理

圖 4.1 安全管理之使命、價值、願景與目標體系



資料來源：本研究整理

圖 4.2 飛安管理組織之層級

4.1.3 機制串聯

基於上述飛安管理之組織層級與核心目標，完整之飛安管理機制運作方式表示如圖 4.3 所示。航空公司為確保飛航之安全、維持航班正常運作與提供顧客所需飛航服務，必須規劃完善之線上活動，並設計嚴謹之安全控制，監督活動運作狀況與審核作業品質，一發現問題則立即修正各項疏失。安全控制所蒐集之活動運作狀況與撰寫之作業疏失報告，則傳至其所屬之安全計畫，進行線上活動之整體性檢討與分析，研判各項問題之根本原因，針對規劃之活動內涵擬定改善計畫並付諸執行，並透過線上活動之安全控制所回傳之資訊，予以檢核改善措施之施行成效。如施行成效良好，則依據原先擬定之改善計畫繼續施行；若成效不彰，則重新研擬改善計畫，直至問題之根本原因徹底消除或確實減緩。對線上活動而言，安全計畫為確保作業活動之品質，所施行之改善活動——計畫、執行、檢核、回饋，其目的在持續改善線上活動之作業品質與飛安績效，即為活動層面所指之管理活動。此外，為確保各安全計畫之管理活動能確實發揮功效，如線上活動一般，除良好之安全機制規劃外，亦需配合安全機制之運作控制。此外，為能持續提升安全計畫之運作績效，航空公司另有全面性之安全分析機制，以系統與周延之風險管理步驟——確認、偵測、衡量、評估與控制各項問題，擬定改善計畫，進而執行、檢核與回饋。最後，為能讓整體系統協調運作且發揮具體功效，上述線上活動，以及組織面安全計畫與安全分析之管理活動，必須建立在良好安全架構之上。

對上述飛安管理運作架構而言，其最複雜之處則在釐清安全計畫與其他計畫或活動間交互關係。對安全計畫而言，可能因作業活動銜接、機制建置先後與功能設計，而出現權責範疇交相涵蓋之現象，如圖 4.3 中安全計畫 A 與安全計畫 B 於作業活動 4 相接，或是安全計畫 A 與安全計畫 C 於作業活動 3 重疊。一般而言，此種現象皆因於確保飛航安全之功能強化或整合，例如：航空公司之飛航作業督察與地勤作業督察，其由飛行組員與地勤人員之不同角度，檢查機坪上作業執行之狀況；或是積極建置 FOQA 系統，藉由航機飛航操作之數位資訊紀錄，強化僅憑檢查員執行督導飛航作業之不足，確保飛航作業之安全。

綜而言之，安全架構為安全管理施行之基礎，支持安全分析、安全計畫與各項活動之運作；安全分析為航空公司飛安管理系統之中樞，負責綜整各項線上活動與安全計畫所發掘之可能問題與上傳之作業紀錄，全面性分析整體系統之危險因素，針對最迫切之根本問題，由安全計畫之規劃著手改善，或藉由安全計畫修正其下線上活動之規劃。安全計畫負責確保各項線上活動運作安全之品質，而其相關之計畫、執行、檢核與回饋等管理活動，則為安全計畫用以監督與修正線上活動之工具。此外，線上活動主要負責航空公司提供飛航服務所需之各項活動，包括飛航、簽派、維護、地勤等作業活動，而組織面管理活動則為線上活動之支援活動，負責控管線上活動之作業品質與飛安績效。因此，線上活動為管理活動成效之具體表現，而管理活動為線上活動之動力來源，而各項活動執行成效的良莠，將直接影響著航空公司飛安績效的表現。

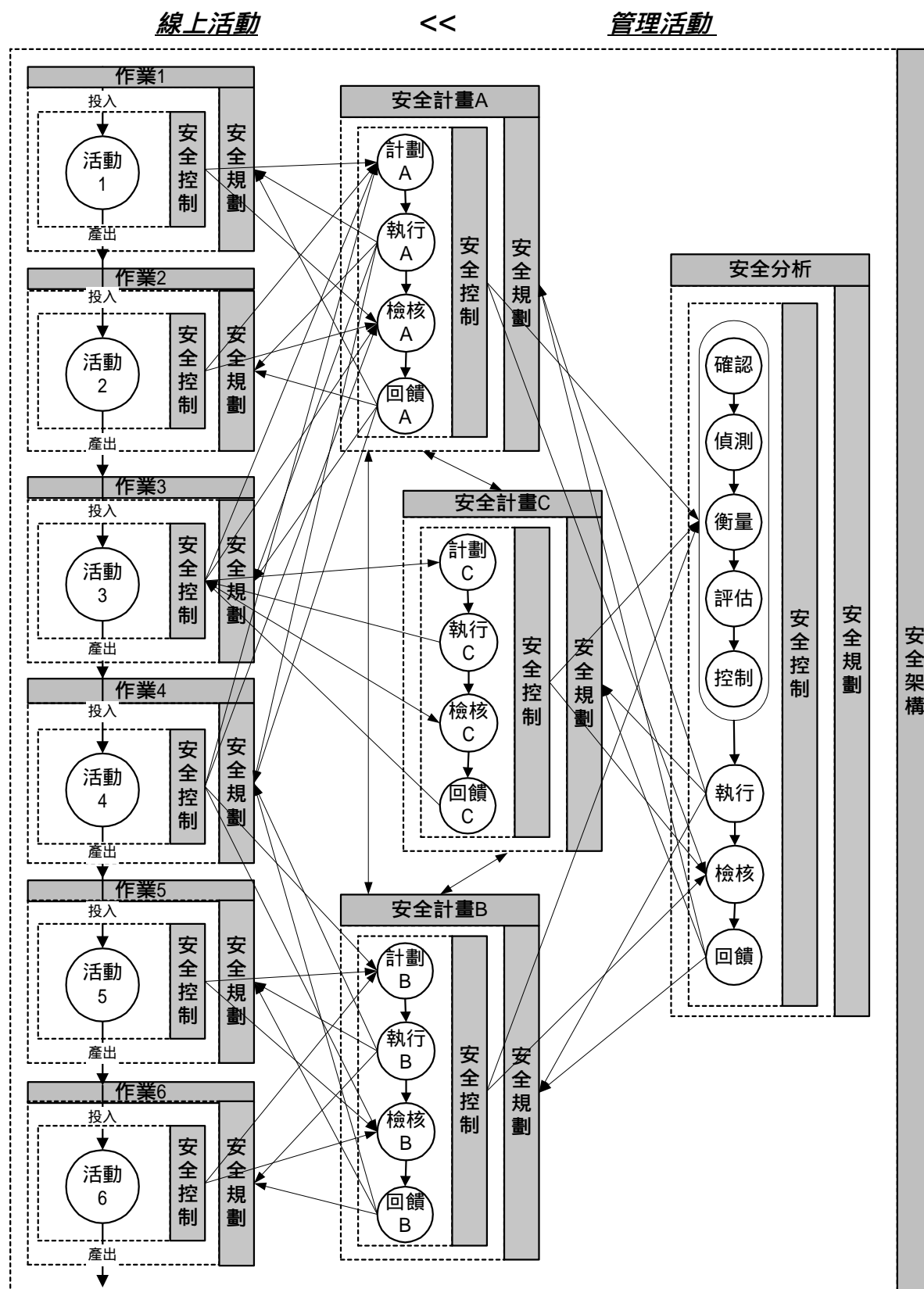


圖 4.3 飛安管理機制之運作

4.1.4 績效評量

由於良好之系統設計為安全管理品質之基礎，而實際運作執行之狀況為決定品質績效之關鍵，所以系統中各項活動/計畫之安全品質應藉由靜態系統設計面檢視飛安系統之體質，以及動態系統執行面反映飛安系統之表現，如此即可充分掌握航空公司飛安管理系統之安全健康。此種藉由靜態設計與動態執行之飛安管理評量方式，亦反映出現行民用航空飛安監理與 ATOS 安全查核作業之設計理念。民航飛安監理係透過航空公司適航認證，審核航空公司是否具備航務運作、航機維護與飛安管理等能力，以及相關財務支援、組織人力、文件手冊與作業設施是否符合充足且適宜，另透過航務、適航、客艙安全、危險物品等安全查核作業，持續確認是否符合適航認證之條件；而 ATOS 在查核作業設計上，運用系統安全屬性查核(SAI)檢視組織對各飛安相關活動中人力、程序、控制與界面之設計，而運用要素績效查核(EPI)檢視各活動是否符合設計之程序與標準。此外，就系統運作之方式而言，設計為執行之依循，亦為安全管理成效之根本，而執行為設計之呈現，亦為安全管理成效之展現，所以系統設計面為安全管理品質之領先指標(Lead Indicator)，而系統執行為落後指標(Lag Indicator)，兩者間之因果關係為分析系統安全之重點，應妥善考量。

透過安全設計與安全執行之靜態與動態構面，以及隱含之領先與落後關係，即可適切掌握各項作業活動或安全計畫之運作條件與執行狀況，進而透過與上層之互動關係，則系統層級間安全提升與改善之動力亦可獲得了解。因此，飛安評量指標之層級架構可表示如圖 4.4 所示。

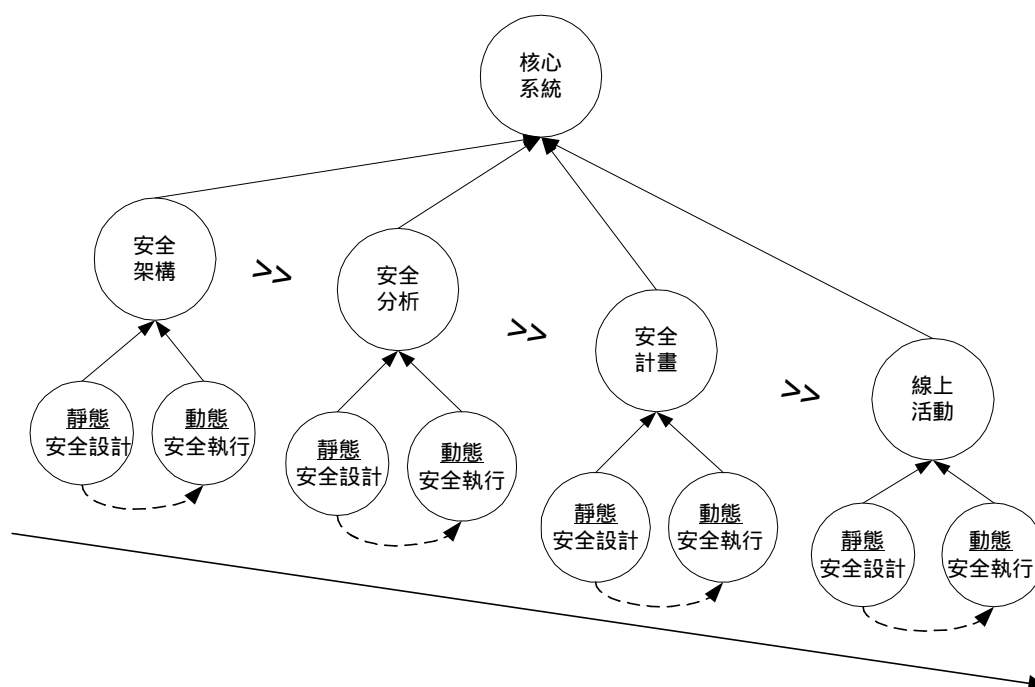


圖 4.4 飛安評量指標層級架構

4.2 分析模式之理論

一般而言，於飛安管理分析之主要目的有二，一為找尋系統內關鍵影響因素或主要潛在危害來源，一為找尋因素間之互動關係與影響程度。然而，模式構建者往往需面臨並妥善處理四類不確定性(uncertainties)，分別為因子自身變異(Variability)、因子量測誤差(measurement errors)、因子間關係不明確(Indeterminacy)與先驗知識缺乏(Lack of knowledge)，其中最後一項因素為造成模式無法確實詮釋真實系統之主要原因 [Klinke and Renn, 2002]。如果研究者能擁有充分且正確的知識，或是研究對象為清楚且明確的系統，亦即真實系統的運作機制能被確實掌握與清楚了解，表示系統中不存在任何知識的不確定性，模式之構建根本不需藉由模式驗證步驟來確認模式的正確性與否；然而，沒有人擁有完美的資料與知識，任何模式必然存有其不確定性，所以研究者需藉由模式驗證來確認自己的推論是否正確或作為尋找最適模式架構的依據，以降低整體模式的不確定性[Wong and Yeh, 2003b]。此外，事件與危害之發生導因於諸多潛在因子，而潛在因子之安全品質或威脅程度，又往往難以運用統計或試驗等方式直接衡量或觀測，必須藉由其他間接相關之指標來加以評判，而如何妥善構建與校估可觀測因子對不可觀測因子之影響關係與程度，亦為系統分析模式之另一項關鍵。因此，為能建立一合理之系統運作架構與因子衡量方法，輔以嚴謹與可信之模式驗證，以反映飛安系統之真實狀況，本研究依據 4.1 節之分析模式基礎，採用結構化方程模式(Structural Equation Modeling, SEM)作為飛安系統模式構建與安全分析之理論。

4.2.1 基本概念

結構化方程模式，或稱線性結構關係模式(LInear Structure RElation, LISREL)，其概念是由早期之多變量分析方法而來，主要運用一連串聯立方程式，架構各變數間之因果過程(Causal Process)與影響關係，並將其過程與關係以結構化圖像方式加以清楚表達；接著，針對整體架構之系統性潛在變數關係與觀測變數資料間之變異數關係矩陣，運用統計學之最小平方法(OLS)或最大概似法(MLE)等估算方法，推估各變數間之影響係數；並藉由嚴謹之配適度驗證，檢視模式結構之合理性，以適切反映實際系統環境之特性。

Fornell(1982)認為結構化方程模式與傳統多變量分析方法之差異，除了強調對資料與架構之確認性方法(Confirmatory Approach)多於探索性方法(Exploratory Approach)，而且其強化理論推論之基礎，突破以往方法大多囿於多變量常態之嚴苛假設；此外，傳統之多變量方法並無法評估與校正資料衡量上之錯誤，並且僅限於處理觀測變數(Observed Variables)，而結構化方程模式卻能提供明確之方式校估衡量變數之錯誤項(Error Term)，以及適切結合可實際量測之觀測變數與不可量測之隱性變數(Latent Variables)於模式中。也基於其完整與多樣之功能，結構化方程模式被心理學、生物學、教育學、社會科學與企業管理等學門之研究者廣泛運用。因此，結構化方程模式本身就適合用於驗證研究模式架構之正確性與合理性，並且可用以探究衡量指標與危險因子間之權重與交互影響關係。結構化方程模式之基本架構如圖 4.5 所示，其概念如下：

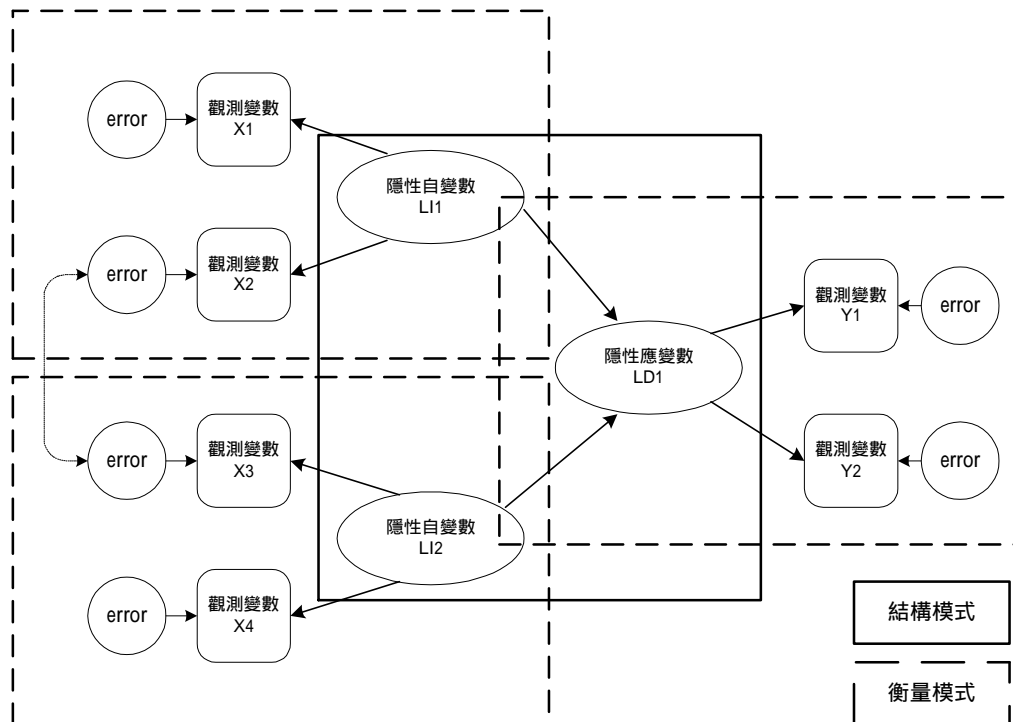


圖 4.5 結構化方程模式示意圖

一、潛在變數(Latent Variables)

在行為科學(Behavioral Science)中，學者們常有興趣研究無法藉由實際觀測而得之理論概念，那些包含於概念中之抽象現象被稱為潛在變數(Latent Variables)或潛在因子(Latent Factors)。由於潛在變數之資料無法或難以於實際環境中直接觀察與衡量，例如心理學中行為之動機，社會科學中社會之混亂狀態，以及經濟學中社會之階級等變數，因此需藉由其他相關可觀測變數來加以量測，而飛安風險因子即為此類問題。一般而言，結構化方程模式所使用之觀測變數應為線性連續尺度(Linear Continuous Scale)，不過隨著結構化方程模式之成熟，現行套裝軟體，如 EQS5、LISCOMP、COSAN 與 LISREL，皆可以處理順序性(Ordinal)或類別性(Categorical)等不連續變數。

二、因子分析模式(Factor Analytic Model)

最早且最廣為人知用於探討觀測變數與潛在變數間關係之統計方法為因子分析方法(Factor analysis)，研究人員透過各觀測變數間之共變異係數，獲取模式構成因子之資訊；而因子分析方法一般可分成兩種基本形式，其一為探索性因子分析方法(Exploratory Factor Analysis, EFA)，另一為確認性因子分析方法(Confirmatory Factor Analysis, CFA)。前者是在研究者對於觀測變數與潛在變數間的關聯未知或不清之情形下，用以確定觀測變數對模式構成因子之關係與影響程度，通常研究者會希望藉由觀測變數中找出具代表性之最少因子集合；後者是在研究者透過理論之知識或實務之研究並對於模式構成之潛在變數架構有所瞭解下，構建觀測變數與模式構成因子之關係架構，進而檢定此一假設架構是否具統計上之解釋能力。

三、完整潛在變數模式(Full Latent Variable Model)

不論是探索性或確認性因子分析方法，其重點僅於探討模式中觀測變數與潛在變數間之關係與影響程度，然而對在一完整的模式而言，潛在變數間的交互影響關係亦為研究與分析之重點；而所謂完整隱性變數模式則包含觀測變數與隱性變數間及隱性因子相互間影響關係兩項層面，亦為結構化方程模式之完整內涵。在結構化方程模式中，前一層面稱為衡量模式(Measurement Model)，而後一層面則稱為結構模式(Structural Model)。

4.2.2 構建步驟

綜整而言，結構化方程模式之模式構建步驟有五，分別為建立假設性模式、檢驗辨認要件、估算模式參數、檢驗模式配適度，以及不符合辨認要件或模式配適度之模式重新定義，詳述如下：

一、建立假設性模式

模式定義為結構化方程模式運作之第一步驟，由研究者依據其研究範圍之相關文獻或研究理論，以及實務之經驗與對問題之瞭解，定義與尋找模式中觀測變數與隱性因子，進而構建一符合問題現況之初始假設理論模式。Jame 等人(1982)認為衡量模式與結構模式為兩種概念上不同之隱藏變數模式，其意涵不同應妥善分別分析，而提出兩階段模式構建之方式；而 Anderson 與 Gerbing (1988)也進一步闡釋衡量模式可提供模式收斂性與區別性效度評估之依據，而結構模式則可進行預測性效度之評估。Jöreskog 與 Sörbom(1993)歸納後認為結構模式之定義與檢定，除非先建立良好之衡量模式，否則將不具任何意義，所以衡量模式應優先結構模式建立與檢定。

二、檢驗辨認要件

模式確認在統計上是一複雜的主題，廣義來說，其目的在探討是否存在唯一參數解集合符合實際資料之特性，而此一問題與觀測變數之變異數及其間之共變異數息息相關。任一結構化方程模式可能為適度辨認(Just-Identified)、過度辨認(Over-Identified)與低度辨認(Under-Identified)等三種模式。所謂的適度辨認之情況為觀測變數之變異數與共變異數個數恰好與模式中所需校估之參數個數相同，亦即觀測資料正好足以估算模式中所有參數，但由於缺乏統計上之自由度，所以無法進行模式之配適度檢定；過度辨認為觀測變數之變異數與共變異數個數多於模式中所需校估之參數個數，此時不僅具有充分資訊以估算各項參數之數值，更由於具有統計上之自由度，亦可進行模式之配適度檢定；不足辨認為觀測變數之變異數與共變異數個數少於模式中所需校估之參數個數，表示模式不具求得確定參數解集合之充分資訊，所以會找出無限多組解集合。因此，為能估算模式中各項參數之數值，並且檢定模式之配適度，初始假設之理論模式必須為過度確認模式。

不過由於觀測變數之變異數與共變異數個數多於模式中所需校估之參數個數僅為參數求解之必要條件(Necessary Condition)，並不符合充分條件(Insufficient Condition)，而其充分條件為每一參數皆要能由觀測變數之變異數矩陣資料中求得，不過此一條件之證明在實務研究上難以達成。所幸經學者們之研究，有兩種處理程序可以達成此一條件[Schumacker & Lomax, 1996]：程序一為避免模式確認問題之產生，其方法為固定隱性變數之尺度與避免較難估算之遞迴(Feedback)變數關係，以及盡量精簡模式內含之參數；程序二為核對模式之確認條件，其方法為運用 EQS5 軟體提供之 Wald's Rank Test，或是 LISREL8 與 EQS5 軟體皆內建，由 Wiley、Keesing、Jöreskog 等學者構建之相關方法。

三、估算模式參數

在結構化方程模式中有許多不同的係數需要估算，諸如結構模式中隱藏變數間之結構係數，以及隱藏自變數間與結構化方程預測誤差項間之共變異係數，衡量模式中各觀測變數對隱藏變數之因子負荷量、指標衡量誤差項間之共變異係數。估算目的是為了獲取模式中定義之參數，讓各項參數值能儘量吻合觀測樣本變數之變異數與共變異數資料；一般結構化方程模式之資料與模式間的關係，如式(4-1)所示，而模式估計的方向便是儘量使模式中之 Residual 項最小化。

$$\text{Data} = \text{Model} + \text{Residual} \quad (4-1)$$

其中，Data：從抽樣群體中衡量之觀測變數數值。

Model：研究模式中觀測變數與隱性變數，以及隱性變數間之假設關係。

Residual：研究假設模式與實際觀測資料之差異。

常用於估算之統計方法有最小平方法(OLS)、一般化最小平方法(GLS)、最大概似法(ML)。OLS 符合一致性統計量之特性及沒有模式分配之假設，但其估計值會隨觀測變數衡量尺度之改變而變動，而其他 GLS 與 ML 之估計值則與變數衡量尺度無關，而且含有最小變異與不偏估計之特性，不過此二法皆需滿足觀測變數為多變量常態之條件。多變量常態之充要條件為觀測資料需符合 iid 且峰態(kurtosis)為 0 之特性，然而在實際環境中往往難以符合此一條件；Browne(1982, 1984)於研究中發覺 GLS 經其內含之權重矩陣調整後，便可符合不受漸進常態分配限制(Asymptotically Distribution-free, ADF)之特性，因此可運用此法作為參數校估之估算方法。

四、檢驗模式配適度

一般而言，檢驗結構化模式方程之策略性架構，可分成全然確認性分析(Strictly Confirmatory, SC)、替選方案模式(Alternative Models, AM)與模式產生(Model Generating, MG)三種情境[Jöreskog & Sörbom, 1993]。全然確認性分

析係指研究者依據理論基礎構建一初始模式並蒐集適切之資料，然後檢驗假設模式與樣本資料之配適度；替選方案模式為研究者依據理論基礎提出數個可能模式，透過一組實際資料之分析，然後選擇配適度最高之模式為代表；而模式產生則為研究者經確認性分析而遭拒絕，進而修正結構與重新校估模式，以發展最適模式。由以往之研究與研究上之需求來看，模式產生為全然確認分析之修正與延伸，此策略性架構最為廣泛應用，亦為結構化方程模式之主要意涵。

配適度檢驗是為了檢測所構建之模式是否適合用於解釋所蒐集之樣本資料，常用的檢定方法有卡方統計量 (Chi-square, c^2)、配適度指標 (Goodness-of-fit Index, GFI)、調整配適度指標 (Adjust Goodness-of-fit Index, AGFI) 與均方誤平方根 (Root Mean Square Residual, RMR)，這些方法皆是比較實際觀測資料與模式構建變數間變異數與共變異數之差異，其特性如表 4.1 所示。

表 4.1 配適度指標特性

指標	統計量	與配適度之關係	缺點
c^2	$c^2 = (n-1)F_{GLS}$ $= (n-1)\{0.5tr[(S-\Sigma)S^{-1}]\}$	數值愈小愈好， $c^2 < c(a, df)$ 代表配適度佳	樣本數多且資料偏離常態分配時，將造成配適度不佳之誤解。
GFI	$GFI = 1 - 1/2 tr(S - \Sigma)^2$	數值愈大愈好，愈趨近 1 代表配適度愈佳	分配型態未知，無法作為統計檢定量。
AGFI	$AGFI = 1 - [(k/df)(1 - GFI)]$	數值愈大愈好，愈趨近 1 代表配適度愈佳	分配型態未知，無法作為統計檢定量。
RMR	$RMR = [(1/k) \sum_{ij} (s_{ij} - \mathbf{s}_{ij})^2]^{1/2}$	數值越小越好，欲趨近 0 代表配適度愈佳	分配型態未知，無法作為統計檢定量。

資料來源：Schumacker & Lomax (1996)、周文賢(民 91)

除了整體模式解釋能力之配適度檢定外，依據先前兩階段模式定義之精神，亦應評估變數間之關係與影響程度是否符合先驗知識與個別參數之解釋能力是否顯著，也就是衡量模式之配適度檢驗工作。因此，Schumacker(1996)建議隱藏變數與觀測變數間之衡量模式應先建立，然後再透過各隱藏變數間關係之串連，構建一完整之結構化方程模式，亦即先運用驗證性因素分析(confirmatory factor analysis, CFA)對測量模式中觀測變數與潛在變數間之因子負荷關係進行檢驗，再對結構模式中潛在變數與潛在變數間之路徑影響關係進行檢驗。如此模式檢驗、結構修正與模式解釋上會較為完整與周延，而且較能掌握變數間之影響及釐清模式之內涵。

五、模式重新定義

如果所構建之假設模式不足以辨認或整體配適度太差，表示模式待校估之未知參數過多，或是模式架構不符合真實狀況。為求得一適切模式則需進行模式重定之動作。Schumacker (1996)建議以下八個步驟以作為模式定義與重定之參考依據：

- 步驟一：回顧充足之理論與實務相關文獻以作為研究之方針。
- 步驟二：確認是否充分滿足步驟一之內涵，若是則進入步驟三。
- 步驟三：檢視與探究模式之定義，先由衡量模式著手而後結構模式。
- 步驟四：每當模式驗證完成後，檢視各參數之數值與符號，以及檢視數個適宜之模式配適度指標。
- 步驟五：檢視各非固定參數 (Non-fixed Parameter) 之統計顯著水準，或是運用沃氏統計量 (Wald Statistic)，看看是否應將部分非固定參數加以固定。
- 步驟六：檢視模式修正指標與期望參數變化量，或是運用拉氏乘數統計量 (Lagrange Multiplier Statistic)，檢視是否應將部分固定參數 (Fixed Parameter) 加以放鬆限制。
- 步驟七：檢視標準化殘差矩陣，看看是否有任何可疑與異常狀況。
- 步驟八：當最終模式通過檢驗程序後，蒐集新的資料，或是將樣本資料分成兩部分，進行模式之交叉驗證 (Cross-Validate) 確認。

當模式符合配適度檢驗之要求則表示模式構建完成，亦即所假設之模式架構可適切反映真實系統之特性。此時研究者可依據模式校估之路徑關係與因子負荷等參數進行模式分析，找尋關鍵瓶頸或估算整體系統運作績效。因此，完整之模式構建步驟如圖 4.6 所示。

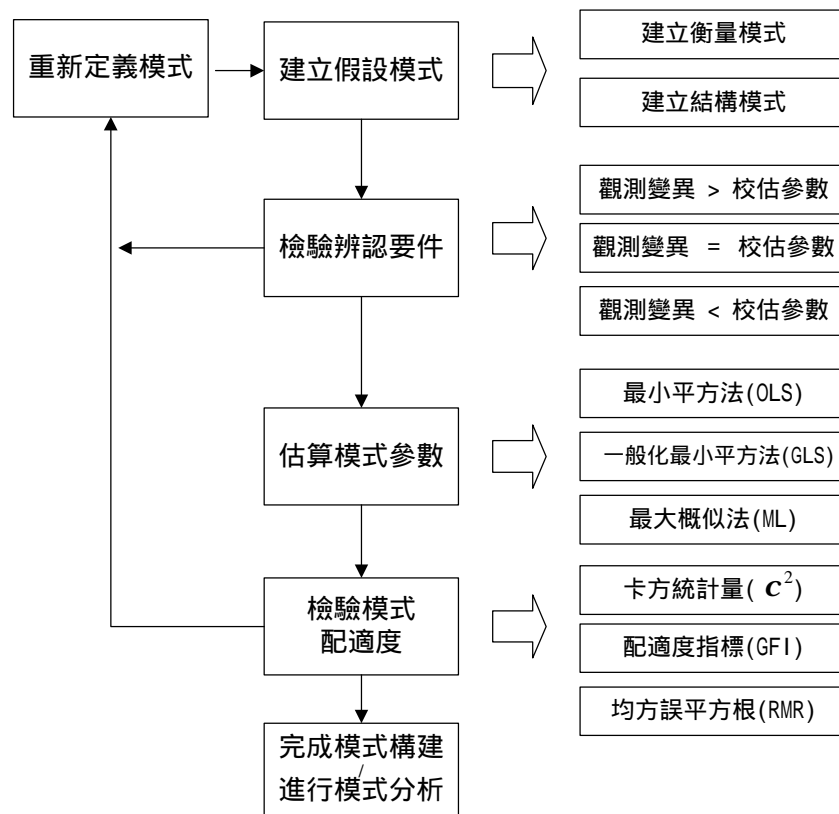


圖 4.6 結構化方程模式構建步驟

4.3 系統模式之建立

根據上節之綜整，不論假設模式之建立，辨認條件或配適度之檢驗，其主要關鍵在於模式參數之選取，亦即模式架構之層級性與系統性拓展。Jöreskog 與 Sörbom (1993)及 Schumacker (1996)認為，衡量模式應優先結構模式建立與驗證，如此在模式驗證、結構修正與模式解釋上會較為完整與周延，而且較能掌握變數間之影響及釐清模式之內涵。模式辨認度低之可能原因在於模式未知參數過多，使得自由度變成負值，無法進行參數估計；因此，結構關係之建立相當重要，研究者必須確實根據邏輯確認變數間之結構關係或相依關係，盡量以最簡潔的統計模式呈現理論關係，方可有效降低未知參數之個數，滿足適度辨認或過度辨認之要件。此外，周文賢(民 91)指出模式配適度不佳之原因可能在於模式之未知參數過少，使得參數受到限制而無法自由估算，造成模式與資料之相容性降低。換言之，若能由衡量模式之因子負荷參數著手估算，確認觀測變數與潛在變數間之關係架構；進而依系統層級關係，以及潛在變數間關聯程度，系統性與層次性構建飛安系統分析之結構模式。如此不僅較能掌握變數間之影響及釐清模式之內涵，亦可找尋滿足配適度檢測之最簡捷結構化方程模式，運用最少資源提升模式之解釋能力。

因此，對於系統分析模式之建立，本節擬針對線上活動、安全計畫、安全分析與安全架構等安全系統核心層面，首先依據安全設計與安全執行評量指標架構，妥善建立各層面觀測變數與潛在變數之衡量模式；接著，根據潛在變數交互間影響關係之關鍵程度，依序建立層級內、層級間與整體之結構模式；最後，整合所有結構模式與層級模式，建立完整之結構化方程模式；而系統分析模式之建立架構即如圖 4.7 所示。如此，即可系統性與層次性建立飛安管理之結構化方程模式，確實掌握變數間、活動間、計畫間與層級間之影響關係，徹底釐清飛安分析模式之內涵。以下即以飛行資訊相關活動為例，進一步具體呈現系統分析模式之建立方式。

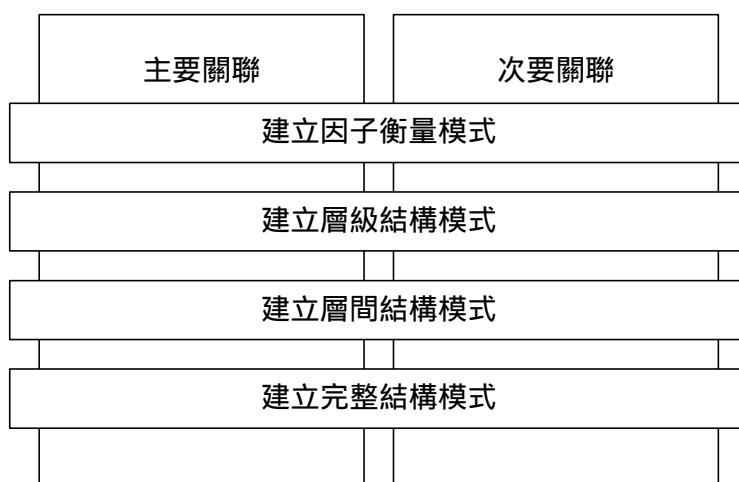


圖 4.7 系統分析模式建立之架構

4.3.1 因子衡量模式

衡量模式反映觀測變數與潛在變數間之相互依存關係，其中觀測變數與衡量架構為因子衡量模式之關鍵，以下分別探討。

一、觀測變數

觀測變數為潛在變數之具體表徵，亦為結構化方程模式中各項參數校估之基礎。其觀測資料為藉由各種調查方式，觀察個案在每個變數所表現出的狀態或數值，在本研究中即指透過安全評量指標所量測之各觀測變數數值。依據第三章擬定之飛安管理架構，各活動或計畫之品質可由兩方面評量，一為靜態面安全設計品質，另一為動態面安全執行品質，而品質之良莠又可由各項特性之紀錄、觀測與訪查指標加以評量。

不論是結構化方程模式或一般統計模式，最佳之觀測資料為同時性資料 (Simultaneous Data)，即在同一時點蒐集所有指標資料；然而，飛安系統龐大且相關指標繁多，所以難以獲得充分的同時性資料。況且，就資料來源屬性與安全監控機制而言，此一條件亦不實際，如航空公司實際飛安管理運作上，針對航機飛行活動，其安全觀測資料可彙整自航路查核、FOQA 紀錄與組員作業紀錄等不同資料管道。其實就資料蒐集之特性而言，只要資料蒐集之方式符合隨機性與系統性抽樣原則，則觀測資料並不須為同時性資料；此外，由於模式之參數校估方式，係運用統計學之 OLS、GLS 與 MLE 等估算方法，藉由觀測變數之變異數關係矩陣予以求得，所以結構化方程模式之輸入資料，不一定須為直接觀測資料，亦可為各觀測變數之變異數，以及各變數間之共變異數。

二、衡量架構

衡量架構為觀測變數與潛在變數間之關聯(圖 4.8)，若直接運用評量指標評判活動或計畫等潛在變數之品質，則此衡量模式為一階衡量架構；若以品質規劃與品質控制作為指標構面，則形成二階衡量模式；若進一步以系統影響因素作為指標次構面，則可形成三階衡量模式。對於多階層之衡量模式，結構化方程模式係採多階因素分析方法進行因子負荷參數估算，並驗證衡量模式架構之適切性。

由飛安管理之角度來看，越多階層表示，表示越多系統性關鍵因素被納入分析與考量。然而，就模式構建之角度來看，過多的層級可能使模式無法滿足辨認之要件，或使模式參數估算與架構驗證無效率；此外，過於細瑣之潛在變數與觀測資料項目，有時可能失去安全評量之實質意涵。因此，若能依指標架構之層級，將各項觀測資料彙整為一明確且具意涵之整合性觀測數值，則衡量模式將更具因素分析與問題解釋上之實質意涵，而且由於觀測變數之減少，可以使整體模式之參數校估與模式驗證等更為有效，所以模式構建者應視系統分析之需求與觀測變數之條件，尋求最適衡量模式架構。

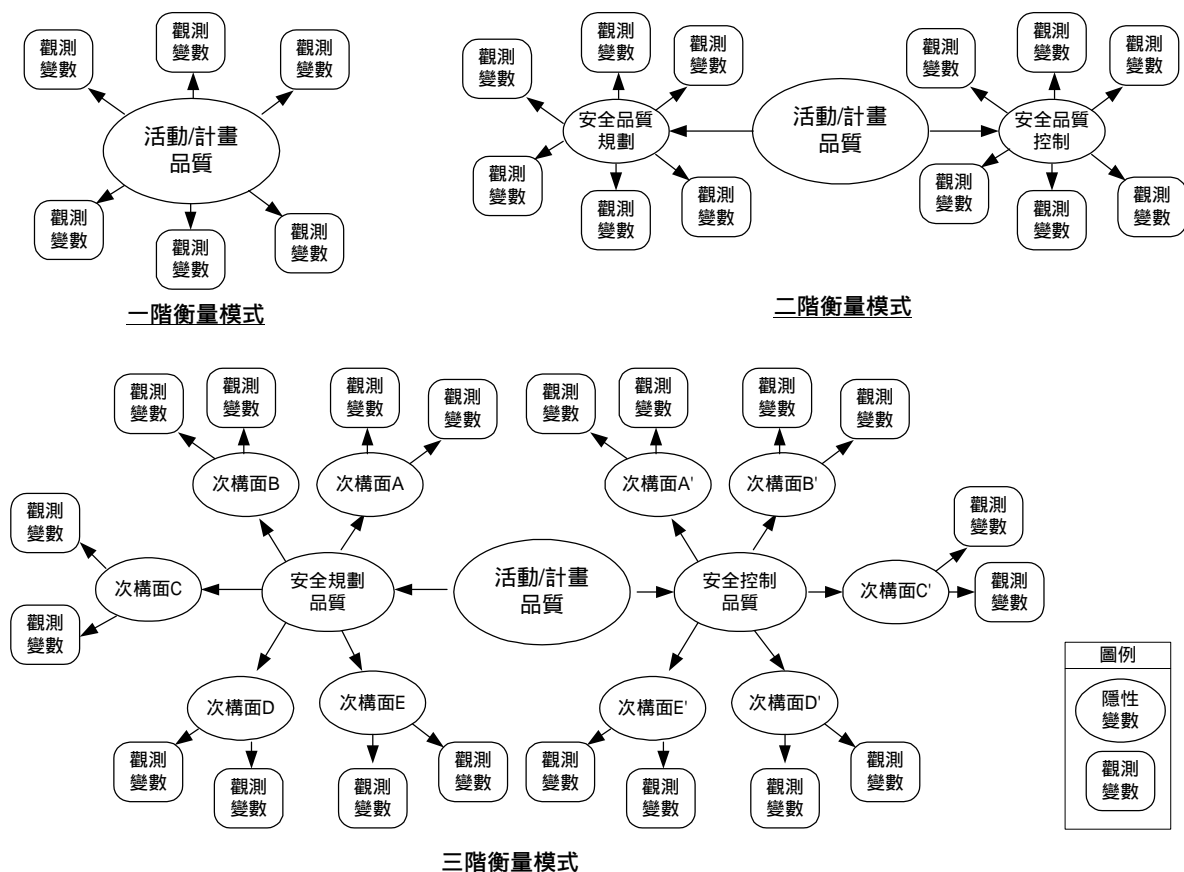


圖 4.8 因子衡量模式之架構

4.3.2 因子結構模式

依據飛安管理系統之架構，線上活動位於飛安管理核心層面之基層，由於其深受安全計畫、安全分析與安全架構等組織因素之影響，又直接負責各項飛航相關作業之運作，位於飛航安全之最前線；因此，整體結構模式之構建步驟如下：

一、層級結構模式

針對線上活動、安全計畫、安全架構及分析等層著手，分別依其內部各活動或計畫間之合作與分工關係，建立層級結構模式。

二、層間結構模式

針對線上活動層與安全計畫層間、安全計畫層與安全架構及分析層間、線上活動層與安全架構及分析層間之安全督導與改善機制，建立層間結構模式。

三、整體結構模式

整合與串連線上活動、安全計畫、安全架構及分析等層級與其層間之結構模式，建立完整結構模式。

4.4 系統模式之分析

如何妥善運用結構化方程模式所透露之系統資訊，確實發掘系統內潛在之危險因素，消弭事件於未發，以及尋求可能之改善機會，持續提升飛安品質，方為安全管理之積極意義。因此，在此依據 4.1 節之分析模式基礎，由管理機制、運作流程與評量指標之本質意涵，運用數值比較與因果關聯之觀念建立系統安全分析之方法與步驟，作為解讀指標數值、評量構面、因子負荷與路徑關係等資訊之依據。

4.4.1 數值資料

一般而言，結構化模式中包含下列四種數值資料：

一、觀測數值(x)

觀測數值為觀測變數之量測值，在本研究中觀測數值係指透過安全評量指標所量測之觀測變數數值，而觀測數值之高低即反映觀測變數之品質績效良莠或風險威脅程度。

二、因子負荷(f)

衡量模式之因子負荷(f_{kj})如式(4-2)所示，即潛在變數(Y_j)對觀測變數(X_k)之線性影響效果，相當於觀測變數對潛在變數之迴歸係數。其中 e 為獨特因素，亦相當於迴歸模式之殘差項。

$$X_k = f_{kj} \cdot Y_j + e_k \quad (4-2)$$

三、因子分數(y)

在完全線性關係架構之衡量模式中，藉由因子負荷關係之倒推，潛在變數之因子分數可視為其下層結構中各觀測變數之數值與其因子負荷倒數相乘後加總之平均，而因子分數之高低即反映潛在變數之品質績效良莠或風險威脅程度。例如，假設 X_1 、 X_2 為潛在變數 Y_1 之觀測變數，則其因素模式如式(4-3)所示：

$$\begin{aligned} X_1 &= f_{11} \cdot Y_1 + e_1 \\ X_2 &= f_{21} \cdot Y_1 + e_2 \end{aligned} \quad (4-3)$$

若經驗證，此一衡量模式符合配適度要求，即潛在變數 Y_1 之因子變異可以被 X_1 與 X_2 兩觀測變數所充分解釋，表示式(6-3)中獨特因素 e_1 與 e_2 可予以忽略。因此，由式(6-3)可求得潛在變數 Y_1 之因子分數(y_1)如下：

$$y_1 = \frac{1}{2} (1/f_{11} \cdot x_1 + 1/f_{21} \cdot x_2) \quad (4-4)$$

四、路徑係數(p)

結構模式中,路徑係數(p_{ij})為為潛在變數(Y_j)對潛在變數(Y_i)之直接線性影響效果因子,其路徑模式表示如下:

$$Y_i = p_{ij} \cdot Y_j \quad (4-5)$$

4.4.2 數值解析

以下,進一步解析上述數值資料之意涵:

一、觀測數值與因子分數

視評量指標之設計,觀測數值與因子分數可表示觀測變數或潛在變數之安全品質績效或危險威脅程度。若能藉由統計分析推論或歸納,合理推估各觀測數值與因子分數之安全門檻或危險門檻數值,則各數值是否滿足門檻水準可更明確作為問題警示之訊息。對於觀測數值與因子分數之解析,除了可由數值之高低與門檻之符合予以解釋外,可進一步根據模式關係架構與指標設計理念,依圖 4.9 之數值比較概念,萃取更多飛安訊息,作為尋找可能改善機會或潛在危險之指標。

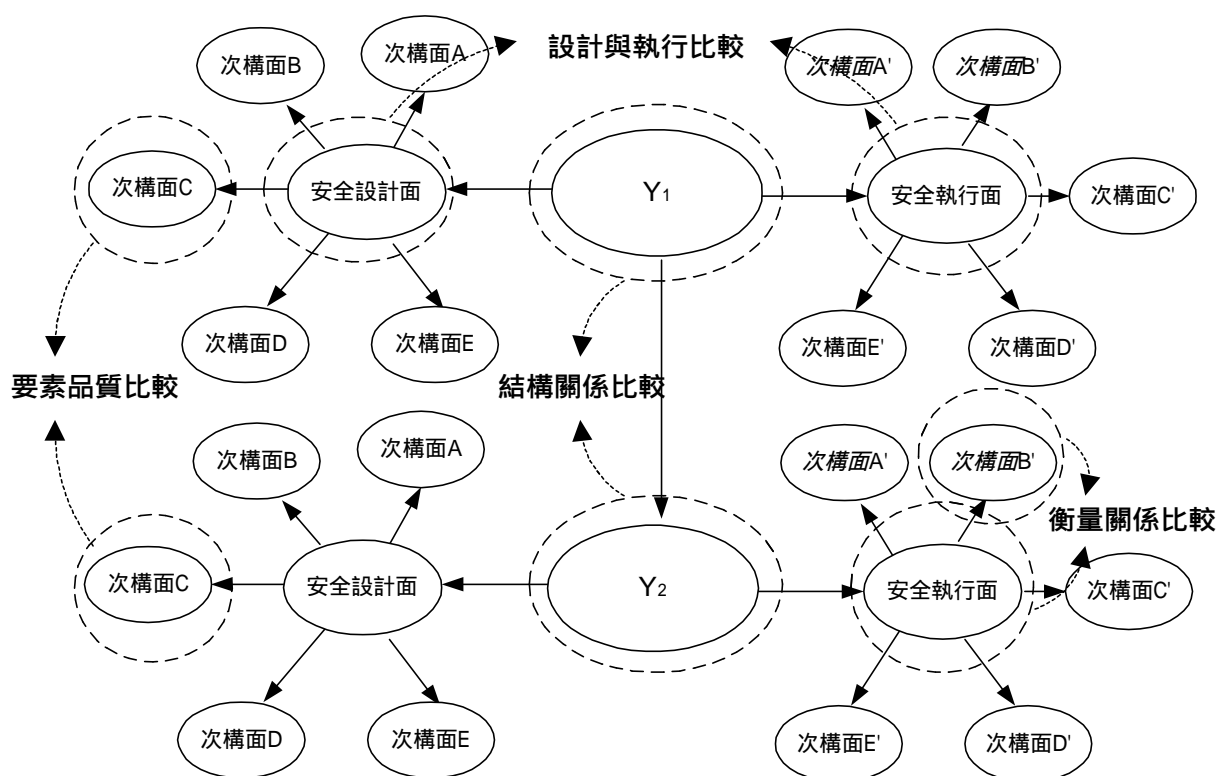


圖 4.9 數值比較概念

(一) 衡量關係比較

衡量模式中，每一潛在變數之安全品質係由若干觀測變數所詮釋，換言之，潛在變數可視為觀測變數之總體成效。就 Y_2 之安全執行面而言，若此構面及其內含支各項次構面皆符合門檻，表示整體安全執行面安全無虞；若部分次構面低於門檻，而安全執行面之整體因子分數符合門檻要求，則表示為局部性問題，僅需針對發生問題之次構面予以探討；若部分次構面其因子分數低於門檻且安全執行面之整體因子分數亦低於門檻，則表示此些發生問題問題之次構面嚴重影響安全執行面之整體安全績效，需立即針對問題次構面進行調查。

就邏輯之推論而言，若各項系統次構面皆高於安全門檻，而安全執行面因子分數卻低於門檻，表示安全執行面受到其他外在因素所主導；此種現象之發生，在於模式構建時未有全面考量其他關鍵因素，致使觀測變數不足以充分詮釋潛在變數之變異，所以研究者必須從新檢討模式架構與評量指標。然而，就一嚴謹構建且通過配適度檢定之模式而言，此種現象不應出現，因此不在數值解析之探討範疇。

(二) 設計與執行比較

就評量指標之構建理念而言，安全設計為安全執行之基礎，而安全執行為安全設計之表徵。因此，若 Y_1 於安全設計面與安全執行面之因子分數皆符合門檻標準，表示目前安全無虞；若設計面符合但執行面未符合，表示目前問題在於活動或計畫之實際執行；若執行面符合但設計面未符合，表示雖然實際執行符合規範標準，但設計上卻有隱憂，亦即此項作業活動或安全計畫正依循不良之設計執行作業，必須及早深入調查，以免問題擴大；若設計面與執行面皆低於門檻標準，則表示系統問題嚴重惡化，必須立刻強化監控機制並進行深入調查，解決根本問題以免導致飛安危險事件發生。

(三) 要素品質比較

在門檻未知的條件下，若 Y_1 之次構面 A 分數為 W ， Y_2 之次構面 A 分數為 V ；此時若 $W > V$ ，則 Y_1 之次構面 A，其安全程度優於 Y_2 。在安全門檻已知的條件下，若兩者數值皆大於門檻水準，則不需特別在意；若其中之一低於門檻，則需針對該環節進行深入調查；若兩者皆低於門檻，則不僅兩者皆需進行深度之安全調查，甚至分析者應懷疑是否為系統性問題，致使兩相同次構面因子同時出現警訊。

(四) 結構關係比較

結構模式中，潛在變數 Y_2 受潛在變數 Y_1 所影響，若兩者之因子分數皆高於門檻水準，則表示安全無虞；若 Y_1 符合而 Y_2 不符合，表示問題侷限於 Y_2 ，僅需針對此一因子所屬之衡量模式與觀測變數加以探討；若 Y_2 符合而 Y_1 不符合，除應對 Y_1 深入探討外，亦應加強注意，避免 Y_2 之安全品質受影響而惡化；若 Y_1 與 Y_2 皆不符合，表示問題不在侷限於片面環節，而需全面性展開深入分析與調查，發掘根本原因。

依據上述之探討，茲將設計與執行、衡量關係、要素品質、結構關係等之數值比較意涵，整理於表 4.2。

表 4.2 數值比較嚴重性綜整

	問題特性			
	安全無虞	局部性問題	潛在性問題	系統性問題
	----	嚴重性低	嚴重性中	嚴重性高
設計與執行比較	設計面與執行面皆符合	設計面符合/ 執行面不符合	設計面不符合/ 執行面符合	設計面與執行面皆不符合
衡量關係比較	上層與下層皆符合	上層符合/ 下層部分不符合	----	上層不符合/下層(部分)不符合
要素品質比較	同類要素皆符合	一同類要素不符合	部分同類要素不符合	所有同類要素皆不符合
結構關係比較	上游與下游皆符合	上游符合/ 下游不符合	上游不符合/ 下游符合	上下游皆不符合

二、因子負荷與路徑係數

因子負荷為衡量模式中上層潛在變數對下層潛在變數或觀測變數之影響參數，而路徑係數為結構模式中潛在變數間之影響參數，兩者皆為變數間交互關係之詮釋因子。若評量指標之設計為安全品質績效，則結構化方程模式可運用正向之因素交互貢獻性與相依性，運用上下游運作或因子歸屬之關係，計算其他潛在因子對所欲改善環節之直接影響程度與間接影響程度，探索與發掘導致問題發生之可能原因。

假設一飛安分析系統模式，其結構化方程架構如圖 4.10 所示，則潛在變數間之結構模式可表示如式(4-6)：

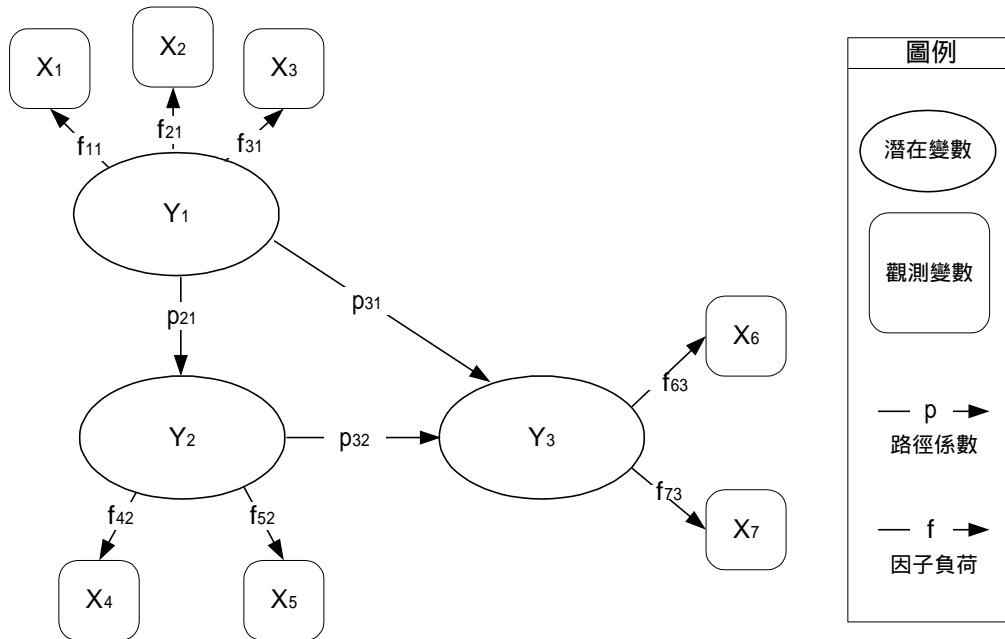


圖 4.10 因子負荷與路徑係數探討

$$Y_2 = p_{21} \cdot Y_1$$

$$Y_3 = p_{31} \cdot Y_1 + p_{32} \cdot Y_2$$

$$Y_3 = p_{31} \cdot Y_1 + p_{32} \cdot p_{21} \cdot Y_1$$

(4-6)

此一結構模式表示，潛在變數 Y_2 受潛在變數 Y_1 所影響，而潛在變數 Y_3 受潛在變數 Y_1 與 Y_2 所影響；換言之，潛在變數 Y_1 為模式之最上游，而潛在變數 Y_3 為最下游。當潛在變數 Y_2 數值變動一單位，則潛在變數 Y_3 將受其直接影響變動 p_{32} 單位；當潛在變數 Y_1 數值變動一單位，則潛在變數 Y_2 受其直接影響變動 p_{21} 單位，而潛在變數 Y_3 受其直接影響變動 p_{31} 單位，以及受潛在變數 Y_2 間接影響變動 $p_{32}p_{21}$ 單位。因此，若潛在變數 Y_3 之安全品質低於門檻，除自身安全設計與安全執行等因素品質不彰之影響外，亦有可能受潛在變數 Y_1 或 Y_2 之影響而致。故研究者在找尋系統問題時，除應注意品質低落之環節外，亦應依循結構模式之路徑參數，探索可能之上游威脅來源，如此方能確實發掘問題之根本。

此外，圖 4.10 中各潛在變數 Y_1 、 Y_2 與 Y_3 之衡量模式如式(4-7)至式(4-9)所示，而其因子分數則如(4-10)至式(4-12)所示。延續上述探討，若潛在變數 Y_3 之安全品質低於門檻而潛在變數 Y_1 與 Y_2 均符合門檻水準，則表示問題之根源在於觀測變數 X_6 或 X_7 。若僅一觀測數值低於門檻，則問題之根源即在於此；若兩者之觀測數值皆低於門檻，則可依據兩觀測變數之因子分數貢獻程度予以判別，如 $1/f_{63} > 1/f_{73}$ ，則表示觀測變數 X_6 為品質不彰之主要來源，

而觀測變數 X_7 為次要來源。若潛在變數 Y_1 或 Y_2 未符合安全門檻，亦可依循上述方式，依據各潛在變數之觀測變數因子分數貢獻程度，判別間接威脅之主要來源因素。

$$\begin{aligned} X_1 &= f_{11} \cdot Y_1 \\ X_2 &= f_{21} \cdot Y_1 \end{aligned} \tag{4-7}$$

$$\begin{aligned} X_3 &= f_{31} \cdot Y_1 \\ X_4 &= f_{42} \cdot Y_2 \\ X_5 &= f_{52} \cdot Y_2 \end{aligned} \tag{4-8}$$

$$\begin{aligned} X_6 &= f_{63} \cdot Y_3 \\ X_7 &= f_{73} \cdot Y_3 \end{aligned} \tag{4-9}$$

$$Y_1 = \frac{1}{3}(1/f_{11} \cdot X_1 + 1/f_{21} \cdot X_2 + 1/f_{31} \cdot X_3) \tag{4-10}$$

$$Y_2 = \frac{1}{2}(1/f_{42} \cdot X_4 + 1/f_{52} \cdot X_5) \tag{4-11}$$

$$Y_3 = \frac{1}{2}(1/f_{63} \cdot X_6 + 1/f_{73} \cdot X_7) \tag{4-12}$$

4.5 系統問題之改善

透過理論之模式構建與嚴謹之模式分析，則飛安系統內根本問題將可確實發掘與評判，相映之改善計劃方針亦可依據因子負荷與路徑參數而確實研擬與評估。以圖 4.10 為例，潛在變數與觀測變數間之路徑影響、因子負荷與因子分數等效果，表示如表 4.3 至 4.5 所示。

表 4.3 路徑影響效果

			路徑起點	
			Y_1	Y_2
路 徑 終 點	Y_2	影響路徑	Y_1-Y_2	
		影響效果	p_{21}	
	Y_3	影響路徑	Y_1-Y_3 $Y_1-Y_2-Y_3$	Y_2-Y_3
		影響效果	$p_{31}+p_{21} \times p_{32}$	p_{32}

表 4.4 因子負荷效果

潛在變數	觀測變數	因子負荷效果
Y_1	X_1	f_{11}
	X_2	f_{21}
	X_3	f_{31}
Y_2	X_4	f_{42}
	X_5	f_{52}
Y_3	X_6	f_{63}
	X_7	f_{73}

表 4.5 因子分數效果

潛在變數	觀測變數	因子分數效果
Y_1	X_1	$(1/3) \times (1/f_{11})$
	X_2	$(1/3) \times (1/f_{21})$
	X_3	$(1/2) \times (1/f_{31})$
Y_2	X_4	$(1/2) \times (1/f_{42})$
	X_5	$(1/2) \times (1/f_{52})$
Y_3	X_6	$(1/2) \times (1/f_{63})$
	X_7	$(1/2) \times (1/f_{73})$

由於組織架構與層級因果關係，欲提升潛在變數 Y_2 之安全品質，航空公司可決定由潛在變數 Y_2 直接著手，或是藉由其上層之潛在變數 Y_1 間接提升。若僅為潛在變數 Y_2 之局部問題，則針對此變數直接改善，以低於門檻之觀測變數為優先；若觀測變數 X_4 與 X_5 兩者皆低於門檻水準，則可依據因子負荷參數之倒數，選擇因子分數效果大者為優先，即當 $(1/2) \times (1/f_{42}) > (1/2) \times (1/f_{52})$ 時，則以改善觀測變數 X_4 為主要措施，改善觀測變數 X_5 為次要措施，如此可獲得最大品質提升效果。若問題為系統性問題，即潛在變數 Y_1 與 Y_2 之數值皆低於安全門檻，則應採改善潛在變數 Y_1 之方式為優先，按前述直接改善方法，以低於門檻且因子分數效果最大之觀測變數為優先改善對象。此時，潛在變數 Y_1 數值提升一單位，可使潛在變數 Y_2 之品質績效增加 p_{21} 單位，亦即觀測變數 X_4 與 X_5 分別獲得 $f_{42} p_{21}$ 與 $f_{52} p_{21}$ 單位之改善效果。

同理，若潛在變數 Y_1 、 Y_2 與 Y_3 均未符合安全門檻，欲提升整體系統之安全品質，應以潛在變數 Y_1 之改善計劃為第一優先，同時提升三項潛在變數之安全績效；若潛在變數 Y_1 之因子分數符合安全門檻，而 Y_2 與 Y_3 仍未符合門檻水準，則進而以潛在變數 Y_2 為改善對象；依此方式，逐一往下研擬改善計劃，直至所有問題經評估可獲得改善為止。

4.6 小結

由上述之探討可知，結構化方程模式之圖像化階層架構與嚴謹之驗證程序，確實有助於飛安系統分析模式之構建及確認模式架構之合理推論，連串線上活動層面與安全管理層面，整合安全設計面與安全執行面之評量指標，確實反映真實飛安系統之特性。模式中各項觀測數值與因子分數，經個別性與整體性之解析方式，即可清楚辨別各項局部性與系統性問題，發掘潛在之根本問題；而模式所推估之路徑影響與因子負荷參數，亦可作為改善方案擬訂之依據，預估各項改善計劃之品質提升成效。如此，緊密串連理論模式構建、模式結構分析與改善方案評估等三項完整功能之系統分析模式，有益於發掘與改善航空公司飛安系統之根本問題，提升與確保安全品質之績效。

後續章節，將依據結構化方程模式之理論，進一步藉由邏輯性歸納與系統性推論，針對飛安管理核心層面—線上活動、安全計畫、安全分析與安全架構，依據圖 4.2 之組織層級關係架構與圖 4.3 之安全管理運作流程，由流程解構之觀點，釐清各潛在變數間或各層級間之交互影相關係，構建可能之因子結構模式；進而，按圖 4.4 之衡量指標架構，依各環節之靜態面安全設計與動態面安全執行屬性，研擬各觀測因子之領先與落後評量指標，完成因子衡量模式之建立。最後，透過一數值案例，具體呈現此一分析模式之操作與應用。

第五章 分析模式之結構

本章將依據第三章飛安管理運作之機制與第四章系統分析模式之理論，針對航空公司飛安管理系統之核心——線上活動、飛安管理之安全計畫、安全分析與安全架構，以活動流程與飛安運作監控之角度，研擬解構航空公司飛安管理系統之方法，掌握飛安系統之層級架構與運作動態，勾勒清晰之系統藍圖，以全面性綜整與串連各飛安管理系統層面，並建立適切之飛安系統結構模式架構。

5.1 系統解構之方法

5.1.1 解構概念

有效的安全管理必須由一全面性與系統性之角度著手，深入各個活動環節，釐清線上技術層面與組織管理層面之因素及其間交互之影響關係，並勾勒出整體系統運作之概況。因此，在系統設計與品質控制中常應用繪圖之方式，以工作處理之程序或步驟為主軸，將所有運作項目系統化串連，進而邏輯化綜整與描繪成具體可見之圖像運作流程圖，以提供設計者檢核與分析其運作之完整性與嚴謹性，並作為事前問題發掘與事後持續改善之依據[Shostack, 1984; George, 1991; Berkley, 1993]，而此種方式一般稱為藍圖法(Blueprinting)，亦為本研究解構航空公司飛安運作流程與管理系統之主要核心概念。依據飛安管理系統運作之架構，線上活動為航空公司執行飛航運作之主要功能，亦為確保飛航安全之基礎作業，一切飛安管理機制之發展與制訂皆以此為根源。

就圖 4.2 之飛安管理組織層級與圖 4.3 之飛安管理機制運作來看，雖然飛安管理系統系統環節相當繁雜，然而就其功能職掌與層次性而言，安全架構、安全分析與安全計畫等管理活動為線上活動之動力來源，而線上活動為管理活動成效之具體表現，而各項活動執行成效的良莠，又直接影響著航空公司飛安績效的表現。因此，飛安管理系統之解構，可由最底層之線上活動層面往上探討，串連其相對應之管理活動與安全管理構面，如此即可緊密綜整各計畫/活動之關係，確實勾勒航空公司飛安管理之運作藍圖。

綜觀美國聯邦飛航總署之航空運輸監督作業系統(ATOS)、美國德州奧斯汀大學之線上運作安全查核系統 (LOSA)與鍾易詩 (民 89)由航空公司日常作業運作流程著手構建之失誤樹風險分析模式來看，LOSA 系統主要著重於與飛航組員相關之線上飛航作業活動，於是以航機為核心主體，僅考慮來自機艙外部及內部的威脅因子，或是組員資源管理之行為，對於組織層面因素所造成的影響未能有適切之評量。鍾易詩 (民 89) 構建之安全管理與評量模式，與 LOSA 系統大為不同，主要著重於組織層面安全管理、支援系統與監控系統等因素，對於日常性線上活

動之著墨較少。ATOS 系統雖欲全面性評量日常性的線上活動與組織的管理活動，不過對於相關活動間的交互影響關係，未能有妥善串連。因此，為釐清飛安管理系統之運作機制，對於線上活動間之運作流程及其與管理活動之互動關係，以及活動層面與組織層面間之連結，有必要以更系統性與全面性之方式予以整合，以具體呈現系統動態狀況與作業流程運行。

5.1.2 解構模式

為能將資訊技術融入製造產業之中，提升產業生產之品質與效率，並協助模式構建者釐清整體系統運作之流程與內涵，進而作為修正系統缺失之依據，美國空軍整合電腦輔助製造計畫(Integrated Computer Aided Manufacturing program; ICAM)因而發展一套系統構建與資訊分析之模式稱為 IDEF(ICAM Definition)。其中主要用來系統性解構組織功能或生產系統架構之模式為 IDEF0 [US Air Force, 1981]。IDEF0 之結構圖形如圖 5.1 所示，主要由箱型(Box)與箭號(Arrow)所組成，其中箱型表示行動、活動、或流程等之功能(Function)，大多運用主動動詞敘述其意涵。箭號表示用來定義箱型功能之限制(constraints)，而這些限制可以為資訊、物體或任何事項，可分成「輸入」(Input)、「輸出」(Output)、「控制」(Control)與「機制」(Mechanism)等四種介面；「輸入」藉由箱型功能的運作而轉化為「輸出」，而「控制」決定功能運作的方式，「機制」為執行此一功能之人員或設備。此法最大優點便是運用簡單之方法有效詳述整體系統運作之機制，而且可依工作運作與管理決策之需求，不斷解構各項功能或活動。

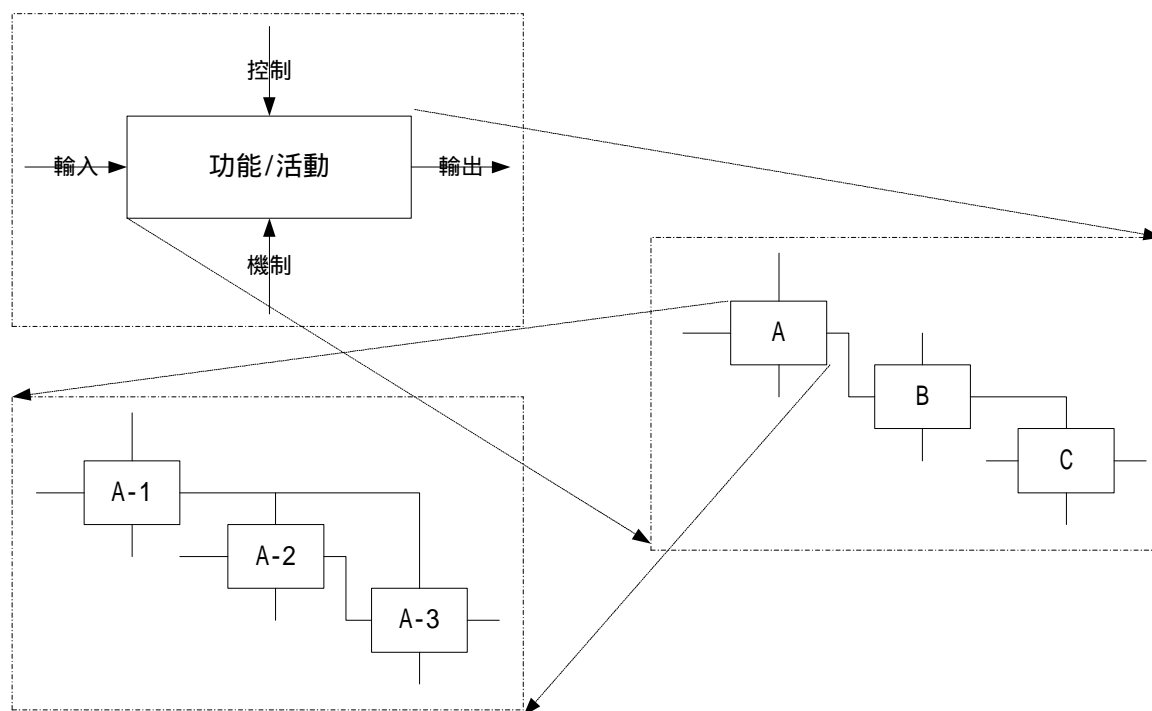


圖 5.1 IDEF0 模式之概念

航空公司可視為一龐大與複雜之箱型單元，主要產品為提供旅客或貨物運送之服務。由於其功能係由許多不同活動交相配合所完成，除航機操作、航機維修、組員值勤與貨物/油料裝卸等與飛航服務直接相關之活動外，航空公司為確保各項作業之運作順暢及符合安全規範，進而避免各項作業發生疏失，尚包括人員訓練、設備維護、手冊制訂與飛航監控等活動加以輔助與配合，如此方能有效且安全地充分發揮航空公司之功能；因此，可以 IDEF0 為基礎，依對各活動單元之劃分，進行航空公司細部功能之解構，並將各活動間之交互關係加以連接，則航空公司整體之運作流程與功能內涵當可適切釐清，進而作為發掘潛在飛安問題與提升飛安績效之依據。然而，航空公司運作活動非常多，而且各活動間環環相扣且交相影響，如何能井然有序地解構並嚴謹確實地串接各個層面活動，成為架構此一藍圖最困難之處。

5.1.3 解構步驟

進一步將 IDEF0 模式套用於飛安管理系統上，則可將航機務運作之相關作業歸為線上活動，其中執行此一活動的人員與設備則為活動之「機制」，決定活動運作方式的程序與政策則為活動之「控制」，活動間資訊的傳遞、工作的銜接與流程的順序則為活動之「輸入」或「輸出」。至於人員訓練、設備維護與政策擬定等雖非直接與航機務運作相關，則歸為管理活動，並進一步依其所影響的介面分成機制管理活動與控制管理活動兩部分，而管理層面各活動的運作績效又受其自身之「機制」與「控制」要素所決定。因此，將飛安系統概念轉化至圖 5.1 之系統解構模式中，則航空公司飛安系統之關係架構可表示如圖 5.2。

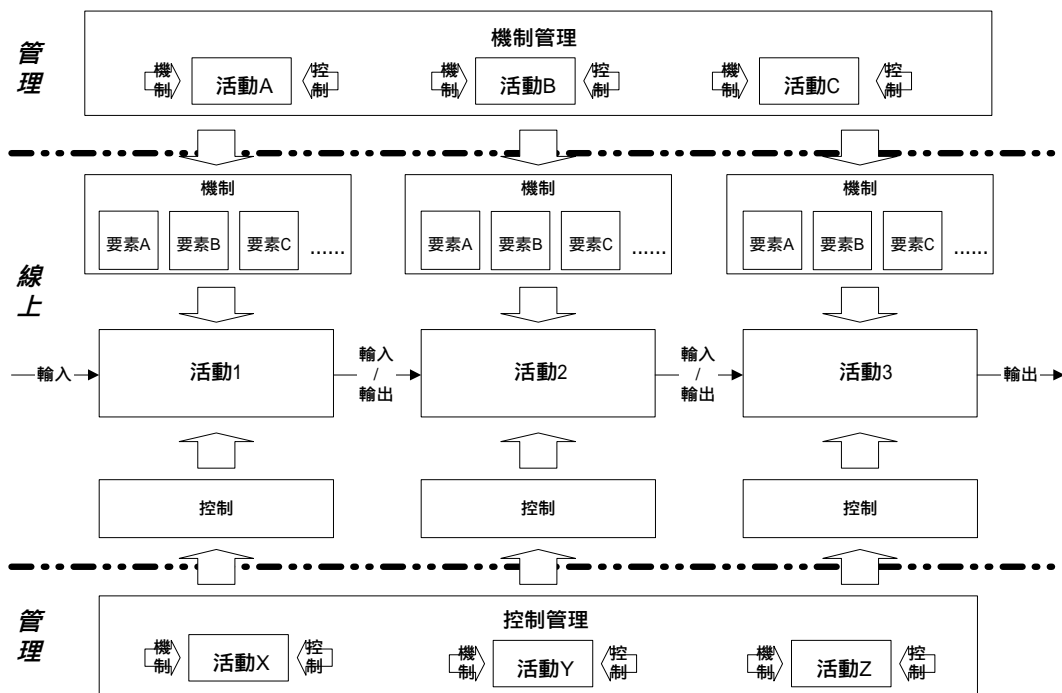


圖 5.2 線上活動與管理活動之關係架構

換言之，機制管理層面之活動，其主導作業層面中各活動所需「機制」之質與量，並妥善整合與搭配，充分發揮要素間最佳互補或替代之功效；控制管理層面之活動，妥善整合各作業活動之「控制」要素，形成全面性之監控系統，並且深入分析各項作業活動績效不彰之原因。透過完善且良好的「機制」與「控制」要素之提供，各即能充分發揮應有之功能，使得航空公司飛航安全得以確保。因此，由線上活動層面之活動解構著手，釐清活動之組成與交互間之關係，進而透過「機制」與「控制」要素為樞紐，進一步串連各項管理層面之各項支援與輔助活動，應為適切解構航空公司飛安運作流程與管理系統並勾勒出整體系統運作藍圖之合理可行方向。

就系統解構之角度而言，將活動功能分得越細越有利於各項組成元件之探討，然而在技術層面上，由於系統的龐雜性與元件的相似性，完全地細部分割似乎不易達成；此外，就系統管理的角度而言，過多的活動元件，反而可能造成工作負荷的增加與對於系統全貌的難以掌握。因此，對於系統活動解構之層級與範疇必須謹慎注意。以下，根據上述所探討之系統解構模式與解構概念，本研究針對航空公司飛安系統所研擬之解構步驟如下：

步驟一：了解線上活動組成

本步驟的目的為探討作業層面中各類作業之功能以瞭解其活動組成，並串連與繪製各活動之運作流程。然而，為提供方便快捷與安全可靠的空運服務，航空公司作業層面之航機務運作活動甚多，如組員派遣、旅客服務、貨物裝載、物料補給、航機操作、航機維修等等，如何層次分明地綜整各項作業活動為一難題。由於航空運輸業為一成熟與管制的產業，各項作業之運作程序皆已明確規範，所以可藉由航空公司各類航務與適航作業手冊，依據活動之流程順序，一一串連各相關活動。

步驟二：確認線上活動關係

本步驟的目的為根據各類作業之活動組成及運作流程，進一步確認此層面各項活動間之輸入及輸出介面，瞭解與掌握其交互關係。就航空公司而言，活動間之輸入與輸出介面屬性繁雜，除了非實體的資料傳輸、命令傳達、意見溝通等，尚有實體的文件傳遞、物料配送、組員移動等，如何清楚定義各界面之內容，以及釐清活動交互間影響之順序，為此步驟之重點。

步驟三：釐清安全計畫型態

完成作業層面活動間交互關係之探討後，各活動的外部關係皆已清楚探討，本步驟的目的進而以各個作業活動為核心，釐清活動內部應有之「機制」與「控制」要素，了解影響各活動運作成效與品質之事項，並以此作

為與管理活動串連之接點，進而探討相對應之安全管理活動類型，釐清安全計畫之功能與型態。

步驟四：確認安全計畫關係

由第三章飛安管理機制運作架構之探討可知，飛安系統之最複雜處，除安全計畫與線上活動間關係之掌握外，即在於釐清安全計畫與其他計畫間交互關係。因此，此步驟將針對不同類型之安全計畫，由系統整合運作之角度，探討計畫彼此間流程運作與影響關係。

步驟五：整合安全架構及分析

依據步驟三與步驟四之解構結果，進一步將安全計畫層與安全架構及分析層結合，掌握整體管理活動間之流程與關係，完成飛安管理運作機制之系統性解構，建立完整之飛安系統結構模式架構

以下便依據上述五步驟進行航空公司飛航安全系統之解構，並針對其內含之相關議題加以探討。

5.2 線上活動之組成

就航空公司而言，航機為最主要之生產設備與成本投入，所以本研究將以航機為運行核心與流程主軸，依序整合與架構繁雜之航空公司各項作業活動。航機之運行流程大致上可分為如圖 5.3 所示之四個主要階段，分別為空中飛航之離場/起飛、巡航、進場/落地階段，機坪停靠之飛行前準備與飛行後整備階段，以及工作廠棚之定期或不定期航機維護階段。其流程為航機於飛行前接受機體設備方面之適航檢查，如果不合格則將航機拖往廠棚進行臨時之維修，若通過，則停靠於機坪搭載值勤之飛航組員與旅行之乘客，托運之行李與貨物，以及飛航所需之油料、物品與飛航資訊；接著由飛航組員開始執行飛航任務，藉由飛航守視工作之配合，航機歷經離場/起飛、巡航、進場/落地等程序後完成飛航任務而停靠於機坪，讓飛航組員與乘客藉由空橋離開，地勤人員卸載行李與貨物，或清理機上廢棄物料，並將此次飛航經歷之資訊加以記載。而在任務之後，為確保下次飛航之安全，將進行飛行後航機狀況與紀錄之檢查，若航機已屆定期維修之時間，或是發現臨時異常且難以繼續飛航之狀況，則進廠進行相關定期與不定期之維護工作，待航機恢復合適飛航之狀況後，則可出廠繼續下一次飛行任務。

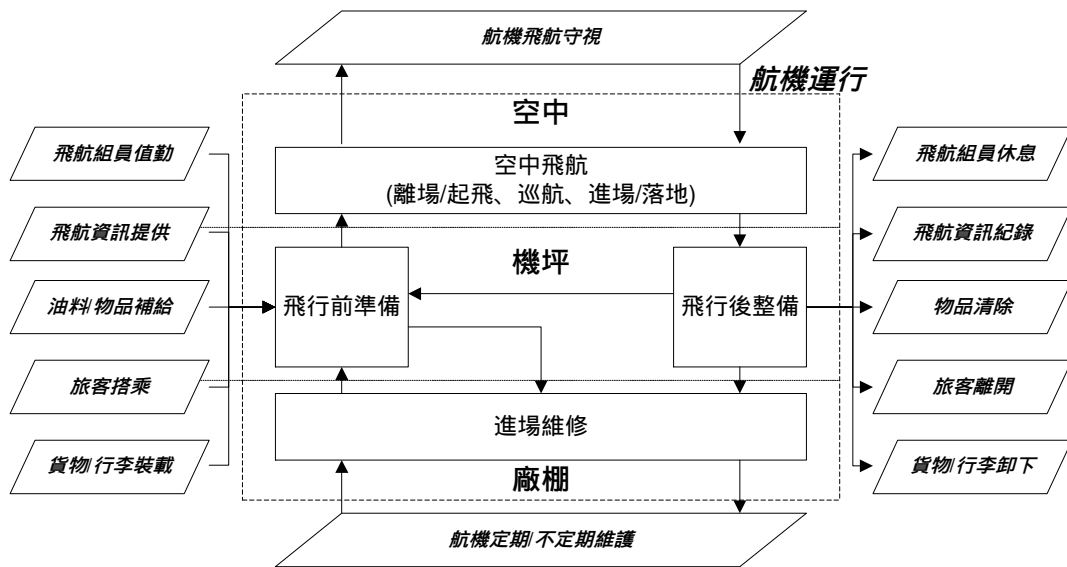


圖 5.3 航機運行與相關活動之流程

為深入了解與掌握整體航空公司運作之系統，每一階段皆須進一步加以解構。就航機之飛行前準備階段而言，在飛航組員值勤方面，前後艙飛航組員依照既定之任務指派而待命，並於規定之飛航準備時間至機場報到，接著飛行員聽取與確認簽派人員擬妥之飛行計畫，然後由機長對全體組員進行飛行任務之簡報。簡報結束後，組員們各自進行機艙與客艙之設備檢查，以及機體外部之環視查驗；如發現機件或設備之缺失，則通知與協同機務人員進行航機適航之檢查，若是機體外部沾附污物或冰霜，則通知地面勤務人員進行航機清潔或除冰之作業。待一切項目確認無誤後，則開始執行飛航任務。

在飛航資訊提供方面，簽派員依據指派組員之資格、航機適航之資料與組員報到之時間，確認組員與航機條件是否符合此次飛航任務之要求及組員是否有充分之飛航準備時間，若航機或組員不符合執行飛航任務之條件，則可要求重新指派；確認核可後，簽派員依據天氣、航路、飛航公告、航機預估載重等資料著手進行飛行計畫之擬定，並對飛行員簡報飛行計畫。若飛行員察覺飛行計畫之資料不足或不符時效，則可要求簽派員補足資料或重新簽派；經飛行員確認之飛行計畫，則提報機場飛航管制中心，排定班機調度時程，並告知載重平衡員預估之乘客、行李、貨物與油料重量。

在油料/物品補給與貨物/行李裝載方面，載重平衡員依飛行計畫中所需之油量，預估的組員人數和餐飲與用水等物資資料，以及實際報到和登記之乘客、行李與貨物重量，計算物料放置之位置與航機之重心。若計畫預估與實際登記之重量資料差異過大，則需放棄部分貨物之裝載，否則必須要求簽派員重新擬定飛航計畫；若預估與實際之重量資料差異於容許範圍內，則進行載重平衡之計算工作，並將所研擬之裝載指示交予地面勤務人員進行貨物、行李與油料之裝載，同時將實際載重艙單於起飛前交予機長。

在旅客方面，則是先至櫃臺辦理報到手續，並將大型行李交予櫃臺人員秤重與登記，隨後則接著通關與登機。因此，飛行前準備階段之活動與流程表示如圖 5.4 所示，而其餘階段可依此方式，另行解構並加以串連，以完成整體飛航運作之活動與流程。

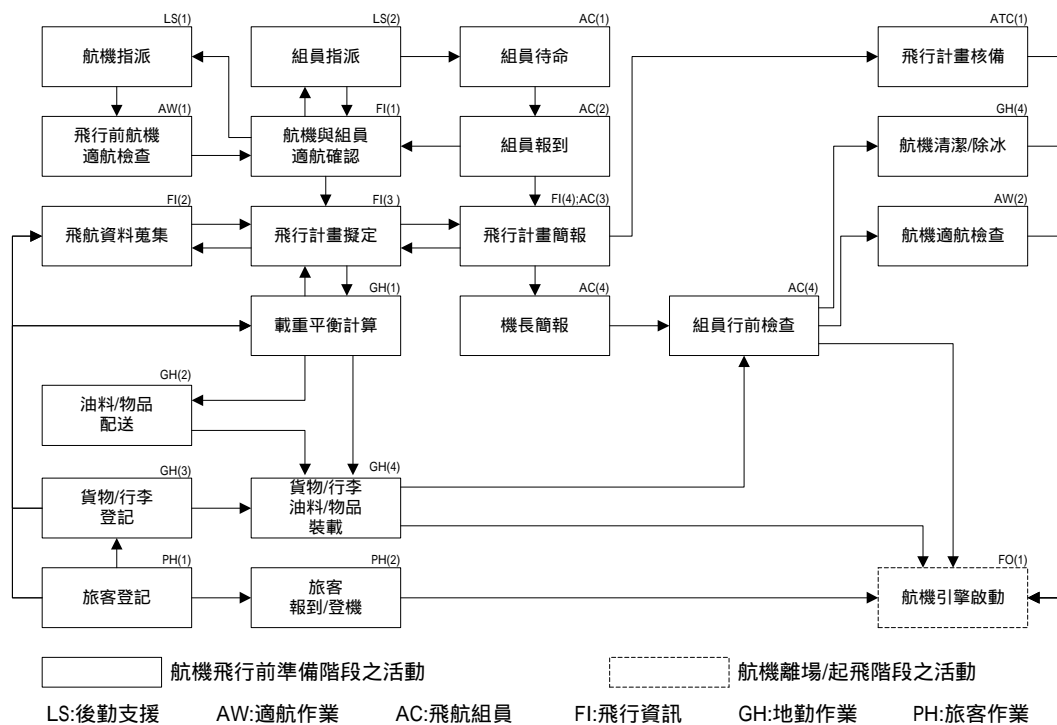


圖 5.4 航機飛行前準備階段之線上活動與作業流程

5.3 線上活動之關係

依據上一節清楚描繪作業層面各活動之組成及運作流程，透過活動間之「輸入」與「輸出」要素，本節將進一步釐清與確認各活動間之交互影響關係。由於整體系統相當龐大，為能清楚說明，在此僅以航機飛行前準備階段中屬於飛航資訊相關活動之「航機與組員適航確認」、「飛航資料蒐集」、「飛行計畫擬定」與「飛行計畫簡報」等四項為例，其架構如圖 5.5 所示，以確切說明「輸入」與「輸出」要素之內容及各相關活動間之關係。

就「航機與組員適航確認」活動而言，其輸入介面之活動有「組員指派」、「飛行前航機適航檢查」與「組員報到」等三項，而輸出介面之活動有「航機指派」、「組員指派」與「飛行計畫擬定」等三項。此一活動之運作方式，由「飛行前航機適航檢查」取得飛航及維修紀錄與航機狀況資料，評判航機是否能適宜飛航此一任務；若否，則需要重新指派航機。此外，由「組員指派」取得組員資格條件與組員名單，並由「組員報到」取得組員值勤時間、報到時間與精神狀況等資

訊，評判組員人數是否充足、能力是否勝任與值勤時間是否符合規定；若否，則需要重新指派組員。待航機與組員皆確認符合民航法規與公司政策之適航條件後，則進行「飛行計畫擬定」活動。

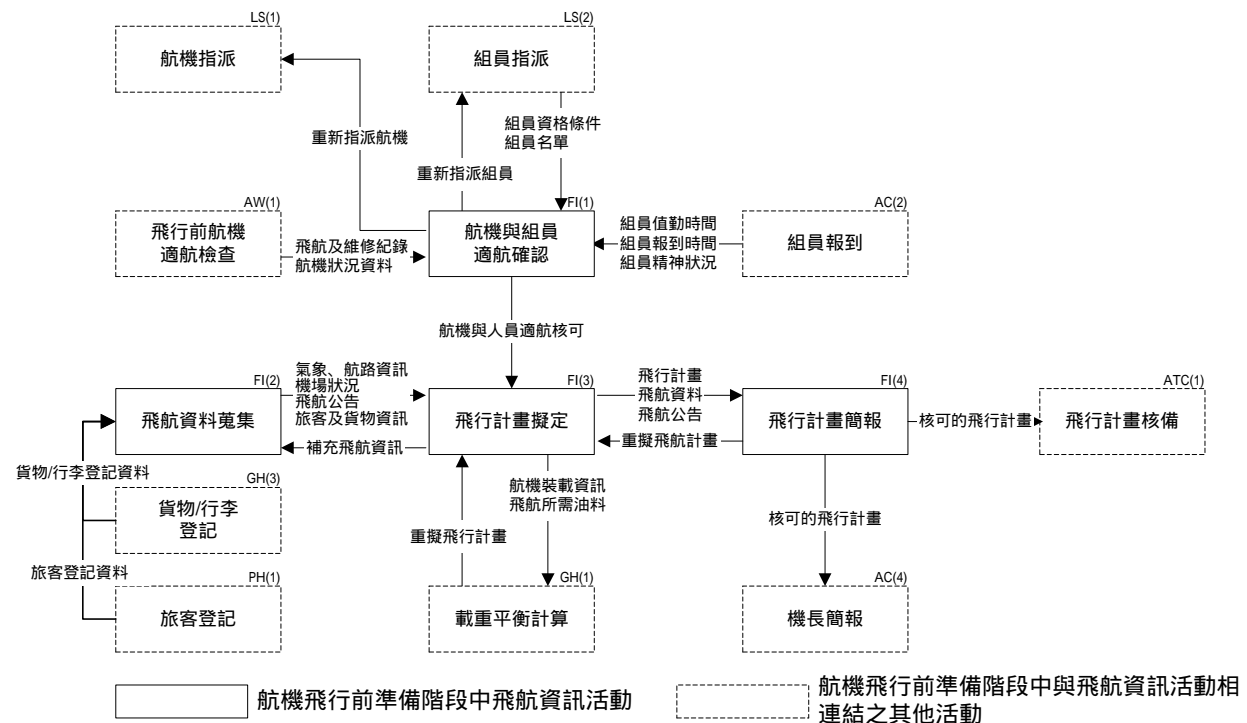


圖 5.5 航機飛行前準備階段中與飛航資訊相關活動之交互關係

就「飛航資料蒐集」活動而言，其輸入介面之活動有「貨物/行李登記」與「旅客登記」等兩項，而輸出介面之活動僅有「飛行計畫擬定」一項。此一活動之運作方式，由「旅客登記」與「貨物/行李登記」活動取得人數、件數與重量等相關資訊，以及內部資料庫系統或外部簽約管道取得氣象、航路與機場及飛航公告等資訊，作為進行「飛行計畫擬定」之依據。

就「飛行計畫擬定」活動而言，其輸入介面之活動有「航機與組員適航確認」、「飛航資料蒐集」、「飛行計畫簡報」與「載重平衡計算」等四項，而輸出介面之活動有「飛航資料蒐集」、「飛行計畫簡報」與「載重平衡計算」等三項。此一活動之運作方式，由「航機與組員適航確認」取得航機與人員之適航核可，以及由「飛航資料蒐集」取得相關飛航資訊後，著手進行飛航計畫之擬定；若飛航資料超過時效或不足時，則需要補充飛航資料。待飛行計畫擬妥後，則依飛行計畫與相關輔助資訊進行「飛行計畫簡報」，以及人員、貨物與油料等相關預估資訊進行「載重平衡計算」；若飛行員認為飛行計畫不周延或超過時效，或是最後裝載之人員、物品與油料等實際重量與計畫擬定時之預估資訊差異過大時，則需要重新研擬飛行計畫。

就「飛行計畫簡報」活動而言，其輸入介面之活動僅有「飛行計畫擬定」一項，而輸出介面之活動有「飛行計畫擬定」、「機長簡報」與「飛行計畫核備」等三項。此一活動之運作方式，由「飛行計畫擬定」後取得飛行計畫，以及氣象、機場與飛航公告等飛航資料，對飛行員簡報飛行計畫及相關資訊。若飛行員認為飛行計畫不周延或超過時效，則需重新研擬飛行計畫；若通過飛行員確認且簽署，則核可之飛行計畫需於航班預計起飛前之規定時限內報機場的空中交通管制中心(ATC)核備，以及作為機長對所有組員進行飛航任務簡報之依據。

5.4 安全計畫型態之釐清

各項活動要能充分的運作及確保其品質，則需仰賴充實且嚴謹之「機制」與「控制」要素。就「機制」來說，航空公司各項活動要能充分運作，完成與發揮各項應有之功能，一般而言需要三要素，分別為優良之人員、完善之文件與充分之設施。人員為各項資源使用、措施操作與系統運行之核心，亦為完成工作之執行者；文件泛指所有之表格、手冊或紀錄，由於民航事業之專業性與複雜性，以及對於安全之高度要求，完善之文件能強化整體流程運作嚴謹、提升人員工作效率與效能，確保符合安全規範限制，以及記錄與保存各項作業之資料，以供整體系統績效或問題之分析與檢討。人員與文件為流程運作之必要軟體，設施則為硬體，其應配合工作執行與流程運作所需，充分供應各項器具與設備，以及合宜之工作場所。

就「控制」來說，由於航空運輸為公共運輸之一環，關係民眾之安全，而且飛安事件往往造成社會龐大之衝擊，所以政府有義務與責任確保其運作之安全，因而制訂種種法規與作業規範，並定期查核航空公司飛航運作狀況，如此不僅可保障民眾基本安全之權益，亦維護航空運輸產業之健全發展；此外，為確保自身所提供之飛航服務符合民眾對安全之期盼，並監控運作之效率且減少運作疏失之發生，航空公司亦針對各項活動設計諸多確保安全之政策、操作程序與作業規範。因此，「控制」之要素可分成兩類，一為政府的法令規範與安全查核，另一為公司自身的政策準則與作業程序。同樣地，以航機飛行前準備階段中飛航資訊之四項活動為例，進行各項活動之細部解構，其要素內容如圖 5.6 所示。

以「飛行計畫擬定」為例，執行此活動之人員為簽派員，其依據 ICAO 標準飛行計畫格式、最低裝備需求手冊、簽派作業手冊等文件，並透過飛航計畫擬定電腦系統研擬各航班之飛行計畫；而航空公司為確保其飛航計畫之安全性與飛航作業之成效，在政策上規定天氣限度、燃油政策與最大起飛/降落重量等限制，在作業上規範簽派員之作業程序、換班程序與緊急程序等。此外，民航局為能確保民眾之飛航安全，在法規上規定公司應有之作業管理規則、人員檢定給證規定及人員體格標準，並另訂定航務管制、航空人員、簽派員紀錄等查核項目，在其中規範此項作業之人員資格與作業方式等標準。



圖 5.6 航機飛行前準備階段中飛航資訊活動之「機制」與「控制」要素

由於各項活動要能充分的運作及確保其品質，則需仰賴充實且嚴謹之「機制」要素——人員、文件與設施，以及「控制」要素；各項要素之關鍵不在數量之多寡，而是品質之良莠，亦即安全管理構面中各項安全計畫之品質改善活動——PDCA 循環。因此，整體安全計畫之設計理念可表示如圖 5.7 所示，其型態可分為「機制」類之人員管理計畫、文件管理計畫與設施管理計畫，以及「控制」類之控制管理計畫等兩類型。

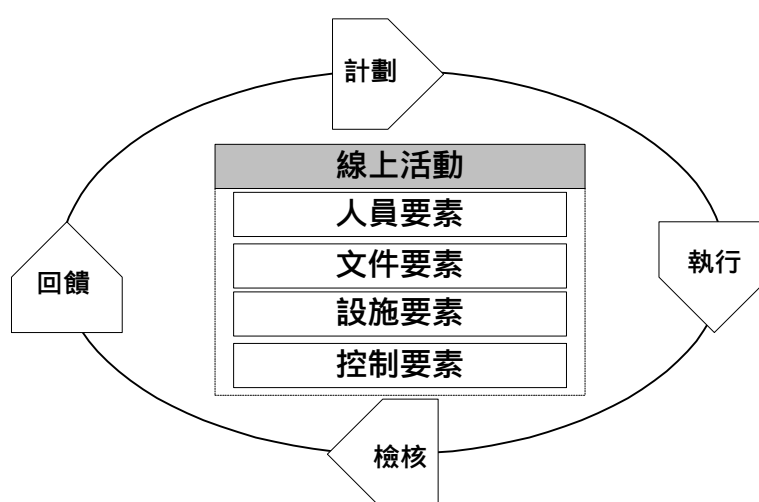


圖 5.7 安全計畫之設計理念

對人員要素而言，人員的素質遠重於人員的數量，這也是為何在同一環境下使用一樣設施處理相同任務，指派不同員工執行所產生之效果有所不同。依據圖 3.12 之飛安管理機制運作方式，公司可藉由線上活動監控所回報之資訊予以分析，或是主動對人員進行績效考核，評估員工之工作行為、工作態度與工作績效，進而了解人員執行作業之品質；或是藉由定期複訓提升員工知識(Knowledge)、技術(Skills)與能力(Abilities)，以維持及加強員工之工作效能。若發現某人員能力未能適任自身職務，可給予個別之強化訓練加以改善；若是察覺職缺未有專人負責或人員工作負荷過重，則可以依據各項工作之性質，挑選適宜之人選與派遣充足之人力。藉由線上活動監控回報或人員考核之方式，確認改善計劃執行之成效，進而回饋至原計劃，決定繼續執行或另擬計劃，直至該線上活動符合安全品質。因此，線上活動之品質提升繫於人員作業之績效分析與能力考核，以及人員訓練與人力選派等活動。

同人員要素，文件要素、設施要素與控制等要素之相關管理計畫，其計劃與檢核步驟，可藉由線上活動監控所回報之資訊予以分析，或是主動進行文件審閱、設施檢驗與控制查核等管理活動；而改善之方式，若為補強原要素之缺失，則可採行文件修訂、設施維修與控制修正等管理活動，若為增加或更換各項要素，則可採行文件制訂、設施配置與控制設計等管理活動。人員、文件、設施與控制等要素之相關管理計畫如表 5.1 所示。

表 5.1 安全計畫之管理活動

		活動要素			
		人員	文件	設施	控制
PDCA 循環	計劃/檢核	考核/分析	審閱/分析	檢驗/分析	查核/分析
	執行	訓練/選派	修訂/制訂	維修/配置	修改/設計
	回饋	停止 / 繼續 / 重新規劃			

5.5 安全計畫之關係

依據航空公司實際運作，「機制」類安全計畫，如人員之訓練計畫及能力與適職性考核、文件之航務與適航手冊管理、設施之機型驗證飛航計畫與發動機檢查計畫等，以及「控制」類安全計畫，如航務之 FOQA 系統、機務之可靠性計畫與公司之自我督察計畫。雖然，每一安全計畫之設計皆包含計劃、執行、檢核與回饋等安全提升步驟，且涵蓋所屬活動之安全規劃面與安全控制面；不過，就功能而言，「機制」類安全計畫較著重於線上活動品質改善之執行步驟，而「控制」類安全計畫則較著重於線上活動品質改善之計劃/檢核步驟。因此，依安全計畫之類型與功能，人員管理、文件管理、設施管理與控制管理等安全計畫可進一步區分如圖 5.8 所示，而各項安全計畫之交互合作關係，亦即依循此種功能劃分而運作。

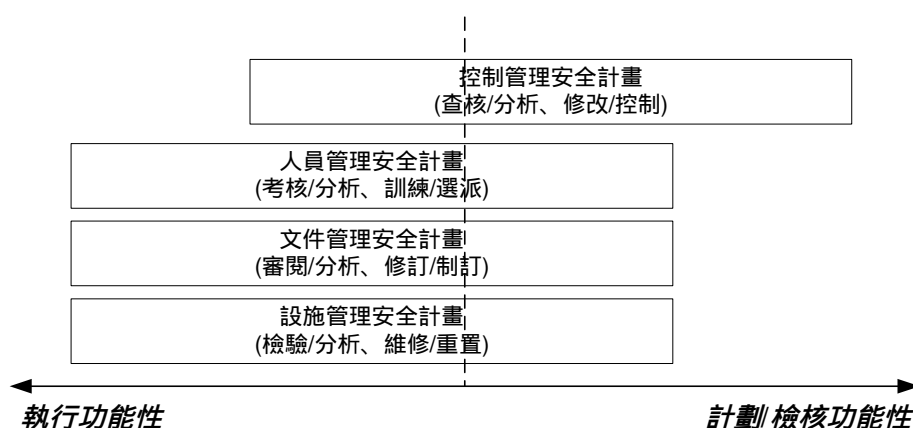


圖 5.8 安全計畫之功能劃分

一般而言，安全計畫之合作方式，可能由「控制」類之 FOQA 系統發現人員於飛航操作上之問題，擬訂所需加強訓練之科目，透過「機制」類人員管理安全計畫，運用模擬機演練之方式強化人員飛行知識與技能，經訓練教官檢核其受訓成績，再透過 FOQA 系統持續追蹤其訓練狀況並予以回饋；或「機制」類人員管理安全計畫於年度考核中發覺某飛行員對新航線之機場進場作業不夠純熟，透過強化訓練增強其對新環境之認知與模擬操作經驗，通過訓練教官檢核後，交由「控制」類之 FOQA 系統持續檢核與監控。

此外，除不同類型安全計畫之互動外，同類型之安全計畫亦需協同合作，尤其是問題來自不同線上活動要素之間。如「控制」類之機務可靠性計畫發現某機型航空器之發動機維修頻次過高，請求同類之 FOQA 系統針對該機型分析發動機運轉資料與飛航參數資料進行分析；分析後如發掘問題之根源來自於起降程序之設計不當致使發動機過於耗用，可能研議重新設計標準起降程序，進而透過「機制」類之文件管理安全計畫擬訂且審核，並更新原有之飛航操作手冊與發佈飛航公告，再藉由同類之人員管理安全計畫施行模擬操作與考核。因此，就合作互動之運作而言，各安全計畫之資訊或命令流程應為雙向互動關係。

5.6 安全架構與分析之整合

就圖 3.11 之飛安管理層級架構而言，安全架構與安全分析對於安全計畫之關係，相似於「機制」類安全計畫與「控制」類安全計畫對於線上活動之關係，唯所屬系統層級不同與涵蓋範疇相異。安全分析為航空公司飛安管理系統之中樞，負責綜整各項線上活動與安全計畫所發掘之可能問題與上傳之作業紀錄，全面性分析整體系統之危險因素，針對最迫切之根本問題擬訂改善計劃，傳遞至負責公司整體安全架構之組織高層，決定改善計劃執行之優先順序與投入資源，著手修正各項安全計畫，或藉由安全計畫修正其下線上活動之規劃。換言之，就安全架構及分析之功能與目的而言，安全架構如機制類安全計畫，著重於各項安全計畫與線上活動之設計改善，而安全分析如控制類安全計畫，著重於安全計畫與線上活動之績效監督。兩者之關係亦如「機制」計畫與「控制」計畫間之互動一般，不同之處在於安全架構為整體安全管理機制運作之基礎，主導安全分析品質之良莠，而安全分析僅在給予安全架構相關回饋訊息；亦即安全架構之階層高於安全分析，而非平行對等之關係。

由於安全架構及分析層之安全提升概念與安全計畫層相同，所以可依 5.4 小節之方式與圖 5.9 之設計理念，進一步將兩者加以結合，系統性完成飛安管理運作機制之解構，勾勒出清晰之系統動態藍圖。

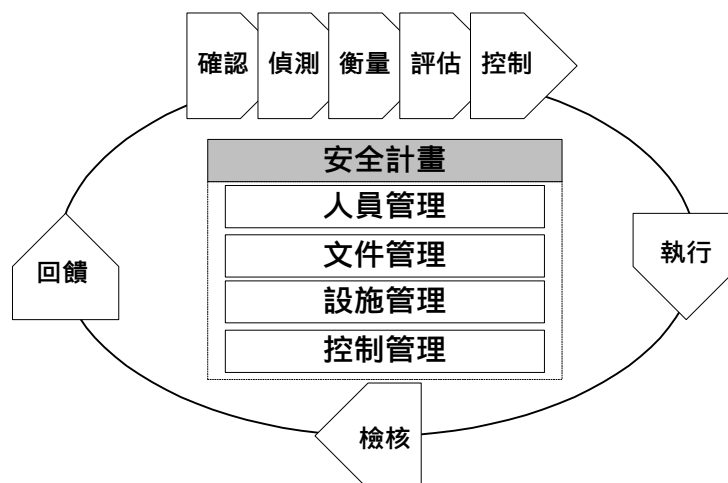


圖 5.9 安全架構及分析之設計理念

5.7 結構模式之架構

透過上述之探討，即可釐清飛安管理核心系統—線上活動層、安全計畫層與安全架構及分析層之層級架構與交互關係，進而系統性構建層級、層間與整體之飛安系統結構模式。以下，以飛行資訊相關之活動包括—FI (1)：「航機與組員適航確認」、FI(2)：「飛航資料蒐集」、FI(3)：「飛行計畫擬定」與 FI(4)：「飛行計畫簡報」為例，具體呈現系統構建之方式與結構模式之架構。

5.7.1 層級結構模式

一、線上活動

依據線上活動之解構，飛行資訊相關活動之交互間運作關係為：「航機與組員適航確認」活動藉由飛航紀錄、維修紀錄與航機狀況資料，以及組員資格條件與組員名單，確認相關適航條件符合後進一步執行「飛行計畫擬定」活動。而「飛行計畫擬訂」活動，其輸入介面除來自「航機與組員適航確認」活動外，尚須「飛航資料蒐集」活動所蒐集之飛航資訊，若飛航資料超過時效或不足時，則需要補充飛航資料。待完整之飛航計畫擬妥，則進行「飛行計畫簡報」活動，告知飛行組員飛航相關資訊；若飛行員認為飛行計畫不周延或超過時效，則需重新研擬飛行計畫。因此，對於飛行資訊相關活動而言，其主要活動影響關係為 FI(1)至 FI(3)、FI(2)至 FI(3)與 FI(3)至 FI(4)，至於飛航資料重新蒐集與飛行計畫重新研擬等要求，為作業誤失之補救措施，並非既定之互動關係，所以 FI(3)至 FI(2) 與 FI(4)至 FI(3)可視為次要結構關聯，如圖 5.10 所示。

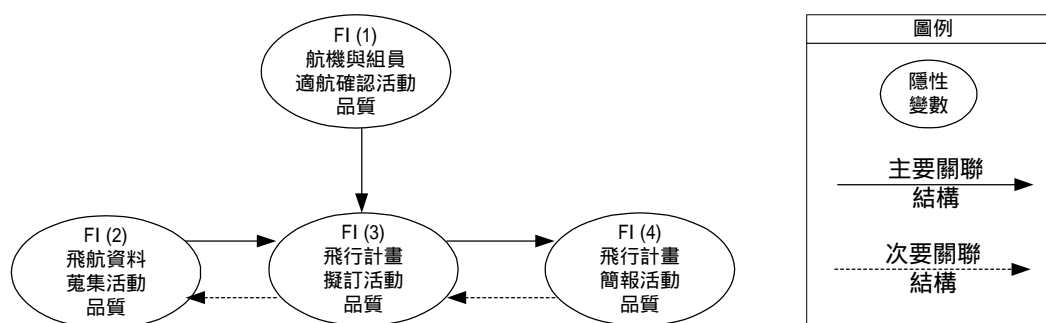


圖 5.10 線上活動層結構模式

二、安全計畫

安全計畫分為兩類型—「機制」類之人員管理、文件管理與設施管理等安全計畫，以及「控制」類之控制管理安全計畫，前者較著重於線上活動品質改善之執行步驟，而後者著重於計劃與檢核步驟。根據先前之探討，其互動關係可分為兩種型態，一為「機制」類安全計畫與「控制」類安全計畫之互動，亦即控制管理安全計畫發現問題並擬訂改善計劃，透過人員管理、文件管理與設施管理等安全計畫予以執行與改善，再藉由控制

管理安全計畫持續檢核與監督施行之成效；另一為人員管理、文件管理與設施管理等安全計畫間之互動，如起降程序重新設計，除文件管理安全計畫須更新原有之飛航操作手冊與發佈飛航公告，並由人員管理安全計畫另需施行模擬操作訓練並考核成效。由上述探討可知，安全計畫間之互動關係屬於資訊傳遞與協調合作，對於彼此之安全品質雖有影響，但無直接之命令或支配關係，因此計畫間之路徑皆應為次要關聯結構，如圖 5.11 所示。

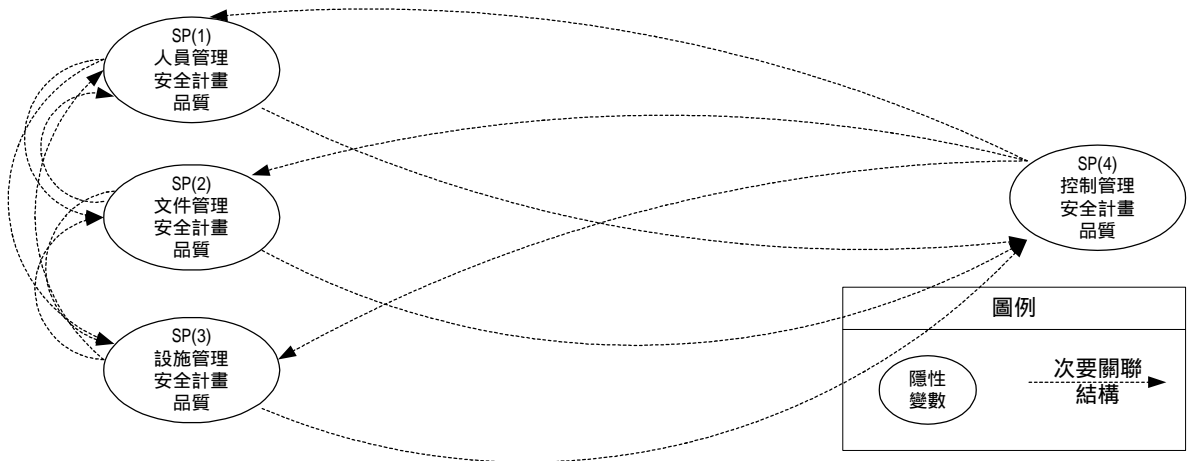


圖 5.11 安全計畫層結構模式

三、安全架構及分析層

就飛安管理之運作機制而論，安全架構與安全分析對於安全計畫之關係，相似於「機制」類安全計畫與「控制」類安全計畫對於線上活動之關係，唯所屬系統層級不同與涵蓋範疇相異。兩者之關係亦如「機制」類安全計畫與「控制」類安全計畫間之互動一般，不同處在於安全架構為整體安全管理機制運作之基礎，主導安全分析品質之良莠，而安全分析僅在給予安全架構相關回饋訊息；因此，前者之影響關係可視為主要關聯結構，而後者為次要關聯結構，如圖 5.12 所示。

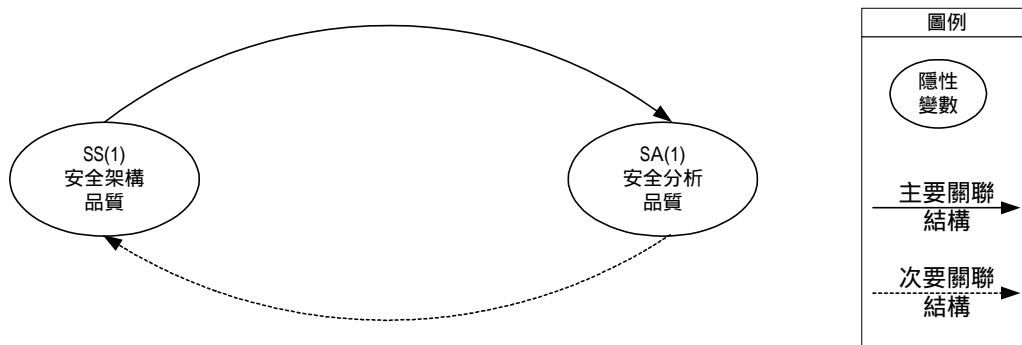


圖 5.12 安全架構及分析層結構模式

5.7.2 層間結構模式

層級結構模式中，安全架構及分析位屬最上層，其中安全架構為組織內所有線上活動與管理活動之動力來源，亦為飛安管理運作機制之基礎，影響所有層面之安全規劃品質；而安全分析為系統執行安全控制與安全提升之中樞，其藉由主動蒐集之資訊或各項安全計畫所回饋之報告，分析後回饋至上層之安全架構或相關安全計畫，進行安全計畫或線上活動之品質提升。「機制」類安全計畫與「控制」類安全計畫，即如安全架構與安全分析之運作關係一般；「機制」類安全計畫主要負責線上活動或安全計畫中人員、文件與設施等機制要素之品質維持、修正或提升，而「控制」類安全計畫，主要負責線上活動或安全計畫運作之監控，由其中發掘問題之根源，主動糾正作業之疏失，或是與其他安全計畫協同，改善線上活動或安全計畫之品質。此種蒐集資訊進行分析，進而研擬改善措施之作法，即為 PDCA 循環之精神，亦為持續提升飛安之動力。除上對下之問題改善與安全提升，以及安全架構和安全分析間與各項安全計畫間之合作互助關係外，線上活動層對安全計畫層或安全計畫層對安全架構及分析層間，主要負責運作資訊或作業報告之上傳，以及回饋改善計劃施行成效之訊息；雖說，此些資訊為問題發掘之依據，然而就全面品質管理之觀點，其影響程度可視其為次要結構關聯。因此，線上活動層與安全計畫層、安全計畫層與安全架構及分析層，以及線上活動層與安全架構及分析層間之層間關係，如圖 5.13 至圖 5.15 所示。

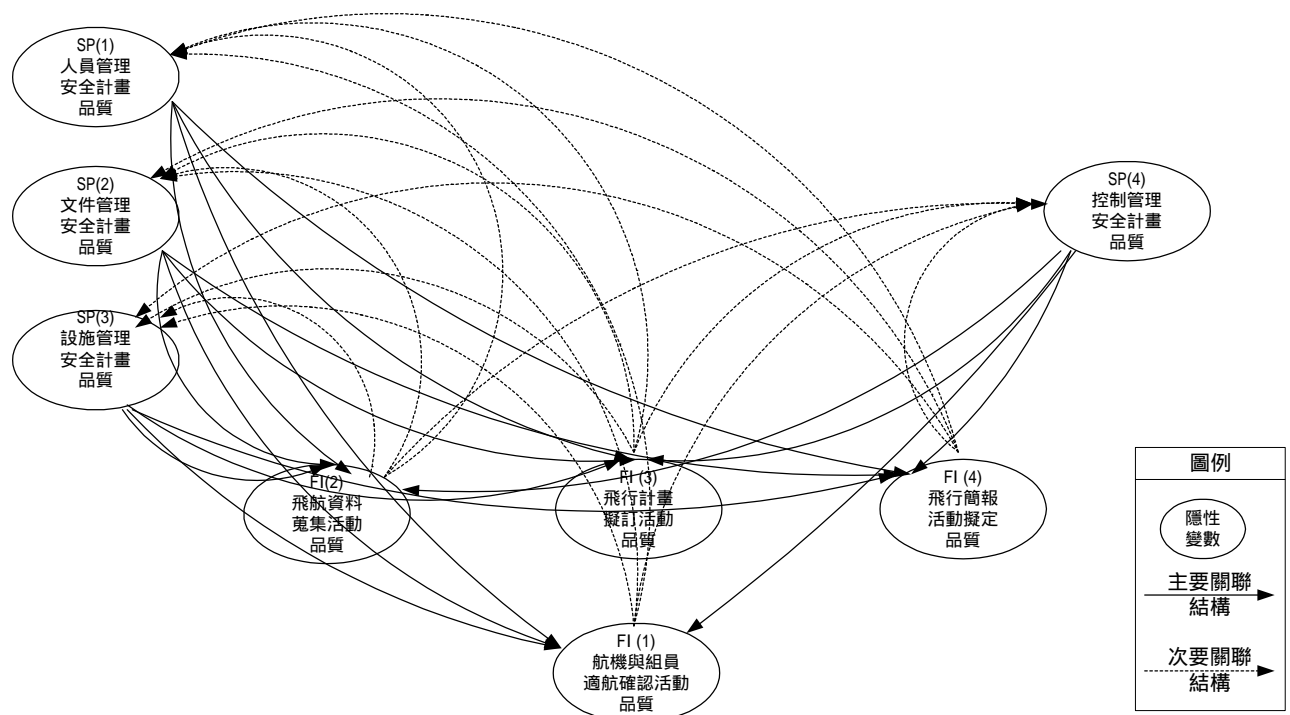


圖 5.13 線上活動層與安全計畫層間結構模式

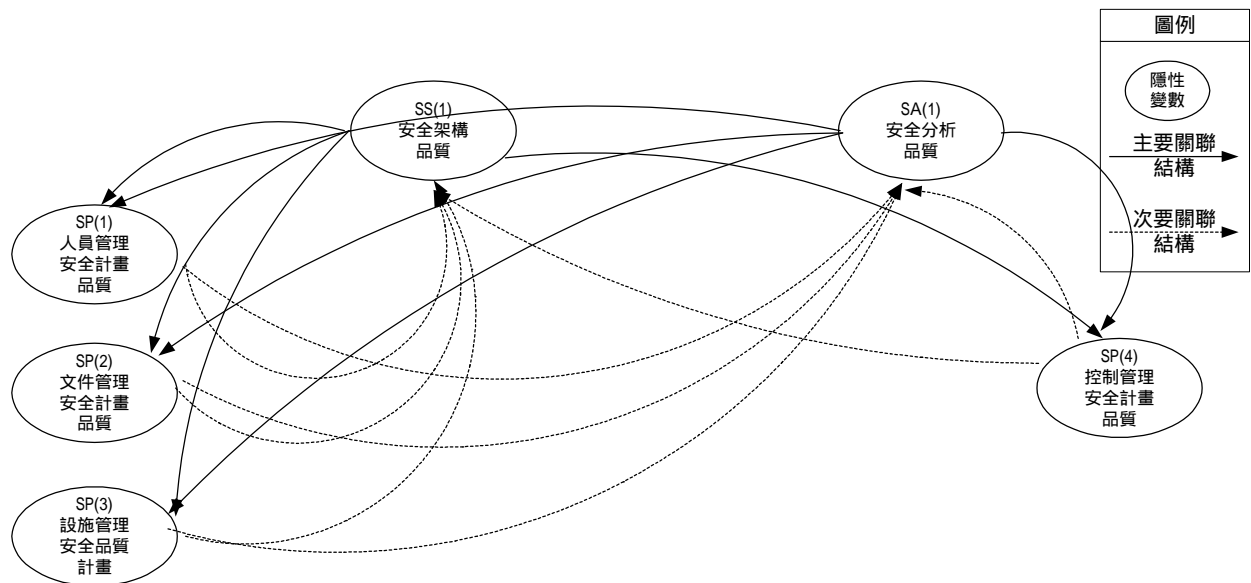


圖 5.14 安全計畫層與安全架構及分析層間結構模式

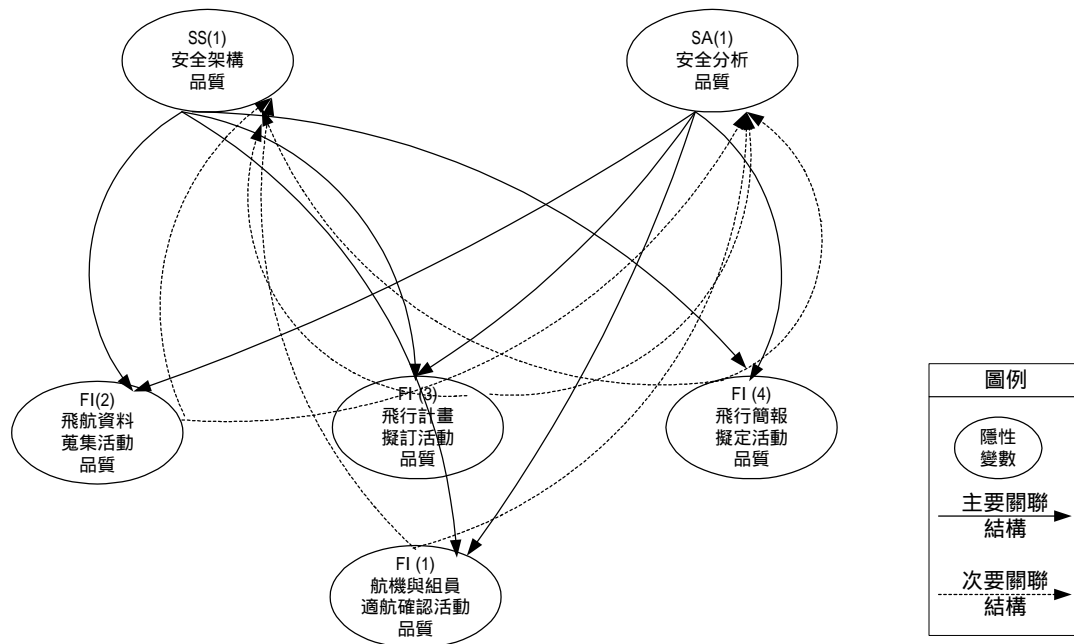


圖 5.15 安全架構及分析層與線上活動層間結構模式

5.7.3 完整結構模式

整合圖 5.10 至圖 5.15 之層級與層間關係結構，則完整之飛安分析系統結構模式即如圖 5.16 所示。如此，運用結構化方程之構建步驟，結合系統解構之概念，由線上活動著手，依序串連組織之安全計畫、安全分析與安全架構，並由運作機制與互動關係適切區別結構模式之主要關聯與次要關聯，邏輯性推論因子間互動關係與系統性串連層級結構，不僅能充分反映安全管理之理念與管理系統之全貌，有助了解與掌握安全系統之管理機制，亦可使飛安管理系統之模式構建方式更為嚴謹且有效。

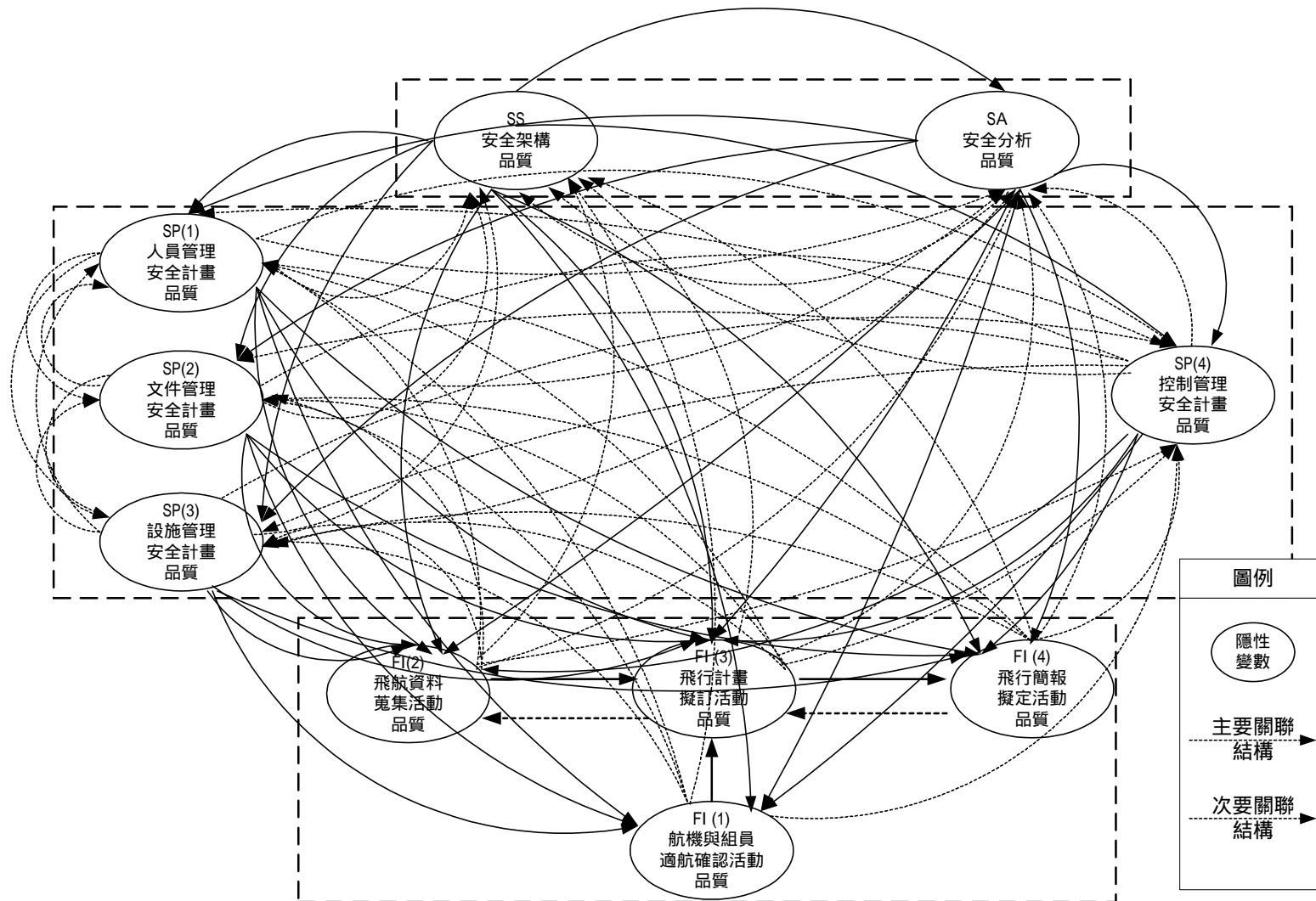


圖 5.16 飛航資訊活動之飛安管理系统結構模式架構

第六章 分析模式之指標

本章將依據第三章飛安管理運作之機制與第四章系統分析模式之理論，進一步探討與歸納影響飛安管理系統運作成效之因素，並且針對各項因素擬定安全品質之衡量指標，以作為診斷航空公司安全健康之依據及尋找可能潛在危險之指標，並建立適切之飛安系統衡量模式架構。

6.1 觀測因子之探討

以下針對飛安管理之核心層面——線上活動、管理活動/安全機制、風險分析/安全架構，按圖 4.4 之指標層級架構，由安全設計與安全執行兩構面，依序探討影響航空公司飛安管理成效之因素，以掌握評量航空公司飛安體質之關鍵。

6.1.1 安全設計

根據文獻之綜整，為讓各項活動或計畫得以順暢運作並達到安全運作之目標，影響安全設計良莠之因素可歸納為五項——系統功能、系統組件、系統程序、系統監控與系統界面，分別探討如下：

一、系統功能

系統功能為各項活動或計畫之設置目的與機能，而具體之功能內涵應包括目標、政策與範疇等三項，分述如下：

(一) 目標

由圖 4.1 可知，飛安願景為航空公司努力之方向，唯有明確訂定合理之飛安目標，並獲得所有人員之認同，如此方能具體凝聚全公司對於飛安之向心力。因此，不論線上活動、安全計畫、安全分析或安全架構，其首要關鍵應適切擬定符合需要且合理之目標，作為凝聚飛安共識與串聯飛安環節，以及評量飛安品質之依據與檢核飛安改善之方向。以往飛安管理常存在著以零失事與零錯誤為目標之觀念，然而以科學的角度來看，除非飛機不飛或航空公司不經營，否則只要班機繼續飛行與日常工作繼續執行，就會存有失事與錯誤發生的可能性，所以那樣的目標並不具任何意義，也難以實際達成。

(二) 政策

政策為組織達成目標之具體承諾，亦為作業運作之規範。唯有將安全目標與使命明確宣示於各項安全政策之中，由具體之施行方法加以貫徹，作為系統組件、系統程序、系統監督與系統界面建置之依據，充分發揮安全設計之功能與成效。

(三) 範疇

航空公司接著依據設定之目標與政策，針對所有可能發生飛安潛在危險之活動，如飛航運作之人員派遣、航班排程、飛航簽派、飛航操作、飛航守視與地勤作業等活動，航機維護之排程、檢測、維護與測試等活動，飛行、客艙、簽派、航情守視、裝載、機械、維修、檢驗機師、訓練教師等人員之資格認證、技能訓練與能力考驗等活動，系統性設定安全管理計畫，以及全面性規劃風險分析機制。例如，航空公司為確保飛行員飛行作業之安全品質，在機艙內運用 FOQA 系統記錄與監督飛行員航機操作行為、在地面模擬機中施行年度駕駛複訓、設立通報系統與內部評估系統蒐集各項疏失資訊與追蹤改善績效等。

此外，對各項安全作業或安全計畫而言，可能因作業活動銜接或機制建置先後，而出現權責範疇交相涵蓋之現象。一般而言，此種現象皆因於確保飛航安全之功能強化或整合，然若為相同目的之重複措施，則為安全系統不夠周延與資源未統籌運用之表徵，應加以注意。

二、系統組件

系統組件為執行各項計畫/活動之必要要件，而完整之組件應包括組織、文件與設施等三項要素，其內涵分述如下：

(一) 組織

組織是飛安管理系統中達到目標、確保品質與執行作業之關鍵元件，公司應針對每一作業活動或安全計畫皆應派有明確、合格且具能力之主管負責其運作之品質，並充分授權監控與修正此一活動或計畫，而且各項業務與執掌皆派有專業且充分訓練之人員予以負責，其對於自身所負職責與工作內容亦充分了解。此外，除應具備充分與專業之人力執行各項作業外，更應設計良好之組織架構作為人員分工與合作之基礎，充分發揮團隊之效能。因此，是否建置適切且合理之組織架構並配置充足之人力，而且所有人員是否具備應有之專業證照，或是接受充足之訓練與適切之考核，則為飛安管理之重要影響因素。

ATOS 系統之空運業者評量工具(Air Carrier Assessment Tool, ACAT) [FAA, 2004]認為人員穩定度愈高，則越能充分發揮安全管理之效能。當人員變動的階層愈高，對其下負責部門的營運管理影響愈大；反之，若為線上運作之技術人員變動，影響範圍可縮小至其負責之工作。此外，人員變動之幅度同樣會影響飛航安全，尤其規模較小的公司，資源較無法負荷大幅變動，對飛安的影響較大。另外，當人員變動乃基於公司生命週期型態，則可視為正常之變動；然而，若此變動為原有人員績效不良或其他問題，則應深入探討其原因。此外，分派不足之人力執行過重的業務負擔，將造成人員工作之壓力，容易導致情緒煩躁、精神渙散之負面效應，使得人員工作表現不彰；因此，人員工作之負荷，亦應為安全管理之重要影響因素。

(二) 文件

文件泛指所有之表格、手冊、紀錄或資訊，以及航機製造商所發佈之適航指令與主管機關發佈之安全通知等。由於民航事業之專業性與複雜性，以及對於安全之高度要求，完善之文件能強化整體流程運作嚴謹、提升人員工作效率與效能，確保符合安全規範限制，以及記錄與保存各項作業之資料，以供整體系統績效或問題之分析與檢討。因此，公司應妥善提供相關文件，不僅內容需正確、完整與清晰，而且應擺放於適切且方便使用位置，並即時更新相關內容與資訊；此外，由於時代的進步，電子化資料與網路通訊技術為航空公司廣為使用，所以資訊之保安性(Security)成為另一重要課題[FAA, 2000]。

(三) 設施

人員與文件為流程運作之必要軟體，設施則為硬體，航空公司應配合作業活動與安全計畫之所需，充分供應各項器具與設備，以及合宜之工作場所。以往設施為作業資料與紀錄儲存之裝置，或是人員執行作業之機具與場所；然而，隨著資訊科技之進步，其扮演之角色越形重要；諸如用於人員訓練計畫之模擬機、飛航作業品質確保(Flight Operation Quality Assurance, FOQA)之飛行紀錄器與分析系統等。因此，對各項安全機制而言，是否具備充足且適宜之設施，支援與協助各項活動與計畫之有效運作，則為重要之影響因素。

三、系統程序

系統程序為安全機制運作之方法，不僅為各項系統組件整合之基礎，亦為各項作業聯繫與傳輸之媒介。因此，除了具備完整之系統組件，為了讓各項組件發揮功能，發揮活動或計畫之功能，確保作業之安全，則必須具備嚴謹之系統程序。良好系統程序之要件應具備適切之明確且標準之作業程序，規範作業執行之步驟與方式，且為相關人員所熟悉，以使安全機制得以順暢運作，而且系統程序必須合於法令之規範與安全操作之要求。此外，為確保系統程序之落實，所有作業過程應妥善予以文件化，以利作業命令與資訊正確傳遞，以及作業紀錄之詳實記載。

四、系統監控

為確保自身所提供之飛航服務符合民眾對安全之期盼，並監控運作之效率且減少運作疏失之發生，航空公司應針對各項作業活動與安全計畫設計監督控制之機制。依據圖 4.2 之飛安組織層級架構與圖 4.3 之飛安管理運作架構而言，系統監控之對象有二，一為針對自身活動或計畫執行品質之安全執行，一為下層活動或計畫之持續性安全提升。系統監控之良莠取決於下列要件：

(一) 環節確認

公司應藉由系統性推論，確認各項可能導致事件發生之危險因子，並將各項安全預防機制融入營運管理與工作流程之中，預防活動或計畫中關鍵環節發生疏失，而且設立嚴謹之審核機制與訂定明確之審核標準，以減少誤失與錯誤之發生。

(二) 資訊偵測

資料蒐集的目的為掌握主要關鍵指標之變動，監督與控制危險發生之資訊來源，以及風險管理追蹤、控管與檢討之依據，所以為維繫風險管理正常運作與發揮各項飛安管理措施之功能，持續不斷且廣泛地蒐集各項飛安資訊，便成為一項不可或缺之工作。因此，嚴謹之系統監控應針對全面性確認飛安關鍵環節，透過調查、查核或觀察等方式，蒐集各項正確運作資訊，做為決策人員進行控管之參考依據。

(三) 績效評量

公司應建立作業活動或安全計畫運作效率或安全品質之監控指標，透過蒐集資料之妥善彙整，透過統計方法或分析工具推論與估算運作效率與安全品質之績效數值，評估與掌握活動或計畫之運作狀況，發掘問題發生之根本原因。因此，嚴謹之分析方式應擬有適切之飛安評量指標，以及運用適宜之系統分析工具，以協助分析人員確實了解與掌握系統運作狀況而發掘問題之根源，為績效評量之關鍵因素。

(四) 決策準則

依據評量分析之結果，評判各危險因子之威脅程度，決定各項危險改善與資源使用之優先順序，進而研擬改善計劃。此部分之關鍵因素便為設定合理之危害程度評判準則。例如依據飛機原廠之設計，引擎熄火之標準為 0.2 次/每千小時，則航空公司可設定低於原廠標準之數值為門檻，以作為立即實行全面檢討與改善工作之警示依據；然而，設定過於嚴苛之門檻值將可能造成錯誤警訊的時常發生及系統檢討之負擔，而過於寬鬆之門檻值則喪失系統警訊與預防事件之功能，所以航空公司如何透過系統性方式訂定合理之決策準則即為關鍵。

五、系統界面

依據先前之飛安管理架構與運作活動解構，作業活動或安全計畫間互動界面有二，一為同一層面裡活動或計畫間之流程運作，一為不同層面間之監控與回饋。不論活動間或層面間之互動關係，除了非實體的資料傳輸、命令傳達、意見溝通等，尚有實體的文件傳遞、物料配送、組員移動等，而能否順暢銜接實則影響整體系統運作之成敗。若各活動間運作功能之劃分與工作傳遞之銜接皆清楚明確，則有利各單位遵循，防止發生活動間之誤解與疏失，避免危及航空公司之飛安績效；活動間傳遞之實體或非

實體物件，若確實建立上游活動核可與下游活動確認之互動機制，則可避免不合安全品質之物件通過，造成飛安之實質危害。

溝通係指透過文件、簡報、工作紀錄與通報系統等訊息傳遞方式，進而聯繫與協調各層面因素以達成飛安目標，所以不論 Zohar(1980)，Cohen 與 Cleveland(1983)，Pidgeon(1991)，以及 Turner(1991)等人對於安全風氣(safety climate)與安全文化(safety culture)之研究皆認為，良好的溝通為飛安理念能否傳達與政策能否貫徹之關鍵。此外，能建立非懲罰與評斷之溝通機制，鼓勵工作人員分享工作資訊與心得，則在飛安危險防制之功能上，便能有事半功倍之效果。

人與人之間的平順和諧關係為航空公司穩定營運之基石，當管理人員與基層人員，或是勞方與資方之觀點出現爭執與衝突時，將直接造成公司內部工作士氣的下降，如此不僅使得各項作業無法順利運作，更甚者將衝擊飛安運作的品質，尤其是大規模抗爭與罷工事件發生時，上述狀況將更為嚴重。換言之，具備良好的互信與合作關係，則對於航空公司之運作與安全有顯著之助益。

6.1.2 安全執行

依據圖 4.4 之飛安指標架構，安全執行之目的，便是依循既定之安全設計，發揮各計畫/活動之功效。因此，以下針對安全設計之要件——系統功能、系統組件、系統程序、系統監控與系統界面，一一探討其相映之安全執行要件，亦即各項活動/計畫運作良好之表徵：

一、系統功能

對於系統功能而言，其運作良好之表徵即該項活動或計畫所轄範疇內之作業，確實執行且遵守公司之政策規範，並達成既定之目標。

二、系統組件

對於系統組件而言，其運作良好之表徵即組織、文件與設施是否適宜、充足且正常運作，分述如下：

(一) 組織

活動或計畫內人員按執掌分配執行所負任務，而且相互協調合作且工作氣氛良好，而且表現出專業能力且純熟技術。

(二) 文件

各項操作手冊、作業表單與相關資訊應準備充足且放置於規定處所，對於文件之使用確實列管。

(三) 設施

各項設施符合效期規定且運作狀況良好，而且人員作業場所之空間與光線皆舒適合宜。

三、系統程序

對於系統程序而言，其運作良好之表徵即各項流程能按既定之程序進行並確實記載與保存各項作業紀錄，且各項作業品質均符合法令或公司規定之標準。

四、系統監控

系統監控確實施行，其運作良好之表徵即各關鍵環節皆能確實監督且持續偵測，按照績效評量步驟謹慎推論與估算運作效率與安全品質之績效數值，而且各項分析之結果能即時且確切回報，針對所發掘問題之根本原因立即研擬修正指令或改善計劃，確實實行且持續追蹤。

五、系統界面

系統監控確實施行，其運作良好之表徵即活動間或層面間確實施行確認機制傳遞實體或非實體物件，而且彼此間溝通狀況和諧。

6.1.3 影響因素

透過上述對於安全設計與安全執行之探討，每一作業活動或安全計畫之動態與靜態因素，其對飛安管理系統之可能影響原因與方式皆已清楚了解與掌握。因此，將上述影響因素與評量要點彙整於表 6.1 與表 6.2，以作為後續研擬評量指標之依據。

表 6.1 安全設計影響因素

影響因素		評量要點
系統功能	目標	敘述明確性、目標認同性
	政策	敘述明確性、政策認同性
	範疇	範圍周延性、職掌整合性
系統組件	組織	結構完整性、人員專業性、人力穩定性、工作負荷性
	文件	種類完整性、版本時效性、分配充足性、保存安全性、取得方便性
	設施	功能適宜性、裝備充足性、場所合宜性
系統程序		程序齊備性、程序明確性、程序順暢性
系統監控	環節確認	確認系統性、審核嚴謹性
	資訊偵測	方法合宜性、項目完整性、資料正確性
	績效評量	分析嚴謹性、指標適切性、報告詳實性
	決策準則	決策嚴謹性、準則合理性、計劃具體性
系統界面		關係明確性、溝通開放性、互動協調性

表 6.2 安全執行影響因素

影響因素		評量要點
系統功能	目標	目標達成性
	政策	政策遵守性
	範疇	範疇落實性
系統組件	組織	合作協調性、能力專業性、技術純熟性
	文件	文件使用性
	設施	運作正常性
系統程序		步驟遵守性、標準符合性
系統監控	環節確認	監督確實性、機制融合性
	資訊偵測	偵測持續性
	績效評量	評量確實性
	決策準則	決策落實性
系統界面		銜接順暢性、溝通確實性

6.2 觀測資料之型態

航空公司內部或外部之飛安資訊來源與管道相當多，但就決策分析之角度而言，越能掌握完整之資訊，則越能發掘問題之根源並做出嚴謹之判斷，所以唯有適切地整合各項可用的飛安資訊，方能確實發揮資訊之效益。因此，將以主動式飛安資訊為主、被動式為輔，並加以充分整合，針對各航空公司飛安績效影響因素，由紀錄(Record)、觀察(Observation)與訪查(Survey)等三種資料來源，研擬公正、客觀且能夠適切反應其安全品質之指標，以作為系統運作績效之評量依據及尋找可能潛在危險之先驅指標(precursor)，達到深入且適切診斷系統安全健康之目的。

一、紀錄

Patton(1981)認為在現今的社會體制下，各項計畫(program)的運作均伴隨大量的文件(paper)可供評估者作為評量之依據，以用以增加對計畫之了解與知識。而航空公司，更因民航主管機關與航空公司自身對於安全的嚴格要求，各項機制運作之相關文件比其他產業更為完備，例如飛航活動相關之飛行計畫、載重平衡表與飛行資料紀錄，人員支援活動相關之甄選、訓練與考核紀錄，或是相關作業手冊與標準程序等等，皆為評量航空公司飛安績效之重要參考依據與資訊來源。一般而言，紀錄性資訊為屬量化或敘述性資料，而非質化或評斷性，所以較為客觀且易於整理與分析，適合用於全面性安全系統之探討與比較；不過，紀錄性資訊不一定僅指記載於紙張上之訊息，以廣泛之角度來說，FOQA 之電子式飛航紀錄資料亦包含在內。

二、觀察

觀察性資訊，主要係藉由受過安全查核或督導訓練之人員，透過其深入之檢查與專業之判斷，評斷各飛安系統環節之良莠，以發掘潛藏於系統內部之危險因素，例如 LOSA 之航空公司內部自我督察機制，以及 ATOS 之主管機關查核機制。此種方式之優點在於，觀察者藉由人員執行作業時之行為表現，以及作業狀況之表徵，深入系統各層面，確實了解各系統環節之特性，有助於深入了解問題之真相；此種資訊雖然較紀錄性資訊來得花費時間與經費，不過由於較能適切反映公司內部運作之實際狀況，所以亦為一般航空公司與民航主管機關所採用。

三、訪查

全面品質管理認為員工為服務品質之內部顧客，唯有滿足員工之需求，方能有高品質的服務產生，而且由於員工實際參與各項作業，對於系統之缺陷與問題最為瞭解；因此，訪查資訊之目的，主要為深入了解航空公司內部主管或員工之主觀感受，由工作執行人員之角度反應各系統環節之運作概況，尤其是對於一些無法直接透過紀錄與觀察而得知之無形因素，如溝通協調狀況與組織文化良窳等等。此一資訊之性質雖然較為主觀與質化，不容易作為全面性飛安系統績效之分析依據，不過由於此種資訊可較紀錄性與觀察性資訊更能深入了解航空公司飛安系統內部之潛藏屬性。

紀錄、觀察與調查資訊之特性可歸納如圖 6.1 所示，基於此三種資訊間互補與不可或缺之特性，本研究將以此三類資訊之角度，依據安全設計與安全執行之影響因素，針對線上活動、管理活動、安全計畫、風險分析、安全架構等構面，研擬適切之飛安評量指標。

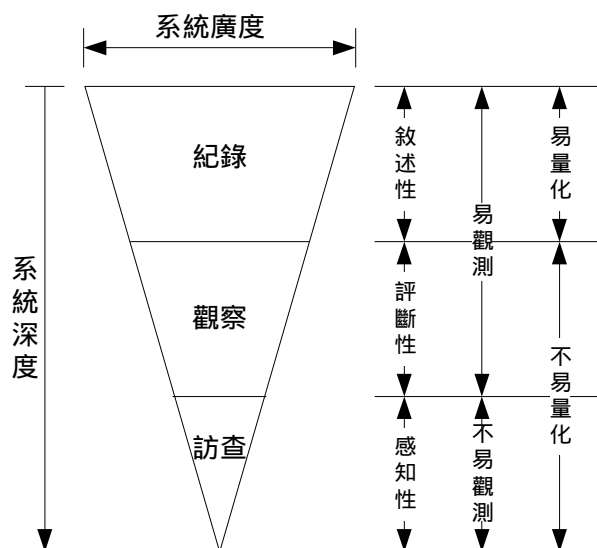


圖 6.1 紀錄、觀察與訪查資訊之特性

6.3 觀測因子之指標

依據第三章飛安管理機制與運作方式之探討，線上活動、安全計畫、安全分析與安全架構，其主要差異在於所在系統層級與系統功能不同。雖然，層級與功能之差異，使得飛安管理系統各構面之組件、程序、監控與界面等系統因素有所差異，不過其因素本質仍然一致。因此，以下依據紀錄、觀察與訪查等飛安資訊之特性，參考 GAIN (2000)、FAA (2004)、Chang 與 Yeh (2004)、飛行安全基金會 (民 86)、馮正民等 (民 87)、汪進財等 (民 88)、鍾易詩 (民 89)、汪進財與葉文健 (民 91)、交通部民用航空局 (民 91)、張有恆與李文魁 (民 91)、林盈合 (民 92)、張有恆與李昭蒂 (民 93) 等飛安指標相關文獻，分別研擬安全設計 (表 6.3 至表 6.7) 與安全執行評量指標架構之範本 (表 6.8 至表 6.12)，以作為擬訂各飛安管理系統構面具體評量指標之依據。

表 6.3 安全設計評量之指標架構—系統功能

影響因素		紀錄	觀察	訪查
系統功能	目標	<u>敘述明確性</u> <u>目標認同性</u>	<u>敘述明確性</u> 活動目標/計畫目的/安全使命是否明列於書面？ 是否確實宣示與傳達？ <u>目標認同性</u>	<u>敘述明確性</u> 是否清楚了解活動目標/計畫目的/安全使命？ 是否符合公司安全願景？ <u>目標認同性</u> 是否合理且可確實達成？ 是否樂於努力貫徹？
	政策	<u>敘述明確性</u> <u>措施具體性</u> <u>政策認同性</u>	<u>敘述明確性</u> 各項安全政策是否明列於書面？ 是否確實宣示與傳達？ 政策措施是否明確？ 施行時程是否明確？ <u>政策認同性</u>	<u>敘述明確性</u> 各項安全政策內涵是否清楚了解？ 是否符合公司安全使命？ <u>政策認同性</u> 政策措施是否合理且可確實落實？ 是否有助達成目標？ 是否樂於努力貫徹？
	範疇	<u>範圍周延性</u> <u>執掌整合性</u>	<u>範圍周延性</u> 安全管理範疇是否包含所有工作事項/線上活動/安全計畫？ 各項工作內容是否敘述明確？ <u>執掌整合性</u> 各項工作內容是否明訂？	<u>範圍周延性</u> 所有安全範疇是否充分涵蓋？ <u>執掌整合性</u> 各項工作內容是否運作獨立？不重複？

表 6.4 安全設計評量之指標架構—系統組件

影響因素		紀錄	觀察	訪查
系統組件	組織	<u>結構完整性</u> <u>人員專業性</u> 平均受訓時數 平均工作經驗 證照持有比率 <u>人員穩定性</u> 公司基層/管理人員流動率 活動/計畫內人員流動率 公司基層/管理人員調動頻次 活動/計畫內人員調動頻次 <u>工作負荷性</u> 活動/計畫內人員平均工作件數 活動/計畫內人員平均加班時數	<u>結構完整性</u> 活動/計畫是否派有專職主管？ 每一工作權責是否明訂？ 各項職責是否派有專人負責？ <u>人員專業性</u> 是否持有核可證照？ 是否定期接受技能考核？ 是否定期接受規定訓練？ <u>人員穩定性</u> 是否具有人員調動計畫？ 是否異動穩定？ <u>工作負荷性</u>	<u>結構完整性</u> 工作權責分派是否明確？ 是否了解自身權責？ 是否獲得充分授權？ <u>人員專業性</u> 訓練充足獲得？ 作業認知清楚？ 能力足以勝任？ <u>人員穩定性</u> 人員調動是否計畫性進行？ 是否優先拔擢內部人員？ 是否重視資深人員？ 工作承接是否順暢？ <u>工作負荷性</u> 工作份量適宜？
	文件	<u>種類完整性</u> <u>版本時效性</u> 各項文件分配率 <u>保存安全性</u> <u>取得方便性</u>	<u>種類完整性</u> 工作所需文件是否具備？ 是否通過核可認證？ <u>版本時效性</u> 文件版次是否一致？ 使用效期是否符合？ 更新內容是否通知？ <u>分配充足性</u> 是否符合法定規範數量？ <u>保存安全性</u> 文件使用規範是否明訂？ <u>取得方便性</u> 各項文件放置處所是否規定？	<u>種類完整性</u> 文件內容是否清晰易懂？ 有助工作執行？ <u>版本時效性</u> 文件內容是否包含最新資訊？ 更新內容是否確實了解？ <u>分配充足性</u> 文件分發是否立即迅速？ 數量是否充足？ 是否具有備用文件？ <u>保存安全性</u> 使用文件是否謹慎保管？ <u>取得方便性</u> 各項文件是否方便取用與查詢？
	設施	<u>功能適宜性</u> <u>裝備充足性</u> 各項裝備分配率 <u>場所合宜性</u> 平均空間坪數 光線燭光亮度 空調裝設比率	<u>功能適宜性</u> 工作所需設施是否具備？ 是否通過核可認證？ 使用效期是否符合？ <u>裝備充足性</u> 是否符合法定規範數量？ <u>場所合宜性</u> 工作空間是否寬敞、光線是否明亮足夠工作執行？	<u>功能適宜性</u> 各項設施功能是否清楚了解？ 是否功能介面清晰？ 是否有助工作執行？ 是否熟悉其操作方式？ <u>裝備充足性</u> 設施檢修是否立即迅速？ 數量是否充足？ 是否具有備用設施？ <u>場所合宜性</u> 工作環境是否舒適合宜？

表 6.5 安全設計評量之指標架構—系統程序

	紀錄	觀察	訪查
系統程序	<u>程序齊備性</u> <u>程序明確性</u> <u>程序順暢性</u>	<u>程序齊備性</u> 所有線上活動/安全計畫/安全分析等相關作業是否備有標準作業程序？ <u>程序明確性</u> 線上活動/安全計畫/安全分析等相關作業之執行步驟、方法與標準是否明列於書面？ 是否通過核可認證？ 是否確實告知與講授？ <u>程序順暢性</u> 執行過程是否文件化？	<u>程序齊備性</u> 標準作業程序是否充分涵蓋自身作業執掌？ <u>程序明確性</u> 標準作業程序是否確實了解？ 執行步驟是否簡捷易懂？ 執行方式是否清楚明確？ 執行標準是否有助安全確保？ <u>程序順暢性</u> 書面作業是否簡便？ 運作流程是否順暢？ 工作接續是否清楚？

表 6.6 安全設計評量之指標架構—系統監控

	紀錄	觀察	訪查
系統監控	<u>確認系統性</u> <u>審核嚴謹性</u>	<u>確認系統性</u> 系統監控方式是否明訂？ 是否包含所轄作業項目/線上活動/安全計畫之關鍵環節？ 是否敘述清楚可能影響？ <u>審核嚴謹性</u> 審核方式是否謹慎？ 審核機制是否明訂？	<u>確認系統性</u> 系統監控方式是否了解？ 關鍵環節是否掌握？ 影響原因是否理解？ <u>審核嚴謹性</u> 審核方式是否謹慎？ 審核標準是否明確？
	<u>方法合宜性</u> <u>內容完整性</u> 資訊保存年數 <u>資料正確性</u>	<u>方法合宜性</u> 蒐集方式是否明訂？ 資訊是否符合時效？ 資料庫是否建置？ <u>內容完整性</u> 包括靜態安全設計資料？ 包括動態安全執行資料？ 作業紀錄是否保存？ <u>資料正確性</u> 資訊取得管道是否正式？ 資訊確認機制是否明訂？	<u>方法合宜性</u> 蒐集方式是否主動積極？ 是否符合不同資訊特性？ <u>內容完整性</u> 資訊項目是否完整齊備？ 作業紀錄是否妥善彙整？ <u>資料正確性</u> 資訊內容是否詳實可信？
	<u>分析嚴謹性</u> <u>指標適切性</u> <u>報告詳實性</u> 分析報告保存年數	<u>分析嚴謹性</u> 評量方法是否明訂？ <u>指標適切性</u> 評量指標是否明訂？ <u>報告詳實性</u> 分析報告是否明訂格式？ 通報機制是否明訂？ 保存機制是否明訂？	<u>分析嚴謹性</u> 評量方法是否充分了解？ 是否理性客觀？ 評量意見是否充分討論？ <u>指標適切性</u> 評量指標是否清楚合理？ 是否可有效評斷安全程度？ <u>報告詳實性</u> 分析敘述是否簡明易懂？ 分析報告是否獲得重視？
	<u>決策嚴謹性</u> <u>準則合理性</u> <u>計劃具體性</u> 修正/改善計劃保存年數	<u>決策嚴謹性</u> 決策方法是否明訂？ <u>準則合理性</u> 決策準則是否明訂？ <u>計劃具體性</u> 修正/改善計劃是否明訂格式？ 是否明訂保存機制？	<u>決策嚴謹性</u> 決策方法是否充分了解？ 是否理性客觀？ 決策意見是否充分討論？ <u>準則合理性</u> 決策準則是否清楚合理？ 是否可有效警示危險程度？ <u>計劃具體性</u> 修正/改善計劃內容是否清楚？ 修正/改善計劃是否獲得重視？ 問題根源是否有效修正/改善？

表 6.7 安全設計評量之指標架構—系統界面

	紀錄	觀察	訪查
系統界面	<u>關係明確性</u> <u>溝通開放性</u> 飛安意見提出率 飛安建言獎勵率 飛安事件通報率 <u>互動協調性</u>	<u>關係明確性</u> 活動/計畫間功能是否明確劃分？ 傳遞流程是否明確訂定？ 審核標準是否明確制訂？ <u>溝通開放性</u> 活動/計畫間溝通管道是否具備？ 飛安意見溝通機制是否建立？ 溝通管道是否正式？ 是否訂有獎勵制度？ 事件通報是否訂有免責保護？ <u>互動協調性</u> 飛安檢討會議是否為定期舉辦？ 參與人員是否應包括部門主管？ 檢討結果是否必須向高層報告？ 飛安資訊是否設有分享管道？ 飛安刊物是否制訂？ 飛安審議委員會是否成立？ 員工工會是否成立？ 外在安全檢查資源是否運用？	<u>關係明確性</u> 活動/計畫間傳遞規範是否了解？ 作業傳遞是否順利執行？ 審核標準是否合宜？ <u>溝通開放性</u> 飛安通報管道是否通暢易用？ 飛安意見是否願意主動提出？ 反映意見是否獲得充分重視？ 獎勵制度是否確實施行？ 飛安疏失是否願意主動提報？ 事件通報是否相信免責？ <u>互動協調性</u> 飛安檢討會議是否獲得高層重視？ 溝通氣氛是否融洽？ 飛安資訊是否充分獲得？ 飛安資訊是否願意主動分享？ 飛安知識是否持續累積？ 審議會是否公正？ 工會意見是否獲得重視？ 國際飛安會議是否積極參與？ 航空公司間安全合作是否重視？

表 6.8 安全執行評量之指標架構—系統功能

	紀錄	觀察	調查
系統功能	<u>目標達成性</u> 活動目標/計畫目的/安全使命達成率	<u>目標達成性</u> 活動目標/計畫目的/安全使命是否確實達成？	<u>目標達成性</u>
	<u>政策遵守性</u> 違反政策率	<u>政策遵守性</u> 安全政策確實遵守？	<u>政策遵守性</u>
	<u>範疇落實性</u> 作業/活動/計畫間衝突率	<u>範疇落實性</u> 作業/活動/計畫是否確實運作？	<u>範疇落實性</u>

表 6.9 安全執行評量之指標架構—系統組件

		紀錄	觀察	訪查
系統組件	組織	<u>合作協調性</u> 爭執發生率 <u>能力專業性</u> 能力疏失發生率 <u>技術純熟性</u> 技術疏失發生率	<u>合作協調性</u> 工作氣氛是否良好？ 同事相處是否融洽？ <u>能力專業性</u> 工作能力是否專業？ <u>技術純熟性</u> 作業技術是否純熟？	<u>合作協調性</u> <u>能力專業性</u> <u>技術純熟性</u>
	文件	<u>文件使用性</u> 文件缺少發生率 內容缺漏發生率 文件違規使用率	<u>文件使用性</u> 文件是否放置於規定處所？ 文件取用是否確實列管？	
	設施	<u>運作正常性</u> 設施故障率	<u>運作正常性</u> 各項設施是否正常運作？	<u>運作正常性</u>

表 6.10 安全執行評量之指標架構—系統程序

	紀錄	觀察	訪查
系統程序	<u>步驟遵守性</u> 步驟違反率 工作紀錄缺漏率 <u>標準符合性</u> 標準違反次率	<u>步驟遵守性</u> 線上活動/安全計畫/安全分析等相關 作業是否依據步驟執行？ 是否確實填寫表單？ <u>標準符合性</u> 是否符合制訂標準？	<u>步驟遵守性</u> <u>標準符合性</u>

表 6.11 安全執行評量之指標架構—系統監控

		紀錄	觀察	訪查
系統監控	環節確認	<u>監督確實性</u> <u>機制融合性</u>	<u>監督確實性</u> 確實檢核活動品質？ <u>機制融合性</u> 不妨礙活動執行？	<u>監督確實性</u> <u>機制融合性</u>
	資訊偵測	<u>偵測持續性</u> 資料增加率 資訊錯誤率	<u>偵測持續性</u> 確實蒐集相關資訊？ 確實審核資訊內容？	<u>偵測持續性</u>
	績效評量	<u>評量確實性</u> 分析報告率	<u>評量確實性</u> 評量方法是否確實依循？ 分析報告是否確實撰寫？ 是否依規定通報？ 是否依規定保存？ 評量報告是否確實通報？	<u>評量確實性</u>
	決策準則	<u>決策落實性</u> 修正/改善計劃率 計劃執行比率 績效提升率	<u>決策落實性</u> 決策方法是否確實依循？ 修正/改善計劃是否確實撰寫？ 是否立即施行？ 是否持續追蹤？ 紀錄是否保存？	<u>決策落實性</u>

表 6.12 安全執行評量之指標架構—系統界面

	紀錄	觀察	訪查
系統界面	銜接順暢性 活動/計畫間發生誤失次數 作業回絕次數？ 溝通確實性 飛安檢討會議舉辦頻次 參與部門數 出席成員人數 飛安刊物發行刊數 審議會議召開頻次 工會座談舉行頻次 國際性飛安會議參與頻次 飛安合作公司家數 飛安諮商經費	銜接順暢性 活動/計畫間傳遞是否遵照程序？ 是否依據功能劃分？ 是否符合作業標準？ 是否確實審核？ 溝通確實性 飛安會議是否如期舉辦？ 部門主管是否全員出席？ 檢討結果是否確實報告？ 飛安資訊是否確實分享？ 飛安刊物是否如期出版？ 審議會議是否正常召開？ 工會座談是否定期舉行？ 國際性飛安會議是否派人參與？ 與國際性安全組織是否聯繫？ 與其他航空公司是否合作？	銜接順暢性 溝通確實性

6.4 觀測資料之彙整

飛安觀測資料為模式參數估算與架構驗證之依據，然而各公司之飛安資料結構並不一致，所以模式驗證與參數校估之首要步驟便是妥善整合各項飛安資料。因此，航空公司必須依據圖 4.4 之飛安評量指標層級架構，以及表 6.1 及表 6.2 各層級之安全規劃面與安全控制面影響因素，整理與篩選既有飛安資料庫中各項紀錄、觀察與訪查性資料。

以「飛行計畫簡報」活動為例，說明指標彙整與計算之方式。各活動/計畫之安全設計面與安全執行面之系統功能、系統組件、系統程序、系統監控與系統界面等評量指標，可參考表 6.9 至表 6.12 而進一步擬定，如表 6.13 所示之安全控制面系統組件之評量指標，其各項影響因素之評點方式則分列於表 6.14 與表 6.15。相關計算方式說明如下：

一、評量指標評點方式

評量指標之目的在於反映安全影響要素之安全水準，然而各評量指標之準則與尺度不盡相同，所以必須經由指標評點之方式，單位化指標評量尺度與級距，並使各指標具有一致之評量意涵。以表 6.14 為例具體說明：於文件使用性評量中，紀錄性與觀察性評量指標之評量準則，前者為每年每千架次簽派之疏漏發生率，後者為每年每次督導之不合格率，兩者之評量準則與尺度並不相同，所以並無法比較其安全程度高低；即便皆屬於紀錄性指標，資料表單與相關手冊之疏漏發生比率，亦可能由於平均發生率之基準不同，而無法比較。因此，研究中依據各指標之特性予以調整與評點，如準則數值介於平均數值之正負 15% 區間內則視為「標準」且評點為 2，高於平均數值區間則視為「安全」且評點為 3，而低於平均數值區間則視為「不安全」且評點為 1。如此，各評量指標便能反映對等之安全程度，不僅有助指標評量意涵之判讀，亦有利於後續計算與評量各影響因素之安全績效。

表 6.13 安全執行評量之指標架構—系統組件範例

		紀錄	觀察	訪查
系統組件	組織	<u>合作協調性</u> 簡報飛行計畫時簽派員與飛行員間意見爭執發生率 <u>能力專業性</u> 簡報飛行計畫時因飛航知識不足而發生疏失之比率 <u>技術純熟性</u> 簡報飛行計畫時因表達能力不足而發生疏失之比率	<u>合作協調性</u> 簡報飛行計畫時氣氛是否良好？ 簽派員與飛行員相處是否融洽？ <u>能力專業性</u> 簽派員飛航相關知識是否充足？ <u>技術純熟性</u> 簽派員簡報技巧是否純熟且充分傳達飛行所需訊息？	<u>合作協調性</u> <u>能力專業性</u> <u>技術純熟性</u>
	文件	<u>文件使用性</u> 簡報飛行計畫時氣象、航路、裝載等資料表單發生內容缺漏或不符時效之比率 Jeppesen 航路手冊、最低裝備需求手冊、航機外型差異手冊、飛航操作手冊與簽派作業手冊查詢時發現內容缺漏或不符時效之比率	<u>文件使用性</u> 氣象、航路、裝載等資料表單是否放置於規定處所且確實列管？ Jeppesen 航路手冊、最低裝備需求手冊、航機外型差異手冊、飛航操作手冊與簽派作業手冊是否妥善備妥以備查詢？ 飛行計畫檢核表單是否按規定依序勾選確認？	<u>文件使用性</u>
	設施	<u>運作正常性</u> 簡報飛行計畫時簡報設施發生故障之比率	<u>運作正常性</u> 各項簡報相關設施是否正常運作？	<u>運作正常性</u>

二、影響因素評點方式

考量各指標對影響因素之影響程度與指標間相互關係，進一步整合上述單位化評量指標，以計算各影響因素之安全品質績效。若兩指標間具加成影響關係，則以相乘之方式予以整合，若為對等平行關係，則改以相加之方式；又若兩指標對因素之影響程度有所差異，則另外運用權重係數予以詮釋。

以表 6.15 為例具體說明：由於研究中視紀錄性資料與觀察性資料為對等關係，所以按兩類之指標平均得點為基準予以加總；如組織因素中，協調性安全得點之計算方式為紀錄性指標加上兩項觀察性指標之平均，而專業性安全得點之計算方式，由於紀錄性與觀察性資料各僅有一項指標，所以為兩者評量得點之相加。此外，於組織因素安全品質計算過程中，考量組織協調性為工作氣氛與人員合作之具體表現，可調和與減緩人員專業性與純熟性之不足，所以將組織協調性視為安全績效之加成影響效果，與人員專業性與純熟性兩者相乘，而人員專業性與純熟性為對等平行效果，則為相加之關係；又考量人員專業性對於安全水準之重要性優於人員之純熟性，所以另以 2：1 之權重關係予以強化。如此運用指標相乘、相加與賦予權重之方式，即可適切整合不同評量指標之重要性與關係性差異，獲致適切之總體性評量指標。

表 6.14 評量指標評點方式範例

		紀錄				得點	觀察				得點
		指標	準則	說明	評點方式		指標	準則	說明	評點方式	
組織	協調性	簽派員與飛行員間意見爭執發生率	爭執次數/千架次簽派-年	爭執率越低 安全性越高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(1)	簡報飛行計畫時氣氛是否良好？	不合格次數/ 督導次數-年	不合格率越 低安全性越 高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(2)
							簽派員與飛行員相處是否融洽？	不合格次數/ 督導次數-年	不合格率越 低安全性越 高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(3)
	專業性	飛航知識不足而發生疏失之比率	疏失次數/千架次簽派-年	疏失率越低 安全性越高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(4)	飛航相關知識是否充足？	不合格次數/ 督導次數-年	不合格率越 低安全性越 高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(5)
	純熟性	表達能力不足而發生疏失之比率	疏失次數/千架次簽派-年	疏失率越低 安全性越高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(6)	簡報技巧是否純熟且充分傳達飛行所需訊息？	不合格次數/ 督導次數-年	不合格率越 低安全性越 高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(7)
		指標	準則	說明	評點方式		指標	準則	說明	評點方式	
文件	使用性	相關資料表單發生內容缺漏或不符時效之比率	疏漏次數/千架次簽派-年	疏漏率越低 安全性越高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(1)	相關資料表單是否放置於規定處所且確實列管？	不合格次數/ 督導次數-年	不合格率越 低安全性越 高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(3)
		相關手冊查詢時發現內容缺漏或不符時效之比率	疏漏次數/千架次簽派-年	疏漏率越低 安全性越高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(2)	相關手冊是否妥善備妥以備查詢？	不合格次數/ 督導次數-年	不合格率越 低安全性越 高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(4)
							檢核表單是否按規定依序勾選確認？	不合格次數/ 督導次數-年	不合格率越 低安全性越 高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(5)
		指標	準則	說明	評點方式		指標	準則	說明	評點方式	
設施	正常性	簡報飛行計畫時簡報設施發生故障之比率	故障次數/千架次簽派-年	故障率越低 安全性越高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(1)	各項簡報相關設施是否正常運作？	不合格次數/ 督導次數-年	不合格率越 低安全性越 高	高於 +15% → 1 點 +15%~-15% → 2 點 低於 -15% → 3 點	(2)

表 6.15 影響因素評點方式範例

	安全得點計算公式	因素得點
組織	協調性： $(1)+[(2)+(3)]/2=(A)$ 專業性： $(4)+(5)=(B)$ 純熟性： $(6)+(7)=(C)$	$(A)*[2*(B)+(C)]$
文件	使用性： $[(1)+(2)]/2+[(3)+(4)+(5)]/3=(D)$	(D)
設施	正常性： $(1)+(2)=(E)$	(E)

6.5 衡量模式之架構

本章針對飛安管理之核心層面——線上活動、安全計畫、安全分析與安全架構，依序探討影響航空公司飛安管理成效之因素，並由安全設計與安全執行兩構面，以及系統功能、系統組件、系統程序、系統監控與系統界面等次構面，依紀錄、觀察與調查等不同飛安資料之屬性，研擬各項靜態設計與動態執行指標，以及指標評點與資料彙整之方式，確實反映航空公司飛安之真實體質。上述影響因素與指標架構，依據第四章系統分析模式之理論基礎可表示如圖 6.2，清楚呈現飛安系統中各項活動/計畫整體品質之衡量模式架構。

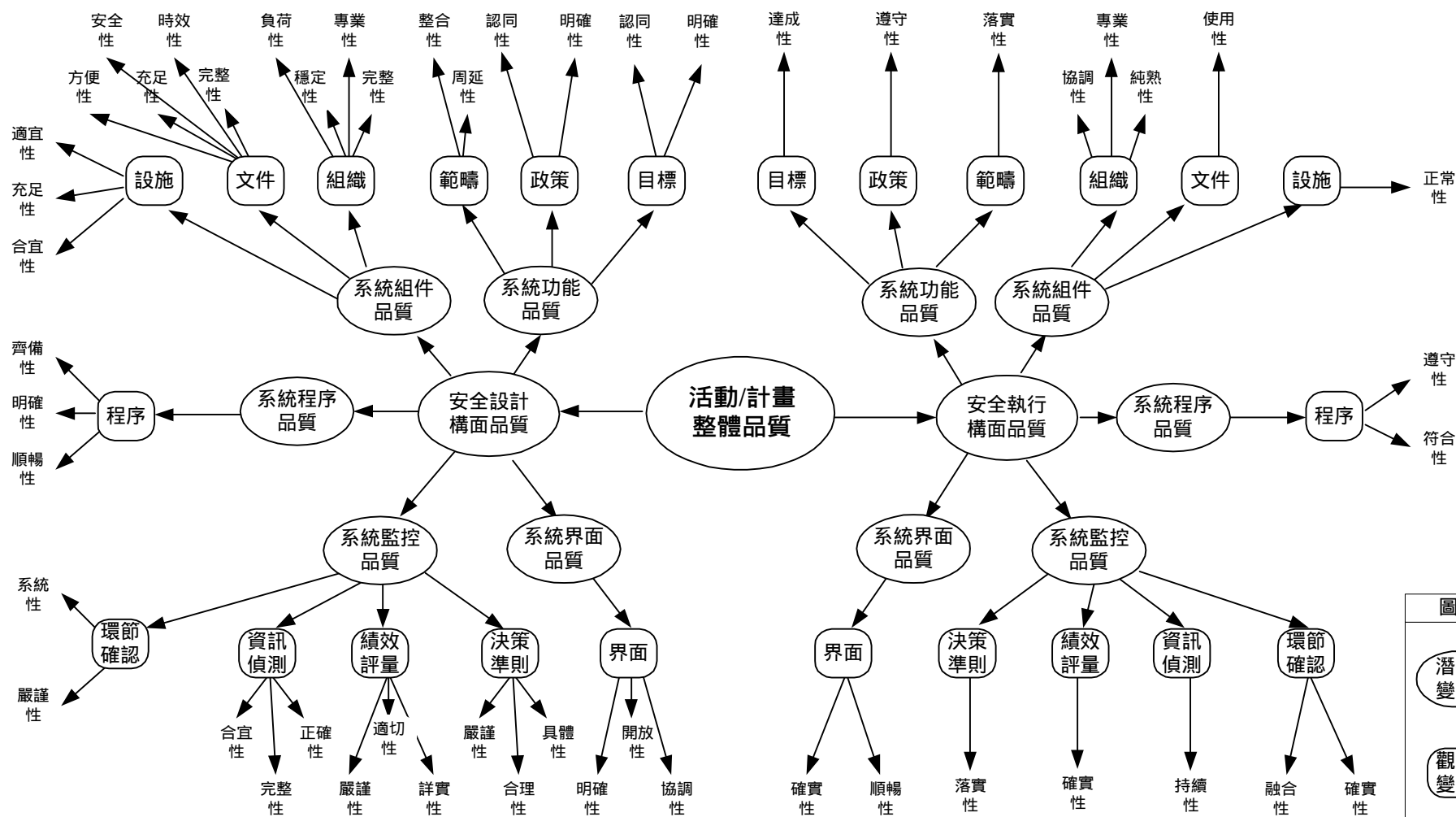


圖 6.2 飛航資訊活動之飛安管理系統衡量模式架構

第七章 分析模式之應用

為能具體呈現本研究所擬之飛安系統分析模式及其應用方式，本研究根據飛安管理系統層級與安全評量指標之架構，以假設性之線性參數替代實際衡量模式之因子負荷與結構模式之路徑關係，虛擬結構化方程模式案例；接著，依據數值解析概念，分析案例之觀測數值、因子分數、因子負荷與路徑關係等資訊，發掘與探討潛在根本問題之所在。最後，依據問題特性與系統層級關係，研擬改善計劃之方針與評估預期成效。

7.1 數值模式

國內各航空公司應體認飛航安全之重要性，合作發展先進之「航空公司系統安全分析模式」，以結構化方程模式作為系統性推論與分析之理論基礎，確實診斷航空公司自身飛安體質與探索潛在根本問題。

一、模式架構

如圖 7.1 所示，茲以飛航資訊相關活動——「航機與組員適航確認」、「飛航資料蒐集」、「飛行計畫擬定」與「飛行計畫簡報」，以及相關之組織面安全計畫、安全分析及安全架構等層面為本分析模式之應用範疇。經系統性推論與探討，其結構模式架構與衡量模式架構如圖 5.16 與圖 6.2 所示，而為能確實掌握變數間之影響及釐清模式之內涵，以及找尋滿足配適度檢測之最簡捷結構化方程模式，採用圖 7.2 所示之主要關聯路徑為起始結構模式架構，而各活動/計畫之衡量模式則採圖 7.3 所示之三階架構。

二、輸入資料

各航空公司應依據 6.4 小節所述之評量指標與影響因素評點方式，一一整理歷年飛安資料，則各計畫/活動之安全設計面與安全執行面中系統功能、系統組件、系統程序、系統監控與系統界面所內含之各項影響因素，其因素得點分數即可適切彙整如表 7.1 所示。此外，為使各影響因素得點反映一致之安全程度與評量意涵，以及有利於後續因子負荷與關係路徑參數之校估，各項原始數值經統計方式標準化後，其標準化觀測數值如表 7.2 所示，而觀測變數間之標準化變異與共變異矩陣亦可推算如表 7.3 所示。進一步，全面性整合各活動/計畫之標準化數值及其標準化變異與共變異矩陣，則全體變異與共變異矩陣可推算如表 7.4 所示，而此即模式中所有參數校估與架構驗證所需之資料。

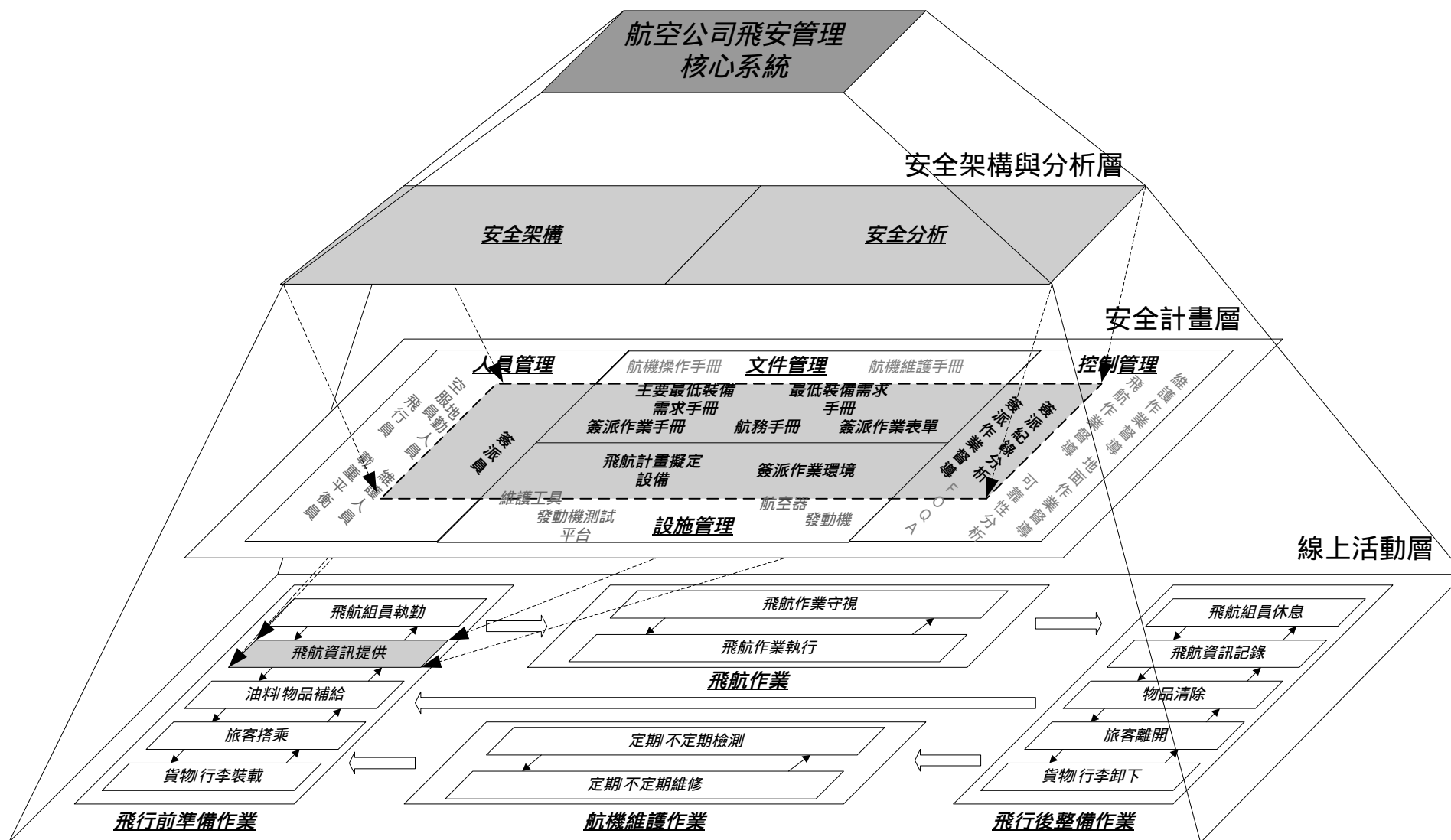


圖 7.1 系統安全分析模式之應用範疇

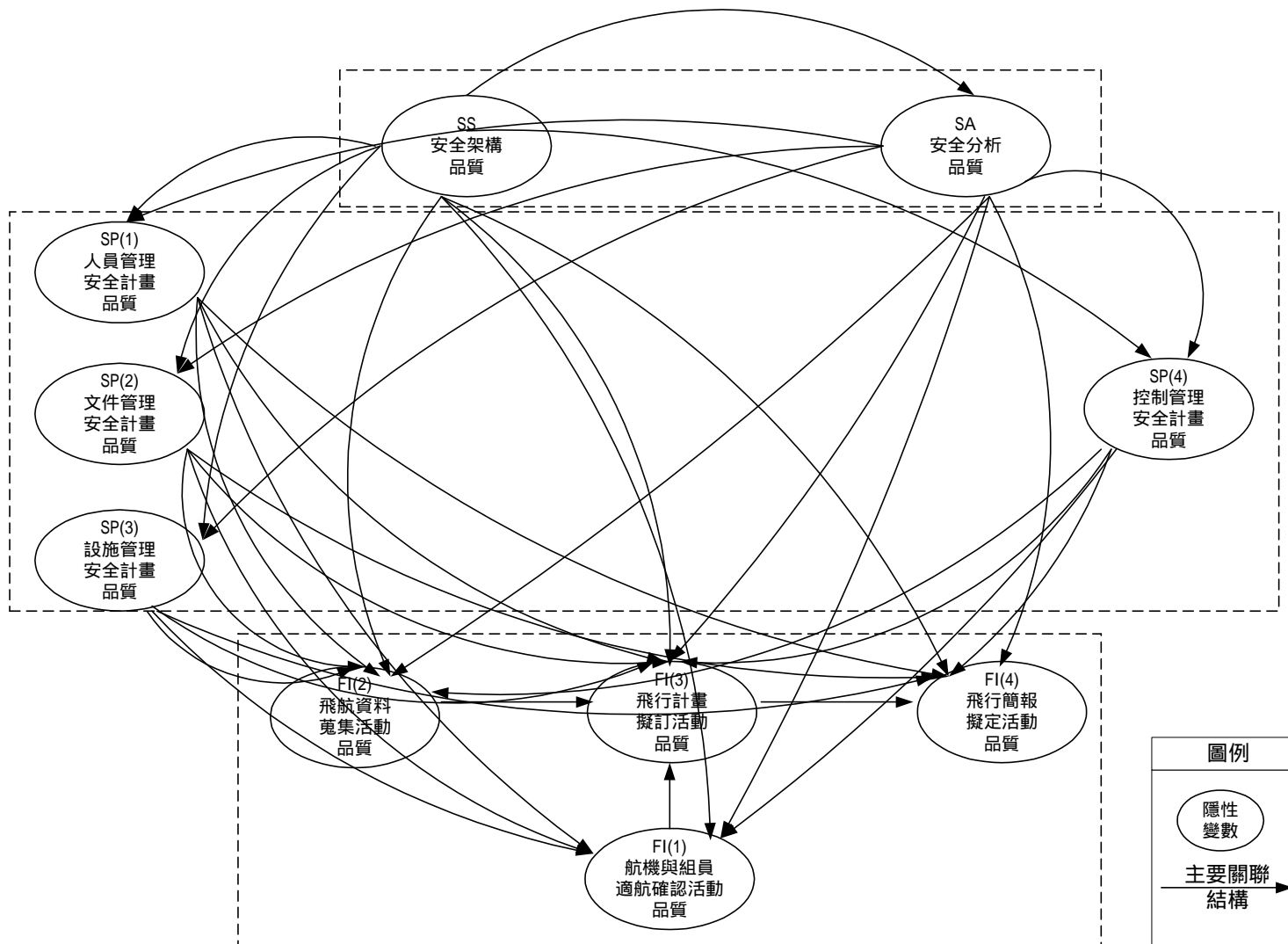


圖 7.2 飛航資訊活動系統主要關聯結構模式架構

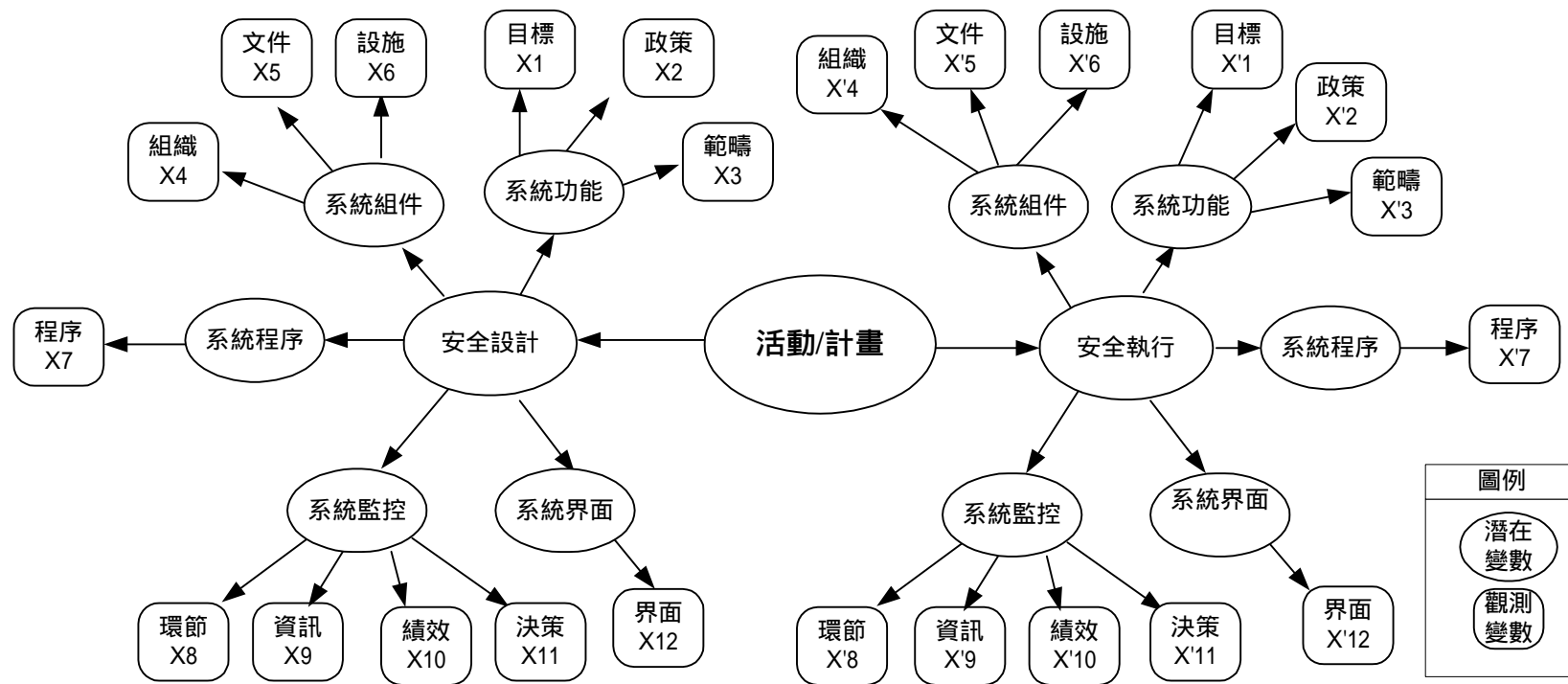


圖 7.3 各活動/計畫之三階層衡量模式架構

表 7.1 各活動/計畫之原始觀測資料範例

航空公司				A				B				C				D				E				F					
年度				97	98	99	00	97	98	99	00	97	98	99	00	97	97	98	99	97	98	99	00	97	98	99	00	平均數	標準差
樣本編號				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	\bar{O}	s_o
安全設計	系統功能	目標	O1	15	23	17	20	22	21	15	24	23	15	17	17	20	21	16	16	17	20	20	23	23	22	20	16	19.29	3.01
		政策	O2	14	19	24	21	21	24	18	20	19	22	22	14	23	16	16	21	21	19	20	12	14	15	24	21	19.17	3.55
		範疇	O3	11	11	10	9	12	12	9	11	11	10	10	8	12	11	9	11	8	12	8	12	10	11	9	10	10.29	1.33
	系統組件	組織	O4	108	114	142	148	128	119	143	123	133	118	126	148	102	143	128	102	138	130	103	148	111	104	118	150	126.13	16.32
		文件	O5	67	66	61	65	60	53	55	64	60	55	65	56	53	70	65	55	60	55	59	64	63	55	61	52	59.96	5.14
		設施	O6	31	27	26	22	30	35	29	29	28	25	31	26	25	24	33	30	23	31	26	20	36	22	26	34	27.88	4.29
	系統程序		O7	5	5	12	9	11	11	10	5	9	15	15	14	5	5	11	10	12	8	6	12	7	10	5	5	9.04	3.39
	系統監控	環節確認	O8	19	23	19	18	24	22	20	20	20	18	21	19	20	19	20	18	19	22	20	20	21	21	22	19	20.17	1.58
		資訊偵測	O9	13	11	17	15	14	11	12	11	11	14	14	11	11	15	17	18	12	13	14	12	12	16	17	11	13.42	2.30
		績效評量	O10	39	40	31	38	31	31	42	37	33	38	33	32	41	41	39	39	39	38	40	31	37	31	41	39	36.71	3.90
		決策準則	O11	26	34	29	32	34	27	33	31	35	27	26	30	32	33	36	26	32	27	25	26	34	34	31	30	30.42	3.43
	系統界面		O12	24	18	26	15	18	19	27	21	15	18	23	16	27	19	18	21	17	15	17	15	20	22	25	24	20.00	3.95
安全執行	系統功能	目標	O'1	7	5	8	4	9	7	8	6	6	8	5	8	6	8	9	6	6	7	5	4	5	6	8	4	6.46	1.56
		政策	O'2	5	5	9	5	6	5	6	9	6	6	7	7	7	6	9	8	8	7	5	8	5	8	7	6	6.67	1.37
		範疇	O'3	12	10	14	11	11	10	12	11	12	13	14	12	10	11	15	10	12	11	9	11	13	14	14	13	11.88	1.60
	系統組件	組織	O'4	81	108	82	93	82	80	98	103	93	89	94	95	92	95	83	83	104	88	95	100	90	96	102	103	92.88	8.15
		文件	O'5	6	6	5	6	5	4	3	3	5	6	5	5	4	6	4	5	4	6	5	6	6	6	5	5	5.04	0.95
		設施	O'6	4	5	4	6	6	6	5	4	5	6	5	5	4	6	5	4	4	5	4	5	6	6	4	6	5.00	0.83
	系統程序		O'7	7	9	6	12	8	6	12	7	11	8	5	10	9	12	10	9	5	9	7	8	9	11	10	10	8.75	2.11
	系統監控	環節確認	O'8	11	6	7	8	11	8	4	8	11	7	9	9	4	4	11	11	4	9	9	7	6	8	4	7	7.63	2.45
		資訊偵測	O'9	8	5	7	11	10	7	11	5	9	5	11	8	5	8	10	10	6	10	11	10	10	8	5	11	8.38	2.26
		績效評量	O'10	21	22	19	23	18	15	24	16	23	18	16	17	20	20	15	24	20	12	14	21	20	13	21	13	18.54	3.64
		決策準則	O'11	6	12	10	8	8	10	12	8	12	7	6	11	7	12	11	10	10	11	12	10	9	7	9	7	9.38	2.04
	系統界面		O'12	14	12	10	10	15	9	9	13	9	15	10	14	10	12	14	15	10	13	15	14	14	12	14	10	12.21	2.21

表 7.2 各活動/計畫之標準化觀測資料範例

航空公司				A				B				C				D				E				F					
年度				97	98	99	00	97	98	99	00	97	98	99	00	97	97	98	99	97	98	99	00	97	98	99	00	平均數	標準差
樣本編號				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	\bar{x}	s_x
安全設計	系統功能	目標	X1	-1.42	1.23	-0.76	0.24	0.90	0.57	-1.42	1.56	1.23	-1.42	-0.76	-0.76	0.24	0.57	-1.09	-1.09	-0.76	0.24	0.24	1.23	1.23	0.90	0.24	-1.09	0	1
		政策	X2	-1.46	-0.05	1.36	0.52	0.52	1.36	-0.33	0.23	-0.05	0.80	0.80	-1.46	1.08	-0.89	-0.89	0.52	0.52	-0.05	0.23	-2.02	-1.46	-1.17	1.36	0.52	0	1
		範疇	X3	0.53	0.53	-0.22	-0.97	1.28	1.28	-0.97	0.53	0.53	-0.22	-0.22	-1.72	1.28	0.53	-0.97	0.53	-1.72	1.28	-1.72	1.28	-0.22	0.53	-0.97	-0.22	0	1
	系統組件	組織	X4	-1.11	-0.74	0.97	1.34	0.11	-0.44	1.03	-0.19	0.42	-0.50	-0.01	1.34	-1.48	1.03	0.11	-1.48	0.73	0.24	-1.42	1.34	-0.93	-1.36	-0.50	1.46	0	1
		文件	X5	1.37	1.18	0.20	0.98	0.01	-1.35	-0.97	0.79	0.01	-0.97	0.98	-0.77	-1.35	1.95	0.98	-0.97	0.01	-0.97	-0.19	0.79	0.59	-0.97	0.20	-1.55	0	1
		設施	X6	0.73	-0.20	-0.44	-1.37	0.50	1.66	0.26	0.26	0.03	-0.67	0.73	-0.44	-0.67	-0.90	1.20	0.50	-1.14	0.73	-0.44	-1.84	1.90	-1.37	-0.44	1.43	0	1
	系統程序		X7	-1.19	-1.19	0.87	-0.01	0.58	0.58	0.28	-1.19	-0.01	1.76	1.76	1.46	-1.19	-1.19	0.58	0.28	0.87	-0.31	-0.90	0.87	-0.60	0.28	-1.19	-1.19	0	1
	系統監控	環節確認	X8	-0.74	1.79	-0.74	-1.37	2.43	1.16	-0.11	-0.11	-0.11	-1.37	0.53	-0.74	-0.11	-0.74	-0.11	-1.37	-0.74	1.16	-0.11	-0.11	0.53	0.53	1.16	-0.74	0	1
		資訊偵測	X9	-0.18	-1.05	1.56	0.69	0.25	-1.05	-0.62	-1.05	-1.05	0.25	0.25	-1.05	-1.05	0.69	1.56	1.99	-0.62	-0.18	0.25	-0.62	-0.62	1.12	1.56	-1.05	0	1
		績效評量	X10	0.59	0.85	-1.47	0.33	-1.47	-1.47	1.36	0.07	-0.95	0.33	-0.95	-1.21	1.10	1.10	0.59	0.59	0.59	0.33	0.85	-1.47	0.07	-1.47	1.10	0.59	0	1
		決策準則	X11	-1.29	1.05	-0.41	0.46	1.05	-1.00	0.75	0.17	1.34	-1.00	-1.29	-0.12	0.46	0.75	1.63	-1.29	0.46	-1.00	-1.58	-1.29	1.05	1.05	0.17	-0.12	0	1
	系統界面		X12	1.01	-0.51	1.52	-1.27	-0.51	-0.25	1.77	0.25	-1.27	-0.51	0.76	-1.01	1.77	-0.25	-0.51	0.25	-0.76	-1.27	-0.76	-1.27	0.00	0.51	1.27	1.01	0	1
安全執行	系統功能	目標	X'1	0.35	-0.93	0.99	-1.58	1.63	0.35	0.99	-0.29	-0.29	0.99	-0.93	0.99	-0.29	0.99	1.63	-0.29	-0.29	0.35	-0.93	-1.58	-0.93	-0.29	0.99	-1.58	0	1
		政策	X'2	-1.21	-1.21	1.70	-1.21	-0.49	-1.21	-0.49	1.70	-0.49	-0.49	0.24	0.24	0.24	-0.49	1.70	0.97	0.97	0.24	-1.21	0.97	-1.21	0.97	0.24	-0.49	0	1
		範疇	X'3	0.08	-1.17	1.33	-0.55	-0.55	-1.17	0.08	-0.55	0.08	0.70	1.33	0.08	-1.17	-0.55	1.96	-1.17	0.08	-0.55	-1.80	-0.55	0.70	1.33	1.33	0.70	0	1
	系統組件	組織	X'4	-1.46	1.86	-1.33	0.02	-1.33	-1.58	0.63	1.24	0.02	-0.48	0.14	0.26	-0.11	0.26	-1.21	-1.21	1.36	-0.60	0.26	0.87	-0.35	0.38	1.12	1.24	0	1
		文件	X'5	1.00	1.00	-0.04	1.00	-0.04	-1.09	-2.14	-2.14	-0.04	1.00	-0.04	-0.04	-1.09	1.00	-1.09	-0.04	-1.09	1.00	-0.04	1.00	1.00	1.00	-0.04	-0.04	0	1
		設施	X'6	-1.20	0.00	-1.20	1.20	1.20	1.20	0.00	-1.20	0.00	1.20	0.00	0.00	-1.20	1.20	0.00	-1.20	-1.20	0.00	-1.20	0.00	1.20	1.20	-1.20	1.20	0	1
	系統程序		X'7	-0.83	0.12	-1.30	1.54	-0.36	-1.30	1.54	-0.83	1.07	-0.36	-1.78	0.59	0.12	1.54	0.59	0.12	-1.78	0.12	-0.83	-0.36	0.12	1.07	0.59	0.59	0	1
	系統監控	環節確認	X'8	1.38	-0.66	-0.26	0.15	1.38	0.15	-1.48	0.15	1.38	-0.26	0.56	0.56	-1.48	-1.48	1.38	1.38	-1.48	0.56	0.56	-0.26	-0.66	0.15	-1.48	-0.26	0	1
		資訊偵測	X'9	-0.17	-1.49	-0.61	1.16	0.72	-0.61	1.16	-1.49	0.28	-1.49	1.16	-0.17	-1.49	-0.17	0.72	0.72	-1.05	0.72	1.16	0.72	0.72	-0.17	-1.49	1.16	0	1
		績效評量	X'10	0.68	0.95	0.13	1.23	-0.15	-0.97	1.50	-0.70	1.23	-0.15	-0.70	-0.42	0.40	0.40	-0.97	1.50	0.40	-1.80	-1.25	0.68	0.40	-1.52	0.68	-1.52	0	1
		決策準則	X'11	-1.66	1.29	0.31	-0.67	-0.67	0.31	1.29	-0.67	1.29	-1.16	-1.66	0.80	-1.16	1.29	0.80	0.31	0.31	0.80	1.29	0.31	-0.18	-1.16	-0.18	-1.16	0	1
	系統界面		X'12	0.81	-0.09	-1.00	-1.00	1.27	-1.45	-1.45	0.36	-1.45	1.27	-1.00	0.81	-1.00	-0.09	0.81	1.27	-1.00	0.36	1.27	0.81	0.81	-0.09	0.81	-1.00	0	1

表 7.3 各活動/計畫之標準化變異與共變異矩陣範例

				安全設計											
				系統功能			系統組件			系統程序	系統監控				系統界面
				目標	政策	範疇	組織	文件	設施		環節確認	資訊偵測	績效評量	決策準則	
				X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
安全設計	系統功能	目標	X1	1	Cov(X1,X2)	Cov(X1,X3)	Cov(X1,X4)	Cov(X1,X5)	Cov(X1,X6)	Cov(X1,X7)	Cov(X1,X8)	Cov(X1,X9)	Cov(X1,X10)	Cov(X1,X11)	Cov(X1,X12)
		政策	X2		1	Cov(X2,X3)	Cov(X2,X4)	Cov(X2,X5)	Cov(X2,X6)	Cov(X2,X7)	Cov(X2,X8)	Cov(X2,X9)	Cov(X2,X10)	Cov(X2,X11)	Cov(X2,X12)
		範疇	X3			1	Cov(X3,X4)	Cov(X3,X5)	Cov(X3,X6)	Cov(X3,X7)	Cov(X3,X8)	Cov(X3,X9)	Cov(X3,X10)	Cov(X3,X11)	Cov(X3,X12)
	系統組件	組織	X4				1	Cov(X4,X5)	Cov(X4,X6)	Cov(X4,X7)	Cov(X4,X8)	Cov(X4,X9)	Cov(X4,X10)	Cov(X4,X11)	Cov(X4,X12)
		文件	X5					1	Cov(X5,X6)	Cov(X5,X7)	Cov(X5,X8)	Cov(X5,X9)	Cov(X5,X10)	Cov(X5,X11)	Cov(X5,X12)
		設施	X6						1	Cov(X6,X7)	Cov(X6,X8)	Cov(X6,X9)	Cov(X6,X10)	Cov(X6,X11)	Cov(X6,X12)
	系統程序		X7							1	Cov(X7,X8)	Cov(X7,X9)	Cov(X7,X10)	Cov(X7,X11)	Cov(X7,X12)
	系統監控	環節確認	X8								1	Cov(X8,X9)	Cov(X8,X10)	Cov(X8,X11)	Cov(X8,X12)
		資訊偵測	X9									1	Cov(X9,X10)	Cov(X9,X11)	Cov(X9,X12)
		績效評量	X10										1	Cov(X10,X11)	Cov(X10,X12)
		決策準則	X11											1	Cov(X11,X12)
	系統界面		X12												1
安全執行	系統功能	目標	X'1												
		政策	X'2												
		範疇	X'3												
	系統組件	組織	X'4												
		文件	X'5												
		設施	X'6												
	系統程序		X'7												
	系統監控	環節確認	X'8												
		資訊偵測	X'9												
		績效評量	X'10												
		決策準則	X'11												
	系統界面		X'12												

表 7.3 各活動/計畫之觀測變數及其變異與共變異矩陣範例(續)

				安全執行											
				系統功能			系統組件			系統程序	系統監控				系統界面
				目標	政策	範疇	組織	文件	設施		環節確認	資訊偵測	績效評量	決策準則	
				X'1	X'2	X'3	X'4	X'5	X'6	X'7	X'8	X'9	X'10	X'11	X'12
安全設計	系統功能	目標	X1	Cov(X1,X'1)	Cov(X1,X'2)	Cov(X1,X'3)	Cov(X1,X'4)	Cov(X1,X'5)	Cov(X1,X'6)	Cov(X1,X'7)	Cov(X1,X'8)	Cov(X1,X'9)	Cov(X1,X'10)	Cov(X1,X'11)	Cov(X1,X'12)
		政策	X2	Cov(X2,X'1)	Cov(X2,X'2)	Cov(X2,X'3)	Cov(X2,X'4)	Cov(X2,X'5)	Cov(X2,X'6)	Cov(X2,X'7)	Cov(X2,X'8)	Cov(X2,X'9)	Cov(X2,X'10)	Cov(X2,X'11)	Cov(X2,X'12)
		範疇	X3	Cov(X3,X'1)	Cov(X3,X'2)	Cov(X3,X'3)	Cov(X3,X'4)	Cov(X3,X'5)	Cov(X3,X'6)	Cov(X3,X'7)	Cov(X3,X'8)	Cov(X3,X'9)	Cov(X3,X'10)	Cov(X3,X'11)	Cov(X3,X'12)
	系統組件	組織	X4	Cov(X4,X'1)	Cov(X4,X'2)	Cov(X4,X'3)	Cov(X4,X'4)	Cov(X4,X'5)	Cov(X4,X'6)	Cov(X4,X'7)	Cov(X4,X'8)	Cov(X4,X'9)	Cov(X4,X'10)	Cov(X4,X'11)	Cov(X4,X'12)
		文件	X5	Cov(X5,X'1)	Cov(X5,X'2)	Cov(X5,X'3)	Cov(X5,X'4)	Cov(X5,X'5)	Cov(X5,X'6)	Cov(X5,X'7)	Cov(X5,X'8)	Cov(X5,X'9)	Cov(X5,X'10)	Cov(X5,X'11)	Cov(X5,X'12)
		設施	X6	Cov(X6,X'1)	Cov(X6,X'2)	Cov(X6,X'3)	Cov(X6,X'4)	Cov(X6,X'5)	Cov(X6,X'6)	Cov(X6,X'7)	Cov(X6,X'8)	Cov(X6,X'9)	Cov(X6,X'10)	Cov(X6,X'11)	Cov(X6,X'12)
	系統程序		X7	Cov(X7,X'1)	Cov(X7,X'2)	Cov(X7,X'3)	Cov(X7,X'4)	Cov(X7,X'5)	Cov(X7,X'6)	Cov(X7,X'7)	Cov(X7,X'8)	Cov(X7,X'9)	Cov(X7,X'10)	Cov(X7,X'11)	Cov(X7,X'12)
	系統監控	環節確認	X8	Cov(X8,X'1)	Cov(X8,X'2)	Cov(X8,X'3)	Cov(X8,X'4)	Cov(X8,X'5)	Cov(X8,X'6)	Cov(X8,X'7)	Cov(X8,X'8)	Cov(X8,X'9)	Cov(X8,X'10)	Cov(X8,X'11)	Cov(X8,X'12)
		資訊偵測	X9	Cov(X9,X'1)	Cov(X9,X'2)	Cov(X9,X'3)	Cov(X9,X'4)	Cov(X9,X'5)	Cov(X9,X'6)	Cov(X9,X'7)	Cov(X9,X'8)	Cov(X9,X'9)	Cov(X9,X'10)	Cov(X9,X'11)	Cov(X9,X'12)
		績效評量	X10	Cov(X10,X'1)	Cov(X10,X'2)	Cov(X10,X'3)	Cov(X10,X'4)	Cov(X10,X'5)	Cov(X10,X'6)	Cov(X10,X'7)	Cov(X10,X'8)	Cov(X10,X'9)	Cov(X10,X'10)	Cov(X10,X'11)	Cov(X10,X'12)
		決策準則	X11	Cov(X11,X'1)	Cov(X11,X'2)	Cov(X11,X'3)	Cov(X11,X'4)	Cov(X11,X'5)	Cov(X11,X'6)	Cov(X11,X'7)	Cov(X11,X'8)	Cov(X11,X'9)	Cov(X11,X'10)	Cov(X11,X'11)	Cov(X11,X'12)
	系統界面		X12	Cov(X12,X'1)	Cov(X12,X'2)	Cov(X12,X'3)	Cov(X12,X'4)	Cov(X12,X'5)	Cov(X12,X'6)	Cov(X12,X'7)	Cov(X12,X'8)	Cov(X12,X'9)	Cov(X12,X'10)	Cov(X12,X'11)	Cov(X12,X'12)
安全執行	系統功能	目標	X'1	1	Cov(X'1,X'2)	Cov(X'1,X'3)	Cov(X'1,X'4)	Cov(X'1,X'5)	Cov(X'1,X'6)	Cov(X'1,X'7)	Cov(X'1,X'8)	Cov(X'1,X'9)	Cov(X'1,X'10)	Cov(X'1,X'11)	Cov(X'1,X'12)
		政策	X'2		1	Cov(X'2,X'3)	Cov(X'2,X'4)	Cov(X'2,X'5)	Cov(X'2,X'6)	Cov(X'2,X'7)	Cov(X'2,X'8)	Cov(X'2,X'9)	Cov(X'2,X'10)	Cov(X'2,X'11)	Cov(X'2,X'12)
		範疇	X'3			1	Cov(X'3,X'4)	Cov(X'3,X'5)	Cov(X'3,X'6)	Cov(X'3,X'7)	Cov(X'3,X'8)	Cov(X'3,X'9)	Cov(X'3,X'10)	Cov(X'3,X'11)	Cov(X'3,X'12)
	系統組件	組織	X'4				1	Cov(X'4,X'5)	Cov(X'4,X'6)	Cov(X'4,X'7)	Cov(X'4,X'8)	Cov(X'4,X'9)	Cov(X'4,X'10)	Cov(X'4,X'11)	Cov(X'4,X'12)
		文件	X'5					1	Cov(X'5,X'6)	Cov(X'5,X'7)	Cov(X'5,X'8)	Cov(X'5,X'9)	Cov(X'5,X'10)	Cov(X'5,X'11)	Cov(X'5,X'12)
		設施	X'6						1	Cov(X'6,X'7)	Cov(X'6,X'8)	Cov(X'6,X'9)	Cov(X'6,X'10)	Cov(X'6,X'11)	Cov(X'6,X'12)
	系統程序		X'7							1	Cov(X'7,X'8)	Cov(X'7,X'9)	Cov(X'7,X'10)	Cov(X'7,X'11)	Cov(X'7,X'12)
	系統監控	環節確認	X'8								1	Cov(X'8,X'9)	Cov(X'8,X'10)	Cov(X'8,X'11)	Cov(X'8,X'12)
		資訊偵測	X'9									1	Cov(X'9,X'10)	Cov(X'9,X'11)	Cov(X'9,X'12)
		績效評量	X'10										1	Cov(X'10,X'11)	Cov(X'10,X'12)
		決策準則	X'11											1	Cov(X'11,X'12)
	系統界面		X'12												1

表 7.4 模式整體之標準化變異與共變異矩陣範例

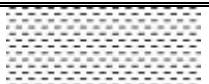









[illegible]

三、辨認要件

由圖 7.2 與圖 7.3 可知，整體模式中共分三個層級與十組衡量模式。由於十組衡量模式各有 24 個觀測變數，所以共有 240 個觀測變數，可形成 28920²個供參數校估與模式驗證之觀測變異與共變異統計量(或稱校估方程式)；而待校估參數，計有結構模式中 36 個主要關聯路徑參數與各衡量模式中 32 個因子負荷參數，共 356 個。由於觀測變異個數遠高於待校估參數個數，因此符合過度辨認要件，亦即此一模式具充足資訊得以適切估算與驗證各項參數。

由於本研究並無實際資料可供實際估算模式參數與檢驗模式配適度，所以在此另以亂數產生器虛擬各項假設性正向影響係數，替代實際模式之因子負荷參數與路徑關係參數。因此，在假定各項參數顯著且整體模式滿足配適度檢驗之條件下，本研究所研擬之「航空公司系統安全分析模式」，其結構模式之路徑參數與模式關聯架構如表 7.5 與圖 7.4 所示，而相映之衡量模式則表示於圖 7.5 至圖 7.14。

表 7.5 飛航資訊活動系統主要關聯結構模式之路徑參數

	SS	SA	SP(1)	SP(2)	SP(3)	SP(4)	FI(1)	FI(2)	FI(3)	FI(4)					
因子分數	0.1655	0.2110	0.0737	0.1471	0.3770	0.0780	0.1232	0.2667	-0.0638	0.2052					
SS															
SA															
SP(1)															
SP(2)															
SP(3)															
SP(4)															
FI(1)															
FI(2)															
FI(3)															
FI(4)															

：層內交互關係 ：層間交互關係

² $1/2(10 \times 24)(10 \times 24 + 1) = 28920$

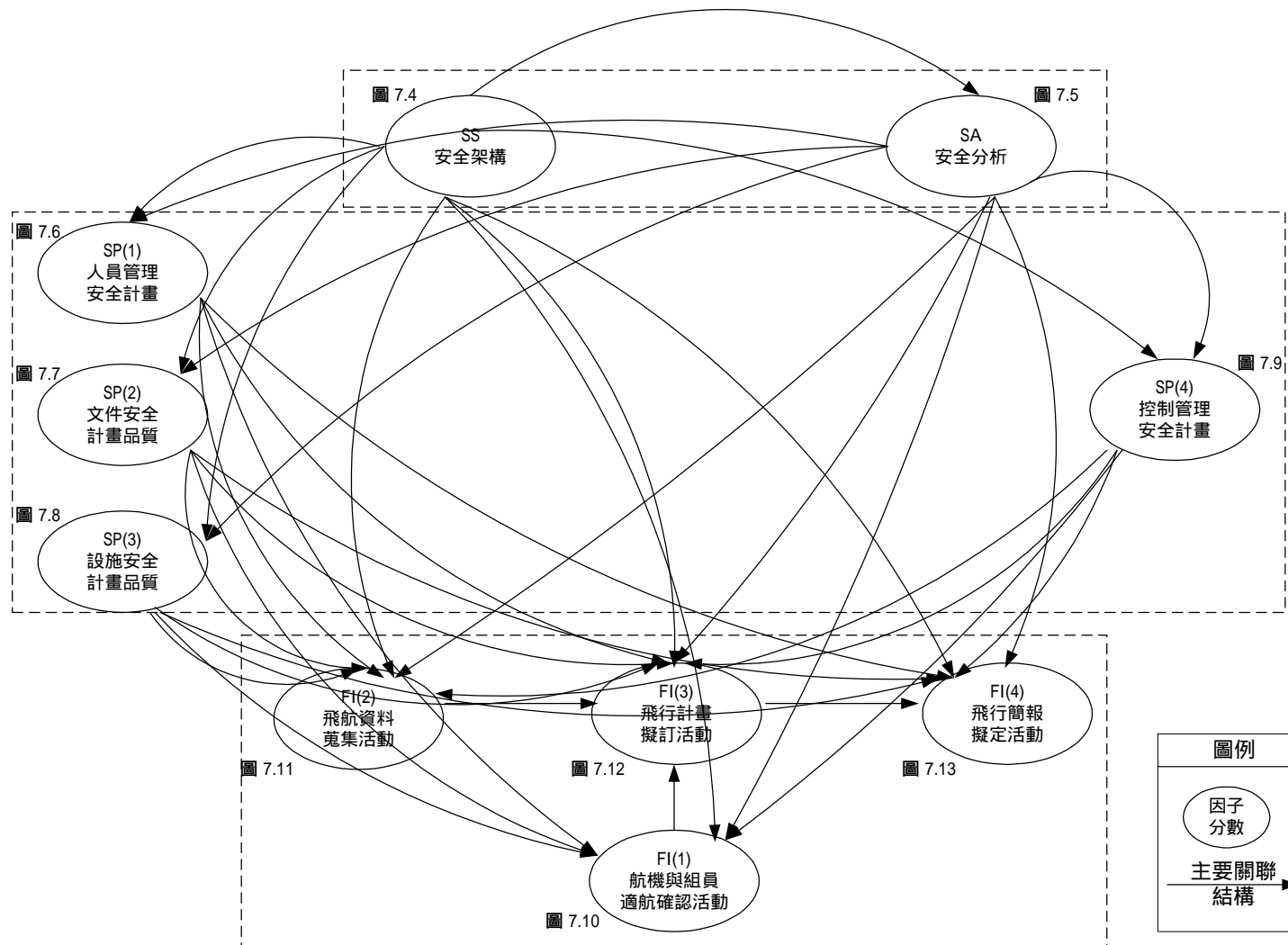


圖 7.4 飛航資訊活動系統結構模式與衡量模式之關聯

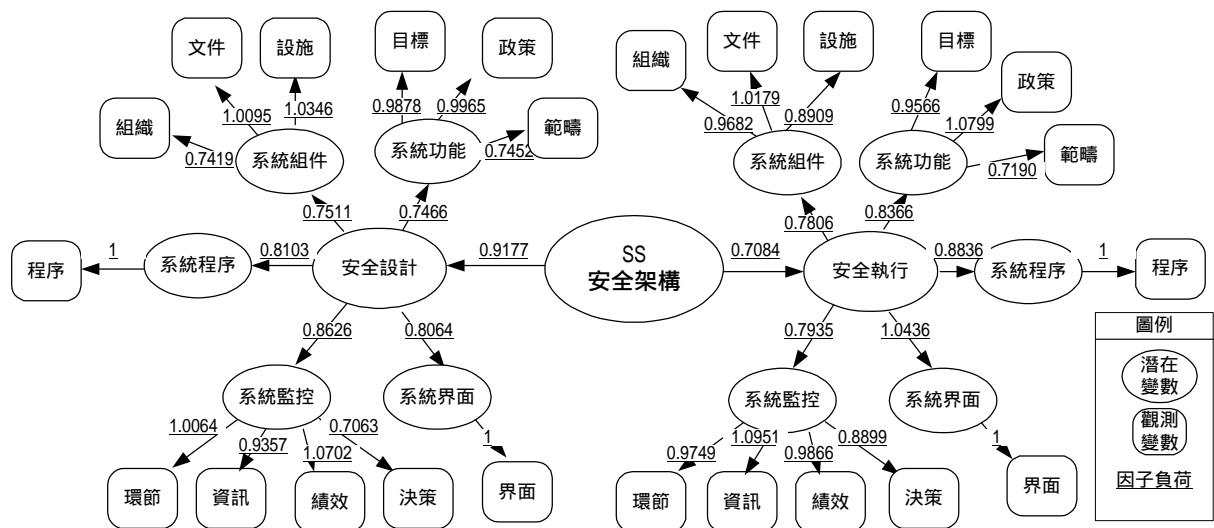


圖 7.5 安全架構衡量模式

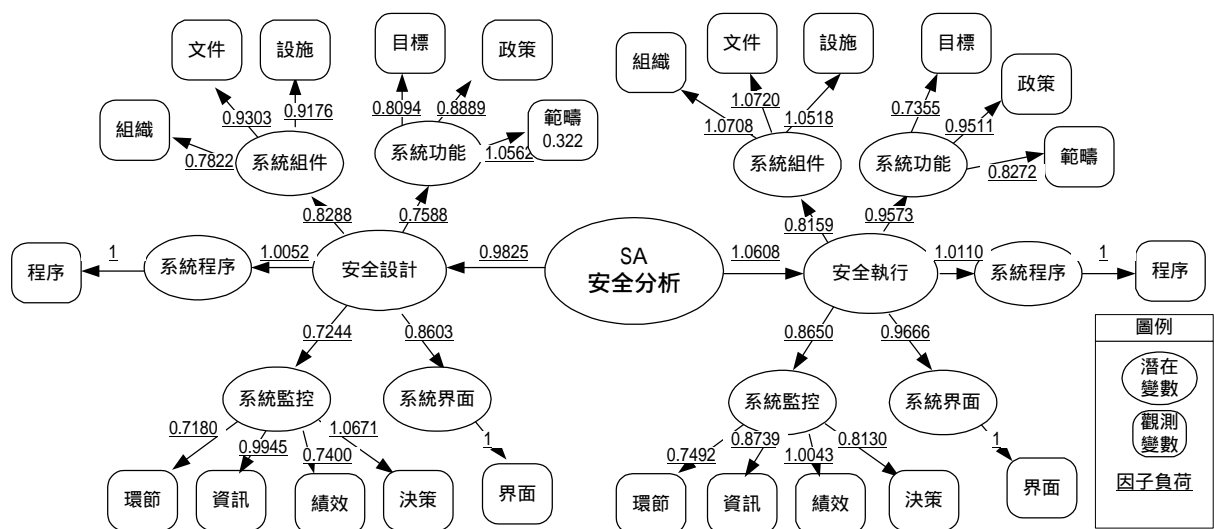


圖 7.6 安全分析衡量模式

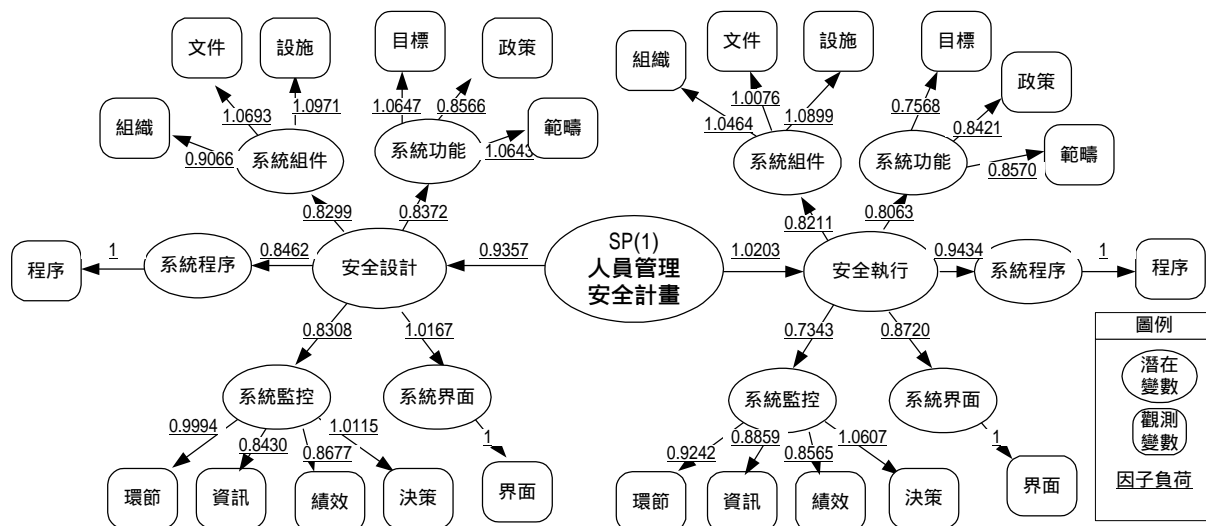


圖 7.7 人員管理安全計畫衡量模式

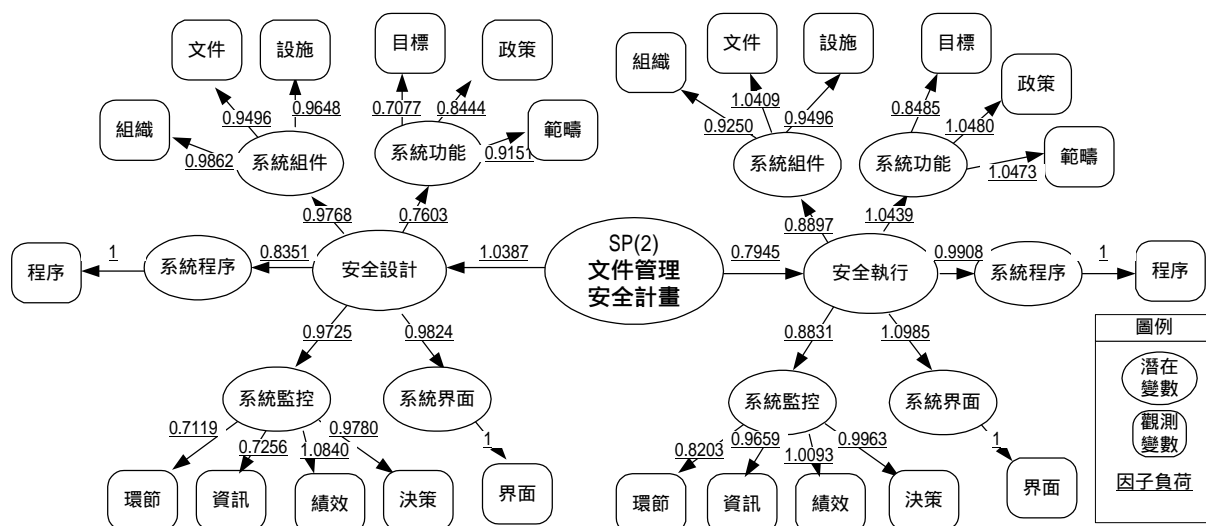


圖 7.8 文件管理安全計畫衡量模式

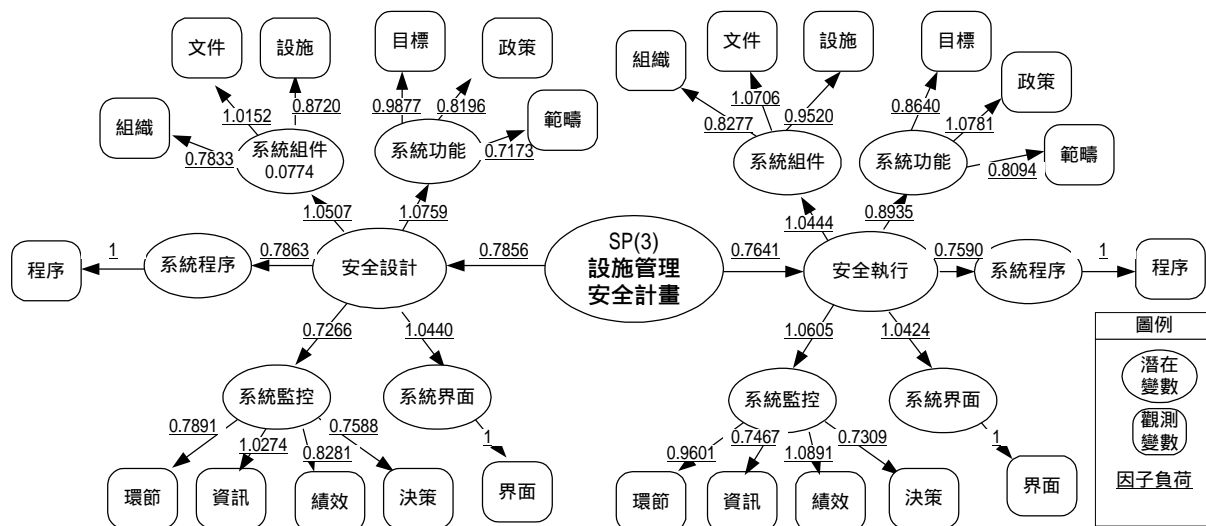


圖 7.9 設施管理安全計畫衡量模式

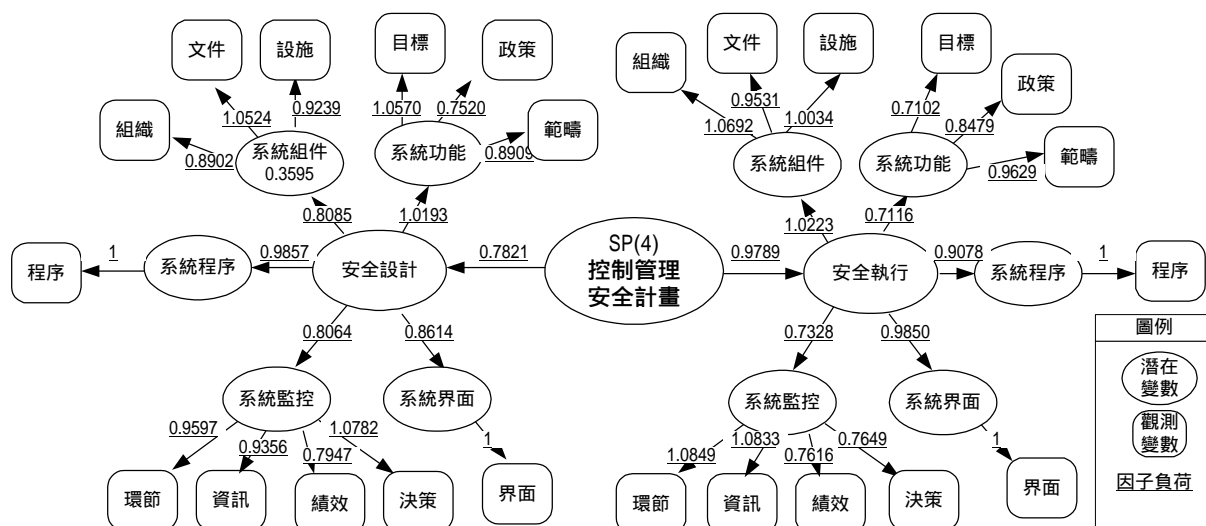


圖 7.10 控制管理安全計畫衡量模式

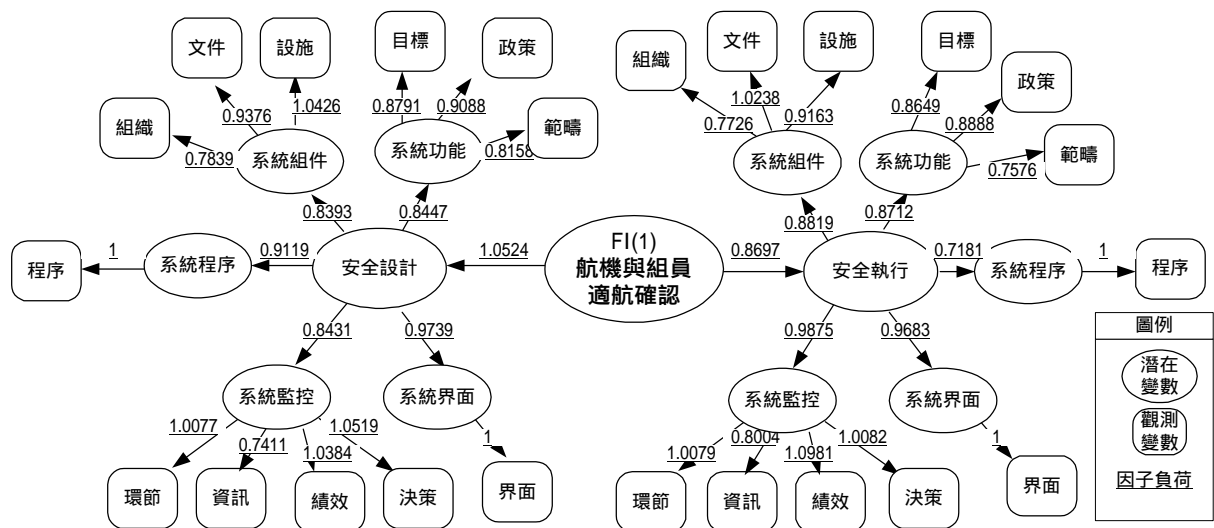


圖 7.11 「航機與組員適航確認」活動衡量模式

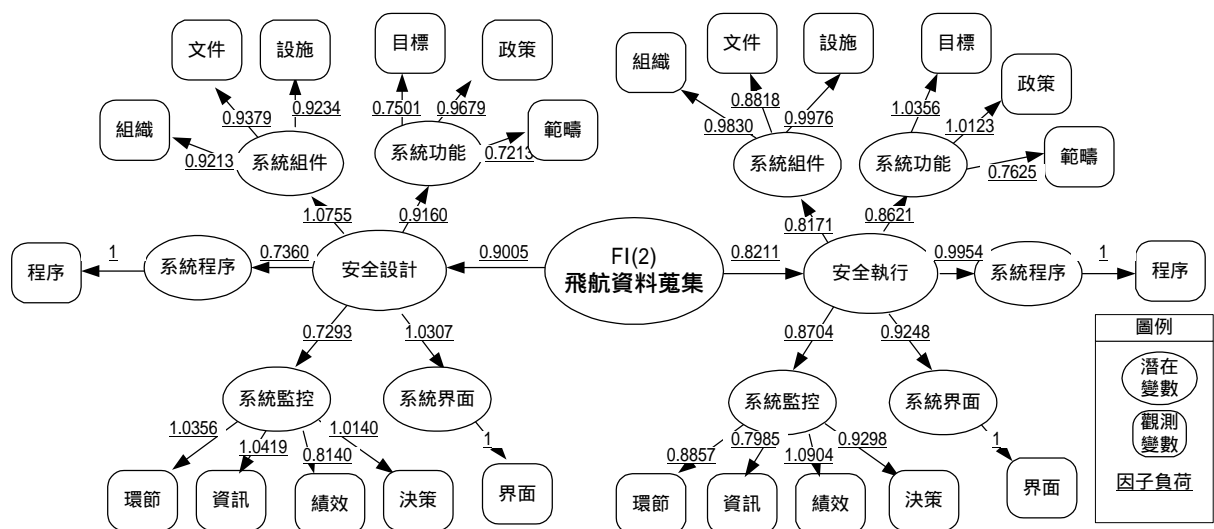


圖 7.12 「飛航資料蒐集」活動衡量模式

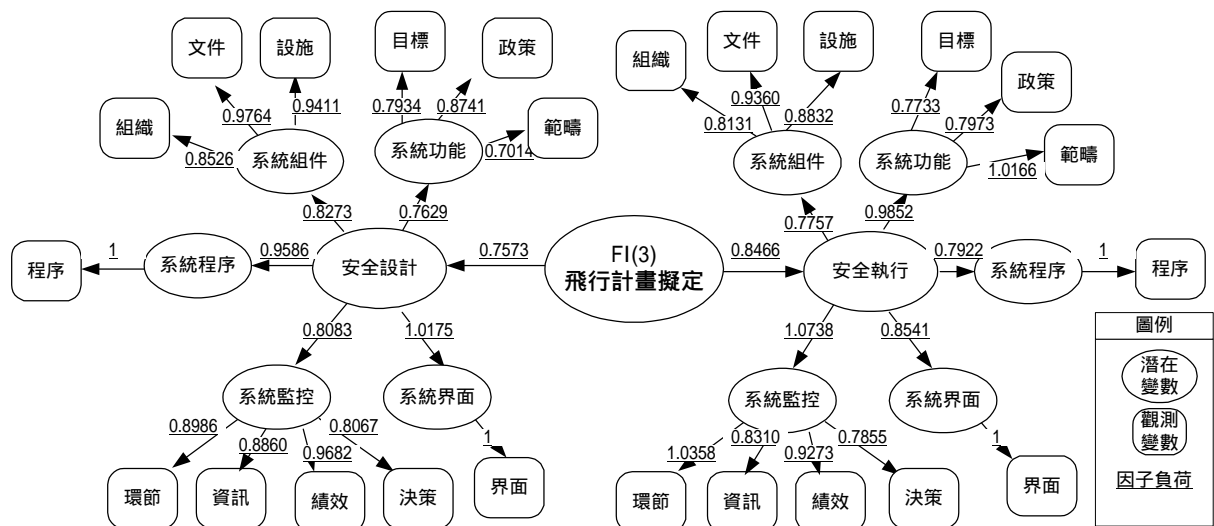


圖 7.13 「飛行計畫擬訂」活動衡量模式

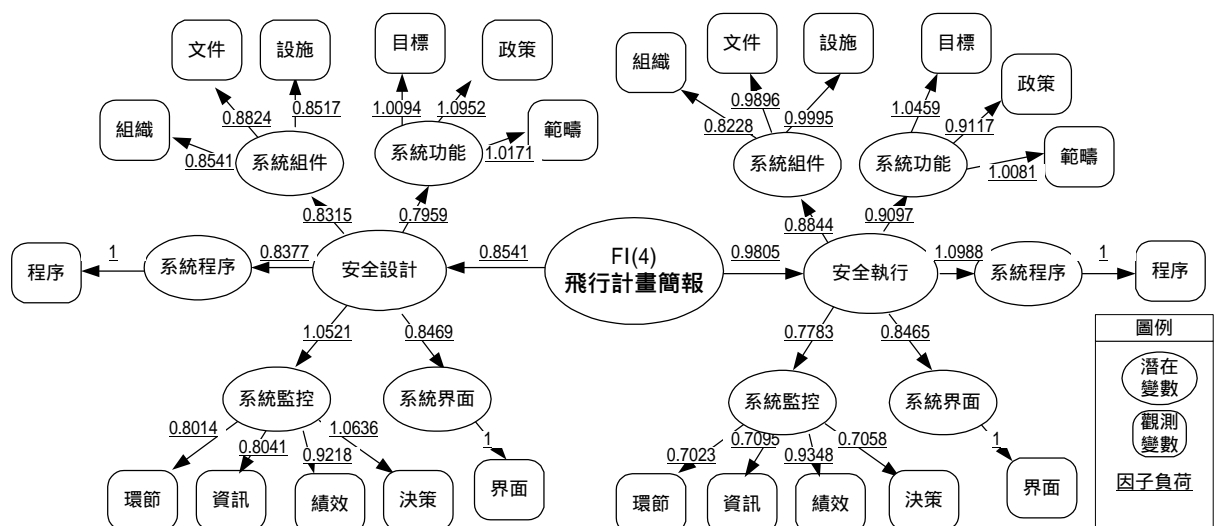


圖 7.14 「飛行計畫簡報」活動衡量模式

7.2 案例分析

假設 A 航空公司運用 7.1 節所發展之「航空公司系統安全分析模式」為分析工具，探討其年度飛航安全管理品質績效，而且該公司各要素績效標準化數值之安全門檻，經由歷史統計數據之推論設定如表 7.6。

表 7.6 安全績效門檻值

總績效				0			
系統設計		-0.5		系統執行		-0.5	
系統功能	-0.8	目標	-1	系統功能	-0.8	目標	-1
		政策	-1			政策	-1
		範疇	-1			範疇	-1
系統組件	-0.8	組織	-1	系統組件	-0.8	組織	-1
		文件	-1			文件	-1
		設施	-1			設施	-1
系統程序		-1		系統程序		-1	
系統監控	-0.8	環節確認	-1	系統監控	-0.8	環節確認	-1
		資訊偵測	-1			資訊偵測	-1
		績效評量	-1			績效評量	-1
		決策準則	-1			決策準則	-1
系統界面		-1		系統界面		-1	

各項年度飛安資料經彙整並依式(4-4)之計算後，得出結構模式中各潛在變數之因子分數如圖 7.15 所示，而各衡量模式觀測變數之標準化數值分數如圖 7.16 至圖 7.25 所示；其中，各項未符合安全門檻之觀測變數或潛在變數以反黑方式予以凸顯，表示發生異常狀況，需加以注意。

為能深入發掘系統之根本問題，以下將依第四章之數值解析概念，先探討個別衡量模式，檢視架構內各項觀測數值與因子分數，評判各飛安因子之安全績效與危險威脅程度；進而，依結構模式架構進行整體性檢視，運用路徑係數推論與判斷可能之系統性問題，尋找提升系統品質績效之機會。

一、個別性探討

分別就圖 7.16 至圖 7.25 之各衡量模式來看，安全架構、文件管理安全計畫、設施管理安全計畫、控制管理安全計畫、「航機與組員適航確認」活動、「飛行計畫簡報」活動等六項之整體品質積分分別為 0.1655、0.1471、0.3770、0.0780、0.1232、0.2052，均高於安全品質門檻 0 之標準；而安全分析、人員管理安全計畫與「飛航資料蒐集」活動等三項之整體品質積分雖亦高於門檻，但其部分要素環節未符合安全門檻。至於，「飛行計畫擬訂」活動則最為嚴重，整體活動品質為-0.0638，低於安全品質門檻標準。針對異常部分探討如下：

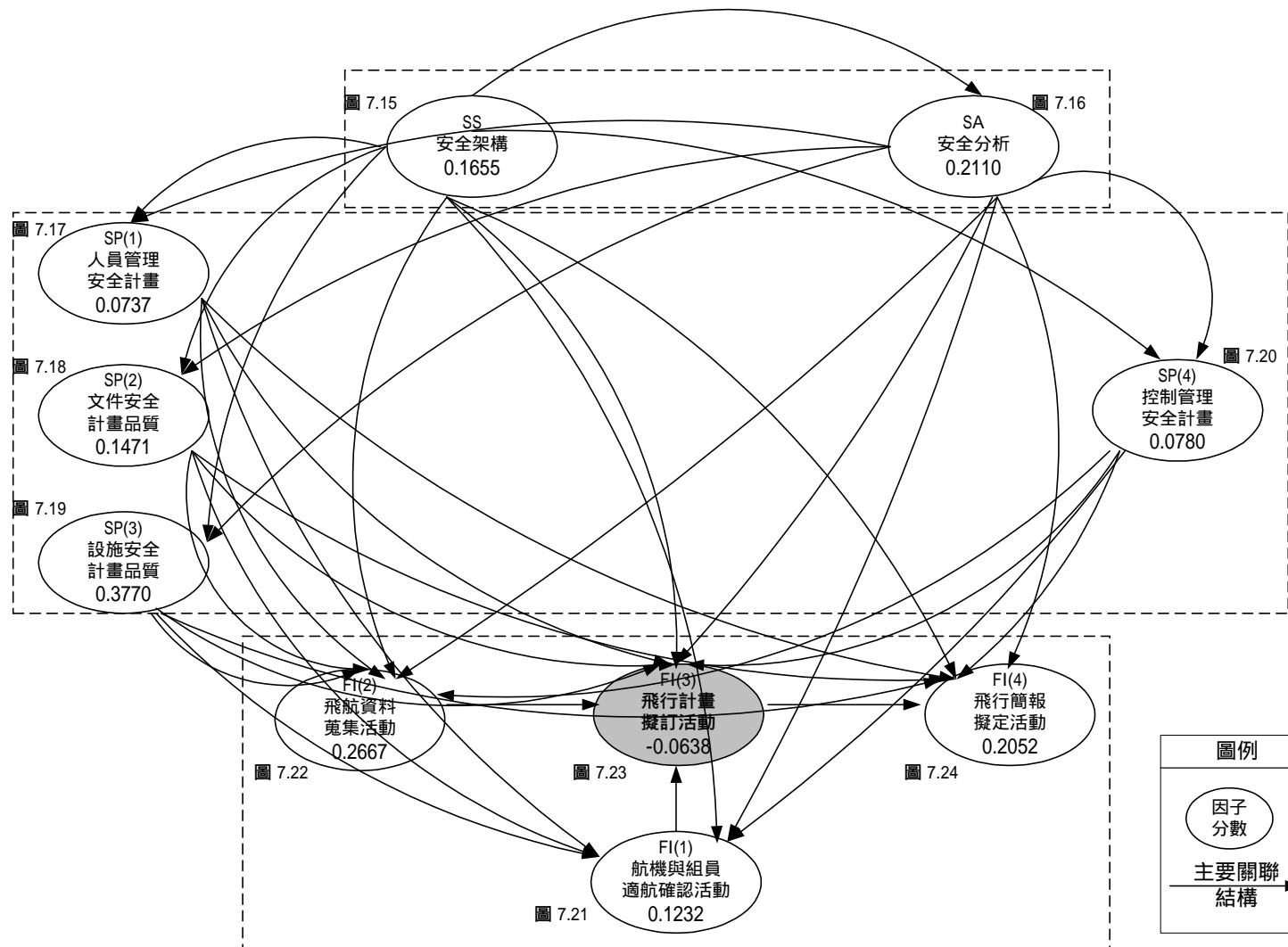


圖 7.15 飛航資訊活動系統主要關聯結構模式之因子品質分數

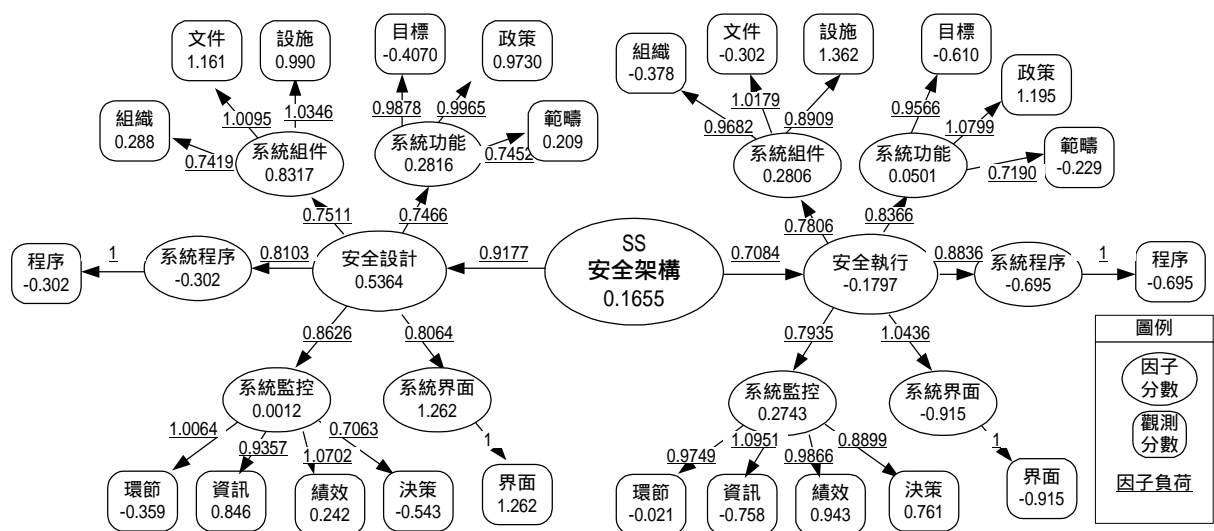


圖 7.16 安全架構衡量模式之因子品質分數

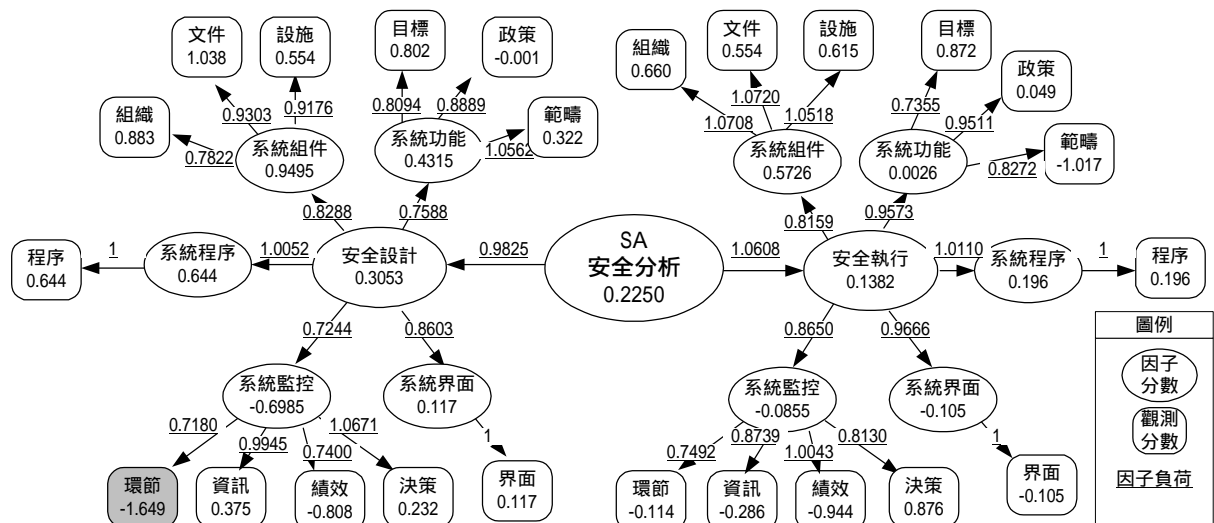


圖 7.17 安全分析衡量模式之因子品質分數

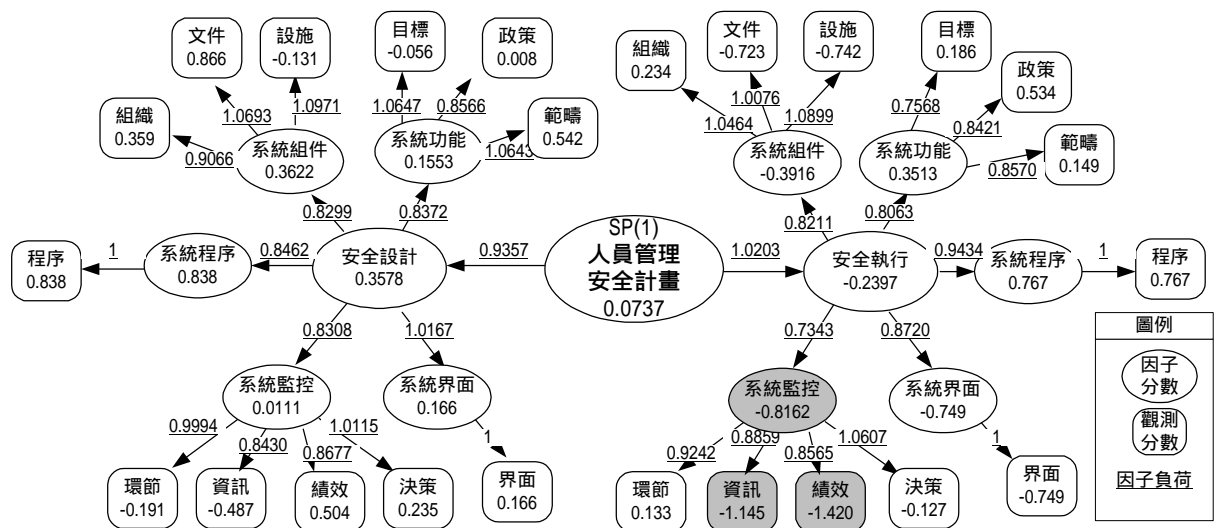


圖 7.18 人員管理安全計畫衡量模式之因子品質分數

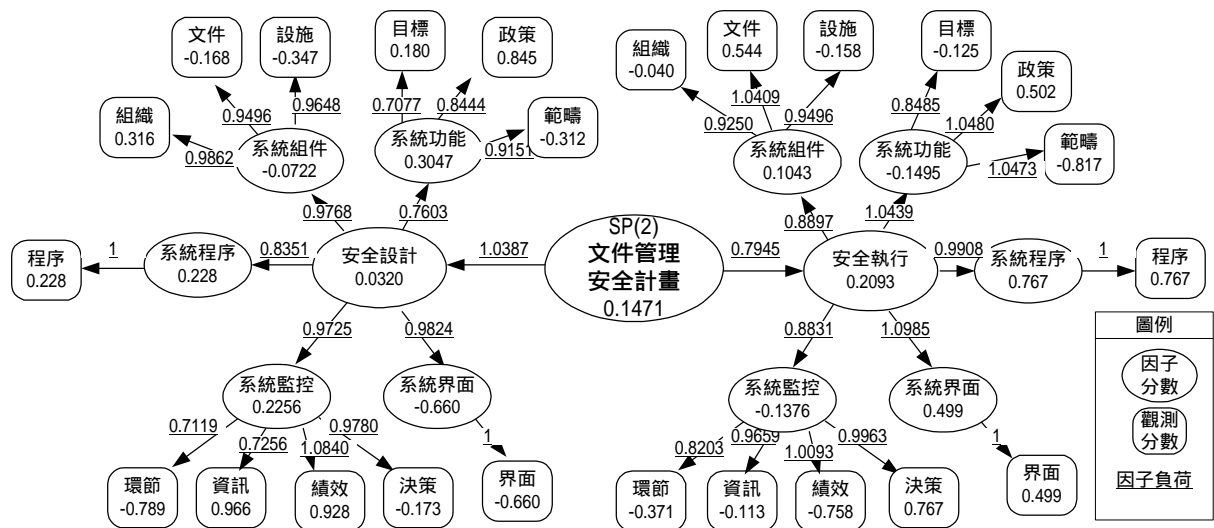


圖 7.19 文件管理安全計畫衡量模式之因子品質分數

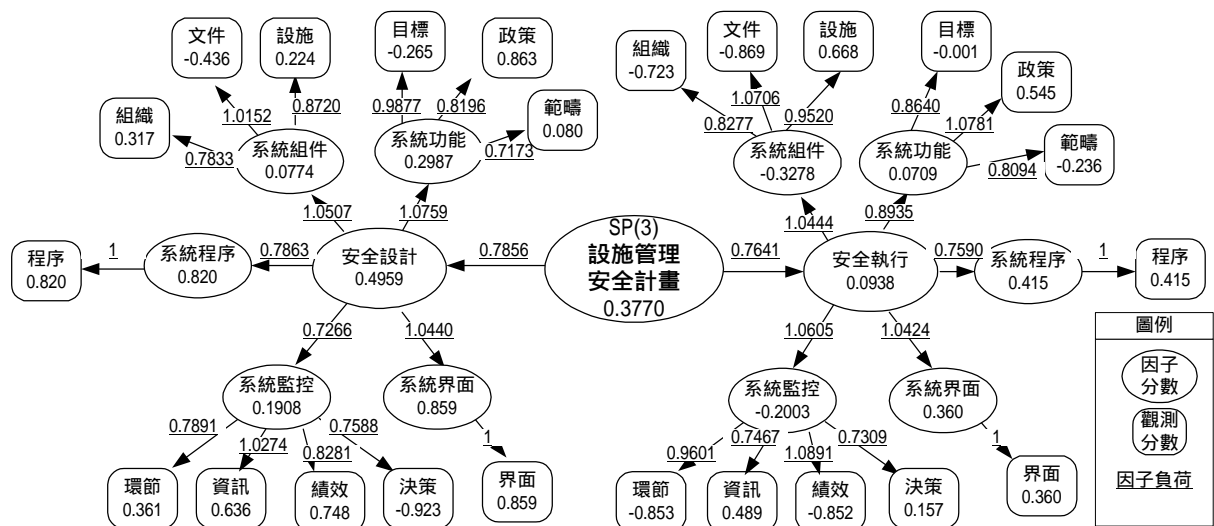


圖 7.20 設施管理安全計畫衡量模式之因子品質分數

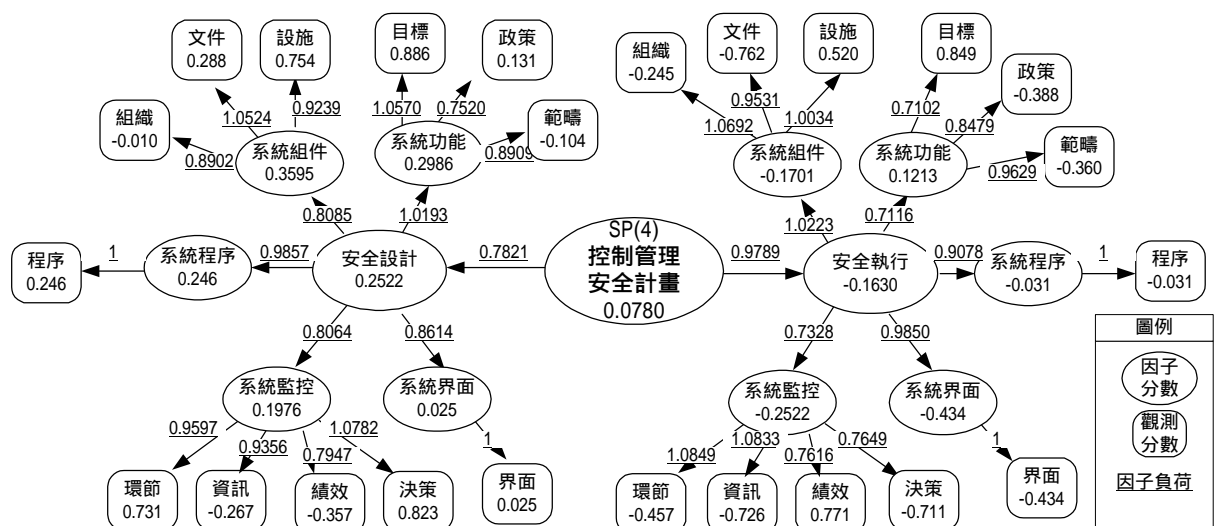


圖 7.21 控制管理安全計畫衡量模式之因子品質分數

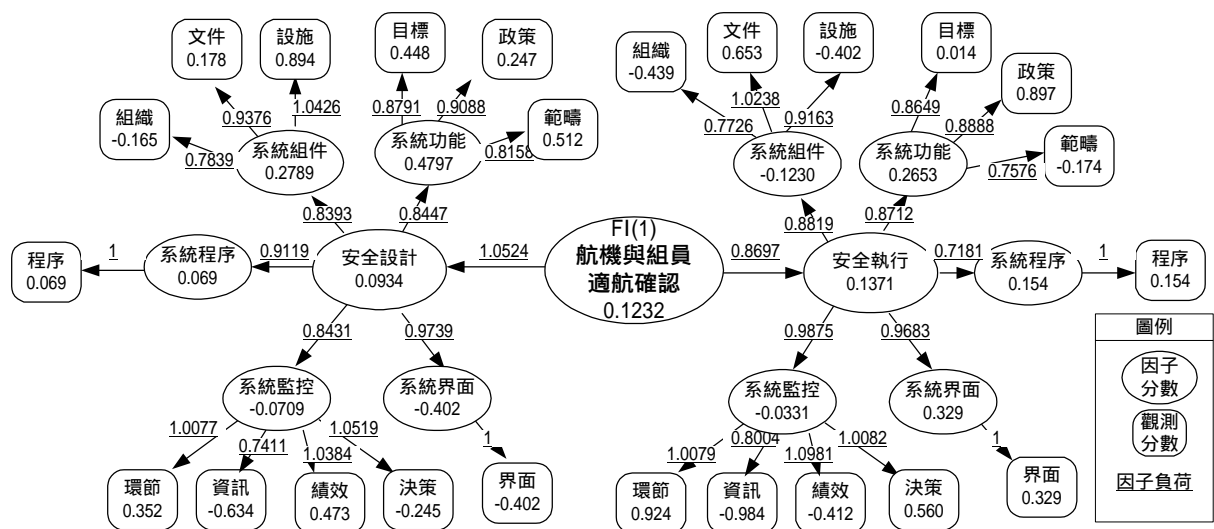


圖 7.22 「航機與組員適航確認」活動衡量模式之因子品質分數

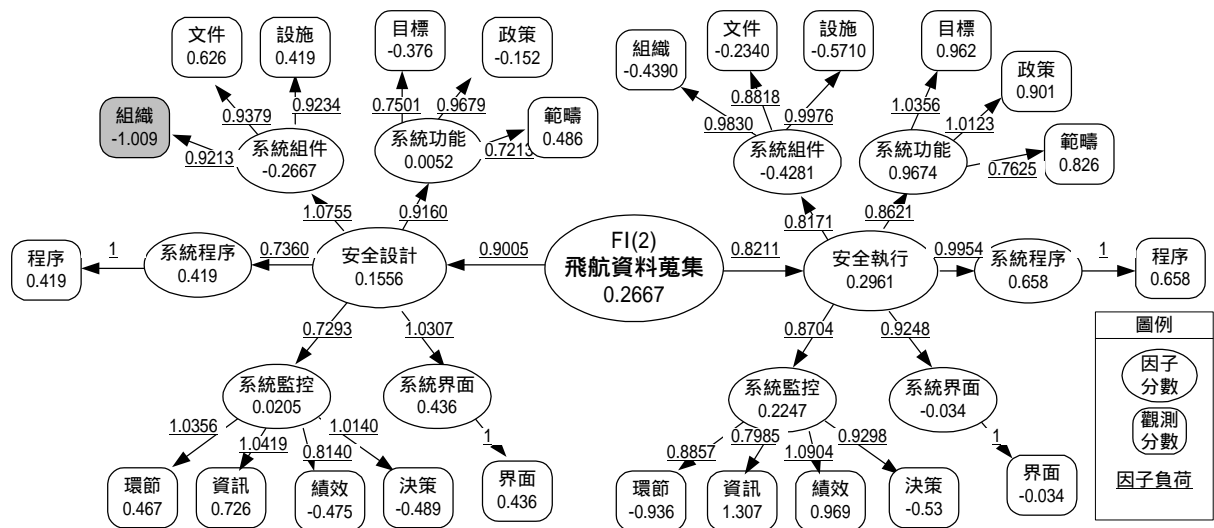


圖 7.23 「飛航資料蒐集」活動衡量模式之因子品質分數

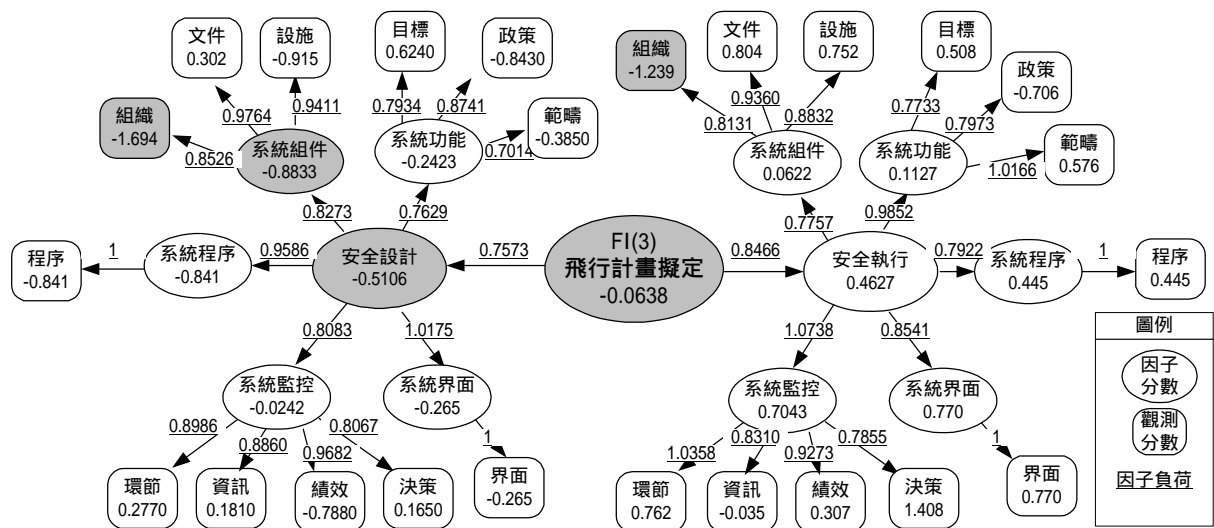


圖 7.24 「飛行計畫擬訂」活動衡量模式之因子品質分數

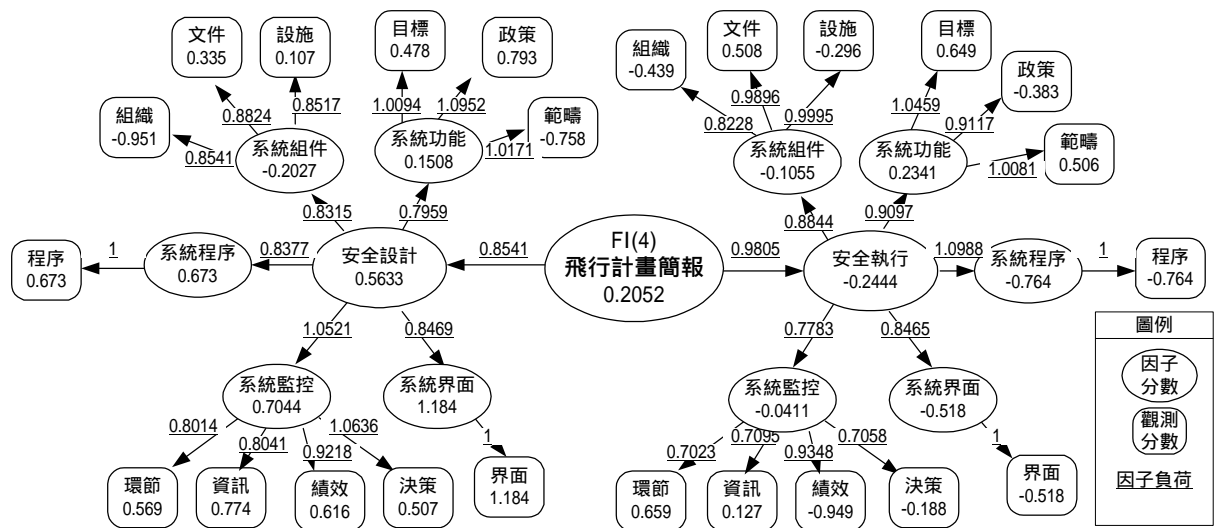


圖 7.25 「飛行計畫簡報」活動衡量模式之因子品質分數

(一) 「飛行計畫擬訂」活動

比較設計面與執行面，兩構面系統組件之組織要素，其品質分數分別為-1.694 與-1.239，皆低於門檻水準-1 之標準，表示系統設計與運作執行皆發生異常，為嚴重性高之系統性問題。比較衡量關係，安全執行面系統組件之品質分數為 0.0622，符合安全門檻-0.8 之標準，表示僅其下組織要素發生問題，所以為局部性問題；然而，安全設計面與設計面之系統組件及其下之組織要素，其品質分數分別為-0.5106、-0.8833 與-1.694，皆低於各自門檻水準-0.5、-0.8 與-1 之標準，表示此構面之組織要素嚴重危及安全設計構面與整體活動安全品質，所以為嚴重性高之系統性問題。

(二) 「飛航資料蒐集」活動

比較設計面與執行面，異常狀況僅發生於安全設計面，表示此部分出現系統設計之潛在性問題。比較衡量關係，雖然安全設計面系統組件之組織要素出現異狀，其品質分數為-1.009，低於安全門檻-1 之標準，所幸並未致使上層之系統組件整體品質低於門檻，所以為嚴重程度中等之潛在性問題。

(二) 「人員」安全計畫

比較設計面與執行面，異常狀況僅發生於安全執行面，表示此計畫出現運作執行之局部性問題。比較衡量關係，安全執行面系統監控之資料蒐集與績效評量兩要素出現異狀，其品質分數分別為-1.145 與-1.420 皆低於安全門檻-1 之標準，並致使系統監控品質分數為-0.8162 亦低於其安全門檻-0.8 之標準，所以為嚴重性高之系統性問題，而且由於績效評量與資料蒐集之因子貢獻程度分別為 1.1678³與 1.1288⁴，表示績效評量問題之威脅性較資料蒐集問題為高。

(四) 安全分析

不論設計面與執行面比較或衡量關係比較，安全分析之異常狀況僅出現在安全設計面系統監控之環節確認，其品質分數為-1.649，低於安全門檻-1 之標準，所以為嚴重程度低之局部性潛在問題。

二、整體性探討

比較要素品質，飛行資訊相關之「飛行計畫擬訂」與「飛航資料蒐集」活動，其安全設計面系統組件之組織要素出現異常狀況，甚至前者之安全執行面組織要素亦不符門檻標準；所幸，主導組織要素設計與執行品質之人員管理安全計畫或安全架構並未出現異狀釀成系統性問題，不過仍應謹慎注意此一潛在性問題。比較結構關係，僅「飛行計畫擬訂」活動總體安全品質出現異狀，其上游之「飛航資料蒐集」與「航機與組員適航確認」活

³ $1/0.8565=1.1678$

⁴ $1/0.8859=1.1288$

動、各項安全計畫、以及安全架構與分析層面，雖有部分衡量模式內部發生要素異狀，但整體上游之安全品質績效仍符合安全之門檻要求，所以就整體系統結構而言，「飛行計畫擬訂」活動總體安全品質之異狀應為局部性問題。

整合上述個別性與整體性之探討於表 7.7，就此部分飛安系統而言，以「飛行計畫擬訂」活動最為嚴重，出現設計與執行及衡量關係兩項系統性問題，其核心關鍵在於規劃面系統組件之組織要素，所以必須就此項要素之相關評量指標，立即深入分析並展開深入調查，判斷癥結為結構完整性、人員專業性、人員穩定性與工作負荷性等何者之問題；其次，為人員管理安全計畫，出現衡量關係之系統性問題，而且對活動層面中系統組件之組織因素有潛在性可能威脅，必須深入分析其安全執行面系統監控之績效評量與資料蒐集要素，就其相關評量指標立即深入分析。再者，為出現潛在問題之「飛航資料蒐集」活動，以及局部性問題之安全分析。

表 7.7 個別性與整體性問題分析結果

		FI(3)	SP(1)	FI(2)	SA
		飛行計畫擬訂	人員安全計畫	飛航資料蒐集	安全分析
個別性	規劃面與控制面	系統性問題	局部性問題	局部性問題	局部性問題
	衡量結構	系統性問題	系統性問題	潛在性問題	----
整體性	要素品質	局部性問題	----	局部性問題	----
	結構關係	局部性問題	----	----	----

7.3 改善計劃

上述透過模式之分析，發掘與評判飛安系統內根本問題，以下則進一步依據衡量模式之因子負荷參數與結構模式之路徑關係參數，依據組織架構與層級因果關係，研擬與評估相映之改善計畫方針。依據圖 7.15 之主要關聯結構模式，發生異常狀況之四項問題變數，其關係架構可精簡如圖 7.26 所示；其中，安全分析位於最上游，接續為人員管理安全計畫、「飛航資料蒐集」活動，以及「飛行計畫擬訂」活動，而各變數間相關路徑影響、因子負荷與因子負荷等效果，表示如表 7.8 至 7.10 所示。

首先，安全分析之問題要素發生於安全設計面系統監控之環節確認，其安全品質低於門檻 0.649 單位，亦即提升此一差距可使安全分析完全符合安全標準，並使安全分析之整體安全品質提升 0.0423 單位，進而透過路徑結構關係之直接或間接影響效果，使得人員安全計畫、飛航資料蒐集活動與飛行計畫擬訂活動之整體品質分別獲得 0.0275、0.0296 與 0.0556 單位之提升效果，亦使各問題要素之品質獲得提升，品質提升幅度如表 7.11 所示。此時，飛航資料蒐集安全設計面系統組件之組織要素，其安全品質超越安全門檻，表示相關問題已獲得解決。

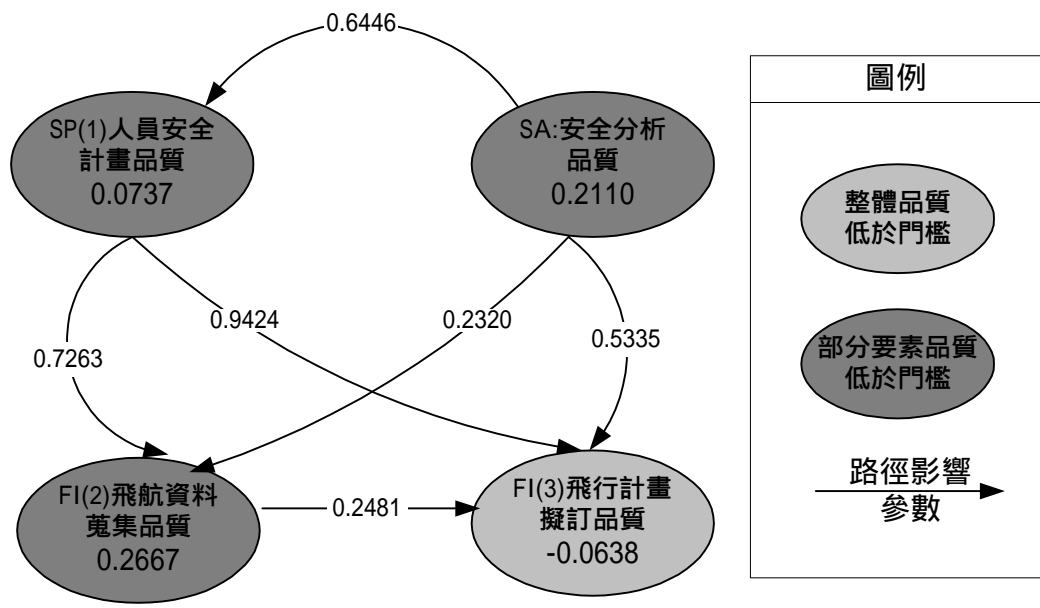


圖 7.26 問題變數關係架構

表 7.8 問題變數路徑影響效果

			路徑起點		
			SA	SP(1)	FI(2)
			安全分析	人員安全計畫	飛航資料蒐集
路徑終點	SP(1)	影響路徑	SA-SP(1)		
		影響效果	0.6446		
	FI(2)	影響路徑	SA-FI(2) SA-SP(1)-FI(2)	SP(1)-FI(2)	
		影響效果	0.7002	0.7263	
	FI(3)	影響路徑	SA-FI(3) SA-SP(1)-FI(3) SA-FI(2)-FI(3) SA-SP(1)-FI(2)-FI(3)	SP(1)-FI(3) SP(1)-FI(2)-FI(3)	FI(2)-FI(3)
		影響效果	1.3147	1.1226	0.2481

表 7.9 問題變數因子負荷效果

潛在變數	觀測變數	因子負荷效果
SA 安全分析	設計-監控-環節	0.9825*0.7244*0.7180
SP(1) 人員安全計畫	執行-監控-資訊	1.0203*0.7343*0.8859
	執行-監控-績效	1.0203*0.7343*0.8565
FI(2) 飛航資料蒐集	設計-組件-組織	0.9005*1.0755*0.9213
FI(3) 飛行計畫擬定	設計-組件-組織	0.7573*0.8273*0.8526
	執行-組件-組織	0.8466*0.7757*0.8131

表 7.10 問題變數因子分數效果

潛在變數	觀測變數	因子分數效果
SA 安全分析	設計-監控-環節	$(1/2)*(1/0.9825)*(1/5)*(1/0.7244)*(1/3)*(1/0.718)$
SP(1) 人員安全計畫	執行-監控-資訊	$(1/2)*(1/1.0203)*(1/5)*(1/0.7343)*(1/4)*(1/0.8859)$
	執行-監控-績效	$(1/2)*(1/1.0203)*(1/5)*(1/0.7343)*(1/4)*(1/0.8565)$
FI(2) 飛航資料蒐集	設計-組件-組織	$(1/2)*(1/0.9005)*(1/5)*(1/1.0755)*(1/3)*(1/0.9213)$
FI(3) 飛行計畫擬定	設計-組件-組織	$(1/2)*(1/0.7573)*(1/5)*(1/0.8273)*(1/3)*(1/0.8526)$
	執行-組件-組織	$(1/2)*(1/0.8466)*(1/5)*(1/0.7757)*(1/3)*(1/0.8131)$

表 7.11 安全分析改善之品質提升效果

潛在變數	SP(1) 人員安全計畫	FI(2) 飛航資料蒐集	FI(3) 飛行計畫擬定
品質提升效果	+0.0275	+0.0296	+0.0556
觀測變數	執行-監控-資訊	執行-監控-績效	設計-組件-組織
品質提升效果	+0.0181	+0.0181	+0.0297
安全門檻差距	-0.1269	-0.4019	-0.2093

接著，針對人員安全計畫予以改善，其問題要素發生於安全執行面系統監控之資訊蒐集與績效評量要素，其品質分別低於門檻 0.1269 與 0.4019 單位。當兩者皆達安全門檻水準，可使人員安全計畫之整體安全品質提升 0.0205 單位，亦使飛航資料蒐集與飛行計畫擬定兩活動之整體品質獲得提升，品質提升幅度如表 7.12 所示。

表 7.12 人員安全計畫改善之品質提升效果

潛在變數	FI(2) 飛航資料蒐集	FI(3) 飛行計畫擬定
品質提升效果	+0.0149	+0.0230
觀測變數	設計-組件-組織	執行-組件-組織
品質提升效果	+0.0133	+0.0123
安全門檻差距	+0.0307	-0.1970

最後，針對僅剩之飛行計畫擬訂問題予以改善，其問題要素發生於安全設計面與安全執行面系統組件之組織要素，其品質分別低於門檻 0.6520 與 0.1970 單位。由於前者為導致系統性問題發生之關鍵，而且設計面因素為執行面之基礎，所以由設計面優先改善而後執行面。當兩者皆達安全門檻水準，可使飛行計畫擬訂活動之整體安全品質提升 0.0532 單位。

經安全分析、人員安全計畫與飛行計畫擬訂等三步驟改善計劃後，既有問題變數皆可獲得改善，提升後之變數品質之預估成效如表 7.13 所示。

表 7.13 改善計劃之預估成效

	SA	SP(1)		FI(2)	FI(3)	
潛在變數	安全分析	人員管理安全計畫		飛航資料蒐集活動	飛行計畫擬定活動	
品質分數	0.2673	0.1217		0.3110	0.0573	
觀測變數	設計-監控- 環節要素	執行-監控- 資訊要素	執行-監控- 績效要素	設計-組件- 組織要素	設計-組件- 組織要素	執行-組件- 組織要素
品質分數	-1	-1	-1	-0.9693	-1	-1

7.4 小結

由簡例探討可知，本研究所構建之安全系統分析模式，確實能與航空公司既有飛安管理系統融合，發揮系統整合之功效，而且清晰之圖像結構與嚴謹之參數解析，除能協助飛安管理者掌握系統之全貌且了解因子間之互動關係，邏輯性推論與發掘各項系統性與局部性問題；而依據組織層級架構與系統因果關係之推論，尚能提供改善計劃研擬之方針與品質提升成效預估之工具。

第八章 結論與建議

發展一套系統安全分析模式，以作為系統性深入剖析複雜飛安體系與探索問題發生癥結之工具，深入瞭解因子交互影響之特性並確切診斷出所有形成錯誤之原因，從而根本改善缺失並提升飛安管理之績效，為航空公司能夠落實飛安管理並擁有良好安全績效之關鍵。因此，本研究由釐清飛安系統本質著手，確實掌握飛安系統構面因子，進而探討飛航安全管理機制之運作架構並確實解構流程間互動關係；由品質管理之積極性預防角度，而非危險與疏失之消極被動概念，針對飛安系統關鍵影響因素予以探討並建立適切評量指標架構；進而運用結構化方程模式串連線上活動與安全管理層級架構與整合安全績效評量指標，並妥善研擬系統分析之步驟與數值解析之方法，以及改善計劃成果預估之方式，建立航空公司飛航運作之系統安全分析模式；最後，經由簡例之探討，顯示此一模式確實可行且效果顯著。以下就本研究所獲得之結果，提出具體結論與建議：

8.1 結論

一、飛安系統之本質

(一) 釐清飛安系統之層級架構

航空公司飛航運作系統安全模式之建立，其用意為預防失事事件之發生，而為達此一功能就必須先從飛航安全系統本質之探討著手，掌握導致失事事件發生之潛在危險因素，徹底了解飛安系統之組成及其交互影響之關係。因此，本研究藉由失事肇因、系統組成與系統運作等觀點之探討，歸結出飛安系統架構之四主要層面，分別為系統內部結構之環境層面、管理層面與活動層面，以及系統外部行為之績效層面。

(二) 建立飛安系統之解析基礎

透過層級性關係結構，適切整合各層面飛安因子及其交互影響關係，系統性呈現航空公司飛安系統之全貌，不僅有利於了解各構面彼此間之交互關係，確切掌握整體飛安系統之內涵，可作為全面解析航空公司飛安體質之基礎與藍圖，亦可作為其他飛安相關研究探討飛安影響因素之依據。

二、飛安管理之機制

(一) 掌握飛安理念之核心精神

本研究透過飛航服務與飛安績效關係之探討，了解飛安水準取決於公司對飛安的理念，而此一理念不僅反映在資源投入的多寡，更在於如何有效利用資源改善根本之問題。換言之，增加飛安資源的投入並非提升安全績效之唯一法則，只要有心改善飛安管理機制，則有可能總資源投入減少但飛安績效反而提高之情形發生；反之若一味增加資源，忽略飛安管理機制之檢討與改善，則對飛安僅能發揮事倍功半之效。

(二) 反映積極學習之管理機制

為能掌握飛安管理機制之核心精神，作為飛安管理分析系統建立之方針，本研究結合品質管理之規劃、控制與提升觀念與風險管理之確認、偵測、衡量、評估與控制等具體步驟，以主動監督與持續改善之積極型學習組織角度，提出安全管理系統之機制架構，清楚呈現航空公司組織層面與活動層面間之互動關係，而且適切反映安全管理機制之運作方式。

三、飛安管理之藍圖

(一) 建立飛安活動之解構方式

由飛安管理機制之探討可知，線上活動為管理活動成效之具體表現，而管理活動為線上活動之動力來源，而各項活動執行成效的良莠，直接影響著航空公司飛安績效的表現，若能妥善掌握此種運作關係架構，則有助於了解飛安管理系統之全貌，進而構建適切之分析模式架構。然而，飛安管理系統之參與份子與影響因素相當龐雜，而且各因素間交互影響且環環相扣，為能為適切管理複雜之飛安系統，一個完整性且系統性飛安管理藍圖為必要之工具。因此，本研究依據藍圖法之邏輯性與具體性圖像運作流程觀點，由線上活動組成之了解與活動間關係之確認著手，掌握線上活動之動態運作流程；進而釐清安全計畫之型態與計畫間交互關係，妥善串接活動層面與組織層面之介面；最後，結合安全架構與分析層級，完成整體系統之解構，勾勒清晰之飛安管理運作藍圖。

(二) 補強紀錄與經驗之不足

此種系統解構與藍圖繪製方式，不僅可以作為航空公司檢視與整合飛安管理系統之參考，以及安全分析模式架構建立之依據，亦可以補強以往運用事件紀錄或專家經驗作為判斷與確認危險之方式，讓潛在危險之發掘與推論工作更為客觀與全面。

四、安全評量之指標

(一) 整合靜態與動態飛安資訊

為能適切評量系統運作之績效,達到確實診斷航空公司安全健康及發掘系統中可能潛在危險之目的,本研究依據所構建之飛安管理運作機制與運作動態,進一步由安全設計與安全執行兩方面,研擬系統評量之領先指標與落後指標,探討與歸納影響飛安管理系統之因素,並依紀錄、觀察與訪查等三種資料型態,研擬公正、客觀且能夠適切反應各影響因子安全品質之評量指標架構。

(二) 反應飛安要件之潛在危險

此項指標架構適切整合航空公司內部各項可用資訊,充分反映飛安管理系統靜態面安全設計與動態面安全執行之關係與因子,可協助航空公司或飛安研究者,由系統功能、系統組件、系統程序、系統監控與系統界面等五項全面性角度,解析影響系統運作績效之因子,發掘系統內潛在危險,對於飛安因素之探討與評量,確實能提供相當之助益。

(三) 調和評量指標之屬性差異

由於,指標類型包括紀錄、觀察與調查等三類,其資料屬性具有相當之差異,如何適切整合與轉換成具代表性之觀測數值為重要之課題。本研究,分析模式之應用中運用數值差異之概念,提出單位化指標評量尺度與指標評點之方式,使各項指標能反映對等之安全程度,確實有助指標評量意涵之判讀;此外,依據指標對安全績效之影響程度與指標間相互之影響關係,運用相乘、相加與權重之方式,適切整合不同評量指標之重要性與關係性差異,獲致適切之總體性評量指標。此種整合與轉換之方式,著實有助於處理指標資料屬性不同所造成之評量差異。

五、分析模式之應用

(一) 妥善轉化願景與整合組織

飛安管理之角色不僅在於預防危險事件與減少作業疏失,亦在於減少無謂之改善成本與提升整體之營運效率,而飛安管理之效益,則繫於理念之貫徹與落實。因此,本研究由願景轉化與組織整合,創造以確保與提升安全為理念之管理系統與核心組織,進而融合安全管理機制之架構,勾勒清晰之飛安管理系統運作方式,以及設計適宜之安全評量構面,作為建立航空公司系統安全分析模式之基礎。

(二) 整合模式構建、分析與改善

模式之重點在於輔助分析者了解系統與掌握問題,而不在於提供系統績效數值判別系統安全績效之高低,所以如何妥善運用結構化方程模式所解析之管理系統健康體質資訊,確實發掘系統內潛在之危險因素,為安全管理之積極意義。本研究由管理機制、運作流程與評量指標之本質意涵,運用數值比較與因果關聯之觀念建立系統安全分析之方法與步驟,解讀結構化模式各項參數—觀測數值、因子分數、因子負荷與路徑關係等資訊之依據;透過結構模式之層級串接,邏輯性與系統性找尋潛在危險因子之可能來源與改善機會。進而運用模式所推估之路徑影響與因子負荷參數,預估各項改善計劃之品質提升成效,作為改善方案擬訂之依據。如此,緊密串連理論模式構建、模式結構分析與改善方案評估等三項完整功能之系統分析模式,確實有益於發掘與改善航空公司飛安系統之根本問題,提升與確保安全品質之績效。

(三) 提供模式驗證之可行理論

基於安全品質之難以直接觀測性,以及模式架構驗證之必要性,本研究藉由結構化方程模式所研擬之系統分析方法,其重點在於提供具體之操作方式與嚴謹之理論基礎,作為建立飛安管理模式架構與擬訂飛安評量指標之依據,以及校估因子間交互影響關係與程度之方法;進而,透過模式架構與評量指標之有效性驗證,降低以往安全分析模式僅以邏輯性與主觀性方式推論之可能誤判問題。因此,本研究雖無實際資料可供參數校估與模式驗證,不過卻提供飛安研究者另一可行之研究方式與思索空間,無損本研究之價值。

此外,本研究修正原有之衡量與結構兩階段模式構建方式,進一步區分層級內、層級間與整體之結構模式且依據變數間交互影響關係區分主次要結構;如此,不僅較能掌握變數間之影響及釐清模式之內涵,亦可找尋滿足配適度檢測之最簡捷結構化方程模式,運用最少資源提升模式之解釋能力。而此種概念,亦有助研究者運用結構化方程模式,構建其他大型之複雜性系統。

8.2 建議

一、飛安系統之本質

飛安系統之範疇相當廣泛，包括環境、管理、活動與績效等層面，本研究僅針對其飛安管理系統之核心——線上與管理活動，以及組織之安全管理，對於其他因素並未於研究中加以考慮。因此，為求落實全面性飛安系統之管理，以及掌握其他因素對安全管理之影響，建議後續研究可進一步拓展研究之範疇。

二、飛安管理之機制

本研究結合品質管理與風險管理之理論，提出安全管理系統之機制架構。就其概念而言，此一架構不僅適用於航空公司自身飛航安全之管理，對於主管機關對民航業者之監理與督導，以及其他組織安全管理領域其運作內涵之解析，亦有所助益。此外，本研究針對安全架構及分析、安全計畫、作業活動等主要安全核心層面予以闡述，對於如何更精緻之安全規劃、安全控制與安全提升之具體方法與施行步驟，值得後續研究。

三、飛安管理之藍圖

(一) 細分與整合作業活動環節

完整且嚴謹之飛安管理運作藍圖為飛安分析模式建立之基礎，而如何適切劃分各活動運作之層級與範疇並適切串連為其關鍵。本研究將飛安管理核心系統分為安全架構與分析、安全計畫與線上活動等三層，並將安全計畫分為人員、文件、設施與控制四類，或是將飛行資訊之相關活動分成「航機與組員適航確認」、「飛航資料蒐集」、「飛行計畫擬定」與「飛行計畫簡報」等四項；不過，各項計畫與活動之層級與範疇，可視航空公司之規模與實際作業之需要，再進一步細分或者整合。

(二) 探討次要結構與雙向關係

在航空公司安全管理運作流程中，活動與組織間之關係並非單純僅有單向之影響關係，尚包括雙向互動或串結成迴圈之情況，本研究目前主要探討上層對下層及變數與變數間單向之主要關聯結構，至於較為複雜之次要關聯結構，可於後續研究進一步探討。

四、安全評量之指標

(一) 精簡評量構面與衡量指標

本研究所研擬之飛安評量指標架構，著重於安全影響因素之釐清與指標研擬之參考，若要精確衡量航空公司之飛安體質，可進一步運用焦點團體之訪查或嚴謹之量表校估方法(如 SERVQUAL)，篩選重要之衡量指標，以提升指標之可信度與衡量之有效性；不過，由於系統設計與系統執行兩評量構面，彼此間具有因果關係，所以於評量指標精簡與校估時，需謹慎注意此項因素。

(二) 修正指標尺度與評點方式

指標尺度與評點方式為分析模式能否確實評判與診斷潛在危險之關鍵，為使各項指標能反映對等之安全程度，獲致適切之總體性評量指標，本研究提出單位化指標評量尺度與指標評點之方式，以及運用相乘、相加與權重之方式整合不同評量指標之概念。然而，對於指標準則之標準尺度能否獲得使用者一致性之認同，以及平均數值區間能否妥善區別安全與危險之差異，礙於實際資料之限制無法運用統計方法予以校估與推論，待研究條件成熟可另外予以強化；此外，本研究基於指標間平行互補或交互加成之關係，運用相加或相乘之方式予以整合，不過對於指標間之實際關係，以及較為精準之計算公式，則有待進一步探討。

五、分析模式之應用

(一) 拓展分析模式之應用範疇

本研究茲以飛航資訊相關活動——「航機與組員適航確認」、「飛航資料蒐集」、「飛行計畫擬定」與「飛行計畫簡報」，以及相關之組織面安全計畫、安全分析及安全架構等層面為分析模式之應用範疇，對於其他線上活動，如飛行前準備作業之組員值勤、物料補給、貨物裝載等活動，或是飛航、航機維護、飛行後整備等作業尚未予考量；因此，後續可依循本研究之系統解構方式與模式構建步驟加以擴展，形成完整之飛航運作系統安全分析模式。

(二) 整合與分割複雜關聯結構

於模式拓展之同時，由於多樣化活動之納入，線上作業活動間之交互關係更為繁複，如何清楚判別與區分主要與次要關聯結構，以及妥善串接平行之雙向影響關係，將更為不易；此外，對於線上作業活動相映之管理活動，亦由於活動之屬性差異與順序性關係，將使部分安全計畫之範疇出現不連續或重複之狀況。例如若以現有飛航資訊相關活動為基礎再納入組員值勤及貨物裝載等飛行前準備活動，則組員報到與確認及貨物登記與平衡計算等銜接活動，將因活動間之互動關係使得模式之串接更顯複雜；而相應之人員管理計畫，如何區別組員、簽派員與載重平衡員之個別水準，又能呈現組織對於所有人員管理之整體品質，則為另一項難題。是故，為能構建全面性系統分析模式，妥善擴展與整合飛航運作系統所面臨之衍生性問題，必須加以注意。

(三) 克服飛安資料之建置障礙

結構化方程模式之參數估算與模式驗證，雖然不需充足之同時性資料，僅需具有觀測變數之變異與共變異統計量，然而對於新成立或飛安資料庫未健全建置之航空公司仍為障礙。此時，可依據本研究之系統分析模式架構，運用層級分析(AHP)或焦點團體等意見評量方式，匯集專家意見而獲得合理客觀之因子間交互影響權重，替代路徑關係與因子負荷等參數；如此，本研究所擬之系統分析與計劃評估等方法，仍可適切運行，對於航空公司飛安之管理仍有助益。然而，如何藉由主觀性意見評量方式獲得較為客觀且合理之路徑關係與因子負荷等參數，其感知問項之設計與評量方式為值得研究之課題。

(四) 擬訂合理之品質績效門檻

績效門檻為評判各活動環節是否發生異狀之關鍵，亦為評量危險程度之主要準則，過於嚴苛則容易發生錯誤警訊，增加飛安管理之負荷與調查資源之浪費，過於寬鬆則無法有效發掘系統潛在問題，喪失系統分析模式之功能與增加危險事件發生之可能性。因此，如何針對各活動環節之屬性擬訂合理之品質績效門檻，確保模式診斷潛在危險之有效性，並且降低對於正常環節之誤判率，值得後續研究深入探討。

(五) 考量改善計劃之成本與時效

衡量模式為結構化方程之基礎架構，除非先建立良好之衡量模式，否則將不具任何意義。越多階層表示，表示越多系統性關鍵因素被納入分析與考量，但卻可能同時導致辨認要件無法滿足，或使參數估算與架構驗證無效率；因此，如何建立適切之衡量模式層級，為值得研究之課題。此外，本研究運用因子負荷與路徑參數，由因子間層級與關係影響效果作為改善計劃研擬之方針，對於問題改善所需之成本與時間尚未詳加探討。為能讓改善計劃具體施行，後續可進一步考量計劃改善所需之投入資源與施行時間，進行成本效益分析，以及改善措施施行時效之評估。

參考文獻

- 交通部 (民 87), 交通部第一次飛航安全改進策略會議。
- 交通部 (民 89), 交通部第二次飛航安全改進策略會議。
- 交通部 (民 91), 交通部第三次飛航安全改進策略會議。
- 交通部民用航空局 (民 89), 民航政策白皮書。
- 交通部民用航空局 (民 91), 建立航空公司飛航安全評鑑制度之研究。
- 交通部運輸研究所 (民 85), 台灣地區飛航安全概述。
- 交通部運輸研究所 (民 86), 國內外航空事故肇因分析與失事調查組織以及作業之研究。
- 馮正民等 (民 87), 民航政策白皮書之研修, 交通部民用航空局。
- 汪進財等 (民 88), 民航政策白皮書 - 天空開放政策檢討, 交通部。
- 汪進財、葉文健、鍾易詩 (民 90), 「財務績效與飛航安全關聯架構之建立」, 運輸學刊, 第十三期, 第四卷, 頁 87-110。
- 汪進財、葉文健 (民 91), 航空公司飛安管理資訊系統之建立, 第十屆校際運輸學術聯誼研討會論文集, 頁 186-204。
- 汪進財、葉文健 (民 92), 「航空公司飛安管理系統之解構」, 運輸學刊, 第十五卷第三期, 頁 309-328。
- 林盈合 (民 92), 航空公司飛安風險因素之探討, 國立成功大學交通管理學系, 碩士論文。
- 飛行安全基金會 (民 86), 航空安全: 航空公司管理自我檢查(Aviation Safety: Airline Management Self-Audit), 譯自美國飛航安全基金會(FSF)-伊卡爾斯(ICARUS)委員會。
- 張有恆、李文魁 (民 91), 「航空公司飛安風險評估模式之探討」, 中華民國運輸學會第十七屆運輸年會論文集, 頁 749-758。
- 張有恆、李昭蒂 (民 92), 「航空公司航安全績效評估之研究」, 民航季刊, 第六卷, 第一期, 頁 15-36。
- 蔡明志 (民 89), 「風險管理在大眾運輸安全管理管制課題之發展應用」, 運輸計劃季刊, 第二十九卷第一期, 頁 181-212。
- 鍾易詩 (民 89), 航空公司飛安管理運作模式之研究, 國立交通大學交通運輸研究所, 碩士論文。
- Allen, H. W. and Abate M. L. (1999), "Work Process Analysis: a Necessary Step in the Development of Decision Support Systems-An Aviation Safety Case Study," Interacting with Computers, pp.623-643.

- Amjad, H. F. (1996), "Variance in Safety Performance," Flight Safety Foundation's 49th Annual International Air Safety Seminar, Dubai.
- Anderson, J. C., and Gerbing, D. W. (1988), "Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two Step Apporach," *Psychological Bulletin*, Vol.103, pp.411-423.
- Andrews, J. D. and Moss, T. R. (1993), *Reliability and Risk Assessment*, Longman Group, UK.
- Argyris, C., and Schön, D. (1978) *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*, Reading, MA: Addison-Wesley.
- ATOS (1997), *Surveillance Improvement Process*.
- Barnett, A., Abraham, M., & Schimmel, V. (1979), "Airline Safety: Some Empirical Findings," *Management Science*, 25, pp. 1045-1056.
- Barnett, A., and Higgins, M. (1990), "Airline Safety: The Last Decade," *Management Science*, Vol.35, pp.1-21.
- Berendsen, I. R. (2000), *The Role of International Standards and Guidelines for Achieving System Safety*, AEA Technology Consulting.
- Berkley, B. J. (1993), "Analyzing Service Blueprints Using Phase Distributions," *European Journal of Operational Research*, Vol. 88, pp.152-164.
- Bertrand de Courville (2003), "Credible Data about Events and Trends Crucial to Safety Department's Initiatives," *ICAO Journal*, Vol.57, No.1, pp.8-10.
- Blakeney, R. (1983), "The Organizational, Group and Individual Levels of Analysis in Organizational Behavior," *Transactional Analysis Journal*, 13, pp.58-65.
- Bird, F. (1969), *Practical Loss Control Leadership*, Loganville, GA: International Loss Control Institute.
- Boeing (1996), *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents-Worldwide Operations 1959-1995*.
- Boeing (1998), "MEDA (Maintenance Error Decision Aid) ," *Boeing Aero*, Vol.3.
- Boeing (2003), *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents-Worldwide Operations 1959-2002*.
- Borenstein, S., and Zimmerman, M. (1988), "Market Incentives for Safe Commercial Airline Operation," *American Economic Review*, Vol.78, pp913-935.
- Bosch, J. C., Eckard, W. and Singal, V. (1998), "The Competitive Impact of Air Crashes: Stock Market Evidence," *Journal of Law and Economics*, Vol.41, pp.503-520.
- Braithwaite, G. R. (1998), *Australian Aviation Safety: A Systemic Investigation and Case Study Approach*, Doctoral Thesis, Loughborough University, UK.

- Browne, M. W. (1982), Covariance Structures, In D. M. Hawkins (Ed.), Topics in Applied Multivariate Analysis, Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Browne, M. W. (1984), "Asymptotically Distribution-free Methods for Analysis of Covariance Structures," British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, Vol.37, pp.62-83.
- Chance, D. M. and Ferris, S. P. (1987), "The Effect of Aviation Disasters on the Air Transport Industry," Journal of Transport Economics and Policy, Vol.21. pp.151-165.
- Chang, Y. H. and Yeh, C. H. (2004), "A New Airline Safety Index," Transportation Research Part B, Vol. 38, pp. 369-383.
- Dean, J. W. and Bowen, D. E. (1994), "Management Theory and Total Quality: Improving Research and Practice through Theory Development," Academy of Management Review, No.19, pp.392-418.
- Deming, W. E. (1989), Out of the Crisis, MIT, Boston.
- Diehl, A. E. (1991), "Does Cockpit Management Training Reduce Aircrew Error?" The 22nd International Seminar of the International Society of Air Safety Investigators, Canberra, Australia.
- Dionne, G., Gagne, R., Gagnon, F. and Vanasse, C. (1997), "Debt, Moral Hazard and Airline Safety-An Empirical Evidence," Journal of Econometrics, Vol.79, No.2, pp.379-402.
- Dumas, R. (1987), "Safety and Quality: the Human Dimension," Professional Safety, 32(12), pp. 11- 14.
- Evans, W. N. (1989), "Deregulation and Airline Safety: Evidence from Court Data Models," University of Maryland-College Park.
- FAA (2000), System Safety Handbook, Federal Aviation Administration, Washington, DC.
- FAA (2001), International Aviation Safety Assessment (IASA) - Assessment Checklist, Federal Aviation Administration, Washington, DC.
- FAA (2004), Air Transportation Operations Inspector's Handbooks—Appendix 6: Air Transportation Oversight System (ATOS), Federal Aviation Administration, Washington, DC.
- Farrel, M. J.(1957), "The Measurement of Productive Efficiency," Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General 120, Part 3, pp.253-281.
- Fayol, H. (1916), Administration Industrielle et Générale, Dunod, Paris.

- Fornell, C. (1983), "Issues in the Application of Covariance Structure Analysis: A Comment," *Journal of Consumer Research*, Vol.9, pp.443-450.
- FSF (2000), "Understanding Safety Architecture," Workshop for FSF Taiwan, Taiwan.
- GAIN (2000), *Operator's Flight Safety Handbook*, Global Aviation Information Network, Group A.
- George, W. R., and Gibson, B. E. (1991), "Blueprinting a Tool for Managing Quality in Service", *Service Quality*, Lexington Books, Lexington, MA.
- Golbe, D. L., "Safety and Profits in the Airline Industry," *The Journal of Industrial Economics*, Vol.34, No.3, 1986.
- Gulick, L. H. (1937), "Notes on the Theory of Organisation," *Papers on the Science of Administration*, Columbia University, New York.
- Hale A. & Baram M. (1998), "Safety Management- The Challenge of Change," Pergamon.
- Hasson, J. (1997), "Boeing's Safety Assessment Processes for Commercial Airplane Designs," *IEEE*, pp.4.4-1 - 4.4-7.
- Heinrich, H. W. (1959), *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*, McGraw-Hill, New York.
- Helmreich, R. L., Merritt, A. C., and Wilhelm, J. A. (1999a), *The Line/LOS Error Checklist, Version 6.0: A checklist for human factors skills assessment, a log for off-normal events and a worksheet for cockpit crew error management*. Austin, TX: University of Texas Team Research Project, Technical Report 99-01.
- Helmreich, R. L., Kline, J. R., & Wilhelm, J. A. (1999b), "Models of threat, error, and CRM in flight operations," In *Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 677-682). Columbus, OH: The Ohio State University.
- Helmreich, R. L., Wilhelm, J. A., Kline, J. R., and Merritt, A. C. (2001), *Culture, Error and Crew Resource Management*. In E. Salas, C.A. Bowers, & E. Edens (Eds.), *Improving Teamwork in Organizations*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 305-331.
- Huber, G.(1990), "A Theory of the Effects of Advanced Information Technologies on Organizational Design, Intelligence, and Decision Making," *Academy of Management Review*, Vol. 15, No. 1, pp.47-71.
- ICAO (1999), *Safety Oversight Manual Part A- the Establishment and Management of a State's Safety Oversight System* (Doc 9734), 1st Ed.
- ICAO (2000), *Safety Oversight Audit Manual* (Doc 9735), 1st Ed.
- James, L. R., Muliak, S. A., and Brett, J. M. (1982), *Causal Analysis: Assumptions*,

- Models, and Data, Beverly Hills, CA: Sage.
- Jones, E. E., and Nisbett, R. E. (1971), "The actor and the Observer: Divergent Perceptions of the Causes of Behavior," *Attribution: Perceiving the Causes of Behavior*, General Learning Press, NJ.
- Jöreskog, K. G., and Sörbom, D. (1993), *PRELIS2 User's Reference Guide*, Chicago: Scientific Software International, Inc.
- Juran, J. (1989), *Juran on Leadership for Quality*, NY: Free Press.
- Kennet, D. M. (1990), "Airline Deregulation and Aircraft Engine Maintenance: An Empirical Policy Analysis," Tulane University.
- Kern, T. (1996), *Redifining Airmanship*, McGraw-Hill, NY.
- Kjellen, U. (1983), "An evaluation of Safety Information Systems of Six Medium-Sized and Large Firms," *Journal of Occupational Accidents*, 3, pp.273-288.
- Lawler, E. E., Mohrman, S. A. and Ledford, G. E.(1995), *Creating High Performance Organizations: Practices and Results of Employee Involvement and Total Quality Management in Fortune 1000 Companies*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Lerner, M. J., and Simmons, C. H. (1966), "Observer's Reaction to the 'Innocent Victim': Compassion or Rejection?" *Journal of Personality and Social Psychology*, 4, 203.
- Logan T. J. (1999), "Trend toward wider sharing of safety data is resisted by industry concerns," *ICAO Journal*, Vol.54, No.1, pp.7-9.
- Lowrance, W. W. (1980), "The Nature of Risk," *Societal Risk Assessment-How Safe is Safe Enough*, Plenum Press, New York-London, pp.5-17.
- Luxhøj, J. (2000), "Aviation Risk Management- Analytical Methods and Tools," *Organizational Approach on Risk & Crisis Management*, 2000 EVA Safety Conference, Oct. 18~19, Taoyuan, Taiwan, pp. II-1 - II-24.
- Mann, N. R. (1985), *The Keys to Excellence: The Story of the Deming Philosophy*, Mercury, London.
- Manzanedo, M. A. (1994), *Los Costes de Los Accidentes en Las Empresas Industriales*. Valladolid, Spain: Universidad de Valladolid.
- Matthews, S. (2000), "Human Factors in Aviation Safety," 第十屆國籍航空飛安年會, 台北。
- McCarthy, P. M., and Keefe, T. (2000), "A Measure of Staff Perceptions of Quality-Oriented Organizational Performance: Initial Development and Internal Consistency," *Journal of Quality Management*, Vol.4, No.2., pp.185-206.
- McIntyre, G. R. (2000), *Patterns in Safety Thinking-A Literature Guide to Air Transportation Safety*, Ashgate Publishing, England.
- Minter, S. G. (1991), "Quality and Safety Unocal's Winning," *Occupational Hazards*,

53(8), pp. 47–50.

- Mintzberg, H. (1989), *Mintzberg on Management: Inside Our Strange World of Organizations*, The Free Press, New York.
- Mitchell, M. L. and Maloney, M. T. (1989), “Crisis in the Cockpit? The Role of Market Forces in Promoting Air Travel Safety,” *The Journal of Law and Economics*, Vol.32, pp.329-356.
- Oster, C. V. Jr. and Zorn, C. K. (1989), “Airline Deregulation: Is it Still Safe to Fly?” In Moses, Leons and Ian Savage, eds., *Transportation Safety in an Age of Deregulation*. Oxford: Oxford University Press.
- Pooley E. D. (1999), “Putting air safety management into practice demands a positive corporate safety culture,” *ICAO Journal*, Vol.54, No.1, pp.10-14.
- Reason, J. (1990), *Human Error*, Cambridge University Press, NY.
- Reason, J. (1995), “A systems Approach to Organisational errors,” *Ergonomics*, Vol. 38, pp. 1708-1721.
- Reason, J. (1997), *Managing the Risks of Organisational Accidents*, Ashgate Published, USA.
- Rose, N. L. (1990), “Profitability and Product Quality : Economic Determinants of Airline Safety Performance,” *Journal of Political Economy*, Vol.98 No.5 pp.944-964.
- Rose, N. L. (1992), “Fear of Flying? Economic Analyses of Airline Safety,” *Journal of Economic Perspectives*, Vol.6, No.2, pp.75-94.
- Roughton, J. (1993), “Integrating a total quality management system into safety and health programs,” *Professional Safety*, Vol. 38, No. 6, pp.32– 37.
- Schumacker, R. E. and Lomax, R. G. (1996), *A Beginner’s Guide to Structural Equation Modeling*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, New Jersey.
- Senders, J. M. and Moray, N. P. (Eds.) (1991), *Human Error: Cause, Prediction, and Reduction*, Hillsdale, NJ: Lowrence Erlbaum Associates.
- Shaver, K. G. (1970), “Defensive Attribution: Effects of Severity and Relevance on the Responsibility Assigned for an Accident,” *Journal of Personality and Social Psychology*, 14, 101.
- Shostack, G. L., (1984), “Designing Services that Deliver,” *Harvard Business Review*, Vol. 62, Jan.-Feb., pp.133-139.
- Singal, V., (1998), *Financial Health and Airline Safety*, Department of Finance, Pamplin College of Business, Virginia Tech.
- Smith, M. J., Cohen, H., Cohen A. and Cleveland R.J. (1988), “Characteristics of Successful Safety Programs,” *Journal of Safety Research*, 10, pp.5-14.
- Thom, T. (1997), *Human Factors and Pilot Performance- Safety, First Aid and*

- Survival, Airline Published, England.
- UK CAA (2002), Safety Management Systems for Commercial Air Transport Operations- A Guide to Implementation Prepared by the Air Transport Operations 2nd Ed., Operating Standards Division, Safety Regulation Group.
- UK CAA (2003), Flight Data Monitoring- A Guide to Good Practice, Strategic Safety & Analysis Unit, Safety Regulation Group.
- U.S. Air force (1981), Integrated Computer-aided Manufacturing(ICAM) Architecture Part II, vol. IV -Function Modeling manual(IDEF0), Air Force Materials Laboratory, Wright-Patterson AFB, OH 45433, U.S.A., AFWAL-TR-81-4023.
- US Air Force (1998), Air Force Pamphlet.
- US Airways (2003), “Newly Implemented Line Operations Safety Audit Produces Valuable Data for Air Carrier,” ICAO Journal, Vol.57, No.1, pp.11-13.
- Vincoli, J. W. (1991), “Total Quality Management and the Safety and Health Professional,” Professional Safety, Vol.36, No. 6, pp. 27– 32.
- Walster, E. (1966), “Assignment of Responsibility for an Accident,” Journal of Personality and Social Psychology, 3, 73.
- Wilson, P. F., Dell L. D., and Anderson, G.F. (1993), Root Cause Analysis: A Tool for Total Quality Management, ASQC Quality Press, Wisconsin.
- Wong, J. T. and Yeh, W. C. (2003a), “Impact of Flight Accident on Passenger Traffic Volume of the Airlines in Taiwan,” Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.5, pp.471-483.
- Wong, J. T. and Yeh, W. C. (2003b), “Validation of Fault Tree Analysis in Aviation Safety Management,” Accident Analysis and Prevention. (In Review)