

國立成功大學
交通管理科學研究所
碩士論文

建構國內航空站空側安全風險架構之研究
-以嘉義航空站 FMEA 之應用為例

**Constructing the Airside Safety Risk Framework for
Domestic Airport - The Case of Using FMEA on the
Chiayi Airport**

研究生：黃秋容

指導教授：張有恆 博士

中華民國一零八年六月

國立成功大學

碩士在職專班論文

建構國內航空站空側安全風險架構之研究-以嘉義航空站FMEA之應用為例

Constructing the Airside Safety Risk Framework for Domestic Airport - The Case of Using FMEA on the Chiayi Airport

研究生：黃秋容

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：

張有恆 邱永祥 楊慧華

指導教授：張有恆

系(所)主管：陳勁甫

中華民國 108 年 6 月 18 日

摘要

維護與持續提升機場的空側安全為民航運輸業中的重要議題，飛安事件與地安事件的發生，往往發生於空側區域，航空站每年投入於機場空側硬體設施的維護，耗費了許多人力與資金，為了就是提供一個良好與安全的飛航環境，以達到零失事率之飛安目標。

本研究以空側硬體設施分為「跑道」、「滑行道」、「停機坪」與「草坪區」，以及軍民合用機場「組織與管理」為五大研究構面，彙整國內外有關影響機場空側安全之風險因素，以建構國內航空站空側安全風險之架構，以失效模式與效應分析(Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)方法，探討各構面之重要風險因素及優先改善順序。

本研究建議航空站在建構空側安全風險架構時，影響空側硬體設施風險因素應首重「鳥類侵入」、「其他FOD侵入(野生動物)」、「鋪面高低不平或破裂」、「跑道助導航設施不良」、「道面標線、標誌及指示牌不佳」、「道面產生FOD」、「道(表)面積水」、「地勤作業未遵守標準作業流程」、「照明燈光系統不良」及「施工警示裝置不良」等風險因素；組織與管理層面則為「組織文化過於僵化」、「人員危機處理與抗壓力不足」、「行政效率不佳」、「人員異動頻繁與交接不確實」、「主管管制與監督不足」、「單位之間溝通協調不良」及「資訊未透明」等，作為研擬空側安全風險架構之方向，期提供予其他國內航空站及相關單位之參考。

關鍵詞：空側安全、失效模式與效應分析

Constructing the Airside Safety Risk Framework for Domestic Airport - The Case of Using FMEA on the Chiayi Airport

Chiu-Jung Huang

Yu-Hern Chang

National Cheng Kung University Department of Transportation and Communication
Management Science, College of Management

SUMMARY

Maintaining and continuously improving the airside safety of the airport has always been the most important issue in the civil aviation transportation industry. The occurrence of the flight incident and ground incident often occurs in the airside area.

In this study, it divides into five aspects including the airside hardware facilities divided into “runway”, “taxiway”, “apron” and “lawn area”, and the “organization and management” of the military and civil joint airport. The risk factors of airside safety are used to construct the risk framework for domestic airports. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) research method is used to explore the important risk factors and priority improvement order in each aspect.

This research suggests that domestic airports should value the risk factors affected by the airside hardware facilities such as “bird intrusion”, “other Fod intrusion (wild animals)”, “uneven or rupture pavement”, “poor navigation facilities on runway”, “poor markings, markers and signs”, “Fod on the road surface”, “puddle on the surface”, “non-compliance with standard operating procedures for ground operation”, “poor floodlighting systems”, “poor construction warning devices”, ; and the organization and management level is “rigid organization culture”, “personnel crisis management and lack of stress”, “poor administrative efficiency” and “frequent staff turnover and unclear handover”, “director of inadequate regulation and supervision”, “poor communication and coordination between units”, “untransparent information”, etc. when they construct the airside safety risk framework. The results can be a direction and reference for the development of airside safety risk framework for the future domestic airports and relevant units.

Key words: Airside Safety, Failure Mode and Effect Analysis(FMEA)

INTRODUCTION

The ICAO (2018) safety report mentions Runway Safety (RS), Controlled Flight into Terrain (CFIT) and Loss of Control-Inflight (LOC-I) is still a priority for safety. The runway safety events are listed as one of three high-risk accidents in the ICAO Global Aviation Safety Plan (GASP). The runway safety incidents include Abnormal Runway Contact (ARC), Bird Strikes (BIRD), Ground Collision (GCOL), Runway Excursion (RE), Runway Incursion (RI), Loss of Control on the Ground (LOC-G), Collision with Obstacle (CTOL and Landfall/Overshoot (USOS). However the runway safety event is the airside area how to maintain and promote an airport flight safety is one of the top priorities for safety.

In addition, with the vigorous development of air transportation industry, the awareness of maintaining airport flight safety is on the rise. In addition to the pursuit of zero incidents, the pursuit of zero accident rate is the goal of long-term continuous efforts. The flight accident often occurred in the airside area of the airport. There are quite a lot of risk factors causing the flight accidents such as aircraft pilot, ground crew, crew, air traffic controller, maintenance unit, etc. When a flight accident occurs, the cause of the accident and the number of casualties will be taken seriously. However, the number of flight accidents in the airside area is innumerable. How to reduce the risk of airside and cut down the rate of accidents are discussed in this study.

Based on the results of this research, we know the risk factors affecting each aspect are not exactly the same. And the same risk factors have different influences on different aspects. Therefore, we must find different improving methods to reduce the influence on each aspect in order to improve the flight safety of the airports. It is the responsibility of everyone to maintain the flight safety of airports. And it is very important to constantly find out the hazards that affect the flight safety of aircrafts and remove the hazards. Having a good and safe flight environment is significant for the operation of an airport.

MATERIALS AND METHODS

This research uses the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) research method is used to explore the important risk factors and priority improvement order in each aspect. Through the expert assessment of industry and relevant government agencies, this research provides the risk failure modes of various aspects of domestic airports to identify the risk factors with high severity and high risks.

RESULTS AND DISCUSSION

This research constructs 26 risk factors into five aspects of the airside hardware facilities and the organization and management of the military and civil joint airport. Table1 shows the risk priority number ranking table for airside hardware facilities. Table 2 shows the risk priority number ranking table for the organization and management of the military and civil joint airport. In addition, Table 3 shows the severity ranking table for airside hardware facilities, and the Table 4 shows the severity ranking table for the organization and management of the military and civil joint airport.

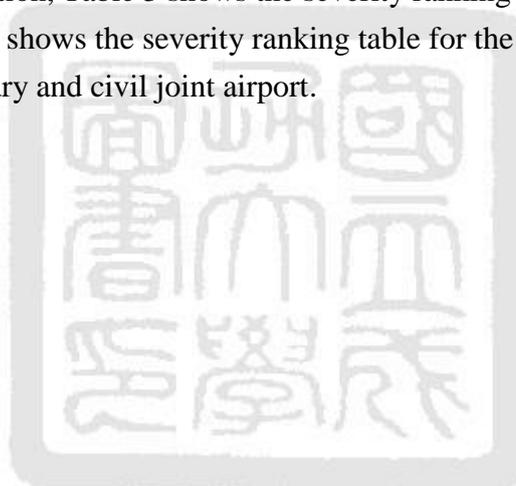


Table 1. Risk priority number ranking table for airside hardware facilities

Number	Aspect Failure mode(risk factors)	Runway		Taxiway		Apron		Lawn area	
		Risk priority number (RPN)	Order						
FM1	Uneven or rupture pavement	19.07	3	16.80	5	11.34	7	-	-
FM2	Fod on the road surface	16.98	6	17.22	3	12.70	5	-	-
FM3	Wet slippery on runway	16.73	7	-	-	-	-	-	-
FM4	Puddle on the road surface	17.30	5	16.86	4	12.36	6	-	-
FM5	Poor drainage	15.33	8	16.24	6	13.34	4	-	-
FM6	Poor construction warning devices	10.15	10	10.74	9	8.46	10	8.86	6
FM7	Poor markings, markers and signs	12.70	9	11.69	8	9.87	9	7.76	7
FM8	Poor navigation facilities on runway	17.89	4	-	-	-	-	-	-
FM9	Poor lighting system on taxiway	-	-	12.76	7	-	-	-	-

Table 1. Risk priority number ranking table for airside hardware facilities(continued)

Number	Aspect Failure mode(risk factors)	Runway		Taxiway		Apron		Lawn area	
		Risk priority number (RPN)	Order						
FM10	Poor floodlighting systems	-	-	-	-	10.41	8	-	-
FM11	Non-compliance with standard	-	-	-	-	17.15	2	-	-
FM12	Bird intrusion	30.69	1	26.40	1	18.85	1	25.61	1
FM13	Other Fod intrusion (wild animals)	22.20	2	20.89	2	16.02	3	23.07	2
FM14	Uneven or rupture surface	-	-	-	-	-	-	15.42	5
FM15	Fod on the road surface	-	-	-	-	-	-	15.67	4
FM16	Puddle on the surface	-	-	-	-	-	-	16.04	3

Table 2. Risk priority number ranking table for the organization and management of the military and civil joint airport

Number	Aspect Failure mode(risk factors)	The organization and management of the military and civil joint airport	
		Risk priority number	Order
FM17	Rigid organization culture	24.62	1
FM18	Poor administrative efficiency	19.94	3
FM19	Insufficient standard operating procedures and regulations	14.32	10
FM20	Director of inadequate regulation and supervision	17.62	7
FM21	Poor communication and coordination between units	18.51	6
FM22	Personnel selecting and training	16.00	9
FM23	Poor sense of responsibility and attitude	16.26	8
FM24	Personnel crisis management and lack of stress	21.55	2
FM25	Frequent staff turnover and unclear handover	19.32	4
FM26	Untransparent information	19.28	5

Table 3. Severity ranking table for airside hardware facilities

Number	Aspect Failure mode(risk factors)	Runway		Taxiway		Apron		Lawn area	
		Severity (S)	Order						
FM1	Uneven or rupture pavement	3.54	1	3.03	3	2.57	6	-	-
FM2	Fod on the road surface	3.30	3	3.11	2	2.86	3	-	-
FM3	Wet slippery on runway	2.89	10	-	-	-	-	-	-
FM4	Puddle on the road surface	3.11	7	2.86	5	2.51	7	-	-
FM5	Poor drainage	3.05	8	2.86	5	2.51	7	-	-
FM6	Poor construction warning devices	3.19	5	3.00	4	2.78	4	2.22	3
FM7	Poor markings, markers and signs	3.19	5	3.14	1	2.73	5	2.11	6
FM8	Poor navigation facilities on runway	3.35	2	-	-	-	-	-	-
FM9	Poor lighting system on taxiway	-	-	3.00	4	-	-	-	-

Table 3. Severity ranking table for airside hardware facilities(Continued)

Number	Aspect Failure mode(risk factors)	Runway		Taxiway		Apron		Lawn area	
		Severity (S)	Order						
FM10	Poor floodlighting systems	-	-	-	-	2.92	2	-	-
FM11	Non-compliance with standard	-	-	-	-	3.22	1	-	-
FM12	Bird intrusion	3.24	4	2.86	5	2.46	9	2.62	1
FM13	Other Fod intrusion (wild animals)	3.05	8	2.73	8	2.41	10	2.46	2
FM14	Uneven or rupture surface	-	-	-	-	-	-	2.16	5
FM15	Fod on the road surface	-	-	-	-	-	-	2.11	6
FM16	Puddle on the surface	-	-	-	-	-	-	2.19	4

Table 4. Severity ranking table for the organization and management
of the military and civil joint airport

Number	Aspect Failure mode(risk factors)	The organization and management of the military and civil joint airport	
		Severity (S)	Order
FM17	Rigid organization culture	2.95	3
FM18	Poor administrative efficiency	2.97	2
FM19	Insufficient standard operating procedures and regulations	2.78	9
FM20	Director of inadequate regulation and supervision	2.95	3
FM21	Poor communication and coordination between units	2.95	3
FM22	Personnel selecting and training	2.86	8
FM23	Poor sense of responsibility and attitude	2.76	10
FM24	Personnel crisis management and lack of stress	2.89	7
FM25	Frequent staff turnover and unclear handover	3.08	1
FM26	Untransparent information	2.95	3

CONCLUSION

The traditional risk priority number is based on the severity (S), occurrence (O) and detection (D). If the risk priority number is high, the severity is not necessarily high. So this study explore the impact of the failure modes of the various aspects of the airside safety risk factors of domestic airports by the calculation of the risk priority number and severity. From the research results, it can be found that the risk priority number and the severity improvement order of each aspect is different. The priority improvement order calculated by the severity has fourth risk items ranked third in the aspect of organization and management of the military and civil joint airport. It can be seen that the organization and management in the operation and management of an airport is very influential.



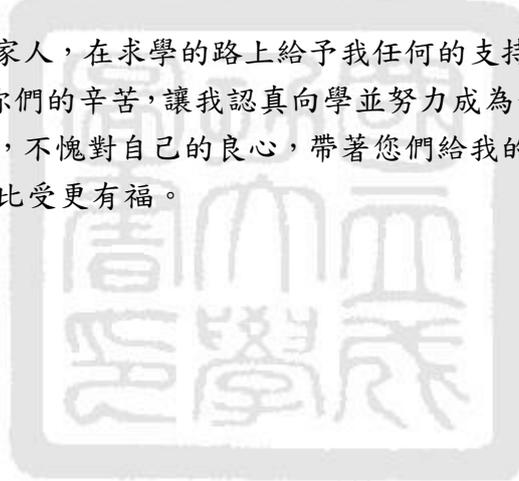
誌謝

終於要從研究所畢業了，這兩年的學生生活過的很充實也很快樂，也認識了很多來自不同領域及背景同學能夠彼此切磋。非常感謝我的指導教授張有恆老師，除了在學術上給予指導外，也傳授自身在職場上豐富的工作經驗，讓我受益良多，才能夠順利地完成碩士論文。

除了感謝成大各位老師們給予的學術指導與協助外，更要感謝高雄國際航空站派我至嘉義航空站支援，才能在工作之餘至成大進修以完成學業。此外，在學生生涯裡，感謝曾經幫助我完成論文的學瑀學姊，在論文上如果有任何建議都不吝給予指教，讓我知道不足之處；還有建宏學弟，協助提醒論文進度及送印等相關作業，讓我能夠工作之餘能兼顧學業，謝謝你們提供的任何協助，對我來說幫助很大！

此外，我要感謝我的口試委員鄭永祥教授及楊慧華教授。謝謝老師們給予我許多有關論文上寶貴的建議，並能找出問題所在，讓我的論文能夠愈來愈完善。

最後，要感謝我的家人，在求學的路上給予我任何的支持與協助，讓我能夠朝著自己的夢想邁進，因為你們的辛苦，讓我認真向學並努力成為一位有價值的人。未來，我也會更認真努力工作，不愧對自己的良心，帶著您們給我的良好教育，去幫助更多需要幫助的人，因為施比受更有福。



秋容 謹誌
中華民國一百零八年六月

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究範圍與限制.....	4
1.4 研究方法.....	6
1.5 研究架構與流程.....	8
第二章 文獻回顧	10
2.1 航空安全理論.....	10
2.1.1 錯誤鏈理論(Error Chain Rule).....	10
2.1.2 莫非定律(Murphy's Law).....	11
2.1.3 乳酪理論(Swiss Cheese Model).....	12
2.1.4 風險管理與天秤理論.....	13
2.1.5 冰山理論.....	14
2.2 安全管理系統(Safety Management System, SMS).....	15
2.2.1 安全的定義.....	15
2.2.2 安全管理系統架構.....	16
2.2.3 安全風險管理.....	17
2.3 失效模式與效應分析(FMEA).....	25
2.3.1 FMEA 的起源與發展.....	26
2.3.2 FMEA 之目的.....	27
2.3.3 FMEA 之實施程序.....	28
2.3.4 失效風險評價與決策.....	30
2.3.5 FMEA 相關文獻之實務應用.....	34
2.4 小結.....	38

第三章 研究方法.....	39
3.1 FMEA 分析模式之建立.....	39
3.2 國內航空站 FMEA 之分析架構.....	41
3.3 空側安全風險因素之研擬.....	46
3.3.1 空側硬體設施之風險因素.....	49
3.3.2 軍民合用機場組織與管理之風險因素.....	53
第四章 實證分析.....	57
4.1 失效模式之風險評價.....	58
4.2 嘉義航空站 FMEA 分析模式之建立.....	60
4.3 小結.....	72
第五章 結論與建議.....	77
5.1 結論.....	77
5.2 建議.....	81
5.3 研究貢獻.....	83
參考文獻-中文.....	85
參考文獻-英文.....	88
參考文獻-網頁.....	88
附錄一 專家問卷名單.....	89
附錄二 專家問卷.....	90

表目錄

表 2-1	影響航空站空側飛航安全因素彙整表	23
表 2-2	嚴重度(S)	31
表 2-3	發生度(O).....	32
表 2-4	難檢度(D).....	32
表 2-5	FMEA 相關文獻之實務應用表	34
表 3-1	FMEA 表單基本格式	40
表 3-2	空側硬體設施之風險因素	50
表 3-3	影響飛航安全因素量表	53
表 3-4	航空公司飛安風險因素	54
表 3-5	軍民合用機場組織與管理之風險因素	55
表 4-1	專家問卷名單與回收份數	58
表 4-2	空側硬體設施之失效模式編號及涵蓋範圍	59
表 4-3	軍民合用機場組織與管理之失效模式編號	60
表 4-4	嚴重程度評級表	61
表 4-5	可避免程度評級表	62
表 4-6	檢測程度(察覺程度)評級表	62
表 4-7	空側硬體設施之風險優先指數排序表	63
表 4-8	軍民合用機場組織與管理之風險優先指數排序表	65
表 4-9	空側硬體設施之嚴重度排序表	67
表 4-10	軍民合用機場組織與管理之嚴重度排序表	69
表 4-11	風險優先指數與嚴重度改善項目之排序	73
表 4-12	2014 年至 2017 年機場民用航空器鳥擊件數統計表	74

圖目錄

圖 1-1	2008-2017 年國籍民用航空運輸業飛航事故發生飛航階段次數.....	2
圖 1-2	2008-2017 年國籍民用航空運輸業飛航事故分類統計.....	2
圖 1-3	航空站系統示意圖	5
圖 1-4	嘉義機場機場圖	6
圖 1-5	研究流程圖	9
圖 2-1	飛航安全系統錯誤鏈模型	11
圖 2-2	乳酪理論示意圖	12
圖 2-3	天秤理論示意圖	13
圖 2-4	冰山理論示意圖	14
圖 2-5	安全想法的演進	16
圖 2-6	安全風險分析流程	22
圖 2-7	日本國內產業 FMEA 的應用狀況與 FMEA 應用階段.....	28
圖 3-1	FMEA 應用之運作模式	40
圖 3-2	FMEA 實施方法	42
圖 3-3	機場空側飛航安全風險管理機能方塊圖	44
圖 3-4	機場空側飛航安全風險管理系統編碼示意圖	44
圖 3-5	組織失事觀念模式	46
圖 3-6	嘉義航空站組織架構圖	47
圖 3-7	空軍第四戰術戰鬥機聯隊組織架構圖	48
圖 3-8	嘉義航空站通報聯繫圖	48
圖 3-9	嘉義航空站軍民溝通聯繫協調圖	49
圖 3-10	影響空側安全失效之風險因素圖	56
圖 4-1	空側硬體設施之風險優先指數比較圖	75



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

國際民航組織(2018)之安全報告提及有關跑道安全(Runway Safety, RS)、可控飛行撞地(Controlled Flight into Terrain, CFIT)與飛行中失控(Loss of Control-Inflight, LOC-I)仍然是關注安全的優先事項。而跑道安全事件於國際民航組織全球安全計畫(ICAO Global Aviation Safety Plan, GASP)中被列為三起高風險事故之一；有關跑道安全事件包含不正常跑道接觸(Abnormal Runway Contact, ARC)、鳥擊(Bird Strikes, BIRD)、地面碰撞(Ground Collision, GCOL)、偏出跑道 (Runway Excursion, RE)、跑道入侵(Runway Incursion, RI)、地面失控(Loss of Control on the Ground, LOC-G)、撞擊地障(Collision with Obstacle, CTOL)及降落未達跑道/落地衝出跑道(Undershoot/Overshoot, USOS)等事故發生類別，而跑道安全事件為空側區域如何維護與提升一機場飛航安全首要重視的議題之一。

除此之外，隨著我國航空運輸產業蓬勃發展，維護機場飛航安全意識日漸抬頭，除了追求零事件發生外，追求零失事率更是我國長期以來持續努力的目標。根據我國飛航安全調查委員會 (Aviation Safety Council, ASC, 簡稱飛安會) 2008年至2017年之飛安統計報告顯示，國際民航組織對近十年內國籍民用航空運輸業以「飛航階段分類」之發生於各飛航階段之事故計有42件如圖1-1，其中落地階段所佔比率共有15件為最高，次之為巡航階段共有13件。

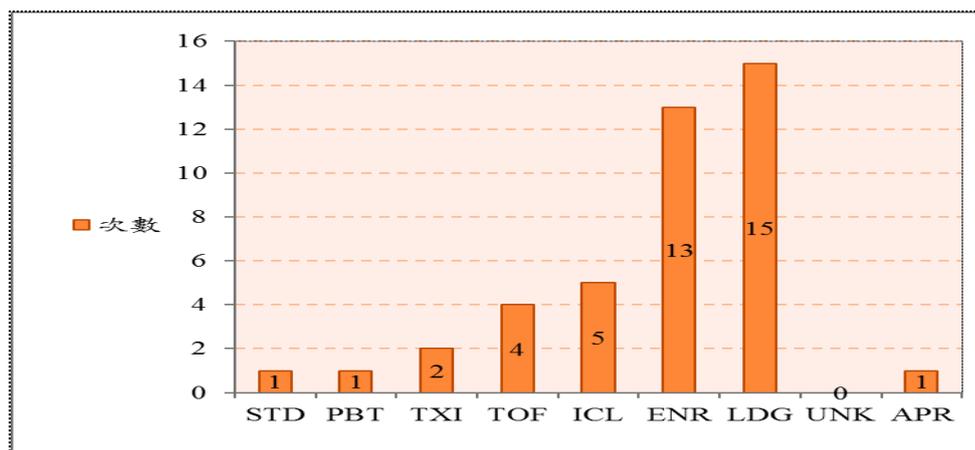


圖 1-1 2008-2017 年國籍民用航空運輸業飛航事故發生飛航階段次數

資料來源：飛航安全調查委員會(2018)

除此之外，飛航安全調查委員會 2008 年至 2017 年之飛安統計報告資料也顯示，國際民航組織同時也對此國籍民用航空運輸業 42 件之過去十年內航空器飛航事故做分類如圖 1-2，於事故分類(Occurrence Category)中以衝出/偏出跑道(Runway Excursion, RE)為佔最高者計有 12 件，而非發動機之飛機系統失效或故障 (System/Component Failure or Malfunction (Non-Powerplant), SCF-NP) 共計有 9 件。

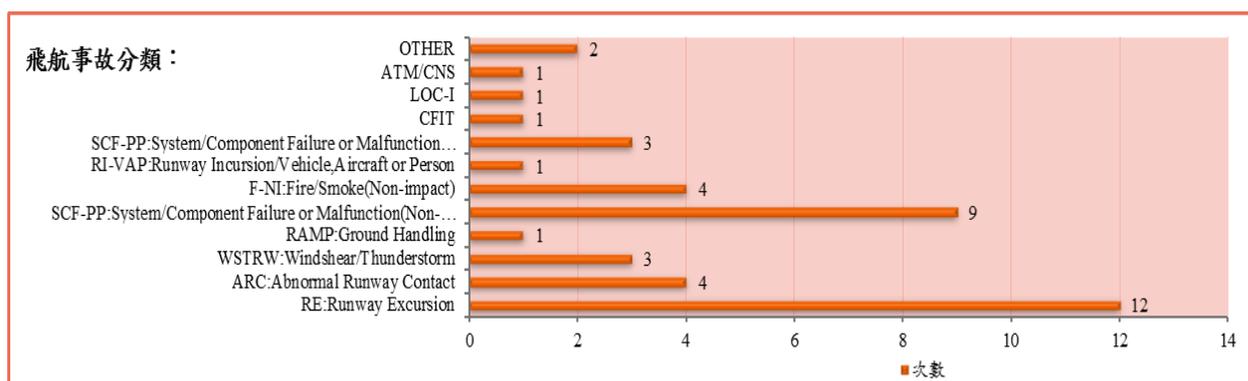


圖 1-2 2008-2017 年國籍民用航空運輸業飛航事故分類統計

資料來源：飛航安全調查委員會(2018)

故由上述資料顯示飛航事故是發生於機場空側區域，而任何造成事故發生的風險因素相當多，舉凡航空公司經營管理方式、航空器駕駛員、地勤人員、機務人員、航管人員、維修單位等，如何降低空側風險危害並減少事故的發生是本研究所要探討的。

當飛航事故發生時，其事故原因及傷亡人數勢必受到重視，然而，飛航事故發生於空側區域又不勝其數，以曾經發生於台南軍民合用機場之飛航事故為例，在 2003 年 3 月 21 日晚間，復興航空 GE543 班機，於台南機場落地時，落地時間預計為 2234 時，已逾軍民合用協議書所律定之民用航空器飛航允許時段 2230 時，然而復興航空仍申請落地並且獲得許可此班機能落地。因當時軍方監工人員並未與飛管單位確定航空器飛航動態，便和施工人員進入機場操作區，然而雙方進入跑道前皆未與塔台申請獲准即進入操作區，塔台人員亦未得知且未察覺有施工車輛進入空側操作區，而同意 GE543 班機能落地，導致該班機於跑道上落地時衝撞施工車輛(飛航安全調查委員會，2018)。

空側區域隱藏許多飛安風險因子間接造成事故的發生，而這些危害往往是容易被忽略或是被視而不見的，Pacheco, Fernandes, and Domingos (2014)提到波音在 2010 年表示從 2000 年至 2009 年期間，有 21%的致命性事故發生在著陸期間，13%發生在最後階段，12%發生在起飛期間，9%發生在初始爬升期間。由此可見，如何維護機場空側安全，對提升航空器飛航安全是相當重要的。

民航局於 2014 年訂定「航空站空側作業管理手冊」並於 2016 年修正，雖為各航空站空側作業規範之標準手冊，但影響國內航空站空側安全風險因素相當廣泛，如何事先預防與降低危害風險，建立國內航空站空側風險架構，以提供實務面的建議與策略，並檢視目前國內航空站之飛安管理制度，對維護機場飛航安全來說是一門重要的課題，也是機場工作人員共同努力的方向。

1.2 研究目的

本研究選取嘉義航空站進行研究，該航空站屬軍民合用機場，空側區域主要由軍方單位主導並管轄，故有關空側區域相關決策及維護仰賴軍方單位，又軍方與民航單位因組織與管理不同，而重視空側安全程度也會有所不同，故本研究目的彙整後如下述幾點：

- 一、綜整航空安全相關理論，以探討影響國內航空站空側安全風險架構之因子。
- 二、以「失效模式與效應分析」(Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)為理論基礎，建立國內航空站空側安全風險架構，透過文獻回顧與參考相關資料後，並以國內航空站空側硬體設施為主體，組織與管理層面為輔，依據專家問卷之結果，評估 FMEA 理論應用於國內航空站空側安全風險架構之可行性，並將優先改善之風險因素依序排列，以作為空側安全改善及預防風險危害之依據。
- 三、以建構嘉義航空站空側安全風險架構為實證對象，透過個案分析瞭解 FMEA 應用於國內航空站空側安全風險架構因素之分析，並探討風險因素的重要性，研擬改善策略，期提供予其他國內航空站建構其空側安全風險架構之參考。

1.3 研究範圍與限制

本研究範圍與限制如下列幾點：

- 一、本研究為建構國內航空站空側安全風險架構，以空側區域為主體如圖 1-3，並選取嘉義航空站進行研究，選擇原因在於本身目前服務於該航空站空側

區域，除了能以第一線工作人員了解現況外，加上相關資料取得容易，能直接提出並分析影響航空站空側飛安風險因子。

二、有關國內航空站空側安全風險架構之相關研究，經回顧國內外文獻及資料不多，各航空站風險因素大致上相同，但有可能礙於環境、管理制度及文化的不同而有所差異，但研究結果仍可提供各航空站參考並檢視其管理制度是否完善，以達到飛航安全且零風險的目標。

三、本研究以建構嘉義航空站空側安全風險架構為實證對象，其航空站為軍民合用機場如圖 1-4，除所使用的空側區域除停機坪不同外，操作區皆相同。在空側設施維護方面仰賴軍、民方共同維護，由軍方負責修繕，民航單位協助檢視設施及部分修繕經費支出。

四、本研究之問卷僅藉由專家問卷調查，以專家角度主觀判斷及評估，並選取適合專家、學者或相關工作人員進行調查。

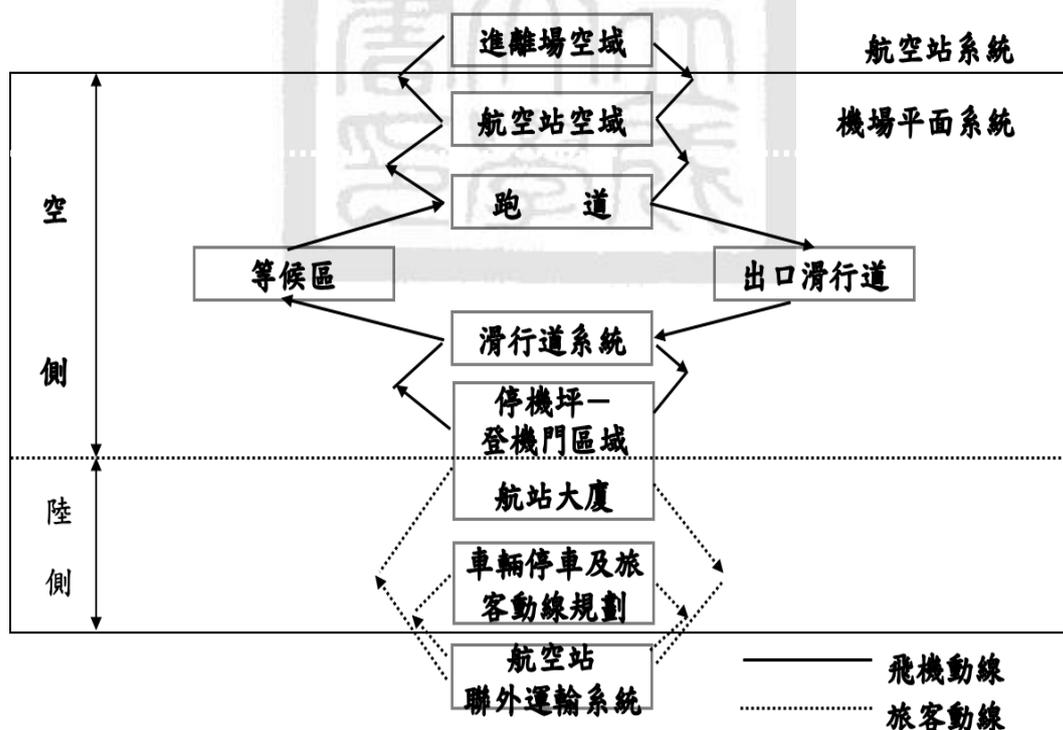


圖 1-3 航空站系統示意圖

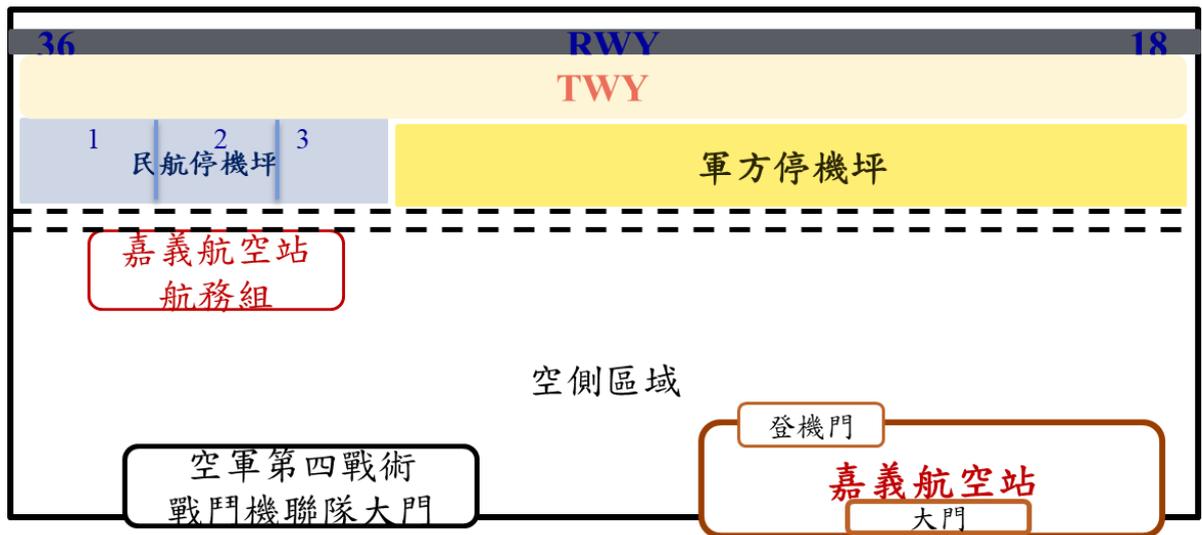


圖 1-4 嘉義機場機場圖

1.4 研究方法

本研究旨在將影響國內航空站空側安全飛安風險因素分類並整理，並以嘉義航空站為例提供予各航空站相關單位在探討機場空側飛航安全時所應著重之優先順序，將所有可能之相互影響因素一併納入考量，故其所使用的研究方法如下：

一、文獻回顧法

經由有關國內外失事預防之航空安全相關理論，並以安全管理系統及 FMEA 之應用，並配合我國「民用機場設計暨運作規範」及「航空站空側作業管理手冊」，初步研擬影響國內航空站空側飛安風險因素，以進行歸納整理。

二、問卷調查法

本研究藉由文獻回顧法及本研究整理所得到之飛安風險因素，於研究期間

以問卷調查方式，訪問國內民航主管單位、航空站、航空公司、航空器駕駛員、軍方飛行員及影響國內航空站空側飛航安全有關決策之政府機關與管理人員等，並針對 FMEA 應用所得之相關參數進行調查與分析，以驗證在實務面上飛安風險因素之 FMEA 應用的可行性與適切性。

三、個案研究法

本研究以自身目前任職於嘉義航空站為例，探討該航空站目前的飛安管理制度，並進行相關分析，以建構該航空站在空側安全風險之架構。



1.5 研究架構與流程

本研究的研究流程如圖 1-5 所示，共有五大部分，如下所述：

一、確立研究主題與目的

闡述本研究之研究動機、目的、範圍與限制、方向及架構。

二、文獻回顧與探討

回顧國內外有關失事預防之航空安全管理相關文獻，包括「錯誤鏈理論模型」、「莫菲定律」、「乳酪理論」、「風險管理與天秤理論」與「冰山理論」，以及安全管理系統(SMS)之應用。為瞭解國際組織對於各國民航主管機關在飛航安全管理所應擔任之角色與功能，參考 ICAO Annex19 之「Safety Management System」等，以利後續建構國內航空站空側風險架構之參考，並了解其應用在飛航安全管理上之事先預防與決策分析。此外，透過失效模式與效應分析(FMEA)之應用，以建構國內航空站空側安全風險架構。

三、擬定國內航空站空側安全風險架構

以我國「民用機場設計暨運作規範」及「航空站空側作業管理手冊」之規定，並探討與參酌國內外有關航空站飛航安全相關理論，以「空側」區域為主體，透過失效模式與效應分析(FMEA)之應用，以建構影響國內航空站空側安全風險架構並進行分析。

四、問卷設計與調查

擬定所有可能影響國內航空站空側安全風險架構之專家問卷，並以李克特五點尺度法進行設計，透過專家問卷之發放所得的結果，計算出風險優先指數(Risk Priority Number, RPN)，依據所得之風險優先指數進行排序。

五、結論與建議

依據本研究所得之結果，提供予航空站及其維護等相關單位做決策之參考。

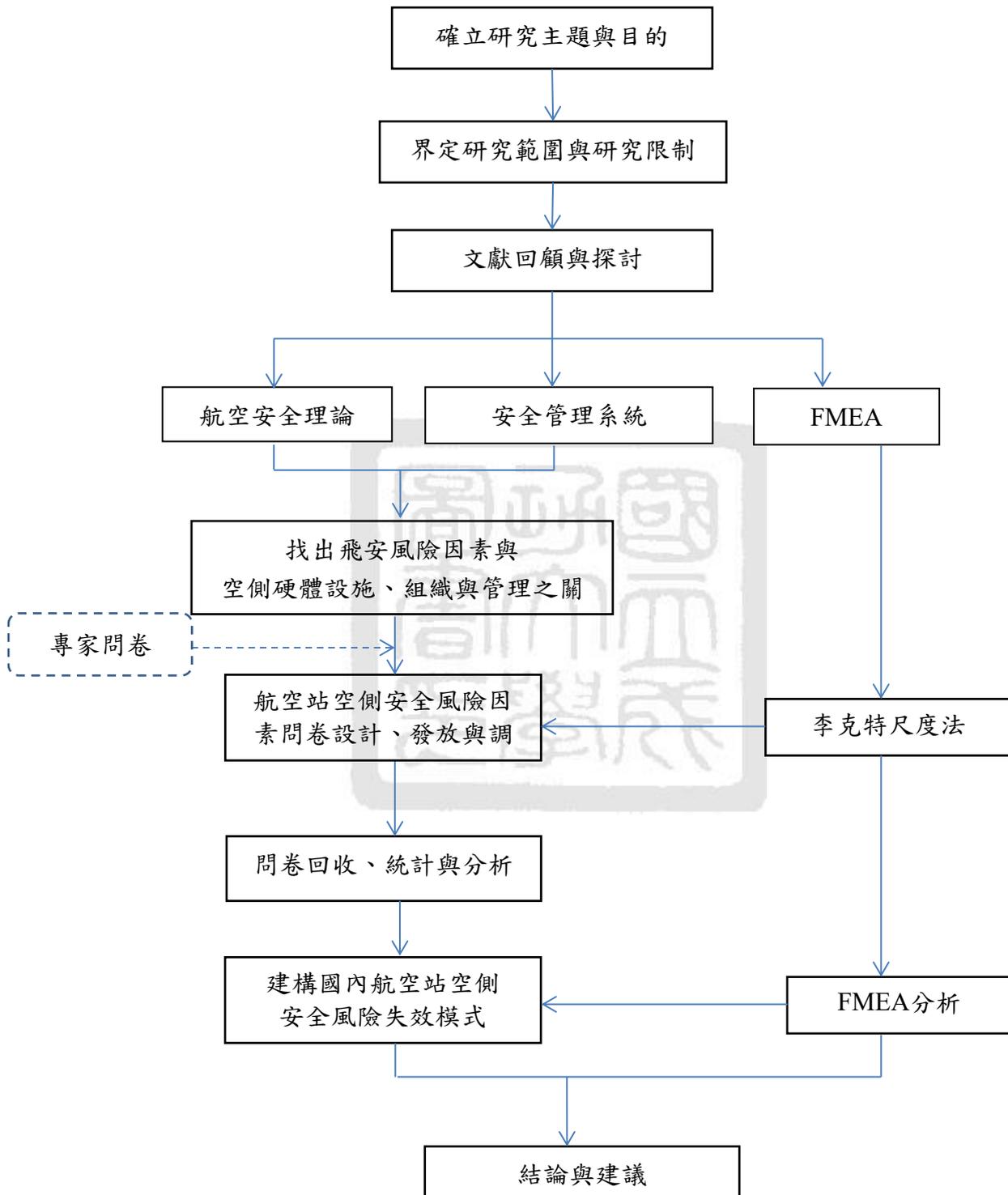


圖 1-5 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究旨在建構國內航空站空側安全風險架構，找出所有可能影響國內航空站空側安全風險因素，並進一步分析其重要性。因機場空側區域隱藏許多風險危害因子，若機場相關工作人員一旦疏忽，易造成事故的發生。故本研究之文獻回顧分成三大部分，第一部分就失事預防之航空安全理論作介紹，第二部分則為介紹安全管理系統相關概念，最後為失效模式與效應分析。

本研究從航空安全及安全管理系統理論作切入，以其理論中提及之失事預防及風險管理的概念，配合失效模式與效應分析理論，以及早發現潛在失效模式及發生失效後所採取事先預防的策略來改善問題。國內目前失效模式與效應分析大部分應用在工業工程及醫療方面之研究，應用在航空場站案例較少，因此分析方法淺顯易懂並容易使用，故本研究以失效模式與效應分析作為建構國內航空站空側安全風險架構。

2.1 航空安全理論

有關機場空側區域事故的發生可能是由一連串的疏失所造成的，有從人為方面切入探討；有從組織層面切入者；或從環境影響層面切入探討，而有關失事預防之相關理論分述如下：

2.1.1 錯誤鏈理論(Error Chain Rule)

本理論是由 Dr. Blame 所提出，他認為發生重大飛安事故是由一連串的危險事件所形成的錯誤鏈，只要能打破形成事故發生之錯誤鏈，就能避免事故的

發生，進而達到風險管理。而造成這些危險事件的來源，美國波音公司提出「失事預防策略(Accident Prevention)」的概念，將形成飛航安全事故的錯誤鏈綜整成七大類：航站管理(Airport Management)、航管(ATC)、航空公司的航務操作(Airline Flight Operations)、航員(Crew)、飛機設計/性能(Airplane Design/Performance)、氣象(Weather Information)以及維修(Maintenance)等七大類事件，並明確劃分系統不同層級之責任編制，適當地提出預防措施，以期打破串聯之錯誤鏈，以防飛航安全系統遭遇破壞，詳如圖 2-1 所示(鄭鴻銘,2015)。

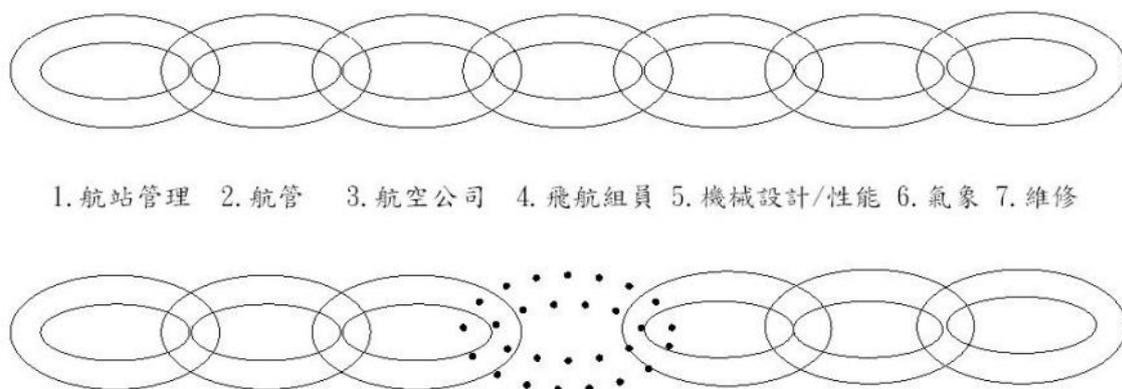


圖 2-1 飛航安全系統錯誤鏈模型

2.1.2 莫非定律(Murphy's Law)

所謂莫非定律(Murphy's Law)是由美國空軍上尉莫非於1949年在加州愛德華空軍基地執行假人滑軌測試時，並從失敗的數據中提出：「If there is any for the technician to do it wrong, he will！」(如果有任何方式能讓技術人員有差錯的話，則他就一定會有差錯!)(張有恆，2016)。

莫非定律主要強調的中心目標是工程設計之初，必須努力地去思考所有可能會發生錯誤的地方，並事先採取預防措施(張有恆，2016)；故管理者必須作好周全的準備以防止所有可能會發生的事情。

2.1.3 乳酪理論(Swiss Cheese Model)

乳酪理論(Swiss Cheese Model)是由英國曼徹斯特大學教授Dr. Reason 於1990年提出，用來說明發生飛安事故發生的連鎖關係。「乳酪理論」是指每一片乳酪代表一事件，然而每一片空洞之乳酪是代表該事件所有環節可能會產生的失誤點，而當其中某一項發生失誤點時，則表示該片乳酪能被光線穿透，倘串連起來之多片空洞的乳酪正好可連成一直線，可被光線穿透時，則代表會發生事故，如圖2-2。

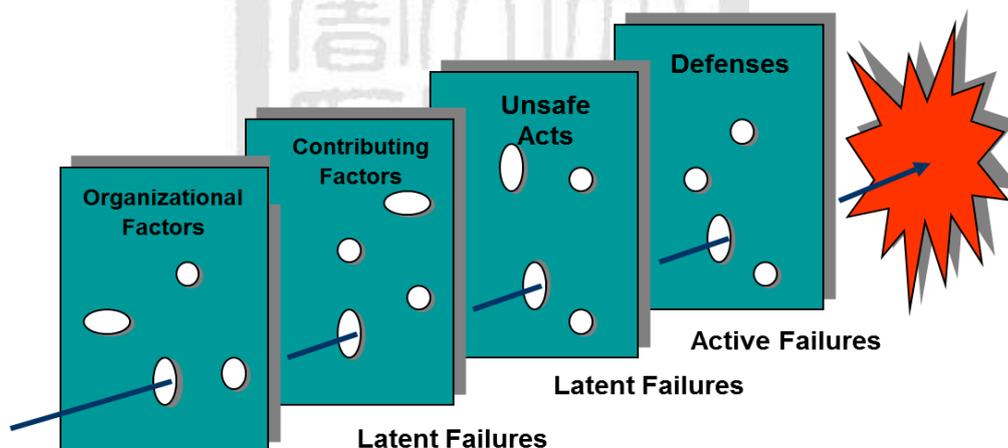


圖 2-2 乳酪理論示意圖

其預防之道則設法移動其中某一片乳酪，來阻斷光線的穿透。因此強調組織上整體性的失事預防能力是乳酪理論所強調的重點，因此不論是航空站或航

航空公司平時應積極主動，及早消除潛在的缺失，就由系統化的作業管理程序來改正顯明的缺失，以防飛安事故的發生並達到其預定的目標。

2.1.4 風險管理與天秤理論

本理論係指的是航空站或航空公司將「營利」與「飛安」這兩項目標視為主要經營管理目標，而經營管理者將所有可能利用到的資源視為「天秤」，經營管理者如何有效的分配有限之資源，以使天秤能夠保持平衡，並同時達成天秤兩側的目標。

由於航空站或航空公司並無法完全排除飛安事件之發生，為消除所引起之飛安事故，只有透過預先籌劃詳盡之安全作業及查核計畫，藉以發現所有影響飛安事故之潛在因素並且加以修改更正，才能免於飛安事故之發生。航空站或航空公司平時在實行各項經營目標及進行有效的資源分配時，必須考量營利與飛安此兩者之經營管理目標，並求此二者之平衡。倘若過於重視飛安目標，一定消耗相當多的資源，導致營利上之虧損；反之，假如過於重視營利目標，而飛安資源分配不足時(張有恆，2016)，將會使飛安工作發生缺失，而導致飛航事故發生。

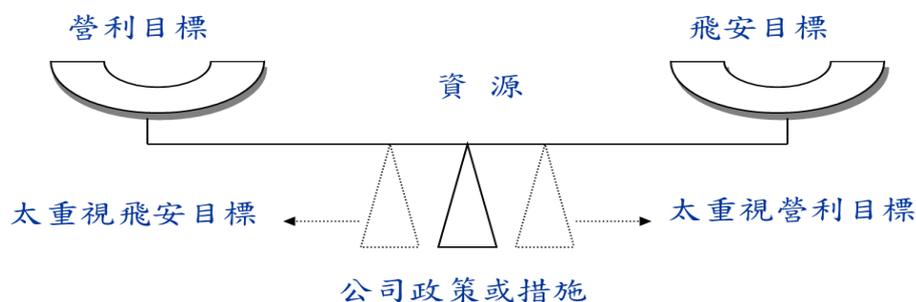


圖 2-3 天秤理論示意圖

2.1.5 冰山理論

心理學家佛洛伊德從精神醫學的觀點建構「冰山理論」，他主張人的人格最有意識的部分是冰山的一角，是露出在水面上之尖頂，在人之心裡行為中，肉眼看不見的最大部分是沉潛在水面下巨大的底部，由於此隱藏的部分是無法看見的，引申說明人的非理性舉止是如何受到深層決定性影響。

將其引用至「安全管理」層面，顯露於海面上之冰山卻是安全管理疏漏之一角，真正的冰山最主要部份是隱匿於海面下，相對應於安全管理作業而言，真正顯露在外面可被關注之問題不須懼怕，而深藏在下面須重視的問題才是真正需要隱憂的事。

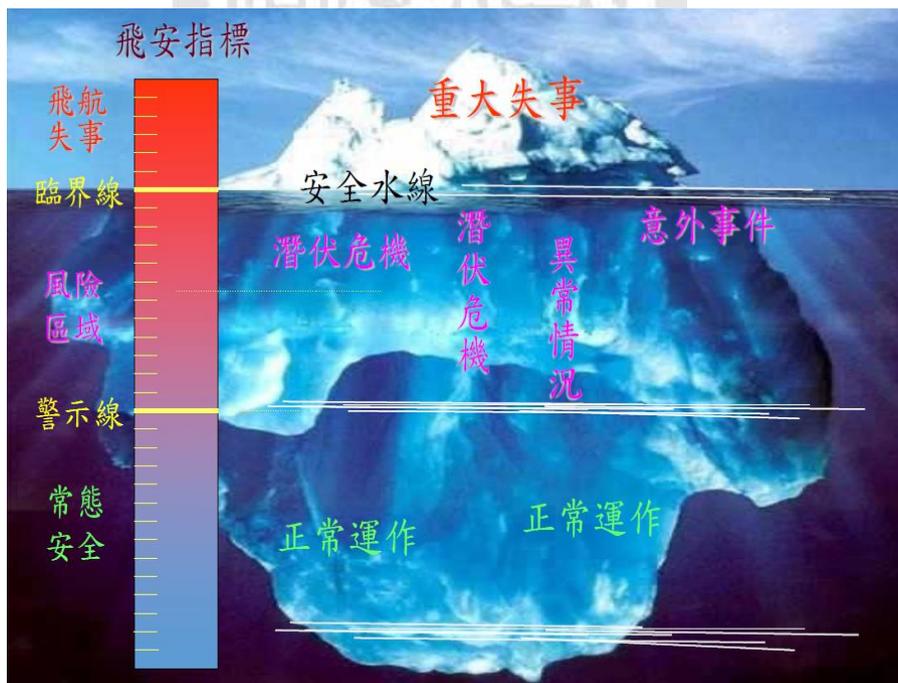


圖 2-4 冰山理論示意圖

資料來源：王穎駿(2007)

2.2 安全管理系統(Safety Management System, SMS)

國際民航組織(ICAO)於 2013 年發表國際民航公約第 19 號附約(Annex19)，訂定安全管理系統之架構與相關規範，並結合第 1、6、8、13、14 號附約之安全管理規定編訂國際民航組織第 9859 號文件，航空站經營人應依據上述規範與文件及民航局函頒「安全管理手冊範本」之規定辦理並建置航空站安全管理系統。

2.2.1 安全的定義

所謂安全是藉由持續的危害識別及風險管理，並將可能危害生命財產的風險維持在可接受程度之內的一種狀態。航空系統不可能完全免於危害及其產生的風險。因為人的活動或人所建造的系統，無法保證絕對不會發生疏失。因此，安全在航空系統中具有一個動態之特性，即系統中只要一有安全風險產生，就必須加以消除，這必須是一項持續的動作，不可中斷。安全性能的可接受程度常受到國內以及國際規範和文化的影響。只要安全風險都能控制並保持在適當水準以下，一個開放及動態的航空系統仍可以設法在生產和保護之間維持適當的平衡(交通部民用航空局，2018)。

傳統的安全失事預防，只在意肇因結果、不安全的行為、肇因者的行為、顯著的安全因素、是否符合法規要求，往往未探究為何發生及如何發生。而安全想法的演進如圖2-5所示。

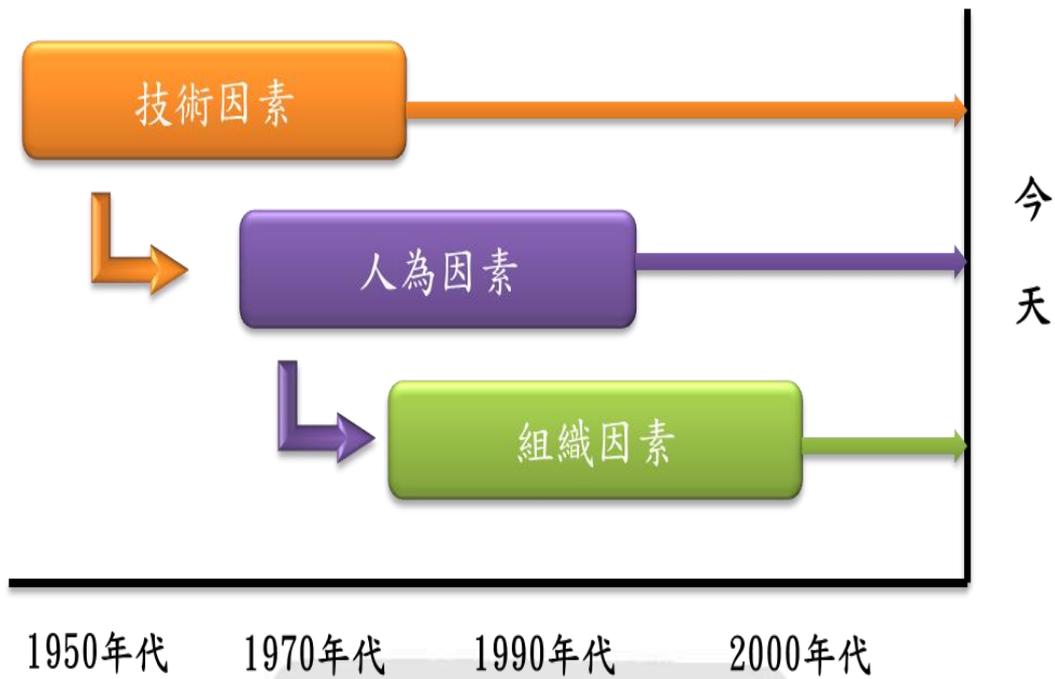


圖 2-5 安全想法的演進

資料來源：交通部民用航空局(2018)

2.2.2 安全管理系統架構

依據交通部民用航空局之航空站空側作業管理手冊(2016)第 2 章安全管理中提到整體安全管理系統架構如下：

1. 安全政策及目標
 - (1) 管理階層之承諾及職責
 - (2) 安全責任
 - (3) 指定專責人員
 - (4) 緊急應變計畫之協調

- (5) 安全管理系統文件
- 2. 安全風險管理
 - (1) 危害識別
 - (2) 安全風險評估及降低
- 3. 安全保證
 - (1) 安全績效監控及評量
 - (2) 變動管理
 - (3) 安全管理系統之持續改善
- 4. 安全提升
 - (1) 教育及訓練
 - (2) 安全宣導

2.2.3 安全風險管理(Safety Risk Management)

國內鄭鴻銘(2015)描述我國各機場均已依民航主管機關規定逐步建立「機場安全管理系統」，藉由有系統的管理與航空活動有關之風險，透過執行完善的機場運作，以期改良並維持機場空側運作安全為最主要目標，同時與跑道、滑行道及停機坪相關之地面安全事件，經由「機場安全委員會」以風險矩陣做評估，並確認具有危害安全之風險時，則依據風險程度列入管控及改善。

根據國家民用航空安全計畫(交通部民用航空局，2018)提及安全管理系統應具有下列功能：

1. 定義安全危害。
2. 確保維持可接受安全水準之必要改正措施已實施。

3. 提供持續監督(稽核)及定期評估達到安全水準。
4. 持續改善並符合整體安全水準。

其相關安全分析流程詳圖 2-6。

航空站為確保機場空側作業所遭遇的安全風險能受到控制，依照安全風險管理作業程序，如危害識別、安全風險之可能性及嚴重性分析、安全風險容忍度評估，以及安全風險之控制與降低等作業程序，執行危害識別及風險評估，並透過適當的改善措施，以達到安全績效目標。(交通部民用航空局嘉義航空站，2017)。

1. 危害識別(Hazard Identification)

進行危害識別程序，通常需透過自願通報、強制通報及其他方式取得相關危害資訊後，進而進行分析及危害識別，並評估此危害所造成之後果及優先改善處理順序，以利後續採取適當的安全風險管控及降低危害策略。

2. 安全風險評估及降低(Safety Risk Assessment and Mitigation)

當上述危害經過識別後，則需進行安全風險之評估及降低風險危害策略。安全風險評估程序之執行，首先須判斷安全風險的可能性與嚴重性，同時以安全風險評估矩陣來判定安全風險的等級之後，再以安全風險容忍度之矩陣來判斷安全風險等級為何，並訂定各級風險決策之管理階層。當管理階層無法同意安全風險等級的評估結果時，須透過該級風險決策之管理階層決議應採取移除或降低安全風險之策略，直至其安全風險降至可接受的等級為止。

(1) 安全風險評估矩陣(Safety Risk Assessment Matrix)

航空站透過安全風險評估矩陣來決定及量化風險危害之等級，以評價已識

別的危害極可能造成潛在後果之安全風險。

(a) 安全風險之可能性(Safety Risk Probability)

	說 明	值
頻繁 (Frequent)	本機場每年發生多次	5
偶爾 (Occasional)	本機場每年偶而發生	4
絕少 (Remote)	國內機場每年偶而發生	3
不太可能 (Improbable)	近10年內國內外機場偶而發生	2
極不可能 (Extremely Improbable)	近10年內國內外機場未發生	1

(b) 安全風險之嚴重性(Safety Risk Severity)

	說 明	值
災難 (Catastrophic)	人 員：死亡，群眾生命受威脅	A
	機場運作：機場關場，帶來直接損害	
	設 備：嚴重損害無法繼續使用	
嚴重 (Hazardous)	人 員：受重傷或傷殘	B
	機場運作：航班調整，秩序混亂，啟動應變程序	
	設 備：重度損害，須長時間維修後可繼續使用，航空器無法正常使用	
危險 (Major)	人 員：受傷送醫院救護，無傷殘情況	C
	機場運作：航班長時間延誤，已通報民航局異常	
	設 備：中度損害，經維修後可繼續使用	

	說 明	值
輕微 (Minor)	人 員：輕微受傷，工作延誤， 未送醫院救護	D
	機場運作：造成機場運作短時間延 誤	
	設 備：輕微損害，可繼續使用	
可忽略 (Negligible)	人 員：沒有受傷	E
	機場運作：極短時間的延誤，無直 接損失	
	設 備：無損害，或極短時間技 術性的延誤	

(c) 安全風險評估矩陣(Safety Risk Assessment Matrix)

安全風險 之可能性	安全風險之嚴重性				
	A	B	C	D	E
5	5A	5B	5C	5D	5E
4	4A	4B	4C	4D	4E
3	3A	3B	3C	3D	3E
2	2A	2B	2C	2D	2E
1	1A	1B	1C	1D	1E

(d) 安全風險容忍度矩陣(Safety Risk Tolerability Matrix)

容忍度等級	評估風險指數	容忍度等級
	5A、5B、5C、 4A、4B、3A	於現有情況下不可接受 (決策管理階層為權責主管)
	5D、5E、4C、 4D、4E、3B、 3C、3D、2A、 2B、2C	基於風險降低策略為可接受(可能需由管理階層決定) (決策管理階層為權責主管)
	3E、2D、2E、 1A、1B、1C、 1D、1E	可接受 (決策管理階層為權責主管)

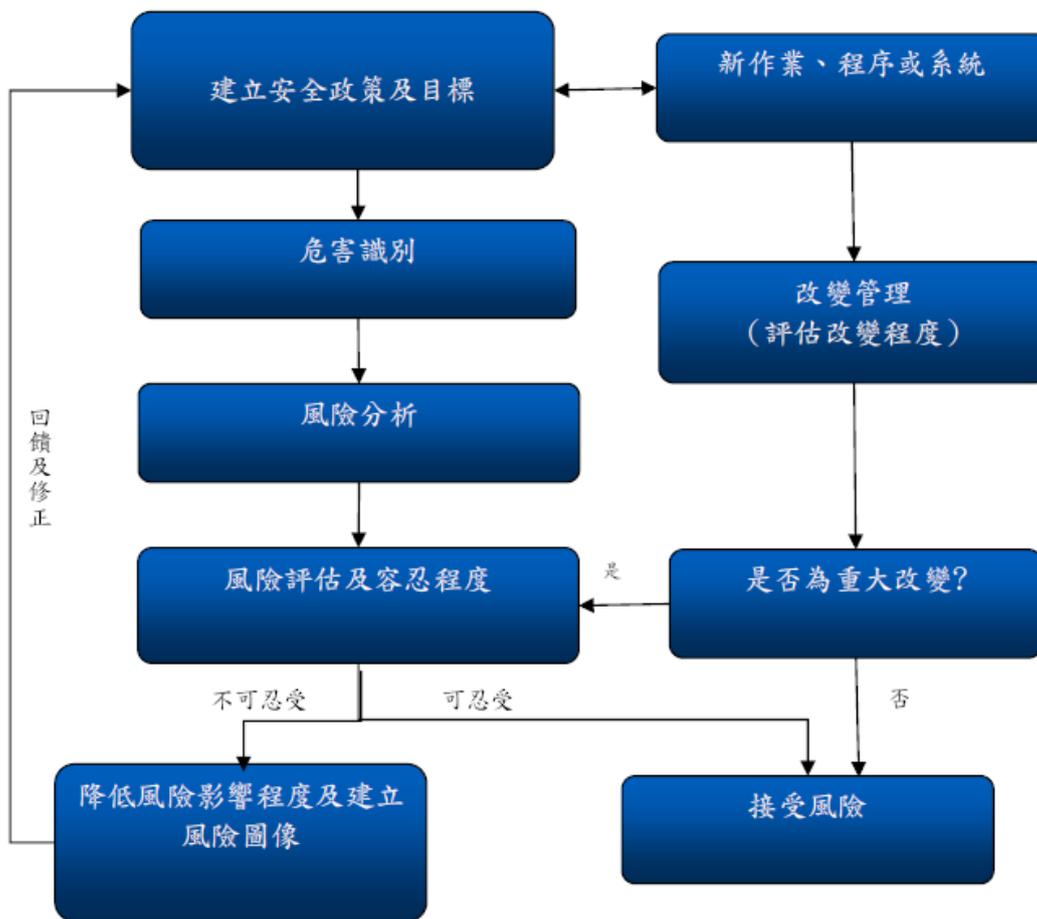


圖 2-6 安全風險分析流程

資料來源：交通部民用航空局(2018)

楊朝鈞(2003)提到，由於航空公司的飛航作業受許多人為、天候、機械等自然隨機性因素(Randomness Factor)影響，而產生許多不確定性(Uncertainties)，因此飛航安全的管理者往往因上述因素之不確定性而常發生失事狀況，但為使失事狀況不致超過設定的安全標準或門檻(Threshold)，而考慮以事件承受之風險度(Degree of Risk)的方式來加以評估該失事狀況之危險程度，做為航空站飛

航安全風險評估與管理之參考依據。

影響航空站空側飛航安全的不確定因素相當多，不同文獻各有不同的分類方法，且各文獻對飛安風險因素的定義也不同，彙整如表 2-1 所示，因此可根據表 2-1 所列出之航空站空側安全風險影響因素，經初步歸納整理後設計問卷並透過調查的方式，蒐集航空站空側安全風險之關鍵影響因素。

表 2-1 影響航空站空側飛航安全因素彙整表

出處	影響航空站空側飛航安全因素之分類(飛安風險因素)	備註
張有恆	1.飛機設計與製造 2.維修作業 3.氣候 4.航管 5.機場配置 6.駕駛員操作 7.民航主管機關 8.航空公司組織管理文化	2001 年
張有恆	<p>一、管理制度方面的影響因素：</p> <p>1.飛航安全方面的影響因素：</p> <p>(1)航空器與航空人員證照之查驗(2)飛航組員酒精之抽測(3)影響飛航安全事項之查報與處置(4)特殊天候之飛航標準(5)航空器失事、意外事件或危險事件之緊急處理與查報(6)民用航空器夜間目視之放行管制(7)飛航公告之撰擬與發布(8)飛鴿與鳥擊之防治(9)機場禁限建業務(10)防爆業務(11)機場周邊繫留物管制</p> <p>2.地面安全方面的影響因素：(1)場面安全檢查(含跑道、滑行道、助航燈光)與整潔維護(2)停機坪之使用規劃與管制(3)航空器內維修與地面試車作業之管制(4)航空器加油、抽油及溢油之處理(5)油庫作業安全督導(6)未設輸油單位之油庫作業安全督導(7)機場地面裝備機具、車輛及人員之管制，與有關規章之擬定(8)機場消防與救護(9)機場緊急應變計畫</p> <p>3.場務管理方面的影響因素：(1)天然災害預防措施及搶救復建之督導與檢查(2)民用航空器遭遇嚴重危害(劫機或破壞)事件之處理(3)航空器離到場作業程序之擬定與執行(4)航空器不定期飛航之核准(5)定期班機延誤、回航、取消之查報(6)技降航空器之查報(7)全貨運航空器搭載人員之處理(8)空中警察隊直升機管制(9)軍機支援民航疏運旅客作業之處理(10)場內各單位物品攜出申請單之查驗與放行條之簽放</p>	2016 年

表 2-1 影響航空站空側飛航安全因素彙整表(續)

出處	影響航空站空側飛航安全因素之分類(飛安風險因素)	年代
張有恆	<p>二、硬體設施部分的影響因素：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.道面種類(分剛面鋪面、柔面鋪面二類) 2.道面強度 3.起降最大機種 4.剛面鋪面破壞情形(分跑道、滑行道、停機坪三類) 5.柔面鋪面破壞情形(分跑道、滑行道、停機坪三類) 6.道面平整度(分跑道、滑行道、停機坪三類) 7.電力人孔及助航燈光手孔與道面高度 8.道面標線情形(分跑道、滑行道、停機坪三類) 9.道面胎屑情形(分跑道、滑行道、停機坪三類) 10.跑道地帶淨空標準 11.滑行道安全距離 12.停機坪安全距離(分中小型噴射機、小型噴射機、螺旋槳機、小型機場等四種) 13.機場障礙物 14.進場面 15.轉接面 16.機場排水設施安全距離 	2016 年
交通部民用航空局	<p>一、空側作業範圍：操作區、活動區、活動區外之空側管制區</p> <p>二、機場空側場面巡視作業：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.定期檢視道面(分跑道、滑行道、停機坪、草坪區四類) 2.不定期（特殊）檢視道面：(1)道面有異物或異常狀況(分跑道、滑行道、停機坪三類)(2)惡劣天候狀況(分跑道、滑行道、停機坪三類)(3)道面施工狀況(4)跑道積水觀測 <p>三、停機坪之管理及安全</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.停機位安排(機位及適停航機資料、故障或隔離之航空器之停放位置) 2.停機坪安全事項(空橋停橋及綁橋時機、空橋作業區域及空橋活動輪固定位置標線、停機坪內之加油口及索機樁等標線劃設、車輛行駛區域內設置防撞警示或限高標誌、停機坪保持清潔且無異物、停機坪內設置「嚴禁煙火」標誌、消防通道和消防設施設備醒目標識) 3.停機坪作業規定(航空器出入停機位淨空及安全作業、地面勤務作業、航空器加油及溢油處理等安全作業、航空器試車、停機坪清潔、作業人員) 	2016 年

表 2-1 影響航空站空側飛航安全因素彙整表(續)

出處	影響航空站空側飛航安全因素之分類(飛安風險因素)	年代
	4.地面安全事件處理規定 四、機場活動區之車輛管制 1.車輛管制規定 2.車輛通行證之核發規定 3.駕駛許可證及車輛裝備操作學習證之核發規定 4.空側交通事故處理原則 五、野生動物防制 1.飛鴿查察及宣導 2.鳥擊及野生動物防制措施 3.鳥擊事件通報及處理 六、機場鋪面維護與施工管理 1.跑道摩擦係數檢測 2.鋪面修護機制 3.排水系統 4.非鋪面之整平及維護 5.施工安全及管理規定 七、目視助航設施維護 八、機場障礙物管制及維護 1.障礙物查察 2.有礙飛安物體查察 九、機場緊急應變、救援與消防 1.空難搶救作業處理 2.事故及災害緊急應變 十、故障航空器之移離	

資料來源：本研究整理

2.3 失效模式與效應分析(FMEA)

失效模式與效應分析(Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)是一具有系統性及預防性的可靠度分析手法技術，它是運用結構化的系統性程序之方式，及早發掘有關產品之潛在失效模式，並去探究有關失效發生的原因，及

失效因素發生後對系統造成的何種影響之手法，所採取的適當性預防措施及改善方案，以提升產品的品質及可靠度。

2.3.1 FMEA 的起源與發展

FMEA 的發展是起源於 1950 年代初期，因美國空軍之戰鬥機的油壓裝置與電氣裝置之可靠程度低，導致飛機失事屢次發生，導致飛機墜毀傷亡慘重，因此美國格魯曼(Grumman)之飛機公司首先以 FMEA 的概念應用在飛機主操控系統失效的分析上。

1960 年代初期，美國太空總署(NASA)將 FMEA 技術成功地運用於阿波羅計畫，使航太工業首先發展 FMEA 技術。美國軍方也在 1970 年代開始運用 FMEA 分析技術，並在 1974 年出版 MIL-STD-1629 之軍用標準的 FEMA 標準程序，並在 1980 年將此一標準修訂為 MIL-STD-1629A，而成為當前 FMEA 分析技術重要參考指標之一。

1970 年代，因美國汽車工業遭遇國際間之強大競爭壓力，不得不去引入國防及太空工業所應用之可靠度分析技術，來提升產品的品質及可靠度，而 FMEA 是當時所使用系統性的分析方法之一。隨後，福特汽車公司於 1977 年在其教育訓練手冊中(Ford Motor Company,1988)公布 FMEA 的作業標準，隨後美國各大汽車廠陸續採用，並加以發展改良原先之 FMEA 分析技術，引進表格式的失效模式與效應分析模型，並依適用時機及對象不同，將 FMEA 技術分成「設計 FMEA」與「製程 FMEA」兩大類。

1993 年，美國的三大汽車公司-福特(Ford)、通用汽車(GM)及克萊斯勒(Chrysler)在美國品管協會之汽車分會(Automotive Division of American Society for Quality Control, ASQC)及汽車工業行動組(Automotive Industry Action Group,

AIAG)的協助下，為整合各大汽車公司的作業規則與分析表單，訂定「潛在失效模式與效應分析參考手冊(Potential Failure Mode and Effects Analysis Reference Manual)」，統一 FMEA 之表單建構方式、分析與風險評估等方式，藉由參考手冊的制定，FMEA 技術被廣泛使用。

2.3.2 FMEA 之目的

失效模式與效應分析是一種預防失效之結構化系統性分析方法，FMEA 之目的為及早發現潛在失效模式，除探究失效發生的原因及發生失效後對系統造成的影響外，著重在防患於未然，降低損害，並將風險降低至可容許的範圍，以提高產品或系統的可靠性。

FMEA 依適用時機及對象的不同，分成「設計 FMEA」與「製程 FMEA」兩大類，依據楊朝鈞(2003)之資料，失效模式與效應分析不僅可對設計(Design)過程進行評估，在製程(Process)或安全性之評估方面也可廣泛運用。將 FMEA 技術應用在研發新的產品或零組件等系統性之可靠度分析稱作「設計 FMEA」。所謂設計 FMEA 係指從觀點定義到設計確定的研究發展過程中之一項分析技術手法，其目的為事先發現潛在之失效模式，經由再審視、檢討並評估不同的失效模式，對該產品及功能所造成之影響程度，藉以決定須改良之優先改善順序，並有效地去防範失效再次發生。主要目的在於發現系統設計中的疑點，經由縝密之分析作業，確認所有失效模式於系統設計中，所有可能會導致嚴重失效發生的原因及可能性，以利及早提出系統設計更改或修正，並使產品之設計達到最佳化。而「製程 FMEA」則是將 FMEA 技術應用在製造、組裝之分析過程。而製程 FMEA 應以新的製程或經修正後之製程為分析對象，同時在正式生產前，在品質規劃階段中實施。主要目的為使 FMEA 分析技術製程中的每一實

施步驟所有可能之潛在失效模式與影響程度，找出失效模式之發生原因及機率，找尋各種解決的方式以防止失效模式再次發生並降低其發生機率，藉以減低該失效之影響程度並提高製程不佳之檢測能力，以利於正式生產前就能事先改善其製程設計；以便生產出合乎成本、品質、時間所要求之系統產品。

2.3.3 FMEA 之實施程序

小野寺勝重(2001)調查了約 100 件文獻和發表的事例，結果顯示，FMEA 手法已被廣泛地應用在航空、宇宙、建築、住宅、汽車、電力、家電、通訊等產業，並應用在設計、製造、企畫、開發、試驗、建造、操作運轉、保養等產品生命週期的各個階段(如圖 2-7)。

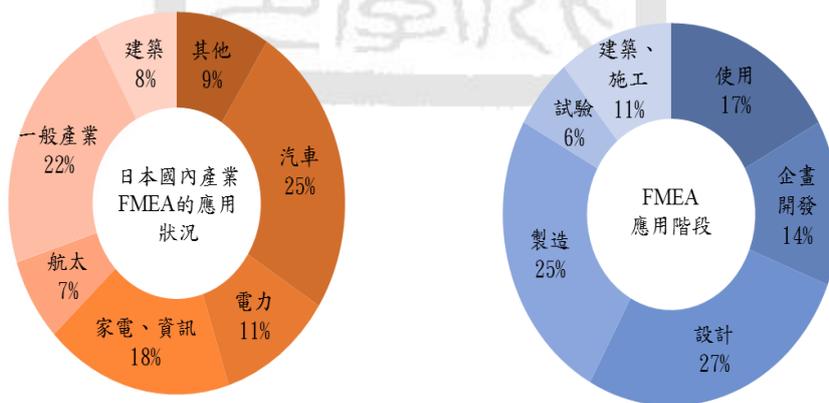


圖 2-7 日本國內產業 FMEA 的應用狀況與 FMEA 應用階段

資料來源：小野寺勝重(2001)

FMEA 通常應用在產品、設備、製程、系統的設計或開發上，故不論是設計 FMEA 或製程 FMEA，其執行作業程序大致相同，實施步驟彙整如下：

1. 確認 FMEA 使用時機與實施對象

確認實施對象及工作系統任務分析是 FMEA 作業成功的首要步驟，如研究的任務不明確，及無法判斷任務是否能夠達成，亦未能辨別其是否失效。

2. 成立 FMEA 工作小組

由相關專業部門遴選符合資格之技術人員或專責人員組成一個跨單位的作業小組，共同參與 FMEA 作業。

3. 製作流程機能圖與可靠性方塊圖

流程機能圖是指在系統性壽命週期內其各單元間在可靠度計算上之關聯，並可在各不同層次的功能上加以編碼，以能夠了解每一個實施步驟是否有缺失或有問題發生，對後續來追蹤 FMEA 的維持有很大的助益。

4. 列舉所有潛在的失效模式

找出所有影響系統造成失效模式發生的效應及原因，並整理列舉出來的失效模式進行歸納，以作為後續 FMEA 分析之基礎。

5. 建立 FMEA 表單

將失效模式各項資料內容填入 FMEA 表單後，FMEA 作業小組成員必須

重新檢討每一個失效模式及失效的潛在效應。

6. 分析失效模式可能發生的原因與影響

將所列舉之失效模式分析其失效發生原因並瞭解如何發生，以利研擬有效的改善措施。

7. 評估現況失效模式

針對潛在的重要失效模式進行評估，評估其失效對系統產生的影響。

8. 研擬改善建議及成果評估

對失效模式提出改善方案及決策，並確認失效模式所採取的對策是否已反映至產品或系統上，檢視及評估其失效問題是否已消除，以使產品或系統的可靠度達到最佳的成果。

2.3.4 失效風險評價與決策

FMEA 技術主要為找出造成系統失效的原因，依失效的嚴重程度排定優先改善的順序，並對失效問題採取有效的改善預防措施。其決策的評價方式以最傳統的風險優先指數來決定改善的優先順序，其方法由嚴重度、發生度及難檢度三者的乘積所得之風險優先指數(Risk Priority Number, RPN)來進行風險評估，本研究即採取風險優先指數(RPN)為分析方法。

因風險優先指數(RPN)其風險因子由嚴重度、發生度及難檢度相乘而得，計算公式如下：

$$RPN=(S) \times (O) \times (D)$$

嚴重度(S)：指失效模式發生後，對系統、子系統或顧客的影響程度。

發生度(O)：失效模式產生之發生頻率。

難檢度(D)：失效模式產生後，不易被顧客發覺的機會或檢出的難易程度。

風險優先指數由嚴重度、發生率及難檢度三者相乘後而得的數值，依此三個風險因子以 1 至 10 的給予衡量分數，如表 2-2 至表 2-4，而數值範圍將介於 1 到 1000 之間。依風險優先指數依數值高低作改善順序排列，較高的失效項目，應加以檢討評估，並提出改善方案及對策，將風險降低至可容忍的程度。

表 2-2 嚴重度(S)

效應	效應之嚴重度	分數
無	無影響	1
極輕微	顧客不會發現，對產品或系統績效影響極小	2
輕微	挑剔顧客可能發現，對產品或系統有些微影響	3
極低	對顧客有些許妨害，對產品或系統有低程度影響	4
低	顧客可能會有些不滿，對產品或系統有一定影響	5
中	顧客會覺得不舒適，系統績效與安全度下降，仍可運轉	6
高	顧客覺得不滿，系統績效嚴重下降，有受損情形產生	7
極高	零組件無法操作，影響系統主要功能	8
危險有警訊	失效影響到系統操作或安全，但有警示	9
危險無警訊	失效嚴重影響到系統操作與安全，且無警示	10

資料來源：楊朝鈞(2003)

表 2-3 發生度(O)

失效發生的機會	分數	發生之機率
極低：不太可能發生失效	1	$\leq 1/15000000$
低：較少失效	2	$1/150000$
	3	$1/15000$
中：偶爾發生失效	4	$1/2000$
	5	$1/400$
	6	$1/80$
高：一再重複發生失效	7	$1/20$
	8	$1/8$
極高：幾乎不可能避免	9	$1/3$
	10	$\geq 1/2$

資料來源：楊朝鈞(2003)

表 2-4 難檢度(D)

失效難檢等級	檢測的可能性	分數
幾乎肯定	設計管制一定可檢測出失效原因與機制	1
極高	設計管制檢測出失效原因與機制的機會極高	2
高	設計管制檢測出失效原因與機制的機會高	3
尚可	設計管制檢測出失效原因與機制的機會尚可	4
中等	設計管制檢測出失效原因與機制的機會中等	5
低	設計管制檢測出失效原因與機制的機會低	6
非常低	設計管制只有非常低的機會檢測出失效原因與機制	7
很少	設計管制很少有機會檢測出失效原因與機制	8
極稀少	設計管制極少機會檢測出失效原因與機制	9
幾乎不可能	設計管制幾乎不可能檢測出失效原因與機制	10

資料來源：楊朝鈞(2003)

依嚴重度、發生率及難檢度相乘後之評估結果填入「風險優先指數」欄位，因風險優先指數是用來評估風險高低，而其指數的高低則呈現風險之嚴重順序，風險優先指數愈高的潛在性失效項目必須予以改善與處理以降低其風險。

劉東奇(2010)認為在了解問題點的致命等要素後，必須建立問題點的優先處理順序原則，因為在影響程度高的問題點其發生機率可能相對較低，在權重分數上並不能顯現出其重要性，因此，我們須建立處理的原則，若影響到系統運作的問題點不論其權重分數是否較高都必須優先處理。

Rezaee and Yousefi(2018)提到風險管理流程是一種結構化方法，用於識別、評估及確定潛在風險的優先數，而機場的風險管理於其他與其他組織不同；針對 Urimia 國際機場的風險管理提出以 FMEA 方法對機場附近及機場內之野生動物危害進行持續評估、實施安全管理系統(SMS)之定期內部評估與發展培訓計畫使員工能正確實施安全管理系統(SMS)。

Feng and Chung (2013)以台灣桃園國際機場為案例，透過國際民航組織之航空事故數據中選取 14 個機場風險項目如不正常跑道接觸(Abnormal Runway Contact, ARC)、機場(Aerodrome, ADRM)、飛航管理(ATM)、操控下撞擊或接近地障(Controlled Flight into or Toward Terrain, CFIT)、起火/煙（非撞擊）(Fire/Smoke (Non-Impact), F-NI)、地勤作業(Ground Handling, RAMP)、地面碰撞(Ground Collision, GCOL)、結冰(Icing, ICE)、地面失控(Loss of Control-Ground, LOC-G)、偏出跑道(Runway Excursion, RE)、跑道入侵(Runway Incursion-Animal, RI-A)、跑道入侵-車輛、飛機或人(Runway Incursion-Vehicle, Aircraft or Person, RI-VAP)、保安相關(Security Related, SEC)及降落未達跑道/落地衝出跑道(Undershoot/Overshoot, USOS)等項目，並應用失效模式與效應分析及關鍵性分析來確定機場風險，並對機場風險進行優先排序，以辨別機場的空側風險。該

研究僅探討空側區域有關跑道安全事件等相關風險因素，並未探討組織與管理之風險因素。

2.3.5 FMEA 相關文獻之實務應用

本研究彙整近幾年來，失效模式與效應分析於各領域中實務應用之相關文獻，如表 2-5。

表 2-5 FMEA 相關文獻之實務應用表

作者/年代	研究題目	研究貢獻
王嘉麟(2006)	運用失效模式與影響分析評估矽甲烷供應系統之安全性-以 TFT-LCD 廠為例	透過相關事故災害經驗，應用 FMEA 分析方法設計出一適用於矽甲烷供應系統，以提供系統改善策略及防範措施建議
王淑玲(2012)	應用 FMEA 建立有害物質風險評估機制—以電子產品製造廠為例	在有害物質法規範圍下，藉由有害物質風險評估機制建立與執行，有效做好管制之資源分配，以達到生產符合有害物質限用法規產品之綠色品質目標。
李漢(2014)	以失效模式評估改善協力造屋施工進程之研究	以失效模式與效應分析(FMEA)之「事前預防」觀念，建立標準化作業，以提供營造系統品質管理。
李政儒(2006)	應用 FMEA 在建築物中央空調與煙控併用系統風險評估之研究	應用失效模式與效應分析(FMEA)對超高層建築物中央空調系統與煙控併用系統，假設於火災發生下進行風險評估，並找出系統發生重大失效之因素，透過應用樓層避難安全性能驗證法之計算方式，以提供火災發生時依安全環境，以降低救災人員生命危害及損失。

表 2-5 FMEA 相關文獻之實務應用表(續)

作者/年代	研究題目	研究貢獻
李永之(2013)	運用失效模式與效應於戰機彈藥裝掛之風險管理-以 F-16 型機為例	使用風險管理及失效模式與效應分析方法，推估彈藥裝掛之失效模式，採取預防措施，以避免彈藥裝掛工作發生危害。
吳進榜(2005)	用 AHP 和 FMEA 改善產品設計之決策分析--以轉換式電源供應器為研究個案	運用 AHP 和 FMEA 方法對轉換式電源供應器於設計研發階段建立一套可評量分析與改善設計決策效益之機制。
周宗諺(2011)	FMEA 方法與產品開發流程結合之研究：以 DLP 光學投影機可動原件開發為例	以產品開發流程結合 FMEA 施行，對於 DLP 光學投影機可動原件開發之效果。
林景新(2009)	以 FMEA 建立研發技術類知識管理之研究-以 A 公司之微動開關產品為例	藉由 FMEA 分析方法，建立研發技術知識庫，以提供新產品研發團隊相關技術之參考。
紀曉菁(2013)	運用失效模式分析與同步工程策略於輔具研發設計	運用失效模式分析(FMEA)，加上同步工程(CE)方法，建立知識管理標準並運用於中小企業，以縮短研發流程，知識共享互用，以排除開發中輔具產品之失效原因。

表 2-5 FMEA 相關文獻之實務應用表(續)

作者/年代	研究題目	研究貢獻
徐鈞量(2016)	潛在失效模式的系統化辨識與分析方法	以辨識、檢出失效模式為主之流程，以建立準流程來檢視失效模式，以提升系統品質及可靠度。
陳俊維(2004)	FMEA 應用於提昇潔淨室 H.V.A.C.系統可靠度之研究	利用失效模式與效應分析方法，針對無塵潔淨室之 H.V.A.C.系統運轉，提高系統穩定運轉之可靠度。
陳文彬(2005)	推廣與傳統的失效模式與效應分析之比較—以滅火器產品設計為例	以 EFMEA 與 FMEA 分析方法探討滅火器設計之初期階段之比較，採取改善方案，以提高產品可靠度。
陳思婕(2016)	以失效模式與效應分析評估推動綠色大學之政策-以國立中山大學為例	以失效模式與效應分析評估推動綠色大學發展政策，並針對政策中高失效風險項目提出改善，以達綠色大學之目標。
曾俊達(2012)	失效模式與效應分析應用於工程問題之評估-以區域級以上醫院手術室工程為例	應用失效模式與效應分析於手術室工程建築空間規劃與設備進行鑑識與預防，並於工程施工中發生之事件進行鑑別與影響分析，以期做為後續按鍵設計及施工問題預防與改善之參考。
楊朝鈞(2003)	構建航空站空側風險架構之研究-FMEA 之應用	運用 FMEA 分析方法，建立一套航空站飛航安全管理評估系統，以有效針對國內航空場站管理制度進行檢視。

表 2-5 FMEA 相關文獻之實務應用表(續)

作者/年代	研究題目	研究貢獻
溫敏智(2006)	FMEA 與 TRIZ 理論應用在動力手工具問題與決策系統之研究	利用 FMEA 概念，於產品設計階段，對構成產品的零件逐一進行分析，以達事前品管之目的，本研究以發展一套動力手工具問題與決策系統，並藉由系統推論出完善之建議解決方法以供使用者使用。
劉東奇(2010)	設計失效模式與效應分析於積體電路設計產業應用之探討研究	建構中小型無晶圓廠積體電路設計公司利用失效模式與效應分析技術在產品設計流程的模型。
蔡建興(2016)	資本預算為基礎的 FMEA 於關鍵資訊基礎設施資安風險管理的應用	以資本預算為基礎的 FMEA 風險分析法，應用在關鍵資訊基礎設施之 SCADA 控制系統資安風險管理。
黎美珍(2012)	應用失效模式與效應分析於醫療廢棄物 AIDC 系統之改善研究	利用失效模式與效應分析，檢討現行醫療廢棄物 AIDC 系統運轉，以達到系統穩定運轉之可靠度。

2.4 小結

本章藉由航空安全理論、安全管理系統與失效模式與效應分析(FMEA)之文獻回顧後，可以得知有關國內航空站空側安全方面之相關文獻屈指可數，由於影響空側安全涵蓋範圍相當廣大，也隱藏許多危害，一旦疏忽易造成飛安或地安事件發生，進而影響機場的運作，為提供完善及安全的飛航環境，需要機場各相關單位共同努力與維護。

透過文獻回顧與參照我國相關標準作業手冊，綜整歸納其影響國內航空站空側安全之風險因素，研擬適合用於建構國內航空站空側安全風險架構，以有效預防危害並降低風險與飛航事故之發生。

經由彙整相關文獻後，大部分文獻僅對空側硬體設施造成之跑道安全事件相關風險項目做研究，並未探討「組織與管理」對飛航安全造成的影響。而本研究除探討空側硬體設施之風險因素外，亦探討「組織與管理」對機場之飛航安全的重要性，藉以提供相關研究結果予其他航空站及相關單位做參考。

第三章 研究方法

本研究以建構軍民合用機場嘉義航空站空側安全風險架構為個案對象，利用 FMEA 風險評估功能，建構影響國內航空站空側安全風險架構，其目的為提供予國內航空站能有效掌握影響空側安全之風險因素，以降低空側風險危害，並維護空側飛航安全。本章首先介紹 FMEA 分析模式之建立及國內航空站 FMEA 之分析架構；最後經由文獻回顧之內容進行風險因素之擬定，篩選出適合之風險因素以建立問卷分析要項，並以李克特尺度法作為本研究問卷設計之形式，同時藉由產、官界之專家問卷發放，計算各風險因素之風險優先指數，排列其優先順序，進而找出應優先改善之風險因素。經綜整分析結果後，進而得知影響國內航空站空側安全之風險因素，找出優先改善之項目。

3.1 FMEA 分析模式之建立

維護空側區域飛航安全仰賴機場工作人員共同的努力，為有效掌握國內航空站空側安全之風險因素，並於災害發生前預先做好準備並預防之，以提升機場的飛航安全。

本節基於第二章第 2.3.3 節 FMEA 實施程序之文獻回顧建立針對個案嘉義航空站空側安全風險架構之 FMEA 分析模式，分析內容以嘉義航空站潛在性失效風險之因素，藉由問卷發放後所得之風險優先指數，將其優先改善之風險項目進行排序，並研擬其失效因素發生時之解決策略。傳統風險優先指數是由嚴重度、發生度及難檢度三者乘積而得，本研究為利於專家填寫問卷，將發生度改為可避免程度、難檢度改為檢測程度(察覺程度)；因研究者本身為航務員，為機場第一線工作人員，從平時工作經驗中藉由自身檢視場面狀況得知該風險

對航空器造成的影響，故瞭解到 FMEA 方法之難檢度(檢測程度/察覺程度)的重要性。有關嘉義航空站 FMEA 表單基本格式及 FMEA 應用之運作模式如表 3-1 及圖 3-1 所示：

表 3-1 FMEA 表單基本格式

FMEA 表單編號： _____			日期： _____					
系統(任務)名稱： _____			分析人員： _____					
評估項目	失效模式	失效原因	風險優先指數				改善順序	改善措施
			嚴重度	可避免程度	檢測程度/察覺程度	RPN		

資料來源：本研究整理

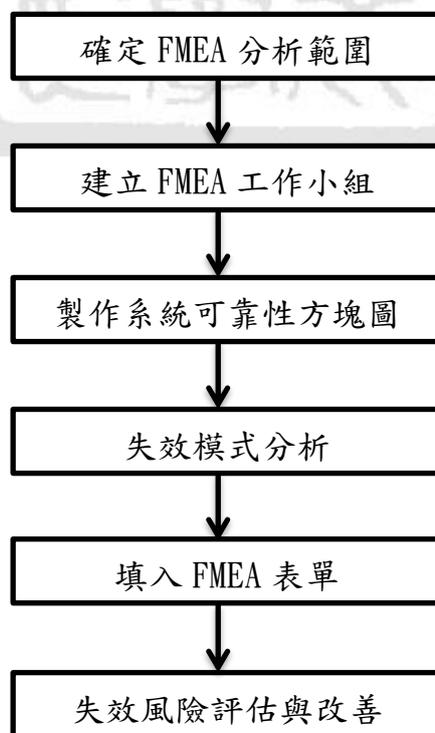


圖 3-1 FMEA 應用之運作模式

3.2 國內航空站 FMEA 之分析架構

經由文獻探討結果可得知，FMEA 方法在相當多的領域中已被運用，依照使用的對象及特性而有所不同。為達本研究之目的，將 FMEA 方法應用在建構國內航空站空側安全風險架構。在國內航空站中隱藏許多危害風險因子，有的因硬體設施的老舊不易維修、有的使用不當或是硬體設施不符合規範、或是受組織與管理層面所影響等因素，進而造成飛安事件的發生。因此，如何在既有硬體設施上做好預防工作，組織與管理層面的改善，並將所有可能影響機場飛航安全之風險危害降至最低，以提升國內航空站空側區域之飛航安全，是本研究之主要目的。

然而目前針對國內有關提出 FMEA 之文獻，大多為產品製造與設計階段，而航空站為已建構完成之系統，應為 FMEA 應用階段中之使用階段(如圖 2-7)，故在決定嘉義航空站 FMEA 之分析架構時，因屬軍民合用機場有軍民雙方共同維護空側硬體設施之特色，而研擬一適用於該航空站之 FMEA 實施方法，其流程圖如 3-2，後將其步驟說明如後。

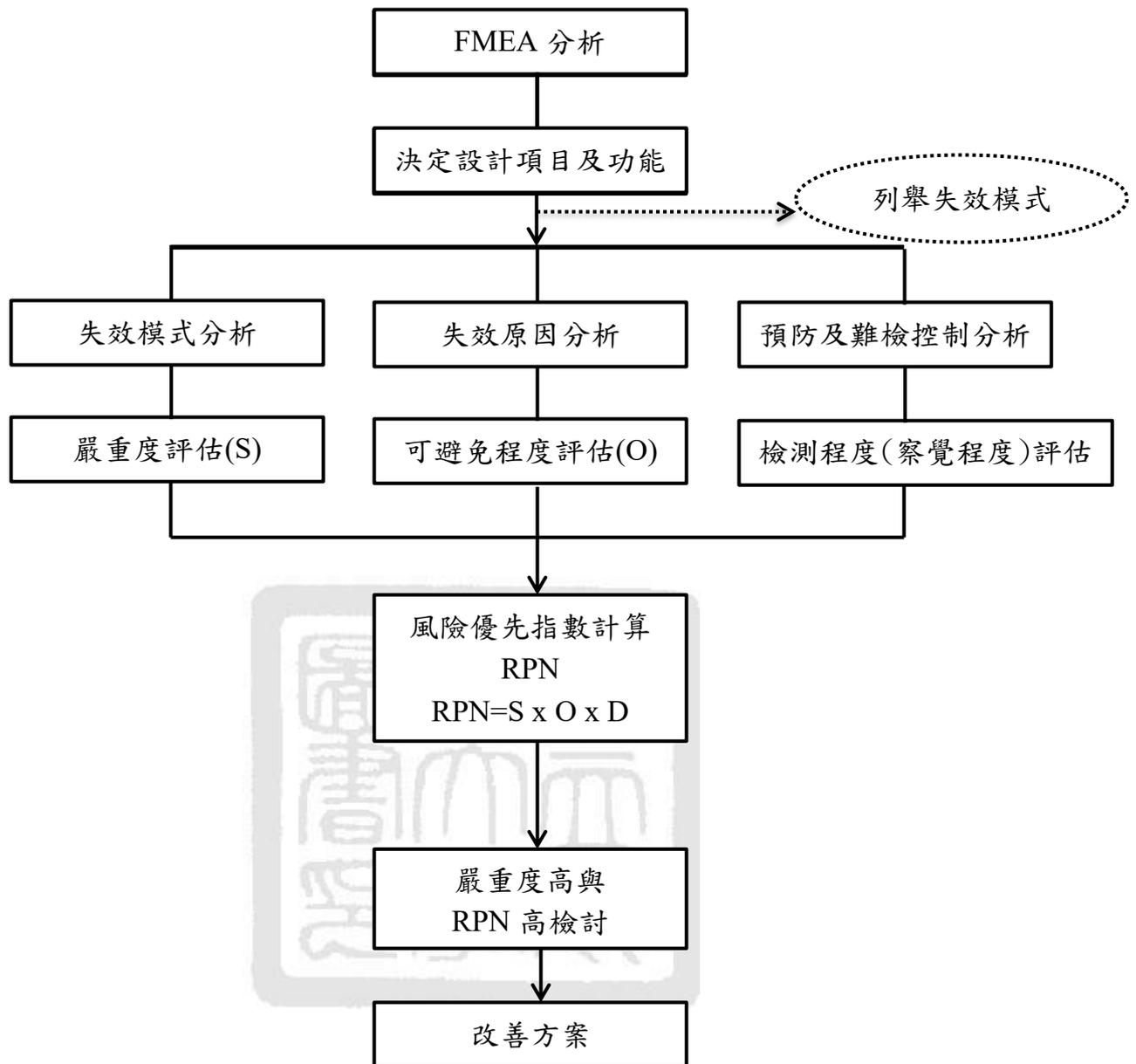


圖 3-2 FMEA 實施方法

1. FMEA 分析

在進行風險分析前，必須先確認實施對象及工作系統任務分析為何，此步驟相當重要，因其會關係到任務是否能夠達成。實施 FMEA 作業時，召集專業人員組成工作小組，並對系統或任務進行完整之風險分析，而本研究採取專家

問卷之手法，透過問卷名單的成立如同達到工作小組建立的效果，藉由篩選出適合之飛安風險因素以建立問卷分析要項，並採用李克特尺度法衡量受答者之評量分數，將「非常不重要」、「不重要」、「普通」、「重要」、「非常重要」等五種尺度，依序區分為「非常輕微/極易避免/極易檢測(極易察覺)」、「輕微/易避免/易於檢測(易於察覺)」、「普通」、「嚴重/難以避免/難以檢測(難以察覺)」、「非常嚴重/很難避免/很難檢測(很難察覺)」，其計算方式依序給予 1、2、3、4、5 的分數，接著依所得的結果進行分析。問卷名單及內容如附錄一、二。

2. 決定設計項目及功能

本研究之分析對象為國內航空站，在航空站空側硬體設施設置及規劃方面必須依照相關規範，故本研究依據國際民航組織 ICAO 提出之「國際民航公約-14 號附約」及我國「民用機場設計暨運作規範」與「航空站空側作業管理手冊」之規定做此步驟繪製系統機能方塊圖之參考。

本研究針對國內航空站空側區域提出之系統機能方塊圖如圖 3-3，主要將機場空側飛航安全區分為航務、場站及助導航設施等三大部分，礙於研究限制與相關資料取得不易等因素，本研究只針對國內航空站場站類別中與機場空側飛航安全相關之跑滑道、停機坪部分實行「組件」分析，圖 3-4 為數字編碼示意圖，本研究使用簡易數字編碼，主要目的為編訂系統各個部分之號碼以從系統中得知相關位置，並能瞭解上下層系統之名稱。

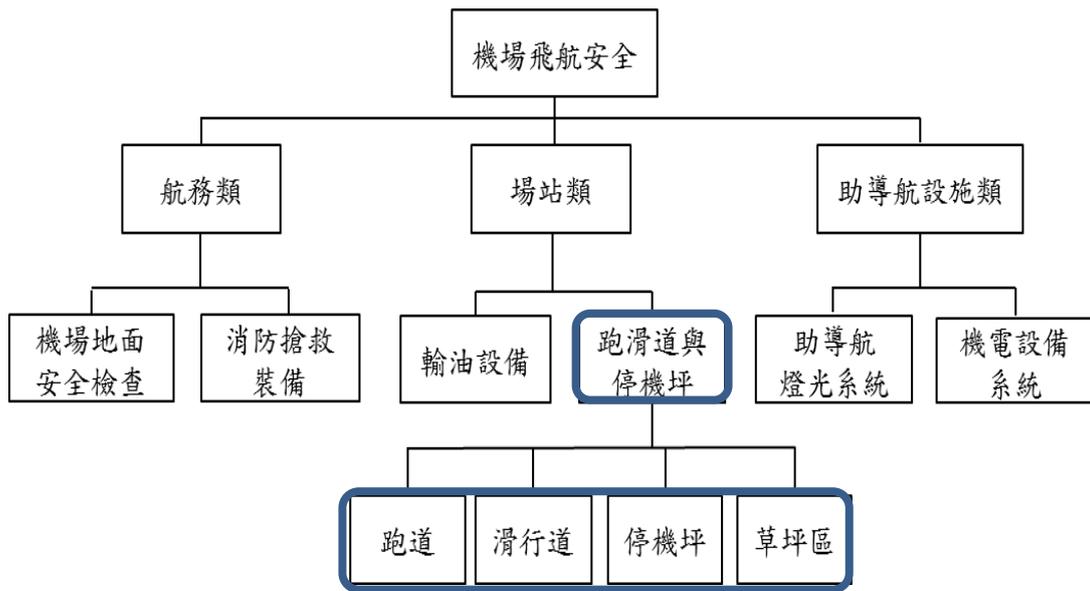


圖 3-3 機場空側飛航安全風險管理機能方塊圖

資料來源：本研究整理

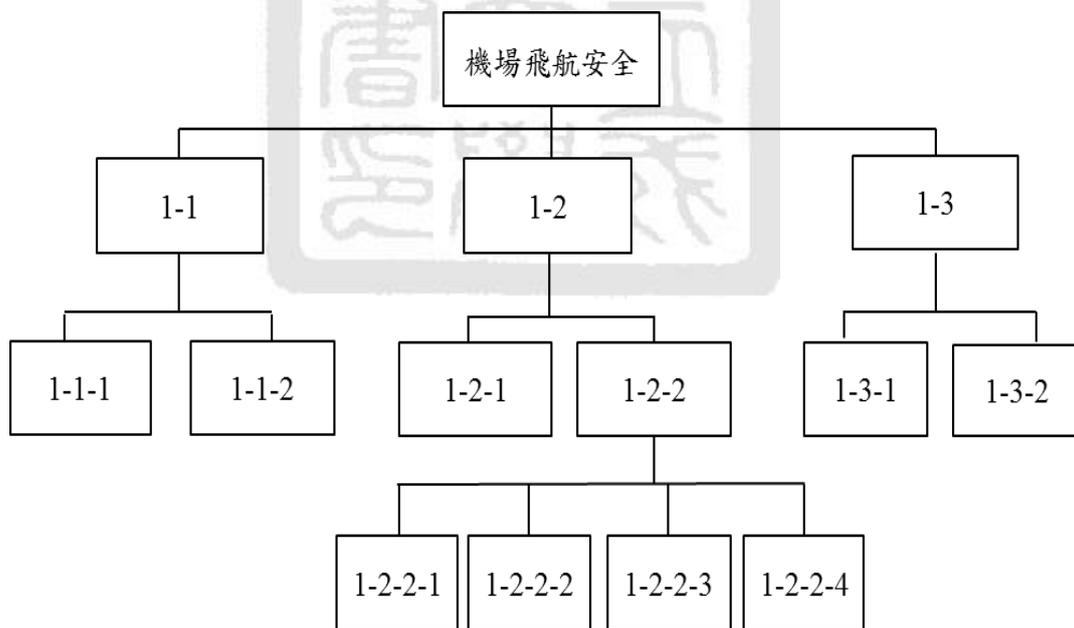


圖 3-4 機場空側飛航安全風險管理系統編碼示意圖

資料來源：楊朝鈞(2003)

3. 列舉失效模式

此步驟為找出系統或產品所有可能產生失效之失效模式、失效原因與預防及難檢控制來做分析，並對失效模式進行嚴重度、可避免程度及檢測程度(察覺程度)評估，找出失效模式的關鍵點，加以歸納整理。

4. 風險優先指數計算

定義失效模式數量及原因後，計算失效模式由嚴重度(S)、可避免程度(O)及檢測程度(察覺程度)(D)三者相乘所得之風險優先指數，風險指數範圍介於 1 至 125 之間(5*5*5)，並對已確定造成風險危害之失效模式進行評價。問卷回收後，將問卷結果進行彙整，並將風險優先指數結果進行排序，用以判斷優先改善之風險項目。

5. 嚴重度高與 RPN 高檢討

此步驟為風險項目之高嚴重度及高 RPN 檢討，並確認該失效模式之所有可能風險皆已被發現，以做有效檢討及評估，如風險優先指數愈高之潛在失效因素必須適當處置與改善以降低危害風險。

6. 改善方案

此階段為針對失效模式提出有效的改善方案，將風險值降至最低。

3.3 空側安全風險因素之研擬

由於過去眾多文獻對於航空安全風險因素分類相當多，並無統一的分類標準，況且影響空側安全之風險因素不計其數，故本研究參照國際民航組織 ICAO 提出之「國際民航公約-14 號附約」及交通部民用航空局「民用機場設計暨運作規範」與「航空站空側作業管理手冊」規範為基礎，並基於第二章第 2.1.3 節乳酪理論之文獻回顧，強調組織上整體性的失事預防能力；又 Reason(1997)提出組織失事(Organization Accident)的觀念(如圖 3-5)，意即組織可能在管理決策及人員工作過程中造成潛在的失效條件(Latent Condition)，這會使系統預防(System Defense)形成失誤或漏洞(Breach)，而造成失事(Accident)。(張有恆、曾于娟，2018)。

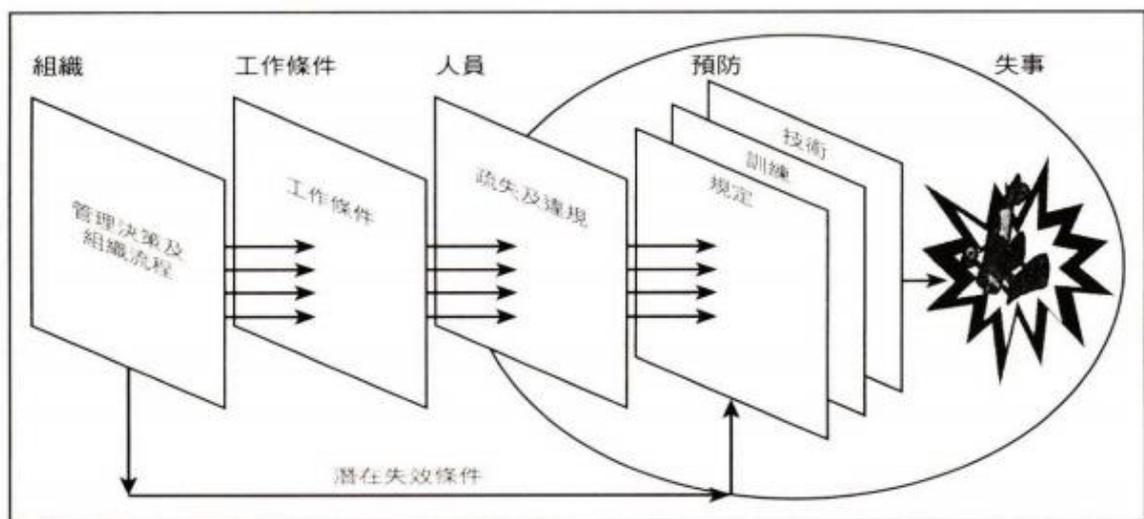


圖 3-5 組織失事觀念模式

由此可知，組織與人員溝通協調及失事預防的重要性，故本章以空側「硬體」設施及軍民合用機場「組織與管理」兩方面探討其影響國內航空站空側安

全之風險因素。然而，因「硬體」設施方面，影響國內航空站空側安全之風險因素大同小異，故本研究除探討「硬體」設施風險因素外，並將軍民合用機場「組織與管理」之風險因素納入討論，而風險因素之擬定是依照嘉義航空站的機場特色與設施的不同，並基於國內外相關法規做研擬。目前以嘉義航空站軍民兩方(其組織架構圖如圖 3-6 及圖 3-7)接獲空側有關飛安異常相關事件通報聯繫流程如圖 3-8，除此之外，軍民兩方透過定期性與不定期性會議(如圖 3-9)檢討有關空側硬體設施維護、有造成危害事件及設施不符合規範之項目進行討論，藉由會議的進行以解決危害的發生以達到機場空側區域完善的飛航安全。

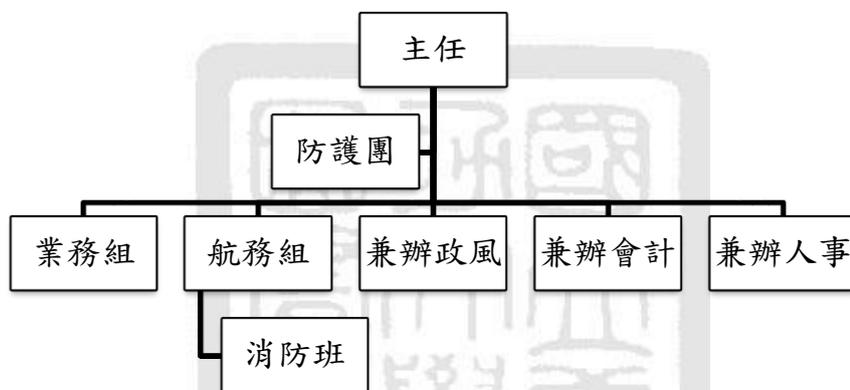


圖 3-6 嘉義航空站組織架構圖

資料來源：嘉義航空站(2018)

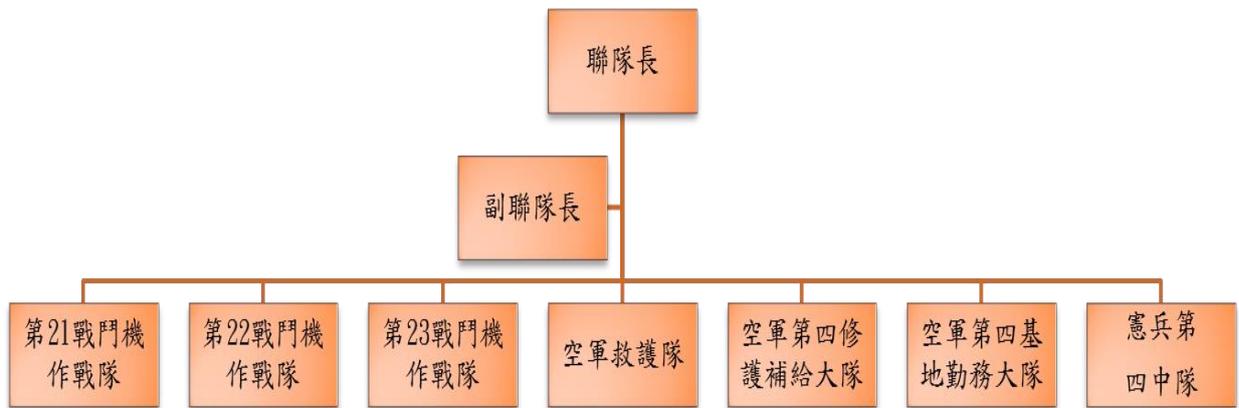


圖 3-7 空軍第四戰術戰鬥機聯隊組織架構圖

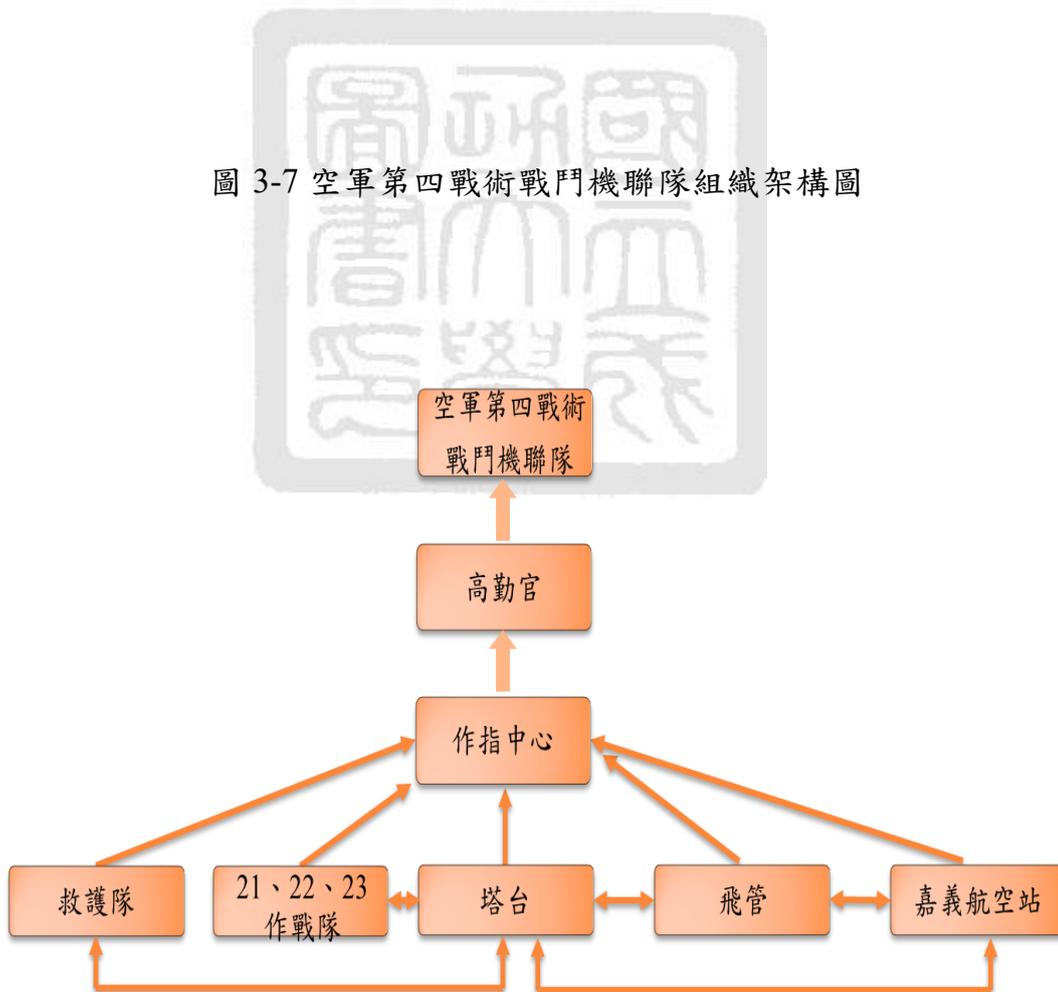


圖 3-8 嘉義航空站通報聯繫圖

- 民用航空局嘉義航空站使用空軍嘉義基地協議書
- 空軍第四戰術戰鬥機聯隊每月外物預防暨鳥擊防制協調會議
- 嘉義航空站每季駐站協調會議
- 嘉義航空站每季鳥擊協調會議
- 嘉義航空站每季停機坪暨跑道安全小組會議
- 嘉義航空站每半年安全委員會暨安全工作小組會議
- 不定期臨時性會議



圖 3-9 嘉義航空站軍民溝通聯繫協調圖

本研究透過專家問卷發放，並以專家之專業知識與經驗為基礎，界定相關之風險因素，以利組成空側安全之風險架構。以下舉例空側「硬體」設施及軍民合用機場「組織與管理」之風險因素。

3.3.1 空側硬體設施之風險因素

本研究依據國際民航組織 ICAO 提出之「國際民航公約-14 號附約」及交通部民用航空局「民用機場設計暨運作規範」與「航空站空側作業管理手冊」之規範所整理之空側場站類硬體設施之風險因素分為跑道、滑行道、停機坪與草坪區四大部分；Rezaee and Yousefi (2018)針對 Urmia 國際機場提出六種類別(設備、設備與環境、環境的、環境與系統、系統的及人力資源)共 29 項機場風險

因素，故綜整空側硬體設施之風險因素如表 3-2 所示。

表 3-2 空側硬體設施之風險因素

構面	風險因素	資料來源
跑道	1.鋪面高低不平或破裂	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)
	2.道面產生 FOD	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	3.跑道濕滑程度	交通部民用航空局(2016)
	4.道面積水	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)
	5.排水設施不良	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)
	6.施工警告裝置不良	交通部民用航空局(2016)
	7.道面標線、標誌及指示牌不佳	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	8.跑道助導航設施不良	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	9.鳥類侵入	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	10.其他 FOD 侵入	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、Rezaee and Yousefi (2018)
滑行道	1.鋪面高低不平或破裂	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)

表 3-2 空側硬體設施之風險因素(續)

構面	風險因素	資料來源
滑行道	2.道面產生 FOD	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	3.道面積水	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)
	4.排水設施不良	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)
	5.施工警告裝置不良	交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)
	6.道面標線、標誌及指示牌不佳	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	7.滑行道燈光系統不良	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	8.鳥類侵入	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	9.其他 FOD 侵入	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、Rezaee and Yousefi (2018)
	停機坪	1.鋪面高低不平或破裂
2.道面產生 FOD		交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、Rezaee and Yousefi (2018)
3.道面積水		交通部民用航空(2017)、交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)
4.排水設施不良		交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)

表 3-2 空側硬體設施之風險因素(續)

構面	風險因素	資料來源
停機坪	5.施工警告裝置不良	交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)
	6.道面標線、標誌不佳	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	7.照明燈光系統不良	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)
	8.地勤作業未遵守標準作業流程	交通部民用航空局(2016)、楊朝鈞(2003)
	9.鳥類侵入	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、楊朝鈞(2003)、Rezaee and Yousefi (2018)
	10.其他 FOD 侵入	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、Rezaee and Yousefi (2018)
草坪區	1.表面高低不平或破裂	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)
	2.表面產生 FOD	交通部民用航空局(2016)、Rezaee and Yousefi (2018)
	3.表面積水	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)
	4.施工警告裝置不良	交通部民用航空局(2016)
	5.道面標線、標誌不佳	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、Rezaee and Yousefi (2018)
	6.鳥類侵入	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、張有恆(2016)、Rezaee and Yousefi (2018)
	7.其他 FOD 侵入	交通部民用航空局(2017)、交通部民用航空局(2016)、Rezaee and Yousefi (2018)

3.3.2 軍民合用機場組織與管理之風險因素

本研究主要為建構國內航空站空側安全風險架構並以嘉義航空站為個案研究，因屬軍民合用機場之經營特色關係，須依據「民用航空局使用空軍基地協議書」相關規定辦理，有關空側硬體設施之修繕與維護仰賴軍方單位，但有關決策及執行成效會受限於軍方單位組織與管理層面所影響，本研究參考相關文獻：陳信吉(2008)「以風險管理探討空軍影響飛航安全因素之研究」所提出之四項飛安風險因素，分為人為、機械、環境及組織因素，其組織因素如表 3-3；林盈合(2003)「航空公司飛安風險因素之探討」提出影響航空公司人為、組織、機械及環境之飛安風險因素，其組織因素如表 3-4；王穎俊(2007)提出一組織之行政效率、管理、溝通協調、人員等因素與造成事故的發生有所關聯；又張有恆(2016)提到維修資源管理 MRM(Maintenance Resource Management)須重視標準作業流程與符合法規及溝通協調的重要性。本研究綜整第二章及第三章有關影響飛航安全之風險因素所有文獻，擬定本研究探討空側安全有關軍民合用機場組織與管理之風險因素如表 3-5，以有效預防危害發生。

表 3-3 影響飛航安全因素量表

構面因素	項次	風險因素
組織因素	D1	空軍各項飛航安全預防管理作業完善程度
	D2	空軍各項飛航管理標準作業程序(SOP)完善程度
	D3	空軍對各項飛行、航管、機務與修護人員訓練制度之完善程度
	D4	飛行人員之考核制度是否完善
	D5	飛航任務派遣排程及飛航計畫是否完善
	D6	飛航模擬機訓練制度是否完善
	D7	空軍對飛航作業風險管理系統落實程度
	D8	空軍對飛安預防稽核落實程度
	D9	決策長官對飛安管理的認知程度

表 3-3 影響飛航安全因素量表(續)

構面因素	項次	風險因素
組織因素	D10	空軍對飛危事件處理及調查能力

資料來源：陳信吉(2008)

表 3-4 航空公司飛安風險因素

因素構面	編號	因素
組織因素 (ORG)	1	簽派人員個人資料是否完整
	2	組員的挑選或訓練
	3	標準作業程序或規定不足
	4	管理不當行政效率差
	5	潛在失察問題
	6	管制與監督不足
	7	目標模糊
	8	連繫不足或溝通不良
	9	非正常飛行狀況之訓練
	10	訓練飛行時之處理能力
	11	全員飛安教育
	12	各類飛航資料手冊是否適時修訂更新
	13	各類飛航通告是否齊全
	14	任務簽派表單存檔是否齊全
	15	國際航班各項簽派表單與航行記錄檔是否完整
	16	有無飛航簽派作業及飛航追蹤作業
	17	年度例行訓練及加強課目訓練
	18	FOM、FOTM 是否定期修訂
	19	執行年度模擬機複訓安排與控管
	20	飛行人員年度學科複訓之安排執行(CRM、法規、FOM 等)
	21	任務派遣是否適當
	22	飛行派飛規定及作業是否完整
	23	機長報告單及異常事件處理作業
	24	飛行人員任務提示
	25	組員酒精測試執行與處理情形
	26	飛航公告資料是否更新
	27	飛航記錄文件之完成及處置

資料來源：林盈合(2003)

表 3-5 軍民合用機場組織與管理之風險因素

構面	風險因素	資料來源
軍民合用機場 組織與管理	1.組織文化過於僵化	陳信吉(2008)
	2.行政效率不佳	王穎駿(2007)、林盈合(2003)
	3.標準作業程序與法規不足	張有恆(2016)、陳信吉(2008)、王穎駿(2007)、林盈合(2003)
	4.主管管制與監督不足	張有恆(2016)、陳信吉(2008)、王穎駿(2007)、林盈合(2003)
	5.單位之間溝通協調不良	Chang, Yeh, and Wu(2018)、張有恆(2016)、盧竹瑄(2015)、王穎駿(2007)、林盈合(2003)
	6.人員篩選與訓練	陳信吉(2008)、林盈合(2003)
	7.人員責任感與態度不佳	王穎駿(2007)
	8.人員危機處理與抗壓力不足	王穎駿(2007)
	9.人員異動頻繁與交接不確實	王穎駿(2007)
	10.資訊未透明	Chang, Yeh, and Wu(2018)

系統層級	影響失效之風險因素
跑道	1.鋪面高低不平或破裂 2.道面產生FOD 3.跑道濕滑程度 4.道面積水 5.排水設施不良 6.施工警告裝置不良 7.道面標線、標誌及指示牌不佳 8.跑道助導航設施不良 9.鳥類侵入 10.其他FOD侵入
滑行道	1.鋪面高低不平或破裂 2.道面產生FOD 3.道面積水 4.排水設施不良 5.施工警告裝置不良 6.道面標線、標誌及指示牌不佳 7.滑行道燈光系統不良 8.鳥類侵入 9.其他FOD侵入
停機坪	1.鋪面高低不平或破裂 2.道面產生FOD 3.道面積水 4.排水設施不良 5.施工警告裝置不良 6.道面標線、標誌不佳 7.照明燈光系統不良 8.地勤作業未遵守標準作業流程 9.鳥類侵入 10.其他FOD侵入
草坪區	1.表面高低不平或破裂 2.表面產生FOD 3.表面積水 4.施工警告裝置不良 5.表面標線、標誌不佳 6.鳥類侵入 7.其他FOD侵入
軍民合用機場組織與管理	1.經織文化過於僵化 2.行政效率不佳 3.標準作業程序與法規不足 4.主管管制與監督不足 5.單位之間溝通協調不良 6.人員篩選與訓練 7.人員責任感與態度不佳 8.人員危機處理與抗壓力不足 9.人員異動頻繁與交接不確實 10.資訊未透明

圖 3-10 影響空側安全失效之風險因素圖

第四章 實證分析

本研究旨在找出影響國內航空站空側安全之風險因素，並以嘉義航空站為例，以進行 FMEA 之分析，以期提供予國內其他航空站之參考指標。

嘉義航空站為軍民合用機場，整體嘉義空軍基地腹地總面積約660公頃，而嘉義航空站總面積為13,790平方公尺。因民航單位與軍方單位管理方式不同，在組織、溝通協調、文化制度、人員訓練等方面也截然不同，故在空側安全的重視程度當然也會有所影響。

本研究專家問卷共發放 40 份，回收 37 份，問卷對象包含航空站與航空相關領域之產業界及政府機關之專家。詳細專家背景與回收份數如表 4-1。

經由專家問卷之分析結果，本章共分兩大部分，第一部分為定義各構面之風險因素；第二部分為問卷分析所得之風險優先指數與嚴重度之研究結果進行優先改善順序，並分析風險因素之重要性，以利提供予國內航空場站等相關單位於實務上執行改善之參考。

表 4-1 專家問卷名單與回收份數

分類	任職單位	職稱	回收份數
產業界	1. 立榮航空公司嘉義辦事處	主任及督導以上之主管	10 份
	2. 長榮航太	機務	
	3. 立榮航空公司	正、副機師	
政府機關	4. 民用航空局 標準組	組長	21 份
	5. 民用航空局 場站組		
	6. 民用航空局 航站管理小組	組長、科長及技士以上之人員及主管	
	7. 飛航安全調查委員會	工程師	
	8. 台中航空站	主任、航務組組長及航務員	
	9. 嘉義航空站	主任、組長及工務員	
	10. 澎湖航空站	航務員	
	11. 高雄國際航空站	航務組組長及航務員	
	12. 空軍第四戰術戰鬥機聯隊	飛行官	
總發放數：40 份		有效問卷回收數：37 份	有效問卷回收率：92.5%

4.1 失效模式之風險評價

1. 定義失效模式

本研究參考國際民航組織「國際民航公約-14 號附約」、交通部民用航空局「民用機場設計暨運作規範」與「航空站空側作業管理手冊」及相關文獻，列出可能產生失效模式如表 4-2，為求製表一致性，失效模式皆以 FM_x 表示，x 為數字編號並表示第幾個失效模式。

表 4-2 空側硬體設施之失效模式編號及涵蓋範圍

編號	失效模式	涵蓋範圍(構面)
FM1	鋪面高低不平或破裂	跑道、滑行道、停機坪
FM2	道面產生 FOD	跑道、滑行道、停機坪
FM3	跑道濕滑程度	跑道
FM4	道面積水	跑道、滑行道、停機坪
FM5	排水設施不良	跑道、滑行道、停機坪
FM6	施工警示裝置不良	跑道、滑行道、停機坪、草坪區
FM7	道面標線、標誌及指示牌不佳	跑道、滑行道、停機坪、草坪區
FM8	跑道助導航設施不良	跑道
FM9	滑行道燈光系統不良	滑行道
FM10	照明燈光系統不良	停機坪
FM11	地勤作業未遵守標準作業流程	停機坪
FM12	鳥類侵入	跑道、滑行道、停機坪、草坪區
FM13	其他 FOD 侵入(野生動物)	跑道、滑行道、停機坪、草坪區
FM14	表面高低不平或破裂	草坪區
FM15	表面產生 FOD	草坪區
FM16	表面積水	草坪區

*FOD(Foreign Object Debris)：可能損傷航空器或系統某種外來的物質或碎屑物。

表 4-3 軍民合用機場組織與管理之失效模式編號

編號	失效模式
FM17	組織文化過於僵化
FM18	行政效率不佳
FM19	標準作業程序與法規不足
FM20	主管管制與監督不足
FM21	單位之間溝通協調不良
FM22	人員篩選與訓練
FM23	人員責任感與態度不佳
FM24	人員危機處理與抗壓力不足
FM25	人員異動頻繁與交接不確實
FM26	資訊未透明

4.2 嘉義航空站 FMEA 分析模式之建立

1. FMEA 作業小組成立

邀集各單位組成作業小組，由航空站內人員及駐站單位一同參與 FMEA 作業。

2. 決定風險評估範圍

依照嘉義航空站空側硬體設施及組織與管理層面明確列出影響空側安全風險範圍。

3. 列舉失效模式

依專業作業小組成員找出所有可能之潛在失效因素，並於問卷內容(如附錄二)將影響空側安全失效之風險因素列出，該失效風險因素可提供國內航空站對於場站空側之風險潛在因素做初步綜覽。

4. 風險優先指數計算

將已發放之問卷回收後，對問卷結果進行彙整，評估空側硬體設施及組織與管理之失效模式對空側安全所造成的嚴重程度、可避免程度及檢測程度(察覺程度)來評分，計分以 1 至 5 分，參考依據如表 4-4 至表 4-6；並以問卷調查後之專家評選平均方式做評分，計算其風險優先指數(RPN)，並將風險優先指數結果進行排序，藉以判斷優先改善之風險項目，如表 4-7 及表 4-8。

表 4-4 嚴重程度評級表

數值	程度說明
5	非常嚴重
4	嚴重
3	普通
2	輕微
1	非常輕微

表 4-5 可避免程度評級表

數值	程度說明
5	很難避免
4	難以避免
3	普通
2	易避免
1	極易避免

表 4-6 檢測程度(察覺程度)評級表

數值	程度說明
5	很難檢測(察覺)
4	難以檢測(察覺)
3	普通
2	易於檢測(察覺)
1	極易檢測(察覺)

表 4-7 空側硬體設施之風險優先指數排序表

編號	構面 失效模式(風險因素)	跑道		滑行道		停機坪		草坪區	
		風險 優先 指數 (RPN)	排 序	風險 優先 指數 (RPN)	排 序	風險 優先 指數 (RPN)	排 序	風險 優先 指數 (RPN)	排 序
FM1	鋪面高低不平或破裂	19.07	3	16.80	5	11.34	7	-	-
FM2	道面產生 FOD	16.98	6	17.22	3	12.70	5	-	-
FM3	跑道濕滑程度	16.73	7	-	-	-	-	-	-
FM4	道面積水	17.30	5	16.86	4	12.36	6	-	-
FM5	排水設施不良	15.33	8	16.24	6	13.34	4	-	-
FM6	施工警示裝置不良	10.15	10	10.74	9	8.46	10	8.86	6
FM7	道面標線、標誌及指示 牌不佳	12.70	9	11.69	8	9.87	9	7.76	7
FM8	跑道助導航設施不良	17.89	4	-	-	-	-	-	-
FM9	滑行道燈光系統不良	-	-	12.76	7	-	-	-	-

表 4-7 空側硬體設施之風險優先指數排序表(續)

編號	構面 失效模式(風險因素)	跑道		滑行道		停機坪		草坪區	
		風險 優先 指數 (RPN)	排 序	風險 優先 指數 (RPN)	排 序	風險 優先 指數 (RPN)	排 序	風險 優先 指數 (RPN)	排 序
FM10	照明燈光系統不良	-	-	-	-	10.41	8	-	-
FM11	地勤作業未遵守標準 作業流程	-	-	-	-	17.15	2	-	-
FM12	鳥類侵入	30.69	1	26.40	1	18.85	1	25.61	1
FM13	其他 FOD 侵入(野生動物)	22.20	2	20.89	2	16.02	3	23.07	2
FM14	表面高低不平或破裂	-	-	-	-	-	-	15.42	5
FM15	表面產生 FOD	-	-	-	-	-	-	15.67	4
FM16	表面積水	-	-	-	-	-	-	16.04	3

表 4-8 軍民合用機場組織與管理之風險優先指數排序表

編號	構面 失效模式(風險因素)	軍民合用機場組織與管理	
		風險優先指數	排序
FM17	組織文化過於僵化	24.62	1
FM18	行政效率不佳	19.94	3
FM19	標準作業程序與法規不足	14.32	10
FM20	主管管制與監督不足	17.62	7
FM21	單位之間溝通協調不良	18.51	6
FM22	人員篩選與訓練	16.00	9
FM23	人員責任感與態度不佳	16.26	8
FM24	人員危機處理與抗壓力不足	21.55	2
FM25	人員異動頻繁與交接不確實	19.32	4
FM26	資訊未透明	19.28	5

依各構面所計算出風險優先指數及嚴重度之數值不同且有所差距，無法律定基準值，本研究僅依照各構面風險優先指數及嚴重度之大小選取前三項最需要改善之失效模式。故由表 4-7 可得知，對於跑道構面而言，前三項需要改善之失效模式為鳥類侵入、其他 FOD 侵入(野生動物)與鋪面高低不平或破裂；滑行道構面之前三項需要改善之失效模式為鳥類侵入、其他 FOD 侵入(野生動物)與道面產生 FOD；停機坪之前三項需留意之失效模式為鳥類侵入、地勤作業未遵守標準作業流程與其他 FOD 侵入(野生動物)；草坪區方面則是鳥類侵入、其他 FOD 侵入(野生動物)與表面積水為失效模式中之前三名需改善項目者。

又在軍民合用機場組織與管理構面中如表 4-8，組織文化過於僵化、人員危機處理與抗壓力不足及行政效率不佳為前三項需改善之失效模式。

5. 嚴重度高與 RPN 高檢討

將失效模式中之嚴重度以高低進行排序，並探討其與風險優先指數優先改善項目之異同。因 RPN 高其嚴重度不一定為高，RPN 是由嚴重度、發生度及檢測度三者之乘積而得，RPN 數值的高低與否除嚴重度外會受發生度與檢測度所影響；而嚴重度高的失效項目會直接造成較大風險，故本研究除探討風險優先指數外也將嚴重度納入討論，藉以檢討並研擬改善之策略。

表 4-9 空側硬體設施之嚴重度排序表

編號	構面 失效模式(風險因素)	跑道		滑行道		停機坪		草坪區	
		嚴重度(S)	排序	嚴重度(S)	排序	嚴重度(S)	排序	嚴重度(S)	排序
FM1	鋪面高低不平或破裂	3.54	1	3.03	3	2.57	6	-	-
FM2	道面產生 FOD	3.30	3	3.11	2	2.86	3	-	-
FM3	跑道濕滑程度	2.89	10	-	-	-	-	-	-
FM4	道面積水	3.11	7	2.86	5	2.51	7	-	-
FM5	排水設施不良	3.05	8	2.86	5	2.51	7	-	-
FM6	施工警示裝置不良	3.19	5	3.00	4	2.78	4	2.22	3
FM7	道面標線、標誌及指示牌不佳	3.19	5	3.14	1	2.73	5	2.11	6
FM8	跑道助導航設施不良	3.35	2	-	-	-	-	-	-
FM9	滑行道燈光系統不良	-	-	3.00	4	-	-	-	-

表 4-9 空側硬體設施之嚴重度排序表(續)

編號	構面 失效模式(風險因素)	跑道		滑行道		停機坪		草坪區	
		嚴重度(S)	排序	嚴重度(S)	排序	嚴重度(S)	排序	嚴重度(S)	排序
FM10	照明燈光系統不良	-	-	-	-	2.92	2	-	-
FM11	地勤作業未遵守標準 作業流程	-	-	-	-	3.22	1	-	-
FM12	鳥類侵入	3.24	4	2.86	5	2.46	9	2.62	1
FM13	其他 FOD 侵入(野生動物)	3.05	8	2.73	8	2.41	10	2.46	2
FM14	表面高低不平或破裂	-	-	-	-	-	-	2.16	5
FM15	表面產生 FOD	-	-	-	-	-	-	2.11	6
FM16	表面積水	-	-	-	-	-	-	2.19	4

表 4-10 軍民合用機場組織與管理之嚴重度排序表

編號	構面 失效模式(風險因素)	軍民合用機場組織與管理	
		嚴重度(S)	排序
FM17	組織文化過於僵化	2.95	3
FM18	行政效率不佳	2.97	2
FM19	標準作業程序與法規不足	2.78	9
FM20	主管管制與監督不足	2.95	3
FM21	單位之間溝通協調不良	2.95	3
FM22	人員篩選與訓練	2.86	8
FM23	人員責任感與態度不佳	2.76	10
FM24	人員危機處理與抗壓力不足	2.89	7
FM25	人員異動頻繁與交接不確實	3.08	1
FM26	資訊未透明	2.95	3

由表 4-9 可得知，對於跑道構面而言，前三項需要改善之嚴重度失效模式為鋪面高低不平或破裂、跑道助導航設施不良與道面產生 FOD；滑行道構面之前三項需要改善之嚴重度失效模式為道面標線、標誌及指示牌不佳、道面產生 FOD 與鋪面高低不平或破裂；停機坪之前三項需留意之嚴重度失效模式為地勤作業未遵守標準作業流程、照明燈光系統不良與道面產生 FOD；草坪區方面則是鳥類侵入、其他 FOD 侵入(野生動物)與施工警示裝置不良為嚴重度失效模式中之前三名需改善項目者。

而軍民合用機場組織與管理構面中如表 4-10，以嚴重度排序來看，人員異動頻繁與交接不確實、行政效率不佳、組織文化過於僵化、主管管制與監督不足、單位之間溝通協調不良及資訊未透明為前三項最需改善之嚴重度失效模式。

由上可知，各構面中之失效模式，其風險優先指數與嚴重度排序之優先改善項目不一定相同，彙整如表 4-11 所示。

6. 改善方案

依據問卷所得之結果，將優先改善之風險項目以做有效檢討及評估，藉由改善方案將其風險值降至最低，使失效問題有效地獲得改善，藉以確保國內航空站空側飛航安全。而有關空側硬體設施最需留意之風險危害為鳥類侵入及其他 FOD 侵入(野生動物)，相關改善策略如下：

- (a) 定期巡查機場四周禁止飼養飛鴿範圍內之列管養鴿戶、檢舉案件查處及相關紀錄備查。
- (b) 定期執行機場鳥相調查及建立鳥項相關資訊與相關防制作業人員之教育訓練。

- (c) 機場巡查人員如發現野狗、野貓或其他野生動物侵入機場時，除進行驅離作業外，後續應檢視圍籬、聯外涵洞及水溝等設施有無損壞情形。
- (d) 改變機場適於野生動物生活之環境如林木砍除、積水清除、水溝加蓋等，用以移除或減少鳥類及其他野生動物棲息。
- (e) 定期與不定期進行場面割草作業，以減少鳥類或野生動物棲息；如執行割草作業時，應注意割草時機及使用方法，以避免割草作業吸引鳥類聚集。
- (f) 應儘可能減少機場內之表面積水，即時排除水坑、窪地上之積水，並定期清理水溝以防孳生蚊蟲及水生動植物，並視鳥類活動狀況於水溝、土坡及裸露地面架設平面式鳥網。
- (g) 當發生鳥擊事件時之危害評估與改善方案，以降低鳥擊事件發生。

綜整而言，在空側硬體設施方面，鳥類侵入是各構面中首要改善之項目；根據財團法人中華民國台灣飛行安全基金會相關鳥擊防制活動狀況通告顯示，2014年至2017年間各機場民用航空器遭遇鳥擊事件之統計表彙整如表 4-12，得知鳥類侵入對機場飛航安全影響甚鉅。然而，嘉義航空站近幾年民用航空器未遭遇鳥擊事件，並非未有鳥類侵入，而是因民航機起降班次較少，每日往返金門及澎湖各一起降架次，主要尚以軍機起降為主。此外，鳥類有分為許多種類別，大部分鳥類出現時段為清晨或傍晚居多，故也與航空器於起降期間是否為鳥類出沒期間而遭遇鳥擊事件是息息相關的。

4.3 小結

本章依專家問卷研究所得結果分風險優先指數與嚴重度排序，傳統風險優先指數是以嚴重度(S)、發生度(O)及難檢度(D)三者之乘積而得，因風險優先指數高者，其嚴重度不一定高，故本研究藉由兩者之計算結果來探討對於國內航空站空側安全風險因素各構面之失效模式影響為何，由研究結果可發現，各構面所得之風險優先指數與嚴重度之優先改善順序不同，如表 4-11。

依專家評分結果所得各構面所計算出的風險優先指數及嚴重度之數值不同且差距較大，無法統一定其基準值，故僅選取各構面前三項優先改善項目。而嚴重度計算出之優先改善順序，在軍民合用機場組織與管理構面排序第三共有四個風險項目所計算出的數值相同，由此可見，組織與管理層面對一機場的經營與管理影響深遠。

透過研究結果所得之嘉義航空站空側硬體設施及組織與管理各構面風險項目之優先改善順序，以建構其空側安全風險架構，讓機場各相關單位及第一線工作人員瞭解到機場的潛在危害及所有可能造成飛航事故發生之失效風險因素，並研擬相關改善策略，降低風險危害，以維護機場空側安全。

表 4-11 風險優先指數與嚴重度改善項目之排序

構面 排序	跑道		滑行道		停機坪		草坪區		軍民合用機場組織與管理	
	風險優先指數	嚴重度	風險優先指數	嚴重度	風險優先指數	嚴重度	風險優先指數	嚴重度	風險優先指數	嚴重度
1	鳥類侵入	鋪面高低不平或破裂	鳥類侵入	道面標線、標誌及指示牌不佳	鳥類侵入	地勤作業未遵守標準作業流程	鳥類侵入	鳥類侵入	組織文化過於僵化	人員異動頻繁與交接不確實
2	其他 FOD 侵入(野生動物)	跑道助導航設施不良	其他 FOD 侵入(野生動物)	道面產生 FOD	地勤作業未遵守標準作業流程	照明燈光系統不良	其他 FOD 侵入(野生動物)	其他 FOD 侵入(野生動物)	人員危機處理與抗壓力不足	行政效率不佳
3	鋪面高低不平或破裂	道面產生 FOD	道面產生 FOD	鋪面高低不平或破裂	其他 FOD 侵入(野生動物)	道面產生 FOD	表面積水	施工警示裝置不良	行政效率不佳	組織文化過於僵化 主管管制與監督不足 單位之間溝通協調不良 資訊未透明

表 4-12 2014 年至 2017 年機場民用航空器鳥擊件數統計表

年 \ 機場	桃園	高雄	松山	臺中	金門	嘉義	臺南	臺東	花蓮	澎湖	蘭嶼	綠島	七美	望安	南竿	北竿	恆春	合計
2014 年	56	40	12	13	5	0	4	4	0	10	0	1	0	0	0	0	0	145
2015 年	113	31	9	30	4	0	6	13	5	10	2	0	0	0	3	0	0	226
2016 年	66	36	7	16	8	0	5	11	2	12	0	1	0	0	5	1	0	170
2017 年	37	21	8	32	11	0	4	16	2	12	1	0	0	0	6	0	0	150
合計	272	128	36	91	28	0	19	44	9	44	3	2	0	0	14	1	0	691

圖 4-1 及圖 4-2 為空側硬體設施具有相同失效模式各構面於風險優先指數及嚴重度之比較圖，由圖可以發現在同一個失效模式中，整體而言對各構面有不同的影響程度且在某幾項失效模式中是差異較大。

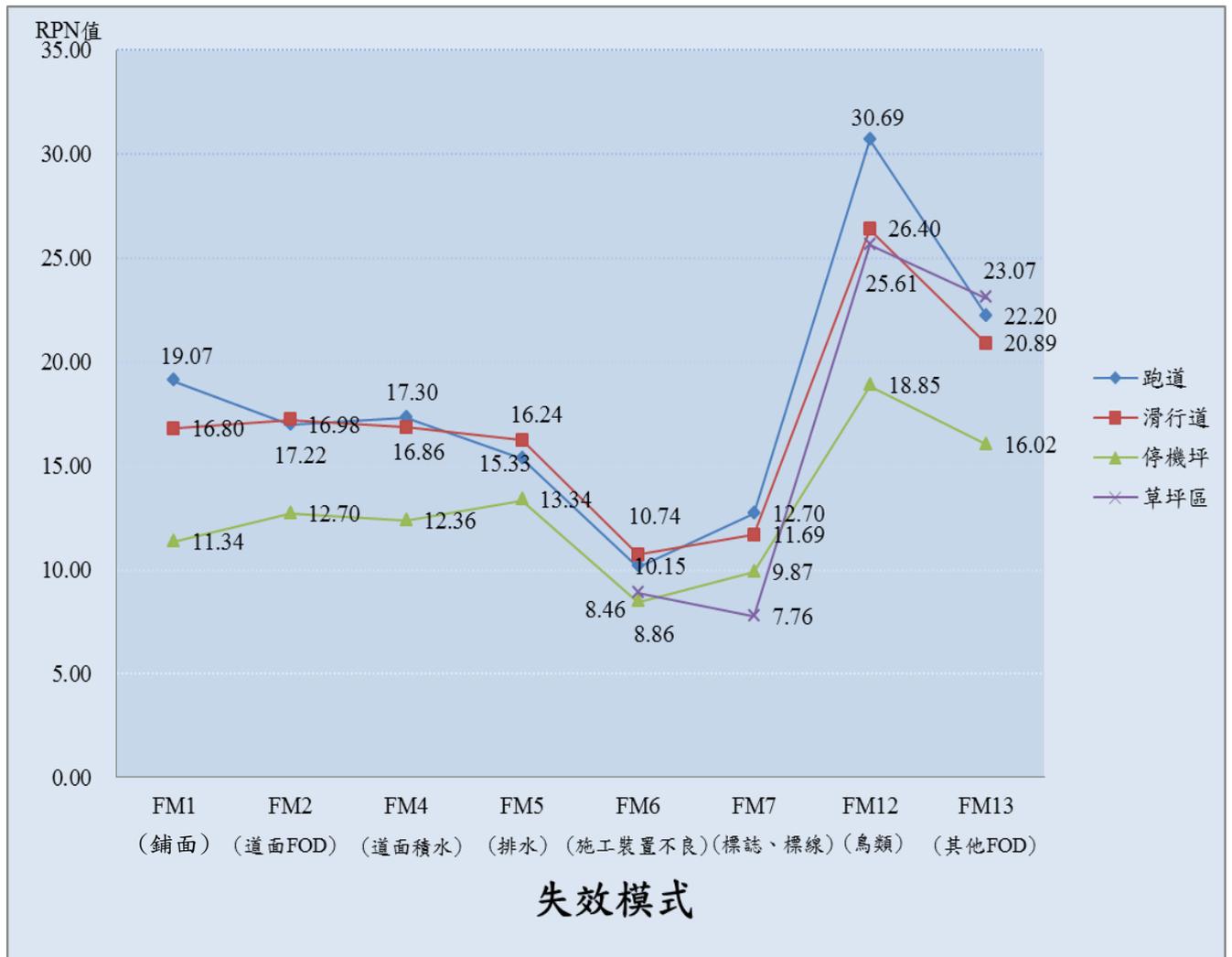


圖 4-1 空側硬體設施之風險優先指數比較圖



圖 4-2 空側硬體設施之嚴重度比較圖

第五章 結論與建議

本研究以 FMEA 分析方法作為剖析國內航空站空側安全風險架構之基礎，並以嘉義航空站為個案之研究，進而研擬出影響國內航空站空側安全失效之關鍵因素，提供予國內各航空場站等相關單位，以作為建構航空站空側安全風險架構之參考。

本章主要分為兩個部分，第一部分將對本研究結果做出一研究結論；最後並針對國內航空場站等相關單位及後續研究人員提出相關建議及闡述本研究於實務上之貢獻。

5.1 結論

本研究為建構國內航空站空側安全之風險架構，尋找各個影響空側安全之失效風險因素，藉以避免失效發生後所產生之危害風險影響航空站空側飛航安全，並分析當失效發生後之優先改善風險因素，擬定各項改善策略，以降低該失效發生後對系統或整個航空場站之風險危害，瞭解該航空站空側區域影響飛航安全之最主要風險因素為何，對航空站空側安全之維護有正向之貢獻與效益。依本研究之分析結果，彙整本研究之目的與其照應之結論如下三點：

1. 研究目的一：綜整航空安全相關理論，以探討影響國內航空站空側安全風險架構之因子。

綜整各項影響國內航空站空側安全之風險因素，本研究藉由相關文獻並輔以航空安全理論，擬定空側安全硬體設施及組織與管理層面之風險因素，發現影響國內航空站空側安全風險因素相當廣泛，並因各航空站之屬性不同而有所差異。

彙整國內航空站各項有關空側安全作業標準程序及相關作業規範，本研究歸納出主要五項構面，分別為空側硬體設施(如跑道、滑行道、停機坪與草坪區)及軍民合用機場組織與管理等五項風險構面。

2. 研究目的二：以「失效模式與效應分析」(Failure Mode and Effect Analysis; FMEA)為理論基礎，建立國內航空站空側安全風險架構，透過文獻回顧與參考相關資料後，並以國內航空站空側硬體設施為主體，組織與管理層面為輔，依據專家問卷之結果，評估 FMEA 理論應用於國內航空站空側安全風險架構之可行性，並將優先改善之風險因素依序排列，以作為空側安全改善及預防風險危害之依據。

本研究以失效模式與效應分析(FMEA)之研究方法，建構國內航空站空側安全之風險架構，包含空側硬體設施之「跑道」、「滑行道」、「停機坪」、「草坪區」等四大構面及「軍民合用機場組織與管理」等共五大構面，透過專家問卷之分析結果，以傳統風險優先指數(RPN)及嚴重度(S)計算所得之結果，分別進行優先改善項目之排序，因此可看出其空側硬體設施各構面之優先改善項目所得的結果不全然相同。即便如此，本研究仍以各構面之排序結果列為優先改善項目。

3. 研究目的三：以建構嘉義航空站空側安全風險架構為實證對象，透過個案分析瞭解 FMEA 應用於國內航空站空側安全風險架構之分析，並探討風險因素的重要性，研擬改善策略，期提供予其他國內航空站建構其空側安全風險架構之參考。

依據產業界及政府相關單位專家之評估結果，各構面失效模式之風險優先指數及嚴重度優先改善排序結果如下：

(1) 跑道構面之優先改善項目：

風險優先指數前三項優先改善順序依序為「鳥類侵入」、「其他 FOD 侵入(野生動物)」及「鋪面高低不平或破裂」；而以嚴重度排序前三項優先改善順序依序為「鋪面高低不平或破裂」、「跑道助導航設施不良」及「道面產生 FOD」。

(2) 滑行道構面之優先改善項目：

風險優先指數前三項優先改善順序依序為「鳥類侵入」、「其他 FOD 侵入(野生動物)」及「道面產生 FOD」；而以嚴重度排序前三項優先改善順序依序為「道面標線、標誌及指示牌不佳」、「道面產生 FOD」及「鋪面高低不平或破裂」。

(3) 停機坪構面之優先改善項目：

風險優先指數前三項優先改善順序依序為「鳥類侵入」、「地勤作業未遵守標準作業流程」及「其他 FOD 侵入(野生動物)」；而以嚴重度排序前三項優先改善順序依序為「地勤作業未遵守標準作業流程」、「照明燈光系統不良」及「道面產生 FOD」。

(4) 草坪區構面之優先改善項目：

風險優先指數前三項優先改善順序依序為「鳥類侵入」、「其他 FOD 侵入(野生動物)」及「表面積水」；而以嚴重度排序前三項優先改善順序依序為「鳥類侵入」、「其他 FOD 侵入(野生動物)」及「施工警示裝置不良」。

(5) 軍民合用機場組織與管理構面之優先改善項目：

風險優先指數前三項優先改善順序依序為「組織文化過於僵化」、「人員危機處理與抗壓力不足」及「行政效率不佳」；而以嚴重度排序前三項主要優先改善順序依序為「人員異動頻繁與交接不確實」、「行政效率不佳」、「組織文化過於僵化」、「主管管制與監督不足」、「單位之間溝通協調不良」及「資訊未透明」。

(6) 綜合風險優先指數與嚴重度之評估結果

此結果顯示以兩種數值做排序，所得改善結果卻不同，但皆列為需優先改善項目之一。在空側硬體設施風險因素中，鳥類及其他 FOD 侵入(野生動物)是各項構面最需注意之失效模式，因鳥類及其他 FOD 侵入(野生動物)是會移動之物體，不易防範也無法得知何時會發生，鳥類中又以飛鴿對航空器影響甚鉅，嘉義機場周圍附近有養鴿戶，每逢賽鴿季節前會加強飛鴿訓練，對機場航空器起降是一大威脅，進而影響飛航安全。因此，唯有除去適於鳥類及野生動物生存之生態環境並做好相關預防工作，如避免於航空器飛航動態期間進行空側區域割草作業以防吸引鳥類群聚覓食、定時與不定時巡場及驅鳥、架設鳥網、加強機場周圍圍牆或涵洞之維護與檢視以防止野生動物進入、加強機場周圍禁養飛鴿及禁止施放有礙飛航安全物體之巡查作業等，以有效降低失效發生。

而組織與管理層面，管理制度及人員是最主要造成失效發生，卻也是不易改善的因素，仰賴組織上所有人員的努力及有效的指揮鏈才能克服困境。

影響國內航空站空側安全因素廣泛，所涉及之風險因素及單位不勝枚舉，透過自我檢視及上級機關之督導機制與查核，以避免任何風險危害，並導致意外發生，此將有助於預防風險危害發生之進行，進而有效提升航空站空側飛航作業安全。綜合上述之分析結果皆可提供予產業界及國內航空站等相關單位之參考指標。

5.2 建議

本研究旨在探討建構國內航空站空側安全風險架構之過程，主要為瞭解當空側風險危害發生前，如何及早預防危害發生，或當危害發生後如何改善以降低風險。本研究透過失效模式與效應分析方法所得之研究結果，將風險優先指數與嚴重度依優先改善項目依序排列，提供產業界及政府機關相關單位，如何建構航空站空側安全風險架構及提升機場飛航安全之目標作為參考，提供相關建議如下：

1. 依研究結果提供相關單位之建議

(1) 對民航局之建議：

民航局在航空站空側安全維護方面占有相當重要之地位，除了扮演督導的角色外，也協助航空站相關資源之爭取。而航空站仰賴自身執行飛航安全之維護工作相當有限，必須結合地方政府、航空公司及機場三方面共同合作才能有效提升機場飛航安全並降低風險危害之發生。因此，地方政府應瞭解民用航空法如有關機場禁限建管制範圍、禁止施放有礙飛安物體範圍及機場附近野生動物管制等相關規範，以有效協助機場維護飛航安全，並協助與配合機場執行及取締有礙飛航安全物體查處之工作。

本研究在資料蒐集與彙整期間，發現有關機場相關資料之取得不易且透明度較不足，資料蒐集有限，因此建議民航局及航空站未來應將資料公開、並E化，以供後續研究者資料取得。

(2) 對航空場站之建議：

航空場站所產生之風險失效因素除空側硬體設施外，組織與管理的層面影

響深遠，不僅攸關機場主管重視空側飛航安全的重要程度，同時機場工作人員的向心力與積極性亦受影響。以研究結果顯示組織與管理的層面應重視組織文化是否過於僵化、行政效率是否良善，以及人員異動頻繁與交接是否確實等，主管單位應自我省視組織與管理上是否有不合宜之處，並加以檢討與改善。

(3) 對航空公司之建議：

面對航空器飛、地安異常事件發生時，航空公司受之影響甚鉅，然而空側區域為航空器飛航使用之區域，任何可能造成飛、地安事件發生之風險因素應予以避免，除了平時由機場相關工作人員定期檢視場面狀況外，航空公司地勤作業人員也扮演了相當重要的角色。地勤作業人員為航空器飛航進、離場之第一線作業人員，除遵照標準作業流程執行外，對於飛航安全有危害之物品及行為也必須多加留意。在空側硬體設施之停機坪構面以「地勤作業未遵守標準作業流程」為風險優先指數與嚴重度須重視及改善之項目。因此，本研究建議航空公司應定期檢視地勤作業手冊，並定期加強地勤作業人員有關空側安全及飛安風險之教育訓練，建立人員對空側安全之重視性，以防人員因不瞭解相關作業流程及規範而造成飛航事件發生。

(4) 對後續研究者之建議：

本研究經由相關文獻回顧、專家問卷及問卷分析結果後，建構適宜國內航空站之空側安全風險架構，建議後續研究者相關意見如下述：

- (a) 本研究僅以空側安全風險進行研究，而機場飛航安全相關事件不僅只有空側之風險因素，陸側安全之風險因素亦會造成航空器飛航事件之發生，其處理方式因屬性而異，建議研究者後續可將機場整體有關空、陸側之飛安風險因素納入彙整與分析。

- (b) 本研究為建構國內航空站空側安全之風險架構，且因風險因素間可能因機場屬性不同而具體改善措施會有所差異，因此，建議後續研究者可將機場共通性風險因素做一具體改善策略及標準作業流程，使各機場在因應相關風險因素之作業能夠趨於一致性。除此之外，本研究擬定風險因素以共通性之關鍵因素做假設，但失效因素會因發生之位置(如區隔跑道著陸區或非著陸區之位置)或 FOD 大小其影響程度而有所不同，建議後續研究者擬定風險因素可將發生之位置或 FOD 大小界定更明確。
- (c) 本研究以 FMEA 方法之傳統風險優先指數做研究結果之分析，並以 1~5 分做為專家問卷之評分標準，故專家問卷所得之失效模式風險因素之平均數值並未有大幅度之差距，建議後續研究者可將評分標準訂定更細微，以明確區分各項失效風險因素之重要性差距。

5.3 研究貢獻

有關建構國內航空站空側安全風險架構之研究，過去及國內外較少相關研究。故本研究於學術上之貢獻從整體觀點做切入，進而界定各構面之風險因素，並以自身身為航務員從事第一線機場工作人員之平時工作經驗，瞭解到機場空側區域隱藏許多風險危害，而許多空側硬體設施之風險危害是經由肉眼檢測與當下立即判斷而得知，而本研究有關空側硬體設施各構面之風險因素項目，藉由航務員或機場第一線工作人員在巡場時，來判斷其風險危害對航空器飛航安全之影響性，故以 FMEA 之應用來作為本研究之方法，相較於安全管理系統之安全風險評估矩陣多了難檢(檢測)度評估。因此，本研究以 FMEA 方法之應用對於建構國內航空站空側安全風險架構，能夠達到實務上的實質效益。

本研究透過產業界及政府相關單位之專家評估，提供國內航空站各構面風險失效模式，找出嚴重度高、具高風險之風險因素，並加入「組織與管理」構面探討空側安全之風險因素。由於近幾年有關交通事件發生不斷，除車輛、裝備等硬體設施本身所造成事件發生之因素外，許多事件發生的源頭往往與組織與管理是否良好及符合標準作業程序是息息相關的。

故本研究可提供予各航空站及機場相關單位在探討機場空側飛航安全時所應著重之風險因素，除檢討硬、軟體設施及裝備是否符合規範及標準作業程序外；亦探討組織與管理制度是否有所缺漏，並找出所有可能影響機場飛航安全因素之參考。



參考文獻-中文

1. 小野寺勝重著、張書文譯，實踐 FMEA 手法-提升產品或系統的可靠性、維護性和安全性，中衛發展中心，2001 年 4 月。
2. 王嘉麟，運用失效模式與影響分析評估矽甲烷供應系統之安全性-以 TFT-LCD 廠為例，國立交通大學工學院產業安全與防災學程碩士論文，2006 年。
3. 王穎駿，航空安全管理概論，揚智文化，2007 年。
4. 王淑玲，應用 FMEA 建立有害物質風險評估機制—以電子產品製造廠為例，國立臺北科技大學工程與管理系 EMBA 班碩士論文，2012 年。
5. 交通部民用航空局，航空站空側作業管理手冊，2016 年。
6. 交通部民用航空局嘉義航空站，嘉義機場野生動物防制作業程序，2016 年。
7. 交通部民用航空局嘉義航空站，安全管理系統手冊，2017 年。
8. 交通部民用航空局，民用機場設計暨運作規範，2017 年。
9. 交通部民用航空局，國家民用航空安全計畫，2018 年。
10. 交通部民用航空局，電子式飛航指南，2018 年。
11. 汪旋周，機場軍民共用飛航安全問題之研究—以花蓮機場為例，國立東華大學公共行政研究所碩士在職專班碩士論文，2004 年。
12. 杜雅蘭、林永仁，「設計失效模式影響分析結合德菲法應用於機上盒之研究」，管理資訊計算第 2 卷第 1 期，頁 71-91，2013 年。
13. 李文魁，航空安全風險評估模式之研究，國立成功大學交通管理科學研究所博士論文，2005 年。
14. 李政儒，應用 FMEA 在建築物中央空調與煙控併用系統風險評估之研究，國立台灣科技大學自動化及控制研究所碩士論文，2006 年。
15. 李永之，運用失效模式與效應於戰機彈藥裝掛之風險管理-以 F-16 型機為例，國立東華大學高階經營管理碩士在職專班碩士論文，2013 年。
16. 李漢，以失效模式評估改善協力造屋施工進程之研究，國立臺北科技大學建築與都市設計研究所碩士論文，2014 年。
17. 吳進榜，用 AHP 和 FMEA 改善產品設計之決策分析--以轉換式電源供應器為研究個案，國立中央大學工業管理研究所碩士論文，2005 年。
18. 吳承諾，應用品質機能展開(QFD)和失效模式與影響分析(FMEA)於 ISOIEC 17025 中的外包商評選，國立台灣科技大學工業管理系碩士論文，2017 年。
19. 周宗諺，FMEA 方法與產品開發流程結合之研究：以 DLP 光學投影機可動原件開發為例，國立清華大學碩士論文，2011 年。
20. 國防部空軍司令部，「民用航空局使用空軍基地協議書」，2016 年。
21. 林盈合，航空公司飛安風險因素之探討，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，2003 年。

22. 林景新，以 FMEA 建立研發技術類知識管理之研究-以 A 公司之微動開關產品為例，國立台灣科技大學工業管理系碩士論文，2009 年。
23. 紀曉菁，運用失效模式分析與同步工程策略於輔具研發設計，國立成功大學工業設計學系在職專班碩士論文，2013 年。
24. 飛行安全基金會鳥擊防制研究室，機場野生動物危害管理手冊，2017 年。
25. 徐鈞量，潛在失效模式的系統化辨識與分析方法，國立清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，2016 年。
26. 陳俊維，FMEA 應用於提昇潔淨室 H.V.A.C.系統可靠度之研究，國立成功大學資源工程學系碩士論文，2004 年。
27. 陳文彬，推廣與傳統的失效模式與效應分析之比較—以滅火器產品設計為例，國立台灣科技大學工業管理系碩士論文，2005 年。
28. 陳信吉，以風險管理探討空軍影響飛航安全因素之研究，國立台北大學統計學系碩士論文，2008 年。
29. 陳思婕，以失效模式與效應分析評估推動綠色大學之政策-以國立中山大學為例，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文，2016 年。
30. 張有恆，飛航安全管理，華泰文化，2016 年。
31. 張有恆、曾于娟，「航空公司客艙組員及飛航組員溝通品質對飛航安全關係之研究」，飛安季刊第五卷第三期，頁 161-183，2018 年 8 月。
32. 馮正民、邱裕鈞，研究分析方法，建都文化，2004 年。
33. 曾俊達，失效模式與效應分析應用於工程問題之評估-以區域級以上醫院手術室工程為例，國立成功大學建築研究所碩士論文，2012 年。
34. 楊朝鈞，構建航空站空側風險架構之研究-FMEA 之應用，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，2003 年。
35. 鈴木順二郎、牧野鐵治、石坂茂樹著、先鋒可靠度研究小組譯，FMEA • FTA 實施法-故障模式，故障樹之解析與評價，1998 年 8 月。
36. 溫敏智，FMEA 與 TRIZ 理論應用在動力手工具問題與決策系統之研究，國立台灣科技大學機械工程系碩士論文，2006 年。
37. 鄭哲舟，以 HFMEA 改善對癌症住院病人施行化學治療的流程-以台灣某區域教學醫院為例，國立成功大學高階管理碩士在職專班碩士論文，2010 年。
38. 鄭鴻銘，機坪地勤作業安全管理，國立交通大學碩士論文，2015 年。
39. 劉東奇，設計失效模式與效應分析於積體電路設計產業應用之探討研究，國立台灣科技大學工業管理系 EMBA 碩士論文，2010 年。
40. 蔡建興，資本預算為基礎的 FMEA 於關鍵資訊基礎設施資安風險管理的應用，國立臺北科技大學機電整合研究所碩士論文，2016 年。
41. 黎美珍，應用失效模式與效應分析於醫療廢棄物 AIDC 系統之改善研究—以花蓮地區之醫院為例，國立東華大學企業管理學系碩士論文，2012 年。

42. 盧竹瑄，航空器失事緊急應變處理之風險因素探討-以復興航空 GE235 事件為例，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，2015 年。
43. 鍾啟椿，機場空側風險管理，國立交通大學運輸與物流管理學系博士論文，2015 年。



參考文獻-英文

1. Aerodromes, V. I. (2004). Aerodrome design and operations, Annex 14 to the convention on International Civil Aviation. *International Civil Aviation Organisation*.
2. Chang, Y. H., Shao, P. C., & Chen, H. J. (2015). Performance evaluation of airport safety management systems in Taiwan. *Safety Science*, 75, 72-86.
3. Chang, Y. H., Yeh, C. H., & Wu, P. S. (2018). Evaluating airline crisis management performance: The cases of flights GE222 and GE235 crash accidents. *Journal of Air Transport Management*, 70, 62-72.
4. Feng, C. M., & Chung, C. C. (2013). Assessing the risks of airport airside through the fuzzy logic-based failure modes, effect, and criticality analysis. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013.
5. Ford Motor Company. (2008). *Potential Failure Mode and Effects Analysis-Instruction Manual*.
6. International Civil Aviation Organization. (2013). *Safety management manual (SMM)*. International Civil Aviation Organization.
7. Pacheco, R. R., Fernandes, E., & Domingos, E. M. (2014). Airport airside safety index. *Journal of Air Transport Management*, 34, 86-92.
8. Rezaee, M. J., & Yousefi, S. (2018). An intelligent decision making approach for identifying and analyzing airport risks. *Journal of Air Transport Management*, 68, 14-27.

參考文獻-網頁

1. International Civil Aviation Organization.(2018). Safety Reports. Retrieved from : <https://www.icao.int/safety/Pages/Safety-Report.aspx>
2. 交通部民用航空局 , <https://www.caa.gov.tw/>
3. 飛航安全調查委員會 , https://www.asc.gov.tw/main_ch/index.aspx
4. 財團法人中華民國台灣飛行安全基金會 , <http://www.flightsafety.org.tw/web/modules/tadnews/index.php?lang=tw&ncsn=3>
5. 嘉義航空站 , <https://www.cya.gov.tw/web/index.asp>

附錄一 專家問卷名單

分類	任職單位	職稱	份數
產業界	立榮航空公司嘉義辦事處	主任、督導	3
	立榮航空公司	正、副機師	6
	長榮航太	機務	1
政府機關	民用航空局 標準組	組長	1
	民用航空局 場站組	組長	1
	民用航空局 航站管理小組	組長、科長及技士以上人員 及主管	9
	飛航安全調查委員會	工程師	1
	台中航空站	主任、航務組組長及航務員	5
	嘉義航空站	主任、組長及工務員	3
	澎湖航空站	航務員	1
	高雄國際航空站	航務組組長及航務員	3
	空軍第四戰術戰鬥機聯隊	飛行官	6
總發放數：40 份			

附錄二 專家問卷

問卷編號：_____

各位專家 您好：

本研究乃為國立成功大學交通管理科學研究所之碩士論文—「建構國內航空站空側安全風險架構之研究-以嘉義航空站 FMEA 之應用」。此為本研究擬先建立嘉義航空站空側安全風險因素失效模式構面為主，並以 FMEA 之應用來建構嘉義航空站空側安全風險架構，找出影響航空站重要之風險因素，作為後續發展改善策略之參考。

此為本研究之專家問卷，所有資料僅作為學術研究參考之用，絕不對外公開。本研究需要您的專業素養及建議指導，敬請您於 **2018 年 12 月 25 日**前填寫完畢並寄回問卷，再次感謝您撥冗惠賜指教，學生不勝感激。

敬祝

身體健康 平安順利

國立成功大學管理學院交通管理科學系研究所

指導教授 張有恆 博士

研究生 黃秋容

敬上

【問卷填寫說明】

1. 本問卷之目的為「建構國內航空站空側安全風險架構之研究-以嘉義航空站 FMEA 之應用」，期以此作為後續改善策略之參考。
2. 嘉義航空站為軍民合用機場，本研究除探討空側硬體設施外，並探討軍民合用機場組織與管理層面影響因素，以利本研究之完整性。
3. 本問卷共分成五大部分，空側硬體設施分為跑道、滑行道、停機坪與草坪區等四大項及組織與管理層面等五大項，請您依據下列各構面中所研擬之失效狀況，判斷影響其航空站空側安全風險給予參數值，失效狀況所列舉之項目若有遺漏或不當之處，請您不吝賜教，並請將您的寶貴意見填在各失效狀況之「其他」欄位。
4. 請依嚴重程度、可避免程度及檢測程度(察覺程度)分別給予 1 至 5 分之判斷值。

一、就您對下列各項因子中，在「跑道」構面而言，對嘉義航空站空側飛安之風險參數影響為何？請於下列空格中勾選“√”您的意見。

失效狀況	嚴重程度					可避免程度					檢測程度				
	非常輕微	輕微	普通	嚴重	非常嚴重	極易避免	易避免	普通	難以避免	很難避免	極易檢測	易於檢測	普通	難以檢測	很難檢測
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. 鋪面高低不平或破裂	<input type="checkbox"/>														
2. 道面產生 FOD	<input type="checkbox"/>														
3. 跑道濕滑程度	<input type="checkbox"/>														
4. 道面積水	<input type="checkbox"/>														
5. 排水設施不良	<input type="checkbox"/>														
6. 施工警告裝置不良	<input type="checkbox"/>														
7. 道面標線、標誌及指示牌不佳	<input type="checkbox"/>														
8. 跑道助導航設施不良	<input type="checkbox"/>														
9. 鳥類侵入	<input type="checkbox"/>														
10. 其他 FOD 侵入 (野生動物)	<input type="checkbox"/>														
11. 其他	<input type="checkbox"/>														

二、就您對下列各項因子中，在「滑行道」構面而言，對嘉義航空站空側飛安之風險參數影響為何？請於下列空格中勾選”√”您的意見。

失效狀況	嚴重程度					可避免程度					檢測程度				
	非常輕微	輕微	普通	嚴重	非常嚴重	極易避免	易避免	普通	難以避免	很難避免	極易檢測	易於檢測	普通	難以檢測	很難檢測
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. 鋪面高低不平或破裂	<input type="checkbox"/>														
2. 道面產生 FOD	<input type="checkbox"/>														
3. 道面積水	<input type="checkbox"/>														
4. 排水設施不良	<input type="checkbox"/>														
5. 施工警告裝置不良	<input type="checkbox"/>														
6. 道面標線、標誌及指示牌不佳	<input type="checkbox"/>														
7. 滑行道燈光系統不良	<input type="checkbox"/>														
8. 鳥類侵入	<input type="checkbox"/>														
9. 其他 FOD 侵入 (野生動物)	<input type="checkbox"/>														
10. 其他	<input type="checkbox"/>														

三、就您對下列各項因子中，在「停機坪」構面而言，對嘉義航空站空側飛安之風險參數影響為何？請於下列空格中勾選”√”您的意見。

失效狀況	嚴重程度					可避免程度					檢測程度				
	非常輕微	輕微	普通	嚴重	非常嚴重	極易避免	易避免	普通	難以避免	很難避免	極易檢測	易於檢測	普通	難以檢測	很難檢測
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. 鋪面高低不平或破裂	<input type="checkbox"/>														
2. 道面產生 FOD	<input type="checkbox"/>														
3. 道面積水	<input type="checkbox"/>														
4. 排水設施不良	<input type="checkbox"/>														
5. 施工警告裝置不良	<input type="checkbox"/>														
6. 道面標線、標誌不佳	<input type="checkbox"/>														
7. 照明燈光系統不良	<input type="checkbox"/>														
8. 地勤作業未遵守標準作業流程	<input type="checkbox"/>														
9. 鳥類侵入	<input type="checkbox"/>														
10. 其他 FOD 侵入 (野生動物)	<input type="checkbox"/>														
11. 其他	<input type="checkbox"/>														

四、就您對下列各項因子中，在「草坪區」構面而言，對嘉義航空站空側飛安之風險參數影響為何？請於下列空格中勾選”√”您的意見。

失效狀況	嚴重程度					可避免程度					檢測程度				
	非常輕微	輕微	普通	嚴重	非常嚴重	極易避免	易避免	普通	難以避免	很難避免	極易檢測	易於檢測	普通	難以檢測	很難檢測
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. 表面高低不平或破裂	<input type="checkbox"/>														
2. 表面產生 FOD	<input type="checkbox"/>														
3. 表面積水	<input type="checkbox"/>														
4. 施工警告裝置不良	<input type="checkbox"/>														
5. 表面標線、標誌不佳	<input type="checkbox"/>														
6. 鳥類侵入	<input type="checkbox"/>														
6. 其他 FOD 侵入 (野生動物)	<input type="checkbox"/>														
8. 其他	<input type="checkbox"/>														

五、就您對下列各項因子中，在軍民合用機場「組織與管理」構面而言，對嘉義航空站空側飛安之風險參數影響為何？請於下列空格中勾選”√”您的意見。

失效狀況	嚴重程度					可避免程度					察覺程度				
	非常輕微	輕微	普通	嚴重	非常嚴重	極易避免	易避免	普通	難以避免	很難避免	極易察覺	易於察覺	普通	難以察覺	很難察覺
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. 組織文化過於僵化	<input type="checkbox"/>														
2. 行政效率不佳	<input type="checkbox"/>														
3. 標準作業程序與法規不足	<input type="checkbox"/>														
4. 主管管制與監督不足	<input type="checkbox"/>														
5. 單位之間溝通協調不良	<input type="checkbox"/>														
6. 人員篩選與訓練	<input type="checkbox"/>														
7. 人員責任感與態度不佳	<input type="checkbox"/>														
8. 人員危機處理與抗壓力不足	<input type="checkbox"/>														
9. 人員異動頻繁與交接不確實	<input type="checkbox"/>														
10. 資訊未透明	<input type="checkbox"/>														
11. 其他	<input type="checkbox"/>														

受訪者基本資料

姓名：_____ 聯絡電話：_____

電子信箱：_____

1. 您的性別：男 女
2. 您的年齡： <30 歲 31-40 歲 41-50 歲 51-60 歲 >61 歲
3. 您的教育程度是：高中職 專科 大學 研究所及以上
4. 您的任職單位是：_____ 任職單位年資：_____年_____月
5. 您目前的職務(職稱)是：_____ 目前職務年資：_____年_____月
6. 過去相關學經歷：_____

若有其他寶貴意見請書寫於下方空白處：

【本問卷至此結束】

請將問卷放入回郵信封內，於 您方便時盡速寄回，誠摯地感謝 您的填答與協助！